

CO₂回収貯留技術(CCS)利用の長期戦略は?

CO₂を削減する技術として、原子力、再生可能エネルギーに並んで注目されているのがCO₂回収貯留技術(CCS)である。日本は、この技術とどのように付き合っていけばよいだろうか?



杉山 大志 *SUGIYAMA Taishi*

一般社団法人 キヤノングローバル戦略研究所 上席研究員

CCSとは何か?

CO₂回収貯留技術(Carbon Capture and Storage, CCS)とは、火力発電所からのCO₂を回収し、地中に貯留する技術である(製鉄所等の大規模な排出源もCCSの対象となるが、本稿では専ら発電所に注目する)。CCSは地球温暖化問題を引き起こすCO₂の排出を削減する方法として提案され、研究されてきた。現在は、概ね基礎研究ないし実証試験段階にあり、普及段階には至っていない。

いまパリ協定では、2℃を十分下回るという目的が国際的に合意され、これを実現するためには電力の低炭素化が最も重要な柱となる。電力の低炭素化には三つの手段があるとされる。原子力、再生可能エネルギー、CCSである。

このうち、原子力は技術的・経済的には有力な選択肢であるけれども、政治的・制度的にどの程度普及を拡大できるか、予断ができない。再生可能エネルギーは、供給量に限界があるのと、間欠性という問題が未解決であり、これもどの程度電力供給を担えるかは予断できない。するとやはり火力発電が電力供給の一環を担い続けることになる。これとCO₂の大幅な削減を両立したければ、CCSが必要になる。

このような認識は共有されてきたものの、CCSの普及はほとんど進んでいない。これはなぜだろうか。どのようにすれば、大規模な普及が可能になるだろうか。

CO₂回収の方式①: エンド・オブ・パイプ

CO₂回収の技術には、大きく分けて二つの方式がある。

第一に、既存の発電所にCO₂回収装置を付け足すという設計がある。例えば、CO₂は酸性なので、アルカリ性の溶液で吸収して回収する方法がある。吸収したCO₂は、溶液を加熱して再び気体に戻し、あとはポンプで地中に押し込んで貯留する。

このように、既存の発電所(や工場)に対して、その排出を処理するための装置を付け足すことを、一般的には「エンド・オブ・パイプ」型の環境対策と呼ぶ。エンド・オブ・パイプ型の環境対策の利点は、既存の技術を活用できることである。実際に、多くの環境問題はエンド・オブ・パイプ型の環境対策で解決されてきた。例えば、発電所であれば、SO_xの排出削減対策の切り札となったのは排煙脱硫設備だった。また、自動車の排気ガスの削減の切り札となったのは三元触媒技術だった。

CO₂回収におけるエンド・オブ・パイプ型の方法の現在の課題は、CO₂を回収するためのエネルギーが多く必要であり、そのため発電コストも高くなることである。

CO₂回収の方式②: CO₂回収を前提とした発電システムの構築

CO₂回収の第二の方法は、全く新しい発電システムを設計することである。

いま世界中で使われている発電所は、原理的には何十年もほとんど変わっていない。空気と燃料を混ぜて、燃焼し、発生した高温・高圧なガスを作動流体としてタービン(羽車)を回すか、あるいは、お湯を沸かして蒸気を作動流体としてタービンを回すものである。CO₂は、空気から取り込まれた大量の窒素とともに排出される。エンド・オブ・パイプ技術では、CO₂を大量の窒素から

分離するために、多大なエネルギーとコストがかかることになる。

これに対して、初めからCO₂を回収することを前提として、全く新しい発電システムが考案されてきた。例えば、まず大気から酸素を分離し、それを天然ガス(メタン)とともに、大量のCO₂の中で燃焼させ、排出するのはCO₂と水のみとする。酸素を分離するにはエネルギーが必要になるが、これはガスタービンからの排熱を活用して節約する。

このような全くの新方式だと、技術開発上の課題も多いが、新たなメリットを活かすこともできる。燃料を窒素と一緒に燃焼することがないので、NO_xが発生しない。通常は大気汚染物質であるNO_xを抑制するために希薄燃焼技術を用いるが、これは安定した燃焼をさせることは容易ではないので、これをしなくてよいことはメリットになる。また、酸素を分離する際にアルゴンや窒素なども高純度で得ることができれば、それは副製品として売ることができる。

そんなうまい話があるならば、どうしてこれまで実現されなかったのか、と訝しむ向きもあるかもしれない。だが、これまでは、既存の火力発電技術の改善は大きな成果をもたらしてきたので、全く新しい方式にはそれほど注意が払われてこなかった。また、全く新しい技術といっても、既存の火力発電所の漸進的改善で培われた技術力があって初めて実現できるようになってきた。

エンド・オブ・パイプ型の場合、発電コストは必ず一定程度上昇することになる。だが、全く新しい発電システムであれば、新たなメリットを十分に活かすことができれば、発電コストを増加させずに済むかもしれない。

もちろん、最終的にどちらのほうがコストが低くなるかは予断できない。環境問題の解決にはエンド・オブ・パイプ型が多く寄与してきた。だが、CO₂回収を前提とした全く新しい発電システムについても、魅力的な提案がなされている。

日本におけるCO₂貯留の難しさ

以上はCO₂の回収までの話であったが、回収したCO₂は地中にポンプで圧力をかけて埋めねばならない。このための動力はあまり大きくなくてよいが、埋めたCO₂が地上に戻ってこない場所を探さねばならない。

世界全体を見渡せば、気体が地中に貯まる場所は多くある。実際、天然ガスはそのような場所から産出されている。ガスがたまるためには、砂岩で隙間が沢山あればよい。ガスがそこから大気中に漏れないためには、泥岩などのきめの細かい岩があって、ガスの上からおわんのフタのように覆いかぶさっていればよい。ただし、断層などがあって隙間があれば、そこからガスは漏れてしまう。

残念ながら、日本では天然ガスはほとんど産出されない。これは、日本の地下は断層なども多く、気体が貯まる構造になっている場所が稀なためである。

このことは、重ね重ね残念ながら、CO₂を貯めることのできる場所もほとんどないことを意味する。日本はエネルギーが乏しく輸入に頼っているけれども、じつはCO₂を貯めることのできる場所も乏しい。

米国の動向

CCSを快適に実施するためには、CO₂を貯留する場所が必要で、しかもその開発がしやすい事業環境が整っている必要がある。良い事業環境とは、事業を妨げる政策や規制がなく、事業を実施するにあたってのエンジニアリング能力の高い企業が揃っていることである。これは米国を置いてない。シェールガス・シェールオイル産業の近年の大成功からもわかるように、米国の事業環境は世界でも群を抜いている。さらに、米国では石油産業が発達しており、そこでは石油の増進回収(EOR)用途にCO₂が利用されている。これもCCSの採算を向上させる。

その米国で、注目すべき動きが始まっている。45Q項という規定によって、CCSによるCO₂削減に対して政府から補助が与えられることになった*1。具体的には、2024年までに運転開始するプラントに対して、12年間にわたり1tのCO₂貯留につき30ドルから50ドルの税額控除が与えられることになった。これを受けていくつかの事業者がプラントの建設に動いているという。

1tあたり50ドルということを少し考えてみよう。日本のCO₂排出量はだいたい毎年12億tである。この約1割である1億tを減らすとすると、1tあたり50ドルであれば、毎年50億ドル、日本円だとだいたい5,000億円になる。結構高いが、しかし、日本が太陽電池に毎年3兆円の追加費用をかけていることと比較してみるとよい。太陽電池による年間のCO₂削減量は1億tの半分にも届かない。

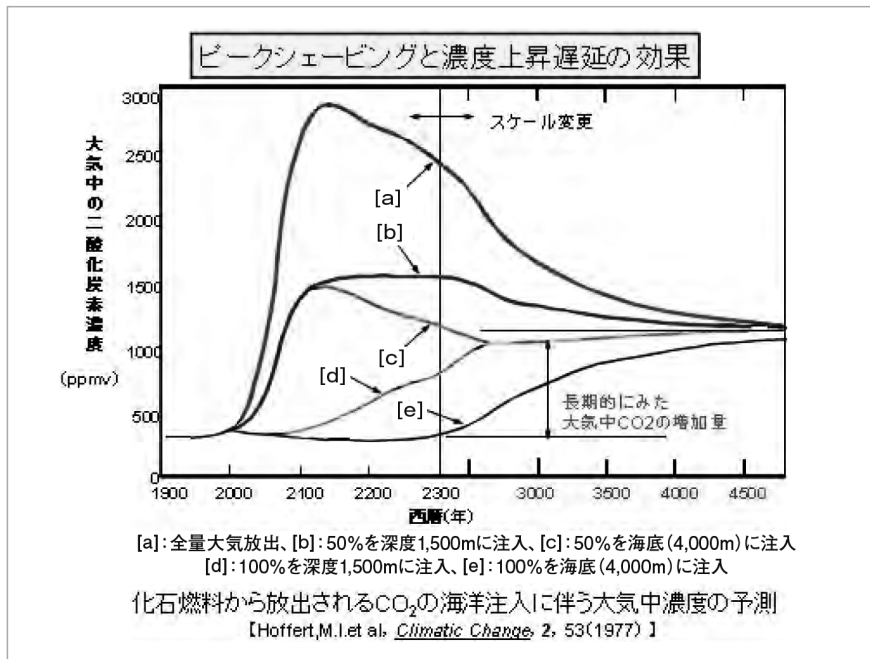
そして米国のこの試みは、ひとたび成功すれば、補助率を徐々に下げて、さらに安価なCCSを実現してゆくことになるだろう。

エンド・オブ・パイプ型のコストが下がるのか、あるいは、新しい発電システムによってコストが増えることなく実現できるようになるのか、それは現時点ではわからない。もちろん、すべて失敗する可能性もある。しかし、この米国政府の試みは十分にやってみる価値のあるものに思う。

日本企業による海外事業を支援すべし

CCSでは、海外事業において日本企業が活躍して

図1／海洋隔離による大気中CO₂濃度の変化



(出典: RITEホームページ, https://www.rite.or.jp/Japanese/project/kaiyo/1kaiyo/kaiyo_02_03.html)

※海洋貯留によって大気中CO₂濃度がどのように変わるかを計算した結果。縦軸は大気中CO₂濃度、横軸は時間(左半分は100年刻み、右半分は500年刻み)

2100年までに、埋蔵化石燃料約7,000Gt-Cの90%を使い果たすという(かなり極端に排出量が多い)想定での試算。

- (a) 海洋貯留を行わない場合
- (b) CO₂の50%を1,500mの海中へ貯留
- (c) CO₂の50%を4,000mの海底へ貯留
- (d) CO₂の100%を1,500mの海中へ貯留
- (e) CO₂を100%回収して4,000mの海底に貯留

いる。既存の火力発電プラントの技術開発・製造で培った技術力が活かされている恰好だ。単独の事業ではなく、海外企業とのアライアンスが組まれている。

すでに述べたように、日本には残念ながらCCSの適地が乏しい。だから国内市場を造ることは当面諦めたほうがよい。だがこのことは、むしろ逆手に取ったほうがよい。

というのは、温暖化問題を巡って、日本政府は何度か国内市場をつくろうと試みてきたが、失敗に終わったからである。太陽電池については、国内産業を振興すべく全量買い取り制度(FIT)で大量導入を図ったが、日本の太陽電池産業は国際競争に敗れ壊滅した。また、フラットディスプレイ産業を振興すべくエコポイント制度で1兆円規模の支援をしたが、これも裏目に出て、結局は国際競争に敗れた。政府によって国内に強引に市場をつくろうとする試みは、産業の育成にはつながらなかった。

逆にCCSの場合、国内に市場はないが、だからといって日本に産業が育成できないわけではない。海外で事業をする企業を支援することで、国際的な市場を取っていくことができると期待したい。政府は、海外でCCSを実施する事業者に対して、例えば設備の輸出や投資を融資や保険などで支援したり、あるいは研究開発を支援することができる。米国のCCS支援制度と類似の支援を、海外でCCS事業に参加する日本の事業者に対して実施することもできるのではなかろうか。

これは日本国内での排出削減には帰結しないが、構わない。日本企業が技術力を蓄えて海外で事業ができるようになり、かつ、それを通じて地球規模での温暖化対策に寄与すればそれでよい。日本は技術力で世界全体の排出削減に寄与するという考え方は、今年策定さ

れたエネルギー基本計画でも明確に位置づけられており、これは日本が目指している「2050年までに80%の温室効果ガス排出を削減する」という目標の一部に位置づけられている。

カーボンプライシングやCCSレディは有害

CCSを推進するためとして、日本国内でカーボンプライシング(環境税ないし排出量取引制度)や、CCSレディ規制(エンド・オブ・パイプのCCSをあとから設置できるように火力発電の設計をしておくこと)などの規制強化を説く人々がいるが、これは全く状況を理解していない。

日本ではCO₂を貯留する場所が乏しいためにCCSは当面は技術的にも経済的にも成立する見込みはほとんどない。このことは、どんなに高い環境税を課しても、どんなに厳しい排出量制限をしても変わらない。CCSレディにするといっても具体的にどこに貯留すればよいのかもわからないのでは設計のしようもない。そもそも、将来においてどのようなCCSが有望なのかも現時点ではわかっていない。

このような段階で規制導入を匂わせるような発言をすることは、電気事業者の態度をいたずらに保守化させ、肝心の技術開発にも水を差すことになり、逆効果である。

海洋貯留の再評価と研究再開を

日本でCCSを推進することは一筋縄ではいかない。地中貯留についていえば、船で海外にCO₂を輸送して貯留する方法が考えられるが、やはりコストは一段高くなるだろう。あるいは、あまり理想的ではない地質構造

であってもCO₂を貯留することができるかもしれない。しかしやはりこれもハードルは高いだろう。

じつは日本にとって有望なCCSは、海洋へのCO₂への貯留である。日本はかつてこれを真剣に考え研究していたが、海洋へのCO₂の貯留は海洋の汚染であるとして国際的に反対運動がおこり、頓挫した経緯がある。残念ながら、今でもこれはタブー扱いられている。

海洋へCO₂を貯留すると、深さや場所にもよるが、数百年から数千年はCO₂は海にとどまり、大気中のCO₂濃度は高くない(図1)。

この図は、わかりやすくするために、化石燃料を2100年までにはほぼ使い尽くすという極端な前提をおいた試算となっている。実際にはそれほど化石燃料を使うことはないし、また、世界の多くの国々ではCCSは地中貯留ができるだろうから、海洋貯留の量はもともとずっと少なくなる。すると、縦軸であるCO₂の濃度は比例的に小さくなる。この図の縦軸は、その絶対値は重要ではなく、曲線の間の相対的な関係のみをみるためのものである。大気に排出される場合に比べて、CO₂を海洋に貯留すると、それは時間をかけてゆっくりと大気に戻るということを示している。

この図からわかることは、海洋貯留は、地球温暖化問題に対する時間稼ぎとしては十分効果がある、ということである。

地球温暖化の何が困るかといえば、あまり急激に温度が上昇した場合に、人間が適応しきれなくなることである。だが、ゆっくり時間をかけての温度上昇であれば、深刻な被害があるとは考えられない。過去100年で地球の平均気温は1℃上がり、北半球では50年で1℃上がった。しかし、深刻な被害の増大などなかった。むしろ、この間、技術が進歩し経済力がついて防災インフラが整備されたおかげで、自然災害による被害は劇的に低減した。

地中に貯留できる国はそうすればよいが、日本のように地中貯留が難しい国は、海洋に貯留することで、地球温暖化を大幅に遅らせることができる。そして、大幅に遅らせることは、その被害を大幅に軽減することになるから、じつは温暖化問題の解決にほぼ等しい。このような観点から、海洋貯留を再評価し、研究を再開することが望ましい。

*1 45Q項について、規定のリンク等を日本語で紹介しているものとして、JANUSホームページ、
<http://www.janus.co.jp/Default.aspx?TabId=77&bid=580&dispMid=496>
 解説記事は英文のものしか見当たらないが、例えば以下、
<https://www.greentechmedia.com/articles/read/can-updated-tax-credits-make-carbon-capture-mainstream#gs.4ZOnOVs>
 なお、グーグルで「45Q tax incentives」で検索するとほかにもいくつか記事が出ている。

公害防止管理者 通信教育

●環境の現場で働く「公害防止管理者」

日本の公害防止対策に大きな役割を果たしている公害防止管理者。法律に定める特定工場では、公害発生施設の種類や規模に応じた資格を取得した者を「公害防止管理者」として選任します。

●資格取得をサポートする「通信教育」

公害防止管理者 通信教育は、資格取得が困難といわれる公害防止管理者の国家試験対策をサポートするための講座です。

●「通信教育」の3つの特長

- ①重要ポイントが一目でわかる勉強しやすい教材
- ②わからないところが質問できるオプション付き
- ③自分のペースにあわせたスケジュールで学習

●受講料

- 大気管理コース・水質管理コース
 一般 40,100 円／会員*・学生 30,900 円
 - 科目別コース
 一般 9,200 ～ 13,500 円／会員*・学生 7,400 ～ 10,800 円(科目によって受講料が異なります。詳しくはウェブをご覧ください)
- (※一般社団法人 産業環境管理協会 会員)

●お申込み・お問合せ

受講のお申込みは随時受付中。詳しくは下記までお問合せください。



通信教育の教材見本

公害防止管理者 通信教育係

(一般社団法人 産業環境管理協会 人材育成・出版センター内)
 〒101-0044
 東京都千代田区鍛冶町2-2-1
 三井住友銀行神田駅前ビル
 TEL : 03-5209-7703 / FAX : 03-5209-7717
<http://www.e-jemai.jp/>
 E-mail : juken@jemai.or.jp