

令和 6 年 5 月 23 日現在

機関番号：12601

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化(B)）

研究期間：2019～2023

課題番号：19KK0160

研究課題名（和文）東南アジア沿岸域に潜在する小型有害渦鞭毛藻の個体群分布

研究課題名（英文）Cryptic population structure of small toxigenic marine dinoflagellates in Southeast Asian coasts

研究代表者

岩滝 光儀（Iwataki, Mitsunori）

東京大学・大学院農学生命科学研究科（農学部）・准教授

研究者番号：50423645

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 14,100,000円

研究成果の概要（和文）：東南アジア沿岸域に出現する小型有害渦鞭毛藻の培養株を作成し、有害赤潮を形成するカレニア科と貝毒を生産するアンフィドマ科を主な対象として形態、系統、分布を調べた。東南アジアからはカレニア科に所属する2種のKarenia, 6種のKarlodinium, 5種のTakayamaの出現を確認した。フィリピン産の1株は未記載種であることが確認され、Karlodinium azanzaeとして新種記載した。アンフィドマ科の報告は東南アジアからはなかったが、ベトナムからAzadinium poporum, マレーシアとフィリピンからAmphidoma sp.が確認され、前者からはアザスピロ酸が検出された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

東南アジア沿岸域では細胞が比較的大きい有害渦鞭毛藻は出現報告されてきたが、小型のカレニア科やアンフィドマ科渦鞭毛藻については出現情報が限られていた。これらは形態識別が困難であるため、将来的には分子同定によるモニタリング実施が想定される。本研究では、東南アジア沿岸域からカレニア科の13種とアンフィドマ科の2種の出現を確認し、微細構造と系統的位置を明らかにした。本研究で種同定や新種記載により明らかにした小型有害渦鞭毛藻の分布情報は有害藻類モニタリングに活用され、蓄積したDNA配列は将来的な分子同定だけでなく、東アジア出現種との比較により有害種の分布域把握に寄与する。

研究成果の概要（英文）：Morphology, phylogeny and distribution of small harmful dinoflagellates, belonging to the Kareniaceae and Amphidomataceae, were examined by using culture strains isolated from coastal waters of Southeast Asia. In this study, 13 karenian dinoflagellates including two Karenia, six Karlodinium and five Takayama species from Southeast Asia, and 19 karenian species from Japan were identified based on their ultrastructure and phylogenetic positions inferred from LSU rDNA and ITS sequences. Two amphidomatean dinoflagellates, Azadinium poporum and Amphidoma sp., were isolated for the first time from Southeast Asia, and azaspiracid was detected from the former species. Since the occurrence information of these small harmful dinoflagellates have been limited in Southeast Asia, species composition and morpho-molecular data obtained in this study will contribute to harmful algal bloom monitoring in coastal waters of Southeast Asia.

研究分野：藻類系統分類学

キーワード：赤潮 貝毒 渦鞭毛藻 系統分類 微細構造 カレニア科 アンフィドマ科 東南アジア

1. 研究開始当初の背景

東南アジア沿岸域では、1990年代にはフィリピンやインドネシアで麻痺性貝毒の原因渦鞭毛藻 *Pyrodinium bahamense* による貝毒中毒、2000年以降にはマレーシアやインドネシアで有害渦鞭毛藻 *Cochlodinium polykrikoides* による大規模な魚類斃死など、有害藻類を原因とした被害が発生していた。そして近年では、過去に報告がなかった小型渦鞭毛藻による有害赤潮が頻発するようになってきている。そこで小型有害渦鞭毛藻の探索を進めたところ、東南アジア各国の沿岸域にはこれら顕在化した有害藻類だけでなく、未報告であった有害赤潮の原因となるカレニア科や、貝毒を生産するアンフィドマ科などの小型渦鞭毛藻の分布が確認されていた。これまでに見逃されてきた小型有害渦鞭毛藻の多くは顕微鏡による形態識別が困難であるため、将来的には種特異的な DNA 配列に基づく分子同定を用いた有害藻類モニタリングの実施が想定される。

2. 研究の目的

本研究では小型有害渦鞭毛藻の被害対策基盤の構築を目的として、東南アジア沿岸域に潜在する小型有害渦鞭毛藻の種組成、毒組成、個体群分布に関する知見を包括的に蓄積する。本研究では、東南アジアにおける有害藻類研究者ネットワークを活用して出現情報と微細藻類試料を入手し、これまでに改良してきた小型有害渦鞭毛藻の識別技術を用いて培養株を作成する。国外調査を現地研究者と合同で実施し、国内での微細構造観察や分子系統解析には海外の若手研究者を招聘することで、国際連携研究体制を強化と若手研究者の育成を図りながら、東南アジア沿岸域における小型有害渦鞭毛藻の被害対策基盤を構築する。

3. 研究の方法

東南アジア各国研究協力者の研究室を活動拠点として調査を実施した。20 µm と 5 µm のプランクトンネットを併用して、大型プランクトンを除去した濃縮試料 (5–20 µm) を採集し、現地研究室で小型渦鞭毛藻を識別して単離した。細胞の観察は微分干渉顕微鏡、走査型電子顕微鏡、透過型電子顕微鏡で行った。走査電顕試料はオスミウム酸固定後に臨界点乾燥で、透過電顕試料はグルタルアルデヒドとオスミウム酸を用いた二重固定法、もしくは同時固定法で作成した。類縁種との識別が可能な LSU rDNA と ITS 領域を主に用い、分子系統解析により系統的位置を明らかにした。培養株から DNA 抽出後に対象配列を増幅し、塩基配列決定は外注した。決定した配列を用いて分子系統解析を行い、出現種が所属する系統群を把握した。作成した培養株を用い、生産する毒組成を分析した。分析は液体クロマトグラフィー/高分解能飛行時間型質量分析計 (LC/TOFMS)、液体クロマトグラフィー/トリプル四重極質量分析計 (LC/MS/MS) を用いた。

4. 研究成果

(1) カレニア科渦鞭毛藻

無殻渦鞭毛藻カレニア科には有害赤潮の形成が知られる *Karenia*, *Karlodinium*, *Takayama* のほか、*Brachidinium* や *Asterodinium* など数属が所属する。東南アジアと東アジア沿岸域から、これらの培養株を作成し、形態観察と系統解析により種同定を行い、出現種を確認した (Fig. 1)。科内の系統関係は LSU rDNA や ITS 領域を用いた分子系統解析により明らかになりつつあるが、系統的位置が不明であった外洋性種 *Asterodinium gracile* についても培養株が作成できたため、この系統的位置、細胞の形態変化、細胞内微細構造、色素組成を報告した (Benico et al. 2019)。*Asterodinium* はこれまで外洋で得られた固定試料等に基づいて調べられていたため、*A. gracile* のほか *A. capitatum* などが細胞形態のみに基づいて報告されていたが、培養株を用いた細胞形態の観察からはこれらは *A. gracile* の変異の範囲に収まると考えられた。本種は、系統的にはカレニア科の中でも *Karenia* の系統に含まれたが、形態的に類似する *Brachidinium* との類縁は示されなかった。光合成色素組成では *Karenia* 属がもつ多くのフコキサンチン類縁体が検出されず、細胞内ではピレノイドがないなどカレニア科渦鞭毛藻として特異な形質が確認された。また、カレニア科構成種はハプト藻由来の葉緑体をもつことが知られるが、渦鞭毛藻に典型的なペリディンタイプタイプの葉緑体をもつカレニア科渦鞭毛藻を発見し、新属新種 *Gertia stigmatica* として記載した (Takahashi et al. 2019)。本種は小型の渦鞭毛藻で、2枚の膜で覆われた葉緑体、眼点、2つのピレノイドをもつ。光合成色素分析と葉緑体 DNA に基づく系統解析の結果から、本種の葉緑体がペリディンタイプであることが確認されている。

Karenia については、フィリピン沿岸から *Karenia mikimotoi* と *K. papilionacea* の出現を確認した。日本沿岸からはこれまでも出現が報告されていた *K. mikimotoi* と *K. papilionacea* のほか、*K. asterichroma*, *K. longicanalis*, *K. selliformis* の出現を確認した。2020年にはロシア・カムチャツカ半島で、2021年には北海道東部太平洋岸で *Karenia* による大規模な赤潮が発生したことから、これらの原因種 *K. selliformis* を同定するとともに、北海道東部の赤潮には *K. mikimotoi*, *K. longicanalis* の細胞も検出した (Iwataki et al. 2022; Orlova et al. 2022)。

Karlodinium については、フィリピン沿岸からは *Karlodinium australe*, *K. ballantinum*, *K. zhouanum* のほか、未記載種の培養株が確立できたため微細構造や系統的位置を明らかにするこ

とで *K. azanzae* として新種記載した (Benico et al. 2020)。本種の細胞は長 21.7-29.6 μm と属内では大型で、系統解析からは *Karlodinium australe* に近縁であることが示された。*Karlodinium* ではカイアシ類等の動物プランクトンを直接襲う (micropredation) 種が知られるが、本種にもその特徴が確認された。また、インドネシアからかは *K. decipiens*, タイからは *K. veneficum*, ベトナムからは *K. decipiens* と *K. veneficum* の出現が確認された。

Takayama については、フィリピン沿岸で赤潮による魚類斃死に関わってきた小型種は *T. acrotrocha* 類縁種であることが分かった。そのほか東南アジア沿岸では、インドネシアからは *T. tasmanica* 類縁種、マレーシアからは *T. tasmanica*, タイからは *T. acrotrocha* 類縁種、ベトナムからは *T. acrotrocha* の出現を確認している。日本沿岸では *T. acrotrocha* 類縁種 *T. helix*, *T. tasmanica*, *T. tasmanica* 類縁種, *T. tuberculata* の出現を確認した。2021 年の道東赤潮に混在した *Takayama* には *T. acrotrocha* 類縁種 *T. tasmanica* 類縁種 *T. tuberculata* が確認されている (Iwataki et al. 2022)。

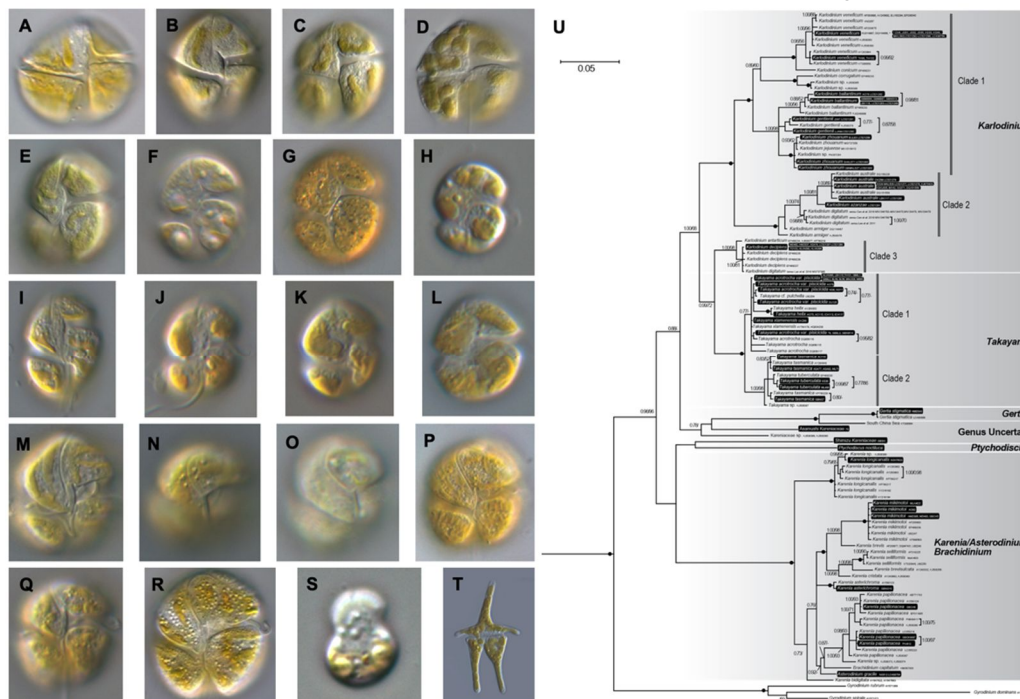


Fig. 1. 本研究で東南アジアと東アジアから出現が確認されたカレニア科渦鞭毛藻と系統的位相。(A) *Karenia asterichroma*, (B) *Karenia longicanalis*, (C) *Karenia mikimotoi*, (D) *Karenia papilionacea*, (E) *Karenia selliformis*, (F) *Karlodinium australe*, (G) *Karlodinium azanzae*, (H) *Karlodinium ballantinum*, (I) *Karlodinium decipiens*, (J) *Karlodinium gentienii*, (K) *Karlodinium veneficum*, (L) *Karlodinium zhouanum*, (M) *Takayama helix*, (N) *Takayama tasmanica*, (O) *Takayama tuberculata*, (P) *Takayama xiamenensis*, (Q) *Takayama* sp.1, (R) *Takayama* sp.2, (S) *Gertia stigmatica*, (T) *Asterodinium gracile*. (U) LSU rDNA に基づくカレニア科構成種の系統関係。

(3) 国際連携

東南アジアと東アジアから入手した有害微細藻類の出現情報は世界の有害藻類研究者の間でも共有している。東南アジアにおける有害藻類の出現情報はフィリピンとマレーシアの研究者と共同でまとめて報告した (Yñiguez et al. 2021)。東アジアにおける有害藻類の出現と漁業被害に関する情報は中国、韓国、ロシアの研究者と共同でまとめて報告した (Sakamoto et al. 2021)。これらの情報に基づく全球の有害藻類の出現傾向に関する情報の取りまとめに参加した (Hallegraeff et al. 2021)。

<引用文献>

- Benico G, Takahashi K, Lum WM, Iwataki M 2019. Morphological variation, ultrastructure, pigment composition and phylogeny of the star-shaped dinoflagellate *Asterodinium gracile* (Kareniaceae, Dinophyceae). *Phycologia* 58: 405-418.
- Benico G, Takahashi K, Lum WM, Yñiguez AT, Iwataki M 2020. The harmful unarmored dinoflagellate *Karlodinium* in Japan and Philippines, with reference to ultrastructure and micropredation of *Karlodinium azanzae* sp. nov. (Kareniaceae, Dinophyceae). *Journal of Phycology* 56: 1264-1282.
- Hallegraeff GM, Anderson DM, Belin C, Bottein MYD, Bresnan E, Chinain M, Enevoldsen H, Iwataki M, Karlson B, McKenzie CH, Sunesen I, Pitcher GC, Provoost P, Richardson A, Schweibold L, Tester PA, Trainer VL, Yñiguez AT, Zingone A 2021. Perceived global increase in algal blooms is attributable to intensified monitoring and emerging bloom impacts. *Communications Earth & Environment* 2: 117.
- Iwataki M, Lum WM, Kuwata K, Takahashi K, Arima D, Kuribayashi T, Kosaka Y, Hasegawa N, Watanabe

- T, Shikata T, Isada T, Orlova TY, Sakamoto S 2022. Morphological variation and phylogeny of *Karenia selliformis* (Gymnodiniales, Dinophyceae) in an intensive cold-water algal bloom in eastern Hokkaido, Japan. *Harmful Algae* 114: 102204.
- Orlova TY, Aleksanin AI, Lepskaya EV, Efimova KV, Selina MS, Morozova TV, Stonik IV, Kachur VA, Karpenko AA, Vinnikov KA, Adrianov AV, Iwataki M 2022. A massive bloom of *Karenia* species (Dinophyceae) off the Kamchatka coast, Russia, in the fall of 2020. *Harmful Algae* 120: 102337.
- Sakamoto S, Lim WA, Lu D, Dai X, Orlova T, Iwataki M 2021. Harmful algal blooms and associated fisheries damage in East Asia: Current status and trends in China, Japan, Korea and Russia. *Harmful Algae* 102: 101787.
- Takahashi K, Benico G, Lum WM, Iwataki M 2019. *Gertia stigmatica* gen. et sp. nov. (Kareniaceae, Dinophyceae), a new marine unarmored dinoflagellate possessing the peridinin-type chloroplast with an eyespot. *Protist* 170: 125680.
- Takahashi K, Lum WM, Benico G, Uchida H, Ozawa M, Oikawa H, Suzuki T, Nguyen NV, Ha DV, Iwataki M 2021. Toxigenic strains of *Azadinium poporum* (Amphidomataceae, Dinophyceae) from Japan and Vietnam, with first reports of *A. poporum* (ribotype A) and *A. trinitatum* in Asian Pacific. *Phycological Research* 69: 175-187.
- Yniguez AT, Lim PT, Leaw CP, Jipanin SJ, Iwataki M, Benico G, Azanza RV 2021. Over 30 years of HABs in the Philippines and Malaysia: What have we learned? *Harmful Algae* 102: 101776.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 18件 / うち国際共著 14件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Lum Wai Mun, Sakamoto Setsuko, Yuasa Koki, Takahashi Kazuya, Kuwata Koyo, Kodama Taketoshi, Katayama Tomoyo, Leaw Chui Pin, Lim Po Teen, Takahashi Kazutaka, Iwataki Mitsunori	4. 巻 10
2. 論文標題 Comparative effects of temperature and salinity on growth of four harmful <i>Chattonella</i> spp. (<i>Raphidophyceae</i>) from tropical Asian waters	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Frontiers in Marine Science	6. 最初と最後の頁 1127871
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fmars.2023.1127871	査読の有無 有
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 Rachman Arief, Thoha Hikmah, Intan Mariana Destila Bayu, Sianturi Oksto Ridho, Witasari Yunia, Wibowo Singgih Prasetyo Adi, Iwataki Mitsunori	4. 巻 27
2. 論文標題 Dinoflagellate Cyst Distribution in Relation to the Sediment Composition and Grain Size in the Coastal Area of Pangkajene, South Sulawesi, Indonesia	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences	6. 最初と最後の頁 111 ~ 123
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14710/ik.ijms.27.2.111-123	査読の有無 有
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 Lum Wai Mun, Lim Hong Chang, Lau Winnie Lik Sing, Law Ing Kuo, Teng Sing Tung, Benico Garry, Leong Sandric Chee Yew, Takahashi Kazuya, Gu Haifeng, Lirdwitayaprasit Thaitaworn, Leaw Chui Pin, Lim Po Teen, Iwataki Mitsunori	4. 巻 118
2. 論文標題 Description of two new species <i>Chattonella tenuiplastida</i> sp. nov. and <i>Chattonella malayana</i> sp. nov. (<i>Raphidophyceae</i>) from South China Sea, with a report of wild fish mortality	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Harmful Algae	6. 最初と最後の頁 102322
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.hal.2022.102322	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 Orlova Tatiana Y., Aleksanin Anatoly I., Lepskaya Ekaterina V., Efimova Kseniya V., Selina Marina S., Morozova Tatiana V., Stonik Inna V., Kachur Vasily A., Karpenko Alexander A., Vinnikov Kirill A., Adrianov Andrey V., Iwataki Mitsunori	4. 巻 120
2. 論文標題 A massive bloom of <i>Karenia</i> species (<i>Dinophyceae</i>) off the Kamchatka coast, Russia, in the fall of 2020	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Harmful Algae	6. 最初と最後の頁 102337
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.hal.2022.102337	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 Muawanah, Bayu Intan Mariana D., Boudin Elyse, Thoha Hikmah, Rachman Arief, Sianturi Oksto Ridho, Sidabutar Tumpak, Iwataki Mitsunori, Takahashi Kazuya, Avarre Jean-Christophe, Carcaillet Fr?d?rique, Masseret Estelle	4. 巻 11
2. 論文標題 Harmful Algae in Indonesia: Small in Size, Big in Effect	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Frontiers for Young Minds	6. 最初と最後の頁 858326
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/frym.2023.858326	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 Ozawa Mayu, Uchida Hajime, Watanabe Ryuichi, Matsushima Ryoji, Oikawa Hiroshi, Takahashi Kazuya, Iwataki Mitsunori, Suzuki Toshiyuki	4. 巻 226
2. 論文標題 Azaspiracid accumulation in Japanese coastal bivalves and ascidians fed with Azadinium poporum producing azaspiracid-2 as the dominant toxin component	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Toxicon	6. 最初と最後の頁 107069 ~ 107069
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.toxicon.2023.107069	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 -
1. 著者名 G.M. Hallegraeff, D.M. Anderson, C. Belin, M.-Y.D. Bottein, E. Bresnan, M. Chinain, H. Enevoldsen, M. Iwataki, B. Karlson, C.H. McKenzie, I. Sunesen, G.C. Pitcher, P. Provoost, A. Richardson, L. Schweibold, P.A. Tester, C.L. Trainer, A.T. Yniguez and A. Zingone	4. 巻 2
2. 論文標題 Perceived global increase in algal blooms is attributable to intensified monitoring and emerging bloom impacts	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Communications Earth & Environment	6. 最初と最後の頁 117
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s43247-021-00178-8	査読の有無 有
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 M. Ozawa, H. Uchida, R. Watanabe, R. Matsushima, H. Oikawa, K. Takahashi, M. Iwataki and T. Suzuki	4. 巻 199
2. 論文標題 Complex profiles of azaspiracid analogues in two culture strains of Azadinium poporum (Amphidomataceae, Dinophyceae) isolated from Japanese coastal waters determined by LC-MS/MS	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Toxicon	6. 最初と最後の頁 145-155
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.toxicon.2021.06.010	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 -

1. 著者名 G. Benico, W.M. Lum, K. Takahashi, A.T. Yniguez and M. Iwataki	4. 巻 80
2. 論文標題 Thecal tabulation, body scale morphology and phylogeny of <i>Heterocapsa philippinensis</i> sp. nov. (Peridinales, Dinophyceae) from the Philippines	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 European Journal of Protistology	6. 最初と最後の頁 125811
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ejop.2021.125811	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 Z. Hu, N. Xu, H. Gu, Z. Chai, K. Takahashi, Z. Li, Y. Deng, M. Iwataki, K. Matsuoka and Y.Z. Tang	4. 巻 108
2. 論文標題 Morpho-molecular description of a new HAB species, <i>Pseudocochlodinium profundisulcus</i> gen. et sp. nov., and its LSU rRNA gene based genetic diversity and geographical distribution	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Harmful Algae	6. 最初と最後の頁 102098
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.hal.2021.102098	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 M. Iwataki, W.M. Lum, K. Kuwata, K. Takahashi, D. Arima, T. Kuribayashi, Y. Kosaka, N. Hasegawa, T. Watanabe, T. Shikata, T. Isada, T.Y. Orlova and S. Sakamoto	4. 巻 114
2. 論文標題 Morphological variation and phylogeny of <i>Karenia selliformis</i> (Gymnodinales, Dinophyceae) in an intensive cold-water algal bloom in eastern Hokkaido, Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Harmful Algae	6. 最初と最後の頁 102204
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.hal.2022.102204	査読の有無 有
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 G. Benico, K. Takahashi, W.M. Lum, A.T. Yniguez and M. Iwataki	4. 巻 56
2. 論文標題 The harmful unarmored dinoflagellate <i>Karlodinium</i> in Japan and Philippines, with reference to ultrastructure and micropredation of <i>Karlodinium azanzae</i> sp. nov. (Kareniaceae, Dinophyceae)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Phycology	6. 最初と最後の頁 1264-1282
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jpy.13030	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 Z. Hu, Z. Li, Y. Deng, M. Iwataki, Z. Luo, J. Wang, Y. Sun, Z. Zhao, H. Gu, H.H. Shin and Y.Z. Tang	4. 巻 59
2. 論文標題 Morphology, ultrastructure and molecular phylogeny of the unarmoured dinoflagellate <i>Kirithra sigma</i> sp. nov. (Cerato-peridiniaceae, Dinophyceae)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Phycologia	6. 最初と最後の頁 385-396
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/00318884.2020.1771660	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 K. Takahashi, G. Benico, W.M. Lum, H. Uchida, M. Ozawa, H. Oikawa, T. Suzuki, N.V. Nguyen, D.V. Ha and M. Iwataki	4. 巻 69
2. 論文標題 Toxigenic strains of <i>Azadinium poporum</i> (Amphidomataceae, Dinophyceae) from Japan and Vietnam, with first reports of <i>A. poporum</i> (ribotype A) and <i>A. trinitatum</i> in Asian Pacific	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Phycological Research	6. 最初と最後の頁 オンライン
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/pre.12455	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 G. Benico, K. Takahashi, W.M. Lum and M. Iwataki	4. 巻 58
2. 論文標題 Morphological variation, ultrastructure, pigment composition and phylogeny of the star-shaped dinoflagellate <i>Asterodinium gracile</i> (Kareniaceae, Dinophyceae)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phycologia	6. 最初と最後の頁 405-418
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/00318884.2019.1601948	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 -

1. 著者名 W.M. Lum, K. Takahashi, G. Benico, H. Takayama and M. Iwataki	4. 巻 58
2. 論文標題 <i>Dactylo-dinium arachnoides</i> sp. nov. (Borghiellaceae, Dinophyceae): a new marine dinoflagellate with a loop-shaped apical structure complex and tubular membranous extrusomes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phycologia	6. 最初と最後の頁 661-674
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/00318884.2019.1658399	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 -

1. 著者名 K. Takahashi, G. Benico, W.M. Lum and M. Iwataki	4. 巻 170
2. 論文標題 Gertia stigmatica gen. et sp. nov. (Kareniaceae, Dinophyceae), a new marine unarmored dinoflagellate possessing the peridinin-type chloroplast with an eyespot	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Protist	6. 最初と最後の頁 125680
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.protis.2019.125680	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 -

1. 著者名 A.T. Yniguez, P.T. Lim, C.P. Leaw, S.J. Jipanin, M. Iwataki, G. Benico and R.V. Azanza	4. 巻 -
2. 論文標題 Over 30 years of HABs in Southeast Asia: what have we learned from records in the Philippines and Malaysia?	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Harmful Algae	6. 最初と最後の頁 101776
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.hal.2020.101776	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 S. Sakamoto, W.A. Lim, D. Lu, X. Dai, T. Orlova and M. Iwataki	4. 巻 -
2. 論文標題 Harmful algal blooms and associated fisheries damage in East Asia: current status and trends in China, Japan, Korea and Russia	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Harmful Algae	6. 最初と最後の頁 101787
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.hal.2020.101787	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

〔学会発表〕 計33件 (うち招待講演 8件 / うち国際学会 11件)

1. 発表者名 内田肇・小澤真由・高橋和也・渡邊龍一・松嶋良次・及川寛・岩滝光儀・鈴木敏之
2. 発表標題 Azadinium poporumの主要毒と分子系統
3. 学会等名 令和4年度日本水産学会秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小澤眞由・内田肇・渡邊龍一・松嶋良次・及川寛・高橋和也・岩滝光儀・鈴木敏之
2. 発表標題 国内に生息する二枚貝およびマボヤにおけるアザスピロ酸の蓄積
3. 学会等名 令和4年度日本水産学会秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高橋和也
2. 発表標題 マトリョーシカはどこまで包む？渦鞭毛藻の三次葉緑体成立過程を示す細胞構造と系統の証拠
3. 学会等名 日本植物学会第86回大会シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 M. Iwataki, W.M. Lum, K. Kuwata, K. Takahashi, G. Benico
2. 発表標題 Morphology and phylogeny of kareniacean dinoflagellates recently formed marine harmful algal blooms in Asian Pacific
3. 学会等名 International Scientific Conference on Bien Dong 2022（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岩滝光儀・桑田向陽・Lum Wai Mun・高橋和也
2. 発表標題 2021年秋季道東赤潮原因種の形態と系統
3. 学会等名 水産海洋学会第51回北洋研究シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 内田肇・小澤真由・高橋和也・渡邊龍一・松嶋良次・及川寛・鈴木敏之・岩滝光儀
2. 発表標題 日本沿岸におけるAzadinium poporumの主要なアザスピロ酸組成と分子系統
3. 学会等名 東日本貝毒分科会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 桑田向陽・Wai Mun Lum・高橋和也・Benico Garry・内田肇・小澤真由・松嶋良次・渡邊龍一・及川寛・鈴木敏之・岩滝光儀
2. 発表標題 アンフィドマ科渦鞭毛藻Azadiniumの陸奥湾産1未記載種の系統，形態，毒生産
3. 学会等名 日本藻類学会第47回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 高橋和也・岩滝光儀
2. 発表標題 ハプト藻葉緑体をもつ渦鞭毛藻の蛍光in situハイブリダイゼーション法に基づく細胞学的観察
3. 学会等名 日本藻類学会第47回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 鈴木重勝・Mary-Helene Noel・岩滝光儀・恒松雄太・藤田雅紀・山口晴代・東博紀・越川海・河地正伸
2. 発表標題 2021年秋期に北海道沖で発生した大規模赤潮の謎を解く：自由生活性バクテリアが渦鞭毛藻の赤潮形成に及ぼす影響
3. 学会等名 日本藻類学会第47回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小澤眞由・内田肇・渡邊龍一・松嶋良次・及川寛・高橋和也・岩滝光儀・鈴木敏之
2. 発表標題 日本沿岸から分離したAzadinium poporum培養株におけるアザスピロ酸類縁体の複雑な毒組成
3. 学会等名 令和3年度日本水産学会秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 M. Iwataki, B. Garry, T. Kazuya, W.M. Lum
2. 発表標題 Taxonomy and phylogeny of unarmored dinoflagellates in the Kareniaceae found from Asian Pacific
3. 学会等名 19th International Conference on Harmful Algae (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 M. Hallegraeff, D.M. Anderson, C. Belin, M.-Y.D. Bottein, E. Bresnan, M. Chinain, H. Enevoldsen, M. Iwataki, B. Karlson, C.H. McKenzie, I. Sunesen, G.C. Pitcher, P. Provoost, A. Richardson, L. Schweibold, P.A. Tester, C.L. Trainer, A.T. Yniguez, A. Zingone
2. 発表標題 Are harmful marine microalgal blooms and their societal impacts increasing? A 30 year global data analysis
3. 学会等名 19th International Conference on Harmful Algae (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 K. Takahashi, W.M. Lum, M. Iwataki
2. 発表標題 Morphology, pigment composition and phylogeny of an unarmored dinoflagellate Gertia sp., a peridinin-containing species in the Kareniaceae
3. 学会等名 19th International Conference on Harmful Algae (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 W.M. Lum, K. Takahashi, T. Nishimura, M. Adachi, M. Iwataki
2. 発表標題 Morphology and phylogeny of an undescribed suessiacean dinoflagellate from a tidal pool in Japan
3. 学会等名 19th International Conference on Harmful Algae (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小澤眞由・内田肇・渡邊龍一・松嶋良次・及川寛・高橋和也・岩滝光儀・鈴木敏之
2. 発表標題 日本沿岸から分離したAzadinium poporumの培養株が産生するアザスピロ酸
3. 学会等名 東日本貝毒分科会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 坂本節子・北辻さほ・紫加田知幸・中山奈津子・湯浅光貴・長谷川夏樹・渡辺剛・黒田寛・伊佐田智規・有馬大地・栗林貴範・岩滝光儀
2. 発表標題 2021年秋季に発生した北海道東部太平洋岸カレニア属赤潮の発生状況と漁業被害の概要
3. 学会等名 東日本貝毒分科会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岩滝光儀・W.M. Lum・桑田向陽・高橋和也・有馬大地・栗林貴範・長谷川夏樹・渡辺剛・坂本節子・伊佐田智規
2. 発表標題 2021年秋季に北海道東部太平洋岸で発生した赤潮に観察された無殻渦鞭毛藻Karenia 3種の形態と系統
3. 学会等名 東日本貝毒分科会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 M. Iwataki
2. 発表標題 Recent advances in HABs- What are the causative species?
3. 学会等名 UN Ocean Decade Kickoff Conference for the Western Pacific and its Adjacent Areas (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 W.M. Lum・K. Takahashi・T. Nishimura・M. Adachi・M. Iwataki
2. 発表標題 Ultrastructure of a benthic suessiacean dinoflagellate from tidal regions in Japan
3. 学会等名 日本藻類学会第46回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高橋和也・G. Benico・岩滝光儀
2. 発表標題 無殻渦鞭毛藻カレニア科のハプト藻型葉緑体系統が示す多重並列共生
3. 学会等名 日本藻類学会第46回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小澤真由・内田肇・渡邊龍一・松嶋良次・及川寛・高橋和也・岩滝光儀・鈴木敏之
2. 発表標題 日本国内に生息するムラサキイガイにおける新奇下痢貝毒アザスピロ酸の蓄積能
3. 学会等名 令和4年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 M. Iwataki, K. Takahashi, G. Benico, W.M. Lum
2. 発表標題 Morphology of kareniacean dinoflagellates occurred in Japanese coast
3. 学会等名 Harmful Algal Blooms in the North Pacific: Current Dynamics and Impact to Marine Ecosystems (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋和也・岩滝光儀
2. 発表標題 祖先的渦鞭毛藻1種にみられたハプト藻型葉緑体獲得
3. 学会等名 日本藻類学会第45回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小澤眞由・内田肇・渡邊龍一・松嶋良次・及川寛・高橋和也・岩滝光儀・鈴木敏之
2. 発表標題 給餌実験によるアサリのアザスピロ酸-2の蓄積
3. 学会等名 令和3年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岩滝光儀・高橋和也・W.M. Lum・G. Benico・小澤眞由・内田肇・及川寛・鈴木敏之
2. 発表標題 日本に出現する有殻渦鞭毛藻Azadiniumの系統と分布
3. 学会等名 令和3年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 M. Iwataki
2. 発表標題 Taxonomy and molecular characterization of fish-killing algae
3. 学会等名 Advanced International Colloquium and Technical Workshop on Fish-Killing Marine Algae and Their Effects (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 G. Benico, K. Takahashi, W.M. Lum, M. Iwataki
2. 発表標題 Ultrastructure and phylogeny of a harmful micropredatory species of <i>Karlodinium</i> (Kareniaceae, Dinophyceae) found in Manila Bay, Philippines
3. 学会等名 11th EASTHAB Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Takahashi, M. Iwataki
2. 発表標題 Morphology and pigment composition of an unarmored dinoflagellate resembling <i>Gertia stigmatica</i> (Kareniaceae, Dinophyceae) isolated from Japan
3. 学会等名 11th EASTHAB Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Iwataki, K. Takahashi, W.M. Lum, G. Benico, M. Ozawa, H. Uchida, H. Oikawa, T. Suzuki
2. 発表標題 Morphology and phylogeny of armored dinoflagellates in the Amphidomataceae (<i>Azadinium</i> and <i>Amphidoma</i>) from Japan
3. 学会等名 11th EASTHAB Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小澤眞由・内田肇・渡邊龍一・松嶋良次・及川寛・高橋和也・岩滝光儀・鈴木敏之
2. 発表標題 AZA2標準品の製造に向けたAzadinium poporumの培養条件の検討
3. 学会等名 令和2年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岩滝光儀・高橋和也・Garry Benico・Lum Wai Mun・小澤眞由・内田肇・及川寛・鈴木敏之
2. 発表標題 日本沿岸から検出したアンフィドマ科渦鞭毛藻の系統と出現海域
3. 学会等名 令和2年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋和也・岩滝光儀
2. 発表標題 ハプト藻型葉緑体をもつ狭義のGymnodinium系統群の渦鞭毛藻1種の微細構造と系統
3. 学会等名 日本藻類学会第44回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 G. Benico, K. Takahashi, T. Yoshikawa, M. Iwataki
2. 発表標題 Pigment composition and phylogenetic relationship of the Kareniaceae (Gymnodiniales, Dinophyceae) from the Western Pacific coastal waters
3. 学会等名 日本藻類学会第44回大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 岩滝光儀・内田肇・高橋和也	4. 発行年 2023年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 452
3. 書名 原生生物学辞典（担当：有害藻類（赤潮・貝毒））	

1. 著者名 G.M. Hallegraeff, D.M. Anderson, K. Davidson, F. Gianella, P.J. Hansen, H. Hegaret, M. Iwataki, T.O. Larsen, J. Mardones, L. MacKenzie, J.E. Rensel	4. 発行年 2023年
2. 出版社 UNESCO-IOC/SCOR	5. 総ページ数 96
3. 書名 Fish-Killing Marine Algal Blooms: Causative Organisms, Ichthyotoxic Mechanisms, Impacts and Mitigation	

〔産業財産権〕

〔その他〕

2021年秋季に北海道東部太平洋岸で発生した有害赤潮の原因種カレニア セリフォルミスの形態と系統 https://www.a.u-tokyo.ac.jp/topics/topics_20220224-1.html

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
研究分担者	高橋 和也 (Takahashi Kazuya) (00821109)	東京大学・大学院農学生命科学研究科（農学部）・特任研究員 (12601)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究 分 担 者	鈴木 敏之 (Suzuki Toshiyuki) (70371804)	国立研究開発法人水産研究・教育機構・水産技術研究所(長崎)・部門長 (82708)	

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5件

国際研究集会 WESTPAC-HAB国際ワークショップ	開催年 2023年～2023年
国際研究集会 WESTPAC-HABミーティング	開催年 2022年～2022年
国際研究集会 WESTPAC-HABミーティング	開催年 2021年～2021年
国際研究集会 WESTPAC-HAB国際ワークショップ	開催年 2021年～2021年
国際研究集会 WESTPAC-HAB国際ワークショップ	開催年 2019年～2019年

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			
インドネシア	インドネシア科学院海洋学研究センター			
マレーシア	マラヤ大学	マレーシア大学サラワク校		
フィリピン	フィリピン大学ディリマン校	フィリピン水産資源局	セントラルルソン州立大学	他1機関
ベトナム	海洋水産研究所	ベトナム海洋研究所		
ロシア連邦	ロシア科学アカデミー極東支部 海洋生物学研究所			
タイ	チュラロンコン大学			