



グローバル CCS インスティテュート提言:

二酸化炭素の地中貯留に関する指令に対する 欧州委員会の評価プロセス

欧州指令 2009/31/EC

免責条項

グローバル CCS インスティテュートは、本提言の情報の正確性には最大限の努力を払っていますが、同情報の完全な信頼性、正確性、完全性については保証しません。したがって、本提言内の情報のみを根拠に、投資判断または商業的な決定を行わないでください。

グローバル CCS インスティテュートは、本書内で言及される外部または第三者のインターネットウェブサイトの URL の一貫性あるいは正確性に責任を負わず、当該ウェブサイト内のコンテンツの現在または今後の正確性または適切性を保証しません。

最大限の許容範囲で、グローバル CCS インスティテュートとその従業員、およびアドバイザーは、本提言に記載される情報に基づき下された商業的または投資決定を含めて、本提言の情報の使用または依拠に対して責任（過失に対する責任を含む）を負いません。

この出版物は知識共有の目的でグローバル CCS インスティテュートが刊行したものです。もし当翻訳の一部が出典元と差異があった場合は、出典元に拠ります。

© Global Carbon Capture and Storage Institute Ltd 2015

特に明記される場合を除き、本提言の著作権はグローバル炭素回収貯留インスティテュート（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。1968 年著作権法 (Cth) の下で許可される研究、調査、報告、批評、または審査を目的とした適切な使用を除き、グローバル CCS インスティテュートからの書面による許可なく、本提言のいかなる部分もいかなる方法であれ複製することを禁じます。

本提言の執筆者

Andrew Purvis、ゼネラル・マネージャー – 欧州・中東・アフリカ担当
Silvia Vaghi、プリンシパル・マネージャー – 欧州・中東・アフリカ地域政策・規制担当
Ian Havercroft、シニア・アドバイザー – アジア太平洋地域法務・規制担当
および回収、貯留、市民参加、政策に関する社内アドバイザーも本提言に寄与した。

照会先

照会先：著者宛先
Global CCS Institute
Europe, the Middle East and Africa
Level 21, Bastion Tower, 5 Place du Champs de Mars B-1050,
Brussels, Belgium
emeaoffice@globalccsinstitute.com

要約 インスティテュートによる本提言は、欧州委員会 (EC) から利害関係者への要求、すなわち CO₂ の地中貯留に関する EU 指令 2009/31/EC (CCS 指令) の施行の見直し作業に参加し、欧州における CCS の普及と実現政策の状況の評価する要請に応じたものである。

インスティテュートの主な考察事項は以下のとおり。

欧州指令 2009/31/EC の評価

- 当インスティテュートは、CCS 指令の重要性を認識しており、プロジェクトの普及を確実に行うための法的・規制的な枠組みの重要性を認めている。
- 当インスティテュートは、CCS 指令と同指令において提案されている特質に対する詳細な評価は、現時点では時期尚早であると考えている。これは、現時点までの欧州のプロジェクトでは、CCS 指令のあらゆる規定が十分に経験されていないという根拠に基づいている。
- しかし当インスティテュートは、国内の規制モデルと、今回のレビューに関連した欧州の包括的な運営体制に対する重要なプロジェクトレベルの展望が、初期欧州 CCS 実証プロジェクトから得られると考えている。このことは、プロジェクト終了後の管理から生じる問題 (責任の移転、賠償責任) に最も顕著に表れている。政府と先発プロジェクト開発者のリスクの特性に応じた形でこれらの問題に対処することが、欧州の CCS を進捗させるために極めて重要である。

CCS の普及と実現政策の状況

- 最低コストによる脱炭素化の達成は、CCS を備えた化石燃料とバイオマスの使用を含めた多数のクリーンエネルギーソリューションにより対応しなければならない課題である。これらの点については、昨年度、政府と産業団体が実施した相当 (かつ増加傾向の) 数の独立した調査と報告においても強調されている。
- 現在、操業中または建設中の大規模 CCS プロジェクトは 22 件あり、その件数は 2011 年から 50 パーセント以上増加している。CCS 技術の応用に対する信頼性が高まっている兆しが明らかに見てとれる。
- 米国とカナダ、また最近では中国における進展は目覚ましい。北米で現在 3 件の大規模 CCS プロジェクトが建設段階にあることに注目すべきである。その中で、カナダの Boundary Dam Integrated Carbon Capture and Sequestration Demonstration プロジェクトは、操業段階への到達が目前である。中国の複数のプロジェクトは、2014 年度中あるいはその後まもなく最終投資決定に至るものと見られている。
- これに対して欧州は、数年前に目指していた大規模 CCS プロジェクトの発展の推進役としての地位を失った。早期段階では多くの分野で高く期待され、相当の前進を見せていたが、この 10 年以上、欧州では「建設 (Execute または Construction)」段階まで進んだ新規の大規模 CCS プロジェクトはない。
- オランダの ROAD プロジェクトは、発電部門における世界で最も進んだ CCS プロジェクトの一つであり、追加予算が確保されれば、いつでも前向きな最終投資決定が下される状況である。したがって ROAD プロジェクトは、欧州の CCS の進捗に極めて重要な意味を持つ。英国の Peterhead CCS プロジェクトと White Rose CCS プロジェクトは、いずれも過去

6～9 か月間に「精査 (Define)」段階まで進捗した。これは英国内で再び CCS の取組みが活発化しているためである。

- 欧州の CCS プロジェクトの勢いを加速させる政策努力では、以下の問題への取組みが必要となる。
 - 長期的普及を支援する、強力で持続可能な、技術中立的な排出削減政策 – 不確実性を減らし、プロジェクト開発者が要求する長期的な予見可能性を実現するために欠かすことができない。
 - 目前の実証作業を支援する、インセンティブメカニズムの強化 – 短期的には、開発過程を通じ堅実なプロジェクトがより早く進み、建設までこぎつけられるよう、財務支援措置が必要とされる。後発プロジェクトに比べて、先発プロジェクトはリスクが高くなり、先行コストを多く負担することとなる。財務・政策的支援の枠組みを定める際には、この点を正しく認識して考慮に入れる必要がある。
 - CCS の価値と利点について継続的に訴えかけ、政策の検討や政府の支援を受ける上で CCS が他の低炭素技術と比べて不利にならないようにすることが重要である。

CCS 技術の進捗

- CCS 技術の技術的実現可能性とパフォーマンスに関連した知識は、世界各国で実施される様々な活動のおかげで、近年高まりを見せている。欧州諸国の大半で、パイロット試験プロジェクトと研究開発の取組みを通じてかなりの知識が蓄積されている。
- 現在建設段階にある (2 件は操業間近) 発電部門の 3 件の大規模 CCS プロジェクトにより、CCS 技術を発電および産業部門へ大規模に統合するための技術的課題は、時間の経過と共に克服されるとの確信が (ますます) 高まっている。他にも複数のプロジェクト開発について、財政支援の確保次第ではあるが、最終投資決定が目前の段階にある。
- 今後のコスト削減の見通しは重大である。このことは欧州における (および世界的にも)、先発プロジェクトから得られた教訓や、CCS の研究開発への継続的な強固な資金提供、および知識共有への協力的なアプローチにより裏付けられている。
- 欧州は、貯留地の選定計画を進め、輸送と貯留を連動させたソリューションを奨励し、プロジェクトの費用およびタイムラインを縮小することにより、CCS の実証に対し建設的な道筋を開くことができる。

環境に配慮した技術としての CCS のポジティブな認識を確立し、世界的な CO₂ 排出量の削減において CCS の重要な役割を強化するために、欧州の実証プログラムの成功は重要である。これにより、CCS 技術の活用が証明され、信頼性が高まり、また CCS 技術の進展および実施中のプロジェクトから得られる実用的な知識を通じてコスト削減も実現する。

概要

当インスティテュートは、CCS を低炭素化された未来の必須要素と考え、不可欠で安全かつクリーンな技術として CCS を支持している。CCS は、発電所と産業排出源から排出される温室効果ガスの排出量削減に必要な一連の技術の一つである。

当インスティテュートの任務は、知識共有活動、事実に基づく影響力のある助言、擁護 (advocacy) を通じて、CCS の世界的な開発、実証、普及を加速させ、CCS の実施に有利な状況を創出するために働くことである。

CCS の地域的・局所的な専門知識を蓄積するための当インスティテュートの取組みの重要な側面に、欧州の CCS 実証プロジェクトネットワークの管理が挙げられる。同ネットワークは、プロジェクトの開発者同士が学び、実証プロジェクトを開発する上での問題に対処するためのプラットフォームを提供している。同ネットワークと、CCS のあらゆる活動を通じて当インスティテュートが担当した地域的・世界的な活動の経験から、当インスティテュートは、今回のレビューに対して情報に基づいた見解を提供する体制を整えている。

当インスティテュートは、CCS 指令のレビューに向けた利害関係者との協議プロセスの最初の段階で、オンライン質問票によるフィードバックという形で貢献している¹。

本書の目的は、オンライン質問票を通じて提供された当インスティテュートのフィードバックを補足することである。したがって本書では、各項目がレビューの主要な目的と密接に関連した以下の項目について扱っている。

- CCS 指令の適用における特定の側面に関連した考察
- 欧州の CCS の普及と実現政策の状況に関する考察
- CCS 指令の実施以降の CCS 技術の技術的パフォーマンスとコストの進捗に関する考察

欧州指令 2009/31/EC (CCS 指令) の評価

この項では、CCS 指令の適用に関する当インスティテュートのレビューの所見を示す。

当インスティテュートは、CCS 指令の第 38 条に含まれるレビュー規定を認識している。この規定では EC に対して CCS 指令の適用のレビューを要求している。EC は、CCS 指令の実施に関するレビュー報告書となる次回の実施報告書の、欧州議会 (EP) と欧州理事会への提出期限を、2015 年 3 月 31 日としている。

CCS 指令を審査する目的は、CCS 指令の複数の規定の有効性、効率性、適用の容易さ、および法的実用性を評価し、また技術に関して欧州の幅広い実現政策の枠組みと法律との相互作用を検討することである。

EU 指令は、世界初の CCS 固有の立法の事例の一つであり、EU とその加盟国内の技術に対する法的および規制的アプローチの基盤となっている。そのため当インスティテュートは、特に加盟国による CCS 指令の実施および欧州の早期の実証プロジェクトで蓄積された許認可の経験を考慮し、

¹ <http://www.ccs-directive-evaluation.eu/online-questionnaire/>

CCS コミュニティの欧州の規制モデルへの早期の経験を十分に検討するという、今回のような時宜に適った機会を得たことを歓迎する。

しかしながら、現時点では CCS 指令の詳細な評価は時期尚早であるというのが、当インスティテュートの見解である。当インスティテュートがこのように主張するのは、現在までの欧州のプロジェクトでは、CCS 指令のあらゆる規定が十分に経験されていないことを理由とする。このような立場であるが、当インスティテュートは、国内の規制モデルと欧州の包括的な運営体制に対する早期のプロジェクトレベルの視点から、今回のレビューに関連した重要な知識が得られると考えている。

その調査と支援活動²を通じて、また知識共有と国際的な協業プラットフォーム³を通じて、現在までの当インスティテュートの欧州プロジェクトへの関与によって EU 内でのプロジェクトの普及に影響し続けているいくつかの規制的問題が明らかになった。最近のフォーラムと出版物の中で、欧州プロジェクトの経験から以下の項目が強調された。

■ 許認可の検討

欧州の実証プロジェクトでは、プロジェクトの許認可要件に柔軟性が重要であることを強調している。技術の普及を阻む特定の障壁を下げ、不要な要件によるプロジェクトの負担を軽くするのは、許認可で適応可能なアプローチとなる。当インスティテュートが 2013 年に委託した、CCS 指令下での早期 CCS 実証プロジェクトの許認可経験を検証した調査から、数件の事例において以下の点が考察されている。

“融資の決定は、プロジェクトですべての許認可が確保されているか否かに拠り、一方で許認可の取得には莫大な詳細作業が要求され、開発者はそのような許認可の確保を確信できずに貴重なりソースをそのような作業に割り当てなければならぬため、プロジェクトは悪循環に陥る場合がある”⁴

ROAD プロジェクト⁵で得られたさらなる事例に、貯留許可の申請と最終投資決定の遂行との相互作用がある。同プロジェクトでは、当初、オランダの法律と CCS 指令に従った貯留許可の申請の要件と手順は最終投資決定 (FID) の遂行プロセスと衝突すると想定していた。しかし、規制当局はこの事例で柔軟なアプローチをとり、プロジェクトとの共同作業により、EC を含むすべての当事者が許容できる解決策を考案した。このような CCS 指令に沿った許認可への柔軟なアプローチが、他の国内の規制モデルにおいても機能し続けることが理想的であろう。

■ 賠償責任の移転

早期プロジェクトでは、閉鎖後の賠償責任の移転も、CCS 指令内でさらなる注意と明確化が要求される問題として強調されている。早期の実証プロジェクトでは、閉鎖後に賠償責任をプロジェクトから関係当局に移転するための基準に関して、明瞭性が欠如しているとの問題が表明されている。

さらに移転に関連して提起された問題では、第 18 条の「最低期間」20 年の規定と、これに対応した国内の枠組みが挙げられる。この時間枠は、複数のプロジェクトにおいても関心事項として取り上

² The Global Status of CCS: February 2014 報告書、The Global Status of CCS: 2013 報告書、CCS 指令の国内立法化 (Transposition) を経た欧州連合における CCS 実証プロジェクトの経験、グローバル CCS インスティテュート、2013 年 10 月、許認可プロセス: CCS プロジェクト認可に関する特別報告書、Maasvlakte Project C.V.、グローバル CCS インスティテュート、2013 年 1 月。

³ 国際 CCS 試験センターネットワーク、国際標準化機構 (ISO) 技術委員会 (ISO/TC265)、欧州 CCS 実証プロジェクトネットワークなど。

⁴ CCS 指令の法規制整備 (Transposition) の下での欧州連合内の CCS 実証プロジェクトの経験、グローバル CCS インスティテュート、2013 年 10 月、ページ 7。

⁵ 許認可プロセス: CCS プロジェクトの許可に関する特別報告書、Maasvlakte Project C.V.、グローバル CCS インスティテュート、2013 年 1 月。

げられており、このような長期的な時間枠では、移転のための基準も変わってくるとの懸念も一部に見られる。

・ 財務保証

CCS 指令第 19 条に記載される財務保証の要件に関連して、プロジェクトから懸念の声が上がっている。EU 排出量取引指令に貯留地を取り入れることから生じるすべての許認可義務、閉鎖および閉鎖後の要件とコミットメントを事業者が遂行するために、同指令の下で財務保証が要求されている。当インスティテュートが 2013 年に委託した報告書⁶内の指摘に拠ると、複数の CCS 実証プロジェクトで、CCS 指令の下で要求される財務保証を計算する方式に関連して、重大な問題が残されている。特に、プロジェクトの全期間を通じた EU 排出枠 (EUA) の価格を巡る無視できないレベルの不確実性と、適切なレベルの財務保証を決定する上でこのような不確実性にいかに対処すべきかという問題がプロジェクトで表明されている。

・ 金融メカニズム

また早期の実証プロジェクトでは、CCS 指令第 20 条の金融メカニズムの規定についての問題も強調されており、この場合、事業者から関連当局への責任の移転が、同指令の規定により影響を受けるのではないかという懸念がプロジェクトで表明されている。

CCS と実現政策の状況

この項では、CCS の状況に関して高レベルの所見を示し、政策と規制上の課題を新たに強調することが、欧州の CCS の発展／普及を加速化させる刺激材として作用する可能性があることに言及する。

CCS 技術の大規模な適用に対する信頼性の高まり

当インスティテュートは、最近の出版物とプレゼンテーションにおいて、CO₂ 排出量を削減する措置の緊急性が年々高まっていることを強調してきた。最低コストによる脱炭素化の達成は、CCS を備えた化石燃料とバイオマスの使用を含めた、多数のクリーンエネルギーソリューションにより対応しなければならない課題である。これらの点については、昨年度、政府と産業団体が実施した相当 (かつ増加傾向の) 数の独立した調査と報告においても強調されている⁷。

CCS は、実証前または実験段階の技術として誤って認識されることが多い。実際にはこの技術は広く十分に理解されており、特定の用途では数十年にわたり大規模に利用されている。一例を以下に挙げる。

- ・ CO₂ の大規模な分離が、高純度の CO₂ を生成するガス処理および産業処理で日常的に実施されている。
- ・ CO₂ パイプラインは、定着した技術である。
- ・ CO₂ の大規模な圧入および地中貯留が、塩水層では 15 年以上、石油・ガス層では数十年間安全に実施されている。

⁶ CCS 指令の国内法化 (Transposition) の下での欧州連合内の CCS 実証プロジェクトの経験、グローバル CCS インスティテュート、2013 年 10 月。

⁷ グローバル CCS インスティテュート、世界の CCS の動向 概要報告書: 2014 年 2 月などを参照。

CCS の広範な普及の鍵となる技術的な課題は、構成技術を発電やその他の産業プロセスなどの用途で大規模プロジェクトに統合することである。この 10 年間の進捗と、研究室とプロジェクトで蓄積された研究と経験による知識が徐々に理解された結果、このような新しい用途に CCS を大規模に統合するという技術的課題が次第に克服されるとの確信が高まっている。実際に以下に述べるように、発電やその他の産業プロセスへの CCS の適用は始まっており、この勢いを後押しすると同時に拡大する必要がある。

大規模 CCS プロジェクトの世界的な状況

現在、世界で操業中の大規模 CCS プロジェクトが 12 件あり、建設中のプロジェクトは 10 件確認されている。10 件のうち 3 件は発電部門の CCS プロジェクトである。また開発計画の最も進んだ段階にあり、2014 年中に最終投資判断に到達する可能性のあるプロジェクトも約 6 件あるが、欧州ではわずかに 1 件のみである(オランダの ROAD プロジェクト)。操業中または建設段階にあるプロジェクト 22 件は、2011 年以降 50 パーセント以上増加していることになり、実際に、CCS 技術の大規模な適用に対する信頼性の高まりを示している。これらの 22 件のプロジェクトの CO₂ 回収量の合計は、年間 4,000 万トン前後になる。

近年、大規模 CCS プロジェクトが大幅に進展しているが、CCS が(各種対策の幅広いポートフォリオの一つとして)気候変動の軽減に効果的に貢献し、エネルギー保全をもたらすのであるなら、今後の発展と広域的な普及の勢いを加速化させなければならない。大規模プロジェクトの実証の成功により技術の活用が証明され、信頼性が高まり、回収技術の進化が加わった技術革新を通じてコスト削減も実現する。

大規模統合プロジェクトの段階別の件数

	操業		建設		精査	
	2014	2011	2014	2011	2014	2011
欧州	2	2	0	0	4	9
北米	8	5	7	5	7	13
その他の地域	2	1	3	1	4	2

北米の CCS

北米は大規模 CCS プロジェクトの実施ではトップであり、中国はその重要性を急速に増している。発電部門の初の大規模 CCS プロジェクトである、カナダの Boundary Dam Integrated Carbon Capture and Sequestration Demonstration Project と、米国の Kemper County Energy Facility Project は操業に近づきつつある。Boundary Dam の操業も間近であり、Kemper は 2015 年に CO₂ の回収を開始する。またテキサス州の Petra Nova Carbon Capture Project は最近建設段階に移行し、2016 年末までに操業に入ることが予定されている。これらのプロジェクトは、CCS の発展に関して世界的に重要である。

中国の CCS

中国では、Yanchang Integrated Carbon Capture and Storage Demonstration Project と Sinopec Qilu Petrochemical CCS Project の 2 件が実施され、2014 年に最終投資決定に到達する段階にある。中東では、鉄鋼部門で世界初の大規模 CCS プロジェクト (Abu Dhabi CCS Project) が、建設段階まで進捗している。

欧州の CCS

欧州は、数年前に目指していた大規模 CCS プロジェクトの発展の推進役としての地位を失ったが、大規模な CCS 技術の重要性と、堅実な研究開発の取組みの継続は、この数か月間欧州の複数の機関により認識されている⁸。当初は高く期待され、多くの分野で相当レベルまで進展していたが、欧州では 10 年以上も操業(または建設)段階に達した新規の大規模 CCS プロジェクトはない。英国では再び活発に取り組まれているが (Peterhead CCS Project と White Rose CCS Project はいずれも、精査段階まで進展し、後者は欧州の NER300 プログラムにより、2014 年 7 月に最大 3 億ユーロの財政支援が決定された)、予定される開始時期は 2020 年前後である。オランダの ROAD プロジェクトは、欧州で開発計画が最も進んだプロジェクトであり、追加資金が確保されれば、前向きな最終投資決定に至る可能性が高い。このため ROAD プロジェクトは、欧州の CCS の進捗に極めて重要である。

政策と規制上の課題への新たな注力が重要

CCS プロジェクトの(世界および欧州における)勢いを加速させるための政策および規制上の取組みでは、以下の問題に対処しなければならない。

長期的普及を支援するための強力で持続可能な排出削減政策

プロジェクト擁護者に関する調査で強く強調されているのは、大規模 CCS プロジェクトの商業化を支援するための政策上の不確実性が高過ぎる点である。CCS プロジェクトは、かなりの資本コストと長期的な開発期間を要する。CCS に投資する場合、長期的な予測可能性が投資家に要求される。

技術中立的で、CCS や他の低炭素技術を奨励する、強力で明確な排出削減政策が緊急に必要であり、長期的な普及にも不可欠である。このような政策の時期、方法、規模、期間についての不確実性が解消されていないため、CCS の普及が遅れている。

目前の実証作業を支援するインセンティブメカニズムの強化

当インスティテュートは、これまでも、CCS に対する資金提供支援が 2009 年以降、当初のコミットメントよりも 70 億米ドル以上減少していることを強調してきた⁹。これは政府の優先順位の変化、あるいは欧州連合域内排出量取引制度 (ETS) と同様の、結果的に崩壊した炭素価格支援への過度な依存が原因である。このため短期的には、開発過程を通じて「堅実な」プロジェクトの進捗を加速化し、建設段階に移行させられる財務的な支援措置が必要となる。

当インスティテュートは、欧州委員会の欧州の炭素回収貯留の将来に関する諮問委員会への提言の中で、長期的な予見可能性と短期的な融資のコミットメントを支援できるメカニズムについて、広

⁸ 2014 年 7 月末時点の欧州の大規模統合プロジェクトの一覧については付録 1 を参照。

⁹ グローバル CCS インスティテュート、世界の CCS の動向 概要報告書:2013、2013 年 10 月。

範囲にわたる分析を行っている¹⁰。この提言内で、(a) 一連の CCS プロジェクトと、このようなプログラムの支援に必要な資金の額(現在の EU の ETS を通じた支援を上回るもの)を特定すること、および (b) 市場を中心とした他の排出量削減制度から得られた過去の経験と知識を利用し、EU の ETS の様式と運用を改善することを推奨している。

環境に配慮した技術としてポジティブな CCS の認識を確立し、世界的な CO₂ の排出量を削減する上での CCS の重要な役割を定着させるために、欧州における幅広い実証プログラムを成功裏に進めることが特に肝要である。後発プロジェクトに比べて、先発プロジェクトはリスクが高くなり、先行コストを多く負担する。「先発プロジェクト」に対する財務・政策的支援の枠組みを定める際には、この点を正しく認識して考慮に入れる必要がある。

CCS の価値と利点について継続的に訴えかけ、政策の検討や政府の支援を受ける上で CCS が他の低炭素技術と比べて不利にならないようにすることが重要である。

規制上の不確実性への対処が依然として必要

欧州連合は、オーストラリア、カナダ、米国などの核心的な管轄グループの一つであり、CCS の法律と規制の策定と実施を進めた「先発者」と定義される場合がある。これらの管轄地域は、今後も法的・規制的発展で先頭に立ち続けるであろうが、その多くがこれまで述べてきたプロジェクト終了後の管理から生じる問題(責任、賠償責任の移転)に対処しなければならず、その際には、政府と先発プロジェクトの開発者のリスクの特性に応じた方法を用いる必要がある。欧州で CCS を確実に進展させるためには、このような問題を取り除く活動が必要となる。

CCS 技術の進捗

この項では、世界と欧州の状況から、CCS の個々の構成要素の技術的およびコスト的な側面を分析する。

回収

回収性能

CO₂ 回収技術の実現可能性と性能に関連した知識は、世界各地での様々な活動のおかげで近年拡大している。大半の欧州諸国は、パイロットプロジェクトと研究開発を通じて、回収技術とこれに関連した問題についてかなりの知識を発展させている。CCS の大規模な実施は今日では技術的に可能であり、リスクもわずかである。従来の回収技術(MEA 燃焼後、酸素燃料、合成ガス分離)は商業的に利用可能であり、スケールアップのリスクは合理的な範囲内で管理および軽減できる。

技術的実現可能性への信頼性は、特に発電部門の「建設(Execute)」段階にある 3 件の大規模 CCS プロジェクト(いずれも北米)を通じて実証されており、発電や産業部門の他の複数のプロジェクトも、2014 年度中かその後まもなく最終投資決定に到達する段階にある。

¹⁰欧州委員会の欧州の炭素回収貯留の将来に関する諮問委員会へのグローバル CCS インスティテュートの提言、2013 年 7 月。

世界の他の地域においても、大規模な CO₂ 回収技術の実施と評価が続けられているが、欧州は例外である。欧州では 2000 年代初頭の Snøhvit CO₂ Injection Project 以降、大規模 CCS 実証プロジェクトで建設段階まで進んだものはない。

例えば、欧州では ROAD Project において、アミン燃焼後回収の大規模な実施が発電部門で可能な段階まで進展していることを示した一連の報告書の作成が、当インスティテュートと共同で進められている。これらの報告書には以下のものが含まれている。

- ROAD CCS FEED 検討報告書(公開用):グローバル CCS インスティテュートの特別報告書 - 2011 年 11 月
- プロジェクトのリスク軽減: グローバル CCS インスティテュートの特別報告書 - 2011 年 12 月
- 回収プラントと発電所の統合、Rotterdam Opslag en Afvang Demonstratieproject: グローバル CSS インスティテュート向け特別報告書 - 2013 年 12 月
- 流量保証と制御の理念: Rotterdam Opslag en Afvang Demonstratieproject. グローバル CSS インスティテュート向け特別報告書 - 2013 年 7 月

発電部門と比べると産業部門の CCS の進捗は遅く、現在、大規模な実証プロジェクトはほとんど実施されていない。当インスティテュートは、IEAGHG および欧州セメント協会と共同で、セメント産業における CO₂ 回収の技術的実現可能性を評価しており、Brevik(ノルウェー)の Norcem セメントプラントにおいて、様々な技術を使ったパイロット試験を実施中である。欧州鉄鋼協会(Eurofer)は、低炭素欧州 2050 を目指した鉄鋼ロードマップを作成しているが¹¹、現在はパイロットと実証のいずれのプロジェクトも立ち上がっていない。石油精製業の場合、ノルウェーのモンスタッド技術センター(TCM)において、接触分解装置の燃焼排ガスを使用した複数の試験が実施された。

回収コスト

近年、CCS 回収コストの知識が拡大している。例えば、オランダ ROAD Project の FEED 調査により、燃焼後炭素回収プラントの CAPEX と OPEX 要件が明確になっている¹²。建設段階まで進んでいない、あるいは現在先進の工学研究が実施されている欧州の他の大規模プロジェクトも、正確さは様々であるが同様のコスト見積を行っている(あるいは近々行う予定である)。また IEAGHG¹³や UK Cost Reduction Task Force¹⁴の作業など、CCS に関するより一般的な作業においても有益な知識が得られている。このような研究には、設備販売業者の経験に基づくコスト試算や業界標準を定義するために、多くの業界が参加している。しかし特に欧州では、建設段階の大規模プロジェクトの進捗が遅く、実際のプロジェクトのコスト情報が欠如する結果となっている。操業中のプロジェクトの件数が増えれば、実際のコストに関する知識は大きく改善され、将来のコスト削減の可能性も一層評価しやすくなるであろう(最近では、カナダの Boundary Dam Project でこのような経験が得られている)。

¹¹ 欧州鉄鋼協会、低炭素欧州 2050 年に向けた鉄鋼ロードマップ、2013 年。

¹² ROAD CCS FEED 検討報告書(公開用): グローバル CCS インスティテュート向け特別報告書。

¹³ IEAGHG、2014 年。石炭火力発電所と水素プラントの CO₂ 回収 2014/3 報告書。2014 年 5 月、英国。

¹⁴ 英エネルギー・気候変動省。CCS コスト削減タスクフォース最終報告書、2013 年 5 月。

CO₂ 回収のコスト削減については、かなりの可能性が見込める。回収コストの削減(および回収技術の技術的進化の実証)は、異なる業種・立地・回収技術を通じたプロジェクトの幅広い「ポートフォリオ」の普及を支援することにより達成される。前項で CCS の状況について述べたに、欧州を除き、先進/先発の CCS プロジェクトの進行が最も確実視されている。現在の計画では、欧州の発電部門の複数における CCS プロジェクトが 2020 年前後に操業に入ると予測されているが、欧州でそれ以前に操業段階まで達する可能性がある CCS 発電プロジェクトは ROAD プロジェクトのみである。

個々の大規模プロジェクトから得られた知識から、相当のコスト削減を実現できる可能性がある。例えば、Boundary Dam が再現すれば、CAPEX コストを 30 パーセント削減できることを SaskPower が示している¹⁵。プロジェクトの「多様性(portfolio)」を支援することにより、現在商業的に実現可能な技術(第一世代)は、2030 年以前に商業規模で実証が可能になる。これらの回収技術には、燃焼後回収(MEA、DEA、MDEA)、酸素燃料回収(ASU と冷凍)、および IGCC 燃焼前回収(物理溶剤と化学溶剤)などが含まれるがこれらに限定されない。

新しい技術の開発もまた、回収実績の向上とコスト削減の鍵となる。新しい素材(溶剤、膜、吸収剤)、最適化された熱統合、新しいハイブリッドプロセス、新しい設備はすべて、将来の回収プロセスのコスト削減に貢献すると見られている。

輸送

確立された技術

CO₂パイプラインの技術は十分に確立されている。パイプライン、荷船、トラックによる CO₂などのガス輸送は、すでに実施されており、世界各地で日常的に行われている。CO₂の輸送インフラは、特に北米で発注および建設が続けられている。また限定的であるが、ノルウェーの Snøhvit プロジェクトでは、オフショアパイプラインを使用した CO₂輸送の実績も得られている。船舶による CO₂輸送の技術的要件と条件は最近改善されており、パイプラインと船舶による CO₂の輸送が、天然ガスと石油の輸送よりも管理面で危険性が増すということはない。

欧州、特に北海周辺諸国では、近年、複数の発生源からの CO₂を共有のインフラシステムにより回収・輸送するという目標から、個々のプロジェクトの前進に視点が移されている。このため、ROAD Project や英国の先進のプロジェクトが「建設(Execute)」段階に達するか否かが、CO₂インフラへの初期投資を展開し、CO₂ネットワークとハブというビジョンを再構築するための鍵を握るのである。

長期的要件

当インスティテュートが 2013 年に委託した調査に拠ると¹⁶、CCS が IEA の 2DS の達成に貢献するためには、今後 30~40 年間に建設が予定されている CO₂輸送インフラの予想規模が、現在の長さの 100 倍以上必要になる。主な課題となるのは、CO₂排出群からパイプラインネットワークを通じた貯留地までの輸送を最適化する長期的戦略を開発することである。CO₂輸送のコストは、予想される CO₂の供給量とこれに対応したパイプ径、人件費、インフラの経済的寿命などの要因により、

¹⁵ SaskPower、知識の共有 II、2013、

<http://www.saskpowerccs.com/symposium/presentations/5%20%20Mike%20Monea%20-%20Outro%20%20May%20%2013%20v5%20-%20F%20I%20N%20A%20L%20%20.pdf>

¹⁶ <http://www.globalccsinstitute.com/publications/capacity-charging-mechanism-shared-co2-transportation-and-storageinfrastructure>

プロジェクト毎に異なる。このようなコストは、CO₂の輸送と貯留のインフラシステムを複数の CO₂ 発生プラント事業者間で共有し、規模の経済性を実現するといった方法で低減することができる。

輸送と貯留のインフラを共有することにより大幅なコスト削減を実現するという前提は、CCS の計画が進むオランダとベルギーにおける主要な排出源グループが主導した研究によって確認されている。ロッテルダム気候イニシアチブが主導する研究¹⁷の趣旨は、共有インフラに基づく北海の代替的 CO₂ 輸送・貯留オプションの経済性を評価するための財務モデルの開発であった。この研究では、共有インフラの開発と使用は、複数の「二地点間」輸送よりも格段に有利であり、ロッテルダムとアントワープの CO₂ 排出者に課せられる CO₂ 輸送・貯留料金は、1t の CO₂ につき 5.6~20.2 ユーロの範囲内であると確認されている。

貯留

貯留性能

CO₂ の地中貯留の調査は少なくとも 25 年は続けられている。研究室およびパイロット規模の現地調査により、基本的なプロセスの理解は深まり、予測モデルの性能は改善されているが、広範囲の貯留シナリオと地理的状況を通じて貯留を効果的に実施できることを実証し、モデル化と監視技術を校正するための現実的なデータを取得するには、より規模の大ききな CCS プロジェクトを操業させなければ都合がよくない。

ノルウェーの Sleipner と Snøhvit で実施中の貯留プロジェクトは、継続的に知識を提供しているが、欧州全体ではこの 5 年間、新たな貯留プロジェクトの進捗が遅れているために、技術的実現可能性と性能の理解の改善が制限されている。

欧州に対して北米では、この 5 年間に幅広い貯留シナリオと地理的状況に基づいた複数の重要な実証プロジェクトが操業を開始しており、またカナダの Weyburn-Midale や米国の Rangeley など、石油増進回収プロジェクトに関連した既存の大規模 CO₂ 圧入から得られた知識と経験が補強されている。特に、米エネルギー省の地域的炭素隔離プログラム¹⁸は、現在、圧入プロジェクトのポートフォリオを根拠として、貯留作業に関連した技術的活動の大半を扱ったベストプラクティスマニュアルを継続的に改訂している。同様に Weyburn と Midale の油田も 30 Mt 足らずの人為的発生源の CO₂ を継続的に保管し、関連の調査プロジェクトからのベストプラクティスマニュアルや大量の技術文献の発行に対応している¹⁹。

貯留の見通し

今後については、現在「建設(Execute)」段階にある大規模 CCS プロジェクトが 10 件あり、これにはオンショアの深部塩水層への貯留を目的としたカナダの Quest Project、オーストラリアの Gorgon Carbon Dioxide Injection Project、米国の Illinois Industrial Carbon Capture and Storage Project が含まれる。これらプロジェクトは、2015 年から 2016 年に操業に移行する予定である。

現行のノルウェーのプロジェクト以外に、欧州で最も進んだ CCS プロジェクトは、オランダの ROAD Project であり(枯渇したガス層への貯留)、同プロジェクトは資金が確保されれば最終投資決定が

¹⁷ <http://www.globalccsinstitute.com/node/102826>

¹⁸ <http://energy.gov/fe/science-innovation/carbon-capture-and-storage-research/regional-partnerships>

¹⁹ <http://www.sciencedirect.com/science/journal/17505836/16/supp/S1>

下せる段階にある。操業の予定時期は 2017 年頃である。枯渇ガス田または深部塩水帯水層への貯留を利用する英国の発電部門の複数の CCS プロジェクトは、2020 年頃の操業が予定されている。今後 10 年間に複数の大規模実証プロジェクトが欧州で実施されるとの仮定に基づくと、欧州の状況における貯留性能の知識は、2030 年までに大幅に拡大することになる。理論的な研究室およびパイロット規模のフィールドプロジェクトから重要な科学的・技術的知識が得られているが、広域的な商業的普及に対応した貯留容量、圧入性、封じ込めを可能にする十分な数の貯留地が多様な地理的状況にわたって利用できることを実証するために、大規模プロジェクトが必要となる。

欧州での非常に多様性のある現実の大規模貯留シナリオから得られるさらなるデータは、商業的に広範囲に普及した CCS の効果を実証するためにも、最低コストによる CO₂ 排出量削減ポートフォリオの重要な部分として CCS を確立する上でも不可欠となる。

貯留コスト

貯留コストは、一般に、ほとんどの CCS シナリオで回収コストを大幅に下回ると見られている。回収技術と燃料の種類、輸送距離、貯留シナリオなど、プロジェクト固有の要因にも拠るが、CCS プロジェクトの総コストの 15 パーセントから 30 パーセント以内に収まると見られている²⁰。

欧州内では、ゼロエミッションプラットフォーム (ZEP)²¹ と IEAGHG が 2011 年に共同で行った CCS チェーン全体のコストの審査や、IEA が企画した CCS コストのワークショップなどの包括的な研究と活動を通じて、また計画段階にある特定の CCS プロジェクトを通じて貯留コストの評価がある程度進んでいる。

ZEP/IEAGHG プロジェクトは、欧州で最も一般的な貯留シナリオ (深部塩水帯水層、およびオンショアまたはオフショアの枯渇した石油・ガス油田、ただし石油増進回収を除く) で予測されるコストの詳細な評価も実施している。異なる貯留シナリオで予測されるコスト範囲を、貯留 CO₂ の 1 トン当たりのユーロ額で特定し、さらにコストの主要な制御要因となる貯留地固有の要因を特定した研究から、いくつかの重要な結論が導き出されている。例えば、オフショア深部塩水帯水層への貯留は、欧州で最も潜在的可能性の高いシナリオであるが、そのコストは €6 ~ €20 / トンになる。貯留プロジェクトの評価、運用、監視に用いられる技術の大多数は、石油産業などで利用される既存の技術が中心となる。このため規制面の不確実性の問題以上に、貯留コストに関連した不確実性は高くなる傾向にある。

欧州以外では、包括的な研究と、過去 5 年間に出現した新しいプロジェクト (そのほとんどが北米を拠点とする) をはじめとする、様々な規模の操業中の実証プロジェクトを通じて、貯留コストの評価が進められている。CO₂ 購入契約は、通常は守秘契約であるため、石油増進回収に関連した貯留の経済性を主張することは容易ではない。

今後 10 年間に、欧州において複数の大規模 CCS プロジェクトが実施されると仮定すると、これらのプロジェクトから得られる内容が貯留コストの削減を促すはずである。これは知識 / 専門知識が得られ、CCS 技術の信頼性の高まりを規制当局や他の利害関係者が共有するからである。しかしながら、プロジェクトの貯留コストに影響する多くの要因は貯留地に固有であり、貯留コストを左右

²⁰ <http://www.zeroemissionsplatform.org/library/publication/165-zep-cost-report-summary.html>

²¹ www.zeroemissionsplatform.org/library/publication/168-zep-cost-report-storage.html

するのは井戸の掘削、設置、操業であるが、これらはプロジェクト件数の増加により必ずしも安価になるとは限らない。