

CCS政策について

※CCS:二酸化炭素の地中貯留

令和5年9月 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

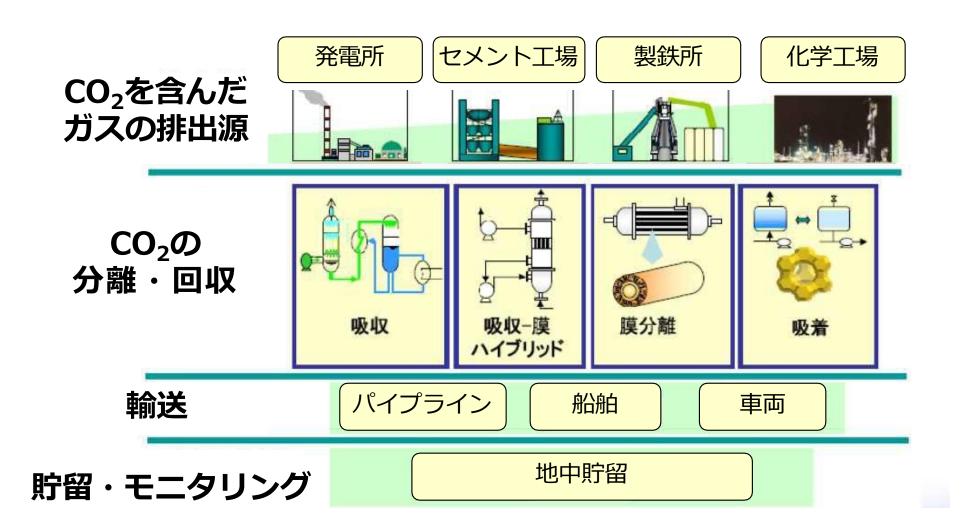
1. CCSの基本的考え方

- 2. CCSを取り巻く国際状況
- 3. CCSの産業としての成長可能性
- 4. 先進的CCS事業採択結果からの学び

CCSとは/CCS全体システム

Carbon dioxide Capture and Storage

● CCSは、CO2の削減が困難な産業を念頭に、CO2を分離・回収し、輸送、 貯留する技術であり、カーボンニュートラルを達成するための中核技術。



(参考) CCS (二酸化炭素の地下貯留) の特徴と現状

- CCSは、脱炭素技術の中では、<u>低コストの技術</u>である。
 ※ポスト・コンバスチョン技術 (燃焼後に脱炭素化する技術 = CCS) <u>のコストは低いとの認識がある</u>。
- 米国、欧州、英国を中心に、**国による支援を前提**としつつ、**導入支援段階**に入っている。
- 我が国は先進CCS事業として、7件(うち輸出2件)を選定。事業化を加速する。
 - ※排出源・輸送システム・貯留場所について、様々なパターンへの対応が可能。
 - ※加えて圧倒的なコストダウンが可能となる拡張性の高い案件を選定。
- 我が国は、一貫したCCSのバリューチェーンを有しており、海外展開の可能性も高く、 高い波及効果を有している。加えて、投資効果が国内に環流しやすい。
- CCSの社会実装にあたり、自社以外のCO2を分離回収するアグリゲーターを育成するとともに、一般の需要に応じて、パイプラインを敷設する事業者の育成が不可欠。

(参考) CCSの導入がうまく進まなかった場合のリスク

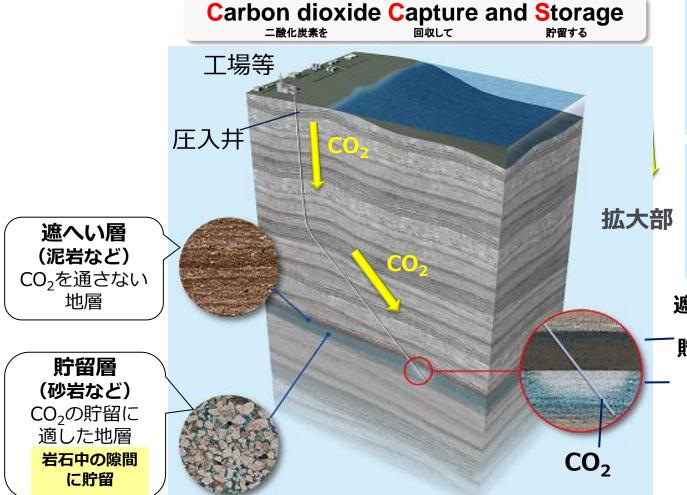
● 脱炭素技術の中では、コスト面で優れているCCSについて、日本における導入が進めば、国内において物価上昇(電気料金等)の抑制に貢献できうるものと考えられる。
逆に、整備が進まない場合には、物価上昇が進むリスクがある。

<コスト面のメリット>

- ・CCSに関する設備を後から追加するだけで脱炭素化が進むため、既存の輸送インフラ、エネルギーシステムの利用が可能となり、追加の設備投資を押さえることが可能となる。
- ・燃料効率を考えると、既存のエネルギー源の利用が優れている。
- CO2の排出量をオフセットできるCCSインフラの整備が進む国において、企業立地が 進みうるため、国内の製造基盤が失われたり、海外における流出が発生しうる。
- 米国、欧州、アジア各国において、CCSの導入が進められていく方向が明確化していく中で、成長分野であるCCSに出遅れることにより、成長機会を失うリスクがある。

CCSにおける貯留メカニズム

- 50年の実績がある石油の増産技術(EOR)の転用。
- 地下貯留では、約1000~3000mほどにある貯留層まで井戸を掘り、CO2を貯留。
- これまで国内11地点で160億トンを見込む(概査レベルでは2400億トン)。



CO₂を地中に貯留するためには、 <u>貯留層</u>とその上部を覆う<u>遮へい層</u>が 対になった地層構造が必要。 <u>遮へい層は貯留層に入れたCO₂が漏</u> れ出さないようフタの役割を果たす。

CO2は貯留層の砂岩の空隙に貯まる。 地下の圧力を適切にコントロールで きれば、大きな地震や断層との関係 はないもの(unlikely)と考えられ ている。(IEAや学会の認識)

遮へい層〔

貯留層

貯留タイプ

- ・ 帯水層 (一般的な地中貯留)
- ・油層(CO₂- EOR*)

*石油回収の増進

(EOR: Enhanced Oil Recovery) に活用して地中貯留

 ϵ

CCSの地下貯留の安定性

- CCSでは、CO2は砂岩層の空隙に貯留される。
- 国際エネルギー機関の認識として、CCSは大規模地震やCO2の漏洩を引き起こす断層の再活性化を引き起こすことはありそうもない(unlikely)としている。
- 国際的な共同研究により、世界最先端の知見をルールに反映していく。

国際エネルギー機関の認識 (International Energy Agency)

「CO2の地下貯留が大規模地震やCO2の漏洩を引き起こす断層の再活性化を引き起こすことはありそうもない」

"CO2 storage is unlikely to trigger large earthquakes or reactivate faults through which CO2 could leak."

CO₂ Storage Resources and their Development



北海道胆振東部地震とCCS実証

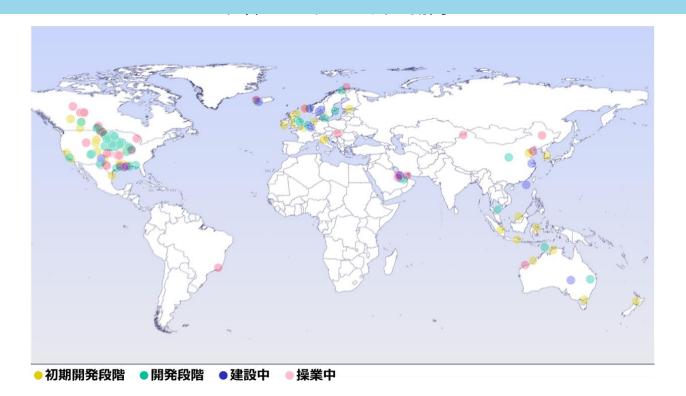
- ・2018年9月6日に地震が発生 (マグニチュード6.7)。
- ・苫小牧CCS実証試験センターは 震度5弱、地上設備に異常なし。
- ・震源は深度37km、CO2貯留層は 深度1~3kmの地点。 また、水平距離で約30km離れ 震源と貯留層の連続性はなし。
- ・事実関係や貯留層の温度・圧力の 観測結果等からCO2の漏えいを示唆 するデータは確認されていない等から、
- ①今回の地震が苫小牧でのCO2圧入 と関係して発生したとは考えられない、
- ②今回の地震によるCO 2 貯留層の異常はなくCO 2 の漏えいは認められない、 とした。

深部地層の断層安定性評価に関する研究 (日本と豪州政府機関との連携) 西オーストラリア州SW Hub 実証サイト ビクトリア州Otway (日本RITE-豪州CSIRO LOI 締結、 日本RITE-豪州CO2CRC MOU締結) •断層安定性評価 ・浅部断層漏えい監視技術

- 1. CCSの基本的考え方
- 2. CCSを取り巻く国際状況
- 3. CCSの産業としての成長可能性
- 4. 先進的CCS事業採択結果からの学び

世界のCCSプロジェクトの動向

- 「CCS」は、カーボンニュートラルの実現に不可欠であるため、世界各国において急激にプロジェクトの立ち上げや、法整備、政策支援が進み、「大競争時代」の到来。
- <u>国際エネルギー機関として、2050年までに現CO2排出量の2割程度の貯留が必要と認識。</u>
- 米国、中国、インド、欧州の4つの国・地域において、2050年には40億トン超の貯留が行われる可能性。運営費だけでも40~60兆円の市場が創出される可能性。



(出典) GCCSI

CCSに関する世界の政策支援および法整備

EU·欧州

- EUは、今年3月、2030年に5千万トンの 貯 留 を 目 指 す Net-Zero Industry Actを提案。法案の考え方として、ネットゼロを目指すためには、2050年までに5.5億トンの貯留が必要との認識。
- ·英国は240億ドルの支援を決定。
- ・2008年に、エネルギー法2008にて CO2貯留を規制。2022年7月には、 CO2貯留・輸送に事業規制を導入す る法案が議会に提出され、2023年9 月現在、下院で審議中。
- ・2022年末、**ドイツがCCUSに否定的** な姿勢を見直し、政策の見直しや国 内政策の整備に着手。
- ・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)

中東

・**サウジアラビアやUAEは**、国営石油会社を通 じて、**大型CCSハブの構築、投資を推進**。

中国

- ・中国は、<u>CCS推進に転換。約</u> 20%強を貯留目標*。
- *2060年に年間貯留量23億tを目標(現排出量の約20%強)。GCCSI調べ。

ASEAN・アジア

- ・インドネシアは、<u>CCSの省令を整備</u> (2023年3月)。
- ・マレーシア・タイは、<u>CCS関連の法整備</u>を検討中。
- ・インドも<u>CCS推進に転換し、約20%強</u> **を貯留目標***。
- *2050年に年間貯留量7.5億tを目標(現排出量の約20%強)

米国

- ・2050年までに10億トンスケールの貯 蔵をCDRベースで貯留。**約20%強を 貯留目標**。
- ・2021年インフラ法により、120億ドル 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)の規模が、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 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・ロンドン議定書の改正を批准に向 けて法案審議中、下院は通過。
- ・CO2の貯留、輸送を、**海域石油・温室効果ガス 貯留法**で規制。



- 1. CCSの基本的考え方
- 2. CCSを取り巻く国際状況
- 3. CCSの産業としての成長可能性
- 4. 先進的CCS事業採択結果からの学び

- 日本はCCSのバリューチェーンについて、競争力のある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持つごく限られた国**である。
- CCSへの投資は、**海外への資産の流出**を防ぎ、**我が国の成長に貢献する**。

分離回収

液化輸送船



[Engineering]

MITSUBISHI Global No.1 Provider for exhausted gases (70% of HEAVY INDUSTRIES global market) and Provided for Petra Nova

NIPPON STEEL ENGINEERING Provided for Steel Makers and Coal-fired power plants.



Delivered PCC facility as EPC contractor, New technology development under NEDO project

[Engineering]



Low Temperature Low Pressure First mover in the world

[Shipping Company]





Provides for Northern Lights

[Engineering] [Manufacturing]



Provides Seamless Pipe for CO2 Injection well of Northern Lights JFE Engineering Corporation



[Engineering]



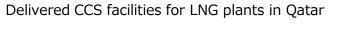


Designed "Tomakomai" Demonstration PJ



貯留/トータルエン ジニアリング

CO2 パイプライン



選定結果からの学び~CCS事業展開による経済成長の余地~

● CCS事業は分離回収、輸送、貯留の各事業から、バリューチェーンが構成されており、 プロセス毎に市場拡大や海外展開による成長が見込まれ、波及効果が高い。

経済成長の余地

貯留事業者

- ★ CO2の貯留については、カーボンニュートラルを宣言した国々においても市場が 形成されつつあり、我が国の上流企業のサポートを模索している国もある。
- ★ 我が国は、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や技術研究組合により共有している。
- ★ 海外の貯留場開発について参入を期待することが可能(既に調査権益を確保済み)。

輸送事業者

- ★ CO2の輸送については、現行の100倍以上の大規模輸送が必要となる。 この観点から、パイプライン輸送が基軸となり、貯留場が地理的に離れている場合 には船舶が選択される。我が国はパイプラインの製造技術を保有しており、LNG船 並の大型タンクの建造と操業技術の開発を行っているのは、我が国だけである。
- ★ 今後、海外での大型船の売却や、我が国船会社による輸送事業の受注が期待される。

分離回収 事業者

- ★ 我が国は、様々な組成の排ガスからのCO2分離に関する技術ポテンシャルを有しており、世界シェアが7割と高い。分離回収~貯留まで一貫したシステムの構築が可能となっている(苫小牧実証事業で実証済み)。コスト削減については課題。
- ★ 分離回収技術は、海外でのシステム販売、分離回収をサービスとして提供することによる成長ポテンシャルがある。

排出事業者

★ 低炭素のエネルギー供給や製品の製造が可能となるため、消費者に訴求できるもの付加価値のある製品・サービスとしての提供が期待される。

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** 久性などの観点で我が国の技術は優位性を有する。
- ▼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。
- これまでのCO2分離回収法は、アミン吸収法が主流であり、高純度のCO2回収に適した手法とされているが、高コスト、消費エネルギーが大きいことや、アミン等の飛散による環境影響が課題。
- 今後さらに、**固体吸収材や分離膜など新たな手法の研究開発**により、CO2分離回収に必要となる エネルギー消費を小さくし、コストの低減等を図ることが可能。

固体吸収材の研究開発状況

国	機関	方式	対象	実績 [t/d]	分離回収エネル ギー	特徴等
韓国	KEPCO/KIER ^{*1}	流動層*(二塔) 140-200°C再生	燃焼排ガス	< 200	5 GJ/t	炭酸かリウム担持吸収材 200 t/d装置完成(2013)
米国	RTI/NETL ^{**2}	流動層*(多段二塔) >110°C再生	燃焼排ガス	< 0.15	2.5 GJ/t	市販アミン(PEI)担持シリカ ベンチ試験(~2015)
カナダ	Svante ^{*3}	移動層(高速回転ナノ フィルタ)温度スイング	燃焼排ガス	< 30	4 GJ/t	30 t/d装置完成(2019)
欧州	Shell/TU Wien ^{**4}	流動層(多段二塔) 100-120℃再生	燃焼排ガス	0.7	3.5 GJ/t	アミン系吸収材 100 t/d装置建設計画中
日本	KHI/RITE/NEDO	移動層 60℃再生	燃焼排ガス	1~7	1.5 GJ/t	新規合成アミン担持シリカ 40 t/d装置で試験予定

出典

%1: GHGT-12 (October 5-9, 2014)

※2: Nelson et al. Energy Procedia (2017)

*3: 2021 Carbon Management and Oil and Gas Research Project Review Meeting (Aug.2-31, 2021)

*4: GHGT-14 (October 21-25, 2018)

バリューチェーンの優位性と課題 例②船舶輸送

- LCO2輸送船に使用するタイプCタンクやタンク用安全弁などの舶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・低圧により輸送することで **舶用タンクの大型化が可能**となるとともに、**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が 不足すると予想され、CCS事業展開の制約になりかねない懸念がある)

<LCO2輸送用タイプCタンク>

- ○製造事業者:泉鋼業、新来島サノヤス造船等
- ○LPG船タイプC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、<u>**低温・低圧LCO2タンク(700㎡×2基)</u>** を製造し、様々な条件下での輸送実証を実施</u>
- ○本格的な社会実装に当たっては**タンクの大型化(5,000㎡~10,000㎡)が必要**であるが、**5,000㎡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)



くタンク用安全弁>

- ○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 レーション等を実施
- ○NEDO実証、Northern Lights(ノルウェー)でも同社 の安全弁を使用



出典: ENGINEERING NETWORK Vol.529 (2023/04/10) [FOCUS / Cover Story]

- 1. CCSの基本的考え方
- 2. CCSを取り巻く国際状況
- 3. CCSの産業としての成長可能性
- 4. 先進的CCS事業採択結果からの学び

先進的CCS事業の目的・概要

- 2050年までにCO2の年間貯留量1.2~2.4億tを確保するには、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t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	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)

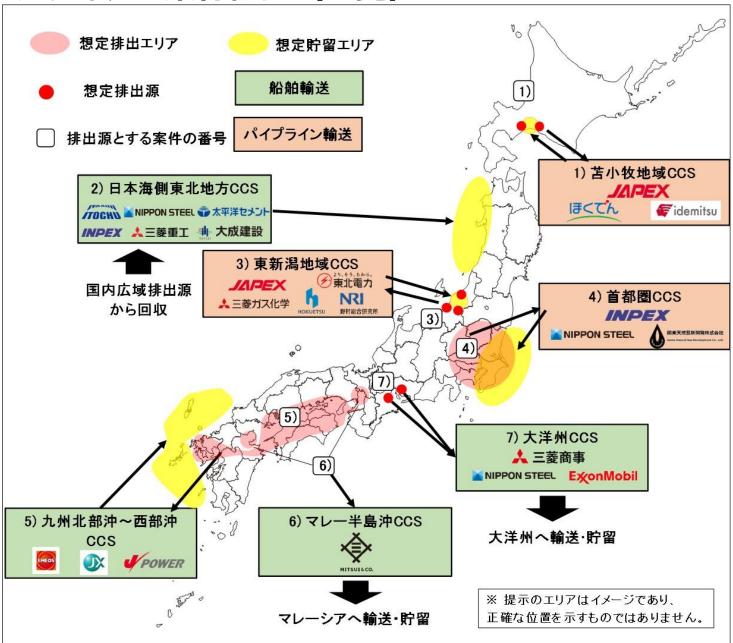
選定案件の概要

- 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。
- 2030年の年間貯留量見込の合計は約1,300万トン(海外は3割)であり、目標値である600万~1,200万トンの達成が見込める蓋然性が高まっている。

<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	陸域の枯渇油ガス田 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	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	陸域の枯渇油ガス田〜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	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	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)

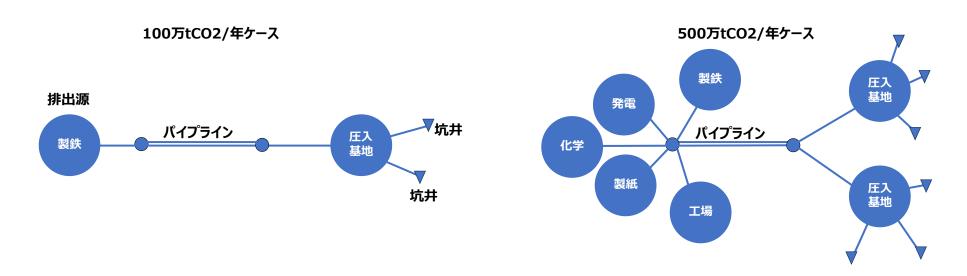


選定結果からの学び、~今後のCCS事業展開の見通し~

- 選定した国内貯留事業(5件)はいずれも事業の拡張性が計画に盛り込まれており、拡張後の年間貯留量の合計は約3,000万トン(操業開始時は約900万トン)。
- 案件によっては、拡張によりCO2トン当たりの貯留コストは低減し、バリューチェーン全体で操業開始時に比べて3分の2程度までコストを抑えることができる場合が存在。
- 2030年以降、現行の想定よりも更なる拡張を織り込んだ場合、2050年までに20~25件の同規模事業を国内で展開することで、2050年時点で年間貯留量の約7割をカバーすることが可能。

<事業拡張によるコスト低減の例>

CCSについてはパイプラインなどの輸送システムや、貯留に係る坑井について、拡張を織り込むことにより、 大幅なコストダウンが実現可能。



選定結果からの学び ~分析 CCSシステム(イメージ)の構築の必要性~

- CCSを実施するためには数百億円規模の巨額の初期投資が必要となるほか、技術が障壁となる ため、単独で利用できる企業に限りがある。
- 地域において、CO2貯留を進めるためには、排出企業をとりまとめて、分離回収や輸送を請け負 う「アグリゲーター」の存在が欠かせない。戦略的な育成が必要となる。既に、地域の発展にステー クを有する公益事業者の中で、参入の検討が進められている。
- CCSでは現行の取引量の約100倍程度に当たるCO2の輸送が必要。パイプラインによる輸送が 原則となり、貯留地が遠方にあれば、船舶輸送が行われる。円滑な整備が不可欠となる。

<CCSシステムとその課題>

排出事業者

需要家とりまとめ

分離回収 事業者

輸送事業者

年間原油換算3000kl以上のエネルギーを利用する事業所は約7500カ所。 今後、CCSのニーズがある対象事業所の精査が必要。

・大規模事業所:数十万トン~数百万トン

・中規模事業所:数万トン~数十万トン

・小規模事業所:~数万トン

投資額や技術に耐えられる分離回収企業の「アグリゲーター化」 (ユーザーをとりまとめ、CO2の分離回収を受託)

・・・ パイプラインと船舶輸送(港湾)の整備の円滑化 特に、パイプラインは一般の需要に応じる形で整備ができるかどうかが鍵。

貯留事業者

・・・ 貯留能力の拡張性や貯留適地の確保

2023年6月23日 資源·燃料 分科会資料から抜粋

(参考) 欧州のCCSインフラに関する検討状況

Carbon Capture, Removal, Transport and Storage in Europe

- Emitter Hub and/or CO₂ Export Terminal
- Pipeline Project
- Geological CO₂ Storage and/or Import Terminal
- Co-Located Emitters and Storage
- Ship Transport of CO₂
- → Pipeline Transport of CO₂
- 1. CO2TransPorts
- 2. N-LITES
- 3. Aramis
- 4. Nautilus
- 5. EU2NSEA
- O. LOZITOL
- Norne
- 7. Delta Rhyne Corridor
- 8. German Carbon Transport Grid
- 9. WH2V (eNG Hub phase 1)

- 10. Noordkaap
- 11. Bifrost
-
- 12. ECO2CEE
- 13. CCS Baltic Consortium
- 14. Geothermal CCS Croatia
- 15. Pycasso
-
- 16. Callisto
- 17. Augusta C2
- 18. Prinos CO₂ Storage

