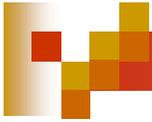




第16回 鹿野川ダム水質検討会 説明資料

四国地方整備局 肱川ダム統合管理事務所

令和3年3月



議題1 第15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15回検討会までの経緯

鹿野川ダム水質検討会の開催経緯

- 鹿野川ダム水質検討会は、第1回(H19)から14年目となり、今回が第16回となる。
- 第11回(H27)以降は、アオコ発生抑制対策、溶出負荷抑制対策について検討していただき、曝気循環装置、深層曝気装置および高濃度酸素水供給装置の運用ルールを策定した。
- 第15回(R1)からは、トンネル洪水吐および選択取水設備の運用の影響、効果についても検討していただいている。

■ 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	
R2	16	R3. 3. 1	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	今回

1.第15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。

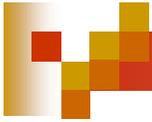
■水質改善対策メニューと対応状況

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

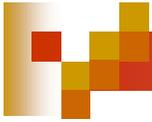
■ダム管理(水質に係る事項)

貯水池内	放流水質悪化(出水時)	トンネル洪水吐の運用により、貯水池の中下層の濁水を下流河川に放流する可能性がある。	モニタリング中
------	-------------	---	---------



議題2 前回(令和元年度)検討会の意見概要

(別資料参照)



議題3 令和2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

3. 令和2年の水質等の概況

令和2年の気象概況(月単位)

- 8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。また、11月は例年に比べて、気温が高く、日照時間は近年最大程度となり、アオコが発生しやすい気象条件であった。

■ 令和2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	低	高	高	低	高	—	低	高
降水量	—	—	—	多	多	少	多	—	—
日照時間	—	長	—	長	短	長	—	長	長

高気温、少雨、長日照時間

高気温、長日照時間

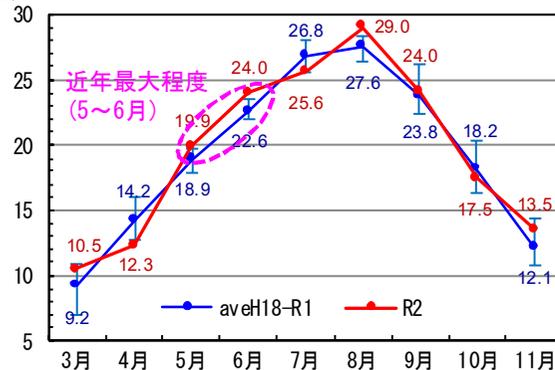
8月は、気温が近年最大を超過、降水量が近年最小より低く、日照時間が近年最大より長く、厳しい気象条件であった。

近年14年平均(H18-R1)との比較

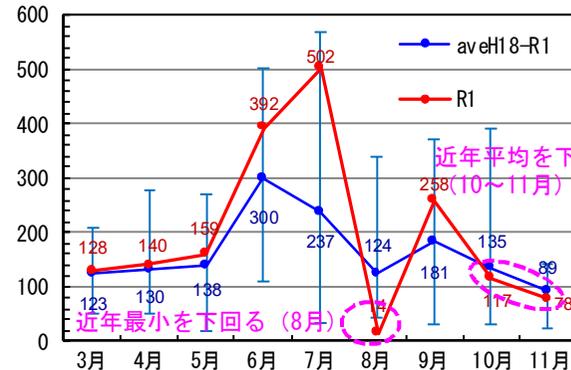
気温 平均±0.5℃以上、降水量 平均±60mm以上、日照 平均±20hr以上
アオコ発生期間、底層D0低下期間に着目して3～11月で整理

■ 月平均気温・降水量・日照時間

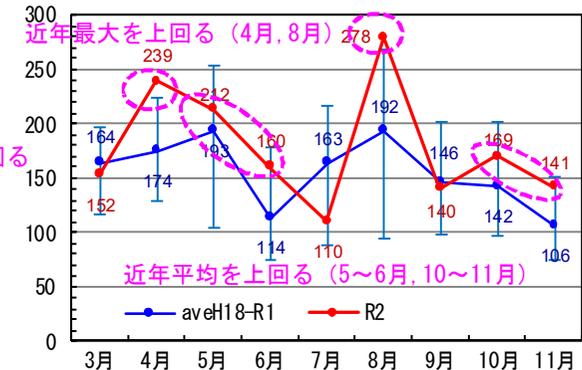
(℃) 気温・月平均(大洲, R2)



(mm) 降水量・月合計(大洲, R2)



(hr) 日照時間・月合計(大洲, R2)

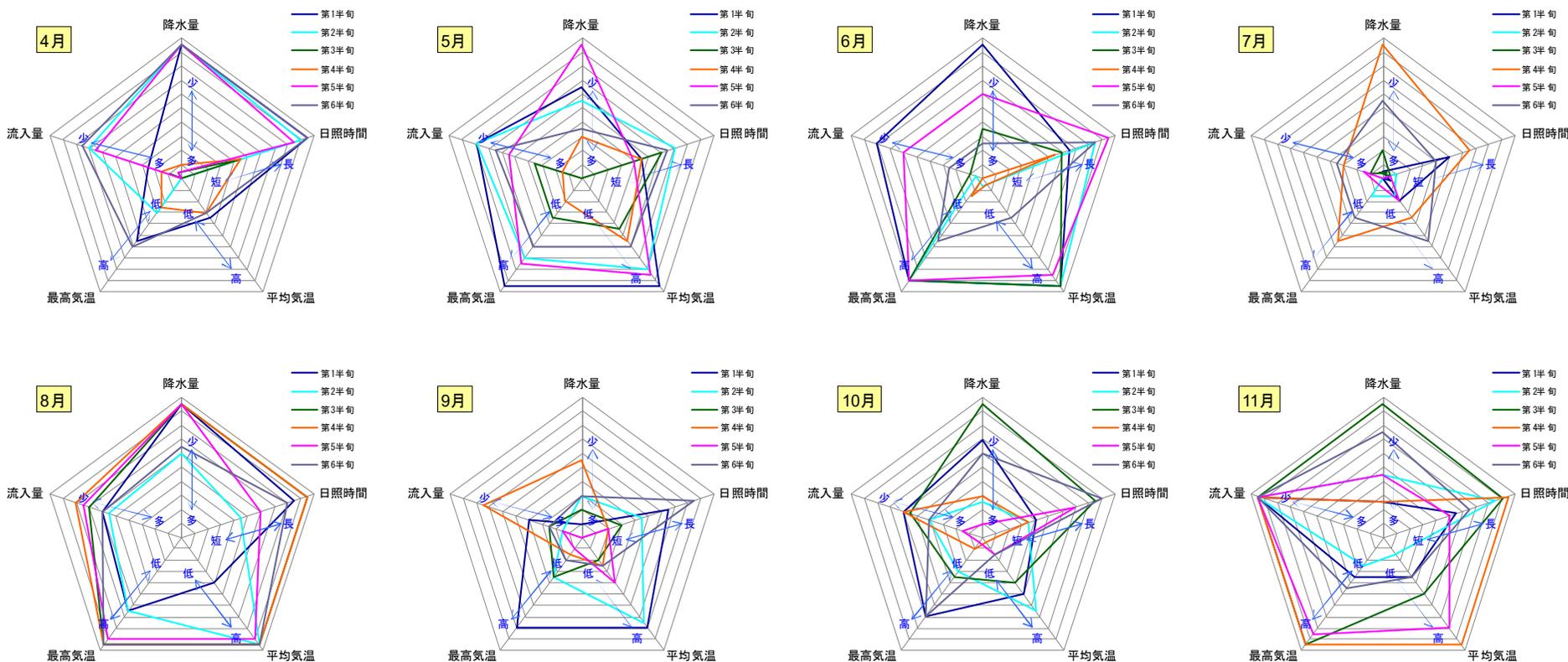


■ 最大
● 平均
■ 最小

令和2年の気象概況(半旬毎)

■ 令和2年は、例年と比較して、5月第1半旬・第2半旬・第5半旬、6月第1半旬・第5半旬、8月、11月中旬がアオコが発生しやすい条件であった。

■ 令和2年の半旬毎の気象状況(近年20年における半旬毎の順位)



半旬: 毎月を1日から5日毎に区切った期間。第1半旬は1～5日、第2半旬は6～10日となり、第6半旬は月により3～6日となる。

<グラフの見方>

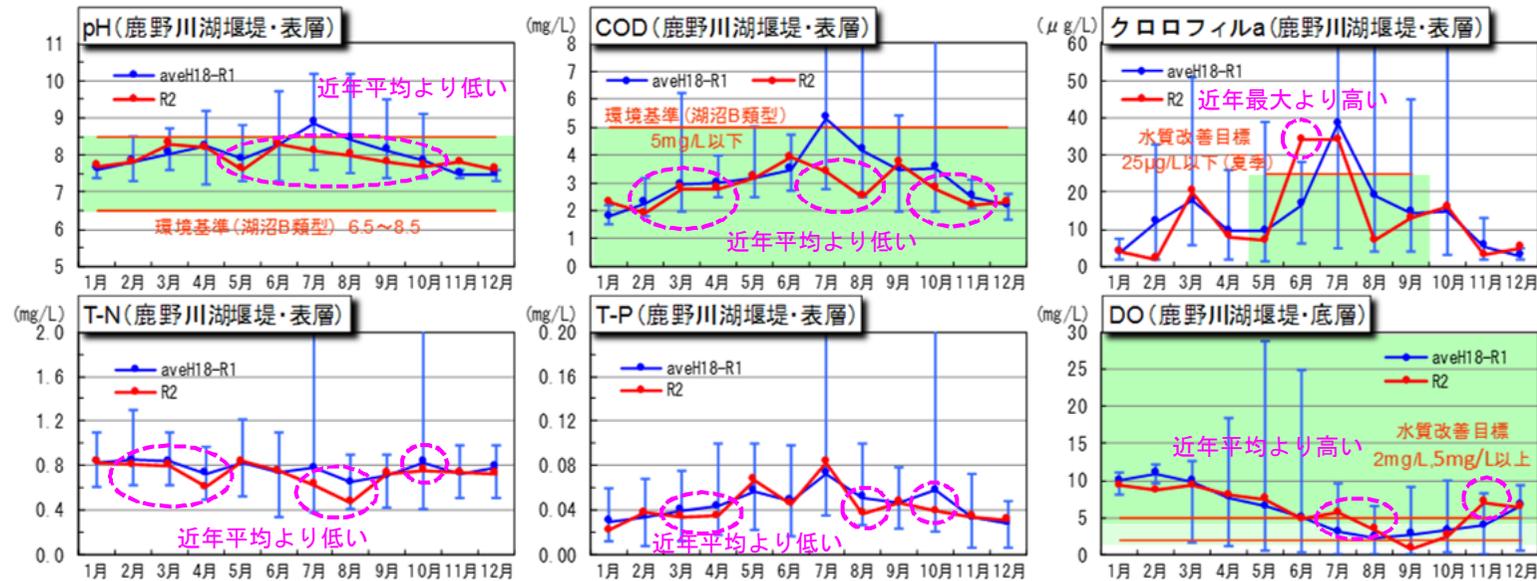
H12～R2年の半旬毎の各項目(降水量、日照条件、平均気温、最高気温、流入量)の値を比較したときの、R2年の順位を示す。レーダーチャートが大きくなればなるほど、アオコが発生しやすい気象条件であることを表している。

3. 令和2年の水質等の概況

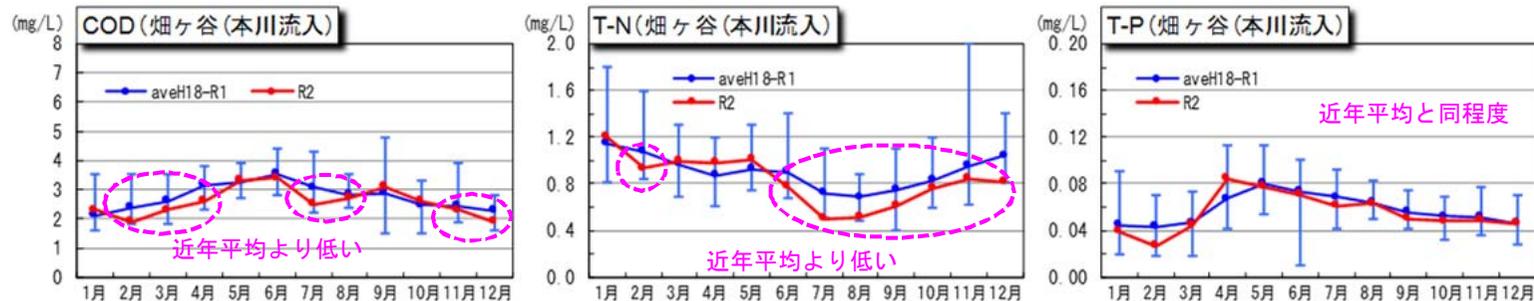
令和2年の水質の概況

- 貯水池: T-N、T-Pは近年平均と同程度、もしくは若干低い。pH、COD、クロロフィルaは概ね近年平均より低いが、6月のクロロフィルaは近年最大より高い。
- 流入河川: COD、T-Nは近年平均より低い。T-Pは近年平均と同程度である。

■ 貯水池水質 (R2、鹿野川湖堰堤、定期水質調査結果)



■ 流入河川水質 (R2、肱川本川・畑ヶ谷、定期水質調査)

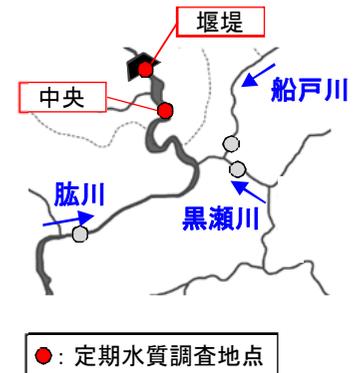
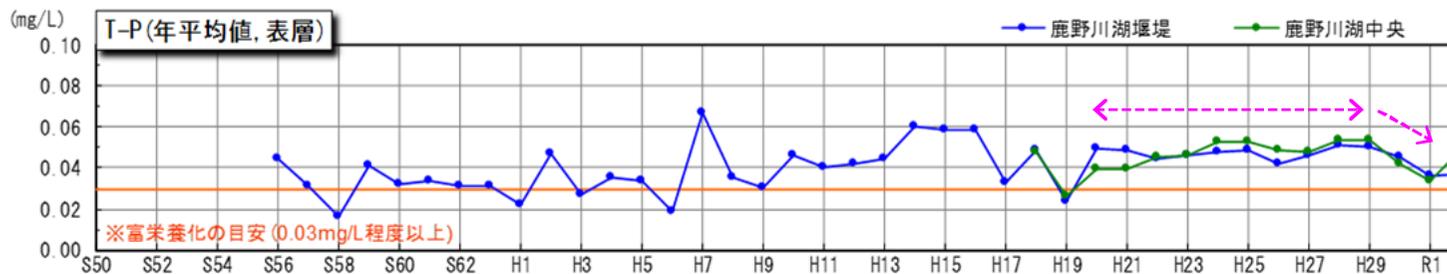
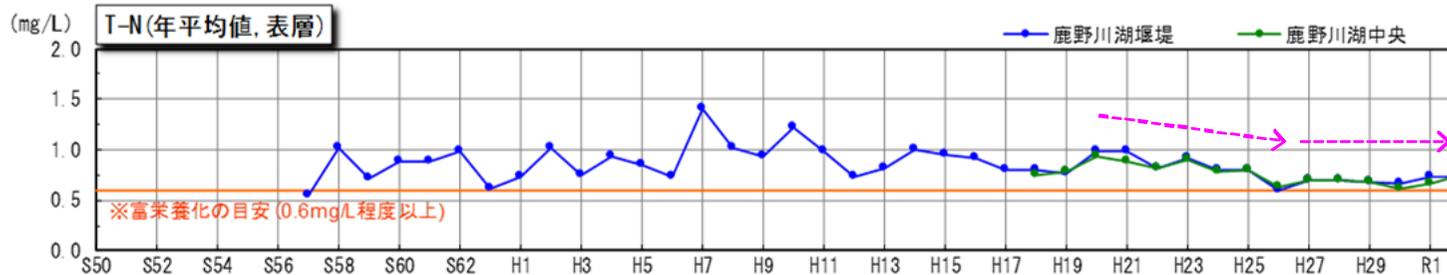
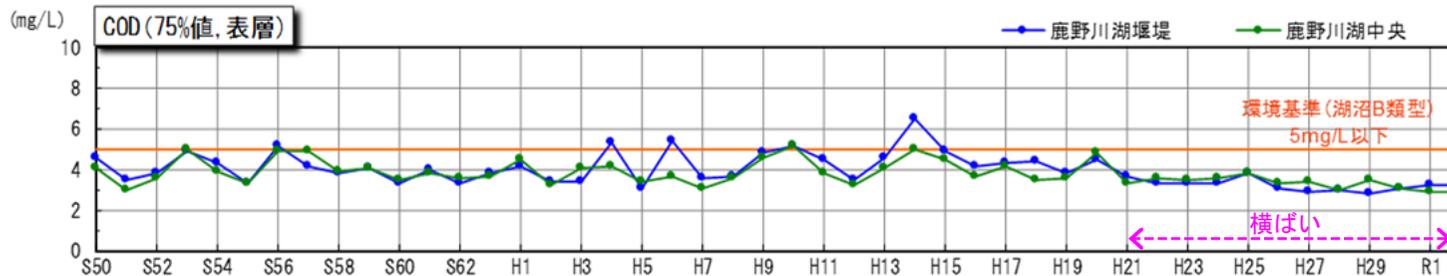


3. 令和2年の水質等の概況

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は低下傾向であった。

■ 貯水池水質の経年変化(定期水質調査)

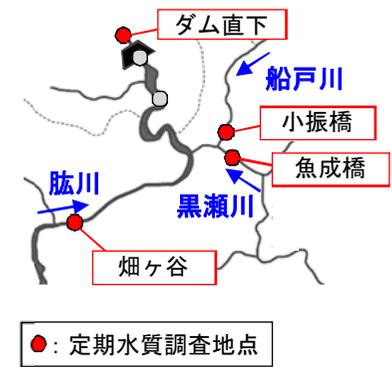
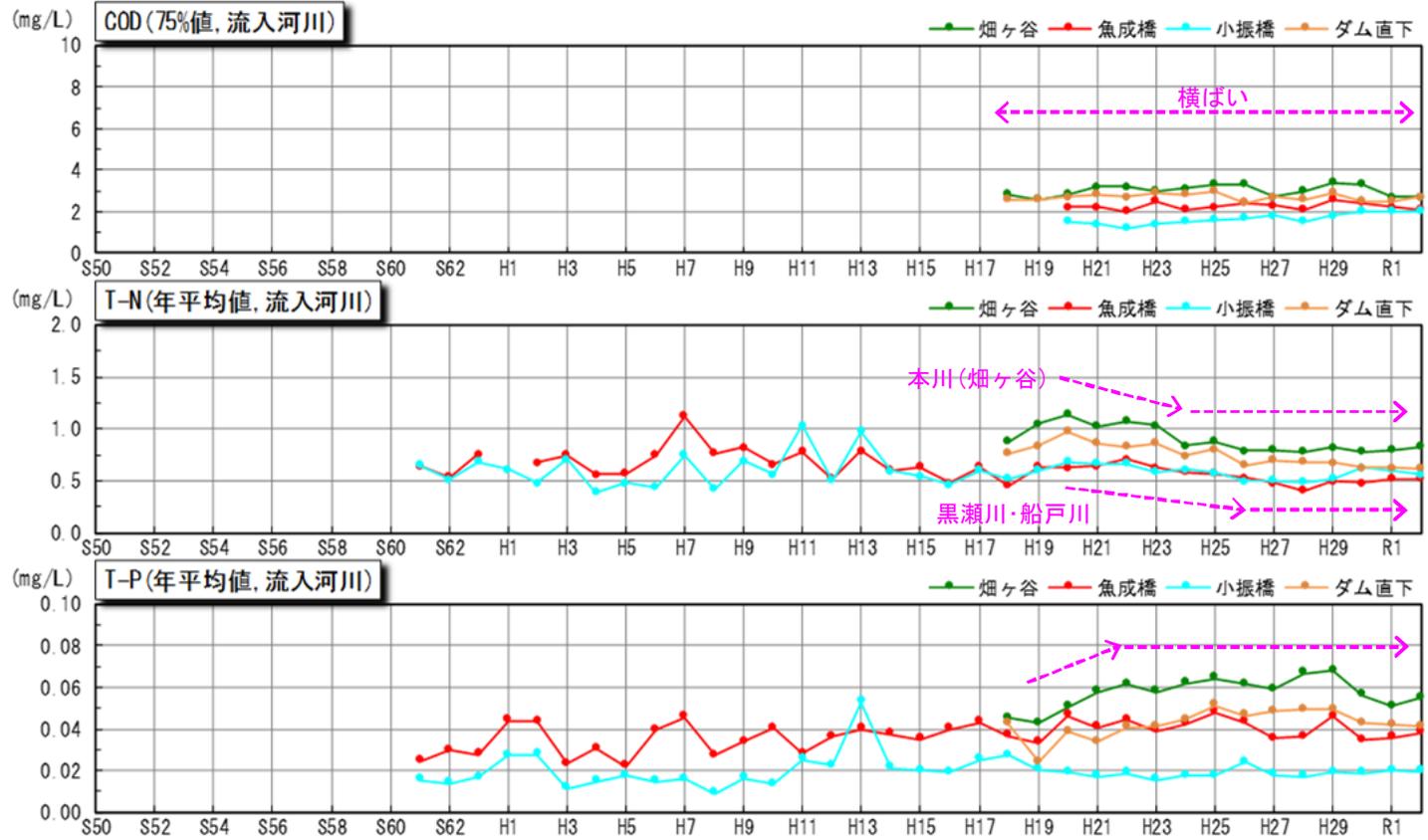


3. 令和2年の水質等の概況

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頃から若干低下傾向であり、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)

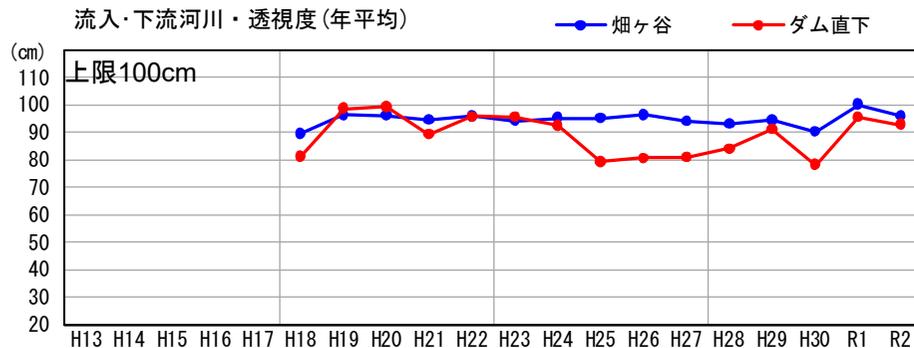
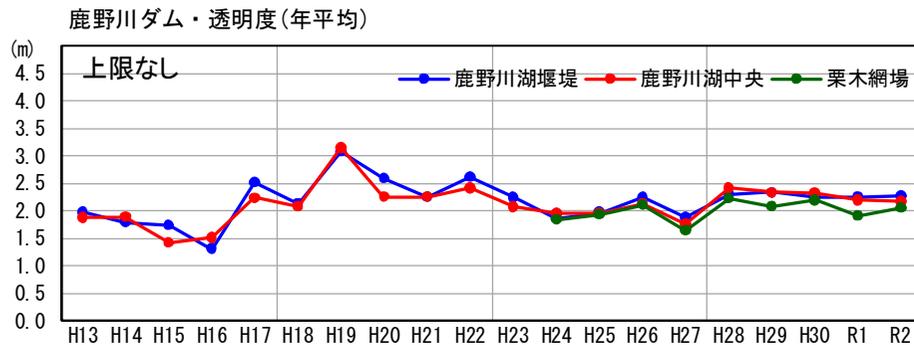


3. 令和2年の水質等の概況

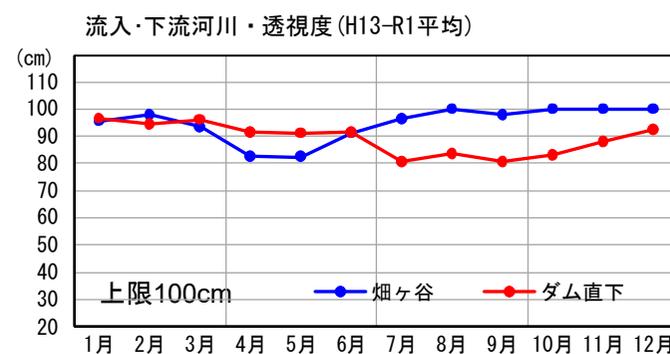
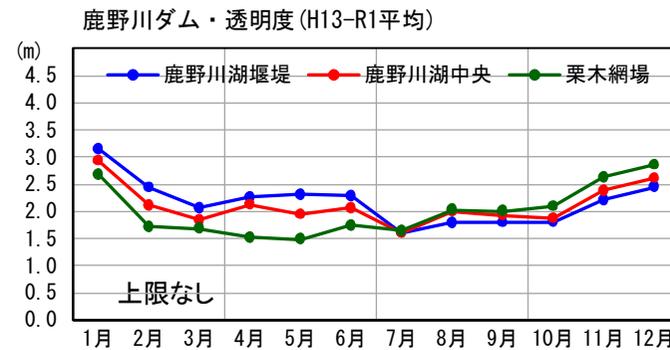
透明度・透視度の状況

- ダム湖の透明度は、2～3m程度で推移している。季節変化は夏季に低くなり、冬季に高くなる傾向がある。
- 透視度は流入河川が概ね90～100cm、ダム直下が概ね80～100cmで推移している。季節変化は明瞭でないが、ダム直下は7～10月頃に低くなる傾向がある。

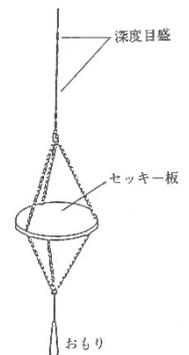
■ 透明度・透視度の経年変化



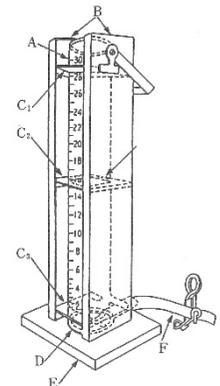
■ 透明度・透視度の季節変化



透明度板



透視度計



透明度: 水中に透明度板(セッキ板)を直接投入して測定する。透明度板を下ろし見えなくなる限界の水深が透明度となる。

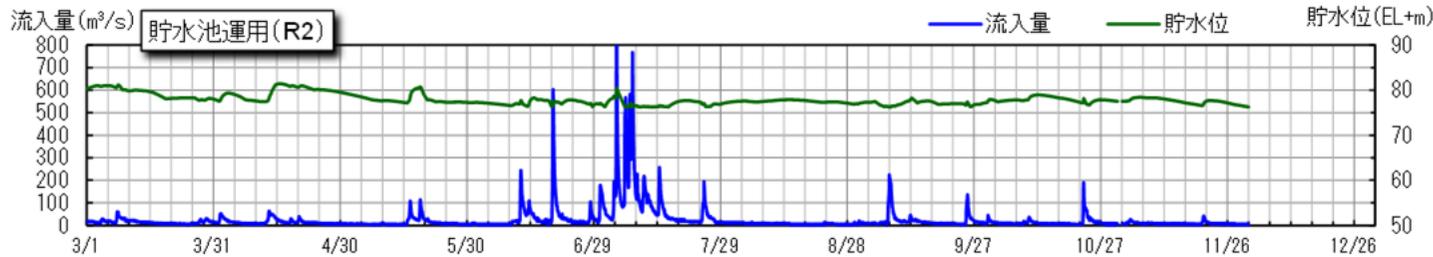
透視度: 透視度計という円筒形のガラス管に水を入れ、その中に標識線の入った板を入れて測定する。標識が視認できる限界の水深が透視度となる。透視度計は市販されており、最も長いもので100cmなので上限が100cmとなる。

3. 令和2年の水質等の概況

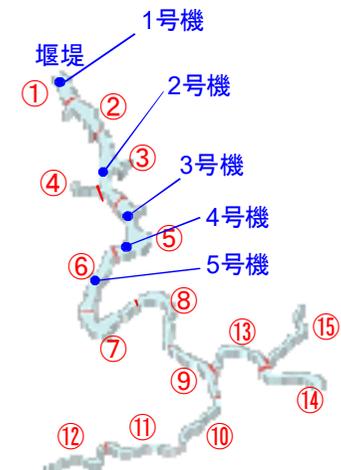
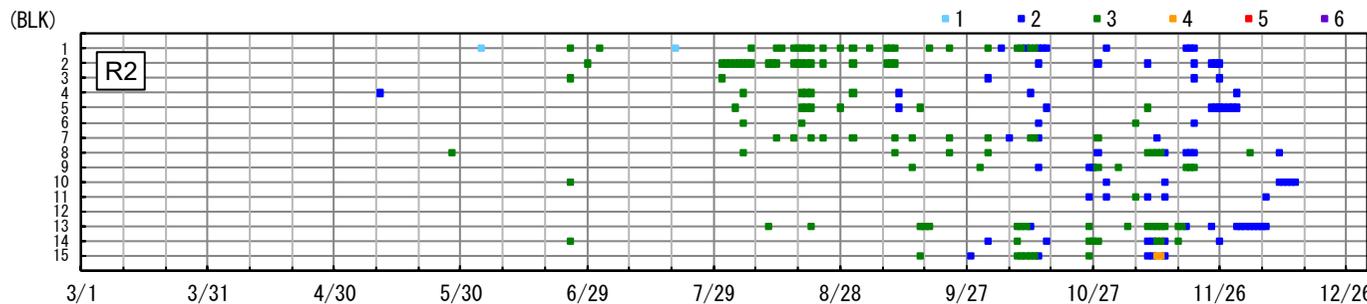
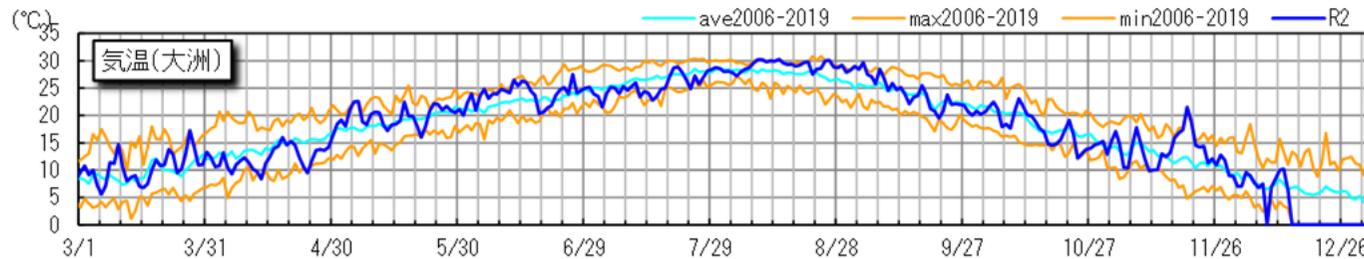
令和2年のアオコ発生状況

■ レベル3以上のアオコの発生日数は57日間であり、概ね8～11月に発生した。その他の期間はほとんどがレベル2以下であった。

■ アオコ発生実績(R2、貯水池巡視結果)



※流入量は毎正時の値

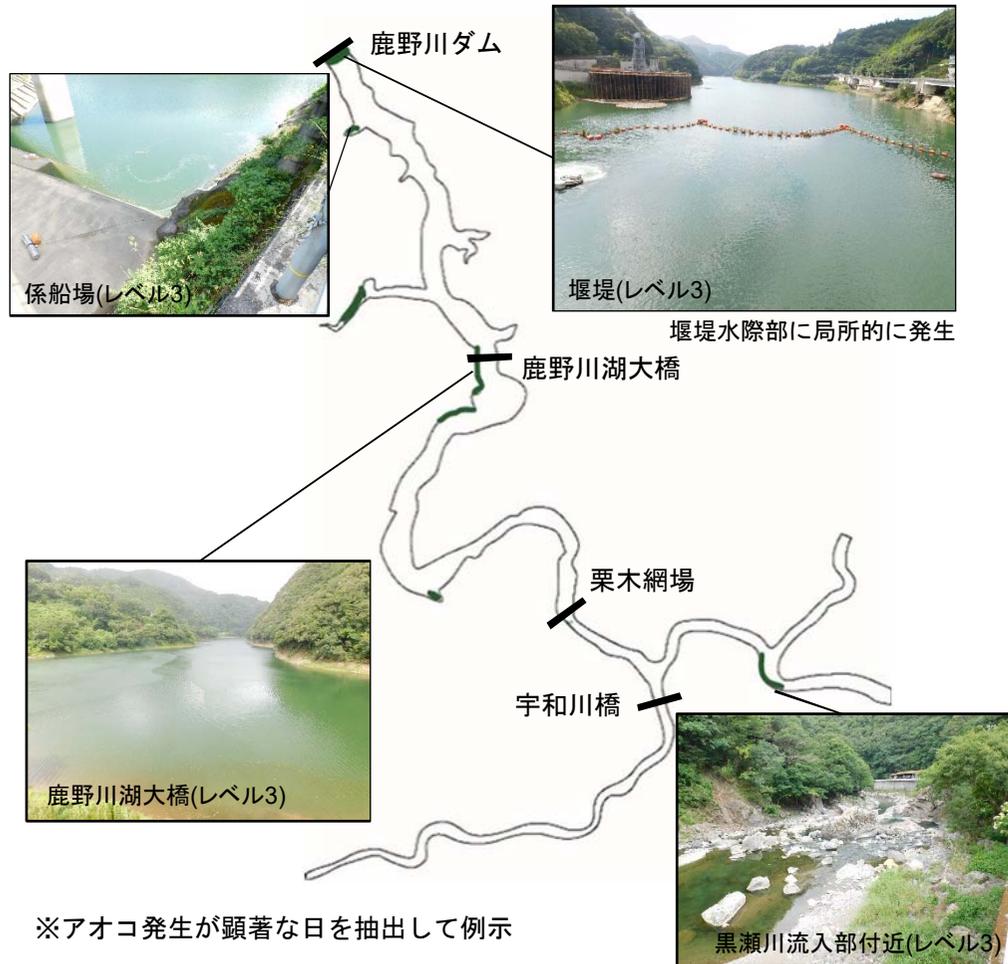


3. 令和2年の水質等の概況

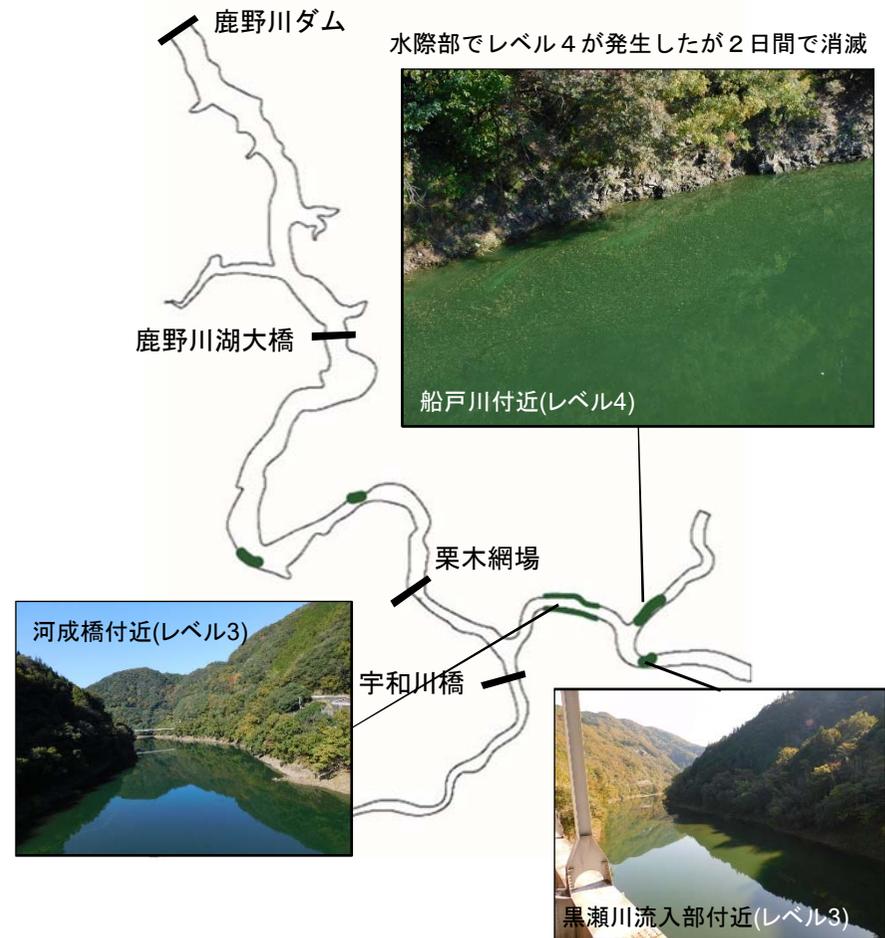
アオコ発生時の状況(巡視記録)

- R2.8月は、堰堤から貯水池中流の水際部でレベル3のアオコを確認した。(局所的)
- R2.11月は、貯水池上流部の水際部等でレベル4のアオコを確認した。(局所的・短期的)

■アオコ発生状況(R2.8.21)



■アオコ発生状況(R2.11.11)



3. 令和2年の水質等の概況

(参考)アオコレベルの目安(写真は他水域の事例)

- 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る。

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)が確認される。



レベル6【腐敗臭】

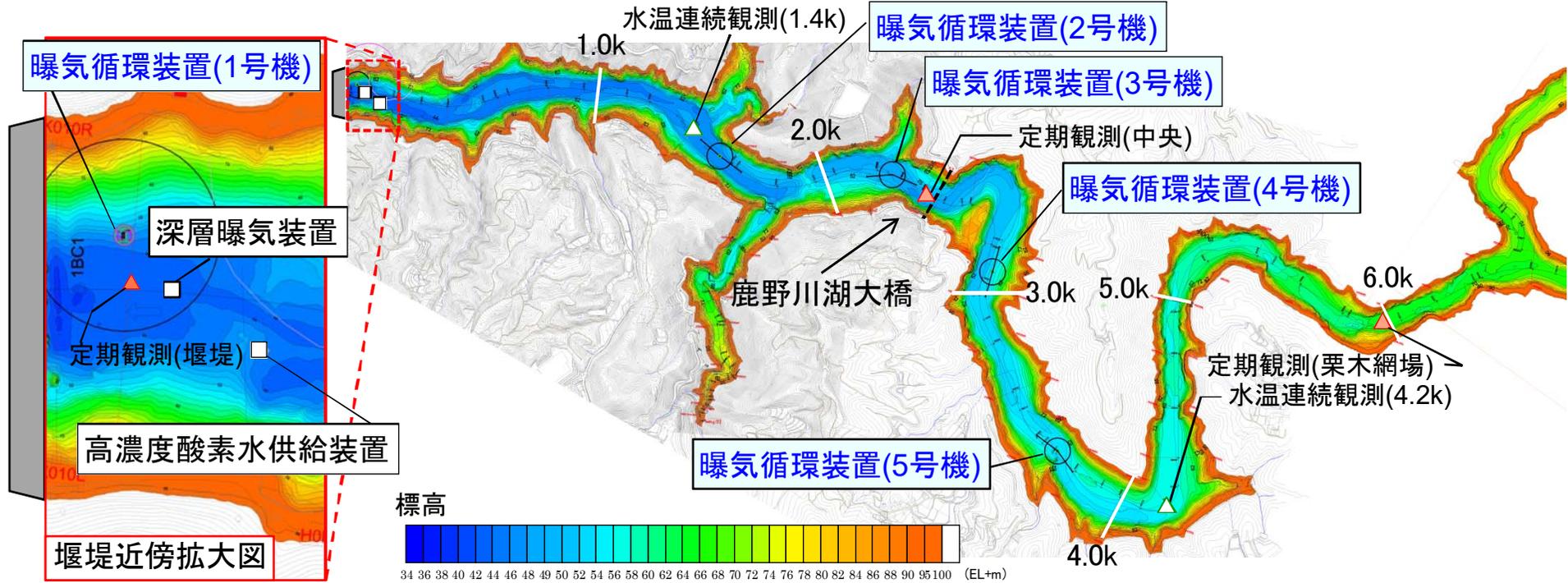
スカム状(厚く堆積し、表面が白や、紫、青の縞模様になることもある)のアオコが確認され、腐敗臭がする。



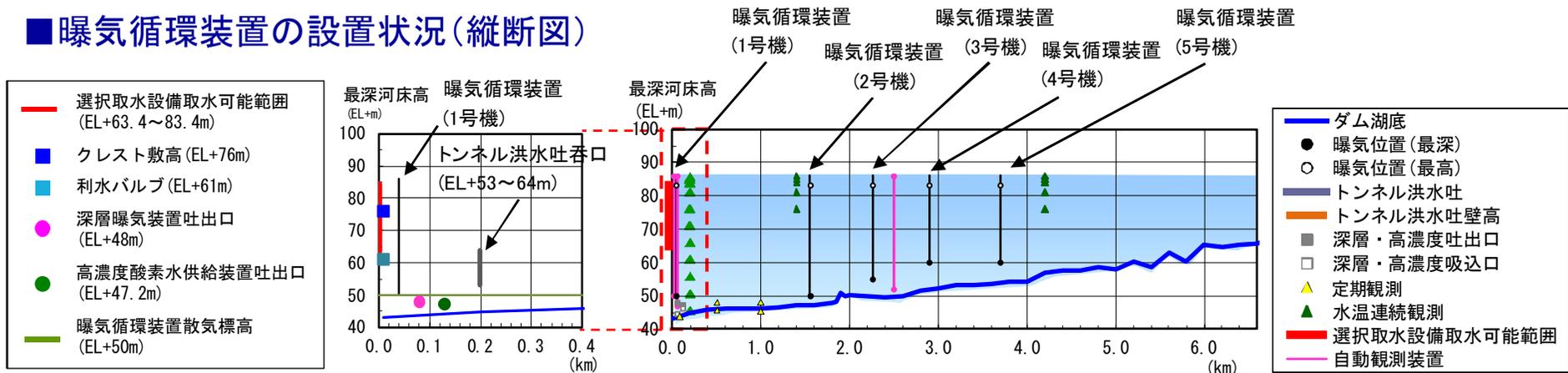
3. 令和2年の水質等の概況

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)



3. 令和2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時間運用を行い、10月は運用時間を12時間に短縮して運用する。

■ 水質改善装置の運用方法(現計画)

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時運用)	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			2基運用		-		
1号機	4月3週目～11月末				■ 24時間運用		■ 24時間運用		■ 24時間運用			■ 24時間運用		■ 24時間運用	出水後1週間は運用停止	
2号機	4月3週目～11月末				■ 24時間運用		■ 24時間運用		■ 24時間運用			■ 24時間運用		■ 24時間運用	<div style="border: 1px solid blue; padding: 5px;"> ■ 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				■ 24時間運用		■ 24時間運用		■ 24時間運用			■ 24時間運用		■ 24時間運用		
4号機	5月3週目～9月末				■ 24時間運用		■ 24時間運用		■ 24時間運用			■ 24時間運用		■ 24時間運用		
5号機	5月3週目～9月2週目				■ 24時間運用		■ 24時間運用		■ 24時間運用			■ 24時間運用		■ 24時間運用		
					■ 24時間運用		■ 24時間運用		■ 24時間運用			■ 24時間運用		■ 24時間運用		
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				■ 24時間運用		■ 24時間運用					■ 12時間運用		■ 24時間運用		
高濃度酸素水供給装置	5月3週目～10月末						■ 24時間運用					■ 12時間運用				

■ 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

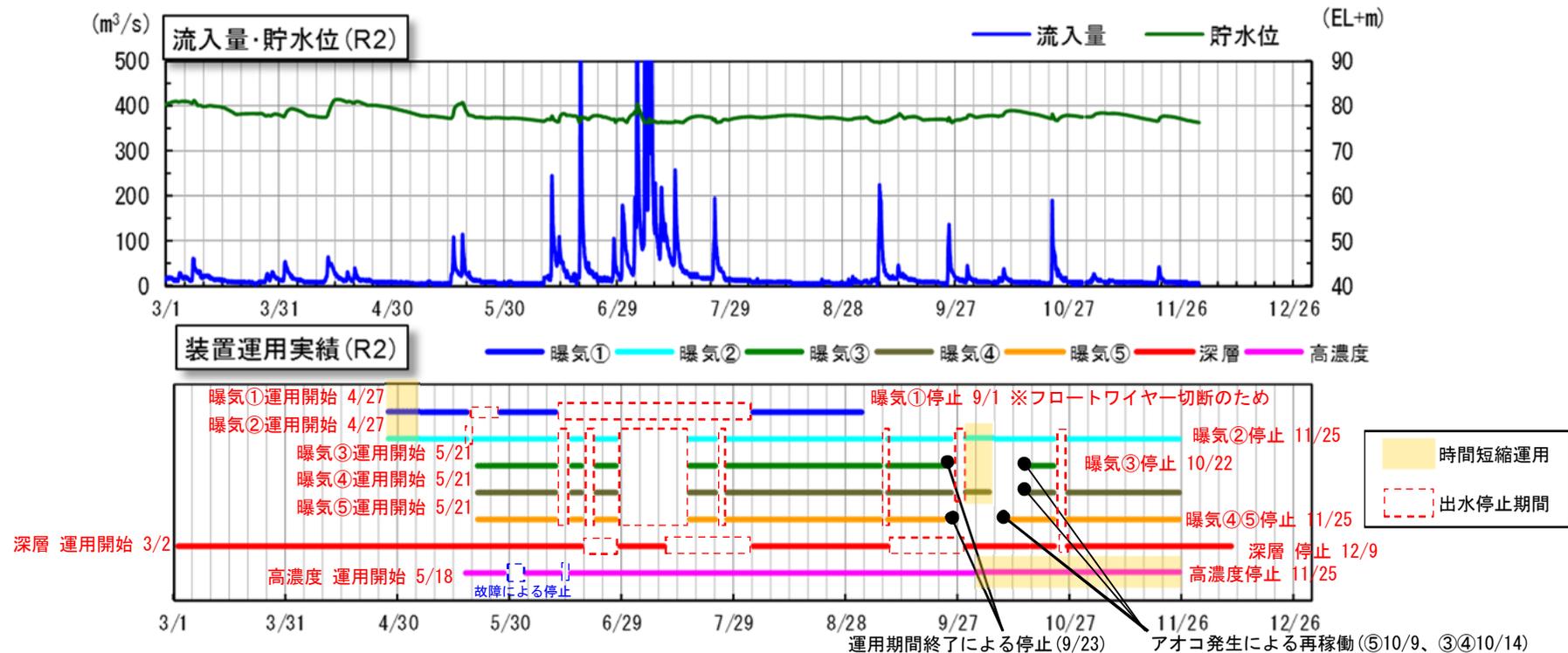
週始まりを月曜日とし、二月にまたがる週(月始・月末)は前月(月曜日時点の月)に含んで運用を区分

3. 令和2年の水質等の概況

水質改善装置の運用実績(R2)

- 曝気循環装置は、植物プランクトンの増殖を確認したため、5月上旬から24時間運用とした。1号機は、6月下旬～7月に出水が頻発し、装置停止期間が長くなった。また、ワイヤーフロート切断のため、9月以降は運用を停止した。
- 深層曝気装置は、濁水の巻上げ防止のため、出水後に運用を停止した。
- 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(R2)

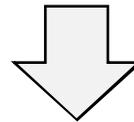


議題4 アオコ発生抑制対策の効果

- 1.曝気循環装置の概要
- 2.曝気循環装置の効果(R2)
- 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 μ 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**

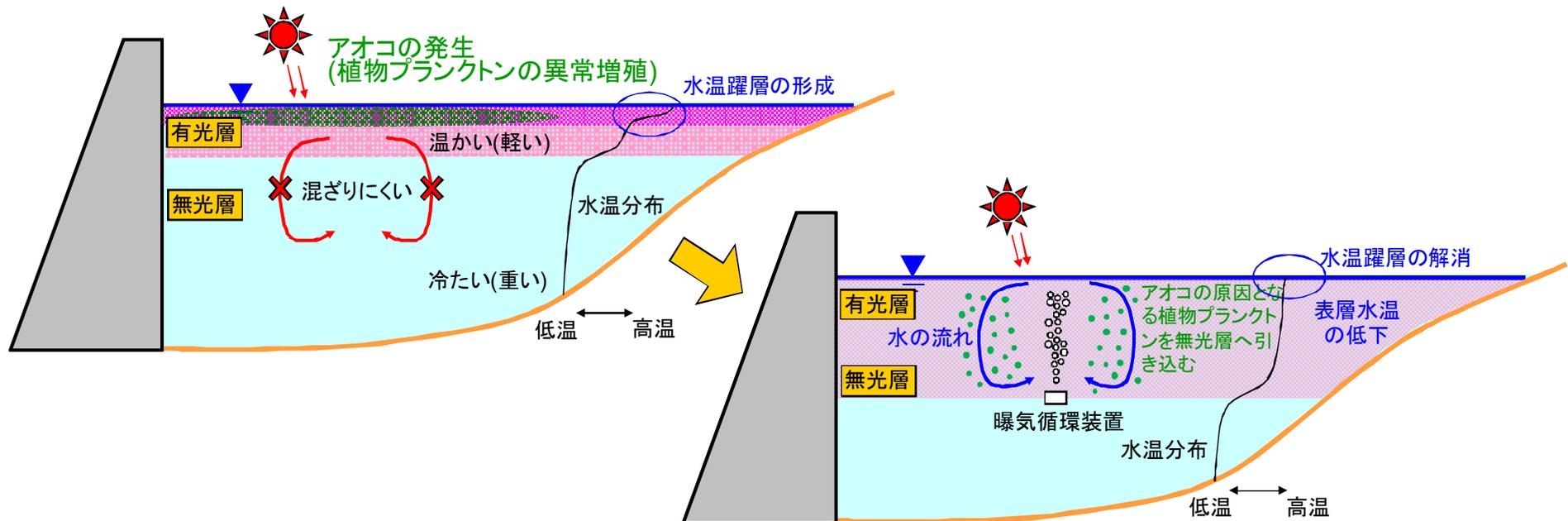
- 手 法: 曝気循環装置の稼動により、浅層部の水温躍層を破壊することでアオコの発生を抑制する。
- 目安値: 曝気循環装置の稼動により、**浅層部水温差***を**2°C以下**とする。

*水深0.1mと水深2.0mの水温差

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、水質自動観測装置及びサーミスターチェーンによる水温観測結果、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°C以下)の達成状況
- クロロフィルa低減効果:改善目標(25 μ 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)

4.アオコ発生抑制対策 4.2 曝気循環装置の効果

アオコ発生抑制効果の概況

- 6月、8月、11月でアオコが発生しやすい気象等の状況となった。その影響で8月には継続して表層水温差が運用目標を超過したものの、顕著なアオコの発生はなかった。

■ 曝気運用計画期間と貯水池水質の概況

項目		5~6月		7月		8月	9~10月		11月	
気象等の状況	降水量	多い	平年並み~多い	多い	平年並み	少ない	多い	平年並み	平年並み	平年並み
	日照時間	平年並み	長い	短い	短い	長い	短い	平年並み	長い	長い
	気温	高い	高い	低い	低い	高い	平年並み	平年並み~低い	低い	高い
	水温(20℃)	概ね達成	継続的に超過(5月下旬以降)	継続的に超過	継続的に超過	継続的に超過	継続的に超過	継続的に超過	継続的に超過	—
目標の達成状況	表層水温差(2℃以下)	達成	概ね達成	概ね達成	達成	継続的に超過	概ね達成	達成	達成	—
	クロロフィルa(25μg/L以下)	—	超過(鹿野川湖堰堤、鹿野川湖中央、栗木網場)	—	超過(鹿野川湖堰堤、鹿野川湖中央)	達成	達成	—	超過(鹿野川湖中央、栗木網場)	達成
	アオコ発生(レベル3未満)	達成	概ね達成	局所的に発生(最大レベル3)	概ね達成	局所的に発生(最大レベル3)	局所的に発生(最大レベル3)	局所的に発生(最大レベル3)	数日で消滅(最大レベル3)	局所的に発生(最大レベル4)
	植物プランクトン(藍藻類の抑制)	—	達成	—	達成	達成	達成	—	達成	達成
水質改善装置の運用状況(実績)	2基運用(24H運用)	5基運用(24H運用)	5基停止	4基運用	概ね計画通りの運用(24H運用)	4基運用	2~3基運用(時短運用)	アオコ発生のため4基運用(24H運用)	アオコ発生のため3基運用(24H運用)	
次頁との対応	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	

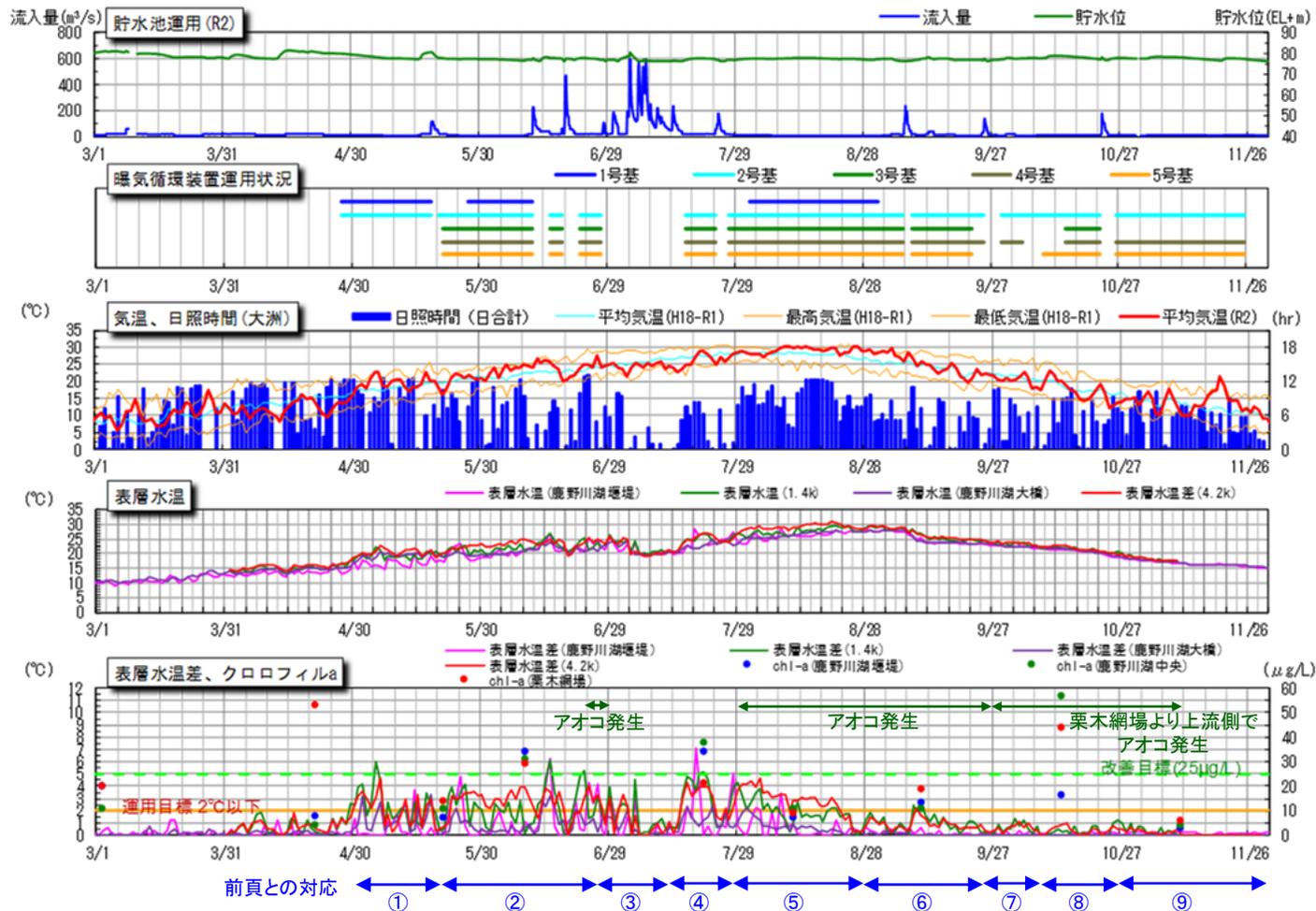
 : 気象等がアオコ発生の好条件となる期間
 : 目標達成できなかった期間
 : 曝気循環装置を出水等により運用を削減している期間

注)アオコ発生については、局所的発生の場合はレベル3以上でも達成していると評価(色付けなし)

曝気循環装置の運用と改善目標の概況

- 鹿野川湖堰堤および鹿野川湖大橋では、表層水温差 2°C 以下を概ね達成した。
- クロロフィルaは6月、7月、10月に改善目標($25\mu\text{g/L}$)を超過しアオコが局所的に確認されたが、貯水池全体に広がるようなアオコは発生しなかった。

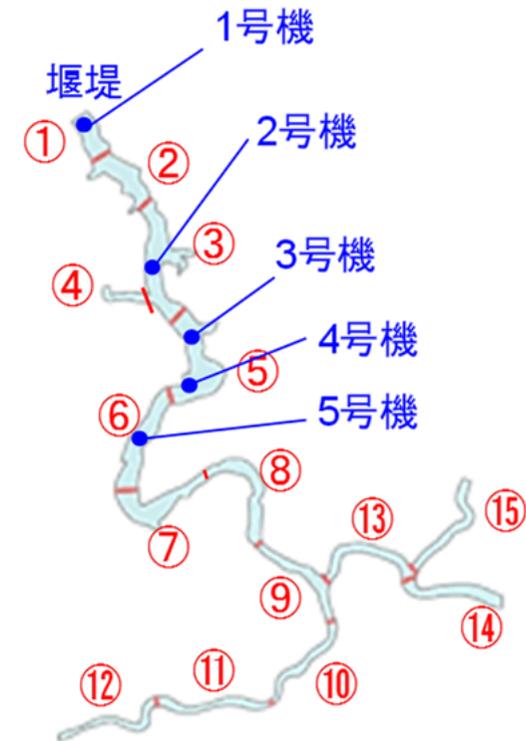
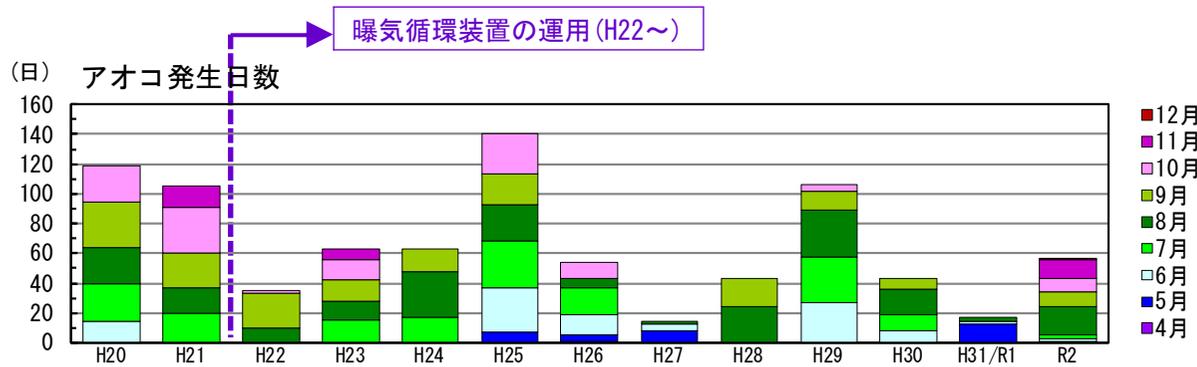
■ 曝気循環装置の運用と改善目標の概況(R2)



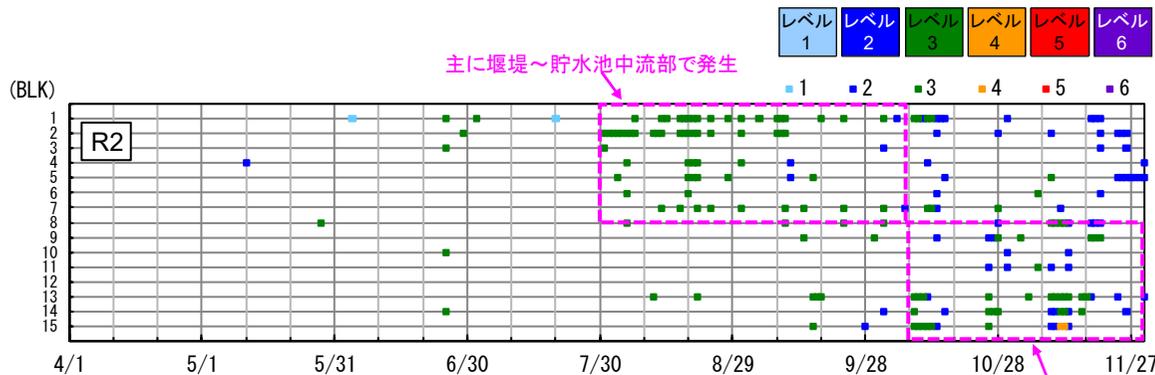
アオコ発生状況(発生日数)

■ レベル3以上のアオコ発生日数は57日間であった。H22以降の11年間で6番目であった。

■ アオコ発生日数の経年変化



■ ブロック別アオコ発生状況(R2)

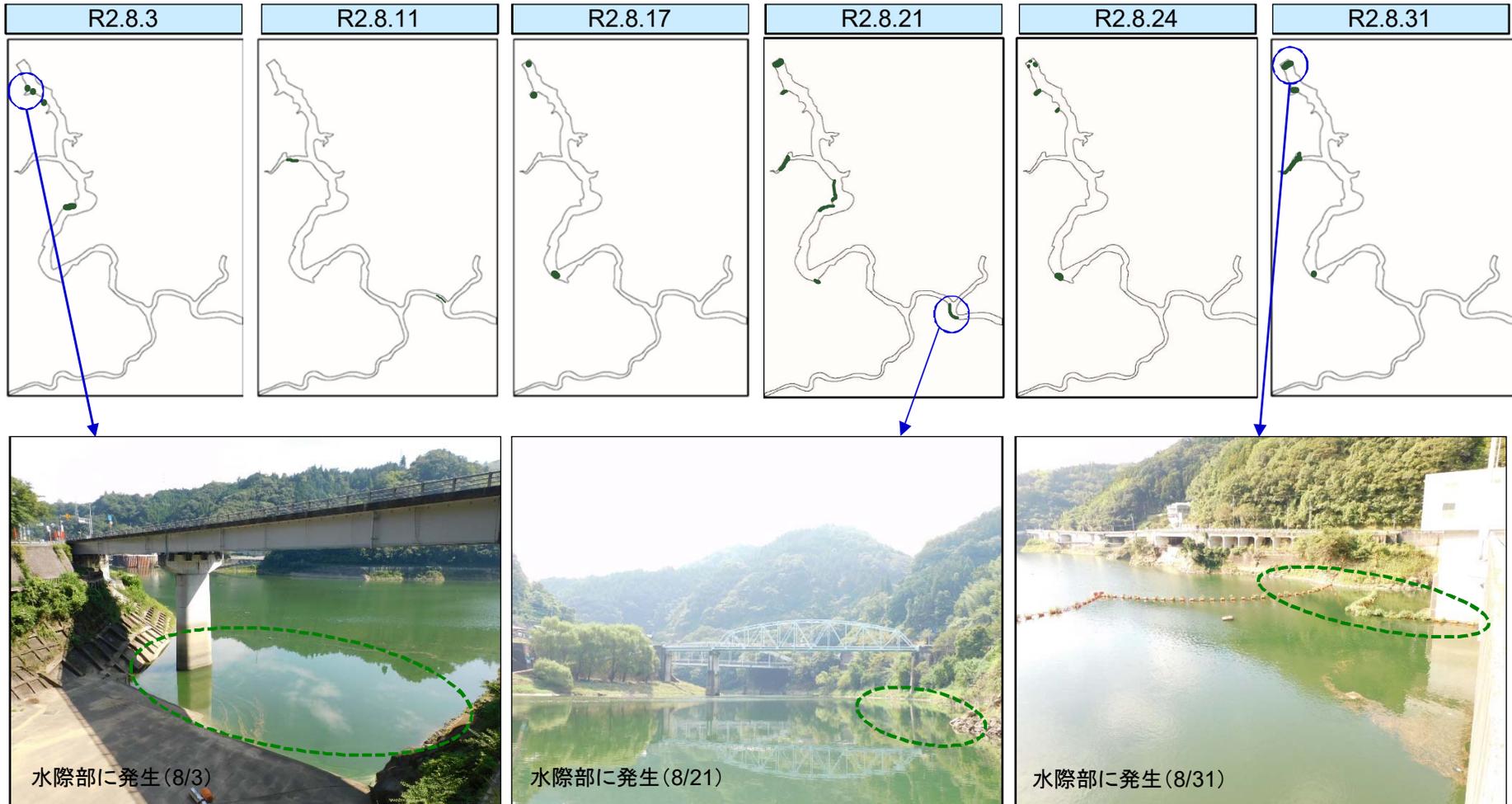


※巡視記録をもとに整理

主に栗木網場上流で発生

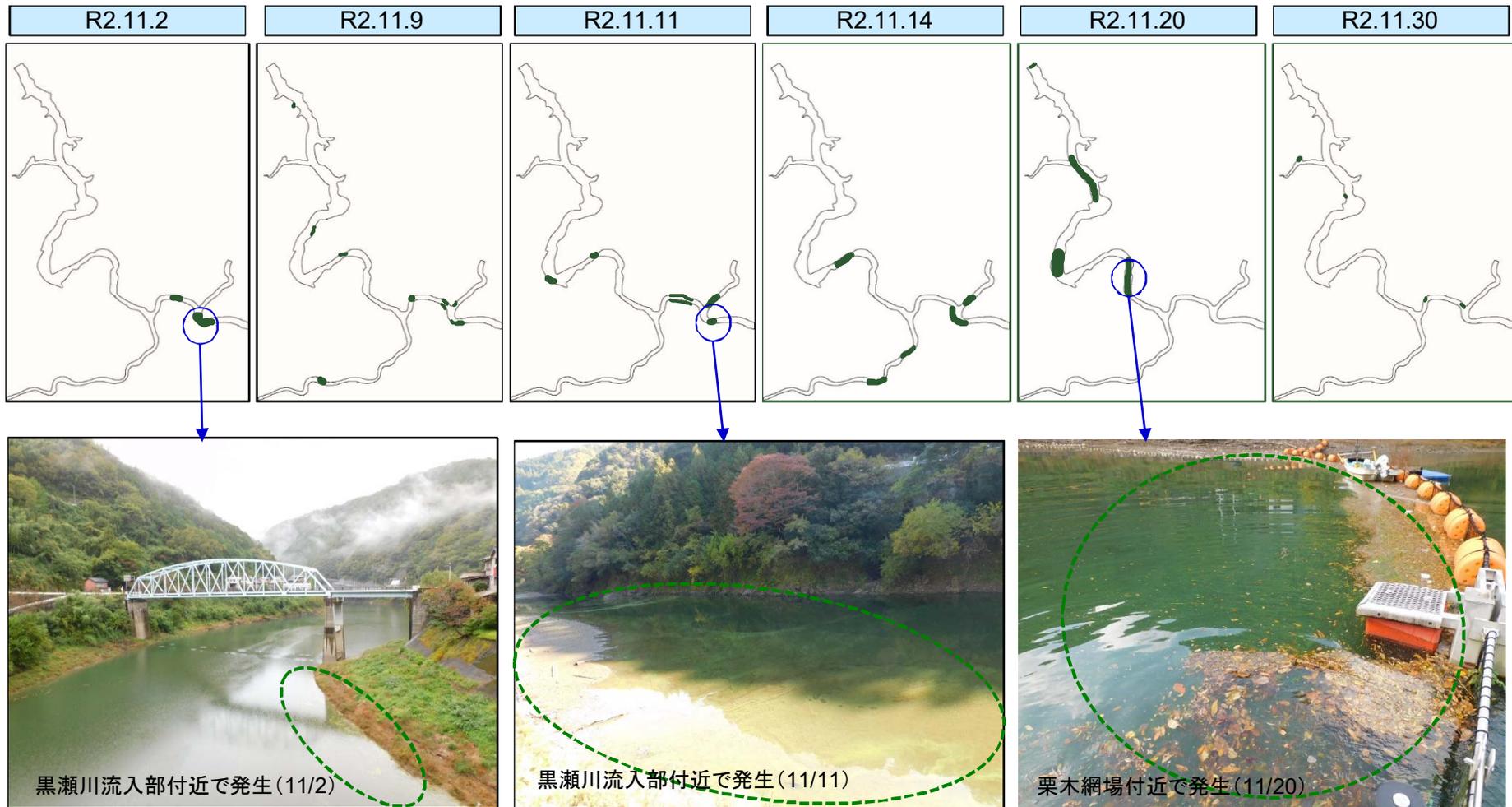
アオコ発生時の状況 (R2.8)

- R2.8月はレベル3のアオコを確認したが、いずれも水際部で局所的な発生であり、長期間継続するようなものではなかった。



アオコ発生時の状況(R2.11)

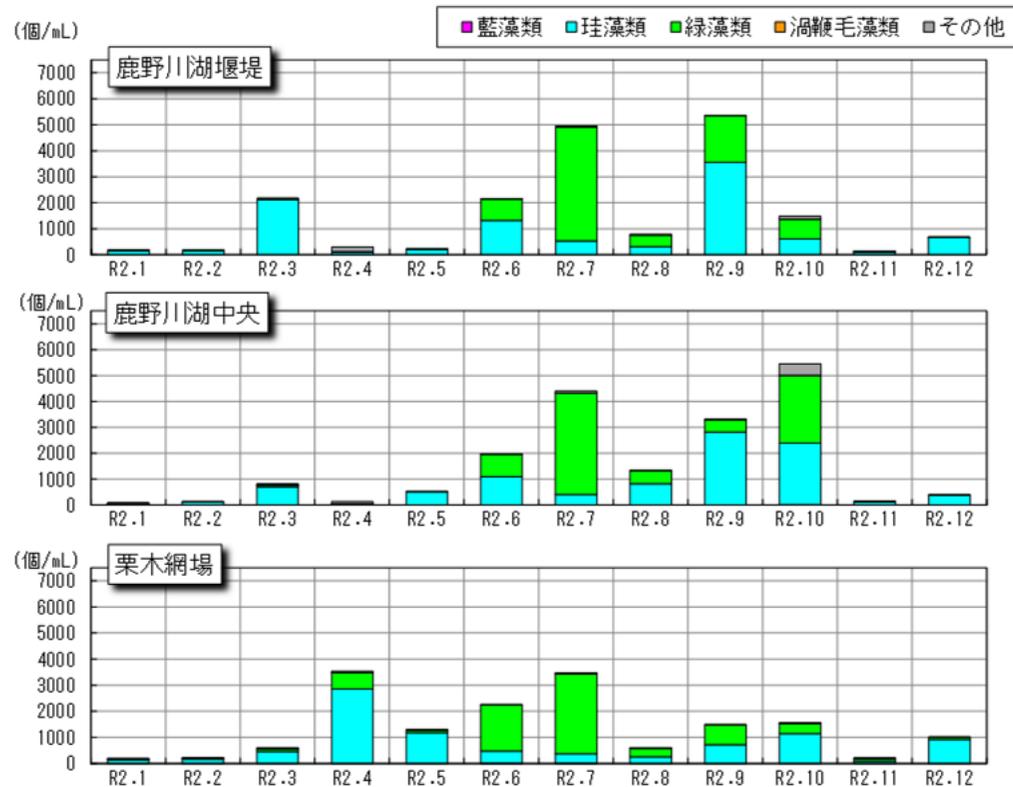
- R2.11月は、曝気効果が及びにくい黒瀬川流入部付近でレベル4のアオコを確認したが、発生範囲は狭く(局所的)、発生後2日間で消滅した。



植物プランクトンの種別細胞数

- 年間を通じて珪藻類が優占種となる月が多く、6～10月に緑藻類が優占種となる地点があった。
- 令和2年は、水質調査地点において藍藻類が優占種となることはなかった。

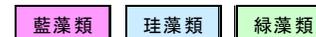
■ 植物プランクトンの種別細胞数



■ 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	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
2月	Cyclotella sp. (1) キクロテラ	Cyclotella sp. (1) キクロテラ	Cyclotella sp. (1) キクロテラ
3月	Stephanodiscus sp. ステファノディスクス	Cyclotella sp. (1) キクロテラ	Cyclotella sp. (1) キクロテラ
4月	Cryptomonas spp. クリプトモナス	Cryptomonas spp. クリプトモナス	Nitzschia fruticosa ニッチアフルチコーサ
5月	Cyclotella sp. (1) キクロテラ	Cyclotella sp. (1) キクロテラ	Cyclotella sp. (1) キクロテラ
6月	Aulacoseira granulata アウラコセイラ グラヌラ	Aulacoseira granulata アウラコセイラ グラヌラ	Eudorina elegans ユドリーナ エレガンス
7月	Eudorina elegans ユドリーナ エレガンス	Gonium pectorale ゴニウムペクトラル	Eudorina elegans ユドリーナ エレガンス
8月	Micractinium sp. ミクラクチニウム	Aulacoseira granulata アウラコセイラ グラヌラ	Micractinium sp. ミクラクチニウム
9月	Aulacoseira granulata アウラコセイラ グラヌラ	Aulacoseira granulata アウラコセイラ グラヌラ	Aulacoseira granulata アウラコセイラ グラヌラ
10月	Eudorina elegans ユドリーナ エレガンス	Eudorina elegans ユドリーナ エレガンス	Aulacoseira granulata アウラコセイラ グラヌラ
11月	Aulacoseira granulata アウラコセイラ グラヌラ	Aulacoseira granulata アウラコセイラ グラヌラ	Aulacoseira granulata アウラコセイラ グラヌラ
12月	Aulacoseira granulata アウラコセイラ グラヌラ	Aulacoseira granulata アウラコセイラ グラヌラ	Aulacoseira granulata アウラコセイラ グラヌラ

※各調査において細胞数が最大の藻類を抽出



曝気循環装置によるアオコ抑制効果のまとめ

【令和2年の状況】

- R2は8月、11月が高気温で降水量が少なく、日照時間が長くなり、アオコが発生しやすい気象条件となった。
- 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、5月上旬から24時間運用を開始した(1号機、2号機)。また、1号機は、出水の影響により6月上旬から8月上旬まで停止した上、装置の故障もあり停止期間が長期化した。

【曝気循環装置の効果】

- 8月は気象条件が例年と比べても厳しく、アオコが発生しやすい状況であったが、曝気循環装置を5基フル運用させることで、アオコ発生を抑制した。
- 11月は4号機、5号機を臨時運用したが、曝気効果が及びにくい貯水池上流の末端部でアオコが発生し、短期的・局所的であるがレベル4のアオコを確認した。
- 8月以降、断続的にアオコ発生を確認したが、大部分がレベル3以下で、局所的な発生であり、貯水池全体に広がるような顕著なアオコは発生しなかった。

【今後の対応】

- 概ねアオコ発生を抑制できていることから、現運用計画に基づく運用を継続する。
- 今年度のように出水が頻発すると、1号機の停止が長期化するため、選択取水設備と連携した運用を行うなど、必要に応じてより効果的な運用方法を検討していく。

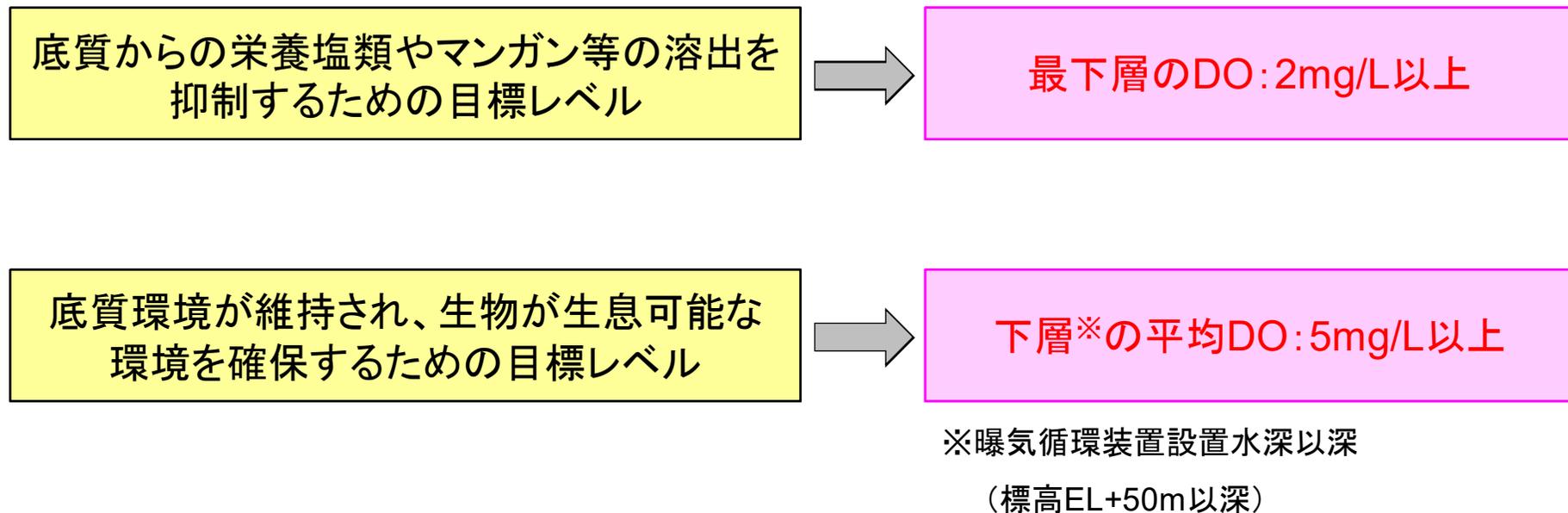
議題5 溶出負荷抑制対策の効果

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 (R2)
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。

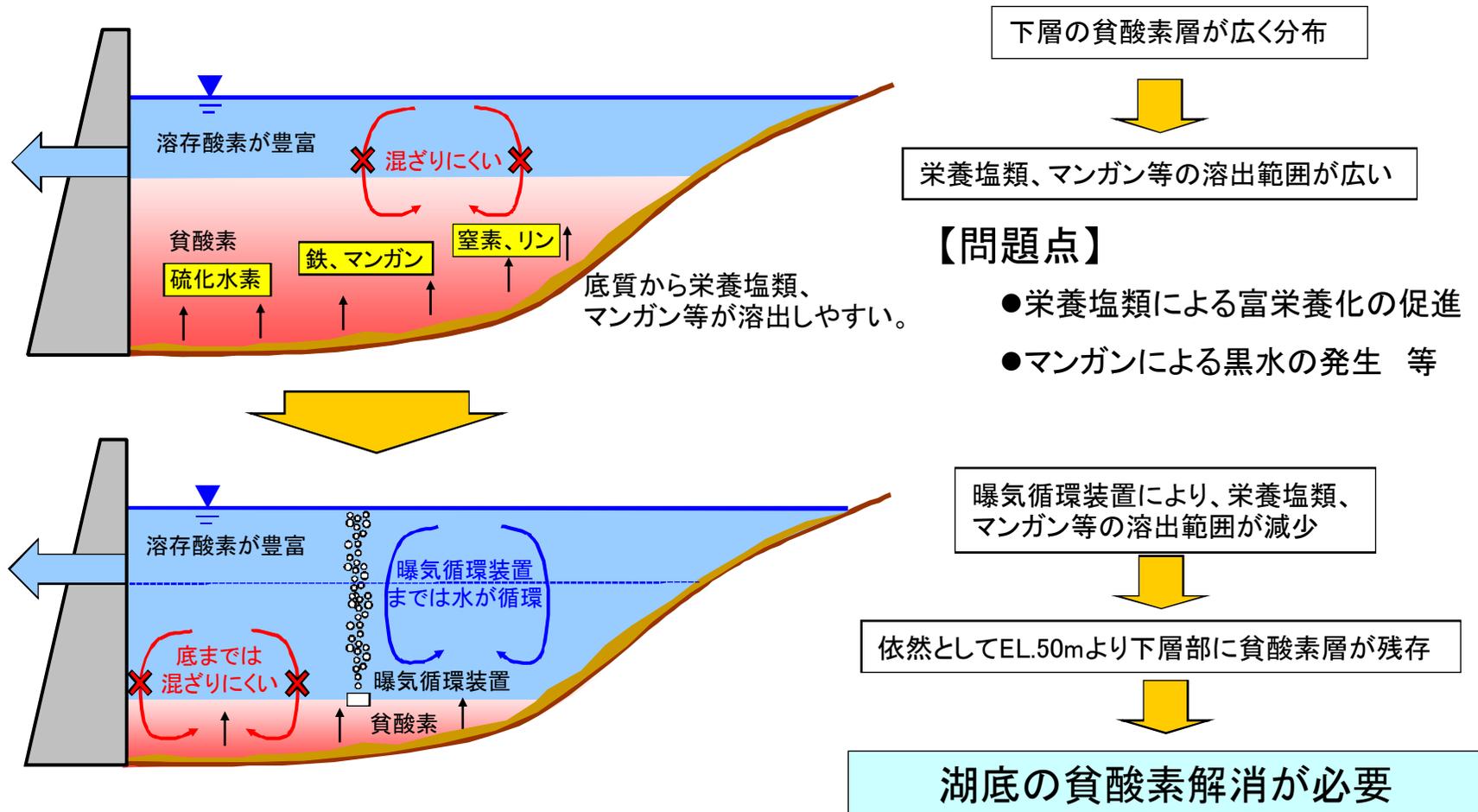
■ 溶出負荷抑制の目標(DO改善目標)



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

溶出負荷抑制効果の概況

- 6月以降、DO改善目標が未達成の地点があり、最下層DOは8～10月に低下が顕著となった。6月以降のDO低下は、出水時の深層曝気装置の停止が影響したと考えられる。
- 最下層DOの低下に伴い、底層水質が高くなり、堰堤のマンガンは、8～10月に装置運用前の各月平均を超過した。

■ 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

■ H18-H26年平均を超過

■ 改善目標5mg/L未達成

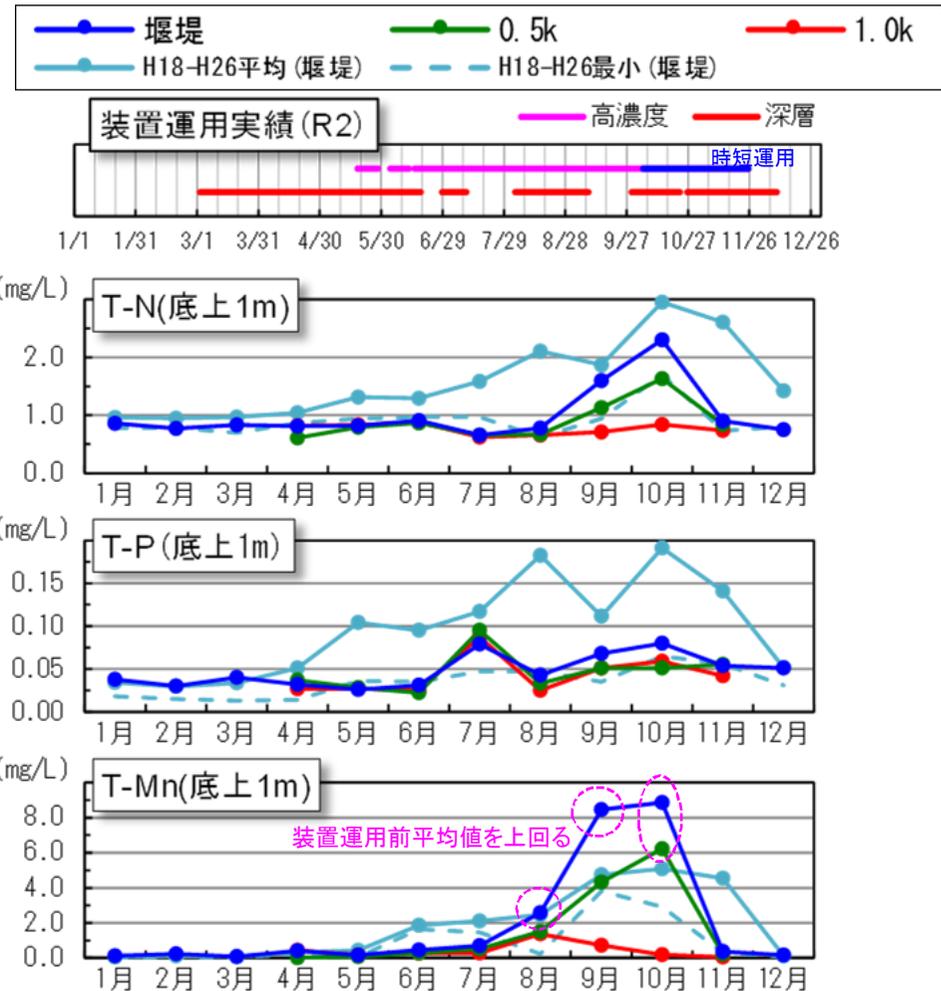
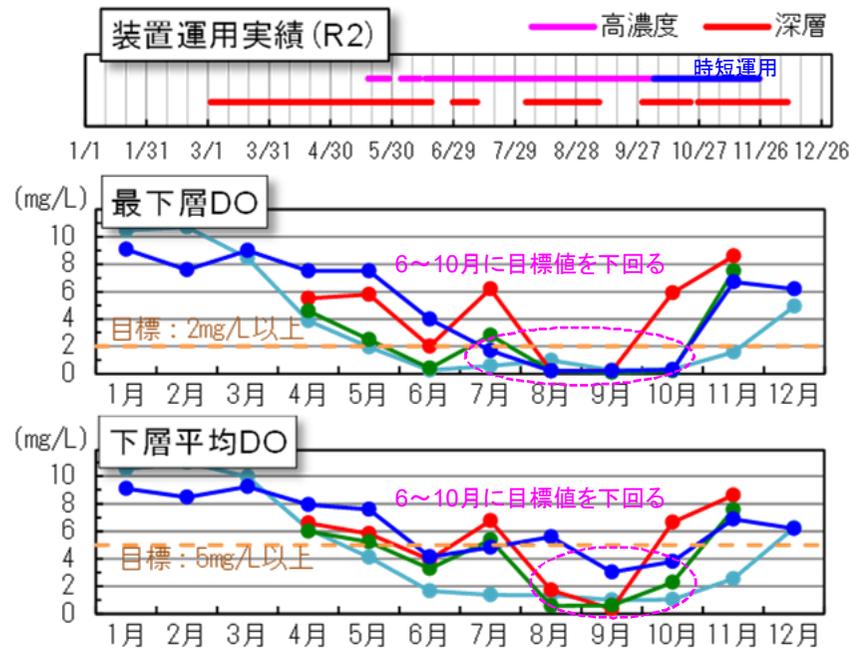
期間(月)		3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	
装置運用		深層単独 (24時間運用)			深層+高濃度 (24時間運用)				深層(24時間運用) + 高濃度(12時間運用)	深層単独 (24時間運用)	
目標達成状況	最下層DO 2mg/L	堰堤	9.0	7.5	7.5	4.0	1.7	0.2	0.2	0.3	6.7
		0.5k	-	4.6	2.5	0.4	2.8	0.2	0.1	0.2	7.5
		1.0k	-	5.5	5.8	2.0	6.2	0.2	0.2	5.9	8.6
	下層平均DO 5mg/L	堰堤	9.3	7.9	7.6	4.1	4.8	5.6	3.0	3.8	6.9
		0.5k	-	6.0	5.2	3.3	5.4	0.6	0.6	2.3	7.6
		1.0k	-	6.6	5.8	4.0	6.8	1.7	0.3	6.6	8.6
	底層水質 (堰堤)	T-N	0.83	0.81	0.82	0.91	0.66	0.78	1.6	2.3	0.9
		T-P	0.04	0.032	0.026	0.031	0.079	0.043	0.068	0.08	0.54
		T-Mn	0.07	0.42	0.16	0.46	0.71	2.57	8.47	8.86	0.37
	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、底層水質の目標達成状況

- 6～10月は、最下層DO、下層平均DOが改善目標を下回った。
- 栄養塩類、マンガンはDO低下に伴い高くなり、堰堤のマンガンは、8～10月に装置運用前の各月の平均値を超過し、特に9月、10月は顕著であった。

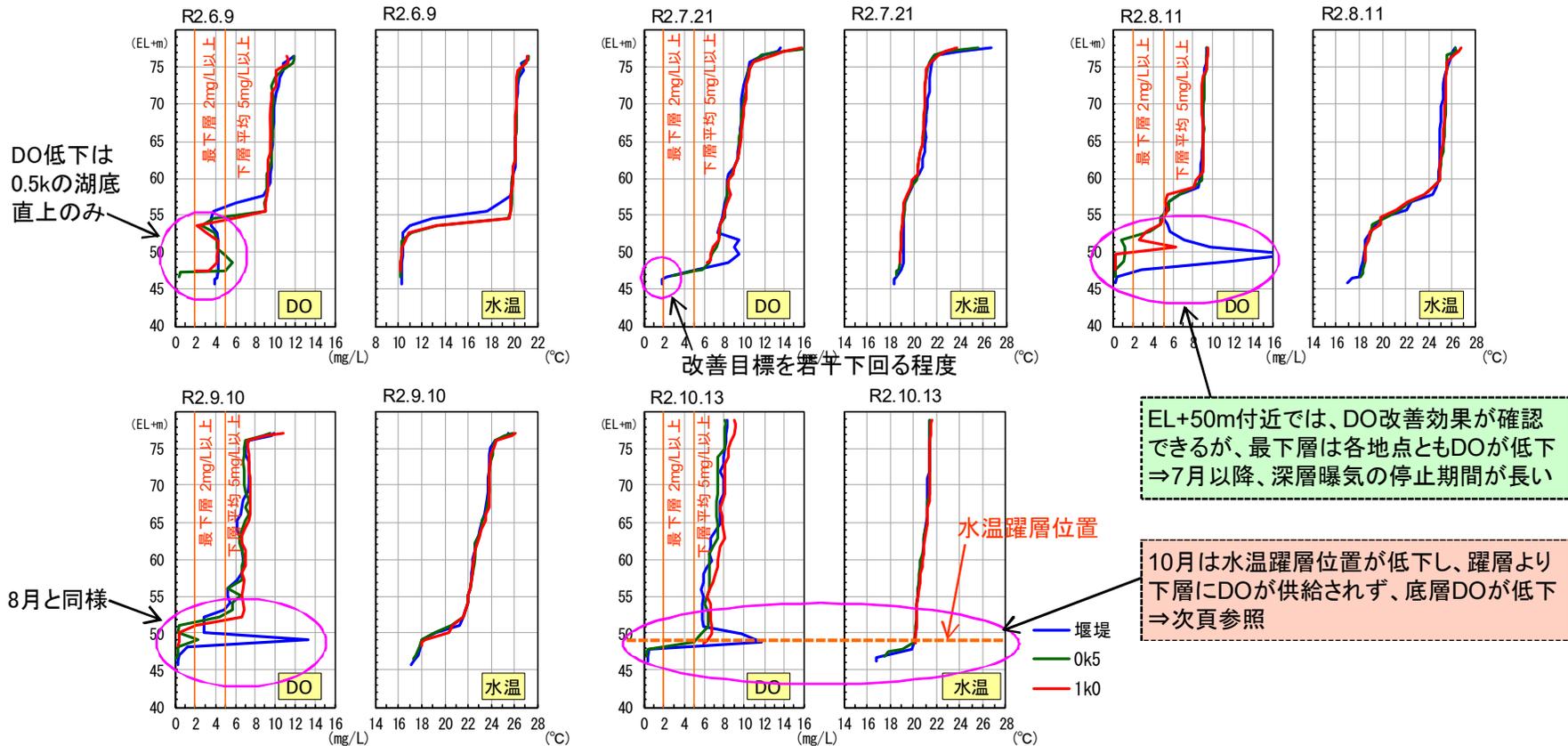
■ 装置運用と貯水池水質の変化(R2, 定期)



DO鉛直分布

- 6月、7月は、一部で改善目標を達成していないが、概ね装置運用の効果が確認できる。
- 8～10月は、EL+50m付近でDO改善効果が確認できるが、各地点とも最下層DOの低下が顕著で、改善目標を達成していない。
- DOの低下は、深層曝気停止の長期化の影響が考えられる。また、10月は深層曝気停止に加え、水温躍層が両装置の吐出標高より低くなったことの影響が考えられる。

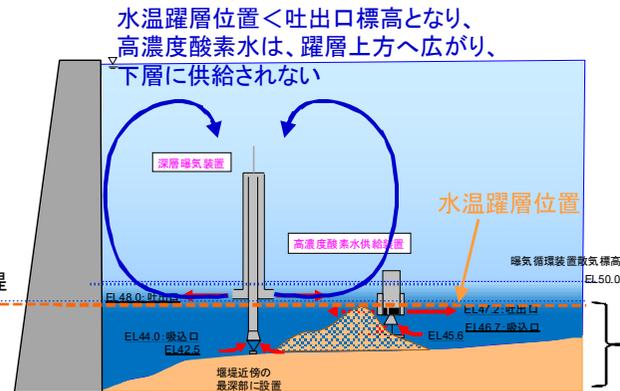
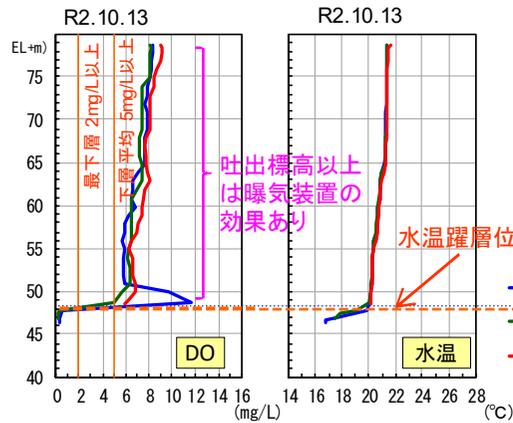
■ DO鉛直分布(R2, 定期)



(参考)水温躍層位置とDO改善の関係

■ R2.10月は、水温躍層位置が曝気装置吐出標高より低い位置に形成されたことにより、底層にDOが供給されず、底層DOが低下したと考えられる。

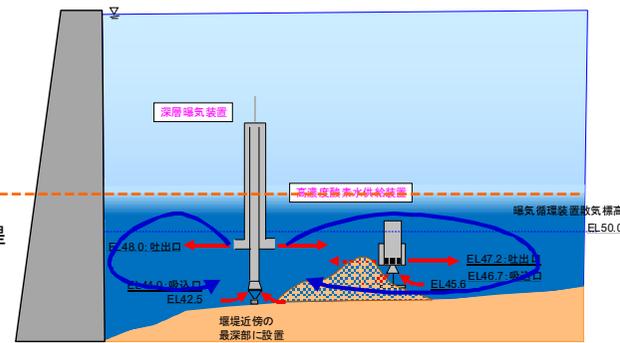
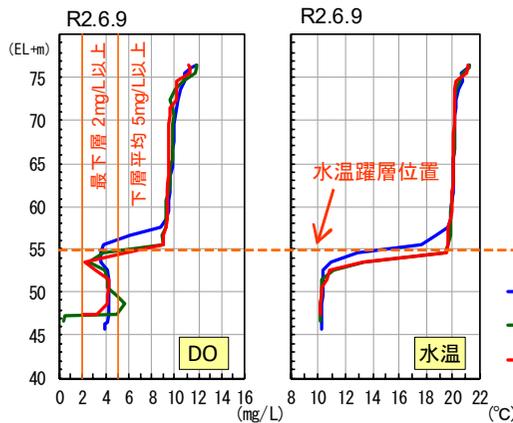
■ DO鉛直分布(R2.10) 躍層位置が吐出口より下



- ① 水温躍層が曝気装置吐出標高より低い位置 (EL+48m付近) に形成される
- ② 高濃度酸素水が躍層の上方に吐出され、躍層より上層にDOが広がる
- ③ 吐出標高以下は酸素の供給も水の循環もなくなりDOが低下する

水温躍層以下は上層と混合しないためDO低下

■ DO鉛直分布(R2.6) 躍層位置が吐出口より上(平均的状況)



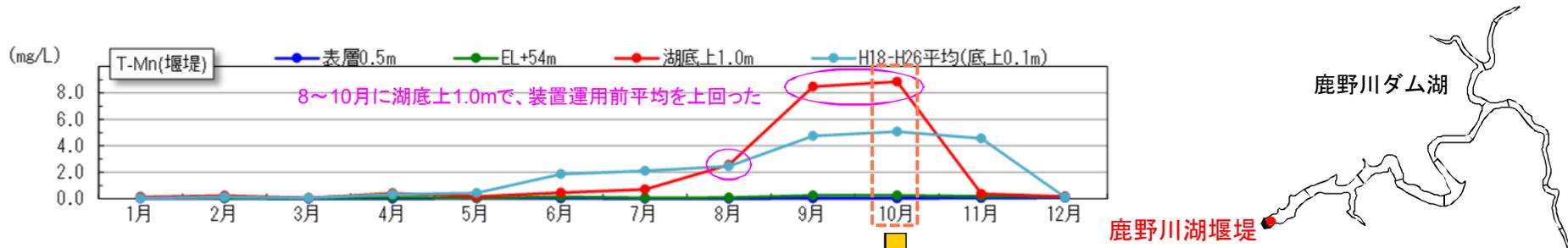
◆ 深層曝気装置、高濃度酸素水供給装置設置のねらい 曝気循環装置の散気標高 (EL+50m以上) より下層のDOを改善できるように深層曝気装置及び高濃度酸素水供給装置を設置している

水温躍層位置 > 吐出口標高となり、高濃度酸素水は、躍層より下方に吐出され、底層のDOが改善される

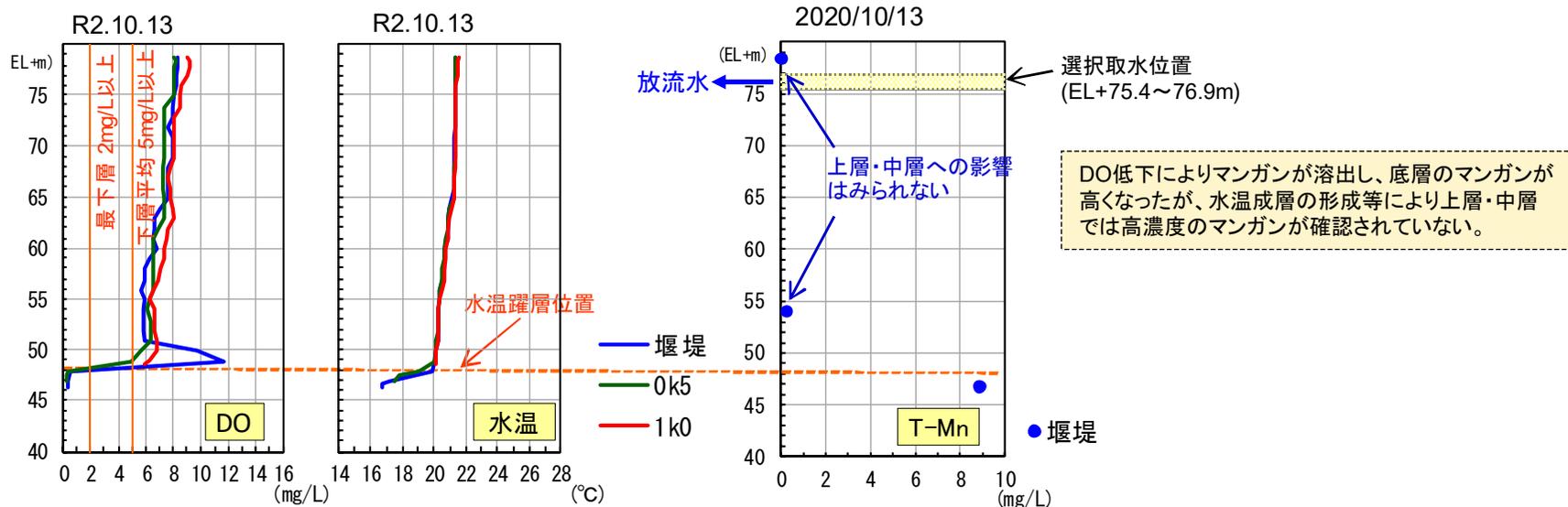
DOとマンガンの鉛直分布(R2.10)

- 底層DOの低下により、底層のマンガンが高くなったが、上層、中層のマンガンは低い状態であり、放流水への影響は生じていない。

■ 層別のマンガンの経月変化



■ DOとマンガンの鉛直分布(R2.10)

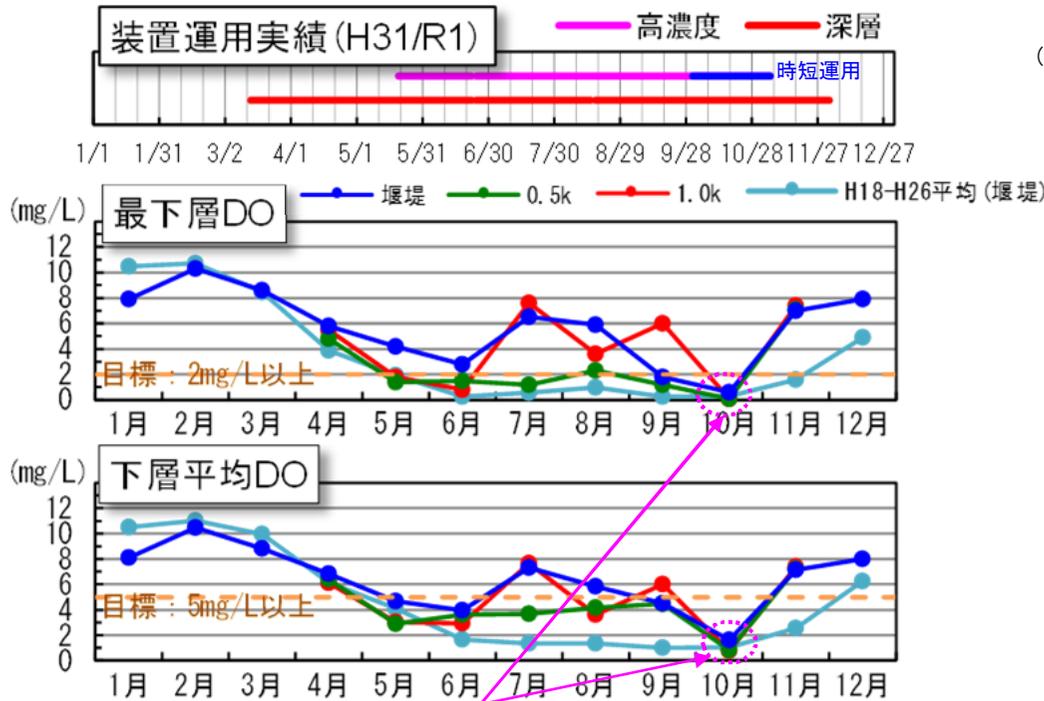


高濃度酸素水供給装置運用方法の検証(10月時短運用)

- 令和元年度(昨年度)モニタリングにおいて、高濃度酸素水供給装置の時短運用時(10月)にDOが低下した。この実績を踏まえ、同装置の時間短縮運用の妥当性を検証した。

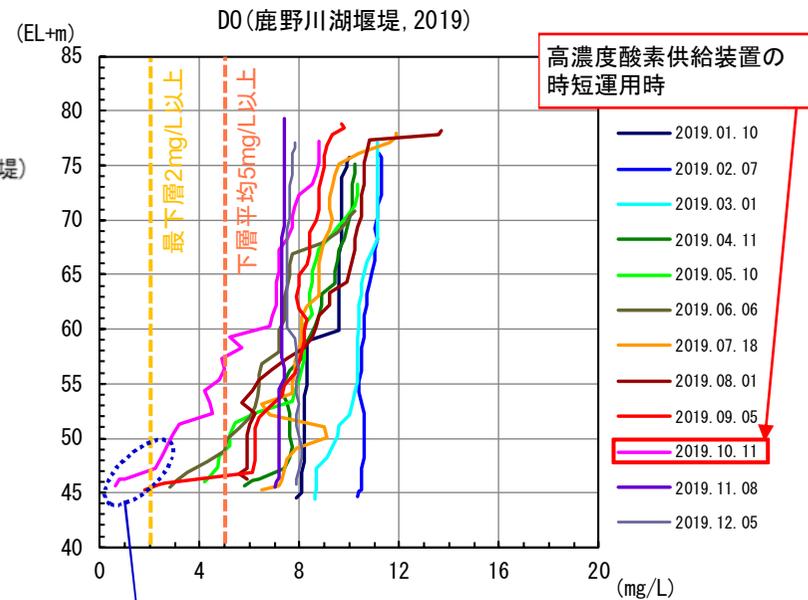
R1年度調査結果

■ 定期水質調査結果(R1)



最下層DO、下層平均DOともに、堰堤～1.0kの範囲で時短運用時に目標を未達成

■ 時短運用期間のDO鉛直分布(R1)



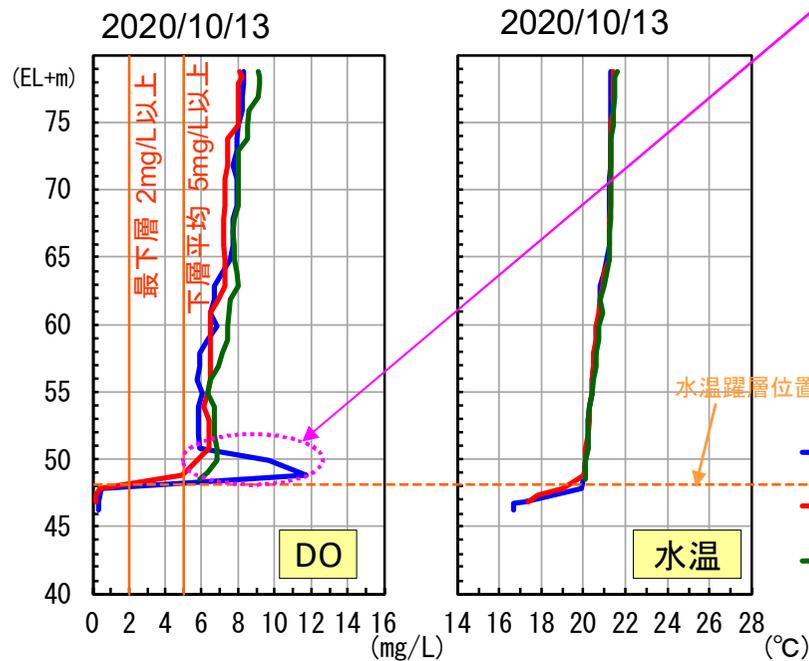
高濃度酸素水供給装置の10月の時短運用時に最下層DOおよび下層平均DO(EL+50m以深)が、目標(最下層2mg/L、下層平均5mg/L)を下回る

高濃度酸素水供給装置の時間短縮運用(10月)の妥当性検証

時間短縮運用(10月)の妥当性の検証

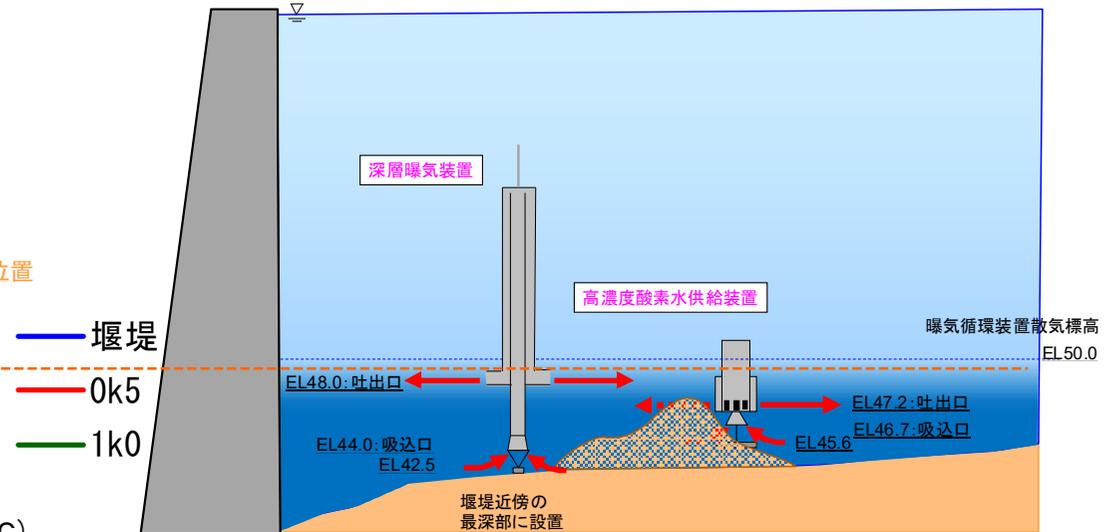
- 令和2年度(今年度)モニタリングにおいても、高濃度酸素水供給装置の時短運用時にDOが低下したが、水温躍層形成位置が低いことによる影響と考えられる。
- 高濃度酸素水供給装置の時短運用時も水温躍層の直上層では高いDOが維持されており、運用時間を短縮してもDO供給量は不足していないと考えられる。
⇒高濃度酸素水供給装置の運用時間(運用ルール)は変更しない。

DO鉛直分布(R2.10)



水温躍層直上は高DOを維持
↓
DO供給量は不足していない
↓
運用時間は変更しない

※R2.10月の底層DOの低下は高濃度酸素水供給装置の時間短縮運用の影響ではなく、水温躍層の形成位置に起因している。運用時間を変更してもDOが改善する可能性が低いと考えられる。



深層曝気装置等の運用による溶出抑制効果のまとめ

【令和2年の状況】

- 6月下旬から7月に出水が継続した後、8月は渇水月となった。7月出水と9月以降の小規模出水により、8月以降は水温躍層が比較的低い位置に形成された。
- 高濃度酸素水供給装置は概ね計画通り運用した。一方、深層曝気装置は、下流への濁水放流防止のため、出水直後は最大20日間程度、運用を停止した。

【深層曝気装置等の効果】

- 6月以降、DO改善目標が未達成の地点があり、8～10月は最下層DOの低下が顕著であった。最下層DOの低下は、出水後の深層曝気装置の運用停止とともに、水温躍層が低い位置に形成されたことが影響していると考えられる。⇒出水後も深層曝気装置の運用は継続する。(現運用計画どおり、濁水抑制は今後の課題)
- 最下層DOの低下に伴い、栄養塩類やマンガンが高くなる傾向があり、マンガンは8月、9月に過去の平均値を超過したが、中層・上層への影響は確認されなかった。
- 高濃度酸素水供給装置の時間短縮運用(10月)は、最下層DOが低下したものの、水温躍層直上では高いDOが確認されており、時間短縮運用によりDO供給量が不足したのではないと考えられる。⇒高濃度酸素水供給装置の運用方法は変更しない。

【今後の対応】

- 現運用計画を基本として、水温躍層低下時の躍層下層へのDOの供給方法及び出水後の濁水抑制対策を検討する。

議題6 トンネル洪水吐および 選択取水設備の運用の影響・効果

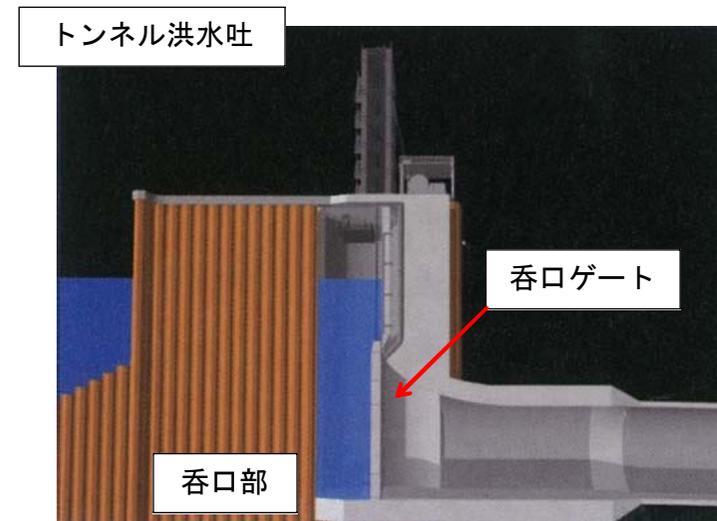
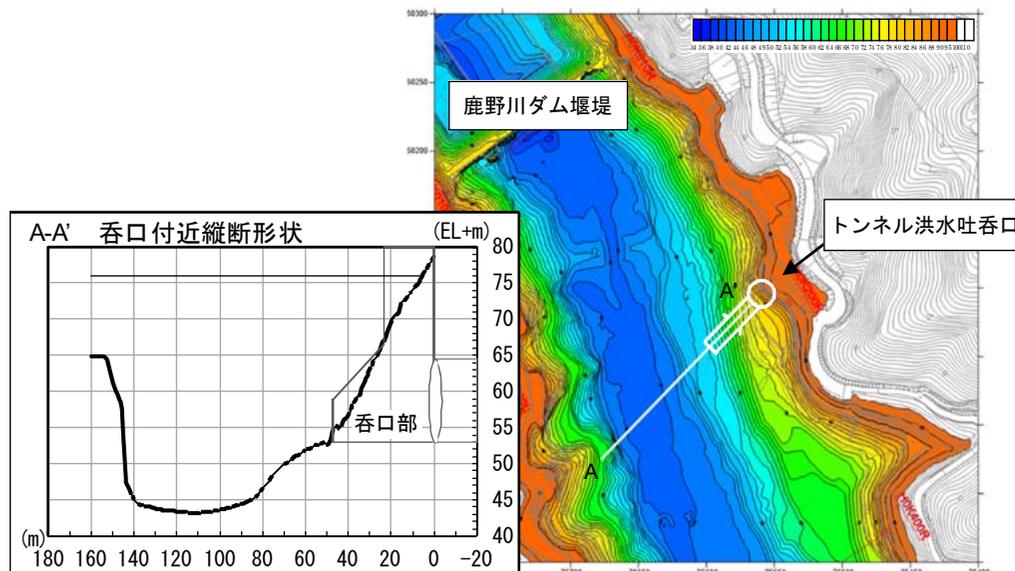
- 1.トンネル洪水吐の概要
- 2.トンネル洪水吐の運用実績
- 3.選択取水設備の概要
- 4.選択取水設備の運用実績
- 5.モニタリング結果
- 6.現状の評価／今後の対応方針

トンネル洪水吐の施設概要

- 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

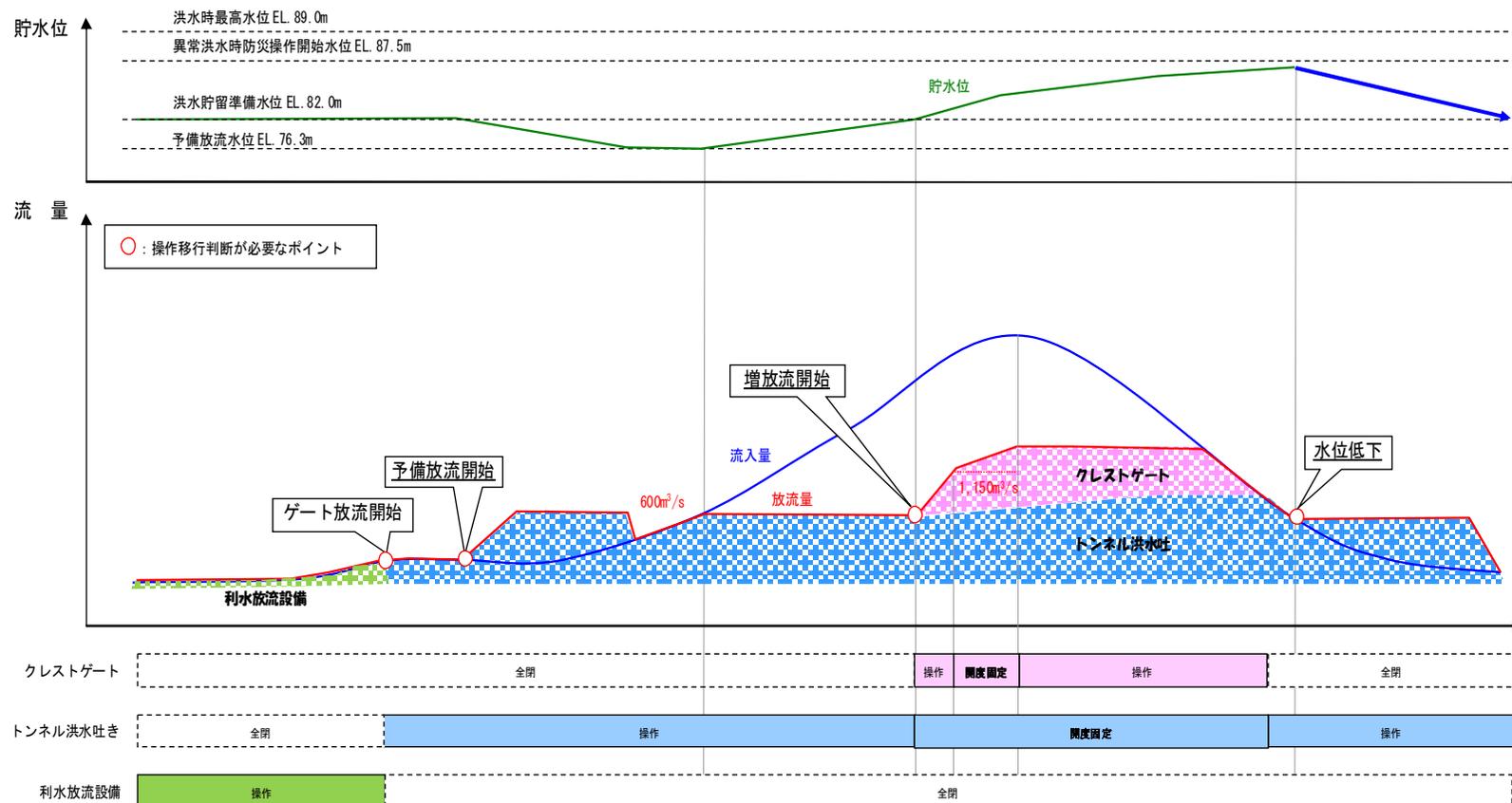
項目	内容	備考
緒元	洪水吐トンネル	直径11.5 m × L 457 m
	呑口 スライドゲート	幅9.0 m × 高19.17 m
	吐口 主：ラジアルゲート 副：スライドゲート	幅4.2 m × 高7.5 m × 2門 幅4.2 m × 高8.133 m × 2門
呑口敷高	EL+53.0 m	トンネル径11.5 m
吐口敷高	EL+47.0 m	
改造後 洪水調節容量	2,390万m ³	改造前：1,650万m ³



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る放流を行い、貯水位がEL+82.0mに到達後、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となる。

■トンネル洪水吐の運用方法

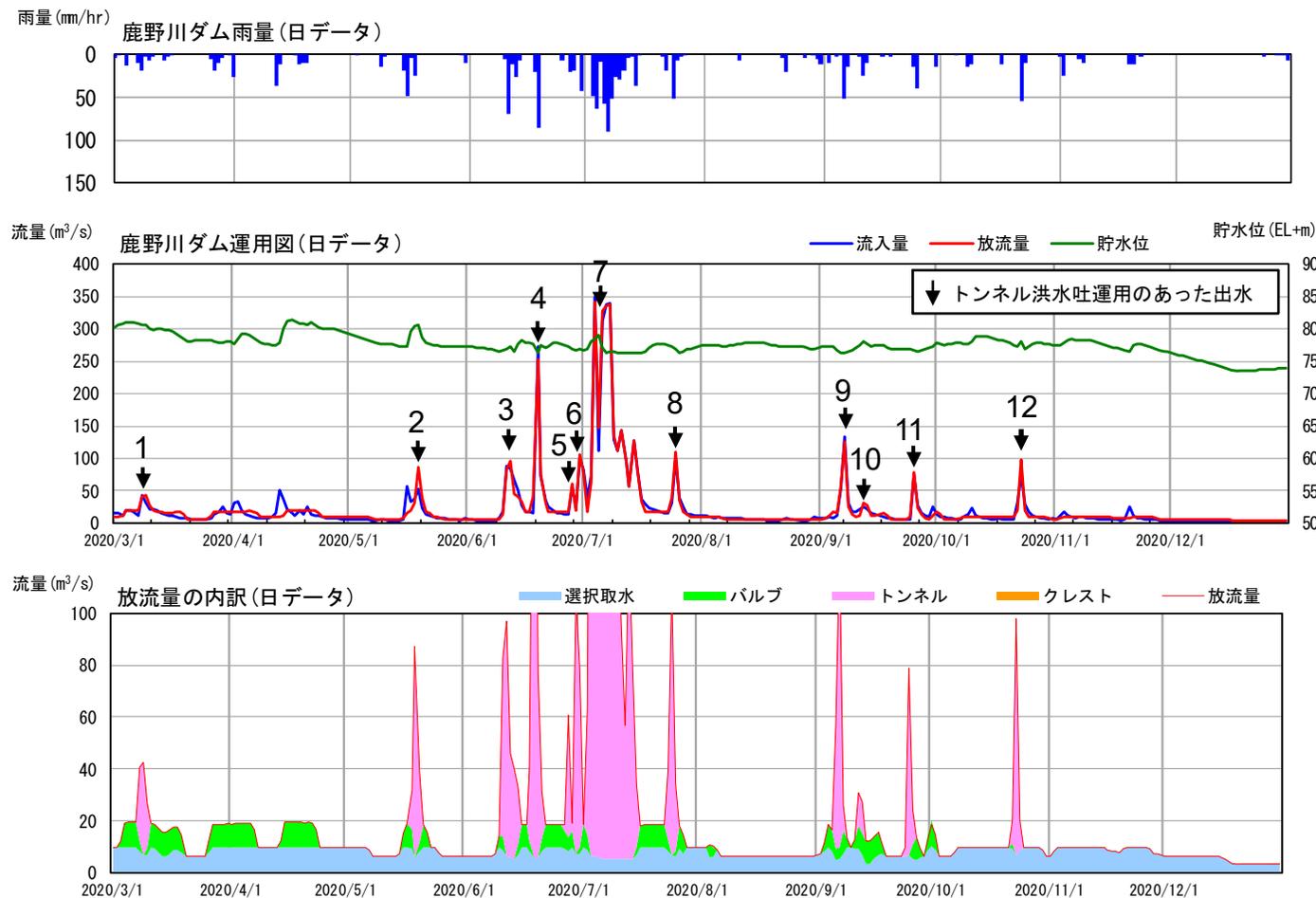


トンネル洪水吐の運用実績(R2)

- 令和2年は、トンネル洪水吐を運用する出水が12回発生した。
- 最も規模が大きい出水は7月出水で最大流入量が884m³/s※であり、第2位は6月出水(603m³/s)であった。その他の出水の最大流入量は100~200m³/s※程度であった。

※1時間間隔(毎正時)の管理記録に基づく流量

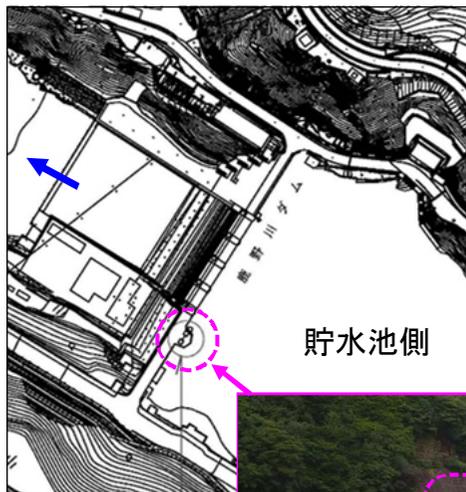
■トンネル洪水吐の運用実績(R2)



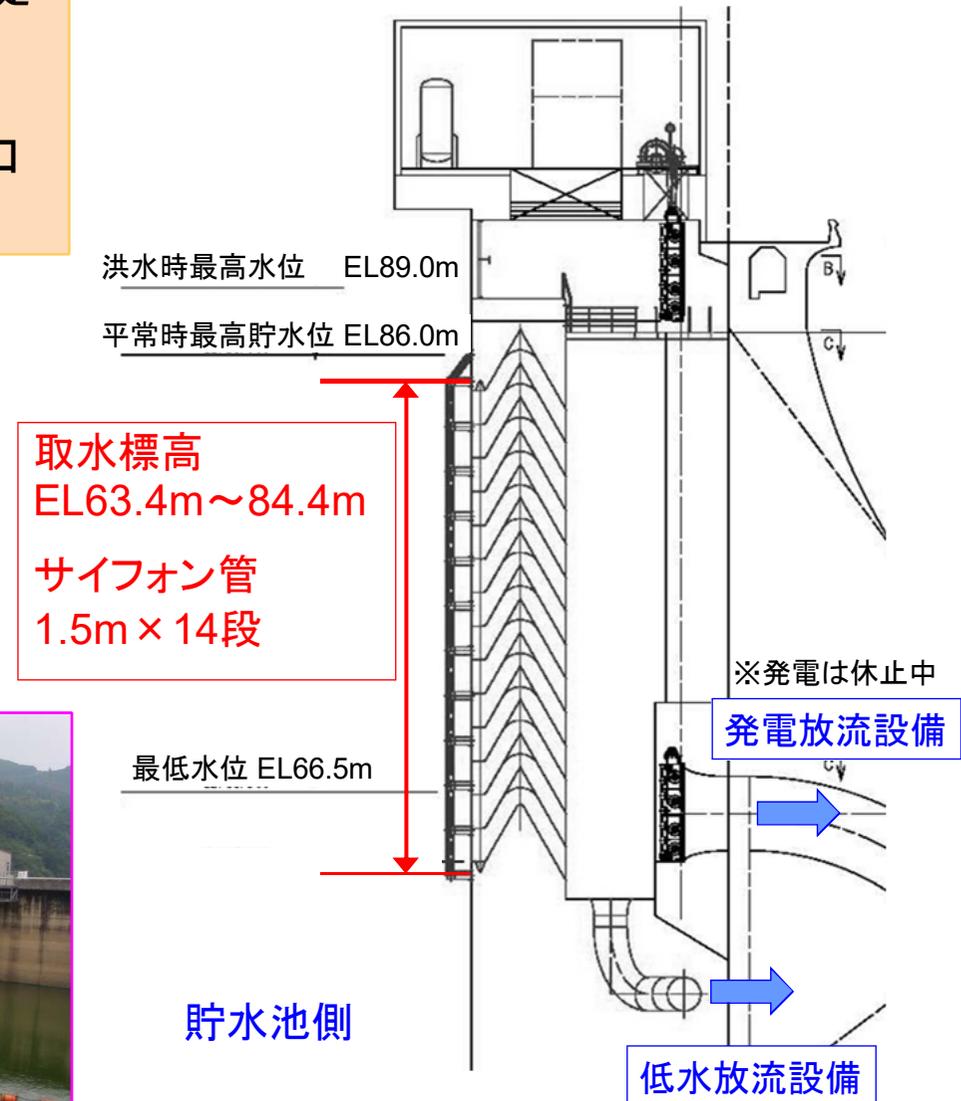
選択取水設備の施設概要

- 「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



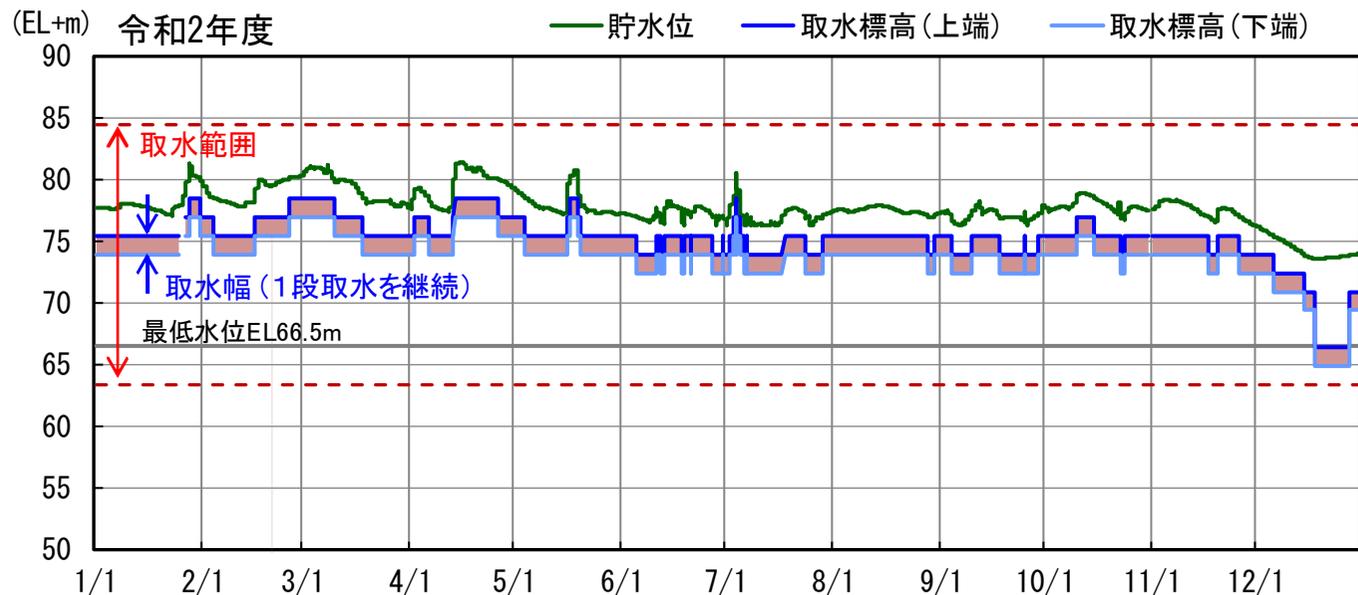
選択取水設備の運用方法、運用実績(R2)

- 運用方法は「表層取水運用」としており、放流量に応じて1～4段で取水する。
- 平成30年7月豪雨後は、肱川発電所の運用が停止されているため、放流能力が概ね10m³/sとなっている。そのため、令和2年は年間を通じて1段取水となった。

■ 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 ³ /s未満、2段:10～20m ³ /s、3段:20～30m ³ /s、4段:30m ³ /s以上

■ 運用実績(R2)

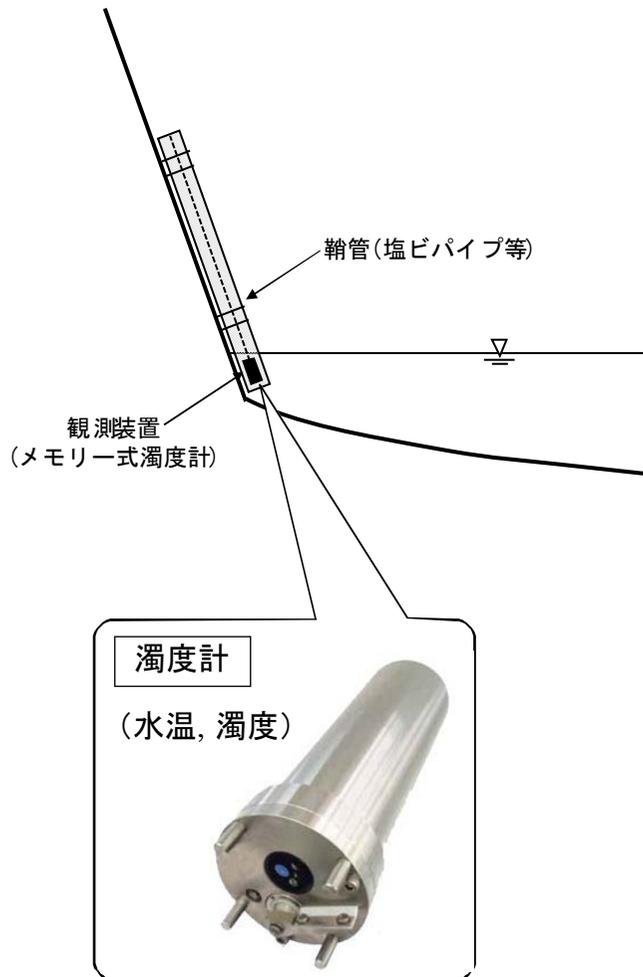


※1月25日16時～1月27日9時は選択取水設備の運用記録が欠測

モニタリングの状況(水温・濁度連続観測)(R2)

■ 貯水池内2地点、流入河川1地点、下流河川3地点において水温・濁度を観測した。

■ 機器設置状況(流入・下流河川)

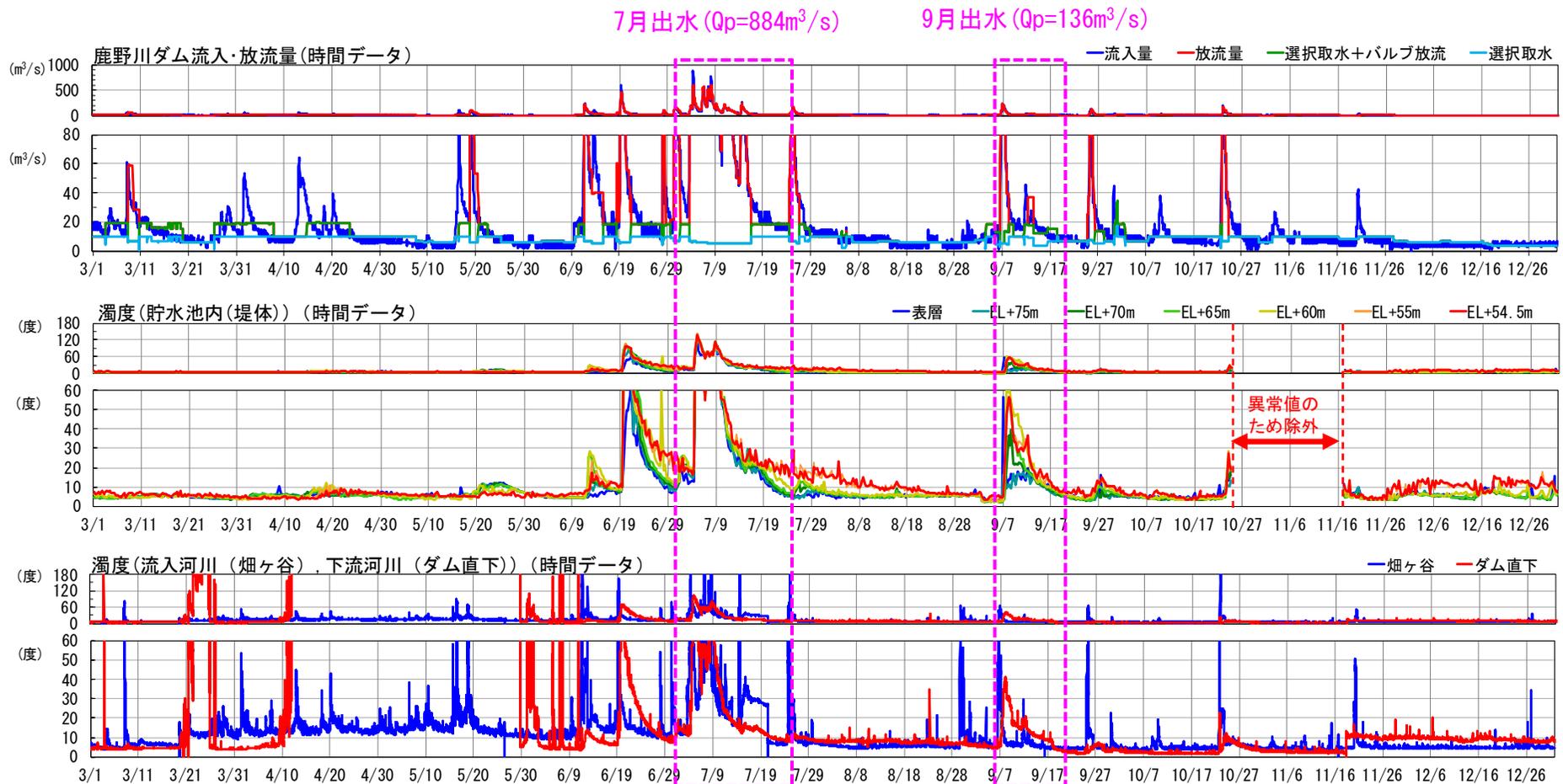


濁度の時間変化(R2)

- 貯水池(堰堤)、下流河川では、6月、7月、9月の出水時に濁度の上昇が確認された。
- 7月出水($Q_p=884\text{m}^3/\text{s}$)では、ゲート放流期間が13日間となり、鹿野川ダム運用開始後で最長となった。

※ Q_p : 1時間間隔(毎正時)のデータに基づく最大流入量

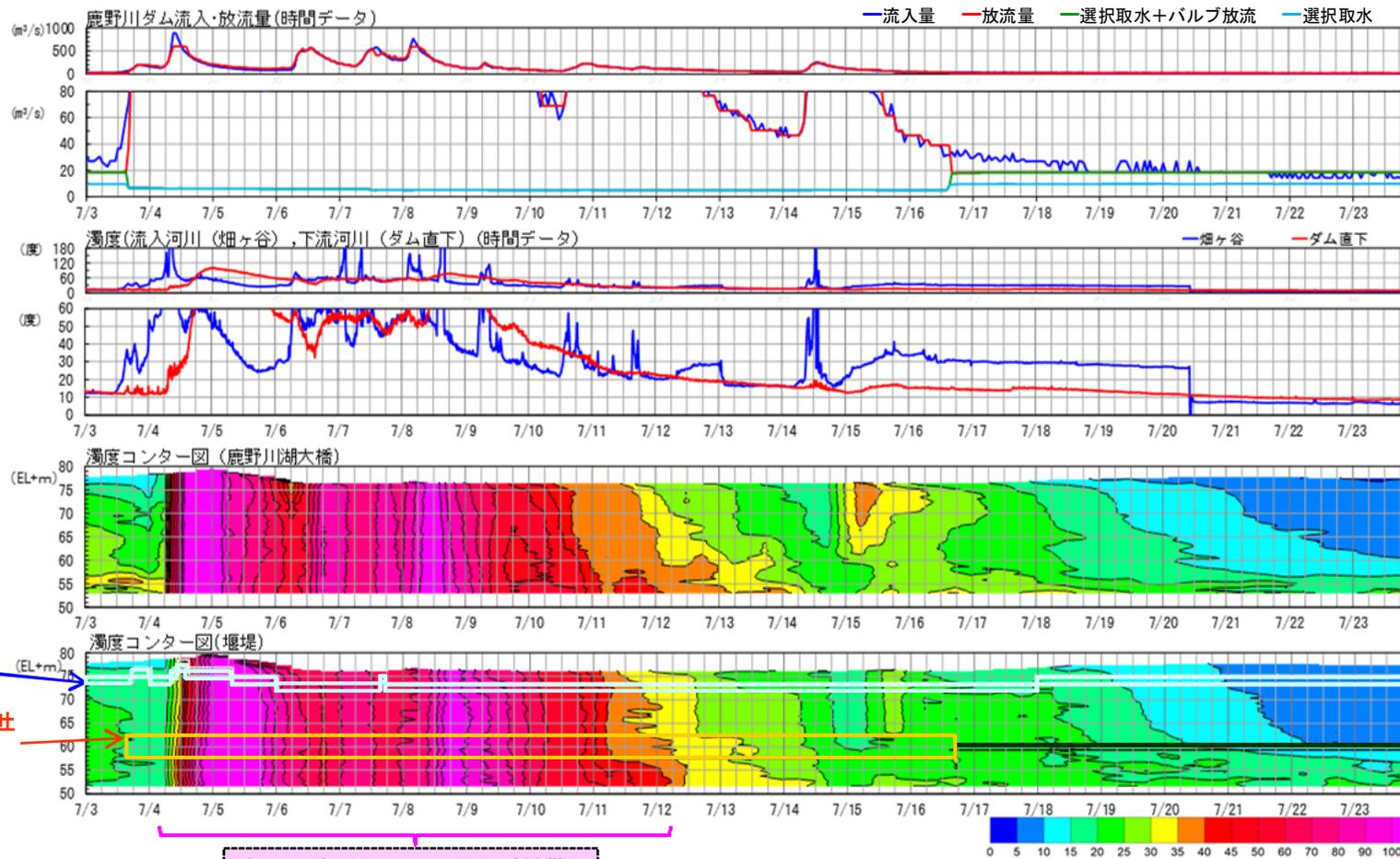
濁度の時間変化



濁度の時間変化(R2.7月出水, $Q_p=884m^3/s$)

- 貯水池内では、表層～底層の全層に濁りが拡散し、ダム直下では、濁度10度以上の日が17日間であった。
- 流入量が $900m^3/s$ 近い出水では、選択取水設備の運用効果が不明瞭となる。

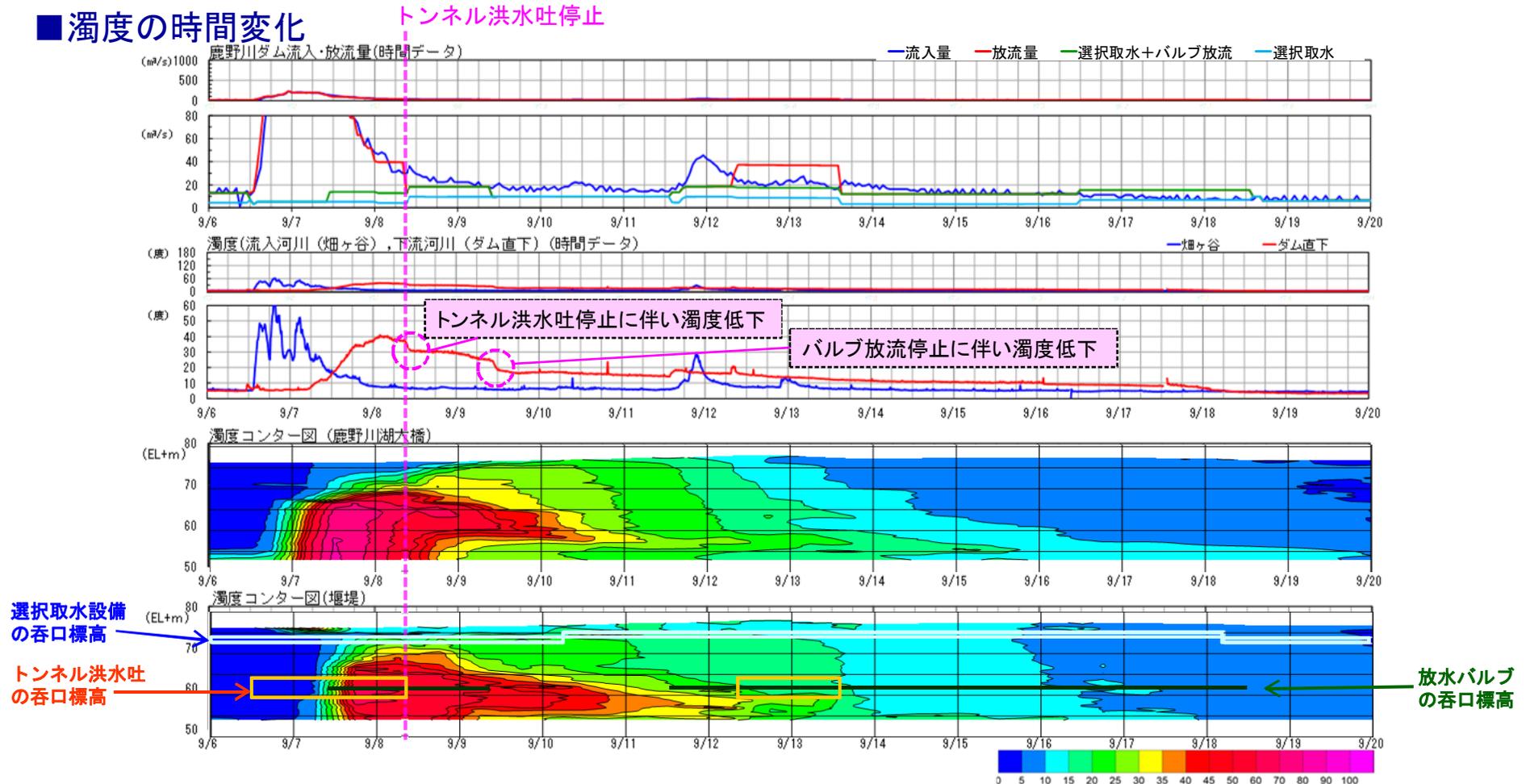
■ 濁度の時間変化



濁度の時間変化(R2.9月出水, $Q_p=136\text{m}^3/\text{s}$)

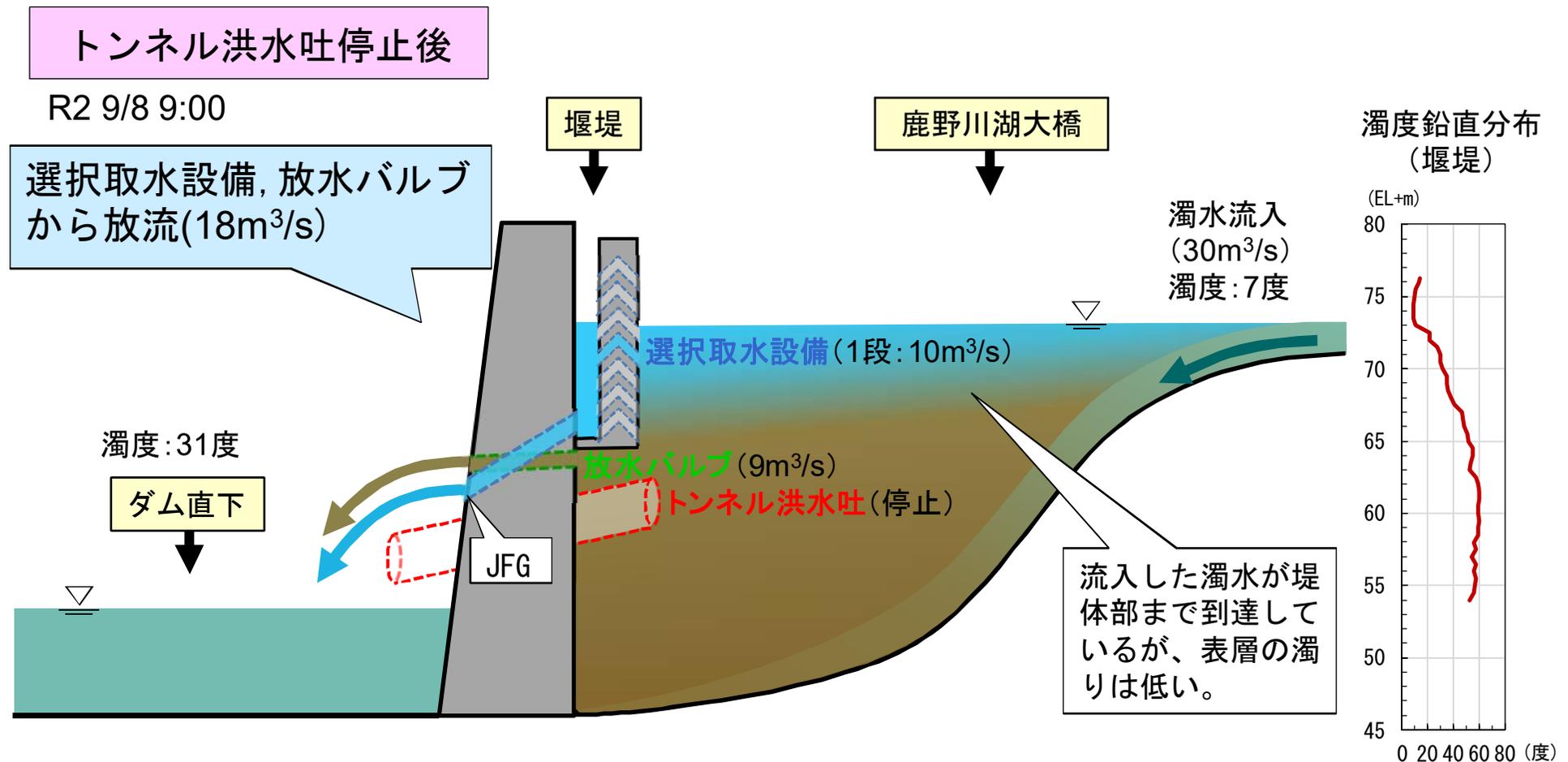
- 貯水池内では、中層～下層で濁水化が明瞭であるが、表層は濁度上昇が顕著でない。
- ダム直下では、トンネル洪水吐の放流停止後と放水バルブ停止後に濁度の低下が確認できる。濁度10度以上の放流日数は10日間であった。
- 流入量が $200\text{m}^3/\text{s}$ 以下の小規模出水では、選択取水設備の運用効果が確認できる。

■ 濁度の時間変化



貯水池及び下流河川の水質イメージ(R2.9月出水, $Q_p=136\text{m}^3/\text{s}$)

- トンネル洪水吐運用後は、ジェットフローゲート(JFG)と放水バルブから放流した。
- ジェットフローゲート(JFG)は選択取水設備を利用して表層の濁りの低い水を放流したが、放水バルブは中層のやや濁りの高い水を放流した。

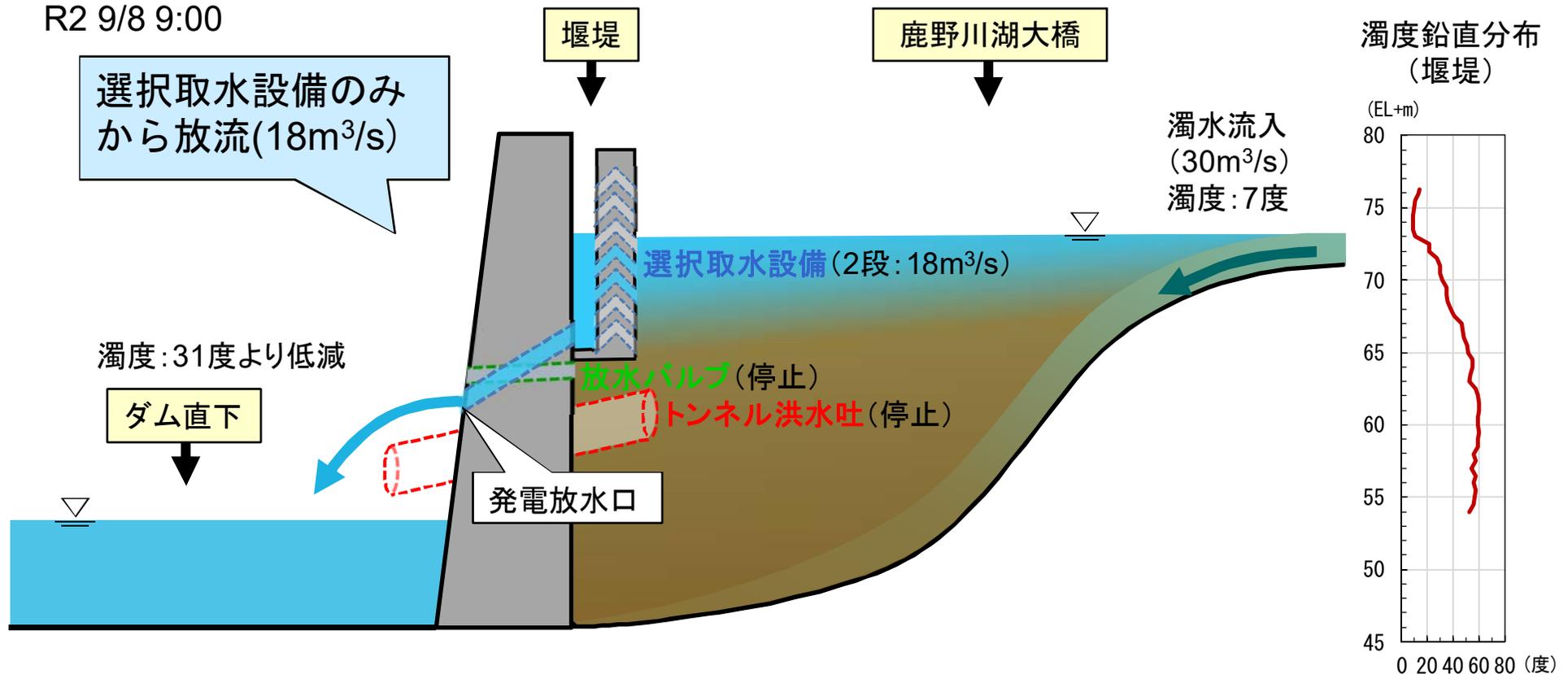


貯水池及び下流河川の水質イメージ(R2.9月出水, $Q_p=136\text{m}^3/\text{s}$) (発電設備が復旧し、選択取水設備の本来の運用が可能となった場合)

- 発電設備復旧後は、選択取水設備を利用して表層の濁りの低い水を取水し、全放流量を発電放水口から放流できる。⇒放流水の濁りのさらなる低下が期待できる。

トンネル洪水吐停止後（発電設備が復旧した場合）

R2 9/8 9:00



トンネル洪水吐および選択取水設備の運用効果のまとめ

【トンネル洪水吐・選択取水設備運用の影響評価】

- 大規模出水(R2.7月出水)では、貯水池全体に濁水が拡散するため、選択取水設備の運用効果が不明瞭となる。ダム直下の濁度10度以上の日数は17日間であった。
- 小規模出水(R2.9月出水)では、貯水池表層付近では中・下層と比較して濁度が低いため、選択取水設備の運用により、ダム直下の濁度が低下するのを確認できる。ダム直下の濁度10度以上の日数は10日間であった。

【今後の対応】

- トンネル洪水吐及び選択取水設備の運用による影響と効果を把握するため、モニタリングを継続し、より効果的な運用方法を検討する。
- 両設備の影響・効果を検証し、運用方法検討の基礎となる下流河川の水質指標・基準を検討する。

議題7 令和3年度 モニタリング計画

1. 定期水質調査、水温連続観測
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、水温連続観測

モニタリング計画(令和3年度、定期水質調査、水温連続観測)

- 水質改善装置の効果検証のために増強している、①マンガン・鉄の採水分析、②底質・底生動物の分析、③堰堤直上での底上5mの採水分析、④0.5k・1.0kにおけるDO等の観測と、⑤1.4k・4.2kにおける水温連続観測を今年度と同様に実施する。

■モニタリング計画(令和3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	水質自動観測地点		水温連続観測地点		
		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	鹿野川湖堰堤	鹿野川湖大橋	1.4k	4.2k
		上層	中層	底上5m	下層	上層	中層	下層	上層	中層	下層		6層	6層	6層	6層			
計器観測	水温	○(多層)				○(多層)			○(多層)			○(多層)	○(多層)	○(多層)	○(多層)	○(多層)	○(多層)	○(多層)	○(多層)
	濁度	○(多層)				○(多層)			○(多層)			—	—	—	○(多層)	○(多層)	—	—	—
	DO	○(多層)				○(多層)			○(多層)			○(多層)	○(多層)	—	○(多層)	○(多層)	—	—	—
	導電率	○(多層)				○(多層)			○(多層)			—	—	—	—	—	—	—	—
	pH	○(多層)				○(多層)			○(多層)			—	—	—	○(多層)	○(多層)	—	—	—
	EC	—				—			—			—	—	—	○(多層)	○(多層)	—	—	—
	chl-a	—				—			—			—	—	—	○(多層)	○(多層)	—	—	—
採水分析	生活項目	○	○	—	○	△	△	△	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—
	栄養塩類	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	○	○(下層)	○(下層)	—	—	—	—	—
	chl-a	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—
	濁度	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—
	マンガン、鉄	○	—	○	○	—	—	○	—	—	—	—	○(下層)	○(下層)	—	—	—	—	—
底質・底生動物(底泥表層)		○				—			○			—	—	○	—	—	—	—	

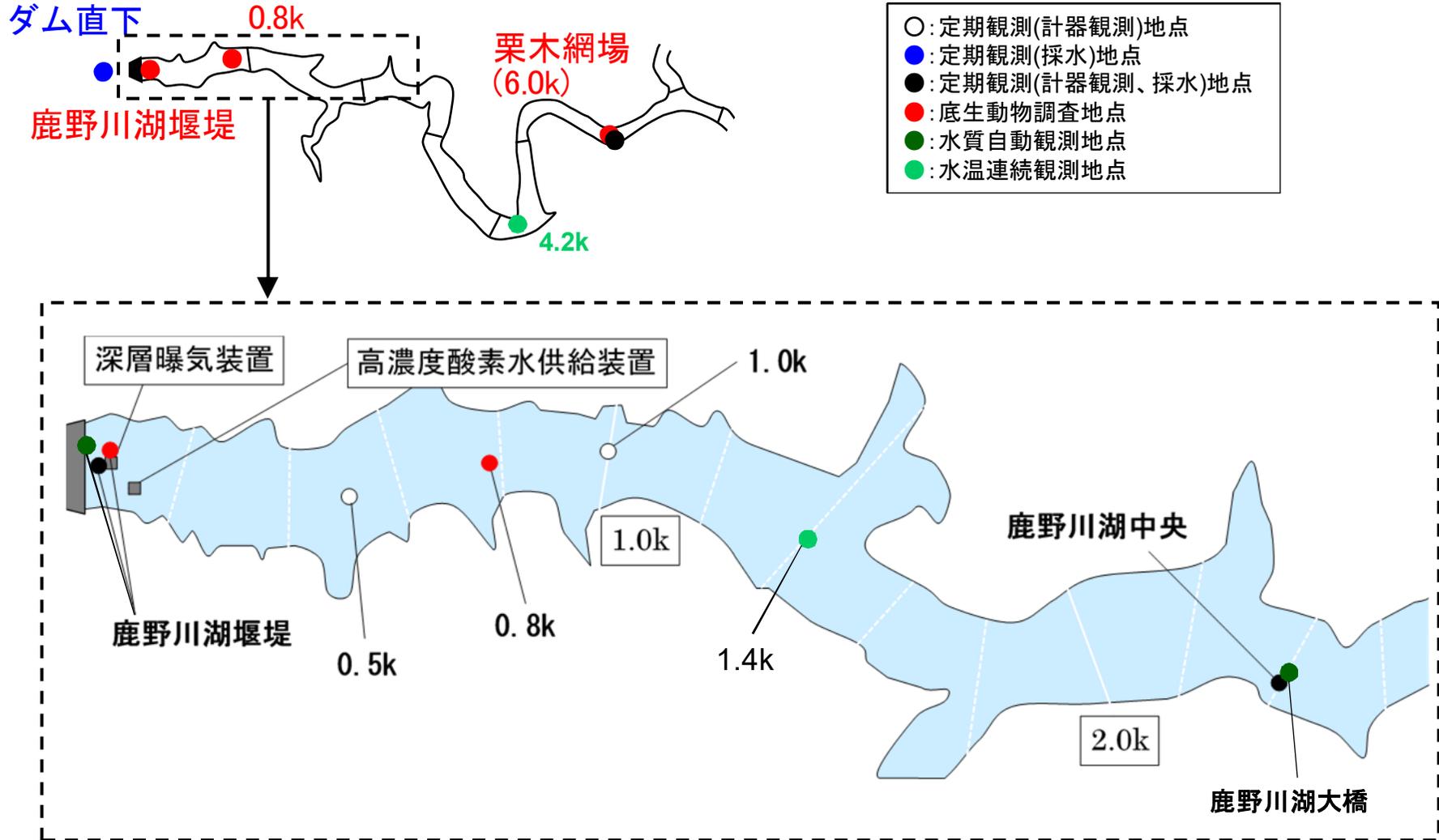
※上層:水深0.5m, 中層:1/2水深, 下層:底上1m ※△:大腸菌群数なし ※一般項目 水温, 濁度
 ※マンガンは総マンガン・溶解性マンガン ※鉄は総鉄・溶解性鉄
 ※生活項目 DO, pH, BOD, COD, SS, 大腸菌群数 ※栄養塩類 T-N, T-P, NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, PO₄-P
 ※硫化物イオンは既往調査で非検出が継続していたため除外

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
- ⑤1.4k, 4.2kにおける水温連続観測

モニタリング位置(令和3年度、定期水質調査、水温連続観測)

■調査地点位置図



モニタリング計画(令和3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、流入河川1地点、下流河川3地点において実施する。
- 貯水池内は、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

