

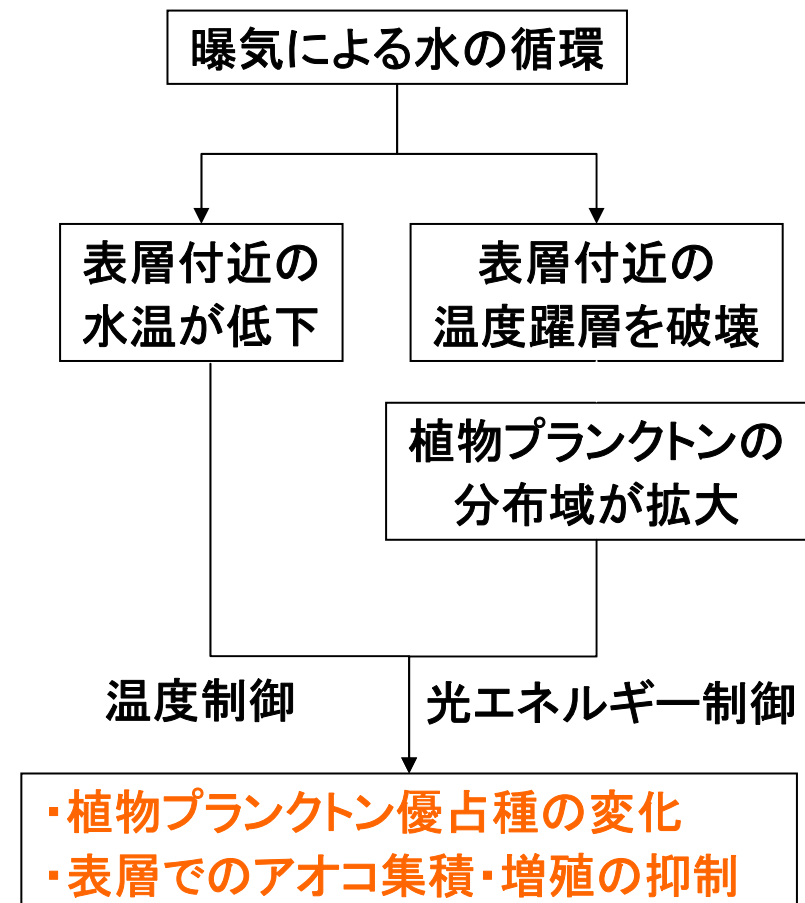
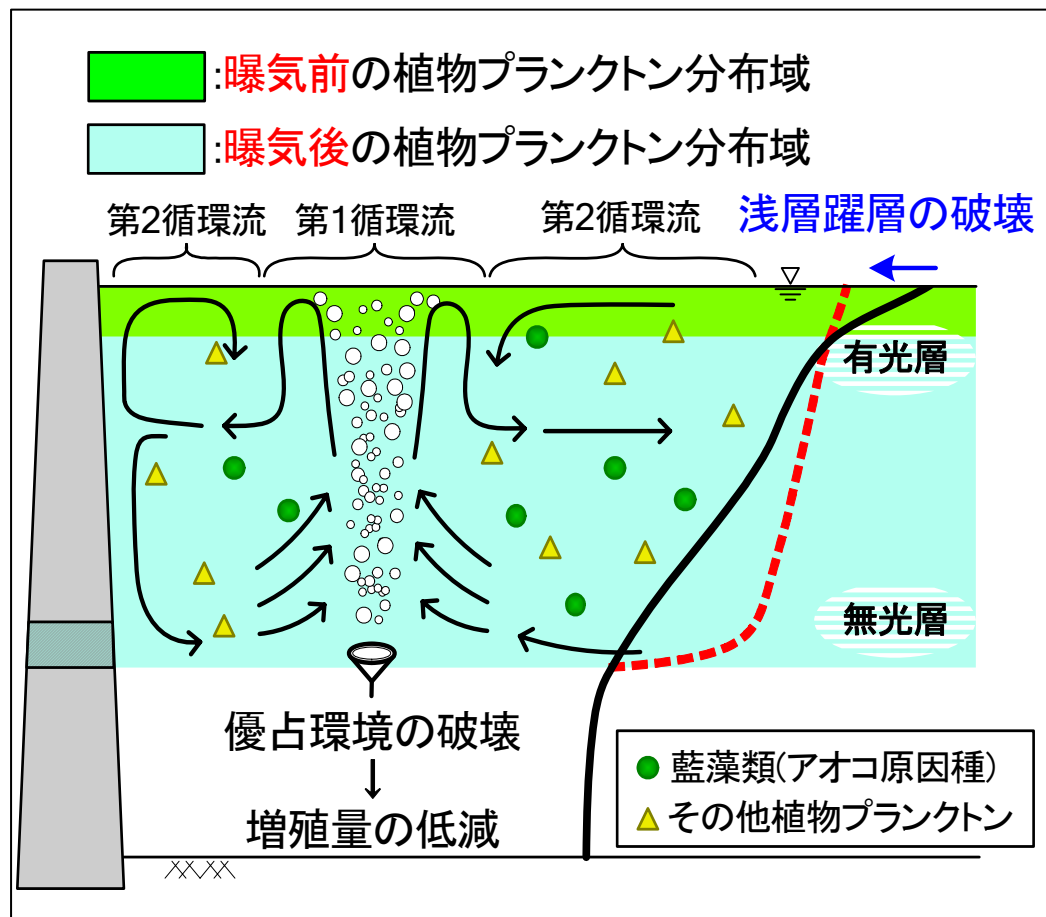
第5回 鹿野川ダム水質検討会

－ 曝気循環施設による水質改善効果－

1. 鹿野川ダムの曝気循環施設の概要

【曝気循環施設(散気管)の目的】

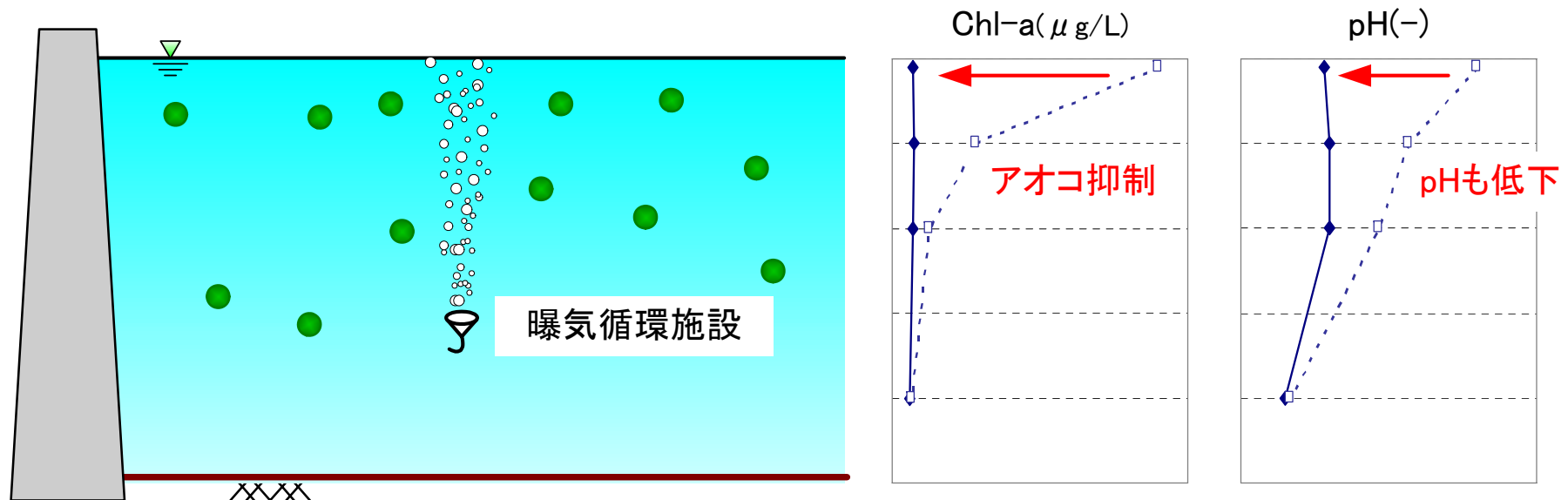
- 表層で増殖しやすいアオコを、曝気による水の流れによって無光層(光の届かない層)に押し込み、抑制する。



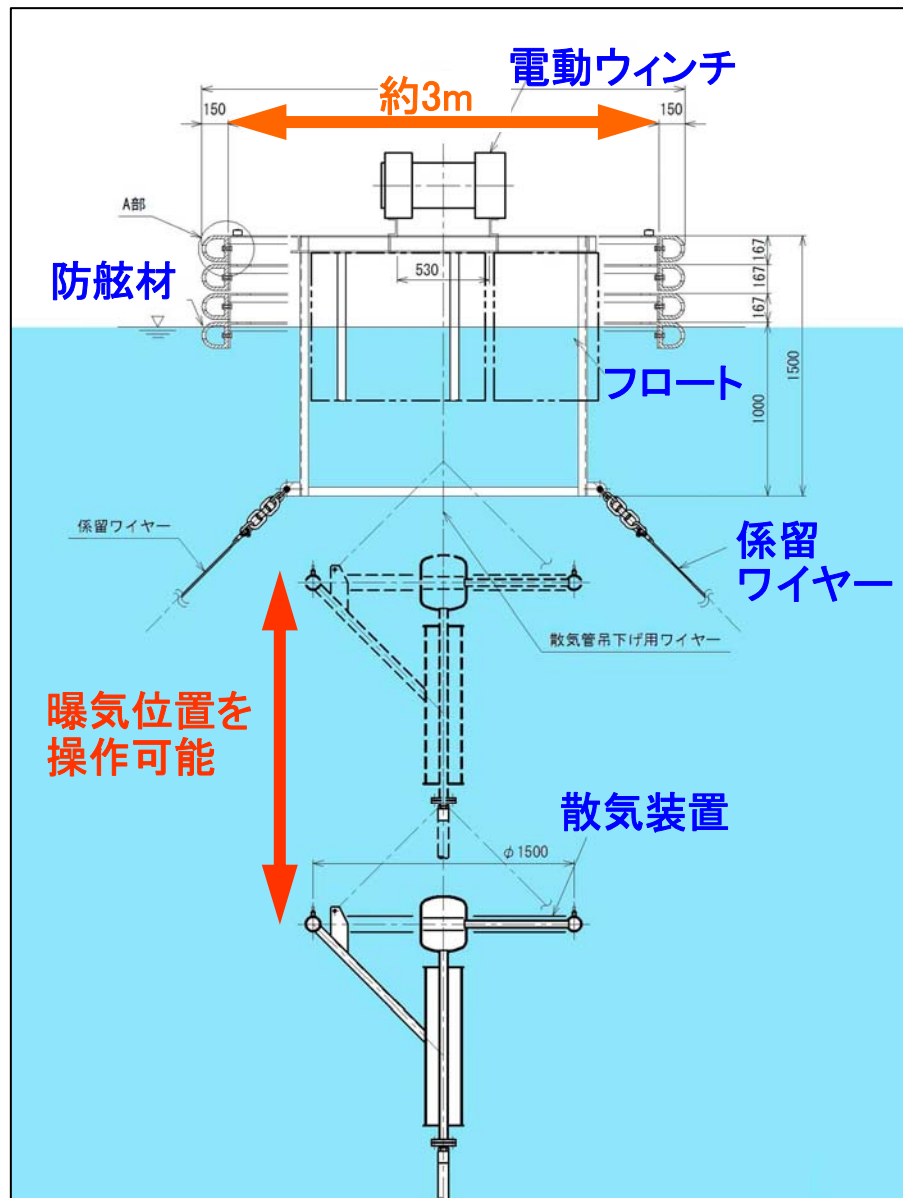
【曝気循環施設の運用により期待される効果】

- 鹿野川ダム貯水池で繁茂するアオコの増殖抑制（クロロフィルa濃度の低下）
- アオコ抑制による有機物生産の軽減（下流への栄養供給）
- pHの低下（アルカリから中性に近づく）
- 中層での溶存酸素(DO)濃度の改善

＜上層におけるクロロフィルa濃度、pHなどの低下イメージ＞



【鹿野川ダムの曝気循環施設】

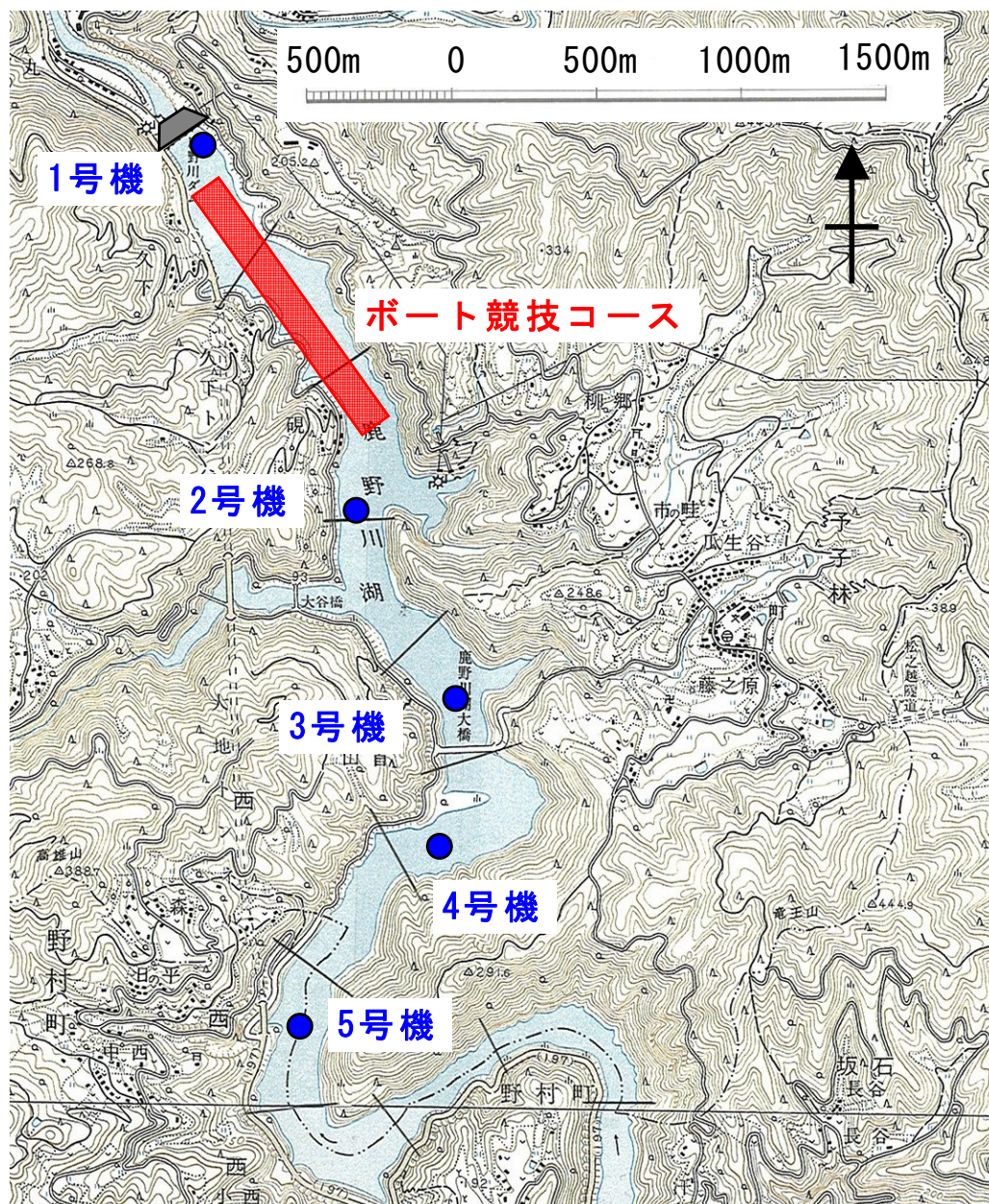


- 水面に出る浮体設備は直径3m程度(防舷材を設置して安全確保)。
- 曝気の深さを3m～33mで変更可能。
- 浮体設備周辺5m程度は水の流が生じるが、それより外側での影響は小さい。

【施設周辺での水の動き】



【曝気循環施設の設置場所】



- 5基を概ね等間隔に配置
- ・ 貯水位が低下しても稼働可能な位置
- ・ ボートコース内は避ける

【施設稼働開始時期】

- 平成21年8月25日16時～
3号機、4号機の稼働開始
 - 平成21年9月30日16時～
2号機、5号機の稼働開始
- (1号機は次年度稼働予定)

2. 鹿野川ダムでの調査と水質状況

【モニタリング調査の実施】

- 曝気施設の効果確認のため、平成21年7月～12月（曝気稼働開始は8月25日から）水質調査を実施した。
- なお、曝気運転開始時点で貯水池内にはアオコが発生していたため、下流河川への影響を考慮した、暫定的な運転（浅い位置から曝気）に基づく調査である。

【平成21年7月29日 アオコの状況（曝気稼働前）】



【モニタリング調査の内容】

以下の2通りの調査を実施した。

■水温多層連続調査

曝気による湖水の流れを把握するため、自記録式水温計による連続調査を実施。

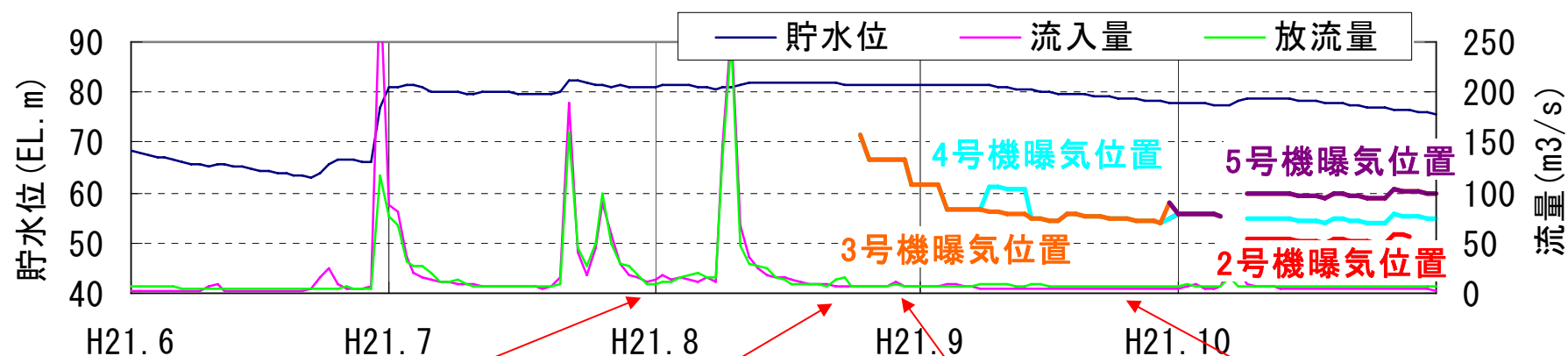
■水質改善効果把握調査

植物プランクトンの発生状況、DO改善効果などを把握するために、採水分析を実施。

【モニタリング調査実施地点】



【調査期間中の現地の状況】



7/29 ダムサイト



8/18 ダムサイト



8/28 ダムサイト



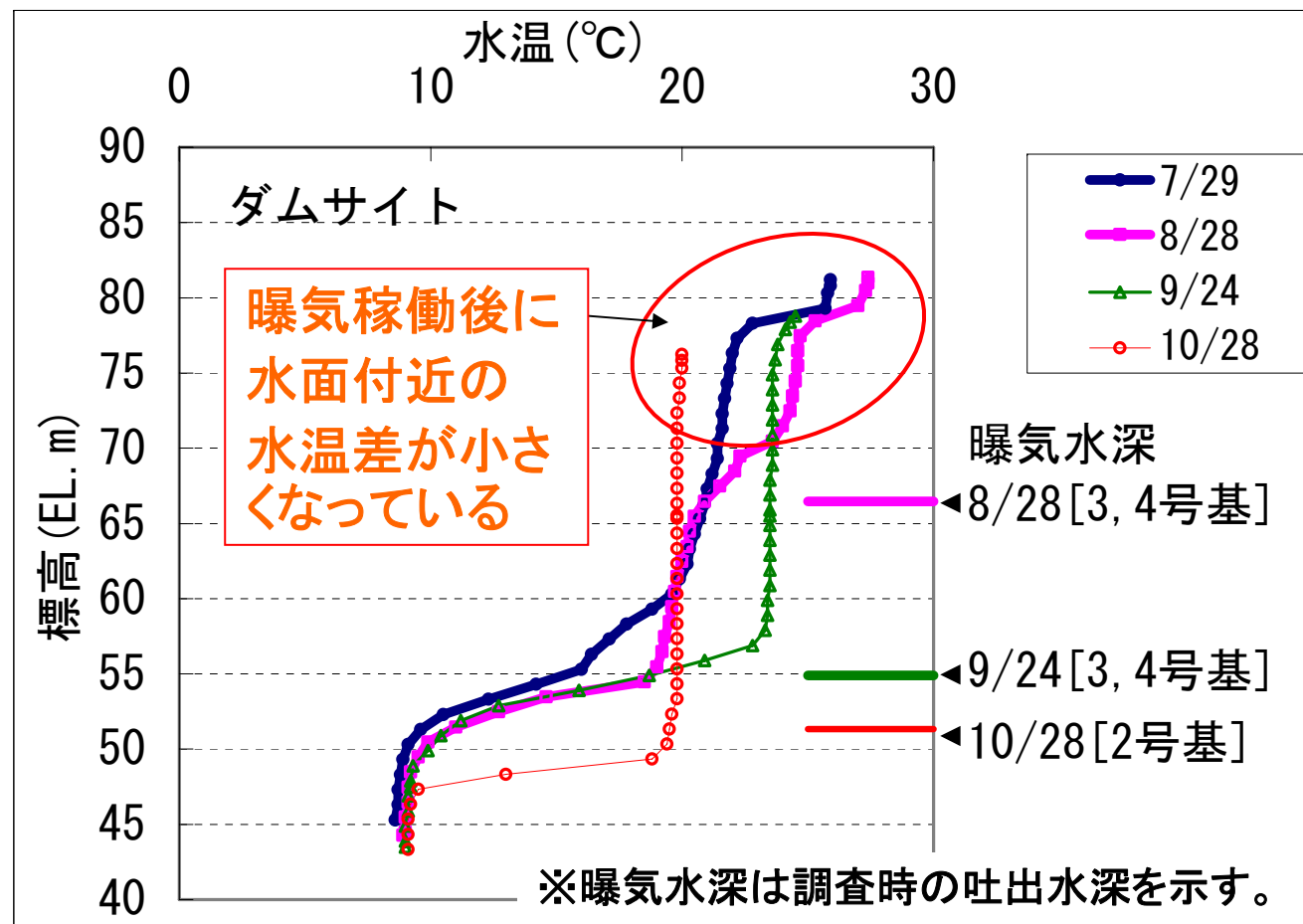
9/24 ダムサイト

- 7月～8月は、湖面に筋状・膜状のアオコが確認された。
- 9月以降は、筋状・膜状のアオコは減少した。

【鹿野川ダム貯水池の水質変化状況】

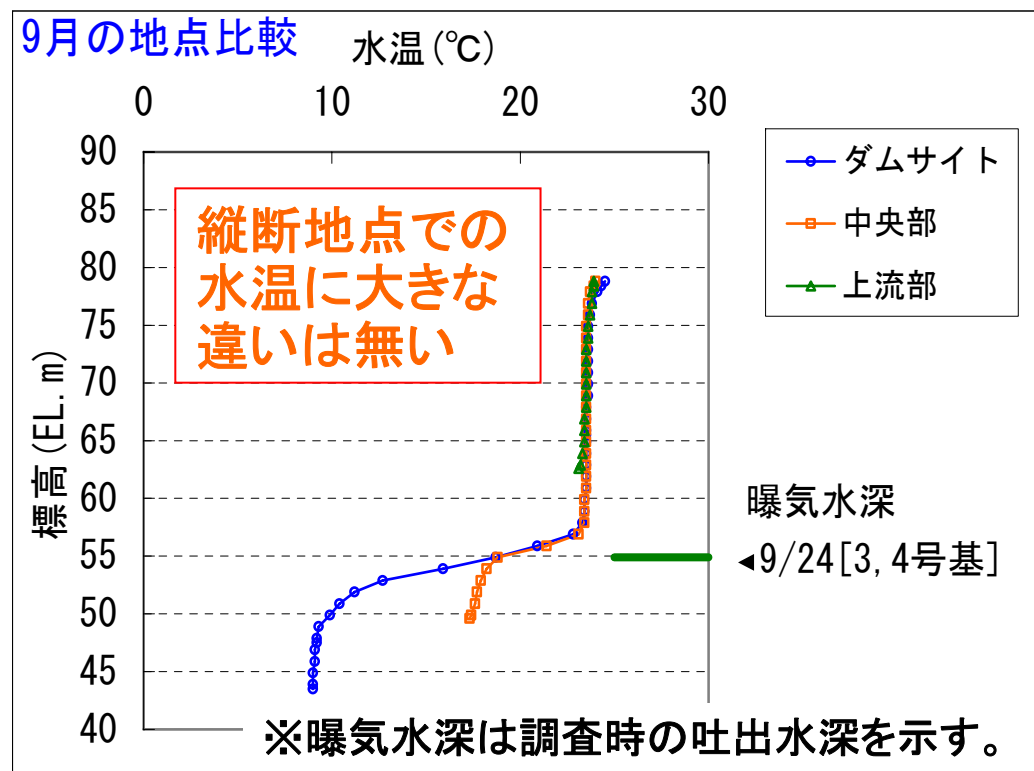
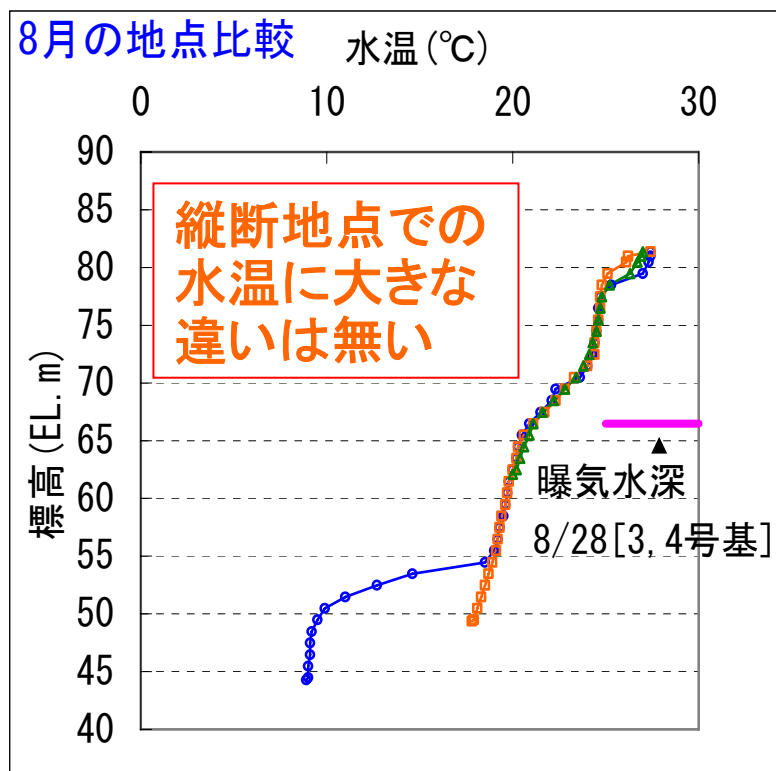
●水温の状況1

- 7月、8月（曝気稼働前）は水深2mまでの浅い部分（右図の赤丸部）に水温差がある。
- 9月以降は、浅い部分の水温差が小さくなった。



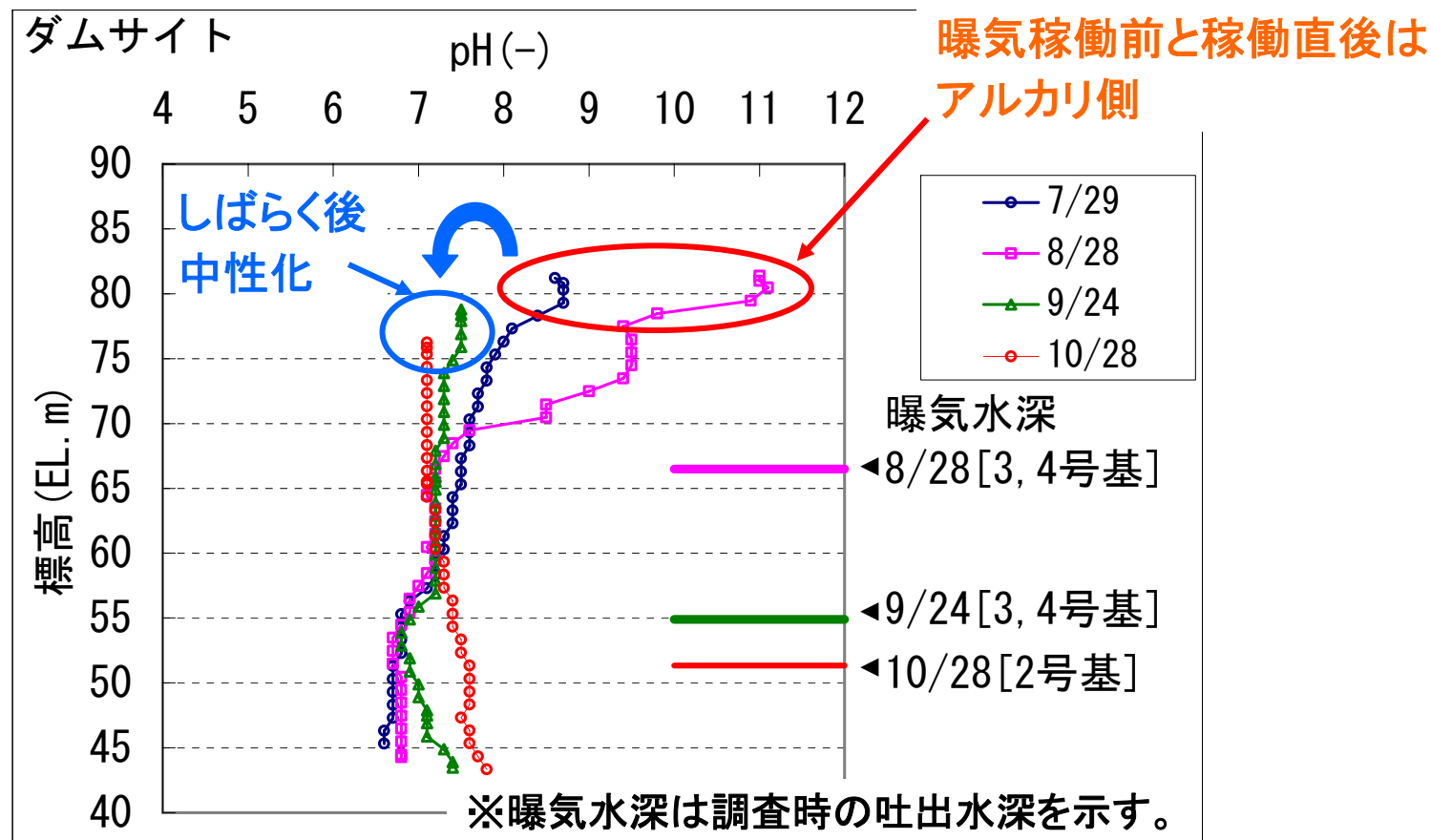
●水温の状況2

- ダムサイト、中央部、上流部で水温の鉛直分布に大きな違いはない。
- 曝気施設による水の流れ(密度流)の影響は、上流部まで及んでいるものと考えられる。



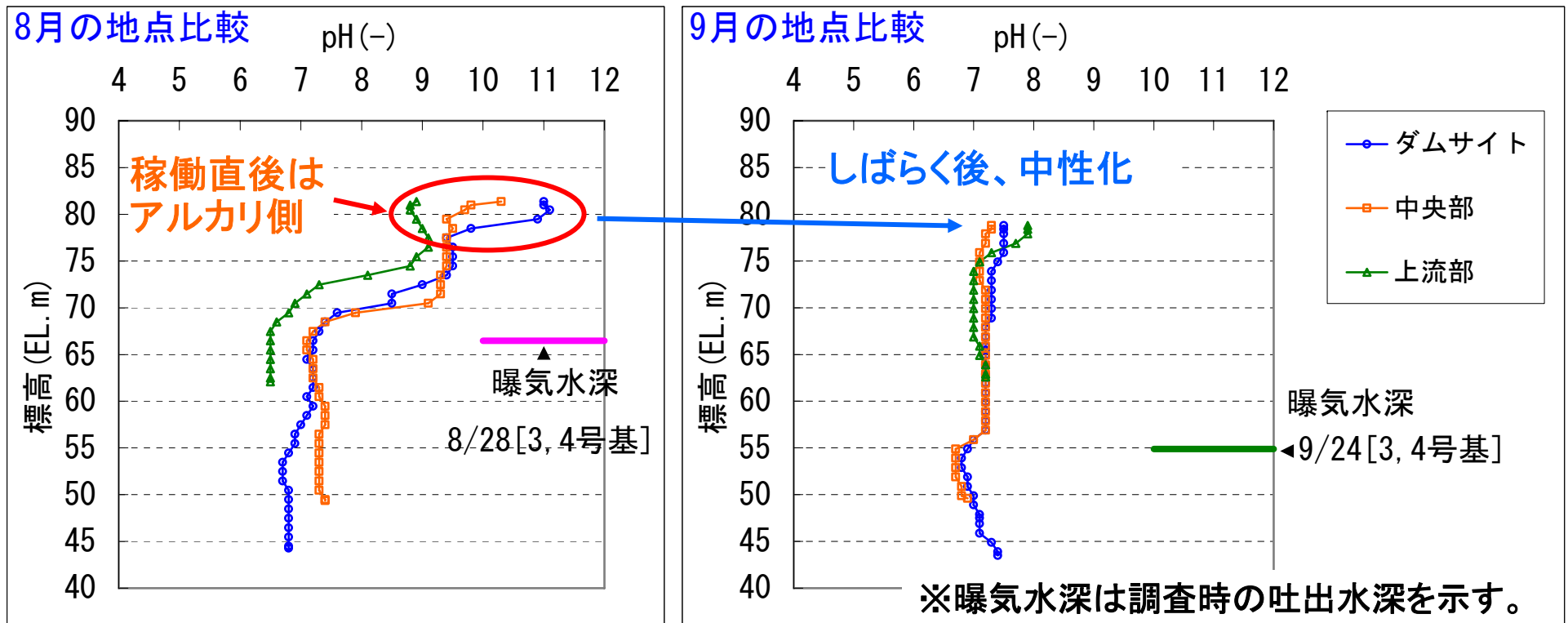
●pHの状況1

- 曝気開始直後まで、浅い部分でアルカリ側となっていた。
- 曝気開始から一ヶ月後、表層は中性に近づいた。
- pHの中性化は、植物プランクトンの光合成生産が生じにくくなったことに起因する現象。



●pHの状況2

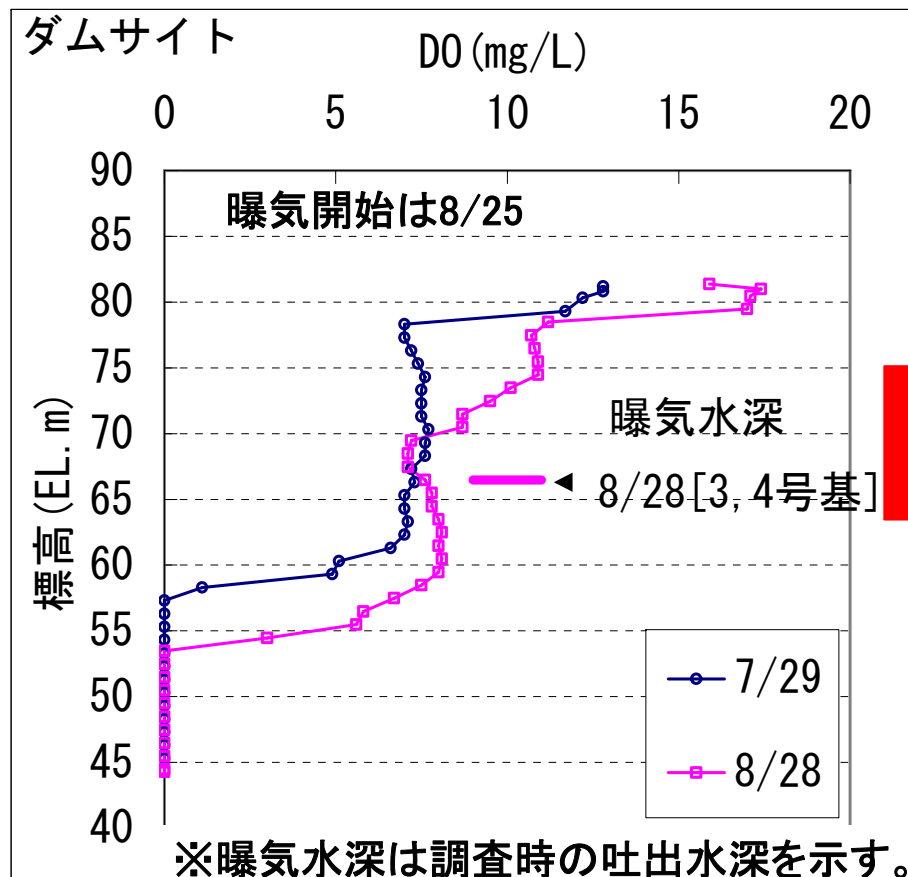
- ダムサイトで確認された、曝気施設稼働後の中性化の傾向は、中央部、上流部でも同様であった。
- 但し、9月の上流部表層では、pHの中性化が若干小さい。



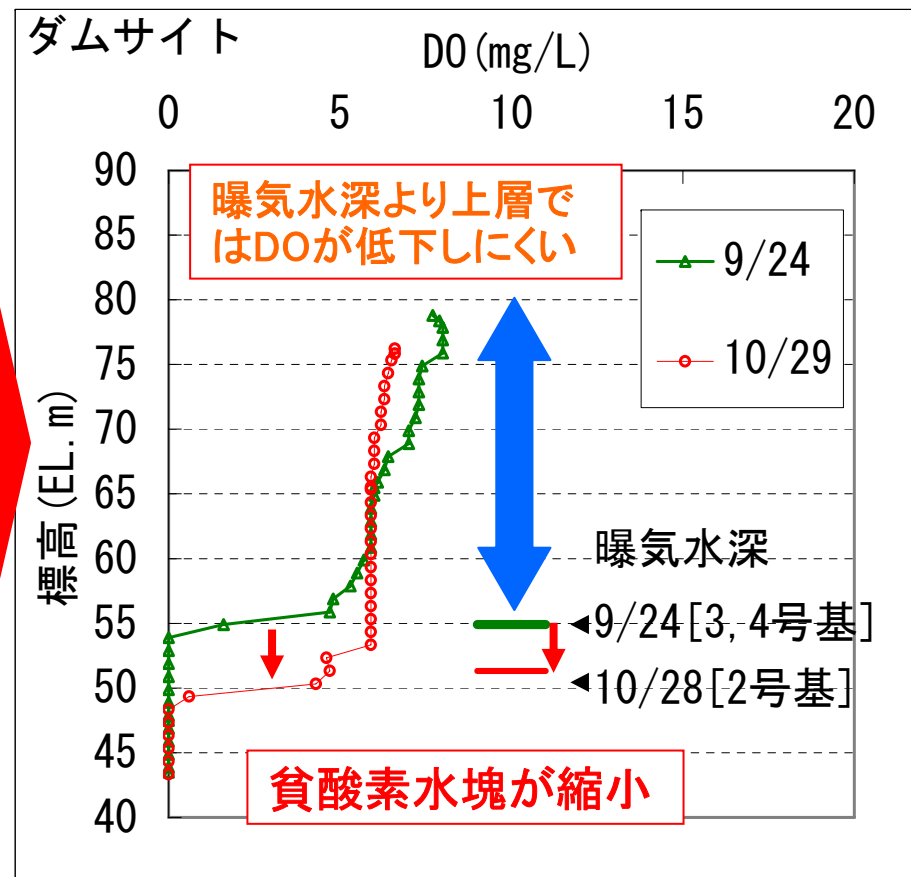
●DOの状況1

■曝気開始以降、曝気位置より上方では、貧酸素水塊が縮小している(→溶出範囲の減少)。

＜曝気前及び曝気開始直後＞

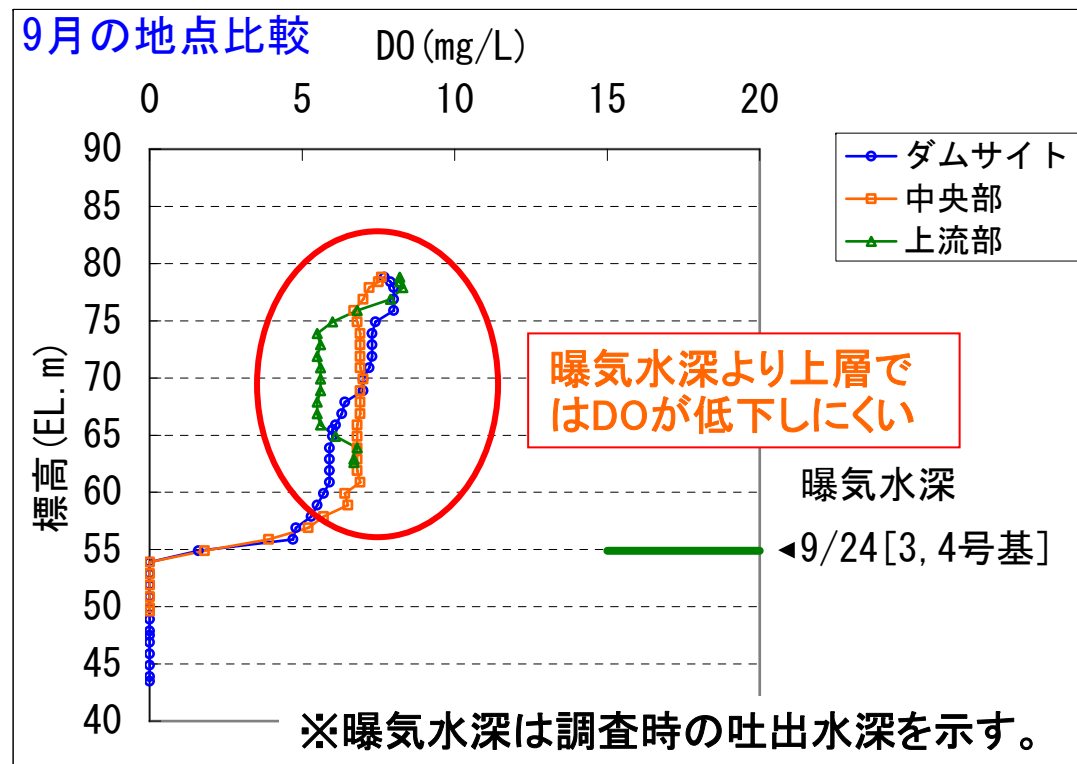
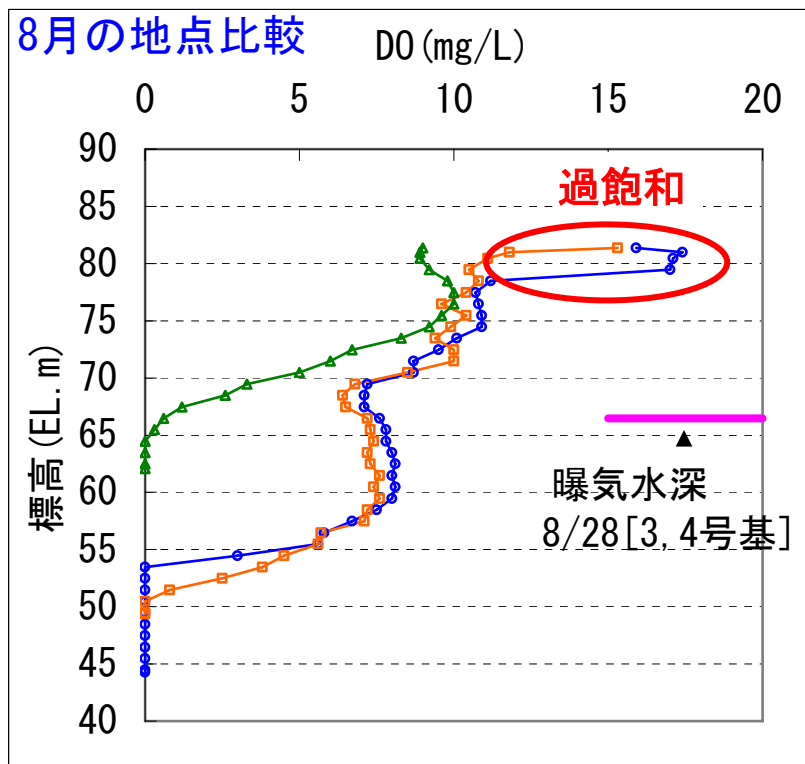


＜曝気開始1～2ヶ月後＞



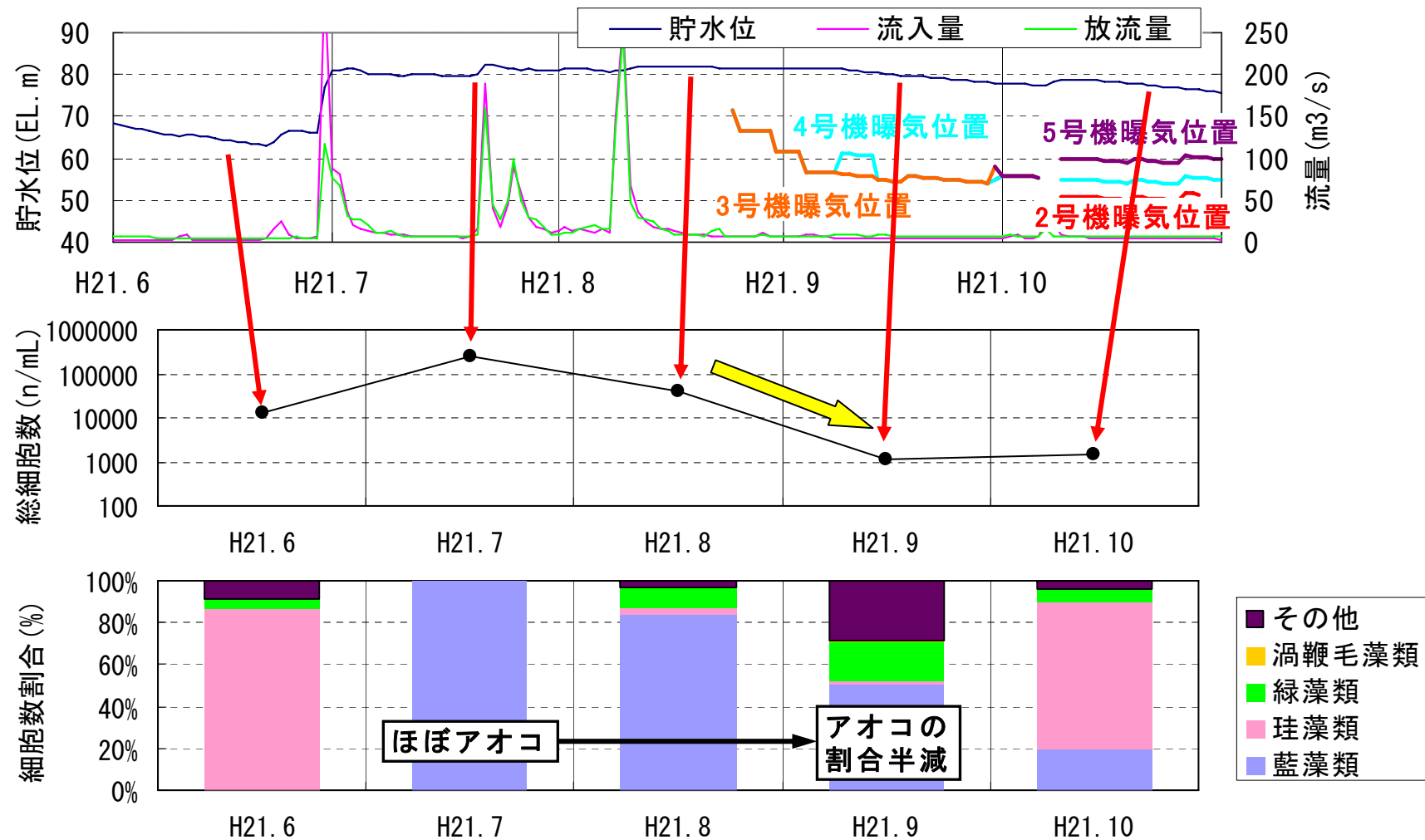
●DOの状況2

- 中央部、上流部においても、ダムサイトと同様に曝気水深より上方で混合が促進され、DOの低下は認められない。
- 9月では、表層の過飽和現象(植物プランクトンの光合成によりDOが高くなり過ぎる現象)もなくなっている。



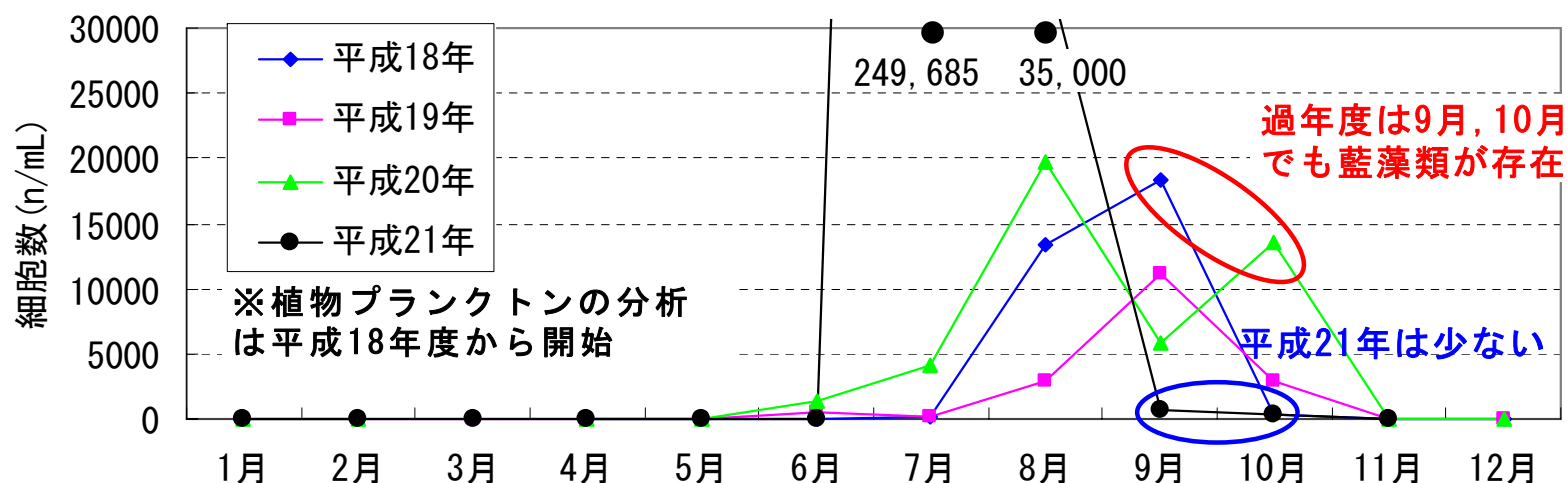
●アオコの状況

- 6/30の出水後、藍藻類(アオコ原因種)が増殖。
- 曝気開始後の9月中旬に植物プランクトン細胞数は減少し、藍藻類が占める割合も低下した。

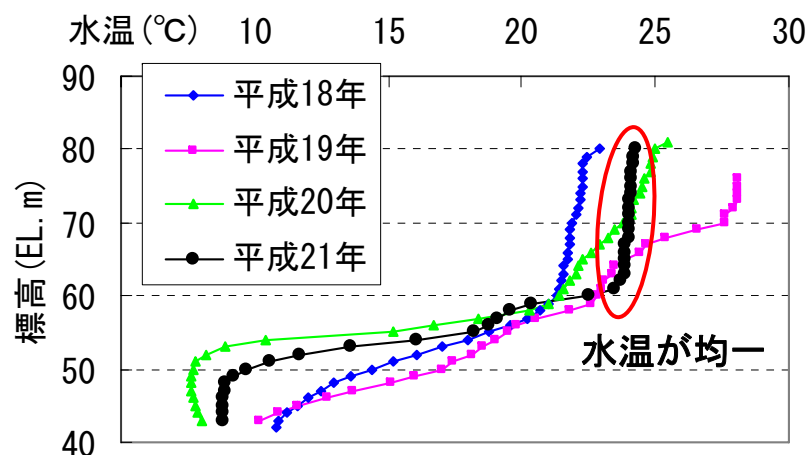


- 過年度は7月～10月で藍藻類の細胞数が多くなっているが、平成21年の9月,10月は例年と異なった状況を示している。
- 平成21年9月,10月は過年度よりも水温が混ざった状態。

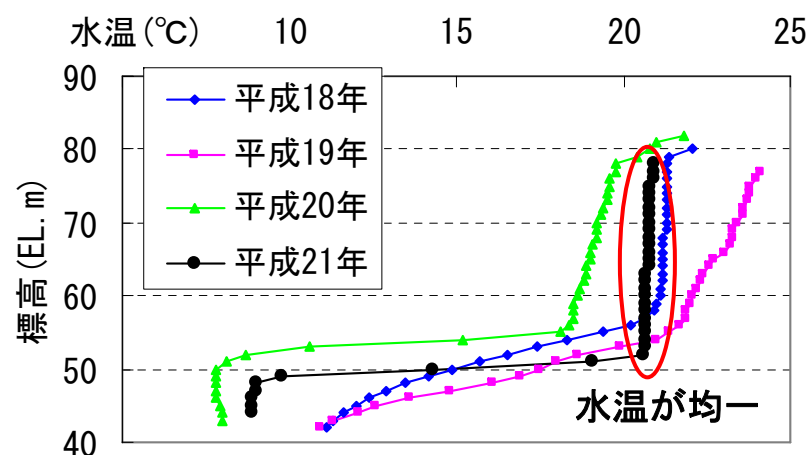
＜ダムサイト表層の植物プランクトン(藍藻類)細胞数 H18年～21年＞



＜9月のダムサイト水温調査結果＞



＜10月のダムサイト水温調査結果＞



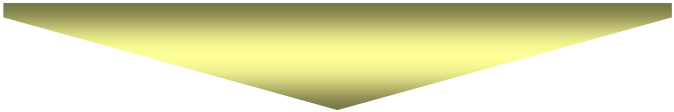
【現地調査の状況まとめ】

曝気施設
運用前

- 今年度の鹿野川ダムは、6/30の出水以降にアオコの原因となる藍藻類が主体となり、植物プランクトン細胞数などが大きく増加した。

曝気施設
運用後

- 8/25の曝気施設の運用開始後は、浅い水深部の水温躍層が解消され、植物プランクトンが増殖しにくい環境となっていた。
- これに伴い植物プランクトン細胞数の減少、藍藻類の占有率の低下、pHの中性化等が確認された。

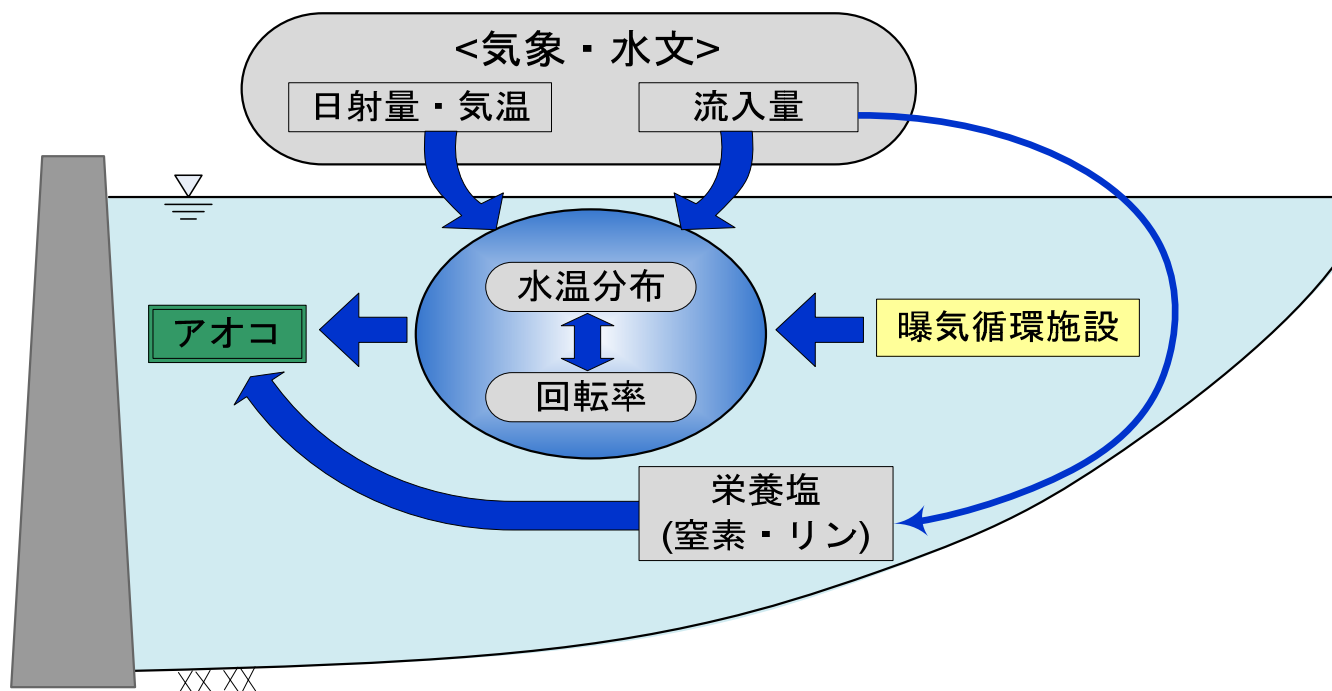
- 
- ◆曝気施設運用後の水質は改善傾向にあったといえる。
 - ◆但し、曝気の運用期間が気温の低下する8月下旬～10月であるため、**気象条件の影響も考慮し、曝気による水質改善効果を検証する。**

3. 曝気循環施設の効果検討

【平成21年のアオコの発生しやすさ診断】

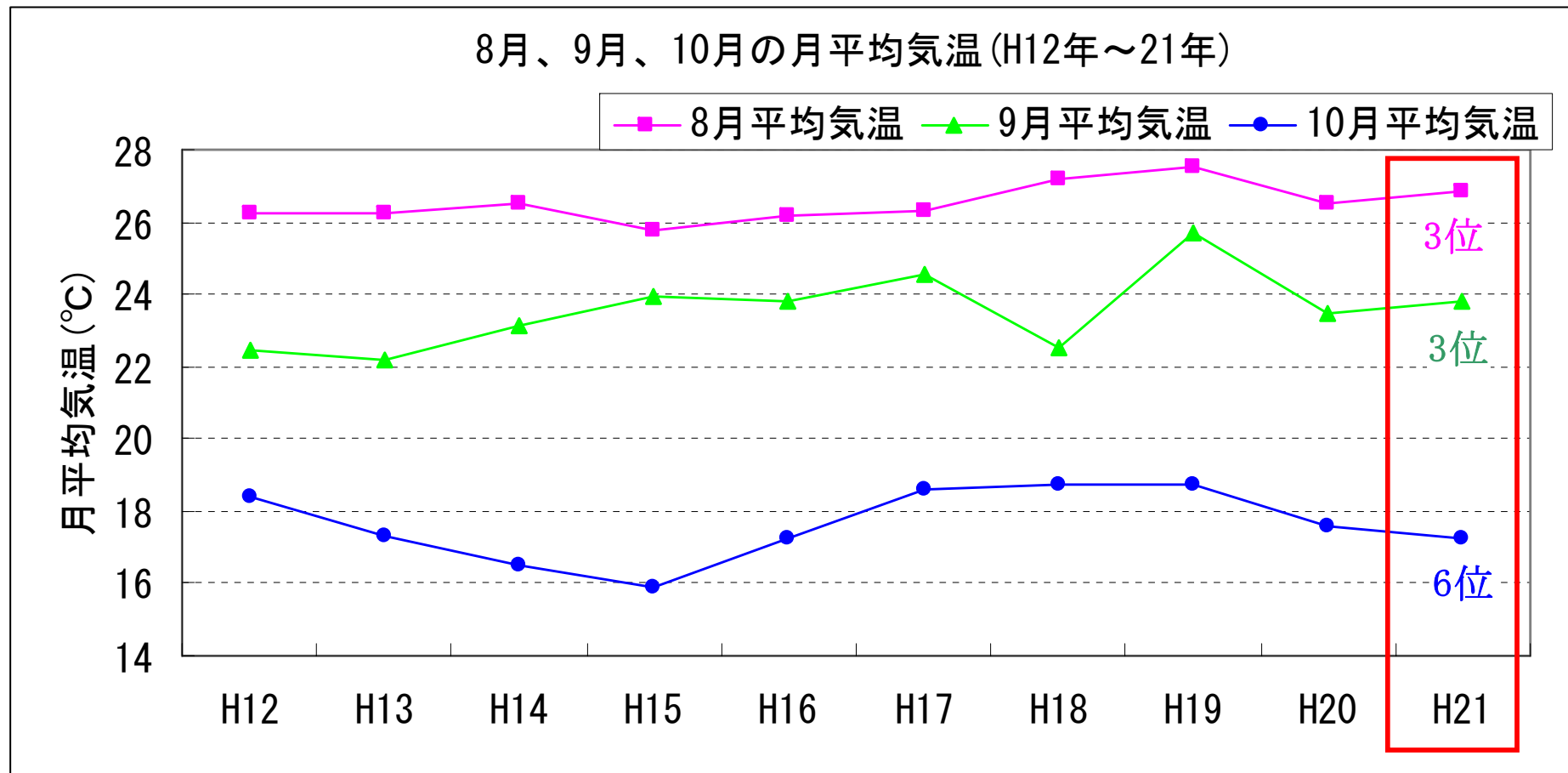
- 気温や日射量が大きく流入量が少ないと、貯水池の水が滞留しやすくなり、一般にアオコは増殖しやすくなる。
- 平成21年はアオコが発生しやすい年だったのか診断するため、近10ヶ年（H12年～21年）の8月～10月の気温、日射量、流入量を比較した。

＜アオコの発生と気象・水文条件の関係＞



【気温の比較(鹿野川ダム管理所データ)】

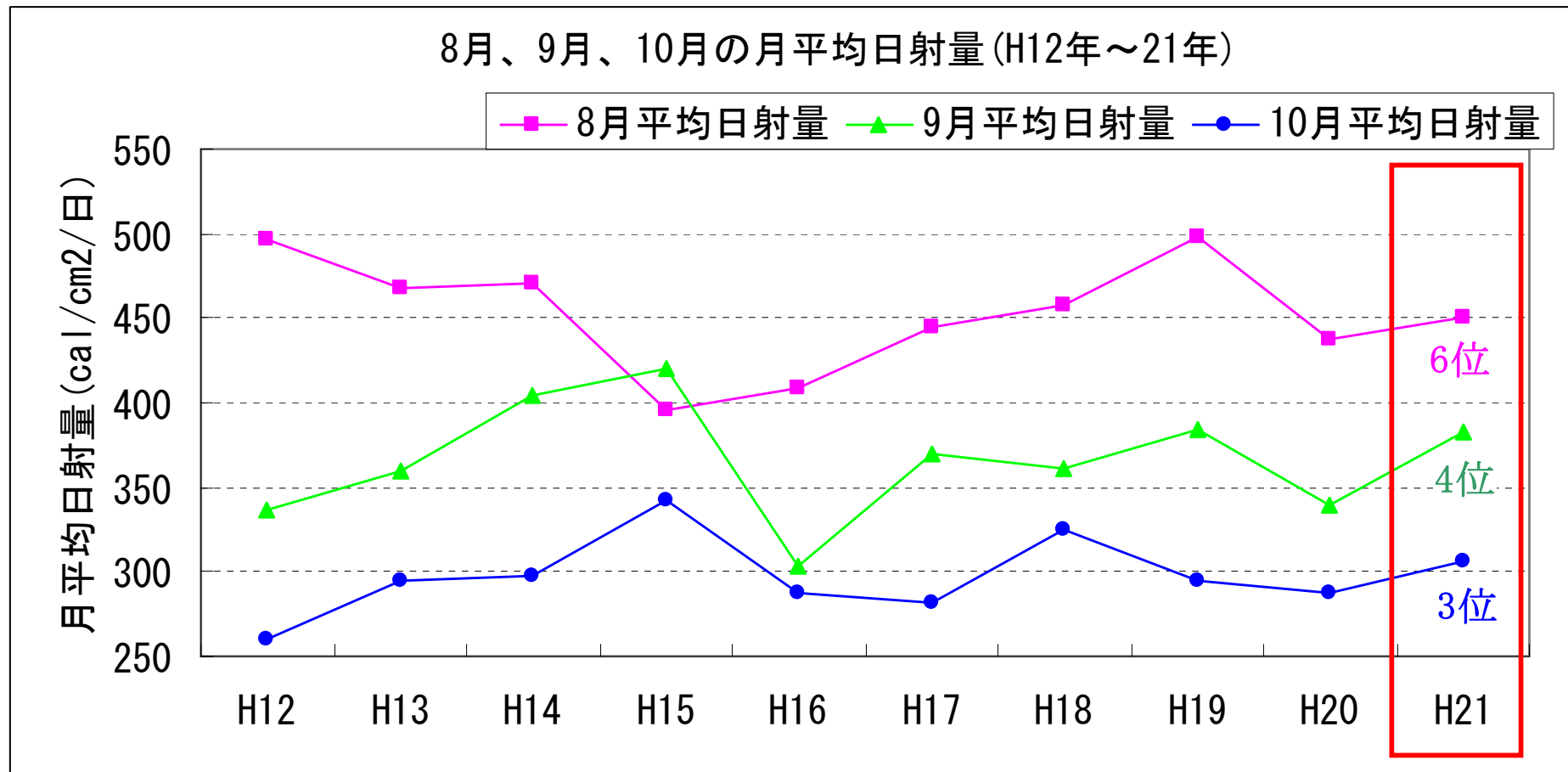
- ここでは「**気温が高いほどアオコが発生しやすい**」とする。
- 8月、9月は比較的アオコが発生しやすい条件となっていた。
- 10月は平均的な条件であった。



※10ヶ年の中で平成21年のアオコが発生しやすい順位を月毎に示している

【日射量の比較(松山気象台データ)】

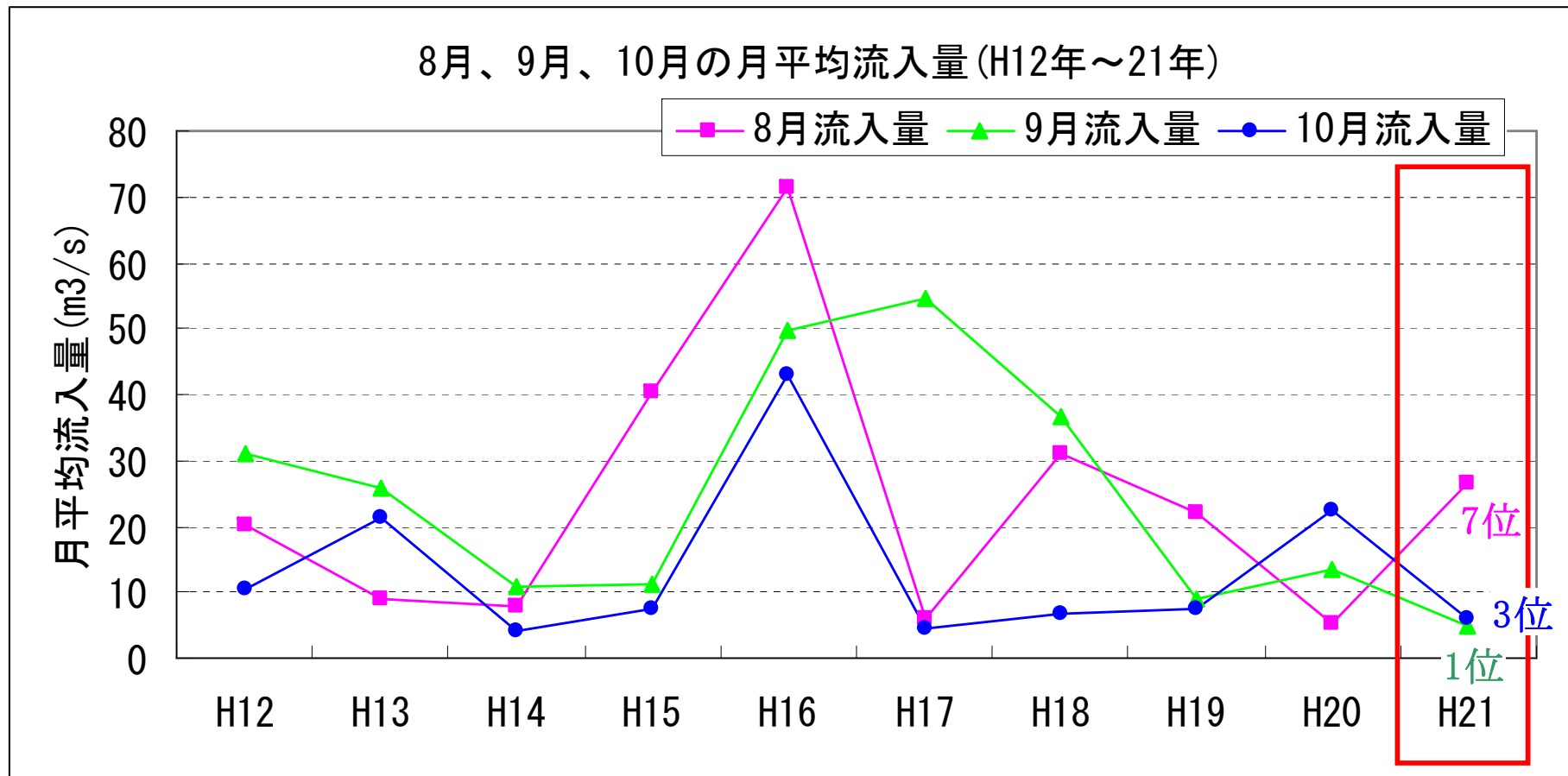
- ここでは「**日射量**が**大きい**ほど**アオコ**が発生しやすい」とする。
- 9月、10月は比較的アオコが発生しやすい条件となっていた。
- 8月は平均的な条件であった。



※10ヶ年の中で平成21年のアオコが発生しやすい順位を月毎に示している

【ダム流入量の比較】

- ここでは「流入量が小さいほどアオコが発生しやすい」とする。
- 9月、10月は比較的にアオコが発生しやすい条件となっていた。
- 8月はややアオコが発生しにくい条件であった。



※10ヶ年の中で平成21年のアオコが発生しやすい順位を月毎に示している

【平成21年度のアオコ発生しやすさ診断結果】

- 3つの項目毎の順位から、平成21年の9月、10月は他の年と比較して、アオコが発生しやすい条件が整っていたものと診断される。

＜平成21年8月～10月におけるアオコの発生しやすさ＞

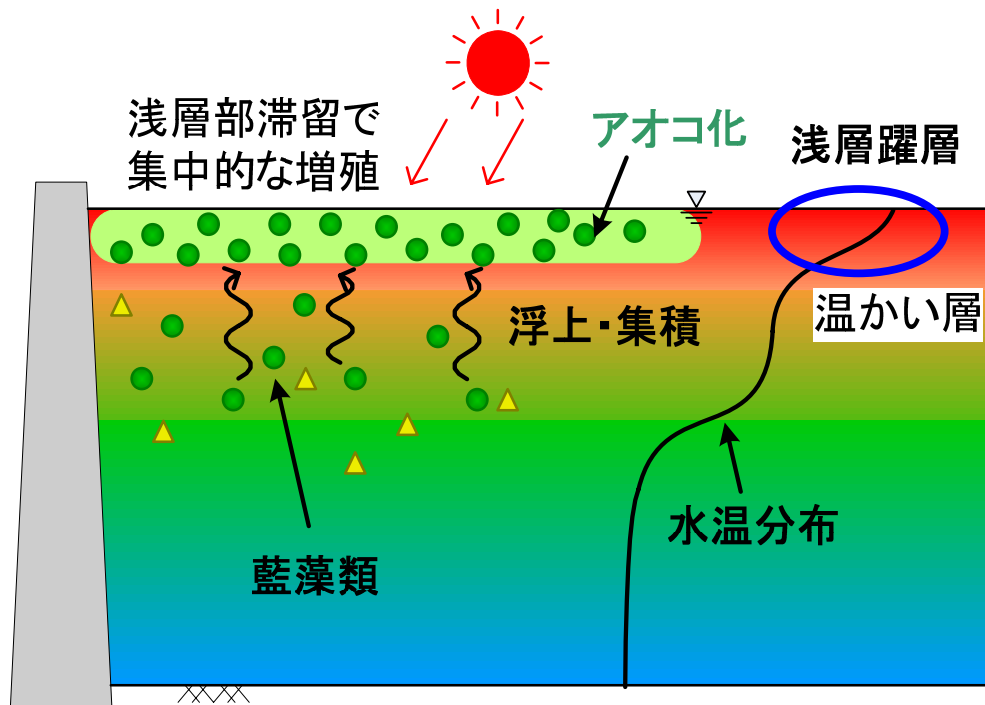
| 項目 | 8月 | 9月 | 10月 |
|-----|-----|--------|--------|
| 気温 | 3位 | 3位 | 6位 |
| 日射量 | 6位 | 4位 | 3位 |
| 流入量 | 7位 | 1位 | 3位 |
| 診断 | 平均的 | 発生しやすい | 発生しやすい |

※10ヶ年の中で平成21年のアオコが発生しやすい順位を月毎に示している

【浅層部の水温差とクロロフィルa濃度の関係①】

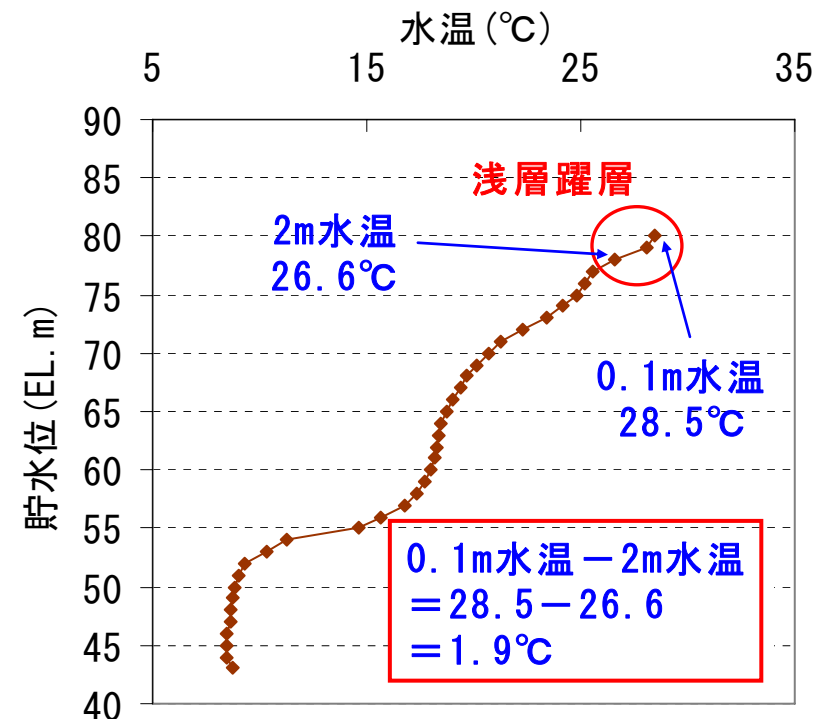
- 鹿野川ダムでは、浅い部分の水温差（「浅層部水温差」という）が大きくなると、アオコが増殖しやすくなる。
（浅層部水温差が大きいと、表層の水が滞留するため）

【浅層躍層とアオコ発生のイメージ】



浅層部水温差の算定方法

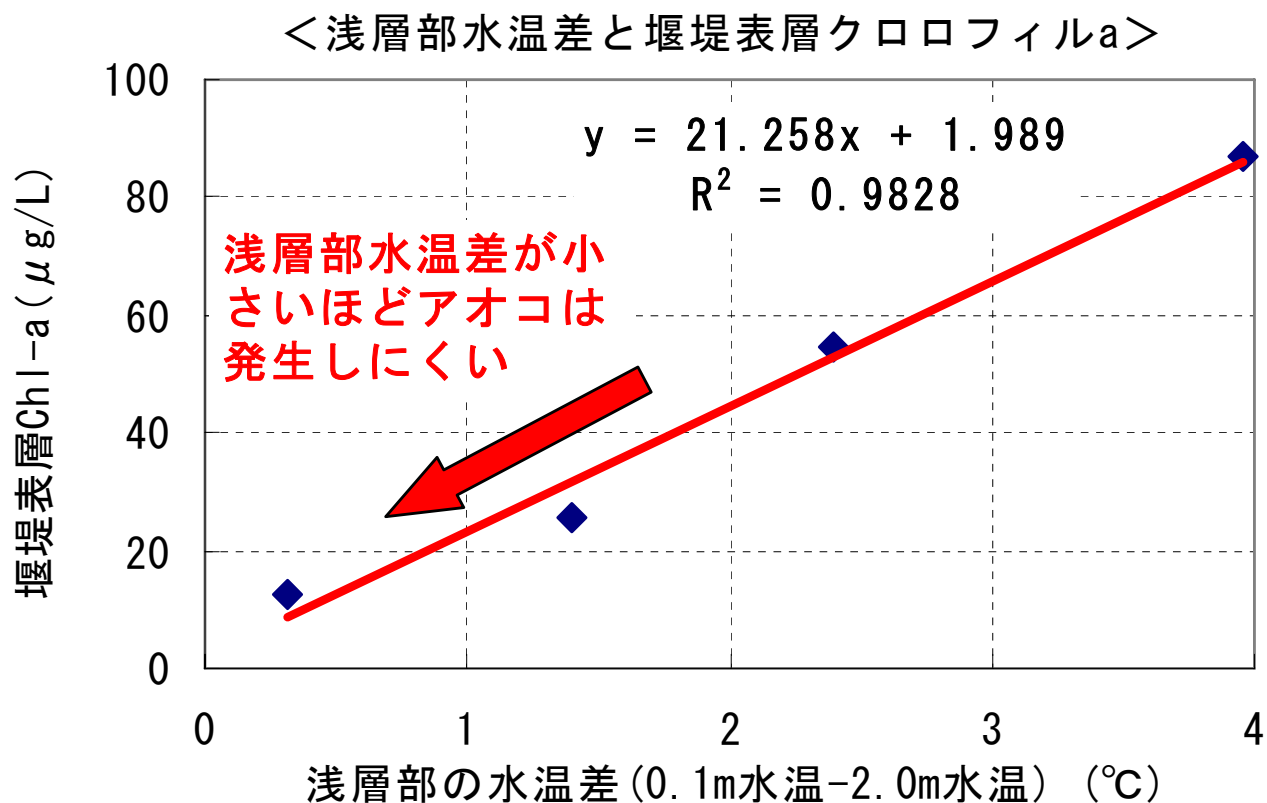
＜貯水池内水温分布(H21.7.21)>



【浅層部水温差とクロロフィルa濃度の関係②】

- 浅層部水温差とクロロフィルa濃度は正比例の関係。
- 浅層部水温差を小さくできれば、アオコは発生しにくい。

＜浅層部水温差(0.1m-2.0m水温)とクロロフィルa濃度の関係＞

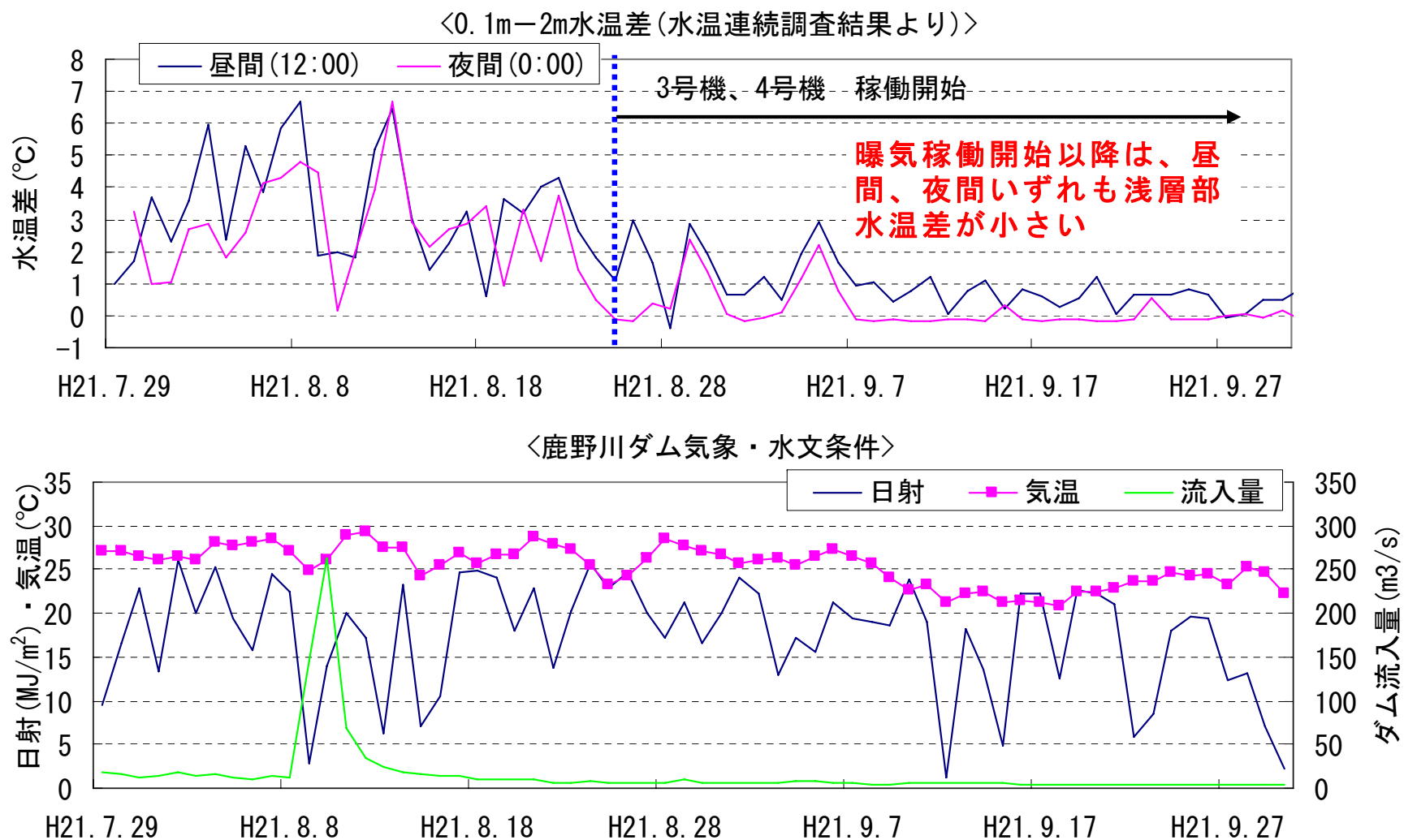


※鹿野川ダム堰堤で過年度(H13年～21年)調査された水温分布とクロロフィルa濃度から、浅層部水温差が0～1 $^{\circ}\text{C}$ 未満、1～2 $^{\circ}\text{C}$ 未満、2～3 $^{\circ}\text{C}$ 未満、3 $^{\circ}\text{C}$ 以上の場合のクロロフィルa濃度の平均値を整理

【浅層部水温差と外部要因、曝気稼働の関係①】

■浅層部水温差は曝気稼働後に小さくなる傾向にあった。

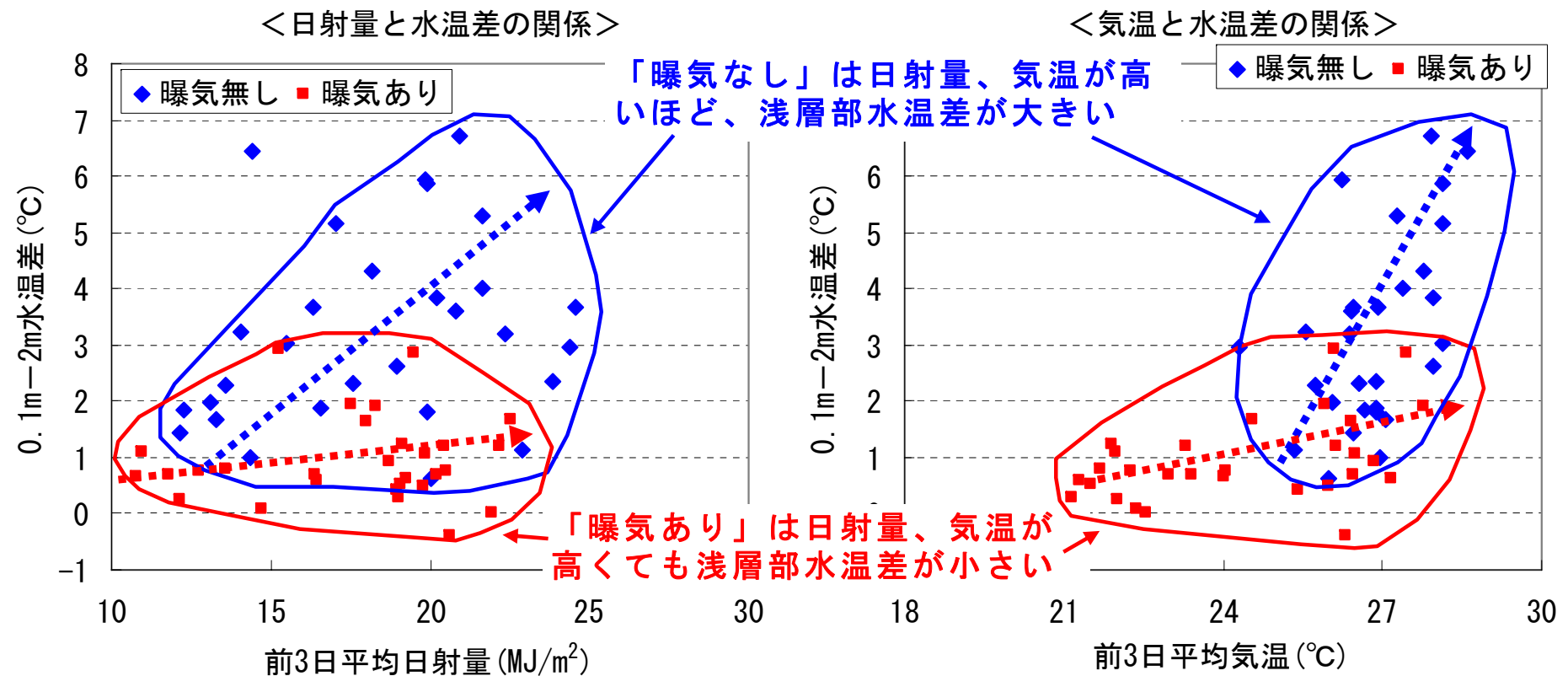
＜浅層部水温差と気象・水文条件の推移(H21年7月～9月)＞



【浅層部水温差と外部要因、曝気稼働の関係②】

■浅層部水温差は日射、気温が高いほど大きくなる傾向にあるが、曝気運用時は、日射、気温が高いときでも水温差が小さかった。→アオコが増殖しにくい環境状態の形成

＜気象条件(日射量・気温)と浅層部水温差の関係(曝気あり・なし)＞



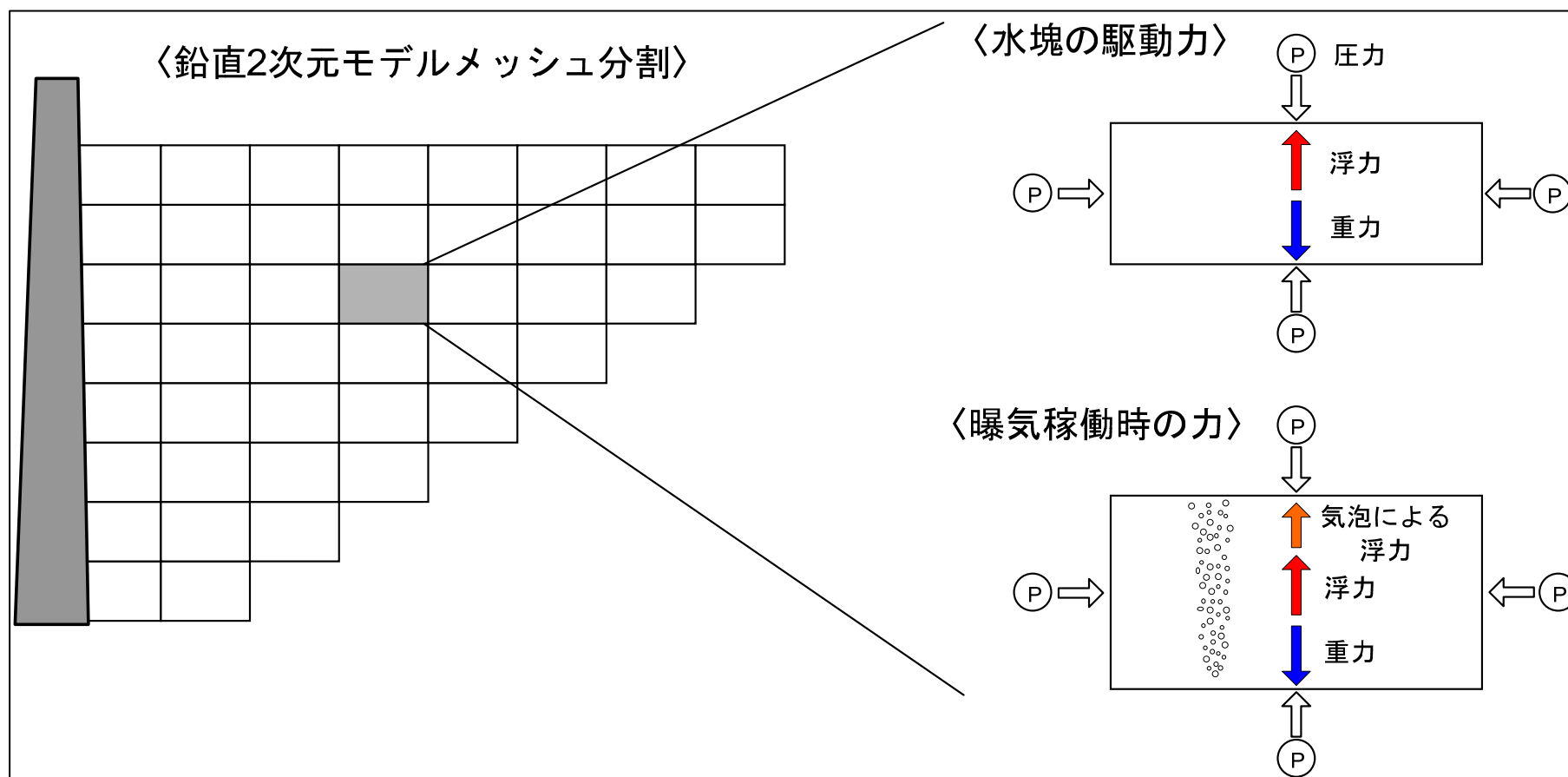
※平成21年6月～9月での、水温連続調査結果(12時観測値)から算定。

※「曝気なし」は6/1～8/25の期間で設定、「曝気あり」は8/26～9/30の期間で設定。

【参考：シミュレーションによる評価】

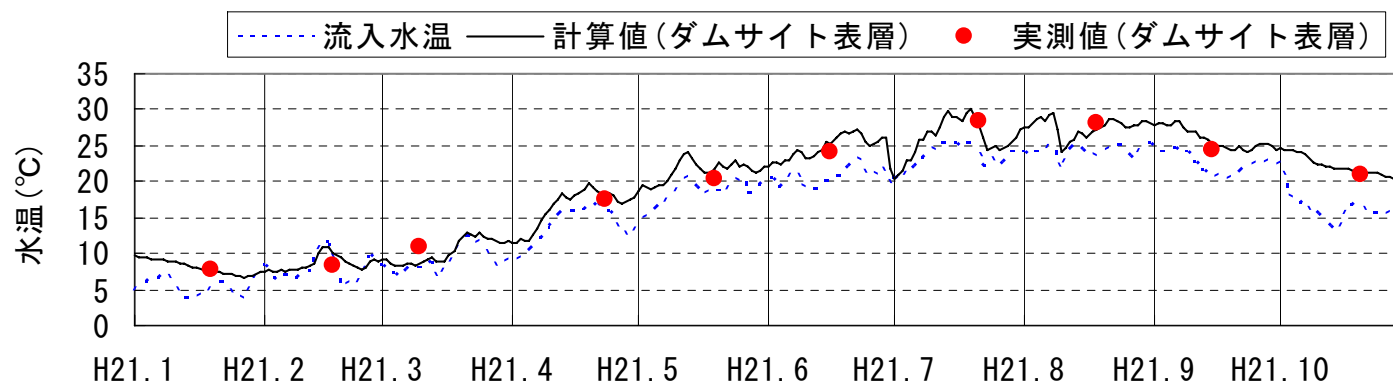
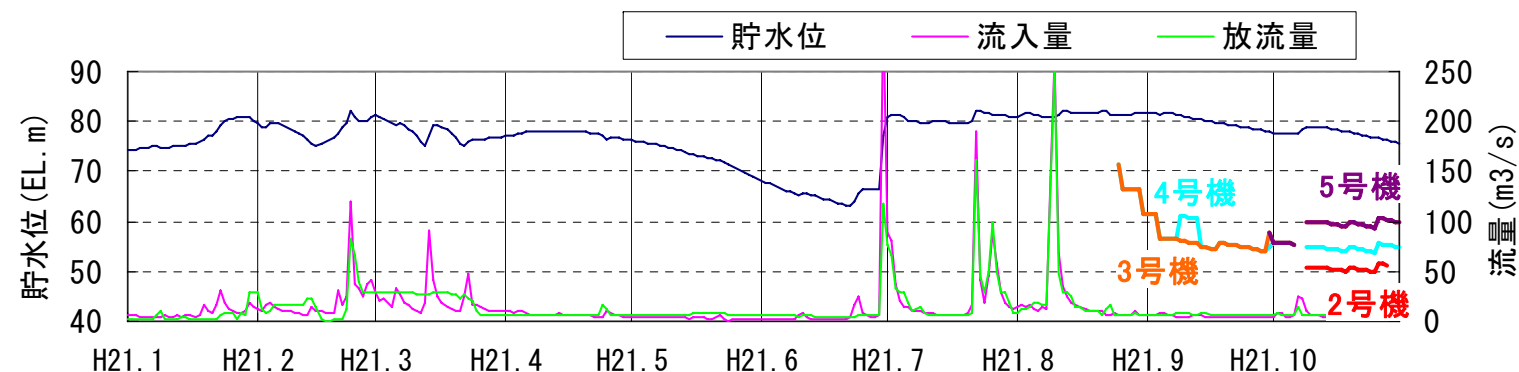
- 鹿野川ダム水質予測モデルにより、曝気施設を運用した場合（現況）と運用しなかった場合の比較から、曝気循環施設の水質改善効果を検証した。

＜水質予測モデルにおける曝気循環施設の表現方法＞

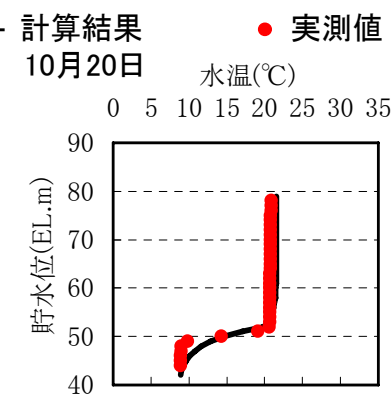
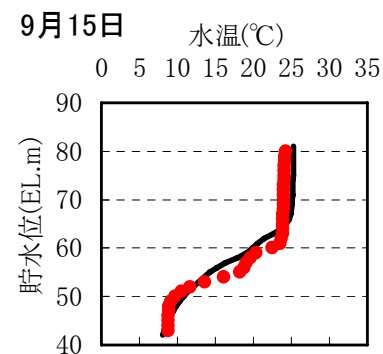
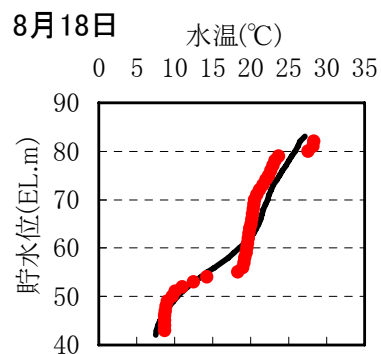
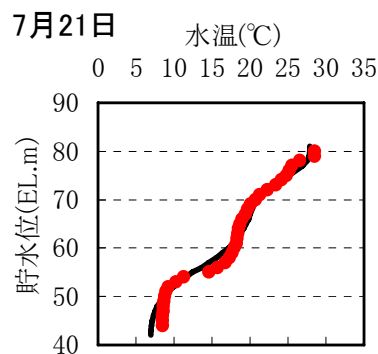


【水質予測モデルの現況同定結果(H21年1月～10月)】

■曝気稼働前後で、貯水池内の水の動きの再現性は良好

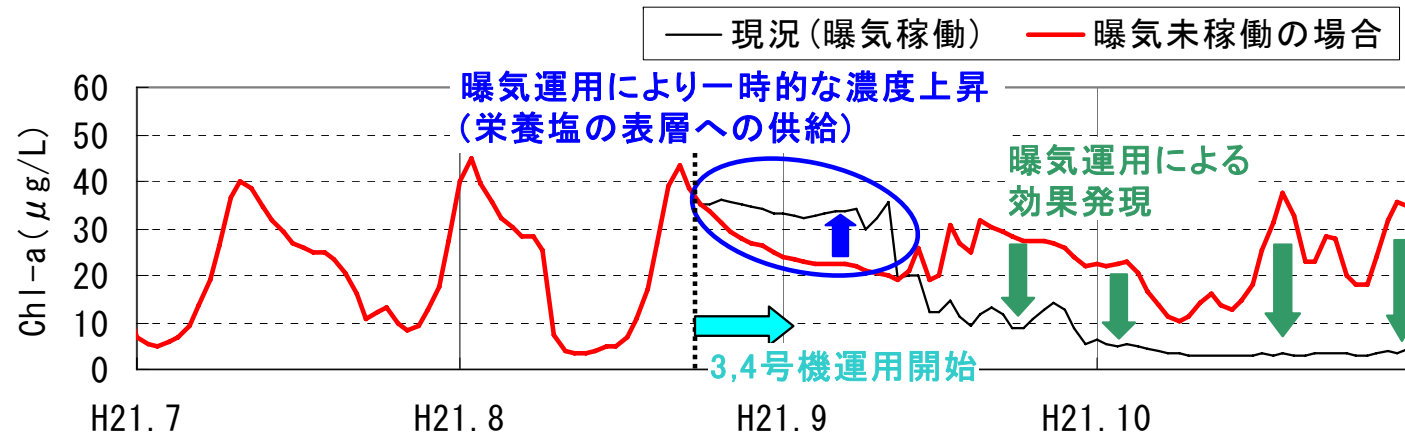


曝気稼働前 ← → 曝気稼働後

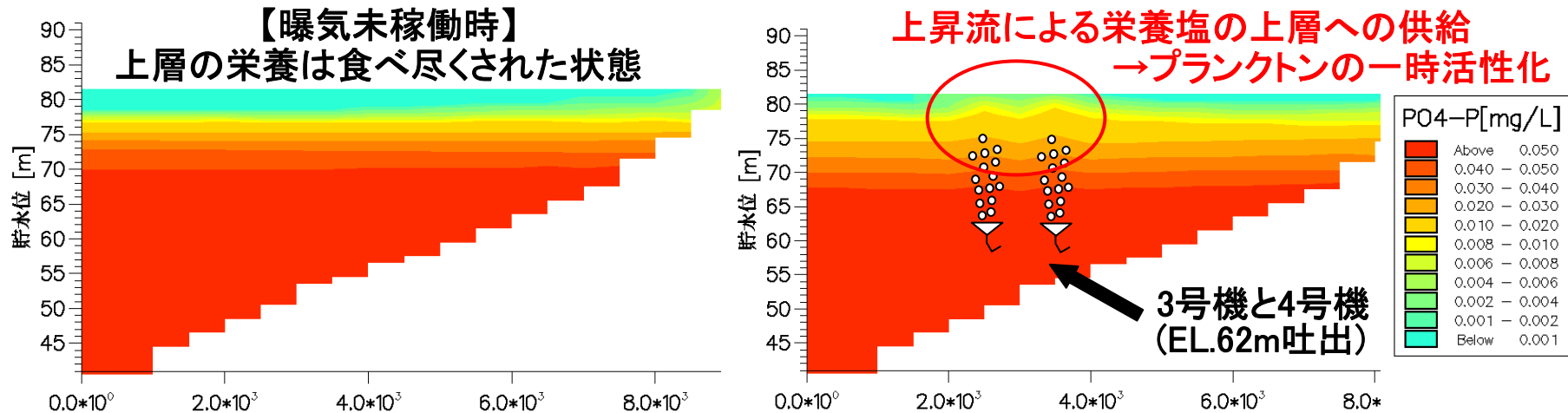


【現況(曝気稼働)と未稼働の場合のクロロフィルa予測結果】

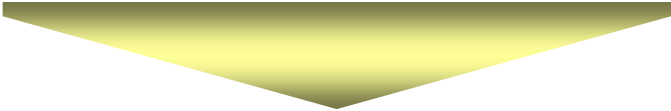
- 曝気稼働直後(8月下旬)は、一時的にクロロフィルa濃度が上昇している(中層の栄養塩の上層への供給が要因)。
- 9月中旬には循環流が卓越し、アオコ抑制効果が発現。



＜曝気未稼働時と現況(曝気稼働)の無機態リンの分布(H21.9.1予測結果)＞



【曝気循環施設による改善効果評価】

- 現地の水質調査結果から、曝気循環施設の運用後は鹿野川ダムのアオコ増殖が抑制されていた。
 - 気象などの外部条件の変化と曝気循環施設の運用とが相まって、浅層部水温差が小さくなり、アオコが増殖しにくくなったものと考えられる。
- 
- 次年度はアオコ発生前から曝気循環施設を本運用し、引き続きモニタリング調査により効果を検証していく。