

【環境(CCS)】 MGSC CO<sub>2</sub>貯留

## 仮訳

中西部地中貯留コンソーシアム (MGSC) のファクトシート (米国)  
開発フェーズから大規模フィールドテストまで

## 背景

米エネルギー省は、温室効果ガスを削減すると同時に化石燃料を使用するオプション(選択肢)を評価する包括的取り組みの一環として、地球温暖化の要因となる温室効果ガス(GHG)である CO<sub>2</sub> を回収し、半永久的に貯留隔離する最善の方法を決定するため、「CO<sub>2</sub>貯留地域パートナーシップ(Regional Carbon Sequestration Partnership: RCSP)」を通じて、7つの地域パートナーシップを選出した。これらのパートナーシップは、最も適切な技術、規制、インフラの構築を援助するのに必要な、米国全体のネットワークの中核を成す州機関、大学、民間企業、国立研究所、非営利団体で構成されている。全部で RCSP には、米国 43 州とカナダ 4 州におよぶ 500 を超える機関(前回のフィールド評価フェーズの 350 機関より増加)が参加している。

RCSP イニシアティブは、3つのフェーズに分けて実施される。初期評価フェーズは、2003年9月に開始し、7つのパートナーシップが CO<sub>2</sub>発生源を特定し、その貯留に適切な場所を評価した。2005年6月には実証フェーズへと移り、7つの地域で小規模な一連のフィールドテストを行い、CO<sub>2</sub>貯留が見込まれる機会の評価に重点を置いた4年間にわたる取り組みが行われた。現在の展開フェーズ(2008~2017年)の活動は、これまでのところ既に完了している作業の延長として進められており、大規模な CO<sub>2</sub>の回収、輸送、圧入、貯留が、安全かつ半永久的に、経済的に達成される計画である。これらのテストを行うことで、パートナーシップによって特定された多様な地質構造への CO<sub>2</sub>の圧入性、圧入可能な容量、貯留性についての理解を深める。これらの活動の成果や評価は、今後の北米での CO<sub>2</sub>貯留プロジェクトの商業化への取り組みに役立てられるだろう。

「中西部地質学的貯留コンソーシアム(The Midwest Geological Sequestration Consortium : MGSC)」は、イリノイ州、インディアナ州、およびケンタッキー州の各州立地質調査所の主導で運営され、イリノイ州全域、インディアナ州南西部、およびケンタッキー州西部を対象地域としている。このパートナーシップは、CO<sub>2</sub>の回収、輸送および CO<sub>2</sub>地中貯留の技術選択の評価をイリノイ盆地の地下深部の石炭層、成熟油田、地下深部の含塩水層において行うために設立された。MGSC 地域の CO<sub>2</sub>発生源からの排出量は、年間 3 億 MT(メトリックトン)(3 億 3,500 万米 t)以上、すなわち米国全体の CO<sub>2</sub>排出量の 11%を

占める。MSGC は、これらの CO<sub>2</sub> を安全に半永久的に貯留(隔離)するのに最適な環境がイリノイ盆地にはあると判断した。

## プロジェクトの詳細

### プロジェクトの概要

MGSC は、農作物の処理を行う Archer Daniels Midland (ADM)社とパートナーシップを結び、イリノイ州の Decatur にある ADM 社のエタノール生産工場で大容量の含塩水層貯留テストを実施した。このテストでは、発酵工場から排出される年間 333,000MT(367,000 米 t)の CO<sub>2</sub> を 3 年間にわたって、イリノイ盆地の大規模な含塩水層である Mt. Simon Sandstone(マウントサイモン砂岩層)に圧入する。

### CO<sub>2</sub> の圧入(貯留)場所

この試験サイトは、農産物の処理工程が行われるイリノイ州 Decatur の ADM 社の所有地内にある(図 1 参照)。この試験サイトは約 207 エーカーで、すべて ADM 社が所有している。同社工場の北境界線近くに、CO<sub>2</sub> の脱水/圧縮処理設備を建設中である。CO<sub>2</sub> は直径 6 インチ(15cm)のパイプを通して、この場所から約 5,200 フィート(1.58Km)離れた圧入井へと運ばれる。この試験サイトは従来からコンビナート(工業団地)となっており、この場所へのアクセスに特に大きな物理的障害はない。

### 地質学的に見た試験サイト

CO<sub>2</sub> 貯留実験の対象となる貯留層は、イリノイ盆地で最も層が厚く、最も広大に広がる含塩水帯貯留層であるカンブリア紀の Mt. Simon 砂岩層(図 2)である。この一帯は Eau Claire 層に広く覆われて



図 1 : イリノイ州 Decatur の ADM 社試験サイトの衛星写真。図中の記号はそれぞれ以下のものを示している。

A)脱水/圧縮処理設備、B)CO<sub>2</sub> パイプラインの経路、C) 圧入用坑井、D)代表的な評価用坑井サイト

おり、難透過性の頁岩層、シルト岩<sup>注1</sup>と堅い石灰岩の層の下に、先カンブリア紀の花崗岩層が横たわっている。これまでMt.Simon砂岩層は、イリノイ州の北半地域の天然ガス貯留のために、広域にわたって利用されてきた。これらの貯留場所にある複数の坑井の詳細な貯留層データは、Mt.Simon砂岩層の山裾が、CO<sub>2</sub>の貯留を行う上で最適な条件として必要な空隙率と透過性を持つことを示している。Mt.Simon砂岩層一帯の等層厚線マップから推定すると、Mt.Simon砂岩層の厚さ 1000 フィート(305m)以上の層のADM社サイトに圧入できる層があるだろうと考えられていたが、実際に計測してみると 1,650 フィート(505m)であった。

圧入用坑井は、トータルで深さ 7,230 フィート(2.2Km)まで掘削された。ADM 社の試験サイトから 17 マイル離れた場所に掘削された坑井と、ADM 社の試験サイトから 51 マイル離れた場所に掘削された 2 つ目の坑井から得られたデータによると、Mt.Simon 砂岩層には有効な空隙率がある。MGSC の推定では、ADM 社サイトでの Mt.Simon 砂岩層の平均的な空隙率は約 12%である。また、ADM サイトでの Mt.Simon 砂岩層の最高地点は、深さ約 5,500 フィート(1.67Km)の位置であると推定される。

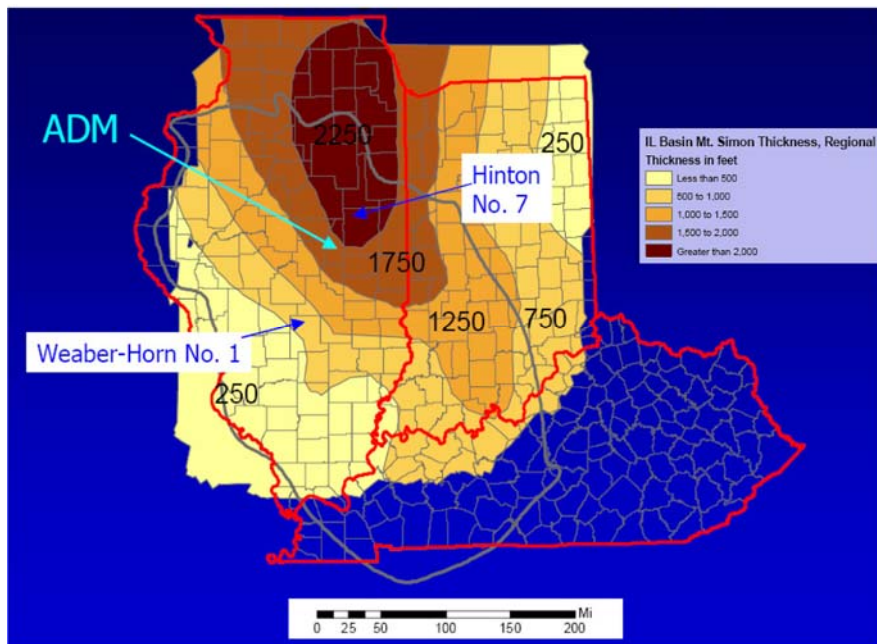


図 2 地域図は、Mt.Simon Sandstone の層の厚みを示している。

イリノイ盆地内部のデボン紀のNew Albany頁岩層、オルドビス紀のMaquoketa層、カンブリア紀のEau Claire層はいずれも頁岩を含んでおり、これらは重要な局所的シール(封止<sup>注2</sup>)層として機能している。また、この盆地内には、炭化水素トラップ<sup>注3</sup>として知られて

注1 シルト岩：粒子のサイズが砂と年度の中間のものが固化した堆積岩。

注2 期待や液体の封止、遮断

いるシール層を形成する、ミシシッピ紀とペンシルバニア紀の規模の小さい薄い頁岩層も多数ある。上記の3つの頁岩層はすべて横方向に広がっており、地表下のワイヤーライン(検層)の関係から見ると、CO<sub>2</sub>実験サイトから半径100マイル(160Km)内で連続的に存在するように見える。このオークレア層の厚みは500フィート(150m)で、ADMサイトの第一のシール層であることがわかった。このオルドビス紀のMaquoketa層とNew Albany頁岩層は、第二のシール層としての役割を果たしている。地図上には、ADM社の用地の半径25マイル(40km)以内に断層や亀裂はみられない。

## CO<sub>2</sub>発生源

CO<sub>2</sub>は、ADM社のエタノール生産設備から回収される。エタノール発酵装置の排出口から排出されるCO<sub>2</sub>の純度は通常99%以上で、常圧で88°F(26.66℃)の水蒸気で飽和している。一般的な不純物はエタノールと窒素で、それぞれ濃度600~100ppmv(体積百万分率ppm濃度)の範囲に含まれる。その他のさらに低濃度の不純物としては、酸素、メタノール、アセトアルデヒド、硫化水素(H<sub>2</sub>S)が含まれることが多い。このCO<sub>2</sub>は精製、脱水され、平方インチあたり最大1400pound/inch<sup>2</sup>(psi)(98.4kgf/cm<sup>2</sup>)まで圧縮され、超臨界CO<sub>2</sub>として坑井元(坑口)まで運ばれる。この脱水/圧縮処理施設は、ADM社の施設の北方境界線近くに建設中である。

## CO<sub>2</sub>の圧入工程

MGSCは、一日当たり約1,000MT(1,100米t)の超臨界CO<sub>2</sub>を圧入し、3年間で総計100万MTの貯留を計画している。すべての貯留活動にADM社の試験サイトを利用するのは、MGSCの意向であり、こうすることで輸送コストを最小限に抑える。ADM社の試験サイトに最初に掘削された坑井は、圧入用に使用される予定である。精製され、脱水された超臨界のCO<sub>2</sub>が、一日当たり550MTの処理能力を持つ圧縮機2台とグリコール脱水装置を備えた脱水/圧縮処理施設から受け入れられる。追加されたポンプでは、要求に応じて臨界超過のCO<sub>2</sub>の送付圧入量を最大2,000psiまで増加させることが可能である。CO<sub>2</sub>の圧入は、2011年2月に開始され、3年間継続される計画である。

## CO<sub>2</sub>貯留のシミュレーションとモニタリング

MVA(モニタリング・検証・評価)プログラムは、実施、検証、環境保護、環境修復の要素で構成され、CO<sub>2</sub>の圧入前、圧入時、圧入後を通してモニタリングを行う。このプログラムは、CO<sub>2</sub>プレュームのモニタリングを行うためのベースラインを作るために2010年の1月に集められた3次元地震データに依存するところが大きい。2009年11月には、半永久的に受振器が31個配列された、3,500フィート(1,067m)の深さのモニタリング用坑井

---

<sup>注3</sup> 炭化水素トラップ：炭化水素即ち気体である天然ガスや液体である石油などを透過させない装置。

が完成し、これにより、進行しているCO<sub>2</sub>プルームの画像化のための坑井内地震探査法 (Vertical Seismic Profiles :VSPs)<sup>註4</sup>を繰り返し利用できるようになった。

MVA プログラムは毎年評価され、必要に応じて変更される予定である。土壌ガスのサンプリング、坑井検層、可視・赤外面像化、CO<sub>2</sub>の地表面の流れのモニタリング、地球科学的な方法など、幅広い環境モニタリング技術が用いられる可能性がある。MODFLOW や GFLOW などの地下水のシミュレーションツールが、浅い地下水の流れのためのコンセプトシミュレーションモデルの開発のために使用され、汚染物質が圧入場所の地域から外へ移動する時間を推定するために活用される。これにより、CO<sub>2</sub>の圧入時または圧入後に起こりそうにもない CO<sub>2</sub>の漏れにより生じる近隣での水の供給についてリスク評価が行われる。

浅い地下水や圧入層のブライン(塩水)について熱力学的なモデル化を行うために、地球化学者のワークベンチである PHREEQCI や TOUGHREACT などの地球化学のシミュレーションモデルが使用される予定である。これらのシミュレーションモデルは、圧入された CO<sub>2</sub>の長期的な経過についての見識を提供し、複数の圧入用坑井が、イリノイ盆地全域の含塩水貯留層内への CO<sub>2</sub>の流れに与える局所的影響の調査のために用いられる。

現在、Mt.Simon砂岩層の山裾の最も低い地帯(最下部)に、55 フィート(17m)間隔のミシン目のような圧入口が点在しており、空隙率や、サイドウォール・コアサンプルから得られた浸透率データ、坑井検層データを元に、プルームのモデル化が進められている。Mr.Simon砂岩層の麓部分の空隙率は15～25%で、浸透率は主に最大約1,000mdの数十～数百md<sup>註5</sup>の範囲である。

## 目標およびターゲット

MGSC の全体目標は、CO<sub>2</sub>を Mt.Simon 砂岩層の貯留層に、安全かつ半永久的に貯留できることを実証することである。これにより、調査や現地活動に関連して、特性評価フェーズと検証フェーズで得られた情報と技術の正当性が立証されるだろう。具体的な対象項目は以下のとおり。

- ・ Mt.Simon 砂岩層に、100 万 MT(110 万米 t)の CO<sub>2</sub> を 3 年間貯留できることを実証。
- ・ 大規模な CO<sub>2</sub> 貯留活動に関連した科学、技術、規制上のフレームワーク、リスク要因、世論について、さらに理解を深める。
- ・ MVA 活動、モデル化、設備稼働の評価を行う。
- ・ CO<sub>2</sub> 圧入テストの結果から、ターゲットの貯留層に見積もられる貯留容量の数値を精査。

<sup>註4</sup>坑井内地震探査法(VERTICAL Seismic Profiles :VSPs)とは、ボーリング孔内に受振点を配置して行う反射法探査。(引用 [http://j-bousai.com/yougo/036/631214vsvpvertical\\_seismic\\_prof.html](http://j-bousai.com/yougo/036/631214vsvpvertical_seismic_prof.html))

<sup>註5</sup> md(millidarcies)ミリダルシー(浸透率を表す単位) <http://www.gregcroft.com/ghawar.ivnu>

### これまでの取り組みの成果

- ・ 2007 年 10 月に二次元地震探査が完了。
- ・ 2009 年 5 月に圧入用坑井の掘削が完了。
- ・ 受振器設置用の坑井の掘削が完了し、2009 年 11 月には複数配列された受振器(アレイ)を設置。
- ・ CO<sub>2</sub> 圧入用の管を設置し、掘削した穴に微小地震センサー(アレイ)を配備。
- ・ 圧縮/脱水施設を建設中(2010 年夏には完成予定)。
- ・ 2010 年秋に計画されている、深さ 7,200 フィート(2,195m)の検証/観測用坑井の掘削について許可手続きが進行中。

### MGSC 地域と米国にとっての利点

MGSC 地域では現在、年間 3 億 MT(3.35 億米 t)の CO<sub>2</sub> が排出されている。実験対象の Mt. Simon 砂岩層は、270 億~1,200 億 MT(300 億~1,190 億米 t)の CO<sub>2</sub> 貯留が可能であると推定されている。この地域の現在の排出率をもとに算出すると、向こう百年のこの地域の CO<sub>2</sub> 総排出量の半分は 150.1 億 MT(160.6 億米 t)となり、その総量は、このイリノイ盆地で最も低く見積もられた CO<sub>2</sub> 貯留許容量よりも少ない。

先に述べた大規模フィールドテストは、実際に貯留を行うのに十分な圧入性、貯留性、米国全域の貯留層の貯留可能容量を理解する上で極めて重要である。これにより、産業用プラントから排出された温室効果ガスの削減に十分な規模で、CCS 技術が商業レベルで展開されることだろう。

翻訳：NEDO（担当 総務企画部 原田 玲子）

出典：本資料は、NRTL の以下 ”Midwest Geological Sequestration Consortium-Development Phase-Large Scale Field Test”の記事を翻訳したものである。

[http://www.netl.doe.gov/publications/factsheets/project/Project678\\_4P.pdf](http://www.netl.doe.gov/publications/factsheets/project/Project678_4P.pdf)