

第8回地球温暖化ガス制御技術国際会議 (GHGT-8)に参加して

奥山 康子¹⁾・當舎 利行¹⁾・徂徠 正夫¹⁾・石戸 恒雄¹⁾

1. はじめに

2005年の世界の平均気温が平年差で史上2番目の高温を記録し(気象庁, 2006), また北極圏での永久凍土の流出が報じられる(8月8日付朝日新聞朝刊)など, 地球温暖化は私たちに実感できるようになってきた. その原因は温室効果ガスの増加, とくに化石燃料の消費によって大気中に放出される二酸化炭素にあることが, いまや世界のコンセンサスとなっている. エネルギー節減の取り組み, 省エネルギー技術の開発など努力が積み重ねられているが, 私たちは当面の間どうしても化石燃料に頼らざるを得ない. このため, 二酸化炭素の放出を制御する技術を開発することが,

世界の持続的発展のために欠くことのできないものとなっている.

地球温暖化ガス制御技術国際会議(International Conference on Greenhouse Gas Control Technology, GHGT)は, 二酸化炭素を中心とする温室効果ガスを制御するための技術的, 経済・社会的そして政策的取り組みについて発表と意見交換を行う, 国際エネルギー機関(IEA)地球温暖化ガス対策研究開発プログラム(Greenhouse Gas R&D Programme)による国際会議である(第1図). 第8回会議は, 6月19日から22日にかけて, ノルウェー第3の都市トロンハイムで開催され, 私たちはこの会議に出席する機会を得た. 会議の様子を報告し, 今後の資料としたい.



第1図 GHGT-8のシンボルであるSleipner貯留層でのCO₂流体分布モデル(GHGT-8プログラムより).

1) 産総研 地圏資源環境研究部門

キーワード: GHGT-8, トロンハイム, ノルウェー, 温暖化ガス制御, IEA, CO₂地中貯留

2. GHGT会議とその背景

GHGT会議は、1992年から始まった二酸化炭素除去国際会議 (International Conference on Carbon Dioxide Removal; ICCDR) と、1995年から始まった温室効果ガス削減に関する国際会議 (Greenhouse Gases: Mitigation Options Conference) が発展的に合流したものである。GHGTを名乗ったのは、スイス、インターラーケンで1998年に開催された第4回以降で (回数は、ICCDRから通算)、以来2年に一度ずつ開かれている。日本は、第2回ICCDR (1994年) と、2002年の第6回GHGT会議を、ともに京都で開催している。

GHGT-8の開催都市トロンハイムは、中世、キリスト教大司教会が置かれたノルウェーの古都である。現在は、ノルウェー科学技術大学 (NTNU) など理工系の大学・専門学校をおく学園都市として発展している。また、ヨーロッパ有数の石油・ガス会社 Statoil の本社がある、エネルギー産業の町でもある。同社は北海、Sleipner ガス田地域で世界初の商用規模のCO₂ 帯水層貯留を実施したことで知られる。立地を生かした産学連携も盛んで、NTNUは、ノルウェー科学技術庁 (NTH) 傘下の研究体 SINTEF の支援の下、Statoil など国内エネルギー関連企業と連携した教育研究組織ガス・テクノロジーセンターを設立している。GHGT-8は、NTNU ガス・テクノロジーセンターと SINTEF が共催し、NTNU を会場に開催された (第2図)。

温室効果ガス対策の世界では、この1年間にひとつの節目があった。大気中の温暖化ガス濃度をここ100年ほどの間に著しい気候変動が起きないレベルに抑制するために、従来から4つの方策、すなわち、1) 燃料消費の効率化、2) 省エネルギー技術の開発、3) 水素エネルギーや原子力への転換、4) バイオマスを含む再生可能エネルギーの比率を高める、ということが考えられてきた。しかしこれらはいずれも、新たな技術開発が必要であったり、環境負荷の問題や、原子力の場合は核拡散など社会的な問題が付きまとい、限られた時間の間に効果のあがる対策となるのか不確実性が大きい。そこで注目されてきたのが、5) 温暖化ガスの主力である二酸化炭素を分離・回収し大気から隔離して貯蔵する (carbon capture and storage, CCS)、という方策である。CCSについては、昨年、気候変動に関する政府間パネル (IPCC) が特別



第2図 会場になったノルウェー科学技術大学。

報告書を取りまとめ (IPCC, 2005)、大気中のCO₂濃度の目標を達成するための目下の最終手段と位置づけた。こうしてCCSは、温暖化抑制技術として国際的に明確な認知を得つつある。

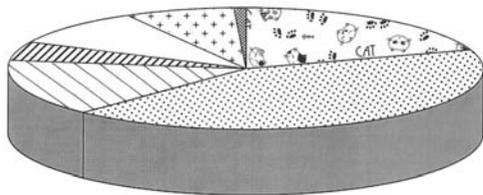
分離・回収された二酸化炭素を大気から隔離する主要な手段は、1) 海洋隔離、2) 地中貯留、3) 化学反応を利用した無機物質 (鉱物) 形成による固定、4) 工業での再利用の4種類である。この中で最も注目されているのが、地中貯留だ。これら方法の現状と問題点については、山本 (2006) に詳しい。今回の会議の背景には、二酸化炭素を取り巻くこのような情勢があった。

3. 会議が始まる

GHGT-8の参加者は、世界43カ国からの約1,000人で、これまでで最大規模であった。日本からは90名が参加し、1位の開催国ノルウェー、2位のアメリカ合衆国に次ぐ第3位である (第3図)。

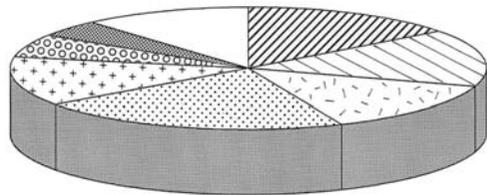
参加者全体の1/3弱はエネルギー関係企業が占め (第4図)、さらにその約半分が石油・天然ガス関連企業である。これらの企業が熱心なのは、温暖化ガス問題が化石燃料の消費を原因とすることだけではなく、後でふれるように、CO₂地中貯留が彼らにとって絶好のビジネスになりうることにによる。エネルギー関連企業について大学からの参加者が多いのは、GHGT会議が研究開発に絡む以上、これも当然のことであろう。

公的研究機関からの参加も、少なくない。この中



ノルウェー	ヨーロッパ諸国	アメリカ合衆国
アメリカ圏	日本	アジア・オセアニア
アフリカ		

第3図 国別の参加者割合。「アメリカ圏」としたのは、カナダ、メキシコ、南アメリカ諸国など。



石油・天然ガス産業	石炭・他エネルギー産業
素材産業他	大学
コンサルタント・シンクタンク	公的研究機関
政策担当	不明

第4図 参加者の所属別割合。不明の部分は、略号による表記で判断できなかったもの。

で、先進各国の地質調査所や相当する機関からの参加は、国によってかなり異なる。英国地質調査所は、Sleipnerプロジェクトに深くかかわっており、今回の会議でも発表数・参加者数ともに非常に多かった。各国の環境・エネルギー関係省庁など政策担当者が約5%を占めること、そして素材産業他に分類した企業の中に投資関係筋が含まれることも、通常の国際学会と違った点として挙げられよう。一方、テクニカル・セッションでの発表の約半数がCO₂分離・回収であることを考えると、素材関連からの参加者はむしろ少ないといつてもよいかもしれない。

19日朝の開会式ではNTNUガス・テクノロジーセンターのNils A. Rohkke氏が開会を宣言し、開幕セッションと基調講演が行われた。

開幕セッションで最初の講演は、Odd Roger Enoksen ノルウェー石油エネルギー省大臣による、ノルウェーでのCCS政策の紹介であった(Enoksen, 2006)。引き続き、IEA地球温暖化ガス研究開発プログラム議長のKelly Thambimuthu氏による温暖化効果ガス制御技術開発の展望(Thambimuthu, 2006)、そしてヨーロッパ・エネルギー研究委員会委員長のPablo Fernandez Ruiz氏によるゼロ・エミッション発電計画の紹介が続いた(Ruiz, 2006)。

引き続き基調講演には、Barbara McKee氏(アメリカ、エネルギー省)による化石燃料ベースでのゼロ・エミッション達成への展望(McKee, 2006)、Pal Prestrud ノルウェーCICERO代表による気候変動とCCS技術開発の総括(Prestrud, 2006)、Bert Metz IPCC第3ワーキンググループ副議長によるCCS特別報告の紹介(Metz, 2006)、そしてStatoil副社長Margareth



第5図 会場の様子。IEA 地球温暖化ガス対策プログラムの大きなブースが、入り口の一番目立つところにある。

Ohvrum氏によるエネルギー供給側から見たCCSの展望(Ohvrum, 2006)という、幅広くかつ技術的要素に富む内容の講演が並んだ。最後に、IEA地球温暖化ガス対策研究開発プログラムのJohn Gale氏によって今回の会議の方向性が示され(Gale, 2006)、午前の日程を終えた(第5図)。

4. いよいよ技術セッション

午後からは、技術セッションとなった。ようやく私たち研究者に馴染み深いスタイルの会議に変わって、ほっとする。技術セッションの分野は、大きくは、1) 分離・回収、2) 輸送、3) 貯留、4) 燃焼技術、5) 経済、6) 政策の6つである。口頭発表は5つの会場を並行して使い、午前・午後とも2コマに分かれてそれぞれ

4件ないし5件の口頭発表が組まれていた(一部にパネル・ディスカッション形式がある)。ポスターセッションには、火曜日と水曜日の午後が当てられた。

先にあげた6分野別の口頭発表のコマ数配分は、1)分離・回収(19)、2)輸送(2)、3)貯留(21)、4)燃焼技術(3)、5)経済(2)、6)政策(9)である。ポスター発表も、火曜日は分離・回収中心に輸送、燃焼技術、政策について、水曜日は貯留を中心に経済をテーマとする内容であった。このように、発表件数の分野別では貯留と分離・回収関係が他を圧倒している。講演件数は全部で約500件であった。

技術セッションで特に注目されるのは、海洋貯留研究の縮小であろう。海洋貯留に関する口頭発表セッションは、貯留関連21コマのうちのわずかに2コマにとどまり、しかもうち1コマは日本人研究者のみの発表という状況であった。このような海洋貯留セッションの縮小は、前回カナダで開催されたGHGT-7以降の傾向であるように見受けられる。

GHGT会議にとどまらない、IPCC特別報告書の取りまとめ作業についての報告会で、長年CO₂貯留研究に携わってこられた大隅多加志氏(電力中央研究所・RITE)は、「取りまとめにおいては、海洋貯留の章を報告書に残すために相当の努力を払った」と述べている(大隅, 2006)。海洋貯留研究は日本が支えないと、かなり厳しい状況といわざるを得ない。

海洋貯留研究の縮小は、海洋をめぐる社会環境の変化によるといって差し支えないだろう。地球上の生命を生み出しはぐくんだ場として、海は環境問題の聖域となりつつある。大気と海洋の間のさまざまな相互作用が、同じくさまざまなスケール、さまざまな期間にわたる気候変動にかかわる主要メカニズムであることは、幅広い理解とコンセンサスを得ている。さらに、今年3月に海洋汚染防止に関するロンドン条約の1996年議定書が発効し、廃棄物全般の海洋投棄について強い規制をかけることが国際的に合意された。海洋貯留のおかれた環境は、今後も極めて厳しいと予想される。

5. 地中貯留の手段と地質流体の閉じ込め

現在技術的に検討されている地中貯留の主な手段は、次の4通りである；1) CO₂を生産中の油層に注入、貯留、2) 枯渇油・ガス田、あるいは石油・天然ガ

スを生産しない貯留構造への注入、3) 貯留構造を持たない、塩水で満たされた帯水層への注入(一般帯水層貯留)、4) 採掘不可能な深部炭層への固定。このほかにも、鉄やマグネシウムに富む玄武岩・蛇紋岩の岩体にCO₂を注入し、化学反応によって炭酸塩鉱物を生成する貯留法や、地熱地帯の高温岩体に注入して同じく炭酸塩鉱物を生成して固定する(Metcalfほか, 2006)などが考えられている。これらさまざまな手法の現状と問題点についても、山本(2006)の解説に譲りたい。

上記のうち1)は、CO₂地中貯留というよりも、石油・天然ガスの増進回収法(enhanced oil recovery, EOR)としてすでに市民権を得ている。また2)における枯渇油・ガス田や、石油・天然ガスを産しない地質学的閉止構造も、石油会社の鉱区内に存在することが多い。つまり、地質学的な構造を利用したCO₂地中貯留は、密接に石油・天然ガスの生産の場と結びついている。化石燃料を使用した結果であるCO₂対策も、生産者側にビジネス・チャンスを提供しているという皮肉な言い方も可能である。このことがGHGT会議にエネルギー関連企業、特に石油・天然ガス会社から多くの人々が参加する理由の1つであると同時に、CO₂地中貯留が環境保護の立場にいる人々からビジネス・モラル上の批判を浴びる原因ともなっている。

一方、一般帯水層貯留は、地質学的に構造が単純で、水資源として利用できない水質の深部地下水に満たされた岩層を、貯留の場と考える。これはいわゆる「水溶性天然ガス」と呼ばれる天然ガス鉱床の成立と共通した概念である(小出, 1993)。一般帯水層に対してCO₂を注入することは、おそらく技術的に可能であろうが、貯留層内に安定的にとどまるものかどうか、安定的に貯留されるならばなぜそれが可能となるのかについては、現状ではまだわからないことが多い。したがって、実施に向けたリスク評価や生活圏・生物圏への影響評価のためのモニタリングにしても、具体的に何をどのように計測していくのか、わかっていないことが多い。

にもかかわらず一般帯水層貯留が重視されるのは、閉じ込め構造に比べてアクセスしやすく、CO₂地中貯留の実現性を拡大することができることと、大規模排出源に近い場所での貯留を可能にすることによる。後者は、CO₂地中貯留における輸送コストが15から25%を占めるという試算を前にすると(IPCC, 2005)、



第6図 CO₂の固定的な大規模排出源(白丸)と貯留に適した帯水層の分布 (IPCC, 2005). 丸の大きさは排出量に比例, 帯水層は貯留に好適なものほど濃色に表現されている. 日本周辺では中程度に有望な帯水層が分布するとされている.

大いに魅力的といえる. Bert Metz氏 (IPCC)は基調講演において, 地質学的なマッチングの観点(第6図)から注目する事例として日本の事情に言及した(Metz, 2006). CO₂の大規模排出源を抱える一方で産油国ではない日本にとって, 一般帯水層貯留は重要なオプションである. 産総研のCO₂地中貯留研究(地中挙動予測手法の高精度化に関する研究)は, CO₂の一般帯水層貯留における諸課題の解決を目指している(當舎, 2006). 一般帯水層貯留にかかわる技術開発は, わが国の国益にかなったものであると同時に, 地中貯留の技術的可能性を拡大するために注目されている取り組みであることを, 強調しておきたい.

6. 閉じ込めメカニズムをめぐる議論

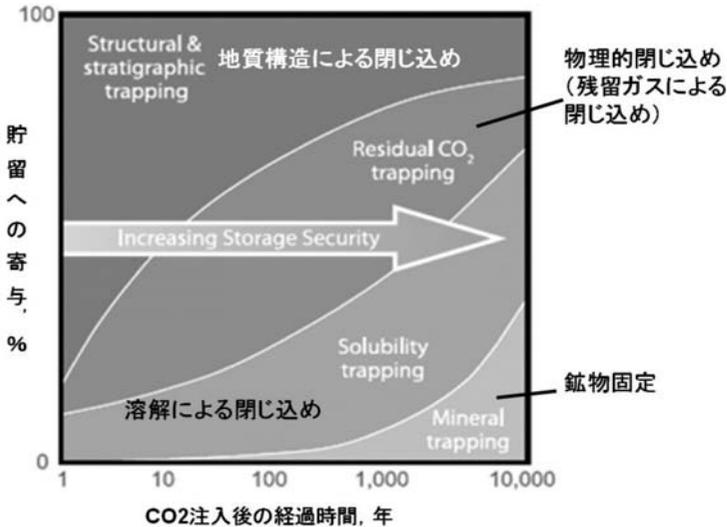
石油産業をはぐくんできた欧米諸国の関係者は, 従来から閉じ込め構造でのCO₂貯留を推し, 一般帯水層貯留については閉じ込めの保証が十分ではないとの立場をとる傾向がある. たとえばKuuskraa and Koperna (2006)は, 油・ガス田地域が地質学的長期にわたって地質流体を保持してきた実績を強調して, 枯渇油・ガス田を対象としたCO₂貯留の意義を強調した.

一方で, 油・ガス田以外の場所での貯留可能性が検討されているのも確かであり, たとえば有名な

Sleipner地域では石油・天然ガス生産層の上位にほぼ水平に堆積した地層が, 貯留の場になっている. しかしここでも, なぜ貯留が可能であるかという科学的説明は決して十分ではない. この現状を指して先のBert Metz氏は「帯水層貯留では閉じ込めメカニズムと移動および漏洩について, 知識のギャップが存在する」と述べている.

このような事情を背景に, 帯水層貯留での閉じ込めメカニズムに関する発表は数多かった. 一般帯水層を想定したシミュレーション研究では, 地層傾斜角の変化や, 浸透率や相対浸透率のヒステレシスと, CO₂の移動との関係を検討したり(Akervollほか, 2006), 互層での砂岩・泥岩の存在度を変えた場合のCO₂移動を検討する(Flettほか, 2006)など, より現実的なケースを対象とする報告が多かった. いずれにおいても, 地層の不均質性が増すとCO₂移動が遅れるというのが, 共通した結論である. また, 米国, スタンフォード大のIdeほか(2006)は, 鉛直方向の浸透率を変え, 浮力の効果が卓越する場合と逆に粘性の効果が卓越する場合を考えてCO₂流体の挙動を解析し, トラップされる量の違いや毛管圧の効果などを検討した.

閉じ込めメカニズムに関する実験的・基礎的研究が口頭発表の場に進出したことも, 今回のGHGT会議の特徴であった. フランス石油大学のChalbaudほ



第7図 CO₂地中貯留における閉じ込めメカニズムの種類と、年数経過にともなう貢献度の変化。地化学的閉じ込めは長時間経過後に貢献度が高くなるが、閉じ込め機能は高い。

か(2006)は、キャップロックの閉じ込め機構の基礎実験として、地層間隙水の塩分濃度とCO₂気泡の間に働く表面張力の関係を実験的に求めている。また、日本の東京工業大学チームも、これまでの研究に引き続いて、残留ガス量を見積もる実験的研究を報告した(Suekaneほか, 2006)。このように、さまざまなアプローチによる閉じ込めメカニズム研究が報告された。ただし、次に述べる地化学的閉じ込めも含め、貯留における貢献度にまだ統一見解は出ていないというのが妥当な判断と思う。

7. 貯留層構造体の変化指針としての地化学プロセス

CO₂が地層間隙水に溶解したり、貯留層の岩石と反応して移動性を失う現象を、物理的閉じ込めに対して地化学的閉じ込めと呼ぶ。地化学的閉じ込めは、貯留が長期(1,000年のオーダー、IPCC, 2005)に及ぶと重要になると考えられている(第7図)。このため地化学反応シミュレータによる研究が、流体挙動同様に主流となっている。

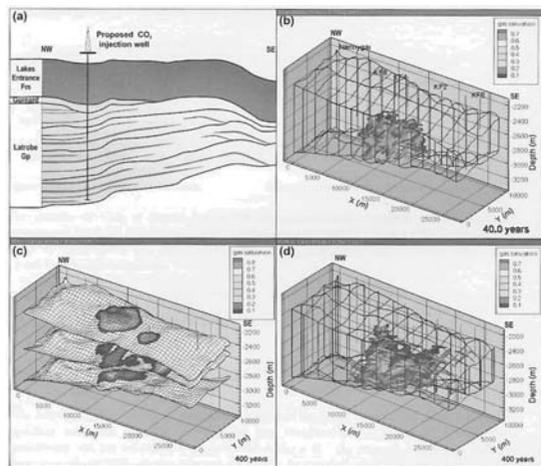
研究の積み重ねにより、CO₂地中貯留に想定される地化学プロセスは、地質条件並みに場所依存性が

強いことがわかってきた。Watson and Kirste (2006)は、ドーソン石の出現を予測することの多い地化学シミュレーションに対して、実際の堆積岩の研究から続成環境下でのその安定性を疑問視した。一方Birkholzerほか(2006)は、コロラド高原にて二次的なドーソン石を確認している。またGiorgisほか(2006)は、シミュレーションにより、CO₂注入による地層間隙水からのNaCl固相の沈殿と、そのCO₂移動特性への影響を検討した。彼らが想定したのは大陸地域の油・ガス田にしばしば認められる高塩分濃度地層水であるが、Pruessほか(2002)のシミュレーション

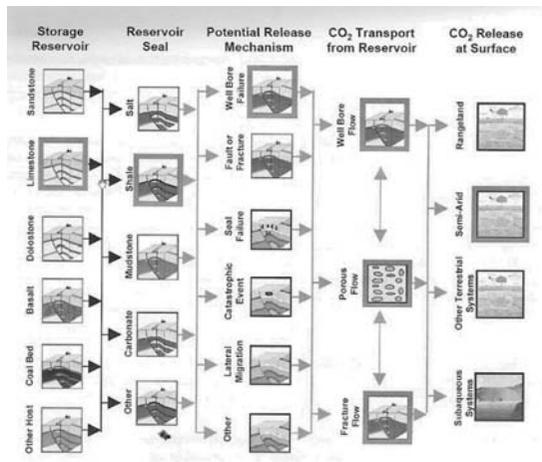
研究でも、CO₂注入井の近傍などで地層間隙水の蒸発が起こるという予測がなされており、日本の海成層においても無視できない可能性がある。

場所依存性は確かに重要な要素だが、重視しすぎると試験サイトが決まらなければ何もできないという極論に至ってしまう。先のWatson and Kirste (2006)は、続成作用による炭酸塩鉱物の量と反応度が異なる2地域の堆積岩試料を参照試料にして、一般適用可能という枠組みを維持した上で地化学シミュレーションの精度を上げる試みを報告した。またオーストラリアのGibson-Pooleほか(2006)は、精密反射法とシーケンス層序学に基づく岩相解析を組み合わせ、流体挙動シミュレーションの精度を上げる試みを報告した(第8図)。岩相の側方変化による閉じ込め効果は、一般帯水層でのCO₂貯留で重要となる可能性が高い。“Know your geology”という彼らの呼びかけを忘れてはいけないだろう。

CO₂注入後比較的短時間(2-3年)のうちに、地層間隙水組成に目に見える変化が起きる例が報告されたのは注目される。カナダ、サスカチュワン州Weyburn地域でのEOR-CO₂貯留の場合は、石油貯留層が炭酸塩岩なので、CO₂注入による溶解とそれを反映した地層間隙水の変化はある程度想像がつく(Raistrickほか, 2006)。一方、日本のRITEが実施した長岡実証試験で、Caだけではなく有意な量のFeとMgが溶け出したという報告は注目される(Mitoほか, 2006; Whiteほか, 2006)。これは貝化石をはじめとする炭酸塩の溶解では説明しきれず、何らかの鉱物



第8図 反射法による層序データを組み込んだ地質構造モデルを用いた、CO₂挙動予測シミュレーション結果。Gibson-Pooleほか(2006)より。



第9図 貯留CO₂の長期的挙動予測のために考慮すべき要素と、各要素の相互関係。Powerほか(2006)より。

の溶解を考える必要がある。

8. リスク評価とモニタリング

地中貯留にかかわるモニタリング手法と、リスク評価についての議論も充実していた。モニタリング手法としては精密弾性波解析を第一に考えるが(たとえば、Artsほか, 2004; Xueほか, 2006), 今回は弾性波以外のモニタリング手法が発表され始めた。たとえばNoonerほか(2006)は、精密重力解析でSleipner地域の地下でのCO₂流体の密度を求めた。また東工大チームも、NMRロギングを応用してCO₂貯留流体の地層間隙水への溶解を見積もる方法について発表した(Suekaneほか, 2006)。われわれも様々な物理探査手法を用いることの有効性をシミュレーションから検討した結果を報告した(Ishidoほか, 2006)。

モニタリング手法が具体化する流れを受けて、リスク評価の議論もコンセプトだけではなく、具体的な手順やツールに関する議論に徐々に進んできている。その一例が、Powerほか(2006)による貯留サイトの長期的性能評価に関する研究であろう(第9図)。また、2年前のGHGT-7ではほとんど聞かれなかった坑井の安定性が注目されたのも、目立った変化といえよう(たとえば、Bachu and Watson, 2006)。

CO₂帯水層貯留でのリスク評価は、決して容易とは考えられていない。貯留関係のポスター発表の総括

を行ったErik Lindeberg氏(Statoil)は、一般帯水層貯留の実証性に向けた確率論的研究に疑問を投げかけ、閉じ込め構造を持つ場合を含めて「リーク量の定量化は可能か?」との問いを「No!」と退けた(Lindeberg, 2006)。そして、キャップロックの毛管シールが破れてCO₂が移動することを想定した、強力なモニタリング体制を敷くことが重要と力説した。今回の会議で報告された数多くの研究成果、なかでも貯留メカニズムを解明する実データに基づく基礎的研究や、モニタリング手法およびデータ解析手法についての研究は、帯水層貯留の実証に向けて足場を固めるものと期待できる。

9. 次のマイルストーン

地中貯留はあくまでCCSプロセスの一部であり、そこに至るまでにはCO₂の分離・回収および輸送という別種の技術開発と、トータルな経済性の向上が必要になる。会議を通じて強調されたのは、これらすべてを包括した「CO₂ value chain」の確立が、CCSを実効ある温室効果ガス対策とするために必要だということであった。

CCSの短期的動向と長期的展望については、21日午後にパネル・ディスカッションが行われた。討議を通じてCCSの焦点が、大規模プロジェクトがいくつも実現しつつあるガス・石油部門から、発電部門、特に



第10図 Snohvitプロジェクト概念図 (Statoilパンフレットより)。

ゼロ・エミッション発電へ移っていく流れを感じた。

この意味でノルウェーは、世界的に注目される取り組みを行いつつある。ノルウェーは、北海から大西洋岸に沿って北極海に至る沿岸地域で、石油・天然ガスの資源開発を進めている。その利用の一環として、北部、北極圏に位置するSnohvitにガス火力発電所を建設し、あわせて放出されるCO₂を発電所近くに地中貯留するプロジェクトを立ち上げている(第10図)。このプロジェクトは、自国産の天然ガスを利用して北部地域の開発に向けた電力を得るだけでなく、CO₂地中貯留をあわせて実施することでゼロ・エミッションを達成し、国としてのCO₂排出目標を達成するという、壮大な目的を持っている(Lindland, 2006)。これは、Sleipner地域での世界初のCO₂帯水層貯留に次ぐマイルストーンとして、ノルウェーだけではなく世界的にも重要な位置づけを持っている。

ノルウェーは、フィヨルドで入り組んだ海岸線を背景とした漁業国として知られ、また、スウェーデンなど3カ国と共同して2008年IGCを開催することで、日本の地質家にもがぜん身近に感じられる国になって来た。しかし、ノルウェーがエネルギーに恵まれた国であることは案外知られていない。ノルウェーは水力発電により現在の国内電力消費を100%まかなっている。加えて北極圏の有望な石油・天然ガス資源を抱える産油国でもある。ロシアが自国の天然ガス資源を

政治手段化する傾向がはっきりして以来、ノルウェーは小さなエネルギー大国として自由主義圏、特にヨーロッパ圏における比重を高めてきているのかもしれない。

GHGT会議は、ちょうど夏至に重なっていた。1年で一番日が長い季節、しかも開催地トロンハイムは北緯63度という北極圏一歩手前の町であったから、日照のある時間は非常に長かった。夜の2時ごろに太陽が昇り、同じく夜の11時を回らないと沈まない。太陽が出ていない間もなんとなく町は明るく、街灯がなくてもあたりの様子は十分にわかる。時計を見れば現地時間で夜10時半なのに、地平線のまだ上に太陽がある—「白夜」の経験は時差ぼけを乗り越えて時間感覚を失わせてくれたことを最後に記したい。

文 献

- Akervoll, I., Zweigel, P. and Lindeberg, E. (2006) : CO₂ storage in open, dipping aquifers. Proc. GHGT-8, 1, 279-281.
- Arts, R., Eiken, O., Chadwick, A., Zweigel, P., van der Meer, B. and Kirby, G. (2004) : Seismic monitoring at the Sleipner underground CO₂ storage site (North Sea). In: Baines, S.J. and Worden, R.H. (eds) Geological storage of carbon dioxide. Geol. Soc. Spec. Publ., 233, 181-191.
- Bachu, S. and Watson, T. (2006) : Possible indicators for potential CO₂ leakage along wells. Proc. GHGT-8, 1, 96.
- Birkholzer, J., Pruess, K., Lewicki, J., Rutqvist, J., Tsang, F. and Karimjee, A. (2006) : Evaluating potential for large releases

- from CO₂ storage reservoirs: analogues, scenarios, and modeling needs. Proc. GHGT-8, 1, 181-182.
- Chalabaud, C., Robin, M. and Egermann, P. (2006) : Interfacial tension of brine/ CO₂ systems at reservoir conditions. Proc. GHGT-8, 1, 147-148.
- Enoksen, O. R. (2006) : An ambitious policy for carbon dioxide capture and storage in Norway. Minister of Oil and energy, Norway, GHGT-8 Opening session.
- Flett, M., Gurton, R. and Weir, G. (2006) : Reservoir performance of disposed carbon dioxide in saline formations: impact of heterogeneity and dip. Proc. GHGT-8, 1, 282.
- Gale, J. (2006) : Morning session wrap up and perspectives for the conference. IEA GHG R&D Programme, GHGT-8 Keynote lecture.
- Gibson-Poole, C., Svenden, L., Ennis-King, J., Watson, M., Daniel, R. and Rigg, A. (2006) : Using stratigraphic heterogeneity to improve containment and capacity in geological storage of CO₂. Proc. GHGT-8, 1, 144-145.
- Giorgis, T., Carpita, M., Battistelli, A. and Marzorati, D. (2006) : Modeling brine evaporation and halite precipitation driven by CO₂ injection in depleted gas reservoirs. Proc. GHGT-8, 1, 101-102.
- Ide, S., Jessen, K. and Orr, F. M. Jr. (2006) : Time scales for migration and trapping of CO₂ in saline aquifers. Proc. GHGT-8, 1, 142-143.
- IPCC (2005) : Carbon dioxide capture and storage. IPCC Spec. Rep., 431pp.
- Ishido, T., Sugihara, M. and Toshi, T. (2006) : Numerical simulation of changes in geophysical observables caused by CO₂ injection into saline aquifers. Proc. GHGT-8, 2, 313.
- 気象庁 (2006) : 平成17 (2005) 年の世界と日本の年平均気温について。報道発表資料, 平成18年2月2日。
- 小出 仁 (1993) : CO₂地中貯留のための地質工学的課題。日本応用地質学会研究発表会後援論文集, 157-160.
- Kuuskraa, V. and Koperna, G. (2006) : Assessing and expanding CO₂ storage capacity in depleted and near-depleted oil reservoirs. Proc. GHGT-8, 1, 286-287.
- Lindeberg, E. G. B. (2006) : Can the risk for CO₂ escape from geological storage site be quantified? GHGT-8 Poster review lecture (storage).
- Lindland, J. (2006) : Norwegian incentive to promote CCS. Senior Technical Advisor, GASSNOVA, GHGT-8 Plenary lecture.
- McKee, B. (2006) : Zero emission technologies for fossil fuel: the full story. Director, Office of Coal & Power Import & Export, DOE-USA., GHGT-8 Keynote lecture.
- Metcalfe, R., Ueda, A., Kato, K., Ohsumi, T., Yajima, T., Ito, H., Kaieda, H., Takase, H., Savage, D. and Benbow, S.J. (2006) : The feasibility of sequestering CO₂ in geothermal systems: theoretical evaluation. Proc. GHGT-8, 1, 145-147.
- Metz, B. (2006) : The IPCC special report on carbon dioxide capture and storage. Co-chair, IPCC GW III, GHGT-8 Keynote lecture.
- Mito, S., Xue, Z. and Ohsumi, T. (2006) : Mineral trapping of CO₂ at Nagaoka test site. Proc. GHGT-8, 1, 100-101.
- Nooner, S., Zumberg, M., Eiken, O., Stenvold, T. and Thibeau, S. (2006) : Constraining the density of carbon dioxide within the Utsira formation using time-lapse gravity measurements, Proc. GHGT-8, 1, 9-10.
- 大隅多加志 (2006) : CO₂の貯留・隔離の研究開発動向。エネ総研 242回月例研資料。
- Ohvrum, M. (2006) : CCS perspectives for energy providers. Executive vice president, Statoil, GHGT-8 Keynote lecture.
- Pawer, R., Carey, J., Chipera, S., Fessenden, J., Kaszuba, J., Keating, G., Lichtner, P., Olsen, S., Stauffer, P., Viswanathan, H., Ziock, H. and Guthrie, G. (2006) : Development of a framework for long-term performance assessment of geologic CO₂ sequestration sites. Proc. GHGT-8, 1, 52-53.
- Prestrud, P. (2006) : Climate change motivating CCS technology development. President, CICERO Norway.
- Pruess, K., A. Bielinski, J. Ennis-King, R. Fabriol, Y. Le Gallo, J. Garcia, K. Jessen, T. Kowscek, D.H.-S. Law, P. Lichtner, C. Oldenburg, R. Pawar, J. Rutqvist, C. Steefel, B. Travis, C.-F. Tsang, S. White and T. Xu (2002) : Code intercomparison builds confidence in numerical models for geologic disposal of CO₂, Proc. GHGT-6, F1-4.
- Raistrick, M., Shevalier, M., Mayer, B., Durocher, K., Perez, R., Hutcheon, I., Perkins, E. and Gunter, B. (2006) : Using carbon isotopic ratios and chemical data to trace the fate of injected CO₂ in a hydrocarbon reservoir at the IEA Weyburn Greenhouse Gas Monitoring and Storage Project, Saskatchewan, Canada. Proc. GHGT-8, 1, 389-340.
- Ruiz, P. F. (2006) : The EU holistic approach to the development of zero emission power generation. Director of Energy Research, European Commission, GHGT-8 Opening session.
- Suekane, T., Mizumoto, A., Nobuso, T., Yamazaki, M., Tsushima, S. and Hirai, S. (2006) : Solubility and residual gas trapping of CO₂ in geological storage. Proc. GHGT-8, 1, 283-284.
- Thambimuthu, K. (2006) : A perspective on greenhouse gas control technologies. Chairman, IEAGHG R&D Programme, GHGT-8 Opening session.
- 當舎利行 (2006) : 帯水層でのCO₂貯留技術 (高精度地中挙動予測司法の研究)。地質ニュース, no.621, 24-31.
- Watson, M. and Kirste, D. (2006) : An integrated petrological and geochemical approach to predicting long term CO₂-induced diagenesis in geosequestration. Proc. GHGT-8, 1, 99.
- White, S., Xue, Z., Sato, T. and Hong, Y. (2006) : Modeling and analysis of the pressure response in the CO₂ injection experiment conducted at Nagaoka, Japan. Proc. GHGT-8, 1, 242-243.
- Xue, Z., Watanabe, J., Inoue, N. and Tanase, D. (2006) : Time lapse well logging to monitoring the injected CO₂ in an onshore aquifer, Nagaoka, Japan. Proc. GHGT-8, 1, 133-134.
- 山本晃司 (2006) : 二酸化炭素地中貯留: 国際動向と課題, 地質ニュース, no.621, 6-15.
- 付記: GHGT-8 での講演は, 会議のホームページ (<http://www.ghgt8.no/>) の画面左にあるメニュー中の「Programme」から「Papers on web」ページを開き, 検索画面でキーワード検索することで, 個別に閲覧とダウンロードが可能です (9月15日時点)。

OKUYAMA Yasuko, TOSHA Toshiyuki, SORAI Masao and ISHIDO Tsuneo (2006) : Topics from the GHGT-8 Conference, Trondheim, Norway.

<受付: 2006年8月29日>