

通信費	150,000	147,385	切手、葉書代
印刷費		85,050	入会案内書、封筒、資料等
原稿料		20,000	ニュースレター原稿料
事務費		87,892	印鑑、電話代等
人件費		54,780	事務局アルバイト代
国際会議積立金	250,000	250,000	
交通費	250,000	0	
幹事会費	100,000	0	
次年度繰越金	46,500	335,701	
合計	996,500	1,1321,034	

プラスチック化学リサイクル研究会

平成10年度会計監査報告

平成10年度のプラスチック化学リサイクル研究会

会計書類を調査したところ、确实妥当であること

とを認証致します。

平成11年 5月 17日

平成11年 5月 16日

プラスチック化学リサイクル研究会監査

プラスチック化学リサイクル研究会監査

齊藤喜代志 (印)

金井康矩 (印)

[特集記事 1]

焼却によるダイオキシン生成と塩素源の関係

資源環境技術総合研究所 竹内正雄

1. はじめに

ダイオキシンは主として燃焼に伴って生成する物質で、強い慢性毒性を示す物質として生物への影響が心配されている。現在の法律では図1に構造を示すPCDDs（塩化ジベンゾ-p-ダイオキシン）とPCDFs（塩化ジベンゾフラン）の2種がダイオキシン類として規制の対象となっているが、毒性を考える場合には作用の似ているCo-PCB（コプラナPCB）、塩化ナフタレン、臭化ダイオキシンなども含めて考える場合がある。6月に政府が決めたダイオキシン類のTDI（一日摂取許容量）は、Co-PCBを含めて4pg以下と定められた事は記憶に新しい。

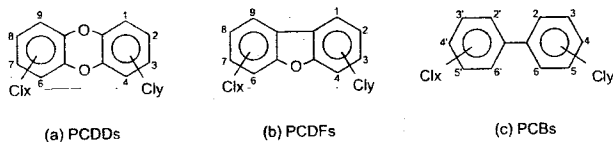


図1 ダイオキシン類の構造

我が国のダイオキシン排出量を表1に示す¹⁾。過去には塩素系農薬の不純物として生成し、環境中に

大量散布されていたと言われるが、現在この種の薬品はほとんどが製造中止になっているため、過去の散布の影響は環境中にかなり残っているものの、現在の排出要因にはなっていない。一方、大半のダイオキシンは廃棄物焼却炉から排出されている。ダイオキシンは塩素の存在する燃焼においては必ずと言って良いほど生成することが明らかになっている。特に有機、無機を含めてかなりの塩素を含む廃棄物相手の焼却処理では、条件によってその量は異なるが必ずダイオキシンが生成していると考えべきである。廃棄物焼却の他に、鉄、アルミニウム等の金属リサイクル過程での溶解炉での生成が目立っており、これもスクラップ中のプラスチック、塗料などの有機物の燃焼が直接の原因と考えられる。

では、塩素はダイオキシンの生成にどのように関わっているのだろうか。残念ながら生成機構の中で塩素の演じる役割は必ずしも明確になっていない。ダイオキシン生成反応（これは燃焼反応そのものというよりは燃焼後期の燃焼ガス中の反応が主役である）に強く関わっていることは明かであるが、燃焼反応にも強く影響すると考えられており、これが燃焼状態を変化させて、結果的にダイオキシン生成に

我が国におけるダイオキシン類排出量の推計 (単位: g-TEQ/年)

発生源	排 出 量		備 考	
	平成9年(1997)	平成10年(1998)	平成9年	平成10年
一般廃棄物焼却施設*	4,320	1,340	①	④
水	—	水 0.016		⑥
産業廃棄物焼却施設*	1,300	960	⑤	④
水	—	水 0.065		⑥
建設や解体現場(軽所)*	—	325~345		⑥
火葬場*	1.8~3.8	—	⑤	
製鋼用電気炉	187	114.7	②	⑦
製紙業				
(K.P回収(ア))	1.7	—	②	
(水処理, 灰(イ))	2.8	—	②	
(焼却炉(ハ))	水 0.4	水 0.10	②	⑧
塩化ビニル製造業	—	0.6	③	⑧
水	0.35	水 0.24		⑧
セメント製造業	—	1.86		③
鉄鋼業焼結工程	118.8	100.2	③	⑦
鑄造業製造業	—	1.4		③
銅一次製錬業	—	4.0		③
鉛一次製錬業	—	0.05		③
亜鉛一次製錬業	—	0.3		③
銅回収業	—	0.05		③
鉛回収業	—	1.0		③
亜鉛回収業	34.0	16.4	③	⑦
貴金属回収業	—	0.02		③
伸銅品製造業	—	5.316		③
7&7合金製造業	15.7	14.3	③	⑦
7&7合金圧延業				
(軽金属圧延工程等)	—	1.6	③	⑧
(押出専用工程)	水 0.3	水 0.063		⑧
	—	0.05		③
電線・ケーブル製造業	—	1.89		③
7&7合金融・加工製造業	—	0.21		③
重量(火力発電所)	—	2.4		③
たばこの煙*	0.075-13.2	0.079-13.9	⑥	⑥
自動車排出ガス*	2.14	—	⑥	
最終処分場*	水	水 0.078		⑥
合計	6,330-6,370	2,900-2,940		

(注) 1. *印を付した発生源についてのデータは、平成11年6月の環境庁「ダイオキシン排出抑制対策検討会第二次報告」からの引用。

2. 水への排出は実態調査結果のあるものについて掲載した。

3. 排出量については、無印のものは大気への排出を示す。

4. 矢印は推計年と同様の排出があったとみなしたことを示す。

5. 備考欄の番号は次に示す事項と対応する。

①平成9年1月厚生省推計

②平成9年5月通商産業省推計

③平成10年1月通商産業省推計

④平成11年4月厚生省推計

⑤平成11年5月厚生省推計

⑥平成11年6月環境庁推計

⑦平成11年6月通商産業省推計

⑧平成11年6月通商産業省、環境庁推計

表1 我が国におけるダイオキシン類排出量の推計

影響する。現状ではこの両者の関係を分けて解析した事例はほとんどなく、燃焼過程でのダイオキシン生成過程を考える上で混乱の元になっている。本稿では燃焼に係わるダイオキシン生成と廃棄物中の塩素源の関係に絞って考えてみる。

2. 塩素源の影響に関する研究

塩素源の影響としては塩素源の形態(無機、有機)、塩素濃度が影響するものと考えられる。Wikstromら²⁾は小型流動層実験炉で、ポリ塩化ビニル(PVC)と無機塩素化合物(CaCl₂)の割合を変えた模擬廃棄物を使用して燃焼実験を流動層温度880°Cで行い、ダイオキシン生成には塩素源の差はほとんど見られない事を報告している。筆者らのグループ³⁾も塩素源としてNaCl、PVCを含む模擬廃棄物を小型流動層実験炉で燃焼させ、ダイオキシン生成量を調べた。Wikstromらの実験と比べると、模擬廃棄物、燃焼装置ともさらに単純化しており、各要素の影響を明確

に示すように配慮した実験である。その結果、燃焼温度が流動層、フリーボード(流動層上部の空間部分)とも900°Cとし、かつ触媒(ここではCuCl₂を使用)を十分に含む条件では、生成量に顕著な差は見られなかった。Takasugaら⁴⁾はNaClを活性白土とともに反応管内で加熱することにより、広い温度範囲でHClに高効率で変換すること、温度の高い方が変換効率が高いことを確認している。有機塩素化合物も加熱過程でHClを放出する事は良く知られており、ダイオキシン生成機構として、燃焼場での多環芳香族の生成と燃焼後期(排ガス中と言い換えても良い)でのHClと酸素の存在下での触媒反応による多環芳香族からのダイオキシン生成を念頭に置けば、納得の行く結果である。ただし、筆者らの結果も温度を高く保った条件しか行っておらず、今後異なる条件で実験すれば異なる結果を得る可能性が高い。従って塩素形態の影響についてはもう少し吟味する必要がありそうである。

一方、塩素量の影響についても、これまでに多くの研究が行われているが、明確な結論は出ていない。その理由として、大型焼却炉での実験では、塩素量を変えることに他の要素、例えば塩素の増加による燃焼条件の変化が含まれてしまい、純粋に塩素量の反応に与える影響を見ることが難しいためと考えられる。例えばRigoら⁵⁾が実炉での調査結果をまとめて、塩素量とダイオキシン量の因果関係は認められないとの結論を導いているが、データ処理に問題があるとの異論が提出され、データ解釈に異論の余地があることを示している。

研究室規模の研究では、筆者ら³⁾は塩素量を変え実験も行っており、その結果を図2に示す。塩素量の増加とともにPCDDs、PCDFsが増加する事は明かであり、少なくともこの実験条件の範囲では塩素量はダイオキシン生成に影響を与えている。なお、図2ではNaClの方が生成量が多いように見えるが、これは流動媒体の流動がNaClの増加により阻害され、燃焼状態に影響を与えたためと考えている。

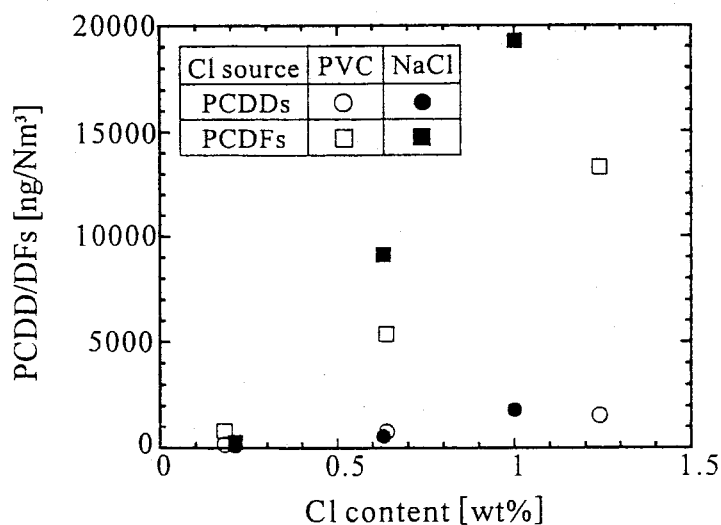


図2 模擬廃棄物を使用した小型流動層燃焼炉でのダイオキシン生成に与える塩素源の影響

Wikstromら²⁾は塩素量が少ない場合はダイオキシン生成量への影響は小さく、塩素量が1%を越えるとダイオキシン量が増加するとの結論を導いているが、そのデータを吟味すると図2と似た結果になっており、塩素量の影響はあると見ることができる。

従来から廃棄物中の塩素量は微量のダイオキシン生成には十分過ぎる量であり、塩素量の増減はあまり影響を与えないとの意見がある。確かに多量の塩素が含まれる産業廃棄物などの場合には、反応場に塩素が十分に存在しており、濃度はほとんど関係なさそうにも思える。しかし、比較的低塩素の場合（一般廃棄物では塩素量は1%以下が多い）は、生成量に影響を与える事は確実である。しかし、ダイオキシン生成に影響する因子は非常に多いことから、単純に塩素量の多寡だけでダイオキシン生成について語ることは危険であろう。例えば、大型の新鋭都市ゴミ焼却炉では、燃焼管理の徹底と排ガス処理装置の高性能化により、従来程度の塩素量であれば（塩素が1%以下程度と考えるとよい）ダイオキシン問題は解決済みと関係者に言わせるほどに技術的に進歩している。一方、中小型焼却炉では塩素の影響はほぼ実験通りに出てくる可能性が高い。さらにたき火や家庭用焼却炉などでは、ほとんど燃焼管理が行われていないために、塩素、特に有機塩素が含まれた

場合の影響は非常に大きい。Gulletら⁶⁾の報告によれば、ドラム缶大の焼却炉（というほどのものではないが）一つから大型炉に匹敵する濃度のダイオキシンが生成する事すらある。

3. まとめ

焼却に伴うダイオキシン生成と塩素源について簡単に記した。もとより十分にダイオキシン生成機構が分かったとは言えない状況ではあるが、無機塩素が有機塩素と同じようにダイオキシン生成に係わる場合があること、塩素量はダイオキシン生成に関連があり、塩素量の増加とともに生成量は増える可能性が高いこと、などは実験事実が示すとおりである。前述したとおり既に大型焼却炉においては少なくとも新鋭炉でのダイオキシン排出は十分減少しており、塩素源の影響は焼却コスト以外には無いと言っても過言ではない。一方、今後のダイオキシン排出の中心は、小型焼却炉やリサイクル過程での産業炉など、燃焼管理や後処理による排出抑制が困難な排出源に移行して行くと予想される。こうした炉では、塩素投入量をできるだけ避ける事が有力な対策と考えられており、上記した実験結果はそれを裏づけているようである。

4. 参考文献

- 1) 通商産業省：環境問題検討会ダイオキシン対策検討会第三次中間報告書(1999)
- 2) Wikstrom, E., et al: Environ. Sci. Technol. 30, 1837 (1996).
- 3) Hatanaka, et al: Organohalogen Compounds 41, 161 (1999).
- 4) Takesuga, T., et al: Organohalogen Compounds, 36, 321(1998).
- 5) Rigo, H.G., et al: ASME/CRTD - Vol36 (1995)
- 6) Gullet, B. et al: Organohalogen Compounds 41, 157 (1999).