

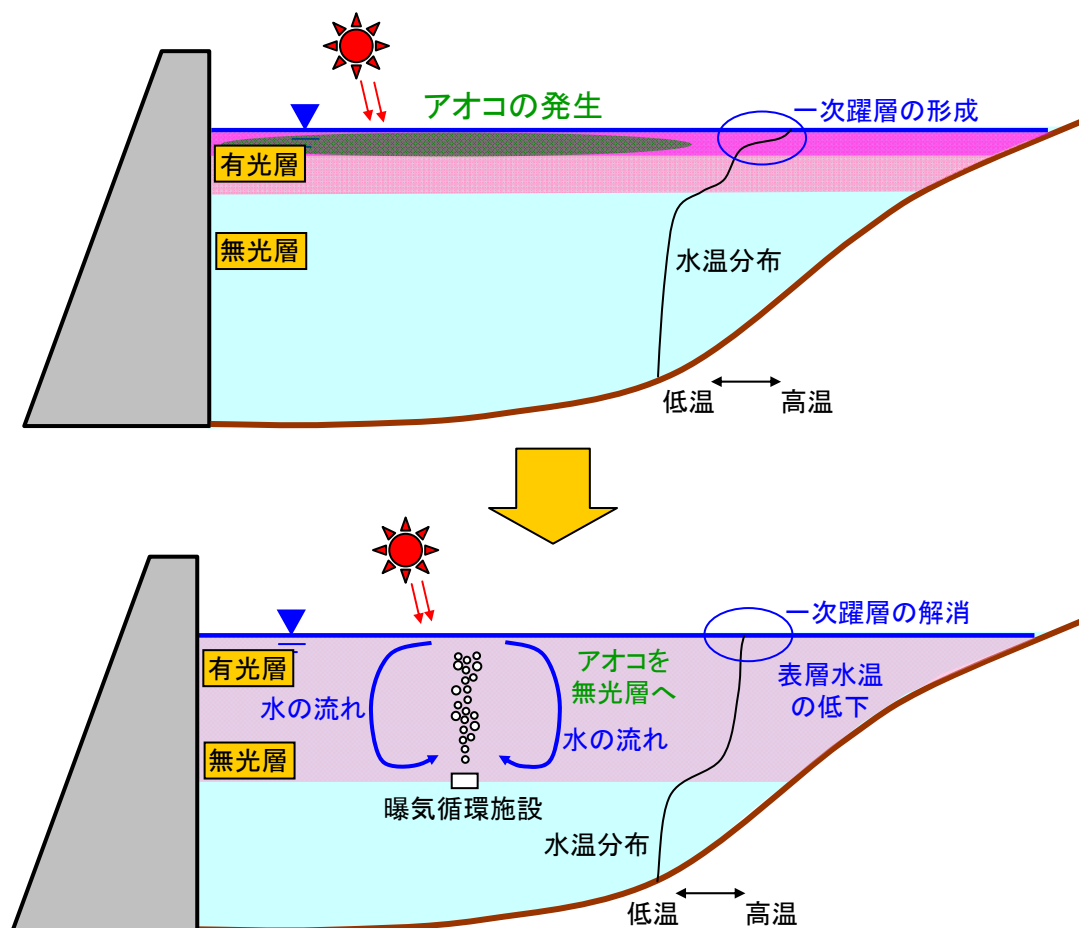
第8回鹿野川ダム水質検討会

アオコ発生抑制

- 曝気循環施設の概要
- 平成24年の水質及び曝気循環施設の運用状況
- 曝気循環施設の効果
- 合理的運用試験の効果（現地調査結果）
- 合理的運用試験の効果（水質予測モデルによる検証）
- 次年度以降の運用方針（案）

曝気循環施設によるアオコ発生を抑制する原理

- 曝気循環施設により、一次躍層の解消やアオコ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：藍藻類（アオコの原因種）に関するクロロフィルa 25 μ g/L以下（年最大）。

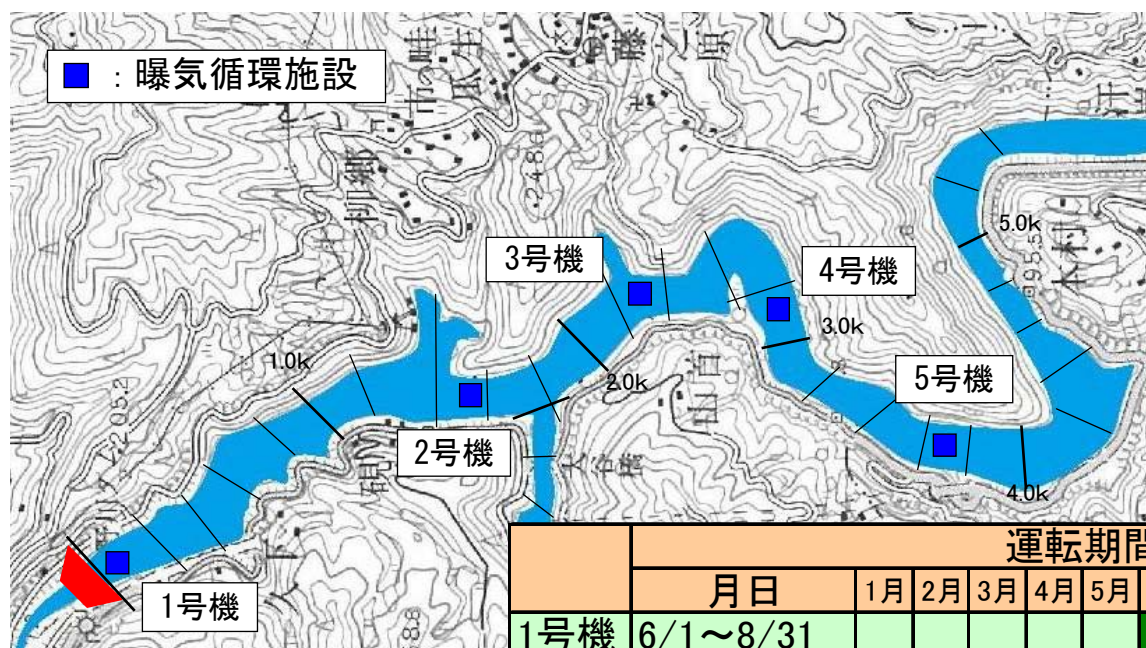
アオコの発生を抑制する手法 （貯水池浅層部水温差の解消）

- 手 法：曝気循環施設の稼動により、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：曝気循環施設の稼動により、浅層部水温差※を2℃以下とする。

※水深0.1m地点と2.0m地点の水温差

現行操作規則(案)

- 5月2機、6～8月5機、9月3機、10月2機稼動し、平常時の曝気水深は、20～30m。
- 吐き出し空気量は、6.4m³/分。
- 出水時はあらかじめ停止する。出水後は、発電取水口上濁度が10度以下になった時点から、曝気標高をEL.67mとして運転再開。



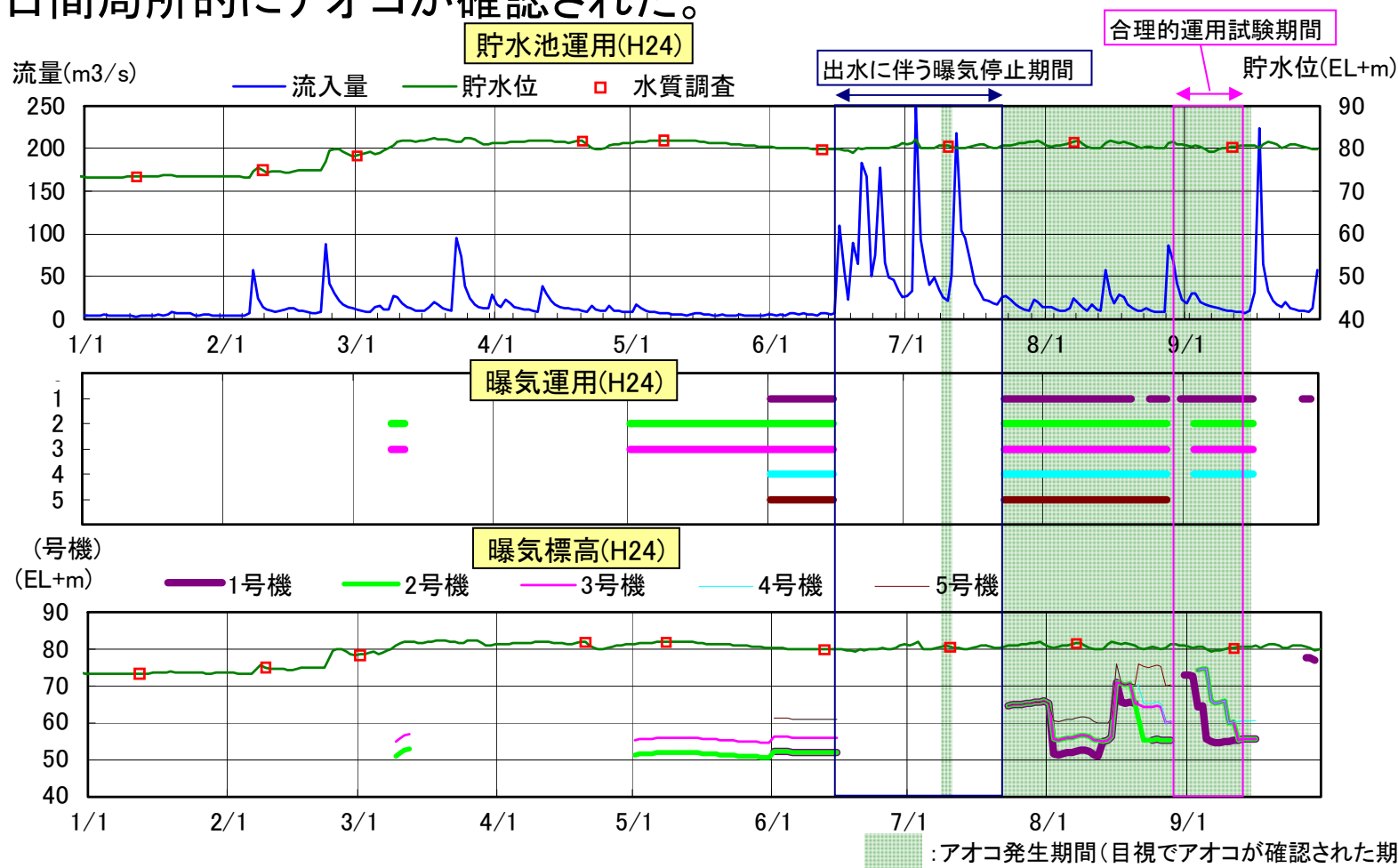
曝気循環施設の位置

現行操作規則(案)

	運転期間												曝気水深 (目安曝気標高)	
	月日	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月		12月
1号機	6/1～8/31													30m(EL.50m以上)
2号機	5/1～10/31													30m(EL.50m以上)
3号機	5/1～10/31													25m(EL.55m以上)
4号機	6/1～9/30													20m(EL.60m以上)
5号機	6/1～8/31													20m(EL.60m以上)

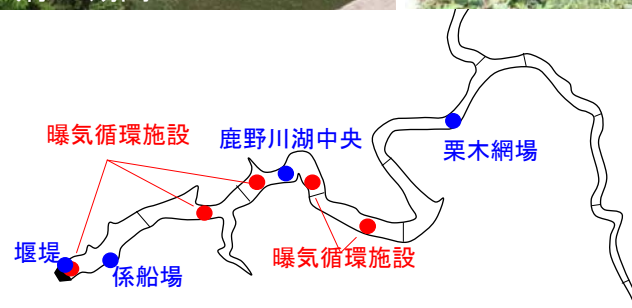
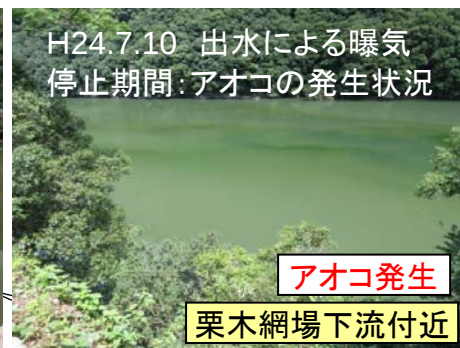
平成24年の施設運用状況とアオコの発生

- 平成24年は操作規則(案)に基づき5月始めから曝気循環施設を運転しており、途中出水により、6月から7月にかけて停止した。
- 曝気循環施設停止中の7月にアオコが発生し、9月上旬に至るまでの約60日間局所的にアオコが確認された。



平成24年のアオコの発生状況

- アオコは局所的な発生が見られるのみで、鹿野川湖全域に発生することは無かった。

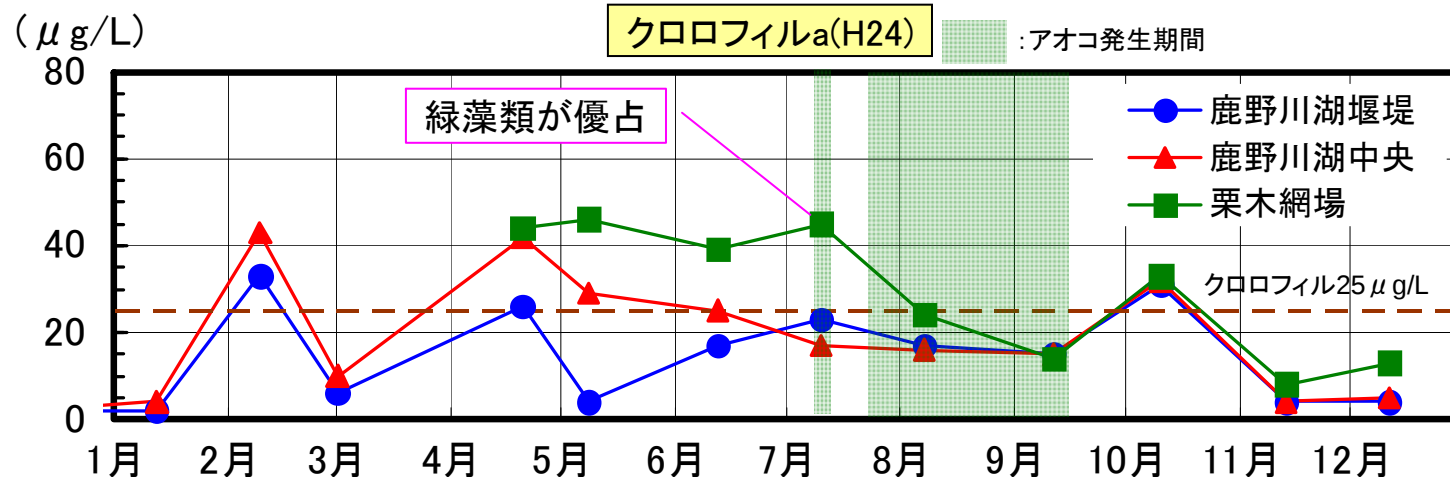
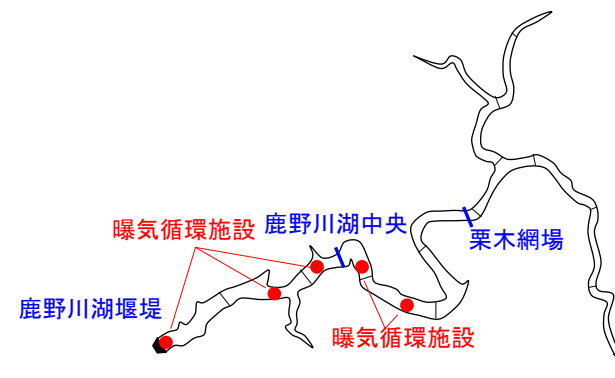


平成24年のクロロフィルaの状況

- 平成24年のクロロフィルaは、アオコが発生している期間内では7月が最大で、鹿野川湖堰堤、鹿野川湖中央、栗木網場でそれぞれ $23 \mu\text{g/L}$ 、 $17 \mu\text{g/L}$ 、 $45 \mu\text{g/L}$ を示しており、栗木網場以外は目標値を下回っている。

クロロフィルa最大値

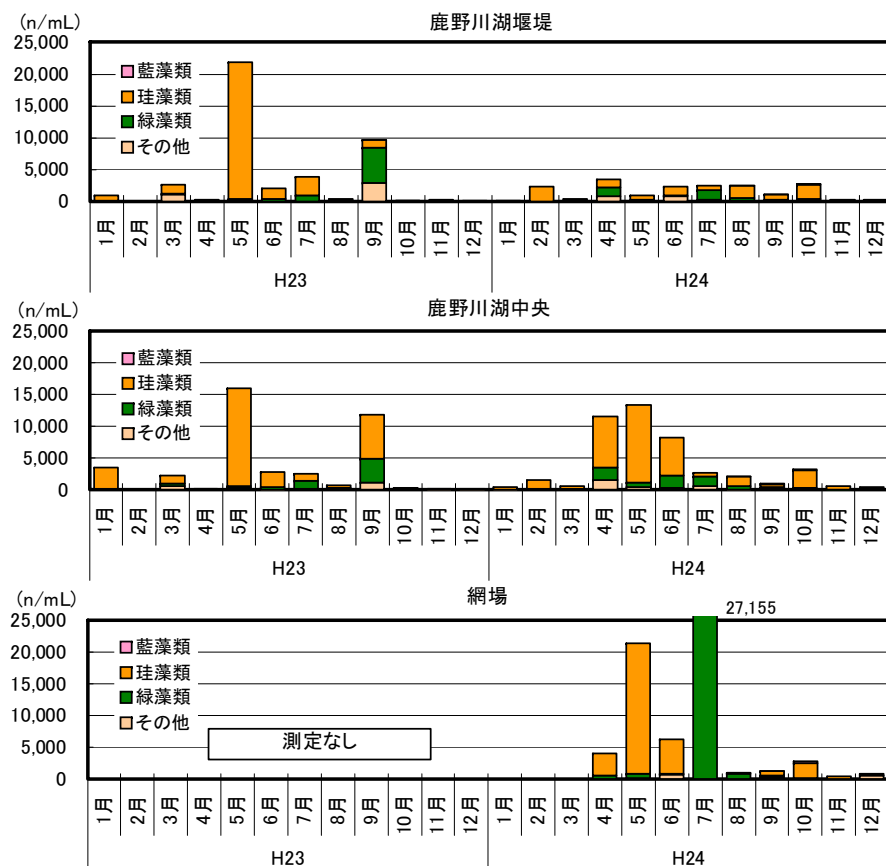
地点	クロロフィルa 最大値(7月)	目標値
鹿野川湖堰堤	$23 \mu\text{g/L}$	藍藻類に関する クロロフィルa: $25 \mu\text{g/L}$ 以下
鹿野川湖中央	$17 \mu\text{g/L}$	
栗木網場	$45 \mu\text{g/L}$	



(2)平成24年の水質及び曝気循環施設の運用状況

平成24年の植物プランクトンの状況

- 平成23年、24年とも定期採水分析の結果からは、アオコ発生時においても藍藻類の個体数は少なく、ほとんどが珪藻類である。アオコの発生は局所的であると考えられる。

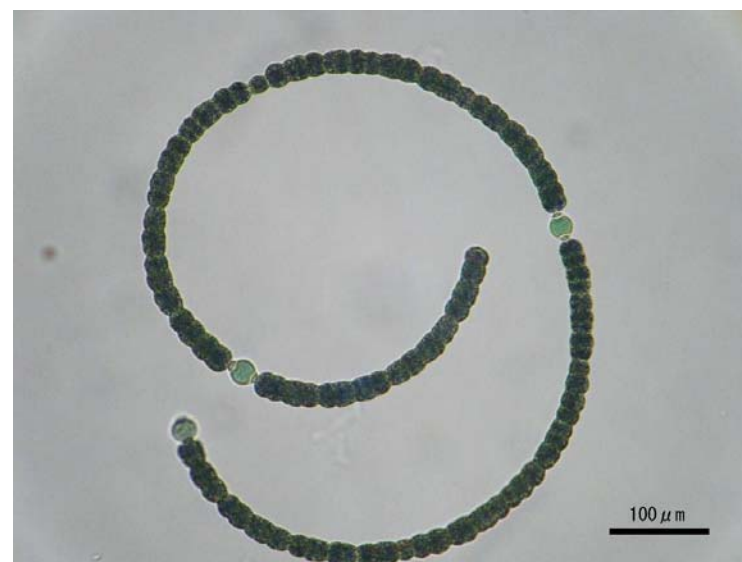
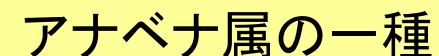


月	平成24年の月別優占種		
	堰堤 上層	中央 上層	網場 上層
1月	オウラコセイラ ディスタンス	キクロテラ属の1種	測定なし
2月	ステファノディスクス ハンチイ	ステファノディスクス ハンチイ	測定なし
3月	ステファノディスクス ハンチイ	ステファノディスクス属の1種	測定なし
4月	ウルナリア アクス	ステファノディスクス属の1種	ステファノディスクス属の1種
5月	キクロテラ属の1種	キクロテラ属の1種	キクロテラ属の1種
6月	アステリオネラ フォルモサ	キクロテラ属の1種	キクロテラ属の1種
7月	ユードリナ エレガンス	クラミドモナス属の1種	バンドリナ モルム
8月	アウラコセイラ アンビグア	アウラコセイラ アンビグア	ミクラクチニウム プシルム
9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	スケルトネマ ポタモス
10月	アウラコセイラ グラニュラータ	アウラコセイラ グラニュラータ	アウラコセイラ グラニュラータ
11月	アウラコセイラ グラニュラータ	アウラコセイラ グラニュラータ	アウラコセイラ グラニュラータ
12月	アウラコセイラ グラニュラータ	アウラコセイラ グラニュラータ	クリプトモナス属の1種

藍藻 珪藻 緑藻

平成24年のアオコ優占種の状況

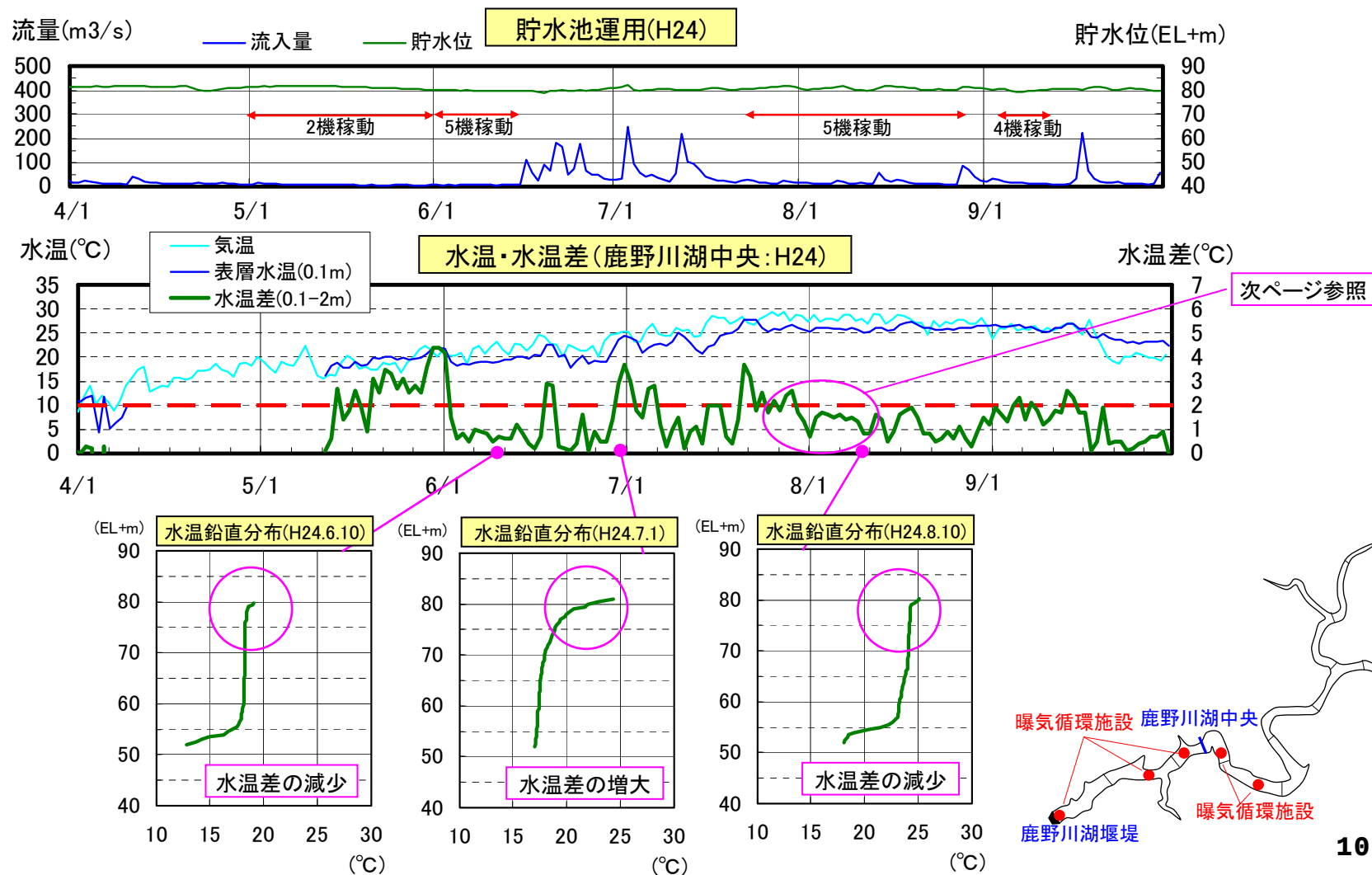
- 平成24年8月7日のアオコが集積している場所で採水し、藻類の優占種を確認した結果、両地点とも藍藻類であるアナベナ属の一種が最も多く見られた。



(3)曝気循環施設の効果

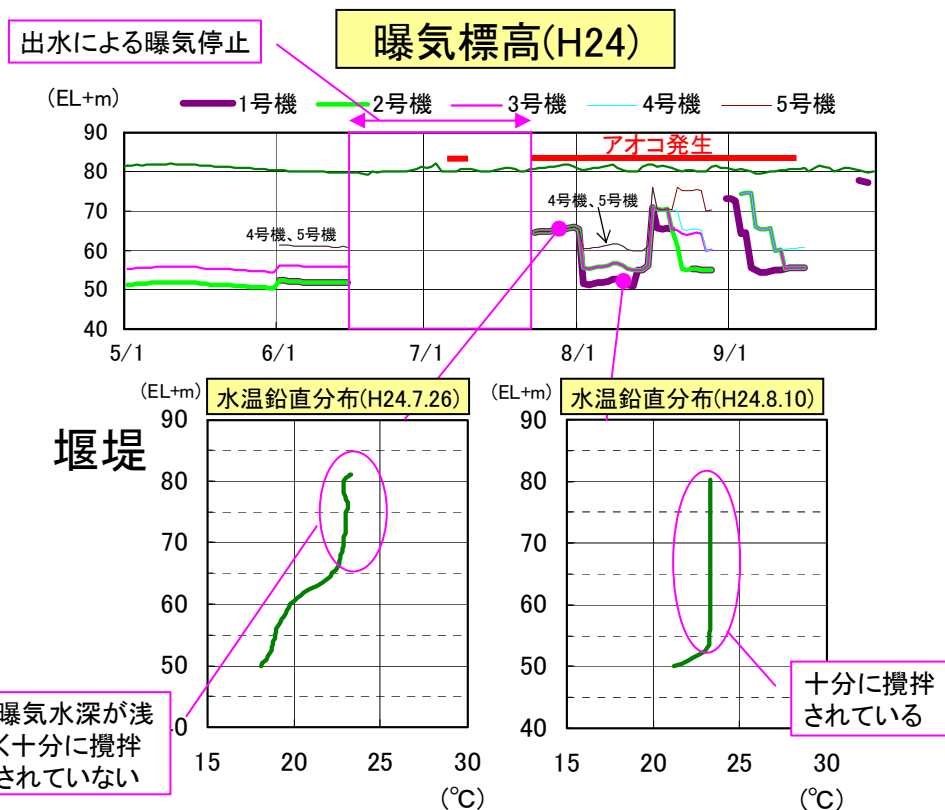
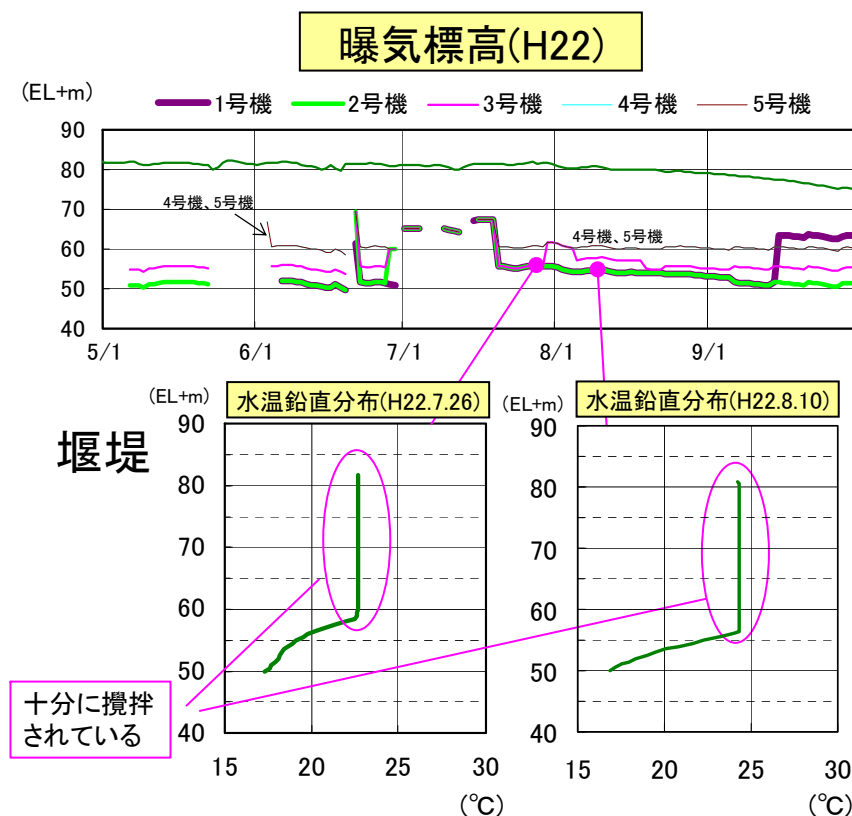
曝気循環施設による水温差の解消状況

- 鹿野川湖中央では、5機の施設を稼働することにより、水温差が概ね 2.0°C 以下を示している。



平成24年の曝気水深と水温差の状況

- 平成24年は、7月の出水後の運転再開時に、平成22年と比較して十分な曝気水深が確保できなかったため、一次躍層を解消できなかったと考えられる。



通常運転時の曝気循環施設の効果について

- 1年を通じて藍藻類に関するクロロフィルaを $25 \mu\text{g/L}$ 以下に抑制できた。
- 浅層部水温差を概ね 2.0°C 以下に抑制できた。
- 局所的にアオコの発生は見られたものの、貯水池全域に至るような発生は抑制できた。

通常運転時の曝気循環施設の課題

- 曝気水深が十分に確保できない時には、曝気循環施設の効果を得ることが困難な場合がある。
- 出水後の濁度の状況を踏まえて、曝気水深と施設効果についてモニタリングし、適切な曝気水深や曝気再開時期を検討する必要がある。

合理的運用試験の概要

- 昼夜間欠運転による合理的運用試験を3週間実施した。

項目	概要
目的	曝気循環施設の電気料金を減らすための合理的運用を実施し、ダム貯水池水質への影響を把握する。
実施時期	平成24年8月27日(月)～平成24年9月14日(金)
実施方法	➢ 月曜日～木曜日:9～17時稼動、17～9時停止(昼夜間欠運転) ➢ 金曜日～日曜日:終日稼動
評価の視点	➢ 浅層部水温差(2℃以下)の把握 ➢ アオコの発生状況の把握

合理的運用試験のイメージ(1週間)

	月			火			水			木			金			土			日		
	0:00	9:00	17:00	0:00	9:00	17:00	0:00	9:00	17:00	0:00	9:00	17:00	0:00	9:00	17:00	0:00	9:00	17:00	0:00	9:00	17:00
曝気循環施設稼動	稼動	稼動			稼動			稼動			稼動			稼動	稼動	稼動	稼動	稼動	稼動	稼動	稼動
曝気循環施設停止			停止	停止		停止	停止		停止	停止		停止	停止								

(4)合理的運用試験の効果(現地調査結果)

現地調査の概要

- 調査目的:曝気効果の縦断的な広がりとともに、気象条件や貯水池運用などによる曝気効果の変化を把握する。

合理的運用試験中の現地調査

調査名	調査概要	水深等	調査項目
分布調査 (計器観測)	貯水池内複数地点において水温・水質の鉛直分布を計測	多層 0.1m,0.5m,1.0m, 以下湖底まで1m間隔	水温、pH、DO、濁度、 電気伝導度、酸化還元電位
分布調査 (採水分析)	貯水池内複数地点において表層水を採水し、室内分析を実施	表層 0.5m	pH、COD、T-N、T-P PO4-P、クロロフィルa、 SS、濁度
連続観測	メモリー式水温計を設置し、水温の連続観測を実施	5層 0.5m,1.0m,2.0m, 5.0m,10.0m	水温

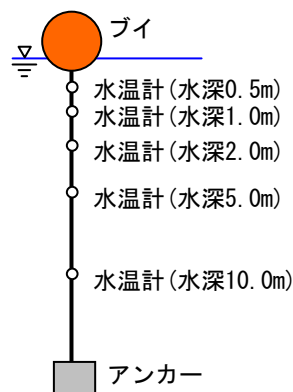


水温連続観測データ回収

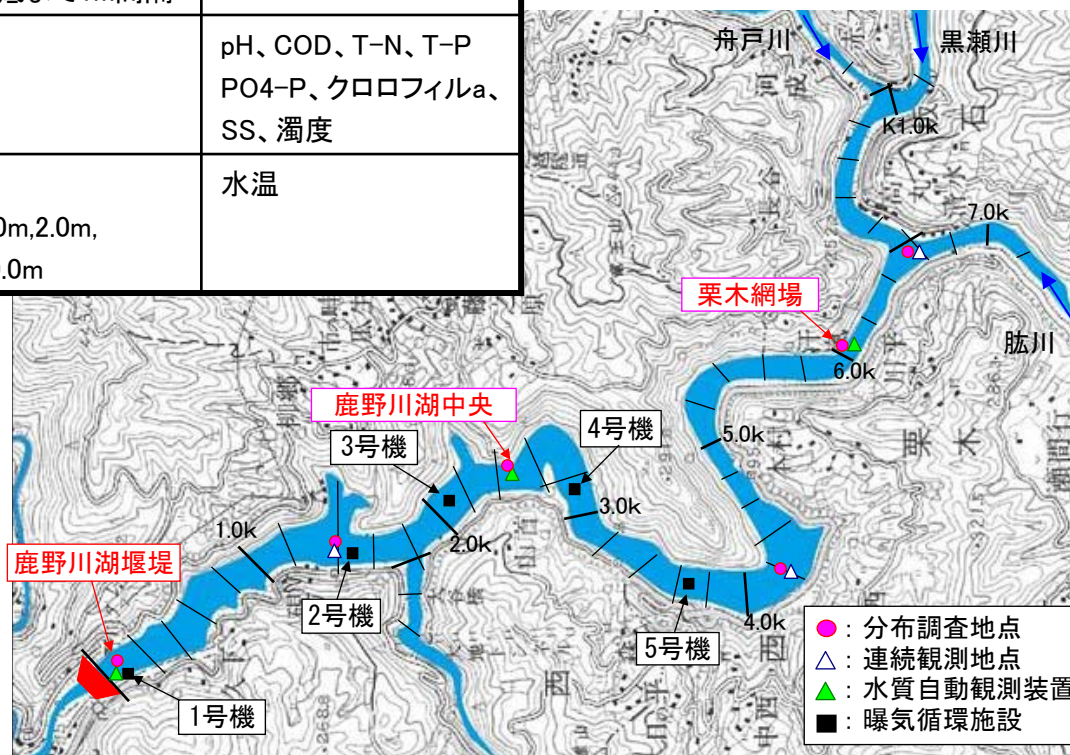
Water Temp Pro v2



水温計



水温連続観測イメージ

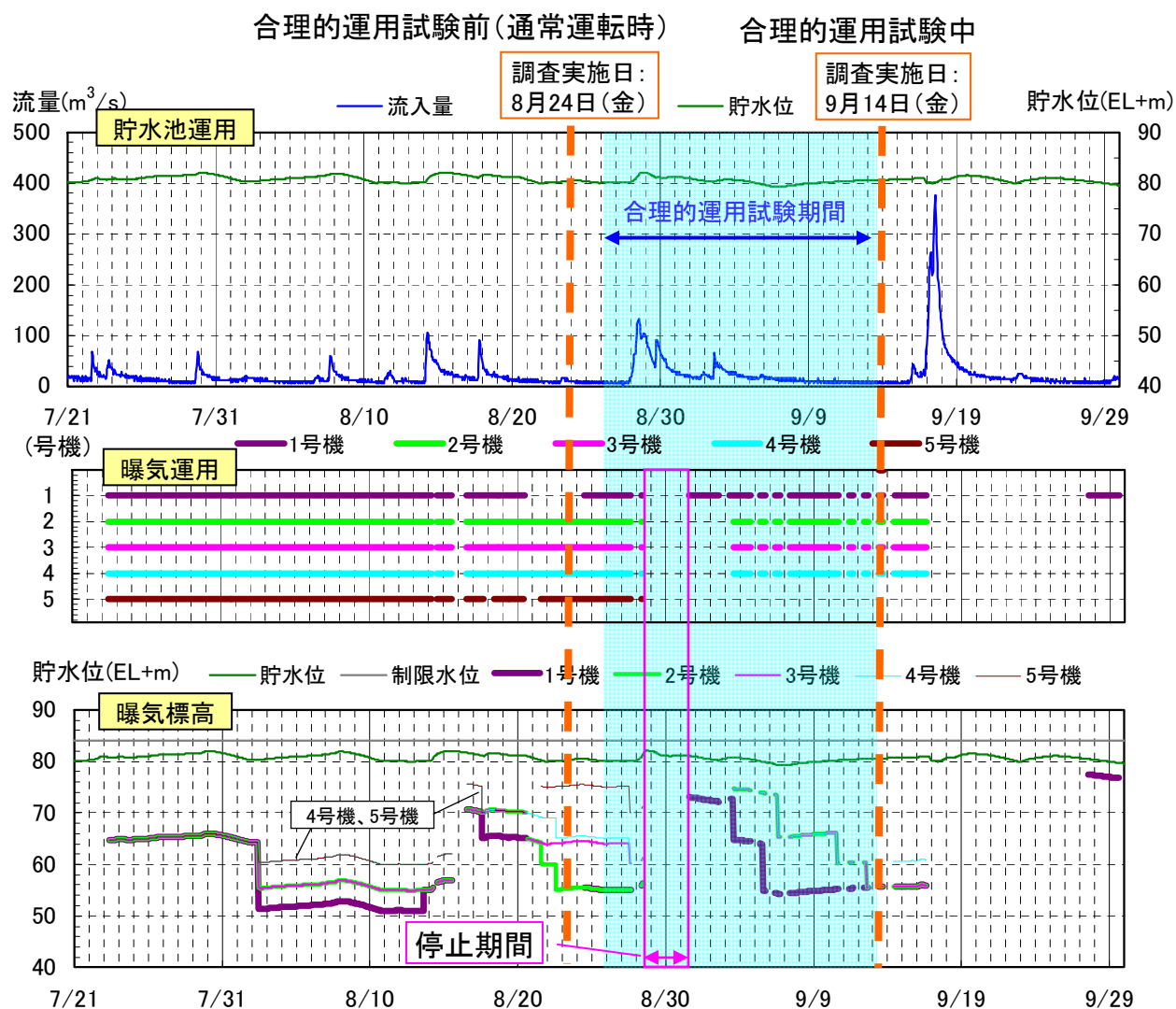


現地調査位置

(4)合理的運用試験の効果(現地調査結果)

調査時のダム及び曝気循環施設の運用状況

- 8月28日(火)に出水があったため、曝気循環施設を停止し、1号機を8月31日(金)から、2～4号機を9月3日(月)から再稼動した。



合理的運用試験実施期間:

8月27日(月)～
9月14日(金)

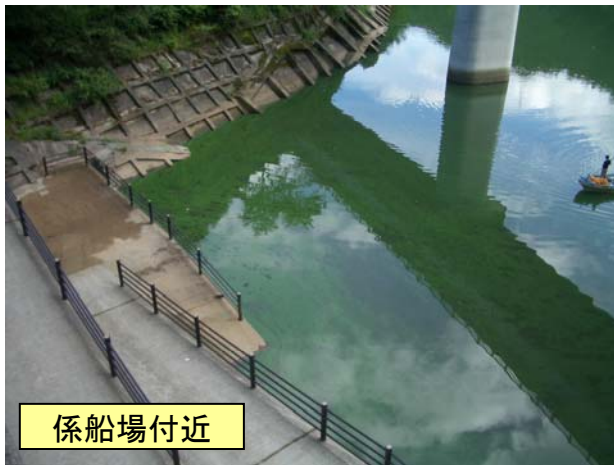
試験前、試験中のアオコの発生状況の比較

- 試験前と試験中のアオコの発生状況は目視では大きな変化が見られない。
- 試験前、試験中ともアオコの発生は局所的である。

試験前(8/24)のアオコの発生状況



試験中(9/14)のアオコの発生状況

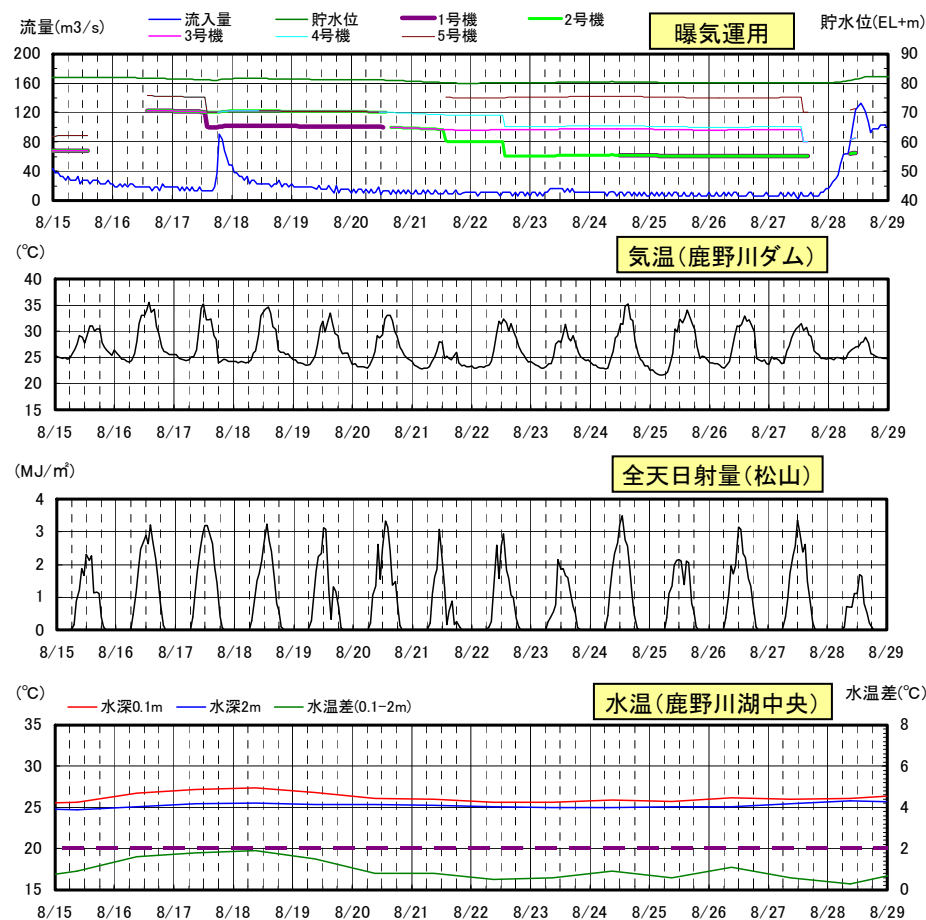


(4)合理的運用試験の効果(現地調査結果)

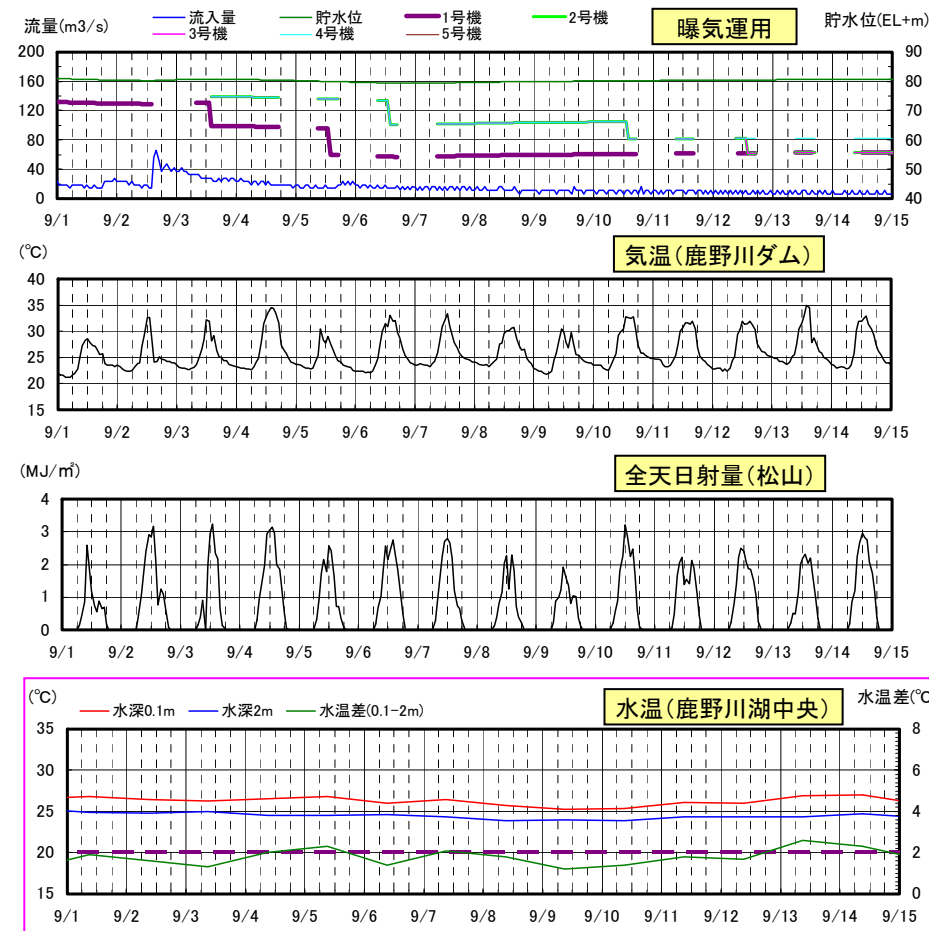
試験前、試験中の水温連続観測結果の比較

- 試験中は、表層水温が上昇する傾向にあるが、水温差は概ね 2°C 程度となっている。

試験前(通常運転中)



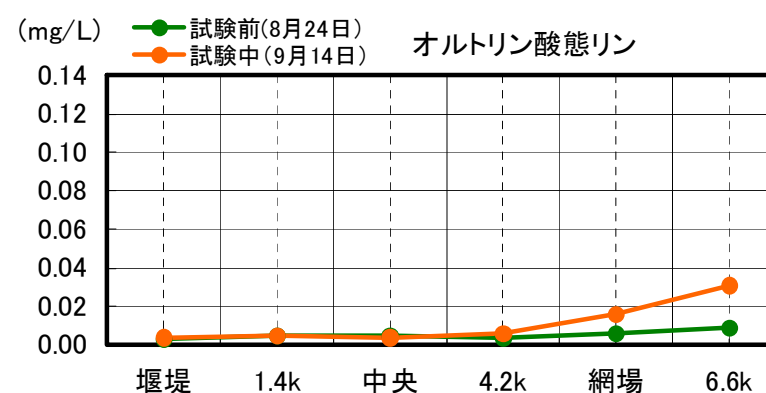
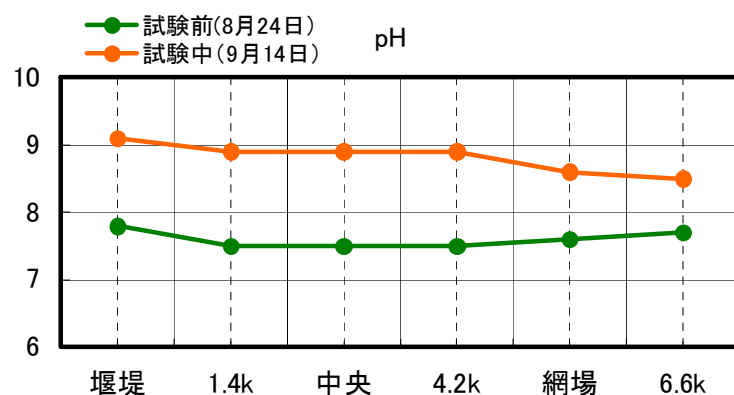
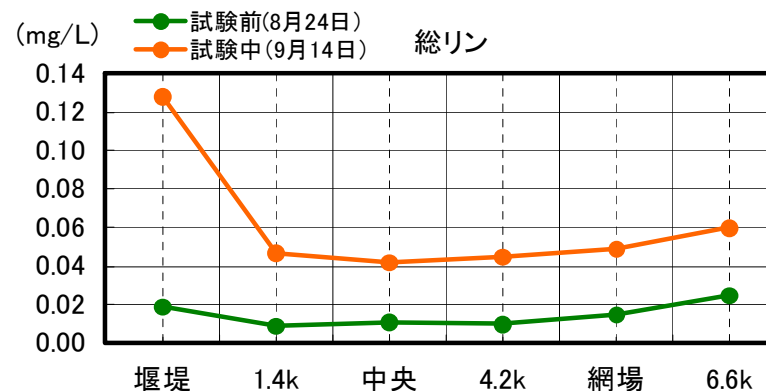
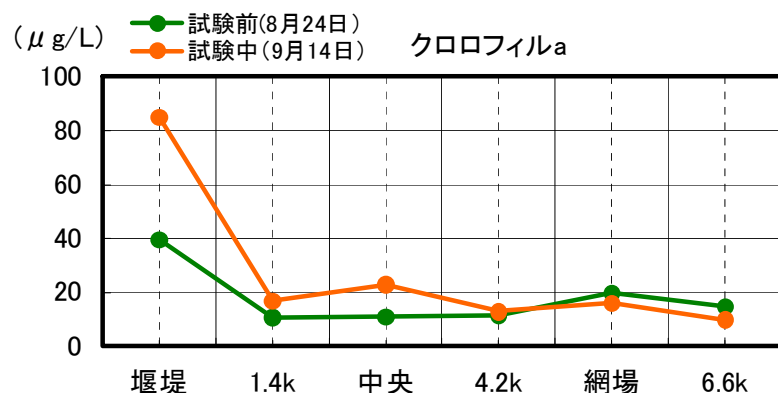
試験中



水温差が概ね 2°C 程度

試験前、試験中の表層水質の比較

- 試験中の鹿野川湖堰堤のクロロフィルaは、 $85 \mu\text{g/L}$ を示しており、試験前より高い値を示している。
- 試験中のpHは、概ね9程度の値を示しており、全地点において試験前より高く、光合成が活発に行われていることが示唆される。
- 藻類の栄養源となるオルトリン酸態リンは、堰堤付近で最も低く、測定箇所のうち最上流の6.6kが最も高い。

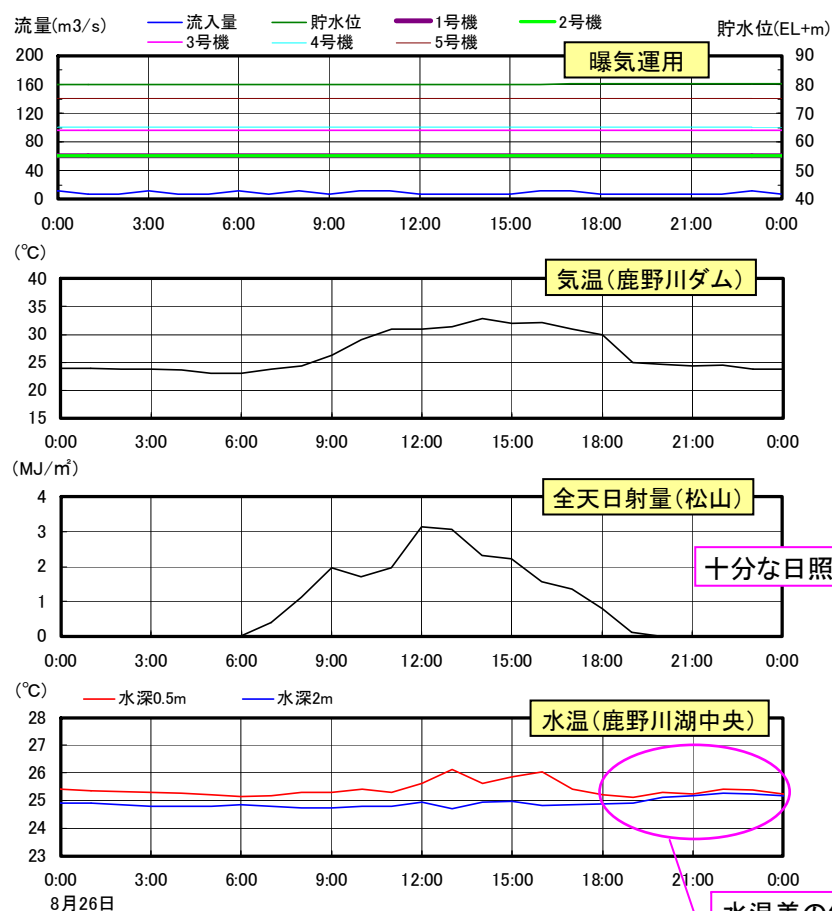


(4)合理的運用試験の効果(現地調査結果)

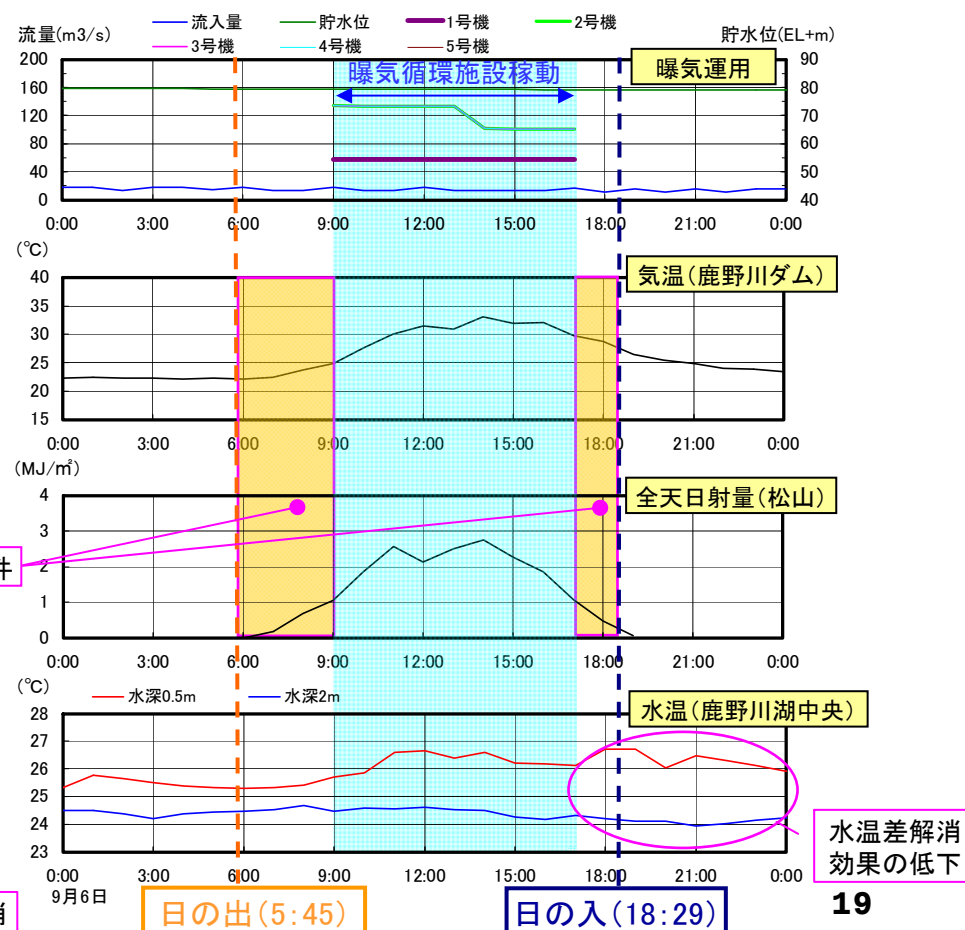
試験前、試験中の時間的変化の比較

- 試験前是一日を通して水温差は小さい。試験中は日中の水温差は比較的小さいが、曝気循環施設を停止した午後5時以降に表層水温が上昇し、水温差が拡大する場合がある。
- 試験中は、日の出から運転開始までの約3時間と運転停止から日の入までの約1.5時間の間は、十分な日照条件で表層水の循環が出来ないため、アオコが滞留し増殖しやすくなっていると考えられる。

試験前(通常運転中 8月26日)



試験中(9月6日)



合理的運用時の曝気循環施設の効果について

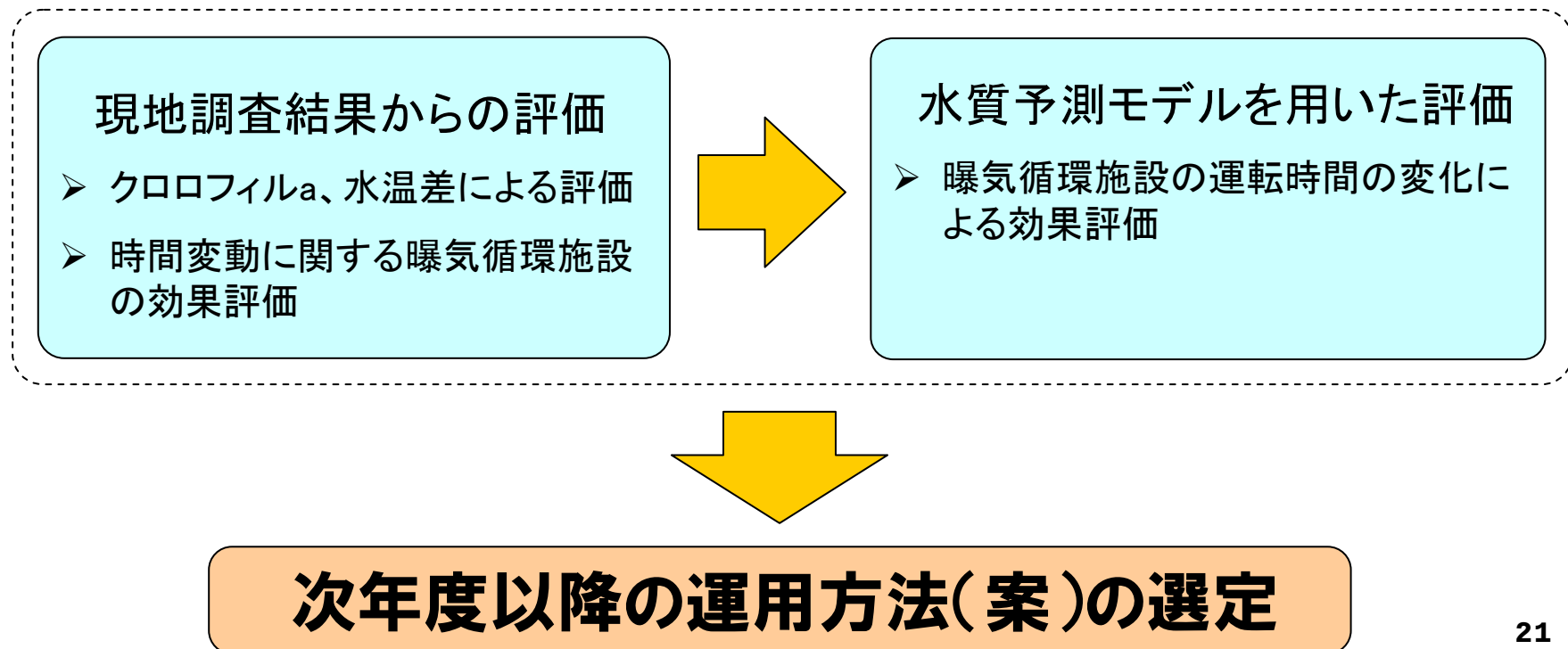
- 合理的運用時にはクロロフィルaは増加する傾向があるが、鹿野川湖堰堤以外の地点では、 $25 \mu\text{g/L}$ 以下に抑制できた。
- 浅層部水温差を概ね 2°C 以下に抑制できた。
- 合理的運用期間中に、堰堤や係船場等の一部の水域において局所的にアオコの発生が見られたものの、貯水池全域での発生は抑制できた。

今後の合理的運用に向けた課題

- 曝気循環施設を停止した午後5時以降に表層水温が上昇し、水温差が拡大する場合がある。また日の出から日の入までの曝気停止時間帯にアオコが増殖しやすくなっていることが考えられるため、その対応を検討する必要がある。
- 貯水池全域ではアオコの発生は見られなかったが、鹿野川湖堰堤等において局所的にアオコの発生が見られたため、その対応を検討する必要がある。

運用方法(案)の検討方針

- 合理的運用試験では、日の出から日の入までの曝気循環施設の停止時間帯にアオコが増殖しやすくなっているため、運転時間の延長が必要であると考えられる。
- 合理的運用試験中に、局所的なアオコの発生が見られたため、夏季におけるアオコの発生への対応が必要であると考えられる。
- 以上を踏まえて、合理的運用方法を検討する。



運用パターン案

- ①運転時間の延長、②夏季のアオコ発生への対応を考慮して、以下の5パターンによる水質予測計算を実施した。
- 計算対象年は、7月、8月の気温及び日射量が比較的高く、また、流入量が少なくアオコの発生しやすい条件となる平成22年とした。

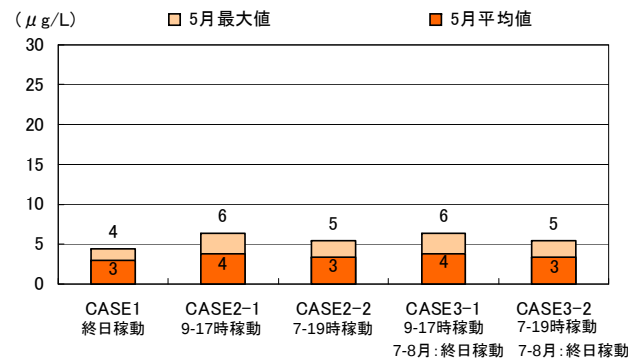
運用パターン	視点	内容	
		月～木	金～日
CASE1	現行規則(案)による運用	終日稼働	終日稼働
CASE2-1	平成24年運用実績	9～17時稼働	終日稼働
CASE2-2	運転時間を延長した場合の効果把握	7～19時稼働	終日稼働
CASE3-1	夏季のアオコ発生に対する効果把握	9～17時稼働 7～8月は終日稼働	終日稼働
CASE3-2	運転時間延長+夏季のアオコ発生に対する効果把握	7～19時稼働 7～8月は終日稼働	終日稼働

稼働期間: 1、5号機: 6/1～8/31、2、3号機: 5/1～10/31、4号機: 6/1～9/30

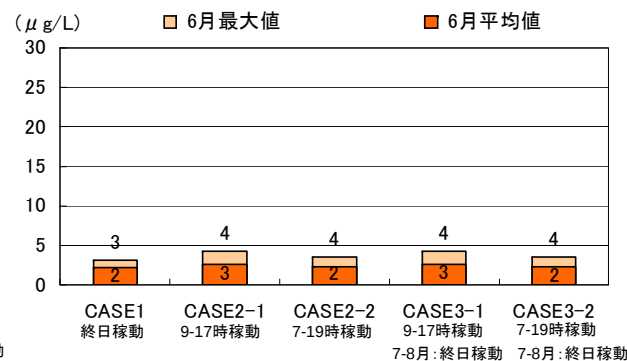
アオコ抑制効果のまとめ

- クロロフィルaの最大値を示した9月の結果は、終日稼動(CASE1)と比較して、全てのケースで最大値、平均値ともにほぼ同程度の値であり、最大値 $25\mu\text{g/L}$ 以下となる。合理的運用を行っても、クロロフィルaの目標値を達成できる。
- 曝気循環施設の稼働台数の少ない5月のクロロフィルaは、7~19時稼動(CASE2-2、CASE3-2)と終日稼動(CASE1)が同程度となる。
- アオコが増殖しやすい8月のクロロフィルaは、合理的運用を実施した場合(CASE2-1、2-2)、運転時間に関わらず終日稼動(CASE1)と比較して高くなる。

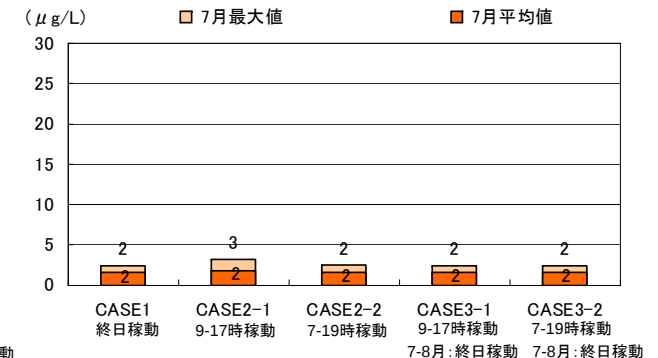
クロロフィルa(5月)



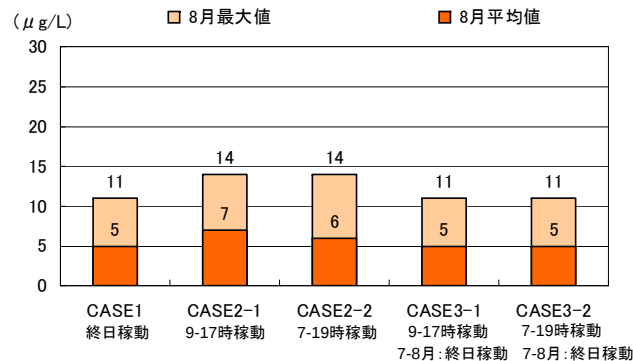
クロロフィルa(6月)



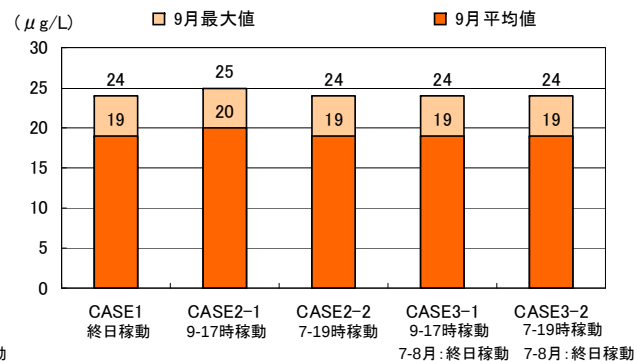
クロロフィルa(7月)



クロロフィルa(8月)



クロロフィルa(9月)



今後の運用(案)

- アオコ増殖が顕著となる7~8月を除く期間は、月曜日から木曜日までの昼夜間欠運転となる合理的運用を行い、7~8月は合理的運用を行わない(終日稼動)。
- 合理的運用の運転時間は、引き続き効果を検証した上で決定する。

現地調査結果からの評価

- 9~17時稼動とした場合も浅層部水温差は概ね2℃を確保。
- 曝気循環施設停止後の17時以降の浅層部水温差が拡大する場合あり。

水質予測モデルを用いた評価

- 合理的運用でもクロロフィルaの目標値25 $\mu\text{g/L}$ 以下を達成。
- 9~17時稼動の場合、5月、8月のクロロフィルaが高くなるのを確認。
- 7~19時稼動の場合、年最大及び5月のクロロフィルaが終日稼動と同程度になることを確認。ただし、8月は効果が小さく、終日稼動と比較して悪化することを確認。

効果的な運用の選定

- ① クロロフィルa上昇期(8月等)を除くと、7~19時稼動に延長した場合、終日稼動と概ね同程度の効果があると考えられる。
- ② 水質予測結果によれば、9~17時稼動でも目標水質を達成できる。一方、現地調査結果(9月)によれば、曝気停止時間帯に浅層部水温差が拡大する場合が確認された。水質予測結果には不確実性があり、運転時間は引き続き検証が必要であると考えられる。
- ③ クロロフィルa上昇期(8月等)は、合理的運用を行うとクロロフィルaの上昇傾向が明瞭であるため、終日稼動をすることが望ましいと考えられる。

効果的な運用(案)

- 7~8月以外:合理的運用を実施。運転時間(9~17時、7~19時等)は引き続き検証
- 7~8月:終日稼動

合理的運用に向けた課題

- 合理的運用時の運転時間は、引き続き効果を検証する必要がある。
- 合理的運用中のアオコ発生状況に対する監視基準を構築等、アオコ発生に対する配慮が必要である。
- 鹿野川湖は漕艇や釣りのためのボート利用が多いため、7時～19時等の時間帯で合理的運用を行う場合は、運転再開時の安全対策を検討する必要がある。

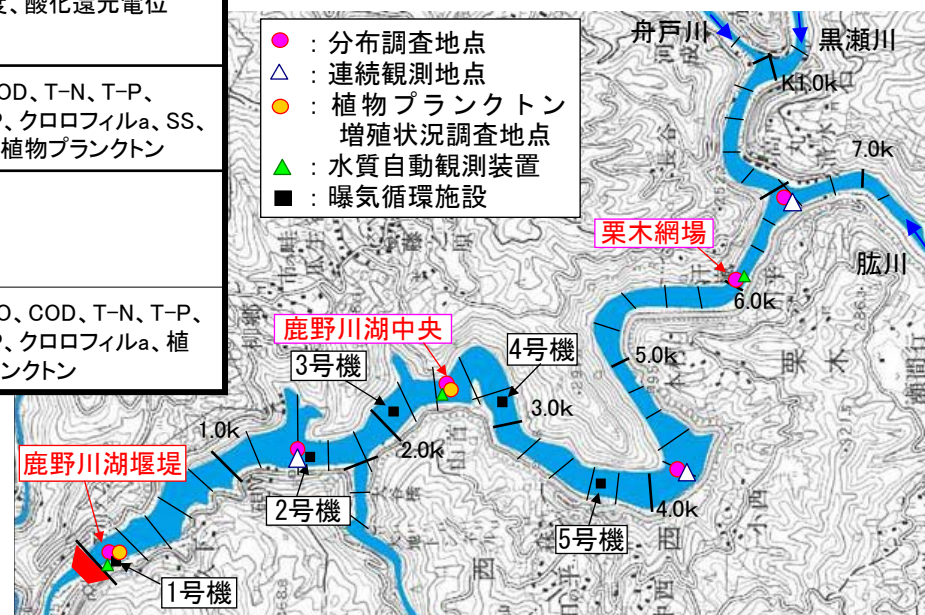
(6)次年度以降の運用方針(案)

次年度の試行運用計画(案)

- 視点: 運転時間の違いによる効果の検証と課題の抽出。
- 試行内容: 浅層水温差が生じやすい8月～9月に、9～17時稼働のケースと7～19時稼働のケースの試行運用を実施(各2週間、合計4週間程度)。

モニタリング(案)

調査名	調査概要	水深等	調査項目
分布調査 (計器観測)	貯水池内複数地点において水温・水質の鉛直分布を計測	多層 0.1m, 0.5m, 1.0m, 以下湖底まで1m間隔	水温、pH、DO、濁度、電気伝導度、酸化還元電位
分布調査 (採水分析)	貯水池内複数地点において表層水の採水分析	表層 0.5m	pH、COD、T-N、T-P、PO ₄ -P、クロロフィルa、SS、濁度、植物プランクトン
連続観測	メモリー式水温計を設置し、水温の連続観測を実施	5層 0.5m, 1.0m, 2.0m, 5.0m, 10.0m	水温
植物プランクトン増殖状況調査	アオコが発生している地点(堰堤、中央等)において時間常別の表層水の採水分析	表層 0.5m	pH、DO、COD、T-N、T-P、PO ₄ -P、クロロフィルa、植物プランクトン



モニタリング調査地点(案)