WMO

기후변화에 관한 정부간 협의체

UNEP

국가 온실가스 인벤토리 작성을 위한 2006 IPCC 가이드라인

제1권



환경부 환경관리공단

본 보고서는 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC)에서 발간한 “2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”를 IPCC의 승인 하에 환경관리공단에서 번역한 것으로, 본 보고서의 내용을 인용할 때에는 다음과 같이 출처를 밝혀주시기 바랍니다.

환경부·환경관리공단 : 국가 온실가스 인벤토리 작성을 위한 2006 IPCC 가이드라인 (2008)

[2006 IPCC 가이드라인 원문의 복제, 번역, 배포에 대한 IPCC의 승인 문서]

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE

WMO NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES PROGRAMME UNEP

Ref: CR/2006/1

10 October 2007

Byong-Bok Jin
Team Manager of GHG Inventory Team
Environmental Management Corporation of Korea
Environmental Research Complex
Gyung-Dong
Seo-Gu
Incheon
404-170
Republic of Korea

Dear Byong-Bok Jin

Request for use of Copyright Material – IPCC 2006 Guidelines

Thank-you for your request to copy and translate the IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

The IPCC wishes to see the widest possible use and distribution of the inventory publications therefore I am very pleased to be able to grant to you the right to copy, translate and distribute, in printed form as well as electronically (including on the internet) the IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

The only requirements are that the IPCC and the authors are suitably acknowledged (see for example the title pages), and that the material is distributed free of charge.

Yours sincerely

Dr Simon Eggleston
Head, Technical Support Unit, Task Force on Inventories, IPCC

IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme
Technical Support Unit
C/o Institute for Global Environmental Strategies, 2108-11 Kamiyamaguchi, Hayama, Kanagawa, JAPAN 240-0115
Phone: +81 46 855 3750 Fax: +81 46 855 3808
Website: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp

기후변화에 관한 정부간 협의체

국가 온실가스 인벤토리 작성을 위한 2006 IPCC 가이드라인

편집 : Simon Eggleston, Leandro Buendia,
Kyoko Miwa, Todd Ngara, Kiyoto Tanabe



IPCC 국가 온실가스 인벤토리 프로그램

IPCC의 국가 온실가스 인벤토리에 대한 특별전문 위원회(Task Force on National Greenhouse Gas Inventories; TFI)에 의해 준비되었고, 협의체(Panel)에 의해 채택되었지만 세부에 대해서는 승인되지 않은 보고서.

본 IPCC 보고서에 포함된 정보는 편집 마감 당시에 사실이며 정확한 것으로 간주되는 반면, 저자들이나 발행자들은 모든 오차 또는 누락에 대한 어떠한 법적 책임이나 의무를 인정할 수 없다. 또한 저자들이나 출판사들은 본 보고서에 언급되어 있는 모든 URLs의 존속에 대한 어떠한 책임도 갖고 있지 않으며, 이러한 웹 사이트의 내용이 여전히 정확하거나 적절하다는 것을 보증할 수 없다.

원문 발행처 | 지구환경전략연구기관(Institute for Global Environmental Strategies; IGES), Hayama, 일본(IPCC의 대리) ⓒ 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC), 2006

이 가이드라인 원문을 인용할 경우 다음과 같이 출처를 밝혀야 한다.

IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.

IPCC 국가 온실가스 인벤토리 프로그램
기술지원부(Technical Support Unit; TSU))

지구환경전략연구기관
2108-11, Kamiyamaguchi
Hamaya, Kanagawa
JAPAN, 240-0115

팩스: (81 46) 855 3808
http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp

Printed in JAPAN[1]
ISBN 4-88788-032-4[2]

[1] 가이드라인 원문의 출판 국가.
[2] 가이드라인 원문에 대한 ISBN 번호

목 차

서문

머리말

개관

용어집

제1권 일반 지침 및 보고

제2권 에너지

제3권 산업공정 및 제품 사용

제4권 농업, 산림 및 기타 토지 이용

제5권 폐기물

서 문(Foreword)

지구 기후변화 가능성 문제를 인식하면서, 1998년 세계기상기구(World Meteorological Organization; WMO)과 유엔환경계획(United Nations Environment Programme; UNEP)은 기후변화에 관한 정부간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC)를 공동 설립하였다. IPCC 활동 중 하나는 국가 온실가스 인벤토리의 방법론에 관한 작업을 통해, 유엔기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change; UNFCCC)를 지원하는 것이다.

이 보고서는 국가 온실가스 인벤토리의 이전 지침을 개정하기 위해, IPCC 국가 온실가스 인벤토리 프로그램이 3년간 작업한 내용의 결정체이다. 이 작업은 2002년 뉴델리에서 개최된 UNFCCC의 과학기술자문 부속기구(Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice, SBSTA)의 제7차 회기에서 이루어진 권유로 시작되었다. 당시 IPCC는 이 회기에 초정을 받아, 협의회 및 교토 의정서[3] 하에 이루어진 관련 작업을 고려하여 2006년 초반까지 1996 IPCC 가이드라인을 개정하기로 계획하였다.

이러한 UNFCCC의 권유에 따라, IPCC는 이 작업 과정을 제20차 정기총회(파리, ·2003년 2월)에 시작하여, 제21차 정기총회(비엔나, 2003년 11월) 때에는 *2006 IPCC 가이드라인*에 대한 위임사항(Terms of Reference), 목차(Table of Contents), 작업 계획(Workplan)[4]에 관한 합의 절차를 수행하였다. 이 작업 계획은 최종적으로는 2006년 4월에 개최될 IPCC 제25차 정기총회에서 승인 및 채택되는 것을 목표로 삼았다.

이 1996 가이드라인은 *국가 온실가스 인벤토리에 대한 우수실행지침 및 불확도 관리(Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories)*[5], *토지이용, 토지이용변화 및 산림에 대한 우수실행지침(Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry)*[6]과 더불어, *국가 온실가스 인벤토리 작성을 위한 1996 IPCC 가이드라인(Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories)*[7]의 내용을 포함하였다. 2006 가이드라인에서는 가능한 한 이전 가이드라인부터 새로운 가이드라인까지의 변환 작업이 수월하도록 하기 위하여, 개선된 방법을 활용하여 핵심적인 작업을 수행하였다. 이전 가이드라인이 발행된 이후에 관련 과학 기술이 향상

[3] 그 중에서도, 과학기술자문 부속기구, 이행자문 부속기구 및 협약 부속서 I에 포함되지 않은 당사국의 국가보고서 전문가그룹에 의한 작업과 부속서 I 당사국의 온실가스 인벤토리에 대한 기술적 검토(technical review)를 포함

[4] 위임사항, 목차, 작업계획은 http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/ 에 수록되어 있다.

[5] 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC) (2000). Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K., Tanabe K. (편). *국가 온실가스 인벤토리에 대한 우수실행지침 및 불확도 관리*. IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan.

[6] 기후변화에 관한 정부간 협의체 (IPCC) (2003), Penman J., Gytarsky M., Hiraishi T., Krug, T., Kruger D., Pipatti R., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K., Wagner F. (편), *토지이용, 토지이용변화 및 산림에 대한 우수실행지침*, IPCC/IGES, Hayama, Japan

[7] 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC) (1997). Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Tr?nton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J., Callander B.A. (편). *국가 온실가스 인벤토리 작성을 위한 1996 IPCC 가이드라인*. IPCC/OECD/IEA, Paris, France

된 경우에는, 이 새로운 가이드라인은 이전에 출판된 방법에 대한 수정뿐만 아니라 새로운 배출원과 가스에 관한 내용까지 포함하고 있다.

이들 가이드라인은 총괄 주저자, 주저자 및 부저자(전 세계 250명의 전문가의 기여)(편집)의 협동 작업과 지식, 전문적 견해를 바탕으로 발전되어 왔다. 이 보고서를 준비하기 위하여, IPCC 보고서 작업과정의 모든 입안과 검토 단계에서 이들 저자가 쏟은 헌신적 수행, 시간적 할애, 노력 등에 감사드린다. 앞서 밝힌 바와 같이, 이 보고서는 IPCC 인벤토리 가이드라인을 사용하는 인벤토리 전문가의 경험적인 보고서와 이전 IPCC 인벤토리 보고서에 대한 작업을 토대로 작성되었으며, 이것이 없으면 인벤토리 작업에 많은 요구사항이 필요할 것이다. 또한, 우리는 이 보고서를 만드는 데 도움을 준 모든 분들께 진심으로 감사의 마음을 전하고 싶다.

Michael Gytarsky (러시아 연방), William Irving (미국), Jim Penman (UK)와 IPCC TFI 공동의장인 Taka Hiraishi (일본), Thelma Krug (브라질)로 구성된 관리그룹(steering group)에서는 전 권(volumes)에 걸친 일관성과 초기 IPCC 인벤토리 보고서와의 연속성을 검토하면서 이 가이드라인의 개발을 관리해 왔다. 우리는 이들이 이 보고서의 준비에 주도적인 역할을 담당하고 이를 관리하는 데 많은 노력을 기울인 점에 대해 감사한다.

저자들과 전문가 회의는 오슬로(노르웨이), 모른(모리셔스), 워싱턴(USA), 오루샤(탄자니아), 오타와(캐나다), 마닐라(필리핀), 모스크바(러시아 연방), 시드니(오스트레일리아)에서 개최되었다. 따라서 이 회의의 주관 국가와 기관 관계자 여러분께도 감사의 마음을 전한다. 저자 및 감수자를 지원해 준 모든 정부 기관에도 감사를 표한다. 만약 이들의 기여가 없었다면, 이 보고서는 발간되지 못했을 것이다.

이 가이드라인은 2005년에 2번 검토되었다. 첫 번째는, 전문가의 검토로 6,000개가 넘는 의견이 제안되었다. 그리고 두 번째 검토 작업에서는 관련 국가 기관 및 전문가에 의해 8,600개의 검토 내용이 추가되었다. 이들 검토자들의 노력과 검토 사항은 최종 보고서의 질을 개선하는 데 크게 도움을 주었으며, 우리는 이들에게도 무한한 감사를 표한다. 또한 감수편집자들도 이렇게 추가된 모든 수정 내용들의 적절성을 면밀히 검토해 주었기에, 본 글을 빌어 감사의 마음을 전한다.

그리고 NGGIP 기술 지원과(TSU 수석: Simon Eggleston; 프로그램 관리: Leandro Buendia, Kyoko Miwa, Todd Ngara and Kiyoto Tanabe; 행정 지원: Ayako Hongo; 프로젝트 사무국장: Masako Abe; IT 관리: Toru Matsumoto)에서는 이 과제에 대한 기술적, 조직적 지원뿐만 아니라 [illegible] 지침과 조언을 제공해주었다. 이들은 특히 여러 가지 초안의 편집과 최종판 [illegible]과정에서도 저자들과 함께 집중적으로 작업하였으며, 그들의 모범적인 작업에 대해 진심으로 감사드린다. 또한 우리는 이 보고서가 완성될 수 있도록, TSU에 대해 관대한 지원을 해 준 일본 정부에도 감사를 표하고 싶다.

우리는 이 보고서를 마감일자에 끝마칠 수 있도록 IPCC 사무국(Jian Liu, Rudie Bourgeois, Annie Courtin, Joelle Fernandez)에서 베풀어 준 도움과 지원에 대해서도 감사를 드린다.

끝으로, Rajendra Pachauri IPCC 의장, Renate Christ 사무국장 , 특별전문위원회 사무국(Task Force Bureau; TFB)의 TFI 공동 의장인 Soobaraj Nayroo Sok Appadu (모리셔스), Dari N. Al-Ajmi (쿠웨이트), Ian Carruthers (오스트레일리아), Sergio Gonzalez-Martineaux (칠레), Art Jaques (캐나다),

Jamidu H.Y. Katima (탄자니아), Sadeddin Kherfan (시리아), Dina Kruger (미국), Kirit Parikh (인도), Jim Penman (UK, since 2006), Helen Plume (뉴질랜드), Audun Rosland (노르웨이, 2005년까지), Freddy Tejada (볼리비아)의 지원에도 감사 인사를 전한다.

Michel Jarraud

사무총장(Secretary-General)
세계기상기구
(World Meteorological Organisation)

Achim Steiner

사무총장(Executive Director)
유엔환경계획
(United Nations Environment Programme)

머리말(preface)

*국가 온실가스 인벤토리 작성을 위한2006 IPCC 가이드라인*은 이전 가이드라인에서 새로운 가이드라인으로의 사용을 가능한 한 수월하게 하기 위하여, 1996 IPCC 가이드라인과 개선된 방법으로 쓰여진 우수실행 보고서에 근거하여 작성된 것이다. 이 새로운 가이드라인은 과학 기술의 발달에 따라 이전에 출판된 내용 중 방법적 측면에 대한 수정뿐만 아니라, 새로운 배출원과 가스에 대해서도 다루고 있다.

이 지침은 온실가스에 대한 전면적인 국가 인벤토리를 작성하고자 하는 국가에 도움을 줄 수 있다. 이 지침은 국가가 어떠한 경험이나 자원을 가지고 있건 간에, 온실가스 배출량과 흡수량에 대한 신뢰할 수 있는 산정값을 산출할 수 있도록 구성하였다. 특히 이에 필요한 다양한 변수와 배출계수의 기본값을 모든 절에서 제공하므로, 가장 간단한 방법으로 각 국가에서는 국가 활동도 자료를 보충하기만 하면 된다. 이 접근법은 보다 많은 정보와 자원을 갖고 있는 국가의 경우에는, 국가 간의 적합성, 비교가능성, 일관성을 유지하면서 구체적인 국가별 방법론을 사용할 수 있도록 하였다. 또한 이 지침은 이전의 인벤토리 작성에 대한 우수실행지침을 통합하고 개선하여, 최종 산정값이 가능한 과다 또는 과소 산정되지 않도록 하고 불확도가 감소되도록 하였다.

또한 이 지침은 인벤토리의 개선을 통해 인벤토리 영역을 구체화함으로써, 인벤토리 전반에 걸쳐 도움이 되도록 한다. 따라서 가장 실용적인 인벤토리를 생산하기 위하여, 개선될 필요가 있는 영역에 제한된 배출원을 초점화할 수 있다.

IPCC는 *IPCC 배출계수 데이터베이스(IPCC Emission Factor Database,* EFDB)도 역시 관리한다. EFDB는 2002년에 착수되었는데, 이 작업에서는 국가별 방법론에서 사용하는 데 적합한 배출계수와 관련 변수의 정리 목록을 제공함으로써, 인벤토리 작성자들이 활용하는 자료를 정기적으로 경신하고 있다.

2006 가이드라인은 IPCC의 국가 온실가스 산정을 위한 인벤토리 가이드라인을 개발하기 위하여 가장 최근에 이루어진 방법이다. 저자들의 견해에 따르면, 이 가이드라인에서는 최선의, 광범위하게 적용할 수 있는 기본 방법론을 제공하고 있으며, 이 방법론은 국가 온실가스 인벤토리를 작성할 때 세계적으로 사용할 수 있다. 이 방법론은 비록 여기에서는 시스템 범위 내에서의 배출량이나 제거량을 정확하게 포함하는지를 확인할 수 있도록 주의해서 사용해야 하지만, 보다 좁게는 산정값을 기반으로 하는 프로젝트를 정의하는데 사용될 수 있다.

또한 우리는 감수자, 감수편집자, 관리그룹(steering group), TFB 뿐만 아니라 모든 저자(250명 이상)에게 그들의 기여와 견문에 대해 감사의 말씀을 전한다. 그리고 저자와 다른 기여자들을 지원해주고, 회의를 주관해 준 모든 정부 기관(오슬로, 노르웨이; 르 모른, 모리셔스; 워싱턴, 미국; 아루샤, 탄자니아; 오타와, 캐나다; 마닐라, 필리핀; 모스크바, 러시아 연방; 시드니, 오스트레일리아)에도 감사를 드린다. 끝으로, NGGIP TSU와 IPCC 사무국에서 이 가이드라인의 초안을 만들고 제작해나가는 전 과정을 통해 보여준 무한한 지원에 대해서도 감사를 표한다.

Taka Hiraishi (일본)

IPCC TFI 공동의장(TFI Co-Chair)

Thelma Krug (브라질)

IPCC TFI 공동의장(TFI Co-Chair)

국가 온실가스 인벤토리 작성을 위한 **2006 IPCC** 가이드라인

개 관

저자

Jim Penman (영국), Michael Gytarsky (러시아), Taka Hiraishi (일본), William Irving (미국), and Thelma Krug (브라질)

목 차

개 관
1 서론 ····4
2 가이드라인의 적용범위 ····5
3 가이드라인 개발에 대한 접근법 ····9
4 가이드라인의 구조 ····11
5 2006 IPCC 가이드라인에서의 특징적 발전 ····12

그 림

그림 1 배출원에 의한 배출 및 흡수원에 의한 흡수의 주 카테고리 ····7
그림 2 의사결정도의 예(도로 수송으로부터 발생하는 CH_4와 N_2O부분) ····11

표

표 1 2006 가이드라인의 내용 ····6
표 2 GWP 값이 TAR에서 이용 가능한 가스들 ····8
표 3 GWP 값이 TAR에서 이용 가능하지 않은 추가적인 가스들 ····9
표 4 부문별 지침을 위한 장들의 일반적 구조 ····12

1 서론

*국가 온실가스 인벤토리 작성을 위한 2006 IPCC 가이드라인*은 인간활동에 따른 온실가스의 배출원(sources)에 의한 배출량(emissions) 및 흡수원(sinks)에 의한 흡수량(removal)의 국가 인벤토리를 산정하기 위한 방법론을 제공한다. *2006 IPCC 가이드라인*은 UNFCCC에 대한 협약 당사국(Parties)의 권고에 대응하여 준비되었다. 가이드라인은 당사국에 의해 합의된 것처럼, 몬트리올 의정서(Montreal Protocol)에 의해 통제되지 않는, 인간활동에 따른 온실가스의 배출원에 의한 배출량 및 흡수원에 의한 흡수량의 인벤토리를 보고하는데 대한 UNFCCC하의 의무를 당사국이 충족시키는데 도움을 줄 것이다. *2006 IPCC 가이드라인*은 다섯 권으로 되어 있다. 제 1권은 인벤토리 개발의 기본적 단계를 기술하고 국가 온실가스 인벤토리가 다수 등장하기 시작한 1980년대 후반 이후 기간 동안의 국가들의 축적된 경험에 관한 저자들의 이해에 기초하여 온실가스 배출 및 저감 산정의 일반적인 지침을 제공한다. 제 2권에서 5권은 경제적으로 서로 다른 부문에서의 산정에 대한 지침을 제공한다.

이전의 IPCC는 *국가 온실가스 인벤토리 산정을 위한 1996 IPCC 가이드라인(1996 IPCC 가이드라인)*[1], *국가 온실가스 인벤토리에 대한 우수실행지침 및 불확도 관리*[2] *(GPG 2000)*와 *토지이용, 토지이용변화 및 산림에 대한 우수실행지침*[3] *(GPG-LULUCF)*을 개발하였다. 이들 모두는 국가들이 유엔 기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change) (UNFCCC)에 보고하기 위해 온실가스 인벤토리를 산정하는데 현재 이용하고 있는 국제적으로 합의된[4] 방법론을 제공한다. 세 권의 *1996 IPCC 가이드라인*은 배출원에 의한 배출 및 흡수원에 의한 흡수에 관한 가스 및 카테고리의 관점에서 국가 인벤토리의 적용범위를 정의하며, *GPG 2000*과 *GPG-LULUCF*는 불확도 산정, 시계열 일관성, 품질보증 및 품질관리를 포함하는 공통적(cross-cutting) 문제에 대한 권고뿐만 아니라 산정방법의 선택, 방법의 개선에 관한 추가적인 지침을 제공한다.
2002년에 뉴델리에서 개최된 17번째 회의에서, UNFCCC 아래의 과학기술자문 부속기구(Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice) (SBSTA)는 2006년 초까지 작업완료를 목표로, 기후변화협약(Convention)과 교토 의정서(Kyoto Protocol)[5]하의 관련 작업을 고려하여, IPCC가 *1996 IPCC 가이드라인*을 개정하도록 권고했다.

---

1 기후변화에 관한 정부간 협의체 (IPCC) (1997). Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Tr□anton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. and Callander B.A. (Eds). *국가 온실가스 인벤토리 작성을 위한 1996 IPCC 가이드라인*. IPCC/OECD/IEA, Paris, France.

2 기후변화에 관한 정부간 협의체 (IPCC) (2000). Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K., and Tanabe K. (Eds). *국가 온실가스 인벤토리에 대한 우수실행지침 및 불확도 관리*. IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan.

3 기후변화에 관한 정부간 협의체 (IPCC) (2003). Penman J., Gytarsky M., Hiraishi T., Krug, T., Kruger D., Pipatti R., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K., and Wagner F (Eds). *토지이용, 토지이용변화 및 산림에 대한 우수실행지침* IPCC/IGES, Hayama, Japan.

4 과학기술자문 부속기구의 4차 회기 보고서 (FCCC/SBSTA/1996/20)의 제30절; 결정문 2/CP.3 및 3/CP.5 (협약 부속서 I에 포함된 당사국의 국가보고서 준비를 위한 UNFCCC 보고 가이드라인의 I 부: 연간 인벤토리에 대한 UNFCCC 보고 가이드라인), 협약 부속서 I에 포함되지 않은 당사국의 국가보고서를 준비하기 위한 개선된 가이드라인을 채택한 결의 3/CP.5 및 17/CP.8 하에서 채택된 가이드라인을 개정한 결정문 18/CP.8, 그리고 이후의 결의 13/CP.9 및 결정문 15/CP.10을 참고

5 그 중에서도, 과학기술자문 부속기구, 이행자문 부속기구 및 협약 부속서 I에 포함되지 않은 당사국의 국가보고서 전문가그룹에 의한 작업과 부속서 I 당사국의 온실가스 인벤토리에 대한 기술적 검토(technical review)를 포함

UNFCCC의 권고에 대응하여, IPCC는 2003년 2월의 파리에서의 20번째 회의에서, *2006 IPCC 가이드라인을* 위한 위임사항(Terms of Reference), 목차(Table of Contents), 작업계획(Workplan)[6]에 관한 (2003년 11월, 비엔나에서의) 21차 정기총회에서의 합의를 이끄는 과정을 시작했다. 작업계획(Workplan)은 2006년 4월의 IPCC 25차 정기총회에서 채택 및 수락되도록 제시간에 과업을 완료하려는 목표를 가졌다. 위임사항(Terms of Reference)은 개정판이 특히 *1996 IPCC 가이드라인*, *GPG 2000, GPG-LULUCF* 및 UNFCCC의 기술적 인벤토리검토 과정에서의 경험에 기초해야 한다고 명기했다.

2 가이드라인의 적용범위

표 1은 *2006 IPCC 가이드라인을* 구성하는 다섯 권의 내용을 보여준다. 표 2와 3에서 보이는 가스들에 대한 산정방법이 제공되며, 그림 1에서 보이는 카테고리들이 포함된다. 제 1권의 제 8장에서 보고방법(Reporting)이 기술된다. 적용범위는 IPCC가 작성 시점에 지수온난화지수(global warming potential) (GWP)[7]를 제공하는, 몬트리올 의정서에 포함되지 않은 모든 온실가스에 대해 완전하다.

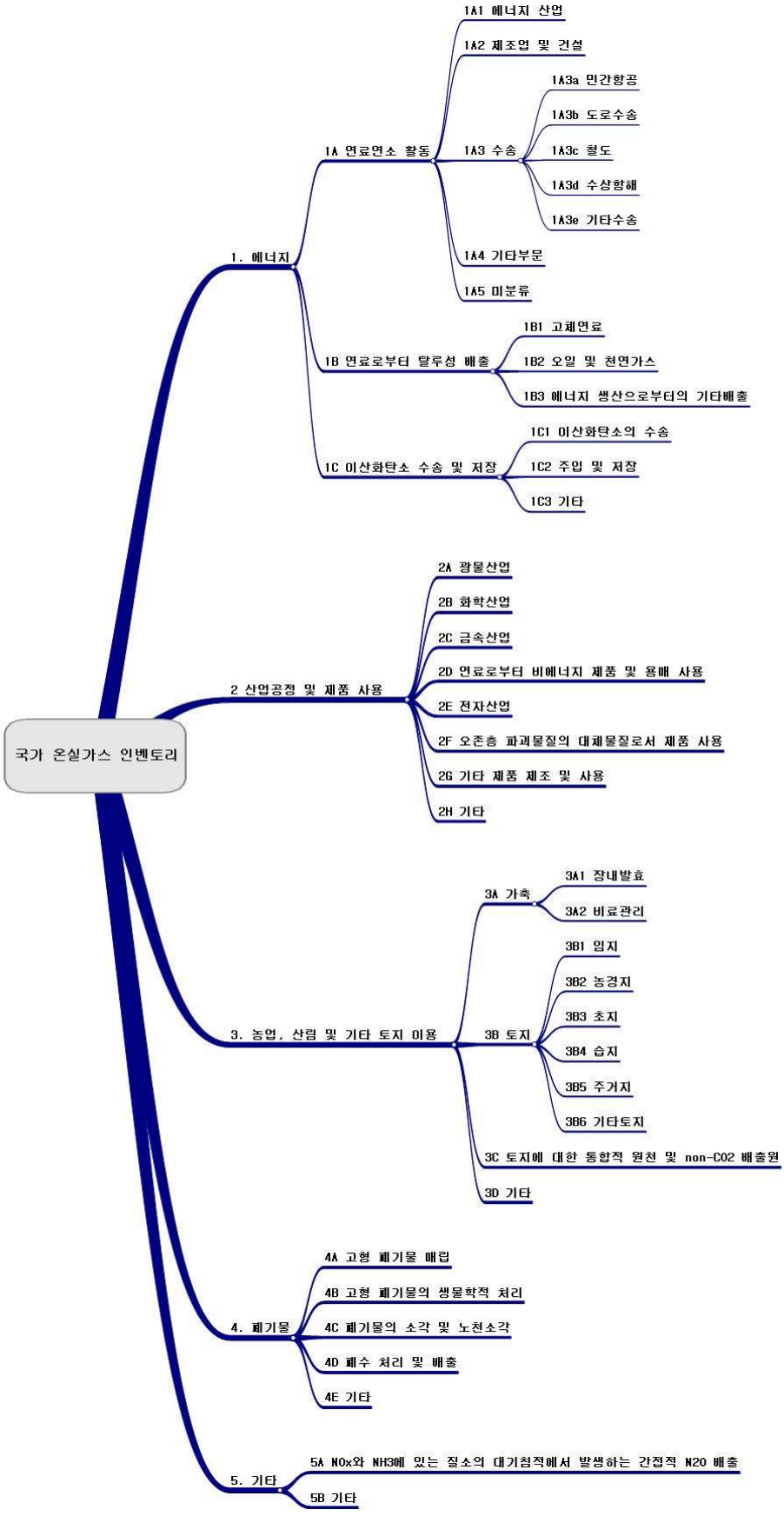
6 위임사항, 목차 및 작업계획은 http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/에 나타나 있음

7 기후변화 2001: IPCC 3차 평가보고서 중 실무그룹 I 의 과학적 근거, (TAR), (ISBN 0521 80767 6), 6.12.2절, Direct GWPs.

표 1
2006 가이드라인의 내용

권(Volumes)	장(Chapters)
제 1권 - 일반 지침 및 보고 (General Guidance and Reporting)	1. 2006 가이드라인 서론 2. 자료 수집에 대한 접근법 3. 불확도 4. 방법론 선택 및 주 카테고리(Key Categories)의 확인 5. 시계열 일관성 6. QA/QC와 검증 7. 전구체(Precursors)와 간접적 배출 8. 보고지침 및 표
제 2권 - 에너지 (Energy)	1. 서론 2. 고정 연소 3. 이동 연소 4. 탈루성 배출(Fugitive Emissions) 5. 이산화탄소 수송, 주입 및 지중 저장 6. 기본 접근법(Reference Approach)
제 3권 - 산업공정 및 제품 사용 (Industrial Processes and Product Use)	1. 서론 2. 광물산업 배출 3. 화학산업 배출 4. 금속산업 배출 5. 연료로부터 비에너지 제품 및 용매 사용 6. 전자산업 배출 7. 오존층 파괴물질에 대한 불소화 대체물질의 배출 8. 기타 제품 제조 및 사용
제 4권 - 농업, 산림 및 기타 토지 이용 (Agriculture, Forestry and Other Land Use)	1. 서론 2. 다양한 형태의 토지이용 카테고리에 적용가능한 일반적 방법론 3. 일관성 있는 토지이용의 대표성 4. 임지 5. 농경지 6. 초지 7. 습지 8. 주거지 9. 기타 토지 10. 가축 및 분뇨 관리로 인한 배출 11. 관리 토양에서의 N_2O 배출 및 석회와 요소 사용으로 인한 CO_2 배출 12. 수확된 목제품(Harvested Wood Products)
제 5권 - 폐기물 (Waste)	1. 서론 2. 폐기물 발생, 조성 및 관리 자료 3. 고형 폐기물 매립 4. 고형 폐기물의 생물학적 처리 5. 폐기물의 소각 및 노천 소각 6. 폐수 처리 및 배출

그림 1 배출원에 의한 배출 및 흡수원에 의한 흡수의 주 카테고리



*2006 IPCC 가이드라인*의 제 3권은 작성 시점에 GWP값이 IPCC로부터 이용가능하지 않은, 몬트리올 의정서에 포함되지 않은 일부 직접적인 온실가스 (표 3)에 대한 산정 방법 및/내지 배출계수를 또한 제공한다. 이러한 가스들은 산업 및 제품 적용을 위해, 표 2에 포함된 가스들의 대체물질로 종종 이용된다. GWP 값이 IPCC로부터 이용가능하게 될 때까지, 국가들은 이들 가스들을 *주 카테고리* 분석에 통합하거나 (아래의 3절을 참고) 국가의 전체 GWP 가중 배출량에 포함할 수 없을 것이다. 그렇지만, 선택적으로, 국가들은 *2006 IPCC 가이드라인*에서 제공된 방법을 이용하여, 이러한 온실가스의 산정치를 질량 단위로 제공하고자 할 지 모른다. 보고용 표들이 이러한 목적을 위해 제공된다.

표 2
GWP 값이 TAR에서 이용가능한 가스들[8]

이 름	기 호
이산화탄소 (Carbon Dioxide)	CO_2
메탄 (Methane)	CH_4
아산화질소 (Nitrous Oxide)	N_2O
수소불화탄소 (Hydrofluorocarbons)	HFCs (예들 들어, HFC-23 (CHF_3), HFC-134a (CH_2FCF_3), HFC-152a (CH_3CHF_2))
과불화탄소 (Perfluorocarbons)	PFCs (CF_4, C_2F_6, C_3F_8, C_4F_{10}, c-C_4F_8, C_5F_{12}, C_6F_{14})
육불화황 (Sulphur Hexafluoride)	SF_6
삼불화질소 (Nitrogen Trifluoride)	NF_3
Trifluoromethyl Sulphur Pentafluoride	SF_5CF_3
할로겐화 에테르 (Halogenated Ethers)	예들 들어, $C_4F_9OC_2H_5$, $CHF_2OCF_2OC_2F_4OCHF_2$, $CHF_2OCF_2OCHF_2$
기타 할로겐화 탄소 (Other halocarbons)	예를 들어, CF_3I, CH_2Br_2, $CHCl_3$, CH_3Cl, CH_2Cl_2[9]

8 IPCC의 3차 평가보고서. 주석(footnote) 7을 또한 참고하시오.

9 필요한 자료가 이용가능하면, 이들 가스들에 대해, 제 3권의 3.10.2절에서 기술된 방법을 따라 배출이 추정되며, 하위 카테고리 2B10 "기타"에서 보고될 수 있다.

표 3 GWP 값이 TAR에서 이용가능하지 않은 추가적인 가스들
$C_3F_7C(O)C_2F_5$[10]
C_7F_{16}
C_4F_6
C_5F_8
c-C_4F_8O

*2006 IPCC 가이드라인*은 여기에서 방법이 제공되는 온실가스의 배출 및 저감에 관한 보고를 보충하기 위해 이용될 수 있는 대류권 전구체(tropospheric precursors)의 배출에 관한 산정을 위해, 다른 합의 및 협약[11]하에서 이용되는 방법에 대한 정보의 연결을 포함한다.

3 가이드라인 발전에 대한 접근법

*2006 IPCC 가이드라인*은 *1996 IPCC 가이드라인*, *GPG 2000* 및 *GPG-LULUCF*로부터 시작하는 진화적 발전의 소산이다. 여러 국가들과 국제적 커뮤니티는 인벤토리 시스템에 상당한 투자를 해왔기 때문에, 방법론적 접근법의 근본적인 변화는 배출 및 저감의 산정에서 시계열 일관성에 어려움을 가중시키며, 추가적인 비용을 발생시킨다. 진화적 접근법(evolutionary approach)은 연속성을 보장하는데 도움이 되며, 경험을 기존의 가이드라인, 새로운 과학적 정보, UNFCCC 검토 과정의 결과와 통합하는 것을 허용한다. 가장 큰 변화는 *GPG-LULUCF*의 토지이용, 토지이용의 변화 및 임업(Land Use, Land-Use Change and Forestry) (LULUCF)에 대한 접근법과 *GPG 2000*의 농업 부문(Agriculture sector)를 단일한 농업, 임업 및 기타 토지 이용(Agriculture, Forestry and Other Land Use) (AFOLU) 책자로 통합하는 제 4권에서 발생한다. 이러한 것과 기타 중요한 발전 및 변화는 아래의 5절에서 요약된다.

*2006 IPCC 가이드라인*은 *GPG 2000*과 함께 도입된 좋은 처리방식(*good practice*)의 정의를 유지하고 있다. 이 정의는 인벤토리 개발의 기초로서 국가들간에 일반적으로 받아들여지고 있다. 이러한 정의에 따라, 좋은 처리방식(*good practice*)과 일치하는 인간활동에 따른 온실가스 배출 및 저감의 국가 인벤토리는 판단할 수 있는 한 과대 내지 과소 산정치를 포함하지 않으며, 실행 가능한 한 불확도가 감소되는 목록이다.

이러한 요구사항은 배출원에 의한 배출량 및 흡수원에 의한 흡수량의 산정치가, 불확실할지라도,

10 이 가스는 3M에 의해 생산된 플루오르화 케톤(fluorinated ketone)인 Novec™612로 거래된다 (Milbrath, 2002).

11 예를 들어, 인벤토리 개발자가 이산화황 (SO_2), 일산화탄소 (CO), 질소 산화물 (NOx), 암모니아 (NH_3) 및 비메탄 휘발성 유기화합물 (NMVOCs)의 배출을 산정하기 위해 UNECE의 대기오염물질의 장거리 이동에 관한 협약(Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution)의 Task Force on Emission Inventories and Projections에 의해 개발된 자료를 조회하는 제 1권의 7.1 및 7.2절을 참고하시오.

확인 및 제거될 수 있었던 어떠한 편의(biases)도 포함하지 않는다는 의미에서 진실한 산정치이며, 주어진 국가적 상황에서 불확도가 실행 가능한 한 감소되었다는 것을 보장하려는 것이다. 이러한 유형의 산정치는 주어진 현재의 과학적 지식과 이용가능한 자원에서, 아마 가장 좋은 달성가능한 산정치일 것이다.

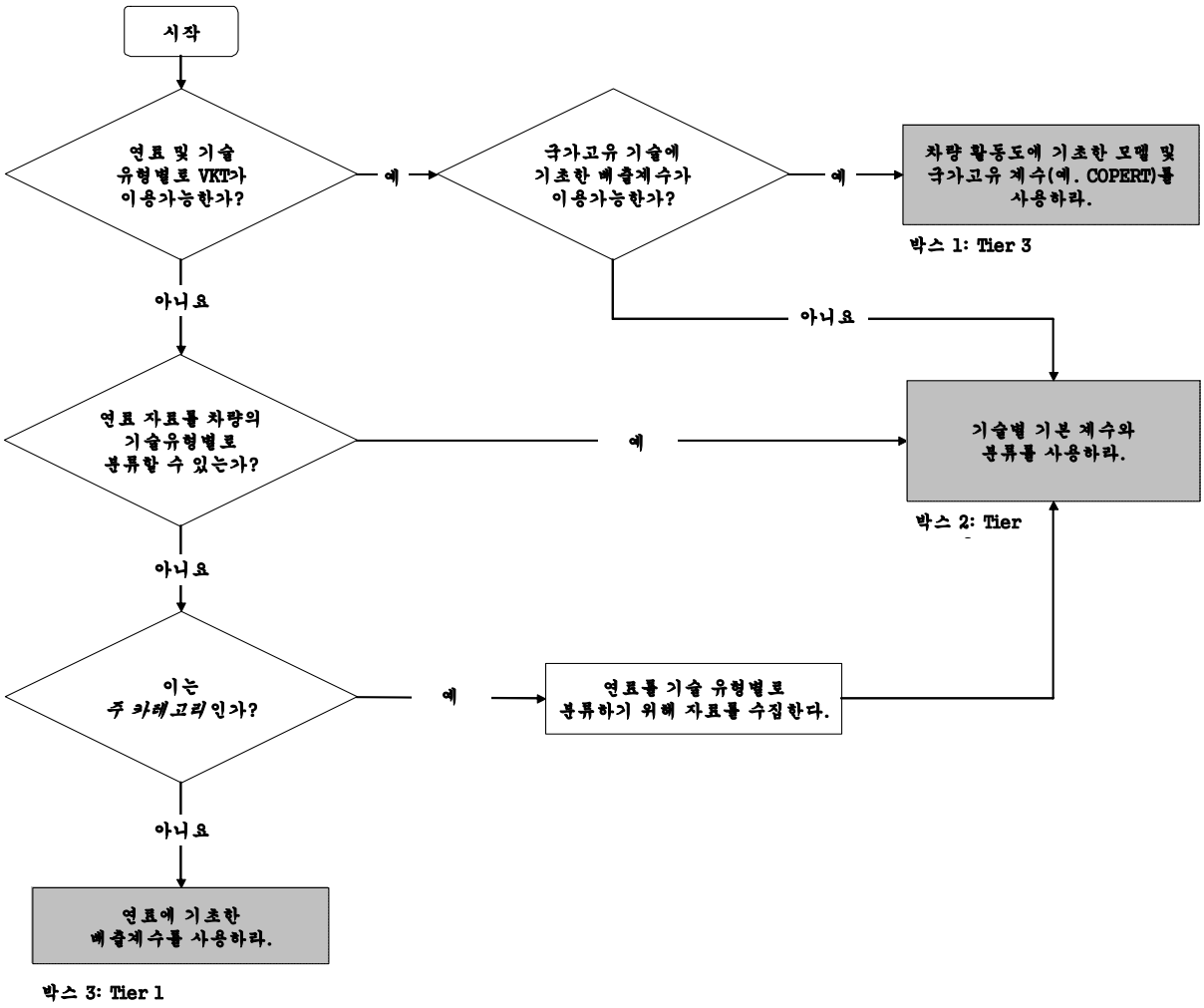
*2006 IPCC 가이드라인*은 일반적으로 tier 1 (기본 방법)에서 tier 3 (가장 상세한 방법)까지, 상세함의 세 가지 수준에서 산정방법에 대한 권고를 제공한다. 이러한 권고는 순배출 (배출원에 의한 배출량 - 흡수원에 의한 흡수량)의 전체 수준을 산정하기 위해, 방법에 관한 수학적 설명, 산정치를 생성하는데 이용하는 배출계수 내지 기타 입력변수(parameters)에 대한 정보, 활동자료(activity data)의 원천으로 구성된다. 적절히 수행된다면, 모든 tiers는 비편향추정량(unbiased estimates)을 제공하도록 의도되었으며, 정확성(accuracy) 및 정밀도(precision)는, 일반적으로, tier 1에서 tier 3까지의 순서로 개선된다. 서로 다른 tiers의 제공은 인벤토리 작성자가 그들의 자원과 일치하는 방법을 이용하고, 그들의 노력을 국가 배출 총계 및 추세(trends)에 가장 크게 기여하는 배출 및 저감 카테고리에 집중하는 것을 가능하게 한다.

*2006 IPCC 가이드라인*은 의사결정도(decision trees)에 의한 단계별 접근법(tiered approach)를 적용한다 (그림 2의 예제를 참고). 의사결정도는 주어진 국가적 상황에서, 고려중인 카테고리의 산정을 위해 이용할 tier의 선택을 안내한다. 국가적 상황은 요구되는 자료의 이용가능성, 국가 총 배출 및 저감과 시간에 따른 추세에 대한 특정 카테고리의 기여를 포함한다. 국가 총배출과 추세의 관점에서 가장 중요한 부문은 핵심 카테고리[12]로 불린다. 의사결정도는 일반적으로 핵심 카테고리에 대해 tier 2 내지 tier 3 방법을 요구한다. 자료수집의 비용이 다른 핵심 카테고리의 산정을 위해 이용가능한 자원을 크게 위태롭게 할 것이라는 증거가 있는 경우에, *2006 IPCC 가이드라인*은 이에 대한 예외에 대비한다.

*2006 IPCC 가이드라인*은 또한 다음에 대한 권고를 제공한다; i) 자료수집이 대표성이 있으며 시계열이 일관적이라는 것을 보장, ii) 카테고리 수준과 전체 인벤토리의 불확도의 산정, iii) 인벤토리 작성 동안 교차검사(cross-checks)를 제공하기 위한 품질보증 및 품질관리 절차에 대한 지침, iv) 인벤토리 산정치의 검토 및 평가를 촉진하기 위해 기록, 보관 및 보고될 정보. tier 1 방법을 위한 보고용 표와 워크시트가 제공된다. 단계적 방법론(tiered methodologies) 및 의사결정도의 이용과 공통적 권고(cross cutting advice)는 인벤토리 개발 및 갱신을 위해 이용 가능한 유한한 자원이 가장 효과적으로 배치되고, 인벤토리가 투명한 방식으로 검사 및 보고되는 것을 보장한다.

12 GPG 2000 및 GPG 2000-LULUCF에서 이들은 주요 배출원(key sources), 내지 저감이 존재할 수 있는 경우에 주 카테고리(key categories)로 불린다.

그림 2 의사결정도의 예(도로수송으로부터 발생하는 CH_4와 N_2O부분)



4 가이드라인의 구조

*2006 IPCC 가이드라인*의 구조는 두 가지 측면에서 *1996 IPCC 가이드라인*, *GPG 2000* 및 *GPG -LULUCF*의 구조를 개선한다.

첫 번째, *1996 IPCC 가이드라인*, *GPG 2000* 및 *GPG-LULUCF*의 이용자는 배출 내지 저감을 산정하기 위해 네 권 내지 다섯 권[13] 간에 상호 참조(cross reference)를 할 필요가 있지만, *2006 IPCC 가이드라인은* 두 권간의 상호 참조를 요구한다: 제 1권 (일반 지침 및 보고)과 관련 부문별 책자 (제 2권 (에너지), 제 3권 (산업공정 및 제품 이용), 제 4권 (농업, 임업 및 기타 토지 이용), 제 5권 (폐기물)). 이는 상당한 단순함을 보여준다.

두 번째, *2006 IPCC 가이드라인은* 한 권에서 농업, 다른 권에서 토지 이용의 변화 및 임업으로 구성되는 두 권 대신에, 농업, 임업 및 기타 토지 이용을 한 권으로 제시한다. 이는 토지 이용 패턴

13 즉, *IPCC 1996 가이드라인*의 3권 및 *GPG 2000* 내지 *GPG-LULUCF*의 적어도 한권.

에 대한 정보의 보다 나은 통합을 고려하며 농업과 기타 토지 이용 모두에 영향을 미치는 활동자료(예를 들어, 비료 적용)의 보다 일관적인 이용을 촉진하므로, 이중집계 내지 누락의 가능성을 감소 내지 방지한다.

*2006 IPCC 가이드라인은 GPG 2000*에서 도입되고 *GPG-LULUCF*에서 유지된, 카테고리 수준에서의 방법론적 권고의 표준적 배치(layout)를 유지한다. 표 4는 각 카테고리에 이용되는 일반적 구조를 보여준다. *GPG 2000*과 *GPG-LULUCF*에 익숙한 이용자는 어렵지 않게 *2006 IPCC 가이드라인으*로 이동할 수 있다.

표 4
부문별 지침을 위한 장들의 일반적 구조

• 방법론적 문제 o 의사결정도와 tiers의 정의를 포함한, 방법의 선택 o 배출계수의 선택 o 활동자료의 선택 o 완전성 o 일관적인 시계열(Consistent Time Series)의 개발
• 불확도 평가 o 배출계수 불확도 o 활동자료 불확도
• 품질보증/품질관리, 보고 및 문서화
• 워크시트

이용자 친화성(user friendliness)을 개선하기 위해 이전의 IPCC 인벤토리 지침을 검토하였으며, 필요한 경우에, 보다 명확하게 하고 확장시켰다. 모든 권들에 걸쳐, 일부 추가적인 카테고리가 확인 및 포함되었다. 지침은 참고문헌이 제공되는, 배경지식에 관한 과학적 논의 대신에 인벤토리 방법론(inventory methodologies)에 집중한다.

5. 2006 IPCC 가이드라인에서의 특징적 발전

2006 IPCC 가이드라인은 아래의 특정한 발전을 포함한, 모든 카테고리에 걸친 IPCC의 인벤토리 방법론의 철저한 과학적 검토 및 구조적 개선에 기초한다:

제 1권 (일반 지침 및 보고)

- *서론의 권고*: 먼저 온실가스 인벤토리에 관한 개요와 인벤토리를 준비하는데 필요한 단계들을 위한 새로운 절이 포함되었다.
- *자료수집에 대한 확장된 권고*: *2006 IPCC 가이드라인은* 기존의 자료로부터의, 그리고 측정 프로그램의 설계를 포함한 새로운 활동에 의한, 자료수집에 대한 체계적인 공통적 권고(cross-cutting advice)를 소개한다.

- *주 카테고리 분석*: 일반적인 원칙 및 지침이 제공된다. *2006 IPCC 가이드라인*에서는 농업과 LULUCF의 AFOLU 책자로의 통합을 다루었으며, 배출 및 저감 카테고리들에 걸쳐 주 카테고리 분석을 보다 잘 통합한다.

제 2권 (에너지)

- *CO_2 포집 및 저장의 처리*: 이러한 배출은 포괄적으로 다루어지며, CO_2 포집 및 수송 단계로부터 발생하는 탈루적 손실(fugitive losses)(전통적인 인벤토리 접근법을 이용하여 산정)과 지하에 저장된 이산화탄소로부터 발생하는 손실(주입된 총량을 제공하는 모델링 및 측정 기술을 조합하여 산정되고 관리 목적으로도 모니터링 됨)을 포함한다. 인벤토리 방법은 배출이 발생하는 연도의 산정된 실제 배출을 반영한다. 제 2권에서 제공된 지질학적 CO_2 포집, 수송 및 저장 (CCS)을 위한 인벤토리 방법은 이산화탄소 포집 및 저장에 대한 IPCC 특별보고서(IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage) (2005)와 일치한다. 바이오 연료(biofuel)의 연소로부터 포집되어 지하 저장소에 주입된 CO_2의 양은 음의 배출(negative emission)로 인벤토리에 포함된다. 이러한 CO_2의 이후의 누출과 화석 배출원으로부터 발생한 CO_2의 누출간에는 차이를 두지 않는다.
- *버려진 탄광으로부터 발생한 메탄*: 이러한 배출의 산정을 위한 방법론이 *2006 IPCC 가이드라인*에 처음으로 포함되고 있다.

제 3권 (산업공정 및 제품 사용)

- *새로운 카테고리 및 새로운 가스*: *2006 IPCC 가이드라인*은 온실가스 배출원으로 확인된 보다 많은 제조 부문 및 제품 이용을 포함하도록 확장되었다. 여기에는 납, 아연, 이산화티탄, 석유화학제품의 생산 및 액정 디스플레이 (LCD) 제조가 포함된다. IPCC 3차 보고서(IPCC Third Assessment Report)에서 확인된 추가적인 온실가스는 인간활동에 의한 배출원이 확인된 곳에서도 포함된다. 이러한 가스에는 삼불화질소(nitrogen trifluoride) (NF_3), trifluoromethyl sulphur pentafluoride (SF_5CF_3) 및 할로겐화 에테르(halogenated ethers)가 포함된다.
- *화석연료의 비-에너지 이용*: 에너지 부문과의 구분에 대한 지침이 개선되었고, 화석연료의 비-에너지 용도로부터 발생한 배출은 이제 에너지 대신에 산업 공정 및 제품 이용에서 보고된다. 비-에너지 용도로부터 발생한 이산화탄소 배출산정치의 완전성을 검사하기 위한 방법이 도입되었다.
- *플루오르 화합물(fluorinated compounds)의 실제 배출량*: *1996 IPCC 가이드라인*에서 tier 1 방법으로 이용된 잠재적 배출량 접근법은 진실한 배출량의 산정치를 제공하지 않고 보다 높은 tiers와 호환되지 않기 때문에, 더 이상 적절하지 않은 것으로 간주된다. 그러므로 이 책자에서 제안된 Tier 1 방법은 보다 나은 자료가 이용가능하지 않은 경우에 산정 방법이 종종 default 활동자료에 기초하지만, 실제 배출량 산정방법이다. 냉동과 같은 적절한 부문에서 단순화된 물질수지 접근법(mass balance approaches)을 또한 제안하고 있다.

제 4권 (농업, 산림 및 기타 토지 이용)

- *농업, 토지이용, 토지이용의 변화, 산림 간의 통합*: 이러한 통합은 이전 지침에서의 이러한 카

테고리들 간의 다소 임의적인 구분을 제거하며, 특히 보다 상세한 방법에 대해, 그들 간의 자료의 일관적 이용을 촉진한다.

- *관리된 토지(Managed land)*는 인간활동에 따른 배출원에 의한 배출 및 흡수원에 의한 흡수를 확인하기 위한 대용물(proxy)로 가이드라인에서 이용된다. 대부분의 AFOLU 부문에서 인간활동에 따른 GHG의 배출원에 의한 배출 및 흡수원에 의한 흡수는 관리된 토지에서 발생하는 것으로 정의된다. 인간활동에 따른 효과에 대한 대용물로 관리된 토지를 이용하는 것은 *GPG-LULUCF*에서 채택되었다. 인간활동에 따른 효과의 대부분은 관리된 토지에서 발생하며, 실용적 관점에서, 인벤토리 산정을 위해 필요한 정보는 주로 관리된 토지로 제한된다.
- *이전의 선택적 카테고리의 통합*: 관리된 토지의 모든 화재와 관련된 배출원에 의한 배출량 및 흡수원에 의한 흡수량이 이제는 산정되며, 이는 화재(wildfires)와 규정된 연소(prescribed burning)간의 이전의 선택적 구분을 제거한다. 위에서 논의된 것처럼, 이는 인간활동에 따른 배출원에 의한 배출 및 흡수원에 의한 흡수를 확인하기 위한 대용물로서의 관리된 토지에 관한 개념과 일치한다. 관리되지 않는 토지 위에서의 화재 및 기타 교란(disturbances)은 일반적으로 인간활동 내지 자연적 원인과 관련될 수 없으므로, 토지 이용의 변화가 교란 이후에 있지 않다면, *2006 IPCC 가이드라*인에 포함되지 않는다. 이러한 경우에, 교란에 의해 영향을 받는 토지는 관리되는 것으로 간주되며, 자연적 원천인지 아닌지의 여부에 관계없이, 화재 및 기타 사건에 관련된 모든 온실가스의 배출원에 의한 배출량 및 흡수원에 의한 흡수량이 이제는 측정된다. 이전에 선택적이었던, 정착지와 관리된 습지에서 토양의 탄소량과 관련된 이산화탄소 배출 및 저감은 주요한 지침에 통합되었다.
- *수확된 목제품(Harvested wood products) (HWP)*: *2006 IPCC 가이드라인*은 UNFCCC 프로세스 내에서 현재 논의중인 접근법을 이용하여, 온실가스 인벤토리에 HWP를 포함하기 위해 이용될 수 있는 상세한 방법을 제공한다.
- *관리된 습지로부터 발생하는 배출*: *2006 IPCC 가이드라인*은 이제 습지에서 토지 이용의 변화로 인한 CO_2 배출을 산정하는 방법을 포함한다. 그렇지만, 과학적 정보의 제한된 이용가능성 때문에, CH_4 배출에 대한 방법은 미래의 방법론적 발전을 위한 기초인 부록(Appendix)에 포함된다.

제 5권 (폐기물)

- *매립지로부터 발생하는 메탄에 대한 개정된 방법론*: 매립 연도(year of placement)의 메탄의 잠재적 최대 방출에 기초한 이전의 Tier 1 방법은 UN 및 기타 원천으로부터 이용 가능한 자료를 이용하는 옵션을 제공하는 단순한 1차 분해 모형(decay model)으로 대체되었다. 이 접근법은 폐기물의 생성, 조합 및 관리에 대한 지역적 기본값 및 국가에 고유한 기본값를 포함하며, 모든 tiers에 걸친 온실가스 배출의 산정을 위한 일관적인 기초를 제공한다. 이는 산정된 배출에 대한 보다 정확한 시계열을 제공하며 매립가스(landfill gas)의 사용량이 특정한 연도에 생성된 양을 명백히 초과하는 상황을 방지한다.
- *매립지에서의 탄소 누적*: 이는 부패 모형의 산출물로 제공되며, AFOLU에서 HWP의 산정과 관련될 수 있을 것이다.
- *폐기물의 생물학적 처리 및 노천소각(open burning)*: 배출원을 보다 완전히 포함하도록 보장하기 위해 퇴비 및 바이오가스 시설로부터 발생하는 배출의 산정에 대한 지침이 포함되었다.

모든 책자에 관련된 사항

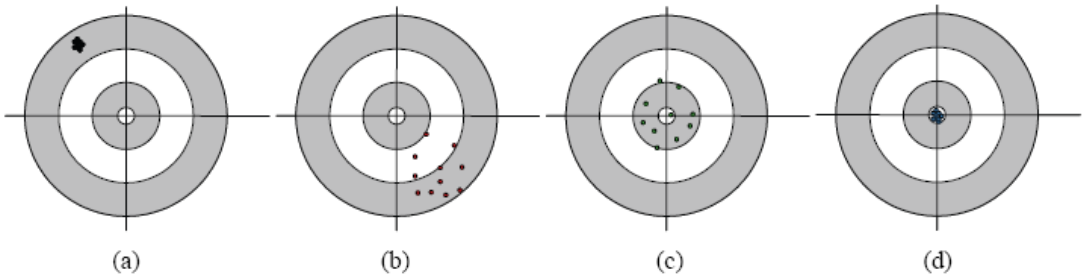
- *다른 가스들의 배출로부터 발생하는 CO_2 : 2006 IPCC 가이드라인*은 배출된 화학족(species)의 관점에서 탄소 배출을 산정한다. non-CO_2 화학족으로 배출되는 탄소의 대부분은 대기중에서 결국 CO_2로 산화되며, 이 양은 non-CO_2 가스의 배출 산정치로부터 산정될 수 있다. 일부 경우에 이러한 non-CO_2 가스의 배출은 CO_2 산정치에 비해 매우 작은 양의 탄소를 포함하며, CO_2 산정치가 탄소 총량을 기초로 하는 것이 보다 더 정확할 지 모른다. 대기중으로의 이러한 CO_2 유입을 산정하는 접근법에 대해 제 1권의 7.2.1.5절을 참고한다. (배출계수가 연료의 탄소 함유량으로부터 도출되는) 화석연료의 연소와 개별적인 가스보다 탄소 물질수지(carbon mass balance)를 훨씬 더 잘 산정할 수 있는 소수의 IPPU 부문이 그 예들이다.
- *질소 (N) 퇴적의 처리*: *GPG 2000*은 이후에 인간활동에 따른 아산화질소 (N_2O)의 배출을 가져오는 인간활동에 따른 질소 퇴적의 원천들을 나열하지만, 암모니아 (NH_3)와 질소 화합물 (NOx)의 농업 배출원과 관련된, 일부에 대해서만 산정방법을 제공한다. *2006 IPCC 가이드라인*은 이러한 접근법을 농업, 산업 및 연소 배출원을 포함한, N 퇴적의 모든 중대한 원천으로 확장하며, 최종적인 N_2O 배출은 최초에 배출되는 질소에 책임이 있는 국가에 귀속된다.
- *기업(entity) 또는 프로젝트 수준의 산정치와의 관계*: 가이드라인은 배출원에 의한 배출량 및 흡수원에 의한 흡수량의 국가 인벤토리를 준비하는데 도움이 되고자 한다. 그럼에도 불구하고, 가이드라인은 기업 내지 프로젝트 수준에서 실제적인 배출량 내지 저감량을 산정하는 곳에서도 관련될 수 있다.

용어집

정확도 Accuracy

정확도는 배출량 또는 흡수량 산정값의 정확성(exactness)에 대한 상대적인 측정치이다. 산정값은, 판단할 수 있는 한도에서 불확도가 실제 배출량 또는 흡수량을 계획적으로 과대 또는 과소 평가하지 않는다는 면에서, 그리고 불확도가 실행 가능한 한도에서 감소되어야 한다는 면에서 정확해야만 한다. 인벤토리의 정확성을 증가시키기 위하여, *우수실행(good practice)*의 지침서를 따르는 적절한 방법론이 사용되어져야 한다. 정확도는 아래의 삽화대로 정밀도(precision)와는 구별되어야 한다.

정확도와 정밀도의 삽화: (a) 정확하지 않으나 정밀한; (b) 정확하지 않고 정밀하지 않은; (c) 정확하나 정밀하지 않은, (d) 정밀하고 정확한



활동도 Activity

주어진 기간에 걸쳐 특정 지역에서 일어나는 활동(practice) 또는 그로인한 효과

활동도 자료 Activity data

특정 기간 동안에 발생하는 배출 또는 흡수를 야기하는 인간 활동 크기에 대한 자료. 에너지 사용, 금속 생산, 토지 면적, 관리 체계, 석회 및 비료 사용, 그리고 폐기물 발생 등이 활동도 자료의 예들이다.

혐기성 Anaerobic

산소가 충분히 이용 가능하지 않는 조건들. 이런 조건들은 메탄 배출 생산량에 매우 중요하게 작용한다.

Andosol

화산재에 존재하는 토양. 일반적으로 배수성이 좋으나 비옥하지 않은 경향이 있다.

산술 평균 Arithmetic mean

값들의 합을 값들의 개수로 나눈 값.

자가 생산자 Auto producer

자가 사용을 위해 전기 또는 열을 생산하고/하거나 부수적으로 그것을 판매하는 기업(주 사업으로서가 아닌).

과거 예측 Back-casting

예보의 반대말. 현재 상황으로부터 과거의 상황을 예측하는 것

역류 Backflows

석유 제품으로 정제하기 위해 일반적으로 정제소로 회수되는 정제 제품의 석유화학 공정으로부터의 오일 부산물.

기준연도 Base year

인벤토리에 대한 시작 연도. 현재, 기준연도는 전형적으로 1990년이다.

편의 Bias

대부분의 경우에 크기가 알려져 있지 않은, 관측 방법의 계통오차(systematic error). 이는 부적절하게 조정된 측정 설비를 사용함으로써, 잘못된 집단으로부터 항목을 선택함으로써, 또는 집단의 특정 요소를 편애함으로써 야기될 수 있다. 예를 들어; 고/중간 압력 루트로부터의 누수 측정치만을 사용하여 가스 수송 및 배급으로부터의 총 탈루 배출량을 산정하는 것은, 저압력 배급 네트워크에서의 누수가 무시되는 편의를 야기한다.

바이오연료 Biofuels

일부러 재배한, 또는 폐기물로부터의 바이오매스로부터 기인된 모든 연료. 이탄(peat)은 수확 후 재 축적되는 데 걸리는 시간의 길이로 인해 본 지침서에서는 바이오연료에 포함되지 않는다.

생물발생적 탄소 Biogenic carbon

화석 탄소(fossil carbon)를 제외한 생물발생적(식물 또는 동물) 배출원으로부터 기인한 탄소. 이탄은 수확된 이탄을 대체하기 위해 오랜 시간이 걸리기 때문에, 본 지침서에서는 화석 탄소로 다루어진다.

폐기물의 생물학적 처리 Biological treatment of waste

폐기물의 부피를 저감시키기 위해 음식 폐기물, 정원/공원 폐기물 및 슬러지와 같은 유기 폐기물의 퇴비화 및 혐기적 분해, 폐기물의 안정화, 그리고 폐기물 내 병원균의 파괴. 여기에는 물리-생물학적 처리가 포함된다.

바이오매스 Biomass

(1) 특정 지역에서의 살아있는 유기체의 총 질량, 또는 주로 건량(dry weight)으로 표현되는 특정 종(species)의 총 질량

(2) 이탄을 제외하고, 살아있는 유기체로부터 최근에 파생된, 또는 살아있는 유기체를 구성하는 유기 물질 (특히 연료로 간주된다). 이러한 물질로부터 파생된 생산물, 부산물, 그리고 폐기물을 포함한다.

발포제 Blowing agent (거품 생성을 위해)

거품(foam) 생성 도중에 가스를 발생시키는 가스, 휘발성 액체, 또는 화학물질. 가스는 거품의 플라스틱 구조 내에서 기포(bubble) 또는 구멍을 형성한다.

부트스트랩 기법 Bootstrap technique

부트스트랩 기법은 변수 산정치의 변이성을 평가하기 위해 자료 군집으로부터 재추출(resampling)의 반복을 시행하는 컴퓨터 집약적 통계 방법의 유형이다.

아한대 Boreal

극/아한대(polar/boreal) 참조

탄화칼슘 Calcium carbide

탄화칼슘은 아세틸렌 생산에서, 시안아미드(cyanamide)의 제조에서, 그리고 전기 아크(arc) 철 용광로에서 환원제로써 사용된다. 탄화칼슘은 탄산칼슘(석회석) 및 환원제를 포함하는 탄소(예를 들면., 석유 코크스)로부터 생성된다.

탄소 예산 Carbon budget

탄소 순환의 탄소 저장고(carbon pool) 사이, 또는 하나의 특정 고리 내에서의 탄소 교환의 균형(예를 들면. 대기-생물권)

이산화탄소 등가 Carbon dioxide equivalent

복사 강도에 대한 온실가스의 기여에 근거하여 여러 온실가스를 비교하기 위해 사용되는 값. UNFCCC는 현재(2005) 이산화탄소 등가를 계산하기 위한 변수로써 지구온난화지수(global warming potentials; GWPs)를 사용한다(아래를 참조)

카테고리 Category

카테고리는 네 개의 주요 부문으로 나누어져 있다; 산업 공정 및 제품 사용(Industiral Processes and Product Use; IPPU); 농업, 삼림 및 기타 토지 이용(AFOLU); 그리고 폐기물. 카테고리는 하위 카테고리로 더 자세히 세분될 수 있다.

센서스 Census

전체 집단의 총수 또는 질문에 의해 수집된 자료

염화불화탄소 Chlorofluorocarbons(CFCs)

염소, 불소 그리고 탄소 원자만을 포함한 할로겐화 탄소. CFCs는 오존 파괴 물질과 온실 가스 두 가지 모두로 작용한다.

연대성토양연속계 Chronosequence

연대성토양연속계는 토지 이용 또는 관리에서의 시간적 연속성(temporal sequence)(예를 들어, 산림전용 이후 몇 년)을 나타내는, 유사하지만 분리된 지역으로부터 얻어진 측정값들로 구성된다. 예를 들어, 유사한 토양 유형, 유사한 지형, 유사한 초목을 지닌 지역을 선택함으로써, 기타 모든 지역 간 차이를 조절하기 위해 노력해야 한다. 연대성토양연속계는 종종 동일한 지역에서 일정 기간에 걸쳐 반복되는 측정값 또는 실험 연구에 대한 대리로써 사용되기도 한다.

변동계수 Coefficient of variation

통계적 정의: 변동 계수, v_x는 모집단 표준 편차인 σ_x와 평균인 μ_x의 비로, $v_x = \sigma_x/\mu_x$이다. 종종, 표본 표준편차와 표본 평균의 비율인 표본 변동계수를 일컫기도 한다.

열병합 발전 Cogeneration

열병합(Combined Heat and Power; CHP) 발전을 참조

열병합 Combined heat and power(CHP)

열병합 발전(cogeneration)으로도 알려진 열병합(CHP)은 생산자에 의해 이용되는, 혹은 사용된 에너지의 더 나은 이용을 목적으로 기타 사용자에게 판매되는 전기와 유용한 열을 동시에 생산하는 것이다. 공공 사업체는 발전소에서 생산된 열의 일부만을 이용하고, 공공 난방의 목적을 위해 판매할 수도 있다. 자가 생산자(auto-producers)와 같은 산업체들은 생산된 여분의 전기 일부를 다른 산업체 또는 전력 공급 회사에게 판매할 수도 있다.

비교가능성 Comparability

비교가능성(comparability)이란, 국가에 의해 보고되는 인벤토리의 배출량과 흡수량의 산정치가 국가간에 반드시 비교되어야 한다는 것을 의미한다. 이를 위해, 모든 국가는 인벤토리를 산정하고 보고하는 데 있어 합의된 방법론과 형식을 사용해야만 한다.

완전성 Completeness

완전성이란, 인벤토리가 개별 국가의 고유한 기존의 관련된 배출원/흡수원 카테고리(따라서 *IPCC 가이드라인*에 포함되지 않을 수도 있는) 뿐만 아니라, 모든 지리적 범위에 대해서 *IPCC 가이드라인*에 포함된 모든 배출원과 흡수원, 그리고 가스를 포함하는 것을 의미한다.

신뢰도 Confidence

'신뢰도'라는 용어는 측정값 또는 산정값에서의 신용도를 나타내기 위해 사용된다. 인벤토리 산정값에서 신뢰도를 갖는다는 것은 산정값을 더 정확하고 더 정밀하게 만드는 것이 아니다; 그러나 신뢰도를 갖는다는 것은, 결과적으로 문제를 해결하기 위해 자료가 적용될 수 있는지 여부에 대한 합의를 세울 수 있도록 도와줄 것이다. 이러한 신뢰도의 사용은, 신뢰구간(confidence interval)이라는 용어의 통계적 사용과는 크게 다르다.

신뢰구간 Confidence interval

추정된 구간에 대한 양(量)(quantity)의 측정치, 예를 들어 특정 국가에 대해 특정 기간 동안의 매년 총 배출량과 같은 측정치는 고정된 값이나 미지수이다. 신뢰 구간이란 특정 신뢰도를 가진 미지의 고정된 양의 참값을 포함한 범위를 일컫는다(확률). 전형적으로, 95% 신뢰구간이 가정된다. 고전적인 통계적 관점에서 95% 신뢰 구간은 미지수인 '양(quantity)'의 참값을 포함할 수 있는 95%의 확률을 가진다. 대안적인 정의로는, 신뢰구간이 측정값 또는 정보(information)와 연관성 있다고 안전하게 선언할 수 있는 범위를 일컫는다. 95% 신뢰 구간은 PDF의 2.5번째 및 97.5번째 백분위수(percentile)에 의해 둘러싸여 있다.

일관성 Consistency

일관성이란, 인벤토리가 장기간에 걸쳐 인벤토리의 모든 구성 성분들에 있어 내부적으로 일관성이 있어야 한다는 것을 의미한다. 기준 연도와 그 후의 일련의 연도에 대해 동일한 방법론이 사용되었고 배출원 또는 흡수원으로부터의 배출량 또는 흡수량을 산정하기 위해 일관성있는 자료 집단이 사용되었다면, 그 인벤토리는 일관성을 지닌다. 다른 연도에 대해 다른 방법론을 사용한 인벤토리는, 만약 시계열의 일관성 우수실행에 대한 1권의 지침서를 따라서 투명한 방식으로 산정되었다면, 일관성을 지닌다고 할 수 있다.

상관관계 Correlation

두 양(quantity) 사이의 상호 의존성. *상관계수(correlation coefficient)* 참조

상관계수 Correlation coefficient

동시에 관측된 두 변수 사이의 상호 의존성을 측정하는, -1과 +1사이의 숫자. +1은 변수들이 완벽한 선형 관계를 가진다는 것을 의미한다; -1은 변수들이 완벽한 역의 선형관계를 가진다는 것을 의미한다; 0은 아무런 선형 관계가 없다는 것을 의미한다. 상관계수는 두 변수간의 공분산(covariance)을 두 변수의 표준편차의 곱으로 나눈 것으로 정의된다.

국가고유 자료 Country-specific data

국가 내 또는 그 국가를 대표하는 지점에서 수행된 연구에 기반한 활동도 혹은 배출량에 대한 자료

항해 Cruise

(항공기에 적용될 때) 914 미터 이상의 고도에서 일어나는 모든 항공기 활동. 이 고도 이상에서 일어나는 어떠한 부가적인 상승 혹은 하강 작동도 포함한다. 상한 고도는 없다.

의사 결정도 Decision tree

의사 결정도는, *표준실행(good practice)* 원리와 더불어 인벤토리 또는 인벤토리 구성 성분을 개발하기 위해 뒤따라와야 하는 특정한 일련의 단계를 묘사하는 흐름도(flow chart)를 의미한다.

분포 함수 Distribution function

X가 x보다 작거나 같을 때의 확률, $P(X \leq x)$를 명기하는 확률 변수에 대한 분포 함수 또는 누적 분포 함수 F(x)

배출계수 Emission factor

단위 활동 당 가스의 배출 또는 흡수을 정량화하는 계수. 배출계수는, 주어진 작동 조건 하에 주어진 활동 수준에 대한 대표성 있는 배출량을 개발하기 위해 평균화된, 측정 자료의 표본에 종종 근거한다.

배출 Emissions

주어진 시간동안 특정 지역에서 대기로의 온실 가스 그리고/또는 그 전구물질의 배출

에너지 회수 Energy recovery

폐기물 중 유기물 부분이 사용가능한 에너지의 특정 형태로 전환되는 자원 회수의 한 형태. 오일이나 가스를 생산하기 위한 쓰레기의 열분해를 통해, 증기를 생산하는 가공된 혹은 가공하지 않은 폐기물을 통해, 회수가 이루어질 수 있다. 그리고 메탄가스를 생성하기 위한 유기 폐기물의 혐기성 분해를 통해서도 이루어질 수 있다.

강화된 탄층 메탄 Enhanced coal bed methane (회수(recovery))

석탄층(coal seam)으로의 CO_2 주입에 의해 생성되는 증가된 CH_4 회수

산정 Estimation

배출량 그리고/또는 흡수량을 계산하는 과정

증발성 배출 Evaporative emissions

증발성 배출은 탈루성 배출에 속하며, 면오염원(점오염원보다는)으로부터 배출된다. 증발성 배출은 종종 비메탄 휘발성 유기화합물(non-methane volatile organic compounds; NMVOCs)의 배출이고, 제품이 대기에 노출될 때(예를 들어, 페인트나 용매를 사용할 때) 배출된다.

배제된 탄소 Excluded carbon

연료 연소로부터 제외되는 화석 연료의 비에너지 사용(공급 원료, 환원제 및 비에너지 제품)에 있어서의 탄소

전문가 판단 Expert judgement

명확한 실측적 증거의 부재시, 특정 분야에서 명백한 경험을 가진 사람에 의해 행해지는, 주의 깊게 고려되거나, 잘 문서화되고 정성적인, 또는 정량적인 판단

공급원료 Feedstock

일차적으로는 유기 화학물질을 생산하기 위한, 그리고 부가적으로 무기 화학물질을 생산하기 위한, 화학물질 전환 공정에 포함된 가공되지 않은 물질로써 사용되는 화석 연료

일차 사용 First use

일차 사용(및 관계된 배출)을 그 후에 일어나는 화석 연료의 비에너지 사용과 구분하기위해 사용한다. 예를 들어, 윤활제로부터의 일차 사용 배출은 윤활제로서의 사용 도중에 산화의 결과로써 일어나는 배출이다. (띄어쓰기)사용된 윤활제는 폐오일로써 열증가를 위해 그 후에 사용될 수 있다.

Flaring

에너지 회수 없이, 천연가스 및 폐가스/폐증기 유출량의 계획적인 연소

불화탄소 Fluorocarbons

불소 원소를 포함하는 할로겐화 탄소. 염화불화탄소(CFCs), 수소염화불화탄소(hydrochlorofluorocarbons; HCFCs), 수소불화탄소(hydrofluorocarbons; HFCs) 및 과불화탄소(perfluorocarbons; PFCs)가 포함된다.

플럭스 Flux

(1) 석회암, 백운석, 석회 및 규사(silica sand)와 같이, 미네랄의 열 공정에 필요한 열 또는 기타 에너지 필요 물질을 저감시키기 위해 사용되는 가공되지 않은 물질

(2) 특정 면적에 걸쳐 이동하는 액체 혹은 가스의 흐름량; 특정 시간에 특정 면적을 교차하는 양. 예를 들면, "삼림에 의해 흡수되는 CO_2의 플럭스"

화석 탄소 Fossil carbon

화석 연료 또는 기타 화석 배출원으로부터 유도된 탄소

연료 Fuel

열 또는 전기와 같은 에너지 공급원으로써 연소되는 어떤 물질

연료 연소 Fuel combustion

가이드라인에서, 연료 연소는 공정에 열이나 기계적 작업을 공급하기 위해 설계된 기구 내/외에서 일어나는 물질의 고의적인 산화를 뜻한다.

연료 목재 Fuel wood

연료로 직접적으로 이용되는 목재

탈루성 배출 Fugutive emissions

굴뚝이나 환기구를 통한 고의적인 배출이 아닌 배출. 산업 공장 및 수송관으로부터의 누출이 여기에 포함된다.

지구온난화지수 Global warming potential

지구온난화지수(GWP)는 장기간 동안(예를 들면., 100년) CO_2 1 킬로그램의 복사강제력(radiative forcing)에 대한 대기로 배출된 온실가스 1 킬로그램의 복사강제력의 비(ratio)로써 계산된다.

우수실행 Good Practice

*우수실행*이란, 온실가스 인벤토리가 판단될 수 있는 정도에서 체계적으로 과대 또는 과소 평가하지 않으며 가능한 한 불확도가 감소되었다는 면에서 정확하다는 것을 확실시하기 위해 고안된 일련의 과정이다.

*우수실행*은 국가적 상황에 적절한 산정 방법의 선택, 국가 수준에서의 품질보증 및 품질관리, 불확도의 정량화, 그리고 투명성을 보증하기 위한 자료 저장 및 보고를 포함한다.

지상검증 자료 Ground truth

지상에 대한 측정값으로 얻어진 자료에 대해 사용되는 용어로, 주로 원격 탐사(예를 들면., 위성자료)에 대한 타당성으로써 사용된다.

탄화수소 Hydrocarbon

수소와 탄소만을 포함하는 분자로써 엄밀히 정의된다. 그러나 종종 S, N, 또는 O를 지닌 분자를 포함하는 석유 내 모든 분자를 포함하는 뜻으로 넓게 사용된다. 불포화 탄화수소는 올레핀 또는 방향족 구조를 포함하는 모든 탄화수소를 뜻한다.

수소염화불화탄소 Hydrochlorofluorocarbons(HCFCs)

수소, 염소, 불소 그리고 탄소 원자만을 포함하는 할로겐화 탄소. HCFCs는 염소를 포함하기 때문에, 오존 파괴에 기여한다. 이들은 모두 온실가스들이다.

수소불화탄소 Hydrofluorocarbons(HFCs)

수소, 불소, 그리고 탄소 원자만을 포함하는 할로겐화 탄소. HFCs는 염소, 브롬, 또는 요오드를 포함하지 않기 때문에, 오존층을 파괴하지 않는다. 다른 할로겐화 탄소와 같이, 중요한 온실가스이다.

수소불화에테르 Hydrofluoroethers(HEFs)

에테르 구조를 가진 수소, 불소, 그리고 탄소 원자로 구성된 화학물질. HEFs는 염소, 브롬 또는 요오드를 포함하지 않기 때문에, 오존층을 파괴하지 않는다. 다른 할로겐화 탄소와 같이, HEFs도 잠재적인 온실가스이다.

독립성 Independence

확률 변수들의 표본 값이 변하는 정도 사이에 관련성이 전혀 존재하지 않으면, 두 확률 변수는 독립적이다. 두 확률 변수 사이의 독립성 부재를 야기하는 가장 흔한 측정치는 상관계수이다.

주 카테고리 Key category

주요 카테고리란, 배출량 및 흡수량의 절대량, 배출량 및 흡수량의 경향, 또는 배출량 또는 흡수량에서의 불확도 등에서, 그 산정값이 국가의 총 온실가스 인벤토리에 지대한 영향을 미치기 때문에 국가 인벤토리 내에서 우선시되는 카테고리이다. 주요 카테고리라는 용어가 사용될 때마다, 이는 배출원과 흡수원 카테고리를 모두 포함한다.

주요 배출원 Key source

*주요 카테고리*를 참조

킬른 Kilns

시멘트, 석회 및 기타 물질의 제조에 사용되는 관 모양의 열기구. 석회소성 반응은 킬른 내에서, 또는 장치의 다른 부분, 즉 킬른 전에 있는 예열기 그리고/또는 선행 석회소성 기구에서 부분적으로 또는 완전하게 일어날 수 있다.

토지 피복 Land cover

지표면을 덮는 초목, 바위, 물 등의 유형

토지 이용 Land use

단위 토지에서 수행되는 활동의 유형

참고: 4권(AFOLU)에서, 범위가 넓은 토지 이용도 카테고리는 2장에 정의되어 있다. 이 카테고리들은 토지 피복(예를 들면., 삼림, 초원, 습지)와 토지 이용도(예를 들면., 경작지, 목축지) 종류의 혼합으로 인식된다.

매립가스 Landfill gas

도시 고형폐기물은, 매립지에 매립되고 압축되고 복토되면 다양한 가스 생성물을 생성시키는 유기물질을 다량 포함한다. 혐기성 박테리아는 산소가 없는 환경에서 번성하여, 유기 물질을 분해시켜 일차적으로 이산화탄소와 메탄의 생성을 야기한다. 이산화탄소는 물에 수용성이기 때문에 매립지 바깥으로 침출될 확률이 높다. 반면 메탄은 물에 덜 수용성이고 공기보다 가볍기 때문에 대기로 직접 이동할 가능성이 크다.

착륙 및 이륙 주기 LTO(landing and take-off) cycle

항공기 엔진의 정지가동, 항공기 날개 펴기(taxi-out), 이륙, 914 미터까지의 상승, 하강, 접근 및 항공기 날개 접기를 포함하는, 914 미터(3,000 피트) 이하에서 일어나는 모든 항공기 활동. 참고: 일부 통계학자들은 일회의 이륙 또는 착륙을 한 주기로 인정한다.; 그러나, 1회의 이륙과 1회의 착륙이 함께 LTO 주기로 정의된다.

윤활제 Lubricants

윤활제는 석유제품 또는 잔류물로부터 생성되는 탄화수소이며, 베어링 표면 사이의 마찰을 감소시키기 위해 주로 사용된다. 이 카테고리는 스핀들 오일(spindle oil)부터 실린더 오일(cylinder oil)까지의 모든 완성된 등급의 윤활제 오일과, 자동차 오일 및 모든 등급의 윤활제오일 기본 재고품을 포함하는 유지(grease)에 사용되는 윤활제를 포함한다.

퇴비 Manure

농업 목적으로 관리되는 가축에 의해 생성되는 폐기물. 퇴비가 혐기성 분해를 포함하는 방법으로 관리되면, 상당한 양의 메탄이 발생한다.

평균 Mean

평균이란, 확률 분포로부터 추출된 값들이 주로 존재하는 부근의 값이다. 표본 평균 또는 산술 평균은 평균(mean)의 추정치이다. 이는, 모집단의 비편향 및 일관된 추정치(기대값)이며, 그 자신 스스로 편차 값을 가진 확률 변수이다. 표본 평균은 값들의 합을 값들의 수로 나눈 값이다.

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i}^{n} x_i \quad (xi, \text{ where } i = 1,\ldots, n \text{ are items of a sample}).$$

중앙값 Median

중앙값 또는 모집단 중앙값은 확률밀도함수(PDF)의 적분값을 두개의 절반으로 나눈 값이다. 대칭적인 PDFs에 대해서는 중앙값이 평균값과 같다. 중앙값은 모집단의 50번째 백분위수이다.

표본 중앙값은 모집단 중앙값의 추정치이다. 이는, 순위화된 표본을 두개의 동일한 절반으로 나눈 값이다. 만일 2n+1개의 관측치가 있다면, 중앙값은 순위화된 표본의 (n+1)번째 숫자이다.

최빈값 Mode

분포의 최빈값은 사건 중 가장 높은 확률을 가진 값이다. 분포는 하나 혹은 두 개의 최빈값을 가질 수 있다. 실제에서는, 하나의 최빈값만을 가진 분포를 주로 접한다. 이러한 경우에, 최빈값 또는 PDF의 모집단 최빈값은 확률 분포로부터 표본 추출된 값들이 놓여 있는 경향이 높은 부근의 값의 측정치이다.

표본 최빈값은, 표본 범위를 동일한 하위계층으로 세분하고 얼마나 많은 측정값들이 각 계층에 속하는지 세어보고 그리고 관측값의 가장 큰 숫자인 계층의 중앙점을 선택함으로써, 계산되는 모집단 최빈값에 대한 추정치이다.

모델 Model

모델은 더 중요한 성분에 초점을 맞추기 위하여 특정 성질을 무시하거나 단순화한, 실제 세계(real-world) 상황의 정량적 요약본이다.

예: 배출량은 '배출계수' 곱하기 '활동도 수준'이라는 관계는 단순한 모델이다. '모델'이라는 용어는 모델 요약본의 컴퓨터 소프트웨어 구현이라는 관점에서 종종 사용된다.

몬테카를로 방법 Monte Carlo method

본 가이드라인에서, 인벤토리의 불확도를 분석하기 위해서 몬테카를로 방법이 추천된다. 몬테카를로 분석의 원리는 컴퓨터에 의해 인벤토리 계산을 여러 번 수행하는 것인데, 사용자에 의해 초기에 규정된 불확도의 분포 내에서 매번 무작위적으로 선택된(컴퓨터에 의해) 불확실한 배출계수 또는 모델 변수 그리고 활동도 자료를 가지고 수행된다. 배출계수 그리고/또는 활동도 자료의 불확도는 종종 크고, 정규 분포를 가지고 있지 않을 수 있다. 이러한 경우에는, 결합되는 불확도에 대한 고전적인 통계 규칙이 거의 정확하다. 몬테카를로 분석은 배출계수, 모델 변수 및 활동도 자료에 대한 입력 불확도 분포에 대해 일관성 있는 인벤토리 산정값에 대한 불확도 분포를 만듦으로써 이러한 상황을 처리할 수 있다.

비에너지 제품 Non-energy products

화석연료의 물리적 또는 희석제 성질에 대해 직접적으로 이용되는 일차 또는 이차 화석 연료. 예로는, 윤활제, 파라핀 왁스, 역청(bitumen), 그리고 백유(白油, white spirits), 그리고 미네랄 테레빈유(turpentine) (용매로써)

비에너지 사용 Non-energy use

가이드라인 내에서, 이 용어는 *공급원료, 환원제, 또는 비에너지 제품*으로써의 화석 연료의 사용을 언급한다. 그러나 이 용어의 사용은 국가와 에너지 통계청의 공급원 사이를 구분한다. 대부분의 에너지 통계에서(예를 들어, 국제에너지기구(International Energy Agency; IEA)의 통계) 압축 용광로(blast furnace)에 대한 환원제로서의 원료 투입은 포함되지 않지만, 코크스를 변형시키는 연료 전환 활동에 대한 투입물, 그리고 압축 용광로 가스에 대한 기타 투입물은 포함된다.

비거래 석회 생산 Non-marketed lime production

구리 제련소와 설탕 공장뿐만 아니라 철, 합성소다 재, 탄화칼슘, 마그네슘 및 마그네슘 금속과 같은, 중간 투입물로써의 석회 생산이 일차적 목적인 시설에서 일어나는 석회 생산. 이러한 시설에서 생산되는 석회는 주로 현장에서 사용되고, 따라서 국가 통계에는 일반적으로 보고되지 않는다. 또한 가정 내 석회 생산을 가리키기도 한다.

비메탄 휘발성 유기 화합물 Non-methane volatile organic compounds(NMVOCs)

넓은 범위의 특정한 유기 화학물질을 포함하는 배출의 종류. 비메탄 휘발성 유기화합물(NMVOCs)은 대류권(하부 대기층)에서의 오존 생성에 중요한 역할을 한다. 대류권에서의 오존은 온실가스이며, 또한 심각한 건강 및 환경 피해를 야기하는 중요한 국부적 및 지역적 대기 오염물질이다. 비메탄 휘발성 유기 화합물이 오존 생성에 기여를 하기 때문에, NMVOCs는 온실가스의 "전구물질(precursor)"로 고려된다. NMVOCs는 일단 대기에서 산화되면 이산화탄소를 생성한다.

정규 분포 Normal distribution

정규(또는 가우시안) 분포는 다음 식에서 주어진 PDF를 가지며, 두개의 변수(평균인 μ와 표준 편차인 σ)로 정의된다.

$$f(x)=\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \text{ for } -\infty\le x\le\infty.$$

관측 자료 Observational data

관측 자료는 기기적(주로 모니터링 설비) 또는 수동적 방법(측량 또는 조사에서 숫자를 세는 것)으로부터의 실험적 자료이다.

배출 가스 Off-gas

화학 공정(연소 또는 비연소)으로부터의 배기가스.(띄어쓰기) 배출 가스는 대기로 배출되거나, 에너지 회수 또는 연소를 위해 소각되거나, 또는 다른 화학 공정을 위한 공급 원료로 사용될 수 있다. 또한 부산물(secondary products)이 배출가스로부터 재생될 수도 있다.

폐기물의 노천 소각 Open burning of waste

연기 및 기타 배출물질이 굴뚝을 통과하지 않고 직접 대기로 빠져나가는, 오픈된 곳이나 오픈된

쓰레기 투하장에서 일어나는 종이, 목재, 플라스틱, 섬유, 고무 및 기타 쓰레기와 같은 불필요한 연소성 물질의 연소. 노천 소각은, 적당한 온도를 유지하기 위해 연소 공기를 조절하지 않고 완전 연소를 위한 충분한 체류시간을 제공하지 않는 소각 장치를 포함하기도 한다.

산화 Oxidation

산소와 결합시킴으로써 물질을 화학적으로 변형시키는 것

오존층 파괴물질 Ozone-depleting substances(ODS)

성층권 오존 파괴에 기여하는 화합물. 오존 파괴물질(ODS)은 CFCs, HCFC, 할론(halons), 메틸 브롬(methyl bromide), 사염화탄소(carbon tetrachloride) 및 메틸 클로로폼(methyl chloroform)을 포함한다. 이들이 분해될 때 염소나 브롬 원자를 배출시켜 오존을 파괴한다.

PDF

확률밀도함수(probability density function) 참조

백분위수 Percentile

k번째 백분위수 또는 모집단 백분위수는 확률밀도함수(PDF)의 적분치의 낮은 순서부터 k번째 부분을 분리하는 값이다 - 즉., 낮은 확률밀도를 향하는 k번째 백분위수로부터 PDF 꼬리의 적분치

z가 F(z)=k/100을 만족시키면, 분포함수 F(x)를 가진 모집단의 k번째 모집단 백분위수($0 \leq k \leq 100$)는 z와 같다.

표본의 k번째 백분위수는 표본으로부터 유도된 모집단 백분위수에 대한 근사치이다. 이는 관측값의 k % 이하의 값이다.

과불화탄소 Perfluorocarbons(PFCs)

탄소와 불소 원자만을 포함한 합성적으로 생산된 할로겐화 탄소. 이들은 극도로 안정적이고, 비가연성, 저독성, 0(zero)의 오존파괴잠재력, 그리고 높은 온난화지수의 성질을 갖고 있다.

극/아한대 Polar/boreal

연평균 온도(MAT)가 $0^{o}C$ 이하인 지역

저장고/탄소 저장고 Pool/carbon pool

저장고. 온실가스 또는 온실가스의 전구물질이 저장되어 있는 구성성분 또는 기후 시스템의 구성성분. (띄어쓰기)탄소 저장고의 예로는 삼림 바이오매스, 목재 생산품, 토양 그리고 대기이다. 단위는 질량단위를 갖는다.

모집단 Population

모집단은 고려되는 항목의 전체이다. 확률 변수의 경우에, 그 변수의 모집단을 정의하기 위해 확률 분포가 고려된다.

일차 연료 Primary fuels

자연 자원으로부터 직접적으로 추출되는 연료. 예로는 원유, 천연 가스, 석탄 등이 있다.

정밀도 Precision

정밀도는 더 정밀할수록 덜 불확실하다는 관점에서, 불확도의 역수이다.

요구된 조건 하에서 얻어진 측정값들의 독립적인 결과 사이에 합의치의 근사 (정확도 참조)

확률 Probability

확률은 무작위적 사건에 귀착된 0부터 1까지의 실수이다. 확률을 예측하는 데에는 다양한 방법이 있다. 하나의 예측 방법은 상대 도수(relative frequency)의 성질을 가진 것으로써의 확률을 고려하는 반면(즉, 사건에 상응하는 모든 결과의 비율), 다른 방법은 신뢰 정도의 측정치로써 확률을 간주한다.

확률밀도함수 Probability density function

확률밀도함수(PDF)는 가능한 수치의 범위와 상대적 가능성을 묘사한다. PDF는 정확히 알려지지 않은 고정된 상수값의 양(quantity)의 추정에 있어 불확도를 묘사하기 위해 사용될 수 있다. 또는 고유의 변이(variability)를 묘사하기 위해 사용되기도 한다. 배출량 인벤토리에 대한 불확도 분석의 목적은, 특정 카테고리에 관련된 배출량과 활동도뿐만 아니라 미지의 총 배출량(고정값)에서의 불확도를 정량화하는 것이다. 따라서 본 지침서에서는, 별다른 언급이 없다면, PDF가 불확도를 산정하기 위해(변이가 아닌) 사용된다는 것을 가정한다.

확률 분포 Probability distribution

통계적 정의: 확률 변수가 주어진 수를 택하거나 주어진 수 집단에 속하는 확률을 부여하는 함수. 확률 변수의 전체 수 집단에 대한 확률은 1이다.

공정 배출 Process emissions

연소를 제외한, 화학물질 변형을 포함하는 산업 공정으로부터의 배출

품질보증 Quality assurance

품질보증(QA) 활동은 자료의 품질이 만족된다는 것을 검증하기 위해, 인벤토리 편집/개발에 직접적으로 소속되지 않은 사람에 의해 수행되는 계획된 검토 과정의 시스템을 포함한다. 또한 인벤토

리가 과학적 지식과 이용 가능한 자료의 주어진 현재 상태에 대해서 가장 정확한 배출량 및 흡수량의 산정치를 표시한다는 것을 확신시키며, 품질관리(QC) 프로그램의 유효성을 뒷받침한다.

품질관리 Quality control

품질관리(QC)는 개발된 인벤토리의 품질을 측정하고 조절하기 위한, 주기적인 기술적 활동 시스템이다. QC 시스템은 다음과 같은 목적으로 설계된다.

(i) 자료의 무결점, 정확함 및 완전성을 확신시키기 위한 주기적이고 일관성 있는 검토를 제공하라.
(ii) 오차와 누락을 확인하고 표시하여라.
(iii) 인벤토리 물질을 문서화하고 저장하며, 모든 QC 활동을 기록하여라.

흡수량 Removals

흡수원에 의한 대기로부터의 온실가스 그리고/또는 그들의 전구물질의 흡수량

보고 Reporting

1권 8장에 묘사된 대로 인벤토리 결과를 제시하는 과정

저장고 Reservoir

(1) 온실 가스 또는 온실가스의 전구물질이 저장되는 구성 성분 또는 기후 시스템의 구성 성분

(2) 인간 활동(에너지 생산, 관개, 항해, 레크리에이션 등)에 대해 통제되어, 수위 조절로 인해 수면적에 큰 변화가 일어날 수 있는 수체

2차 연료 Secondary fuels

1차 연료로부터 제조되는 연료. 예로는 코크스, 자동차 가솔린 및 코크스 오븐 가스, 압축 용광로 가스가 있다.

격리 Sequestration

탄소 저장고에 탄소를 저장시키는 과정

흡수원 Sink

대기로부터 온실가스, 에어로졸, 또는 온실가스의 전구물질을 제거하는 모든 과정, 활동 또는 메커니즘(UNFCCC Article 1.8). 보고의 마지막 단계에서의 표시는 음(-)의 값이다.

배출원 Source

온실가스, 에어로졸, 또는 온실가스의 전구물질을 대기로 배출시키는 모든 과정 또는 활동.

(UNFCCC Article 1.9) 보고서의 마지막 단계에서의 표시는 양(+)의 값이다.

표준편차 Standard deviation

모집단 표준편차는 변이의 양의 제곱근이다. 이는, 표본 변이의 양의 제곱근인 표본 표준편차에 의해 추정된다.

대체자료 Surrogate data

대체자료는 필요한 특정 자료를 얻을 수 없을 때, 실제 자료의 자리를 대신해서 이용되는 자료이다. 대체자료는 종종 시간에 걸쳐 배출원에서의 변화량을 묘사하기 위해 필요하다. 예를 들어 폐기물 발생에의 변화량과 가까운 값을 구하기 위해 인구 변화가 사용될 수 있다.

조사 자료 Survey data

조사 자료는 모집단의 무작위적 추출로부터 유도되며, 전체 모집단에 대한 실제 자료를 포함하지 않는다. 예를 들어, 국가 혹은 지역 내 농장 또는 농장 집단의 간헐적 선택 조사에 의한, 또는 더 일반적인 대체자료 또는 가정을 이용한 국가 혹은 지역 내 가축의 총 숫자

계통오차 및 우연오차 Systematic and random errors

계통오차(즉, 편의; bias)는, 일반적으로 미지수인 추정되는 양(quantity)의 참값과 무한 집단(infinite set)인 관측값의 표본 평균에 의해 추정되는 관측 평균값 사이의 차이이다. 개별적인 측정값의 우연오차는 개별적 측정값과 표본 평균의 제한된 값 사이의 차이이다.

계통오차 Systematic error

계통오차 및 우연오치 참조

온건하게 추운 Temperate, cold

연평균 온도(MAT)가 0°C에서 10°C 사이인 지역

온건하게 따뜻한 Temperate, warm

연평균 온도(MAT)가 10°C에서 20°C 사이인 지역

시계열 Time series

시계열이란, 무작위적 과정에 의해 영향을 받고 연속되는 시점(일반적으로 등거리의)에서 관측되는 값들의 일련이다.

투명성 Transparency

투명성이란, 보고된 정보의 사용자에 의해 인벤토리복사(replication) 및 평가를 용이하게 하기 위해 인벤토리에 사용되는 가정들과 방법들이 명백하게 설명되어져야 한다는 것을 의미한다.

경향 Trend

어떤 양(量)(quantity)의 경향은 장기간에 걸친 변화량을 측정하는 것으로써, 양(positive)의 경향성은 양(量)의 증가를 나타내고, 음(negative)의 경향은 양(量)의 감소를 나타낸다. 경향은 장기간에 걸친 양(量)의 변화를 양(量)의 초기 값으로 나눈 비율로써 정의되며, 일반적으로 백분위수나 분율로 표현된다.

열대성의 Tropical

연평균 온도(MAT)가 20°C 이상인 지역

비편향추정량 Unbiased estimator

비편향추정량은 기대값이 추정되는 변수의 값과 같은 통계량이다. 이 용어는 특수한 통계적 의미를 가지고 있고, 비편향추정량으로부터 계산된 양(quantity)의 추정값은 통계적 측면에서 편의(bias)가 없지만, 만약 표본이 미지의 체계적 오차에 의해 영향을 받았다면 더 일반적인 의미에서 편향될 수 있다.

불확도 Uncertainty

모델의 불확도 분석은, 모델 자체와 모델의 입력 자료에 존재하는 불확도에 의해 야기된 출력 값에 대한 불확도의 정량적인 측정치를 제시함을 목적으로 하며, 또한 이러한 변수들의 상대적 중요성을 검사하는 것을 목적으로 한다.

검증 Validation

검증은 합리적인 접근과 토대의 설립이다. 배출량 인벤토리 본문에서, 검증은, 인벤토리가 보고서 지시와 지침서에 따라서 정확하게 편집되었다는 것을 확신시키는 검사를 포함한다. 검증의 합법적 사용은 공식적인 비준, 혹은 행위 또는 제품의 승인을 부여하게 된다.

변이성 Variability

변이성은, 모집단에서의 실제 이질성(heterogeneity) 또는 다양성(diversity)에 기인하는 관찰되는 차이를 일컫는다. 변이성은 본래부터 무작위적인 과정, 또는 과정의 성질 및 결과가 영향력이 있으나 밝혀지지 않은 과정으로부터 파생된다. 변이성은 일반적으로 심층 측정 또는 연구에 의해 감소될 수 있으나, 표본 분산과 같은 양(quantities)에 의해 규정되어질 수 있다.

검증 Verification

검증이란, 그 인벤토리의 의도된 적용에 대한 신뢰성을 세우기 위해 도움을 줄 수 있는 인벤토리의 완성 후에 또는 계획 및 개발 도중에 뒤따라 올 수 있는 활동 및 과정들의 수집을 일컫는다.

전형적으로, 인벤토리에 대한 외면적인 방법들은, 다른 단체에 의해 행해진 산정값, 또는 이러한 가스들의 대기 농도 혹은 농도 구배로부터 결정된 배출량과 흡수량 측정값과의 비교를 포함하는, 인벤토리의 진실을 조사하기 위해 사용된다.

기후변화에 관한 정부간 협의체

국가 온실가스 인벤토리 작성을 위한 2006 IPCC 가이드라인

제1권

일반 지침 및 보고

편집 : Simon Eggleston, Leandro Buendia,
Kyoko Miwa, Todd Ngara, Kiyoto Tanabe



IPCC 국가 온실가스 인벤토리 프로그램

IPCC의 국가 온실가스 인벤토리에 대한 특별전문 위원회(Task Force on National Greenhouse Gas Inventories; TFI)에 의해 준비되었고, 협의체(Panel)에 의해 채택되었지만 세부에 대해서는 승인되지 않은 보고서.

본 IPCC 보고서에 포함된 정보는 편집 마감 당시에 사실이며 정확한 것으로 간주되는 반면, 저자들이나 발행자들은 모든 오차 또는 누락에 대한 어떠한 법적 책임이나 의무를 인정할 수 없다. 또한 저자들이나 출판사들은 본 보고서에 언급되어 있는 모든 URLs의 존속에 대한 어떠한 책임도 갖고 있지 않으며, 이러한 웹 사이트의 내용이 여전히 정확하거나 적절하다는 것을 보증할 수 없다.

원문 발행처 | 지구환경전략연구기관(Institute for Global Environmental Strategies; IGES), Hayama, 일본(IPCC의 대리) ⓒ 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC), 2006

이 가이드라인 원문을 인용할 경우 다음과 같이 출처를 밝혀야 한다.

IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.

IPCC 국가 온실가스 인벤토리 프로그램
기술지원부(Technical Support Unit; TSU))

지구환경전략연구기관
2108-11, Kamiyamaguchi
Hamaya, Kanagawa
JAPAN, 240-0115

팩스: (81 46) 855 3808
http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp

Printed in JAPAN[1]
ISBN 4-88788-032-4[2]

[1] 가이드라인 원문의 출판 국가.

[2] 가이드라인 원문에 대한 ISBN 번호

제1권

일반 지침 및 보고

총괄 주저자
Newton Paciornik (브라질) and Kristin Rypdal (노르웨이)

감수 편집자
Sadedin Kherfan (시리아) and Klaus Radunsky (오스트리아)

제1권은 정장표 교수(경성대학교) 책임 하에 번역된 후 환경관리공단 온실가스관리팀에서 보완・정리하였습니다.

목 차

제 1권 일반 지침 및 보고

제 1장 2006 가이드라인 서론

제 2장 자료 수집에 대한 접근법

제 3장 불확도

제 4장 방법론 선택 및 주 카테고리(Key Categories) 확인

제 5장 시계열 일관성

제 6장 QA/QC와 검증

제 7장 전구체(Precursors)와 간접적 배출

제 8장 보고지침 및 표

제1장

2006 가이드라인 서론

저자

Kristin Rypdal (노르웨이), Newton Paciornik (브라질)
Simon Eggleston (TSU), Justin Goodwin (영국), William Irving (미국), Jim Penman (영국), and Mike Woodfield (영국)

목 차

1. 2006 가이드라인 서론
1.1 개념 ····· 1.4
1.2 산정방법 ····· 1.7
1.3 안내서 구성 ····· 1.8
1.4 인벤토리 품질 ····· 1.9
1.5 인벤토리 작성 ····· 1.10

참고문헌 ····· 1.16

그 림

그림 1.1 인벤토리 개발 과정 ····· 1.13

박 스

박스 1.1 흐름도와 2006 가이드라인 사용 - 가축의 예 ····· 1.14

1. 2006 가이드라인 서론

*국가 온실가스 인벤토리 작성을 위한 2006 IPCC 가이드라인*은 UNFCCC에 보고하기 위해 온실가스 인벤토리를 작성할 때 각 국에서 사용할 국제적으로 합의된[1] 방법론으로 *1996 가이드라인*과 이와 연관된 *우수실행지침*[2]을 업데이트하기 위해 UNFCCC(United Nations Framework Convention on Climate Change:유엔기후변화협약)의 요청에 의해 만들어졌다. 이 장은 인벤토리의 작성을 처음으로 준비하는 국가들이나 인벤토리 작성자 같은 다양한 사람들에게 제공되는 *2006 가이드라인*의 서론이다. 1.1~1.3 절에서는 이 가이드라인의 범위, 접근법 그리고 구조에 초점을 둔 전체적 구조를 보여주고 1.4~1.5 절에서는 온실가스 인벤토리를 작성하기 위해 *2006 가이드라인*을 사용하는 방법을 단계적으로 소개한다.

1.1 개념

인벤토리는 상식적으로 이해될 수 있는 몇 가지의 중요 개념들에 근거를 둔다. 그래야만 자료들의 국가간 비교가 가능하며, 누락이나 중복계산을 피할 수 있고 시계열은 배출량의 실질적 변화를 반영하게 된다.

인위적 배출 및 흡수

인위적 배출 및 흡수란 국가별 자료에 포함된 온실가스의 배출 및 흡수가 인간 활동에 의해 발생한 경우를 의미한다. 자연적 배출 및 흡수와 인위적 배출 및 흡수의 구별은 인간 활동의 정량화에 쓰인 자료로부터 바로 알 수 있다. 농업, 산림 및 기타 토지 이용(Agriculture, Forestry and Other Land Use: AFOLU) 부문에서는 관리된 토지에서의 배출 및 흡수가 인위적 배출 및 흡수가 되고, 자연적 배경 배출 및 흡수의 연간 변화가 중요하기는 하지만 시간 평균값으로 가정한다.

국가적 영역

국가별 인벤토리는 그 나라의 사법권 안에 있는 영토 및 해역에서의 온실가스 배출과 흡수가 포함되어야 한다. 제 1권의 8.2.1 절에 몇 가지 특별한 문제가 다루어져 있다. 예를 들어, 도로수송(road transport)에 쓰이는 연료의 배출량은 그 수송수단이 사용되어지는 나라의 배출량이 아니라 연료가 판매되는 국가의 배출량에 포함된다. 왜냐하면 연료판매 통계치가 더 구하기 쉽고 보통 더 정확하기 때문이다.

인벤토리 연도와 시계열

국가별 인벤토리는 역년(曆年)(calendar year)동안 대기로의 배출량(또는 대기로부터의 흡수량) 산

1 과학기술자문 부속기구의 4차 회기 보고서 (FCCC/SBSTA/1996/20)의 제30절; 결정문 2/CP.3 및 3/CP.5 (협약 부속서I에 포함된 당사국의 국가보고서 준비를 위한 UNFCCC 보고 가이드라인의 I 부: 연간 인벤토리에 대한 UNFCCC 보고 가이드라인), 협약 부속서 I에 포함되지 않은 당사국의 국가보고서를 준비하기 위한 개선된 가이드라인을 채택한 결의 3/CP.5 및 17/CP.8 하에서 채택된 가이드라인을 개정한 결정문 18/CP.8, 그리고 이후의 결의 13/CP.9 및 결정문 15/CP.10을 참고

2 국가 온실가스 인벤토리 작성을 위한 1996 IPCC 가이드라인 (*1996 가이드라인*, IPCC, 1997), 국가 온실가스 인벤토리에 대한 우수실행지침 및 불확도 관리 (*GPG 2000*, IPCC, 2000), 및 토지이용, 토지이용변화 및 산림에 대한 우수실행지침 (*GPG-LULUCF*, IPCC, 2003).

정치를 포함한다. 이 원칙에 맞는 적합한 자료가 없을 경우엔, 다른 년도들의 배출/흡수량 자료를 사용해 평균법, 내삽법 그리고 외삽법을 통해 산정될 수 있다. 일련의 연간 온실가스인벤토리의 산정치들을 (예를 들면, 1990년부터 2000년 사이 매년마다) 시계열이라 한다. 시간에 따른 배출동향을 추적하는 것은 대단히 중요하므로, 국가들은 가능한 한 시계열의 일관성을 유지하도록 해야 한다.

인벤토리 보고

온실가스 인벤토리 보고서는 관련된 모든 가스, 카테고리 그리고 연도를 포함하는 표준 보고서용 표와 산정에 사용된 방법과 자료를 문서화한 보고서를 포함한다. *2006 가이드라인*은 표준화된 보고서 표들을 제공하지만, 표와 보고서의 성격이나 내용은 예를 들어 UNFCCC의 회원국가로서의 의무에 따라 달라질 수 있다. *2006 가이드라인*은 가장 기본적인 (혹은 Tier1) 산정 기법의 명확한 적용을 위해 워크시트(worksheets)를 제공한다.

온실가스

*2006 가이드라인*에 다루어지고 있는 온실가스들은 다음과 같다[3].

- 이산화탄소(CO_2)
- 메탄(CH_4)
- 아산화질소(N_2O)
- 수소불화탄소(HFC_s)
- 과불화탄소(PFC_s)
- 육불화황(SF_6)
- 삼불화질소(NF_3)
- trifluoromethyl sulphur pentafluoride (SF_5CF_3)
- 할로겐화 에테르(halogenated ethers) (예를 들면, $C_4F_9OC_2H_5$, $CHF_2OCF_2OC_2F_4OCHF_2$, $CHF_2OCF_2OCHF_2$)
- 그리고 CF_3I, $CH_2Br_2CHCl_3$, CH_3Cl, CH_2Cl_2[4]을 포함한 몬트리올 조약에서 다루지 않은 할로겐화 탄소들[4]

위의 가스들은 *2006 가이드라인*의 완성에 앞서 IPCC에 의해 확인된 지구온난화지수(GWP)를 가지고 있다. 지구온난화지수는 주어진 시간 동안(예를 들어, 100년) 일 톤의 CO_2에 대한 일 톤 온실가스의 복사의 비를 나타낸다. *2006 가이드라인*은 가이드라인의 완성 전에는 지구온난화지수(GWP)가 제공되지 않았던 가스들 즉, $C_3F_7C(O)C_2F_5$, C_7F_{16}, C_4F_6, C_5F_8 c-C_4F_6O에 대한 방법을 제

3 할로겐화 가스는 일반적으로 CO_2, CH_4 및 N_2O보다 적은 양을 배출하지만 대기 중에 오랜 시간 체류할 수 있으며 강한 복사강제효과(radiative forcing effects)를 나타낼 수 있다.

4 이 가스들로 인해 제 3권 3.10.2절에 설명된 방법으로 배출량이 산정될 수 있었으며 만약 필요한 자료가 획득 가능할 경우 부 카테고리 2B10의 "기타(Other)"에 보고될 수 있다.

공한다.

이 가스들은 인벤토리에 있는 가스들의 일부로 대체되기도 하며 각 나라는 이들의 산정치를 제공하도록 권장된다.

다른 가스

*2006 가이드라인*에서 또한 다음 전구물질(precursors) - 질소산화물(NO_x), 암모니아(NH_3), 비메탄 휘발성유기화합물(non-methane volatile organic compounds(NMVOC)), 일산화탄소(CO), 그리고 이산화황(SO_2) 등 - 의 배출량을 산정하는 방법이 나와 있지 않지만, 보고를 위한 정보를 제공한다.

부문과 카테고리

온실가스의 배출 및 흡수 산정은 공정, 배출원, 흡수원의 분류(grouping)인 주 부문별로 나누어진다. :

- 에너지
- 산업공정 및 제품 사용 (IPPU)
- 농업, 산림 및 기타 토지이용(AFOLU)
- 폐기물
- 그 외(예를 들면, 비 농업 오염원으로부터 나오는 질소 침전물로부터의 간접 배출물)[5]

각각의 영역들은 개별 카테고리들(예를 들면, 수송)과 하위 카테고리(예를 들면, 자동차)들을 포함한다. 결국, 각 국가들은 하위카테고리단계에서부터 인벤토리를 만드는데 왜냐하면 이것이 방법론이 만들어진 방법이며 총배출량은 합계에 의해 계산되기 때문이다. 국가별 총량은 각 가스별 배출 및 흡수량을 합하여 계산된다. 예외는 국가별 총량에 포함되지 않지만 따로 보고하는, 국가간 수송을 위해 이용되는 배, 항공기 등의 수송에 쓰인 연료 배출량이다.

국가별 총량을 계산하려면 수확된 목제품(Harvested Wood Products: HWP)을 포함할 수 있는 접근법을 선택해야한다. 이를 위해 각 국가들은 제 4권 제 12장에 나와 있는 AFOLU 부문을 위한 접근법들 중 어느 것이든 선택할 수 있다.

보고는 보통 실질적으로 배출 및 흡수가 이루어지는 부문별로 구성된다. 이를 실행하는데 있어 몇 가지 예외가 있는데 에너지를 위한 바이오매스 연소과정에서 생기는 CO_2의 배출로서, 이는 탄소 축적량(carbon stocks)에서 순변화량(net change)의 일부로서 AFOLU 부문에 보고된다. CO_2배출이 산업 공정이나 대규모 연소 배출원으로부터 주어질 때, 이 CO_2가 2권 5장에 나오는 적절히 모니터되는 저장소에 저장되는 경우가 아니라면 이 배출은 CO_2가발생하는 부문에 할당되어야 한다.

5 (특정 부문에 할당되지 않으며) 침적되는 장소와 발생되는 배출원에 관계없이 NO_x/NH_3에서 발생하는 인위적인 질소(N)의 침적에서 발생하는 N_2O 배출이 산정치에 포함된다. 이러한 이유로 침적되는 질소에 대한 배출계수는 N이 해양에 침적될 때에도, 농업 배출원과 기타 질소 배출원에 대해 동일한 크기를 가진다.

1.2 산정방법

*1996 가이드라인*과 *IPCC 우수실행지침*에서처럼 가장 많이 쓰이고 간단한 방법적 접근법 인간 활동이 행해지는 영역(활동 자료 혹은 AD라고 불려진다)에 대한 정보와 단위 활동 당 배출 또는 흡수를 정량화하는 계수를 결합하는 것이다. 이것들을 배출계수라 부른다 (EF).
그러므로 기본적인 방정식은:

$$\text{배출량} = AD \cdot EF$$

예를 들어 에너지 부문에서는 연료의 소비가 활동 자료를 구성하게 될 것이고 사용된 연료 당 배출되는 이산화탄소량은 배출계수가 될 것이다. 이 기본 방정식은 경우에 따라 배출계수 대신 다른 산정 입력변수를 포함할 수도 있다. 시간 지체가 발생할 경우, 예를 들어, 매립지에서 물질이 분해되는데 걸리는 시간 혹은 냉각제가 냉각기계로부터 누출되기까지의 시간 등이 고려될 경우엔, 1차 분해 방법과 같은 다른 방법이 고려되어야 한다. *2006 가이드라인*은 보다 복잡한 모델링도 다루고 있는데 특히 더 높은 tiers에서 그러하다.

비록 이 간단한 방정식이 널리 쓰이긴 하지만, *2006 가이드라인*에는 물질수지방법 포함하고 있는데 AFOLU 부문에서 쓰이는 축적량 변화법(stock change methods)이 그 예로서, 살아있는 바이오매스와 고사유기물 저장고의 탄소 함유량의 시간에 따른 변화로부터 CO_2를 산정하는 방법이다.

원래 자란 곳에서 흡수된 수명이 짧은 생물기원 물질의 연소나 분해로 인해 발생한 이산화탄소는 0으로 에너지, IPPU 및 폐기물 부문에 보고된다(예를 들어, 생물연료[6] [7]로 부터의 CO_2 배출, 그리고 고형폐기물 매립지(Solid Waste Disposal Sites: SWDS)에서의 생물기원 물질로부터 나오는 CO_2 배출). AFOLU 부문에서 수명이 짧은 생산품에 대해 Tier 1방법을 적용할 때, 배출량은 생산품이 수확 전에 섭취하는 탄소와 평형을 이루는 것으로 가정하므로, 순 배출량은 산정의 불확도 안에서 0이다. 상위수준의 산정방법에서, 이 배출이 대기에서의 탄소 흡수와 균형을 이루지 못하는 것으로 나타나면 이 순 배출 또는 흡수는 탄소 축적량 변화 산정을 통해 AFOLU 부문의 배출 및 흡수의 산정에 포함되어야 한다. 수명이 긴 물질은 HWP 부문에서 다루어진다.

IPCC의 방법들에서는 다음의 개념들이 사용된다.

우수실행(good practice) : 더 나은 국가별 온실가스 인벤토리 개발을 촉진하기 위해 방법론적 원리와, 행동 그리고 절차들을 모아 이전 가이드라인에서 정의하였고 그리고 그것들을 모두 모아 *우수실행*이라 지칭하였다. *2006 가이드라인*은 *GPG 2000*에 소개된 정의를 포함한 우수실행의 개념을 제시하고 있다. 이것은 국가들간에 인벤토리 개발을 위한 기본으로서 전반적인 승인을 얻었으며, *우수실행(good practice)*과 일치하는 인벤토리는 *판단 가능한 한 과대 산정 및 과소 산정이 아니며, 실제로 사용될 수 있을 정도로 불확도가 낮다고 인정된다.*

6 바이오 연료의 사용에서 발생하는 CO_2 배출은 QA/QC 목적을 위한 정보 항목으로 보고된다.

7 본 가이드라인에서는 토탄은 바이오 연료가 아닌 것으로 가정한다.

Tiers : *Tier*는 방법의 복잡성 정도를 나타낸다. 보통 세가지의 tiers가 제공된다. Tier 1은 기본적 방법, Tier 2는 중간정도 그리고 Tier 3은 복잡성과 필요자료의 관점에서 가장 노력을 요하는 방법이다. Tier 2와 3은 종종 higher tier 방법이라 불리며 보다 정확한 것으로 표현된다.

기본값 자료(Default data) : 모든 카테고리의 Tier 1 방법들은 주어지는 기본 배출계수와 추가적 입력변수들을 즉시 구할 수 있는 국가 또는 국제적 통계치들과 결합하여 이용할 수 있게 설계되어 있으므로, 모든 나라에 대해 적용 가능해야 한다.

주 카테고리(Key Categories) : 주 카테고리[8]의 개념은 배출 및 흡수의 절대적 수준, 배출 및 흡수의 경향 혹은 배출 및 흡수의 불확도의 관점에서 국가 총 온실가스 인벤토리에 커다란 영향을 주는 카테고리들을 의미한다. 주 카테고리는 자료 수집과 작성, 품질보증/품질관리 그리고 보고를 위한 인벤토리 자원(resource)할당 시 국가들에게 가장 최우선시 되어야 하는 것이다.

의사결정도(Decision Trees) : 각 카테고리들을 위한 의사결정도는 인벤토리 작성자로 하여금 안내서를 살펴보고, 주 카테고리 평가에 근거하여 그들의 상황에 적합한 단계별 방법론을 선택하도록 도와준다. 보통, 자원요청(resource requirement)이 금지된 것이 아니라면 *주 카테고리*에 대해 상위 tier 방법을 사용하는 것이 *우수실행(good practice)*이다.

1.3 가이드라인 구성

권(Volumes) : *2006 IPCC 가이드라인*은 5권으로 이루어져 있으며, 각각의 부문(2-5권)마다 한권씩이며, 한 권은 모든 부문에 대한 일반적 안내이다.(1권).

- 1권 : 일반 지침 및 보고
- 2권 : 에너지
- 3권 : 산업공정 및 제품 사용 (IPPU)
- 4권 : 농업, 산림 및 기타 토지이용(AFOLU)
- 5권 : 폐기물

이 다섯 권(volumes)의 구성은 전후참조(cross referencing)가 최대 2권 사이에 필요하다는 것을 의미한다.: 1권(전반적 안내와 보고법)과 다른 부문의 권.

장(Chapters) : 1권의 각 장(chapter)에서는 1.5절에 보다 상세히 설명된 것 처럼, 주제에 따른 세부적 크로스커팅(cross-cutting) 지침을 제공한다. 2~5 권은 세부적 배출 및 흡수의 카테고리들에 대한 방법론적 지침과 더불어 불확도, QA/QC, 시계열 일관성 그리고 보고법에 대한 세부적 권고사항이 포함되어 있다. 권과 장의 구성은 *2006 가이드라인*의 개관에 있는 표1에 나와 있다.

첨부(Annexes) : 부록은 Tier 1 산정에 필요한 기본 요소 외에 추가적 혹은 세부적으로 필요한 정

8 제 1권 제 4장은 주 카테고리에 관한 보다 상세한 내용과 국가 인벤토리의 주 카테고리를 확인하기 위한 접근법을 제공한다.

보들을 포함하도록 하였고 예를 들면 확장된 자료 표같은 것들이다.

부록(Appendix) : *2006 IPCC 가이드라인*은 첨부 부분에 배출 또는 흡수가 완전히 이해되지 못하고, 특정 배출원과 흡수원에 관해 신뢰성 있고 범용적이며, 기본적인 방법을 개발하기에 정보가 불충분할 경우를 위한 몇 가지의 기술적 요소들을 제공한다 . 국가들은 부록을 향후 방법론 개발을 위해 활용할 수 있지만 국가별 인벤토리는 이들 요인에 대한 산정이 포함되지 않아도 완성된 것으로 간주된다.

워크시트(Worksheets) : 워크시트는 Tier1의 방법론을 쉽게 계산하기 위해 만들어진 도구이다. 워크시트는 higher tiers를 위한 것은 아니지만, higher tier 방법이 Tier1 방법과 유사한 경우엔 사용될 수도 있다(국가별 자료가 기본값 자료 대신 쓰여질 때). 함께 첨부된 CD에 있는 스프레드시트(spreadsheets)에 좀 더 복잡한 접근법이 있다.

보고용 표(Reporting Tables) : 보고용표(reporting tables)들은 국가별 온실가스 인벤토리에 대해 충분히 상세하게 수록함으로써 보고의 투명성을 높이기 위한 것으로서 세분화된 카테고리 리스트를 따른다. 그것들은 요약 표, 부문 관련 표, 배경 표 그리고 경향 표로 되어있다. 배경 표들은 투명성을 높이기 위해 그리고 국가간 자료의 비교를 위하여 요약 활동자료를 포함한다. 보고용표(Reporting tables) 또한 주 카테고리의 분석 결과와 불확도 평가를 포함한다. 보고 또한 투명성 제고를 위해 메모 사항(보고되어야 하는 배출, 하지만 국가 총량에는 포함되지 않는)과 정보 사항을 포함한다.

1.4 인벤토리 품질

이 *가이드라인*은 수집에서 보고까지 인벤토리 작성의 전 과정에 있어 품질을 확보하는데 필요한 지침을 제공한다. 또한 전체 인벤토리의 취득에 유리하며 지속적으로 인벤토리를 향상시킬 수 있는 지역의 배출원에 집중할 수 있는 수단을 제공한다. 경험상, *우수실행(good practice)* 접근법을 이용하는 것이 일관적이며 비교 가능하고, 완전하며, 정확하고, 투명한 인벤토리를 작성하고, 시간에 따른 인벤토리의 품질을 향상시키는 방식으로 그들을 유지하는 것이 실용적인 방법이다.
인벤토리 품질(quality)의 지표로서는:

투명성 : 인벤토리 작성자가 아닌 일반 개인이나 단체가 봤을 때 자료가 어떻게 작성되었는지를 이해하고 *우수실행(good practice)*의 요구에 맞게 온실가스 배출 인벤토리가 작성되었다고 확신할 수 있는 명백하고 충분한 문서자료가 있어야 한다. 문서자료와 보고에 대한 안내는 1권 8장에 '보고 안내와 표'에 제공되어 있으며 2~6권의 해당 장에 제공되어 있다 (QA/QC와 검증에 대해 설명된는 1권 6장 참조).

완전성 : 산정은 모든 관련 배출원, 흡수원 그리고 가스의 카테고리에 대해 보고된다. 이 *가이드라인*에서는 국가 온실가스 인벤토리 범위 내에서의 지리적 영역들이 권고되었다.
누락 요소들이 있다면 그것들의 제외에 대해 부재의 이유와 함께 명확히 기술되어야 한다(2~5권 참조).

일관성 : 다른 연도, 가스 그리고 카테고리에 대한 산정은 연도와 카테고리에 따른 결과의 차이들

이 실제 배출의 차이를 제대로 반영 할 수 있도록 만들어져야 한다. 인벤토리의 연간 동향은 가능한 한 동일한 방법과 자료로부터 계산되어야 하고, 배출과 흡수의 실제 연간변화를 반영할 수 있도록 해야 하며, 방법의 차이에 기인한 변화에 영향을 받지 않아야 한다.

비교성가능성 : 국가 온실가스 인벤토리는 다른 국가의 온실가스 인벤토리와 함께 서로 비교 될 수 있도록 보고된다. 이런 비교성은 주 카테고리의 적절한 선택(1권 4kb 참조), 보고 지침 및 표의 사용 그리고 8장의 표8.2와 2~5권에 나와 있는 배출 및 흡수 카테고리의 정의와 분류의 사용에도 반영되야 한다.

정확성 : 판단가능한 한 국가 온실가스 인벤토리는 과대 산정 또는 과소 산정이 없어야 한다. 이는 인벤토리 산정에 있어 편향이 없도록 최선을 다해야 한다는 뜻이다(2장 자료수집을 위한 접근법, 1권 3장 및 2-5권 불확도 참조).

불확도 평가(1권 3장에 더욱 자세히 설명)는 국가 온실가스 인벤토리의 개발에 있어서 *우수실행(good practice)*의 중요한 요소이다. 불확도 분석은 전체, 혹은 그 성분으로서 국가별 인벤토리가 가능한 값의 범위와 적합성을 특성화한다. 입력변수들과 결과들의 불확도에 대한 이해는 인벤토리 작성자가 하여금 자료의 수집과 작성단계에서 그것이 인벤토리에 적절한 자료인지를 보다 통찰력 있게 평가하게 해준다. 불확도 평가는 또한 전체적 불확도의 주 원인이 되는 카테고리를 찾도록 도와주고 이는 인벤토리 작성자가 향후 인벤토리 개선의 우선순위를 정할 때 도움이 된다.

*2006 가이드라인*은 QA/QC와 검증활동을 통한 지속적 개선과 준엄(rigor)를 권장한다. 1권 6장에는 효율적 인벤토리관리와 검사 그리고 개발에 도움이 되는 몇 가지의 개념들과 수단들이 제공되어 있다. 이러한 작업들은 각 인벤토리들에 대해 제한된 자원의 최대 활용과 *우수실행(good practice)*에 부합하는 품질을 확신시켜 줄 것이다.

인벤토리 활동(자료의 수집부터 최종 보고까지) 기간 동안 자료제공자와의 정기적 정보교환과 의논이 권고된다. 이런 정보교환은 정보제공자와 인벤토리 작성자 사이에 인벤토리의 질적인 면이나 효율적인 면에서 도움이 될 수 있는 작업 관계를 형성해준다. 이 활동은 또한 인벤토리 작성자로 하여금 새로 발견된 자료들에 대해 더 잘 알 수 있도록 해주고 자료 제공자의 자료수집활동의 세부사항과 방법에 영향을 줄 수 있는 기회를 제공한다.

1.5 인벤토리 작성

온실가스 인벤토리의 작성은 단계적인 과정이다. 이 절에서는 인벤토리 작성자, 즉 여러 정보 요인으로부터 취합된 자료에서 나온 인벤토리를 모으거나 구성한 사람, 사람들 혹은 기관에게 이 단계들에 대한 안내를 제공한다. 작성은 자료의 수집, 배출 및 흡수의 산정, 확인과 검증, 불확도 산정과 보고하기의 과정을 포함하고 있다.

세부 카테고리에 따른 배출 및 흡수의 산정을 하기 전에 인벤토리 작성자는 1권 일반적 안내와 보고하기에 있는 요소들에 익숙해져 있어야 한다. 이 1권은 2~5권과 보고법 안내의 부문별 지침에서 다루고 있는 모든 산정 방법에 공통적인 이슈들에 대한 *우수실행(good practice)* 안내를 제공한다.

1권의 요약:

- **자료의 수집 :** 자료의 수집은 인벤토리의 마련에 있어 가장 기초가 되는 부분이다. 1권 2장은 자료수집 프로그램의 착수와 유지에 대한 안내를 제공한다. 이는 현존하는 자료의 출처에 대한 평가, 그리고 새로운 배출의 측정과 조사의 계획, 다른 기관들에서 제공된 지침에 대한 광범위한 자료조사 등이다. 이 장은 자료수집 과정을 다른 일반적 이슈와 관련짓는다.

- **불확도 평가 :** 불확도의 평가는 모든 관련 배출원과 흡수원 카테고리들, 온실가스들, 전체적 인벤토리 총합, 그리고 그것들의 경향에 필요하다. 3장 불확도에서는 인벤토리 불확도의 기초적 개념에 대한 토론과 함께 불확도들을 산정하고 결합하는 것에 대한 실질적 안내를 제공한다. 배출 및 흡수의 세부적 카테고리와 관련된 불확도 문제들은 2~5권에 나와 있다.

- **주 카테고리의 분석 :** 배출 및 흡수에 대한 주 카테고리를 어떻게 확인하느냐에 대한 *우수실행지침*은 4장, 주 카테고리에 대한 방법론적 선택과 확인에 나와 있다. 주 카테고리 개념은 2-5권에 있는 의사결정도와 함께 각각의 카테고리에 대한 방법 선택시에 도움이 된다. 이들 의사결정도는 부문별 단원(volume) 방법론적 선택과 1권의 주 카테고리의 확인 사이를 연결해 주는 중요한 고리이다.

- **시계열의 일관성 :** 인벤토리 산정에 시계열의 일관성을 확실히 하는 것은 보고되는 인벤토리 경향의 신뢰도를 높이는데 아주 중요한 역할을 한다. 5장 시계열일관성에서는 전 기간에 걸쳐 같은 방법/자료를 사용할 수 없을 때 시계열일관성을 얻는 방법을 제공한다. 이 장에서는 또한 전년도의 산정을 언제 재계산해야 하는지, 그리고 시간에 따른 배출량 및 흡수량을 설명하는 방법에 대한 *우수실행지침*을 제공한다.

- **품질보증/품질관리(QA/QC) :** QA/QC 시스템은 인벤토리를 만드는데 있어 중요한 부분이다. 6장, QA/QC와 검증에서는 배출 및 흡수의 인벤토리를 편집할 때 고려해야할 일반적 QA/QC 요소를 보여준다. 상세 품질관리 검사에 대한 *우수실행지침*이 2-5권에 나와 있다. 6장에는 외부자료를 사용한 인벤토리를 검증하는 기술들이 나와 있다.

- **전구물질(Precursors) 그리고 간접적 N_2O 배출 :** 1권 7장, 전구물질과 간접적 배출에서 전구물질과 질소 성분(NO_x와 NH_3의 배출로 인한)의 deposition으로 인한 N_2O의 간접배출을 다루는 것에 대한 전 부문적(cross-sectoral) 지침을 포함하고 있다.

- **보고 :** 8장 보고하기에 대한 안내와 표들에서는 국가영토, 가스, 보고 카테고리(reporting categories) 대한 정의를 포함한 보고하기에 관련된 이슈들을 설명한다. 표기 기호(Notation keys)는 보고의 완성도와 명확함을 설명해준다. 배출원과 흡수원의 카테고리들에 대한 정의는 2-5권의 부문별 지침의 구조를 고려하여 정의 내려진다. 8장에 각 카테고리들에 대한 배출 및 흡수의 보고를 위한 부문별 보고용 표 및 요약된 보고용 표가 있다. 불확도들에 대한 보고용 표, 주 카테고리의 분석, 그리고 배출의 동향에 대한 것도 8장에 포함되어 있다.

1권과 2~5권은 상호보완적이다. 특정 배출 및 흡수 항목에 대한 산정을 준비하게 된 작성자들은 먼저 1장의 일반지침을 숙지한 이후 해당 카테고리와 관련된 세부 부문 관련 부분을 활용함으로써, 자국의 여건에 맞는 방법으로 필요한 사항을 적용할 수 있어야 한다. 그림 1.1은 전형적 인벤토리 순환과정의 단계를 나타낸다. 품질관리 측정은 매 단계별로 이행되어야 하며 1권 6장의 문서와 QA/QC의 요구에 따라 문서화되어야 한다.

1. 개정된 혹은 새로운 온실가스 인벤토리에서의 첫 단계는 오염배출원의 우선순위가 정해지도록 인벤토리에 대한 *주 카테고리*를 먼저 확인하는 것이다. 인벤토리가 이미 존재한다면 *주 카테고리*는 이전의 산정에서 정량적으로 확인될 수 있다(1권의 4장을 참조). 새로운 인벤토리를 위해서 작성자는 비슷한 국가 여건을 가진 나라에서의 대규모 배출원과 인벤토리에 대한 지역적 지식과 전문가에 근거한 사전 평가를 해보거나 혹은 가능하면 주 카테고리를 확인하기 위한 예비 Tier 1 산정을 해야 한다.

   *주 카테고리*에 대한 산정은 인벤토리 작성자로 하여금 전체 인벤토리 혹은 인벤토리 불확도에 가장 큰 영향을 미치는 부문들에 자원과 노력을 집중할 수 있도록 해주며 그리하여 가능한 오염원에 대한 최고의 인벤토리가 만들어지게 해준다.

2. *주 카테고리*가 확인이 된 후에는, 인벤토리 작성자는 특정 국가의 환경에 맞는 적절한 카테고리별 산정 방법을 확인하여야 한다. 2-5권에 있는 부문별 의사결정도(sector-specific decision trees)와 1권 4장에 있는 보편화된 의사결정도는 적절한 방법을 선택하는 방법을 제공한다. 특정 방법에 대한 선택은 카테고리가 *핵심(key)*인지 *핵심(key)*이 아닌지로 분류하는 방법과 이용가능한 자료와 자료로 결정된다. 자료(data)의 수집에 관한 지침은 1권 2장에 나와 있다.

3. 자료(data)의 수집은 적절한 방법의 선택을 따라야 한다.(1권 2,5그리고 7장을 참조). 자료(data) 수집활동은 시계열 일관성을 고려하고, 올바른 검증, 문서화 및 점검절차(QA/QC)를 수립・유지하여인벤토리 산정에 있어 오류와 비일관성을 최소화해야 한다. 불확도들에 대한 자료(data)는 가능하면 동시에, 같은 시간에 수집되어야 한다. 새로운 자료(data)를 비용 효율적으로 수집하는 것과 불확도들에 대한 것을 수집하는 것에 대한 안내는 각각 1권 2장과 3장에 나와 있다. QA/QC 활동은 오류와 문서 자료 출처, 방법 및 가정을 최소화하기 위해 계속되어야 하다. 자료수집 결과가 선택된 방법을 개선시킬 수 있다.

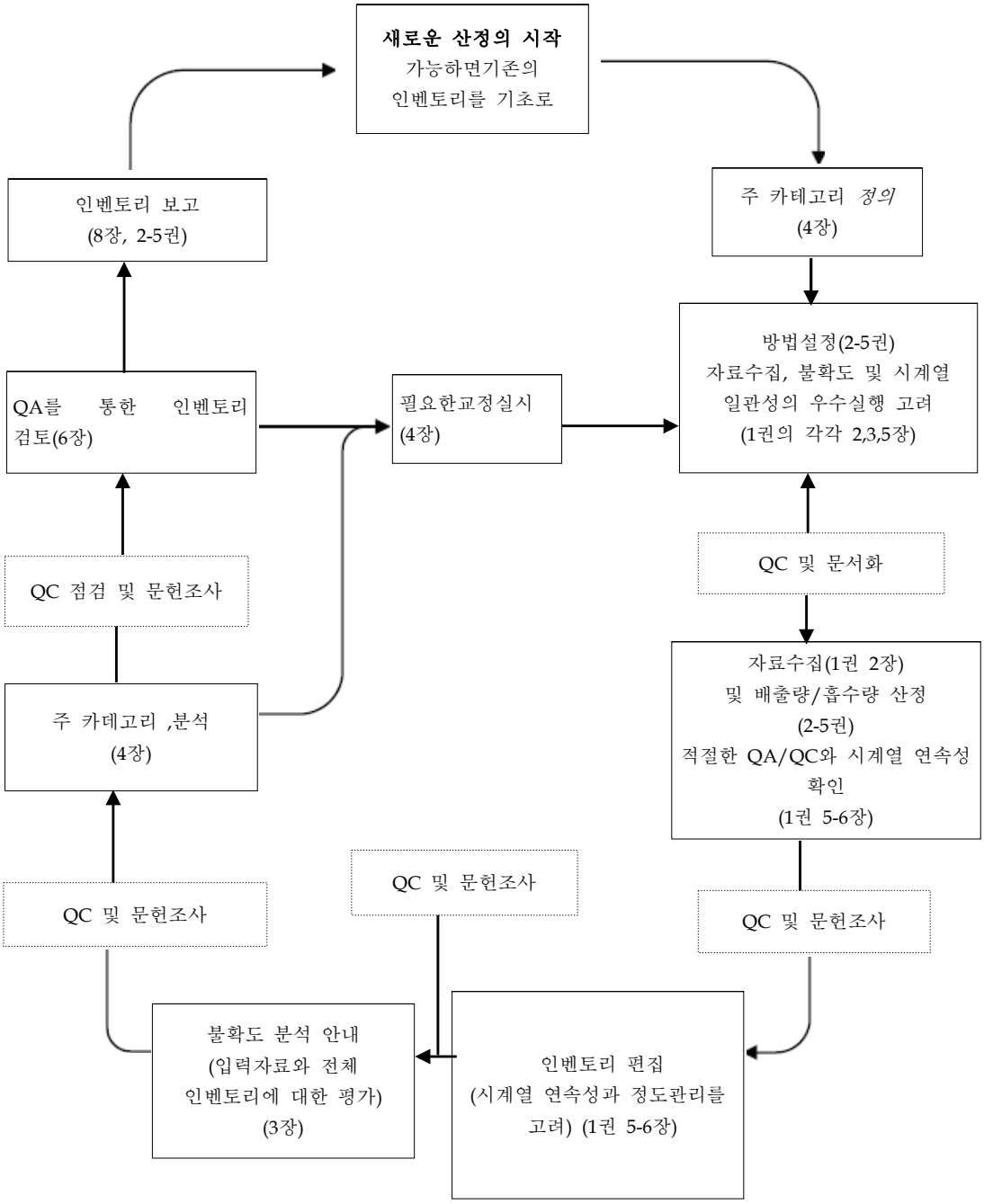
4. 배출 및 흡수에 대한 산정은 방법론적 선택과 자료의 수집에 따른다. 특히 만약 자료가 몇 년간 불완전할 경우 5장 시계열 일관성의 일반적 지침에 따른 주의가 필요하다.

5. 인벤토리 산정이 완성된 후, 다음 단계에는 불확도 분석과 주 카테고리 분석이 수행되어야(1권의 3장과 4장을 참조). 이런 분석을 통해 더 높은 tier가 사용되어야 하고 추가적 자료가 수집되어야 하는 카테고리들을 확인한다.

6. 최종 품질보증(QA) 점검의 완료 후, 인벤토리 절차의 최종단계는 인벤토리를 보고하는 것이다(1권의 8장을 보라). 여기에서 목표는 사용자들로 하여금 인벤토리에 사용된 자료(data), 방법들 그리고 가정들을 잘 이해할 수 있도록 인벤토리를 가능한 간결하고 명확하게 보여주는 것이다. 보고서에 관련된 배경 정보와 설명을 제공하는 것은 인벤토리(보고서도 포함하여)의 투명성을 확보하는 것이다.

인벤토리 작성자는 이전 인벤토리들을 앞으로의 인벤토리 개정의 기초로 삼아야 할 것이다. 그렇게 하여 상호작용이 이루어지고 매 번 인벤토리 자료가 개선되면 그림 1.1에 나와 있듯이 새로운 인벤토리가 작성되는 것이다. 개선된 인벤토리가 작성되고 나면 전체 연도에 걸친 산정을 일관성의 관점에서 재검토하여야 하고 가능한 개선을 통해 업데이트하여야 한다. 1권 5장에서는 일관성 있는 시계열의 편집에 대한 조언과 시계열 일관성을 얻기 위한 *우수실행(good practice)* 접근법을 제공한다.

그림 1. 인벤토리 개발과정



박스 1.1은 장내 발효로부터의 배출 산정을 할 때 인벤토리 순환과정에 *2006 가이드라인*을 이용하는 보기를 제공한다.

박스 1.1
흐름도와 2006 가이드라인 사용-가축의 예(Livestock example)

세부적 배출, 흡수 카테고리들에 대한 산정을 준비하는 인벤토리 작성자들은 두 권의 지침에 익숙해져야 한다: 부문별 단원(volume)의 관련지침(예를 들면 4권, 농,임업 그리고 다른 토지사용)와 1권의 일반적 안내. 흐름도(그림 1.1을 보라)와 함께 이 박스는 두 단원(volume)에 나와 있는 지침이 장내 발효로부터 나오는 메탄의 배출량을 산정하는데 어떻게 쓰이는지 보여준다.

사용가능한 이전 인벤토리를 이용하여 시작하고 산정을 위한 카테고리에 우선순위를 결정하라.

- 인벤토리 작성자는 이전의 국가 인벤토리의 종합 결과들로부터 시작할 수 있는데 특히, 방법과 자료의 선택(1권 4장)에 있어 예비 단계인 주 카테고리 평가부터 시작할 수 있다.

일반적 및 부문별 QA/QC 요구사항숙지

- 모든 자료의 수집과 배출량의 산정에 앞서, 인벤토리 작성자는 1권 6장(QA/QC 그리고 검증)에 나와있는 품질 관리 (QC) 과정의 실행에 관한 일반적 안내와 4권 10장에 나와 있는 장내 발효에 관한 구체적 QC 과정들도 참조해야 한다. 인벤토리 순환의 모든 과정에는 QC 과정이 이행되어야 한다. 이는 정기적 검사와 자료의 출처, 방법 그리고 가정에 대한 분명한 문서화를 포함한다.

카테고리의 중요도와 자료(data)의 유용성에 따른 적절한 방법의 선택

- 인벤토리 작성자는 적절한 방법을 선택하기 위해서 4권 10장에 나와 있는 방법론적 지침과 의사결정도를 참조해야 한다. 여기의 예에서는, 장내 발효가 주, 카테고리이며 이는 보통 Tier2나 3이 선택되어야 한다는 것을 보여준다.

- 1권 2장(자료의 수집에 대한 접근법)과 4권 10장의 일반적 안내는 인벤토리 작성자로 하여금 적절한 배출계수, 활동 자료 그리고 그 외의 산정 흡력변수들을 선택하는데 도움을 준다. 이는 기존 자료로부터의 선택이나 확인, 또는 새 자료의 수집과 분류를 포함할 수도 있다.

최근년도의 일관성 있는 시계열 그리고 불확도 산정에 필요한 자료수집

- 다음 단계는 전체 연도에 필요한 자료의 수집이다. 자료의 유용성 주 카테고리를 위한 더 높은 tier 방법의 사용을 제한 한다.

- 1권 5장(시계열 일관성)은 1년 이상의 산정을 준비할 때 사용되어야 한다. 이 지침은 특히 선택된 방법이 이전의 인벤토리에 사용된 것과 다르거나 출처와 그들의 분류가

바뀌었을 때 필요하다. 이는 이전 산정에 대한 재계산이나 자료 조합의 필요성을 내포한다. 시계열 일관성에 대한 배출원별 지침은 4권의 10장을 참조하여라.

- 불확도에 대해 산정 할 때, 인벤토리 작성자는 1권 3장에 불확도에 대한 일반적 지침을 참조해야 하며- 방법과 개념에 대해 특히 관심을 기울인- 배출원별 정보 (예를 들면, 기본값 불확도)는 장내발효 가축 단원(chapter)의 불확도 부분을 참조해야 한다. 원칙상으로는 인벤토리 작성자는 활동 자료, 배출계수 그리고 불확도 정보를 동시에 수집해야 한다. 왜냐하면 이것이 가장 효과적인 방법이기 때문이다.

지침과 일관되는 배출/흡수 산정

- 다음 단계는 모든 관련된 년도에 장내 발효로부터의 메탄 배출량을 산정하는 것이다. 이 단계와 연관된 지침은 완전성, 보고 및 문서화, 그리고 시계열 일관성 영역과 관련된 4권 10장의 장내 발효에 대한 세부지침을 포함한다.

- 장내 발효 배출량과 불확도 자료는 계속적으로 전체인벤토리의 작성, 카테고리 카테고리별 및 전체 불확도 산정, 주 카테고리 평가에 대한 입력 자료로 사용된다. 이 절차들의 결과로 장내 발효 배출의 원래 산정이 바뀌거나 수정되어야 할 수도 있다.

산정에 대한 점검과 검토

- 1권의 품질보증(QA) 지침에 따라 인벤토리 작성자는 인벤토리의 준비에 참여하지 않은 기술적 전문가에게 산정과 기록에 대한 검토를 의뢰해야 한다. 외부 감수자는 개선점을 제안하거나, 장내발효 산정의 재계산이 필요한 오류를 확인할 수도 있다.

산정의 보고

- *IPCC 가이드라인*은 두 곳에서 장내 발효에 대한 정보의 보고방법에 대한 지침을 제공한다 : 4권 장내 발효에 관한 장 및 1권 8장에 있는 보고용 표. 인벤토리 작성자는 보고 지침에 대한 완전한 서술을 위해 두 장을 모두 참조하여야 한다.

주 : 초기 인벤토리 노력의 경우 이전 주 카테고리의 분석 없이, 장내 발효의 질적인 산정(qualitative assessment)이 사용될 수 있었다. 1권 2장과 4장을 보라. 이 예시에서 장내 발효로부터의 메탄이 대부분의 인벤토리에서 중요하므로 초기에 중요하게 고려되어야 한다고 결론지을 수 있다.

참고문헌

IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volumes 1, 2 and 3. Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Lim, B., Tr□anton, K., Mamaty, I., Bonduki, Y., Griggs, D.J. and Callander, B.A. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA, Paris, France.

IPCC (2000). Good Practice Guidance and Uncertianty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Penman, J., Kruger, D., Galbally, I., Hiraishi, T., Nyenzi, B., Enmanuel, S., Buendia, L., Hoppaus, R., Martinsen, T., Meijer, J., Miwa, K. and Tanabe, K. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan.

IPCC (2003). Good Practice Guidance for Land Use, land-Use Change and Forestry. Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishi, T., Kruger, D., Pipatti, R., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K. and Wagner, F. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/IGES, Hayama, Japan.

제2장

자료 수집에 대한 접근법

저자

Justin Goodwin (영구), Mike Woodfield (영국)
Mirghani Ibnoaf (수단), Matthias Koch (독일), and Hong Yan (중국)

부저자

Christopher Frey (미국), Rosemary Montgomery (유엔연합),
Tinus Pulles (네델란드), Deborah Ottinger Schaeffer (미국), and Karen Treanton (국제에너지기구)

목 차

2. 자료수집에 대한 접근법
2.1 도입 ····· 2.4
2.2 자료수집 ····· 2.5
2.2.1 현존자료 수집 ····· 2.8
2.2.2 새로운 자료 수집 ····· 2.11
2.2.3 인벤토리 사용을 위한 데이터 수정 ····· 2.14
2.2.4 배출계수와 배출의 직접 측정 ····· 2.16
2.2.5 활동도 자료 ····· 2.23

참고문헌 ····· 2.27
첨부 2A.1 전문가 도출(elicitation) 위한 프로토콜 ····· 2.28
첨부 2A.2 표본조사 수행의 일반 지침 ····· 2.30

그 림

그림 2.1 EFDB에 있는 자료를 포함한 처리 ····· 2.19

표

표 2.1 측정 프로그램의 일반적 요소 ····· 2.13
표 2.2 문헌 자료의 잠재적 원인 ····· 2.18
표 2.3 배기가스의 표준 측정 방법 ····· 2.22
표 2A.1 전문가 판단을 위한 문서 예 ····· 2.30

박 스

박스 2.1 근사적 활동 자료를 위해 선택된 데이터 사용의 예 ····· 2.11
박스 2.2 표본조사와 전수조사의 차이 ····· 2.24

2. 자료수집에 대한 접근법

2.1 도입

자료[1] 수집은 온실가스 인벤토리를 개발하고 업데이트 하는데 있어서 꼭 필요한 부분이다.

공식화된 자료수집 활동들이 설정되어야 하며, 각 나라별 국가적 환경에 맞게 적용되어야 할 뿐만 아니라 *우수실행(good practice)*을 이행하기 위해서 주기적으로 재평가 되어야 한다. 대부분의 경우 새로운 배출원 자료(source data)를 산출하는 원자료들(resources)이 사용가능한 것들이어야 한다는 제약을 받게 되고, (자료들 간) 우선순위에 대한 자리매김이 필요할 것이다. 이 때 주 카테고리에 대한 분석 결과들이 고려되어야 하는데 이에 대한 내용은 제4장 주 카테고리들의 방법론적인 선택과 확인 (Methodological Choice and Identification of Key Categories) 부분에 설명되어 있다. 자료 수집을 위한 방법상의 절차들(procedures)은 조사활동이나 측정활동을 통한 새로운 자료의 산출을 위해서 뿐만 아니라, 현존 자료들 (이를 테면, 인벤토리 이외에 다른 통계적인 사용 목적으로 수집 보관된 자료들)을 찾아내기 위해서도 필요하다.

그 밖의 다른 활동들로서 자료 흐름(flows) 을 유지하는 것, 산정(estimates)을 개선키는 것, 새로운 카테고리 규정을 위한 예상산정치(estimates)를 만들어 내는 것 그리고/또는 현재 사용되고 있는 자료들이 더 이상 사용될 수 없을 경우 현존 자료들로 대체시키는 것 등이 있다.

자료 수집에 있어 *우수실행(good practice)*의 토대가 되는 방법론적인 원칙들은 다음과 같다

- 가장 광범위하며, 변화 잠재력이 가장 크거나 또는 불확도가 가장 큰 주 카테고리들의 산정(estimates)을 개선하기 위해 필요한 자료를 수집하는 데 초점을 맞추라.
- 목표로 하는 자료의 질에 일치해서 인벤토리의 질을 반복적으로 개선시킬 수 있는 자료 수집 방법들을 선택하라.
- 인벤토리에 사용된 자료들을 지속적으로 개선시킬 수 있는 자료 수집 활동 (원자료의 우선 순위 자리매김, 계획, 이행, 문서화 등)을 선택하라.
- 자료/정보를 수집하되 그 세부항목들은 사용된 방법에 적절한 정도의 것들 이어야한다
- 점진적이며 효과적인 방향으로 인벤토리를 개선시키기 위해서, 규칙성을 토대로 한 자료 수집 활동 및 방법론적 필요요건(needs)들을 재평가하라.
- 일관성이 있고 지속성이 있는 정보 흐름(flows)을 지원해주는 자료 제공자들과의 협약(agreements)을 이끌어내라.

이 장에서는 현존하는 국가별/국제적(national/international) 자료 수집과 새로운 자료 수집을 위한 일반 지침이 소개된다. 자료(material)는 우선은 자료 수집 전략을 세워가고 있는 나라들 및 자

1 자료는 논리, 토론, 계산에 대한 기초로 사용된 실제정보(측정이나 통계)로써 정의될 수 있다. 자료 수집은 다른 배출원으로부터 정보를 얻거나 편집하는 활동이다.

료 수집 절차들(procedures)을 확정해 놓은 나라들 모두에 목표를 둔 것이다. 이 자료는 배출계수, 활동도, 불확도 자료 수집에 적용될 수 있다. 이는 다음을 포함한다:

- 적시성(timeliness), 일관성, 완전성, 비교가능성, 정확성 그리고 투명성과 관련해서 자료의 질적 목표 수준을 충족시킬 수 있는 자료 수집 전략을 개발하는 것. 이 책의 제6장 QA/QC와 검증(Verification) 부문에 제시된 지침을 사용해야 한다.
- 새로운 바탕 자료 산출, 제한된 자료와 그에 대한 신뢰성(confidentiality) 처리, 그리고 전문가의 판단을 포함한 자료 획득 활동
- 원 자료(raw data)를 인벤토리에 사용될 수 있는 자료 형태로 바꾸는 것

배출계수 선별과 관련된 여러 전문가의 조언은 기본값 계수(default factors)를 어디서 찾아내고 언제 사용해야 하는가를 언급하는 문제뿐 아니라 측정된 자료를 이해하고 산출하는 문제에 주안점을 두고 있다. 활동성에 대한 지침은 현존 국제적 자료 세트 (existing international data sets)사용 지침을 제공하는 것은 물론 새로운 전수조사 및 표본조사(census & survey)자료를 산출하고 사용하는 것에 주안점을 두고 있다

이 장에서는 (조사)기관들의 범위에 대해서 그리고 가능한 추가적인 자료문서들 (documents) 이 확인되고 언급되었던 곳에 대한 정보가 제공되는데 이를 통해서 사용자들은 보다 더 세부적인 정보를 찾아낼 수 있게 된다. 부분별 특정 자료 수집에 대한 문제들은 - 예를 들면 배출원에 의한 배출(emissions by sources)과 흡수원에 의한 흡수(removals by sinks)를 위한 특정 카테고리에 적합한 활동도 자료 선택 - 부문별(sector specific)로 2-5권 에 기술되어 있다.

2.2 자료 수집

이 부분은 현존 자료 수집, 새로운 자료 산출, 그리고 인벤토리 사용을 위한 자료 수정에 대한 지침을 제공한다. 이 지침은 배출계수, 활동도 자료와 불확도 자료 수집에 적용될 수 있다. 새로운 자료 및 현존 자료와 관련한 특정 이슈들을 분리해서 다루게 된다. 계속해서 배출계수 수집/산정 및 활동도 자료와 불확도 자료 수집을 위한 특정 지침이 제공된다. 자료 수집 활동 내내 인벤토리 작성자들은 1권 6장에서 제공된 가이드라인에 준해서 수집된 자료에 관한 정도관리 기록을 유지해야 한다. 자료 수집 시 *우수실행(good practice)*은 차후 자료 수집의 필요성을 인식시켜 준다.

인벤토리 자료 제공 관리

자료 제공자들이 다음과 같은 활동을 같이 함으로써 인벤토리 작성과 개선 과정에 참여하는 것은 좋은 행동(*good practice*)이라 할 수 있다 :

- 카테고리에 대한 초기 산정치(estimate)를 제공하는 것, 잠재적으로 높은 불확도를 지적하는 것, 그리고 협력하고 있는 잠재적 자료 제공자들과 함께 산정치 개선을 논의하는 것
- 인벤토리 입력과 출력에 대한 과학적 또는 통계학적 공동 연수회(workshops)
- 규칙적인 자료 제공을 위한 특별 계약 또는 협정

- 자료 이용 방법들에 대한 비공식적인 규칙적/연차적 업데이트

- 정부기관 그리고/또는 거래기관의 이해를 돕는 정관(memoranda) 또는 권한을 제정하는 것. 이러한 기관들은 인벤토리에 필요한 것이 무엇인지, 그것이 어떻게 언제 인벤토리 작성자들에게 제공되는지를 알게 해주는 자료를 제공한다.

이러한 활동들에 의해서 가장 적합한 자료들이 인벤토리에 이용될 수 있으며 인벤토리 작성자들은 그 자료들을 올바르게 이해할 수 있게 될 것이다. 또한 이러한 활동들은 자료 제공 기관들과의 연결 단계를 설정하는 데도 도움이 될 것이다.

타당하다면, 자료가 인벤토리화되는 과정을 보장하기 위한 방편으로 현존 또는 새로운 자료를 적법하게 조정하는 방안을 찾아내는 것이 도움이 될 수 있을 것이다.

제한된 자료와 그 기밀성(confidentiality)

자료 제공자들은 정보접근에 제약을 받을 수 있는데 그 이유는 그 정보가 기밀성, 비공개성, 미완전성의 성질을 가지기 때문이다. 일반적으로 이것은 부적절한 자료 사용, 공인되지 않은 상업적 남용, 또는 자료에 있을 수 있는 결함에 대한 민감도(sensitivity)를 방지하기 위한 하나의 메카니즘이 된다. 그러나 때로 이러한 기관은 자료를 작성하고 점검하는 데 요구되는 자료원들을 전혀 가지고 있지 않을 수도 있다. 가능한 경우, 그들의 관심사(concerns)에 대한 해결책을 찾기 위해 자료 제공자들과 협력하는 방안으로 다음의 것들을 권장할 만하다 :

- 의도된 자료 사용 목적에 대한 설명
- 공개 수준에 대한 문서상의 협약
- 자료를 인벤토리에 사용함으로써 얻을 수 있는 정확성의 증가 확인
- 상호 수용 가능한 자료세트 도출을 위한 협력 제공
- 제공된 자료에 대한 인벤토리 (기재) 승인

기밀성 유지는 국가 통계청 (NSA[2] : 참조 : http://unstats.un.org/unsd/methods/statorg/) 의 기본 원칙들 중 하나이다. NSA는 개별 응답자들(respondents)의 작용, 소속, 태도 또는 그 밖의 특징들을 명백하게 드러내는 정보를 철저하게 보안해야 한다. 만약 응답자들이 자신들이 NSA에 제공한 정보의 기밀이 완전히 보장되고 있음을 확신하지 못한다면, 수집된 정보의 질은 떨어질 수 있을 것이다. 따라서 세부화된 개별 자료들은 사용자에게 중요한 정보를 이끌어낼 수 있도록 다루어지고 모아져야 하며, 이 때 개별 자료들이 노출되어서는 안 된다. 이것은 자료에 적합하다기 보다는, 특히 몇몇 소수 회사들이 그 부문을 차지하고 있는 경영 통계학(business statistics)에 더 적합할지 모른다.

가끔은, 원래 샘플의 규모와 구조에 의존해서, 원 자료(raw data)가 수집될 수 있는데, 이 때 기밀성을 유지하되 배출 인벤토리 목적에 유용한 정보를 만들어내는 방법이 사용된다. 그러나 만약 기

2 주요한 국가 공식 자료 수집체는 여기서 국가통계청으로 언급된다.

밀성 유지가 필요하다면 보통은 NSA 또는 최초로 자료를 수집한 기관이 원 자료를 부가적으로 처리해낼 수 있는 유일한 기관들이다.

일부 나라들의 경우 연구가들이 접근할 수 있도록 하기 위해 자료를 감추는 (즉, 회사나 기관들을 고려해 자료를 익명화하는)특수 장치들이 있다. 인벤토리 작성자들은 그러한 장치들을 만들 가능성을 모색할 수 있다. 그러나 이러한 재처리 과정이 정기적으로 (가능하면 해마다) 요구될 것이기 때문에, 아마도 NSA가 이러한 재처리 과정을 자체 작업 프로그램 안에 만드는 것이 더 좋은 해결책이 될 수 있을 것이다. 이 경우 자료 처리 과정에서 초기 투자가 필요할 것이긴 하지만 더 신속할 뿐 아니라 장기적인 관점에서는 경비 절감 효과가 있게 될 것이다. 일단 재처리 과정 체계가 갖추어지게 되면, 반복해서 조사가 이루어질 때마다 보다 낮은 한계비용으로 재사용될 수 있다. 부가적인 이점은 정보 공유를 통해서 다른 사람들이 인벤토리에 기록된 값을 확인할 수 있다는 것이다.

많은 기관들은 작업 기간 동안 다른 목적들 예를 들면 사업등록 또는 자동차등록, 세금징수, 면허교부, 보조금 할당을 위해서 추가 자료들을 수집한다. 그러한 정보는 보통 기밀성 조항에 따라 노출되지 않는다. 그러나 대개 그러한 조항들에 의하면 통계를 목적으로 자료가 사용될 수 있음을 예측할 있으며 NSA는 그러한 자료에 접근할 권리를 가지게 된다. 종종 이러한 행정 자료들은 샘플 층별화(stratificaton) 및 선택을 위한 토대가 된다. NSA는 자료 처리 경험을 쌓게 될 뿐만 아니라 심지어 전문가 소프트웨어, 즉 기밀성에 관한 규약을 깨지 않고 필요한 정보가 도출될 수 있게 하는 전문가 소프트웨어 까지 개발하게 될 것이다.

이러한 이유들로, 현존 자료들에 대한 재처리 과정이 필요할 경우, 기밀성을 보호하기 위해서 뿐만 아니라 경비 절감을 위해서라도 NSA 또는 관련 통계 부서와 협력하는 방안이 강력히 추천되는 바이다.

전문가의 판단

방법론적인 선택과 사용할 입력 자료 선택에 대한 전문가의 판단은 궁극적으로 모든 인벤토리 개선의 토대가 된다. 사용가능한 자료의 결손을 채우기 위해, 가능한 값의 카테고리에서 자료를 선택하거나, 불확도 카테고리에 관한 판단을 위해 부문별 전문가들이 필요하다. 적절한 배경지식을 가지고 있는 전문가들은 정부, 산업 무역 협회, 전문적 기관, 산업체 그리고 대학들에서 찾아 볼 수 있다.

전문가 판단의 목표는 다음과 같다 ; 적절한 방법론 선택 ; 제공된 카테고리로부터 입력변수 값 선택 ; 사용하기에 가장 적합한 활동도 자료 선택 ; 가장 적절한 방법론 적용 방안 선택 ; 여러 기술들을 가장 적절하게 조합해서 사용하는 것에 대한 결정.

전형적인 통계 기술을 데이터 세트에 적용할 때조차도 어느 정도의 전문가 판단이 요구되는데, 그 이유는 전문가는 그 자료가 무작위 표본 샘플 인지 아닌지의 여부를 판단해야 하며, 만약 그렇다면 자료 분석을 위해 어떤 방법을 사용해야 하는지를 판단해야 하기 때문이다. 이 경우 기술적 판단과 통계적 판단 모두 다 요구된다. 특히 자료의 양이 얼마 안되는 경우, 심한 왜곡도를 보이는 경우 또는 불완전할 때[3] 자료에 대한 해석이 필요하다. 모든 경우에 있어서 궁극적으로 추구하는

목표는 편견을 줄이고 정확성을 높일 수 있는 가장 표본적인 자료를 수집하는 것이다. 전문가들로부터 자료를 얻어내는 공식적인 방법은 전문가견해(expert elicitation)로써 알려져 있는다. 이에 대한 세부적인 사항은 첨부 2A.I 을 참조하라.

2.2.1. 현존 자료 수집

아래 인벤토리가 비록 완전하지는 않지만, 나라별 특정 자료에 대한 출처가 될 수 있는 출발점을 제공하고 있다 ;

- 국가 통계청
- 부문별 전문가들, 제3기관들
- 기타 국내 전문가들
- IPCC 배출계수 데이터베이스
- 기타 국제 전문가들
- 통계치를 공개하는 국제기구들, 예를 들면, U.N., Eurostat IEA, OECD, IMF
- 참고 도서관(국제적 도서관)
- 환경 관련 서적, 잡지, 보고서에 기재된 과학 기술 논문
- 대학
- 기관들 및 전문가들에 대한 웹 검색
- UNFCCC에 제출한 각 나라들의 국가 인벤토리 보고서

이용 가능한 자료 선별

자료 수집 활동을 위한 가장 좋은 출발점은 이용 가능한 자료원에 대한 초기 선별 작업이다. 이러한 작업이 반복적으로 진행되는 동안 이용 가능한 세부 자료들이 만들어지게 될 것이다. 이 선별 과정은 데이터 세트가 인벤토리에 유용한지에 대한 최종 판단이 내려질 때까지 느린 속도로 진행될 수 있을 뿐 아니라 계속적인 의문(questioning)이 필요 할 수도 있다.

원래 자료가 수집된 목적은 신뢰도의 중요한 지표가 될 수 있다. 표본 샘플과 정확한 측정치를 내는 것에 대한 책임은 규제 당국(regulatory authorities)과 공식 통계 기관이 맡게 되며, 따라서 종종 합의된 기준치(agreed standards)들을 채택하기도 한다. 공식 통계들은 (보다 정밀한 재처리 과정을 거치기 때문에) 이용 가능해지기까지 오랜 기간이 걸릴 수 있지만 초기 자료는 보다 빠른 단계에서 이용될 수 있다. 이러한 초기 자료들은 만약 그 타당성이 증명된다면 사용될 수 있다. 그리고 6장에 기술되어 있는 자료질 관리체계에 의해 원래 자료가 목표로 하는 수준(quality)의 정도에 대한 점검이 이루어질 수 있다.

3 평균에 대한 샘플의 분포를 규정짓는 방법은 Cullen and Frey(1999), Frey and Rhodes(1996), and Frey and Burmaster(1999)에 의해 기술되었다.

자료 요건의 개정(Refining Data Requirements)

일단 인벤토리 작성자가 자료 세트를 선택하게 되면, 공개된 자료를 그 원래 형태로 사용할 수 없는 한, 그 다음 단계에서는 보다 형식을 갖춘 형태로 자료를 세분화해서 자료에 대한 수요로까지 발전시키게 될 것이다. 이러한 공식화에 힘입어 (언제, 누구로부터, 무엇을 요청해야할 것인가를 앎으로써) 해마다 효과적인 인벤토리 업데이트가 가능하게 되며 동시에 자료 문서화 (documentation)를 위한 정도관리 요건들이 충족 된다 (6장 QA/QC and Verification 참조). 자료 요건에 대해 명확하게 정의를 내리게 되면
세부화 (specification) 에는 다음과 같은 세부사항들이 포함되어야 한다 :

- 자료 세트에 대한 정의 (즉, 시계열, 부분별 및 세부 하위 부분, 국가적 적용범위, 불확도 자료를 위한 필요조건, 배출계수와 활동도 자료단위)
- 자료 세트의 포맷(즉, 스프레드시트)과 구조(즉, 개별 표의 종류와 그 구조)에 대한 정의
- 국가적 적용범위, 포함된 부분들, 대표 연도, 기술 및 관리 수준, 그리고 배출계수와 불확도 입력변수와 관련하여 규정된 각 가정들에 대한 기술
- 자료 수집 활동을 위한 일상적인 절차와 시간 척도에 대한 확인 (즉 자료 세트가 얼마나 자주 그리고 어떤 요소들이 업데이트 되어야 하는가)
- 문서에 대한 참고 자료 및 정도관리 절차
- 교섭명 및 기관
- 입수한 날

자료를 제공하고 있는 기관으로부터 이러한 세부화에 대한 참여를 구하는 것도 효과적일 수 있다. 자료 요건이 변경될 경우, 이러한 세부화된 자료들을 관리하고 업데이트하는 것 또한 자료출처를 상세히 문서화하는 일, 그리고 일상적인 방식의 자료 수집 활동을 위한 최신 지침을 제공하는 일에 도움이 될 수 있다.

공개된 국가 자료 및 국제 자료 사이의 선택

대부분의 경우에 있어서 국내 자료를 사용하는 방법이 더 선호되고 있는데 그 이유는 국내 원천 자료들이 대개는 좀 더 최신화 되어 있을 뿐 아니라 자료를 맨 먼저 만들어 낸 사람과의 연결을 보다 용이하게 해 주기 때문이다. 대부분의 국제 자료들은 국내에서 도출된 자료를 근간으로 한다. 어떤 경우 명성 있는 국제기구에 의해 산출된 자료가 인벤토리에 더 용이하게 적용되기도 한다. 때로는 국제 거래 협회나 국제 통계 기구와 같은 단체들이 국내 기관들에 의해 개최되는 산업 부문 또는 경제 부문을 위한 나라별 특정 데이터세트를 가지게 되는 경우도 있다. 종종 국제 자료들에 대해서는 추가적인 점검과 입증작업이 이루어져왔다. 그리고 이러한 국제 자료들은 일관성 증대라는 목표에 맞게 조정되었다. 이렇게 조정된 자료들이 국내 정보와 재결합될 경우 일관성을 높이는 것이 반드시 산정치 개선의 결과로까지 이어진다고 할 수는 없을 것이다. 각 나라들이 국제 자료에 대한 의존을 벗어나기 위해서는 국내 원천 자료를 개선하고 개발시키는 것이 필요하다. 이용 가능한 국제 자료와 국내 자료세트를 교차점검을 하게 되면 자료의 완성도에 접근하는데 도움이 될 수 있으며 어느 한 자료에 있을 수 있는 문제들을 확인하는데도 도움이 될 수 있다.

대체 자료(Surrogate data)

대체 자료를 사용하는 것보다는 수량화되고 있는 항목과 직접적으로 관련 있는 자료를 사용하는 것이 더 바람직하다 (즉 대체되고 있는 자료와 상관관계가 있는 두 자료 중 하나). 그러나 가끔은 직접적으로 적용될 수 있는 자료가 오히려 유용하지 않을 수도 있고, (만약 표본조사(survey) 및 샘플링 프로그램이 자주 실행되지 않을 경우) 약간의 결손을 가질 수도 있다. 이러한 경우에는 대체 자료가 결손을 채우는 데 도움이 될 수 있고 지속적인 시계열이나 어느 한 나라의 평균을 산출하는 데 도움이 될 수도 있다. 예를 들어, 어느 한 국가가 일부 설비들(facilities)에 대해서만 높은 단계의 방법을 적용할 정보를 가지고 있다면, 이 때 대체 자료는 결손을 줄이기 위해 사용될 수 있다. 대체 자료는 주어진 정보가 이용될 수 없는 설비 세트로부터 나오는 배출과 실제적으로 그리고 통계적으로 관련이 있어야 한다. 이런 대안 자료는 나라별 특수한 환경과 정보, 그리고 자료와 배출(즉 배출계수) 사이의 관계를 토대로 선택되어져야 한다. 배출 또는 흡수에 대한 초기 산정치를 얻기 위해서 대체 자료를 사용하는 것은 원 자료(resources)의 우선순위 설정에 도움이 될 수 있다.

배출량 또는 흡수량을 산정하기 위해 대체 자료를 선택하고 사용함에 있어서 다음 단계들을 수행하는 것은 *우수실행(good practice)*이 된다 :

(i) 배출/흡수량과 대체 활동도 자료 사이의 물리적(physical) 관계를 확인하고 증명하기

(ii) 배출/흡수량과 대체 활동도 자료 사이의 통계상 중요한 상관관계를 확인하고 증명하기

(iii) 회귀 분석을 사용하면서, 배출/흡수량을 대체 자료에 결부시키는 국가별 특정 요소 (country-specific factor)를 개발하기

이런 접근 방법의 한 예가 박스 2.1 에 제시되어 있으며 이에 대한 세부적인 설명과 식 (식 5.2)은 제5장 5.3 시계열의 일관성(Time Series Consistency)에 나오게 된다.

박스 2.1
근사적 활동 자료를 위해 대체자료 사용의 예

U.S. 는 U.S. 송전선 총 길이의 35% 에 상당하는 전력 시스템으로부터 SF_6 위한 배출량 산정치를 받는데, SF_6은 물질수지(mass-balance)를 토대로 한 전기설비와 관련이 있다. (미국에서 송전선은 약 34.5V의 전력을 수송하는 선으로 정의된다.) 현존 시스템으로부터 배출량을 산정하기 위해서 대안적인 활동도 자료로서 (킬로미터 단위의) 송전선 거리가 사용된다. 미국에서 $S.F_6$ 는 원래 34.5kV 또는 그 이상의 설비에서 사용되며, 따라서 송전선 거리는 배출을 예측할 수 있는 좋은 지표가 된다. 게다가 통계 분석에 의해서 배출과 송전선 거리 사이에 상당한 상관간계가 있음이 증명되었다. 이러한 관계가 주어지게 되면, 송전선의 거리를 배출에 결부시키는 회귀(regression) 계수가 사용된다. 이러한 계수는 현재 측정되고 있는 배출 근원 시스템의 송전선 총 길이에 적용된다. 독일에서도 또한 폐쇄 압력(closed pressure) 시스템으로부터의 배출을 측정하기 위해서 송전선 길이가 사용되는데, 이 때 폐쇄 압력 시스템은 산업 조사(industry survey) 에 응하지 않았던 설비들이다. 산정치들은(estimates) 송전선과 배출 자료 양자가 이용될 수 있는 설비들로부터의 전력 시스템에 토대를 두고 있다. 측정 결과들은 추후 몇 해에 걸쳐서 보다 광범위한 조사에 의해서 검증되었다. 장치 제조자와 판매자로부터 이용할 수 있는 장치에 대한 정보는 폐쇄압력시스템(sealed pressure system)에서 배출원을 산정하기 위해 사용된다. 트랜스미션 킬로미터(transmission kilometres)는 대부분 SF_6가 미국에서 높은 전압 트랜스미션 장치에서 사용되어 배출원을 잘 예측할 수 있다. 높은 비율의 SF_6는 중간전압 배전장치나 가스차단 변압소에서 사용되는 곳에서는 또 다른 자료형태가 트랜스미션 길이와 배전라인 또는 변압소 개수를 결합한 것처럼 적절하다. 이런 것들의 결합이나 또 다른 자료형태는 자료의 하나 또는 그 이상이 배출원을 산정하는 모든 시스템에 대해 유용하지 않을 가능성이 증가한다 할지라도 사용될 수 있다.

2.2.2 새로운 자료 산출

표본 배출계수, 활동도 자료 또는 다른 산정 입력변수들이 없거나 현존 자료원(sources)으로부터 이러한 것들이 산정될 수 없다면, 새로운 자료를 산출하는 것이 필요할 것이다. 새로운 자료를 산출하기 위해 다음의 요건들이 수반되어야 할 것인데, 즉 산업공정 또는 에너지 관련 배출을 위한 측정 프로그램, 탄소 함유 연료 샘플링, 토지용도 변경과 산림지 샘플링 활동, 활동도 자료를 위한 새로운 전수조사 또는 표본조사 등이 수반되어야 할 것이다. 새로운 자료 산출은 적절한 전문지식을 가진 그러한 사람들에 의해서 가장 잘 수행될 수 있다. 이러한 활동들은 종종 자료원에 집중하게 되며(resource intensive), 카테고리만이 핵심으로 주어져 있고 그 외 다른 어떤 선택도 없을 때 아주 중요하다.

자료원 사용을 최대한 이용하기 위해 가장 많이 추천되고 있는 방안은 전혀 새로운 프로그램을 시작하기 보다는 현존 프로그램을 확장시켜 필요한 자료를 생성해 내는 것이라고 할 수 있다. 배출계수와 활동도 자료를 위한 보다 특수한 세부사항들에 대해서 이 장의 각 소 단락에(respective sections) 설명되어 있다. 통계청(statistical offices), 측정 기준 위원회(measurement standards committees)와 같은 공식 기관들에 의해서 상세하게 정의된 활동들을 위한 지침이 있을 경우, 각 소 단락에서 다시 인용된다.

측정을 통한 자료 산출

산정은 2-5권 (Volume 2-5) advice 부분에서, 예를 들면 배출계수, 파괴/감소 효과 계수 (destruction/abatement efficiency factors) 그리고 활동도 비율(rate) 을 결정하거나 수정하기 위해서 사용되어야 할 것이다. 또한 산정은 자료 산출을 위해 사용되고 있는 모델들을 교정하고 (calibrate) 검증하기 위해서 또는 온실가스 배출 양을 재기 위해서 사용될 수 있다.

산정 자료(measurement data) 사용 관점에서 보면, 해당 산정 자료가 하나의 표본 샘플이 이 될 수 있는지의 여부 - 관련 산정 자료는 전체 카테고리에 대한 전형이 될 만큼 상당한 부분을 차지해야 한다 -와 적절한 산정 방법이 사용되었는지의 여부를 점검하는 것이 *우수실행(good practice)* 이라 할 수 있을 것이다. 가장 좋은 산정 방법은 공식 표준 기관들(official standards organizations)에 의해서 개발된 방법들로서 이들은 조작상의 특징들[4]을 규정하고자 현장실험을 실시한다. 표준화된 산정방법을 사용하게 되면 산정 자료의 일관성이 향상된다. 인벤토리 작성자는 통계적 불확도, 낮은 감지 한계, 민감도, 산정의 상한과 같은 부가적인 정보를 제공받게 된다. International Standards Organization (ISO) standards, European Standards(EN), 또는 U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), Association of German Engineers(Verein Deutscher Ingenieure, VDI) 과 같은 적법한 국가 표준들은 이러한 기준을 충족시킨다고 할 수 있다. 인벤토리 작성자가 지금까지 사용되어온 산정방법이나 자료 질 관리 기준에 대해 상세히 기록하는 것(document), 또는 불확도 분석을 위한 자료 요건(data requirements)은 1권 3장 불확도에서 언급될 것이다. 이에 유의하는 것도 *우수실행(good practice)*이 된다.

신뢰할 만하고 비교 가능한 결과들은 잘 고안된 프로그램을 사용함으로 얻어질 수가 있다. 이 프로그램들은 그 사용목적들이 정확하게 정의되어야 하는데, 다음과 같은 사용목적들을 예로 들 수 있다 ; 적절한 방법 ; 산정자(measurement personnel)를 위한 명확한 지침(instructions) ; 정확하게 규정된 자료 처리 및 보고 절차(procedures) ; 적절한 문서화.
표 2-1은 그러한 접근 요소들을 설명하고 있다.

4 예를 들어, 반복성, 재현성 감지 한계, 방해에 대한 보호 등

표 2.1
산정프로그램의 일반적 요소

산정목적	결정되어지는 입력변수들의 정확한 설명 예) HFC-23은 HCFC-22의 생산으로부터 배출
방법론적 규정	사용된 산정방법은 다음과 같다 · 측정되는 성분과 관련된 참고 조건 · 배출원 카테고리와 측정목적[a]의 특성을 반영하는 대표적 샘플을 획득하는 방법 · 사용되어진 표준기법의 증명 · 필요한 분석 장비와 작동조건 · 배출원/흡수원 또는 장치 접근 조건 · 정밀도, 정확도, 불확도 조건 · 자료포집 조건 · 정도관리 양식
측정요원을 위한 명확한 설명서를 가진 측정계획	측정계획에는 측정중에 수행되는 것을 상세히 다음과 같이 기술한다 · 측정되어진 각 요소들의 채취지점의 수와 이지점들이 어떻게 채택되어졌는지 기술 · 각 채취지점으로 이루어진 측정의 횟수와 조건 기술 · 측정자료와 측정기간 기술 · 자료처리 혹은 결과의 번역을 가능하게 하는 관련된 정보에 원인과 과정이 수록되어져야 한다 · 측정중에 직면하는 배출원(산업시설 규모, 화물, 연료 혹은 공급원료)의 상태(또는 상태의 범위) · 측정가능한 분석요원외의 인력과 재원이 필요
자료처리와 보고절차 및 문서화	필요한 자료처리는 다음과 같다 · 제출절차는 측정의 계산, 측정목적의 기술, 측정계획으로 형성 · 요구증거자료는 기초자료와 측정상태 절차가 모아져서 계산을 통해 입증되어야 한다
[a]생태계 측정과 같은 특별한 경우는 채취 시 요구되는 사항은 4장을 보라.	

보다 좋은 배출계수와 그 밖의 다른 입력변수들을 결정해주는 측정 자료의 질을 보장하기 (ensure) 위한 일반 지침은 2.2.2. 에 설명될 것이다.

자료와 모델과의 관계

복잡한 시스템 평가를 위해 자주 사용되는 모델이라 할지라도, 그리고 그 모델이 자료 산출을 위해 사용될 수 있다 하더라도, 모델은 자료 변형 수단이 되며 모델을 돌리기 위해서는 자료가 필요한 것이다

2.2.3 인벤토리 사용을 위한 데이터 수정

기존의 데이터를 쓰든, 새로 측정한 데이터를 쓰든 아니면 둘을 조합하여 같이 쓰든, 정밀도의 수준이나 부문/과정/저감, 위치, 토지 종류, 합성물 그리고 연도(sectors/process/abatement, location, land type, compound and years) 같은 포함된 자료의 자료적합성이 유지되어야 한다.

자료의 누락

온실가스 인벤토리는 시계열에 걸쳐, 그리고 종류간에 일관되게 산정되어야 한다. 이 절에서는 자료가 한 해 이상 누락되거나 해당 연도 또는 국가적 영역을 대표하지 못할 때 공백을 메우는 방법을 기술한다. 이하의 내용은 자료의 누락 및 비일관성 그리고 이들을 해결하는 지침 등에 대한 예이다.

주기적인 정보들의 공백을 메우는 방법: 시계열 자료의 공백은 그 기간이 일 년 이하의 빈도로 주어질 때 존재하게 된다. 예를 들어, 시간도 오래 걸리고 경비도 많이 드는 천연자원 조사 자료는 - 국유림 같은 - 5년 혹은 10년마다 조사하여 만들어진다. 조사기간 동안의 완전한 연시계열 자료가 되기 위해서는 자료를 추측해야할 경우가 있는데 예측 또는 후측을 해야하는 경우가 있을 것이다 (예를 들어 1990~2004년 사이의 자료가 필요한데 1995년과 2000년도의 자료밖에 없을 때). 5장 시계열 자료의 일관성에서는 자료들을 연결시키는 방법과 외삽법을 이용해 공백을 메우는 방법을 보여준다.

시계열 수정: 데드라인(deadline)을 맞추기 위해 통계 기관들에서는 가장 최근해의 산정에 모의기법과 가정을 사용하게 된다. 이러한 산정치들은 모든 데이터값들이 처리되고 나서 다음 해에 좀더 정교하게 다듬어지게 된다. 새로운 방법들을 사용하고 오차들을 수정하기 위해선 옛날 자료들을 수정해야 하는 경우가 올 수도 있다. 인벤토리 작성자는 이러한 시계열 자료값 들의 변화들을 찾아내고 그 변화들을 자료에 새로 통합시킬 줄 알아야한다. 이 책의 5장에 이부분에 대해 더욱 세부적으로 설명이 되어 있다.

개량된 자료들에 대한 통합 : 일반적으로 국가들의 정보를 수집하는 능력은 시간이 갈수록 나아지기 때문에 상위의 산정방식을 적용할 수 있게 되지만 그 자료가 상위의 산정방식이 적용되는 초기연도에 꼭 적합하지는 않을 수도 있다. 예를 들어 직접적 표본추출과 계측 프로그램이 새로 도입되면 새 프로그램이 옛날 조건까지 측정할 수는 없기 때문에 시계열에 비일관성이 생길 수가 있다. 가끔 이런 문제는 새 자료가 충분히 세부적이고(예를 들어 방출량이 적은 현대식 공장의 배출요소와 방출량이 많은 구식의 공장의 배출요소와 구분이 될 수 있다면) 옛날 활동데이터 값을 전문가 판단 혹은 대체자료를 이용하여 계층화 시킬 수 있다면 처리될 수도 있을 것이다. 5장에서는 개선된 자료값들을 시계열에 따라 일관되게 통합하는 방법에 대해 세부적으로 다루고 있다.

손상 자료의 보충: 5장의 시계열 자료의 일관성에 나와 있는 자료들을 결합(splicing)시키는 기술

은 시간이 흐름에 따라 손상된 자료들을 다루는데 유용하다. 자료손상은 정부의 우선정책 변화, 경제의 재구성 혹은 자원의 감소로 인해 나타날 수 있다. 예를 들어, 경제가 변화 중에 있는 나라는 초기 연도에 있던 자료를 더 이상 수집하지 않거나 혹은 자료의 정의, 분류 그리고 집단화 정도가 달라져버리는 경우가 있다. 활동 데이터 절(2.2.5절)에서 다루고 있는 국제 자료 출처는 관련 활동자료의 또 다른 제공원이 될 수 있을 것이다.

불완전한 적용범위: 자료가 그 나라 전체를 대표해 주지 못하는 경우, 예를 들어 10개의 공장 중에 3개의 공장 계측량만 있을 때, 또는 그 나라의 80%의 농업활동 조사 자료만 있을 때, 그 자료들은 여전히 유용하긴 하지만 국가적 산정치를 제시하기 위해서는 다른 여타의 자료들과 함께 결합시켜 활용되어야 한다. 이러한 경우엔 전문가 판단(좀 더 자세한 정보를 위해 2.2절을 보라) 혹은 이 데이터들과 다른 여타의 자료들(대체자료나 참고자료)을 통합하여 국가적 합산을 계산해 내면 된다. 어떠한 경우에는 매번 다른 지방이나 세부 구역에 대한 표본을 일정 주기로 매년 조사함으로써 완성된 연시계열 자료를 수년 후에 얻기도 한다. 시계열 자료의 일관성과 주어진 가정은 그 뒤의 연속되는 해에도 일관되게 적용이 되어야함을 명심해야한다. 그리고 그 자료의 제공자로부터 완전한 범위를 가지는 대표적 연자료를 요청하여 받아야 한다.

자료들의 수치적 통합

때때로 인벤토리 작성자는 예를 들어 연료의 탄소함량에 대한 일련의 독립적 계측같은 다수의 잠정적 자료들로부터 같은 산정치를 내야하는 경우가 있다. 그 자료가 같은 양에 대해 그리고 합당한 방식으로 측정된 것이라면 그것들이 하나로 통합하면 정확도와 정밀성이 증가하게 될 것이다. 통합치는 초기 자료값을 모두 모아 95퍼센트 신뢰한계와 평균을 재산정 함으로써 얻어진다. 혹은 통계 교과서에 나와 있는 관계식들을 이용하여 종합 통계치를 통합하는 방법을 취할 수도 있다. 또한 서로 다른 통계 분포를 가지게 되는 다른 방법들로 만들어진 단일 측정 양을 통합할 수도 있다. 그러나 이를 위한 접근법은 더 복잡하며 대부분의 경우엔, 전문가 판단을 통하여 결과를 평균할지 혹은 신뢰성이 높은 산정치만 취하고 나머지를 버릴지를 결정하는 것이 좋을 것이다.

자료간의 균질성이 결여되어 있을 때는(예를 들어 저감 기술이 있는 공장이 몇 개만 있고 나머지는 없을 때) 그 항목별 산정치는 계층화되어야한다(분할되어야한다). 그래야만 각각의 계층이 서로 균질성을 갖게 되고 요인별 국가적 총합이 그 계층들의 총합이 될 것이기 때문이다. 그러면 불확도 산정치들은 3장에 나와 있는 방법들대로 각각의 계층을 독립적인 분류인 것처럼 다루어 얻을 수 있다. 이질성은 각각의 공장별 세부적 환경요인과 기술력의 종류, 혹은 세부적 데이터 분석, 예를 들어 활동도자료에 대한 산정된 방출/흡수 산포도를 통해 알 수 있다.

경험적 자료에는 이탈 자료가 포함 되어 있을 수도 있다. - 주 확률분포 바깥에 존재하는 자료들이며 대표성이 없다고 간주되는 데이터이다. 이들을 알아보는 방법이 있는데 예를 들면, 평균치에서 표준편차의 3배 이상 위나 아래에 있는 것들이다. 이 방법을 쓰기 전에 인벤토리 작성자는 이런 명백한 변칙 자료가 인벤토리 산정에 꼭 나타내어져야 하는 다른 종류의 고려요소를 (예를 들어 가동초기의 공장조건) 나타내고 있는지 아닌지 반드시 고려해 보아야 한다.

다년 평균: 각 나라들은 매년 인벤토리 산정(annual 인벤토리 estimates)을 보고할 때 그해의 최고 실질 방출량과 흡수량의 산정치를 기반으로 해야 한다. 보통, 1년 산정치는 실제 방출/흡수량의 최적의 근사치를 제공하므로 1년 산정치의 시계열 자료는 일관성을 겸비하고 있다고 볼 수 있다.

각 나라들은 가능하다면 시간에 따른 방출량의 산정치를 과하게 혹은 부족하게 이끌어 내거나 불확도를 증가시키거나 혹은 투명성과 대응성 또는 시계열의 일관성을 감소시킬 수도 있는 다년평균의 이용을 피해야 한다. 하지만 2-5권의 몇몇 특정 부분에 나와 있는 구체적 경우에는 다년 평균이 1년의 산정데이터 값을 구하는 가장 최적의 혹은 유일한 방법이 될 수도 있다. 연간 변화가 높고 불확실한 경우에는 - 일년에 다양한 나무들이 각각 자란 정도 - 그리고 수년간의 연평균 성장률에 높은 신뢰도가 있을 때는 다년 평균이 모든 산정치의 질을 높일 수도 있을 것이다.

비역년자료(Non-calendar year data) : 역년 자료가 있을 때 그 자료를 써주면 *우수실행(good practice)이* 될 것이다. 만약 역년 데이터가 없을 때엔, 기록을 위한 자료수집기간 동안 일관되게 사용되었기만 하면 다른 종류의 연간 자료(annual year data) (예를 들면, non-calendar 회계연도 자료, 예를 들면, 4월~3월)가 사용될 수도 있다. 유사하게, 서로 다른 수집기간은 기록을 위한 자료수집기간 동안 일관되게 사용되었기만 하면 서로 다른 방출과 저감 항목에 이용될 수 있다. 똑같은 수집 기간을 일관되게 시계열에 적용한다면 경향에서의 편향을 피하기 위한 *우수실행(good practice)*이 될 수 있다. 예를 들어 동물 개체군의 자료는 여름에 수집되는데 그로 인해 연평균 자료와 일치하지가 않는 경우가 있다. 그러한 자료는 역년을 나타낼 수 있도록 수정되어야 한다. 만약 수정되지 않은 자료가 사용되면, 인벤토리 작성자로선 시계열이 전 연도에 걸쳐 역년이나 회계연도를 일관되게 사용하는 것이 *우수실행(good practice)*이다.

지역범위의 인벤토리자료

어떤 조건에서는 지역 활동 통계량과 방출량 자료값이 보다 세부적이며, 새롭고 국가 자료보다 정확하며 완전한 경우가 있다. 이런 경우엔 지역별로 만들어지고 합쳐진 인벤토리가 결과적으로 질적인 면에서 평균화된 국가적 통계나 자료를 이용하여 축적된 인벤토리보다 질이 우수하다. 이럴 때, 그리고 *우수실행(good practice)의 조건을* 충족시키기 위해 인벤토리는 다음의 전제조건 하에 완전히 혹은 부분적으로 지역적 배경에서 축적될 수 있다.

- 각 지역요소는 *우수실행(good pracice)*의 QA/QC, 산정방식의 선택, 시계열 일관성과 완전성에 일치하는 방식으로 편집된다.
- 지역의 인벤토리들을 종합하기 위한 그리고 국가적 차원에서 자료의 공백을 매우기 위해 사용된 접근법은 투명하고 *가이드라인*에 *우수실행(good practice)*을 따라야 한다.
- 최종 국가인벤토리는 *우수실행(good practice)* 요구 수준의 완전성, 일관성, 대응성, 시의성, 정확성과 투명성이 요구된다. 특히, 지역별로 계산된 것을 산정하고, 최종 인벤토리에 통합하는 부문은 자체 일관성이 있어야 한다. 통합된 인벤토리에 절대로 방출량과 흡수량을 실수로 빠뜨린다거나 두 번 계산하는 일이 없어야 하며 인벤토리의 서로 다든 부분들은 실질적이고 타당한 한 동일한 가정과 자료의 일관성을 유지해야 한다.

2.2.4 배출계수과 배출의 직접 측정

이 절에서는 배출계수들의 선정 및 개관 또는 기타 산정 입력변수에 대한 일반적 조언을 제공한다; 즉 전문적 문헌자료, 측정 자료의 이용, 자료들의 통합에 대한 언급이 포함되어 있다. 개발 도상의 배출계수 혹은 여타 산정 입력변수들은 위에서 설명한 자료 수집을 위한 단계적 접근법을

따르는 것이 *우수실행(good practice)* 이다.

- 우선 순위를 정하고
- 자료에 접근하는 전략을 수립하고
- 자료를 수집하고 처리한다.

2-5권에는 배출계수 혹은 세부적 부문의 산정 입력변수의 선택과 사용에 관한 조언이 제시되어 있다.

문헌 제공처

인벤토리 작성자는 배출계수나 산정 입력변수를 찾기 위해 통상 문헌에 의존한다. 표2.2엔 다양한 잠정적 문헌자료들이 국가 여건을 얼마나 잘 반영하고 적절한지 높은 순서에 따라 나열되어 있다. 각 나라들은 상호 검토된 자신들의 공식 문헌을 이용하는 게 좋다. 왜냐하면 그래야 가장 정확하게 그 나라의 활동과 실제를 잘 보여줄 수 있기 때문이다. 만약 그러한 자료를 구할 수가 없다면, 제25권에 나와 있는 의사결정도가 가리키는 Tier1 방법이나 IPCC default factor를 사용하면 된다. 또는 배출계수 데이터 베이스와 Tier 2 방법, 혹은 다른 문헌자료 즉 국가 여건을 반영하는 국제적 기관으로부터 모의/산정된 에너지 자료를 이용한다. 표 2.2의 순서는 오직 한 예를 나타내기 위한 것이며, 인벤토리작성자는 개개의 정보들을 평가하여 적합성을 판단하여야 한다.

문헌 조사는 여러 종류의 가능성 있는 자료들 중에서 효과적으로 선택하고 모을 수 있는 접근법이다. 이는 또한 시간 소모적 작업일 수도 있는데 그 이유는 대게가 옛날의 데이터로 이루어져 있기 때문이고 변환 단위의 사용으로 인해 인위적 이질성이 생길수도 있기 때문이다. 학술 논문들은 인터넷을 통해 서명 없이도 접근할 수 있는데 도서관이 그런 검색과 접근에 도움을 준다. 배출계수에 관한 전문적 문헌 출처는 다음과 같다. :

- 국가의 그리고 국제적인 검사 기관(예를 들어 도로 교통 검사 기관)

- 산업 무역 협회 (기술적 논문들 즉, 보고서, 지침, 표준, 지역 조사 혹은 유사한 기술적 자료들) 산업 공정에 따른 배출규제의 국가 책임기관

문헌조사는 모두 기록화 되어야 한다. 그래야 인벤토리에 수록되는 자료들이 투명성을 유지할 수 있기 때문이다.(6권, QA/QC와 검증 참조). 또한 차후의 문헌조사 활동 때 시간을 절약하기 위해서 쓰이지 않은 자료를 기록하고 그 이유에 대하여 적어두면 좋다.

표2.2
문헌 자료의 잠재적 배출원

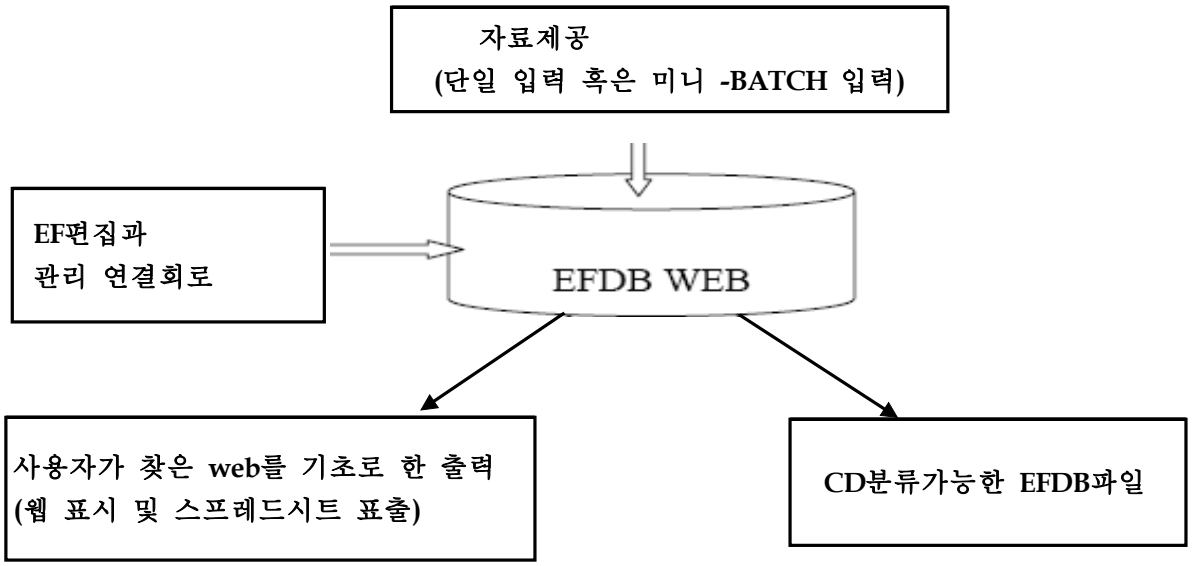
문자 형태	찾는 곳	설명
IPCC 가이드라인	IPCC 웹사이트	Tier1방법을 위하여 통일된 요인 값을 제시하라. 그러나 국제적 상황을 대표하지는 않는다.
IPCC 배출계수 데이터베이스	IPCC 웹사이트	보다 세밀하게 나타내어라. 그렇지 않으면 당신의 국가를 대표할 수 없거나 설명할 수 있는 적절한 주 카테고리가 될 수 없다.
EMEP/CORINAIR 배출계수 데이터베이스	EPA 웹사이트	입력된 값 혹은 교차분석이 유용, 그렇지 않으면 당신 국가에서 대표하는 절차가 될 수 없고 설명할 수 있는 적절한 주 카테고리가 될 수 없다.
국제 배출계수 데이터베이스	USEPA 웹사이트	입력된 값 혹은 교차분석이 유용, 그렇지 않으면 당신 국가에서 대표하는 절차가 될 수 없고 설명할 수 있는 적절한 주 카테고리가 될 수 없다.
국제적, 국가적으로 통용화된 학회지로부터의 국가적 특성화 데이터	국가 문헌 도서관, 환경적 출판물, 환경적 뉴스 잡지	대표성을 가지려면 신뢰성이 있어야 하며, 공식화되기 전 여유를 가질 수 있다.
국제적 시험기관 (예 도로교통 시험기관)	국제적 실험실	신뢰성 요인들이 대표성을 가지고 표준방법이 사용되어지는 것이 필요
배출 정기적 규정 기록과 보고서, 혹은 오염 배출과 이동 등록소	산업적 공정 관리규정	정기적으로 업데이트하라. 품질은 정기적인 필요조건들에 의해 향상되며, 산정/측정에 이용되는 방법으로는 확장되지 않는다
산업적 기술적 교환논문	특성교환 조합, 발행지, 도서관과 웹사이트를 조사	QA/QC에서는 자료의 편견을 체크하고, 실험조건을 확실하게 하는 것이 필요하고 측정표준을 이해해야 한다.
기타적 특별문헌들, 통계조사, 관측조사, 측정, 모니터링 자료	대학(환경, 측정과 모니터링 학부)	계수는 대표성을 가져야 하고 표준방법이 사용되어야한다.
국제적 배출계수 데이터베이스: OECD	OECD 웹사이트	입력된 값 혹은 교차분석이 유용, 그렇지 않으면 당신 국가에서 대표하는 절차가 될 수 없고 설명할 수 있는 적절한 주 카테고리가 될 수 없다.
배출계수 혹은 다른 나라의 산정 변수	UNFCC(유엔기후변화협약)의 한부문으로부터의 국제적 인벤토리 발표, 다른 인벤토리 문서, 웹조사, 국제도서관	적당한 배출인벤토리 사용 입력된 값 혹은 교차분석이 유용, 그렇지 않으면 당신 국가에서 대표하는 절차가 될 수 없고 설명할 수 있는 적절한 주 카테고리가 될 수 없다.

IPCC 배출계수 데이터베이스

배출계수 데이터베이스(EFDB)는 국가적 수준의 온실가스의 배출/흡수(emissions or removals)의 산정에 관계된 입력변수나 배출계수에 관한 인터넷 기반의 매순간 업데이트 되는 정보교환 포럼이다. 이 데이터베이스에 대한 질문조회는 인터넷을 통해 이루어질 수 있는데 IPCC, IPCC-NGGIP의 홈페이지 혹은 인터넷 주소 http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/main.php.[5]를 통해서이다. IPCC에서는 정기적[6]으로 데이터베이스의 복사본과 함께 CD-ROM 그리고 질문도구들을 나눠준다. 여긴 대화의 장으로써 전문가와 연구원들이 모여 새 배출요소나 다른 입력변수를 세계의 청취자들과 잠정적 최종사용자들에게 알리기 위한 곳이다. EFDB는 사용자들이 배출계수들 그리고 다른 여타의 입력변수를 배경 지식 문서나 기술적 참고문헌과 함께 찾을 수 있는 인정받는 도서관으로서의 역할을 수행하고자 한다. 데이터베이스 안에 있는 자료 값들의 표준들은 (그림 2.2를 보아라);

- **견고함 :** 초기 측정프로그램이나 모델링 활동이 반복되면 방법론의 허용된 불확도 이내에서는 값이 변하지 않는다.
- **적절함 :** *배출계수*는 그것이 측정되고 모형화 될 당시의 원천, 그것과 기술과의 혼합, 운영, 환경 조건, 그리고 저감 및 관리기술이 명백할 때 그리고 사용자로 하여금 그것들이 어떻게 작용되는지를 알게 해줄 때 적용될 수 있다.
- **문서기록 :** 초기의 기술적 참고문헌들에 대한 접근 정보는 위에 설명한 견고함과 적절함을 평가하는데 쓰인다.

그림 2.1 EFDB에 있는 자료를 포함한 처리



5 새로운 자료가 어떻게 찾아졌는지 또는 새 자료가 EFDB에 어떻게 기여했는지와 매뉴얼을 포함한 정보가 이 웹사이트에서 찾을 수 있다.

6 EFDB CD-ROM의 복사본을 얻기 위해서는 IPCC NGGIP 기술지원센터에 문의

EFDB에서는 전세계의 전문가와 연구원들을 초대하여 EFDB를 그들의 자료로 채우고 있다. 자료제공자들이 제공한 새로운 배출계수들(그리고 다른 입력변수들)에 대한 제안서는 데이터베이스에 포함되기 위하여 EFDB의 편집위원회에 의해 평가된다. 제출된 제안서가 만약 3가지 잘 정의된 질적 기준인 견고함, 적절함, 그리고 문서기록에 부응하면 데이터베이스에 포함된다. 이런 절차들은 사용자로 하여금 자신들의 인벤토리에 배출계수와 여타의 입력변수를 사용해도 될지의 적절성을 판단할 수 있게 해준다. 그리고 이 정보사용에 대한 책임은 사용자들이 갖게 된다.

측정으로 획득된 자료들

이 절에서는 배출, 배출계수 그리고 저감 혹은 파괴 효율을 결정하기 위한 관측 행위의 질을 평가하는 2.2.2 절의 지침을 적용한다. 4권에서는 농업, 임업 그리고 다른 토지이용 (AFOLU) 부분의 조사와 샘플의 이용에 관한 구체적 안내를 제공한다.

이 접근법에서는 배출이 곧바로 결정되거나 계산될 수 있다 (예를 들어 연속적 배출 모니터링 시스템을 이용함으로써). 배출이 다양한 연소, 공정, 운전 조건, 그리고 기술(예를 들어 연소의 결과물로 나오는 메탄과 질산)에 기인할 때는 직접적 모니터링이 배출을 결정하는 가장 정확한 방법이 된다.

에너지 혹은 산업공장 자료를 조사하게 될 때, 측정은 특정 활동을 나타내는 것이고 외부 요소는 되지 않았다는 점을 명확히 해야 한다. 예를 들어 연돌측정은 증발에 의해 대기로 증발되어 날아간 손실이나 제대로 연소되지 않은 연료(휘발성유기화합물(VOC)로 방출된)는 고려하지 않은 것일 것이다; 이것들도 총 배출에 포함되어 보고되어야 한다. 측정 주제에 관한 더욱 세부적 정보는 산업공정 및 소비부문(IPPU)에 포함되어있다.

2.2.2 절에 나와 있는 측정 프로그램의 요소들을 이용하기에 *우수실행(good practice)*은:

- 혼합 연료/원자재 공급에서 서로 다른 성분(예를 들어 연료가열장치에 같이 섞여 있는 석탄과 나무)간의 구분
- 배송 트럭/탱커, 관로, 비축 등에서부터 나온 표본의 해석을 통해 어떻게 연료와 원자재의 화학적 성분이 결정되어야 하는지 구체화 하여라.
- 배기가스 표본의 대표성을 확보한다.
- 잘 알려진 성능 특성을 가진 장비를 이용하고 또한 상대적인 정확도 감사를 이미 확립된 표준 기법에 비추어 수행하라

대부분의 가스 분석가들은 가스성분의 부피 농도를 측정한다(부피/부피). 그리고 조건이 안정되지 않은 경우 나오는 배기가스유량, 기압, 온도 그리고 수증기 함량을 측정해야한다. 그래야 온실가스 배출이 표준 온도와 기압으로 전환이 될 수 있으며(예를 들면, 273K and 101.3kPa, 건조상태) 질량방출기준에 인용될 수 있기 때문이다. 다른 측정들은 보통 구체적 전환과정을 계산할 때, 산화효율 계수를 계산할 때 필요하다. 그리고 만약 연료/원자재 들이 건조상태에서 사용되지 않았을 때엔, 습도 분석기가 필요할 것이다. 관련 측정은 동시에 이루어지거나 혹은 표본으로 추출된 입력변수들이 서로의 기능적 관계를 수정할 수 있는 방향으로 되어야한다. 그러지 않으면 종합된 흐

름으로부터 이끌어내진 배출량이 틀려지기 때문이다.

측정된 연료 또는 원자재 공급율(혹은 생산자료)로부터 활동도 비율(activity rates)을 계산해 내기 위해 측정을 이용할 땐 잘 알려진 품질에 보정되고 유지되며 그리고 규칙적으로 검사된 저울과 유속계를 이용하는 것이 *우수실행(good practice)*이 될 것이다. 측정 장비는 질에 따라 다양할 수 있고 규칙적 QA/QC 조사에 따른 규칙적인 유지와 보정과정이 있어야 한다. 지속적인 기록이 행해질 때는 자료 획득율이 줄어들고 계측기기가 작동하지 않을 때마다 지켜보고 기록하는 것이 *우수실행(good practice)*이 될 것이다. - 공백의 보충에 대한 조언(section 2.2.3, 데이터를 인벤토리의 사용에 맞게 적합화 시키는 법)은 불완전한 자료를 배출요소들의 생성 같은 목적에 맞게 충분히 재가공할 수 있게 해준다.

수분같이 측정 과정에 악영향을 주는 결함이 있거나 혹은 연료/원자재들이 건조하지 않은 상황에서 측정이 어떻게 진행되어지는지에 대한 감시 규정을 측정 프로그램에 포함시키는 것 또한 *우수실행(good practice)*이다.

품질 관리는 고려해야할 중요한 요소이다. ISO 17025:2005 '검사와 교정실험실의 일반적조건(General requirements for the competence of testing and calibration laboratories)'은 검사와 측정에 유용한 QA/QC 제도를 설명하고 있다. 여기선 적절히 시험된 장비를 사용하는 자격 있는 사람들이 표준적 방법을 이용하도록 권장하고 있다. 또한 미세교정장치(traceable calibration artefacts)를 담당해주는 품질 관리 시스템을 권장하는데 이는 측정 가능 인공물들의 표본을 취하고 저장하는 것; 모든 부차적인 해석; 그리고 결과의 보고 등이다. 표 2.3에 나열된 표준들은 온실가스배출 측정과 연관이 있으며 적절한 곳에 쓰여야 한다.

표 2.3
배기가스의 표준측정 방법

	현존 국제 표준법	폭넓게 사용되는 표준법[4]
CO_2	ISO 12039 : 2001년 고정 배출원 - CO, CO_2 의 측정 - 자동화된 측정법의 특성화 및 검량[1] ISO 10396 : 2006년 고정 배출원 - 가스 농축의 자동화된 측정을 위한 채취	US EPA Method3-건조 분자량의 결정을 위한 가스 분석법 US EPA Method3A-고정배출원(산업용 분석 절차)으로부터 배출되는 산소와 CO_2의 측정
N_2O	ISO 11564 : 1998년 고정 배출원 배출 - N_2O의 질량농축 측정 - 나프틸에틸렌디아민 광화학법	ISO TC 264-대기질에 관한 개량된 표준법
기체 속도	ISO 10780 : 1994대기질 - 고정배출원 - 덕트에서 가스의 유속과 유량의 측정 - S형 피토트관 ISO 3966 : 1977년 닫힌 도관에서의 유체흐름 측정 -피도트 정압관을 사용한 속도면적법[2] -L타입 피도트관 ISO 14164 : 1999년 고정배출원 -덕트에서의 기체 유량 측정 -자동화된 방법, 지속을 위한 동압법	US EPA Method1-고정배출원을 위한 시료와 속도이동 US EPA Method1A-작은 굴뚝과 덕트를 가진 고정배출원에 대한 시료와 속도이동 US EPA Method2 - 굴뚝가스 속도와 유속결정(S형 피토트관) (혹은 선택적 방법 2F,2G,2H와CTM-041)[5]
총괄[3]	ISO/IEC 17025 : 2005년 실험과 검량을 위한 자격의 일반적 요구사항 ISO 10012 : 2003년 측정관리 시스템 - 측정과정과 측정장비에 대한 요구사항	PrEN 15259 : 2005년 대기질 -고정배출원 측정 -측정전략, 측정계획과 발표, 측정지점의 도식화 EN61207-1 : 1994년 가스분석 수행의 표시-part1 General
	발전중인 표준법	US EPA Method3C-고정배출원에서의 CO_2, CH_4, 질소산화물과 산소의 측정(예, 쓰레기 매립장) 표준법은 ISO TC264에 의해 발전되어지고 있음-대기질
CH_4	없음	
H_2O		EN 14790[6] US EPA Method4-굴뚝가스중 수분함량의 측정
PFC, SF_6,HFC FCs	없음	(N,B, 특별부록에 방법이 참조되어 있음)

1. 고정 배출원에서 방출되는 가스의 CO_2와 다른 물질들을 측정하는 자동 시스템 측정원리와 검량절차에 대해서 언급
2. 이방법은 새로운 방법에 의해 대체되어지고 있다: 그럼에도 더좋은 방법이 없을때는 널리 사용되어진다
3. 온실가스 법주에서 이 방법은 참고 자료로 쓰여지지 않고 있는 반면에 측정된 방출량을 바탕으로 한 산정과 함께 직접적으로 적용되고 있다.
4. US EPA Method,e,g.Method1,1A,2,3etc 방법은 EPA시험법으로서 CFR PART 60의 부록편 Title 40에서 유용하다
5. Method2F와 2G는 유량측정을 정정 한다
   Method2H(원형굴뚝용)와 조건시험법 CTM-041(직사각형굴뚝과 덕트용)은 굴뚝벽 부근의 속도손실에 의한 유량을 측정하기 위하여 사용되어진다(벽효과 적용요인을 사용)
6. 수분측정은 건조상태에서 측정된 가스부피를 수정할 때 필요하다

2.2.5 활동도 자료

본 절에서는 활동자료의 생성 및 조사에 관련한 일반적 지침을 제공한다. 주 내용은 다음과 같다:

- 특별한 자료원에 대한 정보
- 표본조사 및 전수조사 활동
- 타당한 경우, 계측 관련 자료의 활용

적절한 활동자료의 생성을 위해서는 섹터의 중요도에 따른 우선순위를 설정하는 단계적 접근법을 취하고, 필요 자료에의 접근, 수집 그리고 이를 이용한 인벤토리의 작성에는 전략적 접근을 취할 필요가 있다. 이 절에서는 사용할 활동자료의 선택과 관련한 일반적 지침에 대해 기술한다.

2권 5장에서는 특별한 카테고리 활동자료의 선택 및 사용에 대한 지침을 제공한다

자료원

국내외 문헌

2.2.1절에서의 언급처럼, 오염배출법률과 관련된 산업 및 다른 공정의 허가를 담당하고 있는 국가 통계기관(National Statistical Agencies)과 국가 규제국(national regulatory authorities)의 자료를 이용하는 것이 바람직하다.

때로는 전문적인 문헌자료에서 활동정보를 얻을 수도 있는데 예를 들면 UN의 통계자료, US 지질조사국(US Geological Survey; USGS)의 생산품목 관련 보고서, 그리고 산업 무역관련 기관의 기술보고서, 지침, 표준, 지역조사자료 등이다.

표본조사(surveys)와 전수조사(census) 정보

표본조사와 전수조사 정보는(창2.2참조) 온실가스 인벤토리의 작성에 필요한 최적의 농업, 생산 그리고 에너지 통계치를 제공한다. 일반적으로 이들 자료들은 국가 통계기관이나 관련 정부 부처에서 국가정책 수립이나 국제적 자료요청, 또는 인벤토리 편집기관의 직접적 관리 대상은 아니지만 필요에 따라 표본조사와 전수조사를 촉발하거나 영향을 미칠 수 있는 활동들을 위해 수집 정리된다.

박스 2.2

표본조사와 전수조사의 차이

표본조사 자료는 모집단의 표본으로부터 얻어지며 전체 모집단의 실제 자료가 아니다. 표본조사는 대표 표본을 평가하여 이로부터 전체 모집단의 특성을 추정 평가하는 것이다. 예를 들어 나라나 지역의 전체 동물 개체수를 조사하기 위해 몇 개의 농장이나 혹은 농장군을 선택하여 조사하고, 이 자료로부터 보다 보편적인 대체자료나 가정을 사용하여 국가나 지역의 전체 개체수룰 추정하는 것이다. 표본의 대표성과 전체 수의 추정법에 대해서는 세심한 사전 조사가 필요하다.

전수조사 자료는 전체 모집단을 직접 헤아리는 것으로서 실제 국가나 지역의 동물 개체수를 조사하는 것이다. 전체조사는 보통 상세도나 다양성의 측면에서 사람이나 가축과 같은 국가적으로 가장 중요한 조사 대상에 대해 제한적으로 사용된다. 높은 비용과 긴 조사 시간이 필요하고 이는 특정한 국가인벤토리적용(national 인벤토리 application)에 대한 큰 제약요인이 된다. 종종 전수조사 자료는 표본조사 자료를 전체자료로 외삽하기 위한 신뢰성 있는 대체자료로 활용된다.

기존 표본조사 및 전수조사 자료의 활용 : 어떤 나라에서는 하나의 국가통계기관이 모든 종류의 통계자료를 책임지기도 하지만 많은 나라들은 여러 기관이 자기 영역의 관련 통계자료만, 즉 농업 관련 부처에서는 농업 관련 통계자료만 조사 수집하기도 한다. 이 경우 담당 부처는 수집할 자료의 선정에 업무적 전문지식을 활용하고, 조사 표본을 분류하고 선택하는데 도움이 되는 행정적 정보, 예를 들면 담당 부서가 관리하는 영역내의 경제활동 등록부(register of business working)같은 것을 마음대로 활용할 수 있는 장점이 있다. 이 경우 각 부처들은 자체적인 통계부서를 두어(혹은 국가 통계기관과의 밀접한 협조를 통해), 관련 전문가들에게 자료수집과정에서 빠지기 쉬운 보편적 오류를 피할 수 있는 필수적 통계 지식을 제공할 수도 있을 것이다.
경우에 따라 이들 자료는 바로 사용될 수도 있고(만약 자료가 지역 혹은 지리적 대표성을 가진다면) 또는 상세성과 지역적 대표성을 유지하는데 필요한 정보와 결합되어 만들어지는 복합적인 정보의 일부로 이용될 수도 있다.

새로운 표본조사의 개발 : 새로운 표본조사, 특히 소비자 또는 세대 표본조사는 표본의 규모, 적절한 현장조사, 자료처리, 해석 그리고 보고 등이 모두 필요하므로 비교적 비용이 비싼 편이다. 응답률이 비교적 신속한 경우에도 자료의 신뢰도와 일관성을 확인하기 위해서는 상당한 노력이 필요하다. 이러한 과정이 일관되게 반복될 수 없다면 표본조사는 시간적으로 국부적인 일시적 측정치를 제공할 뿐이다. 이러한 점을 유념하고 또한 표본조사가 반영하고자 하는 시간 규모 즉 기간을 고려하여 수행되고 해석되어야 한다 - 대규모 조사의 전개를 위해서는 통상 조사 시작 18개월 전에 계획이 수립되고, 결과는 자료수집기간 일년 혹은 더 이상 후에 활용되어질 수 있어야 한다 - 또한 다른 목적으로 수집된 자료의 재구성이나 행정적 자료와 같은 기존의 자료군에서 규칙적이고 일관된 자료를 획득할 수 있는지 유의해 살펴야 한다.

새로운 자료의 수집이 불가피하면 국가통계기관이나 관련 부처들이 어떤 자료조사가 수행 혹은 계획되고 있는지 확인할 수 있을 것이며, 결손 자료의 보충을 위해 이들 조사에 새로운 설문이나 조사 단위(module)를 추가할 수 있는지 알아볼 수 있을 것이다. 국가통계기관이나 정부 부처와 협

력할 때의 이점 중 하나는 그들이 적절한 자료수집 방법과 가능한 한 많은 사용자들의 요구가 반영된 설문들을 설계할 수 있다는 것이다. 이러한 점은 경비의 절감 뿐 아니라 상업 활동과 응답자들의 부담을 줄여주게 되고 응답자들이 조사 문항의 끝까지 답변할 수 있는 가능성을 높여준다. 또한 조사 표본을 결정함에 있어서는 전수조사 자료나 사업자등록(business register)와 같은 신뢰성 있는 샘플링 체제가 필요하다. 국가통계기관이나 관련 부처는 그러한 자료에 신속히 접근할 수 있고 활용 경험 또한 풍부하다. 그들은 표본 선정, 문항 설계, 자료 처리 및 검증 그리고 자료분석 소프트웨어 등에 자질과 경험이 풍부한 통계학자 및 전문가 집단을 확보하고 있다. 그들은 또한 숙련된 전화 및 방문 설문조사원들을 보유하고 있을 수 있다. 이러한 여러 요인들은 조사의 성공 가능성을 높여줄 뿐 아니라 경비도 절감할 수 있게 해준다.

표본조사 및 전수조사의 계획을 위한 일반 지침 : 계획을 수립할 때는 자료의 수집, 처리, 해석에서부터 결과의 배포에 이르기까지 모든 단계는 그에 따른 몇 개의 하부단계를 가지는 체계로 구성하는 것이 좋다. 예를 들어 설문과 다른 자료의 수집절차는 그 자료가 어떻게 처리되고 해석될 것인지, 그리고 궁극적으로 제시될 통계적 정보의 성질에 대한 충분한 검토 후에 수립되어야 한다. 계획시 특별히 고려할 점은 다음과 같다.

- 예산 문제 : 비용은 항상 중요한 고려사항이다. 전체 예산이 산정되어야 하고 절차의 각 단계별로 할당량이 배분되어야 한다. 각 단계에서의 무절제한 지출로 인해 예산이 부족해지면 양질의 결과물을 내어 배포하는데 필요한 중요한 정보가 누락된 자료가 취합될 수 있다.
- 설문조사요원의 역량을 포함한 인력 문제 : 과정의 각 단계에서 제 때에 적절한 역량을 가진 인력이 투입될 수 있도록 인적자원이 준비되어야 한다. 만약 자체작성용 설문 대신 설문조사요원이 활용된다면 설문조사 인력은 자료수집과정에서 가장 큰 비용 요인이 될 것이다.
- 과업 관리와 일정 문제 : 과업의 원활한 진행을 위해 과업관리는 필수적이다. 수집과정의 각 단계에서 적절한 시간이 할당되어야 한다. 신뢰할만한 가치 있는 자료의 획득을 위해 설문에 대해서는 철저한 사전검사가 필요하다.

미국통계협회의 조사계획법에 관련한 팜플렛은 새로운 조사를 시작할 때 유용하게 활용될 수 있는 자료로서 http://www.amstat.org/sections/srms/brochures/survplan.pdf에서 다운받을 수 있다. UN의 개발도상국에서의 세대조사를 위한 지침은 직접적인 질문에 근거한 표본조사방법에 대한 상세한 정보를 담고 있고 http://unstats.un.org/unsd/HHsurveys/part1_new.htm.에서 얻을 수 있다. 또다른 유용한 자료는 'Basic Steps in conducting Surveys'로서 http://www.energy.ca.gov/marketinfo/documents/98-10_LANG2.PDF에서 찾을 수 있다.

또한 많은 기구들이 통계자료의 구축을 위해 기여하고 있는데 개발도상국들에게 새로운 자료조사를 위해 지원하고 있다: UNEP(유엔환경계획), UNDP 그리고 세계은행 등이 범지구적 환경기구의 지원기관들이다.

에너지, 산업 활동, 농업, 수림 및 폐기물 등에 대한 표본조사 및 전수조사 지침과 관련한 참고문헌은 첨부2A.2에 수록되어 있다.

자료조사가 필요한지, 그리고 어떤 단위(module)로 구성되어야 하는지 결정하기 위해서는 세 가지

중요한 단계가 필요하다.

- 계획된 조사를 포함하여 기존의 자료 체계에서 어떤 자료가 사용가능한지 알아보아야 한다. 기억할 것은 출판된 통계자료는 주 수요자에게 필요한 정보를 추출하기 위해 처리되고 모아진 세부자료에 근거해 만들어졌다는 점이다. 가끔은 원 표본의 규모나 구조에 따라 표본의 일차 자료가 다른 사용자에게 적합한 형태로 재구성될 수도 있을 것이다.
- 행정적 자료들을 조사하라. 행정적 기록들이 처음에는 인벤토리 목적에 맞지 않을 수도 있지만 일단 관련 자료를 생성하기 위해 체계가 재구성되고 재조직되면, 그것은 최소 한계 원가 내에서 관련정보의 규칙적인 자료원이 될 수 있을 것이다. 점점 많은 나라들이 통계량을 구하기 위해 행정적 자료들을 이용할 때의 비용편익을 깨달아가고 있고 그리고 몇몇의 경우엔, 국가통계기관(NSAs) 들이 경비가 많이 드는 새로운 표본조사를 시작하기 전에 행정적 자료로부터 통계치를 구할 수 있는지 조사할 것을 법적으로 규정하고 있다.
- 기존의 표본조사에 새로운 설문이나 설문단위(modules)들을 포함시킬 수 있는지 검토해 보라.

기존 자료의 활용 가능성을 검토한 뒤에도 여전히 결손자료들이 존재한다면, 국가통계기관이나 행정 부처에 새로운 조사업무의 수행을 제안하라. 만약 재정적 자원이 충분하다면, 국가통계기관이나 관련 부처에서는 모든 중요한 전문지식들을 제공할 것이다. 또한 업무와 자원을 공유할 수 있는 파트너를 찾아보아라.

참고문헌

Cullen A.C. and Frey H.C. (1999). The Use of Probabilistic Techniques in Exposure Assessment: A Handbook for Dealing with Variability and Uncertainty in Models and Inputs. Plenum: New York, 335 pages.

Frey H.C. and Burmaster D.E. (1999). ''Methods for characterizing variability and uncertainty: comparison of bootstrap simulation and likelihood-based approaches,'' Risk Analysis, 19(1):109-130, February 1999.

Frey H.C. and Rhodes D.S. (1996). ''Characterizing, simulating, and analyzing variability and uncertainty: an illustration of methods using an air toxics emissions example'', Human and Ecological Risk Assessment: an International Journal, 2(4):762-797, December 1996.

첨부 2A.1 전문가 도출(elicitation) 위한 프로토콜

어떤 경우든 가능하면, 전문가 판단은 적절한 규정 하에 도출되어야 한다. 잘 알려진 전문가 도출(elicitation) 규정의 하나인 Stanford/SRI protocol이 적용되며 아래와 같다.

- 동기부여: 전문가와의 관계를 형성하고, 도출(elicitation)의 문맥을 설명하라. 사용되는 도출(elicitation)기법에 대하여 설명하고 그것이 설계된 의도를 설명하라. 논리적도출가(Elicitor)는 전문가에게 가장 흔히 발생하는 편의에 대해 전문가에게 설명하고 전문가에게서 가능한 편의를 확인해야 한다.
- 체계화: 판단이 내려져야하는 수치들을 명확히 정의해야 되는데 예를 들면 년도와 국가. 발생원/소멸원 구분, 평균을 취하는 시간(일년), 중점 활동자료, 배출계수, 또는 불명확한 경우, 배출계수의 평균값 내지 다른 산정 입력변수들, 그리고 인벤토리 모형의 구조 등이다.
- 여건조성 : 판단에 필요한 관련자료, 모형, 그리고 이론들을 모두 확인하고 기록하는 작업을 전문가와 함께 수행해야 한다.
- 인코딩 : 전문가의 판단을 요청하고 정량화하라. 구체적인 질은 요소에 따라 달라질 수 있고, 불확도는 확률분포의 형태로 그리고 활동자료와 배출계수들에 대해서는 활동 혹은 배출계수 산정의 형태로 나타나야 한다. 적절히 관리되었다면 불확도에 대한 정보(확률분포함수)는 활동 혹은 배출계수의 수집 때 동시에 수집될 수 있을 것이다. 3장의 인코딩에 관한 부분에는 인코딩 불확도의 경우 사용할 수 있는 몇 가지 대안 기법들을 설명하고 있다.
- 검증 : 전문가의 응답을 분석하고 그 결과를 다시 전문가에게 전달하는 되풀이 과정을 통해 전문가의 판단으로부터 어떠한 결론이 도출되었는지 확인하라. 실제 인코드된 것은 전문가가 의도했던 것이 맞는지 확인하라. 또한 전문가의 판단에 일관성이 유지되고 있는지 확인하라.

전문가 도출(elicitation)에서의 가능한 편의(bias)들

도출(Elicitation) 규정들은 전문가가 판단을 내릴 때 사용하는 경험에 의해 발생할 수 있는 편의들을 피할 수 있도록 설계되어야 한다.

경험으로부터 유발되는 가장 보편적인 무의식적 편의들은 다음과 같다.

- 유용성편의(availability bias) : 이것은 보다 쉽게 기억되는 결과물에 대한 기본적(basing) 판단이다.
- 대표적 편의 : 이것은 관련 자료들을 충분히 검토하지 못하고 제한된 자료와 경험에 의존할 때의 기본적(basing) 판단이다.
- 집착과 판단의 편의(anchoring and adjustment bias) : 이것은 대표값을 산정할 때 영역 중의 특별한 한 값에 집착하여 주위값들을 충분히 고려하지 못했을 때의 편의이다.

첫 두 가지의 편의 요인들을 해소하기 위해서는 도출(elicitation) 규정에 관련 증거에 대한 조사가 포함되어 있어야 한다. 세 번째 편의 요인의 해소를 위해서는 전문가에게 불확도 분포에 대한 최적 산정이나 중앙값에 대한 판단을 요청하기 전에 극값에 관련한 판단을 먼저 요청해야 한다.

또한 다음과 같은 의식적인 편의들이 있다.

- 동기적 편의는 전문가가 결과에 영향을 주거나 앞의 입장과 모순되는 것을 피하고자 하는 욕구에서 발생한다.
- 전문가 편의는 자질이 부족한데도 해당 부문의 진정한 전문가가 되고자 하는 욕구로 인해 발생한다. 이 경우 전형적인 모습은 불확도에 대한 지나치게 확신적인 결과치의 산출이다.
- 관리적인 편의는 전문가가 인벤토리 입력에 관계되는 실제 지식이 반영된 판단이 아니라 기관의 목적에 부합하는 판단을 하게 되는 경우이다.
- 선정 편의는 인벤토리 작성자가 의뢰인이 듣고 싶은 말만 해주는 전문가를 뽑을 때 발생한다.

이러한 편의를 피하는 최고의 방법은 전문가의 선정에 주의를 기하는 것이다. 전문가 판단은 개인적으로 혹은 집단적으로 수행될 수 있다. 그룹의 경우 지식을 공유할 수 있고 이를 통해 동기 부여, 구조화, 여건조성 등의 도출(elicitation) 과정의 일부가 될 수도 있다. 그래서 그룹은 개인 단위의 전문가 판단보다 선호되고 있다. 두 명 혹은 그 이상의 전문가로부터 독립적으로 판단을 구할 경우 분포(혹은 영역)에 대해 서로 다른 견해들이 나타날 수 있다. 경우에 따라서는 인벤토리가 특정한 양에 민감하지 않을 경우 이러한 차이는 해당 인벤토리의 최종적 산정에 큰 영향이 없을 수 있다. 그러므로 이러한 경우 전문가간의 불일치는 중요하지 않고, 판정된 양이 전체적 인벤토리에 중요하게 될 경우엔 두 가지 접근법이 있다. 하나는 최종적 배출과 흡수를 산정하고 각 판단별로 불확도 해석을 수행하여 결과를 비교해보는 것이다. 다른 하나는 전문가로 하여금 판단에 가중치를 부여하게 하여 그것들을 결합해 산정하는 것이다. 가능하면 전자가 보다 선호되지만 후자도 판단이 가중된 상태이고 평균화되지만 않았다면 사용할 수 있다. 차이는 평균은 어떤 전문가의 의견에 의해서도 지지되지 않은 중간 값이 나올 수 있지만 가중은 각 전문가의 산정을 표본처럼 추출할 수 있다는 것이다. 2.2.3절 '자료 세트의 수치적 결합'에 설명된 서로 다른 모형을 사용한 추정치의 비교 시에도 비슷한 상황이 발생할 수 있다. 가중과 평균의 구분은 거기에도 설명되어 있다. 비록 가중기법이 복잡해질 수도 있겠지만, 초기에 동일 가중치를 부여한 후 필요성과 주어진 상황에 맞추어 가중치를 세분화해나가야 한다.

전문가 판단 기록

전문가 판단은 주관적 성격을 가지므로 배출 및 불확도 산정의 국가간 동질성을 높이기 위해서는 품질 보증 및 품질관리 과정이 요구된다. 전문가 판단은 국가파일보관 과정의 일부로 기록되고 인벤토리 수집자는 특히 중요 항목에 대해서는 전문가 판단을 사전 조사하게끔 권장되어야 한다. 표2A.1은 투명한 전문가 판단(열 1)을 위해 필요한 기록 항목과 기록되는 자료의 예이다.

이러한 기록은 인벤토리의 투명성 제고를 통해 작성자가 인벤토리의 문서화에 소모하는 시간을 크게 경감시켜 준다. 보다 일반적 기록 서식, 기법에 대한 조사 및 개관은 1권 6장, QA/QC와 검증에 수록되어 있다. 이들 원리들은 인벤토리 수집과 불확도 산정에 전문가 판단을 활용할 때도 적용되어야 한다.

표2A.1 전문가 판단의 문서 예	
기록 항목	**기록 예**
판단의일련번호	EJIPPU2005-001
날짜	2005년 1월 14일
참여 전문가 이름	Anne 박사 외
전문가의 배경(부문, 역할 등)	질산공정배출원과 방지산업 전문가
판단물	질산공장으로부터 N_2O 배출원에 대한 국각적 배출계수
고려된 자료를 포함한 판단의 이론적 근거. 불확도 분포의 최고, 최저 및 중간 경향에 대한 근거를 제시	10개 질산공장 중 9개의 측정자료의 부재. 1개 공장 측정 자료는 국가적 질산 공정에 적용되는 국가적 요인의 기초로써 추천된다.
결과 : 활동치, 배출계수 또는 불확도에 대한 확률분포 또는 추론된 분포의 영역, 최우도 값, 확률분포	1990-2003년 8.5kgN_2O/ton 질산생산
외부 감수자의 확인	질산교역협회
외부 감수의 결과	문서: e:2003/전문가판단/EJIPPU2005-001.doc
날짜와 이름이 들어간 인벤토리 책임자의 허가	2005년 1월 25번째. Dr S.B Else

첨부 2A.2 표본조사 수행의 일반 지침

표본조사 자료는 종종 재정/국세적(financial/fiscal) 동기에 의해 수집된다. 만약 조사 동기의 보고시에 선호하는 어떤 편이를 가지고 있다면 조사 내용에 편의가 반영될 수 있다. 예를 들어 징세는 과소 보고를 원하고 장려금은 과다보고를 원할 것이다. 게다가 동일한 연료에 대해 다른 항목의 징수가 적용될 경우 보고에도 왜곡이 생길 것이다. 예를 들어 낮은 세금이 적용된 연료는 과대보고 될 것이고 높은 세금이 적용된 연료는 과소 보고될 것이다.

에너지 표본조사

에너지 통계는 배출 인벤토리의 기본 성분이며 중복 계산될 가능성이 대단히 크다. 중복 계산을 피하는 가장 좋은 방법은 국제적 수준에서 사용되는 기본 원리, 개념, 기법들에 따른 에너지 평형을 수집하는 것이다. 미국 출판물 에너지 통계 : 개발도상국을 위한 편람(1991)은 개발도상국의 종합적이고 신뢰성 있는 규칙적 에너지 통계 수집을 위한 지침으로의 기능을 하고 있다. 자료의 출처, 개념, 정의 및 시간대 같이 비일관성을 유발할 수 있는 다양한 요인들은 모든 종류의 에너지 상품에 대해 심도있게 토의되어야 하고 그들을 최소화하거나 줄일 수 있는 제안들이 제시되어야 한다. 영문 및 불문판은 http://unstats.un.org/unsd/pubs/gesgrid.asp?ID=51에서 다운 받을 수 있다.

- 에너지 수치와 평형에 관한 특별한 문헌을 가진 에너지 통계에서 개념과 방법(Concepts and Methods in Energy statistics, with Special References to Energy Accounts and Balances)(1982)이 수록하고 있는 내용들은 : 에너지 통계의 성질과 필요한 정책문제의 종류 ; 이들 문제들이 일으키는 개념적 방법적 문제들 ; 이들 문제를 처리하기에 적절한 가능한 회의

들 등이다. 또한 전체적인 양적 에너지 평형이 가지는 핵심 역할 : 이러한 평형의 바람직한 측면들- 과거를 해석하고 미래에 대해 숙고하며 ; 에너지 통계에서 주어지는 분류 문제; 그리고 그러한 자료와 다른 경제 통계와의 관계 및 회계 구조 등에 대해 조사되어져 있다. 책자는 현재 절판 상태이지만 영문, 불문, 러시아판은 http://unstats.un.org/unsd/pubs/gesgrid.asp?ID=20에서 다운 받을 수 있다.

- 에너지통계: 정의, 측정과 변환계수의 단위(Energy Statistics: Definitions, Units of Measure and Conversion Factors)(1987)는 에너지 상품의 용어에 대한 상세 정보, 측정 단위와 단위간의 변환 등을 담고 있다. 국제적으로 적용되는 정의, 변환계수, 국가간 통계자료의 해석 및 비교를 위한 설명표 등이 수록되어 있다. 책자는 현재 절판 상태이지만 영문, 불문, 러시아, 스페인어판은 http://unstats.un.org/unsd/pubs/gesgrid.asp?ID=37에서 다운 받을 수 있다.

또한 IEA는 에너지통계매뉴얼(Energy Statistics Manual)을 출판하였는데 에너지 통계의 수집, 보고, 이해를 위한 유용한 배경정보를 제공하고 있으며
http://www.iea.org/Textbase/publication/free_new_Desc.asp?PUBS_ID=1461에서 다운 받을 수 있다.

개도국을 위한 UN 통계 편람의 영문, 불문판은
http://unstats.un.org/unsd/publication/SeriesF/SeriesF_56E.pdf 에서 다운 받을 수 있다. 또한 다른 UN에너지 관련자료는
http://unstats.un.org/unsd/pubs/gesgrid.asp?mysearch=energy&sort=title을 참고하라.

Enerdata와 Eurostat 또한 에너지와 여타 통계자료들을 제공하고 있다.

경우에 따라 에너지 자료가 배출을 산정 할 만큼 상세하게 주어지지 않을 때도 있다. 예를 들어 휘발유 차량의 촉매정화기(catalyst converter)의 사용에 아주 민감한 도로 수송에서의 비 이산화탄소 배출 문제의 경우 결과치의 산정을 위해서는 자동차 판매량, 교통량 자료 같은 추가적 조사 자료가 필요하게 된다.

산업 표본조사

온실가스 인벤토리는 산업물품의 생산 자료를 필요로 하고 가능하면 생산단계의 자료여야 한다. 산업 생산의 조화로운 통계를 위해 표준 생산 인벤토리는 국제적 수준에서 작성되어야 하고 각 국가는 이런 인벤토리를 목적에 맞게 활용해야 하며 이것이 경제적으로도 가장 효율적일 것이다. 이들 인벤토리는 새로운 생산품을 반영하기 위해 규칙적으로 업데이트 되어야 한다. 개정 인벤토리는 중앙생산품분류(Central Product Classification(CPC))에 근거해야 하며 무역 통계를 위해 이용되는 국흡수 표준 산업분류(International Standard Industrial Calssification(ISIC)), 유럽연합의 PRODCOM 생산품 인벤토리 그리고 , Harmonized Nomenclature System(HS) 등과 양립할 수 있어야 한다. 국가들을 위한 개정 산업 물품 인벤토리와 지침은 UNSD 웹사이트 http://unstats.un.org/unsd/methods.htm 에서 구할 수 있다. CPC, ISIC 그리고 HS의 분류는 http://unstats.un.org/unsd/cr/registry/regct.asp?Lg=1에서 구할 수 있다. 상세 화학 산업 자료(국가별 품목과 공정자료)는 SRI Consulting(www.sriconsulting.com)에서 제공된다; 알루미늄 생산품의 처리 자료는 Aluminum Verlag(www.aluverlag.de), 철강 처리 정보는IISI(www.worldsteel.com)

에서 구할 수 있다.

산업체에서 사용된 생산과정에 대한 정보는 구하기가 더욱 어렵다. 사업자등록(Bussiness registers)에 이 정보가 있을 수 있으나 이런 자료는 최신상태로 업데이트해 관리하기가 쉽지 않다. 실제 경제업무에 참여하는 경제관련 협회는 종종 좋은 정보원이 된다. 자기 부문의 전문가로서 그들은 가장 보편적인 과정들에 대한 내부 지식을 가지고 있으며 새로운 과정에 대해 정통하기 위해 규칙적으로 참여 업체들에 대한 조사를 적극적으로 수행한다. 1990년대에 Eurostat는 공정을 기업과 연결하는 NOSE-p 인벤토리- 배출원 명명법(Nomenclature of Sources of Emissions)을 만들었다. 개정이 필요하긴 하지만 이 부문에서 일을 시작하려는 나라에겐 여전히 유용한 시발점이 되고 있다.

산업 생산과 생산 공정 자료는 또한 산업 폐기물의 통계에 지극히 유용한데 다음을 보라.

연료 및 생산물의 소비로부터 발생하는 배출의 산정에 이용되는 생산 자료는 가능하면 해당 상품의 수입/수출 통계와 관련되어야 한다. 생산 통계는 순 수입 및 수출이 중요하지만 명확하지 않을 때 소비 자료 대신 조심스레 사용될 수도 있다. 그러나 수출 및 수입에 대한 과소 보고로 인해 결함과 과대평가의 가능성이 있으므로 수입과 수출 계정의 정확성을 통계당국과 함께 조사할 필요가 있다.

생산 자료가 사용될 때는 자료가 총생산인지, 순생산인지를(즉 내부 재활용의 여부) 주의 깊게 확인해야 한다. 인벤토리에 따라서는 이들 수치가 5에서 10 퍼센트까지 다를 수가 있는데 강철, 알루미늄, 유리 등이 그러하다. 어떤 생산 통계가 사용되던 적절한 배출계수들이 적용되어야 하고, 인벤토리 작성자는 배출을 과대 또는 과소 보고하게 할 수 있는 세금 혹은 재정적 영향에 대해 유의해야 한다.

농업 전수조사

미국의 식품, 창립 이후로 농업 기구(Food and Agricultural Organization of the United States, FAO)는 국가 농업 전수조사를 세계 농업 전수조사 프로그램을 통해 향상시켰다.
http://www.fao.org/es/ess/census/default.asp를 참조; 프로그램은 FAO에서 전세계의 경험 많은 농업 통계가들의 협력을 통해 FAO의 통계부서에서 만들어졌다. - 세계 농업 전수조사 2000 프로그램을 보라: 5번째 FAO의 통계적 개발 시리즈, 1995, http://www.fao.org/es/ess/census/agcenp12.asp

프로그램은 실제로 농업 전수조사 프로그램을 돌리는 과정에 쓰여는 실용적인 정보들에 의해 보충된다. ' 농업적 전체조사와 표본조사(Agricultural Censuses and Surveys)의 실행' FAO, 1995, http://www.fao.org/es/ess/census/agcensus.asp.를 보라.

농업조사에 따른 FAO의 다른 가이드라인은 다음을 포함하고 있다:

- '농업조사에 따른 표본추출 방법', FAO 통계적 개발 시리즈 3번째 (1989); 확률샘플이론(probabolity sampling theory)의 기초와 기본지식들에 대해 설명한 것이다. 이는 전체 농업 표본조사 설계의 일부분만을 커버하는 표본 설계에 집중하고 있다. 다른 종류의 표본추출 방법

들을 다루고 있는데 단순한 무작위 표본추출, 계층화, 체계적 표본추출, 사이즈샘플링의 확률비례, 클러스터샘플링, 다단계 표본추출, 다상의 표본추출 그리고 지역 표본추출이 있다. 또한 주로 다루는 내용이: 표본의 설계 문제 즉, 계층별로 표본을 할당하는 그리고 또 각 다른 단계의 표본추출; 가중(weighting)과 표본산정 방식 즉, 공평한(unbiased) 그리고 비율산정(ratio estimate); 그리고 반복된방법(replicated methods)를 포함하여 표본추출의 오류들을 산정하는 방법. 표본조사의 설계와 실행에 관련된 실질적 문제들을 포함한, frame 문제들 그리고 샘플링, 비샘플링(non-sampling) 오류들도 다루어진다.

- '가축에 관한 데이터수집', FAO의 통계적 개발 시리즈 4번째 (1992)에서는 국가적 농업 통계시스템에 따라 가축 통계의 보편적 구조를 구하는 방법을 보여준다. 유목가축에 대한 문제를 염두에 두고 다른 데이터 수집 방식이 논의되었다. 또한 가축전수조사에 대한 안내도 제공된다. 목축상품 데이터에 (고기, 우유, 계란, 가죽과 모직물)대한 정의와 개념들이 생산 가격과 먹이사료에 대한 통계자료에 대한 논의와 함께 제공된다.
- 복합구조 농업조사(Multiple Frame Agricultural Surveys): 책1권과 2권, FAO 통계적 개발 시리즈 7번째와 10번째 (1996&1998). 현 국가의 농업 조사 프로그램은 농업부문에서 믿을 수 있는, 그리고 시간에 기준을 둔 데이터를 얻게 되었다. 그리고 이는 세 가지의 표본 조사방법 중 한가지에 기초를 두었다. 인벤토리 표본에 대한 설계(일반적으로 농장 샘플링 계획), 지역 표본설계 그리고 다중 구조 계획들. 다중 구조 계획들은 지역표본과 보충 인벤토리(농장) 표본을 서로 합친 것이다. 다중 구조 계획 방식은 좀 더 큰 카테고리 나라들의 농업조사 프로그램의 통계적 기초를 구성하게 된다. 왜냐하면 전통적 농장표본추출 방식에 유리하기 때문이다.

1번째 책은 개발도상국에 적용할 수 있는 방식과 입자에 초점을 맞춘 지역, 그리고 다중구조의 확률적표본 조사 프로그램을 확립하고 실행하는데 대한 포괄적 서문이다. 대안적 농업조사 계획에 대한 일반적 분류를 제공하는데 그 분류를 그것의 장점과 단점을 함께 보여주면서 제공한다. 그것은 다중구조표본 추출방식을 근거로 한 주기적 농업조사 프로그램을 확립하고 실행하는데 고려되어야 하는 몇 가지 양면들을 조사한다. 즉, 확률적 선택과 산정방식들, 조사기관, 필요한 장비와 재료들, 데이터 수집, 요약과 처리를 말하는 것이다. 그 책엔 개발도상국들에게 특히 유용할 다중구조로 된 조사계획들의 카테고리에 대해 자세하게 기술되어 있다.

2번째 책에서는 현재 여러 나라에서 농업조사 프로그램을 위해 쓰이는 지역, 그리고 다중구조 조사방식을 보여줍니다. 첫 번째 책에서 보여주었던 조사방식들을 적용한 실질적 예들을 보여준다.

산림 조사

FAO는 또한 산림 데이터를 수집하는데 있어 선두이다. FAO의 산림 부서에서는 국가적 산림 평가를 지원하는 중요한 프로그램을 맡고 있다. 다음 웹사이트에서 표본추출 계획, 강도(intensity), 할당(plot)의 형태와 수집한 여러 가지들을 볼 수 있다.

www.fao.org/forestry/site24673/en (overview) 그리고 www.fao.org/forestry/site3253/en (더욱 자세한 정보)

또한 FAO는 산림 자원에 대한 평가자료를 온라인상으로 참조할 수 있도록 하였다. www.fao.org 를 보라.

다른 관련 서적들은:

- 산림 인벤토리에 대한 소책자 FAO 산림 페이퍼 27 (FAO, 1981),

  http://www.fao.org/icatalog/search/dett.asp?aries_id=2587 (프랑스어로만 제공됨)
- 산림량의 산정 그리고 예상 산출. FAO 산림 페이퍼 22/1 그리고 22/2 (FAO, 1980),

  http://www.fao.org/icatalog/inter-e.htm.
- 지역사회 산림: rapid appraisal, 지역산림 노트 3 (FAO, 1989),

  http://www.fao.org/icatalog/search/result.asp?subcat_id=16.

폐기물 조사

보통, 산업체들은 대개 그들이 매해 배출해 내는 폐기물의 양과 그것의 성분들을 알고 있을 것이다-그것들을 적절하게 다루고 흡수하는데 돈이 들기 때문에-. 그러므로 산업체에 대한 조사에는 결과물로서 믿음이 가는 폐기물과 그 구성성분에 대한 데이터를 내놓아야한다. 그러나 이에 대한 응답률(response rate)이 아주 낮기도 하고 그 데이터가 믿을 수 없는 것이기 때문에 이 영역은 꽤나 민감한 부분이다.

많은 산업 폐기물은 그 생산물의 양에 비례하고 양과 종류가 결정되고, 그리고 그 생산물의 생산과정에 쓰인 기술도 관계되어서 부득이하게 나오게 되는 부산물이다. 그러므로 각각의 기술적 유형에 따라 그 폐기물이 만들어진다. 산업 폐기물에 대한 통계치는 평가받는 산업체에서 사용되는 주 기술공정의 분배와 산업 생산품에 대한 정보, 그리고 폐기물 요소들에 대한 모델들의 결과물이다. 이에 대한 유용한 자료로는 유럽 환경청의 보고서 '폐기물 요소들의 개발과 적용 : 검토' 참고문헌이나 보고서들로부터 알아낸 폐기물 성분들의 유래, 그들을 다루는데 대한 경험과 적용성을, http://reports.eea.eu.int/technical_report_37/en 에서 볼 수 있다. 도시폐기물의 양과 그것의 구성물을 산정해내기 위해선 직접적 조사(surveys)는 그다지 좋은 방법이 아니다. 이들로 인한 주된 손실은 조사비용 그리고 응답자가 말하는 폐기물의 진짜 양이나 구성성분을 잘 모르는 관계로 최종수치에 큰 불확도가 내재된다는 점이다.

이러한 도시폐기물의 가장 일반적 산정법은 폐기물 수집차량의 수집 전과 후의 샘플의 무게를 단순히 측정하여 모두 합해 전체 인구를 커버하도록 하는 법이다. 이 샘플은 여러 지역에서 수집하는 차량을 커버해야한다.: 도심과 지방, 부자동네와 가난한 동네, 정원이 있는 곳과 없는 곳 등등 그리고 전체인구와 모든 연도를 대표할 수 있도록 수년에 걸쳐 측정되어야 할 것이다. 도시폐기물의 구성을 산정하는 것은 더 복잡하다. 세대(households 조사원이 그들의 폐기물 생성과 그것의 구성을 꾸준히 그리고 가까이 지켜볼 수 있다. 조사원은 보통 오랜 시간 동안 계속 머물러 있는 소규모샘플(small samples) 이다. 그러므로 경향을 잘 지켜보고 감시할 수 있다. 조사원은 아주 활발하게 그들의 쓰레기통 내용물의 무게를 재고 분석하는데 참여해야 하므로 종종 참여자들에게 그에 대한 급여를 지불을 해야하는 경우가 있는데 이런 요소가 심각한 제한 요소로 작용할 수 있다. 그러므로 대개 구성요소들은 연구소, 때때로 매일은 아니지만 그에 관련된 중앙행정부처나 지자체에서 추진하는 기술적 연구나 연구 프로젝트에 의존한다.

제3장

불확도(Uncertainty)[1]

1 **"Uncertainty"**에 대한 명명 방법은 '**KS A 0002 :** 2004 측정학 용어'와 '**KS A 3000 :** 2005 측정 결과의 불확도 추정 및 표현을 위한 지침'에 따라 **"불확도"**로 칭함.

저자

Christopher Frey (미국), Jim Penman (영국)
Lisa Hanle(미국), Suvi Monni (핀란드), and Stephen Ogle (미국)

목 차

3.불확도

3.1 서론 ····· 3.6
3.1.1 불확도 분석의 개요 ····· 3.6
3.1.2 불확도 분석의 전체적인 구조 ····· 3.7
3.1.3 주요 개념 및 용어 ····· 3.8
3.1.4 불확도 분석의 기초 ····· 3.10
3.1.5 불확도의 원인들 ····· 3.11
3.1.6 불확도의 감소 ····· 3.15
3.1.7 방법론 선택의 의미 ····· 3.16
3.2 불확도의 계량화 ····· 3.16
3.2.1 자료 및 정보의 원천 ····· 3.17
3.2.1.1 모형에 관련된 불확도 ····· 3.17
3.2.1.2 배출활동 및 흡수활동에 대한 실증자료와 활동 ····· 3.18
3.2.1.3 정보의 원천으로서의 전문가 판단 ····· 3.24
3.2.2 불확도를 계량화하는 기법들 ····· 3.25
3.2.2.1 모형의 불확도 ····· 3.25
3.2.2.2 실증적 자료의 통계적 분석 ····· 3.26
3.2.2.3 전문가 판단을 부호화하는 방법 ····· 3.26
3.2.2.4 확률밀도함수를 선택하기 위한 우수실행지침 ····· 3.29
3.2.3 불확도를 조합하는 방법 ····· 3.36
3.2.3.1 접근법 1: 오차의 증식 ····· 3.36
3.2.3.2 접근법 2: 몬테카를로 모의실험(MONTE CARLO SIMULATION) ····· 3.42
3.2.3.3 접근법 1과 2의 혼성 조합(HYBRID COMBINATIONS) ····· 3.49
3.2.3.4 접근법들 간의 비교 ····· 3.50
3.2.3.5 접근법의 선택에 대한 지침 ····· 3.52
3.3 불확도와 시간적 자기상관 ····· 3.53
3.4 기타 적절한 기법들의 이용 ····· 3.53
3.5 보고 및 문서화 ····· 3.53
3.6 예제 ····· 3.57
3.7 기술적 배경 정보 ····· 3.72
3.7.1 접근법 1 변수와 식 ····· 3.72

3.7.2 접근법 1 - 추세 불확도에 대한 식의 상세한 내용 ····· 3.74
3.7.3 접근법 1의 결과에서 크고 비대칭인 불확도 다루기 ····· 3.75
3.7.4 불확도에 대한 기여의 계산을 위한 방법론 ····· 3.79
참고문헌 ····· 3.80

식

식 3.1 불확도의 조합 - 접근법 1 - 승산 ····· 3.38
식 3.2 불확도의 조합 - 접근법 1 - 가산과 감산 ····· 3.38
식 3.3 불확도 절반 범위에 대한 수정계수 ····· 3.76
식 3.4 수정된 불확도 절반 범위 ····· 3.76
식 3.5 비대칭인 신뢰구간- 기하평균 ····· 3.77
식 3.6 비대칭인 신뢰구간 - 기하표준편차 ····· 3.77
식 3.7 오차증식으로부터의 상/하 불확도 절반 범위 ····· 3.78
식 3.8 부문 x의 기여 - 대칭인 불확도에 대한 분산 ····· 3.79
식 3.9 부문 x의 기여 - 비대칭인 불확도에 대한 분산 ····· 3.79

그 림

그림 3.1 일반적인 불확도 분석의 전체적인 구조 ····· 3.8
그림 3.2 정확도와 정밀도에 관한 묘사 ····· 3.9
그림 3.3 배출계수에서 대칭적 및 비대칭적 불확도의 예제 ····· 3.11
그림 3.4 배출 측정 및 평균 배출비율에서 불확도의 예 ····· 3.19
그림 3.5 일반적으로 이용되는 확률밀도함수 모형들의 예 ····· 3.31
그림 3.6 몬테카를로 기법의 설명 ····· 3.45
그림 3.7 배출계수 곱하기 활동의 비율로서 산정되는, 단일부문의 절대적인 배출 및 추세에 관한 몬테카를로 분석을 위한 계산 체계 ····· 3.48
그림 3.8 몬테카를로 모의실험의 결과에 관한 빈도점(frequency plots) 예제 ····· 3.49
그림 3.9 오차증식 접근법으로부터 계산된 불확도 절반 범위에 기초하여 로그정규분포를 가정할 때 산술평균에 대한 불확도의 비대칭인 범위의 산정치 ····· 3.78

표

표 3.1 불확도의 여러 다른 원인을 다루기 위한 전형적인 전략들 ····· 3.14
표 3.2 접근법 1 불확도 계산 ····· 3.41
표 3.3 불확도에 대한 일반적인 보고 표 ····· 3.56
표 3.4 핀란드의 불확도 계산 접근법 1의 예 ····· 3.59
표 3.5 불확도의 발표장에서 일반적으로 사용되는 불확도 계산의 접근법2의 발표 예 ···3.66

박 스

박스 3.1 상세한 전문가 판단의 간단한 예 ····· 3.29
박스 3.2 상관관계를 다루는 몬테카를로 불확도 평가의 예 ····· 3.35
박스 3.2 확률적 분석에서 모형 불확도 다루기 ····· 3.52

3. 불확도

3.1 서론

이 장은 배출 및 흡수의 연간 산정치와 시간에 따른 배출 및 흡수 추세 양쪽에 관련된 불확도를 산정 및 보고하는 지침을 제공한다. 이는 인벤토리 작성자의 관점에서 작성되었으며, 예와 함께, 카테고리 불확도를 국가의 순 배출 및 추세에 대한 불확도 산정치로 조합하기 위한 두 가지 접근법을 제시한다.

3.1.1 불확도 분석의 개요

불확도 산정은 온실가스 배출 및 흡수의 완전한 인벤토리의 본질적인 요소이다. 이는 배출계수, 활동자료, 각 부문을 위한 기타 산정모수와 같은 구성요소를 위해서 뿐만 아니라, 국가적 수준 및 추세 산정을 위해 도출될 것이다. 그러므로 이 지침은 인벤토리 불확도를 산정하는 구조적인 접근법을 개발하고 있으며, 다음을 위한 기법을 포함하고 있다.

- 인벤토리(예, 특정한 부문의 배출 산정치, 배출계수, 활동자료)에 이용되는 개별적인 변수의 불확도 결정
- 요소 불확도(component uncertainties)을 총 인벤토리로 통합
- 추세 불확도의 결정
- 자료 수집과 인벤토리를 개선하기 위한 노력에 우선순위를 부여하는데 도움이 되기 위해 인벤토리에서 불확도의 주요한 원천을 확인

아래에서 요약되는 기법들은 국가 인벤토리를 위한 불확도를 산정하고자 하는 것이지만, 통계적 수단에 의해 다루어지지 않는 불확도가 존재할지 모른다는 것을 인식하는 것이 중요하며, 여기에는 누락 내지 이중계산, 기타 개념적 오류로부터, 또는 모형으로부터 개발된 산정치에 부정확도를 초래하는 프로세스에 대한 불완전한 이해로부터 발생하는 불확도가 포함된다.

무엇보다 먼저, 불확도 분석은 미래에 인벤토리의 불확도를 감소시키기 위한 국가적 노력에 우선순위를 부여하는데 도움을 주고, 방법론 선택에 대한 결정을 이끄는 수단으로 간주될 것이다. 이런 이유로, 불확도값을 규정하는데 이용되는 기법들은 배출원에 의한 배출 및 흡수원에 의한 흡수의 다양한 부문, 기법, 국가적 상황에 적용이 가능하도록, 실용적이고, 과학적으로 타당하고, 강건(robust)해야 하며, 인벤토리 사용자가 이해할 수 있는 방식으로 제시되어야 한다. 이 장에서 논의되는 주제에 대한 보다 상세하고 이론적인 정보를 위해 참고 절(reference section)이 제공된다.

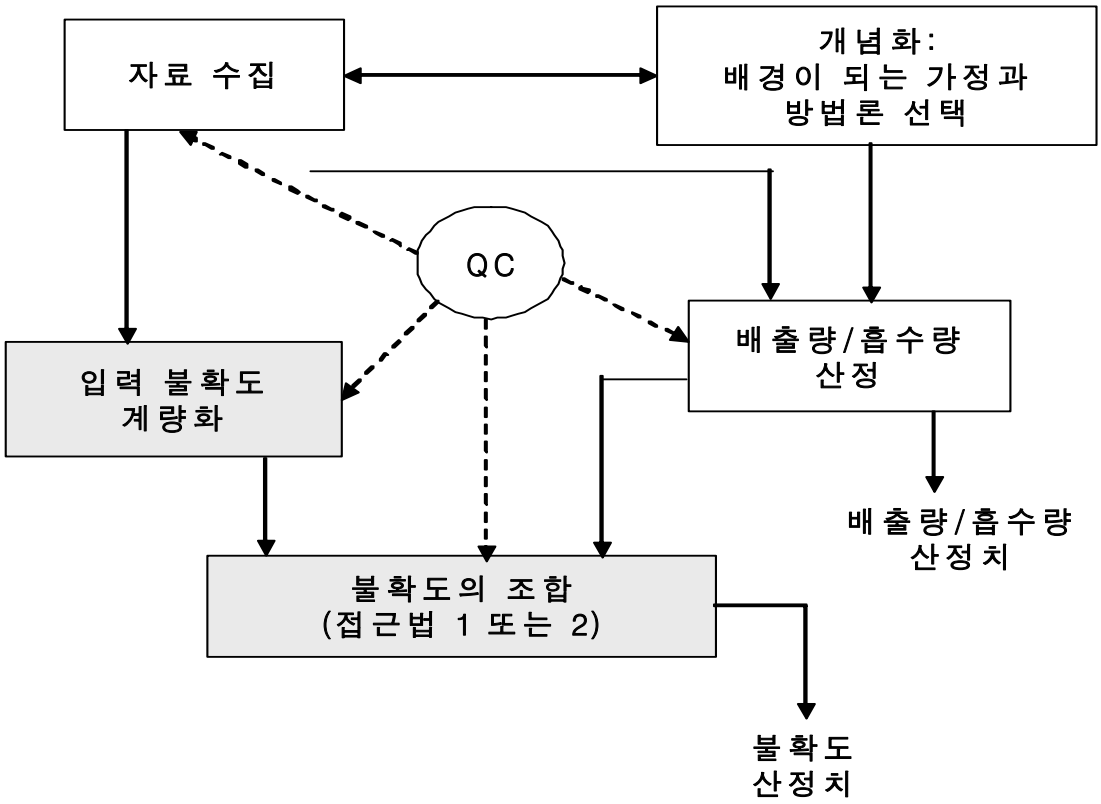
계량적 불확도 분석은 개별적 부문 및 전체 인벤토리를 위한 배출 및 흡수 산정치의 95% 신뢰구간을 산정함으로써 수행된다. 95% 신뢰구간의 정의는 3.1.3절, 주요 개념 및 용어에서 제시된다.

3.1.2 불확도 분석의 전체적인 구조

이 절은 그림 3.1에서 묘사되는 것처럼, 불확도 분석의 전체적인 구조에 관한 간략한 개요를 제공한다. 배출/흡수 산정은 (1) 개념화, (2) 모형, (3) 입력 자료와 가정(예를 들어, 배출계수와 활동자료)에 기초한다. 이들 세 가지는 각각 불확도의 원천이 될 수 있다. 분석은 개념화(*conceptualisation*)에서 시작된다. 이는 인벤토리의 구조 또는 부문(sector)의 구조에 관한 일단의 가정들이다. 이러한 가정들은 전형적으로 지역의 범위, 평균을 구하는 기간(temporal averaging time), 부문, 배출 내지 흡수 프로세스, 포함되는 가스를 포함한다. 가정 및 방법론 선택은 자료 및 정보를 위한 요구를 결정한다. 자료 및 가정과 방법론 선택간에는 어떤 상호작용이 존재할 수 있으며, 이는 그림에서 양방향 화살표로 표시된다. 예를 들어, 보다 높은 tier 방법론을 위해 필요한 부문을 분해(disaggregate)하는 능력은 자료의 이용가능성에 좌우될 수 있다. 실증적이거나 또는 전문가 판단에 의존하거나 간에 자료는 적절한 자료 수집 및 QC 절차를 거칠 것이며, 이는 2장 자료수집에 대한 접근법과 6장 품질보증/품질관리 및 검증에서 각각 상세하게 설명된다.

모델은 각 부문에 대한 활동과 배출계수의 산술적 곱셈과 모든 부문에 걸친 이후의 덧셈처럼 단순할 수도 있지만, 특정 부문에 고유한 복잡한 프로세스 모형을 또한 포함할 것이다. 자료수집에서 얻은 자료와 정보는 불확도를 위한 자료 및 판단의 보다 고유한 지식베이스(knowledge base)에 입력(input)이 되며, 이는 그림에서 보여지고, 3.2.1절, 자료 및 정보의 원천에서 상세히 논의된다. 개념화, 모형, 자료에서의 불확도의 고유한 원인들이 3.2.1절에서 논의되고, 입력자료에서 불확도를 계량화하기 위한 기법이 3.2.2절에서 제시된다. 필요한 이들 자료에는 배출인벤토리 불확도 분석에 대한 입력(input)을 위해 백분율 불확도 산정치와 확률밀도함수(PDF - 3.1.4절에서 논의)가 포함된다. 각각의 부문들 및 전체적인 인벤토리 결과를 위한 불확도 산정치에 도달하기 위해 입력 불확도를 조합하기 위한 기법들이 3.2.3절에서 상세히 논의된다. 불확도를 조합하기 위해 2가지 접근법이 제시된다. 접근법 1은 계산을 단순화하기 위해 일부의 가정들에 기초한 상대적으로 단순한 스프레드시트 기반의(spreadsheet-based) 계산절차이다. 접근법 2는 몬테카를로 모의실험(Monte Carlo simulation)에 기초을 두며 보다 일반적으로 적용될 수 있다. 각각의 접근법은 전체 온실가스 인벤토리에 관련된 전체적인 불확도의 산정치를 제공한다.

그림 3.1 일반적인 불확도 분석의 전체적인 구조



주 : 회색 박스들이 이 장의 초점이다.

3.1.3 주요 개념 및 용어

불확도 분석의 수행에 관련된 정의에는 불확도(*uncertainty*), 정확도(*accuracy*), 정밀도(*precision*), 변동(*variability*)이 포함된다. 이들 용어는 종종 느슨하게 사용되거나 오해된다. 실제로 이들은 계량화되고 보고되는 것에 관해 명확하게 하기 위해 이용되는 명확한 통계적 정의를 가지고 있다. 여러 정의들이 알파벳순으로 여기에 제시된다.

정확도(Accuracy): 진실한 값과 반복 측정된 관찰치의 평균 내지 변수의 산정치간의 일치. 정확한 측정 또는 예측은 편의(bias) 내지 체계적 오차(systematic error)가 없다.

편의(Bias): 정확도의 결여. 편의(체계적 오차)는 관련된 모든 적절한 프로세스를 포착하지 못하거나 이용 가능한 자료가 현실세계의 모든 상황을 나타내지 못하거나 도구 오차(instrument error) 때문에 발생할 수 있다.

신뢰구간(Confidence Interval): 구간이 산정되는 수량(quantity)의 진실한 값은 고정적이지만 미지의 상수값으로, 특정 국가의 특정 연도의 연간 총 배출과 같은 것이 있다. 신뢰구간은 지정된 신뢰(확률)를 가지고 미지의 고정된 수량의 진실한 값을 포함하는 범위이다. 전형적으로, 95% 신뢰구간이 온실가스 인벤토리에서 이용된다. 전통적인 통계적 관점에서, 95% 신뢰구간은 수량의 진실하지만 미지의 값을 포함할 95% 확률을 가진다. 또 다른 해석은 신뢰구간이 관찰된 자료 내지 정

보와 일치한다고 안전하게 선언될 수 있는 범위라는 것이다. 95% 신뢰구간은 PDF의 2.5번째 백분위수(percentile)와 97.5번째 백분위수에 의해 둘러싸인다.
정밀도(Precision): 동일한 변수의 반복 측정치들 사이의 일치. 보다 나은 정밀도는 보다 작은 무작위 오차(random error)를 의미한다. 정밀도는 정확도에 독립적이다.

확률밀도함수(Probability density function (PDF)): PDF는 가능한 값들의 범위와 상대적 가능성(relative likelihood)을 기술한다. PDF는 값이 정확히 알려지지 않은 고정된 상수인 수량의 산정에서 불확도를 기술하는데 이용될 수 있거나 내재된 변동(*variability*)을 기술하는데 이용될 수 있다. 배출인벤토리에 대한 불확도 분석의 목적은 특정한 부문에 관련된 배출 및 활동 뿐만 아니라 총 배출의 미지의 고정된 값에서 불확도를 계량화하는 것이다. 그러므로 이 장 전체에 걸쳐 다른 말이 없다면, PDF는 변동이 아니라 불확도를 산정하기 위해 이용된다고 가정된다.

무작위 오차(Random errors): 평균값 위 내지 아래의 무작위적 변화. 무작위 오차는 정밀도에 반비례한다. 일반적으로, 무작위 오차는 평균에 대해 계량화되지만 평균은 편의되거나 그렇지 않거나 할 수 있다. 그러므로 무작위 오차는 체계적 오차와 비교되는 별개의 개념이다.

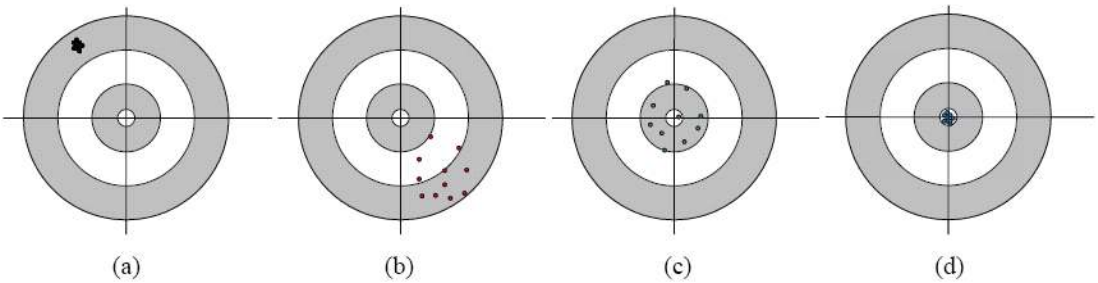
체계적 오차(Systematic error): 정확도의 결여를 말하며, 편의의 다른 용어.

불확도(Uncertainty): 가능한 값들의 범위와 가능성(likelihood)을 특징짓는 확률밀도함수(PDF)로서 기술될 수 있는, 변수의 진실한 값에 관한 지식의 결여. 불확도는 기본 프로세스 및 추론기법에 관한 지식뿐만 아니라 적용가능한 자료의 질과 양에 좌우되는, 분석자의 지식상태에 좌우된다.

변동(Variability): 시간, 공간, 모집단 구성원에 따른 변수의 이질성(Heterogeneity) (Morgan and Henrion, 1990;Cullen and Frey, 1999). 예를 들어, 변동은 배출기(emitter)들 사이의 디자인의 차이 때문에(공장간 내지 공간적 변동) 그리고 주어진 배출기에서 시간에 따른 작동조건의 차이 때문에(공장내 변동) 발생할 수 있다. 변동은 시스템 내지 자연의 내재적 속성이며, 분석자의 속성은 아니다.

그림 3.2 정확도와 정밀도에 관한 묘사

(a) 부정확하지만 정밀함 (b) 부정확하고 정밀하지 못함 (c) 정확하지만 정밀하지 못함 (d) 정밀하고 정확함



인벤토리는 판단될 수 있는 한 인벤토리가 과잉 내지 과소산정이 되지 말아야 한다는 의미에서 정확해야 하고, 실용적인 한 불확도가 감소되어야 한다는 의미에서 정밀해야 한다. 그림 3.2는 정확도와 정밀도의 개념적 비교를 제공한다. 정확한 인벤토리는 편의가 없는 것이지만 정밀하거나

그렇지 않을 수 있다. 정밀한 인벤토리는 낮은 불확도를 가질 수 있지만 인벤토리가 부정확하다면, 인벤토리는 진실한 배출 내지 흡수를 체계적으로 과잉 내지 과소산정한다. 부정확 내지 편의는 모든 적절한 배출 내지 흡수 프로세스를 포착하지 못하기 때문에, 또는 이용 가능한 자료가 현실세계의 상황을 대표하지 못하기 때문에 발생할 수 있다. 부분적으로 일부 부문들의 내재적 변동 때문에, 사전에 결정된 정밀도 수준은 존재하지 않는다.

3.1.4 불확도 분석의 기초

이 장은 이전 절에서 정의된 확률밀도함수(PDF)와 신뢰구간이라는 2가지 주요한 통계적 개념을 이용한다. 이 장은 계량화가 가능한 불확도의 측면에 초점을 두고 있지만, 전형적으로 계량화되지 않는 불확도 또한 존재한다. 계량적 불확도 분석은 시스템과 이용 가능한 자료의 유한 표본크기에 기초한 무작위 오차, 측정오차의 무작위 요소, 전문가 판단으로부터 구한 불확도의 무작위 요소에 관한 추론을 주로 다루는 경향이 있다. 반면에, 자료를 기록하고 추론하는 개념화, 모형, 측정기법, 기타 시스템의 불완전성 때문에 발생하는 체계적 오차는 계량화하기에 보다 더 어려울 것이다. 3.5절, 보고 및 문서화에서 언급되는 것처럼, 특히 개념화, 모형, 자료 측면에서 계량화되지 않은 불확도의 잠재적 원천을 기술하고 미래에 이들을 계량화하기 위해 모든 노력을 기울이는 것은 *우수실행(good practice)*이다.

*우수실행(good practice)*은 이를테면 적절한 QA/QC 절차를 이용하여 개념화, 모형, 모형에 대한 입력(inputs)에서의 편의를 가능한 한 방지할 것을 요구한다. 편의가 방지될 수 없는 경우에, 인벤토리의 평균 산정치를 개발할 때 이를 확인 및 수정하는 것은 *우수실행(good practice)*이다. 특히, 인벤토리를 보고하기 위해 이용되는 점산정치(point estimate)는 실용적이고 가능한 한 편의가 없어야 한다. 편의가 가능한 정도까지 수정되면, 불확도 분석은 평균 산정치에 대해 무작위 오차의 계량화에 초점을 둘 수 있다.

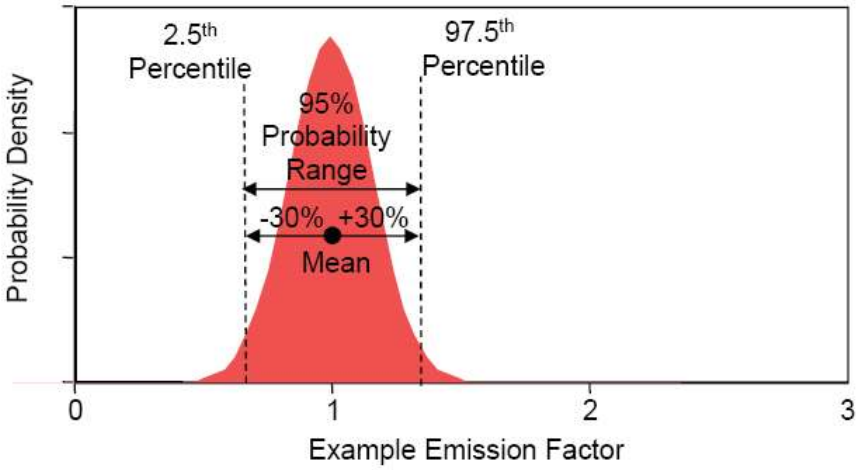
*우수실행(good practice)*은 무작위 오차의 계량화를 위해 95% 신뢰구간의 이용을 요구한다. 이는 또한 중심 산정치(central estimate)의 백분율로서 표현될 것이다. PDF가 대칭적인 경우에 신뢰구간은 ±신뢰구간 길이의 절반 나누기 변수의 산정값으로 편리하게 표현될 수 있다(예, ±10%). PDF가 대칭적이지 않은 경우에, 신뢰구간의 상한과 하한이 각각 지정될 필요가 있다(예, -30%,+50%).

비음인 변수(non-negative variable)에 대한 불확도 범위가 평균값에 대해 충분히 작다면, 불확도는 그림 3.3(a)에서 보이는 것처럼, 평균값에 대해 대칭인 범위로 기술될 수 있을 것이다. 예를 들어, 평균 배출이 1.0 단위이고, 불확도의 2.5번째 백분위수(percentile)는 0.7단위이고, 불확도의 97.5번째 백분위수는 1.3 단위라면, 불확도 범위는 1.0 단위 ±30%로 기술될 수 있을 것이다. 그렇지만, 불확도의 상대적 범위가 클 때, 불확도가 비음이어야만 하는 (배출계수와 같은) 변수를 고려한다면, 불확도 범위는 그림 3.3(b)에서 보이는 것처럼, 평균에 대해 비대칭이 된다. 예로서, 평균 배출이 1.0 단위이고, 불확도의 2.5번째 백분위수가 0.5 단위이고, 불확도의 97.5번째 백분위수가 2.0 단위이면, 불확도의 범위는 1.0 단위 -50%에서 +100%로 기술될 수 있다. 후자와 같은 상황에서, 가산적(additive) 방식이 아니라 승수적(multiplicative) 방식으로 불확도를 요약하는 것이 종종 보다 더 편리하다. 이러한 특정한 예에서, 95% 확률범위(probability range)의 하한은 평균의 절반이고, 상한은 평균의 2의 승수(multiplier)이다. 이러한 범위는 일반적으로 "2의 계수(factor of 2)"로 요

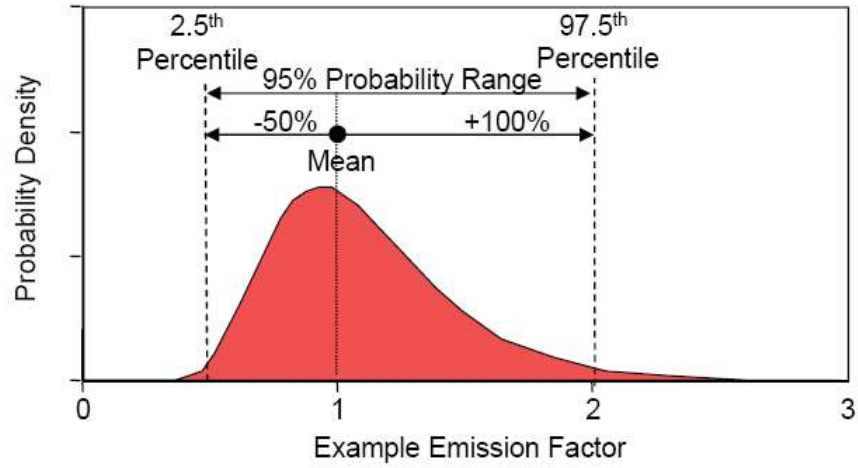
약된다. "n의 계수"의 불확도는 (평균/n)에 의한 하한과 (평균×n)에 의한 상한을 가지는 범위를 말한다. 그러므로, 10의 계수 불확도는 0.1×평균에서 10×평균까지의 범위를 가질 것이다. 계수 10 불확도는 또한 "10의 차수(an order of magnitude)"로 불린다. 10의 보다 높은 거듭제곱(powers)은 "10의 차수들(orders of magnitude)"로 불리며, 예를 들어, 10^3의 계수는 3차(three orders-of-magnitude)로 불릴 것이다.

그림 3.3 배출계수에서 대칭적 및 비대칭적 불확도의 예제

(a) 평균에 대한 ±20%의 대칭적 불확도의 예



(b) 평균에 대한 -50%에서 +100% 또는 2의 계수의 비대칭적 불확도의 예



3.1.5 불확도의 원인들

배출 및 흡수의 인벤토리 산정치는 많은 이유 때문에 진실한 값과 다르다. 불확도의 일부 원인들(예, 표본추출 오차 또는 도구 정확도의 한계)은 잠재적인 불확도의 범위에 관한 잘 정의되고, 쉽게 특징지워지는 산정치를 생성할 것이다. 불확도의 다른 원인들(예, 편의)은 확인하고 계량화하는 데 보다 더 어려울 것이다(Rypdal and Winiwarter, 2001). 가능한 한 불확도 분석에서 불확도의

모든 원인들을 설명하고 불확도의 일부 원인들이 포함되지 않았다면 명확히 문서화하는 것이 *우수실행(good practice)*이다.

인벤토리 개발자는 불확도의 8가지 광범위한 원인들을 고려해야 한다[2]:

- 완전성의 결여: 이는 프로세스가 아직 인식되지 않거나 측정방법이 아직 존재하지 않기 때문에 측정 또는 기타 자료가 이용가능하지 않은 경우이다. 전형적으로, 이러한 원인은 편의를 가져오는 불완전한 개념화를 초래할 수 있지만, 상황에 따라 무작위 오차에 또한 기여할 수 있다.
- 모형: 모형은 상수 승수(constant multiplier)(예, 배출계수)만큼 단순할 수 있으며 복잡한 프로세스 모형에서처럼 복잡성이 증가될 수 있다. 온실가스 배출 및 흡수를 산정하기 위한 모형의 이용은 아래의 다양한 이유 때문에, 편의와 무작위 오차 양쪽을 포함하여, 불확도를 가져올 수 있다:
  (i) 모형은 현실 시스템의 단순화이므로 정확하지 않다. 예를 들어, 컴퓨터 프로그래밍은 오차 내지 근사값을 포함할 것이다; 모형의 해답은 대표적이 아니고 공간 및 시간 범위(coverage)는 완전히 대표적이 아닐 것이다.
  (ii) 보간법(Interpolation)은 모형이 타당하다고 간주되는 입력 범위내에서의 모형의 적용이다. 그렇지만, 일부 경우에서는, 타당성 검증(validation)이 수행되지 않은 입력값들의 조합에 기초하여 모형이 평가될 때 숨겨진 외삽(hidden extrapolation)이 발생할 수 있다(Cullen and Frey, 1999).
  (iii) 외삽법(Extrapolation)(모형 예측이 타당하다고 알려진 영역 밖에서의 모형의 적용)은 불확도를 초래할 수 있다.
  (iv) 모형의 대안적 정식화(Alternative formulations)는 다른 산정치를 가져올 것이다.
  (v) 활동자료와 모수를 포함한 모형 입력은 모형 정식화를 넘어서 추가적인 불확도를 발생시키는 제한된 정보에 기초하여 일반적으로 근사화된다.
- 자료의 결여: 일부 상황에서, 특정한 배출 내지 흡수를 특징짓는데 필요할지 모르는 자료가 단순히 아직 이용가능하지 않을 수 있다. 이러한 상황에서, 일반적인 접근법은 유사한 부문의 대리(내지 대용)자료를 이용하거나 산정을 위한 기초로서 보간법 또는 외삽법을 이용하는 것이다.
- 자료의 대표성 결여: 불확도의 이러한 원천은 이용 가능한 자료에 관련된 조건과 현실 세계의 배출/흡수 내지 활동과 관련된 조건간의 완전한 대응성의 결여와 관련된다. 예를 들어, 배출 자료가 공장이 완전 부하(full load) 상태에서 작동되는 상황에서는 이용가능하며 가동 내지 부하 변경을 포함하는 상황에서는 그렇지 않을 수 있다. 이러한 경우에, 자료는 바람직한 배출 산정치에 단지 부분적으로 적절하다. 대표성의 결여는 전형적으로 편의를 초래한다.
- 통계적 무작위 표본추출 오차: 불확도의 이러한 원천은 유한한 크기의 무작위 표본인 자료와 관련되며 전형적으로 표본이 추출되는 모집단의 분산[3]과 표본 자체의 크기(자료 점들의 개수)에 좌우된다. 이는 종종 뽑히는 독립적인 표본들의 수를 증가시킴으로써 감소될 수 있다. 이전에 정의된 것처럼, 변동과 불확도를 적절히 구별하는 것은 *우수실행(good practice)*이다. 인벤토리의 불확도 분석의 목적상, 연구자는 단기간 내지 작은 지역에 걸쳐 발생할지 모르는 변동의

2 보다 심도있는 논의는 Morgan and Henrion (1990)과 Cullen and Frey (1999)에서 발견할 수 있다.

3 값들의 전체 모집단의 분산은 모집단의 개별적인 값들과 평균값간의 차이의 제곱의 평균이다. 모집단에서 추출된 표본의 분산은 표본에서의 값들과 표본의 평균간의 차이의 제곱의 합을 표본의 개수-1로 나눈 것이다.

전체 범위보다, 국가 수준의 연간 평균에서의 불확도에 전형적으로 관심을 가진다. 보다 큰 표본 크기가 내재적 변동을 감소시키지는 않을 것이지만, 불확도의 무작위 요소를 산정하기 위한 기초인 보다 좁은 신뢰구간을 가져올 것이다.

- 측정 오차: 무작위적이거나 체계적인 측정 오차는 정보를 측정, 기록, 전송할 때의 오차; 유한한 도구 해(finite instrument resolution); 측정기준 및 참고 자료의 부정확한 값; 외부 원천에서 구해지고 자료축소 알고리즘(data-reduction algorithm)에서 이용되는 상수 및 기타 모수의 부정확한 값(예, IPCC 가이드라인으로부터의 기본값(default values)); 측정기법 및 산정절차에 포함된 근사값 및 가정들; 명백히 동일한 조건하에서 배출 내지 흡수 또는 관련변수의 반복된 관찰치에서의 변화로부터 발생한다.
- 잘못된 보고 내지 잘못된 분류: 여기서 불확도는 배출 내지 흡수의 불완전한, 불명확한, 또는 잘못된 정의 때문일 것이다. 불확도의 이러한 원인은 전형적으로 편의를 초래한다.
- 누락된 자료: 측정을 시도했지만 값이 이용가능하지 않은 경우에 불확도가 초래될 것이다. 검출한계(detection limit) 이하인 측정값이 예이다. 불확도의 이러한 원인은 편의와 무작위 오차를 모두 초래할 것이다. 측정값이 검출한계 이하일 때, 불확도에 대한 상한을 산정할 수 있다. 무작위로 누락된 자료와 같은 누락자료의 유형뿐만 아니라 검출되지 않은 자료를 다루기 위해 엄격한 통계기법이 존재한다.(Cohen and Whitten, 1998; Gelfand, 1996; Zhao and Frey, 2004b). 이들 기법들은 자료가 이용가능하지 않은 분포의 부분에 대해 산정 내지 전가를 포함할 것이다.

특히 외삽법에 대해, 자료가 아직 이용가능하지 않은 관심있는 연도의 인벤토리를 산정하기 위해 최근의 배출활동(source) 및 흡수활동(sink) 자료로부터 외삽을 할 때 불확도가 발생한다 (5장, 시계열 일관성을 참고). 일반적으로, 외삽된 산정치는 '임시' 산정치로 보고되고 이후에 적절한 자료가 이용 가능할 때 갱신된다. 그렇지만, 갱신이 발생할 때까지, 임시 인벤토리가 이용될 것이다. 외삽에 관련된 추가적인 불확도는 일종의 모형 불확도이다. 외삽에 관련된 오차는 체계적이거나 무작위적이거나 모두 일 것이다. 외삽의 이력과 이후의 수정이 존재한다면, 과거에 관찰되었던 오차의 분포에 관한 자료를 개발하는 것이 가능하다. 임시 산정치에서 편의가 존재한다면, 이 분포의 평균은 0이 아닐 것이고 편의가 계량화될 수 있다. 이 분포는 과거에 이용된 외삽 기법에 기초하여 실제의 배출활동 및 흡수활동 흐름량(fluxes)을 예측하는 능력의 오차를 나타낼 것이다. 외삽 기법이 변한다면, 불확도를 계량화하기 위해 전문가 판단이 이용될 수 있을 것이다.

평균에 대한 PDF가 확인될 수 있는 경우에, 불확도의 다양한 원인들은 통계적 평균에 의해 계량화될 수 있다. 3.2절에서 언급된 것처럼, 불확도는 실증적 자료의 통계적 분석에 의하거나, PDF의 형태로 전문가 판단에 관해 부호화(계량화)함으로써, 또는 양쪽의 조합에 의해 계량화될 수 있다. 그렇지만, PDF의 형태로 계량적 불확도 분석에 쉽게 통합되지 않는 구조적 불확도(structural uncertainties)이 존재할 수 있다. 구조적 불확도의 예에는 이용되는 모형에 관련된 가능한 문제들(예를 들어, 모형의 부적절함 내지 모형오차) 뿐만 아니라, 분석되는 시스템의 가능한 잘못된 확인(misidentification) 내지 잘못된 명세(mis-specification)가 포함된다. 모형 불확도를 다루기 위한 확률기법이 제시되었지만(예, Evans et al.,1994), 상황의 후자 유형은 전형적으로 통계학의 범위 밖이다(ISO 1993)[4]. 예를 들어, 대안적 모형들에 가중치를 부여하기 위해 전문가 판단이 이용될 수

4 불확도의 이들 원천을 다루기 위한 일부 기회들이 존재한다. 예를 들어, 적어도 부분적으로 모형 오류와 관련된 불확도는 모형의 출력과 측정값을 비교함으로써 다루어질 수 있다. 어떻게 모형의 출력이 측정치와 비교되는가에 따라, 모형

있다.
표 3.1은 불확도의 다른 원인들이 분석에서 어떻게 처리될 수 있는가를 제시하고 있다. 불확도의 일부 원인들(예, 잘못된 보고/잘못된 분류)은 QA/QC 절차와 자료수집 및 방법론의 개선을 수행함으로써 감소 내지 제거될 것이다.

표 3.1
불확도의 여러 다른 원인을 다루기 위한 전형적인 전략들

불확도의 원인	전략			기타의 설명[1]
	개념화 및 모형 정식화의 평가	실증적 통계적	전문가 판단	
완전성의 결여	√			시스템의 주요요소가 누락되었는가? 그렇다면, 체계적 오차에 대한 계량화 내지 비계량화되는 영향은 얼마인가? 적절한 QA/QC가 이를 피하는데 도움이 될 것이다.
모형 (편의 및 무작위 오차)	√	√	√	모형 정식화는 완전하고 정확한가? 모형의 타당성 검증에 기초한 모형 예측치의 불확도는 얼마인가? 통계적 타당성 검증 자료가 이용가능하지 않다면 전문가 판단에 기초한 모형 정확도 및 정밀도의 산정치는 얼마인가?
자료의 결여			√	자료가 부족하다면, 유사한(대용의, 대리의) 자료 내지 이론적 고려사항에 기초하여 추론을 하기 위해 전문가 판단이 이용될 수 있는가? 이는 완전성의 결여와 모형 불확도와 관련될 것이다.
자료의 대표성의 결여	√	√	√	
통계적 무작위 표본추출 오차		√		예, 자료에서의 변동과 표본크기에 기초한 신뢰구간을 산정하기 위한 통계적 이론
측정오차: 무작위 요소		√	√	
측정오차: 체계적 요소(편의)	√		√	QA/QC 및 검증은 통찰력을 제공할 것이다.
잘못된 보고 내지 잘못된 분류		√	√	적절한 QA/QC는 이를 피하는데 도움이 될 것이다.
누락된 자료		√	√	검출되지 않는 측정치 내지 기타 유형의 누락된 자료 때문에 불확도를 산정하는 통계적 내지 판단에 기초한 접근법

[1] 사전에 또는 6장의 지침에 따라 불확도 산정치의 개발과 조합하여 QA/QC 및 검증을 위한 절

화된 시스템의 유형에 따라 변하는 모형에 관련된 편의를 확인할 수 있다.

차를 적용하는 것은 *우수실행(good practice)*이다. QA/QC 및 검증 절차는 실수를 피하고 편의를 확인(그리고 수정)하기 위한 유용한 기초를 제공한다. 더욱이, QA/QC는 잘못된 보고와 분류 오류를 피하거나 발견 및 수정하는데 도움이 될 것이고, 불확도 기법의 적용이 잠재적인 QA/QC 문제를 발견한다면 불확도 분석과 QA/QC간에 반복 작업이 존재할 것이다.

3.1.6 불확도의 감소

불확도는 실행 가능한 한 인벤토리를 편집하는 프로세스동안 감소되어야 하며, 모형 및 수집된 자료가 현실세계의 공정한 대표임을 보장하는 것이 특히 중요하다. 불확도를 감소시키기 위한 노력에 초점을 맞출 때, 4장, 방법론 선택 및 주요 부문의 확인에서 기술되는 것처럼 평가에 작거나 사소한 중요성을 가지는 입력(inputs)과는 반대로, 인벤토리의 전체적인 불확도에 가장 큰 영향을 주는 인벤토리에 대한 투입에 우선순위를 두어야한다. 어디에서 불확도가 감소되어야 하는가에 대한 우선순위를 부여하기 위한 도구에는 주 카테고리 분석(4장 참고)과 인벤토리의 전체 불확도에 대한 특정 부문의 불확도의 기여에 관한 평가(3.2.3 참고)가 포함된다. 현재의 불확도의 원인에 따라, 7가지의 광범위한 방식으로 불확도가 감소될 수 있을 것이다.

- 개념화의 개선: 선택된 구조적 가정의 포괄성(inclusiveness)의 개선은 불확도를 감소시킬 수 있다. AFOLU 부문을 위한 배출 내지 흡수의 보다 정확한 연간 산정치를 가져오는 계절효과(seasonality effects)의 보다 나은 처리가 하나의 예이다.
- 모형의 개선: 모형 구조 및 모수 설정(parameterisation)의 개선은 이들 원인의 불확도의 감소뿐만 아니라 체계적 및 무작위 오차에 관한 보다 좋은 이해 및 특징 설정(characterisation)를 가져올 수 있다.
- 대표성의 개선: 이는 3.2.1.2절에서 제시되는 것처럼, 층화추출(stratification) 내지 기타 표본추출 전략을 포함할 것이다. 이는 인벤토리의 농업, 임업, 토지이용 부분에서의 부문을 위해 특히 중요하지만, 한 부문내에 다른 기술들이 작동하는 어디에서든 또한 적용된다. 예를 들어, 지속적 배출 감시 시스템(CEMS)은 대표성이 보장되는 한 일부 배출활동(sources) 및 가스에 대한 불확도를 감소시키기 위해 이용될 수 있다. CEMS는 그것이 이용되는 시설에서 대표성 있는 자료(representative data)를 생성하지만, 전체 배출활동 부문을 나타내기 위해, CEMS 자료는 무작위 표본 또는 부문을 구성하는 개별적인 시설들의 전체 집합을 위해 이용가능해야 한다. CEMS를 이용할 때, 농도(concentration) 및 유량(flow)이 모두 변하므로, 양쪽 속성의 동시적인 표본추출을 요구한다.
- 보다 정밀한 측정기법의 이용: 보다 정밀한 측정기법을 이용하고, 가정의 단순화를 피하고, 측정기술이 적절히 이용되고 조정되는 것을 보장함으로써 측정오차는 감소될 수 있다. 2장, 자료수집에 대한 접근법을 참고하라.
- 보다 많은 측정 자료의 수집: 무작위 표본추출 오차(random sampling error)와 관련된 불확도는 표본 크기를 증가시킴으로써 감소될 수 있다. 편의와 무작위 오차 모두는 자료 간격(data gaps)을 채움으로써 감소될 수 있다. 이는 측정과 설문조사(surveys) 모두에 적용된다.

- 알려진 편의 위험의 제거: 이는 도구(instrumentation)가 적절히 위치, 조정되고(2장의 2.2 절 참고), 부문별 책자에서 방법론 선택에 대해 의사결정도(decision trees)와 기타 조언에 의해 지시되는 것처럼 모형 내지 기타 산정절차가 적절하고 대표성이 있도록 보장함으로써, 그리고 전문가 판단을 체계적 방식으로 적용함으로써 달성된다.
- 지식상태의 개선: 일반적으로, 배출 및 흡수를 가져오는 부문 및 프로세스에 관한 이해의 개선은 불완전성의 문제를 발견, 수정하는 데 도움을 줄 수 있다. 새로운 지식에 기초하여 배출 및 흡수 산정치를 지속적으로 개선하는 것은 *우수실행(good practice)*이다 (5장, 시계열 일관성 참고).

3.1.7 방법론 선택의 의미

배출 및 흡수 산정을 위한 방법론적 tier의 선택은 두 가지 다른 방식으로 불확도 분석에 영향을 줄 수 있다. 첫 번째로, 상위 tier 방법이 잘 수행된다면, 이 기법은 편의를 감소시키고 시스템의 복잡성을 보다 잘 나타낼 것이기 때문에, 상위 tier 인벤토리 기법으로의 이동은 전형적으로 불확도를 감소시킬 수 있다. 두 번째로, 상위 tier 기법으로의 이동은 일부 상황에서 불확도 산정치의 증가를 가져올지 모른다. 종종, 산정된 불확도의 이러한 증가는 지식의 감소를 실제로 나타내지는 않는다; 도리어, 이는 전형적으로 기존 지식의 한계에 관한 보다 현실적인 인정을 드러낸다. 하위 tier 기법에서 온실가스 배출에 관한 불완전한 고려가 존재하는 경우, 또는 상위 tier 기법의 적용이 하위 tier 기법에서 충분히 명확하지 않았던 추가적인 복잡성과 불확도를 드러내는 경우에 이는 발생할 것이다. 이는 불확도가 이전에 과소산정 되었고 상위 tier 기법으로의 이동이 보다 정확한 불확도 산정치를 실제로 생성한다는 것을 실제로 의미한다. 일부 경우에, 각각의 기법은 다른 자료 요구사항들을 가지기 때문에 다른 기법에 비교하여 특정한 인벤토리 개발기법에서 불확도의 증가가 발생할지 모른다. 예를 들어, 종종 배출의 총 산정치(aggregate estimates)는 이것이 쉽게 측정되는 값들에 기초하거나 비교될 수 있기 때문에 보다 정확하지만, 반면에 분해된 산정치(disaggregated estimates)는 자료 내지 산정치를 검증하는 능력이 즉시 이용가능하지 않다는 추가적인 가정을 요구할 것이다. 분해(disaggregation)의 적절한 수준은 부문내 및 부문간에 다를 수 있다.

3.2 불확도의 계량화

인벤토리 산정에 관련된 불확도의 원인들을 확인한 후에, 인벤토리 작성자는 95% 신뢰구간에서 국가적 불확도 산정치와 부문에 특정 카테고리(category-specific) 불확도 산정치를 개발하기 위해 적절한 정보를 수집해야 한다. 이상적으로는, 배출 및 흡수 산정치와 불확도 범위는 부문에 고유한 측정 자료에서 도출될 것이다. 이러한 방식으로 모든 배출원(emission source) 내지 흡수원 카테고리(sink category)를 측정하는 것은 실용적이지 않기 때문에, 불확도를 계량화하기 위한 다른 기법들이 필요할 것이다. 계량적 불확도 산정치를 생성하는 실용적 접근법은 최선의 이용 가능한 산정치를 이용하는 것이며, 이는 종종 측정 자료, 출판된 정보, 모델결과(model outputs), 전문가 판단의 조합이다. 이 가이드라인의 권2에서 권5까지의 부문별 지침은 이 장에서 기술된 기법과 함께 이용하기 위해 기본값(default) 불확도 산정치를 제공한다.

측정 자료로부터 결정된 불확도가 종종 모형에 기초한 불확도 산정치보다 더욱 엄격하게 보이고,

비슷하게, 모형에 기초한 산정치가 종종 전문가 판단에 기초한 것보다 보다 엄격한 것처럼 생각되지만, 실제적인 계층(hierarchy)은 부문 및 국가에 고유한(country-specific) 상황에 좌우된다. 특히 불확도가 인벤토리의 적용과 국가적 상황을 대표하고 표 3.1에서 나열된 모든 불확도 원인들을 포함하도록 보장하는 것은 *우수실행(good practice)*이다.

이 절은 상호관련된 3개의 주요 하위 절로 조직되어 있다. 3.2.1절은 불확도를 확인하고, 가능한 경우에, 계량화하기 위해 이용될 수 있는 자료 및 정보의 원천에 초점을 둔다. 3.2.2절은 편의를 방지 내지 수정하고 모형에 대한 입력에서 불확도의 무작위 요소를 계량화하기 위한 기법들에 초점을 둔다. 3.2.3절은 각각의 배출 및 흡수 부문들과 총 배출인벤토리를 위한 불확도 산정치에 도달하기 위해 입력에서의 불확도를 조합하기 위한 2가지 접근법을 제시한다.

3.2.1 자료 및 정보의 원천

이 절은 불확도의 계량적 산정치를 얻기 위한 자료 및 정보의 원천을 확인한다. 자료 및 정보의 3가지 광범위한 원천이 존재한다: 모형에 포함된 정보; 배출의 측정에 관련된 실증적 자료와 설문조사 및 전수조사(censuses)로부터의 활동자료, 전문가 판단에 기초한 계량화된 불확도 산정치.

3.2.1.1 모형에 관련된 불확도

모형은 현실세계 시스템의 표현이다. 모형화는 전형적으로 모형에 포함되는 현상들에 대한 상세함(내지 통합)의 수준에 관한 선택뿐만 아니라, 무엇이 포함되고 무엇이 제외될 지에 관한 선택을 포함한다. 그러므로, 모형은 전형적으로 현실세계 시스템을 정확히 흉내내지는 않는다. 모형의 구조는 종종 이용되는 식으로 그리고 모형의 입력과 출력으로 생각된다(Kirchner, 1990). 보다 일반적으로, 모형은 현실세계 시스템이 어떻게 행동하고 있는가에 관한 가설(hypothesis)로서 생각될 것이다. 그러므로 모형 불확도에서 2가지 주요 고려사항이 있다: (1) 정확하고 가장 적절한 현실세계 시스템이 확인되었고, 개념화는 모형개발을 위한 기초로서 적절히 봉사하는 방식으로 구성되었는가 (2) 모형은 선택된 시스템의 정확한 표현인가. 개념화 불확도는 모형이 개발되어야 하는 시스템 및 관심있는 개념화에 관한 적절한 확인의 결여를 말한다. 모형 불확도는 의도된 시스템 및 개념화에 대한 적절한 모형개발의 결여를 말한다.

개념화 불확도(Conceptualisation Uncertainty): 적절하고 관련된 인벤토리 구조적인 가정을 적절히 기술하지 못하는 것은 개념화 불확도로 알려져 있으며(Cullen and Frey, 1999) 전형적으로 산정치의 편의를 초래한다. 개념화 불확도의 원인에는 전형적으로 기술적 오류(descriptive errors), 전문가 판단에서의 오류, 가정의 불완전한 명세(specification)가 포함된다(EPA, 1997).

모형 불확도(Model uncertainty): 불확도는 선택된 개념화가 모형화되는 방법에서의 불완전함으로부터 발생한다. 종종 이들 불완전함은 이용가능한 자료의 한계 때문에 발생한다. 모형은 주위의 조건 내지 기타 요인에 대한 배출의 민감성을 적절히 고려하지 못하는 것과 같은 구조적 오류의 다른 원천을 가질 수 있다. 모형화(Modelling)는 전체 인벤토리에서 자료를 관리하기 위해서 뿐만 아니라 특정한 부문을 위한 배출 내지 흡수를 산정하기 위해서 기초가 될 것이다. 일부 경우에, 모형 불확도는 중요할 수 있다. 이는 전형적으로 나쁜 특징을 가지지만 전혀 그렇지 않을 수도 있다.

3.2.1.2 배출활동 및 흡수활동에 대한 실증자료와 활동

이 절은 실증적 자료들과 불확도에 대한 그들의 의미를 기술하며, 측정된 배출자료, 문헌에서 얻은 자료 및 활동자료와 관련된다.

측정된 배출/흡수 자료에서 얻은 불확도 산정치

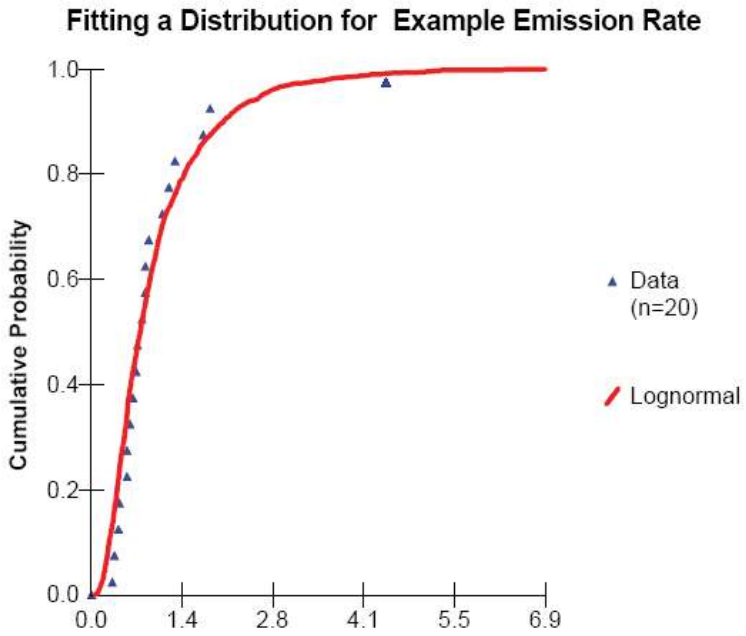
이 절은 2장과 6장, 품질보증/품질관리 및 검증에서 약술된 것처럼 자료를 얻기 위해 *우수실행(good practice)*이 이용된다고 가정한다. 측정된 배출자료에서 불확도를 산정할 때, 고려사항은 다음과 같다: (a) 자료의 대표성과 편의의 잠재성; (b) 측정의 정밀도와 정확도; (c) 표본 크기 및 측정에서의 개체간(inter-individual) 변동과 연간 평균 배출/흡수의 불확도에 대한 이들의 의미; (d) 배출/흡수에서 연도간(inter-annual) 변동 및 산정치가 수년간의 평균에 기초하는지 또는 특정한 하나의 연도에 기초를 두는지의 여부.

대표적인 표본추출(내지 표본추출 설계)은 측정이 전형적인 시스템 특징, 작동조건, 기간, 관심있는 지역에 대해 이루어진다는 것을 의미한다. 개별 측정들의 정밀도와 정확도는 측정에 이용되는 장비와 규약(protocols)에 좌우될 것이다. 표본 크기는 종종 보다 많은 자료의 이점과 측정 비용간의 절충(trade-off)일 것이다. 지속적 감시(continuous monitoring)에서처럼, 일부 경우에서는 표본 크기는 자료의 부분적인 표본이라기 보다 전수조사로 효과적으로 이용될 만큼 충분히 클 것이다. 일반적으로 단기간(예를 들어, 시간, 일, 주)에서 자료의 변동은 부문의 특징들에 좌우될 것이다. 목적이 연간 평균 배출 내지 흡수 산정치를 개발하는 것이라면, 단기에 수행되는 측정이 보다 장기에 걸친 비율을 대표하는지 그리고, 그렇지 않다면, 측정 프로그램이 추가적인 기간으로 확장될 수 있는지 여부에 대해 판단을 필요로 할 것이다. 예를 들어, 유량 측정치(flux measurements)(배출계수에 대한 자료)는 전체 연도를 대표해야 한다. AFOLU 부문에서 배출은 성장기와 동절기에 대해 전형적으로 동일하지 않은 기후조건에 크게 좌우되기 때문에, 이는 매우 중요하다.

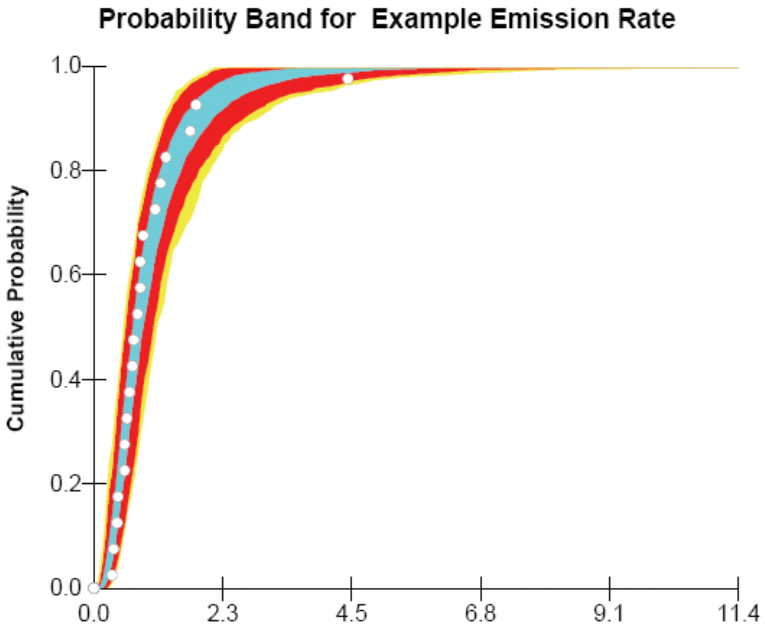
그림 3.4 배출 측정 및 평균 배출비율에서 불확도의 예

(a) 배출에서 단위간 변동에 대한 적합된(Fitted) 분포
(b) 작은 표본 크기(n=20)로 인한 적합된 분포에서의 불확도
(c) 평균 배출비율의 불확도

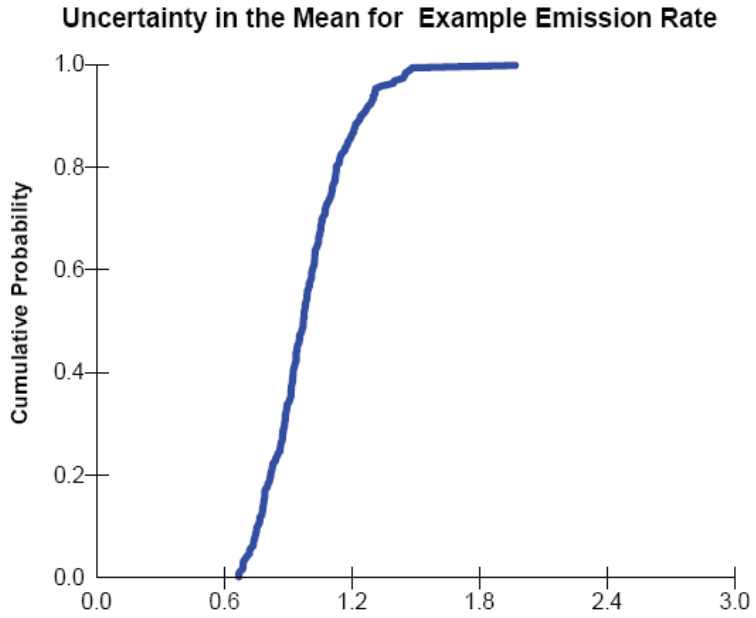
(a) 단위간 변동



(b) 변동의 분포에서의 불확도



(c) 평균에서의 불확도



두 번째 예에서, 가솔린 승용차로부터의 배출과 같은, 특정한 부문에 대해 국가 연간배출의 불확도를 산정하려 한다고 가정해 보자. 그림 3.4(a)의 단위간 변동에 의해 묘사되는 것처럼, 배출 비율은 개별적인 차량에 따라 변한다. 차량간 변동의 분포는 무작위 표본추출 오차에 종속될 수 있는 자료의 작고 유한한 표본으로부터 산정되기 때문에, 그림 3.4(b)에서 제시되는 것처럼, 차량간 변동에 대한 진실하지만 미지의 모집단 분포가 무엇인지에 관하여 불확도가 존재한다. 특정한 차량에 대해 시간에 따라 배출에서의 단위내 변동 또한 존재한다. 그렇지만, 국가 연간 산정치의 목적상, 초점은 1년동안 총 배출에 대한 이러한 모든 차량의 조합된 기여에 두어진다. 이 경우에, 우리는 차량간 변동의 범위에 관심이 없고, 대신에 이러한 모든 차량들의 평균 배출비율의 불확도 범위(예, 그림 3.4(c))에 관심을 둔다. 종종, 불확도 범위는 차량간(내지 보다 일반적으로, 단위간) 변동에 대한 범위보다 훨씬 작다(예, Frey and Zheng, 2002). 그러므로, 분석의 목적이 평가가 개별 단위들간의 변동보다, 평균에서의 불확도에 기초해야 함을 요구한다면, 후자에 대한 분석에 적절히 초점을 맞추는 것이 중요하다. 그렇게 하지 못하는 것은 불확도 범위의 잘못된 과대산정를 가져올 것이다.

점 배출원(point emissions)의 지속적 감시 내지 전형적인 활동 패턴을 포착하기 위한 주기적 표본추출 체계(periodic sampling scheme)의 경우에, 연간 평균 배출의 불확도 산정에 기초가 되는 적절하고 대표적인 실증적 자료가 존재할 것이다. 예를 들어, 수년간의 이러한 자료가 존재한다면, 수년 동안의 연간 평균 배출이 계량화될 수 있으며, 연간 평균의 95% 신뢰구간을 평가하기 위해 매년간의 연간 배출들의 분포가 이용될 수 있을 것이다. 연간 평균이 많은 개별 부문의 자료에 기초를 둔다면, 연도간 오차의 상관관계는 존재하지 않을 것이다. 이는 3.3절, 불확도와 시간적 자기상관에서 논의되는 것처럼, 추세의 불확도에 관한 산정을 위한 의미를 가진다. 그렇지만, 수확고(agricultural crops)와 같이, 분산된 부문에 대해서, 그것이 기후에 의해 결정된다면 높은 자기상관(autocorrelations)이 존재할 수 있으며, 이는 특정한 평가목적을 위한 자료의 대표성에 영향을 줄

수 있다.

지속적 배출 측정이 이용가능하지 않은 경우에, 불확도를 산정하기 위해 이용가능한 주기적 배출 측정이 존재할 것이다. 이들 측정이 대표적인 활동자료와 연결될 수 있다면, 연간 배출을 나타내는 관련 PDF와 함께, 특정 지점의(site-specific)의 배출계수를 결정하는 것이 가능하다. 이는 복잡한 작업을 것이다. 대표성을 달성하기 위해 전형적인 작동조건을 반영하는 자료를 분할(내지 계층화)하는 것이 필요할 것이다.

예를 들어,

- 가동과 중지는 활동자료에 대해 다른 배출비율을 줄 수 있다. 이런 경우에, 안정상태, 가동, 중지의 조건에 대해 도출된 각각의 배출계수와 확률밀도함수를 가지고, 자료를 분할해야 한다.
- 배출계수는 부하(load)에 좌우될 수 있다. 이러한 경우에, 총 배출 산정과 불확도 분석은, 이를테면, 전체 생산능력(full capacity)의 백분율로 표시된 부하를 고려하여 계층화될 필요가 있을 것이다. 이는 배출비율 대 필요한 활동자료의 일부가 되는 부하를 포함한 유사 통제변수(likely controlling variables)(예, 배출 대 부하)의 회귀분석과 산포도scatter plots)에 의해 수행될 수 있을 것이다.
- 다른 목적을 위한 측정은 대표적이 아닐 수 있을 것이다. 예를 들어, 탄광과 매립지에서 안전을 위해 이루어지는 메탄 측정은 순응조사(compliance check)로서 메탄 배출이 높을 것으로 의심될 때에만 이루어질 것이기 때문에 반드시 총 배출을 반영하지는 않을 것이다. 이러한 경우에는 불확도 분석을 위해, 측정된 자료와 총 배출간의 비율이 산정되어야 한다.
- 체계적인 단기 측정이 연간 배출의 주요 부분을 차지하는 단기간의 큰 유량(fluxes)을 발생시키는 (강우와 같은) 일시적인 사건에 대해 적절하게 표본추출을 하지 못할 수도 있다. 표본추출 전략이 이들 사건의 상당한 부분을 놓친다면, 연간 평균 배출 산정치는 상당히 편의될 수 있을 것이다. 농업용 토지(agricultural soils)으로부터의 질소 산화물(Nitrous oxide) 배출이 이러한 분류(class)에 해당될 수 있다.

자료의 표본크기가 충분히 크다면, (필요하다면 분할된) 자료에서 변동을 기술하기 위해 어떤 PDF를 이용하고 어떻게 그것에 모수를 설정하는지 결정하는데 도움을 주기 위해, 전문가 판단와 조합하여, 표준적인 통계적 적합성 검정(goodness-of-fit tests)을 이용할 수 있다. 그렇지만, 많은 경우에, 불확도에 관한 추론을 하기 위한 측정의 개수는 작을 것이다. 이론적으로, 3개 이상의 자료점(data points)이 존재하고, 그들이 관심을 가지는 변수의 무작위, 대표 표본(random representative sample)이라면, 자료 집합에서 변동을 기술하는데 이용될 수 있는 많은 2-모수 분포(two-parameter distributions)(예, 정규, 로그정규)의 모수 값을 산정하기 위해 통계적 기법의 적용이 가능하다(Cullen and Frey, 1999, pp. 116-117). 분포를 자료에 적합시키기 위한 기초로서 근사적으로 8개 내지 9개 이상의 자료점을 가지고 있어야 한다고 일반적으로 간주되지만, 분포를 자료에 적합시키기 위한 보다 기본적이고 주요한 가정은 자료가 무작위, 대표 표본이라는 것이다. 이러한 가정이 타당하다면, 표본 크기는 표본에서 산정된 통계량(statistic)의 신뢰구간의 폭에 영향을 미친다. 선호의 문제로서, 많은 분석자들은 최소 표본 크기를 가지는 것을 선호하지만, 이러한 선호는 대표성(representativeness)이라는 주요한 주제와 관련되지는 않는다. 자료는 단지 표본크기의 증가 때문에 보다 대표적이 되지는 않는다.

작은 표본 크기에 대해, 인벤토리에서의 이용을 위해 불확도의 계량화에 반영되어야 하는 모수 산정치에 관한 많은 불확도가 존재할 것이다. 더욱이, 표본 크기가 매우 작을 때 여러 모수 분포들의 적합성을 구별하기 위해 통계적 기법에 의존하는 것이 전형적으로 가능하지 않다(Cullen and Frey, 1999, pp. 158-159). 그러므로 매우 작은 자료집합에 적합한 적절한 모수 분포를 선택할 때 판단이 필요할 것이다. 변동계수(표준편차 나누기 평균)가 근사적으로 0.3 미만이고 상당히 신뢰할 수 있다고 알려져 있는 경우에, 정규분포는 합리적인 가정일 것이다 (Robinson, 1989). 변동계수가 크고 변수가 비음일 때, 로그정규와 같은 양의 왜도 분포(positively skewed distribution)가 적절할 것이다. 분포의 선택에 대한 지침이 아래 3.2.2.2절과 3.2.2.4절에 설명되어 있다.

큰 자료집합을 가지는 경우에, 평균의 불확도는 종종 ±1.96(내지 근사적으로 2) 곱하기 표준오차(standard error)로 산정될 수 있으며, 여기서 표준오차는 표본 표준편차 나누기 표본 크기의 제곱근이다. 이러한 계산은 정규분포 가정에 기초를 두고 있다. 그렇지만, 배출계수를 결정하는데 종종 생기는 경우인 작은 수의 표본/측정의 경우에, 1.96의 배수(multiple)은 k로 불리는 "coverage factor"로 대체되며, 이는 스튜던트 t-분포(student's t-distribution)로부터 구해진다. 작은 표본 크기에 대해, k는 95% 구간에서 1.96보다 크지만, 표본 크기가 근사적으로 30 이상으로 증가하면 1.96에 점근적으로 접근한다. 그렇지만, 평균의 불확도가 대칭 분포가 아닌 경우에, 평균에 대한 신뢰구간을 구하는 대신에 부트스트랩 모의실험(bootstrap simulation)과 같은 수치적 기법을 이용할 수 있다.

연간 산정치가 수년간의 평균에 기초하는 경우에, 평균의 불확도는 평균 연도의 불확도를 대표하지 연도간 변동을 대표하지는 않는다. 목적이 특정 연도의 배출량 내지 흡수량(source or sink fluxes)의 불확도를 산정하는 것이라면, 연간 총계의 최선의 산정치를 구하고 해당 연도에 일관적으로 이용된 모형과 자료에 관련된 불확도를 계량화하는 것이 *우수실행(good practice)*이다. 대신에, 연간 평균 산정치가 이용된다면, 특정 연도에 적용될 때, 산정치의 불확도는 평균에 대해 (측정 오차를 포함하는) 연도간 변동에 의해 기술될 것이고, 반면에 평균 연도에 적용될 때, 이는 평균의 신뢰구간일 것이다.

출판된 참고문헌에서 구한 배출계수 및 기타 모수들에 대한 불확도 산정치

특정 지점의(site-specific) 자료가 이용가능하지 않을 때, 인벤토리는 가능하면 해당 국가의 조건에 고유한 출판 연구물에서 도출된 배출계수에 기초해야 한다. 국가에 특정적이고(country-specific) 충분한 정보가 이용가능하지 않은 경우에, 정보는 특정 연구가 해당 국가의 조건을 반영한다면 출판된 연구에서 도출되거나, 배출계수 내지 기타 산정 모수는 가이드라인의 부문별 책자인 권2에서 5권 까지로부터 구해 질 것이다. 부문별 책자에서 제공되는 계수는 전형적이라고 판단되는 상황을 위해 도출되었다. 원래의 측정(original measurements)과 관련된 것과 다른 상황에서의 계수의 이용과 관련된 불확도 뿐만 아니라 원래 측정과 관련된 불확도가 존재한다.

출판된 배출계수 내지 기타 산정모수가 이용되는 경우에, 다음으로부터 관련된 불확도를 산정해야 한다.

- 국가에 고유한 자료를 포함하는 원래의 연구: 측정에 기초한 배출계수를 위해, 원래의 측정 프로그램 내지 실험으로부터의 자료는 불확도와 PDF의 평가를 가능하게 할 것이다. 계수와 그것

의 불확도가 직접 이용될 수 있도록, 잘 설계된 측정 프로그램과 실험은 공장 및 유지관리의 유형, 크기, 연령의 범위를 포괄하는 표본자료를 제공할 것이다. 다른 경우에, 해당 특정 부문에서 측정치로부터 공장의 전체 모집단으로 외삽하기 위해, 표 3.1에서 확인된 불확도의 원인을 고려하는, 전문가 판단이 필요할 것이다(어떻게 전문가 판단을 도출하는지에 대한 상세한 내용은 3.2.1.3절에서 상세히 설명된다).

- 가이드라인의의 기본값(Default Values): 대부분의 배출계수와 기타 산정모수에 대해, 부문별 가이드라인은 다른 정보의 부재시에 이용되어야 하는 내정된 불확도 산정치를 제공한다. 반대되는 명백한 증거가 이용가능하지 않는 한, PDF는 정규로 가정된다. 그렇지만, 인벤토리 작성자는 자기 국가의 상황에 대해 기본값의 대표성을 평가해야 한다. 기본값이 대표적이지 않다고 판단되고 부문이 인벤토리에 중요하다면, 국가 고유의 배출계수 내지 기타 산정 모수를 도출하기에 충분한 원래의 연구가 이용가능하지 않다고 가정할 경우, 전문가 판단에 기초한 개선된 가정이 개발되어야 한다.

기본 기법(Default methods)은 각 국가에 가장 정확한 산정치를 생성하는데 필요할 상세함의 수준과 대부분의 국가에서 이용가능하거나 즉시 구할 수 있을 것 같은 입력자료간의 절충을 표현한다. 기본 기법은 종종 단순화이고 국가 산정치에 상당한 불확도를 가져올 것이다. 많은 기본 기법내에 사용자가 국가적 상황에 대한 상세한 자료를 가질 지 또는 일반적인 기본값에 엄격하게 의존해야 하는지의 여부를 반영하기 위해 상세함의 여러 다른 선택적 수준이 제공된다. 일반적인 기본값이 특정 국가에서 활동의 실제 모집단의 조건을 얼마나 잘 나타내는지는 대해 상당한 편차(variation)가 있을 것이다. 예를 들어, 화석연료 연소원(fossil fuel combustion sources)의 국제적 모집단에 대한 내정된 탄소 배출계수에 관한 불확도는 IPCC 방법론에서 상당히 낮은 (5-10%) 특징이 있을 것이지만, 특정 국가의 국내 전문가는 자국에서 이러한 연료의 특징이 국제적인 평균값과 다르다는 것을 알게 될 지 모른다. 이런 국가에서, 기본값의 이용은 보다 큰 불확도를 가져올 것이고, 그러므로 가능한 경우에 국가에 고유한 산정치를 이용하는 것이 *우수실행(good practice)*이다. 그러므로 내정된 불확도 수치의 적용가능성을 항상 고려해야 한다.

다른 예는 AFOLU 부문에 관한 국가 고유의 배출 및 흡수를 산정하기 위한 기본값의 이용이다. 이용 가능한 기본 모수가 국가의 상황에 적합함이 알려져 있지 않다면 불확도가 높을 수 있다. 부문 자료의 특징과 매우 다른 특징을 가지는 국가 내지 지역에서 기본 자료(default data)의 적용은 배출 내지 흡수의 산정치에 상당한 체계적 (편의) 오차를 가져올 수 있다.

활동자료와 관련된 불확도

활동자료는 종종 배출계수의 경우보다 경제적 활동에 보다 밀접하게 연결되어 있다. 그렇지만, 배출계수 자료와 달리, 분포를 적합시키고 불확도를 산정하는데 즉시 이용가능한 대안적 활동자료 산정치들의 통계적 표본은 전형적으로 존재하지 않는다. 경제적 활동의 정확한 설명을 위해 잘 정립된 가격 유인책과 재무적 요구사항들이 종종 존재한다. 그러므로 활동자료는 배출계수 자료보다 낮은 불확도와 연도간 낮은 상관관계를 가지는 경향이 있다. 활동자료는 종종 자료수집 절차의 일부로서 자료와 관련된 불확도를 이미 평가할지 모르는 국가 통계기관에 의해 정규적으로 수집되고 출판된다. 이전에 개발된 이들 불확도 산정치는 PDF를 만드는데 이용될 수 있다. 이 정보가 반드시 출판되지는 않을 것이므로, 통계기관에 직접 접촉하는 것이 바람직하다. 경제적 활동자료는 온실가스 배출 및 흡수를 산정하기 위해 일반적으로 수집되는 것이 아니기 때문에, 이를 이용하기 전에 불확도 산정치의 적용가능성을 평가하는 것은 *우수실행(good practice)*이다.

특정한 상황에서 활동자료의 불확도를 평가하는데 도움이 될 여러 접근법이 있다.

완전한 표본(전수조사)에 기초한 활동자료: 전수조사 자료(Census data)는 원칙적으로 특정 활동의 모든 사례의 집계에 기초한 활동자료이다. 전수조사는 전형적으로 체계적 및 무작위 오차를 포함한다. 체계적 오차는 체계적인 과소 집계 내지 이중 집계를 통해 발생한다. 무작위 오차는 전형적으로 일정 범위의 공통오차(commonplace errors)의 합계이다. 무작위 오차는 일반적으로 정규분포이고 시계열적으로 무상관이라고 기대될 수 있다. 활동자료는 일반적으로 각각의 관찰에 대해 동일한 프로세스를 이용하는 동일한 사람에 의해 수집되기 때문에, 체계적 오차는 매년 동일한 값을 근사적으로 가질 것이다. 완전한 표본에 대한 활동자료의 잠재적 불확도를 확인하는 여러 접근법이 존재한다. 이러한 접근법은 종종 QA/QC 계획의 통합된 일부이다:

- 무작위 오차의 크기를 조사하기 위해, 시간에 따른 변화(fluctuations)와 관심있는 자료와 높은 상관관계를 가져야 하는 시계열에서 특이한 변화를 관찰한다.
- 편의 오차를 조사하기 위해, 관심있는 자료를 다른 관련 정보와 교차 조사(cross-check) 한다. 예를 들어, 어떤 연구자는 석탄 생산, 석탄 수입/수출, 보고된 소비를 비교하며 연료의 공급사슬을 샅샅이 살펴볼 것이다. 또 어떤 연구자는 예를 들어 보고된 연료 입력 대 전력 출력과 같이, 독립적으로 자료가 수집되지만 관심있는 자료와 높은 상관관계를 가져야 하는 활동을 연구할 것이다. 어떤 연구자는 활동자료가 여러 다른 접근법을 이용하여 수집된다면, 다른 빈도(frequencies)(예, 월간, 연간)의 활동자료를 관찰할 것이다.
- 예를 들어, 국가 에너지 자료내에서 통계적 차이의 해석은 교차조사(crosschecking)의 예이다. IPCC 참조 접근법(IPCC reference approach)에서 도출된 에너지 관련 이산화탄소 배출들간의 비교는 다른 배출원(sources)에서 도출된 배출 산정치를 이용한 공식적인 교차조사이다.

전수조사에 기초한 활동자료는 그림 3.2에서 보이는 분류에서 종종 '정밀하지만 부정확'하며, 무작위 오차는 작지만 보다 큰 편의 오차가 존재할 것이다. 교차조사는 가능한 편의 오차의 상한과 하한을 제시할 수 있으며 종종 편의 오차의 실제 산정치를 허용할 것이다. 이들 한계내에 숨어있는 가능한 편의 오차는 종종 잘려진 균등분포(truncated uniform distribution)의 특징을 가질 것이다: 교차조사는 관찰될 수 없는 진실한 값이 특정한 범위내에 있어야 하지만, 해당 범위내의 어떤 점이 다소간 가능성이 있다고 생각할 이유는 없을 것이라는 것을 보여준다. 그렇지만, 활동자료에서 편의 오차들은 높은 상관을 가질 것이기 때문에, 보고된 값과 미지의 진실한 값 사이의 차이는 매년 대략 동일할 것이고, 추세 불확도를 산정할 때 이 특징을 고려해야 한다.

무작위 표본에 기초한 활동자료: 어떤 종류의 활동자료는 예를 들어 소비자 설문조사, 토지이용 설문조사, 산림포함 설문조사(forest cover surveys)와 같은, 표본 설문조사(sample surveys)로부터 도출된다. 이러한 경우에, 자료는 정규분포이고 시간에 따른 상관관계가 없는, 표본추출 오차에 종속될 것이다. 표본을 추출하는 기관은 표본추출 오차에 대해 조언을 할 수 있을 것이다. 이러한 정보가 이용가능하지 않다면, 표본과 모집단 크기를 확인 내지 추론하고 표본추출 오차를 직접 계산하는 것이 가능할 것이다.

3.2.1.3 정보의 원천으로서의 전문가 판단

많은 상황에서, 배출원(sources), 흡수원(sinks), 인벤토리에 대한 활동 입력(activity inputs)을 위한

직접적으로 적절한 실증자료가 이용가능하지 않다. 이러한 상황에서, 적절한 자료의 부재를 다루는 실용적인 해결책은 인벤토리에 대한 입력의 최선의 산정치 및 불확도에 관해 영역 전문가(domain experts)로부터 전문적인 판단을 구하는 것이다. 2장, 자료수집에 대한 접근법은 공식적인 전문가 응답도출 규약(expert elicitation protocols)의 기초를 논의한다. 특히, 2.2절과 첨부 2A.1은 전문가 판단과 응답도출의 일반적인 처리를 제공한다. 첨부 2A.1은 전문가 응답도출 규약에 관한 상세한 내용을 제공한다. 이 장에서는 전문가 판단에 기초하여 불확도를 인코딩하는(encoding) 방법이 3.2.2.3 절에서 제안된다.

3.2.2 불확도를 계량화하는 기법들

이 절은 이전 절에서 기술된 자료와 정보의 원천에 기초하여 불확도를 계량화하는 주요 기법들을 논의한다. 이 절은 모형의 불확도, 실증적 자료의 통계적 분석, PDF의 확인 및 선택, 불확도에 관한 전문가 판단의 부호화에 관한 기법에 초점을 두고 있다.

3.2.2.1 모형의 불확도

개념화 및 모형 불확도는 모형에 대한 입력의 불확도보다 다루기 어렵다. 개념화 및 모형 불확도에 관한 가장 중요한 관심사는 그것이 배출 및 흡수 산정치에서 상당한 편의를 생성할 잠재력을 가진다는 것이다. 그러므로 불확도의 이들 원인을 다루는 접근법은 알려진 또는 의심스러운 편의를 평가 및 수정하는 것을 목적으로 해야 한다.

개념화의 적절한 명세(specification)가, 해석이 배출 내지 흡수가 산정되는 시스템에 익숙한 전문가 및 이해당사자로부터의 입력에 좌우되는, *2006 IPCC 가이드라인*에 의해 설정되어 있음은 명확하다. 개념화는 과잉 내지 중복 없이 모든 주요 요소들(key components)을 나열하면서, 이들 가이드라인의 범위내에서 완전해야 하며, 이는 지역, 기간, 포함되는 온실가스의 동의된 집합에 적용가능해야 한다.

모형 불확도는 전형적으로 여러 방식으로 다루어진다. 한가지 접근법은 이용되는 모형의 한계를 단순히 인정하고 모형을 이용하여 구해진 산정치의 불확도에 대한 의미를 계량적으로 논의하는 것이다. 그렇지만, 불확도의 가능한 크기에 관한 계량적 통찰력을 제공하는데 질적인 경고는 유용하지 않으며, *우수실행(good practice)*으로 간주되지 않는다. 불확도에 대한 적어도 3가지의 주요한 접근법이 있다: (1) 검증(verification)을 위해 모형 결과를 독립적인 자료와 비교; (2) 대안적 모형들의 예측치들의 비교; (3) 모형 불확도의 크기(magnitude)에 관한 전문가 판단. 이들 접근법은 조합으로 이용될 수 있다.

독립적인 자료를 가지고 모형 예측치들을 비교하는 것은 모형의 정밀도 및 정확도를 평가하기 위해 이용할 수 있으며 6장에서 논의되는 것처럼, 검증(verification)의 중요한 측면이다. 이러한 비교는 모형이 관심있는 값들을 체계적으로 과잉 내지 과소예측하는지 여부를 드러낼 수 있다. 그렇지만, 모형의 직접적인 검증을 위한 자료를 구하는 것은 어려울 것이다. 그럼에도 불구하고, 종종 이러한 유형의 비교는 최선 내지 유일하게 이용 가능한 것이고, 모수 선택에 의해 수정될 수 있는 모형 편의(model bias)를 의미하는 설명되지 않는 비일관성을 확인하는데 도움을 줄 것이다.

다른 경우에, 관심있는 동일한 양(quantities)을 예측하는데 이용될 수 있는 대안적 모형들이 존재

할 것이다. 대안적 모형들이 다른 자료 내지 이론적 가정에 기초하는 한, 모형 예측치들의 비교는 불일치의 크기(magnitude)에 관한 유용한 통찰력을 제공할 것이다. 모든 모형이 틀릴 수 있기 때문에, 2개 이상의 모형이 불일치한다는 사실이 모형 중 하나가 틀렸다는 결정적인 증거는 아니다. 인벤토리 개발에 이용된 모형과 독립적인 자료 내지 대안적 모형들을 비교한 결과에 기초하여, 편의를 감소시키기 위해 모형의 가정 내지 모수를 수정하는 것이 바람직할 것이다. 남은 불확도는 모형을 운영하기 위해 이용된 자료의 불확도와 모형 모수가 어떻게 조합되는지에 관한 전문가 판단에 의하거나, 보다 공식적으로 몬테카를로 분석(Monte Carlo analysis)에 의해 계량적으로 평가될 수 있다.

3.2.2.2 실증적 자료의 통계적 분석

실증적 자료의 통계적 분석은 인벤토리, 배출계수, 기타 산정 모수의 불확도를 계량화하는데 이용될 수 있는 접근법이며, 이는 아래의 주요 단계로 요약될 수 있다 (예, Frey and Zheng, 2002):

단계 1: 배출계수, 활동자료 및 다른 산정 모수에 대한 데이터베이스의 수집 및 평가. 이러한 자료는 전형적으로 변동을 나타낸다.

단계 2: 개별적인 활동 및 배출계수를 위한 실증적 분포함수(여기에서 자료는 순위(rank order)에 따라 수직으로 찍히고 수치에 따라 수평으로 찍힌다(plotted) 상세한 내용을 위해 Cullen and Frey, 1999 참고하라)를 개발함으로써 자료를 도식화(Visualisation)

단계 3: 활동자료 및 배출계수 자료의 변동을 나타내기 위한 대안적 PDF 모형들의 적합화(Fitting), 평가, 선택

단계 4: 변동에 대한 분포의 평균에서의 불확도의 특징짓기(Characterisation). 평균의 표준오차가 충분히 작으면(3.2.1.2절에서 논의된 것처럼), 표본 크기 내지 자료의 왜도에 관계없이 정규성(normality)을 가정할 수 있다. 평균의 표준오차가 크면, 로그정규성(lognormality)을 가정하거나 평균에서의 불확도를 산정하기 위해 다른 기법이 이용될 수 있다(예, 부트스랩 모의실험(bootstrap simulation)). 후자를 지원하기 위해 공개적으로 이용가능한 소프트웨어 도구가 이용될 수 있다.

단계 5: 불확도가 적절히 지정된다면, 이것은 총 배출의 불확도를 산정하기 위해 확률분석의 입력으로 이용될 수 있다.

단계 6: 인벤토리에 대한 입력 불확도들의 어느 것이 전체 불확도에 가장 크게 기여하는지 결정하고, 이들 주요 불확도의 좋은 산정치를 개발하는 노력에 우선순위를 부여하기 위해 민감도 분석(Sensitivity analysis)이 추천된다 (4장, 방법론 선택과 주요 부문의 확인을 참고한다).

단계 3은 전형적으로 다음을 포함한다; 자료에 적합시키기 위해 후보가 되는 모수적 PDF의 확인, 이러한 분포의 모수 산정, 적합성(goodness-of-fit)의 평가(예,Cullen and Frey, 1999). 비검출값(non-detects)으로 불리는, 측정기법의 검출한계 아래에 있는 값을 포함하는 자료집합에 엄격한 기법이 적용될 수 있다(예, Zhao and Frey, 2004a). 자료가 달리 분리될 수 없는 2개 이상의 하위집단을 포함할 때 분포는 조합하여 이용될 수 있다 (예, Zheng and Frey, 2004).

3.2.2.3 전문가 판단을 부호화하는 방법

실증적 자료가 결여되거나 불확도의 모든 원인(표 3.1)에 대해 완전히 대표적이라고 간주되지 않을 때, 불확도를 산정하기 위해 전문가 판단이 필요할 것이다. 이 절은 PDF의 형태로 불확도에

관해 전문가 판단을 부호화(계량화)하는 방법에 초점을 맞춘다. 인코딩(Encoding)은 불확도에 관한 전문가의 판단을 계량적 PDF로 변환하는 프로세스이다. 2장은 전문가의 정의, 전문가를 선택할 때의 고려사항, 전문가 판단에서의 가능한 편의의 원천 및 이를 피하는 방법, 전문가 응답도출(expert elicitation)을 위한 추천된 규약(recommended protocol)에 대한 지침을 제공한다. 불확도의 문맥에서, 전문가 응답도출의 주요 목적은 특정 변수의 가능한 값에 관한 지식의 상태를 특징짓는 것이다. 그러므로 전문가간에 합의를 강요하는 것은 필요하지도 바람직하지도 않다. 대신에, 동일한 변수에 대해 둘 이상의 전문가로부터 판단을 구할 때 값의 전체 범위를 고려하는 것이 보다 유용하다.

전문가 판단을 도출하는(구하는) 프로세스의 목적은 아래와 같은 관련 정보를 고려하는 PDF를 개발하는 것이다.

- 부문이 다른 부문과 비슷한가? 불확도가 어떻게 비교되는가?
- 배출 내지 흡수 프로세스가 얼마나 잘 이해되는가? 모든 가능한 배출활동 내지 흡수활동이 확인되었는가?
- 배출계수 내지 기타 산정모수가 얼마나 변하는가에 대해 물리적 한계는 존재하는가? 대량조정 고려사항(Mass balance considerations) 내지 기타 프로세스 자료는 배출 내지 흡수 비율에 대해 상한을 제시할 것이다.
- 배출 및 흡수 산정치는 인벤토리를 검증하는데 도움을 주기 위해 이용될 지 모르는 독립적인 자료와 일치하는가?

전문가 응답도출에 주요한 관심사는 불확도의 과잉신뢰(overconfident) 산정치를 구하는 잠재적 문제를 회피하기 위해 이용가능성의 전형적인 경험적 편의, 대표성, 고정 및 조정(anchoring and adjustment)(2장, 첨부 2A.1, 전문가 응답도출의 규약에서 기술)을 극복하는 것이다. 과잉신뢰(Overconfidence)는 불확도의 산정 범위가 너무 좁은 상황을 말한다. 진실한 불확도를 과소산정하지 않기 위해 과잉신뢰를 회피하는 것이 바람직하다. 2장, 첨부 2A.1에 상세히 설명되는 Stanford/SRI 규약(Stanford/SRI protocol)과 같은 공식적인 응답도출 규약을 이용하는 것은 *우수실행(good practice)*이다. 특히, 이들 규약은 전문가가 응답도출의 목적과 방법에 익숙하도록 하고 전문가가 모든 관련 자료, 모형, 이론, 기타 추론 접근법에 관해 생각하도록 하기 위해 실제적인 부호화 단계에 앞서 여러 단계들을 포함한다. 이런 배경을 가지고, 전문가는 불확도의 불편산정치(unbiased estimate)를 구하는 보다 좋은 위치에 있게 된다.

부호화에 이용되는 방법은 PDF에 대한 전문가의 익숙함에 좌우될 것이다. 일반적으로 이용되는 방법은 다음과 같다.

- 고정값(Fixed Value): 임의의 값보다 높을(또는 낮을) 확률을 산정하고 전형적으로 세 번 내지 다섯 번 반복한다. 예를 들어, 배출계수가 100보다 작을 확률은 얼마인가?
- 고정확률(Fixed Probability): 보다 높을(또는 낮을) 지정된 확률과 관련된 값을 산정한다. 예를 들어, 배출계수가 해당값보다 낮을(또는 높을) 단지 2.5%의 확률(내지 40번 중에 1번의 기회)이 존재하는 배출계수는 얼마인가?

- 구간 기법(Interval Methods): 이 방법은 중앙값(median)과 4분위수(quartiles)에 초점을 둔다. 예를 들어, 전문가는 진실한 배출계수가 해당 값보다 높거나 낮을 것이 동일할 것 같은 배출계수의 값을 선택하도록 요청받을 것이다. 이는 중앙값을 생성한다. 다음으로 전문가는 보다 낮은 범위를 배출계수가 각각의 상자(bin)에 존재하는 것이 동일할 것이라고 느끼는 2개의 상자(25% 확률)로 나눌 것이고, 이는 분포의 나머지 쪽에 대해 반복될 것이다. 최종적으로, 극한값(extreme values)에 대한 판단을 얻기 위해 고정확률 내지 고정값 기법이 이용될 수 있을 것이다.
- 도표화(Graphing): 전문가 자신이 분포를 그린다. 일부 전문가는 PDF에 관한 자신의 지식에 관해 과잉신뢰(overconfident)하기 때문에 이는 신중하게 이용되어야 한다.

PDF의 부호화(계량화)를 가져오는 전문가 응답도출의 예는 박스 3.1에 나타나 있다.
종종 유일하게 이용가능한 전문가 판단은 가장 가능성이 있는 값(most likely value)과 함께 인용된 범위(range)로 구성될 것이다. 이러한 상황에서 아래의 규칙들은 *우수실행(good practice)*으로 고려된다:

- 전문가가 상한 값과 하한 값만을 제공하는 경우에, 확률밀도함수가 균등(uniform)이고 그 범위는 95% 신뢰구간에 해당한다고 가정한다.
- 전문가가 (인벤토리를 개발하는데 이용되는 점산정치와 종종 동일할 것 같은) 가장 가능성이 있는 값(most likely value)을 제공하는 경우에, 최빈값(mode)으로 가장 가능성이 있는 값을 이용하는 삼각 확률밀도함수를 가정하고 상한 값과 하한 값은 각각 모집단의 2.5%를 제외한다고 가정한다. 분포가 대칭적일 필요는 없다. 적절한 정당성(justifications)이 주어질 때, 정규분포 내지 로그정규분포와 같은 다른 합리적인 분포가 선택될 수 있다.

전문가 응답도출에 관한 정보의 일부 원천에는 Spetzler and von Holstein (1975), Morgan and Henrion (1990), Merkhofer (1987), Hora and Iman (1989), NCRP (1996)가 포함된다.
전문가 판단의 주관적 성격은 국가간의 불확도 산정치의 비교가능성을 개선하기 위해 품질보증 및 품질관리 절차에 대한 필요를 증가시킨다. 그러므로 전문가 판단은 국가적 보관 프로세스의 일부로서 문서화되어야 하며, 인벤토리 작성자가 특히 주요 부문(*key categories*)을 위해, QA/QC 절차를 전문가 판단에 적용하는 것이 권고된다(6장 참고).
전문가 판단을 위한 문서화 요구사항은 2장의 첨부 2A.1에서 논의된다.

박스 3.1
상세한 전문가 판단의 간단한 예

인벤토리 작성자는 발전소로부터의 CH_4 배출에 대한 전문가를 확인하고 이 부문에 대한 연간 평균 배출에서의 불확도에 관한 그의 판단을 구하려고 한다고 가정하자. 동기부여 단계(motivation step)의 일부로서, 응답 도출자는 전문가에게 분석의 일반적인 목적과 이용되는 전문가 응답도출 규약을 설명한다. 구성 단계(structuring step)에서, 도출자는 특정한 응답도출 규약을 설정하기 위해 전문가와 함께 일한다. 예를 들어, 인벤토리작성자가 원하는 모든 것은 연간 평균 불확도의 산정치이지만, 전문가는 그가 공장의 가동, 일부 부하, 완전 부하 작동에 대해 분리하여 판단을 제공하는 것을 선호하며, 이러한 세가지 판단이 연간 평균에 대한 조합된 불확도로 제시되기 위해 가중치가 부여되어야 한다고 도출자에게 말할 것이다. 문제를 구성한 후에, 도출자는 비슷한 유형의 발전소 내지 다른 연소원(combustion sources)에서 이루어진 측정과 같은, 평가에 관련된 전문가 정보를 검토한다. 도출 단계(elicitation step)에서, 도출자는 보다 높은 값을 구할 40번 중의 1번(2.5% 확률)이 존재할 것 같은 상한 값에 대해 전문가에게 물어볼 것이다. 해당 값을 얻은 후에, 도출자는 이러한 높은 배출 비율을 가져올 공장에서의 작동 시나리오와 같은, 이 산정치에 대한 논리적 기초를 설명하도록 요구할 것이다. 이후에 범위의 보다 낮은 쪽과 중앙값, 25번째 백분위수, 75번째 백분위수에 대해 프로세스가 반복될 것이다. 고정값과 고정확률 질문을 혼합하여 이용할 것이다. 도출자는 전문가와 이용가능한 시간 동안 비일관성이 확인, 수정될 수 있도록 그래프에 이들을 점으로 표시해야 한다. 검증 단계(verification step)에서, 도출자는 판단이 잘 표현되었다고 전문가가 편안해 한다고 확신할지 모른다. 도출자는 또한 전문가가 과잉신뢰하고 있지 않다는 것을 확신하기 위해, 전문가가 판단이 제공되는 구간의 밖에 있는 값들의 가능성에 어떻게 반응할지 알아 볼 지 모른다.

3.2.2.4 확률밀도함수를 선택하기 위한 우수실행지침

PDF를 선택하기 전에, 가능한 한 자료의 편의를 고려하는 것은 *우수실행(good practice)*이다. 이전에 언급된 것처럼, 자료수집과 QA/QC 절차는 편의를 회피, 수정하는데 도움이 될 수 있다. 예를 들어, 목재 생산에 대한 국가적 통계가 존재하지만, 이들 통계치가 5%의 편의를 가지고 있다고 또한 제시된다면, 평균 산정치는 불확도의 무작위 요소를 산정하기 전에 5% 만큼 수정될 수 있다. 점산정치 배출인벤토리를 개발하는데 편의에 대한 수정이 수행되어야 하는 것은 *우수실행(good practice)*이다. 또다른 고려사항은 자료 측정 내지 수집 절차가 변하고, 자료수집의 지역적 및 시간적 범위가 변함에 따라 편의의 양이 시간에 따라 변할 수 있다는 것이다. 그러므로, 편의 수정은 여러 해 동안 달라질 것이다.

그렇지만, QA/QC 절차가 적용된 이후에도 편의가 자료에 존재할 것으로 믿어지거나 알려져 있는 한, 편의를 고려하기 위해 실증적 기법 내지 판단에 기초한 기법이 적용될 수 있다. 적어도 두 가지 이유 때문에 명백한 편의가 확률 분석에서 발생할 수 있다: (1) 적합된 분포가 인벤토리의 점산정에서 이용된 가장 가능성 있는 값(the most likely value)과 다른 평균을 가질 수 있다(예, 전문가 판단에 기초한 기울어진(skewed) 삼각분포); (2) 입력들의 평균값의 점산정치만 이용된다면

불확실한 입력들을 가지는 비선형 모형(nonlinear model)으로부터 예측의 평균값이 동일한 모형으로부터 구한 점산정치와 다를 수 있다. 그러므로, 불확도 분석이 수행된 후에만 드러날 지 모르는 일부 유형의 편의들이 존재한다.

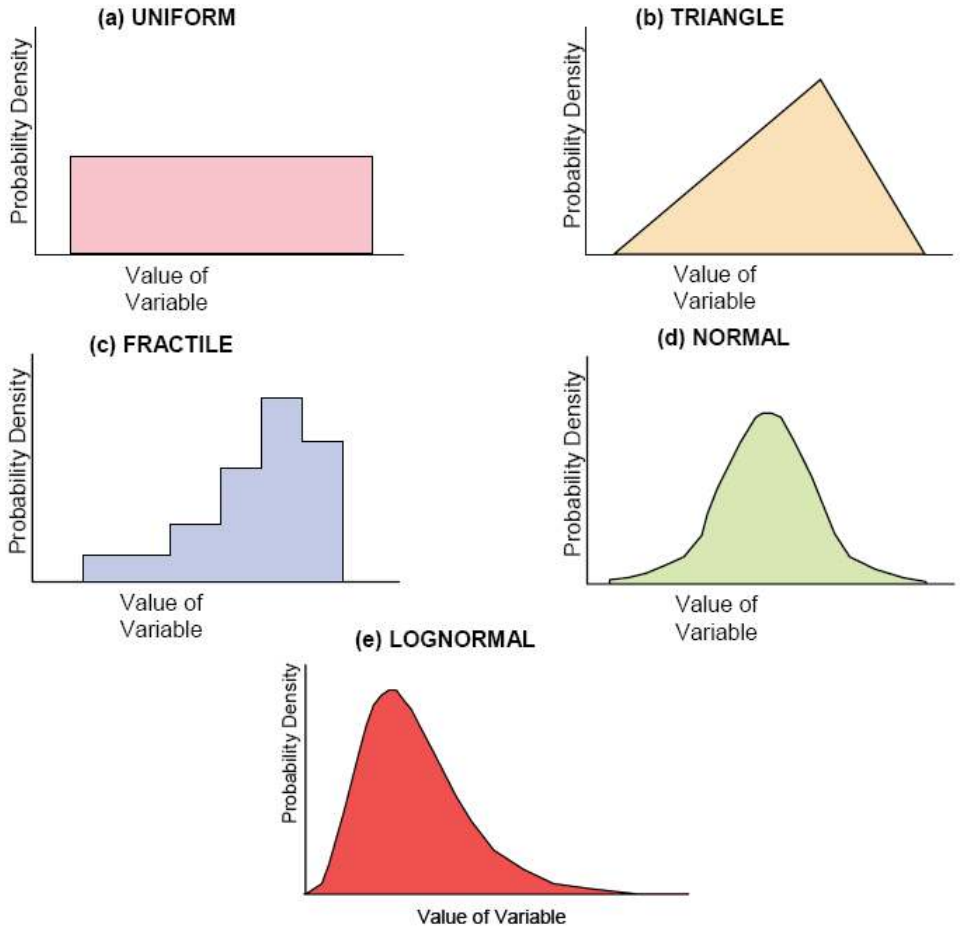
확률밀도함수의 유형들

종종 특정한 현실 상황을 표현하는 통계 문헌에서 설명되는 많은 PDF들이 존재한다. 특정한 유형의 PDF의 선택은, 적어도 부분적으로는, 함수의 영역(예, 함수는 양수 내지 음수를 모두 가지거나, 비음 값만을 가질 수 있는가), 함수의 범위(예, 범위가 좁거나 범위가 10의 차수(orders-of-magnitude)를 포함하는가), 모양(예, 대칭), 자료를 생성했던 프로세스(예, 가산적, 승수적)에 좌우된다. 이들 고려사항은 실용적 중요성을 가지는 일반적으로 이용되는 많은 분포의 간략한 논의에서 상세히 설명된다. 이러한 분포의 예와 그들이 나타내는 상황들은 다음과 같다[5]:

- 정규분포(normal distribution)는 불확도의 범위가 작고, 평균에 대해 대칭일 때 가장 적절하다. 정규분포는 많은 개별 입력이 전체 불확도에 기여하고, 개별 불확도의 어느 것도 전체 불확도를 지배하지 않는 경우에 발생한다. 비슷하게, 인벤토리가 많은 개별 부문의 불확도의 합이지만, 어느 것도 전체 불확도를 지배하지 않는다면, 전체 불확도는 정규일 것이다. 정규성 가정은 예를 들어, 연료 배출계수 및 활동자료와 같은, 불확도의 상대적 범위가 작은 많은 부문에 종종 적절하다.
- 로그정규분포(lognormal distribution)는 불확도가 비음인 변수(non-negative variable)에 대해 크고, 양의 왜도(positively skewed)를 가지는 것으로 알려질 때 적절할 것이다. 토양에 적용되는 비료로부터의 질소 산화물(nitrous oxide)에 대한 배출계수는 전형적인 인벤토리 예를 제공한다. 많은 불확실한 변수들이 곱해지면, 그 곱(product)은 점근적으로 로그정규성에 접근한다. 농도(concentrations)은 혼합 프로세스들(mixing processes)의 결과이고, 승수적이기 때문에, 농도 자료는 로그정규와 비슷하게 분포되는 경향이 있다. 그렇지만, 현실세계 자료는 로그정규분포만큼 굵은 꼬리(tail-heavy)는 아닌 것 같다. Weibull 분포와 Gamma 분포는 근사적으로 로그정규와 비슷한 속성을 가지지만 꼬리가 보다 덜 굵으므로, 로그정규보다 자료에 보다 더 적합하다.
- 균등분포(Uniform distribution)는 범위내에서 어떤 값을 구할 동일한 가능성을 기술한다. 종종 균등분포는 물리적으로 제한된 양을 표현하거나(예, 0과 1사이에서 변해야 하는 분수) 전문가가 상한과 하한을 지정할 수 있을 때 전문가 판단을 표현하는데 유용하다. 균등분포는 베타 분포(Beta distribution)의 특수한 경우이다.
- 삼각분포(triangular distribution)는 전문가에 의해 상한 및 하한과 선호되는 값이 제공되지만 PDF의 관한 다른 정보는 없는 경우에 적절하다. 삼각분포는 비대칭일 수 있다.
- 프랙털 분포(Fractile distribution)는 그림 3.5에서 묘사되는 것처럼, 변수값들의 다른 범위들의 상대적 가능성에 관해 판단이 이루어지는 일종의 실증적 분포(empirical distribution)이다. 이러한 유형의 분포는 종종 불확도에 관한 전문가 판단을 표현하는데 유용하다.

5 자료의 통계적 분석에 기초한 분포를 개발하기 위한 기법들의 보다 고도의 정보는 Cullen and Frey (1999)에 의해 기술되고 설명된다. 기타 유용한 참고문헌에는 Hahn and Shapiro (1967), Ang and Tang (1975) D'gostino and Stephens (1986), Morgan and Henrion (1990), U.S.EPA (1996, 1997, 1999)가 포함된다. 배출인벤토리에 적용된 확률분석의 일부 예제들은 Frey and Zheng (2002)와 Frey and Zhao (2004)에 의해 제시된다.

그림 3.5 일반적으로 이용되는 확률밀도함수 모형들의 예 (예, Frey and Rubin, 1991에 기초함)



확률밀도함수를 개발할 때 고려하는 주제들

아래는 PDF를 선택할 때 인벤토리 작성자가 비교가능성(comparability), 일관성(consistency), 투명성(transparency)의 원칙을 어떻게 만족시킬 수 있는지를 기술한다:

- 실증적 자료가 이용가능할 때, 첫번째 고려사항은 불확도의 표현으로서 정규분포가 적절할 것인지의 여부이다. 변수가 비음이어야 한다면, 음수값을 잘못 예측하는 받아들일 수 없게 높은 확률을 피하기 위해 정규분포의 표준편차는 평균값의 30%를 초과하지 말아야 한다. 정규분포의 보다 낮은 꼬리의 절단(Truncation)은, 그것이 평균 및 분포의 다른 통계치를 변화시키기 때문에 일반적으로 피해야 한다. 전형적으로, 절단에 대한 보다 나은 대안은 자료에 보다 더 적합한 보다 적절한 분포를 발견하는 것이다. 예를 들어, 비음이어야 하는 양의 왜도를 가지는(positively skewed) 자료에 대해, 로그정규, Weibull, Gamma 분포는 받아들일만한 적합성을 종종 제공할 수 있다; 그렇지만, 자료의 실증적 분포도 이용될 수 있다.
- 전문가 판단이 이용되는 경우에, 채택되는 분포함수는 전형적으로 정규 내지 로그정규일 것이고, 균등, 삼각, 프랙털 분포에 의해 적절히 보충된다.

- 실증적 관찰 내지 이론적 언급에 의해 지원되는 전문가 판단으로부터 강제적 이유가 존재하는 경우에 다른 분포가 이용될 것이다.

어느 분포가 일단의 자료에 가장 적합한지 확인하는 문제는 매우 어려울 것이다. 한 가지 접근법은 자료를 적합시킬 수 있는 함수형태를 찾아보기 위해 왜도(skewness) 및 첨도(kurtosis)의 제곱을 이용하는 것이다 (Cullen and Frey, 1999). 이들 값들을 산정하기에 충분한 자료가 존재하는 경우 첨도와 왜도가 적용되어야 한다. 함수는 최소제곱 적합(least squares fit) 내지 기타 수단에 의해 자료에 적합된다. 카이제곱 검정(chi-squared test) 등을 포함하여, 적합성(goodness-of-fit)을 평가하는 검정(Tests)이 이용가능하다 (Cullen and Frey, 1999). 많은 경우에, 주어진 확률한계내에서 여러 함수들이 자료를 만족스럽게 적합시킬 것이다. 이들 여러 다른 함수들은 분포를 제약하는 자료가 거의 없는 극단에서 철저히 다른 분포를 가질 수 있고, 한 함수의 선택은 불확도 분석의 결과를 체계적으로 변화시킬 수 있다. Cullen and Frey (1999)는 이러한 경우에, 확률함수의 선택을 지배하는 것은 기본적인 물리적 프로세스에 관한 지식이어야 한다는 이전 저자들의 충고를 되풀이하고 있다. 물리적 지식의 입장에서, 검정은 이 함수가 자료를 만족스럽게 적합시키는지의 여부에 관한 지침을 제공한다.

PDF를 개발하기 위한 기초로서 실증적 자료를 이용하기 위해, 첫 번째 중요한 단계는 모집단의 표본인 경우에, 자료가 무작위, 대표 표본인지를 결정하는 것이다. 자료에 관한 몇가지 주요 질문은 다음과 같다.

- 자료는 국가적 상황에 고유한 배출 내지 활동자료에 관련된 조건을 대표하는가? 예를 들어, AFOLU에서, 자료는 관리 방식(management practices) 및 기타 국가적 상황을 대표하는가?
- 자료는 무작위 표본(random sample)인가?
- 자료집합(data set)에 관련된 평균을 구하는 기간(averaging time)은 얼마이고, 이는 평가(이는 주어진 연도의 연간 배출에 대해서 일 것이다)에 대해서 동일한가? 예를 들어, 배출자료는 1년 동안이 아니라 단기간 동안에 측정될 지 모른다. 그러므로, 단기 자료를 보다 장기적인 기반으로 외삽하기 위해 전문가 판단이 필요할 것이다.

자료가 무작위, 대표 표본이라면, 표본크기가 작을 지라도, 고전적인 통계기법을 이용하여 분포를 직접 설정할 수 있다. 이상적으로 이용가능한 자료는 연간 평균을 나타낼 것이지만 적절한 평균기간(averaging time)을 이용하여 자료를 변환할 필요가 있을 것이다. 정규분포에 대해 95% 신뢰구간은 ±2 곱하기 모집단의 산정된 표준편차일 것이다. 다른 경우에, 자료는 모든 활동의 합계에 관한 철저한 전수조사를 나타낼 것이다(예, 특정 연료에 대한 전체 에너지 이용). 이러한 경우에, 측정 내지 설문조사 도구에서 오차에 관한 정보는 불확도를 평가하기 위한 기초를 형성할 것이다. 활동자료의 불확도 범위는 독립적 기법 내지 일관성 조사(consistency checks)를 이용하여 설정될 것이다. 예를 들어, 연료소비 자료는 생산의 산정치와 비교될 수 있으며, 이는 다른 기법을 통한 생산의 산정치를 포함한다.

자료가 부문내에서 국가내 변동(intra-country variability)을 나타내는 경우에 평균에서의 불확도와 자료에서의 변동간에 구별이 존재한다. 목적이 개별 국가의 수준에서 연간 평균 배출을 산정하는 것이기 때문에, 국가내 변동을 나타내는 자료는 국가의 전체 지역에 대해 평균이 구해져야 하며,

이러한 평균에서의 불확도가 인벤토리의 기초로서 평가, 이용되어야 한다. 반대로, 국제적 자료가 총계 수준에서 이용가능하고, 이러한 자료가 어떻게 국가별로 분해될 수 있는지에 대해 상세한 내용을 지원하지 않다면, 수정하기에 보다 어려운 척도(scale)에서의 불일치가 존재할 것이다. 전형적으로, 이러한 경우에, 불확도는 지역범위가 감소됨에 따라, 즉, 포함되는 부문의 수가 감소하고 특정지점(site-specific)의 배출자료가 이용가능하지 않다면, 증가하는 경향이 있을 것이다. 그러므로 통합된 국제 자료에 대해 개발된 불확도 범위는 개별 국가에 적용하기 위해 넓혀져야 할 것이다. 통합된 국제 수준에 대해 국가 수준에서 불확도의 상대적 범위를 산정하기 위한 실증적 기초가 없는 경우에, 전문가 판단이 이용될 수 있다.

기본적인 모집단의 표본에 대해, 표본이 무작위이고 모집단에 대표적인지의 여부를 평가할 필요가 있다. 그렇다면, 분포를 정의하기 위해 고전적인 통계기법이 이용될 수 있다. 그렇지 않다면, 자료분석과 분포에 관한 전문가 판단의 도출의 조합이 필요할 것이다. 전자의 경우에, Cullen and Frey (1999)는 본질적 특성(예, 중심경향, 변화의 범위, 왜도)을 평가하기 위해 요약 통계치와 그래픽을 이용한 자료집합의 탐색을 제시한다. 입력에 대한 분포의 수학적 내지 수치적 표현을 접근법 1 내지 2 (3.2.3절 참고)로 선택할 때, 자료를 생성했던 프로세스에 관한 지식과 조합되고, 자료를 조사함으로써 얻어진 통찰력이 고려되어야 한다.

자료집합에 적합한 후보로서 모수분포(parametric distribution)가 선택된다면, 분포의 모수를 산정하기 위해 최우산정법(maximum likelihood estimation)[6] 내지 적률법(method of matching moments)[7]와 같은 기법을 이용할 수 있다. 분포의 적합성은 적합된 누적분포함수(CDF)와 원래의 자료집합과의 비교, 확률도표(probability plots), 적합성 검정(goodness-of-fit tests)을 포함한 다양한 방식으로 평가될 수 있다(예, Cullen and Frey, 1999). 자료집합를 나타내는 모수분포의 선택은 적합성 검정뿐만 아니라, 자료를 생성했던 프로세스 대 분포를 위한 이론적 기반의 유사성에 기초를 두는 것이 중요하다 (예, Hahn and Shapiro, 1967).

자료가 1년 미만에서 평균이 구해진다면, 연간의 불확도를 외삽하는 것이 필요할 것이다. 자료집합이 특정한 부문에 대해 일일 평균배출의 측정에서 변동을 나타내는 예를 고려하자. Frey and Rhodes (1996)에 의해 상세히 기술된 하나의 접근법은 모수분포를 일일 변동을 위한 자료집합에 적합시키고, 분포의 모수에서 불확도를 산정하기 위해 부트스트랩 모의실험(bootstrap simulation)으로 알려진 수치적 기법을 이용하고, 배출계수의 무작위적 연간 평균을 모사하기 위해 몬테카를로 모의실험(Monte Carlo simulation)을 이용하는 것이다. 부트스트랩 모의실험을 이용하여, 적합된 분포의 모수에 대해 표본분포(sampling distribution)의 불확도를 모사할 수 있다(예, Efron and Tibshirani, 1993; Frey and Rhodes, 1996; Frey and Bammi, 2002).

입력들간의 종속성(DEPENDENCE)과 상관관계(CORRELATION)

이 절은 입력들간의 종속성과 상관관계에 관련된 주제의 간단한 개요를 제공한다. 이 주제에 관한 보다 상세한 내용은 Morgan and Henrion (1990), Cullen and Frey (1999), 및 Smith et al. (1992)

6 최우산정법은 관찰된 표본의 가능성(likelihood)을 최대화하는 모수값을 산정치로서 선택한다 (예, Holland and Fitz-Simons, 1982).

7 적률법(method of moments)은 대응하는 표본 적률(moments)과 모집단 적률을 일치시킴으로써 알려지지 않은 모수의 산정량을 발견한다. 이 기법은 이용하기에 쉽고 일치산정량(consistent estimators)을 제공한다. 많은 경우에, 적률법 산정량은 편의적이다 (Wackerly, Mendenhall III and Scheaffer, 1996; pp. 395-397).

에서 찾을 수 있다.

확률분석을 구성할 때, 입력이 가능한 통계적으로 독립이도록 모형을 정의하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 자료가 적어도 부분적으로 차이에 의해 도출되는 많은 하위부문에 대해 활동자료를 산정하려고 하는 것보다, 불확도를 보다 잘 알려진 활동의 통합적 척도(aggregate measures)에 할당하는 것이 보다 나을 것이다. 예를 들어, 가정용 연료 이용은 총소비와 수송, 산업, 상업 부문에서의 이용간의 차이로서 산정될 것이다. 이러한 경우에, 가정용 연료 이용의 불확도의 산정은 나머지 하위부문에서의 연료 이용의 불확도와 음의 상관관계이고, 총소비의 불확도와 비교될 것이다. 그러므로, 각 하위부문에 대해서 개별적으로 불확도를 산정하려고 하는 대신에, 좋은 산정치와 교차조사가 이용가능한 통합된 부문에 대해 불확도를 산정하는 것이 보다 실용적일 것이다.

종속성이 존재할지라도, 종속성이 불확도의 평가에 항상 중요한 것은 아닐 것이다. 입력들간의 종속성은 인벤토리의 불확도가 민감한, 두 가지 입력들간에 종속성이 존재하고 종속성이 충분히 강한 경우에만 중요할 것이다. 대조적으로, 입력들간의 약한 종속성 내지 인벤토리의 불확도가 민감하지 않은 입력들간의 강한 종속성은 분석에 상대적으로 거의 결정적이지 않을 것이다. 물론, 일부 종속성은 중요하며 이러한 관계를 고려하지 않는 것은 잘못된 결과를 가져올 수 있다. 입력들간의 양의 상관관계는 결과(output)의 불확도의 범위를 증가시키는 경향이 있고, 반면에 음의 상관관계는 출력의 불확도의 범위를 감소시키는 경향이 있다. 그렇지만, 불확도에서 양의 상관관계는 추세분석의 일부로서 두 연도들을 비교할 때 추세의 불확도를 감소시킬 것이다.

종속성을 분석에 포함하기 위해 다음과 같은 기법이 고려될 수 있다.

- 종속성의 영향을 최소화하기 위해 부문들을 계층화하거나 통합시킴
- 종속성을 명시적으로 모형화함
- 제한된 쌍체 기법(restricted pairing methods)(이는 많은 소프트웨어패키지에 포함되어 있음)을 이용하여 상관관계를 모사함
- 다변량 자료집합(multivariate datasets)이 이용가능한 경우에 재표본추출 기술(resampling techniques)을 이용함
- 제한된(bounding) 사례 내지 민감성 사례(예, 한 경우는 독립성을 가정하고 다른 경우는 완전한 양의 상관관계를 가정함)를 고려함
- 시간적 자기상관을 분석하거나 모사하기 위해 시계열 기법이 이용될 수 있다.

단순한 예로서, Zhao and Frey (2004a)는 동일한 자료원(data source)에서 구해진 다른 부문들을 위한 배출계수의 불확도 산정치가 부문간에 종속적 내지 독립적으로 간주되어야 하는지 여부의 의미를 평가하고, 이것이 전체적인 인벤토리 불확도에 중요하지 않다는 것을 발견했다. 물론, 이 결과는 특정한 사례 연구에 고유한 것이며 다른 적용사례에서 테스트되어야 한다. 박스 3.2에서 주어진, 보다 복잡한 예로서, Ogle et al. (2003)은 경작 관리 계수의 종속성을 설명했다. 불확도는 감소된 경작 및 무경작 관리에 대한 계수간의 공분산(covariance)[8]을 결정하고, 몬테카를로 모의실험(Monte Carlo simulation)[9] 동안 적절한 상관을 가진 경작계수값을 생성하기 위해 해당 정보를

8 두 변수(x와 y)간의 공분산은 그들간의 상호종속성을 측정한다. 값의 n개 쌍으로 구성되는 표본의 공분산은 평균 x값으로부터의 개별적인 x값들의 편차 곱하기 y값들의 평균으로부터의 대응하는 개별적인 y값의 편차의 합계, 나누기 (n-1)이다.

이용함으로써, 단순 회귀유형 모형에서 자료의 공통적인 집합으로부터 산정되었다. 입력변수들간의 상관관계에 대한 잠재력을 고려하고 가장 큰 종속성을 가질 것 같은 입력변수들에 초점을 맞추어야 한다(예, 관리계수를 인벤토리의 여러 다른 연도에서 동일한 방식(practice)에 대해 적용하거나, 매년 관리활동들간의 상관계수를 적용)

박스 3.2

상관관계를 다루는 몬테카를로 불확도 평가의 예

Ogle et al. (2003)은 토지이용에 관련된 토양 C의 변화와 미국에서의 농업용 토지의 관리를 설명하는 Tier 2 인벤토리에서 불확도를 평가하기 위해 몬테카를로 분석을 수행했다. 관리계수는 선형 복합효과 모형(linear mixed effect models)을 이용하여 75개의 출판물로부터 산정되었다.. PDF는 실행이후 20년동안 30cm 깊이에서 관리효과에 대해 도출되었다. 참고자료(Reference stocks)는 미국농무부(USDA)에 의해 수집된 토양(pedon) 자료를 가지고 있는 미국 토양 조사 특성화 데이터베이스(National Soil Survey Characterisation Database)를 이용하여 산정되었다. PDF는 약 3700가지의 토양으로부터의 평균과 분산에 기초하고 있으며, 군집된 분포패턴 때문에 토양 위치의 공간적 자기상관을 고려하고 있다. 토지이용과 관리 활동자료는 USDA 국내자원인벤토리(USDA National Resources Inventory)에 기록되어 있으며, 여기서는 보존 기술 및 정보 센터(Conservation Technology and Information Center (CTIC))에 의해 제공되는 경작 방법(tillage practices)에 대한 보충자료와 함께, 미국의 400,000개 지점이상에서 농업용 토지 관리를 추적하고 있다. 몬테카를로 분석은 미국 분석자들에 의해 개발된 상업적으로 가용한 소프트웨어패키지와 코드를 이용하여 수행되었다. 분석자들은 공통적인 자료집합에서 도출된 산정모수들간의 종속성을 고려하였다. 예를 들어 특별지정 토지(set-aside lands)에 대한 계수와 경작 및 비경작 조건간의 토지이용 변화는 특별지정을 위한 지시변수를 이용한 단순회귀분석에서 도출되었으며, 그러므로 상호종속적이었다. 분석은 또한 토지이용과 관리활동자료에서의 종속성을 고려하였다. 입력값을 모사할 때, 토양 C에 대한 관리의 상대적인 영향은 경작방법(practice)이 실행된 연도에 관계없이 동일하다고 가정되었기 때문에 계수들은 인벤토리에서 기초 및 현재 연도로부터 완전히 종속적이라고 간주되었다. 이처럼, 계수들은 동일한 무작위 시드값(seed values)으로 모사되었다. 대조적으로, 각 지역의 양(stocks)은 개별적으로 독립적인 자료집합에서 구성되기 때문에, 각각의 기후지역에서 다양한 토양유형에 대한 참고 탄소량(reference carbon stocks)은 다른 무작위 시드를 가지고 독립적으로 모사되었다. 미국 분석자들은 몬테카를로 분석을 위해 50,000회의 반복을 이용하도록 선택하였다. 단지 소수점 한 자리를 보고하고 모의실험 결과가 해당 유의수준에서 상대적으로 안정적인 것으로 간주되기 때문에 이는 만족스러웠다. Ogle et al. (2003)은 무기질 토양(mineral soils)이 6.5에서 15.3 Tg C yr^{-1} 의 범위를 가지는 95% 신뢰구간으로, 1982년과 1997년 사이에 평균 10.8 Tg C yr^{-1} 를 얻었다고 산정하였다. 대조적으로, 관리된 유기질 토양은 6.4에서 13.3 Tg C yr^{-1} 의 범위를 가지는 평균 9.4 Tg C yr^{-1}를 잃었다. 더욱이, Ogle et al. (2003)은 관리계수에서의 변동이 토양 탄소 변화의 최종적인 산정치에 대한 전체 불확도의 90%에 기여한다는 것을 발견하였다.

9 이들 유형의 기법들의 보다 많은 논의와 예제는 Cullen and Frey (1999), Morgan and Henrion (1990), USEPA (1996)에서 제시된다. 이들 문서들은 적절한 문헌에 대한 인용과 함께 참고목록을 또한 포함하고 있다.

3.2.3 불확도를 조합하는 방법

부문에 대해 활동자료, 배출계수 내지 배출의 불확도가 산정되면, 매년의 전체 인벤토리를 위한 불확도 산정치와 시간에 따른 전체적인 인벤토리 추세에서의 불확도를 제공하기 위해 조합될 것이다. 2.5.1절, AFOLU 부문에 대한 권4의 2장의 측정에 기초한 tier 3 인벤토리에서 기술되는 것처럼, 표본추출 이론의 결과는 표본추출이 예를 들어, 탄소량(carbon stock) 변화의 직접적인 측정에 대해 적용되는 경우에 이용될 수 있을 것이다. 이런 상황에서, 표본추출 이론은 활동 및 배출계수를 개별적으로 특징지을 필요가 없이, 주어진 부문에 대해 배출/흡수의 불확도 산정치를 제공한다.

조합된 불확도의 산정에 대한 두 가지 접근법이 아래 절들에서 제시된다: 접근법 1은 표본오차 증식식(simple error propagation equations)을 이용하고, 반면에 접근법 2는 몬테카를로 내지 유사 기법을 이용한다. 각각의 접근법은 각 접근법의 가정 및 제한과 자원의 이용가능성하에서 배출활동 내지 흡수활동을 위해 이용될 것이다. 접근법의 통계적 계산방법에 관한 보완적인 단계별 설명이 3.7.1절과 3.7.2절에서 제시될 것이다.

3.2.2.1에서 설명한 것처럼, 접근법 1 내지 2를 적용하기 전에 편의를 다루어야 한다. 예를 들어, 3.2.2.1절에서 논의된 것처럼, 편의와 모형화 접근법들간의 잠재적 불일치에 관한 평가를 수행해야 하고, 인벤토리 산정치를 개선하기 위해 확인된 조치를 취해야 한다. 접근법 1과 2는 알려진 편의의 원천이 제거된, 인벤토리 결과의 불확도의 무작위 요소를 계량화하는데 초점을 맞춘다. 인벤토리 산정치는 여전히 미지의 편의를 포함하고 있으며 분석에서 모든 오차는 무작위적으로 행동한다고 가정된다 (Winiwarter and Rypdal, 2001).

3.2.3.1 접근법 1: 오차의 증식

접근법 1은 오차 증식에 기초를 두고 개별적인 부문, 전체적인 인벤토리, 그리고 관심있는 연도와 기준 연도간의 추세에서의 불확도를 산정하는데 이용된다. 주요한 가정, 요구사항, 절차가 여기에 기술된다.

접근법 1은 상업적인 스프레드시트 소프트웨어에서 작성될 수 있는, 표 3.2, 접근법 1 불확도 계산을 이용하여 수행되어야 한다. 이 표는 부문별 *우수실행지침(good practice guidance)*[10]에 일관적인 활동자료 및 배출계수에 대한 불확도 범위를 이용하여 부문 수준에서 완료된다. 다른 가스들은 CO_2 등가(equivalents)로 개별적으로 입력되어야 한다.

접근법 1의 주요 가정

접근법 1에서 배출 내지 흡수에서의 불확도는 오차증식 식(error propagation equation)을 통해 활동자료, 배출계수, 기타 산정 모수의 불확도로부터 증식될 수 있다 (Mandel, 1984, Bevington and Robinson, 1992). 상관관계가 존재하면, 상관관계를 명시적으로 포함하거나 상관관계가 덜 중요하게 되는 적절한 수준으로 자료를 통합할 수 있다. 접근법 1은 또한 이론적으로 표준편차 나누기

10 산정치가 모형으로부터 도출된 경우에, 모형을 가동하는데 이용되는 활동자료와 관련된 불확도를 입력하고 , 배출계수 불확도 대신에 모형 모수와 관련된 불확도를 입력한다. 전문가 판단 또는 모형구조에 관련된 오차증식 계산을 이용하는 것이 필요할 것이다. 한 부문에 대해 모형에서 구해진 불확도 산정치를 개별적인 활동 및 배출계수 요소들로 분리하는 것이 비실용적이라면, 배출계수 열에 부문에 대한 총불확도를 입력하고 활동계수 열에 0의 불확도를 할당한다.

평균값이 0.3 미만임을 요구한다. 그렇지만, 실제적으로, 접근법은 이러한 기준이 엄격히 충족되지 않고 일부 상관관계가 남아있을지라도 정보적 결과(informative results)를 제공할 것이다. 접근법 1은 배출 및 활동계수에서의 불확도의 상대적인 범위가 기준연도와 연도 t에 동일하다는 것을 가정한다. 이러한 가정은 종종 정확하거나 근사적으로 정확하다. 접근법 1의 주요 가정의 어느 것이 적용되지 않는다면, 접근법 1의 대안적 버전이 개발될 수 있거나(예, 3.4절 참고) 접근법 2가 대신에 이용될 수 있다.

표준편차 나누기 평균이 0.3보다 큰 경우에 접근법 1의 신뢰성(reliability)을 개선할 수 있다. 이 절의 '접근법 1의 결과에서 크고 비대칭인 불확도 처리' 절에서 이 방법을 기술하고 있다.

접근법 1의 주요 요구사항

접근법 1을 이용하여 불확도를 계량화하기 위해, 출력을 산정하기 위해 모든 입력이 조합되는 식뿐만 아니라, 각각의 입력에 대한 평균과 표준편차의 산정치가 요구된다. 가장 단순한 식은 통계적으로 독립인(무상관인) 입력을 포함한다.

부문들에서의 불확도가 결정되면, 그들은 어떤 연도의 전체 인벤토리에 대한 불확도 산정치와 시간에 따른 전체 인벤토리 추세에서의 불확도를 제공하기 위해 조합될 것이다. 아래에서 보다 깊이 논의되는 것처럼, 이들 불확도 산정치는 가산 및 승산(addition and multiplication)하에서 무상관인 불확도를 조합하기 위해 두 가지 편리한 규칙을 이용하여 조합될 수 있다.

접근법 1의 절차

접근법 1은 두 가지 단계로 오차증식 식을 이용하여 불확도를 산정한다. 첫 번째, 식 3.1 근사는 부문과 온실가스에 의해 배출계수, 활동자료, 기타 산정 모수 범위를 조합하기 위해 이용된다. 두 번째, 식 3.2 근사법은 국가적 배출의 전체 불확도와 기준 연도 및 현재 연도간의 국가적 배출의 추세에 도달하기 위해 이용된다.

연간 추세의 불확도

오차증식 식[11]은 가산 및 승산하에서 무상관인 불확도를 조합하는 두 가지 편리한 규칙을 생성한다:

- 불확실한 값들(uncertain quantities)이 승산에 의해 조합되는 경우에, 그 합계의 표준편차는 가산되는 값들의 표준편차의 제곱합의 제곱근일 것이다. 표준편차는 변동계수로 모두 표현되며, 이는 표준편차의 적절한 평균값에 대한 비율이다. 이 규칙은 모든 확률변수(random variables)에 대해 근사적이다. 전형적인 상황에서, 이 규칙은 변동계수가 근사적으로 0.3보다 작을 때 상당히 정확하다.

단순한 식(식 3.1)이 곱의 불확도에 대해 도출될 수 있으며, 백분율로 표현된다.

11 *국가 온실가스 인벤토리에 대한 우수실행지침 및 불확도 관리* (*GPG2000*, IPCC, 2000)의 첨부 1과 *1996 IPCC 가이드라인* (Reporting Instructions) (*1996 IPCC 가이드라인*, IPCC, 1997)의 첨부 I에서 보다 광범위하게 논의된다.

식 3.1
불확도의 조합 - 접근법 1 - 승산

$$U_{total} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + \ldots + U_n^2}$$

여기서:

U_{total} = 값들의 곱에서의 백분율 불확도(95% 신뢰구간의 절반 나누기 합계이고 백분율로 표시됨)

U_i = 각각의 값과 관련된 백분율 불확도

- 불확실한 값들이 가산 내지 감산에 의해 조합되는 경우에, 그 합계의 표준편차는 절대값으로 모두 표현된 표준편차로 더해진 값들의 표준편차의 제곱합의 제곱근일 것이다(이 규칙은 무상관인 변수들에 대해 정확하다).

이러한 해석을 이용하여, 단순한 식(식 3.2)이 합의 불확도에 대해 도출될 수 있으며, 백분율로 표현된다.

식 3.2
불확도의 조합 - 접근법 1 - 가산과 감산

$$U_{total} = \frac{\sqrt{(U_1 \cdot X_1)^2 + (U_2 \cdot X_2)^2 + \ldots + (U_n \cdot X_n)^2}}{|X_1 + X_2 + \ldots + X_n|}$$

여기서:

U_{total} = 값들의 합에서의 백분율 불확도(95% 신뢰구간의 절반 나누기 합계(즉, 평균)이고 백분율로 표현됨). 그러므로 '불확도'은 95% 신뢰구간에 기초한다.

X_i와 U_i = 각각 불확실한 값과 그것과 관련된 백분율 불확도

온실가스 인벤토리는 원칙적으로 배출계수, 활동계수, 기타 산정 모수의 곱의 합계이다. 그러므로, 식 3.1과 3.2는 총 인벤토리의 불확도를 산정하기 위해 반복적으로 이용될 수 있다. 실제적으로, 인벤토리 부문에서 발견되는 불확도는 작은 백분율에서 10의 차수(orders of magnitude)까지 다양하고 상관관계를 가질 것이다. 이는 변수들이 무상관이라는 식 3.1과 3.2의 가정 및 변동계수가 30%보다 작다는 식 3.2의 가정과 일치하지 않지만, 이러한 상황에서, 식 3.1과 3.2는 여전히 근사적인 결과를 구하기 위해 이용될 것이다.

추세에서의 불확도

추세 불확도는 2가지 민감도를 이용하여 산정된다.

- A형 민감도: 기준 연도와 현재 연도간의 전체 배출에서의 차이에서의 변화로, 백분율로 표현되며, 기준 연도와 현재 연도에서 주어진 부문의 배출 내지 흡수 및 가스에서의 1% 증가로부터 발생한다.

- B형 민감도: 기준 연도와 현재 연도간의 전체 배출에서의 차이에서의 변화로, 백분율로 표현되며, 현재 연도에서만 주어진 부문의 배출 내지 흡수 및 가스에서의 1% 증가로부터 발생한다.

유형 A와 유형 B 민감도는 단지 계산 절차를 단순하게 하는 매개변수이다. 분석의 결과는 단지 1%의 변화에 제한되지 않고 대신에 각 부문에 대한 불확도의 범위에 좌우된다.

개념적으로, 유형 A 민감도는 기준 연도와 현재 연도에서 동일하게 배출 내지 흡수에 영향을 미치는 불확도로부터 발생하고, 유형 B 민감도는 단지 현재 연도에서 배출 내지 흡수에 영향을 미치는 불확도로부터 발생한다. 연도간에 완전 상관인 불확도는 유형 A 민감도에 관련될 것이고, 연도간에 상관되지 않는 불확도는 유형 B 민감도에 관련될 것이다. 배출계수(그리고 기타 산정 모수) 불확도는 유형 A 민감도를 가지는 경향이 있을 것이고, 활동자료 불확도는 유형 B를 가지는 경향이 있을 것이다. 그렇지만, 이러한 관련성이 항상 성립하지는 않으며 특정한 국가적 상황을 반영하기 위해 유형 A 민감도가 활동자료에, 유형 B 민감도가 배출계수에 적용되는 것은 가능하다. 유형 A와 유형 B 민감도는 상관관계의 근사적 분석을 위해 도입된 단순화이다.

유형 A와 유형 B 민감도에 의해 국가적 인벤토리에 도입된 불확도들이 계산이 되면, 그들은 추세에서의 전체 불확도를 제공하기 위해 오차증식 식(식 3.1)을 이용하여 합산될 수 있다.

접근법 1 불확도 계산을 위한 워크시트

표 3.2, 접근법 1 불확도 계산의 열들(columns)은 A에서 M까지 표시되며 아래의 정보를 포함하며, 주요 식의 도출은 3.7절, 기술적 배경 정보의 3.7.1절에서 제시된다.

- A와 B는 IPCC 부문과 온실가스를 보여준다.
- C와 D는 각각 A와 B열에서 지정된 부문과 가스에 대한 기준연도와 현재연도[12]에서의 인벤토리 산정치이고, CO_2 등가로 표현된다.
- E와 F는 이 장에서 이전에 기술된 것처럼 실증적 자료와 전문가 판단의 혼합으로부터 도출되는 활동자료와 배출계수의 불확도를 각각 포함하며, 95% 신뢰구간의 절반 나누기 평균으로 입력되며 백분율로 표현된다. 95% 신뢰구간을 반으로 나누는 이유는 이런 형태의 전문가 판단이 스프레드시트에 직접 입력될 수 있도록 불확도가 '± x 퍼센트'로 불확도가 인용될 때 E와 F열에 입력되는 값은 익숙한 ± 값에 해당하기 때문이다. 불확도가 매우 비대칭적이라고 알려져 있다면, 평균과 신뢰한계(confidence limit)간의 보다 큰 백분율 차이를 입력한다.
- G는 부문에 의해 조합된 불확도로 오차증식 식(식 3.2)을 이용하여 E와 F열에서의 자료로부터 도출된다. 그러므로 G열에서의 입력은 E와 F열에서의 입력의 제곱합의 제곱근이다.
- H는 현재 연도에서 전체적인 국가적 배출의 백분율로서 G열에서의 불확도를 보여준다. H열의 각각의 행(row)에서의 입력은 G열에서의 입력의 제곱 곱하기 D열에서의 입력의 제곱, 나누기 D열의 하단에 있는 총제곱이다. H열의 하단에 있는 값은 현재 연도에서 전체적인 국가적 순배출에서의 백분율 불확도의 산정치이고, 식 3.1을 이용하여 위의 입력으로부터 계산된다. 이 총계는 H열에서의 입력을 합하고 제곱근을 취하여 구해진다.

12 현재연도는 목록자료가 이용가능한 가장 최근의 연도이다.

- I는 어떻게 기준 연도와 현재 연도간의 배출에서의 백분율 차이가 기준 연도와 현재 연도에 대한 부문별 배출/흡수에서의 1% 증가에 대응하여 변화하는지를 보여준다. 이는 산정에서의 체계적 불확도에 대한 배출에서의 추세의 민감도를 보여준다(즉, 기준 연도와 현재 연도간에 상관관계). 이는 위에서 정의된 것처럼 유형 A 민감도이다.
- J는 어떻게 기준 연도와 현재 연도간의 배출에서의 백분율 차이가 단지 현재 연도에서의 부문별 배출/흡수에서의 1% 증가에 대응하여 변화하는지를 보여준다. 이는 산정치에서의 무작위 오차에 대한 배출에서의 추세의 민감도를 보여준다(즉, 기준 연도와 현재 연도간에 무상관). 이는 위에서 정의된 것처럼 유형 B 민감도이다.
- K는 배출계수에서의 불확도는 연도간에 상관관계가 있다는 가정하에, 배출계수 불확도에 의해 배출에서의 추세에 도입된 불확도를 보여주기 위해 I와 F열의 정보를 이용한다. 사용자가 배출계수 불확도가 연도간에 무상관이라고 결정한다면 J열의 입력은 I열의 입력을 대신하여 이용되어야 하며 그 결과에 $\sqrt{2}$가 곱해진다.
- L은 활동자료의 불확도가 연도간에 무상관이라는 가정하에, 활동자료 불확도에 의해 배출에서의 추세에 도입된 불확도를 보이기 위해 J와 E열의 정보를 이용한다. 사용자가 활동자료 불확도가 연도간에 무상관이라고 결정한다면 I열의 입력은 J열의 입력을 대신하여 이용되어야 하고 $\sqrt{2}$ 계수는 적용되지 않는다.
- M은 문제의 부문에 의해 국가적 배출에서의 추세에 도입된 불확도의 산정치이다. 접근법 1하에서, 이는 식 3.2를 이용하여 K와 L열의 자료로부터 도출된다. 그러므로 M열의 입력은 K와 L열의 입력의 제곱합이다. 이 열의 하단에 있는 총계는 추세에서의 전체 불확도의 산정치이며, 오차증식 식을 이용하여 위의 입력으로부터 계산된다. 이러한 총계는 M열의 입력을 합산하고 제곱근을 취하여 구해진다. 추세에서의 불확도는 인벤토리 추세에 상대적인 백분율 포인트 범위(percentage point range)이다. 예를 들어, 현재 연도 배출이 기준연도 배출보다 10% 크고, M열의 하단에 있는 추세 불확도가 5%로 보고된다면, 추세 불확도는 기준 연도 배출에 상대적인 현재연도 배출에 대해 10% ±5%(또는 5%에서 15%까지 증가)이다.
- 설명을 위한 각주가 표의 최하단에 있으며 (측정된 자료를 포함하여) 불확도 자료의 참고문헌 내지 기타 적절한 설명을 제시한다.

완전한 수치 자료를 가지는 스프레드시트의 예제가 3.6절, 접근법 1 불확도 계산 예제에서 제시된다. 이 접근법의 상세한 내용은 3.7.1절에서 제시되고, 추세에서의 불확도의 도출은 3.7.2절에 존재한다.

표 3.2
접근법 1 불확도 계산

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
IPCC 부문	가스	기준연도의 배출 혹은 흡수량	t 연도의 배출 혹은 흡수량	활동자료의 불확도	배출계수/산정입력변수 불확도	합성 불확도	연도 t에서 부문에 의한 분산에 대한 기여	A 유형 민감도	B 유형 민감도	배출계수/산정입력변수 불확도에 의해 제시된 국가 배출량 경향의 불확도	활동자료 불확도에 의해 제시된 국가 배출량 경향의 불확도	총 국가의 배출경향에 제시된 불확도
		입력자료	입력자료	입력자료 주석 A	입력자료 주석 A	$\sqrt{E^2 + F}$	$\frac{(G \cdot D)^2}{\left(\sum D\right)^2}$	주석 B	$\left\lvert \frac{D}{\sum C} \right\rvert$	$I \cdot F$ 주석 C	$J \cdot E \cdot \sqrt{2}$ 주석 D	$K^2 + L^2$
		Gg CO_2 등가	Gg CO_2 등가	%	%	%		%	%	%	%	%
예, 1.A.1 에너지 산업 연료 1	CO_2											
예, 1.A.1 에너지 산업 연료 2	CO_2											
등등	...											
총계		$\sum C$	$\sum D$				$\sum H$					$\sum M$
					총인벤토리에서의 백분율 불확도:		$\sqrt{\sum H}$				추세 불확도:	$\sqrt{\sum M}$

주석 A: (배출계수와 활동자료 각각에 대해서가 아니고) 부문에 대해 전체 불확도가 알려져 있다면

불확도가 연도간에 상관이면, 불확도를 F열에 입력하고 E열에 0을 입력한다.

불확도가 연도간에 상관이 아니면, 불확도를 E열에 입력하고 F열에 0을 입력한다.

주석 B:

$$\frac{0.01 \cdot D_x + \sum D_i - (0.01 \cdot C_x + \sum C_i)}{(0.01 \cdot C_x + \sum C_i)} \cdot 100 - \frac{\sum D_i - \sum C_i}{\sum C_i} \cdot 100$$ 의 절대값

여기서

C_x, D_x = 특정 부문을 나타내는 해당 열과 표의 x행에서의 입력

$\sum C_i$, $\sum D_i$ = 해당하는 열의 인벤토리의 모든 부문들(행)에 대한 합계

주석 C: 배출계수들간에 무상관이 가정되는 경우에, 민감도 B가 이용되어야 하고 그 결과에 $\sqrt{2}$가 곱해진다.

$K_x = J_x \cdot F_x \cdot \sqrt{2}$

주석 D: 활동자료들간에 상관이 가정되는 경우에, 민감도 A가 이용되어야 하고 $\sqrt{2}$는 필요없다.

$L_x = I_x \cdot E_x$

크고 비대칭인 불확도 다루기

3.7.3절은 불확도의 상대적인 범위가 비음이어야 하는 값에 대해 크다면 접근법 1로부터의 결과가 어떻게 해석될 수 있는지에 관한 상세한 내용을 제공한다. 접근법 1의 기초가 되는 오차증식 방법은 표준편차 나누기 평균이 0.3미만으로, 불확도가 상대적으로 작다면 잘 작동한다. 불확도가 보다 크다면, 접근법 1은 계속해서 이용될 것이며, 정보적 결과(informative results)를 제공한다. 그렇지만 어떤 수정없이, 이 접근법은 승수(내지 지수)항의 불확도를 과소산정하는 경향이 있을 것이다. 더욱이, 상대적인 불확도가 비음값에 대해 크다면, 불확도 범위는 전형적으로 비대칭일 것이고, 접근법 1은 이런 비대칭성을 계량화하지 않는다. 두 번째 선택은 접근법 2를 이용하는 것이지만 이것이 항상 가능하지는 않을 것이다. 세 번째 선택은 수정된 접근법 1을 이용하는 것이다. 예를 들어, 3.7.3정에서 이후에 보다 상세히 논의되는 것처럼, 평균에 대한 -65%에서 +126%의 불확도는 단순히 ±100%로 산정될 수 있을 것이다. 이 예는 접근법 1의 결과를 일부 수정하여 적절히 다루어질 수 있다. 접근법 2 대신에, (적용가능한 경우에) 접근법 1에 적용된 수정을 이용하는 것의 장점은 상대적으로 단순한 스프레드시트 기반의 계산방법이 이용될 수 있고 전문적인 몬테카를로 모의실험 소프트웨어를 이용할 필요가 없다는 것이다.

3.2.3.2 접근법 2: 몬테카를로 모의실험(MONTE CARLO SIMULATION)

몬테카를로 분석은 불확도의 상세한 부문별 평가, 특히 불확도가 크고, 분포가 비정규이고, 알고리즘이 복합 함수(complex functions)이고, 일부 활동집합과 배출계수들간에 상관관계가 존재하는 경우에 적합하다.

몬테카를로 모의실험에서는 각각의 입력을 위해 지정된 PDF에 따라 모형입력의 가상적 확률표본(pseudo-random samples)이 생성된다. 표본들은 가상적 난수생성기(PRNG)로 불리는 알고리즘에 의해 생성되기 때문에 '가상적 무작위(pseudo-random)'로 불리며, PRNG는 (PRNG의 압력으로 할당된 무작위의 시드(seeds)에 따라) 재생가능한 수열을 생산하며 수열들은 무작위 속성을 가진다. 상세한 내용은 다른 곳에서 이용가능하다 (예,Barry, 1996). 모형이 두 개 이상의 입력을 가진다면, 확률표본(random samples)은 각각의 입력을 위한 PDF로부터 생성되며, 모형 출력의 산정치에 도달하기 위해 각각의 입력을 위한 난수값이 모형에 입력된다. 이러한 프로세스는 모형 출력의 다수 산정치들에 도달하기 위해 희망한 반복횟수만큼 반복된다. 다수의 산정치들은 모형의 출력에 관한 PDF의 표본값들이다. 모형의 출력, 평균, 표준편차, 95% 신뢰구간, 출력의 기타 속성을 위해 PDF의 표본들을 분석함으로써 PDF가 추론될 수 있다. 몬테카를로 모의실험은 수치적 기법이기 때문에, 반복횟수가 증가됨에 따라 결과의 정밀도는 전형적으로 개선된다. Latin Hypercube sampling (LHS)와 같은 유사한 기법에 관해서 뿐만아니라, 몬테카를로 모의실험의 방법론에 관한 보다 상세한 내용은 Hahn and Shapiro (1967), Ang and Tang (1984), Morgan and Henrion (1990)에 의해 제시되고 있다.

접근법 2의 주요 가정

접근법 2 하에서, 접근법 1을 위해 요구되는 단순화 가정을 완화시킬 수 있다. 그러므로, 수치적 통계기법, 특히 몬테카를로 기법은, 일반적으로 적용될 수 있을 때, 다음의 경우에 배출/흡수에서의 불확도를 산정하는데 접근법 1보다 더 적절하다.

- 불확도가 클 때
- 분포가 비정규(non-Gaussian)일 때
- 알고리즘이 복합 함수(complex functions)일 때
- 상관관계가 활동자료 집합, 배출계수들간에 발생할 때
- 불확도가 인벤토리의 여러 다른 연도에 대해 다를 때

접근법 2의 주요 요구사항

몬테카를로 모의실험은 분석자로 하여금 불확도가 계량화되는 각각의 모형입력를 합리적으로 나타내는 PDF (Fishman, 1996 참고)를 지정하도록 요구한다. PDF는 자료의 통계적 분석 내지 전문가 응답도출을 포함하여 3.2.2.4 절에 기술된 것처럼, 다양한 방법에 의해 구해질 것이다. 주요 고려사항은 분포가 평균을 구하는 기간, 위치 및 특정한 평가에 관련한 기타 조절요인(conditioning factors)(예, 농업용 온실가스 배출에 영향을 주는 기후조건)에 관한 일관적인 기본 가정에 기초하도록, 배출/흡수 계산 모형에 대한 입력변수을 위한 분포를 개발하는 것이다.

몬테카를로 분석은 (시간면에서 그리고 배출활동/흡수활동 부문간의) 상관관계의 변화정도를 다룰 뿐만 아니라, 물리적으로 가능한 어떠한 모양과 폭의 확률밀도함수도 다룰 수 있다. 몬테카를로 분석은 보다 복잡한 모형(예, 매립지로부터의 CH_4에 대한 1차 부패)뿐만 아니라 단순한 모형(예, 각각 승수적 계수(multiplicative factors)를 이용하여 산정되는 배출활동 및 흡수활동의 합계인 배출 인벤토리)도 다룰 수 있다.

접근법 2의 절차

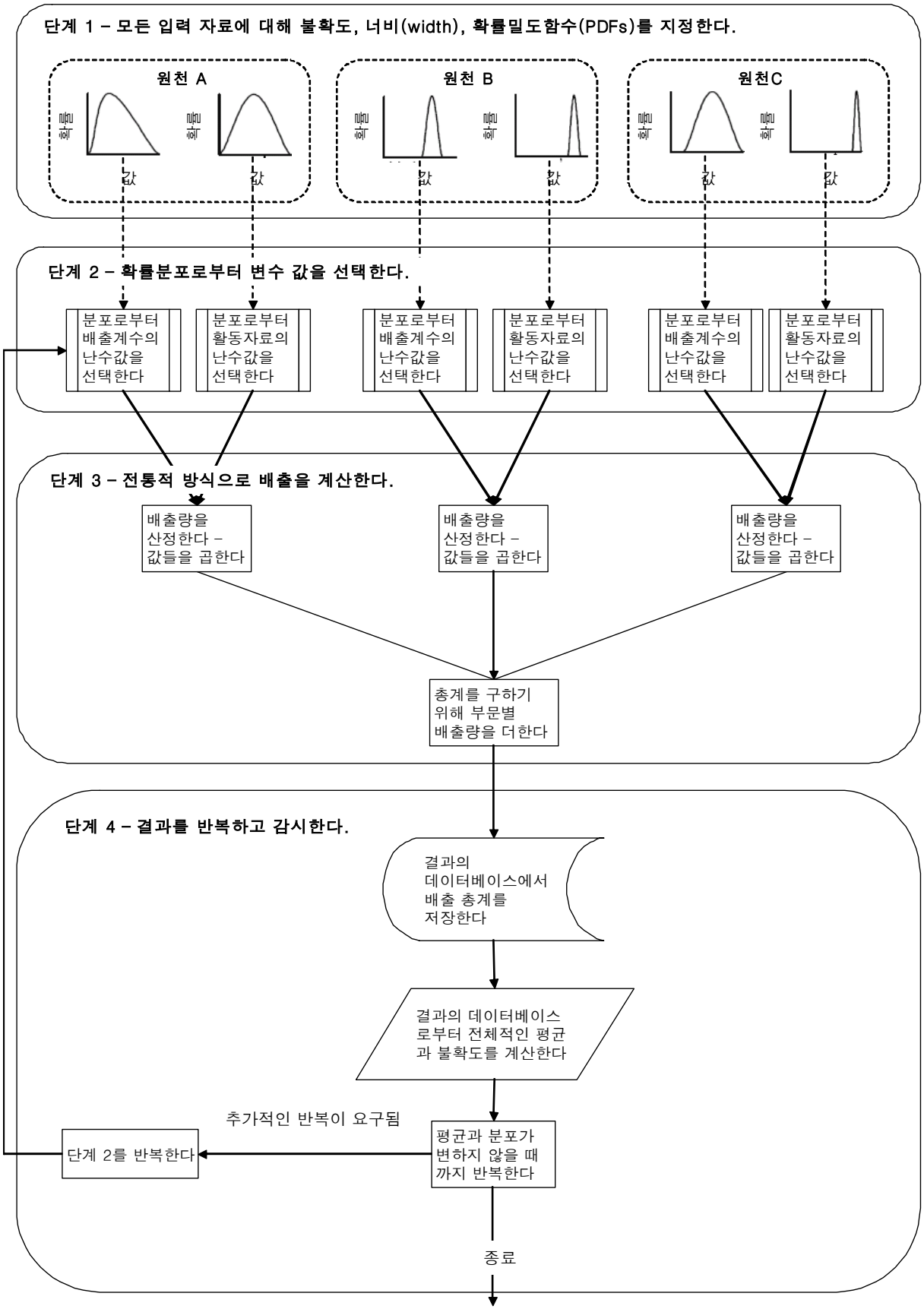
몬테카를로 분석의 원칙은 개별적인 확률밀도함수로부터 배출계수, 활동자료 및 기타 산정 모수의 난수값을 선택하고, 대응하는 배출값을 계산하는 것이다. 이러한 절차는 컴퓨터를 이용하여 많은 횟수로 반복되고, 수행된 각각의 계산 결과는 전체적인 배출 확률밀도함수를 구성한다. 몬테카를로 분석은 부문별 수준에서, 부문들의 통합을 위해 또는 전체적으로 인벤토리를 위해 수행될 수 있다. 통계 소프트웨어 패키지는 즉시 이용가능하며, 이들 중 일부는 매우 사용하기에 편한 (user-friendly) 몬테카를로 알고리즘을 포함하고 있다[13]

모든 방법들과 동일하게, 몬테카를로 분석은 그것이 적절히 수행된다면 만족스러운 결과를 단지 제공한다. 이는 분석자가 인벤토리에 관한 과학적이고 기술적인 이해를 가질 것을 요구한다. 물론, 결과는 전문가 판단을 포함하여, 입력 자료가 정상적인 경우에 단지 타당할 것이다.

몬테카를로 접근법은 그림 3.7에서 보이는 네 가지의 명확히 정의된 단계로 구성된다. 이들의 첫 번째만이 사용자의 노력을 요구하고, 나머지는 소프트웨어 패키지에 의해 처리된다. 배출인벤토리 계산, PDF 및 상관관계 값은 몬테카를로 패키지에서 설정되어야 한다. 소프트웨어는 이후의 단계를 수행한다. 어떤 경우에는 인벤토리작성자가 몬테카를로 모의실험을 수행하기 위해 자신의 프로그램을 설정하고자 할 지 모른다; 이는 통계 소프트웨어를 이용하여 수행될 수 있다. 아래의 '모의실험 기법과 표본 크기의 선택' 절은 다양한 소프트웨어 패키지의 간단한 논의를 포함하고 있다.

13 Winiwarter and Rypdal (2001), Eggleston et al. (1998), Monni et al. (2004)는 전체 인벤토리와 배출 추세에서 불확도를 산정하기 위해 국가적 온실가스 인벤토리에 적용되는 몬테카를로 분석의 예들을 제공한다. 몬테카를로 분석의 이용에 관한 다른 예는 McCann et al. (1994)에서 제공된다. 이 기법의 보다 상세한 기술과 적용은 Bevington and Robinson (1992), Manly (1997), Morgan and Henrion (1990), Cullen and Frey (1999)에서 제시된다. 몬테카를로 분석의 적용에 관한 간단한 예는 Ogle et al. (2003)에 기초한 박스 3.2에서 제공된다.

그림 3.6 몬테카를로 기법의 설명



단계 1: 부문 불확도를 지정한다. 이는 산정 모수 및 활동자료, 관련된 평균 및 PDF, 상관관계를

포함한다. 불확도는 3.2.1과 3.2.2절에서의 지침을 따라 평가될 수 있다. 상관관계의 평가에 대한 지침에 대해, 이 절에서의 '입력간 종속성 및 상관관계'와 박스 3.2를 참고한다.

단계 2: 확률변수를 선택한다. 입력값을 선택한다. 입력값은 인벤토리 계산에서 적용되는 산정치이다. 이는 반복의 시작이다. 각각의 입력자료 항목을 위해, 수치는 해당 변수의 PDF로부터 무작위로 선택된다.

단계 3: 배출 및 흡수를 산정한다. 단계 2에서 선택된 변수는 입력값에 기초한 연간 배출 및 흡수를 산정하기 위해 이용된다. 100%의 상관관계를 포함하기 쉬우며, 좋은 몬테카를로 패키지는 다른 상관관계가 포함되도록 허용한다. 배출 계산은 국가적 인벤토리를 산정하는데 이용되는 것과 동일해야 되기 때문에, 몬테카를로 프로세스는 연간 배출 산정치로 완전히 통합될 수 있다.

단계 4: 결과를 반복하고 감시한다. 결과를 반복하고 감시한다. 단계 3으로부터의 계산된 총계가 저장되고, 프로세스는 단계 2로부터 반복된다. 반복으로부터의 결과는 평균과 PDF를 계산하는데 이용된다.

접근법 2 추세에서의 불확도

접근법 2 몬테카를로 기법은 주어진 연도에서의 절대적인 배출값에서 뿐만 아니라 추세에서의 불확도를 산정하는데 이용될 수 있다. 절차는 이전 절에서 기술된 것의 단순한 확장이다.

여기서 추세는 기준 연도와 관심있는 연도(연도 t)간의 백분율 차이[14]로서 정의된다. 그러므로 몬테카를로 분석은 두 개 연도를 동시에 산정하도록 설정될 필요가 있다. 아래의 단계는 그 절차를 보여준다.

단계 1: 배출활동/흡수활동 부문 불확도를 지정한다. 배출계수, 활동자료 및 기타 산정모수에 대한 확률밀도함수를 결정한다. 이는 기준 연도와 현재 연도 모두에 대해 수행될 필요가 있고, 자료간의 관계가 고려될 필요가 있다는 것을 제외하고는 위에 기술된 것과 동일한 절차이다. 많은 부문을 위해, 동일한 배출계수가 각각의 연도를 위해 이용될 것이다(즉, 양쪽 연도를 위한 배출계수는 100% 상관이다). 이런 경우에, 하나의 분포가 기술되고 이로부터 선택된 값은 단계 3에서 각각의 연도를 위해 이용된다. 기술 내지 방식(practices)에서의 변화는 시간에 따라 배출계수를 변화시킬 것이다. 이러한 경우에, 낮거나 0의 상관관계를 가지는 두 가지 배출계수가 이용되어야 한다. 배출계수가 무작위 요소를 포함하거나 매년 예측할 수 없도록 변한다면, 개별적인 배출계수들이 또한 이용되어야 한다(예, 연료의 시장공급에 따라 변할 수 있고 자신의 불확도를 포함하는 화석연료 탄소 내용물(fossil fuel carbon content)). 일반적으로 활동자료에서의 불확도는 연도간 무상관인 것으로 가정되므로, 모수들이 동일할 지라도, 이들 분포로부터의 두 가지 다른 무작위적 선택이 단계 3에서 생성되도록, 두 가지 분포가 입력되어야 한다. 이용되는 컴퓨터 패키지는 다른 상관관계가 설정되도록 할 수 있으며 충분한 정보가 이용가능하면 이러한 능력을 이용할 수 있을 것이다. 그렇지만, 이는 단지 소수의 경우에서만 아마 필요할 것이다.

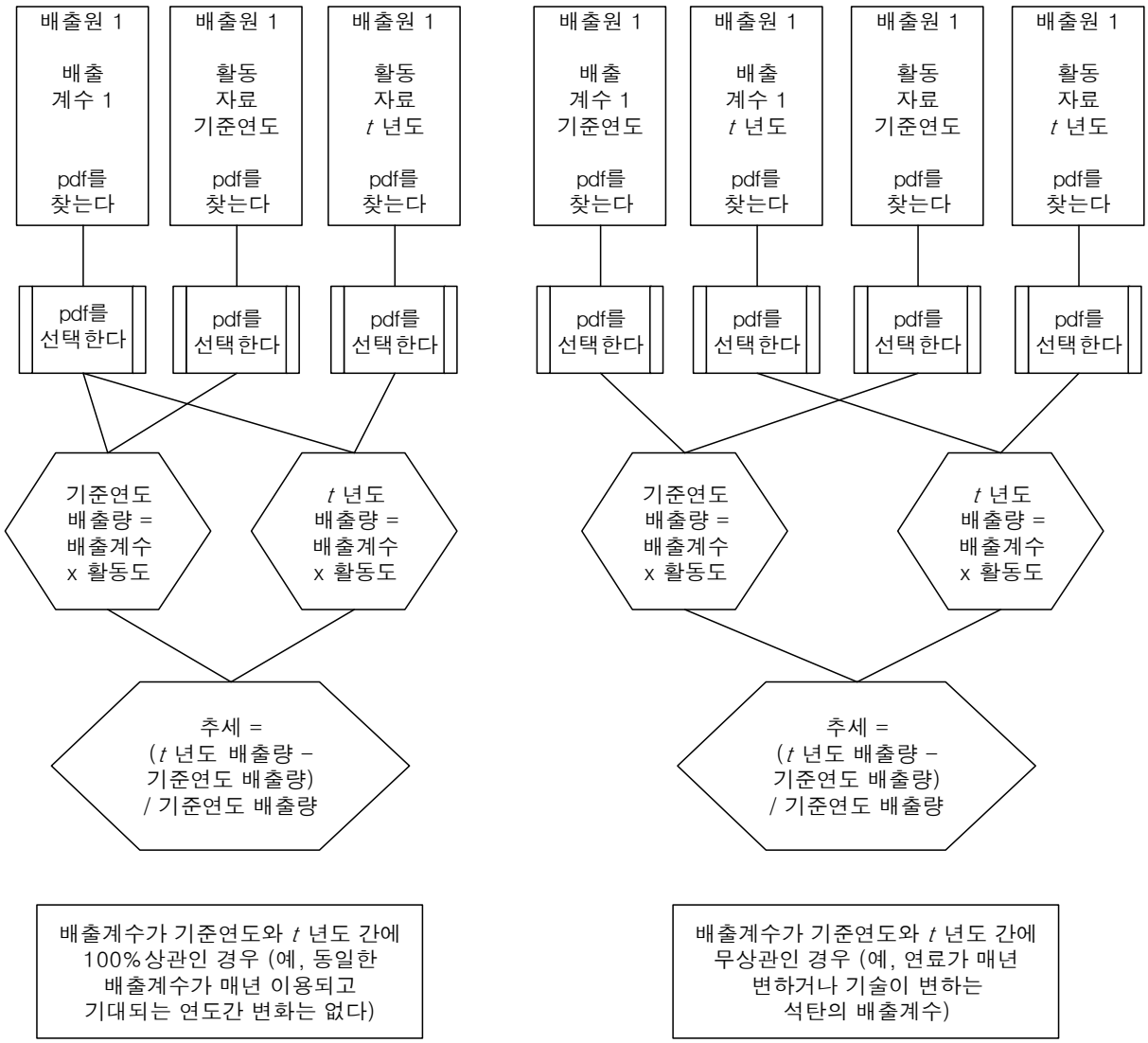
단계 2: 확률변수를 선택한다. 컴퓨터 프로그램은 확률밀도함수(PDF)간의 상관관계를 고려하면서, 이전에 기술된 것처럼 진행할 것이다. 아래의 그림 3.7은 추세 분석에 대한 계산 체계를 보여준다.

단계 3: 배출을 산정한다. 이전 기술에서처럼, 단계 2에서 선택된 변수는 총배출을 산정하기 위해 이용될 것이다.

14 백분율 차이 = (연도 t에서의 값 - 기준연도에서의 값) / 기준연도에서의 값

단계 4: 결과. 단계 3에서 계산된 총배출은 자료 파일에 저장된다. 프로세스는 결과의 적절한 수렴이 존재할 때까지 단계 2로부터 반복된다. 이에 대한 고려사항은 위에 기술된 것과 동일하다. 다양한 결과가 기준 연도를 위한 전체 및 부문별 배출/흡수, 연도 t을 위한 전체 및 부문별 배출/흡수, 그리고 전체 및 관심있는 부문에 대한 이들간 백분율 차이(추세)를 포함하여 동시에 산정된다.

그림 3.7 배출계수 곱하기 활동의 비율로서 산정되는, 단일부문의 절대적인 배출 및 추세에 관한 몬테카를로 분석을 위한 계산 체계



모의실험 기법 및 표본 크기의 선택

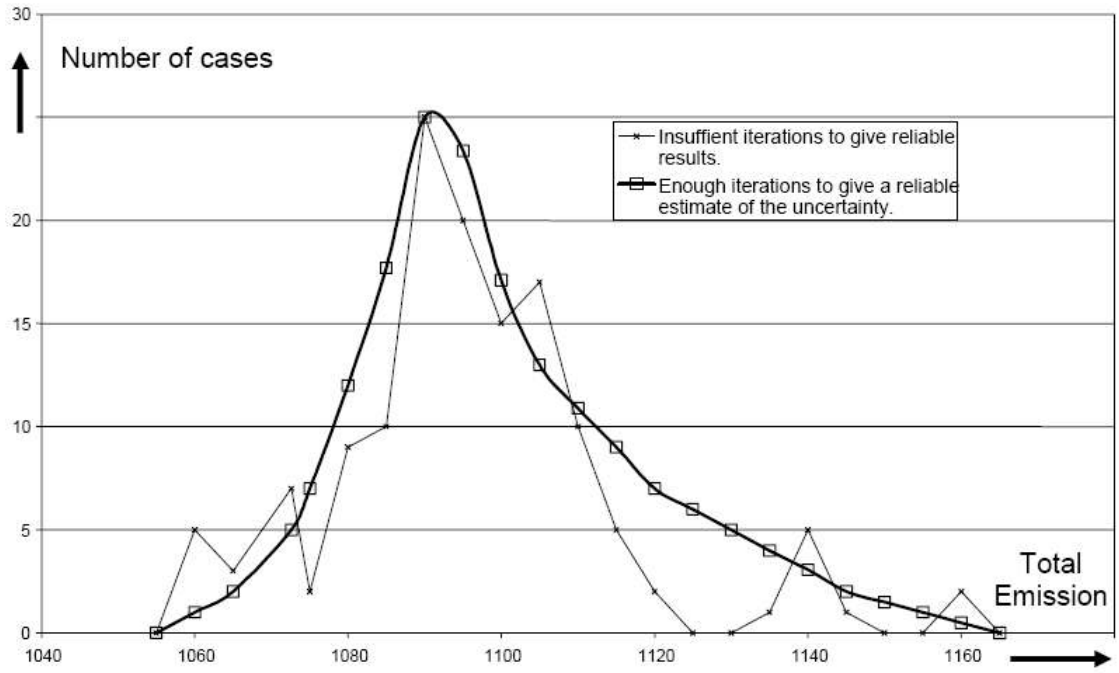
상업적으로 이용가능한 여러 소프트웨어 도구들이 몬테카를로 모의실험을 수행하기 위해 이용될 수 있다. 이들 도구들은 독자적 프로그램(stand-alone)이거나 일반적으로 이용되는 스프레드시트 프로그램의 부가 프로그램(add-ins)으로서 이용될 수 있다. 많은 소프트웨어 도구들은 무작위적 몬테카를로 모의실험 및 단지 수 백개 표본들의 표본크기에 대해 보다 유연한(smoother) 모형 출력 분포를 생성할 수 있는, Latin Hypercube Sampling (LHS)의 변형을 포함하는 다른 여러 표본추출 기법들의 옵션을 제공한다. LHS 이용의 단점은 얼마나 많은 반복을 이용할 것인가를 사전에 결정해야 한다는 것이다. 이는 결과를 해석하는데 어려움을 초래하는 중복된 계층(overlapping strata)을 이용하기 때문에, 두 개 이상의 LHS 모의실험들이 조합될 수 없기 때문이다. 일부 경우에서, 계층화 기법(stratification method)은 무작위 자료집합에서 발생할 수 있는 매우 높거나 낮은 값의 군집화를 방해할 수 있기 때문에, LHS는 PDF의 높은 적률(higher moments)에 대한 과소

산정치를 생성할 수 있다. 전반적인 제안은 내정된 기법으로 무작위 몬테카를로 모의실험을 이용하는 것이며, 왜냐하면 이는 모형 출력 분포가 수렴할 때까지 필요하다면 보다 큰 모의실험 표본 크기로 무작위 모의실험을 계속하는 유연성을 제공할 것이기 때문이다[15].

모형의 수행횟수를 10,000번과 같이 사전에 설정하고 설정횟수에 도달할 때까지 모의실험이 계속되도록 허용하거나 모의실험을 종료하기 전에 평균이 상대적으로 안정된 지점에 도달하도록 허용함으로써 반복 횟수를 결정할 수 있다. 예를 들어, 95% 신뢰구간을 위한 산정치가 ±1% 이내로 결정될 때, 적절하게 안정된 결과가 발견되었다. 배출 산정치의 빈도점(frequency plot)을 찍음으로써 이를 조사할 수 있다. 이 점은 상당히 유연(smooth)해야 한다(그림 3.8 참고)

또다른 대안은 95% 신뢰구간을 만들기 위해 이용된 백분위수(percentiles)의 표준오차에 기초하여 복사본들의 현재 개수의 정밀도를 평가하는 것이다. 각각의 백분위수(2.5와 97.5)에 대한 신뢰구간의 범위가 보고된 정밀도보다 작다면, 반복횟수는 적절할 것이다(예를 들어, 배출은 소수점 한 자리로 보고되는 값이고 백분위수 신뢰구간들이 0.005로, 0.1보다 작다) 그러므로, 몬테카를로 백분위수 산정치들은 동일한 반복횟수를 가진 다른 모의실험에 대해 보고된 수치에서 변하지 않을 것 같다.

그림 3.8 몬테카를로 모의실험의 결과에 관한 빈도점(frequency plots) 예제



3.2.3.3 접근법 1과 2의 혼성 조합(HYBRID COMBINATIONS)

일부 인벤토리에 대해, 전부는 아니지만 거의 대부분의 배출활동 및 흡수활동 부문에 대해 접근법 1을 이용하는 것이 가능할 것이다. 예를 들어, 많은 배출활동 및 흡수활동은 배출계수와 활동자료

15 Cullen and Frey (1999)는 LHS와 몬테카를로 모의실험의 비교에 관한 보다 많은 정보를 제공한다 (pp. 207-213).

를 이용하여 계량화될 수 있지만, 일부에 대해 모형 내지 보다 복잡한 계산 절차를 이용하는 것이 필요하다. 더욱이, 일부 부문에 대해 종속성이 중요하지만 다른 부문은 그렇지 않거나, 불확도의 범위가 일부 부문에 대해 크지만 다른 부문은 그렇지 않을 것이다. 이들 경우에 대해, 몬테카를로에 기초한 기법은 보다 유연하며 전형적으로 보다 나은 결과를 생산할 것이다.

인벤토리 작성자가 부문의 한 부분집합에 대해서만 접근법 2를 완료했다면, 그 결과는 국가 총배출에서의 불확도 및 추세의 산정치를 생산하기 위해 접근법 1과 조합될 수 있다. 이는 상관관계가 방해하지 않는다면, 분해된 수준에서의 정보를 접근법 1로 입력함으로써 달성될 수 있다. 부문의 한 부분집합간에 유의적인 상관관계가 존재한다면, 그 부분집합은 접근법 2에서는 개별적으로 처리되지만 접근법 1에서는 부문들의 통합으로 처리될 것이다. 후자의 경우에, 기준 연도와 연도 t에서 부분집합의 통합에 대한 총배출은 접근법 1 표의 C와 D열에 입력된다. 연도 t에서 총배출에서의 불확도에 대한 접근법 2의 결과는 G열에 입력될 것이고, 국가적 총배출에서의 추세에 대한 기여를 위한 접근법 2 분석의 결과는 M열에 입력될 것이다. 영향을 받은 부문의 불확도 기여는 접근법 1의 오차증식 규칙들을 이용하여 다른 부문의 불확도 기여와 조합될 수 있다.

일부의 경우에, 인벤토리에서의 부문 불확도의 대부분은 접근법 2를 이용하여 산정될 것이고, 상대적으로 소수가 접근법 1을 이용하여 산정될 것이다. 전체 인벤토리에 대해 불확도를 조합하기 위해 일부 부문에 대한 불확도의 접근법 1 산정치를 접근법 2 방법론으로 통합하는 것이 가능하다. 몬테카를로 모의실험의 일부로서 각각의 부문에 대한 불확도를 표현하기 위한 적절한 PDF 모형을 지정하기 위해 접근법 1에서 구한 절반 범위의 불확도를 이용함으로써 이를 수행한다. 전형적으로, 불확도 범위가 충분히 작다면 정규분포는 합리적인 선택일 것이고 불확도 범위가 크다면 로그정규분포가 종종 적합하다. 정규분포 대 로그정규분포 가정의 보다 많은 논의에 대해, 3.2.3.1 절에서 '접근법 1의 결과에서 크고 비대칭인 불확도의 처리'의 절을 또한 참고하자.

3.2.3.4 접근법들 간의 비교

불확도 분석을 위한 두 가지 접근법이 제시되었다:

- 접근법 1: 1년동안의 전체적인 불확도와 추세에서의 불확도를 산정하기 위해 식 3.1 및 3.2와 부문에 의한 불확도의 단순한 조합을 이용하여 부문에 의한 불확도를 산정.
- 접근법 2: 몬테카를로 분석을 이용하여 부문에 의한 불확도를 산정하고, 다음으로 1년동안의 전체적인 불확도와 추세에서의 불확도를 산정하기 위해 몬테카를로 기법을 이용.

몬테카를로 분석은 매우 넓거나 비정규인 PDF를 가지는 활동자료 및 배출계수 불확도를 조합하기 위해 접근법 1내에서 제한된 방식으로 또한 이용될 수 있다. 이러한 접근법은 고전적인 '배출계수 곱하기 활동자료' 계산 대신에, 프로세스 모형에 의해 산정되는 접근법 1내의 부문을 다루는데 또한 도움이 될 수 있다. 접근법들간의 선택은 아래의 3.2.3.5절에서 논의된다.

각각의 접근법의 이용은 어떻게 개별적인 부문 및 온실가스가 특정 연도에 총배출에서의 불확도와 시간에 따른 배출추세에 기여하는지에 통찰력을 제공할 것이다.

영국(UK) 인벤토리에 대한 접근법 2의 적용(Baggott et al., 2005)은 2003년에 95% 신뢰구간이 비대칭이고 평균 산정값의 아래로 6%와 위로 17% 사이에 존재한다는 것을 제안하고 있다. 영국에 대한 결과는 화석연료 연소로부터의 총배출에 대한 큰 기여뿐만 아니라 토양으로부터의 N_2O 흐름에 대한 불확도의 큰 상대적 범위를 고려한다. 동일한 인벤토리에 대한 접근법 1의 적용은 대략 ±17%의 불확도를 제안한다. 추세에 대해, 1990년과 2003년 사이에, CO_2 등가로 영국의 전체 순배출은 13%만큼 떨어진 것으로 산정된다. 접근법 2의 적용은 95% 신뢰구간이 대략 대칭적이고 -11%와 -16% 사이에 존재한다는 것을 제안한다. 대응하는 접근법 1 결과는 대략 ±2%의 범위(즉, -11%에서 -15%)를 제시한다. 그러므로 양쪽 방법은 추세 불확도에서 비슷한 크기를 제공한다.

3.6절에서 보여지는 것처럼, 핀란드의 경우에 (온실가스의 배출활동 및 흡수활동을 포함하여) 2003년 불확도는 접근법 2에 따라 -14%에서 +15%이고, 접근법 1에 대해 ±16%이었다. 핀란드에 대해, AFOLU 부문에서의 탄소량(carbon stock) 변화는 불확도의 지배적인 원천이고, 반면에 화석연료는 총배출에 가장 큰 몫에 기여하고 있다. 접근법1에 내재한 근사화는 그것이 비대칭성을 다룰 수 없음을 의미하기 때문에, 이러한 비교는 유망하다. 물리적으로, 접근법 2하에서 확인된 비대칭성의 이유는 일부의 매우 불확실한 부문의 불확도 범위가 배출은 0보다 작을 수 없다는 지식에 의해 제한된다는 것이다. 접근법 2 방식은 이러한 추가적인 지식을 이용할 수 있지만, 접근법 1 방식은 그럴 수 없다. 1990년에서 2003년까지 추세의 경우에 핀란드에서의 불확도는 접근법 2에서 -18%에서 +23%(백분율 포인트)이고 접근법 1에서 ±19%(백분율 포인트)이었다.

인공적인 인벤토리자료에 기초한 사례연구를 위한 접근법 1과 접근법 2의 개별적인 평가는 입력 가정의 동일한 집합이 이용되고 불확도가 상대적으로 작을 때 훌륭한 일치를 나타내었다(Frey, 2005). 예를 들어, 접근법 1이 현재 연도 인벤토리에서 ±6%, (평균 백분율 변화에 대한 백분율 포인트의 측면에서의) 추세에서 ±10%의 산정치를 생산한 사례연구에서, 동일한 입력 가정에 대한 접근법 2의 결과는 본질적으로 동일한 결과를 생산했다. 배출계수와 활동자료에 대해 불확도 범위가 2배가 되었을 때, 기초 산정치(base estimates)에서의 불확도는 평균 총배출의 대략 ±13%에서 접근법 1과 접근법 2에 대해 계속해서 일치하였다. 추세에서의 불확도는 양쪽의 경우에 대략 ±20%(백분율 포인트)이었다. 그렇지만, 추세에서의 불확도는 접근법 2 결과에서 약간 비대칭적이었고, -19%에서 +22% 이었다. 그러므로 불확도의 범위가 증가함에 따라, 접근법 2는 접근법 1보다 불확도의 범위와 왜도를 보다 적절하게 특징지을 것으로 기대된다.

접근법 1과 2는 모형을 통해 불확도의 무작위 요소의 증식에 초점을 맞추고 있지만, 모형 불확도를 다루기 위한 방법들을 각각의 접근법과 조합하는 것이 *우수실행(good practice)*이다. Tier 3의 상황에서 모형 불확도를 다루는 방법의 예가 박스 3.3에서 제시된다.

더욱이, 접근법 1은 주요한 단순화 가정에 기초를 두고 있지만, 오차증식 식의 복잡성을 증가시킴으로써 이 접근법의 유연성을 증가시키는 것이 가능하다. 예를 들어, 부가적인 항들을 포함하는 오차증식 식은 승수 및 지수적 모형에 대해 그리고 불확도가 비대칭(skewed)일 때 보다 정확히 불확도를 증식할 수 있을 것이다.

박스 3.3

확률적 분석에서 모형 불확도 다루기

Tier 3 모형화 접근법(Tier 3 modelling approach)은 tier 1 내지 tier 2보다, 국가적 상황을 표현하는 보다 고도로 세련된 모형을 이용하여 국가적 인벤토리를 수행할 수 있도록 유연성을 위해 설계된다. 특히, 모형 입력과 구조에 관련된 불확도를 다루는 것은 *우수실행(good practice)*이다. 입력 불확도는 활동 자료와, AFOLU 부문을 위한 인벤토리에서 기후 및 토양 특징과 같은, 환경적 설정을 기술하는데 필요한 기타 부수적인 정보를 다룬다. 모형 구조에서 불확도는 불완전한 알고리즘과 모수 설정(parameterisation)에 관련된다. 구조적 불확도를 평가하기 위해 실증에 기초한 접근법이 일반적으로 이용된다(Monte et al. 1996). 이 접근법은 모형의 배출 산정치를 실험 내지 국가 감시 네트워크(national monitoring network)로부터의 측정과 비교하는 것을 포함하며, 모형에 기초한 인벤토리의 타당성 검증(validation)을 위해 설계되며, 모형 값들의 편의와 분산을 모두 설명한다(Falloon and Smith 2003).

통계적으로 도출된 관계는 tier 3 인벤토리에 대한 모형의 구조적 오차에서의 불확도를 계량화하기 위해 이용될 것이며, 산정된 분산 내지 제곱평균오차근(Root Mean Squared Error)과 같은 유사한 척도에 기초한 부정확도를 설명하며, 모형 값과 측정된 값 사이의 통계적으로 유의한 차이에 기초한 편의를 또한 다룬다(Falloon and Smith 2003). 실제적으로, 모형에서의 배출은 보고의 목적상 배출을 보다 정확히 표현하기 위해 편의에 대해 조정될 것이다. 더욱이, 통계적으로 도출된 관계는 모형 값들과 관련되는 각각의 조건에 대해 분산 척도를 생성할 것이며, 이는 tier 1 및 tier 2 접근법에서 배출계수에 관련된 불확도와 유사하다. 평가를 완료하기 위해, 활동자료와 같은, 모형 입력에서의 불확도는 오차증식 식 내지 몬테카를로 접근법을 이용하여 모형의 구조적 불확도와 조합될 것이다.

3.2.3.5 접근법의 선택에 대한 지침

적용가능성의 조건이 만족될 때 (상대적으로 낮은 불확도, 접근법 1에 의해 명시적으로 다루어지는 것을 제외한 배출활동들(sources)간의 무상관), 접근법 1과 접근법 2는 동일한 결과를 제공할 것이다. 그렇지만, 역설적으로, 이들 기법은 가장 정확하고 또한 가장 정밀한 결과를 제공해야 하기 때문에, tier 2와 tier 3 기법들이 널리 이용되고 인벤토리에서 적절히 적용되는 경우에, 이들 조건들은 만족될 것 같다. 그러므로 접근법의 선택과 tier의 선택 사이에 직접적인 이론적 연관은 존재하지 않는다. 실제적으로, tier 1 기법이 적용될 때, 접근법 1이 일반적으로 이용될 것이고, AFOLU 부문에서처럼 복잡한 시스템의 배출/흡수 산정치의 불확도를 계량화하기 위해, tier 2와 3 기법이 이용되는 경우에 접근법 2를 적용할 가능성이 보다 클 것이다.

QA/QC 활동의 일부로서 접근법 2가 선택될 때, 접근법 1이 제공하는 통찰력과 접근법 1이 상당한 양의 추가적인 작업을 요구하지 않기 때문에 인벤토리 담당자(inventory agencies)는 접근법 1을 적용하도록 또한 권유받을 것이다. 접근법 2가 이용되는 경우에는, 불확도를 보고할 때 전체적인 불확도의 해당 산정치가 선호될 것이다 (3.2.3.3절 참고).

3.3 불확도와 시간적 자기상관 (TEMPORAL AUTOCORRELATION)

배출계수, 활동자료의 원천 내지 산정 기법이 시계열(time series)내에서 변화하는 경우에 불확도의 관련된 원천도 변화할 것이다. 접근법 2는 요소의 PDF를 설정할 때 이를 명시적으로 고려할 수 있다. 접근법 1에서는 현재의 백분율 불확도가 표에 입력되어야 하고, 시계열 전반에 걸친 변화가 연도간 배출계수에서의 불확도의 좋은 상관관계 가정이 더 이상 타당하지 않다는 것을 의미하는 경우에, A 유형 민감도가 B 유형 대신에 이용되어야 한다. 연간 자료가 자기상관(autocorrelated)이고, 자기상관이 양이라고 가정한다면, 자기상관이 없을 때보다 두 연도를 비교할 때 보다 작은 차이가 전형적으로 존재할 것이다.

'시계열'의 주제는 표 3.2 그리고 표 3.3에 제시된 일반적인 보고표에서 나타나는 것처럼, 연도 t 대 기준 연도에서 배출의 연도간 비교를 언급할 수 있거나 시간적 자기상관을 고려하기 위한 통계적 방법론의 보다 넓은 집합을 언급할 수 있다. 후자의 해석과 관련하여, 불확도 산정치를 감소시키기 위해 시간적 자기상관을 보다 정확히 고려하기 위해 통계적 시계열 기법이 이용될 수 있다. 예를 들어, 배출이 발전소 배출에서처럼, 단기에 변한다면, 주어진 기간에서 배출은 주기(cycle)에서 이전 지점들에서의 배출뿐만 아니라 직전 기간에서 배출이 얼마인가에 종종 좌우된다. 예를 들어, 발전소는 부하(load)의 상당한 변화를 달성하기 위해 일정 시간을 요구할 것이다. 그러므로, 현재 시간에서 배출은 이전 시간에 배출이 얼마인가에 따라 어느정도 제한된다. 더욱이, 발전소는 부하의 일일변동에 대응할 것이고, 이는 매일 비슷하다. 그러므로, 하루중 주어진 시간에서의 배출은 이전 날짜의 주어진 시간에서의 배출과 상관(correlated)일 것이다. 비슷하게, 시간적 상관을 일으킬지 모르는 보다 장기의 계절적 주기(seasonal cycles)가 존재할 수 있다. 시간적 상관을

하고 문서화하는 단계가 없다면 이런 모든 노력은 국가의 인벤토리에 거의 이익이 되지 못할 수 있다. 국가의 불확도 평가 노력을 QA/QC 시스템내에서 자료 품질 조사의 수행과 통합하는 것은 이 문제를 해결하는데 도움을 줄 것이다.

불확도 분석을 문서화하는데 필요한 다수의 입력과 가정이 주어질 때, 모든 정보를 보고하는 것은 가능하지 않을 것이다. 보고되는 정보는 주요 가정, 방법의 선택 및 상세한 결과를 제공하는데 충분해야 한다. 전체적으로, 문서화는 산정치를 지원하는데 충분해야 하고 불확도 산정치의 복제가 가능해야 한다. 특히, 문서화는 (특정 변수에 관련될 때) 아래의 주제들을 언급해야 한다.

- 불확도의 어떤 원인들이 다루어지는가 (표 3.1 참고).
- 불확도를 다루기 위해 어떤 방법이 이용되는가 (표 3.1 참고).
- 자료의 원천 또는 불확도를 산정하기 위한 기초로서 이용되는 모형은 무엇인가.
- 편의의 산정치를 위해, 상대적 내지 절대적 기초에 대해 적절하게 표현되는 오차의 크기는 얼마인지 설명한다 (어느 것을 지정하고 적절한 단위를 제공한다).
- 불확도가 자료에 기초하여 산정된다면, 불확도가 어떻게 변동과 구별되는지 그리고 적절한 지역적 범위, 평균 시간(예, 연간) 및 기타의 대표성 고려사항이 자료를 선택하고 분석하는데 어떻게 다루어지는지 설명한다. 평균, 표본 표준편차 및 표본 크기를 포함하여, 자료 자체의 간단한 요약을 제공한다. 자료가 계층화되거나 기타의 불확도 요소(예, 자료를 얻기 위해 이용되는 측정기법의 정밀도 및 정확도)를 포함하고 있다면 추가적인 상세한 내용을 적절하게 제공한다.
- 범위 내지 분포의 형태인 무작위 오차의 산정치에 대해, 범위를 유일하게 지정하는데 충분한 정보를 제공한다(예, 평균에 상대적인 ± 백분율 변동(variation) 또는 PDF의 모수들).
- 전문가 판단에 기초한 불확도의 산정치에 대해, 아래의 정보가 문서화되고 보관되어야 한다:

  (i) 판단을 위한 참고 횟수
  (ii) 날짜
  (iii) 관련된 전문가의 이름
  (iv) 전문가의 배경 (참고문헌, 역할 등)
  (v) 판단되는 변수
  (vi) 고려된 자료를 포함한, 판단을 위한 논리적 기초. 이는 분포의 고점, 저점 및 중심경향에 대한 이론적 근거를 포함해야 한다.
  (vii) 결과적인 PDF, 또는 범위 및 가장 가능성이 있는 값(most likely value) 그리고 이후에 추론된 PDF
  (viii) 외부 감수자의 확인
  (ix) 외부 감수의 결과
  (x) 인벤토리 작성자에 의한 승인, 지정 날짜, 사람
- 두 개이상의 입력간에 또는 자기상관에 대해서 고려되어야 하는 상관 내지 종속성의 설명
- 비검출, 혼합분포(mixture distributions), 외삽 등을 다루기 위한 다양한 통계적 기법의 이용과 같은, 특정한 국가 내지 상황에 고유한 특수한 고려사항에 관한 설명
- 접근법 1과 2간의 결과에서의 차이에 관한 설명

인벤토리에 대한 입력을 위한 불확도 산정치의 문서화에 덧붙여, 이용되는 일반적인 접근법과 이것이 접근법 1 내지 접근법 2에 주로 기초하는지 여부에 관해 문서화가 제공되어야 한다.

불확도의 보고는 불확도의 모든 원인에 관한 불완전한 표현을 하는 것으로 의심되는 계량적 불확도 산정치에 대해 한계 및 경고의 논의를 또한 요구한다. 불확도 평가를 위한 입력에 대해 정보를 수집하는 프로세스 동안 (예를 들어, PDF의 기초로서 실증적 내지 전 문가 판단, 개념화의 특징 짓기(characterisations), 모형 불확도), - 잠재적 편의를 포함하여 - 확인된 다양한 불확도의 가능한 원인들이 문서화되어야 한다. 이들 가능한 원인들은 계량화 여부가 문서화되어야 하고 이들을 감소시킬 수 있는 방법에 관해 이용가능한 특정한 추천을 포함한다.

비슷하게, 계량적 불확도 평가로부터의 결과를 보고하고 해석할 때, 불확도를 조합하는데 이용된 접근법의 한계를 기억하는 것이 중요하다. 예를 들어, 접근법 1은 상관관계의 일부 원인들을 다룰 수 있지만, 불확도 평가의 과정에서 확인된 (예를 들어, 부문간에) 존재할 지 모르는 상관관계의 다른 원인과 관련된 가능한 편의들은 문서화되어야 한다.

표 3.3.은 접근법(Approach)에 관계없이, 인벤토리의 불확도를 보고하기 위한 일반화된 표이다. 점 산정치와 배출/흡수의 평균 산정치가 동일한 값이 아니면, E, F, G, J열에 보이는 불확도 범위는 국가 인벤토리를 보고할 때 이용된 점 산정치에 대해 산정되는 것이 *우수실행(good practice)*이다. 점 산정치와 평균 산정치가 다르다면, 왜 그들이 다른 지 고려해 보고 편의를 확인 및 설명하기 위해 점 산정치를 가능한 다시 살펴보는 것이 바람직하다.

표 3.3
불확도에 대한 일반적인 보고 표

A	B	C	D	E		F		G		H	I	J		K
IPCC 카테고리	가스	기준연도 배출 /흡수	연도 t 배출 /흡수	활동자료 불확도		(하나 이상의 산정모수가 이용되면 조합된) 배출계수/ 산정 모수 불확도		조합된 불확도		연도 t에서 분산에 대한 기여	기준연도 대한 연도 t 증가를 위한 국가배출에서의 인벤토리 추세	기준연도에 대해 총국가배출에서의 추세에 도입된 불확도		접근법과 설명
		Gg CO_2 등가	Gg CO_2 등가	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(분수)	(기준연도의 %)	(-)%	(+)%	
예, 1.A.1 에너지 산업 연료 1	CO_2													
예, 1.A.1 에너지 산업 연료 2	CO_2													
기타	...													
총계										1.000				

주석:

C열: 부문 및 가스에 의한 Gg CO_2 등가로 표시된 기준 연도 배출

D열: 부문 및 가스에 의한 Gg CO_2 등가로 표시된 연도 t 배출. 연도 t는 관심있는 연도 내지 현재 연도이다.

E와 F열: 활동 및 배출계수 산정치에서의 불확도(E와 F열)은 가능한 경우에 보고되어야 하지만, 일부 부문에 대해 일부 계산방법은 이러한 유형의 보고에 적합하지 않다. 그러므로 이러한 정보가 이용가능하지 않은 경우에, 표의 입력은 빈칸으로 남겨질 수 있다.

G열: 불확도가 특정한 경우에 활동 및 배출계수의 의해 더 이상 분해될 수 없을지라도, 평균 산정치에 대해, 각각의 부문에 대한 불확도 산정치는 보고되어야 한다. 표의 하단에, 총 인벤토리에서의 불확도를 보고한다. 이는 접근법 1 또는 2 계산을 통해 구해져야 하며, 단순히 열들의 값들을 합산하여 결정될 수는 없다.

H열: '불확도에 대한 기여'를 보고한다. 이는 각 부문의 분산를 인벤토리의 총분산으로 나누어 산정한다 ($\sigma_x^2 / \sum \sigma_x^2$). 접근법 1이 이용된다면, 이는 표 3.2의 H열의 각각의 입력을, 동일한 열에 있는, 표 3.2의 'Total' 라인에 있는 값으로 나누어 계산한다. 접근법 2가 이용되고 불확도가 비대칭일 때 적용되는 일반적인 방법론은 3.2.3절에서 제공된다.

I열: 아래와 같이 산정된, 인벤토리 추세을 보고한다.

$$\text{평균 추세}(\%) = \left(\frac{\text{연도 } t \text{ 배출} - \text{기준연도 배출}}{\text{기준연도 배출}} \right) \cdot 100$$

행으로 각각의 부문에 대해 개별적으로 보고하고 열의 하단에서 총인벤토리에 대해 보고한다.

J열: 이는 부문에 의한 추세의 불확도이다. 표 하단의 'total'을 위해, 전체 인벤토리에 대한 추세의 전체적인 불확도가 주어져야 한다. 추세의 불확도는 인벤토리 추세에 대한 백분율 포인트(percentage points)에 기초한다. 예를 들어, 인벤토리 추세가 -5%이고, 추세의 95% 확률범위가 -8%에서 -3%이면, 추세의 불확도는 -3%에서 +2%로 보고된다.

K열: 접근법 1 내지 접근법 2가 이용되는 여부를 지시하고, 방법론 내지 정보 원천을 명확히 하는데 도움이 되는 기타의 설명을 포함한다.

E, F, G, J열에 관한 일반적인 설명: 이들 각각의 열에 대해, 비대칭인 불확도 범위의 보고를 촉진하기 위해 두 가지 하위 열이 제공된다. 예를 들어, 불확도 범위가 -50%에서 +100%이면, 50은 (-)%로 제목이 붙은 하위 열에 보고되고 100은 (+)%로 제목이 붙은 하위 열에 보고되어야 한다.

3.6 예제

이 절은 핀란드의 2003년 온실가스 배출인벤토리에 기초하여, 인벤토리에 대한 불확도 산정치의 두 가지 예제를 제시한다. 이들 예제는 국가에 고유하며(country-specific), 절차 및 일반적 통찰력을 묘사하기 위해 여기에 제시된다. 특정한 불확도 산정치와 결과는 국가간에 다를 것이다.

표 3.4의 예제는 접근법 1에 기초하며, 접근법 1 워크시트의 일반적 형태(표 3.2)로 보여진다. 해당 결과는 이 예제에서 2003년인, 연도 t에서의 순배출이 67,730 Gg CO_2 등가이고 ±15.9%의 불확도를 가지며, 이는 56,970에서 78,490 Gg CO_2 등가의 95% 확률범위에 해당한다는 것을 나타낸다. 표에서 보고된 전체적인 기준 연도 및 연도 t 인벤토리에 기초하여, 평균 추세는 1990년에서 2003년까지 배출에서 42% 증가이다. 추세의 불확도는 ±19% (백분율 포인트)이고, 이는 기준 연도 배

출에 대해 24%에서 61%의 추세에 대한 95% 확률범위에 해당한다.
표 3.5의 예제는 접근법 2에 기초하며, 표 3.3의 불확도를 위한 일반적인 보고 표의 형태로 보여진다. 해당 결과는 연도 t의 순배출이 67,730 Gg CO_2 등가이고 -14%에서 +15%의 불확도 범위를 가지며, 이는 58,490에서 78,130 Gg CO_2 등가의 95% 확률범위에 해당한다는 것을 나타낸다. 표에서 보고된 전체적인 기준 연도 및 연도 t 인벤토리에 기초하여, 평균 추세는 1990년에서 2003년까지 배출에서 42% 증가이다. 추세의 불확도는 -18%에서 +23% (백분율 포인트)이고, 이는 기준 연도 배출에 대해 25%에서 65%의 추세에 대한 95% 확률범위에 해당한다.
이들 예제는 전체적인 불확도가 상대적으로 작을 때 접근법 1과 2의 결과들이 매우 비슷하다는 것을 설명하고 있다. 그렇지만, 접근법 2는 연도 t 인벤토리에 대해서처럼, 확률범위의 비대칭성의 계량화를 가능하게 하는 보다 유연한 접근법이다.

표 3.4

핀란드의 접근법 1 불확도 분석 예 (핀란드 통계 근거, 2005)

집단의 수준과 불확도 평가는 핀란드 국가 고유의 것이며, 제시된 불확도 또는 집단수준이 다른 나라들을 대표하지는 않는다.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
IPCC 카테고리	**가스**	**기준연도의 배출 혹은 흡수량** Gg CO_2 equivalent	**t 연도의 배출 혹은 흡수량** Gg CO_2 equivalent	**활동자료의 불확도** %	**배출계수/산정입력변수 불확도** %	**합성 불확도** %	**t 연도에 있어서의 배출원/흡수원 카테고리에 의한 변동 기여도**	**A 유형 민감도** %	**B 유형 민감도** %	**배출계수/산정 입력변수 불확도에 의해 제시된 국가 배출량 경향의 불확도 %**	**활동자료 불확도에 관한 국가 배출량 경향의 불확도 %**	**총 국가의 배출경향에 제시된 불확도 %**
1.A 연료연소 활동												
액체	CO_2	27 232	27 640	2%	2%	3%	0.0001	0.2320	0.5806	0.46%	1.64%	0.03%
고체	CO_2	15 722	22 753	2%	3%	3%	0.0001	0.0080	0.4780	0.02%	1.08%	0.01%
가스	CO_2	5 073	9 350	1%	1%	1%	0.0000	0.0447	0.1964	0.04%	0.28%	0.00%
이탄	CO_2	5 656	10 676	4%	5%	7%	0.0001	0.0552	0.2243	0.28%	1.36%	0.02%
1.A.1 에너지 산업												
액체	CH_4	6	7	2%	75%	75%	0.0000	0.0000	0.0001	0.00%	0.00%	0.00%
	N_2O	26	30	2%	75%	75%	0.0000	0.0001	0.0006	0.01%	0.00%	0.00%
고체	CH_4	9	16	2%	75%	75%	0.0000	0.0001	0.0003	0.01%	0.00%	0.00%
	N_2O	85	162	2%	50%	50%	0.0000	0.0009	0.0034	0.04%	0.01%	0.00%
가스	CH_4	4	9	1%	75%	75%	0.0000	0.0001	0.0002	0.01%	0.00%	0.00%
	N_2O	18	51	1%	50%	50%	0.0000	0.0005	0.0011	0.03%	0.00%	0.00%
바이오매스	CH_4	2	31	20%	50%	54%	0.0000	0.0006	0.0006	0.03%	0.02%	0.00%
	N_2O	10	80	20%	150%	151%	0.0000	0.0014	0.0017	0.21%	0.05%	0.00%
이탄	CH_4	5	7	5%	50%	50%	0.0000	0.0000	0.0002	0.00%	0.00%	0.00%
	N_2O	141	226	5%	150%	150%	0.0000	0.0005	0.0047	0.08%	0.03%	0.00%
1.A.2 제조업 및 건설												
액체	CH_4	9	7	2%	75%	75%	0.0000	0.0001	0.0001	0.01%	0.00%	0.00%
	N_2O	39	41	2%	75%	75%	0.0000	0.0003	0.0009	0.02%	0.00%	0.00%
고체	CH_4	4	2	2%	75%	75%	0.0000	0.0001	0.0001	0.01%	0.00%	0.00%
	N_2O	108	90	2%	50%	50%	0.0000	0.0013	0.0019	0.07%	0.01%	0.00%

표 3.4(계속)

핀란드의 접근법 1 불확도 분석 예 (핀란드 통계 근거, 2005)

집단의 수준과 불확도 평가는 핀란드 국가 고유의 것이며, 제시된 불확도 또는 집단수준이 다른 나라들을 대표하지는 않는다.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
IPCC 카테고리	**가스**	**기준연도의 배출 혹은 흡수량** Gg CO_2 equivalent	**t 연도의 배출 혹은 흡수량** Gg CO_2 equivalent	**활동자료의 불확도** %	**배출계수/산정입력변수 불확도** %	**합성 불확도** %	**t 연도에 있어서의 배출원/흡수원 카테고리에 의한 변동 기여도**	**A 유형 민감도** %	**B 유형 민감도** %	**배출계수/산정 입력변수 불확도에 의해 제시된 국가 배출량 경향의 불확도** %	**활동자료 불확도에 관한 국가 배출량 경향의 불확도** %	**총 국가의 배출경향에 제시된 불확도** %
가스	CH_4	5	6	1%	75%	75%	0.0000	0.0000	0.0001	0.00%	0.00%	0.00%
	N_2O	17	19	1%	50%	50%	0.0000	0.0001	0.0004	0.01%	0.00%	0.00%
바이오매스	CH_4	20	19	15%	50%	52%	0.0000	0.0002	0.0004	0.01%	0.01%	0.00%
	N_2O	111	81	15%	150%	151%	0.0000	0.0016	0.0017	0.24%	0.04%	0.00%
이탄	CH_4	4	3	5%	50%	50%	0.0000	0.0001	0.0001	0.00%	0.00%	0.00%
	N_2O	56	29	5%	150%	150%	0.0000	0.0011	0.0006	0.16%	0.00%	0.00%
1.A.3 수송												
a. 민간 항공	CH_4	0.4	0.3	5%	100%	100%	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
	N_2O	4	4	5%	150%	150%	0.0000	0.0000	0.0001	0.01%	0.00%	0.00%
b. 도로수송												
가솔린	CH_4	78	40	1%	50%	50%	0.0000	0.0015	0.0008	0.07%	0.00%	0.00%
촉매 변환기가 있는 승용차	N_2O	32	410	1%	378%	378%	0.0005	0.0076	0.0086	2.89%	0.01%	0.08%
촉매 변환기가 없는 승용차	N_2O	59	22	1%	259%	259%	0.0000	0.0013	0.0005	0.34%	0.00%	0.00%
디젤	CH_4	12	6	1%	50%	50%	0.0000	0.0002	0.0001	0.01%	0.00%	0.00%
	N_2O	68	84	1%	158%	158%	0.0000	0.0003	0.0018	0.04%	0.00%	0.00%
천연가스	CH_4	0.0	2	1%	50%	50%	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
	N_2O	0.0	0.0	1%	150%	150%	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
c. 철도	CH_4	0.2	0.2	5%	110%	110%	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
	N_2O	2	1	5%	150%	150%	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%

표 3.4(계속)

핀란드의 접근법 1 불확도 분석 예 (핀란드 통계 근거, 2005)

집단의 수준과 불확도 평가는 핀란드 국가 고유의 것이며, 제시된 불확도 또는 집단수준이 다른 나라들을 대표하지는 않는다.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
IPCC 카테고리	**가스**	**기준연도의 배출 혹은 흡수량** Gg CO_2 equivalent	**t 연도의 배출 혹은 흡수량** Gg CO_2 equivalent	**활동자료의 불확도** %	**배출계수/산정입력변수 불확도** %	**합성 불확도** %	**t 연도에 있어서의 배출원/흡수원 카테고리에 의한 변동 기여도**	**A 유형 민감도** %	**B 유형 민감도** %	**배출계수/산정 입력변수 불확도에 의해 제시된 국가 배출량 경향의 불확도** %	**활동자료 불확도에 관한 국가 배출량 경향의 불확도** %	**총 국가의 배출경향에 제시된 불확도** %
d. 수상 운수												
잔여 오일 및 가스/디젤 오일	CH_4	0.5	1	10%	100%	100%	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
	N_2O	2	3	10%	150%	150%	0.0000	0.0000	0.0001	0.00%	0.00%	0.00%
가솔린	CH_4	7	4	20%	100%	102%	0.0000	0.0001	0.0001	0.01%	0.00%	0.00%
	N_2O	0.4	0.6	20%	150%	151%	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
e. 기타 운송												
가솔린 및 디젤	CH_4	5	6	30%	50%	58%	0.0000	0.0000	0.0001	0.00%	0.01%	0.00%
가솔린	N_2O	1	1	30%	150%	153%	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
디젤	N_2O	4	4	30%	150%	153%	0.0000	0.0000	0.0001	0.01%	0.00%	0.00%
1.A.4 기타 부문												
액체	CH_4	19	15	3%	75%	75%	0.0000	0.0002	0.0003	0.02%	0.00%	0.00%
	N_2O	56	47	3%	75%	75%	0.0000	0.0007	0.0010	0.05%	0.00%	0.00%
고체	CH_4	2	0.6	10%	75%	76%	0.0000	0.0001	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
	N_2O	0.5	0.3	10%	50%	51%	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
가스	CH_4	0.1	0.3	5%	75%	75%	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
	N_2O	1	1	5%	50%	50%	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
바이오매스	CH_4	282	307	15%	150%	151%	0.0000	0.0020	0.0064	0.30%	0.14%	0.00%
	N_2O	56	61	15%	150%	151%	0.0000	0.0004	0.0013	0.06%	0.03%	0.00%
이탄	CH_4	1	1	25%	50%	56%	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
	N_2O	1	2	25%	150%	152%	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%

표 3.4(계속)

핀란드의 접근법 1 불확도 분석 예 (핀란드 통계 근거, 2005)

집단의 수준과 불확도 평가는 핀란드 국가 고유의 것이며, 제시된 불확도 또는 집단수준이 다른 나라들을 대표하지는 않는다.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
IPCC 카테고리	**가스**	**기준연도의 배출 혹은 흡수량** Gg CO_2 equivalent	**t 연도의 배출 혹은 흡수량** Gg CO_2 equivalent	**활동자료의 불확도** %	**배출계수/산정입력변수 불확도** %	**합성 불확도** %	**t 연도에 있어서의 배출원/흡수원 카테고리에 의한 변동 기여도**	**A 유형 민감도** %	**B 유형 민감도** %	**배출계수/산정 입력변수 불확도에 의해 제시된 국가 배출량 경향의 불확도** %	**활동자료 불확도에 관한 국가 배출량 경향의 불확도** %	**총 국가의 배출경향에 제시된 불확도** %
1.A.5 미분류												
액체	CH_4	2	2	7%	75%	75%	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
	N_2O	6	9	7%	75%	75%	0.0000	0.0000	0.0002	0.00%	0.00%	0.00%
가스	CH_4	0.3	0.4	13%	75%	76%	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
	N_2O	1	2	13%	50%	52%	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
1.B 연료로부터 탈루성 배출												
1.B.2 오일과 천연가스												
a.ii. 오일 – flaring	CO_2	123	63	50%	0%	50%	0.0000	0.0024	0.0013	0.00%	0.09%	0.00%
a.iii.4 오일 – 정제	CH_4	8	10	2%	90%	90%	0.0000	0.0000	0.0002	0.00%	0.00%	0.00%
b.iii.4 천연가스 - 수송과 저장	CH_4	4	12	3%	0%	3%	0.0000	0.0001	0.0003	0.00%	0.00%	0.00%
b. iii.5 천연가스 - 분배	CH_4	0	40	5%	0%	5%	0.0000	0.0008	0.0008	0.00%	0.01%	0.00%
2 산업공정 및 제품 사용												
2.A.1 시멘트 생산	CO_2	786	500	2%	5%	5%	0.0000	0.0130	0.0105	0.06%	0.03%	0.00%
2.A.2 석회 생산	CO_2	383	513	2%	3%	4%	0.0000	0.0007	0.0108	0.00%	0.03%	0.00%
2.A.3 및 2.A.4 석회석과 돌로마이트 사용[1]	CO_2	99	148	7%	9%	11%	0.0000	0.0002	0.0031	0.00%	0.03%	0.00%
2.A.3 및 2.A.4 소다회 사용	CO_2	18	20	7%	2%	7%	0.0000	0.0001	0.0004	0.00%	0.00%	0.00%
2.B.2 질산 생산	N_2O	1 595	1 396	5%	100%	100%	0.0004	0.0184	0.0293	1.84%	0.21%	0.03%
2.B.8.b 에틸렌	CH_4	4	5	5%	20%	21%	0.0000	0.0000	0.0001	0.00%	0.00%	0.00%
2.B.10 기타	CO_2	60	147	12%	5%	13%	0.0000	0.0013	0.0031	0.01%	0.05%	0.00%
2.C.1 철강 생산	CH_4	5	9	3%	20%	20%	0.0000	0.0000	0.0002	0.00%	0.00%	0.00%

표 3.4(계속)

핀란드의 접근법 1 불확도 분석 예 (핀란드 통계 근거, 2005)

집단의 수준과 불확도 평가는 핀란드 국가 고유의 것이며, 제시된 불확도 또는 집단수준이 다른 나라들을 대표하지는 않는다.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
IPCC 카테고리	**가스**	**기준연도의 배출 혹은 흡수량** Gg CO_2 equivalent	**t 연도의 배출 혹은 흡수량** Gg CO_2 equivalent	**활동자료의 불확도%**	**배출계수/산정입력변수 불확도** %	**합성 불확도** %	**t 연도에 있어서의 배출원/흡수원 카테고리에 의한 변동 기여도**	**A 유형 민감도** %	**B 유형 민감도** %	**배출계수/산정 입력변수 불확도에 의해 제시된 국가 배출량 경향의 불확도 %**	**활동자료 불확도에 관한 국가 배출량 경향의 불확도 %**	**총 국가의 배출경향에 제시된 불확도 %**
2.D 연료로부터 비에너지 제품 및 용매 사용	CO_2	640	830	50%	5%	50%	0.0000	0.0017	0.0174	0.01%	1.23%	0.02%
2.F.1 냉장 및 냉방	HFCs	0	578	26%	0%	26%	0.0000	0.0121	0.0121	0.00%	0.45%	0.00%
2.F.2 수지발포제	HFCs	0	25	24%	0%	24%	0.0000	0.0005	0.0005	0.00%	0.02%	0.00%
2.F.4 에어로졸	HFCs	0	63	10%	0%	10%	0.0000	0.0013	0.0013	0.00%	0.02%	0.00%
2.G.1 전기 장비	SF_6	87	22	88%	0%	88%	0.0000	0.0021	0.0005	0.00%	0.06%	0.00%
2.G.3.a 의학적인 사용	N_2O	62	40	30%	20%	36%	0.0000	0.0010	0.0008	0.02%	0.04%	0.00%
2.H.3 기타	HFCs, PFCs, SF_6	8	21	38%	0%	38%	0.0000	0.0002	0.0004	0.00%	0.02%	0.00%
3 AFOLU												
3.A.1 장내발효	CH_4	1 868	1 537	0%	31%	31%	0.0000	0.0235	0.0323	0.72%	0.00%	0.01%
3.A.2 비료관리	CH_4	215	222	0%	16%	16%	0.0000	0.0018	0.0047	0.03%	0.00%	0.00%
3.A.2 비료관리	N_2O	623	461	0%	83%	83%	0.0000	0.0089	0.0097	0.74%	0.00%	0.01%
3.B.1.a 임지로 유지되는 임지												
바이오매스에서의 탄소 축적량 변화	CO_2	-23 798	-21 354	0%	35%	35%	0.0122	0.2640	0.4486	9.24%	0.00%	0.85%
3.B.2.a 농경지로 유지되는 농경지												
무기토양에서의 순(net) 탄소 축적량 변화	CO_2	-535	-1 113	0%	100%	100%	0.0003	0.0074	0.0234	0.74%	0.00%	0.01%
유기토양에서의 순(net) 탄소 축적량 변화	CO_2	1 813	1 324	20%	90%	92%	0.0003	0.0264	0.0278	2.37%	0.79%	0.06%

표 3.4(계속)

핀란드의 접근법 1 불확도 분석 예 (핀란드 통계 근거, 2005)

집단의 수준과 불확도 평가는 핀란드 국가 고유의 것이며, 제시된 불확도 또는 집단수준이 다른 나라들을 대표하지는 않는다.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
IPCC 카테고리	**가스**	**기준연도의 배출 혹은 흡수량** Gg CO_2 equivalent	**t 연도의 배출 혹은 흡수량** Gg CO_2 equivalent	**활동자료의 불확도** %	**배출계수/산정입력변수 불확도** %	**합성 불확도** %	**t 연도에 있어서의 배출원/흡수원 카테고리에 의한 변동 기여도**	**A 유형 민감도** %	**B 유형 민감도** %	**배출계수/산정 입력변수 불확도에 의해 제시된 국가 배출량 경향의 불확도 %**	**활동자료 불확도에 관한 국가 배출량 경향의 불확도 %**	**총 국가의 배출경향에 제시된 불확도 %**
3.B.3.a 초지로 유지되는 초지												
무기토양에서의 순(net) 탄소 축적량 변화	CO_2	-1 181	2 907	0%	100%	100%	0.0018	0.0964	0.0611	9.64%	0.00%	0.93%
유기토양에서의 순(net) 탄소 축적량 변화	CO_2	109	67	30%	90%	95%	0.0000	0.0019	0.0014	0.17%	0.06%	0.00%
3.B.4.ai 이탄지로 유지되는 이탄지	CO_2	503	547	15%	208%	208%	0.0003	0.0036	0.0115	0.74%	0.08%	0.01%
3.B.4.ai 이탄지로 유지되는 이탄지	CH_4	5	6	15%	208%	208%	0.0000	0.0000	0.0001	0.01%	0.00%	0.00%
3.C.1.a 임지에서의 바이오매스 소각	CO_2	180	91	10%	70%	71%	0.0000	0.0035	0.0019	0.24%	0.03%	0.00%
3.C.1.a 임지에서의 바이오매스 소각	CH_4	16	8	10%	70%	71%	0.0000	0.0003	0.0002	0.02%	0.00%	0.00%
3.C.1.a 임지에서의 바이오매스 소각	N_2O	2	1	10%	70%	71%	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
3.C.2 석회시용	CO_2	618	277	20%	20%	28%	0.0000	0.0127	0.0058	0.25%	0.16%	0.00%
3.C.4 관리토양에서의 직접적 N_2O 배출	N_2O	3 486	2 608	0%	227%	227%	0.0077	0.0494	0.0548	11.23%	0.00%	1.26%
3.C.4 관리토양에서의 직접적 N_2O 배출 : 질소 비료 사용, 임지	N_2O	27.0	11.3	10%	380%	380%	0.0000	0.0006	0.0002	0.22%	0.00%	0.00%
3.C.5 관리되는 토지로부터 간접적으로 배출되는 N_2O	N_2O	735	592	0%	334%	334%	0.0009	0.0095	0.0124	3.18%	0.00%	0.10%
4 폐기물												
4.A 고형폐기물 매립	CH_4	3 678	2 497	0%	43%	43%	0.0003	0.0574	0.0525	2.47%	0.00%	0.06%

표 3.4(계속)

핀란드의 접근법 1 불확도 분석 예 (핀란드 통계 근거, 2005)

집단의 수준과 불확도 평가는 핀란드 국가 고유의 것이며, 제시된 불확도 또는 집단수준이 다른 나라들을 대표하지는 않는다.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
IPCC 카테고리	**가스**	**기준연도의 배출 혹은 흡수량** Gg CO_2 equivalent	**t 연도의 배출 혹은 흡수량** Gg CO_2 equivalent	**활동자료의 불확도** %	**배출계수/산정입력변수 불확도** %	**합성 불확도** %	**t 연도에 있어서의 배출원/흡수원 카테고리에 의한 변동 기여도**	**A 유형 민감도** %	**B 유형 민감도** %	**배출계수/산정 입력변수 불확도에 의해 제시된 국가 배출량 경향의 불확도 %**	**활동자료 불확도에 관한 국가 배출량 경향의 불확도 %**	**총 국가의 배출경향에 제시된 불확도 %**
4.D.1 국내 폐수처리와 배출												
인구가 적은 지역	CH_4	118	95	15%	32%	35%	0.0000	0.0015	0.0020	0.05%	0.04%	0.00%
인구 조밀 지역	CH_4	12	13	5%	104%	105%	0.0000	0.0001	0.0003	0.01%	0.00%	0.00%
인구가 적은 지역	N_2O	21	18	10%	380%	380%	0.0000	0.0002	0.0004	0.09%	0.01%	0.00%
인구 조밀 지역	N_2O	84	66	5%	380%	380%	0.0000	0.0011	0.0014	0.43%	0.01%	0.00%
4.D.2 산업폐수 처리와 배출	CH_4	22	19	10%	104%	105%	0.0000	0.0003	0.0004	0.03%	0.01%	0.00%
4.D.2 산업폐수 처리와 배출	N_2O	28	17	5%	380%	380%	0.0000	0.0005	0.0004	0.17%	0.00%	0.00%
4.E 기타 : 어류양식으로부터의 질소 유입	N_2O	8	3	10%	380%	380%	0.0000	0.0002	0.0001	0.07%	0.00%	0.00%
합계		**47604**	**67730**				**0.0252**					**0.0349**
					전체 인벤토리에서의 퍼센트 불확도		**15.9%**				**추세 불확도**	**18.7%**

[1] 불확도 평가는 핀란드의 2003년 인벤토리를 사용하여 집단의 수준이 만들어졌기 때문에 유리 생산 부분에 대해서는 분리할 수 없었음

표 3.5

불확도 평가를 위해 일반적인 보고용 표를 사용한 접근법2 불확도 분석의 보고 예

배출량, 흡수량 및 불확도는 2003년 핀란드의 국가 인벤토리를 사용(핀란드 통계 2005).

집단의 수준과 불확도 평가는 핀란드 국가 고유의 것이며, 제시된 불확도 또는 집단수준이 다른 나라들을 대표하지는 않는다.

A	B	C	D	E		F		G		H	I	J		K
IPCC 카테고리	**가스**	**기준연도의 배출 혹은 흡수량** Gg CO_2 equivalent	**t 연도의 배출 혹은 흡수량** Gg CO_2 equivalent	**활동자료의 불확도** (-)% (+)%		**배출계수 불확도** (-)% (+)%		**합성 불확도** (-)% (+)%		**t연도에서의 변화에 대한 기여도**[a] (fraction)	**기준연도에 관한 t 연도의 증가에 대한 국가 배출량 인벤토리 경향** (% of base year)	**기준연도에 대해 배출된 총 국가 배출량 추세에 대한 불확도** (-)% (+)%		**접근과 설명** Approach 2
1.A 연료연소 활동														
액체	CO_2	27232	27640	2	2	2	2	3	3	0.0061	1	-3	3	
고체	CO_2	15722	22753	2	2	3	3	3	3	0.0061	45	-3	3	
가스	CO_2	5073	9350	1	1	1	1	1	1	0.0002	84	-3	3	
이탄	CO_2	5656	10676	4	4	5	5	6	7	0.0050	89	-11	11	
1.A.1 에너지 산업														
액체	CH_4	6	7	2	2	75	10	75	12	0.0000	18	-32	39	
	N_2O	26	30	2	2	75	10	75	12	0.0000	15	-30	39	
고체	CH_4	9	16	2	2	75	10	75	12	0.0000	91	-43	59	
	N_2O	85	162	2	2	50	50	50	50	0.0001	91	-23	25	
가스	CH_4	4	9	1	1	75	10	76	11	0.0126	140	-57	87	
	N_2O	18	51	1	1	50	50	51	50	0.0000	188	-37	39	
바이오매스	CH_4	2	31	20	20	50	50	52	57	0.0000	1370	-398	544	
	N_2O	10	80	20	20	70	150	71	154	0.0001	729	-260	374	
이탄	CH_4	5	7	5	5	50	50	50	50	0.0000	37	-18	21	
	N_2O	141	226	5	5	70	150	70	148	0.0007	60	-33	41	
1.A.2 제조업 및 건설														
액체	CH_4	9	7	2	2	75	10	75	12	0.0000	-19	-21	27	
	N_2O	39	41	2	2	75	10	75	12	0.0000	4	-25	30	

표 3.5(계속)

불확도 평가를 위해 일반적인 보고용 표를 사용한 접근법2 불확도 분석의 보고 예

배출량, 흡수량 및 불확도는 2003년 핀란드의 국가 인벤토리를 사용(핀란드 통계 2005).

집단의 수준과 불확도 평가는 핀란드 국가 고유의 것이며, 제시된 불확도 또는 집단수준이 다른 나라들을 대표하지는 않는다.

A	B	C	D	E		F		G		H	I	J		K
IPCC 카테고리	**가스**	**기준연도의 배출 혹은 흡수량** Gg CO_2 equivalent	**t 연도의 배출 혹은 흡수량** Gg CO_2 equivalent	**활동자료의 불확도** (-)% (+)%		**배출계수 불확도** (-)% (+)%		**합성 불확도** (-)% (+)%		***t*연도에서의 변화에 대한 기여도**[a] (fraction)	**기준연도에 관한 t 연도의 증가에 대한 국가 배출량 인벤토리 경향** (% of base year)	**기준연도에 대해 배출된 총 국가 배출량 추세에 대한 불확도** (-)% (+)%		**접근과 설명** Approach 2
고체	CH_4	4	2	2	2	75	10	74	12	0.0000	-44	-13	20	
	N_2O	108	90	2	2	50	50	50	50	0.0000	-17	-11	12	
가스	CH_4	5	6	1	1	75	10	75	11	0.0000	35	-35	45	
	N_2O	17	19	1	1	50	50	50	50	0.0000	13	-14	16	
바이오매스	CH_4	20	19	15	15	50	50	51	53	0.0000	-7	-20	26	
	N_2O	111	81	15	15	70	150	70	151	0.0001	-28	-20	27	
이탄	CH_4	4	3	5	5	50	50	50	50	0.0000	-29	-9	11	
	N_2O	56	29	5	5	70	150	70	150	0.0000	-49	-11	14	
1.A.3 수송														
a. 민간 항공	CH_4	0.4	0.3	5	5	57	100	57	100	0.0000	-12	-12	15	
	N_2O	4	4	5	5	70	150	70	148	0.0000	-1	-17	21	
b. 도로수송														
가솔린	CH_4	78	40	1	1	50	50	50	50	0.0000	-49	-6	6	
촉매변환기가 있는 승용차	N_2O	32	410	1	1	94	378	94	392	0.0174	1 176	-446	643	
촉매변환기가 없는 승용차	N_2O	59	22	1	1	86	259	86	259	0.0000	-63	-11	16	
디젤	CH_4	12	6	1	1	50	50	50	50	0.0000	-51	-5	5	
	N_2O	68	84	1	1	99	158	99	157	0.0001	23	-59	94	
천연가스	CH_4		2	1	1	50	50	49	50					
	N_2O		0.0	1	1	70	150	70	149					
c. 철도	CH_4	0.2	0.2	5	5	60	110	60	110	0.0000	-30	-11	13	
	N_2O	2	1	5	5	70	150	70	149	0.0000	-30	-13	17	

표 3.5(계속)

불확도 평가를 위해 일반적인 보고용 표를 사용한 접근법2 불확도 분석의 보고 예

배출량, 흡수량 및 불확도는 2003년 핀란드의 국가 인벤토리를 사용(핀란드 통계 2005).

집단의 수준과 불확도 평가는 핀란드 국가 고유의 것이며, 제시된 불확도 또는 집단수준이 다른 나라들을 대표하지는 않는다.

A	B	C	D	E		F		G		H	I	J		K
IPCC 카테고리	**가스**	**기준연도의 배출 혹은 흡수량** Gg CO_2 equivalent	**t 연도의 배출 혹은 흡수량** Gg CO_2 equivalent	**활동자료의 불확도** (-)%	(+)%	**배출계수 불확도** (-)%	(+)%	**합성 불확도** (-)%	(+)%	**t_a연도에서의 변화에 대한 기여도**[a] (fraction)	**기준연도에 관한 t 연도의 증가에 대한 국가 배출량 인벤토리 경향** (% of base year)	**기준연도에 대해 배출된 총 국가 배출량 추세에 대한 불확도** (-)%	(+)%	**접근과 설명** Approach 2
d. 수상 운수														
잔여 오일 및 가스/디젤 오일	CH_4	1	1	10	10	57	100	57	99	0.0000	2	-19	22	
	N_2O	2	3	10	10	70	150	70	149	0.0000	36	-30	39	
가솔린	CH4	7	4	20	20	57	100	59	104	0.0000	-42	-16	22	
	N_2O	0.4	1	20	20	70	150	71	154	0.0000	56	-49	71	
e. 기타 수송														
가솔린 및 디젤	CH_4	5	6	30	30	50	50	54	63	0.0000	15	-43	67	
가솔린	N_2O	1	1	30	30	70	150	72	156	0.0000	9	-41	67	
디젤	N_2O	4	4	30	30	70	150	72	158	0.0000	-5	-37	60	
1.A4. 기타 부문														
액체	CH_4	19	15	3	3	75	10	74	13	0.0000	-19	-18	20	
	`N_2O	56	47	3	3	75	10	76	13	0.0000	-15	-21	25	
고체	CH_4	2	1	10	10	75	10	76	20	0.0000	-72	-6	8	
	N_2O	0.5	0.3	10	10	50	50	51	52	0.0000	-27	-12	14	
가스	CH_4	0.1	0.3	5	5	75	10	75	15	0.0000	132	-49	62	
	N_2O	1	1	5	5	50	50	50	50	0.0000	124	-27	32	
바이오매스	CH_4	282	307	15	15	70	150	71	151	0.0013	9	-28	38	
	N_2O	56	61	15	15	70	150	71	150	0.0000	9	-28	38	
이탄	CH_4	1	1	25	25	50	50	53	60	0.0000	1	-32	46	
	N_2O	1	2	25	25	70	150	71	155	0.0000	13	-38	57	
1.A.5 미분류														
액체	CH_4	2	2	7	7	75	10	75	17	0.0000	43	-31	46	
	N_2O	6	9	7	7	75	10	75	17	0.0000	45	-33	43	

표 3.5(계속)

불확도 평가를 위해 일반적인 보고용 표를 사용한 접근법2 불확도 분석의 보고 예

배출량, 흡수량 및 불확도는 2003년 핀란드의 국가 인벤토리를 사용(핀란드 통계 2005).

집단의 수준과 불확도 평가는 핀란드 국가 고유의 것이며, 제시된 불확도 또는 집단수준이 다른 나라들을 대표하지는 않는다.

A	B	C	D	E		F		G		H	I	J		K
IPCC 카테고리	**가스**	**기준연도의 배출 혹은 흡수량** Gg CO_2 equivalent	**t 연도의 배출 혹은 흡수량** Gg CO_2 equivalent	**활동자료의 불확도** (-)%	(+)%	**배출계수 불확도** (-)%	(+)%	**합성 불확도** (-)%	(+)%	**t_a연도에서의 변화에 대한 기여도**[a] (fraction)	**기준연도에 관한 t 연도의 증가에 대한 국가 배출량 인벤토리 경향** (% of base year)	**기준연도에 대해 배출된 총 국가 배출량 추세에 대한 불확도** (-)%	(+)%	**접근과 설명** Approach 2
가스	CH_4	0.3	0.4	13	13	75	10	75	23	0.0000	64	-41	55	
	N_2O	1	2	13	13	50	50	51	52	0.0000	64	-31	37	
1.B 연료로부터 탈루성 배출														
1.B.2 오일과 천연가스														
a.ii 오일 – flaring	CO_2	123	63					50	50	0.0000	-49	-29	85	b
a.iii.4 오일 – 정제	CH_4	8	10	2	2	90	90	90	90	0.0000	27	-41	53	
b.iii.4 천연가스 - 수송과 저장	CH_4	4	12					3	3	0.0000	236	-113	334	b
b.iii.5 천연가스 - 분배	CH_4	0	40					5	5	0.0000				b,c
2 산업공정														
2.A.1 시멘트 생산	CO_2	786	500	2	2	5	5	5	5	0.0000	-36	-2	2	
2.A.2 석회 생산	CO_2	383	513	2	2	3	3	4	4	0.0000	34	-4	4	
2.A.3 및 2.A.4 석회석과 돌로마이트 사용	CO_2	99	148	4	7	9	5	10	10	0.0000	50	-13	14	d
2.A.3 및 2.A.4 소다회 사용	CO_2	18	20	4	7	2	1	5	7	0.0000	10	-9	10	d
2.B.2 질산 생산	N_2O	1 595	1 396	5	5	57	100	57	100	0.0126	-13	-7	8	
2.B.8.b 에틸렌	CH_4	4	5	5	5	20	20	20	21	0.0000	32	-9	10	
2.B.10 기타	CO_2	60	147	8	12	5	5	10	13	0.0000	145	-35	40	
2.C.1 철강 생산	CH_4	5	9	3	3	20	20	20	20	0.0000	85	-8	8	
2.D 연료로부터 비에너지 제품 및 용매 사용	CO_2	640	830	50	50	5	5	50	50	0.002	30	-71	156	
2.F.1 냉장 및 냉방	HFCs, PFCs	0	578					11	26	0.0001	4 584 122	-519 745	1 206 234	b
2.F.2 수지발포제	HFCs		25					24	24	0.0000				b,c
2.F.4 에어로졸	HFCs		63					10	10	0.0000				b,c

표 3.5(계속)

불확도 평가를 위해 일반적인 보고용 표를 사용한 접근법2 불확도 분석의 보고 예

배출량, 흡수량 및 불확도는 2003년 핀란드의 국가 인벤토리를 사용(핀란드 통계 2005).

집단의 수준과 불확도 평가는 핀란드 국가 고유의 것이며, 제시된 불확도 또는 집단수준이 다른 나라들을 대표하지는 않는다.

A	B	C	D	E		F		G		H	I	J		K
IPCC 카테고리	**가스**	**기준연도의 배출 혹은 흡수량** Gg CO_2 equivalent	**t 연도의 배출 혹은 흡수량** Gg CO_2 equivalent	**활동자료의 불확도** (-)%	(+)%	**배출계수 불확도** (-)%	(+)%	**합성 불확도** (-)%	(+)%	***t*연도에서의 변화에 대한 기여도**[a] (fraction)	**기준연도에 관한 t 연도의 증가에 대한 국가 배출량 인벤토리 경향** (% of base year)	**기준연도에 대해 배출된 총 국가 배출량 추세에 대한 불확도** (-)%	(+)%	**접근과 설명** Approach 2
2.G.1 전기 장비	SF_6	87	22					88	88	0.0000	-75	-22	41	b
2.G.3.a 의학적인 사용	N_2O	62	40	30	30	20	20	34	38	0.0000	-36	-23	35	
2.H.3 기타	HFCs, PFCs, SF_6	8	21					38	38	0.0000	164	-123	292	b
3 AFOLU														
3.A.1 장내 발효	CH_4	1 868	1 537					20	31	0.0015	-18	-3	3	b
3.A.2 비료관리	CH_4	215	222					16	16	0.0000	3	-4	5	b
3.A.2 비료관리	N_2O	623	461					83	27	0.0006	-26	-15	17	b
3.B.1.a 임지로 유지되는 임지														
바이오매스에서의 탄소 축적량 변화	CO_2	-2 3798	-2 1354					35	35	0.5662	-10	-19	25	b
3.B.2.a 농경지로 유지되는 농경지														
무기토양에서의 순(net) 탄소 축적량 변화	CO_2	-535	-1 113					99	101	0.0125	108	-242	393	b
유기토양에서의 순(net) 탄소 축적량 변화	CO_2	1 813	1 324	20	20	90	90	89	95	0.0152	-27	-32	54	
3.B.3.a 초지로 유지되는 초지														
무기토양에서의 순(net) 탄소 축적량 변화	CO_2	-1 181	2 907					99	100	0.0852	-346	-2223	1067	b
유기토양에서의 순(net) 탄소 축적량 변화	CO_2	109	67	30	30	90	90	90	103	0.0000	-39	-29	50	
3.B.4.ai 이탄지로 유지되는 이탄지	CO_2	503	547	15	15	80	208	80	212	0.0074	9	-32	48	
3.A.4.ai 이탄지로 유지되는 이탄지	CH_4	5	6	15	15	80	208	80	208	0.0000	6	-32	46	
3.C.1.a 임지에서의 바이오매스 소각	CO_2	180	91	10	10	70	70	71	71	0.0000	-50	-12	15	
3.C.1.a 임지에서의 바이오매스 소각	CH_4	16	8	10	10	70	70	70	71	0.0000	-49	-12	15	
3.C.1.a 임지에서의 바이오매스 소각	N_2O	2	1	10	10	70	70	70	72	0.0000	-50	-11	15	
3.C.2 석회시용	CO_2	618	277	20	20	20	3	25	22	0.0000	-55	-11	15	

표 3.5(계속)

불확도 평가를 위해 일반적인 보고용 표를 사용한 접근법2 불확도 분석의 보고 예

배출량, 흡수량 및 불확도는 2003년 핀란드의 국가 인벤토리를 사용(핀란드 통계 2005).

집단의 수준과 불확도 평가는 핀란드 국가 고유의 것이며, 제시된 불확도 또는 집단수준이 다른 나라들을 대표하지는 않는다.

A	B	C	D	E		F		G		H	I	J		K
IPCC 카테고리	**가스**	**기준연도의 배출 혹은 흡수량** Gg CO_2 equivalent	**t 연도의 배출 혹은 흡수량** Gg CO_2 equivalent	**활동자료의 불확도** (-)%	(+)%	**배출계수 불확도** (-)%	(+)%	**합성 불확도** (-)%	(+)%	***t* 연도에서의 변화에 대한 기여도**[a] (fraction)	**기준연도에 관한 t 연도의 증가에 대한 국가 배출량 인벤토리 경향** (% of base year)	**기준연도에 대해 배출된 총 국가 배출량 추세에 대한 불확도** (-)%	(+)%	접근과 설명 Approach 2
3.C.4 관리 토양에서의 직접적 N_2O 배출	N_2O	3 486	2 608					76	227	0.2170	-25	-19	29	b
3.C.4 관리 토양에서의 직접적 N_2O 배출 : 질소 비료 사용, 임지	N_2O	27	11	10	10	94	380	94	386	0.0000	-58	-17	32	
3.C.5 관리 토양에서의 간접적 N_2O 배출	N_2O	735	592					81	334	0.0303	-19	-19	25	b
4 폐기물														
4.A 고형폐기물 매립	CH_4	3 678	2 497					43	43	0.012	-32	-14	16	b
4.D.1 국내 폐수처리 및 배출														
인구가 적은 지역	CH_4	118	95	15	15	32	20	34	27	0.000	-20	-16	20	
인구 조밀지역	CH_4	12	13					60	109	0.000	9	-16	20	b
인구가 적은 지역	N_2O	21	18	10	10	94	380	94	378	0.000	-13	-29	40	
인구 조밀지역	N_2O	84	66	5	5	94	380	94	378	0.000	-21	-25	34	
4.D.2 산업폐수처리와 배출	CH_4	22	19					61	109	0.000	-15	-17	22	b
4.D.2 산업폐수처리와 배출	N_2O	28	17	5	5	94	380	94	388	0.000	-37	-19	27	
4.E 기타 : 어류 양식으로부터의 질소 유입	N_2O	8	3	10	10	94	380	94	391	0.000	-62	-12	18	
합계		47 604	67 730					14	15		42	-18	23	

[a] 칼럼 H의 값은 인벤토리의 총 변화에 의한 각 카테고리(몬테카를로 시뮬레이션 도구로부터 획득됨)의 변화를 나누어 입력 되었음.
[b] 불확도 산정에 대한 보다 복잡한 방법이 사용되었으며, 따라서 활동자료와 배출계수 불확도는 공란으로 남겼음. 불확도 결과는 칼럼 G에서 나타나 있음.
[c] 기준연도의 배출량이 0일 경우는 경향은 계산되지 않았음
[d] 불확도 평가는 핀란드의 2003년 인벤토리를 사용하여 집단의 수준이 만들어졌기 때문에 유리 생산 부분에 대해서는 분리할 수 없었음

3.7 기술적 배경 정보

3.7.1 접근법 1 변수와 식

이 절은 3.2.3.1절, 접근법 1: 오차의 증식, 그리고 표 3.2, 접근법 1 불확도 계산에 대한 보충적 정보로서 접근법 1에 이용된 통계적 계산 기법에 대한 기초를 다룬다. 계산에 이용된 주요 변수와 식이 이 절에서 정의된다.

변수에 관한 설명

C_x = C열과 x행의 입력값, 기준 연도 인벤토리의 각 부문의 배출 내지 흡수

$\sum C_i$ = 기준 연도 인벤토리의 모든 부문(행)에 대한 배출 및 흡수의 합계

D_x = D열과 x행의 입력값, 인벤토리 연도 t의 각 부문의 배출 내지 흡수

$\sum D_i$ = 인벤토리 연도 t의 모든 부문(행)에 대한 배출 및 흡수의 합계

A-F열

배출 및 흡수의 입력자료, 활동 자료, 각각의 인벤토리에 대한 배출계수 불확도

G열

오차증식 식을 이용하여 조합된 불확도. 3.2.3.1절의 식 3.1을 참고한다.

$$G_x = \sqrt{E_x^2 + F_x^2}$$

H열

불확도에 대한 기여. 3.2.3.1절의 식 3.2를 참고한다.

$$H_x = \frac{(G_x \cdot D_x)^2}{(\sum D_i)^2}$$

총배출 불확도는 오차증식 식을 이용하여 구한다:

$$\frac{\sqrt{\sum (G_i \cdot D_i)^2}}{\sum D_i} = \sqrt{\sum H_i}$$

I열

I열의 입력값은 기준 연도와 연도 t간에 배출에서의 차이가 기준 연도와 연도 t에서 부문 x의 배출에서의 1% 증가에 대응하여 어떻게 변하는가를 보여준다. 이는 배출 산정치에서 체계적 불확도

- 즉, 기준연도와 연도 t간에 상관관계인 불확도 - 에 대한 배출에서의 추세의 민감도를 보여준다. 이 민감도는 유형 A 민감도로 기술된다.

I_x = 부문 x가 양쪽 연도에서 1%만큼 증가될 경우 백분율 추세 - 증가없는 백분율 추세

$$= \frac{0.01 \cdot D_x + \sum D_i - (0.01 \cdot C_x + \sum C_i)}{(0.01 \cdot C_x + \sum C_i)} \cdot 100 - \frac{\sum D_i - \sum C_i}{\sum C_i} \cdot 100$$

J열

J열의 입력값은 기준 연도와 연도 t간에 배출에서의 차이가 단지 연도 t에서 부문 x의 배출에서의 1% 증가에 대응하여 어떻게 변하는가를 보여준다. 이는 배출 산정치에서 무작위 불확도 - 즉, 기준연도와 연도 Y간에 상관관계가 없는 불확도 - 에 대한 배출에서의 추세의 민감도를 보여준다. 이 민감도는 유형 B 민감도로 기술된다.

J_x = 부문 x가 연도 t에서 1%만큼 증가될 경우 백분율 추세 - 증가없는 백분율 추세

$$= \frac{0.01 \cdot D_x + \sum D_i - \sum C_i}{\sum C_i} \cdot 100 - \frac{\sum D_i - \sum C_i}{\sum C_i} \cdot 100$$

$$= \frac{D_x}{\sum C_i}$$

K열

양쪽 연도에 동일한 배출계수가 이용되고 실제적인 배출계수들은 완전 상관이라는 가정하에서, 그것에 의해 도입된 백분율 오차(percent error)는 양쪽 연도에서 동일하다. 그러므로 배출계수에 의해 추세에 대해 도입된 불확도에 대한 공식은 다음과 같다.

K_x = 민감도 A · 배출계수의 불확도

$= I_x \cdot F_x$

배출계수들간의 무상관이 가정되는 경우에, 민감도 B가 이용되어야 하고 그 결과는 아래의 L열에 대한 주요한 도출에서 주어진 이유 때문에 $\sqrt{2}$배만큼 증가될 필요가 있다.

K_x = 민감도 B · 배출계수의 불확도 · $\sqrt{2}$

$= J_x \cdot F_x \cdot \sqrt{2}$

L열

추세는 기준 연도와 연도 t에서의 배출간의 차이이다. 그러므로 기준 연도와 연도 t의 활동자료의 불확도가 고려되어야 한다. 오차증식 식을 이용하여 조합된 두 가지 불확도와 불확도가 기준 연도와 연도 t에서 동일하다는 가정은 다음과 같다:

$$= \sqrt{(\text{불확실성}(\text{활동자료, 기준연도}))^2 + (\text{불확실성}(\text{활동자료, 연도 } t))^2}$$

$$\sqrt{(\text{불확실성}(\text{활동자료, 연도 } t))^2 \cdot 2}$$

$$= E_x \cdot \sqrt{2}$$

양쪽 연도에서의 활동자료는 독립이라고 가정되기 때문에, L열은 다음과 같다.

L_x = 민감도 B • 양쪽 연도의 활동자료의 조합된 불확도

= $J_x \cdot E_x \cdot \sqrt{2}$

활동자료간의 상관관계가 가정되는 경우에, 민감도 A가 이용되어야 하고 $\sqrt{2}$ 계수는 적용되지 않는다.

$L_x = I_x \cdot E_x$

M열

활동자료와 배출계수에서의 불확도에 의해 추세에 대해 도입된 불확도

$M_x = K_x^2 + L_x^2$

M열에서 입력값 M_i는 오차증식 식을 이용하여 추세의 전체 불확도를 구하기 위해 아래와 같이 조합된다.

추세의 전체 불확도 = $\sqrt{\sum M_i}$

3.7.2 접근법 1 - 추세 불확도에 대한 식의 상세한 내용

아래의 단계들은 유형 A 및 B 민감도를 이용하여 추세 불확도를 계산하는 방법을 보여준다 (3.2.3.1절을 참고)

1) 연도 Y에서의 수준 불확도를 평가하기 위한 방법은 부문 및 가스가 무상관이거나 통합된 부문이 무상관으로 취급될 수 있을 때까지 통합된다고 가정한다.

2) 국가로부터의 총배출(M열의 하단의 값)에서 추세의 불확도는 다음과 같이 산정된다:

$$U_T = \sqrt{\sum_{i=1}^{N} U_i^2}$$

여기서 U_T는 국가로부터의 총배출에서 추세의 불확도고 U_i는 부문 i 및 가스에 의해 U_T로 도입된 불확도이다.

3) 우리는 다음 식을 가진다.

$$U_i = \sqrt{(U_{E,i}^2 + U_{A,i}^2)}$$

여기서 $U_{E,i}$는 부문 i 및 가스의 배출계수와 관련된 불확도에 의해 U_i로 도입된 불확도고 $U_{A,i}$는 부문 i 및 가스의 활동자료와 관련된 불확도에 의해 U_i로 도입된 불확도이다.

4) 우리는 E와 F열로부터 부문 i 및 가스에 대한 활동자료 및 배출계수에 관련된 불확도가 백분율로 얼마인지 알지만, 이들 불확도가 총배출에서의 추세에 어떻게 영향을 미치는지 아직 모른다. 이를 위해 우리는 다음과 같이 기록한다.

$U_{E,i} = A_i u_{e,i}$ 이고 $U_{A,i} = B_i u_{a,i}$

A_i는 부문 i 및 가스에 관련된 유형 A 민감도이고 $u_{e,i}$는 F열에서 배출계수와 관련된 백분율 불확도인 경우에, B_i는 부문 i 및 가스에 관련된 유형 B 민감도이고 $u_{a,i}$는 E열에서 활동자료에 관련된 백분율 불확도이다. 본질적으로 유형 A 및 유형 B 민감도는 각각 기준 연도와 연도 Y간에 자기상관인 백분율 차이와 무상관인 백분율 차이를 총배출에서의 백분율 변화에 관련시키는 탄력성이다. 이 방법은 이러한 가정이 반대가 되도록 허용하거나 배출계수 및 활동자료가 자기상관이

되도록 허용하거나 어느 것도 자기상관이 되지 않도록 허용한다.
5) 유형 A 및 유형 B 민감도는 기준 연도와 연도 Y에서 부문 및 가스에 대한 합계에 의해 추세를 위한 공식으로부터 계산 가능하다. 무상관인 불확도가 기준 연도 또는 연도 Y에 영향을 미칠 것이기 때문에 추가적인 계수 $\sqrt{2}$가 도입된다. 현재의 정식화(formulation)는 유형 B 민감도에 대해 연도 Y에서의 배출이 기준 연도에서의 배출과 크게 다르지 않다고 가정한다; 이것이 사실이 아니라면 $\sqrt{2}$ 계수를 이용하는 대신에, 무상관인 불확도에 대해 기준 연도와 연도 Y에 관한 개별적인 고려를 도입해야 할 것이다.

유형 A 민감도의 도출

(1990년이 기준 연도라고 가정한다면) 추세는 다음과 같이 기록될 수 있다.

$$100 \cdot \left[\frac{\sum_{i=1}^{N} e_{i,y} - \sum_{i=1}^{N} e_{i,1990}}{\sum_{i=1}^{N} e_{i,1990}} \right]$$

부문 i 및 가스가 처음부터 끝까지 (유형 A 민감도는 연도들 사이에 상관인 불확도의 영향을 포착한다는 가정과 일치) 1%만큼 증가된다면 추세는 다음과 같이 된다.

$$100 \cdot \left[\frac{\sum_{i=1}^{N} e_{i,y} + 0.01e_{i,y} - \left(\sum_{i=1}^{N} e_{i,1990} + 0.01e_{i,1990}\right)}{\sum_{i=1}^{N} e_{i,1990} + 0.01e_{i,1990}} \right]$$

그리고 민감도 A_i는 다음과 같이 된다.

$$100 \cdot \left[\frac{\sum_{i=1}^{N} e_{i,y} + 0.01e_{i,y} - \left(\sum_{i=1}^{N} e_{i,1990} + 0.01e_{i,1990}\right)}{\sum_{i=1}^{N} e_{i,1990} + 0.01e_{i,1990}} \right] - 100 \cdot \left[\frac{\sum_{i=1}^{N} e_{i,y} - \sum_{i=1}^{N} e_{i,1990}}{\sum_{i=1}^{N} e_{i,1990}} \right]$$

이는 GPG2000의 페이지 6.18의 주석 B에서의 유형 A 민감도를 위해 제시된 표현과 동일하다.

유형 B 민감도

유형 B 민감도에서 우리는 부문 i 및 가스가 연도 y에서만 1% 만큼 증가된다고 가정한다. 이러한 경우에 추세는 다음과 같이 된다.

$$100 \cdot \left[\frac{\sum_{i=1}^{N} e_{i,y} + 0.01e_{i,y} - \sum_{i=1}^{N} e_{i,1990}}{\sum_{i=1}^{N} e_{i,1990}} \right]$$

그러므로 민감도 B_i는 다음과 같이 된다.

$$100 \cdot \left[\frac{\sum_{i=1}^{N} e_{i,y} + 0.01e_{i,y} - \sum_{i=1}^{N} e_{i,1990}}{\sum_{i=1}^{N} e_{i,1990}} \right] - 100 \cdot \left[\frac{\sum_{i=1}^{N} e_{i,y} - \sum_{i=1}^{N} e_{i,1990}}{\sum_{i=1}^{N} e_{i,1990}} \right]$$

분자의 모든 항은 100이 곱해질 때 $e_{i,y}$가 되는 $0.01e_{i,y}$를 제외하고 괄호들 사이에서 제거된다. 그러므로 B_i에 대한 표현은 GPG2000의 페이지 6.16의 J열의 상단에 있는 표현인 $e_{i,y} / \sum_{i=1}^{N} e_{i,1990}$로 단순해진다.

3.7.3 접근법 1의 결과에서 크고 비대칭인 불확도 다루기

이 절은 접근법 1의 불확도의 큰 산정치에서의 편의를 어떻게 수정하고 불확도 범위를 로그정규 분포에 기초한 비대칭의 95% 확률범위로 어떻게 변환시키는가에 대한 지침을 제공한다.

큰 불확도에 대한 불확도 산정치의 수정: 접근법 1의 근사적인 오차증식 기법은 평균에 대한 백분율로서 표현되는, 인벤토리 결과의 불확도 절반 범위의 산정치를 생산한다. 전체 인벤토리 불확도에서 불확도가 보다 커짐에 따라, 모형이 순수하게 가산적이지 않다면, 오차증식 접근법은 체계적으로 불확도를 과소산정한다. 그렇지만, 대부분의 인벤토리는 항목들(terms)의 합계에 기초하여 산정되고, 이들 항목의 각각은 (예를 들어, 배출계수와 활동자료의) 곱이다. 오차증식 접근법은 이러한 승수항(multiplicative terms)에 대해 정확하지 않다. 실증연구로부터의 결과는 일부 경우에 접근법 1을 이용하여 산정된 불확도는 과소산정될 수 있다는 것을 보여준다; Frey (2003)에 의해 제시된 예를 위해, 분석자는 수정계수(correction factor)를 이용할 수 있을 것이다. Frey (2003)은 가산적, 승수적, 지수적 모형을 위해 여러 다른 범위의 불확도를 포함하는 많은 경우들에 대해 큰 표본 크기를 가지는 몬테카를로 모의실험과 비교하여 불확도를 조합하기 위한 분석적 접근법의 성과를 평가했다. 모형 출력의 불확도 절반 범위(uncertainty half-range)에 관한 오차증식 산정치 및 몬테카를로 모의 산정치는 100% 미만의 값에 대해 매우 잘 일치했다. 총인벤토리의 불확도가 보다 높은 수준으로 증가함에 따라, 오차증식 접근법에 의해 총인벤토리의 불확도의 체계적인 과소산정이 존재했다. 모의 산정치와 오차증식 산정치간의 관계는 좋은(well-behaved) 것으로 발견되었다. 그러므로, 총인벤토리 불확도에 대한 U가 크다면(예를 들어, 100% 초과) 적용가능한 비교로부터 수정계수가 개발되었고 다음과 같이 제시된다.

식 3.3
불확도 절반 범위에 대한 수정계수

$$F_c = \left[\frac{(-0.720 + 1.0921U - 1.63 \cdot 10^{-3} U^2 + 1.11 \cdot 10^{-5} U^3)}{U} \right]^2$$

주석: U > 100%이고 모형이 승수적 내지 지수적 항목을 포함한다면 이용한다.
U > 230%에 대해 반드시 신뢰할 만하지는 않다.
순수하게 가산적인 모형에 대해서는 불필요하다.

여기서:

U = 오차증식에서 산정된 불확도의 ½범위로, 퍼센트 단위

F_c = 분산의 분석적 산정치를 위한 수정계수, 상관인 불확도 대 무상관인 불확도의 무차원의 비율(dimensionless ratio).

실증에 기초한 수정계수는 U가 100%에서 230%로 변함에 따라 1.06에서 1.69까지의 값을 생성한다. 수정계수는 총인벤토리 불확도 절반 범위에 관한 새롭고 수정된 산정치, $U_{corrected}$를 개발하기 위해 이용되며, 이 산정치는 신뢰구간을 개발하는데 이용된다.

식 3.4
수정된 불확도 절반 범위

$$U_{corrected} = U \cdot F_c$$

여기서:

$U_{corrected}$ = 오차증식으로부터 산정된 불확도에 대한 수정된 ½범위로, 퍼센트 단위

분산의 실증적 산정치에서의 오차는 대략 100% 미만의 불확도 절반 범위(U)에 대해 일반적으로 작다. 수정계수가 230%까지의 U 값을 위해 U > 100%에 대해 적용된다면, U의 산정치에서의 전형적인 오차는 대부분의 경우에 ±10%이내 일 것으로 기대된다. 수정계수는 10%에서 230%의 범위에서 조정되었기 때문에 보다 큰 불확도에 대해 반드시 신뢰할 수는 없을 것이다.

큰 불확도에 대한 비대칭인 신뢰구간의 계산: 모형 출력을 위한 신뢰구간을 단지 평균과 불확도의 절반 범위에 기초하여 계산하기 위해, 분포가 가정되어야 한다. 순수하게 가산적이고 불확도의 절반 범위가 대략 50% 미만인 모형에 대해, 정규분포는 종종 모형 출력의 형태를 위한 정확한 가정이다. 이러한 경우에, 평균에 대한 대칭적 불확도 범위가 가정될 수 있다. 승수적 모형에 대해, 또는 불확도가 비음(non-negative)인 변수에 대해 클 때, 로그정규분포는 전형적으로 모형 출력의 형태를 위한 정확한 가정이다. 이러한 경우에, 총인벤토리에 대한 분산이 접근법 1로부터 정확히 산정될지라도, 불확도 범위는 평균에 대해 대칭이 아니다. 여기서, 우리는 Frey (2003)에 의해 개발된 방법론에 기초하여, 오차증식의 결과에 기초한 근사적인 비대칭 불확도 범위를 계산하기 위한 실용적인 방법론을 제공한다. 95% 신뢰구간의 주요한 특징은 불확도의 작은 범위에 대해 신뢰구간이 근사적으로 대칭이고 불확도의 큰 범위에 대해 양의 왜도(positively skewed)를 가진다는 것이다. 후자의 결과는 비음변수을 위해 필요하다.

로그정규분포의 모수들은 기하평균 및 기하표준편차와 같은, 여러 방식으로 정의될 수 있다. 기하평균은 산술평균 및 산술표준편차에 기초하여 산정될 수 있다:

식 3.5
비대칭인 신뢰구간- 기하평균

$$\mu_g = \exp\left\{\ln(\mu) - \frac{1}{2}\ln\left(1+\left[\frac{U}{200}\right]^2\right)\right\}$$

여기서:

μ_g = 기하평균

μ = 산술평균

기하표준편차는 다음과 같이 제시된다.

식 3.6
비대칭인 신뢰구간 - 기하표준편차

$$\sigma_g = \exp\left\{\sqrt{\ln\left(1+\left[\frac{U}{200}\right]^2\right)}\right\}$$

여기서:

σ_g = 기하표준편차

신뢰구간은 (로그변환을 이용하여) 기하평균, 기하표준편차, 표준정규분포의 역(inverse) 누적확률분포에 기초하여 산정될 수 있다.

식 3.7
오차증식으로부터의 상/하 불확도 절반 범위

$$U_{low} = \left(\frac{\exp\{\ln(\mu_g) - 1.96\ln(\sigma_g)\} - \mu}{\mu} \right) \times 100$$

$$U_{high} = \left(\frac{\exp\{\ln(\mu_g) + 1.96\ln(\sigma_g)\} - \mu}{\mu} \right) \times 100$$

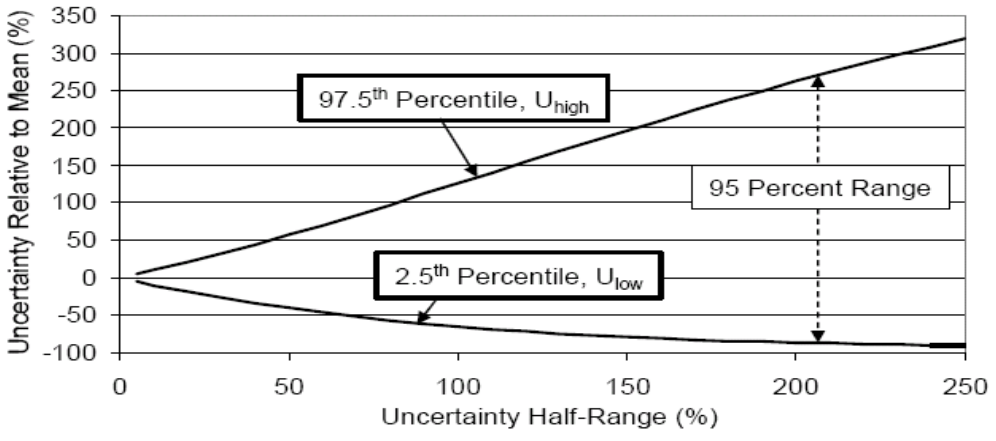
여기서:

U_{low} = 오차증식으로부터 산정된 불확도의 낮은 ½범위로, % 단위

U_{high} = 오차증식으로부터 산정된 불확도의 높은 ½범위로, % 단위

이들 식의 이용을 설명하기 위해, 예제를 고려해보자. 평균이 1.0이고 오차증식으로부터 산정된 불확도의 ½범위가 100%라고 하자. 이러한 경우에, 기하평균은 0.89이고 기하표준편차는 1.60이다. 평균에 대한 백분율로서 95% 확률범위는 식 3.7의 U_{low}에서 U_{high}의 구간에 의해 주어진다. 예에서, 그 결과는 -65%에서 +126%이다. 대조적으로, 불확도 산정의 기초로서 정규분포가 이용되었다면, 그 범위는 대략 ±100%로 산정되었을 것이고 음수값을 구할 대략 2%의 확률이 존재할 것이다. 그림 3.9는 오차증식 접근법으로부터 산정된 불확도 절반 범위에 기초한 로그정규분포를 가정하여 각각 계산된 2.5번째와 97.5번째 백분위수인, 95% 확률범위의 하한 및 상한의 민감도를 묘사한다. 불확도 범위는 대략 10%에서 20%의 불확도 절반 범위까지 평균에 대해 근사적으로 대칭이다. 불확도 절반 범위, U가 커짐에 따라, 그림 3.9에서 보이는 95% 불확도 범위는 커지고 비대칭이 된다. 예를 들어, U가 73%이면, 산정된 확률범위는 대략 - 50%에서 +100%, 또는 2의 계수(factor of two)이다.

그림 3.9 오차증식 접근법으로부터 계산된 불확도 절반 범위에 기초하여 로그정규분포를 가정할 때 산술평균에 대한 불확도의 비대칭인 범위의 산정치



3.7.4 불확도에 대한 기여의 계산을 위한 방법론

불확도에 대한 기여의 계산을 위한 방법론은 인벤토리의 분산을 각 부문의 분산에 배분하는 것에 기초한다.

불확도가 대칭이면, 한 부문에 대해 다음과 같이 분산이 산정된다.

식 3.8
부문 x의 기여 - 대칭인 불확도에 대한 분산

$$\sigma_x^2 = \left(D_x \frac{U_x}{200}\right)^2$$

여기서

U_x = 부문 x에 대한 불확도 절반 범위로, % 단위

D_x = 부문 x에 대한 총 배출 내지 흡수로 표 3.5의 D열의 입력값에 해당

σ_x^2 = 부문 x에 대한 배출 내지 흡수의 분산

불확도가 비대칭일지라도, 분산은 산술표준편차 내지 변동계수에 기초하여 산정될 수 있다. 분산은 단순히 산술편차의 제곱이다. 부문에 대한 분산은 변동계수, V_x 로부터 아래와 같이 산정될 수 있다.

식 3.9
부문 x의 기여 - 비대칭인 불확도에 대한 분산

$$\sigma_x^2 = (D_x V_x)^2$$

분산이 부문에 대해 알려져 있다면, 분산들을 전체 부문에 걸쳐 합산해야 한다. 그 결과는 인벤토리에서의 근사적인 총분산이다. 그렇지만, 이 결과는 다음과 같은 적어도 하나 이상의 이유 때문에 인벤토리에 대한 몬테카를로 모의실험 결과와 정확히 일치하지는 않을 것이다. (1) 몬테카를로 모의실험에서의 표본변동(sample fluctuations)때문에, 분산에 관한 몬테카를로 산정치는 진실한 값과 어느 정도 다를 것이다. (2) 분석적 계산은 개별적인 부문들에 대한 조합된 불확도를 위해 분포의 정규성 내지 로그정규성의 가정에 기초하며, 반면에 몬테카를로 모의실험은 다양한 분포 가정들을 수용할 수 있다. (3) 몬테카를로 모의실험은 분산에 대한 기여를 위한 분석적 계산에서 설명되지 않는 비선형성과 종속성을 설명할 것이다. 배출인벤토리 계산이 상당한 상관관계가 없이, 선형 내지 근사적으로 선형이면, 결과들은 매우 잘 일치할 것이다. 더욱이, 몬테카를로 기법을 위해 '분산에 대한 기여'를 산정하기 위한 기법들은 근사적이다. 잠재적으로 분산에 대한 모든 기여를 설명할 수 있는 기법들(예, Sobol's method, Fourier Amplitude Sensitivity Test)에 대해, 민감도의 척도(measures)는 보다 복잡하다(예, Mokhtari et al., 2006). 그러므로, 여기에 기술된 방법론은 실용적인 절충안이다.

참고문헌

Abdel-Aziz, A., and Frey, H.C. (2003). ''Development of Hourly Probabilistic Utility NOx Emission InventoriesUsing Time Series Techniques: Part I-Univariate Approach'', Atmospheric Environment, 37:5379-5389(2003).

Ang, A. H-S., and Tang, W.H., (1984). Probability Concepts in Engineering Planning and Design, Volume 2:Decision, Risk, and Reliability. John Wiley and Sons, New York .

Ang, A. H-S., and Tang, W.H., (1975). Probability Concepts in Engineering Planning and Design, Volume 1.John Wiley and Sons, New York.

Baggott, S.L., Brown, L., Milne, R., Murrells, TP., Passant, N., Thistlethwaite, G., Watterson, J.D. (2005) “"UK Greenhouse Gas Inventory, 1990 to 2003: Annual Report for submission under the Framework Convention on Climate Change”", April 2005. pub AEA Technology, UK ref AEAT/ENV/R/1971, ISBN 0-9547136-5-6.

Barry, T.M. (1996), Recommendations on the testing and use of pseudo-random number generators used in Monte Carlo analysis for risk assessment, Risk Assessment, 16(1):93-105.

Bevington, P.R. and Robinson, D.K. (1992). Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences. McGraw-Hill: New York.

Cohen A.C. and Whitten B. (1998). Parameter Estimation in Reliability and Life Span Models, M. Dekker: New York.

Cullen, A.C. and Frey, H.C. (1999), Probabilistic Techniques in Exposure Assessment: A Handbook for Dealing with Variability and Uncertainty in Models and Inputs, Plenum: New York.

D'Agostino, R.B. and Stephens, M.A. (eds.) (1986). Goodness-of-Fit Techniques, Marcel Dekker, New York.

Efron, B. and Tibshirani, R.J. (1993). An Introduction to the Bootstrap, Chapman and Hall, New York.

Eggleston, S., et al. (1998). Treatment of Uncertainties for National Greenhouse Gas Emissions, Report AEAT 2688-1 for DETR Global Atmosphere Division, AEA Technology, Culham, UK.

Evans, J.S., Graham J.D., Gray, G.M., and Sielken Jr, R.L. (1994). ”"A Distributional Approach to Characterizing Low-Dose Cancer Risk,”" Risk Analysis, 14(1):25-34 (February 1994).

Falloon, P. and Smith, P. (2003). Accounting for changes in soil carbon under the Kyoto Protocol: need for improved long-term data sets to reduce uncertainty in model projections. Soil Use and Management, 19, 265-269.

Frey, H.C. and Rubin, E.S. (1991). Development and Application of a Probabilistic Evaluation Method for Advanced Process Technologies, Final Report, DOE/MC/24248-3015, NTIS DE91002095, Prepared by Carnegie-Mellon University for the U.S. Department of Energy, Morgantown, West Virginia, April 1991, 364p.

Frey, H.C. and Rhodes, D.S. (1996). “"Characterizing, Simulating, and Analyzing Variability and Uncertainty: An Illustration of Methods Using an Air Toxics Emissions Example,”" Human and Ecological Risk Assessment: an International Journal, 2(4):762-797 (December

1996).

Frey, H.C. and Bammi, S. (2002). Quantification of Variability and Uncertainty in Lawn and Garden Equipment NOx and Total Hydrocarbon Emission Factors, J. Air & Waste Manage. Assoc., 52(4), 435-448.

Frey, H.C., Zheng, J., Zhao, Y., Li, S., and Zhu, Y. (2002). Technical Documentation of the AuvTool Software for Analysis of Variability and Uncertainty, Prepared by North Carolina State University for the Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC. February 2002.

Frey, H.C. and Zheng, J. (2002). "Probabilistic Analysis of Driving Cycle-Based Highway Vehicle Emission Factors," Environmental Science and Technology, 36(23):5184-5191 (December 2002).

Frey, H.C. (2003), “"Evaluation of an Approximate Analytical Procedure for Calculating Uncertainty in the Greenhouse Gas Version of the Multi-Scale Motor Vehicle and Equipment Emissions System,”" Prepared for Office of Transportation and Air Quality, U.S. Environmental Protection Agency, Ann Arbor, MI, May 30, 2003.

Frey, H.C. (2005), “"Comparison of Approach 1 and Approach 2,”" January 2005, unpublished analysis done for this Chapter.

Gelfand, A. E. (1996). Gibbs Sampling, The Encyclopedia of Statistical Sciences (editors: Kotz J., Reed C. and Banks D.), John Wiley and Sons, New York, 283-292.

Hahn, G.J., and Shapiro, S.S. (1967) Statistical Models in Engineering, Wiley Classics Library, John Wiley and Sons, New York.

Holland, D.M and Fitz-Simons, T. (1982) “"Fitting statistical distributions to air quality data by the maximum likelihood method,”" Atmospheric Environment, 16(5):1071-1076.

Hora, S.C. and Iman, R.L. (1989). Expert opinion in risk analysis: The NUREG-1150 methodology, Nuclear Science and Engineering, 102:323-331.

IPCC (1997). Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Lim, B., Tr□anton, K., Mamaty, I., Bonduki, Y., Griggs, D.J. and Callander, B.A. (Eds). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA, Paris, France.

IPCC (2000). Penman, J., Kruger, D., Galbally, I., Hiraishi, T., Nyenzi, B., Emmanuel, S., Buendia, L., Hoppaus, R., Martinsen, T., Meijer, J., Miwa, K., and Tanabe, K. (Eds). Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan.

ISO (1993). “"Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM)”" prepared by ISO, IEC, BIPM, IFCC, OIML, IUPAC, IUPAP and published by ISO, Switzerland in 1993.

Kirchner, T.B. (1990). Establishing modeling credibility involves more than validation, Proceedings, On the Validity of Environmental Transfer Models, Biospheric Model Validation Study, Stockholm, Sweden, October 8-10.

Manly, B.F.J. (1997). Randomization, Bootstrap, and Monte Carlo Methods in Biology, Second Edition, Chapman and Hall.

McCann, T.J. and Associates, and Nosal, M. (1994). Report to Environmental Canada Regarding Uncertainties in Greenhouse Gas Emission Estimates, Calgary, Canada.

Merkhofer, M.W. (1987). Quantifying judgmental uncertainty: Methodology, experiences, and insights, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. 17(5):741-752.

Mokhtari, A., Frey H.C. and Zheng J. (2006). “"Evaluation and recommendation of sensitivity analysis methods for application to Stochastic Human Exposure and Dose Simulation (SHEDS) models,”" Journal of Exposure Assessment and Environmental Epidemiology, Accepted December 2, 2005, In press.

Monni, S., Syri, S. and Savolainen I. (2004). ''Uncertainties in the Finnish greenhouse gas emission inventory''.Environmental Science and Policy 7, pp.87-98.

Monte, L, Hakanson, L., Bergstrom, U., Brittain, J. and Heling, R. (1996). Uncertainty analysis and validation of environmental models: the empirically based uncertainty analysis. Ecological Modelling, 91, 139-152.

Morgan, M.G., and Henrion, M. (1990). Uncertainty: A Guide to Dealing with Uncertainty in Quantitative Risk and Policy Analysis, Cambridge University Press, New York.

NARSTO (2005). Improving Emission Inventories for Effective Air Quality Management Across North America, NARSTO, June 2005.

NCRP (National Council on Radiation Protection and Measurements). (1996). A Guide for Uncertainty Analysis in Dose and Risk Assessments Related to Environmental Contamination, NCRP Commentary No. 14, Bethesda, MD.

Ogle, S.M., Breidt, F.J., Eve, M.D. and Paustian, K. (2003). Uncertainty in estimating land use and management impacts on soil organic carbon storage for U.S. agricultural lands between 1982 and 1997. Global Change Biology 9:1521-1542.

Smith, A.E, Ryan, P.B. and Evans J.S. (1992). The effect of neglecting correlations when propagating uncertainty and estimating the population distribution of risk, Risk Analysis, 12:467-474.

Spetzler, C.S., and von Holstein, S. (1975). Probability Encoding in Decision Analysis, Management Science, 22(3).

Statistics Finland. (2005). Greenhouse gas emissions in Finland 1990-2003. National Inventory Report to the UNFCCC, 27 May 2005.

USEPA (1996). Summary Report for the Workshop on Monte Carlo Analysis, EPA/630/R-96/010, Risk Assessment Forum, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.

USEPA (1997). Guiding Principles for Monte Carlo Analysis, EPA/630/R-97/001, Risk Assessment Forum. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.

USEPA (1999). Report of the Workshop on Selecting Input Distributions for Probabilistic Assessments, EPA/630/R-98/004, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, January 1999. http://www.epa.gov/ncea/input.htm

Wackerly, D.D., Mendenhall III, W. and Scheaffer, R.L. (1996). Mathematical Statistics with Applications, Duxbury Press: USA.

Winiwarter, W. and Rypdal K. (2001). “"Assessing the uncertainty associated with national greenhouse gas emission inventories: a case study for Austria,”" Atmospheric

Environment, 35(22):5425-5440.

Zhao, Y. and Frey, H.C. (2004a). “"Development of Probabilistic Emission Inventory for Air Toxic Emissions for Jacksonville, Florida,”" Journal of the Air & Waste Management Association, 54(11):1405-1421.

Zhao, Y., and Frey, H.C. (2004b). “"Quantification of Variability and Uncertainty for Censored Data Sets and Application to Air Toxic Emission Factors,”" Risk Analysis, 24(3):1019-1034 (2004).

Zheng, J. and Frey H.C. (2004). “"Quantification of Variability and Uncertainty Using Mixture Distributions:Evaluation of Sample Size, Mixing Weights and Separation between Components,”" Risk Analysis, 24(3):553-571 (June 2004).

제4장

방법론 선택 및 주 카테고리(Key Categories) 확인

저자

Anke Herold (독일), Suvi Monni (핀란드)
Erda Lin (중국), and C. P. (Mick) Meyer (호주)

부저자

Ketil Flugsrud (노르웨이)

목 차

4. 방법론 선택과 주 카테고리(Key Categories) 확인

4.1 서론 ····4.5
4.1.1 정의 ····4.5
4.1.2 주 카테고리 분석의 목적 ····4.5
4.1.3 주 카테고리를 확인하기 위한 일반적인 접근법 ····4.7
4.2 주 카테고리의 확인을 위한 일반적인 규칙 ····4.7
4.3 주 카테고리를 확인하기 위한 방법론적 접근법 ····4.13
4.3.1 주 카테고리를 확인하기 위한 접근법 1 ····4.15
4.3.2 주 카테고리를 확인하기 위한 접근법 2 ····4.19
4.3.3 주 카테고리를 확인하기 위한 질적 기준(Qualitative criteria) ····4.21
4.4 보고 및 문서화 ····4.22
4.5 주 카테고리 분석의 예제 ····4.23

참고문헌 ····4.33

식

식 4.1 수준 평가 (접근법 1) ····4.15
식 4.2 추세 평가 (접근법 1) ····4.17
식 4.3 0의 기준연도 배출을 가지는 추세 평가 ····4.18
식 4.4 수준 평가 (접근법 2) ····4.20
식 4.5 추세 평가 (접근법 2) ····4.20

그 림

그림 4.1 우수실행(good practice) 기법을 선택하기 위한 의사결정도 ····4.6
그림 4.2 주 카테고리를 확인하기 위한 의사결정도 ····4.14

표

표 4.1 접근법 1을 위한 분석의 제안된 통합수준 ·····4.9
표 4.2 접근법 1 분석을 위한 스프레드시트 - 수준 평가 ·····4.16
표 4.3 접근법 1 분석을 위한 스프레드시트 - 추세 평가 ·····4.18
표 4.4 주 카테고리 분석의 요약 ·····4.23
표 4.5 2003년 핀란드 GHG 인벤토리에 대한 접근법 1 수준 평가의 예 ·····4.23
표 4.6 2003년 핀란드 GHG 인벤토리에 대한 접근법 1 경향 평가의 예 ·····4.26
표 4.7 부분 자료(subset)를 이용한 2003년 핀란드 GHG 인벤토리에 대한 접근법 1 수준 평가의 예 ·····4.28
표 4.8 부분 자료(subset)를 이용한 2003년 핀란드 GHG 인벤토리에 대한 접근법 1 경향 평가의 예 ·····4.29
표 4.9 2003년 핀란드 GHG 인벤토리에 대한 접근법 2 수준 평가의 예 ·····4.30
표 4.10 2003년 핀란드 GHG 인벤토리에 대한 접근법 2 경향 평가의 예 ·····4.31
표 4.11 핀란드에 대한 주 카테고리 분석의 요약 ·····4.32

4 방법론 선택과 주 카테고리(Key Categories) 확인

4.1 서론

이 장은 국가적 인벤토리(national inventory)에서 주 카테고리[1]를 어떻게 확인하는지를 다룬다. 개별적인 배출원 및 흡수원(source and sink) 카테고리를 위한 방법론 선택은 전체적인 인벤토리 불확도를 관리하는데 중요하다. 일반적으로, 이 가이드라인의 부문별 책자(sectoral volumes)에서 각각의 카테고리 내지 하위부문을 위해 제공되는 가장 엄격한 기법을 이용하여 배출 및 흡수가 산정될 때 인벤토리에 대한 불확도가 보다 좋아진다. 그렇지만, 이들 기법은 일반적으로 자료수집을 위한 보다 광범위한 자원을 요구하므로, 배출 및 흡수의 모든 카테고리를 위해 보다 엄격한 기법을 이용하는 것은 실행가능하지 않을지 모른다. 그러므로 가용한 자원을 가장 효율적으로 이용하기 위해 전체적인 인벤토리에 대한 불확도에 가장 크게 기여하는 카테고리들을 확인하는 것은 *우수실행(good practice)*이다. 국가적 인벤토리에서 이들 주 카테고리를 확인함으로써, 인벤토리 작성자는 노력에 우선순위를 정하고 전체 산정치를 개선할 수 있다. 각 국가가 이 장에서 제시된 것과 같은 체계적이고 객관적인 방식으로 국내의 주요 인벤토리를 확인하는 것은 *우수실행(good practice)*이다. 결론적으로, 주 카테고리 분석의 결과를 방법론 선택을 위한 기초로서 이용하는 것은 *우수실행(good practice)*이다. 이러한 프로세스는 개발된 산정치에 대한 보다 큰 신뢰와 함께 개선된 인벤토리 품질(inventory quality)을 가져올 것이다.

4.1.1 정의

주 카테고리는 산정치가 배출 및 흡수원의 절대적 수준, 추세, 불확도 측면에서 한 국가의 온실가스 총 인벤토리에 상당한 영향을 미치기 때문에 국가적 인벤토리시스템 내에서 우선순위가 부여되는 부문이다. 주 카테고리란 용어가 이용될 때마다, 이는 배출 및 흡수 카테고리 모두를 포함한다.

4.1.2 주 카테고리 분석의 목적

가능한 한, 주 카테고리는 세 가지 중요한 인벤토리 측면에서 특별한 고려를 받아야 한다. 첫 번째, 국가적 인벤토리에서 주 카테고리의 확인은 제한된 자원이 우선순위가 부여된 인벤토리를 준비하는데 이용 가능하게끔 할 수 있다. 자료 및 기법의 개선을 위해 이용 가능한 자원을 주요한 것으로 확인된 부문에 집중하는 것은 *우수실행(good practice)*이다.

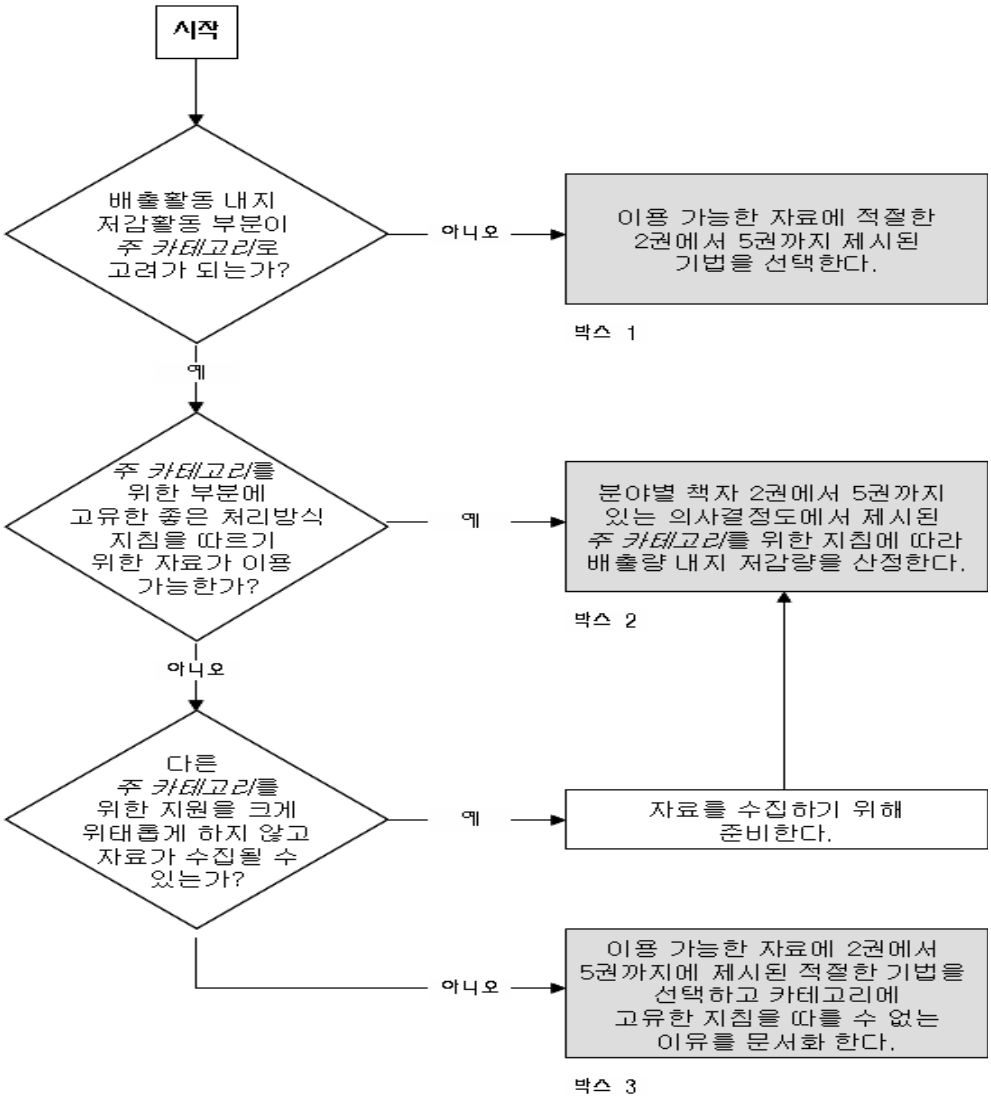
두 번째, 일반적으로, 보다 상세한 고tier 기법(higher tier methods)은 주 카테고리를 위해 선택되어야 한다. 인벤토리 작성자는 제 2권에서 5권의 부문별 의사결정도(sectoral decision trees)에서 제시된, 카테고리에 고유한 기법(category-specific methods)을 이용하여야 한다 (그림 4.1 참고). 항상 그렇지는 않지만, 대부분의 배출원/흡수원에 대해, 고tier(Tier 2와 3) 기법은 주 카테고리를

[1] *국가 온실가스 인벤토리에 대한 우수실행지침 및 불확도 관리* (*GPG2000*, IPCC, 2000)에서, 이 개념은 '주요 배출원 카테고리(key source categories)'로 명명되었고 LULUCF 부문을 제외한 인벤토리를 다루었다.

위해 제안된다. 주 카테고리에 대한 이 원칙의 특정한 적용에 대한 지침을 위해, 개별적인 카테고리를 위한 의사결정도 및 부문에 고유한 지침과, 부문별 책자에 있는 여러 제 장들(chapters)에서의 추가적인 *우수실행(good practice)*을 참고하는 것은 *우수실행(good practice)*이다. 일부 경우에, 인벤토리 작성자는 자원의 부족 때문에 보다 높은 tier 기법을 적용할 수 없을지 모른다. 이는 인벤토리 작성자가 고tier을 위해 요구되는 자료를 수집할 수 없거나 Tier 2와 3 기법을 위해 필요한 국가 고유의 (country specific) 배출계수 및 기타 자료를 결정할 수 없다는 것을 의미할 것이다. 이런 경우에, 이는 카테고리에 고유한 의사결정도에서 수용되지 않지만, Tier 1 접근법이 이용될 수 있으며. 이런 가능성은 그림 4.1에서 확인된다. 이런 경우에 방법론 선택이 부문별 의사결정도와 왜 일치하지 않는지를 명확히 문서화해야 한다. 우수실행 기법이 이용될 수 없는 주 카테고리는 미래의 개선을 위한 우선권을 가져야 한다.

세 번째로, 제 6장, 품질보증/품질관리 및 검증과 부문별 책자에서 기술된 것처럼 품질보증 및 품질관리 (QA/QC)에 대해 주 카테고리에 추가적인 주의를 기울이는 것은 *우수실행(good practice)*이다.

그림 4.1 우수실행(good practice) 기법을 선택하기 위한 의사결정도



4.1.3 주 카테고리를 확인하기 위한 일반적인 접근법

국가적 온실가스 인벤토리를 준비하는 인벤토리 작성자는 국가적 배출 및 흡수의 절대적인 수준에 대한 기여에 의해 주 카테고리를 확인할 수 있을 것이다. 시계열(time series)을 준비한 인벤토리 작성자를 위해, 주 카테고리의 계량적 결정은 배출 및 흡수의 절대적 수준과 추세 모두의 평가를 포함해야 한다. 일부 주 카테고리들은 국가적 인벤토리의 추세에 대한 그들의 영향이 고려될 때에만 확인될 수 있을 것이다.

4.2절은 주 카테고리의 확인을 위한 일반적인 규칙을 제시하며, 반면에 주 카테고리의 결정을 위한 방법론적 접근법은 4.3절에서 제공된다. 불확도를 고려하는 기본적인 접근법 1(Approach 1)과 접근법2(Approach 2)가 기술된다. 주 카테고리의 계량적 결정에 덧붙여, 4.3.3절에서 보다 상세히 기술되는 질적 기준(qualitative criteria)을 고려하는 것은 *우수실행(good practice)*이다. 주 카테고리 분석의 보고 및 문서화에 대한 지침은 4.4절에서 제공된다. 4.5절은 주 카테고리 확인을 위한 예제들을 제시한다.

4.2 주 카테고리의 확인을 위한 일반적인 규칙

카테고리의 적절한 세분화(disaggregation) 수준에서 분석이 수행된다면 주 카테고리 확인의 결과는 매우 유용할 것이다. 표 4.1, 접근법 1을 위한 분석의 제안된 통합 수준은 추천되는 배출 및 흡수원카테고리를 나열하고, 관련된 분석의 세분화에 관련된 특수한 고려사항을 확인한다. 예를 들어, 화석연료의 연소는 1차, 2차, 3차의 하위부문 및 개별적인 공장 내지 보일러의 수준까지 세분화될 수 있는 커다란 배출원 카테고리이다. 국가들은 표 4.1의 분석의 추천 수준을 그들의 국가적 상황에 적합시킬 것이다. 특히 접근법 2를 이용하는 국가는 불확도 분석을 위해 이용된 동일한 통합 수준을 아마 선택할 것이다. 일부 경우에, 매우 낮은 수준으로의 세분화는 피해야만 하는데, 이러한 세분화가 중요한 통합 부문을 더이상 주 카테고리가 아닌 많은 작은 하위카테고리로 나누기 때문이다. 아래의 지침은 주 카테고리를 확인하기 위해 카테고리의 적절한 세분화 수준을 결정하는 *우수실행(good practice)*을 기술한다:

- 부문별 책자에서 IPCC 기법과 의사결정도가 일반적으로 제공되는 IPCC 카테고리 내지 하위카테고리의 수준에서 분석이 수행되어야 한다.
- 가스를 집합적으로 처리하는 특정한 방법론적 이유가 존재하지 않는다면, 각 카테고리에서 배출되는 각각의 온실가스는 개별적으로 고려되어야 한다. 예를 들어, 이산화탄소(CO_2), 메탄(CH_4), 아산화질소(N_2O)는 도로수송으로부터 배출된다. 기법, 배출계수, 관련되는 불확도가 각각의 가스에 대해 다르기 때문에 이러한 배출원을 위한 주요 카테고리 분석은 이들 각각의 가스에 대해 개별적으로 수행되어야 한다. 대조적으로, 수소불화탄소(HFCs)의 모든 화학족(chemical species)에 관한 집합적 분석은 '오존파괴물질의 대체물로서의 제품이용(Product Uses as Substitutes for Ozone Depleting Substances)' 카테고리를 위해 적합하다.
- 자료가 이용가능하다면, 주어진 부문내에서 배출 및 흡수에 대해 개별적으로 분석을 수행해야 한다. 예를 들어, 토지 이용 부문과 공동 산정치(pool estimates)는 표 4.1에서 제시된 부문에 대해 통합된 수준에서 상쇄되는 배출 및 흡수을 포함할 수 있다. 배출 및 흡수이 상쇄되고 기법이 배출 및 흡수을 개별적으로 산정하지 못하는 경우에, 특히 보고된 하위카테고리에 대한 자료가 보다 세분화된 수준에서 유의적인 탄소량 변화를 명확히 보여줄 때, 인벤토리 작성자

는 주 카테고리 분석에서 보다 세분화된 하위카테고리를 포함해야 한다(예를 들어, 탄소량 감소가 발생하는 영역과 탄소량 증가가 발생하는 다른 영역의 서로 다른 두 가지 영역을 포함한다). 예를 들어, CO_2가 저장을 위해 포착(captured)되는 경우에, 비슷한 고려사항이 Energy와 IPPU (Industrial Processes and Product Use: 산업 프로세스 및 제품 이용) 카테고리에 적용될 것이다.

- 표 4.1은 분석의 추천 수준을 보여준다.[2] 국가들은 이 표에서 제안된 것보다 보다 세분화된 수준에서 계량적 분석을 수행할 지 모른다. 이런 경우에는, 주 카테고리 분석을 수행할 때 카테고리들 내지 하위카테고리들 간에 가능한 교차 상관(cross-correlations)이 고려되어야 한다. 접근법 2를 이용할 때, 이러한 상관관계에 대한 가정은 불확도를 평가하고 주 카테고리를 확인할 때 동일해야 한다(3장, 불확도를 참고).
- 표 4.1에 포함된 카테고리와 가스는 부문별 책자에서 산정기법이 제공되는 것들이다. 국가들이 GWPs가 이용가능한 새로운 카테고리 내지 가스에 대해 산정치를 개발한다면, 이들은 적절한 부문의 기타(기타 항목)아래의 분석에 추가되어야 한다. CO_2 등가 배출[3]을 이용하여 분석이 수행되기 때문에 GWP가 이용가능하지 않은 가스는 포함될 수 없다.
- AFOLU (Agriculture, Forestry and Other Land Use: 농업, 임업, 기타 토지 이용) 부문 이외의 카테고리에서의 NOx 및 질소화합물의 축적(deposition)으로부터의 간접적인 N_2O 배출은 카테고리 5A, NOx 및 NH_3에서 질소의 대기 축적(atmospheric deposition)으로부터의 간접적인 N2O 배출,에서의 주 카테고리 분석에 포함된다. 그러므로 간접적인 N_2O를 주요한 것으로 확인하는 것은 방법론 선택에 영향을 미치지 않는다.

관련된 주 카테고리에 대해 (아래의 표 4.1을 참고), 인벤토리 작성자는 어떤 하위카테고리가 특히 중요한지 결정해야 한다. 일반적으로, 이를 위해, 하위카테고리들은 통합된 주 카테고리에 대한 그들의 기여에 따라 순위가 매겨져야 한다. 주 카테고리에 60% 이상을 함께 기여하는 하위카테고리들은 특히 중요한 것으로 취급되어야 한다. 이들 매우 중요한 하위카테고리의 방법론적 개선에 노력을 집중하는 것이 적절할 것이다. 하위카테고리가 확인될 필요가 있는 카테고리에 대해 제 2권에서 제 5권에 있는 적절한 의사결정도에서 명확히 언급된다. 일부 경우에, 이들 하위카테고리를 확인하는 대안적 기법이 이용된다.

[2] 부문들간의 대부분의 상관관계는 이 표의 통합 수준을 이용함으로써 회피될 수 있다. 일부 상관관계는 예를 들어, 고정연소와 수송간의 연료 이용에서 그리고 HFC에 대해 잔존한다. 실제로, 접근법 2 평가를 위해 이용되는 세분화 수준에서 주요부문 분석에 대한 상관관계의 영향이 고려되어야 한다 (불확도 분석에서의 상관관계에 대한 보다 많은 권고에 대해, 3장을 참고한다).

[3] 다른 가중체계에 대해 방법론이 또한 적용가능하지만, 접근법 1과 2를 위한 임계치(threshold)의 도출 및 4.5절의 예제를 위해, Second Assessment Report에서 IPCC에 의해 제공되는, 다른 온실가스들의 100년 동안의 지수온난화지수(global warming potentials)(GWP)를 이용하여 CO_2 등가가 계산된다.

표 4.1
접근법 1을 위한 분석의 제안된 통합수준[a]

주 카테고리에서 평가된 배출 및 흡수원의 카테고리		평가된 가스[c]	비 고
카테고리 코드	카테고리명		
에너지			
1A1	연료연소 활동-에너지산업	CO_2, N_2O, CH_4	주연료 형태로 구분
1A2	연료연소 활동-제조업 및 건설	CO_2, N_2O, CH_4	주연료 형태로 구분
1A3a	연료연소 활동-수송 -민간항공(Civil Aviation)	CO_2, N_2O, CH_4	국내항공(domestic aviation)만 적용
1A3b	연료연소 활동-수송-도로수송	CO_2, N_2O, CH_4	
1A3c	연료연소 활동-수송-철도	CO_2, N_2O, CH_4	
1A3d	연료연소 활동-수송 -수상 운수(Water-born Navigation)	CO_2, N_2O, CH_4	주연료 형태로 구분. 국내 수상 운수(Water-born Navigation)만 적용
1A3e	연료연소 활동-수송-기타수송	CO_2, N_2O, CH_4	이 카테고리가 *주 카테고리*이면, 인벤토리 작성자는 어떤 하위카테고리(subcategory)가 주요한지 결정해야 한다.
1A4	연료연소 활동-수송-기타부문	CO_2, N_2O, CH_4	주연료 형태로 구분
1A5	연료연소 활동 -미분류(Non-Specified)	CO_2, N_2O, CH_4	주연료 형태로 구분
1B1	연료로부터 탈루성 배출-고체연료	CO_2, CH_4	
1B2a	연료로부터 탈루성 배출-오일,천연가스-오일	CO_2, CH_4	이 카테고리가 *주 카테고리*이면, 인벤토리 작성자는 어떤 하위카테고리(subcategory)가 주요한지 결정해야 한다.
1B2b	연료로부터 탈루성 배출-오일,천연가스-천연가스	CO_2, CH_4	이 카테고리가 *주 카테고리*이면, 인벤토리 작성자는 어떤 하위카테고리(subcategory)가 주요한지 결정해야 한다.
1C	이산화탄소 수송 및 저장	CO_2	이 카테고리가 *주 카테고리*이면, 인벤토리 작성자는 어떤 하위카테고리(subcategory)가 주요한지 결정해야 한다.
1	기타	CO_2, CH_4, N_2O,	위에서 나열되지 않은 에너지 부문의 다른 배출원이 포함되어야 할지를 평가하라. 주 카테고리 분석은 인벤토리의 모든 배출원을 포함해야 한다. 따라서 위에서 언급하지 않은 모든 카테고리는 관련된 다른 카테고리에서 합산되거나 따로 평가되어야 한다.
산업공정 및 제품 사용			
2A1	광물산업-시멘트 생산	CO_2	
2A2	광물산업-석회 생산	CO_2	
2A3	광물산업-유리 생산	CO_2	

표 4.1(계속)
접근법 1을 위한 분석의 제안된 통합수준[a]

주 카테고리에서 평가된 배출 및 흡수원의 카테고리		평가된 가스[c]	비 고
카테고리 코드[b]	카테고리명[b]		
2A4	광물산업-탄산염의 기타 공정 이용	CO_2	이 카테고리가 *주 카테고리*이면, 인벤토리 작성자는 어떤 하위카테고리(subcategory)가 주요한지 결정해야 한다.
2B1	화학산업-암모니아 생산	CO_2	
2B2	화학산업-질산 생산	N_2O	
2B3	화학산업-아디프산 생산	N_2O	
2B4	화학산업-카프로락탐, 글리옥살, 글리옥살산 생산	N_2O	이 카테고리가 *주 카테고리*이면, 인벤토리 작성자는 어떤 하위카테고리(subcategory)가 주요한지 결정해야 한다.(카프로락탐, 글리옥살, 글리옥살산)
2B5	화학산업-카바이드 생산	CO_2, CH_4	
2B6	화학산업-이산화티탄 생산	CO_2	
2B7	화학산업-소다회 생산	CO_2	
2B8	화학산업-석유화학제품과 카본블랙 생산	CO_2, CH_4	이 카테고리가 *주 카테고리*이면, 인벤토리 작성자는 어떤 하위카테고리(subcategory)가 주요한지 결정해야 한다.
2B9	화학산업-불소화합물 생산	HFCs, PFCs, SF_6, 기타 할로겐 가스	모든 가스는 함께 평가되어야 한다. 이 카테고리가 *주 카테고리*이면, 인벤토리 작성자는 어떤 하위카테고리(subcategory)/가스가 주요한지 결정해야 한다. (예, HCFC-22에서 HFC23 제조)
2C1	금속산업-철강 생산	CO_2, CH_4	
2C2	금속산업-합금철 생산	CO_2, CH_4	
2C3	금속산업-알루미늄 생산	PFCs,CO_2	PFCs는 함께 평가되어야 한다. CO_2는 따로 평가되어야 한다..
2C4	금속산업-마그네슘 생산	CO_2,SF_6, PFCs HFCs, 기타 할로겐화 가스	HFCs, PFCs과 다른 할로겐화 가스에 대한 방법은 Tier 3 수준에서만 제공된다. 이 가스들이 인벤토리에 포함되지 않는다면, 정성 고찰(qualitative consideration)을 이용하는 것이 *우수실행(good practice)*이다(4.3.3장을 참고).
2C5	금속산업-납 생산	CO_2	
2C6	금속산업-아연 생산	CO_2	
2D	연료로부터 비에너지 제품 및 용매 사용	CO_2	이 카테고리가 *주 카테고리*이면, 인벤토리 작성자는 어떤 하위카테고리(subcategory)가 주요한지 결정해야 한다.
2E	전자산업	HFCs, PFCs, SF_6, 기타 할로겐 가스	모든 가스는 함께 평가되어야 한다. 이 카테고리가 *주 카테고리*이면, 인벤토리 작성자는 어떤 하위카테고리(subcategory)가 주요한지 결정해야 한다.
2F1	오존층 파괴물질의 대체물질로서 제품 사용-냉장 및 냉방	HFCs, PFCs	모든 HFC와 PFC가스는 함께 평가되어야 한다.
2F2	오존층 파괴물질의 대체물질로서 제품 사용-수지발포제	HFCs	모든 HFC가스는 함께 평가되어야 한다.

표 4.1(계속)
접근법 1을 위한 분석의 제안된 통합수준[a]

주 카테고리에서 평가된 배출 및 흡수원의 카테고리		평가된 가스[c]	비 고
카 테고리 코드[b]	카테고리명[b]		
2F3	오존층 파괴물질의 대체물질로서 제품 사용-화재 방재	HFCs, PFCs	모든 HFC와 PFC가스는 함께 평가되어야 한다.
2F4	오존층 파괴물질의 대체물질로서 제품 사용-에어로졸	HFCs, PFCs	모든 HFC와 PFC가스는 함께 평가되어야 한다.
2F5	오존층 파괴물질의 대체물질로서 제품 사용-용매	HFCs, PFCs	모든 HFC와 PFC가스는 함께 평가되어야 한다.
2F6	오존층 파괴물질의 대체물질로서 제품 사용-기타	HFCs, PFCs	모든 HFC와 PFC가스는 함께 평가되어야 한다.
2G	기타 제품 제조 및 사용	SF_6, PFCs, N_2O	모든 PFC가스와 SF_6는 같이 평가되어야 한다. 이 카테고리가 *주 카테고리*이면, 인벤토리 작성자는 어떤 하위카테고리(subcategory)가 주요한지 결정해야 한다. N_2O는 따로 평가되어야 한다.
2	기타	CO_2, CH_4, N_2O, HFCs, PFCs, SF_6, 기타 할로겐화 가스	위에서 나열되지 않은 산업공정 및 제품 사용 부문의 다른 배출원이 포함되어야 할지를 평가하라. 주 카테고리 분석은 인벤토리의 모든 배출원을 포함해야 한다. 따라서 위에서 언급하지 않은 모든 카테고리는 관련된 다른 카테고리에서 합산되거나 따로 평가되어야 한다.
농업, 산림 및 기타 토지 이용			
3A1	장내발효	CH_4	이 카테고리가 *주 카테고리*이면, 인벤토리 작성자는 어떤 동물 카테고리(animal category)가 주요한지 결정해야 한다. 주 카테고리에 대하여, CH_4 또는 N_2O 배출량 산정뿐 아니라 가축수 특성에 대한 의사결정도도 수반되어야 한다.
3A1	비료관리	CH_4, N_2O	이 카테고리가 *주 카테고리*이면, 인벤토리 작성자는 어떤 동물 카테고리(animal category)와 폐기물 관리시스템이 주요한지 결정해야 한다. 주 카테고리에 대하여, CH_4 또는 N_2O 배출량 산정뿐 아니라 가축수 특성에 대한 의사결정도도 수반되어야 한다.
3B1a	임지로 유지되는 임지	CO_2	이 카테고리가 *주 카테고리*이면, 인벤토리 작성자는 어떤 저장고(바이오매스, DOM, 무기토양, 유기토양)가 주요한지 결정하고, 주요한 저장고의 탄소 축적량 변화에 대한 의사결정도에서 *주 카테고리*에 대한 지침을 따라야 한다.
3B1b	임지로 전환된 토지	CO_2	이 카테고리가 *주 카테고리*이면, 인벤토리 작성자는 어떤 저장고 및 하위카테고리가 주요한지 결정해야 한다.
3B2a	농경지로 유지되는 농경지	CO_2	이 카테고리가 *주 카테고리*이면, 인벤토리 작성자는 어떤 저장고가 주요한지 결정해야 한다.

표 4.1(계속)
접근법 1을 위한 분석의 제안된 통합수준[a]

주 카테고리에서 평가된 배출 및 흡수원의 카테고리		평가된 가스[c]	비 고
카테고리 코드[b]	카테고리명[b]		
3B2b	농경지로 전환된 토지	CO_2	분리된 카테고리에서 농경지로 전환된 임지의 영향(impact)을 평가하라.[d] 이 카테고리가 *주 카테고리*이면, 인벤토리 작성자는 어떤 저장고가 주요한지 결정해야 한다.
3B3a	초지로 유지되는 초지	CO_2	이 카테고리가 *주 카테고리*이면, 인벤토리 작성자는 어떤 저장고가 주요한지 결정해야 한다.
3B3b	초지로 전환된 토지	CO_2	분리된 카테고리에서 초지로 전환된 임지의 영향(impact)을 평가하라.[d] 이 카테고리가 *주 카테고리*이면, 인벤토리 작성자는 어떤 저장고 및 하위카테고리가 주요한지 결정해야 한다.
3B4ai	이탄지로 유지되는 이탄지	CO_2,N_2O	
3B4aii	침수지로 유지되는 침수지	CO_2	
3B4b	습지로 전환된 토지	CO_2	분리된 카테고리에서 습지로 전환된 임지의 영향(impact)을 평가하라(아래를 참고).[d] 이 카테고리가 *주 카테고리*이면, 인벤토리 작성자는 어떤 저장고 및 하위카테고리가 주요한지 결정해야 한다.
3B5a	주거지로 유지되는 주거지	CO_2	이 카테고리가 *주 카테고리*이면, 인벤토리 작성자는 어떤 저장고가 주요한지 결정해야 한다.
3B5b	주거지로 전환된 토지	CO_2	분리된 카테고리에서 주거지로 전환된 임지의 영향(impact)을 평가하라.[d] 이 카테고리가 *주 카테고리*이면, 인벤토리 작성자는 어떤 저장고 및 하위카테고리가 주요한지 결정해야 한다.
3C1	바이오매스 소각	CH_4, N_2O	
3C2	석회시용	CO_2	
3C3	요소처리	CO_2	
3C4	관리 토양에서의 직접적 N_2O 배출	N_2O	이 카테고리가 *주 카테고리*이면, 인벤토리 작성자는 어떤 하위카테고리가 주요한지 결정해야 한다.
3C5	관리 토양에서의 간접적 N_2O 배출	간접적N_2O	이 카테고리가 *주 카테고리*이면, 인벤토리 작성자는 어떤 하위카테고리가 주요한지 결정해야 한다.
3C6	비료관리로부터의 간접적 N_2O 배출	간접적N_2O	
3C7	쌀재배	CH_4	
3D1	수확된 목제품	CO_2	*주* 카테고리 분석 사용은 선택적이다.
3	기타	CO_2 CH_4, N_2O	위에서 나열되지 않은 AFOLU 부문의 다른 배출원 또는 흡수원이 포함되어야 할지를 평가하라. 주 카테고리 분석은 인벤토리의 모든 배출원을 포함해야 한다. 따라서 위에서 언급하지 않은 모든 카테고리는 관련된 다른 카테고리에서 합산되거나 따로 평가되어야 한다.

표 4.1(계속)
접근법 1을 위한 분석의 제안된 통합수준[a]

주 카테고리에서 평가된 배출 및 흡수원의 카테고리		평가된 가스[c]	비 고
카 테 고리 코드[b]	카테고리명[b]		
폐기물			
4A	고형 폐기물 매립	CH_4	이 카테고리가 *주 카테고리*이면, 인벤토리 작성자는 어떤 하위카테고리가 주요한지 결정해야 한다.
4B	고형 폐기물의 생물학적 처리	CH_4, N_2O	
4C	폐기물의 소각 및 노천 소각	CO_2, CH_4, N_2O	
4D	폐수처리 및 배출	CH_4, N_2O	가정 및 산업 폐수 처리가 주요한 하위카테고리인지를 평가하라.
4	기타	CO_2, CH_4, N_2O	위에서 나열되지 않은 폐기물 부문의 다른 배출원이 포함되어야 할지를 평가하라. 주 카테고리 분석은 인벤토리의 모든 배출원을 포함해야 한다. 따라서 위에서 언급하지 않은 모든 카테고리는 관련된 다른 카테고리에서 합산되거나 따로 평가되어야 한다.
5A	NO_X와 NH_3에 있는 질소의 대기침적에서 발생하는 간접적 N_2O배출	간접적 N_2O	
5B	기타	CO_2, CH_4, N_2O,SF_6, PFC_S,HCF_S	5B에서 보고된 배출 및 흡수원 포함하라. 주 카테고리 평가는 인벤토리의 모든 배출원을 포함해야 한다. 따라서 위에서 언급하지 않은 모든 카테고리는 관련된 다른 카테고리에서 합산되거나 따로 평가되어야 한다.

[a] 어떤 경우에는, 인벤토리 작성자가 특수한 국가 환경을 반영하기 위해 IPCC 카테고리의 리스트를 수정할 수 있다.
[b] 카테고리들은 각각의 코드를 포함해야 하고, IPCC 용어와 일관되어야 한다.
[c] 이 칼럼의 모든 가스들은 따로 평가되어야 한다. 단, 가스들이 함께 평가될 수 있는 '기타' 카테고리는 예외이다. 여기에서 나열될 것 이외에 일부 새로운 가스가 존재할 수도 있다.
[d] 정량적인 주 카테고리 분석에서, 임지의 변화는 다른 토지이용변화 카테고리에 영향을 미친다 (spread out). 국가들은 다른 토지 카테고리로 전환된 산림과 관련된 배출량 산정치를 확인하고 총계를 내야 하며, 주 카테고리로 확인된 가장 작은 카테고리와 그 규모를 비교해야 한다. 만약 그것의 규모가 주 카테고리로 확인된 가장 작은 카테고리보다 크다면, 이는 주 카테고리로 고려되어야 한다.

4.3 주 카테고리를 확인하기 위한 방법론적 접근법

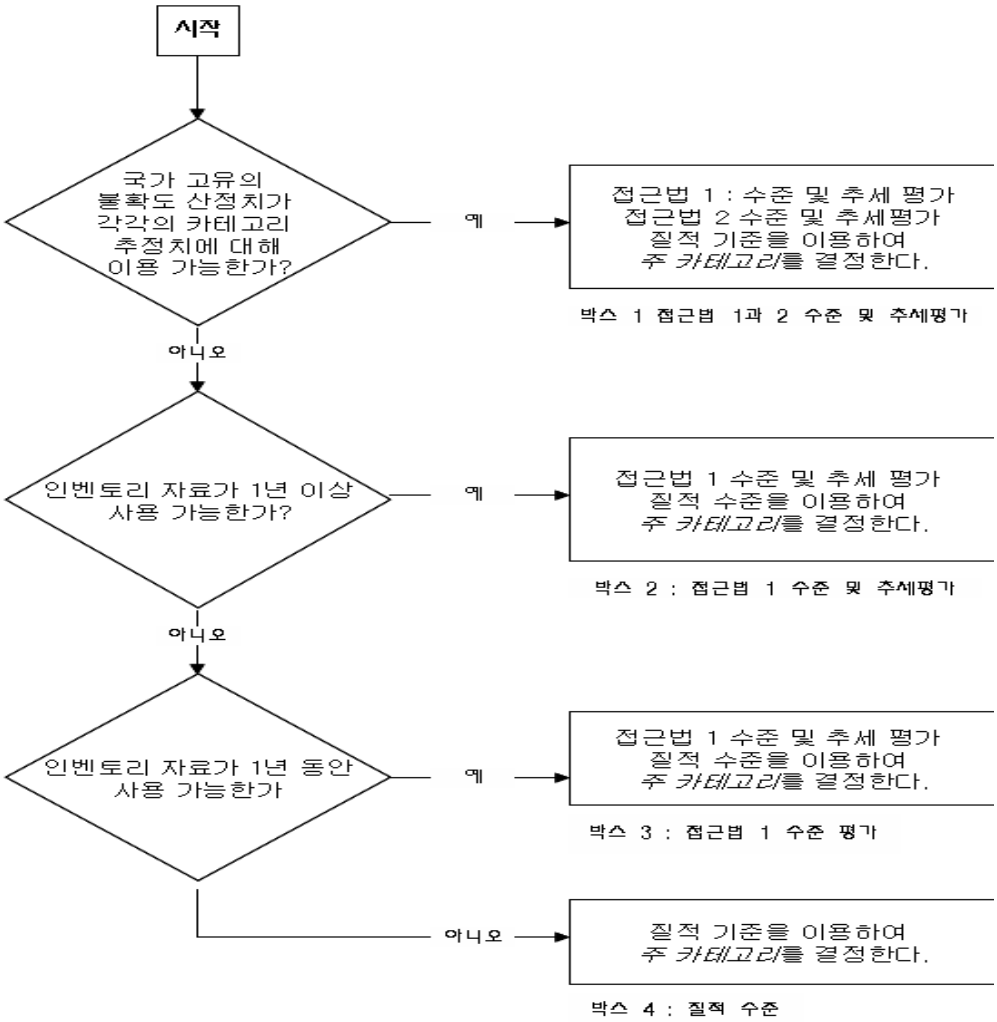
각 카테고리의 배출 및 흡수원의 수준 및 추세와 국가 전체의 배출 및 흡수 사이의 관계에 관한 계량적 분석을 수행함으로써. 각 국가가 체계적이고 객관적인 방식으로 국가의 주 카테고리를 확인하는 것은 *우수실행(good practice)*이다.

주 카테고리 분석을 수행하기 위한 두 가지 접근법이 개발되었다. 두 가지 접근법은 모두 국가의 배출 및 흡수의 절대적 수준과 배출 및 흡수의 추세에 대한 카테고리의 기여에 의해 주 카테고리를 확인한다.

접근법 1(Approach 1)에서, 주 카테고리는 사전에 결정된 누적 배출 임계치(cumulative emissions threshold)를 이용하여 확인된다. 주 카테고리들은 크기의 역순으로 합산될 때, 전체 수준[4]의 95%에 이르는 카테고리들이다. 이 기법은 4.3.1절, 주 카테고리를 확인하기 위한 접근법 1에 보다 상세히 기술된다.

카테고리 불확도(category uncertainties) 내지 변수 불확도(parameter uncertainties)가 이용가능하다면, 주 카테고리를 확인하기 위한 접근법 2(Approach 2)가 인벤토리 작성자에 의해 이용될 수 있다. 접근법 2 하에서, 카테고리들은 불확도에 대한 그들의 기여에 따라 정렬된다. 이 접근법은 4.3.2절, 주 카테고리를 확인하기 위한 접근법 2에서 보다 상세히 기술된다. 접근법 2의 결과는 접근법 1에 추가적이다. 접근법 1과 접근법 2 평가가 모두 수행되었다면, 접근법 1의 결과에 덧붙여 접근법 2 분석의 결과를 보고하는 것이 *우수실행(good practice)*이다. 인벤토리 준비의 우선순위를 부여할 때 접근법 1과 2 모두의 결과가 이용되어야 한다. 그림 4.2, 주 카테고리를 확인하기 위한 의사결정도는 인벤토리 작성자가 주 카테고리의 확인을 위해 어떤 접근법이 이용될 지 결정 할 수 있는 방법을 묘사한다.

그림 4.2 주 카테고리를 확인하기 위한 의사결정도



[4] 사전결정된 임계치(threshold)는 여러 가지 인벤토리의 평가에 기초하여 결정되었고, 주요부문에 의해 인벤토리불확도의 90%가 포함되는 일반적인 수준을 설정하는 것으로 목적으로 한다.

온실가스 인벤토리를 개발한 국가는 그 수준이 국가의 전체 배출 및 흡수원에 중요한 영향을 미치는 카테고리를 확인하기 위해 접근법 1 수준 평가(Approach 1 Level Assessment)를 수행할 수 있다. 1년 이상에 대해 인벤토리를 개발한 인벤토리 작성자는 접근법 1 추세 평가(Approach 1 Trend Assessment)를 수행하고 국가의 배출 및 흡수원의 총추세에 대한 기여 때문에 주요한 카테고리를 또한 확인할 수 있을 것이다.

4.3.1 주 카테고리를 확인하기 위한 접근법 1

주 카테고리를 확인하기 위한 접근법 1은 국가적 온실가스 인벤토리의 수준 및 추세에 대한 배출원 및 흡수과 출처의 다양한 카테고리의 영향을 평가한다. 인벤토리 산정치가 여러 해 동안 이용가능할 때, 국가적 인벤토리의 수준과 추세 모두에 대한 각 카테고리의 기여를 평가하는 것은 *우수실행(good practice)*이다. 단지 1년의 인벤토리가 이용가능하다면, 수준평가가 수행되어야 한다.

접근법 1은 스프레드시트 분석(spreadsheet analysis)을 이용하여 즉시 수행될 수 있다. 아래 절의 표 4.2와 4.3은 분석의 형식을 묘사한다. 2개의 다른 열(columns)에 따라 분석 결과를 정렬하는 것이 필요하기 때문에 수준과 추세 평가를 위해 개별적인 스프레드시트가 제시된다. 분석들이 동일한 표에 조합된다면 프로세스를 추적하는 것은 보다 어렵다.

수준 평가

전체적인 국가 인벤토리수준에 대한 각각의 배출원 내지 흡수원 카테고리의 기여는 식 4.1에 따라 계산된다:

식 4.1
수준 평가 (접근법 1)

주 카테고리 수준 평가 = |배출원 내지 흡수원 카테고리 산정치| / 총 기여

$$L_{x,t} = |E_{x,t}| / \sum_{y} |E_{y,t}|$$

여기서:

$L_{x,t}$ = 최근 인벤토리연도(연도 t)에서의 배출원 내지 흡수 x에 대한 수준 평가

$|E_{x,t}|$ = 연도 t에서 배출원 내지 흡수 카테고리 x의 배출 내지 흡수 산정치의 절대값

$\sum_{y} |E_{y,t}|$ = 총 기여, 이는 주 카테고리 분석을 위해 국가에 의해 선택된 통합 수준을 이용하여 계산된 연도 t에서의 배출 및 흡수원의 절대값의 합이다. 배출 및 흡수 모두가 양수[5]로 입력되기 때문에, 총 기여/수준은 국가의 총 배출 빼기 흡수원[6]보다 클 수 있다.

식 4.1에 따라 주 카테고리들은 크기의 역순으로 함께 합산될 때, 모든 $L_{x,t}$의 합계의 95%에 이르는 카테고리들이다.

표 4.2는 수준 평가를 위해 이용될 수 있는 스프레드시트를 제시한다. 스프레드시트의 이용에 관

[5] 저감이 음수로 입력될 때 발생될 수 있는 진동하는(oscillating) 누적값 Lx,t를 피하며 계량적 분석의 간단한 해석을 촉진하기 위해 저감은 절대값으로 입력된다.

[6] 국가의 온실가스 인벤토리가 (매우 일반적인) 순배출원(net source)인지 또는 순흡수원(net sink)인지 여부에 관계없이, 어떤 상황에서도 이 식은 이용될 수 있다.

한 예는 4.5절에서 제시된다.

표 4.2
접근법 1 분석을 위한 스프레드시트 - 수준 평가

A	B	C	D	E	F	G
IPCC 카테고리 코드	**IPCC 카테고리**	**온실가스**	**최근 연도 산정치** $E_{x,t}$ **[CO_2 등가 단위]**	**최근 연도 산정치의 절대값** $\|E_{x,t}\|$	**수준 평가** $L_{x,t}$	**F열의 누적 총계**
총계				$\sum_y \|E_{y,t}\|$	1	

여기서:

A열: IPCC 카테고리의 코드 (8장, 보고 지침 및 표에서 표 8.2를 참고)
B열: IPCC 카테고리의 기술 (8장의 표 8.2를 참고)
C열: 카테고리로부터의 온실가스
D열: 최근 인벤토리연도(연도 t)에서 카테고리 x의 배출 및 흡수 산정치로 CO_2 등가 단위
E열: 연도 t에서 카테고리 x의 배출 및 흡수 산정치의 절대값
F열: 식 4.1을 따르는 수준 평가
G열: F열의 누적 총계

A-D열의 입력은 인벤토리에서 이용가능할 것이다. D열의 총계는 순 배출 및 저감(net emissions and removals)을 제시한다. E열에서는, D열의 각각의 값에 절대값을 취한다. E열에서 모든 입력의 합계는 E열의 총계에 입력된다(이 총계가 총 순배출 및 저감과 동일하지 않을 것이라는 것에 주목한다). F열에서, 식 4.1에 따라 수준 평가가 계산된다. F열의 입력이 계산되면, 표의 카테고리들은 F열에 대해 크기의 역순으로 정렬되어야 한다. 이 단계 이후에, F열에서 합산된 누적 총계가 G열로 계산된다. 주 카테고리은, 크기의 역순으로 함께 합산될 때, G열의 총계의 95%에 이르는 카테고리들이다. 기법이 정확히 적용되는 경우에, F열의 입력의 합계는 1이 되어야 한다. 접근법 1을 위한 95% 임계치(95 percent threshold)의 선택에 대한 이론적 근거는 Rypdal and Flugsrud (2001)에 의지하며 *GPG2000*, 7장의 7.2.1.1절에서 또한 제시된다.

95%와 97%의 임계치(threshold)간에 확인된 카테고리들을 질적인 기준(4.3.3절을 참고)에 대해 주의깊게 조사하는 것은 또한 *우수실행(good practice)*이다.

수준 평가는 인벤토리의 기준연도와 최근 인벤토리연도(연도 t)에 대해 수행되어야 한다. 기준연도의 산정치가 변했거나 재계산되었다면, 기준연도 분석은 갱신되어야 한다. 주 카테고리 분석도 다른 재계산된 연도에 대해 갱신될 수 있다. 그렇지만, 많은 경우에, 전체적인 인벤토리 시계열을 위한 갱신된 주 카테고리 분석 없이 방법론 선택, 자원 우선순위 부여, QA/QC 절차에 관한 결론을

유도하는 것으로 충분하다. 기준연도 내지 가장 최근 연도에 대해 임계치(threshold)를 만족시키는 카테고리는 주 카테고리로 확인되어야 한다. 그렇지만, 주 카테고리 분석의 결과에 관한 해석은 주 카테고리 분석들이 이용가능하다면 가장 최근 연도보다는 보다 긴 시계열을 고려해야 한다. 연도간에 변동하는 배출/흡수을 가지는 일부 카테고리들은 특정 연도에 주 카테고리지만 다음 연도에 그렇지 않은 것으로 확인될 것이기 때문이다. 그러므로, 95%와 97%의 임계치들(thresholds) 사이의 카테고리들에 대해 가장 최근의 주 카테고리 분석과 3년이상 이전 연도의 평가를 비교하는 것이 제안된다. 수준 내지 추세 평가 또는 모두(두 가지 평가는 개별적으로 고려되어야 한다)에 대해 카테고리가 대부분의 이전 연도에 대해 주요하였다면, 이는 특정 카테고리가 미래의 연도에 왜 더 이상 주요하지 않는지에 관한 명확한 설명이 제공될 수 있는 경우를 제외하고는 최근 연도 산정에서 주요한 것으로 확인되어야 한다. 이 추가적인 카테고리는 주석을 위한 열을 이용하여 주 카테고리를 위한 보고 표에서 다루어져야 한다 (보다 많은 정보를 위해 표 4.4와 4.4절의 주 카테고리를 위한 보고 표를 참고). 4.3.3절에서 제시되는 질적 기준(qualitative criteria)은 변동하는 배출 내지 흡수원을 가지는 어떤 카테고리가 주 카테고리로 고려되어야 하는지를 확인하는데 또한 도움을 줄 것이다.

추세 평가

추세 평가의 목적은 수준 평가에 의해 확인되기에 충분히 크지 않지만, 그 추세가 전체 인벤토리의 추세와 상당히 다르고, 그러므로 특별한 주의를 기울여야 하는 카테고리들을 확인하는 것이다. 추세 평가는 1년이상의 인벤토리자료가 이용가능하면 식 4.2에 따라 계산될 수 있다.

식 4.2
추세 평가 (접근법 1)

$$T_{x,t} = \frac{|E_{x,0}|}{\sum_y |E_{y,0}|} \cdot \left| \left[\frac{(E_{x,t} - E_{x,0})}{|E_{x,0}|} \right] - \frac{\left(\sum_y E_{y,t} - \sum_y E_{y,0}\right)}{\left|\sum_y E_{y,0}\right|} \right|$$

여기서:

$T_{x,t}$ = 기준 연도(연도 0)와 비교될 때 연도 t에서 배출 및 흡수 카테고리 x의 추세 평가

$|E_{x,0}|$ = 연도 t에서 배출원 내지 흡수원 카테고리 x의 배출 및 흡수 산정치의 절대값

$E_{x,t}$와 $E_{x,0}$ = 각각 연도 t와 연도 0에서 배출 및 흡수 카테고리 x의 실수 산정치

$\sum_y E_{y,t}$와 $\sum_y E_{y,0}$ = 각각 연도 t와 연도 0에서 총 인벤토리 산정치

카테고리의 추세는 시간에 따른 배출 및 흡수 카테고리의 배출 내지 흡수원에서의 변화를 말하며, 배출 및 흡수 카테고리 x에 대한 기준 연도(연도 0) 산정치를 최근 인벤토리 연도(연도 t) 산정치에서 빼고 기준 연도 산정치의 절대값으로 나누어서 계산된다.

총 추세는 시간에 따른 총 인벤토리 배출 및 흡수에서의 변화를 말하며, 총인벤토리에 대한 기준 연도(연도 0) 산정치를 최근 연도(연도 t) 산정치에서 빼고 기준 연도 산정치의 절대값으로 나누어서 계산된다.

주어진 카테고리에 대한 기준연도 배출이 0인 상황에서, 분모에 0을 피하기 위해 식이 재수식화될

것이다(식 4.3을 참고).

식 4.3
0의 기준연도 배출을 가지는 추세 평가

$$T_{x,t} = \left| E_{x,t} / \sum_{y} |E_{y,0}| \right|$$

추세 평가는 카테고리 추세가 증가 내지 감소인지 또는 배출 및 흡수인지 여부에 관계없이, 그 추세가 총인벤토리의 추세와 다른 카테고리들을 확인한다. 기준연도에서의 카테고리의 배출 내지 흡수원 수준에 의해 차이가 가중될 때, 그 추세가 총추세와 대부분 다른 카테고리는 주 카테고리로 확인되어야 한다.

표 4.3은 접근법 1 추세 평가를 위해 이용될 수 있는 스프레드시트를 약술한다.

표 4.3
접근법 1 분석을 위한 스프레드시트 - 추세 평가

A	B	C	D	E	F	G	H
IPCC 카테고리 코드	**IPCC 카테고리**	**온실가스**	**기준연도 산정치** $E_{x,0}$	**최근연도 산정치** $E_{x,t}$	**추세평가** $T_{x,t}$	**추세에 대한 % 기여**	**G열의 누적 총계**
총계					$\sum_{y} T_{y,t}$	1	

여기서:

A열: IPCC 카테고리의 코드 (8장의 표 8.2를 참고)

B열: IPCC 카테고리의 기술 (8장의 표 8.2를 참고)

C열: 카테고리로부터의 온실가스

D열: 국가 인벤토리자료로부터의 배출 및 흡수의 기준 연도 산정치로, CO_2 등가 단위. 배출 및 흡수는 실수(각각, 양수 내지 음수)로 입력된다.

E열: 가장 최근의 국가인벤토리자료로부터의 배출 내지 흡수원의 최근 연도 산정치로,CO_2 등가 단위. 배출 및 흡수는 실수(각각, 양수 내지 음수)로 입력된다.

F열: 식 4.2(0의 기준 연도 배출에 대해 식 4.3)로부터의 추세 평가

G열: F열의 마지막 행에 있는 추세평가의 합계에 대한 카테고리의 백분율 기여, 즉 $T_{x,t} / \sum_{y} T_{y,t}$

H열: G열의 누적 총계로, G열에 대해 크기의 역순으로 입력을 정렬한 후에 계산된다.

A, B, C, E열의 입력은 표 4.2, 접근법 1 분석을 위한 스프레드시트 - 수준 평가에서 이용된 것과 동

일해야 한다. D열의 기준 연도 산정치는 항상 스프레드시트에 입력되고, 반면에 E열의 최근 연도 산정치는 분석 연도에 좌우될 것이다. (항상 양수인) $T_{x,t}$ 값은 배출원 및 흡수의 각 카테고리에 대해 F열에 입력되어야 하며, 식 4.2를 따르고, 모든 입력의 합계는 표의 총계에 입력된다. F열의 총계에 대한 각 카테고리의 백분율 기여가 계산되어 G열에 입력되어야 한다. 카테고리들(즉, 표의 행들)은 G열에 기초하여, 크기의 역순으로 정렬되어야 한다. 다음으로 G열의 누적 총계가 H열에서 계산되어야 한다. 주 카테고리들은 크기의 역순으로 함께 합산될 때, F열의 총계의 95%이상에 이르는 카테고리들이다. 수준 및 추세에 대한 접근법 1 분석의 예는 4.5절에서 제시된다.

추세 평가는 증가 및 감소 추세를 비슷하게 처리한다. 그렇지만, 자원의 우선순위 부여를 위해, 국가들이 감소 추세를 가지는 주 카테고리의 산정에 추가적인 자원을 투자하려 하지 않는 특정한 상황이 존재할 것이다. 강한 감소 추세를 보이는 카테고리가 주요할 수 있는 기본적인 이유는 활동 감소, 감소된 배출계수를 가져오는 경감대책(mitigation measures), 생산프로세스를 변화시키는 완화대책(abatement measures)(예, F-가스, 화학제품)을 포함한다. 특히 (변동적인 경제적 추세가 아니라) 활동의 장기적인 감소에 대해 그리고 그 카테고리가 수준 평가로부터 주요하지 않을 때, 특정 카테고리가 미래에 다시 관련되지 않는 이유에 관한 추가적인 설명이 제공될 수 있다면 항상 고tier 기법(higher tier methods)을 수행하거나 추가적인 국가 고유의 자료를 수집할 필요는 없다. 이는 예를 들면, 상당수의 광산이 폐쇄되거나 생산시설이 가동중지된 일부 국가에서 석탄 채굴로부터의 배출에 대한 경우일 것이다. 선택된 기법에 관계없이, 국가들은 시계열내의 모든 연도에 대해 동일한 기법을 이용하도록 노력해야하므로 이전 연도들 동안 고tier 기법이 이용되었다면 이를 계속 이용하는 것이 보다 적절할 것이다.

완화대책 내지 기타 배출저감 대책의 도입과 같은 감소 추세의 다른 이유에 대해, 추세 평가에서 주요한 것으로 확인된 이러한 카테고리의 산정을 위한 자원에 우선순위를 부여하는 것은 중요하다. 방법론 선택에 관계없이, 인벤토리 작성자는 강한 감소 추세를 가지는 카테고리들을 명확하고 정확히 설명하고 문서화해야 하며 적절한 QA/QC 절차를 적용해야 한다.

인벤토리 산정치의 부분집합(SUBSET)에 대한 주 카테고리 분석

토지이용, 토이지용변화 및 산림에 대한 IPCC 우수실행지침(IPCC Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry; GPG-LULUCF, IPCC, 2003)은 첫 번째 LULUCF (Land Use, Land-Use Change and Forestry:토지이용, 토지이용 변화, 임업)를 제외한 인벤토리에 대한 주요(배출원) 카테고리를 확인하고, 두 번째 추가적인 주 카테고리를 확인하기 위해 LULUCF 카테고리를 포함하는 전체 인벤토리에 대한 주 카테고리 분석을 반복하는, 단계별 접근법을 이용하여 주 카테고리 분석을 어떻게 수행하는지에 대한 지침을 제공하였다. 이러한 2단계 접근법은 이제는 하나의 일반적인 접근법으로 통합된다. 그렇지만, 인벤토리 작성자는 수준 평가로부터 흡수의 영향을 제외하기 위해 또는 나머지 배출 추세로부터 탄소 흐름량(carbon fluxes)에 대한 다른 추세들의 영향을 제외하기 위해 단지 배출원(emission sources)만을 포함할 지 모른다 (표 4.7과 4.8의 예제를 참고). 어떤 부분집합에 대해 분석이 수행되었는지 그리고 통합된 분석과 비교한 결과의 차이를 문서화하는 것은 *우수실행(good practice)*이다.

4.3.2 주 카테고리를 확인하기 위한 접근법 2

배출원 및 흡수원의 주 카테고리를 확인하기 위한 접근법 2(Approach 2)는 3장 불확도에서 기술

된 불확도 분석의 결과에 기초를 둔다. 접근법 2는 특정한 카테고리가 주요한 이유에 대한 추가적인 통찰력을 제공하고, 인벤토리 품질을 개선하고 전체적인 불확도를 감소시키는 활동에 우선순위를 부여하는데 도움이 될 것이 때문에, 인벤토리 작성자는 가능하다면 접근법 1에 추가하여 접근법 2를 이용하도록 권고된다. 예를 들어, 접근법 2로부터 도출된 카테고리들의 순서는 개선활동의 우선순위 부여를 위한 유용한 정보를 제공할 수 있다.

주 카테고리를 확인하기 위한 불확도 산정치의 적용

3장에서 제공된 기법에 따라 개발된 국가적 카테고리 불확도 산정치를 통합함으로써 주 카테고리 분석을 향상시킬 수 있을 것이다. 3장에서 기술된 접근법 1(Approach 1)에 기초한 불확도 산정치는 이 목적에 충분하다. 그렇지만, 이용가능한 경우 불확도 평가를 위한 접근법 2(Approach 2)에 기초한 산정치가 이용되어야 한다. 카테고리 백분율 불확도에 따라 접근법 1 수준 및 추세 평가에 가중치를 부여함으로써 카테고리 불확도가 통합된다. 주 카테고리 식은 아래에 제시된다.

수준 평가

식 4.4는 불확도를 포함한 접근법 2 수준 평가를 기술한다.

식 4.4
수준 평가 (접근법 2)

$$LU_{x,t} = (L_{x,t} \cdot U_{x,t}) / \sum_{y} [(L_{y,t} \cdot U_{y,t})]$$

여기서:

$LU_{x,t}$ = 최근 인벤토리연도(연도 t)에서 카테고리 x를 위한 불확도를 가지는 수준 평가

$L_{x,t}$ = 식 4.1에서 계산됨

$U_{x,t}$ = 3장에서 기술된 것처럼 계산되고 표 3.3의 G열에서 보고되는 연도 t에서의 카테고리별 백분율 불확도. 표 3.3에서 보고되는 불확도가 비대칭이면, 보다 큰 불확도가 이용되어야 한다. 상대적인 불확도는 항상 양수를 가질 것이다.

불확도를 가진 수준 평가를 계산한 후에, 결과들은 접근법 1에서와 같이, 크기의 역순으로 정렬되어야 한다. 주 카테고리들은 모든 $LU_{x,t}$의 합계의 90%에 이르기까지 더해지는 카테고리들이다. 이러한 90%는 접근법 1 분석에서 이용된 임계치(threshold)의 도출을 위한 기초이었다 (Rypdal and Flugsrud, 2001). 접근법 1에 의해 확인된 카테고리들과 다른, 불확도를 가진 수준 평가에 의해 확인된 카테고리들은 주 카테고리로 또한 취급되어야 한다. 추가적으로, 접근법 2에 의해 확인된 주 카테고리들의 순서는 인벤토리를 개선하기 위한 계획을 세우는 담당자를 위해 유용할 것이다.

추세 평가

식 4.5는 불확도를 포함하기 위해 접근법 2 추세 평가가 어떻게 확장될 수 있는지를 보여준다.

식 4.5
추세 평가 (접근법 2)

$$TU_{x,t} = (T_{x,t} \cdot U_{x,t})$$

여기서:

$TU_{x,t}$ = 가장 최근 인벤토리연도 (연도 t)에서의 카테고리 x를 위한 불확도를 가지는 추세 평가

$T_{x,t}$ = 식 4.2에서 계산된 추세 평가

$U_{x,t}$ = 3장에서 기술된 것처럼 계산된 연도 t에서의 카테고리별 백분율 불확도. 이는 추세에 대한 불확도 평가가 아니라, 3장의 표 3.3의 G열의 총계에 있는 것과 동일한 불확도라는 것에 주목한다. 상대적인 불확도는 항상 양수를 가질 것이다.

불확도를 가진 추세 평가를 계산한 후에, 결과들은 크기의 역순으로 정렬되어야 한다. 주 카테고리들은 전체 $TU_{x,t}$의 총계의 90%에 이르기까지 더해지는 카테고리들이다. 이러한 90%는 접근법 1 분석에서 이용된 임계치(threshold)의 도출을 위한 기초였다 (Rypdal and Flugsrud, 2001). 그 카테고리들이 접근법 1에 의해 확인된 카테고리들과 다르다면, 불확도를 가진 추세 평가에 의한 주 카테고리들은 주 카테고리로 취급되어야 하며 접근법 1로부터의 주 카테고리 리스트에 추가되어야 한다. 추가적으로, 접근법 2에 의해 확인된 주 카테고리들의 순서는 인벤토리를 개선하기 위한 계획을 세우는 담당자를 위해 유용할 것이다.

몬테카를로 분석(MONTE CARLO ANALYSIS)의 통합

3장에서, 몬테카를로 분석은 계량적 불확도 평가를 위해 접근법 2(Approach 2)로서 제시되었다. 접근법 1(Approach 1) 불확도 분석이 각 카테고리의 불확도를 개발하기 위해 단순화된 가정에 기초하는 반면에, 몬테카를로 유형의 분석은 큰 불확도, 복잡한 확률밀도함수, 상관관계, 복잡한 배출산정식을 다룰 수 있다. 접근법 2 불확도 분석의 출력결과는 식 4.4와 4.5에 직접 이용될 수 있다. 불확도가 비대칭이면, 평균과 신뢰한계(confidence limit)간의 보다 큰 백분율 차이가 이용되어야 한다.

몬테카를로 분석 내지 기타 통계적 도구는 전체적인 불확도에 기여하는 주요 요인을 직접 확인하기 위한 민감도 분석(sensitivity analysis)을 수행하기 위해 또한 이용될 수 있다. 그러므로, 몬테카를로 내지 유사 분석은 주 카테고리 분석을 위한 가치있는 도구가 될 수 있다. 인벤토리 작성자는 예를 들어, (주 카테고리 대신에 주요 변수(key parameters)를 확인하기 위해) (상관관계를 모형화함으로써) 보다 세분화된 하위카테고리, 배출계수, 활동자료를 개별적으로 분석하기 위해 이 기법을 이용하도록 권고된다. 이 기법의 이용은 적절히 기록되어야 한다.

4.3.3 주 카테고리를 확인하기 위한 질적 기준(Qualitative criteria)

일부 경우에, *주 카테고리*의 접근법 1 내지 접근법 2 분석의 결과는 인벤토리시스템에서 우선순위가 부여되어야 하는 모든 카테고리들을 확인하지 못할 것이다. 인벤토리에서의 완전성의 결여(lack of completeness) 때문에 계량적인 *주 카테고리* 분석이 수행되지 않았다면, 주 카테고리를 확인하기 위해 질적 기준을 이용하는 것은 *우수실행(good practice)*이다. 아래의 기준은 계량적 평가에서 즉시 반영되지 못하는 특정한 상황을 다룬다. 이들 기준은 계량적 분석에서 확인되지 않는 카테고리들에 적용되어야 하며, 추가적인 카테고리가 확인된다면 이들은 주 카테고리의 리스트에 추가되어야 한다. 추세 평가가 이루어지지 않았다면 이들 기준을 고려하는 것이 특히 중요하다. 자료가 이용가능하다면 *우수실행(good practice)*의 일부로서 추세 평가를 실행하는 것이 중요하지

만, 질적 기준을 이용한 초기 확인은 이러한 평가가 이용가능할 때까지 이용될 수 있을 것이다. 아래는 질적 기준에서의 요점의 예들이다.

- *경감 기법 및 기술*: 기후변화 경감기법(climate change mitigation techniques)의 이용을 통해 한 카테고리에서의 배출이 감소했거나 흡수가 증가했다면, 이러한 카테고리를 주요한 것으로 확인하는 것은 *우수실행(good practice)*이다. 이는 인벤토리내에서 이러한 카테고리에 우선순위가 부여되는 것과 보다 양질의 산정치가 경감 효과를 가능한 가깝게 반영하도록 준비되는 것을 보장할 것이다. 이는 이용되는 기법이 인벤토리 품질을 평가하는데 중요한 경감(mitigation)에 대해 투명하다는 것을 또한 보장할 것이다.
- *기대되는 성장*: 인벤토리 작성자는 어떤 카테고리들이 미래에 배출의 증가 내지 흡수의 감소를 보일 것인지 평가해야 한다. 인벤토리 작성자는 이런 결정을 내리기 위해 전문가 판단(expert judgement)을 이용할 것이다. 이러한 카테고리를 주요한 것으로 확인하는 것이 권고된다.
- *불확도의 계량적 평가의 미수행*: 주 카테고리 분석에서 불확도를 포함한 접근법 2가 이용되지 않는 경우에, 인벤토리 작성자는 전체적인 불확도에 매우 크게 기여한다고 생각되는 카테고리를 주요한 것으로 확인하도록 여전히 권고될 것이며, 이는 전체적인 인벤토리불확도에서의 가장 큰 감소는 보다 높은 불확도를 가지는 카테고리의 산정치를 개선함으로써 달성될 수 있기 때문이다. 질적 고려는 어떤 방법론적 개선이 불확도를 상당히 감소시킬 수 있을지의 여부를 고려해야 한다. 예를 들어, 이는 매우 큰 불확도를 포함할 수 있는, 큰 규모의 배출과 흡수의 차감으로부터의 작은 순 흐름량(net flux) 결과에 적용될 수 있을 것이다.
- *완전성(Completeness)*: 인벤토리가 완전하지 않으면 접근법 1 및 접근법 2는 정확한 결과를 제공하지 못한다. 분석이 여전히 수행될 수 있지만, 산정되지 않은 카테고리들 중에 주 카테고리가 존재할 것이다. 이런 경우에 위의 질적 고려사항을 적용하여 계량적으로 아직 산정되지 않은 질적으로 잠재적인 주 카테고리를 조사하는 것은 *우수실행(good practice)*이다. 유사한 국가적 상황을 가지는 국가의 인벤토리는 잠재적인 주 카테고리에 대한 좋은 지표를 또한 종종 제공할 수 있다. 2장, 자료수집에 대한 접근법은 한 카테고리에서의 배출/흡수의 예비적 산정치를 작성하기 위해 이용될 수 있는 활동자료를 근사화하는 기법에 대해 제안하고 있다. 이러한 예비적 분석은 한 카테고리가 잠재적으로 주 카테고리가 될 수 있는지 그리고 이 카테고리의 자료수집에 우선순위를 부여할 수 있는지의 여부를 결론짓는데 이용될 수 있다.

4.4 보고 및 문서화

인벤토리 보고서에서 주 카테고리 분석의 결과를 명확히 문서화하는 것은 *우수실행(good practice)*이다. 이 정보는 각 카테고리를 위한 기법의 선택을 설명하는데 본질적이다. 추가적으로, 인벤토리 작성자는 각 카테고리를 주요한 것으로 확인한 기준(예를 들어, 수준, 추세, 질적)과 계량적인 주 카테고리 분석을 수행하는데 이용된 기법(예를 들어, 접근법 1 내지 접근법 2)을 나열해야 한다. 주 카테고리 분석의 결과를 기록하기 위해 표 4.2와 4.3이 이용되어야 한다. 주 카테고리 분석의 요약을 제시하기 위해 표 4.4가 이용되어야 한다. 이용된 평가기법을 기술하기 위해 표기 기호: L = 수준 평가에 의한 주 카테고리; T = 추세 평가에 의한 주 카테고리; Q = 질적 기준에 의한 주 카테고리;가 이용되어야 한다. 주 카테고리를 확인하기 위해 이용된 접근법(Approach)은 L1, L2, T1, T2로서 포함되어야 한다. 설명(comments)을 위한 열에서, 질적 평가에 대한 이유가 제공될 수 있다.

표 4.4 주 카테고리 분석의 요약				
이용된 계량적 기법: 접근법 1/ 접근법 1과 접근법 2				
A	B	C	D	E
IPCC 카테고리 코드	IPCC 카테고리	온실가스	확인 기준	설명

4.5 주 카테고리 분석의 예제

2003 보고연도의 핀란드 온실가스 인벤토리에 대한 접근법 1과 2의 적용이 표 4.5에서 4.11까지 제시된다. 핀란드의 국가 인벤토리에서의 배출, 흡수, 불확도의 산정치를 이용하여 수준 및 추세 평가 모두가 수행되었다 (Statistics Finland, 2005). 이 예에서 질적 평가는 수행되지 않았지만, 추가적인 카테고리들이 확인될 것으로는 기대되지 않았다.

접근법 1 수준 평가의 결과는 굵은 글씨의 주 카테고리를 포함하는 표 4.5에서 제시된다. 접근법 1 추세 평가의 결과는 굵은 글씨의 주 카테고리를 포함하는 표 4.6에서 제시된다. 표 4.7과 4.8은 배출 및 흡수의 부분집합을 이용한 접근법 1 수준 및 추세 주 카테고리 분석을 제시한다. 이 예에서, 카테고리 3B (토지)로부터의 CO_2 대신에 (표 4.5와 4.6에서 보고된) 다른 카테고리들을 포함하는 것이 결정되었다. 접근법 2 수준 및 추세 평가의 결과는 표 4.9와 4.10에서 제공된다. 표 4.11은 최종적으로 주 카테고리 분석의 결과를 요약한다.

표 4.5 2003년 핀란드 GHG 인벤토리에 대한 접근법 1 수준 평가의 예(주 카테고리는 굵은 표시)						
A	B	C	D	E	F	G
IPCC 카테고리 코드	IPCC 카테고리	온실가스	Ex,t (Gg O_2eq)	Ex,t (Gg CO_2eq)	Lx,t	칼럼 F의 총 누적량
3B1a	**임지로 유지되는 임지**	**CO_2**	**-21 354**	**21 354**	**0.193**	**0.193**
1A1	**에너지 산업 : 고체**	**CO_2**	**17 311**	**17 311**	**0.157**	**0.350**
1A3b	**도로 수송**	**CO_2**	**11 447**	**11 447**	**0.104**	**0.454**
1A1	**에너지 산업 : 이탄**	**CO_2**	**9 047**	**9 047**	**0.082**	**0.536**
1A1	**에너지 산업 : 가스**	**CO_2**	**6 580**	**6 580**	**0.060**	**0.595**
1A4	**기타부문 : 액체**	**CO_2**	**5 651**	**5 651**	**0.051**	**0.646**
1A2	**제조업 및 건설 : 고체**	**CO_2**	**5 416**	**5 416**	**0.049**	**0.695**
1A2	**제조업 및 건설 : 액체**	**CO_2**	**4 736**	**4 736**	**0.043**	**0.738**
1A1	**에너지 산업 : 액체**	**CO_2**	**3 110**	**3 110**	**0.028**	**0.767**
3B3a	**초지로 유지되는 초지**	**CO_2**	**2 974**	**2 974**	**0.027**	**0.793**
3C4	**관리 토양에서의 직접적 N_2O 배출**	**N_2O**	**2 619**	**2 619**	**0.024**	**0.817**
4A	**고형 폐기물 매립**	**CH_4**	**2 497**	**2 497**	**0.023**	**0.840**
1A2	**제조업 및 건설 : 가스**	**CO_2**	**2 174**	**2 174**	**0.020**	**0.859**
3A1	**장내 발효**	**CH_4**	**1 537**	**1 537**	**0.014**	**0.873**
1A2	**제조업 및 건설 : 이탄**	**CO_2**	**1 498**	**1 498**	**0.014**	**0.887**
2B2	**질산 생산**	**N_2O**	**1 396**	**1 396**	**0.013**	**0.900**
1A5	**미분류 : 액체**	**CO_2**	**1 083**	**1 083**	**0.010**	**0.909**
2D	**연료로부터 비에너지 제품 및 용매 사용**	**CO_2**	**830**	**830**	**0.008**	**0.917**
1A3e	**기타 수송**	**CO_2**	**651**	**651**	**0.006**	**0.923**
3C5	**관리 토양에서의 간접적 N_2O 배출**	**N_2O**	**592**	**592**	**0.005**	**0.928**

표 4.5(계속)
2003년 핀란드 GHG 인벤토리에 대한 접근법 1 수준 평가의 예(주 카테고리는 굵은 표시)

A	B	C	D	E	F	G
IPCC 카테고리 코드	**IPCC 카테고리**	**온실가스**	**Ex,t (Gg CO_2eq)**	**Ex,t (Gg CO_2eq)**	**Lx,t**	**칼럼 F의 총 누적량**
2F1	**냉장 및 냉방**	**HFCs, PFCs**	**578**	**578**	**0.005**	**0.933**
3B4ai	**이탄지로 유지되는 이탄지**	**CO_2**	**547**	**547**	**0.005**	**0.938**
1A3d	**수상 운수**	**CO_2**	**519**	**519**	**0.005**	**0.943**
1A3b	**도로 수송**	**N_2O**	**516**	**516**	**0.005**	**0.948**
2A2	**석회 생산**	**CO_2**	**513**	**513**	**0.005**	**0.952**
2A1	시멘트 생산	CO_2	500	500	0.005	0.957
3A2	비료 관리	N_2O	461	461	0.004	0.961
1A5	미분류 : 가스	CO_2	363	363	0.003	0.964
1A3a	민간 항공	CO_2	316	316	0.003	0.967
1A4	기타부문 : 바이오매스	CH_4	307	307	0.003	0.970
3C2	석회시용	CO_2	277	277	0.003	0.972
1A1	에너지 산업 : 이탄	N_2O	226	226	0.002	0.975
1A4	기타부문 : 가스	CO_2	225	225	0.002	0.977
3A2	비료 관리	CH_4	222	222	0.002	0.979
3B2a	농경지로 유지되는 농경지	CO_2	211	211	0.002	0.980
2	기타	CO_2, HFCs, PFCs, SF_6	168	168	0.002	0.982
1A1	에너지 산업 : 고체	N_2O	162	162	0.001	0.983
2A3 및 2A4	석회석과 돌로마이트 사용[a]	CO_2	148	148	0.001	0.985
1A3c	철도	CO_2	134	134	0.001	0.986
1A4	기타 부문 : 이탄	CO_2	131	131	0.001	0.987
4D	폐수처리 및 배출	CH_4	128	128	0.001	0.988
4D	폐수처리 및 배출	N_2O	102	102	0.001	0.989
3C1	바이오매스 소각	CO_2	91	91	0.001	0.990
1A2	제조업 및 건설: 고체	N_2O	90	90	0.001	0.991
1A2	제조업 및 건설: 바이오매스	N_2O	81	81	0.001	0.992
1A1	에너지 산업 : 바이오매스	N_2O	80	80	0.001	0.992
1B2aii	오일 - flaring	CO_2	63	63	0.001	0.993
2F4	에어로졸	HFCs	63	63	0.001	0.994
1A4	기타부문 : 바이오매스	N_2O	61	61	0.001	0.994
1B2b	천연가스	CH_4	52	52	0.000	0.995
1A1	에너지 산업 : 가스	N_2O	51	51	0.000	0.995
1A3b	도로 수송	CH_4	47	47	0.000	0.995
1A4	기타 부문 : 액체	N_2O	47	47	0.000	0.996
1A2	제조업 및 건설 : 액체	N_2O	41	41	0.000	0.996
2G	기타 제품 제조 및 사용	N_2O	40	40	0.000	0.997
1A1	에너지 산업 : 바이오매스	CH_4	31	31	0.000	0.997
1A1	에너지 산업 : 액체	N_2O	30	30	0.000	0.997
1A2	제조업 및 건설 : 이탄	N_2O	29	29	0.000	0.997
1A4	기타 부문 : 고체	CO_2	25	25	0.000	0.998
2F2	수지발포제	HFCs	25	25	0.000	0.998
2G	기타 제품 제조 및 사용	SF_6	22	22	0.000	0.998
2A3 및 2A4	소다회 사용[a]	CO_2	20	20	0.000	0.998
1A2	제조업 및 건설 : 가스	N_2O	19	19	0.000	0.998
1A2	제조업 및 건설 : 바이오매스	CH_4	19	19	0.000	0.999
1A1	에너지 산업 :고체	CH_4	16	16	0.000	0.999

표 4.5(계속)
2003년 핀란드 GHG 인벤토리에 대한 접근법 1 수준 평가의 예(주 카테고리는 굵은 표시)

A	B	C	D	E	F	G
IPCC 카테고리 코드	IPCC 카테고리	온실가스	Ex,t (Gg CO2eq)	|Ex,t| (Gg CO2eq)	Lx,t	칼럼 F의 총 누적량
1A4	기타 부문 : 액체	CH_4	15	15	0.000	0.999
1B2a	석유	CH_4	10	10	0.000	0.999
2C1	철강산업	CH_4	9	9	0.000	0.999
1A5	미분류 : 액체	N_2O	9	9	0.000	0.999
1A1	에너지 산업 : 가스	CH_4	9	9	0.000	0.999
3C1	바이오매스 소각	CH_4	8	8	0.000	0.999
1A1	에너지 산업 : 이탄	CH_4	7	7	0.000	0.999
1A2	제조업 및 건설 : 액체	CH_4	7	7	0.000	0.999
1A1	에너지 산업 : 액체	CH_4	7	7	0.000	0.999
1A3e	기타 수송	CH_4	6	6	0.000	1.000
1A2	제조업 및 건설 : 가스	CH_4	6	6	0.000	1.000
3	기타	CH_4	6	6	0.000	1.000
2B8	석유화학 제품 및 카본 블랙 생산	CH_4	5	5	0.000	1.000
1A3e	기타 수송	N_2O	5	5	0.000	1.000
1A3d	수상 운수	CH_4	5	5	0.000	1.000
1A3a	민간항공	N_2O	4	4	0.000	1.000
1A3d	수상 운수	N_2O	4	4	0.000	1.000
4	기타	N_2O	3	3	0.000	1.000
1A2	제조업 및 건설 : 이탄	CH_4	3	3	0.000	1.000
1A2	제조업 및 건설 : 고체	CH_4	2	2	0.000	1.000
1A5	미분류 : 액체	CH_4	2	2	0.000	1.000
1A5	미분류 : 가스	N_2O	2	2	0.000	1.000
1A4	기타 부문 : 이탄	N_2O	2	2	0.000	1.000
1A4	기타 부문 : 가스	N_2O	1	1	0.000	1.000
1A4	기타 부문 : 이탄	CH_4	1	1	0.000	1.000
1A3c	철도	N_2O	1	1	0.000	1.000
3C1	바이오매스 소각	N_2O	1	1	0.000	1.000
1A4	기타 부문 : 고체	CH_4	1	1	0.000	1.000
1A5	미분류 : 가스	CH_4	0.4	0.4	0.000	1.000
1A4	기타 부문 : 고체	N_2O	0.3	0.3	0.000	1.000
1A3a	민간항공	CH_4	0.3	0.3	0.000	1.000
1A4	기타 부문 : 가스	CH_4	0.3	0.3	0.000	1.000
1A3c	철도	CH_4	0.2	0.2	0.000	1.000
합계			67 729	110 438	1	

[a] 예시는 핀란드의 2003년 인벤토리에 근거했다. 따라서 이 가이드라인에서 추천되는 것에 따라 유리 생산은 분리할 수 없었다. 이것은 *핵심(key)*으로 확인되는 카테고리들에 영향을 미치지 않는다.

[b] 예시는 핀란드의 2003년 인벤토리에 근거했다. 따라서 flaring에 대한 부분은 오일(1B2a)로부터 발생되는 탈루에 의한 배출로부터 분리하였다. 이들 *가이드라인*에 의하면 1B2a의 모든 배출은 주 카테고리 분석에서 모두 함께 다루어져야 한다. 이것이 예시에서 *핵심(key)*으로 확인되는 카테고리들에 영향을 미치지 않을 것이다.

표 4.6
2003년 핀란드 GHG 인벤토리에 대한 접근법 1 수준 평가의 예(주 카테고리는 굵은 표시)

A	B	C	D	E	F	G	H
IPCC 카테고리 코드	IPCC 카테고리	온실가스	Ex,0(Gg CO2eq)	Ex,t (Gg CO2eq)	경향 평가 Tx,t	% 경향에 대한 기여	칼럼 G의 총 누적량
3B1a	**산림지로 유지되는 산림지**	**CO_2**	**-23 798**	**-21 354**	**0.078**	**0.147**	**0.147**
1A1	**에너지 산업 : 고체**	**CO_2**	**9 279**	**17 311**	**0.042**	**0.079**	**0.227**
1A3b	**도로 수송**	**CO_2**	**10 800**	**11 447**	**0.040**	**0.076**	**0.302**
1A4	**기타부문 : 액체**	**CO_2**	**6 714**	**5 651**	**0.040**	**0.075**	**0.378**
1A2	**제조업 및 건설 : 고체**	**CO_2**	**6 410**	**5 416**	**0.038**	**0.072**	**0.450**
3B3a	**초지로 유지되는 초지**	**CO_2**	**-1 071**	**2 974**	**0.037**	**0.069**	**0.519**
1A1	**에너지 산업 : 이탄**	**CO_2**	**3 972**	**9 047**	**0.035**	**0.066**	**0.585**
1A1	**에너지 산업 : 가스**	**CO_2**	**2 659**	**6 580**	**0.029**	**0.054**	**0.639**
4A	**고형 폐기물 매립**	**CH_4**	**3 678**	**2 497**	**0.028**	**0.053**	**0.692**
3C4	**관리 토양에서의 직접적 N_2O 배출**	**N_2O**	**3 513**	**2 619**	**0.024**	**0.046**	**0.738**
1A2	**제조업 및 건설 : 액체**	**CO_2**	**4 861**	**4 736**	**0.022**	**0.042**	**0.780**
3B2a	**농경지로 유지되는 농경지**	**CO_2**	**1 277**	**211**	**0.017**	**0.031**	**0.811**
3A1	**장내 발효**	**CH_4**	**1 868**	**1 537**	**0.012**	**0.022**	**0.833**
2B2	**질산 생산**	**N_2O**	**1 595**	**1 396**	**0.009**	**0.017**	**0.849**
1A2	**제조업 및 건설 : 가스**	**CO_2**	**2 094**	**2 174**	**0.008**	**0.016**	**0.865**
1A2	**제조업 및 건설 : 이탄**	**CO_2**	**1 561**	**1 498**	**0.007**	**0.014**	**0.879**
2A1	**시멘트 생산**	**CO_2**	**786**	**500**	**0.006**	**0.012**	**0.891**
3C2	**석회시용**	**CO_2**	**618**	**277**	**0.006**	**0.012**	**0.903**
1A1	**에너지 산업 : 액체**	**CO_2**	**2 607**	**3 110**	**0.006**	**0.012**	**0.914**
2F1	**냉장 및 냉방**	**HFCs, PFCs**	**0**	**578**	**0.006**	**0.011**	**0.925**
3C5	**관리 토양에서의 간접적 N_2O 배출**	**N_2O**	**735**	**592**	**0.005**	**0.009**	**0.934**
3A2	**비료관리**	**N_2O**	**623**	**461**	**0.004**	**0.008**	**0.942**
1A3b	**도로 수송**	**N_2O**	**160**	**516**	**0.003**	**0.006**	**0.948**
1A3e	**기타 수송**	**CO_2**	**644**	**651**	**0.003**	**0.005**	**0.953**
3B4ai	이탄지로 유지되는 이탄지	CO_2	503	547	0.002	0.003	0.956
3C1	바이오매스 소각	CO_2	180	91	0.002	0.003	0.959
1A3a	민간 항공	CO_2	320	316	0.001	0.003	0.962
1A3c	철도	CO_2	191	134	0.001	0.003	0.965
1B2aii	flaring[b]	CO_2	123	63	0.001	0.002	0.967
2G	기타 제품제조 및 이용	SF_6	87	22	0.001	0.002	0.969
1A4	기타 부문 : 바이오 메스	CH_4	282	307	0.001	0.002	0.971
4D	폐수처리 및 배출	CH_4	153	128	0.001	0.002	0.973
4D	폐수처리 및 배출	N_2O	133	102	0.001	0.002	0.974
1A4	기타 부문 : 가스	CO_2	98	225	0.001	0.002	0.976
3A2	비료관리	CH_4	215	222	0.001	0.002	0.977
2D	연료로부터 비에너지 제품 및 용매 사용	CO_2	640	830	0.001	0.002	0.979
1A3b	도로 수송	CH_4	90	47	0.001	0.002	0.981
1A2	제조업 및 건설 : 바이오매스	N_2O	111	81	0.001	0.002	0.982
2	기타	CO_2, HFCs, PFCs, SF_6	68	168	0.001	0.001	0.983
1A1	에너지 산업 : 바이오매스	N_2O	10	80	0.001	0.001	0.985
1A2	제조업 및 건설 : 고체	N_2O	108	90	0.001	0.001	0.986
2F4	에어로졸	HFCs	0	63	0.001	0.001	0.987

표 4.6(계속)
2003년 핀란드 GHG 인벤토리에 대한 접근법 1 수준 평가의 예(주 카테고리는 굵은 표시)

A	B	C	D	E	F	G	H
IPCC 카테고리 코드	IPCC 카테고리	온실가스	Ex,0 (Gg CO_2 eq)	Ex,t (Gg CO_2eq)	경향 평가 Tx,t	% 경향에 대한 기여	칼럼 G의 총 누적량
1A2	제조업 및 건설 : 이탄	N_2O	56	29	0.001	0.001	0.988
2G	기타 제품 제조 및 사용	N_2O	62	40	0.000	0.001	0.989
1A5	미분류 : 기체	CO_2	222	363	0.000	0.001	0.990
1B2b	천연가스	CH_4	4	52	0.000	0.001	0.991
1A4	기타 부문 : 이탄	CO_2	123	131	0.000	0.001	0.992
1A1	에너지 산업 : 고체	N_2O	85	162	0.000	0.001	0.993
1A5	미분류 : 기체	CO_2	734	1083	0.000	0.001	0.993
2A2	석회시용	CO_2	383	513	0.000	0.001	0.994
1A4	기타 부문 : 액체	N_2O	56	47	0.000	0.001	0.995
1A1	에너지 산업 : 바이오매스	CH_4	2	31	0.000	0.001	0.995
1A1	에너지 산업 : 가스	N_2O	18	51	0.000	0.000	0.996
2F2	발포제	HFCs	0	25	0.000	0.000	0.996
1A1	에너지 산업 : 이탄	N_2O	141	226	0.000	0.000	0.997
1A4	기타 부문 : 고체	CO_2	33	25	0.000	0.000	0.997
1A4	기타 부문 : 바이오매스	N_2O	56	61	0.000	0.000	0.997
3C1	바이오매스 flaring에 의한 배출	CH_4	16	8	0.000	0.000	0.998
1A2	제조업 및 건설: 액체	N_2O	39	41	0.000	0.000	0.998
1A4	기타 부문 : 액체	CH_4	19	15	0.000	0.000	0.998
1A2	제조업 및 건설: 바이오매스	CH_4	20	19	0.000	0.000	0.998
4	기타	N_2O	8	3	0.000	0.000	0.998
2A3 및 2A4	소다회 사용[a]	CO_2	99	148	0.000	0.000	0.999
1A1	에너지 산업 : 액체	N_2O	26	30	0.000	0.000	0.999
1A3d	수상 운수	CH_4	8	5	0.000	0.000	0.999
2A3 및 2A4	소다회 사용	CO_2	18	20	0.000	0.000	0.999
1A3d	수상 운수	CO_2	361	519	0.000	0.000	0.999
1A2	제조업 및 건설: 액체	CH_4	9	7	0.000	0.000	0.999
1A2	제조업 및 건설: 가스	N_2O	17	19	0.000	0.000	0.999
1A1	에너지 산업 : 고체	CH_4	9	16	0.000	0.000	0.999
1A2	제조업 및 건설: 고체	CH_4	4	2	0.000	0.000	0.999
1A1	에너지 산업 : 기체	CH_4	4	9	0.000	0.000	1.000
1A4	기타 부문 : 고체	CH_4	2	1	0.000	0.000	1.000
1A2	제조업 및 건설: 이탄	CH_4	4	3	0.000	0.000	1.000
1A3e	기타 수송	N_2O	5	5	0.000	0.000	1.000
2C1	철강 생산	CH_4	5	9	0.000	0.000	1.000
3	기타	CH_4	5	6	0.000	0.000	1.000
1A3a	민간 항공	N_2O	4	4	0.000	0.000	1.000
3C1	바이오매스 소각	N_2O	2	1	0.000	0.000	1.000
1A3e	기타 수송	CH_4	5	6	0.000	0.000	1.000
1A1	에너지 산업 : 액체	CH_4	6	7	0.000	0.000	1.000
1B2a	석유	CH_4	8	10	0.000	0.000	1.000
1A3c	철도	N_2O	2	1	0.000	0.000	1.000
1A4	기타 부문 : 이탄	CH_4	1	1	0.000	0.000	1.000
1A4	기타 부문 : 가스	N_2O	1	1	0.000	0.000	1.000
1A4	기타 부문 : 이탄	N_2O	1	2	0.000	0.000	1.000
2B8	석유화학제품 및 카본 블랙 생산	CH_4	4	5	0.000	0.000	1.000

표 4.6(계속)
2003년 핀란드 GHG 인벤토리에 대한 접근법 1 수준 평가의 예(주 카테고리는 굵은 표시)

A	B	C	D	E	F	G	H
IPCC 카테고리 코드	IPCC 카테고리	온실가스	Ex,0 (Gg CO_2 eq)	Ex,t (Gg CO_2eq)	경향 평가 Tx,t	% 경향에 대한 기여	칼럼 G의 총 누적량
1A2	제조업 및 건설: 가스	CH_4	5	6	0.000	0.000	1.000
1A4	기타 부문 : 고체	N_2O	0.5	0.3	0.000	0.000	1.000
1A1	에너지 산업 : 이탄	CH_4	5	7	0.000	0.000	1.000
1A5	미분류 : 가스	N_2O	1	2	0.000	0.000	1.000
1A3a	민간 항공	CH_4	0.4	0.3	0.000	0.000	1.000
1A3c	철도	CH_4	0.2	0.2	0.000	0.000	1.000
1A5	미분류 : 액체	N_2O	6	9	0.000	0.000	1.000
1A4	기타 부문 : 가스	CH_4	0.1	0.3	0.000	0.000	1.000
1A3d	수상 운수	N_2O	3	4	0.000	0.000	1.000
1A5	미분류 : 가스	CH_4	0.3	0.4	0.000	0.000	1.000
1A5	미분류 : 액체	CH_4	2	2	0.000	0.000	1.000
합계			47 604	67 729	0.531	1	

[a] 예시는 핀란드의 2003년 인벤토리에 근거했다. 따라서 이 가이드라인에서 추천되는 것에 따라 유리 생산은 분리할 수 없었다. 이것은 *핵심(key)*으로 확인되는 카테고리들에 영향을 미치지 않는다.

[b] 예시는 핀란드의 2003년 인벤토리에 근거했다. 따라서 flaring에 대한 부분은 오일(1B2a)로부터 발생되는 탈루에 의한 배출로부터 분리하였다. 이들 *가이드라인*에 의하면 1B2a의 모든 배출은 주 카테고리 분석에서 모두 함께 다루어져야 한다. 이것이 예시에서 *핵심(key)*으로 확인되는 카테고리들에 영향을 미치지 않을 것이다.

표 4.7
부분 자료(subset)를 이용한 2003년 핀란드 GHG 인벤토리에 대한 접근법 1 수준 평가의 예
(카테고리 3B의 CO_2는 분석에서 제외) 주 카테고리만 소개.

A	B	C	D	E	F	G
IPCC 카테고리 코드	IPCC 카테고리	온실가스	Ex,t (Gg CO_2eq)	Ex,t (Gg CO_2eq)	Lx,t	칼럼 F의 총 누적량
1A1	에너지 산업 : 고체	CO_2	17 311	17 311	0.203	0.203
1A3b	도로 수송	CO_2	11 447	11 447	0.134	0.337
1A1	에너지 산업 : 이탄	CO_2	9 047	9 047	0.106	0.443
1A1	에너지 산업 : 가스	CO_2	6 580	6 580	0.077	0.520
1A4	기타 부문 : 액체	CO_2	5 651	5 651	0.066	0.586
1A2	제조업 및 건설: 고체	CO_2	5 416	5 416	0.063	0.650
1A2	제조업 및 건설: 액체	CO_2	4 736	4 736	0.055	0.705
1A1	에너지 산업 : 액체	CO_2	3 110	3 110	0.036	0.742
3C4	관리 토양에서의 직접적 N_2O 배출	N_2O	2 619	2 619	0.031	0.772
4A	고형 폐기물 매립	CH_4	2 497	2 497	0.029	0.802
1A2	제조업 및 건설 : 가스	CO_2	2 174	2 174	0.025	0.827
3A1	장내 발효	CH_4	1 537	1 537	0.018	0.845
1A2	제조업 및 건설: 이탄	CO_2	1 498	1 498	0.018	0.863
2B2	질산 생산	N_2O	1 396	1 396	0.016	0.879
1A5	미분류 : 액체	CO_2	1 083	1 083	0.013	0.892
2D	연료로부터 비에너지 제품 및 용매 사용	CO_2	830	830	0.010	0.901
1A3e	기타 수송	CO_2	651	651	0.008	0.909
3C5	관리 토양에서의 직접적 N_2O 배출	N_2O	592	592	0.007	0.916
2F1	냉장 및 냉방	HFCs, PFCs	578	578	0.007	0.923

표 4.7(계속)

부분 자료(subset)를 이용한 2003년 핀란드 GHG 인벤토리에 대한 접근법 1 수준 평가의 예

(카테고리 3B의 CO_2는 분석에서 제외) 주 카테고리만 소개.

A	B	C	D	E	F	G
IPCC 카테고리 코드	IPCC 카테고리	온실가스	Ex,t (Gg CO_2eq)	.Ex,t . (Gg CO_2eq)	Lx,t	칼럼 F의 총 누적량
1A3d	수상 운수	CO_2	519	519	0.006	0.929
1A3b	도로 수송	N_2O	516	516	0.006	0.935
2A2	석회 생산	CO_2	513	513	0.006	0.941
2A1	시멘트 생산	CO_2	500	500	0.006	0.947
3A2	비료관리	N_2O	461	461	0.005	0.952
.....						
합계			85 352	85 352	1	

표 4.8

부분 자료(subset)를 이용한 2003년 핀란드 GHG 인벤토리에 대한 접근법 1 경향 평가의 예

(카테고리 3B의 CO_2는 분석에서 제외) 주 카테고리만 소개.

A	B	C	D	E	F	G	H
IPCC 카테고리 코드	IPCC 카테고리	온실가스	Ex,0 (Gg CO_2 eq)	Ex,t (Gg CO_2eq)	경향 평가 Tx,t	% 경향에 대한 기여	칼럼 G의 총 누적량
1A1	에너지 산업 : 고체	CO_2	9 279	17 311	0.086	0.194	0.194
1A1	에너지 산업 : 이탄	CO_2	3 972	9 047	0.060	0.135	0.329
1A1	에너지 산업 : 가스	CO_2	2 659	6 580	0.048	0.107	0.436
1A4	기타 부문 : 액체	CO_2	6 714	5 651	0.035	0.078	0.514
1A2	제조업 및 건설: 고체	CO_2	6 410	5 416	0.033	0.074	0.588
4A	고형 폐기물 매립	CH_4	3 678	2 497	0.028	0.062	0.650
3C4	관리 토양에서의 직접적 N_2O 배출	N_2O	3 513	2 619	0.023	0.052	0.702
1A3b	도로 수송	CO_2	10 800	11 447	0.023	0.051	0.752
1A2	제조업 및 건설: 기체	CO_2	4 861	4 736	0.016	0.036	0.788
3A1	장내 발효	CH_4	1 868	1 537	0.010	0.023	0.811
2F1	냉장 및 냉방	HFCs, PFCs	0	578	0.008	0.018	0.830
2B2	질산 생산	N2O	1 595	1 396	0.008	0.017	0.846
3C2	석회시용	CO_2	618	277	0.007	0.015	0.861
2A1	시멘트 생산	CO_2	786	500	0.006	0.014	0.876
1A2	제조업 및 건설: 이탄	CO_2	1 561	1 498	0.005	0.012	0.888
1A2	제조업 및 건설: 가스	CO_2	2 094	2 174	0.005	0.011	0.899
1A3b	도로 수송	N_2O	160	516	0.005	0.010	0.909
3C5	관리 토양에서의 직접적 N_2O 배출	N_2O	735	592	0.004	0.009	0.919
3A2	비료관리	N_2O	623	461	0.004	0.009	0.928
1A5	미분류 : 액체	CO_2	734	1 083	0.003	0.006	0.934
3C1	바이오매스 소각	CO_2	180	91	0.002	0.004	0.938
1A3e	기타 수송	CO_2	644	651	0.002	0.004	0.942
1A4	기타 부문 : 가스	CO_2	98	225	0.001	0.003	0.946
1A3c	철도	CO_2	191	134	0.001	0.003	0.949
1A5	미분류 : 가스	CO_2	222	363	0.001	0.003	0.952
.....	.....						
합계			70 692	85 352	0.445	1	

표 4.9

2003년 핀란드 GHG 인벤토리에 대한 접근법 2 수준 평가의 예

사용된 집단의 수준은 국가 고유의 것이 아니며, 권장되는 집단의 수준을 나타내지는 않는다. 주 카테고리만 소개.

A	B	C	D	E	F	G
IPCC 카테고리 코드	**IPCC 카테고리**	**온실가스**	**Ex,t (Gg CO_2eq)**	**|Ex,t| (Gg CO_2eq)**	**Lx,t**	**칼럼 F의 총 누적량**
3B1a	임지로 유지되는 임지: 바이오매스에서의 탄소 축적량 변화	CO_2	-21 354	21 354	0.23	0.23
3C4	관리 토양에서의 직접적 N_2O 배출	N_2O	2 608	2 608	0.18	0.41
3B3a	초지로 유지되는 초지: 바이오매스에서의 탄소 축적량 변화	CO_2	2 907	2 907	0.09	0.50
3C5	관리 토양에서의 직접적 N_2O 배출	N_2O	592	592	0.06	0.56
1A3b	도로수송 : 촉매 변환기가 있는 승용차	N_2O	410	410	0.05	0.61
2B2	질산 생산	N_2O	1 396	1 396	0.04	0.66
3B2a	농경지로 유지되는 농경지: 유기토양에서의 탄소 축적량 변화	CO_2	1 324	1 324	0.04	0.70
3B4ai	이탄지로 유지되는 이탄지	CO_2	547	547	0.04	0.73
3B2a	농경지로 유지되는 농경지: 유기토양에서의 탄소 축적량 변화	CO_2	-1 113	1 113	0.03	0.77
4A	고형 폐기물 매립	CH_4	2 497	2 497	0.03	0.80
1A	연료연소 활동 : 액체	CO_2	27 640	27 640	0.02	0.82
1A	연료연소 활동 : 고체	CO_2	22 753	22 753	0.02	0.85
1A	연료연소 활동 : 이탄	CO_2	10 676	10 676	0.02	0.87
3A1	장내 발효	CH_4	1 537	1 537	0.01	0.88
1A4	기타 부문 : 바이오매스	CH_4	307	307	0.01	0.90
2D	연료로부터 비에너지 제품 및 용매 사용	CO_2	830	830	0.01	0.91

표 4.10

2003년 핀란드 GHG 인벤토리에 대한 접근법 2 경향 평가의 예

사용된 집단의 수준은 국가 고유의 것이 아니며, 권장되는 집단의 수준을 나타내지는 않는다. 주 카테고리만 소개.

A	B	C	D	E	F	G	H
IPCC 카테고리 코드	**IPCC 카테고리**	**온실가스**	**Ex,0 (Gg CO_2 eq)**	**Ex,t (Gg CO_2eq)**	**경향 평가 Tx,t**	**% 경향에 대한 기여**	**칼럼 G의 총 누적량**
3C4	관리 토양에서의 직접적 N_2O 배출 : 농경지 토양	N_2O	3 486	2 608	5.42	0.24	0.24
3B3a	초지로 유지되는 초지: 초지에서의 순(net) 탄소 축적량 변화	CO_2	-1 181	2 907	3.62	0.16	0.40
3B1a	임지로 유지되는 임지: 바이오매스에서의 탄소 축적량 변화	CO_2	-23 798	-21 354	2.71	0.12	0.52
3C5	관리 토양에서의 직접적 N_2O 배출	N_2O	735	592	1.54	0.07	0.58
1A3b	도로수송 : 촉매 변환기가 있는 승용차	N_2O	32	410	1.45	0.06	0.65
3B2a	농경지로 유지되는 농경지: 유기토양에서의 순(net) 탄소 축적량 변화	CO_2	1 813	1 324	1.21	0.05	0.70
4A	고형 폐기물 매립	CH_4	3 678	2 497	1.20	0.05	0.75
2B2	질산 생산	N_2O	1 595	1 396	0.89	0.04	0.79
3B2a	농경지로 유지되는 농경지: 유기토양에서의 순(net) 탄소 축적량 변화	CO_2	-535	-1 113	0.82	0.04	0.83
3B4ai	이탄지로 유지되는 이탄지	CO_2	503	547	0.36	0.02	0.85
3A2	비료관리	N_2O	623	461	0.36	0.02	0.86
3A1	장내 발효	CH_4	1 868	1 537	0.35	0.02	0.88
1A	연료연소 활동 : 액체	CO_2	27 232	27 640	0.32	0.01	0.89
4D1	가정 폐수 처리 및 배출 : 인구밀도가 높은 지역	N_2O	84	66	0.20	0.01	0.90

표 4.11
핀란드에 대한 주 카테고리 분석의 요약
양적인 방법이 사용됨 : 접근법 1과 접근법 2

A	B	C	D	E
IPCC 카테고리 코드	IPCC 카테고리	온실가스	확인 기준	설명[a]
1A	연료연소 활동 : 액체	CO_2	L2, T2	Aggr
1A	연료연소 활동 : 기체	CO_2	L2	Aggr
1A	연료연소 활동 : 이탄	CO_2	L2	Aggr
1A1	에너지 산업 : 고체	CO_2	L1, T1	
1A1	에너지 산업 : 이탄	CO_2	L1, T1	
1A1	에너지 산업 : 가스	CO_2	L1, T1	
1A1	에너지 산업 : 액체	CO_2	L1, T1	
1A2	제조업 및 건설: 고체	CO_2	L1, T1	
1A2	제조업 및 건설: 액체	CO_2	L1, T1	
1A2	제조업 및 건설: 가스	CO_2	L1, T1	
1A2	제조업 및 건설: 이탄	CO_2	L1, T1	
1A3b	도로 수송	CO_2	L1, T1	
1A3b	도로 수송	N_2O	L1, T1	
1A3b	도로 수송 : 촉매 변환기가 있는 자동차	N_2O	L2, T2	Aggr
1A3c	철도	CO_2		Tsub
1A3d	수상 운수	CO_2	L1	
1A3e	기타 수송	CO_2	L1, T1	
1A4	기타 부문 : 액체	CO_2	L1, T1	
1A4	기타 부문 : 가스	CO_2		Tsub
1A4	기타 부문 : 바이오매스	CH_4	L2	
1A5	미분류 : 액체	CO_2	L1	
1A5	미분류 : 가스	CO_2		Tsub
2A1	시멘트 생산	CO_2	T1	
2A2	석회 생산	CO_2	L1	
2B2	질산 생산	N_2O	L1, L2, T1, T2	
2D	연료로부터 비에너지 제품 및 용매 사용	CO_2	L1, L2	
2F1	냉장 및 냉방	HFCs, PFCs	L1, T1	
3A1	장내 발효	CH_4	L1, L2, T1, T2	
3A2	비료관리	N_2O	T1, T2	
3B1a	산림지로 유지되는 산림지	CO_2	L1, L2, T1, T2	
3B2a	농경지로 유지되는 농경지	CO_2	L2, T1, T2	
3B3a	초지로 유지되는 초지	CO_2	L1, T1	
3B3a	초지로 유지되는 초지 : 유기토양에서의 총 탄소 축적량 변화	CO_2	L2, T2	Aggr
3B4ai	이탄지로 유지되는 이탄지	CO_2	L1, L2, T2	
3C2	석회시용	CO_2	T1	
3C4	관리 토양에서의 직접적 N_2O 배출	N_2O	L1, T1	
3C4	관리 토양에서의 직접적 N_2O 배출 : 농경지 토양	N_2O	L2, T2	Aggr
3C5	관리 토양에서의 간접적 N_2O 배출	N_2O	L1, L2, T1, T2	
3C1	바이오매스 산화로부터의 배출	CO_2		Tsub
4A	고형 폐기물 매립	CH_4	L1, L2, T1, T2	
4D1	가정용 폐수 처리 및 배출: 인구 밀집 지역	N_2O	T2	Aggr

a Tsub는 카테고리 3B가 없는 부분(subset)에 대한 경향평가에 의해 확인되었던 카테고리를 보여준다. 총 카테고리의 접근법 1 분석과 비교될 경우 부분(subset)의 수준 평가는 추가적인 카테고리들을 확인하지 않는다. Aggr은 집합(aggregation) 수준이 접근법1과 다른 곳에서 접근법 2에 의해 확인된 카테고리를 나타낸다.

참고문헌

IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volumes 1, 2 and 3. Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Lim, B., Tr□anton, K., Mamaty, I., Bonduki, Y., Griggs, D.J. and Callander, B.A. (Eds), Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA, Paris, France.

IPCC (2000). Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Penman, J., Kruger, D., Galbally, I., Hiraishi, T., Nyenzi, B., Emmanuel, S., Buendia, L., Hoppaus, R., Martinsen, T., Meijer, J., Miwa, K., and Tanabe, K. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan.

IPCC (2001). Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., van der Linden, P.J., Dai, X., Maskell, K. and Johnson, C.A. (eds.), Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881pp.

IPCC (2003). Good Practice Guidance for Land Use, land-Use Change and Forestry, Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishi, T., Kruger, D., Pipatti, R., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T. and Tanabe, K., Wagner, F. (Eds), Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/IGES, Hayama, Japan.

Morgan, M.G., and Henrion, M. (1990). Uncertainty: A Guide to Dealing with Uncertainty in Quantitative Risk and Policy Analysis, Cambridge University Press, New York.

Rypdal, K., and Flugsrud, K. (2001). Sensititivity Analysis as a Tool for Systematic Reductions in GHG Inventory Uncertainties. Environmental Science and Policy. Vol 4 (2-3): pp. 117-135.

Statistics Finland. (2005). Greenhouse gas emissions in Finland 1990-2003. National Inventory Report to the UNFCCC, 27 May 2005.

제5장

시계열 일관성

저자

William Irving (미국)
Hideaki Nakane (일본), and Jose Ramon T. Villarin (필리핀)

부저자

Ruta Bubniene (리투아니아)

목 차

5 시계열 일관성

5.1 서론 ····· 5.5
5.2 일관적인 시계열의 보장 ····· 5.5
5.2.1 방법론적 변화 및 개선에 따른 재계산 ····· 5.5
5.2.2 새로운 부문의 추가 ····· 5.7
5.2.3 기술적 변화 및 기타 요인에 따른 증가 및 감소의 추적 ····· 5.8
5.3 자료 간격(DATA GAPS)의 해결 ····· 5.9
5.3.1 자료 이용가능성에 대한 문제 ····· 5.9
5.3.2 비달력 연도 자료 ····· 5.10
5.3.3 접합 기법(Splicing techniques) ····· 5.10
5.4 추세 정보의 보고 및 문서화 ····· 5.19
5.5 시계열 일관성 QA/QC ····· 5.20
참고문헌 ····· 5.22
그 외 참고문헌 ····· 5.22

식

식 5.1 중첩 방법을 이용하여 재계산된 배출량 내지 흡수량 산정치 ····· 5.11
식 5.2 대체 입력변수를 이용한 배출/저감 추세 산정치 ····· 5.13

그림

그림 5.1 일관적인 중첩 ····· 5.12
그림 5.2 비일관적인 중첩 ····· 5.12
그림 5.3 선형 보간법 ····· 5.15

표

표 5.1 접합 기법의 요약 ·····5.19
표 5.2 부문에 고유한 재계산의 문서화 ·····5.20

박스

박스 5.1 농업, 임업, 기타 토지 이용 (AFOLU) 부문에서의 재계산 ·····5.7
박스 5.2 대체자료의 사례연구 -미국에서의 지하 석탄채굴로부터의 메탄 배출 ·····5.14
박스 5.3 외삽법을 이용한, 주기적 자료에 대한 사례연구 ·····5.17

5 시계열 일관성

5.1 서론

시계열은 역사적 배출추세에 대한 정보를 제공하고 국가적 수준에서 배출을 감소시키는 전략들의 영향을 추적하기 때문에 온실가스 인벤토리의 중심적인 요소이다. 개별 연도들에 대한 산정치에 흔히 있는 일이지만, 배출추세는 판단될 수 있는 한 과대 내지 과소 산정되지 않아야 한다. 시계열의 모든 배출 산정치는 일관적으로 산정되어야 하며, 이는 가능한 한, 모든 연도에서 동일한 방법 및 자료원(data sources)을 이용하여 시계열이 계산되어야 한다는 것을 의미한다. 시계열에서 다른 방법 및 자료의 이용은 산정된 배출 추세가 배출량 내지 흡수량의 실제적인 변화 뿐만 아니라 방법론적 개선의 패턴을 반영할 것이기 때문에 편의를 가져올 수 있을 것이다.

이 장은 시계열 일관성을 보장하는 *우수실행(good practice)*을 기술한다. 5.2절은 시계열 일관성이 달성되기 어려울 수 있는 일반적인 상황(새로운 부문의 추가 및 기술적 변화에 대한 고려에 따른 재계산의 수행)에 대한 지침을 제공한다. 5.3절은 불완전하거나 누락된 자료를 보충하기 위해 다른 방법 내지 자료집합(data sets)을 조합 내지 "접합(splicing)"하기 위한 기술을 서술한다. 보고 및 문서화에 관한 추가적인 지침과 시계열 일관성의 QA/QC는 5.4절과 5.5절에서 제시된다.

5.2 일관적인 시계열의 보장

5.2.1 방법론적 변화 및 개선에 따른 재계산

한 부문에서 방법론적 변화(methodological change)는 이전에 이용된 tier에서 다른 tier으로의 변화이다. 방법론적 변화는 종종 새롭고 다른 자료집합의 개발에 의해 초래된다. 방법론적 변화의 한 예는 국가가 직접적으로 또는 국가적 배출계수의 개발을 위해 이용될 수 있는 현장에 고유한(site-specific) 배출측정 자료를 얻었기 때문에 산업부문에 대해 Tier 1 내정방법(default method) 대신에 고 tier 방법을 새롭게 이용하는 것이다.

방법론적 개선(methodological refinement)은 인벤토리 작성자가 배출을 산정하기 위해 동일한 tier을 이용하지만 다른 자료원 내지 다른 통합 수준을 이용하여 이를 적용할 때 발생한다. 개선의 한 예는 새로운 자료가 가축 내장 발효 모형(livestock enteric fermentation model)의 보다 깊은 세분화(disaggregation)를 허용하는지의 여부일 것이다. 그러므로 결과적으로 동물 부문들이 보다 동질적이 되거나 보다 정확한 배출계수가 적용된다. 이런 경우에, 산정치는 Tier 2 방법을 이용하여 여전히 개발되지만, 이는 보다 상세한 세분화 수준에서 적용된다. 또다른 가능성은 개선된 자료수집 방법 때문에, 유사한 통합 수준의 자료이지만 보다 양질의 자료가 도입될 수 있다는 것이다.

시간에 따른 방법론적 변화 및 개선 모두는 인벤토리 품질(inventory quality) 개선의 본질적 부분

이다. 다음과 같을 때 방법을 변화 내지 개선시키는 것은 *우수실행(good practice)*이다:

- 이용 가능한 자료가 변화되었다: 자료의 이용가능성은 적절한 방법의 중요한 결정요소이므로, 이용가능한 자료의 변화는 방법에서 변화와 개선을 초래할 것이다. 국가가 온실가스 인벤토리를 준비하는데 경험을 얻고 추가적인 자원을 들임에 따라, 자료 이용가능성은 개선될 것이다.[1]
- 이전에 이용된 방법이 해당 부문을 위한 IPCC 가이드라인과 일치하지 않는다: 인벤토리 작성자는 2권에서 5권까지 각 부문을 위한 지침을 검토해야 한다.
- 한 부문이 주요하게 되었다: 이전 인벤토리연도에서 이용되는 기준에 따라, 주요한 것으로 고려되지 않았지만, 미래 연도에 주요한 것으로 될 수 있을 것이다. 예를 들어, 많은 국가들은 몬트리올 의정서(Montreal Protocol)하에서 단계적으로 제거되는 오존파괴물질을 HFCs와 PFCs로 대체하기 시작하고 있다. 이 부문의 현재 배출은 낮지만, 추세 내지 수준에 기초하여 미래에는 주요하게 될 수 있을 것이다. 한 부문에서 상당한 성장을 기대하는 국가들은 그것이 주요하게 되기 전에 이러한 가능성을 고려하고자 할 것이다.
- 이전에 이용된 방법이 투명한 방식으로 경감활동(mitigation activities)을 반영하기에 불충분하다: 배출을 감소시키기 위한 기법과 기술이 도입됨에 따라, 인벤토리 작성자는 투명한 방식으로 배출량 내지 흡수량의 결과적인 변화를 설명할 수 있는 방법을 이용해야 한다. 이전에 이용된 방법이 불충분하게 투명한 경우에, 이를 변화 내지 개선하는 것은 *우수실행(good practice)*이다. 보다 깊은 지침을 위해 5.2.3절을 참고한다.
- 인벤토리준비를 위한 용량(capacity)이 증가하였다: 시간에 지남에 따라, 인벤토리를 준비하는 인적 내지 재무적 용량(또는 모두)이 증가할 것이다. 인벤토리 작성자가 인벤토리 용량(inventory capacity)을 증가시킨다면, 특히 주요부문에 대해, 보다 정확하고, 완전하고, 투명한 산정치를 생산하기 위해 방법을 변화 내지 개선하는 것은 *우수실행(good practice)*이다.
- 새로운 인벤토리방법이 이용가능해졌다: 미래에는 새로운 기술 내지 향상된 과학적 이해를 이용하는 새로운 인벤토리 방법이 개발될 것이다. 예를 들어, 배출감시 기술에서 원격감지 기술의 향상은 보다 많은 유형의 배출원(emission sources)을 직접 감시하는 것을 가능하게 할 것이다.
- 오류의 수정: 6장, 품질보증 및 품질관리와 검증에서 기술된 QA/QC 절차의 수행은 인벤토리에서의 오류 내지 실수의 확인을 가져올 것이다. 그 장에서 언급되는 것처럼, 이전에 제시된 산정치에서 오류를 수정하는 것은 *우수실행(good practice)*이다. 엄격한 의미에서, 오류의 수정은 방법론적 변화 내지 개선으로 간주되지 않아야 한다. 그렇지만, 필요한 수정을 할 때 시계열 일관성에 관한 일반적인 지침이 고려되어야 하기 때문에, 여기서 이 상황이 언급되었다.

[1] 때때로 자료의 수집은 감소될 것이며, 이는 보다 덜 엄격한 방법론적 결과를 가져올 수 있다.

박스 5.1
농업, 임업, 기타 토지 이용 (AFOLU) 부문에서의 재계산

AFOLU 부문에서의 재계산 기법의 이용이 특히 중요할 것으로 기대된다. 이 부문을 위한 인벤토리 방법 및 보간/외삽 도구 (모형)의 개발은 계속되고 있으며 관련된 프로세스의 복잡성 때문에 시간이 지남에 따라 많은 국가들의 방법에 변화가 발생할 것이다. 단순한 경우로, 표본추출 내지 실험은 국가 고유의 배출계수를 제공할 것이며, 이는 시계열 재계산을 요구할 지 모른다. 보다 복잡한 상황이 또한 발생할 수 있다. 예를 들어:

- 활동자료를 수집하기 위해 이용된 도구들이 시간이 지남에 따라 변할 수 있으며, 새로운 도구를 적용하기 위해 시간적으로 소급하는 것은 불가능하다. 예를 들어, 위성사진의 이용으로 개간(land clearing) 결과들이 산정될 수 있지만, 이 작업을 위해 이용 가능한 위성이 시간이 지남에 따라 변하거나 저하된다. 이런 경우에, 5.3.3.1절에서 기술된 중첩 방법(overlap method)이 가장 적용가능하다.
- AFOLU 부문을 위해 요구되는 산림인벤토리와 같은 일부 자료원들은 자원제약 때문에 매년 이용가능하지는 않을 것이다. 이런 경우에, 연도간 보간법(interpolation) 내지 이용가능한 측정자료를 가지는 마지막 연도 이후의 연도에 대한 외삽법(extrapolation)은 가장 적절할 것이다. 외삽된 자료는 최종 자료가 이용가능하게 될 때 재계산될 것이다 (보간법과 외삽법에 관해 5.3.3.3절과 5.3.3.4절을 참고)
- AFOLU로부터의 배출 및 저감은 전형적으로 과거의 토지이용 활동에 좌우된다. 그러므로, 자료는 오랜 역사적 기간(20-100년)을 포함해야 하고, 이러한 자료의 질은 시간이 지남에 따라 종종 변할 것이다. 중첩, 보간법, 외삽법이 이런 경우에 필요할 것이다.
- AFOLU에서 배출계수 및 기타 입력변수(parameters)의 계산은 표본추출 및 모형화 작업의 조합을 필요로 할 것이다. 시계열 일관성은 또한 모형화 작업에 적용되어야 한다. 모형은 출력결과를 생산하기 위해 입력자료를 변환하는 방식으로 간주될 수 있다. 모형에서 입력자료 내지 수학적 관계에 대해 변화가 일어나는 대부분의 경우에, 산정치의 전체적인 시계열은 재계산되어야 한다. 이용가능한 자료 때문에 이것이 실행불가능한 상황에서, 중첩 방법의 변형이 적용될 수 있을 것이다.

5.2.2 새로운 부문의 추가

새로운 부문 내지 하위부문의 인벤토리 추가는 전체적인 시계열의 계산을 필요로 하며, 산정치는 국가에서 배출량 내지 흡수량이 발생하기 시작한 연도의 인벤토리에 포함되어야 한다. 국가는 매년 동일한 방법 및 자료집합을 이용하도록 모든 노력을 기울여야 한다. 그렇지만, 이전 연도들의 자료를 수집하는 것은 어려울 것이며, 이런 경우에 일관적인 시계열을 구축하기 위해 5.3.3절의 접합(splicing)에 대한 지침을 이용해야 한다.

국가는 아래의 다양한 이유로 인벤토리에 새로운 부문 내지 새로운 가스를 추가할 것이다.

- 새로운 배출 내지 저감활동이 발생하고 있다: 특히 산업공정 및 제품 사용 (Industrial Processes and Product Use (IPPU) 부문에서, 일부 배출 프로세스는 특정한 기술적 프로세스의 결과로서 단지 발생한다. 예를 들어, 오존파괴물질의 대체물 (ODS 대체물)의 이용은 세계의 다른 부분에서 매우 다른 비율로 단계적으로 실행되고 있다. 일부 국가에서는 일부 적용이 단지 이제 발생하기 시작하고 있을 것이다.
- 매우 작은 부문에서의 빠른 성장: 이전에 국가 인벤토리에 포함하기 위해 자원을 정당화하기에는 너무 작았던 부문이 급격한 성장을 경험하여 미래의 인벤토리에 포함되어야 할 지 모른다.
- 새로운 IPCC 부문: *2006 IPCC 가이드라인*은 *1996 IPCC 가이드라인*에 포함되지 않았던 일부 부문 및 하위부문을 포함하고 있다 (IPCC, 1997). 결과적으로, 국가들은 미래의 국가 인벤토리에 새로운 산정치를 포함할 것이다. 국가들은 전체적인 시계열을 위해 새로운 부문 및 하위부문의 산정치를 포함해야 한다.
- 추가적인 인벤토리 용량(inventory capacity): 국가는 보다 많은 자원을 이용하거나 추가적인 전문가를 고용하여, 인벤토리에 새로운 부문 및 하위부문을 포함할 수 있을 것이다.

배출의 원인이 되는 새로운 활동이 기준연도 이후에 시작되었거나 이전에 중요하지 않다고 간주되었던 부문(기존의 배출원/저감활동으로부터 배출/저감을 산정하지 않는 이유에 대해, 4장, 방법론 선택 및 주요부문의 확인의 4.1.2절을 참고)이 인벤토리에 포함되어야 하는 지점까지 성장했다면, 전체적인 시계열을 산정하지 않는 이유를 문서화하는 것은 *우수실행(good practice)*이다.

5.2.3 기술적 변화 및 기타 요인에 따른 증가 및 감소의 추적

배출인벤토리(Emission inventories)은 변화하는 활동수준(activity levels) 내지 변화하는 배출비율(emission rates) 또는 양쪽을 통해 배출 및 저감의 변화를 추적할 수 있다. 이러한 변화가 방법론에 포함되는 방식은 시계열 일관성에 상당한 영향을 미칠 수 있다.

활동수준의 변화

국가통계는 활동수준의 중요한 변화를 전형적으로 설명할 것이다. 예를 들어, 전력 생산에서 석탄으로부터 천연가스로의 연료 변화는 국가 연료소비 통계에 반영될 것이다. 활동자료의 보다 깊은 세분화(disaggregation)는 활동의 변화가 어디서 발생하고 있는지를 지시하는데 보다 큰 투명성을 제공할 수 있다. 이 접근법은 변화가 전체 부문에 걸쳐서가 아니고, 하나 이상의 하위부문에서 일어나고 있을 때 적절하다. 변화가 최근에 시작되었을지라도, 시계열 일관성을 유지하기 위해, 전체적인 시계열에 대해 하위부문으로의 동일한 세분화 수준이 가능한 한 이용되어야 한다.

배출비율의 변화

활동의 단위당 배출/저감의 평균 비율이 시계열에 따라 변화되었다고 연구에서 지적할 것이다. 일부 경우에, 기술적 변화를 초래하는 요인들은 고tier 방법의 이용을 또한 가능하게 할 수 있다. 예를 들어, 양극 효과(anode effects)의 빈도와 강도를 감소시키는 대책을 도입한 알루미늄 공장 관리자는 새로운 배출계수를 산정하는데 이용될 수 있는 공장에 고유한 입력변수(parameters)를 또한 수집할 것이다. 이러한 새로운 요인은 기술적 변화가 발생하기 이전의, 시계열의 초기 연도들

에 대한 배출을 산정하는데 적절하지 않을 것이다. 이러한 경우에 변화를 반영하기 위해 갱신된 배출계수, 기타 산정 입력변수, 자료를 이용하는 것은 *우수실행(good practice)*이다. 일반적인 가정은 달리 표시되지 않는다면 시간에 따라 배출계수 내지 기타 산정 입력변수가 변하지 않는다는 것이기 때문에, 국가들은 시계열에서 다른 계수 내지 입력변수를 이용하는 이유를 명확히 문서화해야 한다. 표본추출 내지 설문조사가 주기적으로 일어나고 중간 연도들의 배출계수 내지 산정 입력변수가 측정되는 대신에 보간(interpolated)된다면 이는 특히 중요하다.

배출의 포집, 파괴, 연소

화학물질 제조시설 내지 발전소 같은 대규모 배출원(point sources)은 배출을 생성하지만 포집 및 저장 (예, CO_2), 파괴 (예, HFC-23), 연소 (예, CH_4)를 통해 이들이 대기중으로 방출되는 것을 방지할 지 모른다. 이들 활동이 활동 단위당 생성되는 평균 배출을 반드시 변화시키지는 않을 것이므로, 다른 연도들에 대해 다른 배출계수들을 이용하는 것은 *우수실행(good practice)*이 아니다. 대신에, 인벤토리 인벤토리 작성자는 생성되는 총 배출과 감소되는 배출을 개별적으로 산정해야 하며, 대기중으로의 총 배출에 대한 산정치에 도달하기 위해 총 생성에서 감소를 차감한다.

5.3 자료 간격(DATA GAPS)의 해결

5.3.1 자료 이용가능성에 대한 문제

완전하고 일관적인 시계열을 위해, 각 연도에 대한 자료의 이용가능성을 결정하는 것이 필요하다. 자료가 1년이상 누락된다면 고tier 방법을 이용하여 이전 산정치를 재계산하거나 새로운 부문에 대한 산정치를 개발하는 것은 어려울 것이다. 자료 간격의 예들이 아래에서 제시된다:

- 주기적 자료: 국가 산림인벤토리와 같은 천연자원 내지 환경 통계와 폐기물 통계는 연간 기준으로 전체 국가를 포함하지 않을 것이다. 대신에, 이들은 매 5년 내지 10년 간격, 또는 지역별로 수행될 것이며, 이는 국가적 수준 산정치는 모든 지역의 인벤토리가 완성될 때 단지 직접적으로 얻어질 수 있다는 것을 의미한다. 자료가 연간보다 덜 빈번히 이용가능할 때, 여러 문제가 발생한다. 첫 번째, 새로운 자료가 이용가능하게 될 때마다 산정치가 갱신될 필요가 있으며, 이용가능한 자료 사이의 연도들이 재계산될 필요가 있다. 두 번째 문제는 마지막으로 이용가능한 자료 시점 이후와 새로운 자료가 이용가능하기 전의 연도들에 대한 인벤토리를 생산하는 것이다. 이런 경우에, 새로운 산정치는 이용가능한 자료에 기초하여 외삽되어야 (extrapolated) 하고, 이후 새로운 자료가 이용가능하게 될 때 재계산되어야 한다.
- 자료 이용가능성의 변화와 간격보다 좋은 자료를 이용하여 나중에 산정치를 재계산할 기회가 존재하지 않을 것이기 때문에 자료 이용가능성의 변화 내지 자료에서의 간격은 주기적으로 이용가능한 자료와 다르다. 일부 경우에, 국가들은 시간이 지남에 따라 자료를 수집하는 능력을 향상시킬 것이고, 그러므로 초기 연도들이 아니라, 최근 연도들에 대해 고tier 방법이 적용될 수 있다. 이는 새로운 자료는 과거 연도들의 조건을 나타내지 않을 것이기 때문에 직접적인 표본추출 및 측정 프로그램을 실행하는 것이 가능한 부문에 대해 특히 적절하다. 일부 국가들은 정부, 경제적 구조조정, 제한된 자원내의 우선순위 변화의 결과로 어떤 자료집합의 이용가능성이 시간에 따라 감소한다는 것을 발견할 것이다. 과도기적 경제를 가진 일부 국가들은 기

준연도에 이용가능했던 자료집합을 더 이상 수집하지 않거나, 이용가능할지라도 이들 자료집합은 다른 정의, 분류, 통합수준을 가질 것이다.

5.3.2 비달력 연도 자료

비달력 연도(non-calendar year) 자료를 이용할 때, 2장 자료 수집에 대한 접근법의 2.2.3절에서 기술되는 것처럼 시계열 동안 일관적으로 동일한 수집기간을 이용하는 것이 *우수실행(good practice)*이다. 추세에서의 편의(bias)를 초래할 수 있기 때문에 국가들은 동일한 시계열내에서 다른 수집기간들을 이용하지 않아야 한다.

5.3.3 접합 기법(Splicing techniques)

여기서 접합은 완전한 시계열을 형성하기 위한 하나 이상의 방법의 조합 내지 결합을 말한다. 모든 연도에서 동일한 방법 내지 자료원(data source)을 이용하는 것이 가능하지 않다면 여러 가지 접합 기법이 이용가능하다. 이 절은 시계열에서 잠재적인 비일관성을 최소화하도록 방법들을 조합하기 위해 이용될 수 있는 기법들을 기술한다. 각각의 기법은 자료의 이용가능성 및 방법론 수정의 성격과 같은 고려사항에 의해 결정되는 것과 같은, 특정한 상황에서 적절할 것이다. 기법의 선택은 특정한 상황의 평가와 특정한 경우를 위한 가장 좋은 선택의 결정을 필요로 한다. 최종적인 의사결정을 하기 전에 하나 이상의 기법을 이용하여 접합을 수행하고 특정한 방법이 선택된 이유를 문서화하는 것은 *우수실행(good practice)*이다. 인벤토리 재계산을 위한 주요 접근법들이 표 5.1에 요약되어 있다.

5.3.3.1 중첩 (OVERLAP)

중첩 기법은 예를 들어 고tier 방법론을 실행할 때처럼, 새로운 방법이 도입되지만 시계열의 초기 연도들에 새로운 방법을 적용하기 위한 자료가 이용가능하지 않을 때 종종 이용된다. 새로운 방법이 모든 연도에 대해 이용될 수 없다면, 두 방법이 모두 이용될 수 있는 연도동안 두 방법 사이에 관찰된 관계(내지 중첩)에 기초한 시계열을 개발하는 것이 가능할 것이다. 본질적으로, 시계열은 이전에 이용된 방법과 새로운 방법의 결과 간에 일관적인 관계가 존재한다고 가정함으로써 구축된다. 새로운 방법이 직접 이용될 수 없는 연도들의 배출량 내지 흡수량 산정치는 중첩 기간 동안 관찰된 관계에 기초하여, 이전에 개발된 산정치를 비례적으로 수정함으로써 개발된다. 이러한 경우에, 새로운 방법과 관련된 배출량 내지 흡수량은 식 5.1에 의해 산정된다:[2]

[2] 중첩 식 5.1은 Good Practice Guidance for National Greenhouse Gas Inventories (*GPG 2000, IPCC, 2000*)에서 기술된 식보다 선호된다:

$$y_0 = x_0 \cdot \left(\sum_{i=m}^{n} y_i \cdot \sum_{i=m}^{n} x_i \right)$$

이는 후자가 가장 높은 배출을 가지는 중첩 연도에 보다 많은 가중치를 주기 때문이다. 그렇지만 실제적인 경우에 그 결과는 종종 매우 유사할 것이며 이전 식의 계속적인 이용은 그 이용이 만족스러운 결과를 주는 경우에 *우수실행(good practice)*과 일치한다.

식 5.1
중첩 방법을 이용하여 재계산된 배출량 내지 흡수량 산정치

$$y_0 = x_0 \cdot \left(\frac{1}{(n - m + 1)} \cdot \sum_{i=m}^{n} \frac{y_i}{x_i} \right)$$

여기서:

y_0 = 중첩 방법을 이용하여 재계산된 배출량 내지 흡수량 산정치

x_0 = 이전에 이용된 방법을 이용하여 개발된 산정치

y_i와 x_i는 m부터 n까지 연도에 의해 표기된, 중첩 기간 동안 새로운 방법과 이전에 이용된 방법을 이용하여 준비된 산정치이다.

이전에 이용된 방법과 새로운 방법간의 관계는 연간 산정치의 단지 한 집합간의 중첩을 비교함으로써 평가될 수 있지만, 다수의 연도를 비교하는 것이 바람직하다. 이는 단지 1년을 비교하는 것은 편의를 초래할 것이고 추세를 평가하는 것이 불가능하기 때문이다.

그림 5.1은 두 방법이 모두 적용될 수 있는 연도들에 대해 두 방법간의 일관적인 중첩의 가설적인 예를 보여준다. 그림 5.2에서는 방법들간에 일관적인 중첩이 존재하지 않으며 이러한 경우에 중첩 기법을 이용하는 것은 *우수실행(good practice)*이 아니다.

중첩의 평가를 통해 오래된 산정치와 새로운 산정치간의 다른 관계들도 관찰될 것이다. 예를 들어, 일정한 차이가 관찰될 것이다. 이러한 경우에, 새로운 방법과 관련된 배출량 내지 흡수량은 중첩된 연도들의 평균적인 차이와 같은 상수값으로 이전 산정치를 수정함으로써 산정될 것이다.

그림 5.1 일관적인 중첩

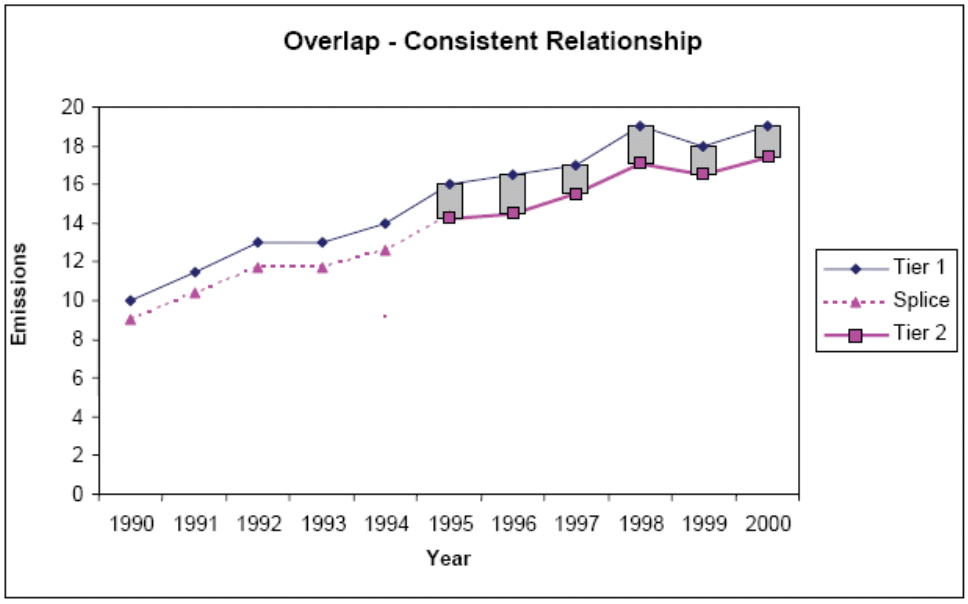
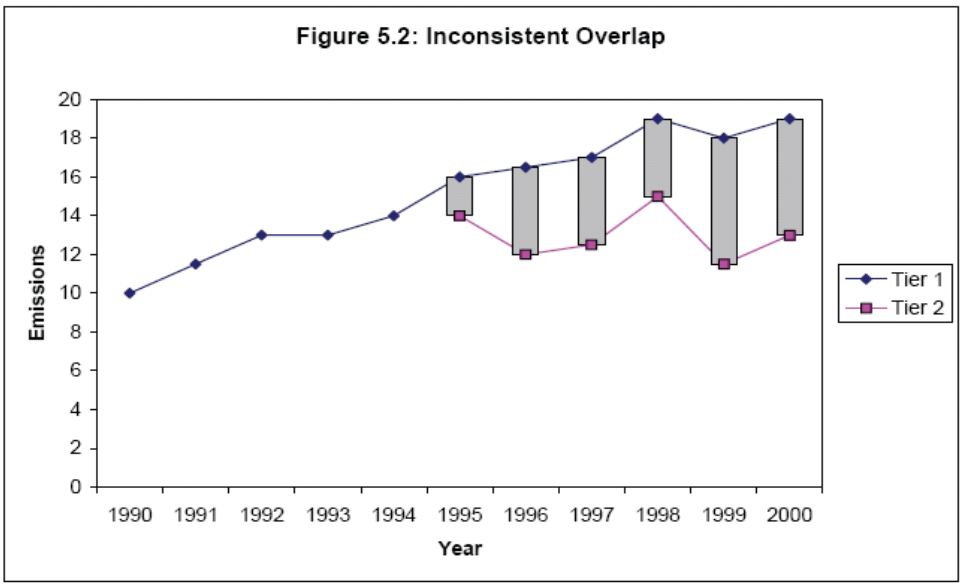


그림 5.2: 비일관적인 중첩



5.3.3.2 대체자료 (SURROGATE DATA)

대체 방법은 배출량 내지 흡수량을 기본적인 활동 내지 기타 지표 자료(indicative data)와 관련짓는다. 이들 자료의 변화는 배출량 내지 흡수량의 추세를 모사하는데 이용된다. 산정치는 해당 부문의 시간 변화를 가장 잘 설명하는 통계적 자료원과 관련되어야 한다. 예를 들어, 이동형 원천의 배출(mobile source emissions)은 운행된 차량 거리의 추세와 관련되고, 가정용 폐수(domestic wastewater)는 인구와 관련되고, 산업용 배출(industrial emissions)은 관련 산업의 생산수준과 관련될 것이다. 2장, 자료 수집에 대한 접근법을 참고한다.

가장 단순한 형태에서, 산정치는 식 5.2에서 보이는 것처럼 단일한 유형의 자료와 관련될 것이다:

식 5.2
대체 입력변수를 이용한 배출/저감 추세 산정치

$$y_0 = y_t \cdot (s_0 / s_t)$$

여기서:

y = 연도 0와 t의 배출/저감 산정치

s = 연도 0와 t의 대체적 통계 입력변수

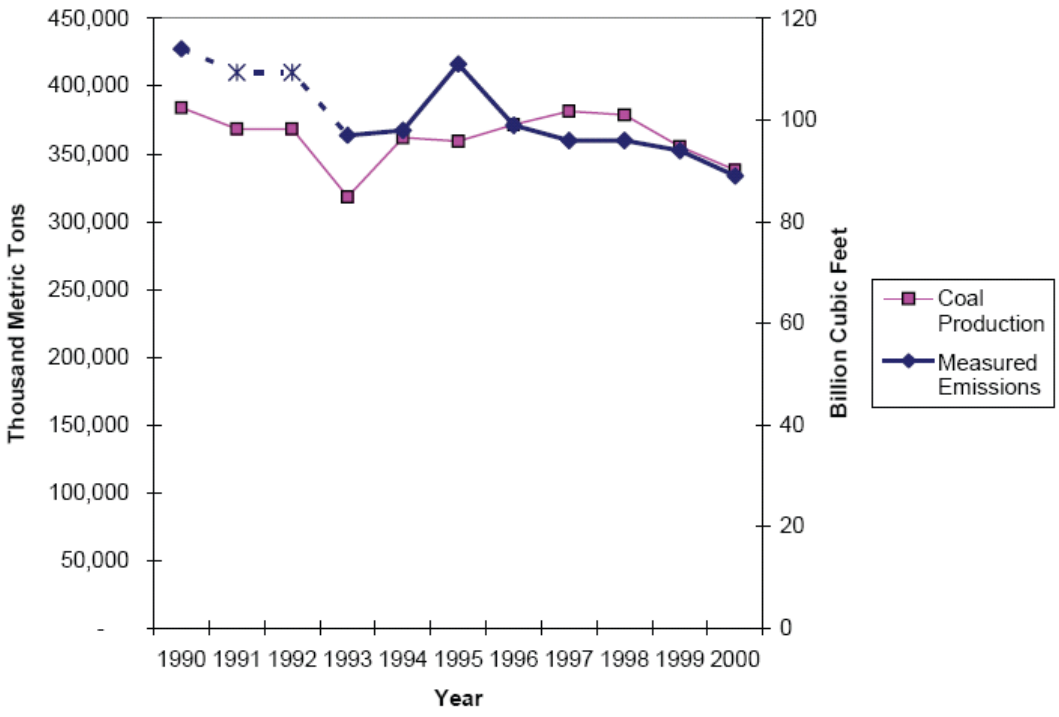
배출/저감과 대체간의 관계는 단일한 연도 동안의 자료에 기초하여 개발될 수 있지만, 다수 연도의 이용은 보다 좋은 산정치를 제공할 것이다.

박스 5.2는 미국에서의 지하 석탄 채굴로부터의 메탄 배출을 산정하기 위한 대체자료 이용의 예를 제공한다. 일부 경우에, 배출을 하나 이상의 통계적 입력변수에 관련지음으로써 보다 정확한 관계가 개발될 것이다. 적절한 대체자료 입력변수를 선택하는데 회귀분석(Regression analysis)이 유용할 것이다. 달리 이용가능하지 않은 자료를 산정하기 위한 대체 방법의 이용은 아래에서 논의되는 보간법 및 추세 외삽법에 의해 개발된 산정치의 정확성을 향상시킬 수 있다.

박스 5.2
대체자료의 사례연구 -
미국에서의 지하 석탄채굴로부터의 메탄 배출

분기에 기초하여, 미국의 탄광 안전 및 건강 관리국(Mine Safety and Health Administration) (MSHA)은 환기중인 공기에서 탐지 가능한 메탄 수준을 가진 지하 탄광에서 메탄 배출수준을 측정한다. USEPA는 지하 석탄채굴로부터의 국가적 배출을 계산하기 위한 기초로서 이들 측정치를 이용한다. 그렇지만, 노동부(Department of Labor)내의 구조조정 때문에, 이들 자료는 1991년에서 1992년 동안 이용가능하지 않았다. USEPA는 지하석탄 총 생산량을 대체자료집합으로 이용했다. 아래의 그래프는 지하석탄 생산과 측정된 배출간의 관계를 보여주며, 이는 가깝지만 불완전하게 상관관계가 있다. 차이는 개별적인 탄광이 배출배율에서 매우 다르다는 사실을 반영하며, 탄광의 생산수준이 시간에 따라 변할 때, 가중된 평균 배출비율도 변한다. USEPA는 1990년의 Tier 3 배출 자료와 석탄 생산량을 이용하여 1991년과 1992년의 배출을 산정하기 위해 식 5.2를 적용하였다. 이들 자료점은 그래프에서의 점선과 교차된다. 석탄 생산량은 Tier 1을 위한 권고된 활동자료이기 때문에 이 절차는 Tier 1 방법을 가지는 중첩(overlap)과 매우 유사하다는 것을 주목한다. 대체자료를 이용한 산정치로부터의 암묵적(implied) 배출계수를 Tier 1 내정계수(default factors)와 비교하는 것은 유용한 QA/QC 검사일 것이다.

미국에서의 석탄채굴에 대한 대체자료

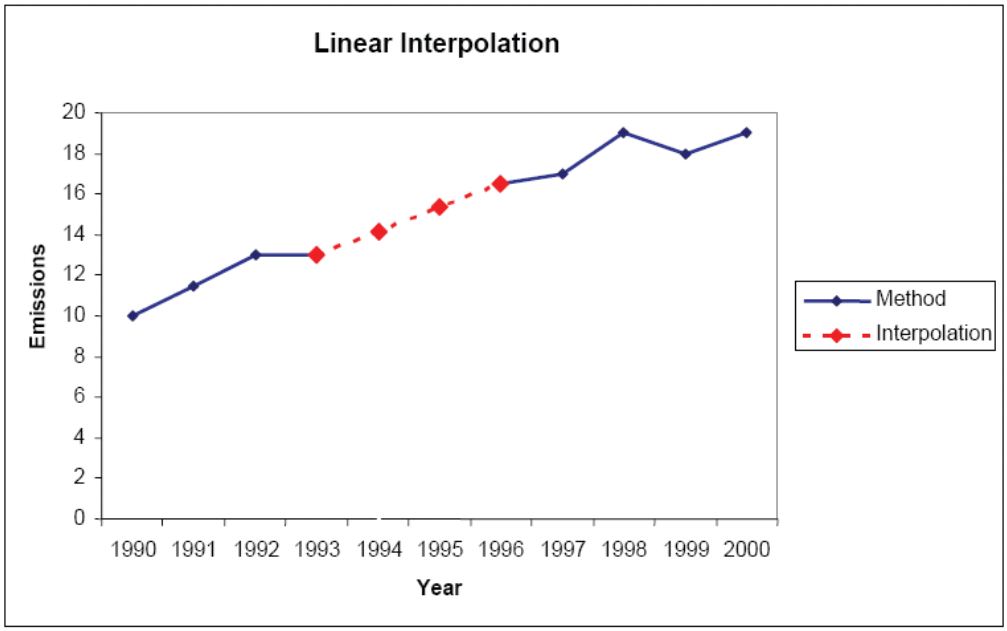


5.3.3.3 보간법(INTERPOLATION)

일부 경우에 시계열 전체에 걸쳐 간헐적으로 한 방법을 적용하는 것이 가능할 것이다. 예를 들어, 필요한 상세한 통계치가 단지 매 수년 동안만 수집되거나 연간 기준으로 상세한 설문조사를 수행하는 것이 비실용적일 수 있다. 이러한 경우에, 시계열에서 중간 연도들의 산정치는 상세한 산정치들 사이에 보간을 함으로써 개발될 수 있다. 일반적인 추세 내지 기본적인 입력변수에 관한 정보가 이용가능하다면, 대체 방법이 보다 바람직하다.

그림 5.3은 선형 보간법의 예를 보여준다. 이 예에서, 1994년과 1995년의 자료는 이용가능하지 않다. 1993년에서 1996년의 배출에서의 일정한 연간 성장을 가정함으로써 배출이 산정된다. 전체적인 추세가 안정적으로 보이고, 1994년과 1995년의 실제 배출이 보간법을 통해 예측된 값과 상당히 다를 것 같지는 않기 때문에 이 기법은 이 예에서 적절하다. 변동적인 배출추세(즉, 매 연도마다 상당히 변동한다)를 가지는 부문에 대해, 보간법은 *우수실행(good practice)*과 일치하지 않으며 대체자료가 보다 좋은 선택일 것이다. QA/QC 검사로서 보간된 산정치와 대체자료를 비교하는 것은 *우수실행(good practice)*이다.

그림 5.3 선형 보간법



5.3.3.4 추세 외삽법(TREND EXTRAPOLATION)

인벤토리에서 기준 연도 내지 가장 최근 연도에 대해 상세한 산정치가 준비되지 않았을 때, 가장 가까운 상세한 산정치로부터 외삽하는 것이 필요할 것이다. 추세 외삽법은 개념적으로 보간법과 유사하지만, 실제 추세에 관해 거의 알려져 있지 않다. 외삽법은 (보다 최근의 배출량 내지 흡수량을 산정하기 위해) 순방향 또는 (기준 연도를 산정하기 위해) 역방향으로 수행될 수 있을 것이다. 추세 외삽벙는 상세한 산정치가 이용가능한 기간동안 배출/저감에서의 관찰된 추세가 외삽기간 동안 일정할 것이라고 단순히 가정한다. 이러한 가정이 주어질 때, 추세의 변화가 시간에 따라 일정하지 않다면 추세 외삽법은 이용되지 않아야 한다는 것은 명확하다. 이러한 상황에서 대체자료에 기초한 외삽법의 이용을 고려하는 것이 보다 적절할 것이다. 외삽법은 또한 추세의 계속적인

타당성을 확인하기 위한 구간에서의 상세한 검사없이 장기간 동안 이용되지 않
아야 한다. 그렇지만, 주기적 자료의 경우에 외삽법은 예비적이며 이후의 단계에서 자료점은 재계산될 것이다.

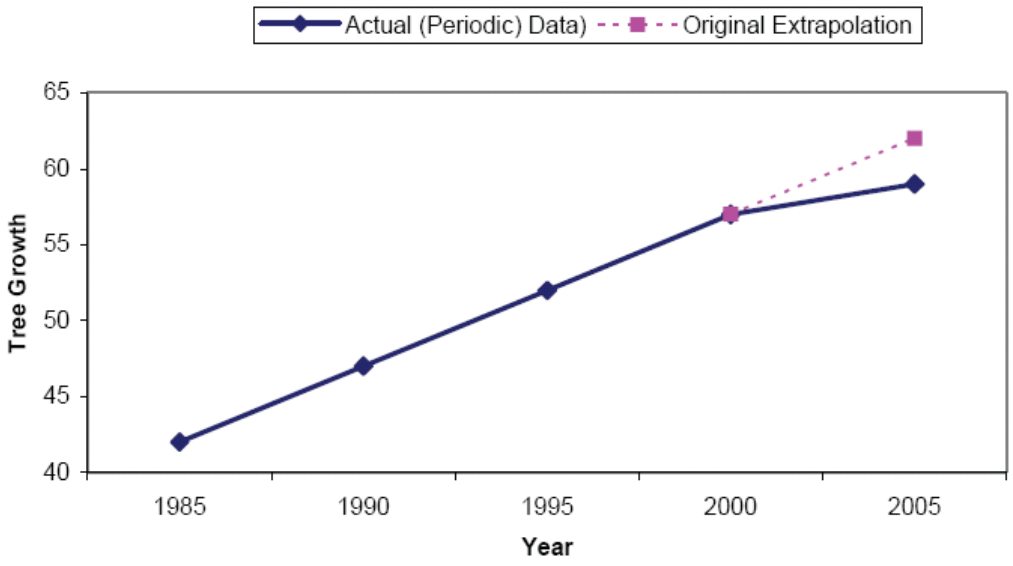
이 절의 박스 5.3은 산림에 대한 활동자료가 단지 주기적 구간에서 이용가능하고, 가장 최근 연도의 자료는 아직 이용가능하지 않은 예를 보여준다. 최근 연도의 자료는 일정한 추세에 기초하거나 적절한 자료에 기초하여 외삽될 수 있다. 그렇지만, 외삽된 산정치의 불확도는 외삽이 이루어진 시간의 길이에 비례하여 증가한다는 것을 주목해야 한다. 가장 최근의 주기적 자료집합이 이용가능하게 될 때, 추세 외삽법을 이용하여 산정되었던 시계열 부분을 재계산하는 것이 필요할 것이다.

박스 5.3의 예는 선형 외삽법을 가정하는데, 이는 산림 토지 부문에 적절할 것 같다. 비선형 외삽법도 가능하며, 관찰된 추세가 주어질 때 보다 적절할 것이다(예를 들어, ODS 대체물의 이용에서의 지수적 성장(exponential growth)). 비선형 외삽법을 이용하는 국가들은 선택에 대한 명확한 문서화를 제공하고 이것은 선형 외삽법보다 적절한 이유를 설명해야 한다.

박스 5.3
외삽법을 이용한, 주기적 자료에 대한 사례연구

국가 산림인벤토리가 매 5년마다 수행되는 경우를 고려한다. 그러므로 여러가지 유형의 요구 자료에 관한 산정치(예, 나무 성장)는 일정한 간격으로 단지 구해질 것이다. 성장이 연도들간에 평균하여 합리적으로 안정적이라는 가정하에, 이용가능한 마지막 자료 이후의 연도들에 대한 인벤토리 산정치는 과거 산정치 (즉, 나무 성장 추세)의 외삽을 이용하여 산정되어야 한다. 아래의 그림에서 보이는 것처럼, 최근의 측정이 2000년에 이루어졌지만, 한 구획의 2005년 바이오매스(biomass) 산정치는 이러한 방식으로 구해진다. 1995년과 2000년간의 추세는 선형으로 단순히 외삽된다. 실제로는 지수적 행태(exponential behaviour)를 수용하기 위해 로그 척도(log scale)가 이용될 것이지만, 이런 단순한 예제에서는 고려되지 않는다. 또한 외삽은 대체자료 내지 외삽하고자 하는 입력변수에 영향을 미치는 입력변수들을 고려하는 보다 복잡한 모형화를 이용하여 향상될 수 있을 것이다.

AFOLU에서의 선형 외삽



주기적으로 이용가능한 자료와 달리, 자료가 시계열의 초기 연도에 이용가능하지 않을 때 (예를 들어, 폐기물 처리 및 토지 이용에 대한 기준 연도와 기준 이전 연도의 자료) 미래의 설문조사로 간격을 메울 가능성은 존재하지 않는다. 소급적인 추세 외삽이 가능하지만 대체자료 및 중첩과 같은 기타 접합 기법과 조합하여 수행되어야 한다. 특히 국가적 자료집합이 이전 연도에 다른 지역들을 포함했다면, 1990년 이후로 중대한 행정적 및 경제적 과도기를 겪었던 일부 국가들은 전체적인 시계열에 대한 일관적인 활동자료 집합을 가지고 있지 않다. 이러한 경우에 역방향으로 외삽하기 위해, 다수의 대체자료집합을 가능하다면 이용하여, 다른 기간들에 대한 다른 활동자료 집합들 간의 관계를 분석하는 것이 필요하다.

5.3.3.5 다른 기법들

일부 경우에, 시간에 따른 배출을 가장 잘 산정하기 위해 고유한 접근법(customised approach)을 개발하는 것이 필요할 것이다. 예를 들어, 기술적 조건들이 (예를 들어, 경감 기술의 도입 때문에) 시계열 전체에 걸쳐 변할 때 표준적인 대안들은 타당하지 않을 것이다. 이러한 경우에, 그 기간 동안 배출량 내지 흡수량에 영향을 미치는 것으로 알려진 모든 요인들의 추세를 주의깊게 고려하는 것이 필요할 것이다. 고유한 접근법이 이용되는 경우에, 이를 철저히 문서화하고, 특히 결과적인 배출 산정치가 보다 표준적인 대안을 이용하여 개발될 산정치와 어떻게 비교되는지에 대해 특별히 고려하는 것은 *우수실행(good practice)*이다.

5.3.3.6 가장 적절한 기법의 선택

접합 기법의 선택은 전문가 판단을 포함하며, 배출추세의 변화, 두 가지 중첩 방법(overlapping methods)을 위한 자료의 이용가능성, 대체자료집합의 적합성과 이용가능성, 누락된 자료의 연도수에 관한 전문적 평가에 좌우된다. 표 5.1은 각 기법을 위한 요구사항을 요약하고 그들이 적절하거나 그렇지 않은 상황을 제안한다. 국가들은 표 5.1을 규정이 아니라 지침으로서 이용해야 한다.

표 5.1
접합 기법의 요약

접근법	적용가능성	설명
중첩	이전에 이용된 방법과 새로운 방법 모두를 적용하기 위해 필요한 자료가 적어도 1년, 바람직하게는 그 이상 이용가능해야 한다.	• 연간 산정치의 둘 이상의 집합들간의 중첩이 평가될 수 있을 때 가장 신뢰성이 높다. • 이전에 이용된 방법과 새로운 방법을 이용하여 관찰된 추세가 비일관적이면, 이 접근법은 *우수실행(good practice)*이 아니다.
대체자료	새로운 방법에 이용된 배출계수, 활동자료, 기타 산정 입력변수가 다른 잘 알려지고 보다 즉시 이용가능한 지표 자료(indicative data)와 강한 상관관계를 가져야 한다.	• 가장 강한 상관관계를 가지는 것을 결정하기 위해 (단일하게 또는 조합으로) 지표 자료 집합들이 테스트되어야 한다. • 장기간에 대해 이용되지 않아야 한다.
보간법	새로운 방법을 이용한 재계산을 위해 필요한 자료가 시계열 동안의 간헐적인 연도들에 대해 이용가능하다.	• 산정치는 새로운 방법이 적용될 수 없는 기간에 대해 선형으로 보간될 수 있다. • 이 방법은 커다란 연간 변동의 경우에 적용가능하지 않다.
추세 외삽법	새로운 방법을 위한 자료가 매년 한 번 수집되지 않고 시계열의 시작 내지 끝에서 이용가능하지 않다.	• 추세가 시간에 따라 일정하면 가장 신뢰성이 높다. • 추세가 변하면 이용되지 않아야 한다 (이러한 경우에, 대체 방법이 보다 적절할 것이다). • 장기에 대해 이용되지 않아야 한다.
다른 기법들	기술적 조건이 (예를 들어, 경감 기술의 도입 때문에) 시계열 전체에 걸쳐 변할 때 표준적인 대안들은 타당하지 않다.	• 고유한 접근법을 철저히 문서화한다. • 결과를 표준 기법과 비교한다.

5.4 추세 정보의 보고 및 문서화

시계열 전체에 걸쳐 동일한 방법 및 자료원이 이용되고, 재계산이 존재하지 않는다면, 각 부문에 대한 보고 지침을 따르는 것은 투명성을 보장하는데 충분할 것이다. 일반적으로, 국가들은 이상점(outliers), 추세 변화, 극단적인 추세에 특별히 주의하면서, 각 부문에 대한 인벤토리 추세를 설명해야 한다. 이전의 산정치를 재계산했고 방법론을 접합하기 위해 이 장의 기법들을 이용했다면 국가들은 추가적인 문서를 제공해야 한다.

재계산: 2권에서 5권까지에서 제공되는 각 부문에 대한 부문에 고유한 지침을 따르는데 추가하여, 국가들은 재계산을 명확히 문서화해야 한다. 문서화는 재계산의 이유와 시계열에 대한 재계산의 영향을 설명해야 한다. 국가들은 이전 자료 추세와 새로운 자료 추세간의 관계를 보여주는 그래프를 또한 포함할 수 있다. 표 5.2는 보고 목적 내지 내부적 추적을 위해 재계산이 어떻게 문서화될 수 있는가에 관한 예를 제공한다.

표 5.2
부문에 고유한 재계산의 문서화

부문/가스	배출 및 저감 (Gg)										
	1990	**1991**	**1992**	**1993**	**1994**	**1995**	**1996**	**1997**	**1998**	**1999**	**2000**
이전 자료(PD)											
최근 자료(LD)											
백분율 차이 = 100 · [(LD-PD)/PD]											
문서화 (재계산의 이유):											

접합 기법: 국가들은 시계열을 완성하기 위해 이용된 접합 기법의 문서화를 제공해야 한다. 문서화는 방법을 위한 자료가 이용가능하지 않은 연도, 이용된 접합 기법, 이용된 대체 내지 중첩 자료를 확인해야 한다. 5,3절에서 보이는 것과 같은, 그래프는 접합 기법의 적용을 기록하고 설명하기 위한 유용한 도구일 것이다.

경감: 권2에서 권5까지의 부문에 고유한 지침은 각 부문에 대해 보고해야 하는 특정한 정보에 대한 지침을 제공하며, 경감 및 감소를 포함한다. 일반적으로, 국가들은 경감 활동(mitigation activities)을 추적하기 위해 이용된 접근법을 기록하고 완화 이용(abatement utilization), 파괴 효율성(destruction efficiency), 갱신된 배출계수 등과 같은 모든 관련된 입력변수들을 제공해야 한다.

5.5 시계열 일관성 QA/QC

시계열의 품질을 보장하는 가장 효과적인 방식은 전체 시계열에 일반적인 검사 및 부문에 고유한 검사 모두를 적용하는 것이다 (6장 참고). 예를 들어, 6장의 이상점(outlier) 및 암묵적 배출계수 검사는 시계열에서 가능한 비일관성을 확인하는데 도움을 줄 것이다. 부문에 고유한 검사는 이것이 각 부문에 고유한 특징을 목표로 하기 때문에 특히 중요하다.

위에서 기술된 것처럼, 그래프상에서 접합기법들의 결과들을 그리고 비교하는 것은 유용한 QA/QC 전략이다. 대안적인 접합 방법들이 다른 결과들을 생산한다면, 국가들은 어떤 결과가 가장 현실적인가를 고려해야 한다. 일부 경우에, 접합된 시계열을 검사하기 위해 추가적인 대체자료가 이용될 수 있다.

재계산된 산정치와 이전의 산정치를 나란히 비교하는 것은 재계산의 품질에 대한 유용한 검사일

것이다. 이는 표 5.2에서 보이는 것 같은 표 형태의 비교(tabular comparison) 또는 그래프로 수행될 수 있다. 그렇지만, 고tier 방법(higher tier methods)은 보다 정확히 실제 조건을 반영하기 때문에 고tier 방법이 저tier 방법과 다른 추세를 생산할 것이라는 것을 주목하는 것은 중요하다. 추세들의 차이가 재계산된 산정치에 문제를 반드시 제시하는 것은 아니다.

경감 활동의 영향을 추적하는 하나 이상의 접근법의 이용이 가능한 경우에, 국가들은 다수 접근법들의 결과를 비교해야 한다. 결과가 기대한 것보다 크게 다르다면, 차이에 대한 이유를 설명하고 다른 접근법이 이용되어야 하는지 여부를 평가하는 것은 *우수실행(good practice)*이다. 세분화된 고tier 산정치에 대해, 암묵적 배출/저감계수는 추세의 일관성과 경감 산정치(mitigation estimates)의 그럴듯함을 검사하기 위한 유용한 도구가 될 수 있을 것이다.

일부 경우에 활동자료 수집이 중단되거나 근본적으로 변화될 수 있다. 이러한 상황은 시계열 일관성에 대한 도전을 초래한다. 이러한 상황에서 정의 및 한계를 포함하는, 자료수집에서의 변화가 인벤토리에서 이용되는 자료와 시계열의 비일관성에 대한 의미에 어떻게 영향을 미치는지에 관해 잘 이해하기 위해 이전의 자료수집 시스템의 문서를 정밀하게 조사하는 것은 *우수실행(good practice)*이다. 적절한 문서가 이용가능하지 않다면, 대안은 지시자(indicators)(예를 들어, 단위 생산당 배출 내지 차동차당 배출)를 작성하고 전체 시계열에 걸쳐 그리고 두 가지 자료수집 방법의 중복부분에서, 유사한 경제구조를 가진 국가들간에 이들을 비교하는 것이다.

일부 경우에 어떤 국가는 지리적 적용범위의 변화를 경험했을 것이다. 예를 들어, 한 국가가 2개 이상의 새로운 국가들로 나누어졌을 것이다. 이러한 상황에서 인벤토리자료를 분할이전의 연도들에 대한 지역적 통계치로부터의 산정치와 비교하는 것은 *우수실행(good practice)*이다. 완전성을 보장하고 이중계산을 피하기 위해 이전에 동일한 국가의 일부였던 다른 국가들과 협력하는 것이 또한 권고될 수 있다. 지역적 통계치가 이용가능하지 않고 이러한 협력이 불가능하다면, 분할이전의 국가에 대한 위에서 기술된 것과 같은 적절한 지시자를 인벤토리에서 이용된 자료와 비교하는 것이 *우수실행(good practice)*이다.

비일관성이 확인된다면, 이를 수정하고, 필요하다면, 이 장에서 기술된 것과 같은 적절한 접합 기법을 적용하는 것이 *우수실행(good practice)*이다.

참고문헌

IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories, Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Lim B., Tr□anton, K., Mamaty, I., Bonduki, Y., Griggs, D.J. and Callander, B.A. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA, Paris, France.

IPCC (2000). Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, Penman, J., Kruger, D., Galbally, I., Hiraishi, T., Nyenzi, B., Emmanuel, S., Buendia, L., Hoppaus, R., Martinsen, T., Meijer, J., Miwa, K. and Tanabe, K. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan.

그 외 참고문헌

IPCC (2003). Good Practice Guidance for Land Use, land-Use Change and Forestry, Intergovernmental Panel on Climate Change, Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishi, T., Kruger, D., Pipatti, R., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K. and Wagner, F. (Eds), IPCC/IGES, Hayama, Japan

USEPA (2004). Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2003, United States Environmental Protection Agency (USEPA), National Service Center for Environmental Publications (NSCEP) http://www.epa.gov/globalwarming/publications/emissions

제6장

QA/QC와 검증

저자

Wilfried Winiwarter (오스트리아), Joe Mangino (미국)
Ayite-Lo N. Ajavon (토고), and Archie McCulloch (영국)

부저자

Mike Woodfield (영국)

목 차

6. QA/ QC와 검증

6.1 서론 ····· 6.5

6.2 QA/QC와 검증(Verification) 시스템 개발시의 실용적 고려 사항 ····· 6.6

6.3 QA/QC와 검증 시스템의 요소 ····· 6.8

6.4 역할과 책임 ····· 6.8

6.5 QA/QC 계획 ····· 6.9

6.6 일반적인 QC 절차 ····· 6.11

6.7 특정 카테고리의 QC 절차 ····· 6.13

6.7.1 배출계수 QC ····· 6.14

6.7.2 활동 자료 QC ····· 6.16

6.7.3 계산과 관련된 QC ····· 6.19

6.8 QA 절차(QA Procedure) ····· 6.20

6.9 QA/QC 와 불확도 평가 ····· 6.22

6.10 검증 ····· 6.22

6.10.1 국가 평가의 비교 ····· 6.23

6.10.2 대기중 측정치와의 비교 ····· 6.25

6.11 문서, 파일보관과 보고 ····· 6.27

6.11.1 내부적 문서화 및 보관 ····· 6.27

6.11.2 보고하기 ····· 6.28

참고문헌 ····· 6.29

첨부 6A.1 ····· 6.31

표

표 6.1 일반적 인벤토리 QC 절차 ····· 6.11

박 스

박스 6.1 QA/QC와 검증(Verification)의 정의 ·····6.5
박스 6.2 품질경영 시스템과 관련된 ISO 기준 ·····6.10
박스 6.3 수송 부문에서 외부 자료에 대한 자료품질 평가 ·····6.17
박스 6.4 계산의 문서화 ·····6.19

6. QA/QC와 검증

6.1 서론

IPCC 인벤토리 지침의 중요한 목적은 품질 측면에서 즉시 평가될 수 있는 국가 온실가스 인벤토리의 개발을 지원하는 것이다. 이러한 목적을 달성하기 위해 국가 온실가스 인벤토리의 개발에서 품질보증/품질관리 (QA/QC) 및 검증 절차를 실행하는 것은 *우수실행(good practice)*이다. 이 장에서 기술된 절차는 인벤토리의 개선을 가져오기도 한다.

해당 지침은 실용성, 허용가능성, 비용-유효성, 기존 경험의 통합, 및 전세계적인 적용에 대한 가능성을 달성하도록 설계되었다. QA/QC 및 검증 시스템은 국가 온실가스 인벤토리의 투명성, 일관성, 비교가능성, 완전성 및 정확성을 개선하는 인벤토리 개발에서의 *우수실행(good practice)*의 목적에 기여한다.

QA/QC 및 검증 활동은 인벤토리 과정의 필수적인 부분이어야 한다. QA/QC 및 검증의 결과는 인벤토리 내지 카테고리 불확도 산정치의 재평가 및 이후의 배출량 내지 흡수량 산정치의 개선을 가져온다. 예를 들어, QA/QC 과정의 결과는 어떤 카테고리에 대한 산정 방법론 내에서 개선의 노력이 집중되어야 하는 특정한 변수들을 지적할 것이다.

'품질관리', '품질보증' 및 '검증'이라는 용어는 종종 여러 가지 방식으로 이용된다. 박스 6.1의 QC, QA 및 검증의 정의는 이 지침의 목적을 위해 이용될 것이다.

박스 6.1
QA/QC와 검증(Verification)의 정의

품질관리(Quality Control) (QC)은 인벤토리를 작성할 때 인벤토리의 품질을 평가 및 유지하기 위한 일상적인 기술적 활동의 시스템이다. 이는 인벤토리를 작성하는 담당자에 의해 수행된다. QC 시스템은 다음을 위해 설계된다:

(i) 자료의 무결성, 정확성, 및 완전성을 보장하기 위한 일상적이고 일관적인 검사의 제공
(ii) 오류 및 누락의 확인 및 설명
(iii) 인벤토리 자료의 문서화 및 보관과 모든 QC 활동의 기록

QC 활동에는 자료 수집 및 계산에 대한 정확성 검사와, 배출 및 저감의 계산, 측정, 불확도 산정, 정보의 보관 및 보고를 위한 공인된 표준 절차의 이용과 같은 일반적인 방법이 포함된다. QC 활동에는 카테고리, 활동도 자료, 배출계수, 기타 산정 입력변수 (parameters), 및 방법에 관한 기술적 검토가 또한 포함된다.

품질보증(Quality Assurance) (QA)은 인벤토리 작성/개발 과정에 직접적으로 관여하지

않는 사람에 의해 수행되는 검토 절차의 계획된 시스템이다. 독립적인 제3자에 의해 QC 절차의 수행 이후에 완성된 인벤토리에 대한 검토가 수행된다. 검토(Reviews)는 측정가능한 목적 (자료품질 목적, 6.5절, QA/QC 계획을 참고)이 만족되었는지 검증하고, 주어진 과학적 지식 및 자료 가용성의 현재 상태에서 인벤토리가 배출 및 저감의 가능한 가장 좋은 산정치를 나타내는지 확인하고, QC 프로그램의 유효성을 지원한다.

검증(Verification)은 인벤토리의 의도된 적용에 대한 신뢰성을 확립하는데 도움을 줄 수 있는, 계획 및 개발 동안 또는 인벤토리 완료 이후에 수행되는 활동 및 절차의 집합을 말한다. 이 지침의 목적을 위해, 검증은 인벤토리와 무관하며, 독립적인 자료에 적용되는 방법들을 특정하게 말하며, 다른 기관에 의해 만들어진 인벤토리 산정치 또는 대안적인 방법을 통한 비교를 포함한다. 검증 활동은 이용되는 방법 및 독립적인 정보가 이용되는 단계에 따라, QA 및 QC 모두의 구성요소일 것이다.

QA/QC 및 검증 활동을 수행하기 전에, 어느 기법이 이용되어야 하고, 언제 어디서 기법이 적용될 것인지 결정하는 것이 필요하다. QC 절차는 일반적이며, 카테고리에 고유한 절차로 확장이 가능할 것이다. 이러한 의사결정을 할 때 기술적 및 실용적 고려사항이 존재한다. 다양한 QA/QC 및 검증 기법과 관련된 기술적 고려사항은 이 장에서 일반적으로 논의되며, 카테고리에 고유한 적용은 2권에서 5권까지의 카테고리에 고유한 지침에서 논의된다. 실용적 고려사항에는 국가적 상황에 대한 평가와 인벤토리의 특유한 특성 (예를 들어, 카테고리가 주 카테고리인지 여부)이 포함된다.

6.2 QA/QC와 검증(Verification) 시스템 개발시의 실용적 고려 사항

실제로 인벤토리 작성자는 무한한 자원을 가지고 있지 않다. 품질관리 요구, 정확성 개선 및 불확도 감소는 적시성 및 비용 유효성의 요구와 균형을 이룰 필요가 있다. QA/QC 및 검증에 대한 *우수실행(good practice)* 시스템은 그러한 균형의 달성과 인벤토리 산정치의 지속적 개선을 추구한다. 아래 사항에 따라 개별적인 입력변수의 선택에 대한 판단을 할 필요가 있을 것이다:

- 여러 카테고리 및 작성 과정에 대한 QA/QC에 할당되는 자원
- 배출 및 저감 산정치의 검사 및 검토를 수행하기 위해 할당되는 시간
- 인벤토리의 여러 부분에 대한 QA/QC 검사 및 검토의 빈도
- 각각의 카테고리에 적합한 QA/QC 수준
- 불확도 및 문서를 포함한, 활동도 자료, 배출계수 및 기타 산정 입력변수에 대한 정보의 가용성 및 접근
- 특정하게 요구되는 추가 자료의 획득, 예를 들어, 비교 및 검사를 위한 대안적 자료집합
- 필요한 경우에, 인벤토리 및 카테고리 정보의 기밀성(confidentiality)을 보장하기 위한 절차
- 정보의 문서화 및 보관의 요구

- QA/QC에 대한 추가 노력이 산정치 개선 및 불확도 감소를 가져올 것인지의 여부
- 검증 활동을 수행하기 위해 충분한 독립적인 자료 및 전문지식이 가용한지의 여부

카테고리들에 대한 QA/QC 및 검증 노력에 우선순위를 부여하기 위해, 특히 보다 집중적인 분석 및 검토를 요구하는 활동에 대해, 주어진 인벤토리 개발 주기에서 이러한 활동을 어디에 집중시킬 것인지 확인하기 위해 다음과 같은 질문을 해야 한다:

- 4장, 방법론 선택 및 주 카테고리의 확인에서 제시된 정의 및 방법론에 따라 이러한 배출원/흡수원은 주 카테고리인가? 해당 카테고리는 정성적 이유 때문에 주 카테고리로 지정되었는가? 예를 들어:
  - 이 카테고리에 대한 산정치와 관련된 상당한 불확도가 존재하는가?
  - 기술적 변화 내지 관리 관행과 같은, 이 카테고리의 특성에 상당한 변화가 있었는가?
  - 이 카테고리에 이용되는 산정 방법론에 상당한 변화가 최근에 발생했는가?
  - 이 카테고리의 배출 및 저감의 추세에 상당한 변화가 있는가?
- 방법론이 복잡한 모형화 단계 내지 외부 데이터베이스로부터의 대규모 입력을 이용하는가?
- 산정 방법론에 관련된 배출계수 내지 기타 입력변수가 공인된 IPCC defaults 내지 다른 인벤토리에서 이용된 자료와 상당히 다른가?
- 이 카테고리에 대해 배출계수 내지 기타 입력변수가 갱신된 이후로 상당한 시간이 경과되었는가?
- 이 카테고리가 QA/QC 및 검증 절차를 거친 이후로 상당한 시간이 경과되었는가?
- 이 카테고리에 대해, 데이터베이스 플랫폼의 변화 내지 모형화 소프트웨어의 변화와 같은, 자료가 처리 및 관리되는 방법에 상당한 변화가 있었는가?
- 이중 집계 내지 불완전한 산정치를 생성할 수 있는, (예를 들어 공통적인 활동도 자료 때문에) 다른 카테고리에서 보고된 산정치와의 잠재적 중복이 존재하는가?

위의 질문에 예라고 대답하는 것은 카테고리에 고유한 QA/QC 및 검증 활동이 우선되어야 하는 배출원/흡수원을 확인하는데 도움을 준다. 또한 QA/QC 활동의 시점은 카테고리에서의 변화와 일치해야 한다. 예를 들어, 방법론 내지 자료 처리의 변화는 변화가 발생한 인벤토리 주기내에서 강화된 QA/QC를 단지 요구할 것이다.

QA/QC 절차의 수행에서, 기밀 자료와 공개적으로 가용한 자료간에 차이가 없어야 한다; 양쪽 모두는 측정 및 계산 절차에 관한 설명과 보고된 값을 검사 및 검증하는 조치를 포함해야 한다. 이러한 절차는 기밀자료에 대해 정보 제공자 내지 인벤토리 작성자에 의해 수행되며, 그에 따라 기밀 원천 자료가 보호 및 보관되어야 한다. 그렇지만, 수행되는 QA/QC 절차는 투명하게 유지될 필요가 있으며 검토를 위해 설명이 가용해야 한다. 예를 들어, 기밀성을 보호하기 위해 국가 수준에서 여러 카테고리에 걸쳐 자료가 통합될 때, 보고서는 적절한 QA/QC 절차에 관한 설명을 포함해야 한다.

6.3 QA/QC와 검증 시스템의 요소

아래는 인벤토리 작성을 추적할 때 수행되는 QA/QC 및 검증 시스템의 주요 요소이며, 이는 아래 절들에서 상세히 다루어진다:

- QA/QC 및 검증 활동의 조정에 또한 책임이 있는 인벤토리 작성자의 참여 및 인벤토리 내의 역할/책임의 정의
- QA/QC 계획
- 모든 인벤토리 카테고리에 적용되는 일반적인 QC 절차
- 카테고리에 고유한 QC 절차
- QA 및 검토 절차
- 불확도 분석과 QA/QC 시스템의 상호작용
- 검증 활동
- 보고, 문서화 및 보관 절차

완전한 QA/QC 및 검증 시스템은 전형적으로 위에서 언급된 요소들로 구성된다. 일반적인 QC 절차는 모든 카테고리 및 전체적인 인벤토리 작성에 일상적으로 적용되어야 한다. 추가하여, 6.2절에서 논의되는 우선순위 부여 고려사항에 기초한, 카테고리에 고유한 절차가 이용되어야 한다. 특정한 카테고리 내지 전체적인 인벤토리에서 검증 활동이 통제되며, 그 적용은 비교를 위해 이용될 수 있는 독립적인 산정 방법론의 가용성에 좌우될 것이다.

6.4 역할과 책임

인벤토리 작성자는 인벤토리 활동에 대한 제도적 및 절차적 합의를 조정할 책임이 있다. 인벤토리 작성자가 다음 사항을 포함한, 인벤토리 활동의 계획, 준비 및 관리에 대한 특정한 책임 및 절차를 정의하는 것은 *우수실행(good practice)*이다.

- 자료 수집
- 방법, 배출계수, 활동도 자료 및 기타 산정 입력변수
- 산정의 산정
- 불확도 평가
- QA/QC 및 검증 활동
- 문서화 및 보관

국가 활동도 자료가 중앙의 통계기관에 의해 제공되는 경우에, 인벤토리 작성자는 QA/QC 절차를 수행하고 문서화하는 책임을 다른 기관 내지 조직에 지정할 것이다. 인벤토리 작성자는 인벤토리 준비에 관련된 다른 조직이 적절한 QA/QC 절차를 따르는지 그리고 이들 활동의 적절한 문서

가 가용한지를 확인해야 한다.

인벤토리 작성자는 QA/QC 계획이 개발 및 수행되는지 확인할 책임이 또한 있다. 인벤토리 작성자가 QA/QC 조정자를 QA/QC 계획 (6.5절을 참고)에서 제시된 것과 같은 QA/QC 과정의 목적이 충족되도록 보장하기 위한 책임을 지는 사람으로 지정하는 것은 *우수실행(good practice)*이다.

6.5 QA/QC 계획

QA/QC 계획은 QA/QC 및 검증 시스템의 기본적인 요소이다. 일반적으로 계획은 수행될 QA/QC 및 검증 활동과 이러한 활동을 수행하기 위한 제도적 합의 및 책임을 약술한다. 계획에는 특정 연도에 초기 개발에서 최종 보고까지 인벤토리 준비를 뒤따르는 QA/QC 활동에 대한 계획 기간이 포함되어야 한다.

QA/QC 계획은 인벤토리가 목적에 적합하고 개선이 가능하도록 보장하는, QA/QC 및 검증 활동을 조직 및 수행하기 위한 내부적인 문서이다. 한번 개발된 이후에는 인벤토리를 준비할 때 참조 및 이용되거나 (특히, 공정의 변화가 발생하거나 독립적인 검토자의 권고에 따라) 적절하게 수정될 수 있다. QA/QC 계획의 핵심 요소는 자료품질 목적의 리스트이며, 이와 대조하여 검토에서 인벤토리가 측정될 수 있다. 자료품질 목적은 인벤토리를 준비할 때 달성되어야 하는 구체적인 목표이다. 이는 적절하고 현실적 (국가 상황을 고려)이며 인벤토리의 개선을 허용한다. 가능한 경우에, 자료품질 목적은 측정가능해야 한다. 이러한 자료품질 목적은 다음의 인벤토리 원칙에 기초하며 그로부터 정제될 것이다:

- 적시성
- 완전성
- 일관성 (내부적 일관성 및 시계열 일관성)
- 비교가능성
- 정확성
- 투명성
- 개선

QA/QC 계획의 일부로서, 절차적 변화 및 경험의 피드백을 수용하는 것은 *우수실행(good practice)*이다. 절차를 개선하기 위해 이전의 검토에서 나온 결론을 이용할 필요가 있다. 이러한 변화도 자료품질 목적 및 QA/QC 계획 자체와 관계가 있을 것이다. QA/QC 계획의 주기적 검토 및 개정은 지속적인 인벤토리 개선을 이끄는 중요한 요소이다.

QA/QC 계획을 개발 및 수행할 때, 인벤토리 개발과 관련된 외부 집단에 의해 출판된 적절한 표준 및 가이드라인을 참고하는 것은 유용할 것이다. 예를 들어, 국제 표준화 기구 (ISO)는 조직에서의 온실가스 배출 및 저감의 계량, 감시 및 보고를 위한 명세서 (ISO 14064)를 도입하였다. 이 명세서 및 기타 관련된 ISO 표준이 박스 6.2에서 나열된다. 또한, 기업 및 실체(entity) 수준의

QA/QC 및 검증 기법에 대한 가이드라인이 존재하며, 이는 그 산정치가 이러한 가이드라인 하에서 준비된 자료에 의존하는, 카테고리에 대한 전반적인 인벤토리 QA/QC 과정에 반영될 것이다. 이러한 가이드라인의 예에는 지속가능한 발전을 위한 세계 비즈니스 협의회 (WBCSD)와 세계자원연구소 (WRI)에 의해 개발된 온실가스 의정서 (온실가스 의정서 - 기업 계산 및 보고 표준. ISBN 156973-568-9), 법령 2003/87/EC에 따른 온실가스 배출의 감시 및 보고에 대한 가이드라인과 배출권 거래 및 보고 시스템을 위한 다양한 지역적, 국가적 가이드라인이 포함된다.

국가적 상황이 고려될 수 있도록 QA/QC 및 검증 시스템의 특정한 세부사항이 QA/QC 계획에서 정의되어야 한다.

박스 6.2
품질관리 시스템과 관련된 ISO 기준

품질관리 시스템에 관련된 ISO 표준
국제 표준화 기구 (ISO) 시리즈 프로그램은 품질관리 시스템의 일부로서 자료 문서화 및 감사(audits)에 대한 표준을 제공한다. ISO 시리즈 내에 온실가스 인벤토리의 작성, 독립적인 타당성 입증(validation) 및 검증(verification), 타당성 입증 및 검증 기관의 인가 및 요구사항에 관련된 여러 가지 표준이 존재한다.

ISO 14064-1:2006 온실가스 - 1부: 온실가스 배출 및 저감의 계량 및 보고를 위한 조직 수준의 지침을 포함하는 명세서
ISO 14064-2:2006 온실가스 - 2부: 온실가스 배출의 감소 내지 저감 개선의 계량, 감시 및 보고에 대한 프로젝트 수준의 지침을 포함하는 명세서
ISO 14064-3:2006 온실가스 - 3부: 온실가스 주장의 타당성 입증 및 검증에 대한 지침을 포함하는 명세서

품질관리의 많은 *우수실행(good practice)* 원칙은 일련의 일반적인 품질 관련 표준 및 그 부속 부분에서 도출된다. 인벤토리 작성자는 온실가스 인벤토리를 위한 QA/QC 계획을 개발하기 위한 원천자료로서 이들 문서가 유용하다는 것을 발견할 것이다.

ISO 9000:2000 품질관리 시스템 - 기본 및 어휘
ISO 9001:2000 품질관리 시스템 - 요구사항
ISO 9004:2000 품질관리 시스템 - 성과 개선에 대한 가이드라인
ISO 10005:1995 품질관리 - 품질 계획에 대한 가이드라인
ISO 10012:2003 측정 관리 시스템 - 측정 과정 및 측정 장비에 대한 요구사항
ISO/TR 10013:2001 품질관리 시스템 문서화에 대한 지침
ISO 19011:2002 품질 및/내지 환경 관리 시스템 감사에 대한 지침
ISO 17020:1998 조사를 수행하는 다양한 유형의 기관의 운영에 대한 일반적 기준
출처: http://www.iso.org/

6.6 일반적인 QC 절차

일반적인 QC 절차는 모든 인벤토리의 배출원 및 흡수원 카테고리에 적용 가능한 계산, 자료 처리, 완전성 및 문서화에 관련된 일반적인 품질 검사를 포함한다. 표 6.1, 일반적인 인벤토리 수준의 QC 절차는 인벤토리 작성자가 인벤토리를 준비하는 전 과정에서 일상적으로 이용해야 하는 일반적인 QC 검사항목을 나열한다. 표 6.1의 검사항목은 인벤토리 산정치를 개발하기 위해 이용된 자료의 유형에 관계없이 적용되어야 한다. 이는 기본값 값 내지 국가적인 자료가 산정치의 기초로 이용되는 카테고리에 똑같이 적용 가능하다. 이들 QC 활동 및 절차는 아래의 6.11.1장, 내부적 문서화 및 보관에 제시된 것처럼 문서화되어야 한다.

비록 일반적인 QC절차가 모든 카테고리에 대해 일상적 기초에서 수행되도록 설계되었다고 할 지라도, 인벤토리 입력 자료, 입력변수, 계산의 모든 측면을 매년 검사하는 것은 필요하거나 가능하지 않을 것이다. 자료 및 과정의 선택된 집합에 대해 검사가 수행될 것이다. 모든 카테고리의 대표적인 자료 표본 및 계산은 매년 일반적인 QC 절차에 속할 것이다. 표본 자료집합과 과정을 선택하는 기준 및 과정을 설정할 때, 인벤토리 작성자가 QA/QC 계획에서 결정된 적절한 기간 동안 인벤토리의 모든 부분에 대한 QC 검사를 착수하는 것은 *우수실행(good practice)*이다.

표 6.1
일반적인 인벤토리 QC 절차

QC 활동	절차
활동도 자료, 배출계수, 그리고 다른 평가 변수의 선택을 위한 가정과 기준이 문서화 되었는지를 검사하라.	• 활동도 자료, 배출계수, 그리고 다른 평가 변수에 대한 서술을 카테고리의 정보와 다른 각도에서 비교 검토하고, 이것이 적절하게 기록되고 보존되었는지 확인하라.
자료의 입력과 참조문헌에서 사본의 오류를 검사하라.	• 서적 해제의 (bibliographical) 자료 참조가 내부의 문서 조사에 의해 적절하게 인용되었는지 확인하라. • 사본의 오류에 대비하여, 각각 카테고리의 input 자료의 표본을 (또는 계산에 사용된 측정이나 변수) 다른 각도에서 검사해보아라.
배출량과 저감량이 정확하게 계산되었는지 검사하라.	• 배출량과 저감량 계산 자료를 재생성하라. • 원래와 유사한 결과를 가져다주는 단순한 근사법을 사용하고, 좀 더 복잡한 계산을 사용하여 자료 input 오류와 계산상의 오류가 없다는 것을 확인하라.
변수와 단위가 정확하게 기록되었고 적절한 전환계수가 사용되었는지 검사하라.	• 단위가 적절하게 계산 시트에 표시되어 있는지 검사하라. • 단위가 계산의 처음부터 끝까지 정확하게 유지되어있는지 검사하라. • 변환 인자가 정확한지 검사하라. • 시간적이고 공간적인 조정 인자가 정확하게 사용되었는지 검사하라.
데이터베이스 파일의 완전성을 검사하라.	• 포함된 원본(intrinsic documentation)을 검사하라. (박스 6.4 참고) - 적절한 자료 처리 단계가 데이터베이스에 정확하게 나타나있는지 확인하라. - 자료 관계가 정확하게 데이터베이스에 나타나있는지 확인하라. - 데이터 필드가 적절하게 표시되고, 설계 규격에 맞는지 확인하라. - 데이터베이스와 모형 구조의 적절한 문서가 보존되어있는지 확인하라.
카테고리들 간의 자료의 일관성을 검사하라.	• 다수의 카테고리에 공통으로 적용되는 변수(e.g. 활동도 자료, 상수)를 확인하고, 배출량/저감량 계산 내 이런 변수가 사용된 값에 일관성이 있는지 확인하라.

표 6.1
일반적인 인벤토리 QC 절차

QC 활동	절차
처리 단계를 따른 인벤토리 자료의 움직임이 정확한지 검사하라.	• 배출량과 저감량 자료의 요약을 준비할 때, 낮은 보고 수준부터 높은 보고 수준까지 정확하게 결집되었는지 검사하라. • 배출량과 저감량 자료가 다른 중간 단계에서 정확하게 이기되었는지 검사하라.
배출량과 저감량의 불확도가 정확하게 평가되고 계산되었는지 검사하라.	• 불확도 산정을 할 수 있는 자격이 있는지를 검사하라. • 자격요건, 가정과 전문가의 판단이 기록되었는지 검사하라. • 계산된 불확도가 완전하고, 정확하게 계산되었는지 검사하라. • 필요하다면, 몬테 카를로 분석을 사용하여 적은 샘플에 대해 불확도 계산을 다시하라.
시계열 일관성을 검사하라.	• 각각의 카테고리에 대해 시계열 자료의 한시적인 일관성을 검사하라. • 시계열 자료에서 계산을 위해 사용된 알고리즘/방법의 일관성을 검사하라. • 재계산을 하게하는 방법, 자료 변화를 검사하라. • 완화 활동의 효과가 적절하게 시계열 계산에 반영되었는지 검사하라.
완전성을 검사하라.	• 산정이 모든 카테고리에 대해, 기준년도부터 현재까지 모든 시간들에 대해 보고되었는지 확인하라. • 하위 카테고리에 대해서는, 모든 카테고리가 망라되어 있는지 검사하라. • '다른' 유형의 카테고리에 대해 명확한 정의를 내려라. • 불완전한 산정을 가져오는 알려진 자료의 결함이, 전체 배출량과 관련한 정성적인 중요성 평가를 포함하여, 기록되었는지 검사하라.
추세 검사	• 각각의 카테고리에서, 가능하다면 현재의 인벤토리 산정은 그 전의 산정치와 비교되어야 한다. 만약 예상되는 추세로부터 명백한 변화나 이탈이 있다면, 산정치를 검토하고, 그 차이에 대한 설명이 있어야 한다. 이전 연도에 비해서 배출량이나 저감량에 큰 변화가 있으면 이는 입력 내지 계산 오류일 수 있다. • 시계열 동안 배출계수(배출량을 활동도 자료로 나눈 값) 값을 검사해보라. - 설명되지 않은 이상치가 존재하는 연도가 있는가? - 만약 시계열 동안 변화가 없다면, 배출량이나 저감량의 변화가 포착될 수 있는가? • 시계열 동안 활동도 자료나 다른 변수들에 비정상적이거나 설명되지 못하는 추세가 존재하는지 검사하라.
내부 문서화 및 보존에 대한 검토	• 배출량, 저감량, 불확도 산정치를 재생산하거나 가능하게 해주는 상술된 내부의 문서가 있는지 검사하라. • 인벤토리 자료, 근거 자료, 인벤토리 기록이 상술된 검토를 용이하게 하기 위해 보존되고 저장되는지 검사하라. • 인벤토리가 완성되면 안전한 장소에 보존될 수 있는지 검사하라. • 인벤토리 준비에 관련된 외부조직의 보존 자료의 완전성을 검사하라.

어떤 경우에는 외부 기관이나 컨설턴트에 의해 산정 자료가 마련된다. 인벤토리 작성자는 외부 기관이나 컨설턴트가 표 6.1에 나와 있는 QC 절차에 대해 정확히 알고, 그것이 이행되고, 기록되는

지에 대해 확인할 필요가 있다. 인벤토리가 공식적인 국가 통계에 의존하고 있는 경우에-활동도 자료의 경우에는 종종 있는 일이다- QC 절차는 이미 국가적인 자료를 통해 이행되었을 수 있다. 그러나 인벤토리 작성자로 하여금 국가 통계 기관이 QC 절차를 표 6.1과 동등하게 이행했는지 확인하는 것은 *우수실행(good practice)*이다. 왜냐하면 활동도 자료는 인벤토리와 다른 표준과 자료질의 목표를 사용하여 다른 목적으로 수집될 수 있기 때문에, 추가적인 QC 검사가 필수적이다.

일반적인 QC 절차를 적용하는데 있어, 외부의 공유 데이터베이스에 의존하는 인벤토리 개발의 부분에 특별한 주의가 기울여져야 한다. 이 요구조건이 기밀 자료(confidential data)의 경우를 포함하는지 살펴야 한다. 이 상황의 예시는 국가적인 데이터베이스가 점오염원을 위해 정보를 편집하는데 사용된 경우이다. 인벤토리 작성자는 통합된 데이터베이스에서 오는 자료의 QC가 제대로 되었는지를 확인하여야 하며, 자료 제공자의 규약이 부적절할 때 인벤토리 작성자가 QC를 운영해야 할 필요가 있다.

몇몇 카테고리에 있어 검사되어야 할 자료들의 양이 많기 때문에, 가능하다면 자동화된 검사가 장려된다. 예를 들어, 통상적인 QC 활동의 하나는 컴퓨터 내에 입력된 자료가 정확한지 검사하는 과정이다. QC 절차는 데이터베이스에 기록된 입력값의 범위를 자동으로 검사하는 것일 수 있다. 수동과 자동이 혼합된 검사가 많은 입력 자료를 검사하는 가장 효율적인 방법일 수 있다.

6.7 특정 카테고리의 QC 절차

특정 카테고리의 QC는 일반적인 인벤토리의 QC 절차를 보완하고, 개별 발생원이나 흡수원 카테고리를 위한 방법에 사용되는 특정한 형태의 자료에 적용된다. 이 절차는 얻어진 자료의 형태, 배출량 혹은 저감량과 관련된 변수 등 특정한 카테고리에 대한 지식을 요구하며, 표 6.1에 정리된 일반적인 QC 검사 사항을 포함하여 수행된다. 특정 카테고리 절차는 주 카테고리와 방법론과 자료의 변경이 뚜렷한 카테고리에 사례별 접근을 하고 있다. 특히 국가적인 인벤토리를 작성하는데 있어 보다 높은 tier 방법을 적용하는 인벤토리 작성자들은, 카테고리에 고유한 QC 절차를 사용하여 국가적인 접근의 품질을 평가하는데 도움을 주어야 한다. 카테고리에 고유한 QC 절차의 적용은 에너지, 산업공정 및 제품 이용 (IPPU), 농업, 임업 및 기타 토지이용 (AFOLU), 폐기물 책자(2권부터 5권까지)에서 제공된다.

카테고리에 고유한 QC 활동은 배출 (내지 저감) 자료 QC와 활동도 자료 QC를 포함한다. 관련된 QC 절차는 주어진 카테고리의 산정을 산정하는데 사용하는 방법과 관련이 있다. 만약 외부 기관이 산정을 개선시킨다면, 인벤토리 작성자는 검토를 넘어서, 외부 기관의 QC 활동을 QA/QC 계획의 일부로 참조할 것이다. 만약 인벤토리 작성자가 외부 기관에 의해 수행된 QC 활동에 만족한다면, 그것이 QA/QC 계획의 요구조건과 맞아떨어진다면, 그는 QC 활동을 중복하여 수행할 필요가 없다.

이번 절에서 언급되었던 몇몇 검사 절차는 독립된 자료집합과의 비교를 요구한다. 불일치가 항상 문제가 있음을 나타내는 것이 아니라는 점을 이해하는 것이 중요한데, 특히 대안의 자료집합이 연관성이 떨어진다고 판단되어, 직접적으로 계산에 사용되지 않는 경우에 그러하다. 가능하면 그런 불일치를 설명할 수 있는 것이 인벤토리 작성의 목표가 되어야 한다.

6.7.1 배출계수 QC

다음의 절은 IPCC 기본값 배출계수와, 국가별 배출계수와, 개별적인 지역의 배출측정치를 설명한다. 이 절에서 배출량과 저감량은 계산 시에 같은 종류의 활동이 적용된다. 인벤토리 작성자는 또한 QC 활동을 어떤 수준으로 진행할 것인지 결정하는데 있어, 6.2절, QA/QC 및 검증 시스템의 개발에서 실용적 고려사항에서 논의된 실제적인 고려를 해야 한다.

6.7.1.1 IPCC 기본값 배출계수

IPCC의 기본값 배출계수를 사용할 때, 인벤토리 작성자가 국가적인 환경에 이런 계수의 적용 가능성을 평가하는 것은 *우수실행(good practice)*이다. 이런 검토는 IPCC의 기본값 배출계수가 기초가 된 연구의 맥락과 국가의 여건과 비교하여 평가하는 것을 포함한다. 만약 IPCC의 기본값 배출계수의 맥락에 정보가 충분치 못하다면, 인벤토리 작성자는 IIPCC의 기본값 배출계수에 기초한 국가적 배출량 산정의 불확도를 검토할 때 이를 고려해야 한다.

가능하다면, 추가적인 활동으로 실제 배출원과 관련된 대표성의 정도를 파악하기 위해, IPCC의 기본값 배출계수와 현장/공장 수준의 계수를 비교하는 것이 필요하다. 현장이나 공장의 자료가 적다 하더라도 이런 추가적인 검사는 바람직하다

6.7.1.2 국가에 고유한 배출계수

국가별 배출계수는 기술, 과학, 지역 특색, 혹은 다른 기준에 기초하여 국가나, 국가 내 다른 집단에 의해 개발될 수 있다. 이런 계수들은 반드시 현장에 고유할 필요는 없지만, 국가의 배출원/흡수원 카테고리나, 하위 카테고리를 나타내는데 사용된다. 다음의 QC 검사유형은 국가별 계수에 대한 품질을 평가하는데 사용되어야 한다.

배출계수를 개발하는데 사용되어진 배후 자료에 대한 QC 검사 : 개발과정에서 사용된 QA/QC와 배출계수의 적합성을 검토하는 것은 중요하다. 만약 배출계수가 특정 지역이나 특정 배출원 시험에 기초하였다면, 인벤토리 작성자는 측정 프로그램이 적합한 QC 절차를 포함하는지 검사해야 한다.

종종, 국가별 배출계수들은 출판된 연구물[1]이나, 다른 문헌과 같은 2차 자료원에 기초한다. 이런 경우에, 인벤토리 작성자는 자료를 최초로 준비하는 과정에서 이행된 QC 활동이 표 6.1에 따른 활동과 일치하는 것인지, 2차적인 자료의 한계에 대해 확인되고 문서화된 적이 있는지 여부에 대해 확인 하여야 한다. 인벤토리 작성자는 또한 2차 자료가 동료간 검토(peer review)를 거쳤는지, 그리고 그러한 검토의 범위를 기록되었는지를 확인하여야 한다. 특히, 자료 제공자의 이해관계(예, 재무적 이해관계)가 결과에 영향을 끼칠 때, 잠재적인 이해의 충돌에 대해 조사하는 것은 매우 중요하다.

만약 2차 자료와 연관된 QA/QC가 부적절하다면, 인벤토리 작성자는 2차 자료에 대한 QA/QC 검사를 시도해야 한다. 인벤토리 작성자는 2차적인 자료에서 기인하는 모든 배출량 산정치의 불확

[1] 2차 자료원은 인벤토리 개발이라는 명시된 목적을 위해 설계되지 않은, 인벤토리 자료를 위한 참고원천을 말한다. 2차 자료원에는 전형적으로 국가 통계 데이터베이스, 과학문헌, 및 인벤토리 개발과 관련이 없는 기관 내지 조직에 의해 생성된 기타 연구가 포함된다.

도를 재평가해야 한다. 인벤토리 작성자는 IPCC 기본값을 포함한 다른 대안의 자료가 이 카테고리에서 더 좋은 배출량에 대한 산정치를 제공할지도 모른다고 기대할 수 있다.

모형에 대한 QC 검사 : 모형은 주어진 제한된 자료로부터 외삽 및/내지 보간을 하는 수단이기 때문에, 모형은 전체 인벤토리 영역을 나타내기 위해 가정이나, 절차상의 단계를 요구한다. 만약 모형과 연관된 QA/QC가 부적절하거나, 투명하지 못하다면, 인벤토리 작성자는 모형 및 자료에 대해 검토를 추진해야 한다. 특히, 인벤토리 작성자는 다음을 확인해야 한다.

(ⅰ) 모형의 가정, 외삽법, 보간법, 수치조정에 기초한 수정, 자료 특성의 적절성과 그것들의 온실가스 인벤토리 방법과 국가적인 환경에의 적용 가능성;

(ii) 설명, 가정, 이론적 근거, 및 모형화에 사용된 접근법 및 입력변수를 지원하는 과학적 증거 및 참고문헌을 포함한 모형 문서화의 가용성

(iii) 모형 개발자와 자료 공급자에 의해 수행된, 모형 타당성 입증 단계를 포함하는 QA/QC 절차의 유형 및 결과. 이들의 결과에 대한 응답은 문서화되어야 한다.

(iv) 주기적으로 가정을 평가 및 갱신 내지 적절한 새로운 측정치와 대체하기 위한 계획. 핵심적인 가정은 민감도 분석을 통해 확인될 것이다;

(ⅴ) IPCC 배출원/흡수원 카테고리에 관한 완전성

IPCC 기본값 계수와의 비교 : 인벤토리 작성자는 기본값 계수가 기초하고 있는 특징과 성격을 고려하면서, 국가별 배출계수와 관련된 IPCC 기본값 배출계수를 비교해야 한다. 이 비교작업의 취지는 기본값에 의해 나타난 평균적인 카테고리와 국가별 배출원/흡수원 카테고리와의 유사점과 차이점이 주어진 하에서, 국가별 배출계수가 합리적인지 아닌지의 여부를 판단하기 위해서이다. 국가별 배출계수와 기본값 계수의 큰 차이가 필연적으로 문제가 있음을 의미하지는 않지만, 그럼에도 불구하고 그 차이가 설명될 수 없으면 품질에 관한 논쟁을 불러일으킬 수 있다.

국가간 배출계수의 비교 : 국가들 간의 배출계수에 대한 비교는 국가별, 기준년도, 가장 최근 연도, 최대 최소값 등을 도표로 표시해 봄으로써 추세를 묶을 수 있다. 이 분석은 각각의 배출원/흡수원 카테고리 및 가능한 통합(aggregation)을 대상으로 이루어질 수 있다. 국가 간의 비교는, 또한 활동도 자료에 의해 나눠진 총배출량을 사용함으로써 만들어질 수 있다. 이 형태의 비교는 고려된 국가의 자료들로부터 이상치의 감지도 가능케 할 수 있다. QC 검사로써 국가들 간의 배출계수 비교를 활용할 때, 관련된 카테고리에서 국가적인 환경의 유사점과 차이점을 조사하는 것은 매우 중요하다. 만약, 배출원/흡수원 카테고리의 성격이 국가 간에 유사하지 않을 때, 이것은 이 검사의 효과를 감소시킨다.

공장 수준의 배출계수와의 비교 : 보조적인 단계로서, 가능하다면 국가별 배출계수와 특정지역 혹은 공장 수준의 배출계수를 비교하는 것이 있다. 예를 들어, 만약 적은 수의 공장에게 가용한 배출계수가 있다면, 이 공장별 배출계수는 인벤토리에서 사용되는 집합된 계수들과 비교될 수 있을 것이다. 이런 형태의 비교는 국가별 배출계수의 합리성과 대표성에 대한 지표를 제공한다.

6.7.1.3 직접적인 배출량 측정

카테고리의 배출량은 아래의 방법과 같은 직접적인 측정으로 산정될 수 있다.

- 특정 시설의 표본 배출량 측정은 개별 지역, 혹은 카테고리 전체의 대표적인 배출계수 산정을 개선시키는 데 사용될 수 있다.
- 계속적인 배출감시(CEM) 자료는 특정 공정의 연간 배출량 산정을 하는데 사용될 수 있다. 적절히 이행되면, CEM은 개별 시설 공정의 계량화된 배출량 자료를 얻을 수 있다.

자료 제공자는 QC 활동의 일부로서 모든 측정을 검사해야 한다. 표준적인 측정 방법의 사용은 자료와 그 자료의 통계적 속성에 관한 지식의 일관성을 개선한다. 만약 특정 온실가스 배출(및 저감)을 측정하는 표준 측정방법이 있다면, 인벤토리 작성자는 공장들로 하여금 이것을 사용하도록 유도해야 한다. 공식적인 규제 요구의 부분으로, 직접적인 측량을 수행하는 공장과 설비들은 이미 측정 QC 표준을 사용케 했을 것이다. 만약 특정한 표준 방법이 없다면, 인벤토리 작성자는 대기 품질 측정에서 수행 특성을 계량하기 위해, 국가적으로 혹은 국제적으로 인정된 표준 절차가 측정에 사용되었는지, 대표성 있는 결과를 제공하도록 측정 도구가 조정, 유지, 입지되었는지 여부에 대해 확인해야 한다. 직접적인 측정을 사용한 추가적인 세부항목은 2장, 자료수집에 대한 접근법, 특히 표 2.2에 나와 있다.

개별적인 입지에 기인한 직접적인 측정 자료가 의문스러울 때, 입지 관리자와의 논의가, 그 입지에 대한 QA/QC 실행을 개선시키는 데 유용하다. 또한 추가적인 QC 활동은 평가에 중요한 불확도들이 남아있는 틋정 입지의 배출계수에 기초한 상향식의 방법으로 수행된다. 입지에 관련된 계수들은 입지들 간에 비교될 수 있고, IPCC 혹은 국가적 수준의 기본값과 비교될 수 있다. 지역들 간에 혹은 특정 지역과 IPCC 기본값 간에 큰 차이가 있으면, 심도 있는 검토, 검사를 하여야 한다. 큰 차이점은 해명되고, 문서화되어야 한다.

6.7.2 활동 자료 QC

많은 카테고리에 있어 산정 방법은 인벤토리 작성자에 의해 직접적으로 준비되지 않은 활동도 자료와 관련된 투입변수(input variables)에 종속된다. 국가적인 수준의 활동도 자료는 보통 지역이나 공장 담당자에 의해 준비된 2차 자료원천 내지 현장에 고유한 자료로부터 얻어진다. 인벤토리 작성자는 착수할 QC 활동의 수준을 결정할 때 6.2절에서 논의된 실용적 고려사항을 계산에 넣어야 한다.

6.7.2.1 국가적인 수준의 활동도 자료

다음은 국가적인 수준의 활동도 자료의 품질을 평가하는 데 있어서 고려되어야 할 기본적인 QC 검사 사항이다. 모든 경우에 잘 정의되고, 문서화된 자료집합을 얻을 수 있는 것은 매우 중요하다.

국가적인 활동 자료를 위한 참조 원천의 QC 검사 : 2차적인 자료로부터 국가적인 활동도 자료를 사용할 때, 인벤토리 작성자가 관련된 QA/QC 활동을 평가하고, 문서화하는 것은 *우수실행(good practice)*이다. 이것은 활동도 자료와 관련하여 매우 중요한데, 대부분의 활동도 자료는 원래 온실가스 배출량의 평가하기 위한 입력의 목적으로 준비되지 않았기 때문이다. 많은 통계 기구들은 자

료 최종 사용이 어떻게 될 것인지에 대해서는 관심이 없고, 자료의 품질에 대해 평가하기 위해 그들만의 절차를 가지고 있다.

인벤토리 작성자는 2차 활동도 자료와 관련된 QC의 수준이 최소한 표 6.1에 나열된 QC 과정을 포함하고 있는지 판단해야 한다. 추가로, 인벤토리 작성자는 2차적인 자료에 대해 다른 심도있는 검토가 있는지, 검토의 전반적인 내용에 관해 문서화되었는지 검사해야 한다. 만일 2차적인 자료와 관련된 QA/QC가 적절하다면, 인벤토리 작성자는 단순히 자료원천을 참조하고, 자료의 평가에서 그것의 활용을 통한 적용가능성을 문서화할 수 있다. (박스 6.3을 보면 그것의 과정의 예시가 나온다.)

만약 2차 자료와 관련된 QC가 부적절하거나, 자료가 이 지침을 벗어난 표준/정의를 사용하여 수집되었다면, 인벤토리 작성자는 2차 자료에 관하여 QA/QC 검사를 시행해야 한다. 산정에 대한 불확도는 발견된 결과에 따라서 재평가되어야 한다. 인벤토리 작성자는 또한 자료가 어떻게 사용되는지, 그리고 다른 대안의 자료나 국제적인 자료들이 배출량과 저감량에 대해 더 좋은 평가를 제공하는지 재고해야 한다. 만약 다른 대안의 자료 원천이 없다면 인벤토리 작성자는 2차 자료 QC와 관련된 결점을 QA/QC의 요약된 보고서의 일부로 문서화한다.

박스 6.3
수송 부문에서 외부 자료에 대한 자료품질 평가

배출량 산정을 개선시키기 위해 각국은 주로 연료 사용량이나, 킬로미터 통계를 사용한다. 운송 수단에 의해 사용된 연료나 운행된 km의 국가적인 통계는 주로 전문적인 기관에서 작성된다. 그러나 운송수단에 대한 연료 소모량과 km 통계 자료를 제공하는 기관이 어떠한 QA/QC 활동을 수행하는지를 결정하는 것은 인벤토리 작성자의 관할이다. 여기에서 가질 수 있는 질문들은 다음과 같다.

- 통계 기관이 자료를 수집하고 운용을 망라하는 QA/QC 계획을 가지고 있는가?
- 연료 소모량과 운행된 km에 관한 자료를 수집하는데 사용하는 적절한 표본추출 규약이 있는가?
- 얼마나 최근에 표본추출 규약이 검토되었는가?
- 자료에 대한 잠재적인 편의가 통계 기관에 의해 확인되었는가?
- 통계 기관이 자료에 있는 불확도를 파악하고, 기록하였는가?
- 통계 기관이 자료에 있는 오류를 파악하고, 기록하였는가?

독립적으로 편집된 자료집합과의 비교 : 국가적인 활동도 자료와 독립적으로 편집된 활동 자료에 대한 비교 검사는 가능하면 이루어져야 한다. 예를 들어, 가축 수나, 작물 유형의 생산과 같이, 많은 농업의 배출원 카테고리는 활동도 자료에 있어 정부 통계에 의존한다. 유엔 식량 농업 기구 (FAO)에 의해 마련된 유사한 통계와 비교될 수 있다. 유사하게, 국제 에너지 기구 (IEA)는 국가적 에너지 생산과 사용에 관한 데이터베이스를 가지고 있는데 이는 에너지에 관한 검사로 사용될 수 있다. 산업 거래 협회, 대학 연구센터, 학술적인 문헌 또한 비교 검사에 사용될 수 있는 되는 독립

적으로 만들어진 활동도 자료의 가능한 출처이다. 활동도 자료는 또한 수지 접근법(balancing approach)을 통해서도 만들어질 수 있다. - 설명 및 예제에 대해 6.7.2.2절을 참고. QC 검사의 일부로, 인벤토리 작성자는 대안의 활동 자료집합이 실제로 독립적인 자료에 기초하고 있는지 확인해야 한다. 국제적인 정보는 종종 인벤토리 내에서 사용되는 자료로부터 독립적이지 않은 국가 보고서에 기초한다. 유용한 과학 혹은 기술 문헌들은 국가적인 인벤토리에 활용될 수 있다. 몇몇 경우에, 다양한 요구에 맞추기 위해 각기 다른 기관이 동일한 데이터를 다르게 다루는 경우도 있다. 지역적인 수준이나 국가적인 수준의 부분에서 비교가 이루어질 필요가 있는데, 이는 같은 활동을 위한 많은 대안적 참고문헌이 제한된 범위를 가지고 있어서 국가 전체를 포괄하지 못하기 때문이다.

표본과의 비교 : 국가 이하 수준의 부분 자료의 가용성은 국가 활동도 자료의 합리성을 검토할 기회를 제공한다. 예를 들어, 국가적인 생산 자료가 산업 카테고리를 위해 인벤토리를 계산하는데 사용되었다면, 이는 공장에 고유한 생산 혹은 공장의 전체 모집단의 부분집합에 대한 생산능력 자료를 획득하는 것일 수도 있다. 단순한 근사화 방법을 사용하여, 생산 자료 표본의 외삽법을 국가적인 수준까지 올리는 것이 이루어질 수 있다. 본 검사의 효과는 부분 표본이 국가 모집단을 얼마나 잘 대표하는지, 그리고 외삽법 기술이 국가적인 모집단을 얼마나 잘 반영하는지에 따라 달라진다.

활동도 자료에 관한 추세 검사 : 국가적인 활동도 자료는 산정된 카테고리의 전년 자료와 비교되어야 한다. 대부분의 카테고리의 활동도 자료는 급격한 증가나 감소 없이 매년 상대적으로 일관된 변화를 보여주는 경향이 있다. 만약 어떤 해에 국가적인 활동도 자료가 경향에서 크게 벗어난다면, 오류 여부에 대해 검사해야 한다. 만약 계산상의 오류가 감지되지 않는다면, 활동에 있어 급격한 변화는 확인되고 문서화되어야 한다. 연도간의 유사성을 이용하는 보다 철저한 접근법은 5장, 시계열 일관성에 서술된다.

6.7.2.2 현장에 고유한 활동도 자료

몇몇 산정 방법은 IPCC 기본값이나, 국가별 배출계수와 관련지어 사용되는 현장에 고유한 활동도 자료에 의존한다. 현장 내지 공장 담당자는 보통 활동도에 대한 이런 산정을 종종 온실가스 인벤토리와 관계없는 목적으로 준비한다. QC 검사는 지역들 간에 일관성이 결여 되었는지를 확인하기 위해 이루어지는데, 일관성 결여는 오차가 있다든지, 측정 방법이 달라서든지, 실제 배출량에 차이가 있다든지, 운영 조건이나 기술의 차이 등으로 발생한다. 다양한 형태의 QC 검사로 현장 수준의 활동도 자료의 오류를 확인할 수 있다.

측정 규약에 관한 QC 검사 : 인벤토리 작성자는 개별 현장에서 국가적, 혹은 국제적으로 인정된 표준을 사용하여 측정을 수행하는지 확인해야 한다. 만약 그 측정이 국가적이나 국제적으로 인정된 표준에 따르고, QA/QC 처리가 제대로 되었다면, 더 이상의 QA/QC는 필요하지 않을 것이다. 공인된 QC 절차가 사용되면 바로 인용할 수 있다. 만약 측정이 표준의 방법을 따르지 않고, QA/QC가 받아들일 수 있는 것이 아니라면, 인벤토리 작성자는 조심스럽게 이런 활동도 자료의 활용에 대해 평가해야 한다.

현장간 비교 및 국가 자료와의 비교 : 서로 다른 참조 자료원과 지리적인 규모가 다른 것으로부터 온 활동도 자료들을 비교하는 것은 활동도 자료를 확신하는데 중요하다. 예를 들어, 초기의 알루

미늄이 용해되는 것으로부터 PFC 배출량을 산정할 때, 많은 인벤토리 작성자들은 인벤토리 산정을 위해 제련소에 고유한 활동도 자료를 사용한다. 산업에 대한 국가적인 생산통계와 달리 알루미늄 제련소의 활동도 자료의 QC 검사는 주된 누락 내지 과대 집계를 확인할 수 있다. 또한 서로 다른 현장 간의 생산 자료의 비교는, 가능한 공장 생산능력의 조정을 통해, 생산 자료에 대한 합리성을 나타낼 수 있다. 국가적 생산에 대한 출판된 자료가 존재하는, 기타 제조에 기초한 배출원 카테고리에 대해 활동도 자료에 관한 유사한 비교가 이루어 질 수 있다. 확인된 이상치(outliers)은 현장의 독특한 특성에 의해 차이점이 설명될 수 있는지, 아니면 보고된 활동 자료에 오류가 있는지를 결정하기 위해 조사되어야 한다.

생산 및 소비 수지(Production and consumption balances) : 현장에 고유한 활동도 자료 검사는 생산물의 사용법에 기초한 방법에 적용될 수 있어야 한다. 예를 들어, 전기 장비를 사용함에 있어 SF_6 배출량을 산정하는 방법은 가스 구입, 재활용을 위한 가스 판매, 현장에 저장된 가스의 양 (장비 외부에) , 취급중 손실분, 유지를 위한 재충전, 장비 시스템의 보관량의 계정 수지(account balance)를 확인하는 것이다. 이러한 계정 수지 시스템은 장비가 각자 제 자리에 있는 각각의 설비에 사용되어야 한다. 전반적인 국가 활동도에 대한 QC 검사는 동일한 종류의 대차대조 시스템을 국가적인 기초에 확대하여 얻을 수 있다. 국가적인 통계는 전기 장비를 사용되는 SF_6의 사용량, 장비 사용량, 없어지는 SF_6량을 조사하여 얻을 수 있다. 상향식과 하향식의 계정수지 분석의 결과는 일치되어야 하며, 그렇지 못하면, 커다란 차이가 해명되어야 한다. 이와 같은 계산법은 가스를 사용하는 유사한 카테고리에 적용이 된다.

6.7.3 계산과 관련된 QC

투입 자료에 대해 설명된 위에 언급한 원칙들은 국가적인 온실가스 인벤토리를 마련하기 위한 모든 계산과정에 유사하게 적용이 가능하다. 계산 알고리즘에 대한 검사로 input의 복제, 단위 전환 오류, 혹은 유사한 계산 오류를 막을 수 있다. 이 검사는 독립적인 '대략적(back-of-the-envelope)' 계산이 될 수 있는데, 이는 근사적 방법에 도달하도록 알고리즘을 단순화하는 것이다. 만약 원래의 계산과 간단한 근사적 방법이 불일치한다면, 두 방법을 모두 조사하여 불일치의 이유를 찾을 필요가 있다. 계산 절차에 대한 심도 있는 검사는 외부의 자료가 필요하다 (6.10절 검증을 참고).

산정 산정치를 가져오는 모든 계산은 완전히 복제될 수 있어야 하는 것은 필수적이다. 투입 자료, 계산의 전환 알고리즘 및 산출을 구별하는 것은 *우수실행(good practice)*이다. 산출 자료뿐만 아니라 투입 자료, 전환 알고리듬, 이 알고리듬이 어떻게 투입 자료에 접근하는지 등이 기록되어야 한다. 박스 6.4는 어떻게 계산 절차를 표준 스프레드 시트나 데이터베이스 계산에 기록하는지에 대해 실질적인 힌트를 제공한다. 이와 같은 접근은 작업의 본질적인 문서화를 유도하고, 계산 절차에 대해 쉽게 이해할 수 있도록 한다. 이 문서화는 완성된 인벤토리를 위해 보존되어 유지되어야 한다.

박스 6.4
계산의 문서화

스프레드시트를 이용할 때 :

- 스프레드시트에 입력한 어떤 숫자든 자료원을 명백하게 밝히라.
- 감사 도구가 결과로부터 원천 자료까지 역추적하는데 사용될 수 있고, 계산이 공식을 분석하는 것으로 평가될 수 있게끔, 공식의 형태로 그 다음의 계산을 제공하라.
- 도출된 자료를 결과로 지니고 있는 스프레드시트의 셀에 주의하고, 그것이 어떻게, 어디서 사용되는지 주석을 달아라.
- 스프레드시트 자체에 대해 그것의 이름, 버전, 저자, 개정, 원래 의도, 검사 절차를 상세히 문서화할 경우, 이를 통해 스프레드시트는 도출된 결과의 자료원으로 사용될 수 있으며, 인벤토리 처리 과정의 참조자료로 추가적으로 사용될 수 있다.

데이터베이스를 이용할 때 :

- 자료원과 연결되는 참조열을 사용하여 원천자료를 명백하게 참조하라.
- 실용적인 경우에, 자료를 처리할 때, 쿼리(queries)를 이용하라, 이는 원천자료 표로 역추적하는 수단을 제공한다.
- 퀴리가 실용적이지 않고 새로운 자료 표가 생성될 필요가 있는 경우에, 새로운 자료집합을 도출하는데 이용된 스크립트 내지 매크로가 자료집합의 참조열에 기록 및 참조되는지 확인하라.
- 데이터베이스의 이름, 버전, 저자, 사용 의도, 검사 절차를 지정하여 데이터베이스 자체를 문서화한다. 이를 통해 데이터베이스는 얻은 결과의 자료원으로 사용될 수 있으며, 인벤토리 처리 과정의 참조자료로 추가적으로 사용될 수 있다.

6.8 QA 절차

QA는 실제적인 인벤토리 작성의 외부에 있는 활동으로 구성된다. QA 절차는 인벤토리의 품질을 평가하기 위한 검토와 감사를 포함하는데, 절차의 적합성을 판단하고, 개선이 가능할 부분을 확인하기 위한 목적을 갖는다. QA 절차는 (내부적인/외부적인) 다른 수준에서 이루어질 수 있는데, 그들은 6.7절에서 언급된 일반적인 QC, 특정 카테고리 QC에 추가되어 활용된다. 인벤토리는 전체적으로, 혹은 부분적으로 검토될 수 있다. QA 수행의 목표는 인벤토리에 대해 편견이 없는 검토를 수행할 수 있고, 다른 기술적인 견해를 지니고 있는 검토자를 참여시키는 것이다. 인벤토리를 준비하는데 관련된 적이 없는 QA 검토자를 활용하는 것도 중요하다. 이런 검토자들은 다른 기관이나 국가적, 국제적인 전문가, 집단으로부터 독립적인 전문가들이기 때문에, 국가적인 인벤토리 편집과는 가깝게 연결되어있지 않다 (예, 외국의 인벤토리 전문가). 인벤토리 작성자로부터 독립적인 제 3자의 검토자가 없다면, 적어도 검토하는데 일정비율 연루되지 않은 사람 또한 QA를 수행할 수 있다.

잠재적인 문제를 확인하고, 가능한 수정을 가하기 위해, 인벤토리 작성자로 하여금 인벤토리를 완성하기 전에, 모든 카테고리에 대해 기본적인 전문가 동료간 검토(peer review)를 수행하게 하는

것은 *우수실행(good practice)*이다. 그러나 시간과 자원 제약 때문에 이것은 항상 현실적이지는 않다. 방법이나 자료에 명백한 변화가 생긴 카테고리와 마찬가지로 주 카테고리에는 우선권이 주어져야 한다. 인벤토리 작성자는 가능한 자원 내에서 QA 절차에 대한 더 폭 넓고 심도 있는 검토나 감사를 수행하기를 원할 것이다. 모든 기술적 부문에서 외부의 전문적 기술이 부재한 작은 국가에서는, 인벤토리 작성자는 외부 검토의 일부로서 다른 국가의 인벤토리 작성자와 접촉하는 것을 고려해야 한다.

개별 카테고리와 관련된 QA 절차에 대한 전문적인 정보는 2권에서 5권의 카테고리에 고유한 QA/QC 절에 있다.

전문가 동료간 검토

전문가의 심도있는 검토는 관련된 기술 부문의 전문가들에 의한 계산과 가설의 검토로 구성된다. 이 절차는 일반적으로 방법과 결과와 관련된 문서조사를 검토함으로써 완수되지만, 감사에서 수행되어지는 자료나 참조문을 엄격히 증빙할 만한 것은 포함하지 않는다[2]. 전문가 동료간 검토의 목표는 인벤토리의 결과, 가정, 방법이, 그 특정 부문에 있어 사정이 밝은 사람이 판단하기에 합리적인지 확인하는데 있다. 또 국가가 공식적인 이해관계자와, 공적인 검토 메커니즘이 제자리에 있다면, 검토는 그들을 대치하지는 않더라도, 전문가 동료간 검토에 보충적인 혁할을 할 수 있다.

온실가스 인벤토리의 전문가 동료간 검토의 표준적인 도구나 메커니즘이 부재하기 때문에 이들은 개별적인 사항에 의존하여 고려되어야 한다. 카테고리를 위한 평가와 관련된 높은 수준의 불확도가 존재하다면, 전문가 동료간 검토는 평가를 개선하기 위한 정보, 적어도 불확도를 줄이기 위한 정보는 제공할 것이다. 효과적인 동료간 검토는 주요한 독립적인 기관이나, 연구기관을 확인하고 접촉하고자 하는데, 이는 검토를 수행할 가장 적절한 개체를 찾기 위함이다. 인벤토리 개발 과정의 초반에 전문적인 입력 자료가 찾아지도록 하는 것이 바람직한데, 이로 인해, 전문가들은 최종적인 계산에 영향을 끼칠 수 있는 방법과 자료 획득에 대한 검토를 제공할 수 있기 때문이다.

UNFCCC 과정[3]의 전문적인 분석의 결과는 전반적인 QA 개선 과정의 일부로 파악해야 한다. 이 과정의 결과와 시사점들은 개선될 수 있는 인벤토리의 영역에 귀중한 피드백을 제공할 수 있다. 하지만 이런 과정들은 국가적으로 조직화된 QA와 검토 절차의 추가사항으로만 고려되어야 한다.

전문가 동료간 검토의 결과와, 이러한 발견에 대한 인벤토리 작성자의 응답은, 최종 인벤토리의 일반적인 인정에 중요하다. 모든 전문가 동료간 검토는 잘 문서화되어야 하는데, 개선을 위한 요구사항을 보여주는 보고서나 체크리스트의 형태가 바람직하다.

감사

인벤토리 준비에 있어 인벤토리 작성자가 QC 계획에 따라 윤곽 지어진 최소한의 QC 기준을 얼

[2] 일부 국가에서 정부기관에 의해 정의된 공식적인 전문가 검토는 이 장에서 서술된, 철저한 감사의 표준화된 절차 및 기타 요소를 포함할 것이다.

[3] 적절한 과정의 예에는 부속도서 I 당사국 (Annex I Parties)의 인벤토리 검토, National Communications의 검토 및 협약의 부속도서 I에 포함되지 않는 당사국의 National Communications에 대한 전문가 자문집단 (CGE)의 피드백이 포함된다.

마나 효과적으로 편집했는지 평가하는데 감사(audits)가 사용된다. 감사자는 인벤토리 작성자로부터 가능한 독립적이어야 하는데, 그로 인해 평가된 과정과 자료에 대해 객관적인 평가를 제공할 수 있기 때문이다. 감사는 인벤토리 준비나, 전단계의 인벤토리에 따라, 인벤토리의 준비단계에서 이행되어야 한다. 감사는 특히 새로운 평가 방법이 도입되거나, 기존의 방법에 상당한 변화가 있을 때 특히 유용하다. 반대로 전문가 동료간 검토에서는, 감사는 계산의 결과에 초점을 맞추지 않는다. 대신에 그들은 인벤토리를 개선시키기 위한 각각의 과정들에 대해 면밀한 분석을 제공한다. 작성자로 하여금 인벤토리 개선을 위해, 전략적인 관점에서 감사 일정계획을 개발하는 것도 *우수실행(good practice)*이다. 예를 들어, 초기의 자료 수집과, 측정 작업, 이기, 계산과 문서화가 이행될 수 있다. 감사는 표 6.1에 확인된 QC 단계가 이행되었는지, 즉 카테고리에 고유한 QC 절차가 QC 계획에 따라 이행되었는지, 데이터 품질 목적에 맞는지 검증하는 데 사용될 수 있다.

6.9 QA/QC와 불확도 평가

QA/QC 절차와, 불확도에 대한 분석은 서로에게 귀중한 피드백을 제공한다. QA/QC와 불확도 분석에 관련된 스텝은 불확도 수준과 인벤토리 품질에 기여하는, 따라서 인벤토리 개선 노력이 기울여져야 하는 인벤토리 산정과 자료원의 중요한 요소들을 규명할 수 있다. 이 정보는 궁극적으로 산정에 사용된 방법과 자료원을 개선하는데 유용하게 되어야 한다. 예를 들어, 불확도의 분석은 산정에서의 단점, 다른 변수에 대한 산정의 민감성, 불확도에 가장 크게 기여하는 것에 대한 통찰력을 제공하는데, 이 모든 것은 자료원과 방법론 개선의 우선 순위를 설정하는데 도움이 된다.

일부 불확도 산정 방법은, 불확도 산정이 이루어지는 확률밀도함수를 만들어 내기 위해 배출계수나 활동도 자료와 관련된 측정 자료의 활용에 의존한다. 측정 자료가 없으면, 많은 불확도 산정은 전문가의 판단에 의존할 것이다. 계산이 정확하고, 자료와 계산이 잘 문서화되었다는 것을 확인하기 위해 QC 절차를 불확도 산정에 적용해보는 것은 *우수실행(good practice)*이다. 각각의 카테고리에 대해 불확도 평가가 어디에 기초하고 있는지에 대한 가정은 문서화되어야 한다. 카테고리에 고유한 통합된 불확도 평가에 대한 계산이 검사되고 오류가 설명되어야 한다. 전문가 판단으로 이루어지는 불확도 산정을 위해, 전문가의 자격요건, 고려된 자료의 정보를 포함하는 전문가 판단을 도출해내는 절차, 문헌 참조, 완성된 가정과 고려된 개요 또한 검사되고 문서화되어야 한다. 2장, 자료수집에 대한 접근법에 어떻게 불확도에 대한 전문가 판단을 문서화하는지에 대한 조언이 나와 있다.

6.10 검증

본 안내서의 목적을 달성하기 위하여, 다른 기구에서 측정된 배출량/저감량 산정치와 비교하고, 대기 중 농도 측정과 같은 다른 평가의 측정치와 비교하는 검증활동이 이루어져야 한다. 검증 활동은 전반적인 QA/QC와 검증 시스템의 일부로서 지역에 그들의 인벤토리를 개선할 정보를 제공한다. 국가 인벤토리와 독립적인 산정치가 일치하는 것을 확인하면, 인벤토리의 평가에 대한 확신과 신뢰성이 증진된다. 반면, 인벤토리와 산정치 사이에 상당히 큰 차이가 있다면, 자료집합에 약점이 있음을 의미한다. 어떤 자료집합이 더 좋은지 모른다면, 인벤토리에 대해 재평가하는 것이 바람직할지 모른다. 이 절은 배출원/흡수원 카테고리 및 인벤토리 수준에서 인벤토리 산정치를 검증하는데 이용될 수 있는 접근법을 기술한다.

검증에 대한 접근법을 선택하는데 다음과 같은 사항이 고려되어야한다. 즉, 이자율, 비용, 원하는 정확성 및 정밀도 수준, 검증 접근법의 설계 및 수행의 복잡성, 가용 데이터 및 검증수행을 위해 요구되는 전문 기술의 수준 등이 고려되어야 한다. 모든 접근법은 모든 인벤토리 작성자에게 유효하지는 않은데, 이는 일부 기준 특히, 6.10.2절에 언급된 '대기중 측정치와의 비교'에 포함된 기술에 기인한다. 그러나 상대적으로 단순한 비교 방법이 상당수 존재하며, 이는 대부분의 인벤토리 작성자에게 유효하며, 전반적인 QA/QC와 검증시스템에 귀중한 도구가 될 수 있다. 요구되는 많은 정보가 국가적인 수준에서 가용하므로, 우리는 국가적 차원의 활동을 참조하게 된다. 같은 개념이 가용 자료에 따라 다른 공간적인 단위로 전용될 수 있다.

검증 기술이 어디에 쓰이든지, 그 기술은 QA/QC 계획에 반영되어야 한다. 검증이 수행되기 전에 검증 기술 자체와 관련된 한계와 불확도가 완벽하게 조사된 후에 검증이 수행되어야 그 결과가 적절하게 해설될 수 있다.

6.10.1 국가 산정치의 비교

특화된 모형화 전문지식이나 분석을 필요로 하지 않는 실질적인 검증 기법들이 다수 있다. 이것들 중 상당수는 방법론에 기초한 비교로서, 같은 카테고리 혹은 카테고리 집합에 대해 서로 다른 산정법을 사용하여 국가 산정치에 차이를 보는 것이다. 이와 같은 비교를 통해 주요한 계산 오류를 찾아내고 배제된 주된 배출원 카테고리 혹은 하위 배출원 카테고리를 찾아내게 된다. 방법에 기초한 비교는 부문별 지침의 각 카테고리에 약술된 방법을 복수 tier 수준에서 설계될 수 있은데, 다른 연구소가 독자적으로 개발한 산정치를 비교하거나, 국가간의 상호비교를 실시하여 이루어진다. 방법 선택은, 인벤토리에서 사용된 방법, 방법 간의 카테고리의 명확한 정의와 상호 관련성 및 대안이 되는 자료의 가용성에 따라 달라진다.

이 검사는 국가적인 인벤토리 산정의 합리성을 확인하는데 매우 유용하며, 전체 계산상의 오류를 확인하는데 도움이 된다. 이런 기술들 중 일부는, 예를 들어 에너지 부문 산정에 대한 관련 접근법의 혼합과 같은 것들은 인벤토리 개선 절차의 부분으로 고려되어야 한다.

인벤토리 자료와, 대안의 방법을 사용하여 편집된 자료간의 불일치는 꼭 인벤토리 자료에 오류가 있다는 것을 의미하지는 않는다. 불일치에 대해 분석할 때, 대안의 계산들 그 자체와 관련된 큰 불확도가 존재할 수 있다는 점을 고려해야 한다.

낮은 tier 방법의 적용 : 낮은 tier의 IPCC 방법은 일반적으로 요약 카테고리 수준에서 고도로 집합된 자료들에 의존하는 하향식 접근법에 기초한다. 보다 높은 tier를 사용하는 인벤토리 작성, 즉 상향식 접근법은 간단한 도구로 하향식 접근법과 비교될 수 있다. 예를 들어, 화석 연료 연소에서 나오는 이산화탄소 (CO_2)의 경우에, 명백한 연료소비에 기초한, 연료 종류당 관련된 계산은 에너지 부문 절차에 있는 검증 검사에 나열되어 있다. (2권 에너지를 참고) 이러한 관련 접근법은 Tier 1, 2 또는 3 접근법의 부문에 기초한 산정치의 합계와 비교될 수 있다. 참조 접근법(reference approach)의 품질은 부문별 접근법의 품질보다 일반적으로 낮기 때문에, 그것은 단순한 근사법으로만 쓰는 것이 좋다. 이는 자체의 단순성 때문에 오류에 민감하지 못하며, 하향식의 완전성 검사에 사용될 수 있다. 또 다른 예로, 배출량이 특정 상품 (예를 들어, 연료 또는 수소화불화탄소 (HFCs), 과불화탄소 (PFCs) 내지 육불화황 (SF_6)과 같은 제품)의 소비에 기초한 부문 활동의 합으

로 계산되는 곳에서는, 배출이 실제적인 배출의 가능한 시간 연기를 고려하여, 외관상 소비 수치 (예를 들어, 국가 총 생산 + 수입 - 수출 ± 재고 변화)를 사용하여 평가될 수 있다.

비슷한 검사가 산업 유형의 배출원을 위해, 공장에 고유한 자료에 기초하여 개별적인 생산 공장을 위해 인벤토리 평가가 결정된 곳에서 수행될 수 있다 (예를 들어, 질산 생산에 따른 아산화질소 (N_2O) 산정치). 배출 산정치에 대한 검사는 개별적인 공장 수준의 배출 산정치의 합과, 국가적인 질산 생산량 수치와 IPCC 기본 Tier 1 계수에 기초한 하향식의 배출 산정치간의 비교로 구성된다. 큰 차이가 꼭 인벤토리 산정에 문제가 있음을 의미하지 않는다. 보다 낮은 tier 방법이 일반적으로 높은 강도로 결집된 자료에 의존하는 만큼, 상향식의 접근법을 사용하여 평가된 인벤토리와 비교할 때, Tier 1 접근법은 상대적으로 높은 불확도를 지닌다. 만약 그 차이가 쉽게 설명되지 않는다면, 인벤토리 작성자는 더 심도있는 QA/QC 검사에서 다음의 질문을 고려해 보아야 한다.

- 개별적인 공장 산정치와 관련된 부정확성이 존재하는가 (예를 들어, 극단적인 이상치는 비정상적인 배출량을 설명할 것이다) ?
- 공장에 고유한 배출계수가 서로 간에 크게 다른가?
- 공장에 고유한 생산율이 발표된 국가적인 수준의 생산율과 일치되는가?
- 통제의 효과, 생산이 보고되는 방식 또는 문서화되지 않은 가정과 같은 큰 차이에 대한 다른 설명이 존재하는가?

이것은 상대적으로 단순한 배출 검사의 결과가 어떻게 배출량 자료의 대표성에 대한 집중적인 조사로 나아가는지를 보여주는 예시이다. 카테고리에 대한 지식은 산정에 있어 차이를 유발하는 변수를 분리시켜, 차이에 대한 이유를 이해하는데 필요하다.

높은 tier 방법의 적용 : 보다 높은 tier의 IPCC 방법은 일반적으로 높은 수준으로 분해된 자료와, 잘 정의된 배출원 및 흡수원의 세부 분류에 의존하는 상세한 상향식의 접근법에 기초한다. 인벤토리 작성자들은 충분한 자료와 자원이 부족하기 때문에, 그들이 충분히 보다 높은 tier 접근법을 실행할 수 없다는 것을 깨닫게 된다. 그러나 심지어 배출원의 하위 카테고리에 대한 부분적인 산정이 얻어지면, 이는 인벤토리를 위한 귀중한 검증 도구가 된다. 국가의 전체 배출원의 일정 부분에서 비롯된 보다 높은 tier 자료에 기초한 산정은 그 표본이 대표성을 지닌다면, 국가적인 수준으로 외삽된다. 이와 같은 외삽은 국가적인 산정을 보강하는데 사용될 수 있다.

독립적인 작성된 산정치와의 비교 : 국가적인 수준에서 독립적으로 작성된 다른 인벤토리 자료들과 비교는 (가능하다면), 완전성, 근사적인 배출량 (저감량) 수준, 정확한 카테고리의 배분을 평가하는 선택사항이다. 비록 인벤토리 작성자가 궁극적으로 국가적인 온실가스 인벤토리를 마련하는데 책임이 있다고 하더라도, 이 주제와 관련된 다른 독립적인 출판물도 유효하다 (예를 들어, 과학적인 논문이나 다른 기관 또는 기구에 의해 간행된 출판물). 예를 들어 화석 연료의 연소와 관련된 국가 수준의 CO_2 배출 평가는 국제 에너지기구 (IEA)와, 이산화탄소 정보 분석 센터 (DCIAC)에 의해 작성된다. 다른 오염물질의 배출량에 대한 평가는 지구대기연구를 위한 배출 데이터베이스 (EDGAR) (http://www.mnp.nl/edgar/)에서 가능하다. 만약 독립적으로 작성된 자료집합이 IPCC Tier 1의 방법론을 사용한다면, 위에 논의된 동일한 고려사항이 적용될 것이다.

국제적인 자료가 보통 낮은 tier에서 편집되는 반면, 국가적인 자료는 보통 더 세분화된 국가에 고유한 정보를 수용할 수 있는 까닭에 일반적으로 더욱 신뢰성이 있으며, 이러한 국제적인 자료집합은 국가들 간에 일관적이기 때문에 비교에 있어 좋은 기초를 제공한다. 국가적, 부문별, 카테고리, 및 하위 카테고리 수준에서 서로 다른 온실가스의 비교가, 정의의 차이가 이를 가능하게 하는 한, 나타날 수 있다. 이러한 유형의 비교를 실행하기 전에, 다음의 항목을 검사해보는 것이 중요하다.

- 독립적인 평가를 위한 기본 자료가 인벤토리를 위해 사용된 것과 다른지 확인하라; 비교된 자료가 다를때만 그 비교가 의미가 있다.
- 서로 다른 인벤토리에서 부문과 카테고리간의 관계가 적절하게 정의 및 일치되는지 결정하라.
- 자료 품질 (예를 들어, QA/QC 시스템 내지 검토) 및 결과를 해석하는데 도움이 되는 비교를 위해 이용된 산정치의 알려진 불확도를 고려하라.

국가간 강도 지표(intensity indicators)의 비교 : 배출 (저감)의 강도에 대한 지표 (예를 들어, 일반적으로 '내재된 배출 (저감) 계수'로 불리는 지표)는 국가들 간에 비교될 수 있다(예를 들어, 인원당 배출량, 부가가치 단위당 산업 배출량, 차량당 수송 배출량, 생산된 전기의 kWh당 전력생산에서의 배출량, 생산되는 우유의 톤당 젖소에서의 배출량). 이런 지표들은 산정의 대략적인 크기에 대한 예비적인 검사와 검증을 제공한다. 서로 다른 관행과 기술적인 개선과 마찬가지로 배출원 카테고리의 변하는 성격도 배출강도 지표에 반영되어 나타날 것이다. 그러므로 국가간의 차이를 기대할 필요가 있다. 그러나 이러한 검사는 국가 내지 부문 수준에서 잠재적인 예외를알려줄 것이다.

6.10.2 대기중 측정치와의 비교

검증의 가장 이상적인 환경은 완전히 독립적인 자료를 비교의 기초로 활용하는 것이다. 대기 중 농도 측정은 잠재적으로 이와 같은 자료집합을 제공하며, 더 나아가 이 자료가 배출 모형의 기초로 응용할 수 있게 과학 발전을 거듭하고 있다. 이 접근은 특히 유용한데, 그것은 표준적인 평가 방법 요인 (예를 들어, 부문별 활동도 자료 내지 내재된 배출계수)에서 독립되어있기 때문이다. 이와 같은 모형의 척도는 국지적, 지역적 혹은 세계적인 경계선에서 설계될 수 있고, 혹은 배출의 수준이나 추세에 대한 정보를 제공할 수 있다. 이런 기술에 관한 간략한 예시는 이 절에 언급되어 있으나, 보다 심도있는 논의와 상세한 설명는 이러한 인벤토리 검증방법의 활용에 대한 더 포괄적인 개요에서 찾을 수 있다. (Rypdal et al., 2005; Bergamaschi et al., 2004;Benkovitz, 2001; Benjey and Middleton, 2002; NACP. 2002)

대기 모형을 인벤토리 검증에 적용하는 작업의 한계 뿐 아니라 그 복잡성도 많은 인벤토리편집의 유용성을 제한한다. 특히 국가적 수준에서는 그렇다. 또한 적절하게 대기 환경 자료를 인벤토리와 서로 관련시켜 비교하고 비용과 노동을 집중하기 위하여 많은 기술들은 특화된 모형 기법과 자원을 요구할 것이다. 특정한 조건에서는, 결과가 지역의 일부나, 몇몇 지역, 혹은 특정 카테고리 즉, 특정 기체에만 해당될 수 있다. 또한 일반적으로 인벤토리 주기보다 더 긴 분석 시간을 요구하기 때문에, 이러한 형태의 비교는 장기 검증 프로그램에 더욱 적절하다. 많은 경우에, 대기 모형 그 자체와 연관된 불확도는 정성적으로 충분히 규명되지 않았거나, 모형을 검증 도구로 사용하기에 너무 큰 경우가 많다.

그러므로, 이 장에 기술하는 다른 방법과 달리, 대기측정에서의 비교는 검증이 인벤토리 작성자로 하여금 적용시키도록 하는데 표준도구가 될 수 없다고 한다. 이 부문에서 상당한 과학적인 진보가 있음은 주목되어야 하며, 인벤토리 작성자는 이 접근법이 검증의 독립적인 자료를 제공하므로 이 접근법의 가능성을 이용하고자 한다. 적용 가능하다면, 국가인벤토리 작성자들은 또한 인접 국가들과 협력하는 것을 고려할 수 있는데, 경우에 따라 국가 단위보다 더 큰 실체(entity) 단위에서 대기 측정에 기초를 둔 배출모형을 구축하는 것이 보다 신뢰할 만하다.

주어진 한계에도 불구하고, 여기에 언급될 가치가 있는 많은 발전하는 기술들이 존재한다.

역 모형화 (Inverse Modelling) : 대기 표본의 온실가스의 농도가 감시 현장에서 측정되고, 역 모형화로 알려진 기법을 이용하여 배출 산정치가 제공될 수 있다. 역 모형은 측정 농도와 대기이동 모형에 기초하여 배출 유량(fluxes)을 계산하는 것이다. 국지적인 산정의 경우에, 모든 오염사건을 포착하는 지속적인 측정이 가능한, 복잡한 수리적, 통계적인 모형이 요구된다. 포본 대기에서 유래된 배출량의 배출원 구별은 아주 정교하고, 노동집약적인 분석을 요구하는데, 이는 배출원에 고유한 배출량 검증으로부터 역 모형화 접근법의 적용가능성을 방해한다. 국가 인벤토리와는 달리 역 모형화에서 유량을 산정할 때에는 자연적인 배출원/흡수원과 함께 국제적인 운송도 고려해야한다. 여러 온실가스에 대한 감시 네트워크가 한정되어 있는 점과 모형 결과에 불확도가 있다는 점을 고려하면, 역 모형화는 가까운 미래에 국가적인 인벤토리의 검증 도구로 자주 적용되기는 힘들어 보인다. 온실가스 농도 측정을 위한 위성 센서의 이용가능성조차도 공간상, 고도상 그리고 일시적인 해상도 때문에, 완전히 이 문제를 해결하지 못한다. 그러나 국가인벤토리의 수준과 추세에 대한 검증을 위한 이런 기술의 가능성에 과학적인 인식이 점차 증가하고 있다.

역 모형화 기술은 급격한 발전을 겪고 있으며, 국가 인벤토리 산정(O'Doherty et al., 2003), 유럽의 배출 산정 (Manning et al., 2003)에 현재 적용되어 유럽연합 내 배출의 지리적 배분을 하는 근거를 제공하고 있다. 궁극적으로 이런 기술들의 적용은 계산된 인벤토리 평가와 역 모형에 의한 산정치의 불확도 간의 비교에 의존한다. 모형 결과의 불확도가 계산된 인벤토리 불확도보다 낮은 곳에서는 모형이 인벤토리를 개선시키는 데 사용될 수 있다. 또한 모형 결과가 명백하게 인벤토리와 다른 곳에서는, 배출원을 누락하거나 계산 오류가 크다는 것을 나타낸다.

역 모형화로 배출량 산정치에 대한 검증을 하는데 가장 적합한 온실가스는 플루오르화 가스와 메탄 (CH_4)이다 (Rypdal et al., 2005, Bergamaschi et al., 2004). 불소 화합물은 역 모형화 검증에 좋은 후보로 생각되는데 : 그것들은 사실상 대기 측정에서 자연적인 간섭 요인이 없으며, 인벤토리 방법에 상당한 불확도가 존재하며, 오래 존속하고, 소멸 메카니즘이 잘 알려져 있기 때문이다. 메탄은 유망한 후보로 생각되는데, 인벤토리 방법론에서 오는 배출 산정치 결과에 일반적으로 높은 불확도와, 측정의 신호대 잡음비가 높기 때문이다. 농업, 임업, 그리고 다른 토지 이용이 지배적인 곳을 제외하고는 인벤토리 방법이 이미 낮은 불확도를 갖고 있기에 국가 인벤토리 검증을 위한 CO_2 배출량 모형화는 대개 우선적인 사항이 아니다. 기상 측정에서 거대한 자연적인 배출원 및 흡수원의 충격에서 인간과 관련된 배출원의 상관관계를 어렵게 만든다. 그러나, 이는 숲과 자연적인 배출원 및 흡수원의 기여에 대한 이해를 증진시킨다. 일부 N_2O 인벤토리에 큰 불확도가 존재하는 까닭에 기상 측정를 통한 검증방법론이 적절할 것이다. 그러나 측정에 대한 자연적인 배출원과 흡수원의 영향과 동시에 긴 대기중 수명 때문에 측정된 농도는 낮은 신호대 잡음 비를 갖는다. 그러므로 역 모형화가 N_2O 인벤토리에 대한 검증에 적용되기 전에 심도 있는 조사가 요구된다.

대륙의 구름기둥(Continental Plumes) : 배후 대기 농도와 근해의 구름 기둥 농도의 차이를 바람의 벡터분석 혹은 탄도 분석과 연계된 정기적인 측정이 광범위한 규모에 대한 배출 지표를 제공하는 경우에, 배출원과 비배출원 지역의 큰 차이가 대륙과 대양 간에 일반적으로 발견될 것이다 (Cape et al., 2001; Derwent et al., 2001). 예를 들어, 유럽 대륙의 구름 기둥에서 오는 염화불화탄소 (CFCs), N_2O, CH_4를 포함하는 많은 온실 가스들이 아일랜드의 Made Head에서 감지되었다. 이런 결과는 역 모형화에 의해 유럽의 배출원 강도의 계량화에 이용되었다.

대용적 배출 데이터베이스의 이용 : 경우에 따라, 공기 표본에서 측정된 성분의 하나 ('표지' 내지 '추적지표' 성분)가 배출 인벤토리에 특징을 잘 부여하는 경우에, 이 표지 성분에 대한 온실가스 농도 비율의 대기중 측정을 통해 온실가스 배출이 산정될 것이다. 이 기법은 화합물의 배출원이 인접해 있을 때 적절한 것이어서 미국에서는 표지로서 일산화탄소 (CO) (Barnes et al., 2003a, 2003b)를 사용하였고, EU에서는 라돈(^{222}Rn: Biraud et al., 2000)을 이용하였다.

지구적 동적 접근법 : 시간이 지나면서, 특정 화합물의 대기 농도 추세는 배출원 및 흡수원 간의 지구적 균형의 변화를 나타내고 세계적으로 통합된 배출량 산정치를 제공하는데, 이는 통합적 관점에서 국가 배출의 총량을 제한하며, 인벤토리에서 약점 지역을 지적할 수도 있을 것으로 사료된다. 이와 같은 방법론을 통한 연구는 CH_4 (Dlugokencky et al., 1994), 육불화황 (SF_6) (Maiss and Brenninkmeijer, 1998), PFC-14 및 사불화탄소 (CF_4) (Harnisch and Eisenhauer, 1998)에서 이루어졌다. 이 연구방법은 많은 부분의 지구적 배출에 적용될 수 있으며, 정기적으로 감시가 가능하다.

6.11 문서화, 보관 및 보고

6.11.1 내부적 문서화 및 보관

인벤토리 활동을 계획, 준비 및 관리와 관련된 모든 정보를 문서화하고 보존하는 것은 *우수실행 (good practice)*이다. 이는 다음 사항을 포함한다.

- 인벤토리 처리의 설계, 준비, 관리를 위한 책임, 기관 내 조정 및 절차 ;
- 활동 자료의 선택 및 배출계수을 위한 가정과 criteria ;
- 배출계수 및 기타 산정 입력변수 (예를 들어 기본값 계수를 위한 IPCC 문서 또는 높은 tier 방법에 이용되는 출판된 참고문헌 내지 배출계수에 대한 기타 문서의 참조)
- 활동자료 즉, 인용된 배출원의 추적을 가능하게 하는 활동자료에 대한 충분한 정보 ;
- 활동 자료와 배출계수과 연관된 불확도에 대한 정보;
- 방법의 선택을 위한 논리적 근거;
- 사용된 방법 (불확도를 산정하기 위한 방법 및 재계산을 위한 방법을 포함한다.);
- 이전 인벤토리의 자료 입력 내지 방법의 변화 (재계산);
- 불확도 측정에 대한 전문가적 판단이 필요했다면 전문가의 신원 및 자질 확인;
- 인벤토리를 만들 때 쓰인 전자 데이터베이스나 소프트웨어의 세부 항목, 즉, 버전, 작동 매뉴얼, 필요한 하드웨어 및 여타 정보들은 나중에도 쓰일 수 있도록 포함하여야 한다.;

- 카테고리 평가를 위한 워크시트와 중간 계산, 그리고 전단계 평가의 재계산 및 결집된 평가;
- 최종 인벤토리 보고서와 전년도에서 부터의 추세 분석;
- QA/QC 계획 및 QA/QC 절차의 결과
- 인벤토리 개발에 쓰이는 공유 데이터베이스 포함한, 전체 자료집합의 안전한 보관. 이는 외부 원천의 대규모 주요 자료로부터 배출의 다단계 개발에 의존하는 카테고리에 특히 중요하다.

인벤토리 작성자가 생산된 모든 인벤토리를 위해 이러한 문서를 유지하고 검토를 위해 제공하는 것은 *우수실행(good practice)*이다. 모든 인벤토리 산정이 완전히 문서화되고 필요한 경우에 복제될 수 있는 방식으로 이러한 문서를 유지 및 보관하는 것은 *우수실행(good practice)*이다.

QA/QC절차의 기록은 인벤토리 평가를 지속적으로 개량하기 위한 중요한 정보이다. QA/QC활동 기록에는 행해진 검사/감사/검토, 이러한 활동이 행해진 시기, 행한 주체와 QA/QC 활동으로부터 기인된 인벤토리에 대한 수정 및 변형이 포함된다. 일반적 수준 및 카테고리 수준 모두에서 QC 활동을 기록하기 위해 이용하는 체크리스트의 예는 부록 6A.1에서 제공된다.

6.11.2 보고하기

수행된 QA/QC활동의 요약과 핵심적 발견을 각국의 국내 협약의 보충자료로서 보고하는 것이 바람직하며, 이는 2권에서 5권까지 이 권의 표에 의해 기술된다. 그러나 인벤토리 작성자에 의하여 보유된 모든 내부 문서는 보고하는 것이 필수적이고 바람직하다. 본 요약에서 인벤토리 작성자들은 다음과 같은 활동에 주목하여야 한다.

- QA/QC 계획의 참고자료, 이행 스케쥴 및 이행 책임에 관하여 토의하여야 한다.
- 각 배출원/흡수원 카테고리와 전체 인벤토리 수준마다 내부적으로 어떤 활동이 수행되는지 하는 것과 무슨 외부적 검토가 있었는지를 기술하라.
- 핵심적 발견을 보여라. 이는 입력 데이터, 방법, 과정이나 각 카테고리의 산정의 품질에 대한 주된 주제를 설명할 것이다. 그리고 핵심적 발견이 차후 계획에서 어는 단계에 있는지 보여 주라.
- 특히 추세 검사가 큰 발산을 나타내는 경우에, 시계열의 중대한 추세를 설명한다. 재계산 내지 경감 전략의 영향이 이 논의에 포함되어야 한다.

참고문헌

Barnes, D.H., Wofsy, S.C., Fehlau, B.P., Gottlieb, E.W., Elkins, J.W., Dutton, G.S. and Montzka S.A. (2003a) Urban/industrial pollution for the New York City-Washington, D. C., corridor, 1996-1998:1. Providing independent verification of CO and PCE emissions inventories, Geophys J. Res., 108(D6), 4185, 10.1029/2001JD001116, 2003a.

Barnes, D.H., Wofsy, S.C., Fehlau, B.P., Gottlieb, E.W., Elkins, J.W., Dutton, G.S., and Montzka, S.A. (2003b). Urban/industrial pollution for the New York City-Washington, D. C., corridor, 1996-1998: 2. A study of the efficacy of the Montreal Protocol and other regulatory measures, Geophys J. Res., 108(D6), 4186, 10.1029/2001JD001117, 2003b.

Benjey, W. and Middleton, P. (2002). ''The Climate-Air Quality Scale Continuum and the Global Emission Inventory Activity.'' Presented at the EPA Emissions Conference, April 15-18.

Benkovitz C. (2001). ''Compilation of Regional to Global Inventories of Anthropogenic Emissions''. Submitted for publication in ""Emissions of Chemical Species and Aerosols into the Atmosphere"", Precursors of Ozone and their Effects in the Troposphere (POET), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands.

Bergamaschi, P., Behrend, H. and Andre, J., eds.(2004). Inverse Modeling of National and EU Greenhouse Gas Emission Inventories. Report of the October 23-24 workshop ""Inverse Modeling for Potential Verification of National and EU Bottom-up GHG Inventories"", held by the European Commission, Joint Research Centre. Report published.

Biraud, S., Ciais, P., Ramonet, M., Simmonds, P., Kazan, V., Monfray, P., O'Doherty S., Spain T.G. and Jennings, S.G. (2000). European greenhouse gas emissions estimated from continuous atmospheric measurements and radon 222 at Mace Head, Ireland, J. Geophys. Res., 105(D1), 1351-1366.

Cape, J.N., Methven, J. and Hudson L.E. (2000). The use of trajectory cluster analysis to interpret trace gas measurements at Mace Head, Ireland, Atmospheric Environment, 34 (22), 3651-3663.

Derwent, R.G., Simmonds, P.G., O'Doherty, S. and Ryall, D.B. (1998a). The impact of the Montreal Protocol on halocarbon concentrations in northern hemisphere baseline and European air masses at Mace Head Ireland over a ten year period from 1987-1996, Atmospheric Environment 32(21), 3689-3702

Derwent, R.G., Simmonds, P.G., O'Doherty, S., Ciais P., and Ryall, D.B. (1998b). European source strengths and northern hemisphere baseline concentrations of radiatively active trace gases at Mace Head Ireland, Atmospheric Environment 32(21), 3703-3715.

Derwent, R.G., Manning, A.J. and Ryall D.B. (2001). Interpretation of Long-Term Measurements of Ozone- Depleting Substances and Radiatively Active Trace Gases: Phase III, Final Report: DETR Contract No: EPG 1/1/103, Dec 2001.

Dlugokencky, E.J., Steele, L.P., Lang, P.M. and Mesarie, K.A., (1994). The growth rate and distribution of atmospheric CH4. J. Geophys. Res. 99, 17021-17043.

EDGAR. Emission Database for Global Atmospheric Research (EDGAR). RIVM-MNP, Bilthoven, TNO-MEP, Apeldoorn, JRC-IES, Ispra and MPIC-AC, URL: http://www.mnp.nl/edgar/

Harnisch, J. and Eisenhauer, A. (1998). Natural CF4 and SF6 on Earth, Geophys. Res. Lett., 25(13), 2401-2404.

IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volumes 1, 2 and 3.

Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Lim, B., Tr□anton, K., Mamaty, I., Bonduki, Y., Griggs, D.J. and Callander, B.A. (Eds), Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA, Paris, France.

Levin I., Glatzel-Mattheier H., Marik T., Cuntz M., Schmidt M., Worthy D.E. (1999) Verification of German methane emission inventories and their recent changes based on atmospheric observations, J. Geophys. Res., 104, 3447-3456.

Maiss, M. and Brenninkmeijer, C.A.M. (1998) Atmospheric SF6: trends, sources and prospects. Environ. Sci. Techn. 32, 3077-3086.

Manning, A.J., Ryall, D.B., Derwent, R.G., Simmonds, P.G. and O'Doherty S. (2003). Estimating European emissions of ozone-depleting and greenhouse gases using observations and a modelling back-attribution technique, J. Geophys. Res. Vol. 108, No. D14, 4405, 10.1029/2002JD002312, 17 July 2003.

NACP. (2002). The North American Carbon Programme. NACP Committee of the U.S. Carbon Cycle Science Steering Group (Steven C. Wofsy, Robert C. Harris, co-chairs), Chapter 2, Major Elements of the North American Carbon Program Plan. U.S. Global Change Research Program, Wachington, D.C., 2002. http://www.esig.ucar.edu/nacp

O' Doherty, S., McCulloch, A., O' Leary, E., Finn, J. and Cunningham, D. (2003). Climate Change: Emissions of Industrial Greenhouse Gases (HFCs, PFCs and Sulphur Hexafluoride), Final Report, Environmental Protection Agency ERDTI Report Series No. 10, EPA, Johnstown Castle, C. Wexford, Ireland, 2003.

Ryall, D.B., Derwent, R.G., Manning, A.J., Simmonds, P.G. and O'Doherty S. (2001). Estimating source regions of European emissions of trace gases from observations at Mace Head, Atmospheric Environment, 35, 2507-2523.

Rypdal, K., Stordal, F., Fuglestvedt, J.S. and Berntsen, T. (2005). Bottom-up vs. top-down methods in assessing compliance with the Kyoto Protocol, Climate Policy 5, 393-405.

Vermeulen, A.T., Eisma, R., Hensen, A. and Slanina J. (1999). Transport model calculations of NW-European methane emissions, Environmental Science & Policy, 2, 315-324.

Winiwarter, W. and Schimak G. (2005). Environmental Software Systems for Emission Inventories, Environmental Modelling & Software 20, 1469-1477.

부록 6A.1 QC 체크리스트

특정한 배출원 카테고리의 품질관리를 위한 양식 및 체크리스트

이 부록에는 일반적 QC 활동 및 카테고리에 고유한 QC 활동 모두를 기록하는 수단을 제공하는 다수의 예제 양식이 포함된다. 이들 양식은 단지 예제이며, 인벤토리 작성자는 (QA/QC 계획에 정의된) 자신의 QA/QC 활동을 효과적으로 기록하는 다른 수단을 발견할 수 있다. QC 검사의 개발에 대한 보다 상세한 지침을 위해 QA/QC 및 검증, 자료 수집에 대해, 그리고 2권에서 5권에 기술된 각 카테고리를 위해 IPCC 가이드라인 장들을 참고한다.

A1. 일반적 QC 체크리스트
(각각의 카테고리 및 인벤토리에 대해 완성됨)

A2. 카테고리에 고유한 QC 체크리스트 (각 카테고리를 위해 설계된 검사 항목)
파트 A: 자료 수집 및 선택
파트 B: 2차 자료 및 직접적인 배출 측정

A1. 일반적인 QC 체크리스트

인벤토리 보고서:_____ 배출원/흡수원 카테고리[4]_____

인벤토리 스프레드시트의 제목 및 날짜:_____

배출원 (흡수원) 카테고리 산정치 작성자 (이름/제휴자):_____

이 양식의 완성을 위한 지시사항:
이 양식은 각각의 배출원/흡수원 카테고리에 대해 완성될 것이며, 수행된 검사 및 취해진 교정적 조치의 기록을 제공한다. 해당 양식은 수작업 내지 전자적으로 완성될 것이다. 해당 양식은 QA/QC 계획에서 지정된 사항에 따라 분배 및 보존되어야 한다. 발견된 오류를 정정하기 위한 적절한 조치가 즉시 명백하지 않다면, 검사를 수행하는 QC 담당자는 QA/QC 계획에서 사전 정의된 절차에 따라 그 결과를 논의해야 한다.

이 양식의 첫 페이지는 (완성된) 검사의 결과를 요약하고 중대한 발견 내지 조치를 강조한다. 이 양식의 나머지 페이지는 수행될 검사의 카테고리를 나열한다. 분석자는 검사를 어떻게 수행하는지에 대해 재량권을 가진다. 모든 카테고리에 모든 검사 항목이 적용 가능하지는 않을 것이다. 부적절하거나 가용하지 않은 검사 항목/행은 검사 항목 및 행이 공백으로 남거나 삭제되지 않도록 'n/r' (부적절) 내지 'n/a' (가용하지 않음)로 표시되어야 한다. 배출원/흡수원 카테고리에 적절한 추가적인 검사항목을 위한 행이 양식에 추가되어야 한다.

지원 문서를 위한 열은 추가 정보를 제공하는 적절한 부속 보고서 내지 접촉 보고서를 참조하기 위해 이용되어야 한다.

일반적인 QC 검사 및 교정 조치의 요약

검사 및 교정 조치의 결과의 요약:

미래에 수행될 검사의 제안:	교정 조치가 취해진 이후에 남겨진 문제들

[4] IPCC에 공인된 배출원/흡수원 카테고리 이름을 이용한다. 8장의 표 8.2를 참고한다.

일반적 QC 검사를 위한 체크리스트 (각 카테고리를 위한 완전한 표):

항목	완수된 검사			교정 조치		지원 문서 (참조 제공)
	날짜	담당자 (성명)	오류 (예/아니오)	날짜	담당자 (성명)	
자료 수집, 입력, 및 취급 활동: 품질 검사						
1. 이기 오류에 대해 입력자료의 표본을 검사한다						
2. 전산화된 검사 및/내지 품질검사 보고서와 함께 스프레드시트를 검토한다						
3. 품질에 대한 추가 통제 내지 검사를 제공할 수 있는 스프레드시트 변경을 확인한다						
4. 기타 (지정하시오):						
자료 문서화: 품질 검사						
5. 완전성을 위해 프로젝트 파일을 검사한다						
6. 모든 1차 자료 요소에 대해 (스프레드시트에) 서지적 자료 참조가 포함되었는지 확인한다						
7. 스프레드시트의 적절한 모든 인용문이 인벤토리 문서에 나타나는지 검사한다						
8. 스프레드시트와 인벤토리의 모든 인용문이 완전한지 검사한다 (예를 들어, 모든 관련 정보의 포함)						
9. 이기 오류에 대해 서지적 인용문을 무작위로 검사한다						
10. 새로운 인용문의 원전이 현재 제출된 명세에 있는지를 검사한다						
11. (접촉 보고서를 포함한) 인용문의 원전이 참조된 자료 및 내용을 포함하는지 무작위로 검사한다						
12. 활동도 자료, 배출계수 및 기타 산정 입력변수에 관한 가정 및 선택 기준이 문서화되었는지 검사한다						
13. 자료 내지 방법론의 변화가 문서화되었는지 검사한다						
14. 스프레드시트 및 인벤토리 문서의 인용문이 적절한 지침을 따르는지 검사한다						
15. 기타 (지정하시오):						

일반적 QC 검사를 위한 체크리스트 (각 카테고리를 위한 완전한 표) (계속):

항목	완수된 검사			교정 조치		지원 문서 (참조 제공)
	날짜	담당자 (성명)	오류 (예/아니오)	날짜	담당자 (성명)	
배출의 계산 및 계산의 검사						
16. (결과만을 제시하는 대신에) 모든 계산이 포함되었는지 검사한다						
17. 단위, 입력변수 및 전환계수가 적절하게 제시되었는지 검사한다						
18. 단위가 적절하게 표시되고 계산의 처음부터 끝까지 정확히 지속되는지 검사한다						
19. 전환계수가 정확한지 검사한다						
20. 시간적, 공간적 수정 계수가 정확히 이용되는지 검사한다						
21. 자료의 관계 (비교가능성) 및 스프레드시트에서의 자료 처리 단계 (예를 들어, 수식)를 검사한다						
22. 스프레드시트의 입력자료와 계산자료가 명확히 구별되는지 검사한다						
23. 수작업 내지 전자적으로, 계산의 대표적인 표본을 검사한다.						
24. 단축 계산으로 일부 계산을 검사한다						
25. 카테고리내의 자료 통합을 검사한다						
26. 방법 내지 자료가 변화했을 때, 시계열 입력 및 계산의 일관성을 검사한다						
27. (가용하다면) 이전 연도와 대조하여 현재 연도의 산정치를 검사하고 추세에서의 설명되지 않는 이탈을 조사한다						
28. 시계열 전체에 걸친 내재된 배출/저감 계수의 값을 검사하고 설명되지 않는 이상치를 조사한다.						
29. 시계열에서 활동도 자료 내지 기타 계산상 입력변수의 설명되지 않거나 일반적이지 않은 추세에 대해 검사한다						
30. 특히 변화가 발생한다면, IPCC 인벤토리 가이드라인 및 우수실행(good practice)과의 일관성을 검사한다.						
31. 기타 (지정하시오):						

A2. 카테고리에 고유한 QC 체크리스트

인벤토리 보고서: _____ 배출원/흡수원 카테고리[5] _____

주 카테고리 (내지 주 하위 카테고리를 포함): (Y / N): _____

인벤토리 스프레드시트의 제목 및 날짜: _____

카테고리 산정치 작성자 (이름/제휴자): _____

이 양식을 완성하기 위한 일반적인 지시사항:
카테고리에 고유한 검사는 개별적인 배출원 내지 흡수원 카테고리에 이용되는 특정한 자료 및 방법론에 초점을 둔다. 이러한 검사의 특수성 및 빈도는 배출원 카테고리에 따라 다르다. 해당 양식은 수작업 내지 전자적으로 완성될 것이다. 완성이 된 이후에, 해당 양식은 QA/QC 계획에서 정의된 것처럼, 인벤토리 문서의 일부로서 저장 및 포함되어야 한다.

이 양식의 첫 번째 표는 일반적으로 카테고리에 고유한 검사 결과를 요약하고 중대한 발견 내지 교정 조치를 강조한다. 이 양식의 나머지 페이지는 수행될 검사의 카테고리 내지 질문 유형을 나열한다. 파트 A 검사항목은 산정치, 계수, 및 활동도 자료에서의 잠재적 문제를 확인하기 위해 설계되었다. 파트 B 검사항목은 2차 자료 및 직접적인 배출 측정의 품질에 초점을 둔다. 분석자는 검사를 어떻게 수행할 지에 대해 재량권을 가진다. 부적절하거나 가용하지 않은 검사 항목/행은 검사 항목 및 행이 공백으로 남거나 삭제되지 않도록 'n/r' (부적절) 내지 'n/a' (가용하지 않음)로 표시되어야 한다. 카테고리에 적절한 추가적인 검사 항목을 위한 행이 양식에 추가되어야 한다.

지원 문서를 위한 열은 추가 정보를 제공하는 적절한 부속 보고서 내지 접촉 보고서를 참조하기 위해 이용되어야 한다. 다른 원천이 명확히 참조될 수 있다면, 그것이 여기에 포함될 것이다. 카테고리에 고유한 계획과 관련된 문서는 지원 문서를 위한 열에서 명확히 참조되어야 한다.

카테고리에 고유한 QC 활동의 요약

검사 및 교정 조치의 결과의 요약:

미래에 수행될 검사의 제안:	교정 조치가 취해진 이후에 남겨진 문제들

[5] IPCC에 공인된 배출원/흡수원 카테고리 이름을 이용한다.

파트 A를 위한 추가 지시사항:

아래의 체크리스트는 수행될 수 있는 검사 및 비교의 유형을 나타내며 모든 것을 망라하지는 않는다. 부속 보고서, 접촉 보고서 내지 기타 문서는 수행되는 검사에 대한 상세한 정보를 보고하기 위해 이용될 것이다. 예를 들어, 추가 보고서는 검사된 변수 내지 하위 변수, 수행된 비교, 내려진 결론 및 결론에 대한 이론적 근거, 참고한 정보의 원천 (출판물, 비출판물, 회합 등), 및 요구되는 교정 조치에 대한 정보를 제공할 수 있다.

카테고리에 고유한 체크리스트 - 파트 A: 자료 수집 및 선택

항목	완수된 검사			교정 조치		지원 문서 (참조 제공)
	날짜	담당자 (성명)	오류 (예/아니오)	날짜	담당자 (성명)	
배출자료 품질 검사						
1. 배출 비교: 배출원, 중대한 하위 배출원 카테고리에 대한 과거 자료						
2. 독립적 산정치 내지 대안적 방법에 기초한 산정치와 대조하여 검사한다.						
3. 참조 계산						
4. 완전성						
5. 기타 (상세한 검사 항목)						
배출계수 품질 검사						
6. 주어진 국가 상황 및 유사한 배출 자료에 대해, 배출계수의 대표성을 평가한다						
7. 대안적 계수들 (예를 들어, IPCC 기본값, 국가, 문헌)과 비교한다						
8. 보다 대표적인 자료을 위한 선택사항을 탐색한다						
9. 기타 (상세한 검사 항목)						
활동도 자료 품질 검사: 국가 수준의 활동도 자료						
10. 과거의 추세를 검사한다						
11. 다수의 참조 원천을 비교한다.						
12. 자료의 적용가능성을 검사한다						
13. 연간으로 가용하지 않은 자료의 시계열을 채우기 위한 방법론을 검사한다						
14. 기타 (상세한 검사 항목)						
활동도 자료 품질 검사: 현장에 고유한 활동도 자료						
15. 현장 전체에 걸친 비일관성에 대해 검사한다.						
16. 통합적 및 국가적인 자료를 비교한다						
17. 기타 (상세한 검사 항목)						

파트 B를 위한 추가 지시사항:

2차 자료 및 직접적 배출 측정에 대한 QC 검사를 완성하는 것은 1차 자료 내지 저자를 참고하는 것을 요구할 것이다. 아래의 체크리스트는 표시적이지만 망라적은 아니다. 적절한 검사 항목에 대한 추가 정보는 QA/QC, 자료 수집, 및 IPCC 가이드라인의 부문별 장들에서 발견될 수 있다.

카테고리 산정치의 기초가 되는 자료를 검사하기 위해 취해진 특정한 조치를 기록하는데 추가적인 문서가 필요할 것이다. 예를 들어 부속 보고서는 검사된 자료 내지 변수와 조사의 일부로서 참고한 출판된 참고문헌 및 개인 내지 조직을 기록하는데 필요할 것이다. 개인적인 의사소통에 관한 상세한 내용을 보고하기 위해 접촉 보고서가 이용되어야 한다. 요약에서 보고된 발견의 이론적 근거, 표본조사와 관련된 QC 절차에 대한 연구 결과, 또는 현장 측정 절차의 검사를 설명하기 위해 부속 보고서가 또한 이용될 것이다. 모든 지원 문서에 대한 참고를 확실히 제공해야 한다.

카테고리에 고유한 체크리스트 - 파트 B: 2차 자료 및 직접적인 배출 측정

항목	완수된 검사			교정 조치		지원 문서 (참조 제공)
	날짜	담당자 (성명)	오류 (예/아니오)	날짜	담당자 (성명)	
2차 자료: 입력자료의 품질에 관한 표본 질문						
1. (출판된 문헌에서 보고되거나 개인적인 의사소통에 의해 나타나는) 자료의 초기 준비 동안 수행된 QC 활동은 (최소로) 비교될 때, 일반적인 QC 활동과 일치하고 적절한가?						
2. 통계기관은 자료의 준비를 다루는 QA/QC 계획을 가지고 있는가?						
3. 표본조사를 위해, 어떤 표본추출 규약이 이용되며, 얼마나 최근에 규약이 검토되었는가?						
4. 현장에 고유한 활동도 자료에 대해, 국가적 내지 국제적 표준이 자료의 측정에 적용 가능한가? 그렇다면, 그들이 활용되었는가?						
5. 자료의 불확도가 산정 및 문서화되는가?						
6. 편의(biases) 내지 불완전한 산정치와 같은 2차 자료의 한계가 확인 및 문서화되는가? 오차가 발견되었는가?						
7. 2차 자료는 동료간 검토를 거쳤는가?						
8. 기타 (상세한 검사 항목)						
직접적 배출 측정: 배출을 측정하는 절차에 대한 검사						
9. 어떤 변수가 직접적인 배출 측정에 의존하는지 확인한다.						
10. 표본추출 절차, 장비 조정 및 유지를 포함하여, 배출을 측정하기 위해 이용된 절차를 검사한다.						
11. (IPCC 방법 내지 ISO 표준과 같은) 표준 절차가 존재하는 경우에, 그들이 이용되었는지 여부를 확인한다.						
12. 기타 (상세한 검사 항목)						

제7장

전구체(Precursors)와 간접적 배출

저자

Michael Gillenwater (미국), Kristina Saarinen (핀란드),
and Ayite-Lo N. Ajavon (토고)

부저자

Keith A. Smith (영국)

목 차

7 전구체(Precursors)와 간접적 배출

7.1 서론 ·····7.4

7.2 전구체 배출 ·····7.4

7.2.1 전구체 인벤토리 ·····7.6

7.2.2 EMEP/CORINAIR 배출인벤토리 가이드북에서의 방법론에 관한 장과의 연결 ··7.8

7.3 NO_X와 NH_3에 있는 질소의 대기중 침적으로부터 발생하는 간접적인 N_2O 배출 ··7.17

7.3.1 방법론 ·····7.17

7.3.2 품질보증/품질관리, 보고 및 문서화 ·····7.18

참고문헌 ·····7.19

식

식 7.1 NOx와 NH_3의 대기중 침적으로부터 발생하는 N_2O 배출 ·····7.18

표

표 7.1 IPCC 카테고리과 EMEP/CORINAIR 가이드북의 대응하는 방법론 장들 간의 연결 ·····7.10

박 스

박스 7.1 CLRTAP와 배출인벤토리 가이드북(EMISSION INVENTORY GUIDEBOOK) ·····7.5

박스 7.2 탄소를 포함하는 화합물의 배출로부터 대기중에 유입되는 CO_2 양의 계산 ·····7.8

7 전구체(Precursors)와 간접적 배출

7.1 서론

지구온난화지수로 온실가스 배출 총계에 포함되지 않지만, 일산화탄소 (CO), 질소 산화물 (NOx), 비메탄 휘발성 유기화합물 (NMVOCs), 이산화황 (SO_2)은 온실가스로 보고된다. 햇빛이 존재할 때 일산화탄소 (CO), 질소 산화물 (NOx), 및 NMVOC는 대류권에서 온실가스 오존 (O_3)의 형성에 기여하므로 종종 '오존 전구체('ozone precursors)'로 불린다. 더욱이, NOx 배출은 지구의 질소 주기 (nitrogen cycle)에 중요한 역할을 한다. SO_2의 배출은 기후변화에 일정한 역할을 하는 황산염 입자의 형성을 초래한다. 암모니아 (NH_3)는 에어로졸 전구체(aerosol precursor)이지만 SO_2보다 에어로졸 형성에 덜 중요하다.

7.2절은 국가인벤토리를 위한 전구체의 산정 및 보고를 다룬다. 대기질의 배출인벤토리(ambient air quality emission inventories)에 대한 방법론은 EMEP[1]/CORINAIR Emission Inventory Guidebook (Guidebook)에서 상세히 다루었으며, CO, NO_x, NMVOCs, 및 SO_2의 배출에 대한 이들 방법론은 국가 온실가스 인벤토리를 위한 *2006 IPCC 가이드라인*에 포함되는 대신에 이 장에서 참조된다. 가이드북이 제대로 다루지 않은 배출원은 예외이다.

7.3절은 NO_x와 NH_3로서 배출된 질소의 침적(deposition)에서 발생하는 아산화질소 (N_2O)의 배출을 다룬다. 아산화질소는 질산화(nitrification)와 탈질화(denitrification)의 생물학적 과정을 통해 토양에서 생성된다. 간단히 정의하면, 질산화는 호기성 미생물에 의해 암모늄이 질산염으로 산화되는 것이고 탈질화는 혐기성 미생물에 의해 질산염이 질소 가스 (N2)로 환원되는 것이다. 아산화질소는 탈질화의 반응 순서에서의 기체형 중간물이고 미생물 세포에서 토양 대기로 누출되는 질산화의 부산물이다. 이 반응에서 주된 통제요인의 하나는 토양에 있는 무기 질소의 이용가능성이므로 NO_x와 암모니아 (NH_3)에서 발생한 질소의 퇴적은 배출을 강화시킬 것이다. 질소가 바다나 호수에 침적된다면 N_2O의 배출이 또한 강화될 것이다. 이러한 이유 때문에 *2006 가이드라인은* NO_x와 NH_3의 인간활동에 따른 모든 배출원의 질소 침적에서 발생하는 N_2O의 배출을 산정하기 위한 지침을 포함한다. *1996 가이드라인* (IPCC, 1997)에서는 질소의 농업 배출원만을 고려하였었다.

농업의 토양관리 및 퇴비관리를 제외한 모든 카테고리에서 발생하는 대기중 침적(atmospheric deposition)으로부터 발생하는 N_2O의 배출을 산정하는 지침이 7.3절에서 제공된다. 7.3절은 NO_x의 배출에 관한 정보를 제공한다. 국가들은 농업에서 발생하지 않은 NH_3의 배출을 산정하는데 국가별 방법론(national methodologies)을 이용할 지 모른다. EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook은 NH_3의 배출을 또한 다루고 있다.

7.2 전구체 배출

국가가 이미 전구체에 대한 인벤토리를 가지고 있는 경우에, 그 결과를 인벤토리에 보고해야 한다. 일부 국가에서는 직접적인 온실가스 인벤토리 대신에 별도의 절차를 통해 대기오염물질 배출

[1] 유럽에서의 대기오염물질의 장거리 이전의 감시 및 평가를 위한 협력적 프로그램 (EMEP).

인벤토리가 수집되며, 이들 인벤토리를 생성하는 방법은 온실가스에 대한 방법과 다를 수 있다. 또한, 온실가스 배출 및 흡수 인벤토리는 종종 국가적 통계(national statistics)에 기초하는 반면에, 대기오염물질 배출인벤토리는 종종 공장에 고유한 자료를 이용하여 개발된다. 국가들은 인벤토리들간에 일관성을 개선하거나 산정치들을 교차검사(cross-checking) 하기 위한 어떤 기회가 존재하는지 여부를 고려해야 한다.

전구체의 배출을 산정하기 위한 상세한 방법론은 EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook (http://reports.eea.eu.int/EMEPCORINAIR4/en)에서 제공된다. 이 가이드북은 장거리 월경성 대기오염에 관한 UNECE 협약(UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution) (CLRTAP)하에서 규제되는 물질의 배출인벤토리를 위해 개발되었으며 모든 배출원 부문을 포함하고 있으므로, 이들 배출의 산정을 위한 주요한 정보원천으로 고려되어야 한다.

표 7.1은 IPCC 카테고리들과 EMEP/CORINAIR Guidebook의 대응하는 방법론 장들 사이의 연결을 제공한다. 이 표는 NO_x, CO, NMVOCs, NH_3 및 SO_2[2] 인벤토리를 준비하기 위한 방법론을 나열하는 특정한 EMEP/CORINAIR 장들에 관한 정보를 제공한다. 이는 또한 방법의 이용가능성과 특정한 카테고리로부터 발생하는 중요한 전구체 배출에 관한 정보를 포함한다.

EMEP/CORINAIR Guidebook에서 일부 방법론과 배출계수는 기술에 고유하며 (technology-specific), 선진국과 개도국 모두에 있는 조건 및 카테고리에 관련된다. 그렇지만, 용제 (solvents), 소규모 연소원 (특히 바이오매스), 공개 연소(open burning)와 같은 일부 부문에 대해, 선진국과 개도국간의 차이는 보다 클 지 모르며, EMEP/CORINAIR Guidebook을 주의하여 이용해야 한다.

박스 7.1

CLRTAP와 배출인벤토리 가이드북(EMISSION INVENTORY GUIDEBOOK)

장거리 월경성 대기오염에 관한 협약(Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution)은 1979년 이후로 시행중이며 배출을 저감하기 위한 요구사항을 포함하는 8개의 규약(protocols)과 경감기법(abatement techniques)에 관한 기술적 부속서를 포함하고 있다. 협약에 관한 보다 상세한 정보는 http://www.unece.org/env/lrtap/welcome.html에서 이용가능하다. 질소 산화물 (NOx), 일산화탄소 (CO), 비메탄 휘발성 유기화합물 (NMVOCs) 및 이산화황 (SO_2)의 배출은 UNFCCC와 UNECE CLRTAP 모두에 보고되므로, 이들 두 가지 협약 간에 일관적인 방법론 및 보고를 보장하는 것은 중요하다. (UNECE, 2003)

EMEP/CORINAIR Guidebook은 LRTAP Task Force on Emission Inventories and Projections (TFEIP)에 의해 준비되었고, 배출의 산정을 위한 포괄적인 정보와 방법론을 제공하기 위해 TFEIP (http://tfeip-secretariat.org/unece.htm) 아래의 전문가 패널(Expert Panels)에 의해 정기적으로 갱신된다. EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook은 유럽환경청(European Environment Agency) (EEA)에 의해 출판된다.

[2] EMEP/CORINAIR 보고용 명명법(Nomenclature for Reporting) (NFR)의 배출원 카테고리는 IPCC의 보고 카테고리와 호환이 되도록 개발되었다.

7.2.1 전구체 인벤토리

전구체 인벤토리는 전형적으로 질소 산화물, 일산화탄소, 비메탄 휘발성 유기화합물, 및 황 화합물의 배출을 포함한다. 이러한 대기오염물질의 배출을 산정할 때, 상세한 공정 내지 설비에 고유한 자료 (상향식 자료)를 이용하는 것은 일반적인 통합된 배출계수를 이용하는 것보다 정확한 산정치를 제공한다. 모든 오염물질과 배출원 카테고리에 대해 배출통제(emission controls) 내지 경감대책(abatement measures)의 존재를 설명하는 방법론 및 배출계수를 적용하는 것은 매우 중요하다. 대규모 지점 배출원(point sources)에 대해 많은 국가들은 공장들이 보고하는 개별적인 대기오염물질의 배출에 관해 기록한다. 공장들이 보고한 자료를 이용할 때, 배출이 하향식 인벤토리 자료와 이중으로 집계되지 않도록 보장하는 것은 *우수실행(good practice)*이다. 공장들이 보고한 자료는 인벤토리의 완전성을 검사하기 위해서 이용될 수도 있다.

7.2.1.1 에너지

대부분의 국가에서, 도로 수송은 NO_x, CO, NMVOC 배출의 주된 원천일 것이다. 공적인 전기 및 열 생산(Public electricity and heat production)은 석탄이 광범위하게 이용되는 국가에서 SO_2 배출의 주된 원천일 것이고, NO_x 배출의 중요한 원천이기도 할 것이다. 산업용 연소(Industrial combustion)는 SO_2, NO_x 및 CO 배출의 원천일 것이고 주거용 연소(residential combustion)는 CO 배출의 원천일 것이다. 석유 생산은 석유 및 가스를 생산하는 국가에서 NMVOC, NO_x, 및 CO 배출의 원천일 것이다.

연료 연소에서 발생하는 대부분의 NO_x 배출은 전형적으로 연료에 있는 화학적으로 결합된 질소의 전환으로부터 형성되는 '연료에 의한 NO (fuel-NO)'이다. 서로 다른 연료의 질소 함유량은 다르다. 연소 온도에 따라, 연소용 흡입공기에 포함된 질소로부터 열에 의한 NO_x (thermal-NO_x)가 또한 형성될 수 있다.

일산화탄소와 NMVOCs는 저화학양적(under-stoichiometric) 연소조건 동안 생성되며 연료 유형과 연소 조건을 포함한 다양한 요인에 좌우된다.

일부 황이 재(ash) 속에 남을 수 있지만, 황 화합물 (SOx)의 배출은 연료의 황 함유량에 주로 관련된다. 고정형 연소에서 경감대책(Abatement)은 배출량을 저감시킬 수 있다.

7.2.1.2 산업공정 및 제품 사용

산업공정은 NOx, CO, NMVOC 및 SO_2 배출을 생성할 수 있다. 이들 가스의 배출은 공정의 유형, 경감 기법, 및 기타 조건에 좌우된다. 산업공정 및 제품 사용에서의 배출은 채널 배출(channelled emissions) (예를 들어, 굴뚝(stack)으로부터의 지점 배출원의 배출)과 확산 배출원(diffuse emission sources) 모두를 포함한다. 예를 들어, 용제의 증발과 제품의 저장 및 취급으로부터 발생하는 확산 배출은 NMVOC 배출의 전형적인 주된 배출원이다. 일부 경우에, 예외적 배출 (예를 들어, 우발적 방출)이 배출원으로부터 발생하는 주된 배출을 구성할 수 있다. 산업 현장으로부터 발생하는 총배출을 산정하는 추가적 지침은 EU IPPC (European Union Integrated Pollution Prevention and Control) Reference Document on Monitoring of Emissions (EC, 2002)[3]에서 제공된다.

[3] 웹사이트 http://eippcb.jrc.es/pages/ FActivities.htm에서 이용가능한, EU IPPC Reference Document on Monitoring

7.2.1.3 농업, 산림 및 기타 토지 이용

질소 비료 및 기타 영양분으로부터 질소의 토양 누적이 NO_x를 배출하는 것처럼, 농작물 지꺼기(crop residues)의 연소도 NO_x를 배출한다. 바이오매스가 연소될 때 CO와 SO_2가 배출된다. NMVOC 배출의 주된 원천은 농작물 지꺼기 및 기타 식물 폐기물의 연소와 가축 사료 및 동물 배설물의 혐기성 분해이다. 주로 나무와 곡류인 식물은 대기중의 NMVOC 농도에 또한 기여한다.

EMEP/CORINAIR Guidebook이 바이오매스의 연소로부터 발생하는 배출을 완전히 다루지는 않으므로, 추가적인 지침은 AFOLU 책자에서 제공된다 - 산림에서의 바이오매스 연소로부터 발생하는 non-CO_2 배출에 대해 4.2.4장, 농경지(Cropland)에서의 바이오매스 연소로부터 발생하는 non-CO_2 배출에 대해 5.2.4 및 5.3.4장, 초지(Grassland)에서의 바이오매스 연소로부터 발생하는 non-CO2 배출 (CO, CH_4, N_2O, NO_x)에 대해 6.2.4 및 6.3.4장. 산림 및 초지가 기타 용도로 전환될 때의 바이오매스 연소, 산림 화재, 산림 관리활동으로 인한 바이오매스 연소는 AFOLU 부문을 위한 제 4권의 이들 장에서 논의된다.

7.2.1.4 폐기물

NO_x, CO, 및 SO_2의 배출은 폐수처리로부터 발생하는 슬러지(sludges)의 소각 뿐만 아니라 가정 및 자치단체의 폐기물 소각 과정에 의해 생성된다. NMVOC 배출은 폐수처리 공장과 지상의 고정 폐기물 처리로부터 발생할 수 있다.

7.2.1.5 CO_2가 아닌 가스에서 배출되는 탄소

*2006 가이드라인*은 배출되는 화학족(species)의 관점에서 탄소 배출을 산정한다. non-CO_2 화학족의 형태로 배출되는 탄소의 대부분은 결국 대기중에서 CO_2로 산화되며, 이 양은 non-CO_2 가스의 배출 산정치로부터 산정될 수 있다. 박스 7.2는 이러한 계산을 위한 접근법을 제공한다.

일부 경우에 이러한 non-CO_2 가스의 배출은 CO_2 산정치에 비해 매우 작은 양의 탄소를 포함하며, CO_2 산정치가 탄소 총량을 기초로 하는 것이 보다 더 정확할 지 모른다. (배출계수가 연료의 탄소 함유량으로부터 도출되는) 화석연료의 연소와 개별적인 가스보다 탄소 물질수지(carbon mass balance)를 훨씬 더 잘 산정할 수 있는 소수의 IPPU 카테고리가 그 예들이다.

of Emissions의 3.1장

박스 7.2

탄소를 포함하는 화합물의 배출로부터 대기중에 유입되는 CO_2 양의 계산

메탄, 일산화탄소 (CO) 내지 NMVOC 배출은 결국 대기중에서 CO_2로 산화될 것이다. 이러한 CO_2 유입량은 국가 인벤토리에 포함될 수 있을 것이다. 이는 메탄, CO 및 NMVOCs의 배출량으로부터 계산될 수 있다. 기본적인 계산 원칙은 다음과 같다:

CH_4: 유입량$_{CO2}$ = 배출량$_{CH4}$ • 44/16
CO: 유입량$_{CO2}$ = 배출량$_{CO}$ • 44/28
NMVOC: 유입량$_{CO2}$ = 배출량$_{NMVOC}$ • C • 44/12
여기서 C는 질량에 의한 NMVOC내의 탄소 비율 (default = 0.6)

NMVOCs의 탄소 함유량은 배출원에 따라 다를 것이다. 그러므로, NMVOC 화합물의 종분화(speciation)에 기초한 인벤토리는 보다 정확한 결과를 제공한다.

이러한 산정치를 구할 때 인벤토리 작성자는 CO_2 배출을 산정할 때 이루어진 가정 및 근사화가 이러한 탄소를 아직 다루지 않았다는 것을 확인하기 위해 각 카테고리를 평가해야 한다. 관련된 예제에는 아래에서 발생하는 탄소가 포함된다;

- 에너지 이용으로부터 발생하는 탈루성 배출
- IPPU로부터 발생하는 non-CO_2 가스
- non-CO_2 가스가 명시적으로 차감된 AFOLU 배출

7.2.2 EMEP/CORINAIR 배출 인벤토리 가이드북에서의 방법론에 관한 장과의 연결

표 7.1은 NO_x, CO, NMVOCs, 및 SO_2의 국가 배출인벤토리를 준비하기 위한 방법론에 관한 특정한 정보를 제공한다. 표에는 EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook에 있는 방법론의 이용가능성과 *2006 가이드라인*의 각 IPCC 카테고리 (이 책자의 8장, 표 8.2를 참고) 및 가스에 대한 배출의 기대되는 중요성에 관한 정보가 포함되어 있다. Guidebook의 코드는 *1996 가이드라인*의 IPCC 보고카테고리와 기능상 동등하다. EMEP/CORINAIR 보고용 명명법(Nomenclature for Reporting) (NFR)과 *2006 가이드라인*의 카테고리를 포함하고 있는 *1996 가이드라인*의 IPCC 공통보고 프레임워크(common reporting framework) (CRF) 간의 대응(mapping)이 표에서 또한 제공된다.

인벤토리 작성자가 표 7.1에서 특정한 IPCC 2006 인벤토리에 대응하는 인벤토리를 발견하지 못한 경우에, 표 7.1에서 유사한 인벤토리(예를 들어, 다른 산업 분과를 위한 대응하는 보일러 크기)을 발견하고 이 카테고리에 대한 EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook의 대응하는 방법론을 적용하거나 다른 정보의 원천 (이 책자의 2장을 또한 참고)을 탐색하려고 시도하는 것은 권고할 만 하다.

아래의 코드는 특정한 배출원으로부터 발생하는 배출이 적절하며 Guidebook에서 다루어지는지의 여부를 나타내기 위해 이용된다:

A = 이 카테고리에서 이 가스는 배출이 되며 방법론이 EMEP/CORINAIR Guidebook에서 제공된다.

NI = 이 카테고리에서 이 가스는 배출이 되지만 방법론은 현재 EMEP/CORINAIR Guidebook에 포함되어 있지 않다.

B = 이 카테고리에서 대기오염물질이 배출이 되며 방법론은 EMEP/CORINAIR Guidebook에 미래에 포함될 것이다.

NS = 이 카테고리에서 이 가스의 배출은 중요하다고 기대되지 않는다.

NO = 이 카테고리에서 이 가스의 배출은 발생하지 않는다.

표 7.1
IPCC 카테고리와 EMEP/CORINAIR 가이드북[1]의 대응하는 방법론 장들 간의 연결

보고서 카테고리				배출원 부문	EMEP/CORINAIR 인벤토리 가이드북 장	NOx	CO	NM-VOC	SOx
IPCC 카테고리		CRF	NFR			카테고리로부터의 배출에 대한 관련성			
1 에너지									
1A1 에너지 산업	1A1a	1A1a	1A1a	주요 활동 전력 및 열 생산	B111 and B112	A	A	A	A
	1A1b	1A1b	1A1b	석유 정제	B132 and B136	A	A	A	A
	1A1c	1A1c	1A1c	고체연료의 제조 및 기타 에너지 산업	B142, B146 and B152	A	A	A	A
1A2 제조업 및 건설	1A2a	1A2a	1A2a	철강	B111, B112, B323, B324, B325, B331, B332, B333	A	A	A	A
	1A2b	1A2b	1A2b	비철금속	B336, B337, B338, B339, B3310, B3322, B3323	A	A	A	A
	1A2c	1A2c	1A2c	화학	B111 and B112	A	A	A	A
	1A2d	1A2d	1A2d	펄프, 종이, 인쇄	B3321	A	A	A	A
	1A2e	1A2e	1A2e	식품 가공, 음료, 담배	B111 and B112	A	A	A	A
	1A2f	1A2f	1A2f	비금속 광물	B3311, B3312, B3313, B3314, B3318, B3319, B3320, B3323	A	A	A	A
	1A2g			수송 장비	B111 and B112	A	A	A	A
	1A2h			기계류	B111 and B112	A	A	A	A
	1A2i			(연료를 제외한) 채굴 및 채석	B111 and B112	A	A	A	A
	1A2j			목재 및 목제품	B111 and B112	A	A	A	A
	1A2k			건설	B111 and B112	A	A	A	A
	1A2l			섬유 및 가죽	B111 and B112	A	A	A	A
	1A2m			미분류 산업	B111 and B112	A	A	A	A

표 7.1(계속)
IPCC 카테고리와 EMEP/CORINAIR 가이드북[1]의 대응하는 방법론 장들 간의 연결

보고서 카테고리				배출원 부문	EMEP/CORINAIR 인벤토리 가이드북 장	NOx	CO	NM-VOC	SOx
IPCC 카테고리		CRF	NFR			카테고리로부터의 배출에 대한 관련성			
	1A3a	**1A3a**		**민간 항공**					
	1A3ai 국제 항공	1A3ai (i)	1A3ai (i)	국제 항공 (LTO)	B851	A	A	A	A
	1A3aii 국내 항공	1A3aii(ii)	1A3aii(ii)	국제 항공 (Cruise)	B851	A	A	A	A
		1A3aii(i)	1A3aii(i)	민간 항공(국내, LTO)	B851	A	A	A	A
		1A3aii(ii)	1A3aii(ii)	민간 항공 (국내, Cruise))	B851	A	A	A	A
	1A3b	**1A3b**	**1A3b**	**도로 수송**					
	1A3bi	1A3bi	1A3bi	자동차	B710	A	A	A	A
	1A3bii	1A3bii	1A3bii	소형트럭	B710	A	A	A	A
	1A3biii	1A3biii	1A3biii	중형트럭 및 버스	B710	A	A	A	A
	1A3biv	1A3biv	1A3biv	오토바이	B710	A	A	A	A
	1A3bv	1A3bv	1A3bv	자동차로부터의 증발 배출	B760	NO	NO	A	NO
	1A3c	**1A3c**	**1A3c**	**철도**	B810	A	A	A	A
	1A3d	**1A3d**	**1A3d**	**수상운수(Water-borne Navigation)**					
	1A3di	1A3di	1A3di	국제 수상운수(국제 벙커(international bunkers))	B842	A	A	A	A
	1A3dii	1A3dii	1A3dii	국내 수상운수	B810 and B842	A	A	A	A
	1A3e	**1A3e**	**1A3e**	**기타 수송**					
	1A3ei	1A3ei	1A3ei	파이프라인 수송/컴프레서	B561 and B152	B	B	A	B
	1A3eii	1A3eii	1A3eii	비포장도로용 /기타 이동 배출원 및 기계류	B810	A	A	A	A
	1A4a	**1A4a**	**1A4a**	**상업/공공**	B111, B112, B216 및 소형 연소장치 *)	A	A	A	A
	1A4b	**1A4b**	**1A4b**	**가정**					
	1A4b	1A4bi	1A4bi	가정 식물 (residential plants)	B111, B112 및 소형 연소장치 *)	A	A	A	A
	1A4b	1A4bii	1A4bii	가사 및 원예(이동형) (household and gardening(mobile))	B111, B112 a및 소형 연소장치 *)	A	A	A	A
	1A4c	**1A4c**	**1A4c**	**농림어업**					
	1A4ci	1A4ci	1A4ci	고정형(stationary)	B111, B112 and B235	A	A	A	A
	1A4cii	1A4cii	1A4cii	비포장용 차량 및 기타 기계류	B111, B112, B235 and B810	A	A	A	A
	1A4ciii	1A4ciii	1A4ciii	어업(이동형 연소)	B111, B112, B235 and B842	A	A	A	A
1A5 미분류 (non-specified)	**1A5a**	**1A5a**	**1A5a**	**기타, 고정형(stationary)**	B111, B112, B216 및 소형 연소장치 *)	A	A	A	A
	1A5b	**1A5b**	**1A5b**	**기타, 이동형(including military)**	B810	A	A	A	A
	1B1	**1B1**	**1B1**	**고체 연료**					
	1B1a	1B1a	1B1a	석탄 채굴 및 처리	B511	NO/A	NO	A	NO
	1B1b	1B1c	1B1c	고체연료 변환		NI	NI	NI	NI
	1B1c	1B1b	1B1b	통제되지 않은 연소와 석탄 폐기물의 소각 / 기타	B142 and B424	NI	NI	A	NI
	1B2	**1B2**	**1B2**	**오일 및 천연가스**					
	1B2a	1B2a	1B2a	석유					
	1B2ai	1B2c	1B2c	venting	B521, B923 and B926	NI	NI	NI	NI
	1B2aii	1B2d	1B2d	flaring	B521, B923 and B926	NI	NI	NI	NI

표 7.1(계속)
IPCC 카테고리와 EMEP/CORINAIR 가이드북[1]의 대응하는 방법론 장들 간의 연결

보고서 카테고리				배출원 부문		EMEP/CORINAIR 인벤토리 가이드북 장	NOx	CO	NM-VOC	SOx
IPCC 카테고리		CRF	NFR				카테고리로부터의 배출에 대한 관련성			
1B 연료로부터 탈루성 배출	1B2aiii1	1B2ai	1B2ai	탐사		B521 and B541	A	A	A	A
	1B2aiii2	1B2aii	1B2aii	생산 및 개량		B521 and B541	A	A	A	A
	1B2aiii3	1B2aiii	1B2aiii	수송		B521 and B541	A	A	A	A
	1B2aiii4	1B2aiv	1B2aiv	정제		B521 and B541	A	A	A	A
	1B2aiii5	1B2av	1B2av	석유제품의 분배		B551	NO	NO	A/B	NO
	1B2aiii6	1B2avi	1B2avi	기타		B521 and B541	NO	NO	NO	NO
	1B2b	1B2b	1B2b	천연가스		B521 and B561	NO	NO	A	NO
	1B2bi	1B2c	1B2c	venting		B521, B923 and B926	NI	NI	NI	NI
	1B2bii	1B2d	1B2d	flaring		B521, B923 and B926	NI	NI	NI	NI
	1B2biii	1B2e	1B2e	기타		B521 and B561	NO	NO	NO	NO
	1B3	**1B3**	**1B3**	**에너지 생산으로부터의 기타 배출**		B570	NI	NI	NI	NI
1C CO_2수송 및 저장	**1C**			**CO_2 수송 및 저장**						
2 산업공정 및 제품 사용										
2A 광물 산업	2A1	2A1	2A1	시멘트 생산		B3311	(A = fuel rated)	(A = fuel rated)	(A = fuel rated)	(A = fuel rated, process rated depends on the process)
	2A2	2A2	2A2	석회 생산		B3312 (fuel rated and diffuse) and B461	(A = fuel rated)	(A = fuel rated)	(A = fuel rated)	(A = fuel rated)
	2A4	2A3	2A3	탄산염의 기타 공정 이용		B4618	B	B	B	B
	2A4b	2A4	2A4	소다회의 기타 이용		B4619	B	B	B	B
	2A3	2A7	2A7	**비연료 채굴 및 건설(Construction)을 포함하는 기타 부문**	유리 생산	B3314	(A) depending on the process	(NS) dependingon the process	(NS) dependingon the process	(A) depending on the process
	2A5 Other	2A7	2A7		건전지 생산	B461	NS/B	NS /B	NS/B	NS/B
		2A7	2A7		미네날 광석 추출	B461	NS/B	NS/B	NS/B	NS/B
		2A7	2A7		기타	B461	NS	NS	NS	NS
2 B 화학 산업	2B1	2B1	2B1	암모니아 생산		B443	NS/B	NS/B	NS/B	NS/B
	2B2	2B2	2B2	질산 생산		B442	A	NS	NS	NO
	2B3	2B3	2B3	아디프산 생산		B4521	NS/B	NO	NO	NO
	2B5	2B4	2B4	카바이드 및 칼슘카바이드 생산		B443	NS/B	NS/B	NS/B	NS/B
	2B4	2B5	2B5	카프로락탐 생산		-	NS/B	NS/B	NS/B	NS/B
	2B4	2B5	2B5	글리옥실산 생산		B453	NS	NS	B	NS
	2B6	2B5	2B5	이산화티탄 생산		B443	NS/B	NS/B	NS/B	NS/B
	2B7	2A4	2A4	소다회의 생산		B4619	B	B	B	B
	2B8	석유화학 제품 및 카본 블랙 생산								
	2B8a	2B5	2B5	메탄을 생산			NS	NS	A	NS

표 7.1(계속)
IPCC 카테고리와 EMEP/CORINAIR 가이드북[1]의 대응하는 방법론 장들 간의 연결

보고서 카테고리				배출원 부문	EMEP/CORINAIR 인벤토리 가이드북 장	NOx	CO	NM-VOC	SOx
IPCC 카테고리		CRF	NFR			카테고리로부터의 배출에 대한 관련성			
	2B8b	2B5	2B5	에틸란 생산	B451	NS	NS	A	NS
	2B8c	2B5	2B5	2염화 에틸렌 및 염화 비닐 단위체	B454	NO	NS	NS	NO
	2B8d	2B5	2B5	산화 에틸렌 생산	B453	NS	NS	NS	NS
	2B8e	2B5	2B5	아크릴로니트릴	B4520	NO	NO	A	NO
	2B8f	2B5	2B5	카본 블랙 생산	B443	NS	NS	NS	NS
	2B9			불소화합물 생산					
		2B5	2B5	황산 생산	B441	NS	NS	NS	A
		2B5	2B5	황산암모늄 생산	B443	NS	NS	NS	NS
		2B5	2B5	질산암모늄 생산	B443	NS	NS	NS	NS
		2B5	2B5	인산염 암모늄 생산	B443	NS	NS	NS	NS
		2B5	2B5	NPK 비료	B443	NS	NS	NS	NS
		2B5	2B5	요소	B443	NS	NS	NS	NS
		2B5	2B5	흑연	B443	NS	NS	NS	NS
		2B5	2B5	염소생산	B443	NS	NS	NS	NS
		2B5	2B5	인산 비료 생산	B443	NS	NS	NS	NS
		2B5	2B5	무기화학제품의 저장 및 이용	B443	NS	NS	B	NS
		2B5	2B5	기타	B443	NS	NS	NS	NS
		2B5	2B5	프로필렌 생산	B452	NO	NO	A	NO
		2B5	2B5	1,2 dichoroethane 생산	B453	NS	NS	NS	NS
		2B5	2B5	1,2 dichloroethane + vinylchloride	B455	NO	NO	A	NO
		2B5	2B5	폴리프로필렌 (낮은 밀도) 생산	B456	NO	NO	A	NO
		2B5	2B5	폴리프로필렌 (높은 밀도) 생산	B456	NO	NO	A	NO
	2B10 기타	2B5	2B5	폴리 염화 비닐 생산	B458	NO	NO	A	NO
		2B5	2B5	폴리프로필렌 생산	B459	NO	NO	A	NO
		2B5	2B5	스티렌 생산	B4510	NO	NO	A	NO
		2B5	2B5	폴리스티렌 생산	B4511	NO	NO	A	NO
		2B5	2B5	스티렌 부타디엔 생산	B4512	NO	NO	A	NO
		2B5	2B5	스티렌 부타디엔 라텍스 생산	B4512	NO	NO	A	NO
		2B5	2B5	스티렌 부타디엔 고무(SBR) 생산	B4512	NO	NO	A	NO
		2B5	2B5	아크릴로니트릴 부타디엔 스티렌 수지 생산 (ABS)	B4512	NO	NO	A	NO
		2B5	2B5	포름알데히드 생산	B453	NS	NS	NS	NS
		2B5	2B5	에틸벤젠 생산	B4518	NO	NO	NS	NO
		2B5	2B5	무수프탈산 생산	B4519	NO	NS	A	NS
		2B5	2B5	유기화학제품의 저장 및 이용	B453	NS	NS	B	NS
		2B5	2B5	할로겐화 탄화수소 생산	B453	NS	NS	B	NS
		2B5	2B5	농약 생산	B453	NS	NS	B	NS
		2B5	2B5	잔류성 유기오염물질 생산	B453	NS	NS	B	NS
		2B5	2B5	기타(phytosanitary)	B453	NS	NS	B	NS

표 7.1(계속)
IPCC 카테고리와 EMEP/CORINAIR 가이드북[1]의 대응하는 방법론 장들 간의 연결

보고서 카테고리				배출원 부문	EMEP/CORINAIR 인벤토리 가이드북 장	NOx	CO	NM-VOC	SOx
IPCC 카테고리		CRF	NFR			카테고리로부터의 배출에 대한 관련성			
2 C 금속 산업	2C1 철강생산			고로가스 충전	B422	NS	A	NS	NS
				선철 뽑기	B423	NS	NS	NO	NS
				철강공장의 노출된 연소로	B425	A	NS	NS	NS
				철강공장의 기본적인 산소로	B426	NS	A	NS	A
				철강공장의 전자로	B427	A	A	NS	NS
				압연공정	B428	NS	NS	NS	NS
				소결 및 경량화 공정	B331	A	A	A	A
				기타	B4210	NS	NS	NS	NS
	2C2	2C2	2C2	합금철 생산	NS	NS	NS	NS	NS
	2C3	2C3	2C3	알루미늄 생산	B431	NS	A	NS	A
	2C6	2C5	2C5	아연 생산		NO	NO	NO	NI
	2C5	2C5	2C5	납 생산		NO	NO	NO	NI
	2C4	2C5	2C5	마그네슘 생산	B432	NS	NS	NS	NS
	2C7 Other	2C5	2C5	실리시움 생산	B432	NS	NS	NS	NS
		2C5	2C5	니켈 생산	B432	NS	NS	NS	NS
		2C5	2C5	합금철 생산	B432	NS	NS	NS	NS
		2C5	2C5	아연 도금	B432	NS	NS	NS	NS
		2C5	2C5	전기 도금	B432	NS	NS	NS	NS
		2C5	2C5	기타	B432	NS	NS	NS	NS
2D 연료로부터 비에너지 제품 및 용매 사용	2D1	3D	3D	윤활류 이용		NO	NO	NI	NO
	2D2	3D	3D	파라핀 왁스 이용		NO	NO	NI	NO
	2D4	2A5	2A5	아스팔트 지붕	B4610	NS	A	A	NS
		2A6	2A6	아스팔트 도로포장	B4611	A	A	A	A
	2D3	아래의 **"용매 사용"** 참고		용매 사용					
2D3 용매 사용		CRF/NFR 3A 페인트 사용							
		3A	3A	자동차 제작	B610	NO	NS	A/B	NO
		3A	3A	자동차 정비	B610	NO	NO	A/B	NO
		3A	3A	건설	B610	NO	NO	A/B	NO
		3A	3A	국내 사용	B610	NO	NO	A/B	NO
		3A	3A	전선 코팅	B610	NO	NO	A/B	NO
		3A	3A	보트 제조	B610	NO	NO	A/B	NO
		3A	3A	목재 페인팅/코팅	B610	NO	NO	A/B	NO
		3A	3A	다른 산업적 페인트 사용	B610	NO	NO	A/B	NO
		3A	3A	다른 비산업적 페인트 사용	B610	NO	NO	A/B	NO
		CRF/NFR 3B 기름 제거 및 드라이 클리닝							
		3B	3B	금속의 기름기 제거	B621	NS	NS	A	NS
		3B	3B	드라이 클리닝	B622	NO	NO	A	NO
		3B	3B	전자부품 생산	B623	NS	NS	NS	NS
		3B	3B	기타 산업 세탁	B623	NS	NS	NS	NS

표 7.1(계속)
IPCC 카테고리와 EMEP/CORINAIR 가이드북[1]의 대응하는 방법론 장들 간의 연결

보고서 카테고리				배출원 부문		EMEP/CORINAIR 인벤토리 가이드북 장	NOx	CO	NM-VOC	SOx
IPCC 카테고리		CRF	NFR				카테고리로부터의 배출에 대한 관련성			
		CRF/NFR 3 C 화학제품 생산 및 공정								
2D4 기타		3C	3C	폴리에스테르 공정		B631	NS	NS	A/B	NS
		3C	3C	폴리비닐클로라이드 공정		B631	NS	NS	A/B	NS
		3C	3C	폴리우레탄 폼 공정		B633	NS	NS	A	NS
		3C	3C	폴리스티렌 폼 공정		B631	NS	NS	A	NS
		3C	3C	고무 공정		B631	NS	NS	A/B	NS
		3C	3C	의약 제품 제조		B631	NS	NS	A/B	NS
		3C	3C	페인트 제조		B631	NS	NS	A/B	NS
		3C	3C	잉크 제조		B631	NS	NS	A/B	NS
		3C	3C	아교 제조		B631	NS	NS	A/B	NS
		3C	3C	아스팔트		B6310	NS	A	A	NS
		3C	3C	접착제, 자기테이프, 필름 및 사진 제조		B631	NS	NS	A/B	NS
		3C	3C	염직		B631	NS	NS	A/B	NS
		3C	3C	가죽 태닝		B631	NS	NS	A/B	NS
		3C	3C	기타		B631	NS	NS	A/B	NS
		3C	3C			B631	NS	NS	A/B	NS
		CRF/NFR 3 D 기타(HMs 및 POPs 포함)								
2D4 기타		3D	3D	유리섬유코팅		B641	NS	NS	B	NS
		3D	3D	압면 코팅		B641	NS	NS	B	NS
		3D	3D	인쇄 산업		B643	NO	NO	A/B	NO
		3D	3D	지방, 식용/비식용유 추출		B644	NS	NS	A	NS
		3D	3D	아교 및 접착제 관련		B641	NS	NS	B	NS
		3D	3D	목재 표면처리		B646	NO	NO	A	NO
		3D	3D	차량도장 및 도색		B647	NO	NO	3A 카테고리 참조	NO
		3D	3D	국내 용제 사용		B648	NO	NO	A/B	NO
		3D	3D	자동차 왁싱제거		B647	NO	NO	A	NO
		3D	3D	의약품 국내 사용		B641	NS	NS	B	NS
		3D	3D	기타(종자 처리 등)		B641	NS	NS	B	NS
		3D	3D	기타(마취. 냉장 및 냉방, 전자기구 등)		B651	NS	NS	B	NS
2E		2F		**전자산업**						
2F		2F		**오존층 파괴물질의 대체물로써 제품 사용**						
2G		2F,3D	3D	**기타 제품 사용(NFR 3D 참조)**			NS	NS	NS	NS
2H 기타	2H1	2D1	2D1	펄프 및 제지						
		2D1	2D1	목재처리, 종이펄프, 음식, 음료 및 기타 산업	펄프 및 제지 - 판지	B461	NS	NS	NS	NS
		2D1	2D1		펄프 및 제지(황산염법)	B462	A	NS	A	A
		2D1	2D1		펄프 및 제지(아황산법)	B463	A	NO	A	A
		2D1	2D1		펄프 및 제지 (중성아황산반화학펄프화법)	B464	A	NO	A	A
	2H2	2D2	2D2	음식 및 음료						
		2D2	2D2	목재처리, 종이펄프, 음식, 음료 및 기타 산업	음식 및 음료 - 빵	B465	NS	NS	A	NS
		2D2	2D2		음식 및 음료 - 와인	B466	NS	NS	A	NS
		2D2	2D2		음식 및 음료 - 맥주	B466	NS	NS	A	NS
		2D2	2D2		음식 및 음료 - 청량음료	B466	NS	NS	A	NS
	2H3			기타						

표 7.1(계속)
IPCC 카테고리와 EMEP/CORINAIR 가이드북[1]의 대응하는 방법론 장들 간의 연결

보고서 카테고리				배출원 부문	EMEP/CORINAIR 인벤토리 가이드북 장	NOx	CO	NM-VOC	SOx
IPCC 카테고리		CRF	NFR			카테고리로부터의 배출에 대한 관련성			
3. 농업, 산림 및 기타 토지 이용									
3A 가축	3A1	4A	4A	장내발효	B1040	NO	NO	NO	NO
	3A2	4B	4B	비료관리	B1050, B100511, N1090	NO	NO	B	NO
3B 토지	3B1	5A	5A	산림의 변화 및 다른 목재 바이오매스 축적량	B112100	B	B	A	B
	산림	5B	5B	산림과 초지의 전환	B112200	A	B	NS	B
		5C	5C	관리된 토지의 유기	B112300	A	B	NS	B
		5E	5E	관리된 산림	B1101, B110117	NI	NI	A	NI
				관리되지 않은 산림	B1101, B110117	NI	NI	A	NI
				기타	B112500	NS	NS	NS	NS
	3B2			농경지		NS	NS	NS	NS
	3B3	4D	4D	초지(자연적 초지, 식물, 토양 등)	B1104, B110117	A	NI	A	NI
	3B4	4D	4D	습지	B1105	NI	NI	NI	A
	3B5	4E	4E	기타	B1060	NO	NO	NO	NO
	3B6			기타 토지					
3C	3C1a	5B	5B	산림과 식물의 발화(fires)	B1103	A	A	A	A
	3C1b	4F	4F	농업폐기물의 현장 소각	B1939	A	A	A	A
	3C1c	4D	4D	산불 방지를 위한 인공적 방화		B	B	B	B
	3C4	4D	4D	농업용 토양에서의 직접적 배출	B1010, B1020, B1105	A	NO	A	NO
	3C7	4C	4C	쌀 경작	B1010, B1020	A	NO	A	NO
3D 기타	3D1	NA	NA	수확된 목재제품		NO	NO	B	NO
	3D2	NA	NA	화산	B1108	NO	NO	NO	A
		NA	NA	가스 누출지	B110900	NO	NO	NO	NO
		NA	NA	번개	B111000	A	NO	NO	NO
		NA	NA	야생동물	B1107	NO	NO	NS	NO
		4D	4D	물	B1106	NO	NO	B	B
4. 폐기물									
4. 폐기물	4A & 4B	6A	6A	고형폐기물의 처리 및 매립과 생물학적 처리	B940	NO	NO	A/B	NO
	4C	6C	6C	폐기물의 소각	B921, B922, B924, B925 B927, B970, B991, B992	A	A	NI/B	A
	4D	6B	6B	폐수 처리 및 배출	B9101 및 B9107	NO	NO	A	NO
	4E	6D	6D	기타 폐기물	B9101, B9203, B9105, B9106	A	A	A	NO
5. 기타									
	5A			간접적인 N2O의 배출					
	5B	7	7	지열 에너지 추출	B570	NO	NO	NI	NO/B

*) 소형 연소 장치에 관련관 장은 웹사이트 http://tfeip-secretariat.org/unece.htm > Expert Panels > ExpertPanel on Combustion and Industry에서 사용할 수 있다.

[1] 본 참고자료는 이들 가이드라인이 출판될 때 EMEP/CORINAIR 가이드북 버전에 대해 유효하다.

7.3 NO_X와 NH_3에 있는 질소의 대기중 침적으로부터 발생하는 간접적인 N_2O 배출

이 지침서(Guidance)에서, 직접적인 아산화질소의 배출은 관리된 토양으로의 인간에 의한 순 질소 유입(net nitrogen input) (예를 들어, 합성 내지 유기 비료, 침적된 퇴비, 농작물 지꺼기, 오수 슬러지) 또는 질소 주기(nitrogen cycling)에 대한 관리 활동의 간섭의 결과로서 토양내의 무기 질소의 기타 변화 (예를 들어, 유기질 토양의 배수/관리 또는 광물질 토양의 경작/토지이용 변화에 뒤따르는, 토양 유기물에 있는 질소의 광화(mineralization))에 기초하여 산정된다.

이러한 N_2O의 직접적인 배출에 추가하여, 두 가지 다른 질소 손실 경로(nitrogen loss pathways)의 결과로서 간접적인 배출이 또한 발생한다. 이러한 경로에는 (1) NH_3와 NO_x로서 질소가 휘발/배출되고 토양 및 수중에 암모늄 (NH_4+)과 질소 산화물 (NO_x)로서 이러한 형태의 질소가 이후에 침적되고, (2) 합성 및 유기 질소비료의 유입, 농작물 지꺼기, 토지 이용의 변화 내지 관리 활동을 통한 질소의 광화, 및 방목 동물의 오줌과 똥으로부터 발생하는 질소가 지하수, 강기슭 및 습지, 하천, 최종적으로 연안 바다로 침출 및 범람되는 것이 있다.

NH_3와 NO_x로서 질소의 휘발은 화석연료 및 바이오매스의 연소와 산업 공정에서 뿐만 아니라, 토지에 적용된 농업용 비료와 퇴비 관리 모두에서 발생한다. 다시 침적되기 전에, NO_x와 NH_3는 전형적으로 다른 질소 화합물로 변환된다. 질소 산화물은 대기중 내지 침적시에 일반적으로 가수분해되어 질산 (HNO_3)을 형성하며, 반면에 NH_3 가스는 일반적으로 대기중의 질산 내지 황산 (H_2SO_4)과 결합하여, 미립자 암모늄 (NH_4+) 형태로 변환되는 질산암모늄과 황산암모늄 에어로졸을 형성한다. 비-농업 배출원에서의 이러한 반응적 질소 화합물의 토양 및 수중에서의 침적은 농업 배출원에서의 침적에서 발생하는 것과 정확히 유사한 방식으로 N_2O의 배출을 초래한다. 그러므로 이런 다양한 배출원에서 발생하는 N_2O의 간접적인 배출은 동일한 배출계수가 토양 및 수중 침적에 적용된다는 가정을 이용하여 가이드라인에 포함된다.

7.3.1 방법론

인간활동에 따른 모든 NH_3 또는 NO_x 배출은 N_2O 배출의 잠재적 원천이다[4]. (1) 퇴비 관리 시스템과 오수 슬러지의 적용, (2) 관리된 토양으로 합성 및 유기 질소의 유입과 방목 동물에 의해 침적된 오줌 및 똥의 질소에서의 NO_x와 NH_3의 휘발과 관련된 해당 부분의 질소 화합물로부터 발생하는 N_2O 배출을 산정하는 특정한 지침은 AFOLU에 관한 제 4권의 제 10장, 10.5절, 가축 및 퇴비 관리로부터 발생하는 배출과 11장, 11.2.2절, 토양 개량으로부터 발생하는 N_2O와 CO_2 배출에서 제공된다.

이 절은 연료 연소, 산업 공정, 농작물 지꺼기 및 농업 폐기물의 연소와 같은, NO_x와 NH_3 배출의 기타 모든 원천으로부터 발생하는 질소 화합물의 대기중 침적으로부터 발생하는 N_2O 배출을 산정하는 지침을 제공한다. 예를 들어, 7.2절에서 확인된 인벤토리와 같이, 이들 배출원으로부터 발생하는 NO_x와 NH_3 배출에 관한 자료가 이용가능한 경우에만 방법을 적용할 필요가 있다.
NO_x와 NH_3로부터 발생하는 질소의 대기중 침적으로부터 발생하는 N_2O 배출을 산정하기 위해

[4] 토양 및 지표수에 다시 침적되는 것에 추가하여, NH_3는 대기중의 화학반응으로 N_2O의 형성을 또한 초래할 수 있다. 그렇지만, 대기중에서 NH_3가 N_2O로 전환되는 것을 산정하기 위해 이용가능한 방법은 현재 존재하지 않는다.

식 7.1과 제 4권의 11.2.2.1절, 식 11.9의 EF_4가 이용될 수 있다.

식 7.1
NO_X와 NH_3의 대기중 침적으로부터 발생하는 N_2O 배출

$$N_2O_{(i)} = [(NO_x - N_{(i)}) + (NH_3 - N_{(i)})] \cdot EF_4 \cdot 44/28$$

여기서:

$N_2O_{(i)}$=배출원 i로부터 발생하는 NOx와 NH_3 배출로부터 발생하는 N의 대기중 침적으로부터 생성되는 N_2O, 단위 Gg

$NOx\text{-}N_{(i)}$=NOx가 NO_2 등가로 보고된다고 가정할 때 배출원 i로부터 발생하는 NOx 배출의 질소 함유량 (Gg NOx-N 또는 Gg NO_2 • 14/46)

$NH_3\text{-}N_{(i)}$=배출원 i로부터 발생하는 NH_3 배출의 질소 함유량 (Gg NH_3-N 또는 Gg NH_3 • 14/17)

EF_4=토양 및 수중의 표면에서 N의 대기중 침적으로부터 발생하는 N2O 배출에 대한 배출계수 (kg N_2O-N/kg NH_3-N 또는 배출된 NOx-N).

활동자료 NOx-N(i)와 NH3-N(i) 는 이용가능하다면, 7.2절에서 확인된 것과 같은 인벤토리에서 구해진다.

이 방법은 대기중 침적으로부터 발생하는 N_2O 배출이 원래의 NO_x와 NH_3 배출을 생성하는 국가에 의해 보고된다고 가정한다. 실제로는 N_2O의 최종적 형성은 배출의 대기중 수송으로 인해 다른 국가에서 발생할 지 모른다. 방법은 또한 NO_x와 NH_3 배출과 토양 및 지표수에서의 이후의 N_2O 생성간의 가능한 지연 시간을 고려하지 않는다. 이러한 시간 지연은 연간 보고주기에 비해 작을 것으로 기대된다.

7.3.2 품질보증/품질관리, 보고 및 문서화

국가가 이미 이들 가스의 인벤토리를 가지고 있는 경우에 NO_x와 NH_3의 대기중 침적으로부터 발생하는 N_2O 배출을 산정 및 보고하는 것은 *우수실행(good practice)*이다. 계산을 위해, 원래의 NO_x와 NH_3가 배출되는 동일한 연도에 N_2O가 배출된다고 가정된다.

농업 배출원에 대해 산정된 배출과 일관성을 보장하고 이중계산를 방지하면서 배출을 산정하는 것은 *우수실행(good practice)*이다. N_2O 배출은 NH_3 또는 NO_x를 배출하는 국가의 외부에서 발생할 지 모르기 때문에, 국가 내지 지역에 고유한 배출계수의 이용은 철저히 문서화되어야 한다.

NH_3와 NO_x의 대기중 침적으로부터 발생하는 N_2O 배출은 모든 부문에 대해 첨부 8A.2에 있는 보고용 표 5A에서 보고되며, AFOLU 부문은 첨부 8A.2의 표 3.8에서 보고된다.

참고문헌

EC (2003). Reference document on the general principles of monitoring, July 2003, 111 pp. European Commission (EC) Directorate-General for Environment, Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). http://eippcb.jrc.es/pages/ FActivities.htm

EEA (2001). EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook, third ed. Technical report No. 30, European Environmental Agency (EEA). http://reports.eea.eu.int/technical_report_2001_3/en

EEA (2005). “"EMEP/CORINAIR. Emission Inventory Guidebook - 2005”", Technical report No 30. European Environmental Agency (EEA). Copenhagen, Denmark, (December 2005). http://reports.eea.eu.int/EMEPCORINAIR4/en

IPCC (1997a). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories, Volume 1-3.. Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Tr□anton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. and Callander B.A. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA, Paris, France.

UNECE (1979). Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution, United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). http://www.unece.org/env/lrtap/welcome.html

UNECE. (2003). Guidelines for Estimating and Reporting Emission Data under the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. ECE/EB.AIR/80. ISSN 1014-4625. ISBN 92-1-116861-9. Air Pollution Studies No. 15. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), United Nations, New York and Geneva.

제8장

보고지침 및 표

저자

Maria Jose Sanz Sanchez (스페인),
Sumana Bhattacharya (인도), and Katarina Mareckova (슬로바키아)

목 차

8 보고 지침 및 표
8.1 서론 ····· 8.4
8.2 보고 지침 ····· 8.4
8.2.1 적용범위 ····· 8.4
8.2.2 포함되는 가스들 ····· 8.5
8.2.3 보고의 시간틀 (Time frame) ····· 8.7
8.2.4 부문(Sectors)과 카테고리(categories) ····· 8.7
8.2.5 표기 기호(Notation keys) 및 완전성 정보 ····· 8.8
8.2.6 단위와 자리수 ····· 8.9
8.2.7 시계열 ····· 8.9
8.2.8 간접적인 N_2O ····· 8.9
8.3 보고용 표의 소개 ····· 8.9
8.4 기타 보고 ····· 8.10
8.5 카테고리의 분류 및 정의 ····· 8.11
참고문헌 ····· 8.30

표

표 8.1 표기 기호 ····· 8.8
표 8.2 배출 및 흡수에 관한 카테고리의 분류 및 정의 ····· 8.12

박 스

박스 8.1 전구체의 배출 보고 ····· 8.7

8 보고 지침 및 표

8.1 서론

이 장은 자료를 제공하는데 이용된 방법과 관계없이, 완전하고, 일관되고, 투명한 국가 온실가스 인벤토리를 위한 지침을 제공한다. *국가 온실가스 인벤토리 작성을 위한 1996 IPCC 가이드라인*에서 제공된 배출 및 흡수를 보고하는 프레임워크는 큰 변화없이 *국가 온실가스 인벤토리 작성을 위한 2006 IPCC 가이드라인*에서 더욱 정교해졌다. *1996 IPCC 가이드라인*으로부터의 대부분의 변화된 부분은 투명한 방식으로 온실가스의 배출과 흡수를 보고할 필요에 의해서 생겨났다. 보고의 일관성을 증대시키기 위해서나, 지난 10년간의 방법론 개발의 결과로 변화된 부분들이 도입되었다. 농업 및 토지이용 변화, 임업 부문은 완전성 및 일관성의 증대를 가져오도록 재구성되었다. 많은 국가들이 1년 이상 인벤토리를 준비했을 것이기 때문에, 배출 및 흡수의 추세를 보고하는 표가 보고용 표로서 포함되었다. 불확도와 같은 일반적인 인벤토리 이슈에 대해 표를 보고하기 위해, 주 카테고리가 제공된다.

8.2 보고 지침

8.2.1 적용범위

인간에 의한 배출 및 흡수

*2006 가이드라인*은 인위적 온실가스 배출 및 흡수의 국가인벤토리에 대해 산정하고 보고하기 위해 설계되었다. 인간에 의한 배출 및 흡수는 국가인벤토리에 포함되는 온실가스 배출 및 흡수가 인간활동의 결과라는 것을 의미한다.

국가 인벤토리 (National inventory)

국가인벤토리는 국가가 관할권을 가지는 국가 영토 및 근해 지역 내에서 발생하는 온실가스 배출 및 흡수를 포함해야 한다. 그렇지만, 고려해야 할 일부 특정한 이슈가 존재한다:

- 국제수송에 이용되는 선박 또는 항공기의 이용을 위한 연료로부터의 배출은 국가 총계에 포함되지 말아야 한다. 세계적 완전성(global completeness)을 보장하기 위해, 이들 배출은 따로 보고되어야 한다.
- 도로 차량으로부터의 CO_2 배출은 연료가 최종 이용자에게 판매되는 국가에 귀속되어야 한다. 동일한 할당 원칙이 배출을 산정하기 위해 이용되는 계층(tier)에 따라 다른 가스들에 적용될 수 있다.
- 어업은 내륙, 연안, 원양 어업에서 이용되는 연료로부터의 배출을 포함한다. 연안 및 원양 어업에서 이용되는 연료로부터 발생하는 배출은 연료를 배달하는 국가에 할당되어야 한다.
- 군용 연료 이용은 "1A5 설정안됨(1A5 Non-specified)"하에서 보고되며, 이 부문은 국가의 모든 이동형 및 고정형 소비 (예, 선박, 항공기, 도로, 거처에서 이용되는 에너지)에 대한 연료 공급을 포함한다. 유엔헌장에 따른 다원적인 작전(multilateral operations)으로부터의 배출은 국가

총계에 포함되지 않는다. 어떤 활동이 다원적인 작전 부문에 포함되는지 명확히 문서화하고 보고용 표에서 메모 항목으로 보고하는 것은 *우수실행(good practice)*이다.

- 예를 들어, 원유, 가스, CO_2를 수송하는 파이프라인으로부터의 일시적인 배출은 근해 지역을 포함하여, 파이프라인의 국가 영토에 따라 할당되어야 한다. 이는 하나의 파이프라인으로부터의 배출이 2개 이상의 국가간에 배분될 것임을 의미한다.
- 지층(geological formations)에 저장된 CO_2의 주입(injection) 및 가능한 이후의 누출과 관련된 배출은 국가 관할권 또는 국제적 권리에 의해 주입지점이 위치한 국가에 연결되어야 한다. 이는 국가 경계를 가로지르는 지층으로부터의 CO_2 누출로부터 발생하는 배출을 포함한다.
- 화석연료 또는 탄소의 비생체적 원천(nonbiogenic sources)으로부터 제조된 비연료 제품들에 저장된 탄소에 대한 IPCC 방법론은 이들의 생산, 이용, 파괴로부터 방출된 배출을 고려한다. 예를 들어 폐기물 소각에서처럼, 배출은 그것이 발생하는 때와 장소의 각 단계에서 산정된다.
- CO_2 배출이 산업공정 또는 대규모 연소 배출원(combustion sources)으로부터 포집되는(captured) 경우에, CO_2가 2권의 5장에서 제시되는 것처럼 적절하게 감시되는 지질적 저장부지(geological storage sites)에서 저장되는 것으로 보이지 않는다면, 배출은 CO_2를 생성하는 부문(sector)에 할당되어야 한다. 예를 들어, 온실과 청량음료에서, 이용을 위해 포집되고 부지 밖으로 수송되는 CO_2 로부터의 배출은 CO_2가 포집된 부문에 할당되어야 한다.
- 에너지를 위한 바이오매스 연소로부터의 CO_2 배출은 탄소량에서의 순 변화량(net changes)의 부분으로서 AFOLU 부문에서 산정되고 보고된다.
- 수확된 목제품(harvested wood products (HWP))을 보고할 때, 국가들은 HWP로부터의 배출/흡수를 산정하기 위해 AFOLU 부문을 위한 4권의 12장에서 반영되는 접근법을 선택할 수 있다.
- 대기중의 질소 축적(atmospheric nitrogen deposition)으로부터 발생하는 N2O는 산화질소(nitrogen oxides)와 암모니아를 배출하는 국가에 할당되고 N_2O가 같은 연도에 배출되었다고 가정된다.

8.2.2 포함되는 가스들

*2006 가이드라인*은 아래의 두 그룹의 온실가스에 적용될 수 있다[1]

TAR에서 GWP를 가지며 몬트리올 의정서(Montreal Protocol)에 포함되지 않은 온실가스

*1996 가이드라인*에서 포함된 온실가스에 추가하여, IPCC Third Assessment Report (TAR)에서 지수온난화지수(global warming potential (GWP)) 값이 주어진 가스는 그들이 몬트리올 의정서에 포함되지 않으면 *2006 가이드라인*[2]에 포함된다.

1 소수의 경우에, 방법이 이용가능하지만, *2006 가이드라인*은 제한된 연구 또는 문헌 때문에 모든 부문-가스 조합에 대한 내정된(default) 배출계수를 제공하지 않는다. 이들 가스가 내정된 배출계수가 제공되지 않는 부문에서 발생한다고 기대한다면, 인벤토리에 이들 배출을 포함하기 위해 개발국에 고유한 자료의 실행가능성을 탐구하는 것은 *우수실행(good practice)*이다. 국가에 고유한 자료를 개발하는 것이 가능하지 않다면, 이들 배출이 발생하지만 산정되지 않았다는 문서를 제공해야 한다.

포함된 온실가스는 다음과 같다:

- 이산화탄소 (CO_2)
- 메탄 (CH_4)
- 아산화질소 (N_2O)
- 수소화불화탄소 (HFCs: 예를 들어, HFC-23 (CHF_3), HFC-134a (CH_2FCF_3), HFC-152a (CH_3CHF_2))
- 과불화탄소 (PFCs: CF_4, C_2F_6, C_3F_8, C_4F_{10}, c-C_4F_8, C_5F_{12}, C_6F_{14})
- 육불화황 (SF_6)
- 삼불화질소 (NF_3)
- trifluoromethyl sulphur pentafluoride (SF_5CF_3)
- 할로겐화 에테르(예를 들어, $C_4F_9OC_2H_5$, $CHF_2OCF_2OC_2F_4OCHF_2$, $CHF_2OCF_2OCHF_2$)
- CF_3I, CH_2Br_2, $CHCl_3$, CH_3Cl, CH_2Cl_2 를 포함하여 몬트리올 의정서에 포함되지 않은 기타 할로겐화 탄소

몬트리올 의정서에 포함되지 않은 기타 할로겐화 온실가스(halogenated greenhouse gases)

*2006 가이드라인*은 몬트리올 의정서에 포함되지 않고 TAR로부터 GWP 값이 이용가능하지 않은 다음과 같은 할로겐화 온실가스에 대한 산정방법을 또한 제공한다:

- $C_3F_7C(O)C_2F_5$[3]
- C_7F_{16}
- C_4F_6
- C_5F_8
- c- C_4F_8O

일부 방법들은 (예를 들어, Fluorinert™, Galden® 제품군의 상표로 거래되는 여러 가지 유체(fluid) 및 혼합물(blend)을 포함하여)[4] 몬트리올 의정서에 의해 통제되지 않는 기타 할로겐화 탄소에 대해 이용될 수 있다.

이들 및 기타 온실가스들은 단지 다음의 IPCC Assessment Reports에서의 GWP 값을 이용하여 주 카테고리 분석에서 고려되거나 국가 총배출에 포함될 수 있을 것이다. 이들 GWP 값이 아직 이용가능하지 않다면, 국가들은 *2006 가이드라인*에서 제공되는 방법을 이용하여 질량 단위(mass

2 Working Group I에 의한 IPCC Third Assessment Report "Climate Change 2001: The Scientific Basis"를 참고한다:
Table 6.7 (http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/248.htm#tab67),
Table 6.8 (http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/249.htm#tab68).

3 이 가스는 3M에 의해 생산된 fluorinated ketone인 Novec™612로 거래된다 (Milbrath, 2002).

4 Fluorinert™ 물질은 바람직한 속성을 얻기 위해 fully fluorinated alkanes, ethers, tertiary amines, aminoethers, 그것들의 혼합으로부터 선택된다. Galden® 유동체(fluids)는 perfluoropolyethers (PFPEs)로 불리는 다양한 fully fluorinated polyethers의 범위를 가진다.

units)로 산정치를 제공하도록 권고된다. 이를 위해, 보고용 표가 제공된다.

기타 가스들

오존전구체(ozone precursors)인 산화질소 (NOx), 비메탄 휘발성 유기화합물 (non-methane volatile organic compounds) (NMVOC), 일산화탄소 (CO), 에어로졸 전구체(aerosol precursors)인 이산화황 (SO_2)과 암모니아 (NH_3)는 국가가 이들 가스의 인벤토리를 준비했다면 적절한 표에서 보고되어야 한다. 박스 8.1은 이들 가스의 간단한 설명을 제공한다.

박스 8.1
전구체의 배출 보고[5]

NO_x는 NO_2 질량 등가로 보고된 NO, NO_2를 포함한다.
SO_2는 SO_2 질량 등가로 표현된 모든 황화합물을 포함한다.
NMVOC는 293.15 K에서 0.01 KP 이상의 증기압(vapour pressure)을 가지거나 특정한 이용조건하에서 대응하는 휘발성을 가지는 비메탄 유기화합물을 의미한다.
NH_3는 NH_3 질량 단위로 보고된다.

8.2.3 보고의 시간틀 (Time frame)

배출 및 흡수를 보고하기 위해 역년(calendar year)를 이용하는 것은 *우수실행(good practice)*이다. 2장, 자료수집에 대한 접근법은 역년 보고를 위한 자료가 이용가능하지 않거나 적절하지 않다고 생각될 때 어떻게 진행해야 하는지에 대한 지침을 제공한다.

8.2.4 부문(Sectors)과 카테고리(categories)

*2006 가이드라인*은 배출 및 흡수 카테고리를 5개의 주요 부문으로 그룹화한다.

- 에너지 (Energy)
- 산업공정및 제품 사용 (Industrial Processes and Product Use (IPPU))
- 농업, 산림 및 기타 토지이용 (Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU))
- 폐기물 (Waste)
- 기타 (Other)

*IPCC 1996 가이드라인*과 비교하여 "용매 및 기타 제품이용(Solvent and Other product Use)"은 산업 프로세스(Industrial Processes)와 조합되었고, 농업(Agriculture)은 토지이용 변화 및 임업(Land-Use Change and Forestry)과 조합되었다. 완전성(completeness)과 투명성(transparency)을 증가시키기 위해 하위 카테고리에서 추가되었거나 보다 세분화되었다. 8.5절의 표 8.2는 모든 5가

5 보고에 관한 지침 및 정의는 Air Pollution Studies series, No.15, 2003에서 이용가능한, the Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution의 2002 보고 가이드라인과 일치한다. (http://www.emep.int/index.html)

지 부문에 대한 배출 및 흡수 카테고리 및 하위 카테고리의 분류 및 정의를 보여준다.

8.2.5 표기 기호 및 완전성 정보

인벤토리 자료를 요약하기 위해 국가에 의해 이용되는 모든 표에서, 모든 입력사항에 대한 정보를 채우는 것은 *우수실행(good practice)*이다. 실제적인 배출량 및 흡수량이 산정되지 않았거나 표에서 보고될 수 없다면, 인벤토리 작성자는 표 8.1의 표기 기호를 이용하고, 지원하는 문서를 제공해야 한다. 특정한 배출원(source) 또는 흡수원(sink) 카테고리에 대해, 배출량 또는 흡수량이 불완전하거나, 전체 활동의 단지 일부를 나타내거나, 특정한 온실가스 배출이 보고되지 않을 때 분류를 필요로 한다면 표기 기호를 적절히 사용해야 한다. 이러한 방식으로 각각의 개별적인 배출 산정치의 완전성에 대해 보고하는 것은 *우수실행(good practice)*이다.

완전성(Completeness)은 인벤토리 산정치가 모든 카테고리 및 가스에 대해 준비되었음을 의미한다. 국가 배출에서의 전체 수준 및 추세에 대해 중요하지 않는 카테고리 또는 특정한 카테고리의 가스에 대한 자료를 수집하는데 불가능에 가까운 상당한 노력이 요구될 것이라고 국가가 판단할 수 있다. 이러한 상황에서 국가는 배출 또는 흡수의 가능한 수준에 관해 제외되는 카테고리에 대한 정당화와 함께, 이러한 불가능에 가까운 노력으로 인해 제외되는 모든 카테고리와 카테고리의 가스를 나열하고, 보고용 표에서 표기 기호 'NE'를 이용하여 해당 카테고리가 '산정되지 않음(Not Estimated)'을 확인시켜야 한다.

표 8.1
표기 기호

표기 기호	정의	설명
NE	산정되지 않음 (Not estimated)	배출 및/또는 흡수가 발생하지만 산정되거나 보고되지 않았다.
IE	다른 곳에서 포함됨 (Included elsewhere)	인벤토리에서 이러한 활동 또는 카테고리의 배출 및/또는 흡수가 산정되고 포함되지만 이 카테고리를 위해 따로 제시되지는 않는다. (예를 들어 대응하는 표의 문서 박스에서) 이들 배출 및 흡수가 포함되는 카테고리가 지시되어야 한다.
C	비밀정보 (Confidential information)	세분화된 수준에서의 보고는 비밀정보의 공개를 초래할 수 있기 때문에 인벤토리의 다른 장소에서 배출 및/또는 흡수가 통합되고 포함된다.
NA	적용 불가능 (Not applicable)	활동도 또는 카테고리는 존재하지만 관련된 배출 및 흡수는 결코 발생하지 않을 것으로 생각된다. 이러한 셀(cells)은 보고용 표에서 일반적으로 음영으로 표시된다.
NO	발생하지 않음 (Not occurring)	활동 또는 프로세스가 국가내에 존재하지 않는다.

8.2.6 단위와 자리수

워크시트, 부문별 및 요약용 표, 기타 문서에서 SI 단위(국제단위시스템(International System of Units))가 이용되어야 한다. 배출 및 흡수는 질량 단위(mass units)로 표현되어야 하고 단위는 부문 내에서 일관적으로 이용되어야 한다. 요약용 및 부문별 표에서 배출은 일반적으로 기가그램(Gg)으로 표현된다. 기타 SI 질량 단위가 투명성을 증가시키기 위해 이용될 것이다. 보고되는 값의 유효자리수는 값의 크기에 적절해야 한다 (국가 총계의 0.1% 정밀도는 각각의 가스에 대해 적절하다). 개별적인 부문용 표에서 지정되는 것처럼, 일부 가스에 대해, 배출 및 흡수는 CO_2 등가치로서 보고되어야 한다.

원래의 단위에서 환산하기 위해 이용되는 모든 환산계수(conversion factors)는 투명한 방식으로 보고되어야 한다.

8.2.7 시계열

인벤토리가 이용가능한 각 연도에 대해 (요약용, 부문별, 공통-부문의) 모든 보고용 표를 완성하는 것은 *우수실행(good practice)*이다. 추세 표(표 6A에서 6G)에서 다른 연도들의 통합된 인벤토리자료를 요약하는 것은 *우수실행(good practice)*이다.

8.2.8 간접적인 N_2O

NH_3, NOx의 대기중 축적으로부터의 N_2O 배출은 모든 부문에 대해 표 5.2에서 보고된다.

N_2O의 간접적인 배출을 산정하기 위한 방법론의 개요 및 일반적인 서술은 1권의 7장에서 제시된다.

8.3 보고용 표의 소개

첨부 8A.2의 보고용 표는 인벤토리 작성자가 표준적인 양식으로 계량적인 자료를 보고할 수 있도록 보장하고 국가, 카테고리, 가스, 연도간의 일관성을 촉진하기 위해 설계되었다.

인벤토리 보고용 표의 집합은 다음과 같이 구성된다.

요약용 및 간단한 요약용 표 (Summary and short summary tables)
요약용 및 간단한 요약용 표는 인벤토리 작성자가 실제 연도의 국가 총계의 개요를 위해 통합된 수준에서 모든 배출 및 흡수를 보고하도록 한다.
요약용 표는 국제적 벙커(international bunkers)와 다원적 작전(multilateral operations)을 포함하는 메모항목의 보고를 또한 허용한다. 이들 배출은 온실가스의 국가 총배출에 포함되지 않는다.

아래의 두 가지 표가 포함된다:

표 A 요약용 표
표 B 간단한 요약용 표

부문별 표 및 배경 표 (Sectoral and background tables)

부문별 표는 표 8.2에서 나열되는 모든 관련된 카테고리 및 하위카테고리에 대해, 배출 및 흡수의 보고를 가능하게 한다. 배경 표는 정보의 투명성과 일관성을 촉진하기 위해 하위카테고리 수준에서 활동 자료 및 관련된 배출의 보고를 허용한다. 예를 들어 저장부지에 장기간 저장된 이산화탄소와 같이, 일반적으로 그 자체가 배출은 아닌 정보항목은 투명성 증가를 위해 개별적인 부문에서 추가적인 정보로서 따로 보고된다.

아래의 표가 포함된다.

표 1	에너지 부문 표
표 1.1 - 1.5	에너지 배경 표
표 2	IPPU 부문 표
표 2.1 - 2.12	IPPU 배경 표
표 3	AFOLU 부문 표
표 3.1 - 3.10	AFOLU 배경 표
표 4	폐기물 부문 표
표 4.1 - 4.3	폐기물 배경 표

공통-부문 표 (Cross-sectoral table)

공통-부문 표는 인벤토리 작성자가 N_2O의 간접적인 배출을 보고하는 것을 가능하게 한다. 간접적인 배출은 공통부문 표 5A의 별도의 열에서 보고된다.

표 5A	공통-부문 표: N_2O의 간접적인 배출

가스에 의한 배출추세 표

추세 표는 인벤토리 작성자가 전체 인벤토리기간에 대한 통합된 수준에서 모든 온실가스 배출 및 흡수를 보고하는 것을 가능하게 한다. 인벤토리가 이용가능하다면, 정보가 완전하지 않을지라도, 추세 표를 완성하는 것이 *우수실행(good practice)*이다. 배출 추세를 보고하는 것은 인벤토리 작성자가 산정치의 시계열 일관성을 추적하는데 도움을 줄 수 있다.

표 6A - 6C	CO_2, CH_4, N_2O의 추세

불화가스(fluorinated gases)의 배출은 3개 그룹으로 통합되며 Gg CO_2로 표현된다.

표 6D - 6F	HFC, PFC, SF_6의 추세

기타 온실가스의 배출은 그들이 국가 총계에 보고되고 포함된다면, 통합되며 Gg CO_2로 표현된다.

표 6G	기타 가스의 추세

불확도 및 주 카테고리 표

표 7A	불확도
표 7B	주 카테고리 분석의 요약

8.4 기타 보고

8.3절에서 나열되는 보고용 표에 추가하여, 재계산에 대한 표 형태의 정보를 보고하는 것은 *우수 실행(good practice)*이다(5장, 시계열 일관성의 표 5.2를 참고).

인벤토리 보고 문서의 일부로 인벤토리의 투명성을 보장하기 위해 추가적인 문서화가 요구된다. 인벤토리 보고서는 이용자와 제3자에 의한 인벤토리의 복제 및 평가를 촉진하기 위해 이용된 가정과 방법론을 명확히 설명해야 한다. 투명성은 부문별 책자 2권에서 5권에서 서술되는 각 부문의 문서에 관한 지침을 따르고, tier 1 방법을 위해 워크시트를 완성함으로써 보장될 수 있다. 높은 tier 방법을 이용하는 국가들은 워크시트에 추가하여, 또는 워크시트 대신에 추가적인 문서를 제공해야 한다. 이러한 설명 정보는 표에 상호참조를 포함해야 한다.

문서화는 적절한 참고문헌과 전문가 판단의 문서화를 포함하여, 방법론의 선택, 배출계수, 활동자료, 기타 산정 파라미터의 기초에 관한 서술을 포함해야 한다. 인벤토리 보고서는 부문별 책자의 대응하는 문서화 절(section)에서 언급된 자료수집, 불확도, 주 카테고리의 확인, 재계산에 대한 기타 질적 정보뿐만 아니라 QA/QC 계획의 실행, 검증, 방법론의 접합, 재계산, 불확도 평가에 관한 정보를 또한 포함해야 한다.

8.5 카테고리의 분류 및 정의

표 8.2는 (Annex 8A.2에서 제공되는 부문별, 부문별 배경, 교차-부문별 표에 일치하는) 배출 및 흡수 카테고리 및 하위 카테고리[6]의 분류 및 정의를 소개한다. *1996 가이드라인*의 보고 카테고리와의 대응성이 표 8.2의 세 번째 열에 또한 제공된다. 네 번째 열은 각 카테고리에 관련된 가스를 확인한다. 가스에 대한 추가적인 지침은 2권에서 5권까지에서 그리고 간접적인 가스에 대해 7장의 표 7.1에서 제공된다.[7]

6 카테고리 리스트내의 수준을 위한 명명법은 다음과 같다: 카테고리, 하위카테고리 - 1차, 하위카테고리 - 2차, 하위카테고리 - 3차 등.

7 AFOLU 부문에서 석회 살포(liming)로부터의 비 CO_2 가스의 배출 및 CO_2 배출의 투명한 보고를 촉진하기 위해, 보고는 토지에 의한 이들 배출을 보고하기에 자료가 이용가능하지 않을 수 있다는 것을 고려한 통합된 카테고리 (3C)에 기초한다.

표 8.2
배출 및 흡수 카테고리의 분류 및 정의

카테고리 코드 및 이름		정의	96 GLs 카테고리 코드	가스
1	**에너지**	이 카테고리는 연소 및 연료의 일시적인 방출로부터 발생하는 모든 GHG 배출을 포함한다. 연료의 비에너지 이용으로부터의 배출은 일반적으로 여기에 포함되지 않고, 산업공정 및 제품 사용 부문에 보고된다.		CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A	**연료 연소 활동**	열을 올리고 열로서 또는 프로세스에 대한 또는 장치로부터 멀리 떨어져 이용하기 위한 기계적 작업으로서 이를 제공하기 위해 설계된 장치내에서 물질의 의도적 연소로부터의 배출	1A	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 1	에너지 산업	연료추출 또는 에너지생산 산업에 의해 연소된 연료로부터의 배출로 구성된다.	1A1	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 1 a	주요 활동 전력 및 열 생산	전력생산의 주요활동 생산자, 열병합발전, 열공장(heat plants)으로부터의 배출의 합계. (이전에 공익재산업(public utilities)으로 알려진) 주요활동 생산자(Main activity producers)는 주요활동이 대중에게 공급하는 것인 기업으로 정의된다. 그들은 공적 또는 사적 소유일 수 있다. 연료의 현장 이용으로부터의 배출이 포함되어야 한다. 자체생산자(autoproducers)(자신의 주요활동을 지원하는 활동으로서, 자신의 이용을 위해 전부 또는 일부분 전력/열을 생산하는 기업)로부터의 배출은 1 A 1 a에서가 아니고 생성되는 부문에 할당되어야 한다. 자체생산자는 공적 또는 사적 소유일 수 있다.		CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 1 a i	전력 생산	열병합발전소의 배출을 제외한 주요활동 생산자의 전력생산을 위한 모든 연료 이용으로부터의 배출로 구성된다.	1A1a i	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 1 a ii	열병합발전	단일한 CHP 시설에서, 대중에게 판매하기 위한 주요활동 생산자의 열 및 전력 모두의 생산으로부터의 배출	1A1a ii	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 1 a iii	열 공장 (Heat Plants)	파이프 네트워크에 의한 판매를 위한 주요활동 생산자의 열의 생산	1A1a iii	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 1 b	석유 정제	자신의 이용을 위한 전력 및 열 생산을 위한 현장 연소를 포함한, 석유제품의 정제를 지원하는 모든 연소 활동. 정제에서 발생하는 증발성 배출은 포함하지 않는다. 이들 배출은 1 B 2 a에서 따로 보고되어야 한다.	1A1b	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 1 c	고체연료의 제조 및 기타 에너지 산업	목탄의 생산을 포함한 고체연료로부터의 2차, 3차 제품의 제조 동안 연료 이용으로부터의 연소 배출. 현장의 연료 이용으로부터의 배출은 포함되어야 한다. 또한 이들 산업에서 자신의 이용을 위한 전력 및 열의 생산을 위한 연소를 포함한다.	1A1c	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 1 c i	고체연료의 제조	코크스(coke), 갈탄 연탄(brown coal briquettes), 특허 연료의 생산을 위한 연료 연소로부터 발생하는 배출	1A1c i	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2

표 8.2 (계속)

배출 및 흡수 카테고리의 분류 및 정의

카테고리 코드 및 이름		정의	96 GLs 카테고리 코드	가스
1 A 1 c ii	기타 에너지 산업	위에서 언급되지 않거나 별도의 자료가 이용가능하지 않은 에너지 생산 산업 자신의 (현장) 에너지 이용으로부터 발생하는 연소 배출. 이는 석탄 채굴, 석유 및 가스 추출, 천연가스의 처리 및 개량뿐만 아니라 목탄, 사탕수수찌거기(bagasse), 톱밥, 목화 줄기(cotton stalks)의 생산과 바이오연료(biofuels)의 탄화를 위한 자신의 에너지 이용으로부터의 배출을 포함한다. 이 카테고리는 CO2 포집 및 저장의 사전연소 처리로부터의 배출을 또한 포함한다. 파이프라인 수송으로부터의 연소배출은 1 A 3 e에서 보고되어야 한다.	1A1c ii	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 2	제조업 및 건설	산업에서 연료의 연소로부터의 배출. 이들 산업에서 자신의 이용을 위한 전력 및 열의 생산을 위한 연소를 또한 포함한다. 철강산업 내 코크스로(coke ovens)에서의 연료 연소로부터의 배출은 제조업이 아니라 1 A 1 c에서 보고되어야 한다. 산업부문에서의 배출은 모든 경제활동(Economic Activities)에 관한 국제표준산업분류 (ISIC)에 대응하는 하위 카테고리에 의해 지정되어야 한다. 산업에 의한 수송을 위해 이용되는 에너지는 여기서가 이니고 수송 (1 A 3)에서 보고되어야 한다. 산업에서 비포장 및 기타 이동 기계로부터 발생하는 배출은, 가능하면, 별도의 하위 카테고리로 분리되어야 한다. 각각의 산업에 대해, 오염물질의 중요한 배출자로부터의 배출뿐만 아니라, 가장 큰 연료소비 산업 카테고리 ISIC로부터의 배출이 보고되어야 한다. 제안된 카테고리 리스트는 아래와 같이 요약된다.	1A2	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 2 a	철강	ISIC Group 271 and Class 2731.		CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 2 b	비철금속	ISIC Group 272 and Class 2732.	1A2b	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 2 c	화학	ISIC Division 24.	1A2c	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 2 d	펄프, 종이, 인쇄	ISIC Divisions 21 and 22.	1A2d	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 2 e	식품 가공, 음료, 담배	ISIC Divisions 15 and 16.	1A2e	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 2 f	비금속 광물	유리, 도자기, 시멘트 등과 같은 제품을 포함한다. ISIC Division 26.	1A2f	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 2 g	수송 장비	ISIC Divisions 34 and 35.		CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 2 h	기계류	수송 장비가 아닌 조립금속제품, 기계류, 장비를 포함한다. ISIC Divisions 28, 29, 30, 31 and 32.	1A2f	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 2 i	(연료를 제외한) 채굴 및 채석	ISIC Divisions 13 and 14.	NA	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 2 j	목재 및 목제품	ISIC Division 20.	NA	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 2 k	건설	ISIC Division 45.	1A2f	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 2 l	섬유 및 가죽	ISIC Divisions 17, 18 and 19.	NA	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 2 m	미분류 산업	위에서 포함되지 않거나 별도의 자료가 이용가능하지 않은 제조 산업/건설. ISIC Divisions 25, 33, 36, 37을 포함한다.	NA	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2

표 8.2 (계속)

배출 및 흡수 카테고리의 분류 및 정의

카테고리 코드 및 이름		정의	96 GLs 카테고리 코드	가스
1 A 3	수송	(군용 수송을 제외하고), 부문에 관계없이, 아래의 하위카테고리에 의해 지정된 모든 수송활동을 위한 연료의 연소 및 증발로부터의 배출. 국제적 수송(1 A 3 a i and 1 A 3 d I)에 이용되는 비행기 또는 선박에 판매된 연료는 가능한 이 카테고리의 총계 및 소계에서 제외되어야 하고 따로 보고되어야 한다.	1A3	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 3 a	민간 항공	이륙과 착륙을 포함한, 국제 및 국내 민간항공으로부터의 배출. 비행기의 민간적 상업 이용으로 구성되며, 승객 및 화물의 정기 및 전세 수송, 항공 통근(air taxiing), 일반적인 비행을 포함한다. 국제/국내 구분은 비행기의 국적이 아니라 각 비행단계의 출발 및 도착위치에 기초하여 결정되어야 한다. 1 A 3 e 기타 수송에서 보고되는 지상수송을 위한 공항에서의 연료 이용은 제외한다. 공항에서의 고정형 연소(stationary combustion)를 위한 연료는 또한 제외한다; 적절한 고정형 연소 카테고리에서 이 정보를 보고한다.	1A3a	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 3 a i	국제 항공 (국제 벙커 (International Bunkers))	한 국가에서 출발하여 다른 국가에 도착하는 비행으로부터의 배출. 이들 비행단계를 위한 이륙과 착륙을 포함한다. 국제적인 군용항공으로부터의 배출은 동일한 정의 구별이 적용되고 자료가 그 정의를 지원하는데 이용가능하다면 국제항공의 별도의 하위카테고리로 포함될 수 있다.	1A3a i	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 3 a ii	국내 항공	동일한 국가에서 출발하여 도착하는 민간 국내 승객 및 화물 수송으로부터의 배출로, 이들 비행단계를 위한 이륙과 착륙을 포함한다. 이것이 한 국가내의 두 공항간의 상당한 길이의 여행 (예, 샌프란스시코에서 호놀룰루)을 포함한다는 것에 주목한다. 1 A 5 b에서 보고되어야 하는 군용은 제외한다.	1A3a ii	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 3 b	도로 수송	포장된 도로상의 농업용 차량의 이용을 포함한, 도로용 차량의 연료 이용으로부터 발생하는 모든 연소 및 증발적 배출	1A3b	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 3 b i	승용차	차량등록국가에서 주로 사람의 수송을 위해 그렇게 지정되며 일반적으로 12명 이하의 정원을 가지는 자동차로부터의 배출	1A3b i	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 3 b i 1	삼원촉매장치 (3-way Catalysts) 장착 승용차	삼원촉매장치가 있는 승용차로부터의 배출.	1A3b i	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 3 b i 2	삼원촉매장치 미장착 승용차	삼원촉매장치가 없는 승용차로부터의 배출.	1A3b i	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 3 b ii	소형트럭	차량등록국가에서 주로 소형화물의 수송을 위해 그렇게 지정되거나 비포장 작업을 위해 4륜구동과 같은 특수한 특징을 가지는 차량으로부터의 배출. 차량 총무게는 일반적으로 3500-3900 kg 이하이다.	1A3b ii, 1A3b i	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 3 b ii 1	삼원촉매장치 장착 소형트럭	삼원촉매가 있는 소형트럭으로부터의 배출.	1A3b ii	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 3 b ii 2	삼원촉매장치 미장착 소형 트럭	삼원촉매장치가 없는 소형트럭으로부터의 배출.	1A3b ii	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 3 b iii	중형트럭 및 버스	차량등록국가에서 그렇게 지정되는 차량으로부터의 배출. 일반적으로 차량 총무게는 3500-3900 kg 이상이다.	1A3b iii	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 3 b iv	모터사이클	지상에 접촉하는 3개 이하의 바퀴로 운행하도록 설계되며 680 kg 미만의 무게를 가지는 모터 차량으로부터의 배출	1A3b iv	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 3 b v	차량으로부터의 증발배출	차량으로부터의 증발 배출(예, 열탕 효과(hot soak), 운행중 손실(running losses))이 여기에 포함된다. 연료의 차량 적재로부터의 배출은 제외된다.	1A3b v	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 3 b vi	요소촉매기 (Urea-based Catalysts)	촉매 변환장치(catalytic converters)에서 요소에 기초한 첨가제의 이용으로부터의 CO_2 배출 (비연소적 배출).		CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 3 c	철도	화물 및 승객 모두의 수송경로를 위한 철도수송으로부터의 배출	1A3c	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2

표 8.2 (계속)

배출 및 흡수 카테고리의 분류 및 정의

카테고리 코드 및 이름		정의	96 GLs 카테고리 코드	가스
1 A 3 d	수상 운수 (Water-borne Navigation)	호버크래프트(hovercraft)와 수중익선(hydrofoils)을 포함하고 어선을 제외한, 선박을 추진하기 위해 이용되는 연료로부터의 배출. 국제/국내 구분은 선박의 깃발이나 국적이 아니라, 출발 항구 및 도착 항구에 기초하여 결정되어야 한다.	1A3d	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 3 d i	국제 수상운수 (국제 벙커 (International Bunkers))	국제 수상운수에 이용되는 모든 깃발의 선박에 의해 이용된 연료로부터의 배출, 국제 수상운수는 바다, 내륙의 호수 및 수로, 연안 바다에서 발생할 것이다. 한 국가에서 출발하여 다fms 국가에 도착하는 여행으로부터의 배출을 포함한다. 어선에 의한 소비를 제외한다(기타 부문 - 어업을 참고). 국제적 군용 수상운수로부터의 배출은 동일한 정의적 구분이 적용되고 자료가 그 정의를 지원하기 위해 이용가능하다면 국제 수상운수의 별도의 하위카테고리로 포함될 수 있다.	1A3d i	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 3 d ii	국내 수상운수	동일한 국가에서 출발 및 도착하는 모든 깃발의 선박에 의해 이용되는 연료로부터의 배출 (1 A 4 c iii에서 보고되어야 하는 어업과, 1 A 5 b에서 보고되어야 하는 군용은 제외한다). 이것이 한 국가의 두 항구간에 상당한 길이의 여행을 포함하는 데 주목한다(예, 샌프란시스코에서 호놀룰루).	1A3d ii	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 3 e	기타 수송	파이프라인 수송, 공항 및 항구에서의 지상활동, 1 A 4 c 농업 또는 1 A 2 제조업 및 건설에서 달리 보고되지 않은 비포장(off-road) 활동을 포함하여 모든 나머지 수송활동으로부터의 연소 배출. 군용 수송은 1 A 5에서 보고되어야 한다(1 A 5 비지정을 참고).	1A3de	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 3 e i	파이프라인 수송	펌프장의 운영과 파이프라인의 유지로부터의 연소 관련 배출. 파이프라인을 이용한 수송은 파이프라인을 통한 가스, 액체, 슬러리(slurry), 기타 일용품의 수송을 포함한다. 분배자로부터 최종 이용자로 천연 또는 제조가스, 물, 증기의 분배는 제외되며 1 A 1 c ii 또는 1 A 4 a에서 보고되어야 한다.	1A3e	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 3 e ii	비포장도로용(Off-road)	파이프라인을 제외한 기타 수송으로부터의 연소 배출.	1A3e	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 4	기타 부문	이들 부문에서 자신이 이용하기 위한 전력 및 열의 생산을 위한 연소를 포함하여, 아래에 기술된 것과 같은 연소 활동으로부터의 배출.	1A4	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 4 a	상업/공공	상업용 및 기관용 건물에서의 연료 연소로부터의 배출; ISIC Divisions 41,50, 51, 52, 55, 63-67, 70-75, 80, 85, 90-93, 99에 포함되는 모든 활동.	1A 4 a	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 4 b	가정	가정에서의 연료 연소로부터의 모든 배출.	1A4b	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 4 c	농림어업	농업, 임업, 어업, 양어장과 같은 수산업에서의 연료 연소로부터의 배출. 활동들은 ISIC Divisions 01, 02, 05에 포함된다. 간선도로 농업용 수송은 제외된다.	1A4c	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 4 c i	고정형 (Stationary)	펌프, 곡물 건조, 원예용 온실 및 기타 농업, 임업, 수산업에서의 고정형 연소에서 연소된 연료로부터의 배출.	1A4ci	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 4 c ii	비포장도로용 차량 및 기타 기계류	농토 및 산림에서 견인차량(traction vehicles)에 의해 연소된 연료로부터의 배출.	1A3e	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 4 c iii	어업(이동형 연소)	내륙, 연안, 원양 어업을 위해 연소된 연료로부터의 배출. 어업은 그 국가에서 연료를 보급받은 모든 깃발의 선박을 포함해야 한다 (국제적 어업을 포함한다).	1A4ciii	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 5	미분류 (Non-Specified)	다른 곳에서 지정되지 않은 연료 연소로부터의 모든 나머지 배출. 해당 국가의 군대와 다원적 작전(multilateral operations)에 이용되지 않은 다른 국가의 군대에 배달된 연료로부터의 배출을 포함한다. 유엔 헌장에 따른 다원적 작전에 이용된 비행기 또는 선박에 판매된 연료로부터의 배출은 군용수송의 총계 및 소계로부터 제외되어야 하며 따로 보고되어야 한다.	1A5	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 5 a	고정형 (Stationary)	다른 곳에서 지정되지 않은 고정형 원천(stationary sources)에서의 연료 연소로부터의 배출	1A5a	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2

표 8.2 (계속)

배출 및 흡수 카테고리의 분류 및 정의

카테고리 코드 및 이름		정의	96 GLs 카테고리 코드	가스
1 A 5 b	이동형 (Mobile)	(1 A 4 c ii 또는 다른 곳에서 포함되지 않은) 차량 및 기타 기계류, 해양 및 항공으로부터의 배출.	1A5b	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 5 b i	이동형 (항공 요소)	다른 곳에서 지정되지 않은 연료 연소로부터의 모든 나머지 항공 배출. 유엔헌장에 따른 다원적 작전에 이용되지 않은 다른 국가의 군대에 이용된 해당 국가내에서 배달된 연료뿐만 아니라 1 A3 a i에 따로 포함되지 않은 해당 국가의 군대에 배달된 연료로부터의 배출을 포함한다.		CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 5 b ii	이동형 (해양 요소)	다른 곳에서 지정되지 않은 연료 연소로부터의 모든 나머지 해양 배출. 유엔헌장에 따른 다원적 작전에 이용되지 않은 다른 국가의 군대에 이용된 해당 국가내에서 배달된 연료뿐만 아니라 1 A3 d i에 따로 포함되지 않은 해당 국가의 군대에 배달된 연료로부터의 배출을 포함한다.		CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 5 b iii	이동형 (기타)	다른 곳에서 포함되지 않은 이동 배출원(mobile sources)으로부터의 모든 나머지 배출.		CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 A 5 c	다원적 작전 (Multilateral Operations)	유엔헌장에 따른 다원적 작전에 이용된 비행기 또는 선박에 판매된 연료로부터의 배출은 군용 수송의 총계 및 소계로부터 제외되어야 하며, 따로 보고되어야 한다.		CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 B	**연료로부터 탈루성 배출**	최종적인 이용 시점까지의 연료의 추출, 처리, 저장, 수송으로부터의 모든 의도적 및 비의도적 배출을 포함한다.	1B	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC
1 B 1	고체 연료	최종적인 이용 시점까지의 연료의 추출, 처리, 저장, 수송으로부터의 모든 의도적 및 비의도적 배출을 포함한다.	1B1	CO_2, CH_4
1 B 1 a	석탄 채굴 및 처리	석탄으로부터의 모든 일시적인 배출을 포함한다.	1B1a	CO_2, CH_4
1 B 1 a i	지하 탄광	채굴, 채굴후 작업(post-mining), 버려진 탄광, 유출된 메탄의 flaring으로부터 발생하는 모든 배출을 포함한다.	1B1a i	CO_2, CH_4
1 B 1 a i 1	채굴	탄광 환기용 공기 및 가스제거 시스템(degasification systems)으로부터 대기중에 방출된 모든 지층 가스(seam gas) 배출을 포함한다.	1B1a i	CO_2, CH_4
1 B 1 a i 2	채굴 후 지층가스 배출	석탄이 채굴되고, 지표로 이동되고, 이어서 처리, 저장, 수송된 이후에 배출되는 메탄과 CO_2를 포함한다.	1B1a i	CO_2, CH_4
1 B 1 a i 3	버려진 지하 탄광	버려진 지하 탄광으로부터의 메탄 배출을 포함한다.	1B1a i	CO_2, CH_4
1 B 1 a i 4	유출된 메탄의 flaring 또는 메탄의 CO_2로의 전환	유출 및 flaring된 메탄 또는 산화 프로세스에 의해 CO_2로 전환된 ventilation gas가 여기에 포함되어야 한다. 에너지 생산을 위해 이용된 메탄은 2권, 에너지, 2장 '고정형 연소'에 포함되어야 한다.	1B1a i	CO_2, CH_4
1 B 1 a ii	노천 광산 (Surface Mines)	지표면 석탄 채굴로부터 발생하는 모든 지층가스 배출을 포함한다.	1B1a ii	CO_2, CH_4
1 B 1 a ii 1	채굴	석탄과 관련 지층의 분리 및 갱 바닥층(pit floor) 및 높은 벽에서의 누출로부터 채굴동안 배출되는 메탄 및 CO_2를 포함한다.		CO_2, CH_4
1 B 1 a ii 2	채굴 후 지층가스 배출	채굴되고, 이어서 처리, 저장, 수송된 이후에 배출되는 메탄 및 CO_2를 포함한다.	1B1a ii	CO_2, CH_4
1 B 1 b	통제되지 않은 연소와 석탄 폐기물 연소	석탄의 통제되지 않은 연소로부터의 CO_2의 탈루성 배출을 포함한다.	1B1c	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2

표 8.2 (계속)

배출 및 흡수 카테고리의 분류 및 정의

카테고리 코드 및 이름		정의	96 GLs 카테고리 코드	가스
1 B 1 c	고체연료 변환	고체연료로부터 2차, 3차 제품을 제조하는 동안 발생하는 탈루성 배출	1B1b	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
1 B 2	석유 및 천연가스	모든 석유 및 천연가스 활동으로부터의 탈루성 배출로 구성된다. 이들 배출의 주요 배출원은 일시적인 장비의 누출, 증발 손실, venting, flaring, 우발적인 방출을 포함할 것이다.	1B2	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC
1 B 2 a	석유	원유의 탐사, 생산, 전송, 개량, 정제 및 원유 제품의 분배와 관련된 venting, flaring 및 모든 기타 탈루성 배출원으로부터의 배출로 구성된다.	1B2a	CO_2, CH_4 NMVOC,
1 B 2 a i	venting	석유 시설에서 관련 가스 및 폐기 가스/증기 흐름의 venting으로부터의 배출.		CO_2, CH_4 NMVOC,
1 B 2 a ii	flaring	석유 시설에서 천연가스 및 폐기 가스/증기 흐름의 flaring으로부터의 배출.		CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC
1 B 2 a iii	기타	석유 시설에서 장비의 누출, 저장 손실, 파이프라인 파손, 유정 파열(well blowouts), 유전(land farms), 유정 파이프(wellhead casing) 주변의 지표로 가스 이동, 지표면 파이프(surface casing) 구멍, 찌꺼기 연못(tailings ponds)에서의 생체 가스(biogenic gas) 형성, 기타 venting 또는 flaring으로서 특정하게 설명되지 않는 가스 또는 증기 방출로부터의 일시적인 배출.		CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC
1 B 2 a iii I	탐사	유정 시추, 생산 가능성 조사(drill stem testing), 유정완성(well completions)으로부터의 venting 및 flaring을 제외한) 일시적인 배출.	1B2a i	CO_2, CH_4 NMVOC,
1 B 2 a iii 2	생산 및 개량	석유 생산으로부터의 (venting 및 flaring을 제외한) 일시적인 배출은 유정(oil wellhead) 또는 오일샌드(oil sands) 또는 혈암유(shale oil) 광산에서 석유 전송시스템의 시작까지에 걸쳐 발생한다. 이는 유정 작업(well servicing), 오일샌드 또는 혈암유 채굴, 처리 또는 추출시설로의 미처리된 제품의 수송(예, 유정 용출액(well effluent), 유제(emulsion), 유모혈암(oil shale), 오일샌드), 추출 및 개량 시설에서의 활동, 관련 가스 재주입 시스템, 용수처리 시스템에서 발생한다. 개량시설(upgraders)은 종종 추출시설과 통합되며 그들의 상대적 배출기여는 설정하기 어렵기 때문에 개량시설로부터의 일시적인 배출은 정제로부터의 배출이 아니라 생산으로부터의 배출과 묶여진다. 그렇지만, 개량시설은 정제소, 공동생산 공장, 기타 산업시설과 또한 통합되기도 하며 그들의 상대적인 배출기여는 이들 경우에 설정되기 어려울 수 있다.	1B2a ii	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC
1 B 2 a iii 3	수송	(전통적이고 무겁고 합성인 원유 및 역청(bitumen)을 포함한) 판매가능한 원유의 개량시설(upgraders) 및 정제소로의 수송과 관련된 (venting 및 flaring을 제외한) 일시적인 배출. 수송 시스템은 파이프라인, 해양 탱커(marine tankers), 탱크 트럭(tank trucks), 철도 차량(rail cars)으로 구성된다. 저장으로부터의 증발 손실, 충진 및 하역 활동, 일시적인 장비의 누출은 이들 배출의 주요 원천이다.	1B2a iii	CO_2, CH_4 NMVOC,
1 B 2 a iii 4	정제	석유정제소에서 (venting 및 flaring을 제외한) 일시적인 배출. 정제소는 최종적인 정제제품(예, 주로 연료 및 윤활유)을 생산하기 위해 원유, 천연 휘발유, 합성 원유를 처리한다. 정제소가 다른 시설(예를 들어, 개량시설 또는 공동생산 공장)과 통합된 경우에 상대적인 배출기여를 설정하기 어려울 수 있다.	1B2a iv	CO_2, CH_4 NMVOC,
1 B 2 a iii 5	석유제품의 분배	이는 정제된 제품의 수송 및 분배로부터의 (venting 및 flaring을 제외한) 일시적인 배출로 구성되며, 벌크 터미널(bulk terminals)과 소매시설에서의 배출을 포함한다. 저장으로부터의 증발 손실, 충진 및 하역 활동, 일시적인 장비의 누출이 이들 배출의 주요한 원천이다.	1B2a v	CO_2, CH_4 NMVOC,
1 B 2 a iii 6	기타	위의 카테고리에서 달리 설명되지 않은 석유 시스템으로부터의 (venting 및 flaring을 제외한) 일시적인 배출. 이는 유출 및 기타 우발적인 방출, 폐유 처리시설, 유전 폐기물 처리 시설로부터의 일시적인 배출을 포함한다.	1B2a vi	CO_2, CH_4 NMVOC,
1 B 2 b	천연 가스	(관련 및 비관련 가스를 모두 포함한) 천연가스의 탐사, 생산, 처리, 전송, 저장, 분배와 관련된 venting, flaring, 기타 모든 일시적 원천으로부터의 배출로 구성된다.	1B2b	CO_2, CH_4 NMVOC,
1 B 2 b i	venting	가스 시설에서 천연가스 및 폐기 가스/증기 흐름의 venting으로부터의 배출.		CO_2, CH_4 NMVOC,

표 8.2 (계속)

배출 및 흡수 카테고리의 분류 및 정의

카테고리 코드 및 이름		정의	96 GLs 카테고리 코드	가스
1 B 2 b ii	flaring	가스 시설에서 천연가스 및 폐기 가스/증기 흐름의 flaring으로부터의 배출.		CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC
1 B 2 b iii	기타	천연가스 시설에서 장비의 누출, 저장 손실, 파이프라인 파손, 유정 파열(well blowouts), 유정 파이프(wellhead casing) 주변의 지표로 가스 이동, 지표면 파이프(surface casing) 구멍, 기타 venting 또는 flaring으로서 특정하게 설명되지 않는 가스 또는 증기 방출로부터의 일시적인 배출.		CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC
1 B 2 b iii 1	탐사	가스 유정 시추, 생산 가능성 조사(drill stem testing), 유정완성(well completions)으로부터의 (venting 및 flaring을 제외한) 일시적인 배출.	1Bb i	CO_2, CH_4 NMVOC,
1 B 2 b iii 2	생산	가스 유정에서 가스처리 공장의 입구(inlet), 또는 처리가 필요하지 않은 경우에, 가스 전송시스템의 연결지점까지에 걸친 (venting 및 flaring을 제외한) 일시적인 배출. 이는 유정 작업(well servicing), 가스 수집, 처리, 관련 폐수(waste water) 및 산성 가스(acid gas) 처리활동에 관련된 일시적인 배출을 포함한다.	1Bb ii	CO_2, CH_4 NMVOC,
1 B 2 b iii 3	처리	가스 처리시설로부터의 (venting 및 flaring을 제외한) 일시적인 배출.	1Bb iii	CO_2, CH_4 NMVOC,
1 B 2 b iii 4	전송 및 저장	처리된 천연가스를 시장(예, 산업용 소비자 및 천연가스 분배시스템)에 수송하기 위해 이용된 시스템으로부터의 일시적인 배출. 이 카테고리에 천연가스 저장시스템으로부터의 일시적인 배출이 또한 포함되어야 한다. 가스 전송시스템상의 천연 휘발유(natural gas liquids) 추출공장으로부터의 배출은 천연가스 처리의 부분으로 보고되어야 한다 (1.B.2.b.iii.3 부문). 천연 휘발유의 전송과 관련된 일시적인 배출은 1.B.2.a.iii.3 카테고리에서 보고되어야 한다.	1B2b ii	CO_2, CH_4 NMVOC,
1 B 2 b iii 5	분배	최종 이용자에게 천연가스를 분배함으로부터의 (venting 및 flaring을 제외한) 일시적인 배출.	NA	CO_2, CH_4 NMVOC,
1 B 2 b iii 6	기타	위의 카테고리에서 달리 설명되지 않은 천연가스 시스템으로부터의 (venting 및 flaring을 제외한) 일시적인 배출. 이는 유정 파열(well blowouts) 및 파이프라인 파열 또는 부식(dig-ins)으로부터의 배출을 포함할 것이다.	1B2 c	CO_2, CH_4 NMVOC,
1 B 3	에너지 생산으로부터의 기타 배출	예를 들어, 1.B.2에 포함되지 않는 지열 에너지 생산, 이탄(peat), 기타 에너지 생산으로부터의 기타 일시적인 배출.		CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC
1 C	**이산화탄소 수송 및 저장**	이산화탄소 (CO_2) 포집(capture) 및 저장 (CCS)은 인간에 의한 원천(anthropogenic sources)으로부터 CO_2의 포집, 저장장소로 수송, 대기로부터 장기적인 격리를 포함한다. CO_2 수송, 주입, 저장과 관련된 배출이 1C 카테고리에 포함된다. CO_2 포집과 관련된 배출(그리고 흡수)은 포집이 발생하는 IPCC 부문(예를 들어, 연료 연소 또는 산업활동)에서 보고되어야 한다.		CO_2
1 C 1	CO_2의 수송	이는 원천에서 주입장소로 포집된 CO_2를 수송하는데 이용된 시스템으로부터의 일시적인 배출로 구성된다. 이들 배출은 일시적인 장비 누출로 인한 손실, 환기(venting), 파이프라인 파열로 인한 환기(venting) 및 방출, 기타 우발적인 방출로 구성된다 (예, 임시 저장소).		CO_2
1 C 1 a	파이프라인	CO_2를 주입장소로 수송하는데 이용된 파이프라인 시스템으로부터의 일시적인 배출.		CO_2
1 C 1 b	선박	CO_2를 주입장소로 수송하는데 이용된 선박으로부터의 일시적인 배출.		CO_2
1 C 1 c	기타 (구체화할 것)	CO_2를 주입장소 및 임시 저장소로 수송하는데 이용된 기타 시스템으로부터의 일시적인 배출.		CO_2
1 C 2	주입 및 저장	주입장소에서의 활동 및 장비로부터의 일시적인 배출 및 CO_2가 저장될 때 최종 봉쇄장비(containment)로부터의 배출.		CO_2
1 C 2 a	주입	주입장소에서의 활동 및 장비로부터의 일시적인 배출.		CO_2
1 C 2 b	저장	CO_2가 저장될 때 최종 장비로부터의 일시적인 배출.		CO_2
1 C 3	기타	다른 곳에서 보고되지 않은 CCS로부터의 기타 배출.		CO_2

표 8.2 (계속)
배출 및 흡수 카테고리의 분류 및 정의

카테고리 코드 및 이름		정의	96 GLs 카테고리 코드	가스
2	**산업공정 및 제품 사용**	산업공정 및 제품 사용으로부터의 배출로, (1A에서 보고된) 에너지 연소, (1B에서 보고된) 연료의 추출, 처리, 수송, (1C에서 보고된) CO_2 수송, 주입, 저장에 관련된 배출을 제외한다.		CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2 HFCs, PFCs, SF_6, 기타 할로겐화 가스,
2 A	**광물 산업 (Mineral Industry)**		2A	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
2 A 1	시멘트 생산	다양한 유형의 시멘트 (ISIC: D2694) 생산으로부터의 프로세스에 관련된(Process-related) 배출.	2A1	CO_2, CH_4
2 A 2	석회 생산	다양한 유형의 석회 (ISIC: D2694) 생산으로부터의 프로세스에 관련된 배출.	2A2	CO_2, CH_4
2 A 3	유리 생산	다양한 유형의 유리 (ISIC: D2610) 생산으로부터의 프로세스에 관련된 배출.	2A3, 2A4	CO_2, CH_4
2 A 4	탄산염(Carbonates)의 기타 공정 이용	석회석(limestone), 백운석(dolomite), 기타 탄산염 등을 포함한다. 석회석, 백운석, 기타 탄산염의 이용으로부터의 배출은 그들이 배출된 산업 배출원(source) 카테고리에 포함되어야 한다. 그러므로, 예를 들어, 탄산염이 철강 생산을 위한 용매제(flux)로 이용되는 경우에, 결과적인 배출은 이 하위카테고리가 아니라 2C1 '철강 생산'에서 보고되어야 한다.	2A3, 2A4	CO_2, CH_4, NOx, CO, NMVOC, SO_2
2 A 4 a	세라믹 (Ceramics)	벽돌 및 지붕 타일, 유리화된 점토 파이프(vitrified clay pipes), 내화성 제품, 벽 및 바닥 타일, 표 및 장식재 (가정용 세라믹), 위생 도기, 기술적 세라믹, 비유기 접착 연마제 (inorganic bonded abrasives) (ISIC: D2691, D2692 and D2693)의 생산으로부터의 프로세스에 관련된 배출.	2A3	CO_2, CH_4
2 A 4 b	소다회의 기타 이용	이는 다른 곳에서 포함되지 않은 소다회(soda ash) 이용으로부터의 배출을 포함한다. 예를 들어, 유리에 이용된 소다회는 2A3에서 보고되어야 한다.	2A4	CO_2, CH_4, NOx, CO, NMVOC, SO_2
2 A 4 c	비야금 산화마그네슘 생산 (Non Metallurgical Magnesia Production)	이 배출원(source) 카테고리는 다른 곳에서 포함되지 않은 산화마그네슘 생산으로부터의 배출을 포함해야 한다. 예를 들어, 산화마그네슘 생산이 1차 및 2차 마그네슘 생산을 위해 이용되는 경우에, 배출은 금속(Metals)의 관련 배출원 카테고리에서 보고되어야 한다.	2A3	CO_2, CH_4
2 A 4 d	기타 (구체화할 것)	이 하위카테고리에서 보고되는 프로세스에 관련된 배출은 위의 하위카테고리에서 이미 나열된 이용 및 금속 및 화학 산업에서 용매제(fluxes) 또는 슬래그용 작용매(slagging agents), 농업, 임업, 기타 토지 이용 (ISIC D269)에서 토양과 습지의 석회 살포(liming)를 위한 이용을 제외한, 석회석, 백운석, 기타 탄산염의 다른 모든 잡다한 이용을 포함해야 한다.	2A3	CO_2, CH_4, NOx, CO, NMVOC, SO_2
2 A 5	기타 (구체화할 것)		2A7	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
2 B	**화학 산업**		2B, 2A4, 3C	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2 HFCs, PFCs, SF_6, 기타 할로겐화 가스
2 B 1	암모니아 생산	암모니아 (NH_3)는 주요 산업용 화학물질이며 생산되는 가장 중요한 질소함유 물질이다. 암모니아 가스는 비료로, 열처리, 제지용 펄프작업, 질산 및 질산염 제조, 질산 에스테르(nitric acid ester) 및 니트로 화합물 제조, 다양한 유형의 폭약에서, 그리고 냉매(refrigerant)로 이용된다. 아민(Amines), 아미드(amides), 요소(urea) 같은 기타 유기화합물은 암모니아로부터 만들어진다. NH_3 생산으로부터 배출되는 주요 온실가스는 CO_2이다. 요소의 생산, 하류 프로세스(downstream process), 에서 이용되는 CO_2는 AFOLU 부문에서 생성되고 설명되는 CO_2 로부터 차감되어야 한다.	2B1	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
2 B 2	질산 생산 (Nitric Acid Production)	질산은 주로 질소 비료의 제조에서 원재료로 이용된다. 질산은 아디프산(adipic acid)과 폭약 (예, 다이너마이트)의 생산, 금속 에칭(metal etching), 철금속(ferrous metals)의 처리에서 또한 이용될 것이다. HNO_3 생산으로부터 배출되는 주된 온실가스는 아산화질소이다.	2B2	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC

표 8.2 (계속)

배출 및 흡수 카테고리의 분류 및 정의

카테고리 코드 및 이름		정의	96 GLs 카테고리 코드	가스
2 B 3	아디프산 생산	아디프산은 합성 섬유, 코팅, 플라스틱, 우레탄 폼, 엘라스토머(elastomers), 합성 윤활유를 포함한 다수의 제품의 제조에 이용된다. 나일론 6.6의 생산은 대부분의 아디프산 이용을 차지한다. 아디프산 생산으로부터 배출되는 주된 온실가스는 아산화질소이다.	2B3	CO_2, CH_4, N_2O, NOx
2 B 4	카프로락탐, 글리옥살, 글리옥실산 생산	카프로락탐(caprolactam ($NH(CH_2)_5CO$))의 연간 생산의 대부분은 나일론-6 섬유와 플라스틱을 위한 단위체 (monomer)로서 소비되며, 상당한 비율의 섬유가 카펫 제조에 이용된다. 카프로락탐의 제조를 위한 모든 상업적 프로세스는 톨루엔(toluene) 또는 벤젠(benzene)에 기초한다. 이 하위카테고리는 glyoxal (ethanedial)의 생산 및 글리옥실산(glyoxylic acid) 생산을 또한 포함한다. 이 하위카테고리로부터 배출되는 주된 온실가스는 아산화질소이다.	2B5	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC
2 B 5	카바이드 생산	카바이드(carbide) 생산은 CO_2, CH_4, CO, SO_2의 배출을 초래할 수 있다. 탄화 규소(Silicon carbide)는 중요한 인공 연마제이다. 이는 규사(silica sand) 또는 석영(quartz) 및 석유 코크스(petroleum coke)로부터 생산된다. 탄화칼슘(Calcium carbide)은 아세틸렌(acetylene)의 생산, 시안아미드(cyanamide)의 제조, 전기로(electric arc steel furnaces)에서의 환원제(reductant)로 이용된다. 이는 탄산칼슘(석회석)과 탄소를 포함한 환원제(석유 코크스)로부터 만들어 진다.	2B4	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC
2 B 6	이산화티탄 생산	이산화티탄 (TiO_2)은 가장 중요한 백색안료이다. 주된 이용은 페인트 제조, 종이, 플라스틱, 고무, 세라믹, 섬유, 바닥 덮개, 인쇄용 잉크, 기타 잡다한 이용에서 이다. 주된 생산프로세스는 염화물 방식(chloride route)이며, 상당한 CO_2 배출을 발생시킨다. 이 카테고리는 Becher 프로세스를 이용한 합성 금홍석(synthetic rutile) 생산과 티탄(titanium) 슬래그 생산을 또한 포함하며, 이 모두는 화석연료를 이용하고 CO_2 배출을 초래하는 환원법 프로세스(reduction processes)이다. 합성 금홍석은 염화물 방식을 이용한 TiO_2 생산에 주된 입력물이다.	2B5	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC
2 B 7	소다회 생산	소다회 (탄산나트륨, Na_2CO_3)는 유리 제조, 비누 및 세제, 펄프 및 종이 생산, 수질 처리(water treatment)를 포함한 다수의 산업에서 원재료로 이용되는 백색 결정의 고체이다. 소다회 생산으로부터의 CO_2 배출은 제조 프로세스에 따라 변화한다. 소다회를 생산하기 위해 네 개의 다른 프로세스가 이용될 것이다. 세가지 프로세스, 1수화물(monohydrate), 세스퀴탄산나트륨(sodium sesquicarbonate (trona)), 직접적인 탄산 염화(direct carbonation)는 자연적 프로세스로 불린다. 네 번째, Solvay 프로세스는 인공적 프로세스로 분류된다.	2A4	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC
2 B 8	석유 화학 제품 및 카본 블랙 생산		2B5	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
2 B 8 a	메탄올	메탄올 생산은 스팀개질(steam reforming) 또는 부분산화(partial oxidation) 프로세스를 이용한 화석연료 원료 [천연가스, 석유, 석탄]로부터의 메탄올의 생산을 포함한다. (예를 들어, 발효에 의한) 생체적 원료(biogenic feedstocks)로부터의 메탄올의 생산은 이 하위카테고리에 포함되지 않는다.	2B5	CO_2, CH_4, N_2O, NMVOC
2 B 8 b	에틸렌	에틸렌 생산은 석유화학 공장에서 스팀분해(steam cracking) 프로세스에 의한 화석연료에서 파생된 원료로부터의 에틸렌의 생산을 포함한다. 석유정제소 경계내의 프로세스 위치에서의 에틸렌 생산은 이 배출원(source) 카테고리에 포함되지 않는다. 에틸렌 생산으로부터 생산되는 온실가스는 이산화탄소와 메탄이다.	2B5	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
2 B 8 c	2염화 에틸렌 및 염화 비닐 단위체	2염화 에틸렌과 염화 비닐 단위체 생산은 에틸렌의 직접적인 산화에 의한 2염화 에틸렌의 생산과, 2염화 에틸렌으로부터의 염화 비닐 단위체의 생산을 포함한다. 2염화 에틸렌 생산과 염화 비닐 단위체 생산으로부터 생산되는 온실가스는 이산화탄소와 메탄이다.	2B5	CO_2, CH_4, N_2O, CO, NMVOC
2 B 8 d	산화 에틸렌	산화 에틸렌 생산은 촉매 산화(catalytic oxidation)에 의한 에틸렌과 산소의 반응에 의한 산화 에틸렌의 생산을 포함한다. 산화 에틸렌 생산으로부터 생산되는 온실가스는 이산화탄소와 메탄이다.	2B5	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
2 B 8 e	아크릴로니트릴	아크릴로니트릴 생산은 프로필렌(propylene)의 암모산화(ammoxidation)로부터의 아크릴로니트릴의 생산 및 암모산화 프로세스로부터의 아세토니트릴(acetonitrile) 및 시안화 수소(hydrogen cyanide)의 관련된 생산을 포함한다. 아크릴로니트릴의 생산으로부터 생산되는 온실가스는 이산화탄소와 메탄이다.	2B5	CO_2, CH_4, N_2O, NMVOC
2 B 8 f	카본 블랙	카본 블랙 생산은 화석연료에서 파생된 원료 (석유 또는 석탄에서 파생된 카본 블랙 원료, 천연가스, 아세틸렌(acetylene))에서의 카본 블랙의 생산을 포함한다. 생체적 원료(biogenic feedstocks)로부터의 카본 블랙 생산은 이 배출원(source) 카테고리에 포함되지 않는다.	2B5, 3C	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2

표 8.2 (계속)

배출 및 흡수 카테고리의 분류 및 정의

카테고리 코드 및 이름		정의	96 GLs 카테고리 코드	가스
2 B 9	불소화합물 생산		2E	HFCs, PFCs, SF_6, 기타 할로겐화 가스
2 B 9 a	부산물 배출	불소화학제품 생산은 주요 제품이 온실가스인지 여부에 관계없이, 불소화학제품의 완전한 범위를 포함한다. 배출은 HFCs, PFCs, SF6, IPCC 평가보고서에 나열된 지구온난화지수(global warming potential)를 가지는 기타 모든 할로겐화 가스(halogenated gases)를 포함한다. 가장 중요한 부산물 배출은 HCFC-22의 제조로부터의 HFC-23의 배출이며 이는 따로 기술된다.	2E1	HFCs, PFCs, SF_6, 기타 할로겐화 가스
2 B 9 b	탈루성 배출	이는 제품을 제조하는 프로세스로부터 주요제품의 배출이므로 이 문맥에서 불소화합물 생산은 HFCs, PFCs, SF6, IPCC 평가보고서에 나열된 지구온난화지수를 가지는 기타 모든 할로겐화 가스로 제한된다.	2E2	HFCs, PFCs, SF_6, 기타 할로겐화 가스
2 B 10	기타 (구체화할 것)	예를 들어, 위의 카테고리에 속하지 않는, IPCC 평가보고서에 나열된 지구온난화지수를 가지는 가스는 그것이 산정된다면, 여기에서 보고될 수 있을 것이다.	2B5	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2 HFCs, PFCs, SF_6, 기타 할로겐화 가스
2 C	**금속 산업**		2C	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2 HFCs, PFCs, SF_6, 기타 할로겐화 가스
2 C 1	철강 생산	이산화탄소는 철강 생산으로부터 배출되는 주된 가스이다. 이산화탄소 배출의 원천은 코크스 및 분쇄된 석탄과 같은 탄소를 포함한 환원제(reducing agents), 그리고 첨가된 석회석 및 백운석과 같은 광물로부터의 이산화탄소이다.	2C1	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
2 C 2	합금철 생산	합금철 생산은 예를 들어, ferro-silicon, silicon metal, ferro-manganese, silicon manganese, ferro-chromium과 같은, 가장 일반적인 합금철의 주요 야금 환원생산(primary metallurgical reduction production)으로부터의 배출을 포함하며, 연료 이용과 관련된 배출은 제외한다. 이들 합금의 생산으로부터, 광석 및 환원 원재료로부터 발생하는 이산화탄소 (CO_2), 아산화질소 (N_2O), 메탄 (CH_4)이 배출된다.	2C2	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
2 C 3	알루미늄 생산	알루미늄 생산은 연료의 이용과 관련된 배출을 제외한, 알루미늄의 주된 생산을 포함한다. 탄소에 기초한 양극(carbon-based anode)과 알루미나(alumina)의 전기화학적 환원반응으로부터 이산화탄소 배출이 발생된다. Tetrafluoromethane (CF_4)와 hexafluoroethane (C_2F_6)이 간헐적으로 또한 생산된다. 금속 재용해(metal remelting)를 위한 연료 이용과 달리 알루미늄의 재활용에서 온실가스는 생산되지 않는다. 육불화황 (SF_6) 배출은 주된 알루미늄 생산과 관련되지 않는다; 그렇지만, 합금을 포함하는 고가 마그네슘(high magnesium)의 주조(casting)는 SF_6 배출을 초래하며 이들 배출은 2C4 절, 마그네슘 생산에서 설명된다.	2C3	CO_2, CH_4, PFCs, NOx, CO, NMVOC, SO_2
2 C 4	마그네슘 생산	마그네슘 생산은 주된 마그네슘 생산과 처리 (재활용, 주조) 동안 마그네슘 금속의 산화방지에 관련된 GHG 배출을 포함하며, 연료 이용과 관련된 배출은 제외한다. 마그네슘의 주된 생산에서, 백운석과 마그네사이트(magnesite) 원재료의 하소(calcination) 동안 이산화탄소 (CO_2)가 배출된다. 비 탄산염(non-carbonate) 원재료로부터의 마그네슘의 주된 생산은 이산화탄소를 배출하지 않는다. 액체 마그네슘의 처리에서, 이산화탄소 (CO_2), 육불화황 (SF_6), 수소화불화탄소(hydrofluorocarbon) HFC 134a, 불소화 케톤(fluorinated ketone) FK 5-1-12 ($C_3F_7C(O)C_2F_5$)를 포함한 차폐가스(cover gases)가 이용될 것이다. 이들 화합물과 액체 마그네슘간의 부분적인 열분해(thermal decomposition) 및/또는 반응은 과불화탄소(perfluorocarbons) (PFCs)와 같은 2차 화합물을 생성하며, 이는 반응하지 않은 차폐가스 성분에 추가하여 배출된다.	2C4	CO_2, NOx, CO, NMVOC, SO_2 HFCs, PFCs, SF_6, 기타 할로겐화 가스
2 C 5	납 생산	납 생산은 직접적인 용해뿐만 아니라 소결(sintering)/용해(smelting) 프로세스에 의한 생산을 포함한다. 양쪽의 생산 프로세스에서 다양한 탄소에 기초한(carbon-based) 환원제 이용의 산물로서 이산화탄소 배출이 초래된다.	2C5	CO_2

표 8.2 (계속)

배출 및 흡수 카테고리의 분류 및 정의

카테고리 코드 및 이름		정의	96 GLs 카테고리 코드	가스
2 C 6	아연 생산 (Zinc Production)	아연 생산은 광석으로부터 아연의 주된 생산 및 금속 부스러기(scrap metals)로부터 아연의 복원으로부터의 배출을 포함하며, 연료 이용과 관련된 배출은 제외한다. 하소법(calcination)에 따라, 아연 금속은 1-electro-thermic distillation, 2-pyrometallurgical smelting or 3-electrolysis의 세가지 방법중 하나를 통해 생산된다. 방법 1 또는 2가 이용된다면, 이산화탄소 (CO_2)가 배출된다. 방법 3은 이산화탄소 배출을 초래하지 않는다. 금속 부스러기로부터의 아연의 복원은 주된 생산과 동일한 방법을 종종 이용하므로 이산화탄소 배출을 생산할 것이며, 이는 이 부분에 포함된다.	2C5	CO_2
2 C 7	기타 (구체화할 것)		2C5	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2 HFCs, PFCs, SF_6, 기타 할로겐화 가스
2 D	**연료로부터 비에너지 제품 및 용매 사용**	주로 연소가 아닌 목적을 위해 의도된 석유 제품 및 석탄에서 파생된 석유의 이용.	1, 2A5, 2A6, 3	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
2 D 1	윤활유 이용	윤활유, 열전달 오일, 절삭용 오일, 그리스(greases).	1, 3	CO_2
2 D 2	파라핀 왁스 이용	바셀린(petroleum jelly), 파라핀 왁스(paraffin waxes), 기타 왁스와 같은 석유에서 파생된(Oil-derived) 왁스.	1, 3	CO_2, CH_4, N_2O
2 D 3	용매 이용 (Solvent Use)	예를 들어, 페인트 칠, 기름 제거(degreasing), 드라이클리닝에서 용매 이용으로부터의 NMVOC 배출이 여기에 포함되어야 한다. HFCs 및 PFCs의 용매 이용으로부터의 배출은 2F5에서 보고되어야 한다.	3A, 3B	NMVOC
2 D 4	기타 (구체화할 것)	예를 들어, 용매가 아닌 기타 화학제품의 이용으로부터의 NMVOC 배출뿐만 아니라, (아스팔트 산화를 포함한) 아스팔트 생산 및 이용으로부터의 CH_4, CO, NMVOC 배출은, 적절하다면, 여기에 포함되어야 한다.	2A5, 2A6, 3D	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
2 E	**전자 산업**		2F6	CO_2, CH_4, N_2O HFCs, PFCs, SF_6, 기타 할로겐화 가스
2 E 1	집적회로 또는 반도체	빠르게 진화하는 방식과 변화하는 양으로 집적회로 (IC) 제조에서 해당 가스의 이용으로부터의 CF_4, C_2F_6, C_3F_8, c-C_4F_8, C_4F_6, C_4F_8O, C_5F_8, CHF_3, CH_2F_2, NF_3, SF_6의 배출, 이는 제품 (예를 들어, 기억장치 또는 논리장치) 및 장비 제조기업에 좌우된다.	2F6	CO_2, N_2O HFCs, PFCs, SF_6, 기타 할로겐화 가스
2 E 2	TFT 평면패널 디스플레이	평면패널 디스플레이 제조를 위해 유리 기판 위에 박막 트랜지스터 (TFTs)를 조립하는 동안 주로 CF_4, CHF_3, NF_3, SF_6의 이용 및 배출. 얇고 똑똑한 디스플레이(thin and smart displays)를 제조하는 동안 이들 가스에 추가하여, C_2F_6, C_3F_8 and c-C_4F_8가 또한 이용되고 배출될 것이다.	2F6	HFCs, PFCs, SF_6, 기타 할로겐화 가스
2 E 3	광발전 (Photovoltaics)	광전지 제조는 CF_4, C_2F_6를 이용 및 배출할 것이다.	2F6	HFCs, PFCs, SF_6, 기타 할로겐화 가스
2 E 4	열전달액 (Heat Transfer Fluid)	6개 이상의 탄소 원자를 가지는 fully fluorinated carbon 화합물을 포함하는, 열전달액은 IC 제조, 시험, 조립동안 이용되고 배출된다. 그들은 냉각장치, 온도충격시험기, vapour phase reflow soldering에 이용된다.	2F6	기타 활로겐화 가스
2 E 5	기타 (구체화할 것)		2F6	CO_2, CH_4, N_2O HFCs, PFCs, SF_6, 기타 할로겐화 가스
2 F	**오존파괴물질의 대체물로서 제품 사용**		2F	CO_2, HFCs, PFCs, 기타 할로겐화 가스
2 F 1	냉장 및 냉방 (Refrigeration and Air Conditioning)	냉장 및 냉방 시스템은 6가지 적용 영역 또는 카테고리에서 일반적으로 분류된다. 이들 카테고리는 열교환기, 팽창장치, 배관, 압축기와 같은 다른 기술을 이용한다. 6가지 적용영역은 가정용 냉장, 상업용 냉장, 산업 프로세스, 수송용 냉장, 고정형 냉방, 이동형 냉방 시스템이다. 이들 모든 적용을 위해, 다양한 HFCs가 CFCs와 HCFCs를 선택적으로 대체한다. 예를 들어, 선진국에서, HFC-134a는 가정용 냉장 및 이동형 냉방 시스템에서 CFC-12를 대체했고, R-407C (HFC-32/HFC-125/HFC-134a), R-410A (HFC-32/HFC- 125)와 같은 HFCs 혼합물은 주로 고정형 냉방에서 HCFC-22를 대체하고 있다. 가정용 냉장에서 이소 부탄 또는 산업용 냉장에서 암모니아와 같은 비 HFC 물질이 CFCs와 HCFCs를 대체하는데 이용된다. HFC-152a는 여러 지역에서 이동형 냉방을 위해 또한 고려되고 있다.	2F1	CO_2, HFCs, PFCs, 기타 할로겐화 가스

표 8.2 (계속)

배출 및 흡수 카테고리의 분류 및 정의

카테고리 코드 및 이름		정의	96 GLs 카테고리 코드	가스
2 F 1 a	냉장 및 고정형 냉방	적용 영역은 가정용 냉장, 상업용 냉장, 산업 프로세스, 고정형 냉방이다.	2F1	CO_2, HFCs, PFCs, 기타 할로겐화 가스
2 F 1 b	이동형 냉방	적용 영역은 수송용 냉장, 이동형 냉방 시스템이다.	2F1	CO_2, HFCs, PFCs, 기타 할로겐화 가스
2 F 2	수지발포제	HFCs는 특히 closed-cell 절연에서, 기포(foams)로 CFCs와 HCFCs의 대체물로서 이용되고 있다. 이용되는 화합물은 HFC-245fa, HFC-365mfc, HFC-227ea, HFC-134a, HFC-152a를 포함한다. 다양한 HFCs가 이용되는 프로세스 및 응용에는 절연 기판 및 패널, 파이프 부분, sprayed systems, 단일부품 간격충전 기포(one-component gap filling foams)를 포함한다. 자동차 운전대 및 계기판를 위한 통합외장 제품과 같은, open-cell 기포에 대해, 발포제로 이용된 HFCs의 배출은 제조 프로세스 동안 발생할 것이다. closed-cell 기포에서, 배출은 제조단계 동안 발생할 뿐만 아니라, 일반적으로 이용중 단계까지 확장되며 종종 대부분의 배출은 종료(end-of-life)시에 발생한다 (퇴역 손실(de-commissioning losses)). 따라서, 배출은 50년 이상의 기간에 걸쳐 발생할 수 있다.	2F2	CO_2, HFCs, PFCs, 기타 할로겐화 가스
2 F 3	화재 방재	할론(halons)의 부분적인 대체물로서 온실가스를 이용하는 두 가지 일반적인 유형의 소방장비가 존재한다: 휴대용 장비와 고정형 장비. 비오존파괴형, 산업용 가스인 HFCs, PFCs 및 보다 최근에 플루오로케톤(fluoroketone)은 고정장비에서 할론, 특히 할론 1301의 대체물로서 주로 이용된다. PFCs는 할론 1301 대체에서 초기에 역할을 했지만 최근 이용은 이전에 설치된 시스템의 보충으로 제한된다. 휴대용 장비에서, 전형적으로 할론 1211을 대체하는, HFCs는 이용가능하지만 주로 고비용 때문에 제한된 시장승인(market acceptance)을 달성하였다. 새로운 휴대용 소화기에서 PFC 이용은 HCFC 혼합물의 소량(몇 퍼센트)으로 현재 제한된다.	2F3	CO_2, HFCs, PFCs, 기타 할로겐화 가스
2 F 4	에어로졸	대부분의 에어로졸 패키지는 추진제(propellants)로서 탄화수소(HC)를 포함하지만, 전체의 작은 부분에서, HFCs와 PFCs가 추진체 또는 용매로 이용될 것이다. 에어로졸로부터의 배출은 일반적으로 생산이후에 짧게, 판매후 평균 6개월에 발생한다. 에어로졸의 이용 동안, 화학물질의 100%가 배출된다. 5가지 주된 원천은 계량 흡입기(metered dose inhalers (MDIs)), 개인관리 제품(예, 두발관리, 방취제, 면도용 크림), 가정용 제품 (예, 방향제, 오븐 및 섬유 세정제), 산업용 제품 (예, 작동중인 전기접점을 위한 스프레이같은 특수한 세척용 스프레이, 윤활유, 파이프 동결제(pipe-freezers), 기타 일반적인 제품 (예, silly string, 타이어 팽창제, 자동차 경적)이며, 일부 지역에서 이러한 일반적인 제품의 이용은 제한된다. 추진제로 현재 이용되는 HFCs는 HFC 134a, HFC 227ea, HFC 152a이다. HFC 43 10mee 및 PFC (perfluorohexane)는 산업용 에어로졸 제품에서 용매로 이용된다.	2F4	HFCs, PFCs, 기타 할로겐화 가스
2 F 5	용매	HFCs 및 보다 작은 정도로 PFCs는 오존파괴물질(CFC-113가 가장 주목됨)의 대체물로 이용되고 있다. 이용되는 전형적인 HFC는 HFC-365mfc 및 HFC-43-10mee 이다. 이들 불소 첨가(fluorinated) 대체물들의 이용은 그들이 대체하는 오존파괴물질보다 훨씬 덜 보급되어 있다. 재포집(Re-capture) 및 재이용 또한 보다 널리 시행된다. 이용의 주된 영역은 정밀 세척, 전자용 세척, 금속용 세척, deposition applications 이다. 용매를 포함하는 에어로졸로부터의 배출은 이 카테고리가 아니라 카테고리 2F4 “에어로졸”에서 보고되어야 한다.	2F5	HFCs, PFCs, 기타 할로겐화 가스
2 F 6	기타 적용 (구체화할 것)	오존파괴물질의 속성은 기타 하위카테고리에 포함되지 않은 다양한 틈새 응용(niche applications)을 대해 이 물질을 매력적이게 하였다. 이들은 전자 시험(electronics testing), 열전달, 유전액(dielectric fluid), 의학적 적용을 포함한다. HFCs 및 PFCs의 속성은 이들 부문의 일부에서 동일하게 매력적이며 대체물로 채택되었다. 이들의 적용에서 HFCs의 새로운 이용뿐만 아니라, PFCs의 일부 역사적 이용이 또한 존재한다. 이들의 적용은 적용연도에서의 100% 배출에서 연간 1% 정도까지의 누출 비율(leakage rates)을 가진다.	2F6	CO_2, CH_4, N_2O HFCs, PFCs, SF_6, 기타 할로겐화 가스

표 8.2 (계속)

배출 및 흡수 카테고리의 분류 및 정의

카테고리 코드 및 이름		정의	96 GLs 카테고리 코드	가스
2 G	**기타 제품 제조 및 사용**		2F6, 3D	CO_2, CH_4, N_2O HFCs, PFCs, SF_6, 기타 할로겐화 가스
2 G 1	전기 장비 (Electrical Equipment)	전기 장비는 1 kV 이상의 전기의 전송 및 분배에 이용된다. SF6는 가스 절연 개폐기 (GIS), 가스 회로 차단기 (GCB), 가스 절연 라인 (GIL), 옥외 가스 절연 계기용 변압기, reclosers, 스위치, ring main units, 기타 장비에 이용된다.	2F6	PFCs, SF_6, 기타 할로겐화 가스
2 G 1 a	전기 장비의 제조 (Manufacture of Electrical Equipment)		2F6	PFCs, SF_6, 기타 할로겐화 가스
2 G 1 b	전기 장비의 이용 (Use of Electrical Equipment)		2F6	PFCs, SF_6, 기타 할로겐화 가스
2 G 1 c	전기 장비의 처분 (Disposal of Electrical Equipment)		2F6	PFCs, SF_6, 기타 할로겐화 가스
2 G 2	기타 제품 사용으로부터의 SF_6와 PFCs		2F6	PFCs, SF_6, 기타 할로겐화 가스
2 G 2 a	군용 응용 (Military Applications)	군용 응용은 보잉 E-3A 유형의 군용 정찰기인 AWACS를 포함한다. AWACS (및 기타 정찰기)에서, SF6는 레이더 시스템에서의 절연가스로 이용된다.	2F6	PFCs, SF_6, 기타 할로겐화 가스
2 G 2 b	가속기 (Accelerators)	입자가속기는 (대학 및 연구기관에서의) 연구, (케이블 절연과 고무 부품 및 호스를 위한 cross-linking polymers에서) 산업적 응용, 의학적 (방사선 치료) 응용을 위해 이용된다.	2F6	PFCs, SF_6, 기타 할로겐화 가스
2 G 2 c	기타 (구체화할 것)	이 원천은 단열 이용, 방음 유리, 소비자 및 상업적 응용에서 열전달액으로 이용된 PFCs, 화장 및 의학적 응용에서 이용된 PFCs, 추적자(tracers)로 이용되는 PFCs 및 SF6를 포함한다.	2F6	PFCs, SF_6, 기타 할로겐화 가스
2 G 3	제품 이용으로부터의 N_2O		3D	N_2O
2 G 3 a	의학적 응용 (Medical Applications)	이 원천은 의학적 응용 (마취제 이용, 진통제 이용, 수의학적 이용)에서 발생하는 아산화질소 (N2O)의 증발적 배출을 포함한다. N2O는 마취에서 두 가지 이유를 위해 이용된다: a) 마취제 및 진통제, b) isoflurane, sevoflurane, desflurane과 같은 휘발성 fluorinated hydrocarbon 마취제를 위한 운반가스(carrier gas)로 이용된다.	3D	N_2O
2 G 3 b	압력을 위한 추진제 및 에어로졸 제품 (Propellant for Pressure and Aerosol Products)	이 원천은 주로 식품산업에서 에어로졸 제품내 추진제 (propellant)로서의 이용으로부터 발생하는 아산화질소 (N2O)의 증발적 배출을 포함한다. 전형적인 이용은 휘핑 크림(whipped cream)을 만드는 것이며, 이 경우에 N2O로 충전된 카트리지가 크림을 기포로 만들기 위해 이용된다.	3D	N_2O
2 G 3 c	기타 (구체화할 것)		3D	N_2O
2 G 4	기타 (구체화할 것)		2F6, 3D	CO_2, CH_4, HFCs, 기타 활로겐화 가스
2 H	**기타**		2D1, 2D2, 2G	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
2 H 1	펄프 및 제지 산업		2D1	CO_2, CH_4, NOx, CO, NMVOC, SO_2
2 H 2	식품 및 음료 산업		2D2	CO_2, CH_4, NOx, CO, NMVOC, SO_2
2 H 3	기타 (구체화할 것)		2G	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2

표 8.2 (계속)

배출 및 흡수 카테고리의 분류 및 정의

카테고리 코드 및 이름		정의	96 GLs 카테고리 코드	가스
3	**농업, 산림 및 기타 토지이용**	임지, 농경지, 초지, 습지, 주거지, 기타 토지로부터의 배출 및 흡수. 가축 및 퇴비 관리로부터의 배출, 관리된 토양으로부터의 배출, 석회 살포 및 요소 이용으로부터의 배출을 또한 포함한다. 연간의 수확된 목재제품(harvested wood product (HWP)) 변수를 산정하는 방법이 이 카테고리에 또한 포함된다.	4,5	CO_2, CH_4, N_2O
3 A	**가축**	장내 발효(enteric fermentation)로부터의 메탄 배출, 퇴비 관리로부터의 메탄 및 아산화질소 배출.	4	CH_4
3 A 1	장내발효 (Enteric Fermentation)	장내발효 (혈류로의 흡수를 위해 탄수화물이 미생물에 의해 단순한 분자로 분해되는 소화 과정)의 부산물로서 초식동물로부터의 메탄 배출. 반추동물 (예, 소, 양)은 주된 원천이며, 어느 정도의 양은 비반추동물 (예, 돼지, 말)로부터 발생된다.	4A	CH_4
3 A 1 a	소	젖소 및 기타 소로부터의 메탄 배출.	4A1	CH_4
3 A 1 a i	낙농 젖소	상업적 교환을 위한 우유를 생산하기 위한 소 및 낙농업 목적으로 키워지는 송아지 및 암소로부터의 메탄 배출.	4A1a	CH_4
3 A 1 a ii	기타 소	고기 생산, 견인용, 번식용을 위해 유지 또는 키워지는 소를 포함한 모든 비낙농용 소로부터의 메탄 배출.	4A1b	CH_4
3 A 1 b	물소	물소로부터의 메탄 배출.	4A2	CH_4
3 A 1 c	양	양으로부터의 메탄 배출.	4A3	CH_4
3 A 1 d	염소	염소로부터의 메탄 배출.	4A4	CH_4
3 A 1 e	낙타	낙타로부터의 메탄 배출.	4A5	CH_4
3 A 1 f	말	말로부터의 메탄 배출.	4A6	CH_4
3 A 1 g	노새 및 당나귀	노새 및 당나귀로부터의 메탄 배출.	4A7	CH_4
3 A 1 h	돼지	돼지로부터의 메탄 배출.	4A8	CH_4
3 A 1 j	기타 (구체화할 것)	기타의 가축 (예, 알파카, 라마, 사슴, 순록 등)으로부터의 메탄 배출.	4A10	
3 A 2	비료 관리	저산소 또는 무산소 조건하에서 퇴비의 분해로부터의 메탄 및 아산화질소 배출. 이들 조건은 다수의 동물이 한정된 영역 (예, 낙농장, 육우사육장, 돼지 및 가금 농장)에서 관리될 때 종종 발생하며, 여기서 퇴비는 전형적으로 큰 더미로 저장되거나 연못 및 기타 유형의 퇴비 관리시스템에서 처리된다.	4B	CH_4, N_2O
3 A 2 a	소	소의 퇴비의 분해로부터의 메탄 및 아산화질소의 배출.	4B1	CH_4, N_2O
3 A 2 a i	낙농 젖소	젖소의 퇴비의 분해로부터의 메탄 및 아산화질소 배출.	4B1a	CH_4, N_2O
3 A 2 a ii	기타 소	기타 소의 퇴비의 분해로부터의 메탄 및 아산화질소 배출.		CH_4, N_2O
3 A 2 b	물소	물소의 퇴비의 분해로부터의 메탄 및 아산화질소 배출.	4B2	CH_4, N_2O
3 A 2 c	양	양의 퇴비의 분해로부터의 메탄 및 아산화질소 배출.	4B3	CH_4, N_2O
3 A 2 d	염소	염소의 퇴비의 분해로부터의 메탄 및 아산화질소 배출.	4B4	CH_4, N_2O
3 A 2 e	낙타	낙타의 퇴비의 분해로부터의 메탄 및 아산화질소 배출.	4B5	CH_4, N_2O
3 A 2 f	말	말의 퇴비의 분해로부터의 메탄 및 아산화질소 배출.	4B6	CH_4, N_2O
3 A 2 g	노새 및 당나귀	노새와 당나귀의 퇴비의 분해로부터의 메탄 및 아산화질소 배출.	4B7	CH_4, N_2O
3 A 2 h	돼지	돼지의 퇴비의 분해로부터의 메탄 및 아산화질소 배출.	4B8	CH_4, N_2O
3 A 2 i	가금류	닭, 육계, 칠면조, 오리를 포함한 가금의 퇴비의 분해로부터의 메탄 및 아산화질소 배출.	4B9	CH_4, N_2O
3 A 2 j	기타 (구체화할 것)	기타 가축 (예, 알파카, 라마, 사슴, 순록, 털을 가지는 동물, 타조 등)의 퇴비의 분해로부터의 메탄 및 아산화질소 배출.	4B13	CH_4, N_2O
3 B	**토지**	3C (토지에 대한 통합적 원천 및 비 CO_2 배출원)에 나열된 원천을 제외하고 다섯 가지 토지이용 카테고리로부터의 배출 및 흡수. 습지를 제외하고, 온실가스 인벤토리는 다섯 가지 탄소풀(carbon pools) (즉, 지상 바이오매스(biomass), 지하 바이오매스, 고사목, 쓰레기(litter), 토양유기물(soil organic matter))로부터의 탄소량(carbon stock) 변화에 관한 산정을 포함한다.	5	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
3 B 1	임지	국가의 GHG 인벤토리에서 임지를 정의하는데 이용된 임계치(thresholds)와 일치하는 수목(woody vegetation)을 가지는 토지로부터의 배출 및 흡수로, 관리 및 비관리로, 적절하다면 기후지역, 토양 유형, 성장 유형으로 또한 나뉘어진다. 이는 임지 카테고리를 정의하기 위해 국가에 의해 이용된 임계치 아래에 있지만 이후에 초과할 것으로 기대되는 초목이 있는 시스템을 또한 포함한다.	5A,5B,5D	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2

표 8.2 (계속)

배출 및 흡수 카테고리의 분류 및 정의

카테고리 코드 및 이름		정의	96 GLs 카테고리 코드	가스
3 B 1 a	임지로 유지되는 임지	임지 이용하에 항상 있었거나 20년이상 전에 산림으로 전환된 다른 토지 카테고리로부터의 배출 및 흡수 (기본적 가정).	5A	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
3 B 1 b	임지로 전환된 토지	임지로 전환된 토지로부터의 배출 및 흡수. 농경지, 초지, 습지, 주거지, 기타 토지에서 임지로의 전환을 포함한다. 인간 활동때문에 산림으로 재생중인 버려진 토지도 또한 포함된다.	5A,5C,5D	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
3 B 1 b i	임지로 전환된 농경지	임지로 전환된 농경지로부터의 배출 및 흡수.		CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
3 B 1 b ii	임지로 전환된 초지	임지로 전환된 초지로부터의 배출 및 흡수.		CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
3 B 1 b iii	임지로 전환된 습지	임지로 전환된 습지로부터의 배출 및 흡수.		CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
3 B 1 b iv	임지로 전환된 주거지	임지로 전환된 주거지로부터의 배출 및 흡수.		CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
3 B 1 b v	임지로 전환된 기타 토지	임지로 전환된 기타 토지로부터의 배출 및 흡수.		CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
3 B 2	농경지	초목(vegetation)이 임지 카테고리를 위해 이용된 임계치 이하인 경작지, 논, 산림농업 시스템(agro-forestry systems)으로부터의 배출 및 흡수.	4C, 4D, 4F, 5A, 5B, 5D	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
3 B 2 a	농경지로 유지되는 농경지	인벤토리 기간동안 토지이용 변화를 겪지 않은 농경지로부터의 배출 및 흡수.	4C, 4D, 4F, 5A, 5D	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
3 B 2 b	농경지로 전환된 토지	농경지로 전환된 토지로부터의 배출 및 흡수. 임지, 초지, 습지, 주거지, 기타 토지의 농경지로의 전환을 포함한다.	5B, 5D	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
3 B 2 b i	농경지로 전환된 임지	농경지로 전환된 임지로부터의 배출 및 흡수.		CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
3 B 2 b ii	농경지로 전환된 초지	농경지로 전환된 초지로부터의 배출 및 흡수.		CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
3 B 2 b iii	농경지로 전환된 습지	농경지로 전환된 습지로부터의 배출 및 흡수.		CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
3 B 2 b iv	농경지로 전환된 주거지	농경지로 전환된 주거지로부터의 배출 및 흡수.		CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
3 B 2 b v	농경지로 전환된 기타 토지	농경지로 전환된 기타 토지로부터의 배출 및 흡수.		CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
3 B 3	초지	농경지로 간주되지 않는 방목장, 목초지로부터의 배출 및 흡수. 이는 또한 임지 카테고리에서 이용되는 임계치 이하이고 인간의 개입없이, 임계치를 초과할 것으로 기대되지 않는 수목(woody vegetation)을 가지는 시스템을 포함한다. 해당 카테고리는 또한 황무지에서 휴양영역까지의 모든 초지를 포함하며, 관리 및 비관리로 나누어지며, 국가적 정의와 일치한다.	4D, 4E, 5A,5B,5C 5D	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
3 B 3 a	초지로 유지되는 초지	초지로 유지되는 초지로부터의 배출 및 흡수.	4D, 4E, 5A,5D	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
3 B 3 b	초지로 전환된 토지	초지로 전환된 토지로부터의 배출 및 흡수.	5B, 5C, 5D	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
3 B 3 b i	초지로 전환된 임지	초지로 전환된 임지로부터의 배출 및 흡수.		CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
3 B 3 b ii	초지로 전환된 농경지	초지로 전환된 농경지로부터의 배출 및 흡수.		CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2

표 8.2 (계속)

배출 및 흡수 카테고리의 분류 및 정의

카테고리 코드 및 이름		정의	96 GLs 카테고리 코드	가스
3 B 3 b iii	초지로 전환된 습지	초지로 전환된 습지로부터의 배출 및 흡수.		CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
3 B 3 b iv	초지로 전환된 주거지	초지로 전환된 주거지로부터의 배출 및 흡수.		CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
3 B 3 b v	초지로 전환된 기타 토지	초지로 전환된 기타 토지로부터의 배출 및 흡수.		CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
3 B 4	습지	해당 연도의 전부 또는 일부 동안 물이 덮히거나 스며들고 (예, 이탄지(peatland)) 임지, 농경지, 초지, 주거지 카테고리에 속하지 않는 토지로부터의 배출. 해당 카테고리는 국가적 정의에 따라 관리 및 비관리로 나누어질 수 있다. 이는 관리되는 하위 카테고리로 저수지와 비관리되는 하위카테고리로 자연 하천과 호수를 포함한다.	5A, 5B, 5E, 4D	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
3 B 4 a	습지로 유지되는 습지	이탄 추출을 경험한 이탄지(peatland) 및 침수지(flooded land)로 유지되는 침수지로부터의 배출.	5A, 5D, 5E, 4D	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
3 B 4 a i	이탄지로 유지되는 이탄지	(1) 추출단계 동안 이탄 퇴적물로부터의 현장(on-site) 배출, (2) 이탄의 원예 이용으로부터의 외부적인(off-site) 배출을 포함한다. 이탄의 에너지 이용으로부터의 외부적인 배출은 에너지 부문에서 보고되므로 이 카테고리에 포함되지 않는다.	5A, 5E, 4D	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
3 B 4 a ii	침수지로 유지되는 침수지	침수지로 유지되는 침수지로부터의 배출. 침수지(Flooded lands)는 전형적으로 수위 조절을 통해, 인간 활동이 물에 덮히는 지표면 영역의 양의 변화를 초래했던 수역(water bodie)으로 정의된다. 침수지의 예는 수력전기의 생산, 관개(irrigation), 항해 등을 위한 저수지를 포함한다. 이전에 침수된 생태계와 비교하여 수역에서 상당한 변화를 경험하지 않았던 조절된 호수 및 하천은 침수지로 간주되지 않는다. 일부의 논은 토지의 침수를 통해 경작되지만, 쌀 경작의 독특한 특성때문에, 논은 3C7에서 다루어진다.	5A, 5E	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
3 B 4 b	습지로 전환된 토지	습지로 전환된 토지로부터 이탄 추출을 위해 전환되는 토지로부터의 배출.	5B, 5E	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
3 B 4 b i	이탄 추출을 위해 전환된 토지	이탄 추출을 위해 전환되는 토지로부터의 배출	5B, 5E	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
3 B 4 b ii	침수지로 전환된 토지	침수지로 전환된 토지로부터의 배출	5B, 5E	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
3 B 4 b iii	기타 습지로 전환된 토지	침수지 및 이탄 추출을 위한 토지가 아닌 습지로 전환된 토지로부터의 배출.	5E	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
3 B 5	주거지	다른 카테고리에 이미 포함되지 않은 경우에, 수송 기반시설 및 인적 주거지를 포함한, 모든 개발된 토지로부터의 배출 및 흡수. 이는 국가적 정의와 일치해야 한다.	5A, 5D, 5E, 5B	CO_2
3 B 5 a	주거지로 유지되는 주거지	인벤토리기간 동안 어떤 토지이용 변화를 경험하지 않았던 주거지로부터의 배출 및 흡수.		CO_2
3 B 5 b	주거지로 전환된 토지	주거지로 전환된 토지로부터의 배출 및 흡수. 임지, 농경지, 초지, 습지, 기타 토지의 주거지로의 전환을 포함한다.		CO_2
3 B 5 b i	주거지로 전환된 임지	주거지로 전환된 임지로부터의 배출 및 흡수.		CO_2
3 B 5 b ii	주거지로 전환된 농경지	주거지로 전환된 농경지로부터의 배출 및 흡수.		CO_2
3 B 5 b iii	주거지로 전환된 초지	주거지로 전환된 초지로부터의 배출 및 흡수.		CO_2
3 B 5 b iv	주거지로 전환된 습지	주거지로 전환된 습지로부터의 배출 및 흡수.		CO_2
3 B 5 b v	주거지로 전환된 기타 토지	주거지로 전환된 기타 토지로부터의 배출 및 흡수.		CO_2
3 B 6	기타 토지	다섯 가지 다른 카테고리에 속하지 않는 노출된 토양(bare soil), 암석, 얼음, 모든 관리되지 않은 토지 영역으로부터의 배출 및 흡수. 이는 자료가 이용가능한 경우에, 확인된 토지 영역이 국가적 영역과 일치하게끔 한다.		CO_2
3 B 6 a	기타 토지로 유지되는 기타 토지	인벤토리기간 동안 어떤 토지이용 변화를 경험하지 않았던 기타 토지로부터의 배출 및 흡수.		CO_2

표 8.2 (계속)

배출 및 흡수 카테고리의 분류 및 정의

카테고리 코드 및 이름		정의	96 GLs 카테고리 코드	가스
3 B 6 b	기타 토지로 전환된 토지	기타 토지로 전환된 토지로부터의 배출 및 흡수. 임지, 농경지, 초지, 습지, 주거지의 기타 토지로의 전환을 포함한다.		CO_2
3 B 6 b i	기타 토지로 전환된 임지	기타 토지로 전환된 임지로부터의 배출 및 흡수.		CO_2
3 B 6 b ii	기타 토지로 전환된 농경지	기타 토지로 전환된 농경지로부터의 배출 및 흡수.		CO_2
3 B 6 b iii	기타 토지로 전환된 초지	기타 토지로 전환된 초지로부터의 배출 및 흡수.		CO_2
3 B 6 b iv	기타 토지로 전환된 습지	기타 토지로 전환된 습지로부터의 배출 및 흡수.		CO_2
3 B 6 b v	기타 토지로 전환된 주거지	기타 토지로 전환된 주거지로부터의 배출 및 흡수.		CO_2
3 C	**토지에 대한 통합적 배출원 및 non-CO_2 배출원**	매우 높은 통합 토지 수준 또는 국가 수준에서 보고될 같은 활동들로부터의 배출을 포함한다.		CO_2, CH_4, N_2O
3 C 1	바이오매스 소각로부터의 배출	N_2O, CH_4를 포함하는 바이오매스(biomass) 소각으로부터의 배출. 배출이 탄소 축적량(carbon stock) 변화로서 3B 카테고리에 포함되지 않을 때에만 CO_2 배출이 여기에 포함된다.		CH_4, N_2O, CO_2*
3 C 1 a	임지에서의 바이오매스 소각	임지에서 N_2O, CH_4를 포함하는 바이오매스(biomass) 소각으로부터의 배출. 배출이 탄소 축적량(carbon stock) 변화로서 3B1 카테고리에 포함되지 않을 때에만 CO_2 배출이 여기에 포함된다.		CH_4, N_2O, CO_2*
3 C 1 b	농경지에서의 바이오매스 소각	농경지에서 N_2O, CH_4를 포함하는 바이오매스(biomass) 소각으로부터의 배출. 배출이 탄소 축적량(carbon stock) 변화로서 3B2 카테고리에 포함되지 않을 때에만 CO_2 배출이 여기에 포함된다.		CH_4, N_2O, CO_2*
3 C 1 c	초지에서의 바이오매스 소각	초지에서 N_2O, CH_4를 포함하는 바이오매스(biomass) 소각으로부터의 배출. 배출이 탄소 축적량(carbon stock) 변화로서 3B3 카테고리에 포함되지 않을 때에만 CO_2 배출이 여기에 포함된다.		CH_4, N_2O, CO_2*
3 C 1 d	기타 모든 토지에서의 바이오매스 소각	주거지 및 기타 모든 토지에서 N_2O, CH_4를 포함하는 바이오매스(biomass) 소각으로부터의 배출. 배출이 탄소 축적량(carbon stock) 변화로서 3B6 카테고리에 포함되지 않을 때에만 CO_2 배출이 여기에 포함된다.		CH_4, N_2O, CO_2*
3 C 2	석회시용	농업용 토양, 관리되는 산림 토양, 호수에서 석회석의 이용으로부터의 CO_2 배출.		CO_2
3 C 3	요소처리	요소(urea) 이용으로부터의 CO_2 배출		CO_2
3 C 4	관리된 토양에서의 직접적 N_2O 배출	인공 N 비료 이용; 비료로 이용된 유기 N (예, 동물 퇴비, 혼합비료, 하수 슬러지, rendering waste); 방목 동물에 의해 목장에 퇴적된 오줌 및 똥 N; 목장을 정비하는 동안 N-고정 농작물 및 마초를 포함하여,(지상 및 지하의) 농작물 찌꺼기에서의 N; 토지 이용의 변화 또는 광물질 토양(mineral soils)의 관리로부터 발생하는 토양 유기물의 상실/획득과 관련된 N 무기화/고정화; 유기질 토양의 유출/관리에서 관리된 토양으로부터의 직접적인 N_2O 배출.	4D	N_2O
3 C 5	관리된 토양에서의 간접적 N_2O 배출	(1) 인공 및 유기 N 비료의 이용, 방목 동물로부터의 오줌 및 똥 퇴적, 이후에 토양 및 물에서 암모늄 (NH_4^+) 및 N 산화물 (NOx)로서 N의 축적에 따른 (NH_3, NOx 로서) N의 휘발과 (2) 인공 및 유기 N 비료 첨가물, 농작물 찌꺼기, 토지이용 변화 또는 관리 시행을 통해 광물질 토양에서 토양 C의 상실/획득과 관련된 N의 무기화/고정화, 방목 동물로부터의 오줌 및 똥 퇴적으로부터 N의 지하수, 강 기슭 및 습지, 하천, 연안으로의 용해 및 흐름으로부터의 간접적인 N_2O 배출.	4D	N_2O
3 C 6	비료관리로부터의 간접적 N_2O 배출	퇴비 관리로부터의 간접적인 N2O 배출 (배설된 퇴비에서 질소의 활동자료량).		N_2O
3 C 7	쌀 재배	침수된 논에서 유기물의 혐기성 분해로부터의 메탄 (CH_4) 배출. 쌀 경작에서 질소에 기초한 비료의 이용으로부터의 N_2O 배출은 관리된 토양으로부터의 N_2O 배출에서 보고되어야 한다.	4C	CH_4
3 C 8	기타 (구체화할 것)	토지에서 CH_4, N_2O 배출의 다른 원천.		N_2O, CH_4
3 D	기타			
3 D 1	수확된 목제품	수확된 목제품에서 발생하는 CO_2 순배출 또는 흡수.		CO_2
3 D 2	기타 (구체화할 것)			

표 8.2 (계속)

배출 및 흡수 카테고리의 분류 및 정의

카테고리 코드 및 이름		정의	96 GLs 카테고리 코드	가스
4	**폐기물**			CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC, SO_2
4 A	**고형 폐기물 매립**	메탄은 고체 폐기물 처리장(solid waste disposal sites)에서 유기물의 혐기성 미생물 분해로부터 생성된다. 이산화탄소(CO2)도 생성되지만 생체적(biogenic) 또는 유기적(organic) 폐기물 원천으로부터의 CO_2는 AFOLU 부문에 포함된다. 할로겐화 가스의 배출은 IPPU에서 다루어져야 한다. SWDS에서의 장기적인 탄소 저장은 정보 항목으로 보고된다.	6A	CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC
4 A 1	관리되는 폐기물 매립지	관리적 고체 폐기물 처리장은 폐기물의 배치 (즉, 특정한 적재 영역으로 향하는 폐기물, 청소 및 화재의 일정한 정도의 통제)를 통제했어야 하며 적어도 다음 중 하나를 포함할 것이다: 차폐 물질(cover material), 기계적 압축, 폐기물의 평탄화. 이 카테고리는 호기성(aerobic) 및 혐기성(anaerobic)으로 나누어질 수 있다.	6A1	CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC
4 A 2	관리되지 않는 폐기물 매립지	이는 위의 카테고리에 속하지 않는 기타 모든 고체 폐기물 처리장이다. 이 카테고리는 깊음(deep)과 얕음(shallow)으로 나누어질 수 있다.	6A2	CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC
4 A 3	미분류 폐기물 매립지	위의 4 A1과 4 A2의 혼합. 관리/비관리의 구분에 대한 자료를 가지고 있지 않은 국가들은 이 카테고리를 이용할 것이다.	NA	CH_4, N_2O, NOx, NMVOC
4 B	**고형 폐기물의 생물학적 처리**	고체 폐기물 퇴비화 및 기타 생물학적 처리. 에너지 생산을 하는 바이오가스 시설 (혐기성 소화)로부터의 배출은 에너지 부문 (1A4)에서 보고된다.	6A3	CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC
4 C	**폐기물의 소각 및 노천 소각 (Open Burning)**	폐기물 에너지(waste-to-energy) 시설을 포함하지 않는, 폐기물의 소각 및 공개 연소. 에너지를 위해 태운 폐기물로부터의 배출은 에너지 부문, 1A 에서 보고된다. 농업용 폐기물의 연소로부터의 폐기물은 AFOLU (3C1)에서 보고되어야 한다. 화석 폐기물(fossil waste)로부터의 CO2 뿐만 아니라 모든 비 CO_2 온실가스는 소각 및 노천소각을 위해 여기에 보고되어야 한다.	6C	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC
4 C 1	폐기물 소각	통제된 소각 시설에서의 고체 폐기물의 소각	6C	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC
4 C 2	폐기물의 노천 소각	야외 또는 공개 장소에서의 폐기물의 소각.	NA	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC
4 D	**폐수 처리 및 배출**	메탄은 폐수처리 동안 하수용 시설에서 박테리아에 의한 유기물의 혐기성 분해와 식품 가공 및 기타 산업시설로부터 생성된다. N_2O는 폐수 처리 및 배출에서 박테리아 (탈질화 및 질산화)에 의해 또한 생성된다.	6B	CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC
4 D 1	가정폐수 처리 및 배출	오폐수 시스템, 수집 및 처리 시스템, open pits / latrines, 혐기성 연못, 혐기성 반응기, 지표수로 배출을 통한 (인적 폐기물을 포함한) 가정 및 상업적 원천으로부터의 액체 폐기물 및 슬러지(sludge)의 처리 및 배출. SWDS에서 처분된 슬러지로부터의 배출은 카테고리 4A에서 보고된다.	6B2	CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC
4 D 2	산업용 폐수 처리 및 배출	식품 가공, 섬유, 펄프 및 종이 생산과 같은 산업 프로세스로부터의 액체 폐기물 및 슬러지의 처리 및 배출. 이는 혐기성 연못, 혐기성 반응기, 지표수로의 배출을 포함한다. 가정용 오폐수로 배출된 산업용 폐수는 4D1에 포함되어야 한다.	6B1	CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC
4 E	**기타 (구체화할 것)**	카테고리 4A에서 4D까지에 나열된 것이 아닌 기타 폐기물 처리 활동으로부터의 GHGs 방출.	6D	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, NMVOC
5	**기타**		7	
5 A	NO_x와 NH_3에 있는 질소의 대기침적에서 발생하는 간접적 N_2O 배출	3C2에서 보고된 농업에서의 NOx and NH_3으로부터의 간접적인 배출은 제외.	NA	N_2O
5 B	기타 (구체화할 것)	위에서 기술된 카테고리들에서 수용될 수 없는 카테고리를 위해, 이 카테고리를 예외적으로 단지 이용한다. 해당 카테고리의 상세한 설명이 발견될 수 있는 참고문헌을 포함한다.	7	

1. *2006 IPCC 가이드라인* 하에서, 탄산염(carbonates)의 이용으로 인한 배출은 그것이 발생한 하위카테고리 (산업)에서 보고되어야 한다. 그러므로, *1996 가이드라인* 하에서 2A3 또는 2A4에서 보고되었던 배출의 일부는 *2006 가이드라인* 하에서 다양한 관련 하위카테고리 (예를 들어 2C1)에 보고되어야 한다. 그렇지만, 이 표의 이 열에서, *1996 가이드라인* 카테고리 코드 2A3과 2A4는 단순함을 위해, 관련된 모든 곳에 입력되지는 않았다.

주: '96 GLs 카테고리 코드' 열 아래의 NA 또는 공백 셀 : *1996 가이드라인*에서 정의되지 않은 카테고리.

참고문헌

IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories. Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Lim, B., Treanton, K., Mamaty, I., Bonduki, Y., Griggs, D.J. and Callander, B.A. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA, Paris, France.

IPCC (2000). Good Practice Guidance and Uncertianty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Penman, J., Kruger, D., Galbally, I., Hiraishi, T., Nyenzi, B., Enmanuel, S., Buendia, L., Hoppaus, R., Martinsen, T., Meijer, J., Miwa, K. and Tanabe, K. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan.

IPCC (2001). Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881pp.

IPCC (2003). Good Practice Guidance for Land Use, land-Use Change and Forestry. Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishi, T., Kruger, D., Pipatti, R., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K. and Wagner, F. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/IGES, Hayama, Japan.

국가 온실가스 인벤토리 작성을 위한 2006 IPCC 가이드라인

2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

발 행 : 환경부/환경관리공단
발행일 : 2008년 10월
편 집 : 환경관리공단 온실가스관리팀
인천시 서구 경서동 종합환경연구단지

Tel: 032-560-2190 / Fax: 032-560-2294
e-mail: ghg@emc.or.kr
Website: www.emc.or.kr

* 본 보고서는 환경관리공단 홈페이지(www.emc.or.kr)와 기후변화홍보포털(www.gihoo.or.kr)에서 다운로드 받으실 수 있습니다.