

CCS のコスト試算

電源開発 (株) 正会員 ○鳥羽瀬 孝臣

電源開発 (株) 正会員 庄路 友紀子

1. はじめに

化石燃料を用いて発電しながら脱炭素を実現できる CCS (Carbon dioxide Capture and Storage) は、電力の安定供給と気候変動緩和を両立させることのできる革新的技術開発として期待が寄せられる一方で経済性に関する知見が少ない。本稿では、CCS の経済性評価に資するコスト試算を行ったので、その概要を報告する。

2. CCS の概要

CCS は図-1 に示すとおり、火力発電所等で発生した CO₂ を大気に排出することなく分離回収 (Capture) し、貯留サイトまで輸送し、地中に貯留 (Storage) するものである。地中貯留は帯水層貯留と呼ばれる方法が一般的であり、それは貯留層 (CO₂ が大量に貯留できるように浸透性が高く空隙が大きい地層) と、その上部に遮へい層 (密度が塩水より小さい CO₂ が上方へ移動しても漏洩しないように緻密で浸透性が非常に低い地層) がセットで存在することが必要である。火力発電所から貯留サイトまで CO₂ を輸送する必要があるが、日本国内の貯留サイトの多くは海域が想定され、CO₂ を圧縮液化して船舶で輸送することが有望視されている。船舶輸送の場合、輸送距離や地理的条件により、図-2 に示すとおり様々な輸送、地中貯留の方式が考えられる。

3. 検討条件

CCS の設備構成の検討及びコスト試算を行うに際して次の条件を設定した。①CO₂ 処理量：500 万 ton-CO₂/年、②回収 CO₂ の純度：99.5%，③操業期間：40 年、④輸送距離：200km～1,000km、⑤貯留層の圧入性能：25～100 万 ton-CO₂/年・坑井、⑥圧入坑井の坑間距離：1～10km。コスト試算では、アボイデッドコスト (CO₂ 処理量に対して CCS の工程上必要な電力、燃料消費等に伴う CO₂ 排出量を控除したコスト) を考慮した。

4. CO₂ の分離回収と圧縮液化

高効率型石炭火力である IGCC 発電を対象として、CO₂ の分離回収は物理吸収方式で検討を行った。分離回収された CO₂ を貯留サイトまで輸送する際には、CO₂ を圧縮液化 (CO₂ ガスを液化することにより体積を約 530 分の 1 に圧縮) して船舶輸送する。CO₂ 液化の温度、圧力条件は、輸送船や中間貯蔵用の鋼製タンクの板厚等を考慮し、温度 -46℃、圧力 0.70MPaG が最適であるとの検討結果を得た。この場合の鋼製貯蔵タンクの耐圧構造は、最大球形直径 24m、最大板厚 38mm、最大容量 6,800m³ である。分離回収のコストは 2,770 円/ton-CO₂、圧縮液化のコストは 1,330 円/ton-CO₂ である。(表-1 を参照)

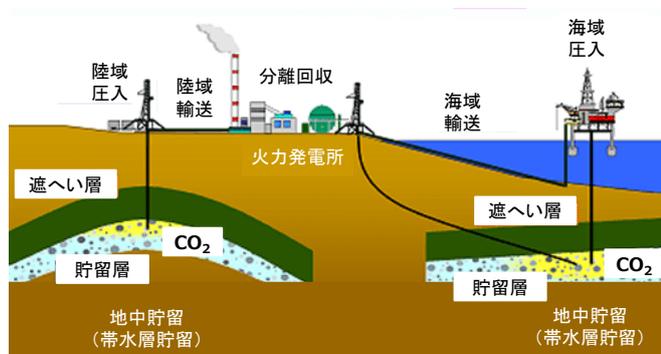


図-1 CCS のイメージ
(METI 「CCS2020」を参考に一部修正)

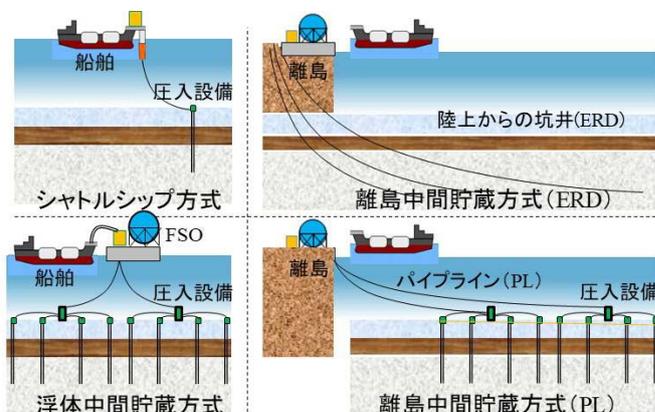


図-2 CO₂ の輸送、地中貯留方式

キーワード CCS, 経済性, コスト

連絡先 〒253-0041 神奈川県茅ヶ崎市茅ヶ崎 1-9-88 電源開発(株)茅ヶ崎研究所 TEL 0467-88-7854

5. CO₂の輸送と地中貯留

CO₂の輸送，地中貯留に関して，図-2に示す4つの方式を検討した．

(1) シャトルシップ方式

液化CO₂を貯留サイトまで船舶輸送し，当該船舶（CO₂輸送船）から圧入設備に接続してCO₂を圧入する．本方式は，輸送船が圧入時に貯留サイトに停泊する必要があるため，輸送船の拘束期間が長くなる．CO₂輸送船は新規建造し耐用年数20年として，運航サイクル等を検討した結果，輸送距離200km，500kmの場合は輸送船（積載量40,000ton）を3隻，輸送距離1,000kmの場合は輸送船（積載量40,000ton）を4隻調達する必要がある．輸送距離1,000km，貯留層の圧入性能50万ton-CO₂/年・坑井とした場合の輸送コストは3,080円/ton-CO₂，貯留コストは2,320円/ton-CO₂である．（表-1を参照）

(2) 浮体中間貯蔵方式

液化CO₂を貯留サイトまで船舶輸送し，貯留サイト付近の洋上に浮体中間貯蔵設備（FSO：Floating Storage and Offloading system）に積替えて，FSOから圧入設備に接続してCO₂を圧入する．本方式は，輸送船の拘束期間は短い．FSOは新規建造し耐用年数40年として，運航サイクル等を検討した結果，FSO（積載量80,000ton）を1隻と，輸送距離200km，500kmの場合は輸送船（積載量40,000ton）を2隻，輸送距離1,000kmの場合は輸送船（積載量40,000ton）を3隻調達する必要がある．輸送距離1,000km，貯留層の圧入性能50万ton-CO₂/年・坑井とした場合の輸送コストは2,490円/ton-CO₂，貯留コストは2,320円/ton-CO₂である．また，貯留層の圧入性能を25万ton-CO₂/年・坑井と100万ton-CO₂/年・坑井とした場合の貯留コストはそれぞれ3,760円/ton-CO₂と1,580円/ton-CO₂である．貯留層の圧入性能によって貯留コストに大きな影響を与えることが分かる．（表-1を参照）

(3) 陸上浮体中間貯蔵方式（ERD）

液化CO₂を貯留サイト付近の離島まで船舶輸送し，離島に中間貯蔵設備を設け，そこから貯留層に向けて大偏距井（ERD：Extended Reach Drilling）を設置してCO₂を圧入する．輸送距離1,000km，貯留層の圧入性能50万ton-CO₂/年・坑井，圧入坑井（ERD）の長さ5kmとした場合の輸送コストは2,230円/ton-CO₂，貯留コストは1,250円/ton-CO₂である．（表-1を参照）

(4) 陸上浮体中間貯蔵方式（PL）

液化CO₂を貯留サイト付近の離島まで船舶輸送し，離島に中間貯蔵設備を設け，そこから貯留サイトまでパイプライン（PL）を敷設し，海底部の圧入設備に接続してCO₂を圧入する．離島から貯留サイトまでの距離が6km以上の場合にはERDは技術的に困難と考えられ，パイプライン（PL）を敷設する方が有利である．輸送距離1,000km，貯留層の圧入性能50万ton-CO₂/年・坑井，PLの敷設距離50kmとした場合の輸送コストは2,230円/ton-CO₂，貯留コストは2,490円/ton-CO₂である．（表-1を参照）

表-1 CCSのコスト

	貯留 圧入性能 ton-CO ₂ /年・孔	概算コスト（円/ton-CO ₂ ）				
		分離回収	圧縮液化	輸送	貯留	計
シャトルシップ方式	50万	2,770	1,330	3,080	2,320	9,500
浮体中間貯蔵方式	25万				3,760	10,350
	50万	2,770	1,330	2,490	2,320	8,910
	100万				1,580	8,170
離島中間貯蔵方式 （ERD 5km）	50万	2,770	1,330	2,230	1,250	7,580
離島中間貯蔵方式 （PL 50km）	50万	2,770	1,330	2,230	2,490	8,820

参考文献

鳥羽瀬孝臣・尾留川剛・庄路友紀子：CCSの経済性評価，No.402 電力土木 2019.7