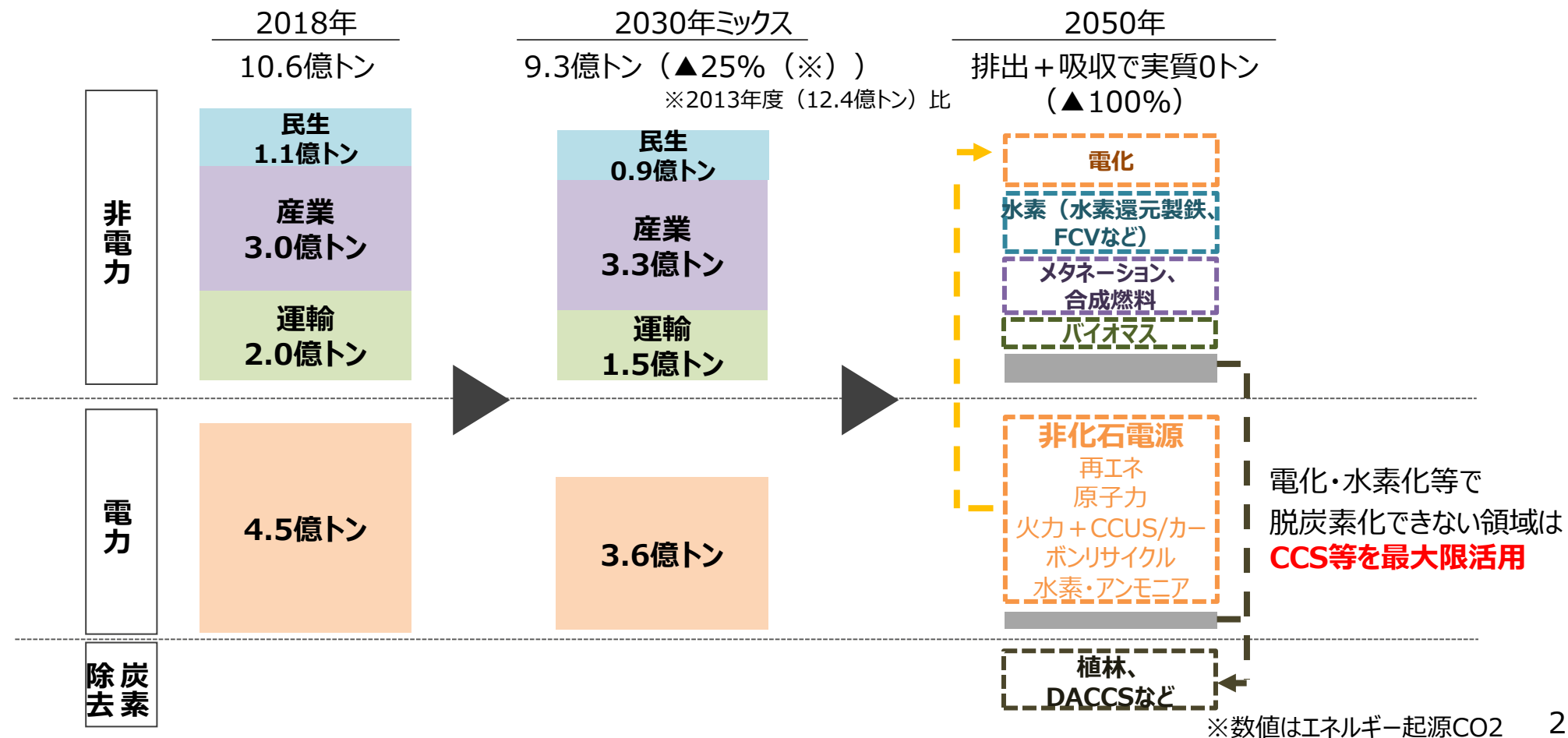


# **(参考資料) CCS**

# 2050年カーボンニュートラルに向けたCCSの位置づけ

- 2050年カーボンニュートラルの実現には、電化や水素化などでは、**CO2の排出が避けられない分野においても、確実に排出を抑制する必要がある**。
- 「**CCS**」は、排出されたCO2を地中へ固定化することで社会全体の排出量を削減するものであり、2050年カーボンニュートラルの実現と、エネルギーの安定供給、我が国の産業立地上の競争力を確保するため、重要な意義を有している。



# 世界各国のCCSに向けた動向

- 世界各国では、CCSに関する法制度や政府支援の整備が進み、米欧中印だけで、2050年までに年間40億トン超の貯留を行うことが見込まれている（世界の現行排出量の約10%、日本の排出量の約4倍）。
- 貯留適地と見込まれる枯渇ガス田やCO2を輸送するパイプライン網などが豊富でない我が国では、貯留適地開発、コスト低減、事業化、貯留地域の地元関係者調整や理解増進といった課題がある。
- そうした課題を乗り越えるためにも、貯留地開発に向けた具体的な地点実証に基づくさらなる地質データの獲得や、民とのリスク分担を前提とした法制度や支援制度など事業環境整備が必要。

## 英国

- ・2008年に、エネルギー法2008にてCO2貯留を規制。加えて2023年には、エネルギー法2023により、CO2貯留・輸送に事業規制を導入。
- ・排出者のために200億ポンド（約3.6兆円）の支援を決定。
- ・一般産業向けには価格差に着目した予算支援、電力分野は需要家に対する賦課金による資金拠出を実施予定。

## EU・欧州

- ・EUは、今年3月、Net-Zero Industry Actを提案。この中で、石油ガス業界等に対し、2030年5000万トンのCO2貯留容量の開発に向けて、貢献を義務付け。
- ・オランダが、技術中立・コスト評価によるCO2削減を目指し、炭素価格を実質支援するSDE++において、Porthosプロジェクトを最安として採択。欧州で初めて、貯留事業許可を発給。
- ・ドイツやフランスが、CCS活用に向けて、政策見直しを実施中。
- ・国際輸出に向けたMOUを締結  
(ベルギーとデンマーク、ノルウェーとオランダ)

## 米国

- ・2021年インフラ法により、120億ドル（約1.8兆円）の予算措置。
- ・2022年成立したインフレ削減法(IRA)により、税額控除（45Q）の規模を、CO2貯留量1トンあたり85ドルに拡充（実質的に、国がCCSコストを負担する形式）。
- ・海域におけるCCSの規制について検討中。

## 豪州

- ・政権発足後、CCSの積極活用に政策面で転換。ロンドン条約・ロンドン議定書両改正案の批准に向けて法案審議中、下院は通過。
- ・CO2の貯留、輸送に関して、海域石油・温室効果ガス貯留法で権利設定・規制を実施。

## ASEAN・アジア

- ・インドネシアは、CCSの省令を整備(2023年3月)。
- ・マレーシア・タイは、CCS関連の法整備を検討中。

# 世界の主要排出企業のCCSに向けた動向

業界	企業名 (国名)	取組内容
鉄鋼	ArcelorMittal (ルクセンブルグ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>エクイノール（ノルウェー）主導の<u>CCSバリューチェーン開発プロジェクトへの参画に関する覚書を締結</u>。</li> </ul>
	宝山鋼鉄 (中国)	<ul style="list-style-type: none"> <li>中国最大の上場鉄鋼メーカー宝山鋼鉄は、国営石油大手シノペック、シェル、ドイツ化学大手BASFと、<u>CCUSに関する共同研究契約を締結</u>。4社は共同で、中国東部に1,000万トンのCCUSプロジェクトの事業性を評価する予定。</li> </ul>
	POSCO (韓国)	<ul style="list-style-type: none"> <li>マレーシア国営石油ガス会社ペトロナスとの間に、マレーシアのサラワク州における<u>CCS事業の実施に関する覚書を締結</u>。</li> </ul>
化学	BASF (ドイツ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>北海における<u>CCSプロジェクトに参画予定</u>。</li> </ul>
	Dow Chemical (米国)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ジム・フィットリンCEOは、<u>北米の化学産業やその他のエネルギー集約型産業の包括的な脱炭素化には、水素とCCSが不可欠</u>。「CCS技術推進のための世論基盤を提供することが現在の優先課題だ」とインタビューでコメント。</li> </ul>
	INEOS (英国)	<ul style="list-style-type: none"> <li>デンマークで実施中の<u>CCSパイロット・プロジェクト（グリーンサンド・コンソーシアム）にリーダーとして参画</u>。本プロジェクトは、デンマークの北海の地下貯留を目的とした実証。短期的には、<u>2025年に年間150万トンのCO2貯留を、そして2030年までに年間800万トン貯留</u>することを目指している。</li> </ul>
セメント	Holcim (スイス)	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>2030年までに年間500万トン以上のCO2回収</u>に取り組む方針を公表。そこにはCCSだけでなくCCUも含まれるが、<u>現在11のフラッグシッププロジェクト</u>にてネットゼロセメント工場の実現に向けて取組を進めている。</li> <li>また、ヤンCEOは自社HPにて、「<u>CCUSはネット・ゼロの未来に向けて業界を根本的に変えることができる</u>」とコメント。</li> </ul>
	Lehigh Cement (カナダ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>アルバータ州のセメントプラントで低炭素化に向けたCO2回収・貯留システムの案件形成調査を開始。</li> </ul>
	Heidelberg Materials (ドイツ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ブレビクのセメント生産施設において、<u>年間40万トンのCO2を回収し、世界初の工業規模のCCSプロジェクト実現を目指す</u>。</li> </ul>

# (参考) RITEによるCCSのコスト試算

- RITEは、一定の条件下でCCSコストについて、以下の通り試算。
- CCSコストを詳細に把握するためには、より具体的な実証に基づく試算等を行うことが必要となる。

## RITEが一定の条件下で行ったCCSコストの低減見込みの試算結果

円/tCO <sub>2</sub>	足元	2030年	2050年 足元コストからの低減率
分離回収①	4,000	2,000円台 (2,000)	1,000円以下 (1,000)
輸送② (PL20km)	2,600 (50万tCO <sub>2</sub> /年)	2,600 (50万tCO <sub>2</sub> /年)	1,600 (300万tCO <sub>2</sub> /年)
輸送③ (船舶1,100km)	9,300 (50万tCO <sub>2</sub> /年)	9,300 (50万tCO <sub>2</sub> /年)	6,000 (300万tCO <sub>2</sub> /年)
貯留(陸上)④	6,200 (20万tCO <sub>2</sub> /年・本)	6,200 (20万tCO <sub>2</sub> /年・本)	5,400 (50万tCO <sub>2</sub> /年・本)
貯留(海上)⑤ ※着底	6,900 (20万tCO <sub>2</sub> /年・本)	6,900 (20万tCO <sub>2</sub> /年・本)	5,400 (50万tCO <sub>2</sub> /年・本)
合計			
PL+陸上：①+②+④	12,800	10,800	8,000 (38%低減)
PL+海上：①+②+⑤	13,500	11,500	8,000 (41%低減)
船舶+陸上：①+③+④	19,500	17,500	12,400 (36%低減)
船舶+海上：①+③+⑤	20,200	18,200	12,400 (39%低減)

※本試算は既往文献（平成20～24年度のNEDOによる革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト発電からCO<sub>2</sub>貯留までのトータルシステムのフィジビリティ・スタディー「全体システム評価」成果報告書など）にあるコストデータを元にした試算例であり、実際のコストとは必ずしも一致するものではない。また、土地代、土地利用、土地整備、地下性状、その他の補償費等は一切考慮されていない。

# (参考) CCSを用いた場合の発電コスト

■ 発電コスト検証ワーキンググループでの試算によると、CCSを伴う火力発電の発電コストは以下のとおり。

- CO2分離回収型IGCC 発電コスト(2030年) 14.3~14.9 円/kWh
- CO2分離回収型石炭火力発電コスト(2030年) 14.0~14.6円/kWh
- CO2分離回収型LNG火力発電コスト(2030年) 11.7~11.8円/kWh

■ なお、CO2分離回収コストは、苫小牧CCUS実証（陸上施設から傾斜井を通して海底下への貯留を行うケース）を基に試算しているが、日本では、苫小牧CCUSと同様のケースは貯留ポテンシャルが限られる可能性があり、また、船舶によるCO2の海上輸送が必要なケースも存在するため、必要コストは試算値より上昇する可能性がある点に留意が必要。

## 2030年の電源別発電コスト試算の結果概要

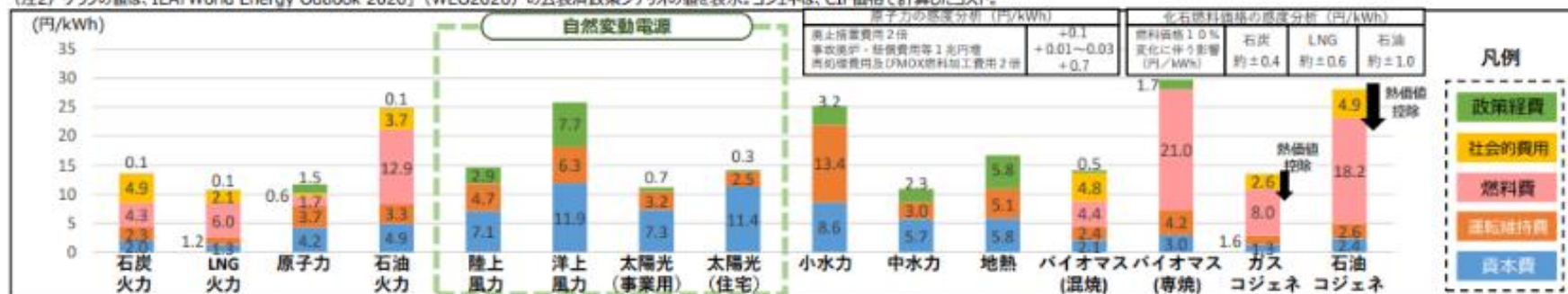
均等化発電原価(LCOE)は、標準的な発電用立地条件等を考慮せずに新規に建設し予定期間適用した場合の「総発電コスト」の試算値。政策支援を前提に達成するべき性能や価格目標とも一致しない。

1. 各電源のコスト面での特徴を踏まえ、どの電源に政策の力点を置くかといった、**2030年に向けたエネルギー政策の議論の参考材料**とする。
2. **2030年に、新たな発電設備を更地に建設・運転した際のkWh当たりのコストを、一定の前提で機械的に試算。**  
(既存の発電設備を運転するコストではない)。
3. 2030年のコストは、燃料費の見通し、設備の稼働年数・設備利用率、太陽光の導入量などの**試算の前提を変えれば、結果は変わる。**
4. 事業者が**現実に発電設備を建設**する際は、ここで示す**発電コストだけでなく、立地地点毎に異なる条件を勘案して総合的に判断**される。
5. **太陽光・風力（自然変動電源）の大量導入により、火力の効率低下や揚水の活用などに伴う費用が高まる**ため、これも考慮する必要がある。この費用について、今回は、系統制約等を考慮しない機械的な試算（参考①）に加え、**系統制約等を考慮したモデルによる分析も実施し、参考として整理**（参考②）。

電源	石炭火力	LNG火力	原子力	石油火力	陸上風力	洋上風力	太陽光(事業用)	太陽光(住宅)	小水力	中水力	地熱	バイオマス(混焼、5%)	バイオマス(専焼)	ガスコージェネ	石油コージェネ
発電コスト(円/kWh) ※( )は政策経費なしの値	13.6~22.4 (13.5~22.3)	10.7~14.3 (10.6~14.2)	11.7~ (10.2~)	24.9~27.6 (24.8~27.5)	9.8~17.2 (8.3~13.6)	25.9 (18.2)	8.2~11.8 (7.8~11.1)	8.7~14.9 (8.5~14.6)	25.2 (22.0)	10.9 (8.7)	16.7 (10.9)	14.1~22.6 (13.7~22.2)	29.8 (28.1)	9.5~10.8 (9.4~10.8)	21.5~25.6 (21.5~25.6)
設備利用率	70%	70%	70%	30%	25.4%	33.2%	17.2%	13.8%	60%	60%	83%	70%	87%	72.3%	36%
稼働年数	40年	40年	40年	40年	25年	25年	25年	25年	40年	40年	40年	40年	40年	30年	30年

(注1) 表の値は、今回検証で扱った複数の試算値のうち、上限と下限を表示。将来の燃料価格、CO2対策費、太陽光・風力の導入拡大に伴う機器価格低下などをどう見込むかにより、幅を持った試算としている。例えば、太陽光の場合「2030年に、太陽光パネルの世界の価格水準が著しく低下し、かつ、太陽光パネルの国内価格が世界水準に追いつくほど急激に低下するケース」や「太陽光パネルが劣化して発電量が下がるケース」といった野心的な前提を置いた試算値を含む。

(注2) グラフの値は、IEA「World Energy Outlook 2020」(WEO2020)の公表済政策シナリオの値を表示。コージェネは、CIF価格で計算したコスト。



- CCSのバリューチェーンには、分離・回収、輸送、貯留と3つのセクターが存在。
- 現時点では、貯留層における二酸化炭素（以下「CO2」という。）の安定的な貯留を確保するための法制度が整備されていないため、CO2の安定的な貯留を脅かす第三者に対する妨害排除を可能とし、資金調達を円滑化する仕組みが存在しない。
- このため、我が国における2050年カーボンニュートラルの実現やCO2の排出削減が困難なセクターにおける脱炭素に向けた取組を促すため、CO2の安定的な貯留を確保するための権利の創設や、多数のCO2排出者が貯留サービスに適切にアクセスすることができる環境を整備する観点から、貯留事業者が行う貯留事業について、一定の規律を確保するための措置を講じる必要がある。
- また、貯留層におけるCO2の貯留を目的としたCO2の輸送については、パイプライン輸送の場合、CO2を貯留するサイトとCO2排出源との間で、パイプラインを介した物理的な接続を前提とするため、地域における自然独占の発生や、輸送事業者がCO2排出者に対して優越的な地位になることも想定される。このため、輸送事業者が行う輸送事業についても、一定の規律を確保するための措置を講じる必要がある。
- こうした背景を踏まえ、今回のCCS全般に係る包括的な制度的措置を検討する。

※現在、分離・回収については、ある事業者が第三者に対して分離・回収サービスを提供するのではなく、各排出者が、それぞれの排出源に分離・回収設備を設置し利用することが一般的である。また、諸外国のCCSに関する法制度においては、貯留と輸送のみを事業規制の対象としていることが一般的であるため、分離・回収に係る事業規制の必要性については将来的な検討事項とし、引き続き規制すべき実態があるかどうかを注視することとする。

# 先進的CCS事業の目的・概要

- 2050年カーボンニュートラルの実現には、横展開可能なCCSビジネスモデルを早期に確立する必要がある。このため、事業者主導の「先進的CCS事業」を選定し、国が集中的に支援していく方針。
- 国による支援事業として、その効果を最大限高めるため、CO2の回収源、輸送方法、CO2貯留地域の組み合わせが異なるプロジェクトを支援することで、多様なCCS事業モデルの確立を目指すとともに、2030年までに年間貯留量600万～1,200万トンの確保にめどを付けることを目指す。
- 今年度は、次年度以降に実施予定の詳細設計に向けた地質データ分析・FS支援が中心。

<モデル性の内容のイメージ>

2030年までの事業開始、CO2回収源のクラスター化やCO2貯留地域のハブ化による事業の大規模化・圧倒的なコスト低減を目標とし、分離・回収、輸送、貯留の各プレイヤーが参画するコンソーシアムを形成し、年間CO2貯留量が50万トン以上である事業構想。以下のパターンを踏まえて、多様な組み合わせを選定。

想定されるCO2の回収源、輸送方法、CO2貯留地域のパターン

CO2の回収源	輸送方法	CO2貯留地域
火力発電所 製鉄所 化学工場 セメント工場 製紙工場 水素製造工場 等	パイプライン  船舶	陸域の地下  海底下（沿岸地域）  海底下（沖合）



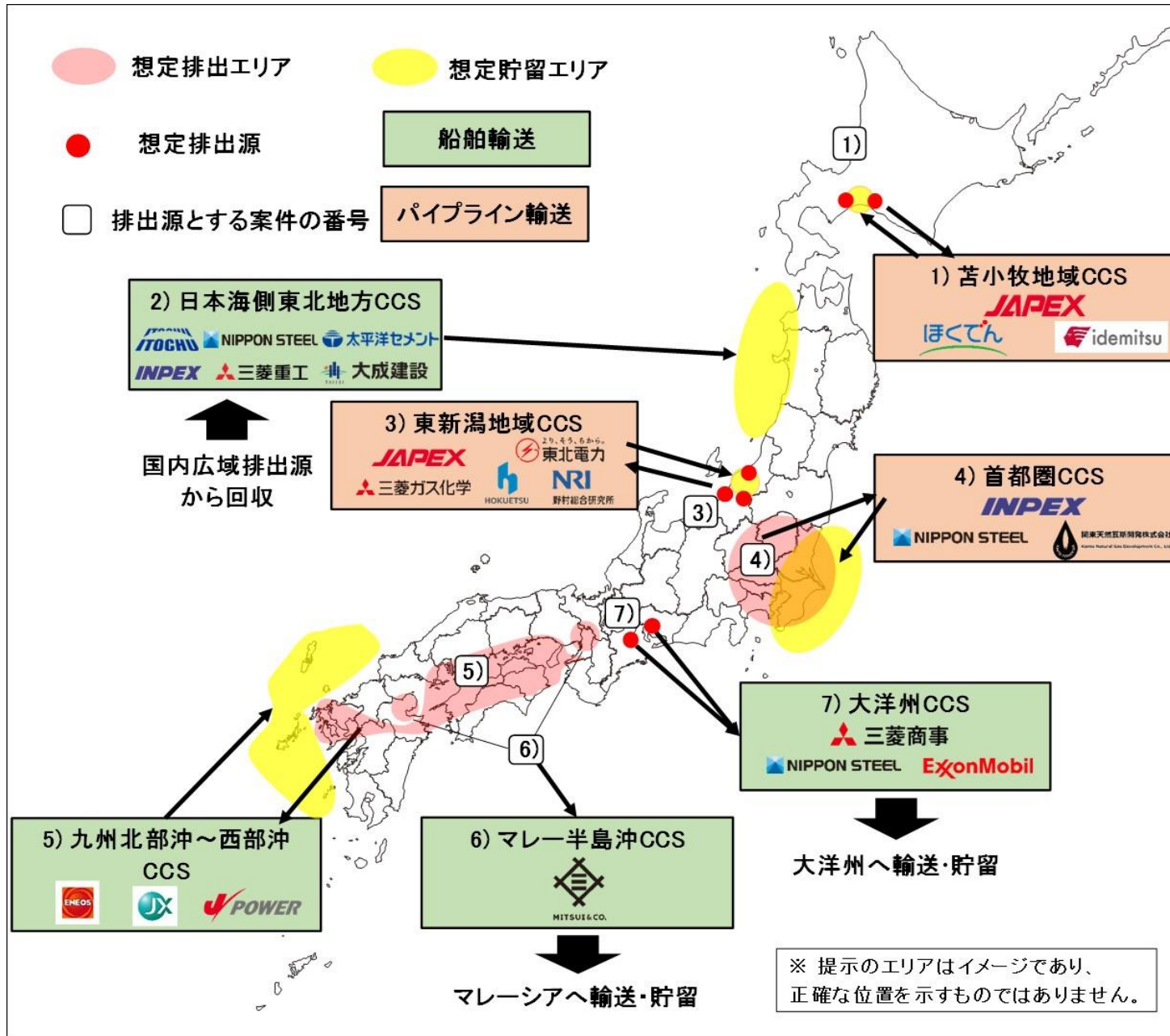
# 事業性調査に基づく選定案件の概要

- 公募の結果、6月13日、回収源、輸送方法、貯留地域を踏まえて、7件（うち2件は海外輸出）を採択。
- 多排出源である発電、石油精製、鉄鋼、化学、紙・パルプ、セメント等の事業分野をカバーし、国内の多排出地域のバランスを踏まえる。
- これら7件の事業者が想定する2030年の年間貯留量見込の合計は約1,300万トン。

## <CO2の回収源、輸送方法、CO2貯留地域の組み合わせ>

案件（貯留場所）	回収源	輸送方法	CO2貯留地域
①苫小牧地域 石油資源開発、出光興産、北海道電力	製油所、火力発電所	パイプライン	国内／陸域枯渇油ガス田 又は海底下（沿岸地域）
②日本海側東北地方 伊藤忠商事、INPEX、大成建設、日本製鉄、太平洋セメント、三菱重工、伊藤忠石油開発	製鉄所、セメント工場	船舶、パイプライン	国内／海底下（沿岸地域）
③東新潟地域 石油資源開発、東北電力、三菱ガス化学、北越コーポレーション、野村総合研究所	化学工場、製紙工場、 火力発電所	パイプライン	国内／陸域枯渇油ガス田及び 海底下（沿岸地域）
④首都圏 INPEX、日本製鉄、関東天然瓦斯開発	製鉄所 他	パイプライン	国内／海底下（沿岸地域）
⑤九州北部沖～西部沖 ENEOS、JX石油開発、電源開発	製油所、火力発電所	船舶、パイプライン	国内／海底下（沖合）
⑥マレーシア マレー半島東海岸沖 三井物産	製油所、化学工場他	船舶、パイプライン	海外（マレーシア）
⑦大洋州 三菱商事、日本製鉄、ExxonMobil	製鉄所 他	船舶、パイプライン	海外（大洋州）

# (参考) 選定した7案件概要 (一覧)



# CCSのバリューチェーンの優位性と今後の期待

- 日本はCCSのバリューチェーンについて、競争力あるCO2の分離回収、輸送、貯留、トータルエンジニアリング技術を有している。また、分離回収から貯留まで一貫したCCSシステムの構築が可能。（苫小牧実証事業で実証済。）

## 成長の余地

### 分離回収

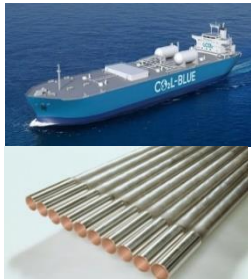


- 固体吸収材や分離膜は、他国でも開発を進めているが、エネルギー消費量や分離膜の選択性・耐久性などの観点で我が国の技術は優位性を有する。
- アミン吸収法による分離回収プラントについては、三菱重工が世界シェアの7割を供給。



黎明期の規模だが、世界シェアの7割を供給  
Petra Novaプロジェクトに供給

### 輸送 (船舶・パイプライン)



- 現在、NEDO事業で研究開発・実証している低温・低圧によるLCO2輸送船の船舶用タンクは、実用化されれば世界初の技術であり、LNG船並の数万吨級の大型化が可能となる。さらに我が国の優位性が高まり国内外からの需要が見込まれる。
- LCO2輸送船の船舶用タンクやタンク用安全弁などの船用機器の製造については、従来より我が国企業に優位性がある。

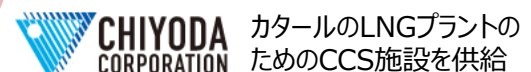
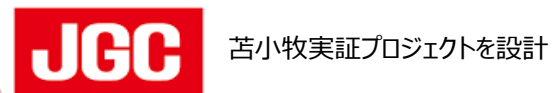


Northern LightsプロジェクトのCO2圧入井に  
シームレスパイプを提供

### 貯留/ トータルエンジニアリング

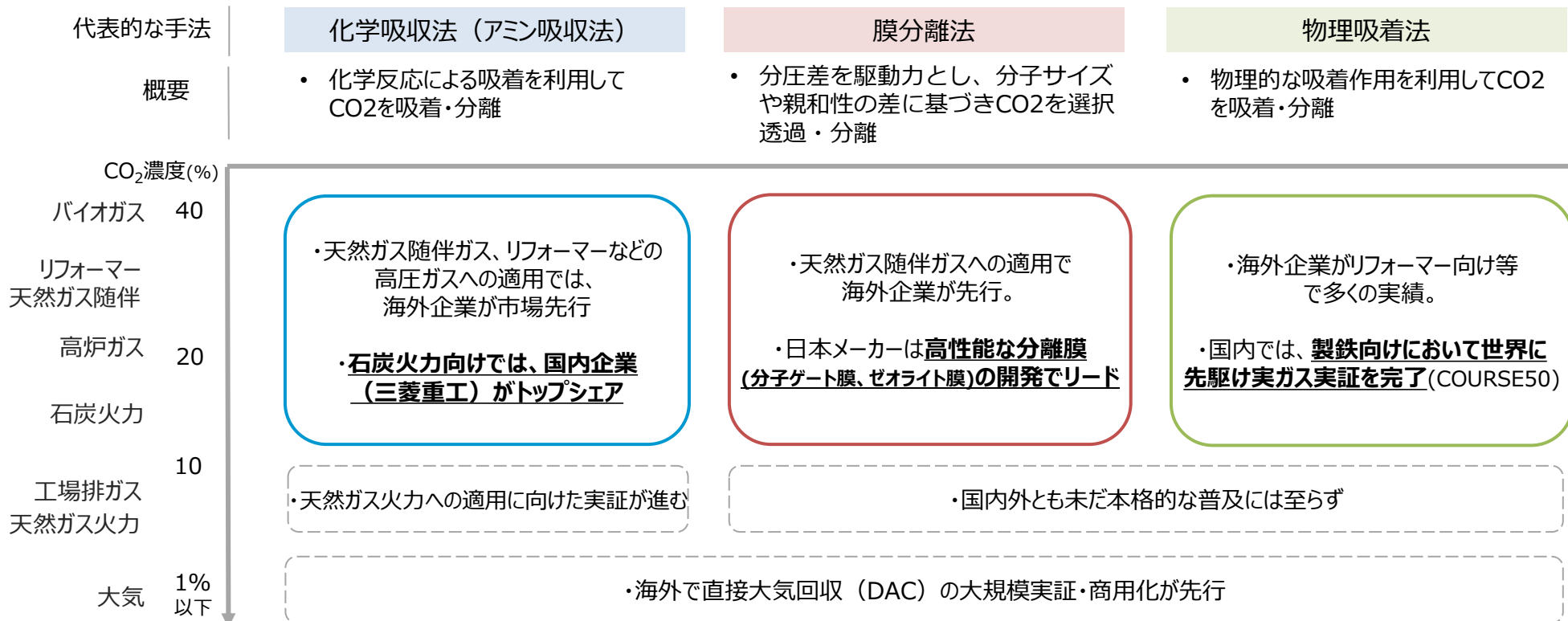


- これまで、長岡、苫小牧、国際共同研究における貯留に係るモニタリング技術についても技術蓄積があり、JCCSや技術研究組合や組合員企業により共有している。
- また、海外の貯留場開発への参入も期待。産油国からの期待もある。



# バリューチェーンの優位性と課題 例①分離回収

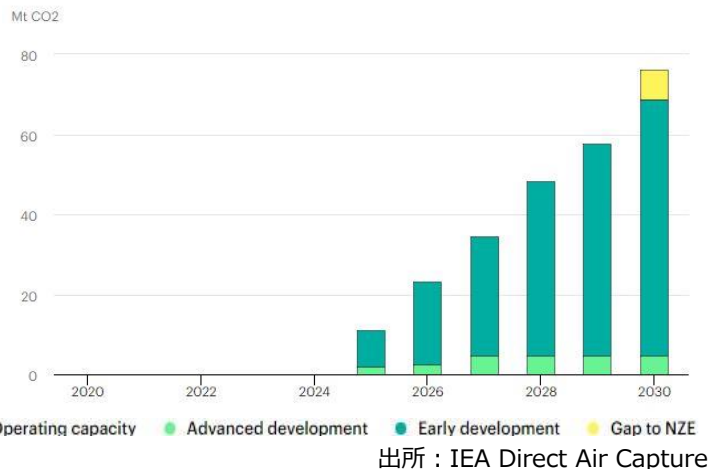
- 固体吸収材や分離膜は、他国でも開発を進めているが、**エネルギー消費量や分離膜の選択性・耐久性などの点で我が国の技術は優位性を有する。**
- 他方、これまで主流だった**アミン吸収法**は、高純度のCO2回収に適した手法とされているが、**コストが高いことや消費エネルギーが大きいこと、アミン等の飛散による環境影響が課題**であり、**固体吸収材や分離膜など新たな手法の開発**により、省エネルギー化やコスト低減等が可能。
- また、**回収源の多様化を図る**ためには、CO2回収が未着手である**天然ガス火力や工場等の、より低いCO2濃度の排出源への適用**等を進めていくことも重要。



# 参考：DAC（直接大気回収）技術の発展

- 最大限CO2排出削減をした場合でも、**最終的にCO2排出が避けられない分野においてける排出を相殺する手段**として、**大気中からのCO2除去**（CDR, Carbon Dioxide Removal）**が期待されている。**
- 米国政府による35億ドル超の大型投資等を背景に、特に貯留・固定期間が長く、モジュール化により大規模化が比較的容易な**DAC**（Direct Air Capture：直接大気回収）**の市場規模が急拡大**している。
- 我が国では、DACについて**CO2回収プロセスの省エネルギー化・低コスト化に向けた研究開発**を実施。今後、分離回収分野における技術優位性を活かし、**早期に実証・社会実装を進めていくことが重要。**

## 今後稼働が予定されているDACプロジェクト



## 代表的なスケールアップの例

### Carbon Engineering

2025年：50万トン/年(米国・テキサス)にて稼働  
100万トン/年への拡張可能なDAC設備



### Climeworks

2024年：3.6万トン/年(アイスランド)稼働開始予定  
2027年：20万トン/年稼働開始予定



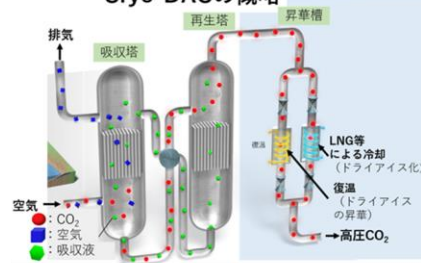
## DACの省エネルギー・低コスト化に向けた研究開発： ムーンショット研究開発型事業

### 冷熱を利用した大気中二酸化炭素直接回収の研究開発

則永 行庸 PM  
(国大)東海国立大学機構名古屋大学 教授

- LNG等の未利用冷熱を活用し、CO<sub>2</sub>を昇華させドライアイスにすることで、圧力を下げ、吸収液からCO<sub>2</sub>を回収する新プロセス(Cryo-DAC)を開発
- 常温で超低濃度（～400 ppm）のCO<sub>2</sub>を効率よく吸収する液体を開発

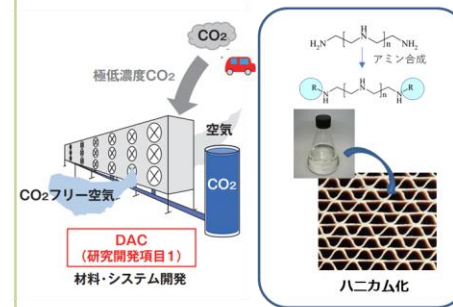
#### Cryo-DACの概略



### 大気中からの高効率CO2分離回収技術の開発

児玉 昭雄 PM  
(国大)金沢大学 教授

- 60℃の低温でCO<sub>2</sub>の分離が可能な革新的ポリアミンを開発
- 従来技術よりも少ないエネルギーで再生可能なCO<sub>2</sub>濃縮回収プロセス(ハニカム型)を開発



# バリューチェーンの優位性と課題 例②船舶輸送

- LCO2輸送船の船舶用タンクやタンク用安全弁などの船用機器の製造については、従来より我が国企業に優位性がある。
- 現時点で確立されている輸送技術は中温・中圧であるが、LCO2を低温・低圧で輸送する場合には、船舶用タンクの大型化が可能になるとともに、船舶による輸送コストの低減が期待される。
- 現在、NEDO事業で研究開発・実証している低温・低圧によるLCO2輸送船の船舶用タンクは、**実用化されれば世界初の技術**であり、さらに我が国の優位性が高まり国内外からの需要が見込まれる。
- 一方で、船舶及び大型タンクの製造キャパシティの確保が課題。現状では、必要量に対して供給量が不足すると予想され、CCS事業展開の制約になるおそれがある。

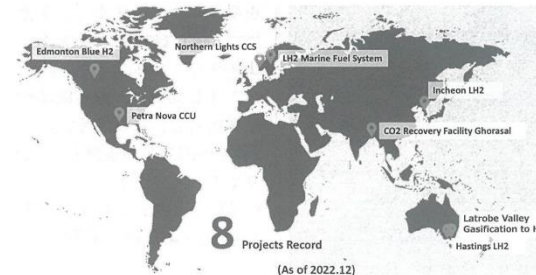
## <LCO2輸送用タンク>

- 製造事業者：**泉鋼業、新来島サノヤス造船** 等
- LPG船タンク（LCO2とほぼ同規格）については、泉鋼業と新来島サノヤス造船で**世界シェアの大部分を占める**
- NEDO事業では、**低温・低圧LCO2タンク（700m<sup>3</sup>×2基）**を製造し、様々な条件下での輸送実証を実施
- 本格的な社会実装に当たっては**タンクの大型化（5,000m<sup>3</sup>～10,000m<sup>3</sup>）が必要**であるが、**5,000m<sup>3</sup>程度であれば国内製造可能**（ただし、現状では製造能力に限度がある）



## <タンク用安全弁>

- 製造事業者：**福井製作所**
- 同社はLNG等のタンクの安全弁では**世界シェアNo.1**
- ドライアイス化を防ぐための配管構造をもつLCO2タンク用安全弁をすでに開発**。CCS関連事業者向けのデモンストラクション等を実施
- NEDO実証、Northern Lights（ノルウェー）でも同社の安全弁を使用**



福井製作所が関与するCN実証プロジェクト（海外）

出所：ENGINEERING NETWORK Vol.529 (2023/04/10)【FOCUS / Cover Story】