

焼却炉の解体工事について

土木本部 エンジニアリング事業部 杉本信克
土木本部 エンジニアリング事業部 西田俊弥

概要:平成14年12月のダイオキシン類排出規制強化による焼却施設の廃止に伴う施設解体工事が各地で施工されている。解体対象となる焼却施設は、ダイオキシン類および重金属類に汚染され、解体に伴って設備等に付着している汚染物質が拡散する可能性がある。厚生労働省は、労働者へのばく露防止の徹底のため、労働安全衛生規則の一部を改正し、「廃棄物焼却施設内作業におけるダイオキシン類ばく露防止対策要綱」を策定した。

本工事は、現在施工されている各法律、周辺環境保全対策としての「ダイオキシン類対策特別措置法」(平成11年7月16日法律第105号;以下「特別措置法」という。)、産業廃棄物処理に関する「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」(昭和45年12月25日法律第137号;以下「廃掃法」という。)、労働者へのばく露防止対策としての「廃棄物焼却施設内作業におけるダイオキシン類ばく露防止対策要綱」(平成13年4月25日基発第401号の2;以下「ばく露対策要綱」という。)に則った解体工事である。本稿は、最近のばく露防止対策技術によって行った施工報告書である。

Key Words: ダイオキシン類, ダイオキシン類対策特別措置法, 廃棄物焼却施設内作業におけるダイオキシン類ばく露防止対策要綱(基発401号)

1. はじめに

本工事は、焼却炉解体工事にあたり周辺環境保全対策として特別措置法に則った解体とするため、三菱マテリアル(株)が開発した技術である可搬式 DeDIOX(デ・ダイオックス)ダイオキシン類分解装置(以下「DeDIOX」という。)を使用して行った。この工事内容を報告する。

「DeDIOX」・・・焼却炉解体に関する研究会(炉解体環境対策研究会、平成13年9月5日設立、平成15年7月1日当社加盟)が発行する「焼却炉解体実務ハンドブック」に紹介されている処置方法で国内唯一の方法である。

2. 工事概要

本焼却炉は、発注者が借地により建設した焼却炉の解体工事である。

工事場所：兵庫県尼崎市東向島西之町8

発注者：三菱マテリアル(株) 資源・環境・リサイクル事業室

工事期間：平成15年8月25日～平成15年11月14日

工事内容：焼却能力600kg/hの焼却炉解体、焼却炉内部付着物のサンプリングおよび周辺(大気・土壌)環境調査、
焼却炉内部の付着物除去
産業廃棄物および特別管理産業廃棄物の処分



写真-1 着工前



写真-2 隔離養生全景



杉本信克



西田俊弥

3. 関係法令の整理

ダイオキシン類に関する法令は、特別措置法、廃掃法、ばく露対策要綱、自治体条例等、幾多にも跨っており、改正も頻繁に行われている。また、ダイオキシン類による汚染物の産廃処理、分析及びばく露防止のための設備等にも多額の費用及び日数を要する。解体工事自体には高度な技術は要しないが、解体後の事業計画等を踏まえると各法令等の理解及び整理が必要不可欠となってくる。

(1) 「ダイオキシン類対策特別措置法」

目的：施策の基本とすべき基準を定めるとともに、必要な規制、汚染土壤に係る措置とを定めることにより、国民の健康の保護を図ることを目的とする。

適用対象：火床面積 0.5m^2 以上又は焼却能力 50kg/h 以上

措置：基準の制定及び排出規制

表-1 排出基準、環境基準

大 気	焼却炉排気ガスの 排出基準	0.1ng - TEQ / m^3N	焼却能力 4t/h 以上
		1.0ng - TEQ / m^3N	焼却能力 $2 \sim 4\text{t/h}$
		5.0ng - TEQ / m^3N	焼却能力 2t/h 未満
	環境基準	0.6pg - TEQ / m^3 以下	
水 質	排水の排出基準	10pg - TEQ / L	
	環境基準	1pg - TEQ / L 以下	
底 質	環境基準	150pg - TEQ / g 以下	
土 壤	土壌の排出基準	1000pg - TEQ / g	
	環境基準	1000pg - TEQ / g 以下	
	調査指標値	250pg - TEQ / g	
ばいじん・焼却灰の基準		3ng / g 以下	

ng(ナノグラム)= 10^{-9}g (10億分の1)、pg(ピコグラム)= 10^{-12}g (1兆分の1)

TEQ…毒性等量(Toxic Equivalents)の略であり、ダイオキシン類の量を、最も毒性の強い2,3,7,8-四塩化ジベンゾ-パラ-ジオキシンの毒性に換算した値であることを示す。

(2) 「廃棄物焼却施設内作業におけるダイオキシン類ばく露防止対策要綱」

目的：労働者のダイオキシン類へのばく露防止の徹底を図ることを目的とするものである。

適用対象：火床面積 0.5m^2 以上又は焼却能力 50kg/h 以上

届出対象：火床面積 2.0m^2 以上又は焼却能力 200kg/h 以上

措置：[1]労働者へのばく露防止対策

ア. 解体作業に従事する労働者への特別教育実施…5科目 4時間

イ. 作業指揮者の選任…化学物質についての知識の有する者(特定化学物質等作業主任者など)

ウ. 発散源の湿潤化…ダイオキシン類を含む物の発散源を湿潤な状態のものとする

エ. 健康管理…必要に応じて血中のダイオキシン類濃度測定の実施。記録を30年間保存

オ. 保護具…保護具の管理、選定(レベル1, 2, 3, 4) など

[2]解体作業において講ずべき措置

ア. 空気中のダイオキシン類の測定およびサンプリング…測定記録は30年間保存

イ. 計画の届出…火床面積 2.0m^2 以上又は焼却能力 200kg/h 以上を有する焼却炉が対象

ウ. 解体工法の選択…管理区域によって、解体方法を選択

エ. 付着物除去作業の実施…解体作業前に設備内部の付着物除去の実施、付着物除去の確認は前後の写真で統括安全衛生責任者等による判断

オ. 作業場所の分離・養生…汚染拡散防止のためビニールシート等による作業場所の養生

- カ. 周辺環境への対応・・・排気処理 (適切な処理を行った上で、排出基準に従い排出)
- 排水処理 (排出基準を満たすことができる処理施設で処理後、外部放出)
- 解体廃棄物の処理 (廃掃法に従っての処理)
- 周辺環境調査 (解体作業終了後に環境調査の実施) など

(3) 「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」

目的 : 廃棄物の排出の抑制及び適切な収集、運搬、処分等の処理をし、生活環境の保全の向上を図ることを目的とする。

基準 : [1]特別管理産業廃棄物・・・ダイオキシン類の基準(3ng - TEQ / g 以下)に適合しないもの。

[2]埋立基準値・・・ばいじんまたは燃え殻を埋立処分する場合の量は 3ng - TEQ / g 以下とする。

4. 解体工事までの手続き

本解体施設は、労働安全衛生法第 88 条及び同規則第 90 条により火床面積が 2m²以上または焼却能力が 1 時間当たり 200kg 以上のものに該当し、さらに解体に当たり所轄労働基準監督署に届出の義務がある。届出は、工事開始の 14 日前に提出しなければならない。届出までのフロ - を表-2 に示す。

(1) 解体前調査により保護具の選定を行う。

a) 空気中のダイオキシン類濃度測定 B(その 1) (単位: pg-TEQ/m³)

	第 1 評価値 < 2.5	第 2 評価値 2.5 第 1 評価値	第 2 評価値 > 2.5
B 測定値 < 2.5	第 1 管理区域	第 2 管理区域	第 3 管理区域
2.5 B 測定値 3.75	第 2 管理区域	第 2 管理区域	第 3 管理区域
B 測定値 > 3.75	第 3 管理区域	第 3 管理区域	第 3 管理区域

第1評価値及び第2評価値:作業環境評価基準第3条に準じて計算した評価値



b) 汚染物サンプリング調査結果 d(その 2) (単位: pg-TEQ/g)

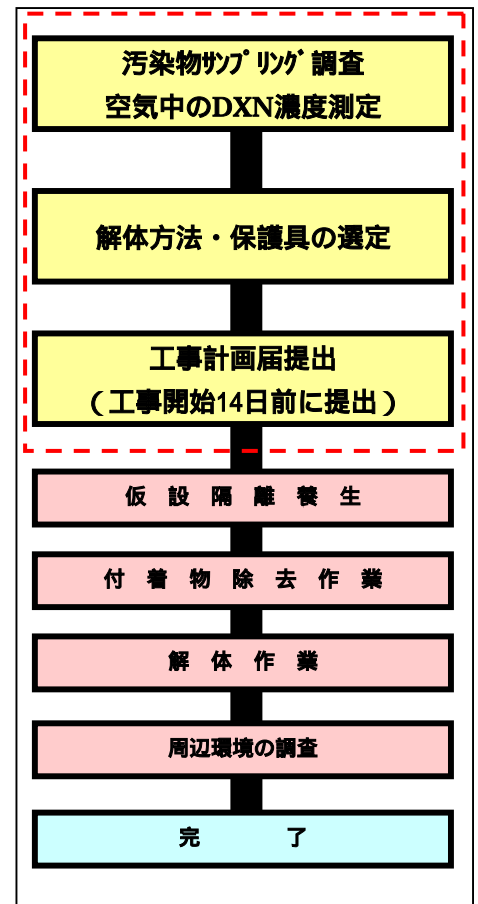
	(その 1)の表の 第 1 管理区域	(その 1)の表の 第 2 管理区域	(その 1)の表の 第 3 管理区域
d < 3000	第 1 管理区域	第 2 管理区域	第 3 管理区域
3000 d < 4500	第 2 管理区域	第 2 管理区域	第 3 管理区域
4500 d	第 3 管理区域	第 3 管理区域	第 3 管理区域



c) 保護具の選定

(その 2)の表の第 1 管理区域	レベル 1
(その 2)の表の第 2 管理区域	レベル 2
(その 2)の表の第 3 管理区域	レベル 3
汚染状況が判明しない	レベル 3
高濃度汚染物(3,000pg-TEQ/g<d)を 常時直接取り扱う	レベル 4

表-2 焼却炉解体フロー(その 1)



本工程測定結果、凡例

B 測定値	2.1
サンプリング	20,000 (洗浄前)
	27 (洗浄後)
	洗浄作業時
	解体作業時

(2) 使用保護具

a) 付着物除去作業時(レベル3)



図-1 レベル3 保護具



写真-3 レベル3 保護具



写真-4 付着物除去状況

b) 解体作業時(レベル1)



図-2 レベル1 保護具



写真-5 レベル1 保護具



写真-6 解体状況

(3) 解体方法の選定

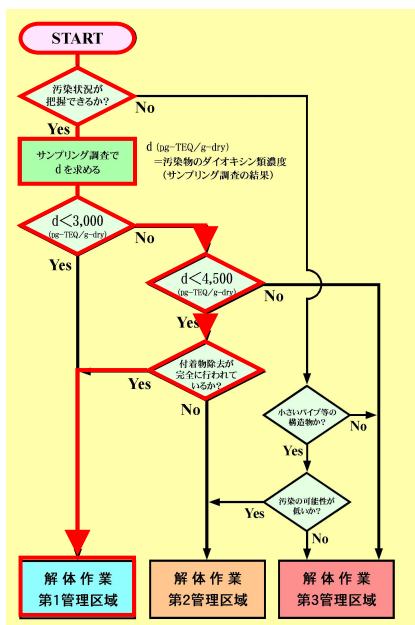


図-3 解体作業区域の決定

本工事で、高圧洗浄により付着物の除去を完全に行い、管理区域のレベルを下げた。

表-3 解体方法の選定

解体方法及び使用機材	第1 管理区域 d<3000pg/g S<2.5pg/m3	第2 管理区域 d<4500pg/g S<3.75pg/m3	第3 管理区域 4500pg/g<d 3.75pg/m3<S
ア. 手作業 : 手持ち電動工具等			
イ. 油圧式圧砕、せん断 : 圧砕機、鉄骨切断機			
ウ. 機械的研削 : カッター、ワイヤソー、コアドリル			×
エ. 機械的衝撃 : 削孔機、ブレード等			×
オ. 膨張圧力、孔の拡大			×
カ. 新工法 : 粉じん・ガス体を飛散させない			×
キ. 溶断		×	×

< 第2、第3管理区域で溶断以外の解体方法が困難な場合の特例 >
以下の措置を講じた上で溶断による解体を行うこと。
1) 加熱が予想される部分に汚染が無いことを確認。 2) 作業場所を養生し密閉・区分。
3) 局所排気装置で作業場所内部を負圧に。 4) 排気をHEPA、チャコールフィルターで処理。
5) レベル3の保護具着用。

d: 付着物のダイオキシン類測定、S: 空気中のダイオキシン類測定

5. ダイオキシン類特別措置法に基づく施工

現行の法規制では解体作業中に発生するダイオキシン類の排気ガスは排出基準(0.1~5.0ng - TEQ / m³N)に則って排出することとされているが(本工事場所の尼崎市も該当する)、今後さらに厳しい環境基準(0.6pg - TEQ / m³以下)で規制される可能性が高い。例えば、神奈川県「神奈川県廃棄物焼却施設の解体におけるダイオキシン類等汚染防止対策要綱」(平成13年12月1日施行;以下「神奈川県要綱」という。)では環境基準を満たすこと、東京都「廃棄物焼却施設の廃止又は解体に伴うダイオキシン類による汚染防止対策要綱」(平成14年11月30日施行;以下「東京都要綱」という。)では自主管理基準として環境基準を満たすこととされている。排出基準と環境基準では、約1600~8000倍程度の差があり、排出基準に比べ環境基準は非常に厳しい値となっている。

今後の法整備により、各自治体の条例が、東京都要綱や神奈川県要綱のように環境基準値を用いる恐れもある。通常焼却炉の解体で用いられている集塵機(基発401号対応型)では排出基準には対応できるが、環境基準には対応できない。そこで、三菱マテリアル(株)が開発したダイオキシン類分解技術である DeDIOX を用いた解体工法が必要となってくる。DeDIOXとは、排気ガス中のダイオキシン類を触媒と過酸化水素水により、低温(80~100)で分解し、H₂O、CO₂、HClを生成無害化して排気する局所排気装置である。

[DeDIOX 解体工法]

(1) ダイオキシン類を完全分解

- a) 過酸化水素水と触媒の作用により99.9%以上の高分解率を達成する。
- b) ダイオキシン類は完全に分解され、水や炭酸ガスなど無害な物質に変換される。

(2) 大気環境基準(0.6pg - TEQ / m³以下)に適合

(3) 作業環境の保全と周辺への飛散防止を図る

- a) 作業場所を密閉・養生し、排気系に DeDIOX を使用することで、作業環境と周辺環境保全を実現する。

(4) 溶断による作業も安全に実施可能

(5) 工期短縮・費用節約

- a) 表-3 の第2,3 管理区域でも特例で溶断による作業が可能のため、工期の短縮による費用節減ができる。

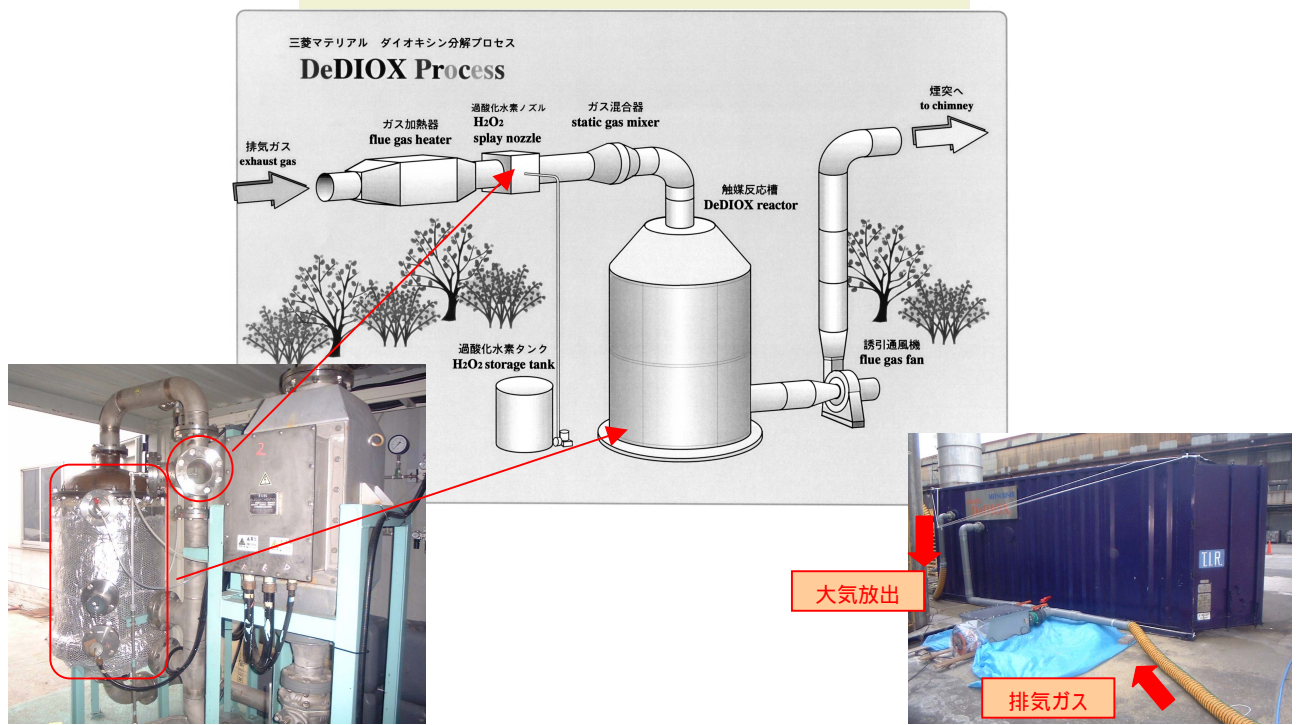
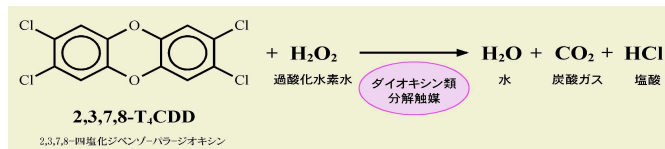
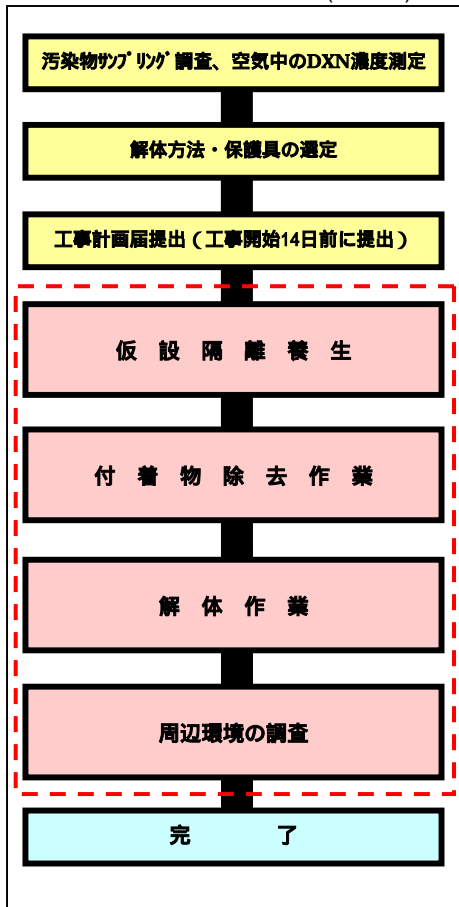


図-4 ダイオキシン分解プロセス

6. 解体工

表-4 焼却炉解体フロー(その2)



(1) 仮設隔離養生

本工事では、焼却炉解体工事にあたり、付着物除去作業及び解体作業時に周辺環境にダイオキシン類の飛散を防止するために仮設の隔離養生を施工した。通常の解体工事と異なる点は、防災シートの境目に目張りを行う点と、足場の内側にブルーシートを貼る点である。目張りは周辺環境への飛散防止、ブルーシートは、洗浄作業中に足場材に粉じん及び汚染水が付着するのを防ぐためである。エアシャワーは、解体作業に携わった作業員が管理区域内作業により付着した汚染物を取り除くために設置した。

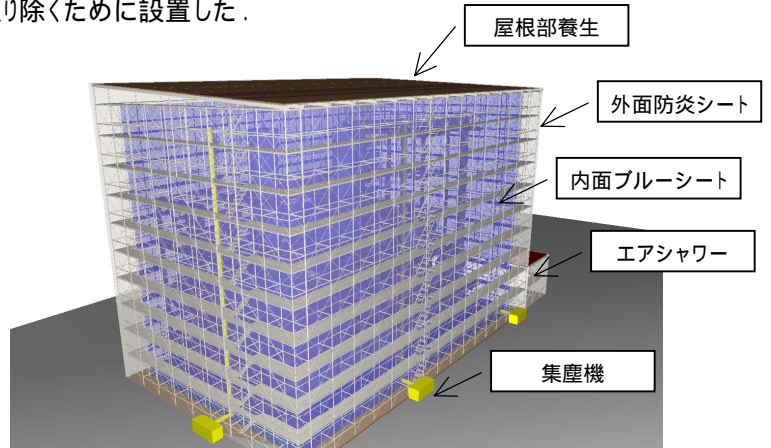


図-5 仮設隔離養生図

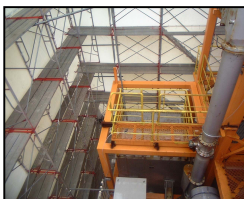


写真-9 仮設隔離養生

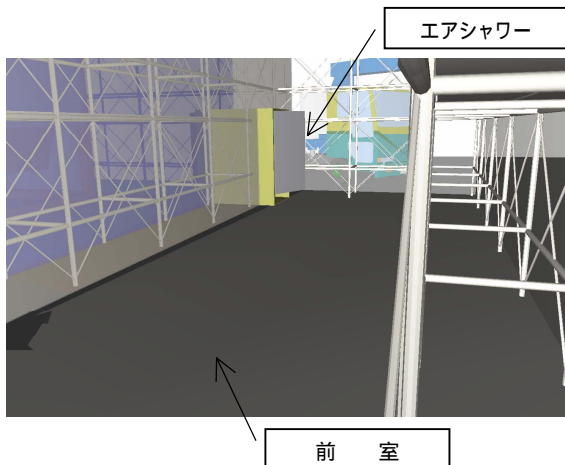


図-6 前室およびエアシャワー



写真-10 前室およびエアシャワー

(2) 付着物除去作業

焼却炉解体作業に先立ち高圧洗浄機(～30MPa)を用いて、焼却炉内部の洗浄を行った。人力で行える部分はガンノズル、炉内部及び筒状部は配管ノズルおよび3Dノズルにて洗浄を行った。現行の要綱では、付着物除去の確認方法は統括安全衛生責任者等が写真による確認で良いとされているが、洗浄効果を確認するために、付着物除去後にサンプリング調査を行った。その結果は後述する8.まとめ 表-5にて示す。また、事前のサンプリングで高濃度が検出された場所については洗浄作業中に空气中飛散によって発生するダイオキシン類をDeDIOXを用いて分解を行い、DeDIOXの入出口にて濃度の比較確認作業を行った。(表-6)



写真-11 ガンノズル洗浄作業



写真-12 配管ノズル洗浄作業



写真-13 3Dノズル洗浄作業

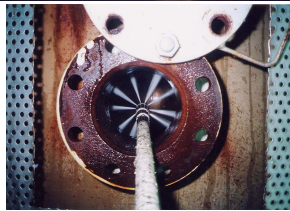


写真-14 コンベア洗浄前

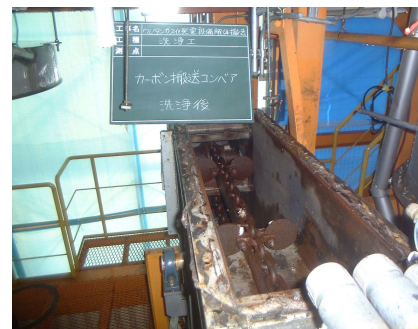


写真-15 コンベア洗浄後

(3) 解体作業

解体作業を行う前に、管理区域養生内で解体物の開口部をブルーシートにより養生を行ってから外部搬出した。その状況および写真を図-7,写真-16,17に表す。

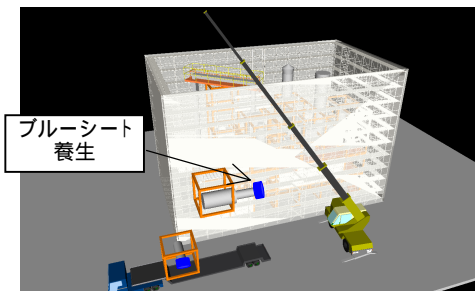


図-7 解体作業



写真-16 開口養生

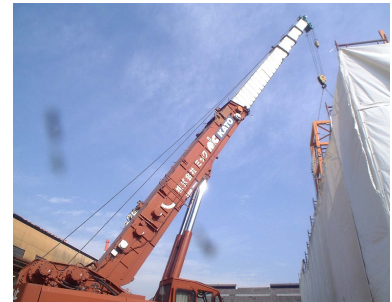


写真-17 解体作業

(4) 周辺環境の調査

解体作業後に周辺環境の大気と土壌について調査を行った。調査結果を表-7 で示す。また、その状況および写真を写真-18,19,20 に示す。



写真-18 大気調査



写真-19 土壌調査



写真-20 完了

7. DeDIOX 使用状況

下記に現場にて実施した DeDIOX の使用状況を示す。



写真-21 隔離養生内作業

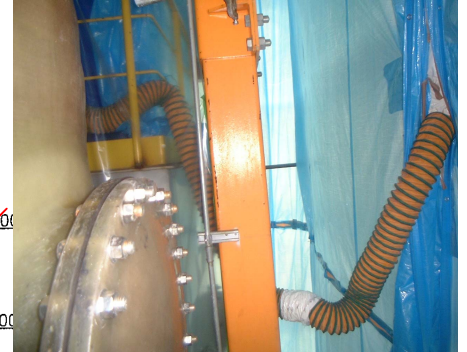
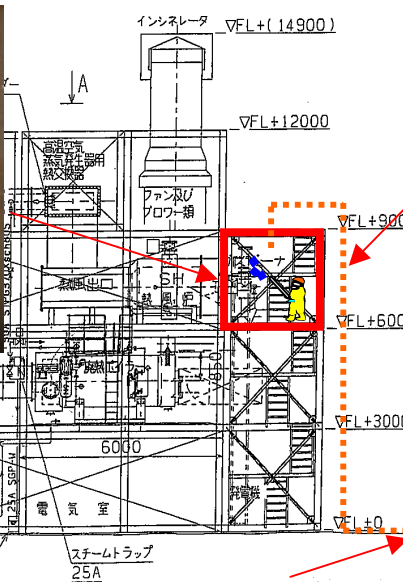


写真-22 吸引ダクト配管状況



写真-23 DeDIOX 入口測定状況

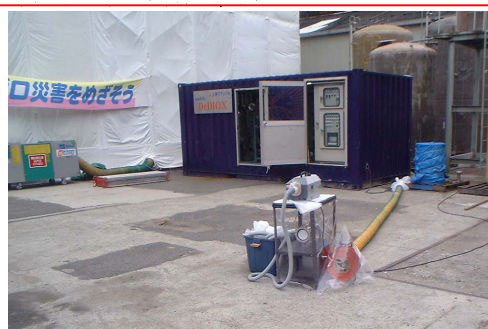


写真-24 DeDIOX 出口測定状況

8. まとめ

(1) 洗浄作業における付着物除去状況

事前サンプリング調査結果が $3.0\text{ng}(3,000\text{pg}) - \text{TEQ} / \text{g}$ 以上の設備に関して、高圧洗浄($\sim 30\text{MPa}$)による付着物除去前後の効果確認を行った。表-5 に示すとおり全設備において、 3.0ng 以下となっており、特別管理廃棄物ではなく、通常の廃棄物で処理ができる濃度まで除去できた。

表-5 付着物サンプリング結果

測定箇所	部材	付着物 除去前	付着物 除去後	特別管理廃棄物 処理基準
ガス化炉	鉄	3,000	210	3,000 超
溶融炉	鉄	4,400	30	
廃熱ボイラー	耐火材	4,300	130	
スクラバー	FRP	20,000	27	

単位: pg - TEQ / g

(2) DeDIOX による分解

高濃度の汚染箇所を洗浄作業する際に、洗浄箇所を隔離養生し局所的に DeDIOX にて排気を行い、ダイオキシン類濃度を DeDIOX の入出口での分解効果の確認を行った。表-6 に示すとおり、大気に放出する際には、環境基準 ($0.6\text{pg} - \text{TEQ} / \text{m}^3$ 以下) の 16 分の 1 まで分解することができた。

表-6 DeDIOX 入出口測定結果

測定箇所	事前サンプリング 分析結果	作業管理区域	保護具 レベル	DeDIOX 入口濃度	DeDIOX 出口濃度	環境基準
スクラバー	$20,000\text{pg-TEQ/g}$	第3管理区域	レベル3	0.12	0.037	0.6 以下

単位: pg - TEQ / m³

(3) 周辺環境調査結果

解体前と解体後の周辺環境を調査することにより、解体作業による周辺環境へのばく露の有無の確認を行った。表-7 に示すとおり、解体後の周辺環境へのばく露は無かったと見られる。

表-7 周辺環境調査結果

測定分析媒体	解体前	解体後	環境基準
大気	$0.47 \text{ pg} - \text{TEQ} / \text{m}^3$	$0.045 \text{ pg} - \text{TEQ} / \text{m}^3$	$0.6 \text{ pg} - \text{TEQ} / \text{m}^3$
土壌	$58 \text{ pg} - \text{TEQ} / \text{g}$	$42 \text{ pg} - \text{TEQ} / \text{g}$	$1,000 \text{ pg} - \text{TEQ} / \text{g}$

上記の調査結果より、仮設隔離養生による周辺環境へのばく露防止、高圧洗浄作業による汚染物の除去および DeDIOX 使用により大気環境基準(尼崎市では排出基準)を満足し、本解体工事が特別措置法およびばく露対策要綱に則って工事を完了したことを証明できた。また、DeDIOX を使い効果を実証できたことは、東京都、神奈川県に対しては勿論のこと、今後、各自治体の条例が大気環境基準 ($0.6\text{pg} - \text{TEQ} / \text{m}^3$ 以下) に対応した場合でも大きな実績となる。

謝辞

本工事では、『焼却炉解体実務ハンドブック』の編集委員:志村一美課長(三菱マテリアル株)、本工事の共同企業体の構成員である三菱マテリアル資源開発株および三菱マテリアルテクノ株の方々には、貴重なご助言をいただいている。これら関係各位に、心よりお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 炉解体環境対策研究会:焼却炉解体実務ハンドブック, 2003.3
- 2) (社)日本保安用品協会:廃棄物焼却施設解体作業マニュアル, 2001.5
- 3) 厚生労働省:廃棄物焼却施設内作業におけるダイオキシン類ばく露防止対策要綱, 2001.4
- 4) 環境省:ダイオキシン類対策特別措置法, 1999.7
- 5) 環境省:廃棄物の処理及び清掃に関する法律, 1970.12
- 6) 東京都:廃棄物焼却施設の廃止又は解体に伴うダイオキシン類による汚染防止対策要綱, 2002.11
- 7) 神奈川県:神奈川県廃棄物焼却施設の解体におけるダイオキシン類等汚染防止対策要綱, 2001.12