

[調査報告]

廃棄物処理施設におけるダイオキシン類に係る 作業環境の実態について (第2報)

The present states of working circumstances on dioxins in the waste treatment facilities

松井康一*、西隆行*、立石康彦*、谷口三紀生*、土橋正二郎*

Koichi MATSUI, Takayuki NISHI, Yasuhiko TATEISHI,
Mikio TANIGUCHI and Shojiro TSUCHIHASHI

【要約】 廃棄物焼却処理施設(し尿処理施設)におけるダイオキシン類に係る作業環境調査結果より、粉じん濃度については、A測定及びB測定ともに、灰出作業に関わる箇所等(灰ホッパ室等)の方が焼却炉等の機器が稼動している箇所等(乾燥・焼却炉室等)よりも比較的高い濃度であった。ダイオキシン類濃度については単位作業場所の違いによる濃度の差はほとんどみられず、粒子状及びガス状との平均的比率については、両者とも概ね50%程度であった。また、PCDD/DFの同族体比率は粒子状では比較的多くの同族体が出現し、ガス状の場合はT4CDDsとT4CDFsが多く出現している。D値については乾燥・焼却炉室等の方が灰ホッパ室等よりも高い数値となっている。評価結果については8施設中7施設の乾燥・焼却炉室等は第1管理区域、1施設は第2管理区域であり、8施設中5施設の灰ホッパ室等は第1管理区域、3施設は第3管理区域と評価されている。これらの結果についての施設の稼動年数や規模等による評価の差はみられない。

キーワード：作業環境、ダイオキシン類、D値、粉じん濃度

1. はじめに

厚生労働省においては、平成13年4月25日付で労働安全衛生規則の改正(平成13年厚生労働省令第120号)を行い、事業者が講ずべき基本的な措置を一体的に示し、これらを事業主が総合的に講ずることを内容とする「廃棄物焼却施設内作業におけるダイオキシン類ばく露防止対策要綱」(以下、「対策要綱」とする。)を策定し、労働者のダイオキシン類へのばく露防止の徹底を図ることとした。なかでも、運転・点検作業等において講ずべき措置として、6か月以内ごとに1回、定期的に作業場所の空气中のダイオキシン類濃度の測定を実施することとし、労働者の健康を保全している。

本報告は、ダイオキシン類に係る作業環境調査結果を整理することにより、廃棄物焼却処理施設における作業環境の現状についてまとめたものである。

2. 調査対象

本調査は、平成13～14年度に実施した「ダイオキシン類に係る作業環境調査報告書」の調査結果のうち、し尿処理施設(以下、「施設」とする。)の乾燥・焼却炉室及び灰ホッパ室等における測定事例(8施設)を対象とする。

2.1 調査施設の稼動年数

調査対象の各施設の稼動年数(竣工もしくは大規模改造年度から平成14年度末まで)については、次のとおりである。

～10年	2施設(a, b施設)
11～20年	3施設(c, d, e施設)
21年～	3施設(f, g, h施設)

2.2 調査対象施設規模

調査対象の施設の規模は次のとおりである。

～100 <i>kl</i> /日	4施設
101～200 <i>kl</i> /日	3施設
201 <i>kl</i> /日～	1施設

* (財)日本環境衛生センター西日本支局環境科学部
Dept. of Environmental Science, West Branch, JESC

3. 作業環境測定方法

3. 1 単位作業場所

調査対象とした施設において「廃棄物焼却施設内作業におけるダイオキシン類ばく露防止対策要綱」に従って選定された単位作業場所とそこで測定を行った施設数は次のとおりである。

乾燥・焼却炉室等※ 8 施設

灰ホッパ室等※ 7 施設

※実際の単位作業場所の呼称は各施設により異なる。

3. 2 粉じん測定

以下の測定区分毎にロウポリウムエアサンプラを用いて、吸引量を毎分 30ℓ に設定し、A 測定及び B 測定では 20～30 分間採取する。

① A 測定

単位作業場所における気中有害物質の平均的な状態を把握するための測定である。

単位作業場所を 6 m 以下のメッシュに区切り、その交点で測定することを原則とするが、1 単位作業場所あたり最低でも 5 点以上は確保する。

② B 測定

単位作業場所において、労働者が有害物質の発生源と共に移動する場合等 A 測定の結果を評価するだけでは労働者の有害物質への大きなばく露の危険性を見逃すおそれがあると考えられる作業が存在する場合に、当該単位作業場所について行う A 測定を補完するために行う測定である。

実際の作業が行われる時間のうち粉じん濃度が最も高くなると思われる時間に、当該作業が行われる位置において行う。

③ 併行測定

ほとんどのダイオキシン類が粉じんに吸着していることから、作業環境測定では、粉じんに吸着しているダイオキシン類の含有率を求める必要がある。併行測定とは、この含有率（以下、「D 値」とする。）を求めるため、ダイオキシン類濃度の測定と同一地点で同一時間行う粉じん測定である。

3. 3 空気中のダイオキシン類濃度

作業室内空気中のダイオキシン類濃度の測定については、粒子状のダイオキシン類は石英繊維ろ紙で捕集し、ガス状のダイオキシン類はポリウレタンフォームで捕集する。これらは別々に分析し、その合計値をダイオキシン類濃度の測定値としている。

ハイポリウムエアサンプラを用いて、吸引量を毎分 500ℓ に設定し、各単位作業場所毎に 4 時間以上（ガス状物質と粉じんの含量としてダイオキシン類濃度を測定する際は 2 時間以上）採取する。

3. 4 作業環境の評価

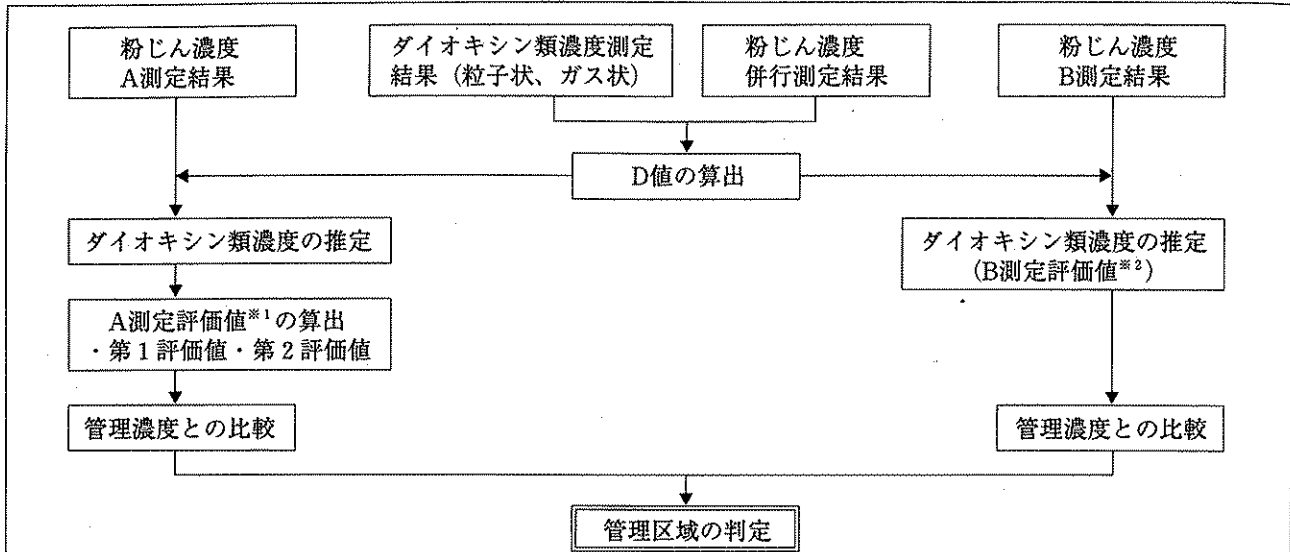
作業環境の評価は、単位作業場所における A、B 各測定結果より求めた評価値（D 値より推定したダイオキシン類濃度）を管理濃度と比較することにより、管理区域を判定し行う。

対策要綱に示される管理区域の定義は、表-1 のとおりであり、粉じん濃度及びダイオキシン類濃度調査結果をもとに単位作業場所の管理区域を図-1 及び表-2 から判定すると定められている。

表-1 管理区域と定義

管理区域	定 義
第 1 管理区域	当該単位作業場所のほとんど（95%以上）の場所で気中有害物質の濃度が管理濃度を超えない状態であり、作業環境管理が適切であると判断される状態。
第 2 管理区域	当該単位作業場所の気中有害物質の濃度の平均が管理濃度を超えない状態であるが、第 1 管理区域に比べ、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 管理区域	当該単位作業場所の気中有害物質の濃度の平均が管理濃度を超える状態であり、作業環境管理が適切でないと判断される状態。

資料：作業環境基準の適用について（基発第 605 号：昭和 63 年 9 月 16 日）



※1) A測定評価値

A測定は、単位作業場所における気中有害物質の平均的な状態を把握するための測定であるが、調査場所における濃度分布は、時間的なばらつきや空間的なばらつきがあるため、評価値の算出にあたっては、単純な平均値を用いるのではなく、算術幾何平均濃度と幾何標準偏差を用いると定められている。

A測定評価値は、濃度の分布を統計的に捉えたものであり、①式で求めた第1評価値を用いる。第1評価値が管理濃度以上となる場合は、②式で求めた第2評価値を用いる。

$$\text{Log E 1 (第1評価値)} = \text{Log M (幾何平均濃度)} + 1.645 \times \text{Log } \sigma \text{ (幾何標準偏差)} \dots \text{①}$$

$$\text{Log E 2 (第2評価値)} = \text{Log M (幾何平均濃度)} + 1.151 \times \text{Log}^2 \sigma \text{ (幾何標準偏差)} \dots \text{②}$$

幾何平均、幾何標準偏差は、次式で求める。

$$\text{Log M (幾何平均濃度)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{Log (Ci)} \quad n: \text{データ数 (この場合、単位作業場所の調査地点数)} \\ \text{Ci: i番目の調査地点の粉じん濃度}$$

$$\text{Log } \sigma 1 \text{ (幾何標準偏差)} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \text{Log}^2 (xi - \text{Log M})^2} \quad xi: i番目の調査地点における粉じん濃度の常用対数値$$

ただし、作業環境測定の場合は、1日測定の場合でも日間変動まで考慮した次式で求めた幾何標準偏差 (σ) を用いる

$$\text{Log } \sigma = \sqrt{\text{Log}^2 \sigma 1 + \text{Log}^2 (1.95)}$$

※2) B測定評価値

B測定評価値は、B測定にて得られた粉じん濃度にD値を乗じて求める。

図-1 管理区分の判定方法

表-2 各評価値と管理区域

		A 測定の評価値		
		第1評価値 < 管理濃度	第2評価値 ≤ 管理濃度 ≤ 第1評価値	第2評価値 > 管理濃度
B 測定評価値	B 測定評価値 < 管理濃度	第1管理区域	第2管理区域	第3管理区域
	管理濃度 ≤ B 測定評価値 ≤ 管理濃度 × 1.5	第2管理区域	第2管理区域	第3管理区域
	B 測定評価値 > 管理濃度 × 1.5	第3管理区域	第3管理区域	第3管理区域

※管理濃度は、2.5pg-TEQ/m³である。

4. 調査結果及び考察

4.1 粉じん濃度について

粉じん測定の結果は表-3に示すとおりである。

表-3 粉じん測定結果

単位: mg/m³

施設	測定回数	乾燥・焼却炉室等					灰ホッパ室等				
		A測定			B測定	併行測定	A測定			B測定	併行測定
		測定点数	平均	濃度範囲			測定点数	平均	濃度範囲		
a	1回目	15	0.08	0.03~0.15	0.16	0.158	5	0.15	0.12~0.17	0.37	0.168
	2回目	15	0.07	0.01~0.15	0.09		5	0.06	0.03~0.10	2.00	
b	1回目	16	0.17	0.06~0.27	0.22	0.504	9	3.30	2.20~7.20	100	
c	1回目	15	0.25	0.03~0.53	0.30	0.229					
d	1回目	7	0.07	0.01~0.14	0.12	0.097	5	0.15	0.05~0.38	0.48	0.136
	2回目	7	0.17	0.11~0.23	0.11		5	0.23	0.16~0.30	0.53	
e	1回目	7	0.15	0.10~0.23	0.17	0.089	5	0.16	0.09~0.33	16.0	
f	1回目	5	0.21	0.12~0.33	0.21	0.112				0.03	
	2回目	5	0.13	0.09~0.21	0.18					0.03	
g	1回目	7	0.01	0.01	0.01	0.057	5	0.11	0.01~0.25	0.33	0.131
	2回目	7	0.08	0.03~0.10	0.06		5	0.11	0.07~0.15	2.00	
h	1回目	10	0.20	0.03~0.36	0.16	0.151				0.36	
	2回目	10	0.17	0.01~0.39	0.66					0.30	
	3回目	10	0.09	0.03~0.13	0.32					0.32	

4.1.1 単位作業場所別の特徴

① A測定結果

単位作業場所別のA測定粉じん濃度測定結果(各施設の平均値)は表-4、図-2のとおりである。

乾燥・焼却炉室等の粉じん濃度は平均値で0.13mg/m³、灰ホッパ室等の粉じん濃度は平均値で0.53mg/m³であり、ほとんどの施設において乾燥・焼却炉室等より灰ホッパ室等の粉じん濃度が高くなっている。

表-4 A測定粉じん濃度結果

単位作業場所	平均濃度(範囲) mg/m ³
乾燥・焼却炉室等	0.13 (0.01~0.53)
灰ホッパ室等	0.53 (0.01~7.20)

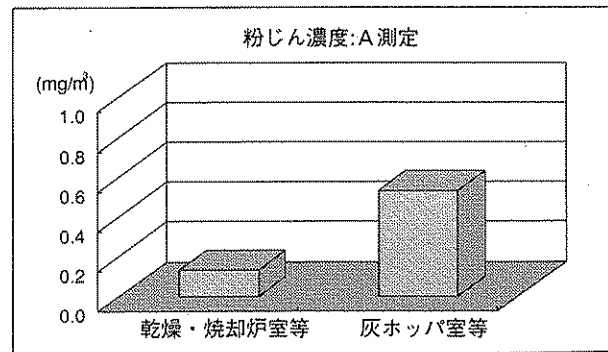


図-2 A測定粉じん濃度結果(各施設の平均値)

② B測定結果

単位作業場所別のB測定粉じん濃度測定結果は表-5、図-3のとおりである。

乾燥・焼却炉室等の粉じん濃度は平均値で0.20mg/m³、灰ホッパ室等の粉じん濃度は平均値で9.44mg/m³であり、ほとんどの施設において乾燥・焼却炉室等より灰ホッパ室等の粉じん濃度が

高くなっている。灰ホッパ室等の粉じん濃度が高いのは、b施設の測定結果によるものである。

表-5 B測定粉じん濃度結果

単位作業場所	平均濃度 (範囲) mg/m ³
乾燥・焼却炉室等	0.20 (0.01 ~ 0.66)
灰ホッパ室等	9.44 (0.03 ~ 100)

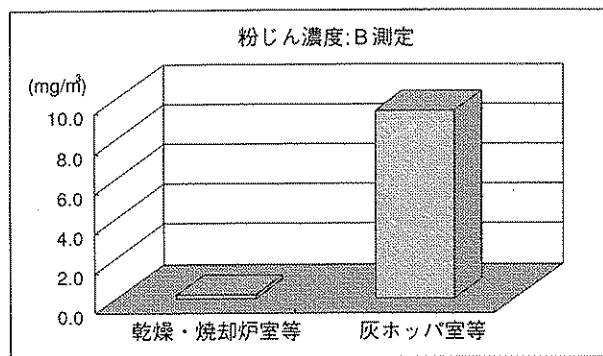


図-3 B測定粉じん濃度結果

③ 併行測定結果

単位作業場所別の併行測定粉じん濃度測定結果は表-6、図-4のとおりである。

乾燥・焼却炉室等の粉じん濃度は平均値で0.175mg/m³、灰ホッパ室等の粉じん濃度は平均値で0.145mg/m³であり、ほとんど差はみられない。

表-6 併行測定粉じん濃度結果

単位作業場所	平均濃度 (範囲) mg/m ³
乾燥・焼却炉室等	0.175 (0.057 ~ 0.504)
灰ホッパ室等	0.145 (0.131 ~ 0.168)

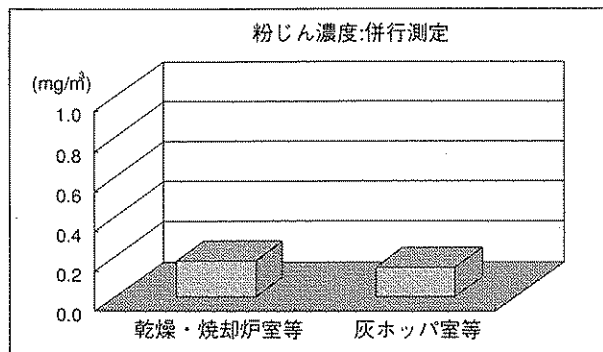


図-4 併行測定粉じん濃度結果

4. 2 ダイオキシン類濃度について

4. 2. 1 ダイオキシン類濃度の結果

ダイオキシン類濃度の測定結果は、表-7、8及び図-5のとおりである。

乾燥・焼却炉室等のダイオキシン類濃度は平均値で0.27pg-TEQ/m³、灰ホッパ室等のダイオキシン類濃度は平均値で0.20pg-TEQ/m³であり、殆ど差はみられない。また、粒子状とガス状のダイオキシン類濃度の比率は、乾燥・焼却炉室等の粒子状ダイオキシン類が平均値で43%、ガス状ダイオキシン類が平均値で57%であり、灰ホッパ室等の粒子状ダイオキシン類が平均値で50%、ガス状ダイオキシン類が平均値で50%である。

表-7 ダイオキシン類濃度結果

単位作業場所	平均濃度 (範囲) pg-TEQ/m ³
乾燥・焼却炉室等	0.27 (0.18 ~ 0.63)
灰ホッパ室等	0.20 (0.18 ~ 0.25)

単位作業場所	平均比率 (範囲) %
乾燥・焼却炉室等 (粒子状)	43 (21 ~ 59)
〃 (ガス状)	57 (41 ~ 79)
灰ホッパ室等 (粒子状)	50 (50 ~ 52)
〃 (ガス状)	50 (48 ~ 50)

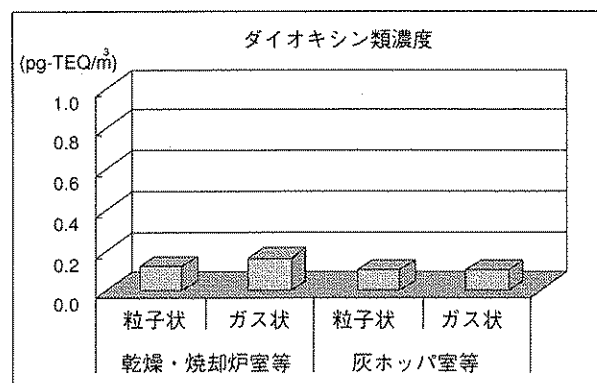


図-5 ダイオキシン類濃度結果

表-8 ダイオキシン類測定結果

単位: pg-TEQ/m³

施設	乾燥・焼却炉室等			灰ホッパ室等		
	粒子状	ガス状	合計	粒子状	ガス状	合計
a	0.130	0.092	0.22	0.091	0.092	0.18
b	0.096	0.092	0.19			
c	0.140	0.180	0.32			
d	0.091	0.092	0.18	0.092	0.092	0.18
e	0.093	0.092	0.18			
f	0.094	0.093	0.19			
g	0.130	0.500	0.63	0.130	0.120	0.25
h	0.150	0.130	0.28			

4. 2. 2 同族体分布の特徴

PCDD/DFの実測濃度をもとに同族体比率を比較すると図-6のとおりである。

粒子状のダイオキシン類については、比較的多様

な同族体の出現がみられる。これに対してガス状ダイオキシン類の場合はT4CDDsとTCDFsが比較的多く出現している。

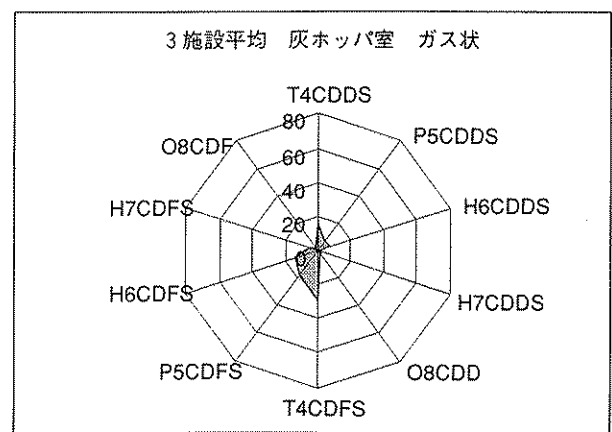
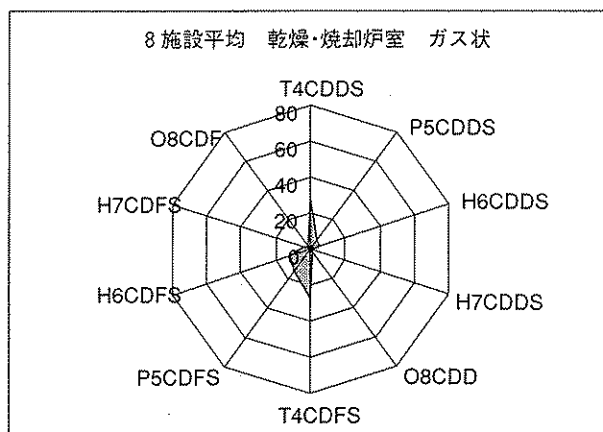
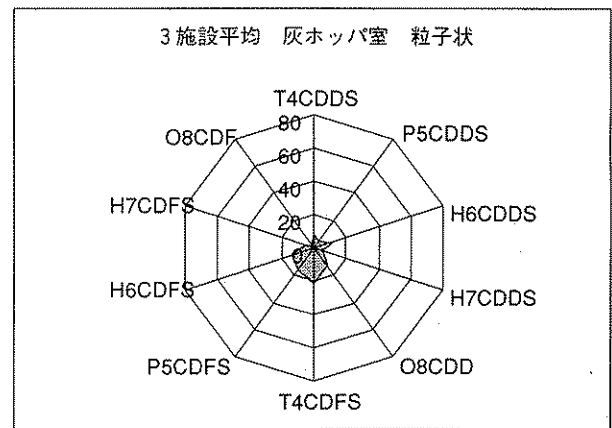
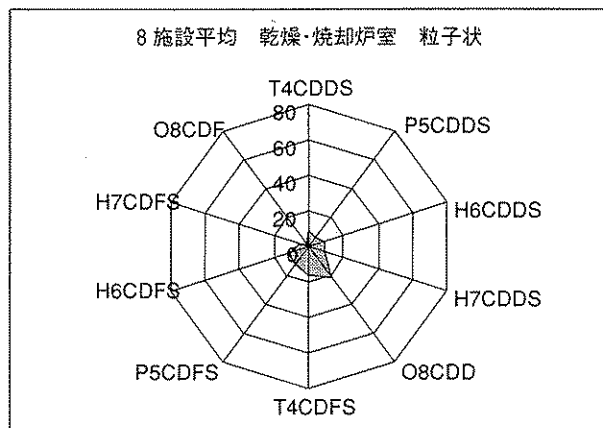


図-6 ダイオキシン類同族体組成比 (平均値)

4. 3 評価について

評価方法については、図-1 管理区域の判定方法に示したように、粉じんとダイオキシン類の測定結果からD値を求め、各作業単位場所ごとに評価値を算出し管理濃度と比較することにより行う。

4. 3. 1 D 値

D値は、単位作業場所中のダイオキシン類濃度と併行測定の結果から、以下の式を用いて算出する換算値であり、粉じん1 mg中のダイオキシン類の量を示している。

$$D \text{ 値} = \frac{\text{ダイオキシン類濃度 (pg-TEQ/m}^3\text{)}}{\text{併行測定 of 粉じん濃度 (mg/m}^3\text{)}}$$

D値の算出結果は、表-8、9及び図-7に示すとおりである。

乾燥・焼却炉室等のD値は平均値で2.706pg-TEQ/mg、灰ホッパ室等のD値は平均値で1.434pg-TEQ/mgであり、乾燥・焼却炉室等のD値が灰ホッパ室等より高くなっている。

表-8 単位作業場所別D値

単位作業場所	平均値(範囲) pg-TEQ/mg
乾燥・焼却炉室等	2.706 (0.377 ~ 11.05)
灰ホッパ室等	1.434 (1.071 ~ 1.908)

表-9 D値の算出結果

単位: pg-TEQ/mg

施設	乾燥・焼却炉室等	灰ホッパ室等
a	1.392	1.071
b	0.377	
c	1.397	
d	1.856	1.324
e	2.022	
f	1.696	
g	11.05	1.908
h	1.854	
平均	2.706	1.434

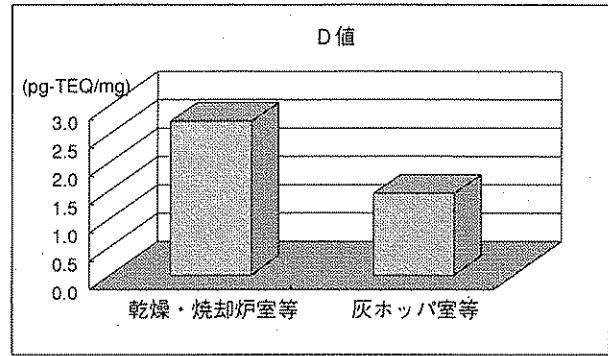


図-7 単位作業場所別D値(平均値)

4. 3. 2 評価結果

評価結果を単位作業場所別にみると、乾燥・焼却炉室等については8施設中7施設は第1管理区域、1施設は第2管理区域と評価されている。灰ホッパ室等については8施設中5施設は第1管理区域、3施設は第3管理区域と評価されている。

5. 対策

第1管理区域以外での評価を受けた施設でその後、施設や機械面での改善を行った事例は確認出来ない。概ね作業員側での対応(防護服やマスク等の着用)を行っているのが現状である。

6. まとめ

① 粉じん濃度については、A測定及びB測定ともに、灰ホッパ室等の方が乾燥・焼却炉室等よりも比較的高い濃度がみられる。特に、B測定値は作業等により粉じん濃度が最も高くなる時間帯を測定することから、一般的にはB測定値 ≥ A測定値の関係にあると考えられ、B測定値が著しく高い場合は作業方法の改善や防護服等の着用の励行などについて検討する必要がある。

② ダイオキシン類濃度については単位作業場所の違いによる濃度の差はほとんどみられない。

粒子状及びガス状との平均的比率については、両者とも概ね50%程度である。また、PCDD/DFの同族体比率は粒子状では比較的多くの同族体が出現し、ガス状の場合はT4CDDsとT4CDFsが多く出現している。同族体の傾向については「廃棄物処理施設におけるダイオキシン類に係る作業環境の実態について(第1報)、宮原ら」の報告

内容とはほぼ同様である。

③ D値については乾燥・焼却炉室等の方がはホッパ室等よりも高い数値となっている。乾燥・焼却炉室等のD値が高いのは、g施設のダイオキシン類濃度に対して、併行測定の前じん濃度が低かったことが主な要因と考えられる。

④ 評価結果については8施設中7施設の乾燥・焼却炉室等は第1管理区域、1施設は第2管理区域であり、8施設中5施設の前じん濃度は第1管理区域、3施設は第3管理区域と評価されている。

これらの結果についての施設の稼働年数や規模等による評価の差はみられない。

7. 参考文献

- ・「ダイオキシン類に係る大気環境調査マニュアル」環境庁大気保全局（平成12年）
- ・「廃棄物処理施設内作業におけるダイオキシン類ばく露防止対策要綱」厚生労働省労働基準局（平成13年）
- ・「日本環境衛生センター所報第29号、廃棄物処理施設におけるダイオキシン類に係る作業環境の実態について（第1報）」宮原ら（平成14年）
- ・「廃棄物処理施設内作業におけるダイオキシン類ばく露防止対策要綱の解説」中央労働災害防止協会（平成15年）