

第13回 鹿野川ダム水質検討会

アオコ抑制対策

四国地方整備局 山鳥坂ダム工事事務所

平成30年1月31日



アオコ抑制対策

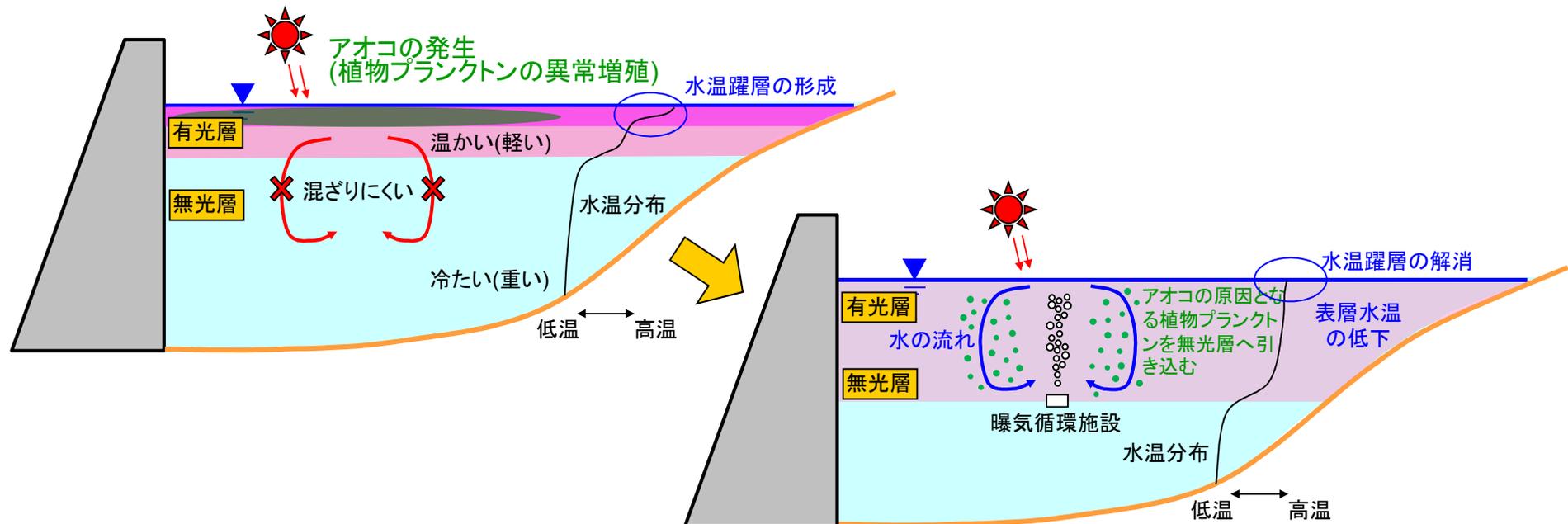
- 1.曝気循環装置の概要
- 2.曝気循環装置の運用実績(H29)
- 3.曝気循環装置の効果
- 4.アオコ発生抑制のまとめ

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

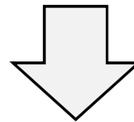
- 春から秋にかけての日中は、貯水池表層水が温められて軽くなるため、貯水池の水が鉛直方向に混ざりにくくなる(水温躍層の形成)。
- 滞留した表層水に生息する植物プランクトンは光合成を行いやすく、上流河川から流入する栄養塩類を利用して増殖する。
- 植物プランクトンのうち、藍藻類が異常増殖するとアオコとなり、貯水池広域で発生すると景観障害や腐敗臭が発生する。
- 曝気循環装置により、水温躍層の解消やアオコの原因となる植物プランクトンの無光層への引き込み等を行い、アオコが発生しにくい環境を形成する。

■ 曝気循環装置によるアオコ発生抑制の原理(イメージ図)



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**

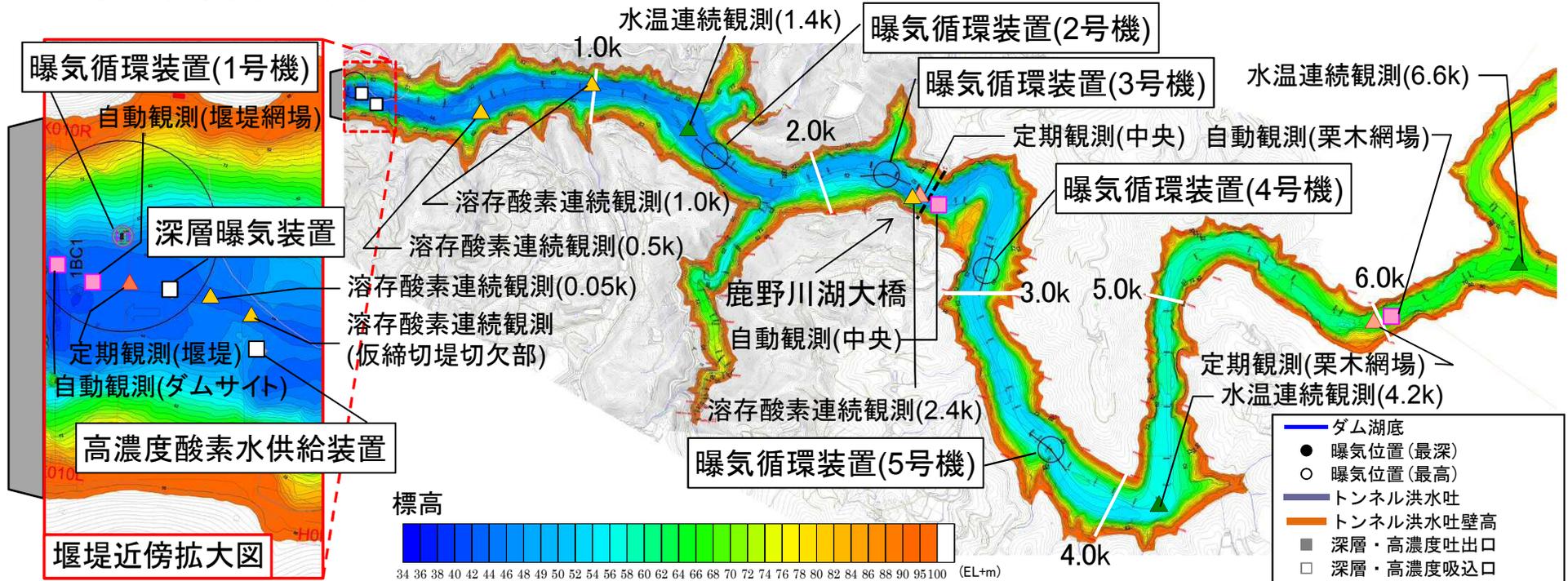
- 手 法: 曝気循環装置の稼動により、浅層部の水温躍層を破壊することでアオコの発生を抑制する。
- 目安値: 曝気循環装置の稼動により、**浅層部水温差***を**2°C以下**とする。

*水深0.1m地点と2.0m地点の水温差

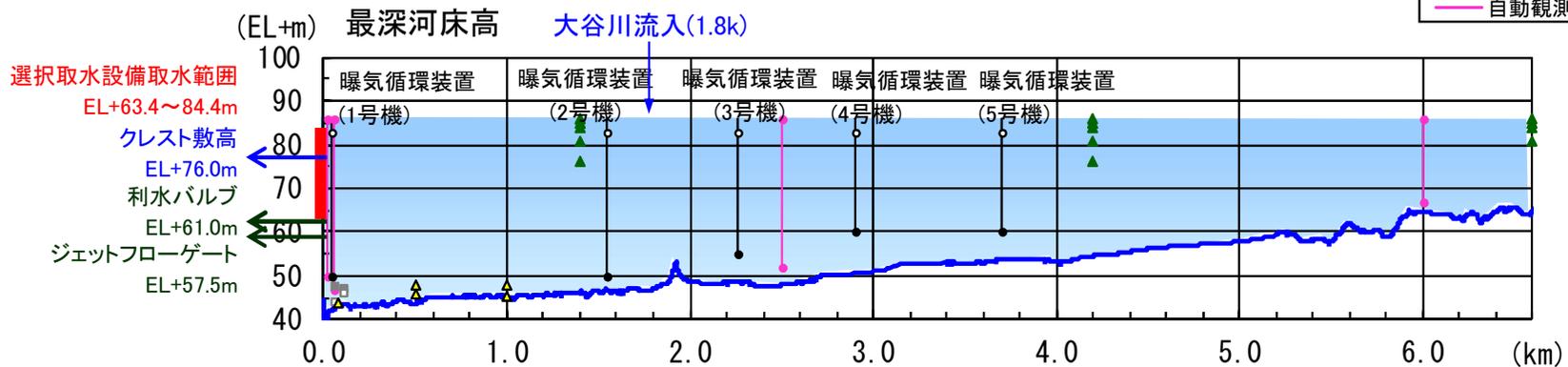
1.曝気循環装置の概要

曝気循環装置の設置状況

■曝気循環装置の設置状況(平面図)



■曝気循環装置の設置状況(縦断図)

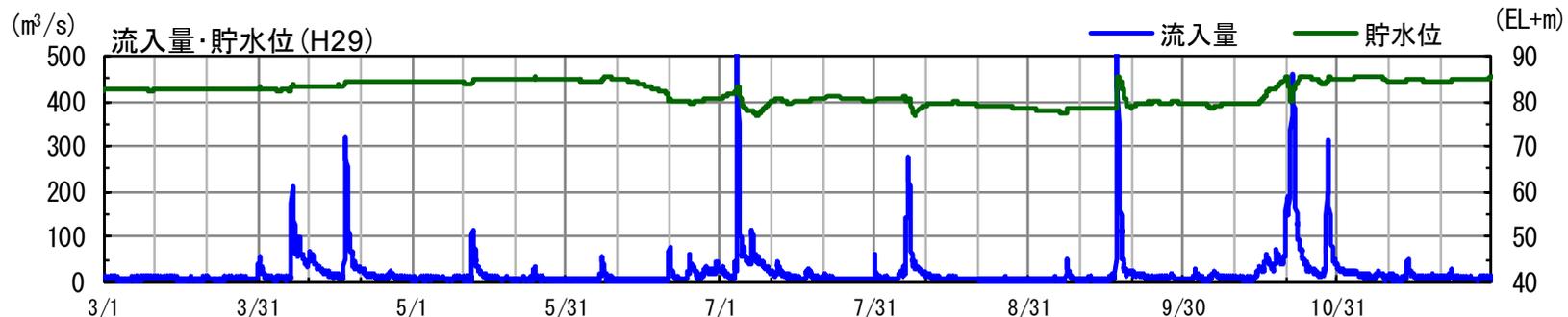


2.曝気循環装置の運用実績(H29)

曝気循環装置の運用実績(H29)

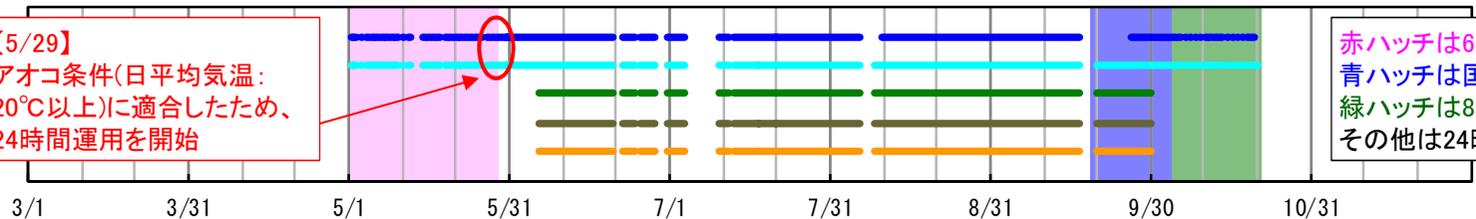
- 曝気循環装置は、5月～10月に運用し、6月～9月は5基、その後は2基を運用した。
- 時間短縮運用は、5月と10月に行った。

■ 曝気循環装置の運用実績(H29)



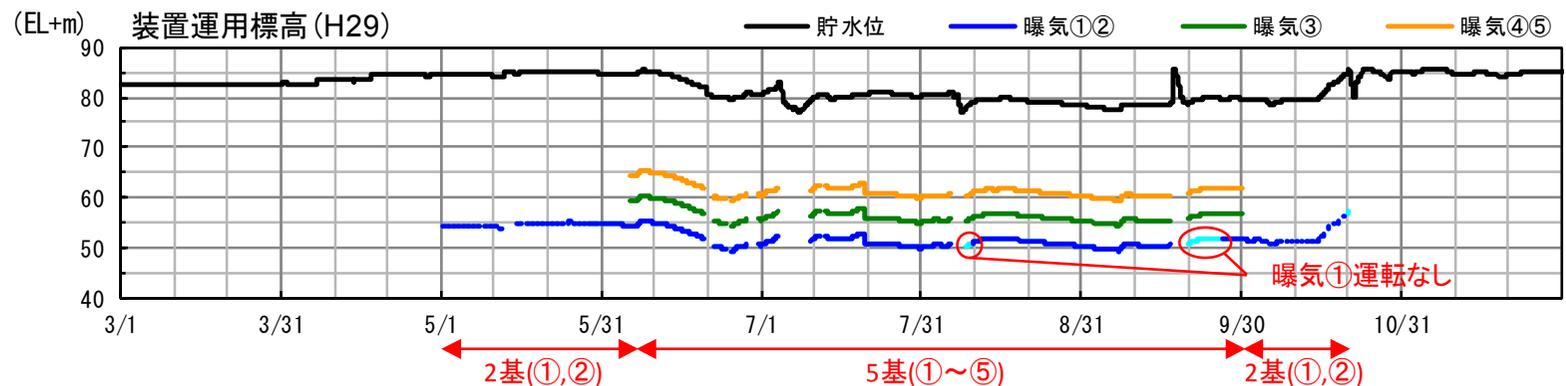
装置運用実績 (H29)

【5/29】
アオコ条件(日平均気温:
20℃以上)に適合したため、
24時間運用を開始



赤ハッチは6時-17時運用
青ハッチは国体対応運用
緑ハッチは8時-15時運用
その他は24時間運用

装置運用標高 (H29)



曝気循環装置の効果検証視点

- 定期水質観測結果、水質自動観測装置、サーミスターチェーンによる水温・水質観測結果に基づき、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

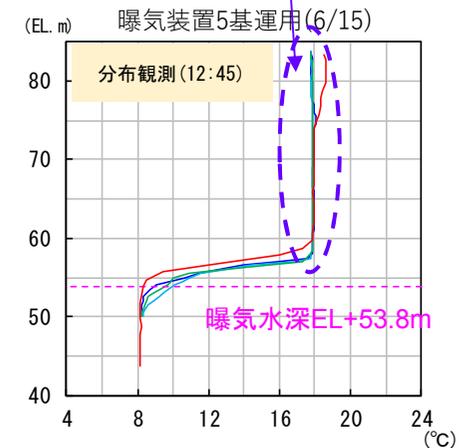
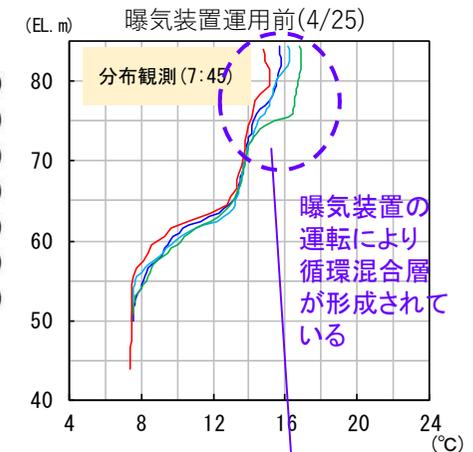
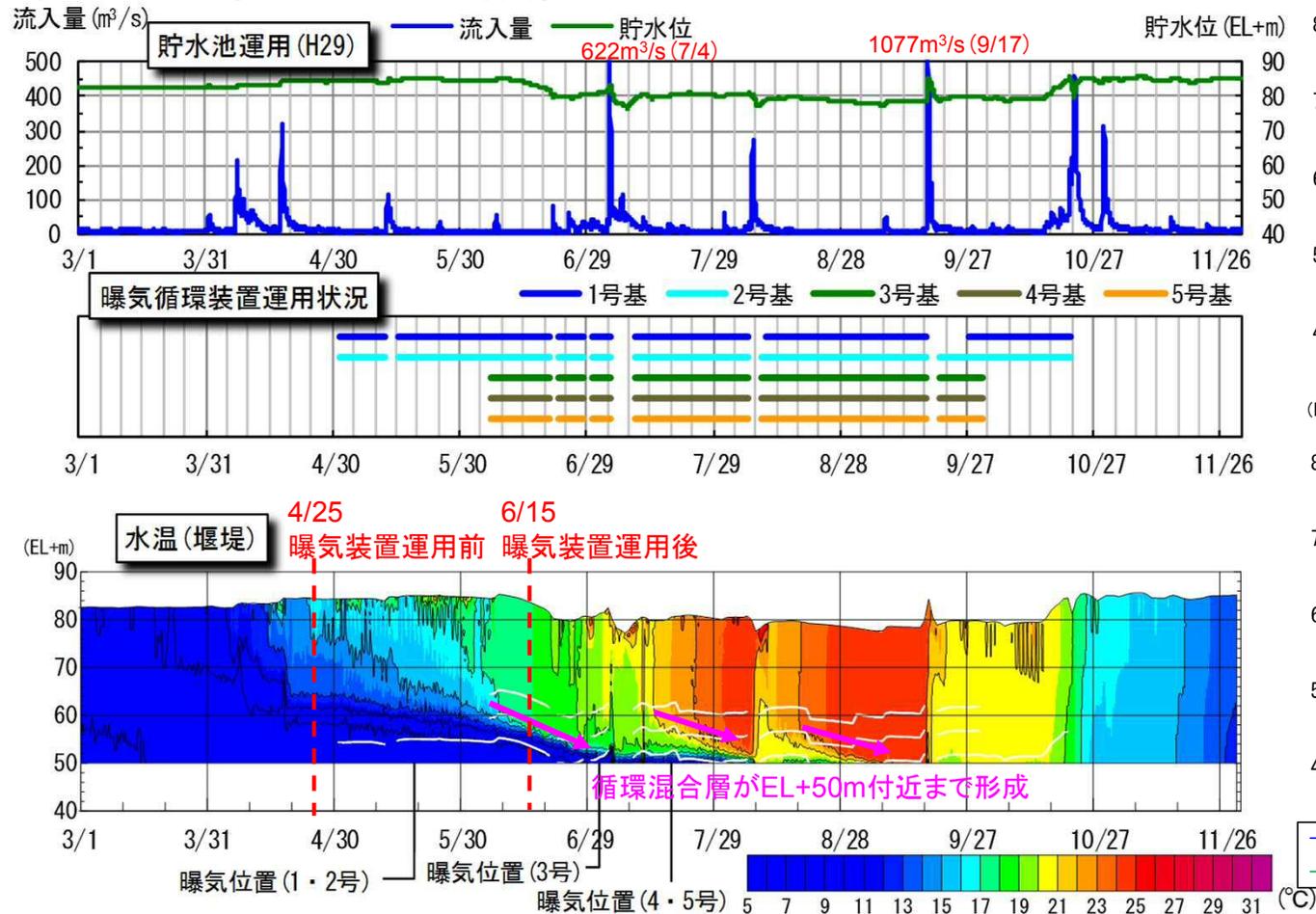
- 表層水温の低減効果（表層水温差0.1～2m）：運用目標（2.0℃以下）の達成状況
- クロロフィルa低減効果：改善目標（25 μ g/L以下）の達成状況
- 植物プランクトンの構成種（藍藻類の発生抑制）
- アオコ発生日数

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

- 曝気運用期間は水面から曝気位置までの水温が概ね一様であり、アオコが発生しにくい環境(循環混合層)が形成できている。
- 曝気循環装置運用開始後、数日間で表層と中層の水温差が小さくなっている。

■ 曝気運用と貯水池水温の時間変化

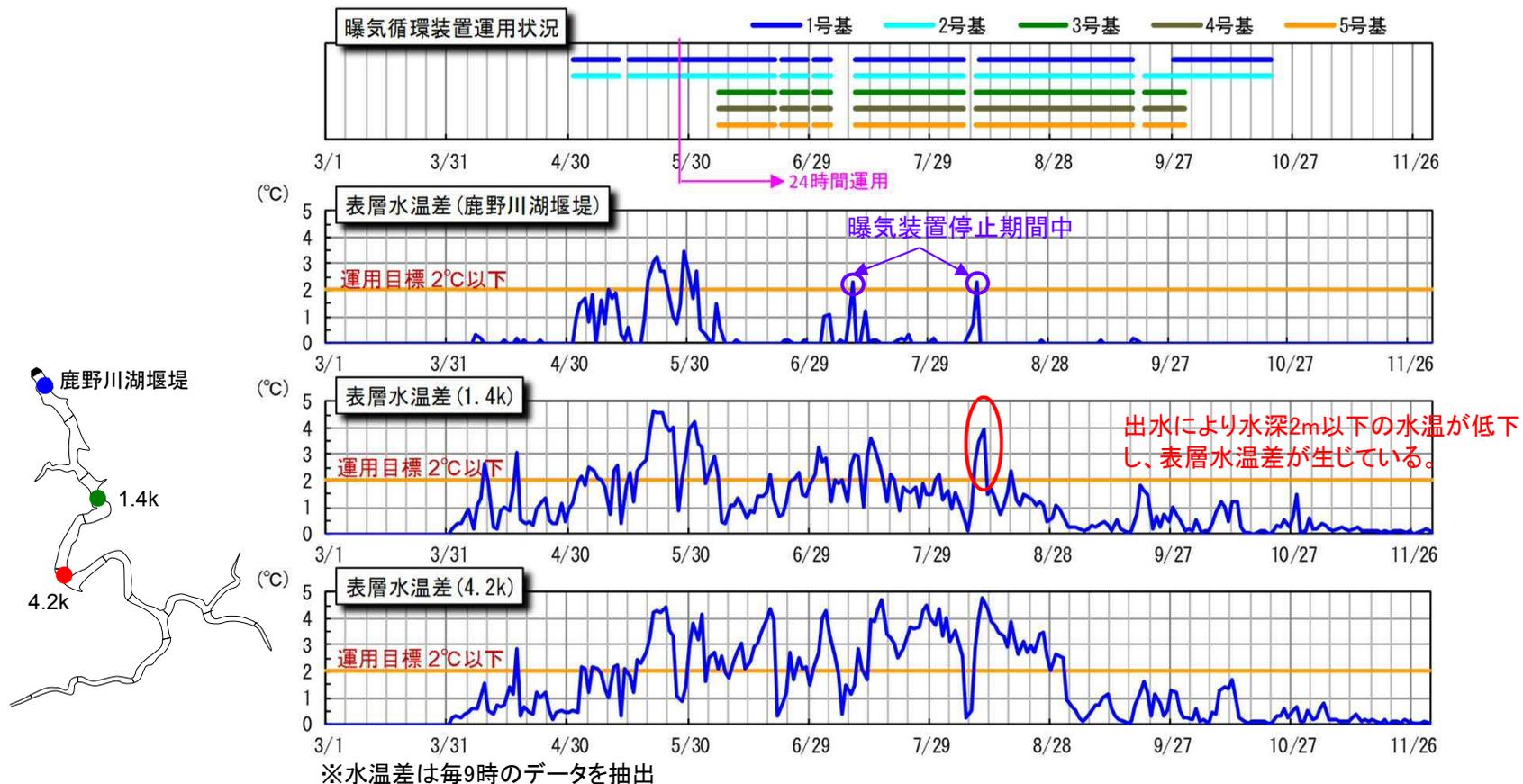


3.曝気循環装置の効果

表層水温差の変化

- 貯水池下流域(鹿野川湖堰堤)は、運用目標(表層水温差 2°C 以下)を概ね満足した。
- 貯水池中流域(1.4k)は、2基運用期間(5月下旬)や出水後に一時的に運用目標を超過しているが、その他の期間は運用目標を概ね満足した。

■ 表層水温差の時間変化【自動観測(鹿野川湖堰堤)及びサーミスターチェーン(1.4k, 4.2k)】

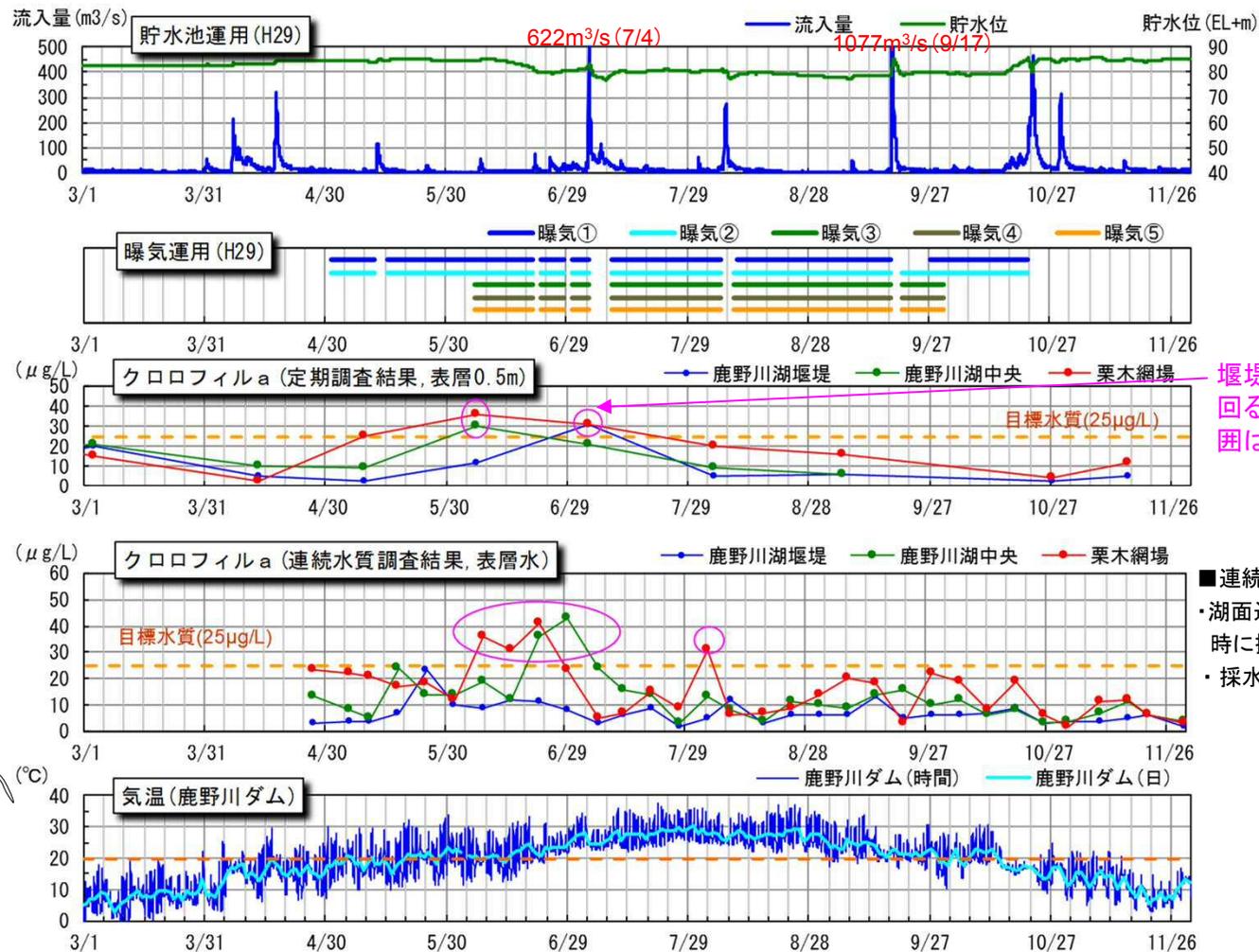


3.曝気循環装置の効果

貯水池水質(クロロフィルa)の変化

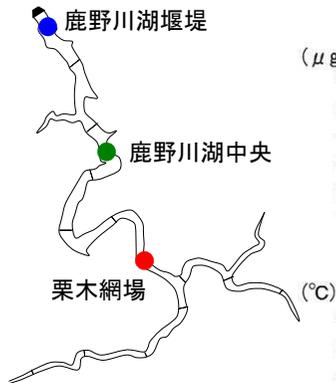
- 貯水池中下流は、改善目標(クロロフィルa : 25 μ g/L以下)を概ね満足した。
- 日照時間が長く、アオコが発生しやすい環境となった5~8月に、曝気効果が及びにくい貯水池中流域でクロロフィルaが高くなる傾向があった。

貯水池水質(クロロフィルa)の状況



堰堤で目標水質を上回るがアオコ発生範囲は限定的

- 連続水質調査
 - ・ 湖面巡視(1週間に1回)時に採水、分析した結果
 - ・ 採水深は10cm程度

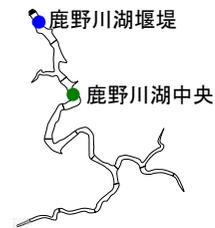
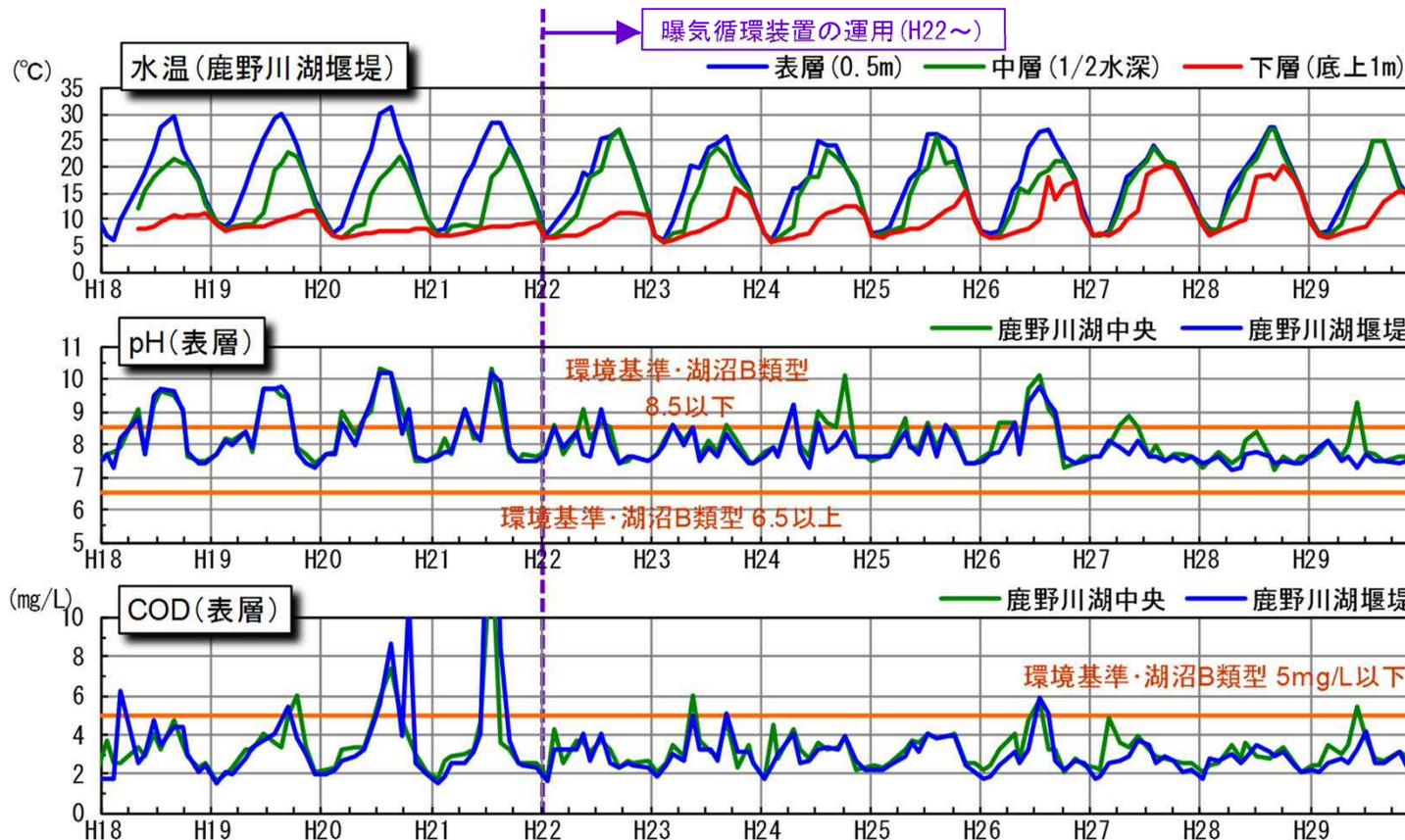


3.曝気循環装置の効果

貯水池水温・水質の経年変化

- 曝気循環装置の運用開始(H22)以降、表層と中層の水温差が小さくなり、アオコが発生しにくい環境が形成されている。
- pH、CODは、曝気循環装置の運用後、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



H22以降、表層・中層の水温差が縮小
表層~中層が混合

↓

植物プランクトンが光の届きにくい中層まで沈む
光合成しにくい環境を形成
(アオコが発生しにくい環境)

↓

光合成が活発になるとpHが高くなる
光合成の抑制によりpHが低下

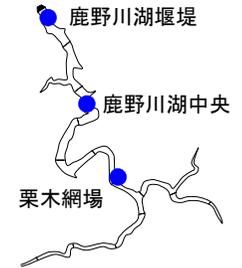
↓

光合成が活発になるとCODが高くなる
光合成の抑制によりCODが低下

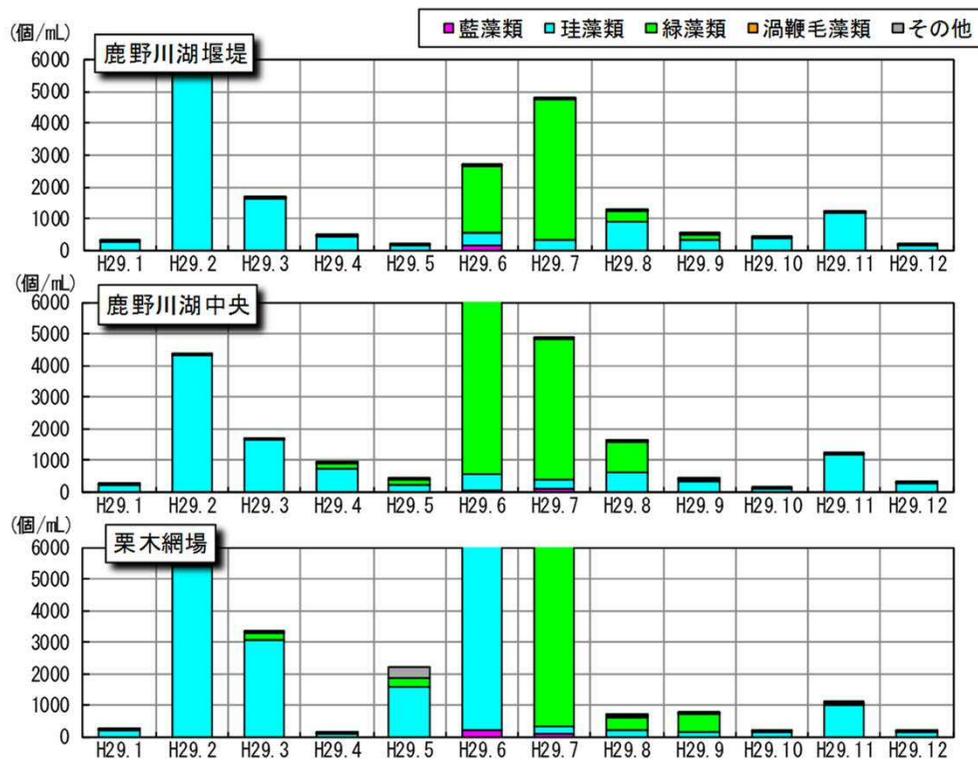
3.曝気循環装置の効果

植物プランクトンの種別細胞数

■ アオコの原因となる藍藻類が優占種となることはなかった。



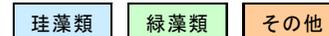
■ 植物プランクトンの種別細胞数 (H29、定期水質調査)



■ 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	Skeletonema potamos スケレトネマ ポタモズ	Skeletonema potamos スケレトネマ ポタモズ	Skeletonema potamos スケレトネマ ポタモズ
2月	Skeletonema potamos スケレトネマ ポタモズ	Skeletonema potamos スケレトネマ ポタモズ	Skeletonema potamos スケレトネマ ポタモズ
3月	Stephanodiscus hantzschii ステファノディスクス ハンチイ	Stephanodiscus hantzschii ステファノディスクス ハンチイ	Stephanodiscus hantzschii ステファノディスクス ハンチイ
4月	Stephanodiscus hantzschii ステファノディスクス ハンチイ	Stephanodiscus hantzschii ステファノディスクス ハンチイ	Stephanodiscus hantzschii ステファノディスクス ハンチイ
5月	Cyclotella sp. キクロテラ的一种	Cyclotella sp. キクロテラ的一种	Nitzschia fruticosa ニツシア フラティコサ
6月	Scenedesmus spp. セネデスムス的一种	Scenedesmus spp. セネデスムス的一种	Aulacoseira ambigua (螺旋型) アウラコセイラ アンビギア
7月	Eudorina elegans ユードリナ エレガンス	Eudorina elegans ユードリナ エレガンス	Eudorina elegans ユードリナ エレガンス
8月	Aulacoseira ambigua (螺旋型) アウラコセイラ アンビギア	Aulacoseira ambigua (螺旋型) アウラコセイラ アンビギア	Pandorina morum パンドリナ モルム
9月	Aulacoseira granulata アウラコセイラ グラヌラータ	Aulacoseira granulata アウラコセイラ グラヌラータ	Coelastrum microporum コエラストルム ミクロボラム
10月	Aulacoseira granulata アウラコセイラ グラヌラータ	Aulacoseira granulata アウラコセイラ グラヌラータ	Aulacoseira granulata アウラコセイラ グラヌラータ
11月	Aulacoseira granulata アウラコセイラ グラヌラータ	Aulacoseira granulata アウラコセイラ グラヌラータ	Aulacoseira granulata アウラコセイラ グラヌラータ
12月	Aulacoseira granulata アウラコセイラ グラヌラータ	Skeletonema potamos スケレトネマ ポタモズ	Aulacoseira granulata 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

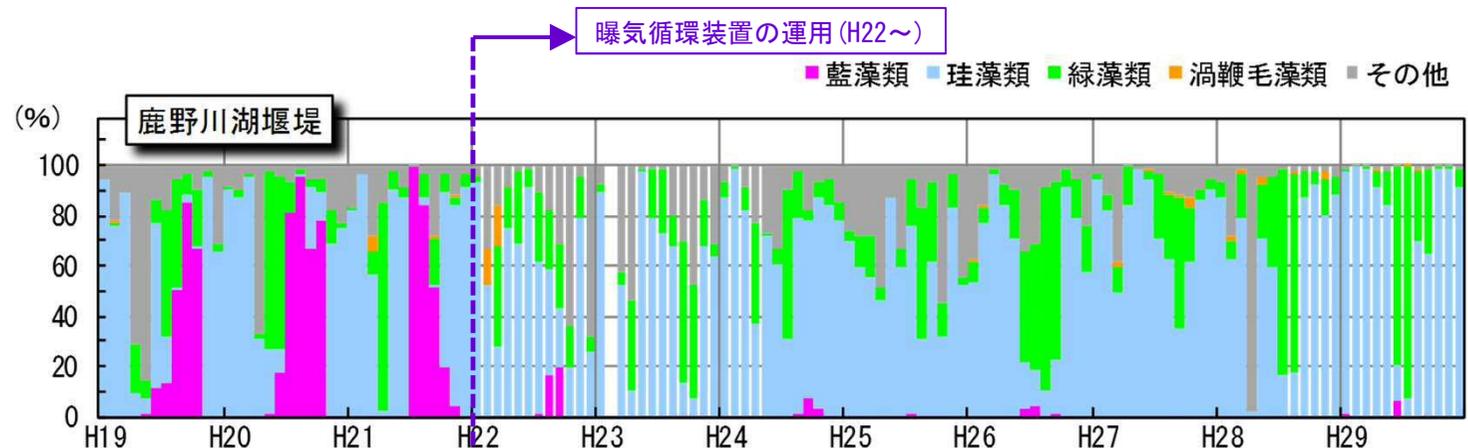


3.曝気循環装置の効果

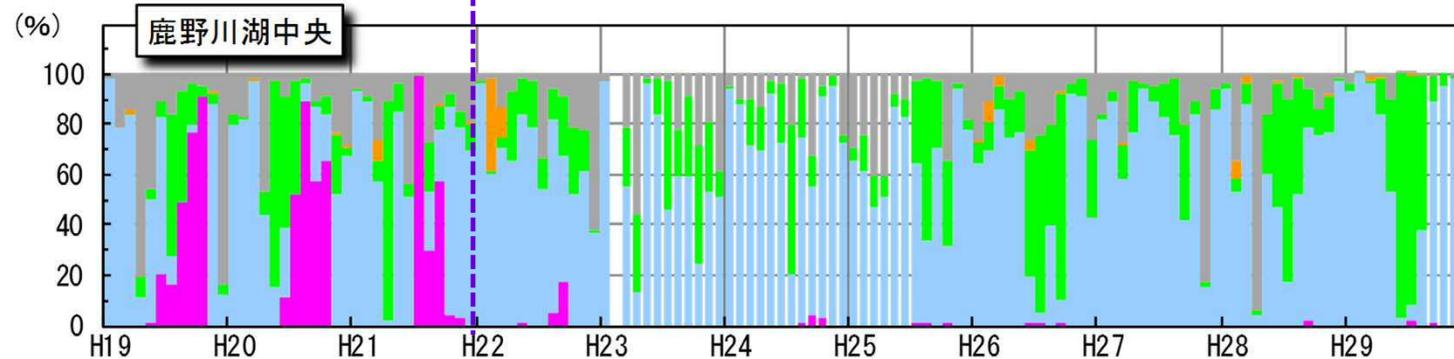
植物プランクトン種別細胞数の経年変化

- 曝気運用後は植物プランクトンの出現細胞数が減少し、アオコの原因となる藍藻類の出現頻度が減少している。

■ 植物プランクトン種別細胞数の経年変化(H19~H29、定期水質調査)



※月に1回の定期調査で
採水分析
(水面から0.5mで採水)

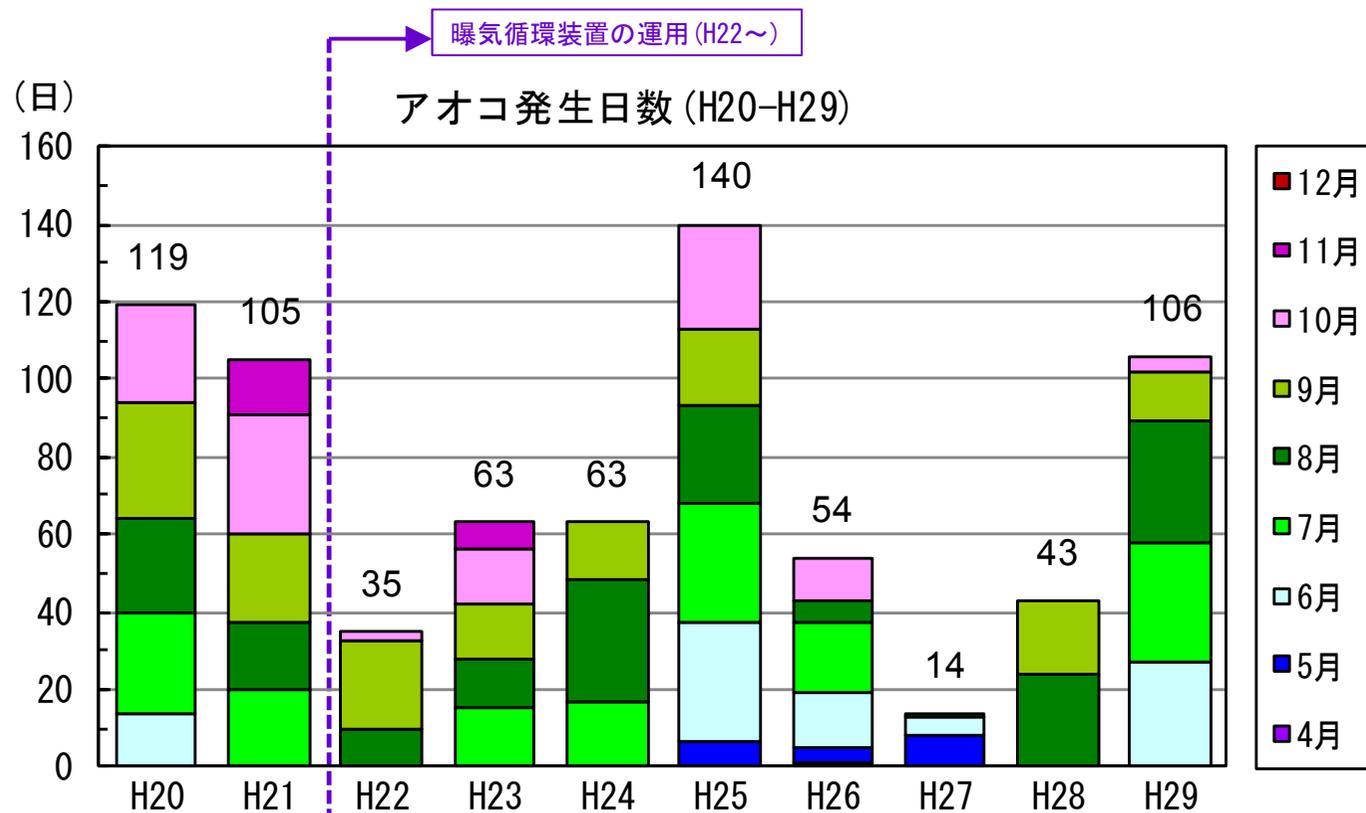


3.曝気循環装置の効果

アオコ発生状況の経年変化

- 曝気運用後（H22以降）は、H25を除き、アオコ発生日数が減少していたが、H29はアオコ発生日数が106日であった。

■ アオコ発生日数の経年変化



※巡視記録をもとに整理

3.曝気循環装置の効果

アオコ発生状況の経年変化

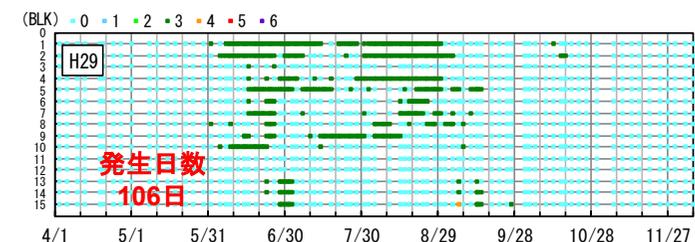
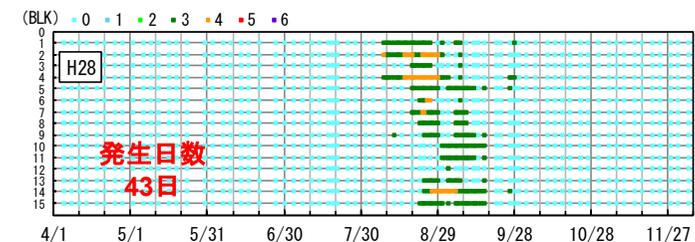
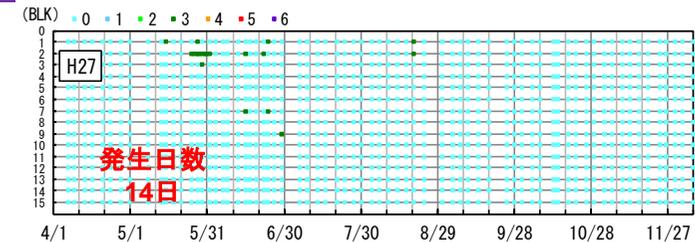
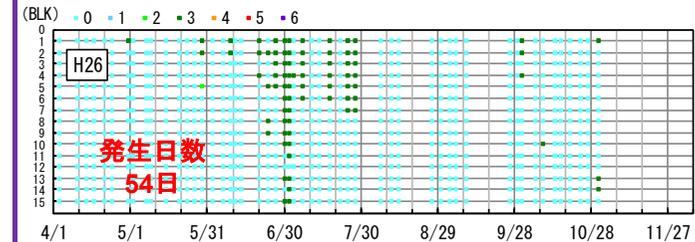
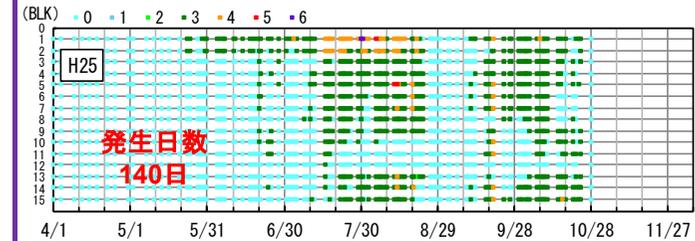
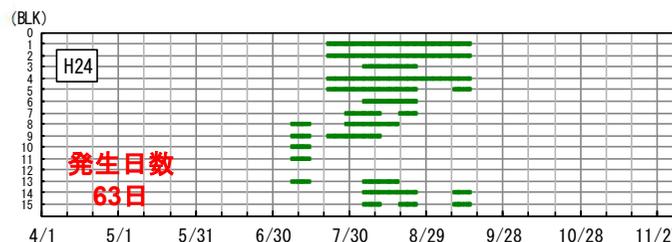
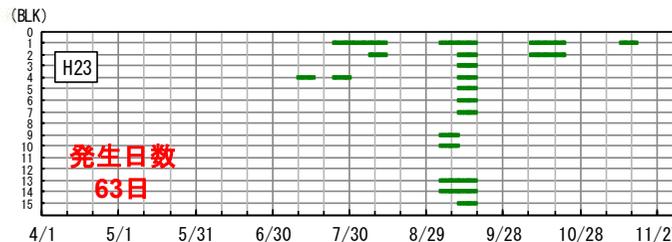
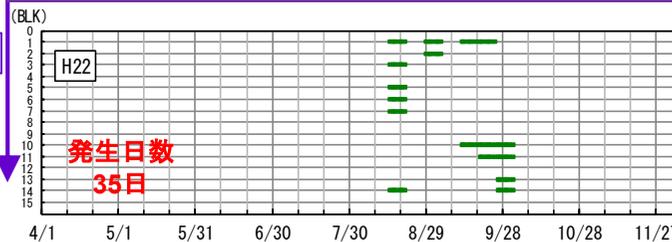
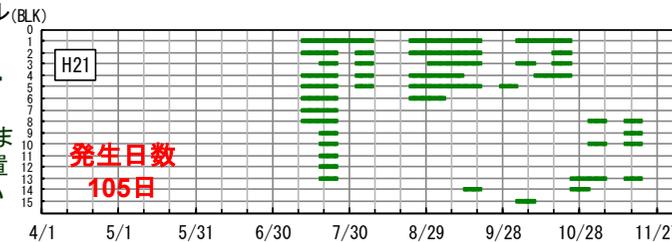
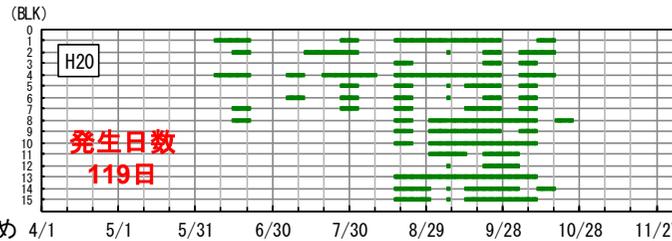
■ブロック別 アオコ発生状況



H24以前はレベル区分の記録がないため、発生確認がされている日(アオコレベル3以上の日)をすべてレベル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。

曝気循環装置の運用(H22~)



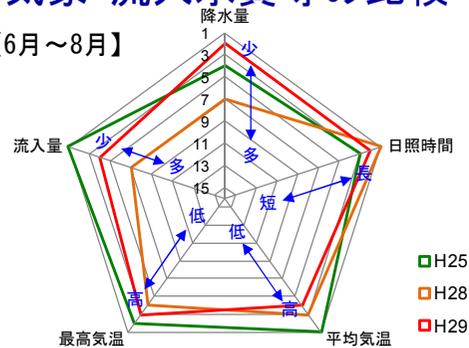
3.曝気循環装置の効果

アオコ発生状況の比較(H25、H28、H29)

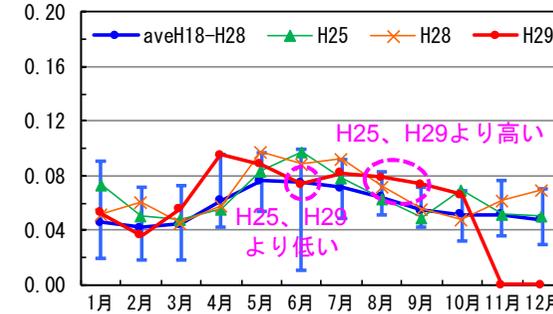
- H29はアオコ発生日数が106日であったが、貯水池全体に広がるアオコが発生したのは6月の一時期であり、その他の期間は部分的な発生であった。

■ 気象・流入水質等の比較

【6月～8月】



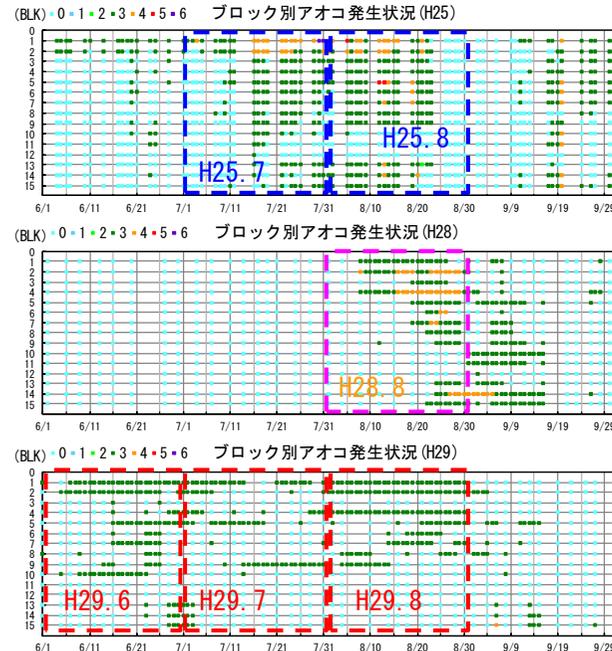
(mg/L) T-P(畑ヶ谷(本川流入))



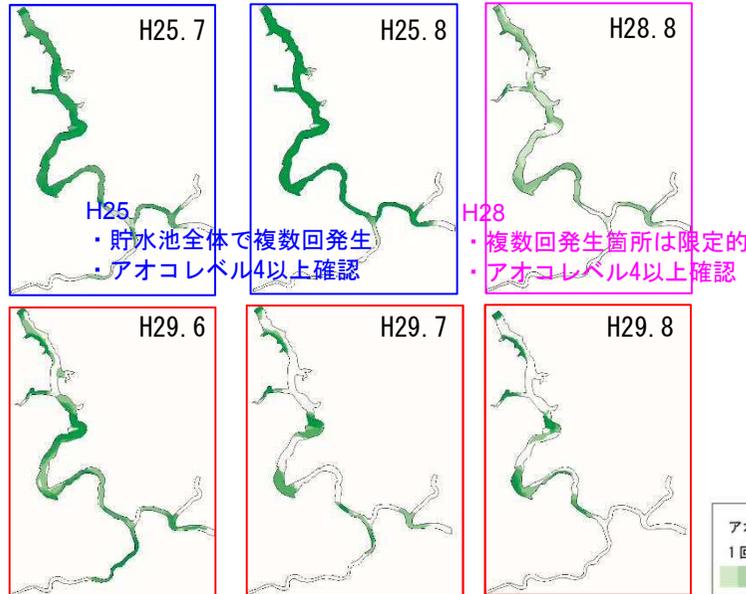
【巡視記録写真(鹿野川大橋付近)】



■ アオコ発生状況の比較



【月別アオコ分布図】



- ・複数回発生箇所は限定的
- ・アオコレベル4以上は発生なし



曝気循環装置によるアオコ抑制効果のまとめ

【平成29年の状況】

- H29は5～8月の日照時間が長く、アオコが発生しやすい気象条件であった。
- 曝気循環装置は、5月下旬から日平均気温が20℃以上となったため、24時間運用を早期から実施した。
- アオコ発生日数は106日であり、曝気循環装置運用後(H22以降)ではH25に次いで多かったが、貯水池全体に広がるアオコが発生したのは6月の一時期であり、その他の期間は部分的な発生であった。

【曝気循環装置の効果】

- 貯水池下流域(鹿野川湖堰堤)では、表層水温差が運用目標(2℃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 μg/L以下)を概ね達成した。
- 貯水池中上流域(1.4k、4.2k)は、2基運用や出水後の一時期を除き、運用目標を概ね達成した。
- クロロフィルaは一時的に改善目標を超過した時期があったが、貯水池全体に広がるようなアオコはほとんど発生しなかった。24時間運用を早めに実施したことにより、アオコ発生の抑制効果があったと考えられる。
- 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。

4.アオコ発生抑制のまとめ

曝気循環装置の評価基準の達成状況

- 表層水温差: 貯水池下流部は概ね2°C以下を達成、中流部は2基運用時や出水後に一時的な超過がみられたが概ね2°C以下を達成。
- クロロフィルa: 貯水池全域で25µg/L以下を概ね達成(目標達成)
- 植物プランクトン: 貯水池全域で藍藻類が優占せず(目標達成)
- アオコ: 6~9月に断続的にアオコが発生したが、発生は軽微(目標達成)

■ 曝気循環装置の評価基準の達成状況(H29)

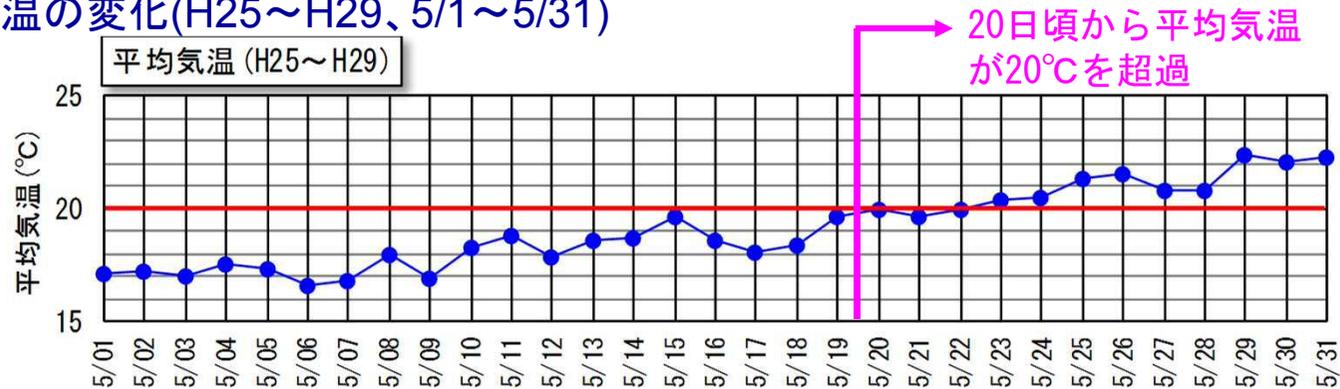
評価項目	水域	対象地点	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	備考
表層水温差 (2°C以下)	貯水池下流部	鹿野川湖堰堤	○	△	○	○	○	○	○	○	自動観測(鹿野川湖堰堤)及びサーミスタチェーン(1.4k、4.2k)による自動観測結果より判断 △:一時的な超過はあるが概ね目標を達成
	貯水池中流部	1.4k地点	○	×	△	×	○	○	○	○	
	貯水池上流部	4.2k地点	○	×	×	×	×	○	○	○	
クロロフィルa (25µg/L以下) (定期水質調査)	貯水池下流部	鹿野川湖堰堤	○	○	○	×	○	○	○	○	定期水質調査(月1回測定)結果より判断
	貯水池中流部	鹿野川湖中央	○	○	×	○	○	○	○	○	
	貯水池上流部	栗木網場	○	○	×	×	○	○	○	○	
クロロフィルa (25µg/L以下) (表層水質調査)	貯水池下流部	鹿野川湖堰堤	○	○	○	○	○	○	○	○	表層水質調査(月4回測定)結果より判断 (試行運用中のみの実施となり、本運用後の評価は定期水質調査結果を用いる) △:一部未達成あり
	貯水池中流部	鹿野川湖中央	○	○	△	○	○	○	○	○	
	貯水池上流部	栗木網場	○	○	×	○	△	○	○	○	
植物プランクトン (藍藻類が優占しない)	貯水池下流部	鹿野川湖堰堤	○	○	○	○	○	○	○	○	定期水質調査結果より判断
	貯水池中流部	鹿野川湖中央	○	○	○	○	○	○	○	○	
	貯水池上流部	栗木網場	○	○	○	○	○	○	○	○	
アオコ発生 (レベル3未満)	貯水池下流部	ブロック1~4	○	○	×	△	△	△	△	○	河川巡視結果より判断 △:単発的・局所的な発生あり
	貯水池中流部	ブロック5~7	○	○	×	△	△	△	○	○	
	貯水池上流部	ブロック8~15	○	○	△	△	△	△	○	○	

4.アオコ発生抑制のまとめ

次年度以降の運用計画(5月下旬の運用方法見直し)

- 近年、5月の日平均気温が20日頃から20℃を超過する頻度が高い。
- 現行の運用計画では、6月から5基運用を計画している。
⇒ 今年度の調査結果より、2基運用による表層水温差の改善効果は小さいことが確認されたため、**気象条件が厳しくなる5月中旬から5基運用が必要**であると考えられる。

■ 日平均気温の変化(H25~H29、5/1~5/31)



■ 次年度以降の運用計画(案)

曝気装置	運用期間	4月				5月				6月				7月				8月				9月				10月				11月			
		9	16	23	30	7	14	21	28	4	11	18	25	2	9	16	23	30	6	13	20	27	3	10	17	24	1	8	15	22	29	5	12
1号機	4月3週目~11月末	①				②				③				④				⑤															
2号機	4月3週目~11月末	①				②				③				④				⑤															
3号機	5月3週目~9月2週目																																
4号機	5月3週目~9月末																																
5号機	5月3週目~9月2週目																																

3~5号機の短縮運用期間を5月3週目からに変更

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)に含んで運用と区分

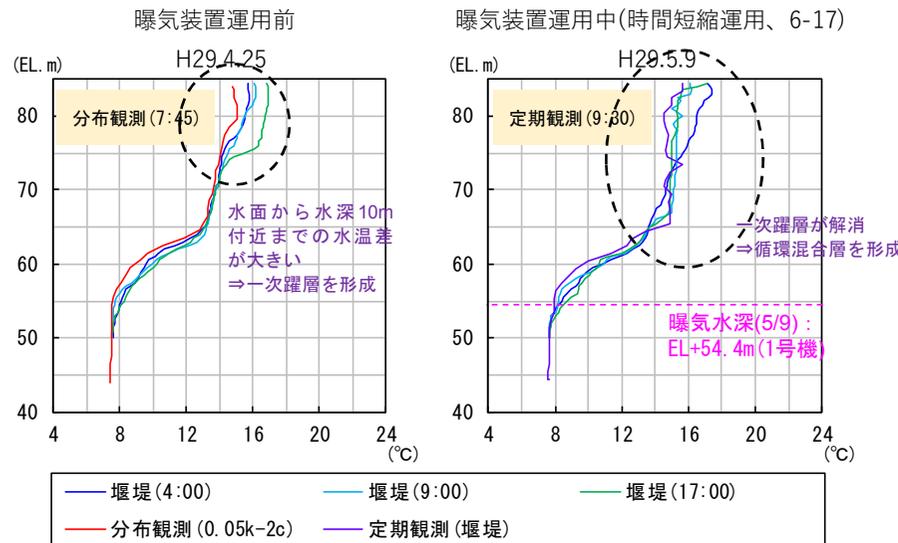
資料5 アオコ抑制対策 参考資料

曝気循環装置の評価基準の達成状況

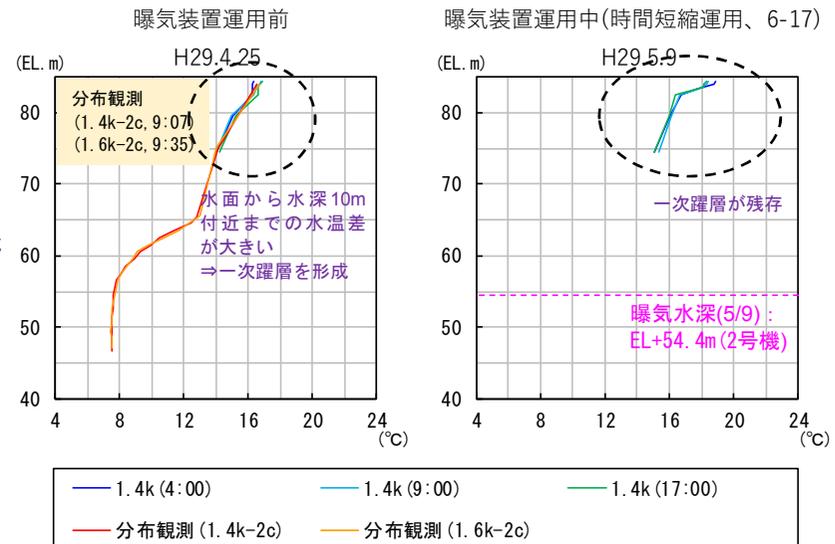
■2基時間短縮運用時における鉛直分布の比較

- 曝気循環装置付近(堰堤)は一次躍層を解消
⇒ 曝気効果を確認
- 1.4kでは一次躍層が残存しており、表層水温差が 2°C 以上
⇒ 1・2号機の時間短縮運用(6-17hr)では貯水池中上流域における曝気効果は小さい

堰堤



1.4k



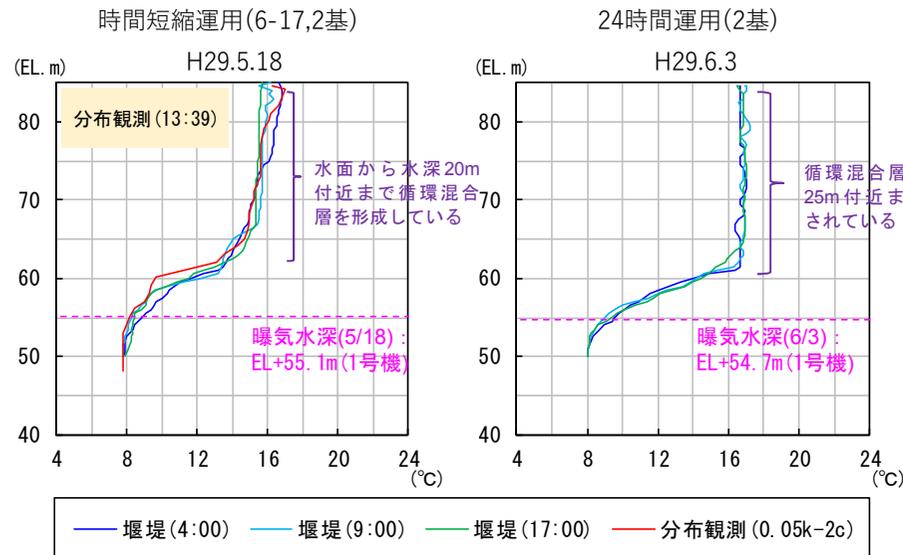
4.アオコ発生抑制のまとめ

曝気循環装置の評価基準の達成状況

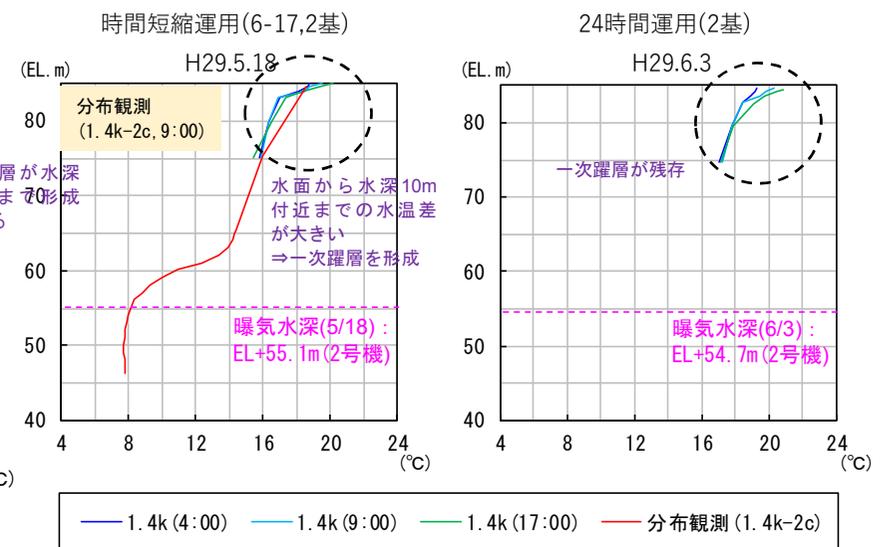
■2基運用(時間短縮運用時・24時間運用時)における鉛直分布の比較

- 曝気循環装置付近(堰堤)は一次躍層を解消
⇒ 曝気効果を確認
- 1.4kでは一次躍層が残存しており、表層水温差が 2°C 以上
⇒ 1・2号機の2基運用では貯水池中上流域における曝気効果は小さい

堰堤



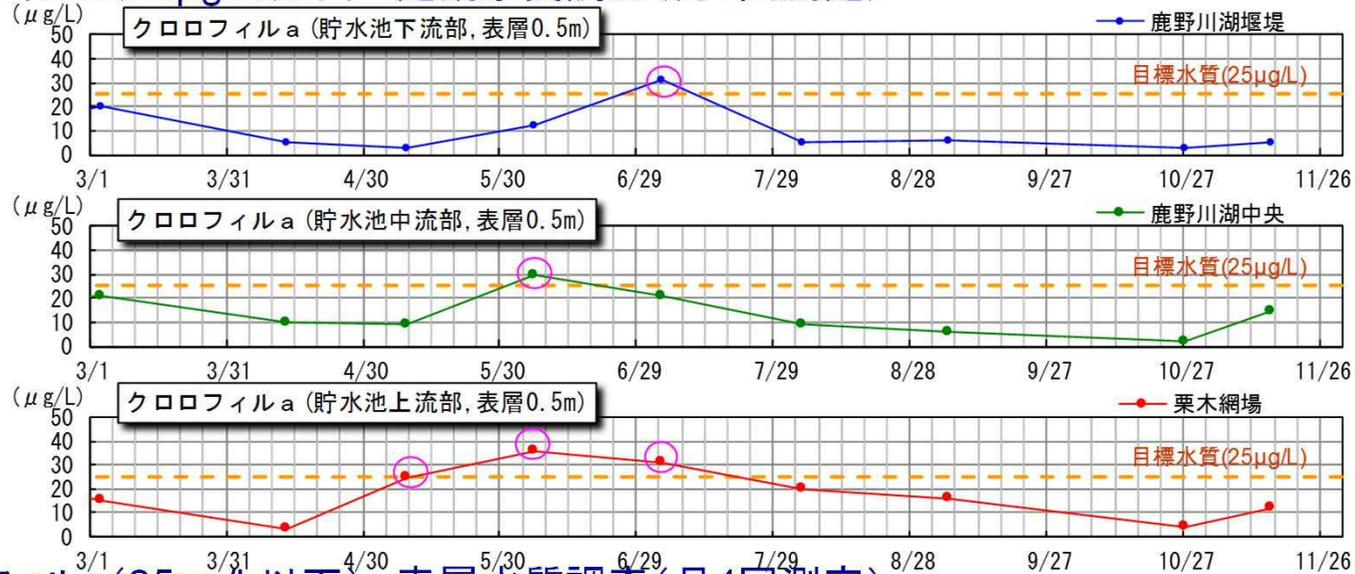
1.4k



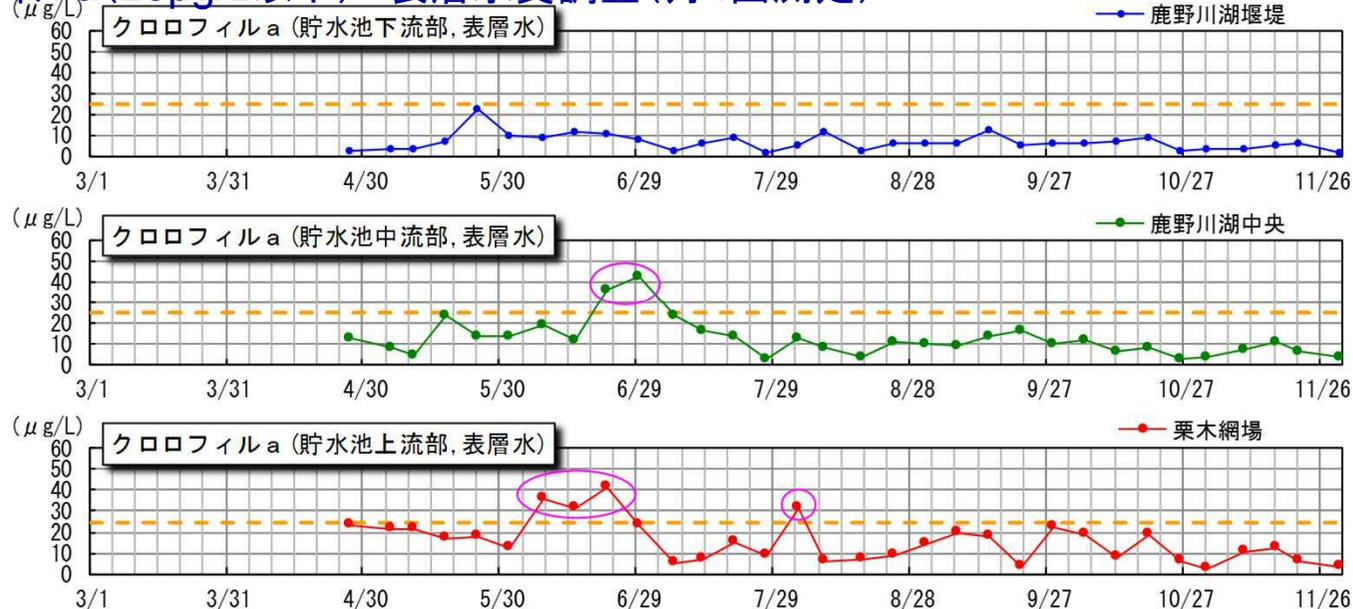
4.アオコ発生抑制のまとめ

曝気循環装置の評価基準の達成状況

■クロロフィルa(25 $\mu\text{g/L}$ 以下) 定期水質調査(月1回測定)



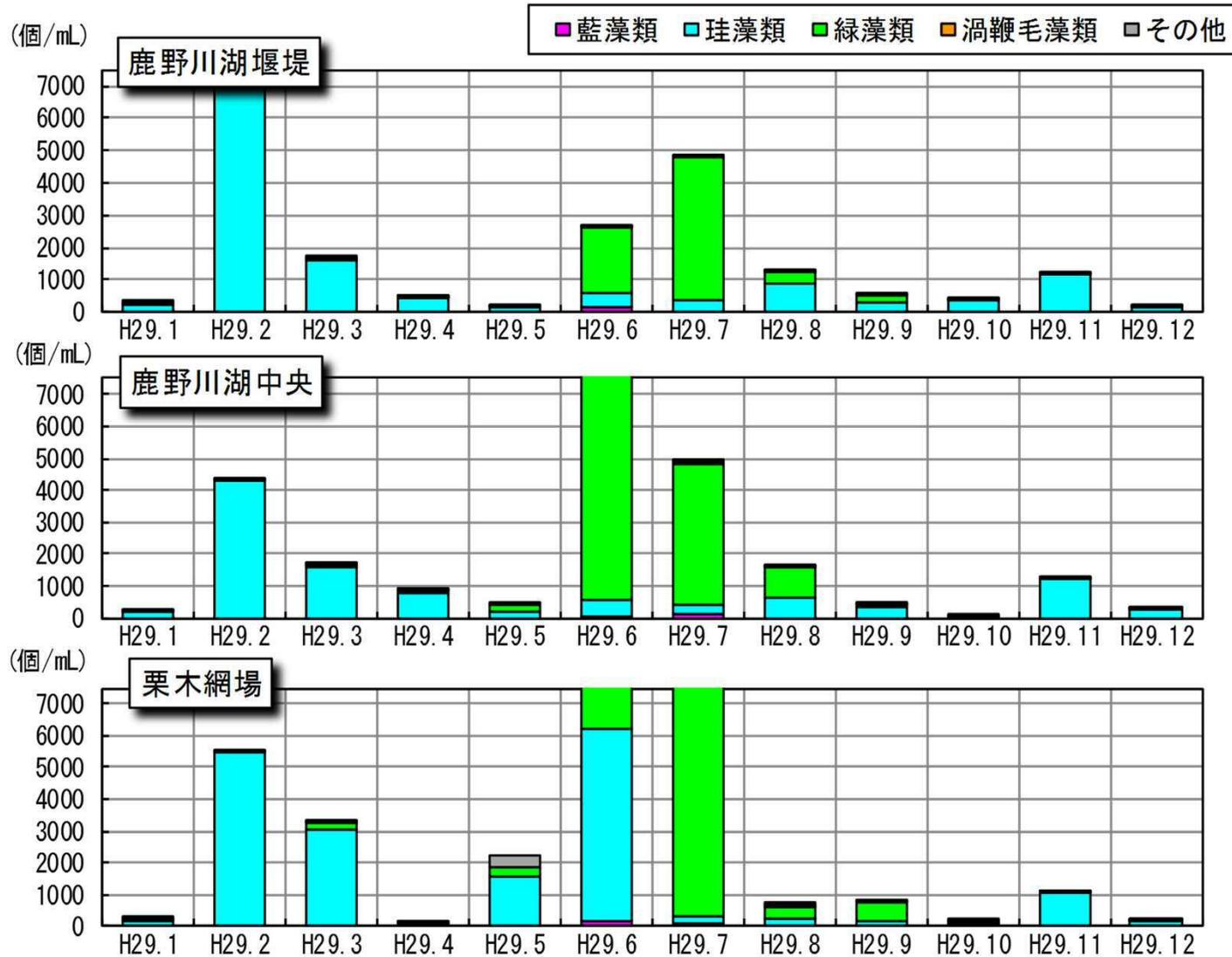
■クロロフィルa(25 $\mu\text{g/L}$ 以下) 表層水質調査(月4回測定)



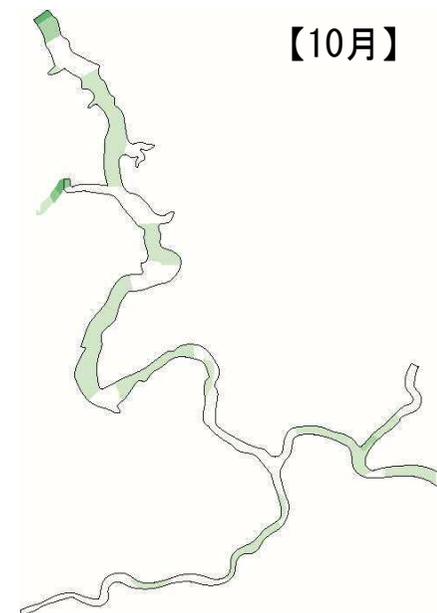
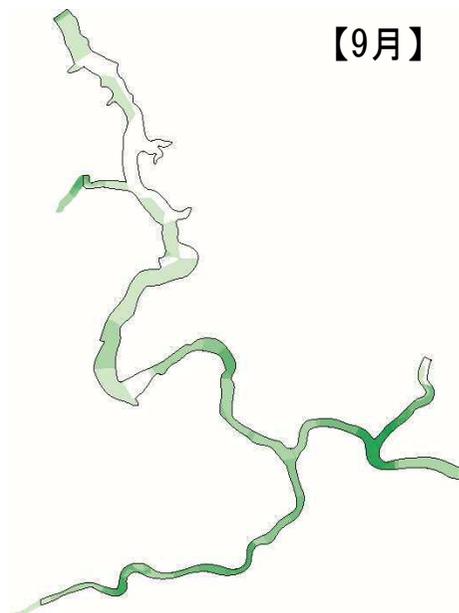
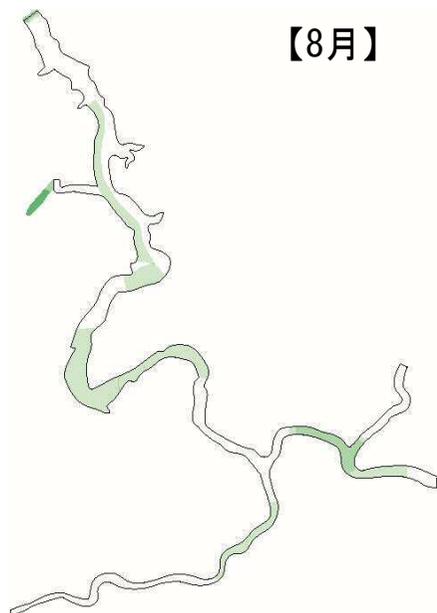
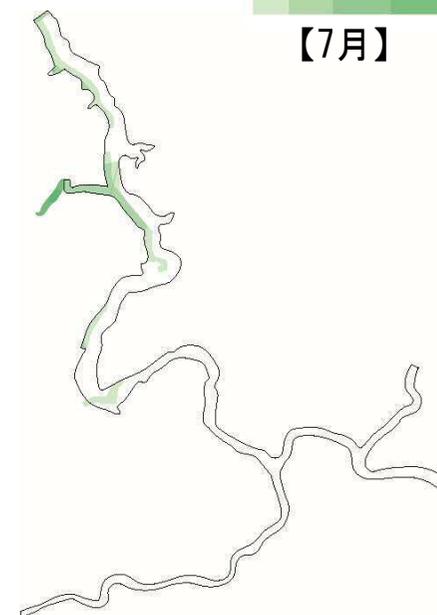
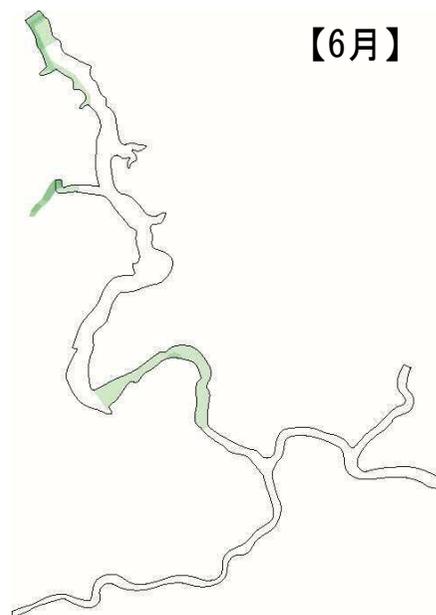
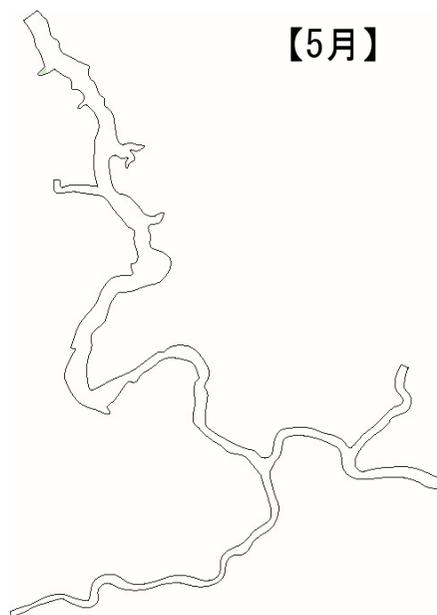
4.アオコ発生抑制のまとめ

曝気循環装置の評価基準の達成状況

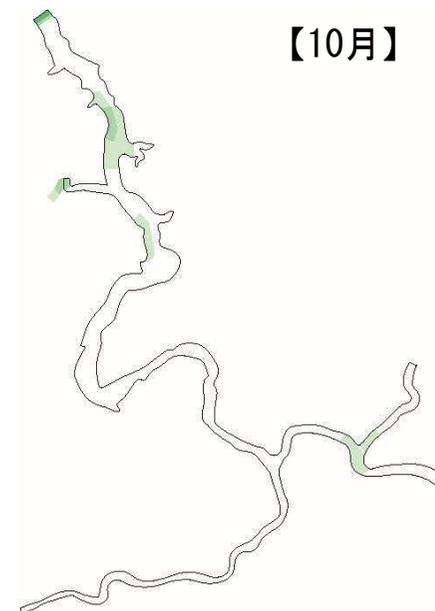
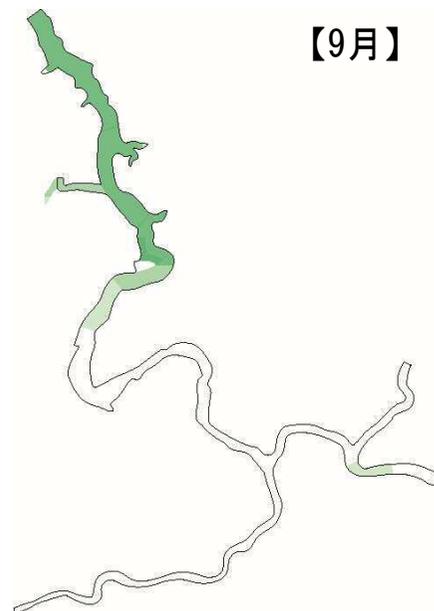
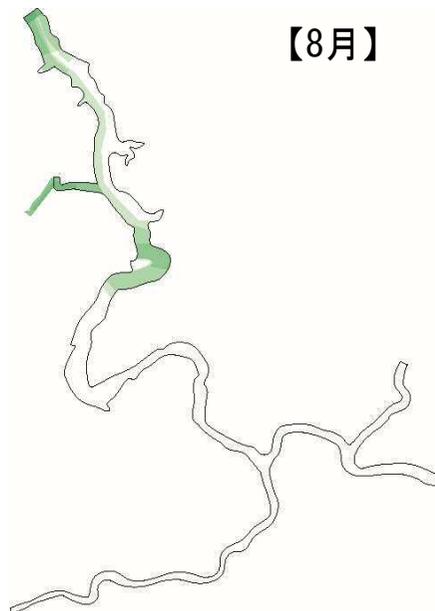
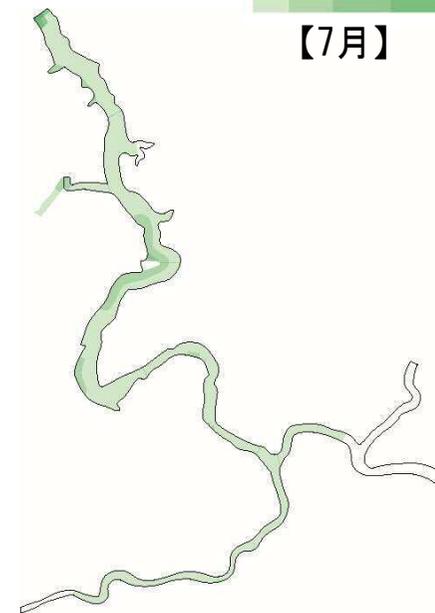
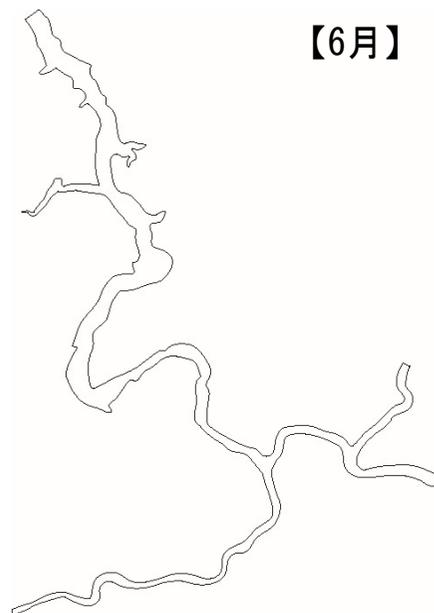
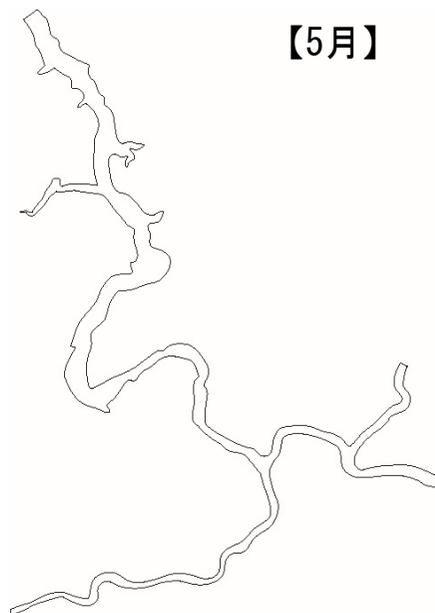
■植物プランクトン(藍藻類が優占しない)



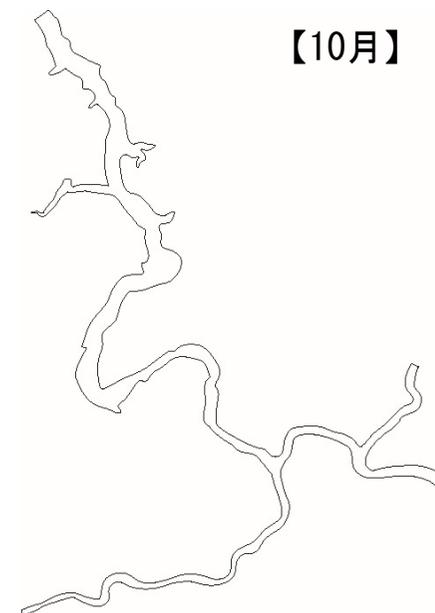
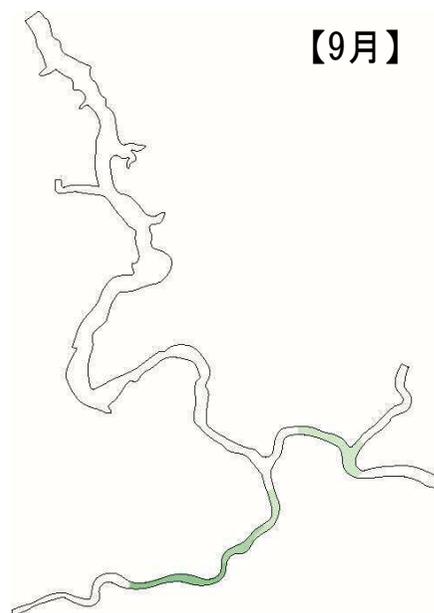
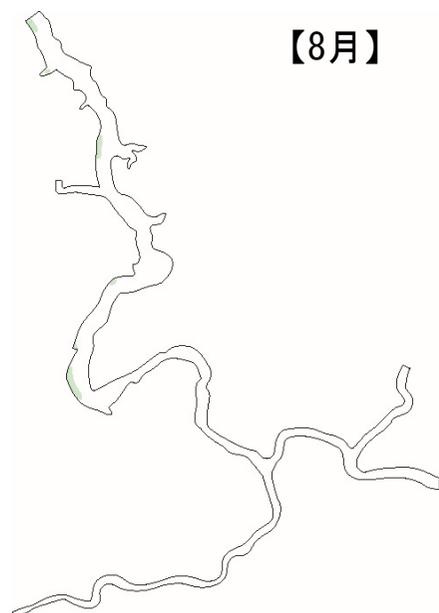
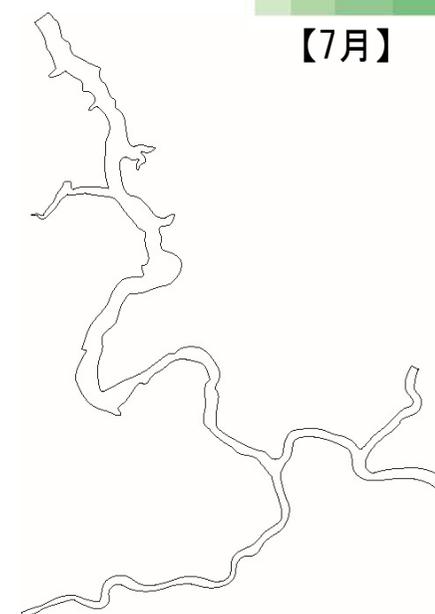
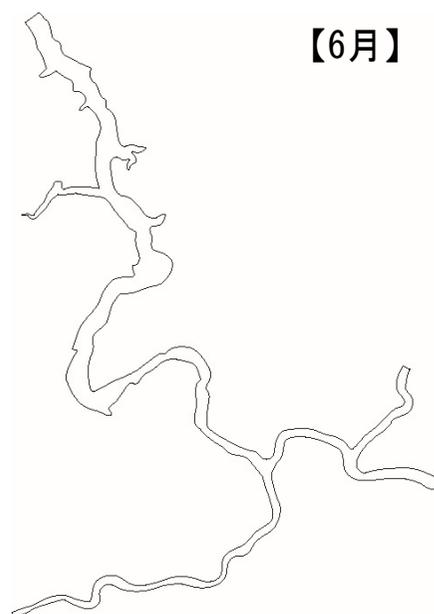
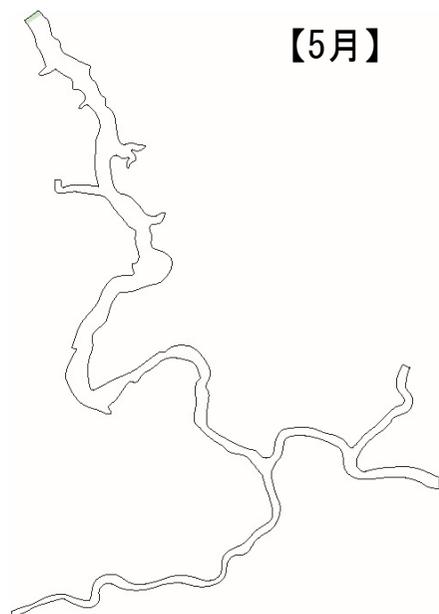
アオコ発生状況の経年変化(H20)



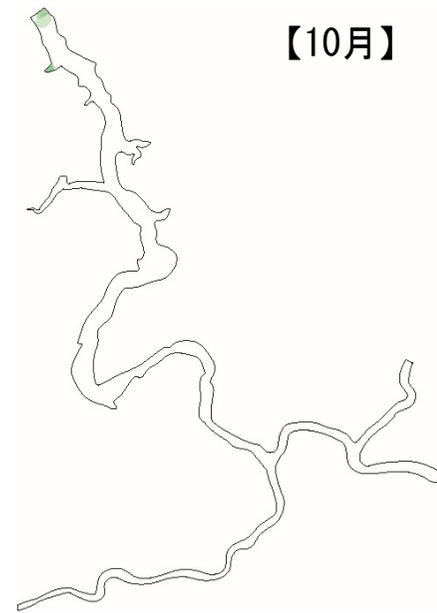
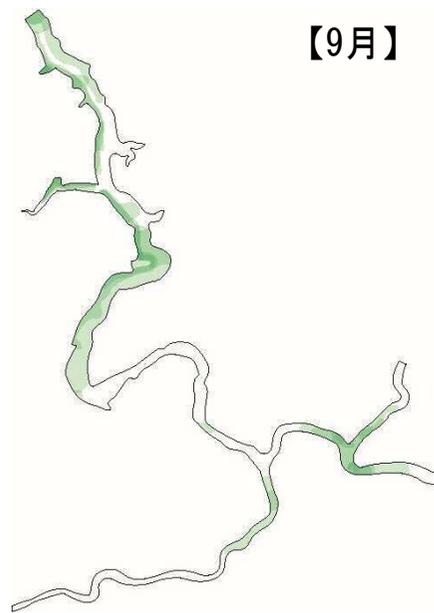
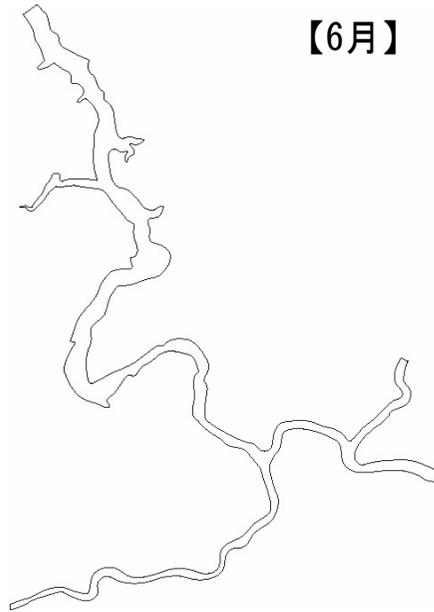
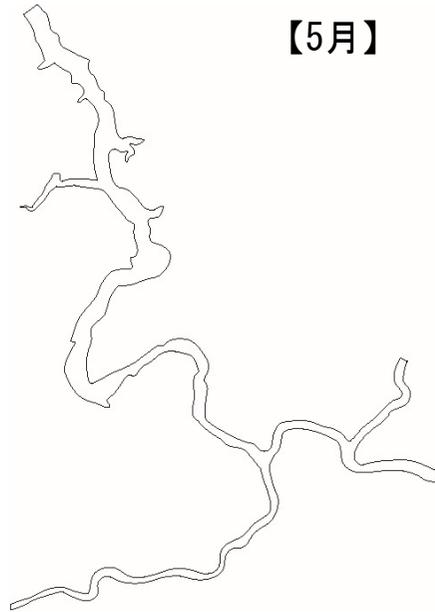
アオコ発生状況の経年変化(H21)



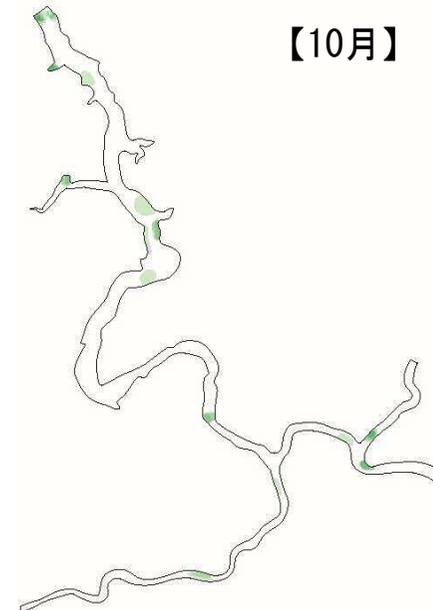
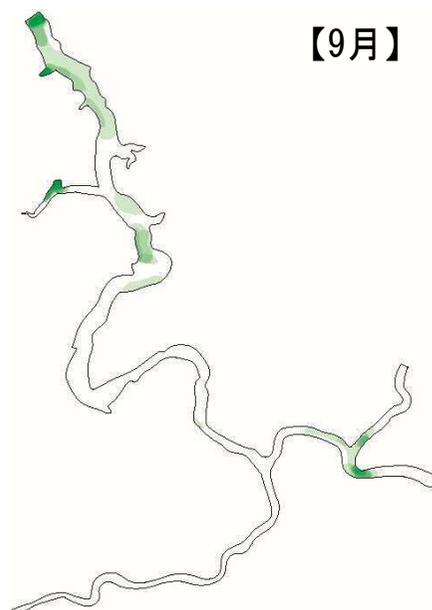
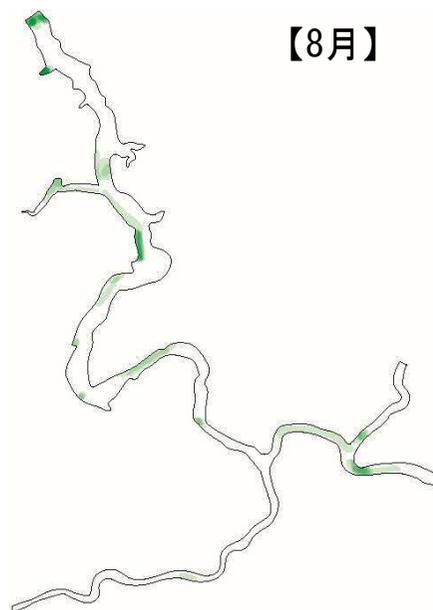
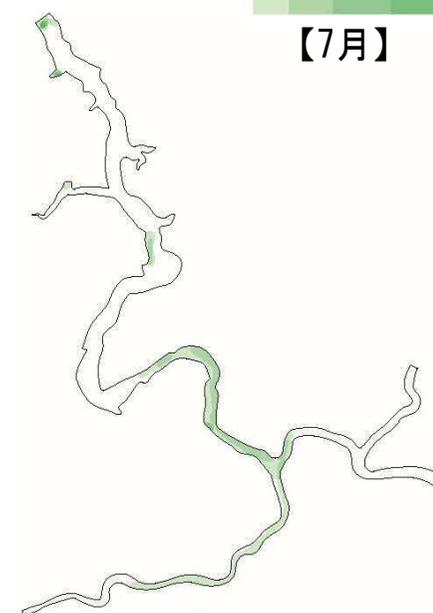
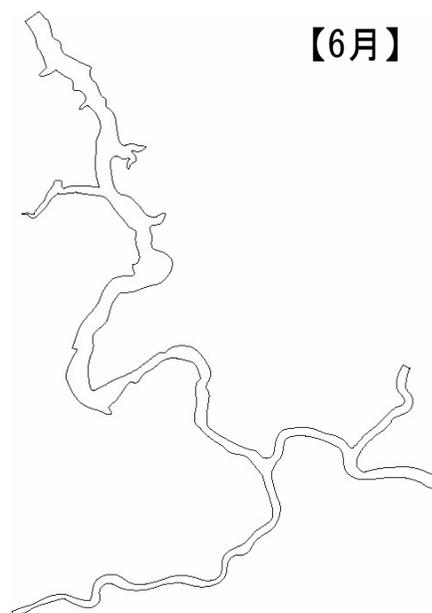
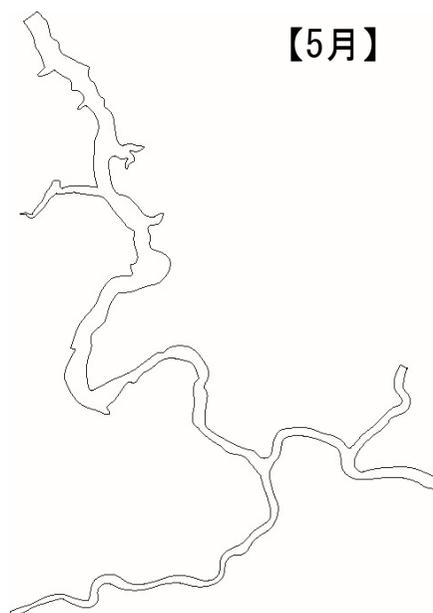
アオコ発生状況の経年変化(H22)



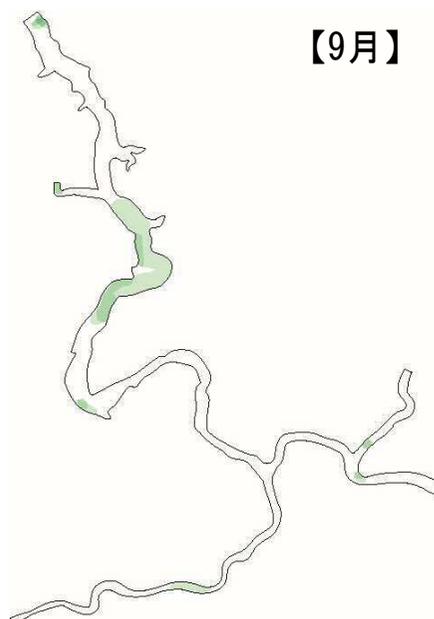
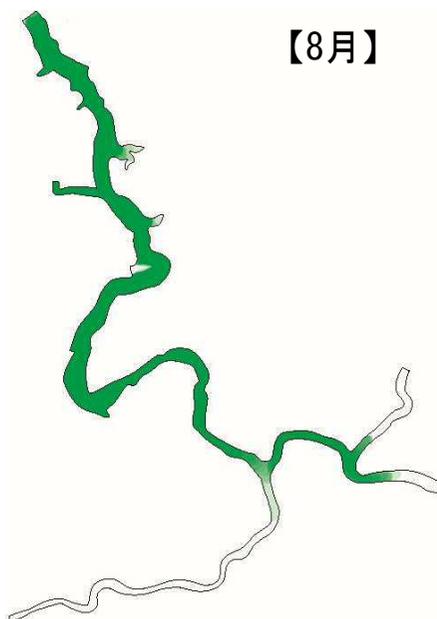
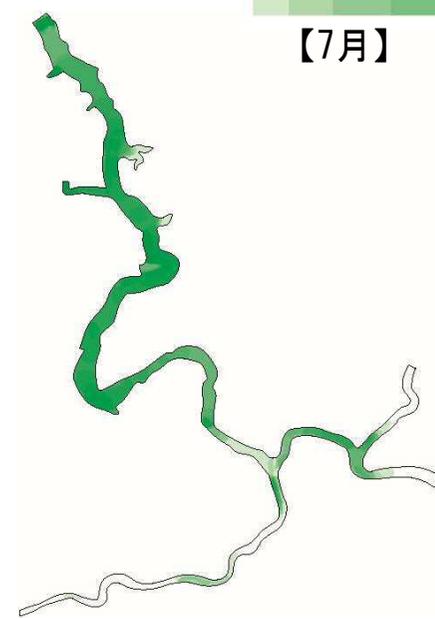
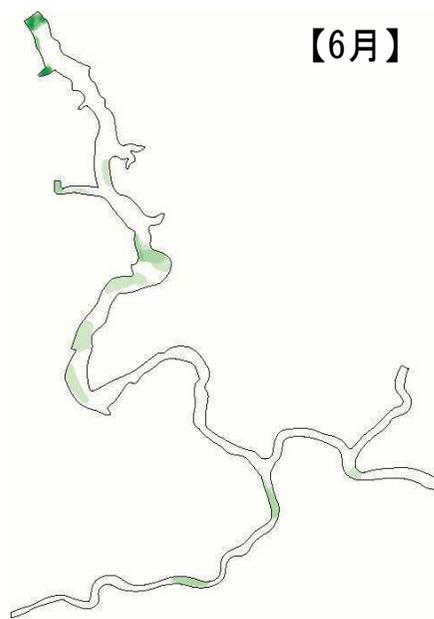
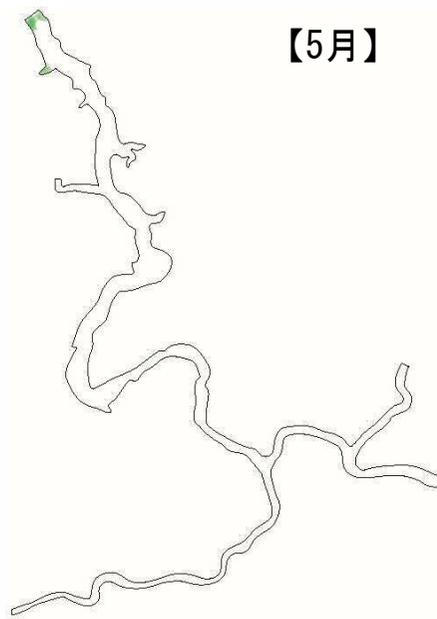
アオコ発生状況の経年変化(H23)



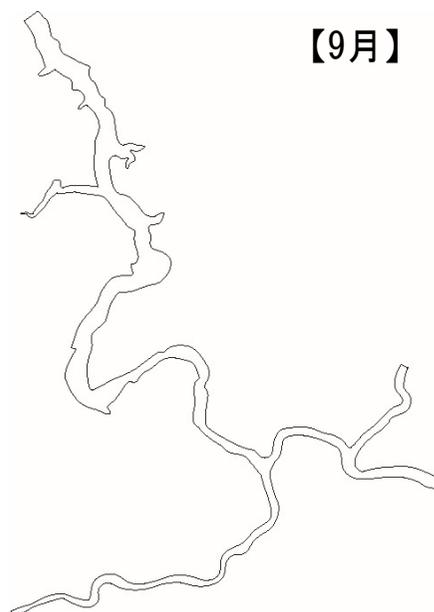
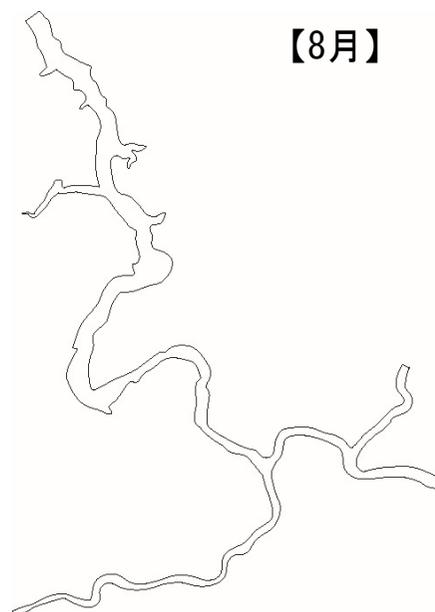
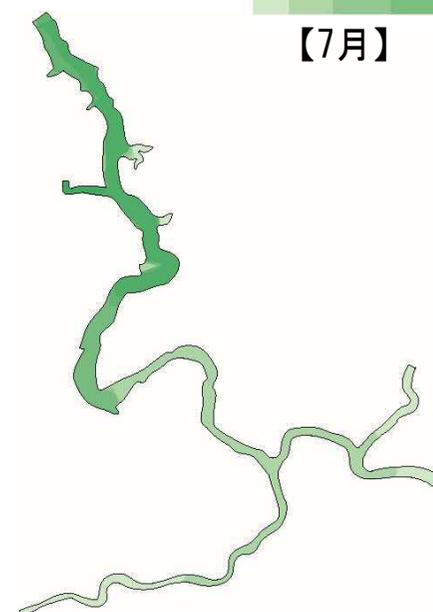
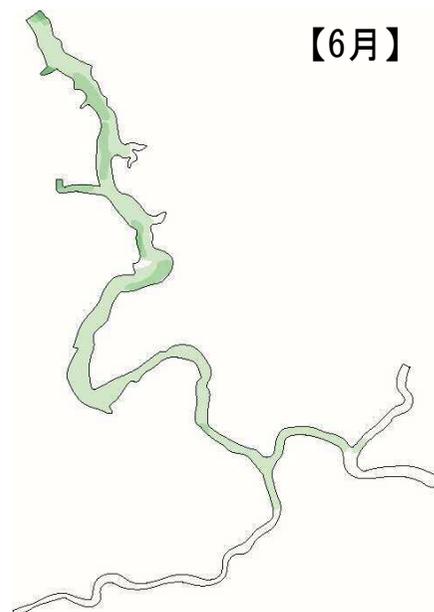
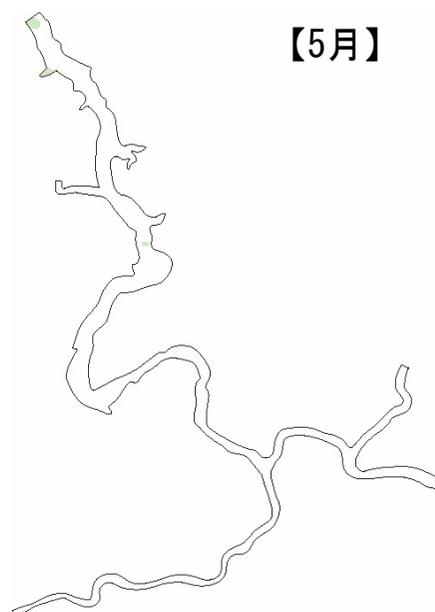
アオコ発生状況の経年変化(H24)



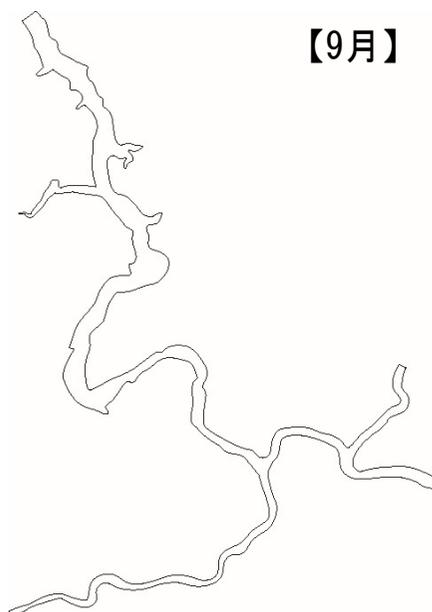
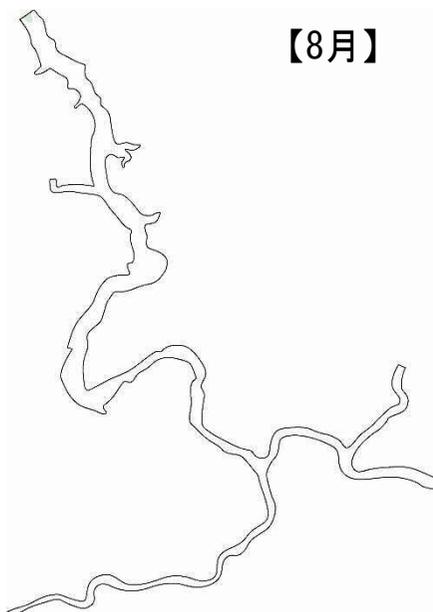
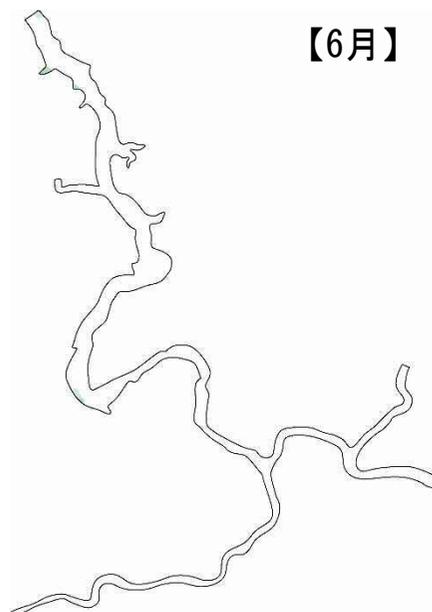
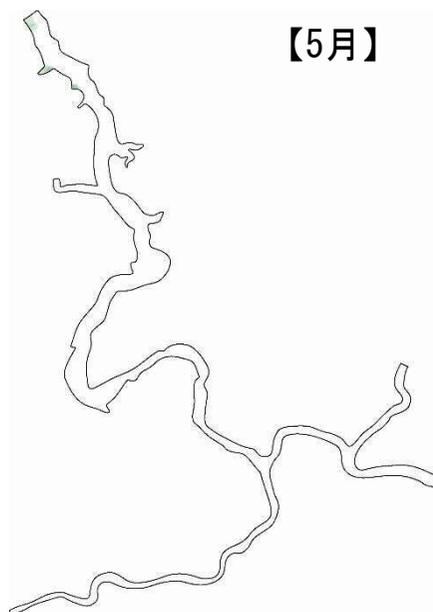
アオコ発生状況の経年変化(H25)



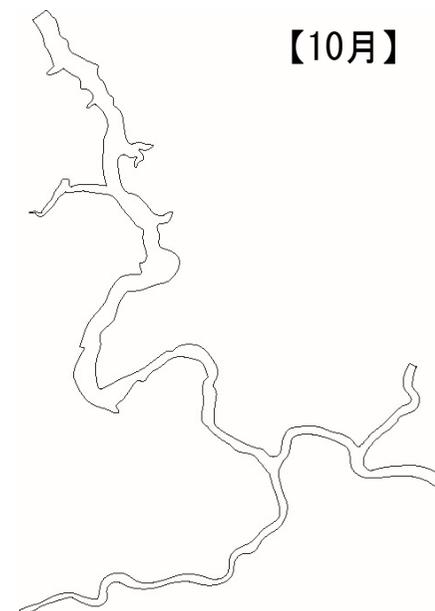
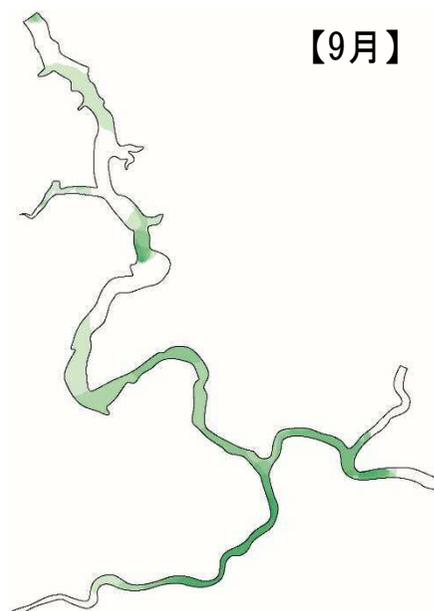
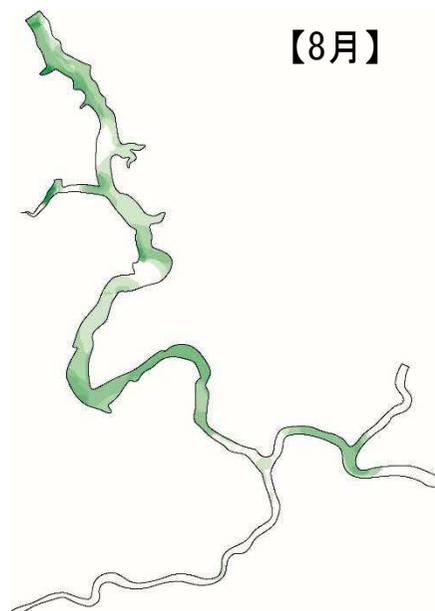
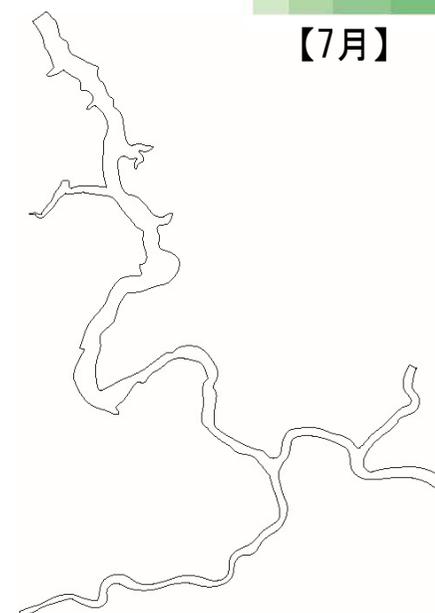
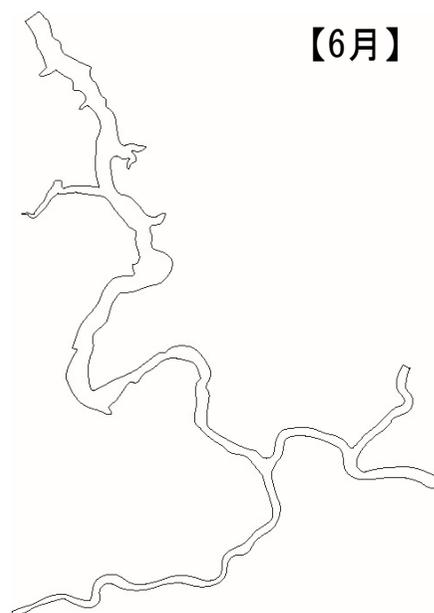
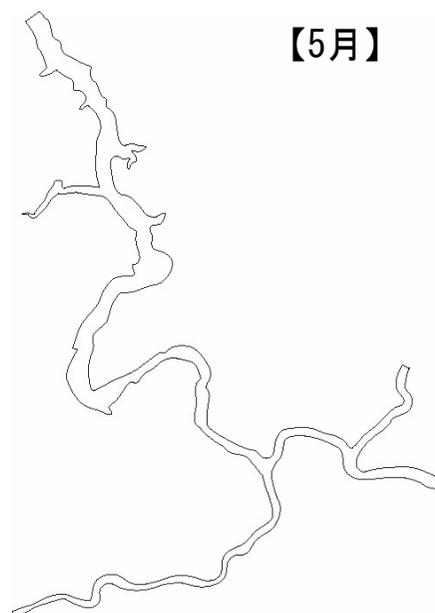
アオコ発生状況の経年変化(H26)



アオコ発生状況の経年変化(H27)

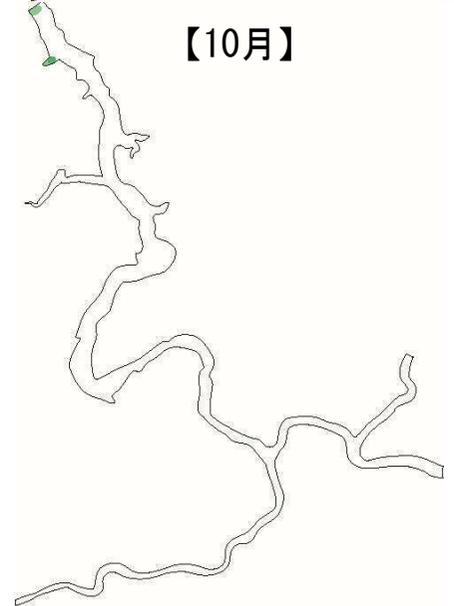
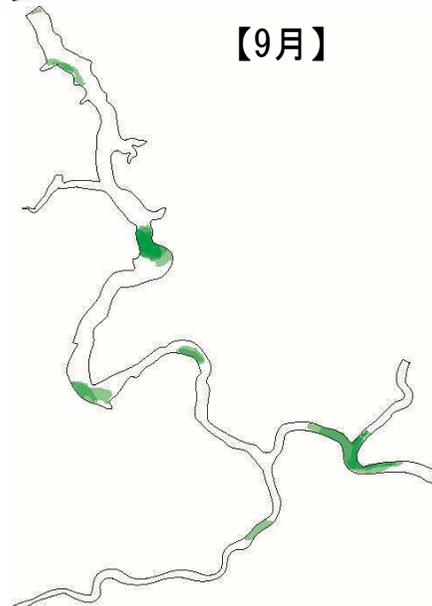
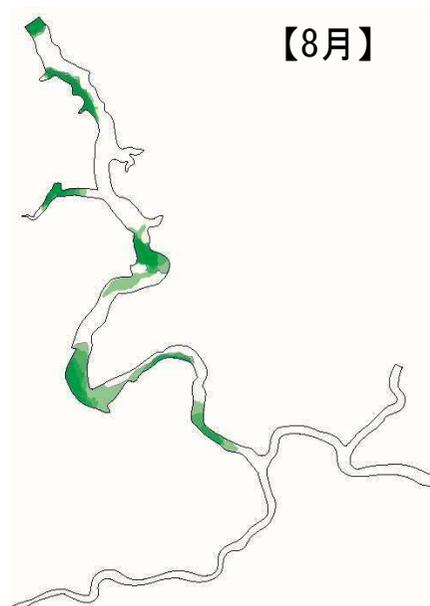
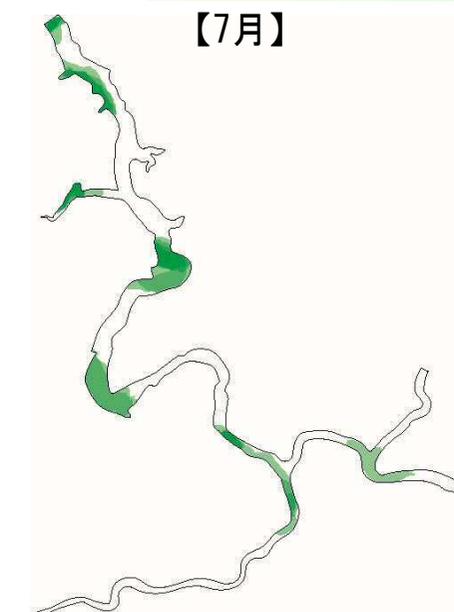
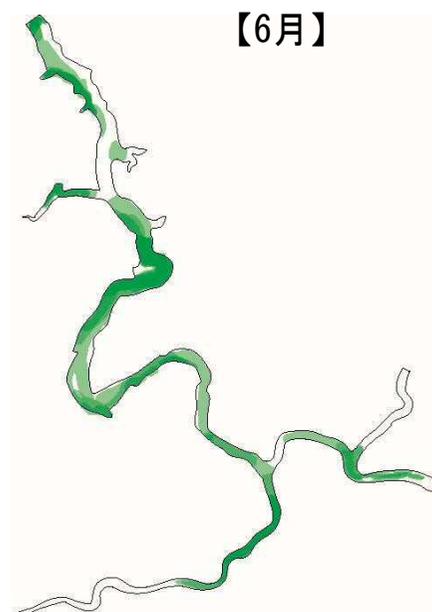
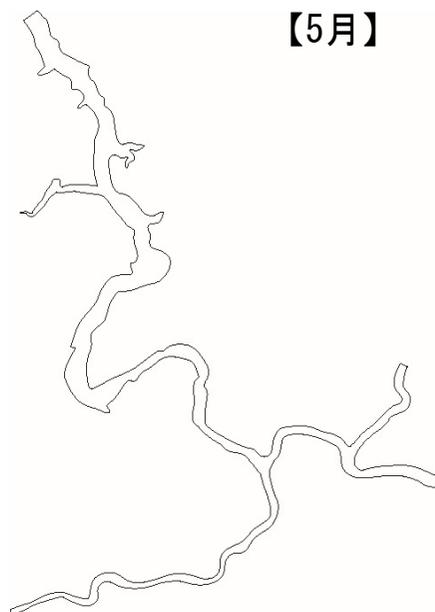


アオコ発生状況の経年変化(H28)



アオコ発生状況の経年変化(H29)

アオコ発生頻度(回数)
1回 5回 10回



巡視記録写真(鹿野川大橋付近) H25. 8. 12(アオコレベル5)



巡視記録写真(鹿野川大橋付近) H28. 8. 22(アオコレベル3)



巡視記録写真(鹿野川大橋付近) H29. 6. 26(アオコレベル3、
H29で最も広範囲に発生)

