

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：82641

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2023

課題番号：21K14909

研究課題名（和文）ミズクラゲの大発生メカニズム：越冬親クラゲの寄与の解明

研究課題名（英文）Mechanisms of the outbreaks of moon jellyfish: the contribution of overwintering medusae

研究代表者

鈴木 健太郎（Suzuki, Kentaro）

一般財団法人電力中央研究所・サステナブルシステム研究本部・主任研究員

研究者番号：60638005

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：ミズクラゲ大発生メカニズムの理解に寄与することを目的として、舞鶴湾と伊勢湾で研究を実施した。越冬親クラゲが冬に産卵することが知られる舞鶴湾では、越冬親クラゲは冬産卵を通じて、翌シーズンの親クラゲ量に影響することが示された。また、伊勢湾では、既報の個体群動態データを解析することで、太平洋十年規模振動と河川流量がそれぞれポリプ期の増殖とエフィラ放出以降の減耗と相関することを見出した。さらに、クラゲ類の大発生メカニズムの包括的理解に寄与することを目的として、全球規模で分布拡大の一途を辿っている淡水棲クラゲ類の生態に関する既存知見のとりまとめも実施した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ミズクラゲの大発生時には、水産業や発電所で被害が生じるほか、生態系や物質循環に与える影響が懸念されている。そのため、「大発生メカニズムの解明」が望まれているが、フィールドデータを解析した研究例はほとんどない。本研究では、越冬親クラゲの有無が異なる2海域を対象に調査やデータ解析等を実施し、親クラゲの越冬や各種環境要因が個体群動態におよぼす影響を明らかにしており、「大発生メカニズムの解明」に大きく貢献するものである。また、知見の限られる淡水棲クラゲ類の既存知見に関するデータベースや総説は、今後の淡水棲クラゲ類研究の基盤となるものである。

研究成果の概要（英文）：To understand the mechanisms of the outbreaks of moon jellyfish, field observations, laboratory experiments, and statistical analysis were carried out in Maizuru and Ise Bays. In Maizuru Bay, where overwintering medusae show winter spawning, the amount of overwintering medusae was suggested to affect the population size of medusae next early summer through their winter spawnings. In Ise Bay, where overwintering medusae are absent, the index of pacific decadal oscillation was correlated to the asexual reproduction during their polyp stage, while river discharge showed correlation with the survival rate after their ephyra release until growing up to medusae stage. The author and colleagues also compiled all available literature pieces about freshwater jellyfish, which are expanding their distribution globally, into a database between 1880 and June 2023, and wrote an integrative review.

研究分野：海洋生物学

キーワード：ミズクラゲ 個体群動態 越冬 環境要因 淡水棲クラゲ

1. 研究開始当初の背景

我が国の沿岸域では、近年、ミズクラゲの大発生（親クラゲの現存量が多い状態）が頻りに報告されており、水産業では漁網の破損や、クラゲ混獲による漁獲量の低下等の被害が生じているほか、発電所の冷却水系統がクラゲで閉塞することによる発電停止事例も多い。さらに、ミズクラゲは動物プランクトンを大量に捕食するため、大発生がプランクトン群集や生態系構造に与える影響が懸念されている。そのため、これらの課題解決に不可欠な「大発生メカニズムの解明」が望まれている。

ミズクラゲに一般的な無性生殖型生活史（図1）では、ポリプ・ストロビラ期に無性生殖で個体数を大幅に増やしうる。そのため、大発生要因として無性生殖が注目され、無性生殖速度に影響する環境要因等の知見が蓄積されてきた。一方、無性生殖以外の大発生要因については知見が乏しく、大発生メカニズムの全容解明には至っていない。特に、近年の水温上昇で増加している親クラゲの越冬は、大発生への寄与の可能性が言及されてきたものの、その根拠を示した研究例はない。

通常、冬に放出されたエフィラは春までに親クラゲへ成長したのち夏に産卵し、冬までに死亡するが（図1b）、冬季水温が越冬可能水温（10–12）を上回ると、越冬親クラゲが出現しうる。親クラゲが越冬すると、夏の産卵（無性生殖型生活史）に由来する新規加入個体（図1b）に越冬親クラゲ（図1b）が加わることで、翌春の親クラゲ量が増える（大発生することとなる）。さらに、研究代表者の近年の研究から、若狭湾西部の舞鶴湾では多くの越冬親クラゲが存在し、越冬親クラゲは夏に加えて冬にも産卵（直達発生型生活史）するため、冬の産卵由来の新規加入（図1b）でも翌春の親クラゲ量を増加させることが明らかとなった。今後の水温上昇によって多くの海域で親クラゲの越冬が増える可能性もあり、越冬親クラゲの大発生への寄与を定量的に評価できれば、将来的なミズクラゲの大発生傾向や、生態系・水産業・エネルギー供給への影響の理解に寄与できる。

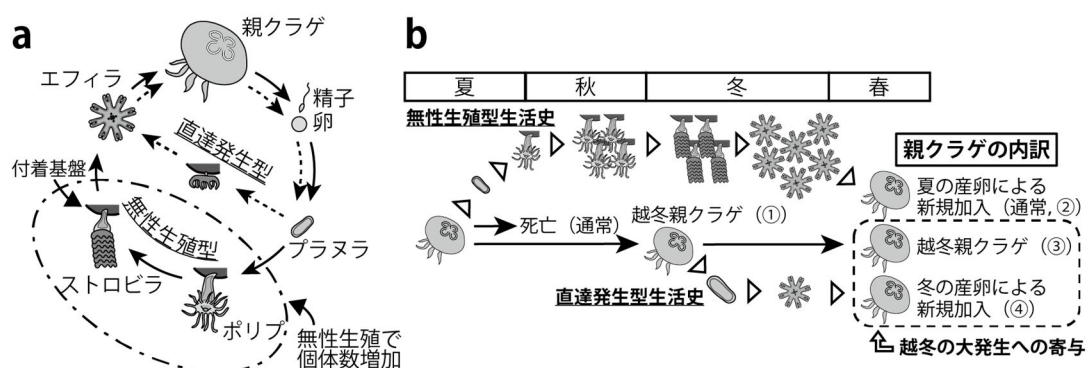


図1 ミズクラゲの2種類の生活史(a)と親クラゲの越冬が翌春の親クラゲ量に与える影響(b)

2. 研究の目的

ミズクラゲはクラゲ類の中では最も知見が蓄積されているものの、大発生メカニズムは十分理解されていない。大発生メカニズムの理解では長期的な個体群動態を対象としたデータ解析が不可欠だが、クラゲ類の長期データは乏しい。そこで、研究代表者は本研究開始前の2016年に、舞鶴湾でミズクラゲの個体群動態の調査を開始した。その結果、舞鶴湾では、冬に直達発生型の産卵をする越冬親クラゲが少ない年には、翌春の親クラゲ量が少ない傾向を見出した。そこで、大発生への寄与が示唆されながら知見がほとんどない親クラゲの越冬が、大発生に大きく寄与しているのではないかと仮説を着想するに至った。本研究は、越冬親クラゲが多いことが確認されている舞鶴湾を対象に、「越冬した親クラゲの大発生への寄与」を明らかにすることを目的として、フィールド調査と室内実験を実施した。

また、クラゲ類の大発生メカニズムの包括的理解に寄与することを目的とし、越冬親クラゲがほとんど存在しない伊勢湾のミズクラゲ個体群動態に影響する環境要因の解析や、全球規模で分布拡大の一途を辿っている淡水棲クラゲ類の生態に関する既存知見のとりまとめも実施した。

3. 研究の方法

(1) 舞鶴湾におけるミズクラゲの大発生メカニズム

2021–2023年に実施したフィールド調査により、舞鶴湾内の親クラゲとエフィラの個体密度データを得た。また、現場の水温変動を模した環境でポリプを培養し、ストロビラ由来のエフィラの放出時期を推定した。さらに、春における越冬親クラゲの割合を推定するため、年齢推定での活用可能性が示唆されている傘の水管構造の観察も試みた。2016年以降の個体群動態データを解析し、越冬親クラゲの大発生への寄与について考察した。

(2) 伊勢湾におけるミズクラゲの大発生メカニズム

濱田(2014)が報告した、2003–2011年における伊勢湾に立地する6火力発電所への親クラゲ流入量の相対値(親クラゲ現存量の指標)と、直前の冬季におけるポリプ個体密度のデータを用いた。また、親クラゲ現存量とポリプ個体密度の間の回帰分析の結果に基づき、各年におけるエフィラ放出以後の生残率(相対値)を推定した。河川流量、伊勢湾の海面水温・海面塩分・植物プランクトン量、各種気候指数と、親クラゲ現存量・ポリプ個体密度・エフィラ放出以後の生残率の関係を解析した。

(3) 淡水クラゲ類の生態に関する既存知見のとりまとめ

淡水棲クラゲ類に関する文献は、英語以外の様々な言語で記されており、Web of Science等に登録されていない雑誌に掲載されていることも多く、これまでの知見の全容を把握するのが困難だった。研究代表者らは、9カ国11人の国際研究グループを構築し、これまでに世界中で出版されたほぼ全ての文献を収集し、研究動向等を取りまとめた。

4. 研究成果

(1) 舞鶴湾におけるミズクラゲの大発生メカニズム

舞鶴湾の親クラゲは、本研究開始直後の2021年5月に激減した。2022年5月および2023年4–5月には極めて低密度で親クラゲが存在したものの、2021年冬以降では越冬親クラゲは確認されなかった。2020年以前におけるエフィラの出現盛期は1–4月だった一方、越冬親クラゲが確認されなかった2021年以降には、1–2月に低密度でエフィラが確認されたのみだった。また、現場水温を模したポリプの培養実験から、ストロビラ由来のエフィラ放出は1–2月であることが明らかとなった。そのため、2021年冬以降のエフィラ出現時期の短期化は、親クラゲの激減以前に存在した、1–4月における越冬親クラゲの産卵によるエフィラ放出がなかったことが原因だと考えられた。また、1–2月においてもエフィラが低密度だったことから、ストロビラを経由してエフィラを放出するポリプの個体密度も2020年以前より大きく減少していたことが示唆された。実験室環境ではミズクラゲのポリプは複数年生産できるため、1歳以上のポリプの個体群動態への寄与について議論されてきたが、本研究結果からは、舞鶴湾では1歳以上のポリプの寄与は小さいと考えられた。2016年度以降の個体群動態データを解析したところ、春の親クラゲ個体密度は、越冬親クラゲ個体密度および、越冬親クラゲの冬産卵由来が主である3–4月のエフィラ個体密度と相関があった。そのため、舞鶴湾では越冬親クラゲが、直達発生型の産卵を介して、大発生に寄与していることが示唆された。なお、水管構造の詳細観察のため、精細な画像が得られる撮影装置を自作したものの(図2)、上述のように本研究期間中には越冬親クラゲは出現せず、加齢に伴う水管構造の変化に関する知見は得られなかった。

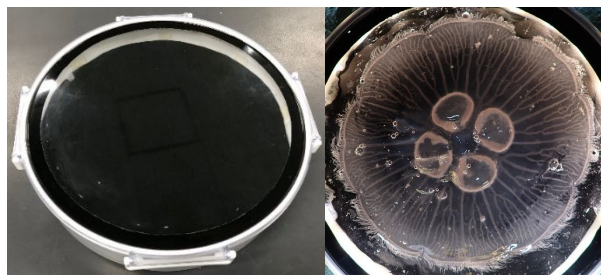


図2 水管構造観察用の撮影装置(左)と撮影例(右)

(2) 伊勢湾におけるミズクラゲの大発生メカニズム

ポリプ個体密度の年変動は、前年夏季の太平洋十年規模振動(PDO)でよく説明された(負の相関)。PDOは同時期の海面水温と負の相関があったものの、ポリプ個体密度との相関は海面水温よりPDOの方が高かった。そのため、ポリプ個体密度とPDOの相関は、高水温によるポリプの増殖速度を主に反映したものの、PDOに関連して変動する餌生物量等の他の環境要因もポリプの増殖・減耗に影響したものと考えられた。一方、エフィラ放出以後の生残率の年変動は、春季の河川流量でよく説明された(負の相関)。これは、河川流量が増加すると湾内外での海水循環が強化され、エフィラが湾外へと流出しやすくなったためと考えられた。これらを反映して、親クラゲ現存量は、前年夏季のPDOと春季の河川流量でよく説明された。そのため、伊勢湾では、前年夏のPDOおよび春季の河川流量が低い年にミズクラゲが大発生すること、PDOの長期変動によって親クラゲ現存量も長期的な変動を示すことが示唆された。これらの成果については、学会発表した(国際1件、国内1件)。

(3) 淡水棲クラゲ類の生態に関する既存知見のとりまとめ

淡水棲クラゲ類の中では比較的研究が多い*Astrohydra*、*Craspedacusta*、*Limnocooida*の3属を対象として、1880–2023年までに報告された691本の文献を収集し、データベースに取りまとめて公開した。また、これらの文献を基に、これまでの淡水棲クラゲの研究トレンドや明らかになっている生態情報(分布域、生態系における役割等)を取りまとめるとともに、淡水棲クラゲ類研究の重要性や今後の研究課題を示した総説論文を執筆し、投稿した(査読中)。公開したデータベースと総説により、今後の淡水棲クラゲ類研究の拡がりが期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Luskow F; Bezio N; Caputo L; Chi X; Dumont HJ; Karunaratne KD; Lopez-Gonzalez PJ; Manko MK; Marchessaux G; Suzuki KS; Pakhomov EA	4. 巻 -
2. 論文標題 Global literature database for freshwater jellyfish research between 1880 and 2023	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 PANGAEA	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1594/PANGAEA.962186	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 1件）

1. 発表者名 鈴木健太郎・鈴木啓太・熊倉恵美・佐藤加奈・野方靖行
2. 発表標題 舞鶴湾におけるミズクラゲの季節的な生活史二型とその適応的意義
3. 学会等名 東京大学大気海洋研究所共同利用研究集会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鈴木健太郎
2. 発表標題 民間研究所でのクラゲ研究
3. 学会等名 プランクトン学会若手の会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木健太郎・野方靖行
2. 発表標題 伊勢湾におけるミズクラゲ大発生と環境要因
3. 学会等名 2023年日本ベントス学会・日本プランクトン学会合同大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Suzuki KS;Nogata Y
2. 発表標題 Environmental factors affecting the population dynamics of moon jellyfish Aurelia coerulea in Ise Bay, Japan
3. 学会等名 7th International Jellyfish Blooms Symposium ((国際学会))
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 山下 洋、益田 玲爾、甲斐 嘉晃、鈴木 啓太、高橋 宏司、邊見 由美	4. 発行年 2022年
2. 出版社 京都大学学術出版会	5. 総ページ数 414
3. 書名 里海フィールド科学	

〔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			
カナダ	University of British Columbia			
米国	University of Maryland			
チリ	Universidad Austral de Chile			
中国	Chinese Academy of Sciences	Qingdao National Laboratory for Marine	Jinan University	
ベルギー	Gent University			