

神戸大学大学院
神戸大学工学部
神戸大学大学院
神戸大学大学院
さいたま市役所

学生員 ○小谷 英之
正会員 道奥 康治
学生員 佐々木 茂太
学生員 西口 祐輝
正会員 香川 健一

1. 研究の目的

河川などから貯水池に流入した有機物や水域で内部生産された有機物は好氣的に分解され、周囲水の酸素は消費される。また、水温成層によって鉛直混合が抑制され、深水層は貧酸素状態に維持され底泥から溶存態物質が嫌氣的に溶出する。X 貯水池では深水層の貧酸素化を軽減する為に 1988 年から深層曝気を開始された。これにより貧酸素状態が相当程度改善されたが、近年、躍層付近での貧酸素化が受熱期において見られる。本研究では、躍層付近に発達する貧酸素水塊の挙動に着目し、その発生原因や季節変化特性について検討する。

2. X 貯水池の現状

X 貯水池の概要図を図-1 に示す。流域面積は約 94km²であり、二つの河川が流入している。湛水延長は 5.6km で V 字渓谷である。1994~2002 年における年交換率は 2.48~9.64 で受熱期に明瞭な水温躍層が発達する。

曝気後(1997~2003 年)の A 点と B 点(図-1 参照)における溶存酸素濃度 DO の季節変化を図-2、図-3 に示す(図の灰色部分は貧酸素水塊(DO ≤ 2mg/l)を示す)。B 点にまで曝気による酸素供給は達していないようである。B 点における貧酸素水塊は、5~6 月に底部付近で発生し、受熱期に拡大して、冬季には全層混合によって消失する。A 点においては、深層曝気により酸素が供給され、深水層の貧酸素水塊が縮小している。しかし、受熱期において標高 163m の躍層付近が貧酸素化する。放熱期においては自然対流によって標高 163m 付近までの酸素濃度が回復するが、底部にかけて貧酸素水が分布している。冬季循環期には貧酸素水塊は消失する。

3. 正規化相互相関解析に基づく水質挙動解析の考察

貯水池内の水質分布の類似パターンを検索することにより、水質の移動特性を検討する。A 点と B 点の水質について時間軸、標高軸、水質軸の三次元における相関関係を画像認識に使われるテンプレートマッチング¹⁾を応用して求めた。上流側の B 点よりどの程度の時間をかけて、A 点のどの位置に移動してきたのかを調べる為に、B 点での水質分布の季節変化パターンをテ

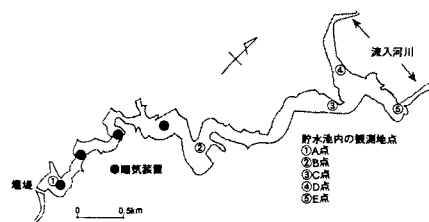


図-1 X 貯水池における観測点

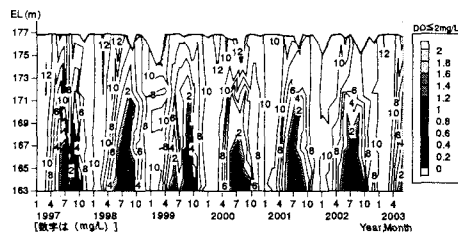


図-2 B 点における DO コンター

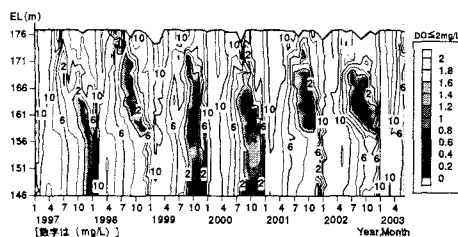


図-3 A 点における DO コンター

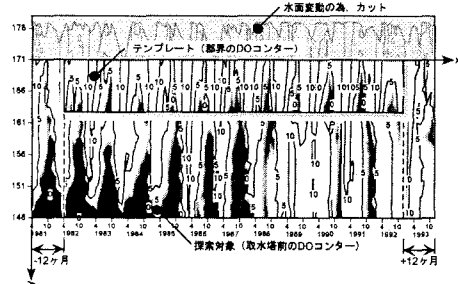


図-4 テンプレートマッチングの応用

ンプレートとして用い、A 点の水質分布を探索対象として標高軸、時間軸をずらしながら相互相関係数を算定し、二地点間の類似パターンが出現する時空間差を求めた（図-4 参照）。A 点と B 点の DO の相関係数を図-5 に示す。横軸は探索対象とテンプレートの時間差を、縦軸は両者の標高差を示している。色の濃淡は相関係数を表し、濃いほど負の相関が高く、薄いほど正の相関が高いことを示している。ここでは、テンプレートに B 点で観測された標高 163~171m, 期間 1996/5~2000/2/6 の DO 分布を用い、探索対象には A 点で観測された標高 146~171m, 期間 1995/5~2003/6 の DO 分布を用いている。図-5 より標高差 0~-2m, 時間差+1 ヶ月において最も高い約 0.9 の相関係数を得た。

このことから、B 点より約+1 ヶ月、標高にして約 0~-2m 下方にずれた DO のパターンが A 点と高い相関を示し、関連性の高いことがわかる。B 点における貧酸素水が A 点まで移流によって輸送されてきたと仮定して、両地点の DO 分布パターンに見られた時間差の原因を考察する。流入量を貯水池のおおよその断面積で除して移流速度の概算値を求めた。これより 1981~2003 年の間の平均的な移流速度は約 4.6km/Month である。A 点と B 点の距離は約 2.5km であり、平均移流速度で移動すると仮定した場合に要する日数は約 0.54 ヶ月となる。すなわち、二地点間の DO パターンの時間差 1 ヶ月はほぼこれに相当することから、B 点で発生した貧酸素水塊が A 点にまで移動する要因の一つとして河川流入による移流が考えられる。

4. 有機物の躍層付近での滞留および好氣的分解

受熱期に貯水池の表層で増殖した植物プランクトンが死滅すると、大量の有機物が下層に沈降し、周囲水の酸素を消費する。そこで、受熱期における現実的な水温分布や渦動拡散係数の分布形を仮定し、水質生態系収支式に基づいてクロロフィル a や DO の鉛直分布を試算した。図-6 に示すように Chl-a は有光層において増加し、無光層では減少している。特に躍層以深においては水温成層の浮力効果によって沈降速度が減少するため Chl-a が大きく減少している。次に、図-7 に示すように深層曝気をしない自然状態における DO の分布は、表面付近において大気との酸素交換や光合成により飽和の状態にあり、表層からの供給が断たれ有機物分解によって消費されるために下層に行くほど減少する。深層曝気の効果を貯水池底で $DO=10\text{mg/l}$ という境界条件を与えることによって仮想的に表わすと、深水層で溶存酸素が回復し、躍層部で DO が極小値となる分布が得られた。X 貯水池においても同様な DO 分布が観測されていることから、ここで想定した水質収支も躍層部における貧酸素化の原因の一つと考えることができる。

5. 結論

水温成層の浮力効果によって沈降してきた植物プランクトンなどの有機態浮遊物質が躍層付近に滞留する。深層曝気の酸素が躍層にまで至らない場合には好氣的分解によって躍層付近の酸素消費が顕著となる。また、このようにして形成された貧酸素水塊は移流等によって下流側に移動し、地点間で DO 分布に時間差が生ずる可能性がある。

(参考文献)

- 1) 末松良一, 山田宏尚 共著: 画像処理工学, コロナ社, 2000.

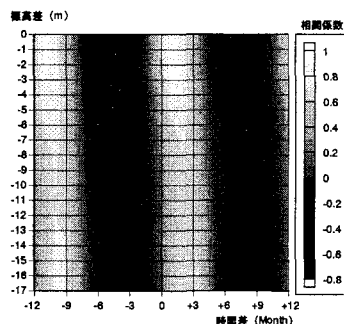


図-5 DO の相関係数

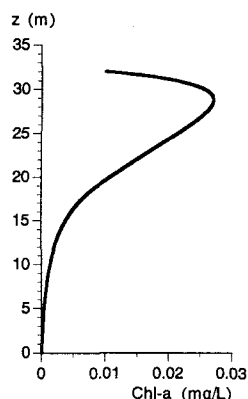


図-6 Chl-a の分布

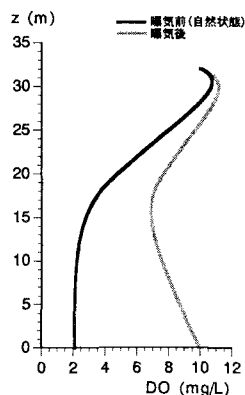


図-7 DO の分布