土砂研 活動報告①

ダム堆砂分級工法の開発

（一社）ダム水源地土砂対策技術研究会【土砂研】
技術委員長　浅田　英幸

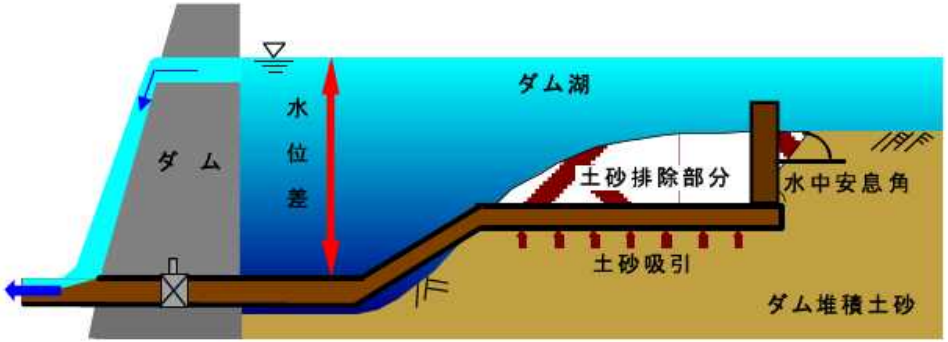
土砂研の活動について

【活動目標】

流砂系における総合土砂管理の視点から，堆砂対策や水域環境改善などをテーマに，ダム・湖沼等の貯水池に堆積する土砂の排除方法，輸送方法，および有効利用技術等に係る研究開発，関連工法の適用性検討を行う．

【水圧吸引式排砂工法の開発】

◎ マルチホールサクション排砂管（MHS）工法の開発；2001~2009年

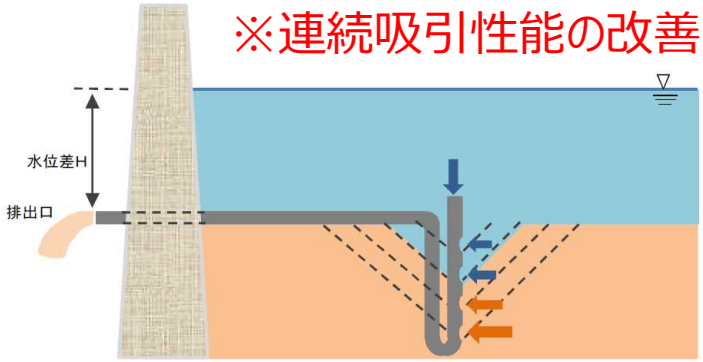


［MHS工法のイメージ］

［美和ダムでの実証実験］

◎ 縦型マルチホールサクション排砂管（VMHS）工法の開発；2010~2016年

※連続吸引性能の改善

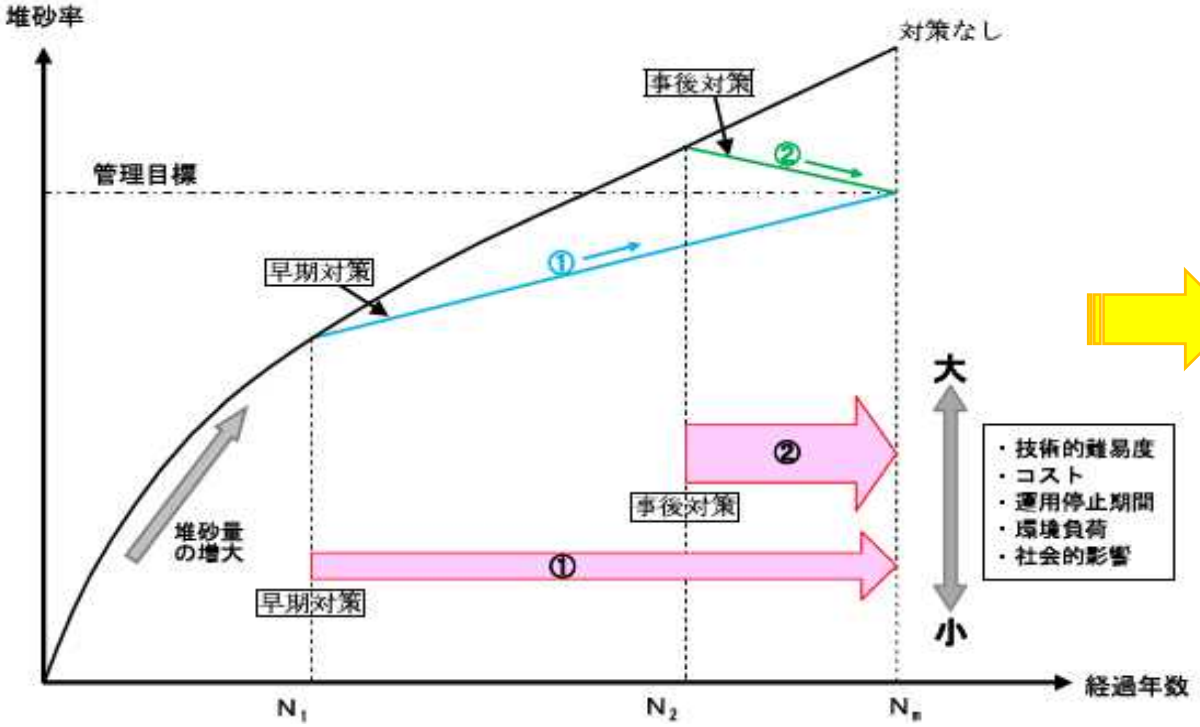


［VMHS工法吸引イメージ］

［大型土槽実験の状況］

ダム堆砂分級技術の開発背景

◎ 総合土砂管理の視点から



アセットマネジメントの堆砂対策への適用イメージ※

アセットマネジメントの考え方をダム堆砂対策に適用すれば、各ダムの堆砂特性等に考慮し，早期にダム堆砂対策を検討・実施することが望ましい

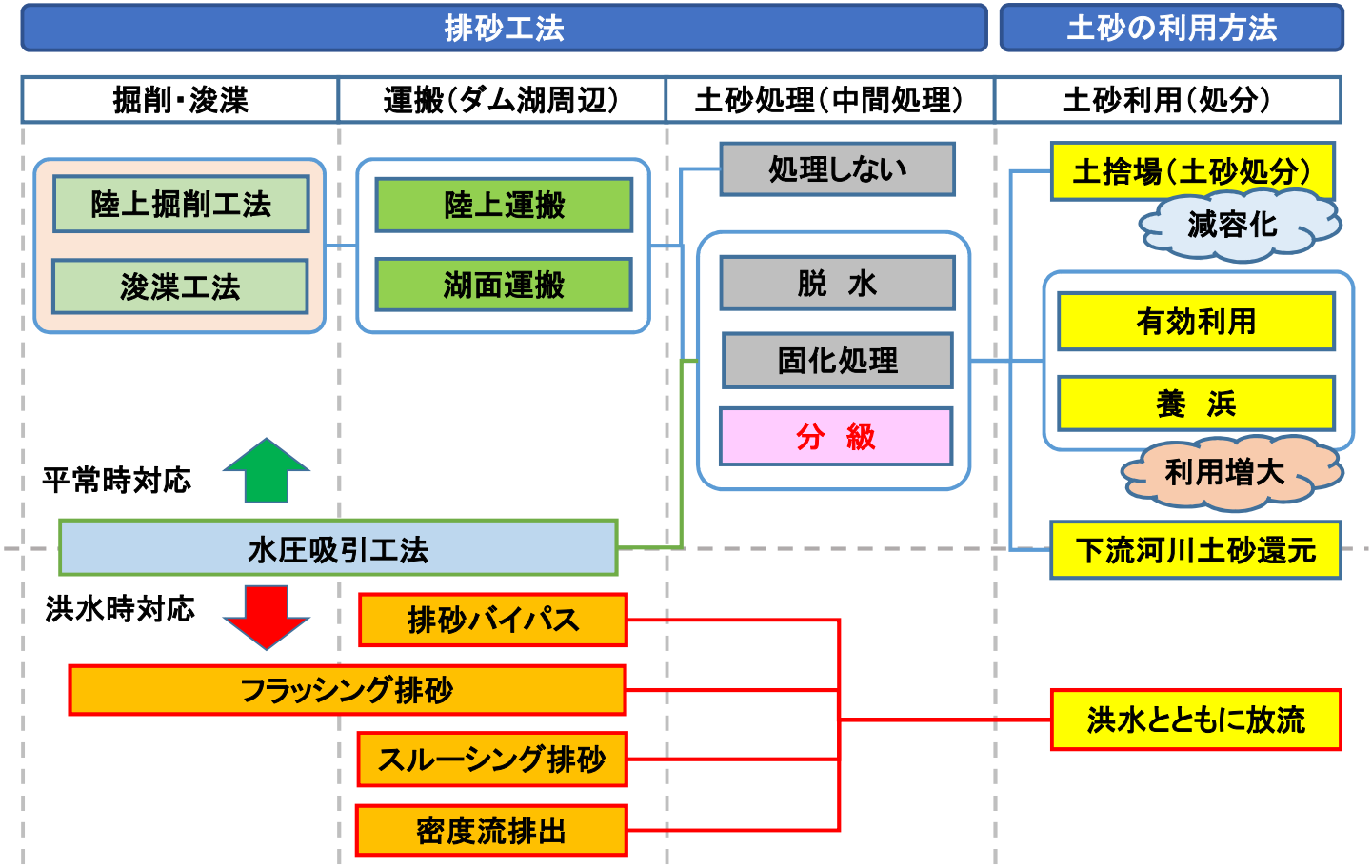
※ ダム貯水池土砂管理の手引き（案），H30.3

堆砂の浚渫・掘削は可能だが・・・

【出口（受入れ側）の課題】

①建設材料：　材料品質（土構造物の要求品質に不適合）
②下流還元：　置土品質（濁り発生・長期の固結化）
③養　　浜：　生物環境への影響（濁り発生・魚介類生息に不適な粒度分布）
④土砂処分：　処分場のひっ迫（土砂処分量の増大）

ダム堆砂分級技術の開発目的



主要な排砂工法の分類

平常時作業可能で安価な掘削・浚渫工法でダム堆砂対策を促進

- 掘削・浚渫土を粒度分級し，有効利用可能な礫・砂分と細粒分に分離
- 礫・砂分は建設材料や環境材料（下流還元／養浜）として利用増大を目指す
- 細粒分だけを土砂処分（改質・再利用も可） ⇒ 土捨場の減容化・延命化

ダム堆砂分級技術の開発目標

【有効利用分野ごとの粒度規定例】

利用分野	用途	粒度範囲(mm)	F_Cの規定(実績)	備　考
環境材	ダム下流還元(置土)	10以上～0.075	5%程度以下	佐久間ダムは20%程度
	養浜材	75～0.075	8%程度	茅ヶ崎海岸の事例
建材	珪砂(7号)代替材	0.3～0.075	18%程度	産地により異なる
地盤材料	埋戻し用砂	5.0～0.075	10%以下	
	SCP用・サンドマット用砂	5.0～0.075	10%以下	
	SCP用・VD用砂	5.0～0.075	5%以下	圧密を期待
コンクリート材料	SC細骨材(無筋・鉄筋・舗装)	5.0～ 0.15	2 ~10%以下	F_Cは0.15mm以下
	SC細骨材(プレパックド)	5.0～0.15	5 ~30%以下	F_Cは0.15mm以下

目標粒度：75μm～2.0mm(細粒分混入率(Fc)の許容値10%以下)

【下流還元材・養浜材の分級メリット】

- 下流還元材　→　置土の固結化防止／濁り低減／下流河川の環境改善効果
- 養浜材　→　濁り低減／海浜砂と等価な粒径土砂の供給

【ダム堆砂分級工法の開発目標】

①広範囲な分級レンジに対応，②低コスト技術，③多用な細粒分処理技術の提供

高滝ダム現地分級実験の概要

【実験期間】
2020年1月末～2月中旬
（見学会：2/5, 2/12, 2/14）

【実験サイト】
千葉県高滝ダム上流側導流堤上

【実験用土砂】
高滝ダム堆積土砂（細砂）
→ 粒径調整に粗粒分を追加

サイクロン
振動篩
からの産物

トロンメル
からの産物

ハイメッシュ
セパレータ
からの産物

分級処理システム ①

【分級処理システムの構成】

目標粒度：75μm～2.0mm（細粒分混入率の目標10%以下）
（ふるい網目やサイクロンの処理容量・流入圧力を変えることで分級レンジは可変）

処理目的：礫・塵芥除去（前処理） 粒度区分：10mm以上	処理目的：砂分抽出（1次処理） 粒度区分：2.0mm以上	処理目的：砂分分級・細粒分除去（2次処理） 粒度区分：0.075mm以上
トロンメル	ハイメッシュセパレータ	サイクロン付振動ふるい

各工程の産物

分級処理システムの稼働状況

1次処理:
ハイメッシュ
セパレータ

2次処理:
サイクロン付
振動ふるい

分級処理システム ②

【余水処理】

◎ 細粒分を凝集沈殿処理する水処理設備

サイクロンオーバー泥水

浄化槽（シックナー）

水処理槽（凝集剤添加）

分級過程で土砂解泥のために水洗浄（＝湿式分級）を行う.
実験では2次処理後の泥水中の細粒土砂を，PAC+高分子凝集剤（＝水質環境基準適合品）により凝集沈殿させたうえ，
洗浄水を循環・再利用（＝水使用量の抑制）した.

放流時の水質測定結果一覧

測定日	1/28	1/30	2/5	2/14	2/15	2/17
濁度	4	4	1	5	2	2
pH	7.2	7.1	7.4	7.3	5.8	7.1

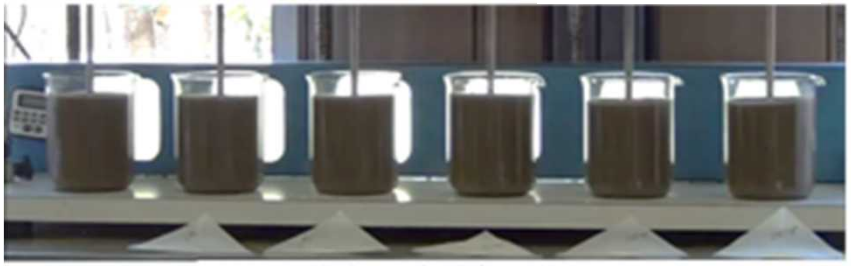
千葉県の海域以外の排水基準（5.8≦pH≦8.6）

細粒分処理技術 ①

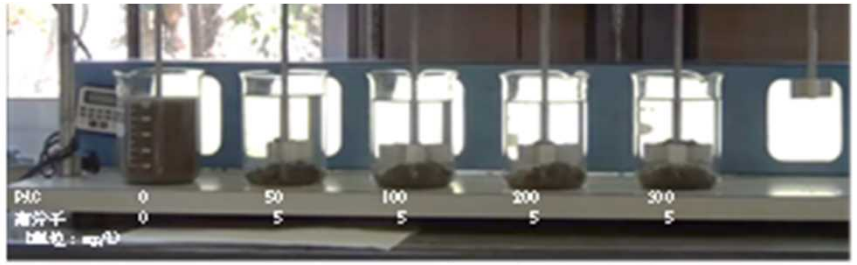
【細粒分処理技術：天然成分由来の凝集沈殿剤】

YBMax

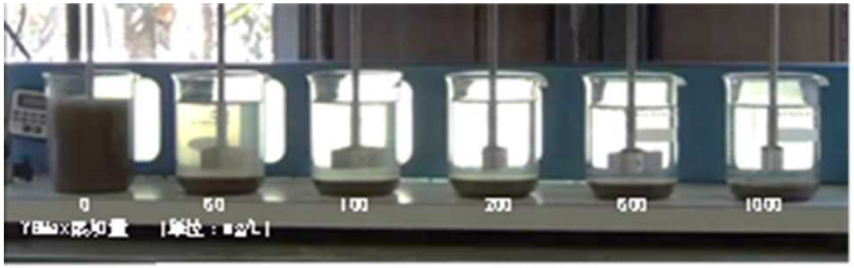
ドロンパK



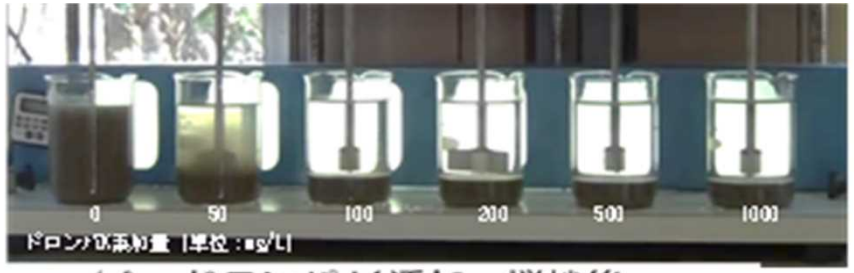
(a) 凝集剤添加前



(b) PAC+高分子　添加・撹拌後線



(c) YBMax 添加・撹拌後

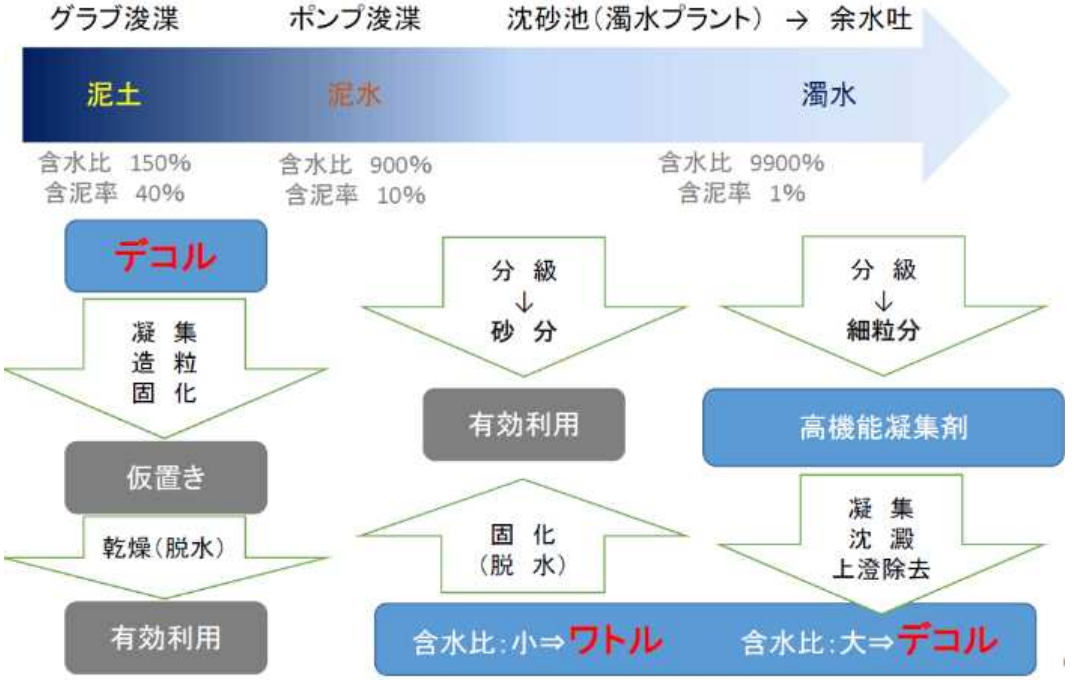


(d)　ドロンパ K添加・撹拌後

余水処理用各種凝集剤（PAC+高分子, YBMax, ドロンパK）のジャーテスト状況

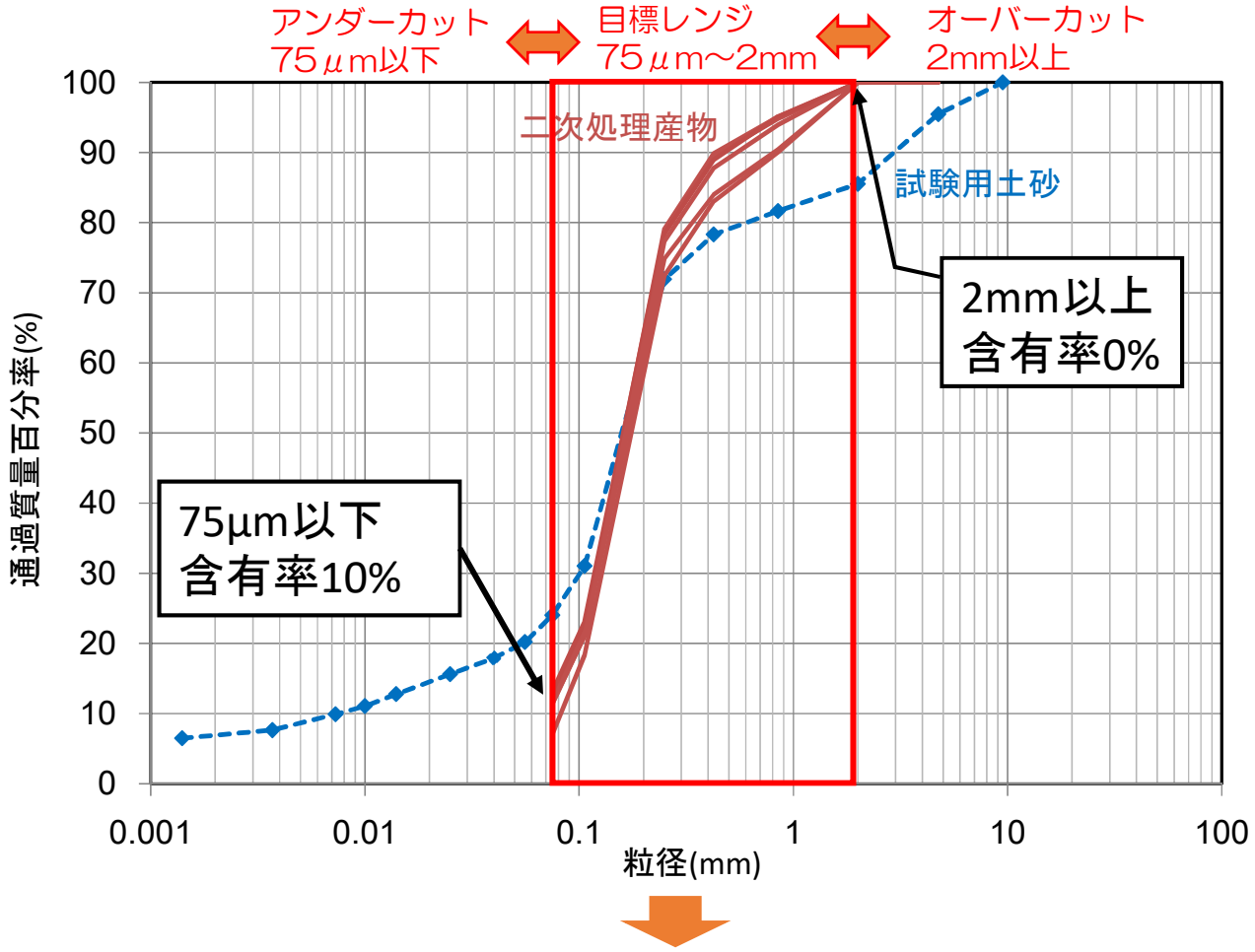
細粒分処理技術 ②

【細粒分処理技術：
環境負荷の小さい改質材】



細粒分改質材（デコル）の適用状況

高滝ダム現地分級実験の結果



- オーバーカットレンジの2mmの含有率はほぼ0%
- アンダーカットレンジの75μmの含有率は10%を概ね満足
- 約10m^3/回の土砂分級を日を変え3回実施．本システムによる高い分級処理品質の再現性を確認
- 細粒分については，実験ヤードと水処理の制約から水洗浄能力がやや不足

現地実験見学会の開催

【開催目的】

土砂研とWECで共同開発中のダム堆砂分級技術について、ダム関係者に広く情報を提供し、当該技術を認知してもらう

【開催日】

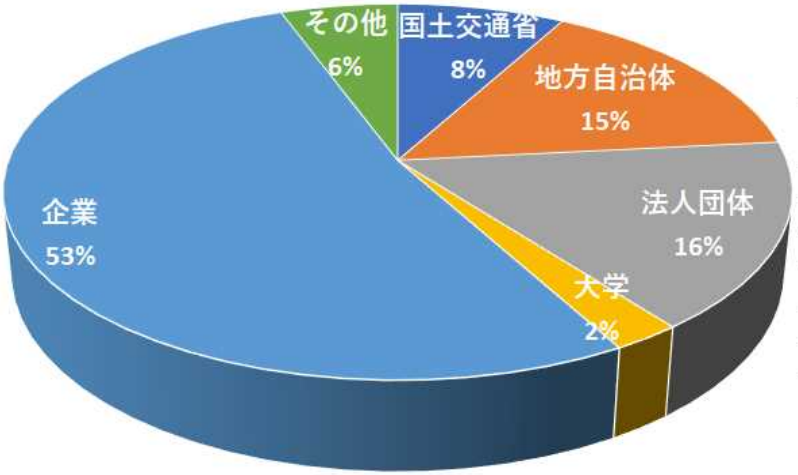
見学会：2020年2月5日，2月12日，2月14日

【参加人数】

3日間の合計で124名のご参加を頂いた

実験見学会スケジュール

12：30	五井駅集合
（チャーターバスにて移動）	
13：30	高滝ダム試験ヤード着
13：30−15：00	現場にて実験説明・見学
15：00−15：30	加茂公民館に移動
15：30−16：00	質疑応答等
16：00	加茂公民館出発
（チャーターバスにて移動）	
17：00	五井駅着（駅にて解散）



分類	合計（人）
国土交通省	10
地方自治体	19
法人団体	20
大学	3
企業	65
その他	7

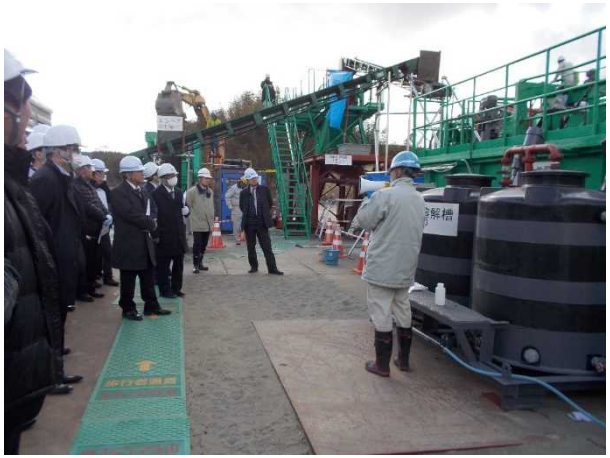
見学会参加者の構成

現地実験見学会の状況

分級実験概要説明

分級プラント見学状況

分級による産出物確認



水処理装置の説明

泥水処理凝集剤ジャーテスト

プレゼンテーションと質疑応答

分級コストの試算 ①

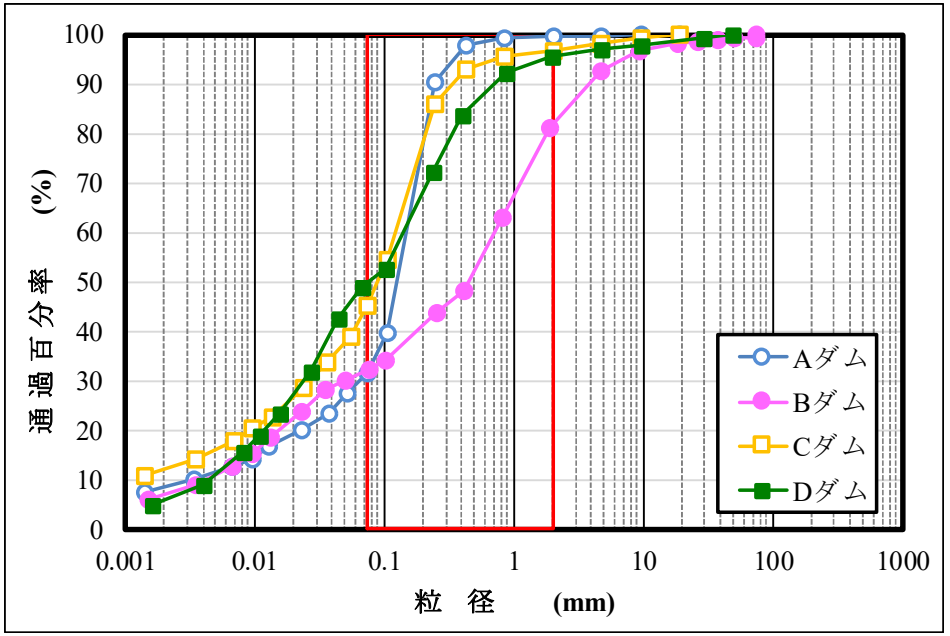
現地分級実験の結果に基づき
実工事規模の分級コストを算定

【検討条件】

- 対象のA～Dの4ダムは，堆砂問題が顕在化し，貯水池内の堆砂浚渫・掘削工事を長期に亘り実施
- 各ダムの堆砂粒度分布例を基に分級装置の能力・組合せを選定
- 年間処理土量は，各ダムの掘削・浚渫実績または公開計画に基づき最大土量を設定，その50%の土量も追加
- 余水（泥水）の処理コストの割合が大きいため，余水処理の有・無も反映
- 分級装置は新規購入し，首都圏内の基地工場からダム現地まで陸送
- 検討ケースは全16ケース（= 4ダム × 2土量 × 余水処理有・無）

分級コストシミュレーションのケース

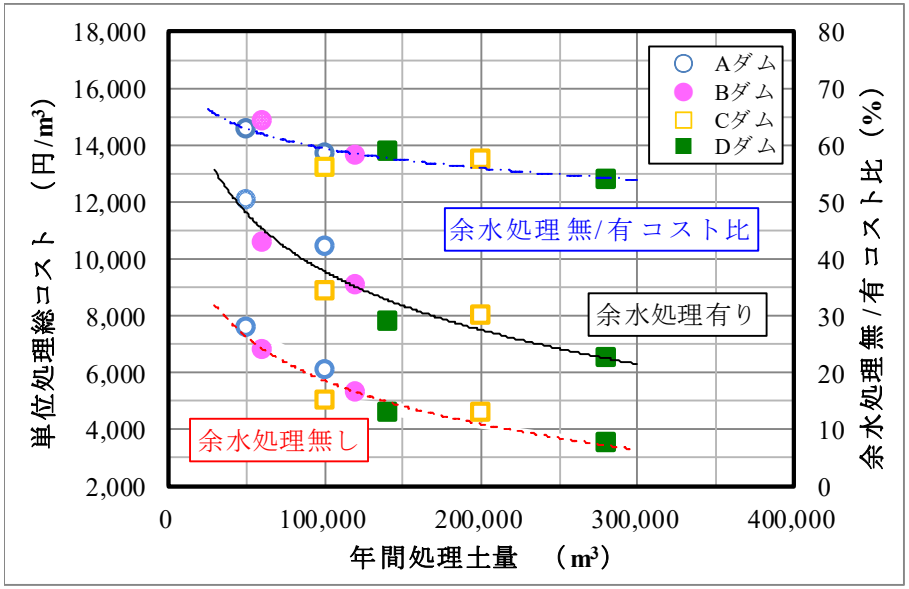
ダム名称	年間処理土量 (m^3)		余水処理		F_C (%)	装置運搬距離(km)
	最大	50%				
Aダム	100,000	50,000	有	無	32	10
Bダム	120,000	60,000	有	無	32	390
Cダム	200,000	100,000	有	無	45	130
Dダム	280,000	140,000	有	無	50	330



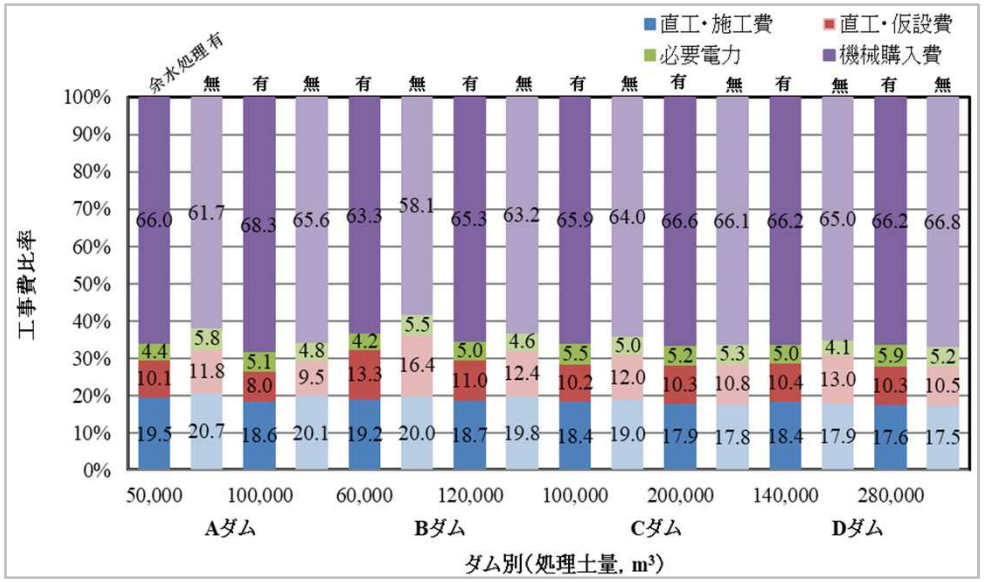
各ダムの堆砂粒度分布例

分級コストの試算 ②

【分級コストの算定】



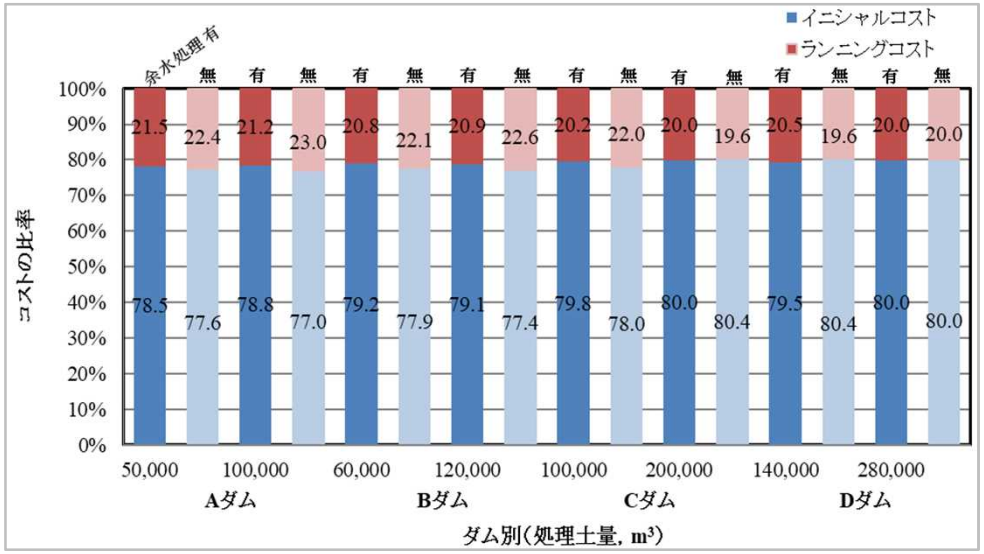
処理土量と単位処理総コストの関係



各工事費の比率

【分級コストの算定結果】

- 5万～28万m³の範囲で処理土量の増加とともに単位処理総コストは減少
- 余水処理「有り」に対する「無し」のコスト比は60%前後で，処理土量の増加とともに漸減
- 機械購入費が全体の58～68%を占める．直接工事費は施工費と仮設費を合わせ30%程度
- 処理土量や余水処理の有・無に依らず，イニシャルコストが約80%を占める



イニシャルコストとランニングコストの割合

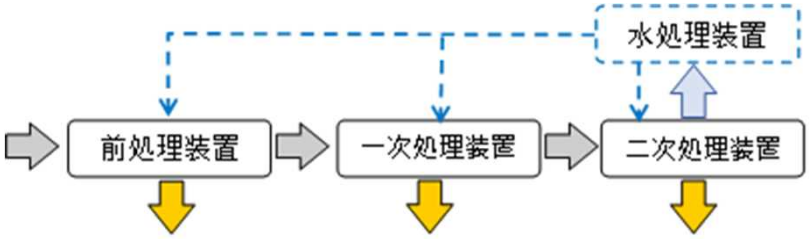
分級処理用地の検討 ①

【分級処理装置の配置パターン】

- 分級処理の基本フローは，配置パターンAの一方向線形配列
- 用地形状やアクセス道路の条件，分級処理土量や処理次数に応じた配置計画が必要
- 余水処理なしでは水処理装置を省略

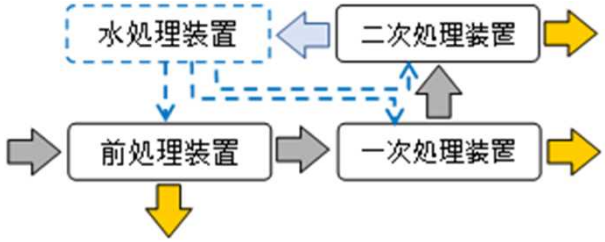
（配置パターンA；一方向線形）

（配置パターンB）

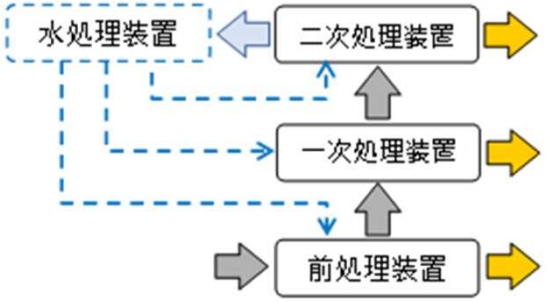


凡　例	
土　砂：	
処理土：	
余　水：	
再生水：	

（配置パターンC）



（配置パターンD）



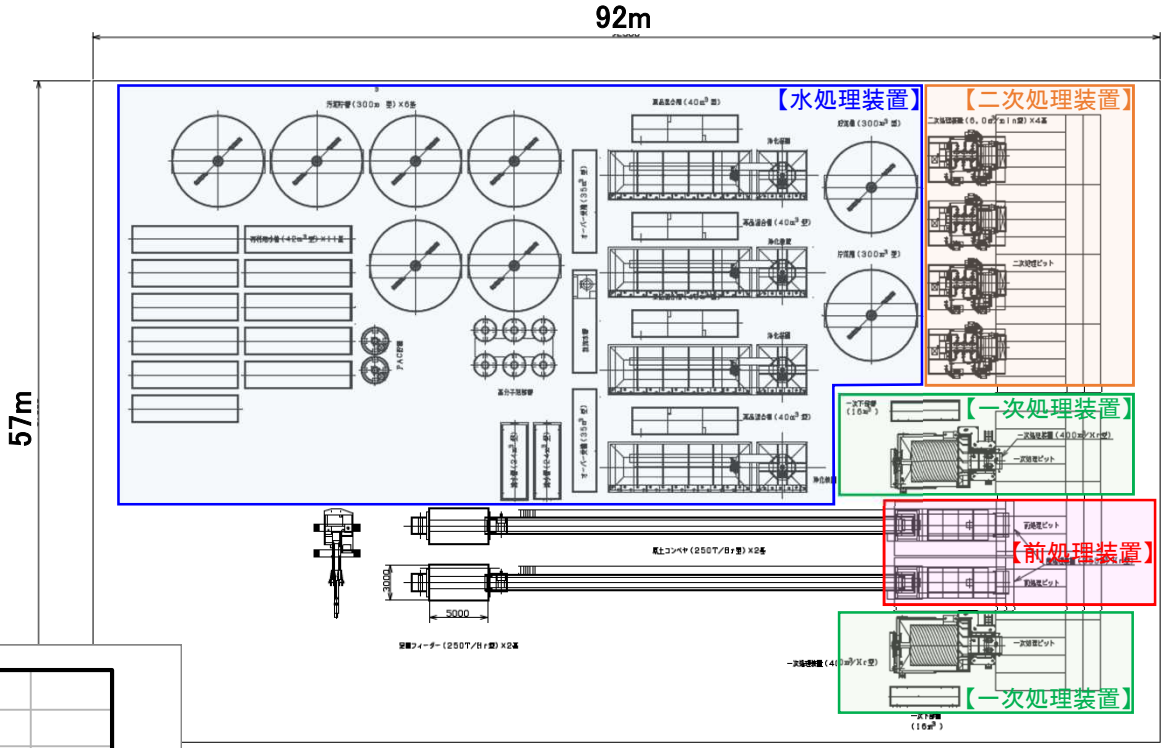
分級装置の基本配置パターン（例）

分級処理用地の検討 ②

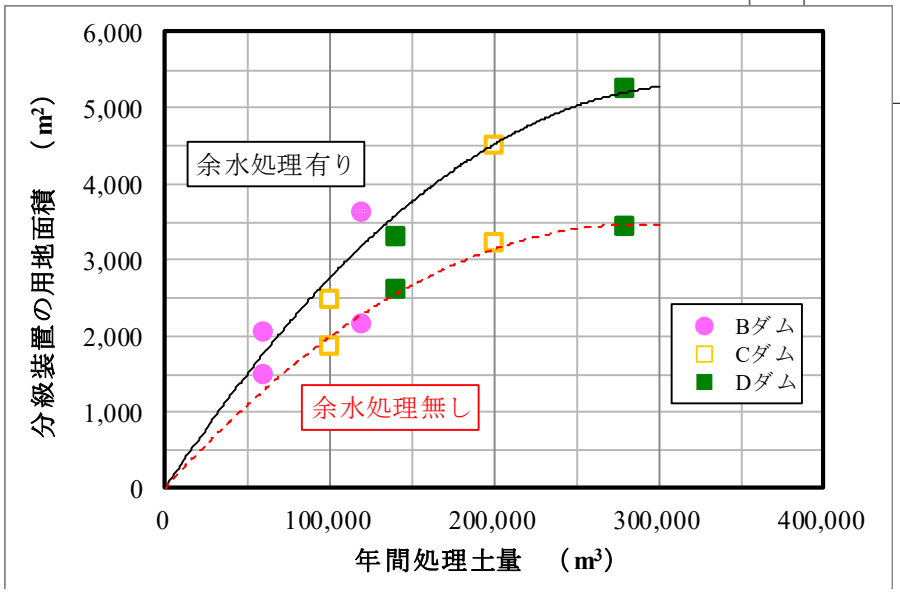
【分級処理用地面積の検討】

【分級処理用地面積の検討結果】

- Dダムの事例は，狭隘なダムサイト周辺の敷地を想定し，コンパクトな配置パターンDを選定
- 土量約15万m³までは分級処理用地面積がほぼ直線的に増加するが，それ以上では面積の伸びは緩やかになる傾向



Dダム（処理土量280,000m³，余水処理有り）の装置配置レイアウト例



処理土量と分級装置の用地面積の関係

開発成果のまとめ（中間）

分級技術を実ダムの堆砂対策に適用するため，高滝ダムで現場実証実験を行い，合わせて，当該技術導入のための経済性（処理コスト・用地面積）の検討を行った．

① 本工法による分級土（産出物）の高い品質を確認
- 繰返し実験結果による粒度分布の高い再現性
- オーバーカット：　2mm以上含有率はほぼ0%
- アンダーカット：　75μm以下含有率は目標の10%を概ね満足

② 経済性の検討結果
- 処理土量の増加とともにコストは減少．適切能力の装置で効率的に分級処理すればコスト削減になり，用地面積も縮小できる
- イニシャルコストが全体の80%，その内の機械購入費が60%に上る．長期運用で設備費を減価償却すれば，単年度コストを抑制可能
- 余水処理コストが約40%を占める．凝集剤を使わず自然沈降により放流の水質基準をクリアできる場合は，余水処理コストを削減可能

③ 分級技術の導入で貯水容量回復メリットだけでなく，環境改善効果をもつ下流還元材・養浜材や有価建設資材としてダム堆砂の再生を促進させる効果に期待

【今後の検討課題】

- 高滝ダム以外の様々なダム堆砂（＝粒度分布）への適用性の検討
- 分級処理装置の機種・組合せを再検討し，更なるコストダウンと細粒分除去精度の向上（Fc≦5%）を図る
- 分級工程で発生する細粒分を有効活用できる処理技術についても検討

ご静聴，ありがとうございました