

深海炭素貯留の技術的実現可能性と社会的妥当性の学際評価

① ビジョンの概要

深海炭素貯留（DCS: Deep-sea Carbon Sequestration）を CCS に次ぐ炭素隔離戦略として位置づけ、自然科学・人文学・社会科学を統合した知的基盤を世界に先駆けて構築する。

② ビジョンの内容

本ビジョンは、深海炭素貯留を 20～30 年の長期的視野で検討し、学術的・社会的に確立することを目指すものである。DCS は、陸上植物残渣や海藻等の有機炭素および液化 CO_2 あるいは CO_2 ハイドレート等の無機炭素を深海の海底に隔離する戦略である（図 1）。DCS は広大な深海という未利用の隔離空間を活用できる潜在力を持つが、生態系影響の知見や社会的正当性に関する議論は十分でなく、長期的な学術的評価と国際的合意形成が不可欠である。

2050 年をターゲットイヤーとするビジョンとして、次の二段階で展開する。第一段階（2035 年まで）は、学術的評価の時期とする。自然科学領域においては、現場学術実験とモデル解析により、DCS に関する基礎知見を整備する時期である。有人潜水調査船等を用いた深海現場での実験を通じて、各炭素物質の分解挙動や周辺生態系への影響を明らかにする。同時に、酸素消費や酸性化を含む大規模導入時の環境シナリオを数値的に検証する。工学領域では、気候変動対策として効果を発揮する DCS の大規模化において要請されるインフラの検討・設計・モデル構築を進め、DCS の技術的実現可能性と環境的リスクの科学的根拠を確立する。人文学・社会科学領域においては、世代間倫理や予防原則の観点から深海介入の妥当性を整理し、社会的受容をめぐる課題を可視化する。同時に、社会科学的研究により、UNCLOS やロンドン条約体制の下での DCS の扱いを明確化し、国際的なルール形成へのインプットを行う。

第二段階（2050 年まで）は、第一段階での学術活動で形成するコミュニティが主体となって、社会に還元する時期とする。DCS の総合的な判断枠組みを提示し、国際的な政策選択に資する基盤を完成させる。DCS が長期的炭素隔離の有効な選択肢として国際的に認められるならばその端緒を拓いた責任国家として、逆に不可逆的なリスクが大きいと判断された場合にも学術成果に基づく「実施しない」選択を国際社会に提示したものであるとして、我が国の気候工学に対する意思決定の透明性と信頼性を高められる。

③ 学術研究構想の名称

深海炭素貯留の技術的実現可能性と社会的妥当性の学際評価

④ 学術研究構想の概要

深海は低温・高圧・暗黒かつ安定した環境であり、炭素物質の長期固定が期待できる一方で、環境影響や社会的正当性に関しては不確実性が大きい。本研究構想では、①自然科学による小規模設置実験とモデル解析による生態系応答の評価研究、②人文学による世代間倫理の検討や科学技術史的視点からの評価、③社会科学による国際海洋法との整合性や環境経済学的な合理性の検討、を柱とする。

⑤ 学術的な意義

DCS の学術的意義は以下の三点に整理できる。第一に、自然科学的意義として、深海に投入された有機炭素（陸上植物・海藻）および無機炭素（液化 CO_2 、炭酸塩鉱物）がどのように分解・沈降・鉱物化されるかを現場で実験的に解明する点があり、深海物質循環と隔離安定性に関する基礎的知見を大幅に拡充できる。第二に、人文学的意義として、深海という人間に不可視の領域に対する介入の倫理的妥当性を問う点がある。たとえば将来世代に対する現代科学者の責任を念頭におけば、科学的調査の名の下で過剰な取り組みが進むという「やるべきでないことをやってしまった」作為のリスクと、それを回避しようとする中で生じる「やるべきことをやらなかった」不作為のリスクという、両者の相克が評価される。さらに科学技術史の観点からは、過去のエネルギー技術導入に伴う失敗や社会的対立、また自然環境における廃棄物隔離に関する歴史

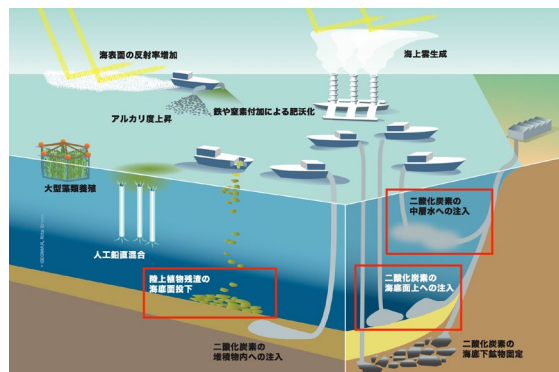


図 1 深海炭素貯留の類型

（赤枠：元図は GEOMAR Rita Erven 提供）

的事例を参照することで、DCS に内在するリスクを先取的に明らかにできる。第三に、社会科学的意義として、国際法制度における DCS の位置付けを検討することが挙げられる。現行 CCS は地中（海底面より下）への介入であり 2009 年のロンドン議定書改正により制度的に許容されたが、DCS は海洋（海底面より上）への介入である。これらの位置づけの差異を明確化することは、将来の国際ルール形成に直接的に資する。

総じて、本研究は深海科学技術・人文学・社会科学の各分野を架橋し、2050 年ネットゼロ実現に向けた新しい知的基盤を提供する。こういった知的基盤を整備することは、気候危機が深刻化する近い将来に必ず議論の俎上に上がる DCS をめぐる社会的合意形成のための議論の素地を整えることと同義であり、国内外において大きな社会的インパクトを持つことが期待できる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

世界的に CCS が炭素隔離の主流手法として開発されており、欧州の「Northern Lights」や日本の苫小牧実証事業などがその代表例である。しかし、CCS は適地が限定され、漏洩リスクや地域合意形成の課題が指摘されている。他方、海洋分野ではこれまで海洋アルカリ化や大型海藻栽培が研究対象となり、GESAMP などの国際的な科学機関が議論を主導しているが、海洋表層への影響評価に比して、深海への炭素隔離を包括的に扱う研究は存在しない。本構想は、物質や手法を区別することなく、特定ステークホルダーのいない（あるいは全人類がステークホルダーとなる）深海という環境に対する人為的介入としてフォーカスする点で、従来研究にない独自性を持つ。日本は深海に囲まれる地理的特徴、有人潜水調査船や深海研究船群をはじめとする調査能力、さらには深海現場実験に基づく知見創出能力ですでに国際的優位を持ち、本構想はそれを加速させることができる。

⑦ 社会的価値

国民に対して、気候危機に対する科学的・倫理的・制度的な包括的知見を提供し、未来社会の選択肢を広げることにつながる。従来型の温室効果ガス削減アプローチのみならず、人類が手にしている有望な選択肢が複数あるということを示すだけでも、専門家や為政者と国民を交えた新たな対話の場の醸成につながりうる。多様なステークホルダーが長期にわたって関与し続けなければならない気候変動対策において、対話や熟議の場は積極的かつ意識的に設けられるべきであり、本提案はその端緒となる。

⑧ 実施計画等について

・実施計画・スケジュール

初年度となる 2026 年度は、呼びかけ人を中心に実施体制の構築を進める。2027 年度には、呼びかけに応じた研究者とともに同ペーパー原稿を精査して投稿する。以降、各分野での詳細な検討をはじめめる。2030 年度を目途に各分野での詳細な学術的アウトプットを発出し、2033 年度を目途にそれらを統合した学術書を上梓する。2035 年度まで同書の内容を基軸に産官民学の各セクターで議論を呼びかけていく。

・実施機関と実施体制

本構想の実施機関・実施体制は、具体的に議論されていないが、対象が深海であることを考慮すれば、JAMSTEC が中核実施機関の一つとなることが自然である。JAMSTEC、関西大学、および早稲田大学からの参画予定者が呼びかけ人となり体制を構築する。自然科学研究の体制は、海洋学・地球化学・生態学などの専門家で構成されることが期待される。人文学・社会科学の研究体制は、環境倫理学、科学技術史、あるいは国際法学をはじめ、DCS をめぐる話題を網羅できる専門家で構成されることが期待される。

・総経費 14 億円

・所要経費

JAMSTEC 船舶での調査航海では 1 航海 14 日間あたり約 3000 万円の費用負担が見込まれる。半年に一度の頻度での航海実施とともに、CO₂運搬に要する耐圧装置の整備費や採取試料の化学分析や遺伝子解析に要する消耗品を含む物品費を含め、自然科学領域の所要経費は年間 1 億円となる。人文および社会科学の各領域では、国際法文献や倫理学・歴史学研究資料の収集・翻訳・整理に関わる費用（各年間 1000 万円）と、本件に専従する研究員（特任准教授相当）を三分野で各 2 名ずつ雇用する人件費（年間 6000 万円）をあわせて、所要経費は年間 1 億 4000 万円となる。全体では 10 年間で 14 億円となる。

⑨ 連絡先

川口 慎介（海洋研究開発機構）