CCS テクニカルワークショップ
ー貯留層に圧入した CO₂ の漏出に係る懸念への取組みー
開催結果

RITE は、2013 年 1 月 24 日（木）に東京において、“貯留層に圧入した CO₂ の漏出に係る懸念への取組み”をテーマとする CCS テクニカルワークショップを経済産業省と共催した。企業、大学、研究機関、省庁などから 137 名の参加があった。参加者は、東京大学の佐藤徹教授をモデレーターとし、海外から 2 名、RITE から 2 名の計 4 名の専門家の講演を通して、こうした懸念に対する取組みや CCS の安全性確保のあり方について議論を行った。CCS プロジェクトなどにおいては、経済発展と環境影響の両方の視点が必要であり、環境影響対策は付加価値として認識されるべきであるとの総括がなされた。

1. 開催の背景と目的

CCSの安全性を確保するための取組みは、今後のCCSの普及に向けて世界各国でますます重要となってきた。日本では、2012 年度にCCSの大規模実証プロジェクトが立ち上がり、まさに安全性確保に向けての取組みが開始されようとしている。こうした取組みは、日本の場合、海底下CO₂貯留を対象とした海洋汚染防止法の許認可制度によって求められている。また、市民の安全性に対する懸念に応じていくためにも重要となってくる。

こうした背景のもと、本ワークショップは、CCSの安全性のうち、貯留層からのCO₂漏出に焦点を当てて企画された。法規制などの環境影響評価の枠組み、CO₂漏出をさせないための取組み、万が一、CO₂が漏出した際の数値シミュレーションによる評価手法、漏出疑惑に対応したフィールド調査事例の紹介を通して、こうした懸念に対する取組みやCCSの安全性確保のあり方について議論されることを目的とした。

2. 参加者

137 名の参加があった。大学・研究機関、エンジニアリング系企業、コンサルタント・シンクタンクからの参加がそれぞれ 40%、41%、13%を占め、その他、省庁等からの参加があった。

3. ワークショップの概要と結果

開催趣旨

ワークショップは主催者・共催者の挨拶で開会した。まず、山地憲治・RITE研究所長が挨拶し、大規模実証試験に向けた本格的な準備が 2012 年に開始されたことに触れ、CO₂が漏出することはあってはいけないが、漏出はあり得ることを指摘した。このため、漏出メカニズムの解明やサイト特性評価、漏出の検出手法の確立、環境影響評価などの漏出を想定した対応が必要であるとし、海洋汚染防止法でもCO₂漏出を想定したモニタリングが求められていることを紹介した。続いて、八山幸司・経済産業省地球環境連携・技術室長から、原子力に代わって火力発電を増やししながら、経済成長を確保し

つつ、CO₂排出を減らしていく必要に迫られる中で、CCSが関心を集めていることが述べられた。CCSの実用化に向け、大規模実証試験の実施を通して技術開発を推進し、コストを削減するとともに、法制度の整備や地域住民への安全性についての説明を行っていく意向が示された。また、リスクに対して科学的根拠を示していくために、経済産業省は、貯留性能評価手法の開発、貯留層内のCO₂挙動解析、貯留層外部へのCO₂移行解析といった研究をRITEに委託して実施していることを紹介し、RITEの成果は各国からも評価されているとした上で、社会にデータを提示しながら、多くの利害関係者で考えていきたい旨、表明された。

講演に入る前に、モデレーターである東京大学の佐藤徹教授から、本ワークショップの趣旨説明が行われた。佐藤教授は、開会の挨拶の中で趣旨が説明されたとしつつ、今後、大規模実証試験のあとに日本のCCS技術を国内外に展開していくためにも、同技術を安全性や環境影響を含めた一つのパッケージとしていくことを提案し、CO₂が漏れないことを前提としつつも、万が一、漏れた場合の取組みが重要であることを再度強調して、最初の講演に移った。

法規制などの環境影響評価の枠組み

最初の講演として、RITE主任研究員の喜田潤より、国内外のCCS関連の法規制、環境影響評価の概要と豪州Gorgon、米国FutureGenの両プロジェクトでの事例、漏出したCO₂の海洋環境に与え得る影響への理解を深めるための日英共同実験が紹介された。

経済産業省が2009年に発行したガイドラインである“CCS実証事業の安全な実施にあたって”では、CCSプロジェクトにおいて考慮すべき安全に係る事項が網羅されている。ロンドン条約に基づいて2007年に改正された海洋汚染防止法により、日本でCCSを実施する事業者に対して、CO₂の海底下廃棄に係る許認可の取得、環境影響評価の実施、海洋環境のモニタリングの実施が求められており、苫小牧で計画されている日本の大規模実証試験もその例外ではない。同法のもとで許容されるCO₂の漏出期間や漏出量が議論されたが、量的な規定はされておらず、事業者による評価を規制当局である環境省が判断することになる。日英共同実験はQICSプロジェクトと呼ばれ、実海域でCO₂の漏出実験を実施し、現在、取得データが分析・評価中である。

講演を通して、CCSプロジェクトを実施するための環境影響評価の実施は法的な要求があるからだけではなく、社会のプロジェクトに対する信頼と受容性を向上させるためにも必要であることが強調された。

CO₂漏出をさせないための取り組み

次に、Robert J. Finleyイリノイ大学教授から、貯留されたCO₂の漏出を生じさせないための取り組みとして、米国Decaturプロジェクト（IBDP）におけるサイトの貯留性能評価とモニタリングの計画と実績が紹介された。IBDPはエタノール等の製造プラントから100万トンのCO₂を回収し、地下約2kmに位置する帯水層に貯留するCCSプロジェクトである。圧入が2011年11月に開始され、1月18日時点で37万トンが圧入されている。

貯留性能評価は、2D震探とコアサンプリングにより行われ、孔隙率、浸透率から貯留可能量、圧入性、遮蔽性能が評価されている。敷地近傍に断層がないことを確認したうえで、孔隙率が 20%程度の地層を貯留層として選定している。サイトでは、地表付近の地下水、土壌フラックス、地表隆起、大気の測定のほか、地下深部のモニタリングとして、CO₂の分布や飽和度の測定、地下水サンプリング、誘発地震の観測を実施している。モニタリングでは、データの季節変動等を事前に把握するために、圧入前のモニタリングが必要となることが指摘された。また、このサイトでは地下水中のブラインの量が漏出の指標となり得るとの紹介があった。これまでのところ、得られた圧力変動、CO₂分布、地上隆起のデータなどにより、安全な貯留が確認されている。

多岐にわたるモニタリングの必要性や想定漏出経路が議論となったが、必要性については、このプロジェクトは米国で実施される最初のプロジェクトの一つであり要求事項が明確ではなかったこと、研究を目的としていること、また、地域住民の受容性を向上させるためにも、法的な要求以上のモニタリングを実施し、今後、必要なモニタリングの絞り込みが予定されることが説明された。漏出経路としては圧入による亀裂が考えられるが、上下方向の亀裂は微振動の計測によって検知できると回答された。また、ポストモニタリングの期間についても議論となった。同サイトでは、予算の関係から 3 年としているが、坑井自体は 30 年の耐用年数で設計されており、圧入井が申請通りクラス 1 からクラス 6 に変更されると更に 3~10 年程度の延長が必要となってくる。

万が一、CO₂ が漏出した際の数値シミュレーションによる評価手法

引き続き、RITE 研究員・内本圭亮から、万が一、海底下貯留層から CO₂ が漏出することを想定した環境影響評価の必要性が説明されたあと、RITE が開発中の評価手法が紹介された。

貯留された CO₂ はキャップロックのほか、様々なトラップメカニズムにより、CO₂ 漏出の可能性がほとんどない中での環境影響評価の必要性として、科学技術は完ぺきではないこと、漏出の可能性はゼロではないこと、法的な義務、社会的受容性の向上が挙げられる。評価手法として、漏出した CO₂ が海水に到達する経路にある地中、海底堆積層、海中の 3 つのモデルが構築されている。CO₂ の状態や重要なパラメータを中心にそれぞれのモデルの概要が説明された。地中のモデルでは、断層や坑井が漏出経路となり得るが、断層の場合、貯留層近くには断層が存在しない中で、断層の浸透率などを設定する難しさがある。海底堆積層のモデルは、実際の堆積層の厚さに関わらず、数 10cm をモデル化すれば良い。モデルのスケールは、地層や海洋のモデルと比してかなり小さいが、この薄い層の中で様々な反応が生じ、溶存態 CO₂ の濃度に大きな影響を与えるため、このモデルによる評価も重要となってくる。会場から堆積層の定義についての質問があったが、モデルとして重要なのは堆積層の上部数 10cm であり、堆積層とその下にある地層との境界は重要ではないと回答された。また、同モデルの目的は CO₂ の挙動なのか、堆積層中の生物への影響なのかとの議論にもなったが、その両方が目的であり、CO₂ 挙動については溶存 CO₂ の変化を評価することになる。海洋モデルは

貯留サイトの位置する海域の地形や海の流れ等をモデル化し、気泡CO₂の溶存態CO₂への変化を考慮しつつ、漏出によるCO₂濃度の変化等を算定する。

最後にRITEが構築しているCO₂の濃度上昇が海洋生物へ与える影響に関するデータベースが紹介された。数値解析で求められたCO₂濃度の変化をこうしたデータベースと照らし合わせることにより、CO₂漏出による海域環境影響として評価されることになる。

漏出疑惑に対応したフィールド調査事例

最後の講演として、テキサス大学オースティン校のKatherine Romanak博士から、カナダのWeyburn-MidaleプロジェクトにおけるCO₂漏出の疑いに対して実施されたフィールド調査の概要とその結果について紹介された。2000年に開始したWeyburnプロジェクトは回収CO₂によるEORプロジェクトである。これまで1,700万トンのCO₂を圧入しているが、貯留CO₂に対して大規模モニタリングを行った世界初のプロジェクトである。

プロジェクトが開始されてからしばらくして、近くのKerr農場により貯留サイトからCO₂が漏出しているとの疑念が表明された。事業者は当初から地下水やピット内の水、土壌の分析を行い、その後、政府も水のほか、大気や土壌ガスの分析に乗り出したものの、9年間にわたってKerr農場の疑念は解消することはなかった。Kerr農場側は自ら調査会社に調査を委託し、2011年1月、その結果を基にWeyburnプロジェクトの貯留層からCO₂が漏出し、所有地内に悪影響が出ているとの申し立てを行った。この調査結果はWeyburnプロジェクトでモニタリングに従事していた多くの関係者から疑問視され、Romanak博士のチームを含む3つのグループによって再調査が行われた。Romanak博士のチームでは、バックグラウンドデータの取得状況やCO₂濃度による調査の妥当性などを事前検討した結果、プロセスをベースとした土壌ガスの分析を行うことになった。この手法は、CO₂のバックグラウンドデータを用いることなく、CO₂、CH₄、N₂、O₂というありふれた気体の比を分析するというものである。この分析により、CO₂は生物呼吸によるものであり、その一部は地下水に溶解していること、地下深部から外部由来のガスの漏出は見られないこと、油田からのメタンの酸化によるCO₂発生は無視できるレベルであることが分かった。これらのことから、貯留層からのCO₂漏出はないことが明らかとなり、この結果はKerr農場側からも受け入れられた。この調査と並行して、事故対応プロトコルが策定されたが、一連の出来事から、こうしたプロトコルをCCSプロジェクト開始前に策定しておくことが重要であると言える。また、漏出の発生が疑われた場合は、安価で、かつ、十分な精度がある手法の適応が必要となるが、今回、採用したプロセス・ベースの手法は有効な手段となった。会場からC¹³やC¹⁴による分析の適応の可否について質問があったが、C¹³は最初の調査で圧入CO₂と天然CO₂とで差異がないことが分かっており、C¹⁴の分析は高価であることなどから採用されなかったとの回答がなされた。プロセス・ベース手法の海域CO₂貯留への適応性についての質問に対しては、地下水への適用を検討していること、海域モニタリングの専門家から共同研究への強い関心が寄せられていることが紹介された。

総括

全ての講演が終了してから、モデレーターの佐藤教授より総括がなされた。まず、CCS専門家は入念な調査によりCO₂が漏出しないサイトを選定するが、フクシマにより「絶対」はないことを学んだ一般の人々は漏出に対する懸念を持ってしまうことを指摘した。こうした観点から、環境影響評価の実施やプロジェクトの開始前から対応プロトコルの策定が必要となり、また、CO₂漏出が検出できる体制を取り、数値シミュレーションで漏出の影響を予測していく手法を構築することも必要であるとの認識を示した。佐藤教授は、CCSのみならず大規模開発の実施においては、経済発展と環境影響の両方の視点が必要であり、環境影響対策は付加価値として認識されるべきであると述べてワークショップを締めくくった。