

1. タイトル

和 文：電気抵抗式溶融による飛灰処理技術の開発（第2報）

2. 執筆者

氏 名：明石哲夫，平岡英伸，中原啓介，仲屋 強（以上 ※1）
古角雅行（※2）

国 籍：日本

所属機関：※1；NKK，※2；東京都清掃局

3. キーワード

飛灰，溶融，電気抵抗式溶融，ダイオキシン類

4. 出典

第8回 廃棄物学会研究発表会講演論文集（1997）P. 635～637

5. アブストラクト

実用規模（24 t/d）の試験溶融炉において、全連続ストーカ式焼却炉の焼却灰と乾式EPにより捕集された飛灰を用いて、溶融試験した。

試験は焼却灰と飛灰をクリンカチャンネル処理した混合灰の溶融と非水洗飛灰の混合溶融をおこなった。

試験（排水洗飛灰の混合溶融で飛灰の混合率30%の場合）の結果を次表に示す。

表 ダイオキシン類濃度の測定例（試験B）

	項 目	単 位 (TEQ)	測 定 結 果
a	焼却灰	ng/g	1.2
b	飛灰	ng/g	3.4
c	スラグ	ng/g	0.01未満
d	メタル	ng/g	0.01未満
e	溶融飛灰	ng/g	0.25
f	溶融炉出口ガス	ng/Nm ³	0.41
g	燃焼室出口ガス	ng/Nm ⁴	0.63
h	煙突ガス	ng/Nm ⁵	0.057
	・溶融炉減少率（a～f）		99.8%
	・プラント減少率（a～e, f）		99.2%

本試験により、上表のとおりダイオキシン類の分解度は溶融炉において、99.8%、プラント全体でも99%以上分解していることを確認した。

1. タイトル

和 文：プラズマ式灰溶融炉を用いたストーカ飛灰の溶融

2. 執筆者

氏 名：山本 彰，松岡義人，戸村秀人，井出健一

国 籍：日本

所属機関：川崎重工業株式会社

3. キーワード

焼却飛灰，溶融，プラズマ式，ダイオキシン類

4. 出典

第9回 廃棄物学会研究発表会講演論文集（1998）P. 772～774

5. アブストラクト

ストーカ式焼却炉から発生する塩基度の異なる2種類の飛灰（消石灰噴霧なしのEP灰及び消石灰噴霧ありのバグフィルター灰（BF灰））単独の溶融試験を処理能力150kg/h（焼却灰），トーチ定格出力240kWのプラズマ式溶融炉で実施し、ダイオキシン類の分解等について調査した。試験は、1500℃で流動度が100%となるように、灰量の11%の珪砂を混合したBF灰（塩基度1.1）についておこない、次表に示すとおり、ダイオキシン類の分解が確認できた。

表 ダイオキシン類濃度

		単位	RUN-2
入	供試飛灰	ng-TEQ/g	0.85
	スラグ	ng-TEQ/g	N. D
	溶融飛灰	ng-TEQ/g	0.011
	排ガス	ng-TEQ/Nm ³	0.66

表 ダイオキシン類収支

		単位；%	RUN-2
入	供試飛灰		100
	スラグ		0
	溶融飛灰		0.23
	排ガス		0.31
	分解		99.46

上表に示すとおり、ダイオキシン類は、99%以上分解された。また、BF灰単独溶融の場合、溶融は可能であるが、連続出滓は困難で、塩基度調整剤により可能になった。

1. タイトル

和 文：高周波溶融炉による飛灰単独溶融処理

2. 執筆者

氏 名：森 隆之，徳倉勝浩，山本正樹（以上 ※1）
古角雅行（※2）

国 籍：日本

所属機関：※1；日本ガイシ株式会社，※2；東京都清掃局

3. キーワード

飛灰，溶融，高周波誘導式，ダイオキシン類

4. 出典

第8回 廃棄物学会研究発表会講演論文集（1997）P.642～644

5. アブストラクト

全連続燃焼式ストーカ炉の飛灰（乾式消石灰噴霧）を供試試料とし、溶融生成物の性状などの基本特性の解明には、小型実験設備（処理量約5kg/h）を、また、スケールアップ特性及び経済性の評価には中型実験処理（約30kg/h）を使用して、高周波溶融システムによる飛灰単独試験を実施した。

試験の結果、3.64 ng-TEQ/gの飛灰を（ND） ng-TEQ/g（定量下限値以下）のスラッグと、0.02～0.03 ng-TEQ/gの溶融飛灰に分解することができた（分解率は99%であった）。

1. タイトル

和 文：ダイオキシン類の分解技術の現状と展望

2. 執筆者

氏 名：川本克也

国 籍：日本

所属機関：(株) クボタ

3. キーワード

ダイオキシン類分解技術、汚染土壌、焼却残渣、汚泥

4. 出典

公害と対策 Vol. 27, No. 7, 1991 P. 617~627

5. アブストラクト

(本文献は現在までに研究・開発された各種のダイオキシン類の分解技術について整理し、今後のダイオキシン類対策を展望したものである。)

・ 焼却法

本方式は空気を供給しながら、主として高温でおこなわせる酸化反応によってダイオキシン類を分解処理する方法である。本方式には、次のようなシステムがある。

〈キルン式焼却装置〉 EPAでは、ダイオキシンによって汚染された土壌あるいは廃棄物を現場で焼却処理するために、ロータリーキルンを搭載した移動式焼却システムを用いて、ミズーリ州のダイオキシン汚染土壌に適用した試験結果によると、ロータリーキルン内の温度820℃~920℃、2次燃焼チャンバーの温度1,150~1,200℃、滞留時間2.5~3.2秒の条件で、TCDDについてDRE 99.9999%以上を達成している。

〈赤外線照明加熱システム〉 近赤外線照射によって2200℃以上に加熱することのできる電気炉を用いて、タイムズビーチの2,3,7,8-TCDD汚染土壌を処理し、土壌中、排ガス中ともに2,3,7,8-TCDDが不検出となる結果が得られている。(DRE 99.9999%以上)

・ 化学的分解法

〈アルカリ性ポリエレングリコールを用いた方式〉 本方式は、アルカリ性ポリエレングリコールと水酸化カリウムの反応によって生成したアルコキシルがダイオキシンの塩素原子と置換する反応を利用する方法で、汚染土壌中の300~2,200ppbのTCDDが最終的に1ppb以下(除去率99.4%以上)となった。

〈オゾン分解法〉 ダイオキシン類分解への本法への適用は、実験段階であるがTCDD 1~2 μg/lを溶解させた液状物での実験で93~99%の分解率を得た。

・ 光分解法 〈溶媒抽出/UV分解方式〉 固体中ダイオキシン類の分解処理技術の例として、ダイオキシン類汚染土壌の浄化を目的に、土壌をロータリーキル型の反応器で460~560℃に加熱してダイオキシンを気化、ついで有機溶媒に溶解させ、これに紫外線を照射して分解を行なった例がある。6時間の照射で99%が分解し、土壌中の2,3,7,8-TCDD濃度が1ng/gになったとしている。

1. タイトル

和 文：高濃度ダイオキシン類汚染物分解処理実証試験結果の概要
参考資料3, 2. 気相水素還元法
(厚生省平成10年度 実証試験)

2. 執筆者

氏 名：高濃度ダイオキシン類汚染物分解処理技術検討会

国 籍：日本

所属機関：厚生省生活衛生局水道環境部環境整備課

3. キーワード

ダイオキシン、還元性熱分解、気相水素還元法

4. 出典

高濃度ダイオキシン類汚染物分解処理技術マニュアル（参考資料3）P. 32～35
平成11年12月

5. アブストラクト

気相水素還元法は、ダイオキシン類等の有機化合物を無酸素水素雰囲気中、常圧下で850℃以上に加熱し、約1秒の反応時間で触媒を用いることなく分解・脱塩素する還元反応法である。本プロセスにより有機塩素化合物は塩化水素、メタン、一酸化炭素、二酸化炭素、水素、及び僅かなベンゼン等の低級炭化水素に分解される。塩化水素はNaOHで中和し、NaClとして回収される。

実証試験は、ストーカ式焼却炉の湿式ガス処理設備のプラスチック充填物等に含まれるダイオキシン類6,800ng-TEQ/gが、固形物用蒸発器に納めて加熱し、200～400℃の範囲を約0.3℃/minの割合で、系内圧力が3kPaを超えないように昇温し、その後ダイオキシン類を完全蒸発させるため700℃で4.4時間保持した結果、処理物のダイオキシン類の量は0.089ng-TEQ/gになった。

1. タイトル

和 文：高濃度ダイオキシン類汚染物分解処理実証試験結果の概要
参考資料3, 3. 還元雰囲気加熱処理方式
(厚生省平成10年度 実証試験)

2. 執筆者

氏 名：高濃度ダイオキシン類汚染物分解処理技術検討会

国 籍：日本

所属機関：厚生省生活衛生局水道環境部環境整備課

3. キーワード

ダイオキシン、還元性熱分解、飛灰

4. 出典

高濃度ダイオキシン類汚染物分解処理技術マニュアル（参考資料3）P. 36～38
平成11年12月

5. アブストラクト

飛灰中のダイオキシン類を酸素欠乏状態で加熱処理し、飛灰中の金属成分の触媒反応によって分解できることを利用して、飛灰を無害化する実証試験を実施した。

実証試験は、施設規模26.5 kg/h の還元性脱塩素熱分解装置を使用して、ダイオキシン類の量が11ng-TEQ/g の集じん灰を処理した。処理方法として ①装置内の窒素置換 ②200℃まで昇温 ③灰の投入 ④450℃まで昇温、その後、加熱器の器壁を400℃にコントロールして4時間処理（バッチ処理） ⑤排出 の手順で処理し、0.19 ng-TEQ/g までダイオキシン類を分解することができた。

1. タイトル

和 文：高濃度ダイオキシン類汚染物分解処理実証試験結果の概要
 参考資料 3, 5. 溶融抽出分解法
 (厚生省平成10年度 実証試験)

2. 執筆者

氏 名：高濃度ダイオキシン類汚染物分解処理技術検討会

国 籍：日本

所属機関：厚生省生活衛生局水道環境部環境整備課

3. キーワード

ダイオキシン分解技術, 汚染土壌, 溶媒抽出分解法

4. 出典

高濃度ダイオキシン類汚染物分解処理技術マニュアル (参考資料 3) P. 43~45

5. アブストラクト

本技術は溶媒抽出工程と分解工程から構成される。溶媒抽出工程では、溶媒を用いて汚染土壌中のダイオキシン類を抽出除去する。分解工程では抽出除去されたダイオキシン類に反応薬剤を添加し、脱塩素化反応させることにより、ダイオキシン類の無害化を図る。

試験は、大量試験に先立ち、5.1kgの汚染土壌試料を用いて試験条件決定のための1kg容量試験を行った。

- ・溶媒抽出工程：抽出槽に土壌を投入し、約60℃に加温した溶媒を土壌1kgに対し2Lの割合で加え20分間攪拌し、土壌中のダイオキシン類を抽出してから20分間静置した後、固液分離を行い、濃縮物は分解工程に供した。
- ・分解工程 (SPプロセス)：ダイオキシン類を含む濃縮物の全量を1Lの炭化水素系溶媒中に分散させ90℃に加熱した。この溶液に0.1kgの反応薬剤を加え攪拌しながら水素供与体としてアルコールを少量添加し、2時間保持してダイオキシン類の脱塩素化反応を行った。

以上の試験の結果、ダイオキシン類の濃度22ng-TEQ/gの汚染土壌を0.085 ng-TEQ/gの処理土壌とすることが確認できた。

1. タイトル

和 文：高濃度ダイオキシン類汚染物分解処理実証試験結果の概要
 参考資料 3, 4. 超臨界水分解法
 (平成10年度 実証試験)

2. 執筆者

氏 名：高濃度ダイオキシン類汚染物分解処理技術検討会

国 籍：日本

所属機関：厚生省生活衛生局水道環境部環境整備課

3. キーワード

ダイオキシン類分解技術, 超臨界水分解法, 土壤汚染, 集じん灰, 洗煙排水

4. 出典

高濃度ダイオキシン類汚染物分解処理技術マニュアル (参考資料 3) P. 39~43
 平成11年12月

5. アブストラクト

本分解方式は、高温高压水の溶解特性により固形物のダイオキシン類を抽出し、次いで超臨界状態で酸化剤を混入させ、ダイオキシン類を瞬時に分解する方式である。また液状物の処理の場合は、超臨界状態による分解のみで処理可能である。

実証試験は、汚染土壌、集じん灰、排ガス処理洗煙部残留水を試料とした。抽出試験の対象物質は土壌、集じん灰とし、これらについては抽出工程（抽出器）の運転条件を抽出温度300℃、抽出圧力20MPaのもとで抽出処理し、それぞれの抽出液を得た。

分解試験の対象物質は、抽出試験で得られた「土壌抽出液」、「集じん灰抽出液」、及び「洗煙部（水）残留水」とした。対象物質のいずれか一つを超臨界状態にし、これに酸化剤を加えてダイオキシン類を分解させた。冷却及び減圧により、無害化された分解液を回収した。発生したガス（主に二酸化炭素）は活性炭吸収管に通し、適切に処理した。運転条件は分解温度400℃、分解圧力25MPaとした。

実証試験の結果

汚染土壌については、65ng-TEQ/gが0.0022ng-TEQ/gの処理土壌に
 集じん灰については、9.0ng-TEQ/gが0.0005ng-TEQ/gの処理集じん灰に
 汚染水については、230ng-TEQ/Lが0.009ng-TEQ/Lの分解液に
 それぞれダイオキシン類の低減化が実証できた。

1. タイトル

和 文：BCDプロセスによるダイオキシン汚染土壌浄化とダイオキシン分解

2. 執筆者

氏 名：戸田久之，内田隆治(以上 ※1)
 宮村 彰，新村浩司，谷口 紳(以上 ※2)
 細見正明，村上昭彦(以上 ※3)，Cristoffer Rappe(※4)
 国 籍：
 所属機関：※1；荏原総合研究所，※2；荏原製作所，※3；東京農工大学
 ※4；Umea大

3. キーワード

土壌汚染，ダイオキシン類，修復技術，アルカリ触媒

4. 出典

第9回 廃棄物学会研究発表会講演論文集(1998) P. 980～982

5. アブストラクト

BCDプロセス(化学的脱塩素化分解法)を二段階に適用することで、ダイオキシンに汚染された土壌の浄化が可能であることを示すため、CNP及びPCB中に不純物として含まれるダイオキシン類の分解実験、ダイオキシン汚染土壌の浄化実験を行った。試料としたダイオキシン汚染土壌は、クロロアルカリ工場跡地土壌から採取したもので、本土壌中には6,800pg/g(乾燥土壌)のダイオキシン類を含んでいた。

フラスコに84gのダイオキシン汚染土壌をとり、2.1gのNaHCO₃を加え、十分にかき混ぜてマントルヒータで350℃または400℃で窒素気流下で処理した結果は、以下のとおりであった。

未処理土壌においては、2,3,7,8-TCDFが21000 pg/g、2,3,7,8-PeCDFが6900 pg/gが含まれていたが、350℃における処理土壌ではそれぞれ20 pg/g、6.1 pg/gに、400℃の処理ではそれぞれ0.58 pg/g、0.11 pg/gまで減少した。また、TEQ値は未処理土壌で6800 pg-TEQ/gであったが、処理後は4.7 pg-TEQ/g(350℃処理)、0.22 pg-TEQ/g(400℃処理)となった。すなわち、2,3,7,8-TCDFと2,3,7,8-PeCDFは99.99%以上、TEQ値についても99.997%の減少率が達成された。

本実験で、PCBやCNP中のダイオキシン類も、BCDプロセスにより完全に分解された。したがって、洗浄液等に回収されたダイオキシン類も同様に無害化処理が可能であることを示すものであり、本プロセスを二段階で適用することで、ダイオキシン汚染土壌浄化とダイオキシン無害化が達成されることになる。

1. タイトル

和 文：POPsの化学的分解処理技術

2. 執筆者

氏 名：細見正明

国 籍：日本

所属機関：東京農工大学

3. キーワード

POPs、PCB、ダイオキシン類、化学分解法、t-BuOk法、Pd/C法

4. 出典

廃棄物学会誌 Vol. 9, NO. 3, 1998 P. 235～246

5. アブストラクト

(本文献は、POPsの代表的な物質であるPCBとダイオキシン類の化学的分解処理技術について紹介されているもので、以下それらの技術のうち2種の技術について記載する。)

(t-BuOk (カリウム・ターシャリーブトオキサイト) 法)

本技術はPCBの塩素と反応しやすく、かつ、油に溶解しやすい有機金属化合物 t-BuOkをPCBの混入している油に添加し、加熱反応させることにより、PCBの塩素を無害なKCl等として除去する。PCBから塩素が脱離した後は、ブトオキサイト、OH又はHが入る。反応後の油は中和水洗することにより、未反応のt-BuOk、KCl除等が除かれ油の再利用が図られる。

本方式により低濃度PCB (反応初期濃度が200ppm以下が適当) のトランス油の処理の場合、PCBの初期濃度110ppmが処理後14ppbまで濃度を下げることができた。

また、ダイオキシン類も分解され、処理済油のPCDD, PCDFはNDであった。

(触媒水素化脱塩素化法 (Pd/C法+t-BuOk法))

本技術は、PCBをパラフィン系溶剤で希釈し、パラジウム/カーボン (Pd/C) 触媒の存在下、水素ガスとの接触による水素化塩素反応を行うことにより、PCBの塩素を塩化水素として除去する。

本方式は、高濃度PCB (反応初期濃度15%以下が適当) に適用可能であり、

① PCB初期濃度9%の液状廃PCBが、Pd/C法で処理後0.24ppmに

② PCB初期濃度9%の液状廃PCBが、(Pd/C+t-BuOk)法で処理後の0.049ppmに低減することができた。

なお、酸素のない状態での反応でありダイオキシン類の生成はない。

1. タイトル

和 文：高濃度ダイオキシン類汚染物分解処理実証試験結果の概要
参考資料3, 7. 光化学分解方式
(厚生省平成10年度 実証試験)

2. 執筆者

氏 名：高濃度ダイオキシン類汚染物分解処理技術検討会

国 籍：日本

所属機関：厚生省生活衛生局水道環境部環境整備課

3. キーワード

ダイオキシン類, 光化学分解, ダイオキシン汚染水

4. 出典

高濃度ダイオキシン類汚染物分解処理技術マニュアル (参考資料3) P. 50~52
平成11年12月

5. アブストラクト

光化学分解方式は、原水（汚染水）にオゾンを注入し同時に紫外線照射をおこない、それらの併用効果により難分解性のダイオキシン類を二酸化炭素、水、および無害な塩化物に分解する方式である。

実証試験では、2,600 ng-TEQ/Lの汚染水をUV/O₃反応塔へ移送し、注入オゾン濃度28~96 mg/NL, 排オゾン濃度1.3~19 mg/NL, pH 7~7.6, 水温18.5~32℃の運転条件で処理した結果、0.0023 ng-TEQ/L となった。

実証試験では、さらに後段に活性炭吸着、キレート吸着の設備をおき、最終処理水は0.0000031 ng-TEQ/L のデータを得た。

1. タイトル

和 文：高濃度ダイオキシン類汚染物分解処理実証試験結果の概要
参考資料3, 6. 触媒酸化法
(平成10年度 実証試験)

2. 執筆者

氏 名：高濃度ダイオキシン類汚染物分解処理技術検討会
国 籍：日本
所属機関：厚生省生活衛生局水道環境部環境整備課

3. キーワード

ダイオキシン類分解技術, 触媒酸化法, 洗煙排水

4. 出典

高濃度ダイオキシン類汚染物分解処理技術マニュアル (参考資料3) P. 46～49
平成11年12月

5. アブストラクト

触媒酸化処理は金属触媒とオゾンなどの酸化剤によりヒドロキシラジカルを発生させ、常温で水中のダイオキシン類を分解させる処理方式である。

実証試験は、排ガス処理洗煙部の残留水を処理対象とし、容量約20Lの酸化触媒カラムに触媒15Lを充填して行った。酸化剤にはオゾンガスを用いた。被処理水は水酸化ナトリウム水溶液を用いてpHを9に調整した後、カラム下部からオゾンガスと共に送液した。処理水のSV（空間速度）は1（L/h）とした。カラム通過後のオゾン残留ガスは残留オゾン濃度を測定し、オゾン分解触媒を用いて分解した後に排気した。

試験結果は、0.14ng-TEQ/Lの汚染水を触媒酸化後0.0034ng-TEQ/Lに処理することができた。

1. タイトル

和 文：ダイオキシン類の分解技術

2. 執筆者

氏 名：川本克也

国 籍：日本

所属機関：関東学院大学

3. キーワード

4. 出典

エネルギー・資源 Vol. 20, No. 1, 1999 P. 78～86

5. アブストラクト

（本文献は、ダイオキシン類の分解技術について最近の動向の中から、現在実用化されている技術をはじめとして、研究開発段階ではあるが、比較的注目を集めている分解技術を中心に、現状と今後の課題を述べられたものである。ここでは、微生物分解法について要約する。）

<微生物分解法>

ダイオキシン類を分解可能な微生物には、リグニンを分解資化する木材腐朽菌類として知られる白色腐朽菌などがある。白色腐朽菌のうち分解能力の高いものの代表は、*Phanerochaete chrysosporium*である。この菌などを用いて

- ・塩素化されていないジベンゾ-P-ダイオキシンが25日以内にほぼ完全に分解されること。
- ・2,7-DCDDを27日間で50%二酸化炭素まで分解できること。
- ・4～8塩素化ダイオキシン類10種類が2週間で50%以上分解されること。

など、欧米の研究例、国内の研究例が紹介されている。

1. タイトル

和 文：清掃工場の排水中のダイオキシン類実態調査

2. 執筆者

氏 名：片岡利泰
 国 籍：日本
 所属機関：(株)タクマ

3. キーワード

清掃工場、排水、汚水、ダイオキシン類

4. 出典

タクマ技報 Vol.7, No2, 1999 P.86～89

5. アブストラクト

某大都市大型ストーカ式焼却施設の排水処理設備において、約1年にわたり、4回各排水処理工程でのダイオキシン類の挙動について、調査した結果を報告する。

本設備は、主に灰冷却水であり、その他に床洗浄排水等を含むプラント排水と洗煙排水とに分けて、各々単独に処理を行っている。排水処理設備は、それぞれ凝集沈殿+砂ろ過処理をおこない、洗煙排水に関しては、さらにキレート樹脂吸着処理を行っている。洗煙処理における4回の調査の結果は次表のとおりであった。

		計量槽 (3)	凝沈出口 (4)	ろ過器出口 (5)	吸着塔出口 (6)
ダイオキシン類	pg-TEQ/L	1	52	0	0.13
		2	2400	2.3	28
		3	20	45	0.1
		4	520	85	0.02
SS	mg/L	1	110	< 2	< 2
		2	240	0.8	5.1
		3	29	9	8
		4	28	4.7	0.8

2回目の原水の濃度が高いのは、採水の数日前に洗煙系凝集沈殿槽にトラブルが発生し、槽内汚泥を清掃し、この汚泥を原水槽に入れたため、このような特殊な場合でも、吸着塔出口では、0.34pg-TEQ/Lであり、問題のない水質に処理されている。

注) 1. 表中、1(1997年8月)、2(1997年12月)、3(1998年3月)、4(1998年10月)である。
 2. 実測値が測定下限の場合、換算濃度、毒性等量は0とした。

SS濃度とダイオキシン類濃度との相関関係は見られず、焼却炉の燃焼状態により、発生するダイオキシンの量の変動し、洗煙排水中の濃度に影響していると考えられる。

さらに、ダイオキシン類を削減する対策としては、砂ろ過器を2段階に設置する方法、活性炭吸着塔を設置する方法、高度な膜処理法等が考えられ、これらは、ともにSSの除去を主眼とするものである。

また、ダイオキシン類を分解して無害化する方法としては、促進酸化法のように紫外線や過酸化水素、オゾン等を用いて酸化分解する方法や超臨界水を用いて分解する方法等が現在実用に向けて研究されている。

表 4-2-1 廃棄物焼却処理残渣物のダイオキシン類低減化技術に関する文献リスト

〔出典欄「全」：全国都市清掃研究発表会講演論文集の略
「廃」：廃棄物学会研究発表会講演論文集の略〕

No	出典		題目	発表者			
1	1991	公害と対策 Vol. 27, No. 7 P. 617~627	ダイオキシン類の分解技術の現況と展望	川本克也			
2	1992	第3回：廃 8-3	飛灰溶融	クボタ			
3	1994	P P M 1994/1 P. 23~	溶融法による飛灰処理技術と実際例	木村哲雄 他			
4		廃棄物学会誌 Vol. 5, No. 1 P. 3~7	ごみ焼却飛灰の性状と処理技術の展望	平岡正勝 他			
5	1995	第16回：全	Ⅲ-5-5	都市ごみ焼却灰のワイントチ式プラズマ溶融	日立造船		
6			Ⅲ-5-10	スリムベスト推進研究その他(飛灰の溶融実験)	玉川大 他		
7			Ⅲ-5-16	ごみ焼却残渣のアーク溶融試験の概要(第2報)	大同特殊鋼		
8			第6回：廃	9-1	電気溶融炉による焼却飛灰の溶融	大阪工業技術研究所	
9		9-2		プラズマ式溶融焼却機の運転結果	松山市 他		
10		9-3		特別管理一般廃棄物(飛灰)のプラズマ溶融実験	荏原製作所		
11		9-4		高周波溶融炉による飛灰の無害化処理	日本ガイシ 他		
12		9-5		焼却飛灰の溶融処理に関する実証試験と熱力学的考察(第1報)	新日本製鉄 他		
13		9-6		アーク溶融による飛灰処理技術の開発	大同特殊鋼 他		
14		9-9		コックスヘッドを用いた都市ごみ中間処理物の無害化処理	石川島播磨重工		
15		9-10		飛灰の溶融処理における排ガス処理	石川島播磨重工		
16		9-11		プラズマ溶融炉による焼却灰・ばいじんの溶融	タクマ 他		
17		9-12		ごみ焼却残渣のアーク溶融試験の概要(第4報)	大同特殊鋼		
18		9-13		焼却灰のガス焚き表面溶融炉	タクマ 他		
19		9-14		特別管理一般廃棄物(飛灰)処理技術の開発	東京都清掃局		
20		9-15		飛灰処理設備での有害物質除去特性	三井造船 他		
21		9-24		溶融飛灰のフェライト化処理	荏原製作所		
22		9-27		廃棄物溶融スラグの溶出試験方法と溶出特性	長岡技術科学大		
23		1996		第17回：全	Ⅲ-4-7	灰溶融炉排出物の性状調査	日立造船
24					Ⅲ-4-8	焼却灰溶融スラグの腐蝕性調査	我孫子市 他
25					Ⅲ-4-10	ごみ焼却灰溶融スラグの性状	NKK
26			Ⅲ-4-11		電気抵抗式溶融炉によるごみ焼却灰の溶融処理	NKK	
27	Ⅲ-5-6		ごみ焼却灰のフェライト化による無害化		新明和工業		
28	Ⅲ-5-17		乾式脱塩飛灰の低融点化		日立造船		
29	Ⅲ-5-24		飛灰処理設備における有害物質除去特性		三井造船		
30	第7回：廃		9-1	飛灰・焼却灰混合溶融処理技術の開発	東京都清掃局		
31			9-3	直流電気抵抗式灰溶融炉による流動床式焼却炉飛灰の資源化(溶融実証運転)	神奈川県 他		
32			9-4	飛灰の直流電気抵抗式溶融炉における電気化学的反応の効果	石川島播磨重工		
33			P. 9-6	電気抵抗式溶融による飛灰処理技術の開発	NKK 他		
34			P. 9-7	コックスヘッドによる都市ごみ焼却灰の溶融処理	石川島播磨重工 他		
35			9-8	プラズマ炉及び電気抵抗炉による飛灰溶融	タクマ 他		
36			9-9	プラズマ式溶融炉を用いた飛灰処理技術に関する研究	川崎重工 他		

No	出典		題目	発表者		
37	1996	第7回：廃	9-10	プラズマ式溶融炉による飛灰混合溶融処理について	荏原製作所 他	
38			P. 9-11	窒素プラズマによる特別管理一般廃棄物の溶融処理	タクマ 他	
39			9-12	飛灰および焼却灰のプラズマ溶融試験	神戸製鋼所 他	
40			P. 9-13	アーク式飛灰混合溶融における溶融条件と物質挙動	大同製鋼所	
41			9-15	溶融炉操業条件と重金属類挙動の関係について	神戸製鋼所	
42			9-16	高周波溶融処理による飛灰中重金属の挙動調査	日本ガイシ 他	
43			9-17	焼却灰・飛灰の溶融処理における重金属及び塩類の挙動	三菱重工業 他	
44			9-18	焼却飛灰の溶融処理に関する熱力学的考察(第2報)	新日本製鉄 他	
45			9-19	都市ごみ焼却灰プラズマ溶融生成物の特性	日立造船 他	
46			9-20	溶融スラグの流動性と重金属溶出挙動に関する検討	三井造船	
47			9-21	飛灰を含む高食水焼却残渣の溶融処理	クボタ 他	
48			10-6	溶融スラグの溶出試験について	千葉県	
49			10-7	ごみ焼却残渣溶融スラグの安定化技術に関する研究	川崎重工業	
50			10-8	スラグ溶融条件の溶出特性に及ぼす影響について	東京都清掃局	
51			10-9	溶融スラグの重金属の溶出特性に及ぼすアルカリ成分の影響	長岡技術科学大 他	
52			10-10	焼却灰・都市ごみ溶融スラグの成分溶出機構に関する研究	北海道大	
53			10-11	溶融炉運転条件とスラグの重金属溶出特性について	荏原製作所 他	
54			1996 3月5～ 8日)	廃棄物焼却残渣の循環処理技術に関するセミナー (財)廃棄物研究財団主催	回転式表面溶融炉による灰溶融処理	クボタ
55			1997	第18回全	II-5-11	プラズマ溶融炉による焼却灰と飛灰の溶融
56	II-5-16	電気抵抗式灰溶融炉による焼却灰と飛灰の混合溶融試験			京都市 他	
57	II-5-17	電気抵抗式灰溶融炉による焼却灰溶融試験			京都市 他	
58	第8回：廃	17-2		酸素バーナによるごみ焼却飛灰溶融試験の概要(第1報)	大同特殊鋼	
59		17-4		流動床ごみ飛灰の溶融無害化	パプコック日立	
60		17-5		直流電気抵抗式灰溶融炉による実証試験	伊東市 他	
61		17-6		コクスベット式溶融炉の廃棄物処理施設への適用に関する検討	石川島播磨重工 他	
62		17-7		コクスベット式灰溶融炉における RDF 添加試験について	石川島播磨重工 他	
63		17-8		プラズマ式灰溶融炉を用いた飛灰処理技術に関する検討	川崎重工 他	
64		17-11		電気抵抗式溶融による飛灰処理技術の開発(第2報)	NKK 他	

No	出典		題目	発表者		
65	1997	第8回：廃	17-12	飛灰の溶融固化施設の実機運転について	ABB 他	
66			17-13	高周波溶融炉による飛灰単独溶融処理	日本ガイシ 他	
67			17-14	飛灰および焼却灰のプラズマ溶融試験(2)	神戸製鋼所 他	
68			17-17	黒鉛電源プラズマ溶融炉によるごみ焼却残渣の溶融	タクマ 他	
69			17-18	スラグ排出型ロータリーケルンによる焼却灰と飛灰等の混合溶融処理	住友重機械工業 他	
70			17-22	プラズマ灰溶融炉による都市ごみ飛灰混合溶融試験	三菱重工業 他	
71			17-23	焼却灰溶融熱源としてのプラスチックごみの利用	クボタ 他	
72			17-24	溶融プロセスにおける低沸点重金属類とダイオキシン類の挙動	クボタ 他	
73			17-25	灰溶融技術開発の現状と残された課題	東京都	
74				廃棄物学会誌	Vol. 8, No. 4 P. 322~335	ダイオキシン類の発生抑制と環境リサイクルコントロール
75	1998	第19回：全	II-2-8	廃棄物溶融スラグの溶出特性	NKK 他	
76			II-4-9	飛灰混合溶融スラグのスラグ溶出特性に及ぼす影響	東京都 他	
77			II-5-4	飛灰混合溶融実機試験	大宮市 他	
78			II-5-7	プラズマ溶融炉による焼却灰と飛灰の溶融(その2)	タクマ	
79			II-5-9	表面溶融炉の溶融特性調査について	タクマ	
80			II-5-11	飛灰中ダイオキシン加熱脱塩素化装置の運転実績	松戸市 他	
81			II-5-17	バーナ式溶融炉によるごみ飛灰のスラグ化	パブコップ日立	
82			II-6-3	都市ごみ流動床焼却+プラズマ溶融システム運転状況	神戸製鋼所	
83			第9回：廃	16-6	スラグ粒子径の溶出特性に及ぼす影響について	東京都
84				16-7	一般廃棄物焼却灰溶融スラグ中の鉛の形態と溶出	広島県 他
85		16-8		溶融スラグからの重金属の溶出特性(その2)	三井造船	
86		24-6		飛灰中ダイオキシン類の分解挙動に関する研究	三井造船	
87		24-7		飛灰中ダイオキシンの熱分解処理について	川崎重工業	
88		P. 24-8		飛灰中のダイオキシン類除去装置の長期運転結果	三井造船 他	
89		24-11		電子線照射によるダイオキシン類の分解	資源環境技術総研 他	
90		24-12		過熱水蒸気による飛灰中の有機塩素化合物の分解実験	大阪市 他	
91		25-2		飛灰混合溶融炉の実証試験	三菱重工業 他	
92		25-3		酸素バーナによるごみ焼却飛灰溶融試験の概要(第2報)	大同特殊鋼	
93		25-4	プラズマ式灰溶融炉を用いたスラグ飛灰の溶融	川崎重工業		
94		25-5	25 t/日プラズマ溶融炉の運転実証	タクマ		
95	25-6	飛灰溶融時の重金属類の揮発挙動	神戸製鋼所 他			
96	30-9	BCDプロセスによるダイオキシン汚染土浄化とダイオキシン分解	荏原製作所 他			
97		廃棄物学会誌	Vol. 9, No. 3 P. 235~246	POPsの化学的分解処理技術	細見正明	
98		廃棄物学会誌	Vol. 9, No. 7 P. 496~508	新処理技術を組み合わせたシステムの検討	中村一人	
99	1999	第20回：全	II-5-10	電気抵抗式溶融炉による飛灰単独溶融	タクマ	
100			II-5-14	焼却設備捕集灰(EP圧)による溶融試験	大阪市 他	

No	出典		題目	発表者	
101	1999	第20回：全	II-5-15	飛灰混合溶融実績試験(第2報)	大宮市 他
102			II-5-18	飛灰中ダイオキシンの熱分解処理について	川崎重工業
103			II-5-19	表面溶融炉の運転実績	タクマ
104			II-6-7	黒鉛電極式プラスマーク炉による飛灰混合溶融実証	横浜市 他
105			II-6-8	飛灰単独溶融炉実証報告	神戸製鋼所
106		第10回：廃	B10-9	焼却飛灰の加熱処理	千葉県 他
107			B11-1	八王子市戸吹清掃工場電気抵抗式灰溶融稼働状況	八王子市 他
108			B11-2	25t/日プラスマ溶融炉の運転実証	タクマ
109			B11-3	プラスマ式灰溶融炉における飛灰混合溶融	松山市 他
110			B11-4	酸素バーナによるごみ焼却飛灰溶融溶融試験の概要(第3報)	大同特殊鋼
111	B11-6		下水乾燥汚泥と焼却灰の混合溶融スラグ化	Js 日本下水道事業団 他	
112	B11-7		飛灰混合溶融におけるスラグ中のPb含有量の低減	荏原製作所 他	
113	B11-8		灰溶融処理における重金属放出挙動と対策技術	岐阜大	
114		C10-1	白色腐朽菌による飛灰中ダイオキシン類の分解	九州大 他	
115		エネルギー・資源 Vol. 20, No. 1 P. 78~86	ダイオキシン類の分解技術	川本克也	
116	1999 (3月5日)	新技術発表会 (環境計画センター主催)	飛灰中ダイオキシン類の除去技術	板谷真積	
117	1999	タクマ技報 Vol. 7, No. 2 P. 86~89	清掃工場の排水中のダイオキシン類実態調査	片岡利泰	
118	1999	高濃度ダイオキシン類汚染物分解処理技術マニュアル(参考資料3) 平成11年12月	高濃度ダイオキシン類汚染物分解処理実証試験結果の概要	厚生省	
119	2000	ダイオキシン類削減に係る技術管理者等講習会テキスト 平成12年3月	ダイオキシン類対策特別措置法の概要	厚生省	

4.2.2 焼却残渣物のダイオキシン類低減化技術の概要

低減化技術の概要

文献調査によって得られた残渣物のダイオキシン類低減化技術の概要を一覧表としてまとめたものが表4-2-2である。

本表は発表された文献に記載された内容から、主な事項のみ抜粋したものである。

主な低減化技術方式について

表4-2-2にまとめた低減化技術のうち、主な技術方式についてその内容を以下に示す。

1) 熔融方式

(1) 原理

焼却灰等の熔融温度(1,300℃前後)以上に加熱し、ダイオキシン類を熱分解する。固形処理物は熔融スラグ、熔融飛灰、排ガス(CO₂, H₂O, HCL等)となる。

(2) 適用可能物

固形状物(焼却灰, 飛灰, 汚泥等)

(3) 特徴

- ・ 比較的大規模な処理が可能、熔融スラグはダイオキシン類をほとんど含有せず、また、重金属の溶出等の問題が少ない。
- ・ 高度な排ガス処理装置(バグフィルタ, 洗煙装置, 活性炭吸着塔等)が必要となる。
- ・ 鉄分, セラミック分, 飛灰等の比率が高い場合に熔融困難となる傾向がある。
- ・ 発生する熔融飛灰は重金属類を多く含むため、無害化処理装置が必要である。

(4) 前処理の必要性

- ・ 鉄分, 水分, 粒径等の調整が必要な場合がある。
- ・ 熔融の高い処理物の場合は、塩基度調整剤(炭酸カルシウム等)の添加が必要な場合がある。

表4-2-2 焼却処理残渣物のダイオキシン類低減化に関する主な技術の概要一覧

No.	技術方式	技術種別	処理の対象				技術の概要										備考
			焼却灰(主灰)	飛灰	洗煙排水	汚泥	原理	熱源	処理条件(温度例)	処理時間例	処理実績例	文献No.	被処理物の変化	方式の特徴			
1	溶融	表面溶融(固定式, 回転炉式, キルン式)	○	○		○	灰等が溶融する温度(1300℃前後)に加熱しダイオキシン類を熱分解する。	油	炉1320~1340℃		焼却灰1.1飛灰4.1ng-TEQ/g混合灰を処理し、0.00027ng-TEQ/gの溶融スラグ、0.0082ng-TEQ/gの溶融飛灰に。排ガスは0.022ng-TEQ/m ³ Nに	4-2-1	溶融スラグ、溶融飛灰、排ガス(CO ₂ , H ₂ O, HCl等)となる。	大規模処理可能、鉄分、水分、寸法等の調整が必要な場合がある。(汚泥は乾燥が必要な場合もある)溶融飛灰の処理が必要である。			
		コークスベッド	○	○		○		コークス	炉1700~1800℃		焼却残渣1.2ng-TEQ/gを溶融処理した場合、排ガス中濃度0.035ng-TEQ/m ³ Nに	4-2-2					
		旋回流	○	○		○		油、ガス等	炉1400~1500℃	~1秒	飛灰の2.8及び11ng-TEQ/gが0.0012及び0.0014ng-TEQ/gのスラグに	4-2-3					
		酸素バーナ		○				油、ガス等	炉1600℃ 火炎2000℃	~1秒	飛灰3.0ng-TEQ/gを処理し、0.00019ng-TEQ/gの溶融スラグと0.012ng-TEQ/gの溶融飛灰に	4-2-4					
		アーク	○	○		○		電気	炉1300~1600℃ 7~3000~5000℃		焼却灰・飛灰混合2.5ng-TEQ/gを処理し、スラグがND、溶融飛灰が0.003ng-TEQ/gに	4-2-5					
		電気抵抗	○	○		○		電気	炉1400~1500℃		焼却灰1.2飛灰3.0ng-TEQ/g混合灰を処理し、<0.01ng-TEQ/gの溶融スラグと0.25ng-TEQ/gの溶融飛灰に	4-2-6					
		プラズマ	○	○		○		電気	炉1350~1550℃ プラズマ10000~20000℃		飛灰0.85ng-TEQ/g処理し、(ND)ng-TEQ/gの溶融スラグと0.011ng-TEQ/gの溶融飛灰に	4-2-7					
		誘導	○	○		○		電気	炉1400~1450℃		飛灰3.64ng-TEQ/g処理し、(ND)ng-TEQ/gの溶融スラグと0.025ng-TEQ/gの溶融飛灰に	4-2-8					
2	高温焼却	キルン	○	○		○	高温(1100℃前後)でダイオキシン類を酸化雰囲気中で熱分解する。	油	炉820~920℃ 2次燃焼1150~1200℃	2次燃焼 2.5~3.2秒	EPA方式移動型、汚染土壌、効率TCDDで(DRE)99.9999%以上	4-2-9	残渣(焼却灰、飛灰)と排ガス(CO ₂ , H ₂ O, HCl等)となる。	大規模処理可能、固形状、液状等適用範囲広い。排ガスの量が多いため処理装置が大きくなる。			
		赤外線	○	○		○		電気	2200℃以上		汚染土壌処理、土壌、排ガス中ともに2,3,7,8-TCDD不検出に	4-2-9					
3	還元性熱分解	気相水素還元	○	○		○	酸素欠乏状態(窒素・水素置換等)で外部から熱を加えて脱塩素化する。400℃前後で処理する場合と900℃前後の場合がある。	ガス等	反応室850℃	1秒	汚染物6800ng-TEQ/gが0.089ng-TEQ/gに	4-2-10	残渣、凝縮液(H ₂ O, HCl等)、排ガス(CO ₂ , H ₂ O等)となる。	温度低いときはコスト的に有利でコンパクトな装置に出来るが高効率処理には不向き。温度高くすると高効率処理可能だが排ガス処理が複雑になる。			
		無酸素還元	○	○		○		電気、ガス、油等	加熱器400℃	4時間	飛灰11ng-TEQ/gを処理し、0.19ng-TEQ/gに	4-2-11					
4	化学分解	アルカリ触媒(BCD法)	○	○		○	化学薬品(固体、液体、気体状の薬品について多くの提案あり)を用いて脱塩素化する。固形物中のダイオキシン類は洗浄・抽出した後処理する。	油	液温350℃	10~12時間	汚染土壌6.8ng-TEQ/gを0.0047ng-TEQ/gに	4-2-12	残渣、排水(廃溶媒、塩化物等)、排気(CO ₂ , H ₂ O, H ₂ , CH ₄ 等)となる。	温度低いためコスト的に有利、薬剤の循環利用により高効率処理可能だがその分時間が必要である。			
		カリウム・ターシャリー・ブトキシド(t-BuOK法)	○	○		○		電気、ガス、油等	液温250℃	8分	トランス油PCB110ppmで処理油PCB14ppbに、PCDD、PCDFはND	4-2-13					
		触媒水素化	○	○		○		電気、ガス、油等	液温180℃	310分	PCB9%を0.24ppmに	4-2-13					
		金属ナトリウム分散体	○	○		○		電気、ガス、油等	液温90℃	2時間	汚染土壌22ng-TEQ/gを処理土壌0.085ng-TEQ/g、抽出溶媒を0.000055ng-TEQ/lに	4-2-14					
		アルカリ性ホリエレンケリコル法	○	○		○		電気、ガス、油等	液温100~180℃	1~5時間	汚染土壌300~2200ppbのTCDDが1ppb以下に 廃油150~84000ppbが1ppt以下に	4-2-9					
		オゾン分解		○				不要	液温20℃	1時間	2,3,7,8-TCDD1~2μg/lの液状廃棄物、効率93~99%	4-2-9					
5	超臨界水酸化分解		○		○	超臨界水の持つ有機物に対する溶解性、分解性を利用してダイオキシン類を分解する。	電気、ガス、油等	液温400℃(250気圧)	30分	汚染水230ng-TEQ/lを処理、0.009ng-TEQ/lに	4-2-15	残渣、排水(H ₂ O, HCl等)、排気(CO ₂ , H ₂ O等)となる。	高効率で短時間に分解可能、装置の耐圧性が必要である。				
6	光分解	オゾン/UV分解法					紫外線等の照射によってダイオキシン類を脱塩素化する。	不要	液温18.5~32℃	100時間	汚染水2600ng-TEQを処理、0.01ng-TEQ/lに	4-2-16	処理水、排気(CO ₂ , H ₂ O等)が発生する。	燃料等を使用せずコスト的に有利、固形物処理には不向きである。			
		溶媒抽出/UV分解	○	○		○		電気、ガス、油等	加熱温460~560℃	6時間	汚染土壌中2,3,7,8TCDDを99%分解、1ng/gに	4-2-9					
7	金属触媒酸化					金属触媒と酸化剤との接触でヒドロキシラジカルを発生させダイオキシン類を分解する。				汚染水0.14ng-TEQ/lを処理、0.0034ng-TEQ/lに	4-2-17	処理水、排気(CO ₂ , H ₂ O等)が発生する。	燃料等を使用せずコスト的に有利、固形物処理には不向きである。				
8	生物分解	白色腐朽菌等				微生物等を利用してダイオキシン類を分解する。				2,7-DCDDを27日で50%、4~8塩素化DXN類を2週間で50%、2,7-DCDDを30日で80%分解	4-2-18	処理水、排気(CO ₂ , H ₂ O等)が発生する。	燃料等を使用せずコスト的に有利であるが、分解速度が他の方式に比べて低い。				
9	分離	凝集沈殿+砂ろ過					排水中のSS成分に付着したダイオキシン類を凝集汚泥として除去し、一般的に後段にろ過装置を設置し、微細なSS成分を除去する。 一般に水に対する溶解度の小さいものほど活性炭に吸着されやすい傾向にあるため非溶解性のダイオキシン類の除去に有効。				原水20~520pg-TEQ/Lがろ過器出口で0.02~0.13pg-TEQ/Lに	4-2-19	汚泥、残留物、処理水	SS除去を目的としているため、SS性のダイオキシン類を除去することは可能であるが、溶解性のダイオキシン類の除去は困難である。 活性炭吸着は、一般的に有機系排水処理の仕上げとして用いられているが、凝集沈殿+砂ろ過のみの場合よりダイオキシン類を更に除去できる。 膜の種類によって前処理が必要なものもあるため、膜の選定や処理フローに留意が必要である。 RO膜を用いれば、塩類の除去も可能である。特に洗煙排水処理での実績はない。			
		凝集沈殿+砂ろ過+活性炭吸着											4-2-19		残留物、処理水		
		膜分離(MF膜/RO膜)													残留物、処理水		