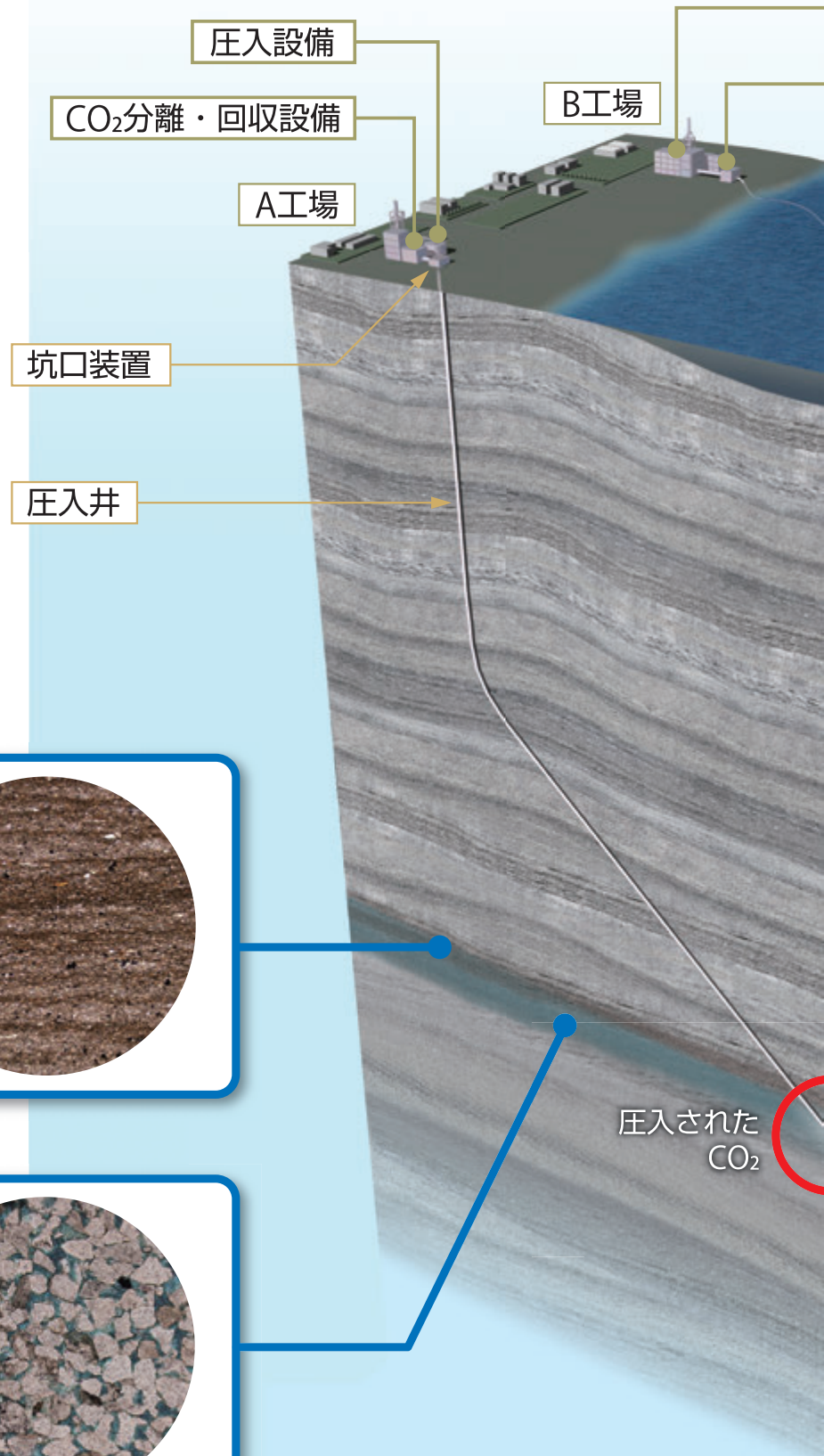


CCS (二酸化炭素回収・貯留) について

CCS とは

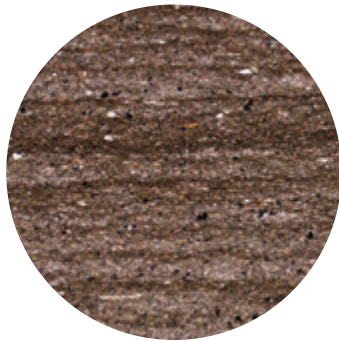
CCSとは、工場や発電所などから排出される二酸化炭素（CO₂）を含んだガスからCO₂を分離・回収して、地下深くの安定した地層の中に貯留する技術です。CO₂の大気中への放出を大量に削減できるため、省エネルギー、再生可能エネルギーなどとともに、地球温暖化対策に貢献していくことが期待されています。

CCS概念図



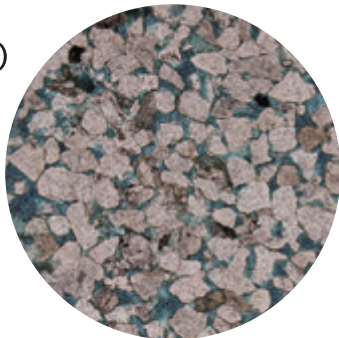
しゃ 遮へい層 (泥岩など)

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。



圧入された
CO₂

Carbon dioxide Capture and Storage

二酸化炭素(CO₂)を

回収して

貯留する

CO₂分離・回収設備

圧入設備

海底パイプライン

海底坑口装置

圧入井

圧入された
CO₂

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。

遮へい層

CO₂

貯留層



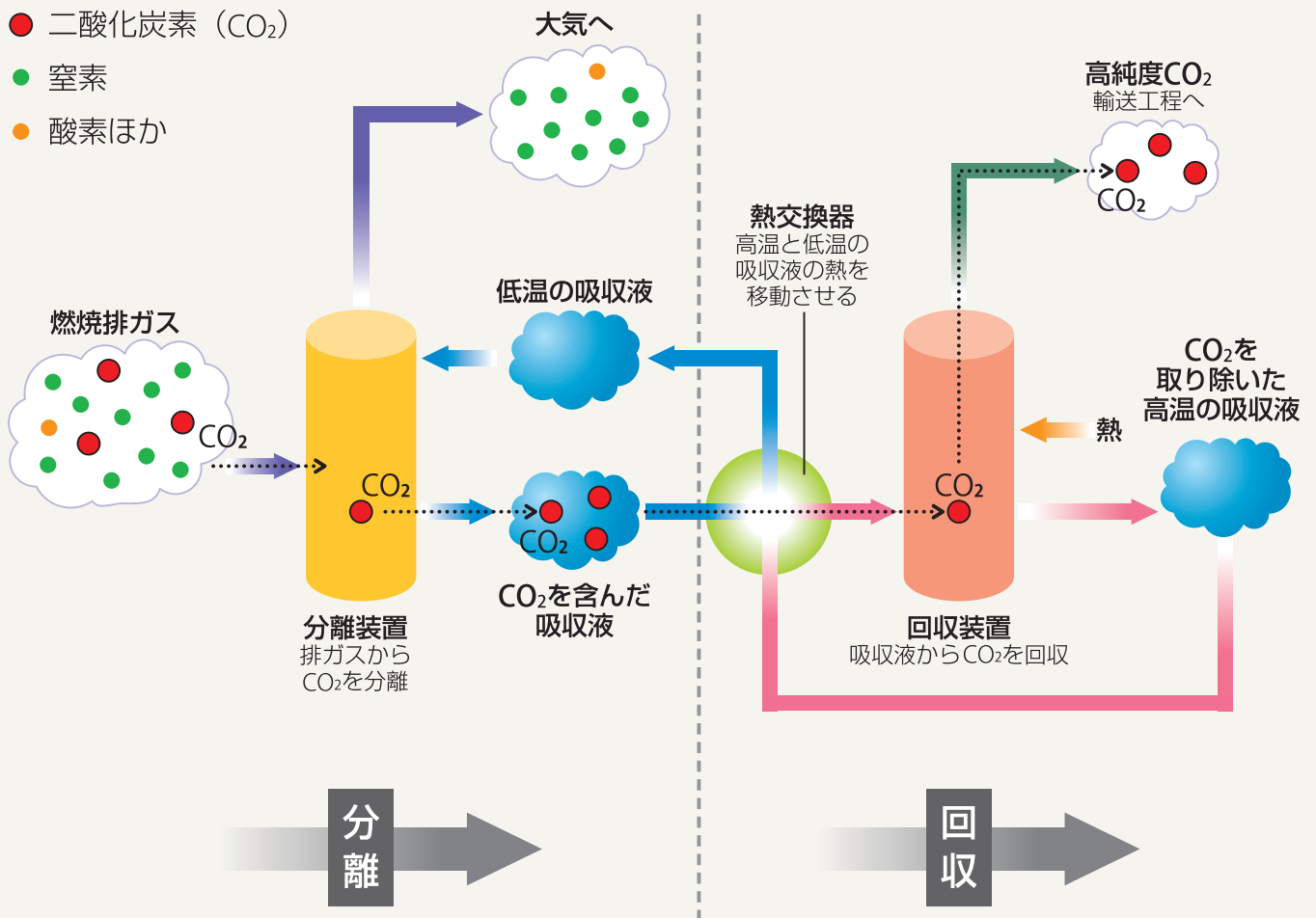
CCSを構成する要素としては以下の3つの要素技術があります。

1. 分離・回収： 工場・発電所などから発生するCO₂を含むガスから、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以深にあり、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

火力発電所や大規模な工場などで排出されるガスからCO₂を分離し、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大規模実証試験でのCO₂分離・回収

苫小牧CCS大規模実証試験で採用したアミン溶液による化学吸収法は、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。今回の実証試験では、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や鉄道コンテナなどを使って行います。

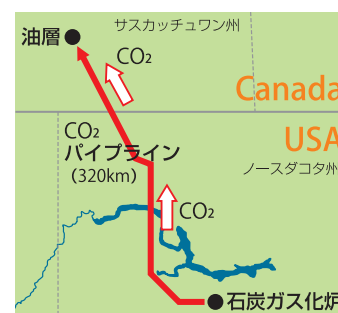
米国では年間約6,800万トンのCO₂がパイプラインで輸送されており^(*1)、その多くが、油田に圧入して原油を増産するために利用されています。

*1 出典: Global CCS Institute 「CO₂はどのように輸送されますか?」
<https://jp.globalccsinstitute.com/why-ccs/understanding-ccs/transport/> (参照 2022-04-18)

日本では、溶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がタンクローリーなどの専用車輦で日常的に輸送されています。

また、CO₂の排出源と貯留適地とが近接しているとは限らないので、長距離輸送に適した船舶による大量輸送のための技術開発が進められています。船舶輸送は、CO₂の排出源と貯留地を限定せずに柔軟に結ぶことができるという利点もあります。

そして、2021年から、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)により、2030年頃のCCUS技術の社会実装に向けて、船舶による液化CO₂の輸送技術を確認するための研究開発ならびに実証試験への取り組みが開始されています。



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)



提供: 三菱造船株式会社
1,000トン級LCO₂輸送船イメージ

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以深の地層に圧入し貯留します。

① 貯留エリア

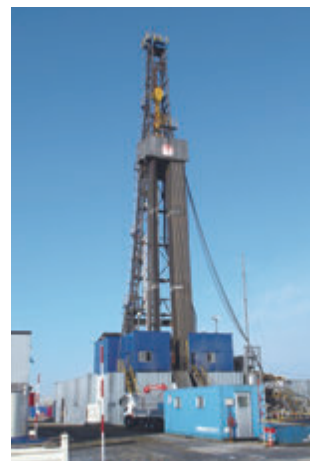
CO₂を貯める貯留層は、上部がCO₂を通さない泥岩などの地層(遮へい層)で覆われ、圧入されたCO₂が漏れないような地層であることが条件となります。また、活断層などが近くに存在しない地層が対象となります。

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2,400億トン^(*2)であるといわれています。

*2 出典: 公益財団法人地球環境産業技術研究機構(2005)、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構/国立研究開発法人産業技術総合研究所(2012)による貯留ポテンシャル評価結果

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、地層のすき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、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

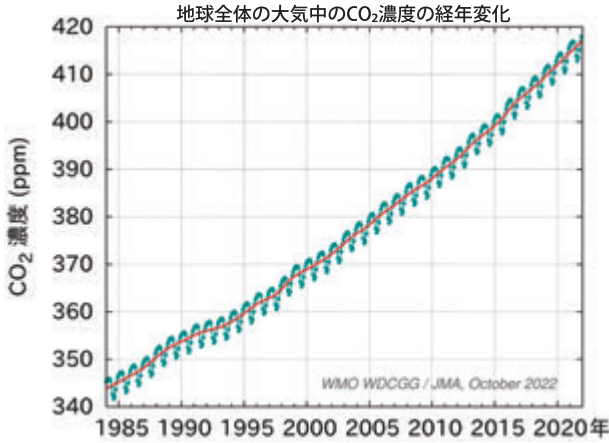


温暖化の主な要因はCO₂排出量の増加

IPCC^{(*)3}が2021年8月に公表した第6次評価報告書第1作業部会報告書では、「A.1 人間の影響が大気、海洋及び陸域を温暖化させてきたことには疑う余地がない。」「B.1 向こう数十年の間にCO₂及びその他の温室効果ガスの排出が大幅に減少しない限り、21世紀中に、1.5°Cおよび2°Cを超える地球温暖化が起こる。」^{(*)4}と記載されています。

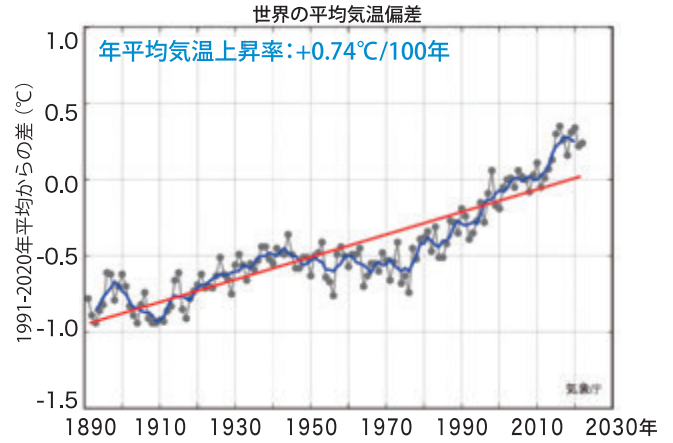
*3 Intergovernmental Panel on Climate Change: 国連の気候変動に関する政府間パネル

*4 出典: 気象庁「IPCC 第6次評価報告書 第1作業部会報告書気候変動2021: 自然科学的根拠政策決定者向け要約 (SPM) 暫定訳 (2022年5月12日版)」を基にJCCSが作成 https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/IPCC_AR6_WG1_SPM_JP_20220512.pdf



青色は月平均濃度。赤色は季節変動を除去した濃度。

出典: 気象庁「地球全体の二酸化炭素の経年変化」2022年12月19日発表
https://www.data.jma.go.jp/ghg/kanshi/ghgp/co2_trend.html.
を基にJCCSが作成



細線(黒): 各年の平均気温の基準値からの偏差
太線(青): 偏差の5年移動平均値、直線(赤): 長期変化傾向

出典: 気象庁「世界の年平均気温偏差の経年変化 (1891~2022年)」
2023年2月1日発表
https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an_wld.html.
を基にJCCSが作成

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)。

CCS・CCU・CCUS^{(*)5}はCO₂削減のために不可欠な技術

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。2020年1月に策定された「革新的環境イノベーション戦略」では、世界のCO₂排出量と吸収量がプラスマイナスゼロになる「カーボンニュートラル」を実現するような技術、さらには過去に排出された大気中のCO₂をも削減する「ビヨンド・ゼロ」を可能とするような革新的技術を、2050年までに確立することを目指しています。

その革新的技術のひとつが、産業活動から排出されるCO₂を回収して貯留するCCSと、回収したCO₂を有効に利用するCCU、このCCSとCCUを合わせて、CCUSと呼ばれています。

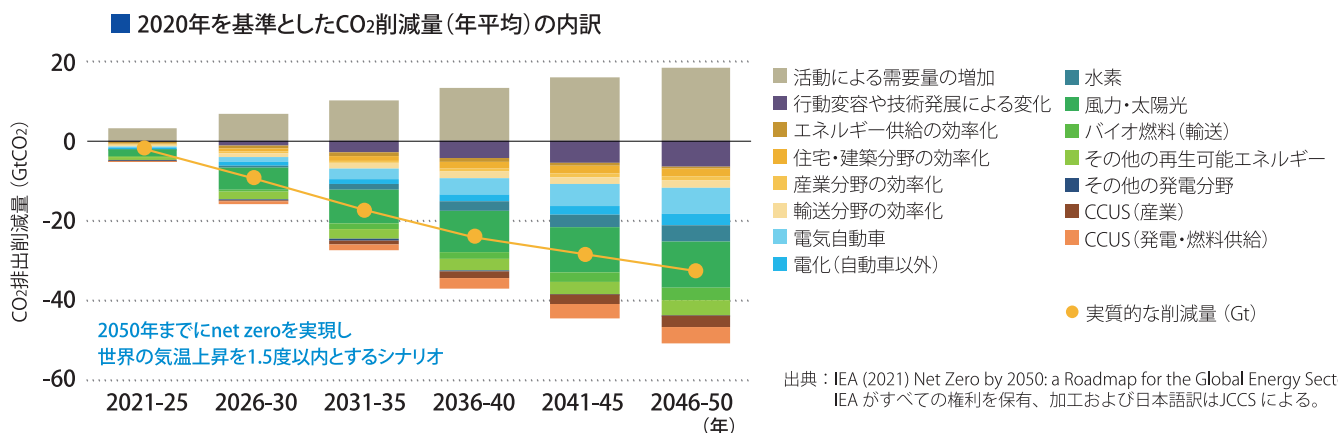
*5 CCUS: Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage (CO₂の分離・回収・利用、貯留)

出典: 資源エネルギー庁HPより一部引用 https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyoccs_tomakomai.html

CCUSのCO₂削減ポテンシャル

国際エネルギー機関(IEA)はCCUSによるCO₂削減量を、2030年までに全世界で年間16億トン(1.6Gt)、2050年にはその約5倍の年間76億トン(7.6Gt)にまで増やすことを見込んでいます。

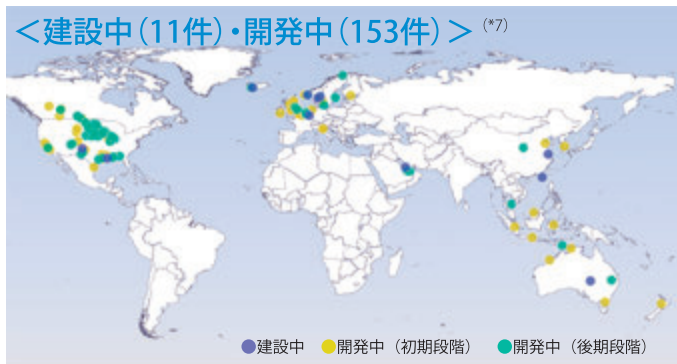
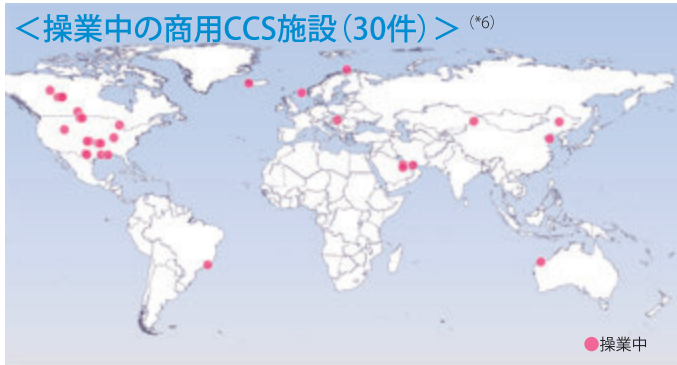
出典: 資源エネルギー庁HP https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyoccs_tomakomai.html



出典: IEA (2021) Net Zero by 2050: a Roadmap for the Global Energy Sector.
IEA がすべての権利を保有、加工および日本語訳はJCCSによる。

世界の CCS の 取り組み

海外では、196件のCCSプロジェクトがあり、そのうち61件は2022年に新たに発表されたプロジェクトです。現在操業中のプロジェクトの7割(30件中21件)は、原油の増産を目的としたEOR(貯留層:既存油田)ですが、開発中のプロジェクトの約7割(108か所中75か所)はCO₂の地中貯留(貯留層:深部塩水層又は枯渇油ガス田)となっています。

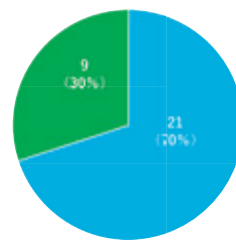


<プロジェクトの状況> (*8)

| | 操業中 | 建設中 | 開発中 | 停止中 | 計 |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 北米 | 18 | 2 | 74 | 2 | 96 |
| 欧州 | 4 | 5 | 64 | 0 | 73 |
| 中東 | 3 | 1 | 2 | 0 | 6 |
| 南米 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| オセアニア | 1 | 1 | 5 | 0 | 7 |
| アジア | 3 | 2 | 8 | 0 | 13 |
| 計 | 30 | 11 | 153 | 2 | 196 |

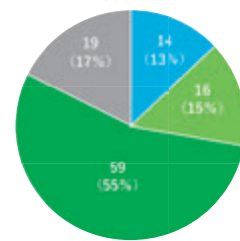
<貯蓄層内訳>

操業中 (30か所)



開発中 (108か所)

・開発中(153件)の貯蓄先候補には重複があるため、貯蓄先候補は108か所



出典: Global CCS Institute. "The Global Status of CCS 2022." <https://status22.globalccsinstitute.com/> (参照 2023.2.13).
*6・7: p.10の図を引用、*8: pp.53-62のデータを基にJCCSが作成

日本の CCS の 取り組み

実用規模での実証を目的とした日本初の大規模実証試験

苫小牧CCS大規模実証試験

2012年度から2015年度に実証設備を建設、2016年4月より、年間10万トン規模のCO₂圧入を開始し、2019年11月に当初目標としていた累計CO₂圧入量30万トンを達成し、圧入を停止しました。圧入停止後もモニタリングを継続しています。分離・回収から圧入・貯留までのCCSの一貫システムの操業を我が国で初めて行うとともに、各種モニタリングと海洋環境調査などを通じて、CCSが安全かつ安心できるシステムであることを確認しました。また本実証試験により抽出された課題は、CCS長期ロードマップ検討会でも検討されました。

- 種別: CO₂回収 + 地中貯留(海底下)
- 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(2層)
- 貯留層深度: 海底下1,000~1,200m
海底下2,400~3,000m
- 分離・回収方法: アミン溶液による化学吸収法

■ 分離・回収設備



■ プラント全景



CCS長期ロードマップ検討会

CCSの社会実装を目指して、2023年3月10日に経済産業省から「CCS長期ロードマップ検討会最終とりまとめ」が公開されました。この報告書では、カーボンニュートラルの実現に向けた2050年時点での年間貯留量の目安を1.2億~2.4億トンとし、2030年までを「ビジネスモデル構築期」、2030年以降を「本格展開期」と位置付け、事業環境整備に向けた政府支援や法整備などの具体的なアクションが示されています。

Q1 貯留したCO₂はどうなるのでしょうか？

A

貯留層に閉じ込められたCO₂は、貯留層のすき間にある地層水（飲料に適さない塩水）を押しつけて徐々にその貯留層内に広がっていきますが、上部には遮へい層があるため、長期間にわたり安定して貯留層内に閉じ込めることができます。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、安定的に閉じ込めることができると考えられています。

Q2 CCSの地上設備の安全性はどのようになっているのでしょうか？

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 貯留したCO₂は、地上に出てこないのでしょうか？

A

CO₂の地中貯留を行うためには、CO₂を貯めるための隙間のある地層（貯留層）の存在とともに、その貯留層の上部がCO₂を通さない地層（遮へい層）で覆われていることが必要となります。貯留層の中のCO₂が長年にわたり漏れないように遮へい層が蓋の役目をします。

2005年に発表されたIPCCの特別報告書によれば、地層を適切に選定し、適正な管理を行うことによって、貯めたCO₂を1,000年にわたって、貯留層中に閉じ込めることができるとしています。

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
資源エネルギー庁 資源・燃料部 燃料環境適合利用推進課 CCS政策室
〒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：03-3501-1727