

小笠原産ハマサンゴの B/Ca および $\delta^{11}\text{B}$ 測定から明らかになる 19 世紀末以降の北西太平洋の海洋酸性化と石灰化への影響
Ocean Acidification and its effect on calcification since the late 19th century revealed by $\delta^{11}\text{B}$ of Ogasawara coral

窪田 薫^{1*}; 横山 祐典¹; 石川 剛志²; 鈴木 淳³
KUBOTA, Kaoru^{1*}; YOKOYAMA, Yusuke¹; ISHIKAWA, Tsuyoshi²; SUZUKI, Atsushi³

¹ 東京大学 大気海洋研究所, ² 海洋研究開発機構, ³ 産業技術総合研究所

¹ Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, ² Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology,

³ National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

サンゴ骨格のホウ素同位体 ($\delta^{11}\text{B}$) は海水の pH 計になることが知られている。海水 pH は大気中の二酸化炭素分圧 (pCO_2) と密接に関係していることから、地質時代の pCO_2 の推定への期待も高まっている。しかしながら、サンゴの石灰化作用が $\delta^{11}\text{B}$ -pH 関係に影響する可能性も指摘されており、その不確実性があまり深く評価されていない。これまでに $\delta^{11}\text{B}$ -pH 関係を評価したものはそのほとんどが pH を制御した飼育実験によるものであり、野外で採取された試料に対する評価は今のところグレートバリアリーフやグアム島などに限られている。そこで本研究では、北西太平洋に位置する小笠原諸島父島で採取された長尺の塊状ハマサンゴ骨格に対する過去 125 年間 (AD1873-1998) の $\delta^{11}\text{B}$ および B/Ca の測定結果を報告する。 $\delta^{11}\text{B}$ は産業革命以降の海洋酸性化の明瞭な傾向を捉えており、さらにその傾向から明らかになるサンゴの石灰化作用との関わりについて議論する。また測定が比較的簡便であることから近年注目を集めている、石灰化生物の炭酸塩骨格中のホウ素の含有量 (B/Ca) が pH 計として使えるかどうかについても同様に議論を行う。

キーワード: ホウ素, 小笠原, サンゴ, 石灰化, 海洋酸性化

Keywords: boron, Ogasawara, coral, calcification, Ocean Acidification

海洋酸性化が温帯性サンゴの成長に与える影響について Ocean acidification influences on coral growth of temperate species

Kim So^{1*}; 鈴木 淳²; 林 正裕³; 山本 雄三³; 堀田 公明³; 磯野 良介³; 渡邊 裕介³; 山野 博哉⁴; 野村 恵一⁵; 西田 梢²; 井上 麻夕里⁶; 張 勁¹; 野尻 幸宏⁴
KIM, So^{1*}; SUZUKI, Atsushi²; HAYASHI, Masahiro³; YAMAMOTO, Yuzo³; HOTTA, Kimiaki³; ISONO, Ryosuke³; WATANABE, Yusuke³; YAMANO, Hiroya⁴; NOMURA, Keiichi⁵; NISHIDA, Kozue²; INOUE, Mayuri⁶; ZHANG, Jing¹; NOJIRI, Yukihiro⁴

¹ 富山大学, ² 産業技術総合研究所, ³ 公益財団法人海洋生物環境研究所, ⁴ 国立環境研究所, ⁵ 串本海中公園センター, ⁶ 東京大学大気海洋研究所

¹Toyama University, ²Geological Survey of Japan, AIST, ³Marine Ecology Research Institute (MERI), ⁴National Institute for Environmental Studies, ⁵Kushioto Marine Park, ⁶Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

Carbon dioxide concentration in the atmosphere has steadily increased since the industrial revolution due to burning of fossil fuel and will cause the global warming and ocean acidification. It will raise the ocean temperature around Japan and reduce the seawater pH and then it may bring serious threat to corals dwelling around Honsyu Island, Japan. Last year, our research group did temperature-controlled culture experiments of temperate coral species from the Pacific side of Honsyu Island of Japan under the present level of the partial pressure of CO₂ (pCO₂). But, synergetic effect of the global warming and ocean acidification on these corals has not been tested yet in detail. In this study, we focus on the how the different pCO₂ levels (past, present, and future) can influence skeletal growth of temperate *Acropora* coral species under the different temperature setting using a precise control system. This system was used to generate six different pCO₂ levels: (i) pre-industrial, ~300 μatm, (ii) present-day pCO₂, ~400 μatm, and at four near-future conditions, (iii) ~550 μatm, (iv) ~750 μatm, (v) ~1000 μatm and (vi) ~1200 μatm at three temperature conditions (17, 25, and 27 deg C). Our early results suggested a negative influence of higher pCO₂ levels on skeletal growth of temperate *Acropora* corals, but not so sensitive compared to tropical and subtropical *Acropora* corals.

キーワード: 海洋酸性化, 温帯サンゴ, 石灰化, 地球温暖化

Keywords: Ocean acidification, temperate coral, calcification, global warming

地球温暖化に伴う水温上昇が日本近海の藻場分布に及ぼす影響予測 Projecting impacts of rising water temperature on the distribution of seaweeds around Japan

高尾 信太郎¹; 藤井 賢彦^{1*}; 熊谷 直喜²; 山野 博哉²; 山中 康裕¹
TAKAO, Shintaro¹; FUJII, Masahiko^{1*}; KUMAGAI, Naoki²; YAMANO, Hiroya²; YAMANAKA, Yasuhiro¹

¹ 北海道大学大学院地球環境科学研究院, ² 国立環境研究所

¹ Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University, ² National Institute for Environmental Studies

高解像度気候予測モデル MIROC4h によって得られた 1950 年から 2035 年までの海面水温の結果と、フタエモクおよびカジメに関する簡易生物指標を組み合わせることによって、日本近海の熱帯・亜熱帯性藻場と温帯性藻場が将来の地球温暖化にともなう水温上昇による影響評価を行った。1950 年から 2000 年の再現実験の結果は、水温上昇により熱帯・亜熱帯性藻場は北上したこと、温帯性藻場の南限は北上したものの、北限の北上は見られなかったことを示した。RCP4.5 シナリオに基づく将来予測結果は、高知県沿岸域では 2010 年代にカジメからフタエモクへの遷移が起こる可能性を示している。このような、温帯種から熱帯・亜熱帯種への藻場種の遷移は日本近海の沿岸域の生物生産性や食物連鎖網、ひいては生態系サービスの変化をもたらす可能性が示唆される。

キーワード: 藻場, 地球温暖化, 気候予測モデル, カジメ, フタエモク

Keywords: seaweed bed, global warming, climate model, Ecklonia cava, Sargassum duplicatum

変動環境下でのサンゴ集団内の遺伝的変異—物質循環との関連— Standing genetic variation of coral populations under changing environments

井口 亮^{1*}
IGUCHI, Akira^{1*}

¹ 沖縄工業高等専門学校 生物資源工学科

¹Department of Bioresources Engineering, Okinawa National College of Technology

How genetic diversities affect ecosystem functions is one of key questions to understand the maintenance of genetic diversities and their roles in ecosystem. To evaluate the functional genetic diversities of corals which are main composers of coral reefs, I genotyped 20 colonies (collected in front of Sesoko Station) of *Acropora digitifera* which is one of dominant coral species around the Ryukyu Archipelago where is the northern peripheral area of coral reefs, and performed common garden experiment using five clonal fragments from each colony (to reduce accidental response in each genotype) to estimate variations of growth and photosynthetic efficiencies among colonies, namely, genotypes. Genotyping was performed with microsatellite markers for coral host and ITS2 direct sequencing for symbiotic algae, indicating that all host colonies were genetically distinct and belonging to major populations around the Ryukyu Archipelago and mainly maintaining clade C symbionts which are dominant around this region. In common garden experiment, all colonies showed different growth patterns whilst the photosynthetic efficiencies showed similar optimal peaks among colonies. The experimental approach above suggests that there are standing genetic variations in host itself of *A. digitifera*, which might guarantee the adaptive potential of coral population for future global warming in northern peripheral reef area. These genetic variations might also contribute to the change of material cycles in future coral reefs.

沿岸生態系における炭素フロー：ブルーカーボン研究 Carbon flows in estuarine and shallow waters: blue carbon study

桑江 朝比呂^{1*}; 所 立樹¹; 渡辺 謙太¹; 三好 英一¹; 茂木 博匡¹; 田多 一史²
KUWAE, Tomohiro^{1*}; TOKORO, Tatsuki¹; WATANABE, Kenta¹; MIYOSHI, Eiichi¹; MOKI, Hirotada¹; TADA, Kazufumi²

¹ (独) 港湾空港技術研究所, ² 中電技術コンサルタント株式会社

¹Port and Airport Research Institute, ²Chuden Engineering Consultants Co., Ltd.

これまで海洋によるCO₂吸収は、外洋で発揮されていて、陸域からの負荷を受ける沿岸海域では有機物が分解する場、すなわちCO₂の放出源と考えられてきた。とりわけ、都市河川が流入し人間活動の影響を受けた内湾は、大量のCO₂放出を伴う富栄養化の進んだ環境価値の低い場所であるとの認識が強かった。ところが近年、沿岸生態系では、熱帯林に匹敵もしくはそれを上回る高い炭素貯留速度の事例が示されるようになってきた。したがって、沿岸海域はまさに炭素のmissing sinkとなっている可能性がある。国連環境計画 (UNEP) は、海洋で固定される炭素を「ブルーカーボン」と新たに称し、特に沿岸海域の堆積物中に貯留される炭素ストックの重要性をアピールした。

そこで、「沿岸海域が大気中CO₂の吸収源」であるという、新たな仮説を検証することは重要であると考えられるものの、陸・河川・外洋の影響を受ける複雑な場という沿岸海域の特性により、実証には手法・労力・解析上の困難が伴う。したがって、「未知の炭素フロー」の検証作業はすすんでいない。本研究プロジェクトでは、河川-浅海域-沿岸海域、さらに大気-海水-海底堆積物を含めた広範なかつ長期的な炭素輸送像全体を沿岸生態系ブルーカーボンの研究対象とし、大気・海水・堆積物における全相 (気体・液体・固体) の全炭素 (無機態・有機態) の動態 (ストック・フロー) を抜け落ちなく実測し、未知の炭素フローを浮き彫りにすることを目標としている。

キーワード: 気候変動, 炭素隔離, 炭素貯留, ブルーカーボン, 海草場, 内湾

Keywords: climate change, carbon sequestration, carbon storage, blue carbon, seagrass meadows, estuarine waters

石垣島浅海域の大気-海水間 CO₂ フラックスに関する現地調査とパス解析 Field investigation and the path analysis of air-sea CO₂ flux in shallow waters of Ishigaki Island

田多 一史^{1*}; 所 立樹²; 渡辺 謙太²; 茂木 博匡²; 桑江 朝比呂²
TADA, Kazufumi^{1*}; TOKORO, Tatsuki²; WATANABE, Kenta²; MOKI, Hirotada²; KUWAE, Tomohiro²

¹ 中電技術コンサルタント株式会社, ² 独立行政法人 港湾空港技術研究所
¹Chuden Engineering Consultants Co., Ltd., ²Port and Airport Research Institute

近年、海洋に存在する炭素の総称「ブルーカーボン」は、気候変動対策の重要なオプションとして注目されており、地球全体の光合成活動によって固定される炭素の約 55 % に相当する。特に、藻場などの植生が生育している浅海域は、炭素隔離・固定機能の場として重要であると考えられている。しかしながら、亜熱帯の浅海域におけるブルーカーボンの機能について、調査・解析技術が確立されていないため未解明な部分が多い。

このため、本研究では現地調査とパス解析を用いて、大気-海水間 CO₂ フラックスに直接的または間接的に影響を及ぼす環境要因を検討し、因果関係の相対的な影響度を推定した。現地調査では、2013 年 7 月に石垣島の浅海域（吹通川河口、白保海岸、名蔵海岸および川平海岸）を対象とし、大気-海水間 CO₂ フラックスとその環境要因（風速、水温、塩分、溶存無機炭素濃度 (DIC)、全アルカリ度 (TA) 等) の測定を行った。また、パス解析では、因果関係の強さについて様々な推定・検証を行い、大気-海水間 CO₂ フラックスに影響を及ぼすと考えられる重要な環境要因を明らかにした。

キーワード: ブルーカーボン, 沿岸植生, 大気-海水間 CO₂ フラックス, パス解析
Keywords: blue carbon, coastal vegetation, air-sea CO₂ flux, path analysis

石垣島名蔵湾における大型藻類の $\delta^{15}\text{N}$ の空間分布とその成立要因について Spatial distribution and its characteristics of stable nitrogen isotopic composition of macroalgae in Nagura Bay

富田 麻未^{1*}; 河内 敦²; 丸岡 照幸²; 辻村 真貴²
TOMITA, Mami^{1*}; KAWACHI, Atsushi²; MARUOKA, Teruyuki²; TSUJIMURA, Maki²

¹ 東京大学大学院新領域創成科学研究科, ² 筑波大学生命環境系

¹Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, ²Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

亜熱帯サンゴ礁域に対する陸域由来の窒素負荷の影響を空間的に把握し、その空間分布の成立要因を検討するため、沖縄県八重山諸島の石垣島西部に位置する名蔵湾とその流入河川流域を対象として、ウミウチワ類（大型藻類）とリュウキュウスガモ（海草類）の $\delta^{15}\text{N}$ と $\delta^{13}\text{C}$ の空間分布特性の調査・分析、陸水の水質分析、および流域の土地利用解析を行った。

2013 年 6 月に名蔵湾沿岸海域で優占して生育するウミウチワ類とリュウキュウスガモを計 7 測線上で 50 m おきに採取し、各々計 55 試料を得た。併せて、河川水、湧水、海水の水質調査と採水、及び主要な流入河川及び排水路で流量観測を行った。実験室にて、植物試料については $\delta^{15}\text{N}$ と $\delta^{13}\text{C}$, C/N 比を分析し、水試料については無機溶存イオン濃度を分析した。加えて、国土数値情報データを基に GIS を用いて流域の土地利用状況について解析した。そして、水質結果と併せて流入河川流域の窒素負荷源の検討を行った。

結果として、ウミウチワ類とリュウキュウスガモの $\delta^{15}\text{N}$ 値は、全測線で沿岸から離れるにつれて最大 +6 ‰ から +2 ‰ へと低下する傾向を示した。しかし、主要河川の名蔵川河口に近い測線では、海岸線から約 1 km の範囲において $\delta^{15}\text{N}$ 値が他測線よりも高く維持され、その低下勾配も小さかった。その要因として、先行研究より名蔵川河口北方部は南風によって生じる流れが滞留する場所であることが示されており、本調査以前の 3 ヶ月間の最多風向も南風であった。したがって、名蔵川河口北方部周辺で名蔵川から供給される栄養塩が停滞し、海水の希釈効果が小さくなり、対象種の $\delta^{15}\text{N}$ 値が相対的に高くなったと推測された。

一方、流入河川の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度と土地利用形態別面積割合の相関を調べた結果、果樹園・耕作地、及び放牧地・草地の面積割合と河川水の硝酸態窒素濃度の間に正の相関がみられ、それらが主要な陸域窒素負荷源である可能性が示唆された。また、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度と流量を基に $\text{NO}_3\text{-N}$ フラックスを算出したところ、名蔵川河口で 81.9 mg/s、その上流部で 59.4 mg/s となり、名蔵川河口のマングローブ域、もしくはそこへ流入する別の流域を起源とする窒素が負荷されている可能性が示唆された。

キーワード: ウミウチワ類, リュウキュウスガモ, 窒素安定同位体比, 陸域由来窒素, 名蔵湾, 干潟・マングローブ域

Keywords: Padina spp., Thalassia hemprichii, Stable nitrogen isotopic composition, land-derived nitrogen, Nagura Bay, mangrove swamps and tidal flat

二枚貝の炭素・窒素安定同位体比による養殖域からの懸濁物拡散の評価 Propagation of suspended matter from aquacultures as traced by stable C and N isotope ratios of bivalves

森本直子^{1*}; 梅澤有²; 田中義幸³; レジーノ ジュネビエーブ⁴; 渡邊敦⁵; マックグローン マリア・ローデス⁴; 宮島利宏¹

MORIMOTO, Naoko^{1*}; UMEZAWA, Yu²; TANAKA, Yoshiyuki³; REGINO, Genevieve L.⁴; WATANABE, Atsushi⁵; MCGLONE, Maria lourdes s.d.⁴; MIYAJIMA, Toshihiro¹

¹ 東京大学 大気海洋研究所, ² 長崎大学 水産学部, ³ 海洋研究開発機構 むつ研究所, ⁴ フィリピン大学 海洋科学研究所, ⁵ 東京工業大学大学院 情報理工学研究科

¹ Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, ² Faculty of Fisheries, Nagasaki University, ³ Mutsu Institute for Oceanography, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ⁴ Marine Science Institute, University of the Philippines, ⁵ Graduate School of Information Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology

Recently there is growing concern about the impact of densely-deployed aquacultures on coastal marine ecosystems in the Philippines. As suspension-feeding bivalves are expected to reflect local food sources, their effectiveness as an environmental indicator were examined by analyzing stable carbon and nitrogen isotope ratios of bivalves living in aquaculture and neighboring seagrass areas. As a whole, the $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ of bivalves collected in the seagrass areas ranged from -13.1 to -11.0 and from +4.0 to +6.6, respectively, but in seagrass area where water mass from aquaculture area passed through typically lower values (-18.9 ~ -16.1 and +2.7 ~ +5.2, respectively) were observed, and they were the lowest in the aquaculture area (-24.4 ~ -19.8 and +3.4 ~ +4.3, respectively). It suggests that bivalves mainly fed on sinking particles, and presumably also seagrass-derived particles in seagrass areas. Higher C/N ratio was observed at sites where impact of aquaculture was larger. Although the interspecies differences and food selectivity etc. may affect the variability of the bivalve $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ to some extent, these results demonstrated that stable isotope ratios of bivalves could be used as an effective indicator to evaluate propagation areas and actual effects of suspended matter resulting from anthropogenic source on ecosystems.

キーワード: 懸濁物食二枚貝, 海草, 養殖, 炭素・窒素安定同位体比

Keywords: suspension-feeding bivalve, seagrass, aquaculture, stable carbon and nitrogen isotope ratios

熱帯・亜熱帯海草藻場堆積物における有機炭素の保存機構——非吸着態有機炭素の重要性とその起源 Organic carbon preservation in tropical seagrass-bed sediments: importance of sorptive vs. non-sorptive mechanisms

宮島 利宏^{1*}; 堀 正和²; 島袋 寛盛²; 安達 寛³; 浜口 昌巳²; 仲岡 雅裕⁴; 灘岡 和夫⁵
MIYAJIMA, Toshihiro^{1*}; HORI, Masakazu²; SHIMABUKURO, Hiromori²; ADACHI, Hiroshi³; HAMAGUCHI, Masami²; NAKAOKA, Masahiro⁴; NADAOKA, Kazuo⁵

¹ 東京大学, ² 水産総合研究センター, ³ 株式会社ジオアクト, ⁴ 北海道大学, ⁵ 東京工業大学
¹The University of Tokyo, ²Fisheries Research Agency, ³Geoact Co.,Ltd., ⁴Hokkaido University, ⁵Tokyo Institute of Technology

陸棚域を含む沿岸海洋堆積物は、グローバルな炭素循環の中で有機炭素の主要なシンクとなっており、近年は特に二酸化炭素の吸収源として地球温暖化と海洋酸性化に拮抗する機能という観点から注目が集まっている。サンゴ礁・海草藻場・海藻群落等の浅海域大型一次生産者群落は、占有面積では必ずしも大きくないが、地球上で最も高い総一次生産ポテンシャルを有する生態系の一つであり、沿岸海洋堆積物への有機炭素の主要な供給源となっている可能性がある。特に海草藻場はそれ自身に堆積物の集積作用があることから、藻場自体が長期的な炭素固定・隔離容量を持つと期待されている。本研究では、熱帯(タイ)・亜熱帯(石垣島)・温帯(瀬戸内海)の海草藻場において、最長200 cmの堆積物コアをサンプリングし、堆積物中の有機炭素の蓄積状況について調査した。

海草藻場堆積物に含まれる有機炭素は、塩分補正後の乾燥重量に対して概ね500 - 1300 $\mu\text{mol C g}^{-1}$ の範囲に入ったが、マングローブからの流出物の影響を受ける熱帯海草藻場では時として4000 $\mu\text{mol C g}^{-1}$ に達することがあった。一方、海草の生育しない砂泥質干潟堆積物や、生育面積の小さな海草藻場堆積物では、500 $\mu\text{mol C g}^{-1}$ 未満の場合がしばしば見られた。炭素安定同位体比($\delta^{13}\text{C}$)は-28 ‰から-12 ‰の範囲であった。このことは、堆積物中の有機炭素の供給源として、海草自体(およそ-10 ‰)、植物プランクトン(およそ-22 ‰)、陸上植物(マングローブを含む、およそ-28 ‰)の3つに依存している事実を反映している。

沿岸海洋堆積物では一般に、有機炭素は堆積物粒子の表面に吸着することによって安定化すると考えられており、堆積物が熟成するにつれ、蓄積されている有機炭素(OC)の量と堆積物比表面積(SSA)との比率が一定の範囲($\text{OC/SSA} = 0.6 - 0.9 \text{ mg C m}^{-2}$)に収斂することが知られている(Mayer 1994; Keil et al. 1994)。今回調査した海草藻場堆積物の場合、温帯域のアマモ場の試料ではOCとSSAとの間に強い相関が見られ、OC/SSA比は平均0.72 mg C m^{-2} と、従来から知られている傾向と一致していた。これに対してアマモの生育しない裸地干潟や沖合の堆積物ではOC/SSA比がこれより低い場合が多かった。一方、亜熱帯・熱帯の海草藻場堆積物では、OCとSSAとの間に一定した関係が認められず、OC/SSA比は温帯アマモ場堆積物に比べて概して高かった。

熱帯・亜熱帯海草藻場においてOC/SSA比と有機炭素の $\delta^{13}\text{C}$ との関係を調べたところ、変動性が二つの傾向に分類されることがわかった。第一の傾向は、主として熱帯海草藻場で見られ、OC/SSA比が大きくなるに従い $\delta^{13}\text{C}$ が-28 ‰から-26 ‰の範囲に収斂した。この範囲の $\delta^{13}\text{C}$ を示す有機炭素は、藻場の立地条件から、後背地のマングローブからの流出物に由来するものと考えられる。第二の傾向は、OC/SSA比が大きくなるとともに $\delta^{13}\text{C}$ が一貫して上昇する場合で、亜熱帯の海草藻場堆積物に典型的に見られた。OC/SSA比が3.5 mg C m^{-2} まで上昇した時点で $\delta^{13}\text{C}$ は-12 ‰に達し、次第に飽和する傾向が見られた。これは、 $\delta^{13}\text{C}$ が-10 ‰前後である海草の組織に由来するデトリタス粒子が堆積物中に徐々に蓄積する結果として現れるパターンと解釈することができる。

以上の結果は、海草藻場は実際に有機炭素を堆積物中に蓄積する高い機能を持つことを明らかにしている。しかし、海草藻場堆積物における有機炭素の蓄積・保存機構として、温帯のアマモ場堆積物の場合は、鉱物粒子表面への吸着による安定化が主要なメカニズムと考えられるのに対して、亜熱帯・熱帯の海草藻場では海草やマングローブに由来するデトリタス粒子の集積が重要な意義を持つという、顕著な相違があることが示唆された。このような有機炭素保存形態の違いが現れるメカニズムとその生態学的な意義について、今後さらに研究を進める必要がある。

キーワード: 炭素循環, 有機物, 沿岸海洋, アマモ場, 堆積物, 比表面積

Keywords: carbon cycle, organic matter, coastal ocean, seagrass beds, sediment, specific surface area

石垣島吹通川河口域における無機炭素循環 Inorganic carbon cycle at the Fukido estuary in Ishigaki Island

所立樹^{1*}; 渡辺 謙太¹; 三好 英一¹; 茂木 博匡¹; 田多 一史²; 細川 真也¹; 桑江 朝比呂¹
TOKORO, Tatsuki^{1*}; WATANABE, Kenta¹; MIYOSHI, Eiichi¹; MOKI, Hirotada¹; TADA, Kazufumi²; HOSOKAWA,
Shinya¹; KUWAE, Tomohiro¹

¹ 港湾空港技術研究所, ² 中電技術コンサルタント株式会社

¹Port and Airport Research Institute, ²Chuden Engineering Cosulatants

海洋生態系によって固定される炭素「ブルーカーボン」は、地球上の生物による CO₂ 固定量の 55% に相当する、重要な炭素ストックである。沿岸域では、ブルーカーボンの一部が堆積することで長期間大気から隔離されるため、今後の気候変動対策の有効なオプションの一つとして近年注目されている。熱帯-亜熱帯域においては、海草場やマングローブなどの沿岸域生態系が広範囲に分布しているため、ブルーカーボンによる大気中 CO₂ の固定ポテンシャルが高いと予想される。反面、陸域から流入した有機物や枯死した植生の分解が卓越することで、ブルーカーボンが固定されることなく、大気中へ再放出されている可能性も想定される。

熱帯-亜熱帯域のブルーカーボンが大気中 CO₂ に与える影響の評価のためには、大気とのガス交換も含めた炭素循環の正確な測定が不可欠である。特に、熱帯-亜熱帯域では時間的な変動が他の気候帯と比べて大きいため、ある程度長期間の連続的な観測が必要となる。本発表では、亜熱帯域である石垣島の吹通川河口域における海草場を対象として、大気-海水間 CO₂ フラックスを渦相関法で連続測定し、海草バイオマス等と比較して、無機炭素フローの解析を行った。

渦相関法による大気-海水間 CO₂ フラックスは大気中 CO₂ の吸収を示していた ($-1.00 \pm 0.11 \mu \text{ mol/m}^2/\text{s}$; \pm は 95% 信頼限界)。この値は、期間中の他の手法 (バルク法・フローティングチャンバー法) による測定値と整合的な値であった。また、測定期間中の台風の接近前後で傾向の変化が確認された。同期間中の海草場の NPP は独立栄養的であり、対象水域においてブルーカーボンの生成と大気中 CO₂ の吸収がリンクしていたことが確認された。当日の発表では、今回の測定で得られた結果とそのほかの気候帯の測定結果と比較し、亜熱帯域の沿岸域のブルーカーボン固定ポテンシャルについての考察結果を発表する。

キーワード: 炭素循環, ブルーカーボン, 大気-海水間 CO₂ フラックス, 海草場, 渦相関法

Keywords: Carbon cycle, Blue Carbon, Air-sea CO₂ flux, Seagrass, Eddy covariance method

琉球列島宮古島産の硬骨海綿の骨格記録 Skeletal records in sclerosponges from Miyako-jima, Ryukyu Islands

松森 建人^{1*}; 浅海 竜司¹; 坂巻 隆史²
MATSUMORI, Taketo^{1*}; ASAMI, Ryuji¹; SAKAMAKI, Takashi²

¹ 琉大・理, ² 東北大・院工

¹University of the Ryukyus, Japan, ²Tohoku University, Japan

Sclerosponges, living in dark environments of tropical to subtropical shallow oceans, precipitate calcium carbonate skeleton with growth bands. They grow slowly at an approximate rate of <1 mm/year unlike corals (about 1 cm/year) but can be so long-lived for several decades to hundred years like corals (e.g., Benavides and Druffel, 1986). Skeletal oxygen isotopic ratios ($\delta^{18}\text{O}$) reflect variations in sea surface temperature and seawater $\delta^{18}\text{O}$ with the latter being closely related to salinity reflecting the precipitation-evaporation balance at the sea surface and changes in water mass transport (e.g., Wu and Grottoli, 2009). In contrast to zooxanthellate corals, which commonly show positive correlations between skeletal $\delta^{18}\text{O}$ and carbon isotopic ratios ($\delta^{13}\text{C}$), there do not exist vital effects in the secretion of sclerosponge skeleton (Druffel and Benavides, 1986). Previous studies showed significant decrease trends in the $\delta^{13}\text{C}$ records toward the present, which is probably a result of $^{12}\text{CO}_2$ added into the atmosphere/ocean from fossil fuel burning (e.g., Bohm et al. 1996). Therefore, sclerosponges are shown to provide annually resolved time series of proxy records of ocean environments since the Industrial Revolution. However, longer (>100 year) proxy records from sclerosponges were derived only from the Atlantic Ocean.

Here we present $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ records from high-Mg calcite skeleton of two sclerosponges (*Acanthochaetetes wellsi*) collected at a water depth of about 10 m from Miyako-jima, Ryukyu Islands in the North Pacific. The samples were slabbed to a thickness of 5 mm parallel to the skeletal growth and subsamples for stable isotope measurements were taken every 1 mm. External precision of replicate measurements of interlaboratory calcite material throughout the stable isotope analysis using a continuous flow isotope ratio mass spectrometer system (Delta V Advantage and Gasbench II: Thermofisher Scientific Inc.) of Ryukyu University was ± 0.05 per mil for $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$. Soft X-ray images showed highly developed skeletal growth bands with >100 high/low density layers. The secular changes in $\delta^{13}\text{C}$ of the two sclerosponges were quite similar to previously reported $\delta^{13}\text{C}$ records from Atlantic and Pacific corals and sclerosponges. The long-term $\delta^{18}\text{O}$ trends of the two samples are characterized by slight depletions throughout their living periods, indicative of an overall trend toward warmer ocean environment around Miyako-jima. Our sclerosponge-based estimates of sea surface temperature and salinity may document thermal and hydrologic variations in the Ryukyu Islands, furthering a good understanding of northwestern tropical-subtropical Pacific climate change for the last several centuries in conjunction with coral-based long proxy records.

キーワード: 硬骨海綿, 骨格, 酸素同位体比, 炭素同位体比, 古環境, 琉球列島

Keywords: sclerosponge, skeleton, oxygen isotope composition, carbon isotope composition, paleoenvironment, Ryukyu Islands

沖縄本島の遺跡から出土したシャコガイ殻化石によるサンゴ礁環境解析 Paleoenvironmental analysis using Tridacnidae shells from archaeological sites in Okinawa-jima, subtropical southwestern

浅海 竜司^{1*}; 小西 美香¹; 田中 健太郎¹; 植村 立¹; 古川 雅英¹; 新城 竜一¹

ASAMI, Ryuji^{1*}; KONISHI, Mika¹; TANAKA, Kentaro¹; UEMURA, Ryu¹; FURUKAWA, Masahide¹; SHINJO, Ryuichi¹

¹ 琉球大学・理

¹ University of the Ryukyus, Japan

Symbiont-bearing Tridacnidae giant clams living in shallow waters of the Indo-Pacific tropical and subtropical regions can be used as an archive for documenting high-resolution record of thermal and hydrologic variations in coral reef environments for the past. Their shells, composed of dense aragonitic increments, are less sensitive to diagenetic alteration than porous skeleton of corals. They have annually and daily banded shells structure, providing chronological controls (e.g., Bonham 1965). The oxygen isotope composition ($\delta^{18}\text{O}$) of shells, which are precipitated isotopically equilibrium with seawater, can reflect the temperature and seawater $\delta^{18}\text{O}$ (e.g., Aharon & Chappell 1986). Several studies on paleoenvironmental reconstructions around the Ryukyu Islands were performed using geochemistry in fossil corals from Okinawa-jima (Mitsuguchi et al. 1998), Yonaguni-jima (Suzuki et al. 2001), Kikai-jima (Morimoto et al. 2007), and Kume-jima (Seki et al. 2012). However, only a $\delta^{18}\text{O}$ record has been published from 6.2 ka giant clams from Kume-jima (Watanabe et al. 2004).

Here we present seasonally resolved $\delta^{18}\text{O}$ time series of fossil Tridacnidae shells recovered from two archaeological sites (the Kogachibaru Shell Mound and the Second Aragusuku-Shichabaru Ruin) in Okinawa-jima, southwestern Japan to reconstruct subtropical coral reef environments of the past. The samples, mainly composed of aragonite shells with limited amounts of calcite cements, were selected for geochemical analyses. The radiocarbon dating results indicated that they lived during the early and middle Shell Mound periods in Okinawa-jima, corresponding to the middle-to-late Holocene, which is in good agreement with ages inferred from excavation (Okinawa Prefectural Board of Education 1987; Okinawa Prefectural Archaeological Center 2006). The shell $\delta^{18}\text{O}$ values roughly showed seasonal variations, coincident with the occurrence of annual growth bands. The averages of annual, summer, and winter $\delta^{18}\text{O}$ values of fossil shells were significantly lower than aragonite theoretically precipitated in present-day coral reef water of Okinawa-jima. These results demonstrate that the seawater temperature was higher and/or salinity was lower at the sites than today. It is likely that the giant clams lived in relatively small and/or closed coral-reef lagoons with less water circulation where seawater is highly susceptible to insolation-induced temperature increase and input of fresh water; the effect could be enhanced by the fisheries lifestyle that stonewalling would be constructed at shallow waters through the use of tidal variation during the Shell Mound period in Okinawa-jima.

Although it is extremely difficult to find well-preserved fossil Tridacnidae shells from carbonate sediments that are not fragmented, archaeological ruins and shell mounds can yield many fossils. Results of our study suggest that the use of fossil shells from archaeological sites can enable the reconstruction of temporal and spatial variations in coral reef environments and of the history of lifestyles and culture during prehistoric and protohistoric ages.

キーワード: サンゴ礁, シャコガイ, 殻, 化石, 酸素同位体組成, 遺跡

Keywords: coral reef, Tridacnidae, shells, fossil, oxygen isotopic composition, archaeological site

将来の台風に対するサンゴ礁防波堤機能の評価 Evaluation of natural break water of coral reefs affected by typhoons in the near future

本郷 宙軌^{1*}; 木口 雅司²

HONGO, Chuki^{1*}; KIGUCHI, Masashi²

¹ 琉球大学理学部物質地球科学科, ² 東京大学生産技術研究所

¹Dept. Physics & Earth Sciences, University of the Ryukyus, ²Institute of Industrial Science, the University of Tokyo

Tropical cyclones are one of the most extreme natural catastrophic events over the world and devastate coastal areas affected by floods and coastal erosions. Ryukyu Islands in the northwest Pacific is especially prone to many typhoons every year (Emanuel et al. 2008 Bull Amer Meteor Soc). However, the region is moderately protected from storm surge and wave during typhoons because coral reefs play a role in natural break water. For the last several decades, coral cover and species diversity on coral reef have shown dramatic declines in the region, influenced by global and local stresses (e.g., Hongo and Yamano 2013 PLoS ONE). According to the numerical modeling of global warming at the end of 21 st century, moreover, the mean intensity of tropical cyclones will probably increase significantly in the near future (Meehl et al. 2007 IPCC 4th Report). It is thus of some interest to understand the impact of tropical cyclones on the coastal areas in the region and the evaluation of coral reefs as natural break water.

To calculate a hydraulic force on a natural break water, we measured 9 transects using the echo sounder system (HFD-1000; Hongo et al. 2013 The Quat Res) on from the coast to the reef crest at Ishigaki Island in Ryukyu Islands during November 2013. To evaluate a contribution to reef formation by corals, moreover, we observed species abundance (cover) of tabular corals at the island. We shows that a change of role in natural break water of coral reefs in the island from present to end of 21 st century. Furthermore, we suggest necessary information of corals (e.g., cover and species) for maintenance of natural break water in the near future. The information are like to be one of basic criterion for determination of species in terms of direct transplantation of juvenile or adult corals, if the coral reefs will decline in the near future.

This research was supported by Nippon Life Insurance Foundation and JSPS Research Fellowships for Young Scientists (24-4044).

キーワード: 台風, サンゴ礁, 石垣島, 琉球列島, 天然の防波堤

Keywords: typhoon, coral reef, Ishigaki Island, Ryukyu Islands, natural break water