

CO₂ 対策技術としての地中処理*

小 出 仁・飯 島 正 樹

はじめに

CO₂による地球温暖化防止技術の1つとして、CO₂の地中処理が注目を集めている。現在大気中に排出されているCO₂は、地球全体で年間約200億トンと言われており、この内の約1/2が大気中に残り、地球温暖化を引き起こす主因とされている。CO₂に起因する温暖化を防止するには、年間約100億トンにのぼるCO₂の大気放出を削減する必要があり、このために大量のCO₂処理が可能でかつ、周囲の環境に影響を与えない方法としてのCO₂の地中処理が注目を集めているわけである。

2. ガスの地中圧入技術

CO₂の地中圧入は、現在原油の回収率を向上させる技術(原油増進回収法[略称:EOR])として既に米国を中心に行なわれている。年間4,600万トン¹⁾ものCO₂がロッキー山脈沿いのCO₂ガス田から生産され、数百kmのパイプラインによってテキサス州西部の油田地帯に送られて、油層内に圧入されて原油の増産に寄与している。

一方、天然ガスを非需要期に貯蔵し、需要期に取り出して利用する目的から、米国およびヨー

ロッパにおいて天然ガスの地下構造への貯蔵が行なわれている。我が国においても新潟県関原において同様の天然ガス貯蔵が行なわれている。

このようにガスを地下に圧入し貯蔵する技術は、石油およびガス産業の分野において確立した技術となっており、地球温暖化防止を目的とした大量CO₂の地中処理は、基本的にはこれらガスの地下圧入技術の延長線上にあると考えられる。

ところで、CO₂を地中に投入処理する場合、前記のように原油の回収率を向上させ、同時にCO₂の処理が行なえるような方法が最も好ましいが、大量のCO₂を処理するためには大油田が必要である。しかし、世界の大油田は中東に集中しており、エネルギーの大量消費地である先進国から離れている。CO₂の輸送コストを考えると先進国周辺におけるCO₂の処理が重要となってくる。原油増進回収用としてのCO₂の必要量は全世界の油田を総計して約630億トン²⁾と試算されており、年間100億トンずつものCO₂を長期間処理するためには、油田・ガス田以外への地中処理の重要性が増して来るわけである。

油田、ガス田を捜す探鉱において、まず地質構造を調査し、油、ガスの集積し易い構造に対して試掘を行うが、この試掘において成功する確率は100本掘って2~3本と言われており、残り97~98本は石油、ガスがあっても僅かで採算が取れないか、石油、ガスが全く存在しない構造のいずれかである。これらの構造を利用すれば、油田、ガ



Hitoshi Koide

昭和37年 東京大学工学部卒業、同大学院修了、工学博士。44年 通産省工業技術院地質調査所入所、59年 環境地質部地震物性課長、平成元年より環境地質部長。専門は岩石力学・地質構造力学。断層・地震の発生機構、最近は地下空間利用について研究。

趣味: 絵画

著書: 地震と活断層の本, 国際地学協会刊(昭和54年)



Masaki Iijima

昭和49年 東京大学工学部卒業、同年三菱重工業(株)入社。

専門は石油・ガス生産設備に関するプラントエンジニアリング、平成2年より地球温暖化対策に関する試験研究に取組む。

趣味: 陸上競技, ゴルフ

* 1993年5月31日 受理
Subterranean Disposal as a CO₂-Mitigation Technology

ス田を利用した CO₂ 処理の数十倍もの処理量が期待出来るわけである。

3. CO₂ 地中処理プロジェクトが実現に向かって動き出している

最近注目を集めているプロジェクトにインドネシアのナツナガス田開発プロジェクトがある。ナツナガス田は、東南アジア地域で発見されたガス田では最大規模であるが、CO₂ を 71% (容積比) を含むため、このガス田を開発し天然ガスを供給する場合、CO₂ の扱いが問題となる。しかし、ナツナガス田周辺を探鉱した際、ナツナガス田の隣りに巨大な帯水層の構造を見つけている。この帯水層は、構造としてはナツナガス田よりはるかに巨大であるため、ナツナの天然ガスに含まれる 71% (容積比) の CO₂ を分離して、この帯水層を利用して、処理する方式で天然ガスを生産処理し、LNG として我が国に供給することが計画されている (図1~2)。LNG の生産量は年間約 1,400 万トン、この際処理される CO₂ は年間約 1 億トンにもものぼり、その規模の大きさと、地球温暖化防止のための本格的プロジェクトとしてその動向が注目される。

4. CO₂ の地中処理量の拡大と天然ガスの回収

一般に行なわれている CO₂ や天然ガスの地下圧入は、キャップロックを有するガスの漏れない構造を対象として行なわれているが、CO₂ が加圧下で水に溶け易い性質を利用して、地下の利用されていない水の層に CO₂ を溶解して貯蔵することも出来る。このような方法を利用すると、キャップロックを有しない構造でも CO₂ の処理に利用でき、また CO₂ の地中処理量の増大と共に地中処理を行なえる地域が大幅に拡大出来ることになる。我が国において、千葉県や新潟県を中心に水溶性天然ガスの層が広く分布している。これ

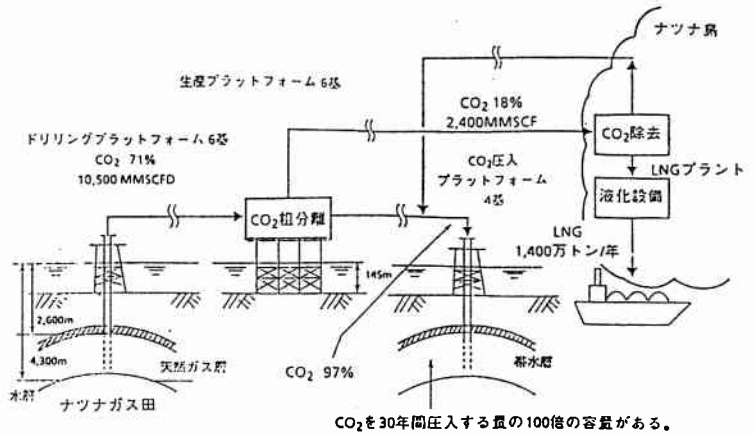


図1 ナツナガスプロジェクトの全体システム



図2 ナツナガス田の位置

らの水溶性天然ガスは、地下水に溶存するメタンガスが、キャップロックを有しない地層に安定して存在している。CO₂ は天然ガスに比べ 20 倍も溶解度が高いため、天然ガスが水に溶存して地下帯水層に存在する原理を用い、帯水層を利用して CO₂ を天然ガスの代わりに水に溶解させることによりキャップロックのない帯水層に対しても CO₂ の地下貯蔵が可能となる。すなわち、地下水を汲み上げて、溶存するメタンを回収し、代わりに CO₂ を汲み上げた水と共に地下に圧入して地下水に溶解させる。これにより一部の地域以外ではあまり利用されていない水溶性天然ガスの利用と CO₂ 処理が共に可能になる。

CO₂ の地中処理を実現するためには、まず CO₂ を処理出来る地層を見出し、その地質構造を把握する必要がある。さらに、各地層に応じた CO₂ 投入方法、投入量、投入圧力、投入井の配置等を正確に計画するための基礎データが必要とな

る。我々は有志による CO₂ 地中処理検討会を作り、基礎データの把握を目的として、地中で想定される様々な状態下（温度、圧力、塩分、ガス共存）における CO₂ の水への溶解度の定測試験を続けており、この一部は「化学工学論文集特集号」19 巻 5 号（1993）において発表する予定である”。

5. 第 1 回 IEA・CO₂ 処理シンポジウム

本年 3 月 29 日から 4 月 1 日の 4 日間、英国 オックスフォード大学において IEA の主催で CO₂ の処分法のシンポジウムが 28 ケ国 230 名が参加して開催された。このシンポジウムにおいて、CO₂ の海洋処分・地中処理・生物処理等の処分法が議論されたが、EOR を含む地中処理に関する発表件数の増加が顕著であった。CO₂ 海洋処分は技術的には可能であるが、局所的な生態系への影響が懸念されるのに比べ、CO₂ の地中処理は環境への影響が海洋処分よりはるかに小さい。生物処理は広い土地が必要で、エネルギー効率が悪いという問題があるが、広大な国土を持つ米国は植林による CO₂ 削減効果に期待している。このような状況下で欧米各国は、自国における CO₂ 排出量を自国内ないし近海で処理できるか具体的に検討し、次のように主に地中処理により可能としている。

(1) 米国

1. 植林…米国としては最も経済的で土地も十分に有る。
2. Texas 州等における廃油田、廃ガス田への CO₂ 投入…同州の発電所と油田、ガス田との組合せにより米国の総 CO₂ 排出量の 2 年程度を処理できる。
3. EOR による原油増産の可能性：50~300 億バレル

(2) 英国

1. 北海の廃油田、廃ガス田を用い 47.5 億トンの CO₂ 処理が可能。
2. 沿海の帯水層は廃油田、廃ガス田の 10 倍の処理能力がある。

(3) オランダ

グロニンゲン等の廃ガス田の利用により、105 億トンの CO₂ 処理が可能。

(4) デンマーク

3 つの具体的帯水層を対象に約 6 億トンの CO₂ 処理が可能。この量は国内発電所からの総 CO₂ 排出量の 30 年分に当たる。

(5) カナダアルバータ州

EOR および帯水層処理にて対応可能。

6. 今後の調査・研究の方向

以上のようにいずれの国においても具体的な廃ガス・油田および帯水層を検討して自国内における CO₂ 処理が十分に可能としている。地中処理は環境面や技術面で特に大きな障害はないと考えられており、これらの国々は具体的 CO₂ 対策に手段を持つようになったことが注目され、今後の各国の地球温暖化対策への取り組みがどのように変わってくるか注目される。私共の CO₂ 地中処理検討会では、我が国の帯水層における CO₂ 処理につき試算をしているが、具体的地層データはまだ調査段階にある。環境への影響や技術的検討内容は、日本の方が進んでいると感じられたが、地中処理法が発表されて⁴⁾ 1 年くらいの間に具体的処理サイトの検討を進めている欧米諸国の取り組み方に驚かされた。我が国の場合、国内の地中処理可能量が明確に把握されておらず、また大量の CO₂ 処理の適地が少ないと考えられる点から、早急に我が国周辺の地層調査を実施するとともにアジア地域の国々とも協力して、アジア地域内での CO₂ 処理の適地を調査すると共に、CO₂ 地中処理実験を進め、技術、ノウハウを確立し具体的対策の実施へと進めていく必要があるのではなからうか。

文 献

- 1) US/Japan Workshop on Global Change, Land Disposal of CO₂ (Hawaii, Feb. 2, 1993).
- 2) 地球環境を考慮した二酸化炭素の有効利用技術に関する調査、新エネルギー産業技術総合開発機構・エンジニアリング振興協会 (1992, 1993).
- 3) 小出 仁ら：化学工学論文集、19 巻 5 号特集号掲載予定 (1993).
- 4) Koide, H. 他：Subterranean Confinement and Long-Term Storage of Carbon Dioxide in Unused Aquifers and in Depleted Natural Gas Reservoirs, The First International Conference on Carbon Dioxide Removal, Amsterdam, 4-6, March, 1992.