

令和 5 年 6 月 11 日現在

機関番号：32690

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2018～2022

課題番号：18K19239

研究課題名（和文）内部共生藻をもつヤコウチュウ赤潮の生理生態学的研究

研究課題名（英文）Physiological ecology of Noctiluca having phototrophic endosymbiont

研究代表者

古谷 研（Furuya, Ken）

創価大学・プランクトン工学研究所・特別教授

研究者番号：30143548

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,800,000円

研究成果の概要（和文）：共生藻 *Pedinomonas noctilucae* をもつミドリヤコウチュウは南シナ海においてルソン海峡とベトナム沿岸に北限をもち、これは冬季の海面水温25℃の等温線にほぼ一致する。ミドリヤコウチュウ4株、共生藻2単離株を用いた培養実験から、ミドリヤコウチュウの北限は共生藻の増殖の高水温依存性を反映したものであること、温暖化により冬季の水温が上昇するとミドリヤコウチュウの分布が北進する可能性が明らかになった。ミドリヤコウチュウと共生藻はアンモニウムなど還元型窒素の選好性が高く、南シナ海北部以北の海域が人為的富栄養化により還元態窒素濃度の高いと北進したミドリヤコウチュウが定着する可能性がある。

研究成果の学術的意義や社会的意義

南シナ海では温暖化により、冬季の海水温が上昇傾向にあり、ミドリヤコウチュウの分布の北限が今後北進する可能性が、本研究の結果明らかになった。即ち、今後地球温暖化により海水温が上昇した場合、南シナ海の北側に冬季に水温25℃以上の海域が出現し、ミドリヤコウチュウが越冬し得る海域が拡大する。北進先の中国沿岸域では人口増加や都市化による富栄養化が進んでおり沿岸水へのアンモニウムをはじめとした還元態窒素の供給が増えると考えられ、ミドリヤコウチュウの定着しやすい環境が存在すると考えられる。このため、高密度のミドリヤコウチュウブルーム発生による環境悪化や漁業被害の可能性が懸念される。

研究成果の概要（英文）：The Green Noctiluca with symbiotic algae *Pedinomonas noctilucae* has its northern limit in the Luzon Strait and the Vietnam coast in the South China Sea, which approximately corresponds to the isotherm of 25℃ sea surface temperature in winter. Through cultivation experiments using four strains of Green Noctiluca and two isolated strains of symbiotic algae, it has been revealed that the northern limit of Green Noctiluca reflects the high-temperature dependence of symbiotic algae's growth and that the distribution of Green Noctiluca may shift northward with the increasing winter water temperature due to global warming. Both Green Noctiluca and symbiotic algae have a preference for reduced nitrogen such as ammonium, indicating the possibility of Green Noctiluca spreading and establishing in areas north of the northern part of the South China Sea that have high concentrations of reduced nitrogen due to cultural eutrophication.

研究分野：生物海洋学

キーワード：ヤコウチュウ 赤潮 共生藻 温暖化

## 1. 研究開始当初の背景

ヤコウチュウ *Noctiluca scintillans* (渦鞭毛藻綱) は代表的な赤潮形成種として世界に広く分布するが二つの型があり、一つは赤色の、もう一つは緑色の「赤潮」を形成する。後者は細胞内に共生藻 *Pedinomonas noctilucae* (ペディノ藻綱) をもつため緑色を呈し、分布は東南アジアからインド洋、アラビア海の熱帯・亜熱帯海域に限られる (Harrison et al., 2011)。ここでは色彩からそれぞれをアカヤコウチュウ、ミドリヤコウチュウと呼称する。前者は従属栄養性で、餌のサイズ選択性が広く、プランクトンや動物の卵、デトリタス等の粒子を貪食して増殖する。後者は粒子食に加えて共生藻の光合成産物を利用して餌不足環境でも増殖でき、アカヤコウチュウや他の赤潮形成種と比較して生態的な優位性が高い。この共生藻はヤコウチュウ細胞内のみ存在し、海水中や他生物内には分布せず、共生関係の種特異性は高い。

東南アジアでは 20 世紀末頃から、経済発展と都市部の人口集中により沿岸域の富栄養化が進み、プランクトン密度が高く、ミドリヤコウチュウはこれらを活発に補食して赤潮を形成し、その大規模化・広域化が進んでいる。赤潮消滅期には有機物の分解に溶存酸素が消費されて貧酸素水塊が形成されやすくなる。また、ヤコウチュウ自身が細胞内に高濃度のアンモニアを蓄積するため赤潮消滅期にアンモニアが海水中に放出される。結果的に魚類等の斃死や養殖生産の低下などの水産被害やリゾート域での観光資源の損失が生ずることから、東南アジアでは本種の赤潮発生抑制が社会的急務であり、発生機構の解明が課題となっている。

ミドリヤコウチュウの分布はルソン島とベトナム中部付近を結ぶ線が北限であり、これは冬季の海面水温 (SST) 25 の等温線にほぼ一致する。不可逆的に進行する温暖化に伴い、ミドリヤコウチュウの分布の北進が予想され、その被害が温帯域側に向けて拡大することが懸念されている。実際に、今世紀に入りこれまで分布していなかった中近東からアラビア海の広範な海域に分布が拡大し、地球温暖化との関連が報告されている。また、可能性として共生藻が温帯域の生態型細胞内に移行すると分布の拡大が加速すると懸念される。

これまでヤコウチュウ赤潮に関する知見はアカヤコウチュウに集中し、ミドリヤコウチュウについては研究が遅れ、生態的な優位性に関する定性的な知見に限られている。特に温暖化に伴う将来予測に関する点は全く不明である。これは、ミドリヤコウチュウの培養が困難であったことに加えて、共生藻の生理に着目した研究が欠落していたためである。即ち、共生関係を片方のホスト生物側からしか見ていなかったためである。それは、共生藻のみのホストフリー培養株が無かったためである。研究代表者は培養法を改良し、ミドリヤコウチュウおよびホストフリーの共生藻のみの長期培養を確立し、共生関係を両方向から解析することが可能になった。

## 2. 研究の目的

本研究はミドリヤコウチュウ赤潮の防除と将来予測を目指す第一歩として、今後、熱帯・亜熱帯域および温帯域に分かれて分布するヤコウチュウの二型が温暖化により分布が重なり、両者の融合や温帯域へのアカヤコウチュウへの共生藻の移行が起こる可能性を検討するため、1) ヤコウチュウと共生藻の共生関係の解明、特に、ミドリヤコウチュウの分布の北限を決めている要因の解明、2) ミドリヤコウチュウと共生藻の窒素取り込み特性の把握目的とした。

## 3. 研究の方法

### (1) 東南アジアにおけるミドリヤコウチュウの地理分布制御要因

東南アジア各地から単離したミドリヤコウチュウ 4 株 (ASL, MNL, IDI, TL) 及び相模湾から単離したアカヤコウチュウ 1 株 (sag)、タイ湾から分離した *P. noctilucae* 2 株 (PasI, Pgt) を用いて増殖の温度依存性を調べた (図 1)。

培養実験は実験 1 および実験 2 に分けて行った。実験 1 では ASL, MNL, IDI, PsI 株を、実験 2 では TL, sag, Pgt 株を調べた。供試株を測定水温に 3 日間馴致させた後、実験 1 では 22、25、28、31 °C の温度設定で 12L : 12D の明暗サイクル、光量 100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  で、実験 2 では 20、22.5、25、27.5、30 °C の設定で 12L : 12D の明暗サイクル、光量 200  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  で培養した。アカヤコウチュウ株の光量は 40  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  に設定した。実験 1 ではミドリヤコウチュウの給餌と無給餌条件下での比較を行い、実験 2 でのミドリヤコウチュウは無給餌条件下で調べた。

### (2) ヤコウチュウと *P. noctilucae* の窒素源選好性

濾過海水に  $^{15}\text{N}$  で標識された硫酸アンモニウム、硝酸カリウム、尿素、グリシンをヤコウチュウ TL 株および sag 株 *P. noctilucae* Pgt 株に与え取り込み量を測定した。窒素量及び窒素同位体比の分析には元素分析計 (Flash EA; Thermo Electron) を接続した安定同位体質量分析計 (DELTAplusXP; Thermo Electron) を用いた。

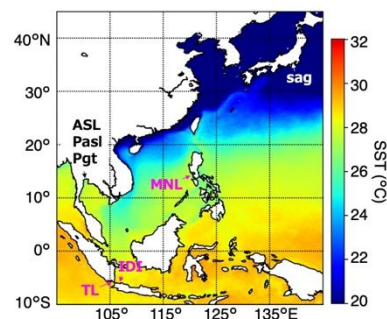


図 1. 培養株の単離海域と 2003 年～2022 年間の MODIS による 1 月の平均海面水温。

### (3) ミドリヤコウチュウ出現域における海洋環境調査

観測はマニラ湾において南東モンスーン期にあたる2019年9月3日にStn. 1 - 16(図6)で行った。水温、塩分、溶存酸素(DO)はCTD(Sea Bird 19 Plus)を用いて測定し、採水試料からクロロフィルa(Chl a)および栄養塩濃度を測定した。本研究課題の柱である現場観測がコロナ禍のため実施できなかったため補完的に、本課題実施以前にタイ湾奥部で2009年8月24日から25日にかけて実施した観測で得た資料および試料の解析も行った。

## 4. 研究成果

### (1) 東南アジアにおけるミドリヤコウチュウの地理分布制御要因

ミドリヤコウチュウの増殖は、株や給餌の有無によって温度依存性が異なった(図2および3)。無給餌および給餌されたASL株および無給餌のTL株は、すべての温度で増殖したのに対して、給餌されたMNL株およびIDI株は、22°C、25°C、および28°Cで増殖したが、無給餌では22°Cでは増殖しなかった。また、無給餌株の増殖は、給餌株と比較して低い傾向があった。TL株の比増殖速度には温度処理間での差はなかったが(図3)20°C、22.5°C、および25°Cでは比増殖速度のばらつきが27.5°Cと30°Cよりも大きく、これは20~25°Cの低水温域での増殖が不安定になったためであり、実験を繰り返してもこの不安定さは都度確認された。さらに、無給餌のまま1ヶ月培養したTL株では*P. noctiluca*細胞内密度が、22.5°Cおよび20°Cで徐々に減少し、特に、20°Cで顕著に低下した。

*Pedinomonas noctiluca*は、28°Cと比較的高い温度では増殖したが、25°Cあるいはそれより低い水温では増殖しなかった。(図4)Pasl株は、28°Cでの成長が25°Cおよび31°Cと比較して有意に高かった( $p < 0.01$ )が、Pgt株は25°Cでは増殖せず、27.5°Cおよび30°Cで活発に増殖し、株による違いが認められた。アカヤコウチュウSag株は、20°Cで最も活発に増殖し、水温が高くなるにつれて増殖が遅くなり、27.5°Cや31°Cでは増殖しなかった(図3)。

以上から、ミドリヤコウチュウのホストと*P. noctiluca*の増殖における水温依存性が大きく異なることが明らかとなった。ホストは20°Cから25°Cの低温でも増殖したが(図2および3)共生藻は20°Cおよび22°Cで増殖しなかった(図4)。この25°C以下の低温での増殖不能性が、ミドリヤコウチュウの南シナ海における地理的分布に関わると考えられる(Harrison et al. 2011)。この低温での増殖不能性は、無給餌のMNL株およびIDI株における22°Cでの増殖不良とも一致しており、共生藻からの光合成産物の供給不足による飢餓状態が、無給餌の両株の22°Cにおける増殖不良(図2)をもたらしたと見える。

南シナ海のSSTは約23°Cから32°Cの範囲で変化し(Fang et al. 2006)夏季には、南西モンスーンによって南から北へ暖水が南シナ海のベトナム沿いに流れ、対照的に、冬季には北から冷水がベトナム沿岸を南下する。したがって、SST気候値は夏季に北部南シナ海で最も高く(29.4°C)冬季には最も低くなり(23.4°C)12月から2月にかけてベトナム沿岸は低温(<25°C)になる(図1)。このためミドリヤコウチュウはベトナムの北部水域で越冬することができず、特に餌料供給が乏しい場合にはより越冬しにくくなると考えられる。従って、水温と餌料環境との組み合わせが南シナ海北部におけるミドリヤコウチュウの分布を規定するといえる。近年、南シナ海のSSTは地球温暖化の影響を受け上昇している(Fang et al. 2006)。現在のペースで地球温暖化が進行すると、南シナ海北部のSSTはミドリヤコウチュウの越冬に適するようになり、その分布は北方に拡大する可能性がある。このためミドリヤコウチュウの北方拡大により、南シナ海北部水域でアカヤコウチュウホストと*P. noctiluca*の新たな組み合わせが生成される可能性がある。また、ミドリヤコウチュウのブルームは、海洋環境や漁業に負の影響を与えることから、南シナ海北部および中国南部海岸にとってあらたな脅威となる可能性がある。

### 2) ヤコウチュウと*P. noctiluca*の窒素源選好性

ミドリヤコウチュウはアンモニウム、グリシン、尿素、硝酸の全ての窒素化合物の取込みが認められたが、取込み量はアンモニウムが有意に高く( $p < 0.05$ )順にグリシン、尿素が取り込まれ、硝酸の取り込みは著しく低かった(図5)。*P. noctiluca*もミドリヤコウチュウと同様に窒素化合物をアンモニウム、グリシン、尿素順に取り込み硝酸の取り込みはほとんど無か

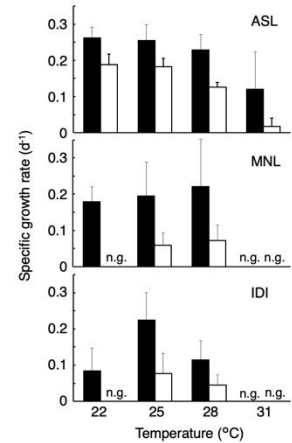


図2. ミドリヤコウチュウASL株、MNL株、IDI株の比増殖速度。黒白のバーはそれぞれ給餌、無給餌条件。n.g.は増殖無し。

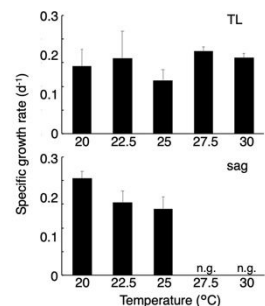


図3. ミドリヤコウチュウTL株、アカヤコウチュウsag株の比増殖速度。n.g.は増殖無し。

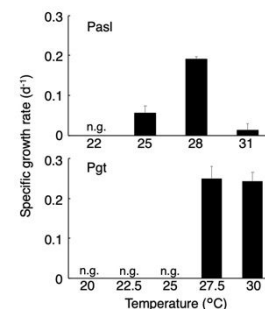


図4. *P. noctiluca*の比増殖速度。n.g.は増殖無し。

った(図5)。アカヤコウチュウではアンモニウムとグリシンのみが取込まれた。

ミドリヤコウチュウは細胞内アンモニウム濃度が高いことが報告されているが(Okaichi et al. 1991)本研究によりミドリヤコウチュウの高いアンモニウム選好性が関係していることが明らかとなった。以上から、還元態窒素濃度の高い人為的富栄養海域はミドリヤコウチュウにとって好適な環境であるといえる。

### (3) ミドリヤコウチュウ出現域における海洋環境調査

湾内(図6)は成層し、表層10メートルに低塩分水が、その下に高塩分水が存在した(図7)。Stn.15では、DO濃度は表面付近では比較的高く、深さとともに低下し、約10~18メートルの深さで低酸素状態の指標となる $2.8 \text{ mg L}^{-1}$ を下回った。さらに、Stn.16の底層水では、 $0.01 \text{ mg L}^{-1}$ 未満の無酸素状態であった。

アンモニウム濃度は $6.7$ から $40.2 \mu\text{M}$ まで変動したが、硝酸塩および亜硝酸塩はほとんど枯渇しており、Stn.1から14では $0.1 \mu\text{M}$ 以下であった(図8)。リン酸塩は $0.1$ から $1.9 \mu\text{M}$ の範囲で変動し、N:P比が平均 $37.4$ (変動範囲 $17.1\sim 149.7$ と窒素過剰な状態であった。これは、北東モンスーン期間に観察されるリン酸塩過剰な状態とは対照的であった(Furuya et al. 2006, Jacinto et al. 2011)。高いアンモニウム濃度は陸地からの負荷に起因しており、アンモニウム、硝酸塩、およびリン酸塩の最大濃度は、Stn.15で観測され、パシッグ川からの淡水流入の影響が示唆される(Jacinto et al. 2006)。マニラ市では、下水道システムの整備は不十分であり、マニラ湾の窒素のほとんどがパシッグ川から来ていることから(Miller et al. 2011)南西モンスーンによる大量の降水により都市の下水と産業排水がマニラ湾の窒素過剰な状態をもたらしたと考えられる。

Chl a濃度は $6.9$ から $111.3 \mu\text{g L}^{-1}$ の範囲で変動し(図8)最も高い濃度はメトロマニラ地区に向かって観測された(図7, 8)。Stn.15ではChl aの減少と栄養塩の急増、および塩分の減少から淡水の流入が認められた。河川からの栄養塩の流入は、プランクトンの増殖を引き起こしており、*Skeletonema costatum* complex および *Chaetoceros* spp. を含む珪藻類がブルーム状態であった。これらの種は、マニラ湾で優占的な珪藻種である(Borjaら, 2019年)。ミドリヤコウチュウは富栄養化により増加した植物プランクトンを餌料として利用して増殖する(Sriwong et al. 2008)。このため、南西モンスーン間のマニラ湾は、アンモニア濃度が高く珪藻類が豊富でミドリヤコウチュウの増殖に適した環境であると判断される。しかしながら観測時にはミドリヤコウチュウの発生は認められなかった。本研究期間中、マニラ湾においてミドリヤコウチュウブルームが出現した時期に渡航できなかったためブルーム発生時の観測はできなかった。

タイ湾は半閉鎖性であり奥部(Upper Gulf of Thailand、以下UGoT)北側から4つの大きな河川、すなわち西から東へ順に、Mae Klong川、Tha Chin川、Chao Phraya川、Bang Pakong川が注ぎ(図9)流入栄養塩によりUGoTを富栄養環境にしている。

海面水温は $30.1 - 31.9$ と高く、全測点で水柱は成層していた。塩分は $24.7 - 28.7$ で変動し、Bang Pakong川河口付近の測点13および14で最も低かった。河川水の影響は硝酸塩の分布に現れ、北側の測線の平均値は南側のそれと比べて有意に高かった( $p < 0.05$ , 図10)。一方、アンモニウム塩、リン酸塩はそれぞれ $0.96 - 5.0 \mu\text{M}$ 、 $0.84 - 1.88 \mu\text{M}$ の範囲で変動したが南北の測線間での有意差は認められなかった。窒素:リン比は $1.4 - 3.9$ で変動しており調査海域全域が窒素制限の状態であることを示した。

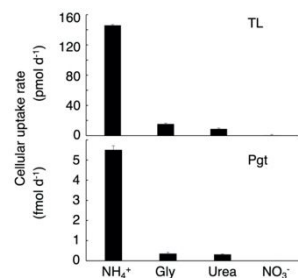


図5. ミドリヤコウチュウ TL株、*P. noctilucae* Pgt株の窒素化合物取り込み活性。

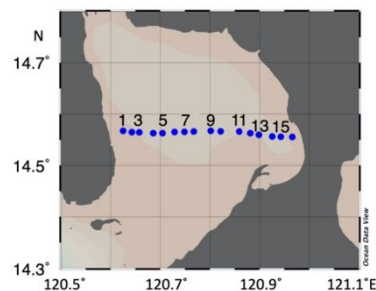


図6. マニラ湾測点図。

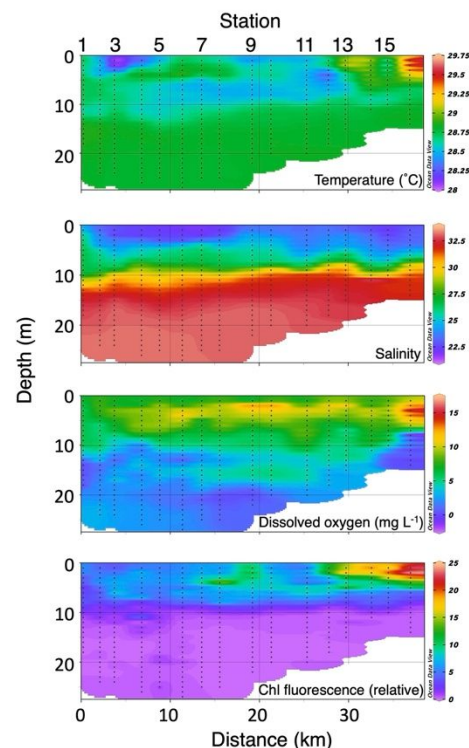


図7. 上から水温、塩分、溶存酸素、クロロフィル蛍光の鉛直分布。

Chl *a* は南の測線の平均値よりも北の測線のそれが有意に高く ( $p < 0.05$ )、北の測線では東に向かって有意な増加傾向を示した ( $p < 0.05$ 、図 11)。ヤコウチュウは全測点で出現し、4 - 945 細胞  $L^{-1}$  の間で変動した。細胞数は南の側線よりも北の側線で高く、特に北の測線では東に向かって有意な増加傾向が認められ ( $p < 0.05$ )、分布の極大は Chao Phraya 川および Bang Pakong 川河口沖の測点 13 であった (図 11)。UGoT における表層水の循環はモンスーンサイクルに応じて変化する (Buranapratheprat & Yanagi 2003)。すなわち 3 月から 9 月の南西モンスーン期には時計回りの循環が卓越し、表層水は西側から東側に向かい、11 月から 2 月の北東モンスーン期には反時計回りの循環が卓越し、南から低栄養塩濃度の海水が UGoT 東部に流入する。この循環に伴い、UGoT ではヤコウチュウブルームの発生場所が変化し、南西モンスーン期には東部で、北東モンスーン期には西部で発生する (Sriwoon et al. 2008)。本研究において北側測線の東部で高い Chl *a* 濃度およびヤコウチュウ現存量が観察されたのは南西モンスーン期にあっていたためこの現象を捉えたものといえる。

ヤコウチュウ細胞数は硝酸塩および Chl *a* と有意な正の相関を示した ( $p < 0.01$ )。北の測線では *Chaetoceros* 属を主とする中心目珪藻が卓越していたが、*P. noctilucae* 自身が含有する Chl *a* とともに東部において高い Chl *a* 濃度をもたらした。UGoT では河川流量が南西モンスーン期に顕著に増加するため流入した栄養塩を利用して植物プランクトンブルームが発生したと考えられる。Sriwoon et al. (2008) は、Bang Pakong 川河口沖における観測において、Chl *a* 濃度とヤコウチュウの細胞密度が正に相関したことから、およびヤコウチュウ細胞密度が高い測点では細胞内に多くの食胞が認められたことから、植物プランクトンの摂餌によりヤコウチュウが高い増殖活性を得た可能性が高いことを指摘している。本研究においても多くのヤコウチュウ細胞内に食胞が観察されており、硝酸塩と Chl *a* には有意な正の相関があったことから、硝酸塩を利用して増殖した餌生物をヤコウチュウが摂餌して高い増殖活性を得ていた可能性が示唆され、タイ湾奥部は餌料環境の点でミドリヤコウチュウに好適な環境といえる。

#### 引用文献

- Borja, V. M. et al. (2019) *Phil. J. Nat. Sci.*, 24, 80-90.
- Buranapratheprat, A. & Yanagi, T. (2003) *La Mer*, 41, 199-213.
- Fang, G. et al. (2006) *J. Geophys. Res.*, 111, 1-16.
- Furuya, K. et al. (2006) *Coast. Mar. Sci.*, 30, 74-79.
- Harrison, P. J. et al. (2011) *Chin. J. Oceanol. Limnol.*, 29, 807-831.
- Jacinto, G. S. et al. (2006) In: *The Environment in Asia Pacific Harbours* (ed Wolanski, E.) Springer, Amsterdam, pp. 293-307.
- Jacinto, G. S. et al. (2011) *Mar. Poll. Bul.* 63, 243-248.
- Miller, T. W. et al. (2011) In: *Interdisciplinary Studies on Environmental Chemistry - Environmental Research in Asia* (eds Obayashi, Y. et al.) TERRAPUB, Tokyo, pp. 95-104.
- Okaichi, T. et al. (1991) *Proc. Second Westpac Symp*, Penang, Malaysia, pp. 166-176.
- Sriwoon, R. et al. (2008) *J. Phycol.*, 44, 605-615.

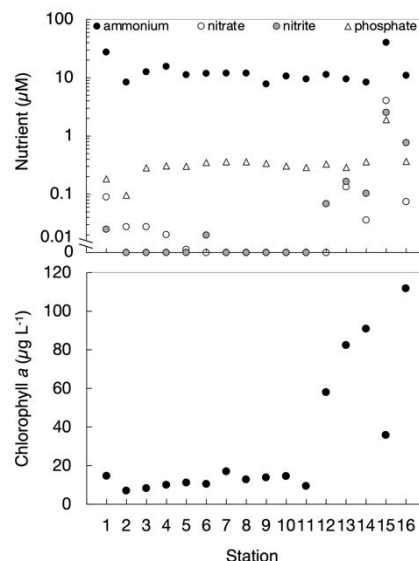


図 8. 表層における栄養塩 (上) およびクロロフィル *a* (下)。

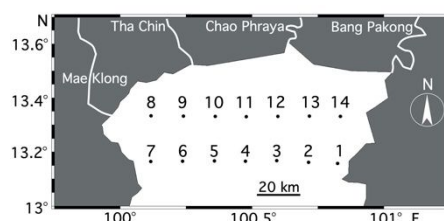


図 9. タイ湾奥部における観測点.

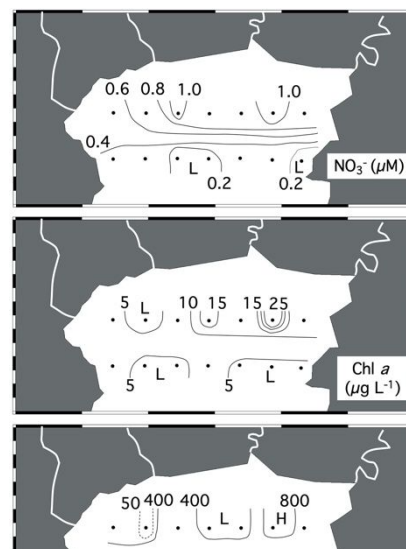


図 10. 表層における硝酸塩 (上)、クロロフィル *a* (中)、ミドリヤコウチュウ細胞数 (下)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 4件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 古谷 研・小園健太・Thaithaworn Lirdwitayaprasit	4. 巻 2
2. 論文標題 夏季タイ湾奥部表層におけるヤコウチュウの分布	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 プランクトン工学研究	6. 最初と最後の頁 66-69
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 Katayama, T., N. Nagao, N. A. Kasan, H. Khatoon, N. A. Rahman, K. Takahashi, K. Furuya, Y. Yamada, Md E. A. Wahid, M. Jusoh	4. 巻 323
2. 論文標題 Bioprospecting of indigenous marine microalgae with ammonium tolerance from aquaculture ponds for microalgae cultivation with ammonium-rich wastewaters	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Biotechnology	6. 最初と最後の頁 113-120
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.jbiotec.2020.08.001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Furuya, K., K. Kozono, M. Yasuda, T. Omura, V. M. Borja and T. Lirdwitayaprasit	4. 巻 45
2. 論文標題 Temperature as a factor controlling geographical distribution of green Noctiluca scintillans in Southeast Asia	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Plankton Research	6. 最初と最後の頁 478-484
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/plankt/fbad015	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Furuya, K., M. Yasuda and V. M. Borja	4. 巻 3
2. 論文標題 Surface nutrient regime and bottom hypoxia in Manila Bay during the southwest monsoon	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Bulletin of Plankton Eco-engineering Research	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 古谷 研
2. 発表標題 海洋の生物生産と環境動態
3. 学会等名 日本学会会議公開シンポジウム「国連の持続可能な海洋科学の10年 One Oceanの行動に向けてー」（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ken Furuya
2. 発表標題 Evaluation of environmental carrying capacity in coastal aquaculture fields
3. 学会等名 Invited lecture at Aklan State University, Aklan, Philippines (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yasuda, M., Hirahara, M., Otake, M., Kishi, M., Toda, T., Furuya, K.
2. 発表標題 Isolation and screening of marine diatoms in coastal waters of Goto Islands, Japan
3. 学会等名 4th International postgraduate conference on biotechnology (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 古谷 研、小園健太、安田万莉、大村卓朗、Valeriano M. Borja、Thaithaworn Lirdwitayaprasit
2. 発表標題 ミドリヤコウチュウの分布北進の可能性
3. 学会等名 2023年度日本ベントス学会・日本プランクトン学会合同大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------