

# ダイオキシン類汚染底質の汚濁抑制浚渫と 脱水中間処理

吉田 将

ダイオキシン類による底質の汚染に係わる環境基準が平成14年9月に施行され、基準を超えるダイオキシン類汚染の底質が確認されるとその対策を行うことが必要となった。しかし、汚染底質を基準通りに扱うことは難しく、対策の実施例はほとんどない。本稿では、狭隘な運河におけるダイオキシン類汚染底質の汚濁抑制浚渫と水質監視、水質計測結果、浚渫泥土の中間処理における圧搾式高压フィルタープレスの減容化を紹介する。

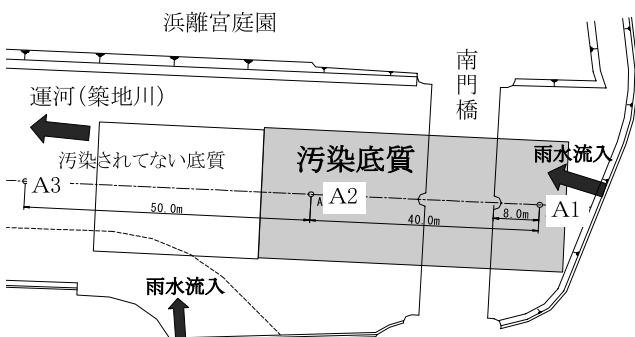
キーワード：ダイオキシン類、汚染底質、汚濁抑制、水質監視、リスク低減、中間処理、減容化

## 1. はじめに

東京都の浜離宮周辺の運河では、水底土砂の環境基準を上回るダイオキシン類を含む底質が確認され、また、近隣からの臭気に対する苦情が多く対策の実施が急務であった。浚渫や仮締切り掘削除去・覆砂・原位置固化処理などの対策について、リスク低減効果や環境に与える影響、施工性及び経済性等の項目を評価検討し、浚渫する対策を採用した。除去された底質は脱水プラントへ舟運し、減容化の中間処理を行った。この全体対策のうち、浚渫工法の選定から施工、汚濁抑制対策、水質監視計画と計測値、浚渫泥水の脱水処理について述べる。

## 2. 汚染範囲特定

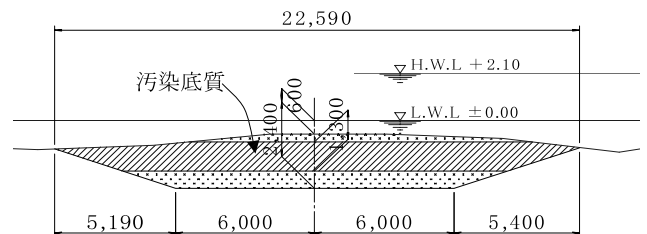
平成17年度に「港湾における底質ダイオキシン類対策技術指針改訂版」平成15年11月 国土交通省港



図一 底質のダイオキシン類汚染平面

湾局に基づいた調査により汚染範囲を特定し、図一に示す底質を浚渫除去する。浚渫全体土量は約2,800 m<sup>3</sup>であり、そのうち980 m<sup>3</sup>が汚染底質である。

一般的に、汚染範囲特定の手順は中間処理や最終処分費用が大きいことから、概況調査から精密調査を行いきり除去土量を少なくする。範囲特定は、汚染土量と濃度、中間処理、最終処分方法、地域特性



図二 浚渫断面図

表一 底質のダイオキシン類分析結果

測点	深さ	地盤高 (AP)	含有濃度		溶出濃度	
			測定値	基準	測定値	基準
A1	表層	- 0.25 m	57	150	0.17	10.00
	0.5 m	- 0.75 m	110		1.30	
	1.0 m	- 1.25 m	140		※ 10.00	
	2.0 m	- 2.25 m	※ 200		2.60	
A2	表層	- 0.49 m	36	8.50		
	0.5 m	- 0.99 m	35	4.10		
	1.0 m	- 1.49 m	88	※ 25.00		
A3	2.0 m	- 2.49 m	21	2.60		
	表層	- 1.50 m	49	0.17		
	0.5 m	- 2.00 m	48	1.70		
	1.0 m	- 2.50 m	96	0.25		

※印が基準値を超過している

などを総合的に把握し適正な調査方法とすることが肝要である。深度方向の汚染分布とその濃度を図—2、表—1に示す。

### 3. 近隣環境と施工条件

現地の水理条件や浚渫底質の土質性状、近隣環境などの条件を以下に列記する。

- ・水理条件 流速なし 雨水放流渠からの流入あり  
波浪なし 水深 0.5 ~ 2.5 m 干満の影響あり
- ・底質の土質性状 含水比  $\omega = 340\%$  土粒子比重 2.55  
有機分を多く含むシルトが主体
- ・分布深度と堆積厚さ AP - 0.6 ~ - 2.5 m 厚さ 0 ~ 2.4 m
- ・ヘドロ特有の悪臭があり浚渫方法が限定される
- ・運河幅約 50 m 運河延長 700 m 下流は隅田川
- ・後背地 浜離宮庭園、その他2方向は一般道路
- ・既設構造物 南門橋（浜離宮庭園入口）  
周囲3方向は江戸時代の石垣（重要文化財）
- ・近隣環境 道路を隔てオフィスビルや築地市場があり浜離宮庭園への入場者が多い
- ・浚渫における問題点 係留船 ゴミなどの異物 枯葉や小枝の沈殿物、人頭握り拳大の石や瓦礫

### 4. 浚渫方法の選定

浚渫工法の選定工事区域には写真—1のようなア

ーチ橋があり、干潮時でも水面から 5.0 m の離隔しかない。浚渫はこの橋の下を施工できる方法に限定される。負圧吸泥式や高濃度薄層浚渫、泥上車、密閉クラブ浚渫船は汚濁を抑制できるが、吸泥装置や支柱船体が大きく不向きである。作業できるのは小型のマイクロポンプ浚渫船とサンドポンプバックホウ台船であり、この2つに絞り、浚渫時の汚濁抑制、障害物の対応、施工性について比較検討した。その結果を表—2に示す。


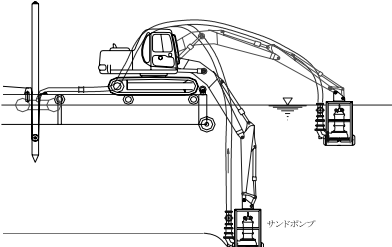

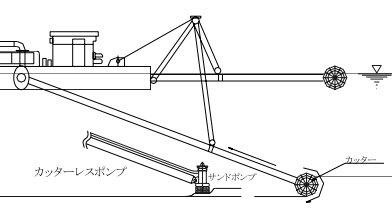
### 5. 汚濁抑制吸引口の特徴

汚濁抑制吸引口の特徴は、土砂取込み羽根（シェーバ）の開閉により効率良く土砂を包囲し、閉鎖された囲いの中で吸泥するので汚濁を抑制すること、転船や清掃、作業中断のポンプ停止逆流による泥水の拡散を防止するために、逆流防止弁を備えることである。浚渫の障害物は、底質中に含まれる異物（枯葉や枝、瓦礫、ゴミ）であるが、ブレードレスサンドポンプの採

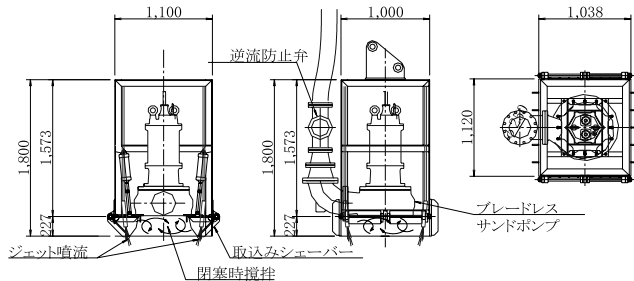


写真—1 浚渫範囲全景

表—2 浚渫工法の比較検討

<p>サンドポンプバックホウ台船</p> 		<table border="1"> <tr><td>含泥率</td><td>△</td></tr> <tr><td>サンドポンプ吸泥</td><td>5~10%</td></tr> <tr><td>汚濁抑制</td><td>○</td></tr> <tr><td>障害物対応</td><td>○</td></tr> </table> <p>・囲いの中のサンドポンプで吸引するので、汚濁が少ない ・吸引口を底質に押しつけ吸泥するので濁りが拡散しない ・上水道の取水口浚渫で汚濁抑制の実績がある</p>	含泥率	△	サンドポンプ吸泥	5~10%	汚濁抑制	○	障害物対応	○		
含泥率	△											
サンドポンプ吸泥	5~10%											
汚濁抑制	○											
障害物対応	○											
<p>マイクロポンプ浚渫船</p> 		<table border="1"> <tr><td>含泥率</td><td>○</td></tr> <tr><td>カッター攪拌吸引</td><td>10~20%</td></tr> <tr><td>カッターレスポンプ</td><td>5~10%</td></tr> <tr><td>汚濁抑制</td><td>△</td></tr> <tr><td>障害物対応</td><td>△</td></tr> </table> <p>・カッターで攪拌して吸引するので、汚濁が拡散する ・カッターレスには囲いが無いので濁りが発生する</p> <p>・カッターで攪拌吸引するので小さなゴミは障害とならないが、礫やガラは吸引できない ・カッターレスポンプ吸引では、小さなゴミでも目詰まりする ・ポンプ停止時には、吸引した泥水が逆流し汚濁が拡散する</p>	含泥率	○	カッター攪拌吸引	10~20%	カッターレスポンプ	5~10%	汚濁抑制	△	障害物対応	△
含泥率	○											
カッター攪拌吸引	10~20%											
カッターレスポンプ	5~10%											
汚濁抑制	△											
障害物対応	△											
<p>サンドポンプバックホウ台船が、汚濁抑制と障害物対応で優れている。また、浄水場取水路浚渫で汚濁抑制の実績もあり、それを踏まえて吸引口に改良を加えることとした。</p>												

用により、障害物の詰まりを軽減でき、200 mm の口径とすることで、空き缶程度の異物ならば簡単に吸引できる。さらに、障害物による囲い内部の閉塞防止や硬い底質にも対応できるよう、内部にジェットを噴射させ攪拌する機能も付加した（図—3、写真—2）。



図—3 汚濁抑制吸引口

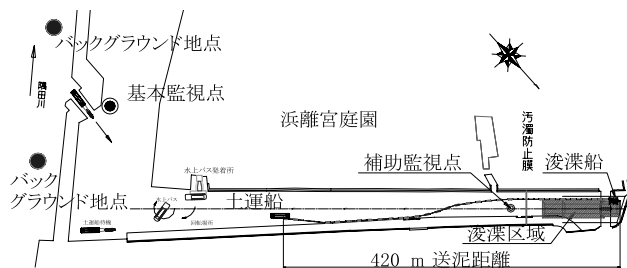


写真—2 汚濁抑制吸引口

**【吸引口の改良点】** ◆取込み羽根の開閉 ◆ブレードレスポンプ（φ 200 mm） ◆逆流防止弁の設置 ◆ジェット噴流装置

## 6. 水質監視の計画

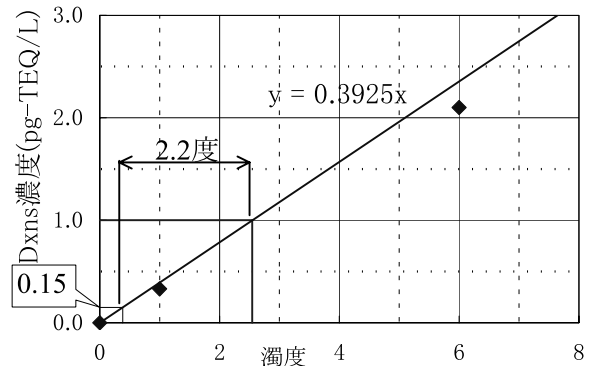
潮流や雨水の流入、水域の利用状況、浚渫工法の特徴から工事水域を運河水門までと設定し、図—4に示す基本監視点、補助監視点、バックグラウンド地点で工事中のモニタリングを行った。また、汚濁抑制吸泥の効果を確認するため、浚渫船周辺で濁りや油膜の監視、臭気の測定も追加した。各観測地点における計測項目、頻度を以下に示す。



図—4 工事区域と水質監視点

- ◆基本監視点:ダイオキシン類水質⇒工事中1回 生活環境項目 (pH COD DO) ⇒週1回, 濁度⇒日1回
- ◆補助監視点:濁度⇒日4回
- ◆バックグラウンド地点:濁度⇒日1回
- ◆浚渫位置周辺:濁度⇒随時 臭気⇒工事中1回

浚渫における監視基準値は、基本監視点におけるダイオキシン類濃度の1 pg-TEQ/Lが適用される。日々の監視は即断できる濁度測定によるため、事前に現地の底質を分析しダイオキシン類濃度と濁度の相関関係を求めた（図—5）。この関係に、バックグラウンド地点のダイオキシン類濃度0.15 pg-TEQ/Lを当てはめ、工事により許容できる汚濁の増分、すなわち、付加許容濁度を2.2度と設定した。水域の濁度は雨や潮流の影響により日々変化するが、バックグラウンドの濁度計測値に付加許容濁度を加えた監視基準値までは、浚渫の汚濁を許容できる。なお、バックグラウンド濃度は、隅田川（東京湾奥）の統一指標がないので、現地運河の0.063 pg-TEQ/Lと近接する古川金杉橋0.20、船の科学館前0.17の平均値から0.15 pg-TEQ/Lとした。

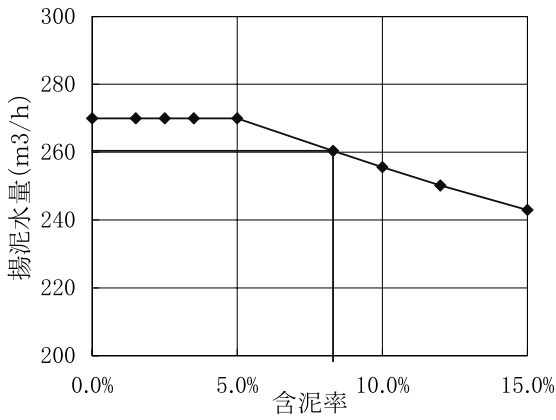


図—5 ダイオキシン類濃度と濁度 相関図

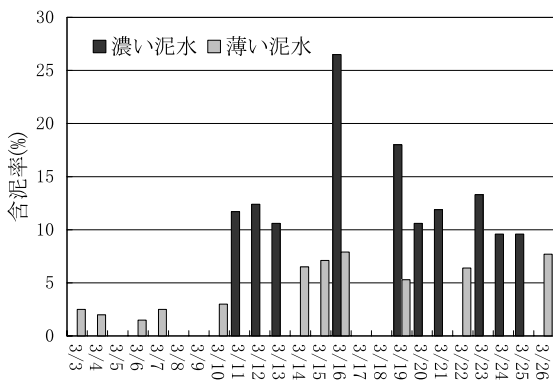
## 7. 実施工

21日間をかけて、980 m<sup>3</sup> の汚染底質を浚渫した（浚渫能力≒ 50m<sup>3</sup>/日）。吸引した泥水量は11,750 m<sup>3</sup>にも及び、泥水の含泥率（体積比）は1.5～26.5%、平均で8.3%であった（図—7）。吸泥水は土運船に排出し中間処理プラントへ運搬したので、浚渫できる土量は船の運航に制限される。よって、この実績は、純粹の浚渫能力ではないが考察する。

吸泥設備として、バックホウ先端のサンドポンプφ 200 mm の22 kw、台船上に送泥用のブースターポンプφ 200 mm 22 kw を設けた。ポンプ能力や浚渫諸元から求めた時間当りの揚泥水量を図—6に示す。平均含泥率8.3%に相当する揚泥水量は260 m<sup>3</sup>/h とな



図一六 時間当たり揚泥水量



図一七 含泥率の変化



写真一三 サンドポンプバックホウ台船



写真一四 吸泥状況

る。揚泥水総量からのポンプ運転時間は2.15時間/日しかなく、作業効率が良くない。

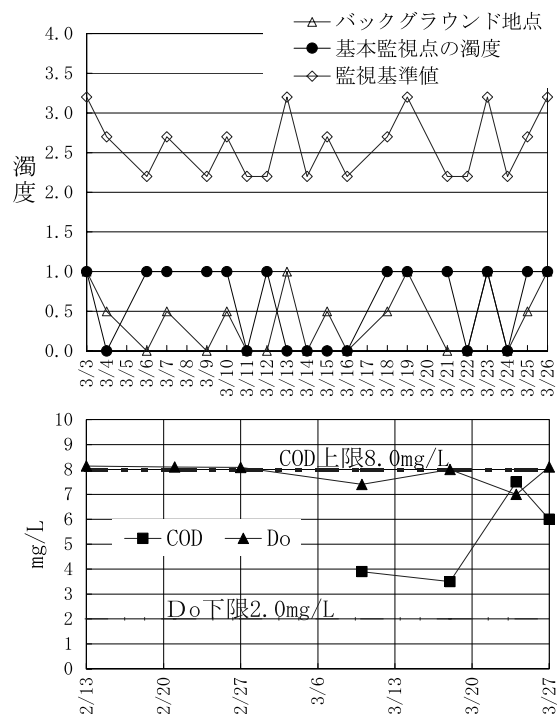
通常のポンプ浚渫船は、水平方向にスウィングしながらカッターを移動させ一定の厚さを吸泥するので連

続して運転できる。しかし、汚濁抑制吸引口の浚渫では、サンドポンプの吸泥に伴いバックホウ先端を押下げ、所定の深度まで一度に吸泥する。汚濁を抑えるには効果的であるが、定位置でポンプを上下動させる断続運転となるので作業能率は低下する。ポンプを移動させる時は吸水しない操作となるが、底質の厚さが薄いと吸水量が多くなり、含泥率と作業効率の低下につながる。図一七の含泥率の急激な変動は、主に底質の堆積厚さに起因している。また、ポンプで吸引できないビニールやワイヤー、大きな瓦礫などの障害物も含泥率低下の要因となる。写真一三と四に、サンドポンプバックホウ浚渫の作業状況を示す。

### 8. 水質監視の計測値

図一八はバックグラウンド地点と基本監視点の濁度、生活環境項目の測定結果である。基本監視点の濁度は、バックグラウンド地点より0.5～1.0度大きくなる程度の付加濁りであった。また、生活環境項目のpH(測定値7.2～8.0、基準5.8～8.6)、COD: 8.0 mg/L以下、DO: 2.0 mg/L以上の水質基準を満足できている。

ただし、図一九の補助監視点の濁度は1.0～2.0度を記録、基本監視点より濁度が大きい。浚渫区域は雨水の流入があること、閉鎖水域であることから基本監視点より従来の濁度が高い傾向にあると推察される。



図一八 基本監視点濁度と生活環境項目

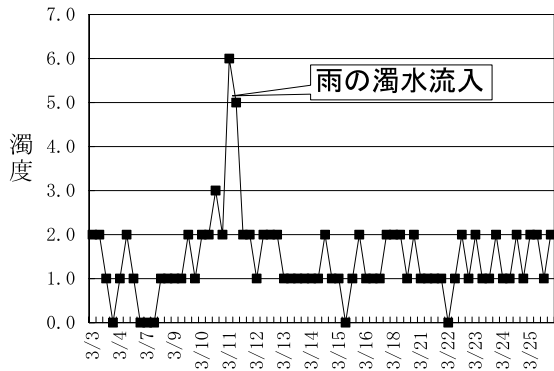


図-9 補助監視地点の濁度

3/10 から 3/11 にかけて濁度が急激に上昇しているのは、雨による濁水が流入したためであり、この傾向が顕著に出ている。長期的な工事区域の水質監視情報がないため、運河そのものの水質や浚渫の付加濁りを正確に評価できないが、汚濁防止膜内の浚渫近傍で測定した濁度も補助監視点と同程度であったことから、工事による濁りの拡散がほとんど発生していないと評価できる。また、浜離宮庭園への観光客が多いことから、臭気の測定も行った。臭気判定士による計測結果は、臭気強度は 0、臭質は無臭、臭気指数は 10 未満であり、大気への拡散についても影響がないと考えられる。

工事中に基本監視点で採水した環境水のダイオキシン類濃度は 0.17 pg-TEQ/L であり、完了後の浚渫区域の河川水濃度は 0.38 pg-TEQ/L であった。さらに、図-1 の A1 地点における完了後底質のダイオキシン類含有量も 62 pg-TEQ/g と環境基準以下を示した。前例の少ない汚染底質の対策であったが、最適な浚渫工法の選定、汚濁抑制吸引口により、環境に影響を与えることなく安全確実に汚染底質を除去できた。

### 9. 汚濁抑制浚渫まとめ

汚濁抑制吸引口は、狭隘な場所で汚濁を抑制し、空き缶程度の大きさの障害物に対応できる。しかし、独特の吸泥方式なので含泥率が低く、中間処理では大量の濁水を処理しなければならない。また、古タイヤやビニール、ワイヤーなど大きな障害物は吸引できない。事前に大きなゴミを除去しなければならない。今後、高濃度の浚渫方法や大きな障害物への対応など、さらに、吸泥装置に改良を加え安全性と施工性を高めなければならない。

### 10. 中間処理

中間処理は汚染底質の最終処分を効率的かつ経済的

に行うことを目的とし、それを細分化すると、①処分土量の減容化（分級・脱水処理）②溶出・巻き上げ抑制と安定化、③周辺環境、作業環境のリスク低減化（固化安定処理）となる。

#### (1) 分級・洗浄

分級・洗浄は、ダイオキシン類が底質中において間隙水中よりも土粒子表面積の大きな細粒分、すなわち、粘土・シルトに多く付着しているため、浚渫汚泥を細粒分と粗粒分に分別し、細粒分を抽出スラリー化するために行う。図-10 に中間処理フローを、写真-5 に採取した地山底質、写真-6 にサイクロン分級設備、写真-7 にそれぞれに分級後のゴミ（落ち葉等）と粗粒分（砂）を示す。なお、中間処理により分級した砂のダイオキシン類含有量は、21 pg-TEQ/g であったので、一般の土質材料として利用できる。

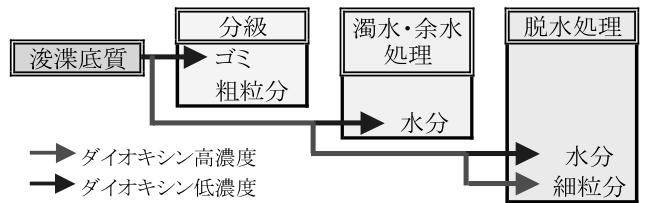


図-10 中間処理の流れ



写真-5 地山底質



写真-6 サイクロン設備

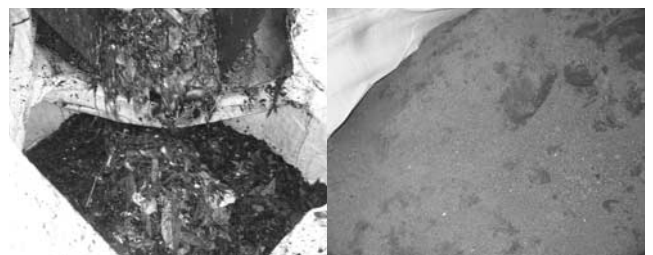
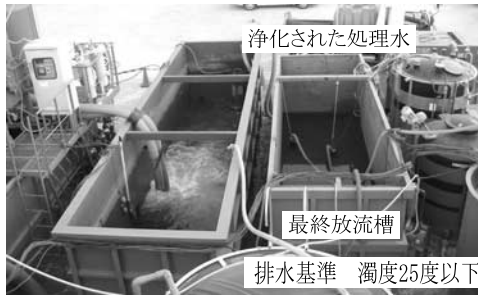


写真-7 分級後のゴミ（落ち葉）と粗粒分（砂）

#### (2) 濁水処理

中間処理施設からの排水水質が関係法令における排水基準を満足させる必要がある。本工事では「ダイオキシン類対策特別措置法」による排水基準 10 pg-TEQ/L 以下を満足させるものとした。また、余水処理方式は、事前にジャーテストを行い凝集沈殿方式と

した。この方法は、分級・洗浄後の泥水に無機凝集剤を添加し、濁水処理装置により細粒分を含むスラリーと上澄み水に分離、上澄み水を余水処理する。写真—8に処理状況を示す。放流水は事前に濁度とダイオキシン濃度との関係を把握し、濁度 25 度を管理基準と定め 4 回/日濁度を測定した。処理水の分析結果は表—3に示すように、排水基準を満足できている。



写真—8 余水処理状況

表—3 処理水の測定分析結果

試験項目	単位	基準値	測定値	判定
ダイオキシン類	pg-TEQ/L	10 以下	0.37	OK
濁度	度	25 以下	9 ~ 20	OK
SS	mg/L	120 以下	22	OK
pH		5.6 ~ 8.3	6.6 ~ 7.2	OK

(3) 脱水処理

スラリーを脱水した処理土を第3種建設発生土相当 ( $q_c \geq 400 \text{ kN/m}^2$ ) とする必要があったので、圧搾式高圧フィルタープレスを採用した。特徴は、従来型に圧搾機構を付加することにより、脱水直後に強度増進が望めること、短い時間で脱水できることである。その工程は、調整泥水をポンプ圧力によりフィルターに打込む一次打込み、所定量打込み後の加圧圧搾の二次脱水である。

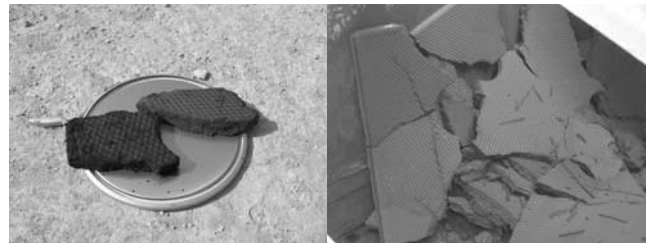
写真—9に中間処理施設全景を写真—10に圧搾中のしぼり水、写真—11に脱水ケーキの外観を示す。実施工では脱水処理を 23 バッチ実施し、打込みから圧搾、開枠までの 1 サイクルの所要時間は、スラリー濃度による変動を受け、最長 2 時間 20 分、最短 1 時



写真—9 中間処理施設全景



写真—10 ろ水排水



写真—11 脱水ケーキ

間 30 分、平均 1 時間 50 分であった。脱水ケーキのダイオキシン類含有量は基準値（土壌）1000 pg-TEQ/g や監視基準値 250 pg-TEQ/g に対し、130 ~ 110 pg-TEQ/g と小さく、かつ、脱水ケーキの溶出量は判断基準 10 pg-TEQ/L（港湾局）、あるいは、1 pg-TEQ/L（河川局）に対して 0.044 pg-TEQ/L と小さく分析計量された。また、脱水ケーキの強度特性の指標であるコーン指数は最大 681  $\text{kN/m}^2$ 、最小値 526  $\text{kN/m}^2$ 、平均 624  $\text{kN/m}^2$  と全て第3種建設発生土の指標値  $q_c=400 \text{ kN/m}^2$  以上であった。

11. おわりに

圧搾式高圧フィルタープレスによる中間処理で、分級した砂および濁水処理した放流水は、ダイオキシン類含有量、溶出量に関する基準値を満足することが出来た。さらに、脱水ケーキも同様の基準値や判断指標を下回り、目標のコーン指数が得られたので、そのまま土質材料として再利用することができる。今後、様々な汚染濃度や土質の浚渫土に関して実績を積み、底質の有効利用や対策のコスト縮減に寄与したいと考えている。

JICMA

【筆者紹介】  
吉田 将（よしだ まさし）  
東洋建設株式会社  
関東支店 土木技術部長

