

宍道湖における連続観測データによる貧酸素水塊の発達と解消メカニズムの考察

東京都市大学 学生会員 ○下村 敦史
東京都市大学 正会員 田中 陽二

1. 序論

島根県松江市と出雲市にまたがる湖である宍道湖は淡水と海水が入り混じった汽水湖である。海水は日本海から侵入してきて、境水道から中海を通り、更に大橋川を通り宍道湖へ流入してくる。海水が流入してきた場合、淡水と海水の密度差によって湖内で成層が起きる。こういった特殊な条件の場所にある宍道湖では今、水質汚濁が問題となっている。その要因として干拓・淡水化事業の停止、大橋川の改修事業などにより水質の変化が起きたためと思われる。他にも生活排水及び工業・農業排水の流入により常に水質汚濁の問題が起きている状態である。

それに対し国、県、市町村、漁業組合などがそれぞれ宍道湖の再生を図る取り組みを行っており、宍道湖に流入する汚濁負荷量は着実に減少した。しかしながら、近年の水質は横ばいであり、根本的解決には至っていない。特に貧酸素水塊（閉鎖的な湖などで起きる水中の溶存酸素が極めて低くなる現象）によって、ヤマトシジミやアサリをはじめとする底生生物の斃死が問題となっている。貧酸素水塊の発生によって漁業含め、宍道湖内の生態系に壊滅的被害を与える可能性は極めて高い。しかし対策を行うにも宍道湖が特殊な環境、場所にあるため、他の東京湾などとの貧酸素水塊とは違った発生メカニズムであり、水塊の解消もまた違ったメカニズムであると考え。そのため宍道湖における貧酸素水塊の発生、解消メカニズムを詳しく知る必要がある。

そこで、本研究の目的は宍道湖における貧酸素水塊が発生・解消するメカニズムを考察する。

2. 研究方法

2.1. 使用するデータ

本研究では2012年7月31日～2014年12月30日を10分ごとに計測している長期計測データを用いる。これは島根県が計測を行っており、宍道湖での水温・電気伝導度(EC)・溶存酸素(DO)がわかる。

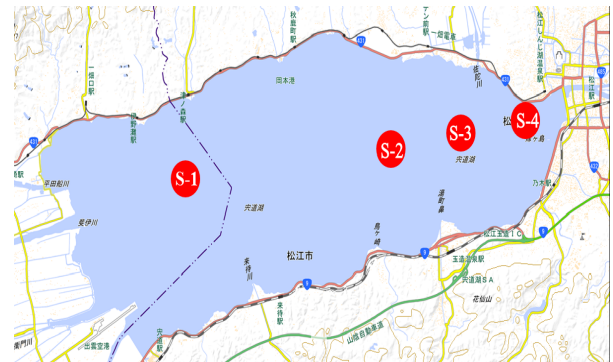


図-1 宍道湖での測定データの観測地点

図-1に宍道湖の長期計測データの観測地点を示す。DOのデータについて2014年はDOの値が全期間で欠測していたため気象データとの比較は2012年、2013年のデータで行う。観測地点はS-1～S-4までであるが、2012年は一番DOの値が取れている期間が長く信ぴょう性があるS-4に絞って考える。2013年はわずかな期間ではあるがS-1, S-2, S-3の観測地点でDOの値が確認できた。ここからDOの極めて低い時間を解明していく。更に長期計測データと比較を行うため気象データを用いる。気象データは気象庁によるもので、風向き、風速などが計測されている。今回は宍道湖に近い島根県松江市のデータ²⁾を採用する。

2.2. 研究方法

以下の順で研究を進めていく。(1)各時期のDOの極めて低い時間の解明(2)ECとDOを比較し湖内の水塊の変動を確認する。(3)気象データと貧酸素水塊が発生した時から解消した時のDOの値と時刻を比べ、メカニズムを考察する。(4)DOが急速に回復する始点の水質、気象データを調べ貧酸素水塊の解消メカニズムを考察する。

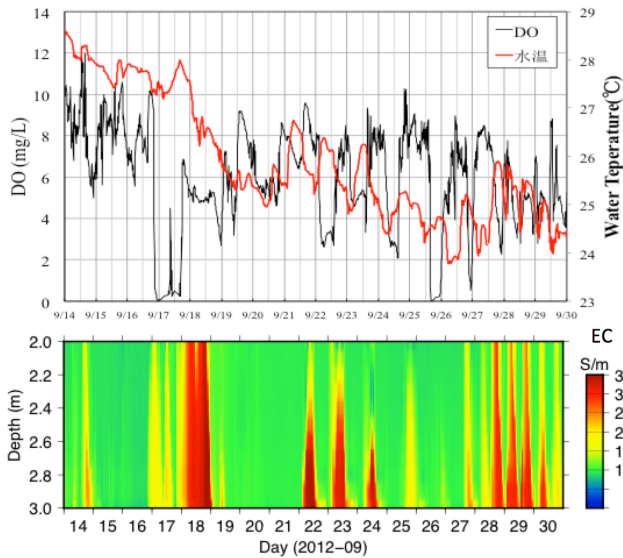


図-2 2012/9/14～30 までの DO, EC 変化

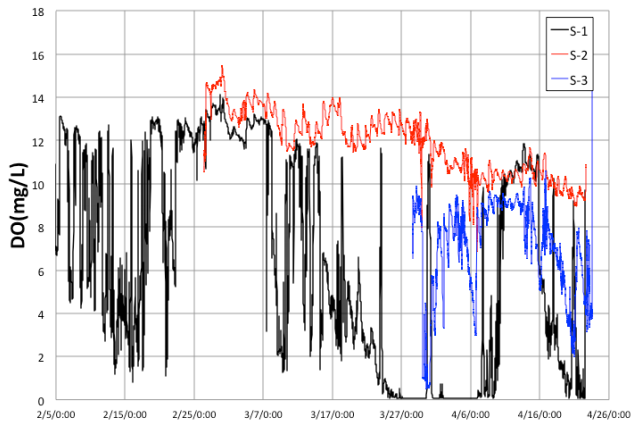


図-3 2013 年の各地点の DO 変化

3. 研究結果

2012/9/14～30 までの S-4 地点での DO, EC 変化を図-2 に示す. 更に 2013 年の各地点の DO の変化を図-3 に示す. 図-2 からこの地点では DO の時間変化が激しく細かい波状の図になった. 上が DO を, 下が EC を表すグラフである. EC とは電気伝導度のことで水の電気の通りやすさを表している. 電気伝導度と塩分濃度は比例関係にあるため水の塩分濃度を把握することができる.³⁾ 2012 年のこの期間では DO と同様に水温の変動が激しく波状に変化していることがわかった. ここから水温の温度変化が DO に関係していると考えた. この期間は 9 月であるため季節変化による温度変化はあまり大きくないものと考え湖内の水質, 気象による変化が主な要因であると考えた. この期間中に DO が極めて低くなっている

箇所が 9/15～16 と 9/25～9/27 の 2 箇所確認でき, この期間中に貧酸素水塊が 2 回形成されたと考えられる. 2 回どちらの場合も貧酸素水塊の発生時は DO が徐々に下がらず, 急激に 0 mg/L 近くまで下がる特徴があり, 解消していく時は逆に急に DO の値が上昇していた. EC の変化については水深が 0～1 m までしかデータがないが, この幅内でも 0.1 m ごとでも値が変化していた. DO, EC どちらも気象や湖内の水質変化などの要因で変化したと考えた. そこでこの点について解明するために気象データ, 水温の時間変化などと比較し考察を行っていった. 図-3 から 3 地点ごとに DO の変化が違うことがわかり S-1 では DO が極めて低い期間が 2 週間ほど続く大規模な貧酸素水塊が起きていたと考えた. S-2 に関しては常に DO が高く貧酸素水塊は見られなかった. S-3 はデータのある期間が少なかったがその中でも DO が低くなっている箇所を確認できた. 図-4, 図-5 に 2013 年の水温, 図-6, 図-7 に各期間の風向き・風速をそれぞれ DO と比較したグラフを示す.

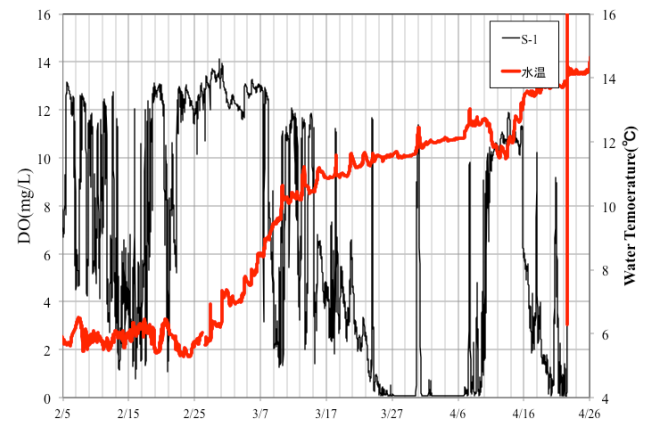


図-4 2013 年水温と DO の比較(S-1)

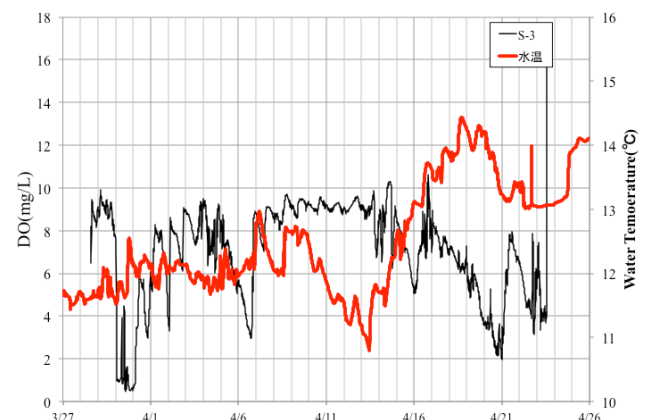


図-5 2013 年水温と DO の比較(S-3)

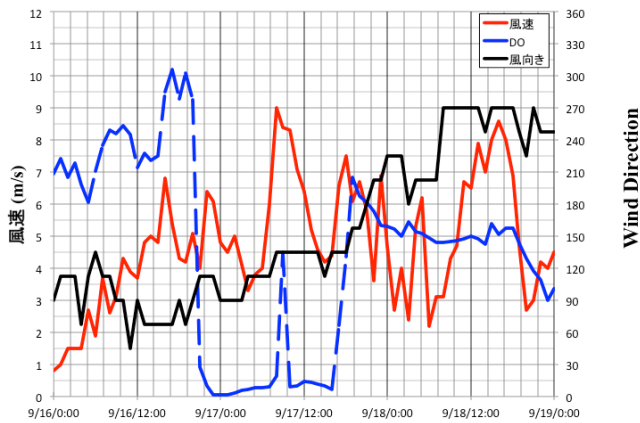


図-6 9/16～18の風向き、風速とDOの比較

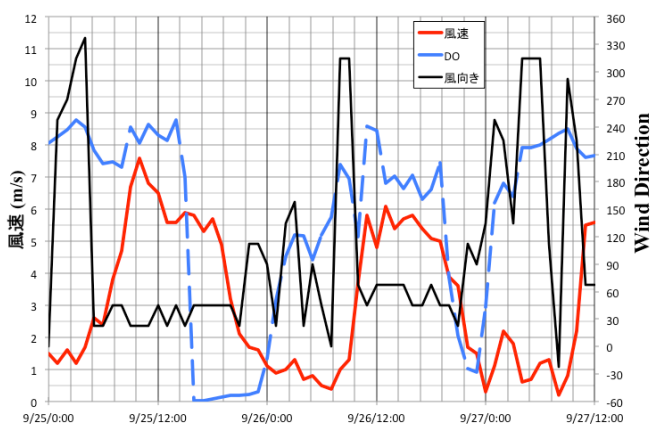


図-7 9/25～27の風向き、風速とDOの比較

図-4 では 2013 年の S-1 地点でのデータを、図-5 では S-3 のデータを示しており地点ごとに水温のデータは異なっている。S-3 に関しては水温のデータが欠測していたため S-3 から近い S-2 地点のデータを採用した。S-1 のデータに関して水温は小刻みに変動してはいるが比較的一本線のような変化をしていた。2/25 を境に水温は上昇しつづけると共に DO が徐々に下がっていることがわかった。S-3 に関して S-1 より大きく水温が波状に変化していることがわかった。DO も同様な変化をしており、細かく常に変化しているような状態であった。こちらでは 4/13 頃から水温が上昇しているのがわかった。図-6、図 7 で示した風向きは北を 0°とし、時計回りに 360°とする。更に DO、風速について強弱を示すためこの期間の平均をとり、風速は 4 m/s 以上を水質に影響する基準とし、DO は 5 mg/L を通常時の基準として大小を考えた。図-6、図-7 から風は貧酸素水塊が発生する前は北東の風が徐々に吹き、貧酸素状態の時に風向きが南東

になり解消するときは南西の風になっており 3 回の貧酸素水塊ともこの結果が得られた。どちらの期間も貧酸素水塊の直前に 6 m/s 以上の風が吹いており DO の変化に関係していると考えた。

4. 考察

4.1 貧酸素水塊発生

9/16～17 までの期間 DO が急に下がり貧酸素水塊が発生しており、その直前 EC が 10 以下と低くなっている。逆に貧酸素水塊発生中は 0.9m 付近を中心に EC が上昇している。通常汽水湖の場合密度の低い淡水が上層に、塩分を含み密度の高い海水が下層になるが、宍道湖は水深が浅く成層しにくいため、こういった上層付近でも塩分濃度の高い水が混合して流れていると考えた。図-2 から DO が 0 mg/L 近くまで急激に下がる直前は水温が 1℃ほど下がり、貧酸素水塊形成中の時は逆に水温が 1～2℃上がっていることがわかった。図-4 では水温が 2/25 頃から急速に上がり初めているが DO が変化をし、徐々に低くなり初めているのは 3/7 からであった。DO は 2/25～3/7 までは高い値で安定しておりあまり変化がない中水温は上がっているのは季節変化によるものが大きい。図-4、5 から水温は貧酸素水塊発生時に上昇していた。ここから水温が上昇したことで湖底の微生物の死骸による有機物の分解が活発になり酸素消費が増え DO が低下したと考える。このため、上層からの酸素の供給が追いつかなくなり、水中の酸素がなくなり貧酸素水塊が発生したと考えた。風向きに関して風の強さが貧酸素水塊の発生・解消に大きく関係していると考えた。北東の風が吹き貧酸素水塊になった理由としては S-4 の地点が宍道湖の端であり特に水の流れも弱いため、湖の端に溜まった死滅した植物プランクトンや湖底の汚泥などが風に流され混じりあい DO が下がったものと考えた。

4.2 貧酸素水塊解消

解消した要因としては発生時とは違う南西から 7 m/s 以上の風で S-4 地点の貧酸素水塊が流され、他の地点からの水塊、淡水と海水が混合し水塊が解消されていき DO の値が回復したと考えた。9/17 の 9:00 に一時的に DO が 4.5 mg/L と急速に回復しているが、この時南東から 9 m/s の強い風が吹き、水塊が揺れて計測機から一時的に動いたためと考えた。

表-1 各地点での DO と気象データの変化

地点	時間	DO	風速 (m/s)	風向
S-4	2012/9/17 17:00	2.21	6.6	南東
	2012/9/22 13:00	3.02	2.8	北東
	2012/9/24 15:00	2.37	3.5	北
	2012/9/26 0:00	1.32	1.1	東
	2012/9/26 23:00	0.91	1.5	東
	2012/9/27 22:00	2.25	1	西南西
S-1	2013/2/17 14:00	1.36	3.5	東北東
	2013/2/22 6:00	5.69	1.1	南
	2013/3/10 13:00	4.01	4.5	北東
	2013/3/14 4:00	5.41	6.6	北東
	2013/3/18 7:00	4.38	11.5	南南西
	2013/3/30 16:00	3.05	6.6	東
	2013/4/10 1:00	1.56	8.2	西北西
S-3	2013/3/31 3:00	1.09	3.5	東北東
	2013/4/6 18:00	3.01	1.7	北東
	2013/4/21 0:00	1.95	1.6	東南東

表-1 に各地点での貧酸素水塊が解消し DO が回復する始点の DO と風速，風向きの変化を示す．この表から風向きを東西に分けて考えると東向きの風の場合は風速 3m/s 近くのあまり強くない風が多かったのに対して，西向きの風が吹いている時は 2012/9/27 22:00 を除いて風速 6m/s 以上，最高 11.5m/s の強い風が吹いていることがわかった．なぜ西方向からの強い風が貧酸素水塊解消するのか考察した結果，宍道湖の主な水の流れは西から東側であり，西方向からの強風によって水の流れが早くなり貧酸素水塊の移動と塩分躍層の消滅によって貧酸素水塊が解消されたものと考えた．逆に東向きの風の場合は流れとは逆向きであり，あまり風速も早くないため塩分躍層の消滅は起きず水塊の移動により DO が回復したと考えた．

5. 結論

2012/9/15～16, 9/25～9/27 の貧酸素化に着目して連続データと気象データそれぞれの値を比較した．水深の浅い宍道湖では風や水温，気象の変化によって湖内の水に大きく影響することが示された．水温の上昇で湖内の微生物などの有機物分解が起き，特に水温が低い時期の温度上昇ではそれが顕著に現れ，

DO が下がっていることがわかった．更に風の影響は強く，西方向からの強い風は貧酸素水塊の消滅に繋がる作用であると示された．

謝辞：島根県からは受託研究費をいただくとともに，宍道湖の観測データをいただいた．ここに記して謝意を表す．

参考文献

- 1). 島根県 宍道湖・中海の貧酸素化について
<http://www.pref.shimane.lg.jp/> 2015 年 9 月閲覧.
- 2). 国土交通省気象庁 松江市気象データ <http://www.jma.go.jp/>
2015 年 9 月閲覧.
- 3). 電気伝導率計の原理 <http://www.jaima.or.jp>
2015 年 9 月閲覧