

## 5. 放射性底泥除去システムの開発

東亜建設工業(株)

泉 信也

○ 松島 弘樹

### 1. はじめに

福島第一原子力発電所事故により、放射性物質を含有する土砂が各地の水域に堆積し、その除去が復旧・復興作業の課題の一つとなっている。

水域での放射能汚染については、対応方針や除去基準が明確に策定されておらず、現状ではほとんど未着手となっているが、陸域の汚染物質は降雨などにより、やがては水域に移行し、最終的には水域の底泥に集積される。水域が農業用ため池であれば耕作地の再汚染に、漁場（湖や海域）であれば採餌を通じて魚類の汚染につながる懸念される。

このような汚染の拡散を防止するためには、水域に集積した汚染底泥を除去することが最も効果的と考え、汚染底泥除去システムを考案し、福島県内のため池で実証実験を行ったので以下に報告する。

### 2. 事前調査

本実験に先立ち、実施箇所の農業用ため池の汚染状況を調査・確認した。

事前調査の結果、ため池底質の放射性セシウムは図-1に示す通り、底泥の表層部分（厚さ約10cm）に最大5,300 Bq/kg（乾泥）、水と底泥の間に位置する浮泥層に最大12,100 Bq/kg（乾泥）と、上層ほど高濃度で存在することが確認された。また、ため池の面積660m<sup>2</sup>中に堆積している放射線量の総量は約6,500万Bqと推定された。

以上より、厚さ10cm程度の底泥除去が可能な施工システムを検討・開発・導入することとした。

### 3. 汚染底泥除去システムの概要

ため池などでは貯水を排水して、陸上建設機械で底泥を除去する方法（ドライ施工）も考えられ

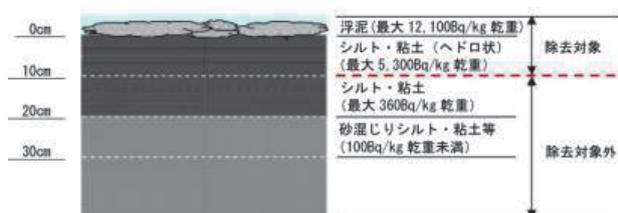


図-1 ため池底泥の汚染状況調査結果

るが、この方法では高濃度に汚染されている表層泥や浮泥が流出・拡散し周辺域を再汚染する可能性が懸念される。そこで、次の3つの着眼点から効率的な汚染底泥の除去技術を考案・実用化した。

- ①薄層の除去：必要以上に底泥を除去すると最終的に処理する土量が多くなってしまう
- ②濁り発生抑制：除去時に濁りが発生すると効率的に底泥の除去ができないばかりか、底泥に堆積したセシウムが再拡散してしまう
- ③除去土砂の減容化：除去した底泥の脱水による減容化が不十分だと、最終的に処理する土量が多くなってしまう

上記を勘案して、汚染底泥を薄層で浚渫除去でき、減容化が可能な底泥除去システムを考案・開発した。本システムは以下の要素技術・装置から構成される。

#### (1) 底泥除去装置マジックボール（薄層浚渫対応）

マジックボールは、ダムや調整池・貯水池等に堆積した土砂を除去するために開発された球体型の浚渫装置である（平成21年3月開発）。本研究では、浮泥や底泥を低汚濁かつ薄層で浚渫除去可能とするため、図-2に示すような釣鐘型の装置に改良した。

本装置は、釣鐘型の底部に、底泥に切れ目を入れ、なおかつ水ジェット噴射により吸入口に向かう水流を形成させるための整流板を装着することにより、粘性土や浮泥の濁りを発生させずに吸入・除去できるような設計とした。（図-3）



図-2 底泥除去装置マジックボールの改造

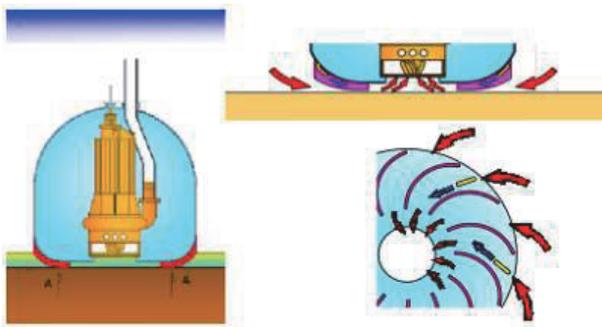


図-3 釣鐘型マジックボールの水流効果

施工システムとしては台船（3.5m×3.4m）に、マジックボールを艀装し、ウインチによるマジックボールの上下および位置の決定をしている。また、台船上には施工管理用のGPSや音響測深器を装備している。（写真-1）



写真-1 台船上に搭載した底泥除去装置

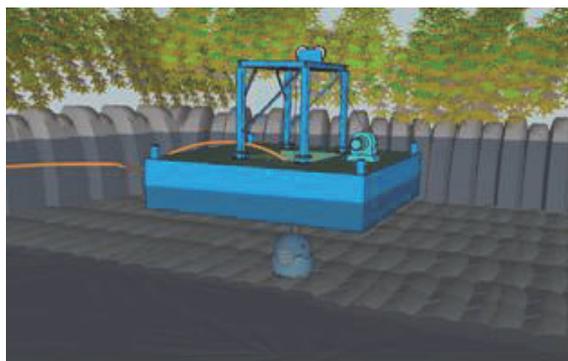


図-4 底泥除去イメージ

### （2）固液分離・脱水システム

セシウム等の放射性物質は、細粒分に付着して沈殿することが知られているため、本実験では、汚染底泥の最終的な処分量を低減するため、凝集剤による固液分離によって、除去した土砂の減容化が可能なシステムを導入した。

前述の底泥除去装置では、底泥除去時に土砂と

ともに水も取り込み、処理設備へ送られるものは泥水状態となるため、本実験では泥水処理設備を使用して固液分離し、生成されたフロックを簡易的に脱水することで減容化処理を行った。（写真-2）



写真-2 固液分離・脱水プラント

### （3）袋詰・運搬・仮置き

脱水処理後のフロック（放射性物質含有底泥）をフレキシブルコンテナに詰込み、借置場（一時）へ運搬・仮置きし、その後本仮置場へと運搬した。

本実験で袋詰したフレキシブルコンテナの総数は54袋であった。



写真-3 袋詰状況

## 3. 評価項目・方法

底泥除去による成果確認として実証実験中に行った概要を表-1に示す

表-1 測定項目

測定項目		頻度
底泥除去工	出来形(水深)	事前、事後
処理工	重量	1回/フレキシブルコンテナ1袋
	放射性物質濃度	1回/フレキシブルコンテナ5袋
	湿潤密度、含水比	
排水	濁度・pH・水温	2回/日
	放射性物質濃度	1回/週
事後調査	放射性物質濃度	事後

#### 4. 結果

実証実験を実施するため池の形状は図-5の通り。ため池は49m×43mの台形状であり、全体面積約900m<sup>2</sup>のうち支障物を除いた作業可能範囲の面積は約660m<sup>2</sup>であった。水深は1.7m～2.4m程度であった。



図-5 施工範囲図

表-2に示す通り、調査位置における底泥除去の平均層厚は14cm程度であり(最大23cm、最小8cm)、設定した表層から10cmまでの深さの底泥を概ね除去できた。

また、表-3に示す通り74m<sup>3</sup>の底泥を除去しており、計画数量の66m<sup>3</sup>以上を除去することができた。

袋詰めしたブロック(放射性物質含有底泥)をフレキシブルコンテナごとに測定した重量を表-4に示す。

袋詰めしたブロックの総重量(処理土量)は約50tであった。

袋詰めしたブロック(放射性物質含有底泥)の物性(湿潤密度・含水比)および放射性物質濃度を表-5に示す。

以上より、処理土量と放射性物質平均濃度からため池より除去した放射性物質量を算出した。

除去放射性物質量は下式により約5,712万Bqであった。

$$\begin{aligned} & \text{処理土量} \quad 50,061\text{kg} \\ & \quad \times \text{放射性物質平均濃度} \quad 1,141\text{Bq/kg} \\ & = \text{除去放射性物質量} \quad 57,119,601 \text{ Bq} \end{aligned}$$

表-2 水深比較表

(単位:m)				
st	事前水深	事後水深	差	備考
1	-2.25	-2.38	0.13	
2	-2.28	-2.36	0.08	最小
3	-1.80	-1.90	0.10	
4	-2.18	-2.40	0.22	
5	-2.40	-2.54	0.14	
6	-2.31	-2.49	0.18	
7	-2.07	-2.20	0.13	
8	-2.16	-2.26	0.10	
9	-1.98	-2.08	0.10	
10	-1.84	-1.99	0.15	
11	-1.68	-1.91	0.23	最大
		平均	0.14	

表-3 底泥除去体積計算表

測線	測線間距離	断面積	平均断面積	測線間体積
6.7				
10	3.30	3.29	1.65	5.43
15	5.00	2.83	3.06	15.30
20	5.00	2.84	2.84	14.18
25	5.00	2.25	2.55	12.73
30	5.00	1.84	2.05	10.23
35	5.00	1.76	1.80	9.00
40	5.00	1.10	1.43	7.15
41.4	1.40	0	0.55	0.77
			合計	74.77

表-4 底泥袋詰重量一覧

No.	重量(kg)	No.	重量(kg)	No.	重量(kg)	No.	重量(kg)
5	768	19	1,060	33	976	47	732
6	827	20	684	34	1,082	48	901
7	736	21	1,013	35	1,160	49	980
8	688	22	1,020	36	820	50	890
9	1,087	23	937	37	1,098	51	867
10	681	24	933	38	983	52	926
11	732	25	995	39	695	53	1,072
12	805	26	890	40	1,063	54	1,008
13	811	27	1,055	41	1,015	55	1,020
14	1,042	28	878	42	766	56	1,005
15	859	29	958	43	925	57	1,008
16	1,125	30	980	44	805	58	1,032
17	964	31	979	45	980		
18	1,025	32	821	46	899		
						合計	50,061

表-5 底泥の物性・放射性物質濃度一覧表

No.	湿潤密度	含水比	放射性セシウム濃度	
	(g/cm <sup>3</sup> )	(%)	(Bq/kg湿)	(Bq/kg乾)
6	1.13	229.6	850	2,700
11	1.13	255.0	950	3,300
15	1.09	271.3	1,300	4,700
20	1.14	253.7	1,160	4,000
25	1.11	225.8	1,050	3,400
30	1.08	203.6	1,770	5,400
35	1.15	180.0	1,080	3,000
40	1.17	194.0	1,100	3,100
45	1.13	208.4	1,250	3,800
50	1.13	191.5	900	2,600
平均	1.126	221.3	1,141	3,600

## 5. まとめ

底泥除去装置マジックボールでは、ジェットポンプの使用の有無による濁りの拡散を目視確認したが、台船上からは濁りの発生は視認できず（ため池の平均水深約2m）、ジェットポンプの使用の有無にかかわらず濁りの発生はほとんど無かった。

また、固液分離・脱水後の排水からセシウムは検出されず（検出限界 1Bq/kg で測定）、安全かつ効率的な汚染底泥の減容化が可能であることを確認できた。

本実証実験によって除去した汚染底泥の質量は、脱水後で約 50t となり、その中に含まれる平均放射線量は 3,600Bq/kg（乾泥）であった。

また、除去放射線総量は約 5,700 万 Bq となり、ため池中に堆積していた放射線量（前述約 6,500 万 Bq）の約 88%に相当する放射線量を除去することができた。

その一方で、マジックボール単体による薄層浚渫では、1ヶ所あたりの浚渫時間が数分から10数分程度と短く、頻繁な移動を余儀なくされることから、今後さらに広範な水域への適用も考えると、1ヶ所あたりの施工能力（施工面積）を向上させる必要がある。例えば図-6のように複数のマジックボールを連結することも検討しており、模型実験によって4連型でも単体と比べて能率低減がないことは確認している。<sup>1)</sup>



図-6 複数連結型（4連式）マジックボール

## 6. おわりに

今回の研究では、福島県内のため池での汚染底泥除去システムの現場実証実験を経て、底泥除去装置模型に改良を施し、マジックボールの形状や連結方法、ジェットや整流板の有無、土質の差などによる掘削能力変化を確認したが、今後その知見を元に、実際の水域での実証実験にも改めて取り組みたい。

また、マジックボール型だけではなく、バックホウやクレーンなどの車輛系建設機械、あるいは小型ポンプ船や高濃度軟泥浚渫船など既存の浚渫船と組み合わせることのできる新たなアタッチメントなども考案・開発し、実際の水域で効率的に汚染底泥除去が可能なシステムを開発していければと思う。

最後になりますが、現場実証実験に際してご指導・ご協力いただいた福島大学をはじめ、関係各位に御礼申し上げます。

### 参考文献

- 1) 泉 信也：汚染底泥除去システムに関する研究開発，作業船，No.312，pp.31-34，2013.