

CCSの社会実装への道

松岡俊文

公益財団法人 深田地質研究所
京都大学名誉教授

GCCSI日本事務所主催 第44回勉強会
2021年9月9日

経済産業省の令和2年度調査委託事業

事業件名：

- 我が国におけるCCS事業化に向けた制度設計や事業環境整備に関する調査事業

事業目的：

- CCSを広範に普及させるためには、CCSを導入する際の事業リスク等の課題を整理したうえで、それらの課題を解決するための適切な事業環境（制度設計・インセンティブ施策）を整備する必要がある。本事業では、CCS事業化に向けた制度設計や事業環境整備の検討を行う事を目的に、下記の調査を実施した。

実施項目：

- ① CCS事業環境整備の検討／制度設計の検討
- ② CCS導入モデルの想定及び経済波及効果の調査
- ③ 検討会（計6回開催）

受託者：RITE、委員会が作られた

報告書：6月末に報告書が公開された（詳細は是非報告書を参照下さい）

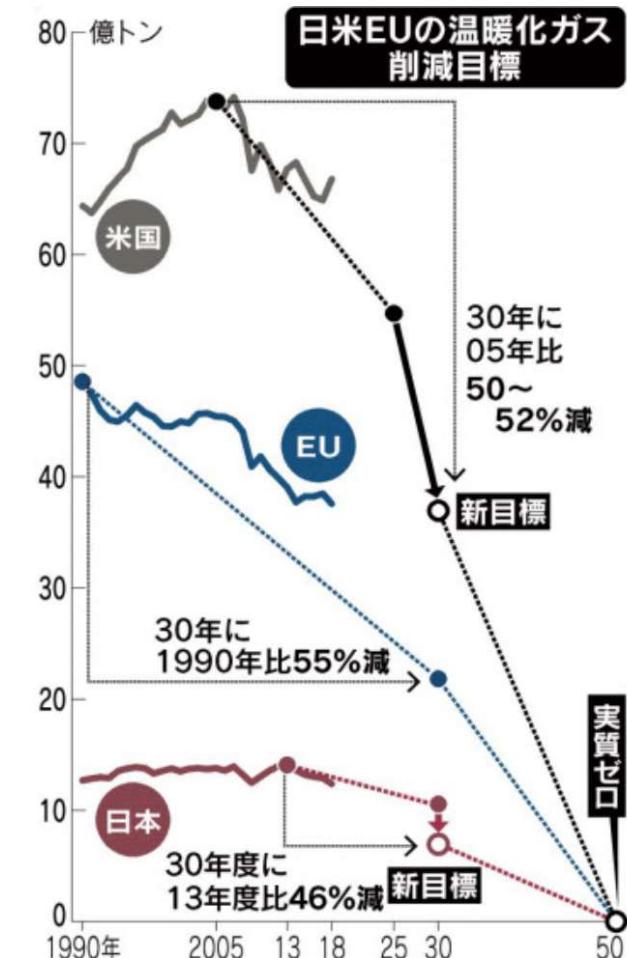
<https://www.meti.go.jp/metilib/report/2020FY/000266.pdf>

はじめに

O

国内でのカーボンニュートラルへの急激な動き

- 2020年10月:菅首相の所信表明演説
 - 2050年ゼロエミッションの実現
- 2021年4月:気候変動サミット
 - 2030年に2013年比で46%削減
- 2021年6月:地球温暖化対策推進法の改正
 - 2050年排出量ゼロが書き込まれた



日経新聞 2021年4月23日

我が国におけるGHG排出量の推移

1960年

池田首相の所得倍増計画
(その結果CO2急増)

1990年

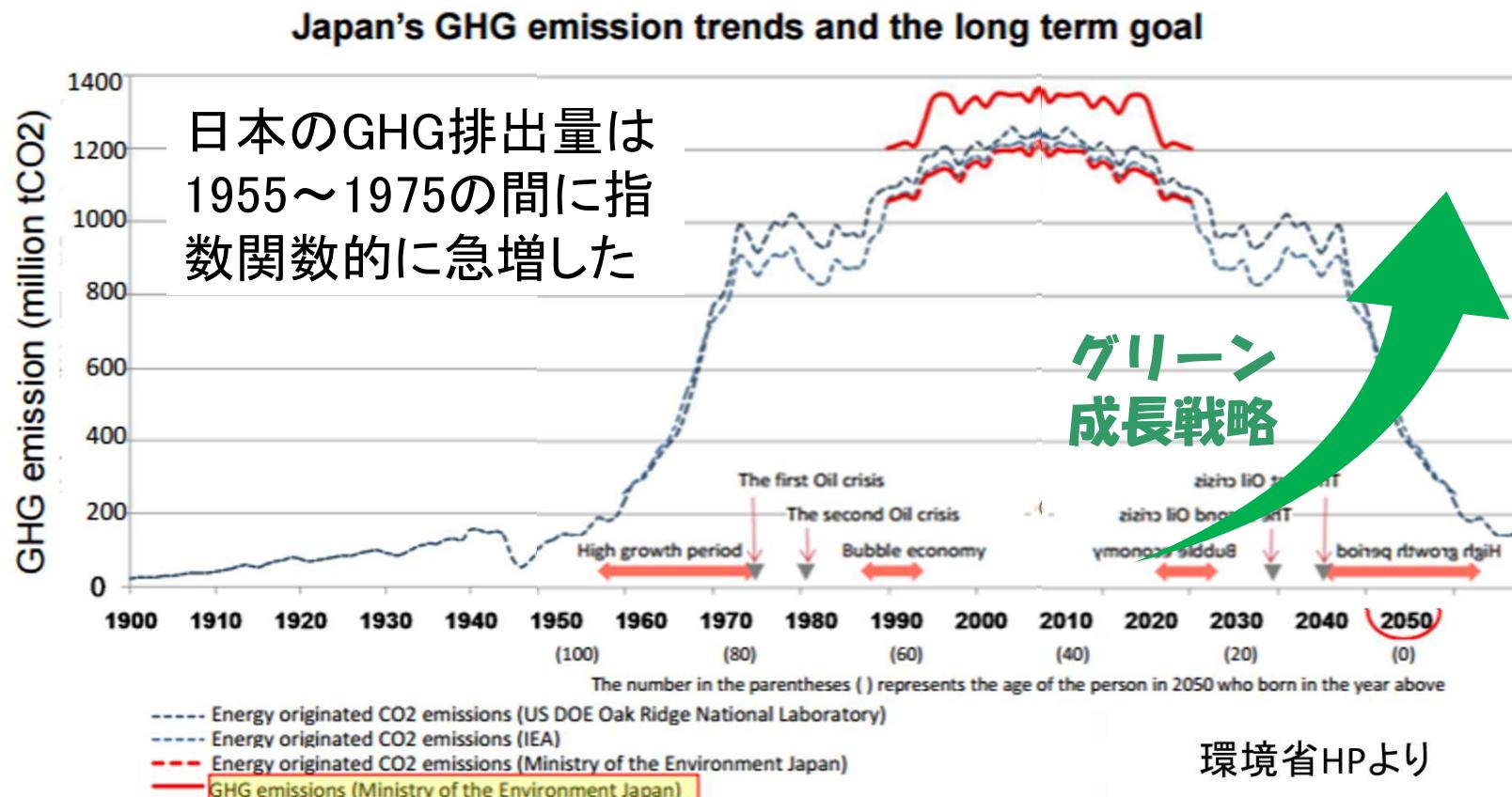
石油危機・環境問題の意識：排出量の急増は止まる

2020年

菅首相のグリーン社会宣言

2050年

持続社会SDGs社会の実現



第6次エネルギー基本計画の素案(2021年8月)

- 第5次(2018年)と比較:カーボンニュートラルへ政策の具体的な記載
 - 「CCS」や「アンモニア」と言うキーワードが、目次に表記されている
 - CCSの商用化を前提に2030年までに導入する(74ページ)
- 第4章 2050年カーボンニュートラル実現に向けた課題と対応
 - <CCSの活用に向けた対応>
 - 事業化に向けた環境整備を長期のロードマップを策定し進める
 - コスト低減等の研究開発を推進する(液化CO2船舶輸送の実証試験)
 - ネットワーク最適化(ハブ＆クラスター)のための官民共同でのモデル拠点構築を進めていく
 - 国内のCO2貯留適地の選定のための調査を続ける
 - https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/2021/046/

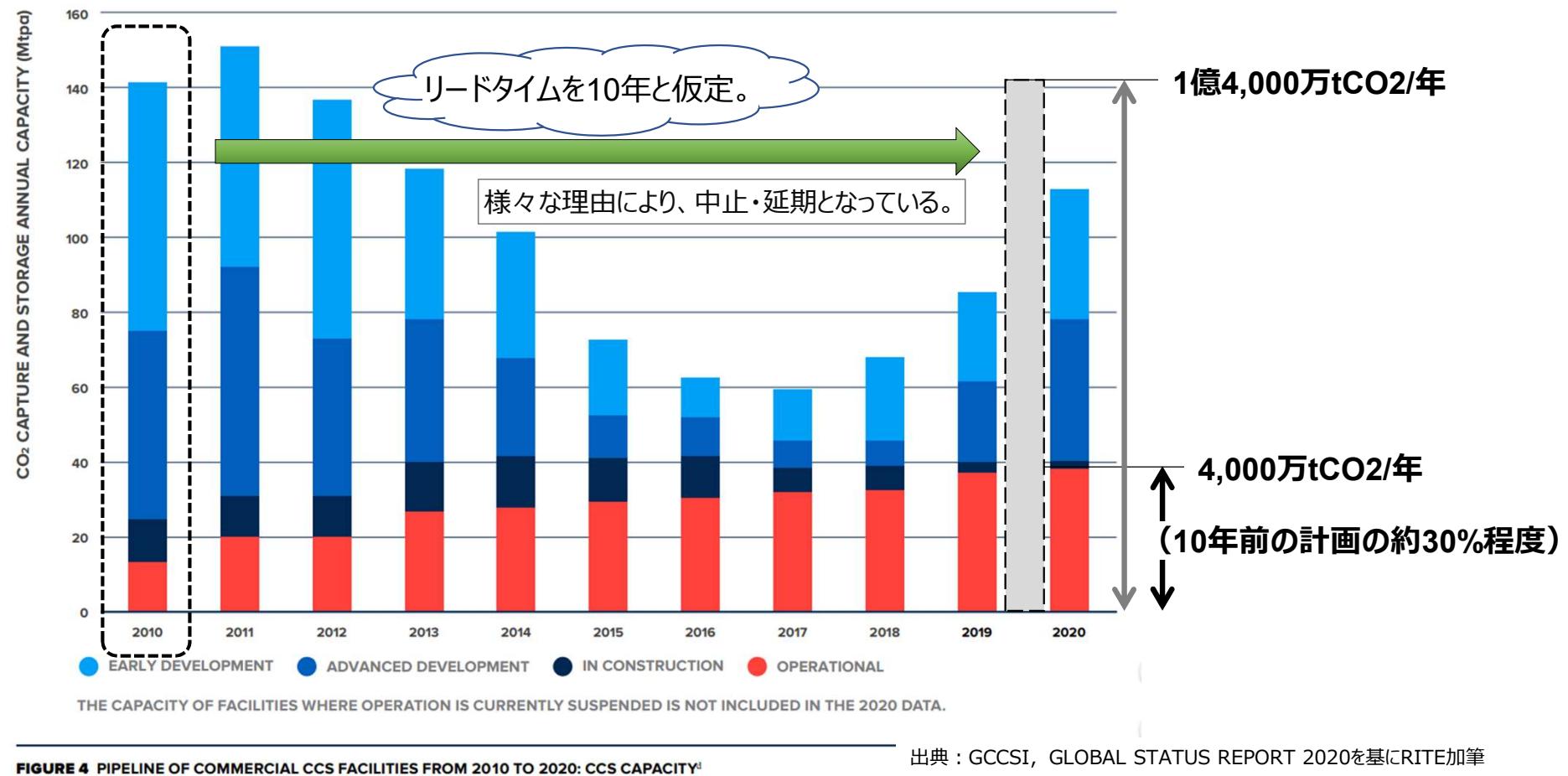
1

CCS事業環境整備の検討／制度設計の検討

- ・調査であり、何かを決めたり、提言などは行わない
- ・2050年ゼロエミッション宣言の前に開始

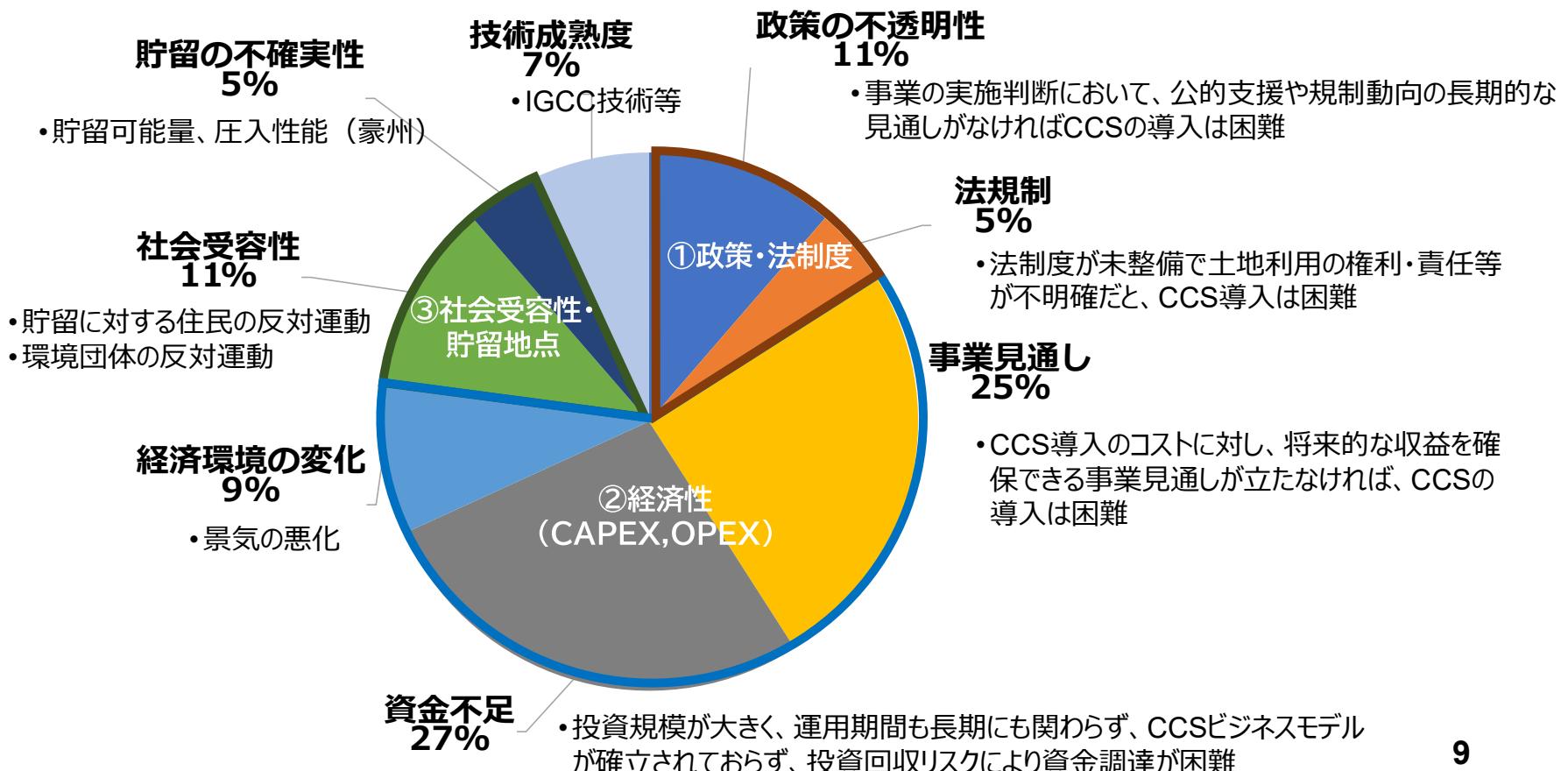
各国のCCSプロジェクト中止事例にみる導入障壁

世界のCCSプロジェクトの段階別（開発、建設、操業）の推移を示す。リードタイムを10年と仮定し、2010年と2020年を比較すると、**CCSプロジェクトは建設段階に入るまでの間に、様々な理由により、中止・延期となっていることがわかる。**



各国のCCSプロジェクト中止事例にみる導入障壁

- 調査した32件のプロジェクトの主な中止理由を整理した結果。CCSの導入障壁としては、①政策・法制度の問題(16%)、②経済性の問題(61%)、③社会受容性・貯留地点の問題(16%)に大別できる。



CCS事業環境整備の枠組みの検討

- ・ 各国のCCSプロジェクトの中止事例から推察されるCCS導入に必要な事業環境整備の枠組みを以下のように整理した。

中止事例における導入障壁

- ① 政策の不透明性
- ② 法制度
- ③ 将来的な事業収益（事業見通し難）
- ④ 資金調達
- ⑤ 社会受容性
- ⑥ 貯留性能

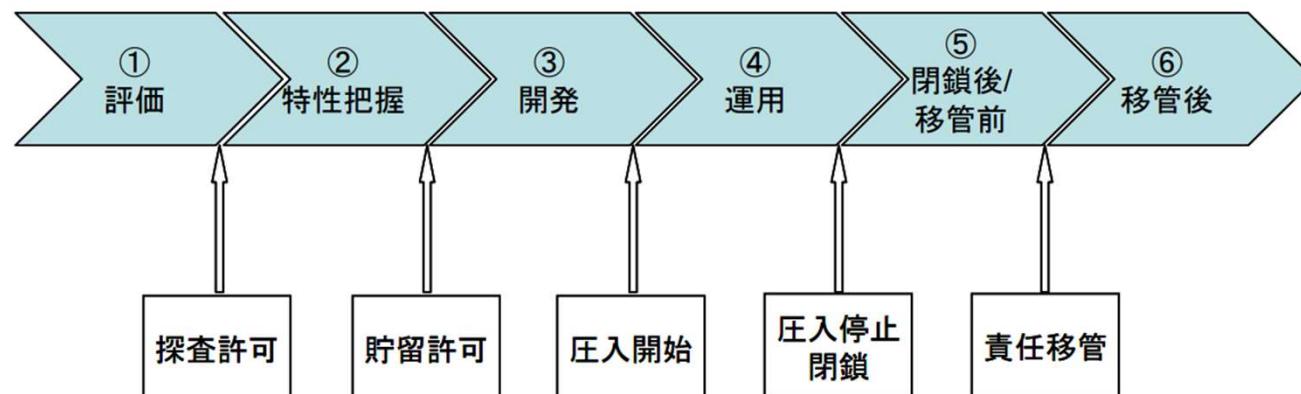
事業環境整備の枠組み

- (1) CCSの意義・許認可
(\Leftrightarrow 政策・法制度の問題)
- (2) CCS事業の見通し
(\Leftrightarrow 経済性の問題)
- (3) CCS事業の前提
(\Leftrightarrow 社会受容性、貯留適地の問題)

(1) CCSの意義・許認可

「CCSの意義・許認可」のための枠組みの必要性

- ◆ 公的支援・規制等の見通しが必要。例えば、CCSの導入時期、2050年の導入量、コスト目標の目安などの国の**ロードマップが必要**。
- ◆ CCSのライフサイクルに対応した**包括的な法制度が必要**。特に、貯留したCO₂の長期的責任を国に移管する仕組み等
- ◆ 事業実施の許認可にあたっては、認証機関等が技術基準・安全基準等を審査し、**国が許認可を与える**等の制度の枠組みが必要(海防法は漏出に対する問題に関する許可であり、CCS事業全体に対する許可では無い)



出典: 各国におけるCCSに係る長期的責任の取り扱い(電力中央研究所)

(1) CCSの意義・許認可

「CCSの意義・許認可」のための枠組みに関する事業環境整備（案）

→ CCSに関する包括的な法制度の検討

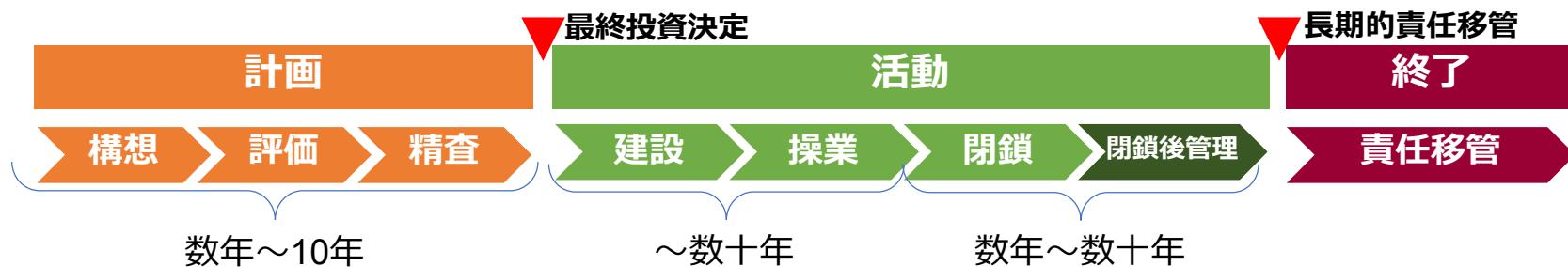
- 「海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律」は、海洋汚染や海上災害防止を目的とする法律。2008年にCO2の海底下廃棄に係る改正が行われた。
- 「特定二酸化炭素ガス」について、許可を得た場合に、海底下廃棄の禁止から除外するものである。**圧入終了後も監視義務が課されており、期限の設定がなされていない。**
- 海防法はCCS実施に対する包括的な法体系で無い。事業を安全かつ円滑に実施することに主眼をおいた**CCSに関する包括的な法制度の立法処置が必須**。
- 包括的な法制度の検討においては、温暖化対策としてのCCSの位置づけを明確にし、苫小牧実証試験等の国内外でのこれまでの実証試験の経験を踏まえた議論・検討が必要。

(2) CCS事業の見通し

「CCS事業の見通し」のための枠組みの必要性

- ◆ 民間事業者がCCSを導入するために、事業に対して収益が得られる**ビジネスモデル(収益構造)、資金調達の枠組みが必要。**
- ◆ 分離回収、輸送、貯留事業は、それぞれライフサイクルが異なるため、各事業の関連性を考慮した経済検討が必要。(例、英國ビジネスモデルでは、回収と輸送＆貯留事業で区分、カナダACTLでは、回収、輸送、貯留、それぞれで区分等)
- ◆ ハブ＆クラスターの概念(ソース＆シンクのマッチング)

CCS事業のライフサイクル（イメージ）



GCCSI資料等を参考にRITEにて作成

（2）CCS事業の見通し

「CCS事業の見通し」のための枠組みに関する事業環境整備（案）

→国内におけるCCSビジネスモデル（収益構造、資金調達、事業期間・責任の範囲）の検討

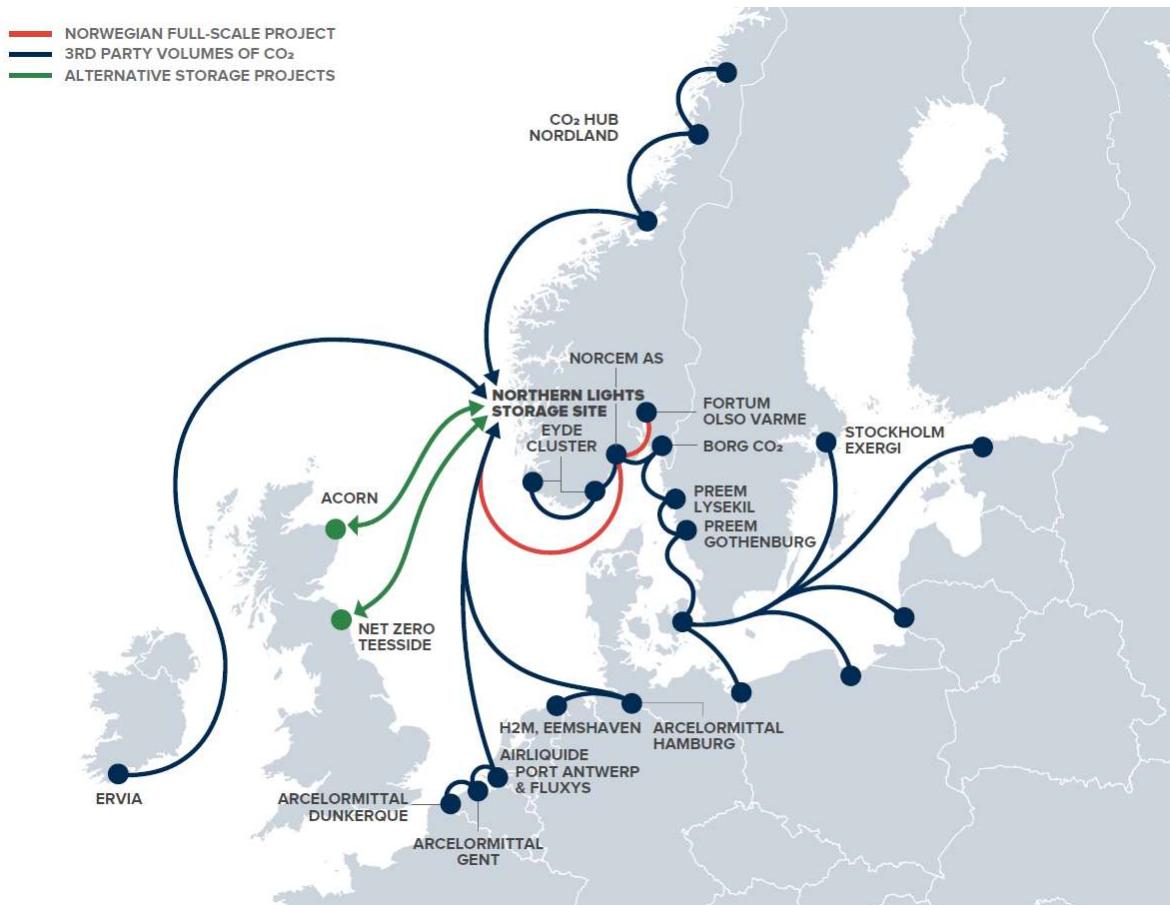
- 設備利用率の向上によるコスト低減を目指したクラスターでのビジネスモデルが妥当。
- ビジネスモデルの検討にあたっては、官民協力の下、国が基本方針を示し、民間事業者がCCSビジネスモデルを策定する等の（案）が考えられる。
- 回収と集積化の検討は民間が主体となり、輸送と貯留の共通部分に関しては国が主体となり行うなどの（案）が考えられる。

→CCS市場創出の検討

- 将来の市場創出の検討し、市場創出されれば国の支援を段階的に減らすことが可能。
- 排出源：CO2を減らすことに価値を生みだす制度の検討。例えば、非化石電源、グリーン調達制度、クレジットなど。
- 貯留地点：利用促進に係る制度の検討。例えば、米国の45Qのような制度。

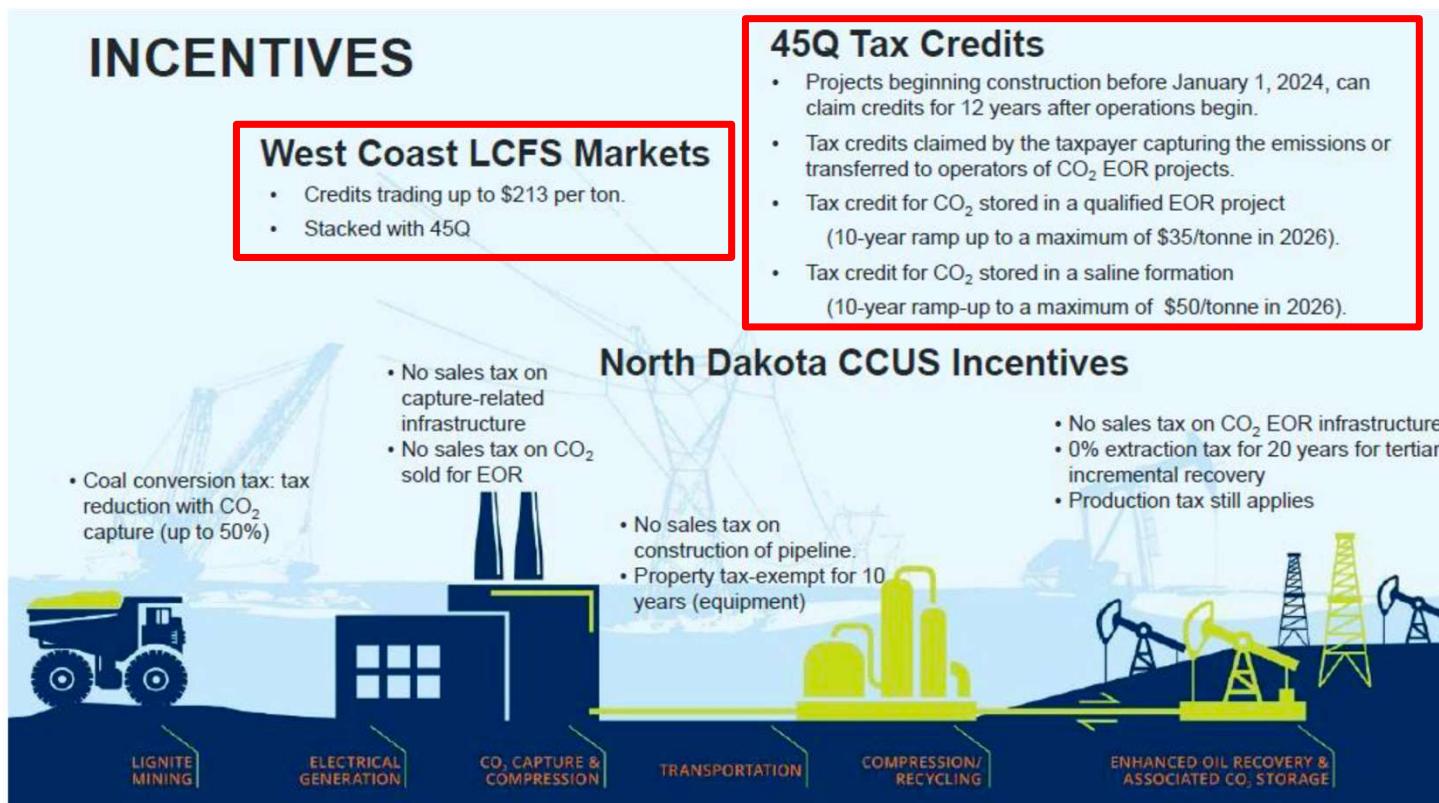
Northern Lights CCS Project (新ビジネスモデル)

- 北欧最大級の商用CCS
- Equinor、Shell、Total
- 欧州の350社が潜在顧客
- ノルウェー政府が総事業費の8割に当たる16億ユーロ(約2085億円)補助
- 2024年から150万t/y、最大500万t/y
- 将来的には1t当たり30~55ユーロ(約3900~7160円)



米国でのCCS社会実装

補助金と規制



(出所：North Dakota Energy & Environmental Research Center(EERC) presentation in CCS Technical Workshop 2020 held in Tokyo on January 23, 2020.)

米国連邦政府が進める45Q税制

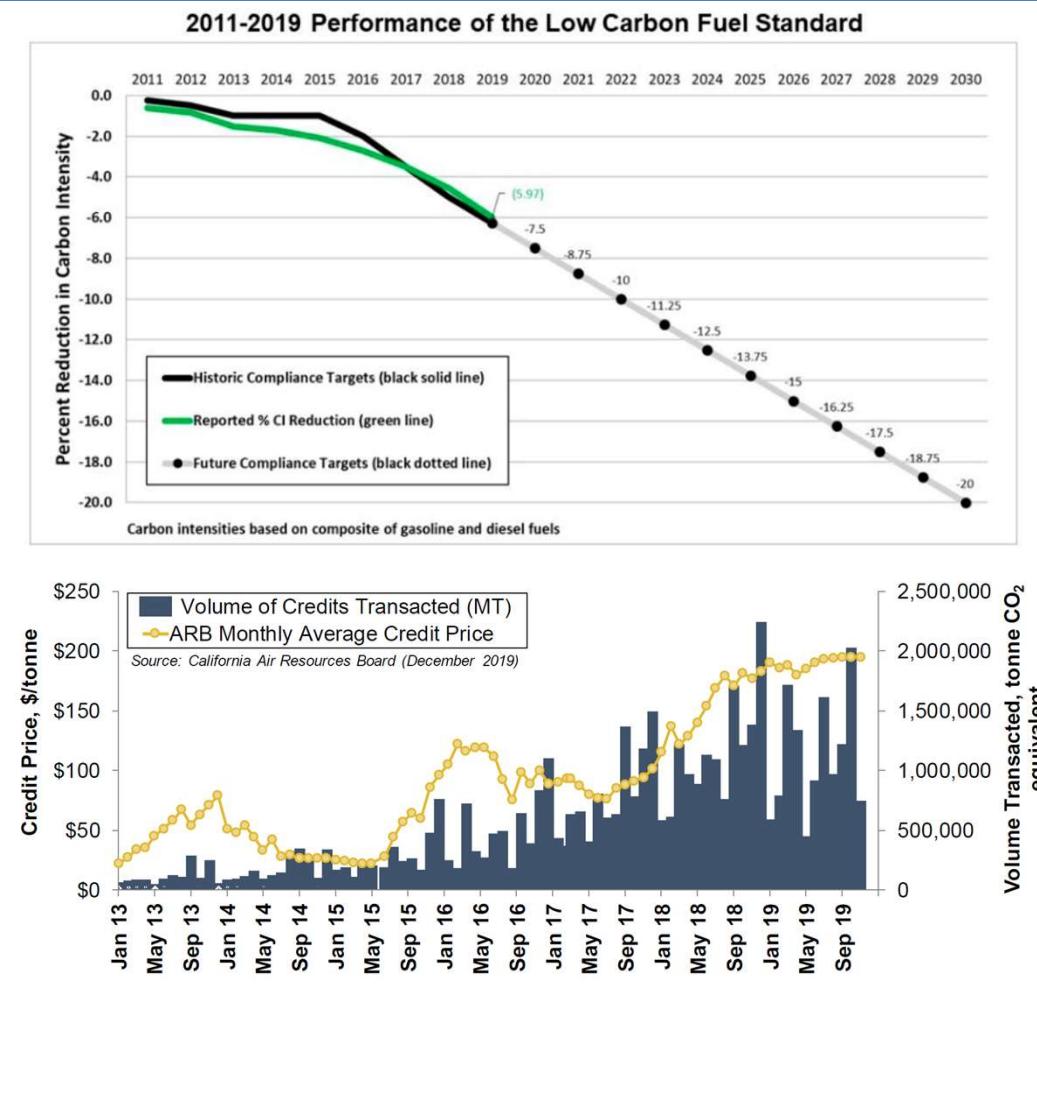
- 45Q税制はCCS促進を目的に、CO₂を1トン削減するにつき、CCSは最大50ドル、EOCは最大35ドルの税額控除が得られる。
- 2024年1月までに建設開始されたCCS案件が対象で稼働後、12年間有効。

TYPE OF CO ₂ STORAGE/USE	MINIMUM SIZE OF ELIGIBLE CARBON CAPTURE PLANT BY SIZE (KtCO ₂ /YR)			RELEVANT LEVEL OF TAX CREDIT GIVEN IN OPERATIONAL YEAR (USD/tCO ₂)									
	POWER PLANT	OTHER INDUSTRIAL FACILITY	DIRECT AIR CAPTURE	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	LATER
DEDICATED GEOLOGICAL STORAGE	500	100	100	28	31	34	36	39	42	45	47	50	↗
STORAGE VIA EOR	500	100	100	17	19	22	24	26	28	31	33	35	↗ INDEX LINKED
OTHER UTILISATION PROCESSES*	25	25	25	17	19	22	24	26	28	31	33	35	↗

(出所 : Global CCS Institute : The US Section 45Q Tax Credit for Carbon Oxide Sequestration / An Update)

カリфорニア州LCFS (Low Carbon Fuel Standard)

- LCFSは2030年までに石油由来燃料を半減させる目標で、バイオ燃料の推進。
- 削減できないとCarbon Creditで払う
- CCSによるCO₂削減もLCFSのCarbon Creditにカウントできるようになった(2019年1月1日)
- (例)トウモロコシからバイオエタノールを製造し、ガソリン・ディーゼル等の輸送燃料の代替としてカリфорニア州で販売する。



バイオエタノール製造会社が始めたCCS事業

RED TRAIL ENERGY, LLC

North Dakota Ethanol Production

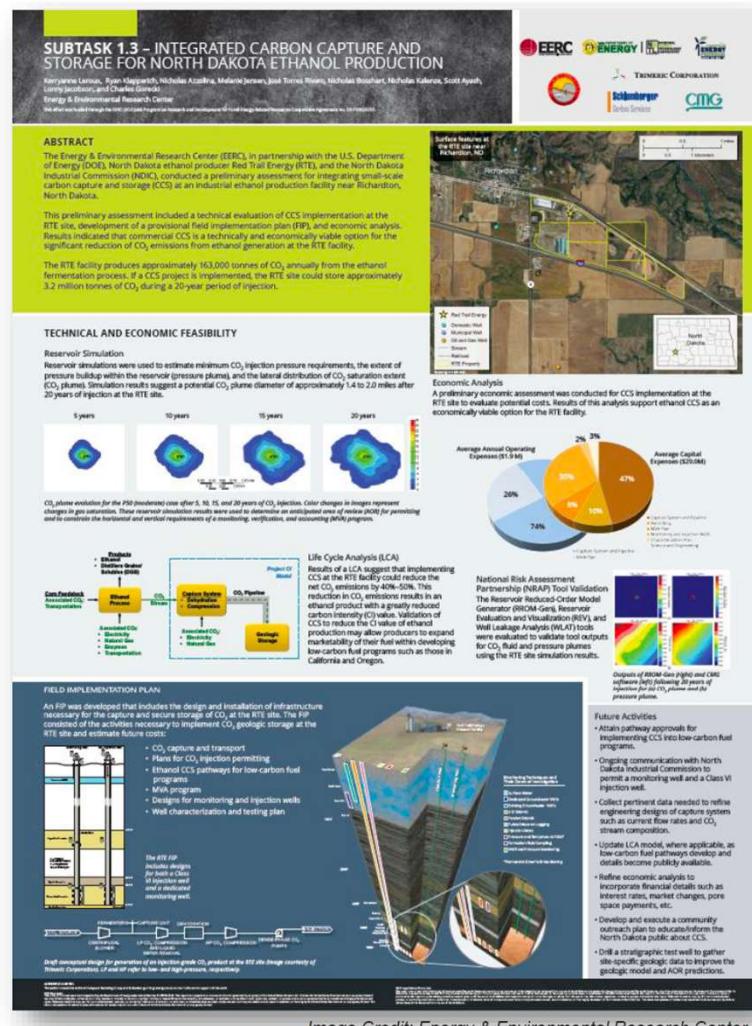
Reduced Carbon Intensity of North Dakota Ethanol Production Through Geologic CO₂ Storage

Incentive Programs

- Low-carbon fuel standard (LCFS) programs (~\$200/tonne)
- 45Q (\$50/tonne)



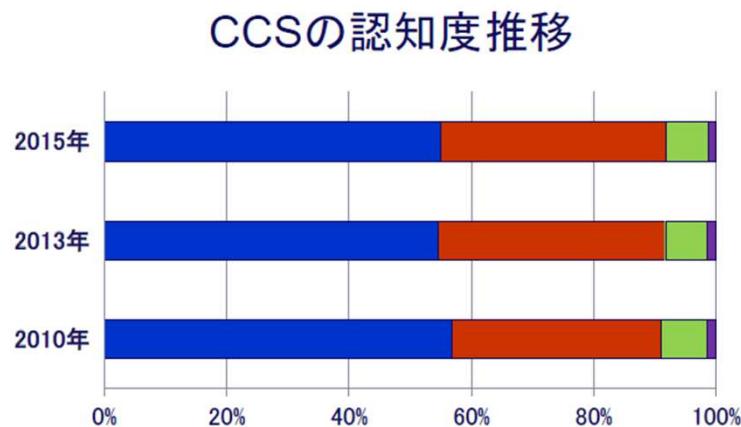
Image Credit: Red Trail Energy



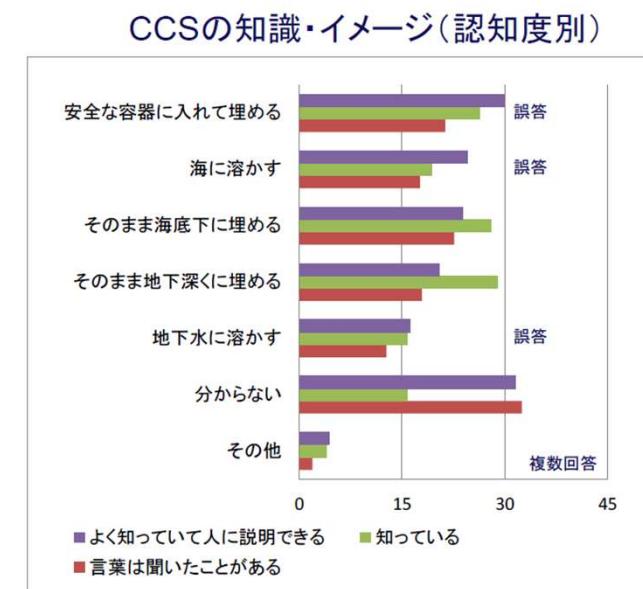
(3) CCS事業の前提

「CCS事業の前提」のための枠組みの必要性

- ◆多くの国民が、温暖化対策のためのCCSを合理的な技術として認知が低いと、公的支援（補助金等）あるいは社会実装そのものが困難になる。
- ◆貯留可能量等の貯留性能に係る不確実性は、CCS導入実施判断の前提となる。



認知度は、経年変化がなく、低いままで推移（知識は普及していない）
認知度高い人（知っていると思う人）ほど、知識正答率低い（過去結果と同じ）



N=3,122(CCSを全く知らない人を除く)

出典:電中研報告V15011(2016)

(3) CCS事業の前提

「CCS事業の前提」のための枠組みに関する事業環境整備（案）

→ 社会受容性向上

- ◆ **社会的受容性の向上が重要。** 苫小牧実証試験でのPO/PAは好事例と評価。
- ◆ リスク情報の理解と対処の向上には、伝えたい情報、伝えるべき情報のみだと興味を持つてもらえない。相手の視点、相手が知りたい情報、役に立つ情報も盛り込まないと、定着しないで短期情報として忘れ去られてしまう。
- ◆ そもそもCCSに対する興味・関心が低いため、必要最低限の知識と、もっとCCSを知りたいというモチベーションの部分の土台を上げることが重要。

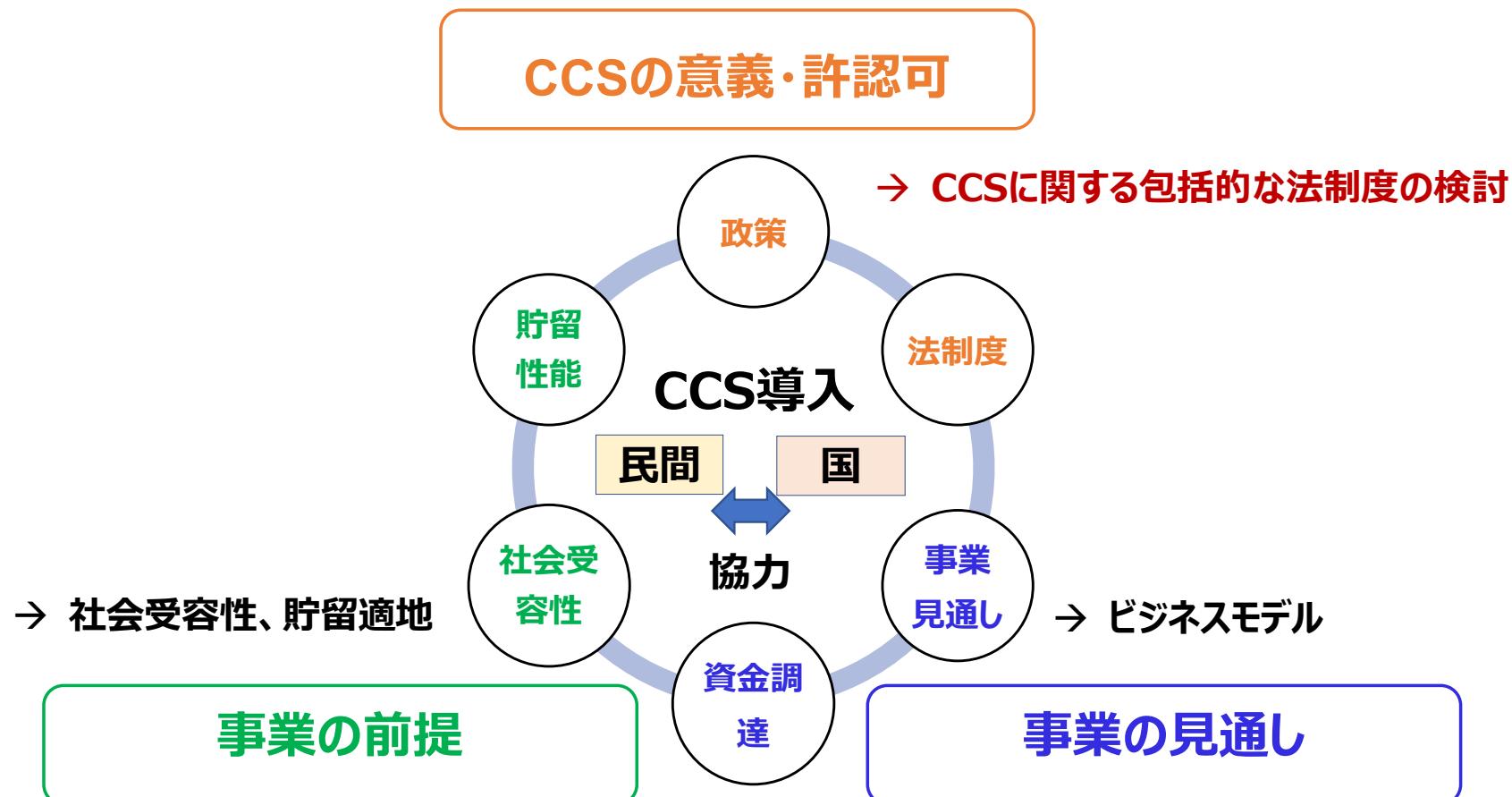
→ 貯留適地

- ◆ **貯留適地の確保は事業の前提**であり、METIが行っている適地調査事業の成果について、効果的な情報発信が必要。
- ◆ 社会受容性の向上には、海外での貯留層データの公開制度は効果的かも知れない。また**公開することで第3者による評価が可能となる。**

まとめ

CCS事業環境整備の検討／制度設計の検討

- ・事業環境整備の枠組み（案）について、それぞれ調査・深堀りが必要。
- ・特に、CCSを実施するための包括的な法制度・ロードマップについて、早期の議論が必要。



CCS導入モデルの想定及び経済波及効果の調査

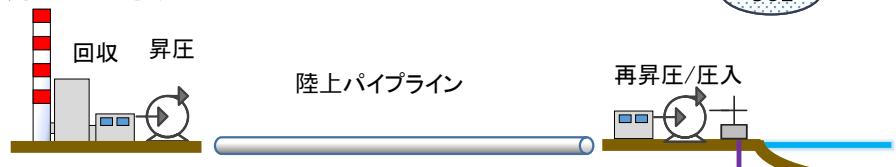
2

CCS導入モデルの想定 (圧入量: 3,388[千tCO₂/年])

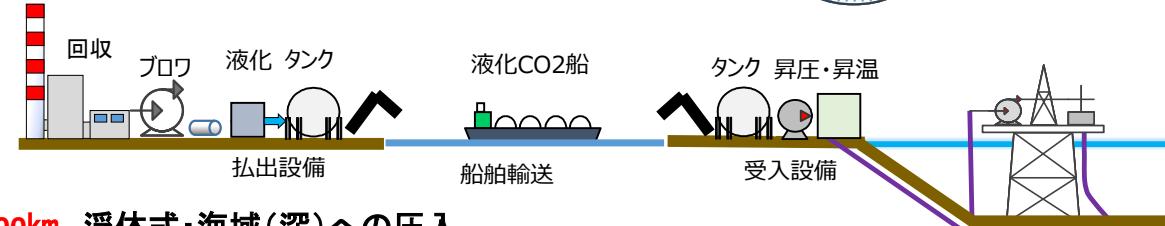
ケース1; PL輸送100km、陸上からの圧入



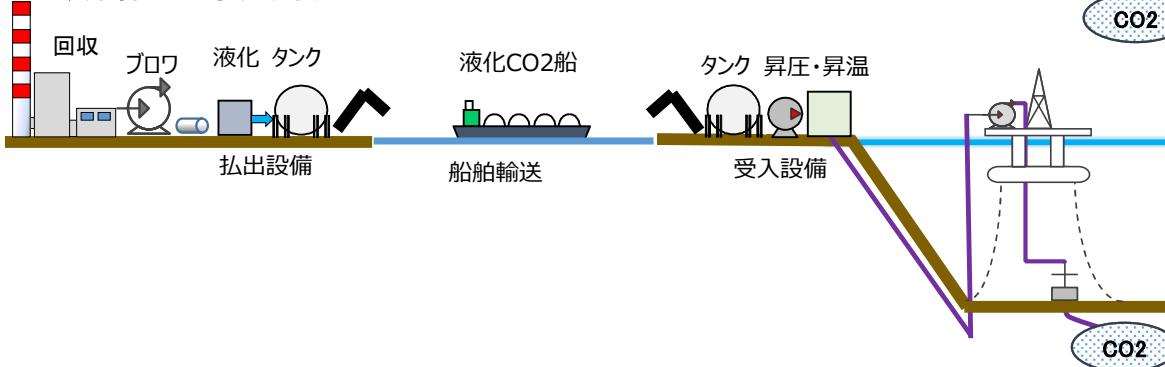
ケース2; PL輸送100km、陸から海域への圧入



ケース3; 船舶輸送1,000km、着底式・海域(浅)への圧入



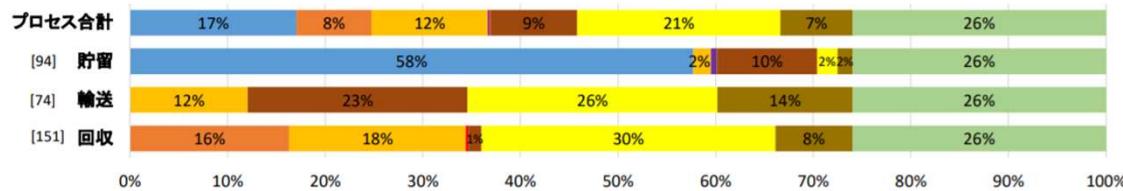
ケース4; 船舶輸送1,000km、浮体式・海域(深)への圧入



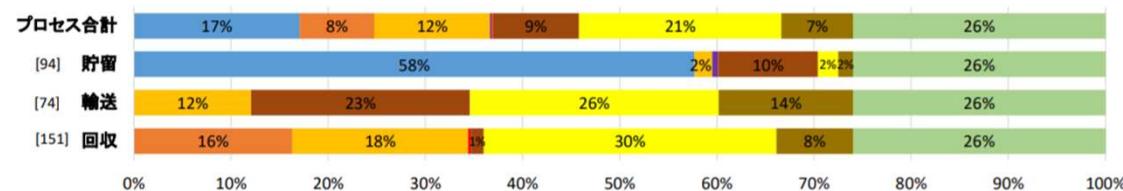
CCSに特化した産業連関表の構築

- 前頁の導入モデルの試算結果を基に、総務省・産業連関表（2015年・107産業分類）を用い、「CCS回収」、「CCS輸送」、「CCS貯留」（事前探査、モニタリング含）の3産業部門を追加（2015年・110産業分類に更新）。
- 下図のように、ケース別・CCSプロセス別に、費用構成比（産業連関表の投入係数）を想定。CCS費用に占める人件費（雇用者所得）割合26%（15年・全産業平均値をもとに想定）、企業利潤ゼロと想定。

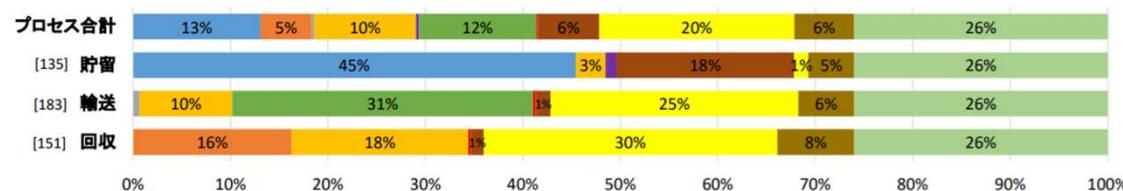
ケース1
PL輸送100km、陸域圧入
320億円/年



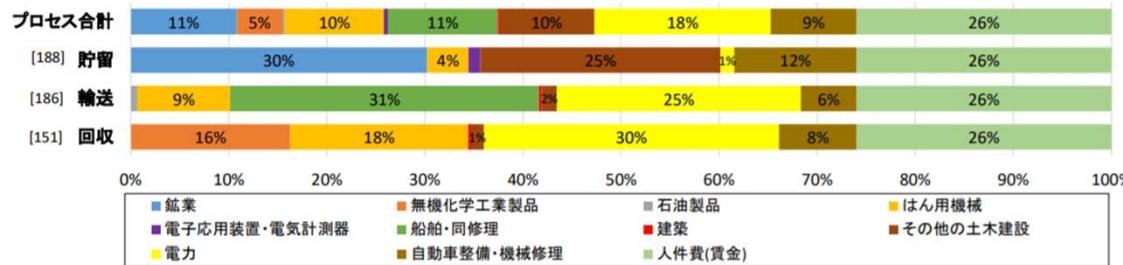
ケース2
PL輸送100km、陸域-海域
320億円/年



ケース3
船舶輸送1,000km、着底
470億円/年



ケース4
船舶輸送1,000km、浮体
526億円/年



CCSによる、日本全体への経済波及効果

- 国内生産誘発係数（1.0の新規投資需要に対する）は、2.59～2.64、GDP誘発係数は、1.03と推計。
- 誘発雇用量は、4.3～7.4（千人/年）と推計。

分析ケース (CCS導入量:3,388[千tCO ₂ /年])	想定したCCS実施費用 (新規投資) (百万円/年) (円/トン)	国内生産誘発額 (百万円/年) []は誘発係数	GDP誘発額 (百万円/年) []は誘発係数	誘発雇用量(人)
ケース1:PL輸送100km-陸上 からの圧入	32,040 9,457	+82,982 [2.59]	+33,102 [1.03]	+4,373
ケース2:PL輸送100km-陸から 海域への圧入	32,040 9,457	+82,982 [2.59]	+33,102 [1.03]	+4,373
ケース3:船舶輸送1,000km-着 底式・海域(浅)への圧入	46,954 13,859	+123,605 [2.63]	+48,195 [1.03]	+6,395
ケース4:船舶輸送1,000km-浮 体式・海域(深)への圧入	52,626 15,533	+139,077 [2.64]	+54,194 [1.03]	+7,432

注1:本分析の各誘発額・誘発雇用量は、二次波及効果まで評価。

(金額は2015年価格)

注2:国内生産誘発額は、中間費用を含む。

注3:誘発雇用量は、各産業の「雇用者数/国内生産額」を一定と想定した場合の、生産誘発額に伴って推計される雇用者数を表す。CCS産業の「雇用者数/国内生産額」は全産業平均値を想定。

波及効果に関する、CCS産業と他産業の比較

- ケース1のCCS投資額（32,040[百万円/年]）と同額を、公共事業*または乗用車産業へ投資した場合とを比較した。**CCS産業は、中位的な誘発影響が見込まれる**（ただし、人件費などの費用内訳の想定などに依存）。

(参考：それぞれの特徴)

- 公共事業：誘発雇用者数が大きい（建設関係は、労働集約的な産業であるため、雇用への影響大）。
- 乗用車産業：国内生産誘発額が大きい（中間費用割合が大きく、他産業への波及効果が大きい）。

分析ケース	想定した実施費用 (新規投資) (百万円/年)	国内生産誘発額 (百万円/年) []は誘発係数	GDP誘発額 (百万円/年) []は誘発係数	誘発雇用量(人)
ケース1:PL輸送100km-陸上からの圧入	32,040	+82,982 [2.59]	+33,102 [1.03]	+4,373
ケースA: 公共事業	32,040	+67,068 [2.09]	+34,049 [1.06]	+5,020
ケースB: 乗用車産業	32,040	+94,692 [2.96]	+28,748 [0.90]	+2,751

公共事業は、総務省・産業連関表・107産業分類の中の1産業で、道路/河川・下水道等/農林関係の事業が該当する。

経済波及効果検討のまとめ

- CCS事業の導入による経済波及効果を見るため、パイプラインと船舶輸送の合計4ケースについてシミュレーションを行った。
- 圧入量は年間約340万トン
- 国内生産誘発係数（1.0の新規投資需要に対する）は、2.59～2.64（公共事業は2.09）、GDP誘発係数は、1.03と推計。
- 誘発雇用量は、4.3～7.4（千人/年）と推計。
- CCS産業は、中位的な誘発影響が見込まれる（自動車産業：国内生産誘発額が大きい（中間費用割合が大きく、他産業への波及効果が大きい）

まとめ

3

1. 目標は定まった
2. 基本政策は第6次エネルギー計画に盛り込まれた
3. これから具体的な作業項目の検討と実行
 - ◆ 詳細なロードマップの作成
 - ◆ CCS事業の包括的な法制度の制定
 - ◆ 我が国に適したCCSビジネスモデルの作成
 - ◆ CCS適地の発掘
 - ◆ コスト低下につながるイノベーション

ご清聴有り難うございました

Q&A

各国のCCSプロジェクト中止事例にみる導入障壁

- 各国のCCSプロジェクト中止事例32件を整理。

順位	地域	プロジェクト名	排出源設備等	中止決定	主な中止理由		
					概要	整理結果	
1	米国	American Electric Power - Mountaineer	石炭火力	2011	・超過コストの電気料金への転嫁許可の不透明性 ・景気悪化 ・温暖化政策の不透明性	→事業見通し難 →社会経済環境の変化 →政策の不透明性	
2	米国	Sweeny Polygeneration with CO2 Capture	石炭火力(IGCC)	2012	・国内の温暖化政策の不透明性からDOE資金支援の第2フェーズを辞退	→政策の不透明性	
3	米国	Taylorville Energy Center	石炭火力(IGCC)	2013	・経済性が見通せないために事業ポートフォリオから除外（再エネ、ガス火力優先）	→事業見通し難	
4	米国	Trailblazer Energy Center	石炭火力(IGCC)	2013	・経済性が見通せないために事業ポートフォリオから除外（再エネ、ガス火力優先）	→事業見通し難	
5	米国	Leucadia Energy Capture Project - Louisiana	合成ガス製造	2014	・州議会は州財務局がプロジェクトからの合成ガスを購入することを正当化する法律を可決。その後、州最高裁が購入契約を取り消す判決を出したため事業見通しが悪化	→事業見通し難	
6	米国	FutureGen 2.0	石炭火力 (酸素燃焼追設)	2016	・2009年に決定した復興・再投資法による10億ドルの資金援助の執行期間が2015年に超過し失効	→資金不足	
7	米国	Hydrogen Energy California Project	水素製造	2016	・EOR事業者との回収CO2の取引契約の遅延 ・政府資金援助の執行遅延による援助金の減額	→計画遅延 →資金不足	
8	米国	Kemper County IGCC Project	石炭火力(IGCC)	2017	・計画遅延によるプロジェクトコスト増加と電気料金への転嫁不可	→計画遅延 →事業見通し難	
9	カナダ	Pioneer Project	石炭火力発電	2012	・CO2販売価格等、事業の見通し難	→事業見通し難	
10	カナダ	Swan Hills In-Situ Coal Gasification/Sagittawah Power Project	合成ガス生成	2013	・天然ガス価格の下落	→事業見通し難	
11	カナダ	Bow City Power Project	石炭火力発電	2011以降	・景気／経済状況の見通し難	→事業見通し難	2

各国のCCSプロジェクト中止事例にみる導入障壁

順位	地域	プロジェクト名	排出源設備等	中止決定	主な中止理由	
					概要	整理結果
12	英国	Scottish Power - Longannet CCS	石炭火力	2011	<ul style="list-style-type: none"> 事業性の見通し難 政府からの支援不足（政府支援10億ポンドに対し15億ポンドが必要と試算） 	→事業見通し難 →資金不足
13	英国	Hunterston Station CCS	石炭火力	2012	<ul style="list-style-type: none"> 景気後退 資金調達の見通し難 	→社会経済環境の変化 →資金不足
14	英国	Coastal Energy IGCC Project (Teesside)	石炭火力(IGCC)	2013	<ul style="list-style-type: none"> 政府支援プログラム不採択 	→資金不足
15	英国	E.ON Ruhrgas Killingholme IGCC	石炭火力(IGCC)	2015	<ul style="list-style-type: none"> IGCCから天然ガスコンバインドへの変更 欧州資金公募の不採択 	→技術成熟度 →資金不足
16	英国	White Rose	石炭火力 (酸素燃焼)	2015	<ul style="list-style-type: none"> 英国政府の10億ポンドCCS商用プログラムの中止 	→資金不足 →政策の不透明性
17	英国	Peterhead	ガス火力発電レットロフィット	2015	<ul style="list-style-type: none"> 英国政府の10億ポンドCCS商用プログラムの中止 	→資金不足 →政策の不透明性
18	オランダ	RWE CCS Eemshaven	石炭火力	2009以降	<ul style="list-style-type: none"> 政府支援の打ち切り 	→資金不足
19	オランダ	Pernis Refinery Project	水素製造	2010	<ul style="list-style-type: none"> 貯留に対する住民反対運動 政府に対する地域住民の不満 	→社会受容性
20	オランダ	Nuon Magnum IGCC Plant with Capture Option	石炭火力(IGCC)	2011	<ul style="list-style-type: none"> Nuon社の石炭ガス化技術採用延期 環境団体の反対 	→技術成熟度 →社会受容性
21	オランダ	Rotterdam ROAD project	石炭火力	2017	<ul style="list-style-type: none"> 政府による石炭火力への長期的なコミットがなされなかったため、事業者がプロジェクトの中止を決定 	→政策の不透明性
22	ドイツ	Vattenfall Janschwalde	石炭火力	2011	<ul style="list-style-type: none"> 住民・環境団体等の反対 CO2貯留に係る法整備 	→社会受容性 →法規制
23	ドイツ	RWE IGCC Plant with CO2 Storage	石炭火力(IGCC)	2015	<ul style="list-style-type: none"> CO2貯留に係る法整備 	→法規制

各国のCCSプロジェクト中止事例にみる導入障壁

順位	地域	プロジェクト名	排出源設備等	中止決定	主な中止理由	
					概要	整理結果
24	ノルウェー	Halten CO2 Project (Draugen-Heidrun)	石炭火力	2007	・ FSの結果によるEOR収益性の見通し難	→ 事業見通し難
25	デンマーク	Aalborg - Northern Jutland Power Station Project	石炭火力 (既設微粉炭)	2009	・ 景気悪化 ・ 貯留予定地近隣コミュニティの反対 ・ CO2漏洩の不安	→ 社会経済環境の変化 → 社会受容性
26	ポーランド	Belchatow CCS Project	石炭火力	2013	・ 資金調達難	→ 資金不足
27	フィンランド	FINNCAP - Meri Pori CCS Project	石炭火力(IGCC)	2010	・ 経営戦略変更 (プロジェクトに関する技術的および財政的リスクが決定に影響)	→ 技術成熟度 → 資金不足
28	イタリア	Porto Tolle	石炭火力	2011	・ イタリア国務院による環境省プロジェクト実施許可の取消 (環境団体の石炭火力発電に対する反対が判断の背景)	→ 社会的受容性
29	フランス	ULCOS Florange	製鉄	2012	・ 欧州財政支援 (NER300) 不採択	→ 資金不足
30	豪州	ZeroGen Project	石炭火力(IGCC)	2011	・ 期待した圧入性能が得られないこと (貯留の不確実性) による貯留コストの上昇	→ 貯留の不確実性 → 事業見通し難
31	豪州	Kwinana Project	石炭火力(IGCC)	2011	・ 貯留可能量の不足	→ 貯留の不確実性
32	UAE	Hydrogen Power Abu Dhabi Project	水素発電	2011	・ プロジェクト優先度の低下	→ 社会経済環境の変化

出典

- ・ National Energy Technology Laboratory CCS-database, <https://www.netl.doe.gov/node/7633>
- ・ MIT Carbon Capture and Sequestration Project Database, <http://sequestration.mit.edu/tools/projects/index.html>
- ・ Zero Emission Resource Organisation Project Database, <http://www.zeroco2.no/projects/>