

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29年 2月28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

インドネシア・ジャカルタ湾における貧酸素水塊の季節変化に関する研究

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・水質分布調査
分担者 森本昭彦	愛媛大学沿岸環境科 学研究センター	教授	水質分布調査
佐藤慎一	静岡大学理学部	教授	ベントス調査、分析（貝類）
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	ベントス・底質調査、分析
拠点対応教員	森本昭彦		

3 研究内容（別紙）

インドネシア・ジャカルタ湾における貧酸素水塊の季節変化に関する研究

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

ジャカルタ湾はジャワ島西部北岸に位置する幅約 30km, 奥行き約 16km の開放性の湾で, 南緯 6 度と赤道近くに位置する (Fig.1). 湾奥沿岸にはインドネシア最大の都市であるジャカルタがある. ジャカルタの人口は約 1000 万人で東京に匹敵する. 平均水深は 15m と浅く, 湾内には 13 本の中小河川が流入する (Wouthuyzen et al., 2011). このうち東岸に流入する Citarum 川は西ジャワ州最大の河川である. ジャカルタ湾では定置網漁やミドリイガイ養殖など活発な漁業が行われているが, 近年, しばしば大規模な魚類の斃死が発生している. この原因として, 貧酸素水塊の湧昇が疑われている (Sachoemar and Wahjono, 2007). しかし, ジャカルタ湾における溶存酸素濃度のデータは少なく, 上記の仮説は確認されていない. さらに, 熱帯域, 特に赤道域の沿岸海域における貧酸素水塊に関する報告はほとんどない. 東京湾・伊勢湾・チェサピーク湾など温帯域における多くの大都市沿岸の内湾では, 夏季の貧酸素水塊発生が大きな問題になっている. 春から夏にかけての海面加熱と河川流量増大が引き起こす成層強化が, これら温帯域内湾の貧酸素水塊形成の引き金になっている. しかし, 気温の季節変動がほとんどないなど, 熱帯域の気候の季節変動は温帯域と大きく異なる. したがって, ジャカルタ湾で貧酸素水塊が発生しているとすれば, その形成機構は温帯域とは異なる可能性が高い. そこで本研究では, ジャカルタ湾の溶存酸素濃度の季節変動を明らかにするために現地観測を行った.

研究内容

ジャカルタ湾内の 29 測点において, 2016 年 9 月 20 日, 11 月 27 日, 2017 年 2 月 10 日と約 3 ヶ月毎に 3 回の水質分布調査を行った. 各回の観測は 5~6 時間の間に実施した. 観測では, 各点で多項目水質計 (JFE アドバンテック製 RINKO Profiler,

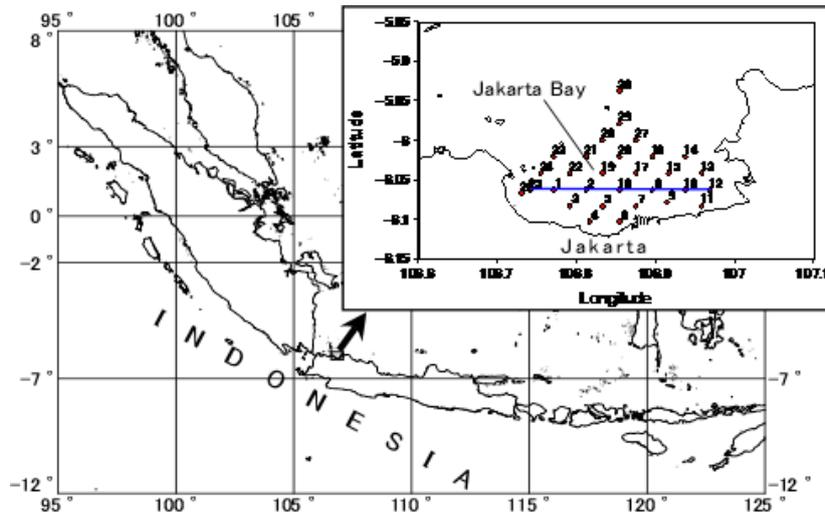


Fig.1 ジャカルタ湾の地図と測点位置

愛媛大学沿岸環境科学研究センター) を用いて、水温・塩分・溶存酸素濃度・クロロフィル蛍光・濁度の鉛直分布を測定すると共に、セッキ板で透明度を測定した。これらの観測データを、2015年12月8-9日と2016年2月9日、5月29日に実施した同様の水質分布調査結果と合わせて解析した。なお、2017年2月には水質分布調査以外に底質・ベントス調査も実施する予定であったが、出航したものの風・波が激しく、小型船舶では採泥を行うことができず断念した。

研究成果

ジャカルタ湾では、上記の6回全ての観測において底層に貧酸素水塊が観測され (Fig.2)、いずれも溶存酸素濃度最低値は2mg/L以下であった。これは、ジャカルタ湾では年間を通して貧酸素水塊が存在することを示唆する。貧酸素水塊の規模や分布は観測時期によって異なった。季節的に見ると、雨期(北西モンスーン)の盛期である2月には、貧酸素化は緩和されていた。一方で、その前の乾期から雨期への移行期である11~12月には、貧酸素水塊は最も発達していた。貧酸素水塊は水深5~15mの浅海域に分布することが多く、特に湾奥東部に発生することが多かった。2016年5月の湾奥東部沿岸域では、表層でも3mg/L以下の溶存酸素濃度となっていた。これは、貧酸素水塊の湧昇が実際に起きていることを示す。水温成層は年間を通してほとんどないか、あっても表底で2°C程度の差しかなかった (Fig.3)。

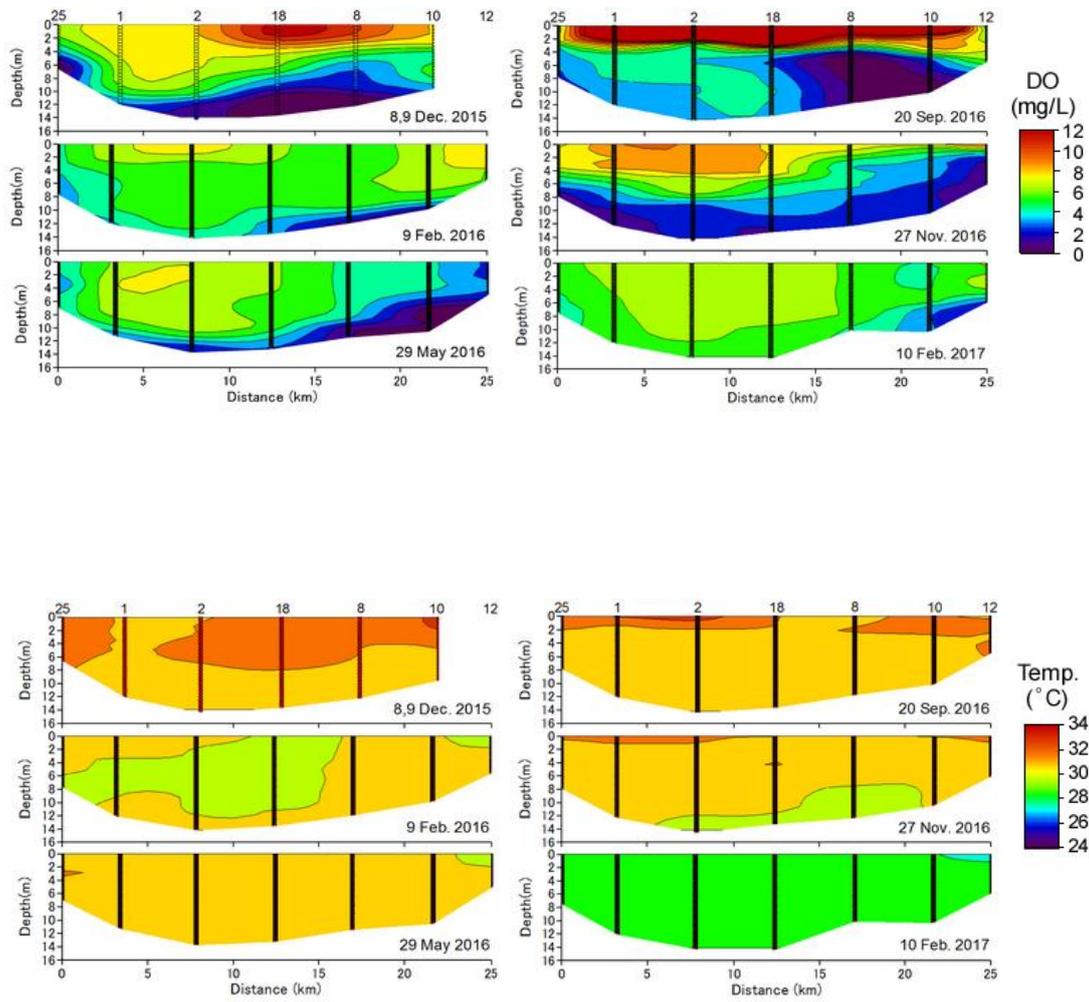


Fig.3 ジャカルタ湾の横断線に沿った水温分布

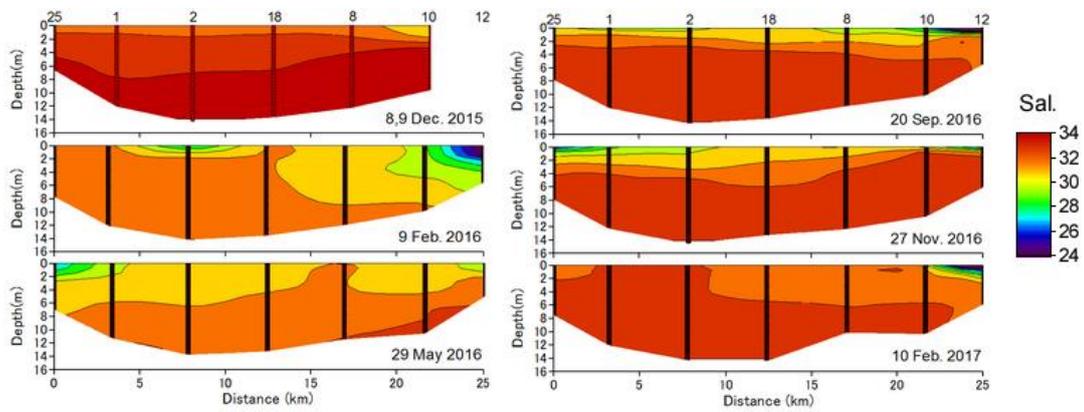


Fig.4 ジャカルタ湾の横断線に沿った塩分分布

それに対して塩分成層は周年存在した (Fig.4). 貧酸素化が緩和された 2 月には成層強度は弱まっていた. 一方で, 11~12 月には水柱は比較的強く成層していた.

赤道域に位置するジャカルタ湾では, 基本的に年間を通して海面冷却よりも海面加熱が卓越するため, 温帯域内湾で秋季~冬季に起きるような対流による海底までの鉛直混合は生じにくい. ただし, 北西モンスーンによる強風・高い波浪により, 雨期盛期には鉛直混合が起りやすいと考えられる. その結果, 密度成層が弱まり, 底層への酸素供給が増加するため, 貧酸素化が緩和されるものと考えられる. 標高があまり高くない地域にある深い熱帯湖沼では永年水温躍層が形成され (oligomictic) (Hutchinson and Loffler, 1956), それ以深が貧酸素化することが知られている (Lehmusluoto and Machbub, 1995 等). しかし, ジャカルタ湾の場合は, そのような安定な水温躍層は存在せず, 水深が浅いにも関わらず, 周年にわたって貧酸素水塊が存在する. これは, 1) 潮位差が 1m 以下と潮汐混合が弱く, 河川水の影響を受けるために本海域が成層しやすいこと, 2) 熱帯域では海面冷却による継続的な鉛直混合が生じにくく, 成層が維持されやすいこと, 3) おそらく本海域の酸素消費速度がかなり大きいこと, によると考えられる. ジャカルタ湾では 1975 年から 2000 年にかけてリン酸態リン濃度が約 10 倍になり (Arifin, 2004), 湾奥部は超富栄養な環境になっている (Damar, 2003). また, 底層水温は周年で 28°C 以上と高水温である. したがって, 常に活発な有機物分解による大きな酸素消費があると予測される.

今後の課題

今後は, まず, このような季節変動が毎年同じように生じているのかどうか確かめる必要がある. インドネシアを含む太平洋赤道域では, エルニーニョ, ラニーニャ現象の影響を強く受ける. 2014 年夏から 2016 年春にかけては強いエルニーニョ現象が発生していた (気象庁, http://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/data/el_nino/learning/faq/el_nino_table.html). その後, 2016 年夏から冬にかけてはラニーニャ現象が発生していた. 上記の観測結果には, 季節変化以外にこれらの影響もあった可能性がある. したがって, 少なくとももう 1 年間の継続的な観測を実施し, 上記の年間海況変動が基本的な季節変動であることを確かめる必要がある. また, 上記の研究は約 3 ヶ月毎に実施されたスナップショット観測であり, この間継続して貧

酸素水塊が存在したかどうかは分からない。それを確かめるためには、係留系による底層溶存酸素濃度の連続観測が必要である。さらに、上記1)～3)の貧酸素水塊形成機構に関する仮説を検証するためには、現地における酸素消費速度を求める必要がある。そのためには、底層水および底泥による酸素消費を実験によって測定する必要がある。将来的には、実験によって求め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、それをを用いて検討することで上記の貧酸素水塊形成機構の仮説の検証を進めたい。

謝辞

本研究の実施にあたっては、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」共同研究による助成以外に、日本学術振興会アジア研究教育拠点事業「東南アジアにおける沿岸海洋学の研究教育ネットワーク構築」(2015年度)、平成27年度佐賀大学チャレンジ支援プログラム、日本学術振興会科学研究費助成事業(基盤研究(B))(2016年度)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、Mochamad Saleh 博士(現 Kemenko Maritim, Indonesia)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・森本昭彦・Agus Sudaryanto・Suhendar I Sachoemar・Endro Soeyanto・Mochamad Saleh・織田将太(投稿中)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.