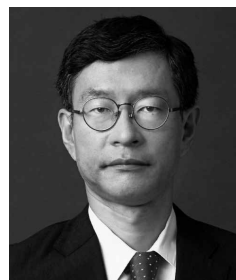


CCSを巡る国際動向について



グローバルCCSインスティテュート
シニア ビジネス開発リード

村上 泰郎

1. グローバルCCSインスティテュートについて

グローバルCCSインスティテュート（以下「インスティテュート」と略）は、ネットゼロエミッションに不可欠な技術である二酸化炭素回収貯留（Carbon dioxide Capture & Storage；以下「CCS」と略）の展開を加速化することを使命とする、会員制国際シンクタンクです。

約60名の専門家チームを擁するインスティテュートは、CCSがCO₂排出削減に役割を果たせるよう、専門知識の共有および助言と支援を行っています。

また、インスティテュートには、世界各地の政府・民間企業・研究機関等が会員として参加し、インスティテュート会員一丸となって、ネットゼロエミッションに必要な不可欠なCCSの推進に取り組んでいます。

インスティテュートは、メルボルンを本拠地とし、海外拠点をワシントン D.C.、ヒューストン、ブリュッセル、ロンドン、パリ、アブダビ、北京および東京に有します。

インスティテュートは、毎年、世界におけるCCS最新動向にかかわる「Global Status Report of CCS」レポートを公表しています。本稿は、2023年11月9日に公表された同レポート最新版「Global Status of CCS 2023」(以下「GSR2023」と略)^{注1}をもとに取りまとめたものです。

2. CCSとは？

CCSとは発電所やプラントなどの施設において化石燃料の使用によって、大気中に大量のCO₂が放出されるのを防ぐことができる、CO₂の分離回収／輸送／貯留にまたがる一連の技術です。これは約50年にわたり世界各地で安全に使用されてきた、実証済みの技術でもあります。

CCSはネットゼロエミッション達成手段の主要なオプションとみなされています。

CCSには、以下3つの主要な要素があります。排出源においてCO₂を回収し、輸送用に圧縮してから、岩層の奥深くに圧入し、永久に貯留することになります。

- ・分離回収：石炭および天然ガス火力発電所、製鉄所、セメントプラント、石油精製所などの大規模な工業施設で生成されたガスからCO₂を分離回収します。
- ・輸送：CO₂は分離された後、圧縮されてパイプラインや船舶等の手段により、地層貯留に適した場所へ輸送されます。
- ・貯留：CO₂は通常1 km以上の深さの岩層に圧入されます。

3. CCSにかかわる4つの重要な役割

(1) 低炭素電力供給をサポートする

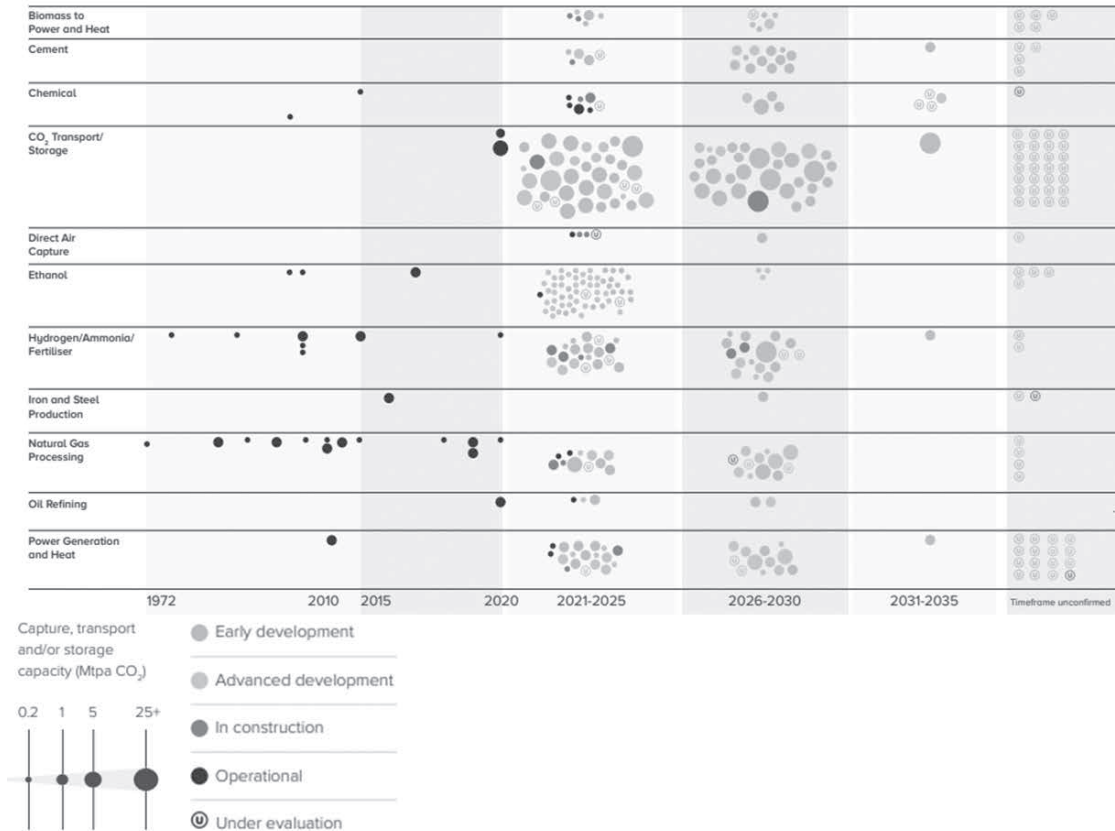
発電の際にCO₂を分離回収することは、ネットゼロエミッションを達成するために、必要不可欠です。CO₂回収プラントを装備した発電所は、出力調整可能な低炭素電力を供給することにより、再生可能エネルギー電力（太陽光発電、風力発電等）を補完する役割を担うからです。

ここで、セクター別のCCSプロジェクト推移を図1に示します。従来のCCSプロジェクトは、CO₂分離回収コストの小さいセクター（例：Natural Gas Processing）に集中していましたが、近年、CO₂分離回収コストの比較的大きいセクター（例：Power Generation & Heat）にも広がりをみせていることがわかります。

石炭火力発電所へのCO₂回収プラントについては、すでに米国テキサス州のPetra Novaプロジェクトとカナダ・サスカチュワン州のBoundary 3プロジェクトにおける操業経験があります。

今後も、石炭火力／天然ガス火力発電所へのCCS適用プロジェクトが、一定程度見込まれます。先進国では石炭火力／天然ガス火力発電所から再生可能エネルギー発電所への移行が進みますが、東南アジア

図1 セクター別CCSプロジェクトの推移



出典：GSR2023：Figure3.1-3：CCS project pipeline by industry and year of operational commencement.

等、エネルギー源として石炭火力／天然ガス火力発電所にコスト面から、ある程度依存せざるを得ない地域では、石炭火力／天然ガス火力発電所へのCCS適用が、CO₂削減の観点から重要なオプションになると思われます。

(2) 電力セクター以外の産業セクターにおいて、根本的な脱炭素化を達成する

電力セクター以外の産業セクター（例：セメント、製鉄）においては、各産業プロセスの性質上、CO₂排出を避けるのは困難です。そこで、これらの産業セクターの脱炭素化を進めるにあたりCCSは有力なオプションとなります。

(3) 大規模な低炭素水素生産を可能にする

水素は燃焼してもCO₂を排出しないことから、将来重要なエネルギー源となります。石炭ガス化とCCSの併用または、天然ガス改質とCCSの併用による水素製造（いわゆる「ブルー水素」）は、費用対効果の高い水素製造方法とみられます。

もちろん、水の電気分解による水素製造（いわゆる「グリーン水素」）も有力な方法ですが、そのためには、

低価格の再生可能エネルギー電力を大量に利用できることが条件となります。しかし、再生可能エネルギーによる電力利用の普及が遅くかつ化石燃料（石炭、天然ガス）価格が比較的低い地域では、ブルー水素製造が費用面から有利です。

(4) ネガティブ・エミッションの基盤を提供

CCSは、CCSを利用したバイオマスエネルギー（BECCS）や、二酸化炭素直接空気回収貯留（Direct Air Capture and Carbon Storage：以下「DACCS」と略）を通じ、ネガティブ・エミッションの基盤を提供します^{注2}。

また、直接空気回収（DAC）は、特定のCO₂排出源にはリンクしない形で空気中から広く薄くCO₂を回収するもので、Storageと組み合わせDACCSにすることにより、CO₂排出量をネガティブにすることができます。

ネットゼロエミッション達成のためには、ポイントソースからのCO₂回収を目指すCCSだけでなく、BECCSやDACCSに代表される「CDR=Carbon Dioxide Removal」すなわち「大気中からのCO₂除去」が不可欠、とはよく指摘されることです。

ただ、BECCSにはバイオマスの利用可能性に関する制約があります。それから、DACCSの普及は、将来のコストに依存します。

近年、DACCS技術の商業化に向けて、アイスランドおよび米国テキサス州・ワイオミング州等で大きな動きがありました。

2021年末、初の商用DACCS施設がアイスランドで稼働を開始しました。Climeworks社が進めるORCAプロジェクトです。4000トン／年のCO₂を回収し、水と混合して地下の玄武岩に圧入・貯留（鉱物固定）しています。

2022年、オクシデンタル社の子会社：1PointFiveと、カーボン・エンジニアリング社は、テキサス州パーミアンBasinで当初0.5Mtpaを回収するDACCS施設の最終投資決定をいただきました。

また同年、Carbon Capture社は、2030年までに5 MtpaのCO₂を回収することを目的とした、DACCSプロジェクト「Project Bison」(ワイオミング州) を発表しました。

また米国のIRA (Inflation Reduction Act) は、45Q税額控除の拡大により、DACプロジェクトにインセンティブを与える (DACプロジェクトDeveloperは、CO₂を回収して地中貯留すると、1トン当たり180ドルの税額控除が受けられる)、としております。

4. 世界のCCS動向概観

図2は、世界のCommercial CCSプロジェクトで、操業中プロジェクト／建設中プロジェクト／Advanced Development (FEED段階) プロジェクト／Early Development (FS段階) プロジェクト、これらすべての年間CO₂回収能力を合算して、その推移を示した図です。同能力は2017年以降増加を続けており、2023年7月末時点で年間回収能力が、361百万トンに達しております。一方、IEAが2023年9月に公表したNet Zeroロードマップレポートアップデート版 (P.102) ^{注3} によりますと、2030年において「Total CO₂ captured」が1024Mt (年間) とされておりますので、さらなるCO₂回収能力の増強が必要です。

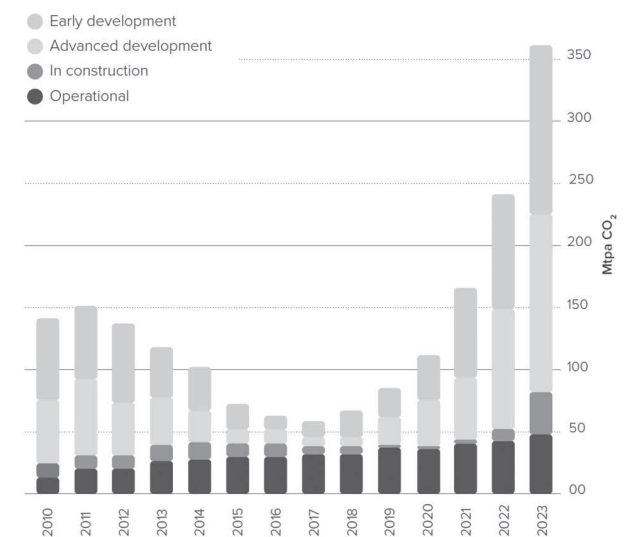
プロジェクト件数で見ますと、2023年7月末時点で操業中が41

件／建設中が26件／Advanced Development (FEED) 段階が121件／Early Development (FS) 段階が204件となっており、合計で392件となっております^{注4}。

図3は、Commercial CCSプロジェクトを世界地図にプロットしたものです。EORを含むCCSプロジェクトは1972年に米国で操業を開始したTerrell (Enhanced Oil Recovery : CO₂圧入による原油増進回収) プロジェクトを皮切りに、北米・欧州・アジア太平洋地域・中東に広がってまいりました。

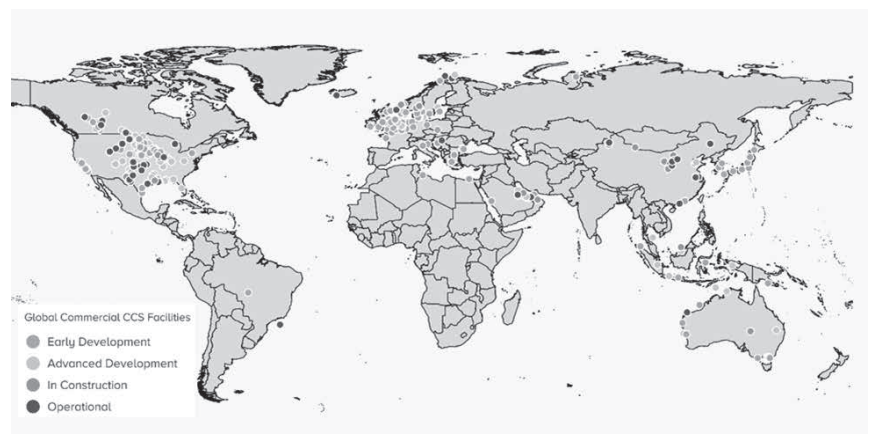
図4は「貯留サイトの多様化」にかかわるグラフです。開発中・建設中・操業中プロジェクトの78%は、Dedicated Geological Storageサイト (深部塩水層、

図2 世界のCommercial CCSプロジェクトにかかわる、年間CO₂回収能力合計の段階^{注5}別推移



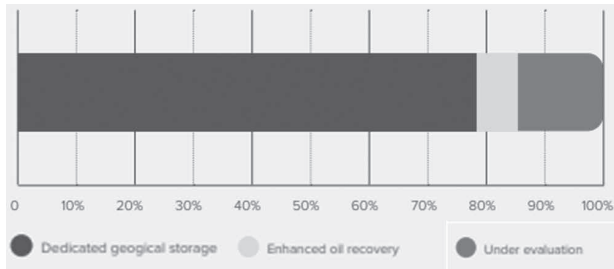
出典：GSR2023：Figure3.1-1：Capacity of commercial facility pipeline since 2010

図3 世界各地のCCSプロジェクト



出典：2023年11月15日開催Japan CCS Forum 2023におけるインスティテュートCEO：Jarad Danielsのプレゼン資料「Global Status of CCS 2023」

図4 CCSプロジェクト（開発・建設・操業中）年間回収容量世界合計の、貯留タイプ別割合



出典：GSR2023：Figure 5.6-1：Total capacity of CCS facilities in development, construction or operation by storage type

枯渇油田・ガス田）への圧入を想定しています。これは事業者が、政策支援（補助金／税額控除／排出権取引制度等）を利用することにより、Enhanced Oil Recoveryによって生み出される収益なしに、CCSを開発できるようになったことを表しています。

また、前掲図1の「CO₂ Transport／Storage」セクターにつき付言します。これは、CO₂の輸送・貯留サービスを、CO₂排出事業者に提供する新しいビジネスモデルの誕生を示しています。最近の例としては、Exxon社が米Denver社を買収し、米国メキシコ湾岸において、2000キロメートルに及ぶCO₂パイプライン建設および10に及ぶCO₂貯留サイト開発を本格化させたことがあげられます。

5. 地域別CCS動向（特記事項）

まず米国です。2022年夏、米国政府は45Q条項強化を含むIRA（Inflation Reduction Act）を成立させました。この結果、CO₂ 1トンあたりの税額控除額は、CCSプロジェクト（Enhanced Oil Recoveryは除く）においては、従来の50ドルが85ドルへと、引き上げられました。

また、同時期に制定されたCHIPS法（Creating Helpful Incentives to Produce Semiconductors for America Act）と科学法（Science Act）により、CO₂除去の研究開発に資金提供するメカニズムも整備されました。さらに、2021年にすでに制定されたインフラ投資・雇用法では、5年間で120億米ドルをCCSに割り当てることになっています。

次にカナダです。2022年連邦予算でCCUSの投資税額控除が盛り込まれました。DACCSは60%、その他のCO₂回収は50%、CO₂利用・CO₂輸送・CO₂貯留は37.5%での税額控除を2030年まで、（2022年1月1日から発生する経費を対象として）事業者が、享受でき

る見込みです。

また、アルバータ州政府は2023年1月に、TIER（Technology Innovation and Emission Reduction Scheme）を改正し、CCSプロジェクトから生じるクレジット1トン当たりの価格を、2023年の65カナダドルから毎年15ドルずつ引き上げ、2030年には170カナダドルにすることを認めました。

次にヨーロッパです。

グリーン・ディール産業計画の一環として、欧州委員会は2023年3月、CCSを含む脱炭素化技術の推進を目指す「ネット・ゼロ産業法」を提案しました。同法は、2030年までにEU域内で年間50百万トンのCO₂を貯留する目標を掲げています。また、ETS（Emission Trading Scheme）価格は2023年2月に、CO₂ 1トン当たり100ユーロという水準に達し、CCSプロジェクト収益性改善に貢献しました。更に、イノベーション・ファンドやコネクティング・ヨーロッパ・ファシリティを通じた資金援助や、各国の補助金プログラム（例：オランダ、デンマーク、英国）は、ヨーロッパにおけるCCS導入を引き続き支援しています。

オランダでは、「SDE++」という補助金制度が2022年に年間予算を増やしました。そして、ロッテルダム港のHub & Clusterプロジェクト（PORTHOS）は、2023年10月にFinal Investment Decisionに達しました。

デンマーク政府は2022年にCCSへの取り組みを強化し、今後10年間でCCSに50億ユーロを充てることを発表しました。また、デンマーク政府はベルギー政府と二国間協定を締結し、国境を越えたCO₂輸送の取り組みを開始しています。なお同様の協定は、ノルウェー政府とオランダ政府との間でも締結されています。

英国政府は、2023年春季予算で、2030年までに年間200万～300万トンのCO₂を回収することを目標に、CCSに200億ポンドを投資すると発表しました。ハイネットCluster（イングランド北西部とウェールズ）とイーストコーストCluster（ハンバーとティーサイド）という2つのHub & Clusterプロジェクトが、トラック1としてすでに2021年に選ばれ、トラック1に接続する分離回収プロジェクトの選定が行われています。さらにその後、エイコーンCluster（スコットランド北東部）とパイキングCluster（ハンバー）がトラック2として選ばれました。

目新しいところでは、フランスが2023年夏にCCUS戦略を発表し、CCSは2030年までに年間4～8.5 MtのCO₂排出量を回収・貯留できる可能性があるとしています。

次にアジア太平洋州です。

まず日本です。2023年6月にJOGMECが、7件のCCSプロジェクトにつきFSを開始するとの発表を行いました。また、経済産業省もCCS事業法制定に向け鋭意取り組んでいます。すでに日本では苫小牧CCSプロジェクト等の実証プロジェクトは進められていましたが、2030年以降には商業段階のCCSプロジェクトが複数立ち上がることが期待されます。

2060年までにカーボンニュートラル達成を目指す中国では、CCSへの関心が高まっています。「1+N」という政策枠組みのもと、エネルギー国営企業は、CCSにつき政策面でより大きな支援を、中国政府から受け取ることが期待されます。

中国では、2023年に3つのプロジェクトが稼働を開始しました。アジア最大の石炭発電所CCSプロジェクト、初の海上CO₂貯留施設、石油精製所でのCO₂回収プロジェクトです。また、初の全長109kmのCO₂輸送パイプラインが稼働しました。

インドネシアにおいても、複数のCCSプロジェクトが進行中です。たとえばTangguh LNG関連CCUSプロジェクトですが、すでに開発計画が承認され、2026年操業開始を目指しています。

また、2023年3月にインドネシア政府はCCUS実施規則を制定しました。CCUSプロジェクト終了後、最長10年まで貯留モニタリングを実施すること、インドネシア政府への貯留長期責任移譲に関する要件等が記載されています。また、石油ガス上流事業の契約枠組みであるProduction Sharing Contract（生産物分与契約）におけるコスト回収事業に、CCUSプロジェクトが含まれることとなりました。アバディプロジェクトは、このCCUS実施規則に基づき、CCSプロジェクトがコスト回収対象となる初のプロジェクトとなります。

インドネシア同様、マレーシアは大きな貯留能力を有し、CO₂貯留のハブになることを目指しています。そして、年間330万トンのCO₂回収能力を有するマレーシアのKasawari CCSプロジェクトは、Final Investment Decisionがすでになされ、2025年に操業開始予定です。

タイでは、PTTEP（タイ石油公社）が、2026年の操業開始を目指した、同国初のArthit CCSプロジェクトの立ち上げを2021年に発表しました。現在、Front End Engineering Designが行われているところです。

オーストラリアでは2021年に、炭素クレジット発行を前提とした排出削減基金（Emission Reduction

Fund）に、CCSが組み入れられました。同国では、エネルギー企業を中心となり、CCSプロジェクトが複数立ち上がっています。

またCO₂の二国間越境輸送を可能にすべく、先般、法改正が実施されたところです。

さらに、セーフガードメカニズム（年間10万トン以上のCO₂を排出する事業者を対象としたCO₂排出規制制度のこと）改革が可決された結果、各排出事業者は今後年間4.9%の削減が求められることになり、オーストラリアにおけるCCSを促進する効果が生じるものと思われま

次に中東です。

この地域では、カタールガスによるラスラファンブプラント、サウジアラムコによるハウィヤ天然ガス液化プラントおよびADNOC（アブダビ石油公社）によるアルレヤダ製鉄プラント、の3つのCCSプロジェクトが操業しています。

またサウジアラムコですが、サウジアラビア・エネルギー省と共同で、ペルシャ湾に面するJubailにCO₂回収・貯留ハブを設立することを発表しました。このハブは2027年までに最大で年間900万トンのCO₂を回収・貯留できるようになり、その後規模を拡大し、2035年までに4400万トンの年間CO₂回収能力を持つ見込みです。

それからADNOCによる、Habshan天然ガス処理施設から、2MtpaのCO₂を回収するプロジェクト（Enhanced Oil Recovery）が、2025年に操業開始予定です。

それから、Qatar Gasは2025年までに回収量を5Mtpaまで拡大することを目指しています。

注1：<https://status23.globalccsinstitute.com/>

注2：バイオマスエネルギー（バイオマス発電）プラントでは、バイオマスを燃料として使用しますが、同燃料の使用により排出されるCO₂は、過去にバイオマスに吸収されたCO₂が排出されたものと考え、CO₂排出量はニュートラルとなります。よって、このバイオマスエネルギープラントにCCSを組み合わせ、BECCS（Bioenergy with CCS）とすることにより、CO₂排出量をネガティブにすることができます。

注3：<https://www.iea.org/reports/net-zero-roadmap-a-global-pathway-to-keep-the-15-0c-goal-in-reach#overview>

注4：GSR2023：「Figure3.1-2：Commercial CCS facilities by number and total capture capacity of 31 July 2023」による。

注5：Early Development（FS段階）、Advanced Development（FEED段階）、In Construction段階およびOperational段階の4つ。

