

- ・ 今回の水銀測定において、JIS法では定量下限値以下のデータが多かったため、サンプリングを含む分析方法の検討も必要であることがわかった。

今回の調査を過去の1施設における詳細事例と比較すると、一般的に水銀排出量が小さかった。しかし、その排出量については大きくオーダーが異なるほどではなかった。過去の研究では、実測値に基づく水銀排出量と歯科治療歴や経済統計のアマルガム使用量からの推測との間に大きな隔たりがあることが指摘されている⁶⁾。今回の結果は、さらにその隔たりが大きくなる方向となっている。したがって、今後は、歯科治療歴との整合性をとる研究をすすめることおよびまだまだ火葬施設からの実態調査データが不足しているため、実態調査を続けることが必要であろう。

E. 研究発表

該当なし

F. 知的財産権の出願・登録状況

該当なし

【参考文献】

- 1) 食品安全委員会における食品健康影響評価書(魚介類等に含まれるメチル水銀について <http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/suigin/dl/050812-1-04-1b.pdf>)
- 2) Department for Environment Food and Rural Affairs, UK,; Mercury emissions from crematoria Second consultation <http://www.defra.gov.uk/corporate/consult/crematoria-two/consultation.pdf>
- 3) Lesley Sloss: 国内外における微量成分の排出状況, Trace Element Workshop2000, pp.47-59 (2000)
- 4) イギリス火葬協会: 諸外国の火葬数、火葬率 2003・2004年(平成15・16年)、環境齋苑、第58号、p.10(2005)
- 5) 吉田稔、岸本剛、山本行夫、田伏末男、赤間美文、佐藤洋: 環境汚染物質としての歯科用アマルガム、Vol.41、No.7、日本公衛誌(1994)
- 6) 堂本真吾、江口正司、高岡昌輝、松本忠生、大下和徹、武田信生: 火葬炉における水銀の排出挙動調査、大気環境学会誌、Vol.41、No.6、pp.309-319 (2006)
- 7) Masaki Takaoka, Nobuo Takeda, Takeshi Fujiwara, Masato Kurata, Tetsuo Kimura: Control of Mercury Emission from a Municipal Solid Waste Incinerator in Japan, *Journal of Air & Waste Management Association*, Vol.52, August 2002, pp.931-940 (2002)
- 8) 高岡昌輝: 廃棄物燃焼過程における水銀の挙動と制御、廃棄物学会誌、16、pp.213-222 (2005)

分担研究報告書 3

**火葬場からの
六価クロム、フッ素、ホウ素
排出実態調査**

主任研究者

武田信生（立命館大学）

厚生労働科学研究費補助金（厚生労働科学特別研究事業）
分担研究報告書
火葬場からの六価クロム、フッ素、ホウ素排出実態調査

主任研究者 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

研究要旨

火葬炉から排出される残骨灰、集じん灰は重金属やフッ素、ホウ素などを高濃度に含んでいる可能性があるが、廃棄物処理法の対象外であるため、含有量や溶出挙動などの知見が不足している状況にある。そこで、本研究では、対象施設として代表的な4箇所の火葬炉を選定し、それらの施設から得られた残骨灰、集じん灰について、六価クロム、フッ素、ホウ素について、データの集積により実態を把握し、削減対策の検討を行うことを目的とした。

溶出量試験の結果から、六価クロムに関しては、全サンプルで基準の180～1,200倍の濃度が検出された。フッ素、ホウ素に関しては、集じん灰のみで溶出量基準を全て超過していた。したがって、六価クロムに関しては何らかの対策が必要であるといえ、フッ素、ホウ素に関しては集じん灰について対策を講じなければならぬことが示唆された。

また、含有量試験の結果から、フッ素、ホウ素に関しては問題ないと考えられるが、六価クロムに関しては含有量基準(250mg/kg)を超過するケースが見られ、六価クロムに関しては、溶出量と同様に何らかの対策が必要であろうと考えられた。

A. 研究目的

わが国の火葬率は、平成18年度で約99.7%であり¹⁾、かつ死亡人口が年々増加していることから²⁾、火葬数は増大傾向にある。火葬場から排出される排ガスや集じん灰、残骨灰等は、宗教上の観点から大気汚染防止法や廃棄物処理法などの対象外であるが、安全・安心な火葬を続けていくためには、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必要となる。

このうち、火葬炉から排出される残骨灰中に六価クロムが多量に含まれるとの新聞報道があったこと³⁾、や一部の調査では灰中の六価クロムの原因として火葬炉内で棺を載せるステンレス製架台が考えられるとの報告がある⁴⁾、また、六価クロムだけでなく、棺、副葬品によってはフッ素、ホウ素などの物質も基準を超過する可能性がある。

しかし、これらに関しては、現在のところ知見が乏しく、実態はほぼ把握されていない。したがって、早急な実測データの収集による実態解明と、その対策の検討が求めら

れている。

以上のような背景の下で、本研究では、対象施設として代表的な4箇所の火葬炉を選定し、それらの施設から得られた残骨灰、集じん灰について、六価クロム、フッ素、ホウ素について、データの集積により実態を把握し、削減対策の検討を行うことを目的とした。

具体的には、残骨灰・集じん灰について含有量および溶出量を調べた。残骨灰・集じん灰については廃棄物ではなく、必ずしも最終保管場所が周辺環境への影響を考慮されているかどうかはわからないため、土壤環境基準に基づいた溶出試験、含有量試験で評価した。

B. 研究方法

1. 対象施設

本年度の調査対象とした火葬場は4施設であり、その火葬場の一覧を表B.1に示した。以下施設名については、施設A、施設B、施設C、および施設Dで記述する。4施設の全てが、主燃焼室1室に対し、再燃焼室1室を有しており、排気方式も排風機による強制排気方式であるが、施設D以外は、排気系列が2炉1系列となっている。集じん機は、施設A、および施設Bがバグフィルターであり、それぞれの後段に触媒装置、活性炭吸着設備を有している。施設C、施設Dではともに集じん機を有しない。

表 B. 1 対象とした火葬炉と測定対象

火葬炉	施設A		施設B		施設C		施設D	
	再燃焼炉	有	有	有	有	有	有	
主燃焼室：再燃焼室	1:1		1:1		1:1		1:1	
集じん機	バグフィルター		バグフィルター		なし		なし	
集じん機後段の排ガス処理	触媒装置		活性炭吸着設備		なし		なし	
排気方式（炉：系列）	強制（2:1）		強制（2:1）		強制（2:1）		強制（1:1）	
燃料	都市ガス 13A		都市ガス 13A		灯油		灯油	
実験番号	A-1	A-2	B-1	B-2	C-1	C-2	D-1	D-2
火葬日	2008/2/27	2008/2/27	2008/2/28	2008/2/28	2008/3/11	2008/3/12	2008/3/13	2008/3/17
火葬開始時間	11:17	13:30	11:02	13:11	12:57	13:20	12:35	13:37
火葬終了時間	11:59	14:16	12:10	14:12	14:08	14:26	14:05	14:48
火葬時間	0:42	0:46	1:08	1:01	1:11	1:06	1:30	1:11
火葬遺体数	1	1	1	1	1	1	1	1
年齢	81歳	83歳	69歳	87歳	84歳	65歳	74歳	90歳
性別	女性	男性	男性	男性	女性	男性	女性	女性

2. サンプルング方法、および測定項目、方法

灰のサンプルングに関しては、4箇所の火葬場で各2回の火葬が行われ、2回目の火葬終了後の約1時間後に、残骨灰（収骨後に残った灰の一部）を採取し、さらに、施設A、施設Bでは集じん灰（集じん機で捕集された灰）を採取した。

施設Dを除く全ての火葬場では、排気系列が2炉1系列となっているが、火葬は、2炉同時に稼働させず、どちらか一方の炉のみの稼働とした。

測定は、土壤汚染対策基本法の環境省告示18号、19号にしたがった、溶出量試験、含有量試験を行った、測定対象は残骨灰、集じん灰について六価クロム、フッ素、ホウ素とした。

C. 研究結果、および考察

残骨灰は4施設全て、集じん灰は施設A、施設Bにおいて採取し、測定した。

1. 溶出量

表C.1に溶出量試験の結果を示す。まず、六価クロムに関しては、全ての残骨灰、集じん灰で、土壤汚染対策法により規定されている溶出量基準の180～1,200倍の濃度が検出された。フッ素、ホウ素に関しては、残骨灰では、一部ホウ素が1.8mg/Lで溶出量基準を超過していたが、それ以外は全て溶出量基準以下であった。しかし、集じん灰では、フッ素で2.6mg/L、6.4mg/L、ホウ素で2.1mg/L、2.6mg/Lであり、溶出量基準を全て超過していた。

したがって、残骨灰、集じん灰にかかわらず、六価クロムに関しては何らかの対策が必要であるといえ、フッ素、ホウ素に関しては集じん灰について対策を講じなければならないことが示唆された。

表C.1 残骨灰、集じん灰の溶出量結果(mg/L)

	A残骨灰	B残骨灰	C残骨灰	D残骨灰	A集じん灰	B集じん灰	溶出量基準
六価クロム化合物	30	9	13	9	16	60	0.05
フッ素およびその化合物	<0.1	0.17	0.13	0.1	6.4	2.6	0.8
ホウ素およびその化合物	0.18	1.8	0.24	<0.01	2.6	2.1	1

溶出量基準は、「土壤汚染対策法施行規則」環境省令第29号（平成14年）による。

2. 含有量

表 C.2 に含有量試験の結果を示す。ここでいう含有量は土壌汚染対策法で規定されている方法によるもので1N塩酸により溶出する量を示している。集じん灰中のフッ素、ホウ素含有量は、それぞれ350～1,300mg/kg、および69 mg/kg以下であった。土壌汚染対策法におけるフッ素、ホウ素の含有量基準はともに4,000mg/kgであることから、これらの元素に関しては全く問題ないと考えられる。しかし、六価クロムに関しては、A残骨灰、D残骨灰、B集じん灰で、含有量基準(250mg/kg)を超過するケースが見られた。したがって、六価クロムに関しては、溶出量と同様に何らかの対策が必要であろうと考えられる。

表 C. 2 残骨灰、集じん灰の含有量結果(mg/kg)

	A残骨灰	B残骨灰	C残骨灰	D残骨灰	A集じん灰	B集じん灰	含有量基準
六価クロム化合物	250	58	110	310	140	460	250
フッ素およびその化合物	820	430	1300	1000	1200	350	4000
ホウ素およびその化合物	12	48	<10	15	69	57	4000

含有量基準は、「土壌汚染対策法施行規則」環境省令第29号(平成14年)による。

3. 含有量と溶出量との関係

図 C.1 に、六価クロム、フッ素、およびホウ素の含有量と溶出量の関係を示した。フッ素に関しては含有量と、溶出量に明確な関係性は見られなかったが、六価クロムに関してはD残骨灰を除いて、含有量が多くなるほど溶出量も多くなる傾向が見られた。このことは、サンプルにかかわらず、1N塩酸による抽出量と、蒸留水による溶出量とに関係性があることを意味しており、含有量に対し一定の割合で溶出性成分が生成されていることが示唆される上に、灰中のクロムの化学形態が似かよったものになっていることが推察される。

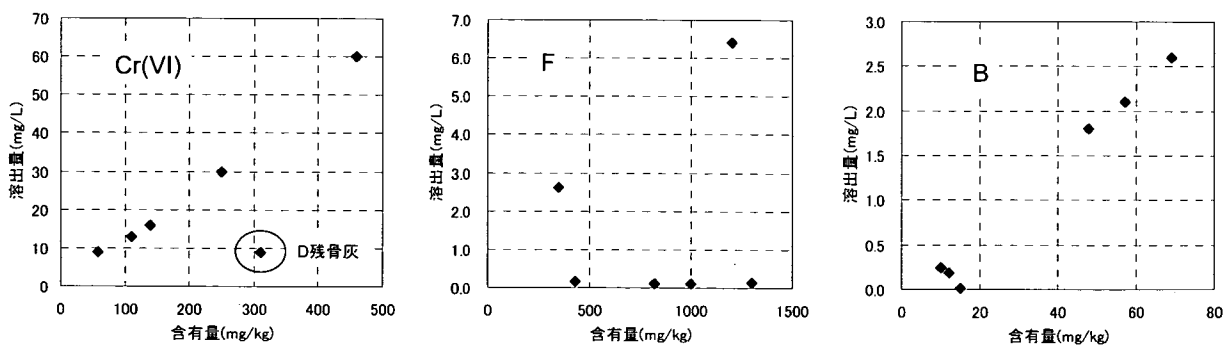


図 C. 1 溶出量、含有量との関係

また、ホウ素に関しても、含有量が低濃度の範囲ではばらつきがあるものの、含有量が多くなるほど溶出量が多くなる傾向が見られた。柏倉らは、石炭フライアッシュ中のホウ素の存在形態の分析を行っており、石炭フライアッシュ中のホウ素は塩酸により速やかにほぼ全量が抽出されること、蒸留水により溶出する成分は、¹¹B-NMR-MAS スペクトルからフライアッシュ表面に偏在する $\text{Ca}_3\text{B}_2\text{O}_6$ が主たる形態であろうと推測している⁹⁾。本研究ではホウ素の含有量は69mg/kg以下であったが、Caは人骨に由来するなどホウ素に対して十分に存在すると考えられ、 $\text{Ca}_3\text{B}_2\text{O}_6$ が一定の割合で生成されている可能性がある。

今後、より効率的な抑制対策を考えていく上で、データを蓄積し、これらの推察を明らかにしていくことが必要である。

D. 結論

本研究で得られた知見を以下に示す。

- 溶出量試験の結果から、六価クロムに関しては、全サンプルで基準の180～1,200倍の濃度が検出された。フッ素、ホウ素に関しては、集じん灰のみで溶出量基準を全て超過していた。したがって、六価クロムに関しては何らかの対策が必要であるといえ、フッ素、ホウ素に関しては集じん灰について対策を講じなければならないことが示唆された。
- 含有量試験の結果から、フッ素、ホウ素に関しては全く問題ないと考えられるが、六価クロムに関しては含有量基準(250mg/kg)を超過するケースが見られ、六価クロムに関しては、溶出量と同様に何らかの対策が必要であろうと考えられる。
- 六価クロム、ホウ素に関しては、含有量と溶出量との間に相関が認められ、灰中に含まれる化合物が火葬炉に関わらず類似している可能性が示唆された。

E. 研究発表

該当なし

F. 知的財産権の出願・登録状況

該当なし

【参考文献】

- 1) 厚生労働省統計表データベースシステム：衛生行政報告例（旧 厚生省報告例（衛生関係））表 埋葬及び火葬の死体・死胎数並びに改葬数 <http://www.dbtk.mhlw.go.jp/toukei/index.html> (2008.3.21情報取得)
- 2) 厚生労働省大臣官房統計情報部：平成19年人口動態統計の年間推計、第1表—人口動態総覧の年次推移 <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/suikai07/index.html> (2008.3.21 情報取得)
- 3) 読売新聞、東京夕刊 22面 (2006.12.8)
- 4) 江口正司：火葬炉の燃焼制御と環境負荷低減に関する研究、京都大学博士論文、pp.117-125 (2007)
- 5) 柏倉俊介、前川英己、横山一代、長坂徹也：MAS-NMRによる石炭フライアッシュ中のホウ素の存在形態解析、第18回廃棄物学会研究発表会講演論文集、pp.630-632(2007)

Ⅲ. 研究成果の刊行に関する一覧表

該当なし（平成19年3月31日現在）

Ⅳ. 研究成果の刊行物・別刷

該当なし（平成19年3月31日現在）

謝 辞

本報告書は平成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）により行った「火葬炉から排出される有害物質の実態調査とその抑制対策」の研究成果をまとめたものです。

本研究を遂行するにあたり、研究主旨を御理解いただき、実態調査に御協力いただきました4箇所の火葬場、および関係自治体の方々には深く感謝いたします。

また、現場のダイオキシン類をはじめとする排ガス分析につきましては、株式会社島津テクノリサーチの方々にお世話になりました。水銀の連続分析に関しては、株式会社日本インスツルメンツの方々にお世話になりました。厚く御礼申し上げます。

現場の下見、立会、データの解析等に関しては、太陽築炉工業株式会社・代表取締役・江口正司氏をはじめとして、社員の皆様に御協力いただきました。ここに記して深く感謝の意を表します。