

第11回鹿野川ダム水質検討会

アオコ発生抑制

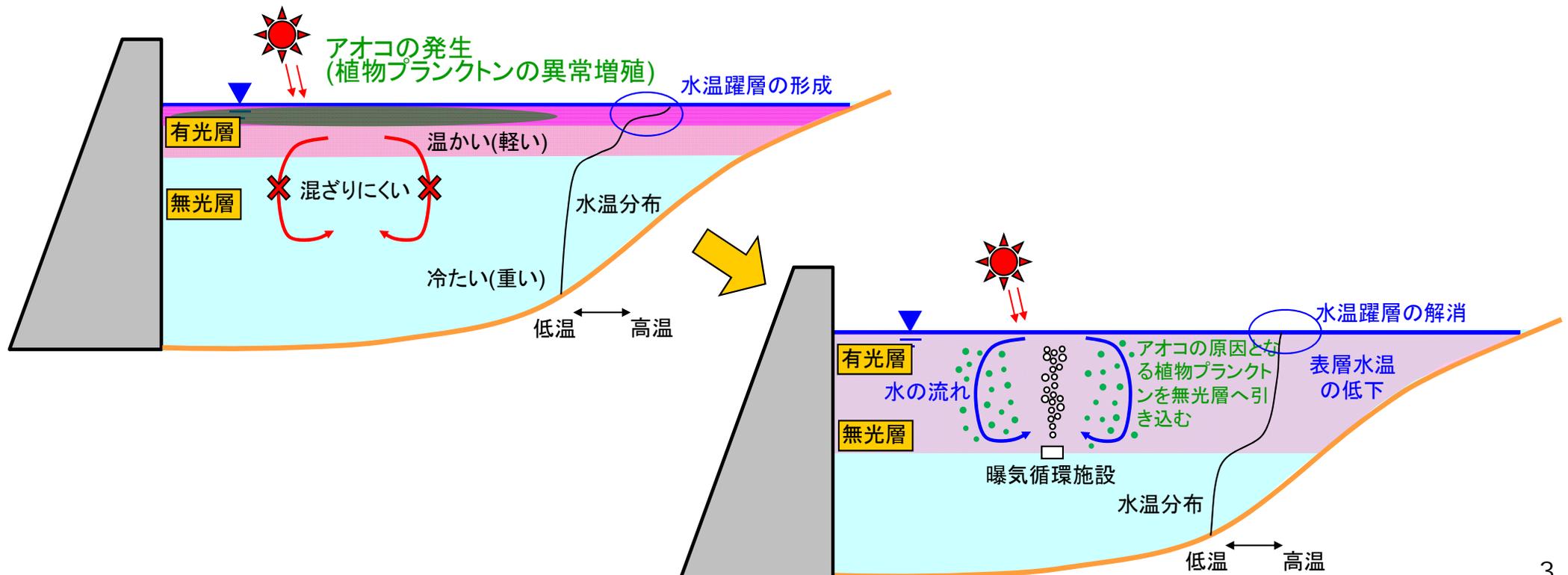
1. 曝気循環装置の概要
2. 平成27年の概況
3. 曝気循環装置の効果
4. アオコ発生抑制のまとめ



1. 曝気循環装置の概要

曝気循環装置によりアオコ発生を抑制する原理

- 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。



アオコの発生を抑制する目標

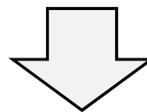
- 目標：一年を通じて、アオコの発生を抑制し、景観障害、アオコ死滅に伴う腐敗臭の発生を防止する。

- 目標値：植物プランクトンの量※に関する指標

クロロフィルa の年最大値 25 μ g/L以下

※藍藻類(アオコの原因種)、珪藻類、緑藻類等の全体量

クロロフィルaは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

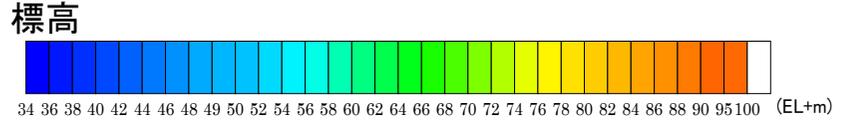
⇒春から秋にかけての貯水池浅層部水温差の解消

- 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。

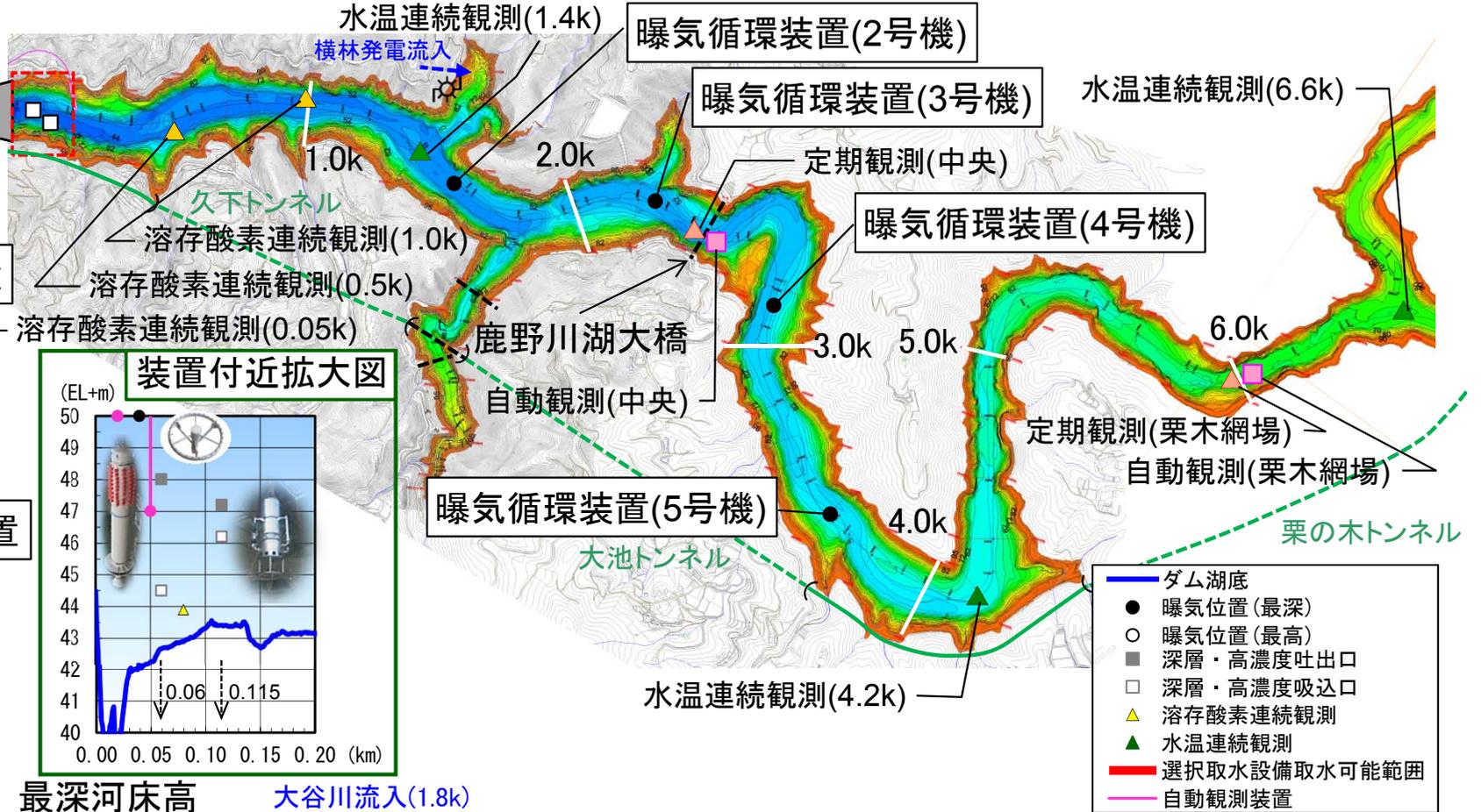
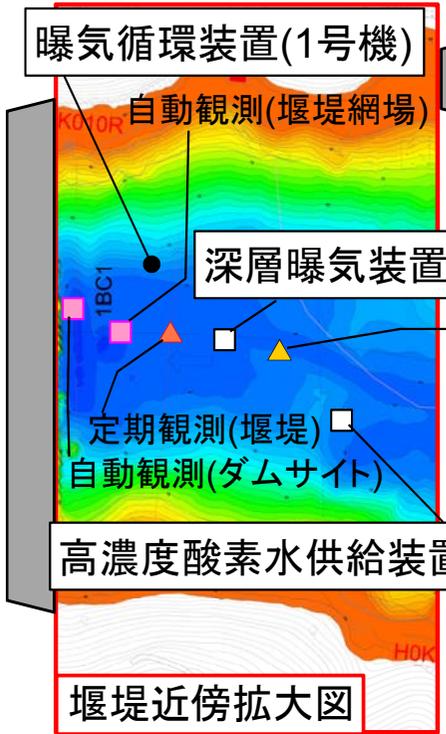
※水深0.1m地点と2.0m地点の水温差

1. 曝気循環装置の概要

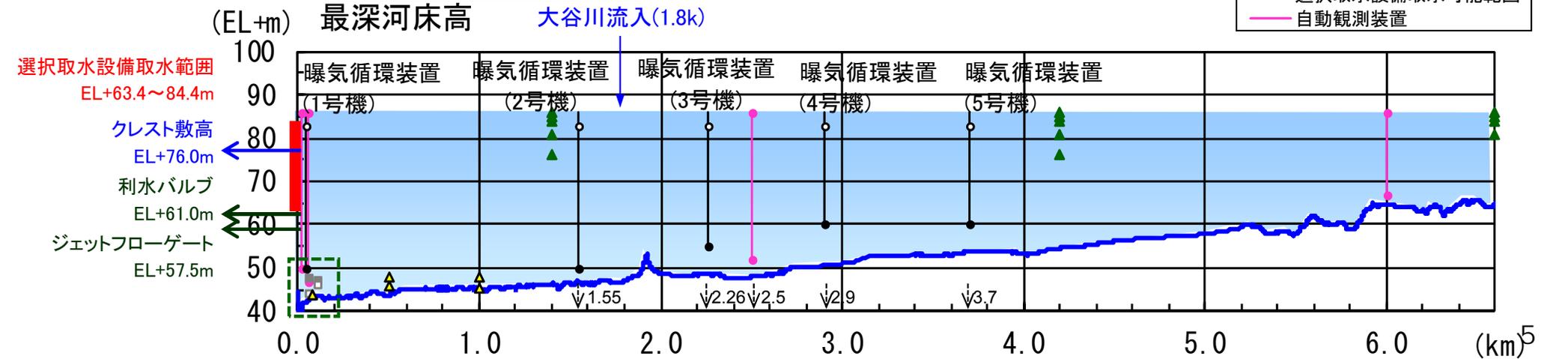
装置設置状況(縦断平面図)



装置平面位置図



装置縦断位置図



- ダム湖底
- 曝気位置(最深)
- 曝気位置(最高)
- 深層・高濃度吐出口
- 深層・高濃度吸込口
- ▲ 溶存酸素連続観測
- ▲ 水温連続観測
- 選択取水設備取水可能範囲
- 自動観測装置

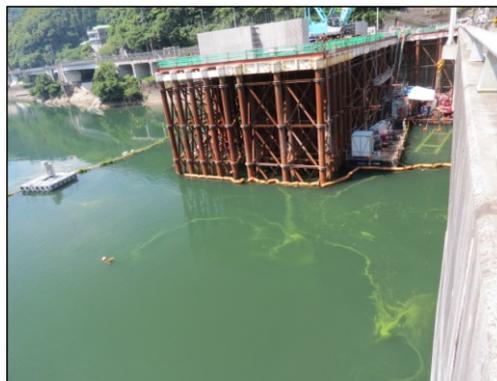
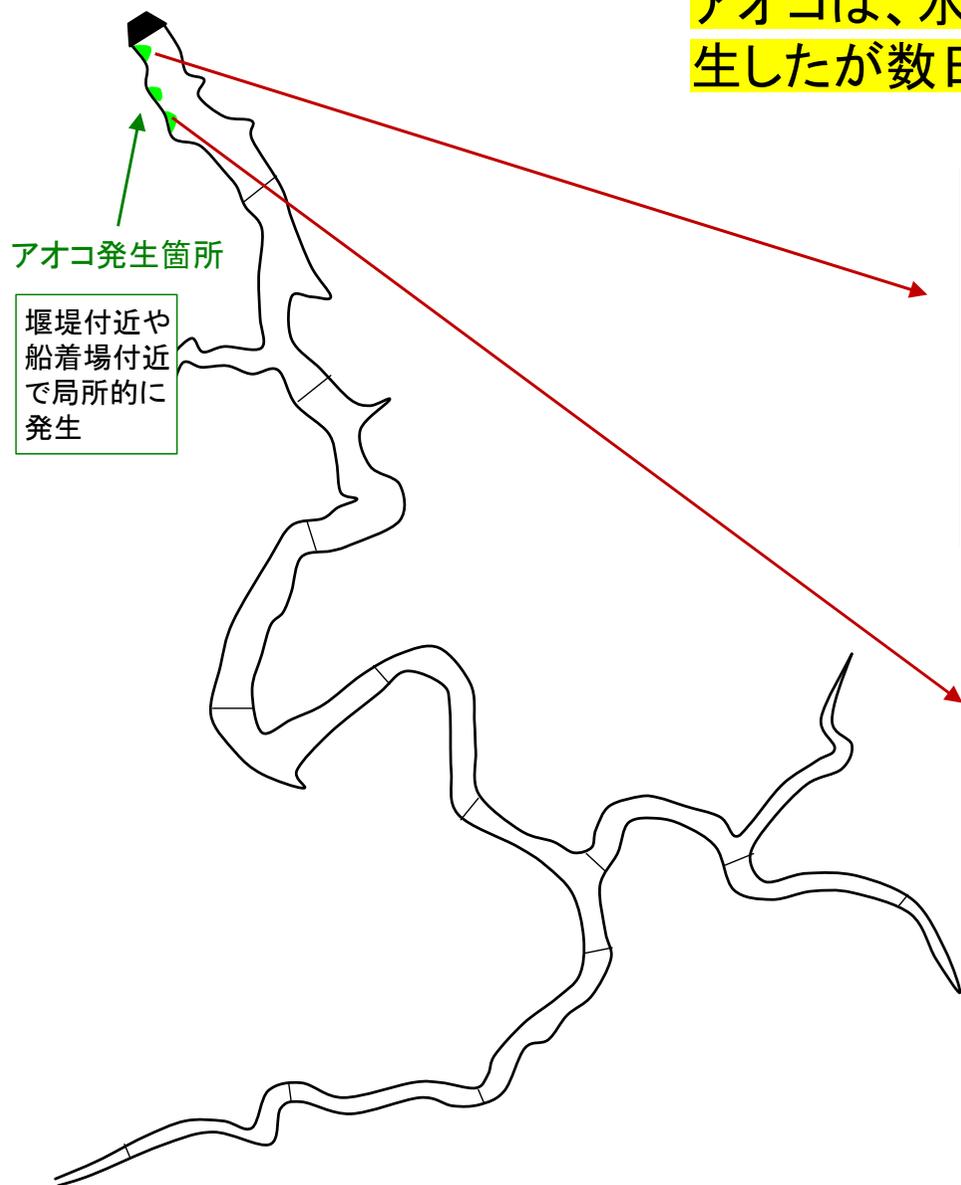


2. 平成27年の概況

アオコ発生時の状況

■アオコ発生状況(H27.5.27)

平成27年は年間を通してアオコがほとんど発生しなかった。
アオコは、水が滞留しやすいダム湖の岸付近にわずかに発生したが数日後に消滅した。



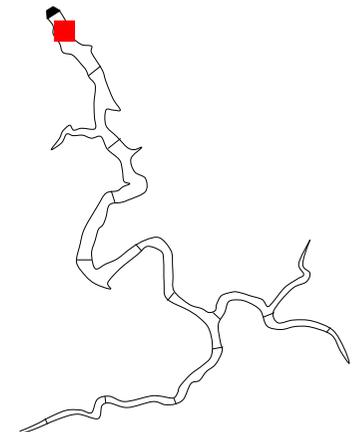
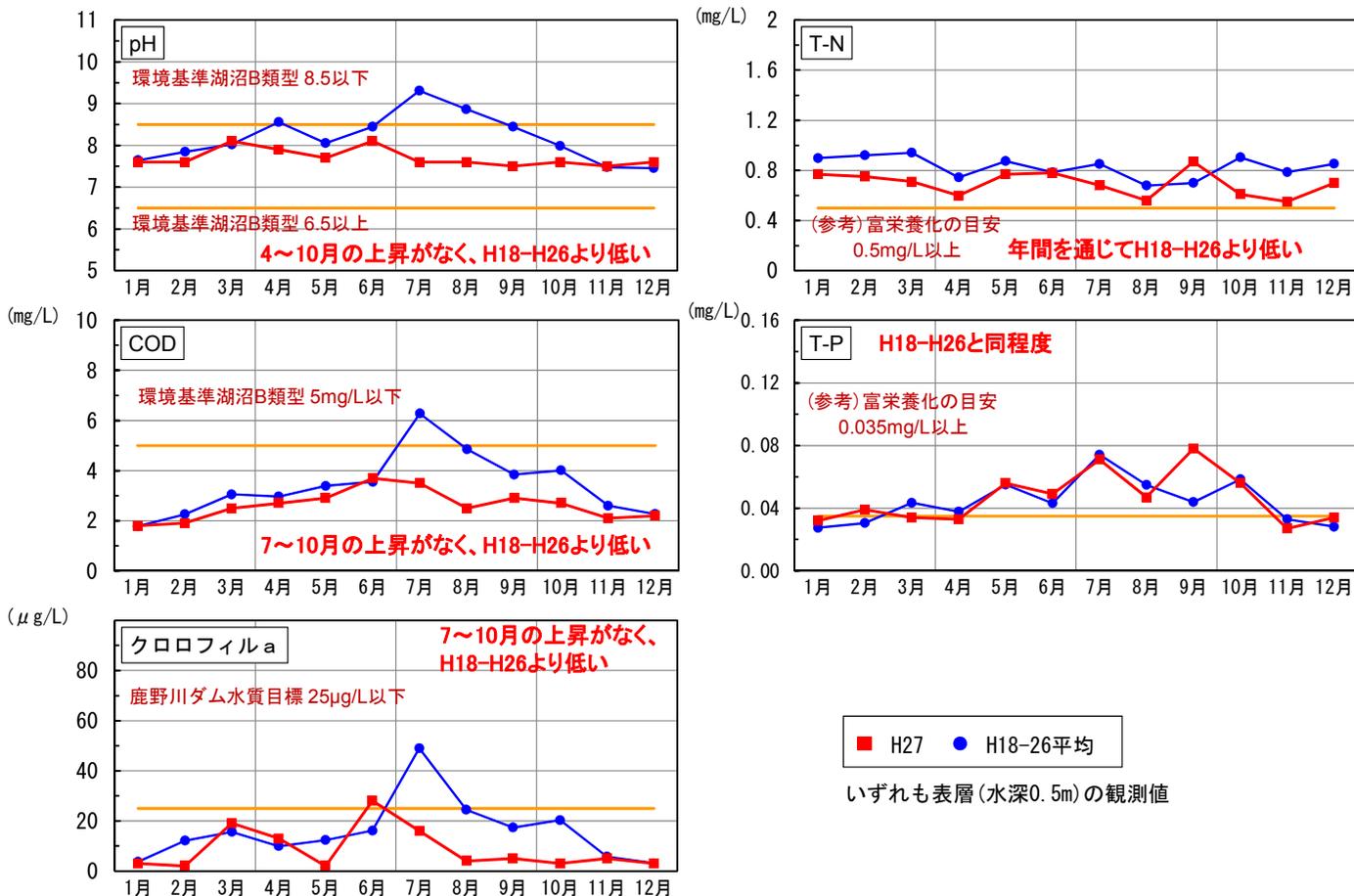
2. 平成27年の概況

ダム貯水池の水質(定期水質調査結果)

- pHは、H18～H26平均にみられる4月～10月の上昇がなく、H18～H26平均より低い。
- COD、クロロフィルaは、H18～H26平均にみられる7月～10月の上昇がなく、H18～H26平均より低い。
- T-NはH18～H26平均より若干低く、T-PはH18～H26平均と概ね同様である。

■ 鹿野川ダム貯水池(堰堤)の水質(H27、定期水質調査結果)

鹿野川湖堰堤(表層)

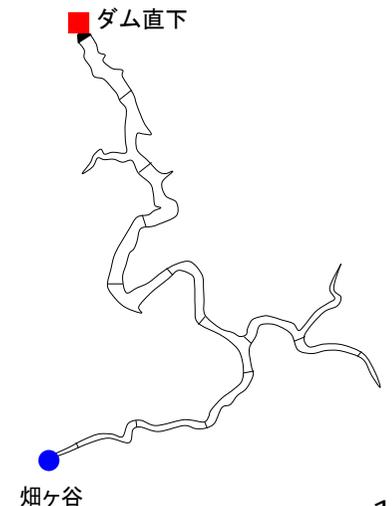
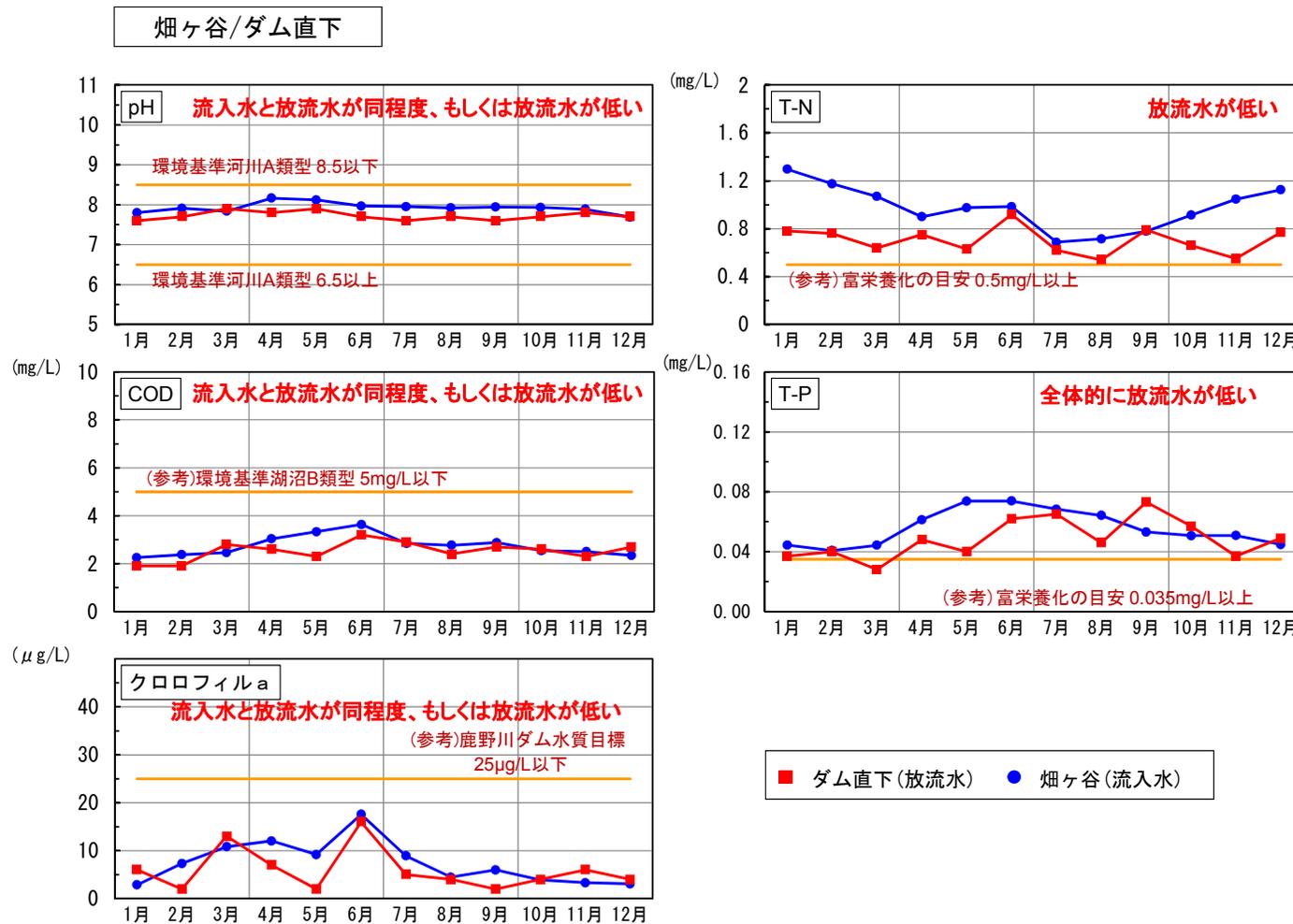


2. 平成27年の概況

流入・放流水の水質(定期水質調査結果)

- pH、COD、クロロフィルaは、流入水と放流水が同程度、もしくは放流水が低い。
- T-Nは、6月～9月は流入水と放流水が同程度であり、その他期間は放流水が流入水より低い。
- T-Pは、全体的に放流水が流入水より低い。

■ 畑ヶ谷(流入水)、ダム直下(放流水)の水質(H27、定期水質調査結果)





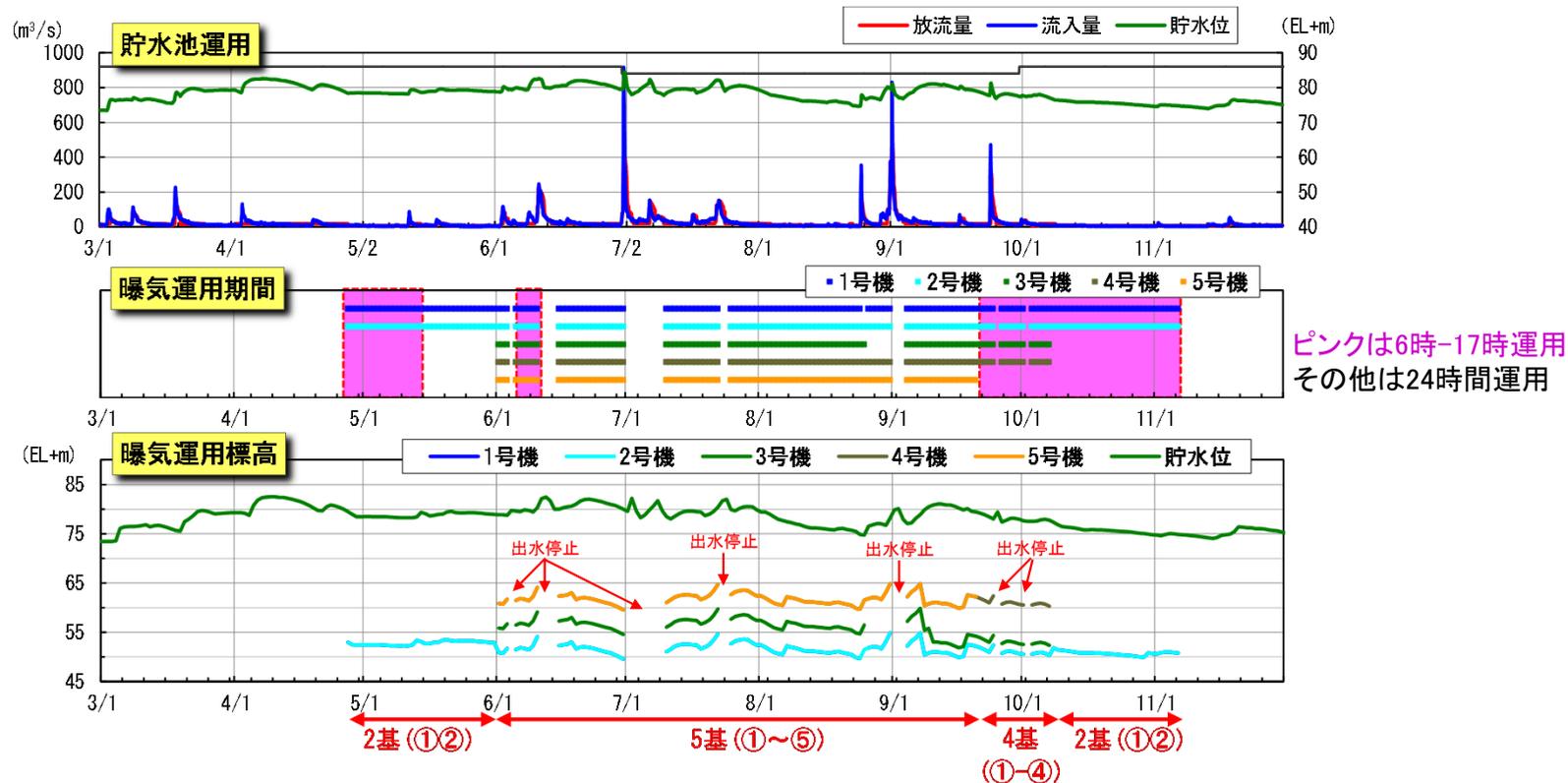
3. 曝気循環装置の効果

3. 曝気循環装置の効果

平成27年の曝気循環装置の運用実績

- 今年度は、気温が15°Cを超えたため、4/26に曝気循環装置の運用を開始した。5/14までは6時-17時の短縮運用を行い、5/15にアオコが局所的であるが確認されたため24時間運用に切り替えた。
- 6/1～9/20は5基運用を行い、9/21からは4基運用、10/8からは2基運用を行い、11/6に運用を停止した。
- 6/5～6/10は流入量が10m³/sを超えたため、9/21以降は流入量が10m³/sを超えたため、6時-17時運用を行った。

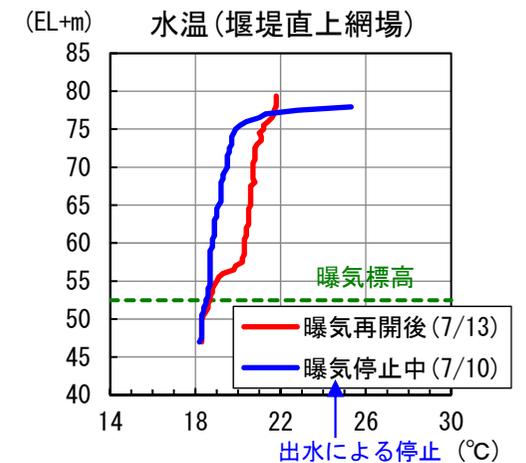
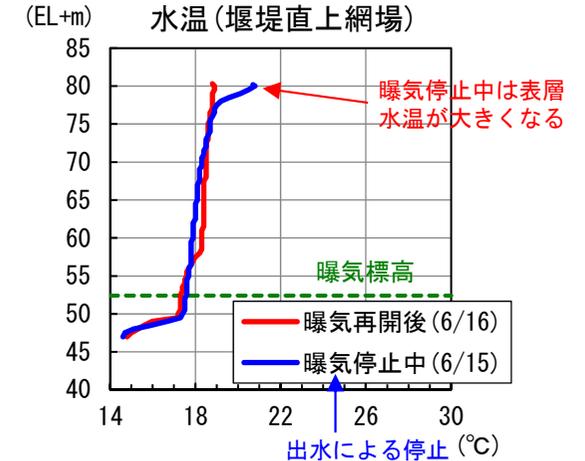
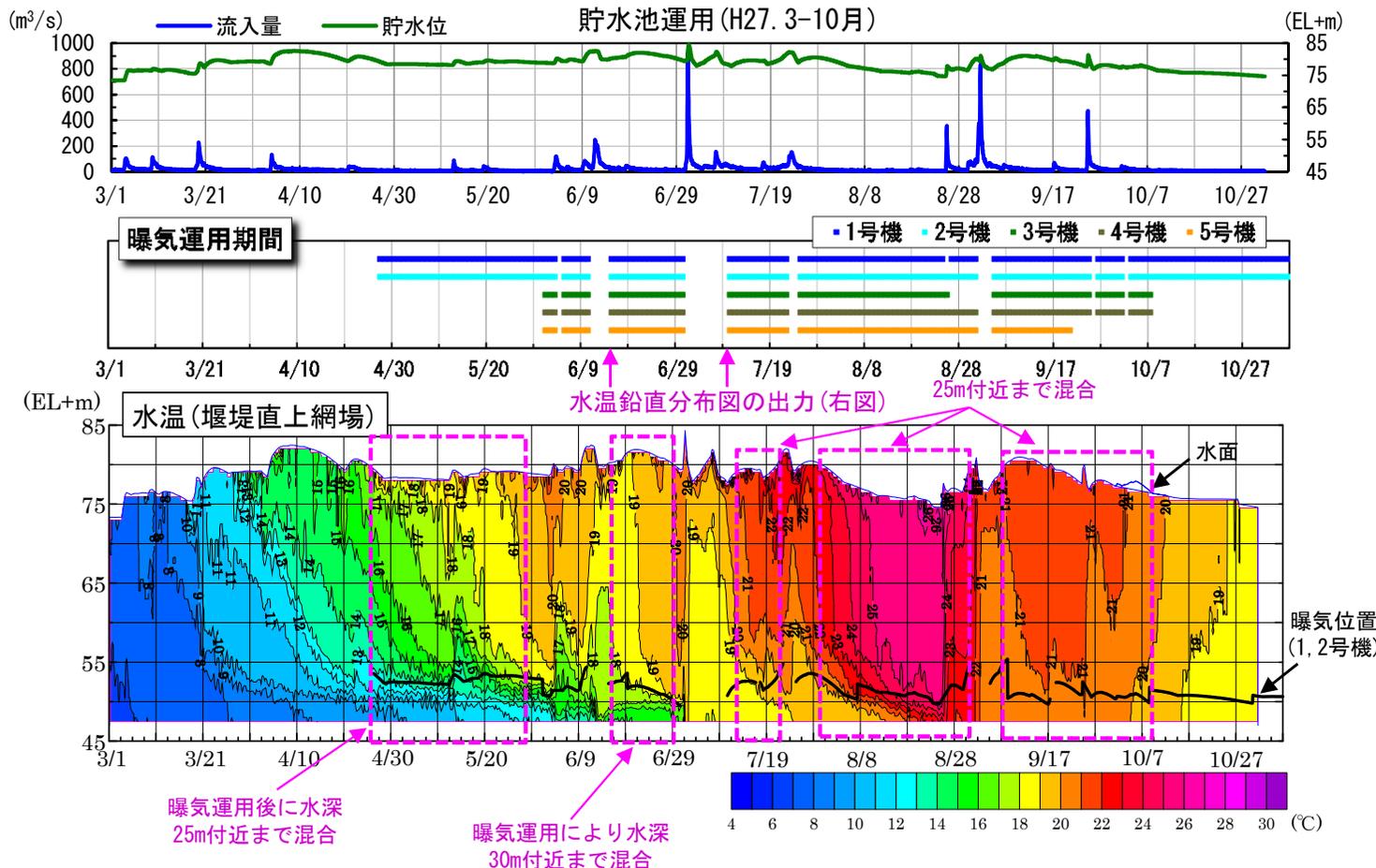
■ 曝気循環装置の運用実績



3. 曝気循環装置の効果

曝気循環装置による貯水池水温の変化

- 鹿野川湖堰堤直上流地点の3月から10月の水温変化を見ると、曝気運用期間は水面から曝気位置までの水温が一様になっていることから、**曝気運用により水が混合されて、アオコが発生しにくい環境が形成できている。**
- 曝気循環装置停止中に表層水温差が大きくなるが、運用後数日で水温差が小さくなっていく。
- 曝気運用と貯水池水温の時間変化
- 曝気運用前後の水温鉛直分布

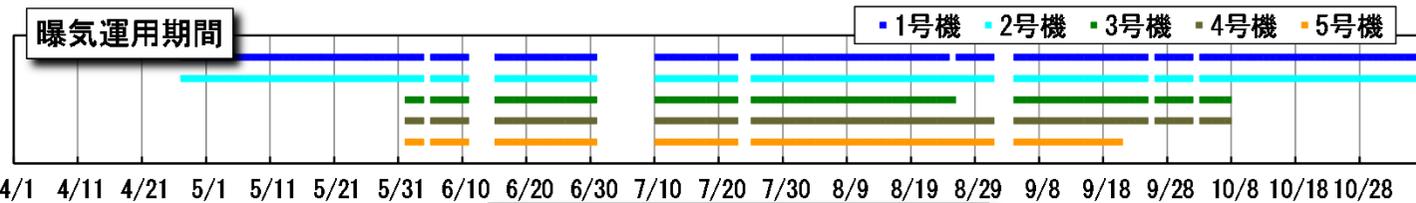


3. 曝気循環装置の効果

表層水温差の変化(鹿野川湖堰堤直上流)

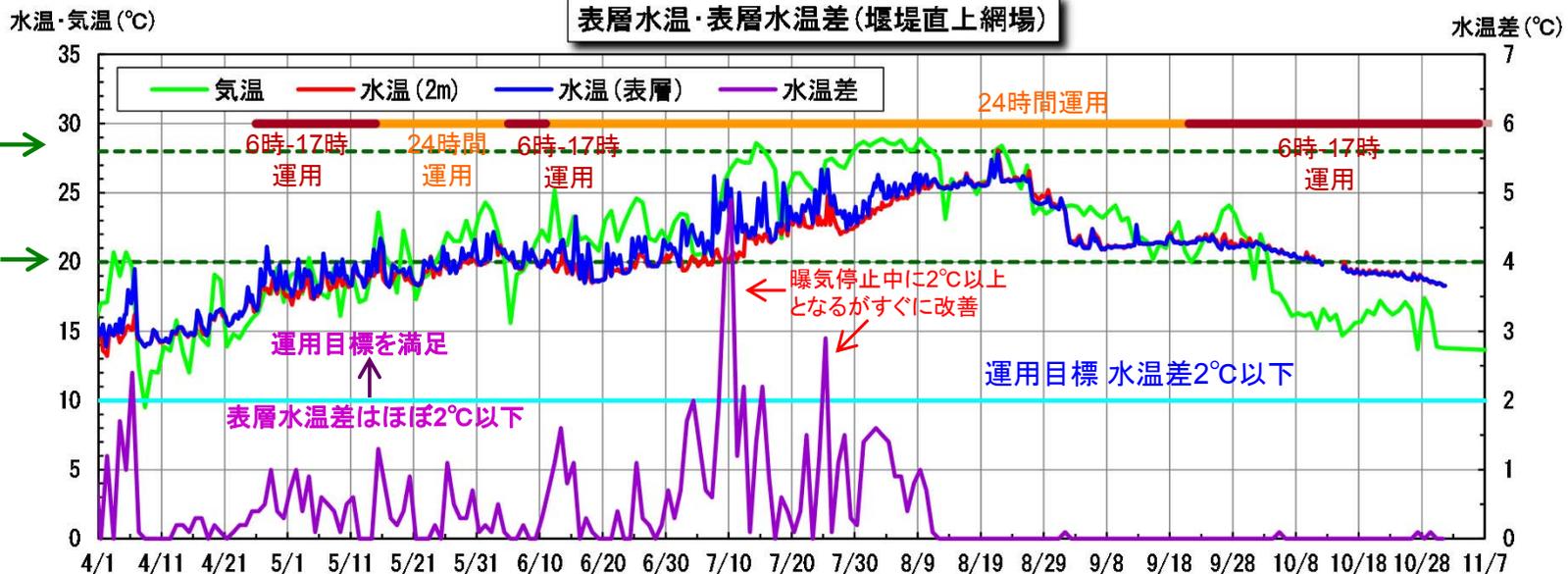
- 鹿野川湖堰堤直上流では、ほとんどの期間で表層水温差が 2°C 以下となっており、曝気循環装置の運用目標を満足している。
- 出水により曝気循環装置を一時的に停止していた7月上旬の期間は、表層水温差が 2°C 以上となったが、すぐに 2°C 以下となった。

■ 表層水温差の時間変化(鹿野川湖堰堤直上)



過去のアオコ発生状況では日平均気温 28°C 以上でアオコが貯水池に拡大しやすくなる傾向があった。

過去のアオコ発生状況では日平均気温 20°C 以上でアオコが発生しやすくなる傾向があった。

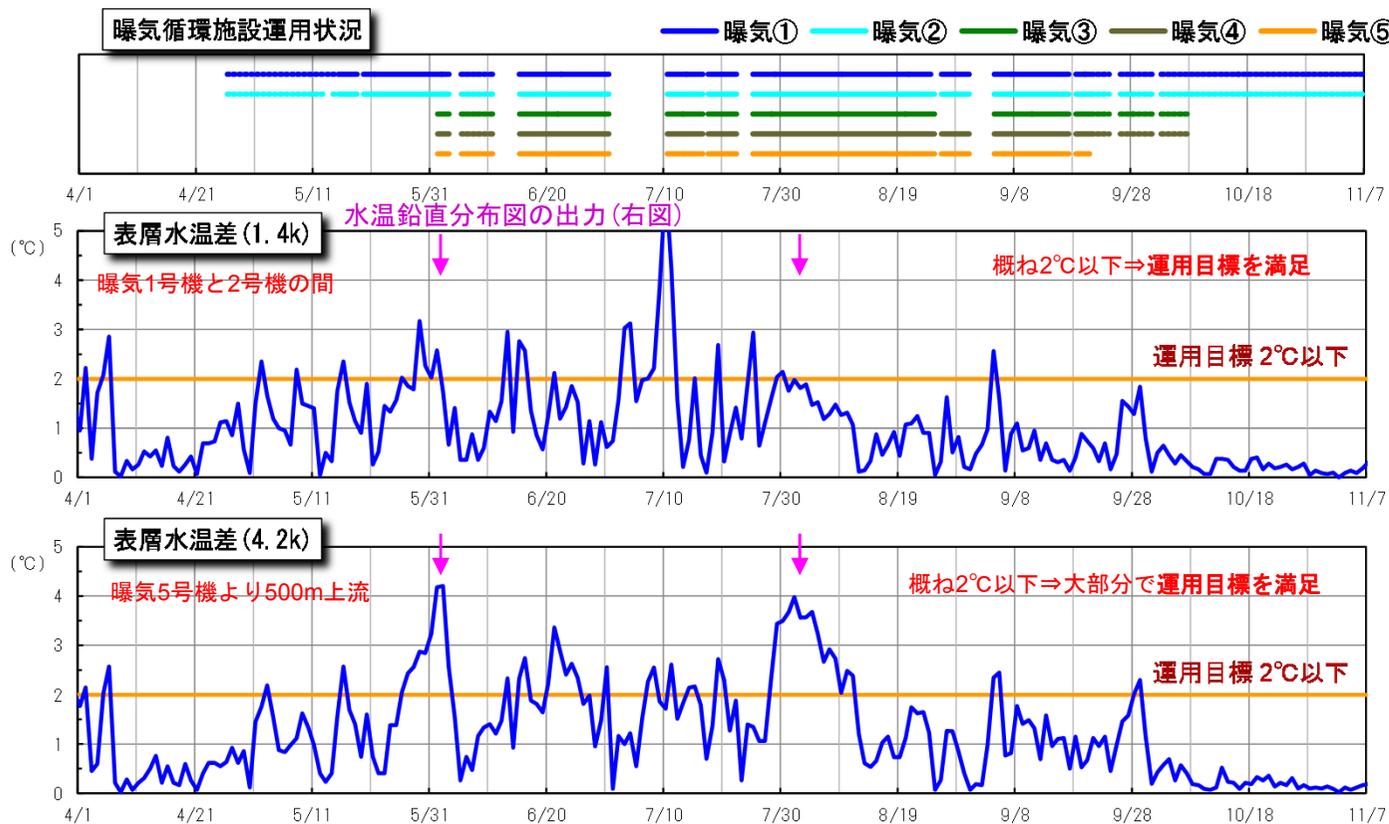


3. 曝気循環装置の効果

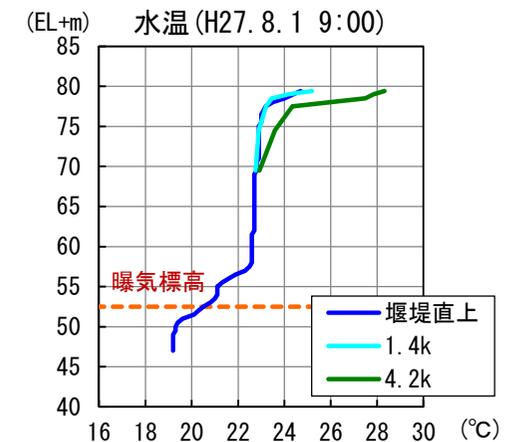
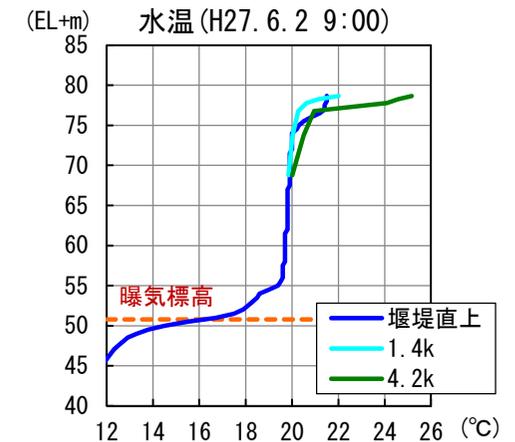
表層水温差の変化(貯水池中上流部)

- 鹿野川湖堰堤から1.4k地点は、曝気停止期間以外では、表層水温差が概ね 2°C 以下で推移し、**曝気循環装置の運用目標を満足している。**
- 4.2k地点は、5月下旬や8月上旬など日照時間が平年と比較して長い時期に表層水温差が一時的に 2°C を超えるが、その他の期間は表層水温差が概ね 2°C 以下で推移し、大部分で**曝気循環装置の運用目標を満足している。**

■ 表層水温差の時間変化 (サーミスターチェーン)



■ 地点毎の水温鉛直分布の比較



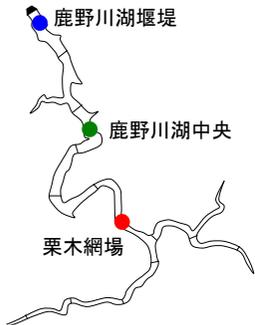
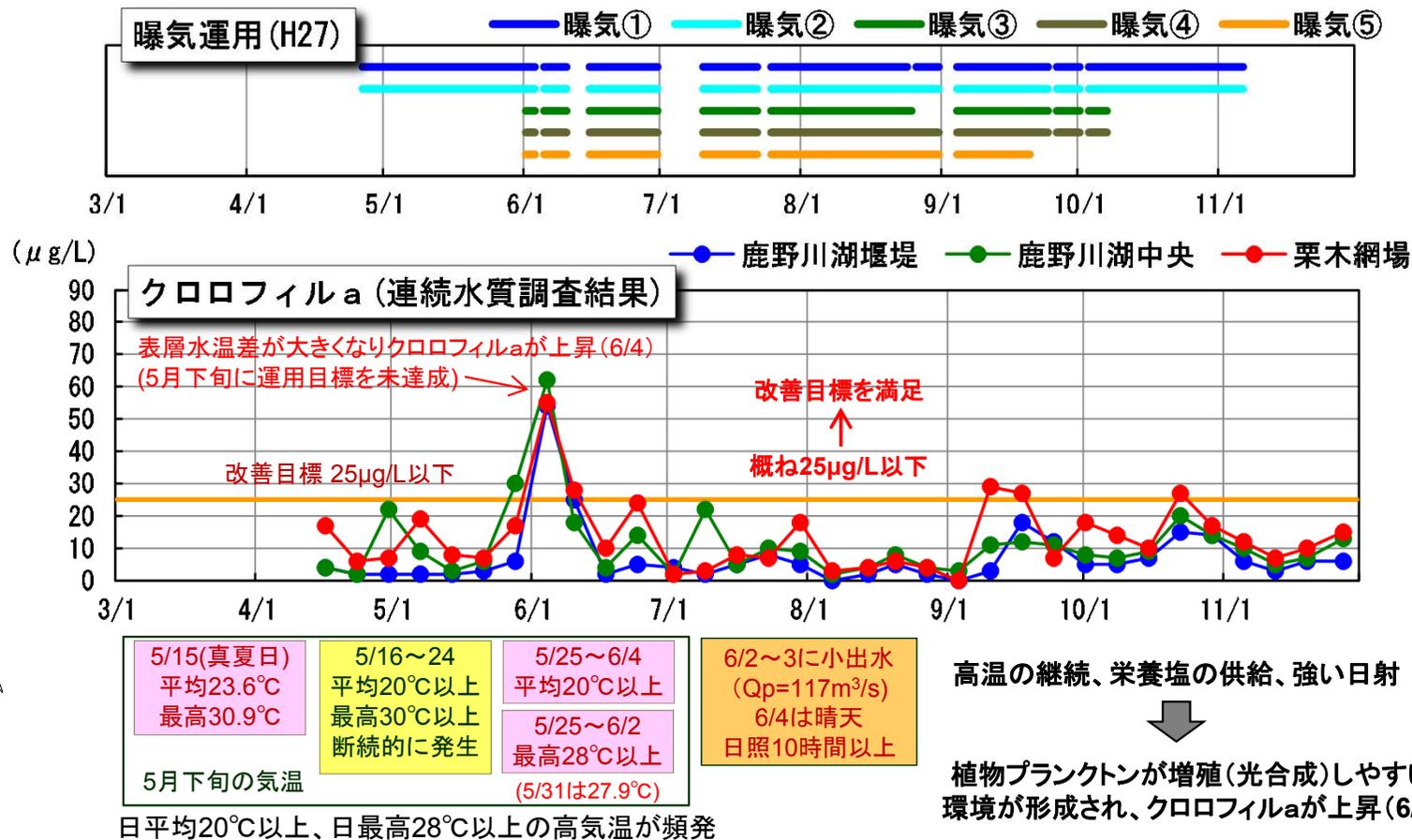
3. 曝気循環装置の効果

貯水池水質(クロロフィルa)の状況

- 曝気運用中のほとんどの期間において、改善目標(25 $\mu\text{g/L}$ 以下)を満足した。
- クロロフィルaが改善目標を上回った6/4は、5月中旬から断続的に真夏日を記録するなど高気温が続いたうえ、小出水による栄養塩の供給と強い日照により、植物プランクトンが増殖しやすい環境になり、クロロフィルaが高くなった。
⇒クロロフィルaが高くなったものの、水面へのアオコの集積はほとんど見られなかった。

■ 貯水池水質(クロロフィルa)

※湖面巡視(1週間に2回)時に1度採水して分析(水面から10cmで採水)

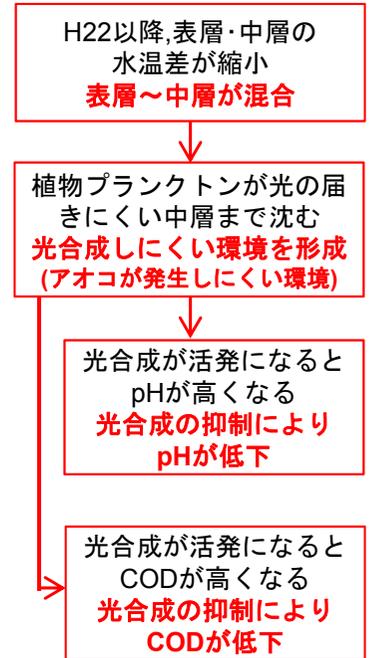
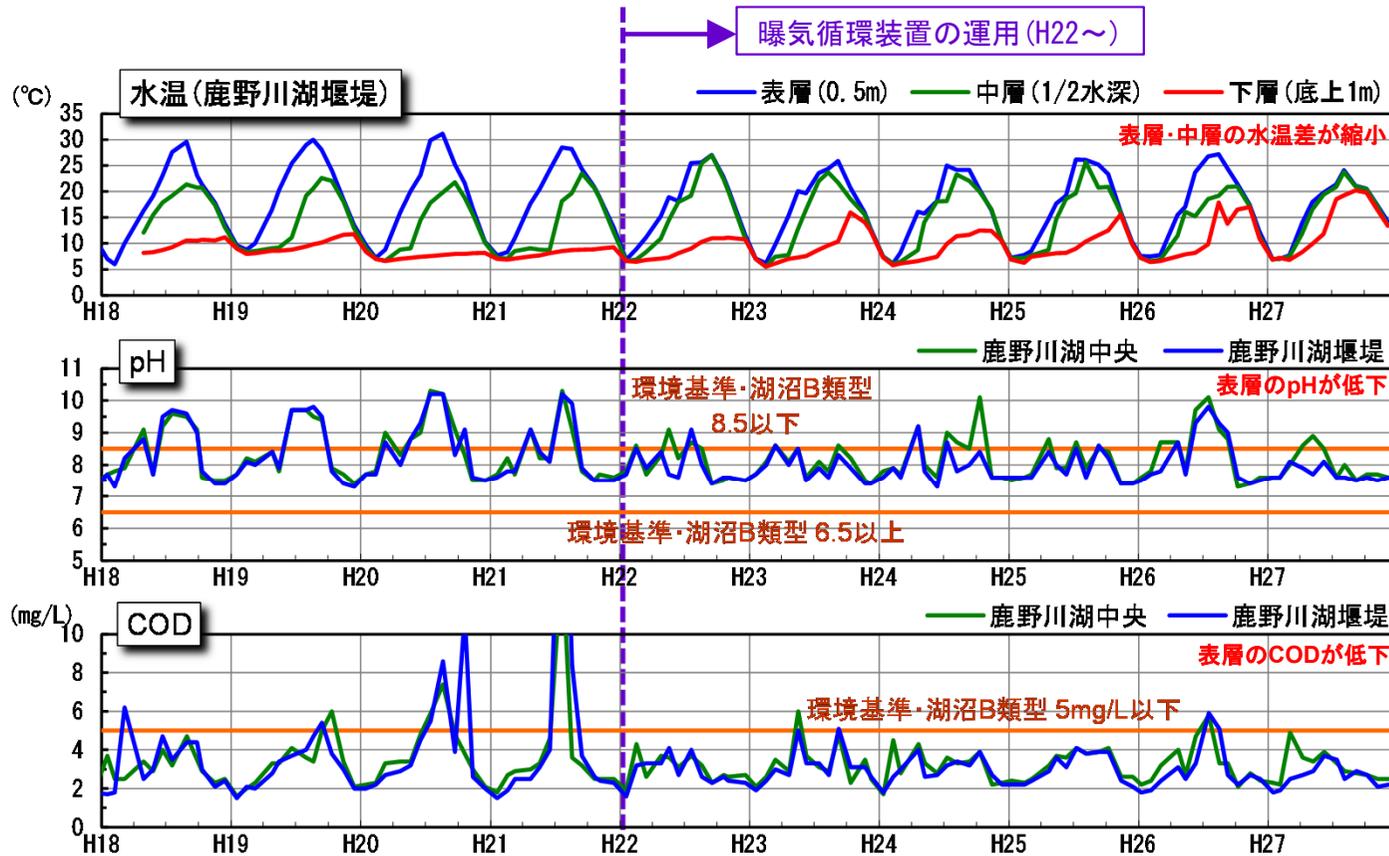


3. 曝気循環装置の効果

貯水池水温・水質の経年変化

- 曝気循環装置の運用により表層と中層の水温差が小さくなっており、水が混合されてアオコが発生しにくい環境が形成されていることが分かる。
- pHは、夏季に植物プランクトンの光合成が活発になると高くなり、環境基準値を超過することがあったが、曝気循環装置の運用後は、概ね環境基準値以下となっている。
- CODは、夏季に植物プランクトンの光合成が活発になると高くなり、環境基準値を超過することがあったが、曝気循環装置の運用後は、概ね環境基準値以下となっている。

■ 貯水池水温・水質の経年変化



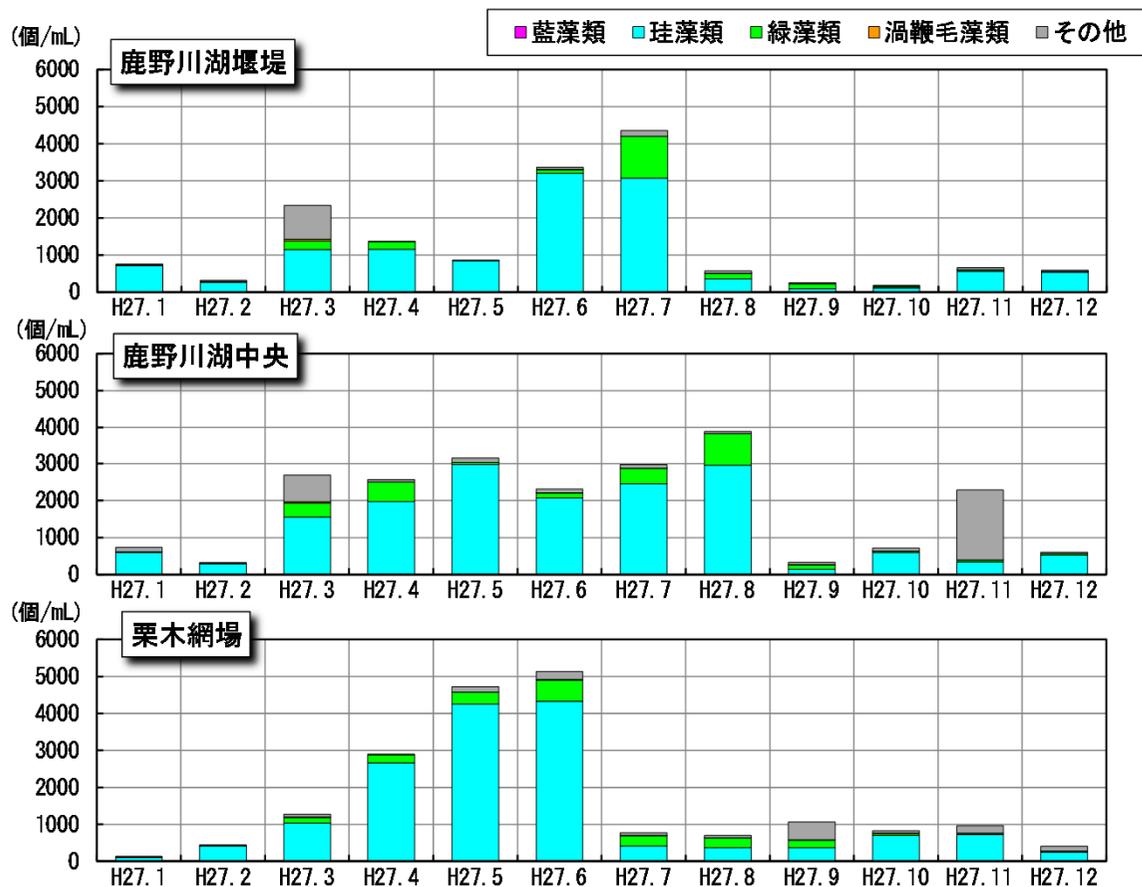
※pH、CODは表層の観測値

3. 曝気循環装置の効果

植物プランクトンの状況

- 9月、11月以外は、全地点で珪藻類が優占種となり、9月、11月に緑藻類とその他藻類(クリプト藻類)が優占種となった。アオコの原因となる藍藻類はほとんど出現しておらず、優占することはない。

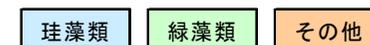
■ 植物プランクトンの種別細胞数比率



■ 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	ステファノディスクスの一種	ステファノディスクスの一種	ステファノディスクスの一種
2月	ステファノディスクスの一種	ステファノディスクスの一種	ステファノディスクスの一種
3月	ステファノディスクスの一種	ステファノディスクスの一種	ステファノディスクスの一種
4月	ステファノディスクスの一種	ステファノディスクスの一種	ステファノディスクスの一種
5月	キクロテラ的一种	キクロテラ的一种	キクロテラ的一种
6月	アウラコセイラ アンビグア	アウラコセイラ アンビグア	アウラコセイラ アンビグア
7月	キクロテラ的一种	キクロテラ的一种	キクロテラ的一种
8月	キクロテラ的一种	キクロテラ的一种	キクロテラ的一种
9月	ユードリナ エレガンス	ユードリナ エレガンス	クリプトモナスの一種
10月	アウラコセイラ グラヌラータ	キクロテラ的一种	キクロテラ的一种
11月	アウラコセイラ グラヌラータ	クリプトモナスの一種	アウラコセイラ グラヌラータ
12月	アウラコセイラ グラヌラータ	アウラコセイラ グラヌラータ	アウラコセイラ グラヌラータ

※各調査において細胞数が最大の藻類を抽出



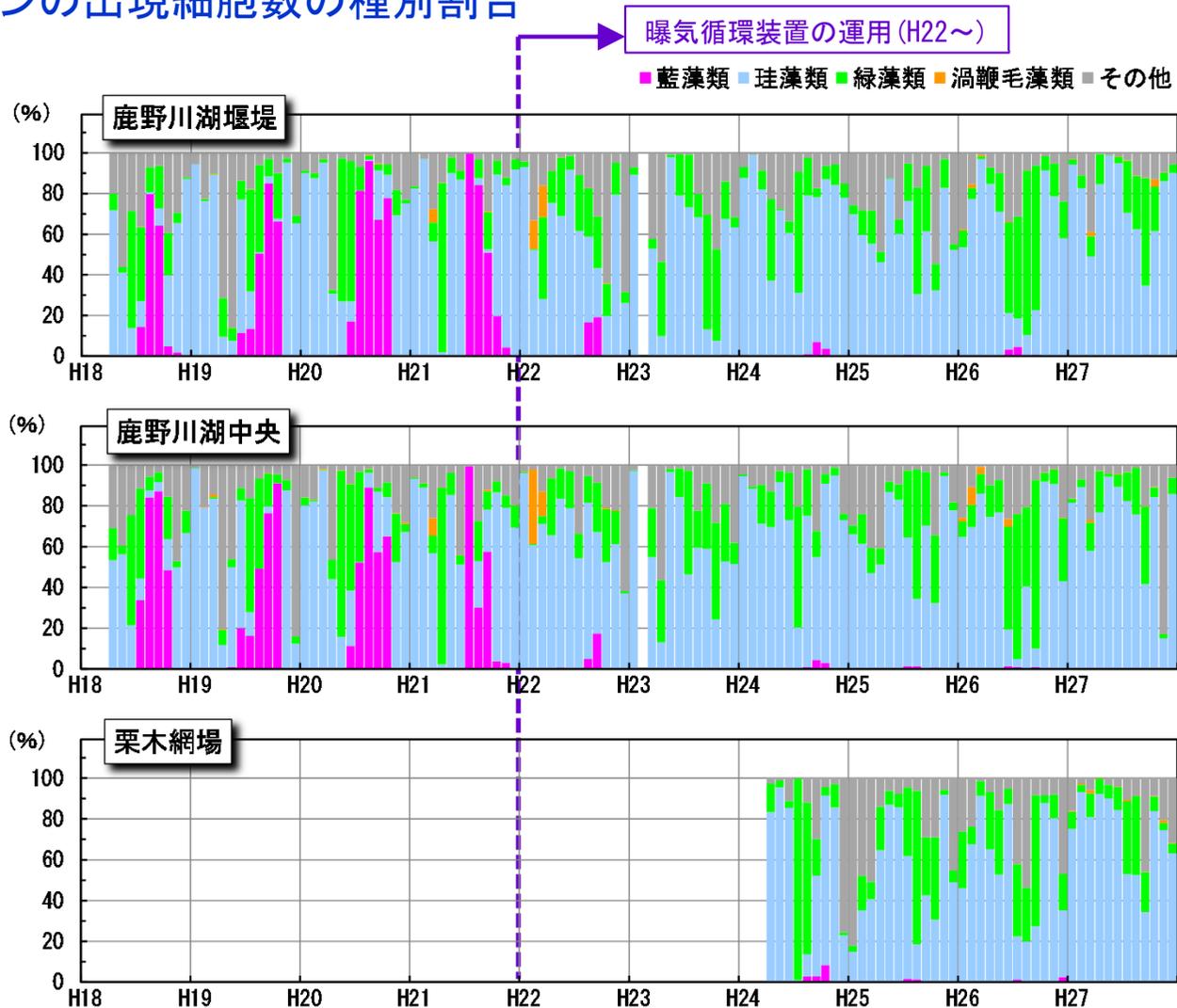
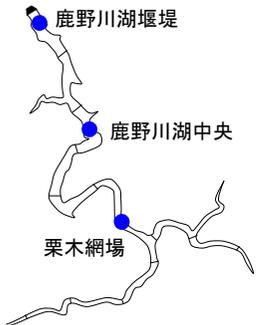
3. 曝気循環装置の効果

植物プランクトン出現種の経年変化

- 鹿野川ダムでは、曝気運用前(H21)までは夏季に藍藻類の個体数割合が高くなる傾向が明瞭であるが、**曝気運用後(H22)はアオコの原因となる藍藻類の出現頻度が減少し、珪藻類と緑藻類の割合が高くなっている。**

■ 植物プランクトンの出現細胞数の種別割合

※月に1回の定期調査で
採水分析
(水面から0.5mで採水)



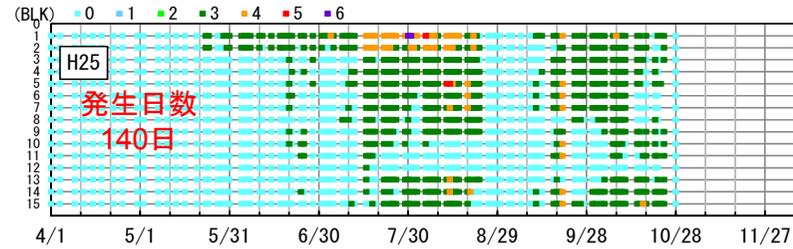
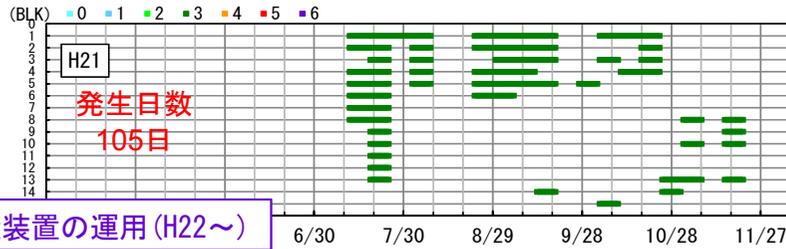
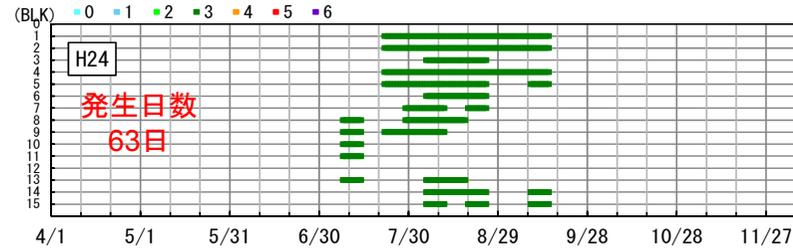
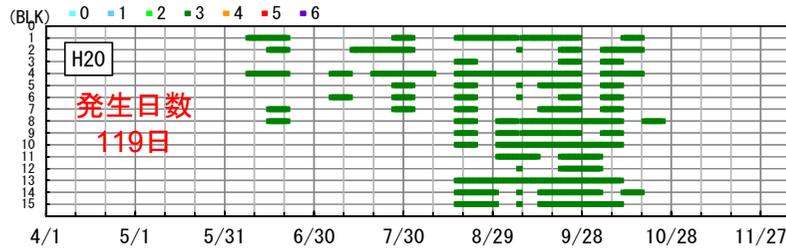
H22以降、藍藻類の割合が低下
藍藻類=アオコの原因藻類

3. 曝気循環装置の効果

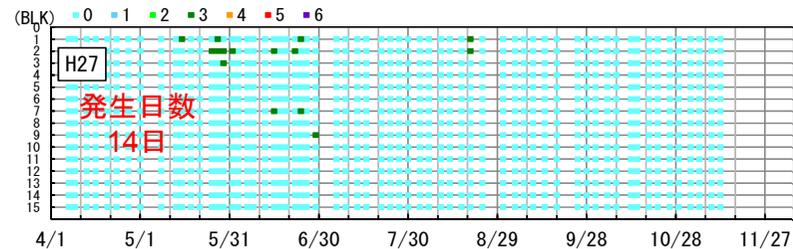
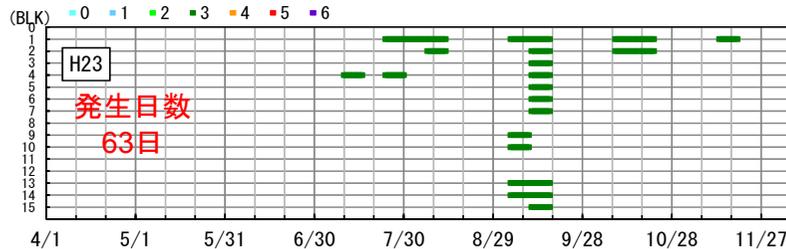
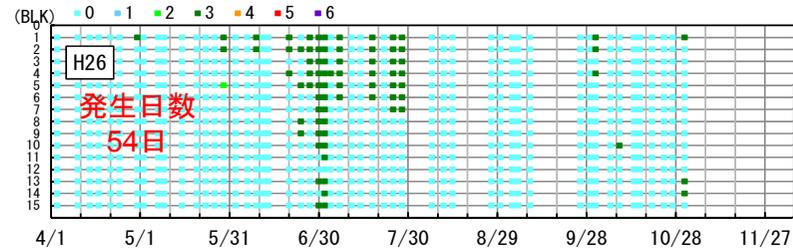
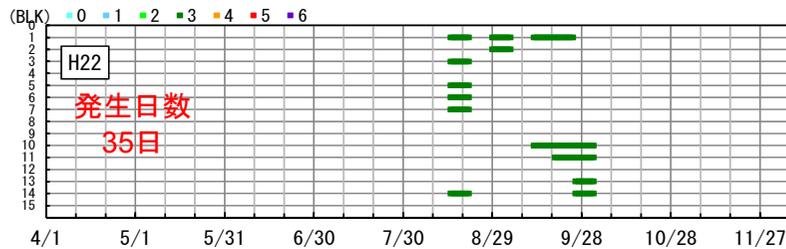
アオコ発生状況の経年変化

- アオコ発生日数は、曝気運用前(H21以前)は毎年100日を超えていたが、**曝気運用後(H22以降)はアオコ発生日数が減少している傾向が見られる。**

■ ブロック別アオコ発生状況(H20~H27)

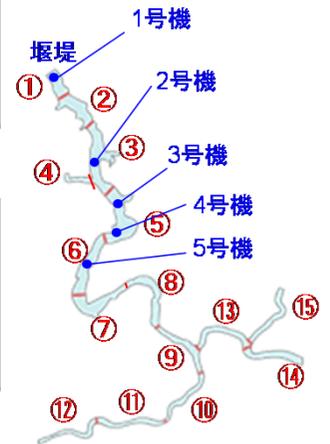


曝気循環装置の運用(H22~)



発生なし レベル1 レベル2 レベル3 レベル4 レベル5 レベル6 H24以前はレベル区分の記録がないため、すべてレベル3としている

※H25は、近年10年間で5~8月の気温・日照時間が最大、流入量が最小であり、最もアオコが発生しやすい年であった。また、出水後の長期間において、曝気装置を効果が十分に発揮できないような浅い位置(水深10m)で運用を行っていた。



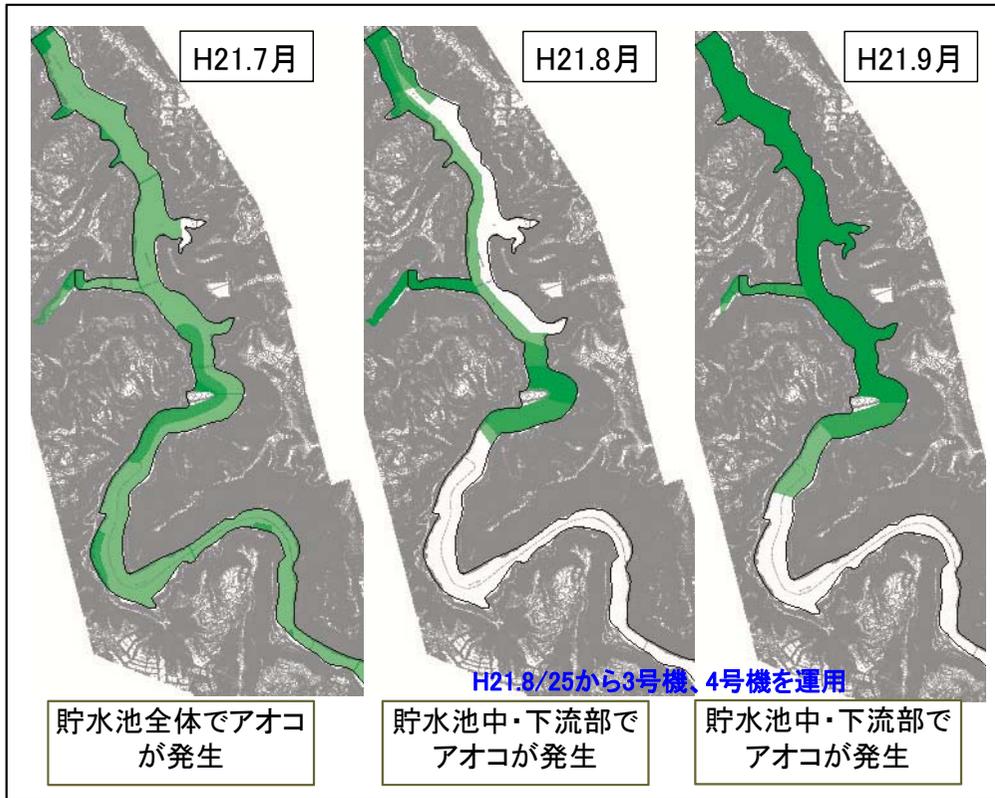
3. 曝気循環装置の効果

曝気循環装置設置前との比較(アオコの状況)

- 曝気運用前(H21以前)は夏季に貯水池全体でアオコが発生していたが、今年度(H27)は貯水池全体に広がるアオコはほとんど発生していない。

■ アオコ発生状況平面分布(H21.7~9月)

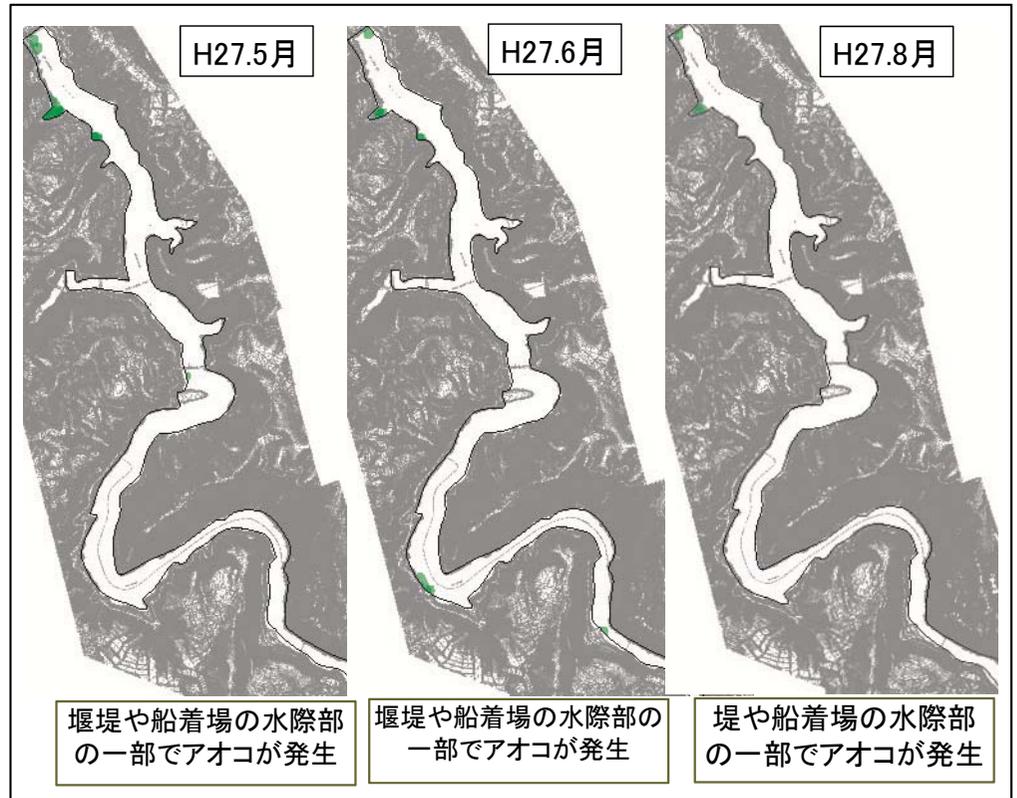
曝気なし



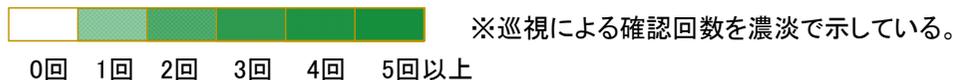
※H21.6はアオコ発生なし

■ アオコ発生状況平面分布(H27.5~8月)

曝気あり



※H27.7はアオコ発生なし

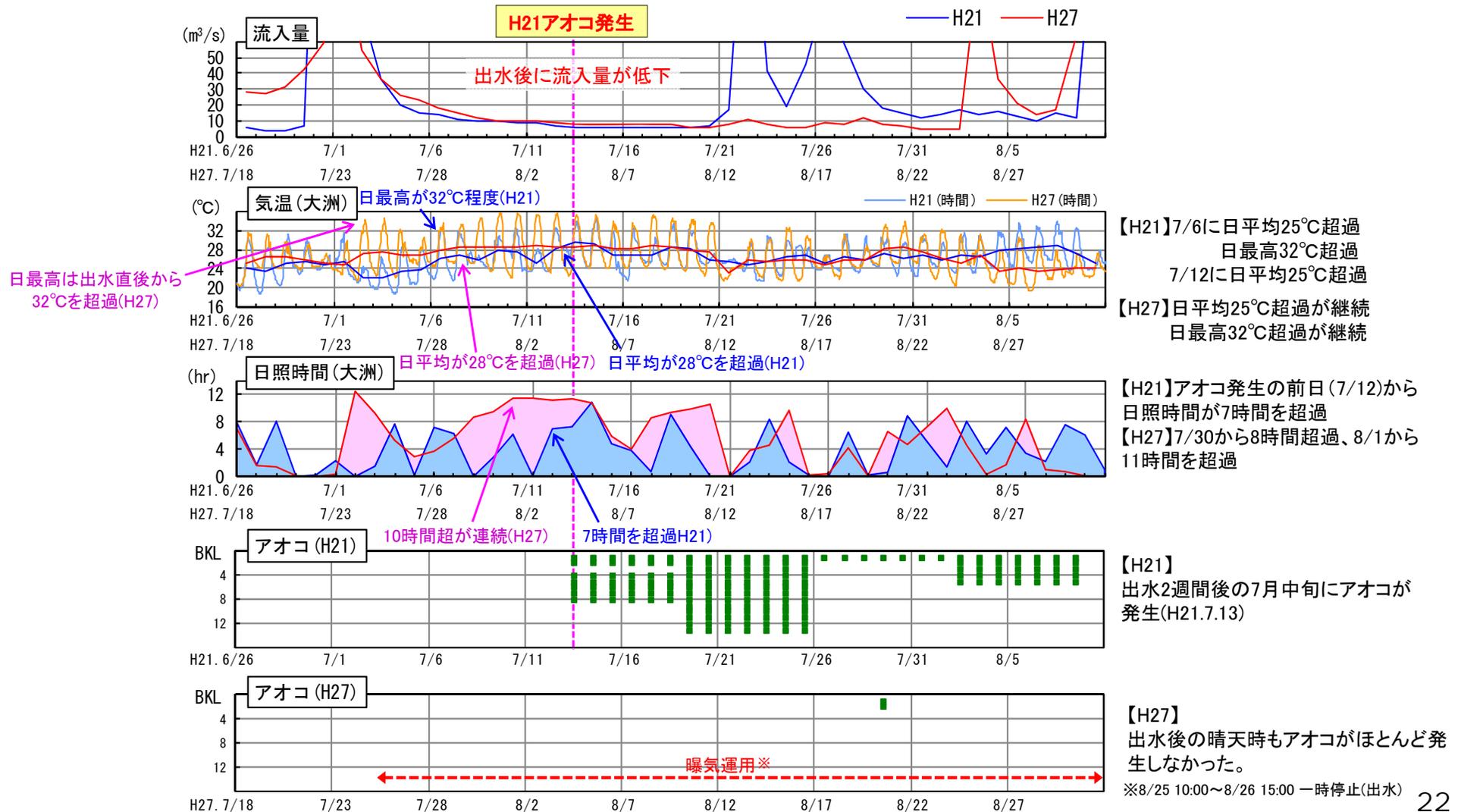


3. 曝気循環装置の効果

曝気循環装置設置前との比較(気温、日照等の比較)

- 曝気運用前(H21.7)は、出水後に気温が上昇し、日照時間が長くなった時にアオコが発生している。曝気運用後(H27.8)は、出水後に気温が上昇し、日照時間が長くなってもアオコがほとんど発生しなかった。

■ 流入量・気温・日照時間の比較(H21.7月、H27.8月)

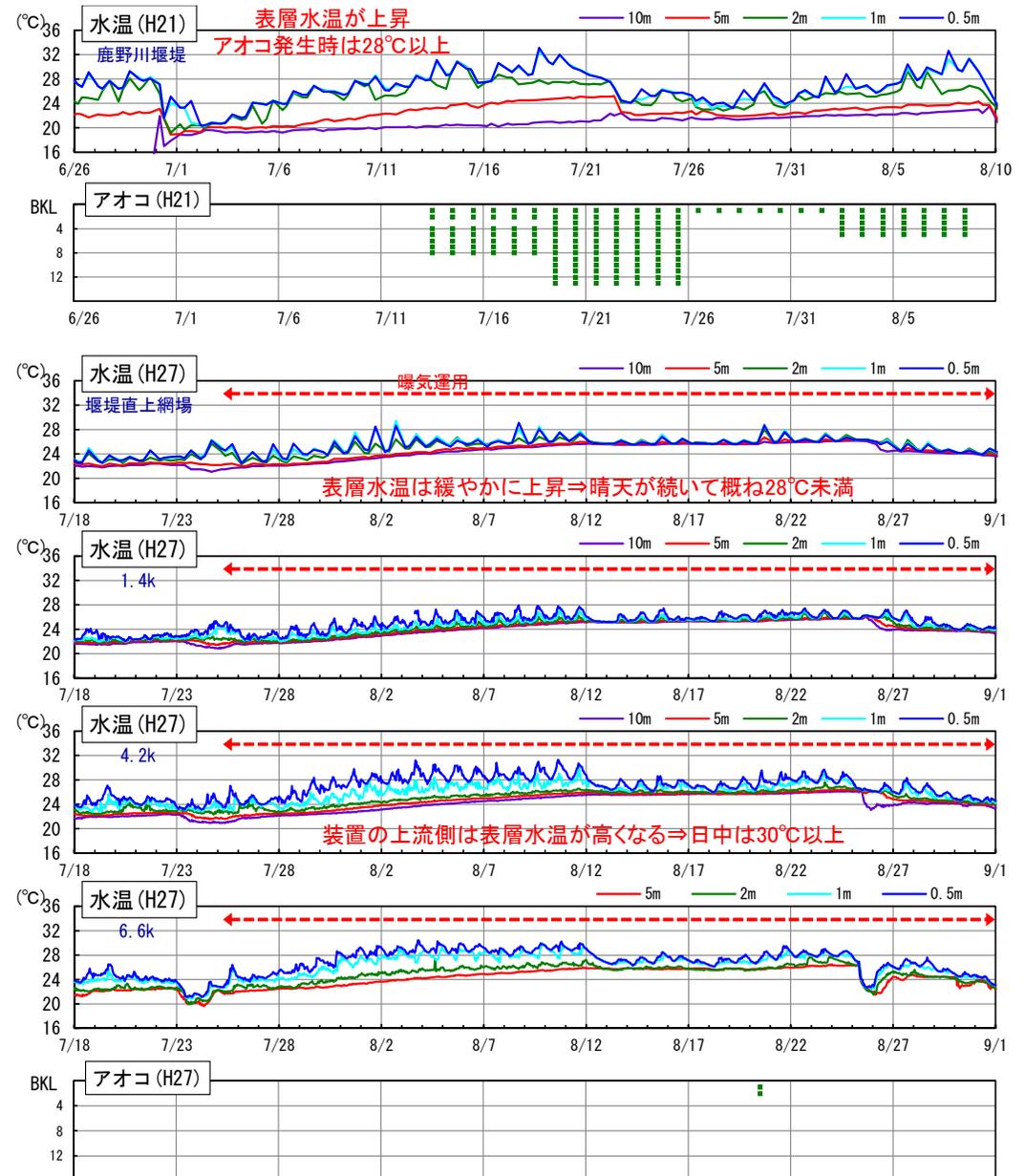


3. 曝気循環装置の効果

曝気循環装置設置前との比較(貯水池水温の比較)

- 曝気運用前(H21.7)は、出水後に表層水温が上昇し、表層水温差が大きくなっている。
 - 曝気運用後(H27.8)は、表層水温の上昇が緩やかで表層水温差が小さい。
- 貯水池上流部(6.6k)は、取水後に表層水温が28°C程度まで上昇し、表層水温差が大きくなっている。
- H27年は、H21年よりもアオコが発生しやすい気象状況であったが、曝気循環装置の運用により、アオコの発生が抑制されたと言える。

■ 貯水池水温の比較(H21.7月、H27.8月)





4. アオコ発生抑制のまとめ

曝気循環装置によるアオコ抑制効果まとめ

【平成27年の状況】

- アオコは5月下旬や6月中下旬、8月上旬で局所的に確認されたが、一時的であり、貯水池景観に影響を及ぼすようなアオコは発生しなかった。

【曝気循環装置の効果】

- 曝気循環装置の運用中は、表層水温差は運用目標(2°C以下)を概ね達成しており、クロロフィルaについても改善目標(25 μ g/L以下)を概ね達成した。
- 植物プランクトンは大部分で珪藻類が優占し、アオコの原因となる藍藻類の出現はわずかで、優占することはなかった。

【運転時間変更による影響】

- アオコが発生しにくい気象状況の期間において、曝気循環装置を24時間は運転せずに、短縮した運用(6~17時運用)を4月~5月上旬、6月上旬、9月以降に実施したが、表層水温差(2°C以下)の運用目標やクロロフィルaの改善目標(25 μ g/L以下)を概ね達成した。

曝気循環装置の評価基準の達成状況

■各評価項目の達成状況(H27)

評価項目	水域	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	備考
表層水温差 (2℃以下)	貯水池下流部	○	○	○	△	○	○	○	○	△:一時的な超過はあるが概ね目標を達成 7月は曝気停止中(出水時)に超過
	貯水池中流部	○	△	△	△	○	○	○	○	
	貯水池上流部	○	△	×	○	×	○	○	○	
クロロフィルa (25 μg/L以下)	貯水池下流部	○	○	×	○	○	○	○	○	△:定期調査では目標を達成したが、 水質連続観測で未達成あり 4月は曝気運用前
	貯水池中流部	○	○	△	○	○	○	○	○	
	貯水池上流部	×	○	△	○	○	△	△	○	
植物プランクトン (藍藻類が優占しない)	貯水池下流部	○	○	○	○	○	○	○	○	
	貯水池中流部	○	○	○	○	○	○	○	○	
	貯水池上流部	○	○	○	○	○	○	○	○	
アオコ発生 (レベル3未満)	貯水池下流部	○	△	△	○	△	○	○	○	△:単発的・局所的な発生あり
	貯水池中流部	○	○	△	○	○	○	○	○	
	貯水池上流部	○	○	○	○	○	○	○	○	

4. アオコ発生抑制のまとめ

平成28年度以降の運用方法

- 平成28年度以降は、今年度と同様に、運用期間を4月中旬～12月上旬とし、気温や流入量、アオコ発生状況を確認しながら曝気循環装置の運用を行う。
- 運用方法(運用時間)は、7月～9月中旬は24時間運用、その他の期間は6～17時運用の短縮運用を基本とする。
- 平成28年度以降の運用方法

曝気	運用期間	4月			5月			6月				7月				8月					9月				10月				11月				12月		
		11	18	25	2	9	16	23	30	6	13	20	27	4	11	18	25	1	8	15	22	29	5	12	19	26	3	10	17	24	31	7	14	21	28
		① 起動移行期間 (6-17時運用)			② 短縮運用期間 (6-17時運用)				③ コア期間(24時間運用)												④ 短縮運用期間 (6-17時運用)				⑤ 停止移行期間 (6-17時運用)										
1号機	4/18～12/9	■			■				■												■				■										
2号機	4/18～12/9	■			■				■												■				■										
3号機	6/6～9/16							■				■																							
4号機	6/6～9/30							■				■				■																			
5号機	6/6～9/16							■				■																							

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

期 間	運用基数	運用方法
① 起動移行期間 4月3週目～5月2週目	2基	起動条件に適合したら曝気装置を起動、短縮運用を基本※ 起動条件：気温15℃以上 and 流入量10m ³ /s未満
② 短縮運用期間 5月3週目～6月	2～5基	曝気装置は必ず運用、短縮運用を基本※
③ コア期間 7月～9月2週目	5基	曝気装置を24時間運用
④ 短縮運用期間 9月3週目～10月3週目	2～3基	曝気装置は必ず運用、短縮運用を基本※
⑤ 停止移行期間 10月4週目～12月1週目	2基	停止条件に適合したら曝気装置を停止、短縮運用を基本※ 停止条件：気温20℃未満 or 流入量10m ³ /s以上

※アオコ条件に合致する場合、24時間運用に変更、アオコ条件：気温20℃以上 and 流入量10m³/s未満