

**【換気：第 601 条】**

- 労働者を常時就業させる屋内作業場においては、窓その他の開口部の直接外気に向って開放することができる部分の面積が、常時床面積の 20 分の 1 以上になるようにしなければならない（換気が十分行われる性能を有する設備を設けた場合を除く）。
- 屋内作業場の気温が 10 度以下のときは、換気に際し、労働者を毎秒 1 メートル以上の気流にさらしてはならない。

**【温湿度調節：第 606 条】**

- 暑熱、寒冷又は多湿の屋内作業場で、有害のおそれがあるものについては、冷房、暖房、通風等適当な温湿度調節の措置を講じなければならない。

労働安全衛生規則

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S47/S47F04101000032.html>

**◆事務所衛生基準規則**

**【換気：第 3 条（事務所則。以下同じ）】**

- 労働者を常時就業させる室（以下「室」という。）においては、窓その他の開口部の直接外気に向って開放することができる部分の面積が、常時床面積の 20 分の 1 以上になるようにしなければならない（換気が十分行われる性能を有する設備を設けた場合を除く）。
- 室における一酸化炭素及び二酸化炭素の含有率を、それぞれ 100 万分の 50 以下及び 100 分の 5000 以下としなければならない。

**【温度：第 4 条】**

- 室の気温が 10 度以下の場合は、暖房する等適当な温度調節の措置を講じなければならない。
- 室を冷房する場合は、当該室の気温を外気温より著しく低くしてはならない（電子計算機等を設置する室において、その作業者に保温のための衣類等を着用させた場合を除く）。

**【空気調和設備等による調整：第 5 条】**

- 空気調和設備又は機械換気設備を設けている場合は、室に供給される空気が、次の各号に適合するように、当該設備を調整しなければならない。
  - ①浮遊粉じん量が、0.15 ミリグラム以下であること。

②一酸化炭素の含有率が100万分の10以下(外気が汚染されているために困難な場合は、100万分の20以下)、二酸化炭素の含有率が100万分の1000以下であること。

③ホルムアルデヒドの量が、0.1ミリグラム以下であること。

○空気調和設備又は機械換気設備により室に流入する空気が、特定の労働者に直接、継続して及ばないようにし、かつ、室の気流を0.5メートル毎秒以下としなければならない。

○空気調和設備を設けている場合は、室の気温が17度以上28度以下及び相対湿度が40%以上70%以下になるように努めなければならない。

#### 【燃焼器具：第6条】

○燃焼器具（発熱量が著しく少ないものを除く。以下同じ。）を使用する室又は箇所には、排気筒、換気扇その他の換気のための設備を設けなければならない。

○事業者は、燃焼器具を使用するときは、毎日、当該器具の異常の有無を点検しなければならない。

○換気のための設備を設ける箇所における一酸化炭素及び二酸化炭素の含有率を、それぞれ100万分の50以下及び100分の5000以下としなければならない。

#### 【作業環境測定等：第7条】

○中央管理方式の空気調和設備を設けている建築物の事務室については、2か月以内ごとに1回、定期に、「一酸化炭素及び二酸化炭素の含有率」「室温及び外気温」「相対湿度」を測定して、その結果を記録しておかなければならない。ただし、当該測定を行おうとする日の属する年の前年1年間において、当該室の気温が17度以上28度以下及び相対湿度が40以上70%以下である状況が継続し、かつ、当該測定を行おうとする日の属する1年間において、引き続き当該状況が継続しないおそれがない場合には、「室温及び外気温」「相対湿度」については3月から5月までの期間又は9月から11月までの期間、6月から8月までの期間及び12月から2月までの期間ごとに1回の測定とすることができる。

○記録すべき事項は、①測定日時、②測定方法、③測定箇所、④測定条件、⑤測定結果、⑥測定を実施した者の氏名、⑦測定結果に基づいて改善措置を講じたときは当該措置の概要――の7点。記録は3年間保存しなければならない。

#### 【ホルムアルデヒドにかかる作業環境測定：第7条の2】

○室の建築、大規模の修繕又は大規模の模様替（以下「建築等」。）を行つたときは、当該建築等を行つた室における「ホルムアルデヒドの量」について、当該建築等を完了し、当該室の使用を開始した日以後最初に到来する6月から9月までの期間に1回、測定しなければならない。

**【測定方法：第8条】**

○以上に掲げた「粉じん」「一酸化炭素」「二酸化炭素」「気温」「相対湿度」「気流」「ホルムアルデヒド」に関する測定にあたっては、第7条を除いて、下表に掲げる測定器又はこれと同等以上の性能を有する測定器を使用して行うものとする。

事項	測定器
浮遊粉じん量	グラスファイバーろ紙(0.3 $\mu$ mのステアリン酸粒子を99.9%以上捕集する性能を有するものに限る。)を装着して相対沈降径がおおむね10 $\mu$ m以下の浮遊粉じんを重量法により測定する機器又は当該機器を標準として較正された機器
一酸化炭素の含有率	検知管方式による一酸化炭素検定器
二酸化炭素の含有率	検知管方式による二酸化炭素検定器
気温	0.5度目盛の温度計
相対湿度	0.5度目盛の乾湿球の湿度計
気流	0.2m毎秒以上の気流を測定することができる風速計
ホルムアルデヒドの量	2・4-ジニトロフェニルヒドラジン捕集-高速液体クロマトグラフ法により測定する機器、4-アミノ-3-ヒドラジノ-5-メルカプト-1・2・4-トリアゾール法により測定する機器

**【点検等：第9条】**

○機械による換気のための設備について、はじめて使用するとき、分解して改造又は修理を行なつたとき、及び二月以内ごとに一回、定期的に、異常の有無を点検し、その結果を記録して、これを三年間保存しなければならない。

**【空調設備の点検・清掃：第9条の2】**

○空気調和設備を設けている場合は、病原体によつて室の内部の空気が汚染されることを防止するため、次の各号に掲げる措置を講じなければならない。

- 1 冷却塔及び加湿装置に供給する水を水道法第4条に規定する水質基準に適合させるため必要な措置
- 2 冷却塔及び冷却水について、当該冷却塔の使用開始時及び使用を開始した後、1月以内ごとに1回、定期的に、その汚れの状況を点検し、必要に応じ、その清掃及び換水等を行うこと。ただし、1月を超える期間使用しない冷却塔に係る当該使用しない期間においては、この限りでない。
- 3 加湿装置について、当該加湿装置の使用開始時及び使用を開始した後、1月以内ごとに1回、定期的に、その汚れの状況を点検し、必要に応じ、その清掃等を行うこと。ただし、1月を超える期間使用しない加湿装置に係る当該使用しない期間においては、この限りでない。
- 4 空気調和設備内に設けられた排水受けについて、当該排水受けの使用開始時及び使用を開始した後、1月以内ごとに1回、定期的に、その汚れ及び閉塞の状況を点検し、必要に応じ、その清掃等を行うこと。ただし、1月を超える期間使用しない排水受けに係る当該使用しない期間においては、この限りでない。
- 5 冷却塔、冷却水の水管及び加湿装置の清掃を、それぞれ1年以内ごとに1回、定期的に、行うこと。

事務所衛生基準規則

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S47/S47F04101000043.html>

———努力義務関連———

以上は、労働者の危険又は健康障害を防止するため事業者が最低限講ずべき措置であるが、それとは別に、事業者の自主的な努力で「快適な職場環境の形成」「危険性又は有害性等の調査（リスクアセスメント）」に取り組むよう促す規定が労働安全衛生法にある。

◆快適職場づくり（法71条の2、3）

「快適な職場環境の形成」とは、「仕事による疲労やストレスを感じることの少ない、働きやすい職場づくり」のこと。そのために労働安全衛生法は、①作業環境の管理、②作業方法の改善、③労働者の心身の疲労の回復を図るための施設・設備の設置・整備、④その他の施設・設備の維持管理——という4つの措置を継続的

かつ計画的に講じることを、事業者の努力義務に位置付けている。平成4年5月の労働安全衛生法改正で追加された。

詳細は「事業者が講ずべき快適な職場環境の形成のための措置に関する指針（快適職場指針）」において、目標とする事項、快適な職場環境の形成を図るために事業者が講ずべき措置の内容、労働者の意見の反映や個人差への配慮など実施のうえで考慮すべき事項が規定されている。

事業者が講ずべき措置としては、例えば、空気環境について「屋内作業場では、空気環境における浮遊粉じんや臭気等について、労働者が不快と感ずることのないよう維持管理されるよう必要な措置を講ずることとし、必要に応じ作業場内に喫煙場所を指定する等の喫煙対策を講ずること。また、浮遊粉じんや臭気等が常態的に発生している屋外作業場では、これらの発散を抑制するために必要な措置を講ずることが望ましいこと。」としているほか、温熱条件についても「屋内作業場においては、作業の態様、季節等に応じて温度、湿度等の温熱条件を適切な状態に保つこと。また、屋外作業場については、夏季及び冬季における外気温等の影響を緩和するための措置を講ずることが望ましいこと。」などと記されている

「事業者が講ずべき快適な職場環境の形成のための措置に関する指針」について

（平成4年7月1日基発第392号）

<http://anzeninfo.mhlw.go.jp/anzen/hor/hombun/hor1-21/hor1-21-3-1-0.htm>

事業者が講ずべき快適な職場環境の形成のための措置に関する指針

<https://www.jaish.gr.jp/anzen/hor/hombun/hor1-21/hor1-21-1-1-0.htm>

中災防：快適職場づくりとは

<https://www.jisha.or.jp/kaiteki/about01.html>

#### ◆危険性又は有害性等の調査（法28条の2）

「危険性又は有害性等の調査（リスクアセスメント）の実施」とは、すなわち、職場における危険性又は有害性を特定し、それによる労働災害（健康障害を含む）の重篤度（災害の程度）とその災害が発生する可能性を組み合わせてリスクを見積り、そのリスクの大きさに基づいて対策の優先度を決め、リスクの除去、低減措置を検討し、その結果を記録する——という一連の取り組みのことである。

従来、労働者の安全や健康の問題が起きないようにするための管理として、法律で労働災害防止のために事業者がとるべき措置義務が定められてきたが、これらは過去の災害等を教訓として作られた最低の基準であるため、措置義務を守るだけでは対策が後手にまわることが多かった。そこで、安全衛生対策をより効果的に進めるため、個々の事業場において、作業の実態や特性に見合った自主的な安全衛生対策を予防的に展開する取り組みを促すべく、平成 18 年 4 月、リスクアセスメントが労働安全衛生法に位置付けられることとなった。

リスクアセスメントの詳細は、「危険性又は有害性等の調査等に関する指針」に示されている。

危険性又は有害性等の調査等に関する指針

<http://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11300000-Roudoukijunkyokuanzeniseibu/0000077404.pdf>

危険性又は有害性等の調査等に関する指針：同解説（厚生労働省安全衛生部安全課）

<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/roudou/an-eihou/dl/ka060320001b.pdf>

リスクアセスメントの実施が、努力義務化

<http://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzeneisei14/dl/091001-02.pdf>

## 第 6 節 廃棄物処理法と火葬場

火葬場に対する廃棄物処理法の適用の問題については、昨年度の報告書において検討している（第 3 章 第 2 節）。詳しくは同報告書を精読していただければよいのであるが、基本は「遺体は廃棄物処理法の対象にならない」ということであった。このため火葬場に対して廃棄物処理法の処理施設に関する規制措置が適用されることはない。このため火葬場の火葬炉その他の設備等に関して行政庁が順守すべき基準等の規制措置を行おうとするならば、墓地埋葬法の体系において独自に所要の規定を設けるべきことになる。その場合、施設の中心機能を担う設備が焼却炉であるという共通性から、廃棄物処理法の該当部分の規制措置を参考にすることが考えられるかもしれない。

ここでは廃棄物処理法体系における規制内容の外観を資料 3 で示すことにした。これで見ると、廃棄物処理法における規制内容は、悪質な不法投棄事犯などに対応するため、厳格化の一途であり、膨大な規則類が制定されている。墓地埋葬法において火葬場に関する具体的規制内容を制度化する場合には、最低限必要とされる規制基準を政策判断により選別することになる。

これに対し火葬場から排出される純然たる廃棄物については、廃棄物処理法の適用を除外する理由がない。例えば火葬炉がその任務を終えて解体処理される場合、廃棄物処

理法に規定する手続きに準拠しなければならない。このことはいわゆる集じん灰についても同様である。火葬場と廃棄物処理法の関係はこの程度である。なお、ときたま議論になるのが収骨後の残骨であるが、「宗教的感情を前置にして処理される」場合には廃棄物ではないと判断されているが、これも昨年度の報告に記述しているので再説しない。

## 第7節 おわりに

現行の「火葬場の建設・維持管理マニュアル」の策定動機は、その「序＝執筆、横田勇」にあるように「火葬場の建設や維持管理については、関係する他の法令、基準に準拠する必要がある」ということであろう。同時に、同「序」においては、火葬の特質に鑑み、イギリスの火葬法の趣旨を参考に、「国民から尊厳と敬愛の念を抱かれつつ存在する公共建築としての火葬場」を目指すべきであるとされている。

同マニュアルについては、制定以後、数度の改定が行われ、前段の他の法令、基準に準拠する点においては充実されてきているが、後段の特別な公共建築物である点に即した管理に関しては、具体的な検討がさほど進んでいるとは思えない。また、近年の状況変化を踏まえた自治体財政の悪化に伴う火葬場の独立採算性の向上、国民の葬儀への意識変化を踏まえた火葬形態の将来動向への予測、火葬業務の責任主体のあり方など、火葬場運営の本質にかかわる事項についても、マニュアルで具体的に規定されていることが望ましいのではないかと思われる。

その場合、火葬場の社会的意味合いが近年大きく変わっていることを念頭に置いておく必要がある。

火葬とは遺体(動物ではなく人の死体)を処置するものであることから、モノの処分とは別の配慮が必要であることについては、社会的通念であるし、法制的にも区分けされている(火葬には廃棄物処理法は適用されない)のであるが、そのことが火葬に関しての法的位置づけをあいまいなままにしてきたことは否めない。しかしそれでは済まない情勢になってきている。まずこの点を確認しておく必要があると思われる。

第一に、遺体の処理として火葬以外の選択肢がなくなっていることが挙げられよう。世界的には遺体の処置方法は多様であるが、日本では歴史的に土葬が大半で、一部が火葬であった。しかし現代では一転してほとんどの地域で土葬は否定され、すべて火葬である。そして火葬場には「応諾の義務」(墓地埋葬法13条)が設けられている。国民的視点では、火葬は遺族等が死者を葬送する一連の儀式(通夜・告別式・会食・法要等)に組み込まれた必須事項ということになるから、火葬場が火葬炉だけの単純な設備ではなく、葬送儀式を一体的に完結させる施設であることが求められてきていると感じられる<sup>43</sup>。

第二に、火葬場が都市に必須の施設とされていることがある(都市計画法11条1項

---

<sup>43</sup> 現に近年新設される火葬場では、葬送に必要な一連の施設を備えた総合施設化しているものが多い。

7号は、都市施設として火葬場を指定している)。かつて火葬は集落や町内会の共同事業として、薪炭を持ち寄って、人気の少ない屋外にて、輪番の者によって、野焼き同然で行われていたから、燃焼に伴う環境問題が論じられることも、従事労働者の健康管理の必要性が指摘されることもなかった。しかし今日では基本的に自治体が火葬場施設と整備して、地域内住民の火葬を一手に引き受ける形態が普遍化している。住民の利便の観点から立地は市域にあることが求められるが、その代償として排煙その他に起因する公害(環境汚染)対策が求められることになるし、火葬業務を専任労働者が担当することになり、その健康管理や労災防止対策が必要となる。

第三に、火葬の費用問題がある。多くの自治体では火葬を福祉事業と捉え、住民の火葬費用を経費に見合わない極小額にとどめ、経費の大部分を自治体が負担しているが、公的財政の悪化もあって、これに対する反省の機運が見られる。原典に立って考えれば、先に述べたように火葬が一連の葬送儀式の中の一過程であるならば、そのなかで火葬費用のみを別扱いで行政が負担する特別な根拠が求められるのであるが、いまだ説得的な理論づけは行われていないように思われる。そうであれば火葬に伴う費用は、葬送実施者から実費用を前提とした適正な手数料として求めなければならない<sup>44</sup>。

これまで行政が直営で行っていた事業を効率性とサービス向上の観点から見直し、大胆に民間に移譲あるいは運営委託する傾向が高まっている。これは国民、住民の税負担を軽減し、あるいは真に必要な行政経費<sup>45</sup>に経費を振り向けるためには必要なことである。そしてこれは火葬事業といえども別扱いする理由はない。しかし民間を活用しても、その事業に対して補助金や委託費を交付していたのでは、行財政改革の意味はなくなる。民営化とは利用者へのサービスの向上と経費節減(自治体および利用者負担の合計)の双方が同時達成されることが前提である。自治体が費用負担をしなくても、葬儀実施者の手数料負担が妥当な金額であり、かつ火葬場運営の収支が償っていることが、これからの火葬場運営の基本であると考えられる。

近時、地震に伴う大規模津波等で地域の火葬場での処理ができなくなった場合等での広域的な自治体間の火葬協力体制の構築が国から強く求められている。その場合、遺体搬送等の技術的対策に加え、火葬を引き受ける側の自治体への経費支弁のあり方も明確にしておく必要があるが、その関係でも火葬費用は葬儀義務者の負担であることを明確にしておくことで、災害救助法による公費支出につながりやすくなると考えられる。

あらためて現行マニュアルの構成を見ると、第1章総論を除き、次のようになっている

---

<sup>44</sup> 火葬が集落等での共同事業として行われる場合、当然のことながらそれに伴う費用を自治体が公費負担することはあり得ない。なお、遺族が手数料負担を惜しんで火葬をしないと抗弁したらどうなるかという懸念があるかもしれないが、埋葬義務者が適正な火葬を行わなければ「死体損壊等の罪」(刑法190条)に該当すると解されている。行政法的には、自治体が火葬を行い(代執行)、その費用を埋葬義務者に請求すればよいことになろう(墓地埋葬法9条準用)。

<sup>45</sup> 自治体施策としては少子化対策などが考えられようか。

る。第2章火葬場建設に関する基本的計画事項、第3章建築・環境整備計画、第4章火葬炉の整備計画、第5章環境汚染防止のための規制基準、第6章火葬場の運営管理、第7章火葬場の維持管理。この目次に沿って考察するならば、今後において充実が必要なのは第6章および第7章の分野であると思われる。

第6章では、「6.2 火葬場管理者等の任命、長期計画等の策定」「6.3 委託管理」「6.4 包括的民間委託」「6.5 PFI 事業方式」「6.6 指定管理者制度」が目次建てされ、それぞれ一般的註所的な解説がなされている。内容的には「火葬場の運営は市町村直営が基本であるから、管理者は市町村長が任命し、また長期計画を直轄で定め、直営の派生形として民間委託などがある」という認識に立っている。そうであればこの章の読み手は市町村長とその配下の担当部局長および議会議員たちであり、その市町村の火葬場運営においてはどのような運営形態が最適であるかの選択をする場合の参考資料になるべきものという位置づけになるべきであろう。その点では現行マニュアルは一般的解説の域を出ておらず、対象者が期待するマニュアルにはなっていないと判断される。

全国各地で運営に成功している火葬場（必要であれば失敗事例も）の実例を分析し、分類分けしながら例示的実証的に紹介することで、当事者の具体的意思決定に資する内容にすることが必要なのではないかと判断される。

第7章は、火葬場の維持管理を「施設全体の維持管理」と「火葬炉の維持管理」に分けるべきとの認識に立っている。このうち前者は運営トップの責任領域に属し、後者は現場管理者の責任領域である。そうであるならば以後の項目である「7.2 運転管理」「7.3 保守点検」「7.5 安全対策」「7.6 従業員の安全管理」について、いずれの範疇に属するのかを分類したうえでマニュアル化すべきであろう。

近年の大規模火葬場が増えてきており、責任分野の明確化は必須要件であるし、前章での民間委託などが行われる場合、受託事業者との責任分担についても明確にしておく必要がある。直営の場合は人事命令で足りることであっても、委託の場合は契約で定めるべきことになる。契約のひな型はどういうものであるべきかといったことをマニュアルで示すことが期待されているのではないかと考えられるのである。

だれを読み手として想定したマニュアル<sup>46</sup>なのか。この点の明瞭化が必要であろう。場合によっては読み手に合わせての分冊になるのかもしれない。重要なのは座右に置いて役に立つ内容のマニュアルが求められているということである。

---

<sup>46</sup> 「マニュアル」には大きく二つの意味があるとされる（wikipedia）。一つは、人間の行動や方法論を解説したものとしては、社会や組織といった集団における規則（ルールなど）を文章などで示したもので、一般に箇条書きなどの形でまとめられ、状況に応じてどのようにすべきかを示してある。二つは、また取扱説明書（とりあつかいせつめいしょ）は、機械装置や道具といった工業製品などの使用方法を説明した印刷物などである。図と文章などを使って、解り易く解説してあるのが一般的である。

## 引用文献

- 横田勇. (2015). 火葬場の設置管理運営基準の見直しに関する研究 平成 26 年度総括研究報告書. 神奈川県川崎市: 特定非営利活動法人 日本環境斎苑協会.
- 建築物環境衛生研究会. (2005). 厚生労働大臣登録講習会テキスト 建築物環境衛生制度第 4 班. 東京都千代田区: 財団法人 ビル管理教育センター.
- 厚生労働省労働基準局安全衛生部計画課. (2014). 労働衛生対策の一層の推進を図る時の法令 NO.1965, 4.
- 日本環境斎苑協会. (2012A). 火葬場の建設・維持管理マニュアル—改訂版—. 神奈川県川崎市: 日本環境斎苑協会.
- 北村喜宣. (2015). 環境法〔第 3 版〕. 東京都千代田区: 弘文堂.

## その他参考文献

- 『時の法令』1873 号 (2011 年 1 月 15 日号) -1992 号 (2015 年 12 月 30 日号)、朝曜会  
『法律時報』83 巻 1 号 (2011 年 1 月号) -87 巻 13 号 (2015 年 12 月号)、日本評論社  
『ジュリスト』1414 号 (2011 年 1/1-1/15 日号) -1487 号 (2015 年 12 月号)、有斐閣  
畠中信夫 (2006) 『労働安全衛生法のはなし〔改訂版〕』、中央労働災害防止協会  
環境省 HP <https://www.env.go.jp/index.html>  
厚生労働省 HP <http://www.mhlw.go.jp/>  
法庫 <http://www.houko.com/>

## 第6章 火葬場における放射性物質及び六価クロムについて

### 第1節 研究の背景及び目的

これまで、すでにダイオキシン、水銀、ばいじん、HCl、SO<sub>x</sub> などの排ガス中有害物質の調査は行われてきた<sup>1,2,3,4)</sup>。また、残灰、煙道灰についても重金属、六価クロムについてもその実態調査は行われてきた<sup>3,4)</sup>。今回の調査の対象は、医療用の放射性物質の存在の有無と六価クロムである。

近年、放射線療法の一つとして組織内照射療法というものがあり、密封線源を直接腫瘍の内部あるいは周辺に留置し、治療する方法がある。特に前立腺癌の治療にシード線源が用いられている。近年、年間 43,000 人の患者が新たに前立腺がんであると診断され、永久密封小線源治療の潜在的適応患者は 20,000 人と見込まれている<sup>5)</sup>。このことから、平成 23 年 2 月に日本放射線腫瘍学会、日本泌尿器科学会、日本医学放射線学会から、「シード線源による前立腺永久挿入密封小線源治療の安全管理に関するガイドライン」が発行されている<sup>5)</sup>。この中では 1 年以内に死亡された場合は、摘出が必要であるとされている。ガイドラインでは 1300MBq の <sup>125</sup>I シード線源で前立腺がんを治療した患者が 1 年後に死亡し、即日火葬された場合の関係者の被ばく線量が見積られている。いずれも年間 1mSv 以下の追加被ばくであり、治療後 1 年経過すれば、放射線防護の特別な措置は必要ないと考えられている。しかしながら、過去に 12 年間の治療患者数約 33000 人のうち、1 年以内の死亡例は 96 (約 0.3%)、そのうち 12 例 (約 0.04%) がシード線源を摘出することなく火葬されたと報告されている<sup>6)</sup>。

また、骨転移の疼痛緩和を目的として開発された治療用放射性医薬品メタストロン (塩化ストロンチウム) の使用においても <sup>89</sup>Sr が骨に残留し、火葬への影響が想定される。残留量は投与量と投与後の時間に依存するが、国際原子力機関は 2006 年に Nuclear Medicine Resources Manual を発行しており、その中で、遺体に含まれる放射能が <sup>90</sup>Y、<sup>131</sup>I 及び <sup>89</sup>Sr の場合は 1000MBq 以下、<sup>32</sup>P の場合は 400MBq 以下であれば、火葬にあたって特別な注意を必要としないことが記載されている<sup>7)</sup>。メタストロン自体は 1 回あたり 200MBq 以下の投薬であることから現時点では火葬従事者、家族、公衆への曝露は低いとみられている。また、従来より火葬炉内での爆発などの懸念があり、火葬不適物とされた心臓ペースメーカーの電源として、最近ではリチウム電池が使用されているが、1960 年代頃にはプルトニウム 238 が利用された例がある。

このように、医療器具として放射性物質の利用は過去から行われてきているが、現在の実態がよくわかっていないことから調査する必要がある。今後の医療の進展に伴い、放射性物質による治療も増加する可能性がある。

したがって、本研究では、残灰及び飛灰について、各組成を明らかにしたのち、まず、各灰の放射性物質濃度を調査することを目的とした。また、残灰、飛灰には六価クロムが含まれており、溶出濃度も高いことが知られているが、実態調査の件数は少なく、データの蓄積が必要である。したがって、六価クロムについては土壌汚染対策法にならい、組成データからクロム濃度が分散するようにサンプルを選択し、六価クロムの含有量と溶出量を調査し、組成の違い等の要因について検討した。

次に、放射性物質の濃度だけでなく、空間線量の測定を行い、実際、火葬炉周りではどの程度の線量があるのかを調査した。これは、対象とする物質の放射性物質の検知が難しく、ご遺体からの放射性物質の未取り出しに関する事故はめったにない可能性があり、実際の残灰、飛灰の調査では検知するのが難しい可能性が高いと判断される。したがって、比較的火葬件数の多い施設において、施設内に常時モニタリング装置を行う装置を設置し、空間線量の変化を調べ、最終的に、シード線源からの被ばく量を再評価するとともに、耐火レンガからの追加線量も評価した。

さらに、ご遺体を動かすデレッキ操作や火葬後の整骨、収骨、収骨後の清掃作業などがある。したがって、作業によっては粉じん曝露の危険性がある。しかしながら、火葬時の作業環境測定データは多くない。したがって、火葬炉施設における室内に浮遊する粒子状物質の定量評価を実施することを目的とした。具体的には、3施設において粉じん則に基づく作業環境測定と、粉じんより小さな粒径を示すナノオーダー粒子（粒径が300 nm以下）の個数濃度を計測した。炉の開閉を通じ、粒子状物質がどれほど室内に放出されるかを、労働安全衛生法（作業環境測定法、粉じん）に基づき計測した。また、粒子状物質に含まれるもしくは粒子として存在する金属類に着目し、これらをフィルターに捕集することで金属元素量を定量し、調査対象エリアで働く作業者に与えるリスクを評価することも目的とした。これに加え、全粒径のフィルター捕集と、粒子の大きさ毎に分級したフィルター捕集を実施することで、重量濃度や、含有元素量を定量した。

#### 参考文献

- 1) 武田信生(主任研究者): 火葬場から排出されるダイオキシン類の実態調査、平成9年度厚生科学研究費補助金(厚生科学特別研究事業)報告書(1998)
- 2) 武田信生(主任研究者): 火葬場からのダイオキシン類の排出抑制対策の検討、平成10年度厚生科学研究費補助金(厚生科学特別研究事業)報告書(1999)
- 3) 武田信生(主任研究者): 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、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)
- 4) 武田信生(研究代表者): 火葬場におけ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、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、平成20年度～21年度総合研究報告書(2010)
- 5) 日本放射線腫瘍学会、日本泌尿器科学会、日本医学放射線学会: シード線源による前立腺永久挿入密封小線源治療の安全管理に関するガイドライン 第五版 (2011)
- 6) シード線源を使った遺体の火葬研究(ヒアリング資料)、萬篤憲(日本アイソトープ協会医学・薬学部会放射線治療専門委員会、前立腺癌永久挿入治療推進ワーキンググループ主査、国立病院機構東京医療センター)
- 7) 医薬品医療機器総合機構: 医薬品医療機器情報提供ホームページ、審議結果報告書(メタストロン)

[http://www.info.pmda.go.jp/shinyaku/P200700035/34103700\\_21900AMG00003\\_Q100\\_2.pdf](http://www.info.pmda.go.jp/shinyaku/P200700035/34103700_21900AMG00003_Q100_2.pdf)  
(2013.7.1 閲覧)

## 第2節 火葬場における残灰・飛灰中の放射性物質及び六価クロム

### 1. サンプルングと方法

#### 1.1 サンプルング

煙道灰、残灰ともに、上記でターゲットとした放射性物質を含む事象にぶつかる可能性は高くない。したがって、多くの数を対象にする必要がある。そのため、比較的火葬数が多い2施設において、残灰、飛灰をサンプルングした。以下に具体的な手順について示す。

#### 1) 残灰のサンプルング法

- ① A施設においては、サンプルングする炉は、2炉を対象とした。また、B施設においては、1炉を対象とした。
- ②残灰の掃除用のトレイより、100g程サンプルングをし、粉砕機（ワンダーブレンダー：大阪ケミカル）で粉砕後、サンプルングボトル（300mlのポリビン）に入れる。  
ラベルは、

○号炉
○月○日
○時○分
○○ ○○ ← サンプルング者 (姓だけでOK)



掃除用のトレイ

とし、マジックで直接記入するものとする。サンプルングは、斎場側の炉裏担当者に行っていた。

- ③サンプルング日は、A施設については、11月初旬～12月末の約2か月、B施設は10月末～11月。当日の該当炉の、全ての火葬でサンプルングを行う。（開始時は変動の可能性有り）
- ④サンプルングの対象ご遺体は、性別・年齢を記録した。

#### 2) 飛灰のサンプルング法

- ①飛灰はバグフィルタの点検口よりサンプルングした。サンプルング日は、10月○+1日～12月○+1日の毎日とし、当日の朝一、火葬前に行った。（1.③による）
- ②100g程サンプルングし、ラベルは1.②に準じるものとした。サンプルングは斎場側の炉裏担当者に行っていた。



バグフィルタの点検口

#### 1.2 組成分析

組成分析は蛍光X線分析装置を用いて行った。蛍光X線分析は測定装置内の真空試料室で

試料にロジウム管球からの蛍光 X 線を照射し、試料から発生する蛍光 X 線を複数の分光結晶を用いて分光し、試料中に含まれる元素組成を定量するものである。

本実験では波長分散式(WD)蛍光 X 線分析装置（島津製作所製、XRF-1800）を使用した。試料は高速振動試料粉碎機（島津製作所製、CMT TI-1100、容器はタングステンカーバイド製）により 2 分間乾式粉碎し、粉末状にしたものをアルミキャップ（39.7mmφ×11.3mmH）にとり、ブリケットプレス機（島津製作所製 MP-35）によりシリンダ内圧 140kgf/cm<sup>2</sup>（表示 35t）、加圧時間 25 秒で成型したものを測定した。本研究では、蛍光 X 線分析法の測定対象元素である元素番号 6 の C（炭素）から元素番号 92 の（ウラン）までを 100% として規格化して構成比を算出する Fundamental Parameter 法（FP 法）により濃度を換算した。

### 1.3 放射性物質の測定法

Ge 半導体検出器を用いて、できるだけ多くの種類の放射性物質を測定し、自然起源以外の放射性物質の存在量を測定する。自然起源放射性物質の存在量に比べて無視できる量となる可能性も高い。本測定では、検出効率の導出にかなりの時間を要することが想定されるため、サンプル採取後、Ge 半導体検出器によって、まずは試料の測定を行ってその検出結果を考慮しながら、検出効率の導出を行うための測定を行うことが予想される。サンプルは U8 容器などに移し替えて、測定に供した。

### 1.4 六価クロム含有量・溶出試験

含有試験は平成 15 年 3 月環境省告示第 19 号付表に掲げる方法に基づいて、行った。溶出試験は S48 環境庁告示第 13 号第 1.1 「産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法」に基づいて行った。六価クロムの濃度の測定は、JIS K 0102 65.2.1 ジフェニルカルバジド<sup>®</sup> 吸光光度法で行った。サンプルは A 施設、B 施設ともにそれぞれ残灰は 10 サンプル、飛灰 10 サンプルとした。サンプルの選定は濃度、性別、炉を考慮した。

## 2. 結果及び考察

### 2.1 男女構成・年齢分布・測定数

施設 A および B で採取したサンプルの女構成・年齢分布・測定数等の各種統計情報を表 6-1 に示す。施設 A の採取期間は 2014 年 11 月 7 日～12 月 30 日、残灰総数は 191、飛灰総数は 95、男女構成は男性 91 人、女性 100 人、平均年齢は 83 才であった。施設 A は、A-1 と A-2 の 2 炉に分けて試料を採取したが、男女構成や年齢分布に大きな違いはなかった。この内、残灰および飛灰の元素組成測定数は 191 および 95、放射性物質測定数は複数人分をひとまとめとし 29 および 27 であった。一方、施設 B の採取期間は 2014 年 10 月 30 日～12 月 7 日、残灰総数は 136、飛灰総数は 34、男女構成は男性 70 人、女性 66 人、平均年齢は 78 才であった。この内、残灰および飛灰の元素組成測定数は 136 および 34、放射性物質測定数は複数人分をひとまとめとし 21 および 9 であった。

表 6-1 男女構成・年齢分布・測定数

施設		A-1	A-2	B
期間(Y/M/D)		2014/11/7-12/30	2014/11/7-12/30	2014/10/30-12/7
男女構成	男性(人)	39	52	70
	女性(人)	54	46	66
年齢分布	21-30(人)	0	0	1
	31-40(人)	0	0	1
	41-50(人)	0	0	5
	51-60(人)	3	2	5
	61-70(人)	9	7	23
	71-80(人)	28	27	30
	81-90(人)	31	40	44
	91-100(人)	20	20	26
	101-110(人)	1	2	1
	不詳(人)	1	0	0
平均年齢(才)		82	84	78
残灰数		93	98	136
残灰測定数	元素組成	93	98	136
	放射性物質	29(2-12人分混合)		21(4-10人分混合)
飛灰数		46	49	34
飛灰測定数	元素組成	46	49	34
	放射性物質	27(1-10試料混合)		9(1-8試料混合)

## 2.2 組成分析結果

残灰の元素組成を表 6-2 に示す。以下、表中の小文字アルファベット a, b, c は多重比較によって有意差有り ( $p < 0.05$ ) の場合、異なるアルファベットで示し、有意差がない場合、同じアルファベットを用いて示した。加えて、 $a > b > c$  の順番で比較した群の代表値が有意に大きいことを示す。なお、ab は a, b どちらも有意差がないことを意味する（他のアルファベットについても同様）。

A 施設においては 2 炉からサンプリングを行った A-1 炉のサンプルは 93 サンプル、A-2 炉は 98 サンプルを分析した。元素濃度が A-1 炉より A-2 炉で統計的に有意に 2 倍以上高かった元素は Cr, Ni であり、逆の傾向が Sr でみられた。江口は、火葬炉の残骨灰及び飛灰の調査によりクロム及び六価クロムの起源がステンレス製架台であることを指摘している<sup>1)</sup>。A-1 炉ではステンレス鋼の代わりにセラミック材料が使用されていることから、その違いが大きく現れたと考えられた。Pb は元々検出頻度が低く、A-1 および A-2 間での差も見られず、材質の影響とは考えにくかった。一方、B 施設においては 136 サンプルを分析した。元素濃度が A-1 炉より B 炉で統計的に有意に 2 倍以上高かった元素は Cr, Ni, Mg であり、A-2 炉と同様の結果を示した。B 炉においても A-2 炉同様にセラミック材料が使用されていると考えられ、それによる違いが大きく現れたと考えられた。

飛灰の組成を表 6-3 に示す。A-1 炉、A-2 炉のサンプルはそれぞれ 46 および 49 サンプルを分析に供した。傾向としては、残灰と同様に Cr, Ni において、A-1 炉と A-2 炉において大きな差が現れた ( $p < 0.05$ )。一方、B 炉は 34 サンプルを分析に供した。傾向としては、残灰と同様に Cr, Ni において、A-1 炉と B 炉において大きな差が現れた ( $p < 0.05$ )。以上の理由は残灰と同様と考えられた。

本調査から A-2 炉では耐熱鋳鋼 (SCH11) ASTM327 相当が使用されており、これは Ni が

4.00~6.00%、Cr が 24.00~28.00%、Mn が 1.00%以下使用されているものである。当該の耐熱鋳鋼における元素比 Ni : Cr : Mn = 5 : 26 : 1 に着目する。残灰に関して、A-2 では 0.04 : 0.16 : 0.02 = 2 : 8 : 1、B では 0.05 : 0.13 : 0.02 = 5 : 13 : 2、A-1 では 0.01 : 0.07 : 0.03 = 1 : 7 : 3 であった。これより残灰における Ni : Cr : Mn 比は炉の耐熱鋳鋼の組成由来の影響で、Ni および Cr が Mn より相対的に高値になったものと考えられる。一方、Mn が相対的に多く含まれている A-1 に関しては、異なる材料の影響によるものと推察される。

飛灰に関して、A-2 では 0.05 : 0.15 : 0.03 = 5 : 15 : 3、B では 0.02 : 0.14 : 0.01 = 2 : 14 : 1、A-1 では 0.01 : 0.04 : 0.03 = 1 : 4 : 3 であった。この結果からも、残灰における考察と同様に A-2 および B と A-1 では異なる材料の影響があるものと考えられる。

以上から、火葬炉で使用されている材料が残灰および飛灰中における元素組成に影響を与えている可能性が示された。とりわけセラミック材料を使用している場合は、残灰や飛灰中におけるクロム濃度の増加が懸念される。

表 6-2 残灰の元素組成 (%)

施設		A-1			A-2			B		
元素	検出数	平均	標準偏差	検出数	平均	標準偏差	検出数	平均	標準偏差	
C	93/93	5.40	3.11 b	98/98	7.08	6.46 ab	136/136	6.32	1.44 a	
O	93/93	42.29	1.25 a	98/98	40.95	3.70 b	136/136	40.34	1.14 b	
Na	93/93	4.45	1.66 a	98/98	3.60	1.50 b	136/136	3.28	1.12 b	
Mg	93/93	2.00	0.95 b	98/98	1.65	1.10 b	136/136	6.32	5.63 a	
Al	93/93	9.17	5.35 a	98/98	5.28	3.21 b	136/136	0.40	0.41 c	
Si	93/93	1.30	0.71 a	98/98	0.99	0.85 b	136/136	1.02	0.85 b	
P	93/93	8.97	3.02 c	98/98	11.67	3.32 a	136/136	10.60	3.14 b	
S	93/93	0.21	0.13	98/98	0.22	0.45	136/136	0.22	0.11	
Cl	93/93	0.19	0.21	96/98	0.50	2.23	136/136	0.23	0.25	
K	92/93	1.51	0.60 b	98/98	1.23	1.31 b	136/136	1.86	0.87 a	
Ca	93/93	22.80	3.12 c	98/98	25.29	5.68 b	136/136	28.00	6.25 a	
Ti	91/93	0.73	0.66 a	96/98	0.45	0.35 b	134/136	0.48	0.48 b	
Cr	93/93	0.07	0.17 b	98/98	0.16	0.12 a	136/136	0.13	0.11 a	
Mn	88/93	0.03	0.08	84/98	0.02	0.02	123/136	0.02	0.02	
Fe	93/93	0.64	0.54 ab	98/98	0.70	0.38 a	136/136	0.56	0.40 b	
Ni	41/93	0.01	0.02 b	98/98	0.04	0.02 a	136/136	0.05	0.04 a	
Cu	90/93	0.03	0.04 b	97/98	0.05	0.06 a	111/136	0.02	0.05 b	
Zn	93/93	0.07	0.10	98/98	0.08	0.15	136/136	0.06	0.10	
Sr	93/93	0.02	0.01 a	96/98	0.01	0.00 b	135/136	0.02	0.00 ab	
Pb	5/93	0.05	0.08	7/98	0.02	0.01	2/136	0.10	nc	

Games-Howell検定, nc: 計算不可, a > b > c の順に有意差有り(p < 0.05), 空欄: 有意差なし

表 6-3 飛灰の元素組成 (%)

飛灰										
施設	A-1				A-2			B		
元素	検出数	平均	標準偏差	検出数	平均	標準偏差	検出数	平均	標準偏差	
C	46/46	17.11	7.05 b	49/49	32.37	4.97 a	34/34	17.89	5.88 b	
O	46/46	26.14	3.46 a	49/49	22.98	1.85 b	34/34	25.09	1.82 a	
Na	46/46	10.80	1.43 a	49/49	8.94	0.77 b	34/34	11.20	0.90 a	
Mg	46/46	0.81	0.43 a	49/49	0.42	0.13 b	34/34	0.32	0.11 c	
Al	46/46	1.57	1.25 a	49/49	1.01	0.24 b	34/34	0.15	0.11 c	
Si	46/46	0.70	0.14 ab	49/49	0.81	0.31 a	34/34	0.67	0.21 b	
P	46/46	1.05	1.37	49/49	0.70	0.10	34/34	0.76	0.14	
S	46/46	3.03	0.54 c	49/49	3.54	0.30 b	34/34	3.83	0.31 a	
Cl	46/46	18.24	3.61 b	49/49	13.76	1.90 c	34/34	21.66	2.25 a	
K	46/46	10.78	2.04 b	49/49	8.62	1.11 c	34/34	15.11	1.77 a	
Ca	46/46	6.88	3.81 a	49/49	3.13	1.07 b	34/34	1.47	0.90 c	
Ti	46/46	0.34	0.10 a	49/49	0.25	0.06 b	34/34	0.15	0.11 c	
Cr	46/46	0.04	0.02 c	49/49	0.15	0.03 a	34/34	0.14	0.02 b	
Mn	46/46	0.03	0.01 a	49/49	0.03	0.01 a	34/34	0.01	0.01 b	
Fe	46/46	1.68	0.90 b	49/49	2.47	1.70 a	34/34	0.73	0.74 c	
Ni	44/46	0.01	0.01 c	49/49	0.05	0.01 a	34/34	0.02	0.01 b	
Cu	46/46	0.03	0.01 a	49/49	0.02	0.00 b	34/34	0.02	0.00 c	
Zn	46/46	0.59	0.14 b	49/49	0.65	0.13 ab	34/34	0.68	0.09 a	
Sr	46/46	0.01	0.00 a	49/49	0.01	0.00 b	15/34	0.01	0.00 b	
Pb	45/46	0.04	0.01 a	49/49	0.03	0.00 b	34/34	0.02	0.00 c	

Games-Howell検定, a > b > c の順に有意差有り(p < 0.05), 空欄: 有意差なし

### 2.3 放射性物質の種類及び濃度

表 6-4 残灰および飛灰の放射性核種濃度

残灰							
施設	A			B			
放射性核種	検出数	平均	標準偏差	検出数	平均	標準偏差	
Cs-134(Bq/kg)	0/29	nd	nc	0/21	nd	nc	
Cs-137(Bq/kg)	0/29	nd	nc	0/21	nd	nc	
K-40(Bq/kg)	10/29	590	183	17/21	758	575	

nd: 不検出, nc: 計算不可

飛灰							
施設	A			B			
放射性核種	検出数	平均	標準偏差	検出数	平均	標準偏差	
Cs-134(Bq/kg)	3/27	3.54	0.717	4/9	22.1	4.72	
Cs-137(Bq/kg)	5/27	65.5	22.4	9/9	248	67.0	
K-40(Bq/kg)	25/27	4348	1591	9/9	9443	1589	

施設	A-1			A-2		
放射性核種	検出数	平均	標準偏差	検出数	平均	標準偏差
Cs-134(Bq/kg)	2/9	3.89	nc	1/9	2.83	nc
Cs-137(Bq/kg)	4/9	70.6	22.2	1/9	45.1	nc
K-40(Bq/kg)	9/9	3838	1934	7/9	4005	953

nc: 計算不可

残灰および飛灰の放射性核種濃度を表 6-4 に示す。残灰の放射性物質濃度は低いいため、A-1 炉と A-2 炉も合わせて分析した。Cs-134、Cs-137 とともに A、B 両施設から検出されず、カリウム 40 のみ検出された。このことから、混合による 100 検体ほどの分析においても Sr や I といった医療用の放射性物質の検出はなかった。

A 施設の飛灰試料の内、1 サンプルを用いて A-1 炉および A-2 炉が区別できるものがそれぞれ 9 サンプルあったため、それらについても表 4 中に示した。これら以外は A-1 炉および A-2 炉の複数サンプルが混合した状態で分析した。飛灰については、ごくわずかに Cs-134、Cs-137 が検出された。しかしながら、合わせて 300Bq/kg 以下であった。都市ごみ焼却灰等では現在、Cs-134 は Cs-137 に対して 1/4 程度あるが、本調査ではやや Cs-134 が低い結果であった。検出下限に近いレベルであることも影響していると考えられる。残灰と同様、医療用の放射性物質の検出はなかった。K-40 のレベルは A 施設で 4400Bq/kg 程度、B 施設で 9400Bq/kg 程度であった。K-40 は天然に存在する代表的な放射能で、太陽系がつくられた時から存在している。同位体存在比は 0.0117% で、カリウム 1g に放射能強度が 30.4 ベクレルの K-40 が入っている<sup>1)</sup>。つまり、この計算では残灰には 300~470Bq/kg 程度、飛灰には 2670Bq/kg ~2950Bq/kg 程度含まれることになる。測定値はやや大きいと同じオーダーであった。なお、A 施設の K-40 の検出数は 25 であり、A-1 炉および A-2 炉合計の検出数 16 よりも 9 サンプル多い。これは上記理由で A-1 炉と A-2 炉の区別がつかない試料によるものである。K-40 の平均値、標準偏差の違いも同様の理由による。

本研究では、医療用の放射性物質が検出されなかったが、事故が起こりうることを想定すると、サーベイメータなどによりスキャンすることはありうる。放射性物質のモニタリングポストが反応することもあることから、サーベイメータで十分検出されうるものであると考えられる。

#### 2.4 六価クロム含有濃度および溶出濃度

六価クロムの含有濃度（含有）、六価クロム溶出濃度（溶出）の結果を表 6-5 に示す。各サンプルを 3 回測定し、平均値および標準偏差を同表に示す。溶出濃度は、残灰の 1 サンプルのみ <0.05mg/L となり、環境基準（0.05mg/L）を満たしたが、残りのサンプル 19 サンプルはすべて環境基準を超えるデータが検出された。飛灰と残灰を比べると、残灰でばらつきが大きい傾向が見られた。

表 6-5 六価クロム含有量及び溶出濃度

炉	性別	年齢(才)	溶出試験(mg/L)			含有試験(mg/kg)			
			平均	標準偏差	変動係数 (%)	平均	標準偏差	変動係数 (%)	
残灰	A-1	男	71	14	1.7	12	130	10	7.7
		男	82	36	1.2	3.2	257	64	25
		女	95	0.18	0.11	63	570	36	6.3
		女	74	61	3.6	5.9	440	96	22
		男	66	0.22	nc	nc	5.3	0.91	17
	A-2	女	80	36	3.5	9.6	427	38	8.9
		男	79	<0.05	nc	nc	147	15	10
		女	60	0.05	nc	nc	107	32	30
		男	81	2.3	0.12	5.1	200	10	5.0
		女	86	0.14	0.08	53	44	13	29
飛灰	A-1		2.1	0.64	30	29	12	40	
			5.6	0.42	7.4	48	10	21	
			1.1	0.0	0.0	12	1.2	9.9	
			2.6	0.15	5.8	34	12	34	
			3.6	0.80	22	9.1	2.5	28	
	A-2		36	3.1	8.6	187	47	25	
			33	1.2	3.5	227	31	13	
			13	1.0	7.7	210	36	17	
			21	2.1	10	170	10	5.9	
			17	1.7	10	101	25	25	

nc: 計算不可

全量 VS 含有、全量 VS 溶出、含有 VS 溶出の関係を図 6-1 に示す。全量 VS 含有、含有 VS 溶出の相関係数は  $R^2=0.30$  で正の比例関係があった。相関係数は高くないが、六価クロム量は大きくはクロム全量に比例することを示している。つまり、その変換割合が濃度によらず、ほぼ同じであることを示している。また、含有 VS 溶出についても同様で、六価クロムとして含有されるとある比例関係で溶出することを意味している。しかしながら、全量 VS 溶出では相関係数は小さく、関係性は薄かった。

また、よく見ると、飛灰については六価クロムが含有されるとほぼ溶出すると言えるが、残灰については必ずしもそうではなく、六価クロムとして飛灰同様にほぼ全量が溶出するものがあるが、逆に数%以下の溶出というサンプルもあった。

そこで、B 炉の残灰 20 サンプルについて 2 mm のふるいで分級し、それぞれ元素組成を分析した。粒径別の結果を表 6-6 に示す。Mg や P は 2 mm より大きい粒径で有意に高く、Cr や Fe は 2 mm より小さい粒径で有意に高い値を示した。上述の通り飛灰中の六価クロムは溶出性が数%~30%と高いが、残灰中の六価クロムは検出下限値以下のものから 30%程度のものでばらつきが大きくなっていった。この原因として、残灰中の粒径の小さな粒子中に含まれる Cr は溶出しやすく、逆に粒径の大きな粒子中の Cr は溶出しにくくなっているため、飛灰中の Cr は一様に溶出性が高く、残灰中 Cr の溶出性にばらつきが出たものと考えられる。今回の測定結果では、残灰中では粒径の小さなものの Cr 濃度が高かったため、残灰を取り扱う作業員の吸引リスクについても留意する必要があると考えられる。

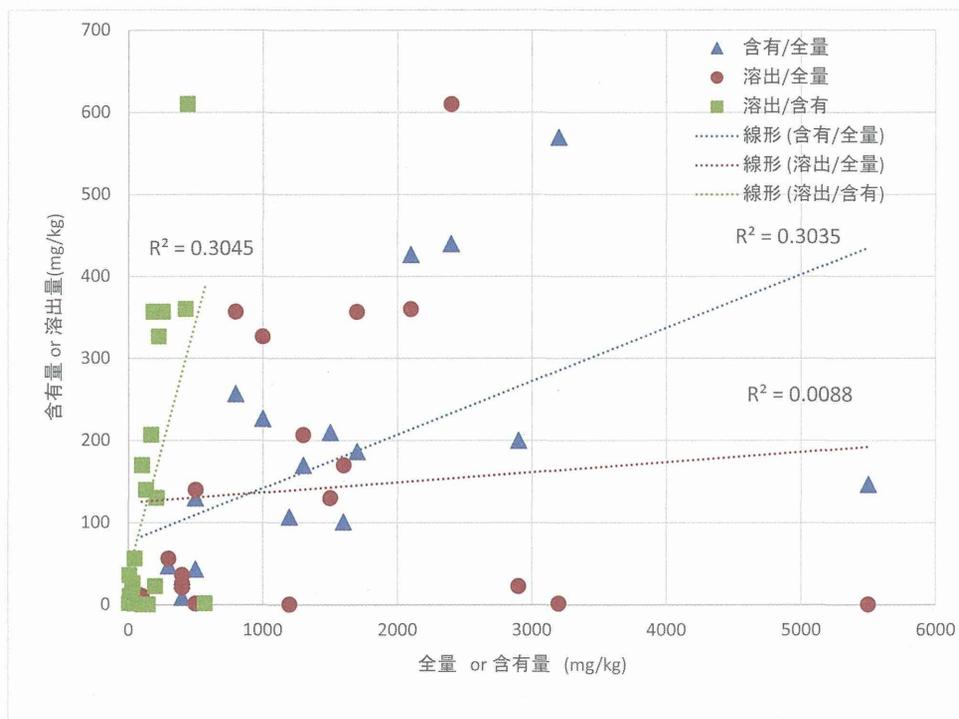


図 6-1 クロム全量、含有量、溶出量の関係

表 6-6 施設 B 残灰の粒径別の元素組成

施設		B, < 2 mm		B, > 2 mm			有意差
元素	検出数	平均	標準偏差	検出数	平均	標準偏差	
C	20/20	8.19	3.12	20/20	4.94	1.15	#
O	20/20	41.99	1.43	20/20	40.45	1.04	*
Na	20/20	4.40	1.50	20/20	1.84	1.19	*
Mg	20/20	5.30	7.15	20/20	14.18	9.15	#
Al	20/20	0.70	0.37	20/20	0.32	0.41	*
Si	20/20	2.08	1.40	20/20	1.23	1.42	ns
P	20/20	7.73	2.38	20/20	12.58	2.96	*
S	20/20	0.32	0.10	20/20	0.14	0.10	*
Cl	20/20	0.25	0.17	20/20	0.13	0.11	#
K	18/20	2.45	1.26	20/20	1.16	0.98	*
Ca	20/20	24.02	4.55	20/20	22.34	6.17	ns
Ti	20/20	1.30	1.17	19/20	0.32	0.98	*
Cr	20/20	0.22	0.19	20/20	0.06	0.04	#
Mn	20/20	0.04	0.03	15/20	0.03	0.04	ns
Fe	20/20	0.78	0.41	19/20	0.20	0.15	#
Ni	20/20	0.06	0.04	20/20	0.03	0.02	#
Cu	18/20	0.01	0.00	10/20	0.04	0.04	#
Zn	20/20	0.07	0.06	20/20	0.03	0.02	*
Sr	20/20	0.02	0.01	20/20	0.01	0.00	#
Pb	1/20	0.01	nc	0/20	nd	nc	

t検定, nd: 不検出, nc: 計算不可, ns: 有意差なし, 空欄: 検定不可

\*: 等分散で有意差有り, #: 等分散なしで有意差あり(p < 0.05)