

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 17 日現在

機関番号：82101

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2011～2013

課題番号：23241017

研究課題名(和文)沿岸海洋底生生物が受ける海洋酸性化影響の精密な評価

研究課題名(英文)Precise evaluation of ocean acidification impact on coastal marine species

研究代表者

野尻 幸宏(Nojiri, Yukihiro)

独立行政法人国立環境研究所・地球環境研究センター・上級主席研究員

研究者番号：10150161

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 38,500,000円、(間接経費) 11,550,000円

研究成果の概要(和文)：濃度上昇が続く二酸化炭素による海洋酸性化について、沿岸底生生物の実生息環境を考慮した実験手法を開発・適用して、沿岸生物種の海洋酸性化影響評価を高度化する研究を行った。臨海実験施設で、現場環境の海水二酸化炭素分圧変動を連続計測して日周変動幅を確認し、実験で適用している日周変化幅の適切性を評価した。二酸化炭素分圧の日周変化を模擬する二酸化炭素制御飼育系を用いる各種生物の飼育実験では、これまでのところ日周変動の影響は比較的軽微であった。飼育条件の良い大流量かけ流し方式の飼育系を実現させるために、投げ込み平衡器式二酸化炭素分圧計測と海水・二酸化炭素の正確な混合系を用いる装置を設計・設置した。

研究成果の概要(英文)：Impact of ocean acidification, caused by the anthropogenic increase of atmospheric carbon dioxide, on coastal marine species was examined with state-of-art carbon dioxide manipulation system. The actual variability of partial pressure of carbon dioxide in coastal seawater has been observed with a newly designed instrument with tube equilibrator at Sesoko Observatory of University of Ryukyus for one year. The amplitude was considered for the culture experiment of coastal species. Impact of diurnal variability of seawater partial pressure of carbon dioxide was minor for several species in sea urchins, snails and corals, however, it was detectable at near future level of atmospheric carbon dioxide concentration. Outdoor culture tanks with manipulating partial pressure of carbon dioxide was designed and tested. The large flow rate of seawater and natural light condition enabled good experimental design of ocean acidification impact study.

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学 環境影響評価・環境政策

キーワード：海洋酸性化 影響評価 二酸化炭素分圧 海洋生物 飼育実験 無脊椎動物 沿岸海水

1. 研究開始当初の背景

大気CO₂濃度増加は、気候変化のみならず、CO₂が海洋に吸収されて酸として働くことで海水のpHが低下する「海洋酸性化」を発現しつつある。影響は全海洋規模で起こるため、発現してしまった後で絶滅種や生態系を修復することは困難である。この環境影響を回避するにはCO₂を大気に放出しないという根本的対策が必要であり、地球温暖化と原因を同じにする地球規模環境問題である。

酸性化影響評価の第一段階として、種レベル影響の室内操作実験による知見が累積しつつある。研究代表者は国内の臨海施設の研究者を組織化し、海水中のCO₂分圧(pCO₂)を精密制御する装置を用いる実験研究を進めてきた。人為影響以前の濃度 (~280 ppm) から生物応答を評価しやすい2000 ppmのような高濃度までpCO₂を任意に変化させた海水を4+1濃度(大気平衡)で作出し、飼育水槽にかけ流し供給できる装置を開発した。装置を用いてわが国沿岸の多様な動物種のうちCO₂影響を顕著に受けうる石灰化生物(炭酸カルシウムの殻や骨格を作る生物)として沿岸性底生生物(ウニ、貝類、サンゴなど)と、特に感受性が高いと考えられるそれらの幼生への影響評価実験を行ってきた。

結果として、巻貝(エゾアワビ等)幼生の影響実験では、炭酸カルシウム(aragonite)飽和レベルのpCO₂ 1000 ppm以下では明瞭に現れないCO₂影響が、1500 ppm程度で炭酸カルシウム未飽和になると、受精率・生残率・貝殻奇形率などに顕著に現れることが分かった。またウニ幼生やある種のサンゴでは、280 ppm程度の低pCO₂条件(産業革命以前のpCO₂)で現在より成長が良く、現在濃度から600 ppmで応答が現れ始め、800 ppmを超す濃度でより強く影響発現する結果が得られた。すなわち、現在の海洋酸性化で、既に阻害を受けている生物群がありうる。

研究過程で臨海施設供給水のpCO₂変化を計測し、多くの実験所で冬季のpCO₂日振幅は小さい(~100 ppm)ものの夏季は300 ppm程度に大きくなることが分かった。すなわち、沿岸生物はpCO₂の高い明け方には既に高pCO₂に曝されている。今後pCO₂がさらに高まると、石灰化生物の耐性の閾値を越えるストレスに頻繁にさらされ得る。一方、夕方の低いpCO₂で影響が緩和される可能性もある。しかし、これまで沿岸域の実pCO₂変動計測は困難で、多くの測定結果は供給水の変動だった。本研究の狙いは、沿岸域の実pCO₂変動計測を行い、その結果を飼育実験に生かすことによる影響評価実験の精密化である。

2. 研究の目的

海洋表層pCO₂は産業革命以前の280 ppmから増加を続け、海洋表層の生物群にpCO₂増加による海洋酸性化影響が現れることが懸念されている。海洋酸性化影響を生物種毎に把握する実験として、pCO₂を一定に高めた

海水での飼育実験が行われるが、浅い沿岸域のpCO₂は季節・日周変化を示すので、季節・日周変化を保ちつつpCO₂が上昇するのが将来の沿岸海洋pCO₂環境であるとすると、単にpCO₂を一定に高めただけでは、将来の高pCO₂環境を模したことになる。そこで、既往研究で開発した精密pCO₂制御実験系で生物種毎の影響を評価する際に、現場海洋pCO₂変動を実計測した結果を反映させ、日周変動を含む海洋酸性化影響を、主に沿岸底生生物種を対象に精密に評価する。

3. 研究の方法

(1) 沿岸の実pCO₂変動測定

臨海施設で飼育用海水は、地先の取水口から直接供給されず通常は貯水槽から給水され、pCO₂変動は実変動に比べて小さくなる。そこで、参画施設のうち琉球大学瀬底研究施設で、棧橋突端に取水ポンプを設置し、投げ込み平衡器式pCO₂計測装置により貯水槽を経ない海水の実pCO₂計測を行うこととした。ポンプは約1 m深に設置し、干満の差で取水深度は変化するものよく混合した沿岸表層水を計測できた。2013年3月から1年以上の連続計測を実施した。夏から秋の台風襲来期には装置を一時的に保護して欠測した時期があった。また、京都大学瀬戸臨海実験所(和歌山県田辺湾)でも1 m深の海水実pCO₂を、2013年9月と2014年1月に連続測定したが、現場の条件から長期の維持は困難だった。

(2) 海水pCO₂を制御し、良好な生物飼育を実現する野外飼育系の整備

沿岸海洋生物の飼育には、屋内と屋外のそれぞれに利点と欠点がある。屋内では、海水pCO₂制御装置を天候に関わらず安全に運転できる。しかし、サンゴや藻類の飼育に天然光を模した光源で光を与える必要があるが、屋外では天然光を光量調整すればよい。また、屋外では大きな飼育海水流量が得られる設備条件が多い。ただしCO₂を海水に適量溶解させる機器や調整したpCO₂を計測する精密機器の屋外設置には困難が伴う。

本研究では、投げ込み平衡器式pCO₂計測装置が屋外運転可能なことを利用し、屋外飼育実験系を整備した。まずpCO₂を著しく高めた海水を調整する。これには高さ2 mの透明塩ビ管に下方から海水を3L 毎分程度の流量で流し、同じく下方からCO₂純ガスをマスフローコントローラで流量調整してバブリングする。これで10000 ppm程度の高pCO₂海水が生成され、原海水を適当な調整比率で混合して目的のpCO₂海水を得る。水槽は200L 5基とし原海水流量は3L 毎分とした。

(3) 沿岸海域のpCO₂環境に近い条件での生物影響評価実験

水産総合研究センター

pCO₂一定条件での影響評価実験を実施した。地先から汲み上げている海水のpCO₂を

室内型 pCO₂ 制御装置により 400-2000 ppm の 5 濃度条件(実験 1 : 400, 450, 1000, 1500, 2000 ppm、 実験 2 : 450, 800, 1000, 1200, 1500 ppm) に調整した。調整海水を掛け流す飼育チャンパー内で、サザエの受精卵からベリジャー幼生までを継続的に飼育し、初期発達と幼殻形成への影響を検討した。pCO₂ の異なる実験区に 3~5 個ずつ設置したチャンパー内にサザエの受精卵を収容し、24 の恒温室内で 24~26 時間飼育した。受精から 2 時間後と 24~26 時間後に、サザエの初期胚もしくは幼生を各チャンパーから採集し、成長段階別に個体の比率を算出した。その後、ベリジャー期に達した個体を流水条件下でさらに 2 日間飼育し、幼殻長を測定した。

サザエ浮遊幼生および有節サンゴモに対する CO₂ 影響評価実験を pCO₂ 日周変動条件下で行った。サザエ幼生の変態を誘起する有節サンゴモへの影響を調べるために、海水中の pCO₂ を 425, 600, 1100 ppm の一定水準に維持したチャンパーと 24 時間周期で 450-750 ppm および 800-1400 ppm の範囲内で変動させたチャンパー内に有節サンゴモを収容し、27 日後に外部形態(白化の有無と面積) の観察を行った。その後、そこに変態能を備えたサザエのベリジャー幼生を 200 個体ずつ加え、96 時間後に変態率を測定した。また pCO₂ の日周変動がサザエ幼生に与える影響を評価するために、pCO₂ を 400, 800, 600-1000 (24h 周期変動), 1500, 1100-1900 (24h 周期変動) ppm に調整したチャンパー内にサザエのトロコフォア幼生を 200 個体収容し、3 日後に幼生の奇形率を測定した。

また、エゾアワビ浮遊幼生に対する CO₂ 影響実験を pCO₂ 日周変動条件下で実施した。海水中の pCO₂ を大気平衡(400 ppm 前後), 800, 1000 ppm の一定水準に維持したチャンパーと 24 時間周期で 600-1000 ppm および 800-1200 ppm の範囲内で変動させたチャンパー内にエゾアワビのトロコフォア幼生を 200 個体ずつ収容し、75 時間後に奇形率と死亡率を測定した。

京都大学瀬戸臨海実験所

ウニ幼生を用いて産業革命以前から近未来の pCO₂ 条件で CO₂ 影響評価実験を行った。多くの先行研究例と比較して低 pCO₂ の影響評価実験である。室内型 pCO₂ 制御装置を用いて、ウニ類 2 種としてムラサキウニ (*Anthocidaris crassispina*) とバフンウニ (*Hemicentrotus pulcherrimus*) の受精卵を、産業革命前レベルの pCO₂ 条件に曝露し、その初期発生に与える影響を調べる飼育実験を行った。曝露に用いた pCO₂ 条件はバフンウニにおいては 230 と 430 (対照区) ppm の 2 条件、ムラサキウニにおいては 300, 400 (対照区), 500, 600 ppm の 4 条件とした。それぞれのウニ幼生を各条件に 3 日間曝露した後、骨格サイズを計測した。

温帯域サンゴ稚個体を用いて日周変動を加

味して将来の pCO₂ 条件の影響評価実験を行った。自然の沿岸海水にみられる pCO₂ の日周変動性を加味した実験条件を室内型 pCO₂ 制御装置で再現し、和歌山県田辺湾で採集したクシハダミドリイシ (*Acropora hyacinthus*) の稚個体を用い成長に与える影響を調べた。曝露実験に用いた pCO₂ 条件は実験 A) 300, 400, 500 ppm にて一定の条件と 300 ppm と 500 ppm に 12 時間毎に切り替わる日周変動条件 (400 ± 100 ppm)、および実験 B) 400, 600, 800, 1000 ppm にて一定の条件と、600 ppm と 1000 ppm に 12 時間毎に切り替わる日周変動条件 (800 ± 400 ppm) とした。実験期間は 28 日間とし曝露後に撮影画像の解析による投影面積の算出を行った。

琉球大学熱帯圏生物研究センター

これまでの先行研究により、サンゴ礁の基盤を構成する造礁サンゴの石灰化が、酸性化海水中で低下することが多く報告されている。しかし、その生理学的な要因や集団内に存在する遺伝的多型との関連は不明な点が多い。そこで、琉球列島において普通種であるハマサンゴ (*Porites australiensis*) を対象に、複数群体からクローンサンゴ片を作成し、遺伝子型間の応答の差異を評価できる実験デザインにおいて、酸性化海水中で飼育実験を行った。実験区として 3 段階の酸性化海水を設定し、サンゴ片の石灰化率と光合成関連のパラメーターを取得して解析した。

先行研究により、海水中で受精が行われるサンゴなどの受精率や精子鞭毛運動が、酸性化海水によって悪影響を受けることが報告されている。しかし、精密に制御した酸性化海水による影響評価や、地球温暖化に伴う高温ストレスと酸性化海水の複合効果が、サンゴの受精率に及ぼす影響に関する実験はあまり行われていない。そこで、サンゴの受精に対する高温ストレスと酸性化海水の複合影響評価を行うために、琉球列島において優占するコクビミドリイシ (*Acropora digitifera*) を対象に、初夏の一斉産卵時に配偶子を取得した。得られた配偶子を用いて、pCO₂ 400ppm 水温 27 の処理区 (対照区)、pCO₂ 1000ppm 水温 27 の処理区、pCO₂ 400ppm 水温 31 の処理区、pCO₂ 1000ppm 水温 31 の処理区を設定し、受精率を評価した。

本研究グループは、海水 pCO₂ を任意に設定できる室内型 pCO₂ 装置を用いて数多くの実験を行ってきたが、高 CO₂ 海水供給量を大きくできないことが難点であった。琉球大学瀬底研究施設に設置した屋外 pCO₂ 制御飼育系で、大容量の高 CO₂ 海水が利用できるようになったので、琉球列島の普通種であるハマサンゴ (*Porites australiensis*) を対象にサンゴ片を作成し、自然の光条件で長期 (約 8 ヶ月間、現在も継続中) の高 CO₂ 海水での飼育実験 (pCO₂ 300, 400, 600, 800, 1000 ppm の 5 段階) を実施した。

4. 研究成果

(1) 沿岸の実 $p\text{CO}_2$ 変動測定

琉球大学瀬底研究施設の棧橋突端付近の海水の $p\text{CO}_2$ 実変動を約 1 年間連続測定した結果を図 1 に示す。低水温期(3 - 4 月)の $p\text{CO}_2$ 値は 300 ~ 350 ppm であったが、高水温期(6 - 9 月)は 450 ~ 500 ppm であった。低水温期には $p\text{CO}_2$ 日周変動幅は約 200 ppm (ピーク間値)であったが、高水温期には 300 ~ 400 ppm (ピーク間値)に拡大した。この $p\text{CO}_2$ 日周変動は、実験施設の海水貯留槽から供給される海水を計測した結果より大きな幅だった。日周変動は明け方に最高値、夕方に最低値を記録し、昼間の光合成と夜間の呼吸が支配的であることが分かった。この日周変動幅は、飼育実験に与えるべき日周変動として参考となった。

瀬戸臨海実験所での浅海域の実 $p\text{CO}_2$ 測定では、9 月は 334 ± 50 ppm (平均値 \pm SD)、1 月は 312 ± 39 ppm (平均値 \pm SD) が記録された。日周変動では、日最大値からの低下が晴天日には日の出と共に始まることが確認され、琉球大学での計測と同様、光合成と呼吸が $p\text{CO}_2$ 日変動の支配要因と推測された。

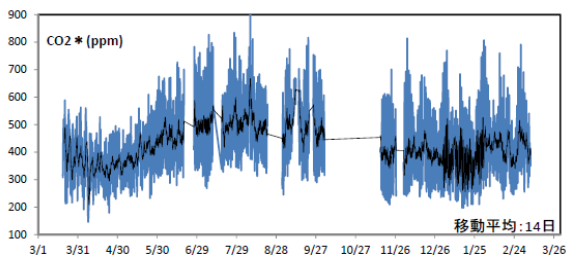


図 1 琉球大学瀬底研究施設棧橋突端付近の海水 $p\text{CO}_2$ 実変動 (2013 年 3 月から)

(2) 海水の $p\text{CO}_2$ を制御し、良好な生物飼育を実現する野外飼育系の整備

屋外飼育実験系で実際に得られた $p\text{CO}_2$ 変動を図 2 に示す。5 基の水槽の内 1 基には水酸化ナトリウム溶液を注入して $p\text{CO}_2$ 低下区とした。その結果約 300 ppm の産業革命以前を模した $p\text{CO}_2$ 環境を作ることができた。400 ppm 程度の区は貯水槽からの供給海水そのまま、日周変動は小さい。600 ~ 1000 ppm

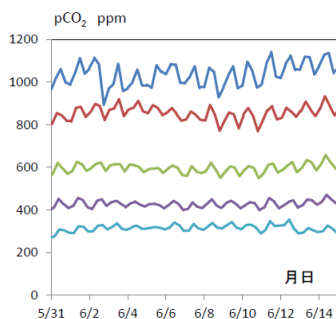


図 2 屋外飼育装置で実現した $p\text{CO}_2$ 制御 (2013 年 6 月の例、琉球大学瀬底研究施設)

の区は CO_2 添加区であり、原海水の変動をやや拡大した幅で $p\text{CO}_2$ が日周変動する。全炭酸変動幅が維持されていると考えると $p\text{CO}_2$ の変動幅が大きくなるのは合理的である。屋外実験系は 2013 年 5 月から 1 年超の運転維持中である。本研究の室内型実験装置の標準的海水流量が 1 基あたり 0.3L 毎分であることと比較し大流量である。供給水量さえ確保されれば、スケールアップは容易である。屋外は光条件が良好で沿岸生物の飼育を室内より良い条件で可能にする実験系が確立された。

(3) 沿岸海域の $p\text{CO}_2$ 環境に近い条件での海洋酸性化の生物影響評価実験

水産総合研究センター

$p\text{CO}_2$ 一定条件下での影響評価実験の結果、海水の $p\text{CO}_2$ が高くなるほど受精から 2 時間後に 4 細胞期に到達した個体の割合が低下する傾向が認められた。この結果は、海水中の $p\text{CO}_2$ が高くなるほどサザエの初期成長の速度が遅くなることを示唆している。その傾向は、受精後 24-26 時間後にも認められた。各 $p\text{CO}_2$ の海水中で 2 日間飼育されたサザエのベリジャー幼生の幼殻長は $p\text{CO}_2$ が増加するにつれて徐々に減少した。この幼殻長の減少は $p\text{CO}_2$ 増加に伴う海水中のアラゴナイト飽和度の低下と密接な関わりが認められ、アラゴナイト飽和度が 1.0 付近において幼殻長の減少が顕著だった (図 3)。

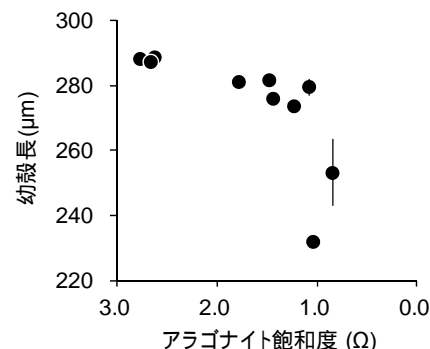


図 3 サザエの幼殻長と海水中の炭酸カルシウム(aragonite)飽和度との関係

$p\text{CO}_2$ 日周変動条件下での影響評価のうち、サザエ浮遊幼生および有節サンゴモに対する影響では、海水の $p\text{CO}_2$ を 425、600、1100 ppm の一定水準に維持したチャンバーと 24 時間周期で 450-750 ppm および 800-1400 ppm の範囲内で周期的に変動させたチャンバー内で、有節サンゴモを約 4 週間飼育した結果、いずれの $p\text{CO}_2$ においても有節サンゴモの外観の変化は認められなかった。そこにサザエのベリジャー幼生を加えて 96 時間飼育したが、サザエ幼生の変態率には実験区間で差は認められず、96.2-98.4%であった。 $p\text{CO}_2$ を制御したチャンバー内でサザエのトロコフォア幼生を 3 日間飼育した結果では、海水中の $p\text{CO}_2$ が高くなるほど幼生の奇形率が上昇し、400、800、600-1000、1500、1100-1900 ppm

についてそれぞれ 34.7、77.8、78.3、100、100%であった。以上の結果から、サザエ幼生の奇形率は海水中の $p\text{CO}_2$ の増加に伴い上昇するが、 $p\text{CO}_2$ が 1400 ppm 以下であれば有節サンゴモの藻体とサザエ幼生に対する変態誘因能には、日周変動の有無にかかわらず影響が認められなかった。

$p\text{CO}_2$ 日周変動条件下でのエゾアワビ浮遊幼生に対する影響では、死亡率はいずれの濃度区においても 5 % 以下の低い値を示し濃度区間に有意差は認められなかった。一方 1000 ppm の一定区と 800-1200 ppm の変動区で他の実験区よりも奇形率が増加し、1000 ppm を中心とした日周変動で幼生の発生に影響が出始めることが明らかとなった (図 4)。

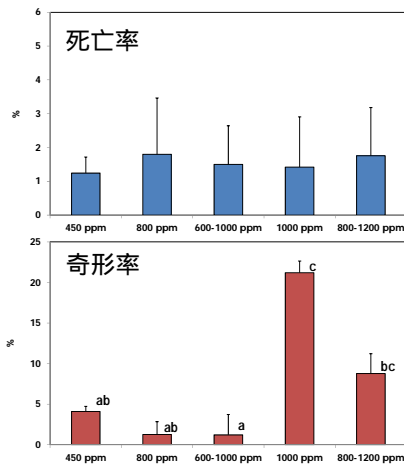


図 4 $p\text{CO}_2$ の日周変動がエゾアワビ浮遊幼生の死亡率・奇形率に及ぼす影響

京都大学瀬戸臨海実験所

ウニ幼生を用いた低濃度領域 $p\text{CO}_2$ 条件の影響評価実験では、各 $p\text{CO}_2$ 条件に 3 日間曝したバフンウニのウニ幼生の骨格サイズは全長、後腕長、ボディ長の全てにおいて 230 ppm 条件の方が 430 ppm 条件より有意に長かった。一方、各 $p\text{CO}_2$ 条件に 3 日間曝した後のムラサキウニのウニ幼生の骨格サイズは、全長と後腕長において 300 ppm に曝した幼生の方が 500 と 600 ppm に曝したものよりもサイズが有意に長くなった。また、ムラサキウニのウニ幼生の全長は 600 ppm 条件において 400 ppm 条件よりも有意に短くなった。本研究において実験に用いたウニ類の幼生サイズが産業革命前の $p\text{CO}_2$ 条件下において、現在や近未来に予測されている $p\text{CO}_2$ 条件に曝した幼生よりも大きくなることがわかった。結果から、海洋酸性化の石灰化生物への影響が、現在において既に発現している可能性が示唆された。

温帯域サンゴ稚個体を用いた日周変動を加味した将来の $p\text{CO}_2$ 条件の影響評価実験では、実験 A) において各 $p\text{CO}_2$ 条件に曝したクシハダミドリイシ稚個体の投影面積には、対照区 400 ppm と 300, 500, 600 ppm および 400 ± 100 ppm の間で有意な差がみられなかった。300 ppm から 500 ppm の低領域における

$p\text{CO}_2$ 値においては、 $p\text{CO}_2$ 一定の条件と日周変動する条件がクシハダミドリイシ稚個体の石灰化へ与える影響に違いが無い可能性が示唆された。一方、実験 B) の結果、800 ± 400 ppm の日周変動 $p\text{CO}_2$ 条件に曝した稚個体において投影面積 ($0.897 \pm 0.047 \text{ mm}^2$) が対照区 ($1.05 \pm 0.04 \text{ mm}^2$) より有意に低い値となった (図 5)。また 800 ppm と 1000 ppm 一定の条件においても対照区に対して有意に低い値がみられた (図 5)。これらの結果から、高 $p\text{CO}_2$ 条件によって海洋酸性化がクシハダミドリイシ稚個体の成長に及ぼす影響が $p\text{CO}_2$ の日周変動によって緩和や促進されない可能性が示唆された。

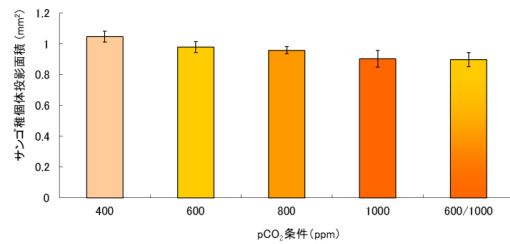


図 5 クシハダミドリイシ稚個体を 400 ~ 1000 ppm 一定の条件と 600 ppm、1000 ppm 間を半日毎に切り替わる日周変動条件 (800 ± 400 ppm) に 28 日間暴露した後の投影面積。

琉球大学熱帯圏生物研究センター

造礁サンゴの石灰化実験の結果では、先行研究と同様に、海水の酸性度上昇に伴う石灰化の低下が見られた。褐虫藻密度やクロロフィル量には変化は見られなかったが、海水の酸性度の上昇とともに光合成活性の低下が見られ、石灰化の低下と有意な相関が見られたことから、酸性化海水がサンゴ体内の褐虫藻の光合成に負の影響を与え、石灰化の低下も引き起こされることが示唆された。また、石灰化及び光合成の低下の程度は、遺伝子型間で明らかに異なることが示唆されたことから、今後の海洋酸性化の進行によって、集団内の遺伝子型組成の変化が引き起こされる可能性が明らかとなった。

サンゴの受精率に及ぼす影響に関する実験では、受精率を応答変数、受精における親サンゴの組み合わせ、温度処理、酸性化海水、温度処理と酸性化海水の交互作用を説明変数としてモデルに組み込んで解析した結果、親サンゴの組み合わせと温度処理を説明変数としたモデルが選ばれた。このことから、高 $p\text{CO}_2$ 海水よりも、高水温により、受精率が顕著に低下することが明らかとなった。

ハマサンゴの自然光条件下での飼育実験の結果では、サンゴの石灰化は、海水の酸性度が高まるほど減少する傾向が見られたものの、群体間での差異、季節による差異が見られ、環境の変化に応じたサンゴの順応の状態や遺伝子型の違いによって、サンゴの高 CO_2 海水への応答も異なることが示唆された。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計8件)

Akira Iguchi, Atsushi Suzuki, Kazuhiko Sakai, and Yukihiro Nojiri, Comparison of the effects of thermal stress and CO₂-driven acidified seawater on fertilization in coral *Acropora digitifera*, *Zygote*, in press, 2014. (査読有)

doi:10.1017/S0967199414000185

Toshihiro Onitsuka, Ryo Kimura, Tsuneo Ono, Hideki Takami, and Yukihiro Nojiri, Effects of ocean acidification on the early developmental stages of the horned turban, *Turbo cornutus*, *Marine Biology*, **161**, 1127-1138, 2014. (査読有)

doi:10.1007/s00227-014-2405-y

Ryota Suwa, Yukihiro Nojiri, Tsuneo Ono and Yoshihisa Shirayama, Effects of low pCO₂ conditions on sea urchin larval size, *Marine Ecology*, **34**, 443-450, 2013.

doi:10.1111/maec.12044. (査読有)

Akira Iguchi, Saori Ozaki, Takashi Nakamura, Mayuri Inoue, Yasuaki Tanaka, Atsushi Suzuki, Hodaka Kawahata, Kazuhiko Sakai, Effects of acidified seawater on coral calcification and symbiotic algae on the massive coral *Porites australiensis*, *Marine Environmental Research*, **73**, 32-36, 2012. (査読有)

doi:10.1016/j.marenvres.2011.10.008

Ryo Kimura, Hideki Takami, Tsuneo Ono, Toshihiro Onitsuka, and Yukihiro Nojiri, Effects of elevated pCO₂ on the early development of the commercially important gastropod, Ezo abalone *Haliotis discus hannai*, *Fisheries Oceanography*, **20**, 357-366, 2011.

doi:10.1111/j.1365-2419.2011.00589.x

(査読有)

[学会発表](計9件)

Hideki Takami and et al.: "Impacts of ocean acidification on early development of economically valuable gastropods", Third International Symposium on the Ocean in a High CO₂ World, 2012年9月. Monterey, USA.

Ryota Suwa and et al.: "Effects of low pCO₂ condition on sea urchin larval size", Third International Symposium on the Ocean in a High CO₂ World, 2012年9月. Monterey, USA

Toshihiro Onitsuka and et al.: "Effects of elevated pCO₂ on early development and settlement of turban snail *Turbo cornutus* and abalone *Haliotis diversicolor*", PICES-2011. 2011年10月. Khabarovsk, Russia.

[その他]

ホームページ等

海から貝が消える? 海洋酸性化の危機
<http://www.cger.nies.go.jp/ja/news/2014/140516.html>

海洋酸性化がエゾアワビの発育に及ぼす影響
<http://tnfri.fra.affrc.go.jp/pub/letter/19/1.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

野尻 幸宏 (NOJIRI, Yukihiro)

独立行政法人国立環境研究所・地球環境研究センター・上級主席研究員

研究者番号: 10150161

(2) 研究分担者

酒井 一彦 (SAKAI, Kazuhiko)

琉球大学・熱帯生物圏研究センター・教授
研究者番号: 50153838

澁野 拓郎 (SHIBUNO, Takuro)

独立行政法人水産総合研究センター・増養殖研究所・グループ長

研究者番号: 10372004

高見 秀輝 (TAKAMI, Hideki)

独立行政法人水産総合研究センター・東北
区水産研究所・主任研究員

研究者番号: 50371802

鬼塚 年弘 (ONITSUKA, Toshihiro)

独立行政法人水産総合研究センター・北海道
区水産研究所・研究員

研究者番号: 60536051

中野 智之 (NAKANO, Tomoyuki)

京都大学・フィールド科学教育センター・
助教

研究者番号: 90377995

(3) 連携研究者

小埜 恒夫 (ONO, Tsuneo)

独立行政法人水産総合研究センター・中央
水産研究所・グループ長

研究者番号: 40371786

田中 泰章 (TANAKA, Yasuaki)

琉球大学・熱帯生物圏研究センター・特別
研究員

研究者番号: 90551242

諏訪 僚太 (SUWA, Ryota)

京都大学・フィールド科学教育センター・
研究員

研究者番号: 30570379