25. 鶴見川多目的遊水地における PCB 廃棄物の現地無害化処理

― ジオスチーム™法による都市部での施工事例 ―

株式会社鴻池組　　○ 縁田　正美
株式会社鴻池組　　柏熊　伸治
株式会社鴻池組　　橘　　敏明

1．はじめに

ポリ塩化ビフェニル(PCB)やダイオキシン類(DXNs)等の難分解性物質による土壌や底質・汚泥等の汚染問題が近年顕在化してきている。これらの無害化処理は，その毒性とともに残留性や難分解性が問題となるなど外部搬出が難しい場合があり，現位置処理が有効な手段となりうる。

鶴見川多目的遊水地は，一級河川鶴見川の下流域の洪水対策を目的とした施設で，平成 6 年より工事が行われ，平成 15 年より一部運用が始まっている。この遊水地建設工事の過程で，PCB などの特定有害物質および異物（木材、プラスチック，がれき類など）を含む土壌（以下、異物混入土と記す）が確認され，神奈川県横浜市港北区にある鶴見川多目的遊水地のうち，鶴見川および鳥山川合流部付近に一時保管されていた。

国土交通省「鶴見川多目的遊水地土壌無害化処理事業」は，鶴見川多目的遊水地の遊水地機能を確保することを目的に，これら異物混入土のうち，PCB などの濃度が比較的高い PCB 廃棄物について現地無害化処理（PCB 特別管理産業廃棄物の現地処理）を行った上で外部搬出処分する事業であり，鴻池組は，本事業に係る施設・設備の実施設計，横浜市条例に基づく環境影響評価，PCB 廃棄物処理施設の設置，「異物混入土」の掘削，PCB 廃棄物処理施設の運転，施設の解体などを担当した。なお，処理対象物が PCB 廃棄物であることから廃棄物処理法の認定を受けた技術で行う必要があり，還元熱化学分解方式の処理技術であるジオスチーム™法により行った。(「ジオスチーム」は㈱東芝が商標登録した名称)

本報文では，国内で初めて市街地において PCB 廃棄物の現地無害化処理を行った工事の状況について報告する。

2．工事概要

工 事 名：鶴見川遊水地土壌改良工事
発 注 者：国土交通省関東地方整備局
受 注 者：㈱鴻池組横浜支店
工　　期：平成 21 年 2 月 28 日～平成 25 年 10 月 31 日
実 処 理：平成 24 年 2 月 20 日～平成 25 年 6 月 15 日
工事種類：PCB 廃棄物処理施設の設置および PCB 廃棄物の現地処理（国土交通省および横浜市の自ら処理）
工事位置：横浜市港北区小机町および鳥山町地先（鶴見川多目的遊水地内）
工事規模：事業実施区域　約 40,000m^2
　敷地面積　約 10,000m^2
　建築面積　約 3,300m^2
処理対象：異物混入土のうち，PCB などの濃度が比較的高い一時保管土 A（PCB 産業廃棄物）　5,828m^3

3．現地の状況と処理対象

3.1　現地の状況

事業実施区域は，鶴見川多目的遊水地の下流部で鶴見川と鳥山川が合流する付近（写真-1，図-1）であり，異物混入土はこの範囲の遮水構造の施設内に保管されていた。

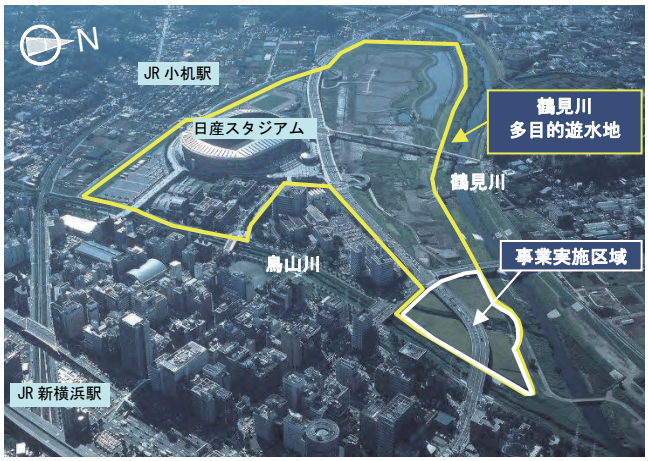


写真-1　鶴見川多目的遊水地および事業実施区域

異物混入土のうち，無害化処理対象の一時保管土 A 約 5,800m^3 は，図-2 に示すように，一時保管土 B 約 95,000m^3（濃度の低い異物混入土：PCB≦10mg/kg[底質の除去基準]，ダイオキシン類≦1,000pg-TEQ/g）の内側に保管されていた。

図-1　異物混入土の一時保管状況

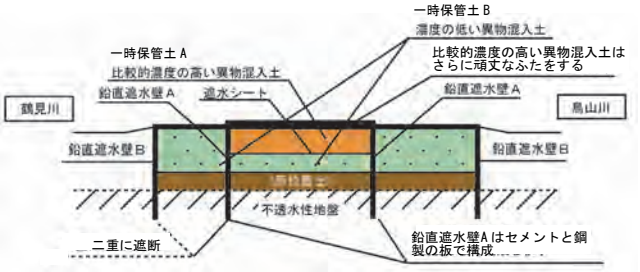


図-2　異物混入土の保管状況(A-A' 断面)

平成 14 年度実施調査では，一時保管土 A の水分（平均）は 46.7%，固形分（平均）は 53.3%であり，固形分の内訳（平均）は，土壌 56.4%，不燃物 36.1%，可燃物 7.6%であった。一時保管土 A の成分組成を表-1 に示す。

表-1　一時保管土 A の成分組成（平成 14 年度実施）

項目 ＼ 検体			No.1	No.2	No.3	No.4	平均
組成成分（乾ベース）	異物（可燃物）	紙類	1.9	1.3	0.5	0.2	1.0
		厨芥類	0.9	1.0	0.4	0.7	0.8
		繊維類	0.8	0.2	0.8	1.1	0.7
		木竹類	4.4	6.2	3.9	6.0	5.1
		可燃物計	8.1	8.7	5.5	7.9	7.6
	異物（不燃物）	プラスチック類	7.2	4.5	4.4	11.4	6.9
		ゴム・皮革類	2.4	1.1	0.1	2.5	1.5
		がれき類	14.5	18.9	17.1	9.7	15.1
		金属類	3.1	4.2	3.3	0.9	2.9
		ガラス類	9.1	3.5	4.7	3.5	5.2
		陶器類	2.6	1.3	5.4	8.6	4.5
		不燃物計	38.9	33.5	35.1	36.7	36.1
	土	礫(粒径20mm以上)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		土壌(2~20mm)	13.9	17.4	14.3	16.8	15.6
		土壌(2mm未満)	39.2	40.4	45.1	38.7	40.9
		土壌計	53.1	57.8	59.4	55.4	56.4

4．無害化処理

4.1　設備配置

本工事の主要設備（建屋）の配置を図-3 に示す。

掘削ヤード建屋は B=32m、L=40m の移動式で，工事期間中に 2 回移設（3 位置で掘削）した。無害化処理施設は一時保管土 B の上に，遮水構造を保ったまま設置した。

一時保管土 A の掘削から浄化物の外部処分までの全体フローを図-4 に，また，ジオスチーム ™ 法の概要を次頁に示す。

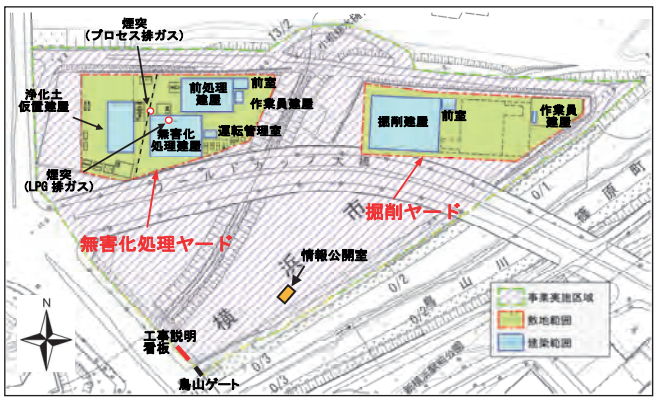


図-3　主要設備（建屋）の配置

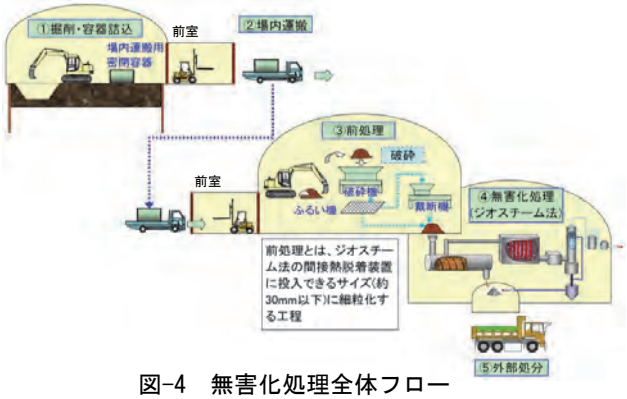


図-4　無害化処理全体フロー

一時保管土 A の掘削は，負圧管理された掘削建屋内で行い，建屋からの排気は活性炭および HEPA フィルタ付き集塵機を通して浄化した。掘削した一時保管土 A は，掘削建屋内で専用の鋼製運搬容器(1m^3)に詰めて密閉した。

写真-2　掘削建屋内での掘削状況

掘削建屋前室より屋外専用のフォークリフトで輸送用トラックに運搬容器を積込み，積載したトラックは事業敷地内を通って無害化処理ヤードに移動，前処理建屋内に容器を搬入し，一時保管土 A を展開ヤードで検査した後，二軸破砕機および裁断機により粒度調整と撹拌混合して均質化した。

4.2　ジオスチーム ™ 法の概要

ジオスチーム ™ 法は，㈱東芝，東芝環境ソリューション㈱（旧社名：㈱テルム），㈱鴻池組により開発された技術であり，PCB 等処理技術調査検討委員会の技術評価を取得している。ジオスチーム法の処理フローを図-6 に示す。

(1) 間接熱脱着プロセス

間接熱脱着プロセスでは PCB 廃棄物を間接加熱して，廃棄物中の汚染物質をガス化して分離する。

間接熱脱着装置に投入した廃棄物は，気密性を保持できる間接熱脱着装置のチャンバー内に投入される。チャンバー内ではスクリューオーガーにより投入部より中央部を経て排出口側に 1 時間程度で搬送される。チャンバー外面はバーナーにより加熱されて，内部の廃棄物はチャンバー内面から伝熱される熱により温度が 400℃～700℃に上昇し，水分及び PCB やダイオキシン類等の汚染物質をガス化して分離することで浄化される。浄化された廃棄物は，気密性を保ちながら排出され，水処理後の処理水を加えて湿潤状態の浄化物となる。

(2) 水蒸気分解プロセス

水蒸気分解プロセスでは，間接熱脱着プロセスで分離したガス状の汚染物質を分解する。間接熱脱着プロセスで廃棄物から分離した汚染物質や水分は，ガス体のまま水蒸気分解プロセスに導入される。このガスは，水蒸気分解装置内に設置された間接加熱式ヒーターにより約 1,100℃まで加熱・3 秒以上保持されることで水蒸気と有機物が反応し，PCB やダイオキシン類等の有機塩素化合物は一酸化炭素，二酸化炭素，メタン，水素，塩化水素などに分解される。

(3) 排ガス処理プロセス

排ガス処理プロセスでは水蒸気分解後のガス中に含まれる微量の汚染物質を除去するとともに，低分子の可燃性ガスを処理する。

水蒸気分解プロセスを通過したガスには一酸化炭素やメタン，水素などの可燃性ガスが含まれる。これらのガスは，温度を約 1,000℃に保ったまま空気を添加することで酸化処理し，水蒸気及び二酸化炭素とする。酸化処理後のガスはクエンチャー内で冷却水を噴霧して急速冷却し，ガス中の水蒸気を水として回収する。また，ガス中に含まれる塩化水素などの酸性ガスも冷却水中に捕捉する。冷却後のガスは，HEPA フィルタ及び活性炭を通して大気へ放出する。

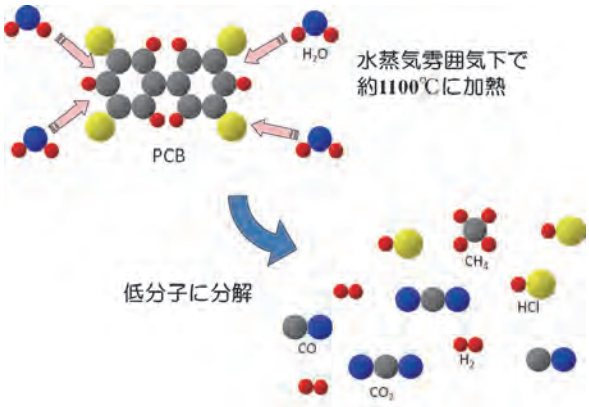


図-5　水蒸気分解プロセスにおける反応模式図

これらの処理は，ガスの流れの上流端である間接熱脱着プロセスのチャンバー内が負圧に保たれるように排ガス処理装置の終末に設置したブロワの吸引により負圧管理しながら行われる。このため，処理経路全域が負圧となっており，処理の途中で装置外に漏洩することはない。

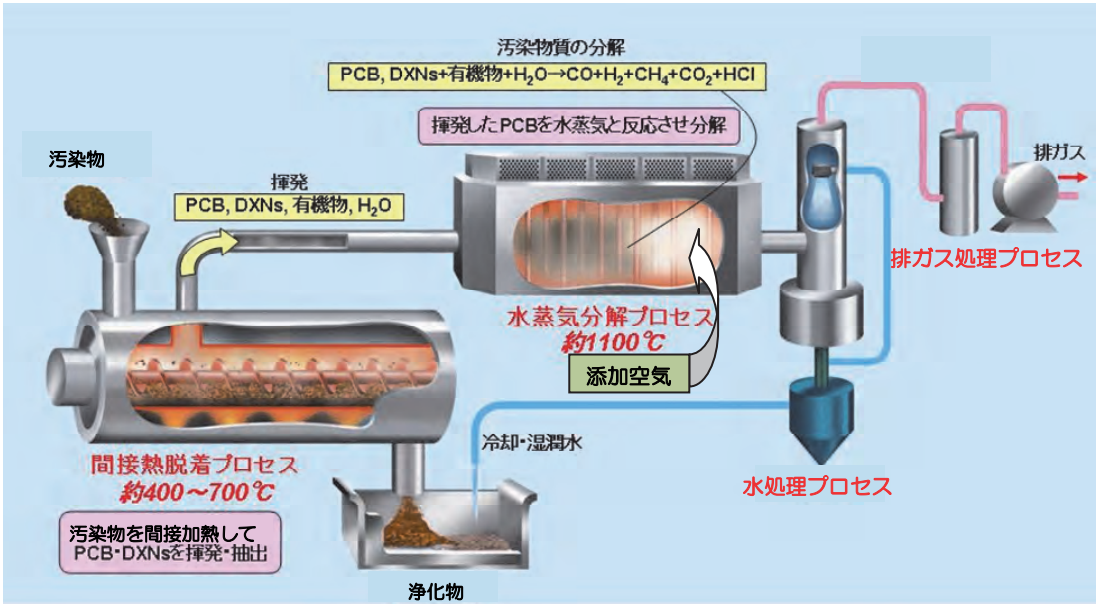


図-6　ジオスチーム ™ 法の処理フロー

(4) 水処理プロセス

水処理プロセスではガス処理装置で回収し，余剰となった水分を浄化する。

間接熱脱着プロセスで汚染物から蒸発・分離した水分は排ガス処理プロセスのクエンチャーで冷却され，冷却水の一部として回収されて余剰水として排出される。この余剰水には、間接熱脱着プロセスで発生した土壌由来の SS 分が含まれ，また，汚染物に水銀などの揮発性の重金属が含まれている場合にはそれらも水中に存在することがある。

このため，水処理プロセスでは，水中の SS 分や水銀などの有害物質を除去する。処理水は浄化土壌の加湿水として再利用できる。

4.3 処理実績

(1) 処理対象物の汚染状況と処理目標

本工事の処理対象物「一時保管土 A」の汚染状況を表-2 に，処理目標を表-3 に示す。

表-2 一時保管土 A の汚染状況

項目	分析値	基準値	基準値根拠
PCB	含有量試験で最大 19.2mg/kg（処理中の最大 25mg/kg）	10mg/kg	底質の暫定除去基準
	溶出試験では不検出	不検出	S48.総令第 5 号
ダイオキシン類	最大 2,300pg-TEQ/g	1,000 pg-TEQ/g	土壌環境基準
全水銀	溶出試験で最大 0.0087mg/L	0.005 mg/L	S48.総令第 5 号
油分	油膜あり	油膜の有無	―
全シアン	溶出試験で最大 0.5mg/L	不検出	土壌環境基準
鉛	溶出試験で最大 0.29mg/L	0.1mg/L	S48.総令第 5 号
ふっ素	溶出試験で最大 17mg/L	15mg/L	S48.総令第 5 号
ヒ素	溶出試験で最大 0.074mg/L	0.01mg/L	土壌環境基準

注）一時保管対策前の調査結果のうち、基準値を超過した項目のみを表示（PCB は処理中の分析値のうち最大値を併記）

表-3 一時保管土 A の処理目標

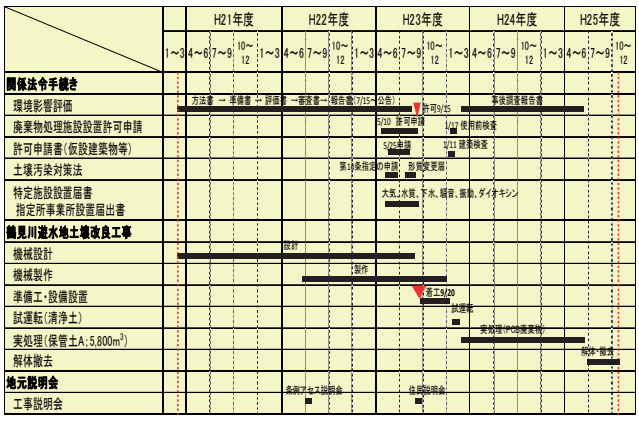
処理対象	処理目標（工事の特記仕様書）
ＰＣＢ含有量	0.1mg/kg 以下
ＰＣＢ溶出量	0.003mg/Ｌ以下
ダイオキシン類	150pg－TEQ/g 以下
重金属類	産業廃棄物に係る判定基準を満たすこと

(2) 全体工程

全体工程を表-4 に示す。工期は，平成 21 年 2 月 28 日から平成 25 年 10 月 31 日までの 4 年 8 ヶ月であった。

施設設置に係る着工関係法令手続きと機械設計・製作に約 2 年 7 ヶ月を要し，現地着工後は，機械設置 4 ヶ月，完成検査 1 ヶ月，無害化処理 16 ヶ月，解体撤去・原状回復を 4 ヶ月で実施した。

表-4 全体工程



本施設は，横浜市より PCB 廃棄物の自ら処理施設の設置許可を受けて，平成 24 年 2 月 20 日試運転（第 1 クール※）を開始し，平成 25 年 6 月 15 日まで 16 ヶ月間の無害化処理供用運転（全 31 クール）を実施した。なお，無害化設備の処理能力は，機械仕様と処理対象物の性状より 1.2t/時（28.8t/日）として申請した。

※：1 クールは 14 日間で，設備昇温 0.5 日+10.25 日連続処理+設備冷却 0.5 日+メンテナンス 1.25 日+休日 1.5 日を標準。

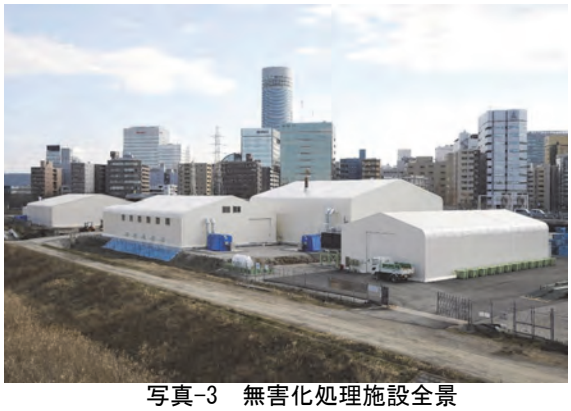


写真-3 無害化処理施設全景

写真-4 無害化処理建屋内

(3) 外部処分

処理後の異物混入土は，浄化土建屋内のピットに保管し，分析により PCB 廃棄物の卒業基準を満足することを確認するとともに，ダイオキシン類などが処理基準値を下回ることを確認した後，通常の産業廃棄物として外部処分した。

写真-5 浄化土建屋内での浄化物積込み状況

処理実施時の状況については，環境影響評価における事後調査計画に基づき実施した。

第 1 クールは異物混入土（一時保管土 A）を用いた試運転と位置づけて処理運転を行なった。試料採取箇所を図-7 に，試運転時の測定結果を表-5～表-8 に示す。

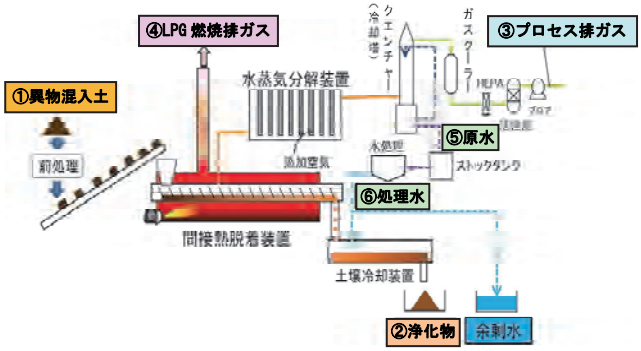


図-7　処理フローと試料採取箇所

第 1 クールでは，投入対象物（PCB 廃棄物）の性状，浄化物の分析結果，排ガス性状，冷却水（クエンチャー水）および処理水分析結果に着目した。その結果，規制値や基準値を越えた項目はなく，全ての装置が正常に機能し，確実な処理が行われたことを確認して処理運転に移行した。

表-5　投入土壌の性状（試運転）

対象物質（試料名称）		分析項目	単位	分析結果 1-1	分析結果 1-2	測定値の規制値、基準値等
①	（異物混入土 処理前）	PCB（含有）	mg/kg	4.4	2.6	処理のためのデータ収集（規制値、基準値等はなし）
		ダイオキシン類	pg-TEQ/g	140	130	
		カドミウム（含有）	mg/kg	<10	<10	
		シアン（含有）	mg/kg	<10	<10	
		鉛（含有）	mg/kg	250	220	
		六価クロム（含有）	mg/kg	<10	<10	
		砒素（含有）	mg/kg	<10	10	
		水銀（含有）	mg/kg	<10	<10	
		セレン（含有）	mg/kg	<10	<10	
		ふっ素（含有）	mg/kg	120	80	
		ほう素（含有）	mg/kg	40	40	

表-6　浄化物分析結果（試運転）

対象物質（試料名称）		分析項目	単位	分析結果 1-1	分析結果 1-2	測定値の規制値、基準値等	
②	（浄化物 処理後）	ダイオキシン類	pg-TEQ/g	6.2	7.2	150	環境基準（底質）
		PCB（溶出）	mg/L	<0.0005	<0.0005	0.003	特記仕様書
		PCB（含有）	mg/kg	<0.1	<0.1	0.1	特記仕様書
		カドミウム（溶出）	mg/L	<0.005	<0.005	0.3	産廃判定基準[1]
		シアン（溶出）	mg/L	<0.1	<0.1	1	特記仕様書
		鉛（溶出）	mg/L	<0.005	0.007	0.3	特記仕様書
		六価クロム（溶出）	mg/L	<0.04	<0.04	1.5	産廃判定基準[1]
		砒素（溶出）	mg/L	0.007	0.012	0.3	特記仕様書
		水銀（溶出）	mg/L	<0.0005	<0.0005	0.005	特記仕様書
		セレン（溶出）	mg/L	0.005	<10	0.3	産廃判定基準[1]
		ふっ素（溶出）	mg/L	1.1	0.77	–	
		ほう素（溶出）	mg/L	0.2	0.2	–	

注 1）産廃判定基準は「金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める省令」の基準値を示す。

供用中の処理後浄化物の分析結果を表-9 に示す。処理後の異物混入土は，浄化土建屋内のピットに保管し，分析により PCB とダイオキシン類が処理基準値を下回ることを確認した後，産業廃棄物（汚泥）としてセメント工場へ再資源化原料として搬出リサイクルした。

表-7　排ガス分析結果（試運転）

監視対象（試料名称）		分析項目	単位	分析結果 1-1	分析結果 1-2	測定値の規制値、基準値等	
③	（大気放出ガス プロセス排ガス）	ダイオキシン類	ng-TEQ/m^3	0.0000017	0.0000017	0.1	特記仕様書
		PCB	mg/m^3	0.0000022	0.0000039	0.01	特記仕様書
		ばいじん（12%O_2）	g/m^3	<0.001	<0.001	0.01	特記仕様書
		硫黄酸化物	ppm	<0.1	<0.1	5	特記仕様書
		窒素酸化物（12%O_2）	ppm	56	47	250	大防法
		ふっ素	mg/m^3	<0.2	<0.2	2.5	市条例
		シアン	mg/m^3	<0.08	<0.08	11.6	市条例
		塩化水素（12%O_2）	mg/m^3	<1	<1	50	市条例
		鉛	mg/m^3	<0.3	<0.3	10	市条例
		水銀	mg/m^3	<0.01	<0.01	0.05	特記仕様書
④	燃焼ガス LPG	硫黄酸化物	ppm	0.1	0.1	5	特記仕様書
		窒素酸化物（12%O_2）	ppm	59	55	250	大防法
		塩化水素（12%O_2）	ppm	<1	<1	50	市条例
		ばいじん（12%O_2）	g/m^3	<0.001	<0.001	0.01	特記仕様書

表-8　冷却水および処理水分析結果（試運転）

対象物質（試料名称）		分析項目	単位	分析結果（1クール） 原水(1-1) 2/22採取	処理水(1-1) 2/22採取	処理水(1-2) 2/28採取	測定値の規制値、基準値（下水放流基準）
⑤⑥	原水（クエンチャー水）及び処理水	PCB	mg/L	検出されず	検出されず	検出されず	0.003
		ダイオキシン類	pg-TEQ/L	1.6	0.00036	0.00013	10
		水銀	mg/L	0.18	0.0011	<0.0005	0.005
		シアン	mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	1
		鉛	mg/L	0.69	<0.005	<0.005	0.1
		ふっ素	mg/L	8.4	3.7	5.7	8
		砒素	mg/L	0.40	検出されず	検出されず	0.1
		pH	–	8.5(20℃)	8.0(20℃)	8.2(21℃)	5～9
		SS	mg/L	11000	3	<1	600
		温度	℃	13	–	–	45℃以下
		カドミウム	mg/L	0.055	<0.005	<0.005	0.1
		六価クロム	mg/L	<0.04	<0.04	<0.04	0.5
		セレン	mg/L	0.10	<0.005	0.005	0.1
		ほう素	mg/L	0.7	<0.1	0.5	10
		有機リン	mg/L	<0.1	<0.1	–	0.2
		アルキル水銀	mg/L	検出されず	検出されず	–	検出されないこと

表-9　浄化物分析結果（供用中）

分析項目		単位	7クール	13クール	19クール	25クール	31クール	測定値の規制値，基準値等	
ダイオキシン類	含有量	pg-TEQ/g	6.6	0.0020	3.7	0.018	0.0033	150	環境基準（底質）
PCB	含有量	mg/kg	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	特記仕様書
	溶出量	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.003	特記仕様書
鉛	含有量	mg/kg	410	280	470	760	560	1500	受入基準[1]
	溶出量	mg/L	0.008	<0.005	0.037	<0.005	<0.005	0.3	特記仕様書
カドミウム	含有量	mg/kg	<10	<10	<10	10	<10	–	–
	溶出量	mg/L	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.3	産廃判定基準
シアン	含有量	mg/kg	<10	<10	<10	<10	<10	–	–
	溶出量	mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1	特記仕様書
六価クロム	含有量	mg/kg	<10	<10	<10	<10	<10	–	–
	溶出量	mg/L	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	1.5	産廃判定基準
砒素	含有量	mg/kg	30	20	<10	20	20	–	–
	溶出量	mg/L	<0.005	<0.005	0.008	0.007	0.009	0.3	特記仕様書
水銀	含有量	mg/kg	<10	<10	<10	<10	<10	–	–
	溶出量	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.005	特記仕様書
セレン	含有量	mg/kg	<10	<10	<10	<10	<10	–	–
	溶出量	mg/L	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.3	産廃判定基準
ふっ素	含有量	mg/kg	<10	80	40	30	70	–	–
	溶出量	mg/L	1.7	1.8	1.9	2.1	1.0	–	–
ほう素	含有量	mg/L	<10	60	40	50	50	–	–
	溶出量	mg/kg	1.4	1.1	0.9	0.7	0.2	–	–

注1)受入基準は，セメント原料としての工場の受入基準を示す。

その発生量は，処理設備で異物混入土中の水分が揮発し，また有機物の一部がガス化するため，無害化処理設備へ投入した重量（9,248.1t）に対して，7,601.3t と約 82%に減量した。

供用中の周辺環境調査結果を表-10 に示す。全ての分析項目で環境基準値等を下回った。また，供用中の排ガス分析結果についても大気汚染防止法及び横浜市条例の基準を下回った。

無害化処理に伴い発生する余剰水は，廃水処理設備で処理した後，公共下水道に放流した。処理水は，何れの分析値も下水の水質基準などを下回る数値であった。

表-10　周辺環境調査結果（供用中）

分析項目	単 位	摘 要	調査結果		環境基準等
			H24.3.7～13	H25.2.20～26	
二酸化硫黄	ppm	日平均値	0.001～0.003	0.002～0.003	0.02[1)]
		期間平均値	0.002	0.002	
		1時間最大値	0.008	0.008	0.1
二酸化窒素	ppm	日平均値	0.019～0.034	0.014～0.033	0.06
		期間平均値	0.026	0.024	
		1時間最大値	0.048	0.049	0.2
浮遊粒子状物質	mg/m^3	日平均値	0.004～0.035	0.005～0.020	0.1
		期間平均値	0.015	0.013	
		1時間最大値	0.090	0.032	0.2
ダイオキシン類	pg-TEQ/m^3	期間平均値	0.037	0.0069	0.6
塩化水素	ppm	日平均値	<0.0002～0.0011	<0.0002～0.0004	0.02
水　銀	μg/m^3	日平均値	<0.0003～0.0019	0.0010～0.0028	0.04
PCB	μg/m^3	期間平均値	0.000082	0.000102	0.5

注1）横浜市環境目標達成のための指針を示す。

敷地周辺におよぼす騒音，振動，低周波音については，騒音および低周波音調査位置が道路交差点付近であり，自動車騒音（暗騒音）の影響を受けた数値となったが、施設の稼働にともなう騒音レベルを推計した結果，全ての時間帯で規制基準を下回った。

５．安全対策

本工事の着工準備期間中であった平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災を受け，無害化処理施設の運転に関する安全対策の強化を図った。特に設備に深刻な被害が想定される運転中の地震などによる「電源喪失」を想定した緊急時対応訓練を期間中に6ヶ月以内毎に3回実施したほか，台風などの強風や大雨などの自然災害，火災や運搬中の汚染物転倒漏洩対応などの訓練を実施し万全を期した。

写真-6　無害化処理設備の解体状況

６．おわりに

鶴見川多目的遊水地土壌無害化処理事業は平成 11 年に PCB などを含む異物混入土が発見されて以来，14 年を要してようやく比較的濃度の高い一時保管土 A の無害化処理および搬出処分の工事を完了した。

工事の実施に当たり，学識経験者や横浜市，周辺住民の方および国土交通省から構成される無害化処理技術評価委員会などの指導を受けながら，市街地において国内初の PCB 廃棄物現地無害化処理を無事終えることができた。

工事中は工事用ゲート部に周辺住民への工事概要や進捗状況の説明看板を設置するとともに，情報公開室を設置して常時無害化処理状況の情報発信を積極的に行った。また横浜市 HP に，廃棄物処理施設の設置許可に関する情報や環境影響評価に関する最新情報を公開しながら工事を実施した。

本工事は，国内で初めての市街地における PCB 廃棄物現地無害化処理工事であったが，大きなトラブルを生じることなく，今回工事の処理対象物の一時保管土A全量を処理することができた。

今後も本工事における経験を活かし，安全確実で周辺環境への影響を最小限に抑ながら PCB やダイオキシン類などの難分解性物質に汚染された環境の回復に貢献したいと考える。

参考文献

1) 国土交通省関東地方整備局・横浜市：鶴見川多目的遊水地土壌無害化処理事業　環境影響評価書，2010.11

2) 轟木朋浩ほか：間接熱脱着＋水蒸気分解法によるダイオキシン類汚染土壌浄化技術，土壌環境センター技術ニュース，No.9，pp.24-29，2004.11

3) 中島卓夫ほか：水蒸気分解法の大型設備による PCB 汚染土壌の浄化，第 15 回地下水・土壌汚染とその防止に関する研究集会論文集，pp.368-373，2009.6

4) 国土交通省関東地方整備局・横浜市：鶴見川多目的遊水地土壌無害化処理事業に係る環境影響評価 事後調査結果報告書，2013.12

5) 縁田正美ほか:鶴見川多目的遊水地における PCB 廃棄物の現地無害化処理工事，鴻池組技術研究報告 Vol.24，pp.1-8，2014.7