

CCS でつながる日本と東南アジア

THE CHEMICAL DAILY PTE. LTD.
CCS Connecting Japan and Southeast Asia
豊田 悦史



はじめに

海外での海底下 CCS（二酸化炭素回収・貯留）を目的とした CO2 輸出を可能にする、ロンドン条約に基づくロンドン議定書第6条改正の受諾（改正部分の批准）が、今年5月、参議院本会議で可決、成立した。ロンドン議定書6条改正は、「投棄又は海洋における焼却のために廃棄物その他の物を他の国に輸出することを許可してはならない」とする原則を維持しながらも、海底下に埋める目的で CO2 を輸出することを例外的に認めるもの。批准により日本は、国境を越えた CCS の具体化へ向けて正式に名乗りを上げた。東南アジアは CO2 の貯留ポテンシャルが高く、日本からの距離が近いと、最も有望なロケーションとなる。

急速に高まる期待

CCS とは、CO2 を分離・回収し、地下の安定した地層に貯留する技術。とくに、高熱が求められるため電化が難しい製油所や製鉄所、化学工場、ごみ処理施設などの脱炭素化を実現するための手法となる。究極的には、CO2 をエネルギーや素材に換え CCU（CO2 の回収・利用）が理想だが、CCU 技術はいまだ開発段階にある。カーボンニュートラルの達成の期日とされる 2050 年が近づくと、削減しきれない CO2 を地中に貯留する CCS は必要不可欠な技術であるとの認識が、世界で急速に広がっている。

日本政府は 2020 年 10 月に「2050 年カーボン

ニュートラル」を目指すことを宣言した。2021 年 4 月には、2030 年度の新たな温室効果ガス排出削減目標として、2013 年度から 46% 削減することを目指し、さらに 50% の高みに向けて挑戦を続けることの方針を示した。2021 年 10 月に閣議決定された現行の第 6 次エネルギー基本計画では、火力発電所の脱炭素化や、素材産業や石油精製産業といった電化や水素化等で脱炭素化できず CO2 の排出が避けられない分野を中心として、CCS は CCU とともに最大限活用する必要があると位置づけられており、再生可能エネルギー、原子力、水素・アンモニアとともに、わが国の脱炭素化と産業政策やエネルギー政策を両立するための鍵となる重要なオプションの一つとなっている。

これまで新潟県・長岡市や、北海道・苫小牧で CCS の実証を行ってきた。大規模実証となった苫小牧では、民間企業 33 社の共同出資により設立された日本 CCS 調査が、2012 年に国から苫小牧 CCS 実証プロジェクトを受託し、2016 年 4 月から CO2 の海底下への貯留を開始した。19 年 11 月には目標である 30 万トンの圧入を達成し、現在は圧入を停止してモニタリングを継続中だ。



北海道・苫小牧市の CCS 実証試験 プラント全景

日本政府は昨年3月に『CCS長期ロードマップ』を策定。CCSに関する取り組みを事業化段階へ移行させた。2050年時点のCCSの想定年間貯留量の目標を、国際エネルギー機関（IEA）による世界の脱炭素シナリオとCO2回収量の試算、日本のCO2排出量の割合から、年間約1.2億トン～2.4億トンと定めた。導入時期を先送りすれば、それだけ目標の達成は困難になる。ロードマップは2030年の導入に照準を定めており、そこから2050年までの20年間で年平均約600万～1200万トンずつCCSプロジェクトを立ち上げていく必要がある。

これまでの国の調査において、CO2の貯留に適した地層は11地点で計160億トン分あると推定されている。ただ、経済性や社会受容性を考慮すると、すべてが事業化できるとは限らない。このため、東南アジアなどの近隣諸国を含め、国内外であらゆる選択肢を追求していく方針だ。

東南アジアに高いポテンシャル

世界の多くの地域と同様に、東南アジアのCO2貯留能力の推定は難しいが、大部分は塩水帯水層にあると予想されている。枯渇した油田やガス田も重要な貯留地となる可能性がある。CO2貯留ポテンシャルが100億トン以上ある国が多くあることが分かっており、IEAが2021年に公表した特別報告書「The opportunity for CCUS in Southeast Asia（東南アジアにおけるCCUSの機会）」によると、マレーシアの800億トンを筆頭に、フィリピン、ベト

国名	場所	貯留量 (推計)	合計
ブルネイ	石油・ガス田	0.6Gt	0.6Gt
インドネシア	南スマトラ堆積盆	7.65Gt	8.4Gt
	ジャワ堆積盆（深部塩水層）	386Mt	
	タラカン堆積盆	130Mt	
	中央スマトラ堆積盆	229Mt	
マレーシア	マレー堆積盆	80Gt	80Gt
フィリピン	塩水帯水層	22Gt	22.3Gt
	ガス田	0.3Gt	
タイ	塩水形成	8.9Gt	10.3Gt
	石油・ガス田	1.4Gt	
ベトナム	塩水貯留槽	10.4Gt	11.8Gt
	枯渇した石油・ガス田	1.4Gt	

東南アジア各国のCO2貯留能力¹

ナム、タイの4カ国が100億トンを上回っている。インドネシア政府は今年2月、塩水帯水層には5720億トンの、枯渇した石油・ガス貯留層には48億5000万トンの貯留ポテンシャルがあるとする最新の調査結果を発表している。

2023年6月に日本政府は、2030年までの事業開始と事業の大規模化・圧倒的なコスト削減を目標とするCCS事業7案件を、モデル性のある「先進的CCS事業」として選定した。これにより、2030年までにCO2の年間貯留量約1300万トンの確保を目指す。

今回選定した7案件は、発電、石油精製、鉄鋼、化学、紙・パルプ、セメントなどの事業分野が幅広く参画し、産業が集積する北海道、関東、中部、近畿、瀬戸内、九州などの地域のCO2の排出に対応する。今年6月に2件を追加。全9案件のうち5案件が国内での貯留、残り4案件がアジア大洋州での貯留を想定している。

2024年6月に日本政府は2024年度「先進的CCS事業」を採択した。全9案件のうち5案件が国内での貯留、残り4案件がアジア大洋州での貯留を想定している。発電、石油精製、鉄鋼、化学、紙・パルプ、セメントなどの事業分野が幅広く参画し、産業が集積する北海道、関東、中部、近畿、瀬戸内、九州などの地域のCO2の排出に対応する。これにより、2030年までにCO2の年間貯留量約1300万トンの確保を目指す。

2023年度の先進的CCS事業はFS（実行可能性調査）を実施した。今年度事業ではPre-FEED（概念設計）を行う。具体的には、試掘ポイントの特定に向けて3次元物理探査でのデータ取得などを予定する。エネルギー・金属鉱物資源機構（JOGMEC）の委託事業で2023年度補正予算に計上した204億円を充てる。

このうち三井物産などが採択された、「マレーシア マレー半島沖南部CCS事業」は、近畿・九州地域等の化学・石油精製を含む複数産業から排出されたCO2約500万トンを、船舶とパイプラインを通じ、マレーシアのマレー半島東海岸沖の海域原体ガス田や滞水層に貯留するプロジェクト。三井物産はマレーシア国営石油会社のCCS事業会社、ペトロナス・CCS・ソリューションズと、フランスの総合

エネルギー会社、トタルエナジーズのCCS事業会社、トタルエナジーズ・カーボン・ニュートラリティ・ベンチャーズと2023年6月からマレーシア沖にCO2貯留サイトを共同で開発を進めており、2030年ごろまでに貯留事業開始を計画している。今年2月には、マレーシア・日本間における商業規模のCCSバリューチェーン構築に向けて、中国電力と、同グループの石炭火力発電所で排出されるCO2の分離・回収、液化・貯蔵、マレーシアまでの液化CO2の海上輸送、マレーシア沖でのCO2地下貯留、海上浮体式貯蔵設備の採用などの先進的な取り組みなどを検討することで合意した。今年4月には、UBE三菱セメント（MUCC）、レゾナックともマレーシア・日本間におけるCCS共同検討に関する覚書を締結。MUCCは宇部セメント工場、レゾナックは大分コンビナートで排出されるCO2の分離・回収と液化・貯蔵を、三井物産はマレーシアまでの液化CO2の海上輸送とマレーシア沖での地下貯留を担い、それぞれに必要な技術的要件の検証および事業費の算出を含めた検討を進めていく。

「マレーシア サラワク沖 CCS 事業」では、瀬戸内地域のコンビナート連携によって、化学、製鉄、発電所から排出されるCO2をマレーシアの海域枯渇ガス田に船舶輸送、貯留する。2023年6月に、石油資源開発（JAPEX）、日揮ホールディングス、川

崎汽船、JFEスチールの4社は、日本を起点としマレーシアで実施するCO2回収・貯留（CCS）バリューチェーン構築を目指す共同検討を行うことで合意していた。今年2月には中国電力と日本ガスラインが加わり、JFEスチールと中国電力グループが保有する日本国内の製鉄所や発電所で排出されるCO2の分離・回収、液化CO2のマレーシアまでの海上輸送（瀬戸内エリアでの内航輸送を含む）と受け入れ、貯留までの一連のバリューチェーン構築について、必要な設備やコストなどに係る検討を行っている。マレーシア国内のCO2を収集する陸上設備からのCO2輸送パイプラインの敷設や液化CO2の海上輸送、ならびに同国内での受入設備・海洋圧入設備など、必要な設備の仕様や費用の積算、事業スキームの詳細についても検討を進めており、マレーシア国内外回収されたCO2を海上輸送し、2028年末に海底下への圧入・貯留を開始することを目指している。

「マレーシア マレー半島沖北部CCS事業」では、三菱商事を幹事に、ENEOS、JX石油開発、JFEスチール、コスモ石油、日本触媒、ペトロナスが参画する。想定貯留量は年間約300万トン。東京湾臨海コンビナートにある化学、鉄鋼、石油精製企業から排出されるCO2を船舶・パイプラインで運び、マレー半島北東沖の減退油ガス田に貯留する構

プロジェクト名	参画企業	貯留地	貯留量
苫小牧地域CCS事業	石油資源開発、出光興産、北海道電力	苫小牧地域（油ガス田または帯水層）	約150万トン／年
日本海側東北地方CCS事業	伊藤忠商事、日本製鉄、太平洋セメント、三菱重工業、伊藤忠石油開発、INPEX、大成建設	日本海側東北地方他（海域帯水層）	約200万トン／年
東新潟地域CCS事業	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	新潟県内（既存油ガス田）	約150万トン／年
首都圏CCS事業	INPEX、日本製鉄、関東天然瓦斯開発	首都圏他（海域帯水層）	約100万トン／年
九州北部沖～西部沖CCS事業	西日本カーボン貯留調査ENEOS、JX石油開発、電源開発	九州北部沖～西部沖（海域帯水層）	約300万トン／年
マレーシア マレー半島沖南部CCS事業	三井物産、中国電力、関西電力、コスモ石油、電源開発、九州電力、レゾナック、UBE三菱セメント	マレーシア マレー半島東海岸沖（海域減退油ガス田、帯水層）	約500万トン／年
大洋州CCS事業	三菱商事、日本製鉄、三菱ケミカル、三菱商事クリーンエナジー、ExxonMobil Asia Pacific	大洋州（海域減退油ガス田、帯水層）	約200万トン／年
マレーシア サラワク沖CCS事業	石油資源開発、日揮ホールディングス、川崎汽船、Petronas CCS Ventures、JFEスチール、三菱ガス化学、三菱ケミカル、中国電力、日本ガスライン	マレーシア サラワク州沖（海域枯渇ガス田）	約190万～290万トン／年
マレーシア マレー半島沖北部CCS事業	三菱商事、ENEOS、JX石油開発、JFEスチール、コスモ石油、日本触媒、Petronas CCS Solutions	マレーシア マレー半島北東沖（減退油ガス田）	約300万トン／年

先進的CCS事業採択プロジェクト²

想で事業可能性調査（FS）を実施する。

日本企業にビジネスチャンス

東南アジアのCCSプロジェクトは、日本で排出されたCO₂の貯留先として注目されるばかりではない。東南アジア諸国にとっても、CCSは自国のCO₂排出を削減していくうえでの重要な手段となっている。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の一つでもある。CCSへの投資は、海外への資産の流出を防ぎ、我が国の成長にも貢献する。分離回収、輸送、貯留のプロセスごと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。

これまでCO₂分離回収の主流であるアミン吸収法による分離回収プラントについては、三菱重工が世界的に高いシェアを握る。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、高コスト、消費エネルギーが大きいことや、アミンなどの飛散による環境影響が課題とされている。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分離回収に必要なエネルギー消費を小さくし、コストの低減などを図ることが可能。膜分離法では、天然ガス随伴ガスへの適用で海外企業が先行するものの、日本メーカーは高性能な分離膜（分子ゲート膜、ゼオライト膜）の開発でリードしている。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になる。



世界初、低温・低圧の液化CO₂大量輸送に向けた実証試験船「えくすくうる」

現在、NEDO事業で研究開発・実証している低温・低圧による液化CO₂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、液化天然ガス船並の数万吨級の大型化が可能となる。日本の優位性が高まり国内外からの需要が見込まれる。液化CO₂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、従来日本企業に優位性がある。

日本のエンジニアリング企業には、長岡、苫小牧、国際共同研究を通じ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、海外の貯留場開発について参入を期待することができる。たとえば2023年10月には、JERA、日揮ホールディングス（HD）、インドネシア国営電力会社（PLN）の3社は、インドネシアで二酸化炭素（CO₂）回収・貯留（CCS）導入に向けた共同事業化調査（FS）を実施することで合意した。PLNの子会社が保有するインドラマユ石炭火力発電所およびタンバロックガス火力発電所へのCCSの導入を検討し、技術的な課題や事業性の評価、法規制について調査および課題抽出を行う。

今年に入ってからは、タイ国営石油企業PTTの子会社で資源開発を行うPTTエクスプロレーション・アンド・プロダクション（PTTEP）が、INPEXと共同でタイ湾北部でのCCS実現に向けた調査を行うと発表した。タイのエネルギー省鉱物燃料局（DMF）が日本のエネルギー・金属鉱物資源機構（JOGMEC）の協力を得て進めているCCS調査プロジェクトの一環。タイの気候変動政策のなかで、PTTEPはCCS技術の実現に関する小委員会に参加し、同国初となる見込みのCCSを2027年に同湾の



タイのPTTEPとINPEXは共同でCCS実現に向けた調査を行う

アーチットガス田で実施する計画を進めている。同所では年間70万～100万トン規模のCO2削減を想定している。INPEXは22年にPTTEPと日揮とともに、重化学工業や発電所などから排出されるCO2の回収・貯留を目指す「タイ・カーボン・キャプチャー・アンド・ストレージ・イニシアティブ」の覚書を締結している。同年からタイ国内の貯留候補地で地質調査を始めている。

2 国間協定締結へ

日本からのCO2の貯留先として有望とされるマレーシアとインドネシアだが、両国ともロンドン議定書の締約国ではないため、日本がCO2の輸出先とするには、ロンドン議定書に沿った許可体系を整備してもらうか、議定書に沿った輸出側の許可体系を準用することへの同意を得たうえで、双方の責任と権限を明確にした協定や取り決めを締結する必要がある。今回、日本がロンドン議定書第6条改正の受諾したことを踏まえ、今後CO2輸出に向けた2国間交渉が本格化する見通しだ。

マレーシア政府は23年6月に公表した「エネルギー転換ロードマップ」(NETR)において、10件の基幹プロジェクトの1つにCCSをあげた。アジア太平洋地域のCCSハブとなることを旗印に2国間協定の締結へ向けた取り組みを推進する一方で、国境を越えたCO2移動を含むCCUSプロジェクトの実施を促進するための政策と規制枠組みを整備する。年内にも法案を提出する予定と伝えられている。

インドネシアのエネルギー・鉱物資源省(MEMR)は2023年3月、石油・ガス上流事業活動のためのCCSおよびCO2の回収・利用・貯留(CCUS)に関する最初の規制(MEMR/2023)を発行した。今年1月に発行したCCSに関する大統領規則(PR14/2024)では、インドネシア国外で発生したCO2の貯留や国境を越えた輸送に関する規定も盛り込んだ。事業者は貯留容量の最大30%を国外からのCO2貯留に充てることができる。

シンガポールも国外でCCS

東南アジア諸国のなかで、シンガポールは日本と同様に国外にCO2の貯留地を求めている。今年3月、シンガポール政府はこのほど、シェルとエクソンモービルで構成されるコンソーシアム「S Hub」と協力して国境を越えた二酸化炭素(CO2)回収・貯留(CCS)プロジェクトの実行可能性を調査すると発表した。国際的なパートナーと協力して、CO2を貯留できる場所を探る。2030年までの開始を目指す。S Hubと協力して、潜在的なサービスプロバイダーによって、どのように国境を越えたCCSバリューチェーンを構成できるかを検討する。地域のCO2排出者とも、CCSへの参加について協議する。

適切な貯留地を持つ国際的なパートナーとも積極的に協力する。すでにインドネシアとは、国境を越えたCCSに関する基本合意書(LOI)に署名。LOIに基づき、CCS協力を議論するためのワークグループを設置する。

シンガポールは2050年までのCO2排出実質ゼロの達成を国際社会に表明している。CCSを、エネルギーや化学品、電力や廃棄物処理など、現状、脱炭素化に向けてすぐに適用できるソリューションがない産業を脱炭素化するための手段と位置付けている。

< 訳注 >

IEA "The opportunity for CCUS in Southeast Asia" (2021) より
<https://www.iea.org/reports/carbon-capture-utilisation-and-storage-the-opportunity-in-southeast-asia>, CC BY 4.0

執筆者氏名

豊田 悦史 (とよだ えつし)

経歴

化学工業およびその関連産業を網羅する業界唯一の専門紙『化学工業日報』記者。2000年入社。2021年よりThe Chemical Daily Pte. Ltd マネージングディレクター(シンガポール支局長)。1972年、埼玉県生まれ。