

廃棄物処理におけるダイオキシン類の 排出メカニズムに関する研究 その1

産業廃棄物の焼却処理に伴う
ダイオキシンの生成に関する研究

総括報告書（平成11年度）

総合報告書（平成10, 11年度）

平成12年3月

財団法人 廃棄物研究財団

はじめに

廃棄物の焼却施設から排出されるダイオキシン類の削減を図るため、平成9年1月、「ごみ処理に係わるダイオキシン類発生防止等ガイドライン」（新ガイドライン）が通知され、同年8月には「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」及び「大気汚染防止法」が改正され、排ガス中のダイオキシン類排出抑制濃度基準が決定された。生活環境中のダイオキシン類総量の削減が緊急の課題となっていることから、平成11年3月にはダイオキシン対策閣僚会議で、「ダイオキシン対策推進基本指針」が策定され、さらに同年7月には「ダイオキシン類対策特別措置法」が制定され、他の関係法令の改正を含め平成12年1月より施行されたところである。

一般廃棄物焼却炉からのダイオキシン類等の排出状況については、相当量のデータが蓄積されているが、他方産業廃棄物焼却炉の場合、焼却対象物が、木屑、汚泥から感染性の医療廃棄物まで広範囲にわたり、性状についても液状、泥状及び固形状まで多様であること、さらに焼却炉の型式も多様なことから、ダイオキシン類の排出状況については、データの蓄積が乏しい状況にある。

こうした状況を踏まえ、本研究では産業廃棄物焼却炉を対象として燃焼状況とダイオキシン類の排出メカニズム及び発生抑制に関して研究を行うこととした。本研究は、厚生省から平成10年度及び11年度厚生科学研究費補助金、平成11年度特別対策費を受け、当財団内に池口 孝 国立公衆衛生院 廃棄物工学部 廃棄物処理工学室長を委員長とする「産業廃棄物の焼却処理に伴うダイオキシンの生成に関する研究委員会」を設置し、調査・研究を行った。

今年度で最終のため本報告書は、11年度の総括報告書と10年度と11年度の総合報告書をまとめたものである。

最後に、本研究をご指導いただいた委員各位及び調査にご協力いただいた産業廃棄物焼却炉設置事業者にお礼を申し上げます次第である。

平成12年3月

財団法人 廃棄物研究財団
理事長 山村勝美

産業廃棄物の焼却処理に伴うダイオキシンの

生成と制御に関する研究

委員会委員名簿

(平成 12 年 3 月現在)

(敬称略)

[委員]

委員長	池口	孝	国立公衆衛生院 廃棄物処理工学室 室長
委員	井上	壽	京都府保健環境研究所 環境衛生課 課長
	小野	雄策	埼玉県公害センター廃棄物部産業廃棄物科 科長
	佐藤	研二	東邦大学 理学部 物理学科 教授
	馬場	寿	(財) 日本産業廃棄物処理振興センター 事業推進部 部長
	安田	憲二	神奈川県環境科学センター 環境工学部副部長

[協力委員]

	玉出	善紀	(株) タクマ 新エネ・環境本部 E・E 技術部 部長
--	----	----	-----------------------------

[事務局]

	八木	美雄	(財) 廃棄物研究財団 技監
	諸頭	達夫	(財) 廃棄物研究財団 部長
	米田	健一	(財) 廃棄物研究財団 主任研究員

産業廃棄物の焼却処理に伴う
ダイオキシンの生成に関する研究

総括報告書（平成11年度）

産業廃棄物の焼却処理に伴うダイオキシンの生成に関する研究 平成 11 年度
 総括研究報告書 概要

1. 研究目的

日本の産業廃棄物排出量は年間約 4 億トンを超え、一般廃棄物の排出量の 8 倍に達している。その大部分は脱水、乾燥、破碎、焼却等の中間処理を行ってから埋立処分されている。このような中間処理施設のうち、法的届出の必要な焼却処理施設だけでも約 3,000 箇所以上ある（ダイオキシン類対策特別措置法施行前）。これらの産業廃棄物焼却炉には、汚泥や廃油などの液状廃棄物、廃プラスチック類、木くずなどの固形廃棄物の専焼炉があるが、一般的にはこれらのごみ質や性状が異なる廃棄物を同じ炉で混焼する場合が多い。またこれらの焼却炉は形式も多種多様であり、ダイオキシンの発生についてもそれぞれ異なった挙動を示すと考えられる。ゆえに燃焼条件設定をすべての炉で統一的去って調査することが難しいという状況にあり、ダイオキシンの発生抑制について有効な手法が見出せない状況にある。

そこで本研究では、2 種類のパイロットプラントを用いてさまざまな条件設定のもとで燃焼実験を行い、産業廃棄物焼却施設からのダイオキシン類（以下、DXN と略記）の発生と挙動について考察した。さらにその抑制方法についても考察した。

2. 研究方法

(1) 実験条件

表 1 に実験条件の概略を示す。特に DXN の抑制方法として以下の 2 種類の方法を選択した。

(a) 排ガスへの活性炭の注入

燃焼管理温度条件を DXN 発生量が多いと予測される 700℃で実施した。

(b) 炉内へのアンモニアの注入

無触媒脱硝法として用いられる方法であるが、同時に DXN の破壊や新合成抑制効果があるとの文献により、900℃で実施した。

表1 実験条件対応表

炉形式 燃焼管理温度 焼却物	ロータリーキルン+ストーカ炉			流動層炉		
	700℃	800℃	900℃	700℃	800℃	900℃
解体建材木くず	RUN 1-1		RUN 1-2			
コーヒー粕	RUN 2-1		RUN 2-2	RUN 5-1		RUN 5-2
廃油系廃棄物 (廃油含浸木くず)	RUN 3-1		RUN 3-2			
廃プラスチック (PE 92%+塩ビ約 8%)	RUN 4-1 RUN 4-2 ※1	RUN 4-3	RUN 4-4 RUN 4-5 ※2	RUN 6-1 RUN 6-2 ※1	RUN 6-3	RUN 6-4 RUN 6-5 ※2
ブランクテスト (焼却物投入せず)	RUN 0-1		RUN 0-2			

※1 活性炭の吹き込み ある/なし の2通り

※2 アンモニアの吹き込み ある/なし の2通り

(2) 分析項目

表2に分析項目の概略を示す。

(3) 実験日程

実験は、平成11年8月から平成11年12月にかけて行った。

表2 分析項目表

分析項目	排ガス	主灰	飛灰
DXN	○	○	○
コプラナーPCB	○	○	○
THC	○		
TOX	○		
HCl	○		
未燃カーボン			○
クロロベンゼン (CBz)	○		
クロロフェノール (CPh)	○		
O ₂ , CO, NO _x , SO _x 等	○		

3. 研究結果および考察

(1) 燃焼温度とDXN

一般的には、燃焼温度が高温である方が炉から排出されるDXN量は減少するとされている。

本研究では、比較的安定な燃焼が出来た流動層炉で相関があり、燃焼温度上昇により炉内ガス中のDXNの排出抑制に効果が見られた。一方、ロータリキルン+ストーカ炉では予備テストによるClの蓄積や、見かけ比重が小さい焼却物の飛散による影響を受け、相関は見られなかった。

(2) COとDXN

一般的には、焼却炉から排出されるCO濃度が低い方が炉内ガス中のDXN濃度は減少するとされている。

本研究では、比較的安定な燃焼が出来た流動層炉で相関があり、CO濃度が低いほど炉内ガス中のDXNの排出量が低いという結果が得られた。

(3) 滞留時間とDXN

一般的には、炉内での滞留時間が長い方が炉から排出されるDXN量は減少するとされている。

本研究では、比較的安定な燃焼が出来た流動層炉で顕著な相関があり、滞留時間が長いほど炉内ガス中のDXNの排出抑制に効果が見られた。

一方、ロータリキルン+ストーカ炉では予備テストによるClの蓄積や、見かけ比重が小さい焼却物の飛散により影響を受け、相関は見られなかった。

(4) Co-PCBとDXN (図1)

炉内ガス中のDXN濃度と、Co-PCB濃度は大きな相関があった。

このため、炉内のCo-PCB低減は炉内ガス中のDXN抑制に、大きな効果がある。

(5) 前駆物質とDXN (図2、3)

炉内ガス中のDXN濃度と、CBz濃度、CPh濃度は、大きな相関があった。

このため、炉内ガス中のCBz濃度あるいはCPh濃度を測定し炉内ガス中のDXN濃度を予測できる見通しを得た。

(6) ばいじん、灰中のDXNとガス中のDXN (図4)

炉内ガス中のDXN濃度と飛灰DXN濃度は、大きな相関があった。このため、炉内ガス中のDXN低減は飛灰中のDXNを含めた系外排出DXN抑制に、大きな効果がある。

但し、主灰中の DXN 濃度との相関は明確ではなかった。

(7) 焼却対象物と DXN

流動層炉では、ほとんど HCl を発生しないコーヒ粕と HCl を多量に発生する廃プラスチックでは DXN 排出量に極端な差が見られた。

一方、ロータリキルン+ストーカ炉では予備テストによる Cl の蓄積や、見かけ比重が小さい焼却物の飛散による影響を受けたが、HCl 濃度が 100 mg/m³N 以下の場合、HCl 濃度と DXN 濃度は相関が見られた。

(8) 燃焼方式と DXN

燃焼方式と焼却対象物が適合していたコーヒ粕、廃プラスチックの流動層炉テストにおいては滞留時間の長い RUN において、また燃焼温度の高い RUN において炉内ガス中の DXN 濃度が低減されていた。

一方、ロータリーキルン+ストーカ炉では予備テストによる HCl の蓄積や、見かけ比重の小さい焼却物の飛散による影響を受け、滞留時間の長い RUN や燃焼温度の高い RUN においても、炉内ガス中の DXN 濃度の低減効果が得られなかった。

このことから焼却物の性状を考慮して対策を講じる必要性が改めて確認されたと言える。

(9) 薬剤注入の効果について

活性炭注入の効果はあったが、ばらつきがみられた。またアンモニアの注入は燃焼が適正に行われている場合には効果が現れた。

4. 結論

前述の結果と考察を踏まえ、以下の排出抑制方策が考えられる。

(1) DXN や Cl の炉内への蓄積の抑制

高濃度の DXN や HCl が発生する実験では、炉材やクリンカ中への DXN や Cl の蓄積が見られた。これらの蓄積は高温で長時間運転を行うことにより徐々に放出されて減少していくので、実機においても高温での連続運転が望ましい。

(2) 焼却対象物による発生抑制

産廃では一廃より多種多様の廃棄物を混焼することがほとんどであり、燃焼状態が不安定。これを改善するには、助燃の使用、焼却物の管理、混合攪拌による安定化、定量供給が不可欠である。

(3) 前駆物質 (CBz、CPh) による維持管理

結果から判断すると、相関が大きいので DXN の指標として非常に有望である。しかし今回のデータは煙突出口のものではないので、集塵機による影響や大気排出で考える場合にはデータ追加が必要。

(4) 運転管理等による改善

ロータリーキルン+ストーカ炉では未燃物の飛散があった。焼却物の性状を考慮して対策を講じる必要がある。運転管理としては定期的なクリンカ除去、焼却物の安定供給、混合比を安定させるべく貯留容量の確保などが必要である。

5. 今後の課題

本研究で課題として残った項目は、下記の通りであり、より定性的・定量的なデータを
得るためには、ベンチスケールでのテストによる確認が必要と考えられる。

- (1) 燃焼温度による排出抑制の明確化
- (2) 滞留時間による排出抑制の明確化
- (3) CO による排出抑制の明確化
- (4) 燃焼方式による排出抑制の明確化
- (5) 焼却対象物による排出抑制の明確化
- (6) 低温域における前駆物質と DXN の相関の明確化
- (7) 薬剤の吹込みによる DXN 排出抑制のデータ補完
- (8) DXN や Cl の炉内蓄積メカニズム

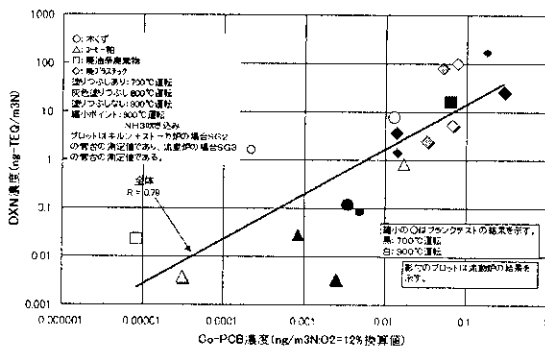


図1 Co-PCB濃度とDXN濃度との相関

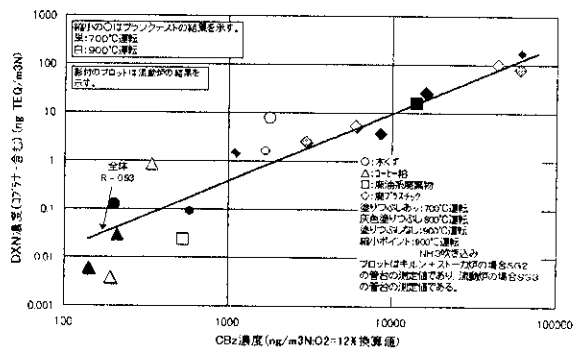


図2 CBz濃度とDXN濃度との相関

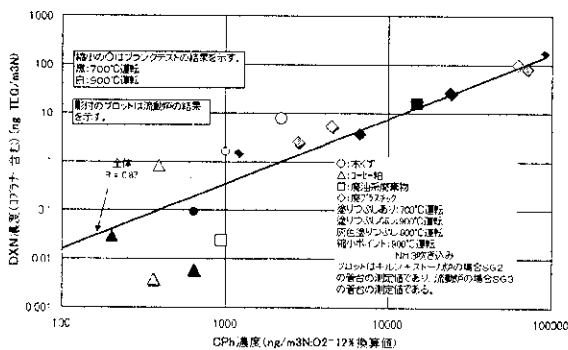


図3 CPh濃度とDXN濃度との相関

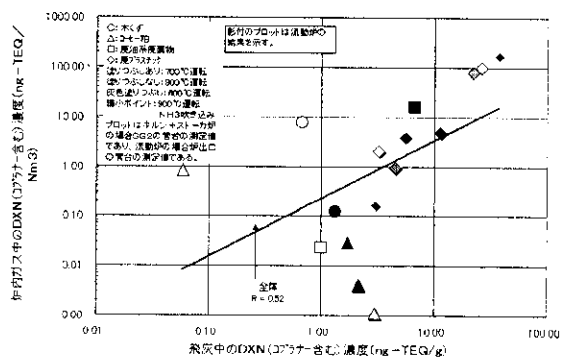


図4 飛灰中のDXN濃度と炉内ガス中のDXN濃度との相関

A Research on Dioxin Generation
from the Industrial Waste Incineration, 1999.
 Abstract of the full report

1. Purpose of Research

Each year, Japan generates in excess of four hundred million tons of industrial waste, eight times as much as the municipal solid waste. Most of it is landfilled after dehydration, drying, crushing and incineration. There were roughly 3,000 incinerators which were required to register by law before the Special Statute for Dioxins Control became effective. There are dedicated incinerators for liquid waste such as sludge and waste oil, or for solids such as waste plastics and wood, but more often wastes of different nature are incinerated together in a same furnace. Furnace types vary widely, and behaviors of dioxin generation would vary accordingly. It is therefore difficult to establish a standard combustion condition under which uniform research can be conducted to gain control of dioxin generation.

In this study, two kinds of pilot plants were used for incineration under different conditions, and generation and behavior of dioxins (hereafter called DXN) from industrial wastes were observed, along with the methods of their control.

2. Research Methods

(1) Test Conditions

Table 1 shows the outline of test conditions. For DXN control, two following methods were chosen.

(a) Activated carbon injection at the baghouse inlet

Combustion temperature was kept at 700°C, where DXN generation is said to be the highest.

(b) Ammonium injection into the furnace

This is used commonly for non-catalytic DeNO_x, but is also said to destroy DXN and inhibit its generation in some paper. Temperature was controlled at 900°C.

Table 1 Test Condition Matrix

Incinerated Materials	Type of Furnace Design Com- bustion Tem- perature	Rotary Kiln + Stoker Furnace			Fluidized-Bed Furnace		
		700°C	800°C	900°C	700°C	800°C	900°C
Wood waste from demolition		RUN 1-1		RUN 1-2			
Coffee grounds		RUN 2-1		RUN 2-2	RUN 5-1		RUN 5-2
Waste Oils(Oil impregnated waste wood)		RUN 3-1		RUN 3-2			
Plastics waste (PE 92% & approx.8% PVC)		RUN 4-1 RUN 4-2 *1	RUN 4-3	RUN 4-4 RUN 4-5 *2	RUN 6-1 RUN 6-2 *1	RUN 6-3	RUN 6-4 RUN 6-5 *2
Blank Test (no waste)		RUN 0-1		RUN 0-2			

*1 Activated carbon injection – yes/no

*2 Ammonia injection – yes/no

(2) Analyzed Items

Table 2 List of Analyzed Items

Table 2 lists the outline of analyzed items.

Analyzed Item	Exhaust Gas	Bottom Ash	Fly Ash
DXN	○	○	○
Coplanar PCB	○	○	○
THC	○		
TOX	○		
HCl	○		
Unburnt Carbon	○		○
Chlorobenzene (CBz)	○		
Chlorophenol (CPh)	○		
O ₂ , CO, NO _x , SO _x , etc	○		

(3) Period of Tests:

Tests were conducted between August through December 1999.

3. Result and Observation

(1) Combustion temperature and DXN.

It is commonly believed that the DXN emission from the furnace decreases as the combustion temperature goes up. In our tests with the relatively stable combustion in a fluidized-bed furnace, this correlation was confirmed when the combustion temperature rose and DXN generation in the furnace decreased. With the rotary kiln + stoker furnace, this correlation was not observed as it was influenced by the accumulation of Cl at the preliminary test, and by the scattering of feedstock with low apparent specific gravity.

(2) CO and DXN

It is commonly believed that DXN concentration in the exhaust gas from incinerators decreases when its CO content is low. In our study using a fluidized-bed furnace that enabled a relatively stable combustion, a distinct correlation was observed, confirming that the lower CO concentration, the lower the DXN emission within the furnace gas.

(3) Residence time and DXN

Again, it is commonly said that the longer the residence time inside furnace, the lower the DXN concentration. In our study using a fluidized-bed furnace that enabled a relatively stable combustion, a distinct correlation was observed, confirming that the longer the residence time, the lower DXN emission. With the rotary kiln + stoker furnace, this correlation was not observed as it was influenced by the accumulation of Cl at the preliminary test, and by the scattering of feedstock with low apparent specific gravity.

(4) Co-PBC and DXN (Fig. 1)

A significant correlation was seen between the DXN concentration in the furnace gas and the Co-PCB concentration. It implies that reducing Co-PCB inside the furnace is very effective in controlling DXN in the furnace gas.

(5) Precursors and DXN (Fig. 2, 3)

It was confirmed that the concentration of DXN and that of CBz and CPh are closely related. This led us to believe that DXN concentration in the furnace gas can be anticipated by measuring CBz or CPh concentration in the gas.

(6) DXN in fly ash and bottom ash and DXN in the gas (Fig. 4)

A distinct correlation was observed between the DXN concentration in the gas and in the fly ash.

This led us to believe that reducing DXN in the gas is very effective in reducing DXN export from the system, including DXN in the fly ash. However, its relationship between the DXN concentration in the bottom ash was not determined.

(7) Incinerated Material and DXN

With the fluidized-bed furnace, a vast difference in DXN emission was noticed between the coffee grounds that generate little HCl and the plastics waste that generates huge amount of HCl. Meanwhile, the rotary kiln + stoker furnace was influenced by the accumulation of Cl at the preliminary test, and by the scattering of feedstock with low apparent specific gravity. However, a correlation was noticed between HCl and DXN concentrations when the HCl concentration was below $100\text{mg/m}^3_{\text{N}}$.

(8) Combustion Method and DXN

When the waste was suitable for the combustion method, as with coffee grounds and waste plastics in a fluidized bed furnace, the DXN concentration in the furnace gas was reduced at runs with longer residence time and higher gas temperature. The rotary kiln + stoker furnace was influenced by the accumulation of HCl at the preliminary test, and by the scattering of feedstock with low apparent specific gravity. It did not display any reduction in DXN concentration even at runs with long residence time or high combustion temperature. This affirms again the necessity of taking measures for appropriate combustion adapting the nature of the wastes to be incinerated.

(9) Effect of chemical injection

The effect of activated carbon injection depended on test conditions. On the other hand, the effect of ammonia injection was distinct when the combustion was appropriate.

4. Conclusion

From the above observations, we can consider the following means of emission reduction.

(1) Reduction of DXN and Cl accumulation within the furnace

When DXN and HCl were generated at high concentrations, they accumulated in the refractory material and clinker. Such accumulation gradually dissipates after a long operation of the furnace at high temperatures. It suggests that a continuous operation at a high temperatures is recommendable in commercial furnaces.

(2) Control by the incinerated object

Compared to MSW, industrial wastes with different nature are often mixed and burnt, resulting in an unstable combustion. To improve this, it is essential to adopt the use of auxiliary combustion, control of the wastes, good mixing of the wastes for stable burning and constant feeding.

(3) Control through the precursors (CBz, CPh).

The test results show correlation between precursors and DXN, for which these materials can be an useful indicator. Since our tests did not cover the stack outlet, however, additional data are needed when considering the influence of the baghouse and actual emission into the atmosphere.

(4) Improvement through operational control

Unburnt materials scattered in the rotary kiln + stoker system. The nature of the feedstock should be checked, and it is necessary to take some measures for appropriate combustion adapting its nature. Pe-

radical clinker removal, constant supply of incineration objects and sufficient storage capacity for stabilizing mixing ratio are some of the items required in the area of operation control.

5. Issues for the future

The following points remain yet to be defined. This needs more qualitative and quantitative data that can only be obtained through bench-scale tests.

- (1) Emission control and combustion temperature
- (2) Emission control and residence time
- (3) Emission control and CO concentration control
- (4) Emission control and combustion method
- (5) Emission control and object of combustion
- (6) Precursors in low-temperature zone and DXN
- (7) Emission control and chemicals injection – needs supplementary data
- (8) In-furnace accumulation mechanism of DXN and Cl.

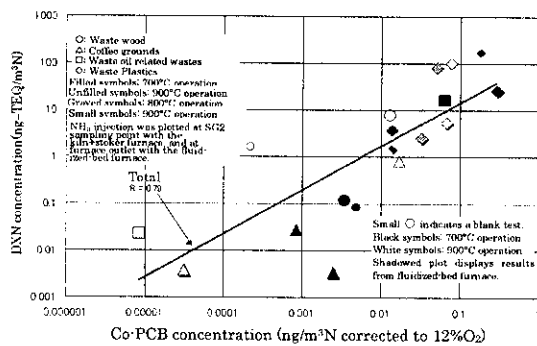


Fig. 1 Co-PCB concentration versus DXN concentration

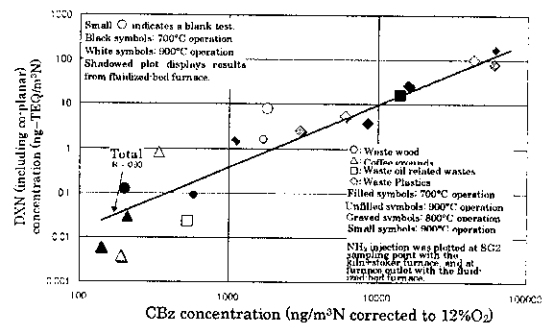


Fig. 2 CBz concentration versus DXN concentration

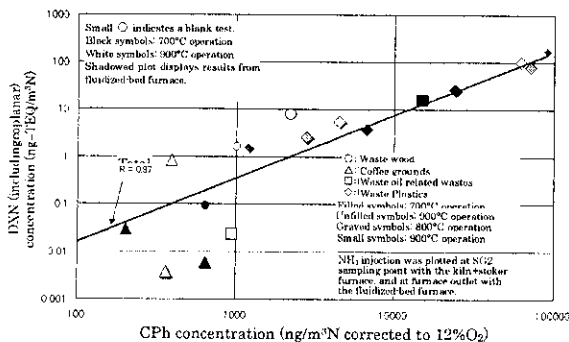


Fig. 3 CPh concentration versus DXN concentration

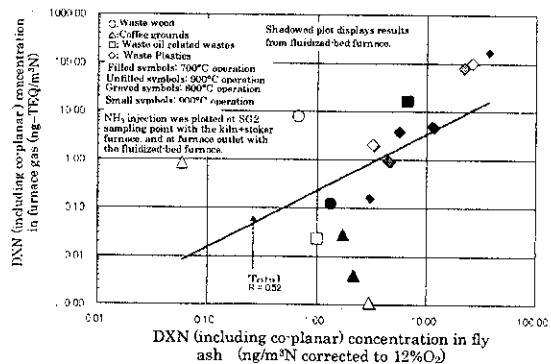


Fig. 4 DXN concentration in Fly Ash versus. that in Furnace Gas

目次

<u>第1章 調査研究の概要</u>	1
1. 研究目的	1
2. 研究方法	2
3. 調査結果の概要	4
<u>第2章 パイロットプラントの概要と実験の条件</u>	7
1. パイロットプラント	7
(1) ロータリーキルン+ストーカ炉	7
1) 設置場所及び処理能力	7
2) 設備概要	7
3) フローシート	12
(2) 流動層炉	13
1) 設置場所及び処理能力	13
2) 設備概要	13
3) フローシート	17
2. 実験の条件	18
1) 焼却対象廃棄物の種類と焼却量	18
2) 燃焼管理温度	18
3) 滞留時間	18
4) 薬品	19
5) その他	19
6) 条件設定一覧	20
3. 分析項目	21
1) 焼却対象物	21
2) 排ガス	21
3) 焼却灰、ばいじん	21
4) 分析項目と分析方法	22
4. 実験(運転)工程	23
<u>第3章 実験結果と考察</u>	24
1. 各条件下における実験結果及び考察	24
(1) RUN 1	24
(2) RUN 2	26
(3) RUN 3	27
(4) RUN 4	28
(5) RUN 5	30
(6) RUN 6	31
(7) 追加試験	33
2. 全体的な実験結果	41
(1) 排ガスダイオキシン濃度との相関	41
1) 温度、滞留時間等の相関	41
① 燃焼温度	41
② 塩化水素濃度	41
③ 一酸化炭素濃度	41
④ 滞留時間	41
⑤ その他	41

2) Co-PCB 及び前駆物質との相関	-----	41
①コプラナ PCB	-----	41
②クロロベンゼン	-----	41
③クロロフェノール	-----	41
④多環芳香族炭化水素	-----	41
⑤その他	-----	41
(2) 飛灰未燃カーボン濃度との相関	-----	42
①飛灰ダイオキシン	-----	42
②主灰ダイオキシン	-----	42
(3) その他	-----	42
(4) 相関関係一覧表	-----	42
(5) 活性炭及びアンモニアの効果	-----	43
(6) 臭素化ダイオキシンについて	-----	43
3. 考察	-----	44
(1) DXN と他のパラメータとの相関について	-----	44
(2) ローター炉+ストカ炉と流動層炉との比較	-----	44
1) 炉内の塩素分蓄積	-----	44
2) 焼却対象物	-----	44
3) DXN 等の発生量	-----	44
第4章 まとめ 及び DXN の排出抑制方策と今後の課題	-----	46
1. まとめ	-----	46
(1) 燃焼温度による排出抑制	-----	46
(2) CO による排出抑制	-----	46
(3) 滞留時間による排出抑制	-----	46
(4) DXN と相関のある物質による排出抑制	-----	46
(5) 前駆物質の指標による排出抑制	-----	47
(6) ばいじん、灰中の DXN の抑制	-----	47
(7) 焼却対象物による排出抑制	-----	47
(8) 燃焼方式による排出抑制	-----	47
2. DXN の排出抑制方策	-----	48
(1) DXN や Cl の炉内への蓄積の抑制	-----	48
(2) 焼却対象物による発生抑制	-----	48
(3) 前駆物質 (CBz、CPh) による維持管理	-----	48
(4) 運転管理等による改善	-----	48
3. 今後の課題	-----	49
* 資料集		
データ集	-----	Data 1
焼却物データ	-----	Data 1-1
実験データ	-----	Data 1-2
DXN 毒性に占める Co-PCB の存在割合	-----	Data 1-3
相関グラフ集	-----	Data 2
温度・滞留時間等と DXN	-----	Data 2-1
前駆物質と DXN	-----	Data 2-2
飛灰未燃カーボンと DXN	-----	Data 2-3
DXN の存在パターン	-----	Data 2-4

ブランクテストを含めた場合の 温度・滞留時間等と DXN	-----	Data 2-5
ブランクテストを含めた場合の 前駆物質と DXN	-----	Data 2-6
ブランクテストを含めた場合の DXN の存在パターン	-----	Data 2-7
その他の相関	-----	Data 2-8
相関グラフ集 -DXN 濃度に対して TEQ 換算 していない値を採用-	-----	Data 3
温度・滞留時間等と DXN	-----	Data 3-1
前駆物質と DXN	-----	Data 3-2
飛灰未燃カーボンと DXN	-----	Data 3-3
DXN の存在パターン	-----	Data 3-4
ブランクテストを含めた場合の 温度・滞留時間等と DXN	-----	Data 3-5
ブランクテストを含めた場合の 前駆物質と DXN	-----	Data 3-6
ブランクテストを含めた場合の DXN の存在パターン	-----	Data 3-7

第1章 調査研究の概要

1. 研究目的

産業廃棄物の排出量は、年間約4億トンを超え、一般廃棄物の排出量の8倍に達している。その処理方法は、産業廃棄物の種類や排出時の性状等によって異なるが、大部分は脱水、乾燥、破碎、焼却等の中間処理を行ってから埋立処分されている。このような中間処理施設のうちダイオキシン類対策特別措置法施行前で、法的に届出を要する一定規模以上の施設だけでも10,000箇所を超え、焼却処理施設だけでも約3,000箇所以上であり、一般廃棄物焼却施設(約2,000箇所)を遥かに超えている。これらの産業廃棄物焼却炉は、一般廃棄物焼却の場合と異なり、汚泥や廃油などの液状廃棄物、廃プラスチック類、木くずなどの固形廃棄物などの専焼炉があるが、一般的にはこれらのごみ質や性状が異なる廃棄物を同じ炉で混焼する場合が多い。また一般廃棄物焼却炉形式と異なった多種多様な焼却炉があり、ダイオキシンの発生についてもそれぞれ異なった挙動を示すと考えられる。ゆえに発生抑制するための燃焼管理をすべての炉で統一的行うことが難しいという実態があり、産業廃棄物焼却によるダイオキシン類の発生抑制に有効な手法が見出せない状況にある。

このため本研究では、汚泥、廃油、木くず、廃プラスチック等種々の産業廃棄物を焼却処理した際、その処理方式や炉形式、炉規模、燃焼方式、排ガス処理方式などによってダイオキシン類の発生量にどのような違いがあるのか、また廃棄物の種類によって発生状況に違いがあるのか等、産業廃棄物焼却炉の実態に適合したダイオキシン類の発生抑制を図る研究を行ってきた。

平成10年度の研究で、実際に稼動している各種産業廃棄物処理施設からのダイオキシン類発生状況を調査し、情報を集積したが、産業廃棄物の焼却施設は規模、炉形式、焼却物の種類などパラメータが複雑多様であり、系統だったデータの収集が困難である。

そこで本年度の研究では、パイロットプラントを用い、各種条件の設定を容易にすることで、系統だったデータ収集を図り、産業廃棄物焼却施設からのダイオキシン類の発生と挙動について考察し、さらにその抑制方法についてもいくつかのテストを実施することとした。

2. 研究方法

燃焼方式の異なる2種類のパイロットプラント（ロータリーキルン+ストーカ炉および流動層炉）を用いて、廃棄物の種類ならびに運転条件によるダイオキシン類の発生状況の変化、その除去方法について調査を行った。

(1) 実験条件（概略）

以下に実験条件を示す。

表 1-1 実験条件対応表

炉形式 燃焼管理温度 焼却物	ロータリーキルン+ストーカ炉			流動層炉		
	700℃	800℃	900℃	700℃	800℃	900℃
木くず	RUN 1-1		RUN 1-2			
コーヒー粕	RUN 2-1		RUN 2-2	RUN 5-1		RUN 5-2
廃油系 廃棄物	RUN 3-1		RUN 3-2			
廃プラスチック (+塩ビ)	RUN 4-1 RUN 4-2 ※1	RUN 4-3	RUN 4-4 RUN 4-5 ※2	RUN 6-1 RUN 6-2 ※1	RUN 6-3	RUN 6-4 RUN 6-5 ※2
ブランケット (焼却物投入せず)	RUN 0-1		RUN 0-2			

※1 活性炭の吹き込み ある/なし の2通り

※2 アンモニアの吹き込み ある/なし の2通り

(2) 分析項目（概略）

以下に分析項目を示す。

表 1-2 分析項目表

分析項目	排ガス	主灰	飛灰
ダイオキシン類	○	○	○
コプラナーPCB	○	○	○
THC	○		
TOX	○		
HCl	○		
未燃カーボン			○
クロロベンゼン (CBz)	○		
クロロフェノール (CPh)	○		
O ₂ , CO, NO _x , SO _x 等	○		

(3) 実験日程

実験は、平成 11 年 8 月から平成 11 年 12 月にかけて行った。

(4) 実験条件の設定にあたっての考慮事項

1) 廃棄物の種類

- ①木くず … 戦後に建てられた家屋の耐用年数より今後発生量の増加が予測されるため、解体木くずチップを選定し、かつ均一にするためチップ化したものとした。
- ②コーヒー粕 … 食品工場から排出された植物性残渣から選定した。
- ③廃油系廃棄物 … 油状スラッジは性状差が大きいいため、上記の木くずチップに塗料工場から排出された廃溶剤を混合した廃棄物を選定した。
- ④廃プラスチック+廃塩化ビニール … 建材工場由来の破碎された廃ポリエチレンを廃プラスチックとして選定した。但し、塩素含有がないため、同じく建材工場由来の破碎された塩ビを廃塩ビとして約 8% 混合し作成した。

2) 燃焼管理温度条件

ダイオキシン類発生量の相違を顕著に把握するため燃焼管理温度（以降、特に注記なしの場合、温度とはこれを示す）は 700℃と 900℃を選定した。ただし、廃プラスチックの実験のみは、より詳細を把握するため 800℃も測定した。

3) ダイオキシン類（以降、DXN と略記）の排出抑制実験

廃プラスチックの実験において、DXN の抑制方法として、下記の二つの方法を選定した。

①バグフィルタ入口への活性炭の注入

燃焼管理温度条件は、DXN 発生量が多いと予測される 700℃で実施した。

②炉内へのアンモニアの注入

無触媒脱硝法として用いられる方法であるが、同時に DXN の破壊や新合成抑制効果があるとの文献により、900℃で実施した。

3. 調査結果の概要

2種類のパイロットプラント（ロータリーキルン+ストーカ炉、流動層炉）を用いて、4種類の廃棄物（木くず、コーヒー粕、廃油系廃棄物、塩ビ含有廃プラスチック）のテストを、温度等の条件を変えて実施し、以下の結果が得られた。

以下の5点が本調査において明らかとなった。

- (1) ロータリーキルン+ストーカ炉で、炉内において HCl 濃度が 100 mg/m³N 以下の場合、HCl 濃度と炉内ガスの DXN 発生量との大きな相関が見られた。(Data 2-5-3)
- (2) すべてのテストで、炉内ガス中において CBz 濃度と DXN 濃度、CPh 濃度と DXN 濃度は大きな正の相関が見られた。
(Data 2-6-4, 2-6-5)
- (3) すべてのテストで、炉内ガス中の Co-PCB 濃度と DXN 濃度は大きな正の相関が見られた。(Data 2-6-2)
- (4) すべてのテストで、飛灰中の DXN 濃度と炉内ガス中の DXN 濃度は正の相関が見られた。(Data 2-1-19, 2-1-20)
- (5) ロータリーキルン+ストーカ炉の木くず、コーヒー粕テストで、予備テストの影響と考えられる HCl、DXN の増加が認められた。
(Data 1-1-1)

以下の6点については、今後の検討課題として継続調査が必要と考えられる。

- (6) 上記(5)の結果について、耐火物やクリンカへの DXN やその他の物質の吸着が燃焼実験に影響を及ぼす機構の詳細については今後も検討が必要とされる。
- (7) ロータリーキルン+ストーカ炉では、CO 濃度と炉内ガス中の DXN 濃度の相関はみられなかったが、流動層炉では正の相関が見られた。
(Data 2-1-5, 2-1-6)
- (8) ロータリーキルン+ストーカ炉では燃焼温度と炉内ガス中の DXN 濃度の相関は明らかではないが、流動層炉では燃焼温度が高いほど DXN 濃度が減少する相関が見られた。(Data 2-1-1, 2-1-2)
(7)(8)については今後、多変量解析も検討する必要がある。
- (9) 同様に滞留時間についても、ロータリーキルン+ストーカ炉では炉内ガス中の DXN 濃度との相関は明らかではないが、流動層炉では滞留時間が長いほど DXN 濃度が減少する相関が見られた。
(Data 2-1-7, 2-1-8)
- (10) ロータリーキルン+ストーカ炉では活性炭とアンモニアの吹き込み効果はあまり見られなかったが、流動層炉ではその効果が現れた。た

(10) ロータリーキルン+ストーカ炉では活性炭とアンモニアの吹き込み効果はあまり見られなかったが、流動層炉ではその効果が現れた。ただし、調査回数が1回であるので、今後の追跡調査が必要とされる。

(Data 1-2-1~1-2-3)

(11) Co-PCB 濃度と DXN 濃度は上記のように大きな正の相関が見られたが、一般的に言われる「ポリクロロジベンゾジオキシン (PCDD)、ポリクロロジベンゾフラン (PCDF) の TEQ に対し、Co-PCB は 5~10% の TEQ 値を示す」に比し、今回のテストでは Co-PCB は 1% 以下のテスト結果も多い。このような比の差が何故発生するのか、今後の追跡調査が必要と考えられる。(Data 1-3-1)