

ダイオキシン類汚染底泥の脱水減容化・濾水無害化処理技術「ダイオラップ工法」の開発

三宅敏文¹・早瀬幸知²・田坂行雄³

¹正会員 株式会社大本組 技術本部技術開発部（〒700-8550 岡山県岡山市内山下一丁目1-13）

²株式会社大本組 技術本部技術開発部（〒700-8550 岡山県岡山市内山下一丁目1-13）

³正会員 株式会社宇部三菱セメント研究所 宇部センター セメントグループ
（〒755-8633 山口県宇部市大字小串字沖の山1-6）

近年、環境基準を超えるダイオキシン類汚染底泥が発見され、その対策が課題となっている。ダイオキシン類は水に溶けにくく、大半が微細な土粒子に付着しており、また底泥は高含水状態である。このため、最終処分量の削減には固液分離を図ることが有効となる。そこで、筆者らは、ダイオキシン類汚染底泥の特性を踏まえ、機械脱水して減容化、不溶化、濾水無害化する処理技術を開発した。2種類の底泥を用いて行ったフィルタープレスによる実証実験の結果、濾水のダイオキシン類濃度は排水基準の10pg-TEQ/L以下、脱水ケーキのダイオキシン類溶出量は溶出基準の10pg-TEQ/L以下、脱水ケーキのコーン指数は400kN/m²以上等の結果を得ることができた。これらの結果から、実用レベルにおいて各々の基準を満足することが確認できた。

キーワード：ダイオキシン類汚染底泥、脱水減容化、不溶化、濾水無害化

1. はじめに

近年、環境基準を超えるダイオキシン類汚染底泥の存在が各地で明らかとなり大きな社会問題となっている。このため、人の健康の保護の観点からダイオキシン類による環境の汚染防止およびその除去等に関する技術の開発が求められている¹⁾。

ダイオキシン類は水に溶けにくく、大半が微細な土粒子に付着しており²⁾、また底泥は高含水状態であることから、最終埋立処分や分解無害化処理に際しては、その量を削減すること、つまり固液分離を図ることが有効となる。固液分離に通常使用されるフィルタープレスによる機械脱水処理では、微細な土粒子が濾水とともに排出されるため、濾水のダイオキシン類濃度は高く二次的な排水処理が必要という課題があった。また、脱水ケーキが固化されていない場合、運搬や埋立後の飛散および溶出により周辺環境に悪影響を与えることが懸念される。

このため、筆者らは、ダイオキシン類汚染底泥処理対策の中間処理工程において、上記特性を踏まえ、凝集、吸着、固化機能を有する処理材の開発とフィルタープレスへの2段階打ち込み方法によるプリコート層形成技術の開発によって、底泥の脱水減容化、脱水ケーキへのダイオキシン類の封じ込め、脱水ケーキの

高強度化、濾水の二次処理不要化等が同時に達成できる工法を開発した。これにより、ダイオキシン類汚染底泥の最終埋立処分場の延命化および分解無害化処理費用の低減等の効果が期待される。

本実験では、ダイオキシン類濃度及び土質性状の異なる2種類の底泥を用いて、まず凝集・吸着機能を有する清浄な材料で作泥する泥水をフィルタープレスに打ち込み、次にダイオキシン類汚染底泥に凝集・固化機能を有する処理材を添加した泥水を打ち込む方法とした。

本報では、開発技術の概要及び脱水処理性能の確認と現場適用性を検討するため行ったフィルタープレスによる実証実験結果等について報告する。

2. 技術の概要

(1)工法の概要

a)概要

本工法は、ダイオキシン類対策において中間処理に適用する技術であり、フィルタープレス脱水処理による処分土量の減容化、固化安定処理による脱水ケーキからのダイオキシン類溶出抑制（溶出基準10pg-TEQ/L以下³⁾）および高強度化（コーン指数

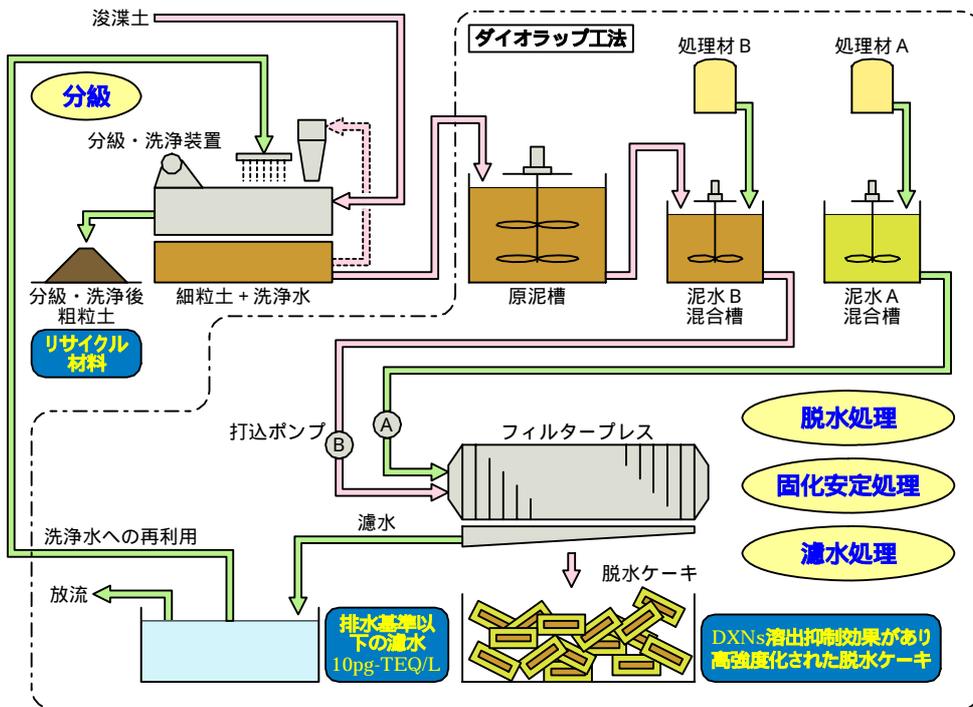


図-1 工法概念図

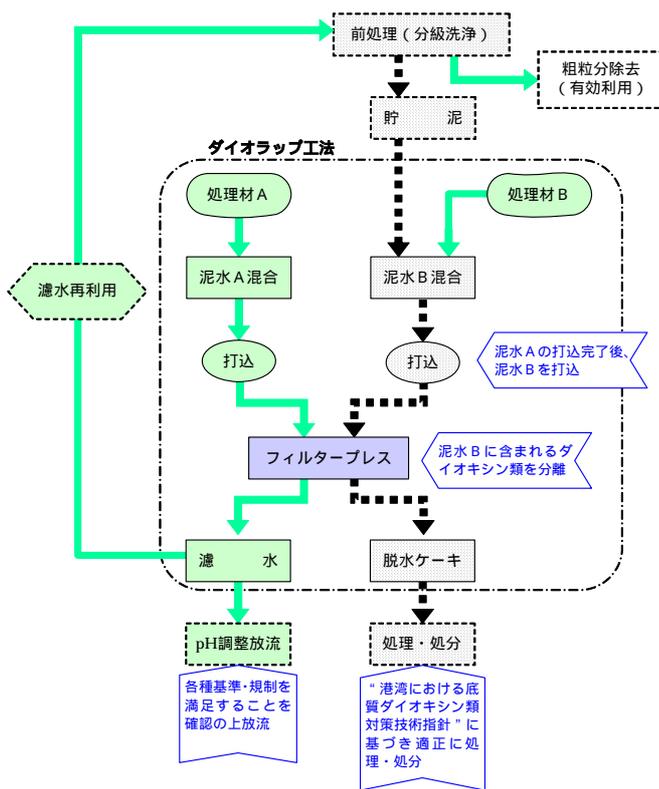


図-2 施工フロー

400kN/m²以上⁴⁾), ダイオキシシン類排水基準を満足するための濾水二次処理の不要化(排水基準の10pg-TEQ/L以下³⁾)という3つの工程を1工程で施工できる技術である。

フィルタープレスに清浄な材料で作泥する泥水(泥水A)とダイオキシシン類汚染底泥(泥水B)を2段階に分けて打ち込むことによって、濾室の周囲に泥水Aによる濾過層(プリコート層)が形成され、泥水Bより排出される濾水はすべてこのプリコート層を通して排水する。このとき、泥水Bに含まれるダイオキシシン類が付着した微細な土粒子はこのプリコート層に捕捉される。また、添加する固化処理材の作用により脱水ケーキの高強度化が図られる。これにより、ダイオキシシン類を脱水ケーキに封じ込め、環境への飛散・溶出を抑制し、かつ、濾水の二次処理が不要となる。図-1に工法概念図、図-2に施工フローを示す。

b) プリコート層の形成メカニズム

泥水 A によるプリコート層は、濾水へのダイオキシシン類を含有する泥水 B の浮遊物質(SS)の漏出を抑制するとともに、泥水 B 濾水中の有機物を処理する役割を担う。また、固化機能を有する泥水 B が濾布に接触することを防止する役割も担う。このため、泥水 B に対して所定割合のプリコート層厚を確保する必要がある。プリコート層の形成モデルを図-3 に示す。

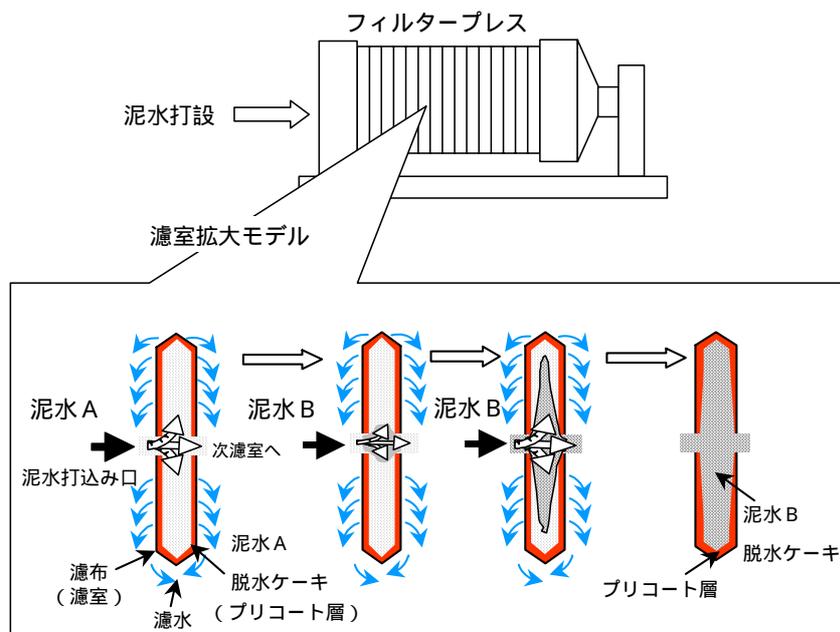


図-3 フィルタープレス脱水によるプリコート層形成モデル

表-1 処理材の機能

種別	機能	備考	
処理材 A	DWA1 材 (主作泥材)	無機粉体をベースとするプリコート層形成材料で泥水 B の浮遊物質 (SS) の濾水への漏出を抑制する。また、有機物の吸着機能を有しており、B 泥濾水中の有機物 (COD, T-N, T-P, DXNs (可溶性が存在する場合)) を低減する。	処理材 A によるプリコート層は、固化機能を有する泥水 B が濾布に接触することを防止する役割を担う。
	DWA2 材 (凝集剤)	アルミニウム系の凝集剤で泥水 A の脱水抵抗を調整するとともに、泥水 B の濾水のアルカリを中和する。	
	DWA3 材 (補助作泥材)	プリコート形成材料の補助材で、DWA1 材の粒度調整材として用いる。	
処理材 B	DWB 材 (凝集・固化材)	泥水 B を凝集させ、脱水ケーキを固化する。	

泥水 A が濾室に完全に充填された時点で脱水が開始し、打込んだ泥水 A と濾室容積の差分の泥水 A 脱水ケーキによるプリコート層が濾布全面に均一に形成される。

泥水 A の打込みが終了し、泥水 B が濾室に充填されはじめる。

泥水 B が泥水 A を濾室の端部に押し出しながら脱水が進行する。その際、プリコート層は濾室端部で厚く形成され、泥水 B は打込み口付近でケーキを形成し始める。

脱水終了。表面をプリコート層で覆われた泥水 B 脱水ケーキが形成されるが、プリコート層の厚さは打込み口付近が最も薄く、濾室端部に向かって厚くなる。

プリコート層形成において重要なポイントは、
で示すように、打込んだ泥水 A 量と濾室容積の差分

による泥水 A 脱水ケーキ (プリコート層) が濾布全面に形成されるということである。この際、泥水 A の含水比が適正でないと、泥水 B に対して泥水 A 量が過大となる。このため、泥水 A の含水比を加水調整することが必要である。また、泥水 A のみで脱水を進行させ所要のプリコート層を形成させるために、プリコート層が最も薄くなる部分や濾室内に残留する A 泥を考慮して泥水 A 量を設定する。これらの条件については、事前の配合試験により決定する。

c) 処理材の機能

本工法では、泥水 A、泥水 B に対応するプリコート処理材 (処理材 A)、凝集・固化処理材 (処理材 B) を用いる。各処理材の機能を表-1 に示す。

(2)工法の特長

効率化

脱水処理, 固化安定化処理, 濾水処理を1工程で施工できる.

減容化

フィルタープレスによる加圧脱水であり固液分離効果が高い.

高強度化

脱水ケーキは, 処理材の固化作用により運搬や埋立時における飛散防止および埋立強度の発現が可能である.

溶出抑制

固化作用により, 埋立後の脱水ケーキからのダイオキシン類の溶出が抑制される.

固化材の利用

従来, 濾布の目詰まりの問題からフィルタープレスに利用できなかったセメント系の固化材の使用が可能である.

濾水無害化処理不要

プリコート層を通過した濾水は排水基準以下となるため, 無害化処理が不要となる.

幅広い濃度対応

実験結果より, 低濃度から高濃度まで幅広いダイオキシン類汚染底泥に対応可能である.

コスト縮減

対象底泥の減容化により, 最終埋立処分場の延命化や分解無害化処理費用の低減に資することが可能である.

(3)配合設計

配合設計に際しては, 対象底泥の土質性状調査結果を踏まえて, 目標物性値を確実に得るための配合条件を配合試験により設定する. 図-4 に配合条件設定フローを示す.

なお, 配合試験は, 配合条件の設定, 品質の確認, 施工性の確認, 施工管理基準の設定, 処理設備設計等を行う上で必ず実施する重要な試験である.

室内試験により, 処理材 B の添加量 (ケーキ強度) とダイオキシン類溶出量との関係を把握し, これより溶出基準以下となる処理材 B の添加量を設定する.

室内試験により, プリコート層厚 (泥水 A 量および処理材 A 量を含む) と濾水のダイオキシン類濃度との関係を把握し, これを基にプリコート層厚を設定する.

室内試験で得られた最適条件にてフィルタープレスによる確認試験を行い, 目標の物性値が得られるまで配合条件を調整し, 最終的な配合を決定する.

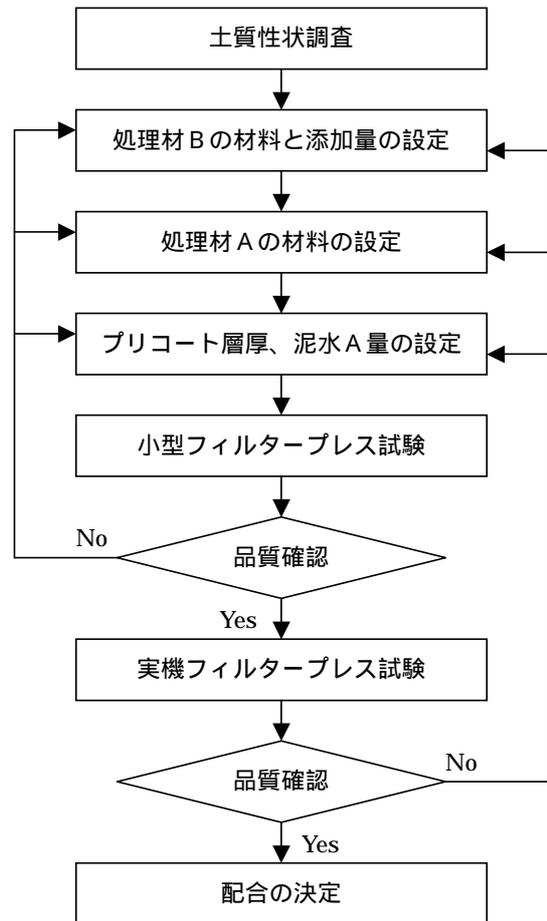


図-4 配合条件フロー



写真-1 脱水装置

3. 実証実験

(1)実験概要

実験は, 実施工における脱水処理性能および現場適応性を検証することを目的に行った.

試料としては, ダイオキシン類含有濃度および土質性状が異なる 2 種類の底泥を 0.3mm の振動ふるいにより分級洗浄し粗粒分を除去したものを脱水対象試料とした. 脱水試験には, 写真-1 に示す小型 F P 装置 (濾過枠: 400mm × 400mm × 20mm, 8 濾室, 圧力 0.6MPa) を使用した.

表-2 分級洗浄後の泥水性状（1バッチ当り）

項目	底泥名	底泥	底泥
土粒子密度	(g/cm ³)	2.67	2.38
含水比	(%)	440	480
固形分量	(g)	12,752	8,818
粒度分布	砂礫分 75～300μm (%)	41.1	13.8
	シルト分 5～75μm (%)	40.1	51.2
	粘土分 5μm以下 (%)	18.8	35.0
ダイオキシン類含有量	(pg-TEQ/g)	150以下	7,500
泥水打込量	(L)	61.40	46.04

表-3 配合（脱水ケーキ1m³当り）

底泥名	配合						
	A : B (ケーキ容積割合)	泥水A (打設量)				泥水B (打設量)	
		主作泥材 DWA1 ¹ (kg)	処理材 DWA2 ² (kg)	補助作泥材 DWA3 ³ (kg)	水 (m ³)	分級後底泥 (m ³)	処理材 DWB ⁴ (kg)
底泥	15 : 85	85.50	13.44	36.64	1.53	3.33	34.54
底泥	20 : 80	90.43	14.21	38.76	1.61	2.49	47.77

- 1, 3 DWA1, DWA3 : 無機紛体系作泥材 2 DWA2 : アルミニウム系凝集剤
4 DWB : 凝集・固化材

表-4 濾水性状

底泥名	DXNs 濃度 (pg-TEQ/L)	SS (mg/L)	PH	COD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
底泥	0.021	4.9	9.3	5.1	13	0.12
底泥	0.58	2.3	9.9	1.5	2.3	0.024

- * 目標値10pg-TEQ/L以下：余水吐きから流出する海水の水質基準（海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律第10条第2項3号, 政令第5条第1項第2号）
* 測定は、連続3～5バッチ打設後に行ったものである。

泥水打設方法としては、実用化に不可欠なバッチ連続打設とした。

表-2 に分級洗浄後の泥水性状, 表-3 に配合条件を示す。

(2) 実験結果

a) 濾水性状

濾水性状の結果を表-4 に示す。濾水のダイオキシン類濃度は排水基準以下の数値を示し、プリコート層による濾水の浄化作用が確認された。また、ダイオキシン類汚染濃度の低濃度から高濃度まで対応可能

であることが示されたこと、およびバッチ式連続打設による結果であることより実施工上問題ないことが確認された。なお、濾水に含まれる浮遊物質（SS）には泥水 A のものも含まれており、SS とダイオキシン類濃度の相関は得られていない。

b) 脱水ケーキ性状

脱水ケーキ性状の結果を表-5 に示す。脱水ケーキのダイオキシン類溶出濃度については、溶出基準以下の数値を示し固化安定化作用が確認された。

ときほぐし・締固めた脱水ケーキのコーン指数については、第3種改良土（コーン指数 400kN/m²以

表-5 脱水ケーキ性状

底泥名	DXNs 溶出量 (pg-TEQ/L)	強度qc (材齢7日) (kN/m ²)	含水比 (%)	プリコート層厚	
				端部 (%)	中央部 (%)
底泥	0.72	1,230	96.5	21.9	16.6
底泥	3.5	2,000以上	106.0	-	-

- * 目標値 10pg-TEQ/L 以下：水底土砂に係る判定基準 10pg-TEQ/L（溶出濃度）（海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律施工令第5条）
- * 目標値 400kN/m² 以上：「建設発生土利用技術マニュアル」土質区分基準（第3種改良土）



写真-2 脱水ケーキ断面

上)を大きく上回る結果が得られた。また、処理材の添加量を調整することでケーキ強度を調整できることが確認された。

脱水ケーキ断面を写真-2 に示す。プリコート層は、脱水ケーキの中心部（打込み口）から端部にかけて厚さに勾配を生じるものの、すべての濾室のケーキ全表面に形成された。

4. おわりに

近年、環境基準を超えるダイオキシン類汚染底泥の存在が各地の港湾や河川等で明らかとなり、その処理処分対策が課題となっている。

このため、筆者らは、ダイオキシン類汚染底泥の特性を踏まえて固液分離することが有効であることに着目し、効率的に処理できる脱水減容化・濾水無害

化処理技術を開発し、ダイオキシン類濃度及び土質性状の異なる2種類の底泥を用いて実証実験を行った。その結果、濾水のダイオキシン類濃度は排水基準の10pg-TEQ/L以下、脱水ケーキのダイオキシン類溶出量は溶出基準の10pg-TEQ/L以下、脱水ケーキのコーン指数は400kN/m²以上等の結果を得ることができた。また、現場適用性の確認とともに、幅広い汚染底泥に対応できることが確認できた。

このことから、本工法は港湾や河川等のダイオキシン類汚染底泥処理に有効な手段であり、また、最終埋立処分場の延命化および分解無害化処理費用の低減等に資するものと考えている。今後、ゴミ焼却施設の解体工事等にも適用していきたいと考えている。

参考文献

- 1)国土交通省港湾局：港湾における底質ダイオキシン類対策技術指針（改訂版），pp. まえがき，国土交通省港湾局，2003.
- 2)国土交通省港湾局：港湾における底質ダイオキシン類対策技術指針（改訂版），pp. 3-28-3-29，国土交通省港湾局，2003.
- 3)国土交通省港湾局：港湾における底質ダイオキシン類対策技術指針（改訂版），pp. 1-7，国土交通省港湾局，2003.
- 4)独立行政法人土木研究所：建設発生土利用技術マニュアル，pp. 28-30，財団法人土木研究センター，2004.