

BBG020-01

会場:201B

時間:5月24日 16:30-16:45

沿岸生態系地球温暖化影響の指標としてのサンゴの白化 Coral bleaching as indices for global warming effect to coastal ecosystem

立田 穰^{1*}, 岩尾 研二², 谷口 洋基², 坂口 勇³, 伊谷 行³

Yutaka Tateda^{1*}, Kenji Iwao², Hiroki Taniguchi², Isamu Sakaguchi³, Gyo Itani³

¹ 電力中央研究所環境科学研, ² 熱帯海洋生態研究振興財団阿嘉島臨海研究所, ³ 高知大学教育学部

¹Environmental Science Research laborator, ²Akajima Marine Science Laboratory, ETMER, ³Kochi University

サンゴの白化は、温暖化による海洋表層水の水温上昇が、熱帯や亜熱帯海域の沿岸生物や生態系への影響を引き起こす顕著な例である。一方、日本の温帯海域沿岸でも、2010年の夏の猛暑による沿岸表層水の水温上昇が、青森県陸奥湾のホタテガイや、佐賀県太良町大浦沖有明海大浦のカキなどの大量斃死を引き起こしたと報告されている。しかしながら、温帯域沿岸の生物や生態系の変化は、水温上昇以外の環境要因の変化の影響も考えられ、温暖化との関連を検証するのは容易ではない。そこで、近年の高水温化環境において、サンゴと同様に夏季高水温耐性が小さく、分布域を縮小しているとされるムラサキイガイと、高水温に白化閾値があるサンゴについて、同一の現場代謝実験装置を用いて、両者の高水温代謝耐性実験を、沖縄県座間味村阿嘉島サンゴ礁と、高知県宇浦ノ内湾で実施し、本邦沿岸域生物や生態系に対する地球温暖化影響のめやすとしての白化に指標性について検討した。実験から得られた両者のエネルギー収支は、サンゴとムラサキイガイの両者とも高水温でマイナスに転じたことから、温暖化による高水温化が広範囲に起こる場合は、サンゴの白化とムラサキイガイの夏季における斃死は、環境水温と代謝の関係からは、対応していると考えられた。しかしながら、日本のサンゴ礁の衰退は、指標となるサンゴ白化現象の検出を困難にし、また、異常気象による局所的高温化は、両者の衰退の関連性の検証を妨げる。

キーワード: サンゴ, 白化, ムラサキイガイ, 地球温暖化, 沿岸生態系

Keywords: Coral, Bleaching, Mussel, Global warming, Coastal ecosystem

BBG020-02

会場:201B

時間:5月24日 16:45-17:00

海洋酸性化がサンゴ礁棲有孔虫の石灰化に及ぼす影響 Ocean acidification impact on calcification of reef-dwelling foraminifera

氷上 愛^{1*}, 藤田和彦², 入江貴博³, 牛江裕行¹, 黒柳あずみ¹, 野尻幸宏⁴, 鈴木 淳⁵, 川幡穂高¹

Mana Hikami^{1*}, Kazuhiko FUJITA², Takahiro IRIE³, Hiroyuki USHIE¹, Azumi KUROYANAGI¹, Yukihiro NOJIRI⁴, Atsushi SUZUKI⁵, Hodaka KAWAHATA¹

¹ 東大・大気海洋研, ² 琉球大学・理, ³ アムステルダム大学, ⁴ 環境研・地球環境研究センター, ⁵ 産総研・地質情報

¹ AORI, The Univ. of Tokyo, ² Science, Univ. of the Ryukyus, ³ IBED, Univ. of Amsterdam, ⁴ CGER, NIES, ⁵ GSJ, AIST

近年の大気中二酸化炭素の著しい増加に伴い、海水表層の二酸化炭素分圧が増加し、海水の pH が低下する海洋酸性化が起きている。海水の pH の低下は海水の炭酸系物質（重炭酸イオン、炭酸イオン、溶存二酸化炭素）の組成を変化させる。特に炭酸イオン濃度の減少は炭酸塩飽和度（ Ω ）の低下をもたらし、炭酸カルシウムの殻や骨格をもつ海洋生物に対して炭酸カルシウムの石灰化を抑制させる可能性がある。

サンゴ礁に棲息する底生大型有孔虫はサンゴ礁において造礁サンゴ、石灰藻に次ぐ主要な炭酸塩生産者である。その殻の結晶系は造礁サンゴのアラゴナイトよりも溶けやすい高マグネシウム方解石であることから、サンゴ礁海域で海洋酸性化の影響をいち早く受ける石灰化生物であるとして注目している。本研究では海洋酸性化に対するサンゴ礁棲有孔虫の石灰化の応答を検討するために、酸性化海水において飼育実験を行い、殻重量を測定することによりその影響を評価した。対象種はサンゴ礁域において代表的な有孔虫、*Marginopora kudakajimensis* と *Calcarina gaudichaudii* の2種の無性生殖個体群を用いた。実験海水は、琉球大学瀬底臨海研究所に設置されている高精度 pCO₂ 制御装置を用いて pCO₂ を5段階（300, 400 (control), 600, 800, 1000 μ atm）に設定した。光環境、水温は一定で、4週間飼育した後、各種の乾燥殻重量を測定した。

M. kudakajimensis は pCO₂ の上昇に伴い殻重量は減少傾向を示した。これは、海水の pH の低下に伴う炭酸イオンの減少によるものと考えられる。一方、*C. gaudichaudii* の殻重量は pCO₂ が高いほど増加傾向を示した。これは、海水の pH の低下に伴う重炭酸イオンと溶存二酸化炭素の増加が関係していると考えられる。*M. kudakajimensis* は渦鞭毛藻、*C. gaudichaudii* は珪藻を共生藻としてもっている。海洋酸性化による溶存二酸化炭素の増加は藻類の光合成を促進させる可能性があることから、2種の応答の違いは、共生藻の種の違いが関係しているのではないかと考えている。

本研究から、近未来に予測されている海洋酸性化に対し、サンゴ礁棲有孔虫の石灰化応答は種によって異なることが明らかになった。今後は、共生藻に注目し、石灰化応答が異なる原因を検証したい。

キーワード: 海洋酸性化, サンゴ礁棲有孔虫, 石灰化, 飼育実験

Keywords: ocean acidification, reef-dwelling foraminifera, calcification, culture experiment

BBG020-03

会場:201B

時間:5月24日 17:00-17:15

地球温暖化に伴う水温上昇および海洋酸性化がサンゴ分布に及ぼす影響 Effects of rising sea surface temperature and ocean acidification on corals

屋良由美子¹, マイケ ボーグト², クロディーヌ ハウリ², マルコ スтейナチャー³, 藤井 賢彦^{1*}, ニコラス グルーバー², 山中 康裕¹, 山野博哉⁴

Yumiko Yara¹, Meike Vogt², Claudine Hauri², Marco Steinacher³, Masahiko Fujii^{1*}, Nicolas Gruber², Yasuhiro Yamanaka¹, Hiroya Yamano⁴

¹ 北海道大学, ² スイス連邦工科大学, ³ ベルン大学, ⁴ 国立環境研究所

¹Hokkaido University, ²ETH, ³University of Bern, ⁴NIES

二酸化炭素の大気濃度の増加は地球温暖化や海洋酸性化を引き起こし、様々な形でサンゴ分布に影響を及ぼすと考えられる。地球温暖化に伴う水温上昇は、サンゴの分布域を高緯度側に拡大させると予測される。一方、海洋酸性化に伴う炭酸イオン濃度或いはアラゴナイト飽和度の低下は低水温域から顕れる。従って、たとえサンゴが地球温暖化に伴う水温上昇の影響を受けてその生息域を高緯度側に移動させたとしても、海洋酸性化の進行と共に高緯度ではアラゴナイト飽和度が未飽和となるような海域が拡大し、アラゴナイトから成る骨格の形成が阻害される恐れがある。海洋酸性化がさらに進むと、アラゴナイト飽和度の未飽和域はより低緯度側へ拡大し、低緯度に存在するサンゴの骨格が溶け出す恐れもある。水温の上昇とアラゴナイト飽和度の低下の影響は複雑に絡み合うと考えられるが、本研究ではIPCC第4次評価報告書に用いられた気候モデルによって得られた水温とアラゴナイト飽和度の将来予測結果と簡易指標を用いて、地球温暖化に伴う水温上昇と海洋酸性化が将来の日本近海のサンゴ分布に及ぼす潜在的な影響を評価した。その結果、サンゴ生息域は水温上昇に伴う北上と海洋酸性化による南下の影響の強弱で決定されること、そしてそれらの影響はこれまでの研究で指摘されたよりも早い時間スケール、つまり今世紀半ばには地球温暖化と海洋酸性化の影響が何れも日本のサンゴ分布に多大な影響を及ぼすことが明らかになった。

キーワード: 地球温暖化, 海洋酸性化, サンゴ, 気候予測モデル, 簡易指標

Keywords: global warming, ocean acidification, corals, climate model, simplified indicator

BBG020-04

会場:201B

時間:5月24日 17:15-17:30

SSpCO₂ Distribution in Tropical Indonesian Seas and Its Implication to Blue Carbon Proposal

Aditya R. Kartadikaria^{1*}, Atsushi Watanabe¹, Kazuo Nadaoka¹, Muswerry Muchtar², Hanif Budiprayitno², Novi Susetyo Adi³,
Adi Purwandana², Suharsono²
Aditya R. Kartadikaria^{1*}, Atsushi Watanabe¹, Kazuo Nadaoka¹, Muswerry Muchtar², Hanif Budiprayitno², Novi Susetyo Adi³,
Adi Purwandana², Suharsono²

¹Tokyo Institute of Technology, ²Research Center for Oceanography, LIPI, ³Ministry of Marine Affairs & Fisheries

¹Tokyo Institute of Technology, ²Research Center for Oceanography, LIPI, ³Ministry of Marine Affairs & Fisheries

Blue carbon mechanism proposed by UNEP is one of the most powerful approaches to intelligently measure the role of ocean in binding polluted atmospheric CO₂. With a basic assumption of nature's ingenuity of ocean as carbon capture and storage, the proposal brings spirit to keep the healthy ocean away from anthropogenic environmental threat. From our observation data, we found that during northwest and first transition monsoon season, surface water of Java, Flores and Banda Sea had pCO₂ of around 391 ppm. In average, ocean had 11 ppm higher than the mean of CO₂ in Indonesia's atmosphere during these periods, 380 ppm. That means that 13 billion tons of CO₂ per month were emitted to the atmosphere during these periods from the area of the measurements of 2500 km². Those results agree with predictive assumption that tropical oceans act as CO₂ source rather than CO₂ sink. The condition is worse in coastal area, where biological pump never take place, even though photosynthesis from marine vegetation in coastal tropical sea is abundant. Therefore, policy instruments of carbon credit in marine, especially for tropical oceans that naturally emit CO₂, should be different from those for land. The policy should take into account the capability of tropical ocean to absorb anthropogenic CO₂.

キーワード: blue carbon, SSpCO₂, sink-source, Indonesian seas

Keywords: blue carbon, SSpCO₂, sink-source, Indonesian seas

BBG020-05

会場:201B

時間:5月24日 17:30-17:45

サンゴ礁形成のシミュレーションモデル：海水準変動に呼応した様々な成長パターンの再現

A simulation model for coral reef formation: growth patterns responding to relative sea-level histories

中村 隆志^{1*}

Takashi Nakamura^{1*}

¹ 東工大 情報理

¹Tokyo Tech.

Coral reef topographies and reef growth patterns are influenced from relative sea-level histories. Several types of reef growth patterns responding to the relative sea-level histories, e.g. balanced aggrading/onlapping, seaward prograding, back stepping, etc., have been identified in previous studies. Recently, Nakamura and Nakamori (Coral Reefs 2007, 26, 741-755) developed a geochemical model for coral reef formation based on diffusion-limited and light-enhanced calcification, and the model reconstructed well the reef topography and Holocene reef-growth history. In this presentation, the model is modified, and simulated it on four scenarios of relative sea-level histories. The simulation result on the first scenario, which is similar with global sea level history between 8,000 years B.P. and present, is very similar with balanced aggrading/onlapping type of Holocene fringing reefs. The simulations on the scenarios of stable sea level and gradual sea level falling are well-reconstructed seaward prograding type reefs. The result of the simulation on the scenario of faster sea-level rising is similar with back-stepping type reefs. Therefore, the reef topographies and growth pattern responding to relative sea level histories simulated by the model were in general well-reconstructed concerning Holocene reefs observed in nature.

BBG020-06

会場:201B

時間:5月24日 17:45-18:00

八重山諸島サンゴ礁域における大気降下物由来窒素負荷の状況とそのサンゴ礁生態系への潜在的影響

Atmospheric nitrogen deposition: magnitudes, seasonal variation and potential impacts on Yaeyama coral reefs

宮島 利宏^{1*}, 由水 千景², 山本 高大³, 陀安 一郎², 永田 俊¹, 森本 直子¹, 渡邊 敦³, 瀬岡 和夫³

Toshihiro Miyajima^{1*}, Chikage Yoshimizu², Takahiro Yamamoto³, Ichiro Tayasu², Toshi Nagata¹, Naoko Morimoto¹, Atsushi Watanabe³, Kazuo Nadaoka³

¹ 東京大学大気海洋研究所, ² 京都大学生態学研究センター, ³ 東京工業大学大学院情報理工学研究科

¹The University of Tokyo, ²Kyoto University, ³Tokyo Institute of Technology

陸域で人間活動により大気中に放出される窒素化合物のうちおよそ半分が沿岸海域に降下物として供給されると推定されている。供給速度は汚染源からの距離や風系に依存して時空間的に大きく変動する。窒素降下物による生態学的な影響は、サンゴ礁のように本来きわめて貧栄養な海域において特に大きいはずであるが、サンゴ礁域への窒素降下量を評価した研究例は乏しい。本研究では、巨大な汚染源である中国大陆や台湾に近接する八重山諸島（日本南西部）のサンゴ礁域において、降雨中の溶存無機窒素（DIN）とそれに関連する諸量の観測を実施した。2009年3月から2011年1月の間の12回の調査期間に石垣島と西表島の周縁部の計11箇所ですべて雨水を採集し、DIN濃度および関連諸量の分析を行った。降水中のDIN濃度は一般に冬季に高く（最高 $>100 \mu\text{M}$ ）夏季に低かった（ $<10 \mu\text{M}$ ）が、2009年には夏季にも一時的に高くなることがあった（ $>50 \mu\text{M}$ ）。通常DINの50% - 80%は硝酸であり、残りはアンモニウムであった。硝酸とアンモニウムの濃度は強く相関していた（ $r = 0.908$ ）。雨水のpHは冬季には4.3まで下がることがあった。硝酸の酸素-18同位体比は通常70 - 80‰と高かったが、DIN濃度が最も低くなる季節の雨では50‰前後まで下がることもあり、硝酸の汚染源が少なくとも2つあることが示唆された。現在、領域気象モデルによる風向シミュレーションと雨水の酸素同位体比を用いて、降水中DINの起源と輸送経路を特定する作業を行っている。石垣島の白保サンゴ礁において年間に供給される大気降下物由来DIN量を見積もったところ、礁域海面に直接降る雨のみを考慮しても、文献値などから予測される礁域における生物学的窒素固定の総量にほぼ匹敵することがわかった。また降雨中の硝酸の窒素同位体比（-3 - +3‰；平均-1.4‰）は生物学的窒素固定により供給される窒素のそれ（-2 - 0‰）と似通っており、生物組織の窒素同位体比を用いて窒素の供給源を判別することを困難にしている。大気降下物による高濃度のDINの供給は礁域の水柱の富栄養化をもたらす。造礁サンゴはDINを窒素源として利用できるため、大気降下物由来窒素の供給は一時的にはサンゴの利益となると考えられる。しかしながら水柱の富栄養化は植物プランクトン密度の増加をもたらし、オニヒトデ浮遊幼生の生残率の上昇、ひいては食害によるサンゴ礁の衰退に繋がる恐れもある。大気降下物の影響域は河川や地下水による栄養塩負荷の影響域に比べるとはるかに沖合にまで広がっている。大気降下物由来窒素の供給がサンゴ礁にどのような生態系レベルの応答を引き起こすのかについて、今後詳細に研究する必要がある。

キーワード: サンゴ礁, 富栄養化, 東シナ海, 越境汚染

Keywords: coral reefs, eutrophication, East China Sea, transboundary pollution

BBG020-P01

会場:コンベンションホール

時間:5月24日 14:00-16:30

サンゴのホウ素同位体組成から復元される北西太平洋熱帯表層のpH変動 Tropical Northwest Pacific pH Variability Inferred from Boron Isotope Composition in Annually-banded Coral Skeleton

新城 竜一¹, 浅海 竜司^{2*}, K.-F. Huang³, C.-F. You³, 井龍 康文⁴
Ryuichi Shinjo¹, Ryuji Asami^{2*}, K.-F. Huang³, C.-F. You³, Yasufumi Iryu⁴

¹ 琉球大学・理, ² 琉球大学・超域, ³ 台湾国立成功大学, ⁴ 名古屋大学・院環境

¹University of the Ryukyus, ²University of the Ryukyus, ³National Cheng Kung University, Taiwan, ⁴Nagoya University

Ocean acidification has been accelerated due to adsorption of increasing anthropogenic carbon dioxide emissions from the atmosphere since the Industrial Revolution [Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007], probably causing a serious decrease in surface ocean pH in the future [Zeebe et al., 2008 Science]. This issue may bring critical threat to calcifying organisms and coral reef ecosystems [e.g., Orr et al., 2005 Nature]. Our current knowledge of ocean acidification is mainly the result of model simulation studies [e.g., Cao and Caldeira, 2008 Geophys. Res. Lett.]. In the Pacific Ocean, a continuous observation of sea surface pH has been conducted only at the offshore site of Hawaii (Hawaii Ocean Time-series: HOT), which shows a decrease trend of seawater pH during the last 2 decades, in accordance with an increase in surface water partial pressure of carbon dioxide followed by the atmospheric carbon dioxide rise [Takahashi et al., 2006 J. Geophys. Res.]. However, the actual long-term trend and variability of seawater pH for the last several centuries remains unknown.

Massive *Porites* sp. corals, one of the most informative archive for past ocean environments, precipitate annually-banded aragonite skeletons and grow rapidly, which can allow accurate chronological control and high-resolution sampling. Due to isotopic fractionation between the two dominant boron species in seawater, boron isotopic systematics in marine carbonates provides a potential proxy for pH of ancient oceans [e.g., Hemming and Hanson, 1992 Geochim. Cosmochim. Acta]. Up to now, there are a few studies conducting reconstruction of seawater pH using boron isotopic composition of modern and fossil corals. Only the two previous studies [Pelejero et al., 2005 Science; Wei et al., 2009 Geochim. Cosmochim. Acta] reported boron isotope composition time series of long-lived *Porites* corals from the Great Barrier Reef that showed significant paleo-pH variability at sea surface in the southwestern Pacific Ocean for the last 300 years. Nevertheless, unlike seawater temperature and salinity records, no coral-based reconstruction of long-term pH variability in the North Pacific Ocean has been reported yet. To better understand natural variability of the ocean pH and predict its future trend more accurately, long time series of pH proxy records during periods before the instrumental data accumulation are needed.

Here, we present annually resolved boron isotope composition time series of a modern *Porites* coral from Guam and reconstruct interannual variability and trend of sea surface water pH in the tropical northwest Pacific Ocean since 1940. The pattern of reconstructed time series for Guam coral is significantly different from those reconstructed from the Great Barrier Reef corals, which appears to reflect regional variability on response to ocean acidification together with the El Nino events-associated fluctuation.

キーワード: サンゴ骨格, ホウ素同位体, pH, 海洋酸性化, 北太平洋熱帯域

Keywords: coral skeleton, boron isotope composition, pH, ocean acidification, tropical North Pacific Ocean

BBG020-P02

会場:コンベンションホール

時間:5月24日 14:00-16:30

Monitoring, assessment and impacts of the seasonal and spatial sedimentation patterns/rates around coral reef ecosystems

Monitoring, assessment and impacts of the seasonal and spatial sedimentation patterns/rates around coral reef ecosystems

Ismail Mohamed^{1*}

Mohamed Ismail^{1*}

¹Port Said University

¹Port Said University

Seasonal and spatial patterns and rates of sedimentation; total mass flux, sediment types, size grades, physical and chemical characteristics (total/organic carbon, total nitrogen and carbonate) contents, have been monthly monitored around the coral reefs of southern Japan Marine Park Areas (MPAs), using sediment traps deployed in the ocean bottom around coral reefs in the coral moat and reef slope in the MPAs of the Ryukyu islands (Ishigaki, Iriomote, Kohama and kuro) during a one year monitoring project. The traps monthly retrieved and analyzed for their sedimentation rates, size grades, physical and chemical characteristics.

The total mass flux ranged between 0.54 to 872 gm-2d-1, and showed a pronounced seasonality (high in summer-autumn and low in spring) at each site, which was consistent with the rainfall and typhoon regime. On the reef flat (Todoroki South and North; Ishigaki), values obtained in July-August (872 gm-2d-1) and August-September (800 gm-2d-1) indicate the high terrestrial discharge from Todoroki River. The size distribution of trapped sediments revealed mostly uni-modal fine sand to mud in the reef flat and gravelly to coarse sand in the reef slope. Trapped sediment particles consist of CaCO₃ (1.2-27.1%) and a non-carbonate fraction (98.8-72.9%), which contains total carbon (4.9-26%), carbonate carbon (CO₂-C) (0.2-3.1%) and non-carbonate carbon (NC-C) (7.9-25.6%). Total nitrogen content was in the range 0.02-0.48%. TN is contained mainly in the carbonate fraction and NC-C may be contained in the non-carbonate fraction. The low TN/OC ratio of the trapped sediments suggests that they were mostly of terrestrial origin and that both fractions migrated. The high total mass flux derived from Todoroki River exceeded the threshold at which a lethal effect on coral community is caused (Ismail et al., 2005).

Mass mortality of some coral species was markedly recorded around Todoroki River mouth in the moat area. Mortality percentages were estimated along transect lines in the study area using scuba diving and manta tow technique, then plotted on satellite images. The coral mortality correlated with the measured sea water physical, chemical and oceanographic characteristics as well as the prevailed measured meteorological parameters during the course of study. Using time series analysis techniques, the results showed a strong correlation of the coral mortality with the prevailed high sedimentation rates, turbidity, low tide, rainfall, and high water temperature. The study revealed the importance and the role of using sediment traps in the monitoring around the coral reef ecosystems health, reef management and conservation.

キーワード: Monitoring, assessment, impacts, sedimentation, coral reefs, southern Japan

Keywords: Monitoring, assessment, impacts, sedimentation, coral reefs, southern Japan