

# 鹿野川ダム湖水質改善の取り組みについて

國友 達也

四国地方整備局 山鳥坂ダム工事事務所 事業計画課 (〒797-1505 愛媛県大洲市肱川町予子林6-4)

山鳥坂ダム工事事務所の所管する鹿野川ダム湖においては、近年、アオコ（藍藻類の異常増殖）の発生等の水質問題が見られるようになり、「鹿野川ダム水質検討会」において、対策を検討してきたところである。対策の1つとして、アオコの抑制に効果があるとされている曝気循環施設を湖内5箇所に設置し、平成21年に試験稼働を実施、平成22年より本格運用を開始した。

その結果、平成22年はダム湖において、まとまったアオコの発生が確認されなかった。運用開始後の水質調査データからも、曝気循環施設によるアオコ抑制効果が確認された。

キーワード：アオコ、曝気循環施設、水質改善

## 1. はじめに

鹿野川ダム湖は、上流域に宇和盆地に代表される汚濁負荷源を抱えており（図-1）、平成10年頃からアオコの発生が頻繁に見られるようになった（表-1）。アオコは水面に浮上すると徐々に層を形成して腐敗を始め、腐敗臭を放ち、景観面においても問題となるため、平成15年からは、特殊ポンプにより回収し処理を行っている。

鹿野川ダム直轄管理移管後の平成19年、山鳥坂ダム工事事務所では「鹿野川ダム水質検討会」を設置し、学識経験者、地域関係者、行政関係者等の助言をいただきながら、鹿野川ダム湖及び下流河川の水質改善について検討を行い、アオコ発生防止策として、曝気循環施設の導入を決定した。

曝気循環施設は平成21年度内に5基の設置を完了し、同年の暫定運用後、平成22年より本格運用が開始され、稼働期間中はアオコの発生は見られなかった。

本論文は、アオコの特性等を捉えながら、曝気循環施設稼働後の水質調査データ等を基に、本格運用開始1年目の成果を報告するものである。

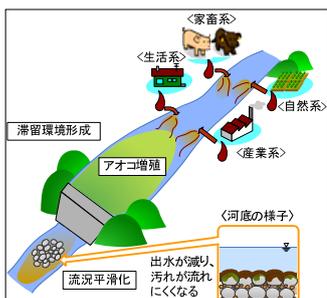


図-1 上流からの汚濁負荷（栄養塩）流入イメージ

表-1 鹿野川ダムにおけるアオコの発生状況

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
平成10年								■				
平成11年												
平成12年												
平成13年							■	■	■	■		
平成14年							■	■	■	■		
平成15年							■	■	■	■		
平成16年							■	■	■	■		
平成17年							■	■	■	■		
平成18年							■	■	■	■		
平成19年							■	■	■	■		
平成20年						■	■	■	■	■		
平成21年						■	■	■	■	■		
平成22年												

■ アオコが発生した期間

## 2. アオコとは

### (1) アオコの概要

アオコとは藍藻類とよばれる藻類の一種が異常増殖し、水面に膜を形成する状態を指すものである。

鹿野川ダム湖においては、平成10年頃からアオコの発生が見られるようになり、平成13年からは毎年のように7月から10月頃にかけてアオコの発生が確認されている。

アオコの原因種である藍藻類には水面に浮上する性質がある。水面で集積しアオコ化が進むと次に層を形成し始め、最終的には腐敗する。腐敗したアオコから発生するガスは、強烈な刺激臭を放つようになる。また、完全に腐敗したアオコは、沈むことなく水面を浮遊する為、ダム湖の景観を著しく損ねるものである（図-2.1）。



図-2.1 膜状に広がった状態及び腐敗を始めた状態のアオコ

## (2) アオコの発生要因

ダム湖などの内水面においては、水の循環が少ない状態で、夏季、日射量が増し、気温が上昇すると、表層面が暖められることにより浅層域に温度躍層が生じる。水はその温度によって比重が異なるため、温かい水は上に留まり、冷たい水は下に留まる性質がある。そのため、温度躍層が発生すると、鉛直方向の循環がなくなり、表層水が滞留する。

(1)で述べたように、アオコの原因種である藍藻類には水面に浮上する性質があるため、このような状況下においては、藍藻類の浮上は容易であり、表層が滞留しているため、集積も起こりやすい(図-2.2)。

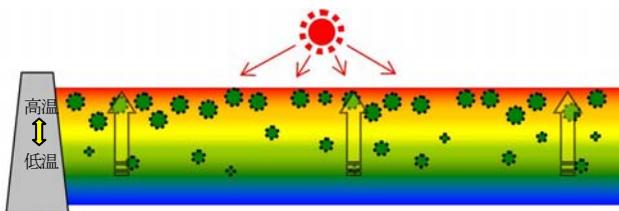


図-2.2 温度躍層とアオコ発生イメージ

## (3) 従来の処理方法

前節の問題から、平成15年より、特殊ポンプを用いてアオコの回収処理を行ってきた。(平成15年処理量約9,000kg)

処理方法としては、アオコ回収用の特殊ポンプによりダム湖表層水を汲み上げ、凝集沈降剤(NETIS登録:SK-010012)により、原水とアオコを分離した後、処理水はダム湖に還流し、アオコは脱水後、廃棄物処理するというものである(図-2.3)。

この処理方法により、アオコを腐敗前に除去することが出来るが、アオコが発生してから対応となるため、水質改善がなされたとは言えず、また景観の面からも改善が図られているとは言い難いものであった。



図-2.3 アオコの回収処理工程

## 3. 曝気循環施設について

曝気循環施設とは、ダム湖水中で空気を発生させることにより、貯水池内の水を鉛直方向に循環させる施設である(図-3.1)。水を鉛直方向に循環させる施設には、散気管型の曝気循環施設、空気揚水筒型の曝気循環施設、プロペラ式循環施設、水流発生装置などがあるが、コスト面、他ダムにおける実績から、鹿野川ダムでは散気管型の曝気循環施設が採用された。

散気管型の曝気循環施設は、陸上に設置した送風機室(図-3.2)から、水中の散気装置に空気を供給し、散気装置から直上に空気を放出することにより、湖内の水を鉛直方向に循環させるものである。

曝気循環施設によって水を循環させることで、浅層域の温度躍層を破壊し、藍藻類の浅層での滞留を防ぎ対流をさせることで光合成生産を抑制し、アオコの発生を抑える効果が期待できる。また、アオコを抑制することにより、湖内のDO(溶存酸素)濃度の改善等も期待できる。

設置台数については、OECD(経済協力開発機構)の定めた内水面における富栄養化判断基準(表-3.1)より、藍藻類由来のクロロフィルa濃度の年平均値 $8\mu\text{g/L}$ 、年最大値 $25\mu\text{g/L}$ を目標値とし、水深条件、動力規模条件等を踏まえてシミュレーションを行った結果、5基の導入を決定した(図-3.3)。設置工事は、平成21年3月から12月にかけて、ダム堤体付近から上流約3.5kmまでの区間で実施した。



図-3.1 曝気循環施設イメージ図

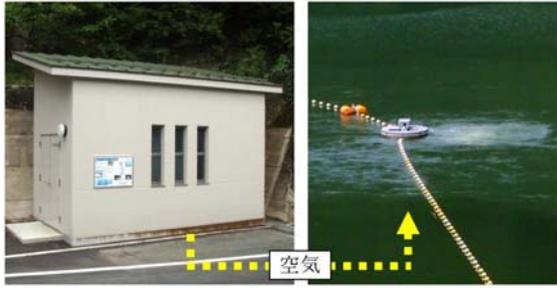


図-3.2 送風機室 及び 曝気循環施設稼働状況

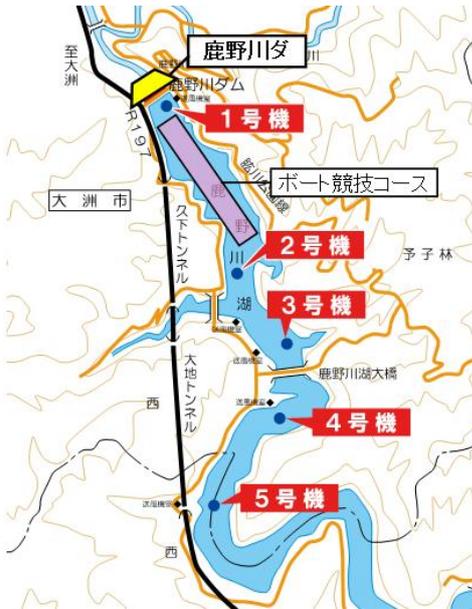


図-3.3 曝気循環施設 位置図

表-3.1 OECD 富栄養化判断基準 (内水面)

階 級	OECD基準値		
	貧栄養	中栄養	富栄養
年平均T-P (mg/L)	<0.010	0.010 ~0.035	0.035~
年平均クロロフィルa (μg/L)	<2.5	2.5~8	8~
年最大クロロフィルa (μg/L)	<8.0	8~25	25~

※Cooperative Program on Monitoring of Inland Waters. Vollenweider, R.A. & J. Kerekes, Synthesis Report(1980)

#### 4. 本格運用開始後のアオコ発生状況

平成22年の本格運用では、5月上旬から曝気循環施設2基の稼働を開始、6月中旬より5基全ての稼働を開始した。結果、通年、まとまったアオコの発生は確認されず、アオコが発生しやすい7~9月においても、確認はされなかった(図-4)。アオコの発生状況については、週2回の湖内巡視、月に1度の水質調査などにより密に確認を行ったものである。

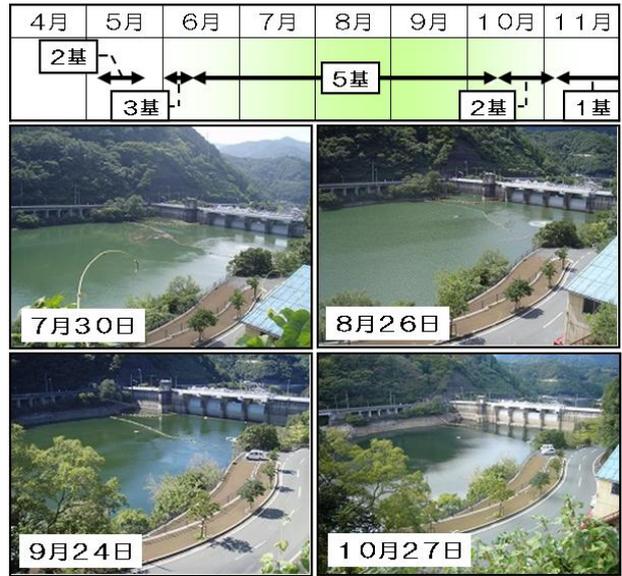


図-4 平成22年度における曝気循環施設の稼働状況 及び ダム堤体付近のアオコ発生状況

#### 5. 水質調査データから見る曝気循環施設の効果

前章で、本格運用開始後まとまったアオコの発生がなかったことを記したが、この章では水質の値から、その結果について細かく考察を行うこととする。

##### (1) クロロフィルa濃度の目標値

3章で述べた OECD (経済協力開発機構) の定めた内水面における富栄養化基準(表-3.1)により、藍藻類由来のクロロフィルa濃度を25μg/L以下に抑えることが出来ていれば、当初設定目標を達成したと言える。

##### (2) クロロフィルa濃度調査結果

###### a) ダム堰堤箇所

例年、大規模なアオコの集積が見られるダム堰堤箇所について、結果として、平成22年においては、年間を通して、クロロフィルa濃度が25μg/L以下であった。当初目標値を達成し、アオコの発生を抑制したといえる(図-5.2)。

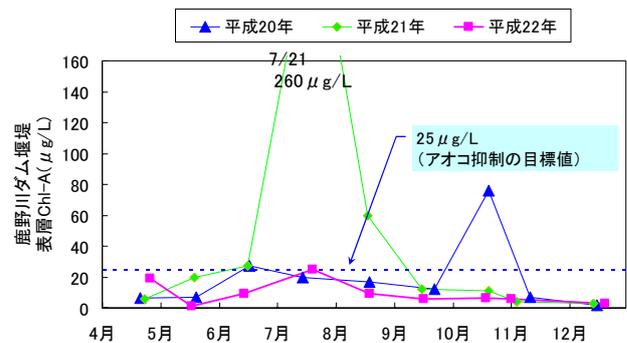


図-5.2 ダム堰堤表層クロロフィルa

**b) 上流 2.5km 箇所**

ダム湖上流 2.5km 箇所では、4～5月にかけてクロロフィル a 濃度が 25 $\mu\text{g/L}$  を超過していた。しかし、この時期にアオコの発生は確認されておらず、また曝気循環施設の稼働開始は5月上旬からであった。アオコの発生しやすい時期とされる7月～10月においては、クロロフィル a 濃度は 25 $\mu\text{g/L}$  以下に抑えられているため、アオコの発生を抑制したといえる (図-5.3)。

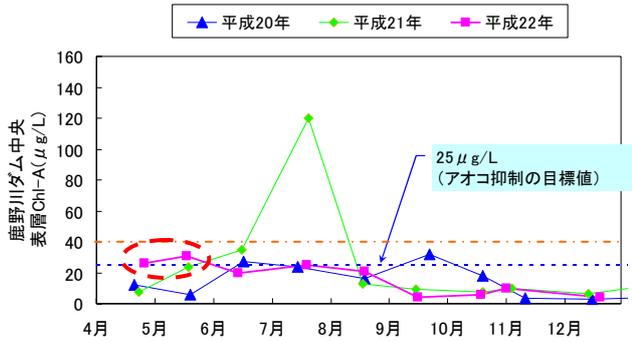


図-5.3 貯水池中央表層クロロフィル a

**(3) 浅層域の水温差の調査結果**

鹿野川ダムにおける過年度 (平成13年～21年) の調査結果から、浅層域 2m 内の水温差とクロロフィル a 濃度は正比例の関係にあると言える。図-5.4 より、クロロフィル a 濃度が目安値である 25 $\mu\text{g/L}$  以下となる水温差であれば、まとまったアオコは発生しないと考えられる。その水温差は、おおよそ 1 $^{\circ}\text{C}$  前後である。

曝気循環施設稼働後の湖内浅層域の水温差を見ると、ダム堰堤箇所では概ね 1 $^{\circ}\text{C}$  以内に抑えられており、上流 2.5km 箇所においても 8 割程度達成されていた (図-5.5)。

しかし、浅層域内の水温差が抑えられた要因が曝気循環施設による効果であるのか、気象・水文環境から水温差が発生しなかったのか、見極めが必要である。

そこで、直近 10 ヶ年の気温・日射量 (表層の温度上昇に直接影響)、流入量 (湖内の滞留状況に影響) について整理し、平成 22 年が温度躍層の発生しやすい気象・水文環境であったか検証を行った。

結果、最もアオコの発生しやすい期間とされる 8、9 月において、平成 22 年は直近 10 ヶ年の中でも非常に温度躍層の発生しやすい環境下にあった (表-5.2)。

よって、浅層域内の水温差が抑えられた要因は、曝気循環施設によるものと考えられる。

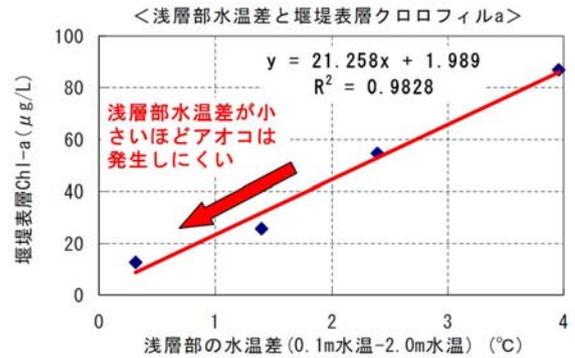


図-5.4 浅層水温差と表層クロロフィル a 濃度の関係

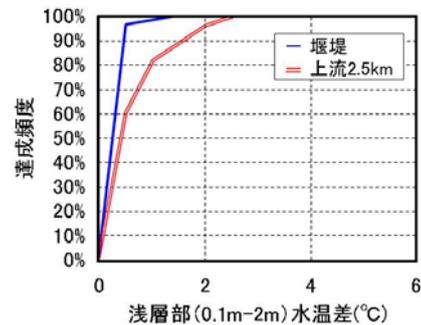


図-5.5 堰堤箇所及び上流 2.5km 箇所における浅層水温差の達成度

表-5.2 平成 22 年度におけるアオコの発生しやすさ

項目	5月	6月	7月	8月	9月	10月
気温	9位	3位	3位	1位	2位	3位
日射量	5位	6位	5位	2位	2位	10位
流入量	7位	8位	6位	3位	1位	4位
診断	発生しにくい	平均的	平均的	発生しやすい	発生しやすい	平均的

**6. まとめ**

平成 22 年はアオコが発生しやすい環境が整っていたが、まとまったアオコの発生は確認されず、また水質調査データにおいても概ね目標を満足していた。

1 年間の運用から得られた結論として、ダム湖内のアオコ抑制対策として導入された曝気循環施設は、目的通り効果を発揮したと言える。

今回は、本格運用開始 1 年間の実績から、曝気循環施設の効果について考察を行ったが、今後も運用を行っていく中で継続的なモニタリングを実施し、検討改善を進めていく予定である。