

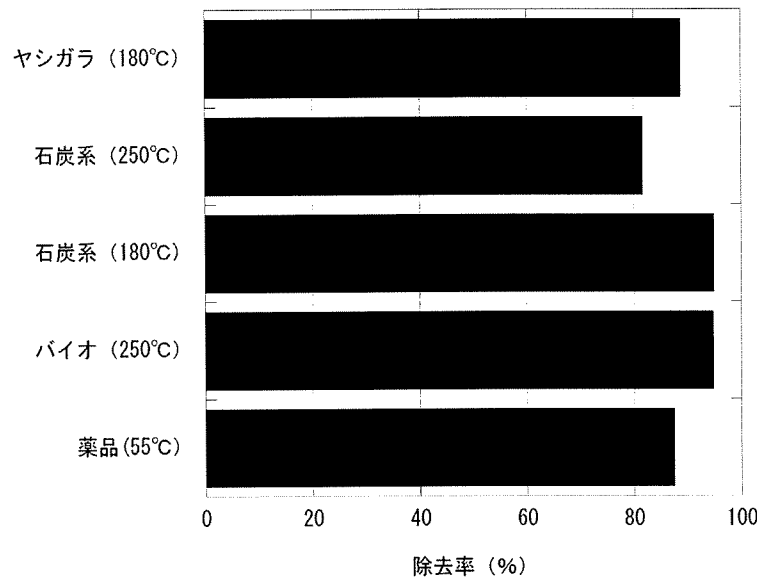
表C.2.1 火葬炉排気筒出口および活性炭吸着塔出口の水銀濃度および除去率

	排気筒出口(活性炭吸着塔入口)				活性炭吸着塔出口				除去率 (%)
	Hg ⁰ 濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Hg ²⁺ 濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	総水銀濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Hg ⁰ の割合 (%)	Hg ⁰ 濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Hg ²⁺ 濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	総水銀濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Hg ⁰ の割合 (%)	
3月5日	5.4	0.4	5.7	94	0.1	0.4	0.5	21	91
3月7日	0.8	0.6	1.4	59	0.0	0.2	0.2	19	84
3月9日	0.7	0.6	1.3	53	0.0	0.1	0.1	0	90
3月10日	0.3	2.3	2.6	10	0.0	0.1	0.1	0	97
3月11日	0.1	2.7	2.8	3	0.0	0.1	0.1	0	98
3月13日	0.0	1.3	1.3	1	0.0	0.1	0.1	25	94
3月14日	0.0	1.6	1.6	0	0.0	0.1	0.1	0	97
3月16日	0.0	0.4	0.4	0	0.0	0.1	0.1	0	83
3月17日	0.1	0.1	0.1	66	0.0	0.1	0.1	0	52
3月18日	0.0	0.1	0.1	6	0.1	0.1	0.2	43	-296
3月19日	0.2	0.1	0.3	74	0.0	0.1	0.1	13	74
3月20日	0.2	0.0	0.2	79	0.0	0.2	0.2	0	5
3月21日	0.8	0.0	0.8	100	0.0	0.0	0.0	0	100
3月22日	81.2	1.5	82.7	98	0.0	0.1	0.1	0	100
3月23日	0.7	0.1	0.8	90	0.1	0.0	0.2	87	81
3月24日	0.1	0.0	0.2	73	0.0	0.0	0.0	43	77
3月25日	1.0	0.2	1.1	87	0.3	0.1	0.4	74	63
3月28日	1.4	0.1	1.5	97	0.1	0.0	0.1	85	91
3月29日	0.8	0.0	0.8	100	0.1	0.0	0.1	80	87
3月30日	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100	75
3月31日	0.4	0.1	0.4	88	0.2	0.1	0.2	74	47
4月1日	0.1	0.1	0.1	43	0.0	0.0	0.0	100	97
4月2日	0.4	0.0	0.4	92	0.0	0.0	0.0	100	99
4月5日	1.3	0.3	1.6	80	0.2	0.0	0.2	77	88
4月6日	0.9	0.4	1.3	69	0.2	0.0	0.2	81	85
4月10日	0.7	0.8	1.5	46	0.0	0.0	0.1	77	96
4月11日	0.6	0.1	0.7	80	0.0	0.0	0.1	60	93
4月12日	0.1	0.0	0.1	77	0.1	0.0	0.1	100	-23
4月13日	0.4	0.1	0.5	76	0.1	0.1	0.1	45	78
4月14日	0.2	0.1	0.3	77	0.0	0.0	0.0	100	85
4月15日	0.1	0.0	0.1	75	0.1	0.0	0.1	100	18
4月16日	1.4	0.0	1.4	100	0.0	0.0	0.0	0	100
4月17日	1.9	0.2	2.1	91	0.1	0.1	0.2	69	92
平均	2.5	0.4	3.0	65.8	0.1	0.1	0.1	47.6	66.6

この20検体について、活性炭種類および活性炭壁面温度別に分けたものを図C.2.1に示す。

この結果より、最も除去率の高かった条件は石炭系活性炭を活性炭壁面温度180℃で運転した場合で、94.9%（検体数6）の除去率であった。同じ条件のヤシガラ活性炭では、やや除去率が低く88.9%（検体数3）であった。実際の活性炭層温度はそれぞれ79.6℃、79.2℃であった。また、石炭系活性炭については活性炭壁面温度を250℃で運転した場合の除去率は81.8%（検体数4）と約13%減少した。実際の活性炭層温度は112.9℃へ上昇しており、温度上昇に伴い吸着安定しにくくなったものと考えられた。バイオ炭については250℃で運転した場合の除去率は94.8%（検体数3）であり、同温度での石炭系活性炭より除去率が高かった。しかしながら、実際の活性炭層温度は98.4℃までしか上がっていなかった。薬品処理炭については、87.5%（検体数2）の除去率であった。

水銀の除去率には、活性炭の種類や温度だけでなく、入口水銀濃度や活性炭に含まれる不純物も影響される。したがって、一概にどの活性炭が良いとはいえないが、本調査結果からは、すべての活性炭で高度な除去が期待できること、活性炭の発火などの観点を考慮すると石炭系活性炭が望ましいと考えられた。



図C.2.2 活性炭種類および活性炭壁面温度別水銀除去率

3. 排ガス中クロムの排出濃度、および挙動調査

表C.3.1に、施設A～Cの各サンプリングポイントで、排ガス中のクロムを調査した結果を、排ガス温度、排ガス量、ばいじん濃度、酸素濃度とともに示す。

また、表C.3.2、表C.3.3においては、各排ガス処理プロセスにおけるばいじん、クロムの除去率を示した。

まず、表C.3.1において、各サンプリングポイントでのクロム濃度を見ると、多くの箇所で、定量下限以下となり、触媒装置、および活性炭吸着設備前後でのクロムの挙動は、非常に微量であるため把握できなかった。バグフィルター前後での濃度変化としては、施設Aにおいて、 $0.20\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$ が、 $0.05\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$ 未満まで除去されており、表C.3.3から、少なくとも75%以上除去されていることが示された。施設Bでは、 $0.37\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$ が、 $0.02\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$ 未満まで除去されており、少なくとも95%以上除去されているといえる。施設Cにおいては、バグフィルター前のクロム濃度は $0.03\sim 0.05\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$ と低く、定量下限の関係から除去率は求められなかったが、施設A、施設Bと同様に高度に除去されているものと考えられる。

クロムに関しては、表C.3.1に示す、バグフィルター前後の温度域 $130\sim 196^\circ\text{C}$ において、そのほとんどが固体で存在すると推定されるため²⁹⁾、ばいじんに含まれていると考えられる。そのため、バグフィルターでは、ばいじんとともに高度除去されていることが示唆された。

表 C.3.1 排ガス中クロム、および関連項目の測定結果

項目	火葬時間	排ガス温度	排ガス流量		ばいじん	クロム	O ₂	
			湿り	乾き				
単位	分	°C	m ³ _N /h	m ³ _N /h	g/m ³ _N	mg/m ³ _N	%	
A	A-1-BF前	62	180	9,480	9,060	0.090	0.20	19.2
	A-1-BF後		162	21,200	20,400	<0.005	<0.05	19.2
	A-1-SCR後		125	6,960	6,610	<0.005	<0.05	19.0
B	B-1-再燃後	45	825	3,000	2,600	0.055	0.08	9.7
	B-1-BF前		196	1,150	1,070	0.099	0.37	15.9
	B-1-BF後		134	2,650	2,470	<0.002	<0.02	16.2
	B-1-SCR後	103	2,930	2,730	<0.002	<0.02	16.5	
	B-2-再燃後	45	780	3,120	2,730	0.054	0.05	10.9
	B-2-BF前		199	1,150	1,080	0.180	0.81	16.8
C	C-1-再燃後	85	635	—	—	0.090	0.03	12.9
	C-1-BF前		151	6,290	5,980	0.110	<0.06	19.3
	C-1-BF後		130	—	—	0.023	<0.06	19.4
	C-1-SCR後		88	16,900	16,300	0.032	<0.06	19.3
	C-2-再燃後	61	526	—	—	0.087	0.05	15.5
	C-2-BF前		164	7,600	7,430	0.072	<0.06	19.5
	C-2-BF後		142	—	—	<0.008	<0.08	19.8
	C-2-SCR後		130	19,800	19,200	<0.007	<0.07	19.6

※ばいじん、クロムについてはO₂12%換算値

※BF：バグフィルター、AC：活性炭吸着設備、SCR：触媒装置

表C.3.2 各排ガス処理プロセスでのばいじん除去率(%)

	排ガス冷却器	バグフィルター	触媒装置 活性炭吸着設備
A	—	94<	—
B-1	-80	98<	—
B-2	-233	—	—
C-1	-22	79	-39
C-2	17	90<	—

表C.3.3 各排ガス処理プロセスでのクロム除去率(%)

	排ガス冷却器	バグフィルター	触媒装置 活性炭吸着設備
A	—	75<	—
B-1	-363	95<	—
B-2	-1520	—	—
C-1	—	—	—
C-2	—	—	—

“—”は、定量下限値の関係で、除去率が算出できない場合を指す。

斜線部分は前後のばいじんを測定していないため、除去率が算出できない場合を指す。

また、施設Bにおいては、排ガス冷却器として熱交換器が採用されており、その前後における排ガス中のクロムを測定したが、再燃焼炉後のクロム濃度は、0.05～0.08 mg/m³_Nであり、バグフィルター前では、0.37～0.81 mg/m³_Nまで増加した。表C.3.3からこの部分の除去率は、1回目で-363%、2回目で-1520%であり、熱交換器部分でクロムが増加していることが示された。表C.3.2において、この部分のばいじんの除去率をみると、-233～-80%となり、ばいじんも増加しており、再燃焼炉出口では約800°Cの状態、気体で存在して

いたNa等の元素が、温度低下に伴ってばいじん上に凝縮し増加した、あるいは過去の火葬で、熱交換器部分に堆積したばいじんが、飛散し熱交換器後段にオーバーフローしていることが推測された。

この場合、ばいじん中のクロム濃度が堆積分についても一定であると仮定すると、ばいじんの増加割合に比べ、クロムの増加割合は小さくなるか、ほぼ同じ値となるはずである。しかし現実には、熱交換器部分でのクロムの増加割合の方が高くなっていた。火葬炉における熱交換器の材質としては、主燃焼炉における棺桶を支持する架台と同様に、耐熱性に優れたステンレス鋼が主に使用されている。ステンレスには、12%以上のクロムが含まれることが知られている²⁹⁾。

ここで、表C.3.1の施設Bにおける、再燃後の排ガス中ばいじん濃度、クロム濃度から、このポイントでのばいじん中のクロム濃度を求めると、926～1,455mg/kgと算出され、バグフィルター前についても計算すると、バグフィルター前でのばいじん中のクロム濃度は、3,737～4,500mg/kgと算出された。後述する表C.4.1における、施設Bの残骨灰中クロム濃度、集じん灰中クロム濃度は、1,301mg/kg、3,789mg/kgであり、これらそれぞれが、再燃後のばいじんと、バグフィルター前のばいじんのクロム濃度にほぼ一致し、ばいじんの由来からも、残骨灰≒再燃前のばいじん、集じん灰≒バグフィルター前のばいじんと考えて問題ないと考えられる。さらに、バグフィルター前では再燃後に比較し、排ガス中のばいじん濃度、クロム濃度は増加しており、その差にあたるばいじん増分中のクロム濃度が計算でき、それらは6,000～6,600mg/kgと算出された。この値は、残骨灰や集じん灰よりも高い濃度である。したがって、熱交換器部分でのクロムの増加には、過去に堆積したばいじんが飛散していることに加え、熱交換器部分材質のステンレス表面の一部が剥離し、排ガス処理後段に飛散し、集じん灰のクロム源の一部となっている可能性が示唆された。

分担研究1でも述べているように、熱交換器は、その導入により排ガス処理が省スペースとなるが、多くの場合、ダイオキシン類が熱交換器部分で再合成されることがわかっている。それに加え、本研究にて、熱交換器が集じん灰へのクロムの供給源となっている可能性が示されたため、熱交換器の導入には注意する必要がある。

4 残骨灰、集じん灰中の水銀、および六価クロム

残骨灰は、集じん灰は、施設A～Cの3施設全てにおいて採取し、評価試料とした。以下に各元素の溶出量、含有量試験結果について述べる。水銀は残骨灰に関してはこれまでの調査結果から問題ないとされたため、本調査では集じん灰のみを対象とした。なお、土壤汚染対策法に基づいた環境省告示19号にて規定されるI.含有量試験、II.含有量、III.含有量基準は、それぞれ1N塩酸、あるいはアルカリ緩衝液による抽出試験、抽出試験による

抽出量、抽出量に対する基準として定められているが、特にII.含有量に関しては本来の全含有量とは異なり混同を避けるため、以下では19号含有量と記載する。

4.1 火葬灰のキャラクタリゼーション

(1) 元素分析

まず、火葬灰のキャラクタリゼーションとして、蛍光X線分析、ICP発光分析、Hgの加熱気化分析の結果を、表C.4.1に示す。

表C.4.1 火葬灰の分析結果 (mg/kg)

	施設A		施設B		施設C		測定方法
	残骨灰	集じん灰	残骨灰	集じん灰	残骨灰	集じん灰	
O	478338	N.A.	432906	340236	439805	387187	XRF
Ca	139860	N.A.	269860	5401	347114	22636	XRF
Al	125687	N.A.	73291	2106	1439	9924	XRF
Si	80625	N.A.	8695	4490	6392	128719	XRF
P	63431	N.A.	116312	8555	121333	7017	XRF
Na	33030	N.A.	30221	134260	23209	77138	XRF
C	19194	N.A.	23269	37136	24411	46469	XRF
Mg	18753	N.A.	9014	785	4898	5511	XRF
K	14610	N.A.	15966	169934	7480	117780	XRF
Fe	11342	N.A.	10187	102917	2142	7464	ICP-AES
Ti	6830	N.A.	4341	1585	1791	4121	XRF
F	1947	N.A.	1579	N.D.	N.D.	N.D.	XRF
S	1771	N.A.	1668	60130	904	31373	XRF
Ni	977	N.A.	2024	2308	503	215	ICP-AES
Cr	646	N.A.	1301	3789	297	1142	ICP-AES
Ba	641	N.A.	423	N.D.	N.D.	N.D.	XRF
Sr	511	N.A.	158	36	127	113	XRF
Cl	423	N.A.	592	196431	825	145510	XRF
Mn	238	N.A.	240	1112	66	297	ICP-AES
Zn	87	N.A.	355	11396	152	5519	ICP-AES
Cu	54	N.A.	726	652	122	227	ICP-AES
Pb	<10	N.A.	47	1090	<10	283	ICP-AES
Cd	<10	N.A.	<10	137	<10	68	ICP-AES
Ag	N.D.	N.A.	N.D.	483	N.D.	276	XRF
Br	N.D.	N.A.	N.D.	479	N.D.	532	XRF
Mo	N.D.	N.A.	N.D.	214	N.D.	32	XRF
Rb	N.D.	N.A.	N.D.	229	N.D.	174	XRF
Sb	N.D.	N.A.	N.D.	742	N.D.	343	XRF
Hg	0.44	N.A.	0.74	3.81	1.17	11	加熱気化

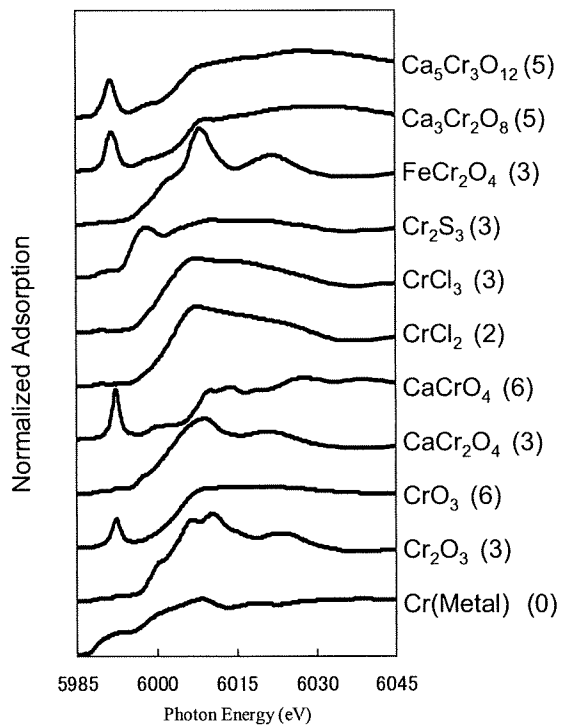
表より残骨灰の主成分は、Ca、P、Na、Fe、Si、Al、Mg等であった。基本的には骨の成分は主成分がヒドロキシアパタイト ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$)²⁶⁾であることから、Ca、Pの濃度がそれぞれ13～35%、6～12%と高濃度に含まれていた。

また、集じん灰の主成分は、Na、K等のアルカリ金属、S、Cl等、低沸点塩類が多く含まれていた。また、Zn、Pb、Cd等の重金属は、残骨灰よりも集じん灰に多く含まれていた。

Crに関しては、施設A～Cの残骨灰で順に、646、1301、297mg/kgであり、施設B、Cの集じん灰で順に、3789mg/kg、1142mg/kgとなり集じん灰に多く含まれる傾向であった。Hgに関しては、残骨灰には0.44～1.17mg/kgであり低濃度であったが、集じん灰では、3.81～11mg/kgと残骨灰の10倍程度高く、特に施設Cでは高い傾向にあった。

(2) XAFSによる火葬灰中クロム化合物の推定

図C.4.1にXAFS解析に用いた11種のクロム化合物のK-edge XANES標準スペクトルを示した。化合物名の後半の括弧内の数値はクロムの価数である。四面体配位のCr化合物は、スペクトルのプレッジ領域(5,985～6,000eV)に、強いピークを有することが知られており²⁷⁾、四面体配位であるCr(VI)化合物： CrO_3 、 CaCrO_4 のスペクトルはこのようなピークを有していた。また、本研究で標準試料としたCr(V)化合物： $\text{Ca}_5\text{Cr}_3\text{O}_{12}$ 、 $\text{Ca}_3\text{Cr}_2\text{O}_8$ についても四面体配位であり、同様にプレッジピークが見られた。Cr(III)化合物： Cr_2O_3 、 CaCr_2O_4 、 CrCl_3 、 Cr_2S_3 、 FeCr_2O_4 は八面体配位であり、そのスペクトルにはプレッジピークは見られず、 CrCl_2 、 $\text{Cr}(\text{Metal})$ についても同様であった。

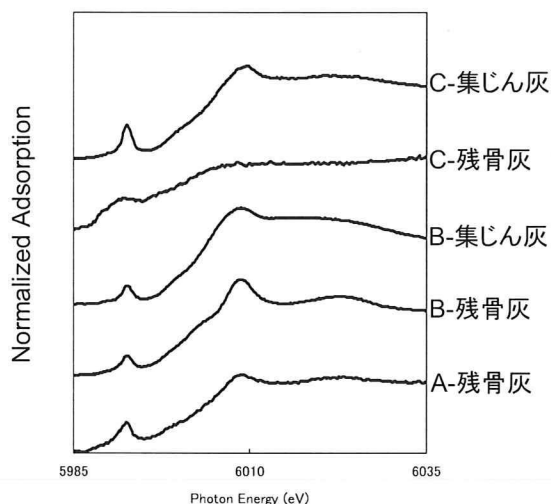


図C.4.1 クロム標準化合物のCr K-edge XANESスペクトル

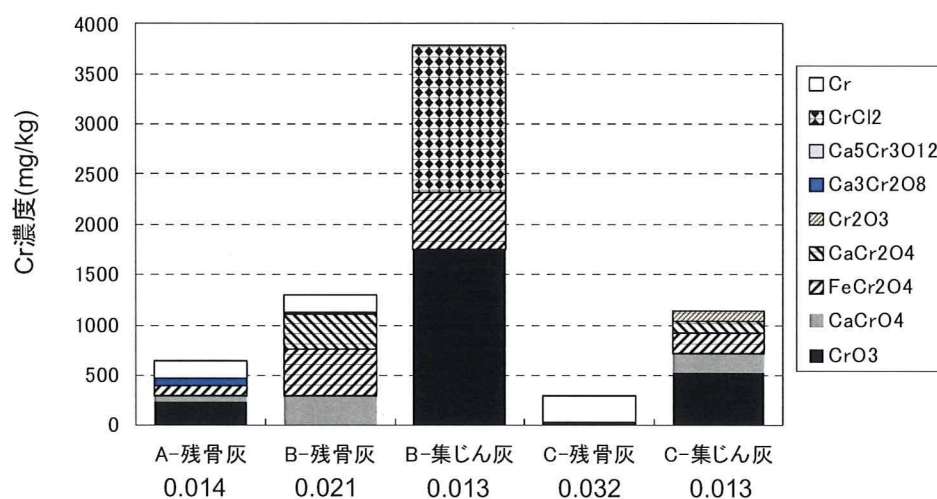
次に、実火葬灰中クロムのK-edge XANESスペクトルを示した。5種の火葬灰のうち、C-残骨灰を除いた全ての灰で、Cr(VI)、あるいはCr(V)に由来するプレッジピークが認められた。したがって火葬灰中にCr(VI)が含まれる可能性が示唆された。また、C-残骨灰については、図C.4.1における標準スペクトルと目視により比較すると、 $\text{Cr}(\text{Metal})$ に類似したスペクトルとなった。

図C.4.1におけるCr標準スペクトルを用い、図C.4.2の各火葬灰のCrスペクトルをパターンフィッティング処理し、火葬灰に含まれるクロム化合物の割合を推定した値と、表C.4.1に示された、ICP-AESによる火葬灰中のCr全含有量の測定値を用いて、火葬灰中のCr化合物含有量の推定値を求めた結果を図C.4.3に示す。

図C.4.3より、まず全ての残骨灰には、Cr(Metal)が170～270mg/kg程度含まれ、特にC残骨灰は、Cr全含有量のほとんどがCr(Metal)であると推定された。A残骨灰に関しては、Crの全含有量は比較的低いが、その半分以上が、 CrO_3 、および CaCrO_4 であり、六価クロム化合物であった。B残骨灰に関しては、六価クロムとして、 CaCrO_4 が20%程度含まれており、Cr(Metal)が10%程度、三価クロムとして FeCr_2O_4 、 CaCr_2O_4 がそれぞれ35%、25%含まれていると推定された。B集じん灰は最も濃度が高く、約半分が六価クロムの CrO_3 であった。C集じん灰についても半分以上が六価クロム(CrO_3 、 CaCrO_4)であると推定された。



図C.4.2 火葬灰中クロムのCr K-edge XANESスペクトル



図C.4.3 各火葬灰中クロムのパターンフィッティングによる化合物量推定結果
項目ラベルの下の数字はR値：小さいほどスペクトルが一致していることを示す。

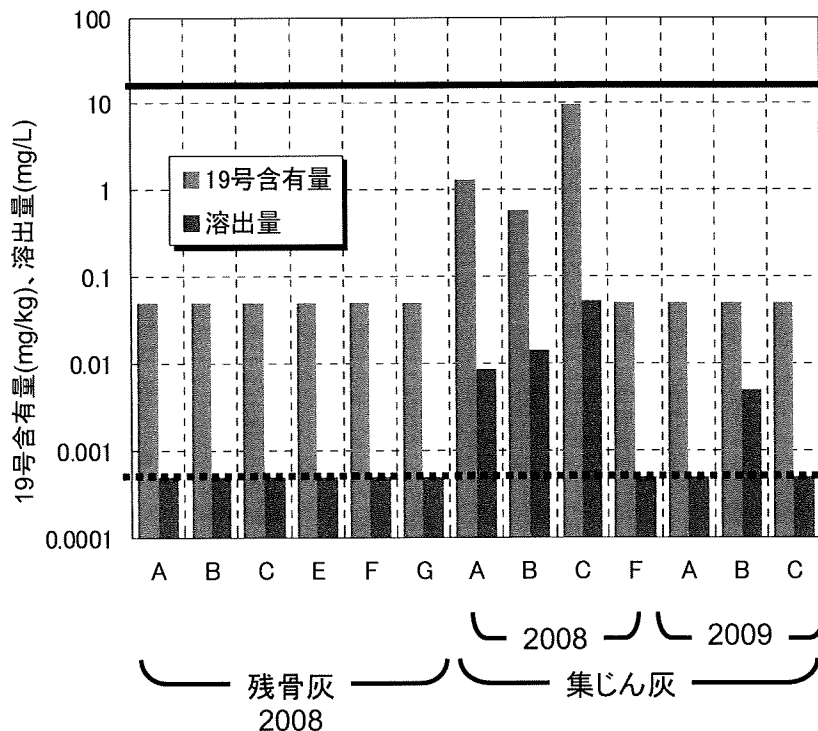
4.2 水銀

表C.4.2、および図C.4.4にそれぞれのサンプルについて、水銀の溶出量、含有量試験の結果を2008調査結果⁹⁾とともに示した。まず、残骨灰中の水銀の19号含有量は、2008調査結果よりすべて0.05mg/kg未満であった。ただし、この含有量は土壤汚染対策法で規定されている方法によるもので1N塩酸により溶出する量を示している。集じん灰中の水銀の

表C.4.2 残骨灰、集じん灰中水銀の19号含有量、溶出量試験結果

	19号含有量(mg/kg)		溶出量(mg/L)	
	残骨灰	集じん灰	残骨灰	集じん灰
2008-A	<0.05	1.3	<0.0005	0.0085
2008-B	<0.05	0.57	<0.0005	0.014
2008-C	<0.05	9.7	<0.0005	0.053
2008-D	—	—	—	—
2008-E	<0.05	—	<0.0005	—
2008-F	<0.05	<0.05	<0.0005	<0.0005
2008-G	<0.05	—	<0.0005	—
2009-A	—	<0.05	—	<0.0005
2009-B	—	<0.05	—	0.005
2009-C	—	<0.05	—	<0.0005

※「土壤汚染対策法施行規則」環境省令第29号(平成14年)による
水銀の含有量基準：15mg/kg、溶出量基準：0.0005mg/L



※定量下限値以下の値は、定量下限値として図示。

※実線：19号含有量基準値、破線：溶出量基準値

図C.4.4 残骨灰、集じん灰中水銀の19号含有量、溶出量試験結果

19号含有量は、2008-F集じん灰、2009-A~C集じん灰では、0.05mg/kg未満であったが、2008-A~C集じん灰においては0.57~9.7mg/kgであった。土壤汚染対策法における水銀の含有量基準は15mg/kgであることから、残骨灰については全く問題ない。集じん灰については基準値以下であったが、施設によっては超える場合もありうる濃度であった。

溶出量についても、2008調査結果から、残骨灰はすべて0.0005mg/L未満であり、土壤環境基準(0.0005mg/L)を下回っていたが、2008-A~C集じん灰、および2009-B集じん灰において、0.005~0.053mg/Lであり、土壤環境基準を上回っていた。特に2008-C集じん灰については最も溶出量が高く基準の100倍以上であった。これは2008-C集じん灰の水銀の19号含有量が最も高かったことから容易に推測できることであるが、2008-A~B集じん灰、および2009-B集じん灰についてはこの傾向は見られず、19号含有量と溶出量の間には必ずしも比例関係があるわけではなかった。

以上の傾向は、2007調査において、残骨灰計4検体、集じん灰計2検体について調査した結果⁷⁾と同様の結果であり、特に、集じん灰中水銀の溶出量が基準を大きく超えることがあり、注意が必要であることが確認された。

4.3 六価クロム

表C.4.3、および図C.4.5にそれぞれのサンプルについて、六価クロムの溶出量、19号含有量試験の結果を、2008年調査結果⁸⁾とともに示した。まず、19号含有量に関しては16検体中、2008-B残骨灰、2008-B集じん灰、2008-G残骨灰、2009-C残骨灰の4サンプルにおいて、19号含有量基準(250mg/kg)を超過するケースが見られた。また全体として、施設により大きく濃度は異なるが、同じ施設においては集じん灰の方が高くなる傾向が見られた。

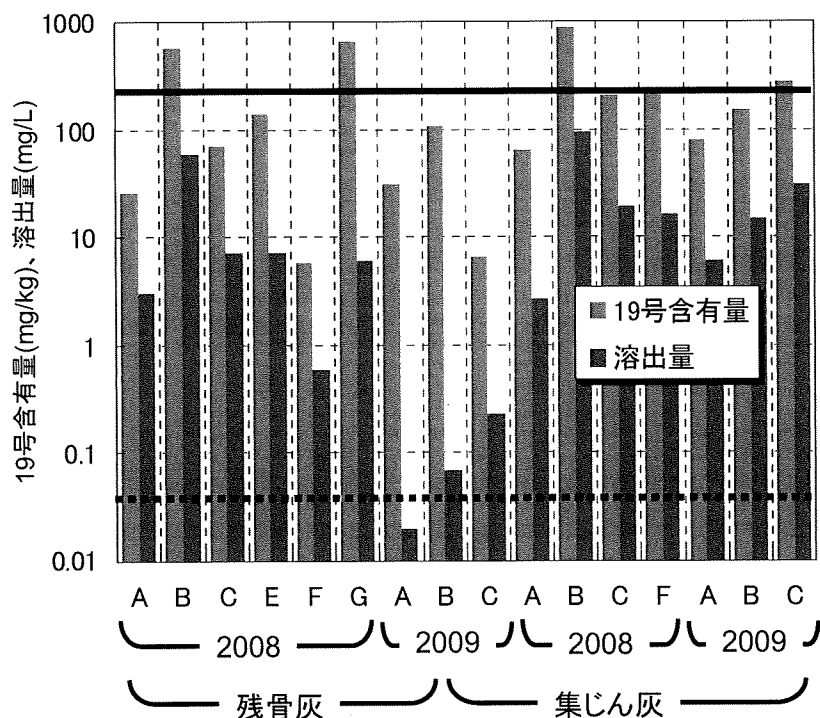
溶出量に関しては、2009-A残骨灰を除く全ての残骨灰、集じん灰において、土壤汚染対策法により規定されている溶出量基準(0.05mg/L)の1.4~1,900倍の濃度が検出された。2009-A残骨灰のみ溶出量基準を満たしていたが、その原因については、19号含有量との関係を含め後段にて考察する。

以上の傾向は、2007調査において、残骨灰4検体、集じん灰2検体について調査した結果⁷⁾と同様の結果であり、六価クロムの観点からは、残骨灰、集じん灰について、その取扱に注意する必要性が有り、地下水汚染等を考慮すると、最終処分時においても留意しなければならないことが確認された。また、2009の6つのサンプルで、溶出試験後の溶出液についてpHを測定したが、残骨灰で12~12.7、集じん灰で、5.9~11の範囲であった。

表 C.4.3 残骨灰、集じん灰中六価クロムの19号含有量、溶出量試験結果

	19号含有量(mg/kg)		溶出量(mg/L)	
	残骨灰	集じん灰	残骨灰	集じん灰
2008-A	26	66	3	2.7
2008-B	580	880	60	96
2008-C	70	210	7.2	19
2008-D	—	—	—	—
2008-E	140	—	7.1	—
2008-F	5.7	230	0.58	16
2008-G	670	—	5.9	—
2009-A	31	80	<0.02	6
2009-B	110	150	0.07	15
2009-C	6.5	280	0.23	31

※「土壤汚染対策法施行規則」環境省令第29号(平成14年)による
六価クロムの19号含有量基準:250mg/kg、溶出量基準:0.05mg/L



※実線:19号含有量基準値、破線:溶出量基準値

図 C.4.5 残骨灰、集じん灰中六価クロムの19号含有量、溶出量試験結果

(1) 六価クロムの溶出量と19号含有量との関係、およびXAFS結果との対応

図 C.4.6 に、本研究での調査結果、および2007、2008 調査結果^{カ)}における、各灰の六価クロムの19号含有量と溶出量との関係を示した。図より4つほどの残骨灰に関しては例外があるものの、六価クロムの19号含有量と溶出量については、残骨灰、集じん灰に関わ

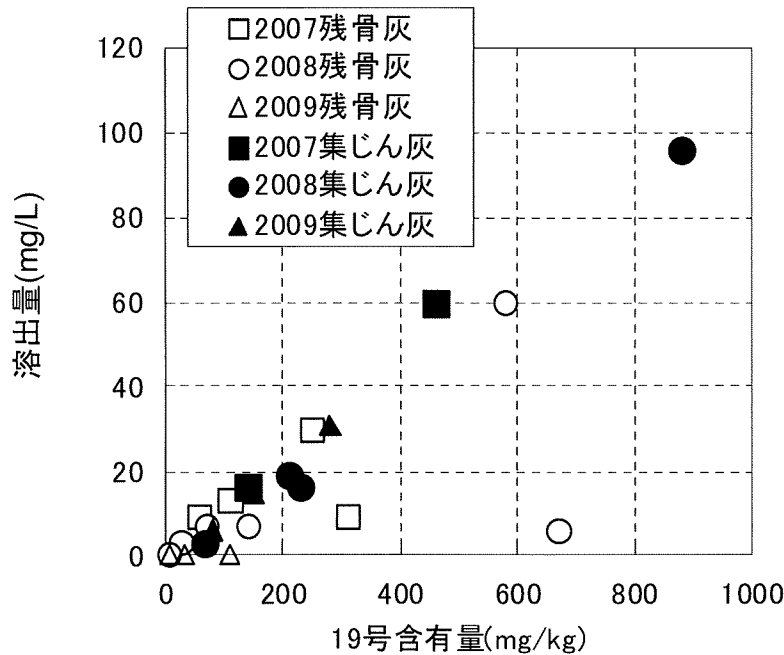


図 C.4.6 残骨灰、集じん灰中
六価クロムの含有量と溶出量との関係

らず、一定の相関関係が認められた。このことは、アルカリ緩衝液(5mM炭酸ナトリウム+10mM炭酸水素ナトリウム溶液)による抽出量と、蒸留水による溶出量との関係を意味している。土壤汚染対策法に基づく環境省告示18号で規定される溶出量試験では、溶出条件として溶媒体積：試料重量が10:1で規定されていることから、六価クロム溶出量の値を、サンプルの灰重量あたりの値に換算し、19号含有量と比較したものを表C.4.4に示した。また溶出率は、19号含有量のうち溶出量換算値として溶出した六価クロムの割合を示す。

表より、ほとんどのサンプルについて、19号含有量と溶出量換算値から求めた溶出率はほぼ100%程度となり、

表 C.4.4 残骨灰、集じん灰中六価クロムの
19号含有量と溶出量から求めた溶出率

		19号含有量 A (mg/kg)	溶出量 B (mg/L)	溶出量換算値 C=B×10 (mg/kg)	溶出率 C/A
残骨灰	2007-A	250	30	300	1.20
	2007-B	58	9	90	1.55
	2007-C	110	13	130	1.18
	2007-D	310	9	90	0.29
	2008-A	26	3	30	1.15
	2008-B	580	60	600	1.03
	2008-C	70	7.2	72	1.03
	2008-E	140	7.1	71	0.51
	2008-F	5.7	0.58	5.8	1.02
	2008-G	670	5.9	59	0.09
	2009-A	31	0.02	0.2	0.01
	2009-B	110	0.07	0.7	0.01
	2009-C	6.5	0.23	2.3	0.35
集じん灰	2007-A	140	16	160	1.14
	2007-B	460	60	600	1.30
	2008-A	66	2.7	27	0.41
	2008-B	880	96	960	1.09
	2008-C	210	19	190	0.90
	2008-F	230	16	160	0.70
	2009-A	80	6	60	0.75
	2009-B	150	15	150	1.00
	2009-C	280	31	310	1.11

※溶出量換算値Cは、 $B \times 10$ は、土壤汚染対策法で規定される溶出量試験において、溶媒(体積)：試料(重量)が10:1であることによる。

含有量として生成された六価クロムはそのほとんどが水溶性成分として存在し、溶出量として定量されていることが示唆された。すなわち、**図 C.4.6**に認められた相関関係は、六価クロムの含有量と溶出量のほぼ1対1の対応によるものと位置づけることができる。この場合は、残骨灰、集じん灰に関わらず、その中の六価クロムの化学形態が類似したものになっていることが推察された。**図 C.4.6**の関係から溶出量を抑制するためには、まず、含有量を抑制しなければならないことが示唆され、それでも依然として溶出量が基準を超過する場合には不溶化処理が必要であると考えられる。

しかし、4種類の残骨灰(2007-D、2008-G、2009-A、2009-B)については、この関係性から大きく外れており、溶出率は30%以下であった。以下にこの原因について考察する。これらの灰に関しては、2009-Aの残骨灰を除き、火葬時の排ガス酸素濃度が、15.0～16.6%で、他の条件が17.4～20.0%であったこと、かつ、排ガス中のCO濃度が他の火葬炉に比べ高い傾向が見られたことから、炉内が比較的還元雰囲気であったために、生成される六価クロムの化学形態が変化している可能性があると考えられた。そこでC.4.1(2)で示したXAFSによるCr化合物の推定結果として、**図 C.4.3**の2009-B残骨灰の結果に着目すると、B集じん灰、C集じん灰に比較し、 CaCrO_4 の割合が20%程度と高いものの、明らかに CrO_3 の含有割合が低く、六価クロムの生成割合が低いことが確認された。したがって、19号含有量と溶出量の1:1の対応から外れてくる理由としては、この部分に由来するのではないかと推測された。

ただし、この場合においても、多くのサンプルは、含有量基準および、溶出量基準は超過しているため、例えば、対策として、炉内の雰囲気制御により酸素濃度を低下させ、六価クロムの生成を抑制することには限界があると考えられる。

2009-Aの残骨灰に関しては特殊であり、この1試料のみ含有量基準、および溶出量基準の双方を満たしていた。この場合は、火葬時の排ガス酸素濃度が低いこともなく、CO濃度も低レベルに保たれていたにもかかわらず、**図 C.4.3**では、 CrO_3 の割合が35%程度と高かった。**表 C.4.1**で、灰の組成に着目すると、2009-A残骨灰は、他の灰にCa濃度が低く、Si、Alの割合が高かった。これはこの灰の塩基度(CaO/SiO_2)が低いことを意味する。櫻井は、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 CaO 、 Cr_2O_3 からなる模擬灰を用いて、加熱実験を実施し、加熱後の灰について、溶出量を評価した結果、塩基度の低い灰ほどCr(VI)の生成は抑制されるとしている²⁸⁾、しかし、実際には、**図 C.4.3**から、 CrO_3 の生成が確認されており、19号含有量に対して、溶出量が低かったことの説明にはならない。むしろ、Si、Alの割合が高いことにより、それらが生成した CrO_3 の溶出を物理的に抑制している可能性の方が高いと考えられる。

次に、これまでの結果から、火葬灰中クロムの XAFS 測定結果と、19号含有量、溶出量との関係を、**図 C.4.7** に示した。XAFS 測定結果のうち、六価クロムである CrO_3 、 CaCrO_4 とされた割合に対する総量を横軸にとり、縦軸に 19号含有量、溶出量をプロットした。

図より、19号含有量、および溶出量と XAFS 測定結果から予測した六価クロム量は、全体的な傾向として、対応が見られたが、相関はあまり高くなかった。XAFSのパターンフィッティングにて、六価クロムであると判定された量が多いほど、19号含有量、溶出量も高くなる傾向にはあるが、必ずしも比例関係にあるわけではなかった。

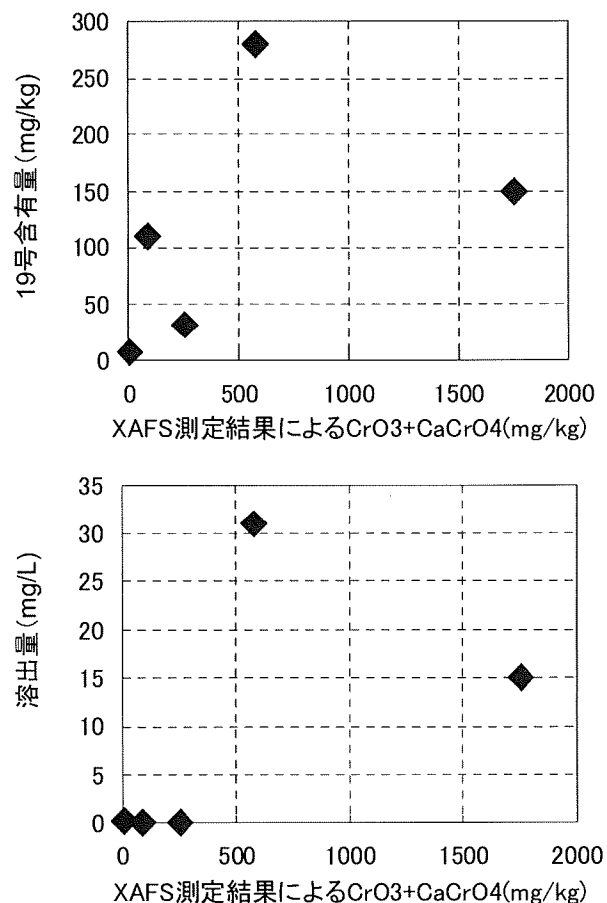


図 C.4.7 XAFS 測定結果と、19号含有量、溶出量との関係

(2) 排出量の推定について

六価クロムに関しては、2007-2008 調査⁷⁾、および本研究にて、ほとんどの残骨灰、および集じん灰について溶出量基準を超過することが明らかになったが、特に集じん機が設置されていない火葬炉においては、その排出量を把握しておくことが重要である。C.3にて実際に火葬排ガス中クロムの測定結果を示したが、本研究における施設A～Cのすべてで、大気への放出濃度に対応する値は、定量限界以下であること、2007～2008 調査において対象とした火葬場では不明であることから、以下の方法により、火葬1件あたりの六価クロムの大気排出量を推定した。

まず、本研究を含め(表 C.3.1)、2007、2008 調査時のすべての火葬場における排ガスの大気放出前の温度は $86 \sim 400^\circ\text{C}$ の範囲にあり、その温度域では、六価クロムは、そのほとんどが固体で存在すると考えられる²⁴⁾。そこで、集じん機や、触媒装置等の排ガス処理装置で捕集しきれなかったばいじんが、大気へ排出される際に、そのばいじんに含まれる六

価クロム量を大気排出量とした。また、ばいじん中六価クロム濃度としては、各施設の集じん灰中六価クロムの19号含有量を用いた。したがって灰中の全六価クロムでないことに注意を要する。集じん機がない施設で、19号含有量が把握できない場合には、ばいじん中六価クロム濃度は、集じん機を有する施設における19号含有量の最大値～最小値の範囲を用いた。

以上の前提により、以下の(C.4.1)式にしたがって、火葬炉排ガス排出口付近における排ガス中六価クロム濃度： $G_{Cr(VI)}$ (mg/m^3_N)を求めた。

$$G_{Cr(VI)} = G_{DUST} \cdot C_{Cr(VI)} \cdot 10^{-3} \quad (C.4.1)$$

ただし G_{DUST} : 排ガス中ばいじん濃度 (g/m^3_N) (O_2 12%換算値)

$C_{Cr(VI)}$: 集じん灰の含有量試験による六価クロム含有量 (mg/kg)

次に(C.4.2)式により、求めた $G_{Cr(VI)}$ に各施設の火葬1件あたりの排ガス量を乗じ、火葬1件あたりの六価クロム排出量： $E_{Cr(VI)}$ ($mg/人$)を推定した。

$$E_{Cr(VI)} = G_{Cr(VI)} \cdot V \cdot t \quad (C.4.2)$$

ただし V : 排ガス量 (O_2 12%換算) (m^3/h)

t : 火葬時間 (h)

なお、各施設における、 t : 火葬時間、 V : 排ガス量 (O_2 12%換算)、 G_{DUST} : 排ガス中ばいじん濃度は、1～2遺体の火葬の平均値を用いた。

以上の試算結果を表C.4.5に示した。まず、排ガス中の六価クロム濃度(19号含有量ベース)は、バグフィルター+触媒装置、あるいは活性炭吸着設備が設置されているような施設は、2007-A～B、2008-A～C、2009-A～Cの8箇所であり、 O_2 12%換算値で、0.23～5.46 $\mu g/m^3_N$ 程度と見積もられた。特に2009-A～Cにおける結果は、C.3における排ガス中クロムの測定結果と矛盾しない結果であった。A.Santarsieroらは、イタリアのバグフィルターを有する火葬炉において、煙突の直前で排ガス中のばいじんに含まれるクロムを、酸分解後ICP-MSで測定し、排ガス中全クロム濃度を求め、その値が、 $6.0 \pm 1.0 \mu g/m^3_N$ (O_2 11%換算値)であったと報告している²⁹⁾。この値は O_2 12%換算値では $5.4 \pm 0.9 \mu g/m^3_N$ となる。前述したように、施設2009-A、Bの集じん灰ではICP-AESによる全クロム濃度は表C.4.1に示すように3,790 mg/kg 、および1,140 mg/kg であり、その際の六価クロムの19号含有量はそ

表 C.4.5 火葬炉における排ガス中六価クロム濃度と排出量の推定

項目	火葬時間	排ガス流量 (乾き)	ばいじん	集じん灰中 六価クロム 19号含有量	排ガス中 六価クロム濃度	六価クロム 排出量	備考: 排ガス処理	
単位	分	m ³ _N /h	g/m ³ _N	mg/kg	μg/m ³ _N	mg/体		
2007	A	44	2,100	<0.006	140	0.42	0.65	BF+SCR
	B	65	2,510	<0.017	460	3.8	10	BF+AC
	C	69	1,730	0.155	(66-880)	75	140	集じん機なし
	D	81	2,130	0.0525	(66-880)	25	70	集じん機なし
2008	A	58	1,320	<0.007	66	0.23	0.15	BF+SCR
	B	63	2,240	<0.007	880	2.9	3.3	BF+SCR
	C	55	3,000	0.005	210	1.1	2.9	BF+AC
	E	62	1,360	0.145	(66-880)	70	97	集じん機なし
	F	62	1,550	0.125	230	29	46	SC
	G	74	2,200	0.180	(66-880)	86	230	集じん機なし
2009	A	82	1,470	<0.005	80	0.2	0.40	BF+SCR
	B	45	1,240	<0.002	150	0.15	0.14	BF+SCR
	C	73	3,060	0.0195	280	5.46	20	BF+AC

※2007年、2008年の火葬データ、Cr(VI)の19号含有量は文献7)、8)

※火葬時間、乾き排ガス流量、ばいじんについては各施設1-2体分の火葬の平均値

※乾き排ガス流量、ばいじんについてはO₂12%換算値

※六価クロムの19号含有量()内の値は、集じん機がなくデータが無いため、他施設の最大～最小値

※排ガス中六価クロム濃度、六価クロム排出量は、六価クロムの19号含有量ベースであるとともに、平均値として算出

※BF：バグフィルター、SCR：触媒装置、AC：活性炭吸着設備、SC：スクリーン式集じん機

れぞれ80mg/kg、150mg/kgであった。この値は、全クロム量の1,820mg/kgの2.1%～13.1%に対応する。またこの割合は別の文献を基に算出すると、6.3～20.1%程度と推測されている³⁰⁾。全クロムの測定値としては、酸分解後ICP-MSによる測定と、ICP-AESの値はほぼ対応すると考えられるため、A.Santarsieroらの報告値のO₂12%換算値：5.4±0.9μg/m³_Nの2.1%～20.1%が、排ガス中の六価クロム濃度(19号含有量ベース)に相当し、この値は、0.095～1.2μg/m³_Nと見積もられた。本研究の予測値である0.23～5.46μg/m³_Nと比較すると、ほぼ同じレベルであると推測される。

集じん機が設置されていない、あるいは集じん効率が低い施設である2007-C～D、および2008-E～Gにおいては、排ガス中の六価クロム濃度(19号含有量ベース)は25～86μg/m³_Nの範囲にあると推定され、少なくともバグフィルターや高度排ガス処理設備が設置された施設よりも高い濃度レベルにあると推測される。

火葬1体あたりの六価クロム排出係数(19号含有量ベース)に関しては、バグフィルター、および高度排ガス処理設備を有する2007-A～B、2008-A～C、2009-A～Cにおいて0.15～20mg/体と見積もられた。また、集じん機を有しない、あるいはあっても集じん効率が低い、2007-C～D、2008-E～Gにおいては、46～230mg/体と見積もられた。双方の比較により、六価クロム排出量(19号含有量ベース)は、集じん効率の高いバグフィルターや高度排ガス処理設備が設置されることにより、集じん機を有しない、あるいは集じん効率

が低い場合に比較して、78～99%低減されている。すなわち、排ガスを經由した火葬炉外への六価クロムの排出が、主としてダイオキシン排出抑制を目的に設置されたバグフィルターや高度排ガス処理設備により抑制されていると考えられた。以上より、排出量に関しては、バグフィルター等の高度排ガス処理設備により、抑制されていることが考えられたが、排出濃度として考えた場合には、我が国では、大気中の六価クロムは大気汚染防止法により要監視項目としては挙げられているものの、排出基準や環境基準が現時点で存在しないため³¹⁾、これらの排出濃度について安全性を評価することができない。また、周辺土壌環境への影響についても、本研究では対象としていないため、将来的には、より詳細な調査が必要である。

(3) 火葬炉における全クロムの排出係数

これまでの結果から、火葬炉から大気への全クロムの排出係数を算出し、他燃焼発生源の排出係数と比較検討した。集じん灰中の全クロムに対する六価クロム(19号含有量ベース)の割合は、前述の検討により、2.1%～20.1%であると推定された。この値により、火葬1体あたりの六価クロム排出係数(19号含有量ベース)を、全クロムの排出係数に換算した。また、日本人の平均寿命³²⁾、年齢別の体重³³⁾、死亡者数の男女割合³⁴⁾から平均的な遺体の体重は53.5kg/体と推定され、火葬による全クロム排出量を遺体重量あたりの排出係数に換算した。様々な燃焼発生源の全クロムの排出係数は、USEPA-AP42で報告されており、代表的な燃焼発生源を選定し^{35)～40)}、比較を行った。選定は、中西、小野が2004年の国内における六価クロムの大気への排出インベントリーを見積もっており⁴¹⁾、それを参考にした。

表C.4.6に、火葬、および他の燃焼発生源から大気への全クロムの排出係数を示した。火葬炉からの全クロムの排出係数は、排ガス処理のある場合で0.014～18mg/kg、排ガス処理のない場合で、4.3～200 mg/kgと算出された。他の燃焼発生源と比較すると、排ガス処理

表 C.4.6 火葬, その他燃焼発生源から大気への全クロム排出係数 (mg/kg)

項目	排ガス処理なし	排ガス処理あり	備考	文献
石炭火力発電	14	0.13	排ガス処理なし: 無煙炭 排ガス処理あり: 瀝青炭, 亜瀝青炭, 褐炭	34),35)
廃棄物焼却	4.49	0.015～0.13		36)
下水汚泥焼却	14	0.01～9.8		37)
耐火レンガ製造	130～350	64	Cr-Mgレンガ製造	38)
セメント製造	—	0.0039～0.070		39)
火葬	4.3～200	0.014～18	排ガス処理なし: 2007-A, B, 2008-A～C, 2009-A～C 排ガス処理あり: 2007-C, D, 2008-E～G	本研究

がある場合は、火葬は石炭火力発電、廃棄物焼却、下水汚泥焼却とほぼ同オーダーであった。一方、排ガス処理のない場合、火葬は、石炭火力発電、廃棄物焼却、下水汚泥焼却よりも高くなる可能性があることが示唆された。燃焼対象物としては、石炭や廃棄物、下水汚泥に比較して遺体や副葬品、棺、燃料に由来するクロムが高くなるとは考えにくく、従来からクロム源と推測されているステンレス製の架台⁴²⁾などの影響があると考えられた。

(4) 六価クロムの由来：クロムのマスバランスの検討

火葬における残骨灰、および集じん灰中六価クロムの由来は主に、棺を乗せるステンレス製(SUS310S)架台であると推測されている⁴²⁾。この推定される根拠としては、以下のようなことが考えられる。SUS310Sのようなステンレス鋼では表面に Cr_2O_3 のような不動態膜が形成され、これにより高温・酸化雰囲気下で内部構成元素の酸化が防がれ強度が保持されているが²⁵⁾、高温・酸化雰囲気下で塩基性のアルカリ土類金属化合物により、 Cr_2O_3 は容易に酸化され、水溶性の六価クロム化合物を形成するとされる⁴³⁾。人骨には主成分であるヒドロキシアパタイト($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$)に加え、マグネシウム、炭酸イオンなどが含まれているとともに²⁶⁾、台車の保護剤として、カルシウムを含むキャストブル粉を用いている施設もあり、これらが高温・酸化雰囲気下で六価クロム生成能を有すると考えられる。ただし、火葬炉内における耐火物には、 Cr_2O_3 が含まれる可能性があり、これが六価クロムの由来になっていることも否定できない。

そこで、江口は、火葬における全クロムのマスバランスを明らかにすることで、残骨灰、および集じん灰中六価クロムの由来を明らかにできると考えた⁴¹⁾。以下では、江口の研究⁴²⁾を引用し、クロムのマスバランスについて補足、および考察を加える。

まず、集じん機としてバグフィルターを有する火葬施設において、ステンレス製架台が残骨灰、および集じん灰中六価クロムの由来とした時の火葬炉における全クロムのマスバランスを検討した。この場合、以下(C.4.3)式による全クロムの収支式が概ね成立すると考えられる。

$$M_{\text{Scr}} = M_{\text{Bcr}} + M_{\text{Fcr}} \quad (\text{C.4.3})$$

ただし、 M_{Scr} ：火葬1体あたりのステンレス製架台中全クロムの減少量(mg/体)

M_{Bcr} ：火葬1体あたりの残骨灰に由来する全クロム量(mg/体)

M_{Fcr} ：火葬1体あたりの集じん灰に由来する全クロム量(mg/体)

M_{Scr} ：火葬1体あたりのステンレス製架台中全クロムの減少量は、図C.4.8のステンレス製架台の交換時期までの減少量を考え、以下の(C.4.4)式により求めることができる。

$$M_{Scr} = \pi (SU_i^2 - SU_o^2) \cdot L \cdot \rho \cdot Scr \cdot 10^6 / N \quad (C.4.4)$$

ただし、 SU_i ：ステンレス製架台の初期半径 (m)

SU_o ：ステンレス製架台の交換時期における半径 (m)

L ：ステンレス製架台の総長さ (m)

ρ ：ステンレス製架台：SUS310S の比重 (kg/m^3)

Scr ：ステンレス製架台：SUS310S 中全クロム含有割合 (wt%)

N ：ステンレス製架台の交換時期までの火葬遺体数 (体)

MB_{Cr} ：火葬1体あたりの残骨灰に由来する全クロム量は、以下の(C.4.5)式により求めることができる。

$$MB_{Cr} = B_{Cr} \cdot MB \quad (C.4.5)$$

ただし、 B_{Cr} ：残骨灰中の全クロム濃度 (mg/kg)

MB ：火葬1体あたりの残骨灰発生量 ($\text{kg}/\text{体}$)

MF_{Cr} ：火葬1体あたりの集じん灰に由来する全クロム量は、以下の(C.4.6)式により求めることができる。

$$MF_{Cr} = F_{Cr} \cdot (D_{in} - D_{out}) \cdot 10^3 \cdot V_b \quad (C.4.6)$$

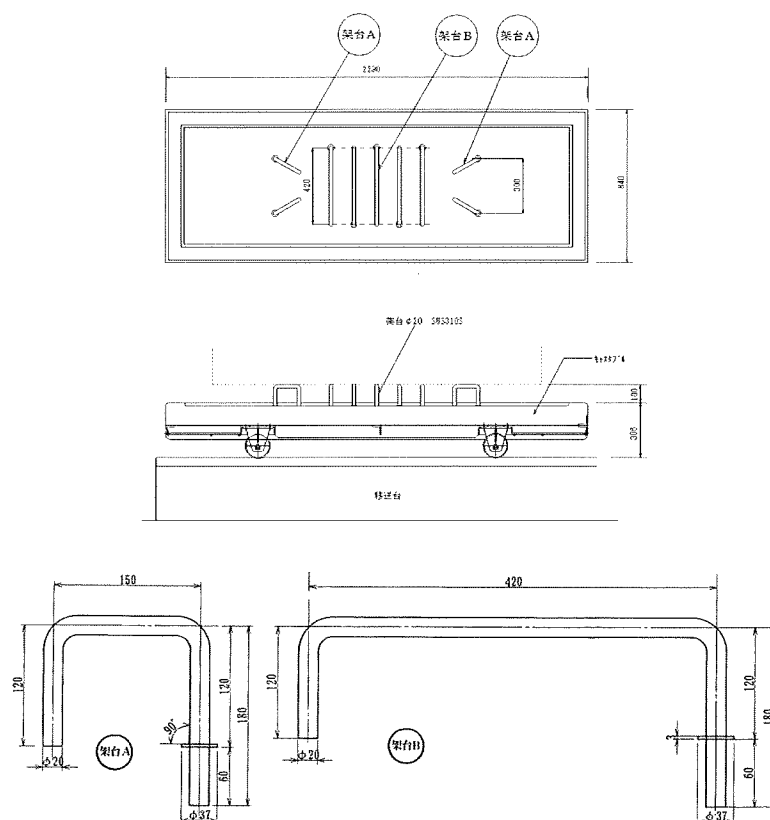
ただし、 F_{Cr} ：集じん灰中の全クロム濃度 (mg/kg)

D_{in} ：バグフィルター入口ばいじん濃度 (g/m^3_N)

D_{out} ：バグフィルター出口ばいじん濃度 (g/m^3_N)

V_b ：火葬1体あたりの排ガス量 ($\text{m}^3_N/\text{体}$)

残骨灰、集じん灰中の全クロム濃度を用いるために、江口は中性子放射化分析法を用いて求めている。中性子放射化分析は、原子炉からの熱中性子を試料に照射し、励起された原子核の壊変に伴う放射線、特に γ 線を半導体検出器で検出し、核種固有の γ 線エネルギースペクトルの出現位置および強度から定性定量するものである。焼却飛灰中のクロムを対象とし、その測定の妥当性が検証されている⁴⁾。試料は、約100mgをポリエチレン袋で二重に封入し、さらに外袋で封入して測定試料としており、照射は京都大学原子炉実験所圧気輸送管（照射孔：Pn-2）において熱中性子束密度 $2.75 \times 10^{13}(\text{n}/\text{cm}^2/\text{sec})$ で行っている。照射時間は3,600秒とし、冷却時間は約1ヶ月としている。 γ 線の計測には4096チャ



図C.4.8 火葬施設におけるステンレス製架台

ネル波高分析器付きGe半導体検出器(EG&G社製:ORTEC Hp-Ge Ge COAXIAL DETECTOR)を用いている。計測時間は7,200秒としている。フラックスモニタ法での校正用試料としては、都市ごみ焼却飛灰の標準試料であり、クロムについても保証値が示されているBCR176を用いている。

火葬炉におけるクロムのマスバランスを求めるために用いたデータ、および測定値を表C.4.7にまとめて示した。また前述の式にしたがって求めた、火葬炉における全クロムのマスバランスを図C.4.9に示す。図C.4.9より、ステンレス架台中全クロムの減少分は、12,100mg/体であるのに対し、残骨灰、および集じん灰の全クロム量は、12,600mg/体、および863mg/体であり、わずかにOUTPUTが高くなったものの、INPUTに対し、OUTPUTの割合は110%程度であり、概ね整合する結果となった。

INPUTとしてステンレス製架台以外には人体由来や、燃料由来、副葬品、炉内耐火物、熱電対が考えられる。人体中全クロムは体重70kgの成人男性で約2mg/体程度存在するとされることから⁴⁵⁾、12,100mg/体に対して無視できると考えられる。燃料としては灯油、都市ガスが用いられているが、都市ガス中の全クロムは無視できると考えられる。また、灯油中の全クロムは、ICP-MSで測定した結果、62.4 μ g/Lであったとの報告があり⁴⁶⁾、火葬

表C.4.7 火葬炉における全クロムのマスバランス算出に用いた諸係数

項目	記号	単位	値	備考
ステンレス製架台の初期半径	SUi	m	0.010	図C.4.4より
ステンレス製架台の交換時期における半径	SUo	m	0.005	施設におけるステンレス架台交換基準より
ステンレス製架台の総長さ	L	m	4.86	図C.4.4より算出
ステンレス製架台:SUS310Sの比重	ρ	kg/m ³	7,870	鋼材検査証明書より
ステンレス製架台:全クロム含有割合	Scr	wt%	24	鋼材検査証明書より
ステンレス製架台の交換時期までの火葬遺体数	N	体	180	施設運転データのヒアリングより
残骨灰中の全クロム濃度	Bcr	mg/kg	4,210	中性子放射化分析結果(平均値:N=3)
火葬1体あたりの残骨灰発生量	MB	kg/体	3	施設運転データのヒアリングより
集じん灰中の全クロム濃度	Fcr	mg/kg	1,820	中性子放射化分析結果(平均値:N=2)
バグフィルター入口ばいじん濃度	Din	g/m ³ _N	0.05	施設K運転データのヒアリングより
バグフィルター出口ばいじん濃度	Dout	g/m ³ _N	0.01	施設K運転データのヒアリングより
火葬1体あたりの排ガス量	Vb	m ³ _N /体	12,000	施設K運転データのヒアリングより

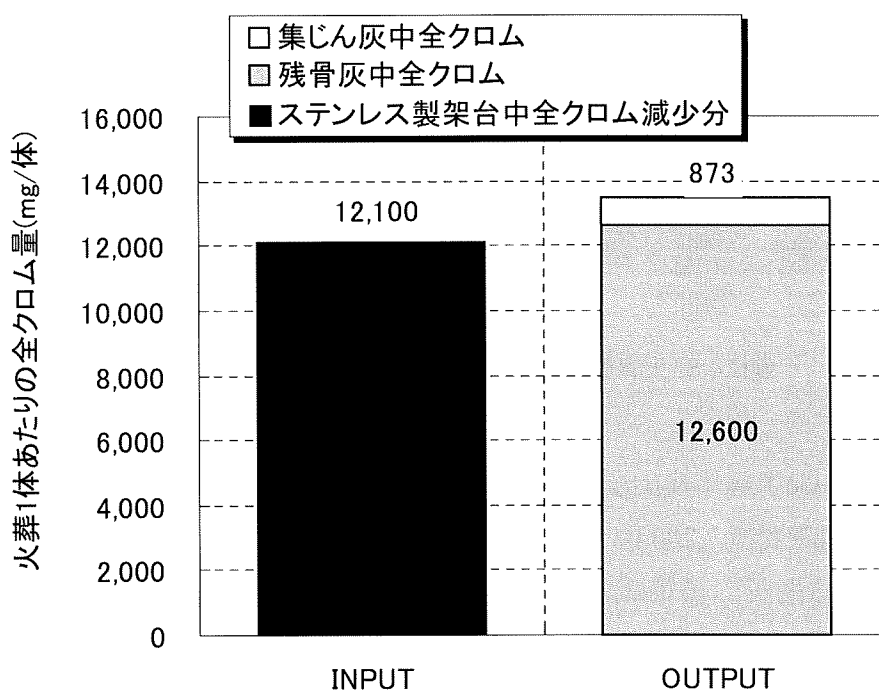


図 C.4.9 1 遺体の火葬における全クロムのマスバランス算出結果

での灯油使用量は経験的に約 50L/体であるので、灯油由来の全クロムは 3.1mg/体となり、これについても無視できると考えられる。副葬品や炉内耐火物、熱電対に関しては、含有量、および火葬における減少量のデータが少ないためはっきりしなかったが、残骨灰、集じん灰中の全クロムがステンレス架台の減少量でほぼ説明できることから、比較的影響は少ないと考えた。

また OUTPUT として、残骨灰中の全クロム濃度は集じん灰に比較し高く、その発生量はこの結果に大きく影響している。火葬 1 体あたりの残骨灰発生量は、表 C.4.7 に示すように、施設へのヒアリングにより 3kg/体としている。島崎は、体重 60kg の遺体の火葬あたりの灰発生量（残骨灰+集じん灰として、人体、棺、副葬品の化学組成から 3.4kg/体と見積