

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年6月17日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2014～2018

課題番号：26304030

研究課題名(和文) 東南アジアで大量発生するクラゲ類の集団遺伝学と生活史戦略

研究課題名(英文) Population genetics and life-cycle strategy of the bloom-forming jellyfish in the Southeast Asia

研究代表者

西川 淳(Nishikawa, Jun)

東海大学・海洋学部・教授

研究者番号：10282732

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,900,000円

研究成果の概要(和文)：東南アジアで豊富に出現し漁獲されているクラゲ類を対象として、大量発生するこれらクラゲ類個体群の遺伝的構造を様々な地域で調べ、遺伝的多様性の程度や地理的な結びつき(連結性)を明らかにした。また、初期生活史や共生生物についての情報も得ることで、大量発生の要因やそれらを可能にする生活史戦略について考察した。その結果、主要2種で地域個体群間の遺伝的連結性が異なり、大量発生の機序が異なる可能性が示唆された。また、種によっては初期生活史には従来知られていない方法での無性生殖が認められ、環境に適応した生活史戦略をもっていることが示唆された。これらクラゲは様々な共生生物の宿主として重要であることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

東南アジアでは食用クラゲ類が広範囲で大量に出現し、産業上も重要であるにもかかわらず、それらに対する研究は限られた状態であり、本研究によりこれらクラゲ類の集団遺伝構造、個体群間の交流(連結性)、生活史戦略の一端が初めて明らかになった。本研究で明らかになった遺伝的多様性の結果から、特に地域ごとの遺伝的独自性が高いミノクラゲについては、各地域での資源管理が必要である可能性が考えられる。また、クラゲ類の共生生物の詳細が明らかになり、漁業によりそれらも死滅することから、生態系保全の点から注意を要すると考えられる。これらクラゲ類数種の飼育に成功したことにより、水族館での展示や今後の室内研究に貢献出来る。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to clarify the genetic diversities and population connectivities of blooming jellyfish which were commercially harvested in Southeast Asia. In addition, information on the early life histories and symbionts of those jellyfish are obtained, and the mechanism of the bloom and the lifecycle strategy supporting the bloom are discussed. A clear difference in the genetic connectivities between local populations were recognized between two dominant jellyfish species, suggesting the mechanism of forming bloom may be different in those species. In some blooming species, a previously-unknown asexual reproduction was observed, and this may be adaptive to their habitat. Those blooming jellyfish in the Southeast Asia are considered important as hosts of various symbiotic organisms.

研究分野：海洋生物学

キーワード：クラゲ 東南アジア 食用 遺伝的多様性 生活史

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、世界各地でクラゲ類の大量発生が頻発しており、その一部は社会問題化している。その一方で、大量出現する種の一部は漁獲され、人類の食料資源として役立ってきた。特に、東南アジア地域は、中国と並んで歴史・漁獲量の両面でクラゲ漁業の中心地域であり、世界の総漁獲量のうち約49%を東南アジアの4つの国、すなわちインドネシア、マレーシア、フィリピン、タイで占めている。しかしながら、このように大量発生するクラゲ類の種が「なぜ大量発生を起こすのか？」については、研究が進んでいない。さらに、「大量発生はその場所の個体群が引き起しているのか、他の地域の個体群も関与するのか？」あるいは「大量発生を可能にする生活史戦略はなにか？」といった点についても、知見は限られている。

申請者は、これまで東南アジア諸国においてクラゲ類漁業の実態や経済的側面、漁業によるクラゲ類個体群へのインパクトなどを研究してきた(Nishikawa et al. 2008など)。その過程で、漁獲対象となっているクラゲ類、すなわち「漁獲に耐えうるほど定常的に大量発生している種」には、比較的広い地理範囲で漁獲されている種と限られた場所でのみ大量出現し漁獲されている種が存在することがわかってきた。通常、多くのクラゲ類で大量発生の時期や場所が予測不可能であり、そのことが大量発生の要因に関わる研究を困難にしてきたが、東南アジアのこれら漁獲種を対象とすることでクラゲ類の大量発生の要因を詳細に研究できるのではないかと考えた。

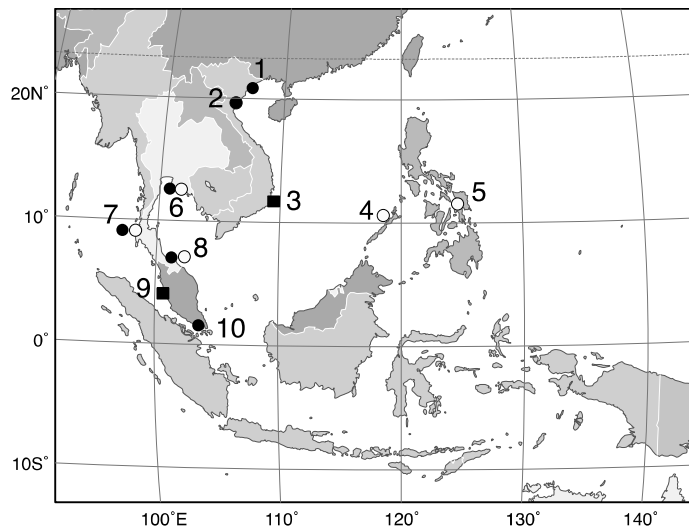
2. 研究の目的

本研究は、東南アジアで豊富に出現し漁獲されている種を対象とし、大量発生するクラゲ類個体群の遺伝的構造を様々な地域で調べ、それらの多様性の程度や地理的な結びつき(連結性)を明らかにすること、また、従来ほとんど研究がなされていないこれら漁獲対象種的生活史について、メデューサ・ポリプ両世代の成長速度、好適環境、共生生物について詳細に明らかにすることを目的とした。さらに、これらの研究を組み合わせることにより、大量発生の機序やそれらを可能にする生活史戦略について考察することを目的とした。

3. 研究の方法

ベトナム、マレーシア、タイ、フィリピンにおいて、海外共同研究者と共に国際研究チームを組織し、先行調査により選定したクラゲ類の大量発生地10カ所において(右図)

(1)クラゲ個体群の集団遺伝学的研究と(2)クラゲ類の生活史研究の二つの研究テーマに関する調査を実施した。(1)については、主としてヒゼンクラゲ *Rhopilema hispidum* とミノクラゲ *Lobonemoides robustus* の2種を対象とし、各地で遺伝子試料を採取した。研究室に持ち帰り、DNAを抽出し、ミトコンドリアDNAのCOI領域および核DNAのITS1領域をPCR増幅した。その際、ミノクラゲの増幅



には新たに開発したプライマーを用いた。ミノクラゲITS1については、複数配列が生じたため、フラグメント解析による長さ多型のみ解析した。COIについて、得られた配列データに基づき最節約法に基づくハプロタイプ・ネットワークを作成し、ハプロタイプ多様度(h)、塩基多様度(%)、遺伝的分化指数(ST)を算出した。また、過去の個体群動態を調べるため、ミスマッチ分布分析を行った。ヒゼンクラゲITS1は、COI配列を基に作成した系統図に対立遺伝子をプロットし、地域や系統間に偏りや、対立遺伝子頻度に違いがあるかを調べた。ミノクラゲITS1は、配列の長さを確認した後、祖先集団数(遺伝的組成のクラスター数)Kを推定、各地域個体群の遺伝的構造解析を行った。(2)については、上記クラゲ類を含む大量発生するクラゲ類を採集後、水槽にて交配実験を行い、室内飼育により底生性ポリプ世代およびエフィラ幼生についての発達様式・成長、生活史特性についての詳細な情報を得た。また、クラゲ類の採集時に共生生物も同時に採集し、共生生物とクラゲの食関係、利益関係について調べた。

4. 研究成果

(1)クラゲ個体群の集団遺伝学的研究：遺伝子試料を解析した結果、ヒゼンクラゲでは調査海域全体で48のCOIハプロタイプが検出された。ハプロタイプ・ネットワーク図を作成したところ、全ての海域から出現する主要なハプロタイプから1から数塩基で繋がる星状のハプロタイプ群と、マレーシアの試料が半数以上を占めるハプロタイプ群が検出された。各地域集団のハプロタイプ多様度は0.749 - 0.879の範囲で、全地域で高い値を示した。一方、塩基多様度は比較的低い値を示した。全試料のミスマッチ分布分析では実測値と予測値の間に有意差はなかった。

個体群ごとのミスマッチ分布分析では、マレーシア試料のみ二峰形を示した。これらのことから、東南アジア地域のヒゼンクラゲ個体群は過去に急速に個体群が拡大したことが示唆された。また、マレーシアの個体群は、他の系統との 2 次的接触の可能性が示唆された。遺伝的分化指数は、ほとんどの地域間で有意差がなかったが、距離的に最も離れているマレーシアとベトナム間、タイ南部とベトナム間では有意差があった。マンテルテストの結果、地理的距離(直線および沿岸)と遺伝距離の間に有意な正の相関が認められた。以上のことから、ヒゼンクラゲでは東南アジア全体である程度連結性をもった個体群(メタ個体群)が大量発生していることが示唆された。また、このことからこの地域における本種の大量発生は、物理的集積などによる「見かけ上の大量発生(ブルーム)」により起こっている可能性が示唆された。

一方、ミノクラゲでは、45 の COI ハプロタイプが検出され、3 つの明瞭なグループに分けられた。系統 1 はマレーシア、系統 2 はタイ、系統 3 ではフィリピンで構成されるハプロタイプ群であり、マレーシア、タイはそれぞれ星状図を示した。ハプロタイプ多様度は 0.600 - 0.825 と高い値を示し、塩基多様度は 0.147 - 1.063 となり、マレーシア、タイのアンダマン海で比較的低い値を示した。また、ミスマッチ分布分析では、マレーシア、タイ、フィリピンの試料は実測値と予測値の間に有意差は認められなかったが、フィリピンは、塩基置換数が多く、二峰形を示した。これらのことから、ミノクラゲはフィリピンを除く各地域で個体群が急速に拡大したことが示唆された。遺伝的分化指数は、0.302 - 0.886 で、全ての地域間で高い有意差が認められた。また、フラグメント解析の結果、本種の ITS1 は、 $K = 3$ の時、対数尤度が最大となり、地域ごとに遺伝的構造が異なることが示された。以上のことから、ミノクラゲ個体群では地域間の遺伝的交流はほとんど無く、各地域で独自に大量発生していることが示唆され、本種の大量発生は無性生殖による増殖などの生活史を反映した「真の大量発生(ブルーム)」の要因が強いと考えられた。

以上のように、東南アジアで大量発生する大型クラゲ類 2 種の各地域個体群の遺伝的連結性には明らかな違いが認められ、大量発生の要因も異なる可能性が示唆された。現在これらクラゲ類に対する漁業は、漁獲量制限無しに行われているが、本研究により、特に地域ごとの遺伝的独自性が高いミノクラゲについては、遺伝的多様性を維持するために各地域での資源管理が必要であることが示唆された。

(2)クラゲ類の生活史研究:クラゲ類の交配実験の結果、ヒゼンクラゲ、ミノクラゲに加えて、カワイトヒキクラゲ、ヒョウガライトヒキクラゲについて、室内飼育により底生性ポリプ世代およびエフィラ幼生についての発達様式・成長、生活史特性についての詳細な情報が得られた。これらのうち、ヒョウガライトヒキクラゲは、パラワン島マランパヤ湾にて採集し、現地にて 1 日飼育し、受精卵からプラヌラを得た。プラヌラは塩分 10~30%の海水で飼育し、着生、変態率を観察した。ポリプは 10~30%の海水で飼育し、ポリプの口盤サイズ、増殖率、無性生殖法の観察を行った。プラヌラは塩分 30%では 30%程度であったが、10, 20%では 60~70%の着生・変態率となった。ポリプの形態は、一般的なボウル型と柄の長い杯型の 2 形態あり、杯型のポリプは萼部の直下に短いストロンを出していた。塩分の違いによるポリプのサイズは 10%では、0.33mm、20%では 0.29 mm、30%では 0.23 mm であった。無性生殖様式は根口クラゲに多いポドシストは見られず、出芽や分裂がみられ、ポリプは、1 個体から 20 日間で 10%では平均 8.1 個体、20%では平均 11 個体、30%では平均 6.1 個体に増殖した。ストロビレーションは、10 と 20%で観察され、30%では見られなかった。また、0, 5%ではポリプは死滅した。ストロビラはモノディスクで、残体は残らず、すべてエフィラに吸収される形態であった。一方、マレーシア河口域で大量出現するカワイトヒキクラゲのポリプは、ポドシストやプラヌロイドによる無性生殖ではなく、根口クラゲでは従来知られていない出芽法を行ってポリプの増殖率を高めていた。本種が本河口域で一年を通して出現する理由として、成熟個体が年中繁殖し、ポリプは出芽法でコロニーをより早く大きくし、小さなポリプでもモノディスクタイプのストロビレーションを効率良く行うという生活史戦略が示唆された。

クラゲ類採集時に多くの共生生物が採集された。特に、ヒゼンクラゲやミノクラゲには、ヒドロ虫類、クロボシヒラアジ他魚類、クモヒトデ類、シマイシガニ、クラゲモエビ、新種のカイアシ類など共生しており、これら大型クラゲ類が様々な共生生物の宿主となっていることが初めて明らかとなった。クラゲ類とこれら共生生物との関係について、詳細を明らかにした。さらに、クラゲ漁業が共生生物に及ぼす影響についても推定を行った結果、特にクモヒトデ類については、タイでは漁業により年間約 1 億個体が混獲、死滅していると推定され、底生生物群集への影響が懸念されることが明らかとなった。

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文](計 12 件)

Jun Nishikawa, Susumu Ohtsuka, Mulyadi, Nova Mujiono, Dhugal J. Lindsay, Hiroomi Miyamoto, Shuhei Nishida, A new species of the commercially harvested jellyfish *Crambionella* (Scyphozoa) from central Java, Indonesia with remarks on the fisheries, Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom,

査読有、95、2014、471-481、DOI: 10.1017/S002531541400157X
Susumu Ohtsuka, Ephrime Metillo, Geoffrey O. Boxshall、First record of association of copepods with highly venomous box jellyfish *Chironex*, with description of new species of *Paramacrochiron* (Cyclopoida: Macrochironidae), Zoological Science、査読有、32、2015、193-203、DOI: 10.2108/zs140216
 Lindsay, D.J., Grossmann, M.M., Nishikawa, J., Benthage, B. and A.G. Collins、DNA barcoding of pelagic cnidarians: current status and future prospects, Bulletin of the Plankton Society of Japan、査読有、62、2015、39-43、DOI: 10.24763/bpsj.62.1_39
 Kondo Y, Ohtsuka S, Hirabayashi T, Okada S, Ogawa NO, Ohkouchi N, Shimazu T, Nishikawa J、Seasonal changes in infection with trematode species utilizing jellyfish as hosts: evidence of transmission to definitive host fish via medusivory, Parasite、査読有、23、2016、16、DOI:10.1051/parasite/2016016
 Balqis, A. R. S., Yusoff, F. M., Arshad, A., Nishikawa, J.、Seasonal variations of zooplankton biomass and size-fractionated abundance in relation to environmental changes in a tropical mangrove estuary in the Straits of Malacca, Journal of Environmental Biology、査読有、37、2016、685-695、<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28779727>
 Lindsay Dhugal John, Miyake Hiroshi, Nishikawa Jun他、The perils of online biogeographic databases: a case study with the 'monospecific' genus *Aegina* (Cnidaria, Hydrozoa, Narcomedusae), Marine Biology Research、査読有、13、2017、494-512、DOI: 10.1080/17451000.2016.1268261
 Nicholas M.H. Khong, Fatimah Md.Yusoff, B. Jamilah, Mahiran Basri, I. Maznah, Kim Wei Chan, Nurdin Armania, Jun Nishikawa、Improved collagen extraction from jellyfish (*Acromitus hardenbergi*) with increased physical induced solubilization processes. Food Chemistry、査読有、251、2018、41-50、DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.12.083
大塚 攻・近藤裕介・米谷まり・並河洋、刺胞動物と他動物とのさまざまな共生関係、海洋と生物、査読無、40、2018、542-548
西川 淳・Khwanruan Srinui・大塚 攻・近藤裕介・三宅裕志・ドゥーグル・リンズィー・飯田 茜、タイにおけるクラゲ漁業、海洋と生物、査読無、41、2018、13-18
 Miyake, H., A. Adachi, S. Ikeda, J. Nishikawa, S. Ohtsuka, K. Srinui, V. Muthuwan, S. Taleb, F. M. Yusoff, E. Metillo and H. Pagliawan、New exhibitions of beautiful Southeast Asian jellyfish at aquaria: collection and life cycle., Proceedings of the 10th International Aquarium Congress Fukushima 2018、査読無、106-109、<https://www.aquamarine.or.jp/wp-content/uploads/2019/03/Full-Papers/22-FullPaper-IAC2018.pdf>
 Miyake H, Wada S, Adachi A, Ohtsuka S, Ikeda S, Yonetani M, Pagliawan HB, Metillo EB, Okoshi K、Benthic platyctenid ctenophore, *Vallicula multiformis* Rankon, 1956, found in an aquarium on Palawan Island, the Philippines, Plankton and Benthos Research、査読有、14、2019、14-21、DOI: 10.3800/pbr.14.14
 Sho Toshino, Jun Nishikawa, Khwanruan Srinui, Supattra Taleb, Hiroshi Miyake、New record of two species of Cubozoa in Thailand, Plankton and Benthos Research、査読有、2019、印刷中

[学会発表](計 36 件)

Jun Nishikawa、Undescribed species of the commercially harvested jellyfish *Crambionella* (Scyphozoa) from central Java, Indonesia with remarks on the fisheries., WESTPAC 9th International Scientific Symposium、2014 年
Susumu Ohtsuka、Associations of fish juveniles and benthic animals with large-sized jellyfish in Asian waters: key issues in pelagic realms, WESTPAC 9th International Scientific Symposium、2014 年
近藤裕介、東南アジアにおける大型クラゲ類への共生生物の付着とクラゲ漁業によるリクルートの阻害、2014 年度日本プランクトン学会・ベントス学会合同大会、2014 年
本多志穂、マレーシアに生息する食用クラゲ *Acromitus hardenbergi* (カワイトヒキクラゲ) の生活史、2014 年度日本プランクトン学会・ベントス学会合同大会、2014 年
三宅裕志、フィリピンパウラン島におけるヒドロ虫類の外来種について、2015 年日本ベントス学会・日本プランクトン学会合同大会、2015 年
本多志穂、マレーシアに生息する食用クラゲ カワイトヒキクラゲ (*Acromitus hardenbergi*)

- の生活史、2015年日本ベントス学会・日本プランクトン学会合同大会、2015年
 近藤裕介、タイ産食用クラゲ2種の遊泳速度と毒性の比較：共生魚類との関連について、
 2015年日本ベントス学会・日本プランクトン学会合同大会、2015年
 近藤裕介、東～東南アジアにおける大型クラゲ類の共生動物群集、日本動物分類学会第51
 回大会、2015年
 Jun Nishikawa、Fisheries, taxonomy and ecology of rhizostome jellyfish in Southeast
 Asia., Japan - Korea meeting for jellyfish studies: Recent progress of research on
 jellyfish blooms in Asian waters and the future study、2016年
 Yusoff, F. M., Seasonal changes in gelatinous zooplankton communities in Pendas
 estuary and Johor Strait, Malaysia, Asian CORE-COMSEA Seminar on Coastal Ecosystems
 in Southeast Asia、2016年
 近藤裕介、東～東南アジアにおけるクラゲ類の共生生物群集と種間関係について、日本プ
 ランクトン学会・日本ベントス学会合同大会、2016年
 Akane Iida、Genetic diversity of a commercially-harvested jellyfish, *Rhopilema*
hispidum in the Southwest Asia, Fifth International Jellyfish Bloom Symposium、
 2016年
 Jun Nishikawa、Taxonomy and fisheries of a jellyfish *Crambionella* (Scyphozoa) from
 central Java, Indonesia, Fifth International Jellyfish Bloom Symposium、2016年
 Hiroshi Miyake、Life cycle of the edible jellyfish *Acromitus hardenbergi* (Scyphozoa:
 Rhizostomeae) that lives in a brackish environment, Fifth International Jellyfish
 Bloom Symposium、2016年
 大塚 攻、フィリピン・パラワン島におけるクラゲ類および共生生物の調査のための手続き
 と予察的結果、日本動物分類学会第52回大会、2016年
 飯田 茜、東南アジアで漁獲されているヒゼンクラゲ *Rhopilema hispidum* の遺伝的多様性、
 富士山麓アカデミック&サイエンスフェア2016、2016年
 近藤裕介、クラゲ類の共生生物群集と種間関係について、日本プランクトン学会春季シンポ
 ジウム、2017年
 Jun Nishikawa、Jellyfish fisheries in Southeast Asia and ecology of edible jellyfish、
 Training workshop on Jellyfish Blooms in Thai waters、2017年
 大塚 攻、刺胞動物における共生：動的種間関係、東京大学大気海洋研究所共同利用研究集
 会「我が国の刺胞動物研究の発展」、2017年
 西川 淳、東南アジアで大量発生する根口クラゲ類の生態学的研究、東京大学大気海洋研
 究所共同利用研究集会「我が国の刺胞動物研究の発展」、2017年
 21 リンズィー ドゥーグル、ゼラチン質動物における隠蔽分類群とディープラーニング、2017
 年日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会、2017年
 22 飯田 茜、東南アジアにおける大型食用クラゲの遺伝的多様性、2017年日本プランクトン
 学会・日本ベントス学会合同大会、2017年
 23 Akane Iida、Genetic diversity of a commercially-harvested jellyfish, *Rhopilema*
hispidum in the Southeast Asia, 10th WESTPAC International Scientific Conference、
 2017年
 24 Ohtsuka S., Symbiotic biology and fisheries of jellyfish in southeastern Asia, The
 second international symposium on marine and fisheries research (ISMFR 2017)、2017
 年
 25 飯田 茜、東南アジアで大量発生する大型クラゲ類の遺伝的連結性、富士山麓アカデミック
 &サイエンスフェア2017、2017年
 26 三宅裕志、ヒョウガライトヒキクラゲ *Acromitus maculosus* の生活史、2018年度日本付着
 生物学会 研究集会、2018年
 27 Nicholas M.H. Khong、Nutritional composition of edible jellyfish (Cnidaria:
 Scyphozoa: Rhizostomeae) is majorly influenced by species difference, JSPS-CCore-
 RENSEA Second Joint Seminar on Coastal Ecosystems in Southeast Asia、2018年
 28 Jun Nishikawa、Jellyfish fisheries in Thailand and ecology of the target species、
 International workshop on classification and culture of jellyfish in Thailand、
 2018年
 29 Jun Nishikawa、Taxonomy and identification of Scyphozoa、International workshop on
 classification and culture of jellyfish in Thailand、2018年
 30 Yusuke Kondo、Ecological impact of jellyfish fishery on symbionts of jellyfish in
 Thailand、PICES 2018 Annual Meeting、2018年
 31 Miyake, H., New exhibitions of beautiful Southeast Asian jellyfish at aquaria:
 collection and life cycle, The 10th International Aquarium Congress Fukushima 2018、
 2018年
 32 Hiroshi Miyake、Life cycle of tropical jellyfish、International workshop on
 classification and culture of jellyfish in Thailand、2018年
 33 飯田 茜、東南アジアで大量発生する大型クラゲ類2種の遺伝的連結性、第14回 NCB 白浜

- 大会、2018年
- 34 大塚 攻、海洋プランクトン群集における共生を栄養関係から考える、日本共生生物学会、2018年
- 35 大塚 攻、プランクトン群集における寄生・共生の機能、日本プランクトン学会春季シンポジウム、2019年
- 36 近藤裕介、大型クラゲ類と他動物との共生の多様性、日本プランクトン学会春季シンポジウム、2019年

〔図書〕(計2件)

峯水亮・久保田信・平野弥生・ドゥーグル リンズィー、平凡社、日本クラゲ大図鑑、2015年、360pp

豊川 雅哉、西川 淳、三宅 裕志、生物研究社、クラゲ類の生態学的研究、2017年、191pp

〔その他〕

報道関連情報

産経ニュース「世界初公開、ヒョウ柄のクラゲ 山形・加茂水族館」
<https://www.sankei.com/life/news/170615/lif1706150040-n1.html>

北里大学「世界初の展示ヒョウガライトヒキクラゲ」
<http://kitasato-respectlife.com/aquarium/3795.html>

朝日新聞デジタル「我が名はミノクラゲ」
<https://www.asahi.com/articles/ASKD7439CKD7ULOB00C.html>

加茂水族館「ミノクラゲ 野生個体国内初展示」
<https://kamo-kurage.jp/oshirase/8437/>

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：大塚 攻
ローマ字氏名：Ohtsuka Susumu
所属研究機関名：広島大学
部局名：統合生命科学研究科
職名：教授
研究者番号(8桁)：00176934

(2)研究協力者

研究協力者氏名：リンズィー ドゥーグル
ローマ字氏名：Lindsay Dhugal

研究協力者

研究協力者氏名：三宅 裕志
ローマ字氏名：Miyake Hiroshi

研究協力者(ベトナム)

研究協力者氏名：Ngyen Thi Thu
ローマ字氏名：Ngyen Thi Thu

研究協力者(マレーシア)

研究協力者氏名：Fatimah Md. Yusoff
ローマ字氏名：Fatimah Md. Yusoff

研究協力者(タイ)

研究協力者氏名：Khwanruan Srinui
ローマ字氏名：Khwanruan Srinui

研究協力者(フィリピン)

研究協力者氏名：Ephrime B. Metillo
ローマ字氏名：Ephrime B. Metillo