

報告 (Note)

都市ごみ焼却炉から排出されるダイオキシン類のスクリーニング法に関する研究

高橋通正、斎藤邦彦、代田 寧、安田憲二、小川雄比古、
伏脇裕一^{*1}、市岡耕二^{*2}、永野英樹^{*3}、伊藤日本男^{*4}

(大気環境部、環境工学部、水質環境部、^{*1}衛生研究所、^{*2}東亜ディケーケー株式会社、
^{*3}日本鋼管株式会社、^{*4}株式会社ダイアインストルメンツ)

Screening Studies on Dioxin from Municipal Solid Waste Incinerators

Michimasa TAKAHASHI, Kunihiko SAITOH, Yasushi DAITA, Kenji YASUDA, Takehiko OGAWA, Yuichi FUSHIWAKI ^{*1}, Koji ICHIOKA ^{*2}, Hideki NAGANO ^{*3}, Yamao ITO ^{*4}

(Air Quality Division, Environmental Engineering Division, Waste Quality Division,
^{*1}Public Health Laboratories, ^{*2} DKK・TOA CORPORATION, ^{*3} NKK CORPORATION,
^{*4}Dia Instruments Co.,Ltd.)

キーワード：廃棄物焼却炉、ダイオキシン、前駆物質、簡易測定法

1. はじめに

ダイオキシン類対策特別措置法により、廃棄物焼却炉には年1回以上の測定が義務づけられている。ダイオキシン類の測定は、煩雑な前処理操作と高分解能ガスクロマトグラフ質量分析装置を用いることとなっているが、この方法は、分析結果がでるまで時間がかかり、また、分析コストが高い等の問題点がある。しかし、ダイオキシン類削減対策の検討やその排出抑制を目的とした維持管理のためには、測定回数を増やし、炉の運転条件等に対応したデータが必要である。

そこで、ダイオキシン法で定められた測定法 (JIS K 0311) と比較して簡易なスクリーニング法である、ダイオキシン類前駆体連続測定機を用いる方法^{1) , 2)}及び全有機ハロゲンを利用した方法³⁾について検討した。

また、土壌及び飛灰中のダイオキシン類濃度を簡便に測定し、その汚染の程度を明らかにするスクリーニング法として、酵素免疫測定法を用いた簡易測定法についても検討した。

2. 方法

2.1 ダイオキシン類濃度を推定するための代替化学物質によるスクリーニング法

2.1.1 調査対象施設

表1に示す都市ごみ焼却炉6施設(階段火格子炉3炉、流動床炉3炉)について測定を実施した。

2.1.2 調査方法

ダイオキシン類スクリーニング手法を検討するため、ダイオキシン前駆体分析計 (GD2000型、以下、「前駆体分析計」という) を用いたクロロベンゼン類 (以下、「CBs」という)、クロロフェノール類 (以下、「CPs」という) の連続測定及び全有機ハロゲン (以下、「TOX」という) の測定を実施した。また、これらのデータと比較検討するため、ダイオキシン類 (Co-PCBを除く)、CBs (化学分析)、CPs (化学分析)、一酸化炭素、塩化水素、酸素及びばいじん濃度を測定した。

表1 調査対象施設

No.	炉型式	稼働方式	能力 T/d	ばい煙処理装置	測定条件
1	流動床	準連続式	65	バグフィルター	活性炭噴霧量変更(3回測定)
2	流動床	連続式	130	バグフィルター	通常運転時活性炭噴霧
3	階段火格子	連続式	200	電気集塵・スクラパー	通常運転時
4	階段火格子	連続式	120	バグフィルター	通常運転時活性炭噴霧
5	階段火格子	連続式	150	バグフィルター	通常運転時(3回測定)
6	流動床	準連続式	28	バグフィルター	通常運転時活性炭噴霧(3回測定)

(ア) 試料採取

水分等の凝縮を防ぐため加熱した（150 以上）サンプリングプループとサンプリングチューブを用いて行う。

(イ) 分析方法

採取した試料ガスは、気体試料濃縮部で吸着濃縮後ガスクロマトグラフに導入され、CBs、CPs を非放射線源型の電子捕獲型検出器（ECD）で検出し、定量する。

濃縮時間、分析時間とも約 30 分で、1 時間に 1 回、分析データが得られる。

2) TOX の測定方法

ばい煙処理装置入口側及び出口側で、TOX

を吸収液と活性炭に捕集し、TOX 計（TOX-100）を用いて分析した。

ア 試料採取方法

排ガス捕集装置を図 2 に示す。TOX のサンプリングには、吸着性の高い専用活性炭（ガス捕集用活性炭）を 0.5g 充填した活性炭カラムを 3 連にして使用した。活性炭カラムの前には、2 本のガス捕集瓶（1 L）を設置し、前段には吸収液（水）を入れ、後段はミスト除去のため空瓶とした。吸収液には親水性あるいは難揮発性の TOX（NVTOX）が、活性炭には疎水性で揮発性の TOX（VTOX）が、捕集される。

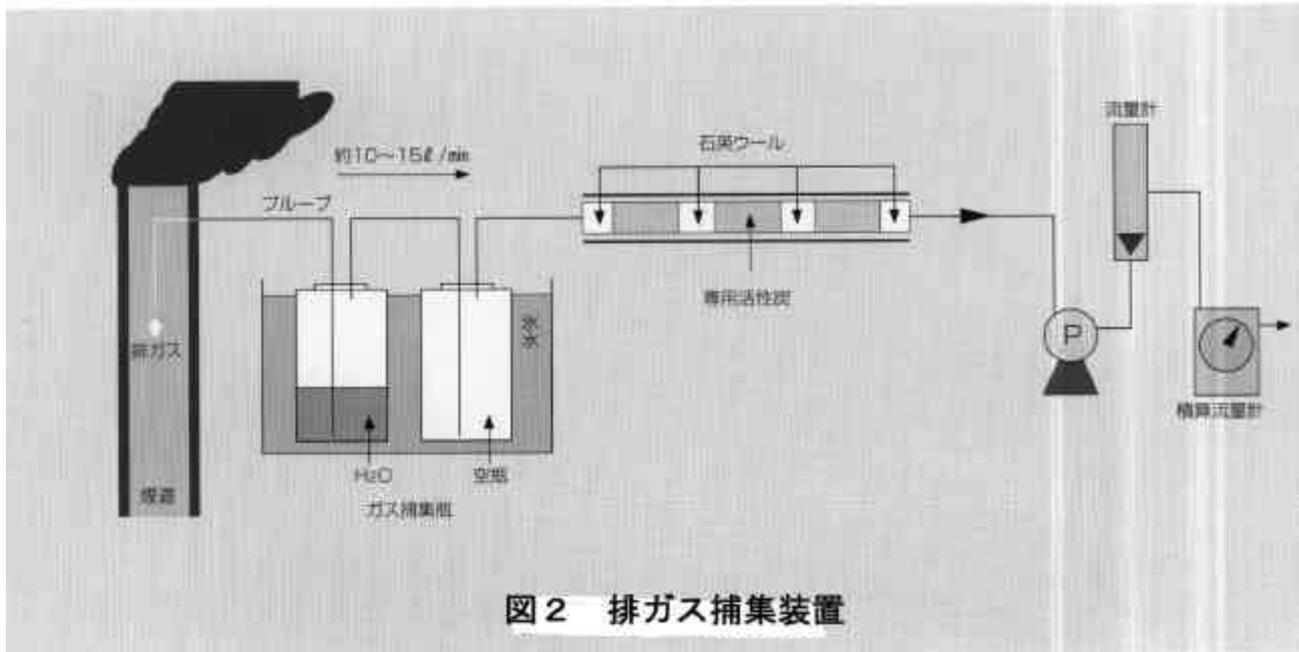


図2 排ガス捕集装置

ばい煙処理装置出口側の捕集は排ガス吸引速度を 5 l/min とし、ダイオキシン類と並行して 4 時間吸引した。なお、入口側においては、プループにばいじんが詰まり捕集を中止した場合もあり、測定毎に吸引速度及び吸引時間を変えて行った

イ 分析方法

TOX 分析方法は、以下のとおりである。

(ア) 吸収液中の TOX の吸着回収

吸収液を水用の活性炭（40mg）に通し、吸収液に捕集された TOX を吸着回収した。

(イ) 無機ハロゲン化物の除去

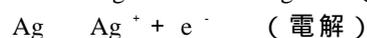
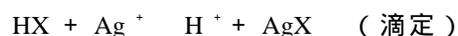
塩化水素等に由来する無機のハロゲン化物イオンは、活性炭に吸着された状態では TOX 分

析の際に、正の誤差要因となるため、水用及びガス捕集用活性炭を 0.8%硝酸カリウム水溶液 40ml で洗浄し、無機ハロゲン化物を除去した。

(ウ) TOX 分析計による測定

TOX 分析計を用いて活性炭に吸着された TOX 量を測定した。

TOX 分析計では、活性炭とともに燃焼された TOX がハロゲン化水素となる。このハロゲン化水素を銀イオンにより滴定し、滴定電気量により、TOX 量を算出する。



2.2 酵素免疫測定法を用いたダイオキシン類簡易測定法の検討

酵素免疫測定法（以下「イムノアッセイ法」という）を用いてダイオキシン類簡易測定法を検討した。イムノアッセイ法とは抗原抗体反応の特異性を利用して、抗原または抗体を定量する方法である。⁴⁾ 本研究では、土壌9試料、飛灰12試料について、イムノアッセイ法と公定法（GC-MS法）による分析結果の比較を試みた。

試料の前処理は、土壌及び飛灰試料30gを秤量し、高速溶媒抽出装置を用いてダイオキシン

類をトルエン抽出した。トルエン抽出液にはジメチルスルホオキシド（以下、「DMSO」という）2mlを添加して、ロータリーエボレーターで濃縮し、DMSOに転溶した。転溶したDMSO溶液の一定量を分取して、イムノアッセイキットを用いて定量した。

なお、簡易測定法の検討であったため、トルエン抽出液のクリーンアップは行わなかった。

3 結果及び考察

3.1 各施設の測定結果

表2～表5に各施設の測定結果を示す。

表2 施設No.1の調査結果

RUN No.	1		2		3	
	BF入口側	BF出口側	BF入口側	BF出口側	BF入口側	BF出口側
測定場所						
ごみ投入量 (t/h)	3.6～4.2		3.9～5.2		3.9～5.0	
排ガス量 (m ³ _N /h)	18,800	19,600	24,400	24,200	26,900	27,200
燃焼温度 ()	890～900		730～870		840～900	
排ガス温度 ()	185	181	195	188	196	181
O ₂ (%)	9.5	10.5	9.8	11.0	10.5	12.0
CO(ppm)	-	10～800	-	10～500	-	10～420
平均値		50(4h)		30(4h)		50(4h)
ばいじん濃度 (g/m ³ _N)	-	0.048	-	0.13	-	0.21
DXN (ng/m ³ _N)	150	32	390	230	300	130
DXN (ng-TEQ/m ³ _N)	2.1	0.3	6.5	1.1	4.5	0.6
BFの除去率 (%)		86		83		87
CBs (ng/m ³ _N)化学分析	6,100	3,200	13,000	5,500	15,000	4,200
CBs (ng/m ³ _N)連続分析	-	66,000	-	100,000	-	46,000
CPs (ng/m ³ _N)化学分析	1,210	2,900	26,000	14,000	16,000	13,000
CPs (ng/m ³ _N)連続分析	-	53,000	-	33,000	-	4,400
VTOX (μg-Cl/m ³ _N)	919	45.3	785	110	746	90.5
NVTOX (μg-Cl/m ³ _N)	295	36.9	60.2	49.2	77.6	35.2
TOX (μg-Cl/m ³ _N)	1,210	82.1	845	159	823	126
NOx (ppm)	30～50	20～30	60～80	40～60	40～60	35～40
SOx (mg/m ³ _N)	28	4	22	4	24	4
HCl (mg/m ³ _N)	22	20	33	26	230	80

注1) CO以下の各物質濃度は、酸素濃度12%換算値である。

注2) BF: バグフィルター

表 3 施設 No. 2 ~ 4 の調査結果

施設 No.	2		3		4	
	BF入口側	BF出口側	EP入口側	SC出口側	BF入口側	BF出口側
ごみ投入量 (t/h)	4.8 ~ 5.1		6.5 ~ 11		5.1 ~ 6.6	
排ガス量 (m ³ /h)	26,200	27,000	36,000	40,900	23,900	26,300
燃焼温度 ()	850 ~ 900		900 ~ 970		890 ~ 930	
排ガス温度 ()	210	186	290	164	170	200
O ₂ (%)	11.6	12.6	10.1	11.5	6.3	8.1
CO(ppm)	-	20 ~ 1000	-	10 ~ 140	-	5 ~ 10
平均値		43(4h)		10(4h)		6(4h)
ばいじん濃度 (g/m ³)	3.9	0.003	10.4	0.003	1.0	0.006
DXN(ng/m ³)	1,200	160	130	42	100	2.1
DXN(ng-TEQ/m ³)	11	2.6	2.5	0.74	1.8	0.006
BF, SCの除去率 (%)		76		70		99.7
CBs(ng/m ³)化学分析	-	-	-	-	-	-
CBs(ng/m ³)連続分析	-	-	-	9,600	-	120,000
CPS(ng/m ³)化学分析	-	-	-	-	-	-
CPS(ng/m ³)連続分析	-	-	-	2,600	-	600,000
VTOX(μg/m ³)	507	93.4	5,470	4.42	9,410	9.03
NVTOX(μg-Cl/m ³)	49.4	91.2	104	8.38	107	17.7
TOX(μg/m ³)	556	185	5,570	12.8	9,520	26.7
NOx(ppm)	30 ~ 50	20 ~ 30	60 ~ 80	40 ~ 60	40 ~ 60	35 ~ 40
SOx(mg/m ³)	30	20	87	5	184	8
HCl(mg/m ³)	340	20	550	5	1,100	6

注 1) CO以下の各物質濃度は、酸素濃度12%換算値である。

注 2) BF: バグフィルター EP: 電気集塵装置 SC: スクラバー

表 4 施設 No. 5 の調査結果

RUN No.	1		2		3	
	BF入口側	BF出口側	BF入口側	BF出口側	BF入口側	BF出口側
ごみ投入量 (t/h)	3.82 ~ 5.95		5.92 ~ 7.35		3.57 ~ 6.67	
排ガス量 (m ³ /h)	31,100 ~ 32,300		42,900 ~ 43,700		34,400 ~ 35,700	
燃焼温度 ()	1,040 ~ 1,080		914 ~ 934		980 ~ 991	
排ガス温度 ()	210	204	210	206	210	204
O ₂ (%)	8.3	9.1	8.5	8.7	8.3	9.0
CO(ppm)	-	0 ~ 3	-	0 ~ 5	-	0 ~ 2
平均値		0.6(4h)		1.0(4h)		0.1(4h)
ばいじん濃度 (g/m ³)	1.1	<0.001	1.3	<0.001	1.2	0.0008
DXN(ng/m ³)	19	0.89	24	8.8	27	1.6
DXN(ng-TEQ/m ³)	0.42	0.0039	0.41	0.20	0.58	0.013
BFの除去率 (%)	-	99	-	52	-	98
CBs(ng/m ³)化学分析	820	920	1,100	980	390	970
CBs(ng/m ³)連続分析	-	2,000	-	600	-	4,100
CPS(ng/m ³)化学分析	130	320	630	390	370	310
CPS(ng/m ³)連続分析	-	1,100	-	600	-	190,000
VTOX(μg/m ³)	960	38.0	203	21.4	3,200	21.9
NVTOX(μg-Cl/m ³)	177	31.9	874	115	262	1,250
TOX(μg/m ³)	1,140	69.9	1,080	136	3,460	1,270
NOx(ppm)	70 ~ 78	37 ~ 47	80 ~ 84	42 ~ 46	89 ~ 95	44 ~ 46
SOx(ppm)	-	9 ~ 11	-	7 ~ 14	-	10 ~ 13
HCl(mg/m ³)	620	65	660	52	550	34

注 1) CO以下の各物質濃度は、酸素濃度12%換算値である。

注 2) BF: バグフィルター

表 5 施設 No. 6 の調査結果

R U N No.	1		2		3	
	BF入口側	BF出口側	BF入口側	BF出口側	BF入口側	BF出口側
測定場所						
ごみ投入量 (t/h)	1.4 ~ 2.1		1.3 ~ 2.1		1.2 ~ 2.0	
排ガス量 (m ³ _N /h)	3,940 ~ 3,980		3,760 ~ 4,060		3,975 ~ 4,600	
燃焼温度 ()	839 ~ 856		841 ~ 851		823 ~ 841	
排ガス温度 ()	169	162	170	163	170	163
O ₂ (%)	8.7	9.6	8.5	11.0	10.5	11.4
CO (ppm)	-	47 ~ 118	-	64 ~ 112	-	52 ~ 114
平均値		75 (4h)		95 (4h)		73 (4h)
ばいじん濃度 (g/m ³ _N)	0.53	0.0012	0.82	<0.001	1.0	0.0012
DXN (ng/m ³ _N)	570	40	530	160	510	85
DXN (ng-TEQ/m ³ _N)	6.3	0.46	6.4	1.4	5.5	0.52
BFの除去率 (%)	-	93	-	78	-	90
CBs (ng/m ³ _N) 化学分析	19,000	10,000	18,000	20,000	19,000	11,000
CBs (ng/m ³ _N) 連続分析	-	72,000	-	30,000	-	78,000
CPS (ng/m ³ _N) 化学分析	24,000	22,000	17,000	18,000	6,500	4,400
CPS (ng/m ³ _N) 連続分析	-	700,000	-	7,600	-	190,000
VTOX (μg/m ³ _N)	294	107	92.4	88.7	137	91.4
NVTOX (μg-Cl/m ³ _N)	172	60.7	58.6	118	81.9	201
TOX (μg/m ³ _N)	466	168	151	206	218	293
NOx (ppm)	-	-	-	61 ~ 66	-	87 ~ 121
SOx (ppm)	-	-	-	-	-	-
HCl (mg/m ³ _N)	130	28	190	48	270	43

注 1) CO以下の各物質濃度は、酸素濃度12%換算値である。

注 2) BF: バグフィルター

3.2 ダイオキシン類の測定結果

各施設のダイオキシン類濃度 (Co-PCBを除く) は、ばい煙処理装置 (バグフィルター等) 入口側で 19 ~ 1,200ng/m³_N (平均 330ng/m³_N)、処理装置出口側で 0.89 ~ 230ng/m³_N (平均 74ng/m³_N) であった。また、処理装置のダイオキシン処理効率は、41 ~ 98 % (平均 77 %) であった。

各施設のダイオキシン類毒性等量は、ばい煙処理装置 (バグフィルター等) 入口側で 0.41 ~ 11ng-TEQ/m³_N (平均 4.0ng-TEQ/m³_N)、処理装置出口側で 0.0039 ~ 2.6ng-TEQ/m³_N (平均 0.66ng-TEQ/m³_N) であった。また、処理装置のダイオキシン処理効率は、51 ~ 99.7 % (平均 84 %) であった。

なお、ダイオキシン類濃度とダイオキシン類毒性等量の相関が高いことが浦野らから報告されており⁵⁾、今回の測定結果でも、ダイオキシン類濃度とダイオキシン類毒性等量の相関係数は0.96と、高い相関が認められた。

3.3 前駆体分析計を利用する方法の検討

3.3.1 CBs の化学分析値

各施設の CBs 濃度は、ばい煙処理装置入口

側で 0.39 ~ 19μg/m³_N (平均 10μg/m³_N)、出口側で 0.92 ~ 20μg/m³_N (平均 6.3μg/m³_N) であった。

ばい煙処理装置入口側及び出口側における CBs 濃度とダイオキシン類毒性等量との相関を図 3 に示す (施設 No.2,3,4 は欠測)。相関係数は入口側で 0.96、出口側で 0.80 と、高い相関がみられた。なお、出口側の相関が、入口側に比べて低かった理由は、ダイオキシン類と CBs の処理効率に違いがあるためである。

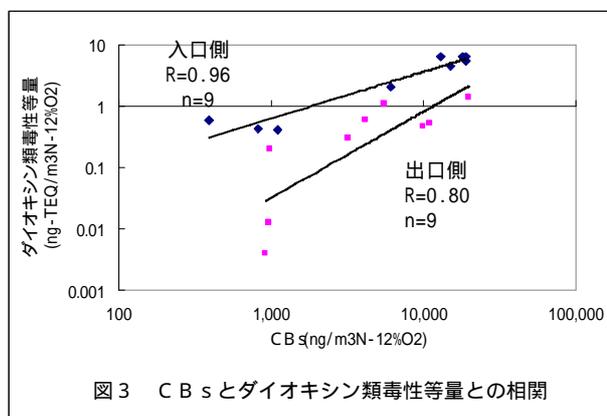


図 3 CBs とダイオキシン類毒性等量との相関

3.3.2 CPsの化学分析値

各施設のCPs濃度は、ばい煙処理装置入口側で $0.13 \sim 26 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{N}$ (平均 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{N}$)、出口側で $0.31 \sim 22 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{N}$ (平均 $8.4 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{N}$)であった。

ばい煙処理装置入口側及び出口側におけるCPs濃度とダイオキシン類毒性等量との相関を図4に示す(施設 No.2,3,4 は欠測)。相関係数は入口側で0.95、出口側で0.85であり、CBsと同様、高い相関がみられた。また、出口側の相関が、入口側に比べて低かった理由は、CBsと同様である。

3.3.3 前駆体分析計による連続分析データ

前駆体分析計による測定で得られたCBs、CPs濃度の経時変化の例を図5に示す。

前駆体分析計では、図5のとおり、1時間単

位でCBs、CPsの濃度が測定でき、焼却炉の運転条件に応じた測定値が得られる。

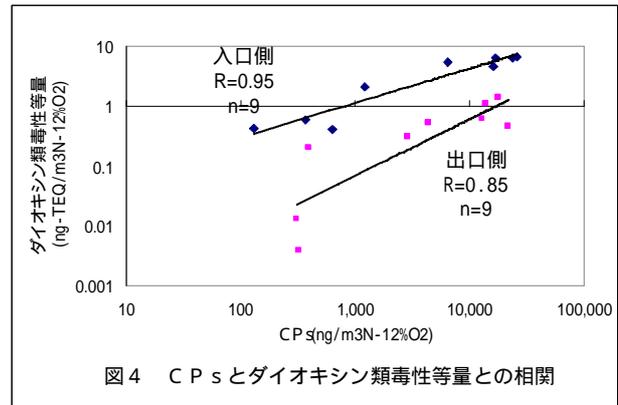


図4 CPsとダイオキシン類毒性等量との相関

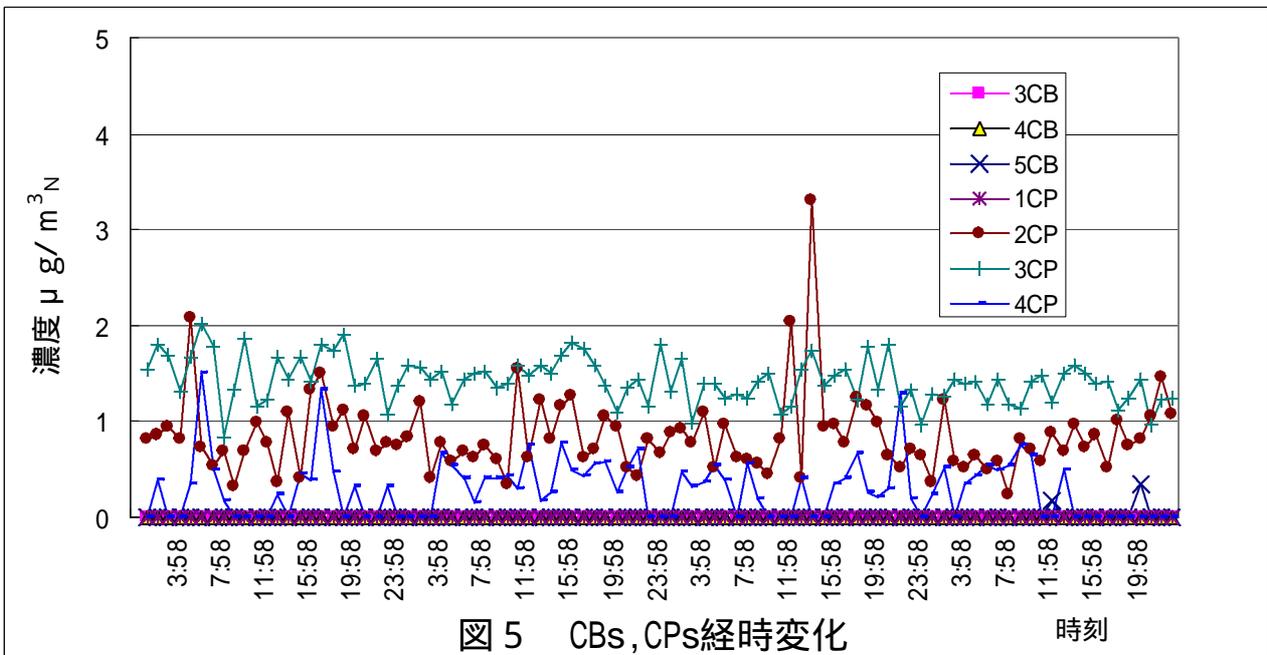


図5 CBs,CPs経時変化

3.3.4 前駆体分析計による測定値と化学分析によるCBs、CPs濃度との比較

化学分析値と、前駆体分析計による連続測定値を比較したところ、連続分析の方が、化学分析より高い値となっている物質が多かった。

また、前駆体分析計では、塩素数の少ない低沸点のCBs、CPsまで計測できるため、情報量が多かった。

この理由は、化学分析にはダイオキシン採取試料を用いていたため、捕集部における破過及び抽出時における損失が考えられる。

CBs濃度及びCPs濃度の化学分析値（4時間採取試料の分析値）と前駆体分析計による分析値（1時間のうち30分採取、30分分析を繰り返した4回分の平均値）との相関を見た。CBsの相関係数は0.81、CPs類の相関係数は0.39であり、CBsについては相関が認められた。

なお、化学分析と前駆体分析計の違いとして、サンプリング時間の違い、分析対象の違い（化学分析では、ばいじんとガス、前駆体分析計ではガスのみ）がある。

3.3.5 前駆体分析計による測定値とダイオキシン類濃度との相関

前駆体分析計によるCBs濃度及びCPs濃度とダイオキシン類濃度との相関は認められなかった。この原因は、サンプリング時間が異なること、前駆体分析計はガスだけの分析であることが考えられる。また、炉の形式、炉の規模、排ガス処理の方法等の違いによりCBs、CPsの排出挙動が違っていることも原因と考えられた。

このため、前駆体分析計を利用するには、測定した多種類のCBs、CPsのうち最もダイオキシン類濃度と相関が高い前駆体を選択して、その物質を測定することにより、ダイオキシン類濃度変化をモニターする技術を確立する必要がある。今回の測定において、各種前駆体とダイオキシン類濃度との相関を調べたところ、同一炉での測定結果では、いくつかの前駆体濃度とダイオキシン類毒性等量に相関があった。そのうち、施設No.1では、2,3-ジクロロフェノール（相関係数0.94）、2,4,5-トリクロロフェノール（同0.99）、施設No.6では、2,4-ジクロロフェノール（同0.81）、ペンタクロロベンゼン（同0.99、図6）の相関が良かった。

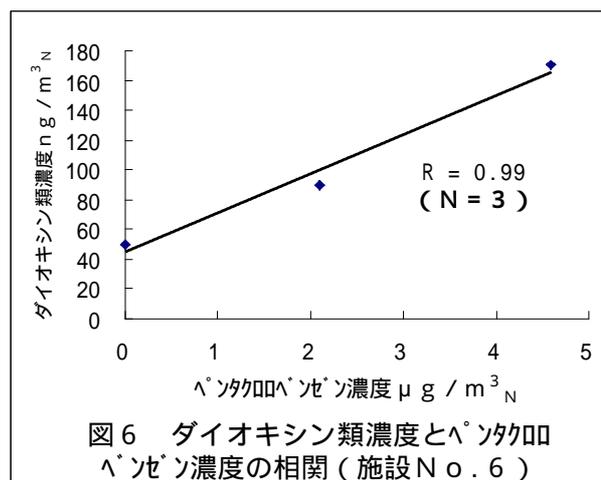


図6 ダイオキシン類濃度とペンタクロロベンゼン濃度の相関（施設No.6）

3.3.6 ダイオキシン類スクリーニング法への適用

前駆体分析計では、塩素数の少ない低沸点のCBs、CPsも精度良く計測でき、情報量が多く得られることから、その焼却炉に適した指標物質を選択することができる。この指標物質を用いることにより、ダイオキシン類対策の実施にあたって、その削減効果の把握に利用できる。

また、今回の調査において約2ヶ月間の長期モニタリングを実施し、この装置による連続モニタリングが可能であることが確認でき、日常の廃棄物焼却炉の運転維持管理にも有効であることが分かった。

3.3.7 前駆体分析計の利点

前駆体分析計を使用する利点として次のことを確認した。

- 1) 現場設置型の全自動分析計で、試料輸送や分析操作が不要である。
- 2) 最短分析周期が約1時間で、連続的に測定データが得られる。
- 3) 測定感度が高く、0.01ppbの濃度レベルまで測定できる。

3.4 TOX計を用いる方法の検討

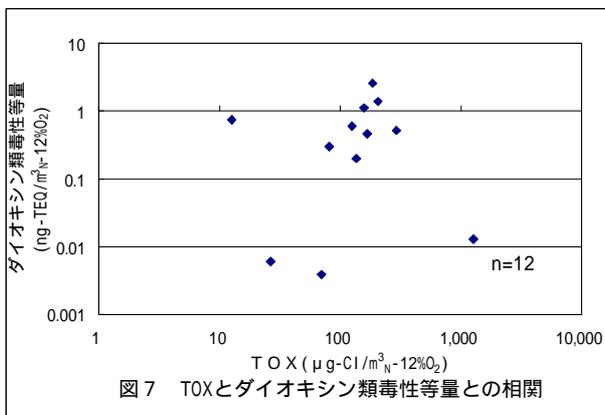
3.4.1 ばい煙処理装置出口におけるTOXとダイオキシン類との相関

ばい煙処理装置出口側におけるTOXとダイオキシン類毒性等量との関係を図7に示す。12検体の内、2検体が他の10検体に比べて特異的であった。は施設3のデータで、ばい煙処理装置が電気集じん装置とスクラバー併用であった。他の施設は、全てバグフィルターである。スクラバーは水を用いる処理装置であるため、水酸基を持つCPs等水溶性のTOXが、バグフ

フィルターを用いる場合よりも高効率で除去されるため、ダイオキシン類毒性等量の値と比率が大きくなったと考えられる。

は施設 No.5 のデータの1つで、吸収液中の TOX 分析値が高かったが、同時に分析した排ガス中の CBs、CPs の濃度は極めて低く、分析結果が矛盾していた。そこで、ここでは TOX 分析値が高くなった原因は不明であるが、異常値として扱うこととした。

残り5施設 10 検体の相関係数は 0.82 であった。この相関係数が炉の形式、能力等の異なる複数の焼却施設の測定結果から得られたものであることを考慮すると、TOX とダイオキシン類との相関は十分であると考えられる。



3.4.2 ばい煙処理装置入口におけるTOXとダイオキシン類との相関

ばい煙処理装置入口側の測定データは、出口側に比べるとダイオキシン類毒性等量の値に対して TOX の値が非常に大きかった。

この理由として考えられるのは排ガス中の塩化水素の影響である。TOX 分析値が $1,000\mu\text{g-Cl}/\text{m}^3_{\text{N}-12\%\text{O}_2}$ を超えた 6 検体のうち 5 検体では、塩化水素濃度が $500\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$ 以上の高濃度であった。これらの試料では、3段で捕集しているガス捕集用活性炭の1段目の TOX 値が異常に高いという特徴があった。

ばい煙処理装置出口側のように、塩化水素が低濃度の場合は、前段の吸収液に捕集されるため問題ないが、高濃度 ($500\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$ 以上) の場合は吸収液で捕集しきれなかった塩化水素が、ガス捕集用活性炭に捕集される。塩化水素除去のため、活性炭に硝酸カリウム水溶液を通液しているが、完全に除去することはできなかったと思われる。

3.4.3 ダイオキシン類スクリーニング法

への適用

ばい煙処理装置出口側では、TOX とダイオキシン類毒性等量の高い相関があることから、ダイオキシン類のスクリーニングに利用可能であることがわかった。ただし、スクラバー処理後の排ガスは、水溶性 TOX が吸収されて TOX 濃度が低い値となるため利用できない。

なお、ばい煙処理装置入口側では、高濃度の塩化水素が TOX に正の誤差を与えるなどの理由から、ダイオキシン類のスクリーニングには利用できなかった。

3.4.4 TOXを利用する方法の利点

TOX を利用する方法の利点として次のことを確認した。

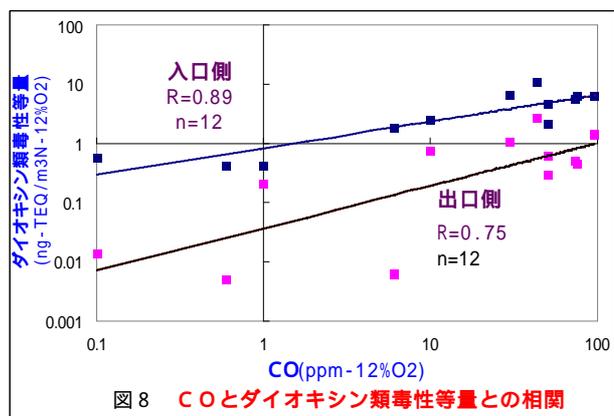
- 1) 有機溶媒を用いた抽出や濃縮などの作業を必要とせず、簡易で安全である。
- 2) 分析費用が消耗品 (活性炭、電解液として用いる酢酸など) のみで安価である。
- 3) 分析時間が半日 ~ 1日と迅速である。

3.5 その他の物質の測定結果

3.5.1 一酸化炭素 (CO)

各施設の CO 濃度は、 $0.1 \sim 95\text{ppm}$ (平均 36ppm) であった。(ばい煙処理装置出口側測定値)

ばい煙処理装置入口側及び出口側における CO とダイオキシン類毒性等量との相関を図 8 に示す。相関係数は入口側で 0.90、出口側で 0.75 と、CBs、CPs と比べて相関は少し低かった。ばい煙処理装置では、ダイオキシン類、CBs 及び CPs は処理されるが、CO は全く処理されないため、ばい煙処理装置出口側での CO とダイオキシン類との相関が落ちると考えられる。



3.5.2 塩化水素(HCl)

各施設の HCl 濃度は、ばい煙処理装置（バグフィルター等）入口側で 22 ~ 1100mg/m³_N（平均 390mg/m³_N）、処理装置出口側で 5 ~ 80mg/m³_N（平均 36mg/m³_N）であった。また、HCl 処理効率は 74 ~ 99 %（平均 90 %）であった。（ただし、消石灰噴霧後の排ガスを採取したため、入口側測定値が低濃度になった施設 No.1 のデータを除いた）

なお、ばい煙処理装置入口側、出口側ともに、塩化水素濃度とダイオキシン類毒性等量の相関はなかった。

3.5.3 ばいじん

各施設のばいじん濃度は、ばい煙処理装置（バグフィルター等）入口側で 0.53 ~ 10g/m³_N（平均 2.4g/m³_N）、処理装置出口側で <0.001 ~ 0.21g/m³_N（平均 0.03g/m³_N）であった。また、ばいじん処理効率はいずれの施設も 99 % 以上であった。（入口側の測定ができなかった施設 No.1 を除く）

ばいじん濃度とダイオキシン類毒性等量との相関は、ばい煙処理装置入口側、出口側ともにみられなかった。

3.6 イムノアッセイ法を用いたダイオキシン類簡易測定法の検討

1) 分析に用いた土壌試料のダイオキシン類濃度（GC-MS 分析値）は 0.1 ~ 5.5pg/g であり、イムノアッセイ法による分析結果は 160 ~ 630pg/g であった。

また、飛灰試料の濃度は 0.1 ~ 13.8ng/g であり、イムノアッセイ法による分析結果は 38 ~ 87ng/g であった。

土壌では GC-MS 分析値に比べて百倍程度、飛灰試料では十倍程度高い値となっており、この原因は妨害物質の存在によるものと考えられる。

なお、GC-MS 分析値とイムノアッセイ分析値の関係は、図 9 のとおりであった。

土壌試料、飛灰試料個々では、GC-MS 分析値とイムノアッセイ分析値の相関はなかったが、土壌試料と飛灰試料ではダイオキシン類濃度が 1,000 ~ 10,000 倍程度の差があるため、イムノアッセイ分析値でも図 8 のとおり、100 ~ 1,000 倍程度の濃度差があった。

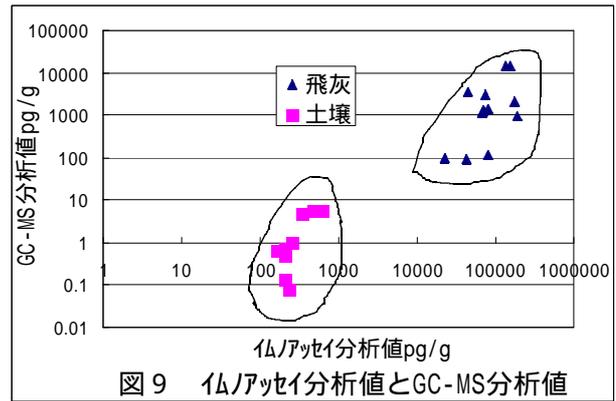


図 9 イムノアッセイ分析値とGC-MS分析値

2) イムノアッセイを用いたダイオキシン類の測定は簡易スクリーニング法としての活用までには至らなかった。

3) 今回の分析結果から、抽出した試料について、色素除去やクリーンアップの操作が必要と考えられるが、簡易スクリーニング法に適した簡易的な前処理方法の検討が課題である。

4.まとめ

廃棄物焼却炉から排出されるダイオキシン類の安価で簡易なスクリーニング方法として、ダイオキシン前駆体（CBs 及び CPs）を利用した方法及び全有機ハロゲン（TOX）を利用した方法を用い都市ごみ焼却炉の実測調査を行った。その結果、これらの方法が、ばい煙処理装置出口側において、利用可能な方法であることが分かった。

このことから、廃棄物焼却場において、前駆体分析計や TOX 計を利用して、ダイオキシン類の低減効果の把握やダイオキシン排出量を低く抑える運転管理を実施することができる。

なお、イムノアッセイ法は、簡易スクリーニング法としての活用までには至らなかったが、今後、適正で簡易な前処理方法の確立が課題である。

5 謝辞

本研究の実施にあたり、関東学院大学工学部建築設備科川本克也教授と野知啓子先生にご指導、ご助言を賜るとともに、高速溶媒抽出装置を使用させていただきましたことに、感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 永野英樹他：第 20 回全国都市清掃研究発表会講演論文集，263 ~ 265（1999）
- 2) 市岡耕二他：第 10 回廃棄物学会研究発表会講演論文集，788 ~ 790（1999）

3) 川本克也：第 10 回廃棄物学会研究発表会
講演論文集，791 ~ 793 (1999)

4) 坂井るり子

他：廃棄物学会論文誌 8(7)，311 ~ 320 (1997)

5) 浦野紘平他：化学物質と環境，33 (別冊)

特定研究 [平成 11 ~ 12 年度]

課題名：ダイオキシン類のスクリーニング法の
開発と発生源における生成機構の解明
に関する研究