

# 第15回 鹿野川ダム水質検討会 説明資料

四国地方整備局 山鳥坂ダム工事事務所

令和2年1月29日



# 議題1 第14回検討会までの経緯

1. 鹿野川ダム水質検討会の開催経緯
2. 水質改善対策メニューと対応状況

## 1.第14回検討会までの経緯

## 鹿野川ダム水質検討会の開催経緯

- 平成19年度に設置した鹿野川ダム水質検討会は、昨年度(H30)までの12年間で14回開催し、本年度(R1)で13年目となる。

- 鹿野川ダム水質検討会の開催経緯

年度	回	開催日	議事等	備考
H19	1	H19. 11. 30	鹿野川ダムの水質の現状報告とアオコ処理報告	
	2	H20. 2. 5	良い水質に向けての意見交換 具体的な水質改善の事例報告	
H20	3	H20. 4. 18	ダムの水質悪化原因と水質改善指標 他ダムの水質改善事例紹介	
	4	H20. 10. 27	鹿野川ダムの具体的対策(曝気循環装置等)の検討 流入負荷削減に向けた水質改良材の室内実験結果の報告	
H21	5	H22. 1. 21	曝気循環装置による水質改善効果報告 ダム改造事業による水質変化予測	
H22	6	H23. 2. 16	曝気循環装置による水質改善効果報告 ダム下流河川の環境改善、流入支川の水質改善	
H23	7	H24. 3. 1	曝気循環装置による水質改善効果 底泥からの栄養塩・マンガン等の溶出抑制 ダム下流河川の環境改善、流入支川の水質改善	
H24	8	H25. 2. 6	アオコ発生抑制、底泥からの栄養塩・マンガン等の溶出抑制 フラッシュ放流・土砂還元、流入支川の水質改善	
H25	9	H26. 1. 29	アオコ発生抑制、溶出負荷抑制対策、流入支川の水質改善	
H26	10	H27. 1. 26	曝気循環装置等の運用(アオコ発生抑制、溶出負荷抑制対策) 流入支川水質改善対策	
H27	11	H28. 1. 29	アオコ発生抑制、溶出負荷抑制対策、流入支川水質改善対策	
H28	12	H29. 2. 6	アオコ発生抑制対策、溶出負荷抑制対策	
H29	13	H30. 1. 31	アオコ発生抑制対策、溶出負荷抑制対策	
H30	14	H31. 2. 6	アオコ発生抑制対策、溶出負荷抑制対策、モニタリング計画	
R1	15	R2. 1. 29	アオコ発生・溶出負荷抑制対策 トンネル洪水吐・選択取水設備の運用の影響・効果 モニタリング計画	今回

## 1.第14回検討会までの経緯

# 水質改善対策メニューと対応状況

- 鹿野川ダムでは、貯水池内対策として、アオコ発生抑制、栄養塩・マンガン等の溶出抑制を実施している。
- 選択取水設備の運用を平成28年12月から、トンネル洪水吐の運用を令和元年6月から実施している。

## ■水質改善対策メニューと対応状況

赤ハッチ部分を本検討会で報告

場所	課題	概要	対応状況
貯水池内	アオコ発生抑制	曝気循環装置等により、アオコが増殖しにくい環境を形成する。	実施中
	底泥からの栄養塩、マンガン等の溶出抑制	底泥を取り除くことで栄養塩、マンガン等の溶出源を除去する。	H27まで実施 必要に応じて実施
		貯水池下層へ溶存酸素を供給して、底泥からの栄養塩、マンガン等の溶出を抑制する。	実施中
	フラッシュ放流、土砂還元	フラッシュ放流及び土砂還元により、ダム下流河川の環境を改善する。	必要に応じて実施
	放流水質改善	選択取水設備により、水質の良好な水を取水し、下流河川に放流する。	実施中
流域	流入支川の水質改善	流域関係者と協議のもと、貯水池に流入する支川の水質を地域住民と連携して改善する。 地域住民と連携し、水質改善に関する啓発を行う。	H27まで実施 必要に応じて実施

## ■ダム管理(水質に係る事項)

貯水池内	放流水質改善	トンネル洪水吐の運用により、貯水池の中下層の水を下流河川に放流する可能性がある。	運用中
------	--------	--	-----



## 議題2 平成31年/令和元年の水質等の概況

1. 気象の概況
2. 水質の概況（貯水池水質、流入河川水質）
3. アオコの発生状況
4. 水質改善装置の運用状況

## 2.平成31年/令和元年の水質等の概況

# 平成31年/令和元年の気象概況(月単位)

- 4月、9月～11月は気温が高く、降水量が少ない上、日照時間が長く、アオコが発生しやすい気象条件であった。5月、6月は日照時間が長く、若干アオコが発生しやすい気象条件であった。

## ■平成31年/令和元年の気象概況

項目	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月
気温	高	高	—	—	低	—	高	高	—
降水量	—	少	—	—	—	多	少	—	少
日照時間	—	長	長	長	短	短	長	長	長

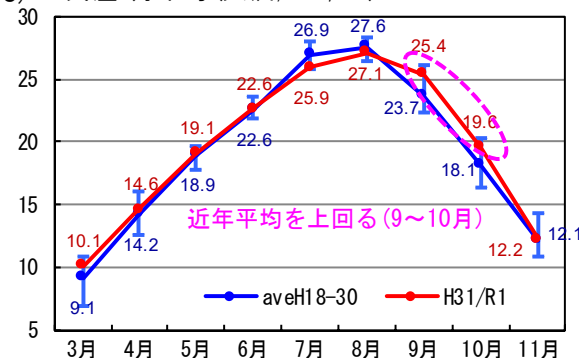
近年13年平均(H18-H30)との比較

気温 平均±0.5℃以上、降水量 平均±60mm以上、日照 平均±20hr以上  
アオコ発生期間、底層D0低下期間に着目して3～11月で整理

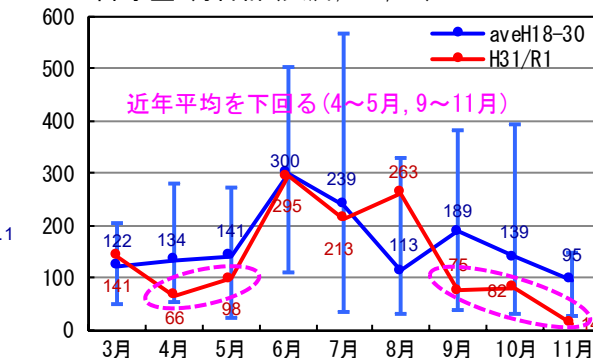
7月、8月は、気温、日照時間の月平均値は低いが、7月下旬～8月上旬の期間だけは晴天が続いたため、近年平均よりも気温が高く、日照時間が長かった。

## ■月平均気温・降水量・日照時間

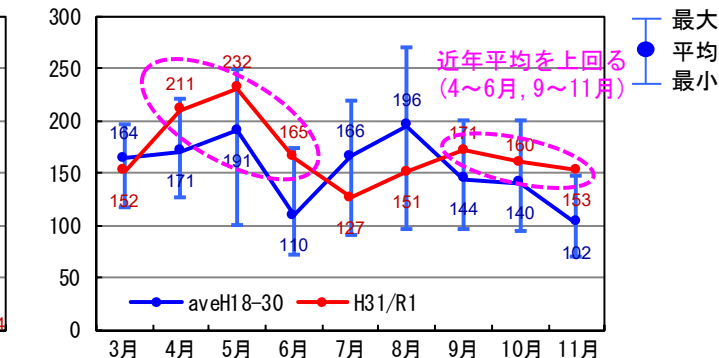
(℃) 気温・月平均(大洲, H31/R1)



(mm) 降水量・月合計(大洲, H31/R1)



(hr) 日照時間・月合計(大洲, H31/R1)

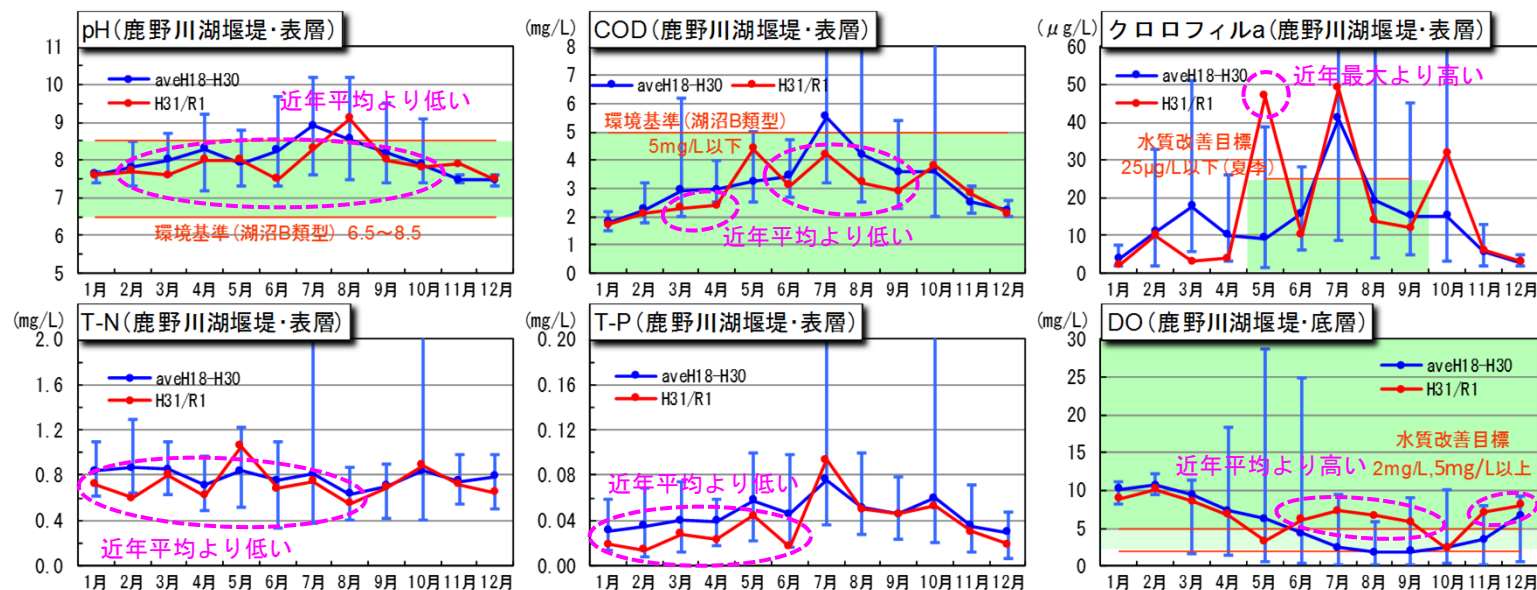


## 2.平成31年/令和元年の水質等の概況

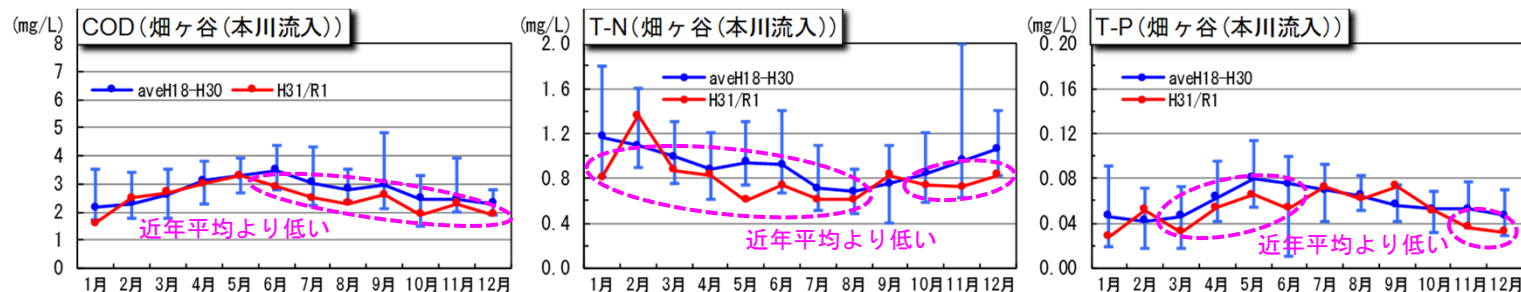
# 平成31年/令和元年の水質の概況

- 貯水池水質：T-N、T-Pは近年平均と同程度、もしくは若干低い。pH、CODは近年平均より低い。5月のクロロフィルaは近年最大より高い。
- 流入河川水質：COD、T-N、T-Pは近年平均より低い。

### ■ 貯水池水質 (H31/R1、鹿野川湖堰堤・定期水質調査結果)



### ■ 流入河川水質 (H31/R1、肱川本川・畑ヶ谷、定期水質調査)

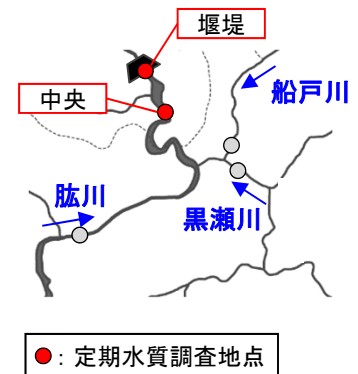
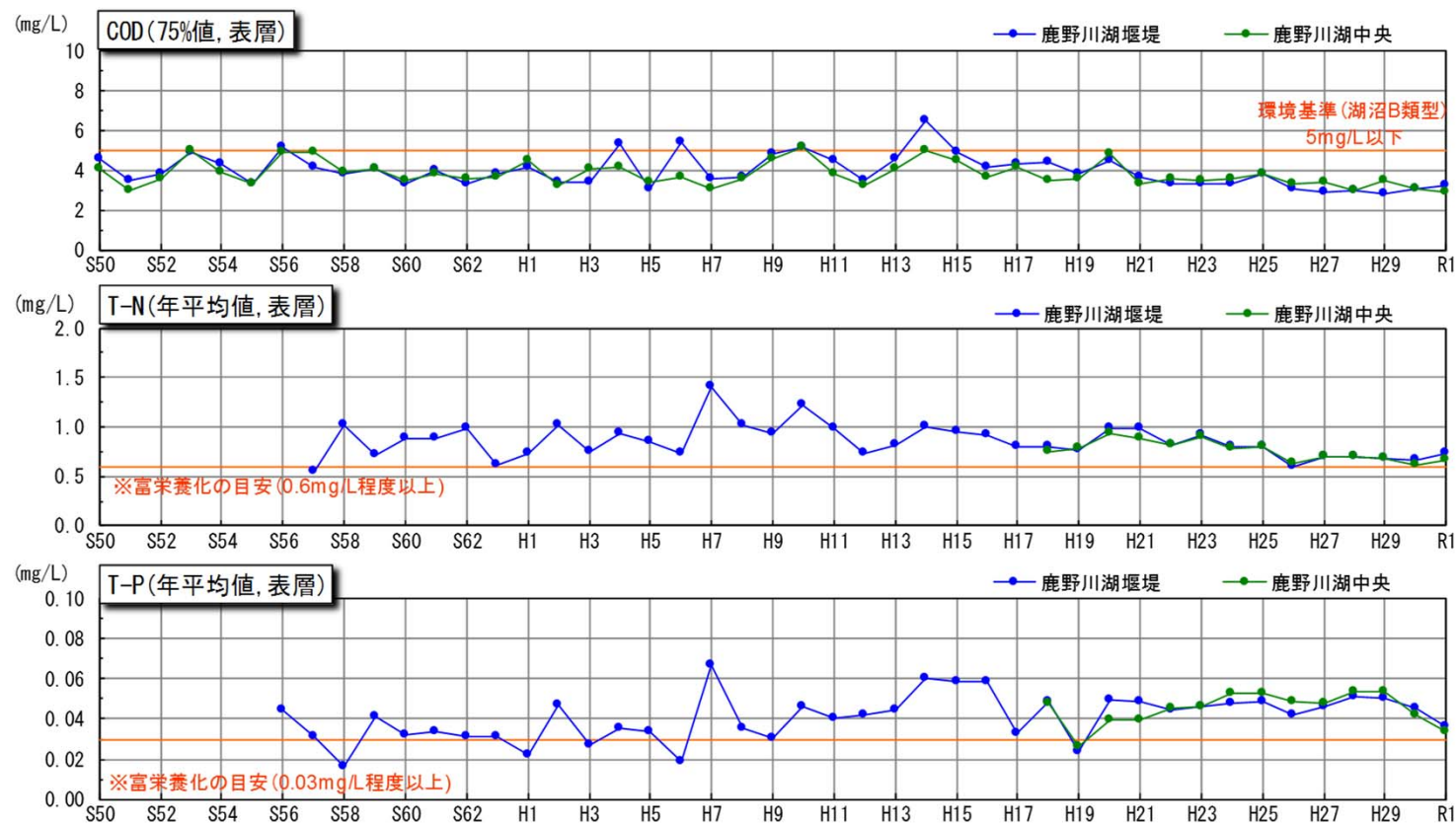


## 2.平成31年/令和元年の水質等の概況

# 水質の経年変化(貯水池)

- CODは、H21に若干低下し、その後は3～4mg/L程度で横ばいで推移している。
- T-Nは、H20～H26が低下傾向で、その後は0.7mg/L程度で横ばいで推移している。
- T-Pは、H20～H29が0.05mg/L程度で横ばいで推移し、H30、R1は低下傾向である。

## ■ 貯水池水質の経年変化(定期水質調査)



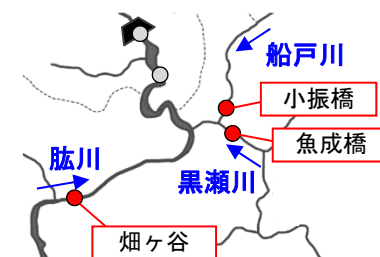
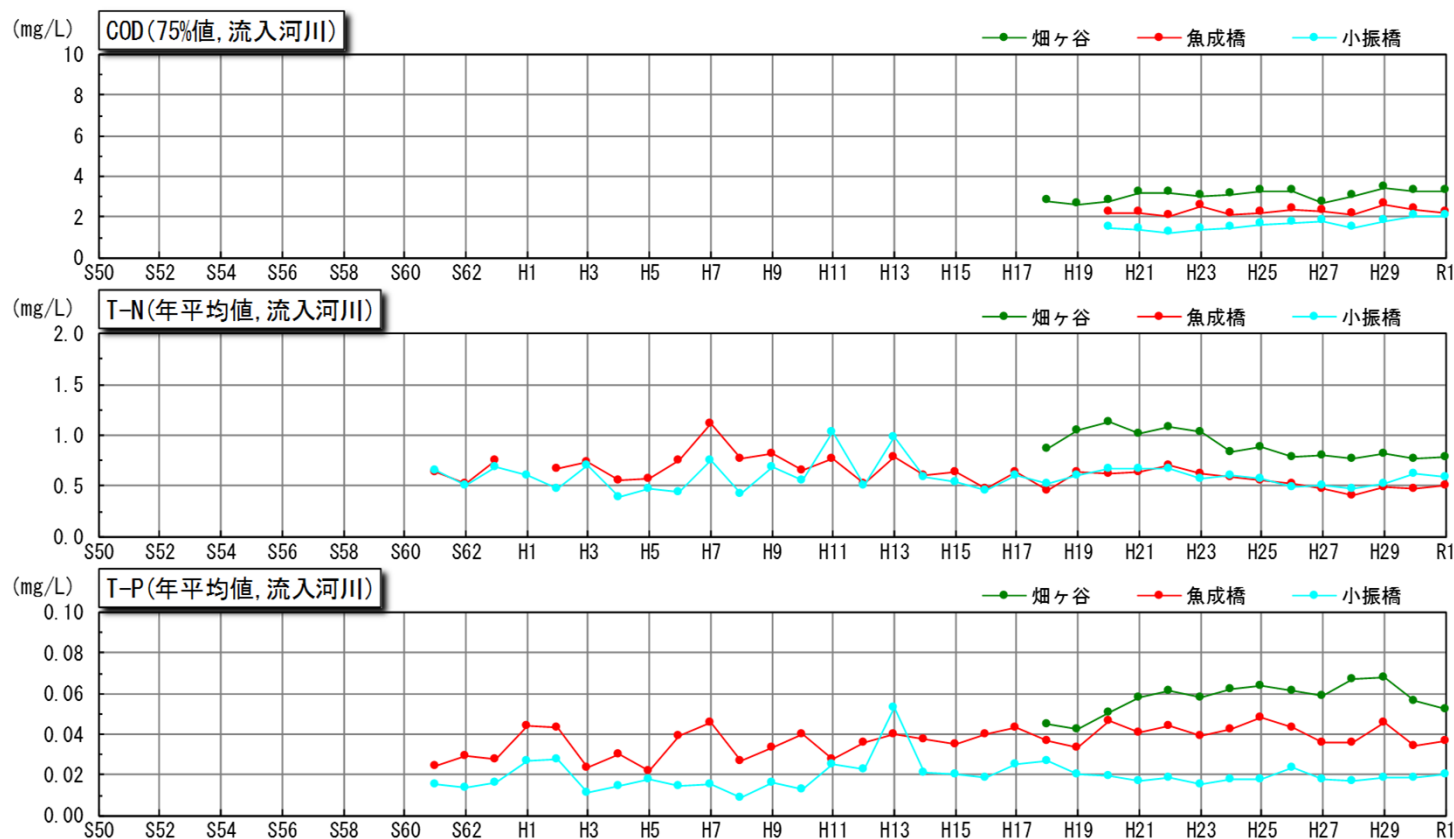


## 2.平成31年/令和元年の水質等の概況

### 水質の経年変化(流入河川)

- CODは、肱川本川(畑ヶ谷)が3～4mg/L程度で、横ばいで推移している。
- T-Nは、H20頃から低下傾向であり、肱川本川がH24頃以降、黒瀬川、舟戸川がH26頃以降、横ばいで推移している。
- T-Pは、肱川本川がH19～H22頃に上昇し、その後は0.06mg/L程度で推移している。

#### ■ 流入河川水質の経年変化(定期水質調査)

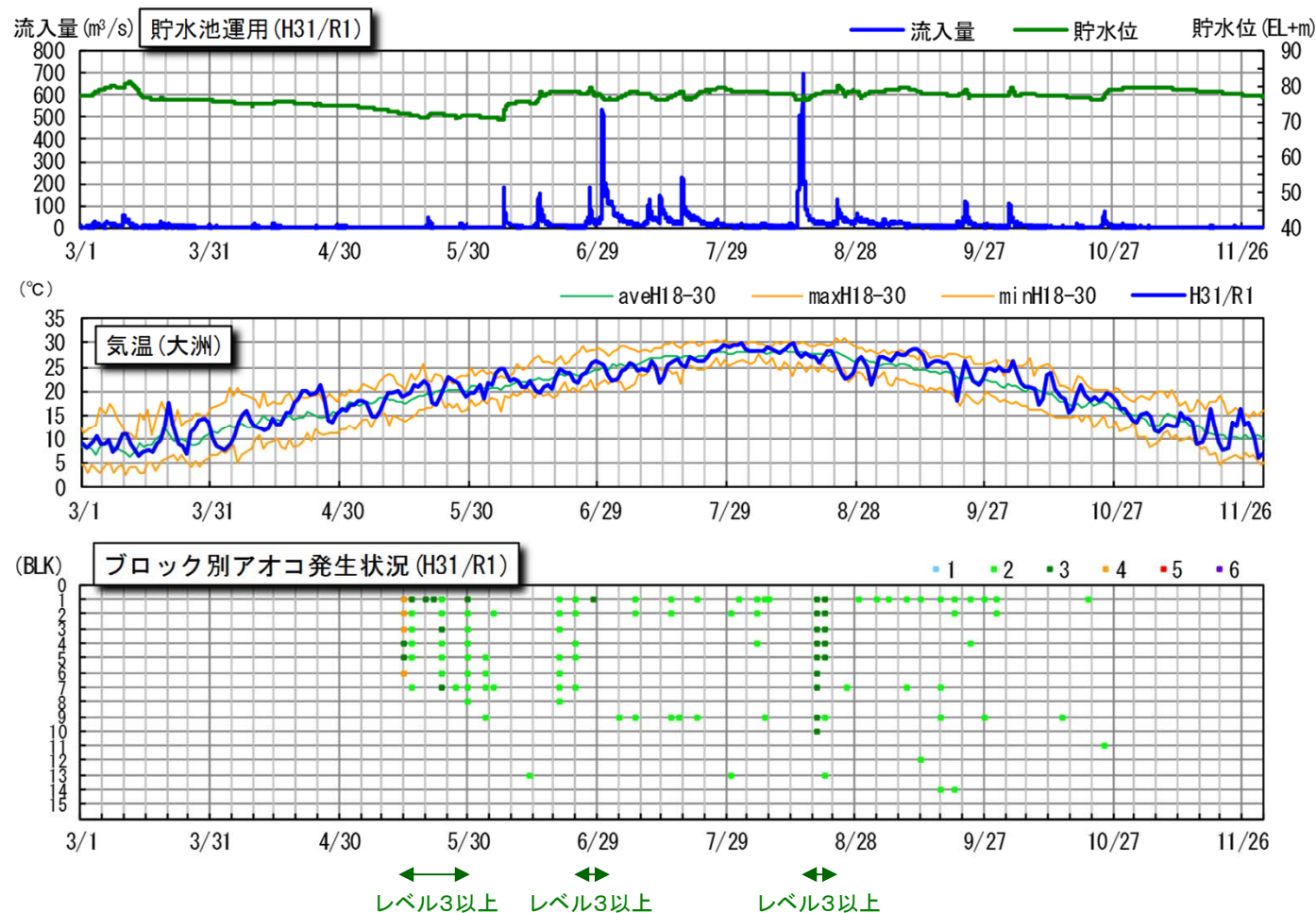


## 2.平成31年/令和元年の水質等の概況

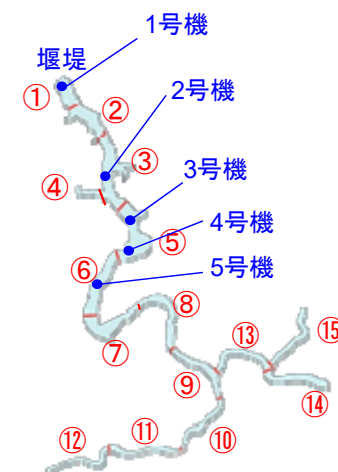
# 平成31年/令和元年のアオコ発生状況

- レベル3以上のアオコが発生したのは、5月、6月、8月のみで、その他の期間はほとんどがレベル2以下であった。レベル3以上のアオコの発生日数は17日間であった。

### ■ アオコ発生実績(H31/R1、貯水池巡視結果)



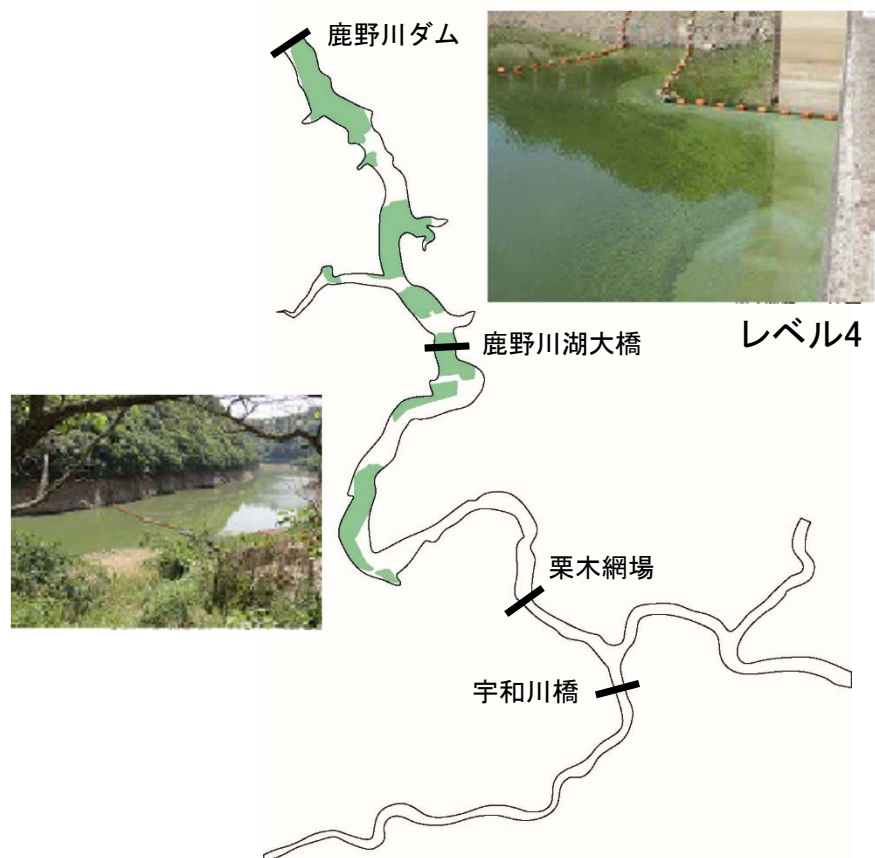
※流入量は毎正時のピーク値



## アオコ発生時の状況

- R1.5月は、堰堤から貯水池中流部で、最大レベル4のアオコを確認した。
- R1.8月も堰堤から貯水池中流部で、最大レベル3のアオコを確認した。

### ■アオコ発生状況(R1.5月15日)



### ■アオコ発生状況(R1.8月19日)



※アオコ発生が顕著な日を抽出して例示



## (参考)アオコレベルの目安(写真是他水域の事例)

- 巡視によるアオコレベルは、以下の6段階の目安を参考に判定しています。

### 発生なし、レベル1【肉眼確認難】

アオコの発生が肉眼では確認できない。



### レベル2【近場で確認可】

アオコの微小群体が粗に浮遊している状態で、湖岸からは確認しにくい。



### レベル3【すじ状】

すじ状のアオコが確認される。



### レベル4【ペンキ状】

薄い膜状のアオコ(緑色の油性ペンキの様な)が確認される。



### レベル5【カーペット状】

厚い膜状のアオコ(カーペットの様な)が確認される。



### レベル6【腐敗臭】

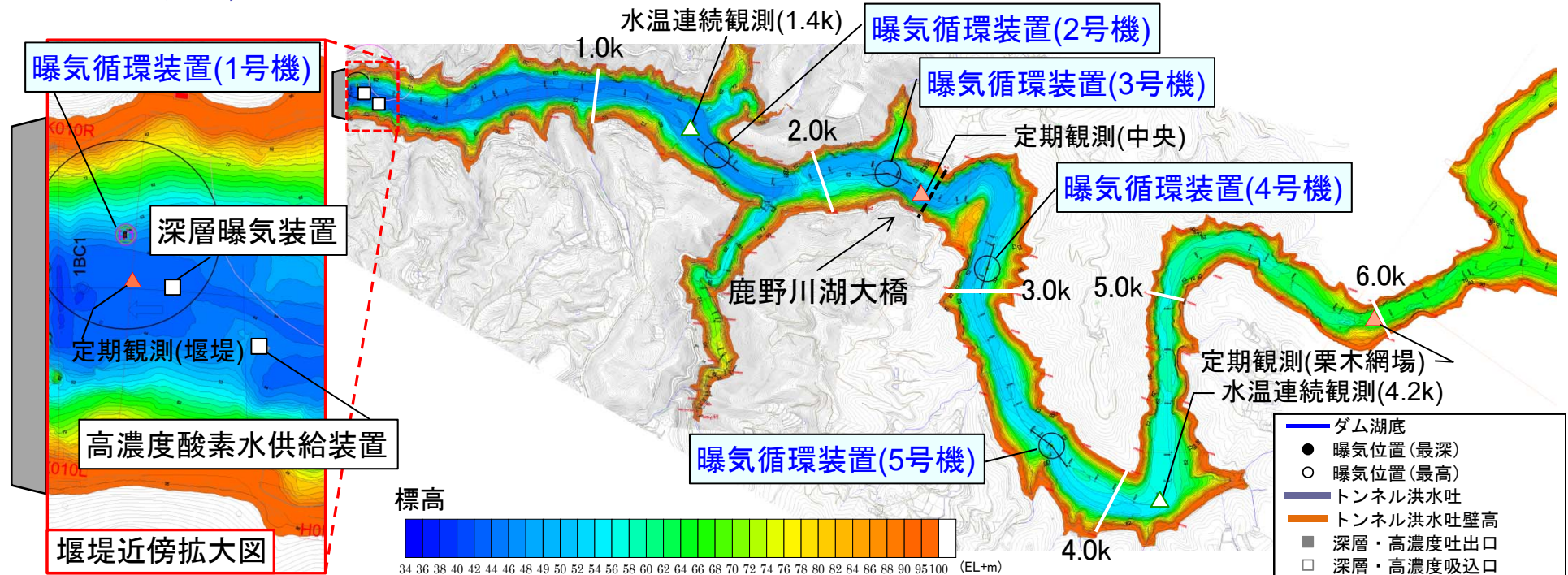
スカム状(厚く堆積し、表面が白や、紫、青の縞模様になることもある)のアオコが確認され、腐敗臭がする。



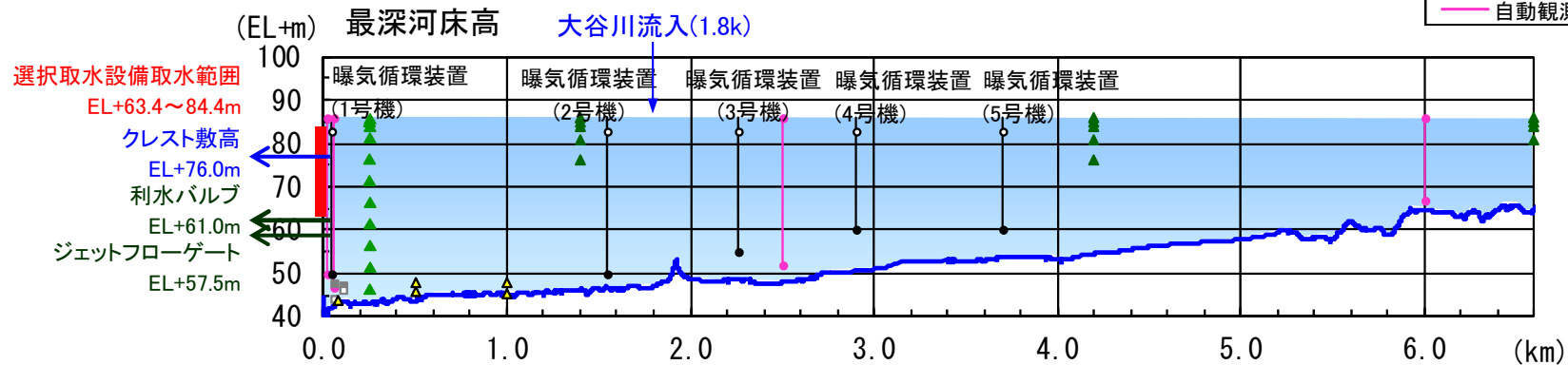
## 2.平成31年/令和元年の水質等の概況

## 水質改善装置の設置状況

## ■水質改善装置の設置状況(平面図)



## ■曝気循環装置の設置状況(縦断図)





## 2.平成31年/令和元年の水質等の概況

# 水質改善装置の運用方法

- 曝気循環装置の運用期間は4月中旬～11月とし、気温、流入量、アオコ発生状況を確認して運用する。
- 深層曝気装置は、3月から11月まで年間を通じて24時間運用を行う。
- 高濃度酸素水供給装置は、運用開始から9月まで24時間運用を行う。

## ■ 水質改善装置の運用方法 (H31/R1、計画)

装 置	運用期間	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	備 考
曝気循環装置	4月3週目 ～11月末	停止期間			起動移行期間 (6-17時運用)	短縮運用期間 (6-17時運用)	コア期間(24時間運用)			短縮運用期間 (6-17時運用)	停止移行期間 (6-17運用)	停止期間	短縮運用期間中はアオコ 条件(下記参照)に適合し たら24時間運用に切替え	
		—			2基運用	5基運用	5基運用			3基運用	2基運用	—		
	1号機 4月3週目 ～11月末													出水後1週間は運用停止
	2号機 4月3週目 ～11月末													<div>■アオコ条件 気温20℃以上 and 流入量10m³/s未満 もしくは、 アオコを確認 (レベル3以上)</div>
	3号機 5月3週目 ～9月2週目				■起動条件(1,2号機) 気温15℃以上 and 流入量10m³/s未満						■停止条件(1,2号機) 気温20℃未満 or 流入量10m³/s以上			
	4号機 5月3週目 ～9月末													
5号機 5月3週目 ～9月2週目														
深層曝気・高濃度	3月～11月	停止期間			深層曝気単独 (24時間運用)	フル運用(24時間運用)					深層+高濃度短縮 (12時間運用)	深層単独 (24時間)	停止期間	深層曝気装置は年間を通 じて24時間運用
深層曝気装置	3月～11月													
高濃度酸素水 供給装置	5月3週目 ～10月末													

### ■ 出水時の運用

曝気循環装置：出水中（ゲート放流中）は運用を停止、出水後は1号機を除き速やかに運用を再開

深層曝気・高濃度：出水中も期間毎の所定の運用を継続

選択取水設備：出水中も表層取水を継続

### ■ 期間区切り

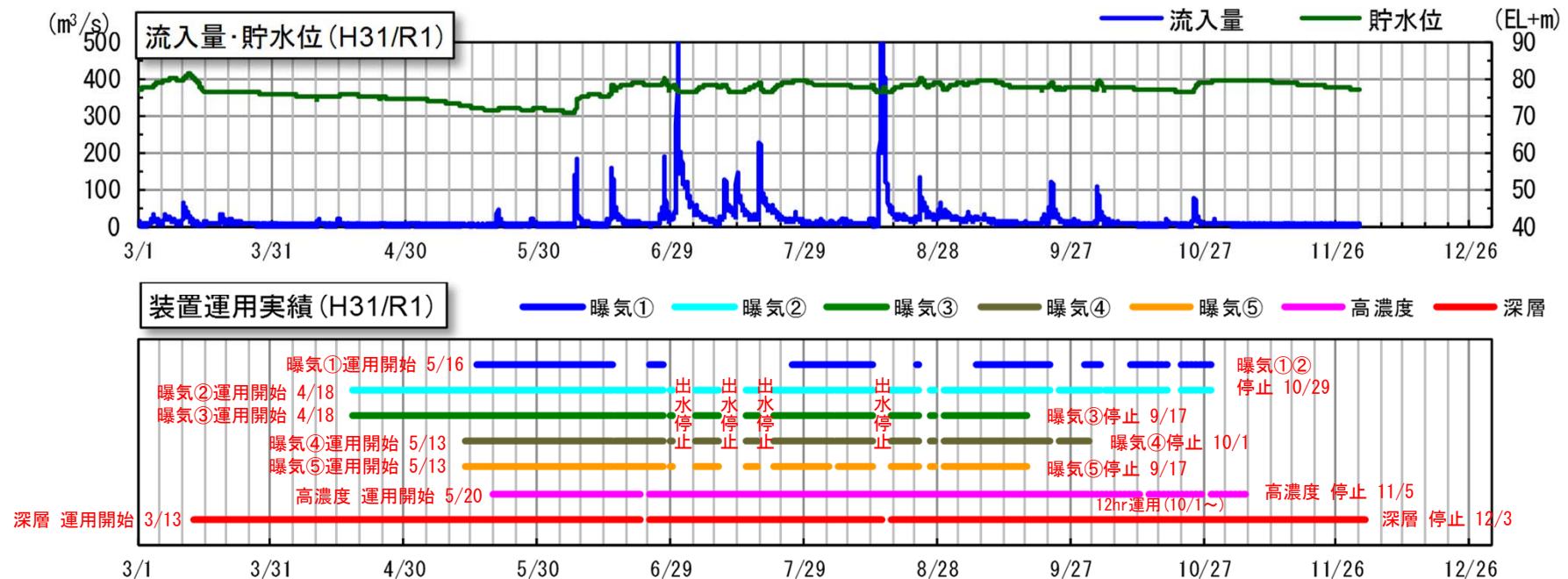
週始まりを月曜日とし、二月にまたがる週（月始・月末）は前月（月曜日時点の月）に含んで運用を区分

## 2.平成31年/令和元年の水質等の概況

### 水質改善装置の運用実績(H31/R1)

- 曝気循環装置は、植物プランクトンの増殖が確認されたため、4月から24時間運用とした。また、5月の5基運用も計画より1週間早く実施した。
- 曝気1号機は、6月下旬～7月、8月中旬～9月上旬に出水が頻発したため、装置停止期間が長くなった。
- 深層曝気装置、高濃度酸素水供給装置は概ね計画通りに運用した。

#### ■ 水質改善装置の運用実績(H31/R1)



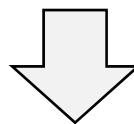
## 議題3 アオコ発生抑制対策の効果

- 1.曝気循環装置の概要
- 2.曝気循環装置の効果(H31/R1)
- 3.アオコ抑制効果のまとめ



## アオコ発生抑制の目標

- 目 標：一年を通じて、アオコの発生を抑制し、景観障害、アオコ死滅に伴う腐敗臭の発生を防止する。
- 目標値：**クロロフィルa の年最大値  $25 \mu\text{g/L}$ 以下**  
(定期水質調査の貯水池表層(水深0.5m)観測値)



## アオコの発生を抑制する手法 ⇒春から秋にかけての貯水池浅層部水温差の解消

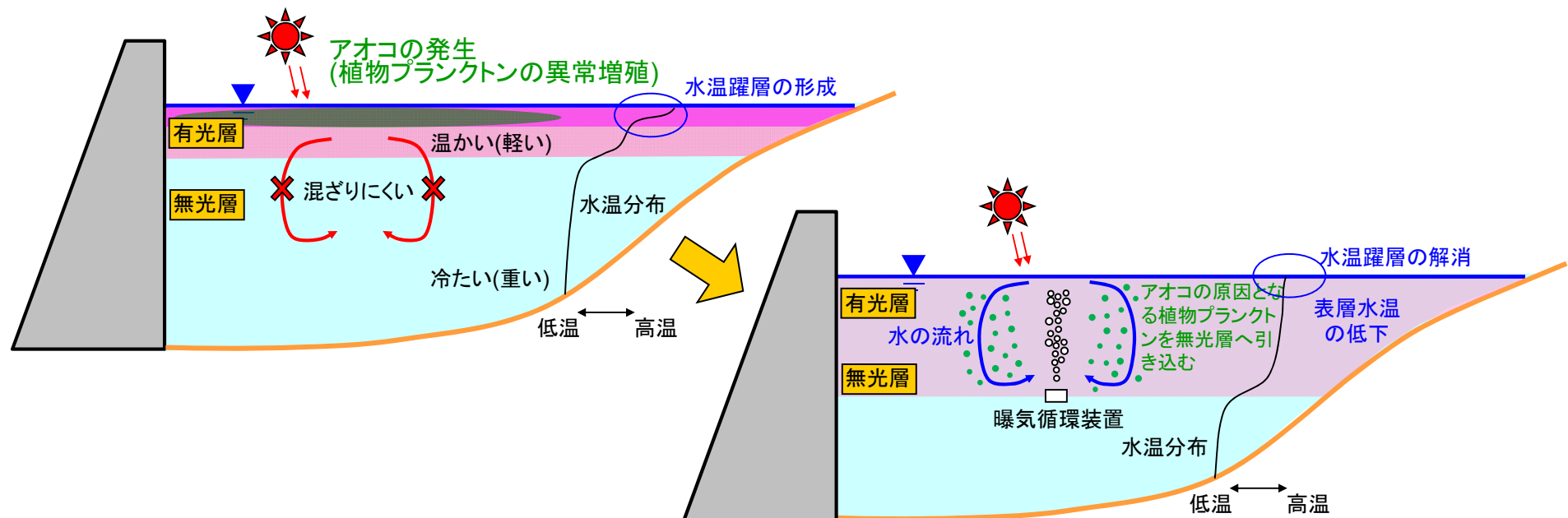
- 手 法：曝気循環装置の稼動により、浅層部の水温躍層を破壊することでアオコの発生を抑制する。
- 目安値：曝気循環装置の稼動により、**浅層部水温差※を $2^{\circ}\text{C}$ 以下**とする。  
※水深0.1m地点と2.0m地点の水温差

### 3.アオコ発生抑制対策 3.1 曝気循環装置の概要

## 曝気循環装置によるアオコ発生抑制の原理

- 春から秋にかけての日中は、貯水池表層水が温められて軽くなるため、貯水池の水が鉛直方向に混ざりにくくなる(水温躍層の形成)。
- 滞留した表層水に生息する植物プランクトンは光合成を行いやすく、上流河川から流入する栄養塩類を利用して増殖する。
- 植物プランクトンのうち、藍藻類が異常増殖するとアオコとなり、貯水池広域で発生すると景観障害や腐敗臭が発生する。
- 曝気循環装置により、水温躍層の解消やアオコの原因となる植物プランクトンの無光層への引き込み等を行い、アオコが発生しにくい環境を形成する。

### ■ 曝気循環装置によるアオコ発生抑制の原理(イメージ図)



## 曝気循環装置の効果検証の視点

- 定期水質観測結果、サーミスターチェーンによる水温・水質観測結果、貯水池巡視結果に基づき、曝気循環装置によるアオコ抑制効果を検証する。

### ■ 曝気循環装置の効果検証の視点

- 表層水温の低減効果(表層水温差0.1～2m):運用目標(2.0℃以下)の達成状況
- クロロフィルa低減効果:改善目標(25  $\mu$ g/L以下)の達成状況
- アオコ発生日数
- 植物プランクトンの構成種(藍藻類の発生抑制)

## アオコ発生抑制効果の概況

- 曝気循環装置の運用停止後に、気温が高く日照時間が長い期間が継続すると、表層水温差およびクロロフィルa濃度が上昇し、アオコが発生すると考えられる。

### ■ 曝気運用計画期間と貯水池水質の概況

期間	4月後半～ 5月前半	5月後半 ～6月	7月～ 9月前半	9月後半 ～10月
曝気運用	2基 (藻類確認により 24時間運用開始)	5基 (藻類確認により 1週間早く運用開始)	5基 (出水時に停止)	3～2基
気温	高い	平年並み	平年並み (高気温が継続)	高い
日照時間	長い	長い	長い	長い
表層水温差	断続的に 超過	概ね達成	断続的に 超過	概ね達成
クロロフィルa	堰堤, 中央 で超過 (5月)	達成	堰堤 (7月), 栗木網場 (8月) で超過	堰堤で 超過 (10月)
アオコ	発生なし	最大レベル4 (約2週間で消滅)	最大レベル3 (数日間で消滅)	最大レベル2

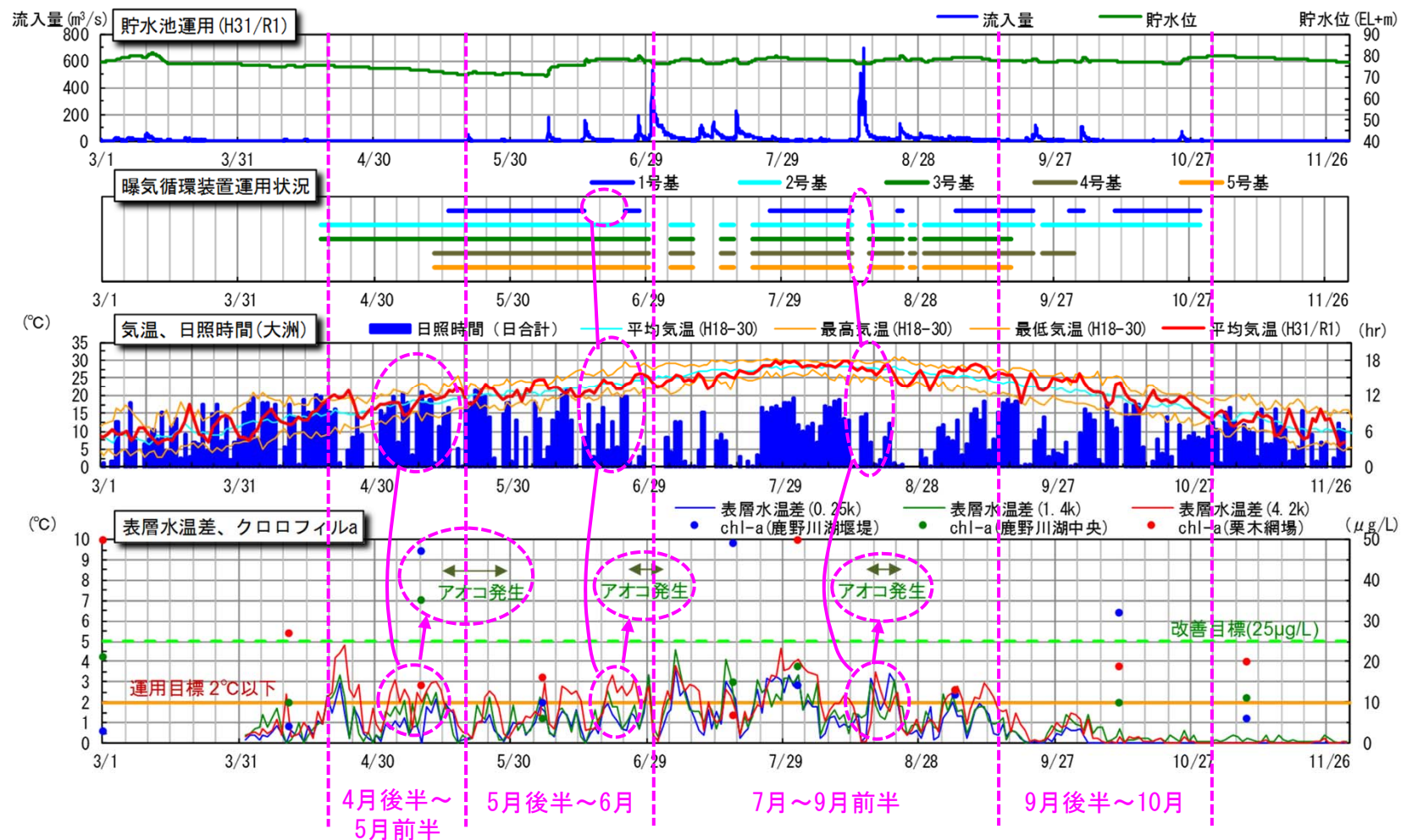
※気象条件は原則として当該期間の平均との比較

### 3.アオコ発生抑制対策 3.2 曝気循環装置の効果

## 曝気循環装置の運用と改善目標の概況

- 装置停止後、気温が高く日照時間が長い期間が継続すると、表層水温差およびクロロフィルa濃度が目標値を超過しており、アオコが発生している。

### ■ 曝気循環装置の運用と改善目標の概況(H31/R1)

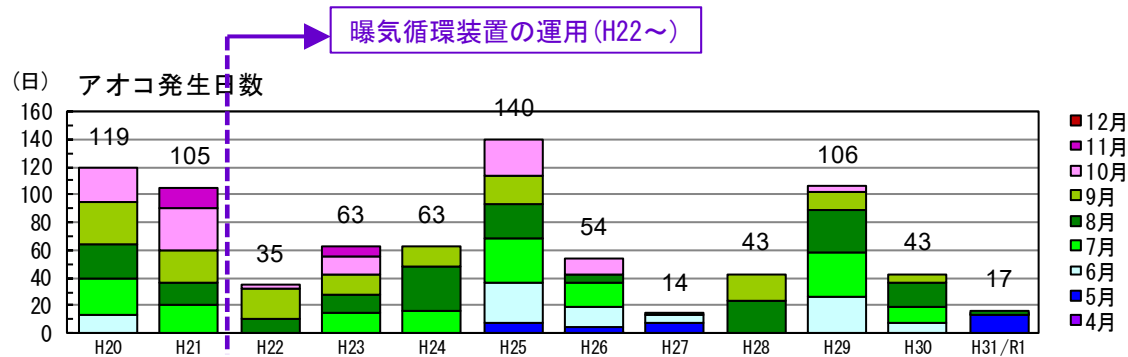


### 3.アオコ発生抑制対策 3.2 曝気循環装置の効果

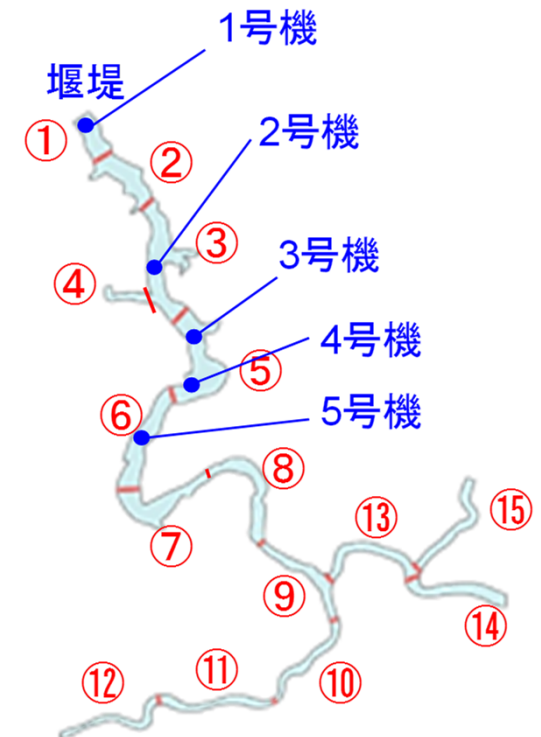
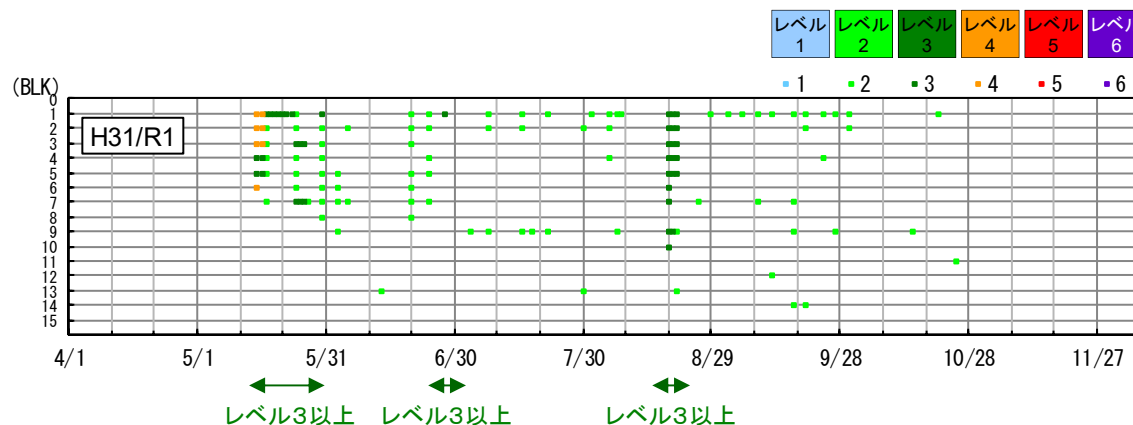
## アオコ発生状況(発生日数)

■ レベル3以上のアオコ発生日数は17日間であり、近年10年間で2番目に少なかった。

### ■ アオコ発生日数の経年変化



### ■ ブロック別アオコ発生状況(H31/R1)



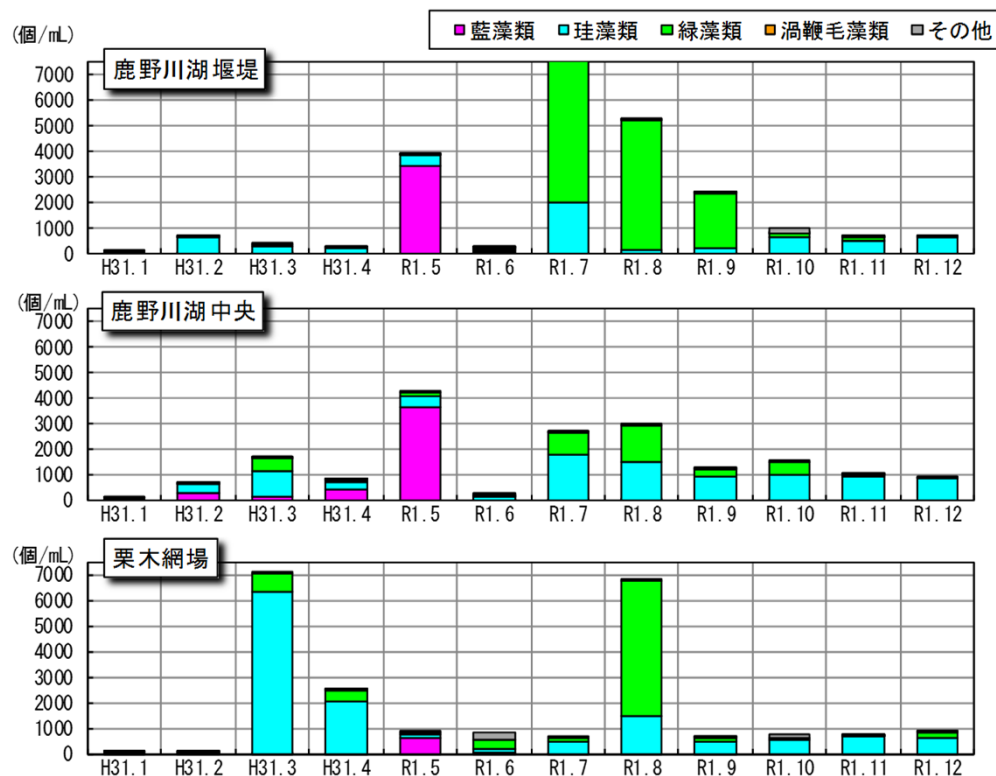
※巡視記録をもとに整理

### 3.アオコ発生抑制対策 3.2 曝気循環装置の効果

## 植物プランクトンの種別細胞数

- 4～6月に各地点で藍藻類が優占種となる。その他の期間は1～4月と10～12月が珪藻類、7～9月が主に緑藻類が優占種となっている。
- 4～6月に優先した藍藻類は、鹿野川ダムのアオコ原因藻類である藍藻類(ミクロキスティス)ではなくアファニゾメノンであり、発生後2週間程度で消失している。

### ■ 植物プランクトンの種別細胞数



### ■ 植物プランクトンの優占種

月	鹿野川湖堰堤	鹿野川湖中央	栗木網場
1月	Aulacoseira distans アウラコセイラ ディスタンス	Aulacoseira distans アウラコセイラ ディスタンス	Stephanodiscus sp. ステファノディスクス
2月	Stephanodiscus sp. ステファノディスクス	Stephanodiscus sp. ステファノディスクス	Stephanodiscus sp. ステファノディスクス
3月	Asterionella formosa アステリオネラ フォルモサ	Stephanodiscus sp. ステファノディスクス	Stephanodiscus sp. ステファノディスクス
4月	Asterionella formosa アステリオネラ フォルモサ	Aphanizomenon flos-aquae * アファニゾメノン フロス・アケ	Stephanodiscus sp. ステファノディスクス
5月	Aphanizomenon flos-aquae * アファニゾメノン フロス・アケ	Aphanizomenon flos-aquae * アファニゾメノン フロス・アケ	Aphanizomenon flos-aquae * アファニゾメノン フロス・アケ
6月	Aphanizomenon flos-aquae * アファニゾメノン フロス・アケ	Asterionella formosa アステリオネラ フォルモサ	Chlamydomonas spp. クラミドモナス
7月	Eudorina elegans ユートリナ エレガンス	Aulacoseira granulata var. angustissima アウラコセイラ グラヌラタ	Aulacoseira granulata var. angustissima アウラコセイラ グラヌラタ
8月	Pandorina morum パントリナ モルム	Aulacoseira granulata var. angustissima アウラコセイラ グラヌラタ	Pandorina morum パントリナ モルム
9月	Eudorina elegans ユートリナ エレガンス	Aulacoseira granulata アウラコセイラ グラヌラタ	Aulacoseira ambigua (螺旋型) アウラコセイラ アンビグア
10月	Aulacoseira granulata アウラコセイラ グラヌラタ	Aulacoseira granulata アウラコセイラ グラヌラタ	Aulacoseira granulata アウラコセイラ グラヌラタ
11月	Aulacoseira granulata アウラコセイラ グラヌラタ	Aulacoseira granulata アウラコセイラ グラヌラタ	Aulacoseira granulata アウラコセイラ グラヌラタ
12月	Aulacoseira granulata アウラコセイラ グラヌラタ	Aulacoseira granulata アウラコセイラ グラヌラタ	Aulacoseira granulata アウラコセイラ グラヌラタ

※各調査において細胞数が最大の藻類を抽出

\* は藻糸数、群体数を示す。

■ 藍藻類 ■ 珪藻類 ■ 緑藻類

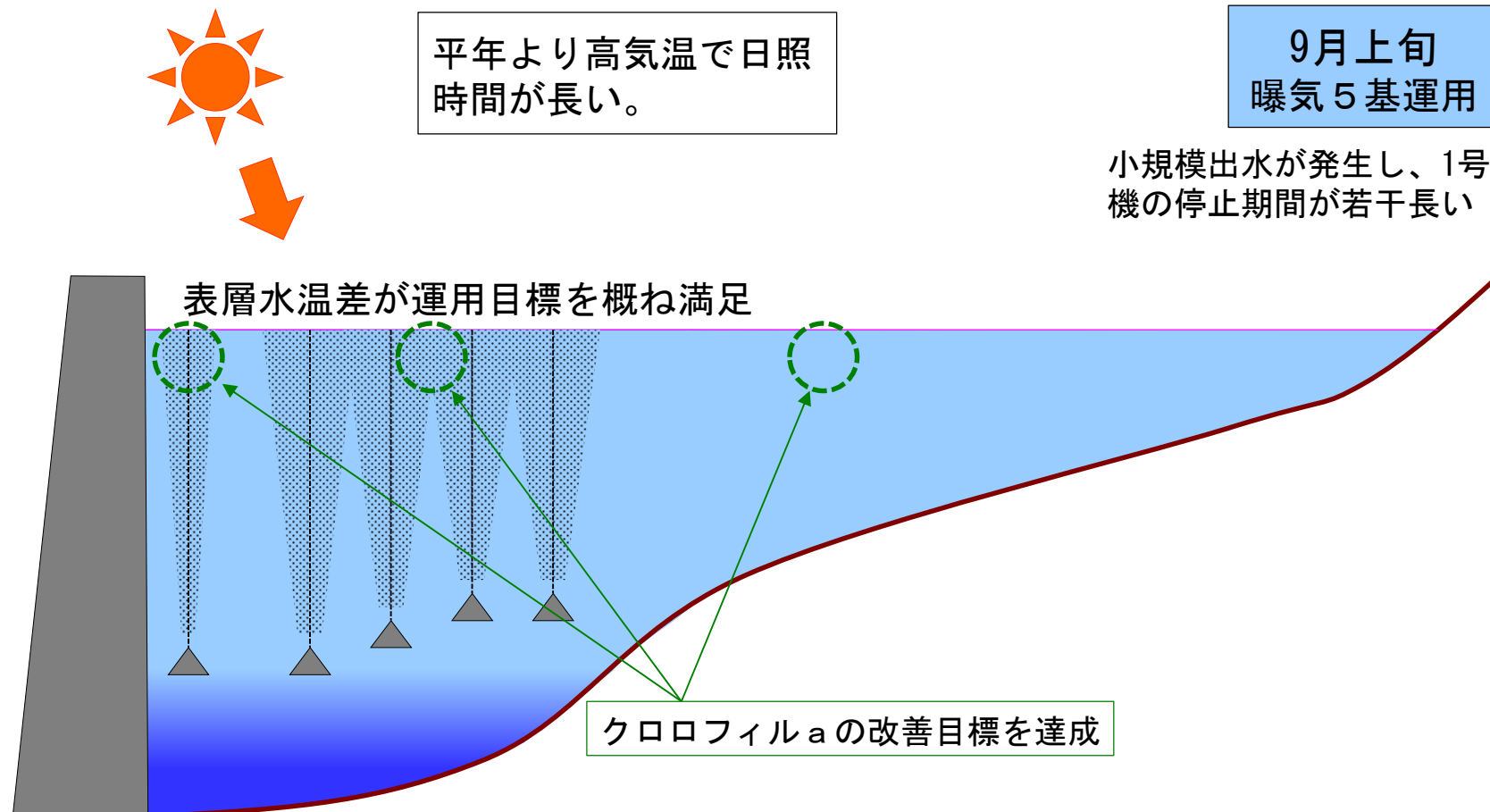


### 3.アオコ発生抑制対策 3.2 曝気循環装置の効果

## 曝気運用による水質変化のイメージ(9月上旬)

- 平年より高気温で、日照時間が長い日が続いたが、表層水温差は運用目標を概ね達成した。
- クロロフィルaは改善目標を達成した。

### ■ 貯水池水質



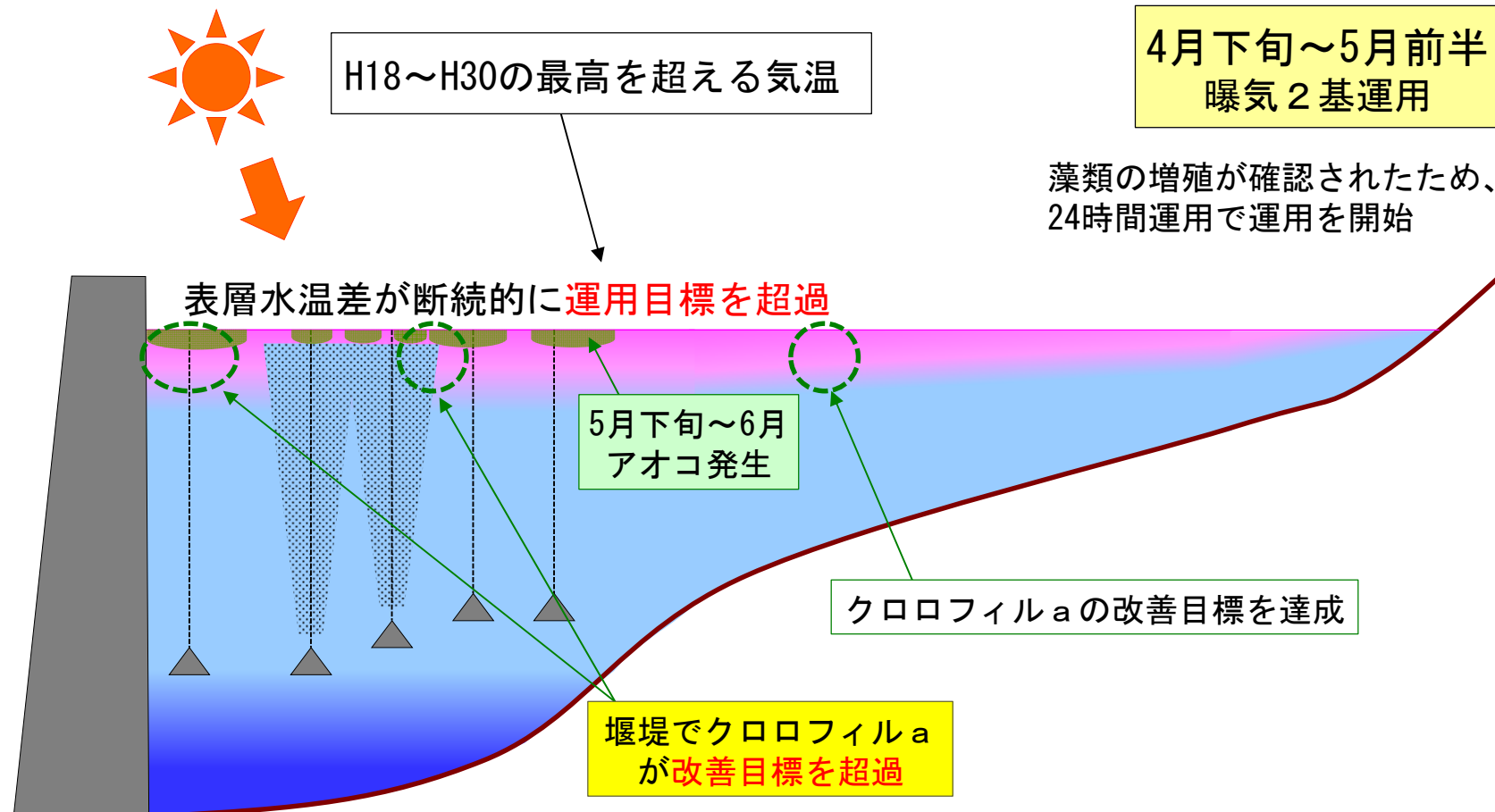


### 3.アオコ発生抑制対策 3.2 曝気循環装置の効果

## 曝気運用による水質変化のイメージ(アオコ発生:5月後半～6月)

- アオコ発生時は、日照時間が長いが気温は平年並みであり、表層水温差は運用目標を概ね達成していたが、4月下旬～5月前半における曝気2基運用時の高気温かつ長い日照時間の影響によりアオコが発生したと考えられる。

### ■ 貯水池水質

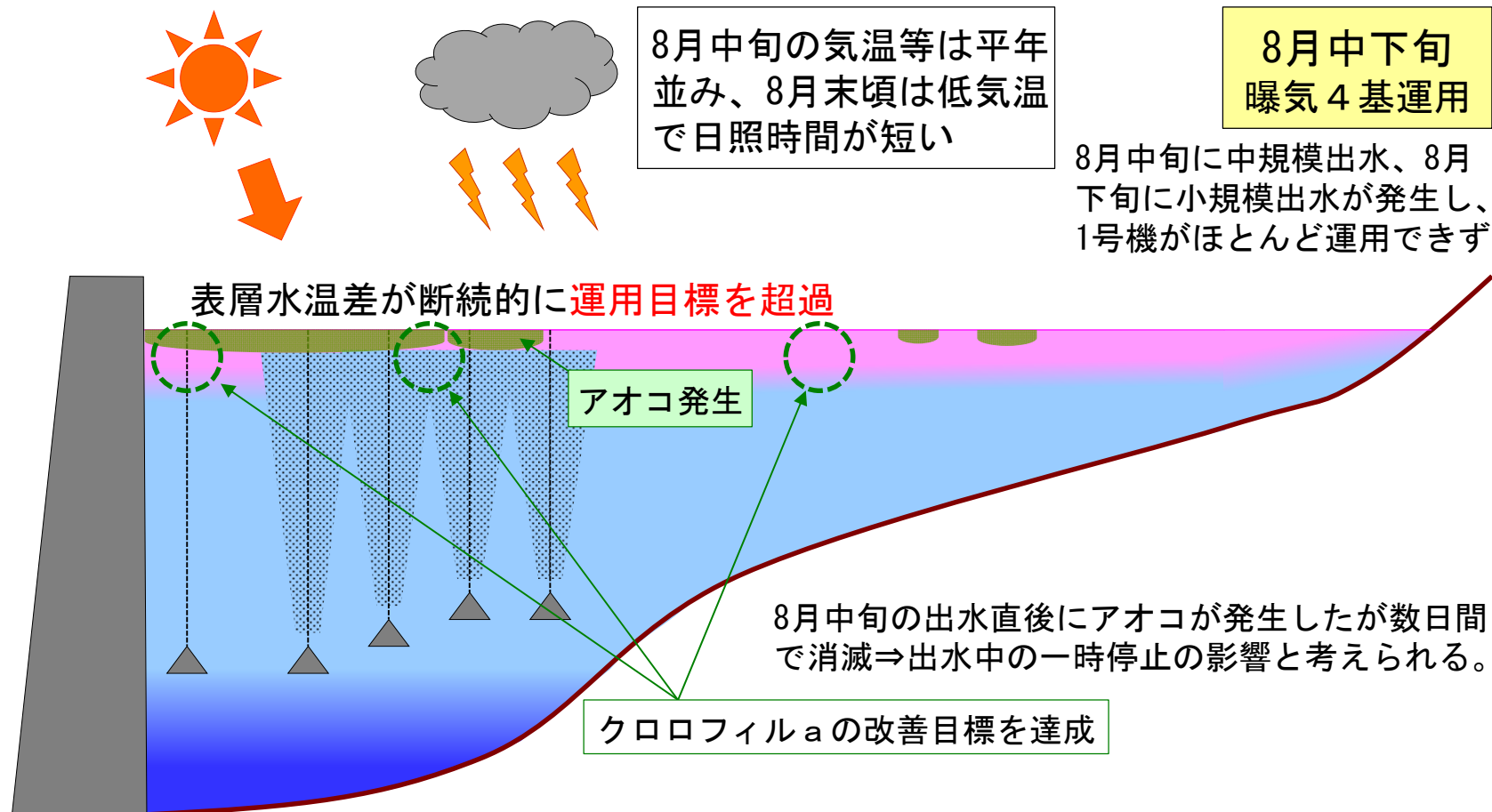


### 3.アオコ発生抑制対策 3.2 曝気循環装置の効果

## 曝気運用による水質変化のイメージ(アオコ発生: 8月中下旬)

- 7月下旬から8月中旬の出水まで、高気温かつ日照時間が長い日が続いており、出水時の装置停止後に表層水温差が運用目標を超過したため、出水直後にレベル3のアオコが発生したが、数日間で消滅した。

### ■ 貯水池水質



## 曝気循環装置によるアオコ抑制効果のまとめ

### 【平成31年/令和元年の状況】

- H31/R1は4月、9月～11月が高温で降水量が少なく、日照時間が長い、アオコが発生しやすい気象条件であった。
- 曝気循環装置は、植物プランクトンの増殖が確認されたため4月下旬から24時間運用で運用を開始した。また、5月にも植物プランクトンの増殖が確認されたため、5基運用も約1週間前倒しで開始した。

### 【曝気循環装置の効果】

- 表層水温差は、小規模出水が頻発した7～8月上旬、8月下旬～9月上旬を除き、概ね運用目標を達成した。
- クロロフィルaは改善目標を超過する時期もあったが、レベル3以上のアオコ発生日数は17日であり、近年10年間で2番目に少なかった。
- 植物プランクトンは藍藻類が発生したが、比較的低水温で発生するアファニゾメノンであり、鹿野川ダムのアオコ原因藻類のミクロキスティスによるアオコのように水面が着色するような現象は発生しなかった。

### 【今後の対応】

- アオコ抑制効果を概ね確認できたことから、現運用計画による運用および今年度と同様のモニタリングを継続する。

## 議題4 溶出負荷抑制対策の効果

1. 深層曝気装置・高濃度酸素水供給装置の概要
2. 深層曝気装置・高濃度酸素水供給装置の効果(H31/R1)
3. 溶出負荷抑制効果のまとめ

## 溶出負荷抑制の目標

- 下層の貧酸素化に伴う栄養塩類、マンガン等の溶出や硫化水素臭の発生を抑制するとともに、生物が生息可能となるレベルまで溶存酸素を改善する。

### ■ 溶出負荷抑制の目標(DO改善目標)

底質からの栄養塩類やマンガン等の溶出を抑制するための目標レベル



最下層のDO:2mg/L以上

底質環境が維持され、生物が生息可能な環境を確保するための目標レベル



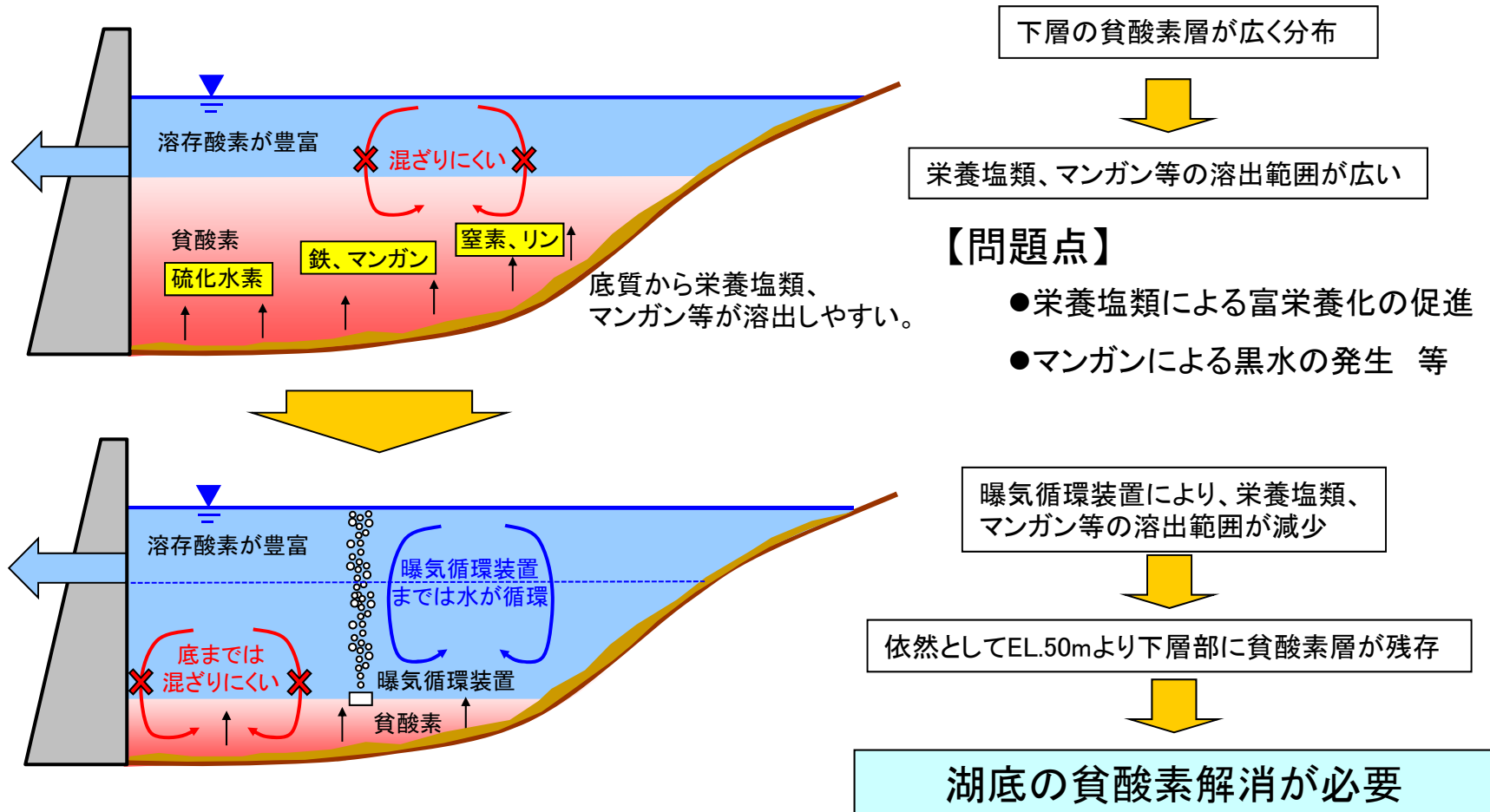
下層※の平均DO:5mg/L以上

※曝気循環装置設置水深以深  
(標高EL+50m以深)

## 溶出負荷抑制の考え方

- 春から秋にかけては、貯水池の水が鉛直方向に混ざりにくくなる（水温躍層の形成）。
- 下層の水は、出水による混合がなければ微生物の生物活動等により酸素が消費されて貧酸素化し、底質から栄養塩類、マンガン等が溶出しやすくなる。

### ■ 深層曝気装置・高濃度酸素水供給装置による溶出負荷抑制の考え方



## 両装置の効果検証の視点

- 深層曝気装置・高濃度酸素水供給装置の効果及び運用方法の妥当性を、DO改善効果・溶出抑制効果・生物生息環境創出の3つの視点で検証する。

### ■ 深層曝気装置・高濃度酸素水供給装置の効果検証の視点

- DO改善効果:改善目標(最下層2mg/L、下層平均5mg/L)の達成状況
- 溶出抑制効果:底層水質(T-N, T-P, T-Mn)の装置運用前との比較
- 生物の生息環境創出:底生生物の確認種数

## 4.溶出負荷抑制対策 4.2 深層曝気装置・高濃度酸素水供給装置の効果

### 溶出負荷抑制効果の概況

- DO改善目標が未達成の期間が見られるが、底層の栄養塩類、マンガンは装置運用前よりも減少しており、溶出抑制効果が確認された。

#### ■ 装置運用計画期間と貯水池水質等の概況

■ 改善目標2mg/L未達成

■ 改善目標5mg/L未達成

期間		3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月
装置運用		深層単独 (24時間運用)			深層+高濃度 (24時間運用)				深層 (24時間運用) + 高濃度 (12時間運用)	深層単独 (24時間運用)
最下層D0 2mg/L	堰堤	8.6	5.8	4.2	2.8	6.5	5.9	1.8	0.6	7.0
	0.5k	－	4.8	1.4	1.5	1.2	2.3	1.2	0.1	7.1
	1.0k	－	5.5	1.8	0.8	7.6	3.6	6.0	0.1	7.4
下層平均D0 5mg/L	堰堤	8.8	6.8	4.7	4.0	7.3	5.8	4.5	1.6	7.2
	0.5k	－	6.4	2.9	3.6	3.7	4.2	4.5	0.8	7.2
	1.0k	－	6.1	3.0	2.9	7.7	3.6	6.0	0.8	7.4
底層水質		○			○				○	○
底生生物		装置運用以降、同程度の種数が確認されている。								

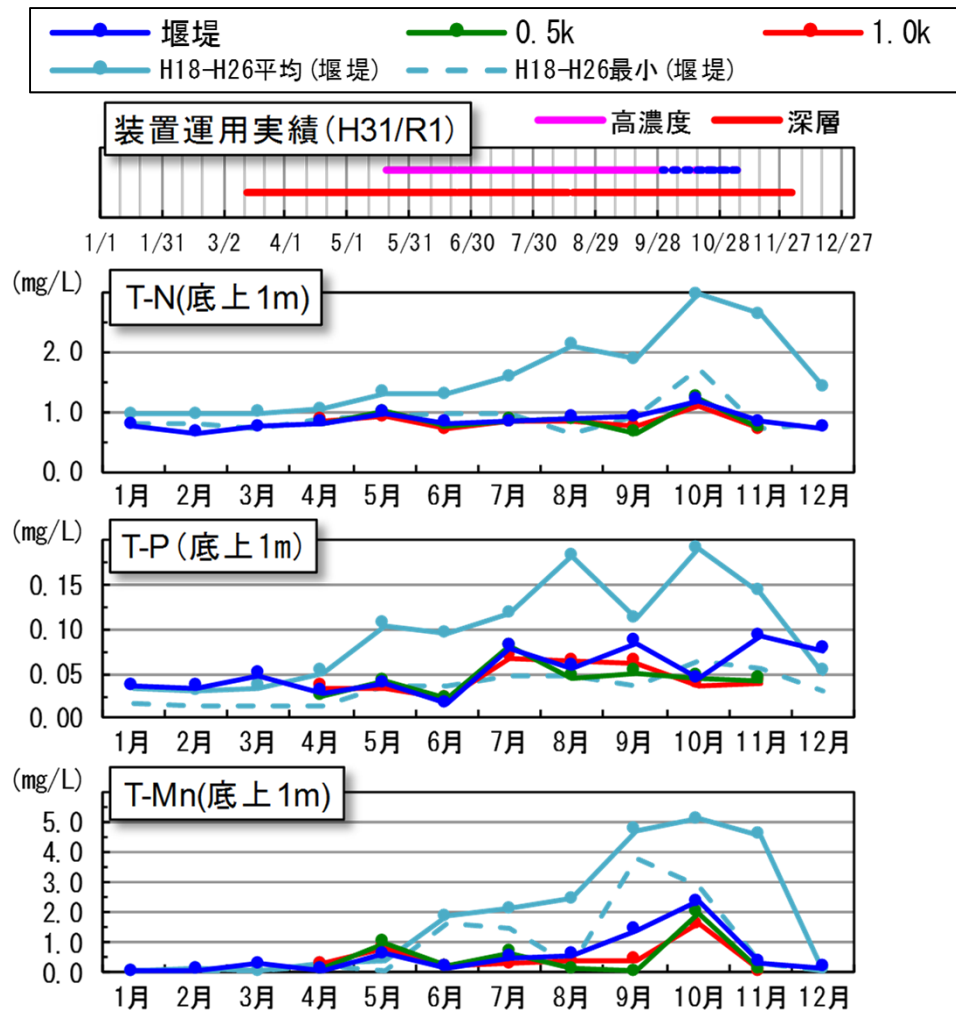
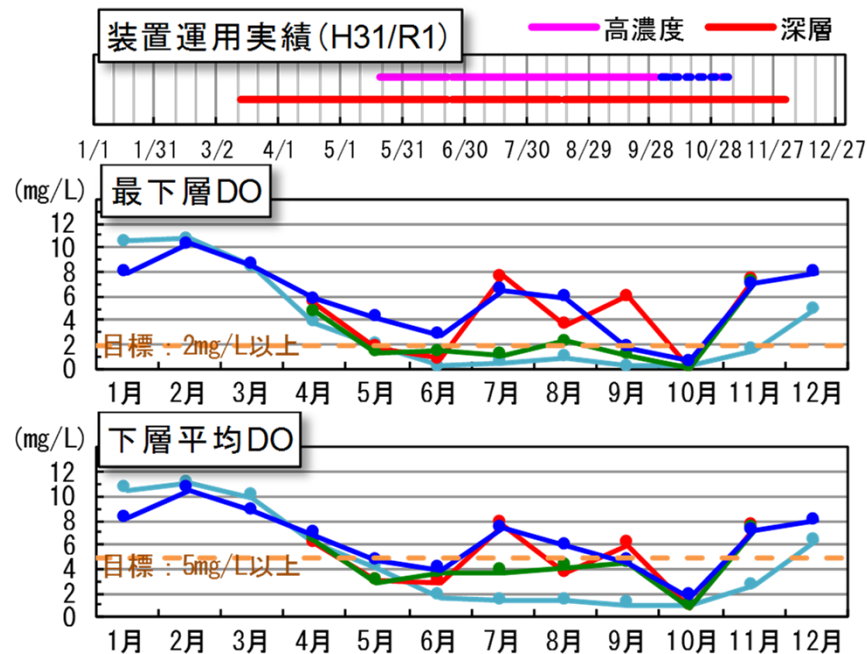
※底層水質は装置運用前(H18-H26)の各月平均値との比較



## DO改善目標達成状況

- 10月は、溶出抑制のための最下層のDO改善目標、生物生息のためのDO改善目標（下層平均）を下回った。
- 栄養塩類、マンガンは概ね装置運用前の最小値以下で推移している。

### ■ 装置運用と貯水池水質の変化(H31/R1, 定期)



## 4.溶出負荷抑制対策 4.2 深層曝気装置・高濃度酸素水供給装置の効果

# 生物の生息環境の改善効果(底生動物調査結果)

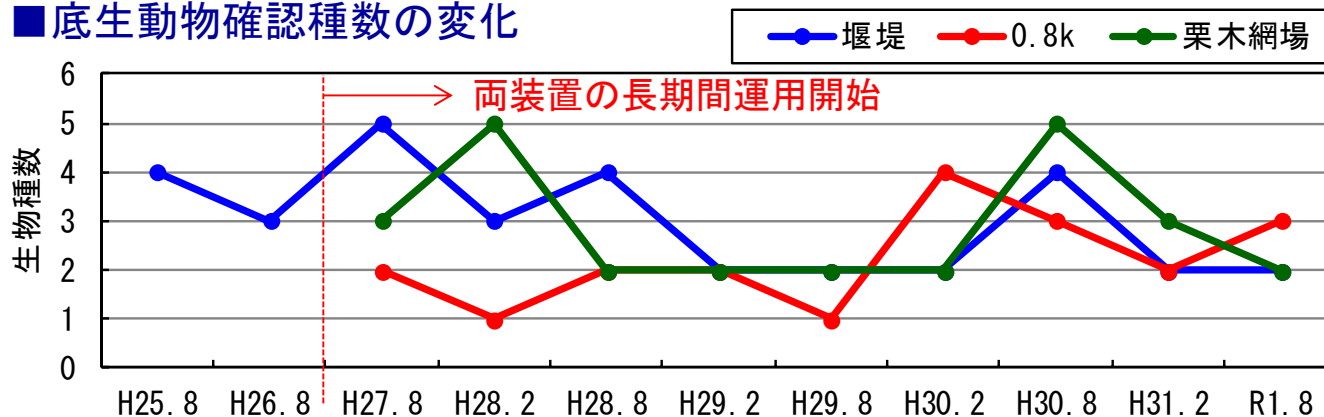
- H25以降、鹿野川湖堰堤で2～5種、0.8kで1～4種の底生動物が確認されている。

## ■底生動物調査結果

No.	綱	目	科	和名	堰堤								0.8k										栗木網場															
					H25		H26		H27		H28		H29		H30		R1		H27		H28		H29		H30		R1		H27		H28		H29		H30		R1	
					夏季	夏季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季
1	ミミズ綱	イトミミズ目	ミズミミズ科	エラミミズ																																		
2				ユリミミズ			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			○			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
3				Limnodrilus属	○	○	○		○																													
4				Tubifex属	○																																	
5				ミズミミズ科		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
6				アカムシスリカ																			○															
7				Stictochironomus属																			○															
8	昆虫綱	ハエ目 (双翅目)	ユスリカ科	Chironomus属			○		○			○							○			○					○											
9				Dicortendipes属	○																																	
10				Paratendipes属																																		
11				Polypedilum属			○																															
12				Procladius属	○																																	
13										○					○																							
出現種類数					4	3	5	3	4	2	2	2	4	2	2	2	1	2	2	1	4	3	2	3	4	5	2	2	2	2	4	3	2					

注) 種順は基本的に「河川水辺の国勢調査のための生物リスト[平成28年度 河川・ダム湖統一版]」に従った。

## ■底生動物確認種数の変化

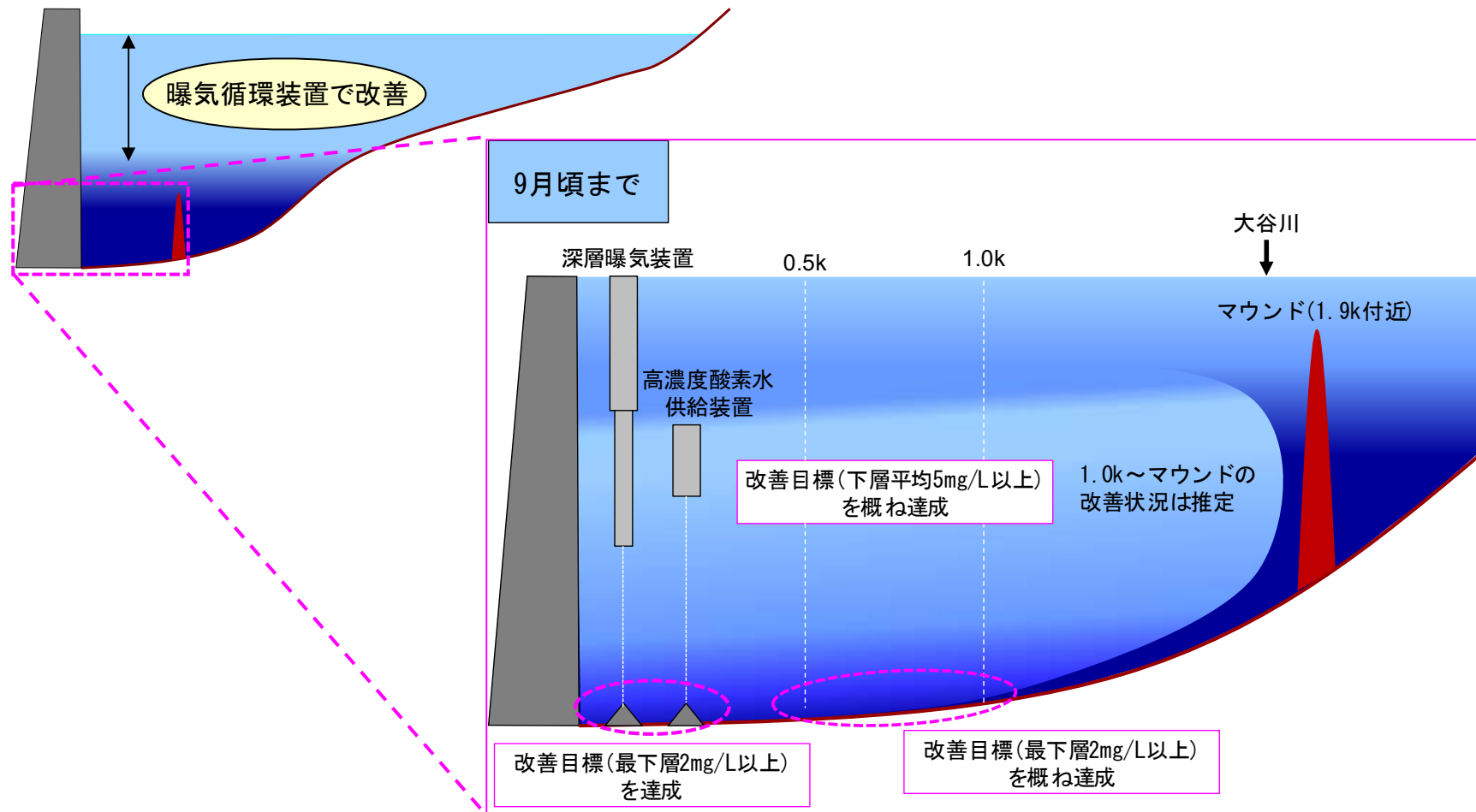


## 4.溶出負荷抑制対策 4.2 深層曝気装置・高濃度酸素水供給装置の効果

### 両装置の運用による水質変化のイメージ(3～9月)

- 鹿野川湖堰堤では、溶出抑制のための最下層のDO改善目標を概ね達成した。
- 生物生息のためのDO改善目標(下層平均)は、5月、6月、9月で未達成となったが、概ね目標と同レベルとなっている。

#### ■貯水池水質

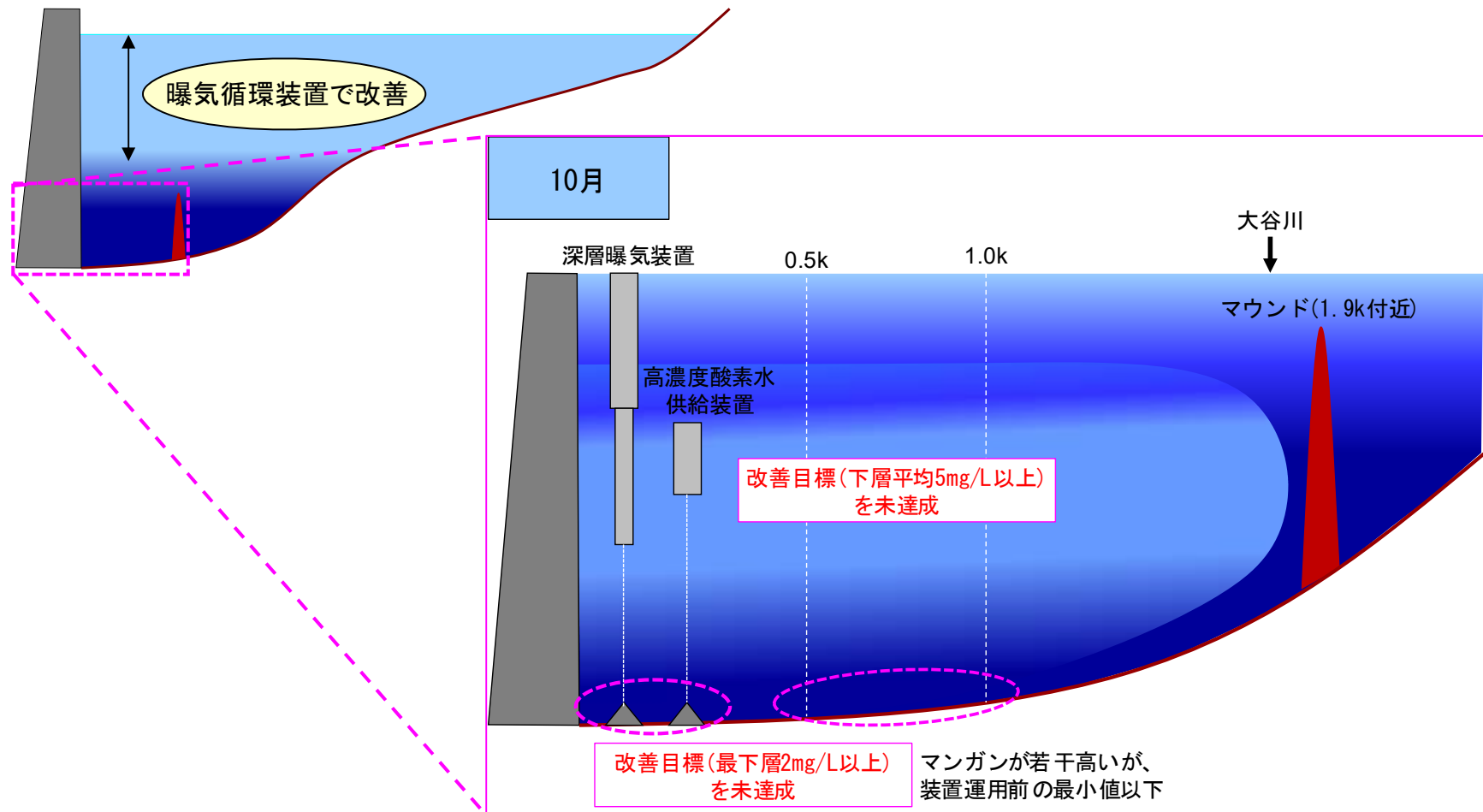


## 4.溶出負荷抑制対策 4.2 深層曝気装置・高濃度酸素水供給装置の効果

### 両装置の運用による水質変化のイメージ(10月:目標未達成)

- 高濃度酸素水供給装置の時間短縮運用を実施した。
- 溶出抑制のための最下層のDO改善目標、生物生息のためのDO改善目標(下層平均)を下回った。

#### ■貯水池水質



## 深層曝気装置等の運用による溶出抑制効果のまとめ

### 【平成31年/令和元年の状況】

- 4～5月の流入量が少なく、月平均貯水位が既往最低レベルまで低下したが、水温躍層位置は概ね平年どおりであり、特異な気象現象はなかった。
- 深層曝気装置、高濃度酸素水供給装置は、運用開始以外は概ね計画通り運用した。

### 【深層曝気装置等の効果】

- 装置運用によるDO改善効果は、1.0k地点でも確認されており、試行運用期間と同様のDO改善効果の広がりが確認された。
- DO改善目標は、鹿野川湖堰堤では最下層DO、下層平均DOとも概ね達成した。
- 0.5k、1.0kでは、溶出抑制の改善目標の概ね同レベルまで最下層DOが改善されている。生物生息の改善目標については、両地点とも下層平均3mg/L程度まで改善されており、顕著にDOが低下する月は少なかった。
- この結果、栄養塩類やマンガン等の溶出は抑制されており、溶出負荷抑制効果が確認された。

### 【今後の対応】

- 改善目標がある程度達成でき、また、現運用計画における傾向を把握する必要があることから、現運用計画による運用および今年度と同様のモニタリングを継続する。

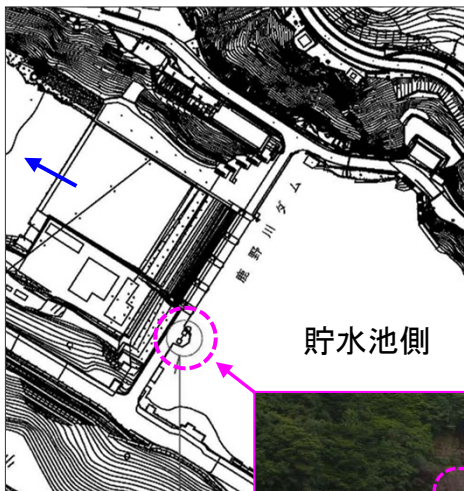
## 議題5 選択取水設備の運用効果

1. 選択取水設備の概要
2. 選択取水設備の運用実績(H29)
3. 選択取水設備の運用に関わる水質特性
4. 選択取水設備による水質改善のイメージ
5. 今後の対応方針

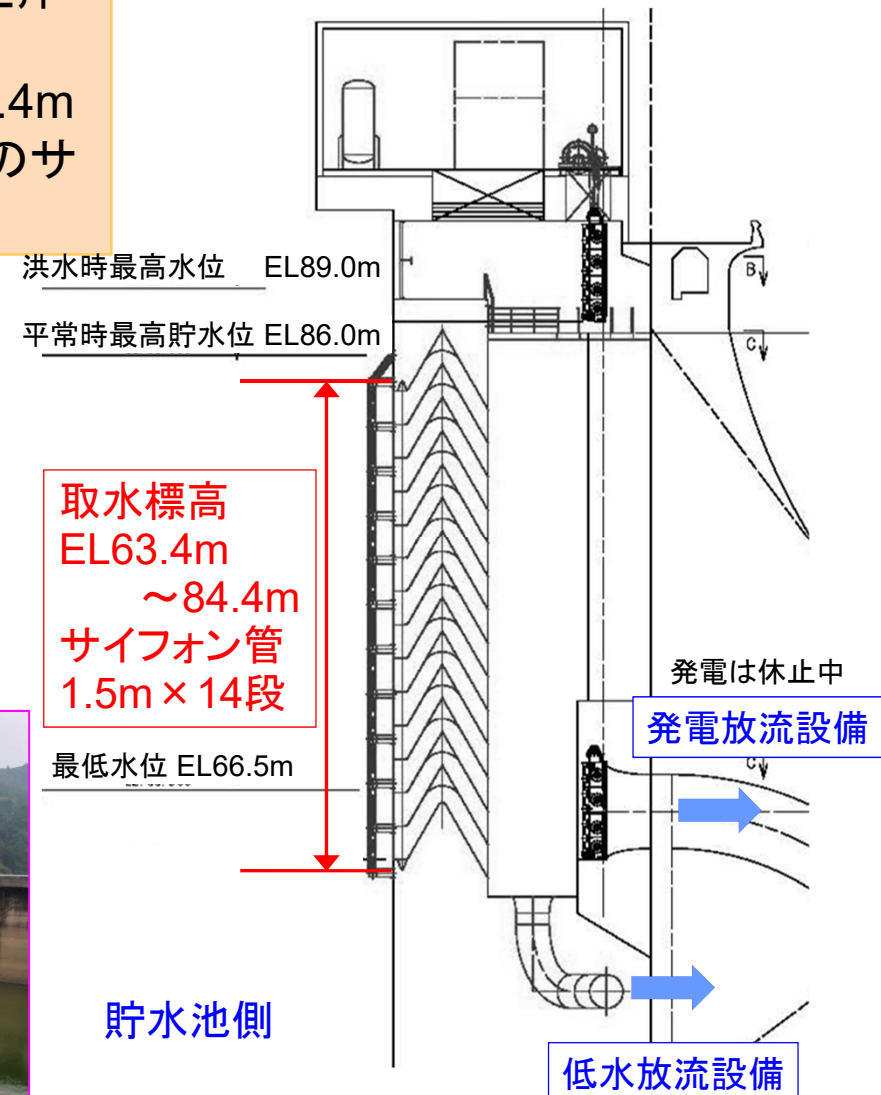
## 選択取水設備の施設概要

- 「連続サイフォン式」の選択取水設備を堰堤左岸側に設置している。
- 選択取水設備の取水標高はEL+63.4m～84.4mの範囲(取水範囲21m)であり、呑口高1.5mのサイフォンを14段設置している。

### ■設備位置



### ■選択取水設備縦断図





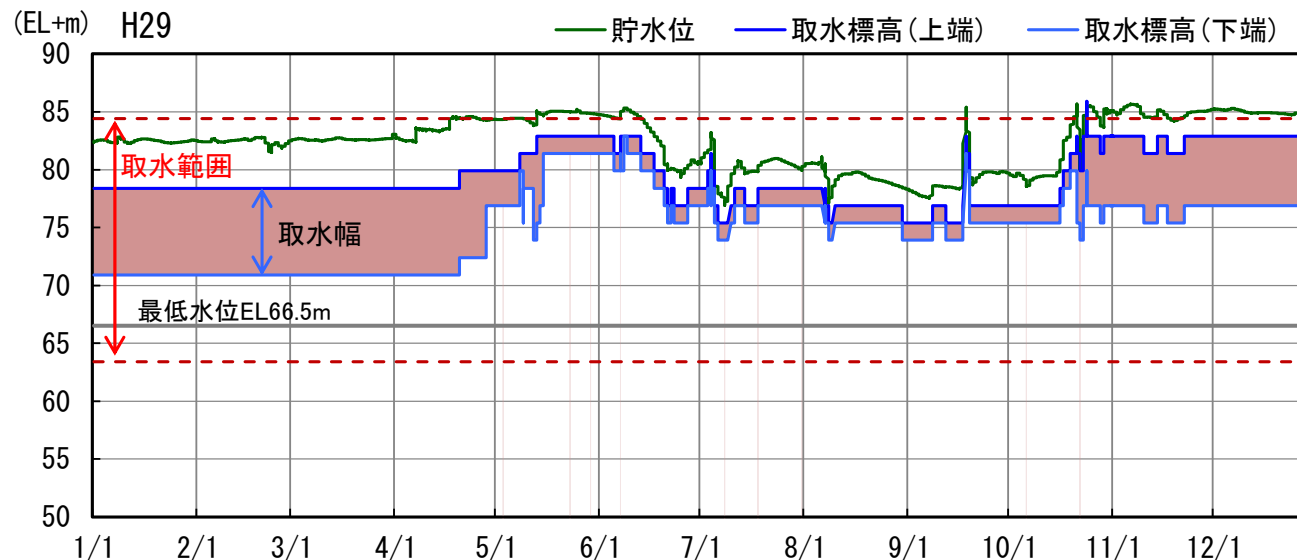
## 選択取水設備の運用方法、運用実績(H29)

- 運用方法は「表層取水運用」としており、取水量に応じて1～4段で取水している。
- 選択取水設備は平成28年12月から運用を行っている。

### ■ 運用方法

期間	運用方法
通年 (1～12月)	表層取水運用 取水深1.6mを確保できる取水口を上端として、 取水量に応じて1～4段で取水 1段:10m <sup>3</sup> /s未満、2段:10～20m <sup>3</sup> /s 3段:20～30m <sup>3</sup> /s、 4段:30m <sup>3</sup> /s以上

### ■ 運用実績(H29)



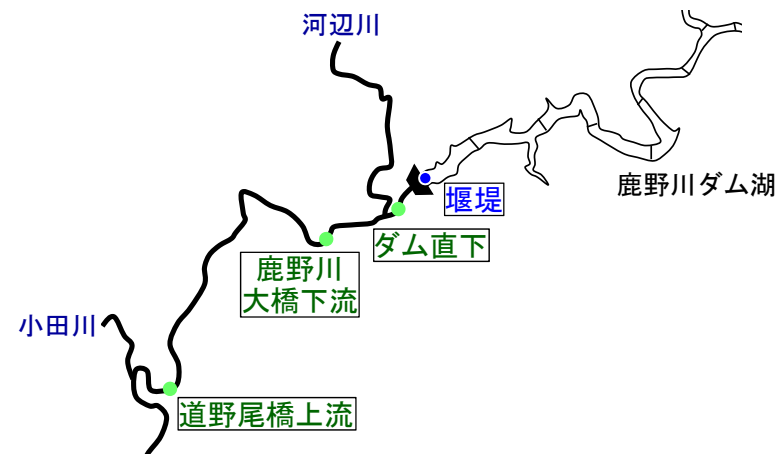
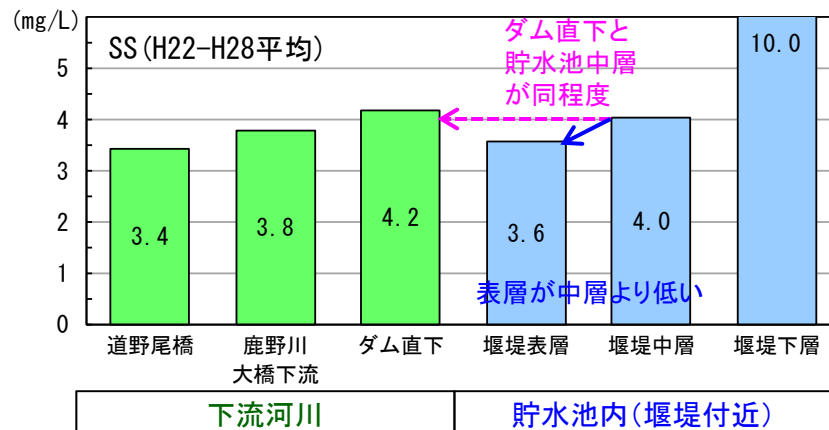
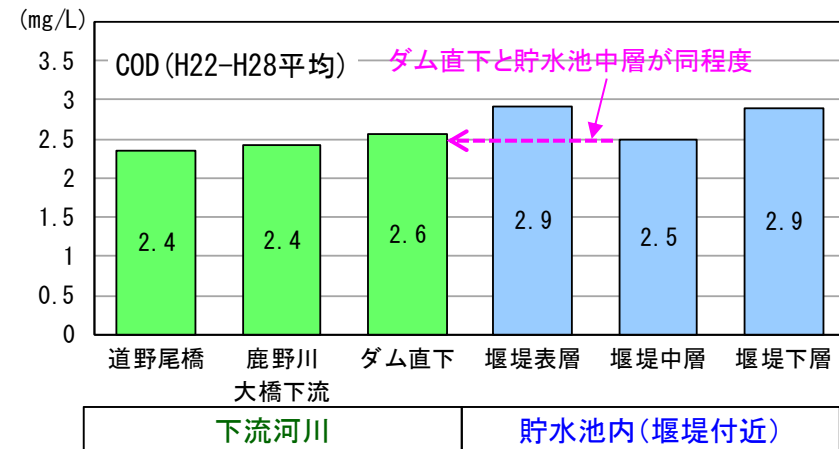
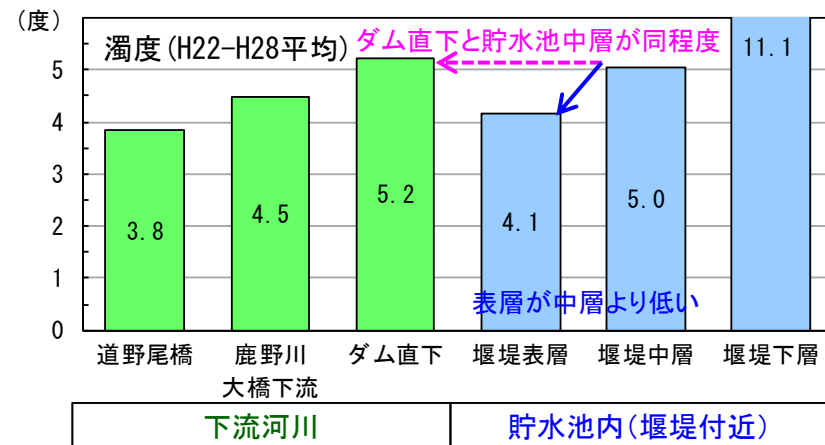


## 5.選択取水設備の運用効果 5.3 選択取水設備の運用に関わる水質特性

# 貯水池・下流河川の平均水質(選択取水設備運用前)

- 選択取水設備運用前のダム直下流の平均水質は、貯水池中層と同程度である。
- 貯水池の濁度、SSは、中層よりも表層が低いため、選択取水設備の運用後は、下流河川の濁度やSSは低くなる。

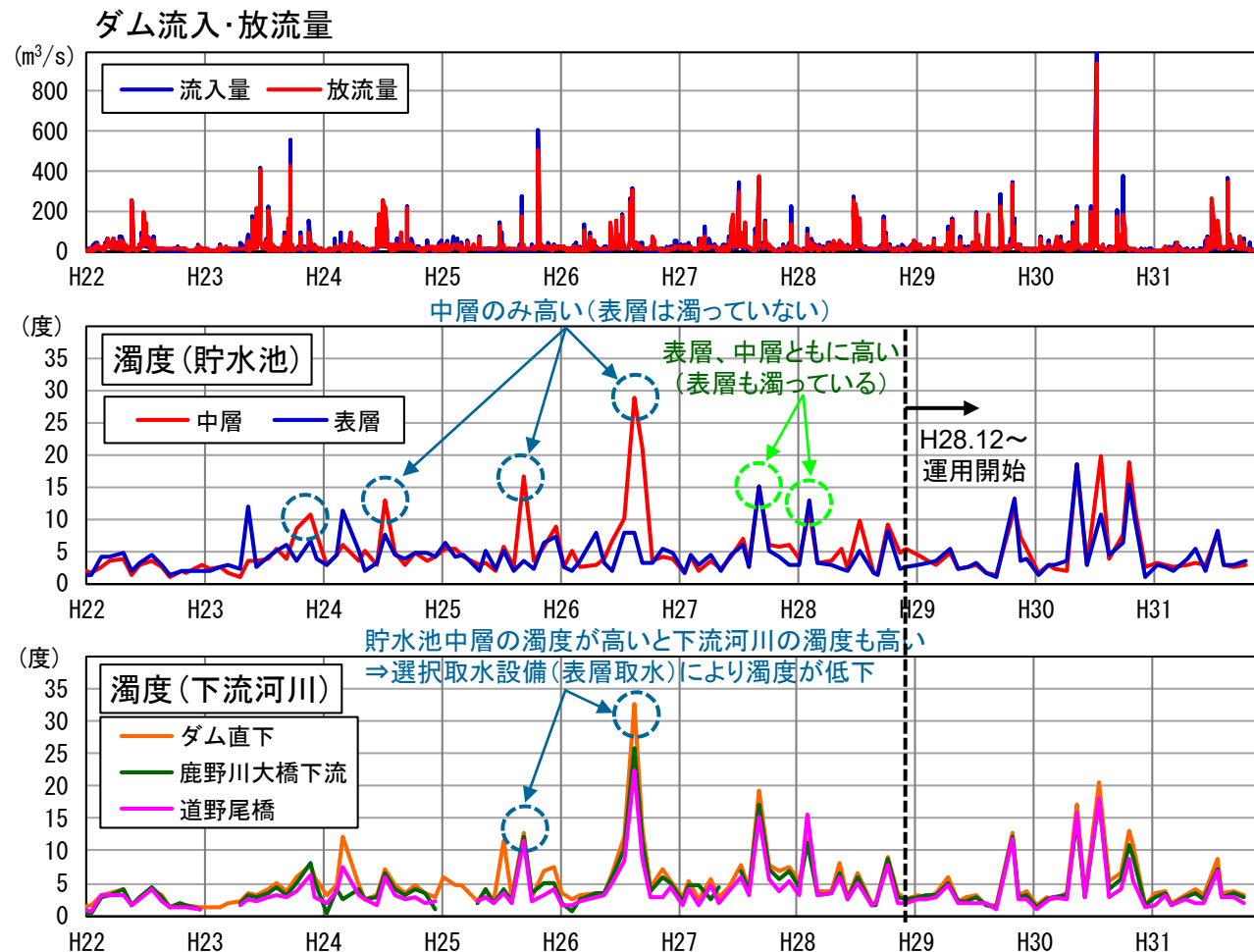
## ■ 選択取水設備運用前(H22～H28)の平均水質



## 貯水池・下流河川の水質変化(運用前 平常時水質)

- 貯水池の濁度は、中層だけが高くなる場合と表層・中層が高くなる場合がある。
- 貯水池中層の濁度が高くなると下流河川の濁度も高くなっている。

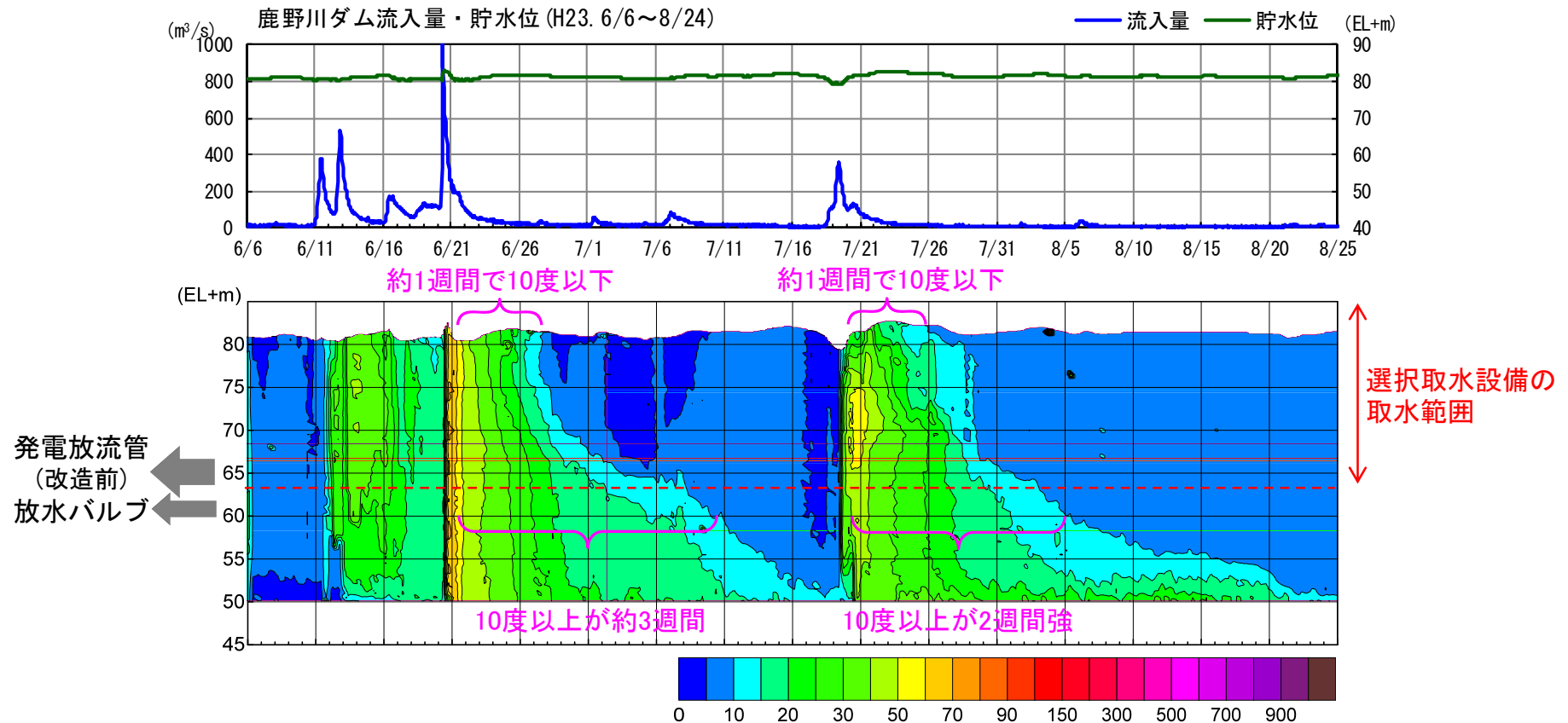
### ■ 貯水池、下流河川の濁度の変化(定期水質調査結果)



## 貯水池の出水による濁水特性①(運用前, 自動観測結果)

- 出水後の貯水池に流入した濁りは、徐々に中層から下層へ低下し、中・下層部では2週間以上高濁度が継続する場合でも、表層付近は1週間程度で概ね10度以下となる出水もある。(出水後の濁度の変化は、洪水毎に異なる)

### ■ 鹿野川湖堰堤(濁度、自動観測結果) H23.6/6～8/24

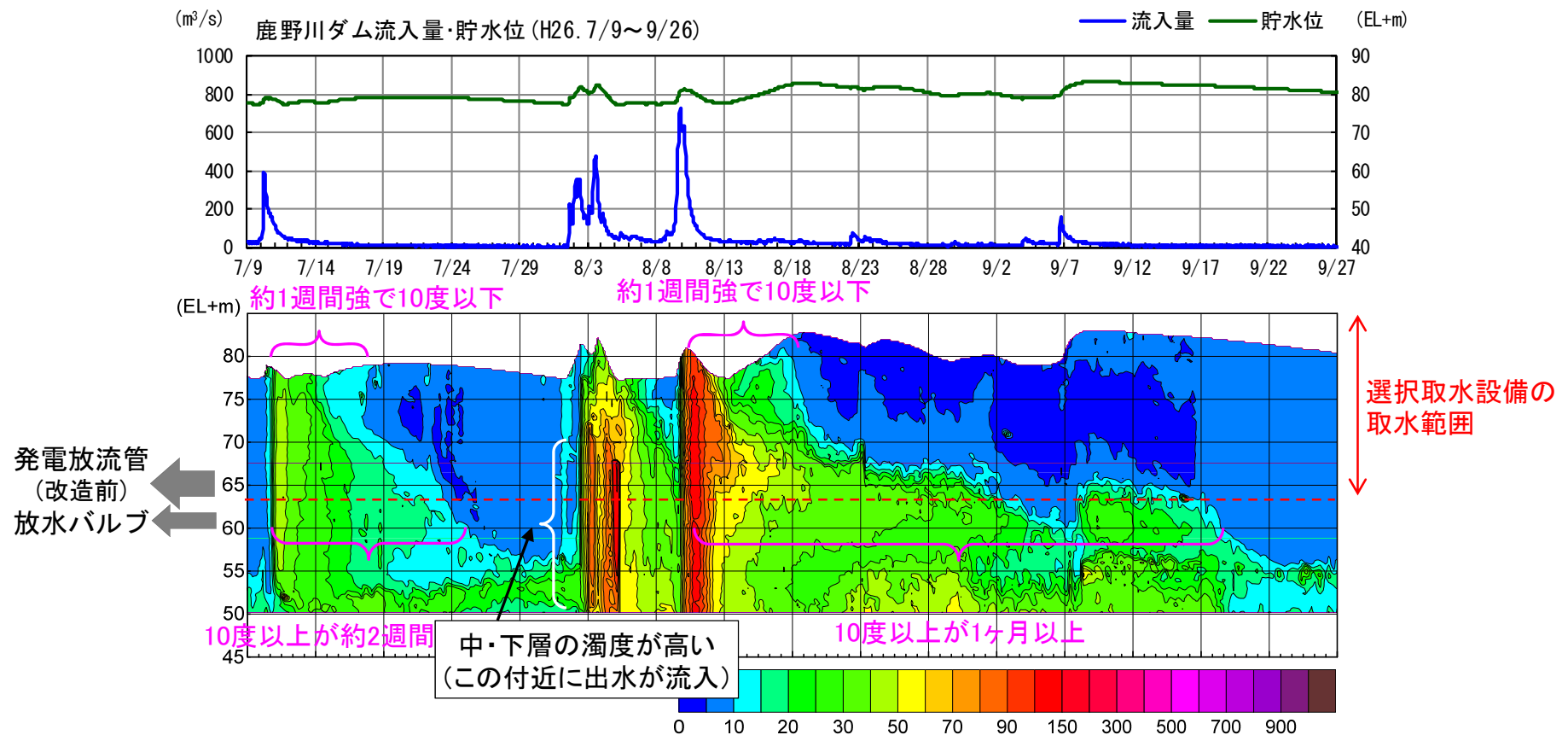


## 5. 選択取水設備の運用効果 5.3 選択取水設備の運用に関わる水質特性

### 貯水池の出水による濁水特性②(運用前, 自動観測結果)

- 出水が連続して発生した場合、濁りが貯水池全体に広がり、濁水が長期化しやすい。
- 濁度の高い水は、貯水池の中・下層に流入する傾向がある。

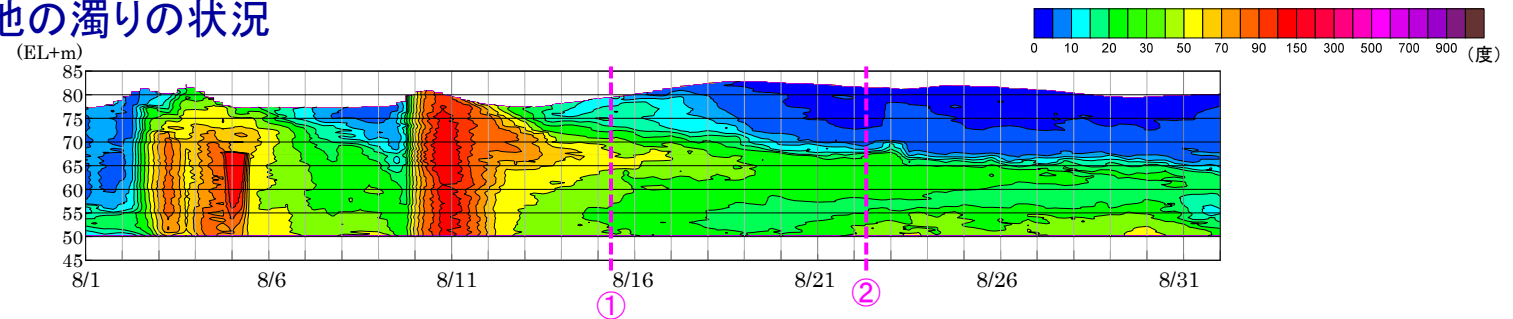
#### ■ 鹿野川湖堰堤(濁度、自動観測結果)H26.7/9~9/26



# 選択取水設備による濁水改善

- 選択取水設備は、表層の濁りの少ない水を取水し、放流することで、下流河川の濁りの影響を軽減する。

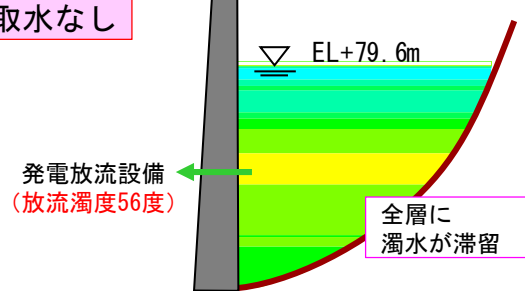
## ■ 出水後の貯水池の濁りの状況



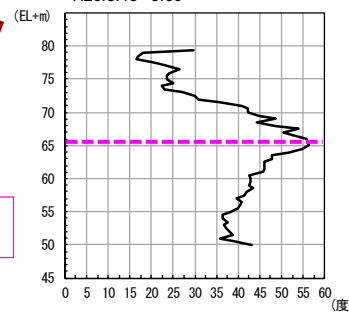
① 出水ピーク6日後  
(H26.8/15 9:00)

放流量 9m³/s

選択取水なし



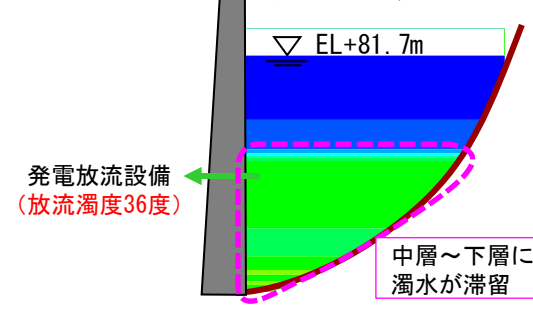
濁度鉛直分布 (実績値)  
H26.8.15 9:00



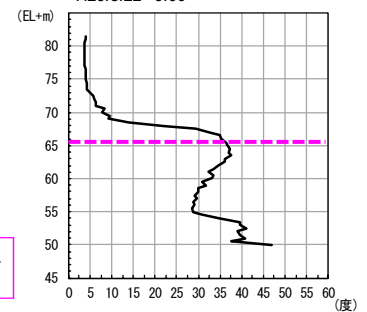
② 出水ピーク13日後  
(H26.8/22 9:00)

放流量 28m³/s

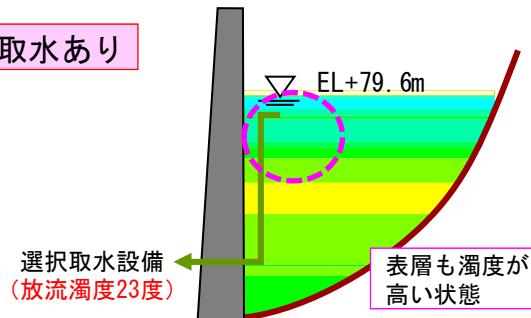
選択取水あり



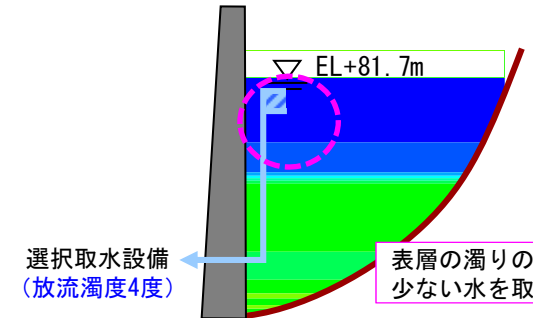
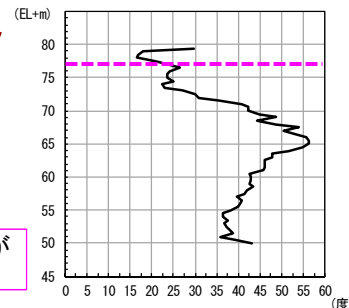
濁度鉛直分布 (実績値)  
H26.8.22 9:00



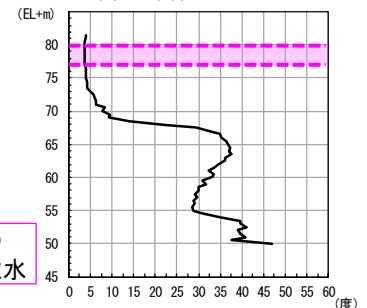
選択取水あり



H26.8.15 9:00



H26.8.22 9:00



## 選択取水設備の効果検証等に関する今後の対応方針

### 【選択取水設備の運用に係わる水質特性】

- 選択取水設備運用前(H22～H28)のダム直下の水質(平常時)は、貯水池中層の水質と同程度である。また、貯水池の濁度やSSは、中層より表層の方が低く、下流河川の濁度は、貯水池中層の濁度と同調して高くなっている。
- 既往のいくつかの出水では、貯水池表層付近の濁度は1週間程度で10度以下まで低下しているのに対し、中・下層では2～3週間程度継続している。また、連続する出水では、中・下層で1ヶ月以上、高濁度(10度以上)が継続する場合もある。

### 【選択取水設備の効果の推定】

- 鹿野川ダム貯水池及び下流河川の水質特性を踏まえると、表層から取水できる選択取水設備を運用することで、下流河川への濁水の影響を軽減できると考えられる。

### 【今後の対応】

- 選択取水設備運用後のモニタリング結果は、平成30年7月豪雨の影響で十分に蓄積できていない。そのため、水質自動観測装置によるモニタリング等を継続して実施し、トンネル洪水吐運用の影響検証と合わせて、下流河川の濁りの軽減効果を検証していく。

## 議題6 トンネル洪水吐運用による影響検証

- 1.トンネル洪水吐の概要
- 2.トンネル洪水吐の運用実績(H31/R1)
- 3.モニタリング結果(H31/R1)
- 4.濁水解析例
- 5.現状の評価／今後の対応方針

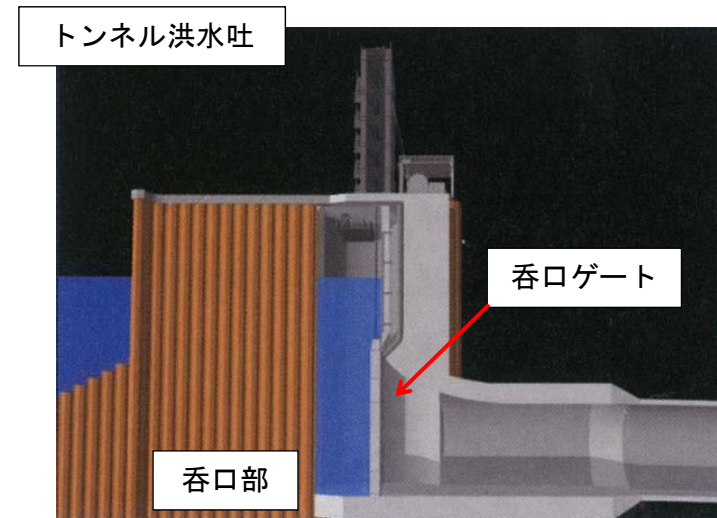
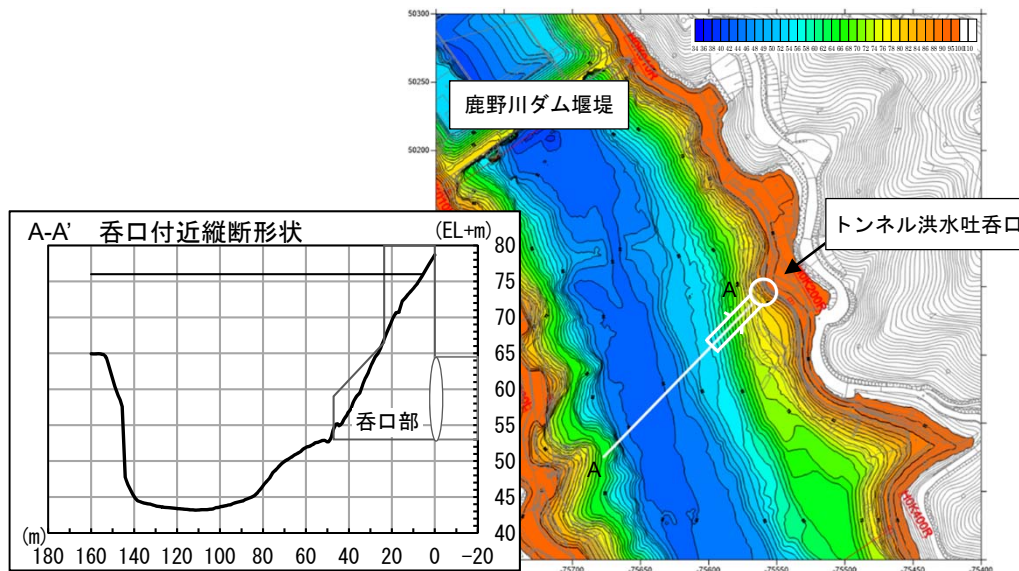


## 6.トンネル洪水吐運用による影響検討 6.1トンネル洪水吐の概要

- トンネル洪水吐は、堰堤上流約200mの右岸に呑口を設置している。
- 呑口敷高はEL+53m、トンネル径は11.5mであり、概ね水深15～25mの位置に相当する。

### ■施設概要

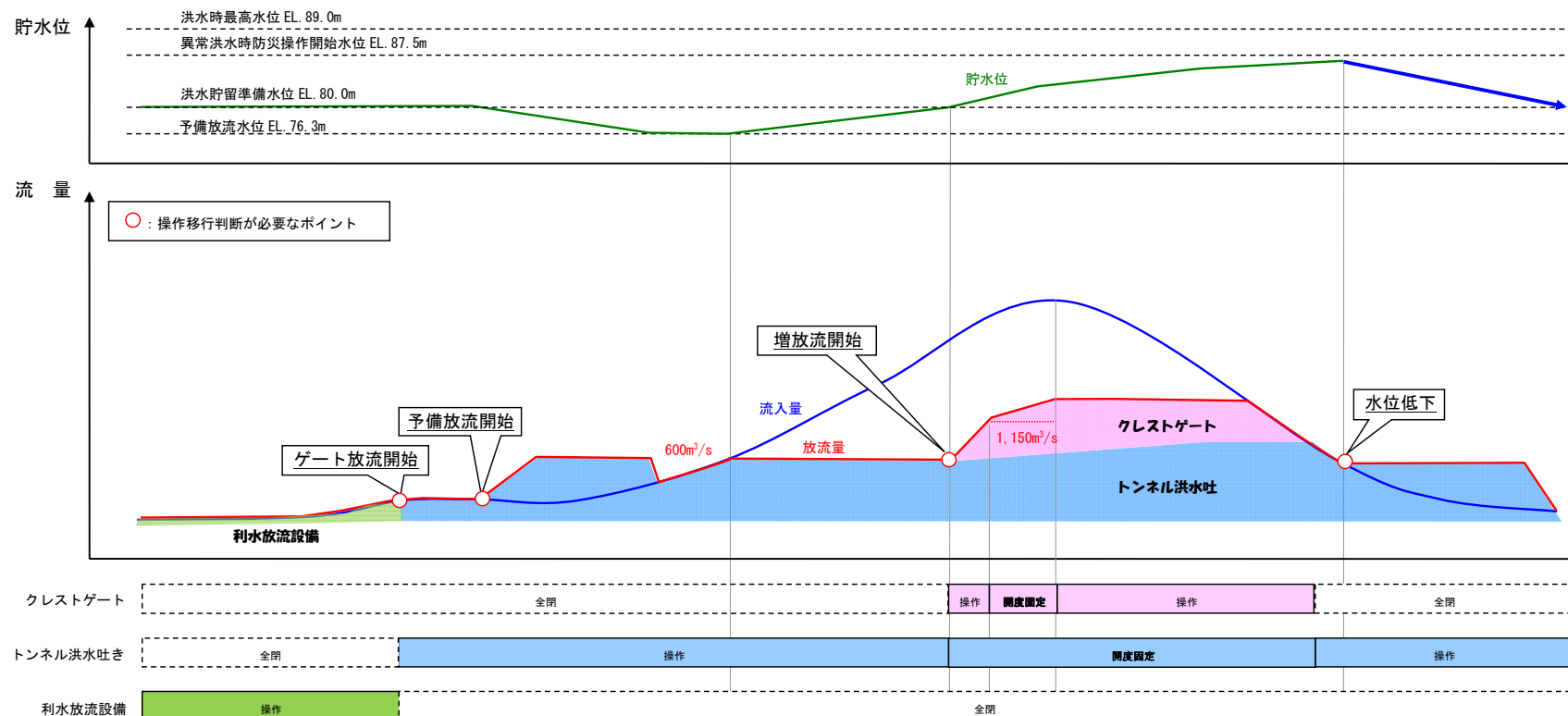
項 目	内 容	備 考
緒 元	洪水吐トンネル	直径11.5 m × L 457 m
	呑口 スライドゲート	幅9.0 m × 高19.17 m
	吐口 主：ラジアルゲート 副：スライドゲート	幅4.2 m × 高7.5 m × 2門 幅4.2 m × 高8.133 m × 2門
呑口敷高	EL+53.0 m	トンネル径11.5 m
吐口敷高	EL+47.0 m	
改造後 洪水調節容量	2,390万m <sup>3</sup>	改造前：1,650万m <sup>3</sup>



# トンネル洪水吐の運用方法

- 流入量が $600\text{m}^3/\text{s}$ に達し、一定放流を行うまではトンネル洪水吐により放流を行い、貯水位がEL+80.0mまで到達後、クレストゲートにより $1,150\text{m}^3/\text{s}$ の放流量増加を行う。
- トンネル洪水吐の開度を固定し、クレストゲートのみで操作するため、確実性の高い操作が可能。

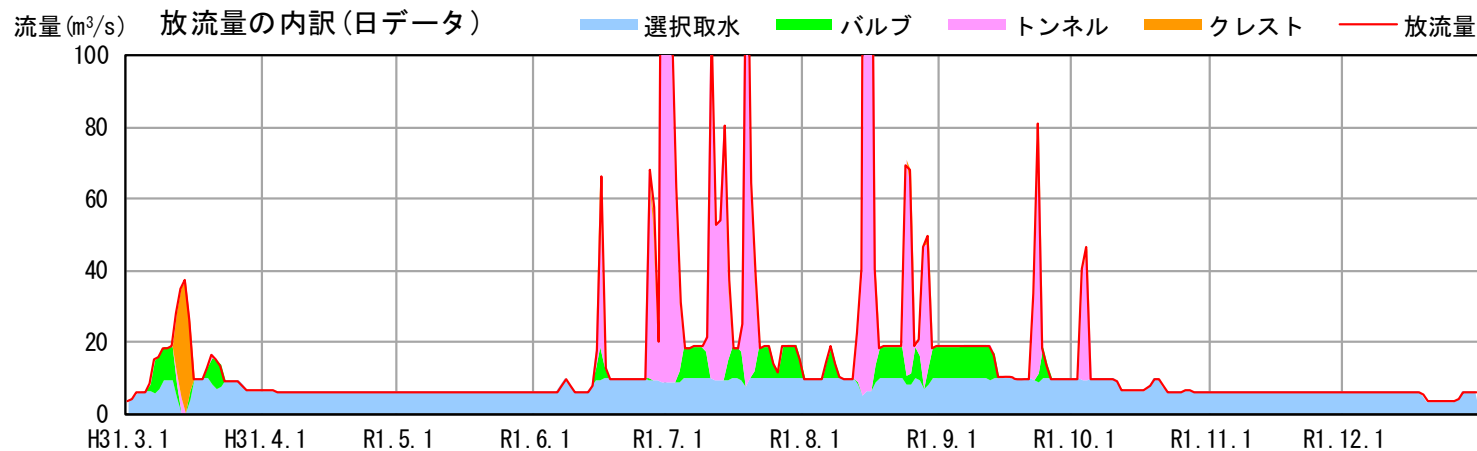
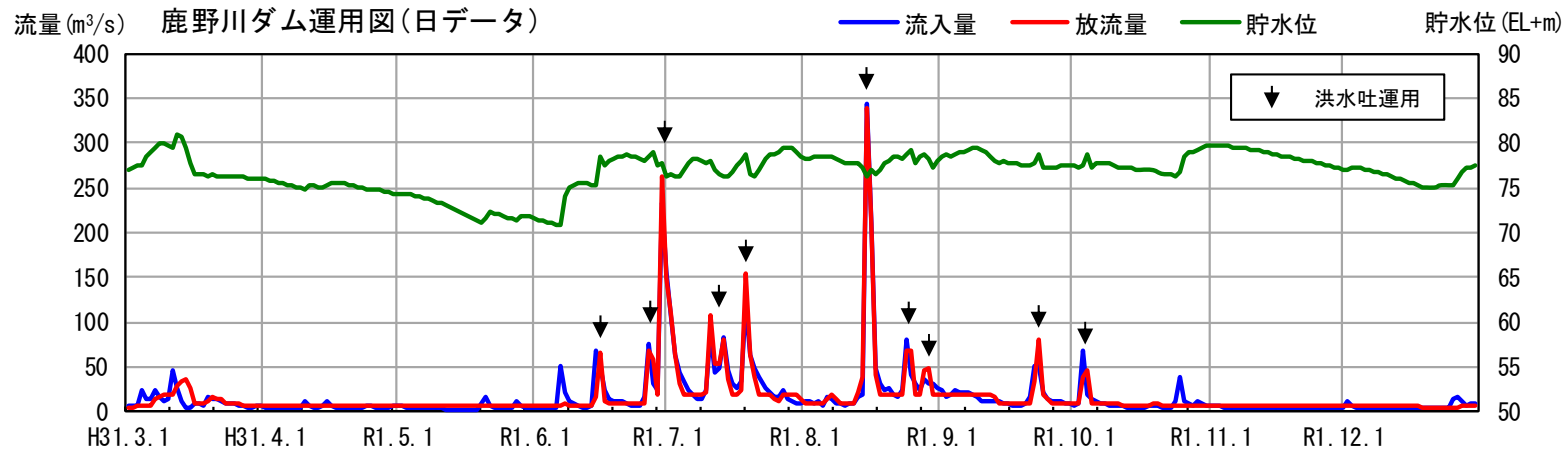
## ■トンネル洪水吐の運用方法



## トンネル洪水吐の運用実績(H31/R1)

- トンネル洪水吐を運用する出水は、6月以降に10回発生した。
- 最も流入量が多い出水は、最大流入量が699m<sup>3</sup>/sであり、その他は200m<sup>3</sup>/s程度だった。(1時間毎のデータ)

### ■ トンネル洪水吐の運用実績(H31/R1)



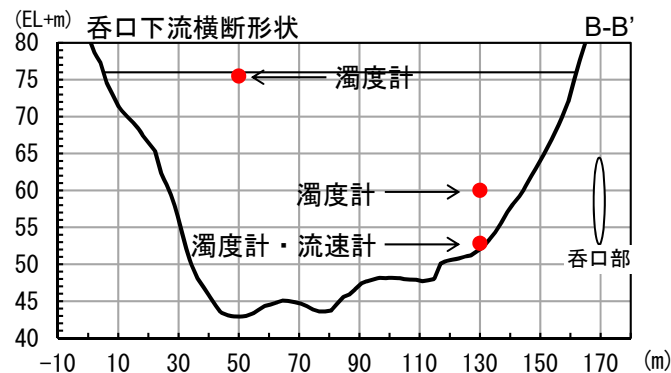
## モニタリングの状況(水温・濁度連続観測)(H31/R1)

- 貯水池内3地点と下流河川3地点に濁度計、貯水池底上+0.5m地点に電磁流速計を設置し、2019.7/30～2020.1/31(185日間)の水温、濁度、流速、流向を観測した。

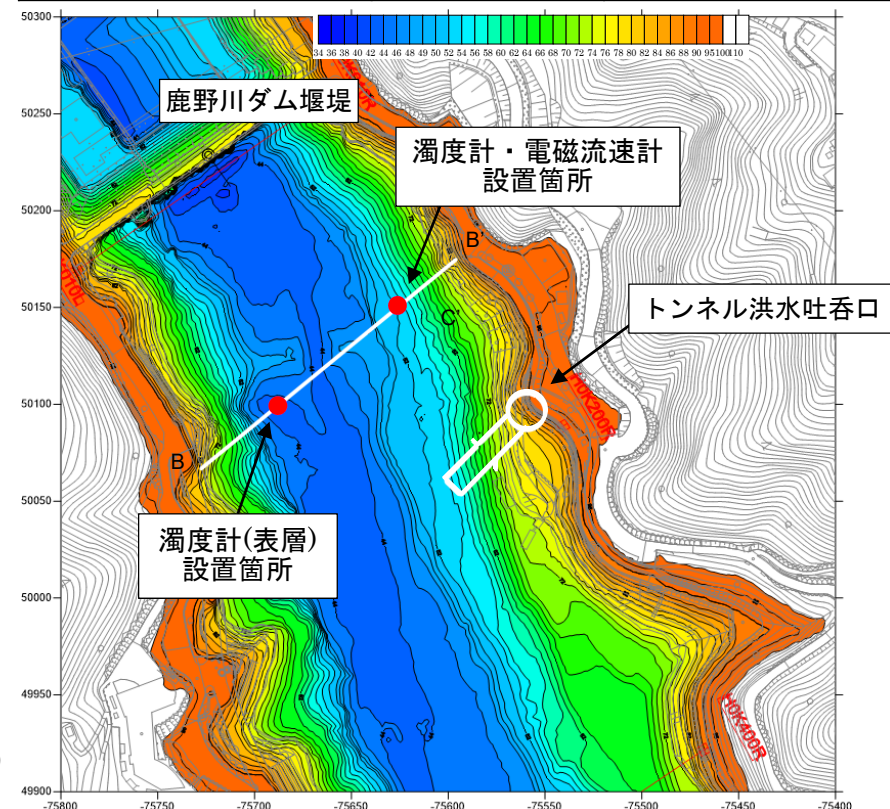
### ■モニタリング項目・地点(水温・濁度連続観測)

項目	内容
観測項目	水温、濁度
観測方法	自記式の濁度計による連続観測
観測地点	貯水池内:トンネル洪水吐呑口部(3層:水深0.5m,EL+60m,底上+0.5m) 下流河川:ダム直下流、鹿野川大橋下流、道野尾橋上流(権現橋)
観測期間	2019年7月30日～2020年1月31日
観測間隔	10分間隔

項目	内容
観測項目	流向・流速
観測方法	電磁流速計による連続観測
観測地点	貯水池内:トンネル洪水吐呑口部(底上+0.5m)
観測期間	2019年7月30日～2020年1月31日
観測間隔	10分間隔



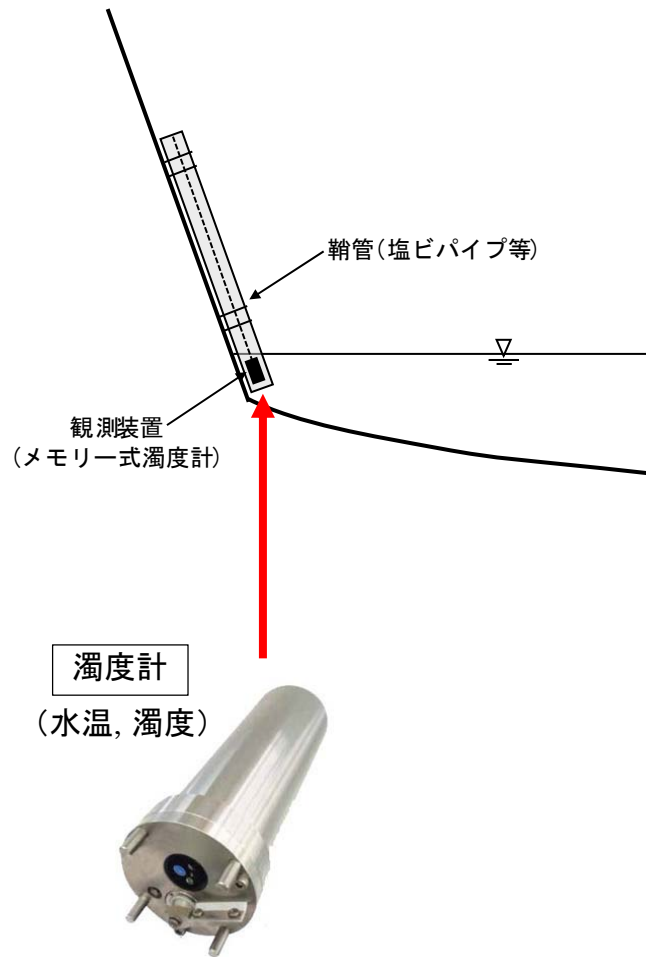
項目	設置位置地盤高	機器設置標高(水深)
濁度計・電磁流速計 設置位置	EL+43.0m	水深0.5m
	EL+52.3m	EL+60m EL+52.8m(底上0.5m)





# モニタリングの状況(水温・濁度連続観測)(H31/R1)

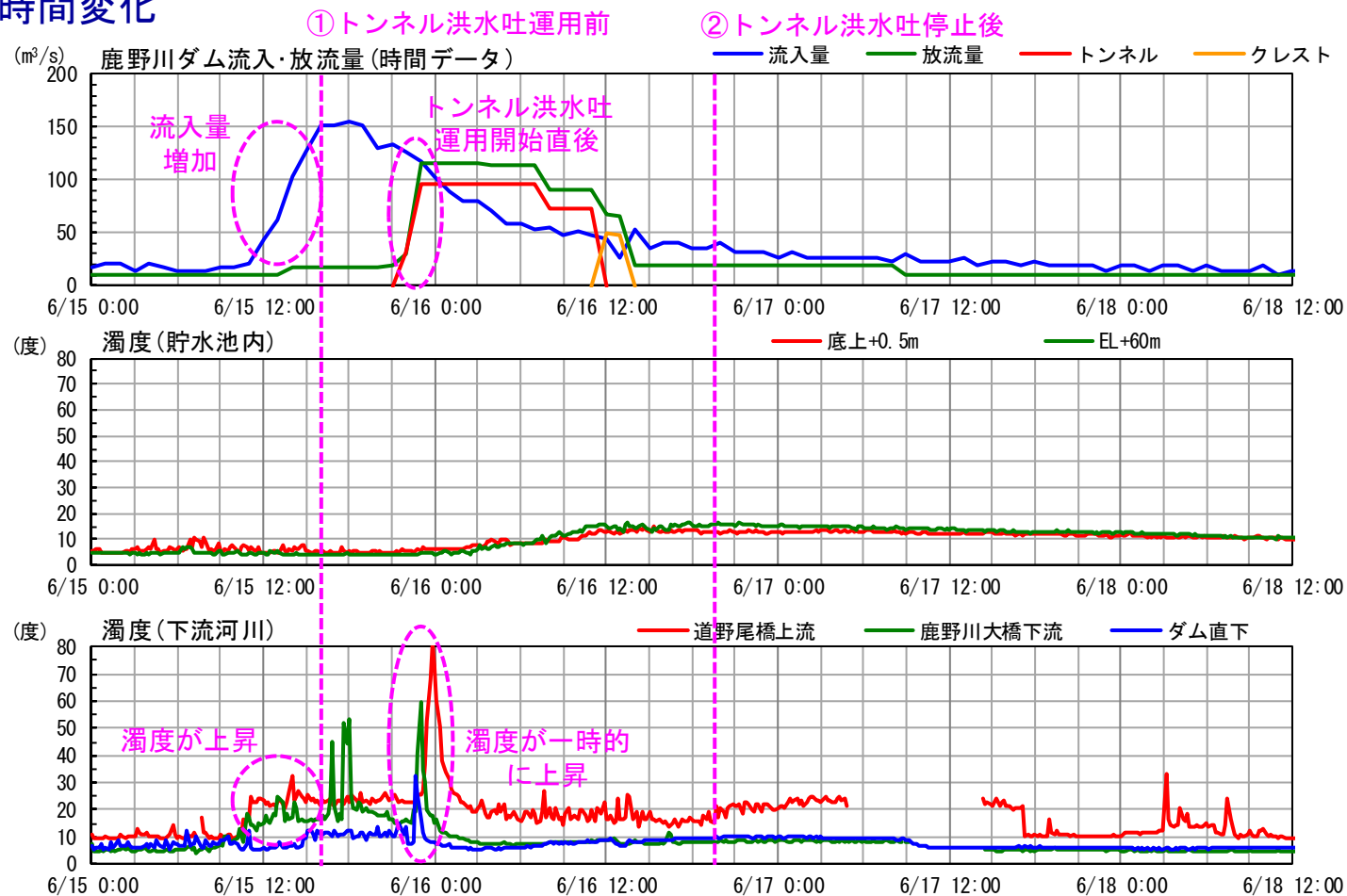
## ■機器設置状況(下流河川)



## 濁度の時間変化(R1.6/15、小規模出水時)

- トンネル洪水吐運用前の流入量増加時に鹿野川大橋下流、道野尾橋上流で濁度が上昇している。
- トンネル洪水吐運用開始直後に各地点の濁度が一時的に上昇した後低下し、それ以降は大きく上昇していない。

### ■ 濁度の時間変化

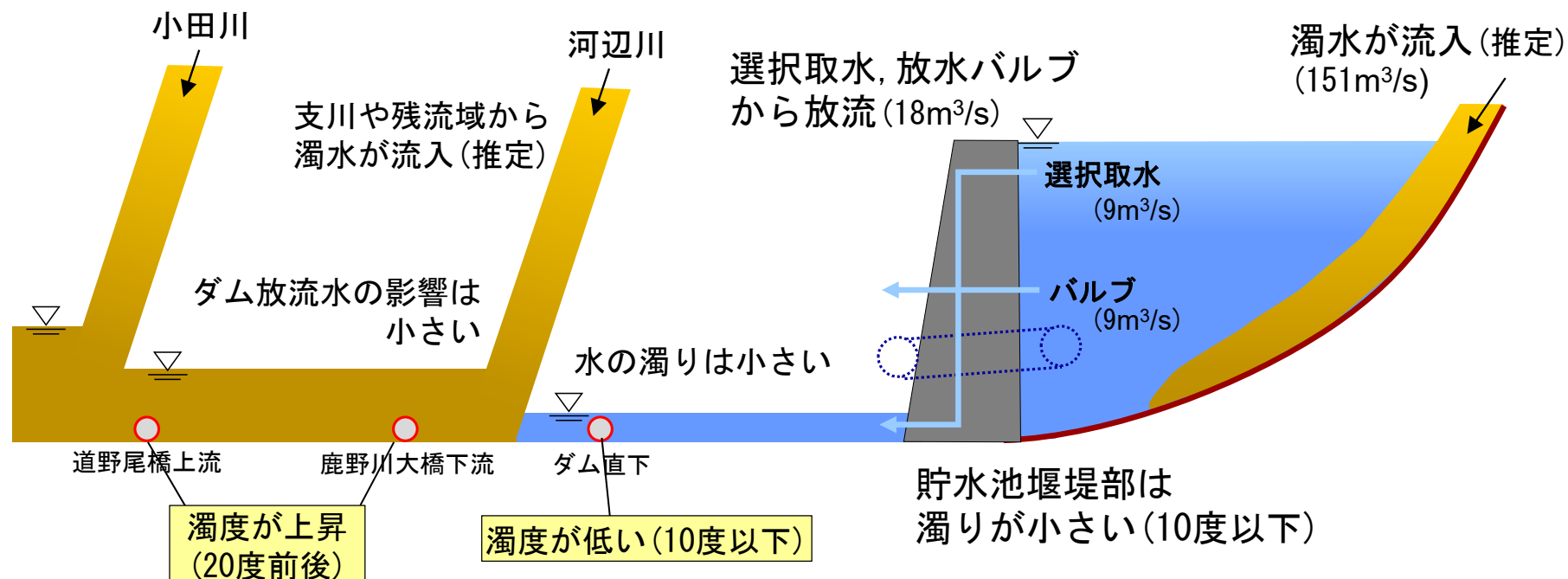


## 貯水池及び下流河川の水質イメージ(R1.6/15、トンネル洪水吐運用前)

- 貯水池には濁水が流入しているが、貯水池堰堤部まで到達しておらず、放流水の濁りは低い。
- 下流河川は支川等からの流入により出水直後から濁度が上昇している状況であり、ダム放流水の影響は小さい。

## ① トンネル洪水吐運用前

R1.6/15 16:00



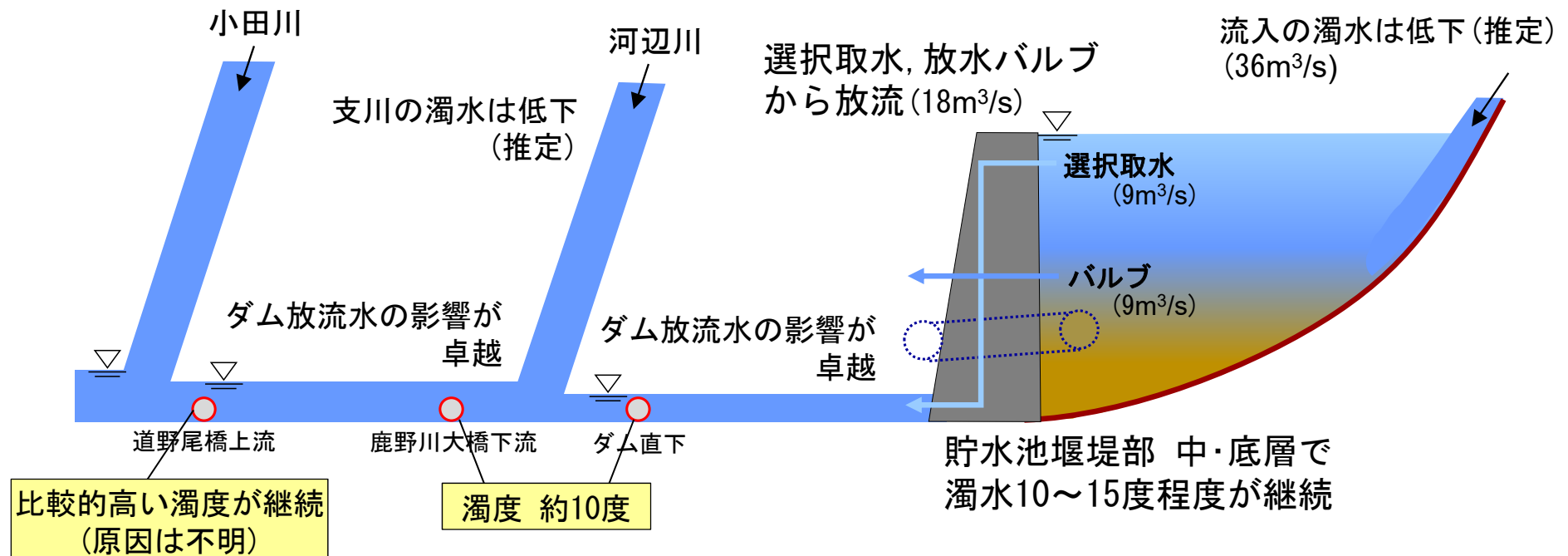


## 貯水池及び下流河川の水質イメージ(R1.6/15、トンネル洪水吐停止後)

- 貯水池堰堤部の中・底層で濁度10～15度程度が継続している。
- 下流河川では、道野尾橋上流で濁度が比較的高いが、ダム直下、鹿野川大橋下流では概ね10度で継続している。

### ② トンネル洪水吐停止後

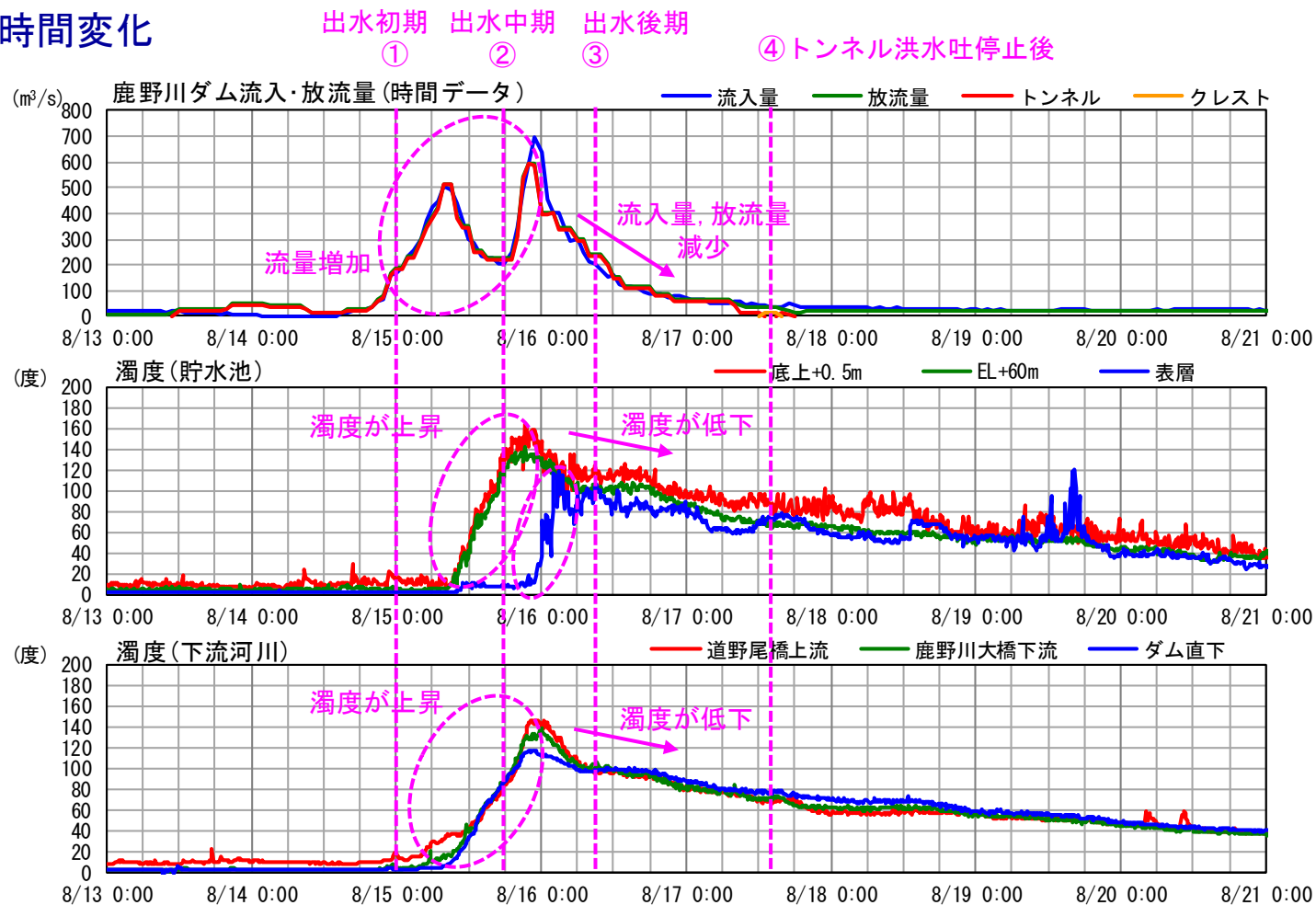
R1.6/16 19:00



## 濁度の時間変化(R1.8/15、中規模出水時(今年度最大出水))

- 流量増加に伴い、各地点の濁度が上昇し、貯水池内表層が他地点よりも約6時間遅れてピークが発生。
- 流入量、放流量の減少に伴い、各地点の濁度が低下。

### ■ 濁度の時間変化



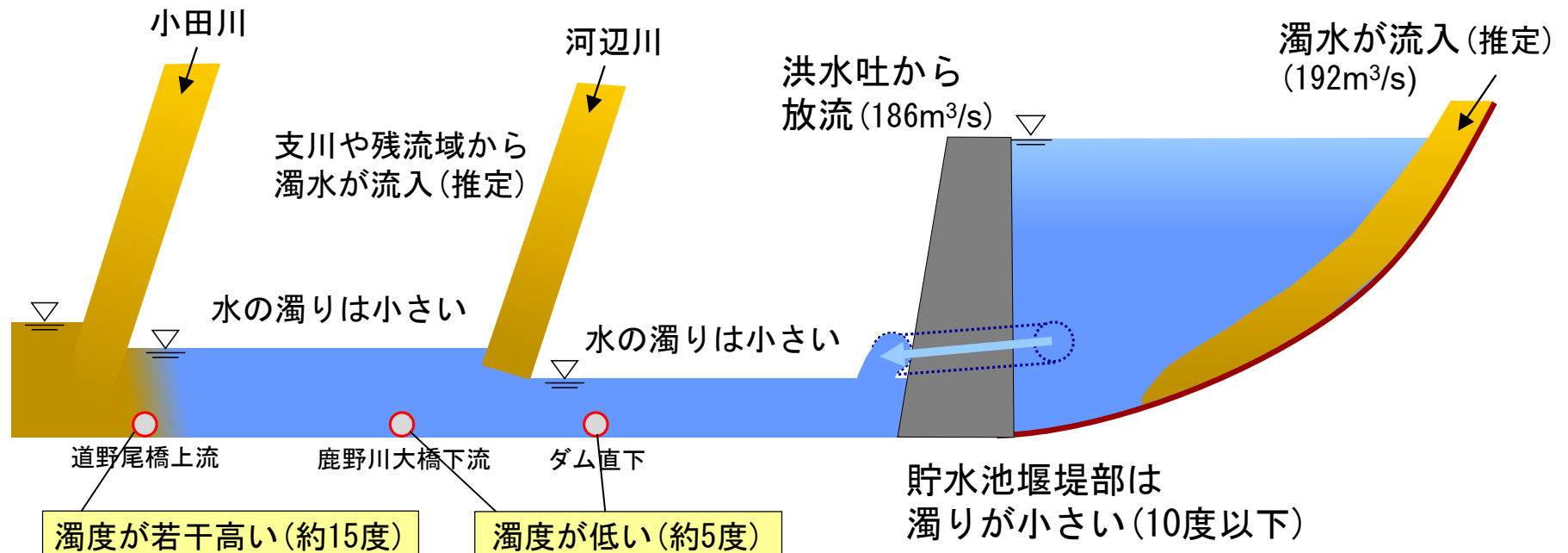
## 6.トンネル洪水吐運用による影響検討 6.3 モニタリング結果

## 貯水池及び下流河川の水質イメージ(R1.8/15、トンネル洪水吐運用時：出水初期)

- 貯水池には濁水が流入しているが、貯水池堰堤部まで到達しておらず、放流水の濁りは低い。
- 下流河川は支川等からの流入により濁度が高くなり始めている。ダム放流水の影響はこの時点では小さい。

## ① トンネル洪水吐運用時：出水初期

R1.8/15 0:00

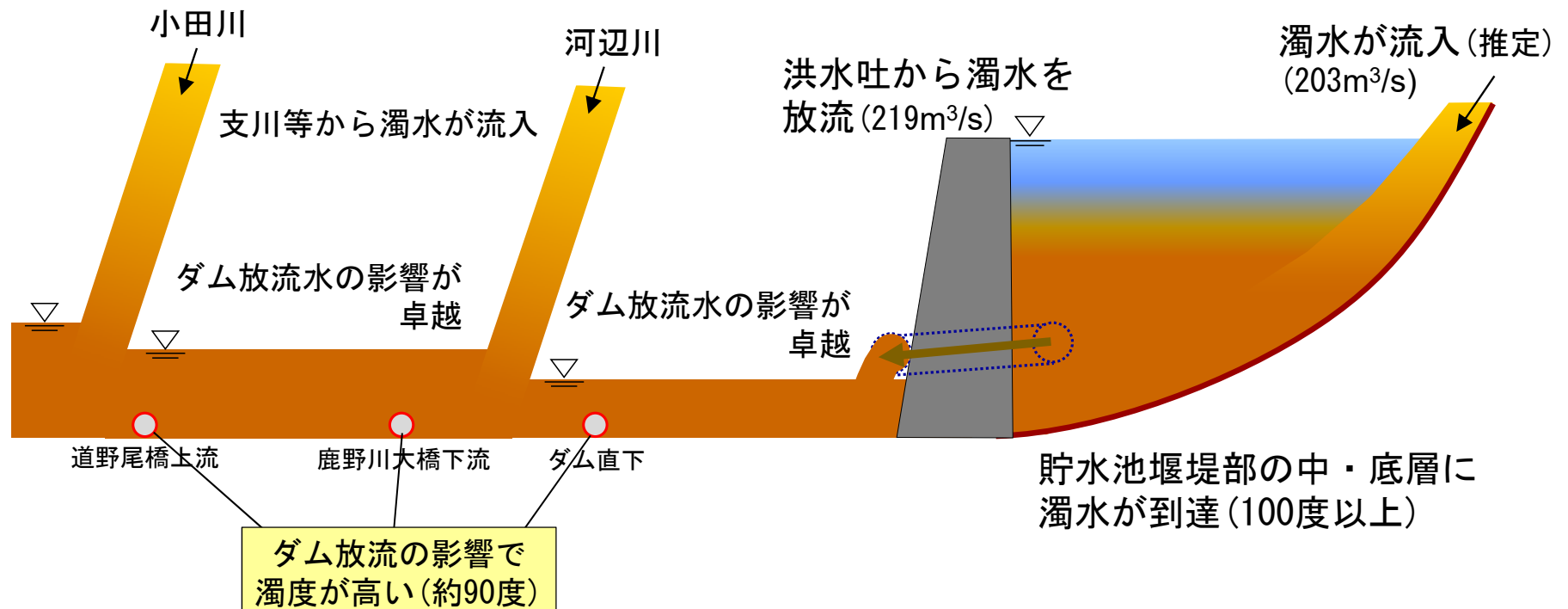


## 貯水池及び下流河川の水質イメージ(R1.8/15、トンネル洪水吐運用時：出水中期)

- 貯水池堰堤部の中・底層で濁度が上昇し、トンネル洪水吐により濁水を放流している。
- 下流河川では、ダム放流水の影響により濁度が高くなっている。

### ②トンネル洪水吐運用時：出水中期

R1.8/15 18:00

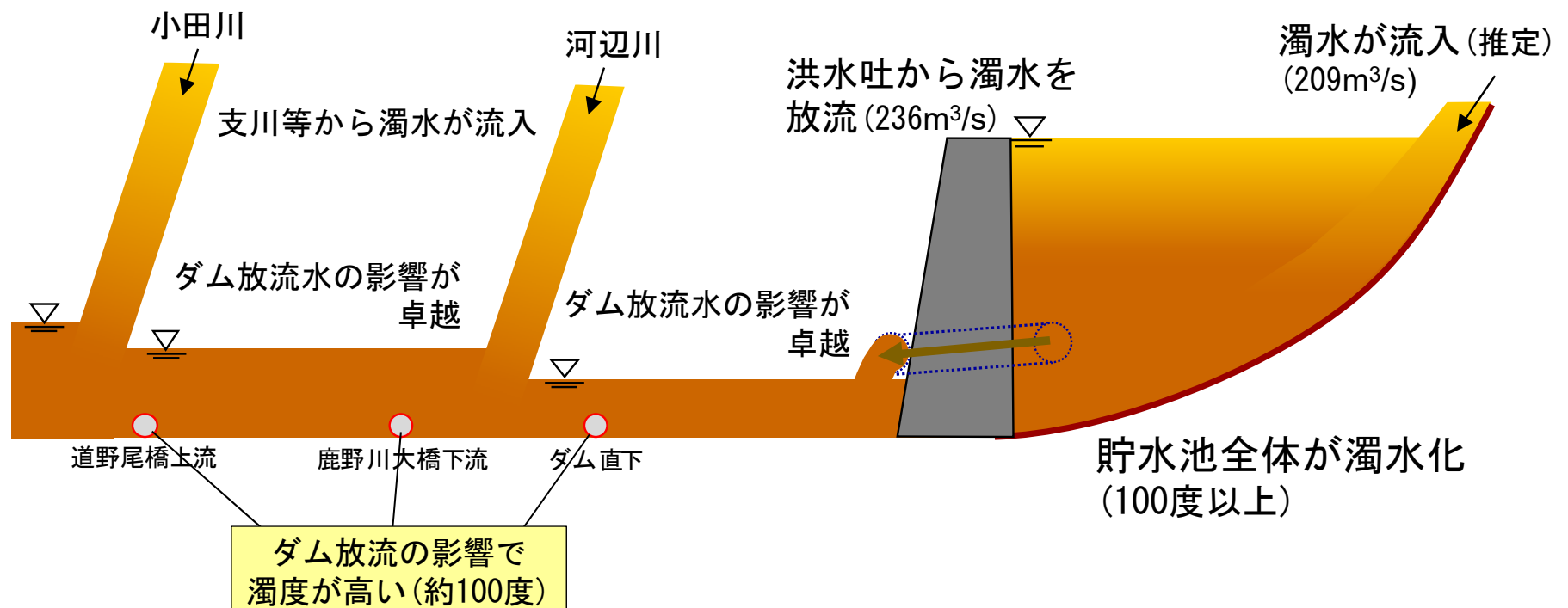


## 貯水池及び下流河川の水質イメージ(R1.8/15、トンネル洪水吐運用時：出水後期)

- 貯水池堰堤部の表層でも濁度が上昇し、全層が濁水化しており、トンネル洪水吐から濁水を放流している。
- ダム放流水の影響で下流河川の濁度が高くなり、3地点とも同程度で推移している。

### ③トンネル洪水吐運用時：出水後期

R1.8/16 9:00

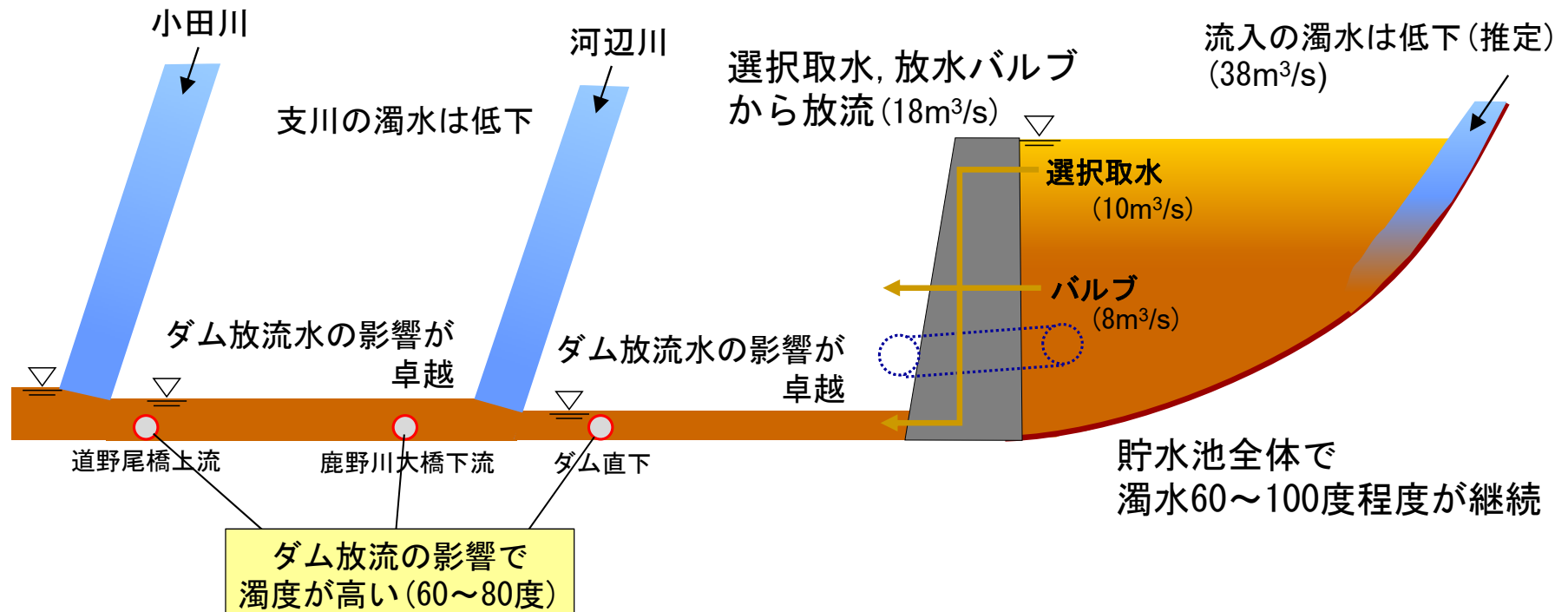


## 貯水池及び下流河川の水質イメージ(R1.8/15、トンネル洪水吐停止後)

- 貯水池全体の濁水化が継続しており、選択取水設備及び放水バルブから取水しても、濁水を放流することとなる。
- ダム放流水の影響で下流河川の濁度が高い状態が継続している。3地点の濁度は同程度である。

### ④ トンネル洪水吐停止後

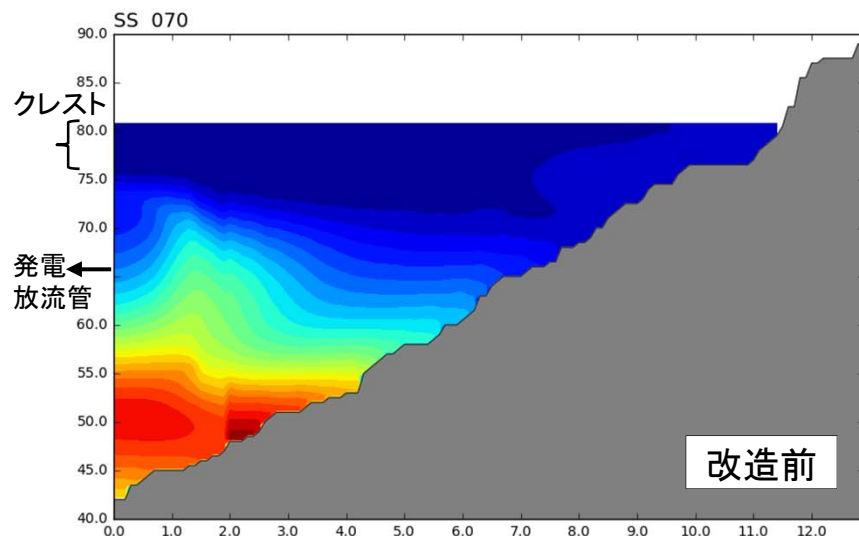
R1.8/17 14:00



## 出水後の貯水池の状況(シミュレーション結果①)

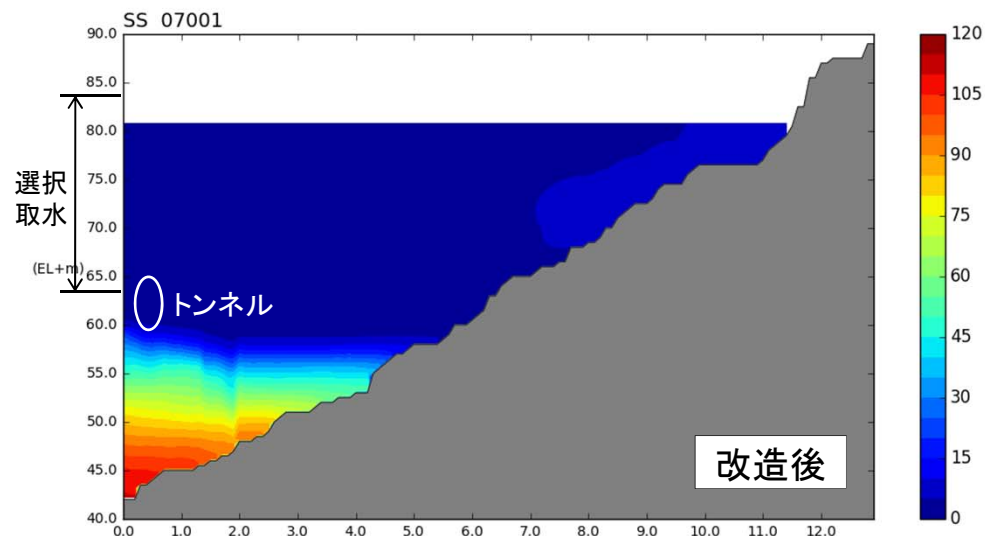
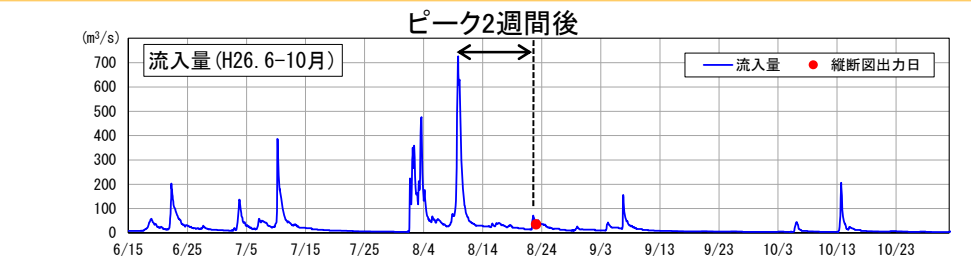
- 貯水池の濁水解析(シミュレーション)結果では、出水後2週間程度で水面付近の濁りは概ね解消している。(改造事業前、クレスト放流)
- トンネル洪水吐を運用すると水面付近の濁りが解消しやすくなる。(改造事業後)

### ■ SSの縦断分布(出水2週間後、シミュレーション結果)



放流量  
63m<sup>3</sup>/s

流入量  
38m<sup>3</sup>/s



放流量  
63m<sup>3</sup>/s

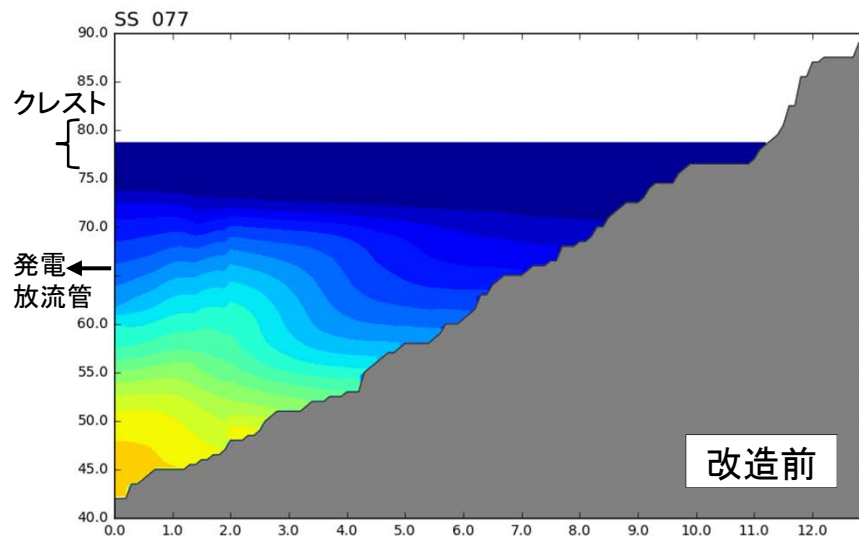
流入量  
38m<sup>3</sup>/s



## 出水後の貯水池の状況(シミュレーション結果②)

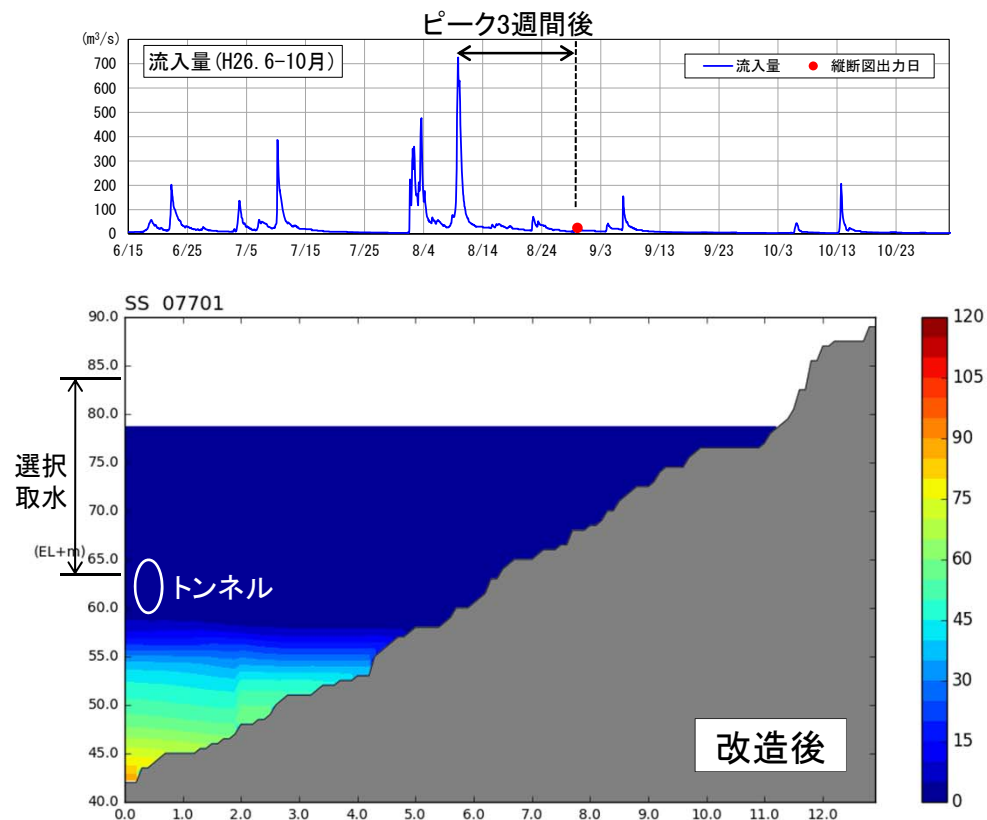
- クレスト放流の場合、出水後3週間程度でも水面付近以外は、若干濁りが残っている。
- トンネル洪水吐を運用すると中層付近でも濁りが概ね解消している。

■ SSの縦断分布(出水3週間後、シミュレーション結果)



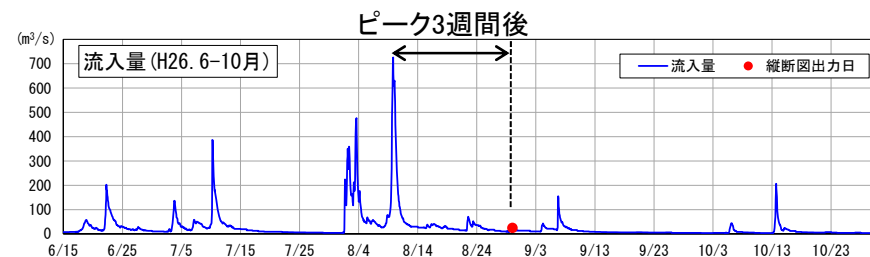
放流量  
9m<sup>3</sup>/s

流入量  
27m<sup>3</sup>/s



放流量  
9m<sup>3</sup>/s

流入量  
27m<sup>3</sup>/s



## トンネル洪水吐運用に関する今後の対応方針(案)

### 【トンネル洪水吐運用の影響検証(モニタリング結果)のまとめ】

- 小規模出水では、貯水池が高濁度にならない上、トンネル洪水吐運用中に貯水池堰堤部(呑口部付近)まで、濁水が到達しないため、下流河川の水の濁りに対する影響は小さい。
- 中規模出水では、出水の立ち上がりから6時間程度で貯水池下流部の中・下層で濁度が高くなり、トンネル洪水吐から濁水が放流される。下流河川では、河川流量に対するダム放流量の占める割合が高く、ダム放流水の影響が継続する。

### 【トンネル洪水吐運用の影響評価】

- トンネル洪水吐の計画段階からの懸念であった「濁水放流の顕在化」や「貯水池内の底泥の巻き上げ」に関しては、今年度のモニタリング結果からは確認されておらず、トンネル洪水吐運用による影響は小さいと考えられる。

### 【今後の対応】

- 出水時の濁水特性は一樣ではなく、トンネル洪水吐による影響は完全に払しょくできた訳ではない。そのため、ダム貯水池及び下流河川における濁水のモニタリングを継続し、トンネル洪水吐運用の影響監視を当面継続する。

## 議題7 令和2年度 モニタリング計画

1. 定期水質調査
2. 濁度連続観測

## 7.令和2年度のモニタリング計画 7.1 定期水質調査

# モニタリング計画(令和2年度、定期水質調査)

- 定期水質調査(月1回実施)では、溶出負荷抑制対策の効果検証のために増強している、マンガン・鉄の採水分析、堰堤直上での底上+0.5mの採水分析、0.5k・1.0kにおけるDO等の観測を、今年度と同様に実施する。

### ■モニタリング計画(令和2年度)

■ : アオコ・溶出負荷抑制対策の効果検証のために増強している項目

区分	項目	定期水質地点											鉛直追加地点		底質追加
		鹿野川湖堰堤				鹿野川湖中央			栗木網場			ダム直下	0.5k	1.0k	0.8k
		上層	中層	底上5m	下層	上層	中層	下層	上層	中層	下層				
計器観測	水温			○(多層)				○(多層)			○(多層)	—	○(多層)	○(多層)	—
	濁度			○(多層)				○(多層)			○(多層)	—	—	—	—
	DO			○(多層)				○(多層)			○(多層)	—	○(多層)	○(多層)	—
	導電率			○(多層)				○(多層)			○(多層)	—	—	—	—
	pH			○(多層)	③			○(多層)			○(多層)	—	—	—	—
採水分析	生活項目	○	○	—	○	△	△	△	—	—	—	○	—	—	—
	栄養塩類	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	○	○(下層)	○(下層)	—
	chl-a	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—
	濁度 ①	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—
	マンガン、鉄	○	—	○	○	—	—	○	—	—	—	—	○(下層)	○(下層)	— ②
底質・底生動物(底泥表層)				○		—	—	—			○	—	—	—	○

※上層:水深0.5m, 中層:1/2水深, 下層:底上1m

※マンガンは総マンガン・溶解性マンガン

※生活項目 DO, pH, BOD, COD, SS, 大腸菌群数

※硫化物イオンは既往調査で非検出が継続していたため除外

※△:大腸菌群数なし

※鉄は総鉄・溶解性鉄

※栄養塩類 T-N, T-P, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P

※一般項目 水温, 濁度

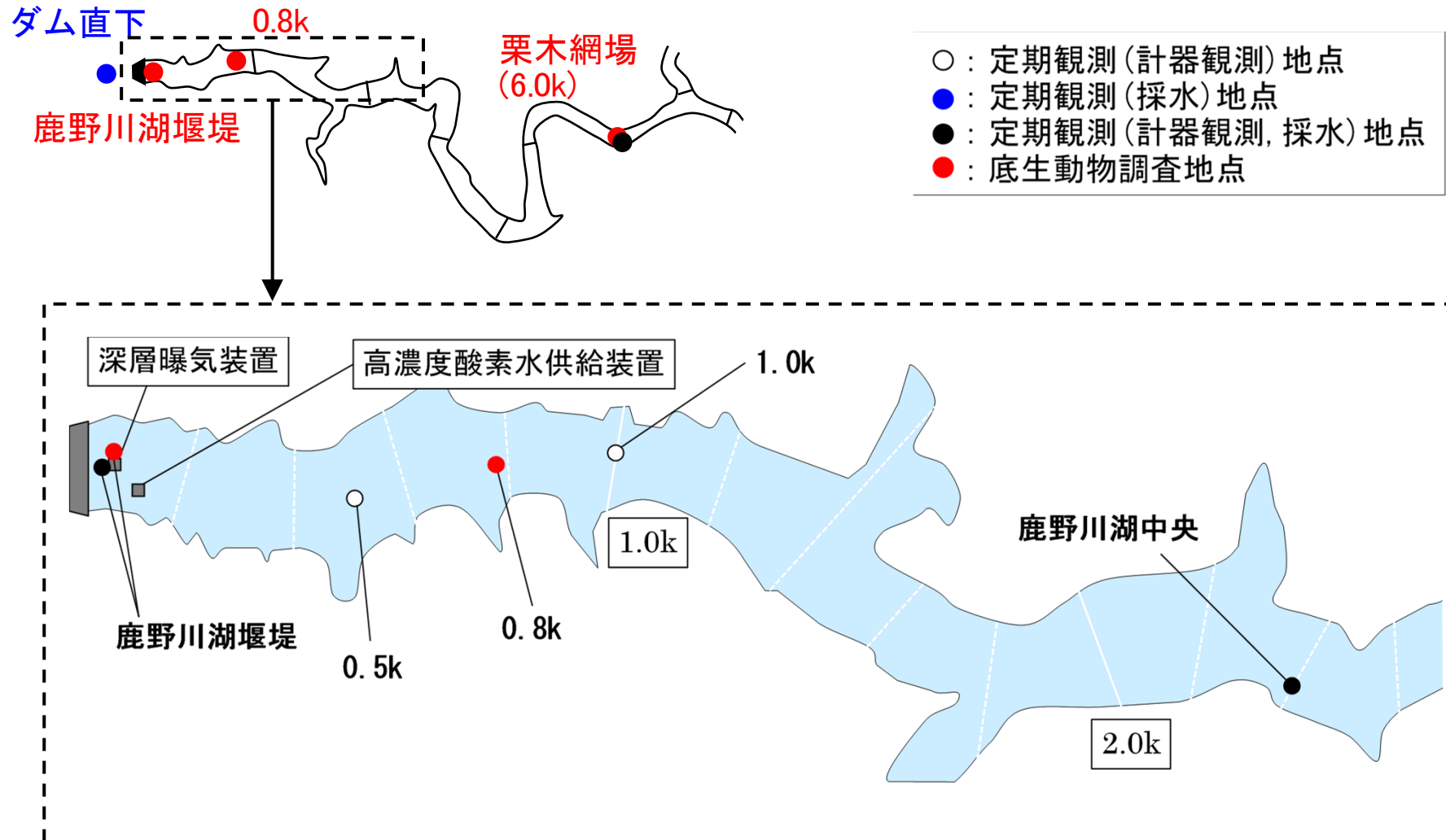
定期水質調査より  
増強している項目

①マンガン・鉄の採水分析  
②底質・底生動物の分析

③鹿野川湖堰堤における底上+5mの観測・採水  
④0.5k, 1.0kにおける観測

# モニタリング位置(令和2年度、定期水質調査)

## ■調査地点位置図



## モニタリング計画(令和2年度、濁度連続観測)

- 選択取水設備の効果検証、トンネル洪水吐運用の影響検証のための水温、濁度の連続観測を、今年度と同様、下流河川3地点において実施する。また、来年度(令和2年度)は、流入河川(肱川本川)においても水温、濁度の連続観測を実施する。
- 貯水池内は、今年度中に復旧予定の水質自動観測装置により水温・濁度を把握する。

### ■モニタリング計画(令和2年度)

項目	内容
観測項目	水温、濁度
観測方法	自記式の濁度計による連続観測
観測地点	流入河川:畑ヶ谷(肱川本川) 下流河川:ダム直下、鹿野川大橋下流、 道野尾橋上流
観測期間	通年
観測間隔	10分間隔

水温・濁度計

