

分担研究報告書 4

火葬場における低煙突が 拡散に与える影響に関する調査

研究代表者 武田信生（立命館大学）

分担研究者 高岡昌輝（京都大学）

分担研究者 大下和徹（京都大学）

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）

分担研究報告書

火葬場における低煙突が拡散に与える影響に関する調査

研究代表者 武田信生 立命館大学エコテクノロジー研究センター センター長

分担研究者 高岡昌輝 京都大学大学院工学研究科都市環境工学専攻 准教授

分担研究者 大下和徹 京都大学大学院工学研究科都市環境工学専攻 助教

研究要旨

火葬場から大気への有害物質の排出は、ダイオキシン類等が懸念されているが、火葬場における煙突は、住民への配慮や、景観上の問題等から、やむを得ず煙突高さは低く設定されているケースが多く、排出された有害化学物質について、この火葬場特有の低煙突について拡散の評価が十分できていない状況にある。

したがって、本研究では、火葬場からの有害物質の排出、およびその拡散に関連して、火葬場特有の低煙突の影響をシミュレーションにより推定することを目的とした。具体的には、新型、旧型のモデル火葬場を、これまで蓄積してきた実測データ、および火葬場の建設・維持管理マニュアル等から想定し、主としてMETI-LISモデルを用いた拡散シミュレーションを実施することで、煙突高さ、煙突上部における遮蔽物の有無が、ダイオキシン類、水銀、六価クロムの地表面等における濃度分布、最大着地濃度等に与える影響を明らかにした。

火葬場の拡散シミュレーションにより、火葬場の現状としては、低煙突であるがゆえに拡散が十分とならないため、煙突高さを高くすることで、ダイオキシン類、水銀、六価クロムの着地濃度の全体的な低減が可能であることが、示唆された。

また、火葬場建物のダウンウォッシュ等の影響を考慮した場合、考慮しない場合に比較して、火葬場の新旧にかかわらず、最大着地濃度が高くなるとともに、出現地点も火葬場近傍になることが明らかとなった。また、煙突に遮蔽物が存在する場合においても、排ガスの拡散が妨げられ、最大着地濃度を高くする効果が認められた。

本研究での火葬場の拡散シミュレーションでは、幾つかの仮定を含むものの、種々のケースを相対的に評価した結果から、実火葬場における煙突はできるだけ高くし、煙突遮蔽物も可能な限り設置しないほうが望ましいと考えられた。

A. 研究目的

火葬場から大気への有害物質の排出は、ダイオキシン類や、水銀等をはじめとする重金属が懸念されているが、火葬場における煙突（排気筒）は、排出ガスの大気拡散を考慮し、できるだけ高いほうが望ましい。しかし、実際には、住民への配慮や、景観上の問題等から、やむを得ず煙突高さは低く設定されているケースが多いとされてきた¹⁾。直近の調査では、平成21年10月に、厚生労働省健康局生活衛生課が、火葬実績のある全国1,447施設の火葬場に対し、火葬炉構造や、その維持管理、有害物質の排出状況に関するアンケート調査を実施しており²⁾、この結果によると、煙突高さは10m以下が、全体の60～80%を占めており、現状としても、火葬場は、低煙突である傾向にあると言えることが明らかとなっている。しかし、排出された有害化学物質について、この火葬場特有の低煙突について拡散の評価が十分できていない状況にある。

したがって、本研究では、火葬場からの有害物質の排出、およびその拡散に関連して、火葬場特有の低煙突の影響をシミュレーションにより推定することを目的とした。具体的には、新型、旧型のモデル火葬場を、これまで蓄積してきた実測データ、および火葬場の建設・維持管理マニュアル³⁾等から想定し、設定ケース毎のシミュレーション結果を比較することにより、煙突高さ、煙突上部における遮蔽物の有無が、ダイオキシン類、水銀、六価クロムの地表面等における濃度分布、最大着地濃度等に与える影響を明らかにした。

なお、本研究における、火葬場からの有害物質拡散シミュレーションに関しては、実測データを基にしつつも、いくつかの仮定を含むため、その最大着地濃度を、実際の環境基準等に照らし比較することは、さらなる詳細な検討を要する。したがって本研究では、各シミュレーションケースの相対比較により、煙突高さ等の影響を評価するにとどめる。

B. 研究方法

1. 拡散シミュレーション方法と、モデル火葬場の概要

火葬場からの排ガスの拡散シミュレーションは、主としてMETI-LISモデルを用い、委託により実施した。METI-LISモデルは、経済産業省が開発し、低煙突からの有害物質の拡散予測が可能なプログラムである。排出源と近傍の建屋の位置関係によりダウンウォッシュを生じる場合はダウンウォッシュを考慮できる拡散モデルになっている⁴⁾。

火葬場の設置条件は、火葬炉の構造や、その立地条件も含めると多岐にわたるため、本研究では、モデル火葬場を設定し、有害物質の拡散の状況を推定することとした。特に、2007年の4施設、2008年の7施設、計11施設における、22件の火葬の調査の結果⁵⁾、⁶⁾、ダイオキシン類や六価クロムの大気への排出は、集じん器としてバグフィルターが設置され、その後段に触媒反応塔や、活性炭吸着設備が設置された新型の炉と、集じん器が設置され

ていない、旧型の炉とで、大きく異なり、前者の方が、大幅に排出量が削減されている傾向が見られた。

そこで、新型火葬場（モデル火葬場 A）と旧型火葬場（モデル火葬場 B）をこれまでの調査結果、および火葬場の建設・維持管理マニュアル³⁾から設定した。

2. 構造的な設定値

火葬炉の構造的な設定値を表 B.2.1 に示す。1 火葬場における炉数は、8 炉で統一し、一日あたり 1 火葬場で 8 体の火葬を行うものとした。この値は、これまでの 11 施設における火葬場の調査結果⁵⁾、⁶⁾の平均値により決定した。この場合、一日あたり必ず 1 炉で 1 体の火葬を実施することとなる。また、火葬場の年間運転日数は、友引には火葬が避けられるケースが多いことに加え、年末年始の休業やメンテナンス日を考慮し、年間 300 日として設定した。したがってこれらの火葬炉では、年間 2,400 体の火葬が行われるとした。

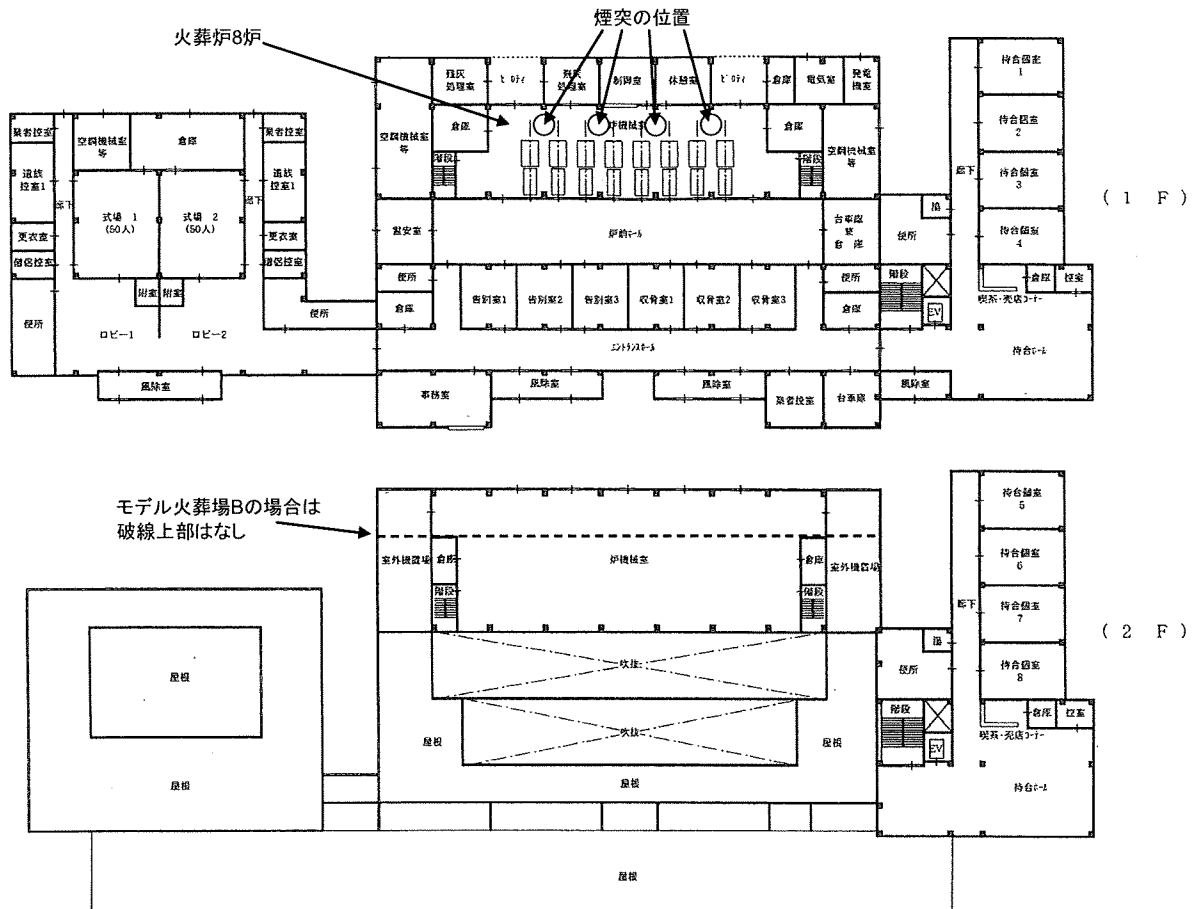
モデル火葬場における火葬炉は、主燃焼炉に再燃焼炉が 1:1 で設置され、より後段の、排ガス処理系統は、2 炉について 1 系統とした。したがって、煙突は計 4 本設置されることとなる。モデル火葬場 A ではバグフィルター、および触媒装置を設置し、モデル火葬場 B では集じん器や高度排ガス処理装置は設置しないこととした。

表 B.2.1 火葬炉の構造的な設定値

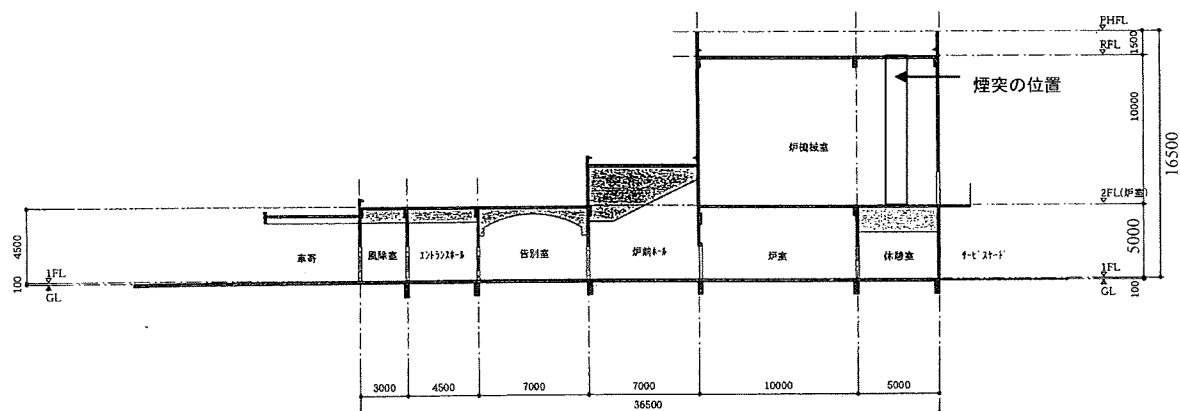
項目	単位	モデル火葬場A	モデル火葬場B
火葬数	体/年	2400	2400
炉数	台	8	8
一日火葬数	体/日	8	8
一炉火葬数	体/台/日	1	1
主燃焼炉:再燃焼炉の比	—	1:1	1:1
火葬炉:排ガス処理系統の比	—	2:1	2:1
集じん器	—	バグフィルター	なし
高度排ガス	—	触媒装置	なし
煙突数	本	4	4
煙突数あたり火葬数	体/本/日	2	2
煙突内径	mφ	0.97	0.63
煙突断面積	m ²	0.74	0.31
煙突高さ	m	15, 30	10, 30
煙突の間隔	m	6	6
煙突遮蔽物	—	有、無	有、無
煙突遮蔽物の煙突出口からの高さ	m	0.4	0.4
煙突遮蔽物の径	mφ	1.97	1.63
屋上コンクリートフェンス高さ	m	1.5	2.2

煙突の形状は円筒形とし、内径は、モデル火葬場Aにおいては、これまで調査した火葬場の⁶⁾のうち、比較的新しい施設（平成14年以降に設置された5施設）における平均値：0.97mとし、モデル火葬場Bにおいては、比較的古い施設（平成3年以前に設置された5施設）における平均値：0.63mとし、それぞれ断面積を算出した。新しい炉と古い炉で煙突の内径に、なぜ、このような違いが現れるかははっきりしないが、ここでは、実データに基づいて設定することとした。

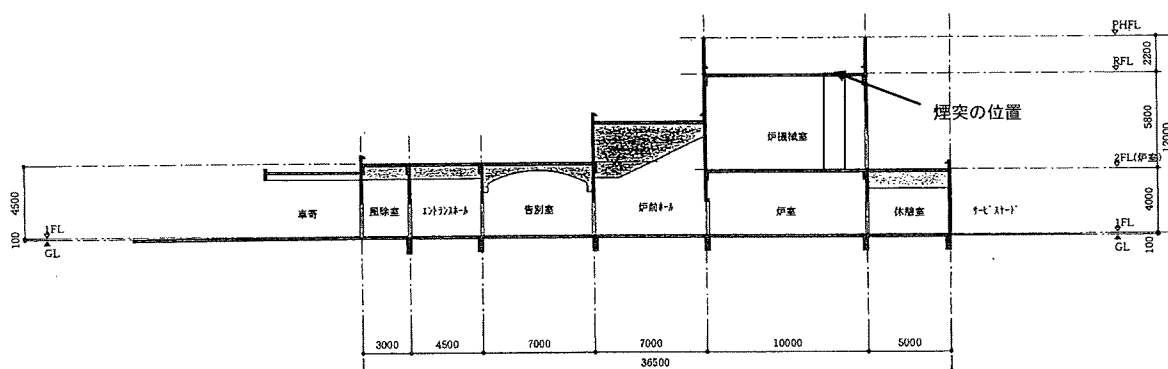
また、火葬場の建物のレイアウトについては、火葬場の建設・維持管理マニュアル³⁾を参考に、**図B.2.1**（平面図）、**図B.2.2**、**図B.2.3**（断面図）に示すレイアウトにしたがうものとした。モデル火葬場A、Bともに平面図はほぼ変わらないが、断面については、バグフィルター等を設置する場合には、その設置スペースや階高が必要であり、**図B.2.2**における炉機械室を、**図B.2.3**よりも大きく取らなければならない。また煙突は、火葬炉特有の構造で、炉機械室上部RFLに開口部があり、6m間隔で、4箇所設置されるものとし、屋上に設けられたコンクリートフェンスにより外部からは見えないようになっている。



図B.2.1 モデル火葬場A、Bにおける平面図³⁾



図B.2.2 モデル火葬場Aにおける断面図³⁾



図B.2.3 モデル火葬場Bにおける断面図³⁾

したがって、煙突高さとしては、表B.2.1に示すように、モデル火葬場Aについては、15mを基本とし、モデル火葬場Bについては10mを基本条件とした。なお、この煙突高さについてはシミュレーションにおける操作因子とし、基本条件に加えて、それぞれのモデル火葬場A、Bについて30mのケースについて想定することとした。

また、火葬場においては、雨などが煙突内に振り込まないように、煙突遮蔽物を設置するケースがあるため、煙突高さの基本条件について、煙突遮蔽物の有無を検討することとした。煙突遮蔽物がある場合には、RFLから上部0.4mに、煙突径よりも一回り大きな(+1.0m φ)の円形の鉄板が設置されるものとした。

3. 排ガス性状の設定値

排ガス性状のデータについて表B.3.1に示した。

煙突部分における排ガス流速、温度、水分量、静圧については、煙突内径と同様の考え方により、モデル火葬場A、モデル火葬場Bについて、それぞれ新旧の炉における、ダイオキシン類等の排ガス測定時のデータの平均値⁹⁾を基に設定し、これらの値と煙突断面積から、湿り排ガス流量、乾き排ガス流量を算出した。新しい炉においては、ダイオキシ

表 B.3.1 排ガス性状の設定値

項目	単位	モデル火葬炉A	モデル火葬炉B
流速	m/s	6.5	11
静圧	kPa	-0.03	-0.03
水分量	%	2.5	5
温度	°C	120	350
排ガス量(湿り)	m ³ _N /h	12011	5409
排ガス量(乾き)	m ³ _N /h	11710	5139
火葬時間	min/体	60	70
ダイオキシン類	ng/m ³ _N	2.26	41.36
水銀	μg/m ³ _N	8.1	6.0
六価クロム	μg/m ³ _N	0.29	23.28

ン類の再合成をできるだけ避けることや、バグフィルターが設置されることから、排ガス温度を空気吹き込み等により低下させることがなされているため、煙突における排ガス温度が比較的低く、排ガス量が多くなることが特徴的である。また、火葬時間においては、新しい炉は、古い炉に比較して、短縮されており、それぞれ、60分/体、70分/体に設定した。

対象物質は、本研究で対象とする有害物質のうち、ダイオキシン類、水銀、六価クロムの3種類とした。これらの物質については、ガス状、粒子状について挙動が異なってくるものと推測されるが、排出されるばいじんの粒径分布等についてデータが不足しているため、本研究では、まず、ガス状物質であると仮定して拡散シミュレーションを実施することとした。排出濃度としては、モデル火葬場 A、B それぞれについて、比較的新しい施設と、比較的古い施設における平均値⁹⁾を用いることとした。ダイオキシン類濃度については、JIS法による測定にしたがった実測値を用いた。水銀については、形態別水銀連続分析計により測定した場合は、定量下限値が JIS 法よりも低いことが、全ての火葬炉において測定できているわけではないため、JIS法による実測値を用いた。ただし、定量下限値以下となっているデータが多いため、結果の解釈には注意を要する。六価クロムに関しては、環境省告示 19 号試験による土壌含有量とばいじん濃度から、大気への排出量を 2008 年の研究により見積もっており⁹⁾、これらの推定値を用いることとした。

5. 火葬場周辺の地理的設定、および気象条件

火葬場は、近隣に住宅のない山間に設置される場合もあれば、都市部では住宅地に設置される場合もあり、その地理的な条件は様々である。そこでまずは、火葬場のまわりには何も無い理想的な平面を考え、煙突高さの高低による有害物質の拡散への影響を把握することとした。気象条件については、本研究で対象とした11ヶ所の火葬場において、できるだけ多くの火葬場から近くなるような気象台のデータを用いた

6. 対象ケース数のまとめと、シミュレーション出力について計算方法

これまでの設定を基に対象となるケース数についてまとめたものを表B.6.1に示す。

まず、有害物質の拡散シミュレーションの基本ケースとして、火葬場自体の建物を考慮せず、設定した各条件で単独煙突から排ガスが放出されたケースを想定し、ダイオキシン類、水銀、六価クロムについて、モデル火葬場A、Bの煙突高さを変えた場合の排出状況をシミュレートした。

表B.6.1 シミュレーションケースのまとめ

次に、火葬場自体の建物を図B.2.1～図B.2.3のレイアウトにしたがって設定し、建物自体のダウンウォッシュ等を考慮したケースを想定し、特にダイオキシン類について、モデル火葬場A、Bの現状の平均的な煙突高さにおいて、煙突遮蔽物の有無を考慮し

項目	内容	ケース数	
基本 ケース	対象物質	ダイオキシン類、水銀、六価クロム	3
	煙突の条件	モデル火葬場A: 15m、30m(煙突遮蔽物なし) モデル火葬場B: 10m、30m(煙突遮蔽物なし)	4
	計		12
建物影響 評価 ケース	対象物質	ダイオキシン類	1
	煙突の条件	モデル火葬場A: 15m(煙突遮蔽物なし、あり) モデル火葬場B: 10m(煙突遮蔽物なし、あり)	4
	計		4

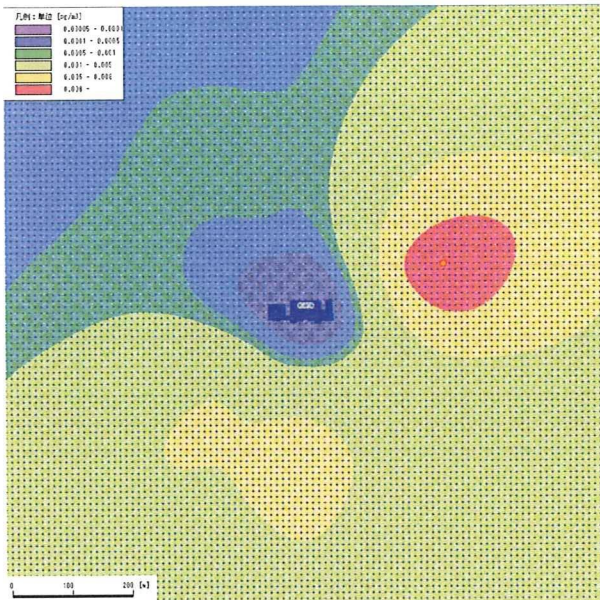
た場合をシミュレートした。この建物の影響を評価する場合には、METI-LISモデルでは、建物に非常に近い領域については未検証の部分があるため、その部分に関しては、計算を除外することとした。なお、煙突遮蔽物により、煙流は分割される想定とした。風速によりその効果は異なるはずではあるが、ここでは単純化のため2分割されることとした。

出力としては、ダイオキシン類、水銀、六価クロムについて、火葬場を中心に10km四方について、最小10mメッシュでの地上での濃度分布、最大着地濃度を、1年間の平均値として求めた。

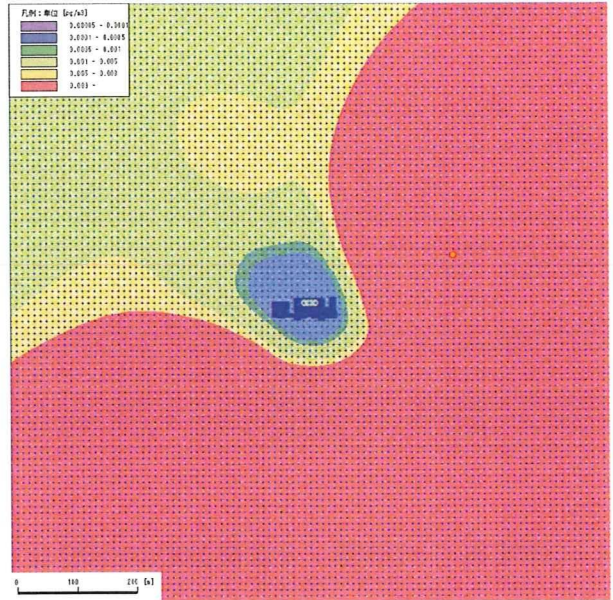
(倫理面への配慮)

特になし。

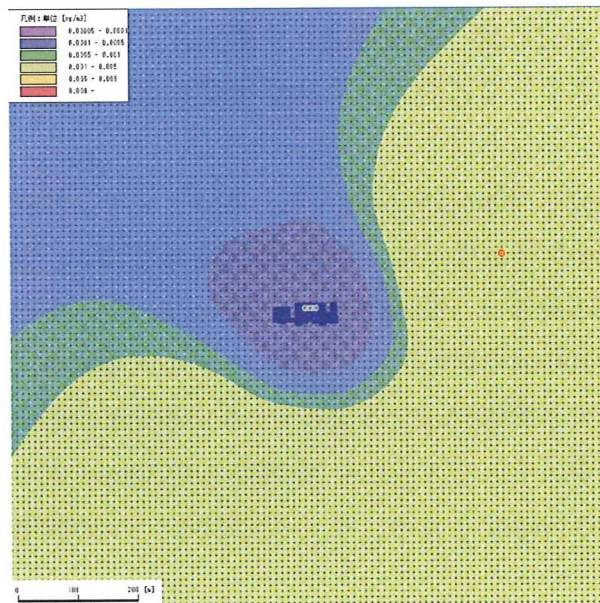
モデル火葬場A
煙突15m



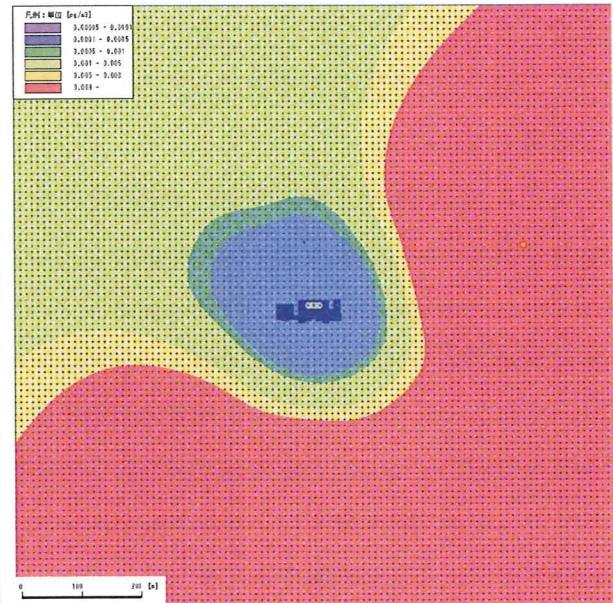
モデル火葬場B
煙突10m



煙突30m



煙突30m



図C.1 モデル火葬場A、Bにおけるダイオキシン類の煙突からの拡散シミュレーション結果(煙突高さの影響)

2. 火葬場建物の影響

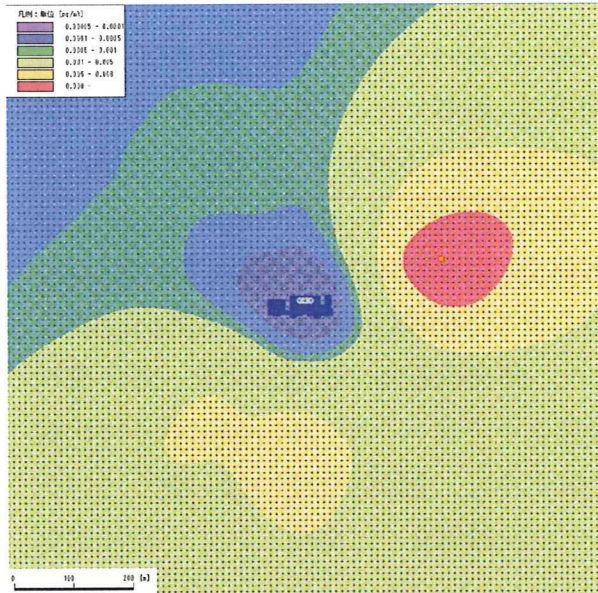
モデル火葬場 A、B について、何も障害物のない理想的な平面にある場合において、一定の気象条件を与え、煙突高さを基本ケース 15m、および 10m とした場合に、火葬場自身の建物の影響を考慮した場合、さらに煙突遮蔽物を設置した場合の、1 年間のダイオキシン類の平均濃度のコンター図 (1km 四方) を図 C.2(1)、(2) に示した。なお、火葬場建物近傍の白い部分は、モデルの未検証領域であり除外していることを意味する。

図 C.2(1)、(2)、および表 C.1 より、モデル火葬場 A においては、火葬場の建物の影響として、建物のダウンウォッシュが生じ、最大着地濃度は、基本ケースの 0.01 pg/m^3 から、 0.151 pg/m^3 となり、15 倍程度となった。また最大着地濃度の出現する地点も、火葬場の近傍に出現した。さらに煙突遮蔽物が存在した場合には、最大着地濃度は、 0.226 pg/m^3 となり、基本ケースの 23 倍程度の値となるとともに、 0.1 pg/m^3 以上の比較的高濃度の範囲も拡大した。モデル火葬場 B においても、建物の影響を考慮することで、 0.093 pg/m^3 から、 0.380 pg/m^3 となり、基本ケースの約 4 倍の値にとどまった。また、煙突遮蔽物の影響により、最大着地濃度は、 1.295 pg/m^3 となり、基本ケースの 13 倍程度にとどまったが、 0.1 pg/m^3 以上の比較的高濃度の範囲は拡大した。モデル火葬場 A に比較すると、全体的な傾向は一致していたが、建物、および煙突遮蔽物による負の影響がモデル火葬場 B では発現しにくい傾向が見られた。この差ははっきりしないが、モデル火葬場 B での煙突排ガス温度は 350°C であり、モデル火葬場 A よりも高いことから建物のダウンウォッシュ効果が働きにくかったことによるものと推測される。

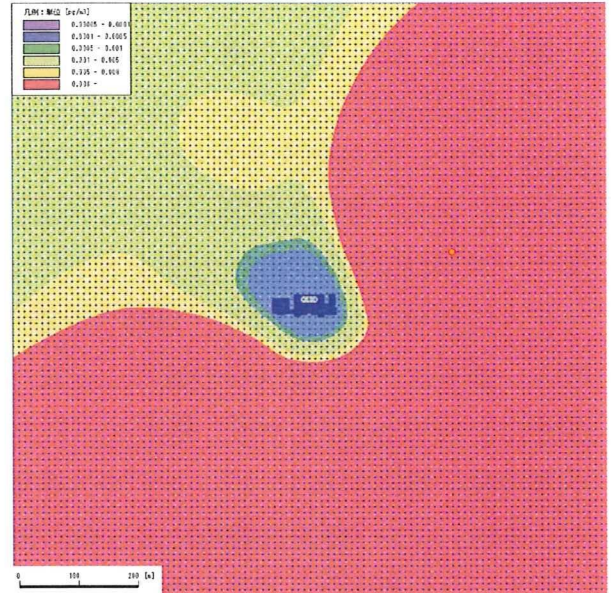
以上の検討により、火葬場自身の建物のダウンウォッシュ等の影響を考慮した場合、考慮しない場合に比較して、最大着地濃度が高くなるとともに、出現地点も火葬場近傍になることが明らかとなった。また、煙突に遮蔽物が存在する場合においても、排ガスの拡散が妨げられ、最大着地濃度を高くする効果が認められた。

本研究における、火葬場からの有害物質拡散シミュレーションに関しては、対象となる有害物質をガス状で存在するとしていることや、地形の設定、煙突遮蔽物による煙流の分断等にいくつかの仮定を含むため、その最大着地濃度と、実際の環境基準等に照らし比較することは、さらなる詳細な検討を要する。しかしながら、新旧の火葬場において一定の条件を与え、煙突高さ、火葬場建物の影響、煙突遮蔽物の影響を相対的に評価した結果、少なくとも低煙突、煙突遮蔽物は、有害物質の拡散を妨げる結果となった。したがって、実火葬場における煙突はできるだけ高くし、煙突遮蔽物も可能な限り設置しないほうが望ましいと考えられた。

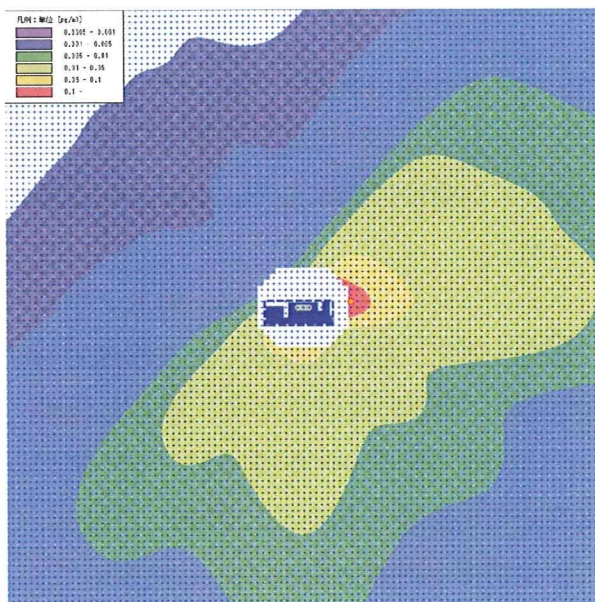
モデル火葬場A: 煙突15m
建物影響なし、煙突遮蔽物なし



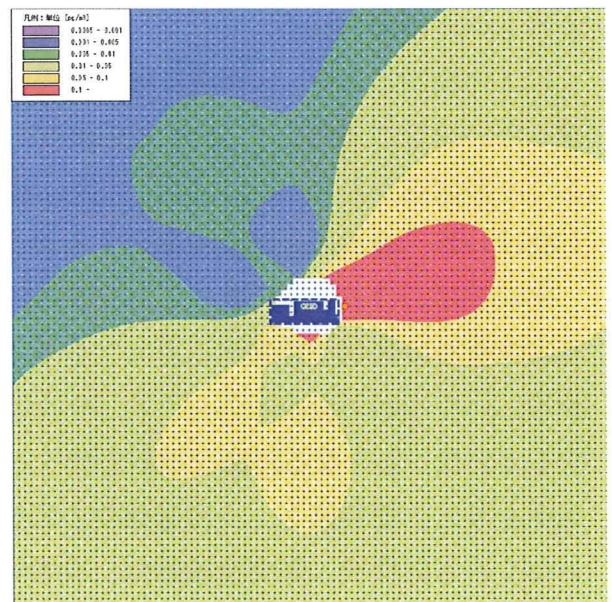
モデル火葬場B 煙突10m
建物影響なし、煙突遮蔽物なし



建物影響あり、煙突遮蔽物なし



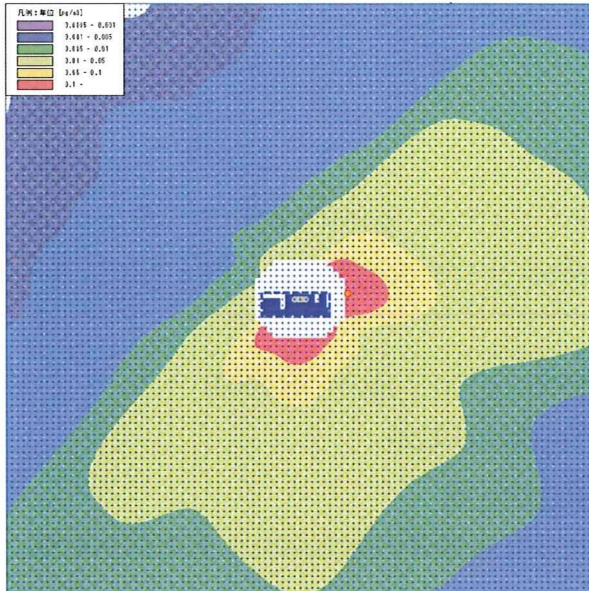
建物影響あり、煙突遮蔽物なし



図C.2(1) モデル火葬場A、Bにおけるダイオキシン類の
煙突からの拡散シミュレーション結果(火葬場建物、煙突遮蔽物の影響)

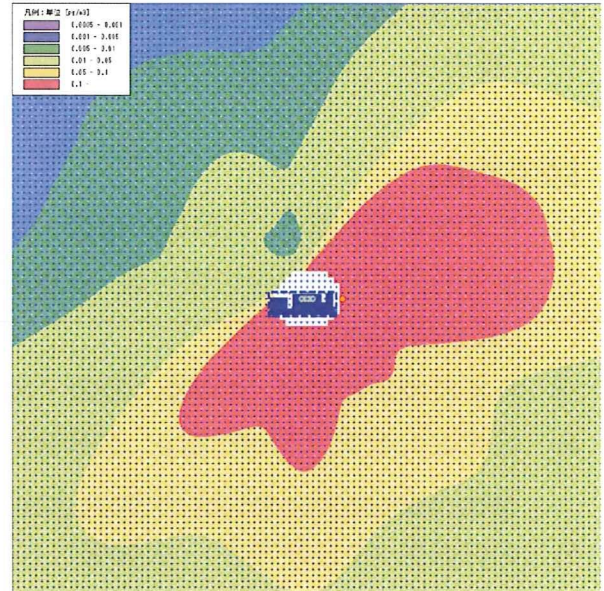
モデル火葬場A: 煙突15m

建物影響あり、煙突遮蔽物あり



モデル火葬場B 煙突10m

建物影響あり、煙突遮蔽物あり



図C.2(2) モデル火葬場A、Bにおけるダイオキシン類の
煙突からの拡散シミュレーション結果(火葬場建物、煙突遮蔽物の影響)

D. 結論

本研究で得られた結論を以下に示す。

- ・ 火葬場の現状としては、低煙突であるがゆえに拡散が十分とならないため、煙突高さを高くすることで、ダイオキシン類、水銀、六価クロムの着地濃度の全体的な低減が可能であることが、火葬場の拡散シミュレーションにより示唆された。
- ・ 火葬場の拡散シミュレーションにおいて、火葬場建物のダウンウォッシュ等の影響を考慮した場合、考慮しない場合に比較して、火葬場の新旧にかかわらず、最大着地濃度が高くなるとともに、出現地点も火葬場近傍になることが明らかとなった。また、煙突に遮蔽物が存在する場合においても、排ガスの拡散が妨げられ、最大着地濃度を高くする効果が認められた。
- ・ 本研究での火葬場の拡散シミュレーションでは、幾つかの仮定を含むものの、種々のケースを相対的に評価した結果から、実火葬場における煙突はできるだけ高くし、煙突遮蔽物も可能な限り設置しないほうが望ましいと考えられた。

E. 研究発表

該当なし(平成22年3月現在)

F. 知的財産権の出願・登録状況

該当なし(平成22年3月現在)

【参考文献】

- 1) 日本環境斎苑協会：火葬場の建設・維持管理マニュアル、p.151(2002)
- 2) 厚生労働省健康局生活衛生課：火葬場から排出される有害化学物質に関するアンケート調査結果(2010)
- 3) 日本環境斎苑協会：火葬場の建設・維持管理マニュアル、pp.37-56(2002)
- 4) 社団法人産業環境管理協会、低煙源拡散モデル(METI-LIS)、
http://www.jemai.or.jp/CACHE/tech_details_detailobj1816.cfm
- 5) 武田信生（主任研究者）：火葬場から排出される有害物質の実態調査とその抑制対策、平成19年度厚生労働科学研究費補助金（厚生労働科学特別研究事業）総括・分担研究報告書（2008）
- 6) 武田信生（主任研究者）：火葬場から排出される有害化学物質の排出実態調査および抑制対策に関する研究、平成20年度厚生労働科学研究費補助金（厚生労働科学特別研究事業）総括・分担研究報告書（2009）

付 録

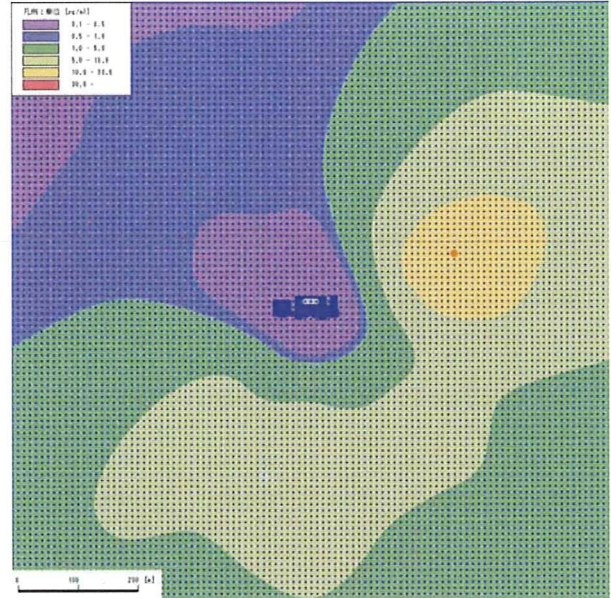
資料 1 モデル火葬場 A、B における水銀、六価クロムの
煙突からの拡散シミュレーション結果 (煙突高さの影響)

付録資料 1

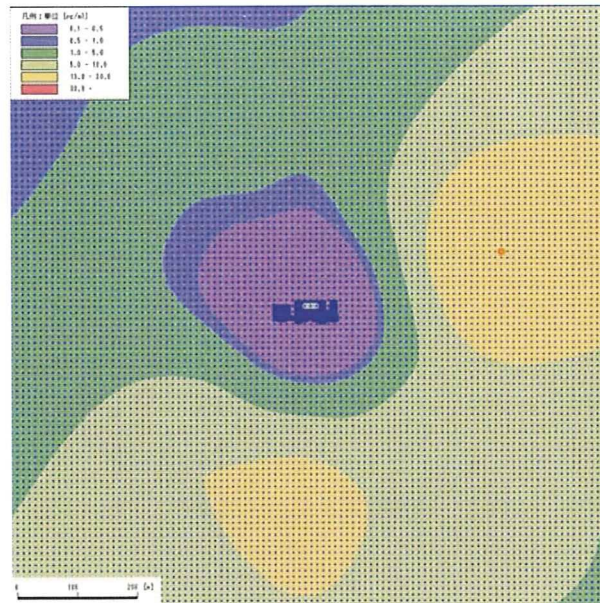
モデル火葬場A
煙突15m



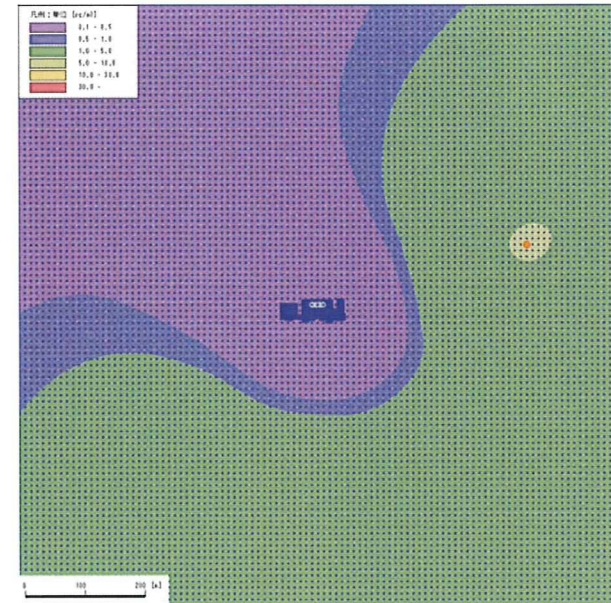
モデル火葬場B
煙突10m



煙突30m

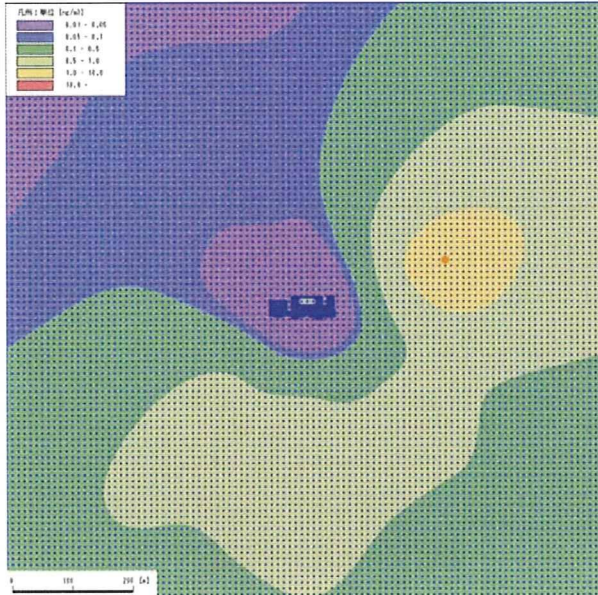


煙突30m

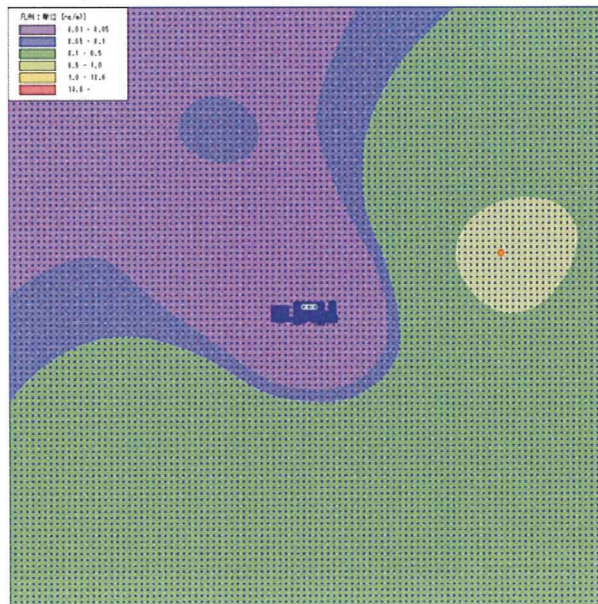


付図1 モデル火葬場A、Bにおける水銀の
煙突からの拡散シミュレーション結果(煙突高さの影響)

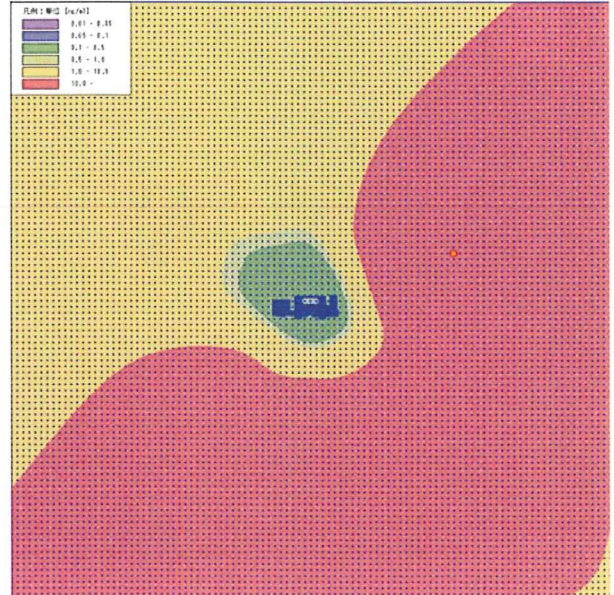
モデル火葬場A
煙突15m



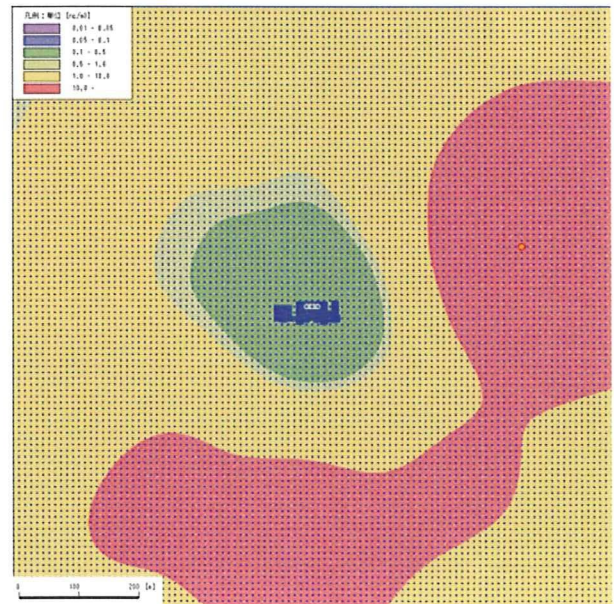
煙突30m



モデル火葬場B
煙突10m



煙突30m



付図2 モデル火葬場A、Bにおける六価クロムの
煙突からの拡散シミュレーション結果(煙突高さの影響)

訂正：凡例の単位はngではなくpg

分担研究報告書 5

火葬場の実態に関する統計と
その比較

研究代表者 武田信生（立命館大学）

分担研究者 高岡昌輝（京都大学）

分担研究者 大下和徹（京都大学）

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）

分担研究報告書

火葬場の実態に関する統計とその比較

研究代表者 武田信生 立命館大学エコテクノロジー研究センター センター長

分担研究者 高岡昌輝 京都大学大学院工学研究科都市環境工学専攻 准教授

分担研究者 大下和徹 京都大学大学院工学研究科都市環境工学専攻 助教

研究要旨

本研究では、火葬炉から排出される有害物質に関する実態調査およびその排出抑制対策が求められる中で、平成21年に厚生労働省健康局生活衛生課が実施した全国の火葬場のアンケート調査結果を用いて、我が国の火葬場の最新の状況を把握・分析するとともに、10年前の同様のアンケート結果と比較することで、ダイオキシン類削減対策指針の効果を考察した。

その結果、火葬場の一般的な状況としては10年前に比較して、火葬数の増加とともに、火葬場の規模が大きくなりつつあり、副葬品の制限率も上昇傾向にあった。また、古い施設は閉鎖されるとともに、平成12年のダイオキシン類削減対策指針以降、全体の1/3の施設が、新設、あるいは改修された上で、運営されていると考えられた。

次に、火葬場の炉（主燃焼室）に関しては、台車式が主流であり、多くの施設で台車にステンレス架台、キャストブル耐火物が使用されている状況にあった。また、10年前よりも、主燃焼室でのセラミックファイバーの利用率や、温度管理する割合が増加し、燃料においても灯油、都市ガスへの転換など、高度化が進んでいることが示唆された。

再燃焼室に関しては、10年前に比較し、主燃焼室毎に再燃焼室1室が設置される割合が増加し、多くの施設で再燃焼バーナーによる予熱と再燃焼、温度管理がなされており、ダイオキシン類削減対策指針の効果が伺えた。

また、排ガス処理に関しては、10年前に比較し、排気方式における強制式の採用や、排ガス冷却装置、集じん器の設置割合、集じん器の清掃頻度、排ガス測定頻度等、ダイオキシン類削減対策指針の効果により、ある程度の高度化が進んでいると考えられた。しかし、触媒反応塔をはじめとする高度排ガス処理の設置件数は低く、火葬炉の低煙突構造もそれほど変化していないことが明らかとなった。排ガス組成に関しては、10年前に比較し、最も大きな変化は、CO濃度の低減であり、適切な燃焼管理がなされるようになった効果によるものと考えられた。

火葬場から発生する灰に関しては、その発生量は近年増加傾向にあることが示唆され、その処理は多くが委託されているものの、処理されていない場合もあることがわかった。灰中のクロム、ダイオキシン類はあまり測定されていないが、六価クロムの溶出量に関しては、多くの灰で、土壤環境基準を超過する傾向があるとともに、ダイオキシン類についても集じん灰については高い値を示すケースが見受けられた。