

CCS (二酸化炭素回収・貯留) について

CCSとは、工場や発電所などから排出される二酸化炭素（CO₂）を含んだガスからCO₂を分離・回収して、地下深くの安定した地層の中に貯留する技術です。CO₂の大気中への放出を大量に削減できるため、省エネルギー、再生可能エネルギーなどとともに、地球温暖化対策に貢献していくことが期待されています。

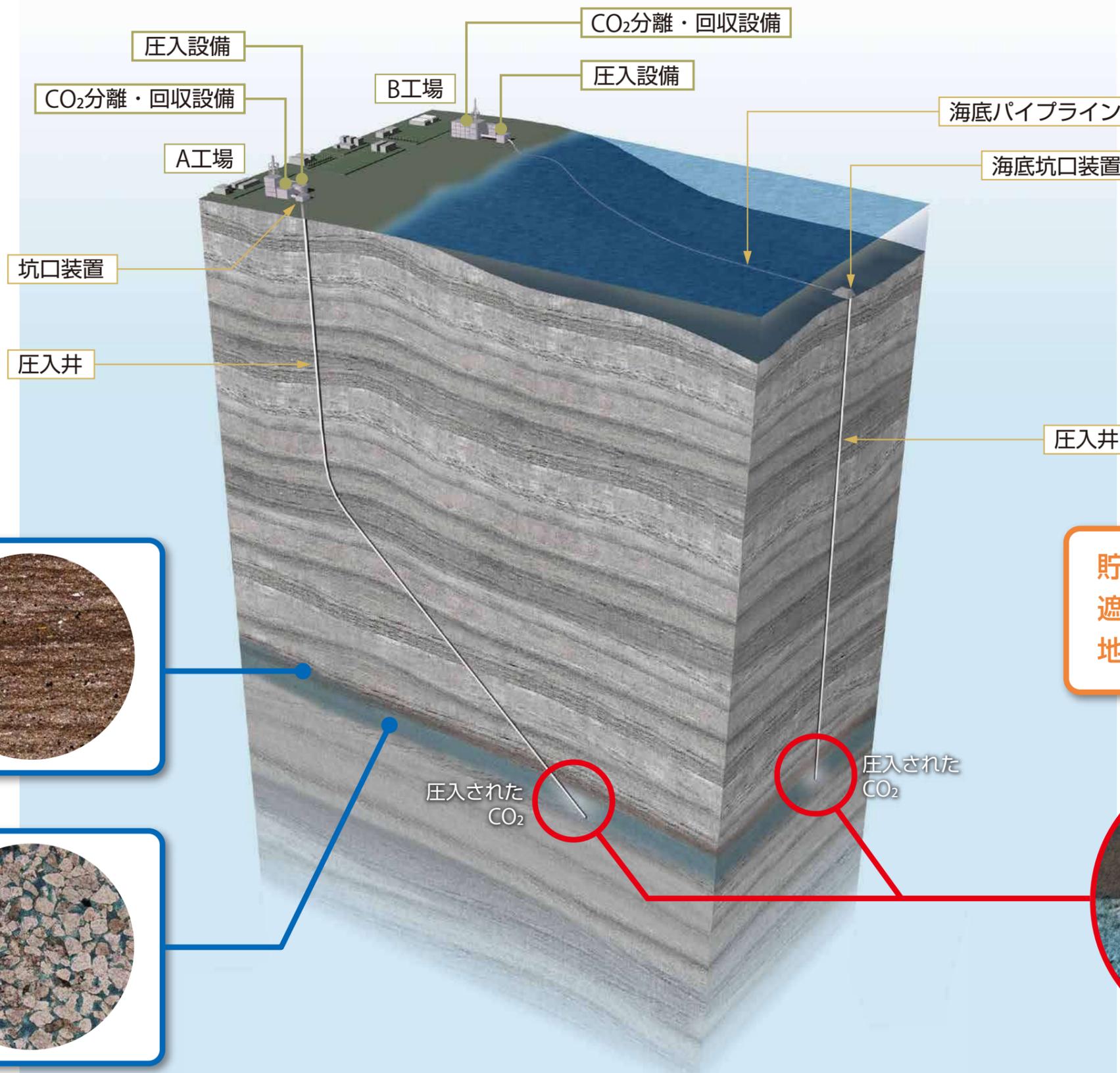
Carbon dioxide Capture and Storage

二酸化炭素(CO₂)を

回収して

貯留する

CCS概念図

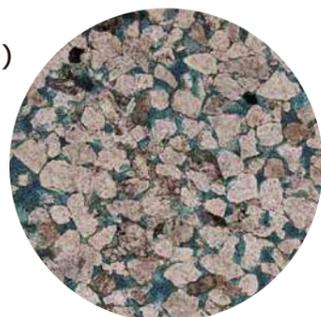


しゃ
遮へい層
(泥岩など)



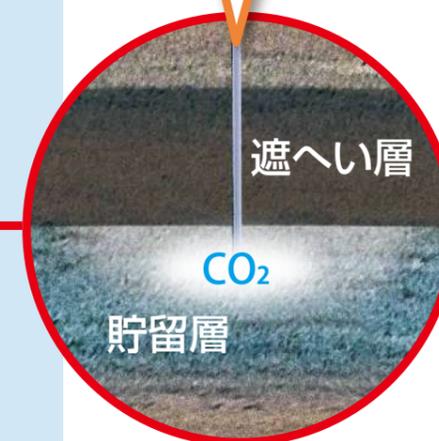
CO₂を通さない
泥岩などの層です。

ちよ りゅう
貯留層 (砂岩など)



すき間の多い
砂岩などの層で、
すき間にCO₂を
貯留します。

貯留層と、その上部に
遮へい層が存在する
地質構造が必要です。





CCSを構成する要素としては以下の3つの要素技術があります。

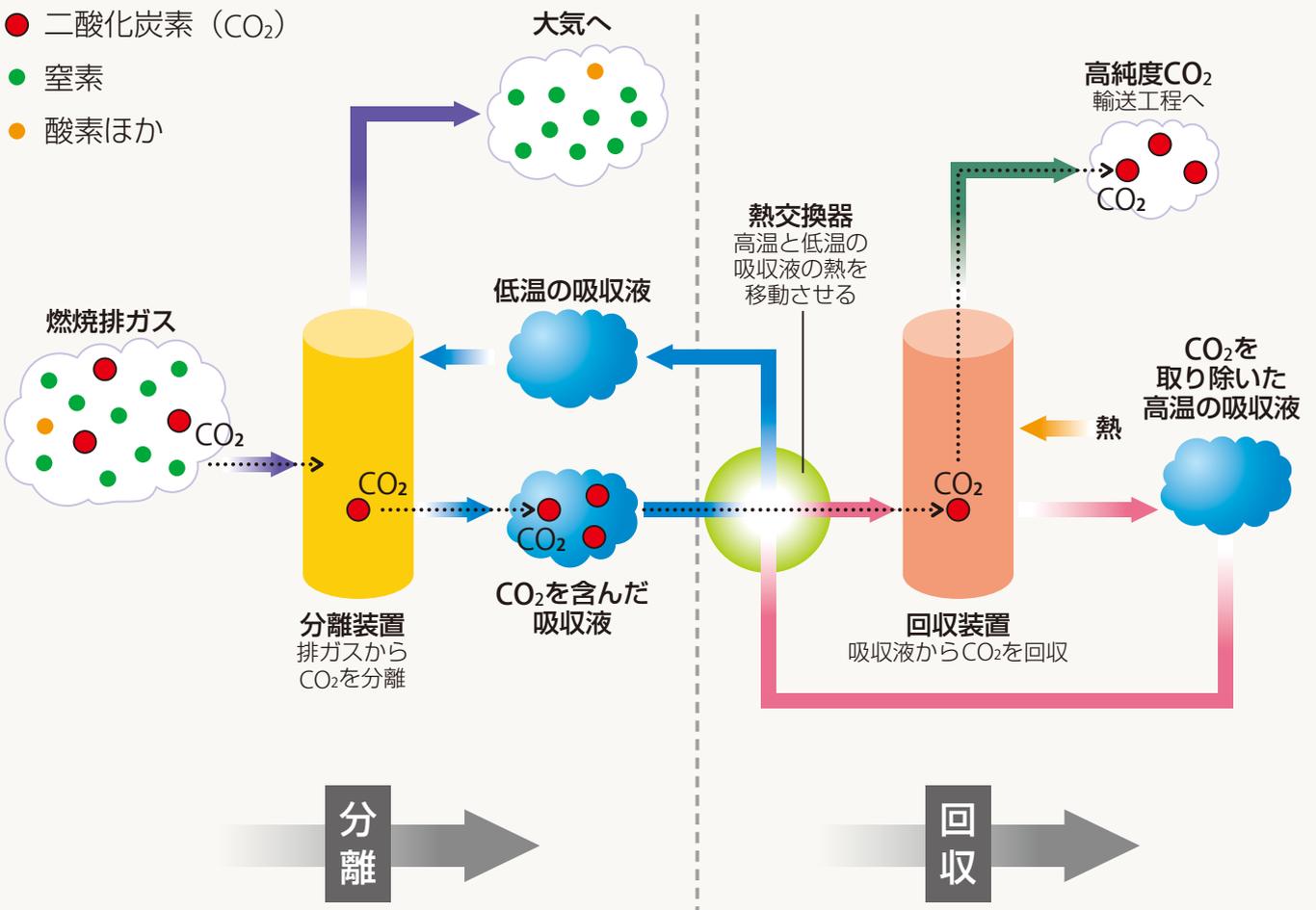
1. 分離・回収：工場・発電所などから発生するCO₂を含む排ガス等から、CO₂を分離・回収する。
2. 輸送：分離・回収されたCO₂を、貯留地点まで輸送する。
3. 貯留：貯留地点まで輸送されたCO₂を、地下1,000m以上深くにある上部を遮へい層で厚く覆われた貯留層に、圧入して貯留する。

CO₂分離・回収

CO₂を大量に排出する火力発電所や大規模な工場などで大気中へ排出されているガスからCO₂を分離した上で、高純度CO₂として回収します。

分離・回収方法の1つとして、アミン溶液などを利用した化学反応でCO₂を分離・回収する方法（化学吸収法）があります。

CO₂分離・回収概念図（化学吸収法）



苫小牧CCS大規模実証事業で採用したアミン溶液は、工業的に確立された技術として多くの国で広く利用されており、日本でも化学工場や国産天然ガスの生産工程で長期にわたり利用されています。今回の実証事業では、分離・回収に必要なエネルギーやコストの低減が可能なシステムを採用しており、CO₂を含むガスから安定して高純度CO₂（濃度99%以上）を分離・回収します。

CO₂輸送

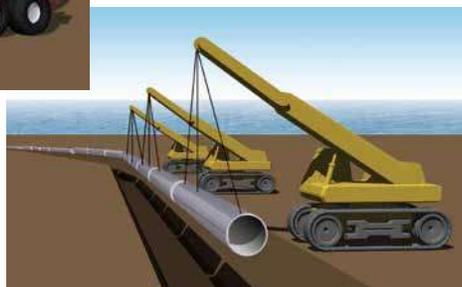
分離・回収されたCO₂を、地中に圧入する施設まで輸送します。輸送は、専用パイプラインや輸送船、少量輸送用のタンクローリー車や鉄道コンテナなどを使って行います。

日本においては、熔接や半導体の基盤洗浄、炭酸飲料、ドライアイスなどに利用されるCO₂がタンクローリー車などの専用車輦で日常的に輸送されています。

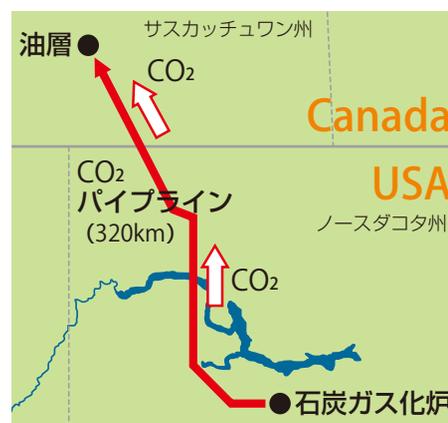
大量のCO₂輸送が可能なパイプラインについては、海外で主として枯渇しつつある油田にCO₂を圧入して原油を増産する施設の一部として利用されており、米国では年間3,000万トンのCO₂を輸送している実績があります。



タンクローリー輸送



パイプライン敷設方法



カナダ・ワイバーンプロジェクトの図
(Petroleum Technology Research Centre資料に基づき作成)

CO₂貯留

圧入井を掘削し、圧縮機を利用して、分離・回収したCO₂を私たちの生活空間から離れた地下1,000m以上深い地層に送り込み長期間にわたり貯留します。

① 貯留エリア

CO₂を貯める貯留層は、上部がCO₂を通さない泥岩などの地層（遮へい層）で覆われ、圧入されたCO₂が長年にわたり漏れないような地層であることが条件となります。また、活断層などが近くに存在しない地層が対象となります。これまでの貯留層賦存量調査で、日本におけるCO₂貯留可能量は約1,400億トンであるといわれています。これは日本の年間CO₂排出量の約100年分に相当します。

② 貯留のしくみ

貯留層は主に砂岩（砂が押し固められた岩石）から成り、岩石の砂粒の間には地層水（塩水）で満たされたすき間があります。このすき間にCO₂を貯留します。圧入されたCO₂は、地層の隙間にある地層水を押し上げて広がりますが、上部には遮へい層があるため、CO₂は貯留層内に留まります。長い年月を経過したCO₂は、地層水に溶解し、さらには周辺の岩石と反応して鉱物化し、長期間にわたり安定的に閉じ込めることができると考えられています。



リグ（掘削機械）



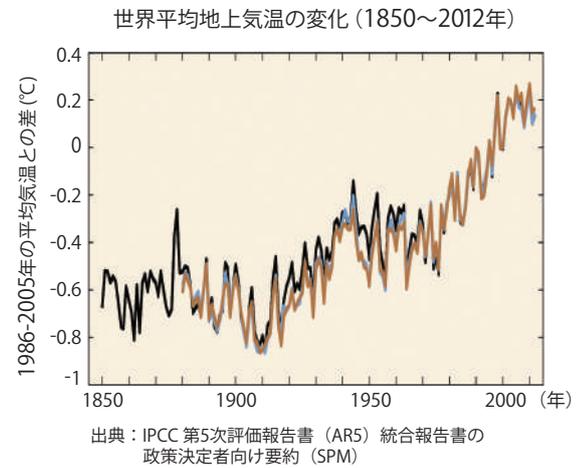
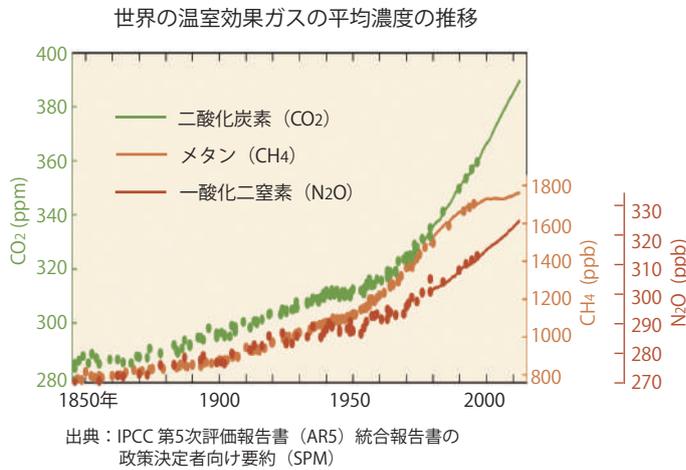
坑口装置



温暖化の主な要因はCO₂排出量の増加

IPCC※が2014年に発表した第5次評価報告書では、「気候システムの温暖化には疑う余地がない」「人間活動が、20世紀半ば以降の観測された温暖化の支配的な原因であった可能性が極めて高い」と記載されています。

※ Intergovernmental Panel on Climate Change：国連の気候変動に関する政府間パネル



今世紀後半に温室効果ガスの排出量を実質ゼロにする世界の目標

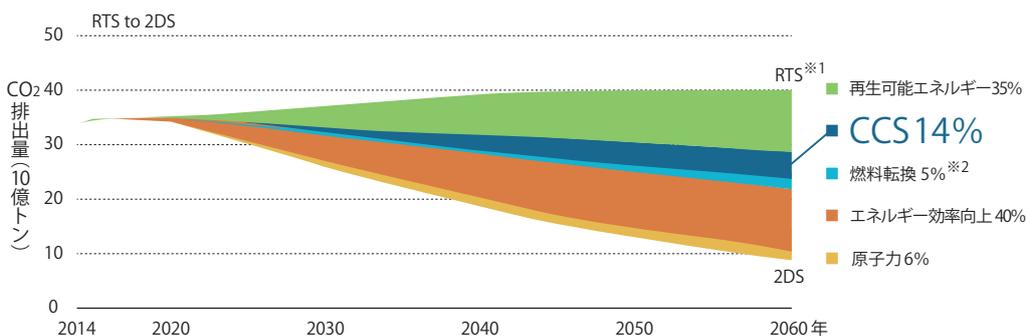
2015年12月にフランスで開催されたCOP21では、世界の全ての参加国が今世紀後半に人為的な温室効果ガスの排出と吸収を均衡させる新たな長期目標が合意されました（パリ協定）。

省エネルギーや再生可能エネルギーとともにCCSの開発・導入が必要

CO₂の大幅な排出削減のためには、温暖化対策を役割に応じて総動員していくことが必要と考えられています。2008年7月に開催されたG8北海道洞爺湖サミットでは、地球温暖化への取り組みとしてエネルギー効率の向上、再生可能エネルギーの促進などとともにCCSおよび先進的なエネルギー技術の開発と展開の必要性が確認されています。そして、2018年には、CO₂を地中に圧入する運転を続けている大規模CCSプロジェクトは、世界で18件にまで増えています。

このような世界的な大きな潮流の中で、日本でもCCSの大規模実証事業が行われています。

2060年までの累積CO₂削減量

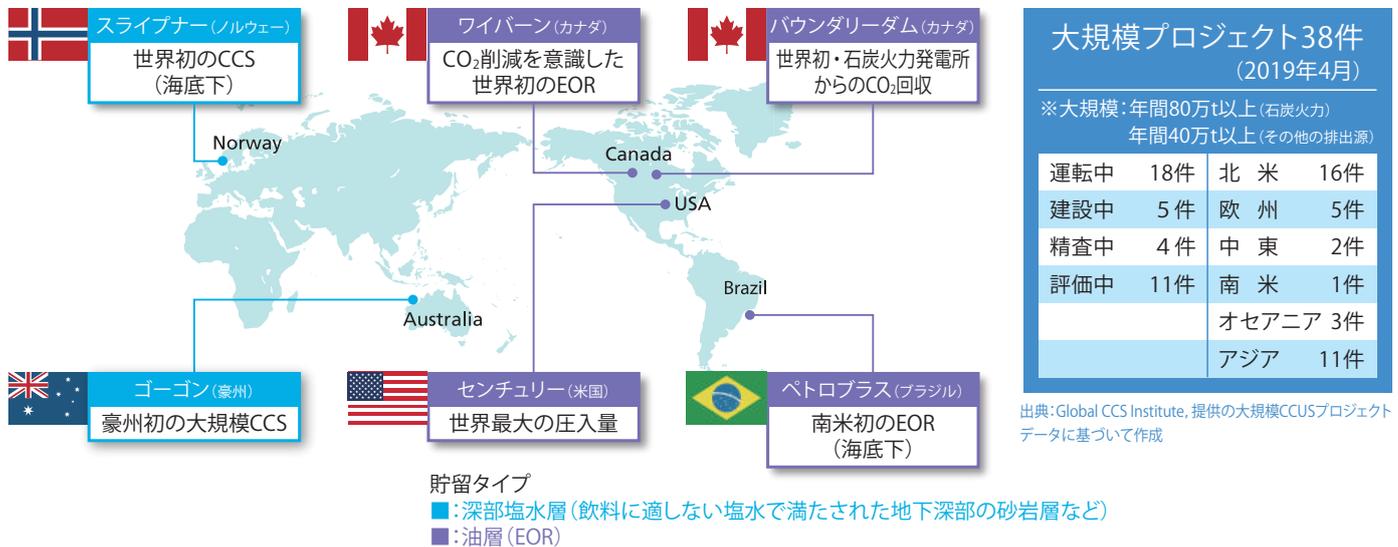


パリ協定（2015年）で、世界中の国々が参加して温暖化防止に取り組むことが合意されました。21世紀の後半に世界の温室効果ガス排出を実質ゼロにするために、CCSに大きな期待が寄せられています。

© OECD/IEA 2017 Energy Technology Perspectives, IEA Publishing をもとにトレース・加筆
 Licence: www.iea.org/t&c/termsandconditions; Translated into Japanese by Japan CCS Co., Ltd.
 ※1 RTS（参照技術シナリオ）：ここではパリ協定に基づくCO₂削減を考慮したCO₂排出のシナリオを示している。
 ※2 燃料転換 - 石炭や石油から炭素含有割合が小さい天然ガスなどへの転換。

世界の CCS の 取り組み

海外では、CO₂を分離・回収し、地中に貯留する大規模プロジェクトが実施されています。米国では、40年以上前から油田にCO₂を圧入して、石油の回収量を増やす事業も数多く行われています（石油増進回収=EOR）。



日本の CCS の 取り組み

日本では、全国の候補地点から絞り込み、実地調査と国の検討会が行われました。そして、2012年度より、北海道苫小牧にて日本初の本格的なCCS実証プロジェクトが始まりました。

苫小牧決定までのプロセス

- 貯留に適した地質構造が存在する
- 試験に必要なCO₂の供給源がある
- 地下の地質情報が十分にある

これらのことをふまえ、全国115ヶ所のモデル地点から苫小牧に決定しました。

苫小牧(日本)

圧入量: 累計30万トン
 圧入開始: 2016年4月
 CO₂供給源: 製油所内 水素製造装置
 貯留タイプ: 海底下 深部塩水層
 貯留層深度: 海底下1,000m~1,200m
 海底下2,400m~3,000m

■ 三次元弾性波探査

3~5ノットの速さで移動します。OBCで観測したデータの収録を行います。

エアガンから放出された空気による泡

圧縮空気を放出して音波(振動)を発生させます。

地層境界面での反射波を観測します。

【模式図】 OBC(Ocean Bottom Cable:海底ケーブル)・観測船、自然地震観測、海洋波観測に使用

■ 調査井掘削の様子(上)と岩石サンプル(下)

■ 経済産業省による専門検討会

「貯留層総合評価」と「実証試験計画(案)」の妥当性を、外部専門家が技術的な観点から総合評価し、「評価報告書」をとりまとめました。

Q1 CCSは温暖化対策にどれほど有効な技術ですか？

A

2005年に発表されたIPCCの特別報告書によれば、全世界には約2兆トンのCO₂貯留ポテンシャルがあるとされています。これは2005年当時の排出量で換算すると世界の排出量の約70～80年分に相当します。また、国際エネルギー機関（IEA）の「エネルギー技術展望2017」において、2014年から2060年のCO₂累計排出削減量の14%をCCSが担うと試算されています。このように、世界的にCCSへの期待は非常に大きなものがあります。

Q2 地上の設備からCO₂が漏れた場合に危険はないのですか？

A

CCSの地上設備は、CO₂を分離・回収するための高さ50m程度の塔や熱交換器、ポンプ、圧縮機、配管、パイプラインなどで構成されています。

設備からCO₂が漏れる可能性は、大規模地震などによる機器類の損傷などが考えられますが、高圧ガス保安法などの関係法令に基づく管理を徹底することで、CO₂が外部に漏れ出ることを防止しています。

また、CO₂漏洩検知システムを設置し、万が一CO₂が漏れた場合にも、漏洩を最小限にとどめるための安全対策に万全を期しています。

Q3 貯留層からCO₂は漏れないでしょうか？

A

貯留層の選定に際しては、貯留層の上部がCO₂を通さない地層（^{しゃ}へい^{そう}層）で覆われ、貯留したCO₂が長年にわたり漏れないような地層であることが条件となります。

貯留されたCO₂は、地層中の隙間を満たしている地層水（塩水）に徐々に溶け込み、地層水よりも重くなって下へ沈もうとします。さらに時間が経つと溶けたCO₂は岩石との化学反応で鉱物化して安定的に地中に留まります。

こうした条件の下、貯留されたCO₂は2005年に発表されたIPCCの特別報告書によれば、貯留場所を適切に選定し、適正な管理を行うことにより、貯留したCO₂のほとんどを1,000年にわたって貯留層中に閉じ込められる可能性が高いとしています。

なお、苫小牧CCS大規模実証事業では、海水中のCO₂濃度を定期的に測定し、海底へCO₂が漏れていないことを確認しています。

制作：日本CCS調査株式会社

この資料は国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託事業の一環で、日本CCS調査（株）が作成したものです。

【問合せ先】

日本CCS調査株式会社
〒100-0005 東京都千代田区丸の内1丁目7番12号サピアタワー
<https://www.japanccs.com/>

電話：03-6268-7610

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構
〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町1310ミューザ川崎セントラルタワー
経済産業省産業技術環境局環境政策課地球環境連携室
〒100-8901 東京都千代田区霞が関1丁目3番1号

電話：044-520-5293

電話：03-3501-1757