

第218回地質調査所研究発表会講演要旨*

特集 CO₂の地中貯留

CO₂の地中貯留、概要と可能性

小出 仁

地球温暖化の主要な原因物質と考えられている二酸化炭素CO₂の大気中への放出を抑制するため、火力発電所などの大量固定発生源から発生する二酸化炭素を地中へ貯留する技術を開発している(貯留とは、貯蔵と処分を包含する概念)。火力発電所等の大量固定発生源から排出される二酸化炭素だけでも膨大な量になるので、分離しても地表には置く場所がない。海中か地中に回収した二酸化炭素を置く場所を探す必要がある。

そこで二酸化炭素を地中に流体状で圧入し、貯留する技術の開発を提案する。地下は岩盤に守られているため環境への影響が少なく、海中処分や地表のタンクなどに貯蔵するより安全性が高い。特に天然ガスや石油を採取した後の枯渇油田・ガス田は、数百万年以上もガスを封入してきた実績があり、二酸化炭素も極めて確実に封入できるが、容量が不十分で偏在している。しかし、堆積盆地の深部には、塩分が多いため水資源として利用できない地下水層が広く存在する。このような化石水には、メタンがかなり溶存しているので、汲み上げてメタンを回収し、そのメタンをエネルギー源としてCO₂を代わりに地下に圧入する。

予備的な見積では、世界の堆積盆地の一部(1%)を使うだけで、3,200億トンのCO₂を貯留できる。圧入コストは3,000円/トン-CO₂程度と見積られる。火力発電所の排ガスからアミン法等で分離したCO₂を化石地下水層に圧入貯留する技術を開発すれば、LNG発電で35%、石油発電で45%、石炭発電では60%程度の発電コスト増で、CO₂非排出火力発電が実現できると期待される。しかも未利用の天然ガス資源を利用して圧入するのでエネルギー資源のロスが最小に出来る。現在日本の発電コストには既にかかなりの環境保全のためのコストが含まれているが、さらなるコスト増が容認されさえすれば、本技術の実用化は可能である。しかし、さらに、環境への影響の詳細な検討や室内実験・現場実験などを進める必要がある。

(環境地質部)

Keywords : CO₂, Global warming, Underground storage, Aquifer, Natural gas.

*平成4年11月17日 別棟大会議室において開催

CO₂対策技術の動向

野口嘉一

気候変動問題は、地球サミットとも呼ばれた1992年6月の国連環境開発会議(UNCED)をひとつの節目として着実に存在感を強めつつあり、もはや世界の国々がこの問題を見逃すことができない状況にある。地球サミットでは、人類共通の問題として取り組むべきとの認識のもと、多くの国により気候変動枠組み条約が署名され、出発点としての意義は大きい。しかし、より重要なことは今後の具体的な進め方や取組みである。その意味でも、UNCEDにおいてCO₂をはじめとした温室効果ガスの排出抑制努力が求められるとともに、将来のフォローアップのための制度づくりが決められたことは重要である。

気候変動の問題は、従来の環境問題に比べ、その影響の空間的、時間的大きさとともに科学的に不確実な点が多いことが問題をより複雑にしている。また、技術的な対応の困難性や社会的・国際的な対応が重要であることも、この問題の難しさに拍車をかけている。ただ、共通の認識は、不確実さや難しさを理由に対応を遅らせることは影響をより深刻にする可能性があり、できることから直ちに取組んでいくべきとのスタンス「不確実性のもとでの政策決定」であり、そのための包括的かつ柔軟な対応が求められている。

気候変動問題に対応するための技術的な対応策として、エネルギーの効率向上を始めとしたCO₂排出抑制やCO₂除去によるCO₂削減、CO₂以外の温室効果ガスの削減、気候変動に適応する技術など技術的アプローチとともに、気候変動の科学的知見を充実させるという科学的アプローチが重要である。また、これら技術的あるいは科学的アプローチとともに、現在の社会システム・プロセスを再考し、省エネ・省資源型社会の構築することや国際的な取組み、途上国等への技術協力的重要性など従来型の環境問題にない面を有しており、技術的対応のみでの解決には限界がある。

気候変動問題特にCO₂問題が従来の環境問題と異なるのは、CO₂が化石燃料の使用により必然的に発生するため、エネルギー・資源問題そのものという点にある。このような視点からCO₂問題を考えれば、①化石燃料依存型

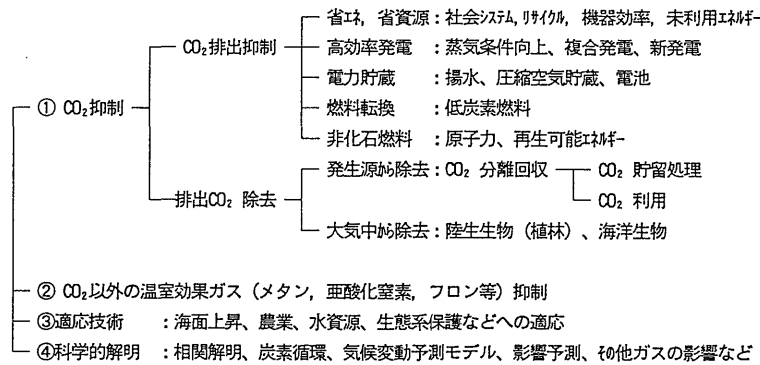
のエネルギー供給構造の現状, ②非化石燃料エネルギーの脆弱性, ③低炭素燃料への転換の限界, ④排出されるCO₂を除去・固定することの難しさ, などの理由から, 排出抑制の難しさの現状が再認識される。このような背景のもと, まず取り組むべきことは, 各エネルギーの特長を生かしたバランスのとれた構成, それ自体有益な省エネ・省資源あるいは植林を国際的に推進することである。それと同時に将来への対応のための非化石燃料エネルギー・CO₂固定のための技術開発を加速する必要がある。

CO₂固定技術については, 現状では量的な問題から所

要エネルギー, コスト面で適用はかなり難しい面があるものの, CO₂を直接抑制できる方法であり, 今後とも重要な対応策のひとつである。そのため, エネルギーとコストが低減できかつ大量処理できるプロセスを長期的に開発してゆくことが重要である。その意味からも, CO₂の地中貯留はそのプロセスのシンプルさ, 大量処理の可能性など, エネルギーやコスト面でも最も実現可能性の高い有望な方法であり, 今後の技術開発が大いに期待される。

(電源開発株式会社)

Keywords : Climate Change, Carbon Dioxide, Abatement, Control



第1図 気候変動問題に対応するための研究開発分野

CO₂の溶解度特性

飯島正樹

CO₂による地球温暖化は化石燃料の大量消費に伴い引き起こされている為, エネルギー問題と表裏一体であり, その量が膨大であることが, CO₂処理対策がむづかしい所以である。

我々は, CO₂の処理技術として「地下帯水層へのCO₂処理に関する研究」に取り組んでいるが, CO₂の地中処理の方法は環境へのインパクトが少なく, 既存技術の延長線上で有り, CO₂対策として最も有力と考えられる。

ところで, CO₂の排出は, 化石燃料の燃焼によって排出されるだけでなく, 化石燃料の生産の過程で, 例えば地中から取り出された天然ガス中に含まれているCO₂をLNGプラントにおいて固化防止の為, そのほとんどを除去し, 大気に放出している例もある。

近年LNGの需要の高まりを受け, LNG用に天然ガス田の開発が活発に行われているが, これらの中にはCO₂を大量に含むものがある。現在アルタミナとエクソンはナツナ大ガス田の開発計画を進め, 西暦2000年頃から日本を中心とする極東地域にLNGを供給する予定である。

このガス田のガスは, CO₂を71%含む為, 天然ガス中のCO₂を除去した後, CO₂は近くの地下帯水層に圧入し, 大気中にCO₂を放出しないよう計画が進められている。

このように大量のCO₂を排出するプロジェクトにおいては, 今後CO₂の処理が必要条件となると考えられる。

我々は, 地下の化石水にCO₂を溶解する方法が最も安全確実な方法と考え研究を進めているが, 基礎データとしてのCO₂の水への溶解度特性を各種パラメーターを変化させ測定した。

CO₂の水への溶解度特性に影響するパラメーター

地下の化石水は, その状態が地層によりまちまちである為, 温度, 圧力, 塩分, メタン分をパラメーターとして下記の範囲において試験を実施した。

温度	30°C~100°C
圧力	0~200kg/cm ² G
塩分	0~20wt%
メタン分	0~100mol% (気相中のモル比)

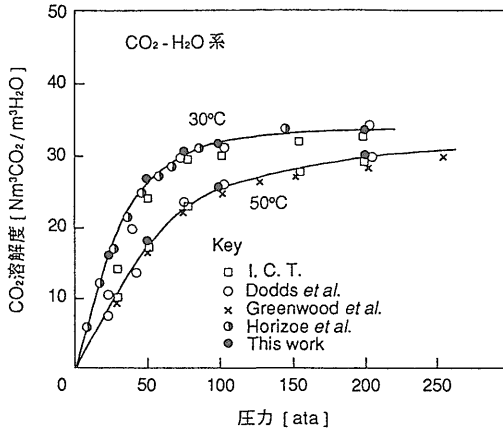
試験結果

我々の研究の測定値の信頼性を確認するために, 図1

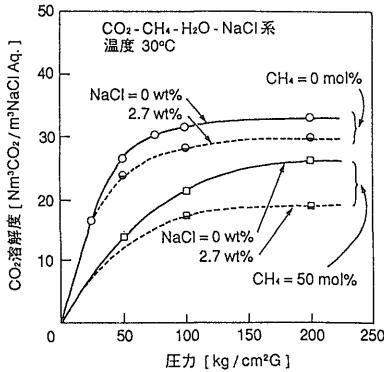
に温度30°C及び50°CにおけるCO₂のH₂Oへの溶解度文献値と本測定値の比較を示した。いずれの場合も、本測定値は文献値と良く一致しており、本測定値の信頼性を確認した。図2に30°Cでの塩分(NaCl)0及び2.7wt%の場合のCO₂の液相への溶解度を示す。2.7wt%と少量の塩分にかかわらず、CO₂の液相への溶解度は比較的大幅に減少した。また、気相中にメタンが50mol%含む場合は、メタンを含まない場合に比べてCO₂溶解度に対する塩分の影響が大きい傾向がみられた。図3に、50°Cでの気相中のメタン濃度とCO₂の液相への溶解度の関係を示す。気相中のCO₂分圧にほぼ比例して、CO₂液相への溶解度は減少した。

(三菱重工業株式会社)

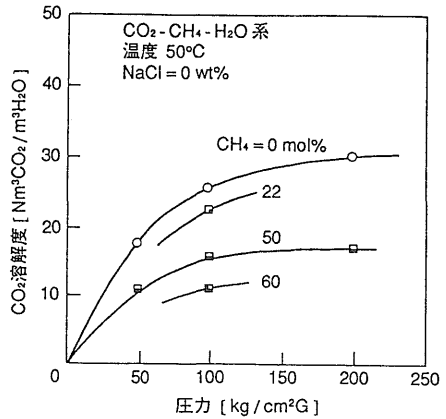
Keywords : Phase Equilibrium, Carbon Dioxide, Aquifers, Solubility in Water



第1図 温度30°C及び50°CにおけるCO₂のH₂Oへの溶解度文献値と本測定値の比較



第2図 30°Cでの塩分(NaCl)0および2.7wt%の場合のCO₂の液相への溶解度



第3図 50°Cでの気相中のメタン濃度とCO₂の液相への溶解度の関係

CO₂の地中圧入システム

田崎義行

温暖化を解決するためにはエネルギー利用効率の向上、エネルギー源の非化石燃料化あるいは低CO₂排出エネルギーへの転換、排ガスからのCO₂分離回収して固定、植林による大気中のCO₂吸収固定などといった対策が考えられる。研究発表会のテーマ「CO₂の地中貯留」はCO₂固定化であり、その中で地中圧入システムについての発表を担当した。

CO₂を地中に圧入する技術はCO₂攻法と言われる原油増進回収法で研究されている。現在、米国を中心に多数のCO₂攻法プロジェクトが進行していることから、CO₂圧入技術はほぼ確立したと見て良い。しかし、温暖化防止を目的にCO₂を地中貯留するときには原油増進回収と違った面から技術的課題が出てくる。また、処理コストの問題も重要である。そこで、CO₂地中貯留プロジェクトを想定してシステムの概略設計を行い、設備費とCO₂トン当たりの処理コストを試算した。

大規模な固定発生源からの排ガスに含まれるCO₂を日量5千トン回収し、20年間処理し続けるためには、帯水層1 km²当たりのCO₂貯留可能量を492千トンとすると、約80 km²の帯水層が必要となる。この規模の帯水層が火力発電所から10 km離れたところに広がっていると仮定した。CO₂の圧入方式にはガス状と液状の2方式があるが、

このシステムではガス状圧入を採用した。

排ガスから分離回収したCO₂は大気圧かそれに近い圧力となっている。これをまず低圧コンプレッサーで圧縮、冷却を繰り返しながら、デハイドレーターで脱水する。次に、高圧コンプレッサーで輸送と圧入に必要な圧力まで昇圧する。昇圧したガス状CO₂をパイプラインで配給所へ送り、そこから複数の圧入基地に配分、圧入井で地下深部へ圧入する。地下水にCO₂が溶解すると地下水の膨張が起り、地層圧の上昇を引き起こす。これが地表へのCO₂漏洩の原因となる可能性があるため、揚水井を掘り、地下水を汲み上げて地層圧とCO₂流動をコントロールする。CO₂の置換効率を良くするために汲み上げた地下水の一部を水処理の後、再び帯水層に圧入する。残りの水は排水管を通して海に捨てる。

このようなシステムで日量5千トンのCO₂を地下圧入するために必要な設備の建設費は約460億円となった。そして、CO₂トン当たりの処理コストは約3千円となった。このシステムでは高圧コンプレッサーが所要電力の大半を消費する。電力は発電所から供給されるので処理コストに含めず、発電所の電力ロスとした。所要電力は73kwt/トンCO₂程度となった。

地中圧入システム概略設計と処理コスト試算の結果、CO₂地下貯留が温暖化対策として有望な方法と考える。今後の研究課題は地下に圧入されたCO₂がどのような挙動をとるかを解明していくことにある。

(関東天然気期開発株式会社)

Keywords : exhaust gas, aquifer, injection well, CO₂ flooding

大規模な地下水流動と物資運搬

丸井敦尚

富士山の北麓を流下し富士五湖のうち特に西湖に流出する地下水と関東平野を東京湾に向かって流動する地下水を例に挙げ、それぞれの地下水流動系の中での地下水流動の時間スケールと地下水の水質からみた物質運搬(溶存成分として運搬される物質)について議論した。

富士山北麓を流下する地下水は、富士五湖や忍野八海を形成していると言われ続けてきたが、正確な地下水流動の速度や涵養域の限定などはこれまでなされていなかった。本研究においては視点を地下水流動系の解明におき、西湖およびその上流域において集中的な地下水流動調査を実施した。その結果、地下水流動系の出口である西湖の湖底において湖内湧出水を発見した。湖内湧出水は直径2~3cmの流出口を形成して流出しており、深度20~40mの間で無数に存在しているが主に20~30mの間

の流出が活発であった。この湖内湧出水の噴出の様子をビデオで紹介した。さらに、西湖の上流域において行った地下水流動調査では、既存井や風穴内において採取した地下水の水質分析を行い、地下水の流動方向を確認するとともに、西湖湖底に湧出していた湖内湧出水が上流域より流下した地下水であることを確認した。

さらに大きなスケールの地下水流動である関東平野の地下水に関しては、関東平野を構成する地層の堆積構造と関連させた地下水流動系の解明を目的としての予察的な研究を行った。関東平野を構成する地層は、一般に上位より関東ローム層、下総層、上総層、三浦層の順で堆積しており、三浦層の下位に基盤岩類を有すると考えられている。現在のところ三浦層よりも上位の地下水は流動していると考えられているが、地盤沈下などを引き起こす原因となった流動し易い地下水は下総層内のものであり、今日深層ボーリング等と称して開発している地下水も上総層内のものである。従って、今日我々がとらえている地下水流動とは、関東平野のごく表層部分のものであり、今後はより深層の三浦層内をゆっくりではあるが大量に流れる地下水を考慮にいれなくては関東平野の地下水流動系を把握したことにはならないと考え、三浦層まで含めた関東平野の全体的な地下水流動の概念を提示した。これと同時に、この関東平野の大きな地下水流動系を解明するためには、その出口である東京湾内において湧出する地下水のサンプルを採取・分析することが最も効果的な方法であると強調した。

(環境地質部)

Keywords : Large-scale groundwater flow system, Groundwater constituents, Submarine groundwater discharge.