

第3回 島地川ダム水質改善検討委員会

平成21年3月18日

国土交通省 中国地方整備局
山口河川国道事務所

第2回委員会 議事内容の確認

— 議事のまとめ —

1. 島地川ダム流入水の水質について

- 上流域からのヒ素流入量について、L-Q式(SSでも可)の精度を高めることが必要である。

→ 今後も引き続き状況の把握に努める。

— 議事のまとめ —

2. 深層曝気及び底層水揚水・処理設備の工法紹介(他ダム事例の紹介)

- 対策工法の効果:底層にDOを供給すると、ヒ素、鉄、マンガンが減少(沈殿)する。好氣的な状況では溶出しないが、DO供給を止めると再度嫌気化し、再溶出してくる。(共通認識)

— 議事のまとめ —

3. 水質目標(案)

- ヒ素は環境基準である0.01mg/l以下とする
- 鉄・マンガンは着色しないことを目安とする。(参考値:水道水基準[鉄:0.3mg/l以下、マンガン:0.05mg/l以下])。
- 島地川ダムにおいての鉄・マンガン目標値については再度検討を行う。

— 議事のまとめ —

4. 島地川ダム水質対策工法(案)

- 水質対策工法は、今回提示の案で詳細検討を進める。
- 流入対策、流入したものをどのように取り扱うかについても検討する。

第3回 島地川ダム水質改善検討委員会

平成21年3月18日

国土交通省 中国地方整備局
山口河川国道事務所

— 目 次 —

1. 第2回委員会までの決定事項と課題

2. 水質改善対策の検討

2.1 水質改善対策検討フロー

2.2 深層曝気・高濃度酸素溶解施設の比較検討

2.3 島地川ダム水質改善設備の総合検討

2.4 島地川ダム底層部の密度について

2.5 アオコ対策施設との関連性について

3. 水質調査計画(案)

4. まとめ

1. 第2回委員会までの決定事項と課題

■水質目標値

ヒ素 : 環境基準値(=0.01mg/L以下)を満足させる

鉄 : 水の呈色を抑える

マンガン: 水の呈色を抑える

(参考値) 鉄 =0.3mg/L以下

マンガン =0.05mg/L以下

→ 水質目標を満足させるために、**DO供給**が必要

■対策工法

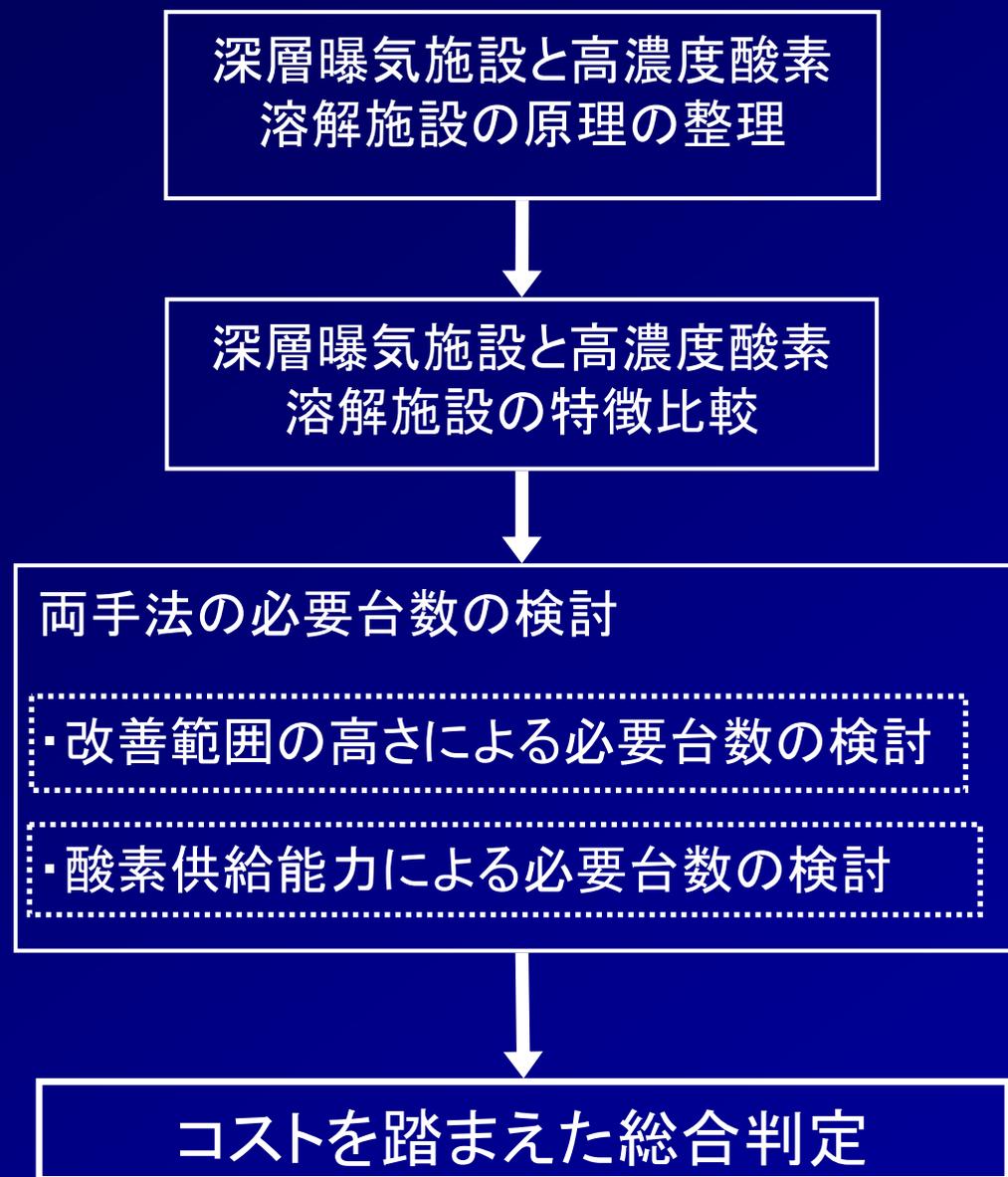
- ・深層曝気装置
- ・高濃度酸素溶解装置

→2工法について、DO供給量、施設規模・台数によるコスト等の比較検討を実施する。

2. 水質改善対策の検討

2.1 水質改善対策検討フロー

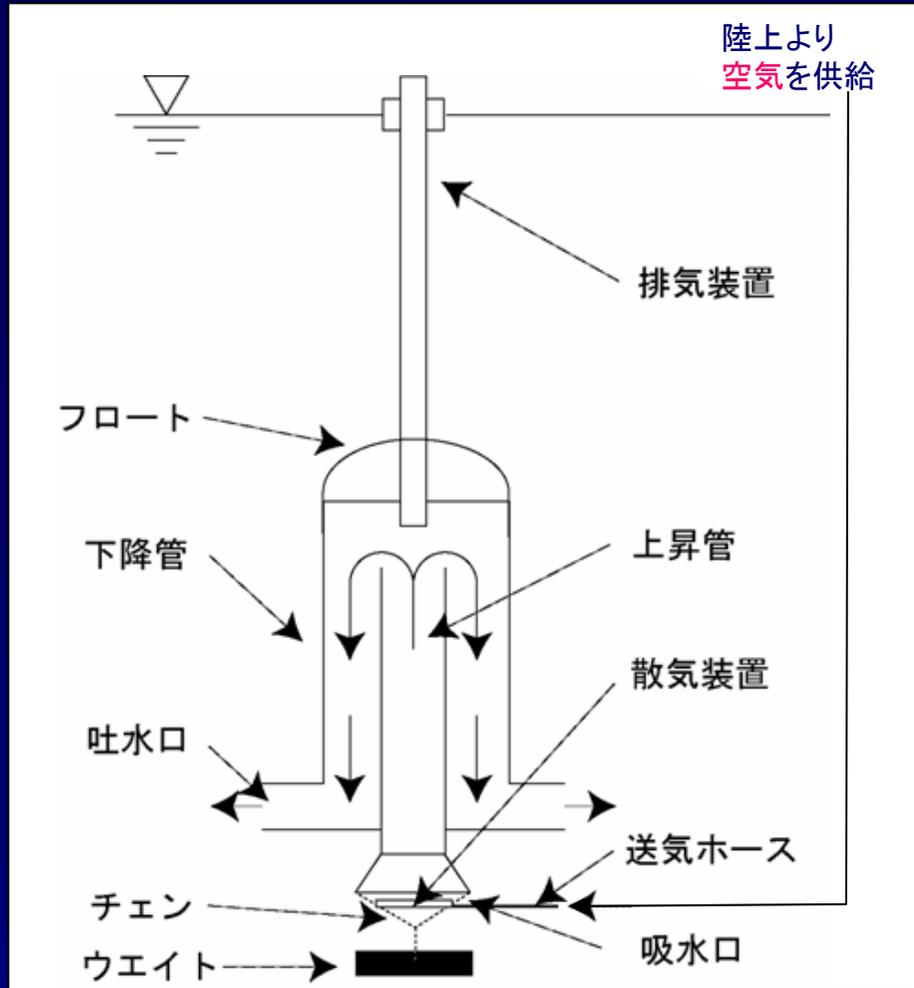
■水質改善対策検討フロー



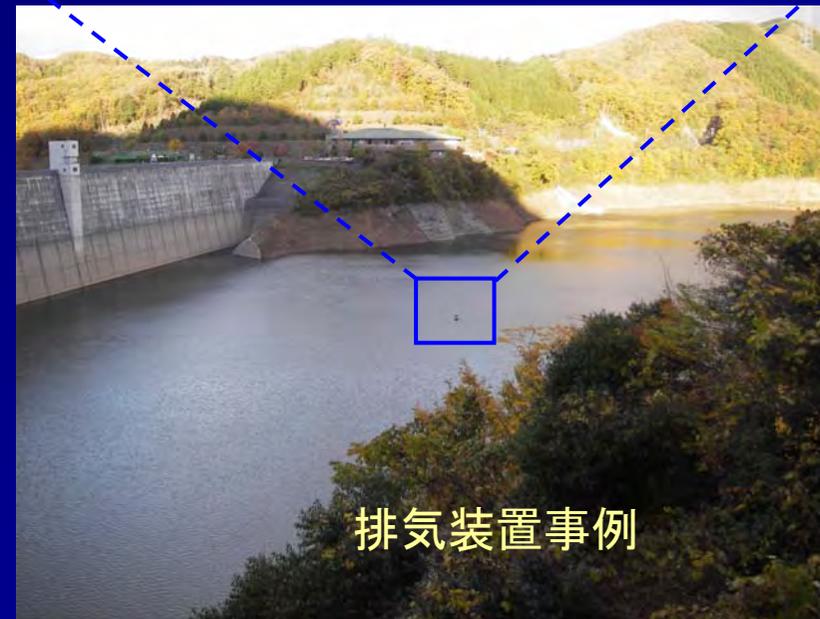
2. 水質改善対策の検討

2.2 深層曝気・高濃度酸素溶解施設 の比較検討

■ 深層曝気装置の概要

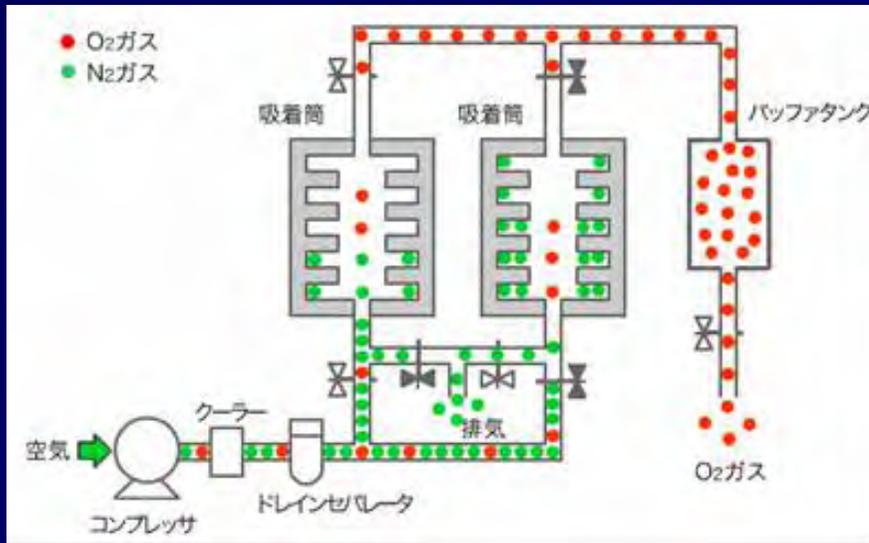


湖底



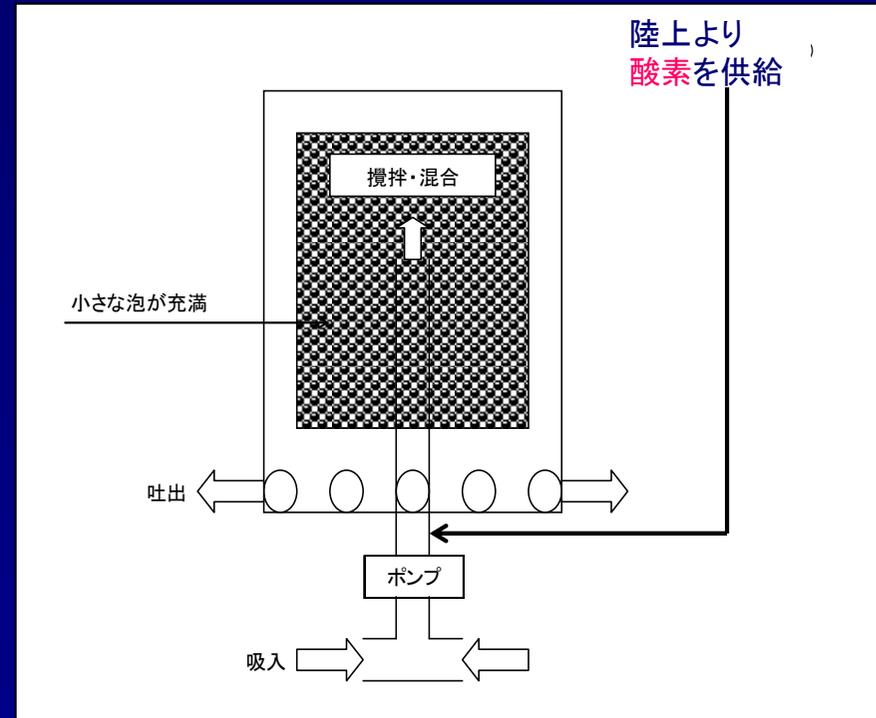
■高濃度酸素溶解装置の概要

酸素発生装置(陸上)



陸上の施設で吸着剤を用いて、空気中より酸素を選択的に取り出す。

気液溶解装置(水中)



- ・底層の水圧により気体の体積が減少し、より多くの酸素を溶解させられる。
- ・酸素を用いること、構造上気液の溶解効率が高いことにより、小型の気液溶解装置で対応ができる。

■ 深層曝気・高濃度酸素溶解施設の比較

◆ 大きさの比較



高さ16m

深層曝気施設

高濃度酸素溶解施設の高さは、深層曝気施設に比べて1/4程度である。この特徴により、上下運動が可能となっている。



高さ3.9m

高濃度酸素溶解施設

■高濃度酸素溶解装置の概要

◆設置方式

湖底アンカー方式



上下運動のためのウインチ

概念図



- 湖底アンカー式特徴
- ・湖面の景観変化が少ない

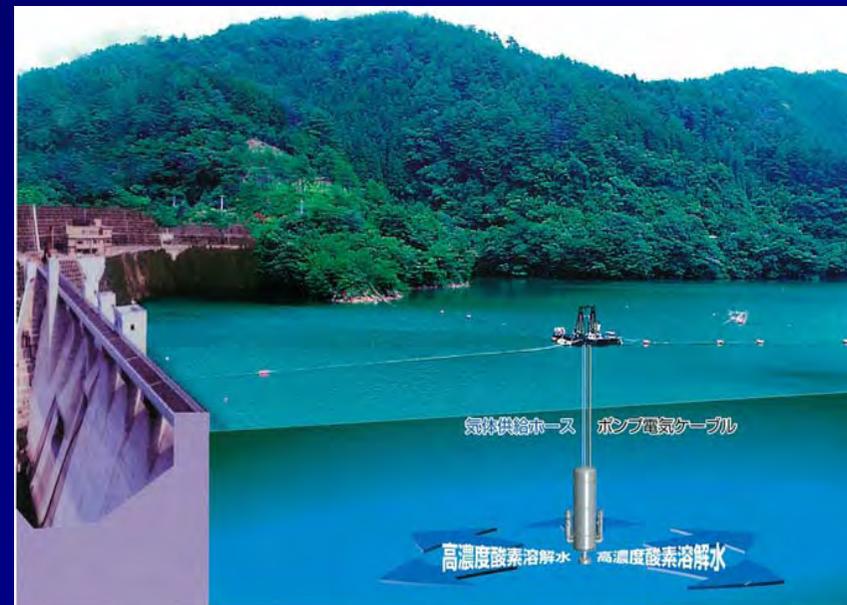
■高濃度酸素溶解装置の概要

◆設置方式

フロート船方式



概念図



○フロート船式特徴

- ・上下だけでなく左右にも移動可

■ 深層曝気・高濃度酸素溶解施設の比較

◆ 改善範囲の比較

	深層曝気	高濃度酸素
装置規模(標準)	空気吐出量 1.2~1.75 m ³ /min	送水量 90~120m ³ /h
高さ方向の移動	×	○
水平方向の移動	×	×/○ (フロート船式であれば可能)
高さ方向の効果 (他ダム事例)	約10m	約4m
改善効果 (他ダム事例)	吐き出し部でD0=10mg/L程度 (水深約20m) : 某ダム	吐き出し部でD0=30mg/L程度 (水深約20m) : 某ダム
	600mの距離で2mg/L程度 (水深約20m) : 某ダム	600mの距離で6mg/L程度 (送水量120m ³ /h、水深約 20m) : 某ダム

■ 深層曝気・高濃度酸素溶解施設の比較

◆ 主要な装置の比較

	深層曝気	高濃度酸素
水中部	溶解装置	溶解装置
陸上部	コンプレッサー	コンプレッサー, 酸素発生装置
装置の規模	空気吐出量 1.6 m ³ /min	送水量 120m ³ /h (2m ³ /min)
使用電力量	15 kW	22.5 kW (内、酸素発生装置 10.0kW)

■ 深層曝気・高濃度酸素溶解施設の必要台数の検討

◆ 酸素供給範囲による検討

深層曝気施設

効果)

高さ範囲10m

水平範囲600m

高濃度酸素溶解施設

効果)

高さ範囲4m

(上下移動可能)

水平範囲600m



※酸素供給範囲の条件より、

深層曝気施設は**最低2台**

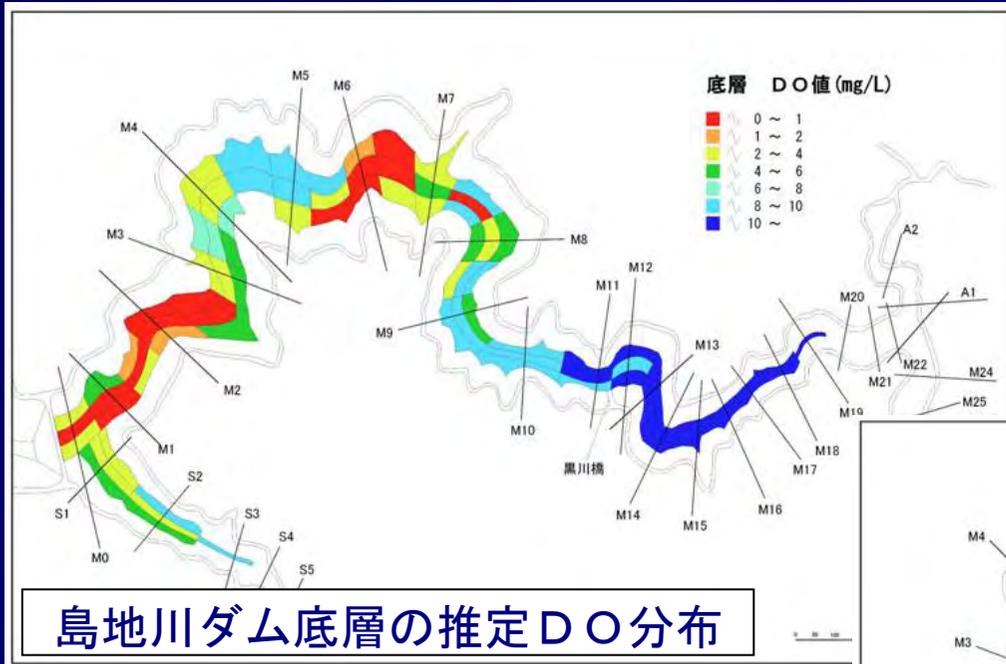
高濃度酸素施設は**1台**

の施設が必要となる。

■ 深層曝気・高濃度酸素溶解施設の必要台数の検討

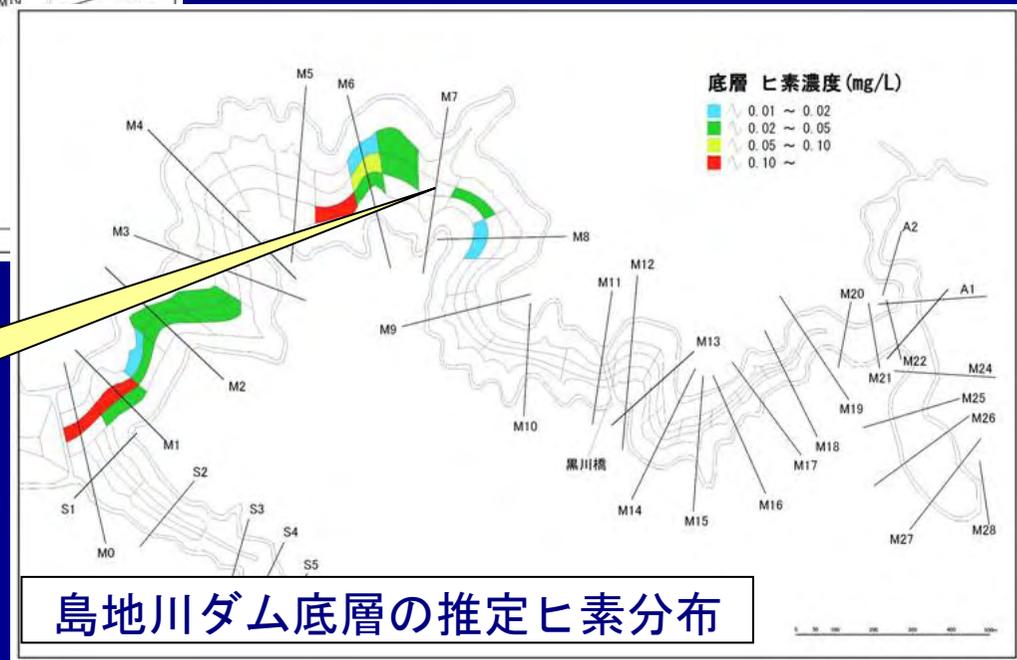
◆ 酸素供給能力の検討

【改善後DO値の仮設定】



※深層曝気装置の酸素供給量は改善地点のDO値によって変化する。このため、ヒ素対策の観点から暫定的にDO値を仮設定する。

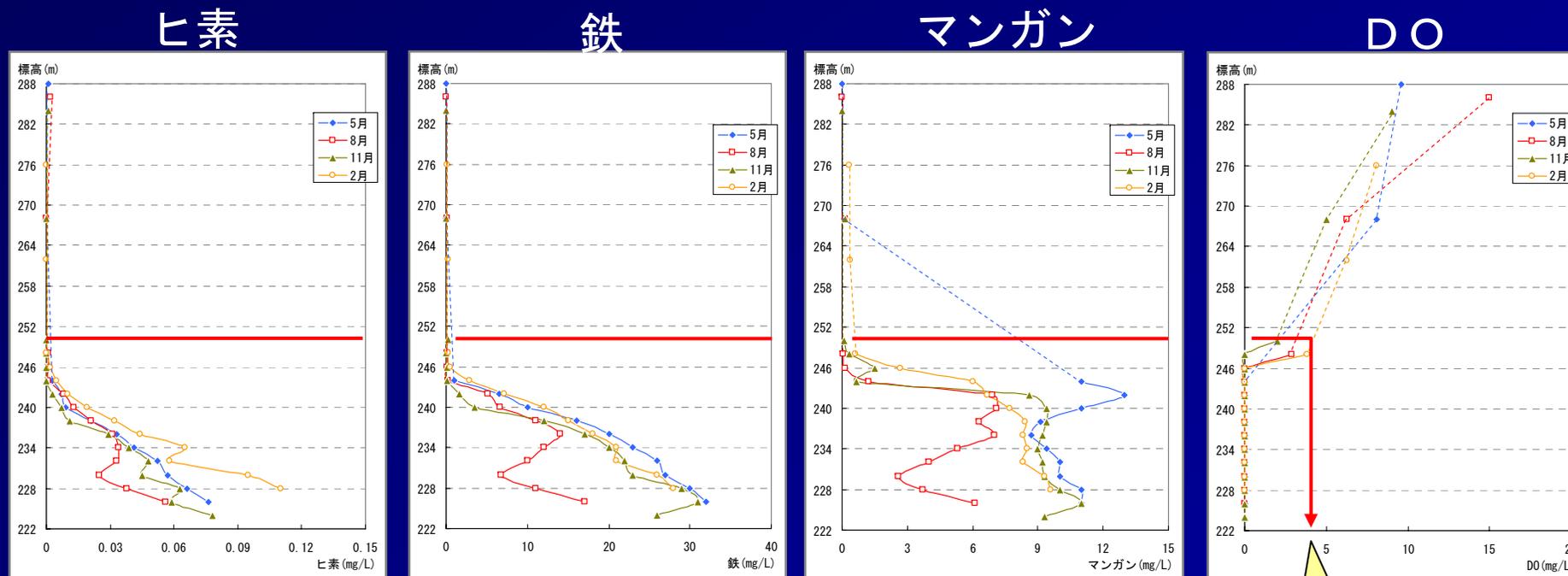
DO=4mg/Lではヒ素の溶出が見られない



■ 深層曝気・高濃度酸素溶解施設の必要台数の検討

◆ 酸素供給能力の検討

【DOの仮設定】



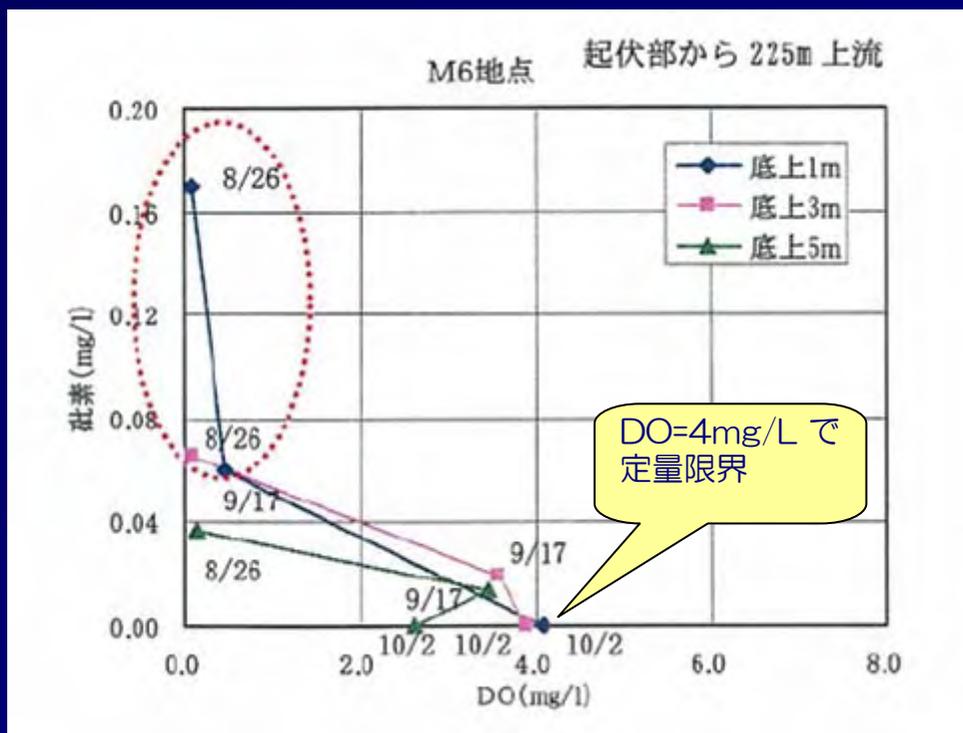
島地川ダム水質の鉛直分布 (H18年度・M1地点)

DO ≒ 4mg/L

■ 深層曝気・高濃度酸素溶解施設の必要台数の検討

◆ 酸素供給能力の検討

【DOの仮設定】



島地川ダム：マイクロバブル実証実験時の
砒素の挙動

・砒素とDOは密接な関係にある。
・DO=4mg/Lであれば環境基準値0.01mg/Lを満足できると考えられる。



・仮の設定値として、
DO=4mg/Lとして施設台数の
検討を行う。



・DOを変化させた場合の施設
規模の違いを検証する。

■ 深層曝気・高濃度酸素溶解施設の必要台数の検討

◆ 深層曝気装置と高濃度酸素溶解装置の比較に使用する検討装置能力

諸元		深層曝気装置	高濃度酸素溶解装置
送水量		—	120 m ³ /h (Eダム事例クラス)
送気量 (陸上)	空気	1.6 m ³ /min(標準クラス)	—
	酸素	—	0.16Nm ³ /min (9.6Nm ³ /h [送水量の8%])
設定水深 島地川ダム		50m	50m

■ 深層曝気・高濃度酸素溶解施設の必要台数の検討

◆ 深層曝気装置の酸素供給能力

深層曝気装置1基から供給されるO₂

算定法	備考
1台当たりの送気量は1.6m ³ /min程度	メーカー内部資料
酸素溶解効率 $E = -0.039479 \times 10^6 \times L/V + 0.51053 = 0.353$ L=底層水のDO量(t)、V=底層水の貯水量 $L/V = 4 \times 10^{-6}$ (DO=4mg/L → 4×10^{-6} t/m ³)	上記資料より(水深30mでの実験値) L/Vは底層部のDO濃度に相当し、この値が高いほど溶解効率は下がる。
酸素溶解効率は水深の0.72乗に比例 酸素溶解効率 $E' = 0.353 \times (50/30)^{0.72} = 0.51$	上記資料より(水深50m※に換算)
$N = 1.6 \text{ m}^3/\text{min} \times \text{酸素溶解効率} E' (0.51) \times \text{大気} 1\text{m}^3 \text{中の酸素量} 0.28\text{kg}/\text{m}^3 \times 1440$ $(60\text{min} \times 24\text{h}) = 329.0\text{kg}/\text{日}$ 安全率5割を見込むことから、運用上は 220kg/日 程度の供給量と算定	上記資料より(酸素溶解効率に他ダムのデータを用いることから安全率を5割見込む)

■ 深層曝気・高濃度酸素溶解施設の必要台数の検討

◆ 高濃度酸素溶解装置の酸素供給能力

島地川ダムでH16年に実施した送水量90m³/h(水深40m地点)での実験から、今回検討する120m³/hの装置の能力を推定する。

陸上より高濃度酸素装置(送水量90m³/h)に供給されるO₂

算定法	備考
$= 90 \text{ (m}^3/\text{h)} \times 8\% \times 92\% \times 32 \text{ g (酸素1mol重さ)}$ $\times 1000/22.4 \text{ (L} \rightarrow \text{m}^3) \times 24 \text{ (h)} / 1000 \text{ (g} \rightarrow \text{kg)}$ $= 227.1 \text{ kg/日 (陸上からの送気量)}$	<ul style="list-style-type: none"> ・送気量は島地川ダムH16実証実験事例値として水中機器の送水量の8% ・酸素供給量は送気量の92%

227.1kg/日を送気した場合の吐出DO理論値

算定法	備考
$= 90 \text{ (m}^3/\text{h)} \times 8\% \times 92\% \times 32 \text{ (g/mol)} / 22.4 \text{ (L/mol)}$ $\times 1000 \text{ (m}^3 \rightarrow \text{L)} / 90 \text{ (m}^3/\text{h)}$ $= 105.1 \text{ mg/L}$	

■ 深層曝気・高濃度酸素溶解施設の必要台数の検討

◆ 高濃度酸素溶解装置の酸素供給能力

高濃度酸素溶解装置からの吐出DO濃度

水深	水温	原水 DO	吐出DO (実測)	溶解効率	吐出DO (供給理論値)
			7.2Nm ³ /h [8%]	7.2Nm ³ /h [8%]	7.2Nm ³ /h [8%]
(m)	(°C)	(mg/L)	(mg/L)	—	(mg/L)
10	14.4	6.0	52.3	50%	105.1
20	6.0	4.3	63.0	60%	
30	5.4	0.6	76.3	73%	
40	6.7	0.1	81.3	77%	
50	—	—	93.3	89%	
60	—	—	103.3	98%	

■ 深層曝気・高濃度酸素溶解施設の必要台数の検討

◆ 高濃度酸素溶解装置の酸素供給能力

目標DOと酸素溶解効率の関係

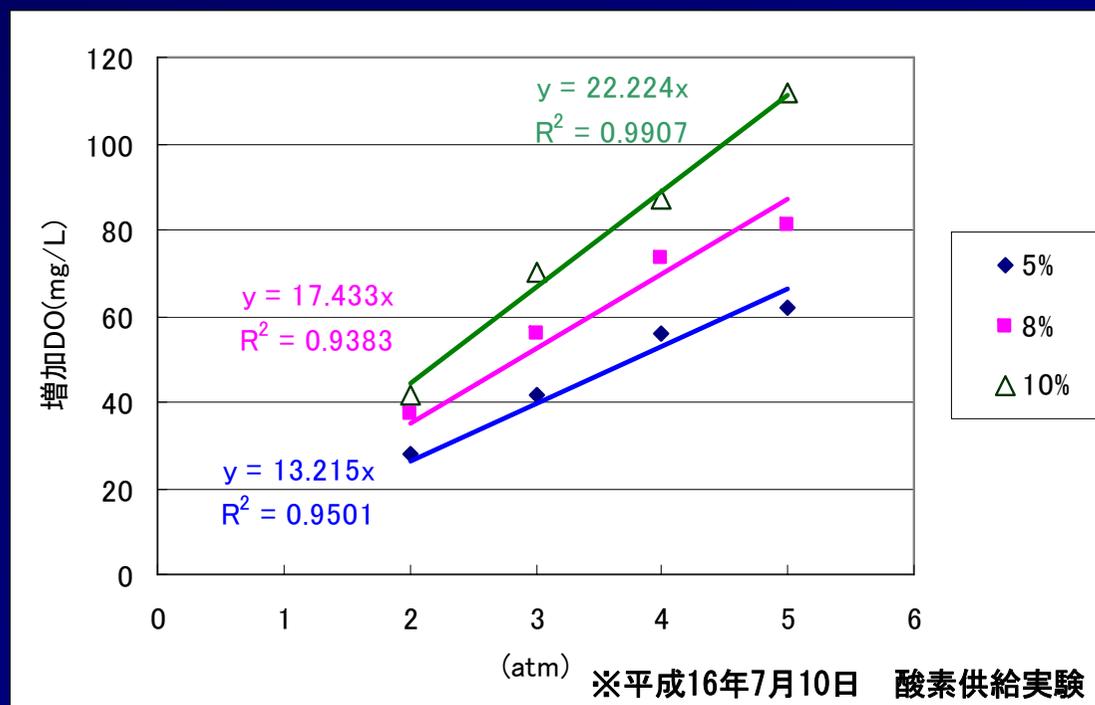
※平成16年7月10日 酸素供給実験

水温 (°C)	水深 (m)	気圧 (atm)	初期DO 1. (mg/L)	吐き出し濃度 2. (mg/L)	DO増加量 3. = 2. - 1. (mg/L)	DO増加比率
				8%	8%	
14.9	10	2	14.9	52.3	37.4	2.0
6	20	3	6.9	63	56.1	3.0
5	30	4	3.1	76.3	73.2	3.9
6	40	5	0.2	81.3	81.1	4.3

■ 深層曝気・高濃度酸素溶解施設の必要台数の検討

◆ 高濃度酸素溶解装置の酸素供給能力

目標DOと酸素溶解効率の関係



気圧とDO増加の間には正の相関関係があり、気体の溶解度は圧力に比例するというヘンリーの法則どおりの結果であった。

→高濃度酸素溶解装置の溶解効率は、水深(気圧)に影響されるが、初期DOは影響しない。

■ 深層曝気・高濃度酸素溶解施設の必要台数の検討

◆ 高濃度酸素溶解装置の酸素供給能力

高濃度酸素溶解装置(120m³/h) 1基から供給されるO₂(水中部)

算定法	備考
$9.6 \text{ m}^3/\text{h} \times 90\%$ (陸上の酸素供給装置の酸素供給濃度) $\times 89\%$ (水深50mでの溶解効率) $\times 32 \text{ g}$ (酸素1mol重さ) $\times 1000/22.4 \text{ (L} \rightarrow \text{m}^3)$ $\times 24 \text{ (h)}$ /1000 (g \rightarrow kg) =263kg/日	

水深50mを想定し、送水量120m³/h、酸素供給量は9.6m³/h(送水量の8%)、酸素供給濃度は90%を想定すると、水中では**263kg/日の酸素供給**が行われる。

■ 深層曝気・高濃度酸素溶解施設の必要台数の検討

◆ 深層曝気装置と高濃度酸素溶解装置の諸元の比較

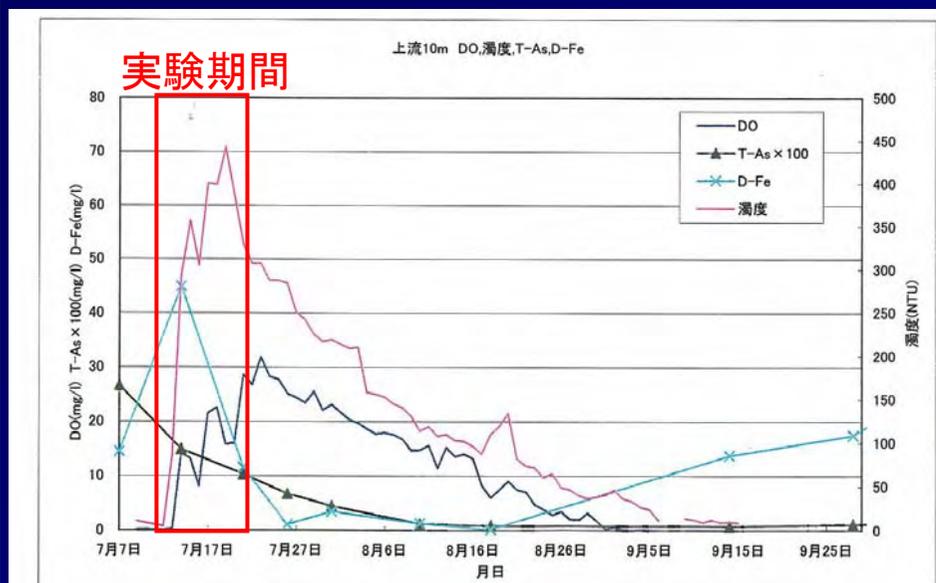
諸元		深層曝気装置	高濃度酸素溶解装置
送水量		—	120 m ³ /h (国内事例最大クラス)
送気量 (陸上)	空気	1.6 m ³ /min(標準クラス)	—
	酸素	—	0.16Nm ³ /min (9.6Nm ³ /h (送水量の8%))
設定水深(本表の計算条件)		50m	50m
酸素溶解効率		0.51	0.89
設定水深への日当り酸素供給量		220kg/日	263kg/日
上下運動の可否		上下運動は不可能	上下運動が可能

■ 深層曝気・高濃度酸素溶解施設の必要台数の検討

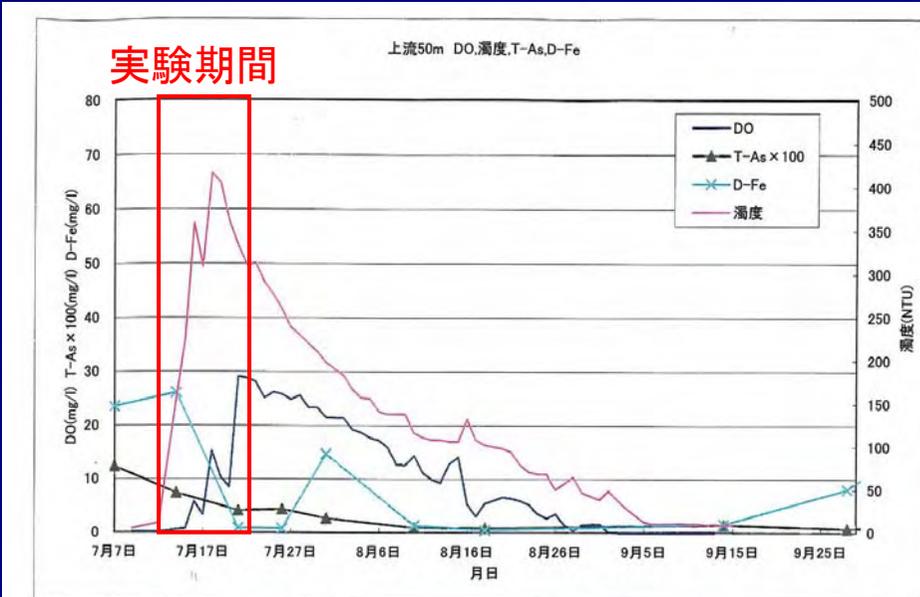
◆ 島地川ダムの酸素消費量の算出

・ 高濃度酸素実験(H16.7.12~H16.7.22)による

DO・ヒ素・鉄・濁度の状況



装置からの距離（上流10m）



装置からの距離（上流50m）

■ 深層曝気・高濃度酸素溶解施設の必要台数の検討

◆ 島地川ダムの酸素消費量の算出

日時	実験時間	供給酸素量
H16. 7. 12 9時～H16. 7. 16 15時	102 h	7. 2Nm ³ /h
H16. 7. 16 15時～H16. 7. 22 15時	114 h	4. 5Nm ³ /h

供給酸素量 (m ³ /h)	1mol当たりの酸素の重さ (g/mol)	時間 (h)	標準状態での1 m ³ 当たりのmol数 (mol/m ³)	総供給酸素量 (kg)
7. 2 × 92% × 77%	32	102	1, 000/22. 4	743
4. 5 × 92% × 94%※	32	114	1, 000/22. 4	634
				計 1, 377

改善範囲はM6の底層～251(EL.m)の109千m³であり、7/12～9/4の54日間で全て消費されてDO=0に戻ったことから、酸素消費量は以下のとおりとなる。

$$1,377\text{kg} / 109\text{千m}^3 / 54\text{日} = 0.23\text{g} / \text{m}^3 \cdot \text{日}$$

■ 深層曝気・高濃度酸素溶解施設の必要台数の検討

【参考：底層水の酸素消費速度】

酸素消費量	算定根拠	要注意水域に必要な酸素量※	出典
0.23g/m ³ ・日	H16.7月の島地川ダムM6地点 高濃度酸素実験後の DO変化より	202.4 kg/日	島地川ダム 実験値
0.12 g/m ³ ・日	某ダムDO消費速度試験結果 (10℃、泥+水) ：ダムサイトの泥	105.6 kg/日	他ダム事例よ り
0.0752 g/m ³ ・日	某ダム実験値 ：貯水池中央部平均	66.2 kg/日	他ダム事例よ り
0.0563 g/m ³ ・日	某ダム実験値 ：ダムサイト平均	49.5 kg/日	他ダム事例よ り

※要注意水域=880,000m³

島地川ダムでの高濃度酸素の実験結果では、それまでDO=0の状態が続いている時に単発的に酸素を付加したものであり、曝気(酸素供給)装置が定常的に運転されている状態よりも酸化される物質はるかに多いと考えられる。

■ 深層曝気・高濃度酸素溶解施設の必要台数の検討

◆ 必要台数の検討結果

底層水の 酸素消費量 (g/m ³ ・日)	要注意水域に 必要な酸素量 (kg/日)	深層曝気台数		高濃度酸素 (120m ³ /h) 台数	
		酸素供給能力 (220kg/日)から の必要台数	酸素供給範囲 からの必要最 低台数	酸素供給能力 (263kg/日)から の必要台数	酸素供給範囲 からの必要最 低台数
0.23	202.4	0.92	2	0.77	1

- ・ 酸素供給能力の条件ではいずれも1台で足りる。
- ・ 酸素供給範囲によって必要とされる台数の条件より、以下が必要

→ 深層曝気施設 : 2台

→ 高濃度酸素溶解施設 : 1台

■ 深層曝気・高濃度酸素溶解施設の必要台数の検討

◆ DO値を変えた場合の必要台数の検証

【深層曝気装置】

安全率を見込んだ場合

kg/日	Do(mg/L)	E'(水深50m)
	1	293
	2	269
	3	244
	4	220
	5	195
	6	171

深層曝気必要台数詳細

202.4 kg/日より	Do(mg/L)	E'(水深50m)
	1	0.69
	2	0.75
	3	0.83
	4	0.92
	5	1.04
	6	1.18

目標DO=1mg/L~6mg/Lのいずれに設定しても、必要台数は2台である。

【高濃度酸素溶解装置】

目標DOは酸素溶解効率に影響しない(水深の影響を受ける)。

→必要台数は1台である。

2. 水質改善対策の検討

2.3 島地川ダム水質改善設備の 総合検討

■ 島地川ダム水質改善設備の総合検討

装置形式	深層曝気装置	高濃度酸素溶解装置
原理	底層に設置した装置へ底層水を取込み、取込んだ水に地上から引き込んだ空気を気泡状にして混合、DOを溶け込ませた水を再度底層へ返送する	底層に設置した底層水を気体溶解装置に取込み、取込んだ底層水に酸素発生装置からの酸素を水圧により高濃度に溶解させ、酸素改善を行う場所へ返送する。
装置の規模	空気吐出量 1.6 m ³ /min (15kW)	送水量 120m ³ /h (22.5kW : 内、酸素発生装置10.0kW)
1台当たり酸素供給量	220kg/日 (水深50m時)	263kg/日 (水深50m時)
必要台数	2台	1台
効果・効率	<p>◎比較的簡単に鉄・ヒ素の除去が可能であり、マンガンにおいても、時間遅れを伴うが、同様の処理効果が期待できる。</p> <p>◎国内実績が多い。</p>	<p>◎比較的簡単に鉄・ヒ素の除去が可能であり、マンガンにおいても、時間遅れを伴うが、同様の処理効果が期待できる。</p> <p>◎上下方向の移動が可能である。</p>
問題点	△吐出し高さが、運用上変更できないため、対象範囲全体に効果を持たせるためには複数台の設置が必要。	△酸素発生装置と酸素溶解装置の両方が必要で、コストが割高になる。

■ 島地川ダム水質改善設備の総合検討

装置形式		深層曝気装置		高濃度酸素溶解装置	
維持管理項目		<ul style="list-style-type: none"> ・コンプレッサーの整備点検 ・エアホースの交換 ・装置本体の維持管理 		<ul style="list-style-type: none"> ・コンプレッサーの整備点検 ・酸素発生装置の整備点検 ・気体溶解装置の整備点検 ・エアホースの交換 	
係留及び景観		◎係留はシンカとワイヤーのみであり、かつ沈水式のため、景観上の障害にはなりにくい。		○船上式の場合は貯水池の景観障害となる。湖底アンカー式の場合、ワイヤーなどの係留設備が必要であり、若干貯水池の景観障害となりうる。	
概算費用	LCC (30年)	△：2台必要なためコストで劣る	310,000千円	○：1台当たりのコストは高いが、1台で済むため、コストで有利である。	213,000千円
	初期コスト	70,000千円/基（制作、据付）	70,000千円×2基 =140,000千円	100,000千円/基（制作、据付）	100,000千円
	維持管理費	1,000千円/10年（エアホース交換費） 700千円/年（コンプレッサー保守点検費） 運転費（電気代） ・2,600千円/年（当初の2年間） 15kW×12ヶ月 ・2,000千円/年（3年目以降） 15kW×9ヶ月（3年目以降、循環期である12月～2月は停止）	85,000千円（30年） ×2基 =170,000千円	1,000千円/10年（エアホース交換費） 1,500千円/年（コンプレッサー・酸素発生器保守点検費） 運転費（電気代） ・3,900千円/年（当初の2年間） 22.5kW×12ヶ月 ・2,900千円/年（3年目以降、循環期である12月～2月は停止） 22.5kW×9ヶ月（3年目以降）	113,000千円（30年）

■ 島地川ダム水質改善設備の総合検討

装置形式	深層曝気装置	高濃度酸素溶解装置
総合評価	総合評価：△	総合評価：○
	<p>○国内実績が多い</p> <p>△改善高さが10m程度であり、吐出し高さの変更ができないため、改善範囲全体（水深20m）に効果を得るためには2基必要となるため、コストで劣る。</p> <p>△保守点検に潜水作業が必要。</p>	<p>◎D0の供給効果が高い。</p> <p>◎改善高さは4m程度であるが、吐出し高さが自由に変更できるため、1基の曝気効果範囲が深層曝気よりも広い。</p> <p>◎効果を見ながら適切な高さに変更するなど、順応的な管理を行うことができる。</p> <p>◎保守点検時に潜水作業が不要である（フロート船方式）。</p> <p>○保守点検時には水上に移動させることが可能であり、アンカーやウインチ交換時など特殊な状況に限り潜水作業が必要（湖底アンカー式）。</p>

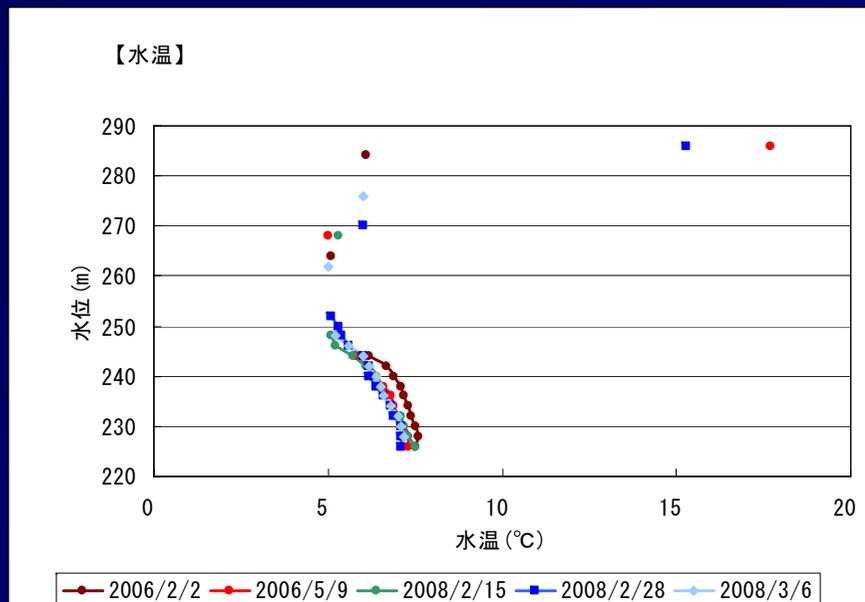
2. 水質改善対策の検討

2.4 島地川ダムの密度について

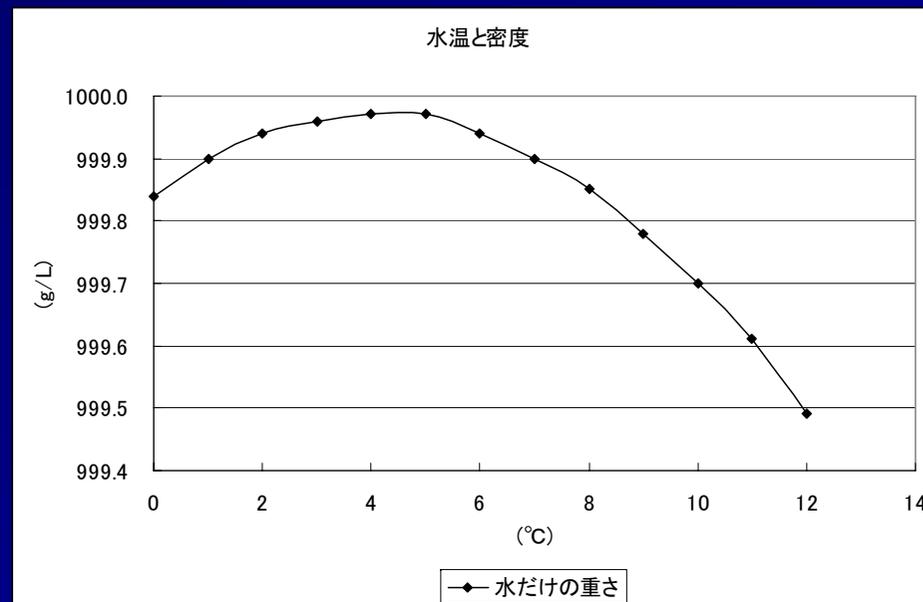
■ 島地川ダムの密度について

◆ 密度の現況

【島地川ダムの水温鉛直分布】



【水と密度の関係】



- EL.250m以下は、5°Cから7.5°Cまで水温が増加している。
- 底層には、90mg/Lに相当する物質が溶け込んでいることになる。
 - 鉄=30mg/L、マンガン=10mg/L (M1底層)
 - 鉄・マンガン以外にも50mg/Lに相当する物質が溶け込んでいる。

■ 島地川ダムの密度について

◆ 密度に関する水質調査結果

鉄、マンガン以外に濃度が高い物質は、カルシウム、マグネシウムであった。

貯水位		283.07m													
地点		M-1(計器測定)				M-1									
測定水深 EL (m)		水温 ℃	DO mg/l	濁度 度	導電率 mS/m	ヒ素 mg/l	カルシウム mg/l	マグネシウム mg/l	硫酸イオン mg/l	塩化物イオン mg/l	ナトリウム mg/l	鉄 mg/l	マンガン mg/l	リン酸イオン mg/l	蒸発残留物 mg/l
282.77	(0.3)	6.2	9.6	0.5	7.9	0.001	5.7	0.9	7.3	9	5.0	0.04	0.044	< 0.1	44
281.07	(2.0)														
279.07	(4.0)														
277.07	(6.0)														
275.07	(8.0)														
273.07	(10.0)														
271.07	(12.0)														
269.07	(14.0)														
267.07	(16.0)														
265.07	(18.0)	6.0	9.4	0.4	8.0	< 0.001	7.1	1.2	4.3	9	5.6	0.13	0.055	< 0.1	48
263.07	(20.0)														
261.07	(22.0)														
259.07	(24.0)														
257.07	(26.0)														
255.07	(28.0)														
253.07	(30.0)														
251.07	(32.0)	5.6	< 0.5	0.3	8.9	< 0.001	7.5	1.2	4.0	10	5.6	0.04	0.52	< 0.1	62
249.07	(34.0)	5.6	< 0.5	0.3	9.2	< 0.001	7.4	1.2	3.9	11	5.3	0.06	1.0	< 0.1	55
247.07	(36.0)	5.8	< 0.5	0.4	10.5	0.002	8.1	1.3	3.4	10	5.2	0.13	3.1	< 0.1	57
245.07	(38.0)	6.1	< 0.5	0.2	15.6	0.006	12	1.9	1.6	10	5.3	1.4	9.6	< 0.1	88
243.07	(40.0)	6.5	< 0.5	0.4	20.3	0.012	16	2.6	0.3	10	5.6	7.9	11	< 0.1	120
241.07	(42.0)	6.6	< 0.5	0.2	25.0	0.024	20	3.3	0.1	10	5.8	16	9.8	< 0.1	150
239.07	(44.0)	6.7	< 0.5	0.3	26.3	0.032	21	3.5	0.3	10	5.7	19	9.8	< 0.1	160
237.07	(46.0)	6.8	< 0.5	0.7	28.2	0.046	21	3.7	0.1	10	5.6	23	9.4	< 0.1	180
235.07	(48.0)	7.0	< 0.5	0.6	30.5	0.056	23	4.1	< 0.1	10	5.8	28	9.7	< 0.1	190
233.07	(50.0)	7.1	< 0.5	1.1	32.7	0.077	25	4.4	< 0.1	10	5.9	31	10	< 0.1	210
231.07	(52.0)	7.2	< 0.5	1.1	35.5	0.087	27	5.0	0.2	10	6.2	34	10	< 0.1	230
229.07	(54.0)	7.3	< 0.5	1.5	36.2	0.092	28	5.2	< 0.1	10	6.0	35	11	< 0.1	240

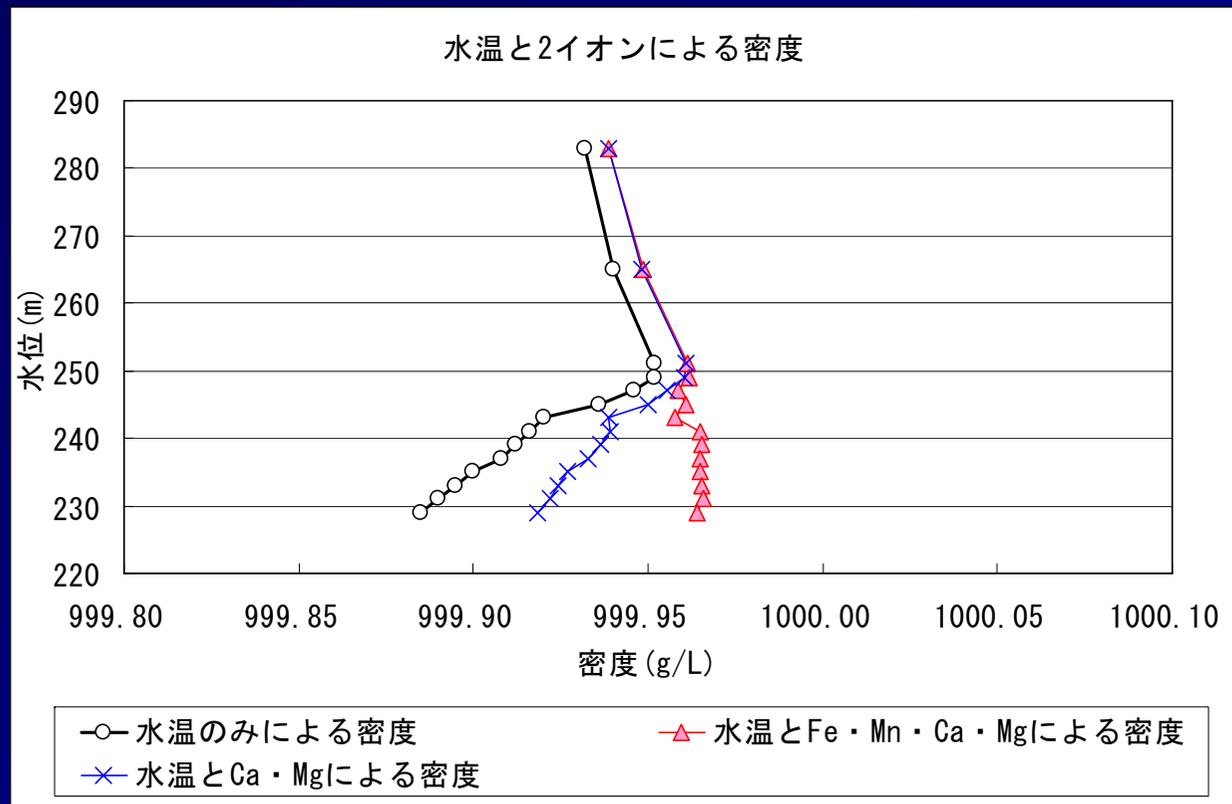
■ 島地川ダムの密度について

◆ 酸素供給による密度変化

項目	状態	密度変化
鉄	すみやかに酸化され、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ となって沈降する。	すみやかな水の密度低下
マンガン	当初は反応しないが、鉄がなくなるとともに MnO_2 となって沈降する	しだいに水の密度低下
ヒ素	鉄と共沈するが、そもそもの量が小さい。	水の密度変わらず
カルシウム	酸化による変化は小さい。	水の密度変わらず
マグネシウム	酸化による変化は小さい。	水の密度変わらず

■ 島地川ダムの密度について

◆ 酸素供給による境界面低下の可能性



- ・カルシウム、マグネシウム、鉄、マンガン濃度を勘案すれば、下層の水温が高いことが説明できる。(図の▲)
- ・酸素供給により、鉄、マンガンを除去すると下層の密度が低くなる。(図の×)
→ 酸素供給により密度が低下し、上層と下層が入れ替わる(循環する)可能性がある。

■水質改善施設の運用(案)

◆要注意水域の上端である、250(EL.m)から運転を開始し、DO回復が確認されたら、徐々に下降させ、最下層まで到達したら、再度要注意水域上端まで上昇させる。

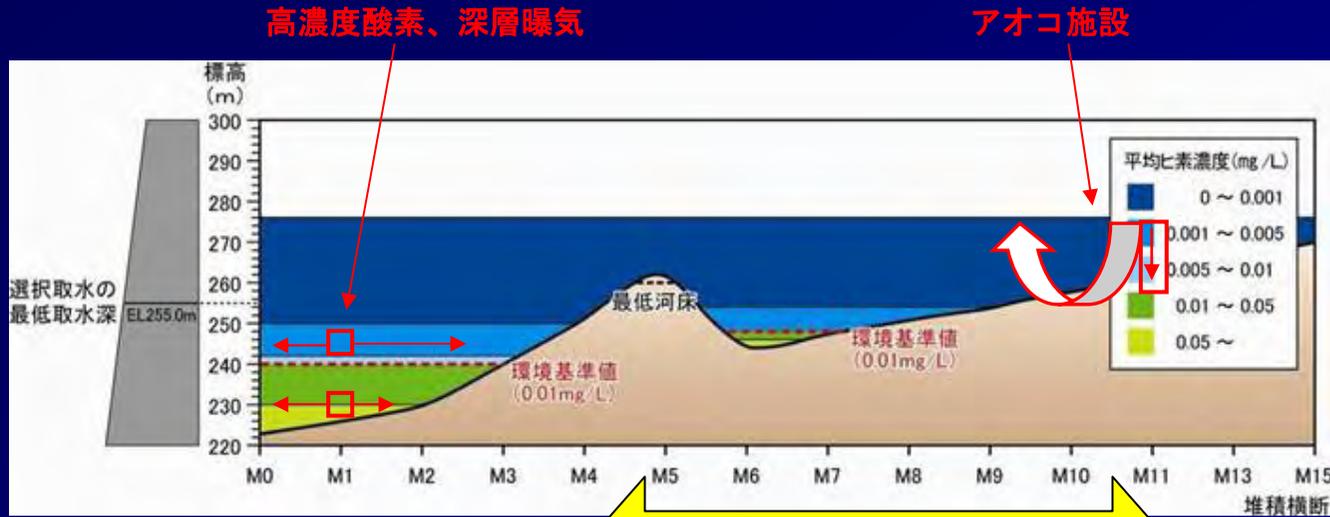
◆要注意水域のモニタリングを実施
(冬期循環の回復確認、高密度原因物質調査、経過把握)

◆冬期循環の確認された層(水域)は改善運転の対象外とし、改善が見られない層について継続して運転を実施する。

2. 水質改善対策の検討

2.5 アオコ対策施設との関連性について

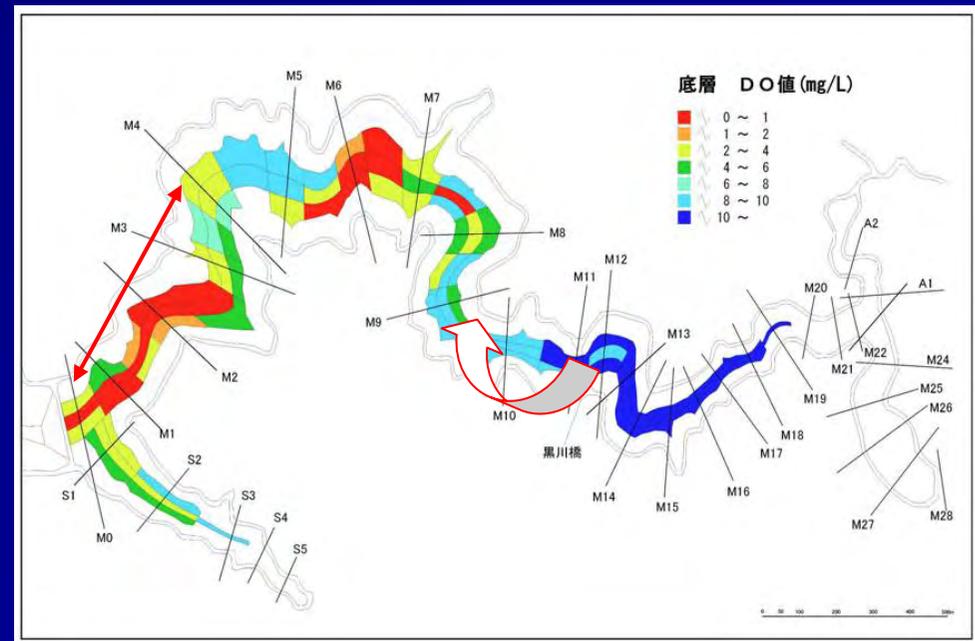
■アオコ対策施設との関連性



- ◆アオコ対策施設 (効果範囲)
 - 水深方向 : 262~286.6 (EL. m)
 - 水平方向 : M9より上流
(設計対象範囲はM10~M20)

- ◆高濃度酸素溶解装置・深層曝気装置 (効果範囲)
 - 水深方向 : 220~250 (EL. m)
 - 水平方向 : M0~M4

→効果範囲が異なる。
(干渉しない。)



3. 水質調査計画(案)

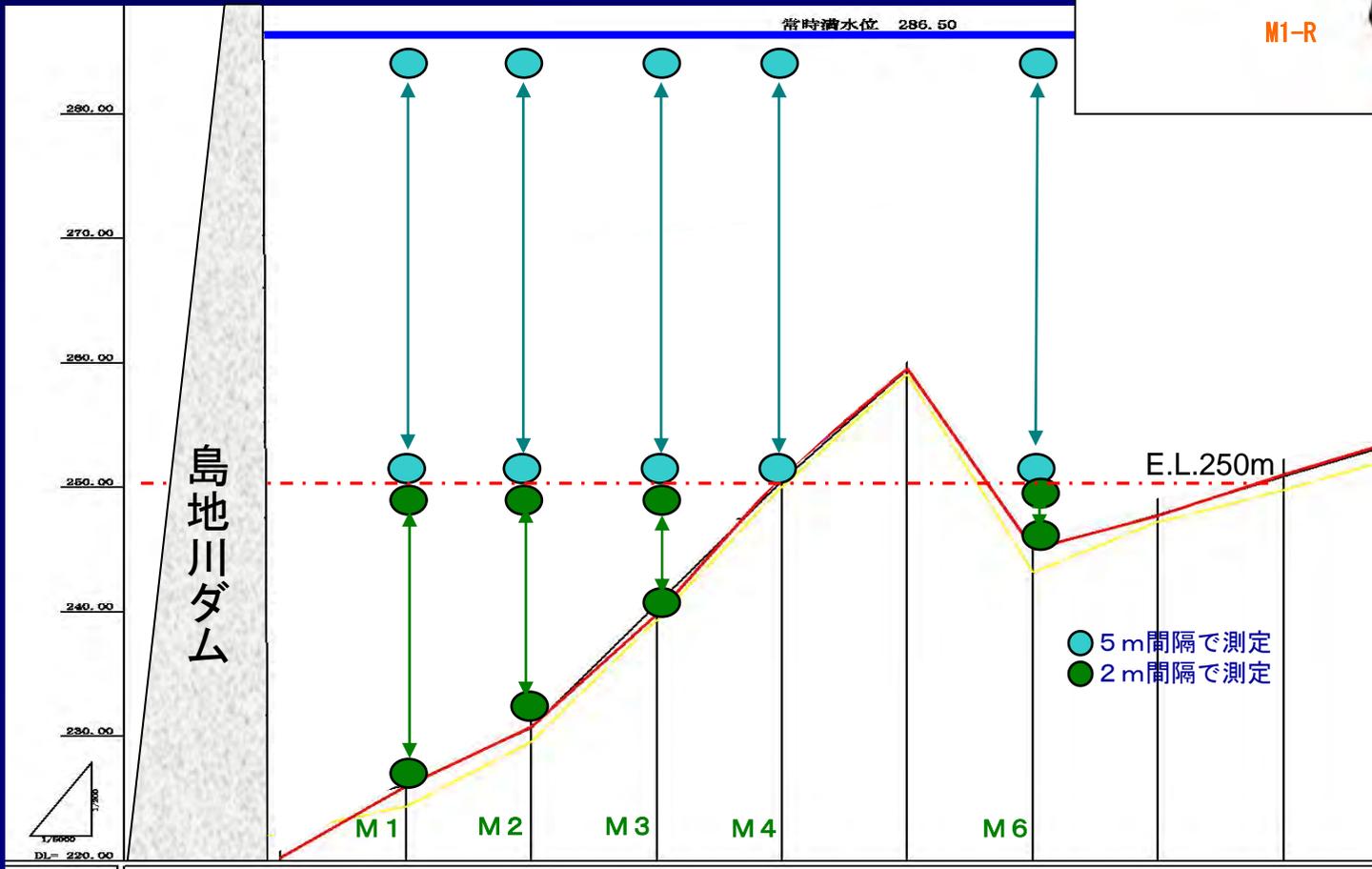
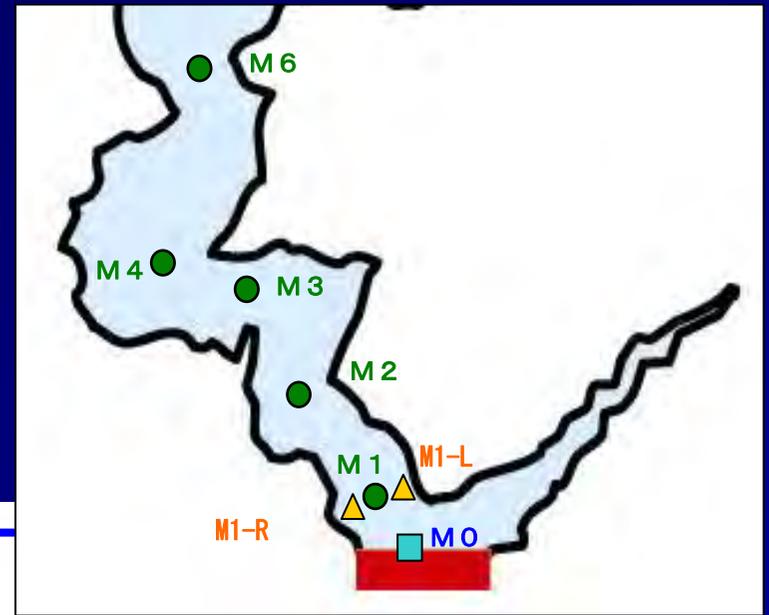
■水質調査計画(案)

	モニタリング目的	モニタリング項目	モニタリング手法	地点	深度	モニタリング時期	
						施工前～ 施工後1年間	施工2年目以降
運転管理	ダム管理上必要な基礎データ入手	水温、濁度、EC、pH、DO	水深方向の自動計測(表層～250EL.m)	M0(ダム堤体)	表層から1m毎	毎日	毎日
事前調査 及び運用 検証調査	①施設整備前後の水質改善状況把握 ②施設効果の評価(運用ルール検討)	水温、濁度、EC、pH、DO	同上 (既設では250EL.m以深を測れないため追加)	M1	同上	毎日	—
		水温、濁度、EC、pH、DO	多項目水質センサーを湖内に投入、深度方向に計測・	M1～M4 (200m ² ツチ)	表層から1m間を0.5m毎	毎月	毎月 (測定地点、深度方向の測定回数再検討)
				M6	以降2m毎		
		M1-右岸 M1-左岸	同上	年4回	—		
M1～M4 (200m ² ツチ)	表層～EL.250m 5m毎 EL.250m～底層 2m毎	毎月	毎月 (測定地点、深度方向の測定回数再検討)				
M6	・所定の深度から採水し、室内試験を行う。 ・採水時に透明度、色度、を計測し、試験水の水温、pHを計測	M1-右岸 M1-左岸	同上	年4回	—		
M1-右岸 M1-左岸						同上	年4回

■ 水質調査計画(案)

調査地点 (案)

調査深度 (案)



4. まとめ

■まとめ

◆水質目標

ヒ素 : 環境基準値(=0.01mg/L以下)を満足させる
鉄 : 水の呈色を抑える
マンガン: 水の呈色を抑える

鉄・マンガンについては目標値としては特に定めず下記参考値を
モニタリングによって観測し状況を常に把握していくこととする
(参考値) 鉄 =0.3mg/L以下
マンガン =0.05mg/L以下

◆導入施設

導入施設 : 高濃度酸素溶解装置
機械基数 : 1基(M1付近)
導入機械能力: 送水量120m³/h

■まとめ

◆施設運用（案）

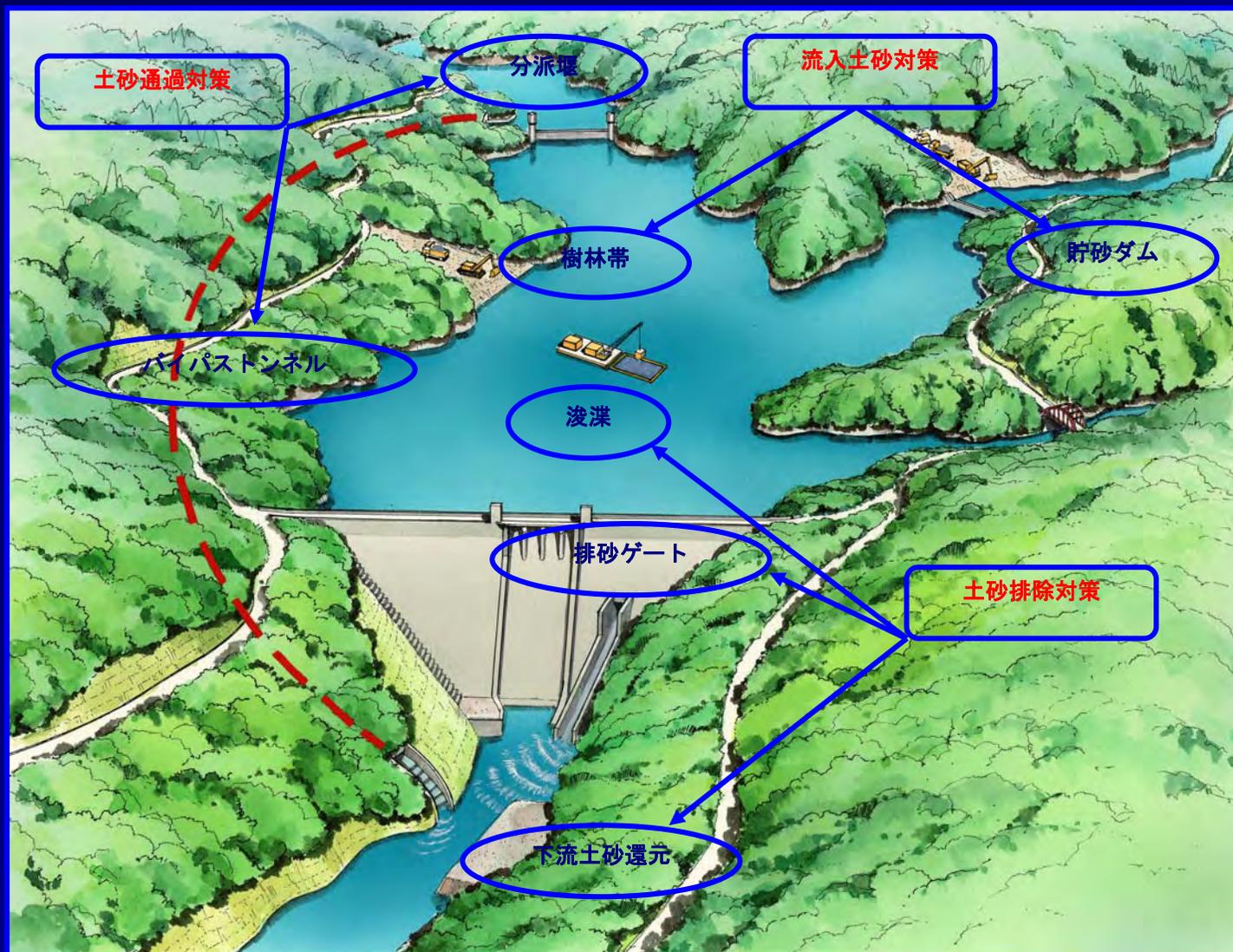
- 要注意水域の上端250(EL.m)から運転を開始し、DO回復が確認されたら、徐々に下降させ、最下層まで到達したら、再度要注意水域上端まで上昇させる。
- 要注意水域の水質調査等モニタリングを実施（冬期循環確認、高密度原因物質調査）
- 冬季の大循環が回復した水域は改善対象外とする。

參考資料

1. 出水時に流入するSS由来 のヒ素流入対策の検討

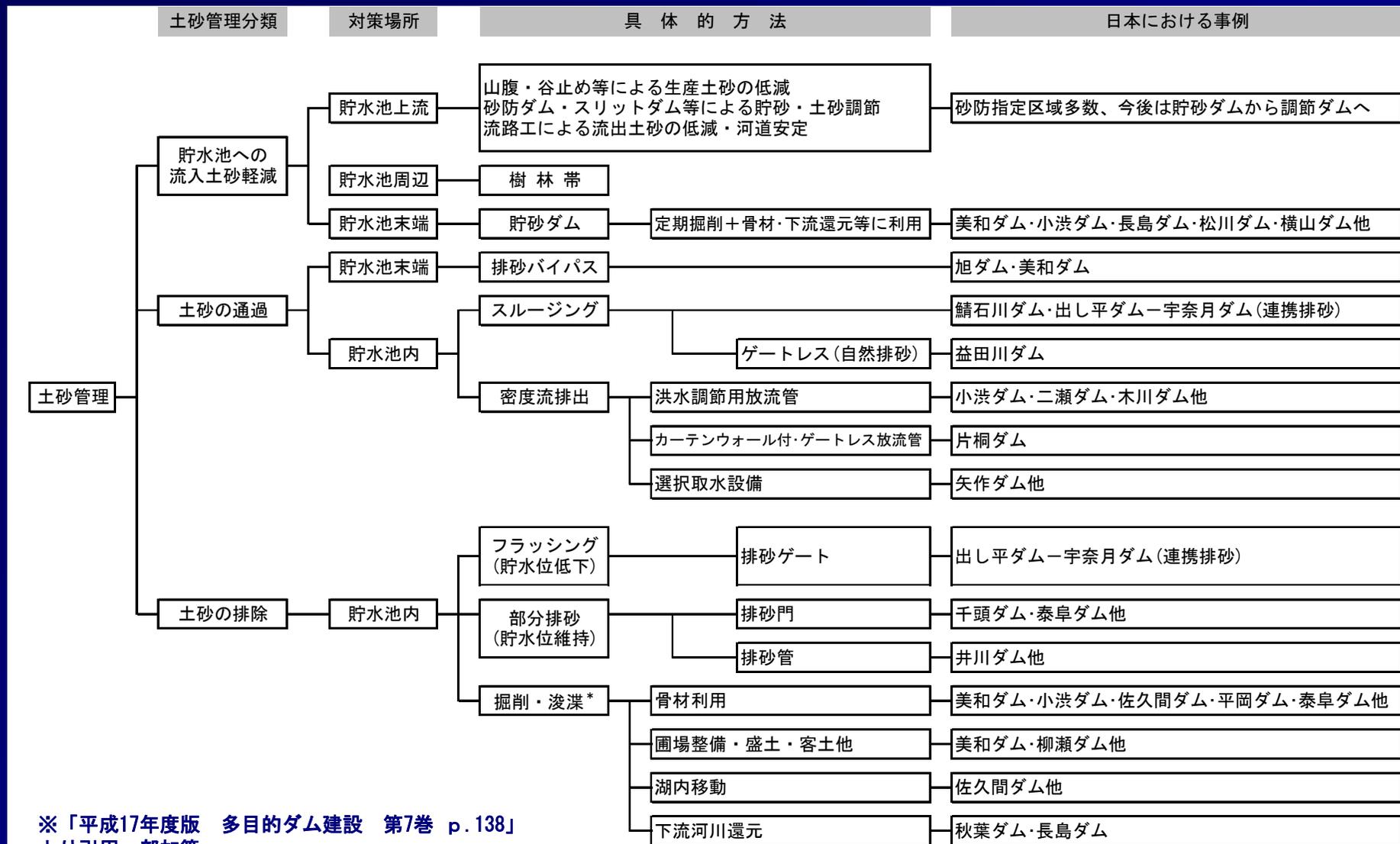
■出水時に流入するSS由来のヒ素流入対策の検討

◆ダムで行われている土砂管理手法



■出水時に流入するSS由来のヒ素流入対策の検討

◆ダムで行われている土砂管理手法



※「平成17年度版 多目的ダム建設 第7巻 p.138」より引用一部加筆

*近年、水位差を利用した土砂吸引システム開発が進められている。

■出水時に流入するSS由来のヒ素流入対策の検討

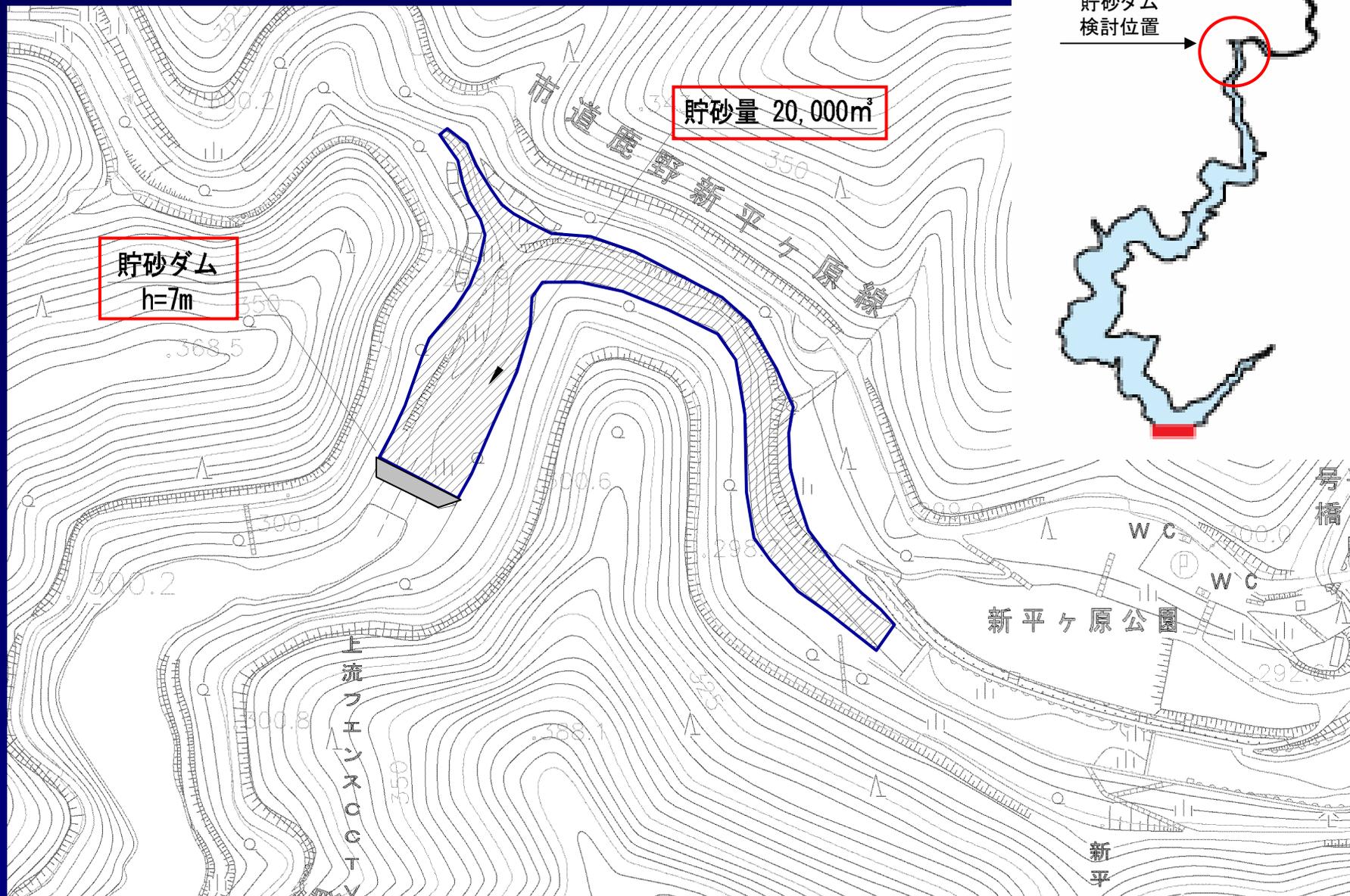
◆島地川ダムにおける計画概要

【島地川ダムで適用可能と考えられる土砂管理手法】

- (1) 流入土砂対策 → 貯砂ダム
- (2) 土砂通過対策 → 排砂バイパス
- 環境放流管の新設
- 選択取水設備(既設)の運用

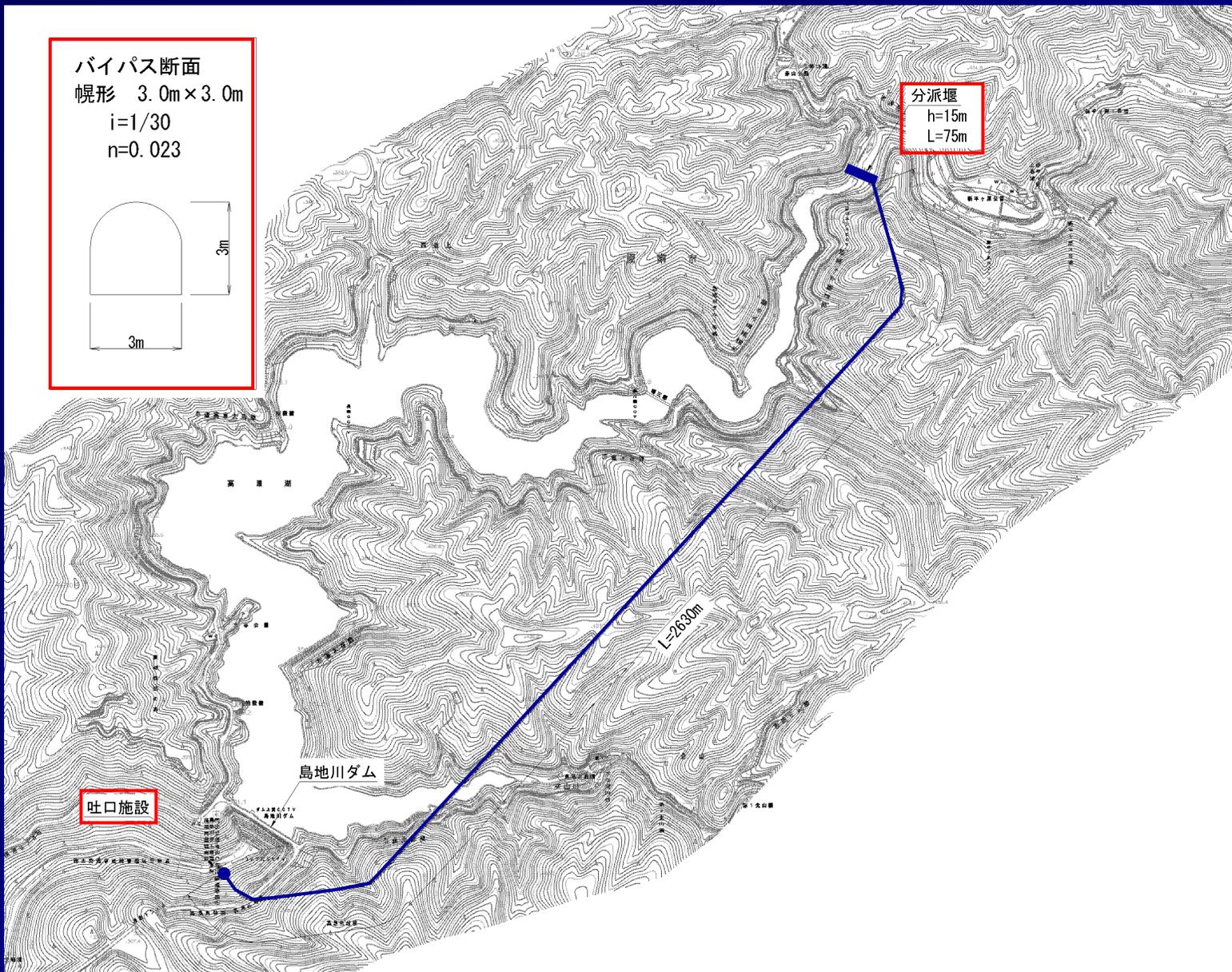
■ 出水時に流入するSS由来のヒ素流入対策の検討

◆ 貯砂ダム案



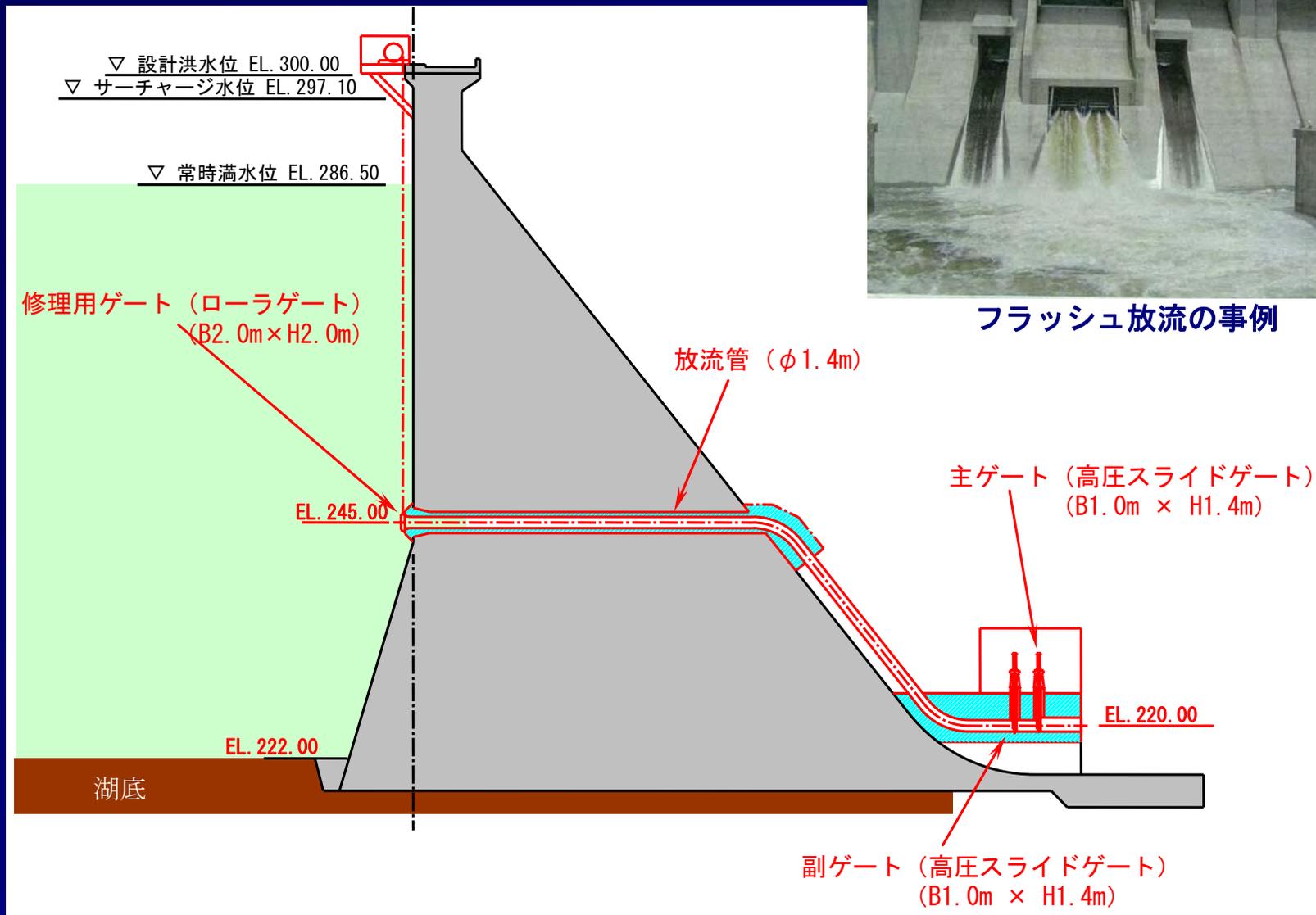
■ 出水時に流入するSS由来のヒ素流入対策の検討

◆ 排砂バイパス案



■ 出水時に流入するSS由来のヒ素流入対策の検討

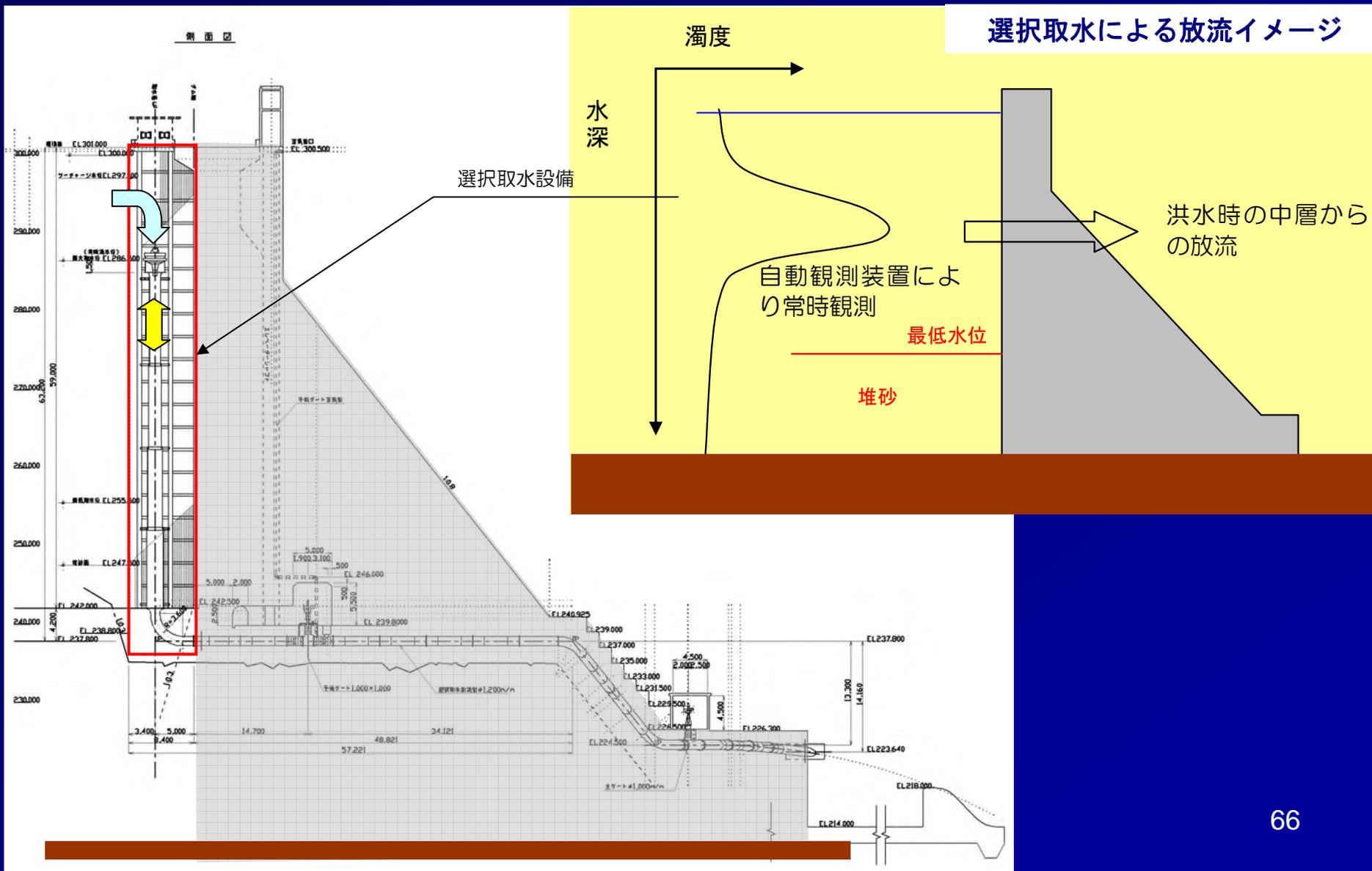
◆ 環境放流管



フラッシュ放流の事例

■出水時に流入するSS由来のヒ素流入対策の検討

◆選択取水設備運用



■出水時に流入するSS由来のヒ素流入対策の検討

◆島地川ダムにおける計画概要

工法	対策なし	貯砂ダム	排砂バイパス	環境放流管	選択取水設備 運用
概要	何もしない	貯砂ダム：h=7m、L=40m (貯砂量V=20,000m ³) ※ 平均2年分	分派堰：h=15m、L=75m 修理用ゲート：一式 排砂バイパス：幌型3.0m×3.0m L=2,630m 吐口施設：一式	排砂管：φ1.4m、L=115m 主ゲート：高圧スライドゲート（ B1.0m×H1.4m） 副ゲート：高圧スライドゲート（ B1.0m×H1.4m） 修理用ゲート：ローラゲート（ B2.0m×H2.0m）	取水可能範囲： 255～286.5(EL. m) 最大放流量： 12m ³ /s
概算 工事 費	なし	貯砂ダム：50 進入路：30 ----- 合計 80百万円	分派堰：300 排砂バイパス：2,100 吐口施設：100 ----- 合計 2,500百万円	排砂管：110 主ゲート：105 副ゲート：105 修理用ゲート：65 土木・建築：105 仮締切り設備：110 ----- 合計 600百万円	なし
維持 管理	なし	・堆積土砂を2年に1 回除去搬出する。 ・概算費用：30百万 円	・2～5年に1回で洗掘による 補修工事を行う。 ・概算費用：100百万円	主ゲート、副ゲート：500万 円/年 修理用ゲート：350万円/年	既存の維持管理 費用は増加しない
特記 事項	比較検討のための ケース	・流入土砂の年変動を考 慮して、2年1回の除去 計画とした。 ・除去した土砂の処理費 用が別途必要である。	・洪水調節計画との調整が必要 ・分派堰の分流能力を確認する ための水理実験が必要 ・吐口施設の減勢機能を確認す るための水理実験が必要 ・排砂バイパスの摩耗量の評価 及び補修方法の検証が必要	・放流設備の配置に工夫が必要。 ・土砂が堆積してくると減勢工内 に土砂が堆積する恐れがある。 ・運用は洪水時に限定されるが、 50m ³ /s以上（年最大洪水程度）で は実施できない。	・運用は洪水時に限 定されるが、50m ³ /s 以上（年最大洪水程 度）では実施できな い。
金属 類の 低減 効果	・1年で 18kg(25年で 452kg)蓄積 ・計画どおり の堆砂で100年 後に浚渫	・1年で1.4kgが放流 できる。(SSとして 流入するヒ素の6.5% が除去される)。	・分岐させる条件によっ て、ヒ素流入量が大きく 異なるため、算定不能	・最大放流量を20 m ³ /sに設 定した場合、平成20年6月20 日降雨（確率規模1/1）にお いて、3.8kgのヒ素が放流で きたと試算された	平成20年6月20日 降雨（確率規模 1/1）において、 4.5kgのヒ素が放 流できたと試算 された。

流入対策に関するまとめ

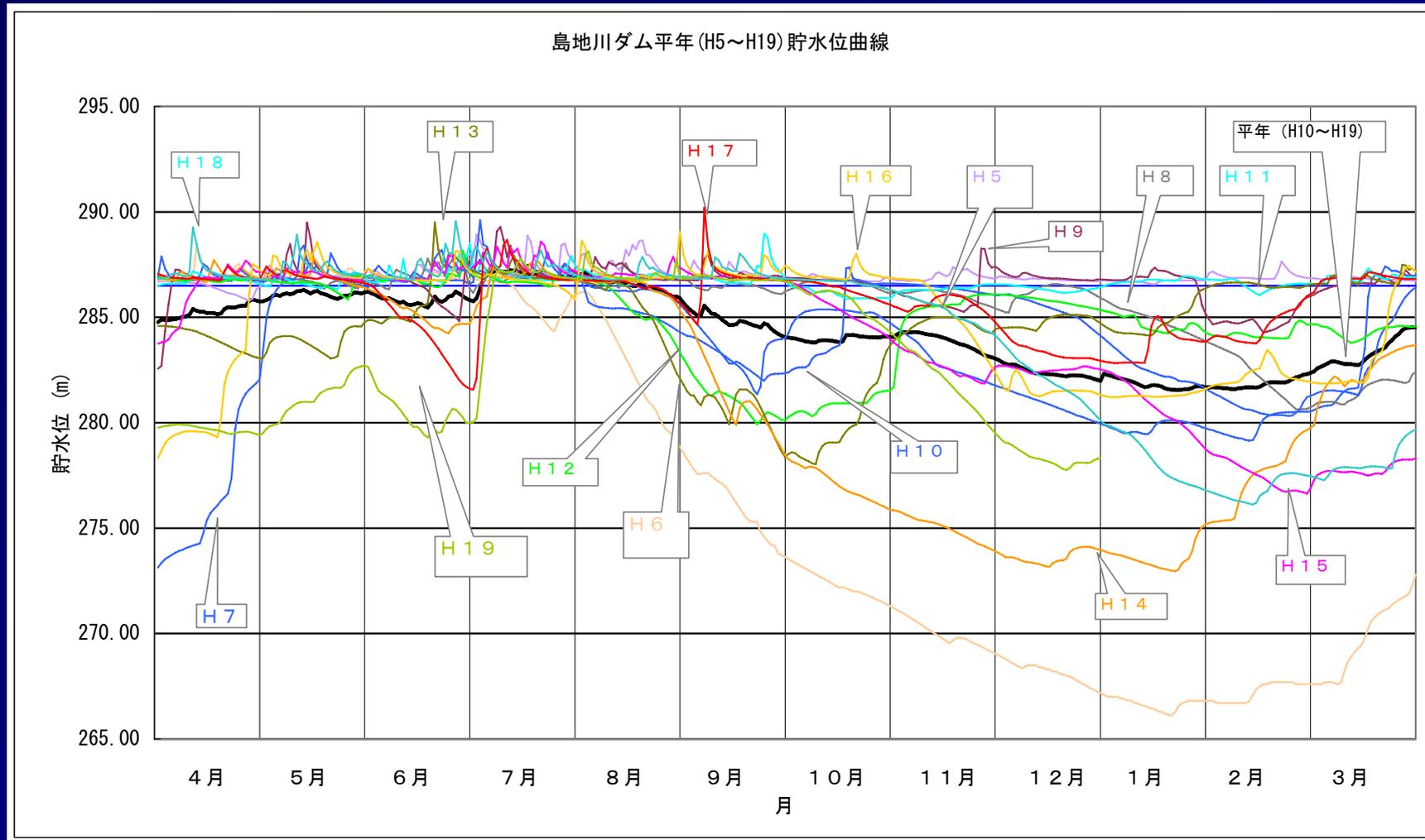
■流入対策に関するまとめ

◆流入ヒ素（細粒土砂）対策手法

- 現在のヒ素流入量調査は、H20年6月の出水時（発生確率1／1程度）に1回観測したデータのみを使用した検討であり、検討の判断材料としてはデータが不足している。
- ヒ素をダムに蓄積させない各手法については、コストや効果の面を再度精査していくことが必要である。
（重金属の対策のためのみで事業化は困難）
- 今後も出水時の調査を継続して行い、ヒ素対策のみでなく、ダムの堆砂、下流河川の環境保全等の観点からの必要性も踏まえて検討を行う。

2. 冬季の水位低下の現実性について

■ 冬季の水位低下の現実性について



島地川ダムでは渇水が冬季に発生する傾向にあり、
循環促進のために冬季水位低下を行うことは困難である。

