

【2A-1203】海洋生物が受ける温暖化と海洋酸性化の複合影響の実験的研究（H24～H26；累計予算額 132,365 千円）

野尻 幸宏（(独)国立環境研究所）

1. 研究実施体制

- (1) 海洋生物飼育実験用 CO₂ 分圧制御と実験管理手法の提供（(独) 国立環境研究所）
- (2) 我が国周辺のサンゴ種の成長への水温と海洋酸性化の影響（(独) 産業技術総合研究所）
- (3) 海洋生物の再生産過程における水温と海洋酸性化の影響（(公財) 海洋生物環境研究所）
- (4) 植物プランクトンの増殖における水温と海洋酸性化の影響（(一財) 電力中央研究所）

2. 研究開発目的

わが国沿岸で水温上昇が原因となって急速な分布域北上が確認されているサンゴは、その分布域変化が沿岸生態系変化を引き起こす可能性があるものの、大気 CO₂ 濃度増大による炭酸カルシウム飽和度低下は石灰化を抑制するので北上に制約がかかる可能性がある。ただし、北上サンゴ種自体の CO₂ に対する応答性が知られていないためその予測は難しい。北上サンゴ種では、高水温・低水温ともにその生息域を決める要因となるので、本課題では水温と CO₂ の複合影響を飼育実験から明らかにする。

一般に生物では再生産プロセスが環境因子の変化に対して脆弱であり、CO₂ に対する急性毒性レベルが高い魚類においても、今後予想される大気 CO₂ 増加レベルでの影響を評価する必要がある。しかしながら、影響評価実験例は飼育実験が容易な極小型魚種に限られている。そこで世界でも例のない大型水槽での CO₂ 制御を行い、有用魚種を対象とする影響評価実験を行う。産卵前から高 CO₂ 環境に順化させた上で、産卵・受精から稚魚成長段階における水温と CO₂ の複合影響を明らかにする。これは、今後の水産資源への海洋酸性化影響を評価するために重要である。

植物プランクトンは、海洋表層の炭素循環の出発点であり、昇温と CO₂ 増大という環境変化が生産に及ぼす影響は、気候フィードバック解明のカギであるが、現実海洋の応答を評価するには、種レベル実験から大規模なメソコスム実験までが必要とされている。ここでは、珪藻と円石藻という石灰化をしない群とする群を対照して、これまでほとんど実験例のない昇温と CO₂ 濃度増加の複合影響を、単離種による実験室レベル実験と自然プランクトン群集による現場型培養実験の両者から評価する。

評価実験に必要な CO₂ 濃度制御については、高度な実験管理技術を共通に利用して実施する。

3. 本研究により得られた主な成果

(1) 科学的意義

先行研究で実施してきた海洋生物飼育において精密に CO₂ 分圧を調整する技術を発展させることにより、従来行うことが難しかった条件下での生物飼育実験が可能になった。具体的には、海水の水温と CO₂ 分圧の両者を調整したうえでその CO₂ 分圧を計測し、将来の高 CO₂ と温暖化の両方が現れる条件で海洋生物の飼育を行う技術が確立した。研究課題最終年度までに、日本周辺のサンゴへの温暖化と海洋酸性化の複合影響評価および小型から大型に至る水産有用魚種への温暖化と海洋酸性化の複合影響評価を可能にした。その結果、近未来の日本沿岸のサンゴについては、水温上昇が熱帯性サンゴの北上を進めるが、今世紀後半など二酸化炭素分圧がさらに高まる場合において海洋酸性化影響が北上を抑制する可能性が示唆された。このような実験的研究例は世界で初めてであり、実際に北上サンゴが確認されているわが国でしかできない貴重な研究である。シロギスの再生産過程は、高 CO₂ による海洋酸性化の単純影響に対しては高い耐性がある。しかし、高水温との複合影響下では正常孵化率の低下に伴うシロギス個体数の低下が引き起こされる可能性が明らかとなった。ただし、このような CO₂ 分圧影響が起こりうるのは将来予測される大気 CO₂ 分圧よりはるかに高いレベルであることが分かった。水産有用魚種を用いて、魚類の再生産過程への高水温と海洋酸性化の複合影響評価を行った研究例はこれまでに無く、容量の大きな水槽において流水式で CO₂ 分圧制御が可能となったことで、

従来よりも多様な魚種についての影響評価が可能になったことに意義がある。本研究はこれまでに報告例が少ない、植物プランクトンに対する水温と CO2 分圧増加の複合影響を評価する実験を、単離株を用いた室内培養実験と沿岸海水を用いた現場型培養実験の両者により実施したことから、植物プランクトンに対する水温増加と CO2 分圧増加の影響を相対的に比較することが可能になった。結果として、植物プランクトンの応答は CO2 分圧増加よりも水温増加に依存するものであることが明らかとなった。本研究ではこれに加えて、光量の違いが水温と CO2 分圧の複合影響にもたらす効果も考慮することができた。これら、各サブテーマの成果は本課題で実験的な基盤を整備したことによってはじめて得られた価値の高い科学的成果である。

(2) 環境政策への貢献（研究者による記載）

<行政が既に活用した成果>

研究代表者は、IPCC の第 5 次評価報告書の執筆（第 1 作業部会第 3 章 RE、第 2 作業部会第 6 章 LA）に加わった。2014 年に公開された IPCC 第 5 次評価報告書第 2 作業部会報告において、海洋酸性化影響に関するメタ分析がなされ、本課題と関連する先行課題（2008 年～2010 年度）の発表論文 6 件（先行課題期間中および終了後に印刷出版したもの）が引用された。ただし、本課題の直接の成果論文は、第 5 次評価報告書に引用されるには時間的な制約で困難であった。

また、研究代表者は中央環境審議会地球環境部会気候変動影響評価等小委員会の検討作業に加わり、海洋生態系への気候変動影響について専門的立場から貢献した。

平成 27 年 2 月 21 日には、本研究課題が主催し「海洋酸性化がわが国周辺の生物に与える影響を評価する」と題する一般向け研究成果報告会を実施した。平成 27 年 3 月 16 日には、那覇市で開催された IPCC 公開シンポジウム「地球温暖化問題について考えよう！最新の科学と温室効果ガス排出量監視の取りくみ」において、研究代表者と分担者の鈴木淳が本課題の成果に関連する講演を行った。

<行政が活用することが見込まれる成果>

本研究課題は、わが国の沿岸海洋環境にとって重要であるサンゴが温暖化と海洋酸性化で受ける影響予測に関わる研究であり、自然環境保全に意義が大きい。また、温暖化と海洋酸性化で水産有用魚種が受ける影響の評価は社会的意義がある。海洋酸性化の生物影響評価は、海洋への地球温暖化影響を評価する上で極めて重要な観点であるので、次期 IPCC 評価報告書でも第 5 次評価報告書と同様に海洋酸性化の生物影響に関してメタ分析がなされると考えられる。メタ分析には、生物種ごとの詳細な評価結果をあまねく収集して解析するので、本課題の成果である生物種毎に影響評価する研究成果が必要であり、今回同様に引用されるものと思われる。

一方で、温暖化と海洋酸性化が海洋生態系に及ぼす影響評価が今後重要性を増すので、植物プランクトンに対する水温と CO2 の影響評価結果は、将来予測モデルにぜひ必要となり、次期 IPCC 評価報告書に寄与することが期待される。

4. 委員の指摘及び提言概要

1 トン水槽という大型魚類を飼育できる装置で、将来想定される CO2 濃度と水温を同時に精度良く制御出来る装置を開発し、研究手法の上でこれまでに困難だった課題に一定の解決策を与え、未解明の点が多い水産環境に焦点を当てて現場に近い場所で研究を実施した点で評価される。各サブテーマの研究結果は、水温上昇による影響は出ているものの CO2 分圧増加による影響は小さいという傾向であったが、これだけの研究結果で過小評価にならないか懸念される場所である。また、他の共存関係にある生物への影響も関連付けて検証を続ける必要があるのではないか。

5. 評点

総合評点： A