

令和 4 年 6 月 15 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H03027

研究課題名(和文) 東南アジアに混在する有害赤潮原因シャットネラ新規系統群の識別と分布特性

研究課題名(英文) Genotypic diversity and phylogeography of harmful raphidophyte *Chattonella* in Southeast Asia

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) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：東南アジア沿岸域に分布する有害ラフィド藻*Chattonella*の出現情報をまとめ、系統群レベルでの分布を明らかにした。東南アジアでは1989年までは3件の出現に限られたが、2019年までには8件の漁業被害を含む30件以上の出現が認められた。系統解析からは、東アジアには*C. marina*系統群のみが分布し、東南アジアには4系統群(*C. marina*系統群、*C. subsalsa*系統群、2新規系統群)が混在することが確認された。東南アジアでの本属の漁業被害は、主に*C. subsalsa*系統群によることが推察された。高水温における増殖は4系統群の中で*C. subsalsa*系統群が最も高かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

海産ラフィド藻*Chattonella*は日本沿岸で大きな漁業被害を発生してきた有害藻類である。東南アジアでは出現情報も限られていたが、近年では本属による漁業被害が発生していた。本研究で明らかにした東南アジアにおける本属系統群の分布情報により、東アジアには*C. marina*系統群のみが分布する一方、東南アジアにはこれを含む4系統群が混在し、中でも*C. subsalsa*系統群が高水温に対する耐性が高く、漁業被害にも関わってきたことが推察された。この識別技術により、日本沿岸に*C. subsalsa*系統群などが将来導入された際にも、出現が知られていた*C. marina*系統群との識別が可能となる。

研究成果の概要(英文)：Occurrences and associated fisheries damages have been documented, and distribution of intrageneric phylotypes were analyzed for the marine harmful raphidophyte *Chattonella* in Southeast Asian coastal waters. In the Southeast Asian countries, only three cases have been recorded until 1989, and more than 30 cases including eight fisheries damages have been recorded until 2019. Molecular phylogeny inferred from ITS and LSU rDNA sequences showed the presence of *C. marina* phylotype in East Asia, while four phylotypes (*C. marina*, *C. subsalsa* and two new phylotypes) in Southeast Asia. In Southeast Asia, fisheries damages have been caused mainly by the *C. subsalsa* phylotype. Among the four *Chattonella* phylotypes found in Southeast Asia, the highest growth rate for higher temperature (>30.5 °C) was obtained from a culture of *C. subsalsa* phylotype.

研究分野：藻類系統分類学

キーワード：有害藻類 赤潮 ラフィド藻 シャットネラ 系統分類 微細構造 分布 東南アジア

1. 研究開始当初の背景

海産有害ラフィド藻 *Chattonella* は世界の温帯・亜熱帯沿岸域における分布が知られ、特に、西日本沿岸では 1970 年代より *Chattonella* 赤潮による大きな漁業被害が報告されてきた (Imai and Yamaguchi 2012; Sakamoto et al. 2021; Yniguez et al. 2021)。一方、熱帯の東南アジア沿岸域では、*Chattonella* の出現報告はタイやシンガポールなどからの数例に限られていた (Marshall 2002; Edvardsen and Imai 2006)。しかし近年では、*Chattonella* 赤潮による魚類斃死は東南アジアでも報告されるようになり、予備調査においても各国沿岸域から *Chattonella* の細胞が確認されていた。硬い外被構造をもたない *Chattonella* の細胞は形態変異が大きく、これまでに記載されてきた種には細胞の観察のみでは識別が難しいものも含まれる。分子系統解析を用いた属内の系統関係では、*Chattonella subsalsa* 系統群と *Chattonella marina* 系統群 (*C. antiqua*, *C. marina*, *C. ovata* として報告された種を含む) の 2 系統群に識別され、多くの調査が実施されてきた西日本からは *C. marina* 系統群の出現が確認されていた。一方で、東南アジアではインドネシアから *C. marina* 系統群が報告されたのに加え (Ayu-Lana-Nafisyah et al. 2018)、予備調査により *C. subsalsa* 系統群が見つかり (Lum et al. 2019)、さらにこれら 2 系統群に加えて未報告の系統群も検出されていた。現在までの *Chattonella* の世界的分布を系統群ごとに見ると、日本を含む東アジアでは *C. marina* 系統群が、地中海 (イタリア等) では *C. subsalsa* 系統群が確認されており (Klopper et al. 2013)、未報告の新規系統群を含む複数の属内系統群が混在する東南アジア沿岸域は *Chattonella* の分布に関して世界的にも特異な状況にあることが想定された。そのため、東南アジア沿岸域で近年報告されるようになった *Chattonella* による赤潮被害は、これらの海域に潜在していた在来個体群によるものか、新たな移入個体群によるものかは不明であった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、(1) 東南アジア沿岸域における *Chattonella* の出現と漁業被害の状況を把握すること、(2) 東南アジアに分布する *Chattonella* の系統群を識別して系統群ごとの分布状況を明らかにすること、(3) *Chattonella* 系統群ごとの形態的・生理生態的特徴を明らかにすること、である。(1) により、これまで限定的な情報しか入手できなかった東南アジア沿岸域における *Chattonella* の分布を属レベルで把握し、被害状況を明らかにすることで、地域的な研究課題として本属に関する情報を共有することができる。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 *Chattonella* に関する情報共有を進め、連携研究体制の強化と若手研究者の育成を進めることも併せて目的とする。(2) では、属内系統群を識別した上でそれぞれの分布を明らかにすることで、東南アジア沿岸域における在来個体群と移入個体群を識別するための基礎情報とする。(3) の系統群ごとの形態形質では、現在までに *C. subsalsa* と *C. marina* から報告されてきた粘液胞の射出やピレノイド内の微細構造などの形態形質について、新規系統群の培養株を加えて同一培養条件下で維持しながら比較観察することで、同定に有用な形質であるかを評価する。生理生態的特性については、東南アジア産 *Chattonella* の水温や塩分に対する増殖特性を系統群ごとに明らかにすることで、それぞれの系統群が東南アジアの高水温・高塩分環境にどの程度適応しているのかを評価し、在来個体群と移入個体群の識別を試みる。本研究で明らかにする東南アジアにおける分布情報と、属内系統群の形態的・遺伝的形質は東南アジアの有害藻類研究者と共有することで有害赤潮対策への迅速な活用が期待され、また、東南アジア沿岸域に分布する個体群の特定により、将来日本にこれらが移入した際にも識別が可能となる。

3. 研究の方法

Chattonella の出現と漁業被害に関する情報は、東南アジアの有害藻類研究者との連携により国際ワークショップ等を開催することで各国研究者から入手して、共有した。現地と日本の研究室で *Chattonella* の単藻培養株を作成して維持培養し、形態観察、分子系統解析、増殖試験に用いた。微分干渉顕微鏡による細胞形状、大きさ、葉緑体、表面顆粒の観察は全ての培養株で行い、入手した天然試料も比較した。粘液胞の放出はニュートラルレッドで染色して確認した。ピレノイド等の細胞内微細構造の観察には二重固定法と同時固定法を併用して試料を作成し、透過型電子顕微鏡で観察した。全ての培養株について LSU rDNA (D1-D6) と ITS 領域の配列を決定し、最尤法とベイズ法による分子系統解析により *C. marina* 系統群、*C. subsalsa* 系統群、新規 *Chattonella* 系統群を識別した。識別したそれぞれの系統群の培養株を用い、水温等に対する増殖特性試験を実施した。水温は 13.0-35.5°C の範囲を 2.5°C 間隔で 10 段階設定し、20 日後までの細胞密度を 2 日毎に計数することで、増殖できる水温の範囲と最大細胞収量が得られる水温を明らかにし、最大比増殖速度とこれが得られる水温を明らかにした。

4. 研究成果

(1) 東南アジアにおける *Chattonella* の分布と被害状況

Chattonella の出現と被害に関する情報を東南アジアの有害藻類研究者と共有するため、本研

究開始直前の2019年3月にタイのバンコクで、そして2019年12月にフィリピンのプエルトプリンセサで国際ワークショップを開催した (Fig. 1A, B)。国際ワークショップには東南アジア6ヶ国 (インドネシア、マレーシア、フィリピン、シンガポール、タイ、ベトナム) と東アジア (中国、日本、韓国) から有害藻類研究者が参加し、*Chattonella* の出現と被害に関する情報を共有した。共有した情報に基づき、東南アジアと東アジアにおける *Chattonella* の出現状況を1989年まで、そして2019年までに分けて分布をまとめた (Fig. 1C)。アジア太平洋域 (東南アジアと東アジアを含む) では、*Chattonella* は1969年に瀬戸内海 (広島県) で初確認された後、瀬戸内海では出現が継続して確認されている。1989年までは、東アジアでは4ヶ国 (中国、日本、韓国、ロシア) から、東南アジアでは3ヶ国 (インドネシア、シンガポール、タイ) から出現が確認されていた。2019年までには東南アジア沿岸域での出現情報が増加し、共同研究に参加した全6ヶ国からの出現が確認された。*Chattonella* 赤潮による被害状況を見ると、魚類のほか、エビとアサリの斃死被害が報告されている。東南アジアでは、1989年までにはエビ斃死被害が報告されていたが、2019年までには魚類の斃死報告が見られるようになった。これら赤潮被害を記録したいくつかの *Chattonella* 試料を入手し、形態観察と系統解析に用いた。

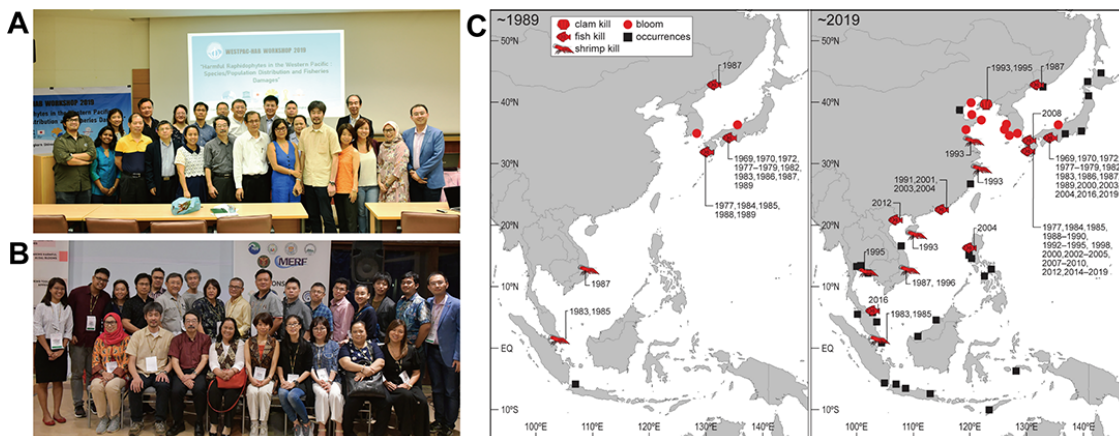


Fig. 1. (A) 2019年3月にタイのバンコクで開催した国際ワークショップ. (B) 2019年12月にフィリピンのプエルトプリンセサで開催した国際ワークショップ. (C) アジア太平洋域 (東南アジアと東アジア) 沿岸域で1989年までと2019年までに確認された *Chattonella* の出現海域と被害状況 (Lum et al. 2021).

(2) 東南アジアに分布する *Chattonella* の系統群の識別

現地合同調査と現地研究者の協力により、インドネシア、マレーシア、フィリピン、シンガポール、タイ、ロシアからの *Chattonella* の培養株を入手して分子系統解析を実施した。培養株から ITS 領域と LSU rDNA 配列を決定したほか、韓国からの GenBank 登録のない配列を加えて系統解析に加えた。これらのうちマレーシア、フィリピン、タイ、韓国、ロシアでは、*Chattonella* 属内系統群の初めての報告となる。*Chattonella* 属内系統群としては、*C. marina* 系統群 (*C. antiqua*, *C. marina*, *C. ovata* としての報告を含む) と *C. subsalsa* 系統群に識別され、後者はさらに2つのサブクレード (I と II) に分かれた。ITS 領域と LSU rDNA を用いて推定した系統関係は概ね一致し、解析した東南アジア産と東アジア産の *Chattonella* 培養株それぞれは特定の系統群に含まれた (Fig. 2A, B)。イタリア、チュニジアなど地中海から報告されてきた *C. subsalsa* 系統群 (I) には、今回解析した株を含めアジア産株は所属しなかった。アメリカ、メキシコ、イラン、ブラジルから報告されてきた *C. subsalsa* 系統群 (II) には、フィリピン、シンガポール、タイ産株が所属した。現在までに西日本産株を中心に、中国、香港、メキシコ、アメリカ、ブラジルなどから報告されてきた *C. marina* 系統群 (III) には、日本のほか、インドネシア、マレーシア、ロシア産株に加え、韓国から報告されていた未登録配列が含まれた。これら解析した情報に基づき、アジア太平洋域における *Chattonella* 属内系統群の分布をまとめた (Fig. 2C)。

過去には、日本からも *C. subsalsa* に含まれる *Chattonella* の出現が1件報告されていた (Bowers et al. 2006)、タイの共同研究者からの情報により、この試料は日本産ではなく、タイから分離・提供された培養株が日本産株と混同されて報告されたものであることを確認し、情報を整理した。これらの結果、東アジア (中国、日本、韓国、ロシア) 沿岸域からは、これまでに *C. marina* 系統群 (III) のみの出現が確認されていることが明らかとなった。一方、東南アジア沿岸域では、東アジアと同様に *C. marina* 系統群も広く分布するが、これに加え *C. subsalsa* 系統群 (II) がいくつかの地域に分布することが分かった。*C. marina* 系統群はマレー半島の他、ボルネオ島、スマトラ島、ジャワ島にも分布するが、*C. subsalsa* 系統群 (II) は、現在までに報告のあったシンガポールの他、フィリピンのルソン島、そしてタイのタイランド湾にも分布することが分かった。また、既報告の系統群 (I-III) の他、これらに含まれない2つの新規系統群を東南アジア沿岸域から見出し、系統群 (IV) と系統群 (V) に識別した。前者はボルネオ島とタイランド湾から、後者はマレー半島東岸からの出現が確認されている。

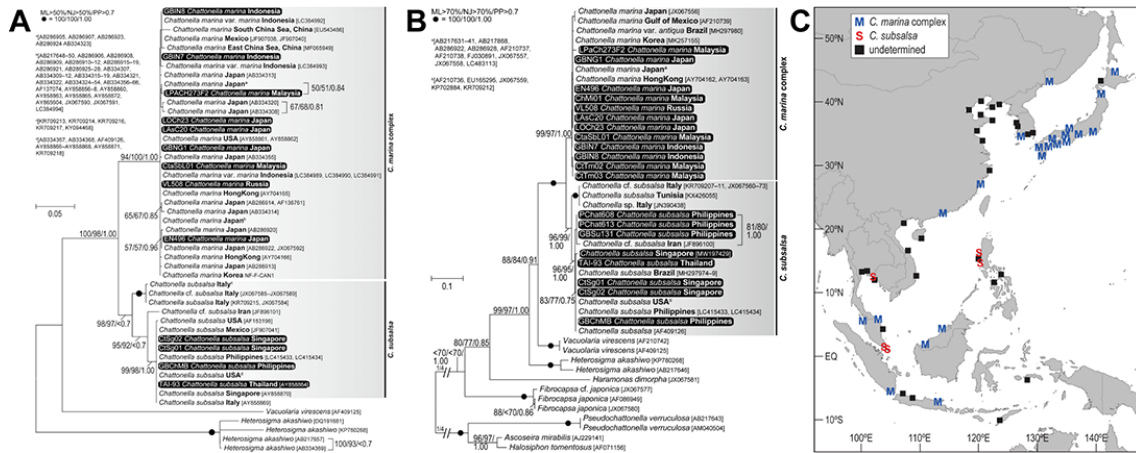


Fig. 2. (A) ITS 領域に基づく *Chattonella* 属内の系統関係. (B) LSU rDNA に基づく *Chattonella* 属内の系統関係. (C) *Chattonella* 属内系統群のアジア太平洋域における分布 (Lum et al. 2021).

分子系統解析の結果から明らかにした属内系統群 (Fig. 2C) を、取りまとめた *Chattonella* の出現と赤潮被害 (Fig. 1C) と照らし合わせることで、それぞれの属内系統群の初出現と漁業被害との関連を推定した。東南アジアにおける *Chattonella* の初出現報告は 1983 年にシンガポールで *C. marina* として報告されていたが (Khoo 1985), 系統群の分布状況からは本種はおそらく *C. subsalsa* (II) 系統群に所属すると考えられ、これは魚類斃死にも関わっている様である。また、タイのチャンタブリからは 1992 年に養殖エビの斃死に関連して *Chattonella* の出現が確認されていたが、これも *C. subsalsa* (II) 系統群に含まれることが系統解析から明らかとなった。*C. marina* 系統群 (III) に関しては東南アジアにおける広い分布が確認されたものの、この系統群を原因とする漁業被害は現在までのところ確認されていない。*Chattonella* 系統群 (V) については、2014 年にマレー半島東岸で大規模な赤潮を形成し、天然魚の斃死が確認されている。

(3) 新規 *Chattonella* 系統群の形態的・生理生態的形質

Chattonella の形態的識別は困難であるが、タイプ種 *C. subsalsa* はフランスの地中海沿岸 (Biecheler 1936), *C. marina* はインドより細胞の形態に基づいて記載されている (Subrahmanyam 1954)。日本沿岸に出現する *Chattonella* は *C. marina* と同定され、オーゴエ様の粘液胞を射出しないこと、そしてピレノイドにチラコイドが貫入することにより *C. subsalsa* と識別できるとされていた (Hara and Chihara 1982)。これらの形質に基づいて、アジア太平洋に分布する *Chattonella* 系統群 (II-V) が識別可能であるかを確認した (Fig. 3)。

粘液胞の射出をニュートラルレッド染色により確認したところ、射出が報告されてきた *C. subsalsa* 系統群 (II) だけでなく、*C. marina* 系統群 (III) に加え、新規系統群 (IV と V) からも確認された。射出の頻度は培養株やその状態によっても異なるが、少なくとも確認したすべての *Chattonella* が粘液胞を射出できることが確認された。また、葉緑体に含まれるピレノイドへのチラコイドの貫入については *C. subsalsa* では確認されないとされてきたが、本系統群では貫入した一枚のチラコイドが膨潤するため他の系統群とは見かけが異なるものの、チラコイドの貫入は確認された。*C. marina* 系統群 (III) と新規系統群 (V) では主に 3 重チラコイドがピレノイドに貫入し、先端部が短く分かれて膨潤することが多かった。*Chattonella* 新規系統群 (IV) では多数の管状チラコイドがピレノイドに貫入している状態も観察されたが、この形質は株内で安定せず、前述の系統群 (III と V) と同様に 3 重の板状チラコイドの貫入も観察された。したがって、現段階ではチラコイドの貫入様式から系統群を識別するには至っていない。

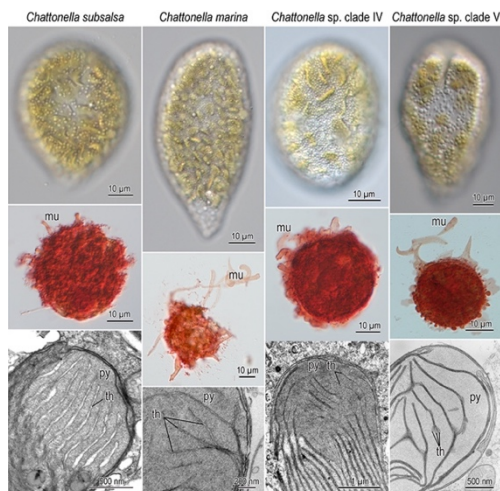


Fig. 3. *Chattonella* 系統群 (II, III, IV, V) の遊泳細胞, 粘液胞の射出, ピレノイドへのチラコイドの貫入様式。

生理生態的形質の違いについては、東南アジア産で属内系統群 (II-V) に所属する培養株 4 株を用いて、水温の違いに対する増殖特性を調べた。水温は 13.0–35.5°C の範囲で 20 日後までの細胞密度を求め、増殖できる水温と最大細胞収量が得られる水温を明らかにした。なお、日本産 *C. marina* 系統群では、瀬戸内海産株は 15–28°C で増殖して最大増殖速度は 25°C で得られており (山口ら 1991)、長崎県産株では 15.0–32.5°C で増殖して最大増殖速度は 30°C で得られている (山砥ら 2006)。東南アジア産株では、*C. subsalsa* 系統群 (II) の 1 株は 25.5–35.5°C でよく増殖し、最大比増殖速度は 28.0°C で得られた。31°C では増殖できなかつたとされる瀬戸内海産株の特性を踏まえると、33.0°C でもよく増殖し、35.5°C でも収量は多くないが増殖を示したことは、高水温に耐性をもつといえる。そして、低水温側では 23.0°C でほとんど増殖できなかったことは日本産株には見られなかつた特徴である。東南アジア産の *C. marina* 系統群 (III) の 1 株は 20.5–30.5°C でよく増殖し、最大比増殖速度は 25.5°C で得られた。本株は、高水温側では 33.0–35.5°C で増殖せず、低水温側では 15.5–18.0°C でも死滅しないなど、日本産 *C. marina* 系統群に近い増殖特性を示した。東南アジア産の新規系統群では、系統群 (IV) と系統群 (V) のそれぞれ 1 株が、共に 25.5–33.0°C で増殖し、最大比増殖速度は 30.5°C で得られた。日本産 *C. marina* 系統群 (III) を用いた結果からは、水温に対する増殖特性は産地や培養株の違いによってもある程度の差があることが分かっているため、今回用いた培養株がそれぞれの属内系統群の特徴を示したものであるかは分からない。しかし、これを踏まえた上でも東南アジア産の系統群 (II, IV, V) は高水温側に適応しており、これらと比べると *C. marina* 系統群 (III) は高水温耐性の程度は高くないことが示唆された。

(4) まとめ

Chattonella の出現情報が数件に限られていた東南アジアにおいて、同地域における広い分布を漁業被害情報と共にまとめて東南アジア・東アジアの有害藻類研究者と共有した。東アジアには *C. marina* 系統群のみが分布するのに対し、東南アジアには新規系統群を含む 4 系統群が分布することを明らかにし、東南アジアにおける現在までの漁業被害の多くは *C. subsalsa* 系統群によることが推察された。これらのうち、3 系統群は東南アジアに適応した高水温耐性を示したが、*C. marina* 系統群は東アジアに分布する *C. marina* 系統群と類似した増殖特性を示した。

〈引用文献〉

- Ayu-Lana-Nafisyah, Endang-Dewi-Masithah, Matsuoka K, Mirni-Lamid, Mochammad-Amin-Alamsjah, O-hara S, Koike K, 2018. Cryptic occurrence of *Chattonella marina* var. *marina* in mangrove sediments in Probolinggo, East Java Province, Indonesia. Fish. Sci. 84, 877–887.
- Biecheler B, 1936. Sur une Chloromonadine nouvelle d'eau saumatre *Chattonella subsalsa* n. gen., n. sp. Arch. Zool. Exp. Gen. 78, 79–83.
- Bowers HA, Tomas C, Tengs T, Kempton JW, Lewitus AJ, Oldach DW, 2006. Raphidophyceae (Chadefaud ex Silva) systematics and rapid identification: sequence analyses and real-time PCR assays. J. Phycol. 42, 1333–1348.
- Edvardsen B, Imai I, 2006. The ecology of harmful flagellates within Prymnesiophyceae and Raphidophyceae. In: Granéli, E., Turner, J.T. (Eds.), Ecology of Harmful Algae. Springer-Verlag, Berlin, pp. 67–79.
- Hara Y, Chihara M, 1982. Ultrastructure and taxonomy of *Chattonella* (class Raphidophyceae algae) in Japan. Jpn. J. Phycol. 30, 47–56.
- Imai I, Yamaguchi M, 2012. Life cycle, physiology, ecology and red tide occurrences of the fish killing raphidophyte *Chattonella*. Harmful Algae 14, 46–70.
- Khoo EW, 1985. Occurrences of "red tide" along Johore Straits, Malaysia, resulted in heavy mortality of shrimp. World Maricult. Soc. News. 16, 4
- Klopper S, John U, Zingone A, Mangoni O, Kooistra WHCF, Cembella AD, 2013. Phylogeny and morphology of a *Chattonella* (Raphidophyceae) species from the Mediterranean Sea: what is *C. subsalsa*? Eur. J. Phycol. 48, 79–92.
- Lum WM, Benico G, Doan-Nhu H, Furio E, Leaw CP, Leong SCY, Lim PT, Lim WA, Lirdwitayaprasit T, Lu S, Muawanah, Nguyen NV, Orlova TY, Rachman A, Sakamoto S, Takahashi K, Teng ST, Thoha H, Wang P, Yniguez AT, Wakita K, Iwataki M, 2021. The harmful raphidophyte *Chattonella* (Raphidophyceae) in Western Pacific: its red tides and associated fisheries damage over the past 50 years (1969–2019). Harmful Algae 107, 102070.
- Lum WM, Benico G, Azanza R, Furio E, Lim PT, Lim HC, Takahashi K, Iwataki M, 2019. Morphology and molecular phylogeny of the harmful raphidophyte *Chattonella subsalsa* isolated from Bolinao, Philippines. Phil. J. Nat. Sci. 24, 50–56.
- Marshall JA, 2002. Comparative ecophysiology, chemotaxonomy and ichthyotoxicity of *Chattonella marina* (Raphidophyceae) from Australia and Japan. Ph.D. Thesis. University of Tasmania, Tasmania.
- 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, 101787.
- Subrahmanyam R, 1954. On the life-history and ecology of *Hornellia marina* gen. et sp. nov., (Chloromonadineae), causing green discoloration of the sea and mortality among marine organisms off the Malabar Coast. Indian J. Fish. 1, 182–203.
- 山口峰生, 今井一郎, 本城凡夫, 1991. 有害ラフィド藻 *Chattonella antiqua* と *C. marina* の増殖に及ぼす水温, 塩分, 光強度の影響. 日本水産学会誌 57, 1277–1284.
- 山砥稔文, 坂口昌生, 岩滝光儀, 松岡数允, 2006. 諫早湾に出現する有害赤潮鞭毛藻 4 種の増殖に及ぼす水温, 塩分の影響. 日本水産学会誌 72, 160–168.
- 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, 101776.

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 W.M. Lum, G. Benico, H. Doan-Nhu, E. Furio, C.P. Leaw, S. Leong, P.T. Lim, W.A. Lim, T. Lirdwitayaprasit, S. Lu, M. Awan, N.V. Nguyen, T. Orlova, A. Rachman, S. Sakamoto, K. Takahashi, S.T. Teng, H. Thoha, P. Wang, A.T. Yniguez, K. Wakita, M. Iwataki	4. 巻 107
2. 論文標題 The harmful raphidophyte <i>Chattonella</i> (Raphidophyceae) in Western Pacific: Its red tides and associated fisheries damage over the past 50 years (1969-2019)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Harmful Algae	6. 最初と最後の頁 102070
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.hal.2021.102070	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.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	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 W.M. Lum, G. Benico, R. Azanza, E. Furio, P.T. Lim, H.C. Lim, K. Takahashi and M. Iwataki	4. 巻 24
2. 論文標題 Morphology and molecular phylogeny of the harmful raphidophyte <i>Chattonella subsalsa</i> isolated from Bolinao, Philippines	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Philippine Journal of Natural Sciences	6. 最初と最後の頁 50-56
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 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 A.T. Yniguez, P.T. Lim, C.P. Leaw, S.J. Jipanin, M. Iwataki, G. Benico and R.V. Azanza	4. 巻 102
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 2021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 102
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 2021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4件 (うち招待講演 1件/うち国際学会 3件)

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 W.M. Lum, G. Benico, C.P. Leaw, S.C.Y. Leong, P.T. Lim, Muawanah, A. Rachman, K. Takahashi, S.T. Teng, H. Thoha, A.T. Yniguez, M. Iwataki
2. 発表標題 Phylogeny and distribution of <i>Chattonella marina</i> complex and <i>C. subsalsa</i> in Southeast Asia
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 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 W.M. Lum, G. Benico, K. Takahashi, R. Azanza, E. Furio, M. Iwataki
2. 発表標題 Ultrastructure of <i>Chattonella subsalsa</i> (Raphidophyceae) found in Philippine water
3. 学会等名 11th EASTHAB Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019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
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)	

	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
研究協力者	ラム ワイマン (Lum Wai Mun)	大学院農学生命科学研究科(農学部)・大学院生 (12601)	

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2件

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

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
タイ	チュラロンコン大学			
ベトナム	海洋水産研究所	ベトナム海洋研究所		
シンガポール	シンガポール大学			