

黒潮内側域における $p\text{CO}_2$ 上昇速度の時空間変動Spacio-temporal variation of the increasing rate of $p\text{CO}_2$ in Kuroshio shelf-slope area*小埜 恒夫¹、中岡 慎一郎²、野尻 幸宏³、石井 雅男⁴*Tsuneo Ono¹, Shin-ichiro Nakaoka², Yukihiro Nojiri³, Masao Ishii⁴

1. 国立研究開発法人 水産研究・教育機構、2. 国立環境研究所、3. 弘前大学、4. 気象研究所

1. Fisheries Research and Education Agency, 2. National Institute for Environmental Studies, 3. Hirosaki University, 4. Meteorological Research Institute

外洋域における二酸化炭素分圧 ($p\text{CO}_2$) の上昇速度やそれに起因したpHの減少速度は、同じ季節と循環系の中ではほぼ一様である事が知られている。一方内湾や浅海域といったごく沿岸では、酸性化の進行速度は海域ごとに極めて大きなバラツキを持っている事が明らかになっている(石津ら、本セッション講演)。それではこうした浅海域と外洋域の間に位置する遷移海域では、 $p\text{CO}_2$ の上昇速度や酸性化の進行速度はどの程度の時空間変化を示すのだろうか？

黒潮内側域は代表的な沿岸境界流である黒潮と日本南岸の間に広がる、遷移海域としては非常に大きな面積を有する海域であり、しかも環境省、気象庁、水産庁等の定常的な $p\text{CO}_2$ 観測船の出入港地である東京湾に面しているため、歴史的な $p\text{CO}_2$ 観測データが豊富に存在している。本講演ではこれらの歴史的 $p\text{CO}_2$ 観測データを統合し、夏季の黒潮内側域中の水塊別・旬別に $p\text{CO}_2$ の長期トレンドを算出して、 $p\text{CO}_2$ 上昇速度の差異の有無を検討した。

経度137°E–140°E, 緯度34°Nから本州海岸線までの範囲を解析領域として設定し、国際 $p\text{CO}_2$ データベースSOCATからこの解析領域中で7月1日から9月30日までの間に観測された歴史的 $p\text{CO}_2$ データを抽出した。得られた1995年から2015年までのデータを更に5年毎に分割して、各期間における水温・塩分の観測範囲を調べた。4つの期間の全てに観測値が存在する、水温24°C–26°C、塩分33.0–33.5 (LTLS)、水温24°C–26°C、塩分34.0–34.5 (LTHS)、水温26°C–28°C、塩分33.0–33.5 (HTLS)、水温26°C–28°C、塩分34.0–34.5 (HTHS) の4つの水温塩分領域で、それぞれ $p\text{CO}_2$ の経年変動を解析した。

HTLS、HTHSおよびLTHSにおける $p\text{CO}_2$ の増加トレンドはそれぞれ誤差範囲内で一致しており、その平均値は $+1.9 \pm 0.3 \text{ ppm/年}$ と、Ishii et al. (2014)が北緯34度、東経137度の定点で報告している夏季 $p\text{CO}_2$ の上昇トレンド $+1.5 \text{ ppm/年}$ より若干高い値を示した。一方LTLSでは $p\text{CO}_2$ の上昇トレンドは $+2.8 \pm 0.5 \text{ ppm/年}$ と、他の水温塩分領域に対して有意に高い値を示した。それぞれの水温塩分領域のデータの地理的・時間的分布の解析から、LTHS、HTHSはそれぞれ7月、8月の黒潮外側域の水塊にほぼ対応し、LTLS、HTLSはそれぞれ7月、8月の内側域の水塊にほぼ対応する事が判った。つまり黒潮流軸内側域では同じ夏季でも7月と8月で $p\text{CO}_2$ の上昇トレンドは異なっており、特に7月では外洋域の一般的な値に比べてより大きな速度で $p\text{CO}_2$ が上昇してきている事が判った。黒潮内側域では春季から夏季にかけての季節的な $p\text{CO}_2$ の上昇速度が近年になるにつれて急激になり、より早い時期に季節的な $p\text{CO}_2$ の最高値に達するようになってきていると考えられる。講演ではこうした季節変動パターンの変化要因や、他の季節における $p\text{CO}_2$ トレンドの解析結果についても紹介する。

キーワード：沿岸域、温暖化、 $p\text{CO}_2$ Keywords: coastal region, global warming, $p\text{CO}_2$

中層の海洋酸性化とそこに生息する浮遊性有孔虫の影響評価 Intermediate-water acidification and biologic responses of planktic foraminifera

*木元 克典¹、小埜 恒夫²、岡崎 雄二²

*Katsunori Kimoto¹, Tsuneo Ono², Yuji Okazaki²

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 国立研究開発法人水産研究・教育機構

1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Japan Fisheries Research and Education Agency

Anthropogenic CO₂ emission is making lower pH conditions in the ocean, thereby marine organisms will be affected severely to their ecology and physiology. Recent studies suggest that large changes of pH in intermediate water of the Atlantic Ocean and indicates ocean acidification enhances during past two decades. More recently, similar lowering pH in intermediate water had reported in the North Pacific, but such studies are very limited. To confirm the progress of intermediate water acidification, we started to investigate carbonate chemistry of intermediate water and its biological responses in the North Pacific. As a preliminary result in this study, we show the spatial distribution and morphological features of one planktic foraminiferal species *Globorotalia scitula* (Brady) which lives in the intermediate water on the monitoring line near Hokkaido Island (A-line) of Japan Fisheries Research and Education Agency (JFR). We performed the MOCNESS plankton towing on July 2016 and collected planktic foraminifers from each layer above 1,000 m water depth. *Globorotalia scitula* (Brady), the one of the deepest habitat species in planktic foraminifers is considered the environmental indicator of intermediate water, therefore we choose this species for evaluating biological responses. Vertical distributions of this species indicated remarkable bimodal distribution patterns in the water column. Maximum numbers of adult and juvenile specimens occurred at water density (σ_θ) = 26.9 (ca. 300 m) and 27.2 (ca. 500 m), respectively. In other words, juveniles lived in deeper water depth than adult ones. Such habitat depth is unique in the whole planktic foraminiferal life and indicates different habitat compared to other surface-dwelled planktic foraminifers.

We also performed the analysis of individual shell density of *G. scitula* by using Microfocus X-ray Computed Tomography (MXCT). Shell density variations of each specimens had wider ranges and those were equal to ca. 2.1 ~ 2.5 ug/um³. Shell density of *G. scitula* did not show remarkable differences with the water depth. It suggests that shell density of *G. scitula* did not change in the water column if the carbonate saturation (Ω_{calcite}) of ambient seawater was less than 1.0. In this presentation, we will show the pore density of *G. scitula* and discuss the relationships with carbonate chemistry.

キーワード：海洋酸性化、浮遊性有孔虫、骨格密度計測、中層水

Keywords: Ocean Acidification, Planktic foraminifera, Shell density analysis, Intermediate water

長期的な海洋酸性化が海中音波伝搬に与える影響に関する研究 Study of the influence of long-term ocean acidification on underwater sound wave propagation

*後藤 慎平^{1,2}、澤 隆雄²、藤原 義弘²

*Shinpei Gotoh^{1,2}, Takao Sawa², Yoshihiro Fujiwara²

1. 国立大学法人東京海洋大学、2. 国立研究開発法人海洋研究開発機構

1. Tokyo University of Marine Science and Technology, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

海水中を伝搬する音波は、海水の化学的緩和作用によりpHが吸収損失 α に影響を与えることが知られているが、従来、海水中のpHはあまり変化しないと考えられてきたため、海洋音響トモグラフィ観測や海中音波通信など多くの場合において、古い観測値や実験値が経験的に用いられていた。しかし、近年、大気中の二酸化炭素濃度が上昇し、これが海水に溶け込むことで海洋酸性化が進行し、海水のpH低下が指摘されている。そこで、我々は、日本近海における1984年から30年間のpHの実測値を用い、いくつかの周波数での吸収損失 α の経年変化を調査した。その結果、過去30年間で α 値は徐々に減少し、高緯度ほど減少率が大きくなることがわかった。また、さらに、「気候変動に関する政府間パネル（IPCC）」のシナリオに基づいたpH予測値と、気象庁が発表した過去100年間の水温データなどを基に、今世紀末における海中雑音レベルのシミュレーションをした結果、最大1.44倍も上昇する可能性が示された。

キーワード：水中音波伝搬、吸収損失（ α ）、pH、水中ノイズレベル、長期変化

Keywords: underwater sound wave propagation, absorption loss (α), pH, underwater noise level, long-term change

The dynamics of pore water in subsurface sediments at the site of controlled CO₂ release experiment

*Tsukasaki Ayumi¹、Hicks Natalie²、Taylor Peter²、鈴木 昌弘¹、Lichtschlag Anna³、Stahl Henrik⁴、James Rachael³

*Ayumi Tsukasaki¹、Natalie Hicks²、Peter Taylor²、Masahiro Suzumura¹、Anna Lichtschlag³、Henrik Stahl⁴、Rachael H James³

1. 産業技術総合研究所、2. スコットランド海洋科学協会、3. 英国国際海洋センター、4. ザイード大学

1. AIST - National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. SAMS - Scottish Association for Marine Science, UK, 3. NOC - National Oceanography Centre, UK, 4. Zayed University, UAE

Carbon capture and storage (CCS) in sub-seabed geological formations is a mitigation strategy that can aid the reduction of anthropogenic CO₂ emissions. In 2012, the QICS (Quantifying and Monitoring Potential Ecosystem Impacts of Geological Carbon Storage) project was undertaken by researchers from the UK and Japan. The project conducted a field-scale controlled CO₂ release experiment in order to examine the impacts on the marine ecosystem and evaluate the methods for detection and impact monitoring, should CO₂ leakage occur. Changes in the chemical composition of water and seabed sediment were detected, in particular, pH and dissolved inorganic carbon (DIC) of the sediment pore water during the CO₂ release. After the gas release was stopped, concentrations of all pore water constituents rapidly returned to pre-release values. The QICS team concluded that the environmental impacts from small-scale leakage is not ecologically significant.

We address two unsettled issues from QICS: (1) the mechanism behind the rapid recovery of pore water parameters to pre-release levels, and (2) the fate of the released CO₂ potentially remaining in the subsurface sediments. To settle these issues, we conducted field observation measurements at the QICS site, Ardmucknish Bay, in 2016, four years after the CO₂ release. Time series in situ monitoring of pore water chemistry in the subsurface sediments was conducted in order to investigate pore water dynamics. To characterize pore water behaviour more precisely, we conducted a tracer test using the custom-made pore water extractors. To trace the injected CO₂, carbonate content and stable carbon isotope ratio of the sediment and pore water were compared between the area close to the CO₂ release point and the unaffected reference site. In this presentation we focus on the pore water dynamics at the QICS site and show the results of field observation that influence benthic recovery from a CO₂ leak.

キーワード：二酸化炭素回収貯留、地球温暖化、堆積物、間隙水

Keywords: CCS, global warming, sediment, pore water

Response of dimethyl sulfide production by phytoplankton to change in multiple environmental stressors in the western Arctic Ocean

*亀山 宗彦¹、杉江 恒二²、藤原 周²、西野 茂人²

*Sohiko Kameyama¹, Koji Sugie², Amane Fjiwara², Shigeto Nishino²

1. 北海道大学、2. 海洋研究開発機構

1. Hokkaido University, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

The Arctic Ocean environment is experiencing rapid climate changes such as warming, ocean acidification and sea ice reduction, influencing ecosystem dynamics including biogeochemical cycling. Dimethyl sulfide (DMS) and its major precursor dimethylsulfoniopropionate (DMSP) are produced through physiological function of phytoplankton in marine environment. It has been suggested that oceanic DMS emissions could play a dominant role in climate regulation on a regional basis especially in the polar region. Unraveling the response of marine organisms against such environmental perturbations is important to better understand the present and future Arctic Ocean ecosystem and production of DMS and DMSP. We investigated the effects of temperature, CO₂ and salinity on plankton communities, DMS and DMSP in the Arctic Ocean using on-board manipulation experiment during R/V *Mirai* MR15-03 cruise. Temperature (2.2 or 7.2°C), CO₂ (300 or 600 μatm) and salinity (29.4 or 27.8) were manipulated using thermostat circulator, the addition of high CO₂ seawater, and pure water, respectively. The higher temperature enhanced the growth of phytoplankton community in terms of chlorophyll-a. Nano-sized (~2–10 μm) phytoplankton growth was increased due to the higher temperature but not CO₂ in the community. On the other hand, pico-sized (< 2 μm) phytoplankton growth was unchanged during the incubation. DMS and DMSP concentration were getting higher during the experiment for all batches. We will further discuss the relationships between production of DMS and DMSP and changes in the biological variables in this presentation.

キーワード：硫化ジメチル、DMS、DMSP、海洋酸性化、北極海

Keywords: dimethyl sulfide, DMS, DMSP, ocean acidification, Arctic Ocean