

CO₂ 地中貯留技術の現状について

村井重夫*

1. はじめに

地球温暖化については IPCC（気候変動に関する政府間パネル, Intergovernmental Panel on Climate Change）の第 4 次報告書¹⁾ が 2007 年に「気候システムの温暖化には疑う余地がない」こと、「温室効果ガスの排出量は、産業革命以降増加しており、1970 年から 2004 年の間に 70% 増加した」こと、「世界の温室効果ガス排出量は今後数十年間増加しつづける」こと、「大気中の温室効果ガス濃度を安定化させるためには、どこかの時点で排出量のピークを抑え、その後は減らす必要がある」等についてまとめ、CCS（二酸化炭素回収・貯留, Carbon dioxide Capture and Storage）技術は温室効果ガス削減技術の 1 つとして認知された。2008 年の本誌において「CCS の現状について」と題して、

二酸化炭素（以下、CO₂ と略記）の地中貯留技術について、その概要と RITE（地球環境産業技術研究機構）における研究開発状況を紹介した²⁾。本報告では、その後の RITE の研究³⁾ と我が国において始まった CCS 大規模実証試験の計画概要、及び、CCS 実用化に向けての課題について紹介する。

2. CO₂ 地中貯留技術の概要

我が国においては、CCS 技術は図 1 に示すように CO₂ の分離回収技術と回収した CO₂ を輸送・貯留する技術について開発が進められている。CO₂ 地中貯留技術に関しては RITE が行った長岡プロジェクトにおいて、その基礎的知見が得られ、我が国においても実施できる目途が得られた。その後、2008 年に設立された

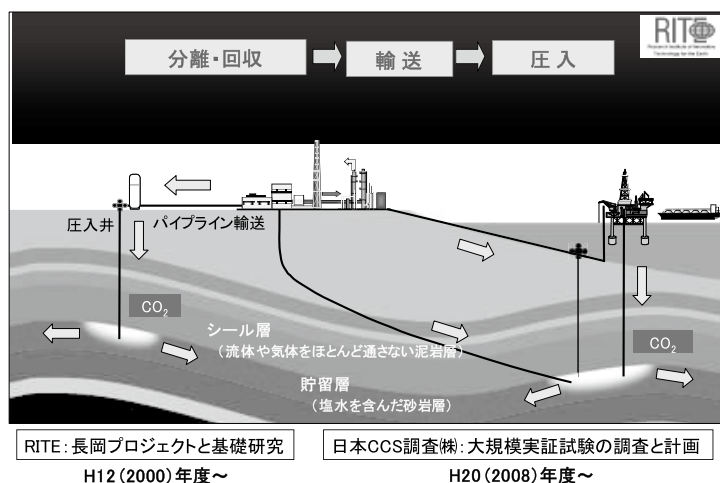


図 1 CO₂ 地中貯留技術開発のイメージ

*元・(公財)地球環境産業技術研究機構 CO₂ 貯留研究グループ

第 267 回京都化学者クラブ例会（平成 24 年 9 月 1 日）講演

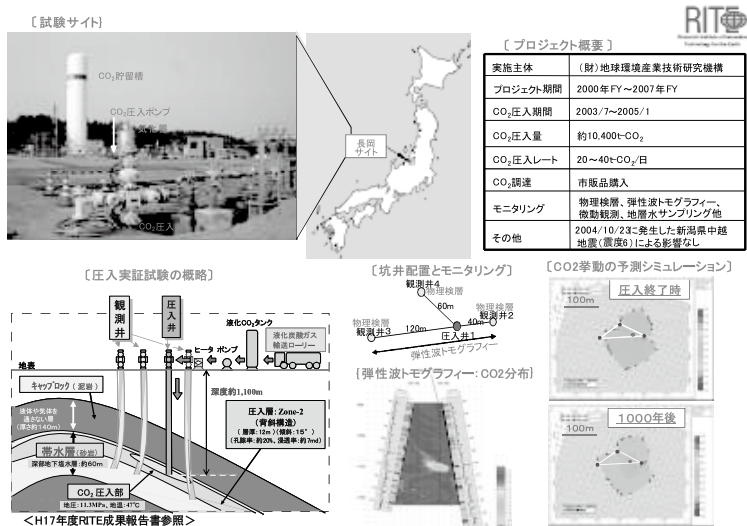


図2 長岡プロジェクト (CO₂ 地中貯留試験)

日本 CCS 調査会社によって CCS 大規模実証試験の調査が行われた。候補サイトとしていわき沖、苫小牧沖、北九州が調査され、2011 年度の「CCS 実証試験に向けた専門検討会」(経済産業省)において苫小牧における実施計画案が「実証試験として十分妥当なものである」との評価を得た。

2.1 RITE の CCS 研究

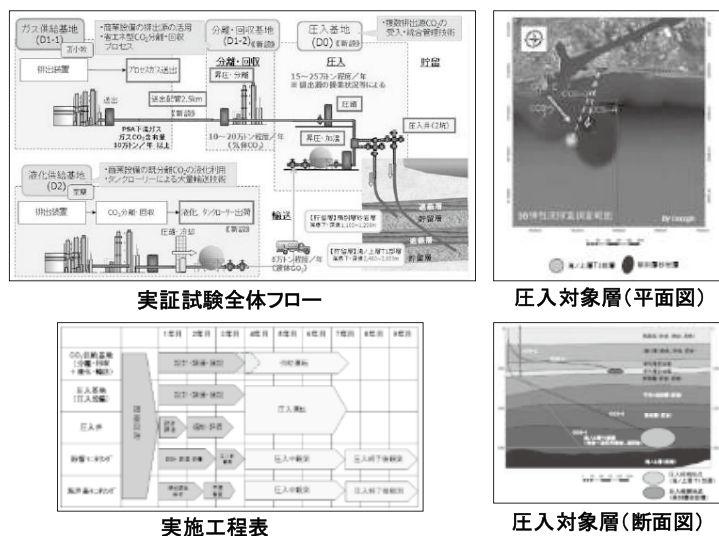
RITE が行った長岡プロジェクトでは、図 2 に示すように新潟県長岡市郊外において 1 万 t の CO₂ を地下 1,100 m の帯水層に 20~40t/ 日で貯留した。貯留した CO₂ の観測に成功し、そのデータから CO₂ が 1,000 年間安全に貯留されることをシミュレーションによって予測できた。この実証試験中、及び、終了後に約 20km 離れた地点で新潟県中越地震 (M6.8) と新潟県中越沖地震 (M6.8) が発生したが、CO₂ は安全に貯留されていることが観測された。その後、現在まで RITE では CO₂ の挙動を観測し、CO₂ 長期挙動予測手法の開発を続けている。また、次期 CCS 大規模実証試験の安全性評価技術を

確立するために、海底下に貯留する CO₂ のモニタリング技術、CO₂ 貯留層周辺の微小振動観測技術、CO₂ 漏出による海域環境影響評価技術等の開発を進めている⁴⁾。

2.2 CCS 大規模実証試験計画

経済産業省は 2012 年度からの事業として「二酸化炭素削減技術実証試験事業 (国庫債務負担行為に係るもの)」を日本 CCS 調査会社へ委託することを決定し、苫小牧において CCS 大規模実証試験の設計・施設建設・試運転・モニタリングの実施・法規制対応や安全性評価等に係る調査・社会的受容性の調査、理解促進等を 4 年間、総額約 450 億円で実施する。その概要を図 3 に示す⁵⁾。

CCS 実証試験の規模としては年間 10 万 t - CO₂ 以上を可能にする CO₂ 分離・回収設備と CO₂ 地中貯留設備が計画されている。CO₂ は、苫小牧にある石油精製工場の水素製造工程のガスからアミン吸収液によって分離・回収する計画である。CO₂ の地中貯留としては、陸域から斜めに掘削する坑井を用いて苫小牧沖約 4km、



<http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/sangi/ccs/004_haifu.html>

図3 CO₂地中貯留大規模実証試験計画案

深度約2,800mの滝ノ上層ほかに回収したCO₂を圧入する計画である。

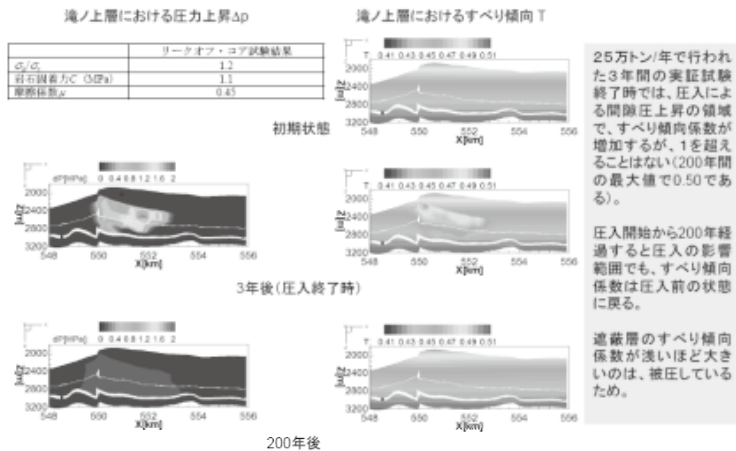
CO₂のモニタリングとしては、CO₂の漏洩・貯留層圧力の異常検知、貯留層内CO₂挙動把握、観測データによる貯留層モデルとCO₂挙動予測シミュレーションの精度向上、CO₂圧入と微小振動の関連性検討等を目的にして計画される。

CCSは法律上、海洋汚染防止法によって海底下CO₂地中貯留が環境大臣によって認可されることになっている。したがって、本実証試験も同法に定められている海洋環境への事前影響評価や、CO₂圧入中のモニタリング、及び、異常事態発生時の対応準備等が計画される。

今回の事業は2015年度までの施設建設や準備が主な内容であり、CO₂の回収・貯留は2015~2018年度に実施され、2018~2020年度のCO₂圧入終了後の観測をもって、本格的なCCS実施に向けての一通りの成果を得る予定である。また、その成果はCCS技術の海外展開にも役立てることが考えられている。

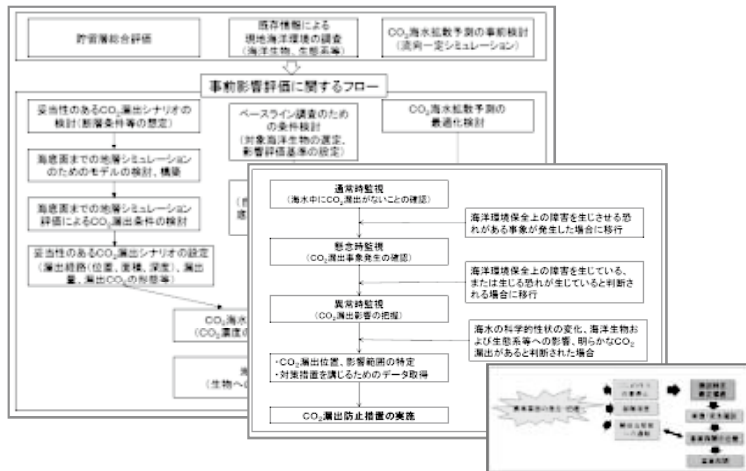
3. CO₂地中貯留の安全性評価技術

CCSは1本の坑井で年間数10万t~数100万tのCO₂を回収・貯留するため、安全や環境影響について管理できる技術を開発する必要がある。2009年度に経済産業省は資料「CCS実証事業の安全な実施にあたって」を作成し、大規模実証事業を実施するにあたって遵守することが望ましい9項目に関する基準を示した⁶⁾。その中で最も関心を持たれているのがCO₂圧入と地震との関係である。前記「CCS実証試験に向けた専門検討会」においても苫小牧サイトにおけるCO₂地中貯留の「地震との関係について」評価されている。その中で誘発地震の可能性低減のための方針として、①サイト選定段階で地震誘発の可能性を評価する、②圧入開始前から地震観測する、③CO₂圧入オペレーションに観測結果を反映させる、④観測結果を公表するが示された。図4は、苫小牧サイトの調査井から得られたデータをもとにCO₂を貯留する滝ノ上層における地層のすべり傾向係数の空間分布を予測した結果である。CO₂を



＜経産省H23年度専門検討会(H23.11.28)「地震との関係」(配布資料4、産総研)WEBサイトより＞

図 4 貯留層の圧力上昇とすべり傾向の検討



＜経産省H23年度専門検討会「苫小牧地点における実証試験計画(案)」WEBサイトより＞

図 5 海洋環境の事前影響評価と異常時対応

年間 25 万 t、3 年間貯留した場合、すべり係数は最大値で 0.50 であり、すべりが発生する 1.00 を超えることはない。また、CO₂ 圧入開始から 200 年後には圧入前の状態にも戻ると予測され、誘発地震発生の可能性がないサイトであると評価された⁷⁾。

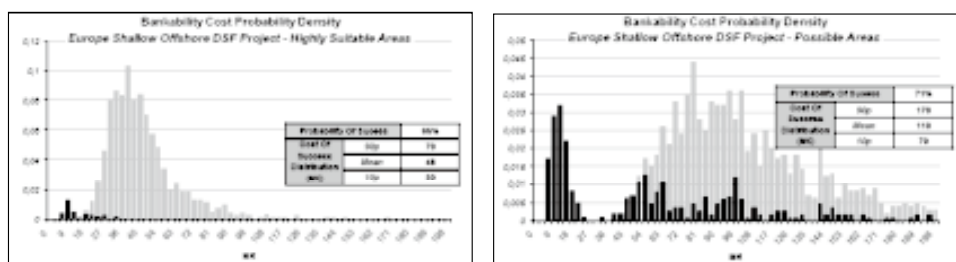
万が一 CO₂ が漏洩した場合の海洋環境への影響については、資料「CCS 実証事業の安全な実施にあたって」の中で、海洋汚染防止法の「特定二酸化炭素ガスの海底下廃棄の許可等

に関する省令」や告示や指針に準拠して検討することになっている。図 5 に、海底下 CCS の環境事前評価の流れと、CO₂ 圧入中モニタリングの異常時対応手順とその対応策の原則を示す⁷⁾。このような評価を行うために、RITE では地層中 CO₂ 漏洩シミュレーション技術、底泥中 CO₂ 移行シミュレーション技術、海水中 CO₂ 濃度分布予測技術、生態系影響予測技術等の開発が計画されている。

<webサイト「地球温暖化に対する懐疑論-Wikipedia」より>

- | | |
|----------------------|---------------------------|
| 1 概要 | 8 IPCCに関するもの |
| 1.1 懐疑論の例 | 8.1 AR4の記述が弱すぎるとの主張 |
| 1.2 懐疑論への反論の例 | 8.2 コンセンサス主義に対する批判 |
| 2 科学的知見に関するもの | 8.3 クライメートゲート事件 |
| 3 気温上昇に関するもの | 9 対策に関するもの |
| 4 原因に関するもの | 10 メディアに関するもの |
| 4.1 人為説全般 | 11 政治的圧力や陰謀とするもの |
| 4.2 水蒸気 | 12 陰謀論で論じること自体の問題点を懸念するもの |
| 4.3 太陽活動 | 12.1 原発産業の陰謀説 |
| 4.4 宇宙線・紫外線・太陽風 | 12.2 石油業界の陰謀説 |
| 4.5 小氷期からの回復過程 | 13 懐疑論への反論 |
| 4.6 地球寒冷化説 | 14 学術機関の動向 |
| 4.7 二酸化炭素の温室効果に関するもの | 15 各国の状況 |
| 4.8 人為的放熱 | 15.1 米国 |
| 5 炭素循環に関するもの | 15.2 欧州 |
| 5.1 海洋による吸収 | 15.3 日本 |
| 5.2 濃度変化は温度変化の結果とする説 | 16 脚注 |
| 6 予測内容への批判 | 17 関連項目 |
| 6.1 予測精度に関するもの | 18 参考文献 |
| 7 影響に関するもの | 18.1 肯定的、18.2 対談、18.3 懐疑的 |
| 7.1 氷河融解と海面上昇 | 19 外部リンク |
| 7.2 海面水位上昇に関する議論 | 19.1 肯定的、19.2 対談、19.3 懐疑的 |

図 6 地球温暖化懐疑論（ウィキペディア参照）



左：貯留好適地

右：貯留通常適地

図 7 貯留ポテンシャル調査コストのサイト依存性試算結果（淡い灰色：成功時，濃い灰色：失敗時）（縦軸：確率，横軸：コスト）

4. CO₂ 地中貯留実用化へ向けての課題

2009年のIEA（世界エネルギー協会）の試算によれば、2050年までにCO₂の排出量を2005年対比半減するためには年間91.2億tのCO₂を地中貯留することが地球温暖化対策として経済的である。そのためには年間数100万tのCO₂地中貯留を行うことができる坑井を約3,400本稼働させる必要がある。このような大規模な事業では社会的な合意が必要である。

前述したように、2007年には前述のIPCCの第4次報告書によってCCSの必要性が認知され、世界の科学者や政府によって受け入れら

れた。これに対して、地球温暖化の主要因がCO₂であるとの報告に対して種々の懐疑論がでてきた（図6参照⁸⁾。しかし、現在では、個々の懐疑論に対して多くの説明が加えられIPCCの第4次報告書の主な結論は変わらないとの理解を得るに至っている。その中には地球温暖化は太陽活動によるものであるとか、地球は寒冷化しつつあるとの懐疑論があったが、CO₂による温暖化が進んでいるとの結論には変化がない。

しかし、海外において計画されたCCSプロジェクトの中には地元の反対があったり、経済

的リスク等によってプロジェクトが中止するケースが出てきている。CCS についての理解が進んでいないケースや、自分の裏庭には作って欲しくないとのケースや、計画当初から地元への説明がないケース等が原因になっている。また、技術的・経済的には、貯留サイトがCO₂ 地中貯留に適した場所である場合と、そうでない場合では、図7に示す試算結果のように、調査コストが大きく異なる。それだけ事業リスクがサイトによって左右されるため、それが CCS 実用化の障壁の1つになっている⁹⁾。

5. おわりに

本報告では帯水層を利用する地中貯留技術のここ数年の現状について紹介したが、直近の課題としては、2011年の東日本大震災によって生じた福島第一原子力発電所事故に係る日本のエネルギー・環境政策の見直しがある。とくに、将来、原子力発電を縮小するとの方針になると化石燃料への依存度が高くなり、CCSが益々必要になるとの考えもあるが、一方では、石炭火力利用に対する根強い抵抗もある。今後の冷静な社会的合意を踏まえ、将来を見据えたエネルギー政策の決定が望まれるところである。また、CO₂の排出量が少ないと言われるシェールガスによってどの程度CO₂削減シナリオが変わるかについても検討を要する課題である。

以上

参考情報源

- 1) IPCC 第4次報告書：<http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/ipcc/ar4/index.html>
- 2) 村井：海洋化学研究, 21(2), p57, 2008
- 3) RITE のホームページ：<http://www.rite.or.jp>
- 4) 「CCS 技術の新展開」(財)地球環境産業技術研究機構編, 2011.11, シーエムシー出版
- 5) 苫小牧 CCS 計画：http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/sangi/ccs/004_haifu.html
- 6) 経産省資料「CCS 実証事業の安全な実施にあたって」：<http://www.meti.go.jp/press/20090807003/20090807003.html>
- 7) 経産省資料「CCS 実証試験検討会」：http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/sangi/ccs/003_haifu.html
- 8) ウィキペディア「地球温暖化懐疑論」：<http://ja.wikipedia.org/wiki/>
- 9) GCCSI レポート「貯留ポテンシャル」：<http://cdn.globalccsinstitute.com/sites/default/files/publications/23707/2011-10-globalstorage-resources-gap-analysis-policy-makers.pdf>