

## 第 5 章

---

# 废弃物的焚化和露天燃烧

## 作者

G.H. Sabin Guendehou（贝宁）、Matthias Koch（德国）

Leif Hockstad（美国）、Riitta Pipatti（芬兰）和 Masato Yamada（日本）

## 目录

5	废弃物的焚化和露天燃烧	
5.1	导言	5.6
5.2	方法学问题	5.6
5.2.1	估算CO <sub>2</sub> 排放的方法选择	5.7
5.2.2	估算CH <sub>4</sub> 排放的方法选择	5.12
5.2.3	估算N <sub>2</sub> O排放的方法选择	5.14
5.3	活动数据的选择	5.16
5.3.1	焚化的废弃物量	5.16
5.3.2	露天燃烧的废弃物量	5.16
5.3.3	干物质含量	5.18
5.4	排放因子的选择	5.18
5.4.1	CO <sub>2</sub> 排放因子	5.18
5.4.2	CH <sub>4</sub> 排放因子	5.20
5.4.3	N <sub>2</sub> O排放因子	5.21
5.5	完整性	5.23
5.6	建立一致的时间序列	5.23
5.7	不确定性评估	5.24
5.7.1	排放因子不确定性	5.24
5.7.2	活动数据不确定性	5.24
5.8	QA/QC、报告与归档	5.24
5.8.1	清单质量保证/质量控制 (QA/QC)	5.24
5.8.2	报告与归档	5.25
	参考文献	5.26

## 公式

公式 5.1	基于已燃烧废弃物总量的CO <sub>2</sub> 排放估算 .....	5.7
公式 5.2	基于MSW成分的CO <sub>2</sub> 排放估算 .....	5.8
公式 5.3	液态矿物废弃物焚化产生的CO <sub>2</sub> 排放 .....	5.11
公式 5.4	基于已燃烧废弃物总量的CO <sub>2</sub> 排放估算 .....	5.13
公式 5.5	基于焚化炉废弃物投入量的N <sub>2</sub> O排放估算 .....	5.15
公式 5.6	基于影响因子的N <sub>2</sub> O排放估算 .....	5.15
公式 5.7	城市固体废弃物露天燃烧总量 .....	5.17
公式 5.8	MSW中的干物质含量 .....	5.18
公式 5.9	MSW中的总碳含量 .....	5.19
公式 5.10	MSW中的化石碳比例 (FCF) .....	5.20

## 图

图 5.1	废弃物焚化和露天燃烧产生的CO <sub>2</sub> 排放决策树 .....	5.9
图 5.2	废弃物焚化/露天燃烧产生的CH <sub>4</sub> 和N <sub>2</sub> O排放决策树 .....	5.13

## 表

表 5.1	不同层级的数据源概览 .....	5.11
表 5.2	废弃物焚化和露天燃烧的CO <sub>2</sub> 排放因子的缺省因子 .....	5.19
表 5.3	MSW焚化的CH <sub>4</sub> 排放因子 .....	5.21
表 5.4	MSW焚化的N <sub>2</sub> O排放因子 .....	5.22
表 5.5	废水淤渣和工业废弃物焚化的N <sub>2</sub> O排放因子 .....	5.22
表 5.6	不同类废弃物和管理作法的缺省N <sub>2</sub> O排放因子 .....	5.23

## 框

框 5.1	估算MSW <sub>B</sub> 的实例 .....	5.17
-------	------------------------------	------



## 5 废弃物的焚化和露天燃烧

### 5.1 导言

废弃物焚化的定义是：固体和液体废弃物在可控的焚化设施中燃烧。现代垃圾燃烧室具有高耸的烟囱，是专门设计的燃烧腔室，可提供很高的燃烧温度、长的停留时间以及有效废弃物搅拌，同时引入空气促进完全燃烧。焚烧的废弃物类型包括城市固体废弃物（MSW）、工业废弃物、危险废弃物、医疗废弃物和污水污泥。<sup>1</sup> 目前，实行MSW焚烧在发达国家更普遍，而焚烧医疗废弃物在发达国家和发展中国家都很普遍。

无能源回收的废弃物焚烧产生的排放报告在废弃物部门，而有能源回收的废弃物燃烧产生的排放报告在能源部门，二者之间的区别在于化石和生物成因的二氧化碳（CO<sub>2</sub>）排放。本章描述的方法学对有能源回收和无能源回收的焚烧一般均适用。由于特定废弃物部分与其它燃料共烧已在第2卷“能源”中介绍，所以本章不再赘述。第4卷第5章 AFOLU 部门审议了源自农业残余物燃烧的排放。

废弃物露天燃烧的定义是：在自然界（露天）或露天垃圾场，多余的可燃物质的燃烧，如纸张、木头、塑料、纺织品、橡胶、废油和其它废屑，燃烧时烟和其它排放物直接释放到空气中，而不通过烟囱或堆垛。露天燃烧还可包括下述焚化设备，这些设备不控制助燃空气以保持足够温度，也不提供足够停留时间以促进充分燃烧。许多发展中国家采用这种废弃物管理做法，而发达国家废弃物露天燃烧可能要么严格管制，不管制在农村地区比城市地区更常见。

如燃烧的其他类型一样，废弃物的焚化和露天燃烧也是温室气体排放源。排放的相关气体包括 CO<sub>2</sub>、甲烷（CH<sub>4</sub>）和氧化亚氮（N<sub>2</sub>O）。通常情况下，废弃物焚烧产生的 CO<sub>2</sub> 排放多于 CH<sub>4</sub> 和 N<sub>2</sub>O 排放。

遵照《1996年指南》（IPCC, 1997），只有废弃物中的矿物碳（如，塑料、某些织物、橡胶、液体溶剂和废油）在焚化和露天燃烧期间氧化过程产生的 CO<sub>2</sub> 排放，被视为净排放，应当纳入国家 CO<sub>2</sub> 排放估算。废弃物中所含的生物质材料（如，纸张、食品和木材废弃物）燃烧产生的 CO<sub>2</sub> 排放，是生物成因的排放，不应当纳入国家排放总量估算。但是，如果废弃物焚烧作为能源使用，则均应估算化石和生物成因的 CO<sub>2</sub> 排放。只有矿物 CO<sub>2</sub> 应当纳入国家排放，而生物 CO<sub>2</sub> 应当作为信息项，二者皆在能源部门中报告。此外，如果燃烧（或任何其他因素）正导致活体生物量（如森林）中含有的碳总量长期减少，这种碳的净释放量在 CO<sub>2</sub> 排放计算中应当很明显，参见《2006年指南》“农业、林业和其他土地利用”（AFOLU）卷。

对于估算和报告所有类型可燃废弃物的焚化和露天燃烧产生的 CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> 和 N<sub>2</sub>O 排放，本章提供了关于方法学选择的指南。如果可能，还提供了活动数据、排放因子和其他参数的缺省数据。

非甲烷挥发性有机化合物（NMVOC）、一氧化碳（CO）、氮的氧化物（NO<sub>x</sub>）和硫的氧化物（SO<sub>x</sub>）燃烧产生的传统空气污染物，现有排放清单系统中有所介绍。因此，IPCC 未提供这些气体的新方法学，但建议国家专家或清单编制者遵照国际协议采用现有公布的方法。目前提供方法的一些文献主要例子有，EMEP/CORINAIR 指南（EMEP 2004）、US EPA 空气污染物排放因子汇编（AP-42，第5版；USEPA, 1995）、EPA 排放清单改进计划技术报告系列（第3卷第16章）：露天燃烧（USEPA, 2001）。本章第5.4.3节论述了N<sub>2</sub>O间接排放的估算，此排放产生于废弃物焚化和露天燃烧使得氮沉积转入土壤。第1卷“一般指南及报告”第7章“前体物与间接排放”论述了关于报告N<sub>2</sub>O间接排放的一般背景和信息。

### 5.2 方法学问题

方法的选择将取决于具体国情，涉及废弃物焚化和露天燃烧是否为国内**关键类别**、何种程度的特定国家和特定工厂的信息是可获取或能够收集。

对于废弃物焚化，最准确的排放估算编制可通过确定各个工厂的排放和/或区分各废弃物类别（例如，MSW、污水污泥、工业废弃物以及包含医疗废弃物和危险废弃物的其他废弃物）。估算废弃物焚化和

<sup>1</sup> 废弃物产生、构成和管理做法（包括废弃物焚化和露天燃烧），详细内容请参见本卷第2章。

露天燃烧产生的 CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> 和 N<sub>2</sub>O 排放的方法是不同的，因为影响排放量级的因子不同。燃烧的废弃物中矿物碳量估算值是确定 CO<sub>2</sub> 排放的最重要因子。非 CO<sub>2</sub> 排放更取决于焚化过程期间的技术和条件。

固体废弃物处理场所的废弃物有意燃烧，在某些国家有时用作一种管理做法。这种做法和无意点燃（固体废弃物处理场意外着火）产生的排放估算和报告均应当根据为废弃物露天燃烧提供的方法学和指南。

计算废弃物焚化和露天燃烧产生的温室气体排放的一般方法是：获得焚化或露天燃烧的（最好按废弃物类型区分）废弃物干重数量，调查相关的温室气体排放因子（最好根据关于碳含量和矿物碳比例的特定国家信息）。对于废弃物焚化和露天燃烧产生的排放，本文提供了基本方法作为连续方法示例：

- 确定焚化/露天燃烧的废弃物类型：MSW、污水污泥、工业固体废弃物和焚化/露天燃烧的其他废弃物（尤其是危险废弃物和医疗废弃物）。
- 有关焚化/露天燃烧废弃物量的编译数据包括有关所用方法和数据源（如，废弃物统计资料、调查资料和专家判断）的记录。本卷第 2 章“废弃物产生、构成和管理数据”表 2.1 提供了区域缺省数据，本卷附件 2A.1 提供了有限国家的特定国家数据。仅当特定国家数据不可获得时，才应使用缺省数据。对于露天燃烧，废弃物数量可根据人口统计数据来估算。第 5.3.2 节对此作了介绍。
- 对于不同废弃物类型，提供了关于干物质含量、总的碳含量、矿物碳比例和氧化因子的缺省值：对于 MSW，最好确定废弃物成分，并采用本卷第 2.3 节“废弃物成分”提供的各 MSW 成分缺省数据，分别计算干物质含量、总的碳含量和矿物碳比例。
- 计算固体废弃物焚化和露天燃烧产生的 CO<sub>2</sub> 排放量。
- 本卷附件 1 工作表提供了数据。

对于其他废弃物类型和其他温室气体，此方法通常不像对 MSW 那样区分废弃物成分。为估算相应废弃物焚化和燃烧做法产生的排放，选择废弃物所有主要类型的方法、活动数据和排放因子，其详细指南以下几节予以概述。

## 5.2.1 估算 CO<sub>2</sub> 排放的方法选择

估算废弃物焚化和露天燃烧产生的 CO<sub>2</sub> 排放量的常用方法是，根据燃烧的废弃物中矿物碳含量的估值，乘以氧化因子，将乘积（氧化的矿物碳量）转换成 CO<sub>2</sub>。活动数据是送入焚烧炉的废弃物量或露天燃烧的废弃物量，而排放因子基于化石源废弃物的已氧化碳含量。相关数据包括：废弃物的数量和成分、干物质含量、总的碳含量、矿物碳比例和氧化因子。

以下几节描述运用于估算废弃物焚化和露天燃烧产生的 CO<sub>2</sub> 排放的方法。方法是不同的，取决于废弃物总量、使用的排放因子和参数在何种程度上为缺省（方法 1）、特定国家的（方法 2a、方法 2b）或是特定工厂的（方法 3）。

### 5.2.1.1 方法 1

如果焚化/露天燃烧产生的 CO<sub>2</sub> 排放不是关键类别，则方法 1 是所用的一种简便方法。焚化/露天燃烧的废弃物量数据是必需的<sup>2</sup>。不同类型废弃物的特征描述参数（如，干物质含量、碳含量和矿物碳比例）的缺省数据，请参见本章表 5.2 和本卷第 2 章第 2.3 节关于废弃物成分的表 2.3-2.6。CO<sub>2</sub> 排放的计算基于焚化或露天燃烧废弃物量（湿重）的估值，并考虑干物质含量、总的碳含量、矿物碳比例和氧化因子。公式 5.1 概述了基于已燃烧废弃物总量的方法，而公式 5.2 介绍了基于 MSW 成分的方法。最好对 MSW 采用公式 5.2，但是如果所需的数据不可获取，就应采用公式 5.1 来代替。

**公式 5.1**  
**基于已燃烧废弃物总量的 CO<sub>2</sub> 排放估算**

$$CO_2 \text{ Emissions} = \sum_i (SW_i \cdot dm_i \cdot CF_i \cdot FCF_i \cdot OF_i) \cdot 44/12$$

其中：

<sup>2</sup> 该方法在第 2 章“废弃物产生、构成和管理”第 5.3 节“活动数据的选择”中已作介绍。

- CO<sub>2</sub>排放 = 各清单年份的 CO<sub>2</sub>排放量，单位为 Gg/yr
- SW<sub>i</sub> = 焚化或露天燃烧的固体废弃物类型 *i* 的总量（湿重），单位为 Gg/yr
- dm<sub>i</sub> = 焚化或露天燃烧的废弃物中的干物质含量（湿重），（比例形式）
- CF<sub>i</sub> = 干物质中的碳比例（总的碳含量），（比例形式）
- FCF<sub>i</sub> = 矿物碳在碳的总含量中的比例，（比例形式）
- OF<sub>i</sub> = 氧化因子，（比例形式）
- 44/12 = 从 C 到 CO<sub>2</sub> 的转换因子
- i* = 焚化/露天燃烧废弃物类型，说明如下：

MSW：城市固体废弃物（若无估算值则采用公式 5.2），ISW：工业固体废弃物，  
SS：污水污泥，HW：危险废弃物，CW：医疗废弃物，其他（必须具体说明）

如果基于干物质的废弃物活动数据可以获取，则可运用同样的公式而无需分别标明干物质含量和湿重。另外，如果国家有干物质中矿物碳的比例数据，就不需要分别提供 CF<sub>i</sub> 和 FCF<sub>i</sub>，而是应将二者合并为一项成分。

对于 MSW，*优良做法*是根据焚化或露天燃烧的废弃物类型/材料（如纸张、木材、塑料）来计算 CO<sub>2</sub>排放量，如公式 5.2 所示。

公式 5.2  
基于 MSW 成分的 CO<sub>2</sub> 排放估算

$$CO_2 \text{ Emissions} = MSW \cdot \sum_j (WF_j \cdot dm_j \cdot CF_j \cdot FCF_j \cdot OF_j) \cdot 44/12$$

其中：

- CO<sub>2</sub>排放 = 清单年的 CO<sub>2</sub>排放量，单位为 Gg/yr
- MSW = 作为湿重焚化或露天燃烧的城市固体废弃物类型总量，单位为 Gg/yr
- WF<sub>j</sub> = MSW 中废弃物类型/材料成分 *j* 的比例（作为湿重焚化或露天燃烧）
- dm<sub>j</sub> = MSW 焚化或露天燃烧的成分 *j* 中的干物质含量，（比例形式）
- CF<sub>j</sub> = 成分 *j* 的干物质中的碳比例（即碳含量），（比例形式）
- FCF<sub>j</sub> = 成分 *j* 的碳总含量中矿物碳的比例，（比例形式）
- OF<sub>j</sub> = 氧化因子，（比例形式）
- 44/12 = 从 C 到 CO<sub>2</sub> 的转换因子
- 以及：  $\sum_j WF_j = 1$

- j* = MSW 焚化/露天焚烧的成分，例如，纸张/纸板，纺织物、食品废弃物、木材、花园（庭院）和公园废弃物、可处置尿布、橡胶和皮革、塑料、金属、玻璃和其他惰性废弃物。

如果按照废弃物/材料的数据不可获取，则可以使用第 2.3 节“废弃物成分”提供的废弃物成分的缺省值。

如果废弃物焚化和露天燃烧产生的 CO<sub>2</sub>排放是*关键类别*，则*优良做法*是利用更高层级的方法。

### 5.2.1.2 方法 2

方法 2 基于有关废弃物产生、构成和管理做法的特定国家数据。如方法 1 概述，公式 5.1 和 5.2 也适用此处。如果废弃物焚化和露天燃烧产生的 CO<sub>2</sub>排放是*关键类别*，亦或更详细数据可获取或收集，则*优良做法*是采用方法 2。



方法 2a 需要使用废弃物成分的特定国家活动数据和 MSW 其他参数的缺省数据（公式 5.2）。对于其他类别的废弃物，需要各数量的特定国家数据（公式 5.1）。与使用总合统计数据比较而言，即使使用其他参数的缺省数据，特定国家 MSW 成分也会降低不确定性。

废弃物露天燃烧的方法 2a 可考虑对废弃物管理负有责任的家庭、事业单位和企业燃烧的废弃物数量和成分的年度调查。

方法 2b 需要按废弃物类型焚化/露天燃烧废弃物数量的特定国家数据（公式 5.1），或 MSW 成分（公式 5.2）、干物质含量、碳含量、矿物碳比例和氧化因子，以及特定国家废弃物成分的数据。如果这些数据可以获得，则根据方法 2b 进行的估算会比使用方法 2a 具有更低的不确定性。

废弃物露天燃烧的方法 2b，将可合并以下两者：方法 2a 所述的对废弃物管理负有责任的家庭、事业单位和企业燃烧的废弃物量和成分的年度详细调查，与国内露天燃烧做法相关的排放因子的综合测量计划。

*优良做法*是在一年中的不同时期实施这些测量计划，以能够考虑所有季节的情况，因为排放因子取决于燃烧条件。例如，在有雨季并实行露天燃烧的某些国家，更多的废弃物是干燥季节期间燃烧的，因为燃烧条件更好。这种情况下，排放因子可能因季节变化而有差异。

无论如何，使用的所有特定国家方法、活动数据和参数应当以透明的方式予以描述和证明。文档应当包括所作任何试验程序、测量和分析的描述以及露天燃烧情况下的大气参数（如，温度、风速和降雨量）的信息。

### 5.2.1.3 方法 3

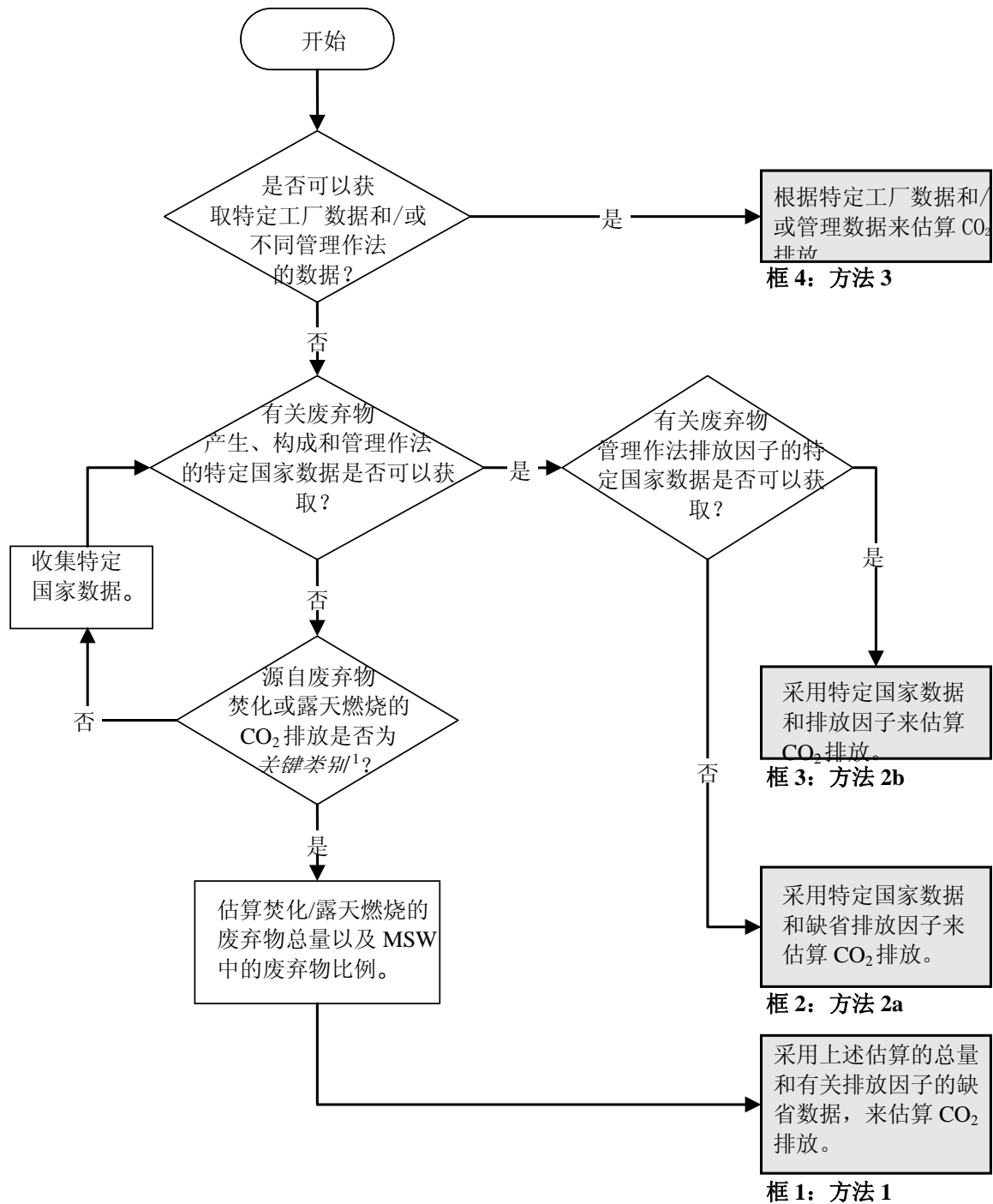
方法 3 利用特定工厂数据，来估算废弃物焚化产生的 CO<sub>2</sub> 排放量。*优良做法*是在此层级考虑影响矿物碳含量和氧化因子的各参数。影响氧化因子的因素包括：

- 设施/技术的类型：固定床、加煤机、流化床、炉窑，
- 操作模式：连续、半连续、批量类型，
- 设施的规模，
- 诸如灰分中碳含量等参数。

废弃物焚化产生的矿物 CO<sub>2</sub> 排放总量，计算为所有特定工厂矿物 CO<sub>2</sub> 排放量之和。*优良做法*是在清单中纳入所有废弃物类型和焚化的总量以及焚化炉的所有类型。估算的方法类似于方法 1 和方法 2，最后，合计源自所有工厂、设施和其他子类别的 CO<sub>2</sub> 排放，以估算国内废弃物焚化产生的总排放量。

图 5.1 的决策树提供了关于方法选择的指南。选择将取决于具体国情和数据的可获性。决策树中的管理做法与焚化和露天燃烧相关。

图 5.1 废弃物焚化和露天燃烧产生的 CO<sub>2</sub> 排放决策树



1. 有关关键类别和决策树使用的讨论，请参见第 1 卷第 4 章“方法选择和关键类别识别”（参见有关有限资源的 4.1.2 节）。

关于计算 CO<sub>2</sub> 排放要运用缺省值或特定国家数据的层级，表 5.1 概述如下。

表 5.1  
不同层级的数据源概览

数据源 方法层级:	废弃物总量 (W)	废弃物比例 (WF): MSW 各主要 成分的%	干物质含量 (dm)	碳比例 (CF)	矿物碳比例 (FCF)	氧化因子 (OF)
方法 3	特定工厂/特定管理的	特定工厂/特定管理的	特定工厂/特定管理的	特定工厂/特定管理的	特定工厂/特定管理的	特定工厂/特定管理的
方法 2b	特定国家的	特定国家的	特定国家的	特定国家的	缺省/特定国家的	缺省/特定国家的
方法 2a	特定国家的	特定国家的	缺省	缺省	缺省	缺省
方法 1	缺省/特定国家的	缺省	缺省	缺省	缺省	缺省

#### 5.2.1.4 液态矿物废弃物焚化产生的CO<sub>2</sub>排放

液态矿物废弃物在此处定义为：基于矿物油、天然气或其他化石燃料的工业和城市残余物。它包括曾经用作溶剂和润滑剂的废弃物。不包括废水，除非是焚化过的（如，由于溶剂含量较高）。生物成因的液态废弃物（如，食品加工产生的废油）不需要计算，除非生物油和矿物油混合，并且其中大部分碳的是化石成因。

此处的液态矿物废弃物被视为废弃物的特殊类型，燃烧是其常见的管理方法。在某些国家，它不与固体废弃物一起焚化（如危险废弃物），而是单独处理。很多情况下，液态矿物废弃物在废弃物统计资料中不予以考虑，因为在某些国家，这些没有纳入第 5.2.1.1 节论述的主要废弃物流。

液态矿物废弃物在 5.2.1.1- 5.2.1.3 节不予考虑，因为公式不适用于这种类型的废弃物。除非液态矿物废弃物纳入其他类型的废弃物（如，工业废弃物、危险废弃物），排放量才需要分别计算。遵照报告指南，液态矿物废弃物焚化产生的排放若用于能源使用，则要报告在能源卷中。

可采用公式 5.3 估算液态矿物废弃物焚化产生的 CO<sub>2</sub>排放量。

$$\text{公式 5.3}$$

$$\text{液态矿物废弃物焚化产生的 CO}_2\text{排放}$$

$$CO_2 \text{ Emissions} = \sum_i (AL_i \cdot CL_i \cdot OF_i) \cdot 44/12$$

其中：

- CO<sub>2</sub>排放 = 液态矿物废弃物焚化产生的 CO<sub>2</sub>排放量，单位为 Gg
- AL<sub>i</sub> = 液态矿物废弃物类型 i 的焚化量，单位为 Gg
- CL<sub>i</sub> = 液态矿物废弃物类型 i 的碳含量，（比例形式）
- OF<sub>i</sub> = 液态矿物废弃物类型 i 的氧化因子，（比例形式）
- 44/12 = 从 C 到 CO<sub>2</sub> 的转换因子

如果液态矿物废弃物采用体积量，则应当利用密度将其转化成质量。如果有国内液态矿物废弃物密度的信息不可获取，则可使用提供的缺省密度。

估算液态矿物废弃物焚化产生的 CO<sub>2</sub>排放的 3 种方法，描述如下：

**方法 1:** 表 5.2 提供了缺省值。

**方法 2:** 对于各类液态矿物废弃物，此方法需要如下特定国家的数据：焚化的液态矿物废弃物量、碳含量和特定国家的氧化因子。

**方法 3:** 若有，就应使用特定工厂数据。所需的数据与方法 1 和方法 2 相同。估算应当考虑焚化液态矿物废弃物的所有工厂以及焚化的液态矿物废弃物总量。

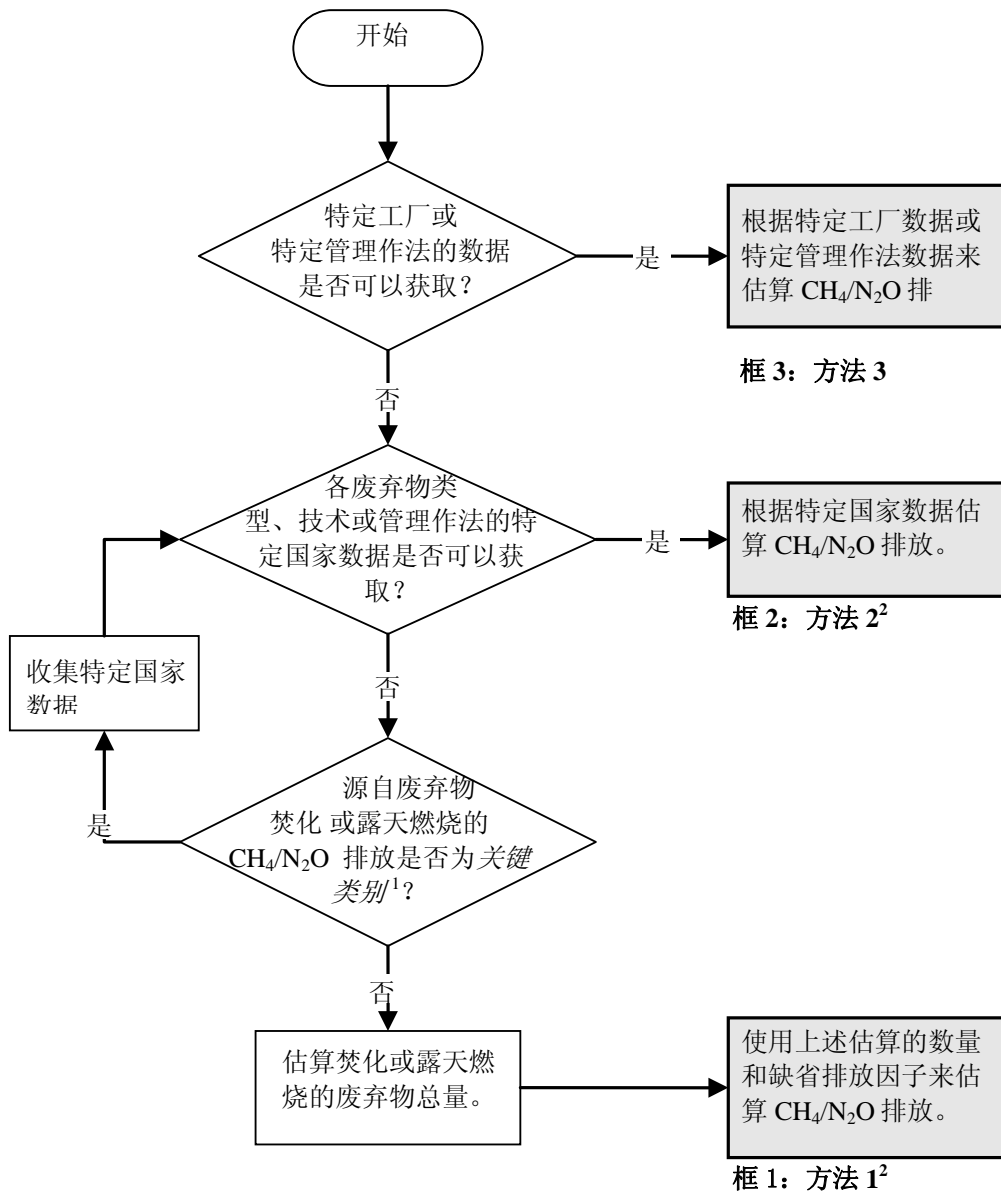
## 5.2.2 估算CH<sub>4</sub>排放的方法选择

废弃物焚化和露天燃烧产生的 CH<sub>4</sub> 排放是不完全燃烧造成的。影响排放的重要因素有温度、停留时间和空气比率（即空气体积与废弃物量的比例）。CH<sub>4</sub> 排放与露天燃烧尤其有关，因为废弃物中很大比例的碳未被氧化。情况会差异很大，因为废弃物非常异质，是发热值多变的低质燃料。

大型的高效焚化炉中产生的 CH<sub>4</sub> 排放量通常很小。优良做法是应用第 2 卷第 2 章“固定源燃烧”提供的排放因子。

如果废弃物储仓中氧气量少，随后发生厌氧过程，则焚化炉的废弃物储仓中也可产生甲烷。仅当废弃物潮湿、储存已久且未充分搅拌时，才会出现这种情况。如果存储区气体送入焚化室的供气中，这些气体将被焚化，产生的排放可忽略不计（BREF, 2005）。

废弃物焚化和露天燃烧产生的 CH<sub>4</sub> 和 N<sub>2</sub>O 排放的决策树，如图 5.2 所示。

图 5.2 废弃物焚化/露天燃烧产生的 CH<sub>4</sub> 和 N<sub>2</sub>O 排放决策树

1. 有关关键类别和决策树使用的讨论，请参见第 1 卷第 4 章“方法选择和关键类别识别”（参见有关有限资源的 4.1.2 节）。

2. 方法 1 和方法 2 遵循相同的算法，如果采用特定国家的数据则会不同。

### 5.2.2.1 方法 1

CH<sub>4</sub>排放量的计算基于废弃物焚化/露天燃烧的量和相关排放因子，如公式 5.4 所示。

公式 5.4  
基于已燃烧废弃物总量的 CO<sub>2</sub> 排放估算

$$CH_4 \text{ Emissions} = \sum_i (IW_i \cdot EF_i) \cdot 10^{-6}$$

其中：

CH<sub>4</sub> 排放 = 清单年的 CH<sub>4</sub> 排放量，单位为 Gg/yr

IW<sub>i</sub> = 焚化或露天燃烧的固体废弃物类型 *i*（湿重）的数量，单位为 Gg/yr

EF<sub>i</sub> = 总合排放因子，单位为 kg CH<sub>4</sub>/Gg 废弃物

10<sup>-6</sup> = 从千克到吉克的转换因子

*i* = 焚化/露天燃烧废弃物的类型或类别，说明如下：

MSW：城市固体废弃物，ISW：工业固体废弃物，HW：危险废弃物，

CW：医疗废弃物，SS：污水污泥，其他（必须详细说明）

废弃物的数量和成分，应当与估算焚化/露天燃烧产生的 CO<sub>2</sub> 排放量所用的活动数据一致。

第 5.4.2 节“废弃物焚化和露天燃烧的 CH<sub>4</sub> 排放因子”提供了缺省排放因子。

如果废弃物焚化和露天燃烧产生的 CH<sub>4</sub> 排放是**关键类别**，则**优良做法**是利用更高层级的方法。

## 5.2.2.2 方法 2

方法 2 类似于方法 1，但考虑的是特定国家的数据。与方法 1 一样，方法 2 也遵照公式 5.4。清单编制者应当使用特定国家的数据，包括活动数据、按废弃物、技术或管理做法的排放因子。

露天燃烧或批量-类型/半连续焚化炉比例较高的各个国家，应当考虑进一步研究 CH<sub>4</sub> 排放因子。**方法 3**

如果特定工厂数据可以获取，则**优良做法**是使用方法 3。所有焚化炉皆应当予以考虑，其排放要加总。

估算源自废弃物焚化和露天燃烧的 CH<sub>4</sub> 排放的一般决策树，如图 5.2 所示。如果特定国家的或特定工厂的 CH<sub>4</sub> 排放因子可以获取，则可得到最佳结果。满足方法 3 需求的废弃物焚化和露天燃烧产生的 CH<sub>4</sub> 排放信息，就目前尚很稀缺。

如果详细的监测表明，燃烧过程排放的温室气体浓度等于或小于燃烧过程摄入周围空气中同样气体的浓度，那么排放量可报告为 0。将这些排放报告为“负排放”，可能需要对空气摄取和大气排放进行连续的高质量监测。

## 5.2.3 估算 N<sub>2</sub>O 排放的方法选择

氧化亚氮排放于燃烧温度相对低即 500 - 950 °C 的燃烧过程。影响排放的其他重要因素有空气污染控制设备的类型、废弃物的类型和氮的含量以及过剩空气的比例（BREF, 2005；Korhonen 等, 2001；Löffler 等, 2002；Kilpinen, 2002；Tsupari 等, 2005）。液态矿物废弃物燃烧产生的 N<sub>2</sub>O 排放能够视为可忽略不计，除非特定国家的的数据表明不是如此。

估算源自废弃物焚化和露天燃烧的 N<sub>2</sub>O 排放的一般决策树，如图 5.2 所示。如果根据特定工厂监测数据计算每个工厂的 N<sub>2</sub>O 排放量，然后进行加总，就可以得到最准确的结果。

### 5.2.3.1 方法 1

N<sub>2</sub>O 排放的计算基于焚化炉的废弃物投入量或露天燃烧的废弃物量以及缺省排放因子。这种关系，公式 5.5 概述如下：

$$\text{公式 5.5} \\ \text{基于焚化炉废弃物投入量的 N}_2\text{O 排放估算} \\ N_2O \text{ Emissions} = \sum_i (IW_i \cdot EF_i) \cdot 10^{-6}$$

其中：

N<sub>2</sub>O 排放 = 清单年的 N<sub>2</sub>O 排放量，单位为 Gg/yr

IW<sub>i</sub> = 焚化/露天燃烧的废弃物类型 *i* 的数量，单位为 Gg/yr

EF<sub>i</sub> = 废弃物类 *i* 的 N<sub>2</sub>O 排放因子 (kg N<sub>2</sub>O/Gg 废弃物)

10<sup>-6</sup> = 从千克到吉克的转换

*i* = 焚化/露天燃烧废弃物的类别或类型，说明如下：

MSW: 城市固体废弃物, ISW: 工业固体废弃物, HW: 危险废弃物,  
CW: 医疗废弃物, SS: 污水污泥, 其他 (必须详细说明)

废弃物的数量和成分，应当与计算 CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 排放量所用的活动数据一致。

第 5.4.3 节提供了缺省排放因子。然而，清单编制者应知道，源自废弃物焚化和露天燃烧的 N<sub>2</sub>O 排放的缺省排放因子具有很高的不确定性。如果它们达到第 1 卷第 6 章“QA/QC 和验证”第 5.8 节所概述的质量保证和质量控制标准，则最好使用特定国家的的数据。如果废弃物焚化或露天燃烧产生的 N<sub>2</sub>O 排放是**关键类别**，则**优良做法**是采用更高层级的方法。

### 5.2.3.2 方法 2

方法 2 采用的算法与方法 1 相同，不过，要使用特定国家的数据以获得排放因子。在可能时，N<sub>2</sub>O 排放因子应当根据排放测量加于推导。如果测量的数据不可获取，则可以使用其他可靠的方法来推导排放因子。

N<sub>2</sub>O 的排放因子会因设备类型和废弃物种类而不一样。装有流化床工厂的排放因子大于采用层炉工厂的排放因子。MSW 的排放因子通常小于污水污泥的排放因子。N<sub>2</sub>O 排放因子的范围反映了减排技术的水平，如，在采用的某些 NO<sub>x</sub> 减排技术中，加入氨和尿素可能会增加 N<sub>2</sub>O 排放量、使温度上升和延长废弃物在焚烧炉内的停留时间。

如果特定国家的的排放因子可获，但没有有关各个工厂的详细信息或按管理做法的进一步区分，则方法 2 是适用的。

### 5.2.3.3 方法 3

方法 3 基于烟气浓度的特定地点数据。公式 5.6 显示了影响的相关因子，使其能够估算 N<sub>2</sub>O 排放量。

$$\text{公式 5.6} \\ \text{基于影响因子的 N}_2\text{O 排放估算} \\ N_2O \text{ Emissions} = \sum_i (IW_i \cdot EC_i \cdot FGV_i) \cdot 10^{-9}$$

其中：

N<sub>2</sub>O 排放清单年的 N<sub>2</sub>O 排放量，单位为 Gg/yr

IW<sub>i</sub> = 废弃物类型 *i* 的焚化量，单位为 Gg/yr

- EC<sub>i</sub> = 废弃物类型 *i* 产生的烟气的 N<sub>2</sub>O 排放浓度，单位为 mg N<sub>2</sub>O/m<sup>3</sup>
- FGV<sub>i</sub> = 按废弃物类型 *i* 的焚化量的烟气量，单位为 m<sup>3</sup>/Mg
- 10<sup>-9</sup> = 转换成吉克
- i* = 焚化/露天燃烧废弃物的类别或类型，说明如下：

MSW: 城市固体废弃物, ISW: 工业固体废弃物, HW: 危险废弃物,  
CW: 医疗废弃物, SS: 污水污泥, 其他 (必须详细说明)

如果各个工厂的数据或各种管理做法的数据可以获取，则方法 3 概述了最详细最准确的方法。它需要有关烟气量和烟气中 N<sub>2</sub>O 排放浓度的数据。对排放进行连续监测，就技术而言是可行的，但不一定经济有效。应当经常进行定期测量，以足于考虑 N<sub>2</sub>O 产生量的变化（即，由于废弃物的氮含量），以及不同类型的焚烧炉运行条件（如燃烧温度，每日是否关闭）。

## 5.3 活动数据的选择

关于固体废弃物处理和处置的活动数据收集，以及废弃物产生、管理做法和成分的缺省值，第 2 章“废弃物产生、构成和管理”提供了一般性指导意见。所需的废弃物焚化和露天燃烧范畴的活动数据包括：焚化或露天燃烧的废弃物的量、相关的废弃物比例（成分）以及干物质含量。

鉴于燃烧的废弃物类型和所用的管理做法与 CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> 和 N<sub>2</sub>O 排放相关，活动数据的选择一节根据与活动数据相关的共同因子进行了概述，未对各种排放的气体分别概述。此外，废弃物成分与 CO<sub>2</sub> 排放尤其相关。N<sub>2</sub>O 排放量主要取决于技术、燃烧温度和废弃物成分。燃烧（温度、氧气、停留时间）的完整性与 CH<sub>4</sub> 排放尤其相关。N 含量和特定技术活动数据与高层级的方法相关，需要制定收集数据（工厂、研究项目等的调查）的特定国家的计划。如果管理做法的数据不可获取，则国内产生的 MSW 成分可用作焚化或露天燃烧 MSW 的缺省值。如果焚化或露天燃烧废弃物成分的数据可以获取（方法 2），就能得到更准确的排放估算值。如果数据可以获取，则**优良做法**是区别出焚化/露天燃烧废弃物的成分与供给废弃物管理系统的所有废弃物的成分。如果 MSW 中一定的废弃物类型/材料（如，废纸张）或工业废弃物分别焚化，在确定有关焚化或露天燃烧的特定国家的数据，则应当对此予以考虑。

应当特别注意特定国家的数据的代表性。理想情况下，所用的数据应当代表焚化和露天燃烧的废弃物的量。如果没有这样的数据，则未按废气物类型或所用焚化技术区别的特定国家的数据仍然比缺省数据更适当。

运用于数据收集中的取样、测量和废气物分类研究的结果应当透明地加于记录，并应采用第 5.8 节概述的质量保证和质量控制做法。

发展中国家，可能没有废弃物数量和处理方法的基础数据。发展中国家的废弃物焚化可能仅有少量发生。因此，废气物露天燃烧产生的排放应当予以详细考虑（参见第 0 节），而如果预期相关，那么焚化产生的排放也应当量化。若焚化产生的排放假定可忽略不计，则清单编制者应将假设的理由解释清楚并归档成文。

### 5.3.1 焚化的废弃物的量

获得有关废气物焚化量的数据，是编制废气物焚化排放清单的必备条件。对废弃物进行焚烧的许多国家，应当有关于 MSW 和其他焚化的废弃物类型的数量的特定工厂数据。要想获得危险废弃物和医院废弃物的活动数据可能比较困难，因为在废弃物统计中，可能没有统计某些工厂里（例如，制药和化学工业厂区内的焚烧炉）焚烧的废弃物。对这些废弃物，即使特定工厂数据可能不可获取，但是废弃物焚化总量数据仍可能从废弃物管理部门获取。

关于废气物产生和管理数据的第 2 章第 2.2 节以及附件 2A.1，介绍了缺省数据（尤其参见表 2.1、2.3 和 2.4）：废气物产生和管理数据—如果特定国家的数据不可获取，则可采用各自地区的数据，或情况相似的邻国的国家和区域平均值。

**优良做法**是运用准确界限区别系统，在能源、废弃物或工业部门项下报告排放。另外，农业残余物燃烧应当报告在 AFOLU 部门中。参见第 5.8.2 节“报告和归档”。



### 5.3.2 露天燃烧的废弃物的量

露天燃烧的废弃物的量，是估算源自废弃物露天燃烧的排放所需的最重要活动数据。大多数国家可能没有统计资料。如果废弃物的数据不可获取，则可使用备用方法（如，从定期调查、研究项目或专家判断获得的数据），来估算燃烧的废弃物总量，同时进行适当解释并归档成文。若数据不可获取，则可以采用外推法和内推法以得到各年份的估算值。人口和经济数据可用作驱动因素。

可以使用如下公式 5.7 来估算 MSW 露天燃烧的总量。

**公式 5.7**  
**城市固体废物露天燃烧的总量**

$$MSW_B = P \cdot P_{frac} \cdot MSW_P \cdot B_{frac} \cdot 365 \cdot 10^{-6}$$

其中：

- $MSW_B$  = 城市固体废物露天燃烧的总量，单位为 Gg/yr
- $P$  = 人口（人）
- $P_{frac}$  = 燃烧废弃物的人口比例，（比例形式）
- $MSW_P$  = 人均废弃物产生量，单位为 kg 废弃物/人/天
- $B_{frac}$  = 燃烧的废气物量与废气物处理总量的比例，（比例形式）
- 365 = 每年的天数
- $10^{-6}$  = 从千克到吉克的转换因子

#### 燃烧废弃物的人口比例（ $P_{frac}$ ）

露天燃烧包括常规燃烧和偶发燃烧。常规燃烧意即，这是用于消除废弃物唯一作法。偶发燃烧意即，这种方法是其他方法之外使用的，因此，露天燃烧不是用于消除废弃物的唯一方法。例如，废弃物未收集，或因诸如成本避免等其他原因而燃烧掉。

对于已有运作良好的废弃物收集系统的国家，*优良作法*是调查任何化石碳是否被露天燃烧。在发达国家， $P_{frac}$  可假设为粗略估算的乡村人口。在城市人口超过总人口 80% 的地区，可假定废弃物露天燃烧没有出现。

在发展中国家，主要是城市地区， $P_{frac}$  可粗略估算为以下两个人口之和，即：其废弃物未由收集结构收集的人口，其废弃物被收集、处置到露天垃圾场并被燃烧的人口。总之，最好应用有关废弃物处理作法和废弃物流的特定国家的和特定区域数据。

#### 废弃物量露天燃烧的比例（ $B_{frac}$ ）

$B_{frac}$  表示废弃物中所含的碳被转化为  $CO_2$  和其他气体的废弃物比例。如果所有废弃物量燃烧殆尽，则  $B_{frac}$  可视为等于 1（采用公式 5.1 或 5.2，与燃烧效率有关的一个氧化因子随后用于估算排放）。然而，在某些情况下，主要是大量废弃物在露天垃圾场燃烧时，剩下相当大部分废弃物未燃烧（露天垃圾场中没有压实的部分通常燃烧了）。这种情况下，应当采用可获的调查或研究数据、或专家判断来估算  $B_{frac}$ ，并应用到公式 5.7 中（此处同样采用公式 5.1 或 5.2，随后将一排放因子用于估算排放）。

如果进行了露天燃烧，为采用公式 5.7 估算  $P_{frac}$ 、 $B_{frac}$  和  $MSW_B$ ，鼓励各国着手进行调查。

框 5.1 提供了一个估算  $MSW_B$  的实例。

**框 5.1**  
**估算  $MSW_B$  的实例**

一个国家的居民人口  $P$ ，15% 的人口在后院（桶内或地上）燃烧废弃物，20% 的人口将废弃物送至露天垃圾场燃烧。因此， $P_{frac} = 35\%$ 。剩下的 65% 通过其他废弃物处理系统排除。举例计算如下：

$$\begin{aligned} \text{MSW}_p &= 0.57 \text{ kg 废弃物/人/天} \\ B_{\text{frac}} &= 0.6 \text{ (建议基于专家判断的露天垃圾场燃烧的缺省值} \\ &\text{考虑的事实是 } 0.4 \text{ 为建议的未管理浅 SWDS 的 MCF 的缺省值)。} \\ \text{而 } P &= 1\,500\,000 \text{ 居民, 露天燃烧的废弃物总量是:} \\ \text{MSW}_B &= 65.54 \text{ Gg/年} \end{aligned}$$

有关人口和人均废弃物产生的国家统计资料现存于许多国家中，并可以采用。所用有关人口、人均废弃物产生和废弃物构成的数据应当与“固体废弃物处置和固体废弃物的生物处理”类别中报告的数据一致。人口数据通常可从国家统计资料获取，若国家统计资料不可获取，也可使用诸如联合国等提供国际人口统计的国际数据库（UN，2002）（参见第 3.2.2 节）。燃烧的液体化石废弃物量可包括焚化和露天燃烧的数量（参见第 5.2.1.4 节）。此数量不需按管理作法类型加以区别，因为缺省方法可应用于这两种作法中（另见第 2 章）。

### 5.3.3 干物质含量

需要对废弃物的干重和湿重做出重要区分，因为废弃物含水量可能很大。因此，废弃物的干物质含量或废弃物比例是有待于确定的重要参数。

如果相关的排放因子系指干重，焚化的废弃物重量应当从湿重转换为干重。废弃物干物质含量从食品垃圾比例较大的国家的 50%，至基于纸张和化石碳废弃物比例较大的国家的 60%。确定干物质含量的详尽程序正在编入文件 PrEN（2001）中。

第 2.3 节表 2.4 提供了有关不同废弃物类型/材料的干物质含量的缺省数据，可用以估算 MSW 中的干物质含量。其推导可使用公式 5.8。

**公式 5.8**  
**MSW 中的干物质含量**

$$dm = \sum_i (WF_i \cdot dm_i)$$

其中：

$dm$  = MSW 中总的干物质含量

$WF_i$  = MSW 中成分  $i$  的比例

$dm_i$  = 成分  $i$  中的干物质含量

重要的是要注意公式 5.8 是公式 5.2 的一部分。

## 5.4 排放因子的选择

废弃物焚化和露天燃烧范畴的排放因子，涉及到计入废弃物焚化和露天燃烧重量的温室气体量。对于  $\text{CO}_2$ ，这就可应用有关废弃物中碳和化石碳比例的数据。对于  $\text{CH}_4$  和  $\text{N}_2\text{O}$ ，这主要取决于处理作法和燃烧技术。对于估算废弃物焚化和露天燃烧产生的  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$  和  $\text{N}_2\text{O}$  排放，以下各节概述了有关选择排放因子的指南。

### 5.4.1 $\text{CO}_2$ 排放因子

通常更切合实际的是，采用基于废弃物碳含量的计算，而非测量  $\text{CO}_2$  浓度，来估算废弃物焚化和露天燃烧的  $\text{CO}_2$  排放量。

表 5.2 给出了与排放因子相关的各参数的缺省值。以下各节详细论述了每一个此类因子<sup>3</sup>。

表 5.2 废弃物焚化和露天燃烧的 CO <sub>2</sub> 排放因子的缺省因子						
参数	管理作法	MSW	工业废弃物 (%)	医疗废弃物 (%)	污水污泥 (%) <sup>注4</sup>	液体化石废弃物 (%) <sup>注5</sup>
干物质含量 (占湿重的%)		参见注 1	NA	NA	NA	NA
总碳含量 (占干重的%)		参见注 1	50	60	40 – 50	80
化石碳比例 (占总碳含量的%)		参见注 2	90	40	0	100
氧化因子 (占碳输入的%)	焚化	100	100	100	100	100
	露天燃烧 (参见注 3)	58	NO	NO	NO	NO

NA: 暂缺, NO: 未发生

注 1: 使用第 2.3 节“废弃物构成”表 2.4 中的缺省数据以及公式 5.8 (对于干物质)、公式 5.9 (对于碳含量) 和公式 5.10 (对于化石碳比例)。

注 2: 第 2.3 节“废弃物构成”表 2.5 提供了各工业类型的缺省数据。对于估算排放, 就使用注 1 提及的公式。

注 3: 若废弃物露天燃烧, 则垃圾重量减少了近 49-67% (US-EPA, 1997, p.79)。建议缺省值为 58%。

注 4: 参见第 2 章第 2.3.2 节“废水淤渣”。

注 5: 液体化石废弃物的总碳含量采用占湿重的百分比来表示, 而非占干重的百分比 (GIO, 2005)。

参考文献: GPG2000 (IPCC, 2000), 《2006 年指南》的主要作者, 专家判断。

### 5.4.1.1 总碳含量

焚化或露天燃烧的废弃物中碳比例得自生物原材料 (如, 纸张和食品垃圾), 但总碳量中有一部分是产自化石燃料的塑料或其他产品。本节表 5.2 和第 2 章第 2.3 节分别提供了各废弃物类型的缺省碳比例和 MSW 废弃物比例。有关化石碳比例的更多详细内容论述如下。

清单编制者可采用第 2 章第 2.3 节提供的 MSW 不同废弃物类型/材料的有关 MSW 构成的数据和有关 MSW 中总碳含量的缺省数据, 来估算 MSW 中的碳含量 (参见公式 5.9)。

$$\text{公式 5.9}$$

$$\text{MSW 中的总碳含量}$$

$$CF = \sum_i (WF_i \cdot CF_i)$$

其中:

CF = MSW 中的总碳含量

WF<sub>i</sub> = MSW 中成分 i 的比例

CF<sub>i</sub> = MSW 中废弃物类型/材料 i 的碳含量

这同样反映在公式 5.2 中。

<sup>3</sup> 用占干重百分比的总碳含量和占总碳含量百分比的化石碳比例参数, 可组合为下列参数: 占干重百分比的化石碳含量。

### 5.4.1.2 化石碳比例

估算源自废弃物焚化和露天燃烧的排放时，理想的方法是将废弃物中的碳分成生物量和基于化石燃料的比例。为了计算废弃物焚化和露天燃烧的人为 CO<sub>2</sub> 排放，应当确定废弃物中化石碳的数量。不同废弃物类别和类型的化石碳比例不同。MSW 和医疗废弃物中的碳是生物和化石两种成因。污水污泥中的化石碳通常可以忽略，而危险废弃物中的碳通常是化石成因的。表 5.2 和第 2 章第 2.3 节提供了纳入 MSW 中的这些废弃物类别和不同废弃物类型/材料的缺省数据。

如果特定工厂的数据可以获取，就应当收集所焚化废弃物的确切构成，并用于 CO<sub>2</sub> 排放计算。如果这些数据不易获取，就可使用特定国家的数据。此类型数据最可能通过对特定国家的废弃物流的一般调查产生。调查不仅包含构成，还包括废弃物流的归宿（即，焚化/露天燃烧的一种特定废弃物类型的百分比）。

基于不同化石燃料的废弃物产物可能包含不同比例的化石碳。对于各废弃物流，应当对各废弃物类型进行分析。一般来说，塑料是化石碳比例最高的焚化废弃物类型。而且，有毒合成纤维和合成橡胶两者的化石碳含量尤为相关。一定量的废轮胎也视为化石碳的来源，因为轮胎可能包含橡胶或碳黑。

如果特定工厂废弃物类型信息不可以获取，特定国家的废弃物流信息也不可以获取，则可参考第 2 章第 2.3 节论述的 MSW 中最相关废弃物比例的缺省化石碳比例，以及工业废弃物和其他废弃物的特定类型（包括有毒废弃物和医疗废弃物）。

由于近来一些国家通过了废弃物法规，化石成因的碳比例和生物成因的碳比例在将来可能有显著的变化。这类计划将影响废弃物焚化的总流程以及焚化/露天燃烧废弃物的化石碳含量。

方法 2a 中，*优良作法*是，清单编制者采用有关 MSW 构成的特定国家的数据和第 2 章第 2.3 节提供的缺省值，使用公式 5.10 来估算 MSW 中的化石碳比例（FCF）。

**公式 5.10**  
**MSW 中的化石碳比例（FCF）**

$$FCF = \sum_i (WF_i \cdot FCF_i)$$

其中：

- FCF = MSW 中总的化石碳
- WF<sub>i</sub> = MSW 中废弃物类型 *i* 的比例
- FCF<sub>i</sub> = MSW 废弃物类型 *i* 中的化石碳比例

### 5.4.1.3 氧化因子

废弃物流焚化或露天燃烧时，燃烧产物中大部分碳氧化成 CO<sub>2</sub>。由于燃烧过程中的低效，有少部分可能没有完全氧化，会剩下一些碳没有燃烧或部分氧化为油烟或灰烬。对于废弃物焚化炉，假设燃烧效率接近于 100%，而露天燃烧的燃烧效率低得多。如果使用的废弃物焚化氧化因子低于 100%，就要对其详细加于记录以及提供的数据来源。表 5.2 列出了各管理作法和废弃物类型的缺省排放因子。

如果该国根据特定技术或特定工厂来确定排放，则*优良作法*是，使用灰烬数量（底灰或飞尘）和灰烬中的碳含量作为确定氧化因子的基础。

## 5.4.2 CH<sub>4</sub> 排放因子

废弃物焚化产生的 CH<sub>4</sub> 排放主要取决于焚化过程的连续性、焚化技术和管理作法。日本（GIO, 2004）已对其作出了最为详细的观察，从中获得了基于技术和操作方式的下述 CH<sub>4</sub> 排放因子。

连续焚化包括无需每日启动和关闭的焚化炉。分批类和半连续焚化意即，焚化炉通常至少要每天启动和关闭一次。操作中的这些差异源于排放因子中的差异。有时观察到熔炉废气中的 CH<sub>4</sub> 浓度低于焚化炉吸入气体中的 CH<sub>4</sub> 浓度（GIO, 2005）。由于低浓度和高不确定性，此处的*优良作法*是应用排放因子 0（参见第 5.2.2.3 节）。

对于 MSW 和工业废弃物的连续焚化，*优良作法*是，应用第 2 卷第 2 章“固定源燃烧”提供的 CH<sub>4</sub> 排放因子。对于其他 MSW 焚化炉（半连续和分批类），表 5.3 列出了由日本 GIO 报告的 CH<sub>4</sub> 排放因子。其他工业废弃物焚化炉的 CH<sub>4</sub> 排放因子按废弃物类型而非技术来区分（GIO，2005）。在日本，废油和废水淤渣的 CH<sub>4</sub> 排放因子分别是 0.56 g CH<sub>4</sub>/t 湿重和 9.7 g CH<sub>4</sub>/t 湿重。

焚化/技术类型		CH <sub>4</sub> 排放因子 (kg/Gg 焚化的废弃物，以湿重为基础)
连续焚化	堆料机	0.2
	流化床 <sup>注 1</sup>	~0
半连续焚化	堆料机	6
	流化床	188
分批类焚化	堆料机	60
	流化床	237

注 1：在引用了此排放因子的研究，测量的废气中 CH<sub>4</sub> 浓度低于周围气体中的浓度。  
资料来源：日本温室气体清单局，GIO 2004。

对于废弃物露天燃烧，已报告一个 CH<sub>4</sub> 排放因子，即 6500 g / t MSW 湿重（EIIP，2001）。此因子应当作为缺省值来使用，除非别的 CH<sub>4</sub> 排放因子更适当。

如果特定国家的数据可以获取，就应当使用这些数据，而推论这些数据所用的方法和数据来源必须详细记录。

### 5.4.3 N<sub>2</sub>O 排放因子

废弃物焚化的氧化亚氮排放取决于技术类型、燃烧条件、用于减少 NO<sub>x</sub> 的技术和废弃物流含量的函数。因此，各场所的排放因子不尽相同。

若干国家已将废弃物焚化的 N<sub>2</sub>O 排放报告在其国家清单报告中。表 5.4 举例说明了用于 MSW 焚化的排放因子。

各排放因子间的差异主要由 NO<sub>x</sub> 清除领域的不同技术造成。

表 5.4  
MSW 焚化的 N<sub>2</sub>O 排放因子

国家	焚化/技术类型		MSW 排放因子 (g N <sub>2</sub> O/t 焚化的 MSW)	加权制
日本 <sup>1</sup>	连续焚化	堆料机	47	湿重
		流化床	67	湿重
	半连续焚化	堆料机	41	湿重
		流化床	68	湿重
	分批类焚化	堆料机	56	湿重
		流化床	221	湿重
德国 <sup>2</sup>			8	湿重
荷兰 <sup>3</sup>			20	湿重
奥地利 <sup>4</sup>			12	湿重

<sup>1</sup> GIO, 2005。  
<sup>2</sup> Johnke 2003。  
<sup>3</sup> Spakman 2003。  
<sup>4</sup> Anderl 等 2004。

表 5.5 例举了用于估算源自废水淤渣和工业废弃物焚化的排放的 N<sub>2</sub>O 排放因子。

表 5.5  
废水淤渣和工业废弃物焚化的 N<sub>2</sub>O 排放因子

国家	废弃物类型	焚化/技术类型	工业废弃物的排放因子 (g N <sub>2</sub> O/t 废弃物)	加权制
日本 <sup>1</sup>	废纸、废木材		10	湿重
	废油		9.8	湿重
	废塑料		170	湿重
	废水淤渣 (不包括污水污泥)		450	湿重
	脱水的污水污泥		900	湿重
	高分子凝聚剂	正常温度下的流化床焚化炉	1 508	湿重
	高分子凝聚剂	高温下的流化床焚化炉	645	湿重
	高分子凝聚剂	多层炉床	882	湿重
	其他凝聚剂		882	湿重
	白泥		294	湿重
德国 <sup>2</sup>	污水污泥		990	干重
	工业废弃物		420	湿重

<sup>1</sup> GIO 2005。  
<sup>2</sup> Johnke 2003。

如果没有特定国家的的信息，则优良作法是应用上述数据。

对于废弃物的露天燃烧，仅仅可以获取有关农业残余物燃烧产生的排放信息。第 4 卷第 2 章“非 CO<sub>2</sub> 排放”第 2.4 节和第 11 章第 11.2 节（管理土壤的 N<sub>2</sub>O 排放）概述了农业残余物的方法。假设 N/C 比率为 0.01（Crutzen 和 Andrea, 1990），获得了排放因子达 0.15 g N<sub>2</sub>O / kg 干物质，作为农业残余物 N<sub>2</sub>O 排放因子。因为预计家庭废弃物的氮含量接近农业废弃物氮含量的上限，所以在此建议农业废弃物的这个排放因子可用作废弃物露天燃烧的 N<sub>2</sub>O 排放的缺省值。

根据当前可获信息和表 5.4 及 5.5 提供的排放因子，表 5.6 给出了不同类型废弃物和管理作法的 N<sub>2</sub>O 缺省排放因子。

废弃物类型	技术/管理作法	排放因子 (g N <sub>2</sub> O / t 废弃物)	加权制
MSW	连续和半连续焚化炉	50	湿重
MSW	分批类焚化炉	60	湿重
MSW	露天燃烧	150	干重
工业废弃物	所有类型的焚化	100	湿重
废水淤渣 (不包括污水污泥)	所有类型的焚化	450	湿重
污水污泥	焚化	990	干重
		900	湿重

资料来源：《2006 年指南》本章主要作者的专家判断

如果没有特定国家的的信息，则*优良作法*是应用这些数据。

NO<sub>x</sub> 可转换为大气中 N<sub>2</sub>O。因此，废弃物焚化和露天燃烧的 NO<sub>x</sub> 排放可能成为 N<sub>2</sub>O 间接排放的相关来源。如果该国有关于 NO<sub>x</sub> 排放的信息，则*优良作法*是，采用第 1 卷第 7 章“臭氧前体物、SO<sub>2</sub> 和间接排放”的指南，来估算间接 N<sub>2</sub>O 排放。

## 5.5 完整性

完整性取决于报告的废弃物焚化或露天燃烧的类型和数量。如果在设施级实施了此方法并合计全部设施，则*优良作法*是确保涵盖了所有废弃物焚化厂。

清单编制者应当努力报告其国家内出现的所有废弃物类型以及相关联的管理方法。若不同类型的废弃物被一起焚化，则*优良作法*是，根据本章提供的指南，分别估算各类废弃物产生的排放并予以报告。

应注意，由于废弃物通常在有能源回收能力的设施中焚化，重复计算排 CO<sub>2</sub> 放的可能性是存在的。另外，废弃物可用作工业装置中的替代燃料，除了废弃物焚化装置（如，在水泥窑及砖窑、鼓风机中）。为了避免重复计算或错误分配，应当按照本章提供的指南，估算和报告废弃物和能源部门之间焚化产生的排放。

对于废弃物露天燃烧，可能难以确定燃烧的废弃物总量，原因在于通常不能获取可靠的统计资料。为了避免低估排放，清单编制者应当考虑官方统计资料之外的数据。如果家庭废弃物在农村地区（村庄等）露天燃烧，这就应当予以考虑。

固体废弃物处置场所的露天燃烧起到了减少可降解有机碳（DOC）的作用。减少会衰减的现有 DOC，进而减少的未来 CH<sub>4</sub> 排放，这可采用方法 1 粗略估算，即垃圾填埋厂燃烧的废弃物量与相应平均 DOC 的乘积。实际上，垃圾填埋厂的露天燃烧是一个更复杂的问题，因为它一定程度上可能影响一些重要的参数，如湿度、滋养物的可获性和微生物（可能被火杀死或其新陈代谢的变化）的可获性，而这至少在一定时期内又可能影响垃圾填埋厂随后的 CH<sub>4</sub> 排放。在更高层级（如，方法 2），各个国家应当力求改进产生于这一作法的排放估算及其对 DOC 的作用。

为核查是否达到了完整性，可绘制一张演示图，显示废弃物流和在各管理作法之间的分配。这还便利了 QA/QC 过程。

## 5.6 建立一致的时间序列

对于废弃物焚化和露天燃烧的温室气体排放，其计算应当在相同分类级别上、对时间序列中每一年份始终采用相同的方法和数据集。如果使用了特定国家的数据，则*优良作法*是，在时间序列所有点上，对于各等

价计算，使用相同的系数和方法。若对于时间序列中任何年份，相同方法的一致数据不可获取，则这些漏缺德填补应当根据第1卷第5章“时间序列一致性”第5.3节“填补数据漏缺”。

可能仅可获取每几年份的活动数据。为达到时间序列一致性，应当使用各种方法，如根据较长的时间序列或趋势进行的内推法、外推法。（参见第1卷第5章。）

## 5.7 不确定性评估

为计算废弃物焚化和露天燃烧的CO<sub>2</sub>排放，第2章第2.3节表2.4提供了典型范围以及各相关参数的单个值。第5.4.2节和第5.4.3节分别概述了某些国家CH<sub>4</sub>和N<sub>2</sub>O排放因子的例子。优良作法是，清单编制者按国家定义参数的95%置信区间，来计算不确定性。还可使用基于专家判断的不确定性估算或缺省不确定性估算。最近的信息可能具有较低的不确定性，因为它反映了作法的变化、技术发展或焚化废弃物的比例变化（生物和化石成因）。这应当构成清单不确定性评估的基础。

第1卷第3章“不确定性”为实践中的不确定性量化提出了建议。包括引出和应用专家判断，结合经验数据，可提供整个不确定性估算。露天燃烧的排放估算可能非常不确定，这主要归咎于发展中国家信息缺乏。

在如下领域里使用特定国家的的数据可能引入其他不确定性：

- 如果使用有关废弃物构成的调查，则固体废弃物定义的说明可能与调查不同，这归咎于可靠性和精确度不同的多种来源。
- 固体废弃物燃烧设施的N<sub>2</sub>O和CH<sub>4</sub>排放因子可能涵盖一个数量级，这反映了各场所过程中相当大的变化性。控制/清除效率也可能不确定，如，由于设置了减少NO<sub>x</sub>的控制。

### 5.7.1 排放因子不确定性

有大量的不确定性涉及废弃物中生物碳与化石碳比例的分。此不确定性主要与废弃物构成的不确定性有关。与CO<sub>2</sub>排放估算相关联的主要不确定性与化石碳比例的估算有关（参见本卷第3章第3.7节有关不确定性评估的内容）。

与露天燃烧CO<sub>2</sub>排放因子相关联的不确定性，取决于与如下比例有关的不确定性：露天燃烧废弃物中的干物质比例、干物质中的碳比例、总碳中的化石碳比例、燃烧效率和被氧化并作为CO<sub>2</sub>排放的碳比例。建议依靠有关构成的缺省数据各国使用缺省值±40%。

直接测量或监测N<sub>2</sub>O和CH<sub>4</sub>排放具有较低的不确定性。对于连续和定期排放监测，不确定性取决于所用测量仪器和方法的精确度。这些可能在±10%左右。对于定期测量，不确定性也取决于取样策略和频率，其不确定性将会更高。如果使用了N<sub>2</sub>O和CH<sub>4</sub>排放因子的缺省值，则不确定性范围估算为±100%或更大。

### 5.7.2 活动数据不确定性

在许多发达国家焚化的废弃物量基于废弃物统计和特定工厂数据，有关焚化的废弃物量的不确定性估算约为±5%湿重。某些废弃物类型的不确定性可能较高，如医疗废弃物。

废弃物量从湿重至干重的转换添加了额外的不确定性。由于干重确定的频率和精确度，此不确定性差异很大。因此，干物质含量的不确定性范围可能在±10%-±50%之间，甚至更大。

当废弃物统计资料不充足时，则人均废弃物产生量和燃烧的废弃物比例则是计算露天燃烧废弃物量要考虑的两个参数。人均产生废弃物量和燃烧废弃物比例的不确定性可能特别高。对于使用第2章第2.2节提供的废弃物产生和管理数据缺省值的国家，还可使用第3章表3.5提供的焚化活动数据的不确定性值。有关总碳含量和化石碳比例的估值可根据第2章第2.3节表2.4提供的范围来估算。



## 5.8 QA/QC、报告和归档

### 5.8.1 清单质量保证/质量控制(QA/QC)

估算废弃物焚化和露天燃烧产生的排放时，应当使用第 1 卷第 6 章概述的质量保证和质量控制核查。此外，提供如下领域所作工作的清晰记录和解释说明，可提高透明度。

#### 活动水平数据审核

- 清单编制者应当审核数据收集方法、核查数据，并将其与其他数据源进行比较。还应核查前些年份的数据，以确保长期一致。这主要包括焚化/露天燃烧的废弃物理量以及干物质含量。
- 应当根据管理作法来绘制废弃物分配图，以确保产生的废弃物总量与不同管理作法中回收及处理的废弃物总和相同。

#### 排放因子审核

- 清单编制者应当将下列值与所提供的缺省值进行比较：废弃物碳含量的各特定国家的或特定工厂值、化石碳占总碳的比例、焚化炉的燃烧效率。如果有差异，应当核查是否提供了合理的解释。

#### 评审直接排放测量

- 如果直接测量数据可以获得，则清单编制者应当确认各测量采用了国际认可的标准方法。如果测量作法不符合此标准，则应认真评估这些排放数据的使用。
- 如果排放是直接测量的，则清单编制者应当比较各厂之间的工厂级因子，还应与 IPCC 缺省因子进行比较。他们应当评审各因子之间的任何重大差异。对于危险废弃物和医疗废弃物尤为如此，因为这些废弃物经常没有按工厂进行量化，且各工厂的差异会很大。

#### 活动数据和排放因子的一致性

- 活动数据、排放因子和相关因子必须以相同方式与废弃物数量有关：如，湿重或干重。否则必须使用转换因子（如，干物质含量）。
- 使用的数据和因子最好参照相同或相似的系统界限。例如，如果公式中的一个成分与农村废弃物有关，另一个成分与大城市的废弃物有关，其使用应当遵循一致的方式。

### 5.8.2 报告和归档

优良作法是，按照第 1 卷第 6 章第 6.11 节所述，记录和归档生成国家温室气体清单所需的所有信息。以下各段概述了与此类别相关的特定归档和报告的若干示例。

归档成文固然重要，而将所有记录纳入温室气体清单报告是不切实际或没有必要的。然而，清单应包括使用的方法汇总以及源数据参考，以使报告的排放估算保持透明，并使其计算步骤具有可追溯性和可验证性。

一些国家对地方级或区域级的废弃物采用不同归类。这种情况下，清单编制者应当特别注意其与 IPCC 归类的一致性，并解释说明如何操作数据以拟合 IPCC 类别。

清单编制者还应列入如下信息：他们如何得到干物质含量、碳含量、化石碳比例和  $N_2O$  及  $CH_4$  排放因子，或如何得到任何其他相关信息。

在某些国家，焚化工厂用于产生热能和电能。这种情况下，作为能源使用的源自废弃物焚化的排放应当报告在能源部门中（源自固定源燃烧的化石成因  $CO_2$ 、 $N_2O$  和  $CH_4$ ，以及作为信息项的生物成因  $CO_2$ ）。为避免重复计算，导致的排放不应当报告在废弃物部门中。

如果汽油、石油或其它燃料用作启动焚化过程或维持必需温度的支撑性燃料，这种情况下，此燃料的消耗量不应报告在废弃物焚化部门，而应报告在能源部门中（参见第 2 卷“能源”第 2 章“固定源燃烧”）。虽说这种燃料通常小于 MSW 焚化总发热输入量的 3%，但对危险废弃物焚化可能更重要。

## 参考文献

- Anderl, M., Halper, D., Kurzweil, A., Poupas, S., Wappel, D., Weiss, P. and Wieser M. (2004). Austria's National Inventory Report 2004: Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change.
- BREF (2005). European IPPC Bureau. Reference Document on the Best Available Technology for Waste Incineration. Seville, July 2005.
- Chandler, A.J., Eghmy, T.T., Hartlén, J., Jhelmar, O., Kosson, D.S., Sawell, S.E., van der Sloot, H.A. and Vehlow J. (1997). Municipal Solid Waste Incinerator Residues. The International Ash Working Group, Studies in *Environmental Science* 67, Elsevier Amsterdam.
- Crutzen, P.J. and Andreae, M.O. (1990). 'Biomass burning in the tropics: Impact on atmospheric chemistry and biogeochemical cycles', *Science* 250: 1669-1678.
- EMEP. (2004). EMEP/CORINAIR Guidebook, Update September 2004. [http://reports.eea.eu.int/EMEPCORINAIR4/en/group\\_09.pdf](http://reports.eea.eu.int/EMEPCORINAIR4/en/group_09.pdf)
- GIO (2004). *National Greenhouse Gas Inventory Report of JAPAN*. Ministry of the Environment/ Japan Greenhouse Gas Inventory Office of Japan (GIO) / Center for Global Environmental Research (CGER) / National Institute for Environmental Studies (NIES). October 2004.
- GIO (2005). *National Greenhouse Gas Inventory Report of JAPAN*. Ministry of the Environment/ Japan Greenhouse Gas Inventory Office of Japan (GIO) / Center for Global Environmental Research (CGER) / National Institute for Environmental Studies (NIES).
- Guendehou, G.H.S. and Ahlonsou E.D. (2002). Contribution to non-CO<sub>2</sub> greenhouse gases inventory for Cotonou (Republic of Benin): waste sector, In: Proceedings of the Third International Symposium on Non-CO<sub>2</sub> Greenhouse Gases: Scientific Understanding, Control Options and Policy Aspects, Maastricht, The Netherlands, Jan 2002, pp. 79-81.
- Guendehou, G.H.S. (2004). Personal communication. Cotonou 2004.
- IPCC (1997a). *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories, Volume 3 Reference Manual*. Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Lim, B., Tréanton, 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 (1997b). *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories, Volume 2 Workbook*. Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Lim, B., Tréanton, 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 (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.
- Johnke, B. (2003). Emissionsberichterstattung / Inventarerstellung für das Jahr 2002 [Emission reporting / preparation of the inventory for the year 2002]. Umweltbundesamt, Berlin 2003 [In German].
- Kilpinen, P. (2002). Formation and decomposition of nitrogen oxides. In: Raiko, R., Saastamoinen, J., Hupa, M. and Kurki-Suonio, I. 2002. Poltto ja palaminen. International Flame Research Foundation - Suomen kansallinen osasto. Gummerus Oy, Jyväskylä, Finland. [In Finnish].
- Korhonen, S., Fabritius, M. and Hoffren, H. (2001). Methane and nitrous oxide emissions in the Finnish energy production. Vantaa: Fortum Power and Heat Oy.36 p. (TECH-4615).

- Löffler, G., Vargadalem, V. and Winter, F. (2002). Catalytic effect of biomass ash on CO, CH<sub>4</sub> and HCN oxidation under fluidised bed combustor conditions. *Fuel* 81, 711-717.
- PrEN. (2001). Characterization of waste: Calculation of dry matter by determination of dry residue and water content. PrEN 14346.
- Spakman, J., van Loon, M.M.J., van der Auweraert, R.J.K., Gielen, D.J., Olivier, J.G.J. and Zonneveld, E.A. (2004). Method for calculating greenhouse gas emissions. Emission Registration Series/Environmental Monitor No. 37b, MinVROM. The Hague 2003.
- Tsupari, E., Monni, S., and Pipatti, R. (2005). Non-CO<sub>2</sub> greenhouse gas emissions from boilers and industrial processes - evaluation and update of emission factors for the Finnish National Greenhouse Gas Inventory. VTT Research Notes 2321. Espoo, Finland. 82 p. + app. 24 p.
- UN (2002). United Nations Population Division: World Population Prospects – The 2002 Revision Population Database. <http://esa.un.org/unpp/index.asp?panel=3>
- USEPA (1995). US EPA's Compilation of Air Pollutant Emissions Factors, AP-42, Edition 5, United States Environmental Protection Agency (USEPA). <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/>
- USEPA (1997). Control Technology Center. *Evaluation of Emissions from the Open Burning of Household Waste in Barrels*. Volume 1. Technical Report. United States Environmental Protection Agency (USEPA).
- USEPA (1998). Paul M. Lemieux. *Evaluation of Emissions from the Open Burning of Household Waste in Barrels : Project Summary*. United States Environmental Protection Agency (USEPA).
- USEPA (2001). US-EPA Emission Inventory Improvement Program. Volume III Chapter 16 Open Burning. United States Environmental Protection Agency (USEPA). [http://www.epa.gov/ttn/chief/eiip/techreport/volume03/iii16\\_apr2001.pdf](http://www.epa.gov/ttn/chief/eiip/techreport/volume03/iii16_apr2001.pdf)