

室及び助燃装置が設置されている。43%の焼却炉には集塵装置が設置されており、その約80%はサイクロン(及びマルチサイクロン)である。

(5) 塩化水素、硫黄酸化物、窒素酸化物対策技術を導入しているのは全施設(249施設)の1割程度であり、ダイオキシン対策は、もっぱら、高温燃焼(800~1,000℃)や、「速やかな立ち上げ」や「立ち下げ時の燃しきり」等の燃焼制御で対応している。排水を発生するタイプの施設は5%(不明が10%ある)と少ない。

(6) 焼却炉の1日当たりに換算した平均の稼働時間は、4.7分と非常に短く、年間の平均稼働日数は247日である。特に処理能力の1/10~10倍で稼働する焼却炉が多い。

(7) 排ガスの定期モニタリング(SO_x、NO_x、HCl、ばいじん)を行っているのは全体で約2割程度であるが、300床以上の病院の焼却炉では50%弱と、施設規模が大きくなるとその割合が増えている。

(8) 燃焼管理のための温度計測は全体の約半数の施設で行っており、その8割強は自動制御方式であり、炉の設備として当初から組み込まれていたものである。

(9) ばいじんや焼却灰の処理・処分は約半数の施設では外部委託であるが、自治体処理や院内処理も1~2割あった。院内処理は一次保管や院内埋立が中心であるが、保管の場合の最終的な処分は外部委託か自治体処理となる。ばいじんや焼却灰中のダイオキシン類濃度には半数の施設では未だ関心が低い。

(10) 焼却炉の運転マニュアルを整備しているのが41%、外部委託を含め、専任の炉の運転操作員をおいている施設が48%、これまで、炉の清掃、点検を行ったことがない施設が、それぞれ26%、35%と、焼却炉あるいは焼却処理に対する病院の管理意識レベルは必ずしも高くはない。

(参考文献)

(1) 医療施設内における医療廃棄物処理システムに関する研究報告書、平成10年度厚生科学研究補助金(政策科学推進研究事業)、平成11年3月。

F. 研究発表

1. 論文発表

準備中

2. 学会発表

該当なし

G. 知的所有権の取得状況

1. 特許取得

該当なし

2. 実用新案登録

該当なし

3. その他

該当なし

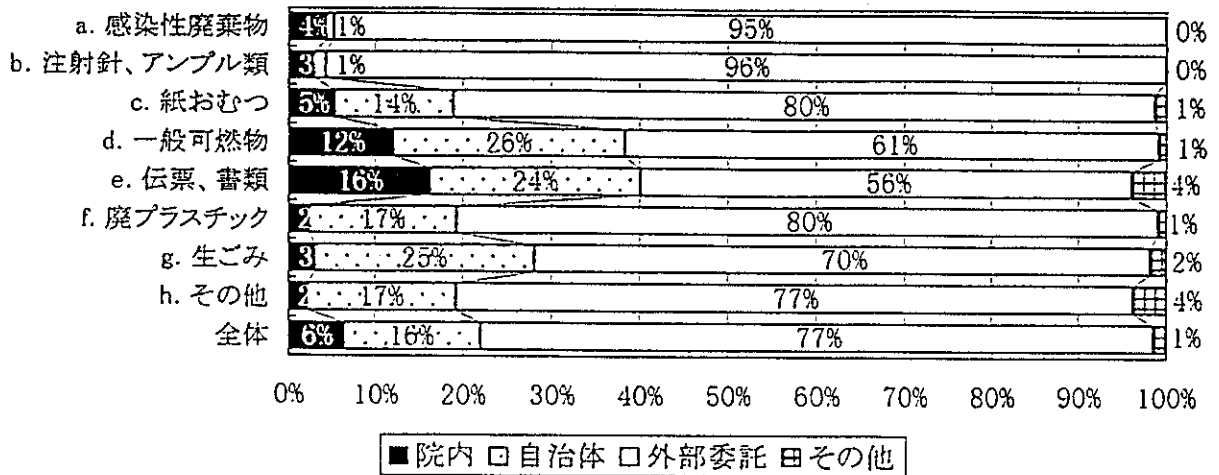


図-1 廃棄物種類別処理方法割合

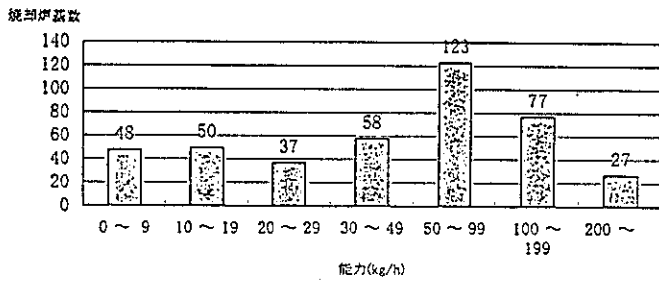


図-2 院内焼却炉の規模・能力(プレアンケート結果)

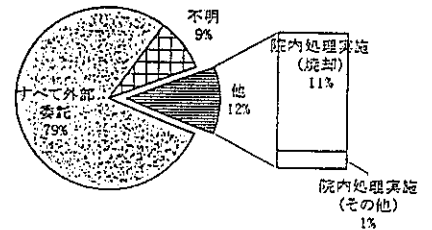


図-3 医療系廃棄物の今後の処理方法

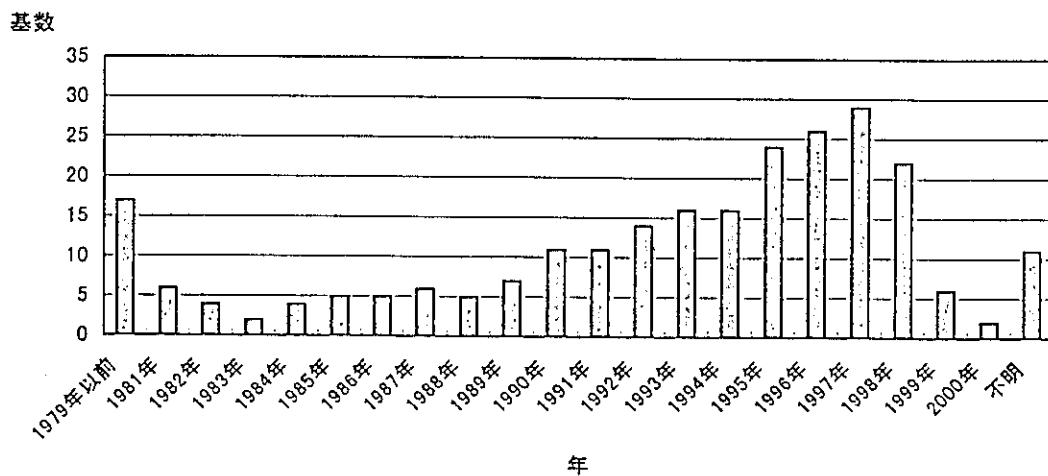


図-4 病院焼却炉の設置数の経年変化

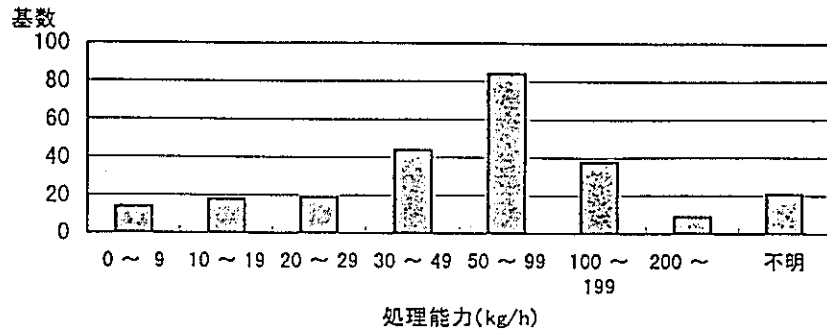


図-5 院内焼却炉の規模・能力 (本調査結果)

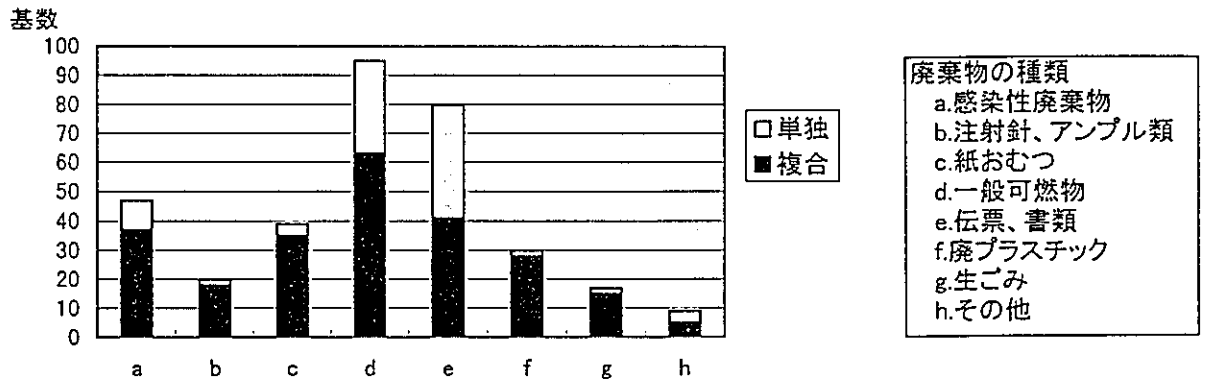


図-6 廃棄物の単独焼却と複合焼却件数

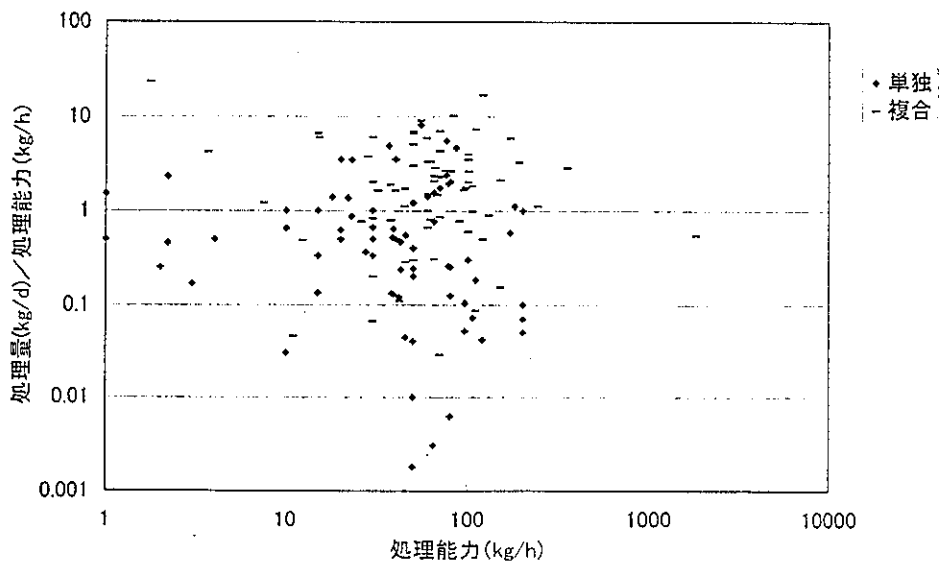


図-7 焼却炉の能力と実処理量

表-1 プレアンケート調査及び本調査の概要

| | プレアンケート調査 | 本調査 |
|--------|---|--|
| 調査対象 | 全病院9,339カ所 | プレアンケートで焼却炉を使用していると回答した病院及び病床数1,000以上の病院の合計594件 |
| 調査実施日 | 調査票発送日:平成11年10月22日 回収締め切り日:平成11年11月2日 | 調査票発送日:平成12年1月26日 回収締め切り日:平成12年2月18日 |
| 回収数 | 有効件数 2,933件(回収率31%) | 269件(回収率45%、但し、付設焼却炉無の回答含む) |
| 主要調査項目 | <ul style="list-style-type: none"> ・廃棄物処理方法 ・院内処理方法と対象廃棄物 ・過去の院内処理の有無 ・今後の廃棄物処理計画 | <ul style="list-style-type: none"> ・焼却施設(設置年、形式、能力、集塵設備、排ガス処理設備、二次燃焼室助燃設備) ・運転状況(平均稼働時間、稼働日数、廃棄物種別処理量、燃焼モニタリング、排ガスモニタリング、温度制御、ばいじん・焼却灰処理、排水処理) ・管理体制(専任担当者、マニュアル整備状況、グイオキシソ測定例) ・故障及び点検(故障・補修の有無、清掃、定期点検) ・周辺からの苦情(苦情の有無、改善例) |

表-2 病床数別院内焼却割合

| 病床数 | 件数 A | 全回答件数 B | 全回答件数に占める焼却処理の割合(A/B) |
|----------------|---------|------------|-----------------------|
| ～ 50 以下 | 89 | 496 | 18% |
| 50 ～ 100 以下 | 104 | 737 | 14% |
| 100 ～ 200 以下 | 149 | 791 | 19% |
| 200 ～ 300 以下 | 81 | 400 | 20% |
| 300 ～ 1,000 以下 | 109 | 467 | 23% |
| 1,000 ～ | 7 | 13 | 54% |
| 不明 | 7 | 29 | 24% |
| 合計 | 546 | 2,933 | 19% |

表-3 廃棄物別の焼却処理の割合

| 廃棄物種類 | 焼却炉 基数 | 回答焼却炉数 に占める割合 B/A | 539件 / 546件 (99%) (焼却炉数 566基) ...A | |
|-------------|-----------|-------------------------|---------------------------------------|-----------|
| | | | 他の廃棄物と混合せず処理 処理基数 C | 割合 C/B |
| a 感染性廃棄物 | 109 | 19% | 10 | 9% |
| b 注射針、アンプル類 | 78 | 14% | 3 | 4% |
| c 紙おむつ | 140 | 25% | 6 | 4% |
| d 一般可燃物 | 340 | 60% | 43 | 13% |
| e 伝票、書類 | 427 | 75% | 133 | 31% |
| f 廃プラスチック | 65 | 11% | 2 | 3% |
| g 生ごみ | 27 | 5% | 1 | 4% |
| h その他 | 25 | 4% | 12 | 48% |

表-4 過去の院内処理の状況

| | 焼却処理 | | その他処理 | | 処理区分無し | |
|---------------|-------|------|-------|------|--------|------|
| | 病院数 | 割合 | 病院数 | 割合 | 病院数 | 割合 |
| 現在、院内処理を行っている | 546 | 19% | 98 | 3% | 638 | 22% |
| 過去、院内処理を行っていた | 992 | 34% | 51 | 2% | 991 | 34% |
| 院内処理を行ったことが無い | 912 | 31% | 2,301 | 78% | 821 | 28% |
| 不明 | 483 | 16% | 483 | 16% | 483 | 16% |
| 合計 | 2,933 | 100% | 2,933 | 100% | 2,933 | 100% |

表-5 焼却炉廃止年の推移

| 年度別 | 廃止した 病院数 | 割合 | (仮定) 焼却炉 設置病院数 |
|-----------|-------------|------|-------------------|
| ～ 1980 | 65 | 6% | 1,498 |
| 1981～1990 | 147 | 14% | 1,351 |
| 1991～1993 | 55 | 5% | 1,296 |
| 1994～1996 | 194 | 19% | 1,102 |
| 1997 | 250 | 25% | 852 |
| 1998 | 219 | 22% | 633 |
| 1999 | 65 | 6% | 568 |
| 不明 | 22 | 2% | |
| 院数計 | 1017 | 100% | |

表-6 その他処理技術の廃止年の推移

| 年度別 | 廃止した 病院数 | 割合 | (仮定) その他 処理 実施病院数 |
|-----------|-------------|------|-------------------------|
| ～ 1980 | 4 | 8% | 147 |
| 1981～1990 | 13 | 25% | 134 |
| 1991～1993 | 5 | 9% | 129 |
| 1994～1996 | 6 | 11% | 123 |
| 1997 | 15 | 28% | 108 |
| 1998 | 6 | 11% | 102 |
| 1999 | 2 | 4% | 100 |
| 不明 | 2 | 4% | |
| 院数計 | 53 | 100% | |

表-7 病院付設焼却炉の炉形式

| 炉形式 | 基数 | 割合(%) |
|-------------------------|-----|-------|
| a. 火格子燃焼方式(固定・可動) | 159 | 64% |
| b. 床燃焼方式(固定床、回転炉床、ローラー) | 68 | 27% |
| c. 流動床燃焼方式 | 2 | 1% |
| d. 浮遊燃焼方式 | 0 | 0% |
| e. 噴霧燃焼方式 | 4 | 2% |
| f. 複合 | 2 | 1% |
| g. その他 | 3 | 1% |
| h. 不明 | 11 | 4% |
| 合計 | 249 | 100% |

※不明の基数は「不明」と回答した基数と質問に無回答の基数の合計である。
不明と回答8基 無回答 3基

表-8 助燃設備の設置状況

| 処理能力 | 0～9 | 10～19 | 20～29 | 30～49 | 50～99 | 100～199 | 200～ | 不明 | 合計 |
|------|-----|-------|-------|-------|-------|---------|------|----|-----|
| ある | 4 | 6 | 7 | 18 | 55 | 32 | 5 | 4 | 131 |
| なし | 10 | 12 | 11 | 25 | 27 | 6 | 4 | 18 | 113 |
| 不明 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 5 |
| 合計 | 14 | 18 | 19 | 44 | 84 | 38 | 9 | 23 | 249 |

0.28571 0.33333 0.36842 0.40909 0.65476 0.84211 0.55556

表-9 集塵装置の種類

| 炉形式 | 基数 | 割合(%) |
|-------------|-----|-------|
| a. サイクロン | 82 | 33% |
| b. マルチサイクロン | 3 | 1% |
| c. 洗煙 | 5 | 2% |
| d. バグフィルター | 7 | 3% |
| e. 複合 | 3 | 1% |
| f. その他 | 6 | 2% |
| g. 特になし | 132 | 53% |
| 不明 | 11 | 4% |
| 合計 | 249 | 100% |

表-10 排ガス定期モニタリングの有無

| | 測定項目 | 基数 | | 基数計 | 割合(%) |
|--------|------|----|--------|-----|-------|
| | | 基数 | ※割合(%) | | |
| 行っている | SOx | 45 | 85% | 53 | 21% |
| | NOx | 44 | 83% | | |
| | HCl | 47 | 89% | | |
| | ばいじん | 49 | 92% | | |
| | ※その他 | 17 | 32% | | |
| 行っていない | | | | 185 | 74% |
| 不明 | | | | 11 | 4% |
| 合計 | | | | 249 | 100% |

※基数：複数回答のため累計しても「計」の値にはならない。

※割合＝基数／基数計

※その他
 ダイオキシン類 15件
 CO 1件
 O₂ 1件
 K値 1件
 残存O₂ 1件
 ダスト濃度 2件
 排気ガス温度 1件

複数回答があるため累計が「その他」の回答件数にはならない。

| | | 基数 | 基数計 | 割合(%) |
|--------|----|----|-----|-------|
| 行っている | 自動 | 94 | 115 | 82% |
| | 手動 | 18 | | 16% |
| | 両方 | 2 | | 2% |
| | 不明 | 1 | | 1% |
| 行っていない | | | 129 | 52% |
| 不明 | | | 5 | 2% |
| 合計 | | | 249 | 100% |

表-11 焼却時の温度制御の有無

*割合＝基数／基数計

| 温度制御 | 病床数 | | | | | | | 不明 | 合計 |
|--------|-------|----------|-----------|-----------|-------------|--------|---|-----|----|
| | ～50以下 | 50～100以下 | 100～200以下 | 200～300以下 | 300～1,000以下 | 1,000～ | | | |
| 行っている | 3 | 10 | 25 | 16 | 51 | 10 | 0 | 115 | |
| 行っていない | 25 | 35 | 35 | 21 | 7 | 2 | 4 | 129 | |
| 不明 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | |
| 合計 | 28 | 46 | 60 | 38 | 59 | 13 | 5 | 249 | |

| | 病院数 | 割合(%) |
|-------------------|-----|-------|
| a. 院内の職員に専任担当者がある | 114 | 48% |
| b. 外部委託している(派遣) | 62 | 26% |
| c. 特にない | 61 | 26% |
| 不明 | 0 | 0% |
| 合計 | 237 | |

表-12 焼却炉運転担当者の有無

※複数回答している病院があるため合計が回答病院数にならない。

| 運転担当者 | 病床数 | | | | | | | 不明 | 合計 |
|-------------------|-------|----------|-----------|-----------|-------------|--------|---|-----|----|
| | ～50以下 | 50～100以下 | 100～200以下 | 200～300以下 | 300～1,000以下 | 1,000～ | | | |
| a. 院内の職員に専任担当者がある | 10 | 26 | 27 | 18 | 25 | 4 | 4 | 114 | |
| b. 外部委託している(派遣) | 2 | 4 | 15 | 9 | 25 | 6 | 1 | 62 | |
| c. 特にない | 16 | 16 | 18 | 9 | 2 | 0 | 0 | 61 | |
| 不明 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 合計 | 28 | 46 | 60 | 36 | 52 | 10 | 5 | 237 | |

※複数回答している病院があるため合計が回答病院数にならない。

| | 病院数 | 割合(%) |
|---------------|-----|-------|
| a. 運転マニュアルがある | 97 | 41% |
| b. 今後作成する予定 | 18 | 8% |
| c. ない | 118 | 50% |
| 不明 | 2 | 1% |
| 合計 | 235 | |

表-13 焼却炉運転マニュアルの有無

| 運転担当者 | 病床数 | | | | | | | 不明 | 合計 |
|---------------|-------|----------|-----------|-----------|-------------|--------|---|-----|----|
| | ～50以下 | 50～100以下 | 100～200以下 | 200～300以下 | 300～1,000以下 | 1,000～ | | | |
| a. 運転マニュアルがある | 4 | 10 | 25 | 13 | 37 | 7 | 1 | 97 | |
| b. 今後作成する予定 | 2 | 5 | 5 | 3 | 2 | 1 | 0 | 18 | |
| c. ない | 22 | 31 | 28 | 20 | 13 | 1 | 3 | 118 | |
| 不明 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | |
| 合計 | 28 | 46 | 59 | 36 | 52 | 9 | 5 | 235 | |

表-14 排ガス中のダイオキシン類の測定状況

| | 病院数 | 割合(%) |
|----------------------------|-----|-------|
| a. 定期的に測定している | 26 | 11% |
| b. 行ったことがある | 18 | 8% |
| c. これまで行ったことはないが、今後行う予定がある | 70 | 30% |
| d. 行ったことがない、今後行う予定もない | 113 | 48% |
| 不明 | 8 | 3% |
| 合計 | 235 | 100% |

表-15 病床数別排ガスダイオキシン類測定状況

| 測定 | 病床数 | ～ 50 以下 | 50 ～ 100 以下 | 100 ～ 200 以下 | 200 ～ 300 以下 | 300 ～ 1,000 以下 | 1,000 ～ | 不明 | 合計 |
|----|-----|------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------|---------|----|-----|
| a | | 0 | 1 | 2 | 2 | 16 | 5 | 0 | 26 |
| b | | 0 | 1 | 4 | 5 | 7 | 1 | 0 | 18 |
| c | | 7 | 11 | 19 | 15 | 14 | 2 | 2 | 70 |
| d | | 21 | 28 | 32 | 13 | 15 | 1 | 3 | 113 |
| 不明 | | 0 | 5 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| 合計 | | 28 | 46 | 59 | 36 | 52 | 9 | 5 | 235 |

表-16 焼却灰のダイオキシン類測定状況

| | 病院数 | 割合(%) |
|----------------------------|-----|-------|
| a. 定期的に測定している | 7 | 3% |
| b. 行ったことがある | 12 | 5% |
| c. これまで行ったことはないが、今後行う予定がある | 81 | 34% |
| d. 行ったことがない、今後行う予定もない | 128 | 54% |
| 不明 | 7 | 3% |
| 合計 | 235 | 100% |

表-17 飛灰のダイオキシン類測定状況

| | 病院数 | 割合(%) |
|----------------------------|-----|-------|
| a. 定期的に測定している | 3 | 1% |
| b. 行ったことがある | 8 | 3% |
| c. これまで行ったことはないが、今後行う予定がある | 59 | 25% |
| d. 行ったことがない、今後行う予定もない | 150 | 64% |
| 不明 | 15 | 6% |
| 合計 | 235 | 100% |

| | 病院数 | 割合(%) |
|-----------------|-----|-------|
| a. 定期的に清掃を行っている | 166 | 71% |
| b. 清掃を行ったことがない | 60 | 26% |
| 不明 | 9 | 4% |
| 合計 | 235 | 100% |

表-18 焼却炉の清掃状況

| 清掃 | 病床数 | ～ 50 以下 | 50 ～ 100 以下 | 100 ～ 200 以下 | 200 ～ 300 以下 | 1,000 以 下 | 1,000 ～ | 不明 | 合計 |
|-----------------|-----|------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------|------------|----|-----|
| a. 定期的に清掃を行っている | | 24 | 26 | 44 | 23 | 39 | 6 | 4 | 166 |
| b. 清掃を行ったことがない | | 4 | 15 | 15 | 10 | 12 | 3 | 1 | 60 |
| 不明 | | 0 | 5 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 9 |
| 合計 | | 28 | 46 | 59 | 36 | 52 | 9 | 5 | 235 |

| | 病院数 | 割合(%) |
|-----------------|-----|-------|
| a. 定期的に点検を行っている | 145 | 62% |
| b. 点検を行ったことがない | 83 | 35% |
| 不明 | 7 | 3% |
| 合計 | 235 | 100% |

表-19 焼却炉の点検状況

| 清掃 | 病床数 | ～ 50 以下 | 50 ～ 100 以下 | 100 ～ 200 以下 | 200 ～ 300 以下 | 1,000 以 下 | 1,000 ～ | 不明 | 合計 |
|-----------------|-----|------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------|------------|----|-----|
| a. 定期的に点検を行っている | | 16 | 23 | 37 | 21 | 39 | 6 | 3 | 145 |
| b. 点検を行ったことがない | | 11 | 19 | 21 | 15 | 13 | 2 | 2 | 83 |
| 不明 | | 1 | 4 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 7 |
| 合計 | | 28 | 46 | 59 | 36 | 52 | 9 | 5 | 235 |

厚生科学研究費補助金(生活安全総合研究事業)

分担研究報告書

日米欧における医療廃棄物の焼却処理に関する比較研究

研究者 田中 勝 国立公衆衛生院廃棄物工学部長

研究者 池口 孝 国立公衆衛生院廃棄物工学部室長

研究者 辻 吉隆 国立医療・病院管理研究所施設計画研究部室長

研究要旨:EU諸国の中で、スイス、オランダ等では医療廃棄物の院内焼却はほとんど行われておらず、外部の施設で集中焼却されている。院内焼却は皆無ではないがドイツ、デンマークでもこの傾向は見られた。一方、フランス、英国では他の国に比較して院内焼却件数は多い。外部集中処理の形態としては医療廃棄物専門処理施設や有害廃棄物処理施設で処理する方法と、都市ごみ焼却施設での混焼がある。デンマークやフランスでは都市ごみとの混焼のための技術的な指針が整備されている。院内処理を選択するか外部集中処理を選択するかは輸送費用を含む処理コストが重要な判断基準となる。焼却以外の処理技術の開発も進められているが、コスト面、技術的安定性、処理効果等の面で未だ焼却処理に変わる技術としては定着していない。英国では処理能力別(1トン/時間を境にして)に焼却排ガス規制値が設定されている。VOC、HF、Hg、Cd、As+Cr+ Cu+Pb+Mn +Ni+Sn+(Sb+V+Co)など我が国にはない項目の規制値がある。

A. 研究目的

医療廃棄物問題は各国共通の問題であり、例えば、EUにおいてはプロジェクトチームが作られ、適正な処理のあり方が検討された。その結果、処理技術等の選択はEU加盟国独自の判断に委ねられること、また、都市ごみ焼却炉で医療廃棄物を混焼する例があること、焼却以外の処理技術が多く検討・導入されていること、歴史的な経緯や熱利用施設としてのごみ焼却施設のイメージを考慮すると焼却処理に対するマイナスイメージはそれほどないこと等から、技術オプションの選択に際しては処理コストが要になるといわれている。

本研究は、我が国でもその動向に関心が持たれている医療廃棄物の焼却処理、特に院内焼却について、法制度や技術的側面等を対象に、欧米諸国との比較・検討を行い、我が国における医療廃棄物の適正処理のあり方の検討に資することを目的とする

B. 研究方法

現地調査等での資料収集とヒアリング及びそれらの整理・解析を行うものとする。特に、院内、院外における医療廃棄物の焼却処理に関しての法規制状況や処理の実際、技術開発動向を調査する。初年度は欧州諸国の調査を行ったが、法的に禁止されているかどうかはともかく、オランダやスイスでは院内焼却は行われていないとの事前の情報を入手したため、調査対象国をデンマーク、英国、フランスとした。

(倫理面への配慮)

本研究は医療廃棄物処理、特に焼却処理に関する調査で、調査の対象は特定の個人や動物を対象にしたものではないので、倫理面での問題はないと判断できる。

C. 結果

I. EUにおける医療廃棄物に対する取り組み

1993年5月、EC議会は廃棄物処理戦略を公表し、この中で優先的に扱うべき廃棄物の種類とその適正な処理を確保するための階層的アプロー

チを提言している。医療廃棄物に関する検討は英国が担当した。

医療廃棄物の定義もこの間常に議論の対象となっており、名称もHospital WasteからClinical Wasteへ、さらに、最近ではHealth Care Waste(以下便宜的に「医療廃棄物」と訳す)やHealth Care Risk Waste(以下便宜的に「感染性廃棄物」と訳す)が使われるようになってきている。これらはそれぞれ以下のように定義されている²⁾。

①Health Care Waste: 医療行為から発生する液状、固形の廃棄物である。医療行為とは人や動物の診療、治療、疾病予防あるいは不具の軽減に係わる行為で、これらに関連した研究行為も含まれる。

②Health Care Risk Waste: 解剖、感染性、抗ガン剤や細胞毒性剤を含む薬剤や化学薬品や毒物、鋭利なもの及び放射性廃棄物。

図-1は欧州各国の感染性廃棄物の発生量(人口当たりの年間排出量)をまとめたものである。感染性廃棄物の定義や分類などが国によって異なるので、本図からは一概にその多寡を比較することはできない。

欧州では、従来、医療廃棄物は焼却処理が、そして、感染性廃棄物に対しては埋立てによる処分が一般的であったが、新しい処理技術が開発・導入されるようになると、感染性廃棄物は分別排出され、院内で中和あるいは滅菌などして、都市ごみと混合処理されるようになってきている。

処理技術に関しては焼却処理に対するEC基準はあるが、新しい感染性廃棄物処理技術である電磁波処理、ガンマ線照射、無線照射、蒸気滅菌、化学処理、熱分解、乾熱滅菌、減容処理についての基準は未だない。滅菌によって病原菌の感染作用が無くなったとしても、化学薬品、放射性物質、薬剤、鋭利物などによる危険性が軽減される訳ではないので、感染性廃棄物の処理は廃棄物の内容や形態によって異なる処理方

法が採られることになる。

最近の傾向としては、環境対策費用の高騰から病院内個別処理から外部集中処理の傾向が強まり、感染性廃棄物の適正な輸送システムや処理技術に関心が持たれるようになってきている。

II. 医療廃棄物の焼却処理

(1) デンマークの感染性廃棄物の焼却処理に関する指針⁶⁾

例えば、デンマークでは現在のところ感染性廃棄物の処理技術としては焼却処理が最も適切な技術と考えられており、滅菌・不活化処理されれば感染性廃棄物は都市ごみとして扱えるものの(但し、組織等は除く)、そうでない場合には、許認可を受けた特定施設で焼却されなければならないとされている。そして、焼却する際には感染性廃棄物は原則として他の廃棄物と混合してはならず、焼却炉に対しては以下のような性能が要求されている。

①固形及びガス状廃棄物の完全焼却(灰化)が保証されること。

②排ガス性状、運転条件、残渣等は都市ごみ焼却の場合と同等のものが確保できること。

③感染性廃棄物は他の廃棄物とは別に自動的に炉内に供給出来ること。

④感染性廃棄物が飛び出すことがないような容器や給塵装置を使用すること。

⑤火格子からの(感染性廃棄物の)落塵を別に集め、自動的に焼却処理できること。

⑥手動作業箇所では安全な作業環境が確保できること。

他のごみと混焼する場合には、容器に入ったままの感染性廃棄物を専用の投入装置を使い、直接燃焼ゾーンに投入する方法が好ましいとされている。ただ、施設によって専用の投入口を設置することによって、炉の性能が損なわれ、結果として感染性廃棄物が完全に焼却できなくな

る危険性がある場合には、他のごみとの混合供給が認められる。この場合、容器が混合供給方式に適しており、投入状況がモニター出来、かつ、火格子下の落塵を別途集め、自動的に焼却できることが要求される。仮に自動化できず、手動作業が入る場合には感染性廃棄物との直接的な接触によるいかなるリスクも回避されるような配慮が必要となる。

指針では、他の廃棄物との混焼の場合を含め、感染性廃棄物の焼却施設の設計上の留意点、運転操作上の留意点、炉の停止時の留意点が述べられている。

(2) フランスでの医療廃棄物の焼却処理

フランスでは全国約3,400カ所の病院のうち、焼却炉を保有している病院は約50あるという。外部での処理体制が必ずしも十分でないことから、焼却に代わる院内処理技術として高圧蒸気滅菌やマイクロ波等による処理技術の開発が盛んに行われている。なぜならば、フランスでは感染性廃棄物の処理ルートとしては、焼却処理か滅菌後都市ごみとして処理する(但し、コンポスト処理は認められていない)の二つのルートしか定められていないからである。そして、焼却処理の場合、都市ごみ焼却施設での混焼、感染性廃棄物専焼炉(専門業者)、産業廃棄物焼却施設、院内焼却施設での処理が認められており、いずれも許認可が必要となる。

感染性廃棄物を都市ごみ焼却施設で混焼する場合には、「汚染ごみと都市ごみとの混焼に関する省令」(1989年8月23日付け)と「都市ごみ焼却施設に関する省令」(1991年1月25日付け)が適用される。それによると、混焼割合は焼却廃棄物全体の発熱量を確保するために重量比で10%以下とし、感染性廃棄物は十分な強度の密閉容器(性状、発生源を明記)に入れ、堅固なコンテナで輸送されること、焼却施設では(ごみピットに投

入せず)直接給塵ホッパーに投入すること、焼却施設は1時間当たりの処理能力が3トンを超えるものであること、かつ、温度や一酸化炭素濃度、及び残渣の強熱減量が良好な燃焼状態を担保するものであることとされている(焼却が禁止される医療廃棄物として、現像用の銀塩、化学薬品、X線フィルム、爆発物、酸化性の強い化学薬品、水銀含有廃棄物、放射性廃棄物、動物の解剖切片や死体が規定されている)。

フランス環境・エネルギー管理庁(ADEME)が行ったフランスにおける1997年の感染性廃棄物の処理の実態調査結果がある⁷⁾。それによると、感染性廃棄物の発生量(潜在的発生量)は、150,000トンで、このうち、15%は院内焼却されている。残りの85%は院外の施設で処理されたものと、院内で滅菌処理した後、都市ごみとして処理されたものである。院外で処理された感染性廃棄物のうち、焼却されたのは全体の71.3%に当たる106,969トンであった。国全体の施設能力は、滅菌処理施設が21,200トンで、これは1994年の9,850トンから116%の増加である(20施設、28基の設備)。また、焼却施設能力は144,975トン(1994年には130,850トン)で、その88%は都市ごみ焼却施設(22カ所)、8%は感染性廃棄物専焼施設(2カ所)、4%は有害廃棄物焼却施設(1カ所)である。表-1にフランスの感染性廃棄物の院外焼却施設を示す。

焼却費用は、処理直接経費、原価償却費、排ガス処理費用、残渣埋立費用等を含むものであり、施設によって大きな差があるが、過去3年間に若干値上がりしている。1997年の最低価格の平均値は1,195フラン/トン(標準偏差250フラン)、最高価格の平均値は1,715フラン/トン(標準偏差590フラン)である。

施設の平均稼働率は1992年には50%であったが、1997年には70%と増加している。これは院内

焼却の中止が増加しているためと分析されている。

院内焼却炉は、現在でこそ環境保全のための特定施設として設置・稼働に際しては許認可が必要であるが、数年前まではその必要はなかった。これらの施設の中には他の病院の廃棄物も受け入れて処理する例があり、今のところ、院内焼却、院外焼却、滅菌処理の割合が均衡を保っており、今後とも施設・設備数には大きな変化はないだろうと予測されている。

(3) 英国の医療廃棄物焼却施設に係わる規制・基準⁹⁾

EUの焼却指令 (Incineration Directive) は1994年に導入され、英国では1995年から公布された。英国では新規に医療廃棄物の焼却施設を建設・運転する場合には、異なる3種類の許認可が必要となる。すなわち、「計画の認可」、「環境部局からの許可」及び「廃棄物処理ライセンス」である。

焼却炉建設場所の選定に際しては、計画申請時に環境影響評価書 (EIS) を提出することになる。これらは、他の関連する情報と共に公聴会で必要となる資料である。一般には、計画申請時点では立地候補地の適否のみを検討すれば良いはずであるが、実際には公聴会で施設の公害防止機器の性能が議論されることが多い。EISは主として計画されている公害防止機器の適否を評価するために使われる。この評価によって申請者は公害防止施設の性能を向上させるためのアドバイスを受けることになる。

施設の計画には許可廃棄物の取り扱い方法も規定しなければならない。すなわち、廃棄物 (内容、輸送、一時保管、処理に関する情報) と処理過程から排出される残渣に関する規定である。

また、施設には最低1名の有資格技術管理者をおかなければならず、資格は規定の研修を終了することによって取得できる。

表-2は英国 (EU) の医療廃棄物焼却処理の排ガス規制値である。比較のために米国の規制値も掲載してあるが、カドミウムと一酸化炭素を除けば英国の規制値は米国のものよりも厳しい。また、HClの規制値は米国では除去率で規制しているが、英国では濃度規制、また、ダイオキシン類は米国ではTEQ規制の他にトータル排出量での規制も可能としているが、英国ではI-TEQでの規制のみである。また、英国では重金属類の規制項目 (規制値) は炉の能力によって異なり、1トン/時未満の施設では、As+Cr+Cu+Pb+Mn+Ni+Snが、1トン/時以上の施設では、これらに加え、Sb、V、Coが加わる。ただ、英国には鉛単独の規制値はない。

排ガスモニタリングの要件も英国では米国よりも厳しく、処理能力が1トン/時より大きい施設では連続モニタリングが課せられる傾向にある。ただ、申請者が連続モニタリングが非常に高価で、かつ現場使用には誤差が大きいと判断する場合には年間4回の (間欠) モニタリングでも良いことになる。連続モニターの場合は半年毎のキャリブレーションが必要となる。

英国の基準では廃棄物の二次燃焼は不可欠で、処理能力が1トン/時未満の施設では二次燃焼後の燃焼ガス中の酸素濃度は6%以上、温度は1,000°C (1,832F) 以上、また、1トン/時以上の施設では二次燃焼後の燃焼ガスは、温度1,100°C (2,012F) 以上で、2秒以上滞留することが必要とされている。

III. 都市ごみ焼却施設での感染性廃棄物処理

既に述べたように、欧州では医療廃棄物を都市ごみの焼却施設で混焼する技術が普及しつつある。そのための技術的な基準や要件などを整備している国もある。スウェーデン、ドイツ、スイス、フランス、デンマーク等には既に事例があ

るという³⁴⁾。以下には、コペンハーゲン市のI/S Amagerforbraending 焼却施設での都市ごみと感染性廃棄物の混焼事例を紹介する。

この施設はコペンハーゲン市にある二つの焼却施設の1つであり、コペンハーゲン全人口120万人のうちの50万人分の一般廃棄物と45,000の企業排出ごみ(全体の35%)の合計320,000トン/年を焼却している。施設は市が所有し、運転管理は民間会社(Amagerforbraending社)が行っている。

本施設へのごみの収集は混合収集で、週1回である。焼却施設への搬入車両数は1日平均450台である。医療廃棄物は専用の収集車両で収集され、本施設には1日当たり約150コンテナが運び込まれる。

焼却炉は4系列で、このうち3系列はストーカー+キルン、新しい1系列はストーカーのみの形式である。排ガス処理システムはボイラー+ガス処理(アルカリスラリー+活性炭)+バグフィルター構成で、余熱は発電と地域暖房に利用されている。また、焼却灰(ボトムアッシュ)は建設用資材として利用され、飛灰(フライアッシュ)は埋め立てられている。

医療廃棄物(及びペットの死体)は、ストーカー部の乾燥帯に直接機械投入される。作業員は、収集車から降ろされた医療廃棄物入りのコンテナ(カート)を一人で押し進め、炉内投入用の自動昇降機にコンテナをセットし、後はスイッチを操作するだけである。作業員がごみと接触したり、内容物が視野に入るといったことはない。ごみは自動的に炉内に投入され、投入の状況がテレビモニターでできるようになっている。投入が終わるとコンテナは自動的にもとに戻される。

D. 考察

(次年度の米国での調査結果を踏まえて、日米

欧の医療廃棄物の焼却、特に院内焼却処理に対する現状や考え方の比較考察を行うこととする)。

E. 結論

地域経済連合の確立が本来の目的とはいえ、EU統合によって様々な分野での加盟国共通のルール作りが成されている。環境分野、特に廃棄物管理の面においてもその例外ではない。陸続きの国境で、物の移動が容易なこと、地球あるいは地域レベルでの環境問題がクローズアップされている状況を考えるとき、その解決には一カ国の努力だけでは困難であるということが明白であるから、このような動きは至極当然と思われる。

廃棄物管理においても、(その種類を問わず)EU共通の戦略、すなわち、発生抑制・発生源減量、資源化・有効利用の促進、必要最小量の最終処分(埋立)が、数値目標と共に提案されており、加盟国毎に目標の実現に向けての検討や努力がなされている。

医療廃棄物、特に感染性廃棄物に関しては、院外での集中焼却処理の方向を指向する国が多い。とりわけ、ダイオキシン規制が厳しく論じられるようになってからは、この傾向に拍車がかかっているようである。例えば、ドイツでは1984年に554の院内焼却炉があったが、1987年には218へと半減し、1995年にはそれが10カ所程度となったという³⁵⁾。

院外焼却の場合、感染性廃棄物あるいは有害廃棄物専焼炉で焼却する場合と都市ごみ焼却炉で混焼する場合の二つのルートがあるが、いずれの場合も大型の焼却炉である。このような施設では、完全燃焼が可能で、しかも環境保全上の対策や管理が十分なされると期待されるからである。

一方で、院内焼却も英国やフランス等の事例

に見られるように皆無ではない。この場合、排ガス等に対して厳しい規制が課せられる他、院内での感染性廃棄物の適正な管理が要求される。英国や米国等では炉の規模別に排ガス規制が設けられていることから、小型の焼却炉での焼却処理が可能であり、院内での焼却処理が続けられる可能性が他の国に比して高いと思われる。また、滅菌処理すれば感染性廃棄物は一般の廃棄物と同等に扱うことができるとする国も多いことから、焼却以外の処理装置を院内に設置し、感染性廃棄物を一次処理する動きも見られる。結局、どのような処理オプションを選択するかは、トータルの処理コストが重要な判断基準になるようである。

我が国では、病院での焼却処理が社会的に困難になりつつある状況の中で、廃棄物処理が病院の管理・運営上益々重要な要素の一つとなりつつある。感染性廃棄物を扱う業者の実態や処理能力の偏在等、処理体制の情報が不透明であるばかりでなく、廃棄物処理費が病院経営上無視できないような状況が生み出されつつあるからである。我が国に於いても、都市ごみ焼却炉での医療廃棄物の混焼技術の検討あるいは焼却に代わる感染性廃棄物の院内処理技術の開発・研究がより推進されべき時期にあるといえよう。

参考文献

- 1) 国際セミナー医療廃棄物処理に関する国際セミナー要旨、医療廃棄物処理研究、11(2)、1999、pp.113-130。
- 2) W.K.Townend: The EC and the Hygienic Handling of Hazardous Health Care Risk Waste, ISWA TIMES, No.1, 1994.
- 3) J.Vehlow: 私信。
- 4) H.P.Fahrni: 私信。
- 5) M.Gleis: Healthcare Waste Management in

Germany and the European Union, 日独廃棄物ワークショップ、ベルリン、1995。

- 6) Danish EPA: Guide for Health Care Risk Waste (Draft), 1998.
- 7) D.G.Oliva: La Nouvelle Reglementation Relative A L'Elimination des Dechets D'Activites de Soins a Risques Infectieux, XXIV Entretiens de Pologie, Paris, Octobre 3-4, 1998.
- 8) D.G.Oliva: Traitement des dechets d'activites de soins a risques infectieux en France: bilan des annees 1995 a 1997, Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie, July 15, 1999.
- 9) M. Bulley, Comparison of the August 1997 US EPA Regulations for Medical Waste Incinerators with the UK Requirements and the European Union Incineration Directive, The 91st Annual Meeting & Exhibition of the Air & Waste Management Association, June 14-18, 1988, San Diego, USA.

F. 研究発表

1. 論文発表
投稿中
2. 学会発表
該当なし

G. 知的所有権の取得状況

1. 特許取得
該当なし
2. 実用新案登録
該当なし
3. その他
該当なし

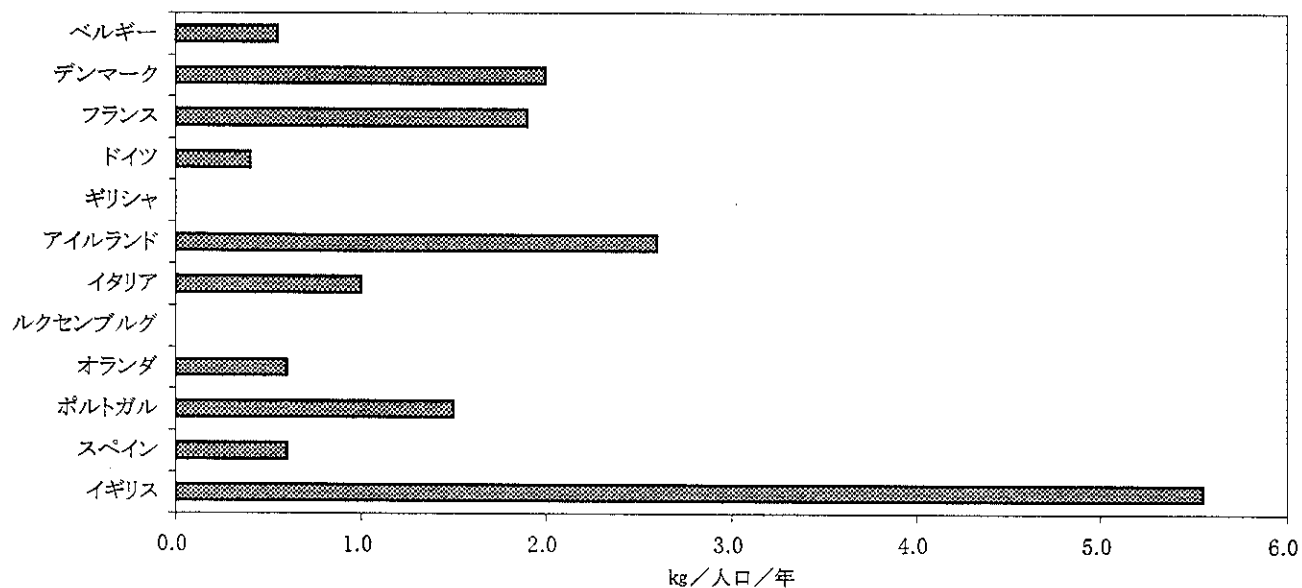


図-1 欧州各国の感染性廃棄物の発生量(1990年)

表-1 フランスにおける感染性廃棄物の焼却施設(1997年)

| 所在地 | タイプ | 設置時期 | 県名 |
|----------------------|------------|---------|-----------------------|
| ASPACHE-LE-HAUT | 都市ごみ焼却施設 | 1993.5 | Haut-Rhin |
| BENESSE-MAREMNE | 都市ごみ焼却施設 | 1993.1 | Landes |
| BREST | 都市ごみ焼却施設 | 1990.11 | Finist`ere |
| CHAMBERY | 都市ごみ焼却施設 | 1997 | Savoie |
| COLOMBELLES | 都市ごみ焼却施設 | 1992.8 | Calvados |
| CRETEIL | 都市ごみ焼却施設 | 1988.12 | Val-de-Marne |
| DOUCHY-LES-MINES | 都市ごみ焼却施設 | 1993.11 | Nord |
| GRENOBLE | 都市ごみ焼却施設 | 1992.10 | Is`ere |
| LE MANS | 都市ごみ焼却施設 | 1988 | Sarthe |
| LUDRES | 都市ごみ焼却施設 | 1995.9 | Meurthe-et-Moselle |
| MONTAUBAN | 都市ごみ焼却施設 | 1993.3 | Tarn-et-Garonne |
| NANTES | 都市ごみ焼却施設 | 1991.2 | Loire-Atlantique |
| NICE | 都市ごみ焼却施設 | 1989.2 | Alpes-Maritimes |
| NOYELLES/LENS | 都市ごみ焼却施設 | 1986.12 | Pas-de-Calais |
| PERPIGNAN | 都市ごみ焼却施設 | 1994.1 | Pyr`en`ees-Orientales |
| ROUEN | 都市ごみ焼却施設 | 1991.5 | Seine-Maritime |
| SETE | 都市ごみ焼却施設 | 1994.9 | H`erault |
| TOULON | 都市ごみ焼却施設 | 1995.1 | Var |
| TOULOUSE | 都市ごみ焼却施設 | 1995.7 | Haute-garonne |
| TRONVILLE-EN-BARROIS | 都市ごみ焼却施設 | 1991 | Meuse |
| VEDENE | 都市ごみ焼却施設 | 1995.4 | Vaucluse |
| BASSENS | 感染性廃棄物専焼施設 | 1988.5 | Gironde |
| BAYONNE | 感染性廃棄物専焼施設 | 1990.11 | Pyr`en`ees-Atl. |
| STRASBOURG | 有害廃棄物焼却施設 | 1993.10 | Bas-Rhin |

表-2 英国における廃棄物焼却排ガス規制値⁹⁾

| 汚染物質 | 単位 | 英国 | | 米国(参考値) | | |
|----------------------------------|---------|---------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | 1トン/時未満 | 1トン/時以上 (EU 指令) | 90kg/時未満 | 90~225kg/時 | 225kg/時以上 |
| ばいじん | mg/dscm | 39.3 | 13.1 | 69 | 34 | 34 |
| VOC | mg/dscm | 26.2 | 13.1 | — | — | — |
| CO | ppmv | 57.1 | 57.1 | 40 | 40 | 40 |
| HCl | ppmv | 26.3 | 8.8 | 15(または 除去率 99%) | 15(または 除去率 99%) | 15(または 除去率 99%) |
| HF | ppmv | 3.2 | 1.6 | — | — | — |
| SO ₂ | ppmv | 150 | 25 | 55 | 55 | 55 |
| NO _x | ppmv | — | 252.2 | 250 | 250 | 250 |
| Hg | mg/dscm | 0.13 | 0.065 | 0.55 | 0.55 | 0.55 |
| Cd | mg/dscm | 0.13 | 0.065 | 0.16 | 0.04 | 0.04 |
| Pb | mg/dscm | — | — | 1.2 | 0.07 | 0.07 |
| As+Cr+Cu+Pb+Mn+Ni+Sn | mg/dscm | 1.309 | — | — | — | — |
| As+Cr+Cu+Pb+Mn+Ni+Sn +Sb+V+Co | mg/dscm | — | 0.654 | — | — | — |
| Dioxins I-TEQ | ng/dscm | 1.309 | 0.131 | 2.3 | 0.6 | 0.6 |
| Dioxins Total | ng/dscm | — | — | または 125 | または 25 | または 2 |

20°C、1気圧、乾ベース、酸素 7%

厚生科学研究費補助金(生活安全総合研究事業)

分担研究報告書

排ガス特性からみた病院付設焼却炉の機能評価及び汚染物質の排出抑制・管理手法の検討

研究者 池口 孝 国立公衆衛生院廃棄物工学部室長

研究者 田中 勝 国立公衆衛生院廃棄物工学部長

研究要旨: 炉形式や焼却対象廃棄物、排ガス処理システム等の異なる6カ所の小型焼却炉(病院付設焼却炉4カ所と都市ごみ焼却炉2カ所)において、燃焼生成物(排ガス、飛灰、焼却灰、洗煙排水)中の微量化学物質(ダイオキシン類、コプラナーPCBs、クロロベンゼン、クロロフェノール、多環芳香族炭化水素類、揮発性物質、半揮発性物質、金属類等)を測定した。小型焼却炉では、一般に、ごみの投入時に一酸化炭素がピーク状の濃度上昇を示す。500~2000ppmの一酸化炭素のピークが多数記録された一括投入方式の焼却炉では、排ガス中の総ダイオキシン濃度は 9.8ng-TEQ/Nm^3 と低かった。また、ピーク値が低いものの、一酸化炭素が100~200ppmの間を小刻みに変動した病院付設焼却炉の総ダイオキシン濃度は 100ng-TEQ/Nm^3 であった。一酸化炭素の平均値が最大となった焼却炉の総ダイオキシン濃度は 3.2ng-TEQ/Nm^3 と、最低値を示した。一部の焼却炉でトルエン、ベンゼン、ジクロロメタンが検出されたが、ジクロロメタンは准連続式都市ごみ焼却炉の検出例と同レベル、また、ベンゼンはこれらより平均的に高かった。多環芳香族炭化水素類は、病院付設焼却炉よりも都市ごみ焼却炉での検出率が高かった。比較的高濃度で検出されたのは、アセナフチレン、フルオラアンテン、ナフタレン、フェナントレン、ピレンであった。ナフタレン、ベンゾ(a)ピレン、ジベンゾフルオラテン、ベンゾアントラセン、ピレンは准連続式都市ごみ焼却炉での測定例に比較しても平均的に高濃度である。既設炉のダイオキシン類排出基準値 80ng-TEQ/Nm^3 を越えた焼却炉が1箇所あったが、この施設での塩化水素濃度は他と比較しても必ずしも高くはなく、クロロベンゼン、クロロフェノール濃度は高かった。塩化水素とダイオキシン類の相関はほとんどなく、クロロベンゼン、クロロフェノールとの相関は高かった。アルデヒド類の濃度は全連続式都市ごみ焼却炉での検出例よりも高く、小型焼却炉の特徴である。フッ化水素、臭化水素も一部の焼却炉で検出されたが、そのレベルはフッ化水素では全連続式都市ごみ焼却炉での検出例と同レベル、臭化水素は高レベルであった。亜酸化窒素は全ての焼却炉で検出されたが、濃度は一般に低かった。6ヶ所全ての焼却炉排ガス中に検出された金属類は、カドミウム、亜鉛、銅で、アンチモン、バリウムは5カ所、すずは4カ所、マンガン、ひ素、総水銀は3カ所で検出された。これらの金属類の濃度は全連続式あるいは准連続式都市ごみ焼却炉での測定例に比較すると概して低く、アンチモンだけは同レベルを示した。飛灰中のダイオキシン類は、病院焼却炉のサイクロン灰では全連続式及び准連続式都市ごみ焼却炉の場合よりも高濃度で、都市ごみ焼却炉のサイクロン灰では低濃度であった。焼却灰中のダイオキシン類濃度は飛灰中の値の10分の1から100分の1で、飛灰の場合と同様、都市ごみ焼却炉焼却灰よりも病院焼却炉焼却灰で高濃度を示した。洗煙排水原液中のダイオキシン類濃度は、ろ液中よりも高濃度で、ダイオキシン類が排ガス中の粒子状物質と共に存在していることがわかった。

A. 研究目的

病院での廃棄物焼却は、廃棄物の組成が一般家庭の廃棄物の組成に類似すること、しかも、感染性廃棄物を処理対象とする場合には、その排ガス中には医療器具等に多用されている塩化ビニル由来の塩化水素や医薬品や医療材料等に由来する重金属類が増えることが推測されることなど、排ガス性状は都市ごみの焼却施設とほとん

ど変わらないか、あるいは特定の汚染物質に関しては都市ごみ焼却炉の排ガス以上の濃度となることが推測される。

本研究は、病院付設焼却施設からの排出物質(排ガス、飛灰、焼却灰、洗煙排水)について、特に、ダイオキシン類、多環芳香族炭化水素類や重金属類等の微量汚染物質に着目した測定を行い、病院付設の焼却炉の排出ガス特性を明

らかにし、今後の病院付設焼却炉及び小型焼却炉の運転管理等に資するものとする。

B. 研究方法

1. 調査対象焼却炉

測定対象とした施設は、病院付設の焼却炉(4カ所)と、これらと比較・対照するための一般廃棄物用小型焼却炉(2カ所)である。選定された焼却炉の概要を表-1に示す。焼却炉能力は50kg/hから375kg/hに及び、都市ごみ焼却炉E、Fの規模が病院付設の焼却炉よりも概して大きい。炉形式は火格子あるいは固定床等の床燃焼方式であり、このうち、焼却炉Dが、いわゆる一括投入方式と呼ばれている抑制空気・二段燃焼方式の焼却炉である以外は、バッチ投入方式の焼却炉である。全ての焼却炉が二次燃焼室を有しており、助燃装置が設置されている。また、排ガス処理設備としては、サイクロン(マルチサイクロンを含む)あるいはスクラバー(アルカリ液による洗煙)が用いられている。燃焼温度は二次燃焼温度を800～1,000℃に設定する場合がほとんどである。

焼却対象廃棄物は、病院付設の焼却炉ではCを除き、感染性廃棄物を含む全ての可燃性廃棄物を処理している。焼却炉Cは感染性廃棄物対応の設備を有していないことから、紙類主体のごみの焼却である(1日当たり、院内から収集される紙ごみはごみ袋約140個)。焼却炉Eでは、ごみ量が少ないこともさることながら、その内容も、厨芥類と紙類及び紙おむつ類が多い。プラスチック類は焼却不適物として埋め立てられている。高水分廃棄物が多いため重量比で10%程度の木材を補助燃料として使用している。焼却炉Fでは厨芥類を含まない一般廃棄物のみを処理している。

2. 測定対象試料と分析・測定項目

測定対象試料としては排ガスが中心であるが、

サンプリングが可能な場合には、焼却灰、飛灰を、そして、排ガスの洗煙処理を行っている場合にはその洗煙水(ろ過前後)も測定・分析対象試料とした。また、排ガスのサンプリング孔が複数ある施設では全ての点でサンプリングを行った。施設別の測定対象試料を整理すると表-2のようになる。

3. 測定・分析項目及び方法

(1) 測定・分析項目

a. 排ガス

排ガスの測定・分析項目は、一酸化炭素、二酸化炭素、酸素、温度(以上連続計測)、ガス流速等の基礎データの他に、ばいじん、塩化水素、ダイオキシン類(PCDDs、PCDFs、Co-PCBs)、クロロベンゼン類、クロロフェノール類及び次のような微量汚染物質を対象とした。これらの微量汚染物質は、①環境庁による大気保全のための調査研究物質(284物質)、②OECD安全点検物質(第1次147物質)、③欧米において指定あるいは規制されている有害物質の中から、複数の視点から優先順位をつけて抽出された物質⁽¹⁾(59物質)のうち本測定対象施設の排ガス中に検出される可能性が非常に低いと思われる物質を除き、さらに、PAHsに関しては上記59物質中に含まれているもの以外で、米国環境保護庁が発がん性や分析の容易性などから判断してモニターする必要性があるとして指定しているものを追加して測定・分析した。

b. 焼却灰、飛灰及び洗煙排水

排ガスでの分析項目がベースとなるが、微量物質についてはダイオキシン類と重金属類のみである。

以上、本研究で測定・分析対象とした項目・物質を表-3に示す。

(2) ガスサンプリング方法、分析方法

ダイオキシン類分析のためのガスサンプリング

方法及び分析法は、「廃棄物焼却におけるダイオキシン類標準測定分析マニュアル」(厚生省生活衛生局水道環境部環境整備課 平成9年2月)に準拠した。なお、焼却灰、フライアッシュのサンプリングは、排ガス測定日の翌日、焼却炉の起動前に炉底及びサイクロンからサンプリングした。また、洗煙排水は排ガス測定当日にサンプリングした。

(倫理面への配慮)

本研究で対象としたのは、病院あるいは自治体所有の小型焼却炉排出物質中の化学物質の測定・分析で、個人や動物を対象にした調査ではないことから倫理面での問題は特にないと判断される。

C. 結果と考察

1. 排ガス測定・分析結果

(1) 連続測定結果

排ガス中の酸素、一酸化炭素、二酸化炭素濃度の平均値、最大値、最小値を表-4に整理する。焼却炉Aでは、酸素濃度の平均値が一番高く(15.6%)、一酸化炭素濃度はピーク値以外はほとんど0ppmに近かった。一酸化炭素濃度のピークの出現はごみ投入に連動していると考えられる。

焼却炉Bの一酸化炭素濃度は他の焼却炉よりも少なく、炉の出口ではピーク値(最大200 ppm)を除けば、50ppm以下が多かった。ただ、誘因送風機後の煙道での測定値の平均値は194ppm、最小値でも114ppm(いずれも酸素12%換算)と、炉出口での測定値よりも高い。これは、白煙防止のため再燃バーナーの不完全燃焼によることが原因のひとつとして考えられる。

酸素の平均値は焼却炉A(15.6%)、D(14.7%)でやや高いが、他の焼却炉では10~13%と同レベルである。焼却炉Dの最小値が11.1%と他に比

較してやや高いが、これは一括投入方式の焼却炉の2次燃焼が過剰空気状態で行われていたためと推測される。この炉では、最大値が15.7%と最小値との差も他の焼却炉に比べ少なく、平均値を中心に小刻みに変動していた。

焼却炉Dでは、酸素濃度、二酸化炭素濃度の変動幅は他の焼却炉に比較すれば少ないが、酸素濃度の変動に連動して現れる一酸化炭素のピークは意外に大きく、500ppm以上のピークが多かった。一括投入方式であるので、ピークの出現はごみの投入に由来するとは考えにくく、その理由は不明である。

焼却炉Eの二酸化炭素や酸素濃度の変動状態は焼却炉Cに、少なくとも測定開始2時間位までは似ていたが、一酸化炭素のピーク値及びその出現頻度は焼却炉Eの方が焼却炉Cよりも多かった。

焼却炉Fでは酸素濃度の最大値と最小値の差は大きく、しかも、その変動は一酸化炭素の変動に連動していたことから、ごみの投入に連動した現象である。この焼却炉では一酸化炭素濃度のピークがほぼ一定間隔で現れており、そのピーク値もほぼ一定に近かった(酸素12%換算値で1,000~1,500 ppm)。この焼却炉では、熟練した作業員が炉内の火炎状態を観察しながら、ごみ投入のタイミングを計っており、かつ、ごみには厨芥類が含まれていないことから、運転操作は比較的安定していたと推測される。焼却炉Cでもごみの投入に起因したと思われる一酸化炭素のピークがみられたが、その出現頻度は30分に1回程度で、しかもそのピーク値(酸素12%換算値)は1例(2,000ppm以上)を除き500~1,000ppmであった。

(2) 揮発性物質

揮発性物質の測定結果を表-5に示す。検出された揮発性物質はトルエン、ベンゼン、ジクロロ

メタンのみであった。特にトルエンはすべての焼却炉で、ベンゼンはBとDを除く焼却炉で、そして、ジクロロメタンは焼却炉F以外の炉で検出されている。

トルエンの濃度は焼却炉Aで $0.83\text{mg}/\text{Nm}^3$ (酸素12%換算値)と高いが、他の焼却炉では $0.03\sim 0.09\text{mg}/\text{Nm}^3$ と、焼却炉間で大きな差はなかった。ベンゼンは焼却炉A、Eで、それぞれ $0.50\text{mg}/\text{Nm}^3$ 、 $0.58\text{mg}/\text{Nm}^3$ と高く、焼却炉Cと焼却炉Fでは、それぞれ $0.064\text{mg}/\text{Nm}^3$ と $0.012\text{mg}/\text{Nm}^3$ であった。全連続式都市ごみ焼却炉では $0.005\text{mg}/\text{Nm}^3$ 、准連続式都市ごみ焼却炉での測定例では $0.017\text{mg}/\text{Nm}^3$ 程度であった⁽¹⁾ことから、ベンゼン濃度は本研究で対象とした小型の焼却炉では平均的に高く、准連続式都市ごみ焼却炉と同じレベルであるという。

ジクロロメタンも焼却炉A ($0.37\text{mg}/\text{Nm}^3$) 以外は、 $0.030\sim 0.053\text{mg}/\text{Nm}^3$ と、准連続式都市ごみ焼却炉の場合⁽¹⁾ ($0.024\sim 0.55\text{mg}/\text{Nm}^3$) と同レベルであった。

(3) 多環芳香族炭化水素類(PAHs)

PAHsの測定結果を表-6に整理する。本調査で分析対象としたPAHs16種全てが検出された焼却炉はA、E、Fで、病院付設焼却炉よりも都市ごみ焼却炉での検出率が高い。特に焼却炉Bでは検出されたPAHsの種類は少なく、炉出口で6種、煙道で10種である。しかも、それらの濃度は他の焼却炉と比較しても概して低濃度であった。比較的高濃度で検出されたのは、アセナフチレン、フルオランテン、ナフタレン、フェナントレン、ピレンである。

准連続式都市ごみ焼却炉での測定例⁽¹⁾によれば、バグフィルター出口でのナフタレン濃度が $14,000\text{ng}/\text{Nm}^3$ との報告があり、焼却炉Bを除けば、本調査結果は、焼却炉Dでこの値と同程度である以外は、はるかに高濃度ある。特に、焼却

炉A、E、Fでの濃度が高い。ベンゾ(a)ピレン、ベンゾフルオランテン、ベンゾアントラセン、ピレンについても、前記都市ごみ焼却炉での測定例と比較すれば本調査の測定結果は高濃度である。焼却炉B、Dは他の焼却炉よりは全体的にPAHs濃度は低濃度である。

(4) クロロベンゼン、クロロフェノール類

クロロベンゼン、クロロフェノール類の同族体分布を図-1に示す。焼却炉Fを除けば、クロロベンゼンの同族体分布は、煙道では T_3CBz をピークに1山の放物線分布である。焼却炉Fでは D_2CBz にピークがあるものの、やはり、放物線分布である。焼却炉Bの炉出口での分布は、しかしながら、 M_1CBz が極端に少ない他は、ほとんどフラットな分布を示しており、煙道での濃度が炉出口での濃度よりも高いことから、排ガスの冷却過程、あるいは洗煙過程で合成あるいは再生成された可能性が高い。

これに対して、クロロフェノールは焼却炉B(煙道)、C、Dで同じような同族体分布(M_1CPh と T_3CPh にピークを持つ2山モード)を示した以外は、分布パターンは一様ではない。焼却炉Bの炉出口と煙道での比較によると、炉出口では塩素数が多くなるにつれて濃度が増加する単調増加型のパターンを示しているが、煙道での分布は先に述べた2山モードとなっている。そして、 T_4CPh の値は炉出口と煙道とではほとんど変化していない。

(5) ダイオキシン類

焼却炉ごとの濃度比較を表-7に整理する。毒性換算計算はI-TEF及びWHO-TEFの二通りを用いて計算してある。焼却炉Cでの値が、いずれのTEFを用いて計算しても、既設炉に適用される排出基準値 $80\text{ng-TEQ}/\text{Nm}^3$ を越えている。この焼却炉では、病院廃棄物のうち感染性廃棄物以外の紙類、プラスチック類(紙おむつ含む)、

及び一般病棟、看護婦詰め所等の廃棄物を対象に焼却している。後述するように、この炉での塩化水素濃度は2回測定の平均値が $76\text{mg}/\text{Nm}^3$ （1回目は $53\text{mg}/\text{Nm}^3$ 、2回目が $99\text{mg}/\text{Nm}^3$ ）と他の焼却炉に比較しても極端には高くはなく、それにも拘わらずダイオキシン類濃度が他の焼却炉よりはるかに高濃度であった。しかし、この炉では、クロロベンゼン、クロロフェノール類の濃度が他の焼却炉よりも高く、これら前駆物質からの生成反応が支配的に進んだためと考えられる。このような場合、単純に塩化水素濃度からはダイオキシン類の多寡は判断できないことが示された。事実、図2~5にダイオキシン類(TEQ値)とクロロベンゼン類、クロロフェノール類、塩化水素との相関図を示すが、クロロベンゼン、クロロフェノールとダイオキシン類との相関は見られるが、塩化水素との相関は必ずしも明らかではない。

(6) その他の有機化学物質

本研究で測定対象とした「その他の有機化学物質」のうち、検出されたのは酸化エチレンとクロロメチルメチルエーテルのみであった。前者は焼却炉B(炉出口及び煙道)とEで、後者は焼却炉B(炉出口)でのみであった(ただし、焼却炉Aは欠測)。酸化エチレンは $30\sim 90\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、クロロメチルメチルエーテルは $0.50\text{mg}/\text{Nm}^3$ の濃度範囲であった。

酸化エチレンは消毒剤、食品用殺菌剤、化粧品等に使用され、病院等で外科用器具の殺菌、蒸気滅菌できないプラスチック器具の殺菌に使用される⁽¹⁾ので、医療廃棄物中の付着物として排出・焼却される可能性は高いが、病院焼却炉の排ガス中に検出されたのは焼却炉Bのみであった。

(7) アルデヒド類及びその他

アルデヒド類で全ての焼却炉で検出されたのはホルムアルデヒドであり、濃度範囲は $0.02\sim 0.46$

mg/Nm^3 であった。アセトアルデヒドは焼却炉A、B、Eで、プロピオンアルデヒドが検出されたのは焼却炉B、Eのみであった。濃度範囲は前者が $0.07\sim 0.50\text{mg}/\text{Nm}^3$ 、後者は $0.03\sim 0.05\text{mg}/\text{Nm}^3$ であった。全連続式都市ごみ焼却炉ではアルデヒド類は不検出⁽²⁾であったことを考えると、小型焼却炉では比較的頻繁に検出される可能性があるといえる。

塩化水素は $23\sim 300\text{mg}/\text{Nm}^3$ (酸素12%換算値)に分布しており、焼却炉B(炉出口)、D、Fで $200\text{mg}/\text{Nm}^3$ を越えていた。このうち焼却炉Bでは洗煙後は $240\text{mg}/\text{Nm}^3$ から $23\text{mg}/\text{Nm}^3$ に低下しているが、焼却炉Dでは洗煙後でも $300\text{mg}/\text{Nm}^3$ であったことから、洗煙装置が十分機能していなかった可能性がある。焼却炉Fではプラスチック類も可燃物として焼却処理されている例で、特に酸性ガス対策が施されていない施設であるので塩化水素濃度が高いのは当然である。一方、焼却炉Cではプラスチック類を含む一般病院ごみを焼却している例であるが、塩化水素濃度はそれほど高くはなく、プラスチック類が埋め立てられている自治体の焼却炉Eの場合と同レベルであった。

フッ化水素が検出されたのは焼却炉D、E以外の焼却炉で、濃度は $1.1\sim 7.8\text{mg}/\text{Nm}^3$ (酸素12%換算値)に分布している。洗煙装置でフッ化水素がほとんど変化しないことは焼却炉Bでの洗煙前後での値から伺われる。フッ化水素は歯科用に用いられることもあることから、病院廃棄物に付着・混入して廃棄されることが予想され、病院廃棄物の焼却排ガスに検出される可能性が高い、実際、焼却炉D以外の病院焼却炉排ガス中に全て検出されている。ただ、全連続式都市ごみ焼却炉での検出値 $3.2\text{mg}/\text{Nm}^3$ ⁽²⁾とレベル的には同程度であった。

臭化水素が検出されたのは焼却炉Aと、焼却