

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 15 日現在

機関番号：16301

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2014～2016

課題番号：26302001

研究課題名(和文) 河川流量変化に伴う北部タイランド湾の貧酸素水塊の挙動に関する研究

研究課題名(英文) Study on behavior of hypoxia in the Upper Gulf of Thailand associated with river discharge variation

研究代表者

森本 昭彦 (Morimoto, Akihiko)

愛媛大学・沿岸環境科学研究センター・教授

研究者番号：80301323

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、北部タイランド湾の底層で起こる貧酸素化の現状とその季節変化を明らかにすることを目的に船舶による現場観測を実施した。その結果、貧酸素化は6月～11月に湾北部で起こり、貧酸素水塊の分布は季節とともに湾東部から西部へと分布域が変化することが明らかになった。さらに、物理モデルと物理-低次生態系モデルを開発し、河川流量の変化に伴う湾内の流動場の変化とそのメカニズムの解明、および河川流量変化に伴う貧酸素化の変化を調べた。流動場は河川流量が変化しても大きく変わらないが、貧酸素化は河川流量の増加により悪化することが示された。

研究成果の概要(英文)：We have carried out field observation in the Upper Gulf of Thailand (UGoT) throughout the year in order to understand current state of hypoxia and its seasonal variation. From the observational result, it is found that hypoxia occurs in the northern part of the UGoT from June to November and hypoxic area moves from eastern part of the UGoT to western part. We have developed a physical numerical model and a physical-ecosystem coupled model for understanding the variation in physical field and hypoxia associated with variation in river discharge. It is found from the physical model that current field does not change if river discharge is changed. On the other hand, it is suggested from the physical-ecosystem coupled model that hypoxic area were increased when river discharge was increased.

研究分野：沿岸海洋学

キーワード：貧酸素水塊 北部タイランド湾

1. 研究開始当初の背景

急激な経済発展に伴う河川からの栄養塩供給量の増加に伴い、タイの首都バンコクに面する北部タイランド湾の底層では貧酸素化が起こっていると予想されていたが、観測データがほとんどなくその実態はつかめていなかった。また、貧酸素化に大きな影響を与える河川流量は長期的に増加傾向にあり貧酸素化が将来悪化する可能性が示唆されていた。貧酸素化の現状と、河川流量変化に伴う北部タイランド湾の貧酸素化の変化を把握しておくことが重要であるという認識から研究を開始した。

2. 研究の目的

タイの首都バンコクに面する南北 100km、東西 100km の北部タイランド湾は、浅瀬では貝類の養殖が、湾全域では甲殻類や魚類を対象とした漁業が行われ生産性の高い海である。しかし、近年の経済発展に伴い海域環境は悪化し、近年では養殖魚介類の大量斃死が起こるなど大きな社会問題となっている。この大量斃死は貧酸素化が原因の 1 つと考えられているが、湾全域を網羅した観測データは少なく、貧酸素水塊の季節変化やその発生メカニズムについての知見はほとんどなかった。本研究では以下の 3 項目を研究目的とした。北部タイランド湾全域を対象とし一年を通じた海洋観測を実施することでこの湾の貧酸素化の現状と貧酸素水塊の分布および季節変化を明らかにする。観測された貧酸素水塊の時空間変化を再現できる数値モデルを開発し、湾内の貧酸素水塊の挙動とその分布を決める要因を解明する。河川流量の増減が北部タイランド湾の流動場および成層構造をどのように変化させ、さらに貧酸素水塊形成にどのような影響を与えるかを数値モデルにより解明する。

3. 研究の方法

北部タイランド湾に 18 の観測点を設定し 2014 年 8 月、9 月、11 月、12 月、2015 年 2 月、4 月、6 月の計 7 回船舶観測を実施した。各測点では、水温、塩分、溶存酸素、蛍光強度の鉛直分布を測定し、栄養塩、クロロフィル a、溶存酸素、酸素消費速度を測定するための採水を行った。酸素消費速度については採水後採水時の温度を維持し 24 時間もしくは 48 時間の間 1 時間毎に溶存酸素を測定した。各船舶観測の直前には、北部タイランド湾北部に位置する 4 つの河川の河口域で水温・塩分・栄養塩・クロロフィル a 観測を実施した。また、溶存酸素等の時間変化を把握するため、湾北東部の養殖場内の海底上 1m に機器を係留し、1 年を通して水温、塩分、溶存酸素、蛍光強度、流速を観測した。

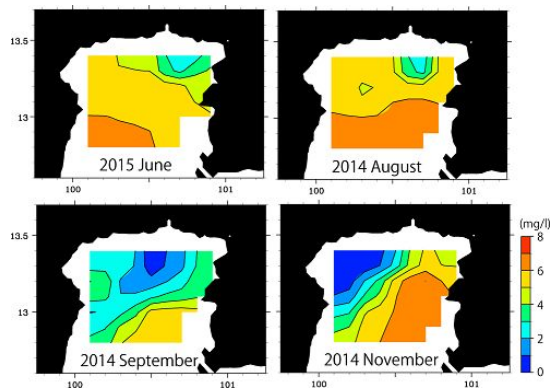
貧酸素水塊の形成・発達・挙動を明らかにするため 2 種類の数値モデルを開発した。1 つ目は流れなどを再現するための物理モデルである。物理モデルでは潮流、風による吹

送流、密度の空間変化に伴う密度流の再現を行った。これらの流れを再現するため、モデルの開境界において潮汐変動と水温・塩分の観測値を与えた。風は陸上の気象データを使い、当湾の北部に位置する 4 つの河川において観測された河川流量を与えた。

もう 1 つのモデルは上記の物理モデルに低次生態系を組み込んだ物理-低次生態系結合モデルである。低次生態系モデルでは、溶存酸素と溶存リン、植物プランクトン、動物プランクトン、デトリタスをコンパートメントとした。また、プランクトンの呼吸と光合成、デトリタスの分解、海面での酸素供給より水中内の溶存酸素を計算した。本モデルでは、これらの生態系の各コンパートメントは物理場により移流・拡散される。低次生態系モデルの駆動に必要な河川からの栄養塩供給量などは我々の観測データから与えた。

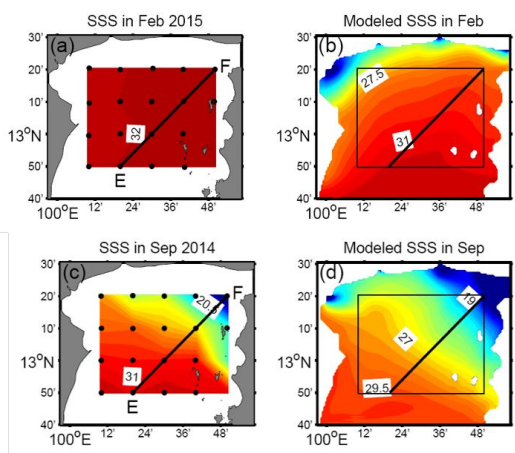
4. 研究成果

(1) 2014 年 8 月～2015 年 6 月の間に計 7 回の船舶観測を実施したことにより貧酸素水塊の発生時期とその分布の季節変化を初めて明らかにした。3 mg/l 以下の低酸素な水塊は 6 月～11 月に見られ、それ以外の月には貧酸素水塊は観測されなかった。低酸素な水塊は 6 月、8 月には北部タイランド湾に流入する最大河川であるチャオプラヤ川とその東に位置するバンパコン川の河口付近でみられた。9 月になると低酸素および無酸素な水塊が湾の広域で観測され、それらは湾奥中央部から西部に分布していた。11 月になると東部の貧酸素化は解消され、ほぼ無酸素な水塊が湾西部に分布していた。低酸素な水塊の分布が季節と共に変化するのは季節風の風向の変化により湾内の循環流が変化することが関係していると示唆されたが、成層を強化させる低塩分水の分布や、底層への有機物の供給に関わる表層の植物プランクトン量の分布は低酸素な水塊の分布とは一致しない月もみられた。船舶観測から貧酸素水塊の実態およびその分布域が季節とともに湾の東部から西部へと移動することを明らかにできたが、このような変化が起こる要因を明らかにすることはできなかった。



6月～11月の海底上1mの溶存酸素分布。

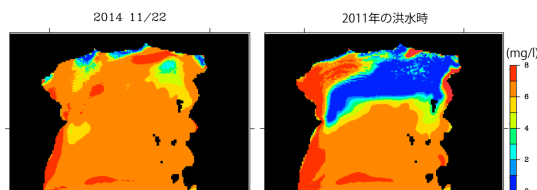
(2) 湾奥に位置する4つの河川から大量の淡水と物質が湾内に供給されており、その変化は湾内の流況を変化させ、さらに貧酸素水塊の分布に影響を与えると考えられる。河川流量のデータを調べると流量の経年変化は極めて大きく、さらに長期トレンドは増加傾向にあった。今後のタイランド湾の貧酸素化を理解するためには、河川流量変化に伴う流動場や密度場の変化を知る必要がある。そこで、3次元の物理モデルを構築し河川流量変化に伴う物理場の変化のメカニズムを調べた。物理モデルはプリンストン海洋モデルをもとに開発した。まず、海面では熱フラックスと風を、河川からは淡水フラックスを、開境界では潮汐に伴う水位変動を与え湾内の物理場の再現を行った。モデル結果は船舶観測で得られた水温、塩分場をよく再現していた。再現性が確認できたことから、湾内の物理場に与える地球の自転効果、風の効果、河川流量の効果を調べるための実験を行った。その結果、比較的低緯度に位置する北部タイランド湾では河川から供給された低塩分水は慣性流に近い特徴を持ち輸送され、河川流量の変化は低塩分水の分布域を変化させるものの、流動場の変化にはほとんど影響しないことが分かった。



観測された海面の水温・塩分分布と物理モデルにより再現された水温・塩分分布。

(3) 貧酸素水塊の分布の季節変化の要因を解明するため、貧酸素化を再現するための物理-低次生態系結合モデルを開発した。物理モデルは(2)のモデルとほぼ同じものであるが、境界条件等を観測を実施した2014-2015年のデータで与えたものである。低次生態系は、栄養塩、植物プランクトン、動物プランクトン、デトリタスを構成要素とした比較的単純なモデルとした。モデル結果を観測値と比較したところ、低塩分水の分布とその分布が季節と共に湾東岸から西岸へと移動する様子や、底層での低酸素な水塊の分布が再現できていることが確認できた。このモデル結果を解析したところ、低酸素な海域が湾東部から西部へと移動するのは、低塩分水の分布の変化に伴う成層が発達する場所の変化に

起因するものではなく、底層での酸素消費速度が増加する場所が季節的に変化するためであることが明らかとなった。また、2011年の大洪水を想定して河川流量のみを2011年の状態にして計算を実施したところ、低酸素な領域の範囲が広がることが確認された。この結果から、今後河川流量の増加により北部タイランド湾の貧酸素化は悪化する可能性が示された。貧酸素化は湾内の漁獲に大きな影響を与えることから、貧酸素化の解消に必要な措置をできるだけ早く行う必要があることが分かった。



数値モデルにより再現した2014年11月22日の海底上1mの溶存酸素分布と、2011年の大洪水時の流量を与えた場合の11月22日の海底上1mの溶存酸素分布。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 1件)

Buranaprathepart, A., Luadnakrob, P., Yanagi, T., Morimoto, A., Qiao, F., The modification of water column conditions in the Gulf of Thailand by the influences of the South China Sea and monsoonal winds, *Continental Shelf Research*, 118, 100-110, 2016. 査読有

[学会発表](計 11件)

Morimoto, A., Mino, Y., Sunthawanic, K., Buranaprathepart, A., Kaneda, A., Tong-U-Dom, S., Guo, X., Seasonal variation in hypoxia in the Upper Gulf of Thailand, 10th WESTPAC International Scientific Conference, Qingdao (China), 2017年4月20日.

Guo, X., Yu, X., Morimoto, A., Effect of monsoon on the river plume in Upper Gulf of Thailand, 10th WESTPAC International Scientific Conference, Qingdao (China), 2017年4月20日.

Mino, Y., Morimoto, A., Buranaprathepart, A., Kaneda, A., Guo, X., Sukigara, C., Oxygen consumption in bottom water in the Upper Gulf of Thailand, JSPS-CCore-RENSEA First Seminar on Coastal Ecosystems in Southeast Asia, Kuala Lumpur (Malaysia), 2017年3月14日.

Buranaprathepart, A., Morimoto, A., Kaneda, A., Mino, Y., Gunboa, V., Jintasaeranee, P., Ishizaka, J., What we learnt about eutrophication in the upper Gulf of Thailand, Establishment of Research and Education Network on Coastal Marine Science in Southeast Asia, 東京大学大気海洋研究所(千葉県・柏市), 2016年2月24日.

森本昭彦、三野義尚、Anukul Buranapratheprat、兼田淳史、Siraporn Tong-U-Dom、郭新宇、北部タイランド湾の貧酸素水塊、2017年度日本海洋学会春季大会、東京大学本郷キャンパス(東京都)、2017年3月17日。

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

〔その他〕

ホームページ等
なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

森本 昭彦 (MORIMOTO AKIHIKO)
愛媛大学・沿岸環境科学研究センター・
教授
研究者番号：80301323

(2)研究分担者

兼田 淳史 (KANEDA ATSUSHI)
福井県立大学・海洋生物資源学部・准教授
研究者番号：70304649

(3)研究分担者

郭 新宇 (GUO XINYU)
愛媛大学・沿岸環境科学研究センター・
教授
研究者番号：10322273

(4)研究分担者

三野 義尚 (MINO YOSHIHISA)
名古屋大学・宇宙地球環境研究所・助教
研究者番号：20362303