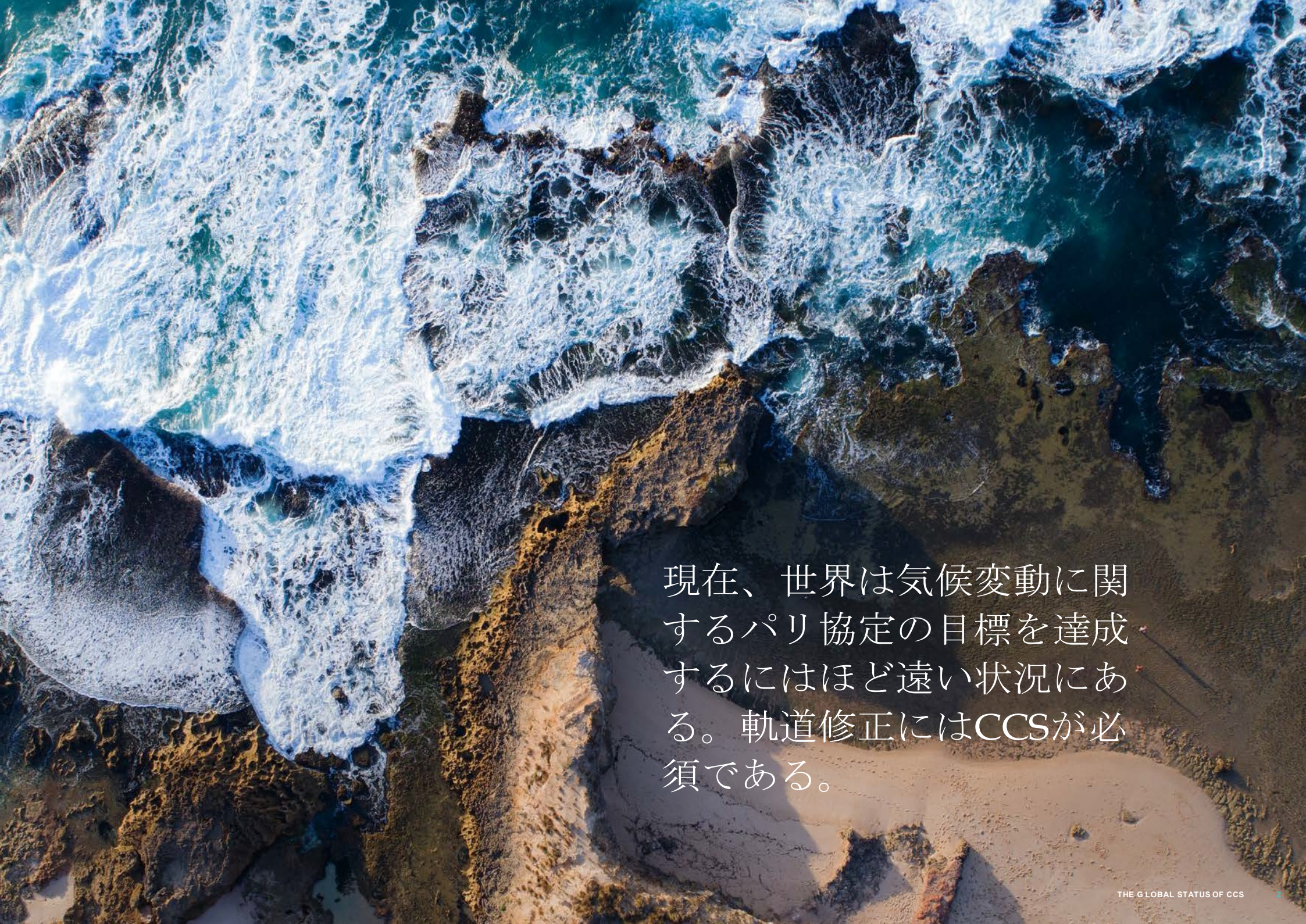


世界の CCS の動向

2018



GLOBAL CCS
INSTITUTE

An aerial photograph showing the ocean's surface with white, frothy waves crashing against a rugged, dark rock formation. The water is a deep blue-green, and the rocks are dark and textured. The scene is dynamic and powerful, capturing the raw energy of the sea.

現在、世界は気候変動に関するパリ協定の目標を達成するにはほど遠い状況にある。軌道修正にはCCSが必須である。

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（インスティテュート）は、CCS分野における世界的リーダーとして権威のある組織であり、気候変動への対応を目的とした国際組織である。気候変動への取り組みとエネルギー安全保障を実現する上で不可欠な技術であるCCSの展開を促進するという使命を掲げている。

インスティテュートは、このクリーンな技術が温室効果ガスの削減に適切な役割を果たせるよう、専門知識・技術の共有、キャンペーン・ビルディング、情報提供、助言、提唱を通じてCCSの採用を促進している。

インスティテュートの幅広く多様な国際的会員には、政府、国際企業、民間企業、研究機関、学術研究機関、非政府組織などが含まれており、会員一丸となってクリーンエネルギー社会に不可欠な技術であるCCSに取り組んでいる。

本報告書について

『世界のCCSの動向：2018』は世界のCCSの動向と過去1年間の重要な出来事を記録したものである。本書では、CCS技術に関する誤解を解くとともに、どこでどのようにCCSを幅広く展開することが可能か、また展開しなくてはならないかについて明らかにしている。またCCS技術の進捗や、CCSが直面している主要な機会・課題について取り上げている。

本書は、気候変動に関する指導者・権威からのコメントを掲載しており、気候変動緩和策として不可欠なCCSを論ずる上で重要なものである。本書は、政府、政策立案者、科学者、学者、メディア評論家をはじめ気候問題に関心を寄せ、地球の温暖化を防ごう（地球の熱を冷まそう）とする多くの人々にとって貴重な資料である。

本書はインスティテュートのウェブサイト www.globalccsinstitute.com からダウンロードが可能である。

目次

4	——	序文
8	——	CCSのビジネスケース
12	——	ハイライト
13	——	概要
26	——	貯留
32	——	政策
38	——	法規制
47	——	ケーススタディ
83	——	参考文献



あらゆる面で
影響力のある
年に

ブラッド・ページ (Brad Page)

グローバルCCSインスティテュート最高経営責任者

ここ数年を振り返り思うのは、2018年はCCSへの関心が再び高まり始めた年として歴史に残る可能性が十分にあるということだ。2015年のパリ協定の合意により、その実現に向けた困難な作業が始まったが、増え続ける排出量を抑えるためのあらゆる技術、機構、取り組みを世界が必要としていることが明らかになってきた。昨年度、長い歴史の中で初めて、複数の政府がCCSを国内の政策に加えることを決定した。

CCSが、現実的な、既存の、 定着した技術であることは明らかである。

我々が長く求めてきた政策の信頼性が、形を見せ始めたのは意味深い。

米国では、超党派法FUTURE法が制定され、CO₂回収利用貯留（CCUS）への投資を目的とした45Q税控除が拡大された。これにより、米国全土で新たなCCUSプロジェクトを奨励する方向性が決定付けられた。また、基本的に炭素値なるものを導入してエネルギー保障と排出削減への投資を後押しすることの重要性が言及された。

「クリーン成長戦略」の中心綱領として、クレア・ペリー（Claire Perry）BEIS気候変動・産業担当大臣が、英国をCCSの主導的地位に返り咲かせる方策を検討するための専門のCCUS評議会を設置した。私も同評議会に参加させていただいているが、同評議会と関連のCost Challenge Taskforce（コスト問題タスクフォース）では、北海の莫大な貯留容量を利用するフルスケールの産業ハブ・クラスタープロジェクトが進められれば、短期的には英国に多くのクリーン成長機会が開けることを確認した。

中国では、今年度中に30以上の様々な施設が開発の様々な段階に移行する予定であり、国内、地域、地方自治体の政府がCCSを受け入れ、長期戦略計画に組み入れるなど、この技術へのコミットメントは急増している。

ノルウェーとオランダの両政府は再びCCSについて取り組み、プロジェクト提唱者が作業を進めている。ノルウェー政府は、大規模な産業用フルチェーンCCS開発を進めることを約束しており、ロッテルダム港のCCS Backbone Initiativeは、精油、電力、石油化学クラスターの大規模脱炭素化に着手した。

燃料資源としての石炭がマスコミに大きく取り上げられ、活発な議論を呼び起こす中で、世界で200,000 MWを超える石炭火力発電所が建設されている。いずれも短期間で閉鎖される予定はなく、いずれも気候変動の問題を一層深刻なものにするであろうことを忘れてはならない。CCSはこのような施設を実際に脱炭素化できる唯一の技術であり、電力部門の排出に取り組む際に欠かすことのできない技術として今後も存在し続ける。

昨今では、CCSは新しいエネルギー経済の仲介役であるといった声が大きいです。

International Brotherhood of Boilermakersが今年リリースした重要な動画で力強く主張されるように、CCSは高収入の仕事を生み出し、地域社会を活性化させ、低炭素の素材やサービスを提供するうえで中心的な役割を果たす。これは初期段階にあるオーストラリア政府および産業と連携した日本のコンソーシアムによる活動においても証明されている。ここでは、Latrobe Valleyの褐炭をガス化する水素サプライチェーンのパイロットプロジェクトが開始している。このプロジェクトが成功した場合、CCSを併設した商業プラントでのクリーンな水素生成が期待される。石炭資源が豊富なLatrobe Valley地域は、職、経済発展、技術開発の面で不足がないという利点がある。

2018年は、気候変動の軽減に対するCCSの累積的能力が再認識される傾向が加速的に進んだ。

当所の『世界のCCSの動向：2018』では、幅広い支持者からの好意的な意見が随所に見られる。彼らは、気候変動への取り組みとパリ目標の実現には、当然CCSも含め、隠し財宝としてのクリーンソリューションを受け入れずには達成できないことを理解している。

個人的に最も心を打たれたコメントの一つとして、17歳のオーストラリア人極地探検家、ジェイド・ハメイスター（Jade Hameister）が気候変動の影響を直接目の当たりにしたときのコメントを挙げる。「炭素回収・貯留は、今後ソリューションの一端を担うことになる既存の傑出した技術の一つであり、それなしでは生活が成り立たないものとして追い求める必要があります。なぜなら人々は既にそれに依存しているからです」と述べている。

昨年は各国がCCSを奨励し、産業は設備を加速させ、新たなイノベーションが公になり、新たなエネルギー経済が現れた。

CCSが、現実的な、既存の、定着した技術であることは明らかである。

あらゆる意味において影響力のある年であった。

ブラッド・ページ（BRAD PAGE）

最高経営責任者

極地探検家



サツルギで橇を引ながら南極に向かう16歳（当時）のジェイド（2017年12月）。写真提供-ERIC PHILIPS/ICETREK.COM

アンバサダー記事

世界のCCSの動向



北極点への途上にて。ジェイド、14歳（当時）（2016年5月）。写真提供-ERIC PHILIPS/ICETREK.COM

私たちはまだ

闘うことができます

ジェイド・ハメイスター（Jade Hameister）

スキーで北極点に到達し最年少記録を樹立（14歳）
グリーンランドのアイスキャップ全長550KMを横断し女性最年少記録を樹立（15歳）
南極大陸海岸からスキーで南極点に到達し最年少記録を樹立（16歳）
新ルート経由でスキーで南極点に到達した史上で3人の女性の一人
いずれの探検も単独で敢行

炭素回収・貯留は現存する傑出した技術の一つです。今後ソリューションの一端を担うことになり、それなしでは生活が成り立たないものとして追い求める必要があります。なぜなら人々はそれに既に依存しているからです。

追い求めるべき傑出した技術

私は17歳になったばかりで、地球温暖化の科学的な専門知識はありませんが、同世代で特別な体験をした、つまりスキーでの北極点と南極点の到達、グリーンランドのアイスキャップの横断という地球の三大極地を直接体験した地球で唯一の人物であるそうです。すべての行程を合計すると、80日間、1,300 km近くになります。

私は、地球温暖化によってこのような非常に美しく壊れやすい環境に起こった悲劇的ダメージを目撃しました。

今実感しているのは、私たちの惑星「地球」との深い感情的連帯感、手遅れにならないうちに気候変動への取り組みで自分の役割を果たすという責任感です。

人類史上初めて、私たちは共通の脅威に直面しており、一丸となった行動が要求されています。

私の世代は、このような地球温暖化という大きな脅威と、今日の指導者による政策決定を受け継ぐことになります。ですから実りある成果を達成できるような場が必要です。

私の世代では、技術や熱意、統一的な行動を通じて意味のある変化が起こると信じています。私たちはまだ闘うことができます。それは現在の世界の指導者たちにかかっています。

クリーン技術の開発への早急な投資と支援が、何よりも必要とされています。

CCSのビジネスケース一覧

1 パリ気候変動目標は、CCSなしで達成することはできない。

気候変動の専門機関による国際的に認められたエビデンスでも、国際的な気候変動目標はCCSなしで達成できないという点で一致している。

国際エネルギー機関（IEA）の見解では、パリ協定の気候目標2°Cを2060年までに達成するためには、累積排出削減の14パーセントをCCSにより実現しなければならないとされている。2°Cシナリオ（2DS）から2°C未満シナリオ（B2DS）に移行した場合、この率は32パーセントに上昇する。

それにもかかわらず、操業開始予定の施設は完全に不足している。パリ協定の2°C目標を達成するためには、2040年までにさらに2,500を超える施設が操業している必要がある（施設あたりの二酸化炭素（CO₂）回収容量を年間150万トン（1.5 Mtpa）とした場合）

2 CCSは、主要産業の脱炭素化を実現できる唯一のクリーン技術である。

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）やIEAなどの国際的な気候変動の専門家は、CCSが大規模産業部門、特に鉄鋼、セメント、肥料、石油化学の巨大産業の脱炭素化を実現できる唯一の緩和技術であると断言している。

3 CCSは、水素生成、CCS付バイオエネルギー（BECCS）、CO₂直接回収（DAC）、carbon to value（C2V）のような新エネルギー経済の仲介役であり、多くのCO₂再利用の分野に利用できる。

水素：オランダのHydrogen 2 Magnum（H2M）や英国のH21 North of England、Hynet North West、Ervia Cork CCS、HyDeployなど複数のCCSクリーン水素イニシアチブが欧州で計画またはフィージビリティスタディの段階にある。オーストラリアでは、水素エネルギーサプライチェーンが、CCS併設の水素生成の方策を探っている。

BECCS：CO₂回収・貯留付バイオエネルギーは、大規模なネガティブ・エミッション（炭素除去）を実現する。すなわち樹木や穀物のエネルギー燃料への変換にCCSを導入させることで、大気中からCO₂が除去される。カンサス州ArkalonとBonanzaのエタノールプラントのCO₂回収、石油増進回収のCO₂貯留、およびIllinois Industrial CCSが米国のBECCS操業地として知られている。

DAC：CO₂直接回収は、CO₂に結合あるいは「付着」する回収技術を利用して、CO₂を直接大気中から除去する方法である。チューリッヒのClimeworks社、カナダのCarbon Engineering（CE）社、米国のGlobal Thermostat社がこの方法で成果を上げている。

C2V：新しいC2V製品の製造にCO₂が革新的に使用されている。製品としては、肥料の原料（サウジアラビアのSABIC公社）、ソーダ灰（インドのCarbon Clean Solutions社）、マットレスと布張り家具に使用される発泡スチロール（ドイツのCavestro社）、レンガとセメント（オーストラリアのMineral Carbonation International社）などがある。酸性ガス注入の後、CO₂貯留が行われる。

4 CCSは雇用を生み出し、地域社会を持続させる。

クリーンエネルギー革命は、プロジェクト管理、エンジニアリング、金融、法的および環境的役割などのサービスが必要になるため、地域社会全体に新たな雇用と経済的機会が創出される可能性がある。またCCSの構成部品（ボイラーやタービンなど）の製造、新規のCCS施設、低炭素燃料サプライチェーン、CO₂インフラ配備、特にCO₂パイプラインと関連の輸送施設の建設を通じてさらに経済が潤う。

CCSの早期展開、特にレトロフィットにより、高性能産業設備の早期廃止が回避され、雇用が維持される。

5 広範囲のCCSの展開を支える豊富な貯留容量が存在する。

自由に使える豊富な地下貯留資源を背景に、貯留は今後も実際に、また理論的にCO₂軽減ソリューションと見なされる。世界の主要なCO₂貯留地のほとんどで十分な評価が行われており、ほぼ全ての高排出国が高い貯留能力を持っていることが証明されている。

米国、カナダ、オーストラリア、日本、中国、ノルウェー、英国を含む多くの国々で、詳細な調査が実施されており、潜在的な貯留サイトが明確に特定され、十分なデータが残されている。

6 CCSは費用対効果が高く、商業化された施設が増加するにつれコストが下がる。

CCSは風力や太陽光エネルギーと比べて高コストと批判されることが多いが、均等化発電原価（LCOE）が比較の測定に使用されていることが原因である。不完全で正確性に欠ける比較であり、送電、配電、システムの信頼性、復旧能力を含めた総発電コストが測定されていない。

またもう一つの重要なコストに影響する要素として、CCSが使用される炭素排出産業とその立地場所（すなわち地下貯留サイトの近くか、地理的な行き詰まりがないか）がある。その他のCCSコストの決定要因として以下が挙げられる。

- CO₂が回収されるガス流のCO₂濃度
- 貯留層からの距離と品質
- プラント建設地の設備と労働コスト

CCSコストはシンプルな経済の法則に従って減少し続けるという点が重要である。

7 CCSは45年間にわたり、安全かつ効果的に操業されている。現在、世界で18の大規模施設が商業的に運用されている。

Val Verde CCS施設が1972年にテキサス州で操業を開始して以降、続けられているモニタリングによって、CO₂が深部地層に安全に貯留できることが立証されている。石油、ガス、自然界に存在するCO₂貯留層は、何百万年にもわたり液体を地層に安全に密封できることを証明している。CCSプロジェクトでは、そうした地層を対象としている。

世界の18の大規模施設で、すでに40 Mtpa近くのCO₂を回収しており、現在まで合計230 Mtを超えるCO₂が地中に安全に圧入されている。

中国だけで、様々な規模の20を超えるCCS施設の開発が進められ、その他多くの施設が計画されている。

サウジアラビアとUAEでは、産業へのCCSの適用が多くの産業施設で受け入れられており、オランダ、ノルウェー、英国ではCCS「ハブ・クラスター」開発が進んでいる。

8 CCSは、化石燃料の排出を効果的に抑えられる唯一の技術である。

CCSは、現在の化石燃料への依存を解消できる適用範囲の広い実用的な技術である。現在世界で建設されている500件を超える新規石炭発電所（さらに建設が計画されている1,000件の発電所）からのCO₂排出を削減できる唯一の技術である。

CCSをレトロフィットすることで、世界の低炭素社会への移行において雇用の継続と地域経済の活力維持を実現することができる。

9 CCSは、完全な脱炭素社会に向けて、再生可能エネルギーを補完する。

CCSと再生可能エネルギーは、脱炭素化という共通の目的に向かって互いに協力し合う技術である。

10 CCSへの投資を持続するために、政策への信頼性が必要とされる。

CCSは明確な時間枠と、炭素価格の変動状況の理解を必要とする。また適格性（誰が利用できるか）に関する条件も必要となる。

政策への信頼性を担保する具体的な組織/メカニズムとして以下が挙げられる。

- 約束草案（NDC）を含めた経済全体にわたる市場削減目標
- プロジェクトのライフサイクルの全ての分野を取り扱うCCS固有の法規制制度
- ロンドン議定書の修正の実施の際に存在していたようなCCS障壁の排除
- 導入されていない国々の炭素価格の導入（ノルウェーの炭素税、米国で最近拡大された45Q税控除など）
- 大型の設備投資と長い計画期間を保証し、CCS施設の耐用年数が政策の方向性の顕著な変更により短縮されるのを回避する、予測可能な政策
- すべての層のステークホルダーからの支持基盤を継続的に形成する、透明性のあるパブリックエンゲージメント
- 強力な研究開発支援

IPCC : 1.5°C – CCSが不可欠

2018年10月、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）は、待ち望まれていた『1.5 °C地球温暖化に関する特別報告書』（SR15）を発行し、その中で気候変動に打ち勝つために炭素回収・貯留技術が果たす役割を強調した。

この報告書は、パリのCOP21（2015年）でUNFCCCが行った要求、すなわち1.5°C世界を達成するために必要な対策の総合的な評価の要求に対応したものである。

パリ協定に調印した195か国は、地球の温度の上昇を「2°Cより十分低く抑え、上昇を1.5°C未満に維持するように努力し制限すること」に合意した。

報告書は、91名の著者によりまとめられ、インスティテュートを含む6,000件の調査資料を参考にしており、1.5 °Cの世界を達成するためには、土地、エネルギー、産業、建物、輸送、都市の「急速で広範囲に及ぶ」移行の達成が要求されるとしている。

報告書の執筆者、インペリアル・カレッジ・ロンドンのジム・スキー（Jim Skea）教授は、「温暖化を1.5°Cに抑えることは、化学と物理の法則では可能であるが、そのためには史上まれに見るような変化が必要になる」と述べている。

報告書によると、地球の人間による二酸化炭素（CO₂）の正味排出量は、2030年までに2010年のレベルより約45パーセント減少し、2050年前後には「正味ゼロ」に達する必要がある。

特にCCSに関して、残された排出量は大気中からのCO₂の除去で対処する必要があると同報告書は強調している。CCSは、IPCCの著者が1.5°Cの達成で用いた4つの道筋のうち3つで認められており、「1.5°Cと2°Cへの道筋では、産業部門、特にセメント、鉄、鉄鋼などプロセス間の排出量の高い産業の脱炭素化で主要な役割を果たす」という点で評価されている。

昨年度を通じて、インスティテュートは、CCSが「一つのスイッチの操作」で操業を停止できない主要産業を脱炭素化できる唯一のクリーン技術であることを特に強調してきた。セメントや鉄鋼などの一部の産業では、他に手段がないのである。

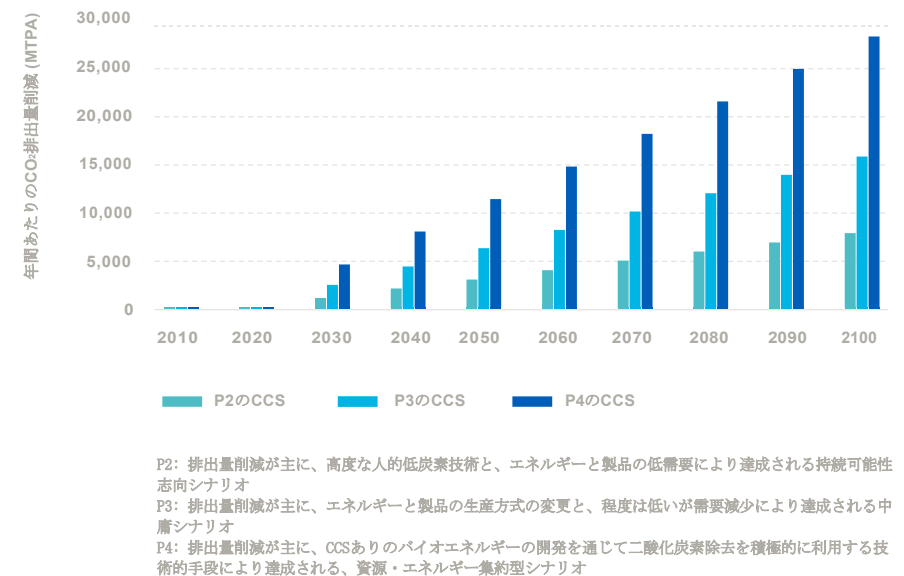
この報告書ではまた、組織的および経済的な制約の面で、特に投資と気候政策への依存という点で、CCSが直面する課題も特定されている。

インスティテュートが、CCSが必須の気候変動技術という認識を高め続け、支援を続ける過程で、これは今後も重要な注目分野となる。

スキー教授も「最新のIPCC報告書で使用される接統詞は「および」であり「または」ではない」と神妙に述べている。

あらゆるオプションを受け入れる時であり、CCSも当然その一つである。

FIGURE 1: 地球温暖化1.5°Cに関するIPCC特別報告書で述べられるCO₂削減のCCSの寄与率。インスティテュートのCO₂REデータベースと地球温暖化1.5°Cに関するIPCC特別報告書に基づくデータ分析²。





CCSに対する 行動と理解のための 重要な年

ニコラス・スターン卿 (Lord Nicholas Stern)

ロンドン・スクール・オブ・エコノミクスIGパテル経済政治学教授、
グランサム研究所所長

この1年は、CCSを巡る分野で再活性化が図られた。

傾向としても、実際の活動においても、注目すべきうねりが起こった。政策に配慮したCCS法が米国（45Q）と中国（ETS）で成立し、新たなレベルの政治活動が英国（クレア・ベリーエネルギー・気候変動担当国務大臣のCCUS Cost Challenge Task Force）、ノルウェー（ACT - Accelerating CCS Technologies）、オランダ（CCS Road-map）で実施された。

今年10月に発行されたIPCCの1.5°C報告書から、我々の理解が大きく前進したことが分かる。気候変動による損害が、1.5°Cと2°Cでは現実に懸念されるほどの違いになることが本書により示されたからである。パリ協定の目標「2°Cをかなり下回る」のためには、40年以内に正味排出量ゼロに移行することが重要であるという点が本書内でもさらに強調されている（これまでは1.5°Cを目標としていた）。

セメントや鉄鋼、「密閉された」化石燃料ベースのインフラなど、「困難な」部門の脱炭素化が証明されている特定の技術を展開することの実用性と重要性を理解する傾向が高まっている。

もう一つの新たな進展は、民間部門、市長、多国籍企業、メディアさえもがこの技術の背後にある影響力を強調し始めたことである。

産業CCSハブ・クラスター概念が北西ヨーロッパで急速に姿を現し始めた。これは明らかに、CCSがもたらす環境的および経済的機会を理解できる指導者層が増大していることが理由である。産業が地理的に近接し、貯留資源は豊富にあり、雇用は保証され、ビジネスケースは明白である。

『世界のCCSの動向：2017』の中で、CCSを中心に政府、政策決定者、民間部門を結集させる時がきた、と私は書いている。今年、このプロセスが開始されており、IPCCの1.5°C報告書でもその重要性が強調されている。

現時点の課題は、このはずみを滞らせず、資金の流れを維持し、どのようにコストを削減できるかを検証し、パリ協定の実現に向かう列車を加速させることである。

2018年の ハイライト

新たな 取り組み

米国、カナダ、アイスランドのCO₂再生と新しい大規模な直接空気回収（DAC）という新しい取り組み。

43

43の大規模施設
-商業運用中18、建設中5、その他開発の
様々な段階が20。

CCS政策 の進展

複数の管轄区でCCS政策への信頼性が向上：

- 米国: 45Q（税控除）法の制定
- 英国: UK CCUS評議会とCCUS Cost Challenge Taskforceの設置
- 中国：低炭素技術（特にCCUS）の推進、CCS研究への資金交付、修正Environmental Impact Guidance内でのCCUSの掲載
- 日本：2030年までに水素社会を確立し、オーストラリアに水素エネルギーサプライチェーン（HESC）を導入することを確約

CCSで実現

CCSが新たな雇用、新たな製品の流れ（BECCS、DAC、CO₂再利用を含む）、新たな経済収益を創出する能力があることを確認。

幅広い評価

産業部門の脱炭素化およびその生産性と競争力の向上に向けて、CCSを配備する重大な機会があることを幅広く評価。

気候に対する 野心

パリ協定の野心的な気候目標を達成するためにCCSを必要とするという国際的認識。気候変更に関する政府間パネル（IPCC）はさらに、地球温暖化1.5℃に関する2018の特別報告書（SR 15）内でこの事実を補強しており、2050年までに正味ゼロ排出を達成する必要がある、この目標の達成にはCCSを含むあらゆるクリーン技術を配備することが不可欠であると強調した。

多様な 支援者

探検家、経済学者、学術機関、宗教指導者、組合、eNGO、市長、メディア、映画製作者、軍など多様な新たな支援者が声揃えてCCSを支持。その一人が17歳のオーストラリアの極地探検家、ジェイド・ハメイスター。気候変動による荒廃を現場で目撃した。

「触媒」として のCCS

新しいエネルギー経済の「触媒」としてのCCSの承認。特に水素へのCCSの適用。オーストラリア、英国、米国、ノルウェー、オランダ、スウェーデン、カナダ、日本におけるCCS／水素技術のさらなる進化。

技術障壁 の解消

世界のCO₂貯留資源が「少なくとも1000年間」、安全で永続的な貯留に技術的障壁のない状態で存在することの認知。

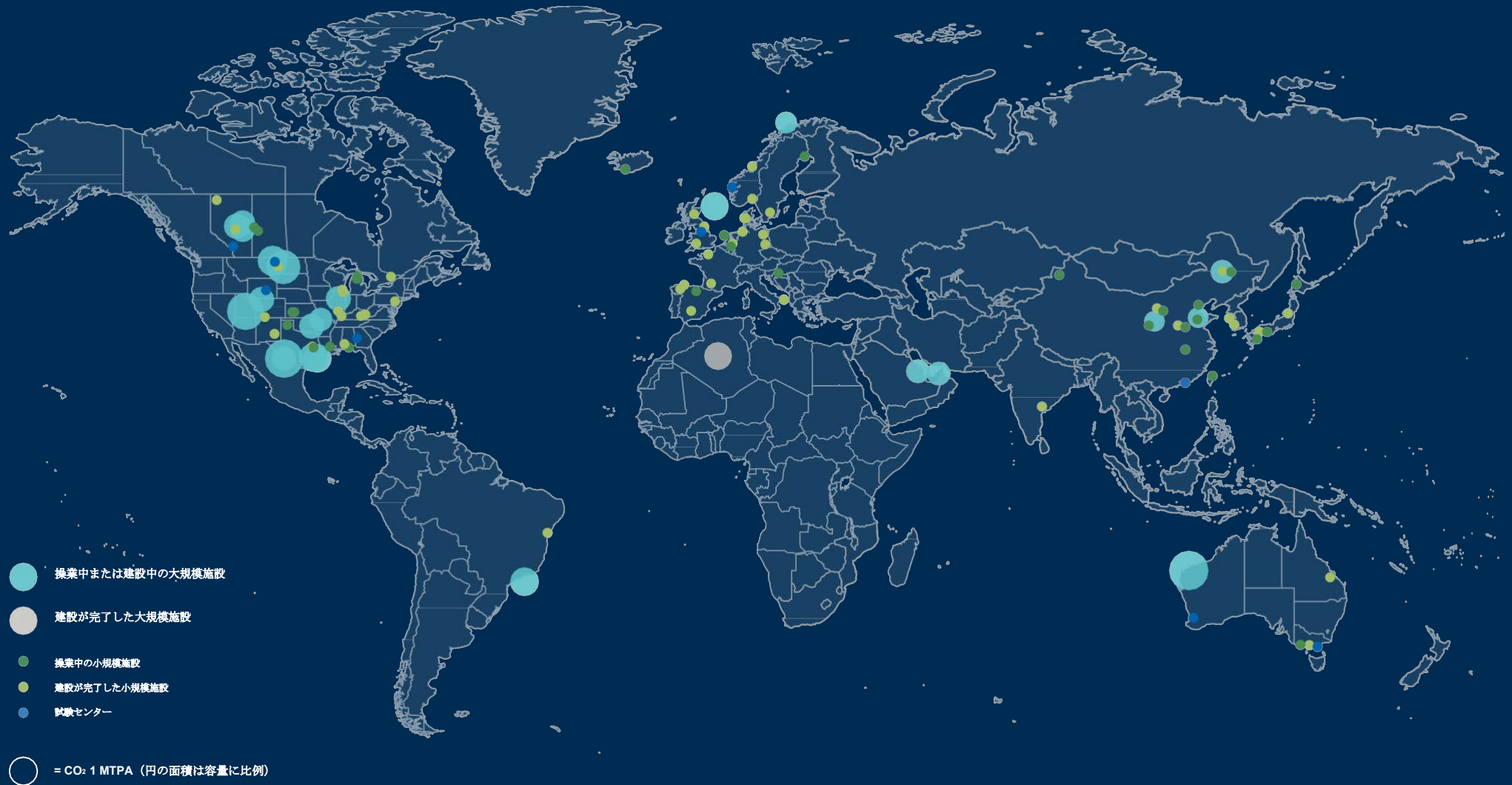
概要

2018年

CCSの歴史は45年以上に及ぶ。最初の大規模CCS施設、Val Verde CO₂-EORが1972年にテキサス州のSharon Ridge油田で操業を開始して以来、98のCCS施設と9件の試験センターが開設あるいは建設が開始している (Figure 2を参照)。

インスティテュートのCO₂REデータベース¹によると、現在23の大規模CCS施設が操業中あるいは建設中で、約40 MtpaのCO₂を回収している。さらに28のパイロット・実験規模の施設が操業あるいは建設されている。これらを合わせたCO₂回収量は3 Mtpaを上回る。

FIGURE 2：現在の世界の大規模商用CCS施設、小規模（パイロット・実験）CCS施設、CCS試験センター。淡いブルーとグレーの円の大きさは、それぞれ操作中または建設中、および完成後の大規模商用施設のCO₂回収容量に比例する。2018年10月現在のインスティテュートのCO₂REデータベースのデータを使用¹。



2017年12月、
Petrobrasは2013年
の操業以来、浮体式
生産貯蔵積出設備
(FPSO) を使用し
たCO₂の回収と海底
圧入で7 Mtという
マイルストーンを達
成した。2017年には
年間CO₂圧入量2.5
Mtpaを達成した。



CCS施設ポートフォリオ開発の取り組みと マイルストーン

1972年から1990年

大規模CCS施設の初期の操業は、1970年代と1980年代に米国で開始した（Figures 3と4で要約）。この展開の牽引役は石油増進回収（EOR）であった。石油抽出物の増産のために油田にCO₂が圧入され、その後、石油が満たされていた孔にCO₂が恒久的に貯留される手法である。振り返ると、これらのCCS施設は、Terrell天然ガス処理プラント（旧名Val Verde天然ガスプラント）やShute Creekガス処理プラントなどの天然ガス処理と肥料製造（Enid Fertilizer）で見られるように、CO₂が一定のプロセスで高純度のまま分離される手法を用いていた。

1990年から2009年

1990年以降、国内の規制とインセンティブにより、グローバルな大規模CCS施設が現れる要因が揃った。同時に、地層貯留のソリューションも確実視された。

1991年、ノルウェー政府は、沖合石油生産にCO₂税を導入した³。この税を動機として、Statoil社（現Equinor社）はSleipner CCS施設で、CO₂を回収し深部地層に貯留するプロセスを導入した。世界で初めて深部塩水層の地層貯留でCCS技術を商業的に運用した。

2005年、ノルウェーの温室効果ガス排出取引法が施行された。2008年同国は、欧州連合域内排出量取引制度（ETS）に加盟した。同制度では、持続可能なエネルギー生産を推進するために、一連の規制とインセンティブが用いられた。

また2008年に、ノルウェーはSnøhvit LNG生産の操業許可書交付の条件としてCCSの採用を義務付けた。Snøhvit ガス田開発地域のCO₂の圧入は2008年4月に開始した。現在までSleipnerとSnøhvitを合わせて20 Mtを超えるCO₂が貯留されている⁴。US EPAの計算に基づく、4,282,655台の車を1年間道路から消した場合と同等のCO₂量になる。

カナダではサスカチュワン州のWeyburnとMidale Oil Unitが、それぞれ2000年と2005年からEORのためにCO₂を圧入している。米国初の商業規模石炭ガス化プラント（褐炭燃料）Great Plains Synfuelsプラントでは、3 MtpaのCO₂が回収、輸送されている。

アルジェリアでは、環境への影響を最小限に抑える企業レベルのコミットメントが、天然ガス処理で生成されるCO₂の大気処分禁止などの措置として具現化され、2004年から2010年までIn Salah CO₂貯留施設の操業を推し進めた。同期間に、この施設は約4 MtのCO₂を回収し、枯渇ガス田Krechba層に圧入した。その後、5年間に様々な地球化学的、地球物理学的手法と生産手法を使ってCO₂貯留をモニタリングするために、In Salah CO₂ Assurance Joint Industry Project⁵が設置された。これらの技術は、世界で最も先駆的なCO₂貯留・モニタリングの取り組みであり、現代的なモニタリング、モデル化、検証の方式を発信するのに役立っている。



1996年に操業を開始したSleipner CO₂貯留施設は、世界で初めて純粋な地層貯留層にCO₂を圧入した。

ノルウェーオフショアのEQUINOR社SLEIPNERのCO₂貯留層の地上部分。写真提供 - ØYVIND HAGEN

CCS施設ポートフォリオ開発の取り組みとマイルストーン

2009年以降

2009年以降、重要な気候変動軽減技術としてのCCSへの期待と野心はさらに高まり、多くの施設が操業を開始した。CCS施設のポートフォリオには、現在、CCS付バイオエネルギー（BECCS）以外に、石炭火力発電、鉄鋼製造、化学、水素生産への併設も含まれる。

2014年、カナダはサスカチュワン州のBoundary Dam Unit 3が操業を開始した際に、発電への初の大規模CCS施設の併設を公表した。石炭発電所からのCO₂排出に関する連邦規制に促され、2018年3月には、同施設で安全かつ適切に回収されたCO₂が2 Mtを超えた⁶。同施設の運行会社SaskPowerは、次の施設の配備では20~30パーセントのコスト削減が実現されると断言している。

2015年、排出量削減のインセンティブと、アルバータ州政府とカナダ連邦政府からの資金援助により、Shell社所有のQuest施設が操業を開始した。以来、Shell社は予定よりも早く3 Mtの安全なCO₂の貯留を達成した⁷。

2015年以降、南米で操業を開始したCCS施設は、ブラジル、サントス海盆のPetrobras CO₂-EORのみである。2017年12月、7 MtのCO₂の回収・圧入というマイルストーンを達成した。年間2.5 MtのCO₂圧入は、10基の浮体式生産貯蔵積出設備で行われている。Lula油田に7基、Sapinhoa油田に2基、Lapa油田に1基が配備されている。

2015年7月、サウジアラビアの商業規模のUthmaniyah CO₂-EOR実験施設が操業を開始した。このCO₂-EOR施設では、総合的なモニタリングおよびモニタリング計画を実施しており、これにはルーチンおよび詳細ログ記録や、ブルーム追跡とCO₂飽和モデリングの新技术の応用などが含まれる。

この施設は、天然ガス処理プラントから生成される0.8 MtpaのCO₂を圧縮・脱水し、Ghawar巨大油田（世界最大の油田）内のUthmaniyah生産ユニットにEOR用に輸送する。

Abu Dhabi CCSは、鉄鋼産業で初の完全な商業用大規模CCS施設である。2016年11月に操業を開始した同施設は、アラブ首長国連合ムサファのEmirates Steel Industries工場で、直接還元製鉄プロセスの副産物として生成される高純度CO₂を、0.8 Mtpaの回収容量で処理する。回収されたCO₂は、パイプラインでAbu Dhabi National Oil Company（ADNOC）油田に輸送されEORに使用される。

米国では、6つの大規模施設のうち5つが2009年以降に操業を開始し、CO₂貯留メカニズムとしてEORを使用している。

- Century Plant（8.4 Mtpa、天然ガス処理）
- Air Products Steam Methane Reformer（1.0 Mtpa、水素製造）
- Coffeyville Gasification Plant（1.0 Mtpa、肥料製造）
- Lost Cabin Gas Plant（0.9 Mtpa、天然ガス処理）
- Petra Nova Carbon Capture（1.4 Mtpa、発電）

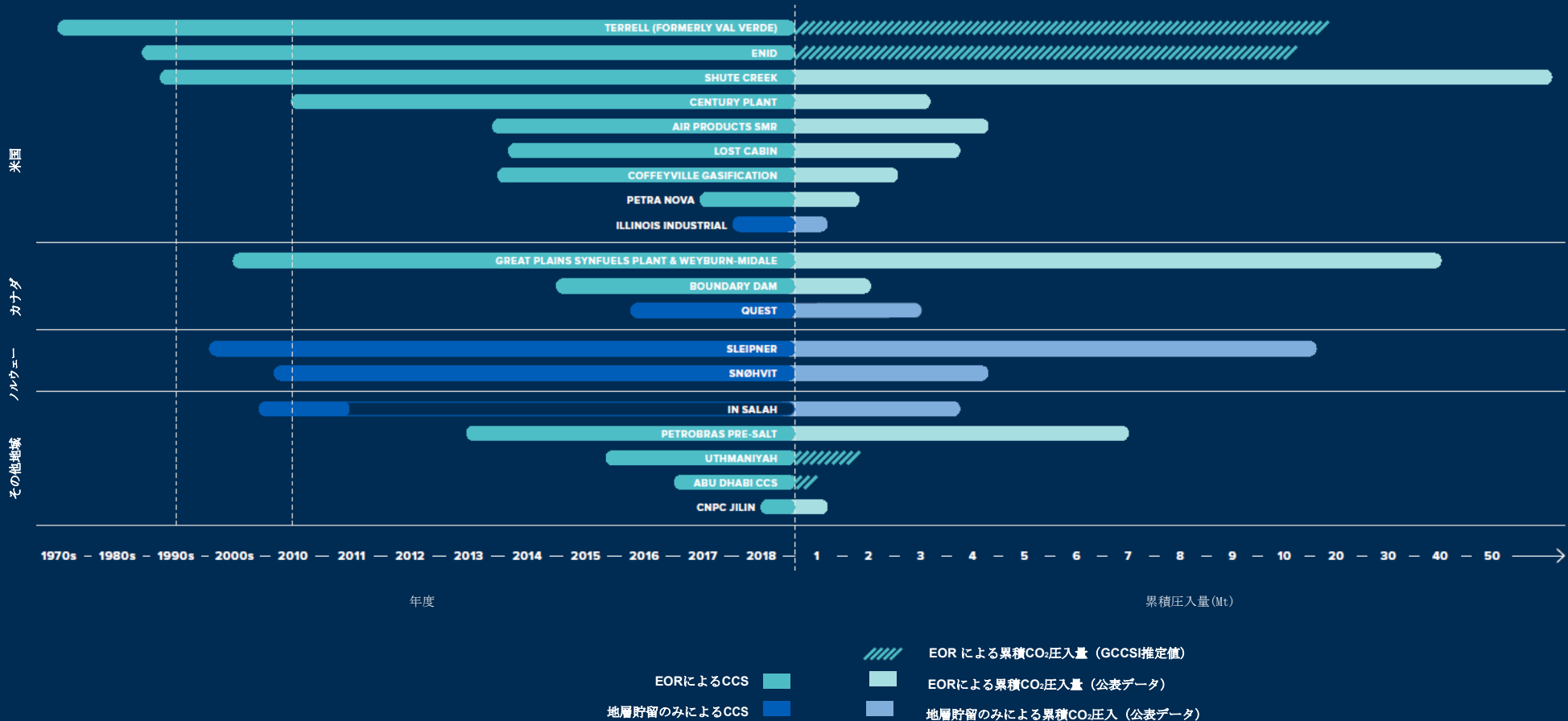
純粋な地層貯留用にCO₂を回収し、貯留しているのは、2017年4月に操業を開始したIllinois Industrial CCS施設のみである（1.0 Mtpa、BECCS）。

Petra Nova CO₂回収施設は、2018年9月に2.0 MtのCO₂回収というマイルストーンを記録した。



米テキサス州のPETRANOVA炭素回収施設。写真提供-NRG ENERGY

FIGURE 3 : 操業中の大規模商用CCS施設の年表とプロジェクトの業績

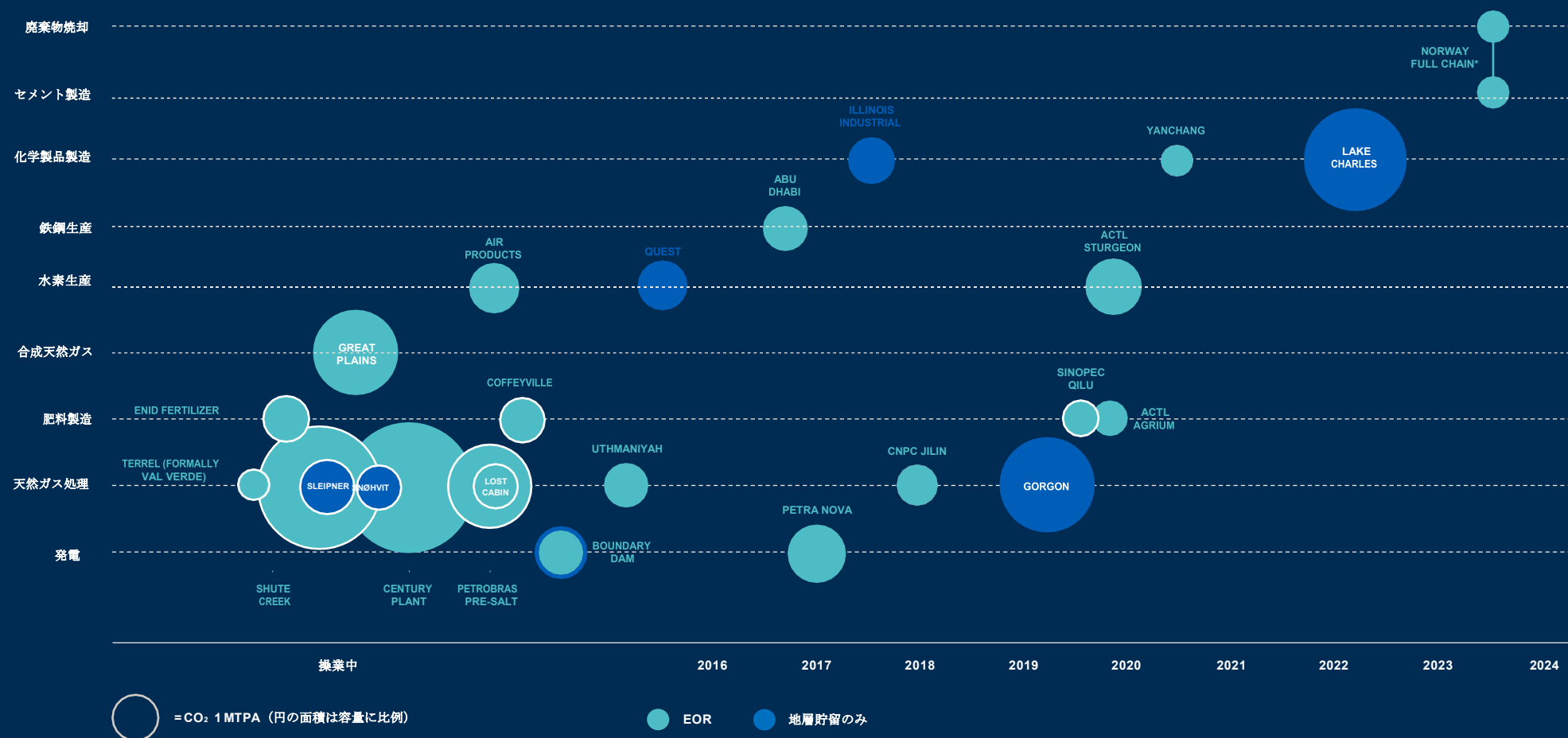


今年、これらの大規模CCS施設は上記のようにいくつかのマイルストーンを発表した。

2018年中国のCNPC Jilin油田CO₂-EOR施設は、Phase IIIに移行し、圧入容量0.6 Mtpaを達成した。Jilinは中国で操業する初の大規模CCSプロジェクト、また世界で18番目の大規模の施設となった。

同プロジェクトは1990年に研究・開発 (Phase I) を、2008年にパイロット・実験テスト (Phase II) を開始し、2017年に累積圧入量が1.12 Mtに達した¹。

FIGURE 4 : 2024年までの大規模商用CCS施設の発電と産業への適用と実績および予定操業時期



CCSはすでに数十年にわたり、様々な発電・産業で採用されている。

小規模CCS施設

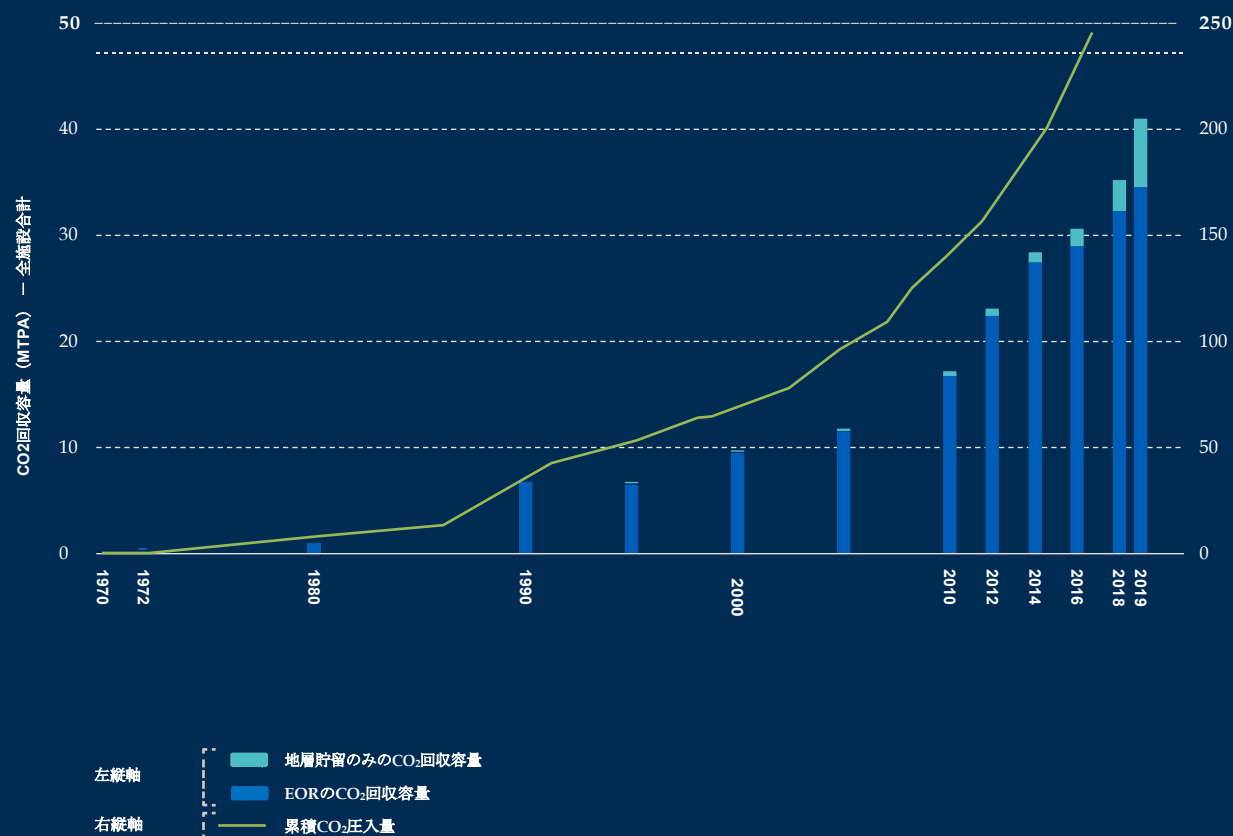
主要な小規模CCS施設においてもCCSの展開が著しく進展した。

- ・ **米国**：Chaparral Energy社が操業するBorger（肥料）とArkalon（エタノール）CO₂ Compression施設は、その操業期間中に4 Mtを上回るEOR用CO₂を供給してきた。ミシガン州では、Core Energy社のCO₂-EOR施設（天然ガス処理）が2003年から操業している。2016年末時点で、同施設は2 Mt超のCO₂を圧入している⁴。
- ・ **カナダ**：CO₂ Solution社のValorisation Carbone Quebec（VCQ）は、温室効果ガスの排出量を減らすと同時にCO₂を回収し、様々な用途で活用するための商業的に実現可能な技術を開発・実証している。
- ・ **欧州**：CCS試験センター、Technology Centre Mongstad（ノルウェー）は、ベンダーが保有し販売するCO₂回収技術を検証・実証している。同センターは、炭素回収技術の市場開発の推進を目的に、技術的、環境的、財務的なリスクの緩和に加え、コスト削減も意図している。
- ・ **中国**：複数の小規模施設が、合計で1 Mtpa近くのCO₂を回収しており、発電部門とCO₂貯留用途に複数の先駆的施設を導入している。中でも、Shenhua Group（現CHN Energy）のOrdos CCS実証施設は、2011年から2014年の間に約300,000トンのCO₂を圧入した。これは地層貯留層にCO₂を圧入した世界最大の実験規模CCS施設の 一つになる。同施設では初めてのCO₂圧入評価が実施されている。

日本：2016年以降、苫小牧CCS実証施設は、200,000トンを上回るCO₂を沖合貯留地に圧入している。CO₂は北海道南部の苫小牧石油精製所の水素生成設備から回収され、フルサイクルのCCSシステムの操業を可能にする方法が実証されている。日本はまた、東芝の三川プラントと広島近郊に新設された大崎クールジェンの石炭ガス複合発電（IGCC）システムで、先端の回収技術を試験中である。その他に東芝は、佐賀市（福岡近郊）で最新のCO₂回収プラントを開発しており、CO₂は化粧品製造用の藻類の開発に使用される。

2017年末までの**気候変動軽減の累積寄与**として、世界で230 Mtを超えるCO₂が回収され、地中深部に圧入されている（Figure 5を参照）。米国だけで、150 Mt超の人為起源CO₂が主にEOR操業向けに圧入されている（Figure 6に図示）。カナダは40 Mt以上のCO₂を圧入し、ノルウェーは沖合の純粋な地層貯留に限定して20 Mt以上を圧入している。その他の国々も合計で15 Mt超のCO₂を、EORと貯留専用層向けに地下深部に圧入している。

FIGURE 5: フルチェーンCCS全施設の年間CO₂回収容量と累積CO₂圧入量。インスティテュートCO2RE データベースのデータに基づき分析。



開発中の商用CCS施設

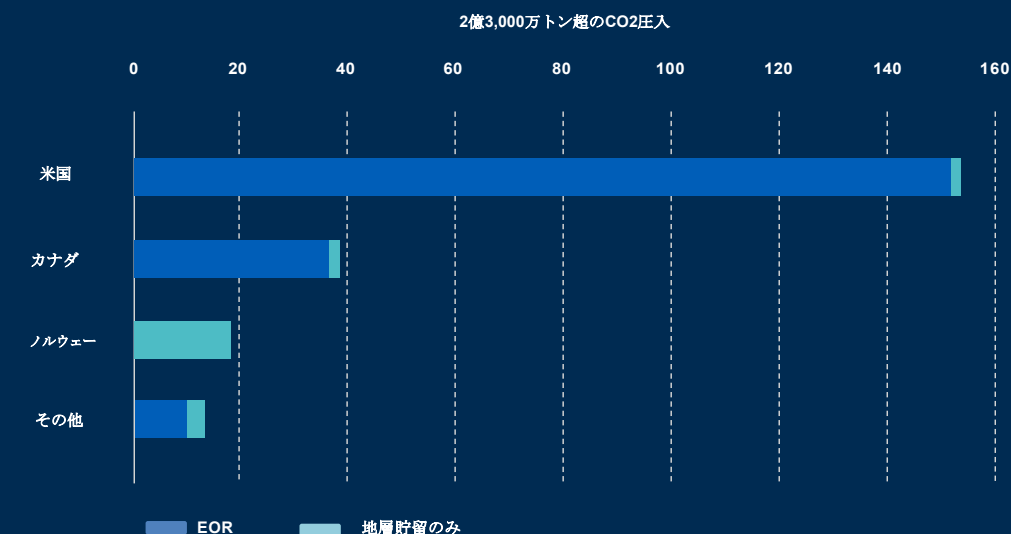
5件の大規模商用CCS施設が建設段階にあり、4件は2019年に、1件は2020年に操業が予定されている。

- ・ **オーストラリア**：Gorgon CCS施設では、2019年に予定されるフル操業まで段階的に試運転が進められている。この施設は、Barrow島（西オーストラリアオフショア）の地下深部に3.4～4 MtpaのCO₂を圧入できる。同施設の操業が開始すると、世界最大の地層貯留施設になる。
- ・ **カナダ**：資金が完全に調達され、政府承認済みの240キロのAlberta Carbon Trunk Line（ACTL）が建設段階に移行している。ACTLは、アルバータ州で脱炭素化産業を新たに生み出す際のバックボーンとなる。Redwater付近の当所の回収施設、Sturgeon石油精製所とAgrium肥料プラントは、共にEOR操業向けに約1.5 MtpaのCO₂を供給する予定である。
- ・ **中国**：Sinopec Qilu Petrochemical CCS施設は、肥料プラントの既存の石炭／コーク泥流ガス化設備への0.4 MtpaのCO₂回収設備をレトロフィットする作業を開始した。2019年の操業の開始後、回収されたCO₂はパイプラインでShengli油田に輸送されEORに利用される。また陝西省のYanchang CCS施設は、2件の石炭化学プラントでCO₂回収ユニットの開発を進めている。この0.05 Mtpaユニットは2012年から操業しており、大型の0.36 Mtpa回収ユニットが2020年までに操業開始が予定されている。回収されたCO₂は、中国中央部のOrdos盆地の油田でEORに使用される予定である。中国ではさらに20のCCS施設が開発計画の後期および早期段階にあり、2020年代に世界で操業に入るCCS施設の新しい波を予感させる。

中国では、さらに様々な規模の20のCCS施設が開発の後期および早期段階にあり、2020年代に世界で操業に入るCCS施設の新しい波を予感させる。

- ・ **アジア太平洋**：アジア太平洋（APAC）地域は、世界で最も活発なCCS地域の一つとなり、発電と産業部門で同数の、合計10の大規模施設が開発段階にある。これらの大半は中国で占められるが、日本、韓国、オーストラリアも様々な形でCCS開発を進めている。
- ・ **欧州**：産業レベルの軽減技術としての能力が広く認識されている欧州では、CCSが再び脚光を浴びている。8件の大規模CCS施設が開発段階にある。このCCSの返り咲きは主に英国、ノルウェー、オランダが主導しており、北海貯留オプション周囲の産業クラスターで、CO₂貯留の単位コストを大幅に減らす機会が開かれている。この動きは、EUの共通利益プロジェクトを含むイニシアチブで支えられている。

FIGURE 6：主要国の累積CO₂圧入量（概数）。その他にはアルジェリア、ブラジル、中国、サウジアラビア、UAE、オーストラリア、ドイツ、フランスが含まれる。

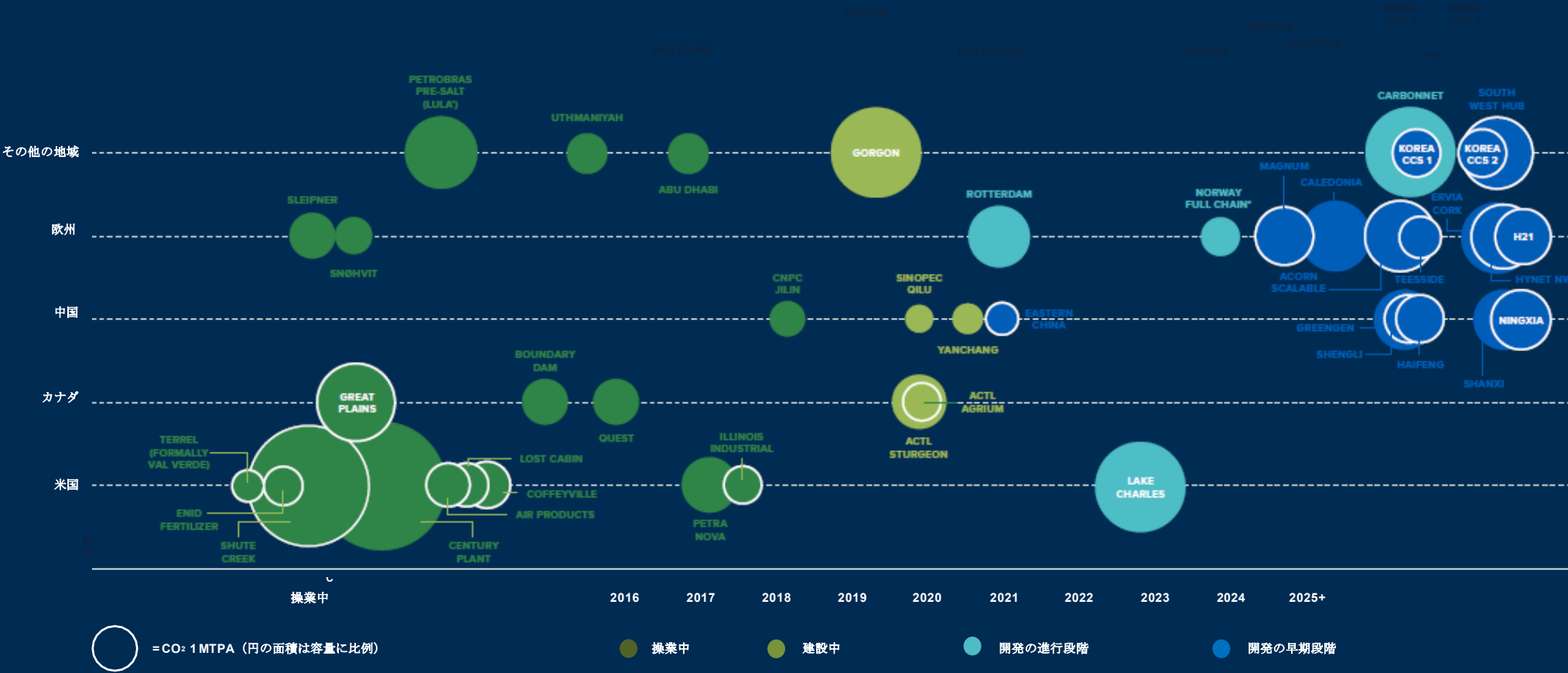


新たなCCS施設には以下が含まれる。

- ロッテルダム港CCUS Backbone Initiative（モジュール式CO₂輸送ハブ）
- Teesside Collective（CCS産業ハブ）
- Caledonia Clean Energy（CO₂ハブのパイオニア）
- Acorn Scalable CCS Development
- NyNet North West Project（脱炭素水素）
- H21 North of England Project（脱炭素水素）

- ・ **ノルウェー**では、ノルウェーフルチェン CCS施設のフィージビリティスタディの予算が承認された。同施設では2件の回収施設が決定され、必然的にスメアヘイア沖合の輸送と貯留を行うことになる。CO₂貯留容量は最大100 Mtになる見込み。
- ・ 今日までの世界のCCS展開の磐、**米国**では、開発作業が遅れており、開発の進行段階にあるのは1施設（Lake Charles）のみである。しかし、この遅れは一時的なものと見られており、国内税法をCCSの投資に有利に修正した45Q法が出現した（詳細は本報告書の「政策」の項で説明）

FIGURE 7: 各国・各地域の大規模商用CCS施設の進行状況。2018年10月時点で、世界の43の大規模商用CCS施設のうち、18件が操業中、5件が建設中、20件が開発の様々な段階にある



現在43の大規模商用CCS施設が存在し、18件が操業中、5件が建設中、20件が開発の様々な段階にある。

次の波

現在43件の大規模商用CCS施設が存在し、18件が操業中、5件が建設中、20件が開発の様々な段階にある。

現在、CCSの展開の勢いが復活したため、2020年代にCCS施設の新しい波が起こりそうである。しかし大規模CCSの展開の現在の進行状況では、パリ協定の気候目標の達成に必要なCCS数には及ばない。

本報告書で扱っている「その種で初の」商用CCS施設は既にほとんどが産業用途で長く操業されている。

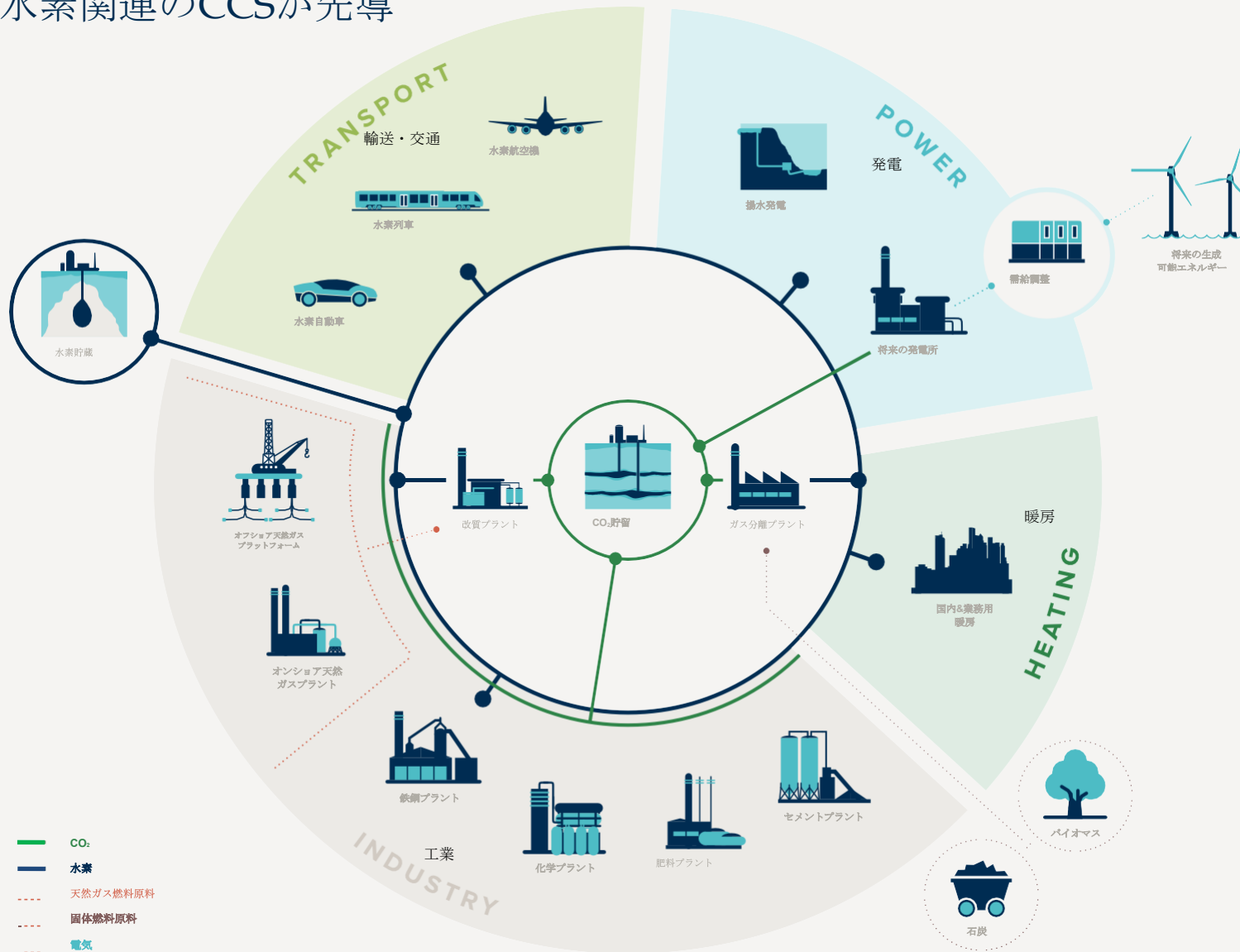
それらは、天然ガス処理、肥料、エタノール生産など、元々製造過程でCO₂回収が行われており、「簡単に手にできる果実」であった。しかしCCSの採用への抵抗が強い産業分野は数多く残っている。またCCS併設の水素、CO₂直接回収、CCSハブ・クラスターなど新たなイノベーションの波も起こっており、配備が必要である。

CCSは、今きわめて重要な効果的で広域的な技術である。



ハリー・リウ (HARRY LIU) 博士
コマーシャル
CCSプロジェクト 技術アドバイザー

水素関連のCCSが先導



昨年、エネルギーと気候変動の対話で定着した言葉があるとしたら、それは水素である。正しくは水素関連のCCSである。

2018年、6件の新規大規模CCS施設が、インスティテュートのデータベースに加わった。いずれも欧州の施設で、CCS脱炭素水素生産に関連する。

英国UK

- H21 North of England
- HyNet North West
- Ervia Cork CCS
- Acorn Scalable CCS Development

オランダ

- ロッテルダム港CCUS Backbone Initiative (porthos)
- Hydrogen 2 Magnum (H2M)

このような顕著な新興のH₂+CCS開発には将来の展開に障壁がない。水蒸気メタン改質 (SMR) / ガス化複合CCS による脱炭酸H₂生成は数十年にわたり商業規模で実施されており、肥料製造、石油精製、鉄鋼生産の産業で適用されている。

上記の新しい大規模施設の詳細は、本報告書の「各国のケーススタディ」で確認できる。



2018年6月時点でQuest CCS
施設は300万トンのCO₂を貯
留している。



未開発の潜在能力

ファティ・ビロル (Fatih Birol)

国際エネルギー機関事務局長

IEAはCO₂トンあたり40米ドルに抑えた商業的インセンティブにより、世界で450 MtものCO₂を回収、利用、貯留できると強調している。

2017年、エネルギー関連のCO₂排出量が世界的に上昇し、CCUSを含む全てのクリーンエネルギーソリューションを通じたより強力な早急な対策の必要性が改めて強調されている。中国初の大規模CCUS施設、米国の45Q税控除法の拡大、ノルウェーのフルチェーン産業プロジェクトの進展など、近年は一部で明るい見通しが見られるが、発電と産業部門における排出量の大幅削減の実現という面での、CCUSの潜在能力はほとんど未開発の状態である。IEAはCO₂トンあたり40米ドルに抑えた商業的インセンティブにより、世界で450 MtものCO₂を回収、利用、貯留できると強調している。これらの低コストの機会を活用することにより、CCUS展開の拡大のための堅実な基盤が整う可能性がある。IEAは今後も、この重要な技術に対する我々の取り組みを強化し続ける。

貯留

CO₂を野心的な気候目標の達成に必要な速度と規模で永続的に貯留するための技術的障壁が解消されたという朗報が伝えられている。あり余るほどの貯留資源も存在する。数十年のデータにより、地質学者、エンジニア、CCSエキスパートの間では圧入・貯留されたCO₂の安全性と永続性はゆるぎない確信となっている。

数千年の貯留が可能。

最も早い貯留資源の評価の一つは、1995年⁸⁾に日本で田中らにより発表された。以来、貯留資源の計算方法は改良を繰り返され、推定値の信頼性が高まっている。裏付ける地層データの量と質も増加し、改善されている。

現在、国内の貯留地を一覧化する活発な評価プログラムが実施されている。日本は野心的な沖合掘削プログラムを通じて、国内の貯留資源を見直している。その他の、国内貯留資源の開発を積極的に進めている国々には、欧州、ノルウェー、米国、英国、中国、オーストラリアなどがある。

欧州が、今から2050年までの間に世界の2°Cシナリオ（2DS）を達成するのに必要な量の2倍以上に相当する、300ギガトン（Gt）のCO₂を貯留できるか否かの信頼性は、中から高程度である。中国の2016年の発電からの排出量は年間4 Gtを上回る⁹⁾。2,400¹⁰⁾Gtを上回る貯留資源、すなわち深部塩水層と石油/ガス田を擁する中国は、国内の600年分以上の発電排出量を維持することができる。

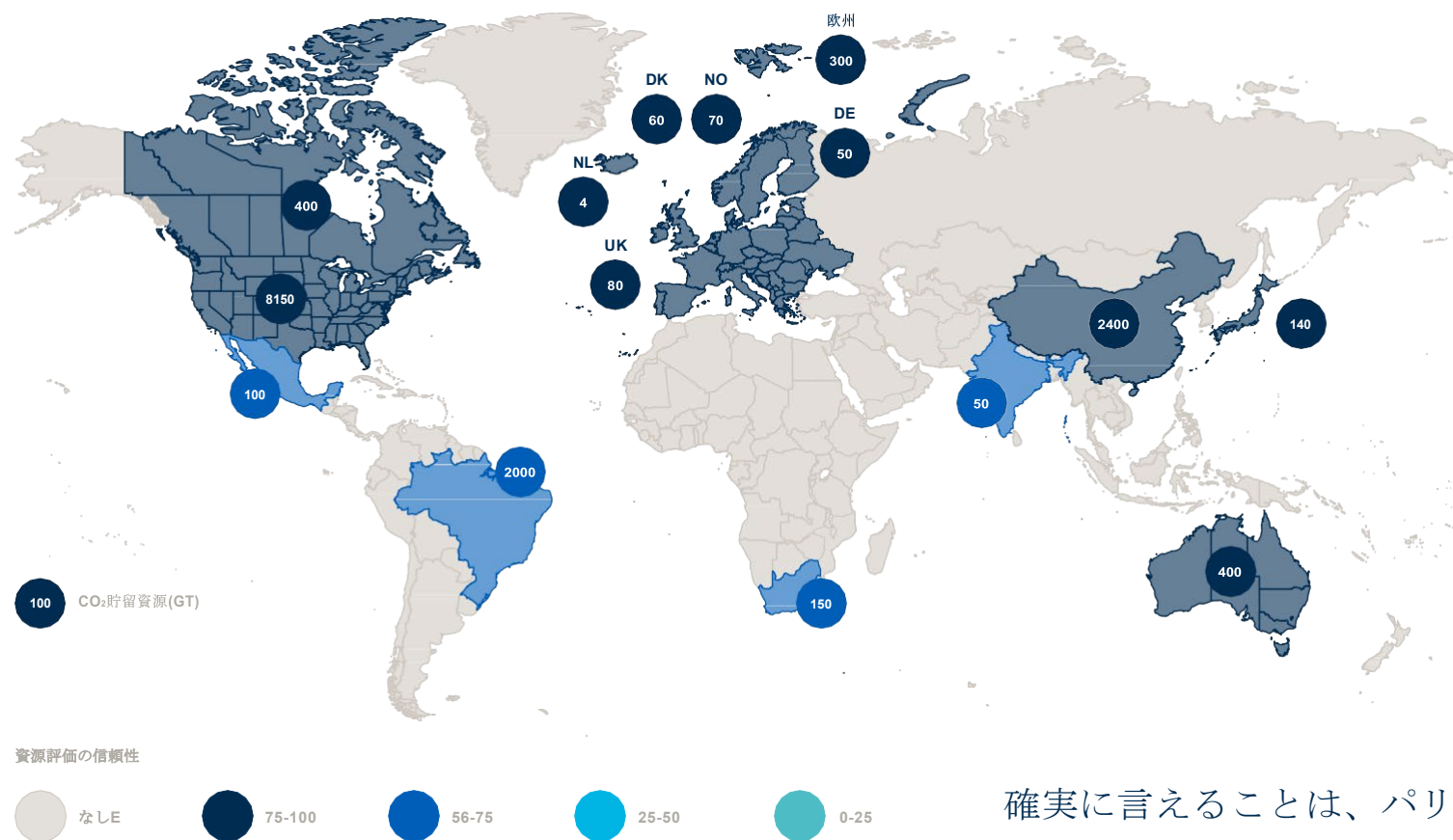
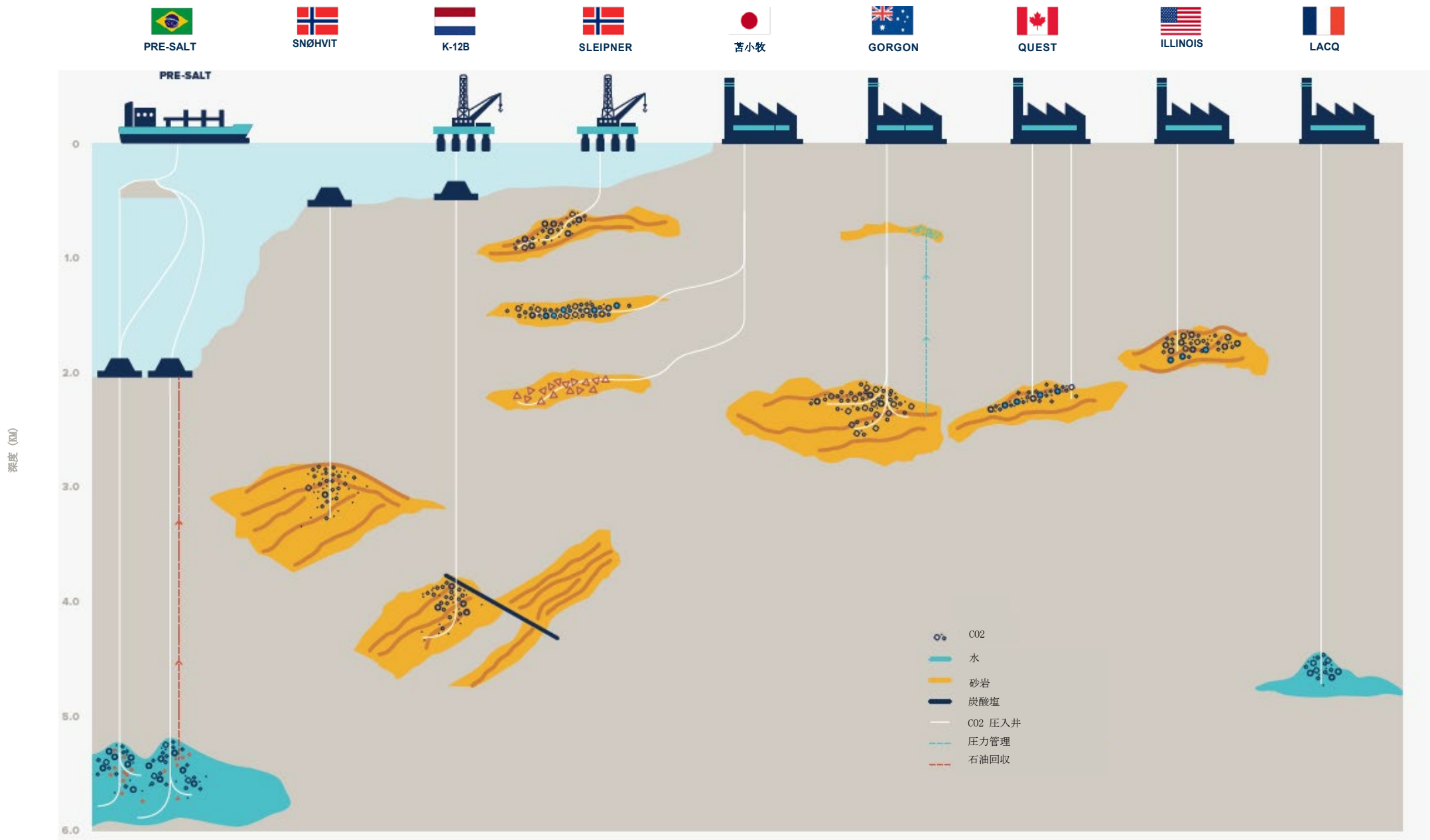


FIGURE 8: 最新の評価に基づく世界の潜在的貯留資源

確実に言えることは、パリ協定の気候目標の達成に必要な量よりも多くの貯留資源が地下に存在するということである。

FIGURE 9: 世界のCO₂貯留操業状況の概略。CO₂は多くの異なる圧入方法を使って、多くの自然環境、地層、深度で回収および貯留されている。



世界のCO₂貯留の専門家は、CO₂は恒久的に貯留できるとの結論を下している。

CO₂は数千年にわたり貯留されてきた。天然のCO₂ガス田は、地球上のほぼすべての大陸に存在する。ここから、CO₂の恒久的な貯留に必要な貯留層と密封岩石の種類が確実に特定される。また、貯留サイトの入念な選定と管理の必要性も示唆されている。

40年以上にわたる研究および産業活動では、数十のパイロット、実証、商業施設でCO₂が貯留・モニタリングされており、モニタリングツールによりブルームの移動が位置付けされ、不規則性が発生すれば迅速に検出されている。これらのどの施設でも、CO₂の大規模な損失事故は起こっていない。さらに、これらの施設はCO₂の圧入と貯留の段階での事象についての経験と確実なデータの蓄積に寄与してきた。近年*Nature*¹¹で公表された報告書も、CCSによるCO₂の封じ込めを裏付けている。近未来の産業規模のCCSのシナリオに基づく、圧入されたCO₂の98パーセントは恒久的に地下に封じ込められる。

封入されない2パーセントのCO₂は、主に劣悪に放棄された未使用の石油抗が原因である。正しく整えられたCCS司法管轄区で、リスク管理プログラムを実施し、包括的な基準を規定する作業が現在進められている。

2018年の結論は、IPCCの2006年の結論とほぼ一致している。

既存の地下に関する情報や、問題検出のためのモニタリングプログラム、規制制度、およびCO₂漏出が発生した場合の適切な防止あるいは管理の改善策の使用を前提にした適切な貯留地選定により、地域の健康と安全、貯留層の環境リスクは天然ガスの貯留、EOR、酸性ガスの地下深部処理といった現在の活動のリスクと同程度になる¹²。

数十年の活動から、配備のための技術と経験が備わっているということがわかる。

過去40年間にわたり、地下のCO₂の動きは予想されており、標準的な石油産業の技術を使用してモニタリング・測定されている。それと同じ技術が、CO₂を貯留した場合の動きを正確に予測しモニタリングするために最適化されようとしている。最終的にCO₂の圧入性能は、1日および1年当たりの圧入目標を達成するのに必要な、最大圧入効率を達成できるように最適化されている。水平抗井、複数の垂直抗井、圧力管理抗井、コインジェクションの様々な組み合わせで、CO₂の圧入は回収率のニーズに合わせて、ほとんどの地層で設計できる。

例えば、苫小牧CCS施設は、比較的緩やかな流れの砂岩（180ミリダルシーの岩石）で圧入目標を達成している。海上に広がる貯留井から、海底下3,000 mと1,000 mの最適な貯留サイトに対し年間10万トンの目標を達成している。CO₂圧入は、貯留層の貫通井の1,000 m区画沿いに行われる。

Sleipner CCS施設のCO₂ブルームの動きは、20年以上にわたり視覚化されている。現在、ノルウェー沖の北海の海底下1,000 mの貯留層を流れるブルームは、4D地震探査により追跡されている。

中国では、現在、CO₂は延長CCS施設内で、陝西省のステップ気候下で圧入・貯留されている。ブラジル、サントス海盆のPre-Salt CCS施設は、水深2,000 m以上の地下に立地し、海上の大型船でCO₂を回収し、海底下3,000 mの油田に再圧入する。

植物が地球上で成長を始める前に存在していた河川に何億年も前に堆積した厚さ400 m以上の大量の砂岩は、現在皮肉なことに世界初の大規模バイオエネルギーCCSプロジェクト、米国のIllinois CCSプロジェクトから排出されるCO₂を貯留している。



明らかに多くの国々、特に高排出国であるオーストラリア、カナダ、中国、米国などの化石燃料依存国は、CCSへの対応のために自国の貯留資源を探索、評価、開発している。そのような国は、CCS貯留指数（CCS-SI）とCCS固有の関心指数（CCS-CI）がいずれも高い。CCS貯留指数（CCS-SI）は、個々の国の貯留資源の開発を記録した数値である。

A scatter plot showing the relationship between CCS storage index (Y-axis) and CCS storage capacity (X-axis) for various countries. The X-axis ranges from 0 to 100, and the Y-axis ranges from 0 to 100. The plot includes data points for 40 countries, with labels for each. The data points are distributed across the plot, showing a general positive correlation between the two variables.

Country	CCS Storage Capacity (X)	CCS Storage Index (Y)
FINLAND	10	40
EGYPT	15	50
TRINIDAD & TOBAGO	25	20
NEW ZEALAND	30	35
PHILIPPINES	35	40
INDIA	35	90
THAILAND	38	78
SOUTH AFRICA	40	70
SLOVAKIA	40	38
SWITZERLAND	40	30
SWEDEN	40	28
GREECE	40	45
PORTUGAL	42	40
BULGARIA	42	48
SOUTH KOREA	45	75
MALAYSIA	48	72
RUSSIA	50	100
INDONESIA	52	90
AUSTRIA	52	40
IRELAND	55	30
HUNGARY	58	45
ROMANIA	58	58
ITALY	58	55
VIETNAM	60	72
MEXICO	60	75
FRANCE	62	48
SPAIN	62	52
ALGERIA	65	55
DENMARK	65	38
POLAND	68	70
JAPAN	70	75
NETHERLANDS	72	55
GERMANY	75	85
UNITED KINGDOM	78	78
SAUDI ARABIA	80	60
UNITED ARAB EMIRATES	82	55
AUSTRALIA	85	80
BRAZIL	85	75
CHINA	88	100
NORWAY	95	50
CANADA	98	85
UNITED STATES	100	100

クリス・コンソリ博士 (DR CHRIS CONSOLI)
 コマーシャル
 貯留シニアコンサルタント



CCS : 簡単な解決策

ウォレス・スミス・ブロッカー教授 (Professor Wallace Smith Broecker)

「地球温暖化」という言葉の生みの親、コロンビア大学ニューベリー校地球環境科学学科教授

「温暖化が進んでいるが、地球温暖化に対し、人々が腰を上げて実際に行動を起こすような火急の問題になるまで、おそらく20年かかるだろう。

鳥ですら移動パターンを変えている。鳥は状況の変化を理解できるが、我々はそうではない。なぜか?? 鳥の脳は小さいと思われており、我々の脳は大きいですが、それでも我々は理解できていない。

簡単な解決策は、陽が当たらない地下深くにCO₂を埋めること。CO₂回収貯留の簡単で証明済みのプロセスだ。行動しなければ、氷が溶け、我々もそうなるだけだ」

政策

政策はCCSへの投資のビジネスケースを支える以外に、投資家の信頼を得られるものでなければならない。政策への信頼性が確立されると、長期的な設備投資が行われ、円滑な投資循環とコスト削減が加速する。

人はそのような妥協を進んで行うように「創られていない」ものであり、そのために行動変化の政策が必要となる

CCSの展開には法案の通過により成立される政策が不可欠である。なぜなら、政府が様々な目的を達成するためのツールだからである。実際にCCSへの潤沢な投資は、確実に持続的な政策抜きに起こりえない。

世界的に増加する人口と豊かさが生み出す排出量の削減は、莫大なコストを今現在必要とするが、長期的な恩恵は不確定である。人はそのような妥協を進んで行うように「創られていない」ものであり、そのために、行動の変化のための政策が必要となる。例えば、CO₂を大気中に放出する方が、回収して恒久的に貯留するよりも簡単でコストがかからないのが常である。市場も今のところ、要求される投資収益率を達成するための恩恵をCCSに与えていない。だからこそ、CCSへの投資のビジネス支援策を支える政策が必要なのである。

このようなビジネス支援策が実施されている状況であつても、世界のCCS産業は依然として黎明期にあり、成熟した産業では普遍的な、確立されたなじみ深いビジネスモデルや、構造、慣例がCCS全体に対応するまでに成熟していない。リスクの認識が高まることは、要求される投資収益率が高くなることと解釈され、資金調達が一層困難になる。

さらに、CCSは寿命の長い資本集約型の資産への投資を要求する。1件のCCS施設で年間数百万トンのCO₂排出量の除去が可能になり、数十年間操業が続くが、初期投資として数百万ドル（から数十億ドル）を必要とする。

投資家は、前向きな財政投資の判断を下す前に、現在および将来の政策環境を十分に理解して、リスク特性の最適化するための計画を効果的に行わなければならない。

政策への信頼性は、長寿命の資本集約型の資産への投資の前提条件である

政策はCCSへの投資のビジネスケースを支える以外に、投資家の信頼性を勝ち取るものである必要がある。政策の信頼性が確立されれば、長期的な設備投資が生まれ、円滑な投資循環とコスト削減が加速する。

技術、ビジネスモデル、産業効率の飛躍的なイノベーションは、一般に市場の競争力により後押しされる。モノやサービスの提供者は、コスト削減にしのぎを削り、自社製品の有用性の改善し、市場シェアを得る。一定の期間、競合他社からイノベーションを守ることができるが、知識の漏洩により、留まることなく開発は産業全体に拡散する。市場の成長と同時に、規模と多角化の経済性、および「learning-by-doing（実践から得た学び）」によりコスト削減が実現し、市場が飽和するまで製品への需要が増加する。最終的に、見慣れた形、すなわち時間の経過により実質的な技術コストが下がるパターンに落ち着くのである。

このパターンは、今世紀に入ってから再生可能エネルギー技術でも確かに認められており、非常に堅実に持続的な政策支援により牽引されている。このようなコスト削減プロセスは、世界のCCS産業に関してはまだ始まったばかりである。

必要とされる政策への信頼性を確立するためには、政策環境で4つの課題を達成しなければならない。

一致した目的

政策内容が設定され、またCCSへの投資と一致する明確に表明された目的が必要である。投資家は、CCSへの投資が偶然の結果ではなく、政策の予定された結果であることを確信していなければならない。

明確さ

政策は、投資家が理解できるように、また政策によりCCSへの投資の機会とリスクがどのように出現するかを、商業的観点から数値化できるように、明確で一義的でなければならない。

予測可能性

投資家は、将来の様々なシナリオの下で、自らの投資の収益がどのように政策の影響を受けるかを、相当高いレベルの確信をもって予測できなければならない。例えば、投資家はリスク管理プロセスの一環として、商業的取決めやCCS施設の運行状況の予定外の変更が、コストと収益にどの程度影響するかを数値化できなければならない。

安定性

CCS施設の寿命の長さを考慮に入れ、投資家は、投資の有効期間を通じて自らの投資収益を大幅に減らすような政策の変更が起らないことを確信しなければならない。政策上のリスクは、政策の安定性を評価する場合の主要な要因となる。例えば、新政府が政策をどのように変更するか、そのような変更がCCS施設の収益にどのような意味を持つか、といった評価の場合である。

例として、CCS投資家の政策への信頼性に寄与する具体的な政策／活動をいくつか挙げる。

- ・ 経済全体の排出量削減目標
- ・ 部門別の排出量削減目標
- ・ CCS展開の目標とプログラム
- ・ 設備と運用面からのCCS展開のサポート（例：資本費補助、差金決済契約、固定価格買取制度、CO₂貯留への支出（米国で最近拡大された貯留後CO₂に関する45Q控除など））
- ・ プロジェクトの全期間の全分野を対象とした、CCS固有の法規制制度の普及
- ・ ロンドン議定書の修正の批准拒否など、CCSの法的障壁の解消
- ・ 炭素に対する強固な価値の導入（ノルウェーの炭素税など）
- ・ 持続的な研究開発支援

現在の気候変動への政策的対応は、全般的に、特にCCSに関しては十分ではない。

現在、2015年にパリで合意された気候目標と、各国政府から出された排出量削減への国別約束草案（NDC）との間に相違がある。NDCが全て実施された場合、地球の気候が産業革命以前よりも約3°C上昇することになる。

IEAの分析でも、パリ協定の目標を達成に向けて軌道に乗るクリーンエネルギー技術は、37のうちの4つにすぎないと確認されている¹³。気候変動に対する政府の政策的な対応が不十分であるのは明らかである。

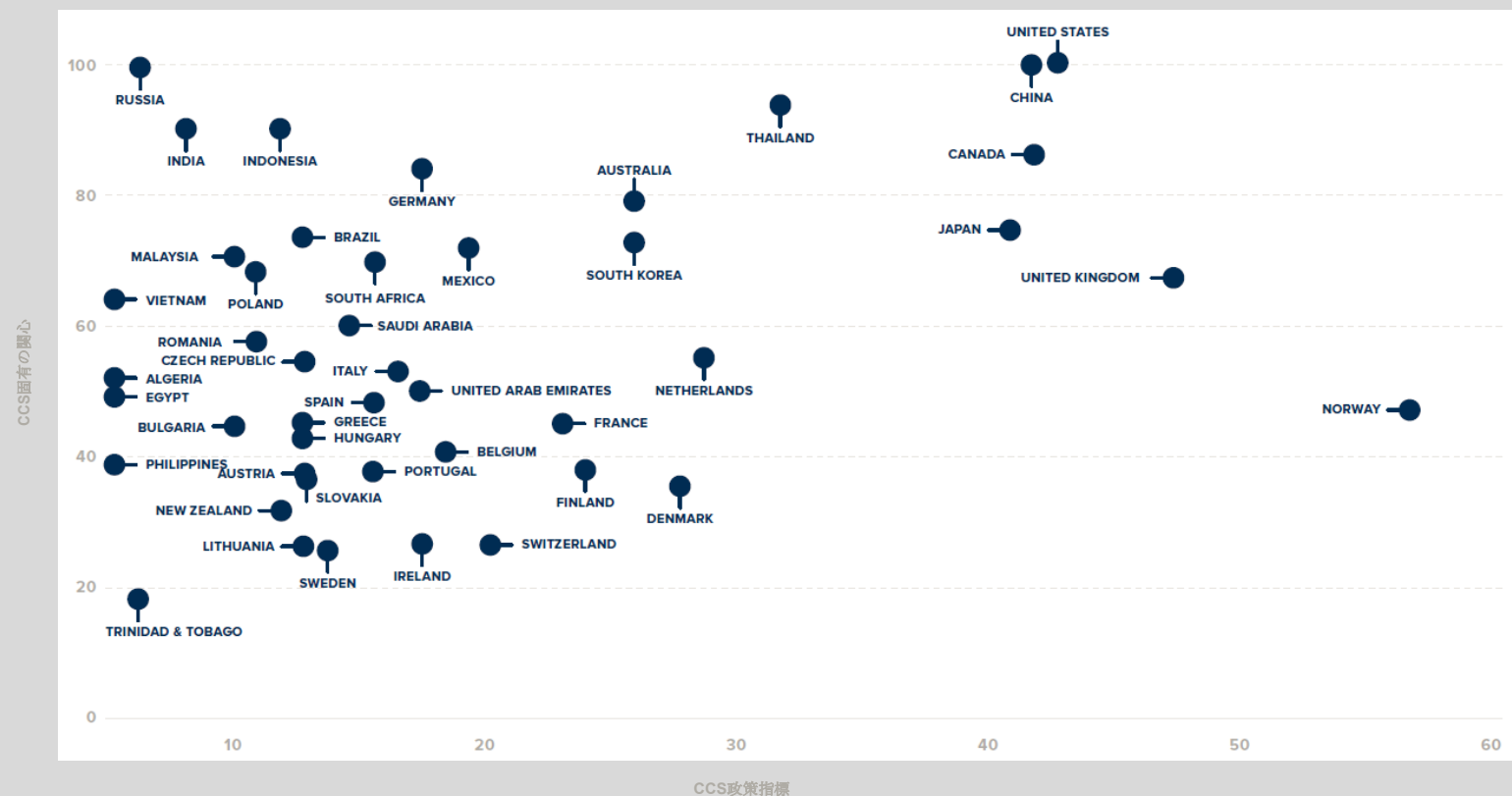
新たな施設が操業を開始し、開発のパイプラインに入るなど、CCSの展開は続いているが、軌道に乗っていない33のクリーンエネルギー技術のうちの1つである。政府は全体的に、投資のビジネス支援策を支え、民間資本の動員に必要な政策への信頼性を勝ち取る政策を実施していない。

CCSインスティテュートの政策指標¹⁴は、世界の9つの幅広い政策を評価し、CCSの展開に関する各国の政策の評価を導き出したものである。

この政策指標は、上記のチャートではインスティテュートのCCS固有の関心指数に対してプロットされている。固有の関心指数は、化石燃料の生産と需要に関する多くのデータを用いて、化石燃料への国内の経済的依存度の相対的測定を行っている。論理的に、化石燃料への依存性が最も高い経済が、CCSの展開が最も進んでいることになる。

経済的繁栄と排出量削減の緊張関係を緩和する上でのCCSの有用性は多くの政府が認識しているが、政策指標によると、昨年の奨励政策と進歩的な政策を通じて明確なリーダーとしての地位を確立しているのは、ノルウェー、英国、米国、中国、カナダ、日本の6か国である。

FIGURE 11: 主要国の2018年のCCS政策指標の結果と2018年のCCS固有の関心スコアの比較



CCSの展開には法案の通過により成立される政策が不可欠である。なぜなら、政府が様々な目的を達成するためのツールだからである。

米国では、45Qの修正によりCCSへの投資に適したビジネス支援策が生み出され、投資家が必要とする政策への信頼性も定着した。

欧州委員会

排出量取引制度（ETS）の改訂の一環として、欧州委員会はイノベーション基金を設立した。エネルギー集約型産業の再生可能エネルギーとCCUSエネルギーの実証プロジェクト、エネルギー貯留、低炭素イノベーションを支援するために、4億5千万ユーロのEuropean Union Allowancesが設定される。2021年以降、少なくとも4億の排出枠が予約され、さらに2013年から2020年の新規参入者リザーブ基金（NER300）から、未割当ての5千万の排出枠が利用できる。現在の20ユーロを上回るEUA価格で換算すると、この基金は90億ユーロ超の価値がある。基金の詳細は策定中であり、いくつかの厳密な内容に基づき、NER300で取り組みが予定されていたCCSの実証が中断された。

ノルウェー

2018年ノルウェー政府は、2か所のフルチェーンCCS施設のフロントエンド設計業務（FEED）調査を支援する資金など、CCSの展開を進めるために2億8千万ノルウェークローネを割り当てた。これらの施設は、それぞれ北海海底に貯留されるCO₂を年間40万トン回収する。

ノルウェーは、CCSの支援を目的とした政策に関しては長い歴史を持つ。1990年代から導入された炭素税の他に、ノルウェー政府はCCSを中心に扱う国有の研究機関Gassnovaと、CO₂回収技術試験施設Technology Centre Mongstadを設立した。

英国

2017年10月に発表された英国政府のクリーン成長戦略では、コストが十分に下がることを条件に、2030年代にCCUSを大規模に展開する選択肢を導入するという政府の意向を明らかにしている。その後、英国のMinister of State for Energy and Clean Growth（エネルギー・クリーン成長担当相）Claire Perry大臣が、CCUS Cost Challenge Taskforce（コスト問題タスクフォース）を設置し、同部会から2018年7月に報告書『*Delivering Clean Growth*（クリーン成長の実現）』が発行された。インスティテュートCEO、Brad Pageが、英国CCUS評議会の会員、および上記のタスクフォースの参加者として招聘された。同タスクフォースの報告書は、鉄鋼、セメント、肥料、石油化学、多目的天然ガスといった主要産業の脱炭素化にCCS/CCUSが不可欠であることを認めており、安定した長期的な支援政策の必要性を確認している。

重工業が脱炭素化され、水素燃料が再生可能エネルギーの展開を補完するといった新しいエネルギー経済に英国が移行するための基礎がCCSにより構築される。

米国

米国の現政権のレトリックでは排出量削減の優先政策が開かれないが、実際には、回収および地層貯留される炭素に対して世界で最も進歩的な価格制度の一つを制定している。2018年2月、内国歳入法の45Qで制定されたCO₂の地層貯留の税控除を拡大・強化した超党派予算法案が、米連邦議会を通過した。CCUS税控除は元々2008年に考案され、EORに使用されるCO₂の場合はトン当たり10米ドル、塩水層に貯留されるCO₂の場合はトン当たり20米ドルに相当する。当初のプログラムではCO₂ 75 Mtが上限とされ、超過分は対象とならない。2018年の修正では以下のように変更される¹⁵。

- 回収後、EORまたは天然ガス回収に使用される現在のCO₂の税控除を、2026年にはトン当たり35米ドルに引き上げる

- 回収後、塩水層に貯留される現在のCO₂の税控除を2026年にトン当たり50米ドルに引き上げる
- 税控除を現在の価格から2026年までに新しい価格に引き上げ、その後はインフレによる指数化方式が採られる
- プログラムの75 Mtの上限を撤廃する

2024年1月1日以前に建設が開始する新規およびレトロフィットCCSプロジェクトは、以下の年間CO₂回収基準を満たせば、装置が最初に操業を開始した日から12年間、税控除を請求する権利が与えられる。

- 発電施設の場合は500,000トン
- 産業施設の場合は100,000トン
- 産業パイロット施設の場合は25,000トン

45Qの修正により、CCSへの投資に適したビジネス支援策が生み出され、投資家が必要とする政策への信頼性も安定した。CO₂トン当たり最高50米ドルの価格で、今後5年間で、米国にCCS施設の新たな波が起こる可能性がある。

中国

中国では昨年1年間でCCSの支援が強化され、願望から行動に移行した。中央政府は新たに生態環境省（MEE）を再編・創設した。MEEは「エコ文明の創設」を使命とする。気候変動の緩和はその概念の中核的要素である。中国はCCSの重要性を長く認識しており、近年、CCSの展開を加速させることを目的とした一連の措置を実施している。その一部を挙げる。

- 電力部門に国内の炭素市場を創設する
- CCUSを強調した低炭素技術を広く推進する

- CCUSパイロットとNear Zero Carbon Emissions（ニアゼロ炭素排出）パイロットを支援する
- 科学技術部が推進するCCS研究プロジェクトの助成金を交付する
- CCUSプロジェクトへの対応を改善できるように環境影響評価ガイドラインを修正する
- CCUSに直接関与する政府高官と研究者のためのCCUSキャパシティ・ビルディングプロジェクトを発足させる

カナダ

カナダのクリーン成長気候行動計画の下、カナダの各州と各地域は、炭素価格の初年度計画の説明を連邦政府に行う必要がある。価格はCO₂トン当たり10カナダドル（またはそれ以上）から開始し、2022年までに50カナダドルまで引き上げなければならない。

連邦炭素価格制度は、連邦基準を満たす炭素価格制度を実施していない管轄区の支援策として、2019年1月1日に発効する予定である。炭素価格による直接の収益は全て、排出地の管轄区に返される¹⁶。

一部の州は既に炭素価格を採用しているが、オンタリオ州の新政府は2018年早期に価格の上限と取引制度を停止し、サスカチュワン州は連邦炭素税に異議を申し立てている。アルバータ州ではCCSプロジェクトの財源が交付されており、CO₂の地層貯留に取り組む規制が公布されている。

日本

日本は、CCSの展開を加速させる包括的・戦略的なプログラムの実施が続いている。環境省と経済産業省が中心となり、日本政府は、CO₂貯留適地調査、CCSフィージビリティスタディ、貯留CO₂の長期責任の管理に必要な法規制体制の

評価、CCSの環境、経済、社会的影響など幅広い研究を支援している。また2018年に発表された水素エネルギーサプライチェーンを含む、パイロットCCS実証施設の資金を拠出している。日本政府は政策を通じて、CCS展開の障壁を系統的に特定し克服するための活動を支援することを公約している。

アレックス・ザパンティス（ALEX ZAPANTIS）
コマーシャル
ジェネラルマネージャー





規模を超えた
ソリューション
が必要

バーニー・スワン (Barney Swan)

ClimateForce国際ディレクター

より一層自律的に現在の排出を除去する大小のソリューションを奨励しなければならない。CCSやCO₂直接回収、バイオ炭、森林再生、海藻／藻類栽培、分散マイクログリッド、廃棄物燃料化などのプロジェクトに実業界以外に一般の人々を連携させることで、投資家、CSR／ESG責任者、一般大衆に認識が広まる。社会階級と文化の統合が実現すると、ネットポジティブな未来に我々を導くグローバルな体制変化を起こすことができる。変化が必然となる機会に的を絞るべきである。考え方が衝突する敬意ある対話になるか、持続可能なソリューションの問題の提起になるか、あるいは自分一人だけのごみ拾いになるか、どのような結果になろうとも、誰もが誇りに思える未来という、より現実的な贈り物を作り出すことができる。

ClimateForceは、2041 Foundationから派生した7か年のCO₂削減タスクフォースである。個人と組織のCO₂削減ソリューションの利用を実現することをミッションとし、2025年までに360 MtのCO₂を削減することを目指している。

2017年11月、バーニーと彼の父ロバート・スワン (OBE、両極地に初めて徒歩で到達した人物) は、史上初めて再生可能エネルギーのみを使用して徒歩で南極点を目指した。60日以上 の探検で、彼らは足元で溶けていく南極を実際に体験した。

法規制

インスティテュートの2018年法規制指標（CCS-LRI）評価の結果から、CCS固有の法規制の進展は2017年からほとんど変わっていないことが分かり、多くの国で早期の進展に対する失望と遺憾の声が聞かれた。今後、国内体制に対する改善や発展を怠ると課題が生じる国もある。

他の多くの司法管轄区のCCS固有のモデルの状況からわかるように、今後短期間にこの技術を展開する意欲のある国は危険な状況に陥る可能性がある。

広域的に惰性化した法規制

インスティテュートのCCS法規制指標（CCS-LRI）は、55か国の国内の法規制の枠組みを詳細に検証および評価したもので、CCS技術の規制に不可欠となり得る幅広い法規制要因を検証している。

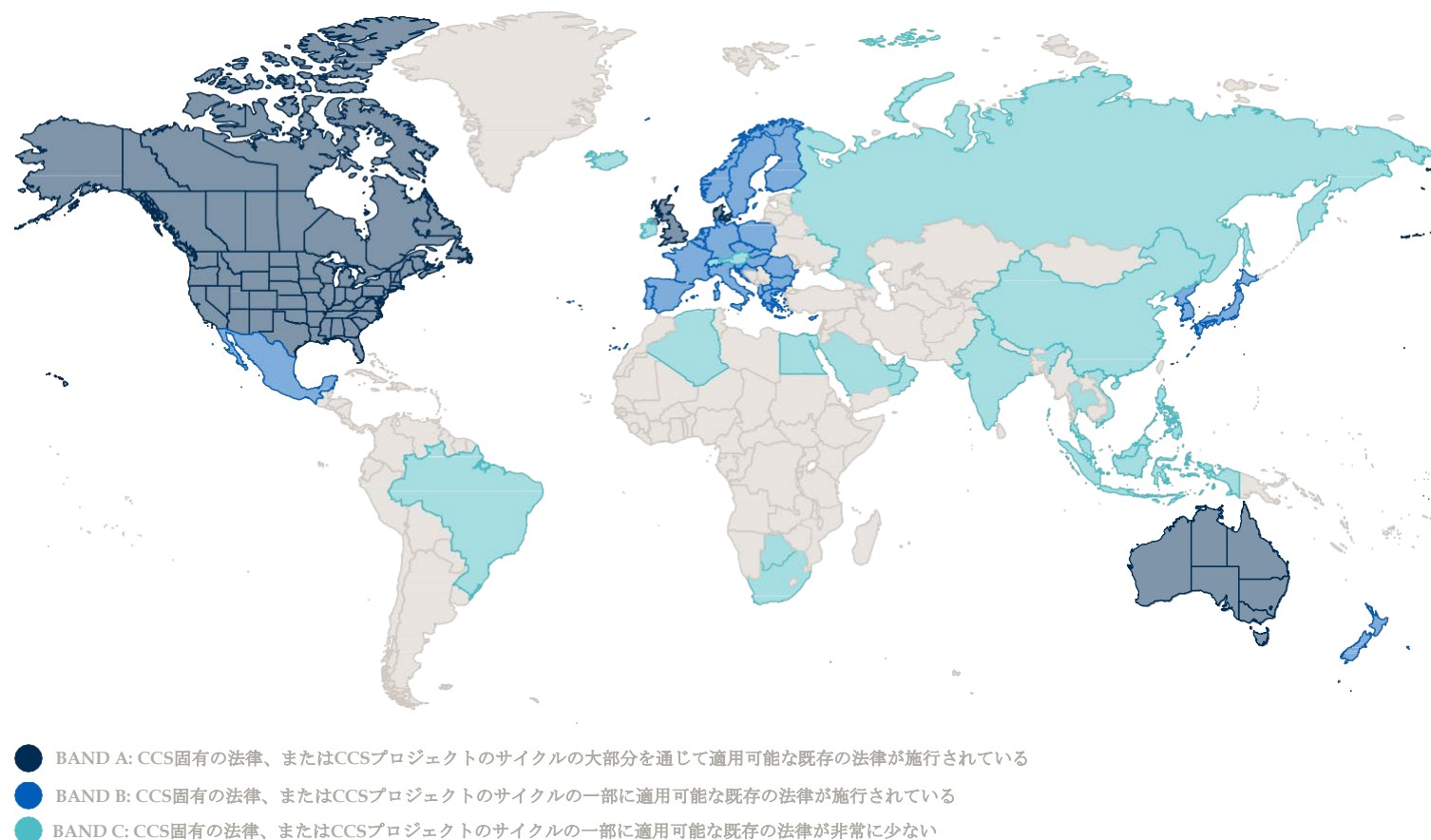
最終的な指標は、世界のCCS固有の法的枠組みを発展させる進捗状況と機会を追跡するための包括的モデルとなっており、CCS法規制の現在の展望を示している。

高度なCCS固有の規制制度を実施する5か国（オーストラリア、米国、カナダ、英国、デンマーク）は、すべてインスティテュートのCCS-LRI評価で高スコアをあげ、Band Aに特定されているが、昨年度は自国のモデルを大幅に変更した国はない。これは、今後の国内の枠組みを改善する機会を逃し、依然として活動の優先順位は低い状態が続いていることを示唆している。

CCS-LRIのBands BとCに含まれる国々間の法規制の進展のペースが遅いままであることは重視すべきである。これらの国々では、過去12か月間に制度の改善がほとんど、あるいは全く見られていない。

このような世界的な低調傾向の理由は数多くあるが、多くの場合、CCSの展開に対して明確な政策が欠如しており、法律制定が後回し、放棄、あるいは単に見過ごされる結果となっている。

FIGURE 12: 2018年のCCS固有の法規制の世界的展望



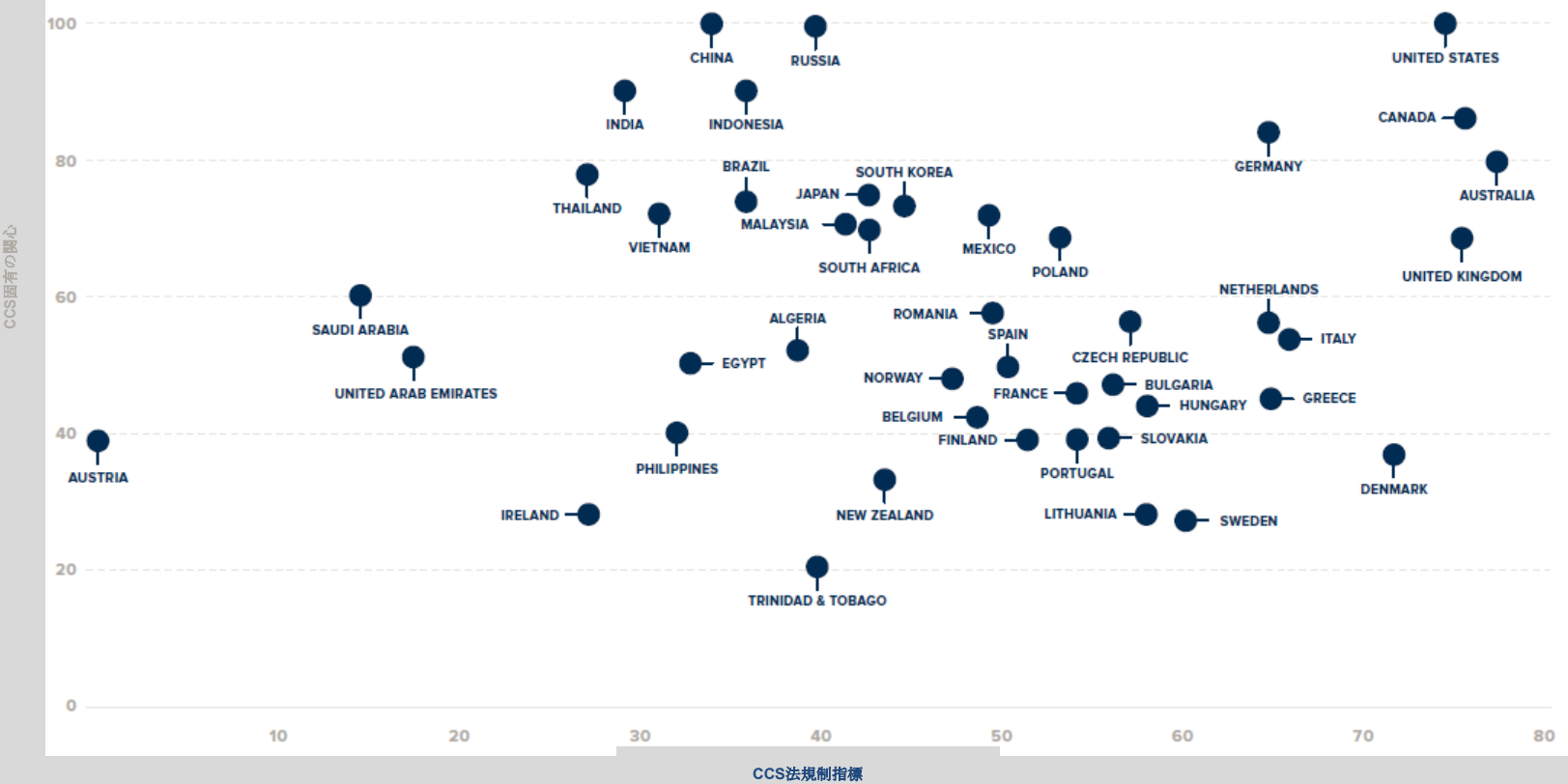
タイムリーな進展が展開の
支援に不可欠である

政策支援の改善が必要であるとサポーターは主張し続けるが、円滑化のための法規制枠組みの進展をより強く強調する必要がある。この措置の優先化を怠ると、プロジェクトのサポーターと規制当局の側での不確実性が高まり、最終的にプロジェクトの展開が世界的に滞ることになる。

この技術を巡るいくつかの不確実性が国際的な取決めに依然として残っており、今後はタイムリーな解決策が必要となる。ロンドン議定書の場合、海洋環境の保護と廃棄物の投棄による汚染の防止が要求されているが、調印国による2009年の修正の正式な実施の遅れにより、CCSを目的としたCO₂の国境間の移動が依然として禁止されたままである。

気候変動の国際協定の構造内にCCSを導入することは、国内政策によるこの技術の支援を保証する上での重要な要因になることが証明されている。UNFCCCの多くの面で明確に認識されているが、今後の資金調達メカニズム特にパリ協定に基づき策定されたメカニズムにCCSの活動をどのように組み入れるかに関して、より高い明瞭性が求められる。このような明瞭性は、この技術の展開を維持していくために極めて重要である。

FIGURE 13: 2018年の法規制指標の結果



「最近は停滞しているものの、改めてCCS法の整備を急ぐ兆候が見られる。」

円滑化のために法規制枠組みを進展させることは、自国の気候変動緩和目标の一環としてのこの技術の展開に強力な政治公約を行っている国においても重要になる。インスティテュートのCCS-LRIのBand Cに特定される国を含めて一部の諸国で明らかなように、プロジェクトのサポーターが必要な期間内でこの技術の大規模な展開を要求する場合、現在の規制の枠組みで制約を課すことが重大であると分かる場合がある。

固有の関心スコアが高い複数の国、例えば中国はこの技術に対して強力な政治公約を行っている。これらの国々の一部では、CCSの展開はパリ協定前の国内の気候軽減の公約において重要な側面となっている。タイムリーな展開という目標を達成するのであれば、技術の他の全ての障壁を取り除き、法規制を支えるモデルを開発することが重要になる。

英国や米国、カナダなど、先進的なCCS固有の法規制モデルを持つ国の現在までの経験から、法律の策定と整備は複雑で時間を要し、産業と政府の部門を越えた連携が必要になることが示されている。この技術の展開に深く関与している国は、このような国家的対応という重要な側面に取り組むために、早急な措置を講じる必要がある。最も必要な作業として、CCSプロジェクトを実施する国内の既存の運営体制の能力の評価、推奨される規制へのアプローチに関する決定、主要な規制当局と行政的要素の特定などが挙げられる。

先進的なCCS固有の法規制モデルを持つ国の間では、国内の運営体制をさらに拡大する重要な機会にも恵まれている。それらの国々の規制当局と政策立案者は、国内の規制プロセスの合理化、追加的指針の提示、根強い展開の障害に対処する法律の整備を検討することになる。

すでに見えてきた新たな勢いの兆候

最近では停滞しているものの、改めてCCS法の整備を急ぐ兆候が見られる。

プロジェクトのサポーターと国際社会から続々と入る行動要求に支えられて、ロンドン議定書第6条の修正の批准要請が再び注目されている。一部の政府が、近年、国内体制の軽微な改善を行っているが、CCS技術のより全体論的なモデルの開発に関心を示す政府もある。

高度に発展した包括的な規制枠組みを持つ英国は、CCUS問題タスクフォースの最近の報告書内で、法体制の重要性を強調している¹⁷。

この報告書では、英国の規制状況のイノベーションに対する重要な機会を述べているだけでなく、英国がこの新たに開発された専門知識を他国に輸出できるのではないか、といった可能性も提起している。さらに、政府がこの体制をさらに強化することを推奨しており、その方策として、一層の規制の調和やCCUSプロジェクトのリスクの分配を強く要求するほか、CO₂の越境出荷に関する国際協力の活性化を推進することを挙げている。

イアン・ヘイバークロフト (IAN HAVERCROFT)
コマーシャル
法規制シニアコンサルタント



ノルウェー沖合のSnøhvit CO₂貯留施設
では、2008年から現在までに400万トン超
のCO₂が貯留されている。



ユニコーン探し をやめる

ナイアル・マクドウェル博士 (Dr Niall Mac Dowell)

インペリアル・カレッジ・ロンドン、FLCHEME

今では、CCSは気候変動緩和の最もコストの低いソリューションの鍵を握る要素であること¹⁸、またパリ協定の野心的な1.5°C目標の達成に温室効果ガス除去技術が果たす役割を考慮した場合、CCSがより重要になること¹⁹が広く認識されている。

数多くの実証が行われているにも関わらず、世界で操業されている大規模施設は18しかない。パリ協定⁴の目標を達成する路線を継続するのであれば、2040年までに必要とされる施設の1パーセントにも満たない。

CCSはエネルギー・システムにもたらす価値が実証された、成熟し十分に理解されている技術であるが^{20, 21}、我々はCCSが「商業段階以前」であり、「コストを下げなければならない」¹⁷と繰り返し訴えてきた。

この行き詰まりをどのように解決するか？

必要なのは、この不可欠な技術を実現するために、公共と民間の両部門が協力できる、また協力すべき方策の理解を深めることだと考えている。

CCSプロジェクトに付随する投資リスクを軽減し、プロジェクトのバンカビリティを改善し、商業段階以前の概念から実現可能な投資に移行するのに必要な公的支援の水準を引き下げる場合、鋭敏なリスク配分と所有権が鍵を握る。今回が3回目になるが、カナダはAlberta Carbon Trunk Lineの開発において、官民の資金調達を組み合わせ、リーダーシップを遺憾なく発揮した²²。詳細が地域毎に異なるのは明らかであるが、CO₂の輸送と貯留のインフラがまだ建設されていない他の地域で再現できるモデルになる。

では、なぜ公的部門と民間部門がこのような措置を採るべきなのか？ 確かに両部門とも何もせず、突破口となる「ユニコーン」技術の開発を待ち、このリスクを今引き受けるといった状況を回避するほうが楽である。

しかし実際はそうではない。常識的にユニコーンは滅多に現れない。ユニコーンの出現を待つことはリスクの高い戦略²³であり、我々の目標達成能力が損なわれる²⁴。その技術的な成熟度を見れば²⁵、CCSはユニコーンからかけ離れた強力な答えである。しかし単なるプラグアンドプレイの技術でもない。機能させるためには、専用かつ特注のインフラの開発が必要になる。

コストにのみ目を絞るのではなく、我々はCCSのバリュー・プロポジションを考慮すべきである。最低コストの電力を消費者に提供し、エネルギー・システムに柔軟性と復元力を付加する以外に、CCSは経済をシミュレートする潜在性を秘めている。Summit Power社による最近の研究²⁶から、CCSの展開に関連した初めての量的な社会的費用便益分析が提示されている。この研究によると、英国のCCSの進展により経済に5:1ものペイバックがもたらされる。

それは当たっている。CCSはその儲けほど多くのコストを要しない。英国の気候変動委員会の予測に見合ったCCSの大規模な操業が始まると、経済全体に200,000を上回る雇用が生まれる²⁵。

しかし現在の気候目標を達成し、上記の見返りを実現することは、作業の遅れにより益々難しくなっている。CCSのコストを削減し、その利益の恩恵を得る最良の方法は、何と言っても、ユニコーンを探すのをやめ、現在手元にある選択肢を誠実に進展させることである。



操業中の18の大規模CCS施設のうち、16は産業施設である。CCSが広く展開されるに従い、全く新しいCCS産業が生まれつつある。CCS固有のコンポーネント、ボイラー、タービン、パイプライン、その他のCCS専用の製品である。



CCSが推進する 雇用創出 と経済活性化

ニュートン・B・ジョーンズ (Newton B Jones)

International Brotherhood of Boilermakers代表

重工業施設の構築、補修、保守を担う労働組合として、International Brotherhood of Boilermakersは熟練工を訓練し、北米に派遣している。我々の業種は、排出管理やCCS技術を含む大規模システムの設置に携わる数千の職人、すなわち溶接工や油井作業員、機械工の派遣が必要になる。ボイラーメーカーは、CCSがどのように雇用を創出し経済を活性化させるかをじかに見ている。

当組合が契約しているカナダの3件のCCSプロジェクトを例に挙げて説明する。アルバータ州のShell Quest Scotsford UpgraderとNorth West Redwater Sturgeon Refinery、サスカチュワン州のSaskPowerのBoundary Damプロジェクトである。3件のプロジェクトはいずれも異なる性格を持つ。Shell Questは、瀝青を加工して製油所向け油を生成する既存のアップグレーダーにCCS機能を付加している。North West Redwater Sturgeon Refineryは、精製工程で発生するCO₂の回収機能が建設段階で組み込まれている。またSaskPowerのBoundary Damは、既存の石炭火力発電所にCCSを導入した

世界初の商業規模の燃焼後プロジェクトである

(www.CleanerFutureCCS.orgを参照)。

各プロジェクトとも、健康保険や年金、その他の福利厚生を包括する高賃金の組合労働の機会を創出してきた。数千の熟練労働者が現地に赴き、現地に住み、給料を宿泊、食事、商品、サービスに消費してきた。これらのプロジェクトから徴収された税金が、学校をはじめ、警察や消防などの地域サービスを支えてきた。

地域社会での支出が増加し、プロジェクトの施設を建設する労働者層を支える間接的な雇用が創出された。施設が操業に入った現在、現地のフルタイムの労働者が税や個人消費を通じて地域社会を支え続けている。

北米や世界各地で、CO₂排出量を大幅に軽減できるCCS技術の実装について、組織が論じているのは上辺だけである。テキサス州ラ・ポルテ近郊で8 Rivers社のポートフォリオ会社NET Powerが開発しているAllam Cycle技術を例に挙げる。

このプラントは、燃料源に天然ガスを使用して、ゼロエミッションを実現している。またテキサス州ヒューストン近郊の石炭火力発電所Petra Novaで、JX石油開発株式会社と提携する米国の公益会社NRGが利用する溶媒・吸着剤方法もある。ここでは燃焼後のCO₂の90パーセントが回収されている。

CCSに関わるCO₂軽減、雇用創出、経済成長の機会は、世界的に停滞している。またCCSへの関心は大部分が発電部門で起こっているが、大量のCO₂を排出する全ての重工業、石油精製、製鋼、セメント製造、アルミニウム精錬、製造、その他にCCS技術を適応する必要が生じることになる。

民間投資に沿ったCCSの商業化のための政策と財政支援は、気候変動の真の解決策を促す以外に、雇用機会と経済発展も誘発する。パリ協定の地球温暖化目標の達成に必要な桁外れなレベルまでCCSをスケールアップすることは、労働者と地域社会に同時に多大な恩恵を与えることになる。

1880年に設立されたInternational Brotherhood of Boilermakers、Iron Ship Builders、Blacksmiths、Forgers & Helpersは、全米およびカナダの労働者を代表する多業種組合である。労働者は産業建設、保守と補修、造船、製造、鉄道、セメント、鉱山、および関連産業に従事している。詳細はwww.boilermakers.orgを参照。



すべての考えが

正当

セラフィム・キコティス大主教 (Archbishop Serafim Kykotis)

ギリシャ正教ジンバブエおよびアンゴラ管区大主教、セラフィム・キコティス（ギリシャ正教アレキサンドリアおよび全アフリカ総主教）。

国連気候変動危機および持続可能な開発目標部門代表者
世界教会協議会会員および理事

「今の世界をより良い場所にするために日々奮闘している神学者として、私は気候変動という危機を回避するために、できることは何でもやる覚悟を決めている。COP24により、子供たちや次の世代のためにより良い世界を作る取り組みが岐路にぶつかった。カトヴィツェが示すように、我々は気候変動の対策に失敗している。我々はブレーキのないバスに乗って、重要な目的地に向かっていく。しかし、そこへの行き方についていつまでも議論しているのである。

世界が温暖化していると誰もが考えているのに、取り組む方法は様々ではない。ある考えが他よりも正しいという思い込みは常に起こるものだ。この議論に慣れてしまった人もいる。実際には、全ての考えが正当なのだ。

人類とこの惑星を救う希望が少しでも残っていれば、あらゆる解決策を検討する必要がある。炭素回収・貯留は明らかにその解決策になる。CCSは科学的、商業的、そして常識により証明されており、気候変動の対策において不可欠な要素と認める必要がある。

国連安全保障理事会が人類の生存のために加盟国と協議しているが、同時に、我々も国や産業、組織、個人に関わりなく、この星を守るために使えるものは何でも利用して、協力し合う必要がある。

気候変動の対策の成功は、全ての人々が協力し合い、あらゆるものが受け入れられてはじめて実現する」

ケーススタディ ———

ケーススタディ

中国

エコロジカル・エクセレンスへの道



中国で最も早く開拓されたCO₂
EORの一つSINOPECの中国東部CAOSHE油田
写真提供 - SINOPEC

昨年中国では、複数の重要かつ広範囲な気候変動の進展が起こった。

最も重要な進展の一つが環境保護部の生態環境部（MEE）への再編など、政府機関の再編である。気候変動局も、国家発展改革委員会からMEEに移行した。

この再組織化により、気候変動は、戦略と政策決定の枠を越えてより活気ある注目度の高い強制力のある行動計画に組み入れられた。MEEは「エコ文明の創設」を実行に移す任務を与えられている。これは十分に知れ渡った持続可能な発展の概念をより広義に解釈したものである。

この概念は、2035年までに「美しい中国」、すなわちイノベーター企業やクリーンな環境、増加する中流階級、適切な公共交通機関を有し、都市部と地方の格差が解消された国家を創り出すという政府の目標に特徴がある。

気候変動への取り組みは、エコ文明の建設を強力に推し進める主要な手段の一つであり、CCSは炭素排出量の削減目標を達成するための不可欠技術として受け入れられている。実際に中国は、沿岸や後背地から最も遠い辺境の地まで、CCSの展開を加速させるために多大な努力を払ってきた。

他の国々は本命の技術を選ぼうとし、パリ協定の是非を議論しているが、中国のCCSの方針と戦略は冷静で安定した状態が続いている。



中国側では「パリ協定に対する迷い」はないと言っても差し支えない。それどころか、中国は生態学的課題を対象にした新しい法律の制定に迅速に動いており、CCS/CCUSは多くの新しいイニシアチブの中心に置かれてきた。イニシアチブの一部を以下に記す。

- 電力部門の国内炭素市場
- CCUS、CCUSパイロットとNear Zero Carbon Emissionsパイロットを重視した、低炭素技術の広域的な推進
- 科学技術部が推進する主要な研究開発プロジェクトを含む、CCS研究プロジェクトへの資金交付
- CCUSプロジェクト関連の指針を組み入れた、環境影響評価ガイダンスの修正
- CCUSに直接関与する政府高官と研究者向けのCCUSキャパシティ・ビルディングプロジェクト

このような進展にも関わらず、中国のCCSは依然として世界共通の課題に直面している。すなわち政策の実施能力の欠如、不十分な商業投資、高まらない国民の参加である。

同国は経済、環境、社会的考慮が連動する必要があることを意識している。そのような理由で、EORは現在も今後も引き続きCCSの進展の重要な牽引役であり続ける。中国では現在開発の様々な段階にあるプロジェクトが20を超えている。

Jilin CCS

中国北西部、吉林省のCNPC吉林油田CO₂ EOR実証プロジェクトは、累積圧入量が1.12Mtに達し、中国で操業する初の大規模CCSプロジェクトになり、世界では18番目の大規模グローバル施設である。

SINOPEC Zhongyuan Oil Field

中国中央部のSINOPEC中原油田は、年間圧入容量が100,000トン、2007年の操業開始以来の累積圧入量が500,000トンに達している。CO₂は近辺の化学工場の廃ガスから供給されている。

Xinjiang Dunhua

Xinjiang Dunhua Oil Technology Co., LTD (Dunhua Oil) はCCS-EORに焦点を当てた中国唯一の民間企業であり、2015年に操業を開始したDunhuaメタノールプラントから年間100,000トン回収している。

中国は、沿岸や後背地から最も遠い辺境の地まで、CCSの展開を加速させるために多大な努力を払ってきた。

CNPC Changqing Oilfield

CNPC Changqing油田は、2018年に中国の最大の石油・ガス生産高を記録した。油田は陝西省Dingbianにあり、低圧、低浸透性、低含有を特徴とし、EORに適している。2017年に操業を開始し、現在年間50,000トンの回収容量を持つ。

CHN Energy Jinjie

CHN Energyは、実証規模のフルチェーンCCS施設を開発中であり、陝西省の亜臨界石炭火力発電所へのレトロフィットという形をとる。年間CO₂回収容量150,000トンで、回収されたCO₂は、それまでOrdos CCS実証プロジェクトで使用されていた既存のCO₂圧入サイトに圧入される。

Haifeng Carbon Capture Test Platform

Haifeng炭素回収試験プラットフォームは、沿岸貯留資源が豊富な広東州Shanweiに立地する。同プロジェクトは、超臨界発電所に異なる回収技術を使用する、この種の初のプロジェクトである。プロジェクトは建設中で、2019年に試験が開始する。1日当たりの回収量は10～50トンに達すると見積もられている。

その他に中国政府（代表、国家発展改革委員会）、アジア開発銀行、Yanchang Petroleum Group、西北大学間のMOUを通じて550万米ドルの大規模なCCS技術支援が大規模CCSパイロットプロジェクトの開発のために交付された。

このような「地中」活動を背景として、インスティテュートは広く支援されている。政府、産業、学術機関が連携して、CCSの認識水準を高め、情報を共有する活動にあたっている。

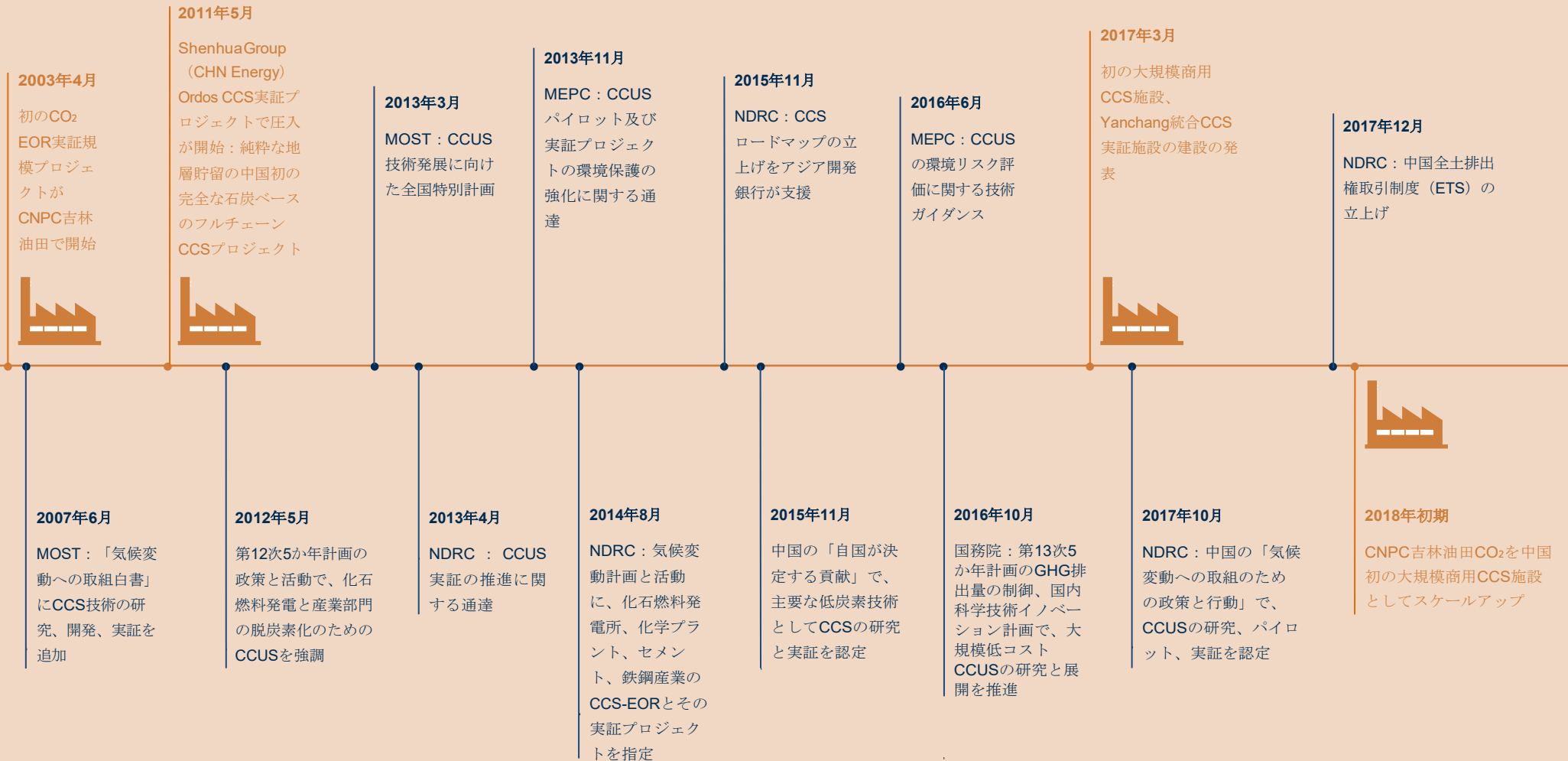
2018年5月、インスティテュートは、CCSの産業部門の脱炭素能力に的を当てた初のAPAC CCSフォーラム（上海）を主催した。生態環境部、気候変動事務局次長、孫正氏など150名以上が出席した。インスティテュートはまた、世界第2位の鉄鋼生産企業で、現在は独自のCCS施設を運用しているChina Baowu Steel Groupと「鉄鋼のCCS」フォーラムを共同主催した。

中国のCCSの成功は、大口の多様なステークホルダーグループの協業とコミットメントにより推進された。このアプローチにより、急激に台頭している「美しい中国」の青写真に、CCSを確実に刻み込むことができる。

ジャン・ジャン・マー博士 (DR XIANGSHAN MA)
クライアントエンゲージメント
中国カントリーマネージャー

CNPC 吉林油田 CO₂ EOR は
世界で18番目の大規模CCS
施設となった。

中国のCCS年表



施設
政策

略語:

MOST：科学技術部

NDRC：国家発展改革委員会

MEPC：中国環境保護部

出典:

中華人民共和国国務院情報局と中国政府出版（中国語）、CO₂REデータベースの政策報告書¹、中国のCCSロードマップ²⁷、国家気候変動戦略研究・国際協力センター²⁸

ケーススタディ

米国

公示どおりの稼働と
迅速化

NET POWERのテキサス州ラ・ボルテにある転換型の50 MWTH天然ガス酸素燃焼/ALLAM CYCLE発電システム。写真提供-NET POWER

ケーススタディ

世界のCCSの動向

米国はCCS分野を主導しているといえるだろう。昨年も展開と政策のペースが上がった。

米国は世界で最も多くの大規模CCS施設を擁し、これまでの累積回収・圧入量は1億5000万トンになる。政策分野の環境は引き続き好調で、今後の新しい施設の建設のための準備が進んでいる。

技術のリーダーとしての役割を自任する米国は、世界最大数の大規模施設を配置している。世界で操業中の18の施設のうち10（カナダのCO₂圧入併設の回収施設1つを含む）は米国内に立地する。米国ではCCSが「周知されているとおりに稼働」していることが証明されている。

同時に米国の施設は、年間約2,500万トンの回収能力を持つ。これは1年間に約540万台の自動車を路上から撤去する量に等しい。

多数の大規模施設

上記の施設で最大のテキサス州のCentury Natural Gas PlantおよびCCS施設だけで、年間840万トンを回収できる。

Shute Creek CCS施設は、年間700万トンの回収能力を有し、CO₂の大気中への放出を防ぐ。Petra Novaは、米国で唯一、世界で2つあるうちの大規模CCS発電施設の1つである。燃焼後回収により発電装置の煙道ガスから90パーセントの炭素を除去できるPetra Novaは、年間最大140万トンを回収する。また同発電所は、貯留量200万トンの節目をささやかに祝しており、全シリンダーでCCSが稼働していることを改めて証明している。同プロジェクトはCCS環境における画期的な偉業であり、学習と改善の場となり、今後のCCSの成功に道を開いている。

Illinois Industrial CCS施設も、Archer Daniels Midland社所有のエタノールプラントのCO₂を回収し、同プラントに隣接する地下深部に貯留しているが、100万トンの節目を達成している。

このような偉業の中で、米国エネルギー省（DoE）は、Carbon Storage Assurance Enterprise initiative（CarbonSAFE）の下で次の一連の地層貯留複合体（CO₂5000万トン超）を開発し、さらなるCCSの展開を進めている。

2025年までに大規模な展開を進めるために、6件のプロジェクトのフィージビリティスタディが実施されている。

- CarbonSAFE伊利ノイ州クリスチャン郡
- ミシシッピ州ケンパー郡の二酸化炭素貯留（ECO₂S）
- ノースダコタ統合炭素貯留コンビナート
- 統合内陸部積層貯留ハブ（Integrated Midcontinent Stacked Storage Hub）
- Wabash CarbonSAFE
- ワイオミング州ドライフォークステーションの商業規模炭素貯留コンビナート

注目案件

しかし大規模プラントは上記に限定される。他の多くの施設は、全国で小規模にCO₂を回収・貯留しており、多くのパイロットプロジェクトも実施されている。

テキサス州ヒューストン近郊のNET Power社の50メガワットサーマル（MWth）実証発電所が大いに注目を集めているのには、もっともな理由がある。

従来の発電所の電力と同じ価格で、天然ガスからゼロ排出の電力を生成できることを証明しようとしているのである。

CCSのサポーターや電力公社の幹部、環境保護主義者は一様に、2018年上半期に操業を開始したこの施設を歓迎している。この施設は、発電プロセスの固有のシステムとして、完全なCO₂回収を組み入れるAllam Cycleの実現可能性を実証する目的を持つ。個別にCCS装置を用意する必要がなく、エネルギー損失を排除したこのプロジェクトは、ゼロ排出の将来に向けた素晴らしい進歩である。最高の意味でのイノベーションでもある。

2018年初め、米国エネルギー省は、地域炭素隔離パートナーシップが様々な地域および地層に人為起源のCO₂を700万トン超圧入したと発表した。これらのパートナーシップのいくつかは、CCSの商業的展開に必要とされる規制要件とインフラ要件を調査している。



45Qのクーデター

最大の事件は、当然ながら、2018年2月の超党派法FUTURE法の承認である。口語的には拡大45Qとして知られる（米国税法の関連項目を参照）が、間違いなく最も重要なCCS関連の政策展開が制定されたため、CCSと幅広い気候変動コミュニティが熱狂した。

この法制により、CO₂の地層貯留ではUS\$50/トン、EORに使用され永続的に貯留されるCO₂ではUS\$35/トンの税控除が受けられる。この税控除は、初めてEOR利用以外のプロジェクトやCO₂直接回収にも適用され、早期段階の投資を奨励している。

将来のCCS関連の連邦法は審議中であり、CCSの展開の支えるのに必要な安定した政策環境の創出に対する立法関係者とエネルギー政策コミュニティの強力なコミットメントが伺える。

適格なプラントの建設をすぐに（2024年までに）開始する必要があるという警告も、産業界の熱意を抑えることはなかった。2件のプロジェクトが既に発表されており、後続のプロジェクトも予定されている。Occidental Petroleum社とWhite Energy社は、White Energy社の2つのエタノールプラントからのCO₂を共同で回収する意向を示している。これとは別にレイクチャールズのマタノールプラントの開発者から、年間400万トン超のCO₂の回収・貯留が見込めるガス化施設への投資計画が発表された。

州規模の支援環境

立法関係者と規制当局者は、州レベルでより活発なCCS支援環境を作り出している。テキサス、ノースダコタ、モンタナ各州は政策イニシアチブを通じてCCS投資を活性化させる重要な一歩を踏み出している。

技術のリーダーシップとしての役割を自任する米国は、世界最大数の大規模施設を配備している。世界で操業中の18の施設のうち10（カナダのCO₂圧入併設の回収施設1つを含む）は米国内に立地する。米国ではCCSが「周知されているとおりに稼働」していることが証明されている。

カリフォルニア州では、CCSは勢いづいている。州の立法機関は、2045年までに100パーセント低炭素電力に移行することを州に要求する、SB100と呼ばれる歴史的な気候法案を可決した。州知事ジェリー・ブラウンは、これを強化する形で、2045年までに完全なカーボンニュートラルを達成する行政命令を発行した。CCSは、上記のいずれの目標も達成するのであれば、解決策の一部に加える必要がある。さらにカリフォルニア州で販売される燃料の炭素濃度を2030年までに20パーセント低下させる作業の一環で、カリフォルニア州の大気資源局は、9月に低炭素燃料基準（LCFS）を修正した。大幅な変更として、炭素回収技術による炭素削減の低炭素燃料市場への参入が許可された点が挙げられる。同時に、同州はCCSに関するプロトコルも導入し、最も厳密な規制をまとめ、CCSをキャップ・アンド・トレード市場に参入させるための道を開いている。

新しい政策と規制の枠組みが展開にどのように影響するかを予測するのは時期尚早であるが、米国で最も環境に配慮した州からのコミットメントは、CCSが気候変動に取り組むうえでの不可欠な技術であり、カリフォルニア州が気候目標を達成するために必須であるという総合的な理解を表している。

CCSの世界では、米国は依然として成長地域であり、難題はあるが、政策を経済的に実現可能なプロジェクトに結びつけ、継続的に技術を発展させている。今後数年に展開される施設への期待を途切れさせてはならない。

ジェフ・エリクソン (JEFF ERIKSON)

クライアントエンゲージメント
ジェネラルマネージャー

ハイディ・ハイトキャンプ上院議員 (Senator Heidi Heitkamp)

米国ノースダコタ州上院議員



CCUSの行動

を起こす年

2013年に米上院議員に選出されたとき、石炭火力発電はデススパイラル状態で、国内の炭素回収隔離（CCS）プロジェクトは苦戦していた。ノースダコタ州では褐炭が数千人の雇用と同時に、我々のエネルギーの80パーセント近くを生み出していた。しかしこの事は、気候変動に対する私の信念と、また気候変動で人々が果たす役割、最終的に石炭と天然ガスエネルギー生成装置からの排出量を大幅に減らすニーズと均衡化させる必要があることを示している。米国政府の問題は、通路の両側、そして両側の支持者が何年もこれらの問題に専念しているのに、いずれの側も「勝利」宣言できるような方向性、また米国がこれらの技術の研究、開発、輸出で主導権を握るという影響力を及ぼすような方向性を、ほとんどの人々が前途に見出だせないでいることにある。このため、私はすぐに行動を開始し、通路の両側の同僚、石炭会社、公社、地方の電気協同組合、環境グループと、国内のエネルギー・環境政策の重要な要素としてのCCSを前進および支援する可能性についての対話を開始した。私は石炭業界に対して、炭素制約の世界で事業を進めることを真剣に取り組む必要があることを説いた。また環境コミュニティに対しては、あらゆる世界の気候および排出量削減の目標を達成するために、CCSが必要になることが、主要なすべての研究で明らかになっていることを説いた。

同時に、私は複数の法案を提出し、米国、カナダ、ノルウェーの施設を視察し、会議では多くの様々な聴衆と対話し、数百の会議に参加し、上院で3名の議員ジョン・バラッソ氏、シェルドン・ホワイハウス氏、シェリー・ムーア・カピト氏から貴重な支援を勝ち取った。この間、焦点も移り、産業および製造部門の排出量削減におけるこれらの技術の必要性についての協議を開始し、協議と法案にCO₂直接回収（DAC）を組み入れ、協議の主要な項目として活用し、CO₂回収利用隔離（CCUS）を巡る我々の全ての立法措置と協議のブランドを変更した。

当時、私は実現可能な超党派ソリューションとしてのCCUSに勢いがシフトするのを目の当たりにし、特に2015年のパリ協定のあと、気候変動の目標を達成するために国際社会のCCUSとDAC技術への投資が欠かせないことが明確になると、それが一層鮮明になった。米国や他の成熟した経済は石炭火力発電の使用を減らしているが、中国、インド、多くのアフリカ諸国、その他の発展途上国は、今後数十年は発電に石炭を使い続けることになる。行動するときが来ているのである。

2018年は、CCUSの行動を起こす年になった。CCUSの政策と技術の進展にとって重大な年であった。私とその起草と提案を支援したFUTURE法が成立した現在、45Qの税控除が改革され、炭素制約の世界に不可欠な技術への投資に関心を持つ投資家が、長期的な確実性と適切な支援を得ることになった。産業を変化させる重大な技術の発展でコストが断念要素となるため、既存のエネルギー供給源から確実かつクリーンに電力を供給し続けるために必要となるイノベーションを活性化させる体制が45Q税控除により全米の共同体に整えられた。我々はまた、テキサス州のNET Power社のプロジェクトやSask Power社のBoundary Damなどのプロジェクトの成功も経験している。コロンビア大学、ミシガン大学、Secure Energy Future Initiative（米国の前エネルギー長官アーネスト・モニス氏が主導）で、主要な研究所とシンクタンクがプログラムの主要な要素にCCUSを据えるのを見てきた。民間部門のCCUSとDACへの投資を見てきた。投資家にはビル・ゲイツ氏をはじめとするシリコンバレーの大物が名を連ねる。

2018年は、本当に、国内だけではなく世界的にCCUSの進展に奇跡のような年であった。

ノースダコタ州では、石炭は十分な供給量があり、エネルギー生成のニーズの大半に対応するため、これは重大なニュースである。しかし恩恵を被る立場にあるのは石炭に限らない。ノースダコタ州リチャードトンのエタノールプラントは、拡大45Qの税控除の利用に初めて関心を示した企業の一つであった。エタノール生産で発生するCO₂を隔離し、二酸化炭素排出量の削減をバイオ燃料に求める市場で製品を販売することができる。ノースダコタ州はまた天然ガスの主要な産地であり、同州の最近の人口の急増と負荷の増加に対応するために新たに天然ガス発電所を建設している。CCUSは我々の天然ガスの市場増加を支えることができ、既存の発電のクリーン化も実現できる。ノースダコタ大学のエネルギー環境研究センターは、CCUS研究（特にBakkenシェール埋蔵地域の石油増進回収の関連）の指揮を執り続け、連邦、州、民間財源の関心と投資の高まりによる多大な恩恵を被ることになる。

現在のような党派色の強い時代において、FUTURE法は環境保護主義者、電力公社、石炭会社、工業メーカー、その他多くの幅広い連合を要求する稀な政策であった。我々はその勢いを利用し、Utilizing Significant Emissions with Innovative Technologies（USE IT）法を提案し、作業を進めている。これは環境保護庁をCCUSとDACに関与させ、これらの技術と必要な政策の進展に対する純粋に省庁横断型のコミットメントを保証させる法案である。我々はさらにこれらの既存の技術の将来を検討しているため、現在の進捗を足場として利用し続けるには、継続的な協力と歩み寄りが必要になる。6年という短期間で見てきた変化と進展は、私が上院議員としてこの問題を優先的に扱う決定を下したことが正しいと自信を持たせてくれた。そしてこれからの未来をワクワクしながら待ち受けている。

2000年以降、Great Plains
合成燃料プラントは
約3,500万トンのCO₂を
石油増進回収のために
回収・輸送してきた。





最も危険な
安全保障上の脅威
の一つと闘っている

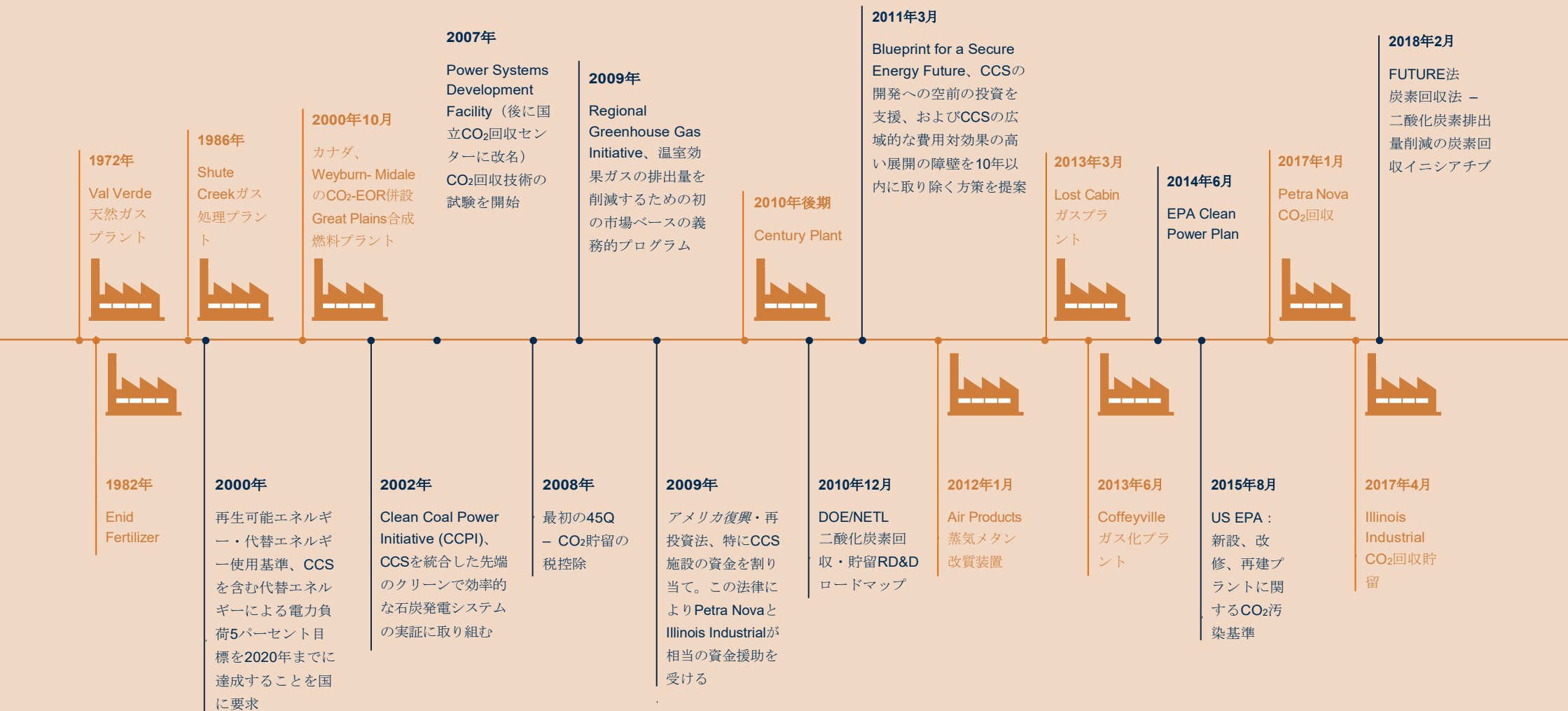
ジョン・ウィリアム・ワーナー上院議員 (Senator John William Warner)

前バージニア州上院議員、前米海軍長官（1969～1974年）

「気候変動は現代において最も危険な安全保障上の脅威の一つであり、軍事的視点から見ても重要である。頻繁に起こる異常気象現象、特にハリケーン、干ばつ、洪水により、政情不安、衝突、戦争に繋がる可能性が見えてくる。気候が変動し、米国がグローバルな責任を担う中で、気候変動は人道的な理由での武装軍隊の配備を増加させる原因になる場合がある。したがって、不可欠な認識として、既存のあらゆる脱炭素化の選択肢を緊急に、調和しながら展開しなければならない。CO₂回収貯留は、一つの不可欠な選択肢として、地球温暖化を防ぐための大幅な排出量削減の実現に重要な役割を果たすことは間違いない」

ジョン・ウィリアム・ワーナー、前バージニア州上院議員。1969～1974年米海軍長官。1978年に米上院議会に初当選し、5期連続選出される。2007年、同議員を中心にLieberman-Warner気候法案を起草。同法案によりGHG排出量の大幅削減を実現するための、キャップ・アンド・トレード制度が確立された。

米国のCCSの年表



施設
政策

クリーン・エア への道



アマルジート・ソーヒ天然資源相 (Hon Amarjeet Sohi)

カナダ天然資源相

「世界が低炭素の未来に向けて移行する期間、CCUSは重要な役割を果たすと予想され、カナダ政府はその発展を支援している。例えば、カナダは次世代の炭素回収技術に取り組んでおり、様々な産業部門から回収されたCO₂を高付加価値製品に変換する新しいアプローチの試験に投資している。またカナダで建設された大規模CCUS実証プロジェクトから今後も学び続けることになる。CCUSは、大気汚染の解消を通じてカナダの空気の浄化に貢献し、産業の低炭素経済への移行を支援できる技術の一つである」

ケーススタディ

日本

能力に磨きかけ
新境地を切り拓く



この1年間に、日本は苫小牧の日本初のCCS水素プラントを通じてCCS能力に磨きをかけた。同プラントはこれまで、200,000トンのCO₂を安全に回収・貯留しており、同技術が今後も注目を浴び、他の広域的な用途にもシグナルを送り続けることが確実視されている。

苫小牧がCCS技術を実証し続ける間に、他の重要な3件のプロジェクトが着実に進展した。日本の南端九州、福岡県近郊の2件（佐賀市の清掃工場と東芝の三川バイオマス発電所）と、広島県の1件（大崎クールジェン）である。

苫小牧と同様に、これらの施設は極限の気候状況でのCCSの事例であり、全てのエネルギー選択枝を進行させておくために政府が導入した多面的なエネルギープログラムである。

このプログラムには、2030年までに全電力の26パーセントを石炭発電で、エネルギーの22～24パーセントを再生エネルギーで賄い、（2020年の水素燃料を使った東京オリンピックの後）水素社会を完全に確立するというコミットメントも含まれる。

この最後の水素に関するコミットメントがCCSの成功に不可欠である。

定置用水素燃料電池が家庭に設置され、日本の路上に2,000台を超える水素燃料電池自動車が走る中で、CCSはもう一つの水素ハイウェイを生み出している。

2018年4月の公式発表によると、日本とオーストラリア政府は両国の産業と提携し、ビクトリア州に水素エネルギーサプライチェーンを構想している。

この5億豪ドル規模のプロジェクトは、川崎重工業（KHI）や電源開発などが後援しており、建設予定の水素生産施設では、ビクトリア州の豊富な褐炭資源をクリーン水素に変換する試験済みの日本の技術が用いられる。

このクリーン水素は、KHIの特注の水素専用船で日本に輸送され、電力、暖房、輸送、産業に使用される。

プロジェクトに欠かせないのがCCSプロジェクトである。これにより、CCSの展開を通じて初めてクリーン・コールの生産が可能になることが証明されるだろう。

この種のかつては見られることのなかった発展は、政府とその関係省庁、特に日本の経済産業省と環境省、産業、学術機関、CCSサポーター間の真の協業体制なしには実現しなかっただろう。

産業が経済的繁栄の要となる日本では、気候変動や今表出している危機を食い止めると同時に、国民の安全、安心、雇用を維持する最後の選択枝の一つがCCSであることが広く認識されている。

1997年にパリ協定の2°Cの基礎が形成された京都議定書の発祥の地で、日本は実用的で社会意識のある、先見の明のある、そして文字通りCCSが新しい分野を拓くエネルギーの将来を刻み続けている。

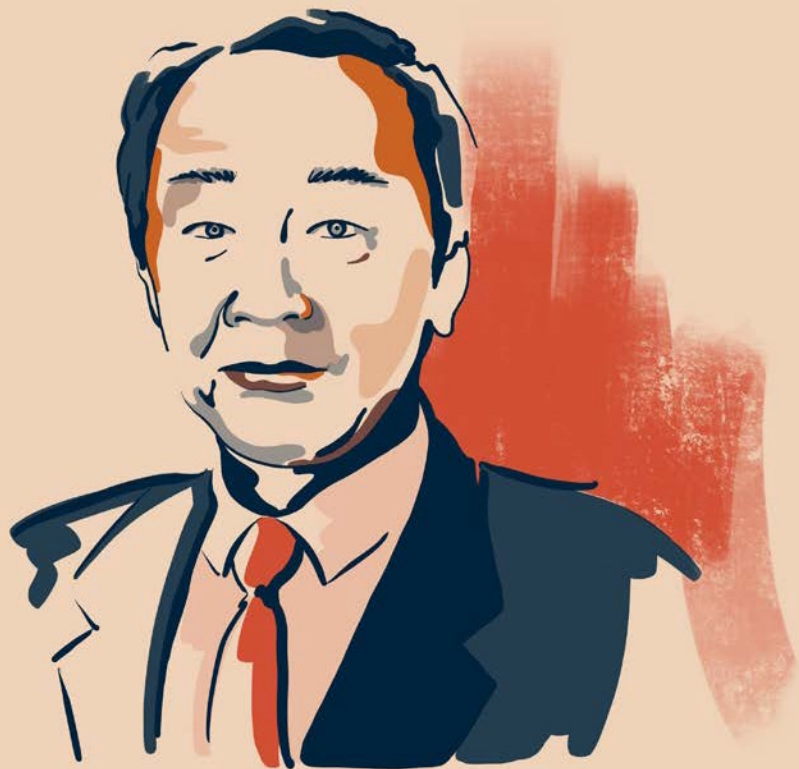
南坊博司

クライアントエンゲージメント
日本代表

日本の5つの重大な偉業

1. 経済産業省の全面的な支援の下で、苫小牧CCS施設でJapanCCSによるCO₂圧入の開始 – アジア発のフルサイクルCCS水素プラント。2020年までに300,000トン超のCO₂を回収予定。
2. 大牟田市（福岡県）の東芝の49MW三川発電所のレトロフィットにより、CO₂回収施設で（石炭以外に）バイオマスを受け入れ。
3. 電源開発と中国電力の大崎クールジェン施設の始動。この大崎上島（広島県）の166 MW酸素燃焼IGCC（石炭ガス化複合発電）プラントはCO₂を分離・回収予定。
4. 佐賀市清掃工場（九州）の東芝のCO₂回収利用（CCU）システムの完工。回収されたCO₂を藻類培養に利用。
5. 川崎重工業からの日本水素エネルギーサプライチェーンの発表。ビクトリア州 Latrobe Valleyのオーストラリア産褐炭をガス化し、船舶輸送により将来の脱炭素化された水素開発に利用する予定。

日本は実用的で社会意識の高い、先見の明のある、そして文字通りCCSが新しい分野を拓くエネルギーの将来を刻み続けている。



より良い未来の環境への 切符

岩倉博文

苫小牧市長、苫小牧CCS推進協議会会長

北海道苫小牧市は、国際拠点港湾を擁する人口17万2千人の工業都市でございます。当市では日本初のCCS大規模実証試験が実施されており、2020年以降の日本におけるCCS技術の実用化に向け、大変重要な役割を担っているものと認識しております。

当市における実証試験では、昨年度までに15万トンを超える二酸化炭素が圧入されておりますが、このように順調に事業が進んでおりますのも、経済産業省や新エネルギー・産業技術総合開発機構、日本CCS調査株式会社をはじめ、地元産業の担い手の皆様など、関係者が一丸となり、たゆまぬ努力を続けられた成果であると心から敬意を表します。

当市といたしましても、実証試験誘致の段階から、地元の関係団体、企業による「苫小牧CCS促進協議会」を設立し、事業が円滑に進捗するよう連携した取組みを進めているところでございますが、大規模実証試験事業の成功に向け、引き続き、最大限の協力をさせていただき所存でございます。

苫小牧CCS実証試験センターには、国内外から多くの視察者が来場されておりますが、当市には、ラムサール条約湿地に指定されているウトナイ湖などの観光地や水揚げ日本一を誇る「ホッキ貝」などの豊富な海産物もございます。

是非、苫小牧CCS実証試験センターの見学と合わせ、北海道の陸・海・空の玄関口である、ここ苫小牧をご覧いただきたいと考えており、引き続き、国際的なCCSの情報発信機関であるGlobal CCS Instituteとしっかりと連携し、世界中の皆様へ情報発信させていただきます。

結びになりますが、Global CCS InstituteをはじめとしたCCSに携わる皆様のこれまでの取組みに感謝を申し上げますとともに、皆様のますますのご発展とご活躍をお祈りいたしまして、御挨拶とさせていただきます。

佐賀市 – 世界で最高の秘境地（現時点で）



佐賀市自治体清掃工場のCO₂回収施設。写真提供 – 佐賀市

このプラントは、国際的な気候変動の目標の達成を促すと同時に、ごみが宝に変わる完全統合型CCUプロジェクトの（文字通りの）顕著な事例である。

日本の南方の景勝地九州の古都、福岡市からわずか38キロの人口240,000人の佐賀市では、未来のCCU都市が出現している。

佐賀が運営する清掃工場は、回収されたCO₂を使って作物の栽培、藻類の培地の製造、また再生金属による2020年東京オリンピック向けのメダルの製造も行っている。

東芝により建設され、2016年に試運転を開始したこのCCU施設は、プラントから排出される煙道ガスから1日最大10トンのCO₂を回収し、回収されたCO₂はわずか数百メートル先のガラス張りの藻類ファームに送出される。そこでは専用の技術により、独特の高級なボディローションやアンチエイジングクリームにCO₂が使用され、商品は世界の小売業者に輸出されている。

世界で初めて廃棄物処理を応用したこのプラントは、現時点で世界で最高の秘境地である。

商業的な成功が急速に進み、現在新たに出てきた農業系新興企業がプラントの隣接用地を取得し、CCU/廃棄物焼却の「二重効果」をもたらす多様性を十分に活用しようとしている。

エネルギー・システムとサービス大手の多国籍企業、東芝は、CO₂回収技術、特に火力発電所から排出されるCO₂の分離の開発において、世界的なリーダーとしての地位を確立した。

佐賀市のCCU装置の開発のきっかけとなったのは、三川火力発電所近くで東芝のCCU専門家兼シニアマネージャー鈴木健介氏が行った活動である。それ以前に佐賀市の代表が三川CCUプラントのCO₂回収技術に密かに注目していた。同プラントでは、燃焼後回収プロセスに化学吸収を適用し、非常に高純度のCO₂を抽出している。

代表は同市で使用するバイオマス・ソリューションを探していたため、三川モデルを佐賀サイトに複製できないかと、東芝に対して公式に打診した。回答はyesだった。

鈴木氏によると、「最大の難問は、私がプラントの建設に充てた細長く狭い用地であった。用地は非常に細長かった。しかし三川で得た知識を駆使して、何とか最新のCO₂回収プラント、来るべき世界の物語と考えるプラントの建設にこぎつけた」

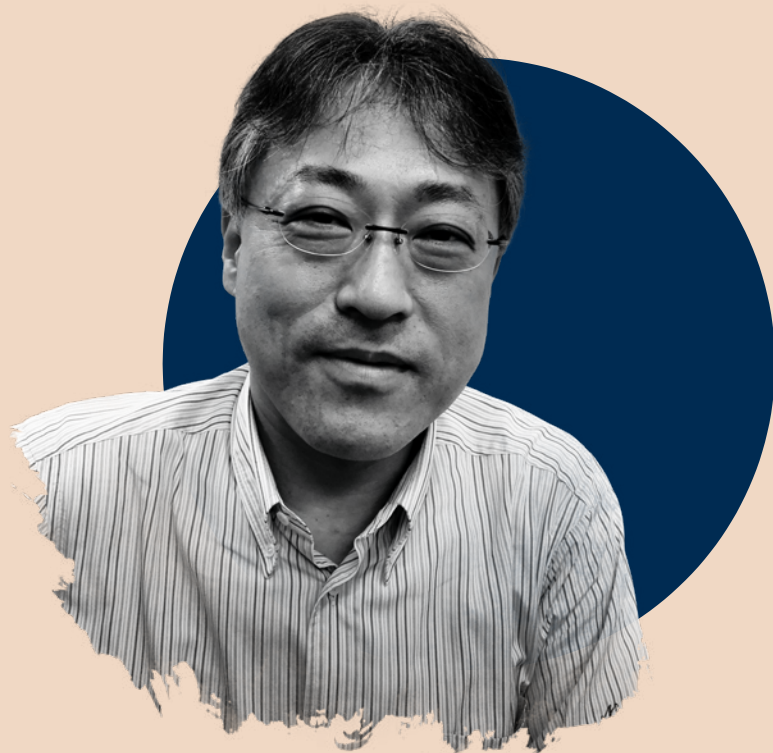
同プラントは、国際的な気候変動の目標の達成を促すと同時に、ごみが宝に変わる、完全統合型CCUプロジェクトの（文字通りの）顕著な事例である。

このイノベーションは、CCUSに政策への信頼性と揺るぎない熱意が加わると、どのようになるかの完璧な見本でもあり、秀島敏行市長が、同市が持続可能性と気候変動軽減の「生きた実験室」になることを公約した。

数十名の児童と一緒にプラントを見学すると、佐賀市の職員から静かに次のように言われるだろう。「市長は非常に気を遣う方で、再生と地球温暖化の軽減の必要性を市民に説くために、自ら各家庭を訪問する。本当に心配りのできる方です」

市長だけではない。政府も低炭素ベンチャーの奨励と雇用創出の特別経済区として佐賀市の自治体を指定した。

グローバルCCS CEO Brad Pageは、佐賀市の清掃工場はこれまで耳にしたことのない、最高の地球環境物語の一つであると述べている。「世界がこのモデルに倣えば、気候変動はすぐに過去のものになるだろう。だから佐賀市のCCUの物語が長く秘密であり続けることはない」



日本に不可欠

世界にも不可欠

小澤典明

経済産業省 資源エネルギー政策統括調整官

2017年8月、日本政府が総合資源エネルギー調査会の戦略的政策委員会で審議を開始したのに続き、2018年7月に第5次エネルギー基本計画が閣僚により承認された。この計画には2030年に向けた基本方針と政策が盛り込まれ、2050年までのエネルギー移行と脱炭素化に対する政府の意向が明記されている。

2030年においても、火力発電がエネルギーミックスの50パーセント超を占めると想定される。温室効果ガスの排出量を削減するためには、火力発電の影響を軽減する高効率性の技術の開発を推進することが不可欠となる。日本の政府と産業は、いずれもCCSの商業化に高い期待を寄せている。

水素経済の実現も重要である。水素は、その生産工程にCCSが適用されると完全な脱炭素を実現するエネルギー源であるため、将来の水素の幅広い活用が大いに期待されている。

また2017年8月には、経済産業省が主催するエネルギー情勢懇談会が2050年までの長期的なエネルギー政策目標の協議を開始し、2018年4月にエネルギー移行のイニシアチブを策定した。

同会では、同時に国内と海外の情勢が客観的に理解され、世界の様々な活動から知識が得られると同時に、日本の現実在即したエネルギー移行と脱炭素化に必要な活動が協議された。

この協議で、CCSは中心的な技術オプションの一つと特定され、資源の豊富な国や新興国と共に、日本もCCSの使用による化石燃料の復活に向けて活動することを決定した。CCSの商業化は、その過程で高コストなどの課題に行き当たる。このような課題の解決策を考案することが重要である。

国内のCCS関連の技術開発に関して、日本は北海道、苫小牧で大規模CCS実証パイロットプロジェクトを実施している。CO₂の圧入は2017年に開始し、現在まで約200,000トンが圧入されている。

また広島県大崎上島では、大崎クールジェンプロジェクトで石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC）が実施中である。CO₂隔離回収施設の建設が2018年に開始し、フルスケールの実証プロジェクトが2019年に開始する予定である。このようなプロジェクトを通じて、日本はCCS技術を確立し、コストを削減し、日本のCCSの商業的実現を目指した作業が可能になることを目指している。

2050年に向けた地球温暖化の問題に取り組む上で、CO₂の大幅な削減を可能にする技術、CCSの実用的応用と商業化が、日本だけではなく世界にとって不可欠である。インスティテュートのCCSの世界的な展開の推進に対して敬意を表する。

ケーススタディ

英国&欧州

野心的な政策
そして実現可能な目標



変革の 促進

ベン・ハウチェン (Ben Houchen)

ティーズバレー市長

現代の最も重要な課題の一つは、より斬新で自由な世界経済の発展を維持しながら、CO₂排出量を削減するというニーズである。

今すぐ行動の決定する場合に限り、技術発展により、経済発展と環境保護の選択を迫られない将来を期待できる。先進国で脱炭素化を進め、伝統産業の環境への影響を相殺すると同時に、新興経済のよりクリーンな成長のための方法と動機を提示することが重要になる。

CCUSの展開は、既存の産業の清浄化と競争力を後押しするだけでなく、新たな技術が出現する機会の創出にもつながる。中でも抜きん出ているのは、製造時および使用時にカーボンニュートラルを実現できる水素の製造と利用である。再生可能エネルギーを使用して、電気分解でゼロカーボン水素を製造できるが、CCSは伝統的な、クリーンさに欠ける製造方法を脱炭素化できる。

このことで、エネルギー生成の時点でCO₂を削減できると同時に、CCSの実現で既存の道路や鉄道、ガスのインフラを大幅に変えずに、クリーンな輸送と多くの家庭の暖房方式の変革が進む。

私は、英国の利益だけでなく世界的にポジティブな効果を生むCCSと水素技術の発展により、ティーズバレーが英国の新しいクリーン成長経済の中心的存在になることを期待している。

今から2050年までの間に、低炭素成長により400億ポンド近くのGVA（粗付加価値）効果が生じ、また産業への影響の軽減策を講じない場合と比べて80メガトンのCO₂の排出量が削減されることを我々は期待している。

これは実質的に、今日よりも相当に成長した経済である。その中には、発生するCO₂はほとんど変わらないが、1ドルの収益当たり、また人口1人当たりのCO₂排出量が減少する先進産業も含まれる。

英国が、環境問題や産業排出量に関する規則を含む欧州連合の規則の支配下から逸脱する中で、一部の評論家が示唆するような遅れをとる機会ではなく、CO₂削減で世界をリードする機会が英国にはある。

国家として、我々はその責任以外に、CCSと水素が意味するもの、すなわち環境保護が堅調な経済成長の対極に位置するものではないことを証明する責任がある。

脱炭素化とクリーン成長を目指すことは、世界の全地域の政府指導者が、産業基盤を成長産業の中心に置く機会である。

その場合、繁栄と世界のCO₂排出量の削減という二重の利益が実現する。これが経済的および環境的な正当性となる。今必要なのは政策的な正当化である。

英国の再出発と再定義

2017年末、英国政府は排出量の削減と低炭素未来の構築のコミットメントの一環として、クリーン成長戦略を立ち上げた。この戦略の中心に据えられたのは、クリーンな経済成長を実現し、英国の経済的および社会的機会を最大限に高める必要性である。

英国政府はその野心的な産業政策の中で、低炭素経済への移行における重要な技術としてCCUSを認定した。同政府はコスト削減を条件に、CCUSを大規模に展開するコミットメントを再確認し、CO₂の利用への関心の高まりを証明する意味でCCSに「U」を加えた。

クリーン成長戦略の一環として、政府はコスト削減を促すためにCCUSのイノベーションに1億ポンドを投資することを公約し、ノルウェーやカナダなどの国々との国際的な協業の機会を探ることの重要性を繰り返した。

現在のMinister of State for Energy and Clean Growth（エネルギー・クリーン成長担当相）のクレア・ペリー大臣は、英国がこの技術の経済的価値を最大化できる可能性を強調する一方で、この技術への強力な支援を実際に表明し、英国をCCUSの国際的なリーダーにする決意を示した。

英国政府はその野心的な産業政策の中で、低炭素経済への移行における重要な技術としてCCUSを認定した。

この目標を実現するために、ペリー大臣は2018年1月に英国CCUS評議会を設置した。これはインスティテュートのCEO、ブラッド・ペイジを含む業界の代表と学術機関が参加し、大臣が主導する作業部会である。同評議会はCCUSに対する政府の取組を推進する過程で、CCUS政策と資金の優先度に関する諮問活動を行っている。

CCUS Cost Challenge Taskforce（CCUSコスト問題タスクフォース）も、英国のCCUSコストを大幅に削減する方法を勧告する目的で同大臣により設置された。このタスクフォースには、業界と学術機関の40名の著名な専門家が参加し、2018年7月に報告書「Delivering Clean Growth（クリーン成長の実現）」を発行した。同報告書では、英国がクリーン成長戦略で計画された野心を達成するための結論、メッセージ、勧告が形成された。その中心となるのが、以下の創出である。

- 政府と産業のコラボレーションにより早期の投資機会を特定し切り開く明確なコスト削減経路
- CO₂の輸送と貯留のための新しいビジネスモデル（輸送と貯留をCO₂回収プロジェクトから分離する）
- 産業施設がインフラと知識を共有できるCCUS「クラスター」

また報告書では、英国気候変動委員会が2018年の議会向けの進捗報告書で提案した活動、2020年代半ばから少なくとも2件のCCUSクラスターを操業させるという案にも同調している²⁹。タスクフォースの勧告のデータを参照して、政府は2018年末までにCCUSの展開経路を公表する予定である。

11月28日と29日、英国政府はエジンバラで、インスティテュート、IEA、その他の主要組織との共有による国際CCUS会議を開催した。

英国のCCUSのポテンシャル

英国の既存の産業クラスターは、CCSの展開での主要な資産となる予定である。既に、産業CCSの展開の強力なビジネス支援策となる複数の産業イニシアチブがある。Teesside CollectiveとCaledonia Clean Energy施設は、英国のCCUSの展開を促進する2件の野心的な大規模商用CCSプロジェクトである。

Teesside Collectiveは、CCSの展開のための強力な事例となった。英国のエネルギー集約型産業の60パーセントを擁するこのプロジェクトは、地域に約6,000の雇用を生み出し、独自の産業構成の脱炭素化を促している。

水素も、エネルギーとガスの脱炭素化の費用対効果の高い経路を構築するための継続的な協議の重要なパートである。有望な開発には、英国最大のガス供給ネットワークCadent社によるHyNet North Westと、Northern Gas Networks社のH21 Northなどがある。いずれもCCSを配備して、低炭素水素生産と供給ネットワークを形成する予定である^{30,31}。

2018年、Drax Groupは英国でBECCSを発展させる可能性のあるバイオマス発電プロジェクトのパイロット試験を発表した。このプロジェクトは、ノースヨークシャーのDraxの発電所のCO₂を回収し、貯留する予定である。

ジョン・スコークロフト（JOHN SCOWCROFT）

欧州 エグゼクティブアドバイザー



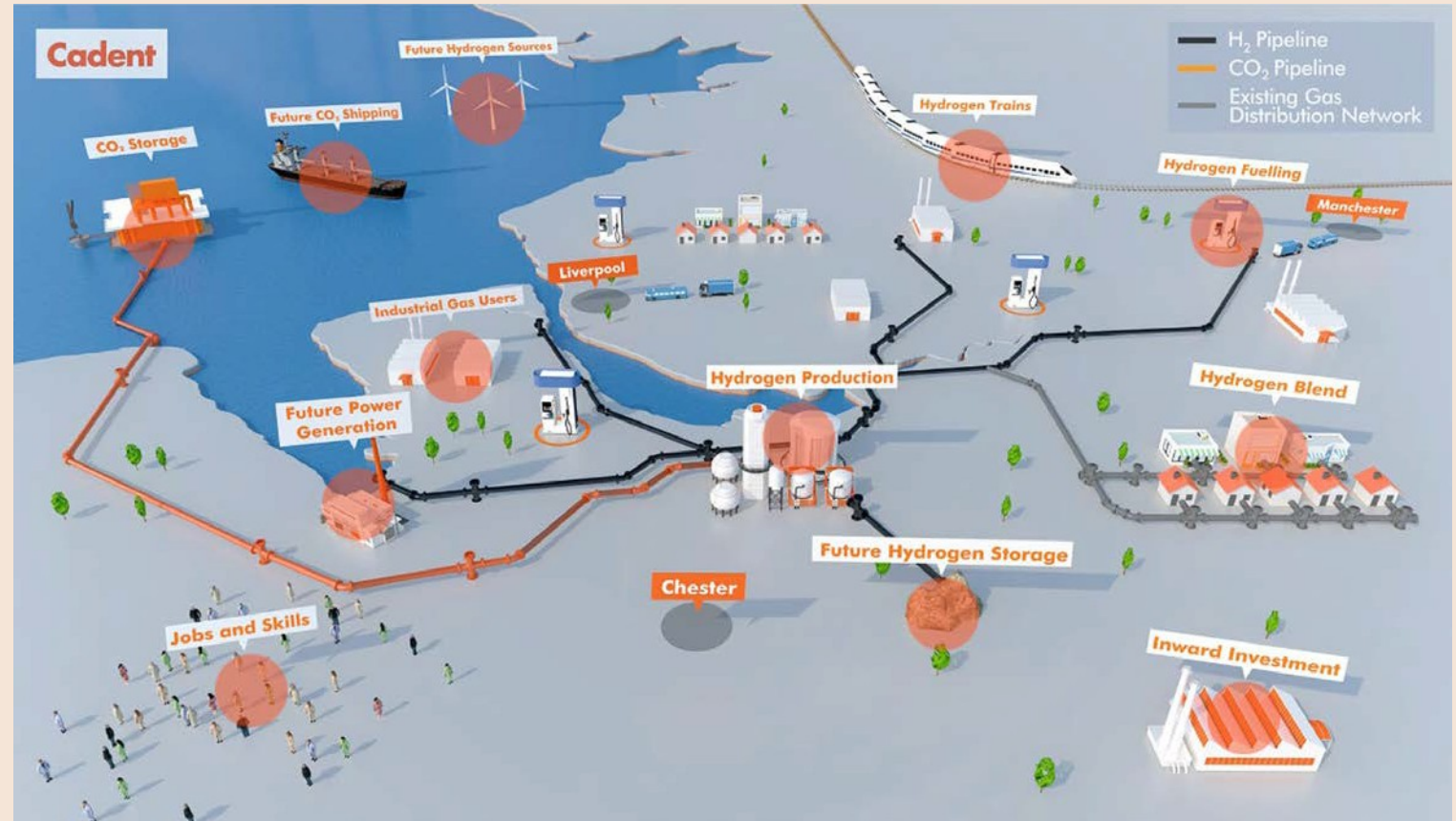
開発中の新たなCCS施設 - 英国&アイルランド

HyNet North West

- ・ 施設責任者：Cadent
- ・ 所在地：リバプール、マンチェスター、チェシャーの一部
- ・ CO₂回収容量：1.5Mtpa前後
- ・ 予定操業開始時期：2020年代
- ・ 貯留方式：リバプール湾で試運転中のHamiltonとLennoxガス田の地層貯留

HyNet North Westは、英国のガス供給会社Cadent社がProgressive Energy社およびENI社と共同で開発したCCUS併設水素生産供給ネットワーク。同施設は天然ガスから水素を生産し、産業用地や家庭の暖房用に供給され、また輸送燃料として使用される。このプロジェクトは、200万を超える家庭と事業に対応する能力がある。

水素生産炭素回収プラントは、チェシャーに配備される可能性が高い。この施設はオートサーマル改質により天然ガスを水素ガスに転換し、大手産業ガスユーザーと産業用地の主要地に供給する。この施設を通じて、Cadent社は他地域で簡単に複製できる、あるいは用地を拡大して他の発電や産業用地を取り込むことができるCCUSインフラを開発している。



HYNET NORTH WESTの概観 画像提供 - CADENT

H21 North of England

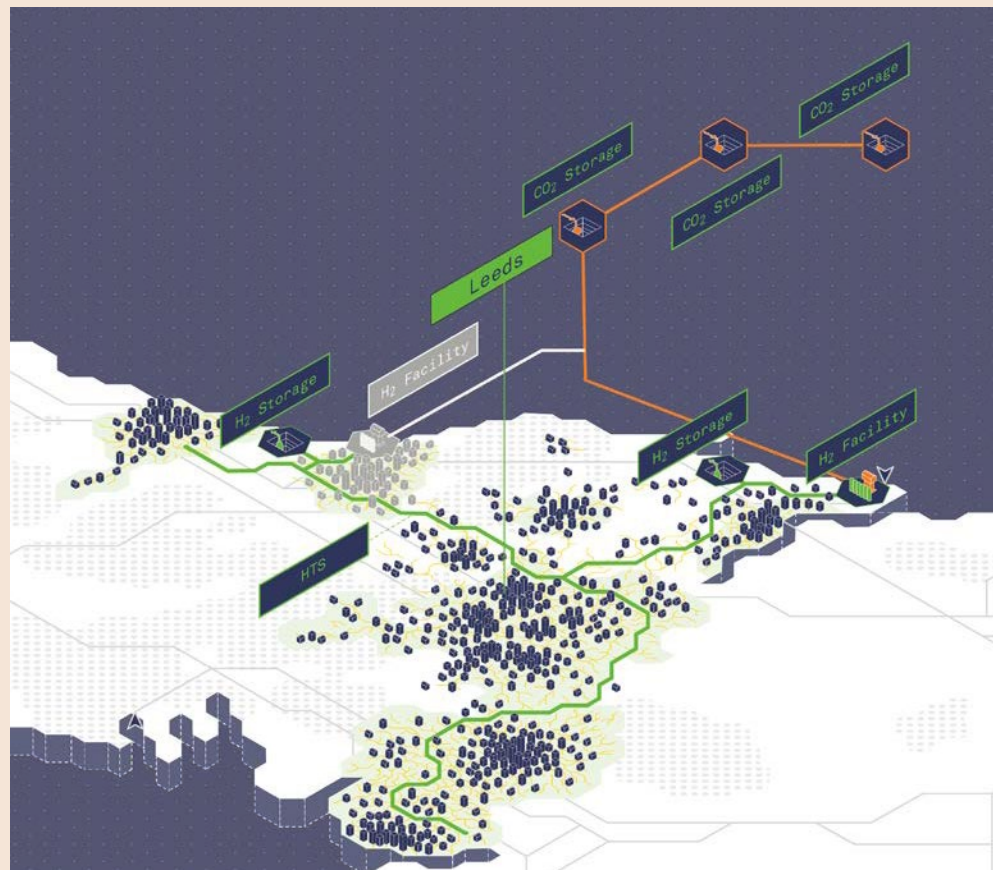
- 施設責任者：Northern Gas Networks
- 所在地：イングランド北部
- CO₂回収容量：2026-2028～2034年の期間中に20 Mtpaまで拡大
- 予定操業開始時期：2026～2028年
- 貯留方式：北海南方の塩水帯水槽、可能であれば枯渇ガス田の純粋な地層貯留

H21 North of Englandは、イングランド北部全体の電力、暖房、輸送の脱炭素化を目指している。英国のガスグリッドを天然ガスからCCSで脱炭素化

した水素に変換し、リーズ、ブラッドフォード、マンチェスター、リバプール、ハル、ヨーク、ティーズサイド、ニューカッスルの370万のメーター箇所を変換する。

クリーンな水素は、12.15 GW能力を持つ大規模製造プラントで生産され、併設されたCO₂回収プロセスにより2035年までに段階的に最大20 MtpaのCO₂が回収される予定である。

CO₂貯留は、北海南方の塩水帯水槽と枯渇ガス田で予定され、英国で成長中のCCS機能とCCSの欧州貿易の長所が伸ばされる。この施設は8テラワット時（TWh）の季節間水素貯留能力を備え、クリーンエネルギーの柔軟な供給を可能にする。



H21 NORTH OF ENGLANDの概要。写真提供-NORTHERN GAS NETWORKS

Ervia Cork CCS

- 施設責任者：Ervia
- 所在地：アイルランド、コーク
- CO₂回収容量：2.5Mtpa前後
- 予定操業開始時期：2028年
- 貯留方式：沿岸部の低圧Kinsaleガス田の地層貯留

Ervia Cork CCS施設は、コークを拠点とする複数の排出集約企業のCO₂の回収に参加する予定であり、当初は2か所の現代的なガス火力複合サイクルガスタービン（CCGT）発電所、WhitegateとAghada、アイルランド唯一の石油精製事業Irving Oil Refinery（日産75,000バレル）が検討されている。

回収されたCO₂は、54キロの沿岸パイプラインを含む既存のパイプ網で、Kinsaleガス田のCO₂予定貯留地に輸送される予定である。

2017年に発行されたアイルランド政府のNational Mitigation Plan（国家軽減計画）では、ガス火力発電所のCCSが「我が国の電力部門の脱炭素化を促す」³²と認めている。

2050年までに、Ervia CCS Cork施設は、CO₂の累積回収および貯留量が146 Mtになると予定されている。この期間を通じて、このインフラの周囲にCCS産業クラスターが形成され、コークの産業排出源による貯留施設の利用が促されることが期待される。

Acorn Scalable CCS Development

- 施設責任者：Pale Blue Dot Energy
- 所在地：スコットランド、アバディーンシャー
- CO₂回収容量：3.0～4.0 Mtpa、0.2 Mtpa前後の当初のパイロット開発からスケールアップ
- 予定操業開始時期：2020年代
- 貯留方式：新たな海底井から海面下約1,900mの枯渇ガス田に近接するCaptain Sandstone Formationに圧入

Phase IIのAcorn Scalable CCS Developmentは、既存のCO₂回収とパイプラインインフラを使用するフルチェーンCCS施設である。Acorn Scalableは、CO₂の回収、輸送、貯留のCCSインフラを最低限の設備コストで操業するために開発されているパイロットプロジェクトAcorn（実現可能な最小限のCCS開発）をスケールアップしたものである。

Acorn施設の主目的は、スコットランド北東部で低コストのフルチェーンCCSプロジェクトを立ち上げることである。これが母体[Acorn（どんぐり）]となり、回収、輸送、貯留インフラのネットワークが成長する³³。

この施設は、欧州研究領域ネットワーク（ERA-NET）プログラムの一環であるAdvancing CCS Technologies（ACT）イニシアチブの資金を確保していた。インフラプロジェクトCO₂SAPLINGは、European Project of Common Interest（欧州共通利益プロジェクト）の資格を持ち、最終的にConnecting Europe Fund（CEF）の資金援助の資格を持つインフラ要素となっている。

オランダ – 気前の良い支出

大規模な自然の産業港クラスター（特にロッテルダム）を擁するため、オランダ人に「CCSへの気前の良い支出」の機会が極自然に現れたのは驚くにあたらない。政府のコミットメントと信頼性も、CCSの能力への関心に改めて火をつけた。

CCSは、気候変動目標の達成のために導入されたCO₂削減策の案の一つであった。政府はその連立合意で、2030年までに20 MtのCO₂の削減がCCSにより促されるとまとめており、その内訳は産業部門で回収される18 Mtと、廃棄物焼却の2 Mtの削除である。Dutch Climate Agreement（オランダ気候協定）の要点に合意するための交渉が現在進められている。国内の排出量削減目標へのCCSの寄与（当初提案された20Mtを下回る見込み）を決定するための、実態調査の任務と協議プロセスが設置されている。

最終合意は、2018年後期に予定されている。

昨年を通じて、ロッテルダム港湾公社は、オランダの産業CCUSハブの開設につながるCCUSインフラの開発の準備を続けた。このプロジェクトは、様々な産業施設のCO₂を港湾エリアで回収して、北海の枯渇ガス田にCO₂を貯留するための基礎インフラの開発を目的としている。

2018年4月、ロッテルダム港のCCSの大規模展開に関するフィージビリティスタディで、CO₂の回収、輸送、北海への貯留が技術的に可能であり、CO₂排出量の削減と気候変動への取り組みに関する費用対効果の高い方策であることが確認された³⁴。今後数か月で、3名のプロジェクトリーダーがプロジェクトのビジネス支援策を検討し、技術的および財務的な要素の調査を進める予定である。投資決定は2019年に予定されている。

Hydrogen 2 Magnum (H2M) には、CO₂回収輸出施設を併設した天然ガス水素生産プラントが内包される予定である。水素はMagnumガス発電所の燃料となり、同発電所はプラントのCO₂の排出量を大規模に削減するための水素燃料発電所に転換される。2018年7月、Equinor Energy社は、十分なCO₂回収技術を持つ水素生産プラントのフィージビリティスタディをVattenfallで実施するための契約を、Jacob Engineering Group Inc.との間で締結した。

天然ガス発電所は、その信頼性と柔軟性を理由に、オランダのエネルギー電力供給に重要な役割を果たす。Hydrogen 2 Magnum (H2M) は、気候変動軽減のためにCO₂を著しく削減すると同時に、エネルギー保全の維持を促す。

昨年、欧州委員会は国境間のCO₂の輸送に関する4件の共通利益プロジェクトを採択し、オランダのステークホルダーが4件の全プロジェクトに関与している。

またオランダには、生産プロセスの一部でCO₂を回収する産業施設も複数存在している。今年、オランダの廃棄物発電・再生会社AVRは、国内で初めて年間60,000トンのCO₂を回収するCO₂回収プラントの建設を開始すると発表した。回収されたCO₂はAir Liquide社により輸送され、温室で使用する。AVRには回収されたCO₂の他の用途を探す野心もあり、コンクリートとバイオ燃料に注目していた。AVRは今後、年間800,000トンのCO₂を回収する意向である³⁵。

大規模な自然の産業港クラスター（特にロッテルダム）を擁するため、オランダ人に「CCSへの気前の良い支出」の機会が極自然に現れたのは驚くにあたらない。

Port of Rotterdam CCUS Backbone Initiative (Porthos)

- 施設サポーター：ロッテルダム港湾公社、Nederlandse Gasunie (Gasunie)、Energie Beheer Nederland (EBN)
- 所在地：他の欧州産業地域とつながる可能性のあるロッテルダム港エリア（ノース・ウェスト・ライン-ウェストファリア、アントワープ）
- CO₂回収容量：2021年以降の第1フェーズで最大2 Mtpa、長期目標として2030年までに5 Mtpaまで拡大
- 予定操業開始時期：2021年
- 貯留方式：純粋な地層貯留
 - 北海沿岸部の深部塩水層（使用されていないガス田）

Hydrogen 2 Magnum (H2M)

- 施設サポーター：Equinor、Vattenfall、Gasunie
- 所在地：フローニンゲン郊外Eemshaven
- CO₂回収容量：2 Mtpa
- 予定操業開始時期：2024年（第1ユニット）
- 貯留方式：ノルウェー沖合油田への地層貯留



「ロッテルダム港は、
オランダの産業CCUS
ハブの開設につながる
CCUS インフラの開発
の準備を続けた」

ノルウェー – 新しい経路を構築

2018年5月、ノルウェー政府は議会に改訂国家予算を提出し、長く待たれていたフルスケールノルウェーCCS施設の評価を公表した。ノルウェー政府は2018年に、国内のCCSの進展と展開に総額2億8000万NOKを割り当てることを公約した。この資金には、前年度からの繰り越しの未使用資金以外に、追加の8,000NOKも含まれる。割り当てられた予算は、CO₂の回収、輸送、貯留、および最大2件の新設CCS施設の資金となる。この資金はまたGassnovaの1億ノルウェークローネの支援にも充てられる。国有企業は、CLIMIT研究プログラム（1億8,000万ノルウェークローネ）と、フルスケールCCSプロジェクトの概念および設計前調査の実施を継続する³⁶。Technology Centre Mongstadも、CCSプロジェクトに関連するコストと潜在的リスクを減らすためのCO₂回収技術の試験を継続するために、1億9,500万ノルウェークローネを受け取る。

国家予算の改正により、ノルウェー政府は、ノルウェーのフルスケールCCS施設の状況をより明確に示した。2017年秋に終了した概念調査と評価の見直しに続いて、政府は関与する3か所の各産業拠点について今後の方針を発表した。

Norcem施設が選ばれたのは、BrevikのセメントプラントでCO₂回収の調査を進めるための国家予算を受け取るためである。これは最終的な投資決定の前の最後の後期計画調査段階になる。

政府は、Norcem施設が実施の成功に最も適した条件を備えていることを明確にしている。この後、外部の品質保証会社からの助言が募られた³⁶。この施設はCO₂回収のコストが最低になること、また適切な実施能力を備えていることが証明されている。

また同施設は、セメントプラントの煙道ガスから年間400,000トンと推定されるCO₂を回収する。

Fortum Oslo Varme施設は、Klemetsrudの廃棄物発電所で、概念調査と外部の品質保証の結果報告に続きCO₂回収のFEED調査を継続することが後に確認された。同施設は推定で年間400,000トンのCO₂を回収する。Gassnova社は、廃棄物発電産業で世界初の大規模CCS施設で得られる教訓は重要なものになると見込んでいる。

ノルウェーのCCSフルスケール施設の目的は、異なる回収施設からCO₂を回収し、北海の海底下の地層に貯留することである。FEED調査は2019年までの終了が予定されている。CCS施設への最終投資決定は、2020年から21年に持ち込まれる予定である。順調に進めば、4年以内にCCSインフラの建設が開始する。ノルウェーのフルチェーンCCS施設は、早ければ2023～24年に操業を開始すると見込まれている¹。

他のCCS施設と同様、国際的な（この場合は欧州連合からの）協力と政策への信頼性に成否が懸かっている。実際に、ノルウェーのフルチェーン施設は、ノルウェー以外に他の欧州諸国にも利益をもたらすCCSインフラの連結に向けた重要な一歩となる。

ノルウェーの施設は、欧州全体の他の点源からの排出を容易に回収できる。Gassnova社によると、ノルウェーの施設は、ノルウェーの回収プラントの一つから回収されるCO₂の総量の10倍に等しい、4 MtpaのCO₂を貯留できる³⁶。その後CO₂は、船でノルウェー西岸の一時的な貯留地に輸送され、北海の海底に貯留される。

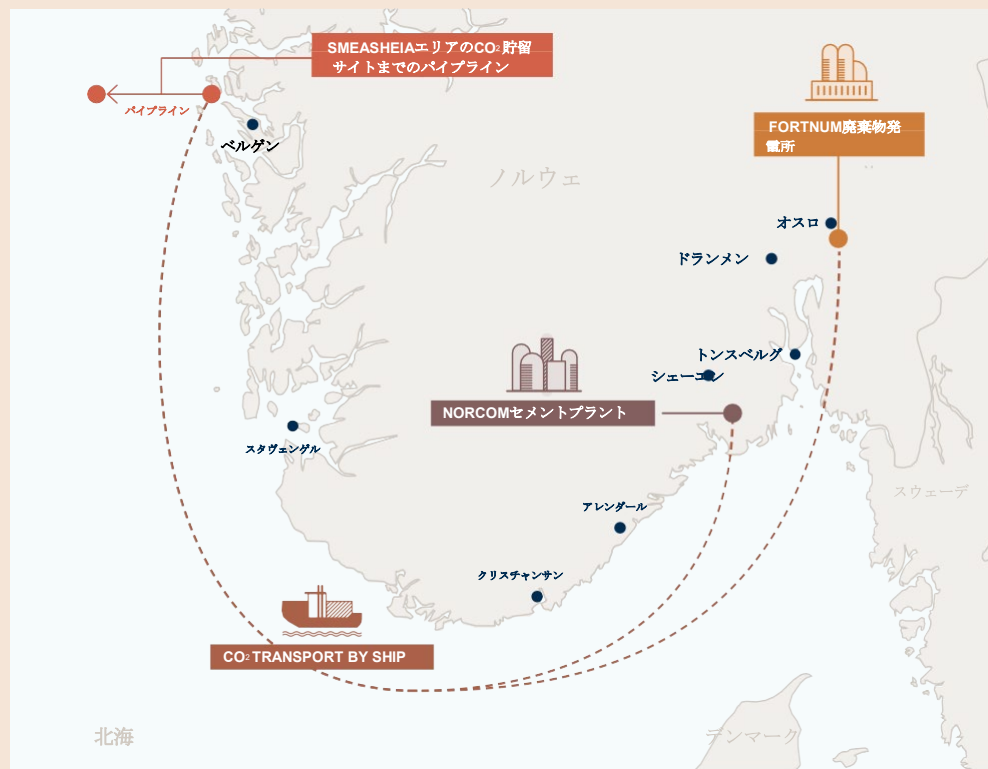


FIGURE 14: ノルウェーのフルチェーンCCS施設のCO₂回収、輸送、貯留の構図。画像提供：Gassnova

ノルウェーのCCS施設の地理的な規模も明らかになりつつある。スウェーデンの石油精製所Preem ABは、ノルウェーとの共同作業によるCO₂の貯留の方法を調査している。

2018年7月、ノルウェーの石油・エネルギー省は、ノルウェーのTrollガス田付近の海底貯留層へのCO₂の圧入と貯留を目的とした、探査許可の入札を各企業に公示した。

この探査ライセンスは、今年秋に割り当てられる予定である。

これは、ノルウェーがCCSの成功に向けて準備を継続しているだけでなく、新たな経路を構築していることの証である。



この施設はノルウェーのフルチ
ェーンCCSの一部であり、ノル
ウェーと他の欧州諸国に利益を
もたらすCCSインフラの結合
に向けた重要な一歩である。

ノルウェーのCCSの年表





費用対効果の高い

CCSソリューションの実現

フィル・マクドナルド (Phil MacDonald)

Sandbag広報責任者

「電力部門の排出量削減は加速しているが、産業排出量は依然として高い状態が続いている。低炭素の製造と産業を構築する上で、CCSが不可欠であると認識している」

Sandbagは、ブリュッセルとロンドンを拠点とする気候変動のシンクタンク。

GORGON 二酸化炭素圧入。写真提供 - CHEVRON
AUSTRALIA

ケーススタディ

オーストラリア

水素ハイウェイ
への道

ケーススタディ

世界のCCSの動向



昨年は1年を通じて、オーストラリアは活気あるエネルギー協議の中心地となり、しばしば電力の信頼性、電力価格、再生可能エネルギーの目標、石炭火力発電、気候変動のコミットメントなど、様々な問題について激しい政治的討論が繰り返された。

そのような激しい状況の中でも、外部の人間であれば、CCSの世界ではほとんど、あるいは何も起こっていないと考えても致し方ない。

しかし現実には、真実とそれほどかけ離れていない。オーストラリアは、政策の改善と国際的な水素ハブの構築という重大な決定を通じて、CCSの理念を前進させ続けている。

条約の公平化

2018年5月、オーストラリア連邦議会は重要法案の審議入ったが、これに刺激される形で、クリーンエネルギー金融公社（CEFC）を通じてCCSに投資資金が公布されること、およびオーストラリアのCO₂排出量の削減を狙ったクリーンエネルギープロジェクトの100億豪ドルの管理を政府機関が責任を持つことについての議論が起こった。

2017年クリーンエネルギー金融公社修正（CO₂回収貯留）法案が可決されると、CEFCのCCS技術への投資の禁止が撤廃され、再生可能エネルギーや他の低排出技術と同じ投資機会が同技術に与えられる。

「Blue Hydrogen」の誕生

2018年初め、オーストラリア、日本、ビクトリア州の政府は、インスティテュートの会員である川崎重工業、電源開発、その他の産業パートナーが同席する中で、メルボルン西部Latrobe Valleyで水素エネルギーサプライチェーン（HESC）を立ち上げることを発表した。

この5億豪ドル規模のイニシアチブは、Latrobe Valleyの豊富な褐炭資源を利用した、将来のCCS対応低排水素、すなわちBlue Hydrogenに向けた最初の一步である。この水素は、暖房と輸送用に日本に輸出される予定である。

パイロットフェーズが成功すると、CCSを含む商用規模のプラントが誕生する。

HESCプロジェクトは、オーストラリアの水素産業の誕生を歓迎している。最終的にCCSが新しいエネルギー経済の中心に置かれることになり、また雇用が確保され、地域経済が持続し、気候変動と闘う世界の水素経済の道が拓かれる。

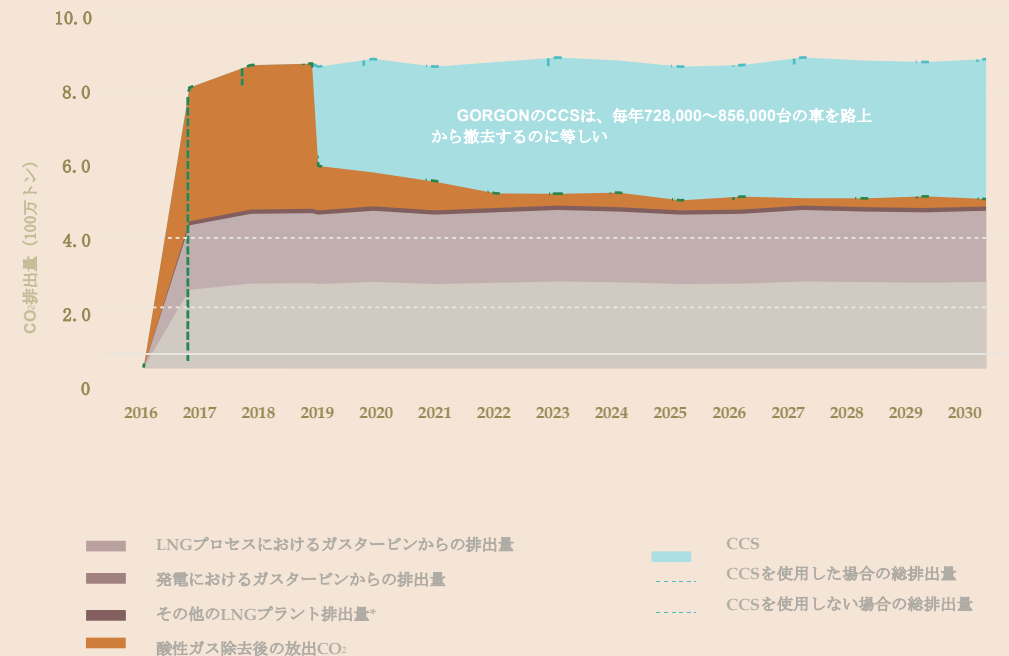
CCSはゼロに近い排出量で、商用コストを低く抑えた、石炭またはガスからの水素生成を可能にする。複数の調査から、石炭とガスの水素への変換とCCSの使用は、低排水素を生成する最も安価な方法であることが確認されている。

CarbonNet

水素開発が進展する中で、CarbonNet CCS施設は、CCSネットワークの成功を保証するために必要なすべてのデューデリジェンスを実施し続けている。

現在、同施設は開発および商業的組織化の段階にある。昨年を通じて、同施設はバス海峡Pelicanサイト（地図を参照）の地震調査と、評価井の掘削を中心に活動してきた。この作業により、CO₂が圧入され、永続的に貯留される海底下の多孔性岩石の特性が検証され、商業規模

FIGURE 15: Gorgon LNGプロジェクトのCCSによるCO₂等価排出削減量



*その他のLNGプラント排出量の排出源には、加熱炉、フレア、一時的排出、ディーゼルエンジンが含まれる。

GORGONガス開発の改訂・拡大提案を元に解析されたデータ。

のCCSネットワークの組織化のポテンシャルが調査される予定である。

このネットワークは、ビクトリア州Latrobe Valleyの複数のCO₂排出点源で回収されたCO₂を集積し、CO₂を共有パイプラインで輸送し、バス海峡海上の深部貯留地に圧入する。

CarbonNetは、ビクトリア州の経済開発・雇用・運輸・資源省により管理され、オーストラリアとビクトリア両政府から資金が交付される。

Gorgon

Gorgonは、純粋な地層貯留を利用する世界最大のCCS施設になる予定であり、2019年初頭に予定されている始動に向けて作業を続けている。操業に入ると、この施設は3.4～4 MtpaのCO₂を回収・貯留することが期待され、Gorgonの温室効果ガスを約40パーセント削減する。排出されたガスは、オーストラリア西岸から100キロ沖合のBarrow島の地底2キロ以上の貯留層に圧入される。

アントニオス・パパスピロポロス
(ANTONIOS PAPASPIROPOULOS)

アドボカシー広報グローバルリーダー

ケーススタディ

世界のCCSの動向



重要
かつ
実現可能

アクシャト・ラティ (Akshat Rathi)

世界的なビジネス誌『QUARTZ』誌記者

「1年間の報告、世界各地の大小のCO₂回収プラントの訪問、そして100人以上の学術機関、新興企業、政策専門家、政府役人との対話を経て、私が下した結論は、CCSが極めて重要で実現可能だということ。その多くの展開には依然として困難が伴うが、その理由は多くの環境保護主義者が一様に口にするものとは異なる」



CO₂の 再イメージ

ポール・アトキンス (Paul Atkins)

『The Carbon Paradox』 (製作中) 監督

『The Trials of Life』 (1990年) 英国アカデミー賞受賞

『The Great White Shark』 (1995年) エミー賞受賞

『マスター・アンド・コマンダー』 (2003年) 第2班撮影監督

『ツリー・オブ・ライフ』 (2011年) 第2班撮影監督

「CO₂は、空あるいは産業発生
源から調達し、隔離あるいは炭
素製品に再生される資源として
再イメージできる」

CO₂は我々の敵ではない。温室効果ガスとしてのCO₂がなければ、地球は凍結した湿地になってしまう。しかし大気中に大量に放出されると、この惑星は耐え難いほど暑くなる。地球温暖化は実際には、CO₂のバランスの問題なのだ。

大半の科学者は、地球の温度上昇の最悪の影響を回避するためには、CO₂の回収と隔離が必須になると信じている。CO₂は空あるいは産業排出源から調達され、隔離あるいは炭素製品に再生される資源として再イメージできる。これは発想転換や収益につながる発想であるだけでなく、必要なものである。

しかし、世界はそのための技術が存在していることすら認識していないようだ。そのような状況を変える必要がある。人々の意識を高め、クリーンで繁栄した将来に我々を導くというインスティテュートの目標を私も支援している」

フリオ・フリードマン博士
(Dr Julio Friedmann)

Carbon Wrangler CEO、Energy Future Initiativeの傑出したメンバー
コロンビア大学Centre for Global Energy Policy上級研究員



CO₂管理により

未来

を垣間見、

生活の質を向上

「未来には、CO₂
管理で大きなサプラ
イズが待ち受けてい
る可能性がある」

CCS、carbon-to-value（CO₂再生）、CO₂除去を含めたCO₂管理の立役者が揃い始めた。パリ協定の気候目標をほとんどの主要経済が達成できないという気まずい認識、IPCCの最近の1.5°C報告書の不安な事実、そして相次ぐ気候関連の災害（火災、洪水、暴風雨、干ばつ）から、人為的な気候変動が慢性状態となっていることが分かる。

幸いにも、CO₂の管理を巡る技術、政策、投資、事業の劇的な進展により均衡状態が維持され、多くの分野で関心と進展が助長されている。

- 石油・ガス気候変動イニシアチブの会員数の増加、野心、投資コミットメントは、結果的として、2019年に大手石油・ガス会社がCCSに照準を当てるという発表につながった。米国のFUTURE法の施行後、新規プロジェクトの発表が数回行われた。カリフォルニア州は低炭素燃料基準を増補し、規制遵守メカニズムとしてCCSを導入した。またNetPower社、Inventys社、FuelCell Energy社、その他の回収会社が達成した重大な偉業と資金調達作業を発表した。
- carbon-to-valueでは、Carbon XPRIZEが最終候補地と2か所の機能的な海床を発表した。ミシガン大学やコロンビア大学、インペリアル・カレッジを含む世界各地の大学が、CO₂再生の新しいプログラムとコミットメントを発表している。Solidia社（セメントとコンクリート）、Econic社（プラスチック）、Newlight社（プラスチック）はすべて、資産と新たな投資および契約を発表した。

最大の変化は、CO₂除去分野と思われる。その前面に立ったのは、CO₂直接回収（DAC）会社

（Climeworks社、Carbon Engineering社、Global Thermostat社）であり、いずれも重大なプロジェクト発表、実施契約、最大の資金調達を行っている。また王立協会、全米アカデミーズ、世界資源研究所、日本政府からの報告も一定の役割を果たした。いずれの報告書も、BECCSの重要な役割を強調し、従来のCCSの成功と目標達成の必要性を明確に示している。同時に、ブロックチェーン、AI、自律、素材開発、付加製造を巡るイノベーションの驚異的な進展速度が、コストと性能の改善が目と鼻の先に迫っていることを示唆している。

参考文献

- Global CCS Institute, 2018. CO₂RE Database. <https://CO2RE.co>.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, 2018. Global warming of 1.5oC (SR15). <http://www.ipcc.ch/report/sr15/>.
- Norwegian Petroleum, 2018. Emissions to air. <https://www.norskpetroleum.no/en/environment-and-technology/emissions-to-air/>.
- Global CCS Institute, 2017. The Global Status of CCS: 2017. Melbourne, Australia. <https://www.globalccsinstitute.com/webform/global-status-ccs-2017>.
- Global CCS Institute, 2007. The In Salah Gas CO₂ Storage Assurance Joint Industry Project. <https://hub.globalccsinstitute.com/publications/salah-gas-co2-storage-project/salah-gas-co2-storage-assurance-joint-industry-project>.
- SaskPower, 2018. BD3 Status Update: March 2018. <https://www.saskpower.com/about-us/our-company/blog/2018/05/bd3-status-update-march-2018>.
- Shell, 2018. QUEST Carbon Capture and Storage. https://www.shell.ca/en_ca/about-us/projects-and-sites/quest-carbon-capture-and-storage-project.html.
- Tanaka, S. et al, 1995. Possibility of underground CO₂sequestration in Japan. Energy Conversion and Management, 36, 527-30.
- Janssens-Maenhout, G. et al, 2017. Fossil CO₂ and GHG emissions of all world countries. Science for Policy report, Joint Research Centre, European Commission.
- Wei, N. et al, 2015. Regional resource distribution of onshore carbon geological utilization in China. Journal of CO₂ Utilization, 11, 20-30.
- Alcalde, J. et al, 2018. Estimating geological CO₂ storage security to deliver on climate mitigation. Nature Communications, 9, 2201.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, 2005. IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- International Energy Agency, 2018. Tracking Clean Energy Progress. <https://www.iea.org/tcep>.
- Global CCS Institute, 2018. CCS Policy Indicator. <https://www.globalccsinstitute.com/publications/ccs-policy-indicator-ccs-pi>.
- Energy Future Initiative, 2018. Policy Paper: Advancing Large Scale Carbon Management: Expansion of the 45Q Tax Credit. https://static1.squarespace.com/static/58ec123cb3db2bd94e057628/t/5b0604f30e2e7287abb8f3c1/1527121150675/45Q_EFI_5.23.18.pdf.
- Government of Canada, 2018. Putting a Price on Carbon Pollution in Canada. <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/news/2018/04/putting-a-price-on-carbon-pollution-in-canada.html>.
- UK Government, 2018. Delivering Clean Growth: CCUS Cost Challenge Taskforce report. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/727040/CCUS_Cost_Challenge_Taskforce_Report.pdf.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, 2015. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fuss, S. et al, 2014. Betting on negative emissions. Nature Climate Change, 4, 850-3.
- Energy Technologies Institute, 2017. Carbon Capture and Storage needs to be part of the UK's future energy system and the economic prize could be considerable. <https://www.eti.co.uk/news/carbon-capture-and-storage-needs-to-be-part-of-the-uks-future-energy-system-and-the-economic-prize-could-be-considerable>.
- Heuberger, C. et al, 2016. Quantifying the value of CCS for the future electricity system. Energy and Environmental Science, 9 (8), 2497-510.
- Jaremko, D., 2018. Construction to commence on Alberta Carbon Trunk Line as Wolf gets in on the deal. JWN. <http://www.jwnenergy.com/article/2018/8/construction-commence-alberta-carbon-trunk-line-wolf-gets-deal/>.
- Heuberger, C. et al, 2018. Impact of myopic decision-making and disruptive events in power systems planning. Nature Energy, 3, 634-40.
- Heuberger, C. and Mac Dowell, N., 2018. Real-World Challenges with a Rapid Transition to 100% Renewable Power Systems. Joule, 2(3), 367-70.
- Mac Dowell, N. et al, 2017. The role of CO₂ capture and utilization in mitigating climate change. Nature Climate Change, 7(4), 243-49.
- Caledonia Clean Energy Project and Summit Power, 2017. Clean Air - Clean Industry - Clean Growth: How Carbon Capture Will Boost the UK Economy. <http://www.ccsassociation.org/news-and-events/reports-and-publications/clean-air-clean-industry-clean-growth/>.
- Asian Development Bank, 2015. Roadmap for Carbon Capture and Storage Demonstration and Deployment in the People's Republic of China. Mandaluyong City, Philippines.
- Liu, Q., 2016. CCUS Development in China - Outlook, Projects and Policies. https://jp.globalccsinstitute.com/sites/jp.globalccsinstitute.com/files/content/media_release/122850/files/S2_CCUS_development_in_China_Liu_qiang_NCSC.pdf.
- Committee on Climate Change, 2018. Reducing UK emissions: 2018 Progress Report to Parliament. <https://www.theccc.org.uk/publication/reducing-uk-emissions-2018-progress-report-to-parliament/>.
- Cadent, 2018. Press Release: Thousands of jobs set for North West with 'HyNet' plan for clean, green gas. <https://cadentgas.com/media/press-releases/2018/thousands-of-jobs-set-for-north-west-with-plan-for>.
- Northern Gas Networks, 2017. Leeds City Gate H21. <https://www.northerngasnetworks.co.uk/wp-content/uploads/2017/04/H21-Report-Interactive-PDF-July-2016.compressed.pdf>.
- Department of Communications, Climate Actions & Environment, 2017. National Mitigation Plan. <https://www.dccae.gov.ie/en-ie/climate-action/publications/Documents/7/National%20Mitigation%20Plan%202017.pdf>.
- ACT Acorn, 2018. New reports chart progress of ACT Acorn. <https://www.actacorn.eu/news/new-reports-chart-progress-actacorn>.
- Port of Rotterdam, 2018. CO₂-opslag onder Noordzee technisch haalbaar en kosteneffectief. <https://www.portofrotterdam.com/nl/nieuws-en-persberichten/co2-opslag-onder-noordzee-technisch-haalbaar-en-kosteneffectief>.
- AVR, 2018. Afvalenergiebedrijf pakt CO₂-uitstoot aan met start bouw grootschalige CO₂-afvanginstallatie. <https://www.avr.nl/nl/afvalenergiebedrijf-pakt-co2-uitstoot-aan-met-start-bouw-grootschalige-co2-afvanginstallatie>.
- Royal Ministry of Finance, 2018. Prop. 85 S (2017 - 2018) Propositie til Stortinget (forslag til stortingsvedtak): Tilleggsbevilgninger og omprioriteringer i statsbudsjettet 2018. https://www.statsbudsjettet.no/upload/Revidert_2018/dokumenter/pdf/prop85.pdf.
- Chevron Australia, 2008. Public Environmental Review - Gorgon Gas Development Revised and Expanded Proposal EPBC Referral 2008/4178. https://australia.chevron.com/-/media/australia/our-businesses/documents/gorgon_revised_proposal_per_final_main_report_20080909.pdf.



お問い合わせ先

アドボカシーおよび広報チームの
メンバーにご連絡ください。

globalccsinstitute.com/contact

本部：

Level 16
360 Elizabeth Street
Melbourne VIC 3000
電話：+61 (0)3 8620
7300

©Global Carbon Capture and Storage Institute Ltd 2018

別段の記載のない限り、本出版物著作権はGlobal Carbon Capture and Storage Institute Ltd（グローバルCCSインスティテュート）に帰属し、ライセンスに基づき使用されます。法律で許可された場合を除き、グローバルCCSインスティテュートの書面による許可なしに複製することはできません。

グローバルCCSインスティテュートは本書の情報を可能な限り正確なものとするよう努めました、本書に記載された情報の全面的信頼性、正確性、完全性を保証しません。したがって、本書に記載された情報のみを信頼し、投資上・商業上の決定をすべきではありません。

グローバルCCSインスティテュートは、本書に記載された外部・第三者のインターネットウェブサイトのURLに関する永続性・正確性について一切責任を負うものではなく、ウェブサイトの内容の正確性・妥当性について保証するものではありません。許容可能な範囲において、グローバルCCSインスティテュート、その職員、アドバイザーは、本書に記載された情報に基づく商業上・投資上の決定を含む本書の情報の使用または信用性に対して責任（過失を含む）を負いません。

本報告書の引用にあたっては必ず以下を明記してください。

Global CCS Institute, 2018. The Global Status of CCS; 2018. Australia

本報告書の内容は2018年11月現在のものとなります。