

◆ 革新的環境技術シンポジウム ◆

CCSの現状と課題

平成26年12月

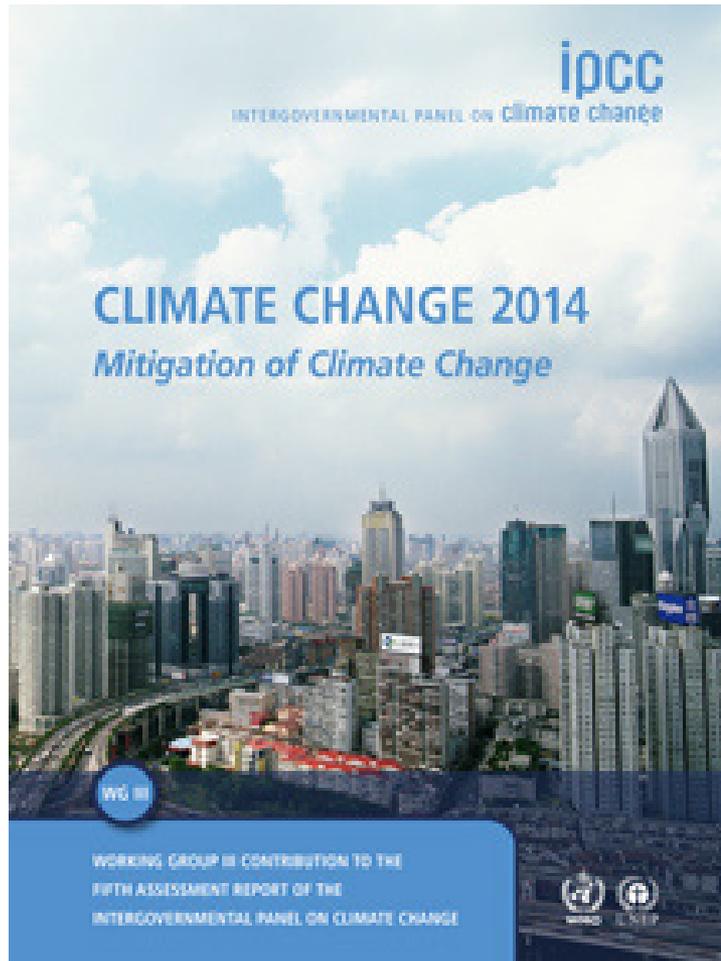
(公財)地球環境産業技術研究機構 (RITE)
企画調査グループ

都筑 秀明



1. CCSを巡る最近の動向と課題
2. CCSのISO化の動き
3. より経済的で安全なCCS技術(SUCSES)の検討
4. まとめ

1. CCSを巡る最近の動向と課題



政策決定者向け要約

技術要約

1. 序論
2. 気候変動政策の評価の統合リスクと不確実性
3. 社会、経済、および倫理的概念と方法
4. 持続可能な開発と衡平性
5. 推進要因、傾向、および緩和
6. 変換経路の評価
7. エネルギーシステム

・輸送

・建築

1. 産業
 2. 農林業その他の土地利用 (AFOLU)
 3. 人間居住、インフラ、及び空間計画
 4. 国際協力：合意と手段
 5. 地域開発と協力
- ・国内および国内地方 (sub-national) 政策と機関
 - ・横断的投資と財政問題

付録 I：用語集

付録 II：指標と方法

付録 III：技術固有のコストと性能指標

Table SPM.2

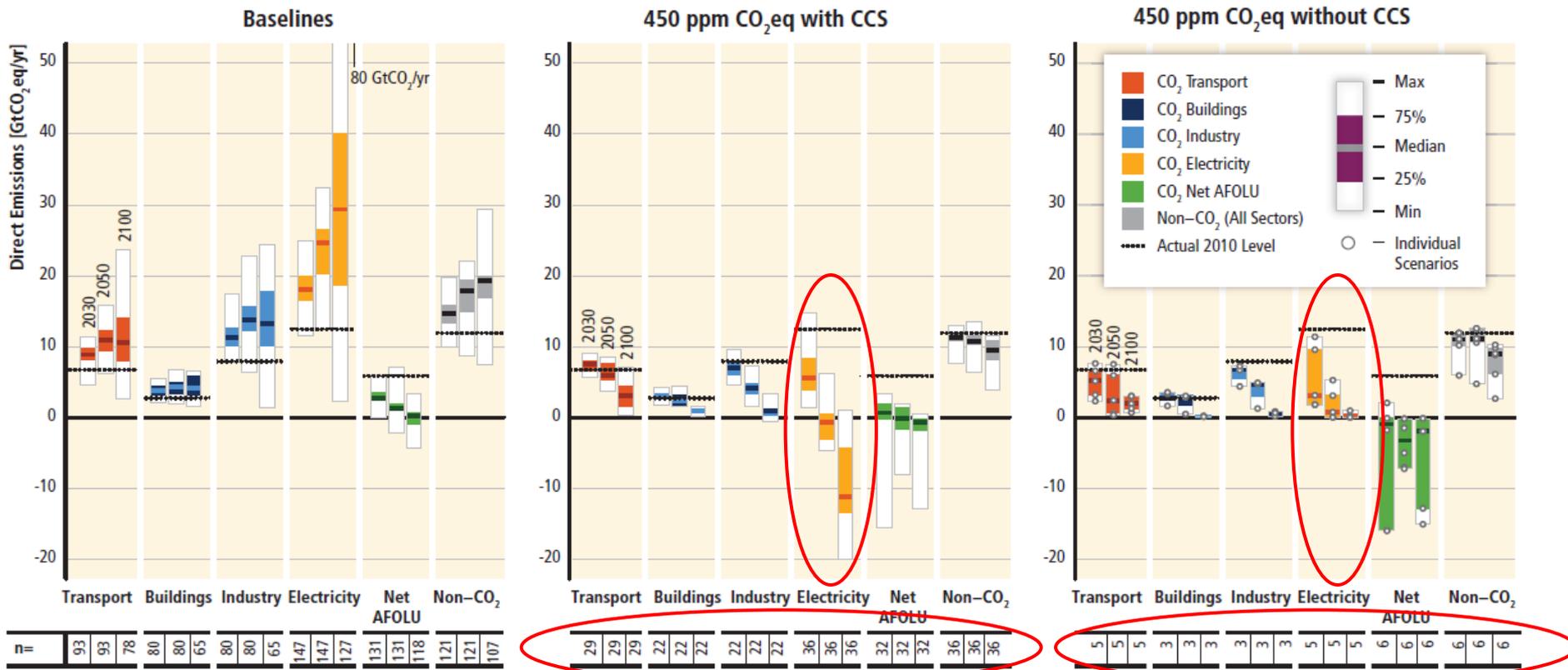
	Increase in total discounted mitigation costs in scenarios with limited availability of technologies				Increase in medium- and long-term mitigation costs due to delayed additional mitigation until 2030			
	[% increase in total discounted mitigation costs (2015–2100) relative to default technology assumptions]				[% increase in mitigation costs relative to immediate mitigation]			
2100 Concentration (ppm CO ₂ eq)	No CCS	Nuclear phase out	Limited Solar/Wind	Limited Bioenergy	≤ 55 GtCO ₂ eq		> 55 GtCO ₂ eq	
					2030–2050	2050–2100	2030–2050	2050–2100
450 (430–480)	138 (29–297) [N: 4]	7 (4–18) [N: 8]	6 (2–29) [N: 8]	64 (44–78) [N: 8]	28 (14–50) [N: 34]	15 (5–59)	44 (2–78) [N: 29]	37 (16–82)
500 (480–530)								
550 (530–580)	39 (18–78) [N: 11]	13 (2–23) [N: 10]	8 (5–15) [N: 10]	18 (4–66) [N: 12]	3 (–5–16) [N: 14]	4 (–4–11)	15 (3–32) [N: 10]	16 (5–24)
580–650								

「技術が利用不可能であったり、利用に制限があると、想定する技術次第では緩和費用が大幅に増加し得る。追加的な緩和の遅れは、中長期的な緩和費用をさらに増大させる。」(WG3 SPM 15 of 31)

CCS無しでは450ppmCO₂換算濃度に到達できない

Direct Sectoral CO₂ and Non-CO₂ GHG Emissions in Baseline and Mitigation Scenarios with and without CCS

Figure SPM.7

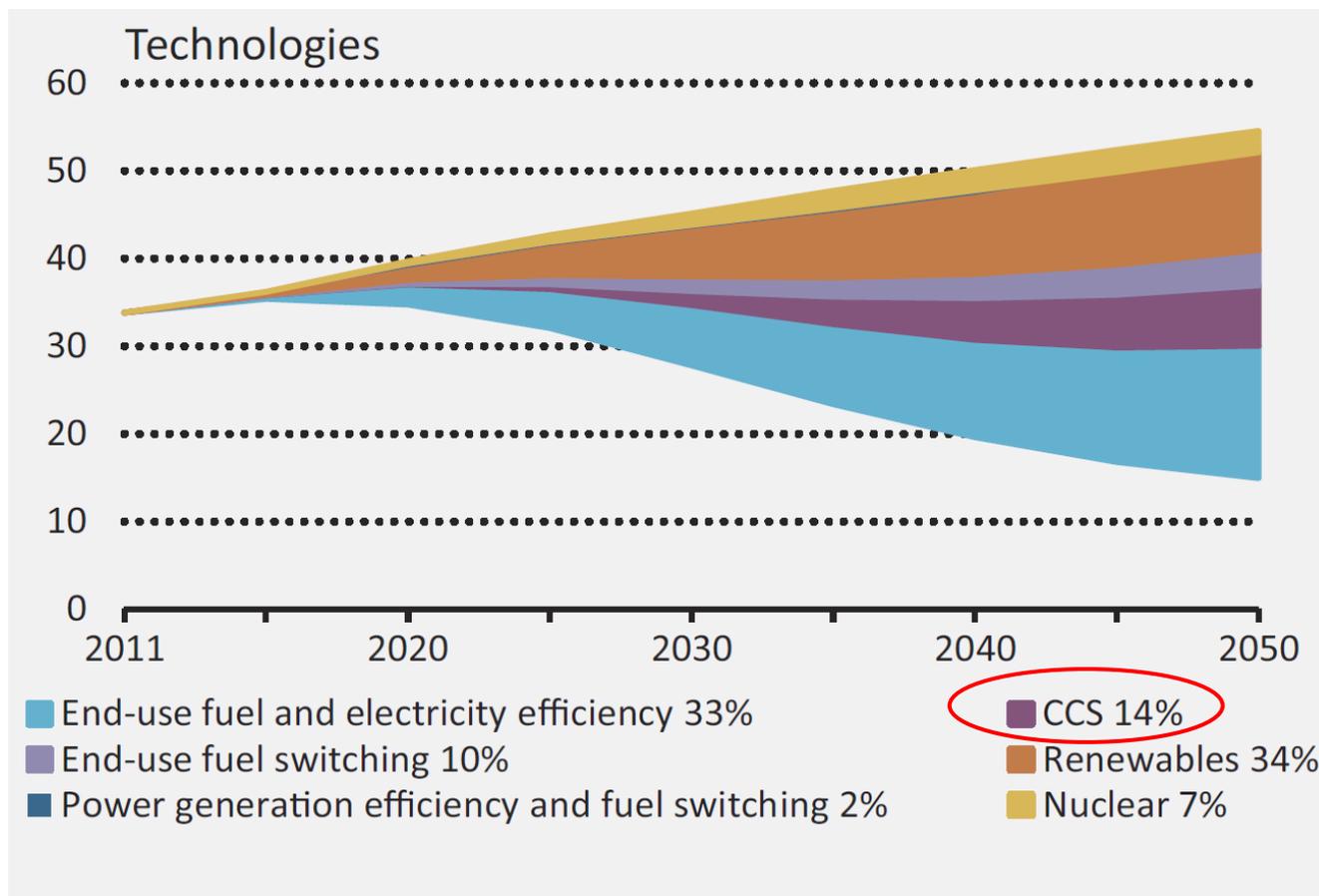


「CCS無しには、ほとんどのモデルが2100年までに450ppmCO₂換算濃度に到達できない。」(WG3 SPM 19 of 31)

「CCS無しの化石燃料発電は2100年までにはほとんど完全に消滅している。」(WG3 SPM 21 of 31)

- 「二酸化炭素回収・貯留(CCS)技術は化石燃料発電プラントのライフサイクルGHG 排出を削減する可能性がある。」(WG3 SPM 22 of 31)
- 「バイオエネルギーとCCSの組み合わせ(BECCS)は、多くの低安定化シナリオにおいて重要な役割を果たす大規模な正味の負の排出を持つエネルギー供給の見通しを与えるが、課題とリスクも伴う」(WG3 SPM 22 of 31)
- 「(産業分野においては、)長期的には低炭素電気への移行、新産業プロセス、(例えばセメントの代替品など)画期的な製品革新、あるいは(例えばプロセス排出の緩和のための)CCSはGHGの排出削減に大きく貢献し得る。」(WG3 SPM 25 of 31)

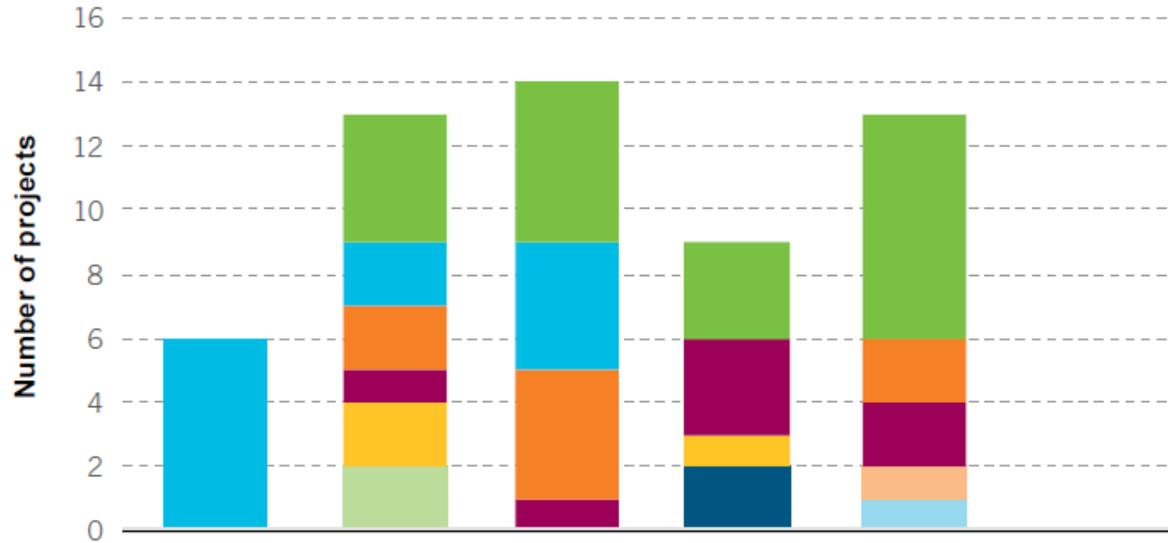
CCSは地球温暖化対策の鍵となる技術と位置づけられている。



CCSは、エネルギーの有効利用、再生可能エネルギーとともに、CO2削減に大きく貢献する技術と位置づけられている。

プロジェクトライフサイクル別および地域／国別大規模統合プロジェクト

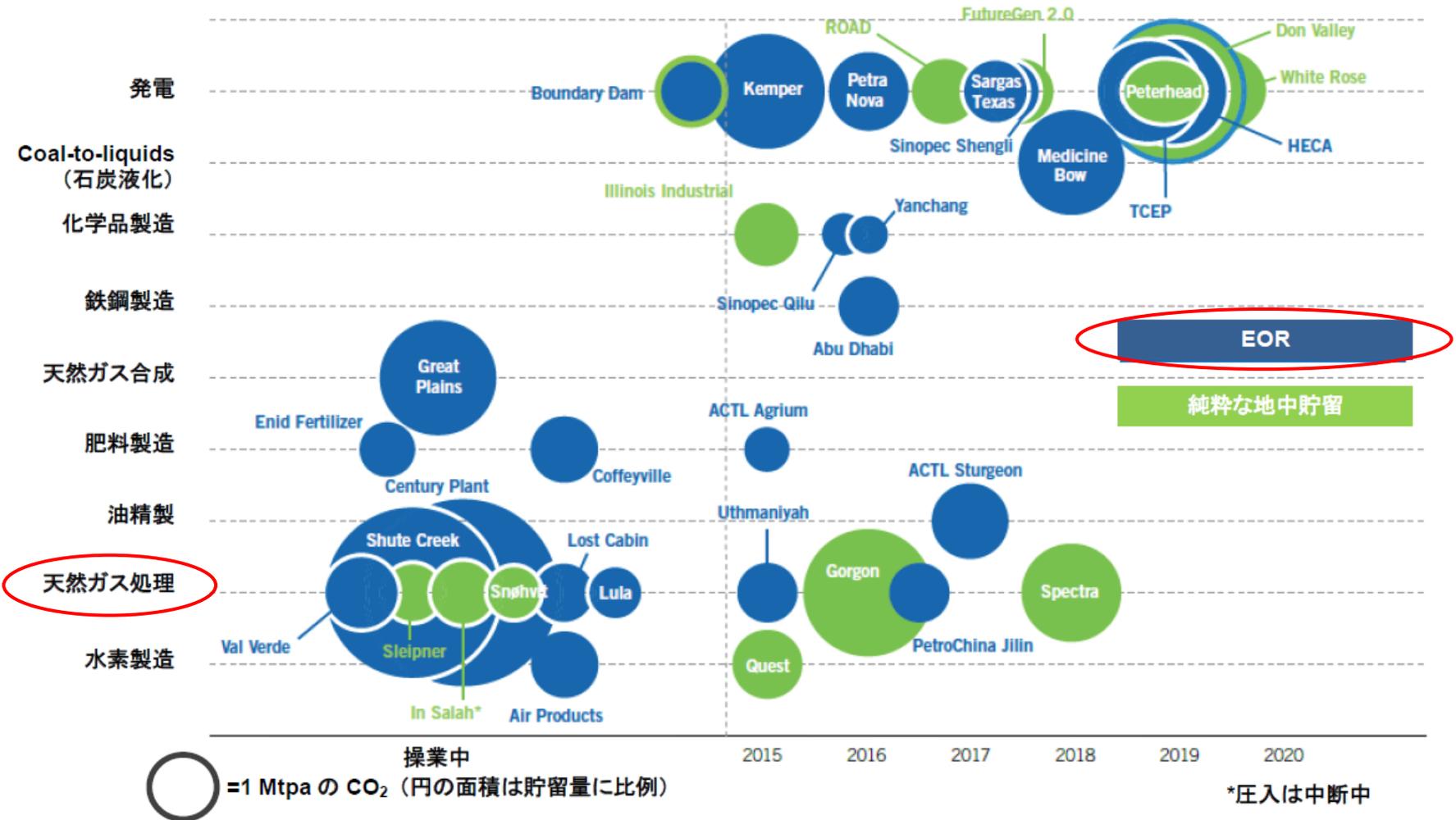
Figure 3.8 Large-scale CCS projects by lifecycle stage and region/country



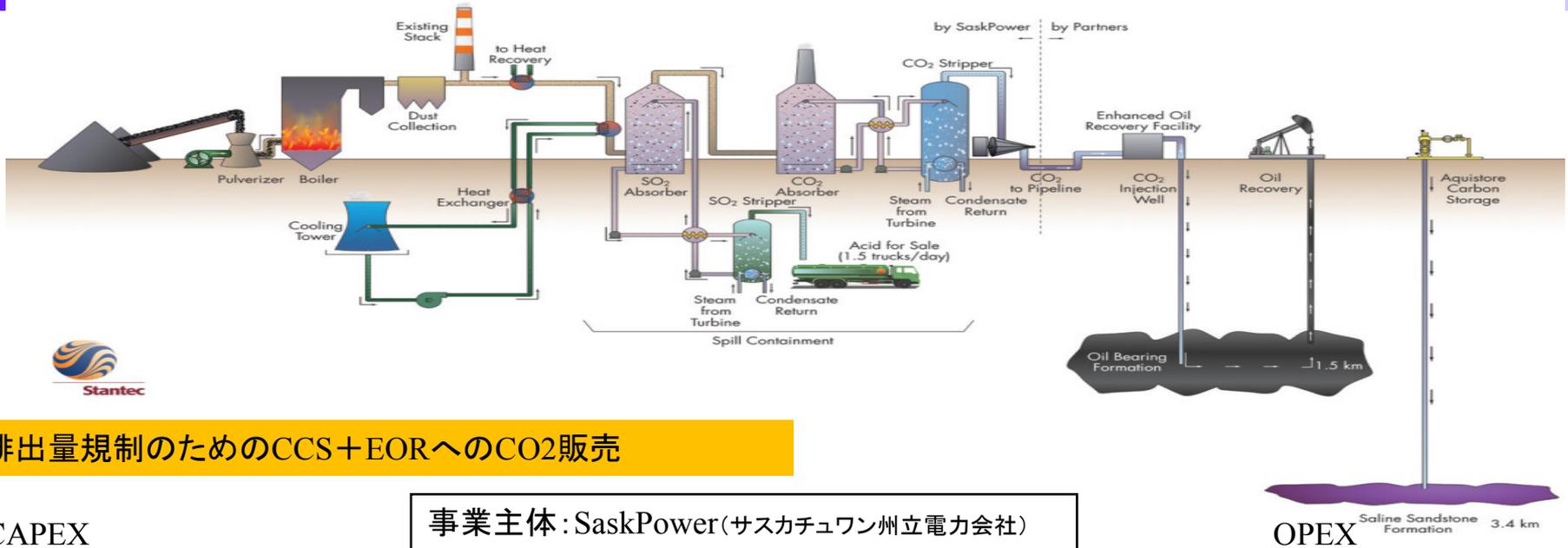
	Identify	Evaluate	Define	Execute	Operate	Total
United States	0	4	5	3	7	19
China	6	2	4	0	0	12
Europe	0	2	4	0	2	8
Canada	0	1	1	3	2	7
Australia	0	2	0	1	0	3
Middle East	0	0	0	2	0	2
Other Asia	0	2	0	0	0	2
South America	0	0	0	0	1	1
Africa	0	0	0	0	1	1
Total	6	13	14	9	13	55

業種別および貯留形態別の大規模CCSプロジェクト の実際の操業時期および予想操業時期

Figure 3 操業(Operate)・建設(Execute)・精査(Define)段階にある業種別および貯留形態別の大規模 CCS プロジェクトの、実際の操業時期および予想操業時期



Boundary Dam Integrated Carbon Capture and Storage Demonstration Project : Sask Power



排出量規制のためのCCS+EORへのCO2販売

CAPEX

資金援助:
2億4000万カナダドル
(カナダ政府)

技術協力:
・Santec(エンジニアリング全般)
・日立(蒸気タービン)
・Cansolv(CO2回収液) など

事業主体: SaskPower(サスカチュワン州立電力会社)
排出源: 石炭火力発電所
発電出力: **110MW**
設備投資額: 14億カナダドル
CO2回収設備: **6億カナダドル**
回収方法: 燃焼後回収(化学吸収法)
CO2回収量: **100万トン/年**
輸送方法: パイプライン
貯留方法: ワイバーンでのEORとして販売し、
余りはAquistoreプロジェクトに貯留する。

事業収入:
・CO2販売(EOR)

CO2回収コスト

Aquistoreプロジェクト
へのCO2提供

事業収入:
(売電(110MW))
(SO2(硫酸として販売))
(フライアッシュ販売)

- 外部不経済である地球温暖化問題への対応に特化したCCSは、市場原理だけでは導入が困難。
- 補助金、税制等のインセンティブ、排出権取引、規制等の仕組みを構築することが必要。
- CCSの導入促進のためには、貯留地点の探査、特性評価等の貯留可能量の調査、法制度の整備、国民の理解の増進等も必要

国名	CO2に関する主な規制等の概要
米国	<p>【個別発電所へのCO2排出規制】</p> <ul style="list-style-type: none">○EPAによる新排出性能基準(NSPS)規制案:<ul style="list-style-type: none">・新規石炭火力:500kg/MWh(1年平均)、480kg/MWh(7年平均)・新規ガス火力:450 or 500kg/MWh(出力規模に応じて適用)○各州によるEPS規制(カリフォルニア州、ワシントン州、オレゴン州)<ul style="list-style-type: none">・ベースロード電源:500kg/MWh <p>【州毎のCO2全体排出規制】</p> <ul style="list-style-type: none">○EPAによる既存火力発電所等のCO2排出規制案<ul style="list-style-type: none">・Clean Air Act 111条に基づき、EPAが各州毎のCO2排出削減目標(電力量当たりのCO2発生量の1年平均)を提示。各州は、削減目標を達成するため、BSER(Best System of Emission Reduction)を通じた施策を実施する計画を策定し、EPAに提出。これをEPAが承認。・2030年までに発電部門で2005年比で30%のCO2削減を図る。
カナダ	○EPS規制:新設石炭火力等:420kg/MWh
英国	○EPS規制:新設火力:450kg/MWh(石炭火力はCCSが必須) ○CCS-Ready規制:300MW(スコットランドは50MW)以上の新設火力

国名	CO2に関する主な規制等の概要
EU	<p>○EU CCS指令 (CCS-Ready規制) : 300MW以上の新設火力 (国内法移行済の国: スペイン、デンマーク、オランダ、イタリア、フランス、リトアニア、マルタ、スロベニア、ポルトガル、ルーマニア、ベルギー、ブルガリア、チェコ、ドイツ、エストニア、ギリシャ、ラトビア、ルクセンブルク、フィンランド、英国、キプロス、ハンガリー、アイルランド)</p> <p>○EC Conclusions (2014年10月決定)</p> <ul style="list-style-type: none">・域内の温室効果ガスの排出量を2030年までに1990年比40%削減、「EU-ETS (欧州排出権取引制度)の対象セクターで2005年比43%削減、EU-ETSの対象外のセクターで2005年比30%削減」・「再生可能エネルギーのシェアを少なくとも27%まで増加」、「エネルギー効率を27%改善」・CCS、再生可能エネルギーを含む既存のNER300の対象施設を見直し、適用範囲を産業分野に拡大し、初期の基金を排出権4億分に増加する」

【CCSの展開を加速するためには貯留地に関する初期段階の特性評価が重要】

○未調査地域を最終投資判断に対応できる水準まで完全に評価するには、相当の時間(10年以上)が必要。

○プロジェクト開発の早期の段階において、貯留地の確保は最も確実性に乏しい要素でもあり、莫大なリソースの割当てが必要。

○特定の貯留層の特性が、CO₂回収プラントと輸送システムの設計に重大な影響を及ぼす可能性がある。

○2020年以降に要求されるCCS展開の規模を考慮すると、適切な貯留容量を特定するという課題はさらに大きなものとなる。

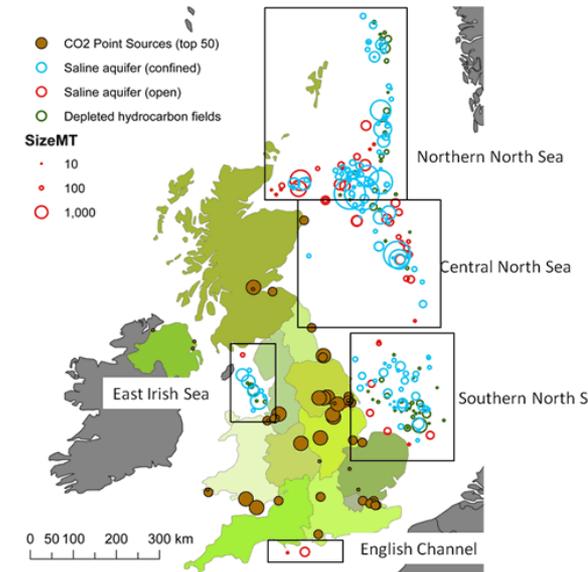
○プロジェクトを通じて複数の貯留候補地を調査し、探査のリスクを軽減する必要がある場合もある。

○2020年以降の広域的なCCS展開に備えた、2010年代における貯留関連の作業の重要性は、いくら強調しても強調すぎることはない。

○利用可能な貯留地サイトを巡る不確実さによって広域的なCCS展開が遅れるリスクを軽減するために、**有効なCO₂貯留容量の調査および評価を促す政策と資金提供プログラムが緊急に求められている。**

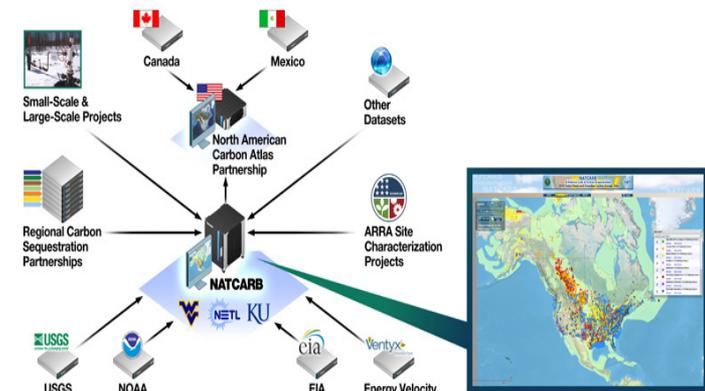
【英国の動向】

- ・「the British Geological Survey (BGS) The Crown Estate」が、CO2貯留地点のデータベースを構築。
- ・データベースの内容としては、地点の特性(一般的な特性、空隙量、静的容量、圧入性等)、リスク評価(シール性、断層、水平移動等)、経済性評価など



【米国の動向】

- ・米国では、CO2回収・貯留ポテンシャルを示すGISベースのデータベース、ツールを構築。
- ・データベースとしては、CO2の固定発生源、地中貯留のポテンシャル、インフラなど
- ・ツールとしては、パイプライン計測、貯留層評価、コストなど



2. CCSのISO化の動き

ISO/TC265体制

ISO/TC265の体制

ISO/TC265

Carbon Dioxide Capture, Transportation and Geological Storage(CCS)
(二酸化炭素回収・輸送・地中貯留)

議長国:カナダ
幹事国:カナダ、中国

Pメンバー:18カ国
Oメンバー:9カ国
リエゾン:7機関

2011年10月に設立以降、これまで総会が4回開催

WG1 (回収) コンビーナ:日本
事務局:日本

WG2 (輸送) コンビーナ:ドイツ
事務局:ドイツ

WG3 (貯留) コンビーナ:カナダ、日本
事務局:カナダ

WG4 (Q&V) コンビーナ:中国、フランス
事務局:中国

WG5 (クロス Cutting イシュー)
コンビーナ:フランス、中国
事務局:フランス

WG6 (EOR) コンビーナ:米、ノルウェー
事務局:米

国内の体制

国内審議団体:RITE

経済産業省に設置されている
日本工業標準調査会(JISC)からの委託

ISO/TC265
国内審議委員会

委員長:佐藤教授(東大)
メンバー:約25名

CO₂-EOR検討タスク
リーダー:平岡氏(INPEX)

回収WG 主査:東井首席研究員(RITE)

輸送WG 主査:尾崎教授(東大)

貯留WG 主査:松岡教授(京大)

Q&V・クロス Cutting イシューWG
主査:赤井招聘研究員(産総研)

各WGの状況

WG	標準化の内容	出版目標	備考
WG1 (回収)	<ul style="list-style-type: none"> ● 日本提案ベースに回収技術を集めたTR開発中。ISO/TR 27912 ● ISのテーマ(発電分野、燃焼後回収技術)NWIP準備中。 	TR:2015年 IS:2018年	WDをPメンバーへ回付中。
WG2 (輸送)	<ul style="list-style-type: none"> ● パイプライン輸送に関するISを開発中で、CD投票実施。ISO 27913 	IS:2016年	CDの検討を進める。また、船輸送は今後の検討課題。
WG3 (貯留)	<ul style="list-style-type: none"> ● 北米標準のCSA-Z741をベースにIS開発中。陸域、海域の貯留を対象。ISO 27914 	IS:2017年	現在WD
WG4 (Q&V)	<ul style="list-style-type: none"> ● 定量化と検証分野の情報を集めたTRを開発中。ISO/TR 27915 	TR:2015年	ドラフトの初校作成中。
WG5 (クロスカッピング)	<ul style="list-style-type: none"> ● CCSのポキャブラリに関するISを開発中で、CD投票実施中。ISO 27917 ● ライフサイクルリスクマネジメントに関するTRのNWIP投票実施中。 	IS:2016年 TR:2017年	CDの検討を進める。ステークホルダーエンゲージメントのTRも予定される。
WG6 (CO2-EOR)	<ul style="list-style-type: none"> ● 米国中心に、WDの開発中。ISO 27916 	IS:2017年	ドラフトの初校作成中。

3. より経済的で安全なCCS技術の検討 (SUCCESS)

次世代CO2貯留・利用システム(SUCCESS)

(Storage & Utilization of CO2 for Coexistence of Economical & Safe System)

● 従来のCCSとの違い

帯水層内の地層水等を排出することで、次の効果が期待される。

➤ 効果1. 地熱エネルギー回収 **収入の確保**

排出する高温の地層水から熱エネルギーを回収し有効利用する。

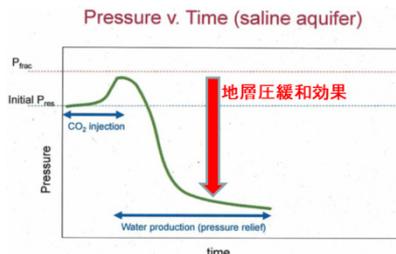
➤ 効果2. 地層圧緩和 **安全性の向上**

圧入時の帯水層の地層圧上昇を緩和するので、地層圧の異常上昇に備えた安全対策ツールとして利用する。

➤ 効果3. CO₂圧入レート改善 **コストの削減**

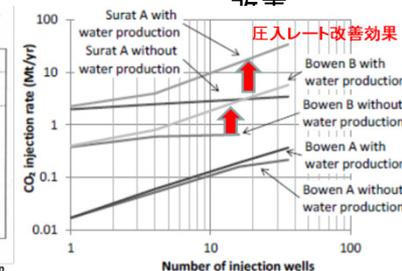
地層圧の上昇が緩和されるので、井戸1本当当たりのCO₂圧入速度を大きく取れる。

効果2.地層圧削減



出典: Methodologies for Site Characterization and Storage Capacity Estimation for Geological Storage of CO₂, CO2CRC, Australia

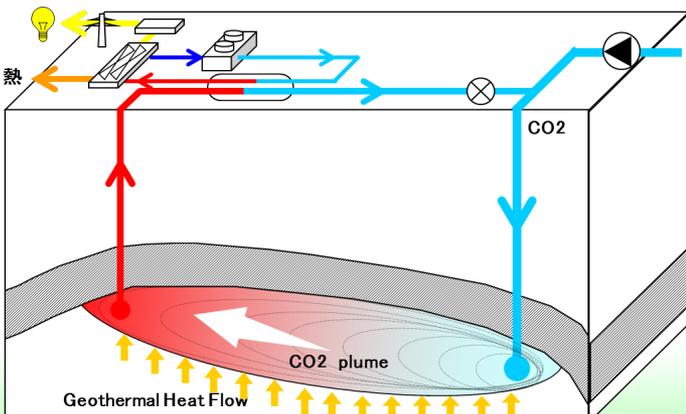
効果3.CO2圧入レート改善



出典: An integrated economic and engineering assessment of opportunities for CO₂ injection with water production in South-East Queensland, P.R.Neal, Australia, GHGT11

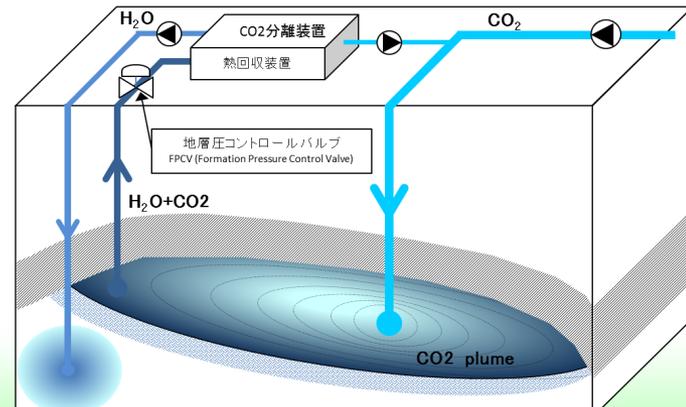
I. 地熱エネルギーの回収

- CO₂が帯水層内に満ちた後に、CO₂を循環させて地熱エネルギーを回収する次世代CCS技術。
- CO₂の持つ優れた熱抽出媒体としての特性を利用。
- 米国LBNLは実証試験を計画中。



II. 地層圧上昇の緩和+CO2圧入レート改善

- 帯水層内の地層水等を排出しながら、CO₂を帯水層へ圧入する次世代CCS技術。
- 地層圧をコントロールし、高いCO₂圧入レートと、安全なCCSを実現。地熱エネルギーの回収も可能。
- 豪州はGorgonプロジェクトで一部技術が採用され実用化。



① 複数坑井システム導入サイトの調査および文献調査

Gorgon（世界で初めて複数坑井システムを採用しようとしているプロジェクト；豪州、西オーストラリア州）

文献調査（複数坑井効果に関するもの）

② シミュレーションによる我が国の地層を対象にした複数坑井システムの有効性検討

我が国の地域を対象にして簡略化した地質モデルおよび詳細地質モデルを用いて数値シミュレーションによる複数坑井システムの有効性を検討する。

4. まとめ

【CCSの動向】

- IPCC WG3の第5次報告書、IEA ETP2014によれば、CCSは、地球温暖化対策の鍵となる技術でありCO₂削減に大きく貢献する技術と位置づけられている。
- GCCSIによれば、CCSの大規模プロジェクトは、運転中のものが13件、建設中のものが9件、計画中のものも含めて全体で55件となっている。
- 本年10月には、カナダのバウンダリーダム発電所において、世界で初めての発電部門における大規模CO₂回収プロジェクトの運転が開始された。
- 本年6月、米国環境省(EPA)が、「Clean Power Plan」(既存火力発電所等のCO₂排出規制)を提案した。これらにより、2030年までに発電部門で2005年比で30%のCO₂削減を図ることとしている。
- 本年10月、欧州においては、EU-ETS(欧州排出権取引制度)の活用等を通じて、2030年までに温室効果ガスの排出量の1990年比40%を削減すること、CCS等への援助資金枠の拡大等を決定した。
- CCSの導入促進のためには、貯留地点の探査、特性評価等の貯留可能量の調査が不可欠である。米国、英国では、そのデータベース化が進められている。

【CCSのISO化】

- ・ISO の専門委員会 (TC265) は、2011年10月に設立され、これまで総会が4回開催された。
- ・TC265 の下に6つのWGが設置され、技術報告書 (TR)、国際規格 (IS) の策定が進められている。
- ・早ければ、2015年に技術報告書が、2016年に最初の国際規格が発行される予定である。

【より経済的で安全なCCS技術 (SUCCESS) の検討】

- ・RITEでは、圧力緩和井を設けて高い圧入レート実現を目指しているサイトの調査および数値シミュレーションによる緩和井の効果の検討を行っている。

ご清聴ありがとうございました

公益財団法人 地球環境産業技術研究機構

**Research Institute
of
Innovative Technology for the Earth**