

## 資料

### 廃棄物の焼却にともなう温暖化ガスの排出状況

大気環境部  
安田憲二

#### Emissions of Greenhouse Gases from waste Incineration

Kenji YASUDA

#### 1. はじめに

現在、地球環境問題として特に二酸化炭素(以下、CO<sub>2</sub>とする)などの温室効果ガスによる地球温暖化が注目されている。地球温暖化問題は、人類の生存基盤に深刻な影響を及ぼす恐れがある重大な問題であることから、わが国においても1990年10月23日の地球環境保全に関する関係閣僚会議で「地球温暖化防止行動計画」が決定された。この行動計画の目標としては、CO<sub>2</sub>の排出抑制を行い、1人あたりのCO<sub>2</sub>排出量を西暦2000年以降おおむね1990年レベルで安定させることになっている。

一方、温室効果の原因となるガスとしてはCO<sub>2</sub>以外にも、メタン、亜酸化窒素(以下、それぞれCH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oとする)、フロンなどがある。温室効果の主な原因はCO<sub>2</sub>であるが、その他の気体、たとえばCH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oなどの影響も無視できない。現在、大気中のCH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O濃度は低いですが、赤外線吸収率はCO<sub>2</sub>よりも高いため、同じ濃度であっても地球温暖化に対する影響力はCH<sub>4</sub>でCO<sub>2</sub>の約30倍、N<sub>2</sub>Oでは同じく約100倍も大きい。

CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oは化石燃料の燃焼施設(固定および移動発生源)の他に、都市ごみ・産業廃棄物の焼却処理施設からも排出されている。そこで、ここでは廃棄物の焼却処理にともなうCO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>およびN<sub>2</sub>Oの排出状況について述べる。

#### 2. CO<sub>2</sub>の排出状況

化石燃料の燃焼にともなうCO<sub>2</sub>の排出については早くから検討されており、排出量などに関して十分なデータの集積が行われている。これに対して、廃棄物の焼却にともなうCO<sub>2</sub>の排出については、現在までのところ検討が不十分である。

そこで、実測データ、文献値および統計資料などを用いて、焼却にともなうCO<sub>2</sub>排出量を把握した。

##### 2.1 CO<sub>2</sub>の発生源

##### (1) 都市ごみの焼却処理

都市ごみ焼却炉における排ガス組成測定結果<sup>1)</sup>から、排ガス中のCO<sub>2</sub>濃度および1990年度の実乾き排ガス量を以下のように推定した。また、1990年度の都市ごみの処理量は統計資料<sup>2)</sup>により調べた。

平均CO<sub>2</sub>濃度 8 %  
実乾き排ガス量 5,500m<sup>3</sup>N/t

##### (2) 産業廃棄物の焼却処理

ここでは各種産業廃棄物のうち、可燃性である汚泥、廃油および廃プラスチック類について検討した。

1990年度に焼却処理された廃棄物の量は、厚生省がまとめた「産業廃棄物の排出および処理状況についての調査結果(平成2年度実績)」<sup>3)</sup>により

調べた。また、排ガス中のCO<sub>2</sub>濃度および実乾き排ガスを実測データ等<sup>1),4)</sup>から以下のように推定した。

汚泥焼却炉	8 %	17,000m <sup>3</sup> N/t
廃油焼却炉	8 %	5,800
廃プラスチック類焼却炉	8 %	10,000

## 2.2 CO<sub>2</sub>排出量の推定(日本全国)

排出量の推定方法としては、各発生源のCO<sub>2</sub>濃度と排ガス量の積からCO<sub>2</sub>排出係数を求めた。次いで、この排出係数と年間の廃棄物処理量(全廃棄物焼却量の90%以上を把握)からCO<sub>2</sub>排出量を推定した。CO<sub>2</sub>排出量の推定に使用した排出係数を表1に示す。

表1 廃棄物焼却炉におけるCO<sub>2</sub>の排出係数(炭素換算値)

施設の種類	施設数	排出係数 kg-C/t
都市ごみ焼却炉	30	219.4
汚泥焼却炉	18	728.6
廃油焼却炉	10	248.6
廃プラスチック類焼却炉	8	428.6

表2に示したように、1990年度の都市ごみ焼却炉からのCO<sub>2</sub>排出量(炭素換算値)を8.65 Mt-C/yr(1 Mt=10<sup>6</sup>t)と推定した。他の機関でも我々と同様に排ガス組成の値をもとにCO<sub>2</sub>の排出係数を求めている。<sup>5)</sup>この排出係数と1990年度の都市ごみ焼却量からCO<sub>2</sub>の排出量を計算すると8.30Mt-C/yrとなり、両者の値は比較的よく一致していた。

表2 廃棄物の焼却におけるCO<sub>2</sub>の排出量(1990年度)

焼却物の種類	排出量 Mt-C/yr
都市ごみの焼却	8.65
汚泥の焼却	3.12
廃油の焼却	0.30
廃プラスチック類の焼却	0.40
合計	12.5

また、汚泥、廃油および廃プラスチック類からのCO<sub>2</sub>排出量を合計で3.82 Mt-C/yrと推定した。以上から、1990年度における廃棄物焼却炉からのCO<sub>2</sub>国内総排出量(炭素換算値)は12.5 Mt-C/yrと推定される。

なお、1990年度におけるわが国の人為発生源か

らのCO<sub>2</sub>総排出量(炭素換算値)は約318 Mt-C/yrと推定されているので、<sup>6)</sup>廃棄物の焼却処理にともなうCO<sub>2</sub>の排出量は全体の約3.9%となっている。

## 3. CH<sub>4</sub>の排出状況

CH<sub>4</sub>は化学的、放熱性の活発な微量ガスであり、廃棄物焼却炉などからも排出されている。

### 3.1 CH<sub>4</sub>の発生源

#### (1) 都市ごみの焼却処理

全連続式炉の都市ごみ焼却炉からのCH<sub>4</sub>濃度は20-100ppmであった。<sup>1),7),8)</sup>また、渡辺は<sup>9)</sup>機械化バッチ炉を含めてCH<sub>4</sub>濃度の排出実態調査を行っているが、これによると機械化バッチ炉では1,000ppmを超えることがあるなど、極めて大きな変動を示している。

なお、排ガス量および都市ごみの処理量については、CO<sub>2</sub>の場合と同じ数値を使用した。

#### (2) 産業廃棄物の焼却処理

汚泥、廃油および廃プラスチック類の焼却炉からのCH<sub>4</sub>排出濃度を表3に示す。<sup>1),4)</sup>表から明らかのように、廃プラスチック類の焼却炉で最大値が50ppmとなるほかは、都市ごみ焼却炉と比べて全般的に濃度が低い。

表3 産業廃棄物の焼却にともなうCH<sub>4</sub>の排出濃度

廃棄物の種類	CH <sub>4</sub> 濃度
汚泥の焼却	3-10ppm
廃油の焼却	10-20
廃プラスチック類の焼却	20-50

### 3.2 CH<sub>4</sub>排出量の推定(日本全国)

排出量の推定は、CO<sub>2</sub>の場合と同じ方法で行った。CH<sub>4</sub>排出量の推定に使用した排出係数を表4に示す。

表4 廃棄物焼却炉におけるCH<sub>4</sub>の排出係数

施設の種類	施設数	排出係数 g-CH <sub>4</sub> /t
都市ごみ焼却炉	12	73-366
汚泥焼却炉	8	36-121
廃油焼却炉	8	41-83
廃プラスチック類焼却炉	8	143-357

表5に示したように、1990年度の都市ごみ焼却炉からのCH<sub>4</sub>排出量を2.74-13.8 Gg-CH<sub>4</sub>/yr (1 Gg=10<sup>9</sup>g)と推定した。また、汚泥・廃油等の産業廃棄物焼却炉からのCH<sub>4</sub>排出量は合計すると0.22-0.67 Gg-CH<sub>4</sub>/yrになることから、1990年度における廃棄物焼却炉からのCH<sub>4</sub>国内総排出量は2.96-14.5 Gg-CH<sub>4</sub>/yrと推定される。

表5 廃棄物の焼却におけるCH<sub>4</sub>の排出量(1990年度)

	Gg-CH <sub>4</sub> /yr
都市ごみの焼却	2.74-13.8
汚泥の焼却	0.13-0.44
廃油の焼却	0.03-0.05
廃プラスチック類の焼却	0.06-0.18
合計	2.96-14.5

なお、1990年度におけるわが国の固定発生源か

らのCH<sub>4</sub>総排出量は181 (29.2-490) Gg-CH<sub>4</sub>/yrと推定されていることから、<sup>10)</sup> 廃棄物の焼却にともなうCH<sub>4</sub>の排出量は全固定発生源の約4.8%を占めている。

#### 4. N<sub>2</sub>Oの排出状況

N<sub>2</sub>Oは廃棄物の生物処理および焼却処理の過程で生成される。

##### 4.1 N<sub>2</sub>Oの発生源

###### (1) 都市ごみの焼却処理

都市ごみの焼却にともなうN<sub>2</sub>Oの排出濃度を測定した。結果を表6に示す。都市ごみの焼却では、階段火格子炉からのN<sub>2</sub>O濃度が0.8-24ppmの範囲であったが、流動床炉からの排出濃度は階段火格子炉の場合よりも高く、最大で78ppmであった。

表6 都市ごみの焼却にともなうN<sub>2</sub>Oの排出状況

施設No.	廃棄物の種類	炉型式	運転条件	炉内温度(°C)	N <sub>2</sub> O(ppm)	NOx(ppm)	O <sub>2</sub> (%)	CO(ppm)	N <sub>2</sub> O排出割合(g/t)
1	15.7~19.2	110~225	9.8~11.2	10~30	11~43				
2	都市ごみ	階段火格子(連)	立上げ時	360~755	4.4~20.0	33~111	11.6~17.8	10~725	115~523
			通常時	750~970	3.0~10.0	87~143	9.3~11.4	60~250	36~119
			埋火時	740~320	3.0~16.2	90~136	11.9~19.0	80~1500	66~357
3	都市ごみ	階段火格子(連) (排ガス再循環)	通常時	780~980	4.0~24.0	60~115	7.6~14.0	50~540	40~220
4	都市ごみ	流動床(連)	立上げ時	342~345	11.2~30.5	18~60	13.2~20.0	700~1100	241~552
			*通常時	751~790	36.2~71.9	92~115	14.5~14.8	80~300	472~831
			埋火時	785	31.5	90	14.5	200	392
5	都市ごみ	流動床(バ)	立上げ時	800~850	7.0~78.0	63~100	10.0~18.0	100~>5000	171~1912
			通常時	830~870	4.0~49.0	60~130	11.0~18.0	50~>5000	99~1213
			*通常時	820~890	5.0~140	75~130	9.5~16.0	100~>5000	53~1582
			埋火時	750	5.0	75	18.0	2000	62

注) \* - 試験的に都市ごみと汚泥を混焼した時の測定値

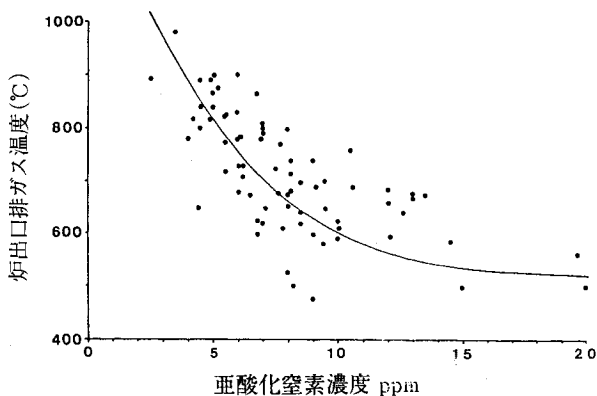


図1 都市ごみの焼却時におけるN<sub>2</sub>O濃度と炉出口排ガス温度との相関

また、図1に示したように、燃焼温度(炉出口排ガス温度)とN<sub>2</sub>O濃度との間に負の相関が認められた。特に、燃焼温度が低い炉の立上げ時には両者に強い負の相関があった。

###### (2) 産業廃棄物の焼却処理

ここでは、汚泥焼却炉について検討を行った。下水汚泥の焼却にともなうN<sub>2</sub>O濃度は、表7に示したように、都市ごみの焼却に比べて高濃度となった。特に流動床炉による汚泥の還元二段燃焼においては、NOxが10ppm前後と低濃度であったが、逆にN<sub>2</sub>Oは最大で600ppmと極めて高濃度で

表7 汚泥の焼却にともなうN<sub>2</sub>Oの排出状況

廃棄物の種類	炉型式	処理能力(t/日)	炉内温度(℃)	N <sub>2</sub> O(ppm)	NOx(ppm)	O <sub>2</sub> (%)	CO(ppm)	N <sub>2</sub> O排出割合(g/t)
し尿汚泥	回転式	0.50	750	50.7	---	---	---	227
下水汚泥	流動床	100	770-812	270-600	7-9	7.0-10.5	115-256	580-1528
下水汚泥	流動床	60.0	838-854	135-292	8-25	12.3-13.7	---	684-1508
下水汚泥	流動床	120	834-844	100-320	9-11	6.8-8.3	30-130	275-886
下水汚泥	流動床	70.0	853-887	45-145	7-10	8.0-9.0	---	101-307

あった。これは、汚泥中の窒素含有量が都市ごみのものと比べて約10倍も高いことなどに起因しているものと考えられる。

また、流動床式の汚泥焼却炉では、図2に示したように、N<sub>2</sub>OとO<sub>2</sub>との間に正の相関が認められた。ただし、N<sub>2</sub>Oと焼却炉のフリーボード上部温度および炉頂温度とは、都市ごみ焼却炉と同様に負の相関があった。

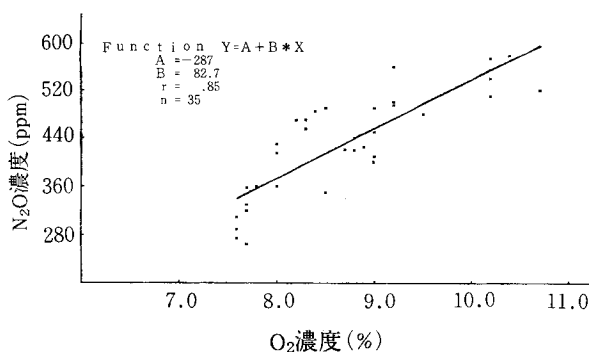


図2 下水汚泥の焼却時におけるN<sub>2</sub>OとO<sub>2</sub>の相関

#### 4.2 N<sub>2</sub>O排出量の推定(日本全国)

N<sub>2</sub>Oの排出係数と年間の廃棄物処理量(CO<sub>2</sub>の場合と同じ統計値)を用いてN<sub>2</sub>Oの排出量を推定した。N<sub>2</sub>Oの排出係数を表8に示す。表8から明らかのように、流動床炉の排出係数は、他の焼却炉の場合と比べて非常に大きい値となっている。

表8 廃棄物焼却炉におけるN<sub>2</sub>Oの排出係数

施設の種類	炉型式	施設数	排出係数 g-N <sub>2</sub> O/t
都市ごみ焼却炉	階段火格子式炉	8	40-150
	流動床式炉	7	240-660
下水汚泥焼却炉	多段式炉	4	400
	流動床式炉	7	300-1530

表9に示したように、1990年度における廃棄物焼却炉からのN<sub>2</sub>O国内総排出量を3.2-9.9

Gg-CH<sub>4</sub>/yrと推定した。また、都市ごみ焼却炉からの排出量は汚泥焼却炉の約2倍であった。さらに、汚泥は産業廃棄物のなかで焼却処理量が一番多く、かつN<sub>2</sub>O濃度が他と比べて非常に高いので、汚泥焼却炉からのN<sub>2</sub>O排出量は全産業廃棄物焼却炉からの排出量の90%以上を占めているものと考えられる。

表9 廃棄物の焼却におけるN<sub>2</sub>Oの排出量(1990年度)

都市ごみの焼却	2.0-6.8	Gg-N <sub>2</sub> O/yr
下水汚泥の焼却	1.2-3.1	
合計	3.2-9.9	

なお、1990年度におけるわが国の固定発生源からのN<sub>2</sub>O総排出量は10.2(5.9-26.4) Gg-CH<sub>4</sub>/yrと推定されおり、<sup>10)</sup> 廃棄物の焼却にともなうN<sub>2</sub>Oの排出量は全固定発生源の60%強にもなる。

#### 5. まとめ

廃棄物の焼却処理にともなう温室効果ガスの排出状況について調査、検討を行った。その結果、以下の事柄が明かとなった。

- (1) 1990年度における廃棄物焼却炉からのCO<sub>2</sub>国内総排出量(炭素換算値)は12.5 Mt-C/yrと推定され、これは同年度の人為発生源全体の約3.9%に相当する。
- (2) 1990年度の廃棄物焼却炉からのCH<sub>4</sub>国内総排出量は2.96-14.5 Gg-CH<sub>4</sub>/yrと推定され、全固定発生源の約4.8%を占めている。
- (3) 廃棄物の焼却にともなうN<sub>2</sub>Oの排出については、汚泥の焼却時に高濃度となった。また炉型式別では、流動床炉で濃度が高くなる傾向が認められた。
- (4) 1990年度における廃棄物焼却炉からのN<sub>2</sub>O国内総排出量は3.2-9.9 Gg-CH<sub>4</sub>/yrと推定されており、全固定発生源の60%強にもなる。

参 考 文 献

- 1) ごみ質および排ガス組成の調査、神奈川県  
下市町村の実測データなど
- 2) 厚生省水道環境部；「日本の廃棄物'92」
- 3) 産廃タイムス；平成5年6月25日
- 4) Trenholm, A.R. et al.；“Total Mass Emission from a Hazardous Waste Incineration”  
U.S. EPA PB Rep. No.PB87-233151, 304  
(1987)
- 5) 厚生省水道環境部；「ごみ焼却にともなう二酸化炭素排出の削減化技術開発」平成2年度  
報告書(平成3年3月)
- 6) 朝日新聞(夕刊)；平成4年5月22日
- 7) 泉川碩雄ほか；“都市ごみ焼却炉の排出ガス  
中の炭化水素組成について”東京都公害研究  
所年報、20-25(1984)
- 8) 京都府衛生公害研究所；“都市ごみ焼却炉排  
ガス中の炭化水素成分調査”1979年3月
- 9) 渡辺征夫；“固定燃焼施設から排出されるメ  
タン量の推定”資源環境対策、29,47-59  
(1993)
- 10) 平木隆年；“固定発生源からの排出係数と排  
出量の推定”地球温暖化研究会第1回交流討  
論会資料、国立公衆衛生院(1993年6月)