

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 30 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2012～2014

課題番号：24255016

研究課題名(和文) 東南アジアにおけるシガテラ原因微細藻類の発生と分布域広域化

研究課題名(英文) Blooming and distribution expansion of ciguatera causative dinoflagellates in Southeast Asia

研究代表者

福代 康夫 (Fukuyo, Yasuo)

東京大学・農学生命科学研究科・教授

研究者番号：70095511

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 32,500,000円

研究成果の概要(和文)：東南アジアにおけるシガテラと原因渦鞭毛藻の分布について、前者は発生した中毒事例の聴き取りと原因魚の毒性分析、後者は沿岸浅海域における底生性渦鞭毛藻の採集と形態に基づく分類により調査をした。シガテラは東南アジア各地で発生したと言われていたが、原因毒まで精確に調べた例がなく、2014年7月にホーチミンで発生した食中毒の原因魚にシガトキシンを検出でき、初めてシガテラ発生を確認した。有毒渦鞭毛藻のGambierdiscus属やOstreopsis属は調査を行ったタイ湾、南シナ海沿岸域に広く認められた。発生量はいずれも極めて少なく、広い海域に分布していたため、広域化の有無は確かめられなかった。

研究成果の概要(英文)：Occurrence of ciguatera fish poisoning was analyzed by observation of poisoning symptoms and toxin analysis of causative fish meats. Distribution of ciguatera causative dinoflagellates was also observed through sampling of benthic species at various coastal areas in the Gulf of Thailand and South China Sea. Ciguatera has been told to occur various places in Southeast Asia, but most of them have no confirmation of presence of ciguatoxin, and different types of poisonings, judged by symptoms, were called as ciguatera. But we could confirm ciguatera occurrence, i.e. presence of ciguatoxin, for a case of poisoning occurred in Ho Chi Minh City, Vietnam in July 2014. This is the first confirmed case in Southeast Asia. Toxic benthic dinoflagellates belonging to the genera such as Gambierdiscus and Ostreopsis, were found widely at most of sampling stations in the Gulf of Thailand and South China Sea. But cell number were quite low and their geographical expansion was not confirmed.

研究分野：水圏環境学

キーワード：シガテラ 魚貝毒 有毒渦鞭毛藻 東南アジア 国際研究者交流 タイ ベトナム シガトキシン

1. 研究開始当初の背景

シガテラは熱帯・亜熱帯のサンゴ礁に生息する魚を摂食することにより起こり、患者は年間数万人といわれている食中毒である。ただ、不思議なことに東南アジアでは発生の報告が少なく、原因とされる底生性渦鞭毛藻類の分布も調査されてこなかった。近年、東南アジアにおける赤潮や有毒プランクトンの発生が多く報告されるようになってから、海産魚による食中毒もしばしば報告されるようになってきた。しかし、その報告にある症状からはシガテラでなく、パリトキシンなど別の毒による中毒と推定されるものも多く含まれ、東南アジア域で本当のシガテラ中毒、すなわちシガトキシンによる食中毒の発生を確認すること、およびシガトキシンを生産する原因の *Gambierdiscus* 属の渦鞭毛藻の分布様態と広域化の有無を確認することが、今後のシガテラ発生を予測するうえで急務であった。また、同時に *Gambierdiscus* 属のみならず、*Ostreopsis*, *Prorocentrum*, *Amphidinium* 属などの有毒被疑種の分布についても今までの東南アジアにおける分布や生態に関する情報がないため、併せて調査をすることが必要であった。

2. 研究の目的

これまでにわが国のみならず東南アジアの広い海域に分布を広げてきているシガテラおよび関連食中毒の原因となる底生性渦鞭毛藻について、

(1) *Gambierdiscus toxicus* や *Ostreopsis* spp. などの分類を確定するため、タヒチ、沖縄、タイなどの原記載地から培養株を作り、形態と分子系統について解析する、

(2) 東南アジアなど西太平洋各地で発生している *G. toxicus* などの培養株を現地の研究者とともに作成し、それらを形態、分子系統学的解析に比較検討し、模式種と比較して原因種を確定する、

(3) シガテラの発生報告のあるフィリピン、ベトナムなど東南アジア海域においては中毒事例の収集を行い、中毒の原因となった魚体を可能な限り入手して、そこに残存する毒の定量分析に努める、

(4) 発生量の調査を行い、その海域のシガテラ毒魚の分布と発生との関係について情報を集め、シガテラ中毒発生機構を考察する。これらによって、シガテラの発生と広域化防止に役立てる、ことを目的とする

3. 研究の方法

以下の各項目を東南アジア各国の研究協力者と共同で行う。

(1) タイ湾のチャン島、ベトナムのハイフォンやニャチャン、フィリピンのマニラ湾などにおいて、国外研究協力者とともに、底生性と浮遊性の渦鞭毛藻類を採集して、その試料中のシガテラなど魚類食中毒の原因となる可能性のある *Gambierdiscus* や *Ostreopsis*

属の種を分類同定する。形態が酷似する種は天然試料から培養株を作成し、形態学的手法と分子生物学的手法を併用して分類学的位置を確定する。また、*Gambierdiscus toxicus* や *Ostreopsis siamensis*, *O. ovata* など分類学手地位置に疑義のある有毒種については優先的に分析を行う。

(2) 有毒底生性渦鞭毛藻類の分布量の調査結果から、分布特性を調べ、さらに広域化の有無やその機構を検討する。

(3) シガテラの発生報告のあるフィリピン、ベトナムなどで、現地の研究協力者に依頼して海産魚による食中毒事例を調べ、シガテラのように魚体に蓄積された自然毒が原因である可能性がある場合には、その摂食東南アジア海域においては中毒事例の収集を行い、中毒の原因となった魚体を可能な限り入手して、そこに残存する毒の定量分析を行う。これによって、シガトキシンによる中毒(シガテラ)の発生を確認する。

(4) シガテラの発生と広域化防止に役立てることを目的として、本研究で得られた科学的知見を入れて、シガテラに関する解説冊子を各国研究協力者と共同で作成し、印刷配布する。

4. 研究成果

当初シガテラ原因毒の生産性が確認されている *Gambierdiscus toxicus* について、その原記載地である仏領ポリネシア Gambier 諸島に赴き、培養株を作成して同属の分類学的混乱を解決する予定であったが、現地との調整中に政情不安による渡航取りやめを現地研究協力者から勧められたため、同種と同様に重要な有毒底生性渦鞭毛藻であり、タイ湾に原記載地のある *Ostreopsis siamensis* と日本に原記載地の *O. ovata* に重点種を切り替えて調査を行った。調査は 2013 年に沖縄の石垣島川平湾、2014 年にタイ湾のチャン島の南部沿岸域で行った。

Ostreopsis siamensis は褶曲した横溝のある側面観、および鎧板の模様と細胞の大きさを基準に、Schmidt(1901)による原記載と同一の特徴をもつ個体をチャン島で採集した試料から確認した。そしてその個体の培養株を作成し、分子遺伝学的解析に供した。その結果、今まで *Ostreopsis cf. ovata* という名称でタイ湾と南シナ海から報告されている種と同一の特徴をもつことがわかった。すなわち、この *Ostreopsis cf. ovata* とされている種を改めて *Ostreopsis siamensis* として記載しなおす必要があることが示された。また、*Ostreopsis ovata* については外形と大きさから判断できたが、分子遺伝学的特性に株間の差異が大きく、確定することができなかった。

Gambierdiscus 属や *Ostreopsis* 属などの底生性渦鞭毛藻の分布に関しては、フィリピン、タイ、ベトナム、インドネシア、マレーシアなどの 15 か所で調査を行ったが、いずれの

場所でも附着基質 10 グラム当たり数個体ずつ発見観察することができた。生きているサンゴ表面や動物体表面には附着は見られなかったが、海藻、死サンゴや礫の表面から発見され、基質特異性は見られなかった。また、地域による分布種と量的な差異はほとんどなかった。そのため、これらの種はすでに広い海域に発生しており、最近広域化したものではないと考えられた。

シガテラ中毒発生の実態については、東南アジアのいくつかの国で聞き取り調査をした結果、フィリピン 360 例、ベトナム 132 例など多数例が発生しているとされたが、どの発生事例も原因毒の化学的分析がなされておらず、患者の症状の確認も曖昧であったため、シガテラと確認するに至らなかった。他の東南アジア諸国の報告例も全く同様で、化学的に精確なデータなしにすべてシガテラとされている現状がわかった。ただ、地域により死亡例の発生頻度や、温度感覚の逆転などの典型的シガテラ症状の認められる頻度が異なることもわかり、原因魚類に含まれる毒成分とそれをもたらす有毒渦鞭毛藻の組成が地域により異なること、さらに魚種による毒の摂取・蓄積能に差異が大きいことが推定された。特に、オストレオシン、オヴァトキシンやパリトキシンによる中毒もシガテラに含まれていることが、症状解析からわかった。これらのことから、シガテラ研究において、サンゴ礁域に生息するフエダイなどを採集して毒分析するとともに、中毒発生時に摂食した魚体を確保して、毒物質を確認することが重要と考えられた。

サンゴ礁の天然魚はベトナム南部沿岸域で繰り返し入手し、毒性分析を行ったが有毒種は認められなかった。しかし、2014 年 7 月にベトナムのホーチミン市でフエダイによる食中毒が起こり、8 名の患者がでた。その症状がシガテラに酷似していたため、患者の食べ残しを入手して、日本の水産総合研究センター中央水産研究所で LC/MS/MS を用いて分析した結果、シガトキシン 1B を主成分とする毒物質が確認できた。この確認は東南アジアで初めてシガテラを科学的にもものといえる。また、シガトキシン 1B を毒主成分とするシガテラは太平洋島しょ域に多く発生しているので、南シナ海ベトナム沿岸のシガテラ毒魚は太平洋域に分布する毒魚と同一の系群に属し、インド洋のものとは異なると考えられた。

シガテラに関する解説冊子は、英文原稿をまず作成し、それをタガログ語、タイ語、中国語、ベトナム語、マレーシア語にほぼ翻訳を終えたところであり、UNESCO/IOC/WESTPAC のホームページに掲載するように手続きを行っている。

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 11 件)

岩滝光儀・高橋和也 渦鞭毛藻類の分類と遺伝子解析. 日本プランクトン学会報, 査読有, 62, 22-28, 2015.

H.C.Lim, C.P.Leaw, T.H.Tan, N.F.Kon, L.H.Yek, K.S.Hii, S.T.Teng, R. Mohd Razali, G. Usup, M. Iwataki and P.T. Lim, A bloom of *Karlodinium austral* (Gymnodiniales, Dinophyceae) associated with mass mortality of cage-cultured fishes in West Johor Strait, Malaysia. Harmful Algae, 査読有, 40, 51-62, 2014.

H.C.Lim, S.T.Teng, C.P.Leaw, M. Iwataki and P.T.Lim, Phytoplankton assemblage of Merambong shoal, Tebrau Strait with notes on potentially harmful species. Malaysian Nature Journal, 査読有, 66,171-181, 2014.

K.Takahashi, C.Sasai and M.Iwataki, Morphology of two marine woloszynskioid dinoflagellates *Biecheleria brevisulcata* sp. nov. and *Biecheleria adriatica* (Suessiaceae, Dinophyceae) from Japanese coasts. Phycologia, 査読有, 53, 52-65, 2013.

V.H.Dao, T.Omura, Y.Takata, X.K.Pham, Y.Fukuyo and M.Kodama, *Pseudo-nitzschia* species, a possible causative organism of domoic acid in *Spondylus versicolor* collected from Nha Phu Bay, Khanh Hoa Province, Vietnam. Coastal Marine Science, 査読有, 35, 7-10, 2012.

D.Surivilai, T.Lirdwtayaprasit and Y.Fukuyo, Distribution of dinoflagellate cysts in the surface sediment of the coastal areas in Chonburi Province, Thailand. Coastal Marine Science, 査読有, 35, 11-19, 2012.

E.F.Furio, R.V.Azanza, Y.Fukuyo and K.Matsuoka, Review of geographical distribution of dinoflagellate cysts in Southeast Asian coasts. Coastal Marine Science, 査読有, 35, 20-33, 2012.

H.Thoha, Y.Kotaki, L.Panggabean, N.Lindholm, H.Ogawa, P.T.Lim, Y.Takata, M.Kodama and Y.Fukuyo, Screening of diatoms that produce ASP toxins in Southernmost Asian waters. Coastal Marine Science, 査読有, 35, 34-38, 2012.

U.M.Montojo, M.L.Jr.Romero, V.M.Borja, M.f.Cayme, S.Sato, M.Kodama and Y.Fukuyo, Vulnerability of tropical shellfishes against PSP contamination during bloom of *Pyrodinium bahamense*

var. *compressum*. Coastal Marine Science, 査読有, 35, 64-66, 2012.
M.L.Jr.Romero, Y.Kotaki, J.Relox, N.Lundholm, Y.Takata, M.Kodama and Y.Fukuyo, Two new ASP toxin production types in strains of *Nitzschia navis-varingica* from the Philippines. Coastal Marine Science, 査読有, 35, 67-69, 2012.
L.T.Tung, N.V.Nguyen and Y.Fukuyo, *Dinophysis* (Dinophyceae) in Vietnamese waters, Coastal Marine Science, 査読有, 35, 73-77, 2012.

[学会発表](計 32 件)

笹井理美・高橋和也・岩滝光儀 西太平洋沿岸に分布する無殻渦鞭毛藻 *Amphidinium* 属 53 株の形態と系統. 日本藻類学会題 39 回大会, 2015 年 3 月 21 日, 九州大学, 福岡
M.Iwataki, Collaborative activities on harmful algal bloom (HAB) research, IOES Seminar, 2014 年 12 月 19 日, University of Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia
M.Iwataki, R.Sasai, K.Takahashi, V.H.Dao, P.T.Lim, H.Thoha, T.Lirdwitayaprasit and Y.Fukuyo, Phylogeny and morphology of the benthic dinoflagellate *Amphidinium* spp. collected from sediments of Southeast Asia and adjacent area. MoE-UPM-JSPS (ACORE-COMSEA) International Workshop on Integrative Research on Seagrass Ecosystems (IER) in Southeast Asia, 2014 年 12 月 17 日, Universiti Putra Malaysia, Port Dickson, Malaysia
P.T.Lim, H.C.Lim, S.T.Teng, T.H.Tan, K.S.Hii, N.F.Kon, L.H.Yek, R.Mohd Razali, G.Usup, M.Iwataki and C.P.Leaw, Phytoplankton composition on the west Johor Strait with emphasis on occurrence of harmful algal blooms event. MoE-UPM-JSPS (ACORE-COMSEA) International Workshop on Integrative Research on Seagrass Ecosystems (IER) in Southeast Asia, 2014 年 12 月 16 日, Universiti Putra Malaysia, Port Dickson, Malaysia
E. Furio, V. Borja, L. A. Cediño, N.Gatdula, C.Gomez, M.Tobias, M.Santos, M.Iwataki and Y.Fukuyo, Spatiotemporal variability of phytoplankton blooms in response to nutrient enrichment in Manila Bay. 16th International Conference on Harmful Algae, 2014 年 10 月 30 日, Wellington, New Zealand
R.Sasai, K.Takahashi, V.H.Dao,

P.T.Lim, H.Thoha, Y.Fukuyo and M.Iwataki, Molecular phylogeny of benthic unarmored dinoflagellate *Amphidinium* spp. from Southeast Asia and adjacent areas. 16th International Conference on Harmful Algae, 2014 年 10 月 29 日, Wellington, New Zealand
D.A.Prabowo, K.Takahashi, T.Tsuchiya, O.Hiraishi, M.Iwataki, T.Horiguchi and S.Suda, Morphology and molecular phylogeny of potentially undescribed marine benthic dinoflagellates isolated from Japan, Indonesia and the Philippines. 16th International Conference on Harmful Algae, 2014 年 10 月 28 日, Wellington, New Zealand
A.Rachman, H.Thoha, T.Sidabutar and M.Iwataki, Study on the potentially harmful benthic dinoflagellates in Pari Island, Indonesia. IOC/WESTPAC 9th International Scientific Symposium, 2014 年 4 月 23 日, Nha Trang, Vietnam
E.F.Furio, V.M.Borja, L.A.Cedino, M.Iwataki and Y.Fukuyo, Seasonal assessment of potentially harmful algae bloom species in Manila Bay. IOC/WESTPAC 9th International Scientific Symposium, 2014 年 4 月 23 日, Nha Trang, Vietnam
G.Benico, J.Munar, A.Lluisma, L.Lruz, M.Iwataki and R.Azanza, Comparative morphology, molecular identification and toxicity of *Alexandrium* species recorded in western Philippines waters. IOC/WESTPAC 9th International Scientific Symposium, 2014 年 4 月 23 日, Nha Trang, Vietnam
N.V.Nguyen, L.T.Tung, D.D.Thu, L.X.Hoa, N.V.Thoa, N.C.Thanh, C.V.Thuoc, N.M.Huyen, M.Iwataki and Y.Fukuyo, Changes in composition and abundance of phytoplankton in Ha Long Bay during the last decade. IOC/WESTPAC 9th International Scientific Symposium, 2014 年 4 月 22 日, Nha Trang, Vietnam
R.Sasai, K.Takahashi, V.H.Dao, L.P.Teen, H.Thoha, Y.Fukuyo and M.Iwataki, Molecular phylogeny of benthic unarmored dinoflagellate *Amphidinium* spp. from the Western Pacific regions based on LSU rDNA. IOC/WESTPAC 9th International Scientific Symposium, 2014 年 4 月 22 日, Nha Trang, Vietnam
S.Tanabe, S.Ban, A.Yin, M.Hosoi, H.W.Lee and M.Iwataki, Distribution of harmful algal species in the coastal areas around Hainan Island, south

- China. IOC/WESTPAC 9th International Scientific Symposium, 2014年4月22日, Nha Trang, Vietnam
- 岩滝光儀・福代康夫, 沿岸海洋研究(生物・化学・環境)日本海洋学会シンポジウム「アジアにおける国際海洋研究: IOC/WESTPAC25周年の歴史からその未来」, 2014年3月30日, 東京海洋大学, 東京
- 笹井理実・高橋和也・岩滝光儀, 西太平洋沿岸より分離した底生性渦鞭毛藻 *Amphidinium* 属 32 株の形態と系統. 日本藻類学会第 38 回大会, 2014年3月15日, 東邦大学, 船橋
- 高橋和也・和田実・石松淳・岩滝光儀, ベトナム沿岸に出現した *Woloszynskia* 類渦鞭毛藻類縁種 2 株の形態と系統, 日本藻類学会第 38 回大会, 2014年3月15日, 東邦大学, 船橋
- 笹井理実・高橋和也・岩滝光儀, 西太平洋沿岸より分離した底生性無殻渦鞭毛藻 *Amphidinium* 属の形態と系統. 東北植物学会第 3 回大会, 2013年12月14日, カレッジプラザ, 秋田
- 伊藤やよい・高橋和也・岩滝光儀, パラオで採集された海産付着性有殻渦鞭毛藻 1 種の形態と生活環, 東北植物学会第 3 回大会, 2013年12月14日, カレッジプラザ, 秋田
- K.Takahashi and M.Iwataki, Morphology of two marine *Woloszynskioid* species (Suessiaceae, Dinophyceae) from Japanese coasts. NRCT-JSPS Joint International Seminar, 2013年11月15日, Khum Phucome Hotel, Chiangmai, Thailand
- E.F.Furio, V.M.Borja, M.Iwataki and Y.Fukuyo, Seasonal assessment of potentially harmful algae bloom species in Manila Bay. NRCT-JSPS Joint International Seminar, 2013年11月15日, Khum Phucome Hotel, Chiangmai, Thailand
- ②① H.C.Lim, S.T.Teng, C.P.Leaw, C.Sarai, M.Iwataki and P.T.Lim, Phytoplankton assemblage of Merambong Shoal, Tebrau Strait: an emphasis on potentially harmful species. NRCT-JSPS Joint International Seminar, 2013年11月15日, Khum Phucome Hotel, Chiangmai, Thailand
- ②② T. Sidabutar, H.Thoha, N.Fitriya, A.Rachman, Muawanah, Y.Fukuyo and M.Iwataki, First record of micro-algal bloom *Cochlodinium polykrikoides* in Lampung Bay, Indonesia. NRCT-JSPS Joint International Seminar, 2013年11月15日, Khum Phucome Hotel, Chiangmai, Thailand
- ②③ A.Rachman, H.Thoha, M.Iwataki and Y.Fukuyo, Phytoplankton community in southern and northern areas of Bangka Barat. NRCT-JSPS Joint International Seminar, 2013年11月15日, Khum Phucome Hotel, Chiangmai, Thailand
- ②④ S.Tanabe, S.Ban, A.Yin, M.Hosoi, H.W.Lee and M.Iwataki, Expanding the habitat of harmful microalgal species through the imported and exported fish fry in the coastal area of Southeast Asia. NRCT-JSPS Joint International Seminar, 2013年11月15日, Khum Phucome Hotel, Chiangmai, Thailand
- ②⑤ H.Thoha, A.Rachman, M.Iwataki and Y.Fukuyo, Increase public awareness of coastal to harmful algal blooms (HABs) phenomenon as environmental disasters. NRCT-JSPS Joint International Seminar, 2013年11月15日, Khum Phucome Hotel, Chiangmai, Thailand
- ②⑥ N.V.Nguyen, L.T.Tung, D.D.Thu, L.X.Hoa, N.V.Thoa, N.C.Than, C.V.Thuoc, N.M.Huyen, M.Iwataki and Y.Fukuyo, Change in composition and density of phytoplankton in Ha Long Bay during the last decade. NRCT-JSPS Joint International Seminar, 2013年11月15日, Khum Phucome Hotel, Chiangmai, Thailand
- ②⑦ R.Sasai, K.Takahashi, V.H.Dao, P.T.Lim, H.Thoha, Y.Fukuyo and M.Iwataki, Identification of benthic unarmored dinoflagellate *Amphidinium* spp. From the Western Pacific regions based on light microscopy and molecular phylogeny. NRCT-JSPS Joint International Seminar, 2013年11月15日, Khum Phucome Hotel, Chiangmai, Thailand
- ②⑧ R.Sasai, K.Takahashi and M.Iwataki, Identification of benthic dinoflagellate *Amphidinium* spp. Occurred in Japan and Southeast Asia. NRCT-JSPS Joint International Seminar, 2013年11月15日, Khum Phucome Hotel, Chiangmai, Thailand
- ②⑨ Y.Fukuyo, Future of HAB research and management in the tropical Western Pacific Region. 15th International Conference on Harmful Algal Blooms, 2012年11月11日, Changwon, Korea.
- ③⑩ Y.Fukuyo, Current status and future perspectives of HAB occurrence and studies. Workshop on marine science for commemorative of the 90th anniversary of the Institute of Oceanography, Vietnam. 2012年9月13日, Nha Trang, Vietnam
- ③⑪ M.Iwataki, Taxonomy and distribution

of dinoflagellate, *Cochlodinium* and *Heterocapsa*. GEOHABInternational Workshop, 2012年5月29日, Kuala Lumpur, Malaysia

〔図書〕(計 3 件)

福代康夫・則定真理子・小島克己その他, 東京大学出版会, アジアの生物資源環境学, 2013年, 244pp.

T.Omura, M.Iwataki, V.M.Borja, H.Takayama and Y.Fukuyo, 恒星社厚生閣, Marine Phytoplankton of the Western Pacific.2012年, 160pp.

岩滝光儀, エヌティエス, 渦鞭毛藻類(赤潮)2012年 404pp.

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)
なし

取得状況(計 件)
なし

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

福代 康夫(FUKUYO YASUWO)
東京大学農学生命科学研究科・特任教授
研究者番号: 70095511

(2)研究分担者

岩滝 光儀(IWATAKI MITSUNORI)
東京大学アジア生物資源環境研究センター・准教授
研究者番号: 50423645

(3)連携研究者

なし