

課題研究 No. H26-2

<p>研究テーマ</p>	<p>海洋酸性化問題の解決方法の検討</p>
<p>研究目的</p>	<p>人類が排出する二酸化炭素は、温室効果による地球温暖化以外にも環境に大きな影響を及ぼしかねないことが強く懸念されるようになってきた。それは海洋が大気中の二酸化炭素を吸収することによって起こるいわゆる海洋酸性化である。海洋には一般に炭酸カルシウムが過剰に溶解しており（過飽和）、造礁サンゴをはじめ、有孔虫、貝類、ウニ類など多様な生物がこれを利用して骨格や殻を形成している。炭酸カルシウムの飽和度は、酸性度（pH）、水温、塩分によって決まる。海洋酸性化とは、酸性度の観点からは、弱アルカリ性の海水が中性に近づくことであって、必ずしも海水が酸性になることではないが、pHの低下により炭酸カルシウムの飽和度を下げ、ひいては炭酸カルシウムを活用する多様な生物に影響を与えることが実験的に明らかになっている。特に、南極や北極に近い水温の低い海域では、今世紀の末には、炭酸カルシウムの飽和度が1以下となり、またサンゴ礁を形成する造礁サンゴ類については、温暖化による白化現象の頻発との相乗効果によって、2060年ごろには生育に適した海域がほとんど失われてしまう可能性が高いとされている。</p> <p>このような深刻な問題であるにもかかわらず、海洋酸性化の問題は、社会的認知度が十分でない。特に我が国での認知度は低い。一方、欧米では、研究者・研究機関の積極的な取り組みによって、社会的認知度が高まりつつある。</p> <p>海洋酸性化に対する唯一の対応策は大気中に二酸化炭素を排出しないことである。そのための方策の一つとして二酸化炭素の海洋貯留という考えがある。海洋貯留は、海洋に二酸化炭素が拡散するリスクがあるということで、その社会的合意形成は海洋酸性化問題と強くリンクする。また、温暖化問題同様、取りうる適応策の検討も視野に入れる必要がある。本研究では、これらの海洋酸性化をめぐる様々な社会的問題について、とるべき政策を検討するために必須な情報を詳細に把握し、課題を抽出することを目的とする。</p> <p>この目的を達成するために、特に、平成26, 27年度は、海洋酸性化の問題の社会的認知度を上げるための方策を議論し、28年度は、CCSをめぐる課題を研究した。</p>

研究期間	平成 26 (2014) 年 10 月～平成 28 (2016) 年 9 月
ファシリテータ	白山 義久 (海洋研究開発機構)
共同研究者名 (所属名)	栗原 晴子 (琉球大学)、河野 健・熊本 雄一郎・原田 尚美・ 稲垣 史生・山田 泰広・山本 啓之 (海洋研究開発機構)、喜田 潤 (財) 海洋生物研究所)、藤井 賢彦 (北海道大学)、小埜 恒夫 * (水産総合研究センター)、川合 美千代* (東京海洋大学)、 田中 豊 (日本 C C S 調査株式会社)、前田 治男 (国際石油開発 帝石株式会社)、松岡 俊文 (公益財団法人深田地質研究所)
WG, 委員会等 会議開催年月日	平成 26 年度 第 1 回 平成 27 年 3 月 25 日 10:00 ～ 12:00 平成 27 年度 第 1 回 平成 27 年 11 月 29 日 12:30 ～ 13:30 第 2 回 平成 28 年 3 月 25 日 10:00 ～ 11:00 平成 28 年度 第 1 回 平成 28 年 8 月 10 日 10:30 ～ 12:30

<p>研究成果概要</p>	<p><b>平成 26 年度</b></p> <p>1. OA-ICC の調査</p> <p>我が国において、海洋酸性化問題の社会的認知を高めるための方策を探るために、欧米における成功例の一つとして IAEA に設置されている海洋酸性化の研究拠点である OA-ICC を研究参加者の一人、熊本雄一郎博士が訪問し、聞き取り調査を行った。以下のその結果を記す。</p> <p>OA-ICC の運営資金は、PUI (Peaceful Uses Initiative、平和利用イニシアティブ) から支出され、OA-ICC の予算は約 7 千万円/年である。また OA-ICC の活動目的は、その名のとおり「Coordination」である。特に研究者(専門家)間の Coordination として、国際会議の事務局としての役割が最も大きい。研究者(専門家)と一般社会の Coordination としては、HP を通じた情報発信、各種一般向けバウチャーと DVD の頒布、IAEA-NAEL の研究者による研究活動の紹介また一般向けレクチャーなどを行っている。また、IAEA の Training Program を利用して主に発展途上国の研究者に、IAEA-NAEL の施設を使った海洋酸性化研究に係るトレーニングを実施している。</p> <p>2008 年 10 月にモナコで開催された国際会議第 2 回 The Ocean in a High-CO2 World で出されたモナコ宣言 (Monaco Declaration) など、近年モナコ公国は海洋酸性化問題に多くをコミットしている。このようなハイレベルの政治の関与が、欧州において同問題に対する関心が高まる要因のひとつであると考えられた。一方我が国では先駆的研究成果が得られているが、社会的な認知度は低い。戦略的に、今後、アウトリーチを進める必要がある。特に一般向けバウチャーや DVD などの資料を充実させる必要である。また酸性化問題に関する国内の様々な活動を coordinate する適切な組織も必須であることが明らかになった。</p> <p><b>平成 27 年度</b></p> <p>この年度は、2015 年 6 月に英国ケンブリッジの British Antarctic Survey にて開催された「International Pteropod Workshop」、12 月にパリにおいて開催された UNFCCC COP21 に参加した。下記に両イベントの調査結果を記す。また、国内外の学会その他において研究動向を聴取し、その報告をもとに研究会において議論した。</p> <p>1. UNFCCC COP21 サイドイベント” The Oceans Day” について</p> <p>このイベントには、海洋研究開発機構の原田尚美博士が参加し</p>
---------------	---

た。The Oceans Day は UNFCCC COP15 (2009 年) に初めて開催され、今年で 5 回目のサイドイベントであった。主催は Global Ocean Forum (GOF) という国際 NPO 団体で、笹川平和財団の海洋政策研究所(OPRI)も含まれている。The Oceans Day の開催目的は、主な気候や海洋に関する課題を取り上げ、最も脆弱な社会や生態系に対してどのような影響があるのかを明らかにすること、世界の高レベルのリーダーたちの責務として気候や海洋に関する課題を解決する方向に向かわせるべく政策リーダーシップを発揮させること、行動の証として様々な解決方法を共有すること、UNFCCC 内外の活動に限らない気候や海洋に関する課題解決に向けた 5 年の戦略計画を作成することなどである。

12 月 3 日には、国際環境団体や大学、NGO 団体、政府関係者などの関係者を交えて、5 年の戦略計画を作成するためのワークショップが先行して開催された。主催者 (Dr. Biliana Cicin-Sain, GOF, Univ. of Delaware Gerad J. Mangone Center For Marine Policy) 側からこのワークショップの意義、戦略計画についての説明があった後、現在起きている気候海洋環境変化、海洋環境課題の緩和策、沿岸及び海洋課題の適応策、沿岸国や島嶼国が適応、緩和政策をとるための資金、能力開発、公的教育及びアウトリーチについて、各界から講演があった。能力開発とは、人材育成のみならず、地球規模や沿岸規模でいかに科学観測を支えていくことが重要か、今後の観測として、一層重点を置くべき観測として GCOS 及び GOOS-Bio について言及された。

12 月 4 日の The Oceans Day では、6 つのパネルが用意され、各パネルごとに、海水準の上昇が島嶼国の経済に与える打撃 (EEZ の減少として)、海洋酸性化の脅威等、今迫っている危機から Marine Protected Area の拡大、海洋エネルギーの活用、GOOS ネットワーク強化の支援などについて、各国の環境大使や国会議員、モナコ公国皇太子などから話題提供があった。日本からは、海洋政策研究財団の寺島紘士常務理事から能力開発支援、石井菜穂子 Global Environment Facility CEO から資金援助のあり方について発表があった。

全体を通じて、COP 自体が沿岸侵食や海水準上昇による島嶼諸国寄りの課題に重点を置いているように見え、海洋酸性化は one of them で十分取り上げられることはなかった。また、日本人の参加者は海洋政策財団と海洋研究開発機構以外にはいなかった。展示ブースエリアに、中国は大きな展示ブースを出していたが、日本からの展示は太陽パネル電池会社の小さなブース

以外にはなかった。今後日本や機構の活動を紹介しつつプレゼンスを示すための地道な周知が大切であると思料した。

## 2. International Pteropod Workshop

2015年6月に英国ケンブリッジの British Antarctic Survey にて開催された本ワークショップには、海洋研究開発機構から木元博士が参加した。議論の結果は白書の形でまとめられ、英国政府に提出された。

Pteropod は有殻翼足類を意味し、浮遊性生活を営む外海性の巻貝である。ワークショップでは、各国から参加した研究者により幅広く領域横断的な研究（数理生物学、工学、地質学、古生物学、生物地球化学、分類学、分子生物学など）のディスカッションが行われた。彼らの共通の目的は、翼足類研究をさらに発展させること、相互の知識のギャップを埋めること、そして将来的に必要となる研究の共通認識を得ることなどであった。日本からは、近年開発した、有殻翼足類の殻の内部構造をミクロンスケールで高精度に3次元構築することを可能とする Micro-CT 技術を紹介した。従来から、IOC-UNESCO と OSPAR-ICES は、海洋酸性化にとくに影響を受ける生物種に焦点を置き、いつ、どこで最初の影響が起こるのかを研究内容に加えるべきだと主張しているが、本ワークショップでも、有殻翼足類が海洋酸性化による影響を受けやすく、指標種として有用であるとされた。

## 3. 会議の開催

当該年度は2回の会議を開催し、報告書の内容について議論をした。第1回は平成27年11月29日に慶応大学 三田キャンパスにおいて開催し、海外研究動向の報告を受けた。参加者は、白山（JAMSTEC、コーディネータ）、小埜（水研センター）、川合（東京海洋大）、河野（JAMSTEC）、栗原（琉球大）、原田（JAMSTEC）、藤井（北海道大学）、木元（JAMSTEC）であった。

第2回は平成28年3月25日に海洋研究開発機構 東京事務所にて開催し、当該年度の報告書の概要をまとめた。参加者は、川合（東京海洋大）、河野（JAMSTEC）、原田（JAMSTEC）、木元（JAMSTEC）であった。

### 平成28年度

当該年度は、活動期間が6か月であったことから、平成28年8月10日に海洋研究開発機構東京事務所において、炭素貯留隔離（CCS）に関する会議を開催した。

参加者の、北海道大学の藤井賢彦准教授、日本 CCS 調査株式会

社の田中豊技術企画部長、深田地質研究所の松岡俊文理事長、海洋研究開発機構の山田泰広海洋掘削科学研究開発センター長、海洋研究開発機構海底資源研究開発センターの山本啓之環境影響評価研究グループリーダー、国際石油開発帝石株式会社技術研究所の前田治男シニアコーディネーターから、それぞれの立場から海洋酸性化と CCS との関係について、プレゼンテーションを行った。その後、当日の司会進行を務めた稲垣史生研究所長代理から以下の総括がなされた。

内閣府と総合科学技術・イノベーション会議が策定した第5期科学技術基本計画第3章では、「国内又は地球規模で顕在化している課題に先手を打って対応するため、国が重要な政策課題を設定し、課題解決に向けた科学技術イノベーションの取り組みを進める」と明記されている。本研究集会では、持続的な成長と地域社会の自律的発展に繋がるエネルギー資源の循環的な利用や、地球規模課題への対応と世界の発展への貢献に関連する海洋酸性化への対応や生物多様性への対応について、要素技術開発にかかる産学官連携やオープンイノベーション体制の必要性が確認された。海洋酸性化問題は、石灰化生物等の生物多様性への影響や低温海域を中心とする地元産業への影響が顕在化する傾向がある。海洋酸性化の抑制・緩和に対して効果が期待される CCS を展開するには、科学技術イノベーションと社会の多様なステークホルダーとの対話や共創による関係強化に取り組む必要があり、国家戦略上重要なフロンティアである海洋及び海底地下空間の科学的理解が重要である。その適切な管理・利活用手法を創出するには、高精度なリスク評価や循環型システムへの応用展開を見据えた統合的な海洋科学技術の拡充・強化や、環境モニタリングに関する技術開発、CCU や生態系機能利用等の要素技術に関するオープンイノベーション事業を推進していく必要もある。とりわけ、世界第6位の領海及び排他的経済水域を有する海洋立国である我が国にとって、持続的な地球未来環境を創造し人類の長期的発展を実現するためには、多様な海洋調査インフラを有し科学的知見が蓄積する国立研究開発法人海洋研究開発機構に期待される役割は大きく、国内外の連携事業を通じて海洋科学技術に関する国際的なリーダーシップを果たしていく必要がある。

<p>成果発表実績 (査読付き原著論文 の一部のみ)</p>	<p>平成28年度</p> <p>Hoshino, T., and Inagaki, F. (2017) Distribution of anaerobic carbon monoxide dehydrogenase genes in deep subseafloor sediments. <i>Lett. Appl. Microbiol.</i>, in press.</p> <p>Harada, N. (2016): Review: Potential catastrophic reduction of sea-ice in the western Arctic Ocean –its impact on the biogeochemical cycles and marine ecosystems– <i>Global and Planetary Change</i>, 136, 1-17, <a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.gloplacha.2015.11.005">http://dx.doi.org/10.1016/j.gloplacha.2015.11.005</a></p> <p>Babanova, S., Carpenter, K., Phadke, S., Suzuki, S., Ishii, S., Phan, T., Grossi-Soyster, E., Flynn, M., Hogan, J., and Bretschger, O. (2016) The effect of membrane type on the performance of microbial electrosynthesis cells for methane production. <i>J. Electrochem. Soc.</i>, 164, 3, p. H3015-H3023.</p>
	<p>平成27年度</p> <p>Yamamoto-Kawai, M., Kawamura, N., Ono, T., Kosugi, N., Kubo, A., Ishii, M., Kanda, J., (2015): Calcium carbonate saturation and ocean acidification in Tokyo Bay, Japan. <i>J. Oceanogr.</i> 71, 427-439.</p> <p>Ohtomo, Y., Ijiri, A., Morono, Y., Ikegawa, Y., Suenaga, H., Case, D., Matchiyama, H., Yamamoto, F., Goto, S., Fukuba, T., Nagasawa, M., Matsumoto, M., and Inagaki, F. (2015) CO<sub>2</sub> emission and shallow-type methane hydrate decomposition experiment on deep-sea floor. <i>JAMSTEC Rep. Res. Dev.</i>, 20, 61-71.</p> <p>Inagaki, F., Hinrichs, K.-U., Kubo, Y., Bowles, M. W., Heuer, V. B., Hong, W.-L., Hoshino, T., Ijiri, A., Imachi, H., Ito, M., Kaneko, M., Lever, M. A., Lin, Y.-S., Methé, B. A., Morita, S., Morono, Y., Tanikawa, W., Bihan, M., Bowden, S. A., Elvert, M., Glombitza, C., Gross, D., Harrington, G. J., Hori, T., Li, K., Limmer, D., Liu, C.-H., Murayama, M., Ohkouchi, N., Ono, S., Park, Y.-S., Phillips, S. C., Prieto-Mollar, X., Purkey, M., Riedinger, N., Sanada, Y., Sauvage, J., Snyder, G., Susilawati, R., Takano, Y., Tasumi, E., Terada, T., Tomaru, H., Trembath-Reichert, E., Wang, D. T., and Yamada, Y. (2015) Exploring deep microbial life down to ~2.5 km below the ocean floor. <i>Science</i>, 349, 420-424.</p> <p>Ishii, S., Suzuki, S., Tenney, A., Norden-Krichmar, T. M., Nealson, K. H., and Bretschger, O. (2015) Microbial metabolic networks in a</p>

	<p>complex electrogenic biofilm recovered from a stimulus-induced metatranscriptomics approach. <i>Scientific Reports</i>, 5, no. 14840.</p> <p>Bretschger, O., Carpenter, K., Phan, T., Suzuki, S., Ishii, S., Grossi-Soyster, E., Flynn, M., and Hogan, J. (2015) Functional and taxonomic dynamics of an electricity-consuming methane-producing microbial community. <i>Biores. Tech.</i>, 195, 254-264.</p> <p>Fu, Q., Kuramochi, Y., Fyukushima, N., Maeda, H., Sato, K., and Kobayashi, H. (2015) Bioelectrochemical analyses of the development of a thermophilic biocathode catalyzing electromethanogenesis. <i>Environ. Sci. Technol.</i>, 49, 1225-1232.</p> <p>平成26年度</p> <p>Onitsuka, T., Kimura, R., Ono, T., Takami, H., Nojiri, Y., (2014): Effects of ocean acidification on the early developmental stages of the horned turban, <i>Turbo cornutus</i>. <i>Mar. Biol.</i> 161, 1127-1138.</p> <p>Yoshimura, T., Sugie, K., Endo, H., Suzuki, K., Nishioka, J., Ono, T., (2014): Organic matter production response to CO2 increase in open subarctic plankton communities: Comparison of six microcosm experiments under iron-limited and -enriched bloom conditions. <i>Deep-Sea. Res.</i> 94, 1-14</p> <p>Kubo, Y., Mizuguchi, Y., Inagaki, F., and Yamamoto, K. (2014) A new hybrid pressure-coring system for the drilling vessel <i>Chikyu</i>. <i>Scientific Drilling</i>, 17, 37-43.</p> <p>Felden, J., Ruff, S. E., Ertefai, T., Inagaki, F., Hinrichs, K.-U., and Wenzhöfer, F. (2014) Anaerobic methanotrophic community of a 5346-m-deep vsicomimid clam colony in the Japan Trench. <i>Geobiology</i>, 12, 183-199.</p> <p>Kawai, M., Futagami, T., Toyoda, A., Takaki, Y., Nishi, S., Hori, S., Arai, W., Tsubouchi, T., Morono, Y., Uchiyama, I., Ito, T., Fujiyama, A., Inagaki, F., and Takami, H. (2014) High frequency of phylogenetically diverse reductive dehalogenase-homologous genes in deep seafloor sedimentary metagenomes. <i>Front. Microbiol.</i>, 5, Article no. 80.</p>
<p>研究補助費用 (学会記入)</p>	<p>旅費交通費 計 81,434 円</p>



<p>購入書籍等 (保管者名)</p>	<p>本事業で購入した書籍はないが、平成 26 年度には、下記の資料を入手した。現在海洋研究開発機構にて保管している。</p> <p>①第 3 回国際ワークショップ Bridging the Gap between Ocean Acidification Impacts and Economic Valuation “Ocean acidification impacts on coastal communities” (2015 年 1 月 12-14 日) の Agenda</p> <p>②第 2 回 Ocean Acidification International Reference User Group 会議 (2015 年 1 月 14-16 日) の Agenda</p> <p>③OA-ICC が用意した海洋酸性化研究の紹介パンフ、DVD 等一式</p> <p>④The other CO2-problem Ocean Acidification (2012). GEOMAR 発行の海洋酸性化に関する一般向け解説本</p> <p>⑤IAEA Bulletin Vol.54, ” Protecting our marine environment” , 2013 年 9 月 3 日</p> <p>⑥Environment Laboratories Newsletter Vol. 1, No.1, 2014 年 1-6 月号</p> <p>⑦An update synthesis of the impacts of ocean acidification on marine biodiversity, CBD Technical Series No. 75, Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2014).</p>
<p>備 考</p>	