

ダム湖に発生する貧酸素水塊の形成要因

Formative factors for dysoxic water in a dam lake

○白谷栄作*・濱田康治*・人見忠良*

Eisaku SHIRATANI, Koji HAMADA and Tadayoshi HITOMI

1. はじめに

ダム湖の貧酸素水塊の形成は、水生生物の生息環境の劣化のみならず、農業用ダムでは貧酸素水の取水の原因となり作物の生育に支障を来す場合がある。このため、ダム湖の溶存酸素の状態を把握することはダム湖の水質管理上重要となる。

近年、反応速度の速い燐光を利用した溶存酸素濃度の計測器が普及し、ダム湖の溶存酸素濃度を詳細に現地で観測することが可能となった。本論では、農業用ダムを対象に、燐光法による溶存酸素濃度観測と蛍光法による植物プランクトンの計測を行った結果からダム湖に形成される貧酸素水塊の特徴を明らかにするとともに、数理モデルによって貧酸素水塊の形成要因を明らかにした結果を報告する。

2. 調査方法

(1) 調査地点

本研究で対象としたダム湖の諸元及び調査地点をそれぞれ **Table 1** 及び **Figure 1** に示す。ダム湖へは A 川と B 川が流入し、特に A 川の窒素濃度が高く夏期にはダム湖で *Microcystis* が増殖ししばしばアオコを形成する。

(2) 調査方法

調査は、2010年6月1日と9月15日に、多項目水質計による DO 等の現地観測と採水による TOC その他栄養塩濃度の分析を行った。また、9種類の励起波長に対する蛍光強度によって植物プランクトン量を種類（藍藻、緑藻、ケイ藻、クリプト藻）毎に区別して把握するためのデータを取得した。なお、計測した蛍光クロロフィル（Chl-Flu.）及び多波長励起によるプランクトン種組成データは、キャリブレーションを行っていないため、それぞれのクロロフィル a 濃度を表すものではない。

(3) 水質解析モデル

解析モデルは、105層のレイヤモデル（層厚は0.4~0.5 m）で、複数の植物プランクトン濃度、溶存酸素濃度の変動を考慮した低次生態系モデル

（**Figure 2**）である。

ダム湖及び流域の毎正時の水収支及び気象情報が取得できた2008年7月7日からの1年間を対象に、3年分を計算（ $\Delta t = 0.25$ hr）したうちの3年目の結果を考察した。その際、河川流入負荷は当該県及び農政局の調査結果から作成した L-Q 式、水温はダム管理所の気温と河川 B の観測結果から推定式を作成し計算で求めた。また、生態系モデルのパラメータ値は反応の化学量論と一般的な文献値を参考に設定したもので、観測値へ適合させるための調整は行っていない。

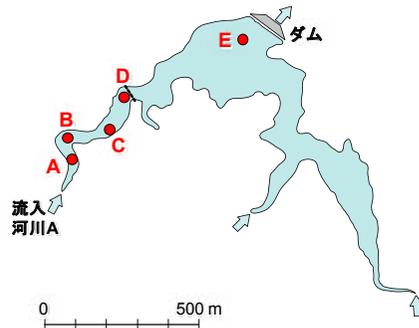


Figure 1 ダム湖と水質調査地点

Table 1 ダム湖の諸元

流域面積	18.9 km ²
総貯水量	5,600×10 ³ m ³
有効貯水量	5,120×10 ³ m ³
利用水深	30 m
満水面積	0.329 km ²
最大取水量	農業用水 1.29 m ³ /s 上水 0.01 m ³ /s

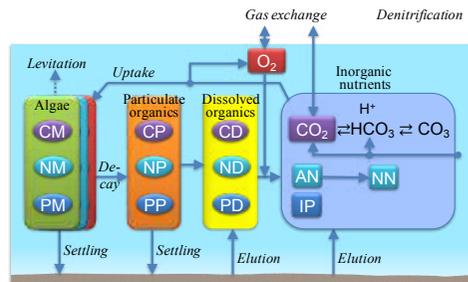


Figure 2 生態系モデルの概念図

* 農村工学研究所 National Institute for Rural Engineering
キーワード：農業用水、植物プランクトン、水温躍層

3. 結果と考察

(1) 貧酸素水塊の形成

ダム湖 E 地点の鉛直水質分布を **Figure 3** に示す. 6月1日のダム湖は, 水温成層は弱く Chl-Flu., DO 及び pH がともに高くその分布傾向がほぼ一致している. このことから, 水深 2.5 m より表層で植物プランクトンが盛んに増殖している状態であることが推察される. 9月15日は, 強い水温躍層が形成されており, 6月に比べ Chl-Flu., DO 及び pH が低い. 表層は酸素が過飽和であるが躍層内の上部 (水深 3~4.5 m) で急速に DO が低下し同時に Chl-Flu.が高くなっている. これは, 躍層より上層で増殖した植物プランクトンが沈降し躍層内の上部に蓄積した結果であることを示唆している. また, 躍層内下部から下層 (4~7 m) には強い貧酸素水塊が形成されている. 水深 7 m 以深の DO は上昇し更に 22 m から低層に向かい再び低下し湖底近傍では貧酸素になっている. このような水質分布の傾向は全ての調査地点でみられた.

(2) 貧酸素水塊の形成機構

ダム湖での酸素は, 水面からの溶解, 植物プランクトンの増殖及び流入河川からの移流によって供給され, 有機物の分解によって消費される. これらの過程をモデル化し, 2009年7月6日の計算結果を **Figure 4** に示す. モデルによる水温の計算結果は良く一致しており, 湖内の熱収支並びに鉛直の拡散及び移流現象は再現していると考えられる. この日は水深 10~15 m に緩い水温成層がみられ, 計算で求めた Chl-a と DO の鉛直分布は, 表層から 3 m の層で植物プランクトンが増殖し, DO を高めていることを示している. 植物プランクトンの生産層より深くなると DO は急速に低下するものの水深 8 m までは 5 mg/L 以上であるが, 水温躍層内では更に急低下し 2 mg/L 以下の貧酸素水塊を形成している. また, 水温躍層より深部では再び DO が上昇し 35 m 以深で貧酸素になっている. このように, 湖底及び躍層とその近傍で貧酸素水塊が形成される現象は 2010年9月15日の調査結果と一致する.

さらに, モデルによる通年の計算から, 夏期の DO の鉛直分布の形成機構が明らかになった. すなわち, (1) 秋期~初冬のダム湖表層の冷却によって湖内混合が生じダム湖下層へ急速に酸素が供給され, (2) 冬期から夏期に湖面からの酸素供給と湖底近傍での酸素消費が進むなかで, (3) 夏期の成層期にダム湖表層で大規模な植物プランクトンの増殖が発生し, (4) 死滅・沈降したデトリタス等の有機物が水温躍層近傍に蓄積し酸素を消費することによって, (5) 躍層とその近傍に貧酸素水塊が形成される構造がみられた. また, 夏期の成層期には河川水は躍層より深く進入するため, 躍層近傍への河川からの酸素供給はない.

4. おわりに

農業用ダムでは, 植物プランクトンがダム湖表層に増殖し取水に支障を来す場合には取水深を下げる. その場合には, 水温の他 DO の計測を行い注意を払うことが重要であることがわかった.

また, 取水によって水温躍層の形成にも影響を与えるため, 良好水質の取水を行うための操作方法について引き続き検討を進める.

<謝辞>本研究の実施しに当たり, データ提供その他便宜をはかって頂いた関係各位に深謝します.

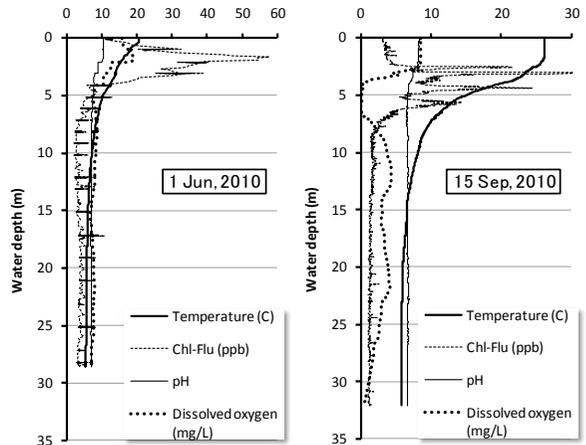


Figure 3 水質の鉛直分布

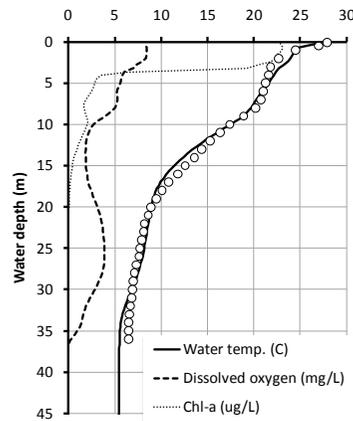


Figure 4 モデルによる水質分布の計算結果 (2009年7月6日)