

北九州 PCB 廃棄物処理施設向け PCB 汚染物等処理設備

—プラズマ溶融分解技術による PCB 汚染物処理技術の実用化—

PCB-Contaminated Waste Treatment System for Kitakyushu PCB Treatment Facility

—Commercialization of PCB-Contaminated Wastes Treatment System Using Plasma Melting Technology—



竹山俊通*
Toshimichi TAKEYAMA



田頭成能**
Shigeyoshi TAGASHIRA



清水由章***
Yoshiaki SHIMIZU



梶原康司****
Yasushi KAJIWARA



藤岡政憲***
Masanori FUJIOKA

プラズマ溶融分解技術による PCB 汚染物等処理設備を、世界で初めて実用化したのでここに紹介する。PCB 汚染物等とは、安定器、ウエス、汚泥、感圧紙など PCB に汚染された諸種の固体廃棄物の総称であり、その性状の多様さのために、従来技術では処理困難とされてきたものである。本技術は、1 t/d 規模の実証試験設備において、4 年間に渡って延べ約700時間の実証溶融運転をおこない、そのデータを基に約5倍のスケールアップをおこなって実用化したものである。実機の詳細設計においては、所定の溶融処理速度、排気処理性能を満足することに加えて、様々な性状の PCB 汚染物等が処理対象となることを想定し、処理が安全かつ安定した操業となるように、プロセス・設備の両面から設計検討を実施した。試運転においては、所定の環境性能を満たしていることを確認し、実用運転を開始した。

また、本設備に隣接して、同能力のプラズマ溶融炉設備を2系列目として建設工事が進行中である。

A plasma melting system, which is the world's first commercial plasma application on PCB-contaminated wastes treatment, is completed and started operation. PCB-contaminated wastes mean a category of various solid wastes containing PCB, such as fluorescent lamp ballasts, waste clothes, sludge and carbonless copy paper. They cannot be treated by conventional PCB treatment methods because of diversity of their characteristics, such as water content, metal content, etc. The authors have treated PCB-contaminated wastes in plasma melting demonstration plant with a capacity of 1 ton/day for about 700 hours in four years. Based on those operating data, the first commercial plant was designed through scaling up by approximately five times. At the detailed engineering stage, not only melting performance but also environmental protection through exhaust gas treatment was considered thoroughly. Moreover, to realize safe and stable operation, both process parameters and equipment specifications are carefully designed. The system proved to satisfy required environmental performance through commissioning operation. The second plasma melting system, having same capacity to the first line, is under construction adjacent to the existing one.

Key Words :

PCB	Polychlorinated Biphenyl
運 転 廃 棄 物	Operation waste
PCB 汚 染 物 等	PCB contaminated wastes
プラズマ溶融分解技術	Plasma melting technology

【セールスポイント】

- ・真空加熱炉など他の設備で処理困難な PCB 汚染物の処理対応が可能
- ・高い PCB 分解率と環境保全性能
- ・二次汚染物が発生しない自己完結型の処理方式

まえがき

PCB (Polychlorinated Biphenyl: ポリ塩化ビフェニル) は、熱分解しにくいなどの高い化学的安定性と電気絶縁性を有することから、1970年代半ばまで、トランスやコンデンサなどの電気機器の絶縁油、熱交換器の熱媒、ノンカーボン紙、潤滑油、可塑剤、塗料などに使用されてきた。しかし、その有害性が明らかになり製造・使用が禁止され、2001年に制定された「PCB 特別措置法」により分解処理することが定められた。

同法に基づき、環境省の主導のもと、日本環境安全事業株式会社による PCB の拠点的広域処理施設が、豊田事業所・北海道事業所を含め日本全国で5ヶ所設置され、PCB の処理が進められている。

その中で、初めてプラズマ溶融分解技術を取入れた処理設備を2009年7月に北九州事業所へ納入した。

本設備は、安定器をはじめ小型トランス・コンデンサ、汚泥、感圧複写紙などの代表的な PCB 汚染物に加えて、運転廃棄物など従来方法では処理が困難であったものに対しても有効な設備である。

ここで言う運転廃棄物とは、PCB 処理施設の運転・維持管理にともない発生する PCB 汚染物であり、作業者が着用するタイベック、ゴム手袋、吸収缶、ウエスなどのほか、ガスカートなどの交換部品、および、排気処理にもちいた使用済み活性炭などである。

今回建設した PCB 汚染物等処理設備は、運転廃棄物も処理できる設備であり、事業所内に保管されている運転廃棄物の保管スペース削減にも寄与できる。

1. PCB 汚染物等処理設備の概要

1.1 プロセスの概要

プラズマ溶融分解設備フローを図1に示す。当該設備の処理能力は、5t/d (塩基度調整された破碎コンクリートを基準とした公称能力) としているが、処理対象物によって処理速度が異なる。プラズマ発生源としては、出力1 300 kW のプラズマトーチ1本を使用している。

対象処理物として受入れられるものは、前述のほか、

分析残渣、分析排水、絶縁油、ブッシング、プラスチックコンテナである。

PCB 汚染物は、受入れ時に外観検査をおこなう。その後、プラズマ前処理設備にて、種類ごとに定められた所定の重量ずつ、容器 (ドラム缶) に詰替えをおこなう。これは、PCB 汚染物の種類が多様でありプラズマ溶融処理した際、分解速度が一定でないため排気ガス量が大幅に変動することを抑えることを目的におこなっている。また、詰替えをおこなう際の検査において、ガソリンやガスボンベなどの危険物など処理してはいけないものが含まれないことを確認している。

詰替えの容器については、対象処理物の種類ごとに20 L と27 L のペール缶、100 L と200 L、350 L のドラム缶の容器をもちいる。異なる容量の容器をもちいることで缶に由来するスラグの発生量を抑えている。

さらに詰替えの際、必要に応じて塩基度調整剤を封入する。これは、スラグの融点を調整し良好に出滓するためである。

詰替えられた PCB 汚染物は、200 L ドラム缶が6缶載るパレットに移載する。その際、容器の内容物がわかるバーコードを張りつける。

パレットは、基幹物流室にて一旦保管する。溶融計画に応じてパレットをドラム缶受入れ供給室に自動で取込み、必要分をドラム缶受入れコンベアに半自動にて移載する。コンベア上の容器は、1缶ずつ遠隔自動にて容器ごとプラズマ溶融分解炉へ投入される。

投入された PCB 汚染物は、電気エネルギーにより発生させた高温のプラズマアーク (15 000 °C 以上) と溶融スラグ浴 (1 400 °C 以上) の相乗効果によって効率よく溶融分解処理される。溶融分解炉の外観を写真1に、溶融中の分解炉内の状況を写真2に示す。投入した PCB 汚染物が溶融され処理完了したことを ITV (工業用テレビカメラ) で確認したのちに、次の缶を投入する。

溶融分解処理された PCB 汚染物の有機物は、二酸化炭素、水蒸気、塩化水素に分解され排気処理工程へ送られる。また、無機物はスラグとして排出さ



写真1 プラズマ溶融分解炉外観

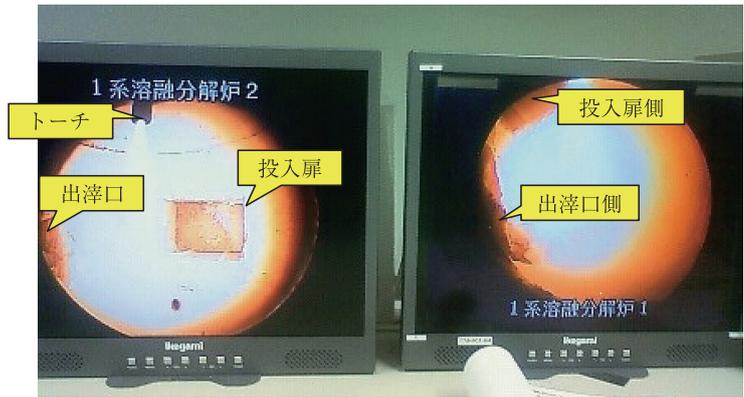


写真2 溶融中の分解炉内の状況
(左：炉体側面ITV 右：炉上面ITV)



写真3 出滓スラグ

れる。

排気処理工程は、PCBの確実な分解を図るため1200℃、2秒以上の滞留ができる恒温チャンバを通り、熱交換器で熱回収をおこなった後、減温塔でダイオキシン類の再合成を防ぐために水噴霧により急冷し約200℃まで温度を下げる。そして、バグフィルタにて消石灰を吹き込み酸性ガスである塩化水素やいおう酸化物を除去する。その後、触媒反応塔にてアンモニアガスを吹き込み窒素酸化物を除去するとともに、排気中のダイオキシン類を分解する。さらに、排気中に残留したダイオキシン類は、バグフィルタへ粉末活性炭を吹き込むことで吸着除去する。

本設備で触媒反応塔の後段にバグフィルタを設置しているが、これは、この配置が、触媒反応塔にて処理されなかったダイオキシン類があった場合、それを除去するために適していることが実証試験で証明されたためである。さらに、万が一これらの装置の機能が失われた場合においてもPCBの流出を防ぐために、セーフティネットとして、排気処理設備の最後段に活性炭吸着塔を設置している。

このほか、排気中のPCB濃度等は、PCBオンラインモニタリング装置、塩化水素、窒素酸化物オンライン分析装置により連続監視しており、安全を考慮し、必要に応じて処理停止のインターロックをと

りいれている。

溶融スラグは、プラズマ溶融分解炉を傾動させてスラグ受け容器に出滓する。出滓ごとにスラグサンプリングをおこない、PCB濃度が規制値以下であるか分析をおこなう。この分析を卒業判定(PCB含有濃度が所定の基準を下回るかどうか判定すること)といい、規制値以下(環告13号溶出試験で0.003mg/L未満)を合格としている。合格すれば事業所からの払出可となる。万が一不合格となれば再溶融させる。

スラグ受け容器は、スラグ出滓チャンバ内で冷却しスラグを凝固させたのち、さらに冷却チャンバにて冷却される。冷却チャンバに保管されている間に卒業判定を実施し、合格したスラグは払出保管設備へ移送され、そこから施設外へ搬出され最終処分する。スラグ受け容器に出滓されたスラグを写真3に示す。

表1 予備性能試験の外部分析結果

1. 排気測定結果

No.	日付	処理物	排気濃度							備考
			成分	PCB mg/m ³ _N	ダイオキシン類 ng-TEQ/m ³ _N	硫黄酸化物 K値	窒素 酸化物 ppm	塩化 水素 ppm	ばい じん g/m ³ _N	
			排出 基準	0.01 以下	0.1 以下	1 以下	230 以下	250 以下	0.05 以下	
1	4月25日	安定器(混合)	良	N.D.	0(定量下限未満)	0(定量下限未満)	99	6	0.008	酸素濃度17.4 vol%
2	4月26日	安定器(単独)	良	N.D.	—	0(定量下限未満)	93	3	0.006	酸素濃度17.4 vol%
3	4月26日	手袋	良	N.D.	—	0(定量下限未満)	89	7	0.007	酸素濃度17.7 vol%
4	4月27日	防護服	良	N.D.	0(定量下限未満)	0(定量下限未満)	89	6	0.006	酸素濃度17.6 vol%
5	4月27日	汚泥	良	N.D.	0(定量下限未満)	0(定量下限未満)	90	9	0.005	酸素濃度17.9 vol%
6	4月28日	按分	良	N.D.	—	0(定量下限未満)	93	4	0.025	酸素濃度17.1 vol%

※按分：安定器(混合)，安定器(単独)，汚泥等他

2. 処理済物卒業判定結果

No.	日付	処理物	卒業判定 処理済物 判定基準	固形物		スラゲ		備考
				PCB(溶出) mg/L		出滓缶数 缶	PCB(溶出) mg/L	
				No.1固形物	No.2固形物			
1	4月25日	安定器(混合)	良	<0.0005	<0.0005	3	<0.0005	
2	4月26日	安定器(単独)	良	<0.0005	<0.0005	3	<0.0005	
3	4月26日	手袋	良	<0.0005	<0.0005	1	<0.0005	
4	4月27日	防護服	良	<0.0005	<0.0005	1	<0.0005	
5	4月27日	汚泥	良	<0.0005	<0.0005	2	<0.0005	
6	4月28日	按分	良	<0.0005	<0.0005	2	<0.0005	

表2 引渡性能試験の外部分析結果

1. 排気測定結果

No.	日付	処理物	排気濃度							備考
			成分	PCB mg/m ³ _N	ダイオキシン類 ng-TEQ/m ³ _N	硫黄酸化物 K値	窒素 酸化物 ppm	塩化 水素 ppm	ばい じん g/m ³ _N	
			排出 基準	0.01 以下	0.1 以下	1 以下	230 以下	250 以下	0.05 以下	
1	5月9日	安定器(混合)	良	N.D.	0(定量下限未満)	0(定量下限未満)	98	7	0.001未満	酸素濃度17.3 vol%
2	5月10日	安定器(単独)	良	N.D.	—	0(定量下限未満)	99	6	0.001未満	酸素濃度17.8 vol%
3	5月10日	手袋	良	N.D.	—	0(定量下限未満)	98	10	0.001未満	酸素濃度17.4 vol%
4	5月11日	防護服	良	N.D.	0(定量下限未満)	0(定量下限未満)	100	9	0.001未満	酸素濃度17.2 vol%
5	5月11日	汚泥	良	N.D.	0(定量下限未満)	0(定量下限未満)	102	9	0.001未満	酸素濃度17.2 vol%
6	5月12日	按分	良	N.D.	—	0(定量下限未満)	99	12	0.003	酸素濃度17.3 vol%

※按分：安定器(混合)，安定器(単独)，汚泥等他

2. 処理済物卒業判定結果

No.	日付	処理物	卒業判定 処理済物 判定基準	固形物		スラゲ		備考
				PCB(溶出) mg/L		出滓缶数 缶	PCB(溶出) mg/L	
				No.1固形物	No.2固形物			
1	5月9日	安定器(混合)	良	<0.0005	<0.0005	2	<0.0005	
2	5月10日	安定器(単独)	良	<0.0005	<0.0005	2	<0.0005	
3	5月10日	手袋	良	<0.0005	<0.0005	1	<0.0005	
4	5月11日	防護服	良	<0.0005	<0.0005	1	<0.0005	
5	5月11日	汚泥	良	<0.0005	<0.0005	2	<0.0005	
6	5月12日	按分	良	<0.0005	<0.0005	1	<0.0005	

このほか、バグフィルタで捕集した固形物も卒業判定合格の確認後、薬剤処理をおこない施設外へ搬出され最終処分する。

2. プラズマ溶融分解炉の運転データ

2.1 非 PCB 汚染物負荷試運転

2009年1月9日から3月19日の間で、実際のPCBを含まない模擬汚染物による負荷試運転をおこない、合計362缶の模擬汚染物を処理した。排気中の窒素酸化物、硫黄酸化物、塩化水素、ばいじん等はオンラインモニタリング測定で排出基準値以下であり、問題ないことを確認した。また、この間の出滓作業は26回であった。

2.2 PCB 汚染物負荷試運転

2009年3月29日より5月15日の間で、実際にPCBを含む汚染物を持ちいて負荷試運転をおこない、模擬物と同様に問題なく処理できることを確認した。この負荷試運転で使用したPCB汚染物の種類と量および処理実績を以下に示す。

- 小型トランス・コンデンサ 約75 kg
 - 安定器 約13 644 kg
 - 廃活性炭 約4 994 kg
 - 無機汚泥 約3 434 kg
 - 感圧複写紙, ウェス, 運転廃棄物, ブッシング (特殊な形状の絶縁ガイシ), 他 2 588 kg
- 合計 約24.7 ton

5月13日までで、合計906缶のPCB汚染物を処理し、排気中のPCB、窒素酸化物、硫黄酸化物、塩化水素、ばいじん等のオンラインモニタリング測定で基準値以下であり問題ないことを確認した。さらに、処理済物のスラグ・固化物について卒業判定基準以下でありこれも問題ないことを確認した。また、この間の出滓は45回であった。

表1, 2に処理試験内容および性能試験における主な確認項目と結果を示す。分析結果の全ての項目において所期の環境保全性能を達成していることが確認できた。

また、処理性能である処理速度は、想定されるPCB廃棄物の物量の比率に応じた処理物を所定の時間内に処理できることを確認をおこなった。想定時間63.3時間に対し、58.1時間であり十分な処理能力があるといえる結果をえた。

むすび

当社は、日本環境安全事業株式会社 豊田事業所をはじめ、北海道事業所・北九州事業所にPCB処理設備を納入している。その中でも北九州事業所は、PCB処理事業として世界で初めてのプラズマ溶融分解炉を設置した施設である。この初号機で経験したノウハウを次回の建設に活かし、更なる改善をおこないPCB汚染物等の安全・安定な操業に貢献していきたい。

*水処理事業部 技術部 **商品市場・技術開発センター プロセス技術開発部 ***環境プラント事業部 第二技術部 技術室
****環境プラント事業部 監理部 北九州プロジェクト室