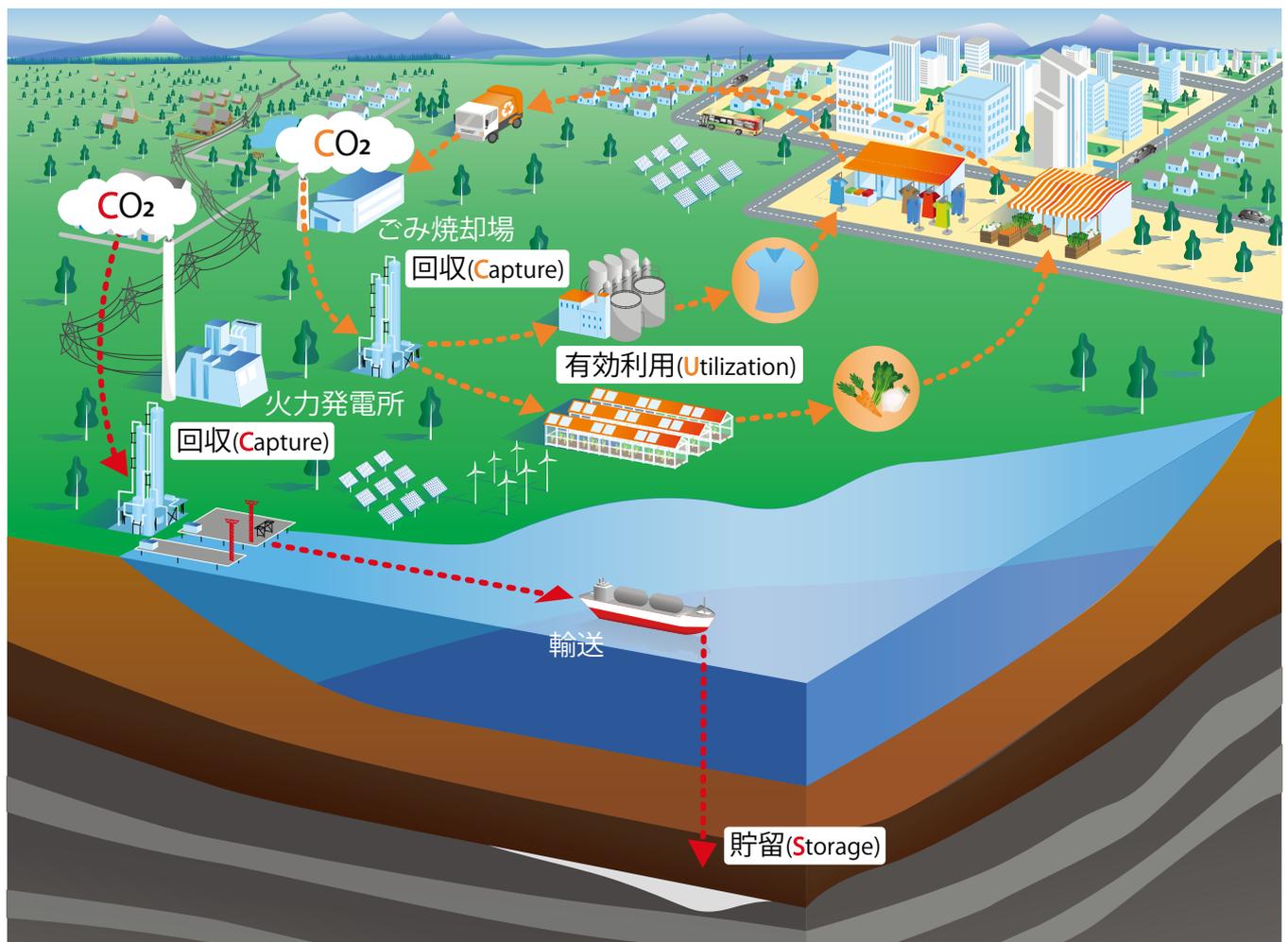


# CCUSを活用した カーボンニュートラル社会の 実現に向けた取り組み

大気中の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)の増加による地球温暖化を防ぐためには、再生可能エネルギーなどによるCO<sub>2</sub>の削減に組みつつ、CO<sub>2</sub>を回収し大気中に放出させない対策をとることが必要です。そのための技術がCCUSです。



## CCUSとは?

二酸化炭素の回収・有効利用・貯留(Carbon dioxide Capture, Utilization or Storage)の略語で、火力発電所や工場などからの排気ガスに含まれるCO<sub>2</sub>を分離・回収し、資源として作物生産や化学製品の製造に有効利用する、または地下の安定した地層の中に貯留する技術です。

## CCUSの意義とは？

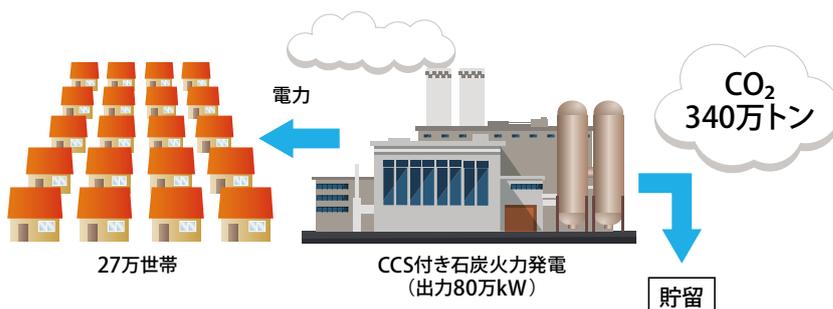
地球温暖化を防止するために結ばれたパリ協定では、工業化以前と比較して気温上昇を2℃未満、できれば1.5℃未満に抑えることをめざしています。日本は、「脱炭素社会」を今世紀後半のできるだけ早期に実現していくことをめざすとともに、2050年までに80%のCO<sub>2</sub>などの温室効果ガスの排出削減という長期的目標の実現に向けて、施策に取り組んでいます。

「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」をもとに作成

### CO<sub>2</sub>の大幅な削減が可能

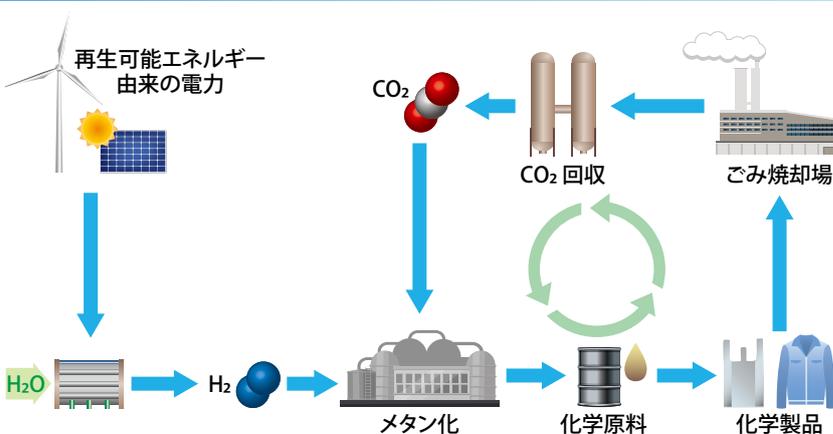
CCSによってCO<sub>2</sub>の大気中への放出を大幅に削減することが可能です。例えば約27万世帯分の電力を供給できる、出力80万kWの石炭火力発電所にCCSを導入すると、年間約340万トンのCO<sub>2</sub>が大気に放出されるのを防ぐことができます。CCSは火力発電のほか、製鉄、セメント生産、ごみ焼却などのCO<sub>2</sub>を大量に出すあらゆる分野に導入可能です。

\*各数値は「長期エネルギー需給見通し小委員会に対する発電コスト等の検証に関する報告(平成27年)」のデータをもとに算出。



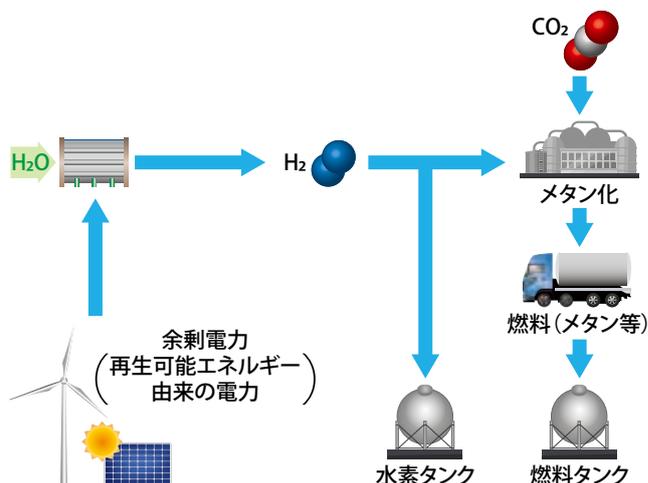
### 炭素の循環利用が可能

カーボンニュートラル社会では、様々な製品を化石燃料(石油、石炭、天然ガスなど)に頼らずに生産する必要があります。そこで重要になるのがCCUです。例えば再生可能エネルギー由来水素とCO<sub>2</sub>を反応させることにより、メタンなどの化学原料を生産することができます。そしてごみ焼却などとCCUを組み合わせることにより、炭素の循環利用が可能です。



### 再生可能エネルギーの普及を加速(余剰電力の貯蔵が可能)

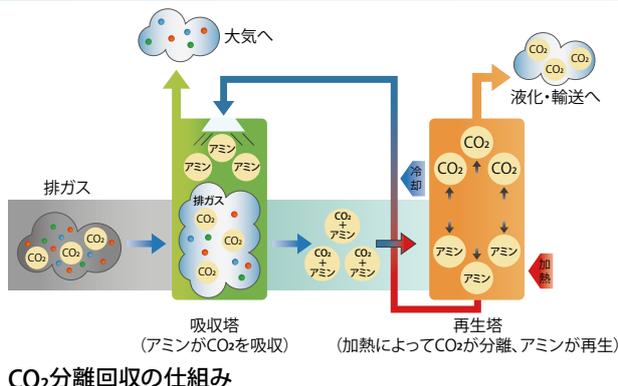
太陽光発電や風力発電は出力が変動しやすく、その普及のためには使いきれない電気を貯蔵する仕組みが必要です。その仕組みの一つは水素を製造して貯蔵することですが、そのためのインフラは整備が進んでいるものの、現状ではまだ十分ではありません。一方、メタンは既存の都市ガス用インフラで利用可能な燃料であるため、水素とCO<sub>2</sub>からメタンを作れば、水素用インフラの整備を待たずに余剰電力を貯蔵・有効利用でき、再生可能エネルギーの普及につながります。



# CCUSに必要な技術とは？

## 分離・回収(Capture)

火力発電所などの排気ガスから高純度かつ大量のCO<sub>2</sub>を回収するには、アミンと呼ばれる化学物質を利用するのが一般的です。排気ガスをアミン溶液と接触させると、アミン溶液がCO<sub>2</sub>を吸収します。このCO<sub>2</sub>を含むアミン溶液を120℃に加熱することで、CO<sub>2</sub>が分離し、CO<sub>2</sub>を回収することができます。

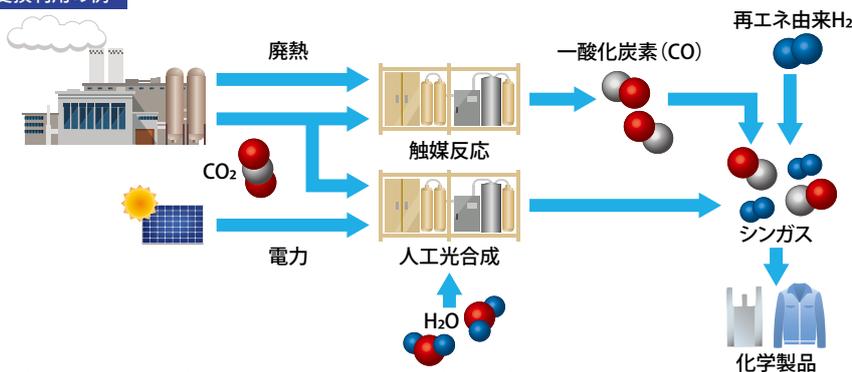


CO<sub>2</sub>回収に使われるアミンの一種、モノエタノールアミン(MEA)の分子構造  
このアミンは化粧品や石鹸にも使われている一般的な化学物質です。効率的なCO<sub>2</sub>回収のため、他にも様々な種類のアミンの利用が検討されています。

## 有効利用(Utilization)

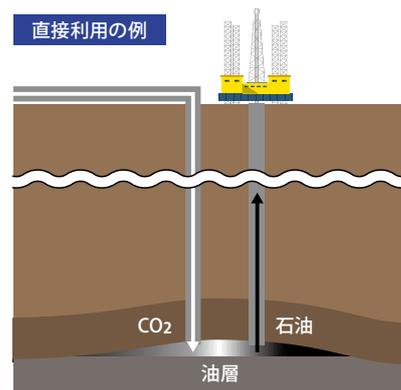
資源としてCO<sub>2</sub>を有効利用するには、CO<sub>2</sub>を燃料やプラスチックなどに変換して利用する方法と、CO<sub>2</sub>のまま直接利用する方法があります。CO<sub>2</sub>を他の物質に変換するためにはエネルギーが必要ですが、そこで再生可能エネルギーを使うなど、できるだけ化石燃料を使わない方法が研究されています。また、CO<sub>2</sub>を直接利用する例としては、油田の油層にCO<sub>2</sub>を圧入して、原油をより回収しやすくする石油増進回収(Enhanced Oil Recovery)への利用やドライアイスへの利用などがあります。

### 変換利用の例



化学製品や燃料の原料となるシンガス(CO+H<sub>2</sub>)の生産

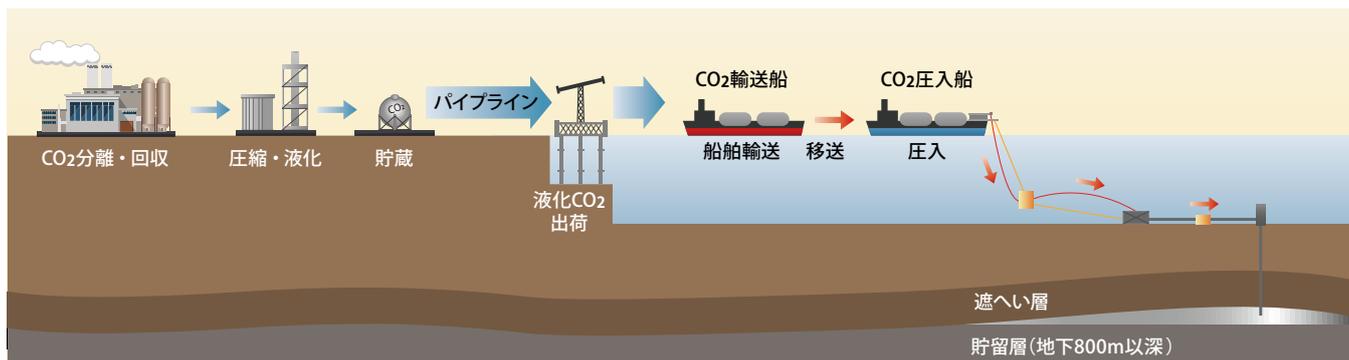
### 直接利用の例



EOR(石油増進回収)

## 貯留(Storage)

CO<sub>2</sub>を、地下800メートルより深くにある隙間の多い砂岩などからできている「貯留層」に貯留します。貯留層は、CO<sub>2</sub>の漏洩を防ぐ泥岩などからできている「遮へい層」で覆われている必要があります。日本ではCO<sub>2</sub>を貯留できそうな場所が海域に多く、火力発電所などの大規模なCO<sub>2</sub>の排出源も沿岸部に多いため、海底下への貯留が適していると考えられます。そのため、CO<sub>2</sub>を船舶で輸送し、海底下に貯留する技術が必要になります。



海底下へのCO<sub>2</sub>貯留

## CCUに関する取り組み

環境省は、CCUがカーボンニュートラル社会の構築に重要であるとの認識から、CO<sub>2</sub>の資源化や人工光合成など、CCU技術に関する様々な取り組みを行っています。

### トピック 世界経済フォーラム年次総会(ダボス会議)における安倍総理演説 (平成31年1月23日)

私は、気候変動に立ち向かう上において、イノベーションがなせること、またイノベーションがどれほど大事かということに、大いに光を当てたいと考えています。それと申しますのも、今から大切なことを言いたいのですが、今必要とされているのは、非連続だからです。(中略)今や、手遅れになる前に、より多く、更に多くの、非連続的イノベーションを導き入れなくてはなりません。二酸化炭素というのは、皆様、事と次第によっては、一番優れた、しかも最も手に入れやすい、多くの用途に適した資源になるかもしれません。例えば、人工光合成です。(中略)メタネーションというと年季の入った技術ですが、CO<sub>2</sub>除去との関連で、新たな脚光を浴びています。今こそCCUを、つまり炭素吸着に加え、その活用を、考えるときなのです。



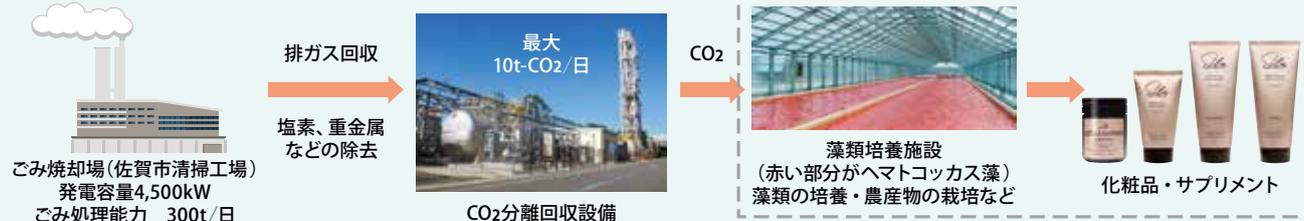
文・写真出典：首相官邸ホームページ([https://www.kantei.go.jp/jp/98\\_abe/actions/201901/23wef.html](https://www.kantei.go.jp/jp/98_abe/actions/201901/23wef.html))

## 佐賀市におけるCCUの先駆的なプロジェクト

### 二酸化炭素回収機能付き廃棄物発電検討事業

実施主体 佐賀市

日本で初めてごみ焼却場の廃棄物発電施設にCO<sub>2</sub>分離・回収設備を設置。回収したCO<sub>2</sub>は藻類培養業者に売却され、化粧品やサプリメントとして製品化。

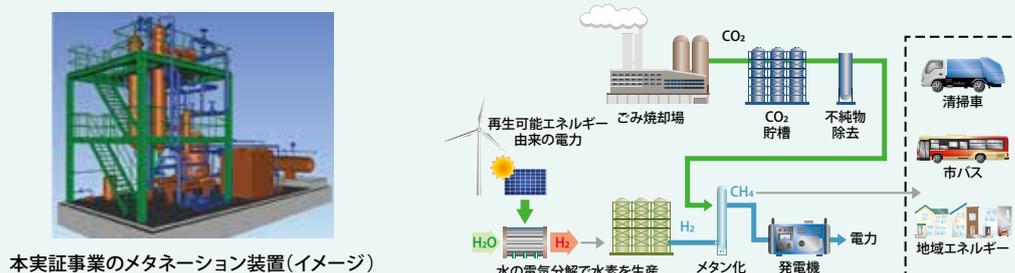


## CCU技術による循環型社会モデルの構築

### 清掃工場から回収した二酸化炭素の資源化による炭素循環モデルの構築実証

実施主体 日立造船株式会社

ごみ焼却場から排出されるCO<sub>2</sub>を再生可能エネルギー由来水素と反応させ、天然ガス代替となるメタンを製造。



## 廃棄物処理施設からの二酸化炭素を利用した化学品製造に関する技術開発と実証

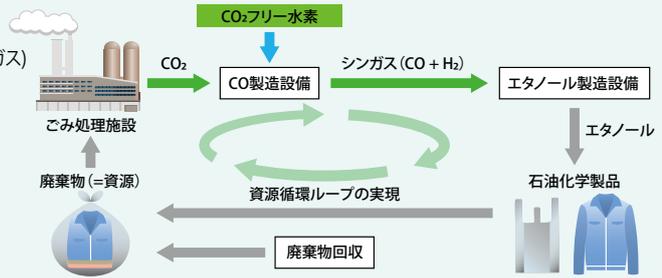
実施主体 積水化学工業株式会社

ごみ処理施設から排出されるCO<sub>2</sub>と再生可能エネルギー由来水素からシingas\*を合成。微生物触媒を用いてシingasからエタノールを製造。

\*シingas：合成ガス(化学製品や燃料の原料となる、一酸化炭素と水素の混合ガス)



本事業の前身となるパイロットプラント



## 低濃度二酸化炭素回収システムによる炭素循環モデル構築実証

実施主体 川崎重工業株式会社

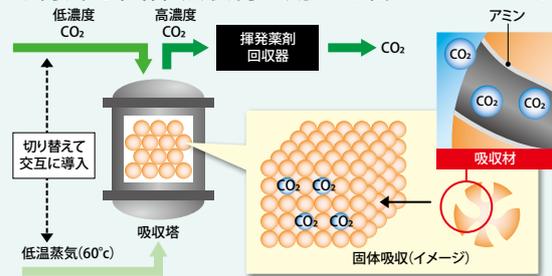
これまで有効利用が困難だった低CO<sub>2</sub>濃度ガス中のCO<sub>2</sub>を、特殊な固体吸収材を用いて省エネルギーで回収。直接空気回収(DAC：Direct Air Capture)を実現。



本事業によるCO<sub>2</sub>分離回収装置(イメージ)



本実証事業で使用する固体吸収剤



## 人工光合成による循環型社会モデルの構築

### 二酸化炭素と水からsyngasを高効率に常温常圧合成する炭素循環モデルの構築実証

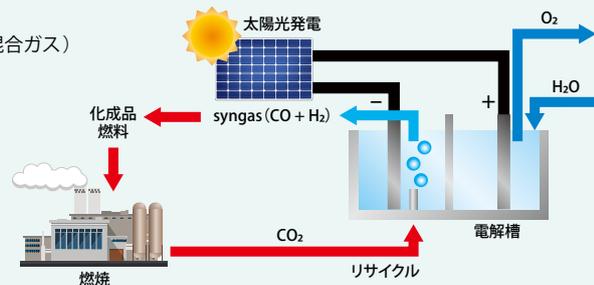
実施主体 株式会社豊田中央研究所

CO<sub>2</sub>、水、太陽光から、syngas\*を高効率で合成。

\*syngas：合成ガス(化学製品や燃料の原料となる、一酸化炭素と水素の混合ガス)



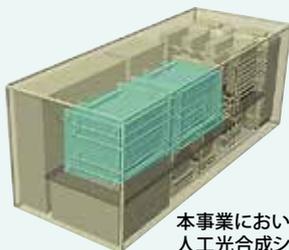
本事業におけるsyngasの発生(ラボスケール)



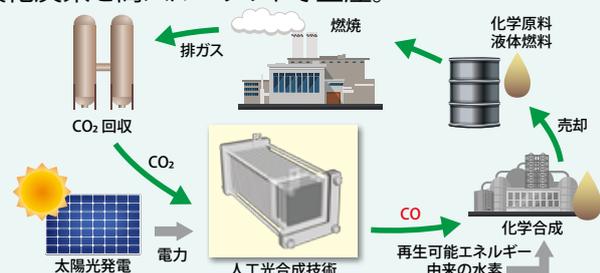
### 多量二酸化炭素排出施設における人工光合成技術を用いた地域適型二酸化炭素資源化モデルの構築実証

実施主体 株式会社東芝

CO<sub>2</sub>、太陽光から、化学製品や燃料の原料となる一酸化炭素を高スループットで生産。



本事業において実証する1kW人工光合成システム(イメージ)



## ◆ CCSに関する取り組み

環境省では地球温暖化対策のためにCCSが必要であるとの認識から、CCS技術の実証・検討、実際の貯留適地の調査、社会的な課題の検討などの取り組みを行っています。

### 環境配慮型 CCS 実証事業

本事業は、18機関から構成されるコンソーシアムが主体となり、環境影響に配慮しつつ、CO<sub>2</sub>回収技術の実証、CO<sub>2</sub>輸送・貯留技術の検討を行い、それらの結果を踏まえて日本に適した円滑なCCS導入手法を取りまとめることを目指します。

#### 〈コンソーシアム体制図〉

プロジェクトリーダー 赤井 誠



#### 円滑導入手法

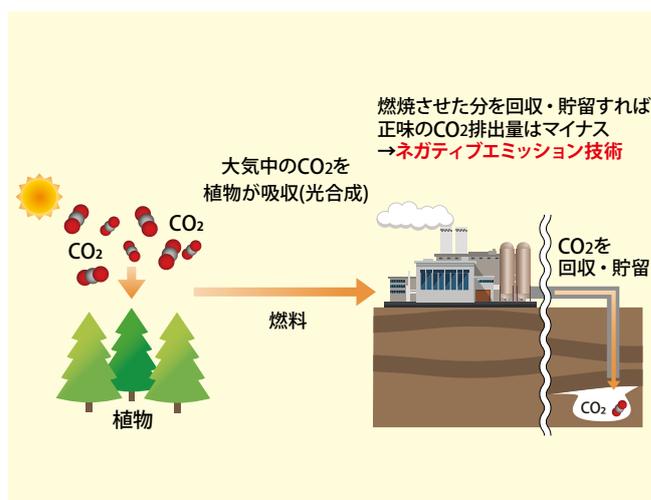


### 商用規模の火力発電所と分離・回収設備の運用性などの検証

株式会社シグマパワー有明のバイオマス発電所(三川発電所、福岡県大牟田市、出力5万kW)から1日に排出されるCO<sub>2</sub>の50%にあたる500トン以上を分離・回収する設備を建設し、実証運転を行います。実証では、設備の性能と運用性の検証、技術的課題抽出、コスト評価の他、環境負荷低減のための対策や、環境影響評価手法の検討も行います。



建設中のCO<sub>2</sub>分離・回収実証設備(2020年1月末現在)



BECCS(バイオマス発電+CCS)

バイオマス発電では大気中のCO<sub>2</sub>を吸収した植物を燃焼させるので、燃焼で生じたCO<sub>2</sub>をCCSによって地中貯留すると、すでに大気中にあるCO<sub>2</sub>を削減するマイナスの排出(ネガティブエミッション)を実現できます。この組み合わせは、バイオマスCCS(BECCS: Biomass Energy with CCS)と呼ばれ、将来のカーボンニュートラルな社会の達成のために期待されている技術です。本事業により、三川発電所はBECCSにつながる画期的な施設になります。

## わが国に適したCO<sub>2</sub>輸送の検討

日本でCCSを実施する場合、海底下へのCO<sub>2</sub>貯留が適していると考えられます(P.3参照)。そこで、排出源と貯留サイトの組合せの自由度が高く、輸送距離や貯留サイトの水深に幅広く対応可能なCO<sub>2</sub>の海上輸送技術を早期に確立することを目指した検討を行っています。



CO<sub>2</sub>運搬船(イメージ)

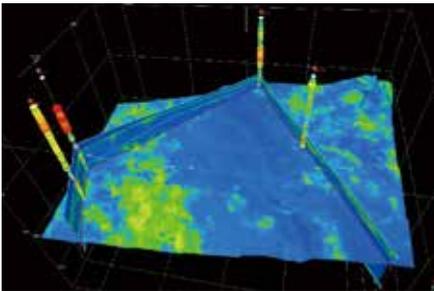


圧入船を用いた海底下へのCO<sub>2</sub>圧入

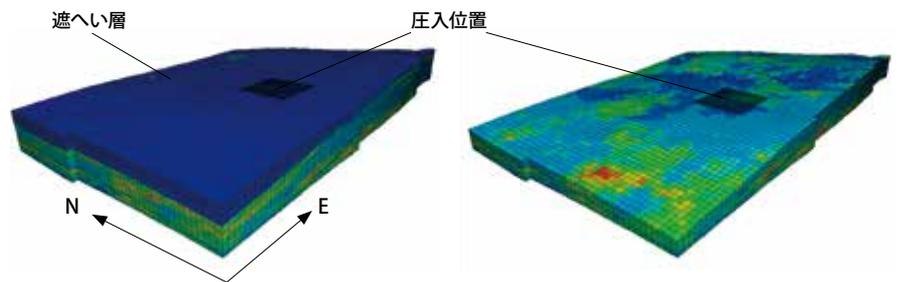
画像提供: APL Norway AS and JGC JAPAN CORPORATION

## CO<sub>2</sub>貯留の漏洩抑制・修復手法・モニタリングに関する検討

CO<sub>2</sub>の永続的に貯留することに加え、海洋の生態系に影響を与えないようにするため、海底下に貯留したCO<sub>2</sub>は漏洩しないようにする必要があります。そのため、貯留したCO<sub>2</sub>が漏えいする可能性やその監視・修復の手法など、海底下でCO<sub>2</sub>を確実に貯留する上での課題の抽出、対策の検討・整理を行っています。



ボーリング調査と弾性波探査(P.8参照)の結果を解析し、貯留層の間隙率(隙間の多さ)分布を知る。  
画像提供: 三菱マテリアル株式会社  
株式会社日本地下探査



CO<sub>2</sub>の浸透率(浸透しやすさ)の分布を推定した地層モデルを作成(この例では10km×8km領域)。このモデルを使って遮へい層の下でCO<sub>2</sub>の広がり数値シミュレーションで予測。  
画像提供: 大成建設株式会社

貯留したCO<sub>2</sub>の広がりを予測するため、CO<sub>2</sub>の浸透しやすさの分布をモデル化した例

## わが国に適したCCSのための社会環境の総合的な検討



気候変動枠組条約COP25でのCCS事業に関する講演  
写真提供: みずほ情報総研株式会社

本事業では技術開発だけでなく、温暖化対策としてCCSを社会に円滑に導入するための総合的な検討を行っています。その一環として、原理的にCO<sub>2</sub>排出削減が難しいセメント産業へのCCSの先行導入の検討、回収技術の省エネ化(米国ワイオミング州の発電所で実証試験予定)、CCSの認知度向上活動、CCSに関する知見の統合を支援するための知識共有・マネジメントのためのプラットフォームの作成を行っています。

## 二酸化炭素貯留適地調査事業（経済産業省連携事業）

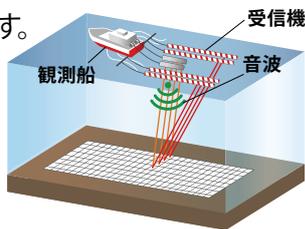
本事業は、海洋調査によって日本周辺で1億トン以上のCO<sub>2</sub>の貯留が期待される有望な貯留地点を数カ所選定することを目指すものです。調査では弾性波探査、調査井の掘削、地質モデルの構築によって、貯留層の総合評価を行います。



船舶による弾性波探査の様子

### 弾性波探査

音波を使って海底の様子を探ります。人体のエコー検査と同じ原理です。



## トピック 世界のCCSプロジェクト

2019年11月現在**19の大規模CCS施設**が操業中のほか、多数のプロジェクトが計画・実施されています。

### クエスト

- ①カナダ
- ②100万トン
- ③新たな資源として注目されるオイルサンドを改質する際に発生するCO<sub>2</sub>を地下の帯水層に貯留。



写真：Shell

### ペトラノヴァ

- ①アメリカ
- ②140万トン
- ③世界で2例目に石炭火力発電所にCCS (EOR)を導入。日本企業が多数参画。



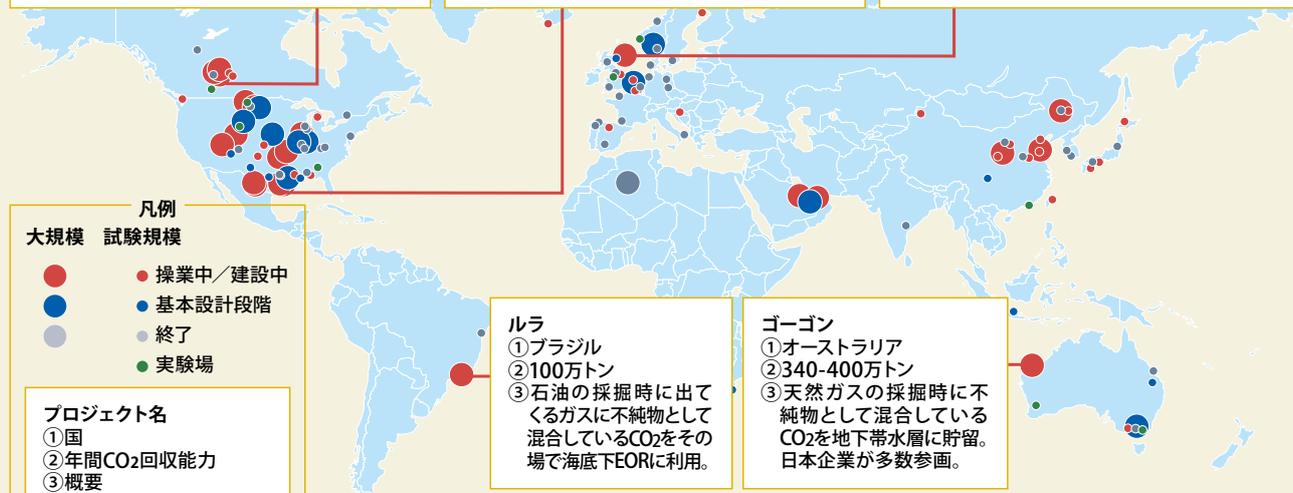
写真：NRG Energy

### スライブナー

- ①ノルウェー
- ②100万トン
- ③天然ガスの採掘時に不純物として混合しているCO<sub>2</sub>をその場で海底下帯水層に貯留。世界初の商用規模のCCS。



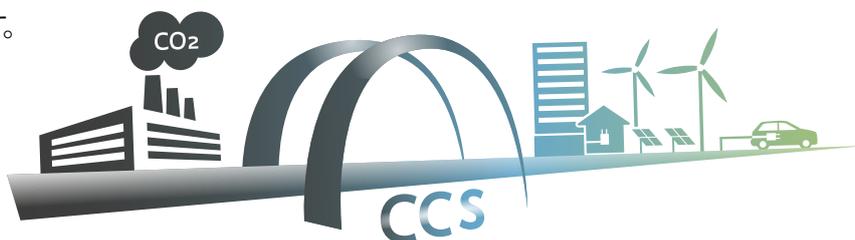
写真：Harald Pettersen / © Equinor



\*地図・データ出典：Global CCS Institute, 2019. The Global Status of CCS: 2019. Australia.

## 《未来への架け橋技術としてのCCS》

昨今の異常気象・災害など気候変動による影響が顕在化する中、世界的にカーボンニュートラルな社会への変革が求められています。しかし、当面の間、火力発電所や工場などのCO<sub>2</sub>排出源から大気への放出を避けることができない状況が予想されます。CCSは、大気中のCO<sub>2</sub>の急激な増加を防ぐために生み出された技術で、気候変動による影響を回避し、カーボンニュートラル社会への歩みを加速するための橋渡し技術(ブリッジングテクノロジー)とも呼ばれています。



〈お問い合わせ先〉環境省 地球環境局 地球温暖化対策課 地球温暖化対策事業室 電話：03-3581-3351(代表)