

2018 年度「日本海洋学会青い海助成事業」成果報告

ワークショップ「海洋酸性化問題と二酸化炭素回収貯留（CCS）技術」

2018 年 11 月 22 日

産業技術総合研究所 環境管理研究部門

海洋環境動態評価研究グループ

鈴木 昌弘

1. 事業の内容及び目的

大気二酸化炭素（CO₂）濃度の上昇に伴って引き起こされる海洋酸性化は海洋環境にとって深刻な脅威となっている。とはいえ、CO₂に起因するという点で対をなす気候変動（温暖化）問題と比べると海洋酸性化についての一般の認識は必ずしも高いとは言えない。海洋酸性化問題においては、海洋生物・化学系の研究者を中心に、メカニズムや影響の現れ方と影響の度合い等に関する議論が活発に行なわれているものの、その対策や適応に関する検討はほとんど進んでいない。海洋酸性化の解決・緩和策としては、1) 大気への CO₂ 排出量を削減し酸性化の傾向を漸減させる、2) 海水中の pCO₂ を直接低減（中和）することが考えられる。1) に関しては、化石燃料から再生可能エネルギーへの転換が長期的には重要となるが、喫緊では二酸化炭素の回収貯留（Carbon Dioxide Capture and Storage; CCS）のような速やかな排出削減対策が橋渡し技術として有望視されている。また 2) については海洋肥沃化や沿岸の浅海生態系（Blue carbon）創生など、海洋の一次生産速度を人為的に増大させる、いわゆるジオエンジニアリングと呼ばれる大規模な環境改変技術の適用が挙げられる。特に CCS については、既に世界の各地で大規模な実証事業が進められ、国内でも苫小牧において海底下 1000m 以深の地層への CO₂ の圧入が開始されている。海底下 CCS 含めたいずれの“対策・緩和技術”でも、それ自体が海洋環境に二次的な擾乱を引き起こすポテンシャルが懸念されている。特に CCS に関しては、海洋環境中への CO₂ の漏洩の可能性を考慮すると、海洋酸性化の対策技術であると同時に、局所的に酸性化を引き起こすポテンシャルを有しており、そのリスクと便益に関して十分に議論し、技術の適応に関して社会的受容性を醸成することが求められる。例えば、海洋酸性化の研究者と CCS 事業者間での情報共有は十分とは言えず、CCS 事業者がどのようなリスク評価やモニタリングを想定しているのか、そしてそれらが海洋酸性化研究で得られた成果に基づき検証した場合に適切なものであるのかといった本質的議論はなされていない。また環境経済学的視点からの酸性化問題とその対策技術に対するリスク評価やコスト試算に関する研究成果は、専門家の間でも十分に共有されておらず、酸性化問題の社会的認知度と対策技術の社会的受容性が醸成されているとはいえない。

以上のことから、当該ワークショップは、研究者から一般市民、ポリシーメーカーを含めた幅広い聴衆を対象に、深刻かつ重大な海洋環境問題である海洋酸性化とその対策技術、特に CCS について解説し、多様なネットワーク間での情報共有を図ることを目的とした。

2. 活動の概要

ワークショップは以下のプログラムで開催した。

日時：2018 年 9 月 25 日（火） 13:00～17:00

会場：東京海洋大学品川キャンパス 2 号館 1 階 100A

主催：CCSEA-JPN（CCS Environmental Assessment - Joint Participants Network）・産業技術総合研究所環境管理研究部門海洋環境動態評価研究グループ

13:00 - 13:10	趣旨説明（産総研 鈴木昌弘）
13:10 - 13:50	海洋酸性化：変遷の解明と石灰化生物の将来予測（産総研 鈴木淳）
13:50 - 14:30	式根島 CO ₂ シープで見られる未来の海（筑波大学 和田茂樹）
14:30 - 15:10	海洋酸性化の対応策—CCS 技術（産総研 鈴木昌弘）
休 憩	
15:20 - 16:00	CCS の大規模展開に関する社会的合意形成（QJ サイエンス 高瀬博康）
16:00 - 16:40	海洋酸性化と CCS の経済分析（東京大学 成田大樹）
16:40 - 17:00	総合討論

記名いただいた参加者は、講演者を含めて 50 名あまりで、CCS の研究・技術開発に直接携わっている、海洋学会員以外の方が 7 割程度を占める状況であった。

各講演者の講演内容をまとめた。

鈴木 淳「海洋酸性化：変遷の解明と石灰化生物の将来予測」

サンゴ骨格に含まれるホウ素の同位体比は、海水あるいは石灰化部位の pH を指標すると考えられている。大型のハマサンゴ群体の分析により、海洋酸性化が日本周辺のサンゴ礁でも確実に進行していることが明らかになってきた。また、高精度二酸化炭素濃度調整海水生成装置（いわゆる AICAL 装置）を用いて、サンゴを中心とした石灰化生物の海洋酸性化影響を評価すると、石灰化量の減少を示す海洋生物が多いこと、その一方で、種間変異や種内変異が見出され、海洋石灰化生物の海洋酸性化への応答の多様性が明らかになってきた。

和田 茂樹「式根島 CO₂ シープで見られる未来の海」

CO₂ シープとは、海底から火山ガスを主な起源とする CO₂ が噴出するエリアであり、広域に酸性化された未来の生態系を目の当たりにすることができる。伊豆諸島式根島で発見した CO₂ シープにおいて詳細な生物相調査を実施し、石灰化生物の減少や大型生物の消失など、近い未来に海洋酸性化が劇的な生態系の変化をもたらすことを示唆した。

鈴木 昌弘「海洋酸性化の対応策—CCS 技術」

海洋酸性化の進行を抑制するためには、主要因となっている大気への人為起源 CO₂ 排出抑制が最も有力な対策であり、なかでも CCS 技術は早期に実現可能なオプションである。海洋隔離から海底下地層貯留まで、CCS 技術の内容とこれまでの展開（ロンドン条約での議論等）、および CCS に関連した環境影響評価とモニタリングについて解説した。あわせて鉄散布等の海洋肥沃化や沿岸生態系創生による海洋一次生産の増大による酸性化抑制技術についても議論した。

高瀬 博康「CCS の大規模展開に関する社会的合意形成」

これまで主として温暖化対策として議論されることの多かった CCS による CO₂ 排出削減は、海洋酸性化の進行を抑制する方策としても有力なものと考えられる。CCS を大規模に展開していくためには、経済合理性や安全性を高め技術システムとしての信頼性を向上して行くことに加え、広く社会に受け入れられることが重要となる。講演では、新規な大規模技術全般に見られるリスク認識の問題や地元ステークホルダとの合意形成の問題に加えて、追加的なコストの生ずる CCS の推進に必要なインセンティブ（炭素価格など）等の制度化及びその前提となる費用負担者等の合意形成について解説された。また、海洋酸性化対策という新たな視点が、CCS に関する社会的合意形成に対してどのような意味を持ち得るかについても議論があった。

成田 大樹「海洋酸性化と CCS の経済分析」

海洋酸性化は「もう一つの CO₂ 問題」として気候変動政策の議論において徐々に注目が高まって来ており、また、CCS は CO₂ 排出削減のための有力な手段として具体的な事業投資が行われる段階に入ってきている。これらの課題を実際の政策や企業的意思決定に結びつけていくためにはこれらに関する何らかの経済分析の実施が必要となってくるが、海洋酸性化と CCS は共に通常の経済問題とは異なる側面（時間軸の長さ、リスクの大きさ）を有する問題となっている。講演では海洋酸性化と CCS の経済分析についての基本的な視点、現在までに得られた知見、さらに今後解決されるべき課題について紹介された。

総合討論では、北海道大学 藤井賢彦会員と産業技術総合研究所 赤井誠氏から、それぞれ海洋酸性化研究の側面、CCS 事業の側面から総括コメントをいただいた。藤井会員からは、苫小牧の大規模 CCS 実証事業が地元での事業ということもあり、CCS に関連した環境への懸念と同時に地元産業への貢献についても CCS が興味深いものであるとのご意見をいただいた。一方、国内でも最も早くから CCS 研究に取り組まれ、現在も環境省の CCS 事業のプロジェクトリーダーをされている赤井氏からは、異なる分野（海洋酸性化・CCS 実証）の多様な講演があり有意義なワークショップであったご感想をいただき、さらに CO₂ の地中貯留だけでなく、海洋隔離の優位性について Ken Caldeira や Wallace Broecker など著名な Oceanographer が提言しているとの情報もいただいた。