

II-347

米子湾における貧酸素水塊の形成についての検討

広島大学大学院 学生員 黒川 岳司 清水建設（株） 正会員 中村 剛
 広島大学大学院 学生員 上原 浩 広島大学工学部 フェロー会員 福岡 捷二
 建設省出雲工事事務所 正会員 鈴木 篤

1. はじめに

閉鎖性汽水湖である中海では淡水と塩水によって強固に密度成層化しているため、下層水の貧酸素化がしばしば起こる。貧酸素水塊の解消には水域内の流動の影響が大きい、その形成は溶存酸素の消費を支配する生態系の物質循環によって決められている。そこで、本研究では中海南東部に位置し停滞性が強く水質汚濁レベルの高い米子湾を中心に、水質と流れの観測を行い、貧酸素水塊の消長を生物学的な側面から検討した。

2. 観測方法

米子湾を中心に 1997/10/3-10/4 に水質、流況観測を行った。図-1 に観測点を示す。2 潮汐間に 2 時間毎計 13 回、St.1~10 で塩分濃度、水温、DO の鉛直分布を観測した。また、St.8,9,10 と併せて St.M,FC,BC,YP では濁度も計測した。このうち、St.8,9,M,10,YP の 5 点では上層（水面下 1m）と下層 2 点（湖底面上 0.5m と 1m）で 6 時間毎計 4 回採水し、T-N,T-P,NH₄-N,NO₃-N,NO₂-N,PO₄-P,Chl-a,SS の分析を行った。また、この観測の前後に St.1~10 の上層（水面下 1m）と下層（湖底面上 1m）で流向・流速と DO の連続観測も行った。

3. 結果および考察

(1) 観測期間の気象条件と米子湾の流れ場

中海は日本海と接続しているため、流れ場は日本海の潮位変動の影響を受けている¹⁾。観測を行った 1997/10/3-10/4 は気圧変化が小さく強風が吹かない穏やかな気象の期間であった。このような時期は中海の流れ場は天文潮の影響が卓越し、外海水の流入量が少ない。図-2 に観測期間中の米子湾入口(St.5)における湾流入方向の流速の経時変化を示す。常に流速は 5cm/s 以下と小さく、米子湾内の水は湾外と交換されにくい、この期間中の湾内水は停滞していた。

(2) 米子湾内の水質

図-3 に St.8,M,10,YP で Chl-a,T-N,NH₄-N,PO₄-P の観測 4 回の平均値を示す。平面的には湾奥ほど汚濁レベルが高い。上層は Chl-a が高く無機栄養塩(NH₄-N,PO₄-P)が少ないが、下層は全く逆であり、上層は生産層、下層は分解層として水質が全く異なっている。下層の湖底上 0.5m と 1m とでは湖底に近いほど無機栄養塩濃度が高い。これは底泥からの継続的な溶出のためであると考えられる。図-4 に気象が穏やかな期間(9/30-10/6)での St.5,8,10 における下層 DO の経時変化を示す。米子湾全体で DO は徐々に低下しており、湾内水の停滞に伴い DO 消費が進んだ。

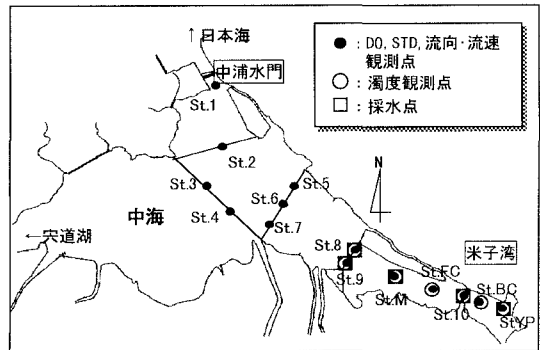


図-1. 中海の現地観測点

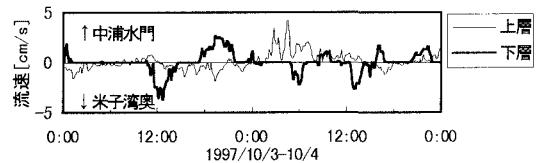


図-2. St. 5 における湾流入方向流速の経時変化

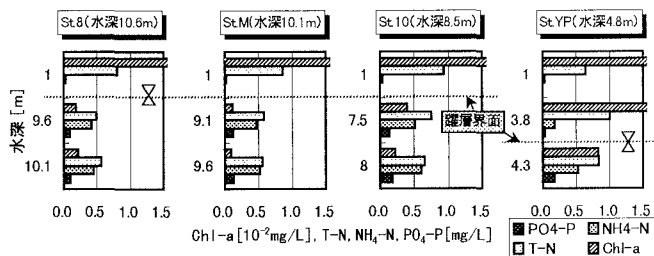


図-3. 米子湾内の Chl-a, T-N, NH₄-N, PO₄-P

キーワード：閉鎖性汽水湖、貧酸素水塊、栄養塩類、酸素消費速度

〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1 Tel.,Fax. 0824-24-7821

のと考えられる．図-5 に密度，濁度および DO の鉛直分布を示す．貧酸素水塊はトラックポインシステムにより 10/3 16:20 頃に St.10 付近にあった水塊が 10/4 4:30 頃に St.FC 付近に移動したことが確認されている²⁾．このように，水塊の追跡によって水塊内の DO の変動を捉えることができた．ここでの DO 減少速度は 0.9mg/L/day 程度であった．

(3) DO 消費要因の検討

図-5 において，躍層内で最も貧酸素化し，濁度も高くなっている．このことから，躍層内でのデトリタスなどの集積とその分解に伴う DO 消費の可能性が示唆され，底泥以外にも，デトリタスの沈降途中の分解による高い DO 消費が見込まれる．そこで，米子湾下層での DO 消費の内訳を検討した．下層における DO の生産過程は，移流による他の水塊との混合を除けば，植物プランクトンの光合成と DO の多い上層水との混合である．しかし，光合成に関して，中海は透明度が低いため下層では補償深度以下であり，また下層の Chl-a もほとんど無い(図-3)ことから光合成は行われないと判断できる．また，上層水との混合も，躍層内の方が下層より DO が低い(図-5)ため上層からの酸素供給はない．したがって，下層では酸素消費のみが行われる．その内容はプランクトンの呼吸，溶存・懸濁有機物の好氣的分解，底泥による消費などが考えられる．これまで多くの生態系モデルが提案され，生態系物質循環の定式化が試みられている．そこで，それらのうち松梨³⁾が東京湾で用いた DO 消費に関する反応式とパラメータを米子湾に適用した．プランクトンの呼吸や有機物の分解・無機化は， $dx/dt=R \cdot x$ (x : 現存量， R : 反応速度) のように一次反応で表現され，その反応速度は， $R=R_{T_0} \cdot \theta^{T-T_0}$ (T : 水温， R_{T_0} : 水温 T_0 の時の反応速度， θ : 温度定数) のように温度に関する指数関数で表わされている．各反応による DO 消費は換算比を乗じて求める．また，底泥による DO 消費速度は温度の関数で表わされている．表-1 に用いた水質パラメータを示す．プランクトン，デトリタスはリンの形態で計算した．図-6 に結果を示す．湾奥ほど栄養塩濃度が高い(図-3)ため，DO 消費速度は高くなっている．St.10 での DO 消費速度の合計値は，ほぼ St.10 から St.FC に移動した水塊内で得た値(0.9mg/L/day)とも一致している．プランクトンの呼吸による DO 消費が少ないのは下層でのプランクトン現存量が少ないことによる．デトリタスの分解に伴う DO の消費は底泥によるものとほぼ同等であり，デトリタスの沈降途中での分解による酸素消費も貧酸素水塊の形成に大きく関与していると考えられる．

4. おわりに

米子湾において流れと DO，栄養塩類などの水質分析を行い，貧酸素水塊の消長を生物学的に検討した．その結果，湾奥に存在した貧酸素水塊の DO 消費速度は約 0.9mg/L/day で，DO の消費要因のうち，デトリタス沈降中の分解に伴う DO 消費も貧酸素水塊の形成に無視できないほどの速度を持っていることがわかった．

参考文献

- 1) 日比野史他：季節および日々の気圧配置の変化に伴う閉鎖性汽水湖内部の流れ場の特性，土木学会論文集 No. 579/II-41, 93-103, 1997.
- 2) 上原浩他：米子湾内水の流動に及ぼす潮汐と風の作用，第 50 回 土木学会中国支部研究発表会発表概要集，1998.
- 3) 松梨史郎：湾奥水域における水質の時空間変化の解析，土木学会論文集，No. 573/VII-4, pp. 93-110, 1997.

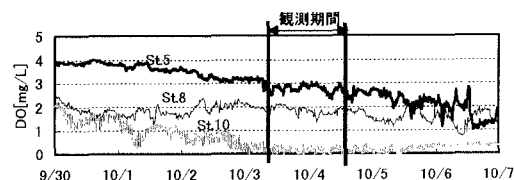


図-4. 下層 DO の経時変化 (St. 5, 8, 10)

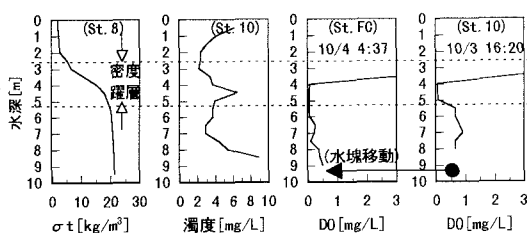


図-5. σ_t , 濁度, DO の鉛直分布と貧酸素水塊の移動

表-1 水質パラメータ³⁾

植物プランクトンの呼吸速度 (20℃)	0.09 [1/day]
植物プランクトン呼吸速度の温度定数	1.045 [-]
デトリタス懸リンの分解速度 (20℃)	0.02 [1/day]
デトリタス懸リン分解速度の温度定数	1.08 [-]
植物プランクトン DO-リン比	142 [-]
デトリタス DO-リン比	142 [-]
底泥の酸素消費速度	0.1 (T-10) [gO ₂ /m ² /day]

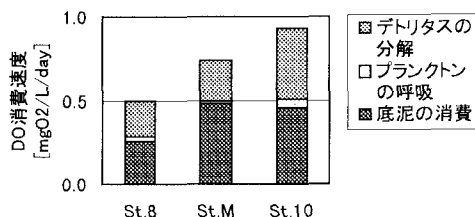


図-6. DO 消費速度