

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：11301

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2021～2022

課題番号：21K20671

研究課題名（和文）多重攪乱の沿岸生態系へのインパクト：人為ストレスは異常気象への耐性に影響するか？

研究課題名（英文）Effects of Multiple Disturbances on Coastal Ecosystems: Does Anthropogenic Stress Affect Resistance to Extreme Weather??

研究代表者

岩崎 藍子 (Iwasaki, Aiko)

東北大学・生命科学研究科・助教

研究者番号：00826076

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は人為的なストレス、慢性的な高温ストレス、極端な高温イベントが沿岸生態系にどう複合的に影響するかを評価するものである。当初は、水質や温度を野外で操作する実験を実施する予定だったが、安定的な操作が困難であることが分かった。そこで、計画を変更し、野外の水質や温度条件が異なる地点間で高温イベントのインパクトを定量比較するために三陸沿岸で温度履歴、水質と魚類の群集構造の調査を行うこととした。現在までに水質ベースで調査地点を選定し、基準値となる高温イベントがない状態での魚類群集データを得た。この研究は今後も継続し、当初の研究目的を達成する予定である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、地球温暖化、気候変動に伴う異常気象イベントの強度や頻度の増加、人間活動に伴う人為的なストレスの増加によって、複数の異なる種類、異なるタイプの攪乱が同時に作用する多重攪乱が世界的に増加している。多重攪乱による生態学的インパクトや帰結の予測の難しさは、攪乱間の相互作用によりその影響が相加的でなく、相乗的、相殺的になる可能性があることにある。本研究の成果は、この多重攪乱の相互作用がどのような種類どのような時間的特徴を持つ攪乱間でどう変化するかを明らかにするものであり、世界中で起こる様々な多重攪乱の予測可能性の向上に大きく貢献することが期待される。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to evaluate combined effects of anthropogenic stress, chronic high temperature stress and acute high temperature event on coastal ecosystems. Although field experiment was planned, the temperature and water quality were not appropriately regulated. Therefore, the plan was modified to assess the impact of high temperature events between sites with different water quality and temperature history. Survey sites had been selected based on the water quality and fish community data had been obtained there under normal condition as the baseline. We plan to continue the survey in the next year to quantitatively evaluate the combined effects of multiple disturbances.

研究分野：個体群生態学、群集生態学

キーワード：攪乱 多重攪乱 人間活動 養殖 異常気象

1. 研究開始当初の背景

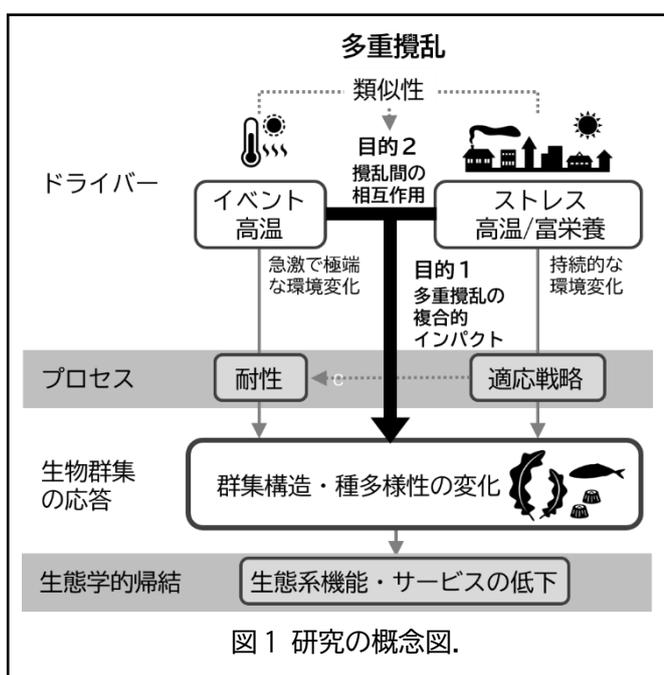
気候変動や人間活動に伴い、熱波や土地利用といった攪乱が地球上の 70%以上で複数同時に働いている¹⁾。攪乱とは、生態系や個体群の構造、それらにとっての資源量や物理的環境の変化をもたらすドライバーを指す。そのため、生態系機能の将来予測や戦略的保全には、多重攪乱の複合的なインパクトの予測が必須である。多重攪乱の複合的なインパクトの予測は以下 3 つの点で困難である。第一に攪乱の種類が多様で、時間的な作用の仕方も異なることである。攪乱の種類には、熱波などの気候的なものから、化学汚染といった非気候的なものがある。また、時間的にも短期間で急激な環境変化や物理的な力を引き起こす「イベント」と持続的な環境変化を引き起こす「ストレス」がある。第二に、攪乱間で相互作用が起こることである。同時に起こる攪乱が互いの強度や生物の感受性に影響することで、複合的なインパクトが相乗的あるいは相殺的になることがある²⁾。第三に、同時に起こる攪乱の数が多いほど、攪乱の種類や時間的作用の組合せが多様になり、相互作用が複雑になることである。

ストレスとイベントの多重攪乱の複合的なインパクトには、攪乱間の類似性が影響するかもしれない。なぜなら、ストレス下で起こる個体や群集レベルの適応的变化は、続いて起こるイベントのインパクトに影響を与える可能性があり³⁾、その場合、ストレスとイベントの攪乱の種類類似性によってその際の相互作用が変わるからだ。例えば、ストレスとイベントとで攪乱の種類が類似している場合、適応的に変化した群集によってその複合的なインパクトは小さくなる。一方、攪乱の種類が全く異なる場合、そのインパクトは相加的あるいは相乗的になる。しかし多重攪乱の研究において、攪乱の種類類似性がストレスとイベントの複合的なインパクトや攪乱間の相互作用に与える影響を確かめた例はほとんどなく³⁾、特に 3 つ以上の多重攪乱では皆無である。

参考文献: 1) Bowler et al., *People nat.*, 2019; 2) Buma, *Ecosphere*, 2015; 3) Van der Wurff et al., *Ecol Appl.*, 2007

2. 研究の目的

沿岸魚類群集は温暖化による高温ストレスや養殖を中心とした人間活動に伴う富栄養といった水質汚染ストレスによって顕著な影響を受ける。また、温暖化が引き起こす極端な高温イベントは沿岸に生息する魚類の種数を低下させたり、生息可能な魚種を変化させる可能性がある。しかし、これらのストレスによって高温イベントのインパクトがどう変化するかはわかっていない。本研究の目的は、高温や富栄養ストレスと高温イベントの沿岸魚類群集への複合的なインパクトや攪乱間の相互作用を定量し、それらがストレスとイベントの類似性によってどう異なるかを確かめることである。そのため三陸沿岸 29 湾において水質と魚類の群集構造を確かめることによって



1)水質汚染ストレス、高温イベントが群集構造や多様性に及ぼす影響を定量し、2)それらが複合的に作用した場合の人為ストレスと高温イベントの相互作用を評価する(図 1)。本来の研究計画では、野外操作実験を予定していたが、温度の操作がうまくいかなかった。そのため、本研究では 1)野外の人為的ストレス強度が異なる多地点において、人為ストレスと魚類の種数と魚類群集の種組成との関係性を評価した上で、2)高温イベントが起こった際の種数や群集構造の変化から、人為ストレスと高温イベントとの相互作用を定量する。本研究期間では 1)を実施したため、その方法と結果を報告する。

3. 研究の方法

(1) 魚類群集と水質調査

2022年11月14日から25日にかけて三陸沿岸の29湾、各湾3地点において、魚類の環境DNAを抽出するための採水と水質測定を行った。魚類の群集構造は各地点における採水サンプルからDNA定量メタバーコーディングにより算出した魚類の環境DNA濃度から推定した。水質は多項目水質計を用いて、各調査地点で水温、塩分、溶存酸素、クロロフィルa、電気伝導度(EC25)を計測した。

(2) 魚類の種数と種組成の推定

環境DNAから推定された魚類群集の存在データから種数と種組成を推定した。この時、属まで同定できたものを解析に加え、種レベルで不明なものは同一種とみなした。

(3) 水質データの選択

58地点間での水質の類似度をPCA解析した結果、地点間の水質のばらつきはすべて溶存酸素と電気伝導度で説明できた。そのため、以降の解析には水質として溶存酸素と電気伝導度のみを用いた。

(4) 統計解析

① 種数と水質との関係

溶存酸素と電気伝導度が種数に与える影響を明らかにするために、応答変数に種数、説明変数に溶存酸素と電気伝導度を用いたポワソン回帰を行った。

② 群集組成と水質との関係

溶存酸素と電気伝導度が群集組成に与える影響を明らかにするためにMantel testによって群集組成と溶存酸素や電気伝導度との関係性を明らかにした。

4. 研究成果

(1) 種数と水質との関係

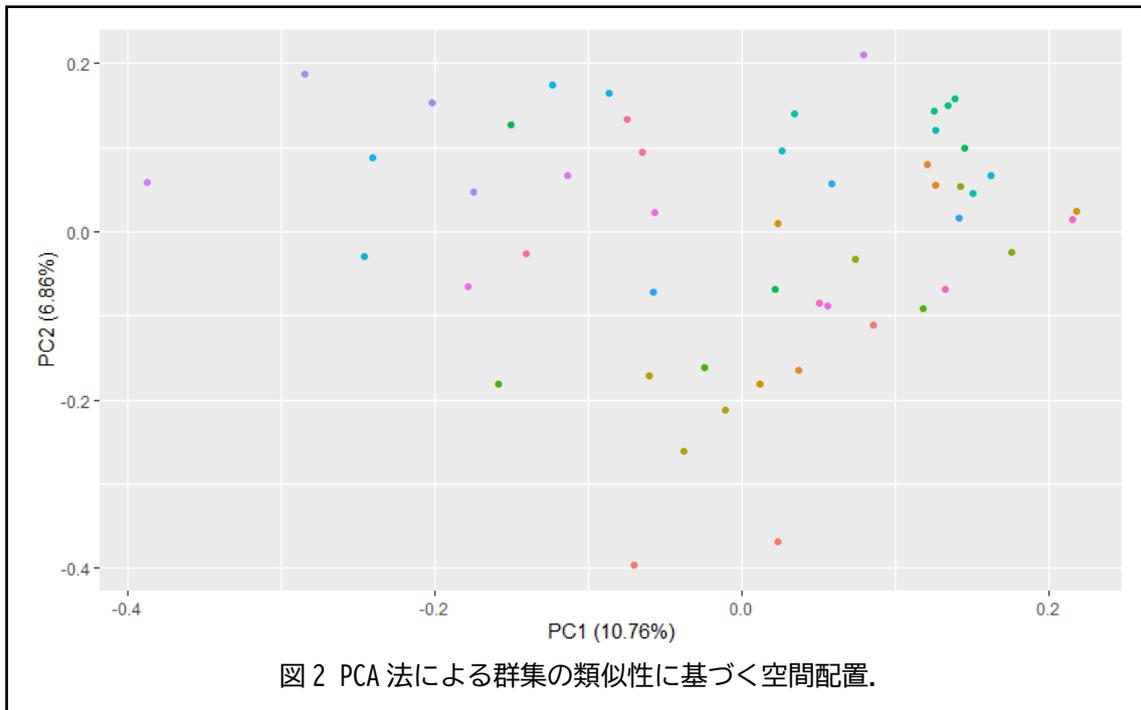
解析の結果、電気伝導度と種数の間には有意な関係性がみられたが($p < 0.001$)、その影響はごく小さいことが分かった(表1)。一方溶存酸素は有意な関係性がなかった($p = 0.09$)。

表1 種数と水質(電気伝導度・溶存酸素)との関係性の解析結果

	係数	標準誤差	Z値	p値
切片	8.85	1.08	8.19	<0.001
電気伝導度	-1.13×10^{-4}	1.81×10^{-5}	-6.26	<0.001
溶存酸素	6.88×10^{-3}	4.07×10^{-3}	1.69	0.09

(2) 群集組成と水質との関係

PCA 解析によって地点間の群集構造の類似性を図示した結果、湾ごとに種組成が類似する傾向は顕著ではなかった(図 2)。さらに Mantel test によって地点間の群集組成の類似性と溶存酸素と電気伝導度の類似性との関係性を確かめた結果、2つの水質と群集組成との間には有意な関係性がないことが分かった($p=0.421$)。



(3) 今後の展望

ここまでの調査・解析から、地点間の水質の違いは種数には影響するものの、種組成には直接影響しないことが示された。一方でこれらの結果は 1 回の調査から得られたもので、その信頼性は比較的低い。今後も魚類の群集構造と水質のモニタリングを定期的に継続することで、反復データからより信頼性の高い結果を得る予定である。さらに、種組成に影響する要因として、地理的な距離や湾内での地点の相対的な位置関係、湾そのものの地形的な条件などを加えるとともに、モニタリングの中で高温イベントが発生した後のデータを得ることで、人為ストレスとの相互作用についても定量的に評価する。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 元松直馬
2. 発表標題 養殖が魚類群集に与える影響を環境DNAを用いて評価する
3. 学会等名 第70回日本生態学会大会オンライン大会
4. 発表年 2023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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------