

火葬場の設置管理運営基準の見直しに関する研究

研究代表者 横田 勇 静岡県立大学名誉教授 日本環境斎苑協会常任理事

研究要旨

火葬場は、社会的に不可欠な施設であるが、設置管理運営が適切に行われなければ公害や労働災害を発生させる可能性がある。火葬場の設置・管理運営は、墓地埋葬法に基づき規制されているが、明文化された基準は定められていない。このため過去の厚生労働科学研究で、火葬場に係る公害、労働災害の実態調査、他の公害規制の動向調査等を行い、設置管理運営に関する指導指針「火葬場の建設・維持管理マニュアル」を策定し、公表してきている。

現行指針の基礎は、平成 20～21 年度に行われた研究であるが、指導指針は社会の要請、状況の変化に応じ、一定の期間を経て、適切に改訂される必要がある。このため、下記の項目について調査検討を行った。

1 火葬作業従事者の労働安全について、従来のダイオキシン等有害物質の排出に加え、ペースメーカ装着遺体の火葬による火葬炉操作時の事故、前立腺癌の放射線治療器具装着遺体の火葬による被曝への対策及び副葬品の火葬作業への影響と対応策等についても検討を行った。

あわせて、火葬従事者の作業環境について、粉じん等の測定を行うとともに有害物質にどの程度曝露されているかを評価・検討した。この結果、古い火葬場では六価クロムについての定期的な測定や粉じんを伴う作業時には暴露防止のため保護具の使用が望ましい。

2 公害環境規制及び労働安全規制についても、新たな規制が追加改正されているかどうかを調査し多結果、ビル管理法に基づき環境測定が望ましい。

3 平成 27 年に通知された感染症により死亡した患者の遺体の火葬の取り扱いについて「埋火葬の円滑な実施に関するガイドライン」について維持管理マニュアルへの対応を検討した。

4 東日本大震災では、巨大津波によって一部の火葬場が損壊する等被害が発生した。また、多数の死者の発生に伴い、仮埋葬が実施される等様々な問題が発生した。今後も、首都圏直下型地震や南海トラフ地震等大規模な地震の発生が予測されており、地震に強い火葬場の整備と広域火葬体制の整備が必要である。

本研究では、このような最近の状況を踏まえ、これまで指導指針で定められていた設置管理運営基準を見直し、適切な設置管理運営基準を作成し、指導指針を拡充強化するための資料としようとするものである。

研究分担者 高岡 昌輝 京都大学大学院地球環境学堂教授

研究分担者 米田 稔 京都大学大学院工学研究科教授

研究分担者 藤森 崇 京都大学大学院地球環境学堂助教

第1章 研究の趣旨及び研究計画

第1節 研究の趣旨

本研究は、環境規制の動向、火葬場での有害物質等の排出状況を把握するとともに、災害対策上の要請、環境衛生、労働安全衛生への配慮などに関し、最近の状況を把握し、火葬場の設置管理運営基準の見直しを行おうとするものであり、地方自治体等に対し、火葬場の適切な設置管理運営のための指導指針を提供しようとするものである。火葬場の設置運営管理基準は、墓地埋葬法に明示の規定がなく、詳細な指針が示されていないことから、非営利活動法人日本環境斎苑協会が学識経験者、専門家で構成する検討会の検討を経て作成した「火葬場の建設・維持管理マニュアル」という形で策定されており、ある程度の期間を経て改訂される必要がある。設置管理運営の基準は、他に同様な指導指針がなく、この「マニュアル」が唯一の指導指針となっている。

今回の研究においては、これに加えて、次のような内容を含むものとして研究を行う。

- 1 東日本大震災における仮埋葬を踏まえ、災害時の埋火葬の在り方を見直し、マニュアルに必要な改定を行う。
- 2 医学の進歩に伴う体内埋め込み型デバイスである心臓ペースメーカー、小線源放射線治療器具等装着遺体に対する火葬場での対応について、マニュアルに追記すべき事項を検討する。
- 3 アンケート調査、ヒアリングを通じて、副葬品に対する適切な対応に関して、マニュアルに必要な見直しを行う。
- 4 前回策定後の公害規制、労働安全規制の動向を踏まえるとともに、火葬場における作業環境測定をおこない現状分析したうえで必要なマニュアルの見直しを行う。
- 5 平成27年度に厚生労働省から通知された、「感染症により死亡した患者の遺体の取り扱いについて」に示されたガイドラインについて維持管理マニュアルへの対応を行う。

第2節 研究計画

2年度目である今年度は、この研究を適切に実施するため、1年度に引き続き研究代表者である横田勇(静岡県立大学名誉教授)を委員長とし、学識経験者、公私の火葬場関係者、火葬場運営の専門家等で構成する研究委員会を組織して研究を行う。

研究委員会では、東西の火葬場2施設のヒアリングを行う。

また、心臓病の学術団体である日本不整脈学会、植込み型デバイス関連社会問題対策委員会委員長にもおいでをいただき、心臓ペースメーカーの業界団体である日本不整脈デバイス工業会に対してヒアリングを行う。

小線源放射線治療器具について、ペースメーカーと同様に体内埋め込み型医療器具として最近使われている前立腺癌の治療具について、火葬場における放射線の影響を調査する。

あわせて、同器具について放射線小線源治療学会、同業界及び日本アイソトープ協会に対してヒアリングを行う。

また、火葬場の作業環境を把握するため、比較的古い施設の作業環境測定を実施する。

関連する公害規制各法、労働安全関係法、建築物衛生法等について文献調査を行い、火葬場の設

置・運営に関するマニュアルの見直しに関し必要な調査を行う。

1 研究の体制

本研究の構成メンバー

委員長：横田 勇 【研究代表者】静岡県立大学名誉教授、日本環境斎苑協会常任理事

副委員長：高岡 昌輝【研究分担者】京都大学大学院地球環境学堂教授

米田 稔 【研究分担者】京都大学大学院工学研究科教授

藤森 崇 【研究分担者】京都大学大学院地球環境学堂助教

松井 康人【研究協力者】京都大学大学院工学研究科都市環境工学専攻講師

古巻 祐介 臨海部広域斎場組合事務局長

栗山 茂 亀岡市営火葬場長、日本火葬技術管理士会会長

川田 明 東京博善株式会社施設本部副本部長

福田 米文 日本火葬技術管理士会顧問

八幡 正 北海道砂川市吉野斎苑、日本火葬技術管理士会理事

奥村 明雄 日本環境斎苑協会理事長、(一財)日本環境衛生センター会長

【事務局】泊瀬川 孚 日本環境斎苑協会事務局長

森山 雄嗣 日本環境斎苑協会主任研究員

2 平成 27 年度研究計画

2 年度においては、次のような調査を実施する。

- (1) 東京及び関西の火葬場を対象に、体内埋め込み型デバイス装着遺体の火葬上の問題点及び現状の作業環境についてヒアリング調査を実施する。
- (2) 日本不整脈デバイス工業会に対して心臓ペースメーカーについてヒアリングを行う。
- (3) 公害規制、労働安全規制と墓地埋葬法との関係、公害規制、労働安全規制の動向等に関し、初年度に引き続き文献調査を実施する。
- (4) 放射線治療器具に関し、放射線小線源治療学会及び業界に対してヒアリングを行い、その特性、安全性等について調査を行う。
- (5) 火葬場の作業環境に関し、2 施設の作業環境を測定するとともに焼骨等に含まれる有害物質としてダイオキシン類、六価クロム等について初年度に引き続き分析及び評価を行う。
- (6) 以上の結果をもとに、火葬場の設置運営マニュアルに記述すべき項目を整理する。

「火葬場の設置運営基準の見直しに関する研究」スケジュール

区分	平成 27 年 度														
年月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	
打合せ等					事前打合せ 8/3										
検討委員会					第1回 8/21		第2回 10/**			第3回 1/**		第4回 3/**			
小委員会						第1回 10/**	適宜実施								
補足調査(副葬品の実態把握のための火葬場アンケート)					適宜実施										
文献調査					発注	中間報告	報告	まとめ・評価							
火葬場ヒヤリング調査					3か所程度実施 報告		まとめ・評価								
学会、業界等ヒヤリング調査(ベースマーカ、放射線医療関係)					各1回程度実施 報告		まとめ・評価								
火葬場測定調査					調査実施	報告	解析	まとめ・評価							
マニュアル改定案の検討						審議			火葬場の意見聴取	まとめ・評価					
報告書原案執筆、検討									分担確認 執筆	原案審議					
報告書印刷・提出															

第2章 心臓ペースメーカー装着遺体への対応方針

まえがき

植え込み型心臓デバイス（ペースメーカー、植え込み型除細動器 ICD、など）は、心臓病患者に対して有効な体内装着型医療デバイス装置として、恩恵にあずかっている生存患者はおよそ 50 万人とも言われている。このため、これを装着したまま亡くなられた方が火葬される際に火葬炉内でデバイスが破裂し、場合によっては炉の損傷や火葬場職員の負傷が危惧されていた。

このため、日本不整脈心電学会では、デバイス植込み遺体の火葬拒否の実態を調査した。また、学会に報告された火葬時の破裂実験結果を厚生労働省に報告している。今回の研究では、火葬場でのアンケート調査と関係団体のヒアリングにより、問題の評価、対応策の検討を行う。

第1節 問題のポイント

1 問題点の把握

(1) 日本環境斎苑協会が行ったアンケート調査結果

1) 平成 24 年度、全国の火葬場に対して行った調査結果

平成 24 年度の「大規模災害時における埋火葬の在り方に関する研究」の中で行ったアンケートでは、副葬品及び心臓ペースメーカーについて設問を設けている。この調査では、全国 1519 施設（日本環境斎苑協会のデータから）にアンケートを送り 857 施設 56.4%から回答があった。その結果、次のようなことが分かった。

ペースメーカー装着遺体の火葬を拒否について

したことがあるとした施設は 39 施設 4.6%（回答数に対して、以下同様）、拒否したことがないのは 796 施設 92.9%であった。

副葬品やペースメーカーによる設備の損傷や職員の負傷の有り・無しについて

有、は 101 施設 11.8%、無、は 796 施設 92.9%であった。

においてであると回答した中で、半数の 51 施設が原因はペースメーカーと考えられると回答している。このことから、副葬品とペースメーカーは火葬にける問題点において、二分していることがわかった。

同じく、設備の損傷部位について

耐火物の損傷 28 施設 27.7%、炉壁セラミックスの損傷 10 施設 9.9%、炉内台車、ロストルが 10 施設 9.9%であった。

同じく、職員の負傷部位について

顔面の負傷、前髪が焼けた、耳が聞こえなくなったなど破裂時の爆風によるものと考えられる。

同じく、破裂時の状況がどうであったかについて

火葬時にペースメーカーの装着を知らなかったが 61 件 60.4%で最も多い。

着火から破裂までの時間を聞いたところ

着火後 10 分以内 25 件、同 20 分以内 28 件、合計すると 20 分以内が 52.5%であった。なお、記入がなかった件数も 43 件で 42.6%であった。

破裂に対する防護方法を聞いたところ

破裂音がするまで窓を覗かない、装着の事前確認、顔の保護具装着、火葬方法の工夫、ペースメーカーの除去をお願いするなどであった。

2) 平成 26 年度、自治体等火葬場設置団体への調査結果

平成 26 年度に行った全国の火葬場設置団体 1,094 団体（日本環境斎苑協会のデータから）に行ったアンケート調査によれば、心臓ペースメーカー等体内埋め込み型デバイス（以後デバイスという）装着遺体が火葬された場合、火葬がすすむとともに破裂し、遺骨の損傷、火葬炉の損傷、火葬従事者の負傷などの可能性がある。このことを理由に火葬を断ったことがあるとしたところが回答いただいた 531 団体中 16 団体 3.0%であった。墓地埋葬法では第 13 条では理由なく火葬を断ることはできないとされているが、このような事態があることは円滑な火葬の実施に支障を生ずる恐れがある。

これは、心臓植込みデバイスの破裂の爆風によって火葬炉の破損や火葬炉運転職員に対して危害を及ぼす恐れがあるためである。

回答の主な項目は以下のとおりである。

デバイス装着遺体は火葬場において問題が「有」との回答は、531 の回答数のうち 405 件 76.3%であった。

「有」と答えたうちの理由（複数回答）を聞いたところ、炉内損傷の恐れ 358 件 67.4%、職員の負傷の恐れ 331 件 62.3%、遺体（遺骨）の損傷の恐れ 224 件 42.2%であった。

デバイス装着遺体の火葬に関する対応について

遺体から装置の取り外しが必要である 155 件 29.2%、火葬場への事前の届け出が 273 件 51.4%であった。

取り外しを希望している 155 団体のうち、取り外してない遺体は火葬を断っているが 16 件 10.3%、破裂音がするまで窓を開けない 52 件 9.8%、一定時間窓を開けない 37 件 7.0%などであった。

一定時間窓を開けない時間を聞いたところ

回答した 37 件のうちの一定時間は、10 分以内 5 件 13.5%（37 件に対して）、11 分から 20 分 18 件 48.6%（同）、21 分から 30 分 8 件 21.6%（同）であった。

事前届け出がなかった場合の対応について

一定時間覗き窓を開けないが 186 件 68.1%、注意して火葬が 7 件 2.6%、遺族や葬祭業者に再度確認するが 7 件 2.6%、気にしていないが 50 件 18.3%であった。

で一定時間窓を開けないとした時間を聞いたところ

10 分以内が 29 件 15.6%、11 分から 20 分が 103 件 55.4%、21 分から 30 分 36 件 19.4%であった。

3) アンケート結果のまとめ

これまで、2 回行ったアンケートの結果からわかることは、炉設備の損傷や職員の負傷の恐れがあること、火葬場サイドでは装着の事実について事前の届け出があれば対応が考えられること、一定時間窓を開けたり覗いたりしないこと、どうしても開けなければならない事態では防護服や防護器具を身に着けるなど、火葬現場での対応が考えられることが示されている。

この問題は、墓地埋葬法で火葬場における受け入れ義務が定められている中で、安全に受け入れを行うための条件が確立されていないために、受け入れ拒否といった事態が生ずることの可能性を示している。

このため、この問題に適切に対処するためには、まず、マニュアルにおいて火葬場における安全確保のための対応基準の策定を行うこと、火葬場サイドでもデバイス装着遺体の申告による把握に努めることと同時に、遺体において植込みデバイス装着事実の確認システム及び遺体からのデバイス取り外しシステムの構築(費用負担の在り方を含む)、体内植込みデバイス遺体における医療機器に関する情報の提供と火葬時における安全確保の方法に関し、製造者による適切な情報の提供、より安全な製品開発への努力、テクノロジーアセスメントなど社会システムの構築を図る必要があることを示している。

第2節 学会、業界からのヒアリングの概要

初年度には日本不整脈心電学会からヒアリングを行った。この結果、今後装置が小型化していく中で、ご遺体からの装置の取り外しが技術的に難しいこと、ご遺体の移送や取り外しに対する費用負担(死後であるため医療保険の対象ではない)の問題があることが判明している。過去にデバイスの過熱実験の研究結果が日本不整脈心電学会学術大会で報告されている。この研究実験ではデバイス単体を火葬炉中で加熱し破裂させたものである。結果は実際の火葬時の実態とは必ずしも言えず、どう対応するかの判断ができないため、再度過熱実験をすとの考えもあった。しかし、デバイス機器が高価であることや実際の火葬状態を想定し再現した実験は難しいことなどから断念したとしている。

今年度は業界である日本不整脈デバイス工業会からヒアリングを行った。この結果、昨年と同様に取り外しは難しいこと、火葬場への申告については遺族がすべきだが遺族も知らないこともあること、など火葬場側の期待を埋める回答はなかった。

一方で、デバイスの進歩によって数年内に、より小型化が図られていく見通しであることがわかり、それにより破裂の程度も小さくなることが予想される。小型化が図られるデバイスは、カテーテルを用いて心臓内に直接植え込まれ、電池寿命に達した場合には新たに新規のペースメーカを追加で植込みを行うように計画されているとのことである。

なお、心臓植え込み型デバイスの現在の普及状況は、心臓ペースメーカの新規装着患者が年間約3万5千人、電池交換を必要とする患者が年間約2万5千人、このほか同様の器具としてICD(埋め込み型除細動器)装着者は年間約1万人、ILR(ループ式心電計)植え込み患者は年間約900人との報告があった。



出典：ペースメーカー業界ヒアリング資料（日本不整脈・心電学会・社会問題対策委員長 安部治彦氏提供）

第3節 火葬場へのヒアリングにおける状況

昨年度に引き続き2施設にヒアリングを行った。今回は、マニュアル改訂に必要な項目に限定して施設の作業環境、残骨灰の処理の状況を聞いたほか、副葬品に対する指導、体内埋め込み型デバイスに対する周知及び火葬時の対応を中心に聞き取りを行った。

2施設は、昭和13年に開場し、昭和50年及び昭和57年に改修を行い現在の施設になった施設と、もう一つは、昭和59年に開場し平成20年から21年にかけて改修し現在に至っている施設である。2施設とも運営管理は指定管理者制度で運営している。

ヒアリングを行った2施設とも、破裂の原因となる等から、事前に申し出を行うよう指導している。しかし、徹底していないのが実態のようであり、火葬申込書に記入欄を設けることが必要であるとも考えており対応に苦慮していた。

第4節 対応方針

(1) 火葬場での対応

対応の方策としては、火葬場での対応がまず考えられる。その際、次のような対応が必要である。

破裂までの時間、のぞき窓から覗かないこと、デレッキ棒の操作を行わないことである。

上記の時間は、おおむね20～30分程度と考えられるが、炉の構造、遺体の体重など異なる条件を勘案して対応すべきである。

破裂前の時間内にどうしても対応する必要があるときは、防護装置を装着する必要がある。防護装置としては、手袋、マスク、防護面等が考えられる。

装着の事実の確認のため事前の申告が必要である。このため、火葬申告書に所定の欄を設け、遺族または葬祭事業者に記載してもらうこととすべきである。これを有効にするため、あらかじめ、葬祭事業者と協議し、科学的かつ具体的に説明したパンフレット等により事前申告の徹底を呼び掛ける必要がある。

次頁に自治体独自に設定している火葬申込書に記述する項目の中に、ペースメーカーを表示した例（日本環境斎苑協会事務局案）を示す。その他の必要な項目は各自治体で様式決定の際に独自

に追加する。

【火葬申込書の参考例】

市火葬場予約申請書			
申請者	住所		
	氏名	続柄	電話番号
	本籍		
死亡者	住所		
	ふりがな	性別	男 女 不詳
	氏名	生年月日	明治 大正 昭和 平成 年 月 日
		死因	一類感染症 その他
	死亡年月日	平成 年 月 日	午前 午後 時 分
	心臓ペースメーカ等 [※]	心臓ペースメーカ 除細動器 その他 除去済み 不明	
	出棺場所	出棺時間	午前 午後 時 分
	到着時間	午前 午後 時 分頃	
備考			

注：心臓ペースメーカ等とは、体内埋め込み型の医療器具で心臓ペースメーカのほか除細動器、心電計、小線源治療器具などがありますがこれらは、火葬の際に破裂等して火葬業務に支障が出たり、ご遺骨が破損する恐れがあります。

(2) 医療機器製造販売業者、学会での対応

医療機器製造販売業者は、「医薬品医療機器等法」(旧薬事法)に基づき、製造販売承認を受けて販売しており、製品の性質、火葬した際の影響、その防止策を火葬場サイドに提示する責務があると考えられる。このため、製造販売業者団体では、製品の性質、火葬した際の影響、その防止策を調査し、火葬場に対し、適切な説明を行うべきである。また、爆発の程度が将来的に改善される方途を講ずべきである。このため、日本環境斎苑協会では、このことを製造販売業者団体に要請するとともに、行政においても、医療機器を承認する段階で、適切な指導が行われるよう要請する必要がある。

また、火葬場では、装着の事実が的確に把握できず、対応に苦慮しているのが現状である。このため、学会及び製造販売業者は、連携して、装着の事実を把握するシステムを確立し、照会に応じて答えられるシステムの整備を検討することが考えられる。

また、小線源放射線医療装置では、後に記載するように、1年以内に死亡された方については、原則的に取り外しを行う方針を学会が立てていることから、その影響が抑えられている実情も考慮し、しかるべき対応が検討される必要がある。その場合は、費用負担の問題もあり、将来的には小型化し、取り外しができない装置が広がる傾向もあることから、そのような状況も踏まえ、適切な対処方針が明確にされるべきである。

(3) 行政における対応

この問題は、国の認可に係る製品が火葬に際し、問題を生ずる可能性をどうするかという問題であることから、認可に際し、検討されるべき様々な課題の一つとして、火葬場における火葬の際の影響について、しかるべきテクノロジーアセスメントが行われ、火葬場サイドに適切な説明が行われるよう、国においてシステムを整備することが求められる。また、これに従い、製造販売業者に対し、適切な指導が行われることが必要である。

第3章 診療用放射線照射器具への対応方針

まえがき

体内埋め込み型デバイスとして、小線源放射線を用いた前立腺癌治療器具が12年ほど前から使われ始めている。装置は、永久挿入のため最終的には装着したままの遺体が火葬されることになる。このため、第6章に示す火葬場における影響を調査するとともに、放射線小線源治療学会、業界及び日本アイソトープ協会からヒアリングを行い前立腺癌の治療方法や今後の動向、放射能の影響等を聞いた。

第1節 問題のポイント

診療用放射線照射器具であるヨウ素125線源による永久挿入密封小線源治療に関するマニュアル（日本放射線腫瘍学会等関係医学学会作成）では、当医療器具による治療患者が治療後1年以内に亡くなった場合には線源を摘出することとされているが、線源を取り出すことなく火葬されるケースがあるとのことから、問題点を調査した。

業界ヒアリングから、2003年から始まったこの治療法は、2015年までの12年間で約33000人の患者に実施され、このうち96名が治療後1年以内に亡くなられ（死亡原因は、交通事故のほか前立腺癌以外の病気等による）、このうち12名が器具の除去がされないまま火葬された。

こうした結果、火葬場作業における残留放射能によって、作業員の被ばくが生じるのではないかとの危惧が生じたため、実際の火葬場における放射能被ばくが生じているかどうかを調査するとともに、第2節で述べる学会及び業界に対してヒアリングを行うこととした。

第2節 ヒアリング及び現場での実測値の状況

3.2.1 ヒアリング結果

本治療に精通している医師萬篤憲氏及び業界から三村昌人氏ほか（資料9）ヒアリングを行なった。この結果、体内埋め込み型の小線源治療器具は将来的にも前立腺癌に限られた治療方法とのことであった。これは医学の進歩で他の治療法も多数あるためとのことである。

現在の普及状況は、前記のとおりであるが、治療後1年以内に死亡した患者96人は、交通事故や他の病気による死亡である。他の治療法も普及していることから、今後、装着患者が大幅に増加することはないとのことであった。

日本では、放射線に対する認識（不安）が高いため、前記対応マニュアルでは、当初から治療後1年以内に患者が死亡した時には線源の摘出が決められており徹底されている。ただし、まれに摘出されずに火葬場に運ばれることがある、ということで前記した通り12年間で12人が摘出されずに火葬された。

聞き取り調査によれば、小線源治療の対象となる前立腺癌患者は年間約3万人であるが、このうち小線源治療を選択する患者は3000人を少し超える程度ということである。他の患者は小線源治療以外の治療を受けている。そして、この状況は今後も変わらないだろうというのが、医師萬篤憲氏及び三村昌人氏ほか関係者の考え方である。

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 第五版」が発行されている。この中では1年以内に死亡した場合は、摘出が必要であるとされている。

ガイドラインでは1300MBqの¹²⁵Iシード線源で前立腺癌を治療した患者が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。本件に起因する被ばくは年間1mSv以下であり、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。また、1年以内でも線源が摘出されずに火葬された例はあるが、その数は少数であり、影響は大きくないと考えられるが、関係機関においてこの方針を徹底することが望まれる。

3.2.2 火葬場における測定結果

詳細は、第6章に示されているが、火葬場において、放射線量の実測を今回2か所において行った結果は以下のとおりである。

1) 火葬場における空間線量率調査

火葬場の作業環境における空間線量率の調査では、火葬炉使用耐火レンガにもある一定の天然の放射性物質が含まれ、その近傍ではバックグラウンドよりやや高い空間線量率が検出された。外部被ばく量からの評価では、耐火レンガによる追加線量は58.4 μ Sv/年と推定され、一般公衆に対する年間の線量限度(実効線量1mSv)と比べても2桁低い値であり、健康上問題のある値ではなかった。

火葬炉内空間線量率の変化をモニターした結果、医療器具及び投与薬を由来とする放射性物質による変化は認められなかった。

2) シード線源からの被ばく量の再評価

前立腺永久挿入密封小線源治療後1年以内に死亡した場合は火葬前に御遺体から線源を摘出するという条件が厳密に守られる場合は、一般公衆に対する年間の線量限度を超えることはないと推定され、特段の処置をとる必要はないと考えられる。しかし、この条件が厳密に守られない場合は、放射線業務従事者ではない火葬場作業者の被ばく量が一般公衆に対する年間の線量限度を超える場合も考えられる。また、これらの評価においては内部被ばくの可能性が考慮されていないことから、その可能性の有無について、さらなる調査が必要だと考えられる。

この結果は、自然由来と同程度であり、有意な影響は出ていないと考えられる。

第3節 火葬場における対応策の検討

1. 火葬場からのアンケート調査、ヒアリングからみた状況

平成26年度に行った火葬場を所管する部局1094団体へのアンケート調査では、531団体(回収率48.5%)から回答があった。このうち、「聞いたことがない」が425団体(80.0%)、「聞いたことはあるが火葬したことはない」が39団体(7.3%)、「火葬したことがある」が2団体(0.4%)であった。

このような器具が装着された御遺体についてどのような対応が必要かについては、「取り外しが望ましい」が141団体(26.6%)、「届け出(事前申告)が必要」が71団体(13.4%)、「わからない」が282団体(53.1%)であった。

このように、アンケート結果では、これまでのところ、ほとんどの火葬場で器具が装着された遺体に関して認識がほとんどないのが実情である。

2. 火葬場における対応

現在の状況は、学会のマニュアルに従わずに火葬場に搬入される遺体はわずかであるが、学会及び業界に対し、マニュアルの履行徹底を要請することが必要である。

第4節 学会、業界及び行政への対応の在り方

上記のように、学会、業界においては、治療後1年以内に死亡した場合は線源を摘出することが原則とされている方針を徹底し、漏れを極力少なくするよう努めることが求められる。また、行政サイドでも引き続きこの方針を維持するよう指導されることが望まれる。また、今回行ったような火葬場における実測については、学会及び業界において確認的に実施されることが望まれる。

【参考資料：放射線治療器具】

**放射線を出す小さなカプセルを
前立腺内に挿入します。**

非常に弱い放射線を出す小さな線源(長さ:約4.5mm、直径:約0.8mm)を50~100個ほど前立腺内に挿入し、前立腺内のがん病巣へ放射線を照射します。小線源はチタン製でカプセル状になっており、中に放射性ヨウ素(I-125)が密封されています。このカプセルは永久に前立腺内に残りますが、出る放射線量は徐々に弱まり、1年後にはほとんどゼロになります。

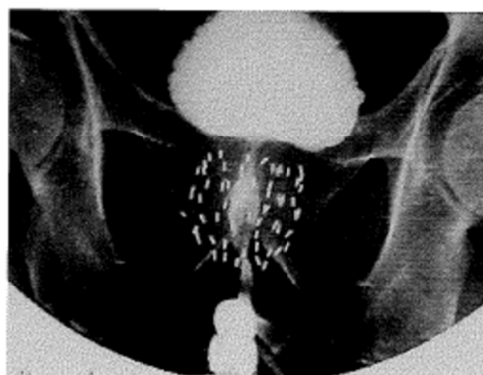
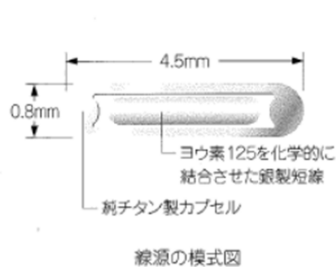


図1 小線源カプセル

写真1 カプセル装着状況

出典：ヨウ素125線源の永久挿入による前立腺がん小線源療法～治療に関するQ&A～

監修 埼玉医科大学放射線腫瘍科教授 土器屋 卓志

修 国立病院機構東京医療センター泌尿器科医長 斎藤 史郎

日本メジフィジックス㈱

参考文献

1 . 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)

* : 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、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編第五版

** : Dauer LT., Globalization, implantation, cremation ... Oh, my! Brachytherapy. 2012 May-Jun;11(3):197-8. doi: 10.1016/j.brachy.2011.08.001. Epub 2011 Sep 17.

T. Satoh, et al., Postmortem radiation safety and issues pertaining to permanent prostate seed implantation in Japan. Brachytherapy. 2015 Mar-Apr;14(2):136-41. doi: 10.1016/j.brachy.2014.08.043. Epub 2014 Sep 6.

第4章 副葬品への対応方策

まえがき

死者を弔うために、日本では柩に生前使用していた品々を副葬品として挿入することが行われてきた。風習としてはあの世への旅立ちのために、草鞋をはかせたり、六文銭を入れるのが一般的であり死者が老人であれば杖などを入れることもある。

かつてのように土葬であればこれらの副葬品は、何ら問題はないが、今日のように火葬が一般的になり、生前の活動が釣りやゴルフであった場合は、あの世でも釣りやゴルフをするのではないかということで、釣竿やゴルフクラブが挿入されることもある。金属製であれば燃えることなく遺骨とともに残るが、カーボン製となると燃えた後カーボン繊維が集じん機に飛び、目詰まりを起こすこともあるとのことである。

また、酒好きであった人にはビール缶や酒瓶が入ることもあるとのことであるが、この場合は火葬炉内で破裂したり遺骨に何らかの影響を及ぼすこともある。

このようなことから火葬場では、副葬品の挿入をしないようあらゆる手段を用いて排除に努めているが必ずしも十分な成果を上げていないと考えられる。

本編では、いかにしたら副葬品を減らすことができるか、啓発の方法を検討した。

第1節 アンケート及びヒアリング結果から見た問題点

1. 平成24年度に日本環境斎苑協会が行ったアンケート調査(全国1519施設のうち回答のあった857施設、回収率56.4%)によれば、副葬品の制限をしている施設が740施設86.3%であった。

副葬品の制限についての要請先は、葬祭業者が600施設81.1%、遺族へHPやチラシを使って504施設68.1%であった。制限を行っていない施設は99施設11.6%であり、多くの施設で制限を行っていることが分かった。

副葬品やペースメーカーによる設備の損傷や職員の負傷があるは101施設11.8%、ないは796施設92.9%であった。(前出)

副葬品に対する問題意識は強くあり、各施設とも施設利用案内で注意を促すとともに啓発用のチラシを葬祭業者に配布しているが、徹底していないのが実態である。

2. 今年度行った2施設では、施設の利用説明のホームページで火葬場利用者及び葬祭業者に対して啓発を行うとともに、葬祭業者には随時チラシを用いて火葬に影響を及ぼす副葬品を柩に入れないうお願いしている。品目としては以下のとおりである。

ア．溶解や爆発の原因となるもの

飲料缶、スプレー缶、ライター、電池、金属製品(ラジオ・携帯電話等)

カーボン製品(杖、釣竿、ゴルフクラブ、ラケット、竹刀等)

ガラス製品(瓶、鏡、食器、メガネ、腕時計等)

アルミ製品、湯たんぽ等

イ．不完全燃焼の原因となるもの

厚手の寝具、書籍類、くだもの、過剰な量の花、ぬいぐるみ

ウ．大気汚染、公害の原因となるもの

石油化学製品(プラスチック製品、玩具、化学製品、敷物等)

第2節 対応方針

(1) 基本的方向

副葬品は、多くの火葬場が制限を行っているように、ものによっては爆発等も想定され、そこまではいかないとしても火葬の効率を低下させる等適切な火葬にとって支障があるので各種の方法により、そのことを遺族に徹底させる必要がある。このため、次のような方策が考えられる。

- ・ 火葬場を設置・管理する行政側からの啓発活動の強化
- ・ 火葬場管理者からの啓発活動
- ・ 葬祭業界を束ねる全日本葬祭業協同組合連合会など業界団体からの啓発を要請する。

(2) 火葬場サイドからの対応

火葬場サイドで副葬品の問題点を示し、協力を求めるパンフレットを作成し、行政サイドから住民にアピールする。

上記のパンフレットを葬祭事業者に配布し、あらかじめ理解を醸成する。

火葬申込書に副葬品抑制を記載し、理解を求める。

(3) 葬祭事業者を通じた対応

当協会から全葬連へ協力要請を行うとともに、各火葬場からも協力要請を行う。

なお、調査期間中に次頁に示す別紙1により全日本葬祭業協同組合連合会に対して協力型依頼をした結果、別紙2による通知をしたとの報告を受けた。

今後も引き続き、葬祭業協同組合等各地の葬祭関係事業者との関係を深めていくこととする。

【別紙 1】

平成 27 年 11 月 5 日

全日本葬祭業協同組合連合会

会長 松井 昭憲様

心臓ペースメーカー等装着遺体及び副葬品について（お願い）

特定非営利活動法人日本環境斎苑協会

理事長 奥村明雄

私ども、日本斎苑協会は市町村等自治体、火葬炉メーカー、火葬場維持管理事業者、関連企業などの企業会員及び関係個人会員を擁する唯一の団体であり、火葬場の近代化を目指して、火葬場従事者の研修事業、市町村に対する技術指導、火葬場に関する調査研究などを行っております。

このたび、当協会では、厚生労働省所管の科学研究費補助金を受けて、大規模災害時における広域火葬等埋火葬の在り方等について研究を行ってきましたが、これに続き平成 26 年度から 2 か年の継続で「火葬場の維持管理基準の見直しに関する研究」を実施しております。

この研究は、火葬場の作業環境、維持管理の実態を調査して今後の維持管理のあるべき姿を模索し、当協会が発行している我が国唯一の指導書「火葬場の建設・維持管理マニュアル」に反映させることを目的としております。

このなかで、新旧火葬場の作業環境の実態、医学の進歩による体内埋め込み型医療器具の火葬における影響、さらには副葬品の実態等を調査したうえで問題点を整理し、有効な対策を検討したいと考えております。

このような問題へ適切に対処するためには、ご遺族の方々の理解と協力をいただくことが不可欠と考えており、そのため貴連合会のご理解とご尽力が不可欠と考えています。

つきましては、以下の項目について考え方をお聞かせいただきたいと思いますと考えております。

ご多忙の折誠に恐縮ですがよろしく願いいたします。

記

- (1) 火葬場では、心臓ペースメーカー装着遺体の火葬によって、破裂による炉の破損及び作業員の負傷などの恐れがあり、多くの火葬場で装着事実の確認等による適切な対応が求められています。この問題は、医療機関、メーカー、葬祭事業者等幅広い関係者のご理解とご尽力が不可欠と考えていますが、このことについて、貴連合会傘下の組合に対してご指導をお願いしたいと考えております。
- (2) 副葬品については、各火葬場及び自治体では葬祭事業者に対して、副葬品の挿入について火葬不適物の挿入禁止をお願いしているところですが、必ずしも守られていないのが現状です。このことについても、同様にご指導ご協力をお願いいたします。
- (3) そのほか、報告書をまとめるにあたって、当協会、国、自治体及び火葬場に対してご要望等があればお聞かせください。

以上

【別紙 2】

平成 27 年 11 月 20 日

理 事 長 各 位

全日本葬祭業協同組合連合会
会 長 松 井 昭 憲
(公 印 省 略)

特定非営利活動法人 日本環境斎苑協会からの協力要請

心臓ペースメーカー等装着遺体及び副葬品について

拝啓 時下益々ご清栄のこととお慶び申し上げます。

平素は当連合会の活動にご支援、ご協力いただきまして厚く御礼申し上げます。

さて、全国各地の火葬場におきましては、心臓ペースメーカー等を装着しているご遺体の火葬で、破裂による炉の破損及び施設作業従事者の負傷等がたびたび発生しております。また、副葬品につきましては、各火葬場及び自治体から葬祭事業者に対し火葬不適物の挿入禁止要請が行われています。しかしながら、しばしば火葬不適物が散見されているのが現状です。

このほど火葬炉メーカー、火葬場維持管理事業者等で構成している特定非営利活動法人 日本環境斎苑協会から当連合会へ協力要請がございました。具体的な内容は、火葬場に対し心臓ペースメーカー装着遺体の情報提供と火葬不適物を棺に挿入しないようご協力いただきたいとのことでございます。

つきましては、傘下組合員に対して、心臓ペースメーカー装着遺体の情報提供と火葬不適物を棺に挿入しないよう、要請いただきますようお願い致します。

なお、別添の資料を参考にご覧いただき、詳細は各火葬場へお問い合わせ下さい。

また、この書面は全組合員へ同じ内容のものをお送りしております。ご了承ください。

敬 具

副葬品について

棺にお納めになる副葬品は最小限でお願い致します。
特に、公害防止のためCO₂・ダイオキシン等の発生原因となる次の副葬品は、お納めにならないようご協力をお願い致します。

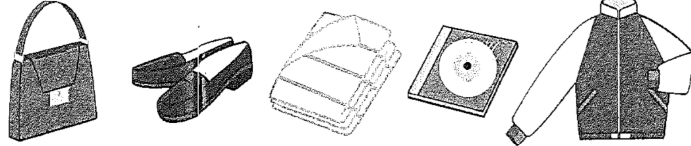
保冷剤はご遺骨損傷の原因になりますので取り除いてください。

ドライアイスは燃焼を妨げますので最小限に願います。

1. 公害 (CO₂・ダイオキシン等の発生)の原因となるもの

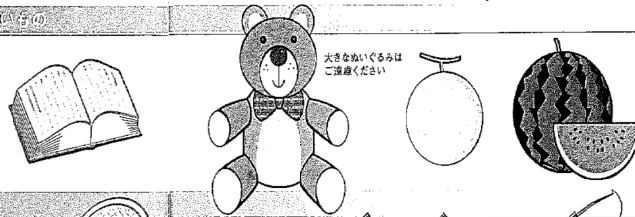
石油化学製品

- ① ビニール製品 (ハンドバック・靴・玩具など)
- ② 化学合成繊維製品 (衣類・寝具・敷物など)
- ③ 発泡スチロール製品 (枕・緩衝材パッキンなど)
- ④ その他 (CD・ゴルフボールなど)



2. 可燃物であっても燃焼の妨げとなる燃えにくいもの

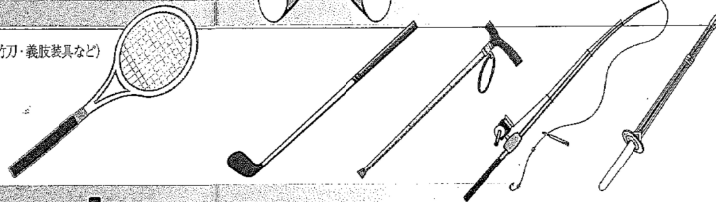
- ① 果物 (西瓜・メロンなど大きな果物)
- ② 書籍 (辞書・アルバムなど厚みのある書籍類)
- ③ 大型繊維製品 (衣類の詰め過ぎ、大きなぬいぐるみなど)



大きなぬいぐるみは
ご遠慮ください

3. 火葬炉設備の故障原因となるもの

- ① カーボン製品 (杖・釣り竿・ゴルフクラブ・ラケット・竹刀・義肢器具など)



4. ご遺骨損傷の原因となるもの

- ① 金属製品 (携帯電話・携帯音楽プレイヤー・仏像など)
- ② ガラス製品 (酒瓶・鏡・食器類など)
- ③ 爆発物 (缶飲料・化粧品スプレー・ライター・電池類など)

※ベースメーカーを装着の場合は前もって必ずご連絡ください。



5. 高敗ご遺体についてのお願ひ

- ① ビニールは有害ガス発生・発煙の原因となりますので、ご遺体用ビニール1枚でお願い致します。

② ご遺体は綿のシーツで覆い願います。

③ 汚れた衣類・毛布・寝具などは入れないよう願います。

第5章 火葬場をめぐる法規制

まえがき

人は必ず死ぬ。生命が失われた後の死体（遺体）は、見方によっては、単なる物体である。ただし、放置したならば、腐敗が進行し、さまざまな公衆衛生上の問題を生じる。また、肉親者としては、畏敬の念をもって死者と別れたいと考える。ここに死体処理の特殊性がある。

遺体の始末・処理は「墓地、埋葬等に関する法律（昭和23年法律第48号）」（以下「墓埋法」という。）によって規制されるが、同法の目的は「墓地、納骨堂又は火葬場の管理及び埋葬等が、国民の宗教的感情に適合し、且つ公衆衛生その他公共の福祉の見地から、支障なく行われること」であるとしており、国民の宗教的感情に適合する方式によることと、公衆衛生その他の公共の福祉に適合することの二つを求めている。

遺体の処理にはさまざまな方法があるが、公衆衛生上必要な配慮をしつつ、宗教的な要素を織り込みつつ、自然に還元する点で共通する。わが国の場合、ほぼ全数が火葬に付され¹、その後には埋葬される²。そこで墓埋法では、火葬場の施設および事業主体を行政における遺体の処理は、ほぼ全数が火葬による。

墓埋法では火葬に関して、次のような規制をしている。まず、「火葬は、火葬場以外の施設でこれを行ってはならない」（4条）としたうえで、その火葬場とは、「火葬を行うために、火葬場として都道府県知事の許可をうけた施設をいう」（2条7項）として行政許可を受けることを求め、さらに事業主体についても「火葬場を経営しようとする者は、都道府県知事の許可を受けなければならない」（10条1項）と同様に行政許可の対象にしている。ところで2条7項の「火葬場施設の許可」および10条1項の「火葬場事業主体の許可」の主体である都道府県知事については、2条5項に読み替え規定が置かれており、都道府県知事が許可権を行使するのは町村における場合に限られ、市または特別区にあっては市長または区長が許可権を持つことになっている。

ところで「許可」とは、行政法学上、法令に基づき一般的に（「一般的に」とは、「誰もが」という意味である。）禁止されている事項について、特定の場合または相手方に限

¹ 火葬率は1900（明治33）年では29.2%と3割弱であったが、その後一貫して上昇している。1925（大正4）年に43.2%、1950（昭和25）年に54.0%、1975（昭和50）年に85.7%、1993（平成5）年に97.9%、そして2010（平成22）年には99.9%に達している

² 墓埋法の定義では、「埋葬」とは死体をそのまま土中に葬ることであり（2条1項）火葬した焼骨を土中（樹木層など）あるいは墓石内に収めることは「焼骨の埋蔵」という（4条）ただし、いずれの場合も、死体の埋葬あるいは焼骨の埋蔵は、墓地外では許されない。

ってその禁止を解除するという法律効果を有する行政行為をいうとされ、裁量によって許可を拒むことはできないとされる³。しかるに墓理法やその施行規則等の下位法令においては、具体的な指針や基準を定めていない。

このため許可権を行使する各自治体（都道府県、市または特別区）の条例または規則等において、設置や維持管理に関する指針や基準を定めることが必要になる。だが言うは易いが行うは難しであり、個々の自治体において、今日の火葬場をめぐる諸問題を体系的に網羅した包括的な指針ないし基準を基礎から作り上げることは至難であろう。そうした自治体等の要請等を踏まえ、数度にわたる厚生科学研究の成果を取りまとめたのが非営利活動法人日本環境斎苑協会の「火葬場の建設・維持管理マニュアル」である。2000（平成12）年の初版に続き、2012（平成24）年には改訂版が作成されている。

このマニュアルの性格上、火葬場をめぐる状況変化に応じて随時、内容をバージョンアップして火葬場関係者に広く情報提供することが求められる。ここでは、まず、公害関連諸法令における規制が火葬場マニュアルにどのように反映されているかを振り返り、今後のマニュアル改訂における考え方の方向を探ることとする。そこで必要なことは相反する二つの要請を同時に達成しなければならないということである。第一は、火葬場においても公害関連の規制の動向を踏まえるべきという要請である。第二は、公害関連の規制を無批判にそのまま導入することは、国民の宗教的感情を害する結果を招きかねないという懸念である。

近年の火葬場には、故人の近親者や縁者が葬儀その他の催しを行える集会室が付置されることが多くなっていることに伴い、そうした空間の環境衛生確保措置に関連した法規制の動向についても研究した。さらに火葬場で働く労働者の健康維持に関する法規制についても、併せてどの動向を研究した。

以下、順次、関連法ごとに、近年の改正経緯を中心に研究結果を整理する。

第1節 大気汚染防止法と火葬場

ばい煙発生施設が規制対象

現在の火葬場マニュアルでは、「排ガス中のばい煙については、大気汚染防止法（昭和43年法律第97号）及び関連条例に定める規制基準を環境保全目標値とする」としている⁴。そこで大気汚染防止法の基本構造と火葬場とのかかわりについて検証してみよう。まず同法は1968（昭和43）年の制定であるが、前身となる法律が存在した。

すなわち1962（昭和37）年制定のばい煙規制法である。当時の日本は、エネルギー源の多くを石炭に依存しており、太平洋沿岸や瀬戸内海沿岸における大気汚染は看過できない状況にあったことに加え、エネルギー源をいおう含有率が高い重油に転換した地域では亜硫酸ガス汚染も深刻化していた。その健康への典型的な障害が四日市ぜん息事件である

³ ウィキペディア「許可」。 <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E8%A8%B1%E5%8F%AF>

⁴ [日本環境斎苑協会, 2012A], 167頁。

⁵。このため東京都をはじめとした一部自治体では条例による規制を行っていたが、これを国レベルの規制対策に格上げしたのが、ばい煙規制法であった。

その後 1967（昭和 42）年に公害対策基本法（現：環境基本法）が制定されたのを受け、翌 1968（昭和 43）年にばい煙規制法に代えて、大気汚染防止法が制定されることになった。しかし同法によっても、大気の汚染悪化は深刻化の一途であったことから、1970（昭和 45）年のいわゆる公害国会において、全面改正に近い法改正が行われ、現在の制度の骨格が作られている。この間、ばい煙規制法、大気汚染防止法および改正後の題記汚染防止法を通じて、規制構造に次のような改革がなされている。

第一に、「生活環境の保全と産業の健全な発展との調和を図り」という「調和条項」が削除されている。第二に、汚染や健康への影響状況によって規制対象区域を限定する「地域指定制」が削除され、全国すべての区域が規制対象になっている。第三に、ばい煙の対象として「いおう酸化物」や「ばいじん」のほかに、有害物質を追加している⁶。第四に、いおう酸化物を除く排出基準で規制自治体による条例による上乗せ規制の容認を明確化している⁷。第五に、排出基準違反に対して、改善命令などを前提としない直罰制を導入している。

さて現在の大気汚染防止法は、法目的を次のように規定する（1条）。「この法律は、工場及び事業場における事業活動並びに建築物等の解体等に伴うばい煙、揮発性有機化合物及び粉じんの排出等を規制し、有害大気汚染物質対策の実施を推進し、並びに自動車排出ガスに係る許容限度を定めること等により、大気の汚染に関し、国民の健康を保護するとともに生活環境を保全し、並びに大気の汚染に関して人の健康に係る被害が生じた場合

⁵ 三重県四日市市（塩浜地区を中心とする四日市市南部地域・四日市市中部地域）と、南側に隣接する三重県楠木町（現：四日市市）で、高度経済成長期の 1960（昭和 35）年から 1972（昭和 47）年にかけて政治問題化した四日市今ビナードから発生した大気汚染による集団ぜん息障害である。四大公害訴訟の一つ。ウィキペディア「四日市ぜんそく」。

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%9B%9B%E6%97%A5%E5%B8%82%E3%81%9C%E3%82%93%E3%81%9D%E3%81%8F>

⁶ 大気汚染防止法 2 条 1 項 3 号。「物の燃焼、合成、分解その他の処理（機械的処理を除く。）に伴い発生する物質のうち、カドミウム、塩素、弗化水素、鉛その他の人の健康又は生活環境に係る被害を生ずるおそれがある物質（第一号に掲げるものを除く。）で政令で定めるもの」とされ、同法施行令 1 条で、カドミウム及びその化合物、塩素および塩化水素、弗素、弗化水素及び弗化珪素、鉛およびその化合物、窒素酸化物が指定されている。

⁷ 環境規制法では、地方自治体が国よりも厳しい厳しい基準を設定することが認められることがある。このことについて [北村喜宣, 2015]143 頁では、基準値が全国一律の場合、域内における環境基準の達成の観点からは、緩すぎる場合がある。そこで、法律の実施権限を持つ自治体は、条例によってより厳しい値を決定し、それを法律のもとでの基準値として運用することが可能である。水質汚濁防止法 3 条 3 項や大気汚染防止法 4 条 1 項には、そうした上乗せ条例の適法性を確認する規定がある。」とする。

における事業者の損害賠償の責任について定めることにより、被害者の保護を図ることを目的とする。」前半の「有害大気汚染物質対策の実施」と火葬場との関連でいえば、問題となるのはもっぱら事業活動（棺の焼却）に伴うばい煙の発生ということになる⁸。そこで火葬場が大気汚染防止法2条2項の「ばい煙発生施設」に該当するかということになるが、同法施行令では「ボイラー（熱風ボイラーを含み、熱源として電気又は廃熱のみを使用するものを除く。）」など32項目を指定するが、その中には火葬場は含まれていない。つまり火葬場には、大気汚染防止法のばい煙規制は適用されないのである。

しかるに火葬場マニュアルでは、「燃焼するということから廃棄物焼却炉の基準を参考にして自主基準の決定」がされることが多いと記述する⁹。これは先の「ばい煙発生施設」32項目中の13号として「廃棄物焼却炉」（ただし火格子面積が2平方メートル以上であるか、又は焼却能力が一時間当たり200キログラム以上であること。）が掲げられていることに影響されたものであろう。

だが、廃棄物処理施設と火葬場は別種の施設である¹⁰。また、大気汚染防止法は、本来、工場等における石炭やいおう含有度の高い重油の大量燃焼あるいは有害物質を人為的に産生、放出することを規制することで、人の健康被害を予防しようとするものである¹¹。これに対し、火葬の焼却対象は死体であり、太古から行われてきたものである。焼却数にはおのずから上限がある（死者数が上限になる）。人の経済活動に活発化に伴って、幾何級数的に排出量が増え、またその内容物にもかつては存在しなかった新規の化学物質が大量に含有される廃棄物の焼却と同次元で議論することには、とりわけ慎重であるべきであらう。

ばい煙発生施設には排出基準が適用され（同法3条）ばい煙を大気中に排出する者は、ばい煙発生施設を設置しようとするときは、環境省例で定めるところにより、所要事項を都道府県知事に届け出なければならない（同法6条）¹²。この届出を怠った場合には、た

⁸ 火葬場では、揮発性有機化合物（2条4項）や粉じん＝物の破碎、選別その他の機械的処理またはたい積に伴い発生し、又は飛散する物質（2条8項）の大量放出は考えられない。散骨や樹木層が一般化し、火葬場内で焼骨を粉碎して粉状に加工することになれば事情は変わるかもしれない。

⁹ [日本環境斎苑協会, 2012A]の資料8, 327頁。

¹⁰ [横田勇, 2015]の第3章（火葬場をめぐる法制度に関する文献調査）で詳述している。なお、同章と本稿は全体として一体の調査研究論文である。

¹¹ 人は呼吸しなければ生きていけない。そして呼吸する対象の空気を選別することはできないから、空気の汚れによる健康被害を防止しようとするれば、その地域の空気そのものを清浄化することが必要になる。

¹² 届け出事項には、ばい煙発生施設の種類、ばい煙発生施設の構造、ばい煙発生施設の使用の方法、ばい煙の処理の方法が含まれ、さらに「ばい煙発生施設において発生し、排出口から大気中に排出されるいおう酸化物若しくは特定有害物質の量（以下「ばい煙量」という。）又はばい煙発生施設において発生し、排出口から大気中に排出される排出物に含まれるばいじん若しくは有害物質（特定有害物質を除く。）の量（以下「ばい煙濃度」という。）及びばい煙

だちに罰則（3月以下の懲役又は30万円以下の罰金）が適用されるのである（同法34条1号）¹³。さらに大気汚染防止法における都道府県知事の権限は、自治体の固有事務に該当するから、排出基準の強化（上乘せ）も可能と解釈される。こうしたことを考えれば、火葬場におけるばい煙規制を安易、不用意に、「厳しい分には文句はあるまい」とマニュアルで厳格化することは妥当ではないと考えられる。万一、仮になんらかの拍子に、火葬場が大気汚染防止法のばい煙発生施設として政令に追加され、それがもとで火葬場計画の変更命令を受けたり（9条）改善命令を受けたり（14条）して、火葬場の正常な運営ができなくなったりしては、市民生活にとんだ災厄を及ぼすことにもなりかねないからである。

大気汚染防止法の目的規定（1条）の後半は、「大気の汚染に関して人の健康に係る被害が生じた場合における事業者の損害賠償の責任について定めることにより、被害者の保護を図る」となっている。1972（昭和47）年の改正で導入されたものであるが、原因者の無過失賠償責任を規定したものである¹⁴。ただし不可抗力などの場合には、裁判所が損害賠償額を斟酌できるとの規定がある（25条の3）。当然のことながら、ばい煙排出施設であるか否か、排出施設であれば排出基準を順守していたか否かなどが、裁判所での判断要素になるであろう。そうであれば万々一にでも、火葬場からのばい煙が原因で健康被害が生じたと訴えられた事態を想定した場合においても、火葬場におけるばい煙排出の規制は常識的なものであることが望まれる。

ところで火葬場における焼却対象は基本的に死体であるが、そのほかに葬儀までの段階において死体を安置していた棺（棺桶）と死者を葬送する供え物とも言うべき副葬品が、同時に焼却される。ばい煙中のばいじんや有害物については、これら棺の材質や副葬品の材質が原因になることがほとんどであろう。よって葬儀業者を中心に理解を得て、棺の材質や副葬品の扱いを改善することが、火葬場でのばい煙問題の解消において、もっとも合理的な方法であろうと考えられる。また、いおう酸化物については、火葬の燃料に関わる

の排出の方法その他の環境省令で定める事項を記載した書類を添付しなければならない」とされている。

¹³ [北村喜宣, 2015]182 - 183 頁では、「法律の一般的義務づけに反した場合に、告発を待つことなく、警察が違反者を捜査・検挙する。法律による直接的義務付け違反が犯罪の構成要件を満たすという考えであり、「直罰制」という」のに対し、「法律によって直接かつ一般的に課せられた義務の違反に対し、とりあえず改善命令などの不利益処分を発出し、その違反に対してはじめて行政罰を科する立法がある。これを罰則の前提として命令による義務づけが存在するという意味で、「命令前置制」という。」

¹⁴ 大気汚染防止法 25 条 1 項の規定を掲げる。「工場又は事業場における事業活動に伴う健康被害物質（ばい煙、特定物質又は粉じん、生活環境のみに係る被害を生ずるおそれがある物質として政令で定めるもの以外のものをいう。以下この章において同じ。）の大気中への排出（飛散を含む。以下この章において同じ。）により、人の生命又は身体を害したときは、当該排出に係る事業者は、これによつて生じた損害を賠償する責めに任ずる。」

ものと考えられるが、昨今増えている都市ガス使用の場合には、基本的に問題は生じないと考えられる。

もとより集塵装置の高級化も有効な方法であるが、それに伴って火葬場の整備や維持管理に要する経費が高騰化した場合、それはそっくり火葬場の使用料値上げとなって、利用者である市町村民の経済負担に転嫁されることを忘れてはならない。

本研究の平成 26 年度版¹⁵における火葬場関係者ヒアリングにおいては、火葬場の煙突から黒い煙が出るとたちまち周辺住民から苦情が来るといった声が出ている。しかし排気の色は、大気汚染防止法の規制対象ではない。火葬場を迷惑施設視して、なんらかの不具合を見つけては抗議するといった的外れの住民運動である。黒い煙が周辺住民の心理に良くないことは自明であるから、無色透明な排気になるような運転管理に努めることが第一であり、そのためには副葬品や棺の材質も含めた運営の改善をすべきであろう。同時に、大気汚染防止法の観点については、科学的な知見を踏まえた正面からの対応をすることが、火葬場反対派住民に対するもっとも説得的な方法であろう。

とはいえ大気汚染防止のための法規制がどのようになっているのかを認識しておくに越したことはない。ここでは「火葬場の建設・維持管理マニュアル（改訂版）」が策定された時期である 2012（平成 24）年から少しさかのぼって、2010（平成 22）年以降の大気汚染防止法の改正状況を把握することにする。

まず、2010（平成 22）年 5 月に制定公布された大気汚染防止法及び水質汚濁防止法の一部を改正する法律（平成 23 年法律第 31 号）による改正内容である。なお、この改正で大気汚染防止法上に新たに創設された「事業者の責務に関する規定」は同年 8 月から、その他の規定は翌 2011（平成 23）年の 5 月から施行されている。これらの内容は「大気汚染防止法及び水質汚濁防止法の一部を改正する法律の施行について（発出者：環境省水・大気環境局長）」（平成 23 年 3 月 3 月 16 日、環水大大発第 110316001 号 環水大水発第 110316002 号）に詳しく述べられている。このうち大気汚染防止法関係部分を末尾に掲載する（資料 1）。

同通知では改正の理由として、ばい煙量またはばい煙濃度の測定結果の記録の改ざんが相次いでいること、排出基準に適合しない排出が継続していても、現行法では「人の健康又は生活環境に係る被害が生じると認められる」場合でなければ改善命令等の措置を講じることができないことに対して、一部地方公共団体から発動要件緩和を求める要望がなされていたこと、さらに本法の規制対象以外の全事業者においてもばい煙の排出量の低減を図る自主的な努力が必要であること（新設された事業者の責務 = 筆者註）を挙げている。

火葬場は本法の「ばい煙発生施設」に該当しないので、上記の および の規制強化は直接に関係しない。重要なのは新設された であろう。17 条の 2 として新設された条文では、次のように規定している。「事業者は、この章（第 2 章 ばい煙の排出の規制等 =

¹⁵ [横田勇, 2015]第 7 章。

筆者註)に規定するばい煙の排出の規制等に関する措置のほか、その事業活動に伴うばい煙の大気中への排出の状況を把握するとともに、当該排出を抑制するために必要な措置を講じるようにしなければならない。」

なお、この法改正に関連して、有害物質の測定結果の取り扱いの明確化等が行われている。¹⁶

これ以後、大気汚染防止法に関して幾度かの改正が行われているが、火葬場に直接関わる内容のものは見当たらない¹⁷。

なお、「地域の自主性及び自立性を高めるための改革の推進を図るための関係法律の整備に関する法律」(平成23年法律第105号)によって2012(平成24)年4月から、墓地埋葬法だけでなく、多くの環境規制法(騒音規制法や振動規制法など)や衛生関連法令における都道府県知事の権限が、市の区域にあつては例外なく市長とすることに改められているが¹⁸、大気汚染防止法はその対象になっていない。同法における都道府県知事の権限は同法31条で「政令の定める定めるところにより、政令で定める市(特別区を含む。)の長が行う」となっており、具体的な権限移譲は大気汚染防止法施行令に委ねられている。

2012(平成24)年には、閣議決定された「規制・制度改革に関する方針」(平成23年4月8日)に基づき、大気汚染防止等における届出が必要な施設の設置及び構造変更等について、審査等の事務処理の迅速化を求める通知¹⁹が出されているが、その中でかねてより自治体担当者や事業者から環境省に寄せられているばい煙排出規制に係る大気汚染防止法令の疑義を分野別に取りまとめた回答が整理されているので、関連部分を末尾に掲げる(資料2)。

非常時(自然災害等に起因する停電及び断水の発生時)において、発電機について水噴射等の排出抑制対策を講じることができないため基準値を超える大気汚染が一時的に排出される場合には、大気汚染防止法の改善命令等の対象外として取り扱うことができることとする通知が出されている²⁰。

¹⁶ 「大気汚染防止法施行規則の一部を改正する省令の施行について(発出者:環境省水・大気環境局大気環境課長)」(平成22年8月4日、環水大大発第 号 100804001号)、「連続測定における測定結果の取り扱いの明確化について(発出者:環境省水・大気環境局長)」(平成22年10月15日、環水大総発第 101015002号 環水大大発第 101015004号)。

¹⁷ 例えば、平成25年法律第58号は石綿に関するものであるし、平成25年法律60号は放射性物質に関するものであり、さらに平成27年法律第41号は水銀に関する国際条約に関連したものである。

¹⁸ [北村喜宣, 2015]129頁。

¹⁹ 「大気汚染防止法、水質汚濁防止法及びダイオキシン類対策特別措置法の届出対象施設の設置等に係る届出事務処理短縮への取組について(発出者:環境省水・大気環境局 総務課長・大気環境課長・水環境課長)」(平成24年3月30日、環水大総発第 120330003号 環水大大発第 120330004号 環水大水発第 120330017号)。

²⁰ 「非常時における常用発電機の排出規制の考え方について(発出者:環境省水・大気環境局大気環境課長)」(平成27年6月25日、環水大大発第 1506251号)。

第2節 悪臭防止法と火葬場

悪臭は1967(昭和42)年に制定された公害対策基本法(「昭和42年法律第132号」)において典型公害の一つとして規定されたが、規制基準は定められなかった。これは、悪臭が感覚的公害であり、直接的に健康被害を引き起こすおそれがないと考えられてきたこと、また、悪臭物質の把握および測定、被害との量的関係の推定等が困難であったこと、悪臭公害防止のための技術開発が遅れていたことが要因であった²¹。

その後、悪臭に関する研究や防止技術の開発が進んだことと、悪臭防止に対する国民世論の高まりを背景に、1971(昭和46)年に悪臭防止法が制定されることになった(昭和46年法律第91号)。悪臭防止法では、大気汚染防止法におけるような特定施設制度をとっていないため、同法による規制基準はすべての事業場に適用される。

同法による規制の仕組みや内容について、2010(平成22)年以後に実質的改正はなく、現行のマニュアルに書かれているとおりである²²。なお、都道府県知事の権限については、上述したように2012(平成24)年4月以降、市の区域に関しては市長と読み替えられることに改められているが、これは墓地埋葬法等と同様である。

第3節 騒音防止法・振動規制法と火葬場

騒音規制法(昭和43年法律第98号)と振動規制法(昭和51年法律第64号)は、前者の法目的が「工場及び事業場における事業活動並びに建設工事に伴って発生する相当範囲にわたる騒音について必要な規制を行なうとともに、自動車騒音に係る許容限度を定めること等により、生活環境を保全し、国民の健康の保護に資すること」(騒音規制法1条)であり、後者の法目的が「工場及び事業場における事業活動並びに建設工事に伴って発生する相当範囲にわたる振動について必要な規制を行なうとともに、道路交通振動に係る要請の措置を定めること等により、生活環境を保全し、国民の健康の保護に資すること」(振動規制法1条)となっているように、「騒音」と「振動」以外はほとんど同一であることにとどまらず、規制の方法についても同様である。

すなわち著しい騒音・振動を発生する施設で、政令で定めるものを「特定施設」といい、指定地域内で特定施設を設置する工場または事業場が規制対象になり、その工場等の敷地の境界線において振動の大きさが規制基準内にとどまっていることが求められる。現行のマニュアルでは、特定施設のうち火葬場に関係するものとして騒音規制法関係では「空気圧縮機及び送風機」と「土石用又は鉱物用の破碎機、摩砕機、ふるい及び分級機」を挙げ、振動規制法関係では「圧縮機」と「土石用又は鉱物用の破碎機、摩砕機、ふるい及び分級

²¹ ウィキペディア「悪臭防止法」

http://search.yahoo.co.jp/search;_ylt=A2RAyHvusI1WS1wAe5wBJf17?p=%E6%82%AA%E8%87%AD%E9%98%B2%E6%AD%A2%E6%B3%95&search.x=1&fr=top_ga1_sa&tid=top_ga1_sa&ei=UTF-8&aq=-1&oq=&afs=

²² [日本環境斎苑協会, 2012A]168頁

機」を挙げられている²³。

地域指定は都道府県知事²⁴の権限である。規制基準は国が告示で定めているが、都道府県知事（市町）および町村は、告示より厳しい基準を定めることができることになっている（同法4条）。

2010（平成22）年以後においては、上述の都道府県知事の権限を市長に移管する以外の法改正は行われていない。また、特定施設や規制基準等の規制の内容についての下位法令での改正も見当たらない。

第4節 建築物における衛生的環境の確保に関する法律（ビル管法）と火葬場

近時の火葬場には、葬儀会などの用途に使用するために大型の集会施設が付置される傾向にある。この場合に関係するのが建築物における衛生的環境の確保に関する法律（昭和45年法律第20号）いわゆるビル管法である。

同法1条では「この法律は、多数の者が使用し、又は利用する建築物の維持管理に関し環境衛生上必要な事項を定めることにより、その建築物における衛生的な環境の確保を図り、もつて公衆衛生の向上及び増進に資することを目的とする。」と規定するが、これだけでは趣旨が判然としない。そこで同法の立法経緯や目的について、所管省庁の認識が凝縮されていると思われる文献から関連箇所を抜き出してみよう²⁵。

「最近の大型の建築物は空調などの人工的調整を前提に作られており、これを利用する人々が自らの意志で室内環境を管理することができないような構造になっているものが多い」のであるが、建築基準法をはじめとして「設備・構造面」について「最低水準」の規制を定める規制法令はあるが、「建築物の衛生上の管理についての一般的な規制」は存在しなかった。当時の公害審議会から1966（昭和41）年8月に、「国民の健康を保持・増進するという厚生行政の立場から、建築物の環境衛生基準の設定、建築物の衛生上の維持管理に関する専門技術者制度の創設などについて早急に措置する必要がある」との趣旨の答申が出されたことを受け、厚生省（現：厚生労働省）で立法化作業を始めたが、政府部内で各省庁との折衝中で、与党有志議員から厚生省で準備中の案とほぼ同じ内容の法案が、1968（昭和43）年5月に国会提出された。同会期では成立しなかったが、1970（昭和45）年の第63回国会では、与野党共同で再び議員提案が行われ、衆・参両院とも全会一致で可決成立し、同年10月13日から施行された。

この法律の対象建築物（同法2条で「特定建築物」という。）は、一定面積（3,000 m²²⁶）以上で、次の用途に使用されるものであるとされ、興行場、百貨店、集会場、図書館、

²³ [日本環境斎苑協会, 2012A]334頁。

²⁴ この法律においても、2012（平成24）年4月以降は、市の区域においては、都道府県知事は市長と読み替えられる。

²⁵ [建築物環境衛生研究会, 2005]、11頁。

²⁶ 学校は8,000 m²

博物館、美術館又は遊技場、店舗又は事務所、学校（研修所を含む。）、旅館が挙げられている（同法施行令1条）。このうち「集会場」とは、「会議、社交等の目的で公衆の集合する施設をいい、公民館、市民ホール、各種会館、結婚式場等がこれにあたる」とされており²⁷、火葬場に付置されている集会室はこれに該当すると判断される。

特定建築物の維持管理について権原を有する者は、「建築物環境衛生管理基準」に従って、空気環境の調整、給水及び排水の管理、清掃、ネズミ、昆虫等の防除その他環境衛生上良好な状態を保つよう維持管理しなければならない（同法4条）。そしてその基準の詳細を同法施行令2条で定めている²⁸が、技術的な詳細についてはここでは深入りしない。

ビル管法における規制の対象者は「特定建築物所有者等」とされる。基本は当該特定建築物の所有者であるが、所有者以外に当該特定建築物の全部の管理について権原を有する者がいるときは当該権原を有する者が該当する。また規制行政庁は、原則都道府県知事であるが、保健所を設置する市または特別区では、市長または区長である（同法5条）。

特定建築物所有者等は建築物環境衛生管理技術者免状を有する者のうちから建築物環境衛生管理技術者（通称「ビル管理技術者」）を選任しなければならない（同法6条）、違反した場合には30万円以下の罰金に処される（同法16条2号）が、この義務は特定建築物に該当する火葬場に当然に及ぶことになる。

特定建築物の維持管理が適正に行われず、人の健康を損なうおそれがある場合には、都道府県知事等は当該特定建築物の維持管理について権原を有する者に対して、維持管理の方法の改善などの必要な措置を命じたり、一部の使用を停止させたりすることができることになっており（同法12条）、維持管理の権限者がこれに従わない場合には30万円以下の罰金に処されることになる（同法16条5号）。

以上がビル管法の骨格であるが、同法4条3項では「特定建築物以外の建築物で多数の者が使用し、又は利用するものの所有者、占有者その他の者で当該建築物の維持管理について権原を有するものは、建築物環境衛生管理基準に従って当該建築物の維持管理をするように努めなければならない。」とされている。集会室が面積基準を満たさず、特定建築物に該当しない場合であっても、特定建築物と同等に適正な維持管理が求められていることに留意したい。

ここでビル管法の特徴を改めて整理してみよう。

この法律は、建築物の衛生的な環境を確保するためには、その適正な維持管理が重要であることに着目して、建築物の維持管理に特化して、その種別や用途を問わず横断的に必要な対策を権限者に求めるものである。ただし絶対に遵守すべき最低基準を設定して、適合しない場合には直ちに営業を認めないといった強行的な方法ではなく、科学技術の進歩や生活水準の向上等に応じたより高いレベルの衛生的な維持管理が行われるよう指導す

²⁷ [建築物環境衛生研究会, 2005]、14頁

²⁸ 例えば空気調和説に関して、浮遊粉じんを空気1 m³につき0.1 mg以下、一酸化炭素の含有率を100万分の10以下であることなど。

る衛生指導的性格を有している²⁹。現行の「火葬場の建設・維持管理マニュアル」に運営に関する事項を盛り込む際には、ビル管法の内容を咀嚼しておく必要があると考えられる。

「火葬場の建設・維持管理マニュアル（改訂版）」が策定された2012（平成24）年から少し遡って2010（平成22）年以後の5年間においては、ビル管法の基本部分に関する法改正は行われていない。ただ、建築物の所有及び管理の形態が多様化する中で、特定建築物の環境衛生上の維持管理等の義務を負う特定建築物維持管理権原者を把握することが困難な事例が生じていたことから、特定建築物の届書に記載する事項として「特定建築物の所有者、占有者その他の者で当該特定建築物の維持管理について権原を有するものの氏名及び住所（法人にあってはその名称、主たる事務所の所在地及び代表者の氏名）」を追加するなどの建築物における衛生的環境の確保に関する法律施行規則（昭和46年厚生省令第2号）の改正が行われ、2010（平成22）年10月から施行されている。

ビル管法の具体的規制内容を示す同法施行令第2条（建築物環境衛生管理基準）は、第1号で「空気環境の調整」、第2号で「給水及び排水の管理」、第3号で「清掃及びねずみ等の防除」について、維持管理すべき基準や測定方法を載せている。ここでは「空気環境の調整」に絞って言及するものとする。

維持管理すべき基準

建築物環境衛生管理基準は、維持管理すべき基準について、「空気調和設備を設けている場合」と「機械換気設備を設けている場合」に分けて記載している。なお、「空気調和設備」は浄化、温度調節、湿度調節、流量調節という4つの機能を備えた設備を指し、「機械換気設備」は浄化、流量調節という2つの機能を備えた設備を指す。

表5 - 1 空気調和設備を設けている場合の基準

1 浮遊粉じんの量	0.15 mg/m ³ 以下
2 一酸化炭素の含有率	100万分の10以下（=10 ppm以下） 特例として外気がすでに10ppm以上ある場合には20ppm以下
3 二酸化炭素の含有率	100万分の1000以下（=1000 ppm以下）
4 温度	(1) 17 以上 28 以下 (2) 居室における温度を外気の温度より低くする場合は、その差を著しくしな

²⁹ [建築物環境衛生研究会, 2005]13 頁

	いこと。
5 相対湿度	40%以上 70%以下
6 気流	0.5 m/秒以下
7 ホルムアルデヒドの量	0.1 mg/m ³ 以下 (= 0.08 ppm 以下)

機械換気設備を設けている場合の基準

上記「空気調和設備を設けている場合の基準」のうちの1、2、3、6、7。

以上の基準に適合するように、厚生労働大臣が定める「空気調和設備等の維持管理及び清掃等に係る技術上の基準」に従い、空気調和設備の維持管理に努めなくてはならない。同基準は以下の通り（なお、機械換気設備の維持管理については、1、4、5が適用される）。

- 1 空気清浄装置について、ろ材又は集じん部の汚れの状況及びろ材の前後の気圧差等を定期的に点検し、必要に応じ、ろ材又は集じん部の性能検査、ろ材の取替え等を行うこと。
- 2 冷却加熱装置について、運転期間開始時及び運転期間中の適宜の時期に、コイル表面の汚れの状況等を点検し、必要に応じ、コイルの洗浄又は取替えを行うこと。
- 3 加湿減湿装置について、運転期間開始時及び運転期間中の適宜の時期に、コイル表面、エリミネータ等の汚れ、損傷等及びスプレーノズルの閉塞へいそくの状況を点検し、必要に応じ、洗浄、補修等を行うこと。
- 4 ダクトについて、定期的に吹出口周辺及び吸込口周辺を清掃し、必要に応じ、補修等を行うこと。
- 5 送風機及び排風機について、定期的に送風量又は排風量の測定及び作動状況を点検すること。
- 6 冷却塔について、集水槽、散水装置、充てん材、エリミネータ等の汚れ、損傷等並びにボールタップ及び送風機の作動状況を定期的に点検すること。
- 7 自動制御装置について、隔測温湿度計の検出部の障害の有無を定期的に点検すること。

空気環境の測定方法

上記表の「維持管理すべき基準」に掲げられた事項にかかる測定は、特定建築物の通常の使用時間中に、各階ごとに、居室の中央部の床上75cm以上150cm以下の位置において行うものとし、それぞれ次の表に掲げる測定器（2から6までについては、これと同程度以上の性能を有する測定器を含む）を用いて行うものとしている。

表 5 - 2 空気環境の測定方法

1 浮遊粉じんの量	グラスファイバーろ紙（0.3マイクロメートルのステアリン酸粒子を99.9パーセント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マイクロメートル以下の浮遊粉じんを重量法により測定する機器又は厚生労働大臣の登録を受けた者 2により当該機器を標準として較正された機器
2 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
3 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
4 温度	0.5度目盛の温度計
5 相対湿度	0.5度目盛の乾湿球湿度計
6 気流	0.2メートル毎秒以上の気流を測定することができる風速計
7 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又は厚生労働大臣が別に指定する測定器

浮遊粉じんの量、一酸化炭素の含有率及び二酸化炭素の含有率は、1日の使用時間中の平均値をもって基準と比較すること

頻度は、1～6については2か月以内ごとに1回、定期的に測定すること。7については、「新築、増築、大規模の修繕又は大規模の模様替えを完了し、その使用を開始した時点から直近の6月1日から9月30日までの間に1回」と定めている。（以上、建築物における衛生的環境の確保に関する法律施行規則第3条の2）

空気調和設備に関する衛生上必要な措置

空気調和設備を設けている場合は、病原体によって居室の内部の空気が汚染されることを防止するための措置を講じなければならない、その具体的措置として、次のように定めている（建築物における衛生的環境の確保に関する法律施行規則第3条の18）。

表 5 - 3 衛生上必要な措置

項目	措置内容	措置回数
冷却塔及び加湿装置に供給する水	水道法第 4 条に規定する水質基準に適合させるための措置	-
冷却塔、冷却水	汚れの状況の点検 必要に応じて清掃及び換水等を行う。	使用開始時及び使用期間中 1 ヶ月以内ごとに 1 回、(1 ヶ月を超える期間使用しない場合を除く)
	冷却塔、冷却水の水管の清掃	1 年以内ごとに 1 回
加湿装置	汚れの状況の点検 必要に応じて清掃及び換水等を行う。	使用開始時及び使用期間中 1 ヶ月以内ごとに 1 回(1 ヶ月を超える期間使用しない場合を除く)
	清掃	1 年以内ごとに 1 回
空気調和設備内に設けられた排水受け	汚れ及び閉塞の状況の点検 必要に応じて清掃及び換水等を行う。	使用開始時及び使用期間中 1 ヶ月以内ごとに 1 回 (1 ヶ月を超える期間使用しない場合を除く)

参考資料

厚生労働省：建築物環境衛生管理基準について

<http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/seikatsu-eisei10/index.html>

厚生労働省：空気調和設備等の維持管理及び清掃等に係る技術上の基準

<http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/seikatsu-eisei10/01.html>

建築物における衛生的環境の確保に関する法律

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S45/S45H0020.html>

建築物における衛生的環境の確保に関する法律施行令

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S45/S45SE304.html>

建築物における衛生的環境の確保に関する法律施行規則

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S46/S46F03601000002.html>

第 5 節 労働安全衛生法と火葬場

労働安全衛生法（昭和 47 年法律第 57 号）は、もともと労働基準法（昭和 22 年法律第

49号)の中にあった規定を発展させて独立法にしたものである³⁰。労働安全衛生法1条は、「この法律は、労働基準法と相まって、労働災害の防止のための危害防止基準の確立、責任体制の明確化及び自主的活動の促進の措置を講ずる等その防止に関する総合的計画的な対策を推進することにより職場における労働者の安全と健康を確保するとともに、快適な職場環境の形成と促進を目的とする。」と規定する。そして「事業者は、単にこの法律で定める労働災害の防止のための最低基準を守るだけでなく、快適な職場環境の実現と労働条件の改善を通じて職場における労働者の安全と健康を確保するようにしなければならない。また、事業者は、国が実施する労働災害の防止に関する施策に協力するようにしなければならない。」(3条1項)とするのであるが、ここでの「事業者」は「事業を行う者で、労働者を使用するもの」(2条3号)であるから、火葬場の運営者も当然に対象である。そして労働基準法89条では、就業規則の記載事項として「安全及び衛生に関する定めをする場合においては、これに関連する事項」(同条6号)を挙げている。よって火葬場の運営マニュアルには、火葬場の就業規則に規定することが望ましい労働者の安全および衛生に関する事項を盛り込むことが必要である。

労働安全衛生法は附属する多数の規則を含めて³¹、膨大な法体系を構成している。

労働安全衛生法第3章では安全衛生管理体制を定めており、常時10人以上の労働者を使用する事業所では、資格を有する衛生管理者あるいは衛生推進者を選任しなければならない(同法12条、13条)。また常時50人以上の労働者を使用する事業所では、衛生委員会を設けなければならない(同法18条)。近時、火葬場は統合が進んで大規模化していることや火葬以外の付帯事業を行うことで人員規模が大きくなる傾向にあり、安全衛生管理体制の見直しが必要な火葬場があると考えられる。

労働安全衛生法第4章では、労働者の危険または健康障害を防止するために事業者が講ずべき措置を規定している。例えば、事業者は、建設物、設備、原材料、ガス、蒸気、粉塵等による、又は作業行動その他業務に起因する危険性又は有害性等を調査し、その結果に基づいて、本法又はこれに基づく命令の規定による措置を講ずるほか、労働者の危険又は健康障害を防止するため必要な措置を講ずるように努めなければならない(28条の2)、また、事業者は、労働者を就業させる建設物その他の作業場について、通路、床面、階段等の保全並びに換気、採光、照明、保温、防湿、休養、避難及び清潔に必要な措置その他労働者の健康、風紀及び生命の保持のため必要な措置を講じなければならない(23条)。

労働安全衛生法第7章では、労働者の健康保持のために事業者が講ずべき措置を定める。例えば、有害な業務を行う屋内作業場その他の作業場において必要な作業環境測定を行い、

³⁰ 現行の労働基準法に「第5章 安全及び衛生」が残されて、唯一の条である42条では「労働者の安全及び衛生に関しては、労働安全衛生法の定めるところによる」と規定されている。

³¹ 労働安全衛生法施行令、労働安全施行規則のほか、ボイラー及び圧力容器安全規則など多数の省令がある。その中には事務所衛生基準規則があり、事務室勤務労働者のための安全及び衛生対策も詳細に定められている。

及びその結果を記録しておくこと（65条）、労働者に対する健康診断の実施（66条）、病者の就業禁止（68条）、健康教育（69条）などである。

「火葬場の建設・維持管理マニュアル（改訂版）」が策定された2012（平成24）年から少し遡って2010（平成22）年以後の5年間においては、厚生労働省のHP（労働安全衛生法-成立と改正の経緯）³²でみるかぎり、労働安全衛生法の改正は1件のみである。

それが2014（平成26）年6月25日に公布された「労働安全衛生法の一部を改正する法律」（平成26年法律第82号）であるが、その立法理由として「平成22年12月22日に、労働政策審議会より建議がなされ、その中で、職場における受動喫煙防止に対する労働者の意識が向上しており、その対策について見直しが必要な状況となっていること、また、我が国全体の自殺者が増加傾向にあり、精神障害者等の労災認定件数が増加傾向にあるにもかかわらず、メンタルヘルス対策に取り組む事業所の割合は約34%（平成19年）であり、事業所の取組を進めることが必要であること等が提言され」たことが挙げられている³³。改正法は、これに化学物質による健康被害が問題となった胆管がん事案など最近の労働災害の状況なども踏まえ、労働災害を未然防止するための仕組みを強化することを目的とするものであり、内容的には大きく7つの分野で構成されている³⁴。

1．化学物質管理のあり方の見直し

特別規則の対象にされていない化学物質のうち、一定のリスクがあるものなどについて、事業者リスクアセスメントを義務付ける。

2．ストレスチェック制度の創設

・医師、保健師などによるストレスチェックの実施を事業者義務付ける。（ただし、従業員50人未満の事業場については当分の間努力義務とする。）

・事業者は、ストレスチェックの結果を通知された労働者の希望に応じて医師による面接指導を実施し、その結果、医師の意見を聴いた上で、必要な場合には、適切な就業上の措置を講じなければならないこととする。

3．受動喫煙防止対策の推進

労働者の受動喫煙防止のため、事業者及び事業場の実情に応じ適切な措置を講ずることを努力義務とする。

4．重大な労働災害を繰り返す企業への対応

厚生労働大臣が企業単位での改善計画を作成させ、改善を図らせる仕組みを創設する。（計画作成指示などに従わない企業に対しては大臣が勧告する。それにも従わない企業については、名称を公表する。）

5．外国に立地する検査機関などへの対応

³²[http://labor.sub.jp/view/2006/3-1\(148-157\).pdf#search='%E5%8A%B4%E5%83%8D%E5%AE%89%E5%85%A8%E8%A1%9B%E7%94%9F%E6%B3%95+%E6%94%B9%E6%AD%A3%E7%B5%8C%E7%B7%AF'](http://labor.sub.jp/view/2006/3-1(148-157).pdf#search='%E5%8A%B4%E5%83%8D%E5%AE%89%E5%85%A8%E8%A1%9B%E7%94%9F%E6%B3%95+%E6%94%B9%E6%AD%A3%E7%B5%8C%E7%B7%AF')

³³ [厚生労働省労働基準局安全衛生部計画課, 2014] 4頁

³⁴ 厚生労働省 HP : <http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/0000049191.html>

ボイラーなど特に危険性が高い機械を製造などする際の検査などを行う機関のうち、外国に立地するものについても登録を受けられることとする。

6. 規制・届出の見直しなど

- ・建設物または機械などの新設などを行う場合の事前の計画の届出を廃止する。
- ・電動ファン付き呼吸用保護具を型式検定・譲渡制限の対象に追加する。

なお施行期日については、公布の日から起算して、それぞれ6は6月、3・4・5は1年、2は1年6月、1は2年を超えない範囲において政令で定める日とされている。

一方、同期間における労働安全衛生法関係の政省令改正はほぼ毎年のようにあるが、石綿に関するものがほとんどである。火葬場に特有なものではないので、その内容を記述することはしない³⁵。また同期間に厚生労働省から発出された労働安全衛生関係の通知を同省HPで検索したところ、以下のようなものがあった。

「平成23年の熱中症予防対策の重点的な実施について（発出者：労働基準局安全衛生部長）」³⁶は、職場における熱中症による死亡者が増加していることにかんがみて、多発職種である建設業および製造業の業界団体に対して、傘下の事業者に対して予防対策を呼びかけるものである。同種の通知はその後毎年のように発出されている。

「一酸化炭素による労働災害の防止について（発出者：労働基準局安全衛生部化学物質対策課長）」³⁷は、化学物質による中毒の労働災害の発生状況をみると、一酸化炭素によるものが1~2割を占め、減少の傾向が見られないことにかんがみ、その防止を各団体に呼びかけるものである。労働災害防止団体、経営者団体、建設業関連団体、その他関連業界団体に分類されているが、その他関連団体の中には、社団法人全国ビルメンテナンス協会、社団法人全国生活衛生同業組合中央会、社団法人全国生活衛生営業指導センターなど厚生労働省の生活衛生課所管の業種も挙げられている。

「雇用管理に関する個人情報のうち健康情報を取り扱うに当たっての留意事項の改正について（発出者：労働基準局長）」は³⁸、個人情報の保護に関する法律（平成15年法律第57号）制定時の国会の附帯決議を踏まえ、雇用管理に関する個人情報のうち健康診断の結果、病歴、その他の健康に関する情報の取扱いの厳正化を事業者及び業界団体に呼びかけるものである。

「職場における腰痛予防対策の推進について（発出者：労働基準局長）」³⁹は、腰痛が依然として多くの業種で業務上疾病全体に占める割合がもっとも大

³⁵ 厚労省HP：これまでの主な政省令改正（労働安全衛生法令関係）。
<http://www.mhlw.go.jp/new-info/kobetu/roudou/sekimen/seirei/>

³⁶ 平成23年5月31日、基安発0531第2号

³⁷ 平成23年7月22日、基安化発0722第1号、2号

³⁸ 平成24年6月11日、基発0611第1号、2号

³⁹ 平成25年6月18日、基発0618第1号~4号

きいことにかんがみ、既存の「職場における腰痛予防対策指針」（平成6年9月6日、基発第547号で発出）を改訂したことを、関係団体、政府内関係部局、都道府県等に通知するものである。

「廃棄物焼却施設関連作業におけるダイオキシン類ばく露防止対策要綱」の運用に当たり留意すべき事項について（発出者：労働基準局安全衛生部化学物質対策課長）⁴⁰は、従来から関係事業場に指導してきた事項を整理するとともに、留意すべき事項について改正内容を含めて別添のとおり解説として取りまとめたものであり、これに伴い、「特定作業におけるダイオキシン類ばく露防止対策の考え方について」（平成15年8月1日、基安化発第0801001号）は廃止された。

「今後における労働衛生対策の推進に関する基本方針について（発出者：労働基準局長）」⁴¹は、業務上疾病者数は長期的には減少してきたものの、近年は横ばいで推移していることにかんがみ、職業性疾病の予防対策、過重労働による健康障害防止対策、メンタルヘルス対策等、労働衛生対策推進に関する基本方針を示している。

「心理的な負担の程度を把握するための検査及び面接指導の実施並びに面接指導結果に基づき事業者が講ずべき措置に関する指針」について（発出者：労働基準局長）は⁴²、2014（平成26）年の「労働安全衛生法の一部を改正する法律」（平成26年法律第82号）を踏まえたものである。すなわち法改正により、事業主には常時使用する労働者に対するストレスチェックや面接須藤の実施が義務付けられることになったことに伴い、法66条の10第7項の規定に基づいて「心理的な負担の程度を把握するための検査及び面接指導の実施並びに面接指導結果に基づき事業者が講ずべき措置に関する指針」を定めたことを周知するものである。

さて、前述のように事業主は、労働安全衛生法において、労働者の健康障害を防止するため、必要な措置を講じることが義務付けられている（法第22条）。また、職場環境に関して、通路、床面、階段等の保全並びに換気、採光、照明、保温、防湿、休養、避難及び清潔に必要な措置その他労働者の健康、風紀及び生命の保持のため必要な措置を講じなければならない（法第23条）。さらに、一部の事業者には作業環境測定と記録の保存を義務づけて

⁴⁰ 平成26年1月10日、基安化発0110第1号

⁴¹ 平成26年2月17日、基発0217第7号

⁴² 平成27年5月1日、基発0501第7号

おり、その対象に「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」を有する事業者が含まれている（法第 65 条、令第 21 条第 5 号）。

具体的規制内容は、労働安全衛生規則及び事務所衛生基準規則に規定されている。換気、温度、粉じんを絞ると、事業者の義務は以下のように整理できる。

労働安全衛生規則

【排気の処理：第 579 条（安衛則。以下同じ）】

有害物を含む排気を排出する局所排気装置その他の設備については、当該有害物の種類に応じて、吸収、燃焼、集じんその他の有効な方式による排気処理装置を設けなければならない。

【粉じんの飛散の防止：第 582 条】

事業者は、粉じんを著しく飛散する屋外又は坑内の作業場においては、注水その他の粉じんの飛散を防止するため必要な措置を講じなければならない。

【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か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/htmlldata/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つ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。

浮遊粉じん量が、0.15ミリグラム以下であること。

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。

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、測定日時、測定方法、測定箇所、測定条件、測定結果、測定を実施した者の氏名、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 μ 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 μ 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ったとき、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/htmlldata/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、作業環境の管理、作業方法の改善、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、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](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
たうえで、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-Roudouki_junkyokuanzeneiseibu/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/roudouki_jun/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立場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⁴³。

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 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

⁴³ 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。

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⁴⁴。

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⁴⁵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。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

⁴⁴ 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）。

⁴⁵ 自治体施策としては少子化対策などが考えられようか。

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。契約のひな型はどのような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。

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_xなどの排ガス中有害物質の調査は行われてきた^{1,2,3,4)}。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^{3,4)}。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⁵⁾。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⁵⁾。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¹²⁵I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⁶⁾。

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⁸⁹Sr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⁹⁰Y、¹³¹I及び⁸⁹Srの場合は1000MBq以下、³²P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⁷⁾。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壤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

(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

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。

残灰の掃除用のトレイより、100 g 程サンプルングをし、粉碎機(ワンダーブレンダー：大阪ケミカル)で粉碎後、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。

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)

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

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. による)

100 g 程サンプルングし、ラベルは1. 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カップ(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/cm²(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⁶ 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 どちらと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¹⁾。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(%)

残灰									
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	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¹⁾。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、残灰では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
			82	36	1.2	3.2	257	64	25
		女	95	0.18	0.11	63	570	36	6.3
			74	61	3.6	5.9	440	96	22
		66	0.22	nc	nc	5.3	0.91	17	
	A-2	女	80	36	3.5	9.6	427	38	8.9
			79	<0.05	nc	nc	147	15	10
		女	60	0.05	nc	nc	107	32	30
			81	2.3	0.12	5.1	200	10	5.0
		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。

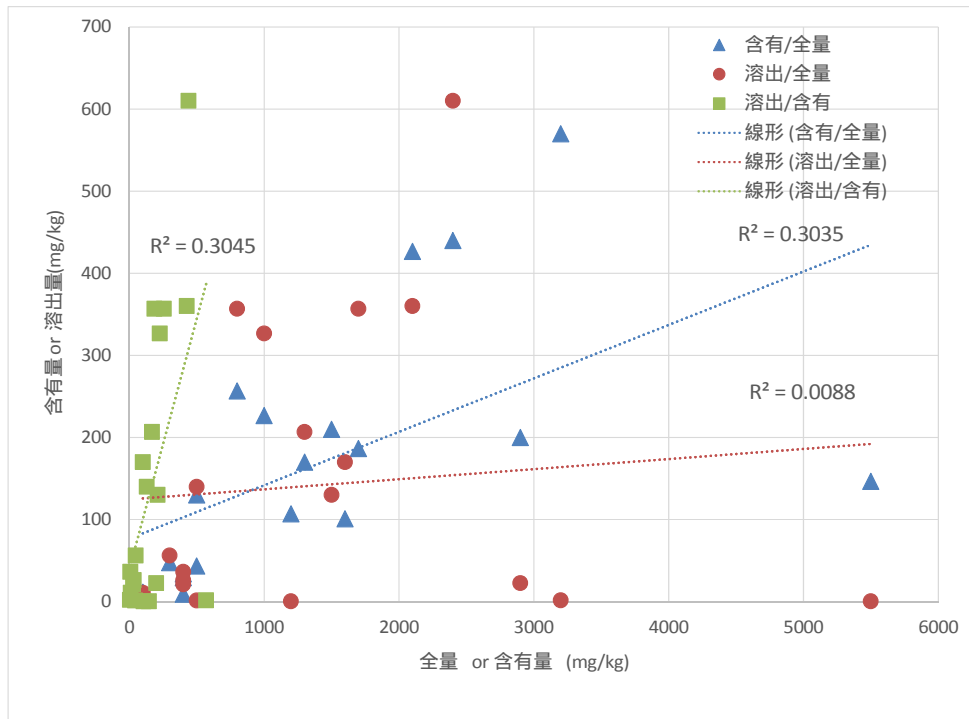


図 6 - 1 クロム全量、含有量、溶出量の関係

表 6 - 6 施設 B 残灰の粒径別の元素組成

残灰

施設 元素	B, < 2 mm			B, > 2 mm			有意差
	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)

3. 結論

火葬場における放射性物質及び六価クロムについて、残灰、飛灰中の実測を行った結果、以下の知見が得られた。

2施設において、残灰および飛灰中の放射性物質の調査を行ったところ、残灰 327、飛灰 129 検体において、医療用器具や投与薬に起因する放射性物質は検出されなかった。一方で事故由来放射性物質である Cs-134、137 及び天然由来の K-40 が検出される施設はあった。Cs-134 と Cs-137 の濃度は合わせて 300Bq/kg 以下であった。

2施設における調査では、残灰、飛灰ともにクロムはすべての試料で検出された。炉内の架台について、ステンレス鋼が使用されている炉はセラミック素材の炉に比べて有意に2倍以上残灰及び飛灰中クロム濃度が高かった。

残灰 10 サンプル及び飛灰 10 サンプルについて、六価クロムの含有量及び溶出濃度を測定すると、残灰の4サンプルが含有量の環境基準(250mg/kg)を超え、溶出試験では、全20サンプル中19サンプルが環境基準(0.05mg/L)を超えた。飛灰の場合、六価クロムが含まれるとほぼすべてが溶出する傾向があったが、残灰は必ずしもそうではなかった。

参考文献

- 1)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、2007
- 2)原子力資料情報室、カリウム-40、<http://www.cnrc.jp/knowledge/2584> (2015.3 閲覧)

第3節 火葬場作業者の放射線被ばく量に関する検討

1. シード線源からの被ばく量の再評価

「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」(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、平成23年)(以下、ガイドライン)では、火葬場作業者の前立腺永久挿入密封小線源に含まれる I-125 (病院退出時 1,300MBq) による被ばく量を、1.87 μSv/年と評価している¹⁾。これは以下の仮定に基づく値である。

仮定1) 永久挿入線源 (ヨウ素 125 : 1,300MBq (退出時)、半減期 59.4 日) を挿入された患者が、挿入されてから 1 年後に死亡し、即日火葬される場合を考える。(永久挿入密封小線源治療を受けて 1 年以内に患者が死亡した場合、剖検にてシード線源を取り出し、病院の貯蔵施設にて保管しておく必要がある。このことについて、あらかじめ患者や家族の同意を文書で得ておき、これが必ず守られる。)

仮定2) 線源は、火葬により燃えまた飛散することはなく、密封性を保ったまま骨壺にすべて納められるものとする。または、火葬場での骨灰は火葬場作業者により、骨灰の回収業者に渡され、もう一度骨灰業者により再び焼かれ埋設されることとする。この場合、線源は上記密封性等を保ったまますべて骨灰中に存在しているものとする。

これらの結果、火葬場作業者の被ばく量は以下のように計算される。

(1 年に 1 回遭遇すると仮定)

$$E = 18.4 \times 0.0124 \times 2.0 \div 0.5^2 = 1.83 \mu\text{Sv}$$

E : 実効線量 (μSv)

18.4 : 永久挿入線源 (I-125 : 1,300MBq (退出時)) の 1 年後の放射能 (MBq)

0.0124 : 実効線量率定数 (μSv・m²・MBq⁻¹・h⁻¹)

2.0 : 作業時間 (h)

0.5 : 永久挿入線源から作業員までの距離 (m)

この計算条件を「標準条件」と呼ぶこととし、上記の仮定が崩れた場合についての被ばく量を評価してみる。まず、仮定1が崩れた場合の被ばく量は表 6-7 のようになる。(ここでは、作業時間、作業距離については標準条件としている。)

表 6 - 7 患者が I-125 線源を取り出さずに火葬された場合の火葬場作業者の被ばく量 (μSv)

退院後火葬までの期間 1 年間に遭遇する回数	退院 1 ヶ月後	退院 6 ヶ月後	退院 1 年後
	1 回	90.9	15.4
2 回	182	30.8	3.66
3 回	273	46.2	5.49

また、仮定2が崩れた場合の被ばく量として、表 6-7 での被ばくに加え、火葬後、密封小

線源が床に落ち、1週間程度、作業場に留まっていた場合を考える。これはガイドラインが対象とする密封小線源は「I-125 が米粒大のカプセル（直径約 1mm × 長さ約 4.5mm）に密封されたもの」であることから、灰清掃作業などにおいて、床などに落下したまま見逃してしまう事態が発生する可能性があると考えたことによる。このとき、1週間内での放射線壊変による減衰を無視し、作業者は1週間に 48 時間作業し、線源から 1m の距離で1日に 8 時間被ばくし続ける場合を仮定すると、被ばく量は表 6-8 のようになる。

表 6 - 8 I-125 線源が床などに落ち、1週間被ばくし続ける場合の火葬場作業者の被ばく量（ μSv ）

退院後火葬までの期間 1年間に遭遇する回数	退院1ヶ月後	退院6ヶ月後	退院1年後
1回	636	108	12.8
2回	1270	215	25.6
3回	1910	323	38.3

このように、いささか可能性が低い仮定ではあるが、線源が挿入されたまま、患者が1年以内に火葬され、なおかつ線源が骨灰中からきちんと回収されなかった場合は 1mSv/年を超える被ばく量となる場合もあり得なくはない。これらの値は放射線業務従事者の年実効線量限度（50mSv/年）よりもずっと低い値ではあるが、火葬場作業者が放射線被ばくを想定した作業者ではないことから、一般公衆に対する年実効線量限度（1mSv/年）を適用する方が妥当だと考えると、この線量限度を超える可能性もあり得なくはない、という結果となったことから、退院後1年間は火葬されない、という条件が厳密に守られる必要があることがわかる。

なお、ここではガイドライン同様、密封小線源は火葬場作業において、密封が破壊されることはなく、I-125 が外気中に出ることはないとして仮定している。これは一般に密封小線源がチタン（融点：1,668）製のカプセルに密封されており、高温化でもカプセルの密封が破壊されることはない、と仮定しているためであるが、もし密封が破壊された場合は体内被ばくの可能性も考慮する必要があるため、密封小線源の耐熱性については、十分な検証が求められる。

2. 耐火レンガからの被ばく量評価

ジルコン（ ZrSiO_4 ）サンドには U-238 で 0.5Bq/g 以上、Th-232 で 0.5Bq/g 以上の放射性物質が含まれており、ジルコンサンドは耐火レンガの原料等として用いられる²⁾。また、人形峠のウラン残土が耐火レンガに加工され、一般に販売されていることも有名な話である（人形峠レンガ加工場におけるレンガ製造運転報告書, JAEA-Technology 2012-049, 日本原子力研究開発機構, 2013）。これらのことから、耐火レンガにはウラン・トリウム系列の放射性物質が含まれることが多いと考えられ、実際に、A 斎場において耐火レンガを積んだ場所、および主燃焼炉の周囲は図 6-2 のような空間線量分布であった（測定装置、Aloka TCS-172）。図 6-2 で灰色四角は主燃焼炉、白色四角は前室、黒色四角は耐火レンガを積んだものである。

炉や前室の壁の上の数字は、炉や前室の外側壁表面での 1m 高さでの空間線量 ($\mu\text{Sv/hr}$)、前室内の数字は炉内台車上 10cm での空間線量 ($\mu\text{Sv/hr}$)、ただし、耐火レンガを積んだ場所で、 $0.24 \mu\text{Sv/hr}$ はレンガを積んだ上表面での値、 $0.38 \mu\text{Sv/hr}$ はレンガで囲まれた隙間に測定プローブを入れた時の値である。

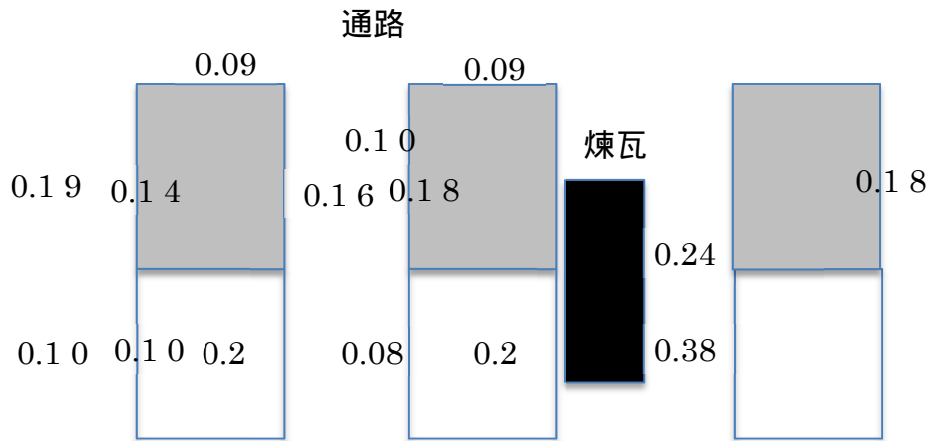


図 6 - 2 A 斎場の主燃焼炉周辺の空間線量分布 ($\mu\text{Sv/hr}$)

バックグラウンドの空間線量が $0.07 \mu\text{Sv/hr}$ 程度であるとすると、耐火レンガ周辺における火葬場作業に伴う追加線量は、主燃焼炉周辺での作業において、 $0.02 \mu\text{Sv/hr}$ (図 6-2 において、通路側主燃焼炉壁近辺での値からバックグラウンドを引いたもの)、主燃焼炉壁周辺や炉内台車近辺での作業による追加線量として、 $0.10 \mu\text{Sv/hr}$ (図 6-2 において、主燃焼炉壁側面や炉内台車近辺での代表値を $0.17 \mu\text{Sv/hr}$ と仮定し、この値からバックグラウンドを引いたもの) を仮定し、主燃焼炉周辺で年間 2,085 時間 (変形労働時間制における 1 年間の総労働時間の上限) 労働するとして、その内、主燃焼炉周辺での労働が 9 割、主燃焼炉壁近辺や炉内台車近辺での労働時間が 1 割だとすると、火葬場作業による年間追加線量は次のように見積もられる。

$$0.02 \times 2085 \times 0.9 + 0.10 \times 2085 \times 0.1 = 58.4 \mu\text{Sv/年}$$

これは一般公衆に対する年実効線量限度 (1mSv/年) と比べても 1 桁以上小さい値であり、健康上問題となる値ではないと考えられる。また、実際の作業者の年間被ばく量は「1. シード線源からの被ばく量の再評価」で評価した値と、ここで評価した耐火レンガによる被ばく量を合計して評価する必要があるが、退院後 1 年間は火葬されない、という条件が厳密に守られる場合は、一般公衆に対する年実効線量限度を超えることはないと推定される。

ただし、ここでも耐火レンガの摩耗や劣化によるレンガ含有放射能の飛散を考慮しておらず、よって、体内被ばくについては考慮していない。耐火レンガ周辺での火葬場作業に起因するウラン・トリウム系列核種による体内被ばくの可能性の有無については、別途調査する必要がある。

3 . 火葬炉におけるご遺体近傍での空間線量変化のモニタリング

昨年度の分析結果では、対象とする物質の放射性物質の検知はなかったため、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、この方法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、施設内に個人線量計を複数箇所設置し、累積増加量をモニターすることにより、放射性物質の存在可能性について当初検討しようとしたが、それでは検知が難しいと判断し、下記に示す装置を火葬炉の前室に設置して、ご遺体を連続的にモニターすることとした。



使用機器：

- ・ スケーラ- (図 6-3 写真左上)：

Ludlum Measurements 社製 Model 2241-2

16.5cm (高) × 8.9cm (幅) × 21.6cm (長)

- ・ 線検出プローブ (図 6-3 写真右上)： Model 44-2

5.1cm (径) × 18.5cm (長)

- ・ 検出器コリメータ (図 6-3 写真下)： Model L-4002-227

6.0cm (径) × 7.6cm (長)

- ・ ノートパソコン

スケーラと RS-232C-USB ケーブルで接続

図 6 - 3 用いた測定装置

様々な医療用 RI の使用が考えられるが、ここでは前立腺癌治療の永久挿入線源として使用する I-125 と Pd-103 を仮定。これらから放出される主たる光子は、I-125 が 27.4keV, 31.1keV, 35.5keV、Pd-103 が 20.1keV と 22.8keV なので、低エネルギーの X 線が測定できるプローブを使用することが必要だが、Model 44-2 型はエネルギー測定範囲が X 線・線 20keV ~ 1.5MeV なので、使用可能である。なお、バックグラウンドを抑えるために、Model 44-2 型プローブの先端に検出器コリメータ (Model L-4002-227 型) を接続する。測定プローブは図 6-4 に示すように、前室に炉内台車を置いた時、炉内台車の真上に位置する排気口内に、前室の扉口からは見えないように設置し、排気口に穴を開けてケーブルを出し、スケーラ、そしてパソコンへと接続した。Model 2241-2 スケーラが持つ RS232C への測定値ダンピング機能を用い、2 秒ごとの計数値をパソコンに転送し、記録していった。測定は 2015 年 11 月 30 日から 2016 年 1 月 7 日まで実施したが、ダンピングデータ記録ソフトの容量オーバーや電池の電圧低下などがあり、合計で 22 のご遺体からの放射線量を記録するにとどまった。

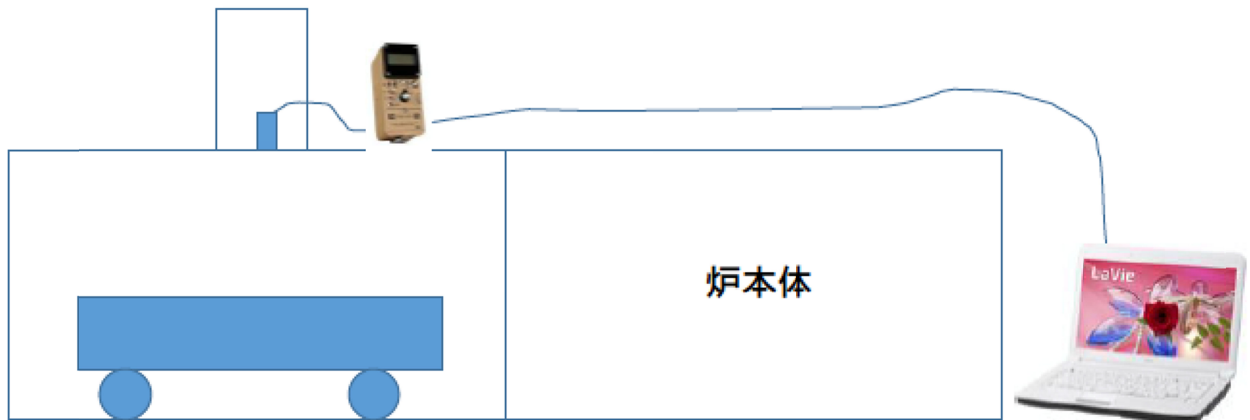


図 6 - 4 測定装置の設置状況

測定結果を全モニタリング期間について図 6-5 に、各連続したモニタリング期間について図 6-6～図 6-10 に示す。これらの図では 2 秒毎の測定値を 1 分間での平均値に変換してプロットしている。なお、この線量値については、ご遺体からの異常放射能を検出するために排気口にコリメーターを付けたプローブを設置して測定した値であり、作業者の被ばく管理における線量値として用いる性質のものではなく、被ばく量評価においては、あくまでも参考値程度に考える性質のものであることに注意する必要がある。各図において多くの時間帯は $0.3\sim 0.4\ \mu\text{Sv/h}$ の放射線量を示しているが、時々 30 分から 1 時間ほど放射線量が $0.1\ \mu\text{Sv/h}$ 程度に低下するときがある。これは不定形耐火材を打った炉内台車が炉本体に入ったため、あるいは前室から外に出されたため、耐火物からの放射線が低下した時間帯である。A 斎場では毎朝 7 時頃に始業前点検と清掃のため炉内台車を前室から出すので、この時間帯にも放射線量が低下するが、それ以降の作業時間内の放射線量の低下は、ご遺体の焼却のための炉内台車の移動によるものであり、この低下の前後に異常な放射線量の上昇があれば、ご遺体からの線量によるものと考えられる。「1 . シード線源からの被ばく量の再評価」の計算過程で示したように、退出時に $1,300\text{MBq}$ の I-125 の永久線源の 1 年後の放射能である 18.4MBq の I-125 線源から 0.5m の距離での実効線量は、 $0.91\ \mu\text{Sv/h}$ 程度、 1m の距離でも $0.23\ \mu\text{Sv/h}$ 程度となるので、このような条件でご遺体中にシード線源などが残されていた場合は、ご遺体からの異常な放射線を検出することは可能であったと考えられる。

上述した炉内台車の動きと放射線量との関係から、ご遺体が乗せられた炉内台車が炉本体に入れられ、放射線量がほぼ一定値に減少した時の前 5 分間の放射線量の平均値 A_b 、炉内台車が炉本体に完全に入れられ再び出されるまでの期間の放射線量の平均値 A_d とその標準偏差 S_d 、燃烧後に炉内台車が炉本体から出されて前室で冷却していると考えられる最初 10 分間の放射線量の平均値 A_a 、そして、各測定日において最後にご遺体を焼却した 30 分後から翌日の始業前点検の 30 分前までの期間での放射線量の平均値 A_n と標準偏差 S_n 、加えて、 A_d と S_d それぞれの平均値とその平均値から求めた変動係数 (= 標準偏差 / 平均値)、 A_n と S_n それぞれの平均値とその平均値から求めた変動係数を表 6-9 に示す。これらの結果より、まず、 A_b や A_a には特に A_n に比べて大きな値が観測されなかったことから、今回測定した

22のご遺体には、問題となるような放射線源は含まれていなかったと考えられる。また、燃焼中で炉内台車が無いときの前室の放射線量 A_d は $0.11\sim 0.12\ \mu\text{Sv/h}$ 程度で安定しており、炉内台車が静置されている時の放射線量である A_n の値も $0.34\sim 0.35\ \mu\text{Sv/h}$ 程度の値で安定している。それぞれの場合の変動係数は放射線量の値が小さい焼却中については 6%程度であり、放射線量値が比較的高くなる炉内台車が静置されている時間帯では 13%と高くなるが、この違いは使用した測定器の特性によるものと考えられる。

今回、前室で測定された放射線量は $0.3\sim 0.4\ \mu\text{Sv/h}$ 程度であり、この前室に毎日短時間入ったとしても、「2.耐火レンガからの被ばく量評価」で推定した被ばく量と大きく変わるものではなく、一般公衆に対する年実効線量限度 (1mSv/年) と比べて 1桁以上小さい値と考えられるため、耐火レンガからの放射線は問題となるレベルではないと考えられる。

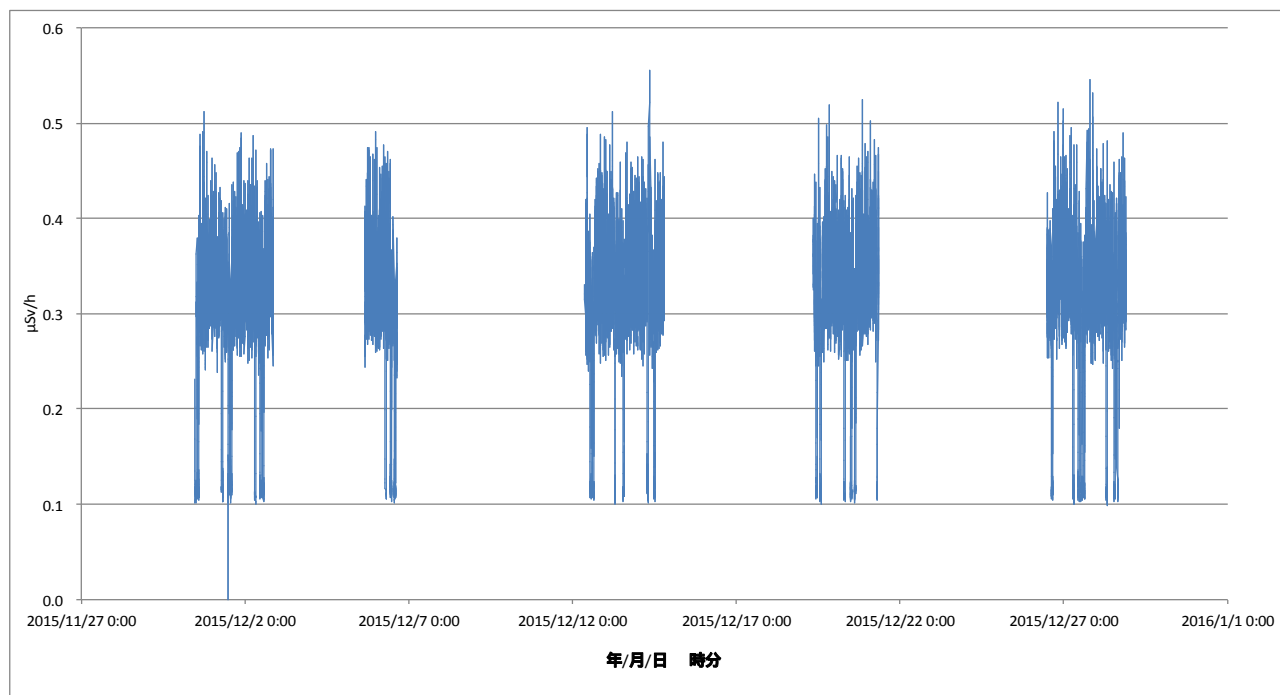


図 6 - 5 11月30日～12月29日の前室モニタリング結果

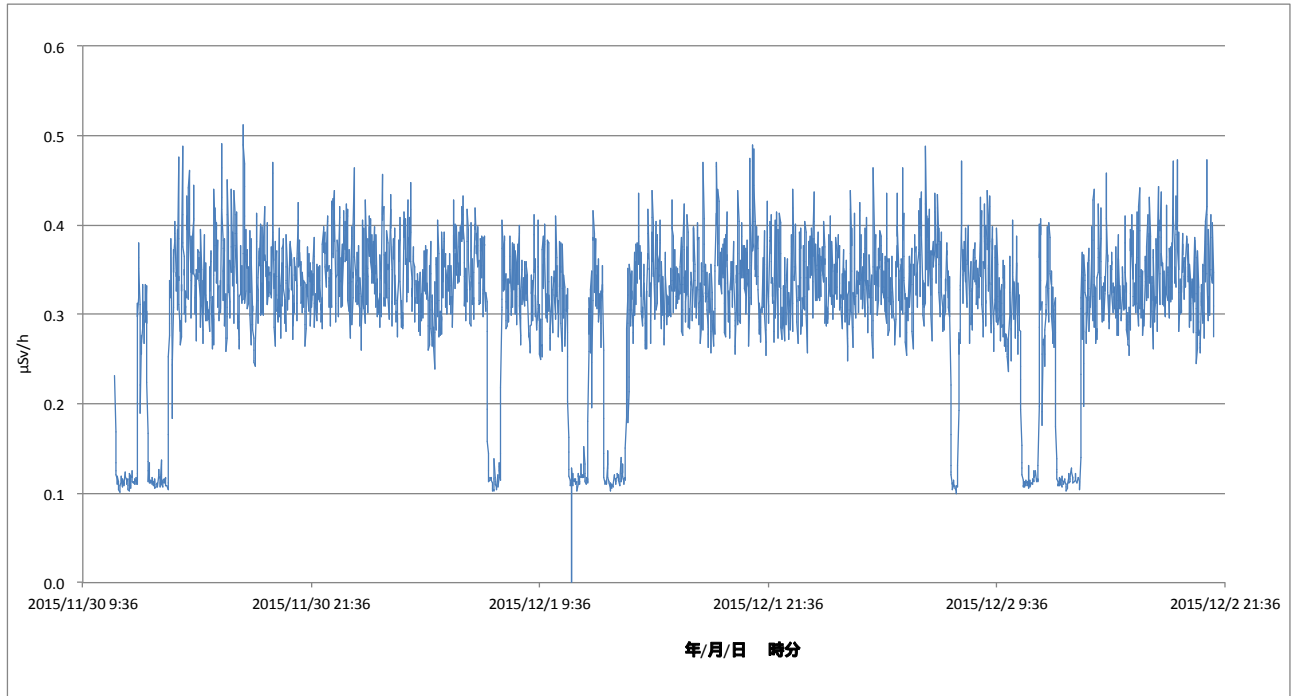


図 6 - 6 11月30日～12月2日の前室モニタリング結果

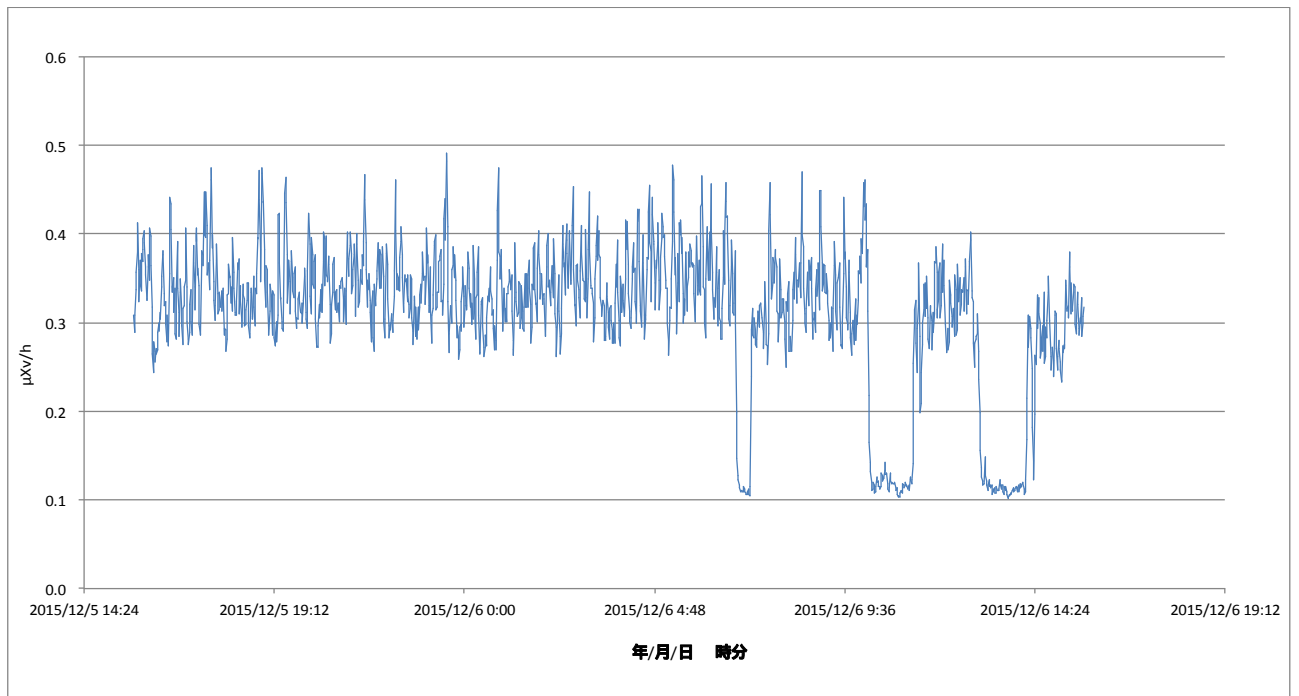


図 6 - 7 12月5日～12月6日の前室モニタリング結果

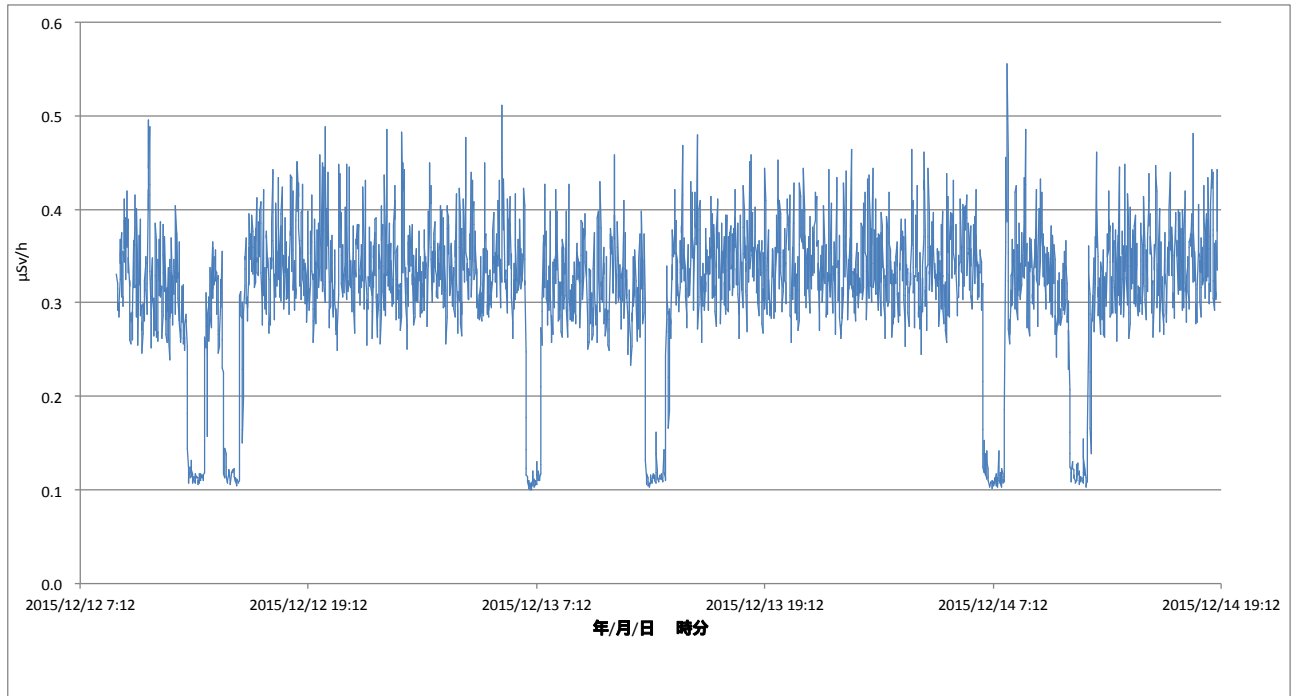


図 6 - 8 12月12日～12月14日の前室モニタリング結果

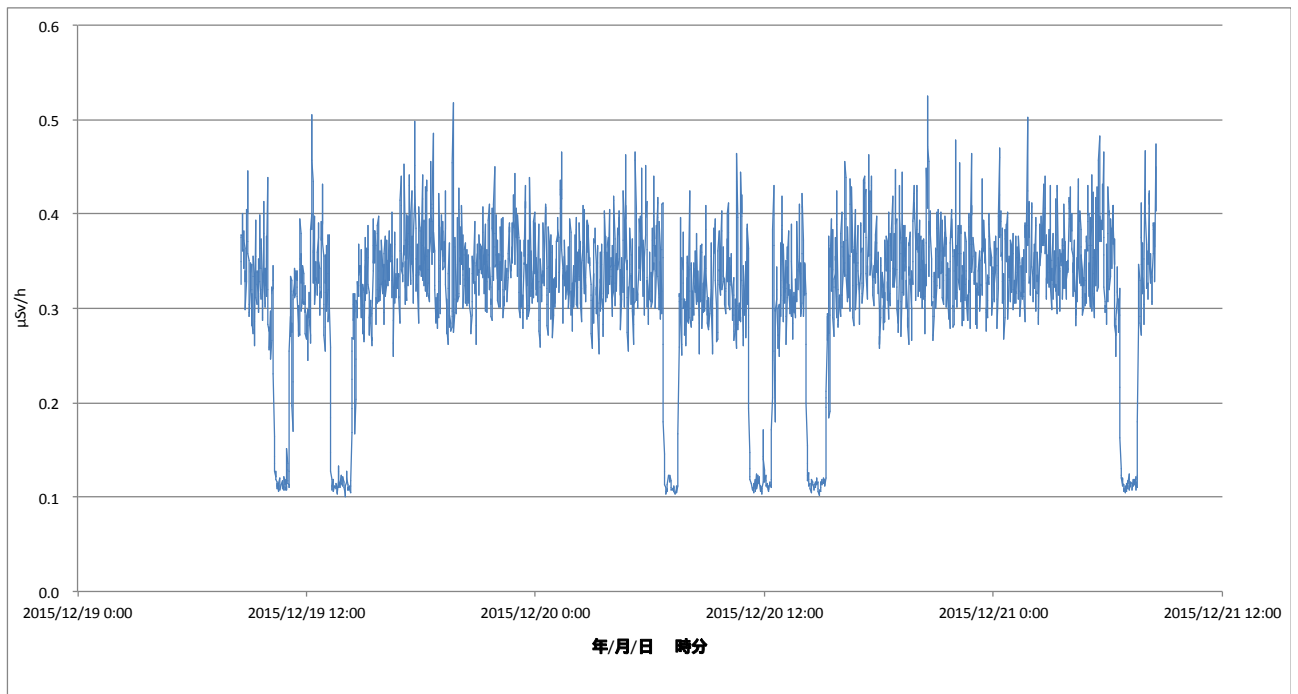


図 6 - 9 12月19日～12月21日の前室モニタリング結果

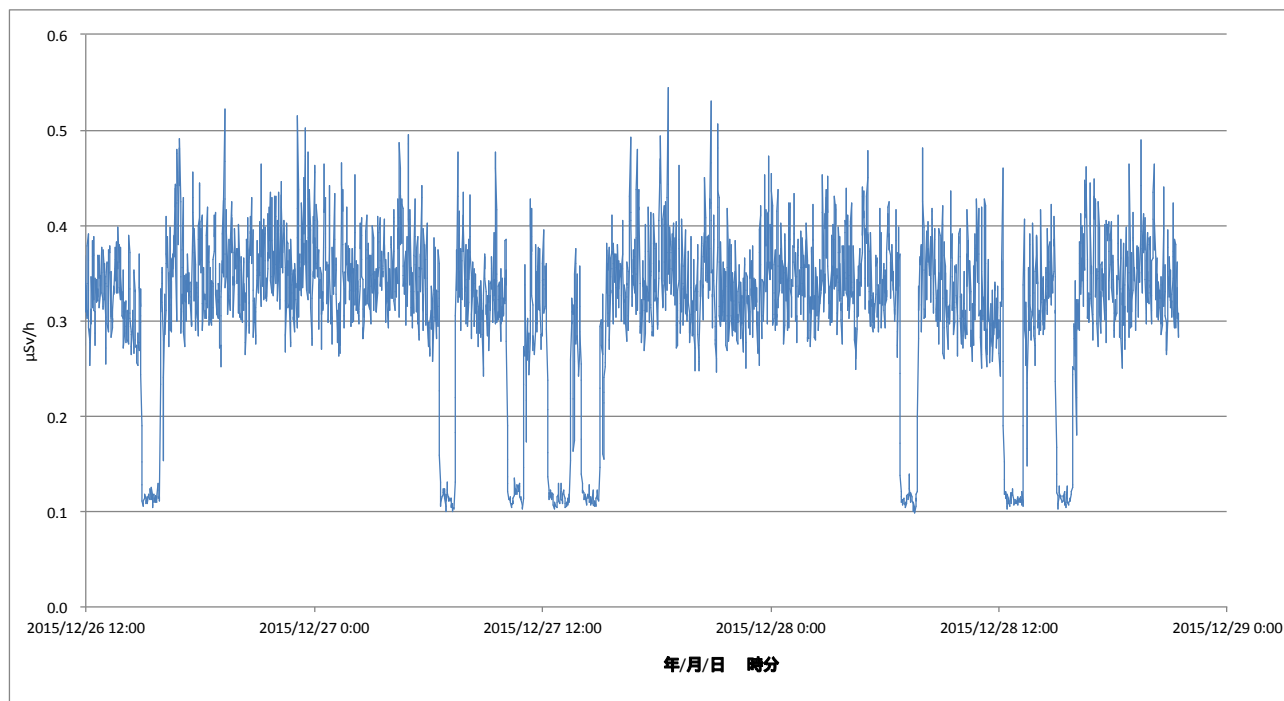


図6 - 10 12月26日～12月29日の前室モニタリング結果

表6 - 9 前室モニタリング結果の統計値（表中の線量の単位はμSv/h）

ご遺体番号	観測日	燃焼前5分間の線量平均値	燃焼中線量の平均値	燃焼中線量の標準偏差	燃焼後10分間の線量平均値	時間外の線量平均値	時間外の線量標準偏差
1	11/30	0.156	0.112	0.005	0.296		
2		0.126	0.113	0.006	0.304	0.336	0.058
3	12/1	0.178	0.116	0.008	0.285		
4		0.209	0.116	0.008	0.244	0.339	0.041
5	12/2	0.131	0.113	0.005	0.321		
6		0.158	0.113	0.005	0.292		
7	12/6	0.194	0.117	0.008	0.210		
8		0.171	0.114	0.007	0.258	0.342	0.043
9	12/12	0.185	0.114	0.005	0.238		
10		0.205	0.116	0.008	0.268	0.342	0.042
11	12/13	0.210	0.115	0.010	0.274	0.342	0.041
12	12/14	0.202	0.116	0.009	0.273		
13	12/19	0.138	0.115	0.009	0.284		
14		0.255	0.113	0.006	0.258	0.343	0.040
15	12/20	0.209	0.113	0.005	0.130		
16		0.203	0.114	0.005	0.275	0.350	0.041
17	12/26	0.238	0.114	0.005	0.304	0.353	0.045
18	12/27	0.223	0.117	0.008	0.256		
19		0.207	0.114	0.006	0.271		
20	12/28	0.220	0.114	0.005	0.270	0.344	0.044
21		0.213	0.112	0.005	0.300		
22		0.232	0.113	0.006	0.275		
		平均 =	0.114	0.007	平均 =	0.343	0.044
		変動係数 =	0.057		変動係数 =	0.128	

4．結論

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結果、前立腺永久挿入密封小線源治療患者が退院後1年間は火葬されない、という条件が厳密に守られる場合は、一般公衆に対する年実効線量限度を超えることはないと推定され、特段の処置をとる必要はないと考えられる。しかし、この条件が厳密に守られない場合は、放射線作業従事者ではない火葬場作業者の被ばく量が一般公衆に対する年実効線量限度を超える場合も考えられることから、できれば、骨灰の放射能をモニタリングすることが望ましい。なお、I-125 から放出される光子のエネルギーは比較的 low (27.4keV, 31.1keV, 35.5keV) 一般によく用いられるシンチレーションサーベイメータでは測定できない場合があるので注意が必要である。また、これらの評価においては体内被ばくの可能性が無視されていることから、その可能性の有無について、さらなる調査が必要だと考えられる。

A 斎場の前室でご遺体を連続測定した結果、測定された 22 のご遺体からの異常な放射線は検出されなかったが、主燃焼炉や炉内台車に用いられている耐火レンガからと推定される放射線のため、通常環境の放射線量の数倍程度の放射線量が前室において観測された。この耐火レンガ近くにおいて、毎日作業することによる追加被ばく線量は、数十 μ Sv/年程度であり、これは一般公衆に対する年実効線量限度 (1mSv/年) と比べても 1 桁以上小さい値であることから、健康上問題となる値ではないと考えられる。

参考文献

- 1) 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)
- 2) 平成 15 年度文部科学省委託調査研究「自然起源の放射性物質等を含む物に関する調査報告書」原子力安全技術センター, 平成 16 年, p.10 (2004)

第4節 火葬場における作業環境測定

1. 調査方法

1.1 サンプルング

単位作業場所^{*}での計測を実施した。

1.1.1 炉の裏側でご遺族が不在時のみに連続運転

- () ハイボリュームサンプラーによる^{**}全粒径の粒子状物質の捕集を、就労時間を実施した。
- () ロープレッシャーインパクトによる粒径毎の粒子状物質の捕集を、就労時間を実施した。

1.1.2 炉の表側でご遺族が不在時のみに連続運転

- () デジタル粉じん計により、作業環境測定法による A 測定を実施した。同一測定箇所にて、温湿度計を設置した。
- () 単位作業場における作業中に、粒度分布計測器 (SMPS + OPS) にて個数濃度をモニタリングした。

1.1.3 炉の表側でご遺族が不在時に随時測定

- () 作業場での気流を調査するために、発煙装置、熱線風速計を用いて風向や風速を測定した。
- () 作業者の行動範囲、従事時間、作業内容を調査、ヒアリングした。

* 単位作業場所は、粒子状物質が高いと予測される炉の周辺を想定している。

** 「作業環境測定ガイドブック 2 電離放射線関係」(社団法人日本作業環境測定協会)、「廃棄物等の放射能調査・測定法暫定マニュアル」(独立行政法人国立環境研究所)に従い測定を行った。

1.2 持込み装置

主な大型装置は下の4項目で、これに加え温湿度計などの小型機器を持参した。

- () ハイボリュームサンプラー (HVS:HVC-500N、柴田科学) 1点
全粒径の粒子状物質を石英フィルターに捕集する。捕集時間と積算流量が記録できるため、これらの値から体積当たりの重量濃度を求める。



【サイズ・容量】

W530×D160×H230 mm、質量：9.5 kg

() SMPS3910 (TSI) 1 点

粒子径が 10 ~ 300 nm の個数濃度を、一定の粒径毎に測定する。約 1 分間で個数濃度を計測可能。バッテリー駆動により電源は不要。



【サイズ・容量】

W450×D230×H390 mm、質量：8 kg

() OPS3330 (TSI) 1 点

粒子径が 0.3 ~ 10 μm の個数濃度を、一定の粒径毎に測定する。約 30 秒間で個数濃度を計測可能。バッテリー駆動により電源は不要。



【サイズ・容量】

W210×D220×H130 mm、質量：2 kg

() デジタル粉じん計 (LSDC:LD-3、柴田科学) 3 点

サブミクロンからミクロンサイズの粒子数をカウント値として計測する装置。カウント値は換算計数 (K 値) を用いて、質量濃度に変換できる。



【サイズ・容量】

W70×D105×H185 mm、質量：1.2 kg

1.3 調査地点

1.3.1 A 火葬場

1.3.1.1 見取図と調査エリアの状況

A 火葬場の見取図と測定機器の配置場所を [図 6-11](#) に示す。また、調査地の状況や作業環境に関する情報を下に記す。

- a 炉は 40 年近く稼働しており、前室の無い構造のみ。
- b 灯油によるバーナーで燃焼し、燃焼条件などは作業員の経験から判断。

- c 遺族不在時でも、マスクなどの保護具の着用は無い。
- d 炉の前の部屋は、換気などの装置は無い。
- e A測定は炉の前の部屋での燃烧前、燃烧時、整骨、清掃時を対象とした。
- f B測定は全て作業を通じて最も高い濃度を示した値を用いた。

1.3.1.2 調査スケジュールと状況

測定内容と炉の運転スケジュールを図6-12に示す。その他の運転に関する情報を下に記す。

- a 炉の運転は昼を挟んだ2回であった。
- b 燃烧中の炉裏は、目視で確認ができる程度の煙濃度であった。
- c 燃烧直後の冷却開始時と、清掃時の灰をスコップで集める作業時にも、煙濃度が高い。

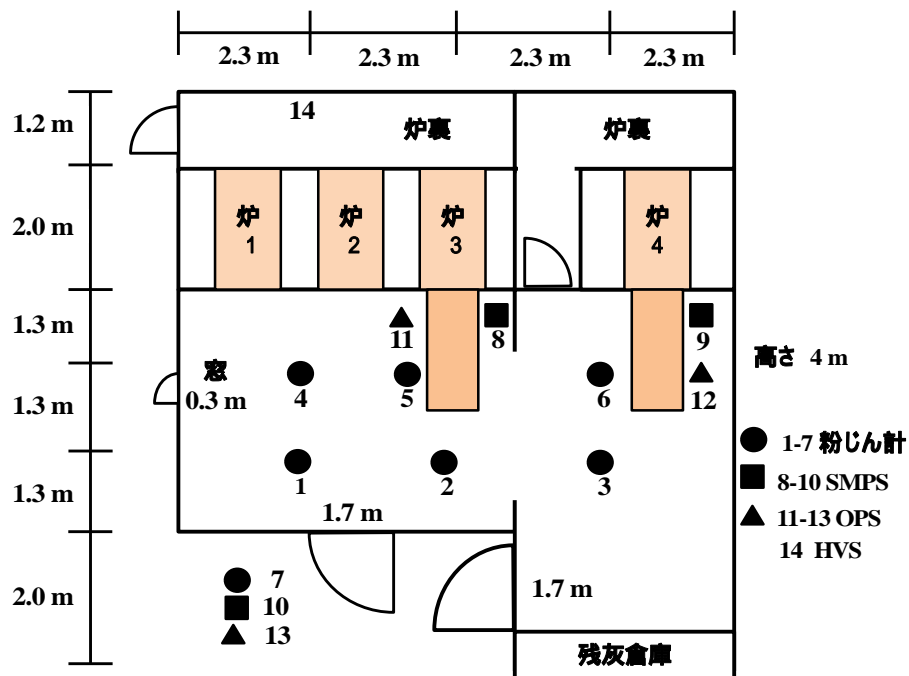


図6-11 A火葬場の見取図と測定機器の配置場所

Time	Operation	粉じん計	OPS	SMPS	HVS	
10:00	↑ 炉稼働前(3号炉) ↓	Measurement points				↑ ↓ 14
10:10		↑ 1, 2, 3	↑ 11	↑ 8		
10:20		↓ 4, 5, 6				
10:30	↓	↓	↓			
11:35	↑ 炉稼働中(3号炉) ↓	↑ 1, 2, 3	↑ 11	↑ 8		
11:45		↓ 4, 5, 6				
11:55		↓	↓	↓		
12:40	↑ 整骨(3号炉) ↓	↑ 1, 2, 3	↑ 11	↑ 8		
12:50		↓ 4, 5, 6				
13:10	↑ 清掃(3号炉) ↓	↑ 1, 2, 3	↑ 11	↑ 8		
13:20		↓ 4, 5, 6				
13:30	↑ 整骨(4号炉) ↓	↑ 1, 2, 3	↑ 12	↑ 9		
13:40		↓ 7				
13:50		↓	↓ 13	↓ 10		

図 6 - 1 2 測定内容と炉の運転スケジュール

1.3.1.3 測定機器の設置場所

粉じん計は 3 台あり、これらを炉の奥から手前に移動させることで、6 点（等間隔抽出）の観測を行った。また、SMPS と OPS による計測（発生源近傍の B 測定）は火葬中に炉の表と裏で行った。なお、火葬終了後の作業は、収骨前に御骨を整える作業（整骨）と収骨終了後の清掃作業が行われた。B 測定は、それぞれの作業に対して台座に近づき、その両側に装置を移動させて実施した。粉じん計の設置高さは人の呼吸時の高さに相当する 120 ~ 150 cm に設定した。

1.3.2 B 斎苑

1.3.2.1 見取図と調査エリアの状況

B 斎苑の見取図と測定機器の配置場所を図 6-13 に示す。また、調査地の状況や作業環境に関する情報を下に記す。

- a 炉は、タイプの異なる 2 系統が 7 炉設置。
- b 収骨は燃焼後冷却したのちの状態のまま行う。清掃は翌日に全ての炉を一括して行う。
- c 炉を格納している対象作業場は換気システムが整備された室内。
- d 作業の際、マスクの着用がなされていた。

1.3.2.2 調査スケジュールと状況

測定内容と炉の運転スケジュールを図 6-14 に示す。HVS は測定の始めから終わりまで図 6-13 の位置に固定した。粉じん計は作業工程を踏まえた上で 10 分間の測定を炉の奥と手前とで前後に移動させて行なった。その設置高さは、人の呼吸時の高さに相

当する 120 ~ 150 cm に設定した。

また、SMPS と OPS は発生源近くで測定（B 測定）を行うため、単位作業場へ移動させ、燃焼中の炉の前、清掃作業時の台座近傍における飛散粒子を測定した。清掃作業時には、マグネットによる金属の回収、ステージの回収、骨などの回収が行なわれ、掃除機をかけた後、台座に保護材を撒いていた。

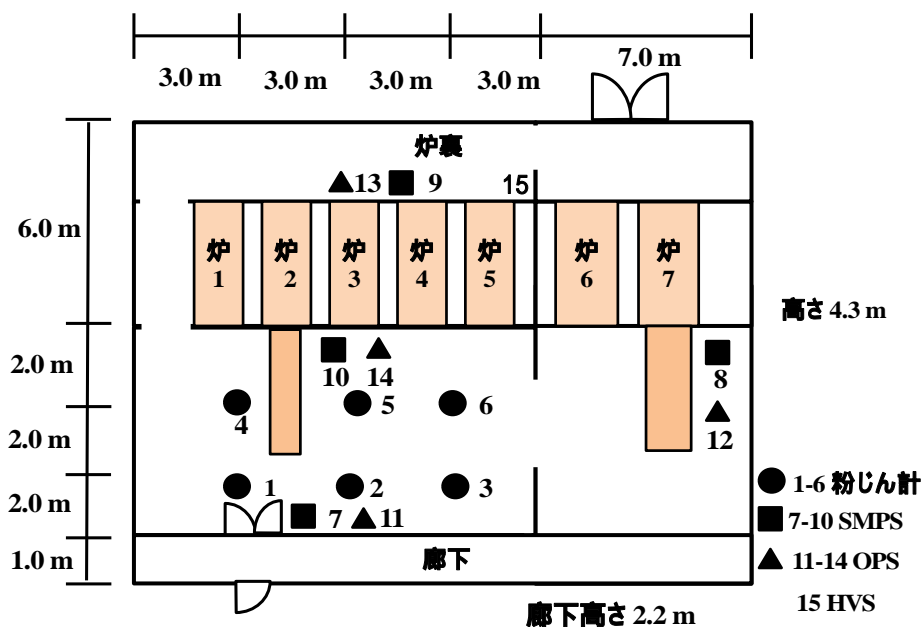


図 6 - 1 3 B 斎苑の見取図と測定機器の配置場所

Time	Operation	粉じん計	OPS	SMPS	HVS	
9:00		Measurement points				
9:10	↑ 清掃(2号炉) ↓ 清掃(7号炉)	↑ 1, 3	↑ 11	↑ 7	↑ 15	
9:20						
9:30		↓ 4, 5, 6	↓ 12	↓ 8		
9:40			↓ 13	↓ 9		
9:50						
12:30	↑ 炉稼働中(3号炉) ↓	↑ 1, 2, 3	↑ 14	↑ 10		
12:40						
12:50		↓ 4, 5, 6	↓ 13	↓ 9		
13:00						
15:00	↑ 収骨後(3号炉) ↓	↑ 1, 2, 3	↑ 14	↑ 10		
15:10						
15:20		↓ 4, 5, 6	↓ 14	↓ 10		

図 6 - 1 4 測定内容と炉の運転スケジュール

1.3.2.3 測定機器の設置場所

B 測定の実施に伴って観測器 (SMPS と OPS) を稼働中の炉付近へ移動させた。粉じん計による測定では、作業場の面積をおおよそ均等に割り振り、3 台の機器を火葬炉の手前と奥に移動させることによって 6 点観測を行った。

1.4. 粉じん計による作業環境測定

1.4.1. A 測定評価方法

1.4.1.1 粉じん計による管理濃度導出

粉じん作業場において、相対濃度計を用いて測定して得られた相対濃度 (粉じん計では 1 分間の当たりのカウント数 (cpm)) から質量濃度を求めるには相対濃度値に質量濃度変換係数 K 値を乗じて質量濃度を算出する。

$$K = C / (R_D - D) \quad (1-1)$$

C : 質量濃度 [mg/m³]

R_D : 粉じん計によるカウント数 [cpm]

D : バックグラウンド値

測定現場から得られた値を使用して K 値を計算した。 K 値を用いて粉じん計の測定結果を質量濃度に変換し、作業環境評価を行った。

作業環境評価は、第一評価値 EA_1 (5 %相当の推定濃度) と第二評価値 EA_2 (平均濃度からの推定濃度) を算出することで、これらを境界とした 1~3 の管理区分として評価する。なお、各区分の解釈は、第 1 管理区分 (作業環境管理が適切であると判断される状態)、第 2 管理区分 (作業環境管理になお改善の余地があると判断される状態)、第 3 管理区分 (作業環境管理が適切でないとは判断される状態、再測定と改善措置が必要) となっている。作業環境測定における管理区分は表 6-10 の通りである。

表 6 - 10 作業環境測定における管理区分表

		A測定			
		第1評価値 < 管理濃度	第2評価値 < 管理濃度	第1評価値 > 管理濃度	第2評価値 > 管理濃度
B 測 定	B測定値 < 管理濃度	第1管理区分	第2管理区分	第3管理区分	第3管理区分
	管理濃度 ≤ B測定値 ≤ 管理濃度 × 1.5	第2管理区分	第2管理区分	第3管理区分	第3管理区分
	B測定値 > 管理濃度 × 1.5	第3管理区分	第3管理区分	第3管理区分	第3管理区分

各サンプル点の測定値に対する幾何平均を次の式により求める。

$$\log M = (\sum \log C_i) / n \quad (1-2)$$

また幾何標準偏差 σ は、

$$\log\sigma = \{ \sum (\log C_i)^2 - n(\log M_i)^2 \} / (n-1) \quad (1-3)$$

求める EA_1 は、次の式で求めた。

$$\log M_{A1} = \log M + 1.645 \log \sigma \quad (1-4)$$

粉じんの管理濃度の式は、

$$E = 3.0 / (1.19 Q + 1) \quad (1-5)$$

E : 管理濃度 [mg/m³]

Q : 遊離けい酸含有率 [%]

粉じんの管理濃度値は、粉じんの遊離珪酸が 100 % 含まれたとすると 0.025 mg/m³、0 % とすると 3 mg/m³ となる。

1.4.1.2 遊離けい酸含有率計測

施設内に設置した HVS を用いて、フィルター上に捕集した浮遊粉じんに対する遊離けい酸含有率 (石英、トリジマイト、クリストバライト) を、X線回折分析により求めた。計測に用いた機器は、XRD-6100 (島津製作所製) を使用した。定量分析では、標準資料石英、トリジマイト、クリストバライトの検量線を作製し、検量線の定量下限値 (検量線勾配と 10 σ の積) を設定した。

表 6 - 1 1 X線回折測定器による分析条件

測定法	定性分析	定量分析
X線源	CuK α 40 kV-30 mA	
モノクロ	湾曲グラフィートモノクロメータ使用	
走査条件	連続走査 2°/min 0.02° 毎 0.6秒積分	ステップ走査 0.02° 毎 4秒積分
走査範囲	20:5 - 70°	石英: 26.6°; 26 - 27° トリジマイト: 20.6°; 20 - 21.2° クリストバライト: 22.1°; 21 - 22.5°
スリット	DS: 1°, SS: 1°, RS: 0.3 mm	

1.4.2 B 測定評価方法 (発生源に対する作業環境測定評価方法)

評価は、質量濃度で行うため、粉じん計で計測した全ての作業を通じ、最も高い値を示した作業近傍での濃度を評価値とした。また、SMPS と OPS を用いて、発生源近傍で作業における粒径ごとの個数濃度の測定、作業に対する継時変化の分析を行った。

1.4.3 建築物環境衛生管理基準との比較

建築物衛生法に規定される管理基準値（浮遊粉じん）と本調査場での粉じん計測による結果を比較し、空気環境の評価を行った。浮遊粉じんに対する建築物環境衛生管理基準値は、 0.15 mg/m^3 以下と定められている。

1.5 誘導結合プラズマ質量分析（ICP-MS）による粉じん中に含有する総クロムと六価クロムの定量分析

1.5.1 ICP-MS による総クロムの定量

HVS を使用し、浮遊粉じんの捕集に用いたガラス繊維フィルターを 8 等分割し、そのうち 3 片に酸を加え、マイクロウェーブ分解装置にて分解し、検液を調整した後、ICP-MS（Thermo Scientific X series 2）による定量分析を行った。以下にその詳細を示す。ICP 分析試料液作製の前処理は、濃硝酸（60%）、超純水、過酸化水素（30%）をそれぞれ 3 : 3 : 2 の比で調合し、その溶液 10 ml を当該フィルターに混合した。その混合溶液をマイクロウェーブ分解装置（Mars OneTouch Technology, CEM）を用いて分解を行なった。分解条件は 180 ~ 200 °C において 3 段階に温度を上昇させ、約 1 時間半かけて加熱分解した。その後、超純水を加えて硝酸の濃度を 1 N に調整した。また内標準液はイットリウム（Y）を使用した。希釈標準系列を測定することで検量線を作成し、検出下限値はブランクフィルターに対する定量標準偏差 σ の $+3\sigma$ 、定量下限値を $+10\sigma$ とした。ブランクフィルターは、異なる 3 枚のフィルターを同様に前処理し、ICP-MS を用いて定量し、平均を求めた。

検液から検出した捕集粉じん中の ^{52}Cr の重量濃度を求め、フィルター 1 枚分に捕集したクロム質量に換算した。この値に対し、HVS の稼働時間分を積算した吸入量で除することで大気流量中に対する濃度に換算した。

1.5.2 ICP-MS による六価クロムの定量

六価クロムは土壌の溶出試験（JIS K0102:65.2）に従って溶出させた。8等分割したフィルター試料 2 片に対し、溶媒液（超純水に炭酸ナトリウム 0.005 mol 及び炭酸水素ナトリウム 0.01 mol を溶解させ 1 L に調整）に、重量体積比 3 % の割合で混合した。その試料液を室温（25 °C）、常圧（1気圧）で振とう機（毎分 200 回、振とう幅 4 cm 以上 5 cm 以下）を用いて、2 時間連続して振とうさせた。振とう容器は、ポリエチレン製容器を用いた。十分攪拌分離した後、孔径 $0.45 \mu\text{m}$ のメンブランフィルターでろ過してろ液を採り、これを検液とした。この検液を ICP-MS（Thermo Scientific X series 2）を用いて定量分析を行った。

1.6 六価クロムに対するヒト健康リスク評価

1.6.1 非発がん性の有害影響リスク評価

クロム化合物を取り扱う作業員で吸入曝露に伴う影響として、非発がん性の有害影響と発がん影響が見られるが、六価クロム化合物による非発がん性の影響は、呼吸器系では鼻出血、鼻中隔潰瘍、鼻粘膜萎縮などが見られ、それぞれに閾値が存在する。非発がん性に対する有害影響は、吸入参照濃度 (*RfC*) で示され、この値は当該物質を生涯にわたり、吸入してもヒトの健康に影響がない大気濃度とされる。呼吸器系における最小毒性レベル (*LOAEL*)、または、無毒性レベル (*NOAEL*) のいずれかをを用い、不確定係数 (*UF*) で除すことで、*RfC* は算出される (式 1-6)。

$$RfC = LOAEL/UF \quad (1-6)$$

六価クロムの非発がん性に対する有害影響の *LOAEL* は $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ である¹⁾。本調査施設において、作業員の曝露時間が 8 時間/日、5 日/週であることを考慮して連続曝露時の値に補正すると、式 1-7 より、*LOAEL* の値は $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ となる。

$$LOAEL = 2 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times \frac{8 \text{ 時間}}{24 \text{ 時間}} \times \frac{5 \text{ 日}}{7 \text{ 日}} = 0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3 \quad (1-7)$$

UF は、*LOAEL* から *NOAEL* の外挿と影響の感受性の個人差に安全側のデフォルト値である 10 をそれぞれ用い、積の 100 を設定した。

これらの値を代入することで、リスク評価の吸入参照濃度である *RfC* の値 $5 \text{ ng}/\text{m}^3$ を得た。

1.6.2 発がん性リスク評価

発がん影響については、閾値は存在しないが、ユニットリスク (基準量の発がん性物質が含まれる空気を生涯吸引した際の発がん確率: 単位 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)⁻¹) の値は存在する。

吸入に伴って罹患する肺がんによる死亡に対するユニットリスク (*UR*) は、*P*₀ を人口における推定肺がん死亡率、*RR* をコホートの肺がんによる死亡の相対リスク、*d* を作業員の曝露量とすると式 1-8 により表される。

$$UR = P_0 \times \frac{RR-1}{d} \quad (1-8)$$

Mancuso の疫学研究²⁾によると *P*₀ は 0.036、*RR* は 7.2、*d* は $15.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。上式に代入して計算するとユニットリスクの値は $1.4 \times 10^{-2} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ となる。本調査においてこの疫学調査の値を用いた。求めたユニットリスクの値に対し、 10^{-5} のリスクレベルに相当する濃度を求めると $0.71 \text{ ng}/\text{m}^3$ となる。

2. 結果及び考察

2.1 X線回折分析による各調査場に対する遊離けい酸含有率

各調査場で捕集した、フィルター上の粉じんに対し、それぞれ XRD による定性評価を行った。結果を図 6-15 に示す。それぞれの調査場から採取した遊離粉じんは、どちらも石英、トリジマイト、クリストバライトを示すピークは検出されなかった。

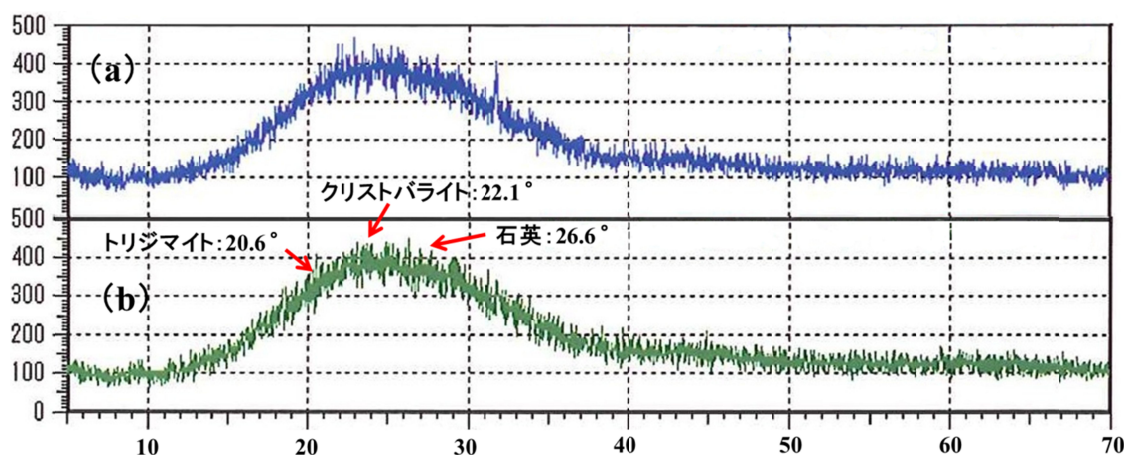


図 6 - 1 5 X 線回折による定性分析結果（縦軸：吸光強度、横軸： -2 度）
(a) : B 斎苑、(b) : A 火葬場

次に、同じ捕集サンプルに対し、検量線を作製し、定量分析を行った結果を表 6-12 に示す。

いずれのサンプルにおいても三種類標準試料による遊離けい酸の定量値は下限値以下であった。よって、本調査による管理濃度は、どちらも遊離けい酸含有率は 0 % として計算し、 3 mg/m^3 となる。

表 6 - 1 2 X 線回折分析による標準試料を用いた定量分析結果

Sample	定量値 (μg)			検量線の定量下限値 (μg)		
	トリジマイト	クリストバライト	石英	トリジマイト	クリストバライト	石英
(a)	5.1	1.3	2.9	24.2	7.8	10.2
(b)	3.9	1	1.2	24.2	7.8	10.2

2.2 A 火葬場における結果

2.2.1 粉じん計による作業環境測定

()A 測定

前述した計算に基づいて算出した。本施設において K 値は 0.0062 を得た。第一評価値 EA_1 と第二評価値 EA_2 は下の通りとなった。

$$EA_1 = 0.20 \text{ mg/m}^3$$

$$EA_2 = 0.08 \text{ mg/m}^3$$

粉じんの遊離けい酸率は本調査地において 0 %であった。この割合から管理濃度は 3 mg/m^3 と求まり、第一評価値は、管理濃度以下となった。

昨年度の同施設における調査結果は、遊離けい酸含有率は 0 %であり、管理濃度は、本年度同様 3 mg/m^3 であった。K値は 0.004、 $EA_1 = 1.20 \text{ mg/m}^3$ 、 $EA_2 = 0.32 \text{ mg/m}^3$ であり、管理濃度以下との結果を得ている。本年度は昨年度比べ、評価値は低い値を示した。

()B 測定

粉じん計による作業別質量濃度計測結果を表 6-13 に示す。

表 6 - 1 3 2015 年度の粉じん計による作業別質量濃度計測結果(mg/m^3)

Operation	Point1	Point2	Point3	Point4	Point5	Point6
炉運転前	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04
炉運転中	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04
整骨	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.05
清掃	0.16	0.12	0.09	0.06	0.06	0.07

B 測定値は、表 6-13 において最も高い重量濃度である Point 1 の清掃時 0.16 mg/m^3 を用いた。この値と管理濃度を比較すると、管理濃度を越えない値であった。

A、B 測定の結果から、本施設での粉じんに対する管理区分は、第 1 管理区分であることが認められた。

昨年度の粉じん計による作業別質量濃度計測結果を表 6-14 に示す。

表 6 - 1 4 2014 年度の粉じん計による作業別質量濃度計測結果(mg/m^3)

Operation	Point1	Point2	Point3	Point4	Point5	Point6
炉運転前	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
整骨	0.19	0.11	0.02	0.16	0.11	0.02
清掃	0.10	0.11	0.02	0.07	0.06	0.02

昨年度の結果を表 6-14 に示す。最も高い重量濃度は、Point 1 の整骨時 0.19 mg/m^3 であった。昨年度の結果も調査場の管理濃度は、第 1 管理区分であったが、作業別結果から整骨時に最も高い濃度を示した。

()建築物衛生法に規定される管理基準値との比較

建築物衛生法では、浮遊粉じんに対する建築物環境衛生管理基準値を 0.15 mg/m^3

以下と定めている。本年度の調査では、清掃時に Point 1 において基準値を上回った。また、昨年度は整骨時に Point 1、4 において基準値を上回った。

2.2.2 SMPS、OPS による粒度分布

両粒子計数器は 1 分毎にデータを取得できるように設定し、10 分間の計測を実施した。その時の個数濃度の平均値と信頼区間 (3σ) のグラフを [図 6-16](#) に示す。

運転中の炉の表は粒径 15 nm 付近の粒子数をピークに 300 nm 付近の粒径まで徐々に減少し、それ以上の粒径ではほぼ 0 付近の値を示した。ピーク時においては、周辺外気 の値 ([図 6-17](#)) と比較し、著しく増加していた。最大の個数濃度を観測した作業は、整骨作業であり、100 nm までの粒径では 2,000 (個/cm³) を超える値を計測した。粒径に着目すると、炉の燃焼時に計測された値 ([図 6-16 b](#)) や台座冷却および整骨作業 ([図 6-16 c](#)) において、15 nm 付近の粒子が最も高い値を示した。ただし、このサイズ付近の粒子成分には、揮発成分も含まれるとの報告があり、実際に 15 nm の粒子が固体として浮遊しているかどうかは、さらなる検証が必要である。

昨年度 (平成 26 年度) に同様の調査を実施しており、その時と比較すると、HVS の設置場所が前年度より炉裏の入り口に近い位置に設置したため、捕集したダスト量は 10 分の 1 程度の量となった。同様に併設した粉じん計のカウント値から K 値を求めたが、昨年度 (0.004) に比べ、本年度は 0.0062 と高い値を示したことにより、粉じん計の質量濃度に換算した値が高めを示す結果となった。それに加えてフィルターでの捕集量が少なかったため、 K 値の誤差も大きいことが想定される。粒径分布では、昨年度に比べ、15 nm 付近と 100 nm 付近の個数濃度が全体的に高く、昨年度得られた 50 nm 付近を基準としたピーク粒径が観測されなかった。このことは、燃焼中の作業において、途中、炉の扉を開けたまま燃焼が行われた。そのため、昨年 に比べ、より多くの燃焼由来の粒子を感知したと推定される。

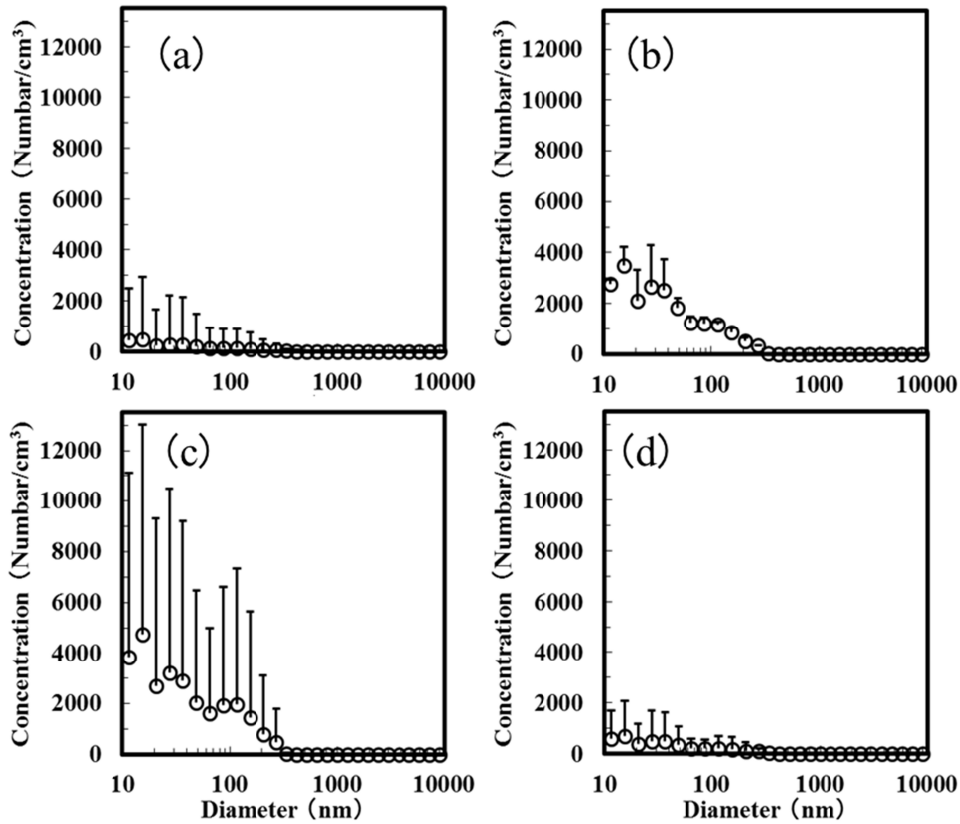


図 6 - 1 6 各種作業における 10 nm ~ 10 μm 粒子の平均個数濃度とその信頼区間
 (a) : 炉運転前 (N=24) 、 (b) : 炉運転中 (N=17)
 (c) : 台座冷却および整骨作業中、炉表 (N=17)
 (d) : 台座および床の清掃作業中、炉表 (N=22)

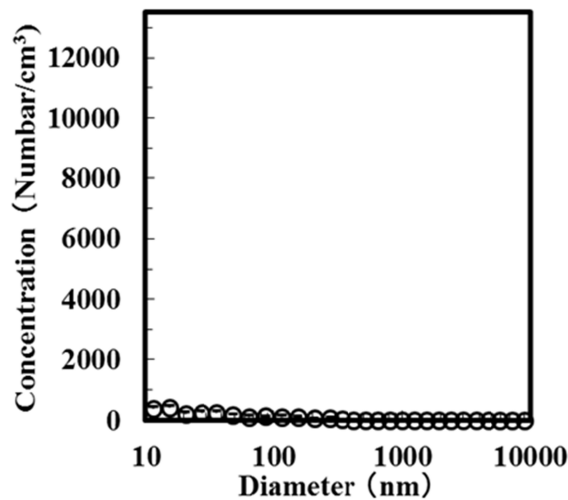


図 6 - 1 7 火葬炉周辺屋外における 10 nm ~ 10 μm 粒子の平均個数濃度とその信頼区間(N=5)

2.2.3 作業種毎の濃度変動

粉じん計の空間サンプリング結果より、収骨後の清掃作業において、個数濃度に明ら

かな増加が認められた(表 6-13)。しかし、SMPS、OPS の計測結果では、個数濃度の計測値の上昇が見られなかった。この結果から、清掃作業の詳細な濃度変動を解析した。粉じん計、SMPS、OPS のそれぞれ計測した時系列濃度変動と計測点を図 6-18 に示す。

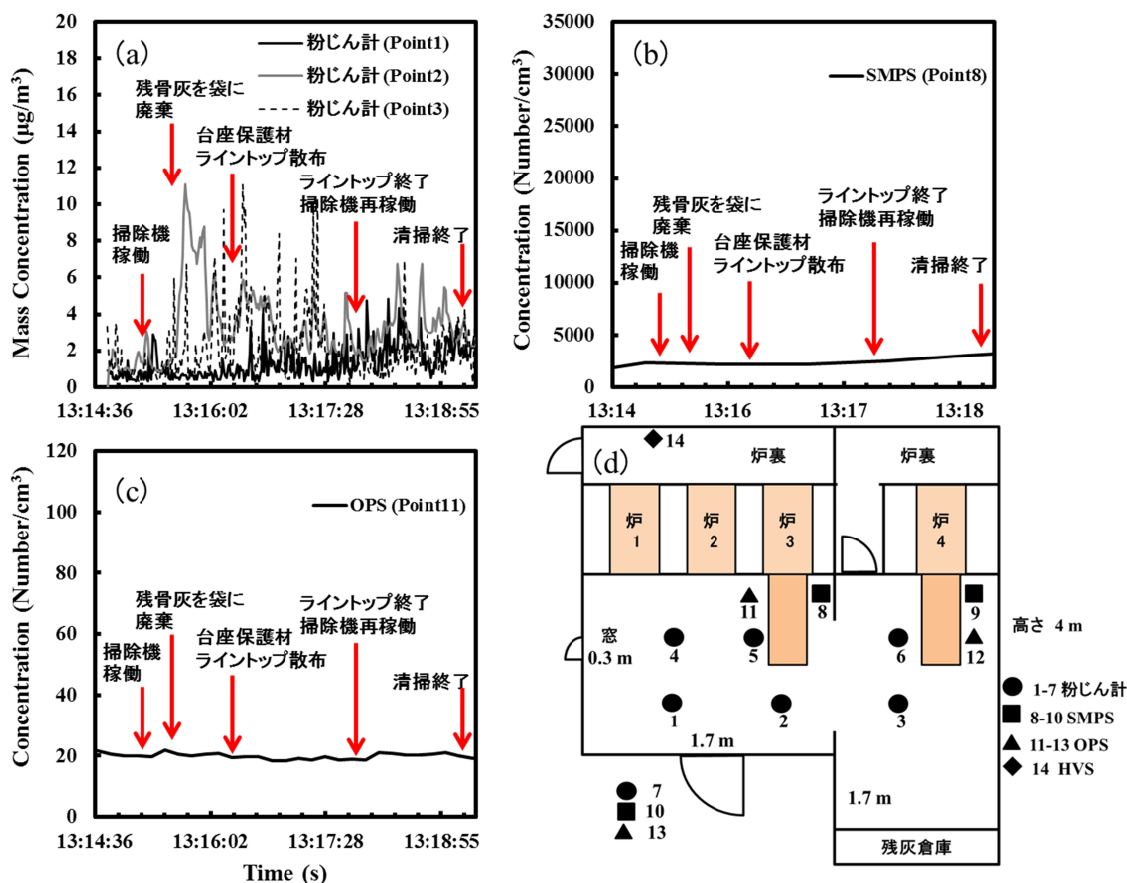


図 6-18 清掃時における粉じん計、SMPS、OPS による時系列解析結果
 (a) : 粉じん計による濃度変動計測、(b) : SMPS による濃度変動計測
 (c) : OPS による濃度変動計測、(d) : 各機器の計測場所

粉じん計の結果は、掃除機を稼働させ、残骨灰を処理する際に高いピークを示し、6 倍ほど値が増加した。台座保護材の散布が終わり、清掃が終了すると値が徐々に低減し、作業開始前の 2 倍の値で濃度変動が落ち着いた。これに対し、SMPS と OPS の計測結果では、明確な濃度変動は観測されなかった。サンプリングポイントが異なった影響も考えられるが、SMPS、OPS は近傍にて計測を行ったため、より激しい濃度変動の計測が期待された。なお、昨年度(平成 26 年度)の同施設の計測結果では、清掃作業時に高い濃度変動が観測されている。

2.2.4 ICP-MS による粉じん中の総クロム、六価クロムに対する定量分析

フィルター上に捕集した粉じん中の総クロム量と、六価クロム溶出処理を行った後のクロム量(六価クロム)を ICP-MS を用いて定量した結果を表 6-15 に示す。

表 6 - 1 5 調査場における作業時間平均濃度 (ng/m³)

	総クロム濃度	六価クロム濃度	六価クロム割合(%)
捕集総粉じん	53.3 (47.3-59.5)	7.7 (7.6-7.7)	14.5

Mean(Min-Max)

六価クロムの総粉じん中の総クロムに対する含有率は 14.5 %であった。この値は、日本産業衛生学会の定めるクロム許容量度 (0.05 mg/m³、六価クロム 0.01 mg/m³) を大きく下回る値であった。昨年度の同施設による総クロム濃度は、345.0 ng/m³ であり、六価クロム濃度は定量下限値 (1.7 ng/m³) 以下であった。

2.2.5 六価クロムに対するリスクアセスメント

六価クロムにおける非発がん、発がんに対するリスク評価値を表 6-16 に示す。

表 6 - 1 6 六価クロムのリスク評価値 (ng/m³)

	リスク評価の参照値
非発がん	5
発がん	0.71

捕集した総粉じん中の六価クロムの大気濃度 7.7 ng/m³ は、表 6-16 のリスク評価参照値と比べると、非発がん、発がんリスク評価の参照値を共に上回る結果となった。この結果から、六価クロムに対するリスクは無視できないものの、実際の労働時間や、作業種が異なる労働体系、換気状況の変化などから、早急に対策を求めるレベルでは無い可能性が高い。また、六価クロムの測定法は、土壌からの溶出を想定した試験法であることから、フィルターからの溶出方法についても、検討の余地がある。しかしながらこれらを勘案しても、保護具の着用や、特に瞬発的に粉じん濃度が上がる作業時の保護具の徹底、強制換気の運転、などに努める必要があると言える。

2.3 B 斎苑における結果

2.3.1 粉じん計による作業環境測定

() A 測定

粉じん計により 6 箇所の測定を行い、それぞれ 10 分ずつ (燃焼中の計測だけ 6 分ずつ) 炉の手前と奥に移動し測定を行なった。K 値は、HVS と併設させた粉じん計の値から 0.0047 を得た。この値を用いて第一評価値、第二評価値を求め、下記の値を得た。

$$EA_1 = 0.33 \text{ mg/m}^3$$

$$EA_2 = 0.1 \text{ mg/m}^3$$

遊離珪酸率は0%であった。この割合から管理濃度は3 mg/m³と求まり、第一評価値は、管理濃度以下となった。

()B測定

粉じん計による作業別質量濃度計測結果を表6-17に示す。

表6-17 粉じん計による作業別質量濃度計測結果(mg/m³)

Operation	Point1	Point2	Point3	Point4	Point5	Point6
清掃	0.16	-	0.44	0.16	-	0.21
炉稼働	0.03	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04
収骨後	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04

B測定値は、表6-17において最も高い重量濃度であるPoint3の清掃時の0.44 mg/m³を用いた。この値と管理濃度を比較すると、管理濃度を越えない値であった。A、Bの測定結果より、当調査施設は第1管理区分に相当する。

()建築物衛生法に規定される管理基準値との比較

建築物衛生法では、浮遊粉じんに対する建築物環境衛生管理基準値を0.15 mg/m³以下と定めている。本年度の調査では、清掃時の値において、すべての計測点で基準値を上回った。

2.3.2 SMPS、OPSによる粒度分布

両粒子計数器は1分毎にデータを取得できるように設定し、10分間の計測を実施した。その時の個数濃度の平均値と信頼区間(3σ)のグラフを図6-19に示す。

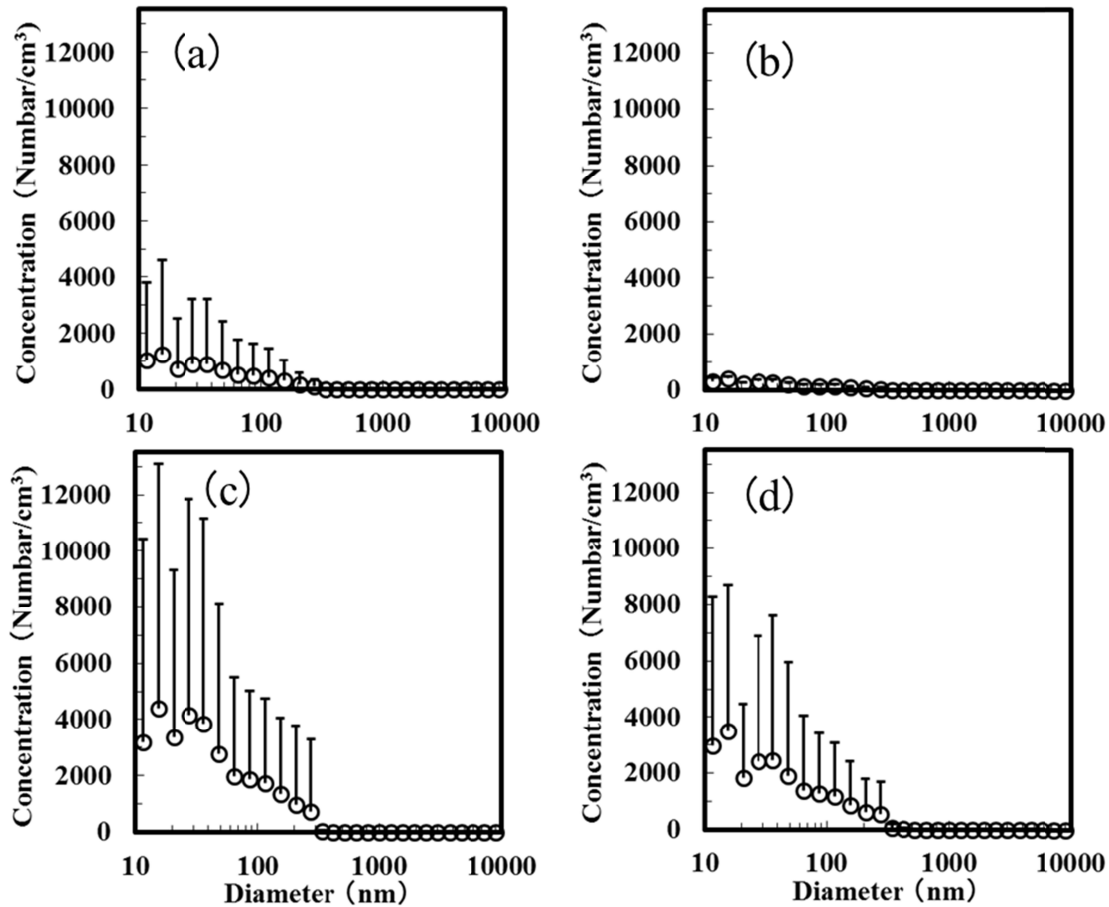


図 6 - 19 各種作業における 10 nm ~ 10 μm 粒子の平均個数濃度とその信頼区間
 (a) : 前日分の清掃 (N=22) (b) : 炉裏の燃焼前 (N=17)
 (c) : 燃焼中 (N=11) (d) : 炉前の収骨後 (N=22)

もっとも個数濃度の増加が観測された作業は炉の運転中であり、燃焼中に炉前で計測した値である (図 6-19 c)。そして収骨が行われた後に計測した値も同様に上昇が見られ (図 6-19 d)。施設内で作業が行われていない時の平均個数濃度 (図 6-19 b) と比べると数千の個数濃度の値を示した。計測した値は各作業中において 15 nm 付近に共通したピーク粒子を確認した。燃焼時には、収骨後の状態と比べ、数十 nm 付近の個数濃度値の上昇も見られた。これは、燃焼時に熱由来の粒子が発生したと考えられる。

2.3.3 作業種毎の濃度変動

粉じん計の空間サンプリング結果より、前日火葬した炉を一斉に清掃する作業において、質量濃度に明らかな増加が認められた (表 6-17)。しかし、SMPS、OPS の計測結果では、個数濃度の計測値の上昇が他の作業に比べて見られなかった。この結果から、清掃作業の詳細な濃度変動を解析した。粉じん計、SMPS、OPS のそれぞれ計測した時系列濃度変動と計測点を図 6-20 に示す。

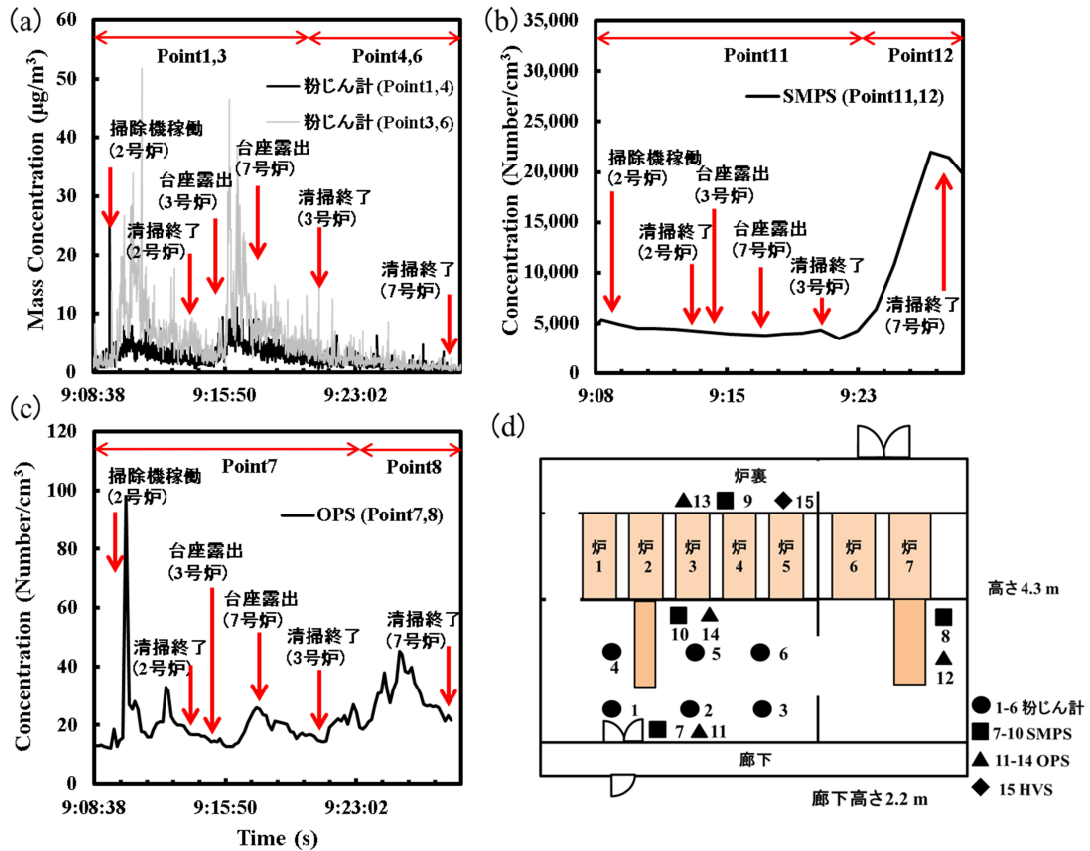


図 6 - 20 清掃時における粉じん計、SMPS、OPS による時系列解析結果
 (a) : 粉じん計による濃度変動計測、(b) : SMPS による濃度変動計測
 (c) : OPS による濃度変動計測、(d) : 各機器の計測場所

粉じん計の計測結果 (a) から、掃除機が動き出し、計測場所によっては最大で 5 倍程度の上昇が見られた。台座の露出によっても濃度が最大で 5 倍近く上昇した。OPS の上昇率も同様に 5 倍程度であった。SMPS、OPS は作業当初、3 号炉に対し、作業近傍での計測が困難であったため、入口ドア近くで観測を行ったことから、数値の上昇が確認されなかった。しかし、7 号炉の作業において近傍で計測が可能となり、その結果、最大で 23,000 個/ cm^3 の値を計測した。このため、作業近傍での計測が当初から可能であった場合、図 6-19 a の値が他の作業同様に高い上昇を示したと推測される。

2.3.4 ICP-MS による粉じん中の総クロム、六価クロムに対する定量分析

フィルター上に捕集した粉じん中の総クロム量と六価クロム溶出処理を行った後のクロム量 (六価クロム) を ICP-MS を用いて定量した結果を表 6-18 に示す。

表 6 - 1 8 調査場における作業時間平均濃度

	総クロム濃度	六価クロム濃度	六価クロムの割合
捕集総粉じん	N.D.*	N.D.*	-

* N.D.; Not Detected、定量限界である 0.095 ppb 以下の濃度を示す。

当該調査場において六価クロムは定量下限値以下であった。

2.3.5 六価クロムに対するリスクアセスメント

当該調査場では、六価クロム濃度が検出下限値以下であったことから、非発がん、発がんともにリスクはないとの結果を得た。

3. 作業環境調査のまとめ

六価クロムなど有害物質の所在、放射性物質の動向、粉じんの濃度を確認し、作業環境の適否を把握するため、測定を行った。測定は、2 か所の火葬場の火葬炉周り及び台座周辺を作業工程に応じて工程数実施した。今回測定したいずれの施設も、建設年次が 1990 年以前の古い施設で、旧型式の装置であり、規模も 7 基以下で小規模のものであった。調査は、作業環境測定法、建築物衛生法に準拠して行い、粉じん曝露について評価した。

3.1 作業環境測定による結果

粉じん中の遊離ケイ酸はいずれの調査とも認められていない。

粉じん計による作業環境の測定からは、いずれの施設も第 1 管理区分（全作業時間を通した作業場の幾何平均濃度とその幾何標準偏差から求めた評価値、瞬間的な高濃度暴露が予測される単位作業に対する暴露濃度評価値ともに管理濃度基準値⁴⁾を下回る場合、作業環境測定法³⁾に基づき、作業環境管理が適切である）と判断される状態であった。

D 調査地では、清掃時、炉運転中、収骨後に粉じん濃度が高くなる現象が認められた。粉じん計による作業別平均質量濃度計測の結果、清掃時にもっとも濃度が高くなり、作業全体を通じ、観測点で得た最も低い値に対し、最大で 10 倍に達した。また、SMPS、OPS による作業別平均個数濃度計測の結果、燃烧前の炉裏に比べ、ナノ、マイクロサイズの個数濃度ともに 5 倍ほど上昇した。炉運転中が最大となり、燃烧前に比べ、10 倍増加した。収骨後も個数濃度が高い状態が継続し、燃烧前の炉裏と比べ、粒子個数濃度は 8 倍ほど高い状態を維持した。

C 調査地における粉じん計による作業別平均質量濃度計測の結果、炉運転中、整骨作業時は上昇せず、清掃作業時に 2 倍の上昇を示した。経時変化から解析すると、整骨前に比べ、5~10 倍ほど増加する瞬間が計測された。次に SMPS、OPS による作業別平均個数濃度計測の結果、燃烧前に比べ、燃烧時に 8 倍、整骨時に 11 倍増加した。清掃時は増加がほとんど計測されなかった。これは抱えて計測を行ったため、吸入口から粒子の捕捉が妨げられたことに起因した計測ミスが想定される。10 nm 付近にピークが

存在する粒度分布となり、燃焼由来の1次粒子が多く発生していたことが確認された。

3.2 建築物衛生法による結果

浮遊粉じんに対する建築物環境衛生管理基準値として1日の使用時間中の平均値を0.15 mg/m³以下と定めている⁵⁾。C調査地の結果は、清掃時に台座近くの計測場所において1か所、基準値を上回ったが、作業場における1日の幾何平均濃度は0.06 mg/m³であり、管理基準を満たした。D調査地の結果は、清掃時に計測した4点すべてにおいて基準値を上回ったが、作業場における1日の幾何平均濃度は0.09 mg/m³であり、管理基準を満たした。

3.3 六価クロムの非発がん性リスク、発がん性リスク評価

日本産業衛生学会の定めるクロム許容濃度(0.05 mg/m³、六価クロム0.01 mg/m³)を基準とし、本調査場の作業濃度はこれを下回った。許容濃度の定義は、労働者が1日8時間、週間40時間程度、肉体的に激しくない労働強度で有害物質に暴露される場合の平均濃度がこれ以下ならば、健康上悪い影響が見られないと判断される濃度である。

本調査では、呼吸器系への非発がんリスク(肺機能の低下)をスウェーデンのめっき工場インタビュー調査¹⁾から報告を元に発症リスクを算出した。また発がんリスク(肺がん)はアメリカのコホート研究²⁾からリスクを算出した。これらのリスク参照値は、非発がんリスクが5 ng/m³、発がんリスクが0.71 ng/m³と算出された。C調査地は、リスクが否定できない結果となり、D調査地はリスクなしの結果を得た。産業衛生学会の定める許容暴露濃度の比較では、どちらの調査地も健康影響がないと判断される。疫学調査の結果から参照した値を用いたリスクアセスメントを行った場合、C調査地では、非発がん、発がんともにリスクの可能性が示唆された。

参考文献

- 1) Lindberg E, Hedenstierna G (1983). Chrome plating: Symptoms, finding in the upper airways, and effects on lung function. Archives of Environmental Health 38(6):367-374.
- 2) Mancuso TF (1975). Consideration of chromium as an industrial carcinogen. In : Hutchinson TC, ed., Proceedings of the international conference on heavy metals in the environment. Toronto, Canada : Toronto Institute for Environmental Studies, pp 343-356.
- 3) 労働安全衛生法第65条の2第2項
- 4) 平成26年9月29日厚生労働省告示第377号第2条別表第1
- 5) 建築物における衛生的環境の確保に関する法律施行令第2条

第5節 本研究の結論と火葬場の運営維持管理上の留意点

本調査では、六価クロムなど有害物質の所在、放射性物質の動向、粉じんの濃度を確認し、作業環境の適否を把握するため、測定を行った。以下の知見が得られた。

1) 火葬場における放射性物質

2施設において、残灰および飛灰中の放射性物質の調査を行ったところ、残灰327、飛灰129検体において、医療用器具や投与薬に起因する放射性物質は検出されなかった。一方で事故由来放射性物質であるCs-134、137及び天然由来のK-40が検出される施設はあった。Cs-134とCs-137の濃度は合わせて300Bq/kg以下であった。

2) 火葬場における六価クロム

2施設における調査では、残灰、飛灰ともにクロムはすべての試料で検出された。炉内の架台について、ステンレス鋼が使用されている炉はセラミック素材の炉に比べて有意に2倍以上残灰及び飛灰中クロム濃度が高かった。

残灰10サンプル及び飛灰10サンプルについて、六価クロムの含有量及び溶出濃度を測定すると、残灰の4サンプルが含有量の環境基準(250mg/kg)を超え、溶出試験では、全20サンプル中19サンプルが環境基準(0.05mg/L)を超えた。飛灰の場合、六価クロムが含まれるとほぼすべてが溶出する傾向があったが、残灰は必ずしもそうではなかった。

3) 火葬場における空間線量率調査

火葬場の作業環境における空間線量率の調査では、火葬炉使用耐火レンガからもある一定の天然の放射性物質が含まれ、その近傍ではバックグランド(0.07 μ SV/h)よりやや高い空間線量率(0.1~0.38 μ SV/h)が検出された。内部被ばくについては考慮できないが、外部被ばく量からの評価では、耐火レンガによる追加線量は58.4 μ SV/年と推定され、一般公衆に対する年実行線量限度(1mSV/年)と比べても1桁低い値であり、健康上問題のある値ではなかった。

火葬炉内空間線量率の変化をモニターした結果、医療器具及び投与薬を由来とする放射性物質による変化は認められなかった。台車が前室に存在する状態では、耐火レンガ由来の線量増加が認められ、空間線量率は前室内で0.13~0.321 μ SV/hであった。

4) シード線源からの被ばく量の再評価

前立腺永久挿入密封小線源治療患者が退院後1年間は火葬されない、という条件が厳密に守られる場合は、一般公衆に対する年実効線量限度を超えることはないと推定され、特段の処置をとる必要はないと考えられる。しかし、この条件が厳密に守られない場合は、放射線作業従事者ではない火葬場作業員の被ばく量が一般公衆に対する年実効線量限度を超える場合も考えられる。また、これらの評価においては体内被ばくの可能性が無視されていることから、その可能性の有無について、さらなる調査が必要だと考えら

れる。

現在把握されている1年以内に死亡し、シード線源を摘出することなく火葬された割合が約0.04%であることを考慮すると、作業者のリスクが極めて高いということは考えにくい。しかし、今後の本手法の治療の拡大などの動向を注視する必要がある。

5) 作業環境測定

2施設における火葬炉周りの作業環境測定調査より、粉じん曝露について評価した。粉じん中の遊離ケイ酸含有率を測定した結果、遊離ケイ酸は認められず、粉じん計による作業環境測定の結果からは、管理区分はいずれの施設も第一管理区分(作業環境管理が適切であると判断される状態)となった。炉運転中及び台車における整骨・収骨作業中に粉じん濃度が高くなる現象が認められた。また作業により、建築物衛生法に基づく遊離粉じんの基準値を超える値が計測された。

六価クロムの非発がん性リスク、発がん性リスクを評価した所、1施設において、捕集した総粉じん中の六価クロムの大気濃度が、リスク評価参照値と比べると、非発がん、発がんリスク共に、上回る結果となった。この結果から、六価クロムに対するリスクは無視できないものの、実際の労働時間や、作業種が異なる労働体系、換気状況の変化などから、早急に対策を求めるレベルでは無い可能性が高かった。

以上の知見より、火葬場の運営維持管理上の留意点及び対策を述べる。

- 1) 飛灰・残灰中の有害物質濃度を把握すること。有害物質としてダイオキシン類、水銀、六価クロムなど多種のものがあるが、特に六価クロムについては環境基準を超える頻度も高く、その実態を各火葬場が年1回程度測定し、把握すべきである。また、その飛灰・残灰の扱いは飛散防止に努めるなどし、一般の作業環境からは隔離し、密閉して保管し、その後の処理・処分を行うべきである。処理・処分に関しては有害物質が含まれることを十分認識し、たとえ有価物が含まれているとしても特別管理廃棄物に準じた取り扱いをすべきである。
- 2) 飛灰・残灰中には有害物質が含まれ、労働安全衛生法の有害な業務に準じて、作業環境測定を年1回程度は実施すべきである。
- 3) 火葬炉作業中及び残灰・飛灰の取り扱い時は六価クロムによる曝露リスクが小さいながらも存在することがわかったことから、保護具の着用や、特に瞬発的に粉じん濃度が上がる作業時の保護具の徹底、強制換気の運転などに努める必要がある。
- 4) 作業環境では、サンプリング場所によって、発生源近くの粉じん濃度の高い場所が存在するので、建築物環境衛生管理基準として判断する場合、作業環境測定に基づく第一管理区分の作業現場であったとしても、局所的に基準値を超える値が予測され、発生源の濃度を抑えるための局所排気等の対策を講ずることが望まれる。
- 5) 放射性物質による外部曝露リスクは現時点では低いと推定されるが、内部曝露の評価はなされていない。内部曝露を防ぐ観点からは、3)と同様の保護具の着用や強制換気の運転、局所排気などの対策が有効と考えられる。

6) マスクの着用 (DS3 もしくは RS3 以上を推奨) は、すべての施設において実施できる対策であるが、強制換気 (プッシュプル方式を推奨) ・局所排気については設備の整備に関連するものである。したがって、火葬炉建設あるいは改修時に対策として盛り込むべきである。