

科学研究費助成事業（基盤研究（S））公表用資料
〔平成29年度研究進捗評価用〕

平成26年度採択分
平成29年3月23日現在

海洋酸性化の沿岸生物と生態系への影響評価実験

Experimental studies of ocean acidification impact
on coastal marine organisms and ecosystem

課題番号：26220102

野尻 幸宏 (NOJIRI YUKIHIRO)

弘前大学・大学院理工学研究科・教授



研究の概要

人為起源 CO₂ がもたらす海洋酸性化の沿岸海洋生物への影響を種レベルと生態系レベルで明らかにする研究を、わが国の沿岸生物を主たる対象として行う。わが国には亜熱帯から亜寒帯にかけて臨海施設があることを生かす。屋内型と屋外型の海水 CO₂ 制御系により海洋酸性化が沿岸生物の種と沿岸生態系へ及ぼす影響を評価する実験を行う。

研究分野：環境学

キーワード：二酸化炭素、海洋酸性化、石灰化生物、飼育実験

1. 研究開始当初の背景

表層海洋の平均的 pH は中庸な CO₂ 排出シナリオでも 2100 年頃には工業化以前より 0.3 程度低くなる。海洋が CO₂ を吸収することから、大気 CO₂ 濃度増加は、表層海洋で酸性化 (CO₂ 分圧の上昇・pH の低下) が進むことを意味する。CO₂ 濃度増加に応じて表層海水の化学的指標が変化し、海洋生物種の CO₂ 分圧あるいは H⁺ 濃度への感受性に応じた影響が表れる。さらに、種レベル影響評価の次には海洋生態系に起こりうる変化を考察することが研究対象になってきた。海洋酸性化の影響評価は気候の温暖化影響と比較して評価すべきであるが、影響評価個別要素 (種レベル・生態系レベル) の知見が現段階で不足している。

2. 研究の目的

本課題では、人為起源 CO₂ がもたらす海洋酸性化の沿岸海洋生物への影響を種レベルと生態系レベルで明らかにする研究を、わが国の沿岸生物を対象として行う。海洋酸性化影響は、石灰化生物 (CaCO₃ の殻や骨格を形成する海洋生物) を中心に研究され、サンゴ・貝・ウニなどでは、ある程度以上に酸性化が進むと石灰化 (CaCO₃ を作る作用) が低下することがわかってきた。しかし、これら高感受性生物群でも、成長・再生産・現存量などへの詳細な影響評価や、今世紀中の CO₂ 増加レベルに対する影響評価は十分でない。また、グローバルな理解には地域毎に主要な生物への影響を評価する研究が必要である。わが国は太平洋西部の南北に長い地理的位置を占め、

固有の生物を含む影響評価はわが国でしかできない。

3. 研究の方法

生物種の海洋酸性化影響評価実験には、屋内型 CO₂ 制御装置を利用して、海水の CO₂ 分圧を調整した小型水槽で幼生や若齢個体の影響評価を行う。さらに本課題では、大容量 CO₂ 制御装置の使用法を工夫して、さまざまな影響評価実験に利用する。これら先行研究で開発した装置に加え、屋外型簡易 CO₂ 制御装置を参画機関 4 箇所を設置し、加入実験や生物の長期飼育に利用する。

4. これまでの成果

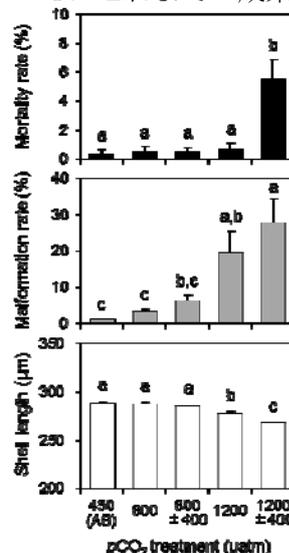


図 1. 各 pCO₂ 区のエゾアワビ幼生の死亡率、奇形率、幼殻長

沿岸域では海水中の CO₂ 分圧 (pCO₂) が日周期的に変動するため、従来行われてきたような pCO₂ を一定水準に高めただけでは海洋酸性化が生物に及ぼす影響を正確に把握することはできない。本課題では、pCO₂ の上昇および日周変動がエゾアワビ幼生の生残、幼

殻形成に及ぼす影響を明らかにするために、飼育海水の $p\text{CO}_2$ を一定もしくは日周変動させた実験容器内でエゾアワビ幼生を飼育し、3 日後の死亡率、奇形率、幼殻長を比較した。実験では海水中の $p\text{CO}_2$ が高くなるほど死亡率、奇形率が上昇し、幼殻長が減少する傾向が認められた。対照区 $450 \mu\text{atm}$ 、 $800 \mu\text{atm}$ 区、 $800 \pm 400 \mu\text{atm}$ 区と比較では、死亡率、奇形率、幼殻長に差は認められなかったが、 $1200 \mu\text{atm}$ 区および $1200 \pm 400 \mu\text{atm}$ 区で奇形率、幼殻長に有意差が認められ、平均値が同じでも $1200 \pm 400 \mu\text{atm}$ 区で $1200 \mu\text{atm}$ 区より幼生への負の影響が強かった (図 1)。これらの結果から、 $1000 \sim 1300 \mu\text{atm}$ の範囲にエゾアワビの幼殻形成にマイナスの影響を及ぼす $p\text{CO}_2$ の閾値が存在し、海水の $p\text{CO}_2$ がこの閾値を超えた時間と強度により影響の程度が変化することが示唆された。現在の沿岸環境は $p\text{CO}_2$ の日周変動範囲が閾値以下であり深刻な影響が出ていないが、海洋酸性化の進行に伴い $p\text{CO}_2$ の水準が上昇することで、将来的にエゾアワビへのマイナス影響が表れる可能性がある。

二枚貝類のアカガイ、ウバガイの 2 種について海洋酸性化実験を実施し、体成長や殻成長への影響を評価した (飼育期間: アカガイ約 6 週間 17°C 、ウバガイ 20 週間、水温 17°C)。アカガイは酸性化条件下でも殻重量に有意な変化はみられなかったが、ウバガイでは酸性化が進行するほど飼育期間に成長した外縁部の殻の厚みが薄くなる傾向がみられ、種による海洋酸性化影響感受性の違いが顕著であった (図 2)。さらに、この外縁部の殻の炭素同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$) は、ウバガイでは海水の溶存無機炭素 (DIC) の炭素同位体組成をより強く反映していた。これは相対的にウバガイの石灰化部位 (外套膜外液) に周囲の海水が浸入しやすいことを示唆し、したがって、外套膜外液の pH が低下して石灰化量の減少が起きた可能性が考えられる。このように、炭酸塩殻の炭素同位体比を指標に、海洋酸性化に対する石灰化能の感受性を評価できる可能性があることが分かった。

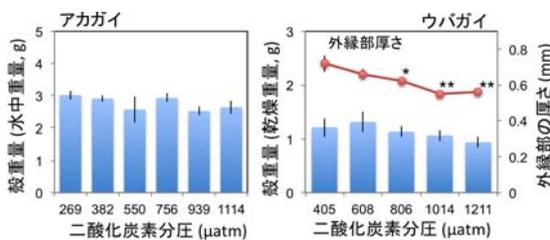


図 2. アカガイとウバガイの海洋酸性化実験

海洋酸性化に対する生物の順化・適応の可能性を明らかにするため、酸性化環境における継代飼育実験を実施し、複数世代にわたる影響を調べた。熱帯性のテンジクダイ科魚類 プテラポゴン (図 3) の第 0 世代 (親世代) を 3

段階の CO_2 分圧 (対照区約 $530 \mu\text{atm}$ 、 $850 \mu\text{atm}$ 区、 $1200 \mu\text{atm}$ 区) に設定した海水で飼育し、産卵実験を行った。第 0 世代の産卵実験の結果、産卵に対して顕著な影響は認められなかった。全ての実験区で第 1 世代が産出され、第 1 世代の一部の個体では第 2 世代 (孫世代) の生産を開始した。魚類のうち比較的世代交代の早い種であるとはいえ、世代交代を繰り返させるためには、飼育を安定な条件で長期間継続させる必要があり、全ての結果が出るには長い時間を要する。今後第 3 ~ 4 世代と継代し複数世代への酸性化影響を評価する。



図 3. プテラポゴン、左から成魚、卵、稚魚

5. 今後の計画

種レベルの影響評価実験は、海洋酸性化影響評価の基本情報として重要であり、参画臨海実験施設で継続する。生態系影響評価として先進的な実験である加入・定着実験は各臨海実験施設で統一した手法で行う。魚類の再生産実験は長期計画に従って継続する。

6. これまでの発表論文等 (受賞等も含む)
 Colony-specific calcification and mortality under ocean acidification in the branching coral *Montipora digitate*, Kavousi, J., Tanaka, Y., Nishida, K., Suzuki, A., Nojiri, Y., and Nakamura, T., *Mar. Environm. Res.*, **119**, 161-165, 2016.

Thermal dependency of shell growth, microstructure, and stable isotopes in laboratory-reared *Scapharca broughtonii* (Mollusca: Bivalvia), Nishida, K., Suzuki, A., Isono, R., Hayashi, M., Watanabe, Y., Yamamoto, Y., Irie, T., Nojiri, Y., Mori, C., Sato, M., Sato, K., and, Sasaki, T., *Geochem., Geophys., Geosyst.*, **16**, 2395-2408, 2015.

Responses of calcification of massive and encrusting corals to past, present, and future ocean carbon dioxide concentrations, Iguchi, A., Kumagai, N. H., Nakamura, T., Suzuki, A., Sakai, K., and, Nojiri, Y., *Mar. Pollut. Bull.*, **89**, 348-355, 2014.

野尻幸宏「海洋表層における二酸化炭素分圧の国際観測網の構築」日本海洋学会宇田賞, 2016 年 4 月.