

# 二酸化炭素炭層固定化技術開発およびモニタリング技術

藤田眞仁 (株)環境総合テクノス

キーワード：地球温暖化，石炭，CCS，CO<sub>2</sub>，夕張

## 1. はじめに

経済産業省の「二酸化炭素固定化・有効利用技術等対策事業」の一つである二酸化炭素炭層固定化技術開発に取り組んできた。この技術は石炭がCO<sub>2</sub>を吸着しやすい特性に着目し、CO<sub>2</sub>を地下の石炭層に閉じ込めるとともに、石炭層中でCO<sub>2</sub>と置換した未利用資源のCH<sub>4</sub>を回収利用することによって、経済性に優れたCO<sub>2</sub>貯留技術となりうるものである。

北海道夕張市において予備実験を行い、石炭層にCO<sub>2</sub>を圧入し、CH<sub>4</sub>を産出する試験を実施した。

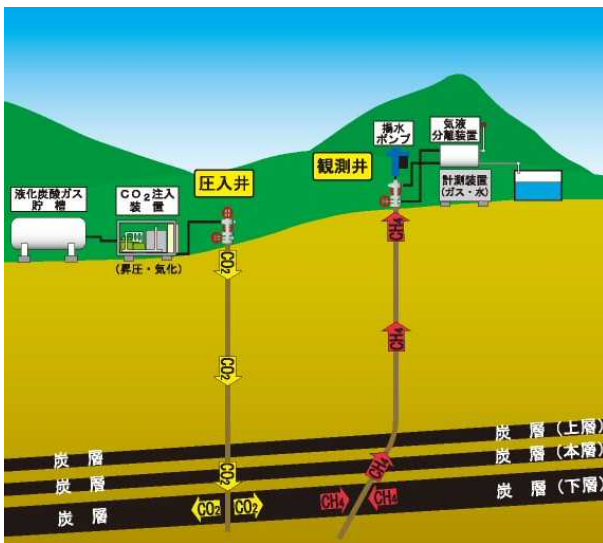


図1 CO<sub>2</sub>圧入予備実験概略図

## 2. 技術開発の概要

本技術開発は、室内実験と調査研究を行う基礎研究と、現場において要素技術を確立する予備実験とに分かれており、それぞれの実施項目について大学、研究機関および民間企業等の協力を得て実施した。また、本技術を事業化する際の指標となるコスト試算および事業化に伴う社会受容性についての経済性検討も実施した。

## 3. 予備実験の概要

本技術開発の最終目標は、将来の事業化に向けた実用化の検証であるが、その前提として、実証試験における最適な設備の仕様、圧入方法等、基本設計を含む基礎技術の確立を目的とした予備実験を行った。

予備実験としては、CO<sub>2</sub>圧入予備実験（実験サイトの選定、地質構造、炭層特性、CO<sub>2</sub>圧入時のCO<sub>2</sub>挙動およびCH<sub>4</sub>産出量の調査）、モニタリング技術の検討（本技術の安全性の確認や、環境影響がないことを確認）、CO<sub>2</sub>分離回収効率向上の検討（既存のCO<sub>2</sub>分離回収技術のさらなる低コスト化）を行った。

本報告では、CO<sub>2</sub>圧入予備実験ならびにモニタリング技術の検討について紹介する。

## 4. CO<sub>2</sub>圧入予備実験の結果の概要

CO<sub>2</sub>圧入予備実験は、実際の炭層にCO<sub>2</sub>を圧入できることと、CO<sub>2</sub>圧入によって、産出CH<sub>4</sub>が増進されることを立証するものであり、この実験に適したサイトを選定する必要がある。

平成14年度に既存資料および文献について調査を行い、石炭埋蔵量、ガス包蔵量および地層条件等について検討した結果、北海道夕張市の石狩炭田の一部を実験サイトに決定した。平成15年度には圧入井の掘削、貯留層特性の把握を行い、平成16年度には観測井の掘削、CO<sub>2</sub>圧入設備を設置し、平成16年11月よりCO<sub>2</sub>圧入試験を実施した。

### 4.1 平成16年度および17年度実績

圧入当初の圧入量は、1日当たり2t程度で推移し、目標(5t/日)を大幅に下廻った。ガス(主にCH<sub>4</sub>)産出量は、初期の段階では100Nm<sup>3</sup>未満であったが、CO<sub>2</sub>圧入とともに増加傾向を示し、CO<sub>2</sub>圧入終了後には200Nm<sup>3</sup>を超過した。平成16年度の圧入試験は、短期間で終了し、圧入したCO<sub>2</sub>も36tと僅かであった。

平成17年度は、8月からCO<sub>2</sub>圧入を開始し、約1.5ヶ月間試験を実施した。CO<sub>2</sub>圧入当初は、前年度と同様の状況で推移したが、後半では1日当たり3t以上の圧入量を達成した。この年の

CO<sub>2</sub> 圧入量は、121t であった。ガス産出量も初期段階では、ほぼ前年度と同様の傾向を示していたが、CO<sub>2</sub> 圧入を継続することにより、増加傾向は継続し、CO<sub>2</sub> 圧入前のガス産出量 70Nm<sup>3</sup>/日に対し、最大時で 1 日当り 370Nm<sup>3</sup> の産出を得た。この現象は CO<sub>2</sub> 圧入による増産効果と評価している。

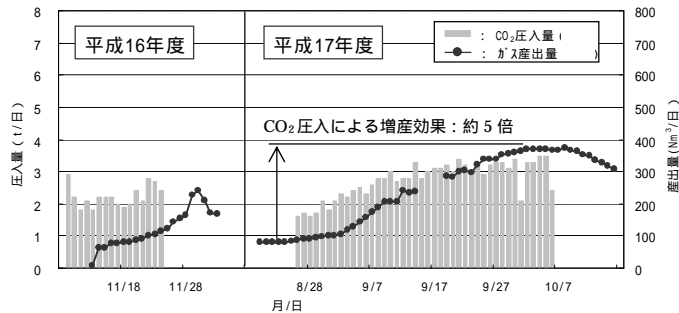


図2 平成16・17年度 CO<sub>2</sub> 圧入実績

#### 4.2 平成18年度実績

平成17年度までの実績では、CO<sub>2</sub> 圧入量が1日当り2tから3.5t程度であったため、注入性改善のための方策を種々検討した。

一つの方策として、窒素を圧入することとした。その理由は、海外情報として石炭がCO<sub>2</sub>を吸着すると、石炭組織が膨潤して、ガスの通路となるクリート(微細な亀裂)を閉鎖し、CO<sub>2</sub>の注入性が下がることがあると報告されている。したがって、その逆の現象としてCO<sub>2</sub>を吸着した石炭に、窒素を注入すると、吸着していたCO<sub>2</sub>が脱着して石炭の膨潤が緩和され、注入性が改善される可能性があるかと推測した。

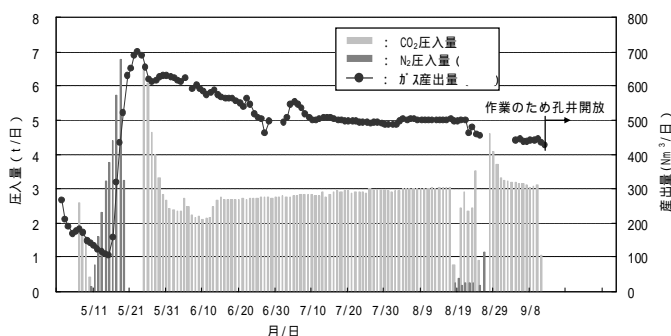


図3 平成18年度 CO<sub>2</sub> 圧入実績

そこで、CO<sub>2</sub>を圧入した後に、窒素を圧入し、再びCO<sub>2</sub>を圧入したところ、窒素圧入前に比較して圧入量が、増加する傾向が見られた。しかしながら、その注入性が長く継続しないことから、より効果的な窒素の圧入方法について検討する必要があると考えている。これらの試験の

結果、平成18年度のCO<sub>2</sub>圧入量は356tであった。また、ガス産出量は窒素圧入前には約100Nm<sup>3</sup>/日であったものが5月23日には約700Nm<sup>3</sup>/日に増産し、早期の増産効果を確認できた。

### 5. モニタリング技術検討

我が国初の二酸化炭素炭層固定化技術開発の実施に際し、安全性、環境影響を確認するための最適なモニタリング手法の確立が不可欠である。

平成15年度に現地踏査により現地状況を把握した上で、CO<sub>2</sub>圧入実験場所の周辺環境に適したモニタリング調査地点を選定し、モニタリングを開始した。平成16年度には手法の改良や調査地点の追加を行い、CO<sub>2</sub>圧入予備実験終了後の平成19年11月までモニタリングを継続した。

#### 5.1 モニタリングの概要

CO<sub>2</sub>圧入予備実験場所および周辺地域におけるモニタリングとして平成15年度から平成19年度まで、地盤変位モニタリング(水準測量、傾斜計観測)、環境モニタリング(土壌ガス濃度測定、地下水測定、自然放射能測定)を実施した。調査地点位置を図4に示す。

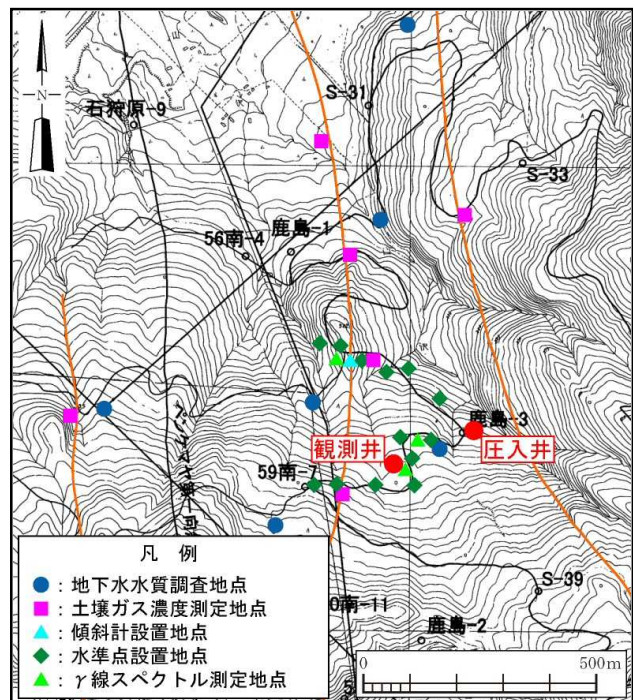


図4 モニタリング調査地点

## 5.2 測定結果

### a) 水準測量

圧入井及び観測井を中心に設けた水準点の高さの変化を一等水準測量により把握した。各水準点ともに積雪期を挟んで変化したが、CO<sub>2</sub> 圧入の影響が初期に及ぶと想定される孔井跡の鹿島3号と断層において地盤の変化はなく、CO<sub>2</sub> 圧入による影響は見られなかった。

### b) 傾斜計観測

地表より約 0.5m 深さに傾斜計を設置し観測を行った。融雪による影響や CO<sub>2</sub> の運搬車両等の通行による影響は認められたが、CO<sub>2</sub> 圧入による変動は確認されなかった。

### c) 土壌ガスの CO<sub>2</sub> 濃度測定

土壌ガスは定点に埋設したチャンバー内の土壌ガスをポータブルの CO<sub>2</sub> 測定器等により測定を行った。また、土壌ガスをサンプリングしてガスクロマトグラフ等により分析を行った。測定結果より土壌中の CO<sub>2</sub> 濃度の変化は降雨と密接な関係があり、台風などによる降水量の増加により土壌ガス中の CO<sub>2</sub> 濃度が急激に上昇する傾向が確認されたが、CO<sub>2</sub> 圧入による変動は確認されなかった。

### d) 地下水水質

地下水が湧水している測定点においてサンプリングし、分析を行った。分析項目は Ca、Mg、Na、K、Cl、SO<sub>4</sub>、アルカリ度、NO<sub>3</sub>-N 等である。水質分析結果の各地点の水質は安定しており、CO<sub>2</sub> 圧入開始後の試験結果は、各地点とも、特に変化は見られない。

### e) 定点 線スペクトル測定

地層中には、ウラン系列、トリウム系列の放射性元素が均一に包蔵されており、断層付近においてはそれらの娘元素である放射性希ガスのラドンが断層を伝い地表近傍に上昇し、放射線強度が高くなることが広く知られている。注入 CO<sub>2</sub> の地表への漏洩は、断層等の亀裂を伝い地表へ達する可能性が考えられる。断層付近においてラドンガスの放射強度変化が、CO<sub>2</sub> の濃度変化よりも先に現れることから、ラドンの娘元素である Bi-214、Tl-208 の放射線強度の変化を測定することにより、CO<sub>2</sub> が地表へ達する前に漏洩を捉えるものである。調査の結果、各測定点ともに変化は小さく、本事業の実施による CO<sub>2</sub> の漏洩と関連するような傾向は確認されなかった。

## 5.3 まとめ

すべての環境モニタリングにおいて、CO<sub>2</sub> 圧入による変動は確認されなかった。

## 6. 参考文献

二酸化炭素炭層固定化技術開発総括報告書  
平成 20 年 3 月 (株)環境総合テクノス