

様式3

愛媛大学沿岸環境科学研究センター
共同利用・共同研究拠点「化学汚染・沿岸環境研究拠点」
共同研究報告書

平成30年2月20日

化学汚染・沿岸環境研究拠点 拠点長 殿

申請者（研究代表者）

所属機関 佐賀大学低平地沿岸海域研究センター

職 准教授

氏名 速水 祐一

下記の共同研究について、別紙の通り報告します。

1 研究課題

ジャカルタ湾の貧酸素水塊に関する研究 -長期貧酸素化を起こす酸素消費速度の測定

2 研究組織

氏名	所属	職	分担研究課題
代表者 速水祐一	佐賀大学低平地沿岸 海域研究センター	准教授	全体統括・水質調査・酸素消費実 験
分担者 佐藤慎一	静岡大学理学部	教授	底質調査
吉野健児	佐賀大学低平地沿岸 海域研究センター	特任助教	底質調査・係留系メンテ
拠点対応教員	森本昭彦	教授	現地調査・数値シミュレーション モデル開発

3 研究内容 (別紙)

ジャカルタ湾の貧酸素水塊に関する研究 -長期貧酸素化を起こす酸素消費速度の測定

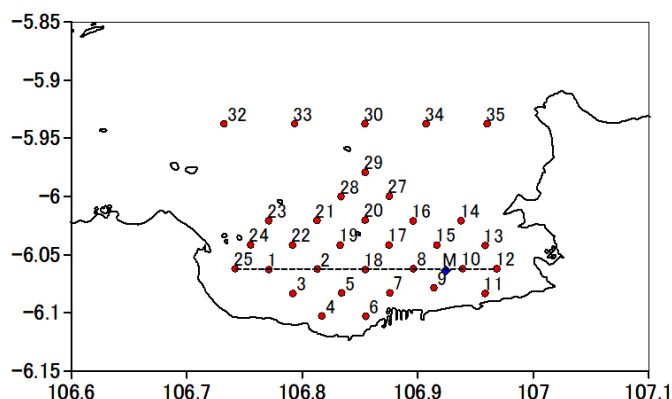
速水祐一¹⁾・森本昭彦²⁾・佐藤慎一³⁾・吉野健児¹⁾

1)佐賀大学低平地沿岸海域研究センター，2)愛媛大学沿岸環境科学研究センター，3)静岡大学理学部

研究目的

ジャカルタ湾はインドネシア最大の都市であるジャカルタに隣接した開放性の湾である．本湾で昨年度まで，我々は1年強の間に計6回の広域的な水質分布調査を行った．その結果，全ての月で溶存酸素濃度(DO)が3 mg/L以下の貧酸素水塊が認められた．この結果は，本湾ではほぼ通年にわたって貧酸素水塊が形成されていることを示している．一般に温帯域内湾の貧酸素水塊は夏季にのみ形成されるので，この結果は熱帯域の貧酸素水塊の特異性を示している．また，現地での情報によると，本海域ではしばしば大規模な魚類斃死が生じており，これは貧酸素水の湧昇によって生じた可能性がある(Sachoemar and Wahjono, 2007)．開放性の湾であるにもかかわらず，このように貧酸素水塊が長期間継続する要因として，本海域では大きな酸素消費があることが想定される．そこで本研究では，貧酸素水塊の発生状況を確認

するために広域的な水質調査を行うと共に，底層DOの連続観測，酸素消費速度の測定実験を行い，上記仮説を検証する．



研究内容

ジャカルタ湾内の33測点(Fig.1)で，2017

Fig.1 9, 12月の水質調査測点および係留観測地点(M)．破線は横断ラインを示す．

年 9 月 5 日, 12 月 9 日に水質分布調査を行った。観測では, 多項目水質計で水温・塩分・DO・クロロフィル蛍光・濁度の鉛直分布を測定すると共に, 透明度を測定した。また, 酸素消費測定実験に用いるために, 9 月には 11 点, 12 月には 7 点でバンドン採水器によって海底上 0.5m の海水を採取した。採取した海水はあらかじめ内側に蛍光式スポット酸素センサーを貼り付けた 100 ml の酸素瓶に満たし, 実験まで現場海水を満たしたクーラーボックス内に保管した。測点間や水深による水温差は 1 °C 以下であり, 無視できた。また, Fig.1 の Stn.M に係留系を設置し, 海底上 0.5 m 及び 3 m における水温・塩分, 海底上 0.9 m における流向流速, 海底上 1 m における DO を連続測定した。また, 海底上 1 m には波高計も設置し, 水位・波高を連続観測した。

6 月 3 にも, 30 点で多項目水質計による水質分布調査を行った。また, 6 月 4 日には湾内 14 点でグラブ採泥器による底泥の採取を行った。採取した底泥は現場で ORP を測定すると共に, サブサンプルを日本に持ち帰り, CHN コーダーで有機炭素濃度および全窒素濃度を測定した。

酸素消費速度測定実験は, 帰港後ホテルの部屋で実施した。試水を満たした酸素瓶を暗条件で培養し, 1~4 時間毎に FireStingO₂ 蛍光式酸素計を用いて瓶内水の DO を測定した。実験中, 室温は採取した海水温に合わせて, 9 月には 29 °C に, 12 月には 28 °C に保った。瓶内の DO の時間変化に対して最小二乗法により直線回帰した回帰直線の傾きから酸素消費速度を見積もった (Fig.2)。

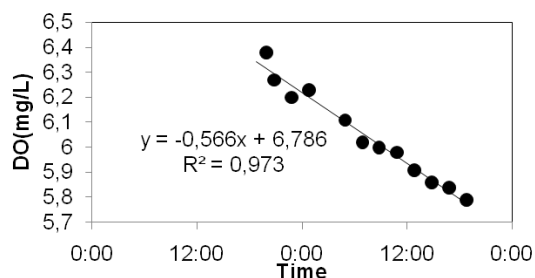


Fig.2 酸素消費速度測定実験結果の例

研究成果

Fig.3 に各月の海底上 0.5m における DO 分布を示す。6 月には沿岸域で低酸素となっており, 湾奥中部~東部海域では 3 mg/L 以下の貧酸素水塊が分布していた。9 月には貧酸素水塊は観測されず, 東部海域の最も低酸素の測点でも DO は 3.2 mg/L であった。12 月には, 6 月に比べると軽微であったものの再び湾奥東部に貧酸素水塊が形成されていた。Fig.4

に横断ラインに沿った密度と DO の断面分布を示す． 6 月には，断面全域で比較的強い成層が見られ， DO は底層及び東岸中層で低かった． 9 月は東西両岸沿いの表層では成層が見られたが，湾中央は鉛直混合されていた． DO は全体に高い値であった． 1 2 月は東岸沿いに低密度水が分布していたほか，弱いながらも全域で成層が見られた． DO は東岸底層で低かった．

係留観測で得られた 6 月 2 日から 8 月 26 日までの底層 DO の変動を Fig.5 に示す． 底層 DO は 7.6 mg/L と 0 mg/L の間で変動していたが，全 84.3 日のうち 57.4 日で 3 mg/L 以下の貧酸素となっていた． 6 月 22 日にはそれまで無酸素が続いていた状態から急激な DO の回復が見られた．これは水温の急低下と一致して生じており，おそらくは沖合からの水塊流入

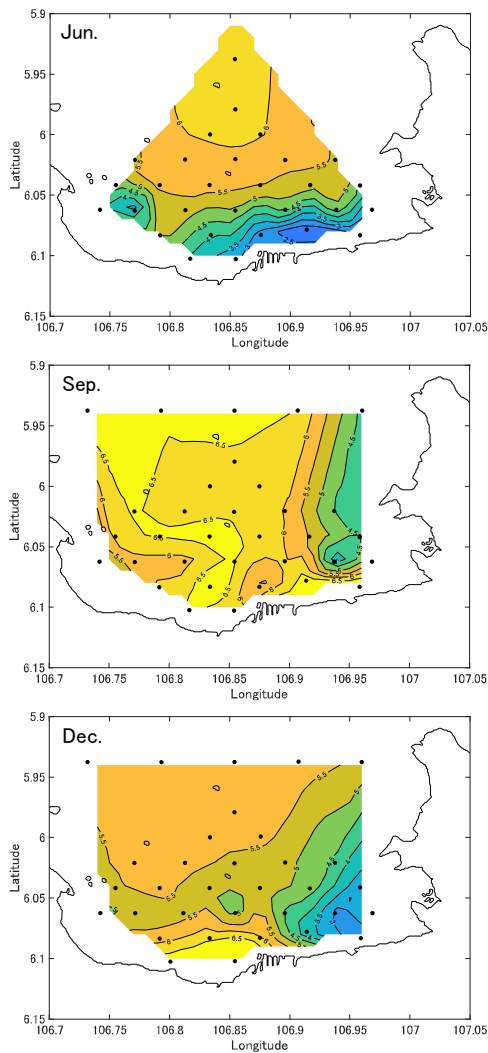


Fig.3 ジャカルタ湾の底層溶存酸素濃度分布

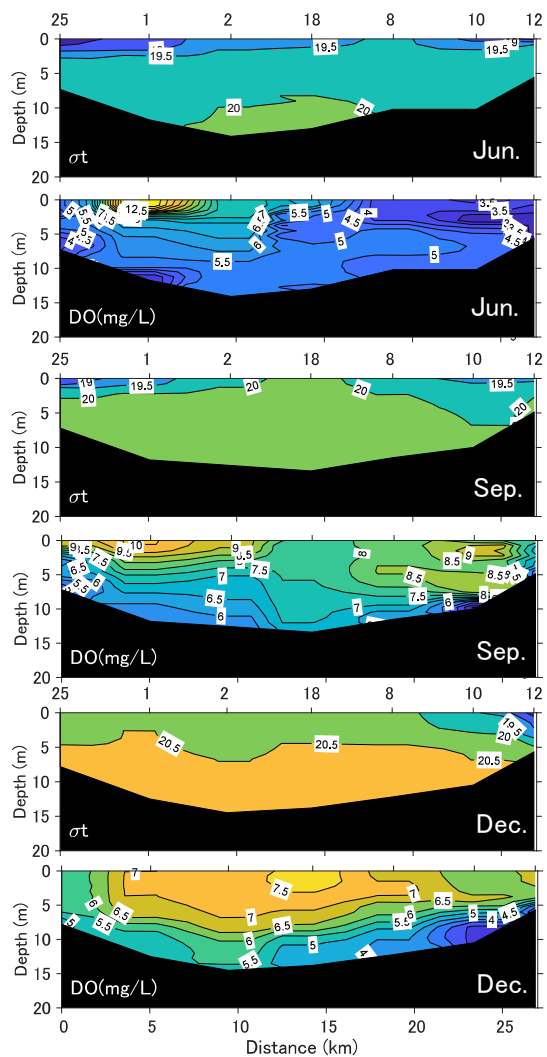


Fig.4 ジャカルタ湾の横断線に沿った密度と溶存酸素濃度分布

による大規模な湾内水の交換が生じたものと考えられる。6月28日に6.6 mg/Lまで回復したDOは、7月3日には再び0.5 mg/Lにまでほぼ直線的に低下した。この間の平均DO低下速度は1.0 mg/L/dayであった。

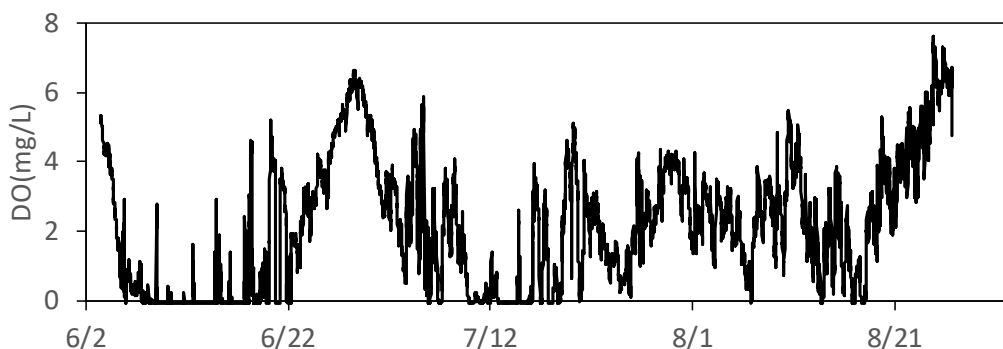


Fig.5 測点 M における底層溶存酸素濃度変動

Table 1 に酸素消費速度測定実験の結果を示す。酸素消費速度は沿岸に近い測点および湾奥東部で高かった。両月で酸素消費速度を調べた湾奥7点の平均酸素消費速度は、9月が0.95 mg/L/day、12月が0.89 mg/L/dayであった。底泥のORPは湾東部から中部の広い範囲で負の値で、特に湾奥東部で低かった。

Table 1 底層水の酸素消費速度		
Station	酸素消費速度 (mg/L/day)	
	September	December
6	1.50	1.19
18	0.80	
20	0.43	
29	0.63	
25	0.82	1.04
1	0.57	0.66
2	0.45	0.57
8	0.79	0.89
10	1.11	1.10
12	1.44	0.80

以上の結果は、ジャカルタ湾では湾奥東部を中心に貧酸素水塊が発達しやすいことを示している。湾奥東部では底層水の酸素消費速度が大きく、底泥も非常に還元的であったことから、酸素消費が大きいことによってこの海域が貧酸素化し易くなっていることがわかる。係留観測で得られたDO低下速度（見かけの酸素消費速度）は、実験で得られた現場底層水の酸素消費速度と同程度であった。このことは、本海域では気象・海象変動によって貧酸素化が解消されても、大きな酸素消費のために速やかに再び貧酸素化することを示唆している。この湾の酸素消費速度は、日本国内で夏季に深刻な貧酸素化が生じる東京湾（柳, 2004）や有明海（有明海・八代海等総合調査評価委員会, 2014）に匹

敵した。赤道域沿岸海域で年間を通して高水温であること、ジャカルタなどの大都市で発生する多量の有機物・栄養塩負荷量があることから、本湾では年間を通して高い酸素消費速度が維持されているものと考えられる。

今後の課題

今後の課題は大きく分けて2つある。1つは貧酸素水塊の形成・変動機構の検証である。そのためには、熟練したダイバーがいなかったために本年度はできなかったが、底泥コアの採取方法を工夫して、底泥による酸素消費速度も調べる必要がある。それら実験で得られた酸素消費速度を取り込んで、ジャカルタ湾の3次元流動・生態系シミュレーションモデルを開発し、それを用いて本湾の貧酸素水塊の形成・変動機構の解明を進めたい。もう1つは、このような貧酸素水塊が生態系に与えている影響の解明である。そのためには、貧酸素水塊が恒常的に発生しているジャカルタ湾内と、おそらくそれほどの貧酸素化は生じていないと考えられる湾外にかけて、岸に平行な測線沿いにベントスの分布調査を行い、比較を行いたい。

謝辞

本研究の実施にあたっては、LaMer 共同研究以外に、JSPS 研究拠点形成事業「東南アジア沿岸生態系の研究教育ネットワーク」、JSPS 科学研究費助成事業（基盤研究(B)）の助成を受けた。また、本研究は、インドネシア科学技術応用庁(BPPT)の Suhendar I Sachoemar 博士, Agus Sudaryanto 博士, Endro Soeyanto 博士, M. Ilyas 博士の協力によって実施することができた。これらインドネシア側カウンターパートの諸氏に深く感謝する。

成果発表リスト

- ・速水祐一・他6名(2017)インドネシア・ジャカルタ湾における貧酸素水塊. JpGU-AGU Joint Meeting 2017.
- ・Yuichi Hayami et al. (2018) Observation of the hypoxic water mass in Jakarta Bay. Second CCore-RENSEA Seminar on Coastal Ecosystems in Southeast Asia.