

厚生労働科学研究費補助金  
食品・化学物質安全総合研究事業

臭素化ダイオキシン類に係る  
労働現場のリスク評価研究

平成14年度 総括・分担研究報告書

主任研究者 櫻井治彦

平成15年3月

# 目 次

## I. 総括研究報告

- 臭素化ダイオキシン類に係る労働現場のリスク評価研究 ..... 1  
櫻井 治彦

## II. 分担研究報告

- 第一編 焼却施設における作業環境中臭素化・臭素系ダイオキシン濃度  
及び塩素化ダイオキシン類濃度 ..... 9  
工藤 光弘、山田 周

- 第二編 血液中塩素化ダイオキシン類及び臭素化ダイオキシン類  
の高感度分析法の開発 ..... 57  
神山 宣彦

- 第三編 清掃工場労働者における臭素化ジフェニルエーテル  
の曝露状況 ..... 125  
小川 康恭

厚生労働科学研究費補助金（食品・化学物質安全総合研究事業）  
総括研究報告書

臭素化ダイオキシン類に係る労働現場のリスク評価研究

主任研究者 櫻井治彦 中央労働災害防止協会  
労働衛生調査分析センター

研究要旨

焼却処理施設における作業環境中臭素化・臭素系ダイオキシン濃度および塩素化ダイオキシン類濃度を測定し、これら施設における暴露の実態を把握し、現状における労働環境のリスク評価および周辺環境への影響予測に資するデータを得ること、個人暴露量を評価するために血液中臭素化ダイオキシン濃度定量法を確立すること、および工場労働者の臭素化ダイオキシン暴露を血液中臭素化ダイオキシン濃度により推定しリスク評価を行うことを目的として研究を実施し以下の知見を得た。

1. 臭素化・臭素系ダイオキシン類は、すべての焼却処理施設の環境空気サンプルから検出されたが、気中臭素化・臭素系ダイオキシン類濃度が塩素化ダイオキシン類の約 1/15 であったことから、今回対象とした焼却処理施設に従事する労働者の臭素化・臭素系ダイオキシン類への通常の職場環境中空气の吸入暴露による健康リスクは低いものと考えられた。

ガス相および粒子相別に気中臭素化・臭素系ダイオキシン類濃度を測定した結果では、これらの濃度が高かった 2 施設でガス相に臭素化・臭素系ダイオキシン類が認められた。従ってガス相に臭素化・臭素系ダイオキシン類が検出されるのは、全体の濃度が高い場合であると考えられた。

臭素化ダイオキシン類と臭素系ダイオキシン類を、ガス相と粒子相別に検討したところ、臭素化ダイオキシン類は大部分が粒子として存在した。臭素系ダイオキシン類は臭素化ダイオキシン類と比較して、ガス相での存在割合が大きかった。

飛灰中の臭素化・臭素系ダイオキシン類濃度（x）と、塩素化ダイオキシン類濃度（y）の関係は、 $y = 1.5x + 41$  で表された。すなわち臭素化・臭素系ダイオキシン類濃度は塩素化ダイオキシン類濃度の約 1/1.5 とやや低値であったが、塩素化ダイオキシン類と大きくは異なるレベルで存在することがわか

った。ただし飛灰中の臭素化・臭素系ダイオキシン類のほとんど100%を臭素系ダイオキシンが占めており、臭素化ダイオキシンは僅かであった。

焼却灰中の臭素化・臭素系ダイオキシン類は、ND. ~0.4ng/g と、ほとんど存在しないことが分かった。

同属体・異性体分布は、臭素化ダイオキシン類では、TeBDD、TeBDF、PeBDF、HxBDF、OBDF が検出され、臭素系ダイオキシン類は、種々の同属体・異性体が検出された。

これらの結果から、焼却処理施設での臭素化・臭素系ダイオキシン類ばく露は、臭素系ダイオキシン類ばく露が主体であり、暴露濃度は、塩素化ダイオキシン類への暴露に比較して一般に低値であることが推測された。

2. 血液中の臭素化ダイオキシン類分析法の確立に向け、今年度は基礎的検討を行った。まず検量線作成用標準試薬を調製しそれを測定した。次に実際試料として、臭素化ダイオキシンを経口投与したラットの臓器とウシ血液に臭素化ダイオキシン標準試薬を既知量添加した精度管理用標準動物血の分析を行った。更にヒト血液についても臭素化ダイオキシン類の分析を予備的に行った。現段階で一般人から四および五臭化物を検出したが、六および七臭化物は検出されていない。

3. 清掃工場労働者における臭素化ジフェニルエーテルの暴露状況を明らかにするために、清掃工場労働者15名について調査した。そのうち11人が飛灰曝露作業従事経験者であり、平均従事期間は12年半であった。塩素化ダイオキシンの血中濃度は平均的日本人の濃度範囲に入っていた。過剰曝露の可能性を示す証拠はなかった。飛灰曝露作業従事期間が、PCDD もしくは PCDF の血中濃度とは有意な相関を示さずコプラナーPCB の血中濃度と有意な相関を示した。

臭素化ジフェニルエーテルは全体としては飛灰曝露作業従事期間と有意な相関を示さなかった。塩素化ダイオキシンと臭素化ジフェニルエーテルの血中濃度間の相関関係では、コプラナーPCB と臭素化ジフェニルエーテルの間に高い相関関係が認められた。臭素化ジフェニルエーテル最高値の者の職歴・作業歴を他の者の職歴・作業歴と比較検討したところ不燃物処理を2年間経験していたことが異なっていた。

今回の結果から臭素化ジフェニルエーテルの主となる曝露源は飛灰以外であることを示唆していると考えられた。

## 分担研究者

工藤光弘（中央労働災害防止協会労働衛生調査分析センター副所長）

神山宣彦（独立行政法人産業医学総合研究所作業環境計測部長）

小川康恭（独立行政法人産業医学総合研究所作業条件適応研究部長）

## A. 研究目的

1. 焼却処理施設における作業環境中臭素化・臭素系ダイオキシン濃度および塩素化ダイオキシン類濃度を測定し、これら施設における暴露の実態を把握し、現状における労働環境のリスク評価および周辺環境への影響予測に資するデータを得ること

2. 個人の暴露量を評価するための、血液中臭素化ダイオキシン濃度定量法を確立すること

3. 工場労働者の臭素化ダイオキシン暴露を血液中臭素化ダイオキシン濃度により推定し、リスク評価を行うこと。平成14年度には、予備的研究として臭素化ダイオキシン生成の基質の一つである臭素化ジフェニルエーテルへの清掃工場作業者の暴露を、血液中臭素化ジフェニルエーテルおよび塩素化ダイオキシン濃度の定量により推定すること

## B. 研究の背景

家電製品の発火事故以来、家電製品、自動車、パソコン、家具等のプラスチックに、発火防止のための臭素化難燃剤が使用されるようになり、現在では

ほとんどのプラスチック製品に同難燃剤が使用されている。これら難燃剤由来の臭素化ダイオキシン類の毒性が注目されている。

プラスチック製品製造過程で加熱成型や研磨等を受けて臭素化難燃剤が変化して臭素化ダイオキシン類が発生する可能性が高い。また、塩素化ダイオキシン類のみ注目されているごみ焼却場において臭素化難燃剤が燃焼して臭素化ダイオキシン類が発生している可能性も高い。さらに、2001年4月から施行された家電リサイクル法により、臭素化難燃剤を含む家電製品がリサイクル処理工程を経て再使用されている。そのリサイクル処理工程においても臭素化ダイオキシン類が発生していないか懸念される。

これらのプラスチック製品の製造からリサイクル及び廃棄において非意図的に発生する可能性のある臭素化ダイオキシン類の毒性については、塩素化ダイオキシン類と同様の毒性があるといわれているものの、その実際はほとんど不明である。また、上記の各局面において臭素化ダイオキシン類の発生実態と機序、職業ばく露の実態、環境影響などの詳細な調査研究は十分なされているとはいえない。しかし、1998年にはWHOの国際化学物質安全評価計画（IPCS）から環境保健クライテリアとして「ポリ臭素化ダイオキシン類及びジペンゾフラン類—物性から健康影響まで—」が発刊

され、2001年には、アメリカEPAがダイオキシン類の定義の臭素化ダイオキシンを加える決議を行っている。このように国際的にも注目されている物質であり、暴露の実態、毒性の研究を推進し、リスクの判断に基づき、対策の必要性、方法等を明らかにしてゆく必要がある。

上記状況に鑑み、本研究は、プラスチック製品製造、リサイクル処理工場、廃棄物処理工場等で作業に従事する労働者を対象とした本物質によるばく露評価及び健康影響評価等に関連する調査研究を行い、労働者への健康影響を未然に防止するためのリスク評価を行うことを目的としている。

## C. 研究方法

1. 焼却施設における作業環境中臭素化・臭素系ダイオキシン濃度及び塩素化ダイオキシン類 (分担研究者 工藤光弘、山田周)

一般廃棄物焼却施設4施設、産業廃棄物焼却施設2施設、計6施設において、施設内および周辺空気中の、粉塵、臭素化・臭素系ダイオキシン濃度、塩素化ダイオキシン濃度、焼却灰および飛灰中の、臭素化・臭素系ダイオキシン濃度、塩素化ダイオキシン濃度を測定した。

2. 血液中塩素化ダイオキシン類および臭素化ダイオキシン類の高感度分析法の開発 (分担研究者 神山宣彦)

平成14年度には、血液中塩素化ダイオキシン類の高感度分析法を確立し、それを参考としながら、臭素化ダ

イオキシン類の分析法を検討した。特に血液中臭素化ダイオキシン類については、高感度化が可能な前処理装置を導入し、分析血液量の微量かについて検討した。又、臭素化ダイオキシン類を投与したラットの臓器を用いて、分析法の制度の確立を図った。

3. 清掃工場労働者における臭素化ジフェニルエーテルの暴露状況 (分担研究者 小川康恭)

家庭ごみを主として扱っている清掃工場において協力を得られた労働者15名(男性14名、女性1名)より、空腹状態で70ml採血、その後職歴・作業歴の聴取を行った。職歴・作業歴調査結果より飛灰暴露作業従事期間を算定した。収集した血液を用い塩素化ダイオキシン(PCDD、PCDF、コプラナーPCB)及びPBDEを測定した。塩素化ダイオキシンは塩素化ジベンゾジオキシン(PCDD)7種類、塩素化ジベンゾフラン(PCDF)10種類、コプラナーPCB12種類、そしてPBDEは25種類を測定した。

## D. 研究結果

1. 焼却施設における作業環境中臭素化・臭素系ダイオキシン濃度及び塩素化ダイオキシン類 (分担研究者 工藤光弘、山田周)

気中臭素化・臭素系ダイオキシン類濃度は、すべての施設で検出され、実測濃度で、 $0.1\sim 21.95\text{pg}/\text{m}^3$ であった。気中塩素化ダイオキシン類濃度は、実測濃度で、 $3.19\sim 333.65\text{pg}/\text{m}^3$ 、TEQ濃度で $0.03\sim 3.41\text{pg TEQ}/\text{m}^3$ であった。

臭素化・臭素系ダイオキシン類の毒性の強さが塩素化ダイオキシン類と同程度であるとする、気中臭素化・臭素系ダイオキシン類濃度が塩素化ダイオキシン類の約 1/15 であったことから、今回対象とした焼却処理施設に従事する労働者の臭素化・臭素系ダイオキシン類への通常の職場環境中空気の吸入暴露による健康リスクは低いものと考えられた。

ガス相（ポリウレタンフォームに捕集された相）、および粒子相（ろ紙に捕集された相）別に気中臭素化・臭素系ダイオキシン類濃度を測定した結果では、6 施設中 2 施設でガス相に臭素化・臭素系ダイオキシン類が認められた。これらの施設での気中臭素化・臭素系ダイオキシン類は、 $1.52\text{pg}/\text{m}^3$  以上であり、ガス相に臭素化・臭素系ダイオキシン類が検出されるのは、全体の濃度が高い場合であると考えられた。

臭素化ダイオキシン類と臭素系ダイオキシン類で分けてガス相と粒子相別に検討すると、臭素化ダイオキシン類は、ガス相が平均で、 $2.3 \pm 8.1\%$ 、粒子相が  $97.7\%$  と大部分が粒子として存在すると考えられた。一方、臭素系ダイオキシン類は、ガス相が  $12.3\%$ 、粒子相が  $87.7 \pm 13.5\%$  であり、臭素化ダイオキシン類と比較して、ガス相での存在割合が大きかった。

飛灰中の臭素化・臭素系ダイオキシン類濃度は、 $0.13 \sim 618.51\text{ng}/\text{g}$  であった。一方、焼却灰中の臭素化・臭素系ダイオキシン類は、ND.  $\sim 0.4\text{ng}/\text{g}$  と、

ほとんど存在しないことが分かった。特に、一施設では、高い臭素化・臭素系ダイオキシン類濃度が認められたが、その大部分を臭素系ダイオキシン類が占めていた。

飛灰中の臭素化・臭素系ダイオキシン類濃度（x）と、塩素化ダイオキシン類濃度（y）の関係は、 $y = 1.5x + 41$  で表された。すなわち臭素化・臭素系ダイオキシン類濃度は塩素化ダイオキシン類濃度の約 1/1.5 とやや低値であったが、塩素化ダイオキシン類と大きくは異なるレベルで存在することがわかった。ただし飛灰中の臭素化・臭素系ダイオキシン類のほとんど 100% を臭素系ダイオキシンが占めており、臭素化ダイオキシンは僅かであった。

同属体・異性体分布は、臭素化ダイオキシン類では、TeBDD、TeBDF、PeBDF、HxBDF、OBDF が検出され、臭素系ダイオキシン類は、種々の同属体・異性体が検出された。

これらの結果から、焼却処理施設での臭素化・臭素系ダイオキシン類ばく露は、臭素系ダイオキシン類ばく露が主体であり、暴露濃度は、塩素化ダイオキシン類への暴露に比較して一般に低値であることが推測された。

2. 血液中塩素化ダイオキシン類および臭素化ダイオキシン類の高感度分析法の開発（分担研究者 神山宣彦）

血液中の臭素化ダイオキシン類分析法の確立に向け、今年度は基礎的検討を行った。先ず、（1）本研究所で行っている血液中の塩素化ダイオ

キシソ類の分析手法と分析例を紹介した。次に、臭素化ダイオキシソ類の分析に関して、(2) 検量線作成用標準試薬を調製し、それを測定した、(3) 実際試料として、臭素化ダイオキシソを経口投与した動物(ラット)の臓器と(4) ウシ血液に臭素化ダイオキシソ標準試薬を既知量添加した精度管理用標準動物血の分析を行った。更に(5) ヒト血液についても臭素化ダイオキシソ類の分析を予備的に行った。現段階で一般人から四および五臭化物を検出したが、六および七臭化物は検出されていない。

来年度の予定としては、HRGC-MSでの臭素化ダイオキシソ類の定量性がまだ不十分であるので、先ずこの改善が最優先課題である。次に、微量分析に向け前処理方法を詳細に検討する。実際試料としては、臭素化ダイオキシソを経口投与した動物臓器のうち今年まだ測定できなかったものを引き続き測定して、動物体内での臭素化ダイオキシソ類の排出速度(半減期)について調べる。ヒト血液についても廃棄物作業者などについて臭素化ダイオキシソ類の測定を進める予定である。

### 3. 清掃工場労働者における臭素化ジフェニルエーテルの暴露状況(分担研究者 小川康恭)

今回調査できたのは清掃工場労働者15人で、そのうち11人が飛灰曝露作業従事経験者であった。平均従事期間は12年半で短くはなかった。塩素化ダイオキシソの血中濃度は平均的

日本人の濃度範囲に入っていた。過剰曝露の可能性を示す証拠はなかった。飛灰曝露作業従事期間が、PCDDもしくはPCDFの血中濃度とは有意な相関を示さずコプラナーPCBの血中濃度と有意な相関を示した。この結果は厚生労働省の全国調査の結果とは一致しなかった。

臭素化ジフェニルエーテルは全体としては飛灰曝露作業従事期間と有意な相関を示さなかった。塩素化ダイオキシソと臭素化ジフェニルエーテルの血中濃度間の相関関係では、コプラナーPCBと臭素化ジフェニルエーテルの間に高い相関関係が認められた。臭素化ジフェニルエーテル最高値の者の職歴・作業歴を他の者の職歴・作業歴と比較検討したところ不燃物処理を2年間経験していたことが異なっていた。

厚生労働省の全国調査においてコプラナーPCB血中濃度は飛灰曝露作業従事期間とは関連していなかった。臭素化ジフェニルエーテル血中濃度がコプラナーPCB血中濃度と密接に関連しているということは、臭素化ジフェニルエーテルの主となる曝露源は飛灰以外であることを示唆している。今回は1例だけであるため参考データの域を超えないが不燃物処理における難燃剤使用建材、プラスチック等の裁断による臭素化ジフェニルエーテル発生が臭素化ジフェニルエーテル曝露に寄与していることを示唆していると考えられた。



## E. 結論

1. 臭素化・臭素系ダイオキシン類は、すべての焼却処理施設の環境空気サンプルから検出されたが、気中臭素化・臭素系ダイオキシン類濃度が塩素化ダイオキシン類の約 1/15 であったことから、今回対象とした焼却処理施設に従事する労働者の臭素化・臭素系ダイオキシン類への通常の職場環境中空气の吸入暴露による健康リスクは低いものと考えられた。

ガス相および粒子相別に気中臭素化・臭素系ダイオキシン類濃度を測定した結果では、これらの濃度が高かった 2 施設でガス相に臭素化・臭素系ダイオキシン類が認められた。したがってガス相に臭素化・臭素系ダイオキシン類が検出されるのは、全体の濃度が高い場合であると考えられた。

臭素化ダイオキシン類と臭素系ダイオキシン類を、ガス相と粒子相別に検討したところ、臭素化ダイオキシン類は大部分が粒子として存在した。臭素系ダイオキシン類は臭素化ダイオキシン類と比較して、ガス相での存在割合が大きかった。

飛灰中の臭素化・臭素系ダイオキシン類濃度 (x) と、塩素化ダイオキシン類濃度 (y) の関係は、 $y = 1.5x + 41$  で表された。すなわち臭素化・臭素系ダイオキシン類濃度は塩素化ダイオキシン類濃度の約 1/1.5 とやや低値であったが、塩素化ダイオキシン類と大きくは異なるレベルで存在することがわかった。ただし飛灰中の臭素化・臭素系ダイオキシン類のほと

んど 100% を臭素系ダイオキシンが占めており、臭素化ダイオキシンは僅かであった。

焼却灰中の臭素化・臭素系ダイオキシン類は、ND. ~0.4ng/g と、ほとんど存在しないことが分かった。

同属体・異性体分布は、臭素化ダイオキシン類では、TeBDD、TeBDF、PeBDF、HxBDF、OBDF が検出され、臭素系ダイオキシン類は、種々の同属体・異性体が検出された。

これらの結果から、焼却処理施設での臭素化・臭素系ダイオキシン類ばく露は、臭素系ダイオキシン類ばく露が主体であり、暴露濃度は、塩素化ダイオキシン類への暴露に比較して一般に低値であることが推測された。

2. 血液中の臭素化ダイオキシン類分析法の確立に向け、今年度は基礎的検討を行った。先ず検量線作成用標準試薬を調製しそれを測定した。次に実際試料として、臭素化ダイオキシンを経口投与したラットの臓器とウシ血液に臭素化ダイオキシン標準試薬を既知量添加した精度管理用標準動物血の分析を行った。更にヒト血液についても臭素化ダイオキシン類の分析を予備的に行った。現段階で一般人から四および五臭化物を検出したが、六および七臭化物は検出されていない。

3. 清掃工場労働者における臭素化ジフェニルエーテルの暴露状況を明らかにするために、清掃工場労働者 15 名について調査した。そのうち 11 人が飛灰曝露作業従事経験者であり、平均従事期間は 12 年半であった。塩素

化ダイオキシンの血中濃度は平均的日本人の濃度範囲に入っていた。過剰曝露の可能性を示す証拠はなかった。飛灰曝露作業従事期間が、PCDD もしくは PCDF の血中濃度とは有意な相関を示さずコプラナーPCB の血中濃度と有意な相関を示した。

臭素化ジフェニルエーテルは全体としては飛灰曝露作業従事期間と有意な相関を示さなかった。塩素化ダイオキシンの臭素化ジフェニルエーテルの血中濃度間の相関関係では、コプラナーPCB と臭素化ジフェニルエーテルの間に高い相関関係が認められた。臭素化ジフェニルエーテル最高値の者の職歴・作業歴を他の者の職歴・作業歴と比較検討したところ不燃物処理を2年間経験していたことが異なっていた。

今回の結果から臭素化ジフェニルエーテルの主となる曝露源は飛灰以外であることを示唆していると考えられた。

F. 健康危険情報

特記すべきものはない。

G. 研究発表

なし

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし。

# 第1編 焼却施設における作業環境中臭素化・臭素系ダイオキシン濃度 及び塩素化ダイオキシン類濃度

工藤 光弘、山田 周  
中央労働災害防止協会  
労働衛生調査分析センター

## 1. 目的

近年、塩素化ダイオキシン（PCDDs / PCDFs / Co-PCB）は、豊能郡美化センター敷地内の土壌より高濃度の塩素化ダイオキシン類が検出されたとの厚生省（現 厚生労働省）の発表（平成 10 年 9 月）をうけ、塩素化ダイオキシン問題は、国民的関心事に発展し、その後、国民の健康確保の観点からダイオキシン類対策特別措置法（平成 11 年 6 月 法律第 105 号）が制定された。また、労働省（現 厚生労働省）は平成 10 年 9 月に豊能郡美化センター元従業員 92 名を対象として、塩素化ダイオキシンばく露に係る健康調査を実施した。その結果、血液中ダイオキシン濃度は、平均 84.8pg I-TEQ / g-fat（13.4～805.8pg I-TEQ）と周辺住民と比較して高いレベルであった。塩素化ダイオキシンは、一般廃棄物、産業廃棄物の焼却過程で発生し、特に 300～700℃付近の温度で最も発生しやすいことが知られている。このように職場環境は、塩素化ダイオキシンばく露のリスクを最も受けやすい分野と言える。

一方、ダイオキシン対策特別措置法では、附則 第 2 条で、政府は、臭素系ダイオキシンにつき、人の健康に対する影響の程度、その発生過程等に関する調査研究を推進し、その結果に基づき、必要な措置を講ずるものと定めている。

臭素化・臭素系ダイオキシン（PBDD/F, MoPBDD/F）は、臭素化難燃剤を含有した製品の燃焼から生成することが確認されており、また、人に対する有害性は、塩素化ダイオキシンと同程度と考えられているが、そのばく露の実態は明らかでない。そこで本調査研究では、焼却処理施設での作業環境中臭素化・臭素系ダイオキシン濃度を測定し、その実態を把握し、今の労働環境のリスク評価を行うことを目的として実施した。また、併せて塩素化ダイオキシンとの関連についても検討を加えた。

## 2. 調査対象及び方法

### 2.1 対象施設

調査対象施設の選定にあたっては、施設に対し最寄りの都道府県労働局を介して協力を要請した。対象とした施設一般廃棄物焼却施設 4 施設、産業廃棄物焼却施設 2 施設である。

また、調査対象施設、測定対象作業場所及び測定位置を表 2.1 に示した。

表 2.1 測定対象施設、測定対象作業場所及び測定位置

業種	施設 No.	測定対象場所	作業場 No.	測定位置
一般廃棄物	1401	地下1階	1	屋内
		焼却設備周辺	2	屋内
産業廃棄物	1402	焼却設備（キルン前）	1	屋内
		ホッパー後方	2	屋外
一般廃棄物	1403	灰だし	1	屋内
		焼却設備周辺	2	屋内
一般廃棄物	1404	灰だし	1	屋内
		焼却設備周辺	2	屋内
一般廃棄物	1405	焼却設備周辺	1	屋内
		飛灰処理	2	屋内
産業廃棄物	1406	灰だし	1	屋外
		焼却設備周辺	2	屋外

## 2.2 各施設の概要

平成13年度調査対象施設の概要を表 2.2 に一覧表として示した。以下に個別施設ごとの概要について示す。

表 2.2 調査対象施設の焼却方式の概要

施設 No.	炉数	燃焼形態	炉の種類	集じん機の種類	処理能力 (t/炉/日)	燃焼温度 (°C)	炉の設置年
1401	3	全連続焼却方式	流動床式	バグフィルター	46 t	850~950°C	平成14年12月
	1	全連続焼却方式	灰溶融炉	溶融バグフィルター	12 t	1200~1400°C	平成14年12月
1402	1	全連続焼却方式	ロータリー	サイクロン	166 t	970°C	昭和50年12月
1403	2	全連続焼却方式	ストーク式	電気集じん機	110 t	850°C	平成15年2月
1404	2	全連続焼却方式	ストーク式	バグフィルター	110 t	820°C	平成10年3月
1405	2	全連続焼却方式	反転ストーク式	バグフィルター	55 t	850~950°C	昭和60年10月
1406	1	全連続焼却方式	流動床式	バグフィルター	303 t	900°C	平成9年8月

### 1) 施設 No.1401

この施設は、一般廃棄物焼却施設で、労働者数は、正規職員が9人、協力会社職員が18人の計27人である。現在使用している焼却炉の設置は、平成14年12月で、焼却方式は全連続焼却方式流動床式及び灰溶融炉である。焼却炉数は、流動床式が3炉、灰溶融炉が1炉である。焼却能力は、流動床式が、1炉あたり46t/日で、灰溶融炉が12t/日である。焼却物は家庭ゴミ等でプラスチック類は分別収集されている。燃焼温度は、流動床式が850~950℃、灰溶融炉が1200~1400℃である。

日常的に行われる作業は、各機器の巡回点検、中央監視制御盤による運転状況の監視、中央制御室ITVモニターの監視である。

排ガス中ダイオキシン類濃度は、流動床式が0.018~0.024 ng TEQ/m<sup>3</sup>N (平成14年11月)である。

### 2) 施設 No.1402

この施設は産業廃棄物施設で、労働者数は、正規職員が13人、協力会社職員が3人の計16人である。現在使用している焼却炉の設置は、昭和50年12月で、焼却方式は、全連続焼却方式ロータリキルンである。焼却炉数は1炉で、焼却能力は166t/日である。焼却物は排水汚泥等で、分別収集は、特に行っていない。燃焼温度は970℃である。

日常的に行う作業は、燃焼状況の点検、排水汚泥をベルトプレスで脱水、コンベアベルトでロータリキルンへの投入、焼却、焼却灰のサンプリング、焼却灰をコンベアで灰ホッパーに貯蔵である。

排ガス中ダイオキシン類濃度は、0.000013 ng TEQ/m<sup>3</sup>N (平成14年3月)、作業環境中ダイオキシン類濃度はキルン操作室で、0.18 pg TEQ/m<sup>3</sup> (平成14年12月)である。

### 3) 施設 No.1403

この施設は、一般廃棄物焼却施設で、労働者数は、正規職員が21人である。現在使用している焼却炉の設置は、平成15年2月で、調査時には試運転中であった。正式な稼働は平成15年4月の予定である。焼却方式は、全連続焼却方式ストーカ式である。焼却炉数は2炉で、焼却能力は、1炉あたり110t/日である。焼却物は家庭ゴミ等で、ペットボトル等は分別収集されている。燃焼温度は、850℃以上である。

日常的に行われる作業は、機械室内巡視点検、各電動機の点検、運転状況等の監視である。

排ガス中ダイオキシン類濃度は、改造前の測定で0.21~0.37 ng TEQ/m<sup>3</sup>N (平成13年4月)、作業環境中ダイオキシン類濃度は幾何平均値で0.1~0.35 pg TEQ/m<sup>3</sup> (平成12年6月)である。

#### 4) 施設 No.1404

この施設は、一般廃棄物焼却施設で、労働者数は、正規職員40人である。現在使用している焼却炉の設置は、平成10年3月で焼却方式は、全連続焼却方式ストーカ式である。焼却炉数は2炉で、焼却能力は、1炉あたり110t/日である。焼却物は家庭ゴミ等で、ペットボトル等は分別収集されている。燃焼温度は、820℃である。

日常的に行われる作業は、各機器の目視点検、運転状況等の監視である。

排ガス中ダイオキシン類濃度は、0.24~0.42 ng TEQ/m<sup>3</sup>N (平成14年8月)、作業環境中ダイオキシン類濃度は0.065~0.13 pg TEQ/ m<sup>3</sup> (平成13年7月)である。

#### 5) 施設 No.1405

この施設は、一般廃棄物焼却施設で、労働者数は、正規職員が10人、協力会社職員が8人である。現在使用している焼却炉の設置は、昭和60年10月で焼却方式は、全連続焼却方式反転ストーカ式である。焼却炉数は2炉で、焼却能力は、1炉あたり55t/日である。焼却物は家庭ゴミ等で、特に分別収集は行っていない。燃焼温度は、850~950℃である。

日常的に行われる作業は、巡回点検日報に基づく日常点検、運転状況の監視である。

排ガス中ダイオキシン類濃度は、0.03 ng TEQ/m<sup>3</sup>N (平成15年1月)である。

#### 6) 施設 No.1406

この施設は、産業廃棄物焼却施設で、労働者数は、正規職員が9人、協力会社職員が8人である。現在使用している焼却炉の設置は、平成9年8月で焼却方式は、全連続焼却方式流動床式である。焼却炉数は1炉で、焼却能力は、1炉あたり303t/日である。焼却物は汚泥等である。不燃物は分別収集を行っている。燃焼温度は、約900℃である。

日常的に行われる作業は、廃棄物処理設備の運転・清掃(焼却前処理)、焼却設備の運転・管理、流動砂の管理、灰払い出しの管理(払い出し作業は外注業者)である。

排ガス中ダイオキシン類濃度は、0.00058 ng TEQ/m<sup>3</sup>N (平成13年9月)、作業環境中ダイオキシン類濃度は0.12 pg TEQ/ m<sup>3</sup> (平成14年2月)である。

### 2.3 調査項目

- 1) 気中粉じん濃度 (重量法)
- 2) 気中臭素化・臭素系ダイオキシン類濃度
- 3) 気中塩素化ダイオキシン類濃度
- 4) 焼却灰及び飛灰中臭素化・臭素系ダイオキシン類濃度
- 5) 焼却灰及び飛灰中塩素化ダイオキシン類濃度

## 2.4 試料の採取方法

### 1) 併行測定

屋内の任意の場所に併行測定点を設定し、臭素化・臭素系ダイオキシン測定用サンプラー、塩素化ダイオキシン測定用サンプラー及びローボリュームエアサンプラーをセットし、サンプリングを行った。サンプリング時間は、原則として6時間とした。

臭素化・臭素系及び塩素化ダイオキシン測定用サンプラー（PUF-HV 法）での試料の採取は、ハイボリュームエアサンプラーにフィルター（グラスファイバーろ紙、直径 110 mm、テフロンバインダー含有）とポリウレタンフォーム（PUF）を直列に装置できるダイオキシンサンプラー（柴田科学製）を使用し、約 500ℓ/min の流量でサンプリングした。

ローボリュームエアーサンプラー（LV 法）での試料の採取は、フィルター（グラスファイバーろ紙、直径 55 mm）を装着し、約 20～30ℓ/min の流量でサンプリングした。サンプリング時間は PUF-HV 法と同じである。

屋外での測定は、粉じんの発散が想定される任意の場所を選択し、サンプリングを行った。サンプリング時間は、屋内での測定のサンプリング時間と同じである。

### 2) 焼却灰及び飛灰の採取

各施設ごとに焼却灰と飛灰を各々300～400g 採取した。

## 2.5 臭素化・臭素系ダイオキシン類及び塩素化ダイオキシン類の同族体・異性体

測定対象とした臭素化・臭素系ダイオキシン類の同族体・異性体を表 2.3、塩素化ダイオキシン類の同族体・異性体を表 2.4 に示した。

表 2.3 測定対象とした臭素化・塩素化ダイオキシン

化合物	同族体・異性体
PBDD (ポリ臭素化ジベンゾ-パラ-ジチン)	2, 3, 7, 8-TeBDD 1, 2, 3, 7, 8-PeBDD 1, 2, 3, 4, 7, 8-/1, 2, 3, 6, 7, 8-HxBDD 1, 2, 3, 7, 8, 9-HxBDD 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9-OBDD TeBDDs PeBDDs HxBDDs HpBDDs OBDD
PBDF (ポリ臭素化ジベンゾフラン)	2, 3, 7, 8-TeBDF 1, 2, 3, 7, 8-PeBDF 2, 3, 4, 7, 8-PeBDF 1, 2, 3, 4, 7, 8-HxBDF 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpBDF TeBDFs PeBDFs HxBDFs HpBDFs OBDF
MoBCDD (1 臭素化・塩素化ジベンゾパラジチン)	2-MoB-3, 7, 8-TrCDD 1-MoB-2, 3, 7, 8-TeCDD 2-MoB-3, 6, 7, 8, 9-PeCDD 1-MoB-2, 3, 6, 7, 8, 9-HxCDD 1-MoB-2, 3, 4, 6, 7, 8, 9-HpCDD MoB-TrCDDs MoB-TeCDDs MoB-PeCDDs MoB-HxCDDs MoB-HpCDDs
MoBCDF (1 臭素化・塩素化ジベンゾフラン)	3-MoB-2, 7, 8-TrCDF 1-MoB-2, 3, 7, 8-TeCDF MoB-TrCDFs MoB-TeCDFs MoB-PeCDFs MoB-HxCDFs MoB-HpCDFs



表 2.4 測定対象とした塩素化ダイオキシン

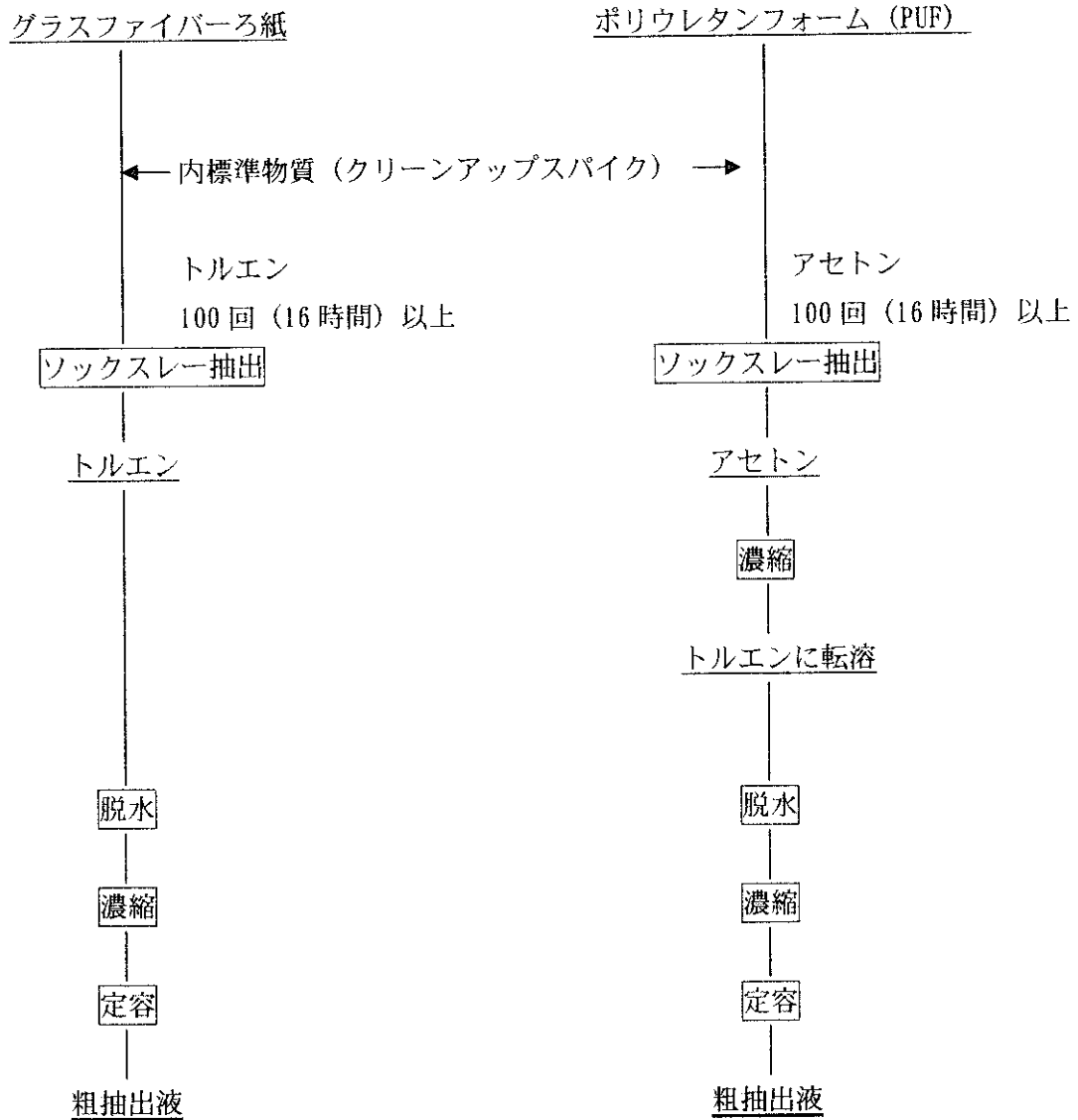
	化合物名	TEF 値
PCDD (ポリ塩化ジベンゾ-パラジオキシン)	2, 3, 7, 8-TCDD	1
	1, 2, 3, 7, 8-PeCDD	1
	1, 2, 3, 4, 7, 8-HxCDD	0.1
	1, 2, 3, 6, 7, 8-HxCDD	0.1
	1, 2, 3, 7, 8, 9-HxCDD	0.1
	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDD	0.01
	OCDD	0.001
	TeCDDs	—
	PeCDDs	—
	HxCDDs	—
	HpCDDs	—
	OCDD	—
PCDF (ポリ塩化ジベンゾフラン)	2, 3, 7, 8-TCDF	0.1
	1, 2, 3, 7, 8-PeCDF	0.05
	2, 3, 4, 7, 8-PeCDF	0.5
	1, 2, 3, 4, 7, 8-HxCDF	0.1
	1, 2, 3, 6, 7, 8-HxCDF	0.1
	1, 2, 3, 7, 8, 9-HxCDF	0.1
	2, 3, 4, 6, 7, 8-HxCDF	0.1
	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDF	0.01
	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9-HpCDF	0.01
	OCDF	0.0001
	TeCDFs	—
	PeCDFs	—
	HxCDFs	—
HpCDFs	—	
OCDF	—	
Co-PCB (ノンオルトコプラナ-PCB)	3,3',4,4'-TCB(#77)	0.0001
	3,4,4',5'-TCB(#81)	0.0001
	3,3',4,4',5'-PeCB(#126)	0.1
	3,3',4,4',5,5'-HxCB(#169)	0.01
Co-PCB (モノオルトコプラナ-PCB)	2,3,3',4,4'-PeCB(#105)	0.0001
	2,3,4,4',5'-PeCB(#114)	0.0005
	2,3',4,4',5'-PeCB(#118)	0.0001
	2',3,4,4',5'-PeCB(#123)	0.0001
	2,3,3',4,4',5'-HxCB(#156)	0.0005
	2,3,3',4,4',5'-HxCB(#157)	0.0005
	2,3',4,4',5,5'-HxCB(#167)	0.00001
	2,3,3',4,4',5,5'-HpCB(#189)	0.0001

TEF : ダイオキシン類あるいはダイオキシン類似化合物には多種類の化合物があり、それぞれの毒性の強度は異なる。このため、通常は多種類の混合物であるダイオキシンの毒性を把握するために、2, 3, 7, 8-TCDD の毒性の強度を 1 とし、個々の化合物の毒性強度を表した数値

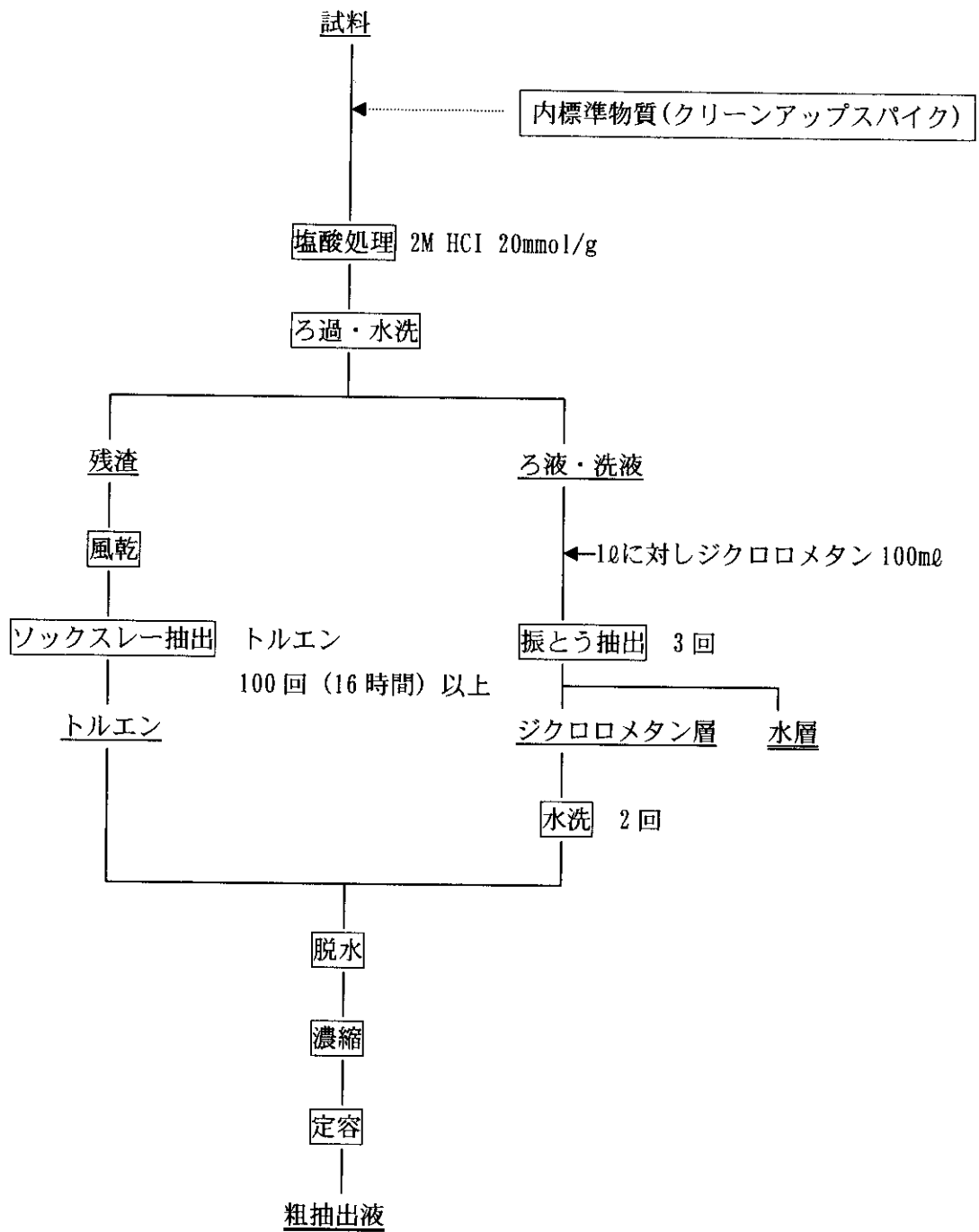
## 2.6 臭素化・臭素系ダイオキシン類の測定方法

・ グラスファイバーろ紙、ポリウレタンフォーム及び灰試料からの粗抽出方法。粗抽出液のクリーンアップ方法及びGC-MSの測定条件を以下に示した。

### 1) 作業環境試料の抽出方法



2) 灰試料の抽出方法



3) 粗抽出液のクリーンアップ方法 (臭素系ダイオキシン類)

