

附录2

验证

联合主席、编者和专家

不确定性估计和清单质量的跨领域方法专家组会议

联合主席

Taka Hiraishi（日本）和 Buruhani Nyenzi（坦桑尼亚）

评审编辑

Leo Meyer（荷兰）

专家组：国家和国际层面的检查与核实

联合主席

Mike Woodfield（英国）和 Faouzi Senhaji（摩洛哥）

背景报告作者

Jos Olivier（荷兰），Wilfried Winiwarter（奥地利）和 Jean-Pierre Chang（法国）

参加人员

William Breed（美国），陈振林（中国），Riccardo De Laetis（意大利），Eilev Gjerald（挪威），Michael Strogies（德国），Susan Subak（美国），Kiyoto Tanabe (IPCC-NGGIP/TSU)，Karen Treanton (IEA)和 Andre van Amstel（荷兰）

目 录

附件 2 验证

A2.1 引言.....	A2.4
A2.1.1 国家层面	A2.4
A2.1.2 另外的国际比较方法.....	A2.5
A2.1.3 在局地尺度、区域尺度和全球尺度与大气测量的比较	A2.8
A2.1.4 与国际科学出版物、全球或区域分配和排放源趋势的比较	A2.9
A2.2 排放清单验证实用指南.....	A2.9
A2.2.1 国家清单	A2.9
A2.2.2 累计的全球或区域清单.....	A2.10
A2.3 报告.....	A2.10
参考文献.....	A2.11

图

图表 A2.1 国家间排放因子比较示意图.....	A2.7
图表 A2.2 国家间排放因子及其不确定性比较示意图	A2.7

附录 2 验证

A2.1 引言

在这里，验证过程是为了确保清单的可靠性。这些过程既可以应用于国家层面也可以用于全球层面的总计，也可以提供有关年度排放及趋势的可供选择的信息。验证的结果可能：

- (1) 提供信息以改进清单；
- (2) 建立排放估算及趋势的信度；
- (3) 帮助提高对排放清单的科学认识。

验证过程还可以增进改进清单估算的国际合作。

验证的方法各不相同。例如，作为联合国气候变化框架公约排放清单审评的组成部分，方法之一是对排放估算及趋势做出评估。另一种方法是在全球或区域基础上对总清单进行评估，其目的是提供进一步的科学认识。

附件 2 中讨论了一些验证方法或工具。其应用以及所需信息的类型将随验证过程的任务和目的而改变。清单的国际验证可以包括与国际的或独立编辑的活动数据、排放因子、不确定性估算、大气测量以及全球或区域的分配和排放源趋势的相互比较。通常清单编制好后就进行验证，包括质量保证和质量控制过程（见本附录 A2.2.1 节“国家清单”和第 8 章“质量保证和质量控制”）。国际验证可以在没有进行国家验证的情况下进行。验证活动需要资金、时间、技术和专业知识。

为了给国家清单专家组以及适当时给国际社会提供反馈，应该根据验证的作用及理由，及时、系统地报告验证的过程和结果。

验证技术

验证技术包括内部质量的检查、清单的相互比较、强度指标的比较、与大气浓度和排放源测量以及模拟研究的比较。在上述各种情况下，可获得数据的各系统间相互比较以及数据获取过程应与一些研究成果一并考虑。下面将讨论这些技术及其在国家层面的可用性。

A2.1.1 国家层面

作为质量保证和质量控制过程（见第 8 章，质量保证和质量控制）的组成部分，对国家清单各部分实施验证程序，或者对清单的各部分或整体分别实施验证程序。

A2.1.1.1 与其它国家排放数据的比较

与其它独立编制的国家或区域排放估算的比较是一种检查完整性、近似排放水平或排放源分配(或子排放源分配)的快速方法。尽管这些独立编制的清单的有效性将发生变化，但州或省的清单，以及研究机构独立编制的清单都是可能的来源。国家比较的具体步骤类似于国际数据比较(见 A2.2.1 节，国家清单)。

A2.1.1.2 直接排放源检测

烟囱即时测量、烟团内测量、遥测及同位素示迹测量已用于直接检测排放源。所有这些方法允许将观测到的浓度直接归因于某一固定排放源的排放。只要具有代表性，可以认为直接排放源检测方法测量与排放计算的不确定性低于用其它方法计算出的清单排放估算的不确定性。第 8 章“质量保障和质量控制”第 8.7.1.3 节“直接排放测量”对此议题展开了进一步讨论。

A2.1.1.3 与国家科学出版物及其它出版物的比较

尽管清单编制机构负责国家温室气体清单的汇编和提交，但还有其它独立的相关出版物(如科技文献)也包含了清单的内容。研究这些文献可有助于确定进一步研究及改进清单的领域。

A2.1.2 另外的国际比较方法

将国家温室气体清单与一些国际数据集进行比较可能是一个独立的验证清单估算的手段。可以进行几种类型的比较，包括与独立编制的自下而上的排放估算、大气测量、国际科学文献以及与全球或区域分配的比较。与其它国家清单相互比较能够交叉检验关于排放因子的使用、排放源类别的完整性、所有方法的假设。除了与单个国家排放清单的比较之外，对于更大的国家组群还能进行更加系统地比较。

A2.1.2.1 自下而上的比较

对于某一排放源类别，不同类型的自下而上的比较可以并行进行。这些比较能够检查所有的排放水平、排放因子或活动数据。这些主要类型的比较包括：

- 与其它独立编制的数据库进行比较，以检查完整性、量级和排放源分配；
- 国家间的比较，也就是不同国家同一年的输入数据（即活动水平、集成排放因子或其它用于计算排放的因子）的比较；
- 国家间的比较，即不同国家排放趋势或输入数据的比较。

这些不同类型的比较还能够帮助评估国家清单和全球排放清单的不确定性估算，以及评估国家层面上的差异。这些比较过程并不总是代表对数据本身的校验，而是对数据的可靠性和一致性的验证（例如趋势和国家之间），使得评审人员能够发现一些需要进行更为详细数据检验的不一致性或一些问题。与其它改进清单质量的方法相比，清单机构用于独立验证活动的时间取决于资源的可获得性和对这些活动价值的评估。

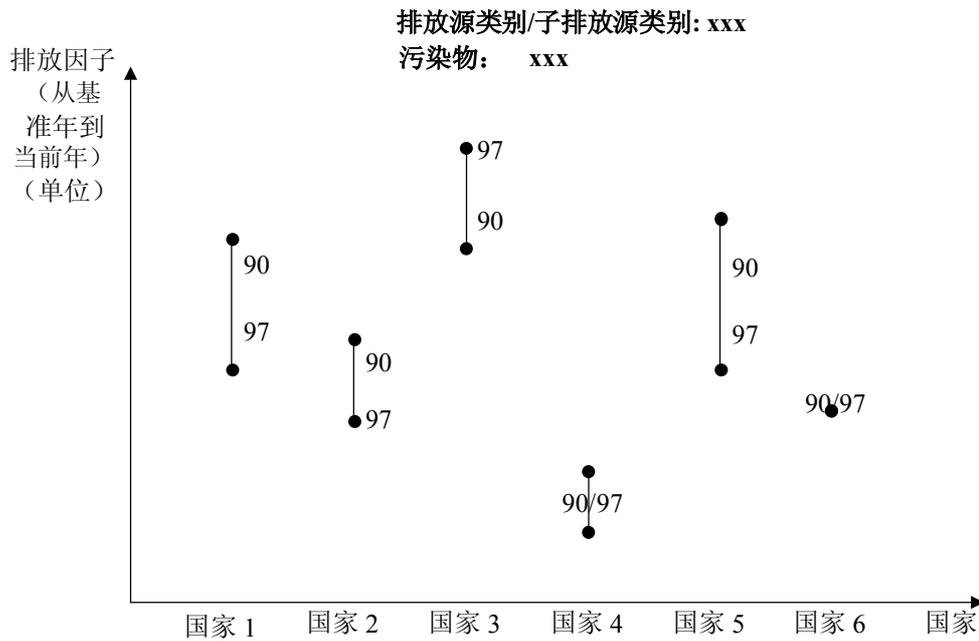
下面描述了几种比较类型的示例：

- *自上而下和自下而上估算的比较*：对于矿物燃料燃烧产生的二氧化碳，基本的估算方法是根据已知的各种类型燃料消耗量，依据《1996 年 IPCC 国家温室气体清单指南修订本》（《IPCC 指南》）推荐的强制性的基准计算方法来估算。这种自上而下的完整性和数量级检查方式，也可用于其它基于自下而上方法编制的清单。在一些情况下，基于某一特定用品（例如 HFC、PFC 和 SF₆ 等燃料或产品）消费量的部门活动总和计算的排放，可以用公认的消耗值（即国家的总产量 + 进口量 - 出口量 ± 库存变化）来估算。
- *国家排放清单与独立编制的国际数据集的比较*：已有的一些全球数据库，如，国际能源机构（IEA）和二氧化碳信息分析中心（CDIAC）已编制了与矿物燃料燃烧有关的二氧化碳排放估算。IGAC/IGBP 下属的全球排放清单活动（GEIA）以及全球大气研究排放数据库（EDGAR），同 TNO 环境科学研究所和公共

健康与环境国家研究所 (RIVM) 密切合作, 编制了全球人类活动排放的所有温室气体的总清单 (见 IEA, IEA, 1999; Marland *et al.*, 1994; Graedel *et al.*, 1993; Olivier *et al.*, 1999)。这些比较能够有助于在一个数量级内检验清单的完整性、一致性、排放源分配及精确性。然而, 在评估这些比较的结果时, 应注意这些数据的来源通常并不是相互完全独立的, 或者是来自计算国家清单的数据库。例如, EDGAR 开始是用 IEA 能源数据计算燃料燃烧排放的二氧化碳, CDIAC 和 GEIA 的数据集用的是联合国的能源数据。此外, 甚至 IEA 和联合国的能源数据也不是完全独立的。为避免重复工作, IEA 和联合国在数据交换方面进行了合作, 并对一些国家使用了相同的调查表。

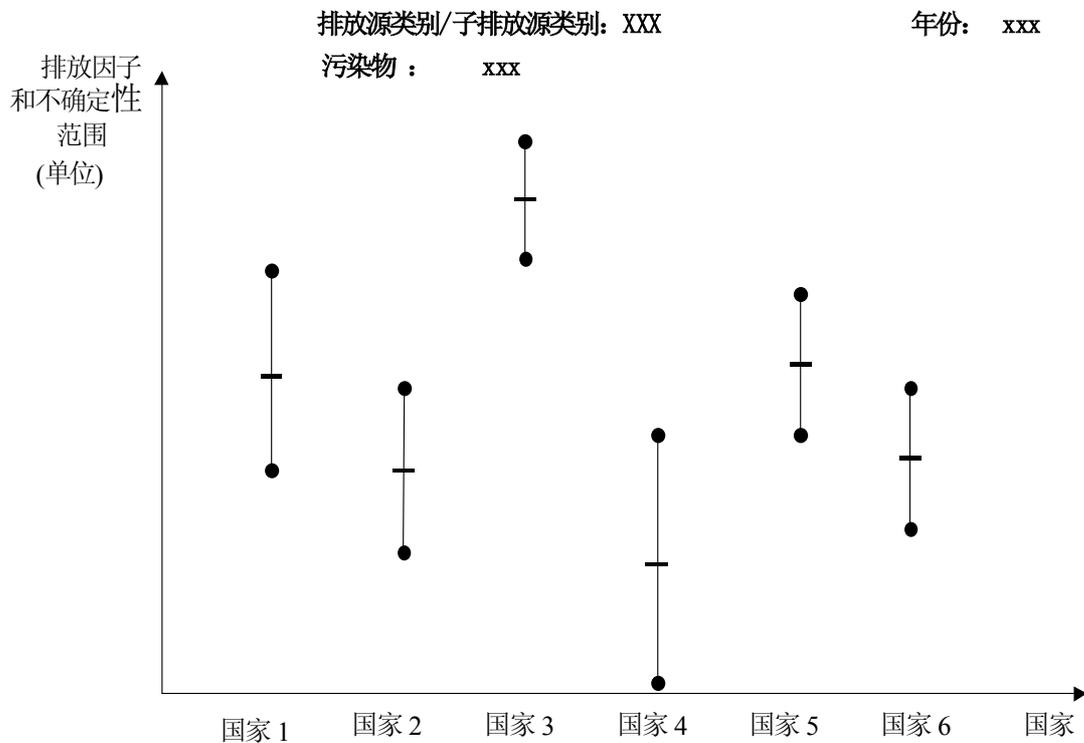
- **与独立编制的数据集进行活动数据的比较:** 利用基础活动数据可以进行相似的比较, 以检查完整性和数量级。这些基础活动数据可以与独立编制的国际统计数据 (即由 IEA 和联合国粮农组织提供的数据) 相互比较。然而, 不应指望两者能够很好地吻合, 因为清单机构使用的活动数据可能取自不同的数据源, 或者所用的数据与国际机构收集的国家数据的版本不同; 请参阅 Schipper *et al.* (1992) 中的一些例子。在检查活动数据时, 可以定义一些进行国际比较的指标 (例如根据不同的排放源, 分为单一居民、雇员、单位 GDP、每一家庭、每一车辆的活动水平)。这样就能够检查数量级, 并发现由于数据输入错误或计算错误引起的偏离。
- **国家间排放因子的比较:** 在实际应用中可将不同类型的比较结合起来。例如, 对于不同的国家, 通过标绘出基准年 (如 1990 年) 的数据、近几年的数据和最小、最大值, 可将国家间排放因子的比较与历史趋势结合起来。这种分析可用于每一排放源及其可能的总计。相关的各子排放源如不同类型的燃料也可以包括在内 (见图 A2.1, 国家间排放因子比较示意图)。使用缺省的排放因子 (排放估算和活动数据的自上而下的比值) 可以进行国家之间的比较。根据取自一些国家的抽样数据的统计分布, 这类比较能够进行偏离检测, 要注意各国情况的差异对缺省排放因子的影响很大。由于缺省排放因子是排放与活动数据的比率, 因此基于他们的比较应该有助于检验原始计算中的排放因子和活动数据。最后, 与 IPCC 方法 1 缺省值及文献值的比较将有助于建立所用排放因子的可比性和本国特色。
- **基于估算的不确定性的比较:** 基于估算的排放因子的不确定性比较 (在能够获得这些数据时) 也是有用的。例如, 图 A2.2 “排放因子及其不确定性的国家间比较示意图” 在一个单独的图表上, 给出了当前年不同国家的排放因子和相关的 uncertainty 范围。对某类给定的排放源及其相关的子排放源例如不同类型的燃料也可以这么做。如果 uncertainty 范围不重叠, 这类比较有助于识别数据的偏离。
- **国家之间排放密度指标的比较:** 国家之间排放密度指标可以进行比较 (例如人均排放、单位附加值的工业排放、每辆轿车的交通排放、每生产一度电产生的排放、每生产一公吨奶制品产生的排放)。这些指标对排放的数量级提供了初步的检验和验证。不要期望排放密度指标在各个国家间是相互关联的。不同的活动、不同的技术发展以及各类排放源本质的变化将在排放密度指标中反映出来。然而, 这些检验可能预示了国家或部门层面存在的异常情况。

图 A2.1 国家间排放因子比较示意图



注: 1990-1997 年间与最小和最大排放因子相关的某一国家排放因子范围。

图 A2.2 排放因子及其不确定性的国家间比较示意图



注: 与当前排放因子不确定性范围有关的某一国家的排放因子范围。

A2.1.2.2 国家间不确定性估算比较

第 6 章“不确定性的量化”描述了如何估算和报告不确定性。针对不同类别的排放源提出的不确定估算可以几种方式进行比较，包括：

- 在一个国家清单内比较各种排放源类别的和气体的不确定性估算；
- 两个国家之间特定排放源类别的某种气体不确定性比较；
- 国家清单中报告的不确定性估算，与有关区域或其它国家清单或其它用于验证的文件中提出的不确定性估算的比较。

许多因素影响了不同排放源类别中不同气体的不确定性估算，并且这些因素很难识别。然而，这些比较可以使清单机构注意到需要改进的可能领域。

A2.1.3 与局地尺度、区域尺度和全球尺度大气测量的比较

对于某些区域、不同排放源类别或组成，与大气测量的比较能够为验证总的大气趋势背景下的排放估算正确与否提供有用的信息。可用的选项包括：

- **局地和区域大气抽样：**在某一给定地点，可以从低浓度水平推导出背景浓度，从高浓度水平推导出增强浓度（烟云）。在一些固定地点的上风和下风方向进行浓度观测，从而允许把观测到的浓度与模拟出的浓度进行比较。然而，根据排放估算，进行反模拟（即根据观测到的浓度来估计排放）更为恰当。例如，利用示物(^{13}C)来评估大气抽样中甲烷的排放(Levin *et al.*, 1999)。这些方法并不局限于国界所限定的地域。实际上，这些方法最适合于小范围排放集中的区域。由于工业和人口中心常常分布在国界的两侧，而排放评估是针对整个地区而言的，因此只对一个国家进行评估是不可行的。在这种情况下，这些方法仅在双边和国际层面上才有用。
- **大陆烟云：**在大陆和海洋之间，通常排放源和非排放源（汇）区域间的差别很大。日常观测可在近海、离岸岛屿或船上进行。利用风的矢量分析或轨迹分析，背景空气浓度和离岸烟云浓度间的差异可以显示出大尺度的排放。例如，在爱尔兰的 Mace Head 可以检测到一定数量的温室气体，包括来自欧洲大陆烟云的 CFC、 N_2O 和 CH_4 。这些结果后来被用于通过反模拟来量化欧洲排放源的强度(Derwent *et al.*, 1998a, b; Vermeulen *et al.*, 1999)。
- **卫星观测：**卫星观测可使用户检索全球或任何区域的准连续大气浓度分布。
- **全球动力方法：**特殊混合物大气浓度的随时间趋势也可以表示出源和汇间的全球平衡。在大气中气体背景浓度低的地方这个方法尤其有用，如对 CH_4 (Dlugokencky *et al.*, 1994) 和 SF_6 (Maiss and Brenninkmeijer, 1998)使用了这些方法。

这些方法可用于大部分全球排放，并且可进行日常监测。然而，如果这些排放不包含标示其特征的某些“指纹”，要追溯到单个的排放源或排放源类别几乎是不可能的。如果 CO_2 和 CH_4 的排放来自矿物燃料，这个“指纹”可以是一种特定的碳同位素，或者也可以是一个典型的时间分布（季节或每日的变化）或者带状变化（如纬向分布）。

A2.1.4 与国际科学出版物、全球或区域分配和排放源趋势的比较

国际科学文献可为与国家清单估算的比较提供其它的估算或分析。将这些估算与文献进行比较，对于检查正式国家清单的质量是很重要的，在比较或总计各个国家的温室气体排放时将用到这个清单。

国家清单与独立编制的全球清单以及与全球或区域排放水平的比较，作为一个更全面分析的组成部分，是更新全球分配或向国家清单编写者提供反馈或两方面兼有的一个方法。只要能够获得有关排放源时空分布的足够信息，包括自然排放源，就可以找到主要排放源的不同排放报告间不一致的原因（Heimann, 1996, 对 CO₂; Janssen et al., 1999; Subak, 1999, 对 CH₄; Bouwman 和 Taylor, 1996, 对 N₂O）。

A2.2 排放清单验证实用指南

在国际层面上，对单个国家的温室气体清单进行独立验证很有价值（如国家间的比较）。这样的验证活动能够服务于以下目的：

- 支持国家验证活动；
- 通过避免国家层面上的重复工作以提高效率；
- 为《IPCC 指南》的评估提供信息；
- 告之公众、科学家和政府评审人员。

A2.2.1 国家清单

如果一个独立的验证被认为对改进清单估算很有价值，那将是具有下列内容的*优良作法*：

- 具有充分独立的专家意见；
- 提供了国家清单报告；
- 报告中包括了不确定性估算和质量保证/质量控制的文献资料；
- 包括了已有的国家验证报告。

在进行任何验证过程之前，确定清单中存在的差距也很有益。

框 A2.1 “国家清单验证”按照实施验证工作近似的难易程度总结并排列了这些方法。对一个特殊用户来说，最好的结合取决于可能获得的数据以及资源制约（如资金、时间和专业知识）。

框 A2.1 国家清单验证

- A. 检查:
- 检查从基准年（通常为 1990 年）到结束年排放趋势的不一致性。
- B. 排放及其它这种特征的比较:
- 估算燃料燃烧排放的二氧化碳的基准方法与其它方法的比较。
 - 通过排放源类别和气体得出的清单排放估算，与源自国际数据库独立编制的国家估算的比较。
 - 活动数据与独立编制的估算的比较，或许与来自相似排放源和部门的活动数据的比较。
 - 各类排放源和气体的排放因子与独立估算的比较，来自各国的估算与相似排放源类别和部门的比较。
 - 选定的各类排放源类别的部门密度估算与其它国家相似各类排放源类别和部门的估算的比较。如果必要，根据国际统计提要计算排放密度估算。
- C. 不确定性比较:
- 与其它国家报告中的不确定性估算及 IPCC 缺省值的比较。
- D. 现场测量:
- 如果可能，对关键源类别进行排放源直接检测。

作为质量保证和质量控制程序的组成部分，可以开展这些活动并将结果列入清单报告。在完成了框 A2.1 中选定的步骤以及更仔细地审评了一些问题之后，下列信息也可能对验证过程提供支持：

- 国家报告；
- 另外的方法如有关排放因子的科学文献；
- 相关关键排放源类别和部门的大气抽样分析结果。

应该总结成果并征求清单机构的反馈意见，使公众在任何地方都能够获得验证过程的成果。

A2.2.2 累计的全球或区域清单

检查国家之间和若干组国家总的排放清单信息也很有益。例如，这个评估能够将全球或区域的总和及趋势与大气浓度及其浓度变化进行比较。将选定的各类排放源的全球或区域总和与同位素标识分析进行比较可以提供额外的信息。这类核查可以为排放估算提供一个标示范围。

具体步骤及所需数据取决于核查工作和分析的目的和范围。对累计国家清单进行核查发现的不一致以及与大气浓度的比较可以指导未来关于国家清单和大气科学的优先研究领域。

A2.3 报告

为了确保验证工作达到最好的效果，应将下列信息公诸于众：

- 校验的内容是什么；
- 校验是如何进行的；

- 用什么标准来选择校验的重点;
- 校验过程中有哪些限制因素;
- 从外部评审人员总结出的关键评论中获得了什么反馈信息;
- 清单机构根据验证结果所采取的行动;
- 根据结果在国际层面上对清单改进或研究的建议。

为推动报告的应用和广泛传播, 验证报告应使用《IPCC 指南》推荐的标准单位以及联合国的官方语言。

参考文献:

- Bosseboeuf, D., Chateau, B. and Lapillonne, B. (1997). 'Cross-country comparison on energy efficiency indicators: the on-going European effort towards a common methodology'. *Energy Policy*, 25, pp. 673-682.
- Bouwman A.F. and J. Taylor (1996). 'Testing high-resolution nitrous oxide emission estimates against observations using an atmospheric transport model'. *Global Biogeochemical Cycles*, 10, pp. 307-318.
- 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'. *Atmos. Environ.*, 32, pp. 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'. *Atmos Environ.*, 32, pp. 3703-3715.
- 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, pp. 17021-17043.
- European Environmental Agency (EEA) (1997). *Joint EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook*. European Environmental Agency, Copenhagen.
- Graedel T. E., Bates, T.S., Bouwman, A.F., Cunnold, D., Dignon, J., Fung, I., Jacob, D.J., Lamb, B.K., Logan, J.A., Marland, G., Middleton, P., Pacyna, J.M., Placet, M. and Veldt, C. (1993). 'A compilation of inventories of emissions to the atmosphere'. *Global Biogeochemical Cycles*, 7, pp. 1-26.
- Heimann M. (1996). 'Closing the atmospheric CO₂ budget: inferences from new measurements of ¹³C/¹²C and O₂/N₂ ratios.' *IGBP Newsletter*, 28, pp. 9-11.
- International Energy Agency (IEA) (1999). *CO₂ emissions from fuel combustion 1971-1997*. OECD/IEA, Paris, France. ISBN 92-64-05872-9. A diskette service with more detailed sectors/fuels is also available.
- Janssen L.H.J.M., J.G.J. Olivier, A.R. van Amstel (1999). 'Comparison of CH₄ emission inventory data and emission estimates from atmospheric transport models and concentration measurements'. *Environmental Science & Policy*, 2, pp. 295-314.
- Levin I., H. Glatzel-Mattheier, T. Marik, M. Cuntz, M. Schmidt, D.E. Worthy (1999). 'Verification of German methane emission inventories and their recent changes based on atmospheric observations'. *J. Geophys. Res.*, 104, pp. 3447-3456.
- Lim B., P. Boileau, Y. Bonduki, A.R. van Amstel, L.H.J.M. Janssen, J.G.J. Olivier, C. Kroeze (1999a). 'Improving the quality of national greenhouse gas inventories'. *Environmental Science & Policy*, 2, pp. 335-346.
- Lim, B. P. Boileau (1999b). 'Methods for assessment of inventory data quality: issues for an IPCC expert meeting'. *Environmental Science & Policy* 2, pp. 221-227.
- Maiss M. and C.A.M. Brenninkmeijer (1998). 'Atmospheric SF₆: trends, sources and prospects'. *Environ. Sci. Techn.*, 32, pp. 3077-3086.

- Marland G., Andres, R.J. and Boden, T.A. (1994). 'Global, regional, and national CO₂ emissions'. In: *Trends '93: A Compendium of Data on Global Change*, Boden, T.A., Kaiser, D.P., Sepanski, R.J. and Stoss, F.W. (eds.), ORNL/CDIAC-65, Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN, USA, pp. 505-584.
- Olivier J.G.J., A.F. Bouwman, J.J.M. Berdowski, C. Veldt, J.P.J. Bloos, A.J.H. Visschedijk, C.W.M. van der Maas and P.Y.J. Zandveld (1999). 'Sectoral emission inventories of greenhouse gases for 1990 on a per country basis as well as on 1°x1°'. *Environmental Science and Policy*, 2, pp. 241-264.
- Schipper L., Meyers, S., Howarth, R.B., and Steiner, R. (1992). *Energy efficiency and human activity. Past trends, future prospects*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Schipper L., R. Haas (1997). 'The political relevance of energy and CO₂ indicators – an introduction'. *Energy Policy* 25, pp. 639-649.
- Subak, S. (1999). 'On evaluating accuracy of national methane inventories'. *Environmental Science Policy*, 2, pp. 229-240.
- Van Amstel A.R, J.G.J. Olivier and L.H.J.M. Janssen (1999). 'Analysis of differences between national inventories and an Emissions Database for Global Atmospheric Research (EDGAR)'. *Environmental Science & Policy*, 2, pp. 275-294.
- Vermeulen A.T., R. Eisma, A. Hensen, J. Slanina (1999). 'Transport model calculations of NW-European methane emissions'. *Environmental Science & Policy*, 2, pp. 315-324.