

汽水湖中海における貧酸素水塊の形成・消滅過程

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。中海での水質問題の一つに下層水の貧酸素化がある。貧酸素水塊の消長は、溶存酸素の生成・消費を支配する生態系の物質循環とともに、水域内の流れや密度躍層に密接に関係している¹⁾。そこで、本研究では流れ、気象、水質に関する詳細な現地観測を行い、中海における貧酸素水塊の消長と分布特性を、密度躍層や流れとの関係で検討した。

2. 観測方法

中海において1997/9/22-10/6に15日間の連続観測と、その期間中の10/3-10/4に集中観測を行った。図-1に観測点を示す。連続観測では、外海との接点である中浦水門から最も停滞性が強く貧酸素化しやすい中海南東端に在る米子湾にかけて、St.1~10(●印)の上層(水面下1m)と下層(湖底面上1m)で流向・流速、水温、塩分およびDO、中海湖心と米子湾(■印)で水位の観測を行った。10/3-10/4の集中観測では、2潮汐間に2時間毎計13回、Line A~FでSTDを用いて塩分濃度と水温、St.1~10(●印)でDO、St.8,10で濁度の鉛直分布を計測し、Line A,B,E,FでADCPを用いて断面流況を観測した。

3. 結果および考察

(1) 気象の変化に伴う流れと貧酸素水塊の挙動

中海の流れ場は外海と接続しているため風の他に気圧変化や潮汐の影響を受けている²⁾。図-2に連続観測期間中の(a)水位と気圧、(b)風向・風速および(c)中浦水門付近(St.1)における流況の経時変化を示す。図-2(a),(b)から観測期間中は①10m/s程度の北東風が吹いた強風時、②低気圧が接近し水位上昇が生じた低気圧接近時、③低気圧通過後の気圧変化が小さく強風が吹かなかった気象平穏時に分けることができる。③の気象平穏時は中海の流れ場に対し気象の影響は小さく天文潮の影響が卓越している。図-2(c)から、中浦水門における流況は、上層は常に外海に流出し、半日周潮と同じ周期を持っているが、下層は気象条件によって異なっている。すなわち、低気圧接近時(②)のみ大規模な外海水の流入が起こっており天文潮だけでは外

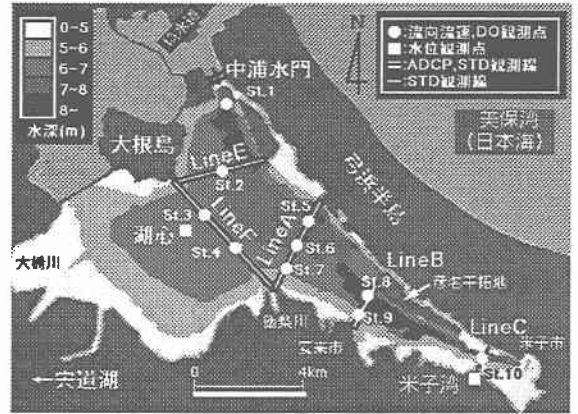


図-1. 中海の水深分布と現地観測点

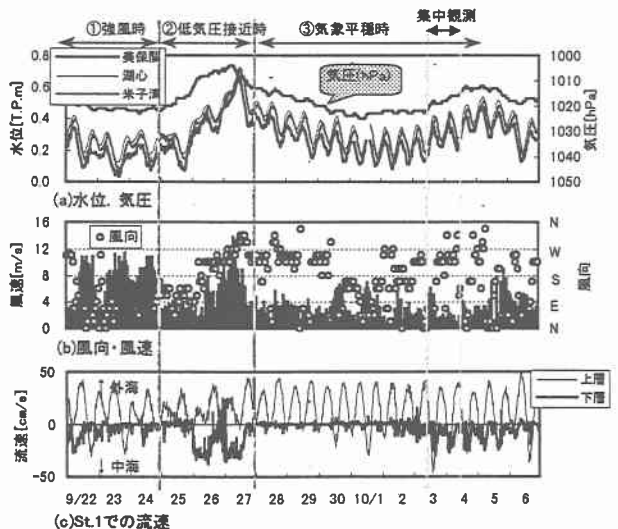


図-2. 水位、気圧、風向・風速および中浦水門南側(St. 1)流速の経時変化(1997/9/22-10/6)

海水の流入は少ない。

図-3に各観測点における下層 DO と St.8 上層 DO と St.8 下層水温の経時変化を示す。対照のため 22℃での飽和 DO 濃度も加えている。上層では植物プランクトンの光合成のため過飽和となり、日周期で変動している。下層では常に米子湾奥ほど貧酸素化の傾向にあるが、経時的には気象条件によって変化している。強風時①は上層の DO が低下し、下層では大きく変動しており、上下層の連行が進んだことがわかる。低気圧接近時②には DO 量の多い外海水の大規模な流入により米子湾中央 (St.8) 下層まで DO が上昇している。その DO 上昇のピークに合わせ水温は急激に低下している。気象平穏期③となると St.5 より湾奥では徐々に DO が低下している。これは、日周期の潮位変動では外海水の流入量が少ないため、その影響は米子湾まで到達せず、米子湾下層では酸素消費が進んだと考えられる。

(2)密度躍層内の無酸素層の形成要因

図-4 に気象平穏時の集中観測期間における、DO の中浦水門付近から米子湾奥に至る縦断鉛直分布を示す。DO の高い外海水が密度流的に侵入してきているのがわかる。図-5 にはこの時の St.8 での平均流速、塩分濃度、水温、

St.10 での濁度の鉛直分布を示す。観測された密度躍層は厚さが 3m ほどあった。DO の鉛直分布は密度躍層内で急激に低下し躍層下部で無酸素層が形成され、躍層以深で DO は再び増加している。水温も DO と同傾向の鉛直分布を示し、密度躍層下部でピークを持っている。これは流速の鉛直分布に示すように、躍層内部の流動性が小さいことに起因していると考えられる。つまり、低気圧接近時に DO を多く含んだ比較的冷たい (21-22℃) 外海水が、低気圧接近前の温かく (23℃) 無酸素化した下層に潜り込んできた結果生じたもので、躍層内に低気圧接近前の比較的温かい無酸素水塊が残っていたものと考えられる。また、このように躍層下部や下層上部で最も DO が低下する他の原因として、一般にデトリタスは沈降速度が非常に小さいことにより、沈降途中で分解を受けていることも考えられる。St.10 での濁度の鉛直分布では、躍層内で濁度が高くなっており、ここでのデトリタスなどの集積の可能性が示唆される。

4. おわりに

中海では、強風によって上下層の混合が生じ、下層 DO は大きく変動する。日周期の潮位変動では、外海水の流入量が少なく、米子湾の下層では酸素消費が進む。それに対し、低気圧接近時の外海水の大規模流入によって、米子湾でも貧酸素状態は緩和される。その温度の低い外海水は下層への流入し、躍層の下部に相対的に水温が高く無酸素な層を形成させる。このように、中海においては、DO の空間的、時間的な分布には天文潮よりも気象による流動、特に気圧変化に伴う外海水流入の影響が大きく作用することがわかった。

参考文献 1) 福岡捷二他：中海における貧酸素水塊の挙動に及ぼす流れ場の影響, 水工学論文集, Vol.42, pp.763-768, 1998.2

2) 日比野忠史他：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

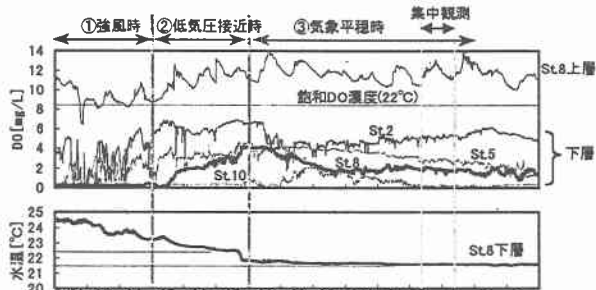


図-3. 各観測点の上下層 DO と St.8 下層水温の経時変化

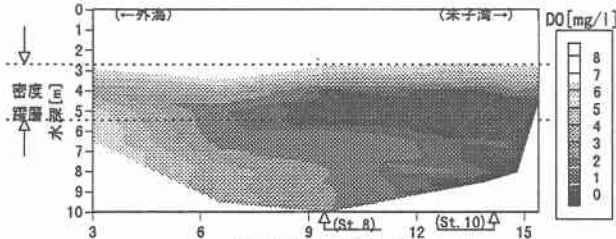


図-4. DO の縦断鉛直分布 (中浦水門付近～米子湾奥)

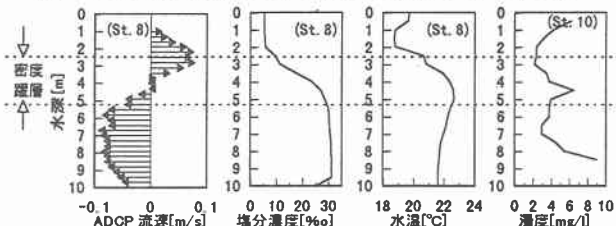


図-5. 平均流速、塩分濃度、水温 (St.8) と濁度 (St.10) の鉛直分布