

氏名	戸祭 森彦		
学位の種類	博 士 (理学)		
学位記番号	博 甲 第 9046 号		
学位授与年月日	平成 31 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	生命環境科学研究科		
学位論文題目	The Effect of Ocean Acidification on Intertidal Benthic Communities (岩礁潮間帯の底生動物群集に対する海洋酸性化の影響)		
主査	筑波大学教授	理学博士	稲葉 一男
副査	筑波大学教授	博士 (理学)	石田 健一郎
副査	筑波大学准教授	博士 (生命科学)	谷口 俊介
副査	筑波大学准教授	博士 (理学)	廣田 充

## 論 文 の 要 旨

大気中の二酸化炭素の約 1/4 は海洋に吸収されているが、過剰な二酸化炭素の溶解込みは海水 pH の低下を招く。産業革命以降の人間活動により海水の酸性化、すなわち海洋酸性化が続いており、現在 8.1 を示す pH は、今世紀末までに約 7.8 まで低下すると予測されている。海洋酸性化により貝類やサンゴなどに代表される石灰化生物の貝殻や骨格の石灰化が阻害され、個体数や多様性の減少、あるいは体サイズの小型化を招くことが報告されている。これらの研究の多くは二酸化炭素濃度を調節した酸性海水を用いた室内実験が主要なものであった。しかしながら、海洋酸性化が与える群集全体への影響や海洋生態系への影響に関しては、室内実験にのみでは結論できない。

貝類は典型的な石灰化生物であり、岩礁潮間帯において特に重要な役割を担っている。固着性貝類の貝殻構造は多様な種に生息場を提供し、移動性貝類の死後に残る貝殻はヤドカリ類や端脚類など多種へ住処を提供する。従って、海洋酸性化は貝殻の減少や小型化を介して、間接的に岩礁潮間帯の生物群集構造を改変しうるが、そうした間接効果の検証例は皆無である。CO<sub>2</sub> シープは、海底から二酸化炭素が噴出し将来の CO<sub>2</sub> 環境が再現されている海域である。本研究において筆者は、東京都式根島で発見された CO<sub>2</sub> シープを利用して、フィールドの生物群集における海洋酸性化の影響を調べた。まず、貝類群集に対する海洋酸性化の影響を酸性化海域と通常海域を対象に比較評価した。その結果、酸性化海域では、酸性化の程度を示す pH、アラゴナイト飽和度、および炭酸塩飽和度の値が低く、二酸化炭素分圧の値が高い傾向が確認された。その他の要因には明瞭な差が認められなかった。貝類群集については、移動性腹足類および固着性二枚貝類ともに酸性化海域で通常海域よりも個体数が少ない傾向にあり、特に固着性二枚貝類は酸性化海域で完全に消失していた。以上により筆者は、本調査地の酸性化海域で将来の CO<sub>2</sub> 環境が再現されていること、そこでは貝類群集の種数および個体数が減少していることを明らかにした。

次に筆者は、固着性二枚貝類の消失が酸性化海域での岩礁潮間帯生物群集に与える影響を調べた。通常海域において、ケガキおよびムラサキインコガイの生存個体と貝殻、および裸地に棲み込む底生動物の群集構造を調べることにより、固着性二枚貝類が有する生息場としての機能を検証した。その結果、固着性であるケガキの死後に残る貝殻には他の生息場よりも多くの生物が多く棲み込んでいた。それら生息場の被食減衰効果を実験的に検証したところ、カサガイ類の被食量はケガキ貝殻の存在で有意に減少した。以上の結果から筆者は、ケガキ貝殻は捕食圧を減じることで様々な種の初期生息場として機能していること、ケガキが消失した酸性化海域では、生息場を提供する機能が損なわれていると結論した。

さらに筆者は、貝殻を必要とするヤドカリ群集を用いて、移動性腹足類を介した海洋酸性化の間接効果を検証した。その結果、酸性化海域ではヤドカリ類が利用可能な貝殻量が有意に少ないことが判明した。また、ヤドカリ群集構造を調査した結果、貝殻量と並行して、ヤドカリ類の個体数および種数が酸性化海域で有意に低くかった。次いで、ヤドカリ類に対する海洋酸性化の直接効果を検討するため、全ての海域に優占していたヤドカリ種と、酸性化海域で著しく個体数が減少するヤドカリ種を用いて、酸性化海水と通常海水で飼育した際の生残率を比較した。その結果、成体の生残率には違いがなかったが、幼生の生残率は酸性化海水で飼育した場合に有意に低下した。以上から筆者は、酸性化海域のヤドカリ個体数の減少は、利用可能な貝殻量の減少という間接効果に加え、酸性化海水による幼生生残率の低下という直接効果も関わることを明らかにした。

最後に筆者は、海洋酸性化による貝殻の小型化と、ヤドカリの体サイズおよび成長率の関係を調べた。ホンヤドカリとその宿貝、およびその場に存在する利用可能な空の貝殻のサイズを比較すると、全て通常海域に比べ酸性化海域で有意に小さかった。各海域でホンヤドカリを採集し呼吸量を測定すると、酸性化海域での呼吸量が著しく高かった。次に、ホンヤドカリを酸性化海水と通常海水の条件下におき、さらに成長に合わせて自由に貝殻を変更できる環境とそれを制限した環境を別々に設け、それぞれの条件下で成長率を見積もった。その結果、酸性化海水で飼育された個体は有意に成長率が低下し、さらに、貝殻を制限した環境で最も成長率が低いことが判明した。以上の結果から筆者は、酸性化域では成長に要するエネルギー量が増大するために宿貝の成長が抑制され、この成長抑制は酸性化海水による直接的な代謝機構への影響に加え、貝殻の小型化による間接的な成長抑制につながる可能性があるとした。

## 審 査 の 要 旨

本研究で著者は、死後も石灰質構造が維持される石灰化生物の特性に着目し、貝殻の減少や縮小を介した海洋酸性化の間接効果の存在を初めて明らかにした。また、これまで甲殻類は海洋酸性化の直接効果を受け難いとされてきたが、著者は甲殻類の生残率や成長率が幼稚期で著しく低下することも指摘した。これらの新たな研究成果は、海洋生態学の基本である生物間相互作用の研究に新たな知見をもたらすとともに、今後の海洋酸性化研究の基盤となり、海洋生物学研究に広く貢献すると期待される。

平成31年1月29日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものとして認める。