

貯水池における曝気循環の影響に関する現地観測

Field Measurement about Effects of Aeration/Circulation in a Dam Reservoir

天野邦彦*・丹羽薫**・三浦進***

By Kunihiko AMANO, Kaoru Niwa and Susumu Miura

Aeration/Circulation is a method to reduce algae abundance by generating vertical circulation. It is said that this countermeasure is performed by limiting light, supplying dissolved oxygen to hypolimnion, lowering of pH of epilimnion, and so on.

In this study, results of field measurement are shown and following consequences are obtained.

1. When blue-green algae is dominant, pH of the epilimnion is high.
2. After treatment, pH of the epilimnion has been lowered and dominance of blue-green algae in summer has disappeared in this reservoir.

Key Words: Aeration, Circulation, pH, Blue-Green Algae

1. まえがき

近年、わが国においても流域の開発等によるダム貯水池の人為的富栄養化現象に伴い水道水の異臭味や淡水赤潮の発生といった問題が報告されている。

このようなダム貯水池の富栄養化現象対策として種々の流域での水質保全、流入水の水質改善、貯水池内での水質保全対策が講じられているが、今回、検討した曝気循環法は貯水池内での水質保全対策の1つであり、その効果の適切な評価の確立が強く望まれており、建設省所管の多目的ダム貯水池においても水質改善パイロット実験として曝気循環法を適用し、その効果について調査を行っているところである。

本研究は、曝気循環に伴う水環境の変化を調べるため、過去からの水質変化状況を整理すると共に1990年夏の現地観測結果を検討したものである。

2. 曝気循環について

曝気循環法は貯水池内に空気を注入し強制的な鉛直方向の循環を生じさせ、植物性プランクトンの発生を抑制しようとする水質保全対策である。曝気循環により植物性プランクトンの発生が抑制される理由としてLorenzenによれば表層での混合水深が増すことにより単位水柱当たりのプランクトン数を抑制し得るとして

* 正会員 建設省土木研究所 ダム部 水資源開発研究室 研究員
(〒305 つくば市大字旭1番地)

** 正会員 建設省土木研究所 ダム部 水資源開発研究室 室長

*** 建設省土木研究所 ダム部 水資源開発研究室

いる他、混合の促進に伴い優先種が変化する可能性についても言及されている。

曝気循環法は、我国においても水道用の小規模貯水池を中心に施工例があり効果を挙げたという報告が数々報告されているが、その効果については確定的とは言えない。¹⁾ 曝気循環法が各地で実施され、実績を上げているにもかかわらず評価が確定していない理由としては以下のものが挙げられる。

- 毎年水文、気象条件が異なるため成果の判定が困難であること。
- 適用した貯水池の水文・気象条件、水質、規模、形状等が各々異なり他の成功例をそのまま適用しにくいこと。
- 後述するように、曝気による影響は複雑な生化学的変化を伴うため効果の予測が困難であること。

曝気循環による植物性プランクトンの発生量の抑制効果について定性的には以下のような理由が考えられる。

- 光制限
- 底層の溶存酸素量増加による底泥からの栄養塩類の溶出抑制。

また、発生量の抑制とは別に異臭味の原因となる藍藻類が優勢となるのを妨げ得ることも指摘されており、この理由として以下の理由が考えられる。

- 表層水のCO₂増加に伴いpHが低下することにより高pHでもCO₂の摂取能力が高い藍藻類の有利さが取り除かれる。
- 珪藻類の様に比重の重い藻類にとって有利な環境になる。

曝気による影響を図示すると図-1、2、3の通りである。

光制限により藻類の量が減少する機構は図-1²⁾の様に表層での混合水深が増すことにより単位水柱当たりの藻類量が減少するというものである。

藻類の優先種が変化する機構はPastorokら³⁾によれば図-2、3の様に示すことができる。図-2は循環によって優先種が藍藻類でなくなる場合であり、図-3は藍藻類が優先種になる場合を示している。図中の+は表示した因子が増加することを示し、-は減少することを示している。図-3の様に藍藻類が優勢になる原因としては、表層のpHが低下しないこと等によると考えられる。

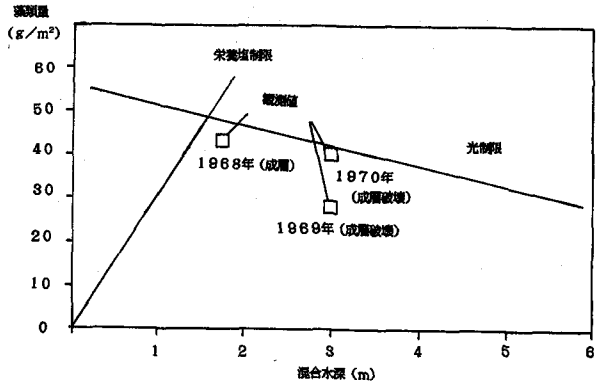


図-1 混合水深の変化による藻類量の変化

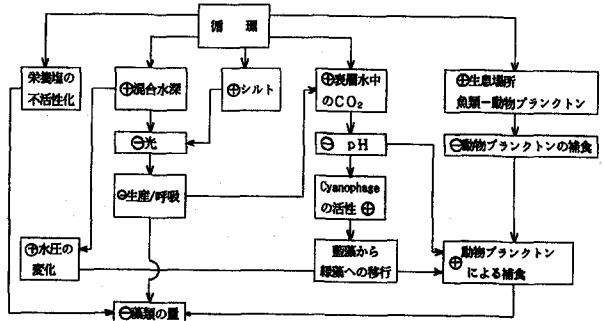


図-2 循環に伴う藍藻類抑制の機構

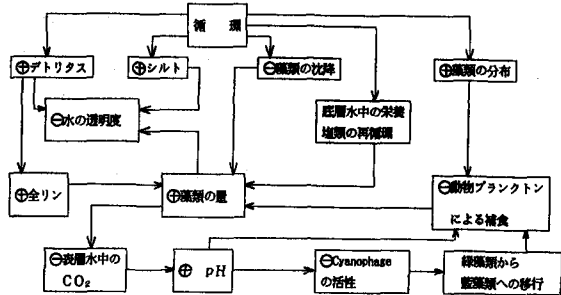


図-3 循環に伴う藍藻類促進の機構

3. 貯水池及び水質変化の概要

今回、検討の対象としたのは図-4に平面図を示す総貯水容量45,300,000m³、常満水位時の平均水深約1

0 mの多目的ダムである。このダムにおいては湛水開始以来1983年までの13年間に8ヶ年かび臭が発生している。このかび臭は藍藻類のPhormidiumによるものと判明しており1984年6月より水質保全のため曝気循環法を用いたパイロット実験を行っており⁵⁾、1985年以降かび臭発生は報告されていない。図中の○印は曝気循環装置の位置を示している。貯水池縦断方向に見ると図-5の様な配置となっており成層破壊型の装置である。表-1は装置の設置状況である。また、装置は毎年4月から11月まで運転している。

図-6に1981年から1988年までのダムサイトにおける貯水池水温の等温線を示す。年間水温変化について見ると、現在の装置台数では成層破壊までには到っていない。(1988年には成層が余り発達していないがこの年は成層期に流入量が多くこのような結果となっている。)

表-1 装置の設置状況

設置年月	No.	間隔 (m)	設置水深 (EL.m)	
			吸込口	吐出口
1984年8月	1、2	16	118	134
1984年9月	3、4	14	120	134
1987年8月	5	14	120	134
1989年8月	6	16	118	134

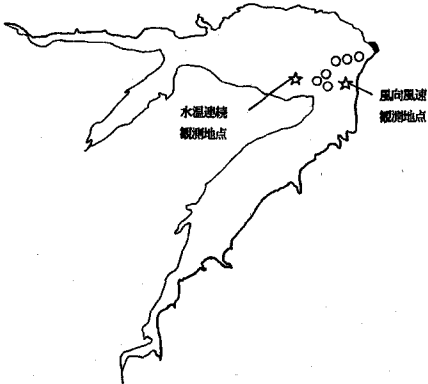


図-4 対象貯水池平面図

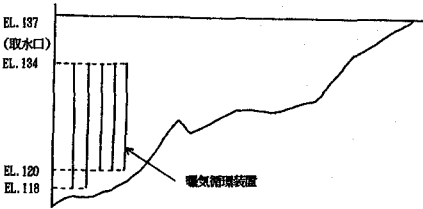


図-5 貯水池横断面図

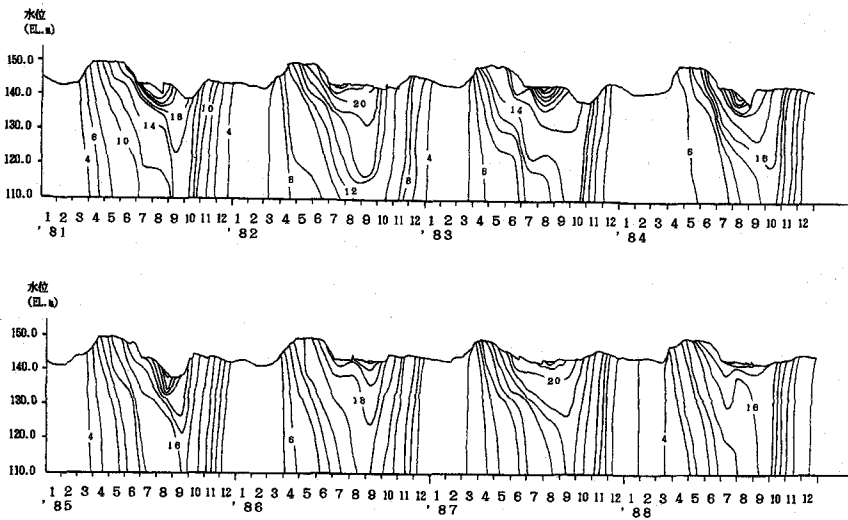


図-6 貯水池水温の等温線

図-7に表層のpH変化及び総藻類個数、Phormidium個数変化を示す。Phormidium数が1000個を越えるような場合は、pHが8以上に上昇しており、pH上昇がPhormidiumの増殖に大きく影響していることがわかる。表層のpH変化を見ると曝気循環運転開始後は1988年以外は下降傾向にあり、循環による影響としてpHを低下させることが藍藻類を抑制するとするShapiroの実験結果⁴⁾と一致するものと考えられる。

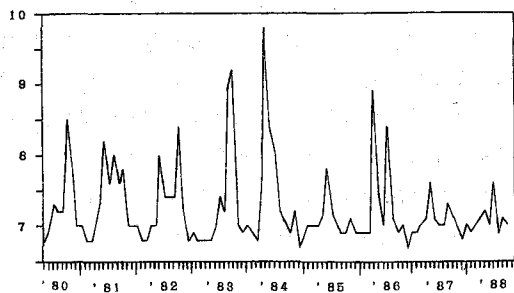


図-7(1)表層pHの変化

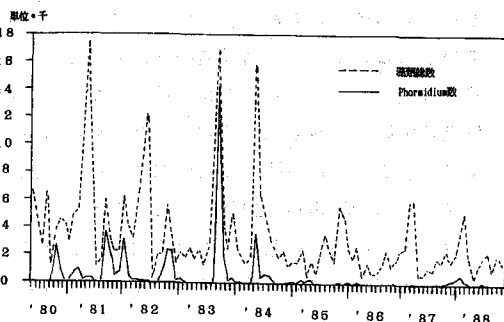


図-7(2)表層のプランクトン変化

図-8は、1981年より1989年まで毎年1ヶ月毎12回植物プランクトンの定量調査の結果を採取水深別に藻類種ごとに個数を合計したものである。1985年以降は藻類総量が減少する傾向にあると共に全体に占める藍藻類の量が減少していることが認められる。この結果からも循環による効果で藍藻類の抑制が達成されたと考えられる。

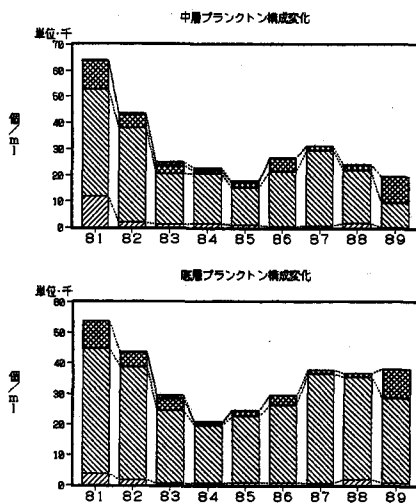
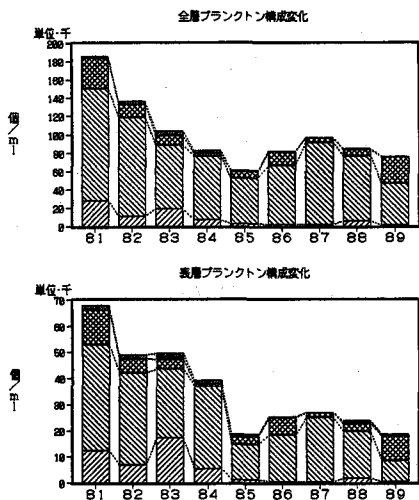


図-8 プランクトン種別割合

■ 藍藻類 ■ 緑藻類 ■ 黄藻類 ■ 黄色緑藻類 ■ 渦巻藻類

4. 現地観測の概要

1990年の8月22日から9月26日までの間サーミスタチュンによる水温の連続観測、風向風速計による風向風速連続観測、また、貯水位、流入量、放流量、気温、日射量は、管理所において観測されたものを整理し使用した。

水温及び風向風速の連続観測は、図-4の☆印で示す位置で行い、水温については0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 9.0, 10.0mの水深に設置したサーミスタセンサーを用いて20分毎に、風向風速については水面上3mの位置で10分毎に10分間の移動平均を計測している。水温観測を行った地点は最も近くの曝気循環装置から約300m離れており、貯水池全体の代表点と考えた。

循環がなければ貯水池水の流動に影響を与える要因としては、①河川からの流入②ダムからの放流③風による表層の混合促進④日射、輻射等に伴う水温変化が挙げられる。これらの要因に曝気循環が加わることでより貯水池水の流動が変化するかを確かめるために8月22日の午前8時30分から28日の17時までの1週間、一時的に循環装置の運転を停止し、流入量、放流量、気温、日射量、風向風速及び鉛直水温分布の変化を調査した。

5. 現地調査結果

図-9に風速の経時変化、図-10に水温の経時変化、図-11に気温及び日射量の経時変化図を示す。気温及び日射量変化が似ている8月25日から27日までの3日間と9月1日から3日までの3日間の貯水池水温の経時変化を見ると前者では風速も小さいことから0.5mから2mまでの層ではほぼ同様の日周変化を示している。それに対し、循環装置を運転している期間である後者では0.5mから1mまでは前者と同様の傾向を示すが、2m層以深では前者と異なる変化を示す。特に2m及び3m層での相違は顕著であり、規則的な日周変化が見られず、また、水温が低下している。これは、気泡の上昇と共に上昇した水塊が表層水と混合した後に水深2mから3mの層に進入するために昼間の水温の上昇が抑制されると共に水温変化が少なくなった結果と考えられる。また、この時、同時に5m以深では明確な日周変動を伴わない水温の漸増を示している。これは、2mから3mの層の水温低下に伴う変化と考えられる。

観測を行った期間中同時にプランクトン調査も行ったが、プランクトン数が非常に少なく循環の停止による影響については、はっきりしたことはわからなかった。しかし、今回、水温の連続観測を行った地点は曝気循環装置から約300m離れた地点で行っているものであることから、循環の影響は全貯水池に波及していると考えられると共に、成層を完全に破壊しなくても曝気循環により貯水池表層の状況を変化させることでダム貯水池管理上望ましくない藍藻類の増殖を抑制する可能性があると考えられる。

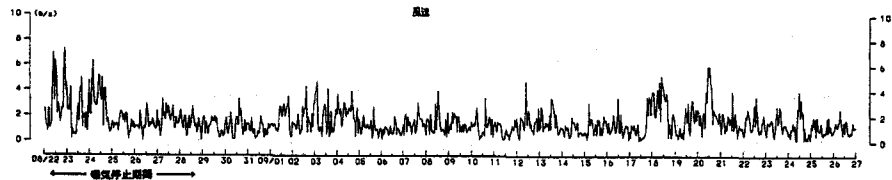


図-9 風速の経時変化

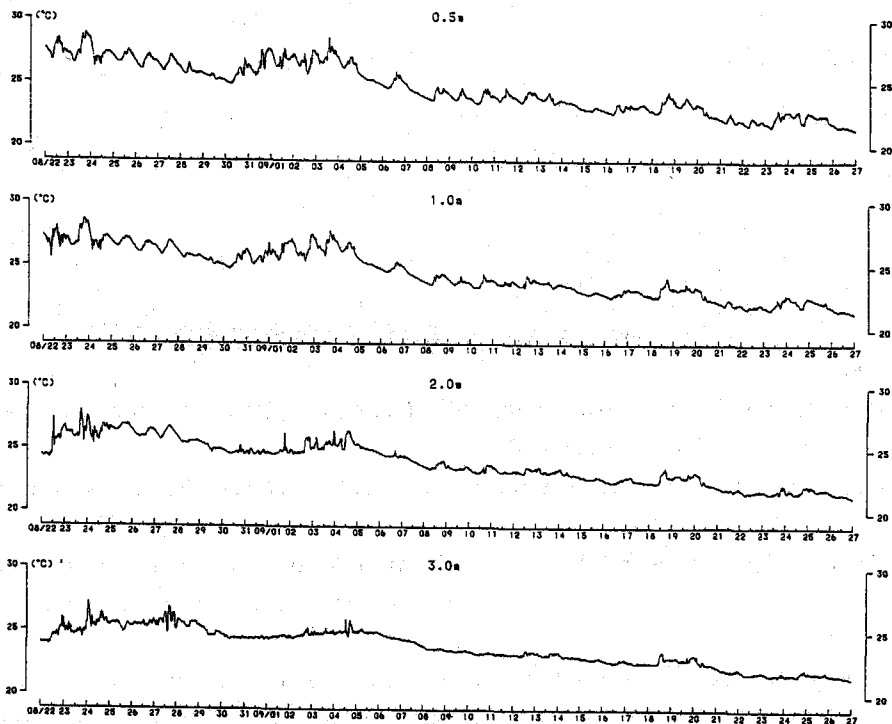


図-10 水温の経時変化

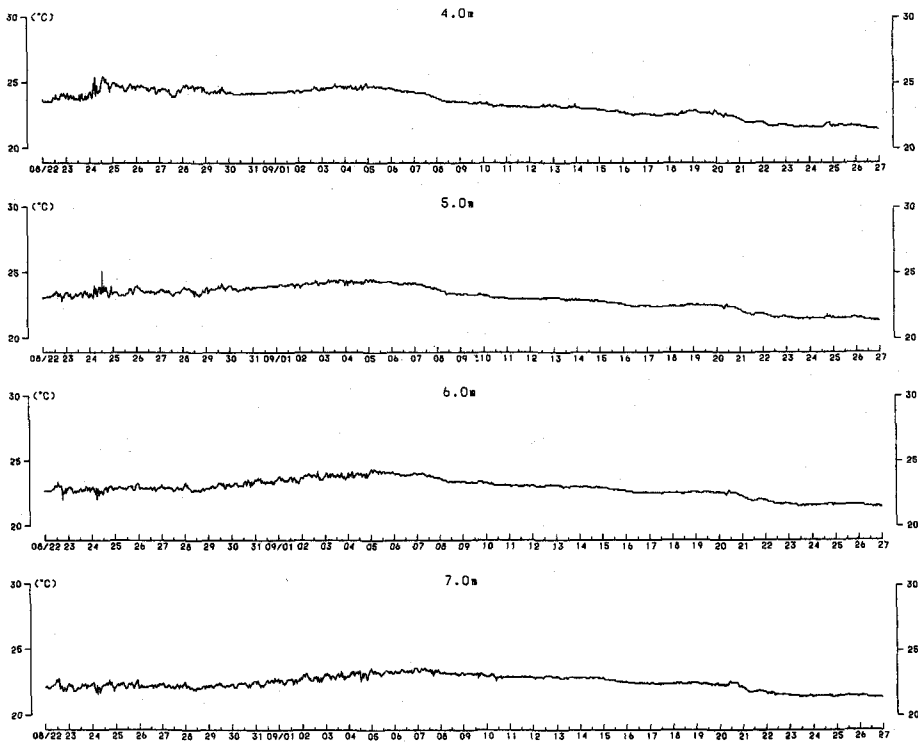


図-10 水温の経時変化

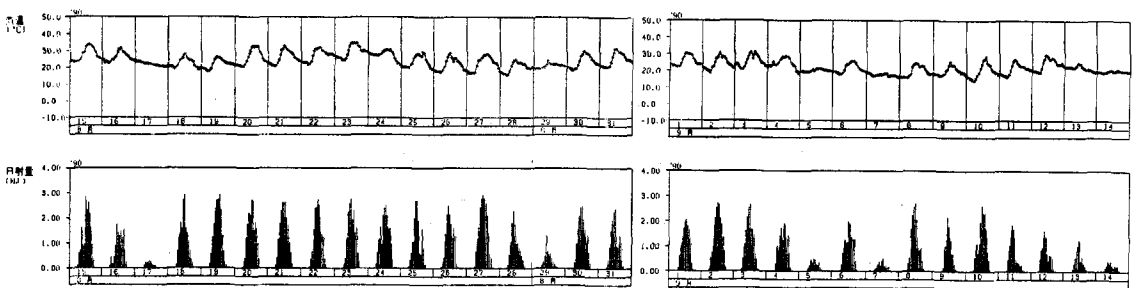


図-11 気温及び日射量変化

<参考文献>

- 1) 宮永洋一、松梨史郎：貯水池における水理学的富栄養化対策の有効性に関する考察、電力中央研究所報告、No.U88066,1989
- 2) M.Lorenzen and A.Fast: A Guide To Aeration/Circulation Techniques For Lake Management, 1977
- 3) R.A.Pastorok, T.C.Ginn and M.W.Lorenzen : Evaluation Of Aeration/Circulation As A Lake Restoration Technique EPA Research and Development 1981
- 4) J.Shapiro : Blue-Green Algae:Why They Become Dominant,Science,Vol.179 ,1973
- 5) 藤本成、森北佳昭：ダム貯水池における水質現象とその対策、日本ダム会議第19回ダム技術講演討論会、1986