

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 16 日現在

機関番号：82706

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23510023

研究課題名(和文)地球温暖化ならびに海洋酸性化がサンゴモと海草の生長量に与える影響の評価

研究課題名(英文)Evaluating the effect of Global warming and Ocean acidification for the growth of Seagrass and Coralline algae

研究代表者

田中 義幸(TANAKA, Yoshiyuki)

独立行政法人海洋研究開発機構・むつ研究所・研究員

研究者番号：50396818

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円、(間接経費) 1,230,000円

研究成果の概要(和文)：地球規模の環境変動に対する普遍種と地域固有種との応答の差を、本州北部に分布する一次生産者を対象として検証した。陸奥湾における海草の分布調査の結果、北半球のほぼ全域に分布するアマモは浅い地点に、地域固有種であるスゲアマモは、深い地点に分布する帯状構造が認められた。一次生産の指標である蛍光を測定したところ、常にアマモがスゲアマモより高い値を示した。また、温暖化と海洋酸性化との複合的な影響を評価するために、大型一次生産者を対象とした、閉鎖系の実験装置を開発した。実験の結果、スゲアマモの方が温度上昇に対する耐性が低い傾向にあることが示された。

研究成果の概要(英文)：Evaluating the effect of global environmental changes for the distribution and growth of both endemic and universal primary producers. The universal seagrass, *Zostera marina* was distributed at shallower sites compared to the endemic seagrass species, *Z. caespitosa*. Electron transfer rate calculated from fluorescence value of seagrass leaves were significantly larger than that of *Z. caespitosa*. Devices to evaluate effects of both global warming and ocean acidification simultaneously were developed. The result of the manipulative experiment using this device revealed the tendency that *Z. caespitosa* was less tolerant against the high water temperature than the *Z. marina*.

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：海草 アマモ スゲアマモ 温暖化 酸性化 PAM 安定同位体 サンゴモ

1. 研究開始当初の背景

人間活動に起因する二酸化炭素濃度の上昇は、地球温暖化とともに海洋酸性化を引き起こす。両者とも、海洋生物の分布や生態系機能に大きな影響を与えることが懸念されている。地球温暖化は、既に全地球規模で取り組むべき重大な環境問題として認識されており、高緯度域への生物分布境界の移動や、漁獲量の増減などにも大きな影響を与えている。一方、海洋酸性化も近年その影響の大きさが盛んに取り上げられるようになってきた。変化に要する時間も短く、炭酸カルシウムの準安定形態であるアラゴナイトが溶解しはじめる、すなわち二酸化炭素濃度が未飽和状態になる海域が南極海と北太平洋の亜寒帯域においては今世紀中に拡大すると予想されている (Orr et al. 2005)。

酸性化の影響が顕著に顕れるのは高緯度海域であると考えられている上、特に暖流と寒流、双方の影響を受けるような海域では、海水温変動の影響だけでも底生大型一次生産者をはじめとする生物群集の構成が大きく変化する事例が既に報告されている (Kirihara et al. 2006 など)。本研究では、太平洋の比較的高緯度に位置し、暖流と寒流双方の影響を受ける津軽海峡周辺域において、グローバルな環境変動に対する沿岸生態系の応答を解明することを目指す。

2. 研究の目的

海草と紅藻サンゴモ目に属する石灰藻 (以下サンゴモ) は高緯度域から熱帯まで広く分布しており、前者には酸性化の正の影響が、後者には負の影響が顕著に表れることが予想されている。本研究では、海草とサンゴモのうち地域固有種と普遍的に分布する種とを選択し、その分布を野外において定量的に評価するとともに、室内操作実験により水温や溶存二酸化炭素濃度の変化に対する海草とサンゴモの応答を解明し、今後の環境変動に伴って、その分布や生長量、生態系機能がどのように変化するか評価することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 分布モニタリング

青森県下北半島の陸奥湾側 (むつ市川内町庁舎地先) と津軽海峡側 (むつ市大畑ちぢり浜) の浅海域に、それぞれ中心的な調査地点を選定し、海草とサンゴモの定量的な分布モニターを実施した。また、サンゴモと海草、それぞれより、地域固有種と普遍的に分布する種とを選択した。

(2) 実験水槽による操作実験

水温や二酸化炭素濃度の変化に対して、海草や海藻がどのように応答するかを検証するために、培養実験を行う。このため、水温を2段階、二酸化炭素濃度を3段階に調整す

ることが可能で、実験室内でも大型一次生産者を培養することが可能な閉鎖系培養実験装置を新たに開発する。

4. 研究成果

(1) 分布モニタリング

陸奥湾に面した青森県むつ市川内の砂浜から水深2 m (St.1)、4 m (St.2)、7 m (St.3)、10 m (St.4) の4地点において、潜水により海草の分布調査を実施した。北半球のほぼ全域に分布する海草であるアマモ (*Zostera marina*) は浅い2 m、4 mの地点に、日本海北部周辺の地域固有種であるスゲアマモ (*Zostera caespitosa*) は、深い4 m ~ 10 mの地点に分布する帯状構造が認められた。調査地点において、それ以外の海草は確認されなかった。青森県に分布が確認されている6種の海草の内、陸奥湾で卓越する上記2種を本研究の対象種として選択した (図1)。



図1: 北半球に普遍的に分布するアマモ (左) は浅い地点に分布した。地域固有種スゲアマモ (右) は、深い地点に分布した。前者は株と株との間隔が広く、カレイなどの生育に適している。後者周辺には、ナマコが多く分布する。

各地点において、一次生産の指標となる蛍光値を測定した上、電子伝達速度を算出して、両種を比較したところ、アマモの電子伝達速度が有意に高かった (図2)。

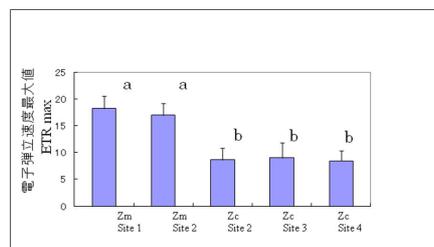


図2: 4地点におけるアマモとスゲアマモの電子伝達速度最大値の比較。各棒グラフ右上のアルファベットが異なる場合は、統計的に有意差があることを示す。

同様に一次生産の指標となる炭素同位体比からは、4 m以浅において試料採集前、数週間程度の光合成活性が高かったことが示唆された (図3)。窒素同位体比からは種間・地点間に顕著な差は認められなかった。窒素に対する炭素の比率から、陸奥湾の海草は貧栄養の状態に置かれていることが明らかに

なった。

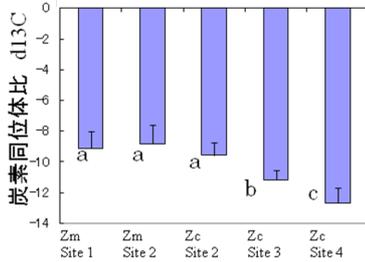


図3. 4地点におけるアマモとスゲアマモの炭素同位体比の比較

津軽海峡に面した青森県むつ市大畑のちぢり浜において、紅藻サンゴモの分布調査を実施した。エゾシコロ・プリヒバ・イソキリ・ミヤヒバの分布が確認された。このうち、南西諸島を除く日本中で普遍的に観察される種としてプリヒバを、津軽海峡周辺域に分布の中心があるエゾシコロを相対的な地域固有種として選択した。



図4. プリヒバ(左)とエゾシコロ(右)

(2) 実験水槽による操作実験

海水の常時供給が困難な実験室内で用いることを目指し、下記のような閉鎖系の培養実験装置を開発した。水温(二段階)と二酸化炭素濃度(三段階)をそれぞれ同時に操作して、培養環境を調整できるようにした。大型の水質調整槽を配し、培養槽との間の海水交換を高流量で行うことで、大型一次生産者の培養を可能にした。

本装置を用いた培養実験の結果、スゲアマモの方が、アマモと比較して温度上昇に対する耐性が低い傾向にあることが見出された。今後海水温が上昇した場合、地域固有種であるスゲアマモの分布がより制限される可能性が示唆された。



図5: 酸性化・水温操作実験装置全景

一方、本研究においては、二酸化炭素濃度を400ppm、700ppm、1000ppmの3段階に設定して、3週間程度の培養を複数回実施したが、二酸化炭素濃度の違いによる海草の成長量の差を明確に検証することはできなかった。

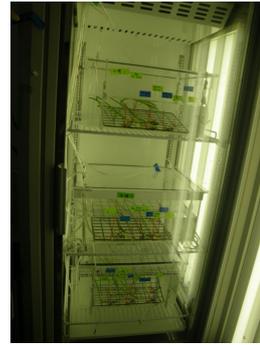


図6: 操作実験の様子

海水温と二酸化炭素濃度の上昇は、石灰化しない底生一次生産者に対しては有利に働くと指摘されている(Doney et al. 2009, Connel & Russell 2010)。中でも代表的な海草については、その生長量が増加することが既存の操作実験により明らかにされている(Zimmerman et al. 1997, Palacios & Zimmerman 2007)。海草藻場は単位面積当たりの純一次生産量が地球上で最も高い生態系のひとつであり、他の動植物の付着基盤、隠れ家や産卵場所などとして漁業生産上も重要な役割を担っている(Hemminga & Duarte 2000)。分布する小型甲殻類や魚類などの生物群集も海草の種によって異なることが明らかにされているため(De Troch et al. 2001, Somerfield et al. 2002)、海草藻場面積の増減だけでなく、その構成種が入れ替わるだけでも群集構造に与える影響は大きい。たとえば青森県陸奥湾の主要漁業対象種を考えると、5枚程度の葉からなる各株が一定の間隔をおき独立して分布するアマモ(*Zostera marina*)群集ではカレイなどの底魚が生息しやすいのに対して、株が独立せずに叢生するスゲアマモ(*Zostera caespitosa*)群集ではナマコの生物量が大きいことが知られている。海草など大型一次生産者の種構成が地球規模の環境変動に応じてどのように変化するか、野外調査と操作実験との双方において検証・推測することの意義は高いといえる。

今後は、本研究により開発した実験装置をさらに改良し、国内外の研究者と連携した実験に取り組みたい。これらの研究成果は、研究期間中に毎年開催された、独立行政法人海洋研究開発機構むつ研究所主催の観察会や講演会においても市民に向け広く公表され、サンゴモはじめとする海藻の分布については標本集として出版された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者に

は下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

田中義幸「野外研究サイトから(24)ボリナオ海洋実験所、フィリピン」日本生態学会誌, 査読なし, 63, 2013, 283-286

〔学会発表〕(計5件)

山田勝雅, 田中義幸, 仲岡雅裕. 海草藻場のパッチ状分布が小型無脊椎動物の機能群多様性の空間異質性を促進する: 機能群構造決定機構における環境と空間の相対的重要性. 日本生態学会第61回全国大会, 2014.3.17. 広島県(広島)

Tanaka Y, Kirihara S, Igarashi T, Go G A, Sasaki K, Nakano Y, Nakaoka M, Watanabe S. *Zostera caespitosa* and *Z. marina* in Mutsu-Bay, Aomori, Japan. International Seagrass Biology Workshop 10. 2012. 11. 28. ブラジル (ブシオス)

Tanaka Y, Go G A, Atsushi Watanabe A, Miyajima T, Nakaoka M, Fortes M D, Uy W H, Leriorato J, Lopez M R, Sarceda M, Watanabe S, Nadaoka K. 17-year change in species composition of mixed seagrass beds around Santiago Island, Bolinao, The Philippines. The 1st Asia-Pacific CECAM Regional Symposium. 2012. 11. 7. フィリピン (マニラ)

渡邊修一, 吉川泰司, 佐々木建一, 田中義幸, 川上創, 脇田昌英, 山本秀樹, 狩野光正. 下北半島津軽海峡域の最近10年の海水温変動. 第25回日本沿岸域学会, 2012. 7. 13. 宮城県(仙台)

田中義幸, 山崎友資, 桐原慎二, 渡邊 徹, 下館 章, 五十嵐健志, 狩野光正, 渡邊修一. 下北半島周辺の海岸における市民と協働した海洋環境・生物モニタリング体制の構築にむけた公開講座・自然観察会. 2012年度日本海洋学会春季大会, 2012. 3. 27. 茨城県(つくば)

〔図書〕(計1件)

田中義幸 TOLOT 『みんなで作る 津軽海峡ちぢり浜の海藻標本集 2012年度版』, 2014年, 62P

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田中 義幸 (TANAKA, Yoshiyuki)

独立行政法人海洋研究開発機構・むつ研究所・研究員

研究者番号: 50396818