

北部タイランド湾における底層貧酸素化を引き起こす有機物の起源に関する研究

三野義尚（名古屋大学）、森本昭彦（愛媛大学）

研究目的

富栄養化した北部タイランド湾（UGoT）の沿岸部では成層が発達する雨季後半に底層において貧酸素水塊が発生し、漁業および養殖業に大きなダメージを与える。また同海域では雨季前半に緑色の共生藻を持つミドリヤコウチュウの大規模な異常増殖（ブルーム）の発生頻度も増えている。一般にミドリヤコウチュウは海表面に最大細胞濃度が観測されるが、ブルームに関連した大量の有機物が底層において蓄積・分解されることで貧酸素化を引き起こしている可能性が指摘されている。本研究では、ミドリヤコウチュウブルームが頻繁に発生する UGoT 北東沿岸部において、沈降粒子の有機物フラックスおよびその分解特性に関する観測を行い、貧酸素化のトリガーになる有機物の起源について検討する。

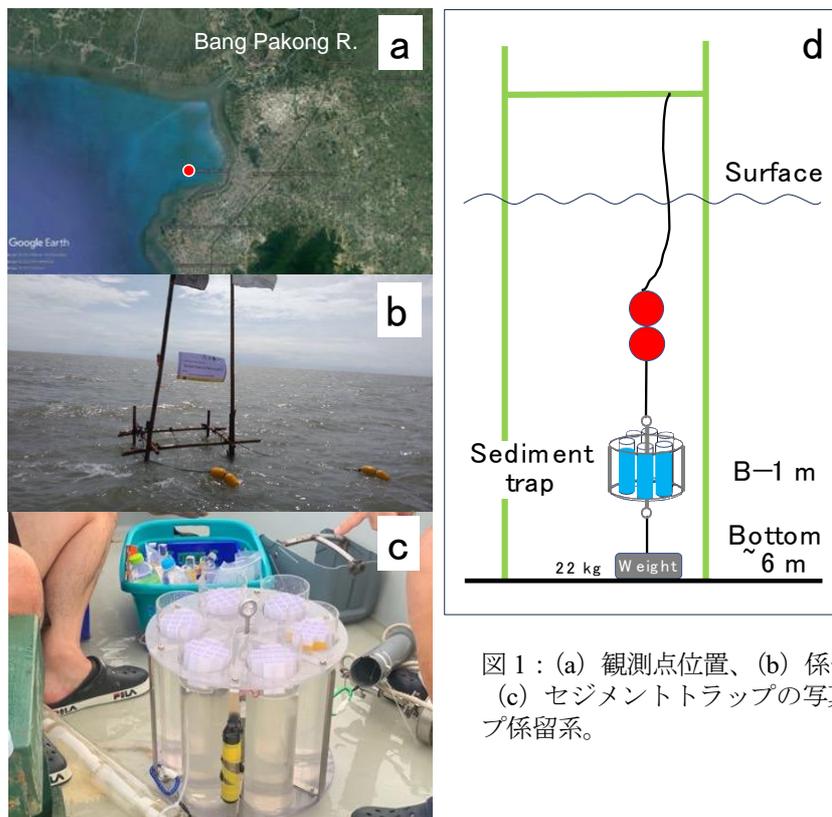


図1：(a) 観測点位置、(b) 係留サイトおよび (c) セジメントトラップの写真、(d) トラップ係留系。

研究方法

2023年6–7月にUGoT北東部のカキ養殖場に観測サイトを設けて（図1a, b）、約3日間のセジメントトラップ係留（図1c, d）を3回実施し（表1）、海底直上（B-1 m）の沈降粒子試料を採取した。投入前のトラップには現場の底層水を満たし、保存剤は加えなかった。回収後のトラップ粒子試料は共同研究者の実験室（ブラパ大学）に持ち帰り、一部に対して化学分析の前処理を行い、一部は酸素消費速度（OCR）を定量するための培養実験の添加粒子として利用した。ガラス瓶に円筒状トラップ中の上澄み海水を満たし、そこに等分割したトラップ粒子を添加して、現場水温である30°C且つ暗条件で24時間培養した。密閉したガラス瓶中の海水の溶存酸素濃度は光学式非接触型酸素センサーを用いて時系列で測定した。ここで報告するOCRは初期値と終了時の濃度差として算出した。

表1：各係留実験期間および全粒子束（TMF）。

	period	TMF g m ⁻² d ⁻¹	
M1	Jun 20 – Jun 23	386 ± 56	
M2	Jun 26 – Jun 29	95 ± 14	
M3	Jul 3* – Jul 6	472 ± 36	*ミドリヤコウチュウ出現

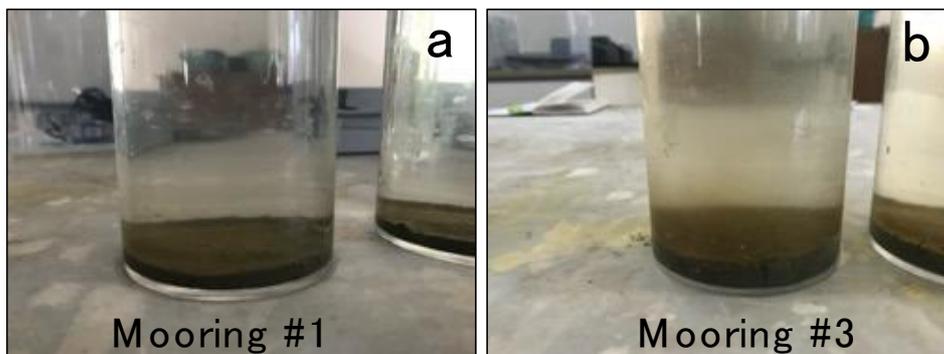


図2：(a) 係留実験 M1 および (b) M3 で採取した粒子試料の写真。実験室で3時間以上静置した。

研究成果

トラップ粒子試料の化学分析は未実施のため、有機炭素（POC）の沈降フラックスではなく全粒子（重量）フラックス（Total mass flux, TMF）および培養実験から推定したOCRの結果を報告する。3回の係留実験のうち、M3実験の平均TMFが

最も大きかった。また M3 実験のトラップ粒子がふわふわ (fluffy) した凝集体を最も多く含むように見えた (図 2)。このことは、実験を開始した 7 月 3 日に係留サイトにおいてミドリヤコウチュウのブルームを観測したこと (図 3) と符合する。すなわちミドリヤコウチュウ有機物が関与する粒子凝集体が沈降することで M3 実験の高 TMF をもたらしたと考えられる。

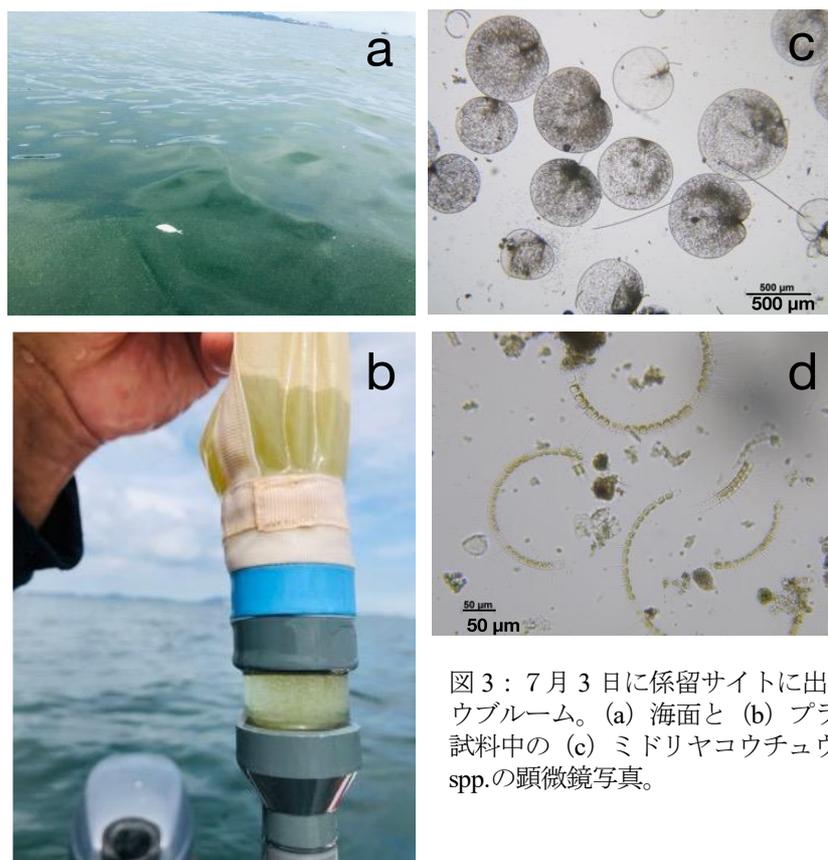


図 3：7 月 3 日に係留サイトに出現したミドリヤコウチュウブルーム。(a) 海面と (b) プランクトンネットの写真、試料中の (c) ミドリヤコウチュウと (d) 珪藻 *Chaetoceros* spp. の顕微鏡写真。

この時の表層水中のミドリヤコウチュウの細胞密度は $3,600 \text{ cells L}^{-1}$ に達した一方、珪藻 *Chaetoceros* spp. も比較的高い密度で存在した。海水試料を筒型容器に入れて静置するとミドリヤコウチュウは表面に、*Chaetoceros* spp. は底部にそれぞれ集積した (図 4)。その後 4 日間でミドリヤコウチュウは凝集・沈降し、底部の粒子層に加わる様子が観察された。静水条件下の現象ではあったものの、ミドリヤコウチュウ起源有機物の底層への沈降を示唆する結果と言えるだろう。このようにミドリヤコウチュウと別プランクトンの並存および静置分離した試料を化学分析し、両起源の有機物を分ける成分パラメータについて検討予定である。

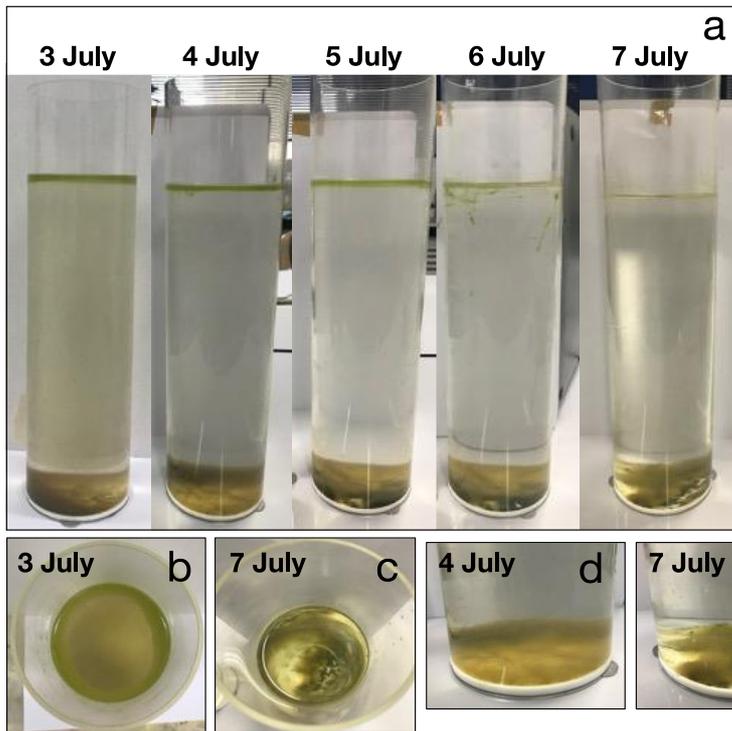


図4: 7月3日に採取したミドリヤコウチュウを含む表層水試料の時間変化。筒形容器に入れ室内に静置し5日間観察した。(a) 横からの写真、(b) 初日と (c) 最終日の上部表面および (d) 2日目と (e) 最終日の底部の写真。サンプリング後数時間のうちに表面にミドリヤコウチュウ (緑色層)、底部に珪藻 *Chaetoceros* spp. (褐色層) がそれぞれ集積した。その後、表面のミドリヤコウチュウが徐々に凝集・沈降し、底部の粒子層に加わる様子が観察された。

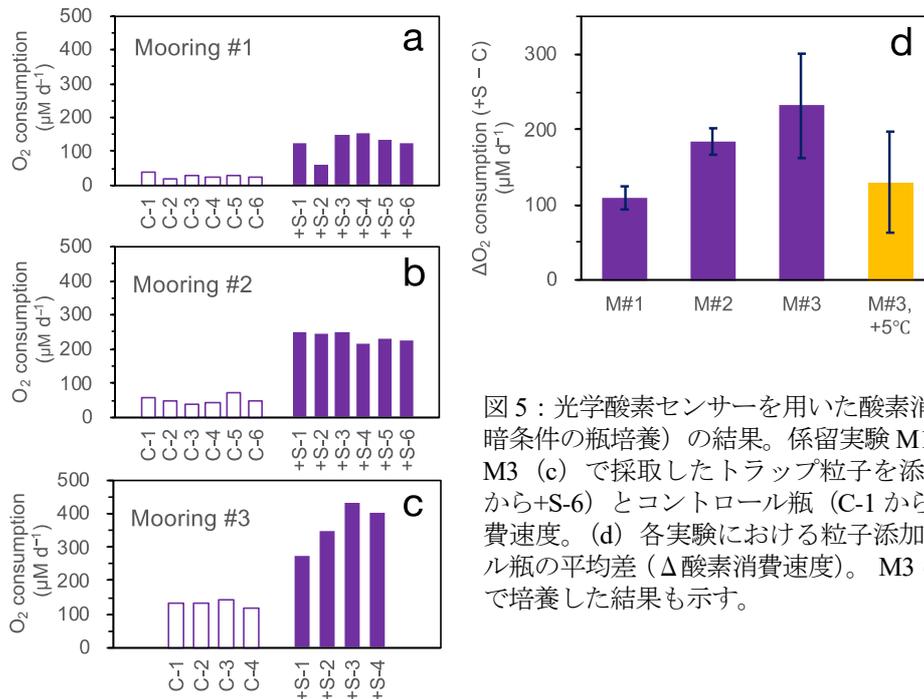


図5: 光学酸素センサーを用いた酸素消費実験 (30°C、暗条件の瓶培養) の結果。係留実験 M1 (a)、M2 (b)、M3 (c) で採取したトラップ粒子を添加した瓶 (+S-1 から+S-6) とコントロール瓶 (C-1 から C-6) の酸素消費速度。(d) 各実験における粒子添加瓶とコントロール瓶の平均差 (Δ 酸素消費速度)。M3 については 35°C で培養した結果も示す。

トラップ粒子中の有機物の分解性を評価するため、粒子添加 (+S) とコントロール (C) 試料の OCR を実験的に求めた。+S 試料と C 試料の OCR はともに M1、M2、M3 実験の順で大きくなり (図 5a-c)、添加粒子だけの酸素消費速度 (Δ OCR = +S - C) も同様だった (図 5d)。これは TMF の大小の順番とは異なっており、トラップ

粒子のバルク量ではなく、有機物量や組成の違いが OCR に影響することを意味する。今後は培養後試料の POC 測定値を用いて、単位 POC 量当たりの酸素消費速度を算出し、M1-M3 実験のトラップ粒子有機物の分解性の違いとその要因について検討する予定である。

今後の課題

各種粒子試料（トラップ粒子、表層水と底層水中の懸濁粒子、培養後粒子）の化学分析を実施し、POC 沈降フラックスと単位 POC 量当たり OCR の測定値を用いて、有機物沈降と酸素消費の関係について定量的に考察する。炭素安定同位体比などの有機物パラメータによってミドリヤコウチュウと別プランクトンの有機物を区別できるかどうかを検討し、ミドリヤコウチュウによる沈降 POC および底層の酸素消費への寄与の評価を目指す。