

【調査報告】

し尿処理施設汚泥焼却設備からの ダイオキシン類の発生状況について

Investigations on The Generations of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins and Furans (PCDDs and PCDFs)
from Sludge Incineration Equipments of Night Soil Treatment Plants in Japan

伊藤恵治*、仲山伸次**、一木嘉之***

Keiji ITO*, Shinji NAKAYAMA** and Yoshiyuki ICHIKI***

キーワード：し尿処理、汚泥焼却、排ガス、ダイオキシン類

1. はじめに

平成9年8月大気汚染防止法施行令の一部改正により、ダイオキシン類に対する廃棄物焼却炉及び製鋼用電気炉の排出抑制基準が定められ、同様に、厚生省は「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」に基づく廃棄物処理法施行令及び処理法施行規則を改正し、構造・維持管理基準の強化が図られた。

平成11年7月には、ダイオキシン類対策特別措置法（法律第105号）が公布され、①ダイオキシン類に関する施策の基本とすべき基準②排ガス及び排出水に関する規制③廃棄物焼却炉に係るばいじん・焼却灰等の処理等④汚染土壌に係る措置等について定められた。

このような状況の中で、し尿処理施設の汚泥焼却設備におけるダイオキシン類の排出については、厚生省の政省令の適用から除外されており、また、排出実態について報告されたものは数少ない。しかしながら、ダイオキシン問題の社会的な影響を考慮すると、汚泥焼却設備から発生するダイオキシン類について、その排出状況の実態を把握することは重要である。そこで、し尿処理施設における汚泥処理・処分状況及び汚泥焼却設備からのダイオキシン類の発生状況について調査を実施したので、結果を報告する。

2. 調査方法

2.1 汚泥処理・処分状況調査

汚泥焼却設備メーカーから、し尿処理施設への納入実績及び設備内容について保有するデータの提供を受け、このデータと精密機能検査報告書をもとに、汚泥焼却設備の有無、形式、能力、排ガス処理設備等についてまとめた。また、廃棄物処理事業施設年報（平成8年）をもとに、施設のし尿、浄化槽汚泥処理実績から、以下の標準的な設計数値を用いて、脱水汚泥量、乾燥汚泥量及び焼却灰量を推定し、処分量実績と比較して処分形態を判断した。

- ① 脱水汚泥、乾燥汚泥の含水率は、それぞれ85%、30%とした。
- ② 施設の汚泥発生量は、し尿、浄化槽汚泥1klに対して乾物で8kg（以降kg-DSとする）とした。
- ③ 焼却灰量については、し尿との混合焼却を考慮して、し尿発生量をし尿1klあたり6kg-DS、浄化槽汚泥1klあたり2kg-DSとし、焼却灰の強熱減量を10%として求めた。

なお、し尿処理施設数については、同一敷地内に複数の処理系列を有している場合は、同一のものとした。

2.2 汚泥焼却設備におけるダイオキシン類の発生状況調査

（社）日本環境衛生工業会及び汚泥焼却設備メー

* （財）日本環境衛生センター東日本支局環境工学部
Dept. of Environmental Engineering, East Branch, JESC

** （財）日本環境衛生センター総局企画部
Planning Dept., Head Office, JESC

*** （社）日本環境衛生工業会技術委員
Japan Environmental Facilities Manufacturers Association

カから、保有するダイオキシンのに係る調査データの提供を受け、し尿処理施設の汚泥焼却設備からのダイオキシン類に係る排出状況を取りまとめた。

3. 結果及び考察

3.1 汚泥焼却設備状況

し尿処理施設(1,166施設)の内、乾燥・焼却設備を有することが確認できた施設数は約半数の669施設であり、この内574施設(全体の49%)が焼却設備を有していることが確認できた。

焼却設備を有する施設のうち、焼却炉の形式、能力及び排ガス処理設備の内容が判明したものは50~65%であり、その中での内訳は以下のとおりである。

- ① 汚泥焼却炉の型式は、単段式円形炉が約70%と圧倒的に多く、次いでストーカ式が約10%を占めていた。
- ② 汚泥焼却炉の能力は、特定施設の対象外となる200kg/h以下のものは2.1%に過ぎず、200以上2,000kg/hの範囲にあるものが約45%と圧倒的に多かった。
- ③ 排ガス処理設備は、サイクロンあるいはマルチサイクロンと再燃焼炉の組み合わせが約62%と圧倒的に多い。これは、焼却炉型式で円形単段式が約70%を占めていることに起因する。次いでサイクロンあるいはマルチサイクロンのみが約19%を占めており、電気集じん器あるいはバグフィルタのような高度ばいじん処理装置は5%に過ぎなかった。

3.2 汚泥処理・処分状況

処分形態(脱水汚泥、乾燥汚泥、焼却灰等)を判別できた施設は852施設で、全体の73%であった。この

うち焼却灰を処分している施設(実際に焼却している施設)は516施設で、全体の44%以上を占めていた。

し尿処理施設における年間の全処分量792,117t(湿ベース)の内、処分形態が判別したのは58%に相当する455,519t(湿ベース)であった。

ここで、処分形態の内訳を検討するため、処分形態が明らかなものに限って、脱水汚泥、乾燥汚泥及び焼却灰等の処分量を乾ベースに換算し、表1に示した。焼却灰の処分量が全体の約40%、脱水汚泥の処分量が全体の46%となっている。

表1 し尿処理施設における処分形態別年間処分量(乾ベース)(平成6年度)

処分形態 処分方法	(t-DS)				
	脱水	乾燥	焼却灰	コンポスト	合計
埋立	12,762 (11.0)	2,046 (1.8)	34,356 (29.7)	0 (0.0)	49,164 (42.5)
資源化	24,476 (21.2)	11,354 (9.8)	10,181 (8.8)	1,054 (0.9)	47,065 (40.7)
その他	15,961 (13.8)	1,994 (1.7)	1,494 (1.3)	0 (0.0)	19,449 (16.8)
合計	53,199 (46.0)	15,394 (13.3)	46,031 (39.8)	1,054 (0.9)	115,678 (100)

※処分形態が判別した年間処分量 455,519t(湿ベース)の内訳

また、この結果から、それぞれの処理(乾燥、焼却等)に供する汚泥量を推定すると、表2に示すとおりである。焼却処理される汚泥量は、年間約164,000t-DSと推定される。これは、処分形態が明らかな年間汚泥発生量(約234,000t-DS)の約70%に相当する。また、処分形態の不明量が全て脱水汚泥であると仮定すると、焼却処理される割合は、年間全汚泥発生量(約285,000t-DS)の約58%に相当する。

以上から、し尿処理汚泥発生量の約60~70%が焼却処理されていると推定される。

表2 し尿処理施設における処分形態別の処理に供する年間汚泥量(乾ベース)(平成6年度)

処分形態 処分方法	(t-DS)				
	脱水汚泥 脱水汚泥量	乾燥 乾燥処理に供する 汚泥量	焼却灰 焼却処理に供する 汚泥量	コンポスト コンポスト化に供 する汚泥量	合計
埋立・資源化 その他	53,199 (22.7)	15,394 (6.6)	164,396 (70.1)	1,405 (0.6)	234,394 (100.0)
不明	50,490 ^{注)}	—	—	—	50,490
合計	103,689 (36.4)	15,394 (5.4)	164,396 (57.7)	1,405 (0.5)	284,884 (100)

注) 処分形態の不明量を脱水汚泥と仮定

表3 し尿汚泥焼却設備排ガス中ダイオキシン類濃度

	煙突出口	集じん装置 出口	集じん装置 入口	炉出口	参 考		
					産業廃棄物 汚泥焼却施設 ³⁾	一般廃棄物 焼却施設 ²⁾	下水汚泥 焼却施設 ¹⁾
平均濃度 (中央値) [ng-TEQ/ · (Normal)]	0.305 (0.167)	0.280 (0.315)	0.389 (0.2)	0.163 (0.175)	7.3 (1.2)	8.6 (3.1)	—
濃度範囲 [ng-TEQ/ · (Normal)]	0.02~0.87	0.042~0.79	0.038~1.2	0.012~0.38	0.00~93	0.00~110	0.00079~0.18
データ数	29	10	12	6	81	2,244	7

表4 し尿処理施設の焼却灰、飛灰及び汚泥中のダイオキシン類濃度

	焼却灰	飛灰	脱水汚泥	乾燥汚泥	し 渣	ごみ焼却施設 旧ガイドライン適用炉 ⁴⁾	
						飛 灰	焼却灰
平均濃度(中央値) (ng-TEQ/g)	0.00112 (0.0022)	0.0532 (0.00665)	0.0144 (0.0103)	0.00624 (0.0071)	0.000067	2.5 (1.5)	0.053 (0.006)
濃度範囲 (ng-TEQ/g)	0.0000044 ~0.077	0.00019 ~0.53	0.0023 ~0.047	0.0078 ~0.01	—	0.00~24	ND~0.24
データ数	11	16	8	4	1	88	15

3.3 汚泥焼却設備におけるダイオキシン類の発生実態

3.3.1 排ガス中ダイオキシン類濃度

焼却炉出口、集じん装置出入口及び煙突出口について取りまとめた結果を表3に示す。煙突出口での排ガス中ダイオキシン類の濃度は、0.02~0.87ng-TEQ/· (Normal) (TEQは毒性等量) で、平均0.305ng-TEQ/· (Normal) であった。これらの値は、大気汚染防止法及び廃棄物処理法改正により定められた既設炉の排出基準を満たすものであり、横浜市で報告している下水汚泥焼却施設の濃度¹⁾とほぼ同程度のレベルを示している。

次に、汚泥焼却炉型式、集じん装置型式、乾燥機の有無等による煙突排ガス中ダイオキシン類濃度について検討したが、有意な差は得られなかった。なお、集じん装置の前後において測定した例は4例あるが、1例を除いて除じん後の濃度の低下が見られ、ごみ焼却施設に見られるような集じん装置における再合成による濃度の増加は確認できなかった。

3.3.2 焼却灰等のダイオキシン類濃度

し尿汚泥焼却設備の焼却灰、飛灰、汚泥等について取りまとめた結果を表4に示す。

焼却灰及び飛灰中のダイオキシン類の濃度は、平均で焼却灰が0.00112ng-TEQ/g、飛灰が0.0532ng-TEQ/gであり、ごみ焼却施設からの焼却灰及び飛灰と比べると、焼却灰、飛灰ともに旧ガイドライン適用炉の約1/50の低い値であった。

焼却対象である脱水汚泥、乾燥汚泥及びし渣中のダイオキシン類濃度は、平均で0.0144ng-TEQ/g-DS、0.00624ng-TEQ/g-DS 及び 0.000067ng-TEQ/g-DS となっている。汚泥中のダイオキシン類の濃度は、都市部での土壌中の濃度レベル或いはそれ以下であり、Fiedler⁵⁾やRappeら⁶⁾が報告している下水汚泥中の濃度とほぼ同程度のレベルである。し渣については、1例ではあるが、汚泥よりも低い濃度となっている。

脱水汚泥と乾燥汚泥を同時に測定している設備は3例あるが、その全てにおいて、乾燥汚泥のダイオキシン類濃度の減少が見られ、乾燥工程での固相側のダイオキシン類の増加は認められなかった。

3.4 汚泥焼却設備からのダイオキシンの排出量の推定

3.4.1 ダイオキシン類のエミッションファクターの推定

汚泥焼却設備におけるダイオキシン類全体の収支について、表3、表4の平均値を用いた場合（ケース1）と個別調査事例（ケース2）で検討した。ケース1では、処理能力を100kl/d（し尿60kl/d、浄化槽汚泥40kl/d）、汚泥処理を乾燥・焼却とし、標準的な設計のもとに、脱水汚泥量、し渣量、排ガス量及び焼却灰量を求めた。また、ケース2では、ダイオキシン試料採取時の運転データを使用した。なお、インプット側は脱水汚泥及びし渣であり、アウトプット側は排ガス及び焼却灰である。結果を表5に示す。

ケース1では、ダイオキシン類排出量が搬入量に対して約30%増加する結果だったが、ケース2では逆に、排出量が流入量の68%程度まで減じられる結

果となっており、汚泥焼却設備では、ダイオキシン量が必ずしも増加するとはいえない結果となっている。

汚泥焼却設備のエミッションファクターは、それぞれ、 $1.99 \mu\text{g-TEQ/t}$ 、 $0.37 \mu\text{g-TEQ/t}$ と推定され、排ガスによる大気中へのエミッションファクターは、焼却灰を加えた全エミッションファクターの94%及び97%に相当している。この数値は、Peterら⁷⁾が報告しているイギリスにおける大気中へのダイオキシン類のエミッションファクターの推定結果の中で、木材焼却、下水汚泥焼却等と同等の数値である。また、我が国でのごみ焼却に伴うエミッションファクターは、ダイオキシン類年間発生量 $1,320\text{g}$ ²⁾及びごみ焼却量（ $38,814,000\text{t}$ （1996年度））³⁾から計算すると $34 \mu\text{g-TEQ/t}$ と推定され、し尿汚泥焼却に伴う大気へのエミッションファクターはこの1/17以下となっている。

表5 し尿汚泥焼却設備からのダイオキシン類の排出量

			搬入・排出量	ダイオキシン類搬入・排出量 ($\mu\text{g-TEQ/h}$)	エミッションファクター ($\mu\text{g-TEQ/t}$)
ケース1	インプット側	脱水汚泥 し渣	1,883kg/h (320kg-DS/h)	2.89	
	アウトプット側	排ガス	12,000 · N/h	3.66	1.94(11.4)
		焼却灰	69kg/h	0.08	0.04(0.25)
			合計	3.74	1.99(11.7)
ケース2	インプット側	脱水汚泥 し渣	2,194kg/h (477kg-DS/h)	1.20	
	アウトプット側	排ガス	10,600 · N/h	0.763	0.348(1.60)
		焼却灰	98kg/h	0.048	0.022(0.10)
			合計	0.811	0.370(1.70)

() 内の数値は乾物換算

参考 イギリスにおける大気中へのダイオキシン類のエミッションファクター (Peterら⁷⁾) (抜粋)

排出源	排出係数 (エミッションファクター、 $\mu\text{g-TEQ/t}$)
石炭燃焼 (工業)	0.04~4.8 (工業・商業) 0.06~0.32 (発電)
木材焼却 (工業)	9~19 (処理材) 1~2 (無処理)
都市ごみ焼却	184~231 (古い施設) 0.8 (新施設)
下水汚泥焼却	9~77

3.4.2 ダイオキシン類の総排出量の推定

我が国のし尿汚泥焼却設備から排出されるダイオキシン類の総排出量を求めた。焼却設備から排出される形態としては、排ガスと焼却灰（飛灰含む）であり、これらについての全発生量を求めた。

「3.2 汚泥処理・処分状況」から、汚泥焼却に供する汚泥等の量は年間164,396 t-DS、焼却灰量は年間46,031 t-DSと推定される。そこで、この場合の排ガスを40・(Normal) /kg-DSとして年間6.58 × 10⁹・(Normal) とした。そして、これらの総排出量に、本調査結果の平均濃度を乗じて、ダイオキシン類の総排出量を求めた。その結果は以下に示すとおりであり、我が国での汚泥焼却設備からのダイオキシン類の総排出量は、ごみ焼却施設（年間1,340 g-TEQ）の0.2%以下の量であり、ごくわずかであると推定される。

し尿処理汚泥焼却設備からの	
ダイオキシン類年間総発生量：2.06g-TEQ	
[内訳]	排ガス：2.01g-TEQ
	焼却灰：0.052g-TEQ

3.5 し尿処理施設汚泥焼却設備からのダイオキシン類の排出要因に係る考察

3.5.1 飛灰中の金属成分及び汚泥中の硫黄について
 飛灰中の金属（銅等）は触媒作用によりダイオキシン類を合成すると考えられており、また、汚泥中の硫黄はダイオキシン類の生成を抑制するとの報告⁹⁾

がある。ここでは、硫黄の役割は以下のように考えられている。

- ① 塩化水素と塩素ガスのうち、ダイオキシン類生成の気相反応において、基本的に反応に寄与するのは塩素ガスであり、焼却炉内では、塩化水素は銅触媒のもとで塩素ガスに変換される（ディーコンプロセス）。ここで、硫黄化合物はディーコンプロセスの塩素ガス生成を抑制する。
- ② 硫黄化合物が飛灰中で金属化合物と反応して硫酸塩を生成し、ディーコン触媒としての金属の活性を弱める。
- ③ 硫酸化合物の存在により、ダイオキシン前駆体であるフェノール類がスルホン化され、塩素化やジアリール化を防ぐ。

本調査の中で、汚泥焼却設備から排出される飛灰中の金属類の含有量については、3施設の測定データが得られており、表6に示すように、銅についてはごみ焼却施設の飛灰¹⁰⁾と比べてその1/5~1/9の少ない含有量となっている。

また、焼却に供給される汚泥の元素組成については、中田ら¹¹⁾の報告では、硫黄と塩素の含有量比(S/Cl)は10となっており、我が国でのごみのS/Cl比が0.25以下であるのに比較して高い硫黄含有率である。し尿汚泥のS/Cl比については、Griffin¹²⁾の石炭燃焼と同レベルである。

以上から、し尿汚泥焼却では、ダイオキシン類濃度を低減させるための付随的な条件が備わっていると考えられる。

表6 し尿汚泥焼却施設の飛灰中金属等の含有量

	P施設	HH施設	N施設	参考 [ごみ焼却施設] ¹⁰⁾
銅	637	410	316	2,893
鉄	211,000	5,030	4,770	10,718

(mg/kg)

参考 汚泥等の可燃分中元素組成の比較

組成	石炭 ¹²⁾	ごみ ¹²⁾	汚泥			ごみ ¹³⁾
			し尿汚泥 ¹¹⁾	下水汚泥 ¹⁴⁾		
炭素	87.05	51.04	46.6	50.4	55.0	54.7
水素	5.11	7.02	7.4	7.4	8.4	8.1
酸素	4.55	38.93	37.0	26.8	19.6	35.8
窒素	1.22	1.51	7.9	6.6	7.4	1.0
塩素	0.10	1.15	0.1	—	—	0.4
硫黄	1.79	0.36	1.0	5.3	4.7	<0.1

(%)

注) —：測定されていない

3.5.2 ダイオキシン異性体パターンによる考察

個別事例調査データから得られたダイオキシン類の各異性体ごとの濃度から、その異性体パターンによるダイオキシン類の挙動について考察した。汚泥焼却設備のダイオキシン類の挙動を図1に、排ガス、汚泥等のダイオキシン類の異性体パターンの例を図2に示す。

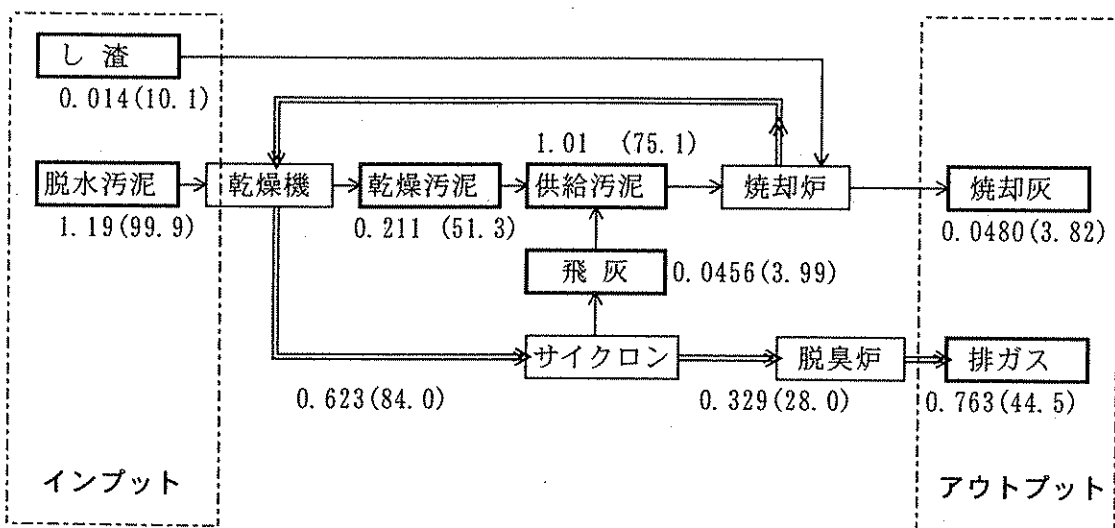
乾燥機は焼却排ガスを利用して、脱水汚泥（含水率85%程度）を乾燥させるものであり、乾燥機入口温度は600~670℃、出口温度は180~200℃で運転されている。従って、温度域としてはダイオキシン類の合成等の可能性が考えられる。脱水汚泥と乾燥汚泥の異性体パターンを比較すると、最も沸点の高いO8CDDのみが乾燥汚泥に残留した結果となっており、脱水汚泥の低沸点成分が揮発した結果となっている。焼却排ガスは測定されていないが、乾燥機排ガスの異性体パターンと脱水汚泥の異性体パターンが類似している点を含めて考えると、乾燥機ではダイオキシンの生成レベルが低い可能性を示唆している。

マルチサイクロンでは乾燥機排ガス中のばいじんが集じんされ、約85%が除去されている。乾燥機排ガスとマルチサイクロン排ガスの異性体パターンは類似しており、各異性体がほぼ一様に減少していることを考えると、マルチサイクロンでは、ダイオキシンの生成レベルが低い可能性を示唆している。し

かし、サイクロン灰の異性体パターンは乾燥機、マルチサイクロン排ガスのそれと異なっており、気・固での分配・移動を含めた反応等の可能性は否定できない。

マルチサイクロン排ガス（180~200℃）は、脱臭炉排ガスとの熱交換により約400℃となり、脱臭炉では650℃で燃焼脱臭される。脱臭炉排ガスは熱交換後冷却空気と混合され、220~230℃で煙突から排出される。マルチサイクロン排ガスと煙突排ガスの異性体パターンは異なっており、また、ダイオキシン類濃度が低いレベルであるが増加している。このことから、マルチサイクロン・煙突間で、分解あるいは合成等の反応が行われていると考えられる。特に、排ガスの温度域を考慮すると、脱臭炉及び熱交換器での反応の可能性が考えられる。

以上の2, 3, 7, 8-置換異性体別パターンをみると、個別事例調査の汚泥焼却設備では、脱臭炉及び熱交換器において、低いレベルではあるが、ダイオキシン類の分解あるいは合成等の反応が示唆されている。しかし、設備全体で見ると、ダイオキシン類の排出量は設備への持ち込み量（汚泥等に含まれるダイオキシン量）を下回っており、ダイオキシン類の生成される量がわずかである可能性があることを示している。



【単位：μg-TEQ/h(μg/h)】

図1 汚泥焼却設備でのダイオキシン類の挙動

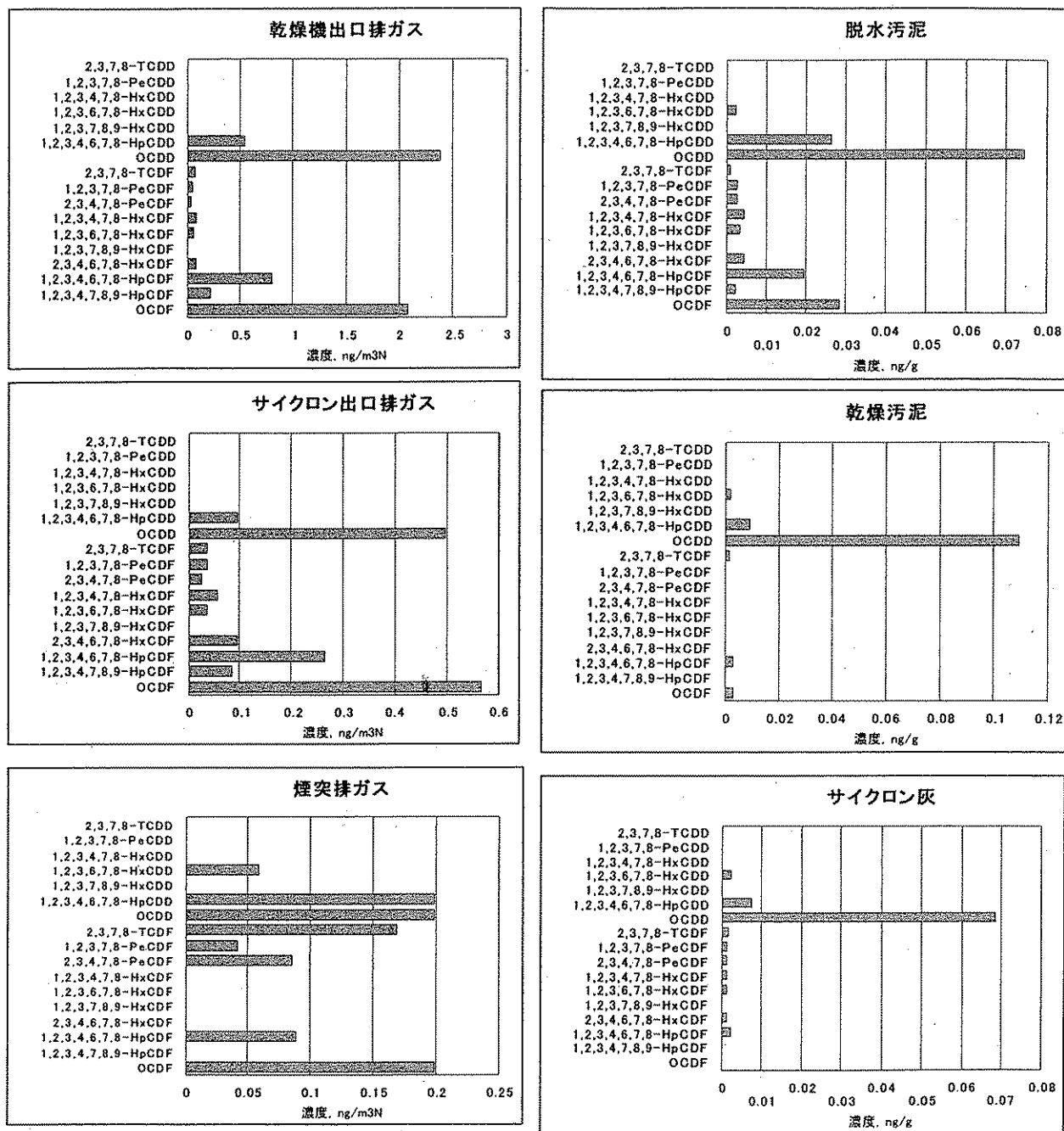


図2 汚泥焼却設備における排ガス、汚泥等の2,3,7,8-置換異性体別パターン

4. まとめ

し尿処理施設の汚泥焼却設備において、ダイオキシン類の発生状況について調査を行った。結果をまとめると以下のとおりである。

① し尿処理施設では、全体の約50%に相当する574施設が汚泥焼却設備を有しており、年間で約164,000t(乾物)の発生汚泥が焼却処理されると推定される。そして、この量は全汚泥発生量の60~70%に相当すると推定される。

② し尿汚泥焼却設備の煙突から排出されるダイオキシン類の濃度は、平均で0.305ng-TEQ/(Normal)であり、下水汚泥焼却炉と同程度の低い数値であった。また、飛灰、焼却灰中のダイオキシン類濃度は、平均で、飛灰が0.0532ng-TEQ/g、焼却灰が0.00112ng-TEQ/gであり、ごみ焼却施設のそれと比較すると、ともに旧ガイドライン適用炉の1/50程度と低い値であった。

③ し尿処理汚泥中のダイオキシン類の濃度は平均で0.0144ng-TEQ/gであり、下水汚泥と同程度で

あった。また、これは、都市部での土壌中の濃度レベル或いはそれ以下であった。

- ④ し尿汚泥焼却設備におけるダイオキシン量の収支について検討すると、調査事例の平均値から算出した場合（ケース1）、排出量は持ち込み量に対して約30%増える結果となった。一方、個別調査事例の場合（ケース2）では、逆に、排出量は持ち込み量の68%程度まで減じられる結果となり、し尿汚泥焼却設備では、ダイオキシン量が必ずしも増加するとはいえない。
- ⑤ し尿汚泥焼却設備からのダイオキシン類のエミッションファクターは、1.99及び0.370 $\mu\text{g-TEQ/t}$ であり、その内95~98%が大気へ排出されている。大気へのエミッションファクターは、下水汚泥焼却と同程度かそれ以下、ごみ焼却の1/17以下となっている。
- ⑥ し尿汚泥焼却設備におけるダイオキシン類の年間の総排出量は2.06g-TEQと推定され、この内98%に相当する2.01g-TEQが大気中への総排出量と推定される。これは、ごみ焼却の年間排出量（1,320g-TEQと試算されている）の0.2%以下である。このことから、し尿汚泥焼却設備からのダイオキシン類の排出は、環境への負荷として非常に小さいレベルであると推定される。
- ⑦ し尿汚泥焼却設備において、焼却排ガスが200°C程度まで減温する乾燥機や、集じん装置であるマルチサイクロンでは、個別事例調査からはダイオキシン類の顕著な生成は認められなかった。しかし、脱臭炉及び熱交換器においては、低いレベルながらもダイオキシン類が増加し、異性体パターンも異なっていることから、ダイオキシン類の分解・合成等の反応が生じている可能性がある。
- ⑧ 飛灰中の金属（銅等）は触媒作用によりダイオキシン類を合成すると考えられており、また、汚泥中の硫黄はダイオキシン類の生成を抑制するという報告がある。これらについてし尿汚泥焼却とごみ焼却とを比較すると、し尿汚泥焼却の場合の飛灰中の銅含有量は、ごみ焼却の場合の1/5~1/9と低い。また、し尿汚泥中の硫黄と塩素の含有量比（S/Cl）は、ごみの40倍以上となっている。このことから、し尿汚泥焼却ではダイオキシン類濃度を低減させるための付随的な条件が備わってい

ると考えられる。

- ⑨ し尿汚泥焼却設備全体で考えると、ダイオキシン類の生成等の反応が低いレベルで生じていることは否定できないが、ごみ焼却施設等で問題となっている飛灰による触媒作用は、ごみ焼却施設ほど顕著ではないと考えられる。

参考文献

- 1) 横浜市下水道局ニュース（1998.3.10）
- 2) 厚生省生活衛生局水道環境部環境整備課（1999.4.05）：一般廃棄物焼却施設の排ガス中ダイオキシン類濃度等について，1pp
- 3) 厚生省生活衛生局水道環境部産業廃棄物対策室（1998.11.04）：産業廃棄物焼却施設の排ガス中のダイオキシン類濃度等について，1pp
- 4) ごみ処理に係るダイオキシン削減対策検討会（1997）：ごみ処理に係るダイオキシン類発生防止等ガイドライン（資料編），69-70
- 5) H. Fiedler（1994）：Sources of PCDD/PCDF and Impact on the Environment, Organohalogen Compounds, 20:229-236
- 6) C. Rappe, R. Anderson, C. Studer, G. Karlaganis（1997）：Decrease in the Concentration of PCDDs and PCDFs in Sewage Sludge from Switzerland, Organohalogen Compounds, 33:82-87
- 7) Peter J. C. et al（1997）：PCDD/F Emissions to Atmosphere in the UK and Future Trends, Chemosphere, 34（5-7）：1181-1189
- 8) 厚生省生活衛生局水道環境部環境整備課（1999）：日本の廃棄物処理平成8年度版，1pp
- 9) B. K. Gullett, K. Raghunathan（1997）：Observation on the Effect of Process Parameter on Dioxin/Furan Yield in Municipal Waste and Coal System, Chemosphere, 34:1027-1032
- 10) H. Hunsinger, S. Kreis, H. Vogg（1997）：Formation of Chlorinated Aromatic Compounds in the Raw Gas of Waste Incineration Plants, Chemosphere, 34:1033-1043
- 11) 中田清志, 森田昭, 岡崎貴之（1996）：し尿処理汚泥の焼却に伴う有害ガスの発生について，日

本環境衛生センター所報, 23:88-95

- 12) Roger D. Griffin (1986) : A New Theory of Dioxin Formation in Municipal Solid Waste Combustion, *Chemosphere*, 15:1987-1990
- 13) 廃棄物情報研究会 (1997) : ファクトブック (廃棄物基本データ集), 60pp, (財) 日本環境衛生センター
- 14) 廃棄物処理・資源化技術ハンドブック編集委員会 (1993) : 廃棄物処理・資源化技術ハンドブック, 468pp, 建設産業調査会