

総合エネルギー業界の新しい取り組み

—石油産業界が育てるCCS産業—

松岡俊文

(公財)深田地質研究所 顧問・京都大学名誉教授
(matsuoka@fgi.or.jp)

今日学ぶ内容

- ① **CCS産業の確立はなぜ必要なのか**
- ② **CCS技術とは**
- ③ **CCSの社会実装・産業化への壁**
- ④ **まとめ**

CCS産業の確立はなぜ必要なのか

1

止まらない地球温暖化

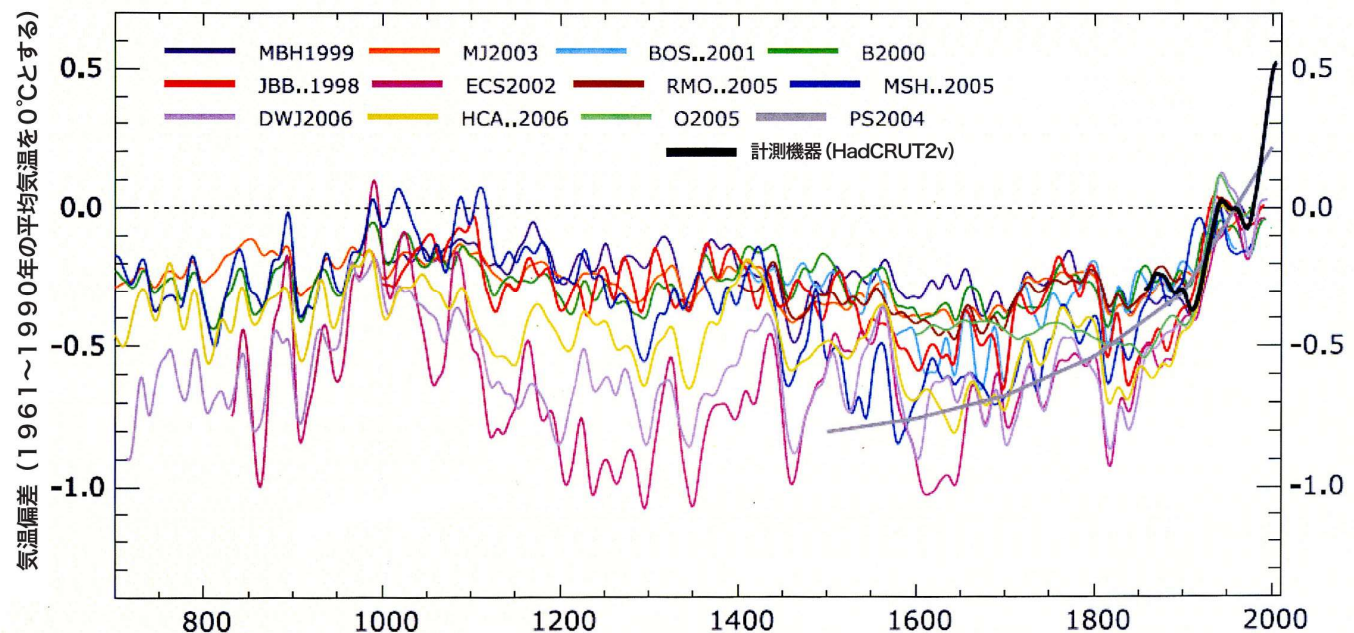
世界はカーボンニュートラルへ走り始めた

世界の気温は確実に上昇している

- 太線は、温度計などの計測機器によって取得されたデータ。
- 細線は、気候代替データ(年輪、氷床コアなど)を元に復元した12の研究データ。

ホッケースティック曲線

北半球の気温推移 (復元データ 700~2000年)



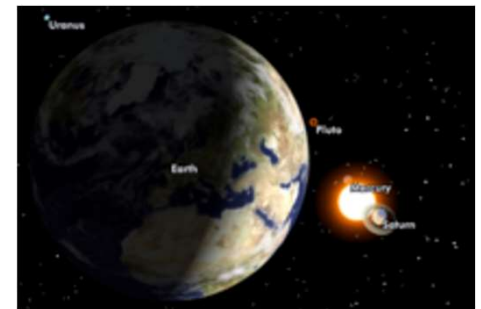
全国地球温暖化防止活動推進センター(JCCCA)

<https://www.jccca.org/download/13313>

出典) IPCC第4次評価報告書 2007

地球温暖化の原因

- **【地球の気温は太陽が支配している】**太陽は地球を暖め、暖まった地球は赤外線形でエネルギーを宇宙空間に放散し、バランスを取っている。大気が無いと地球の温度は -18°C と計算されている。
- **【大気の温度】**大気中の**温室効果ガス**(水蒸気、 CO_2 、メタン、一酸化二窒素)は赤外線エネルギーを分子運動の形で取り込み気温は上昇する。その為、地球の平均気温は約 14°C という環境を実現している。
- **【温暖化の原因は】**
 - ①太陽から届くエネルギー量の上昇か？
 - ②大気中の温室効果ガス(CO_2)が増加か？



IPCCの報告書は我々に希望を与えた

IPCC報告書	年次	温暖化に対する人間活動の影響
第1次報告書	1990年	気温上昇を生じさせるだろう
第2次報告書	1995年	影響が全地球の気候に表れている
第3次報告書	2001年	可能性が高い(66%以上)
第4次報告書	2007年	可能性が非常に高い(90%以上)
第5次報告書	2013年	可能性がきわめて高い(95%以上)
第6次報告書	2021年	疑う余地がない

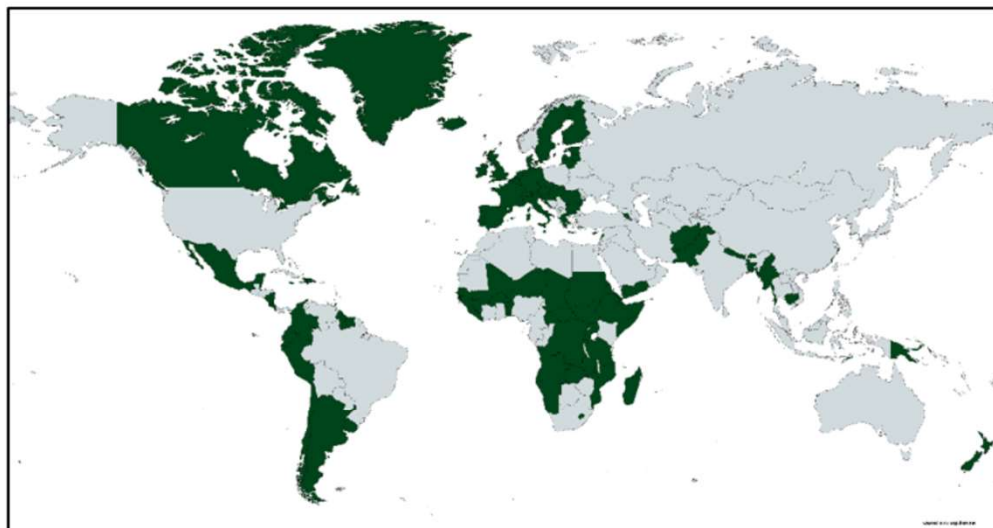
- 地球温暖化の原因は、**自然現象**(例:太陽から地球に届く熱量が増えた)ではなく、**人間活動に伴う化石燃料の無秩序な利用**
- **利用形態を変えれば、温暖化は止められる(回避可能なリスク)**

世界はCNを実現するために走り始めた

年限付きのカーボンニュートラルを表明した国・地域

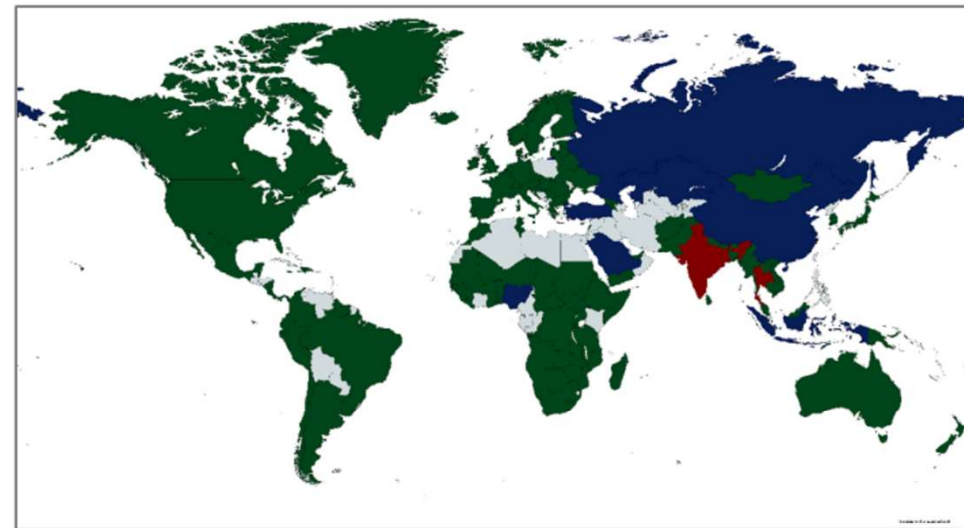
COP25終了時点（2019年12月）：121ヶ国

※世界全体のCO2排出量に占める割合は**17.9%**



COP26終了時点（2021年11月）：150ヶ国以上

※世界全体のCO2排出量に占める割合は**88.2%**



■ 2050年までのカーボンニュートラル表明国、■ 2060年までのカーボンニュートラル表明国、■ 2070年までのカーボンニュートラル表明国

- 1) ①Climate Ambition Allianceへの参加国、②国連への長期戦略の提出による2050年CN表明国、2021年4月の気候サミット・COP26等における2050年CN表明国等をカウントし、経済産業省作成（2021年11月9日時点）
- 2) CO2排出量は、IEA（2020）、CO2 Emissions from Fuel Combustion を基にカウントし、エネルギー起源CO2のみ対象。

出典：https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/cop26_02.html

日本でもゲームチェンジが始った

- 2020年10月：菅首相の所信表明演説
 - 2050年ゼロエミッションの実現
- 2021年4月：気候変動サミットで表明
 - 2030年に2013年比で46%削減
- 2021年6月：地球温暖化対策推進法の改正
 - 2050年排出量実質ゼロが書き込まれた

第6次エネルギー基本計画

(2021年10月22日閣議決定)

- カーボンニュートラルはエネルギー問題である
 - 「CCS」・「水素」・「アンモニア」というキーワードが登場し、CCSの商用化を前提に2030年までにCCSを導入すると明記された
- CCSの活用に向けた対応
 - 事業化に向けた環境整備を長期のロードマップを策定し進める
 - コスト低減等の研究開発を推進する(液化CO2船舶輸送の実証試験)
 - ネットワーク最適化(ハブ&クラスター)のための官民共同でのモデル拠点構築を進めていく
 - 現在CCSの事業化に向けた各種の取り組みが経産省により進められている。

温暖化への対策：適応策と緩和策

- **適応策**：気候変動に適応できる生活環境に変える（治水対策、熱中症予防対策）
- **適応策の便益は地域密着型**：例えば、治水対策ではコストは国が負うが、便益も地域で全て得られる。政治的には、適応策は緩和策よりも簡単に行うことができる。
- COP27（2022年11月エジプト）気候変動で受けた被害を、富裕国が補償する基金創設が決まった。
- **緩和策**：直接的にCO₂の排出を削減する方策
 - ▣ エネルギー使用量の削減（省エネ）
 - ▣ 低炭素エネルギー源への転換（再生可能エネルギー・原子力の利用）
 - ▣ **化石燃料＋CCS**（今日のお話）
- 国が緩和政策を実施した場合、コストは国家・国民の負担になるが、便益は地全体で共有されるため、国際的な取り決めが必要になる（COPでの話し合い）。

我が国におけるGHG排出量の推移

1960年

池田首相の所得倍増計画
(その結果CO2急増)

1990年

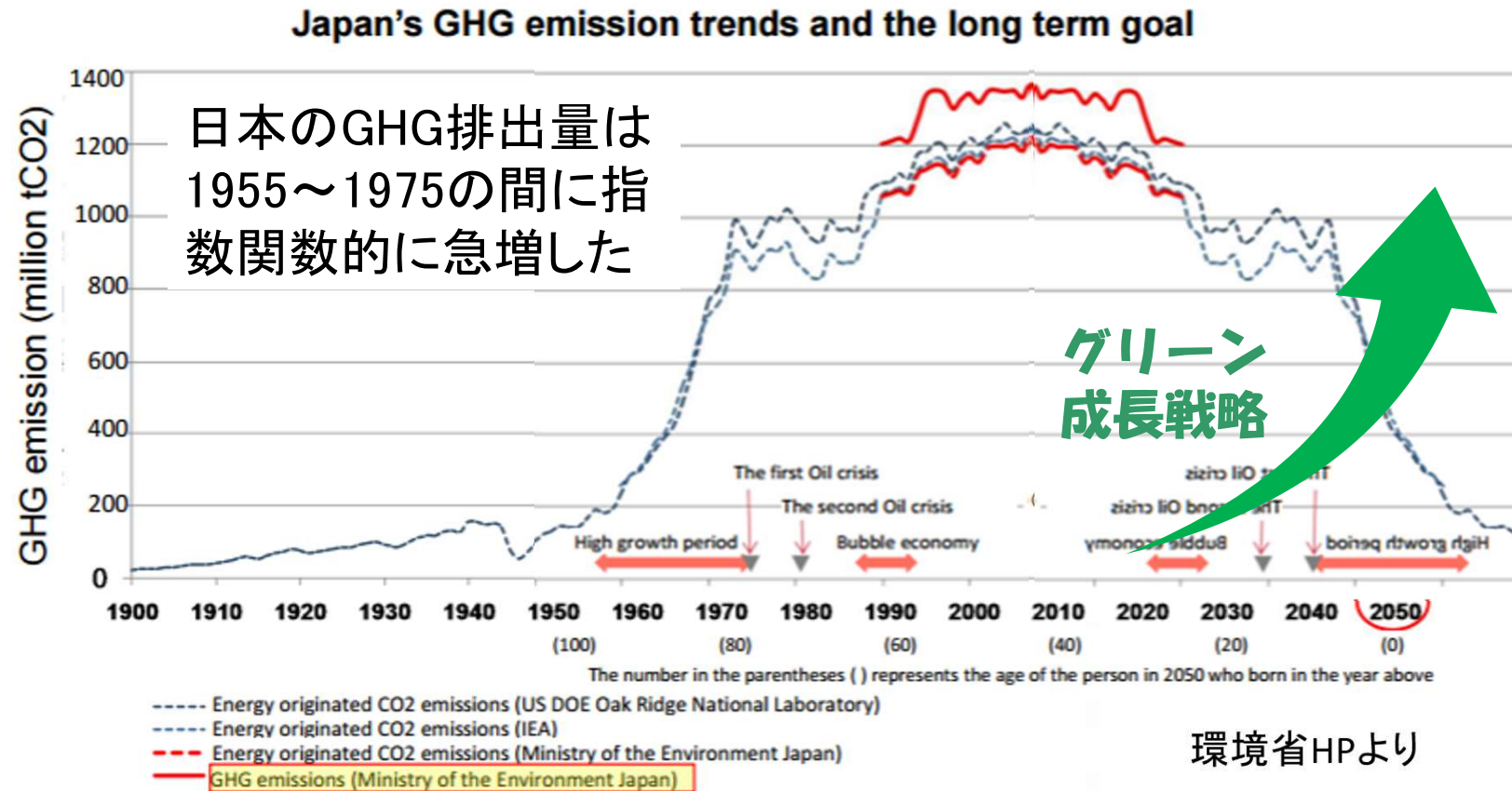
石油危機・環境問題の意識：排出量の急増は止まる

2020年

菅首相の**グリーン社会**宣言

2050年

持続社会**SDGs**社会の実現



環境省HPより

学んだこと

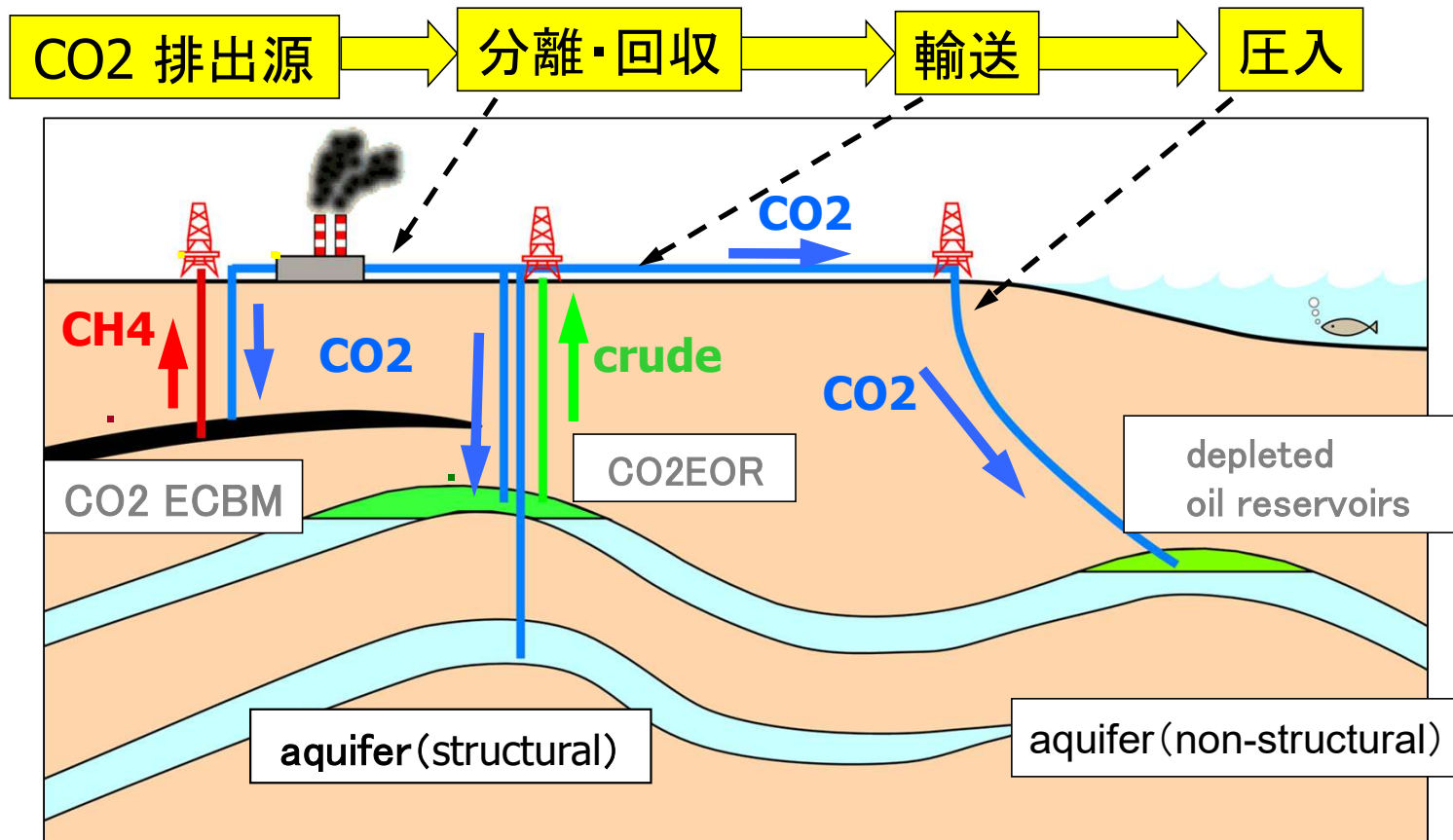
- 温暖化が止まらない中、原因としての化石燃料の利用に伴う大気中へのCO₂の放出に関し、多くの国は2050年にカーボンニュートラルを目指し始めた。
- 我が国は、CO₂排出量を2030年に2013年比で46%削減、2050年に実質ゼロを目標とし、これをエネルギー問題と位置付けた。
- CO₂削減策は政策としては緩和策であり、地震リスク対応などの適応策とは本質的に異なり、工学的な課題設定が可能であり、解決可能な問題である。
- しかしながら大量なCO₂削減が求められるネットゼロ社会の実現には、**CCSの産業化と社会システムの変革は不可避である。**

CCS技術とは

2.1

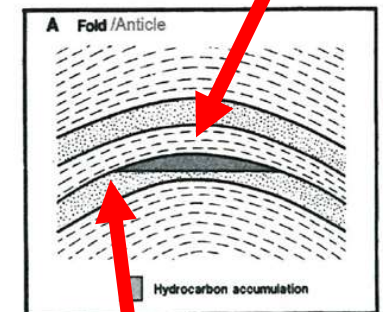
**CO₂を直接的に削減する最も経済的な手法
使用される多くの要素技術は、石油産業で利用されている**

CCSに必要な技術とは(分離回収・輸送・圧入)

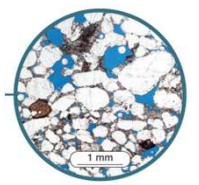
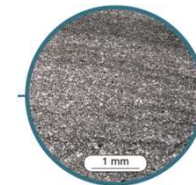


貯留層の孔隙(岩石の隙間)が大きいほどCO2を貯められる(砂岩)

シール層



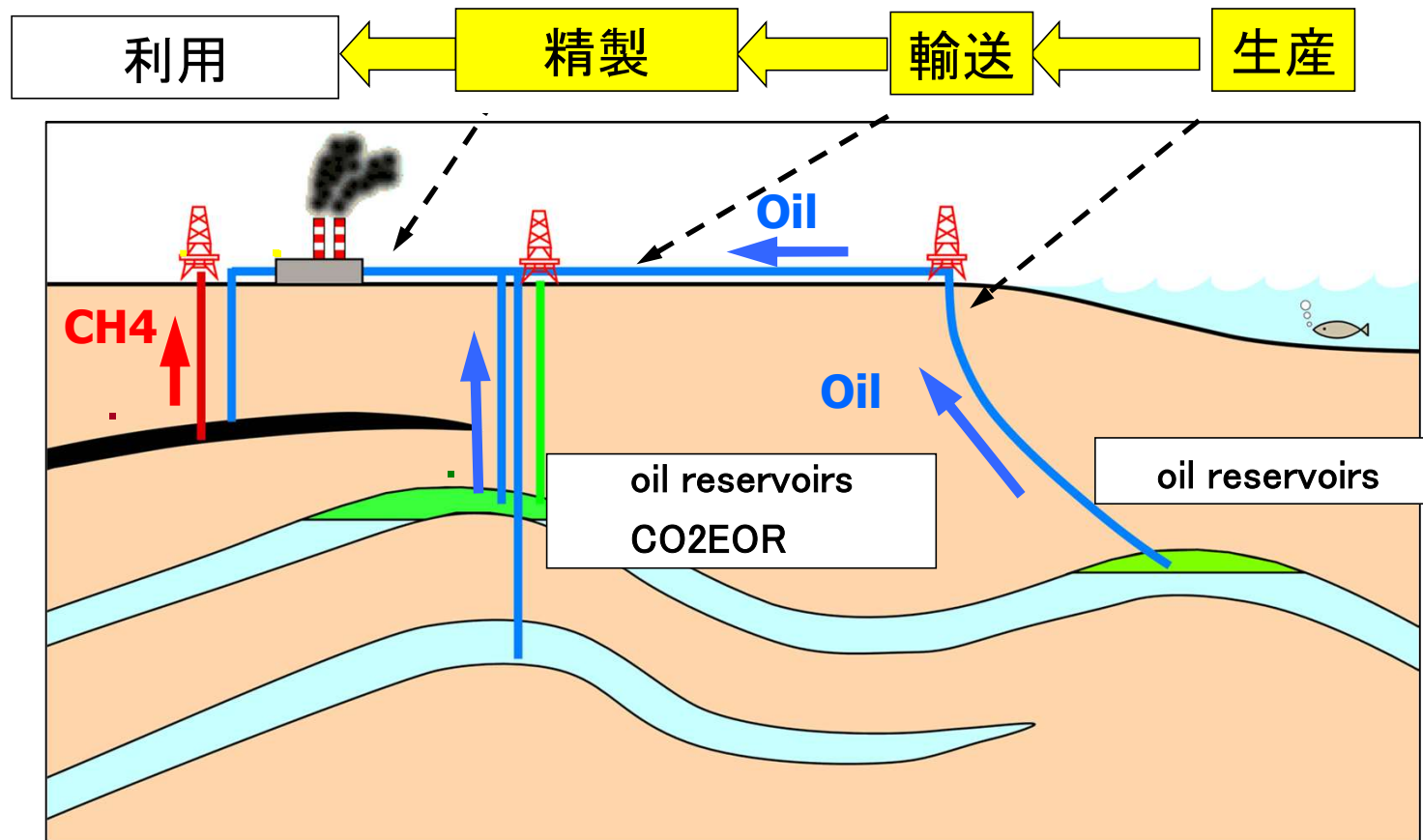
貯留層



泥岩(シール層) 砂岩(貯留層)

油田開発の概念

CCSは油田開発と似た事業体系の様に思えるが？



CCSと油田開発の違い

石油・天然ガスは特別な場所にしか存在しない

2つの事業では地下へのアプローチが大きく異なる

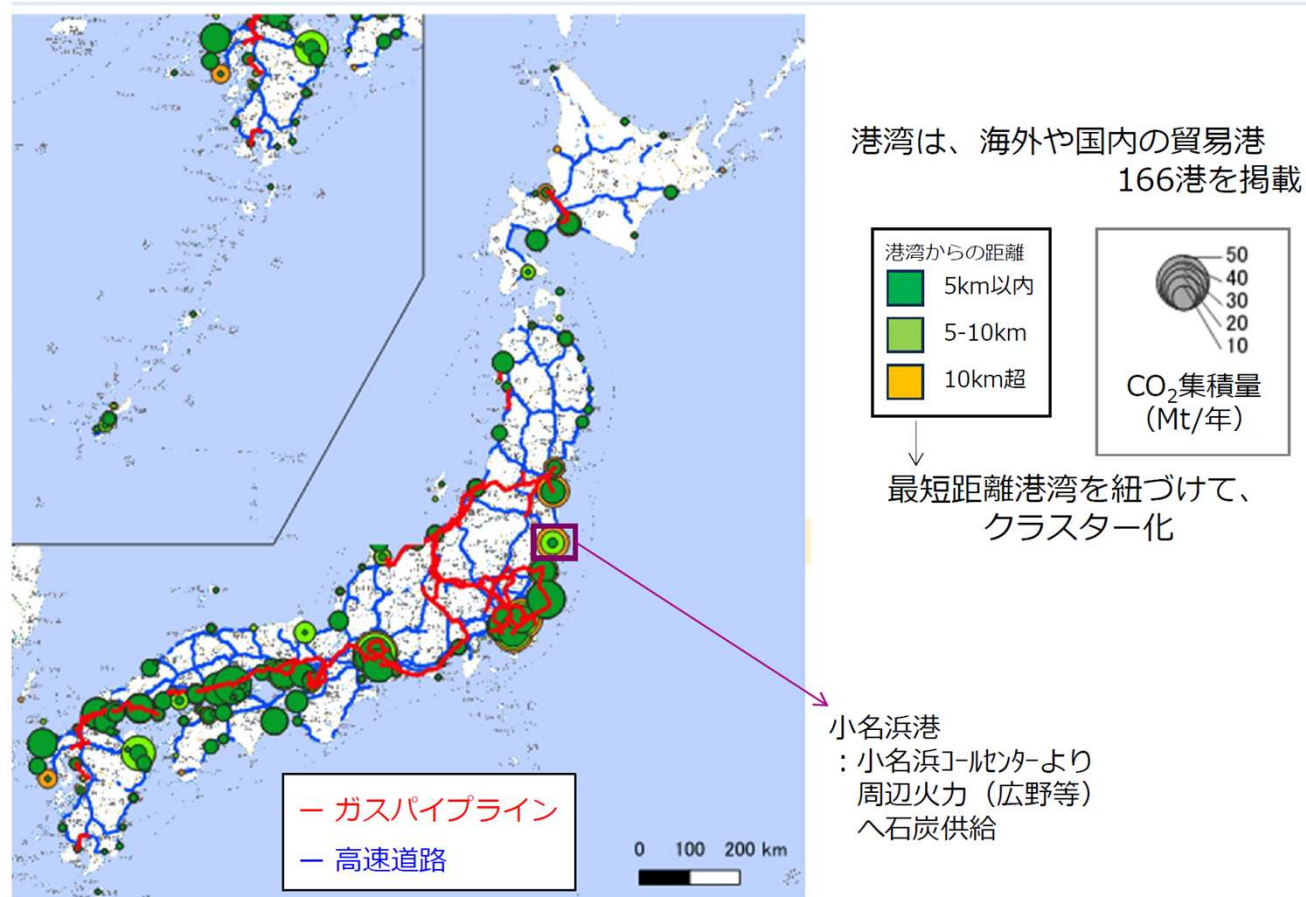
- 油田開発事業は地下に対して**受動的(自然の恵みを享受する)**
 - ▣ 石油が存在する**特殊な場所(油田)**を見つけて、埋蔵量を予測し、顧客への輸送方法、収支の検討を行い、事業シナリオを作成。
- CCS事業は地下に対して**能動的(人類に必要な地下利用)**
 - ▣ CO₂の**削減量(圧入量)**を決めて、圧入期間、建設費・操業費の検討を行い、事業シナリオを作成して、CO₂が安心・安全に圧入出来る場所を探す。
- CCS事業は**地質工学的な課題を設定し、課題解決型事業**
 - ▣ 油田開発と違って、CCS技術では手順(含むサイト評価)の**標準化と一般化**が可能であり必要である

分離回収・輸送システム

2.2

分離回収技術はアミン法が一般的
日本ではCO₂の船舶輸送が期待されている

我が国におけるCO₂の排出源分布

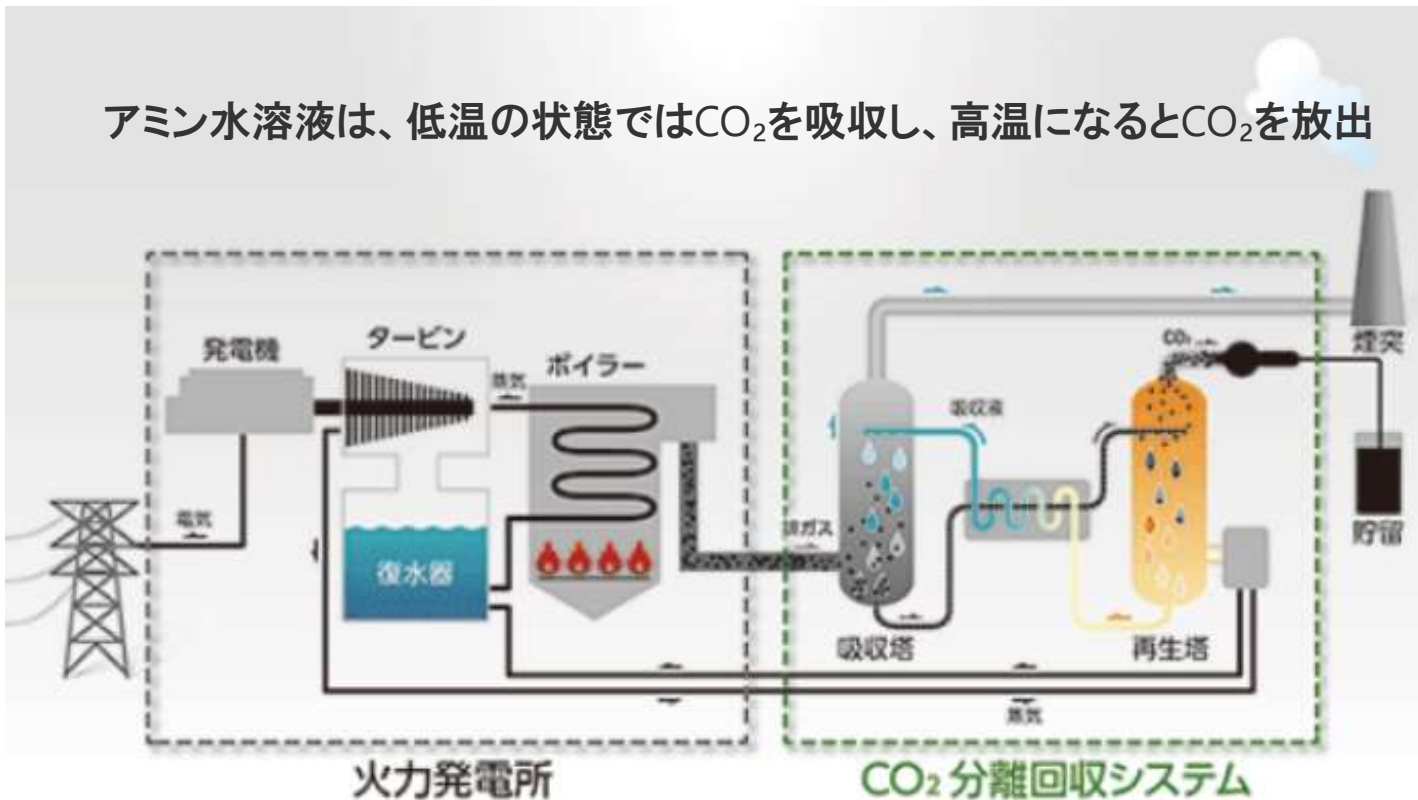


出典：RITE二酸化炭素地中貯留技術組合委員会資料

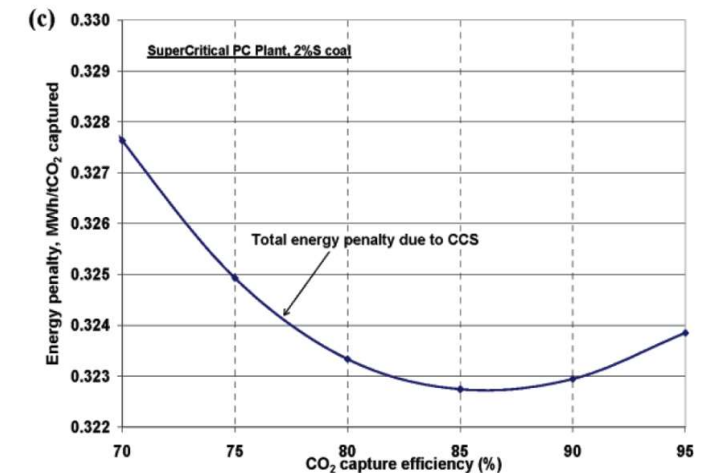
火力発電所でアミン法を用いたCO₂の回収

一般的にアミン法では排出量の90%を回収

アミン水溶液は、低温の状態ではCO₂を吸収し、高温になるとCO₂を放出



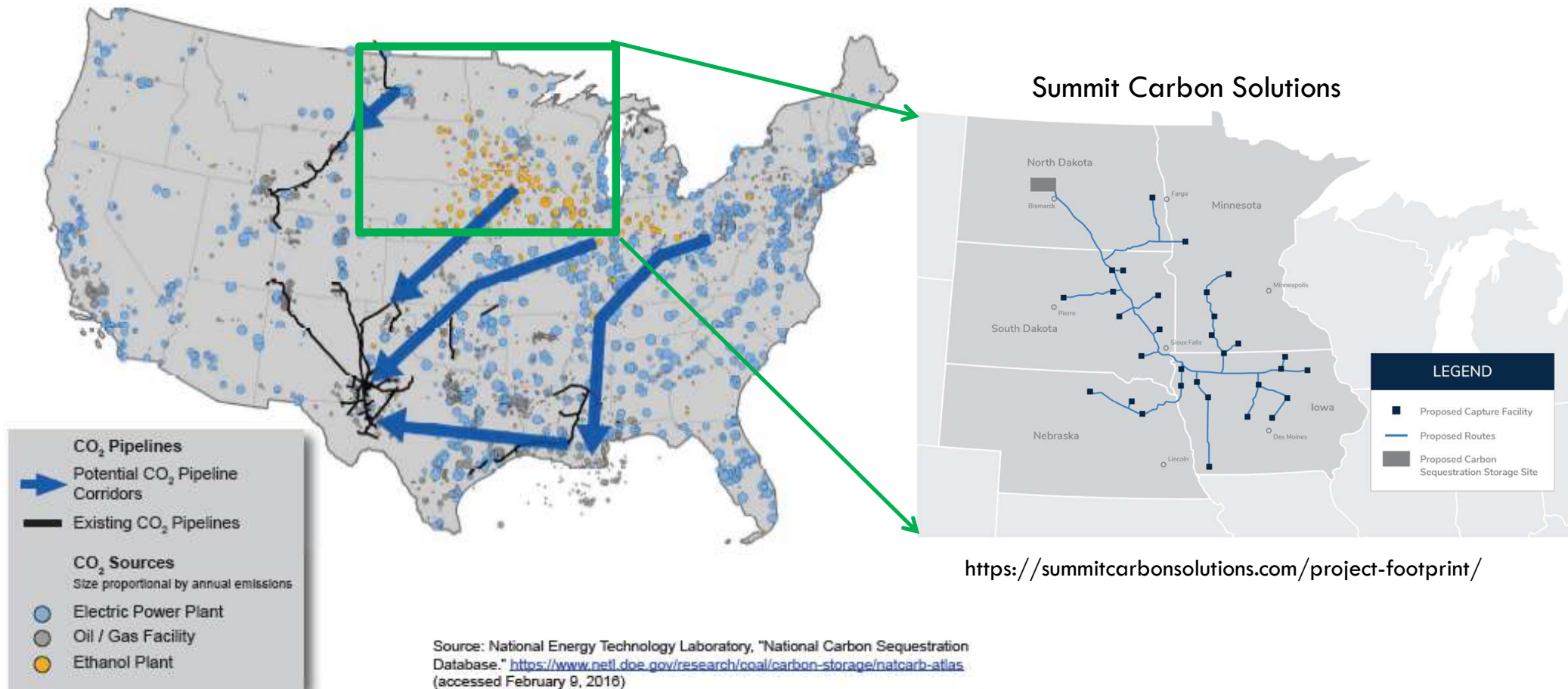
回収率(横軸)と回収エネルギー(縦軸)



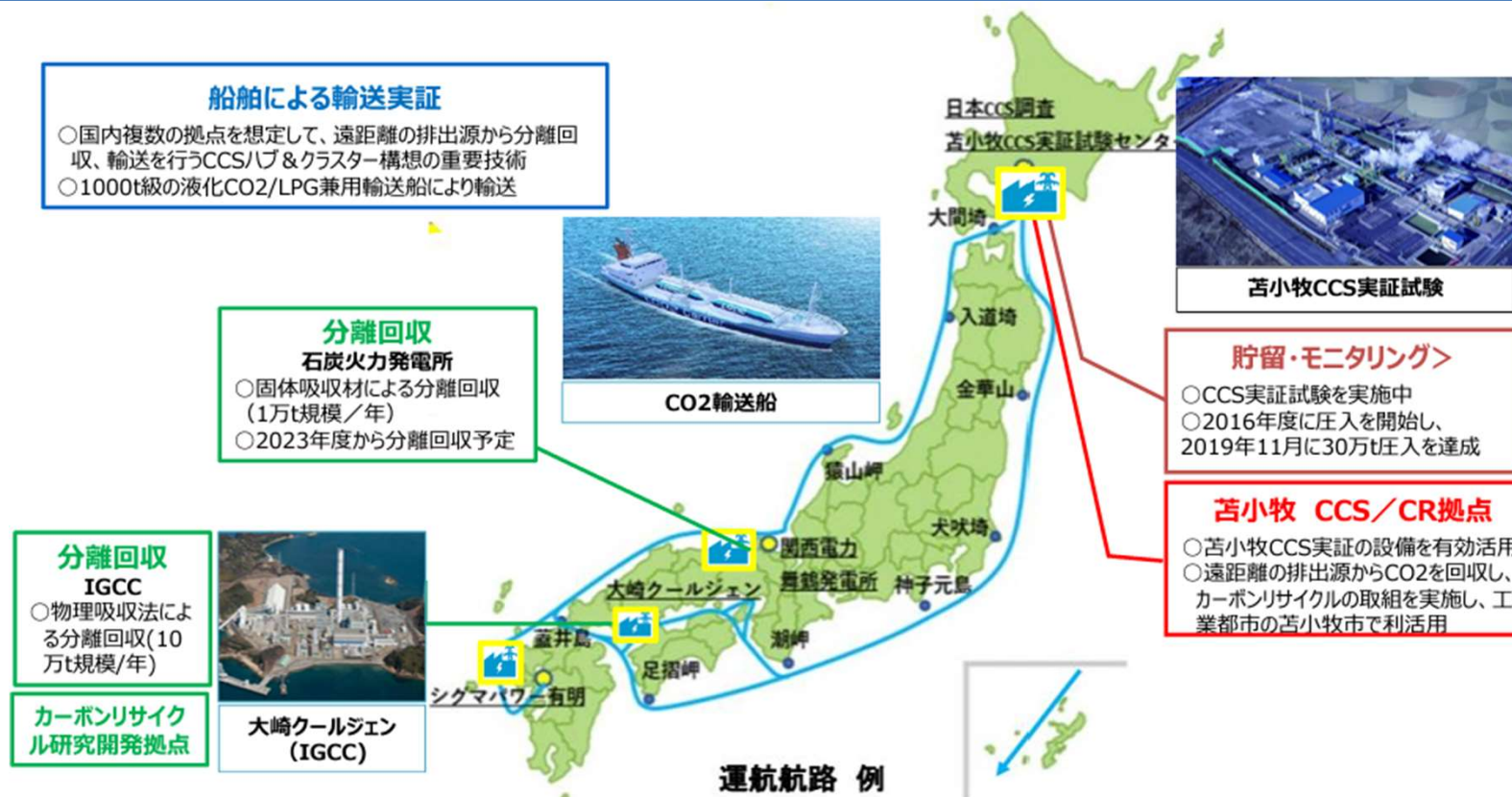
Anand B. Rao and Edward S. Rubin (2006)
Identifying Cost-Effective CO₂ Control Levels
for Amine-Based CO₂ Capture Systems, Ind.
Eng. Chem. Res. 45, 2421-2429

<https://www.power-academy.jp/electronics/report/rep03000.html>

米国での脱炭素に向けたCO2パイプライン計画



液化CO₂船舶輸送実証事業について



出典:経産省第1回CCS長期ロードマップ検討会資料

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/ccs_choki_roadmap/001.html

CO₂を地下の貯留層に圧入する

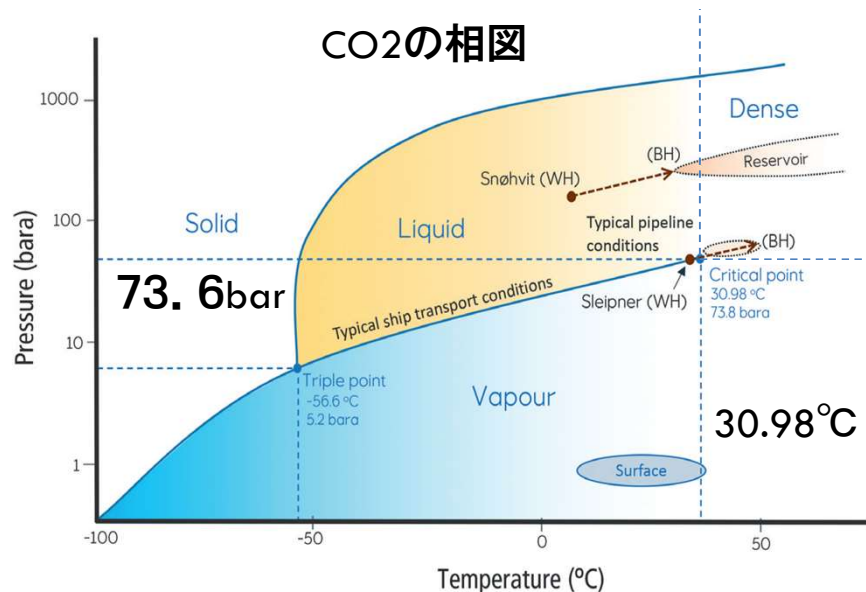
2.3

CCSにおける貯留層の価値とは何か

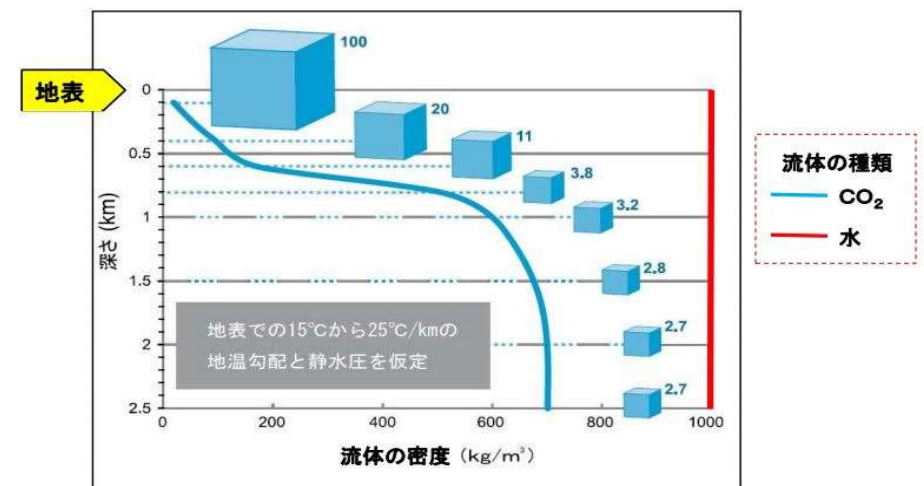
効率よく圧入するには貯留メカニズムの理解が不可欠

CO₂は簡単に相転移する —ガス・個体・流体・超臨界—

- CO₂は温度と圧力に依存して、個体・液体・超臨界に相転移する
- 超臨界では気体的な粘度(0.06-0.07センチポアズ)を持ち、流体的な密度(500-800kg/m³)を持つ。CO₂の圧入には800m以深で体積が小さくなり超臨界となり効率的



DOI: <https://doi.org/10.3997/1365-2397.fb2022088>

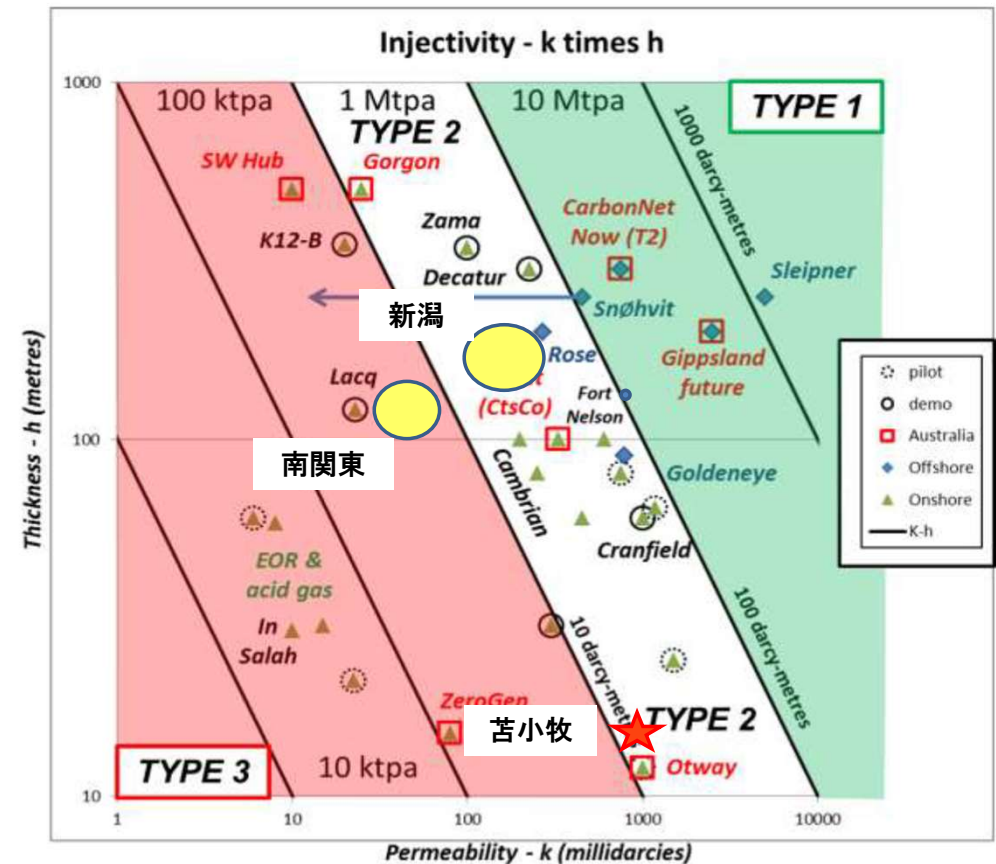


http://www.e-jesa.or.jp/jesa_blog/jesa_blog_article_5/blog_article_90.html

貯留層の性状を決める地層の特性

貯留可能量と圧入効率

- **貯留可能量**は貯留層の**体積と孔隙率**で大方決まる
- CCSでは排出源での年間CO₂の排出量は決まっているので、その量を連続的に圧入する必要があるため、**圧入効率**は重要
- **圧入効率**は貯留層の**浸透率**と圧入している場所の**層厚**の積で決まる
- CO₂の入れ物としての貯留層を最大限に利用する工夫が必要



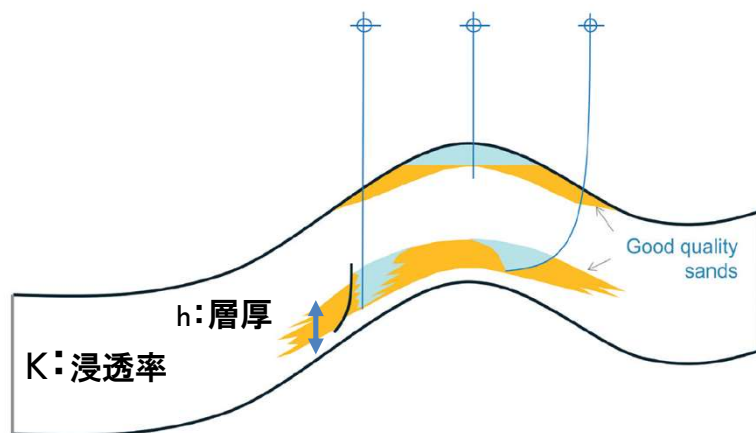
From:横井悟(2022)石油地質屋から“改めて”見たCO₂地中貯留(その1)、天然ガス(2022、No.5)

石油産業とCCS産業での貯留層の役割の比較

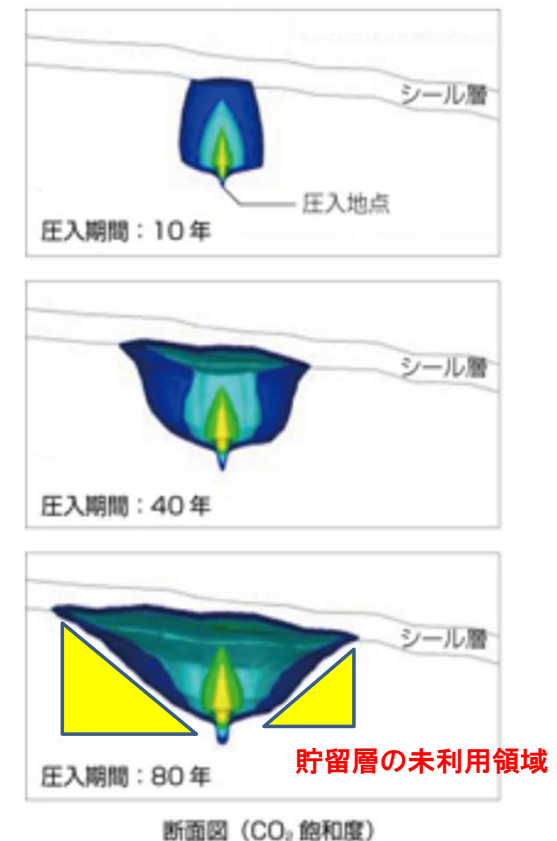
	石油鉱業	CCS事業
地下調査の目的	石油が集積している特別な場所を見つける	CO ₂ が安全に圧入できる大きな帯水層を排出源近傍で見つける
貯留層へのアクション	流体を取り出す	流体を圧入する
貯留層の持つ価値	貯留層内に存在する炭化水素に価値がある	CO ₂ の入れ物としての価値
貯留層の価値を向上させる行為	増進回収法(EOR)	増進圧入法を工夫し圧入効率の向上(大きな技術課題)
貯留層の有効利用	生産方法の管理により経済価値を高める	貯留層全体を最大限に利用 最下部での水平坑井による圧入・圧力緩和井の掘削

CCSにおける貯留層の価値の向上

- CO₂の入れ物として貯留層を最大限に利用する工学的な技術開発が必要
- 水平坑井の利用・CO₂に対する浸透率を高める工夫(マイクロバブル・ナノ粒子など)



圧入場所は貯留層の最下層から水平坑井などを利用して利用領域の向上が必要

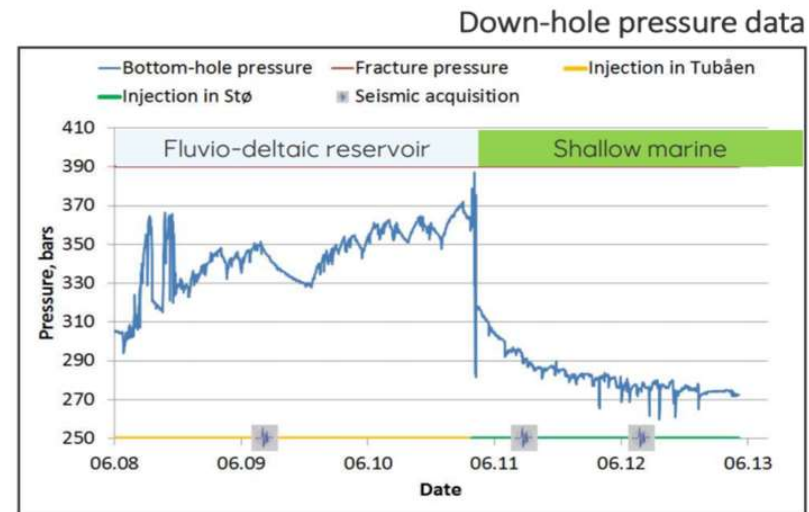


以下に加筆

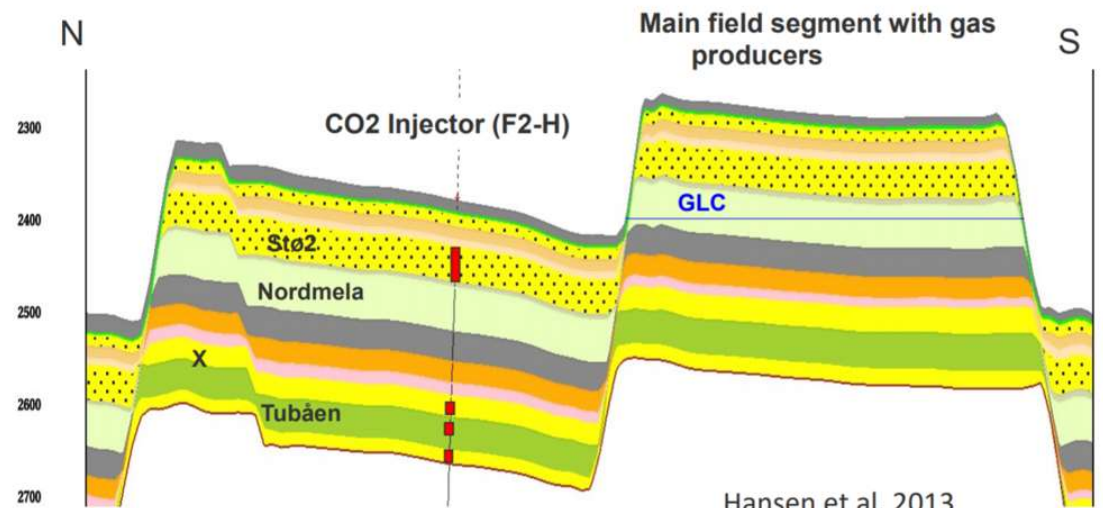
https://www.taiei.co.jp/giken/report/2008_41/intro/C041_003.htm

貯留層内の圧力の変化

- CO₂の圧入は地層圧よりも高い圧力で押し込む
- 圧力が高くなりすぎると遮蔽層を破壊する可能性が出てくる
- ノルウェーSnøhvitのCCSでは、CO₂を圧入していくと、貯留層の圧力が上昇し、シール層を破壊しそうになった
- この為、圧入を別の浅い地層に移した



Hansen et al. 2013; Pawar et al., 2015



貯留層の圧力を人工的に低下させる

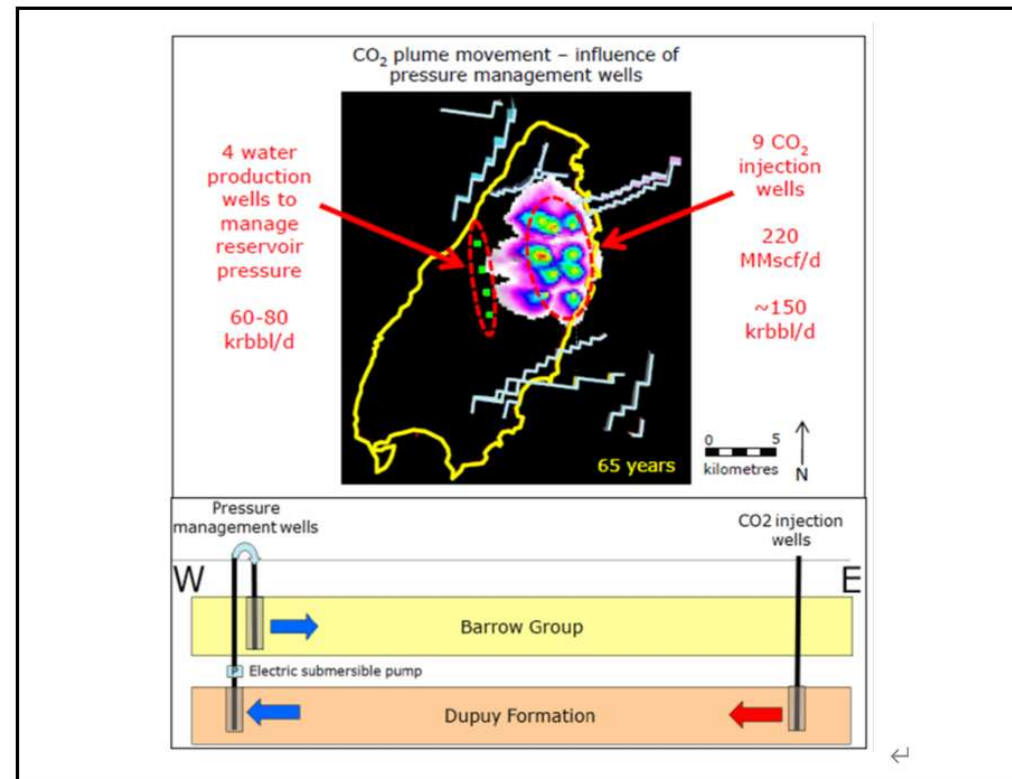


図 2-7 ゴルゴン CCS 事業における圧力調整井（水生産井：CO₂ 圧入層の深部塩水をくみ上げ）と圧力調整井（水圧入井：くみ上げた水を圧入層より浅部にある Barrow Group 層へ圧入）。
(https://oilgas-info.jogmec.go.jp/info_reports/1008924/1008966.htm)

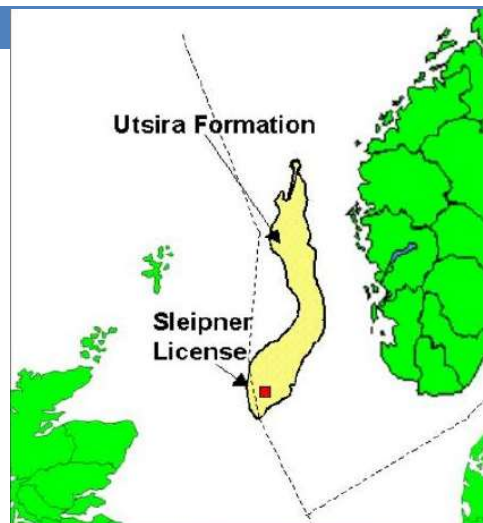
地下のCO₂を可視化する

2.4

地下のCO₂を監視・管理するには
実プロジェクトに学ぶ（Sleipnerと苦小牧の例）

大規模CCS事業の例 Sleipner

1996年に開始された世界初の大規模帯水層貯留

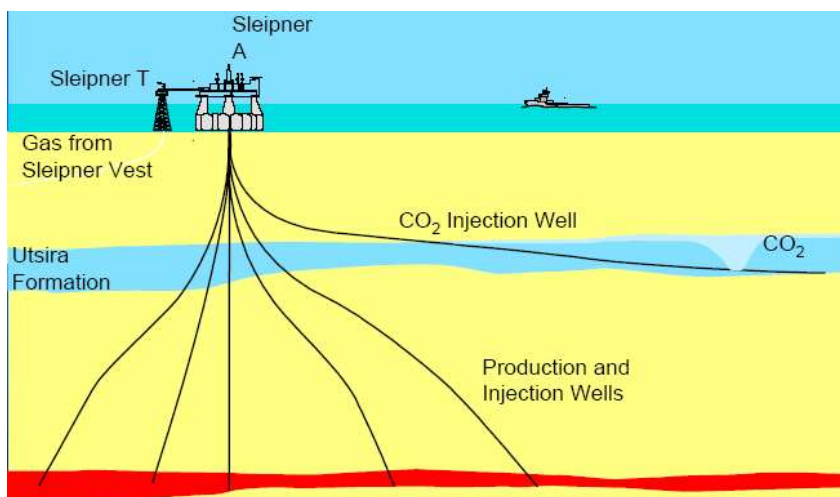


事業主: Equinor

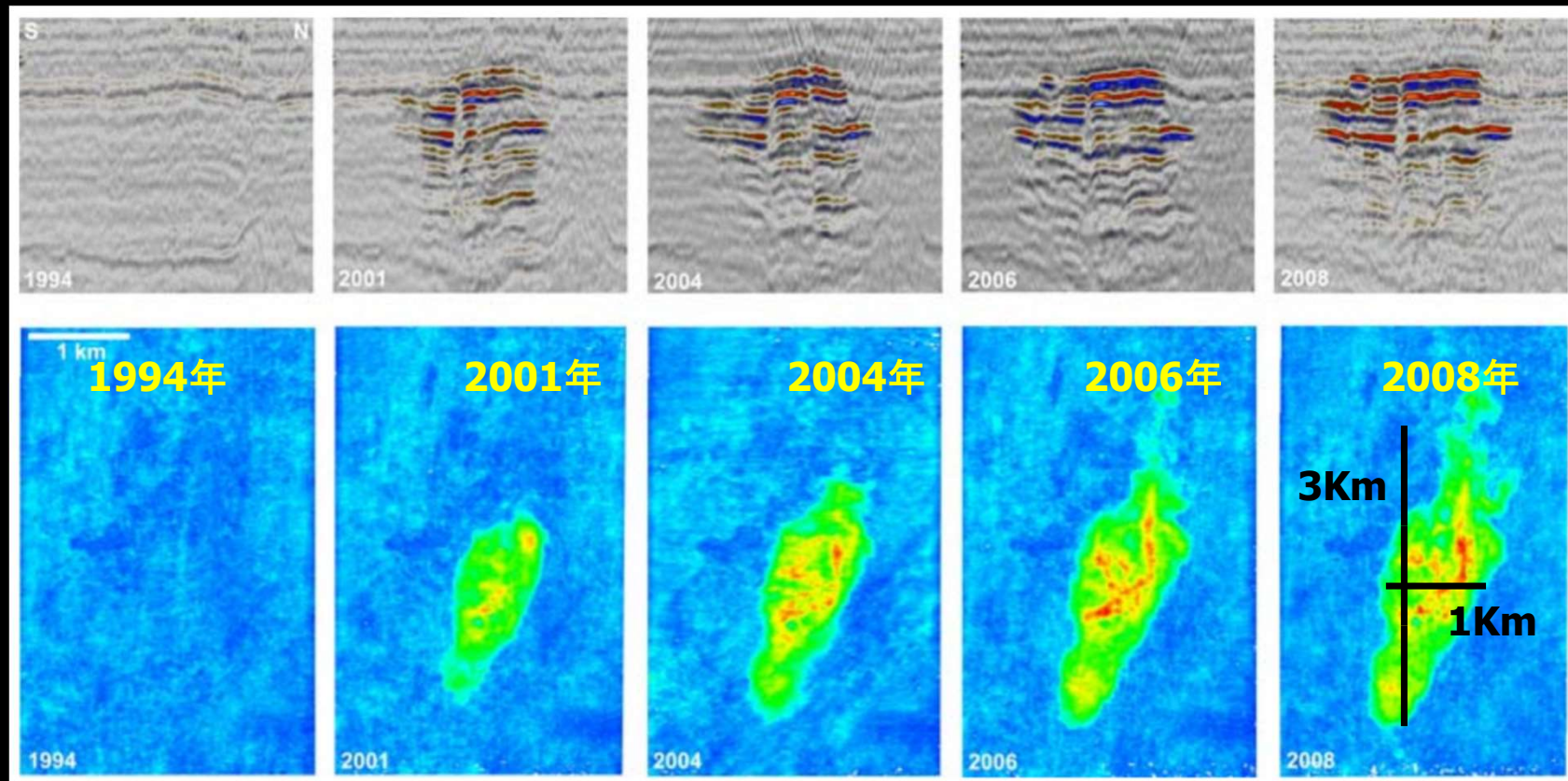
年間圧入量 100万トン

CO₂ ガスの生産に伴う随伴ガス

環境税の回避目的(税額は約420クローネ(約60ドル))



地下のCO₂のモニタリング

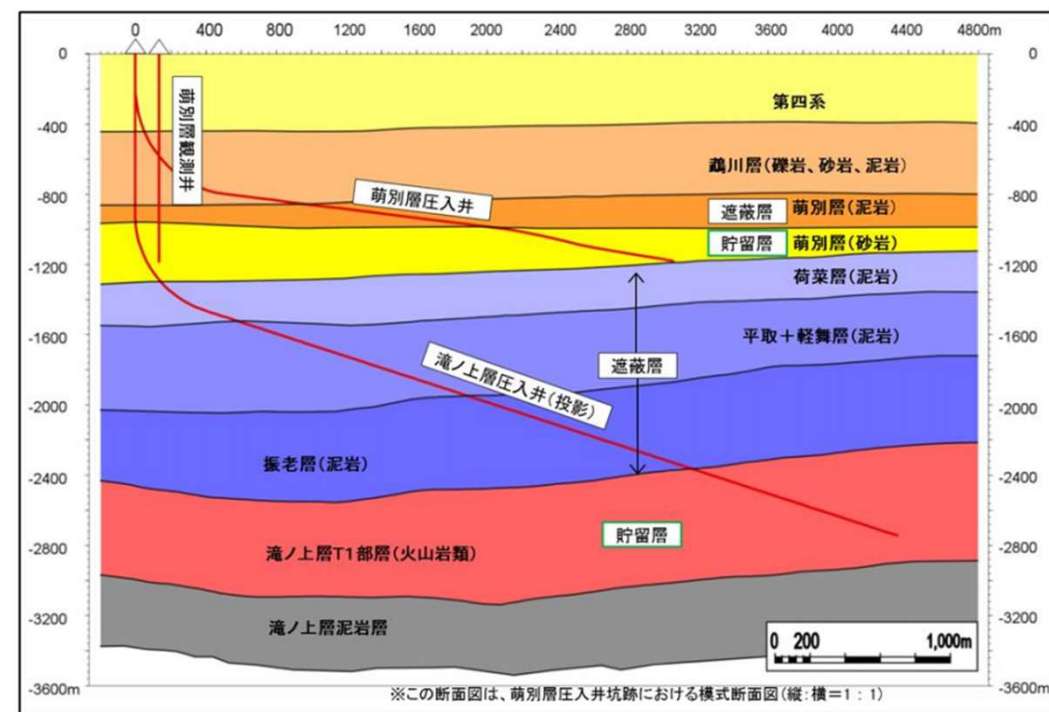


約1200万トン圧入後

経産省が実施した苫小牧におけるCCS圧入試験



出典：「LC81070302016141LGN00, courtesy of the U.S. Geological Survey」を加工



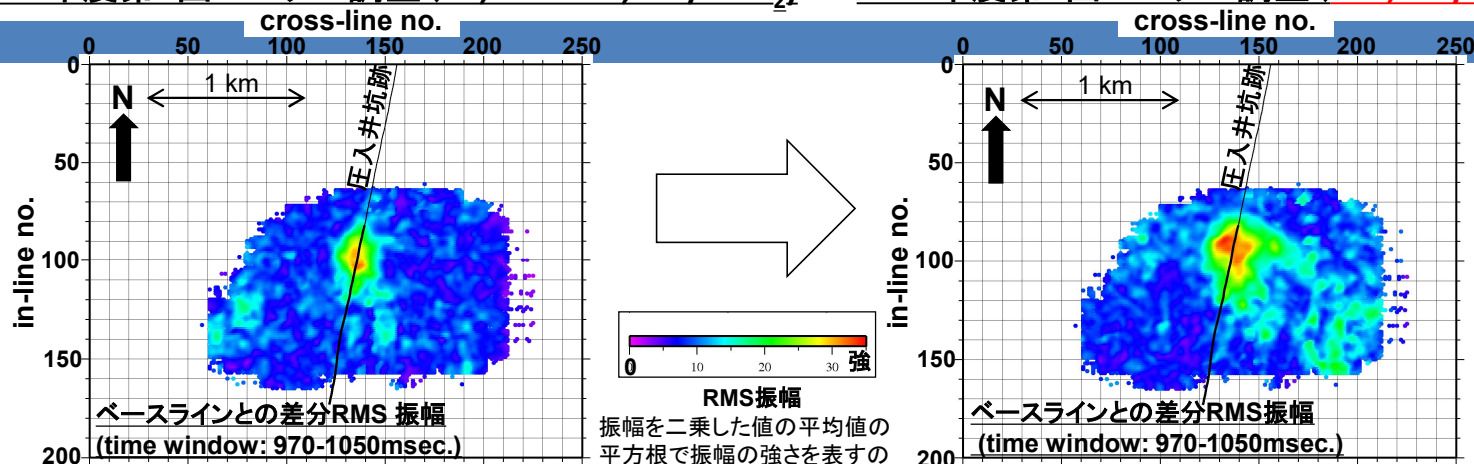
※この断面図は、萌別層圧入井坑跡における模式断面図 (縦:横=1:1)

出典: 苫小牧におけるCCS大規模実証試験30万トン圧入時点報告書(「総括報告書」)概要

苫小牧萌別層 三次元弾性波探査調査結果

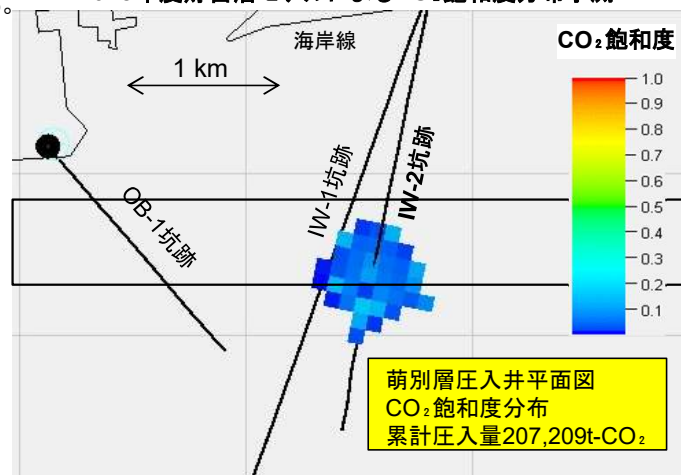
(a) 弾性波探査 三次元モニター調査の比較(技術目標:CO₂圧入に伴う変化)

2017年度第2回モニター調査(61,239~69,070/t-CO₂) 2018年度第3回モニター調査(207,209/t-CO₂)



※ベースライン調査(2009年度実施)と小規模三次元探査ベースライン調査との重複部分の限られたデータのみを用いているため、2018年度モニター調査は、特に縁辺部においてS/Nが低く、差分抽出精度が低下している。

2018年度貯留層モデルによるCO₂飽和度分布予測

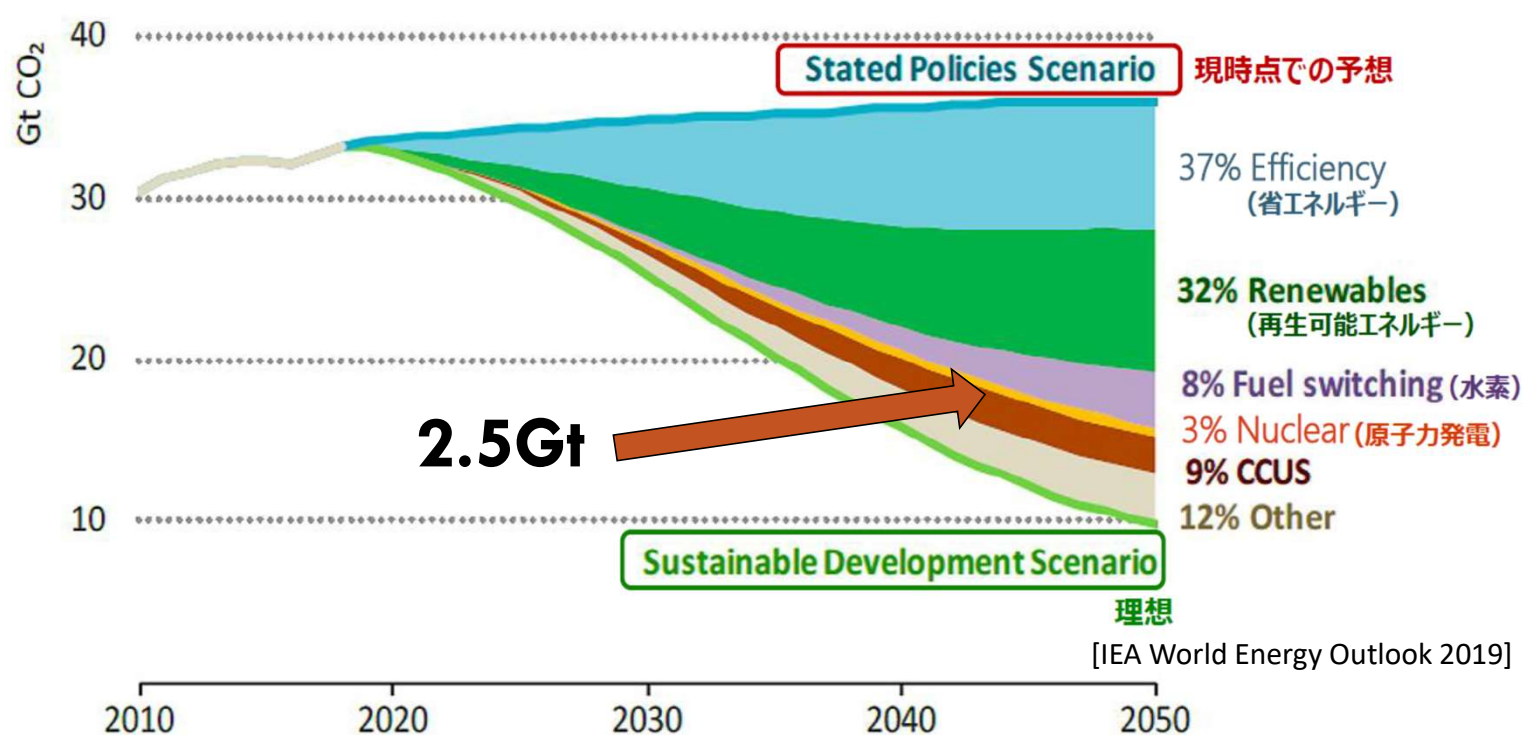


CCSへの期待

2.5

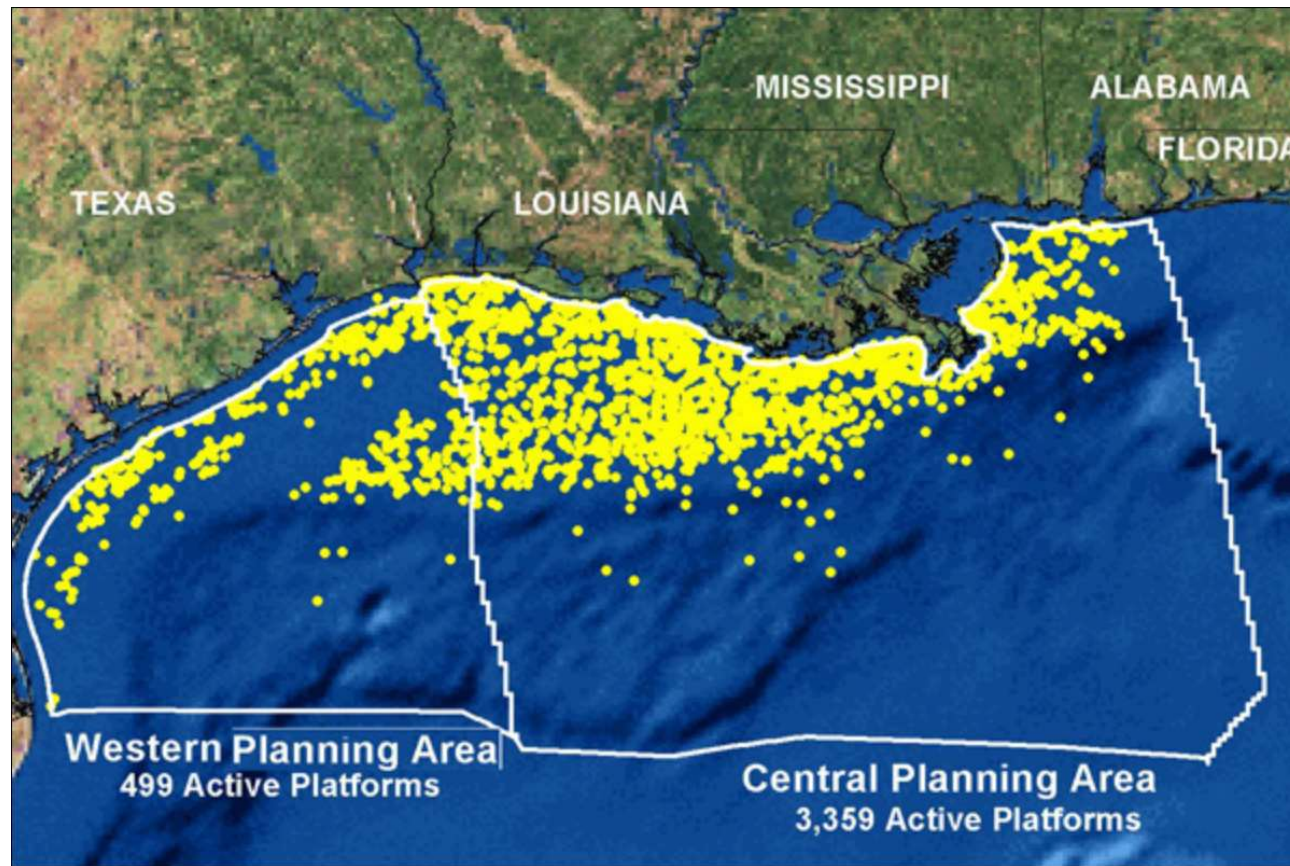
**CCSはCO₂の削減手法として広く期待されている
日本にはCO₂を貯留する場所があるか**

2050年におけるCCSへの期待(世界)



2050年に25億トン(2.5G)/年を貯留: 場所はあるのか?
100万トン/年の圧入サイトが2,500ヶ所必要

米国メキシコ湾岸 —石油生産プラットフォーム約4,000—



(2006年)

ExxonMobil社による大規模CCS計画

● プロジェクト概要：

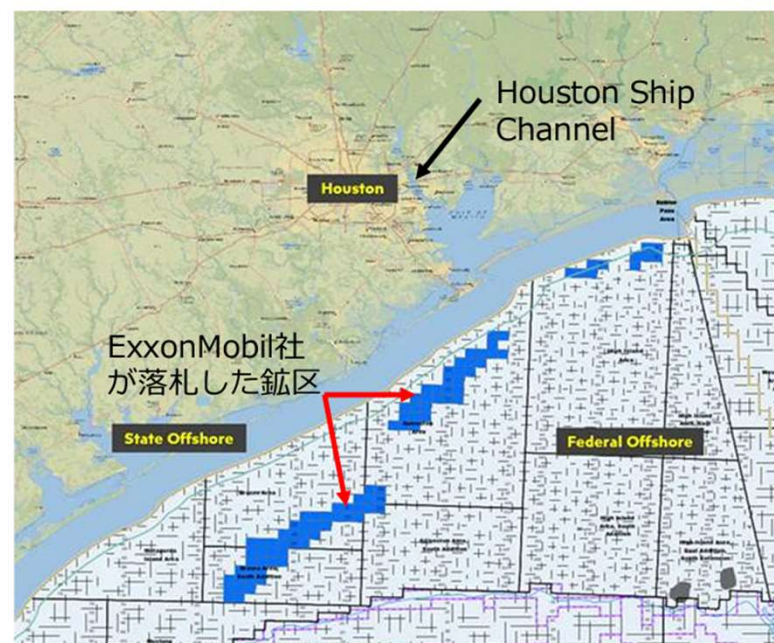
- 米ExxonMobil社による石油化学、製造、発電設備事業で排出されるCO₂を回収し、メキシコ湾海底下の地層中に貯留するCCSハブ構想

● CO₂圧入量（想定）：5000万トン/年（～2030年）、1億トン/年（～2040年）

● プロジェクト規模（想定）：1000億米ドル（15兆円）

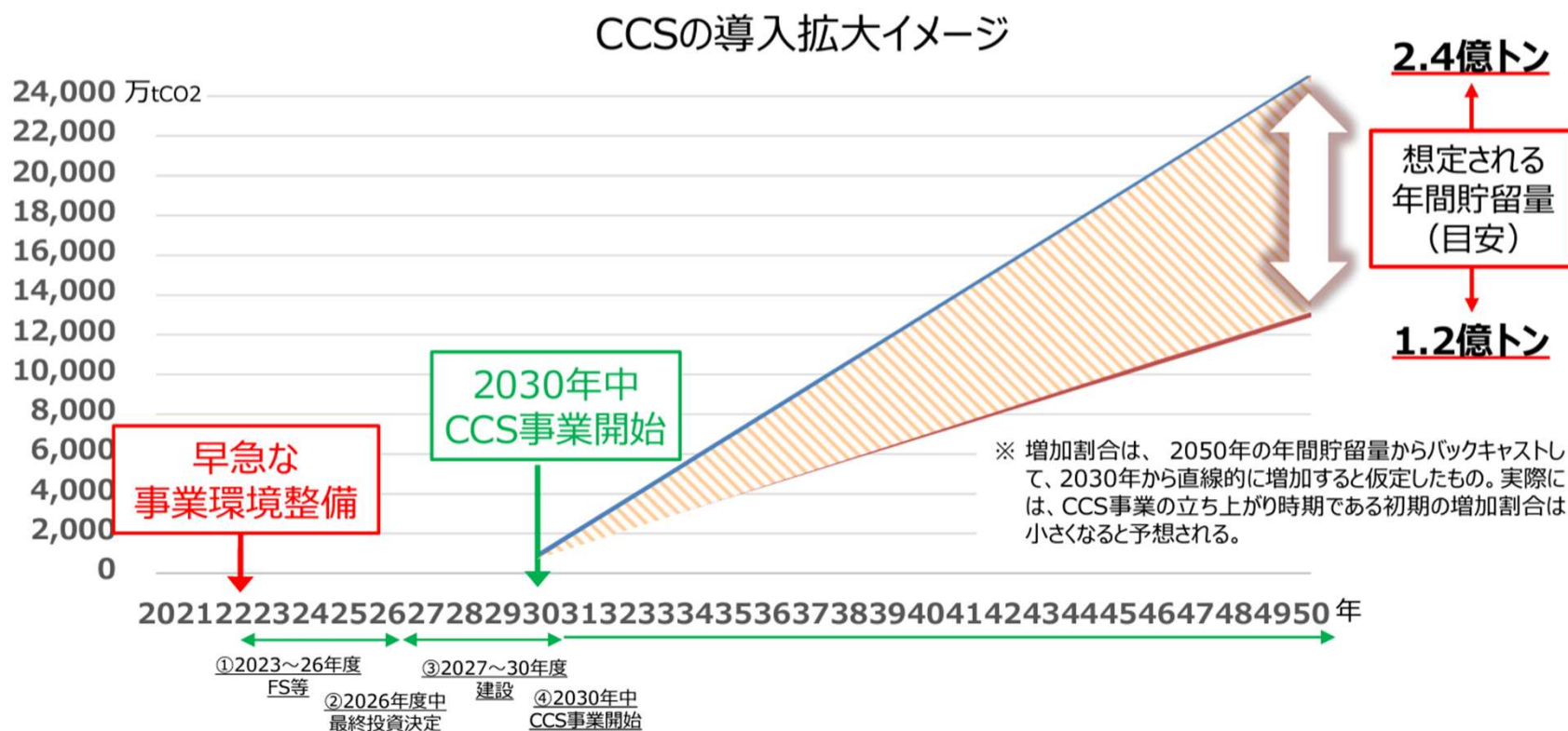
● スケジュール：

- 2021年4月：米ExxonMobil社は、CCSハブ構想を発表
- 2021年9月：Houston Ship ChannelにCO₂排出施設を所有する10社（Calpine, Chevron, Dow, Ineos, Linde, LyondellBasell, Marathon Petroleum, NRG Energy, Phillips 66, Valero）が構想に関心を表明
- 2021年11月：米ExxonMobil社は、浅海域94鉱区を落札（CO₂貯留に利用するために取得したものと考えられている）



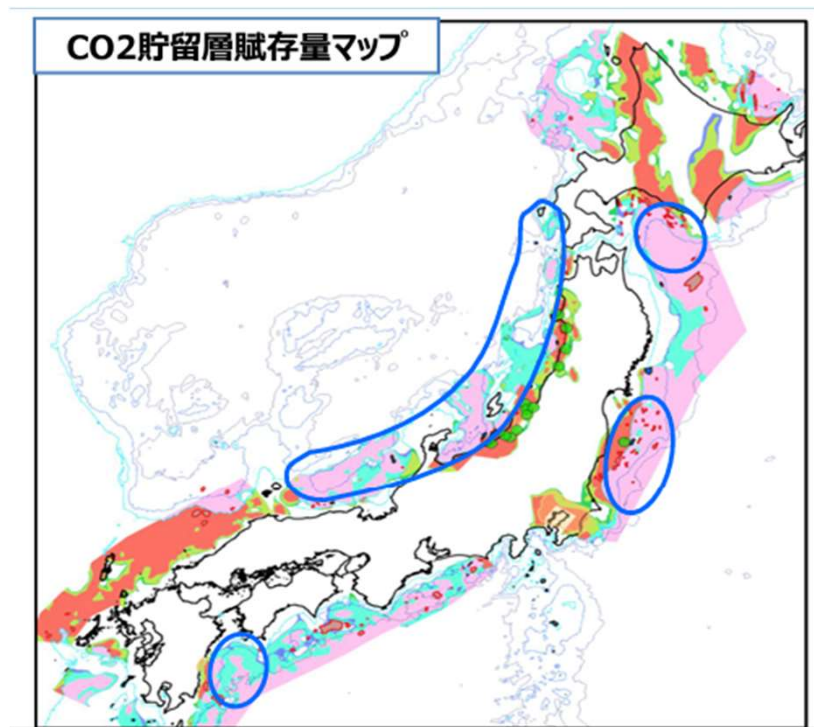
(Offshore Magazine: <https://www.offshore-mag.com/regional-reports/us-gulf-of-mexico/article/14215064/hernandez-analytical-future-lease-sales-may-include-more-offshore-carbon-capture-bids>)

経済産業省が描いている貯留量の推移

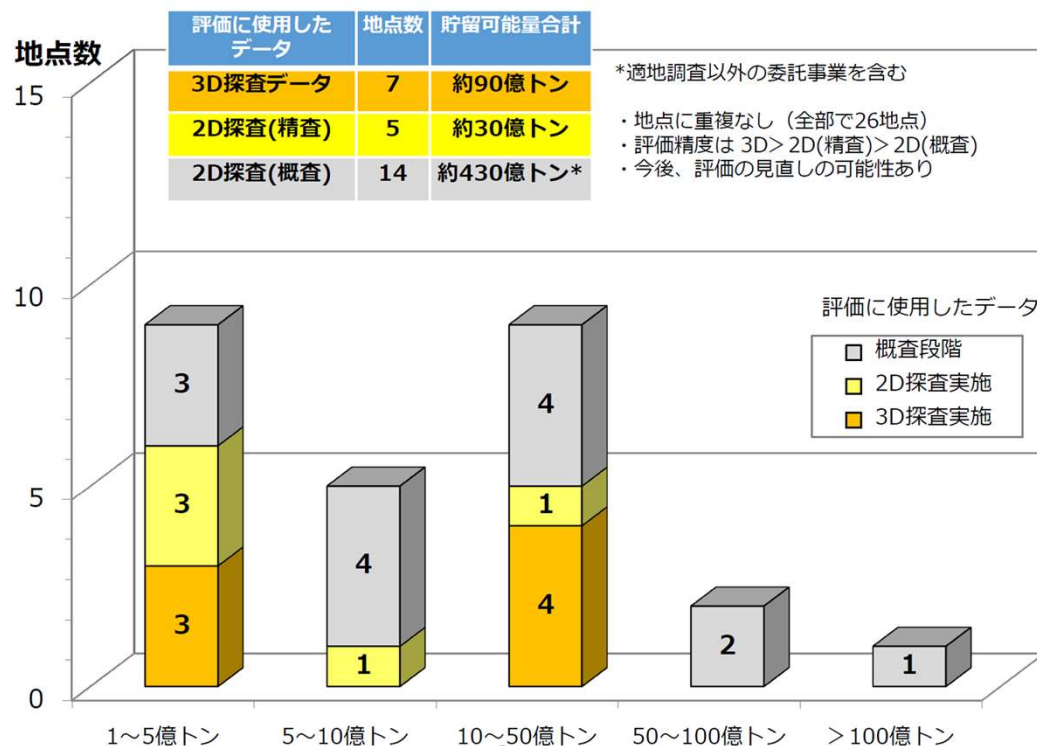


出典: 経済産業省、CCS長期ロードマップ検討会最終とりまとめ、令和5年3月

我が国におけるCO2貯留可能地域と量



出典：経済産業省、CCS長期ロードマップ検討会最終とりまとめ、令和5年3月



出典：環境省CCUSの早期社会実装会議（第3回）貯留適地調査について

学んだこと

- CCSの要素技術は石油産業で使われてきた技術である
- 貯留層内でのCO₂の監視と管理の為に地下の可視化は必須
- 地下貯留層の価値はスペースであり、これを向上させる技術開発が重要
- 石油鉱業とは異なり、CCS事業には運の要素は少なく、分離回収・輸送・貯留すべてにわたり技術力を有する企業が勝ち残る
- 油田は無くても、技術力がある日本には産業化を進める力がある
- IEAのCCS目標値(25億トン)を達成できる貯留場所は地球上には存在し、我国においてもCO₂削減目標(年間1.2~2.4億トン)に対しては、貯留場所は確保できる

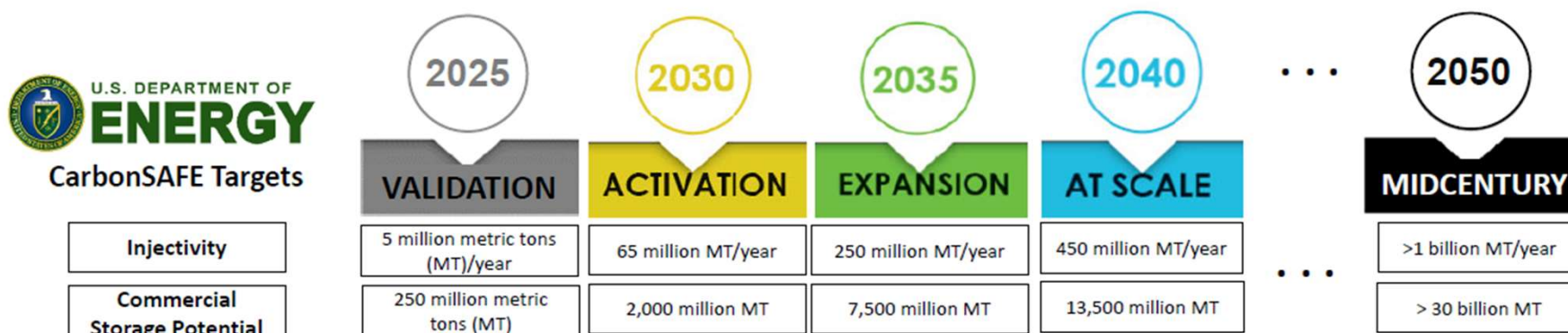
CCSの社会実装・産業化への壁

3.1

壁を乗り越え、CCSの産業化に向けた国の政策

米国のCCS産業育成目標:2050年10億トン以上/年 日本の約10倍規模を同じ時間スケールで達成する計画

Rapid CCS industry growth for decarbonization



North Dakota CarbonSAFE



CarbonSAFE Project ECO2S, Mississippi



Wyoming CarbonSAFE Project



Illinois Basin CarbonSAFE Project

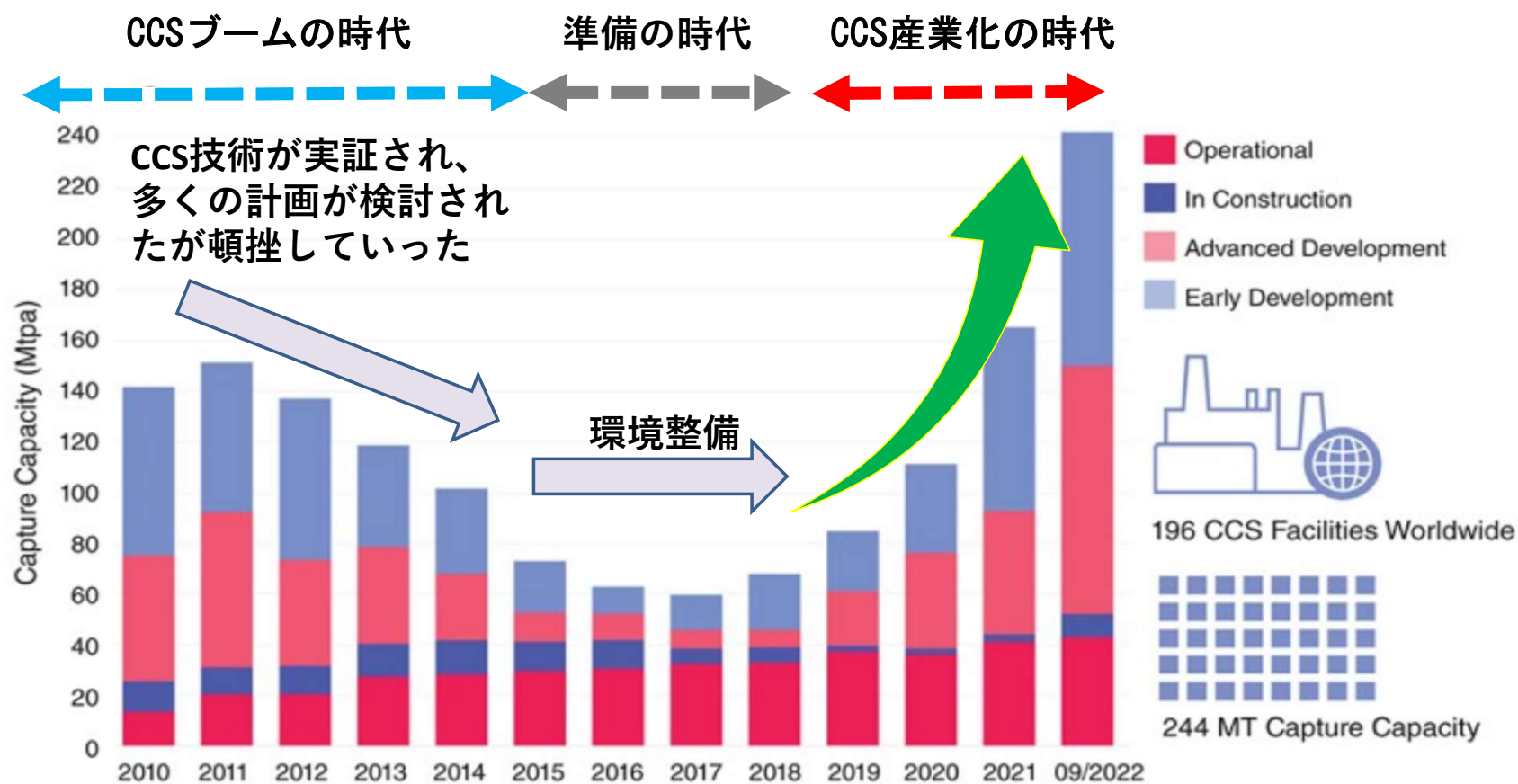


U.S. DEPARTMENT OF ENERGY

Fossil Energy and
Carbon Management

From Traci Rodosta 発表資料: 2023年1月24日 RITEテクニカルシンポジウム

CCSを利用したCO₂削減量と計画量の推移



<https://jpt.spe.org/louisiana-carbon-storage-projects-surging-on-fatter-tax-breaks-and-blue-fuel-visions>

温暖化対策は外部不経済である

- 温暖化は経済学的には、**外部不経済**(公害のように、企業活動が市場取引によらずに第三者に損害を与えること)である。
- 経済学者は、**内部化**(外部不経済のコストを市場価格に組み込むこと)を提案。具体的には、排出された二酸化炭素に価格を付けることで(**カーボンプライシング**)、市場は対策を追求する。**炭素税**や**排出権取引制度**の導入が提案されている。
- 同時に、対策が新たな経済成長の機会を生み、雇用の創出にもつながり、**新規産業として確立させることが重要**。
 - ▣ 再生可能エネルギーへの努力は新しい産業分野を作り出している。
- しかしながら市場単独では外部不経済の内部化は困難であり、政府の役割と政策は重要である。

CCSを産業として育てる為の2つの政策

- **テクノロジープッシュ政策**（技術基盤構築の為の政策）
 - ▣ 技術開発・プロジェクトへ補助金を出し、CCS産業の基礎を作り上げる
 - ▣ 政治家はテクノロジープッシュの政策を好む
 - ▣ **補助金・税額控除**（米国の45Q）
- **マーケットプル政策**（産業が必要なマーケットを作る政策）
 - ▣ 多くの経済学者は、排出CO₂に価格をつける**カーボンプライシング**が最も効果的・効率的な政策と考えており、**市場はそれに反応し排出量を削減する**
 - ▣ **炭素税**（欧州）あるいは**排出権取引**（EUやカリフォルニア州のLCFS制度）
 - ▣ 再生可能エネルギーは市場を増大させるが、化石燃料は市場を失う可能性
 - ▣ 業界によって影響の大きさが異なる（価格転嫁が容易かどうか）

米国連邦政府が進めるテクノロジープッシュ政策

CCS税額免除政策 45Q

- 2022年インフレ削減法により45Qをより強力にした

項目	内容
控除対象者	設備所有者(CCUSを行う排出者)
適格認定	2033年1月1日より前に建設開始 年間のCO2排出量とCO2回収量による制限 1. 875万トン以上 75%以上の回収 1. 875万トン未満 1. 25万トン以上の回収 0. 1万トン以上のDAC
控除額	CCSはトン当たり最大85ドル CCUS(EOR)はトン当たり最大60ドル DACでの回収をCCSした場合 トン当たり最大180ドル DACでの回収をCCUSした場合 トン当たり最大130ドル
期間	操業開始後12年間

バイオエタノール製造会社が始めたCCS事業

RED TRAIL ENERGY, LLC

North Dakota Ethanol Production

Reduced Carbon Intensity of North Dakota Ethanol Production Through Geologic CO₂ Storage

Incentive Programs

- Low-carbon fuel standard (LCFS) programs (~\$200/tonne)
- 45Q (\$50/tonne) ➡ \$85/tonne 2022



Image Credit: Red Trail Energy

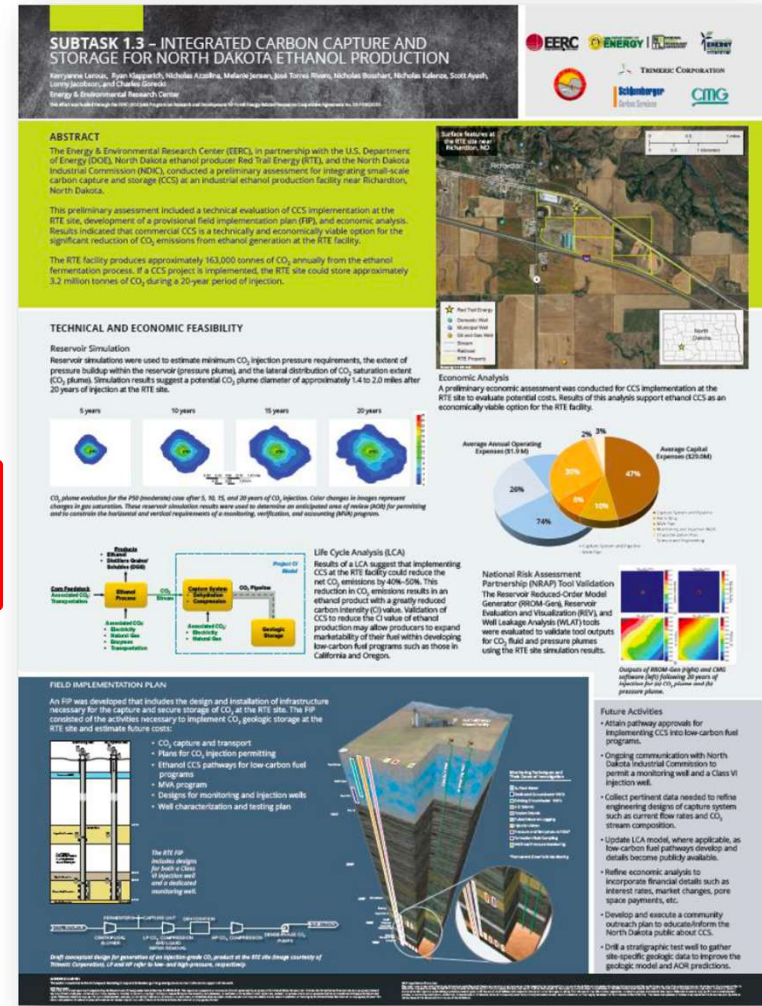
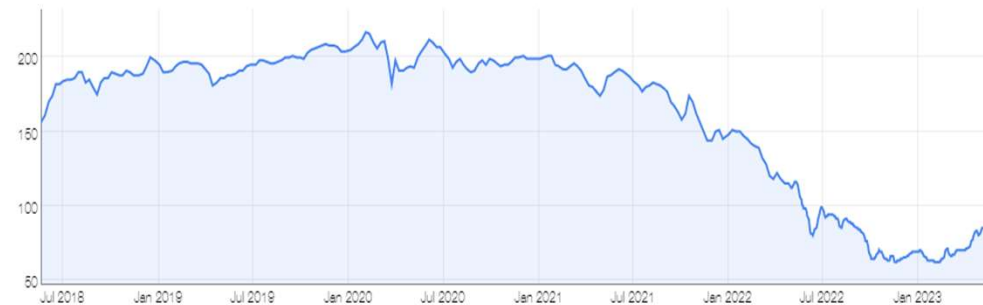
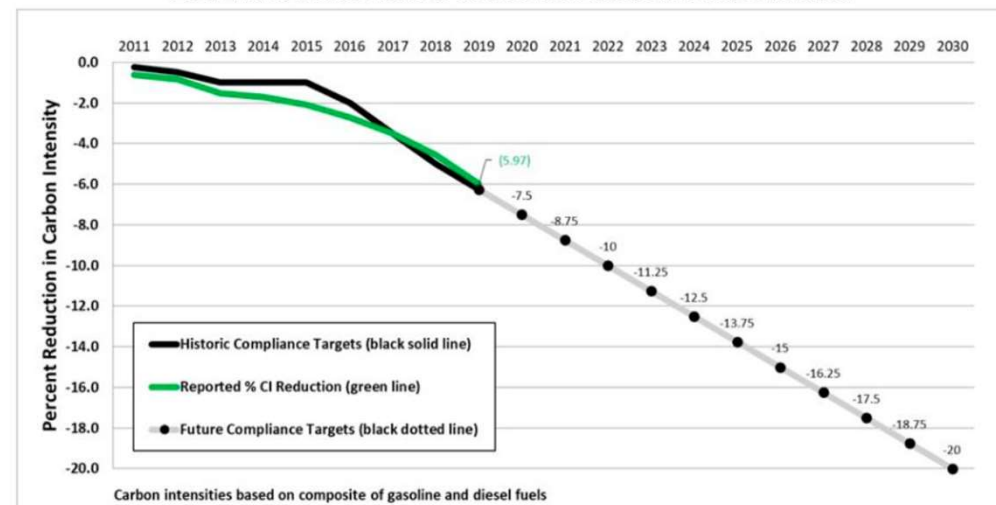


Image Credit: Enerav & Environmental Research Center

カリフォルニア州の排出権取引制度 (マーケットプル政策)

- カリフォルニア州は2030年までに石油由来の燃料を半減させる目標で、**バイオ燃料**の利用を推進している(Low Carbon Fuel Standard)。
- 削減できないとCarbon Creditで対応する。
- CCSによるCO2削減もLCFSのCarbon Creditにカウントできるようになった(2019年1月1日)

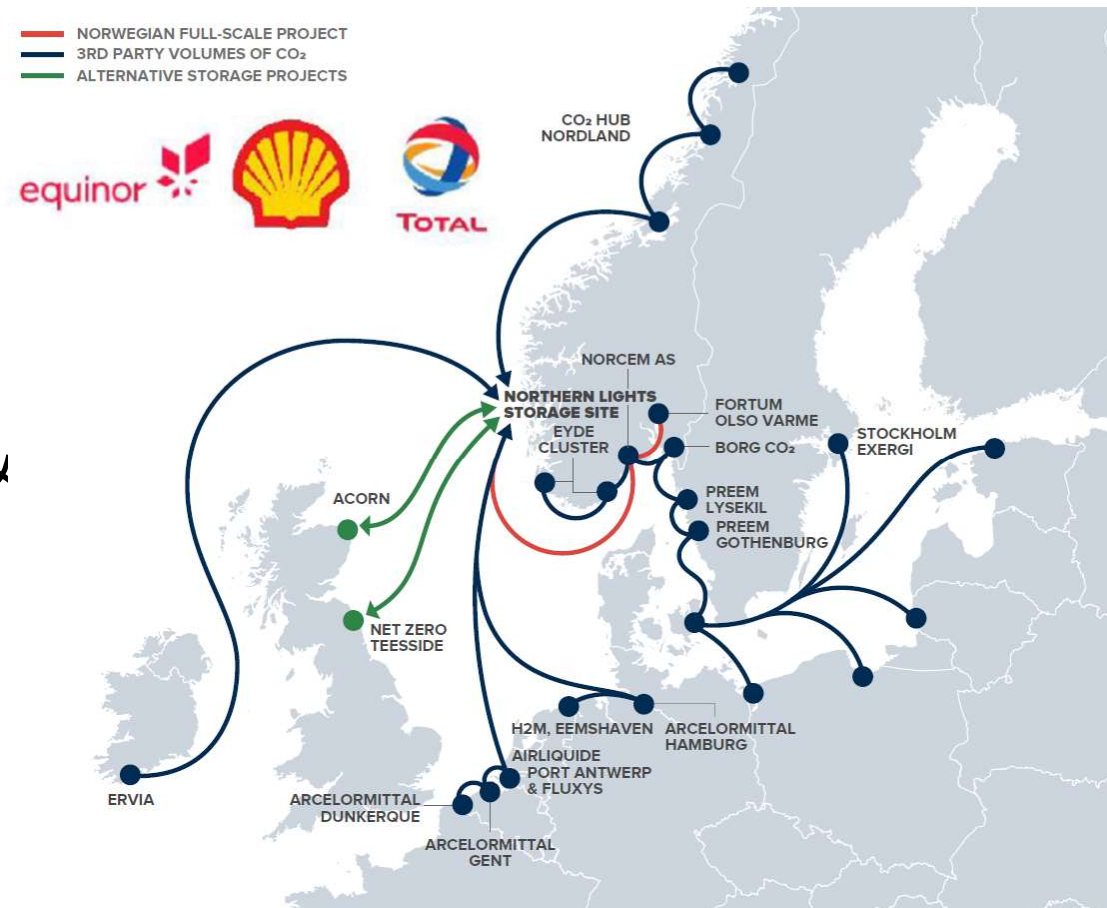
2011-2019 Performance of the Low Carbon Fuel Standard



2018年以降のLCFSのカーボンクレジットの価格推移

Northern Lights Project(Longship Project) ハブ＆クラスターの実現(輸送・貯留サービス会社)

- 北欧最大級の輸送・貯留サービス事業
- Equinor、Shell、TotalのVPが輸送・貯留
- 欧州の350社が潜在顧客
- ノルウェー政府が総事業費の約8割に当たる168億クローネ(約3240億円)を補助
- 2024年から150万t/y圧入開始し、最大500万t/yまで拡張予定。排出源: NorcemのセメントプラントとFortum Oslo Varmeの廃棄物焼却処理場
- 将来は1t当たり30～55ユーロ(約3900～7160円)で輸送・貯留を請負う予定
- 削減クレジットは排出業者に帰属



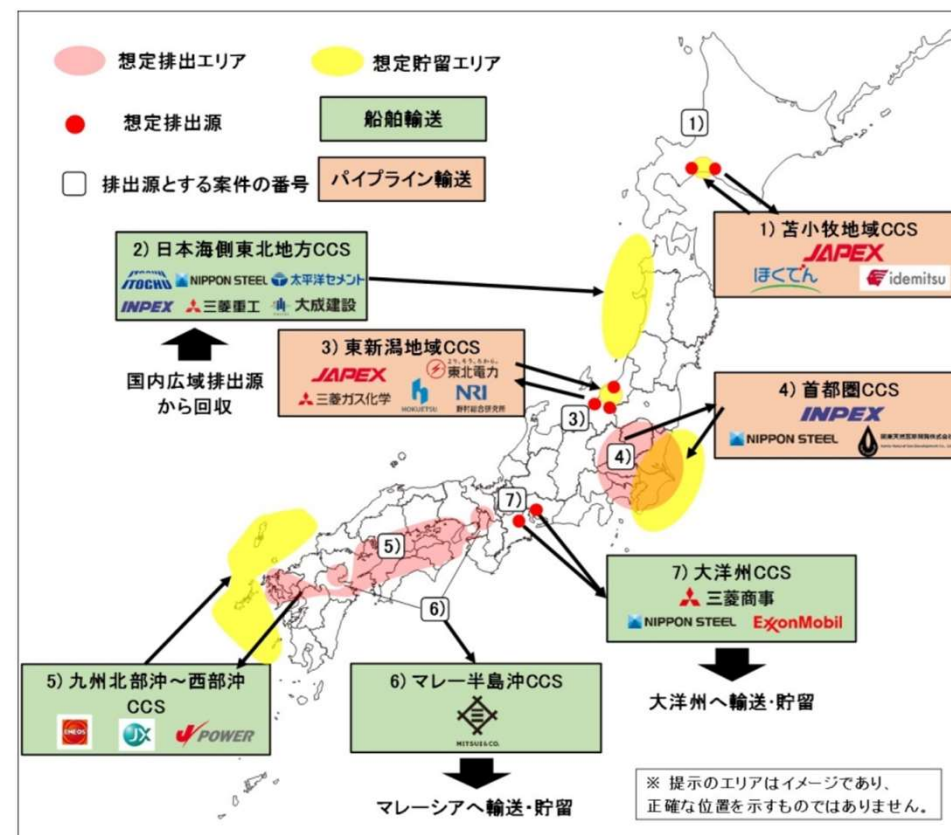
米国と欧州でのCCSプロジェクト比較

□ 政策によってCCSビジネスのスタイルが少し違っている

	米国	欧州
プロジェクト	ノースダコタ州でのプロジェクト	Northern Lights Project
排出源	バイオエタノール工場	セメント工場・廃棄物処理施設
削減量	18万トン/年	150～500万トン/年
操業者	Red Trail Energy	Equinor, Shell, Total
テクノロジープッシュ政策	連邦政府 45Q	約8割の補助金
マーケットプル政策	カリフォルニア州 LCFS	炭素税・排出権取引
事業スタイル	排出源者が地場石油コントラクターを使って始めたCCS事業	大手石油会社が始めた輸送・貯留サービス事業
キープレイヤー	排出源者	貯留サービス業者

我が国のCCSに対するテクノロジープッシュ政策 (7つのCCS調査案件)

- 国内で排出されているCO₂に対して、2030年にCCS事業の開始を目指し、7つの調査案件を採択した。
- 7案件で年間1,300万トンのCO₂貯留を目指している。
- 令和6年度からはFEED (Front End Engineering Design) が開始される予定。



7案件合計で年間約1,300万トンのCO₂を貯留
令和5年度 先進的CCS事業として選定した7案件の位置図および提案企業

https://www.jogmec.go.jp/news/release/news_01_00034.html

我が国におけるマーケットプル政策(検討中)

- 経済産業省による排出権取引の検討が始まっている
 - ▣ カーボンニュートラルの実現に向けたカーボン・クレジットの適切な活用のための環境整備に関する検討会（2021年12月に開始）
 - ▣ 2022年9月～23年1月：J-クレジットの市場機能に関する取引実証
 - ▣ 排出量取引制度(GX-ETS)(2023年4月から第1段階を開始)
 - ▣ GX-ETSとは、GXリーグにおける自主的な排出量取引を行う市場で、排出量が多い企業が排出量の少ない企業から排出権を購入したり、自社で排出量を削減したりすることで、排出量を削減する仕組み
- 詳細な制度設計に向けた試験的な排出権取引を始めた

CCSを産業として確立するための技術開発

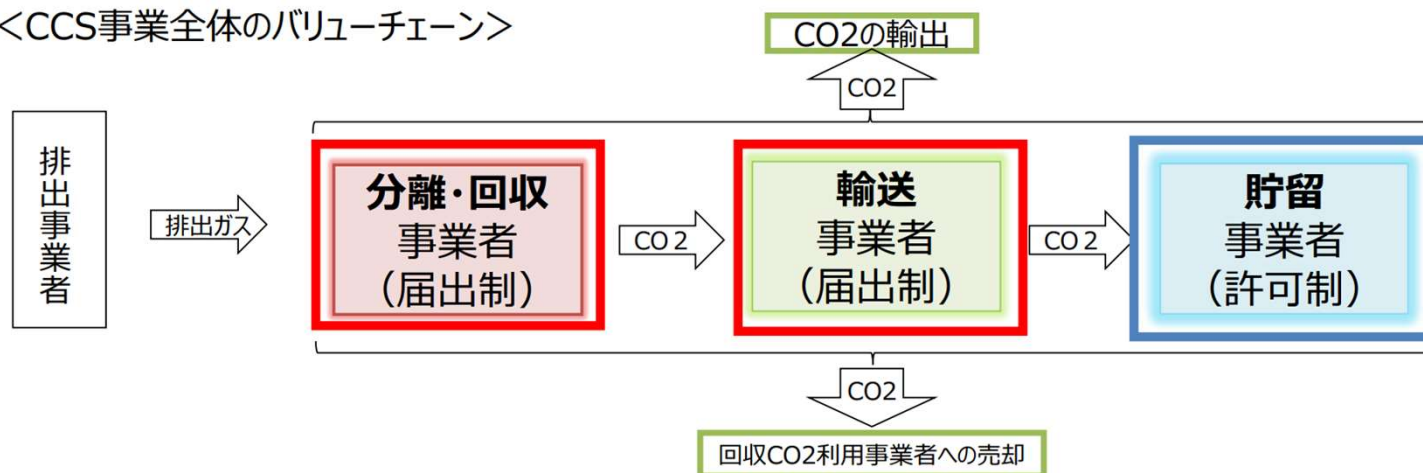
3.2

技術開発によるコスト削減とリスク回避

CCS産業の全体像とCCS事業法の必要性

- CCS産業とは、今までにない広範囲な異業種を含むバリューチェーン全体である。
- CCSの産業化を進めるには、各事業者が抱える課題に関して、バリューチェーン全体を俯瞰して考え、包括する事業法も必要がある。

＜CCS事業全体のバリューチェーン＞



https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/ccs_choki_roadmap/006.html

CCSビジネスと実施専門業者の出現

1. CO₂の大規模排出者の特定
2. CCS事業全体計画を策定
3. 排出源に近く、安全で効率的な圧入サイトの評価と選定
4. 事業ファイナンス・保険契約の検討
5. 社会的合意の取得
6. 行政機関の認可の取得
7. 分離・回収・圧入施設の設計と建設
8. 全体の操業とモニタリング(管理)
9. カーボンクレジット事業として削減CO₂の販売
10. 圧入事業の終了と一定期間のモニタリング
11. 事業終了の宣言と長期的責任の国への移譲

CCSは全く新しいビジネスであり、
そのビジネスモデルを作り上げる
必要がある。

次世代のCO2回収技術によるコスト削減



From:NEDO次世代火力発電技術開発/次世代火力発電基盤技術開発(1)(5)・CO2回収型クローズドIGCC技術開発

リスク回避のためには更なる技術開発が必要

- リスクとは「将来悪い事象が起こる可能性」であり、悪い事象の「発生確率」と「重大性」で定量化される

$$\text{リスク} = \text{将来での悪い事象の発生確率} \times \text{事象による損失}$$

- 通常CCS事業が引き起こす悪い事象として、漏出(環境汚染)、地震の誘発などが議論されている。
- 解決策: ①発生確率の低下 ②損失量の低減 ③損失に対する保険
 - ▣ CCSサイトを断層から十分距離を取り、地震地帯はなるべく避ける。
 - ▣ モニタリングを行い漏洩などの発生の前兆を掴む。
- 但し、事業者としての最大の事業リスクは、CCS稼働後に予定の期間、予定のCO₂量を圧入できなくなる事態

2050年における化石燃料の役割

3.3

化石燃料の未来

2050年でのエネルギー資源とは？

- 2050年にネットゼロが実現されていれば、化石燃料(石炭・石油・天然ガス)は、それ自体はエネルギー資源ではなく、**化石燃料から炭素を除いたブルー水素やブルーアンモニアが「エネルギー資源」となる**
 - ▣ 化石燃料を持ってもCCSが出来ない国は、資源国ではなくなる
- エネルギー資源のコストは(**化石燃料コスト+水素製造コスト+CCSコスト**となる可能性がある)
 - ▣ 現在油価は世界でほぼ共通しているが、2050年でのエネルギー資源の価格は、企業の技術力に依存する可能性が大いに有り、世界共通の資源(水素)価格が存在しない可能性もある

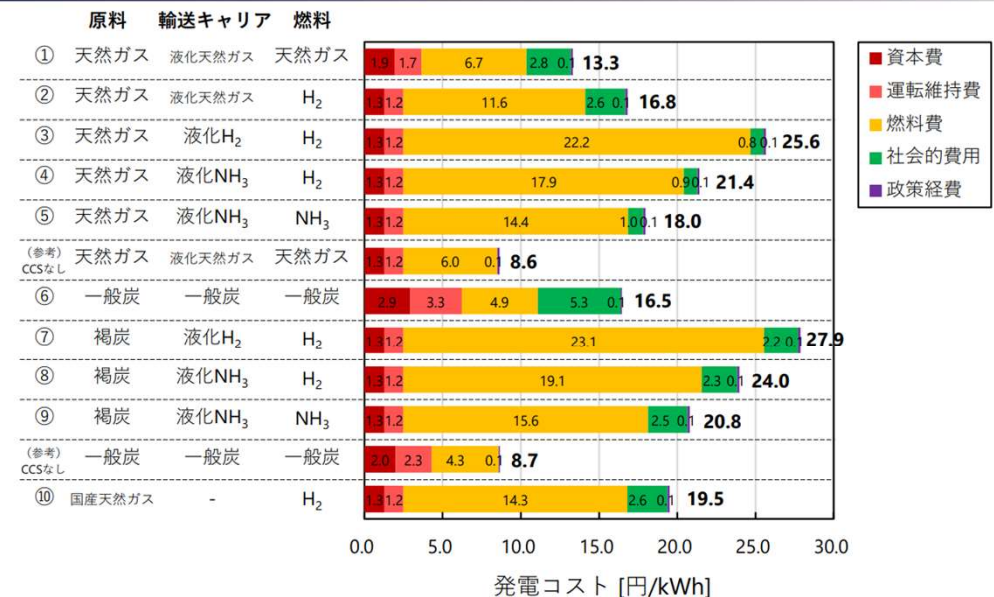
化石燃料からエネルギー資源にどこで変えるか

- CCSを化石燃料の**生産地**で行うか、**消費地**で行うか
 - ▣ 化石燃料は特殊な地域に局在している(**変えられない運命**)
 - ▣ CCSは堆積盆地であれば可能な場合が多い(**工学的な課題であり技術力の差**)
- 2つのシナリオ
 - ▣ 化石燃料を輸入＋火力発電＋国内CCS
 - ▣ 化石燃料の産地でCCS＋アンモニア輸入＋発電
- 日本の場合は技術力をさらに高め、国内でCCSを進めるべきではないか

化石燃料＋CCSでの発電コスト比較

- 現在は、最も低コストは液化天然ガスで輸入し、国内でCCS
- 海外でのCCSは安価であるが、ブルー水素・アンモニアは輸送コストが高く、最終的な発電コストでは高くなる
- CCSの技術開発によるコスト削減は当然だが、バリューチェーン全体でコスト削減の努力が必要
- 一般炭の利用は、発電時に排出されるCO₂が多いためCCSコストが上がり、天然ガス火力よりも高額になっている

発電コスト-大項目-



注) 資本費、運転維持費；発電設備分のみ
 燃料費；H₂・NH₃製造設備の資本費、運転維持費を含む
 社会的費用；海外および日本におけるCO₂地中貯留費
 政策経費；電源種類ごとに必要とされる税金等で賄われる費用（技術開発の予算等）

※一定の条件での試算であり、2030年の目標値を示したものではない
 今後の技術進展等により変わる可能性があることに留意

学んだこと

- 米国はCCSを産業として育て上げるべく、ロードマップが明確
- CCSを産業として確立するには、国の政策(**テクノロジープッシュ政策とマーケットプル政策**)が不可欠
- 米国・欧州は上記の両方の政策を屈指し、CCSを次世代の新しい産業と位置付けている
- 我が国も経済産業省が中心となり、CCSの産業化に向けて努力中
- ネットゼロが実現される2050年でのエネルギー資源はどうなっているかを見据えた戦略が必要であろう

まとめ

4

CCSの未来

新しい産業となる可能性を秘めたCCS事業

- CCS事業は異業種が作り上げる巨大バリューチェーンであり、逃れられない温暖化対策を考えると、CCSを産業として確立することが必須
- CCS産業は石油鉱業から派生してくる新しいビジネス・技術体系である
- CCSを産業として確立するには、社会学・経済学なども包含できる新しい学問分野を作る必要がある(歴史的に工学分野とは各産業分野に対応して生み出されてきた)。
- 総合エネルギー業界は、現在最もビビットで、チャレンジングな業界であり、理系のみならず文系の学生の活躍の場になるであろう

長時間ご清聴ありがとうございました

Q&A