HOKKAIDO UNIVERSITY

| | |
|---|---|
| Title | ごみ焼却炉プラントから排出されるダイオキシン類の低減について |
| Author(s) | 青木，孝；宮田，治男；松山，智哉 |
| Description | 第4回衛生工学シンポジウム（平成8年11月7日（木）-8日（金） 北海道大学学術交流会館） . 4 物理化学処理 . 4-1 |
| Citation | 衛生工学シンポジウム論文集，4，149-154 |
| Issue Date | 1996-11-01 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/7841 |
| Type | departmental bulletin paper |
| File Information | 4-4-1_p149-154.pdf |

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

# ４－１

## ごみ焼却炉プラントから排出されるダイオキシン類の低減について

三機工業㈱　　青木　孝，宮田治男，○松山智哉

### １．はじめに

わが国におけるダイオキシン類の各種発生源は、主として燃焼関係から排出されるものと、農薬関係から排出されるものに大別される。推定年間排出量としての換算[1]から見ると、燃焼関係から排出される割合が約１割で、残りの９割が農薬関係から排出されている。農薬関係からの排出は、ジフェニルエーテル系除草剤が主要な排出源であるが、推定データが10年程前のものであるので、現在では大きく低減されていると考えられる。燃焼関係から排出されるダイオキシン類は、都市ごみ焼却プラントからのものが約７～９割程度であり、都市ごみ焼却プラントからのダイオキシン類の抑制および発生防止を実施することが、環境保全に高い効果があると推察される。ただし、この推定年間排出量の資料では、毒性等価換算濃度(I-TEQ)ではなく、PCDDs＋PCDFsの濃度に推定年間排ガス発生量を剰じて算出した値であり、焼却飛灰や焼却灰については算定に加えていないことを考慮しておかなければならない。

わが国におけるダイオキシン類問題は、1983年に都市ごみ焼却プラントの集じん灰の中からダイオキシン類の検出報告がなされてから始まっている。この頃よりダイオキシン類の発生メカニズムやダイオキシン類の低減化、除去技術が研究され、1990年12月に都市ごみ焼却プラントに対する「ダイオキシン類発生防止等ガイドライン」が厚生省より提示された。これにより大幅な発生抑制がなされてきた。しかし、わが国は国土が狭く、ほとんどのごみが焼却処理された後に埋め立て処分されること、焼却炉が小型で、夜間焼却炉を休止する間欠運転炉が約８割（1860基余りの内約1500基余りが間欠運転炉）を占めていて、ダイオキシン類低減対策が広く普及するのに時間が掛かることなどの条件が起因し、ごみ焼却プラントから排出されるダイオキシン類の量は、ヨーロッパ諸国に比べ依然10～30倍の排出量となっている。従って、さらなる排出量の抑制を実施することが望まれ、調査・研究・対策検討会等が進められており、新ガイドラインが策定され、提示される予定である。ただし、間欠運転を行う焼却炉のダイオキシン類低減化には問題が残されている。

間欠運転を行う都市ごみ焼却プラントでは、立上げ、立下げ時に一時的に高濃度のダイオキシン類が発生、排出されてしまうことが懸念されている。立下げ時のこの問題に対しては、炉内のごみ供給を停止後、燃し切り運転を行い、最終的に燃焼空気を止めた状態にて未燃ガスがほとんど出ないような状態に管理すれば良いので、技術的に難しいことはない。ただし、立上げ時の不安定な燃焼過程で発生するダイオキシン類の低減化は非常に難しい。

当社では第２回のシンポジュームにて発表したように、非定常の操作をファジィ制御を用いて自動化し、未燃ガスの排出量を最小限に止め、ダイオキシン類の排出量を従来の1/10以下にすることのできる技術を確立している。ここではさらに、この従来技術に加えて粉末活性炭を用いたダイオキシン類吸着除去技術を導入し、間欠運転炉におけるごみ焼却量１ｔ当たりの排出ダイオキシン類の量を、ダイオキシン類対策を行った全連炉と同等レベルに低減できることを確認したので報告する。

### ２．ダイオキシン類の人体への摂取経路

ダイオキシン類の発生源については、燃焼関係から排出されるものとして都市ごみ焼却炉以

外に、有機塩素系廃棄物・廃油等の焼却炉、医療系廃棄物の焼却炉等などから排出されるものや、金属精錬関係のプラントから排出されるものの他に、排出量は少ないが、たばこの煙や自動車の排ガス、木材の焼却、下水汚泥焼却などからも排出されている。このように排出されているダイオキシン類を摂取した一人の人間が、１日当たり体重１kg当たり一生摂取しても健康上の影響がないと判断される耐用一日摂取量TDI(Tolerable Daily Intake)は、国際的に10pg/kg(体重)/日という数値が一般的に扱われている。このTDIを目安としたダイオキシン類の排出濃度、あるいは排出総量規制が設定される必要があろう。

ここで、都市ごみ焼却プラントから排出されるダイオキシン類が人体に摂取されるまでの経路を図１に示した。

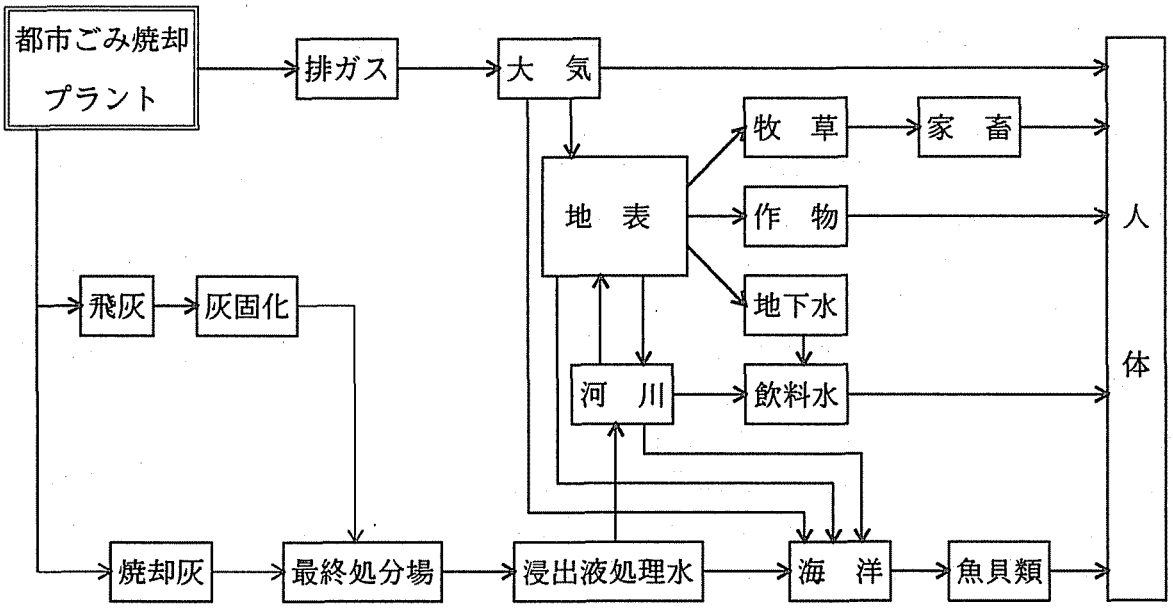


**図１　ダイオキシン類が人体に摂取されるまでの経路**

都市ごみ焼却プラントから排出されるダイオキシン類には、灰として排出されるものと排ガスとして排出されるものとがある。灰には飛灰と焼却灰があり、飛灰はキレート剤などによる固化処理を行うことで埋立処分され、焼却灰には微量のダイオキシン類しか含まれていないので、直接埋立処分される。ダイオキシン類は水に溶けない性質を持っているので、灰側から人体へ摂取される経路はリスクが小さい。これに対し、排ガス側からの人体への摂取経路は、環境に対して広範囲に影響を与えるためリスクが大きい。従って、排ガス側から大気へ排出されるダイオキシン類の抑制を行うことが重要である。

## ３．調査・実験に用いた施設の概要

排ガス処理技術として、バグフィルタを用いたばいじん除去方法がある。ダイオキシン問題が発生する前までは、電気集じん器が一般的に用いられていたが、電気集じん器内でダイオキシン類が再合成されてしまうこと、また、電気集じん器のばいじん除去率が95%程度であることから、煙突から排出される排ガス中のダイオキシン類が高くなってしまうため、バグフィルタに移り変わってきた。バグフィルタのばいじんの除去率は99.9%以上であり、使用温度域が150℃～200℃であることから、ダイオキシン類の再合成はほとんどない。

本調査・実験に用いた施設はA，B，C施設の３施設であり、それぞれの施設の概要を表１に示した。A→B→C施設へとダイオキシン類の抑制および発生防止・除去技術を導入して行ったものであり、その主要な技術は以下に示すものである。

1) 燃焼制御技術、立上げ操作の自動化システムを導入し、発生抑制を図った。[2)]
2) 二次燃焼空気吹き込み方法のシミュレーション技術を用いた最適化、高効率化を行い、ダイオキシン類の二次燃焼室での効率的分解による低減化を図った。[3)]
3) バグフィルタを導入し、ダイオキシン類再合成の低減化を図った。
4) 粉末活性炭を吹き込み、バグフィルタ表面のダスト層に粉末活性炭の吸着除去層を形成させ、ダイオキシン類の吸着除去による低減化を図った。[4)]
5) バグフィルタ早期通ガスバーナを用いて、立上げ時からバグフィルタ通ガスを可能にするシステムを導入し、立上げ時ダイオキシン類の排出抑制を図った。

表１　調査・実験施設の概要

| | A　施　設 | B　施　設 | C　施　設 |
|---|---|---|---|
| 炉　形　式 | 准連続ストーカ式<br>(48t/16h×2炉) | 准連続ストーカ式<br>(60t/16h×2炉) | 准連続ストーカ式<br>(45t/16h×2炉) |
| ｶﾞｽ冷却方式 | 水噴射(炉上型) | 水噴射(別置型) | 水噴射(炉上型) |
| 排ｶﾞｽ処理方式 | 乾式消石灰＋EP | 減温塔＋乾式消石灰＋BF | 乾式消石灰＋粉末活性炭吹き込み＋BF |
| 低位発熱量 | 1600～1700kcal/kg | 1800～1900kcal/kg | 2400～2600kcal/kg |
| 燃焼制御方式 | ごみ供給量のみﾌｧｼﾞｨ制御 | ごみ送り，供給量，押込空気量にﾌｧｼﾞｨ制御 | ごみ送り，供給量，押込空気量にﾌｧｼﾞｨ制御 |
| EPorBF入口温度 | 280℃ | 160℃ | 200℃ |
| 燃焼室出口温度 | 750～930℃　平均 850℃ | 860～920℃　平均 900℃ | 860～920℃　平均 880℃ |
| C O | 20~350ppm　平均120ppm | 2～10ppm　平均 4ppm | 3～ 50ppm　平均 25ppm |
| 二次燃焼空気吹込み方式 | 従来型吹込方式 | シミュレーション技術を用いた高効率混合方式＋二段混合技術の導入 | シミュレーション技術を用いた高効率混合方式＋二段混合技術の導入 |
| 立　上　げ | 半自動立上げ | 自動立上げ | 自動立上げ＋BF早期通ｶﾞｽﾊﾞｰﾅ |

A施設は1990年４月竣工で、排ガス処理設備に電気集じん器を用いており、B施設、C施設は、バグフィルタを用いている。また、A施設ではごみ供給量制御のみにファジィ制御が導入され、B、C施設ではごみ供給量，ごみ送り速度，燃焼空気量についてファジィ制御が導入され、立上げ～定常～立下げの全工程における自動燃焼制御システムが導入されている。C施設ではバグフィルタ手前において粉末活性炭を吹き込み(吹き込み量：200mg/N㎥dry)ダイオキシン類の吸着除去を行っている。また、バグフィルタ早期通ガスバーナにより立上げ時のバグフィルタへの早期通ガスを可能にしている。

ここで、C施設のプラントフローとダイオキシン類測定点について図２に示した。

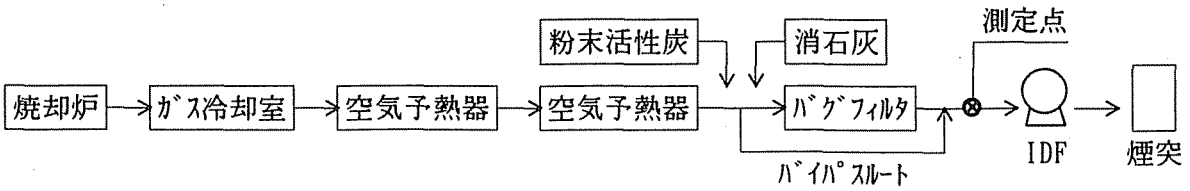


図２　施設のフローおよびダイオキシン類測定位置

## 4．調査・実験結果および考察

### 4.1 立上げ時のダイオキシン類

図３に立上げ時のダイオキシン類濃度と排出量を示した。ダイオキシン類濃度および立上げ時の総排出量共にＡ施設に対し、Ｂ、Ｃ施設は大幅に低減化されていた。これは、Ｂ、Ｃ施設がバグフィルタを用いていること、および自動立上げシステムを導入したことによるものと考えられた。さらに、Ｃ施設では助燃バーナとバグフィルタ早期通ガスバーナを用いて、炉～バグフィルタ間の初期昇温操作を自動立上げシステムの中に組み込み、粉末活性炭の吹き込みによる吸着除去技術も合わせて導入している。これらの総合効果によりダイオキシン類の大幅な低減化が達成されていた。

### 4.2 立下げ時のダイオキシン類

立下げ時のダイオキシン類濃度と排出量を図４に示した。Ａ施設は、電気集じん器を用いて間欠運転を行っている焼却炉で、従来提示されている値と同等レベル(55.8ng/N㎥)になっており、Ｂ施設は、バグフィルタを用いて燃し切り運転を行った施設の報告と同等レベル(6.06ng/N㎥)となっていた。これに対し、Ｃ施設はＢ施設と同等の設備に粉末活性炭の吹き込み設備を設けたものであり、Ｂ施設の1/10以下の値(0.16ng/N㎥)となっていた。これは、定常時よりも低い値であり、従来立下げ時に高濃度のダイオキシン類が排出されると言われていた事象を覆す結果となった。粉末活性炭の吹き込みにより、バグフィルタ表面で活性炭吸着層が形成され、これが立上げ・立下げ時のダイオキシン類吸着除去にも関与し、立上げ・立下げ時のダイオキシン類低減化に大きな効果をもたらしていた。特に、立上げ、立下げ時には排ガス量が少ないので、活性炭吸着層の通過速度が遅くなり、より高い吸着効果を引き出しているものと考えられた。

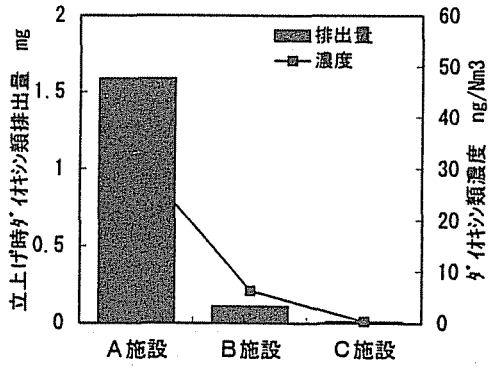


図３　立上げ時のﾀﾞｲｵｷｼﾝ類濃度と排出量

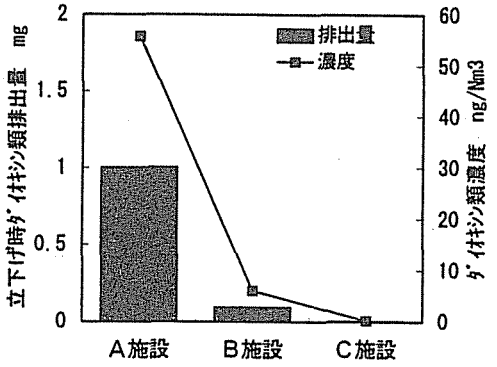


図４　立下げ時のﾀﾞｲｵｷｼﾝ類濃度と排出量

### 4.3 ダイオキシン類の排出量測定結果

各施設での立上げ、定常、立下げ時におけるダイオキシン類の測定結果および排出量の算定結果について表２に示した。ここでは、立下げ時のダイオキシン類の測定中において、ほぼ炎が無くなり、COも一定レベルで安定したので、夜間のダイオキシン類排出量については微量と判断し測定から除外した。従って、排出量の比較においても夜間の排出量は無視している。

図５は、Ｃ施設の日排出ダイオキシン類量を１としたときのＡ、Ｂ施設の日排出ダイオキシン類量を立上げ、定常、立下げ時の区分をして表示したものである。Ｂ施設のように、バグフィルタを用いて立上げ・立下げを含めた自動燃焼システムを導入し、二次燃焼を効率的に行うことによって、Ａ施設のような、電気集じん器を用いた従来の施設よりダイオキシン類の日排出量を約1/7程度に低減できていた。さらにＣ施設では、粉末活性炭吹き込みを行い早期立上げシステムを導入することによって、1/100以下にすることができていた。また、立上げ時、定常時、立下げ時に区分したダイオキシン類の低減効果は、Ａ施設に対して、Ｃ施設のような設備

を導入することにより、立上げ時約1/130、定常時約1/100、立下げ時約1/120、となっていた。

表２　各施設のダイオキシン類濃度測定結果と排出量の算定

| | | A　施　設 | B　施　設 | C　施　設 |
|---|---|---|---|---|
| 立上げ時 | ﾀﾞｲｵｷｼﾝ類濃度 | 88.37ng/Nm³ | 10.52ng/Nm³ | 1.31 ng/Nm³ |
| | 立上げ時間 | 60min | 50min | 30min |
| | 平均ガス量 | 12,000Nm³/h | 10,300Nm³/h | 11,900Nm³/h |
| | 排出ﾀﾞｲｵｷｼﾝ類量 | 1.06mg | 0.0903mg | 0.0078mg |
| 定常時 | ﾀﾞｲｵｷｼﾝ類濃度 | 31.8 ng/Nm³ | 6.3 ng/Nm³ | 0.31 ng/Nm³ |
| | 運転時間 | 12h | 12h 20min | 14h 10min |
| | 平均ガス量 | 24,000Nm³/h | 19,500Nm³/h | 21,300Nm³/h |
| | 排出ﾀﾞｲｵｷｼﾝ類量 | 9.158mg | 1.556mg | 0.0935mg |
| 立下げ時 | ﾀﾞｲｵｷｼﾝ類濃度 | 55.78ng/Nm³ | 6.06ng/Nm³ | 0.16ng/Nm³ |
| | 立下げ時間 | 180min | 150min | 80min |
| | 平均ガス量 | 12,000Nm³/h | 10,300Nm³/h | 11,700Nm³/h |
| | 排出ﾀﾞｲｵｷｼﾝ類量 | 2.008mg | 0.156mg | 0.0025mg |
| 焼却量 | | 48t | 60t | 45t |
| ﾀﾞｲｵｷｼﾝ類日排出量 | | 12.2mg | 1.8mg | 0.104mg |
| 焼却ごみt当たりのﾀﾞｲｵｷｼﾝ類排出量 | | 0.254mg/t | 0.031mg/t | 0.0023mg/t |

Ｃ施設のダイオキシン類日排出量を焼却ごみ1t当たりに換算してみると0.0023mg/tとなる。これは、間欠運転炉においてダイオキシン類を低減化した施設の測定結果としてこれまで報告[5]されている値である0.06mg/tという数値に比べ、1/20以下に低減されていることになる。また、0.1ng/Nm³～0.5ng/Nm³といったダイオキシン類濃度に管理している全連炉においても、焼却ごみ1t当たりのダイオキシン類排出量は0.0010mg/t～0.0045mg/t程度となるので、Ｃ施設の立上げ～立下げまでの間に排出される総ダイオキシン類排出量を、焼却ごみ1t当たりで換算した値が0.0023mg/tとなっていたことは、全連炉と同等のダイオキシン類の低減化ができていることを裏付けるものである。

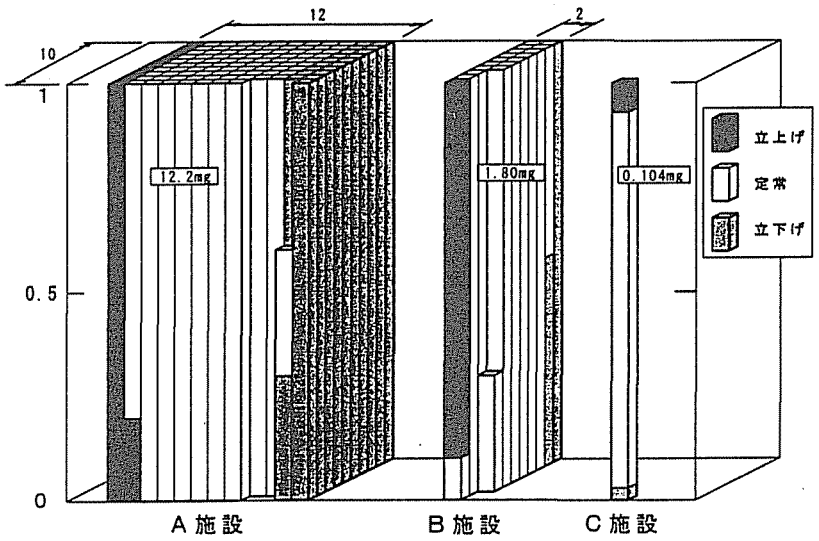


図５　Ｃ施設に対するＡ、Ｂ施設のﾀﾞｲｵｷｼﾝ類総排出量の比較

５．まとめ

1)　ファジィ制御を用いた立上げ・立下げ時の非定常操作の自動化、二次燃焼空気吹き込み方法のシミュレーション技術を用いた最適化、反応助剤(粉末活性炭)を用いたダイオキシン類吸着除去、バグフィルタ早期通ガスシステムの複合技術により、間欠運転炉にお

けるダイオキシン類の排出量を、全連炉と同等レベルまで低減できることが確認できた。

2) バグフィルタ早期通ガスシステム、粉末活性炭の吹き込み、立上げ・立下げの自動化により、間欠運転炉の立上げ・立下げ時のダイオキシン類濃度量を定常時のレベルまで低減できることが確認できた。

3) 当社の開発したダイオキシン類低減化複合技術により、間欠運転炉におけるダイオキシン類問題に対する活路が見い出された。

## 6．おわりに

ダイオキシン類の測定に当たり、A施設、B施設、C施設の皆様のご協力に深く感謝いたします。特にC施設においては、粉末活性炭吹き込み設備を仮設させていただき、実験にご協力下さった事、厚く御礼申し上げます。

## 参考文献

1) 平岡　正勝 ：『廃棄物処理におけるダイオキシン類の生成と制御』
廃棄物学会誌　Vol.1.No.1,P20～37　1990

2) 宮田，松藤他：『ファジィ制御を用いた都市ごみ焼却炉立上げ運転自動化』
日本機械学会環境工学総合シンポジウム　　'92講演論文集:1992

3) 古橋，宮田他：『数値計算を用いた焼却炉二次燃焼室排ガス混合シミュレーション』
第４回廃棄物学会研究発表会講　　演論文集:1993

4) 宮田，松山他：『反応助剤を用いたダイオキシン類の低減』
日本機械学会環境工学総合シンポジウム'96講演論文集:1996

5) 平岡，河上他：『機械化バッチ炉の有害物質の低減化』
第15回全国都市清掃研究発表会講演論文集:1994