

米州におけるCCUSの動向

2023年1月

株式会社 三井住友銀行

CA本部

企業調査部

ニューヨーク駐在

- 本資料は、情報提供を目的に作成されたものであり、何らかの取引を誘引することを目的としたものではありません。
- 本資料は、作成日時点で弊行が一般に信頼できるとされる資料に基づいて作成されたものですが、情報の正確性・完全性を弊行で保証する性格のものではありません。また、本資料の情報の内容は、経済情勢等の変化により変更されることがありますので、ご了承ください。
- ご利用に際しては、お客さまご自身の判断にてお取扱いいただきますようお願い致します。本資料の一部または全部を、電子的または機械的な手段を問わず、無断での複製または転送等することを禁じております。



SUMITOMO MITSUI
BANKING CORPORATION

Disclaimer

This presentation is for discussion purposes only and is not intended to be an offer to sell or the solicitation of an offer to buy any securities, or any commitment to underwrite, subscribe for or place any securities, is not an offer or commitment to provide any financing or extension of credit or service, and does not contain any tax or legal advice. This presentation has been prepared by SMBC Group (which may include, collectively or individually, any of the following entities in the Americas Division: Sumitomo Mitsui Banking Corporation (“SMBC”), SMBC Nikko Securities America, Inc. (“SMBC Nikko”), SMBC Nikko Securities Canada, Ltd. (“Nikko Canada”), SMBC Capital Markets, Inc. (“SMBC-CM”), SMBC Leasing and Finance, Inc., JRI America, Inc., and SMBC Rail Services LLC) and is being furnished by SMBC Group solely for use by the client or potential client to whom such materials are directly addressed and delivered. This presentation is confidential, and is the property of SMBC Group subject to copyright. Any reproduction of this presentation, in whole or in part, is prohibited, and you may not release these materials to any person, except to your advisors and professionals to assist you in evaluating these materials, provided that they are obligated, by law or agreement, to keep the presentation confidential. These materials do not constitute research, a recommendation or an offer or solicitation to any person to enter into any transaction or adopt any hedging, trading or investment strategy. Prior to participating in any such transaction, you should consult your own independent, competent, legal, tax, accounting and other professional advisors.

In preparing this presentation, SMBC Group has relied upon information available from third parties, including public sources, and we have assumed, without independent verification, the accuracy and completeness of such information. Specific prices, indices or measures, including ranges, listed in this document were prepared at the time the document was prepared, and are subject to change without notice. SMBC Group makes no representations to and does not warrant this presentation’s accuracy or completeness. SMBC Group expressly disclaims any liability for any use of the information set forth herein, including, without limitation, any use of the information set forth herein in the preparation of financial statements or accounting material.

These materials may contain forward looking statements, which may include projections, forecasts, income estimates, yield or return, future performance targets or similar analysis. These forward looking statements are based upon certain assumptions. All forward looking statements are based upon currently available information and SMBC Group is not obligated to provide an update. Actual events may differ from those assumptions. Opinions, projections, price/yield information and estimates are subject to change without notice. There can be no assurance that estimated returns or projections will be realized, that forward looking statements will materialize or that actual results will not be materially lower than those presented. Past performance is not necessarily indicative of future results. Any transactions or strategies addressed may not be suitable for all parties. The value, price or income from transactions or strategies may fall as well as rise. SMBC Group or an affiliate may have a position in any of the underlying instruments, assets, indices or rates mentioned in this document. You should make your own independent judgment or seek independent financial and tax advice with respect to any matter contained herein.

SMBC is subject to Japanese firewall regulations and therefore absent client consent, non-public client information may not be shared with SMBC Nikko Securities Inc.

SMBC Nikko is a US registered broker-dealer of SMBC Group. Nikko Canada is a US and Canadian registered broker-dealer of SMBC Group. SMBC-CM is provisionally registered as a US swap dealer with the CFTC. Capital markets and other investment banking activities for SMBC Group are performed by a combination of SMBC Nikko, Nikko Canada, SMBC Nikko Securities Inc. and SMBC-CM. Lending and other commercial banking activities are performed by SMBC and its banking affiliates. Derivative activities may be performed by SMBC-CM or SMBC. SMBC Group deal team members may also be employees of any of the foregoing entities. SMBC Group does not provide tax advice. Accordingly, any discussion of U.S. tax matters contained herein (including any attachments) is not intended or written to be used, and cannot be used, in connection with the promotion, marketing or recommendation by anyone unaffiliated with SMBC Group or for the purpose of avoiding U.S. tax-related penalties. © 2023 SMBC Group. All rights reserved.

1. CCUSの概要	P. 3
2. 米州におけるCCUS	P. 7
3. 普及に向けた課題と対応策	P. 14

1. CCUSの概要

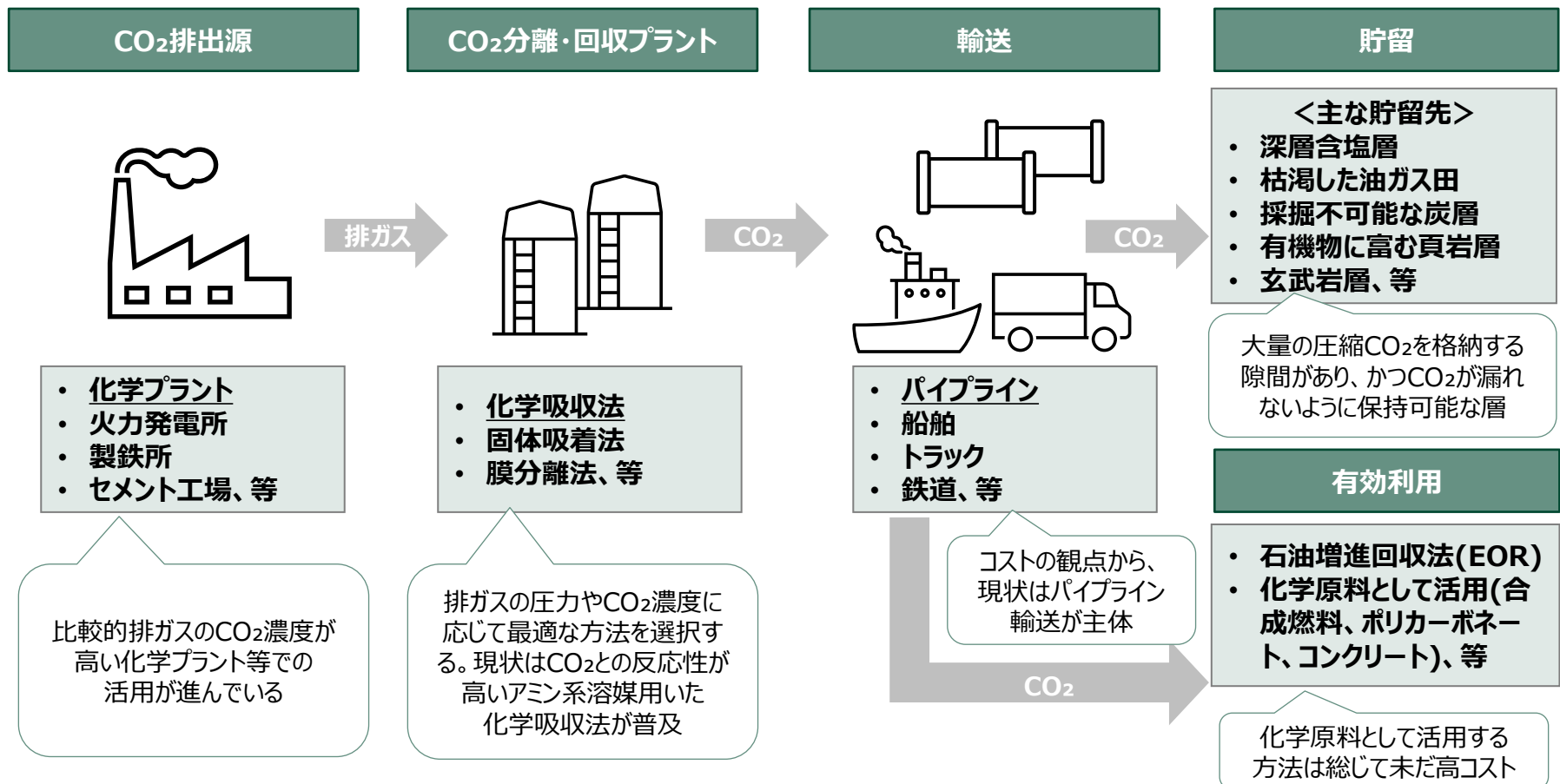


SUMITOMO MITSUI
BANKING CORPORATION

CCUS (CO₂の回収・有効利用・貯留) とは

「CCUS : Carbon dioxide Capture, Utalization and Storage」は、化学プラントや発電所などから排出されたCO₂を回収、有効利用、貯留する取組・技術を指します。

CCUSの概要

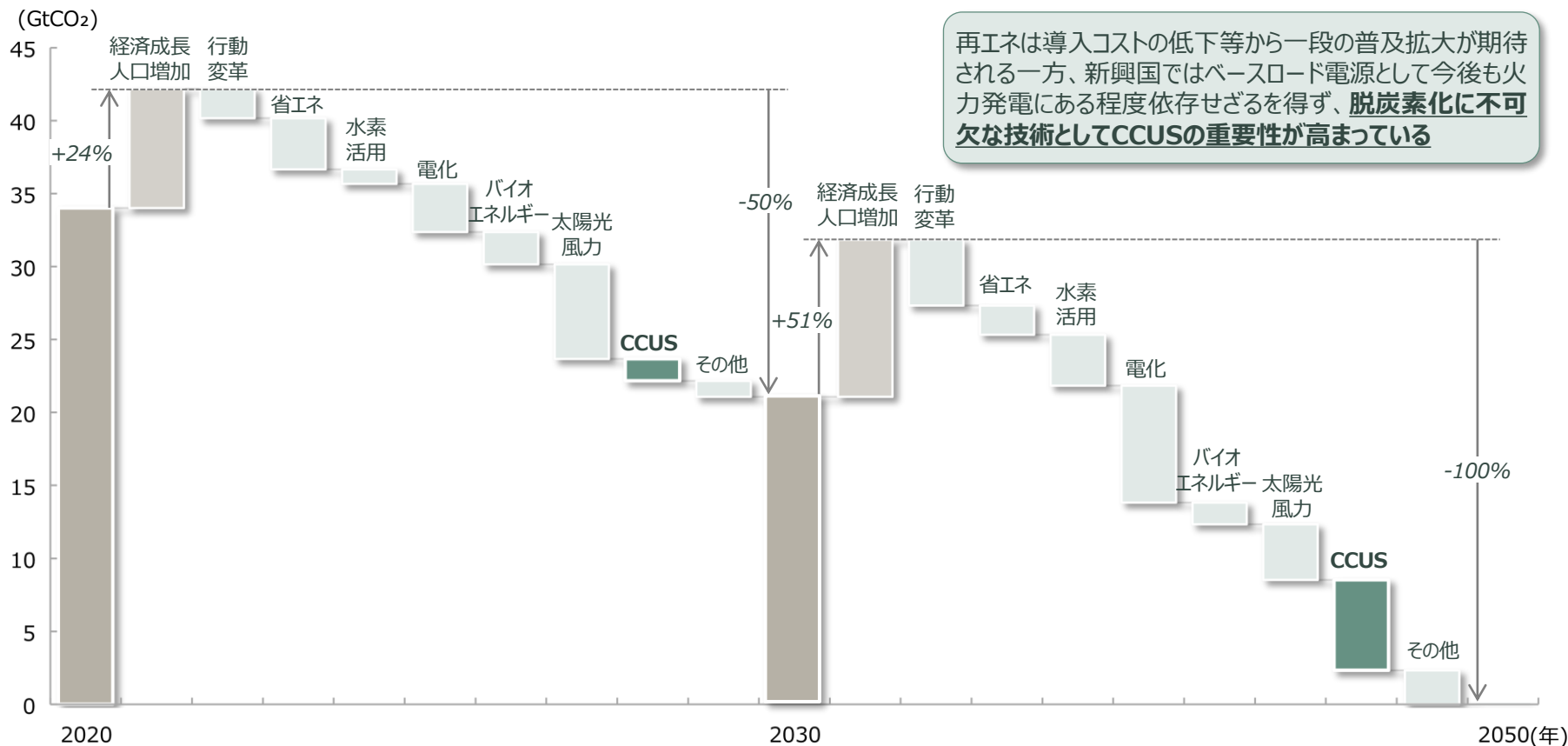


(出所) 環境省、資源エネルギー庁、US Department of Energyを基に弊行作成

カーボンニュートラルの実現に向けたCCUSの位置付け

世界的なカーボンニュートラルの実現に向けて、まずは再生可能エネルギー(再エネ)の導入や省エネ化、行動変革等によるCO₂削減を進めつつ、2030年以降は電化やCCUS、水素活用等により削減を加速させていくことが想定されています。

2050年までのカーボンニュートラル実現に向けたCO₂削減策別の寄与度(グローバル)

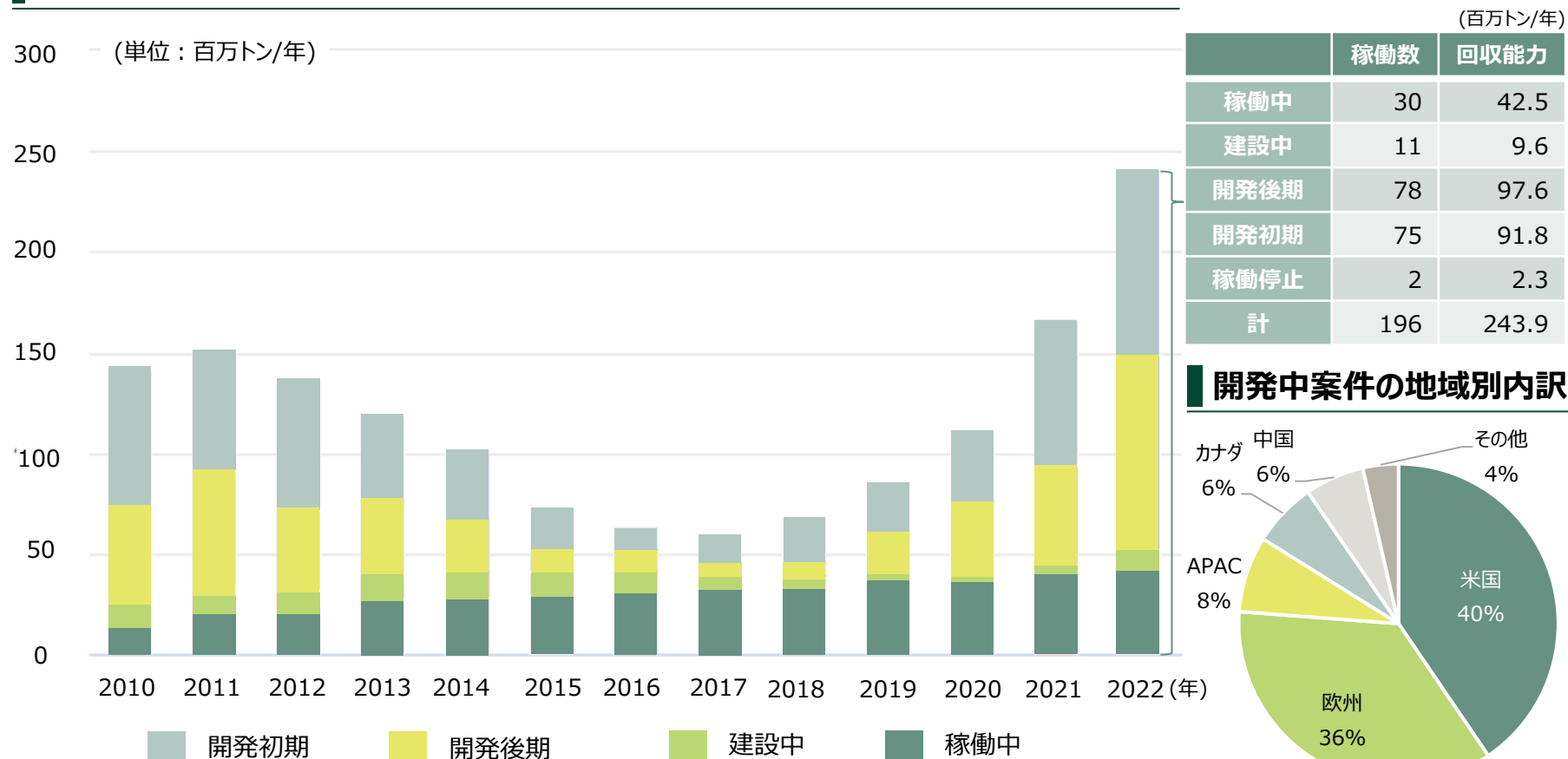


(出所) International Energy Agency 「Net Zero by 2050」を基に弊社作成

世界におけるCO₂回収・貯留キャパシティの推移

2010年代前半に一時減少基調にあった開発中のCCUS案件はカーボンニュートラルに向けた機運の高まりを受けて、近年再び増加基調に転じています。開発中案件の約4割は米国に集中しており、カナダも含めた米州では世界全体の5割弱を占める主要市場になっています。

世界におけるCO₂回収・貯留キャパシティの推移



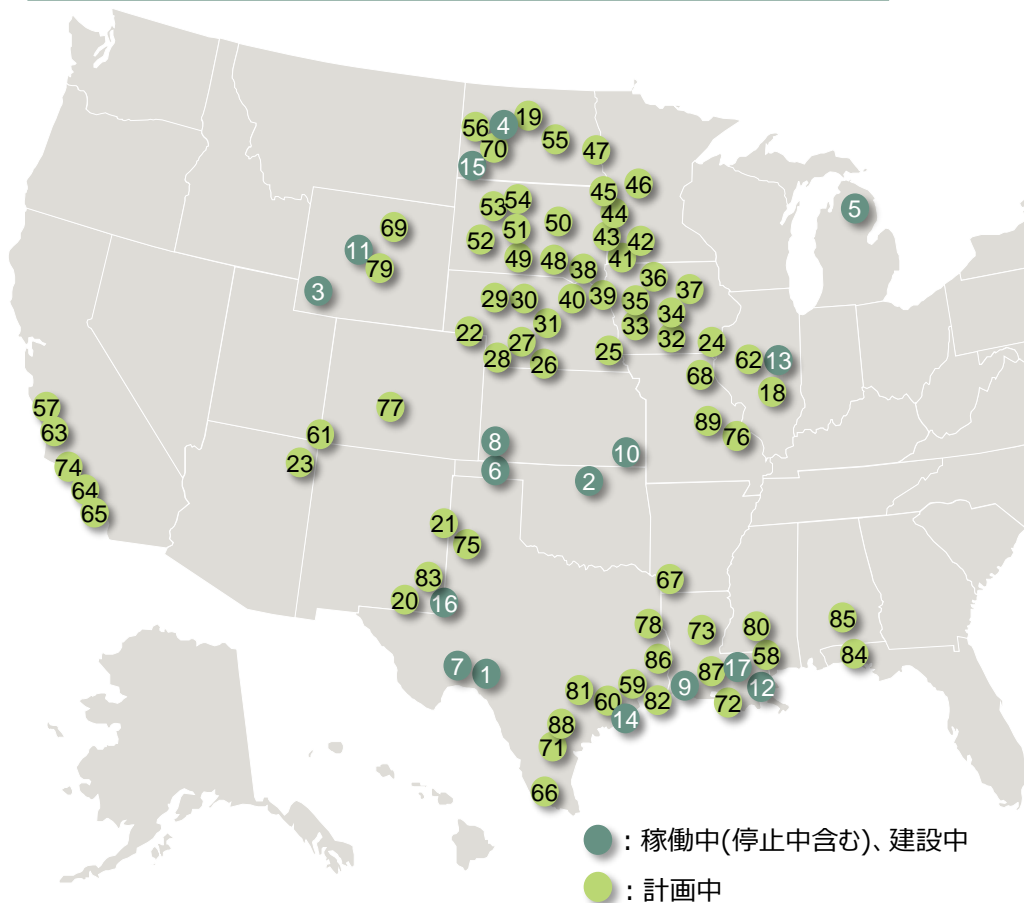
(出所) Global CCS Institute 2022、International Energy Agencyを基に弊社作成

2. 米州におけるCCUS

米国における商用化CCUSプラント(稼働中・建設中)

米国では、稼働中・建設中の案件が20件弱、開発中のものも含めると90件弱の案件があります。特に石油ガス産業が盛んなメキシコ湾周辺や、エタノール工場の集積地である中西部、環境規制の厳しいカリフォルニア州などに案件が集中しています。

米国におけるCCUSプラント



	施設名	稼働状況	稼働年	CO ₂ 排出源	回収能力	貯留タイプ
1	Terrell Natural Gas Processing Plant	稼働中	1972	天然ガス処理	50	EOR
2	Enid Fertilizer	稼働中	1982	肥料製造	70	EOR
3	Shute Creek Gas Processing Plant	稼働中	1986	天然ガス処理	700	EOR
4	Great Plains Synfuels Plant and Weyburn-Midale	稼働中	2000	合成燃料製造	300	EOR
5	Core Energy CO ₂ -EOR	稼働中	2003	天然ガス処理	35	EOR
6	Arkalon CO ₂ Compression Facility	稼働中	2009	エタノール製造	29	EOR
7	Century Plant	稼働中	2010	天然ガス処理	840	EOR
8	Bonanza BioEnergy CCUS EOR	稼働中	2012	エタノール製造	10	EOR
9	Air Products Steam Methane Reformer	稼働中	2013	水素製造	100	EOR
10	Coffeyville Gasification Plant	稼働中	2013	肥料製造	90	EOR
11	Lost Cabin Gas Plant	稼働停止中	2013	天然ガス処理	90	EOR
12	PCS Nitrogen	稼働中	2013	肥料製造	20-30	EOR
13	Illinois Industrial Carbon Capture and Storage	稼働中	2017	エタノール製造	100	貯留
14	Petra Nova Carbon Capture	稼働停止中	2017	発電所	140	EOR
15	Red Trail Energy BECCS Project	稼働中	2022	エタノール製造	18	貯留
16	OXY and Carbon Engineering DAC Facility	建設中	2025	DAC	50-100	-
17	Louisiana Clean Energy Complex	建設中	2026	水素製造	500	貯留

(万トン/年)

(出所) Global CCS Institute 2022を基に弊社作成

米国における商用化CCUSプラント(計画中)

	施設名	稼働	CO ₂ 排出源		施設名	稼働	CO ₂ 排出源		施設名	稼働	CO ₂ 排出源
18	Wabash CO ₂ Sequestration	2022	肥料製造	42	Fairmont Biorefinery CCS	2024	エタノール製造	66	NextDecade Rio Grande LNG	2025	天然ガス処理
19	Midwest AgEnergy Blue Flint ethanol CCS	2022	エタノール製造	43	Heron Lake Biorefinery CCS	2024	エタノール製造	67	El Dorado CCS Project	2025	肥料製造
20	Northern Delaware Basin CCS	2023	天然ガス処理	44	Lamberton Biorefinery CCS	2024	エタノール製造	68	The Illinois Clean Fuels Project	2025	化学品製造
21	Project Interseqt - Hereford Ethanol Plant	2023	エタノール製造	45	Granite Falls Biorefinery CCS	2024	エタノール製造	69	Dry Fork Integrated Commercial CCS	2025	発電所
22	Project Interseqt - Plainview Ethanol Plant	2024	エタノール製造	46	Bushmills Biorefinery CCS	2024	エタノール製造	70	Project Tundra	2026	発電所
23	San Juan Generating Station CCS	2024	発電所	47	Otter Tail Biorefinery CCS	2024	エタノール製造	71	Coastal Bend CCS	2026	-
24	Galva Biorefinery CCS	2024	エタノール製造	48	Wentworth Biorefinery CCS	2024	エタノール製造	72	River Bend CCS	2026	-
25	Shenandoah Biorefinery CCS	2024	エタノール製造	49	Huron Biorefinery CCS	2024	エタノール製造	73	Velocys' Bayou Fuels Negative Emission PJ	2026	化学品製造
26	York Biorefinery CCS	2024	エタノール製造	50	Watertown Biorefinery CCS	2024	エタノール製造	74	Cal Capture	2020年代半ば	発電所
27	Central City Biorefinery CCS	2024	エタノール製造	51	Redfield Biorefinery CCS	2024	エタノール製造	75	Gerald Gentleman Station Carbon Capture	2020年代半ば	発電所
28	Wood River Biorefinery CCS	2024	エタノール製造	52	Onida Biorefinery CCS	2024	エタノール製造	76	Prairie State Generating Station CCS	2020年代半ば	発電所
29	Atkinson Biorefinery CCS	2024	エタノール製造	53	Mina Biorefinery CCS	2024	エタノール製造	77	LafargeHolcim Cement CCS	2020年代半ば	セメント製造
30	Plainview Biorefinery CCS	2024	エタノール製造	54	Aberdeen Biorefinery CCS	2024	エタノール製造	78	Diamond Vault CCS	2028	発電所
31	Norfolk Biorefinery CCS	2024	エタノール製造	55	Casselton Biorefinery CCS	2024	エタノール製造	79	Dave Johnston Plant Carbon Capture	2020年代	発電所
32	Nevada Biorefinery CCS	2024	エタノール製造	56	Summit Pipeline	2024	-	80	James M. Barry Electric Generating Plant CCS Project	2030	発電所
33	Grand Junction Biorefinery CCS	2024	エタノール製造	57	Aemetis	2024	-	81	Deer Park Energy Centre CCS	-	発電所
34	Steamboat Rock Biorefinery CCS	2024	エタノール製造	58	Plant Daniel Carbon Capture	2025	発電所	82	G2 Net-Zero LNG	-	天然ガス処理
35	Goldfield Biorefinery CCS	2024	エタノール製造	59	Lake Charles Methanol	2025	化学品製造	83	Mustang Station of Golden Spread Electric CCS	-	発電所
36	Mason City Biorefinery CCS	2024	エタノール製造	60	Bayou Bend CCS	2025	-	84	NuDACCS - Nuclear Direct Air CCS Project	-	DAC
37	Lawler Biorefinery CCS	2024	エタノール製造	61	Coyote Clean Power Project	2025	発電所	85	Farley DAC Project	-	DAC
38	Sioux Center Biorefinery CCS	2024	エタノール製造	62	One Earth Energy Carbon Capture	2025	エタノール製造	86	Sempre Energy Hackberry CCS	-	天然ガス処理
39	Marcus Biorefinery CCS	2024	エタノール製造	63	Mendota BECCS	2025	発電所	87	Cyclus Power Generation	-	発電所
40	Merrill Biorefinery CCS	2024	エタノール製造	64	Carbon TerraVault I Project	2025	エタノール製造	88	ArcelorMittal Texas	-	製鉄所
41	Superior Biorefinery CCS	2024	エタノール製造	65	Clean Energy Systems Carbon Negative Plant	2025	発電所・水素製造	89	LafargeHolcim Ste. Genevieve Cement Plant	-	セメント製造

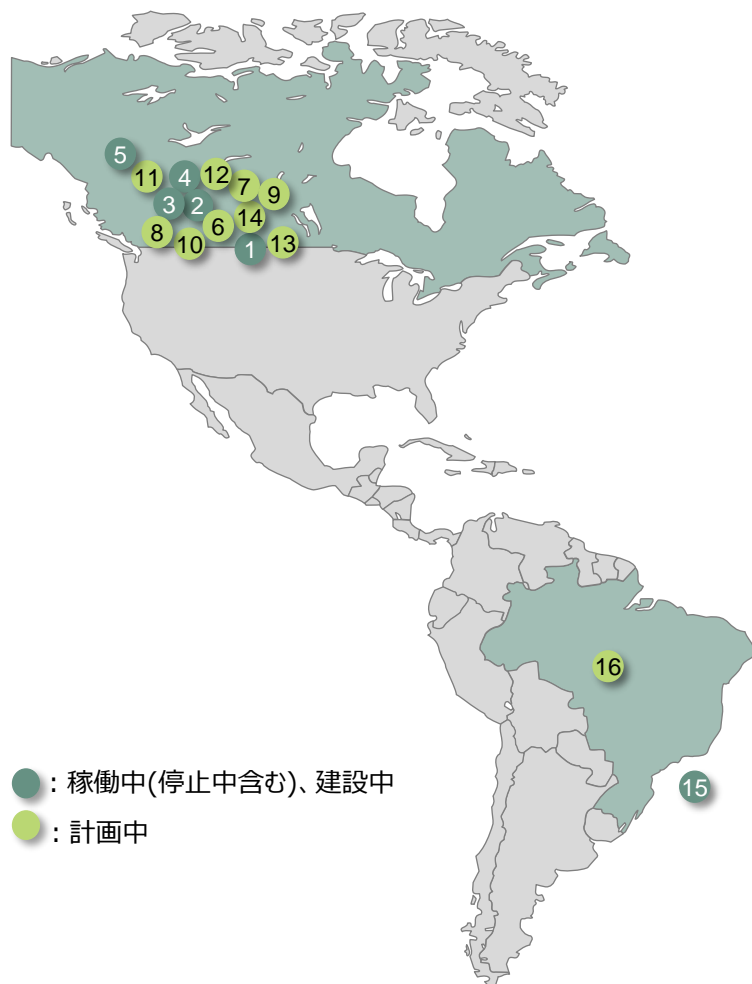
(注) 24-56は、Summit Carbon Solutionsが計画する大規模CCSハブ構想に関する施設(詳細P.19参照)

(出所) Global CCS Institute 2022を基に弊行作成

その他米州における商用化CCUSプラント

石油ガス産業が盛んなカナダとブラジルにも稼働中・建設中の案件があります。特にカナダの石油ガス産業が集積するアルバータ州には、数多くの案件が集中しています。

その他米州におけるCCUSプラント



	施設名	稼働状況	稼働年	CO ₂ 排出源
カナダ	1 Boundary Dam Unit 3 Carbon Capture and Storage Facility	稼働中	2014	発電所
	2 Quest	稼働中	2015	水素製造
	3 Alberta Carbon Trunk Line (ACTL) with North West Redwater Partnership's Sturgeon Refinery CO ₂ Stream	稼働中	2020	石油精製
	4 Alberta Carbon Trunk Line (ACTL) with Nutrien CO ₂ Stream	稼働中	2020	肥料製造
	5 Glacier Gas Plant MCCS	稼働中	2022	天然ガス処理
	6 Air Products Net-Zero Hydrogen Energy Complex	計画中	2024	水素製造
	7 Federated Co-operatives Limited (Ethanol)	計画中	2024	エタノール製造
	8 Capital Power Genesee CCS Project	計画中	2026	発電所
	9 Federated Co-operatives Limited (Refinery)	計画中	2026	石油精製
	10 Caroline Carbon Capture Power Complex	計画中	2020年代半ば	発電所
	11 Nauticol Energy Net Zero Methanol	計画中	2020年代半ば	メタノール製造
	12 Polaris CCS Project	計画中	2020年代半ば	水素製造
	13 Saskatchewan NET Power Plant	計画中	2020年代半ば	発電所
	14 Southeast Saskatchewan CCUS Hub - Storage	計画中	-	-
ブラジル	15 Petrobras Santos Basin Pre-Salt Oil Field CCS	稼働中	2008	天然ガス処理
	16 FS Lucas do Rio Verde BECCS Project	計画中	-	エタノール製造

(出所) Global CCS Institute 2022を基に弊社作成

(参考)ケーススタディ～代表的な案件

	Petra Nova	Quest
場所	米国・テキサス州	カナダ・アルバータ州
運転開始	2016年	2015年
事業主体	NRG Energy(50%)、JX石油開発(50%) ⇒2022年9月、JX石油開発がNRG Energyの持ち分を買取。 現在はJX石油開発(100%)	Shell(60%)、Chevron(20%)、Marathon Oil(20%) (排出源となっているAthabasca Oil Sands Projectの保有割合は、 Canadian Natural Resources(70%)、Chevron(20%)、 Shell(10%))
事業費総額	10億1,700万ドル	14億カナダドル
資金調達	NRG Energy、JX石油開発：各3億ドル 国際協力銀行、みずほ銀行：2億5000万ドルの融資 米国エネルギー省：(最大)1億9000万ドルの補助金	連邦政府：1億4000万カナダドルの補助金 アルバータ州政府：7億4500万カナダドルの補助金 等
収入源	EORの収入、テキサス州の優遇税制	CO ₂ 貯留量に応じたクレジット(通常の2倍。30カナダドル/トン)
排出源	W.A Parish石炭火力発電所(240MW)	Scotford改質所(オイルサンド層から採取される重質油を合成原油に 改質する施設)
回収方法	燃焼後回収(三菱重工業とThe Industrial Companyがプラ ントのEPC契約を受注)	燃焼前回収(FlourがプラントのEPC契約を受注。Shellが開発したCO ₂ 回収溶液を使用)
回収量	140万トン/年	100万トン/年
貯留	EOR(発電所から130kmに位置するWest Ranch油田 <Hilcorp Energyが運営>までパイプライン輸送) 貯留状況のモニタリングはテキサス大と協働	陸域帯水層貯留(地下2km超。65kmのパイプラインで輸送)
備考	2020年5月～稼働停止中	-

(出所) 資源エネルギー庁、各社プレスリリースを基に弊社作成

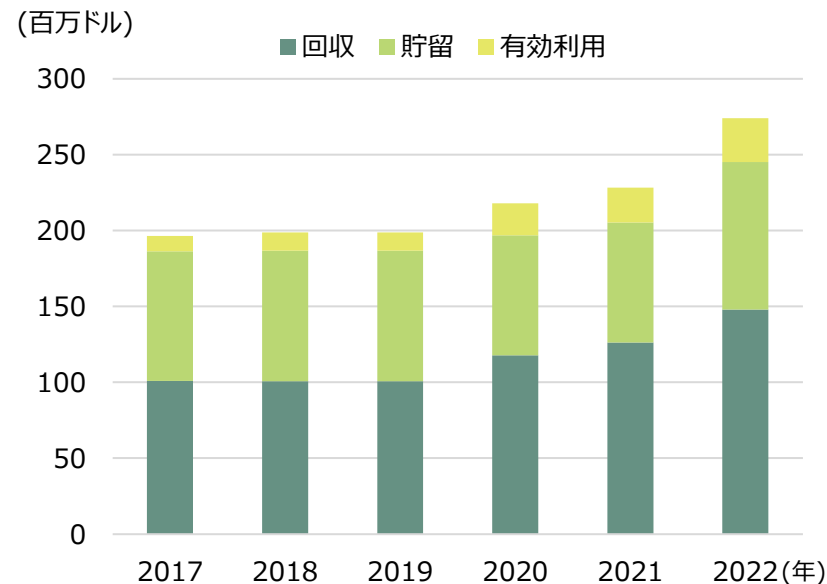
■ 米国政府によるCCUSに対する普及支援策

米国はCCUSプロジェクトに対して連邦税制優遇制度(45Q)を設けているほか、エネルギー省として毎年2~2.5億ドルの予算を計上しています。また、CCUS普及に向けては、CO₂貯留や輸送のための大規模なインフラ整備も不可欠として、CO₂貯留地の開発目標も掲げています。

■ 45Q税控除による普及支援

概要	CO ₂ 貯留/利用量に応じて税額控除クレジットを付与する制度	
経緯	2008年：45Q税制の導入決定 2018年：同税制の改正(控除金額の拡充等) 2022年：インフレ抑制法を根拠に更なる拡充が決定	
現行の制度		
対象	2032年末までに建設開始するプロジェクト 【年間CO ₂ 回収量に係る適用要件の引き下げ】 発電所:18,750t、産業施設:12,500t、DAC*:1,000t * Direct Air Capture、直接空気回収	
税控除	種類	税控除*1
	CO ₂ 回収・EOR*2	\$60/t
	CO ₂ 回収・隔離	\$85/t
	DACによるCO ₂ 回収・EOR	\$130/t
	DACによるCO ₂ 回収・隔離	\$180/t
*1 雇用条件未充足時は、記載の1/5の水準を適用 *2 原油増進回収法		
(参考)インフレ抑制法以前の制度		
対象	2025年末までに建設開始するプロジェクト 【年間CO ₂ 回収量】 発電所:50万t、産業施設/DAC:10万t	
税控除	種類	税控除
	CO ₂ 回収・EOR	\$35/t
	CO ₂ 回収・隔離	\$50/t

■ 米エネルギー省のCCUS関連予算



■ CO₂貯留キャパシティの開発目標

(百万トン)

	2030年	2035年	2040年
CO ₂ 貯留能力	2,000	7,500	13,500
年間のCO ₂ 回収・圧入量	65	250	450

(出所) 米国インフレ抑制法、US Department of Energyを基に弊社作成

(参考)バイデン政権の脱炭素政策

バイデン政権は、2022年8月に気候変動対策などを盛り込んだインフレ抑制法を成立させています。

同法では、過去最大規模の気候変動対策に関する予算が確保されており、大きな効果が期待されます。もっとも、共和党により一部の予算執行が制限されることが予想され、当初見込まれた効果の一部は実現に至らなくなる懸念があります。

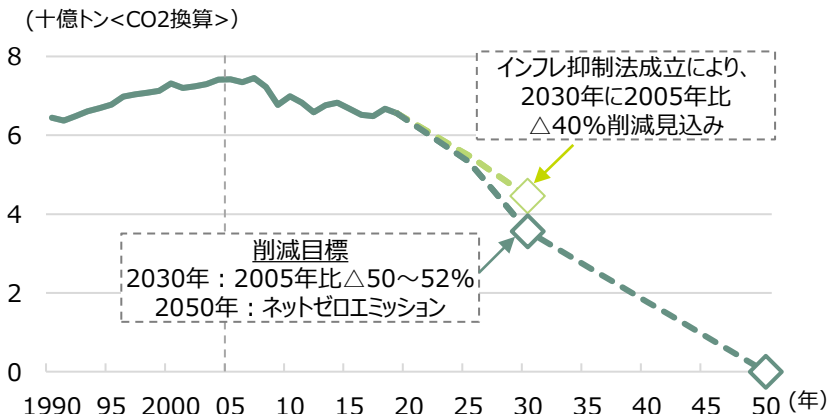
インフレ抑制法における歳出項目

(金額は10年間計)	
歳出合計	\$499bn
気候変動対策・エネルギー安全保障強化	\$391bn
医療保険制度改革法(ACA)の延長	\$64bn
その他(処方箋関連保険給付プログラム見直し等)	\$44bn

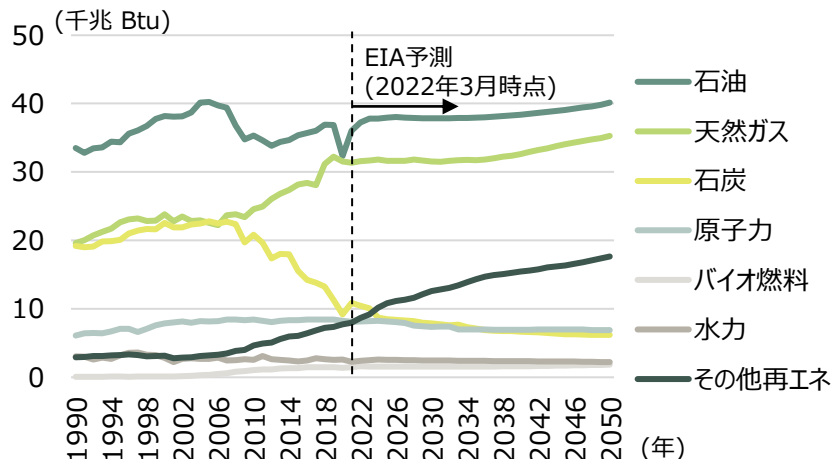
電力関連	<ul style="list-style-type: none"> 再エネ等に係る生産税・投資税控除延長・拡大(\$65bn) 技術中立的な生産税・投資税控除導入(\$62bn)(注1) 原子力発電に係る生産税控除導入(\$30bn) CCS(二酸化炭素回収・貯留)に係る税控除延長・拡大(\$3bn)
製造業関連	<ul style="list-style-type: none"> 再エネ関連設備等の製造に係る生産税控除導入(\$31bn) グリーン技術関連の製造施設に係る投資税控除延長(\$6bn) 先端製造設備の導入支援(\$5bn)(注2) 製造時においてGHG排出量が少ない素材の政府調達(\$4bn)
自動車関連	<ul style="list-style-type: none"> 消費者のEV(注3)購入に係る税控除延長(\$9bn) 商用EV(注3)購入に係る税控除導入(\$3bn) 郵政公社によるグリーン車両調達(\$3bn) 自動車工場に対する補助金・融資(\$3bn) 代替燃料供給施設に係る税控除拡大(\$2bn)
燃料関連	<ul style="list-style-type: none"> グリーン水素製造に係る生産税・投資税控除導入(\$13bn) バイオ燃料や代替燃料に係る投資税控除延長(\$6bn) SAF(持続可能な航空燃料)に係る生産税控除導入(\$0.05bn)

(注1) GHG排出量がゼロ以下の発電施設向け
 (注2) 鉄鋼、アルミニウム、セメント、化学、紙、ガラス等の製造施設向け
 (注3) BEV(電気自動車)、PHEV(プラグインハイブリッド車)、FCV(燃料電池車)を含む

バイデン政権の脱炭素化目標



(参考)米国の燃料別エネルギー消費量推移



(出所)米国インフレ抑制法、Congressional Budget Office、Committee for a Responsible Federal Budget(www.crfb.org)、US Energy Information Administrationを基に弊行作成

3. 普及に向けた課題と対応策



SUMITOMO MITSUI
BANKING CORPORATION

普及に向けた課題

古くからEORの行われてきた米国では、法整備は進んでいるものの、補助金を活用してもなお採算確保可能な事業モデル構築が困難で計画頓挫に至るケースが多くなっています。また、法整備が進んでいる一方で、許認可取得にかかる手続きの煩雑さと時間の長さが普及を妨げているとの指摘もあります。

米国のCCSプロジェクト中止事例

	プロジェクト名	排出源	中止年	主な中止理由
1	American Electric Power- Mountaineer	石炭火力	2011	事業見通し難
2	Sweeny Polygeneration with CO ₂ Capture	石炭火力 (IGCC<注>)	2012	政策の不透明性
3	Taylorville Energy Center	石炭火力 (IGCC)	2013	事業見通し難
4	Trailblazer Energy Center	石炭火力 (IGCC)	2013	事業見通し難
5	Leucadia Energy Capture Project - Louisiana	合成ガス製造	2014	事業見通し難
6	FutureGen 2.0	石炭火力 (酸素燃焼追設)	2016	資金不足
7	Hydrogen Energy California Project	水素製造	2016	計画遅延 資金不足
8	Kemper County IGCC Project	石炭火力 (IGCC)	2017	計画遅延 事業見通し難

(注)石炭ガス化複合発電。ガスタービンと蒸気タービンを組み合わせて発電する方法。従来の石炭火力発電より高効率での発電が可能

CCUSプロジェクト許認可関連規制

安全飲料水法(Safe Drinking Water Act)に基づく
地下注入管理プログラム
(Underground Injection Control Program)

目的：飲用水の水質及び水質環境の保全。地下水保全のため、地下注入管理プログラムで、流体の地下注入を規制している。
所管：連邦環境保護庁(EPA)
(一定の要件を満たすことで州に権限委譲可能)

分類

I	産業・自治体の廃棄物処理用坑井
II	石油・ガスに係る圧入坑井
III	溶解採鉱の圧入坑井
IV	有害物質・放射性物質の圧入坑井
V	非有害物質を地下飲料水源等に圧入する坑井
VI	CO ₂ 地中貯留のための坑井

EORを想定した要件になっており、CO₂の漏出に関する要件が定められていない等、環境配慮の観点で課題有。

環境配慮を目的として、2010年に新設された。Class II よりも要件が厳しく、当カテゴリーの認可取得実績は限定的。

：CO₂圧入に関するカテゴリー

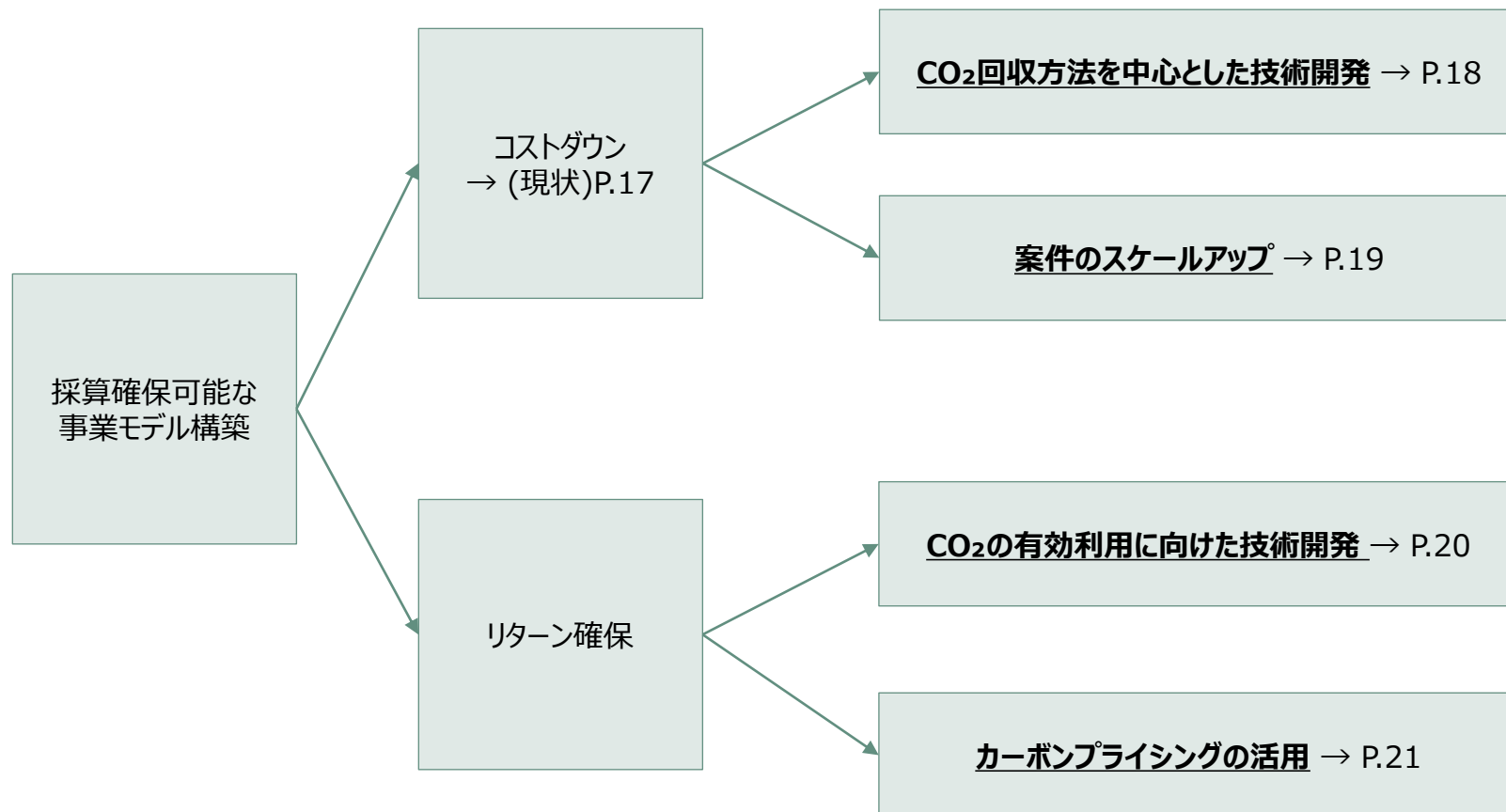
(出所) 地球環境産業技術研究機構(RITE)、経産省、US Environmental Protection Agencyを基に弊行作成

普及に向けた対応策～採算確保可能な事業モデル構築に向けて

今後は採算確保可能な事業モデル構築に向けて、①CO₂回収にかかる新技術の開発や②案件のスケールアップによるCO₂トン当たりのコスト低減に向けた取組が加速するとみられます。

また、回収したCO₂を①製品化する技術開発や②カーボンプライシングの仕組みを活用してクレジット化するスキームなど、リターン確保に向けた取組も進むことが期待されます。

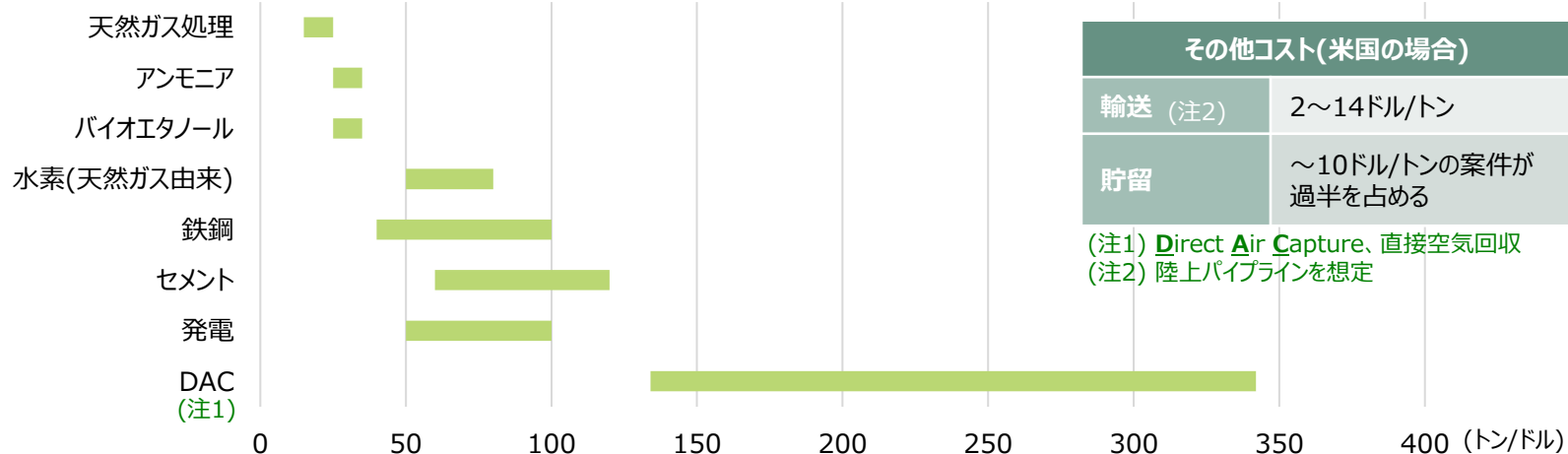
普及に向けた対応策



現状のコスト動向

CCUSにかかるコストは、排出源となる施設の種類や回収方法等によって大きく異なります。多様な排出源からのCO₂回収を可能にするには、CO₂排出濃度が低い排気からでも効率的にCO₂を回収できる技術の開発が必要です。

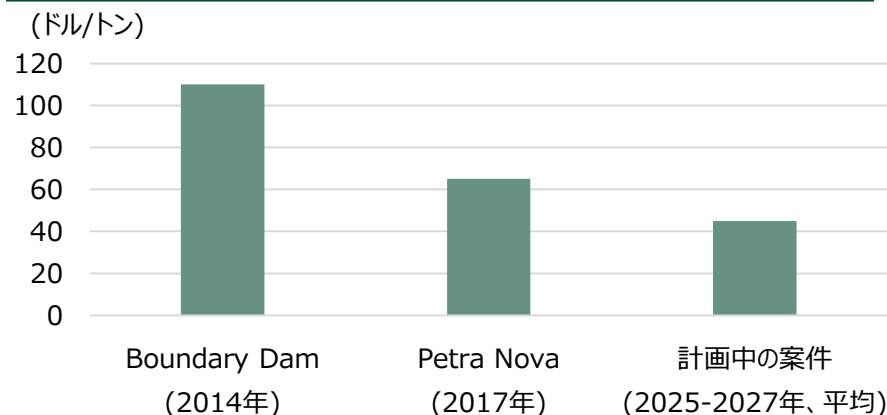
CO₂回収コスト(2019年)



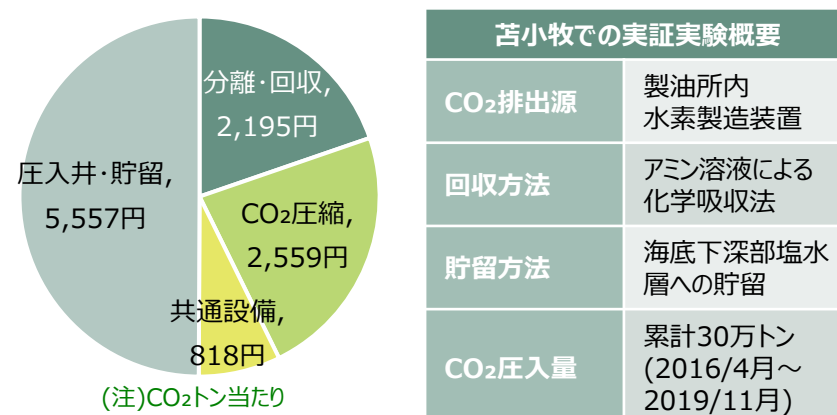
その他コスト(米国の場合)	
輸送 (注2)	2~14ドル/トン
貯留	~10ドル/トンの案件が過半を占める

(注1) Direct Air Capture、直接空気回収
(注2) 陸上パイプラインを想定

石炭火力発電所からのCO₂回収コスト



苫小牧での実証実験結果に基づくコスト試算(注)



苫小牧での実証実験概要	
CO ₂ 排出源	製油所内 水素製造装置
回収方法	アミン溶液による 化学吸収法
貯留方法	海底下深部塩水層への貯留
CO ₂ 圧入量	累計30万トン (2016/4月~ 2019/11月)

(出所) International Energy Agency、経産省を基に弊社作成

コストダウンに向けた技術開発

CO₂回収技術をみれば、現在はアミン溶液を用いた化学吸収法が比較的先行して普及していますが、多様な回収技術の開発が進んでおり、そうした新技術が大幅なコスト削減に寄与する可能性もあります。現状は非常に高コストとされている直接空気回収(DAC)技術についても、その汎用性の高さから注目が集まっており、技術開発が続けられています。

CO₂回収技術

	方法	概要	主な吸着(収)物質
吸収法(液体)	化学吸収法	吸収液を用いて、化学的にCO ₂ を吸収・分離する	アミン、アンモニア
	物理吸収法	吸収液に高圧のCO ₂ を物理吸収させ、減圧によりCO ₂ を分離する	メタノール
吸収法(固体)	PSA法	圧力差を利用して、固体吸着材にCO ₂ を吸着する	アミン、ゼオライト、活性炭
	TSA法	温度差を利用して、固体吸着材にCO ₂ を吸着する	同上
分離法	膜分離法	高分子膜などでCO ₂ と他の気体の透過速度の差を利用してCO ₂ を分離する	セルロースアセテート、ゼオライト膜
	深冷分離法	ガスを低温に冷やしてCO ₂ を液化させ、蒸留或いは部分濃縮により、分離する	-
その他	ケミカルルーピング	酸素キャリアによる石炭の酸化反応により、CO ₂ のみを排出させる	酸化ニッケル、酸化マグネシウム
	酸素燃焼	燃焼用空気から酸素を分離し、燃焼排ガスからCO ₂ を直接回収する	-

DAC関連スタートアップの動向

企業名	国	概要
Carbon Engineering	カナダ	<ul style="list-style-type: none"> Occidentalと2035年までに世界各地で70基のDACプラントを建設することを発表 2022年11月、Airbus、Air Canadaからの出資受入を発表
Climeworks	スイス	<ul style="list-style-type: none"> アイスランドでDACプラントを運営中 2022年6月、既存の施設の10倍近い回収能力(36,000トン/年)を有するプラントの建設を開始

(参考)CO₂貯留層に適した条件

- 通常 1 kmまたはそれ以上の深度にある、砂岩や石灰岩などの多孔質な堆積岩の岩層に圧入される。
- 枯渇油田やガス田、地下水を含む岩層に圧入されるケースが多い。

確認項目	確認事項
貯留・圧入性能	<ul style="list-style-type: none"> 貯留層の孔隙率・浸透率 深度と地層の広さ 強度(地層破壊圧以下で圧入可能か)
遮蔽性能	<ul style="list-style-type: none"> 遮蔽性能を有する地層が貯留層上位に分布するか CO₂が漏洩しない構造か
地質構造	<ul style="list-style-type: none"> 貯留層・遮蔽層の地層傾斜は緩やかか、分布は十分に広範囲か
近傍油ガス田への影響	<ul style="list-style-type: none"> 過去の探鉱活動が多いか 石油・ガス田などの近傍の資源への影響がないか

(出所) 各社プレスリリース、環境省、経産省を基に弊社作成

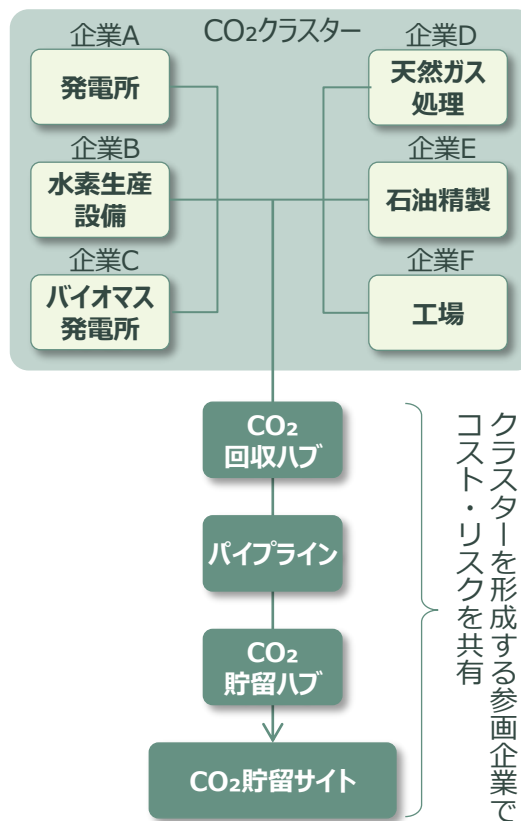
スケールアップ～CCUSハブ構想

CCUS関連設備を第三者を含む関係各社で共有することで、CO₂排出施設当たりのコストやリスクを低減し、投資インセンティブを高める取り組みが進んでいます。

米国におけるCCUSハブ構想

	Houston CCS Hub (石油化学産業集積地でのCCSハブ構想)	Summit Carbon Solutions (エタノール産業集積地でのCCSハブ構想)
場所	米国・メキシコ湾岸	米国・中西部 (ノースダコタ州、ミネソタ州、サウスダコタ州、ネブラスカ州、アイオワ州)
事業主体	ExxonMobil	Summit Agricultural Group
参画企業	Calpine、Chevron、Dow、Ineos、Linde、Lyondellbasell、Marathon Petroleum、NRG Energy、Phillips 66、Valero等、主要な石油ガス企業が参画を発表。	排出源となるエタノール製造業者に加え、TPG Capital、Continental Resources、Deere & Company、Tiger Infrastructure Partners、SK E&S等から資金調達。
事業費総額	1,000億ドル規模を想定	数十億ドル規模を想定
排出源	メキシコ湾周辺の石化施設、工場、発電所等	周辺のエタノール製造施設等(30ヶ所超)
回収量	5,000万トン/年(～2030年)、1億トン/年(～2040年)	1,200万トン/年
貯留	メキシコ湾海底の貯留層	ノースダコタ州の地下貯留層
土地取得等	2021年11月、メキシコ湾の浅海域94鉱区を落札	2022年11月、2,100の地権者と3,400の地役権契約に署名し、想定されたパイプラインルートの上の半分以上の地役権を確保したことを発表

(参考)CCUS設備共有のイメージ



(出所) International Association of Oil & Gas Producers、各社プレスリリースを基に弊行作成

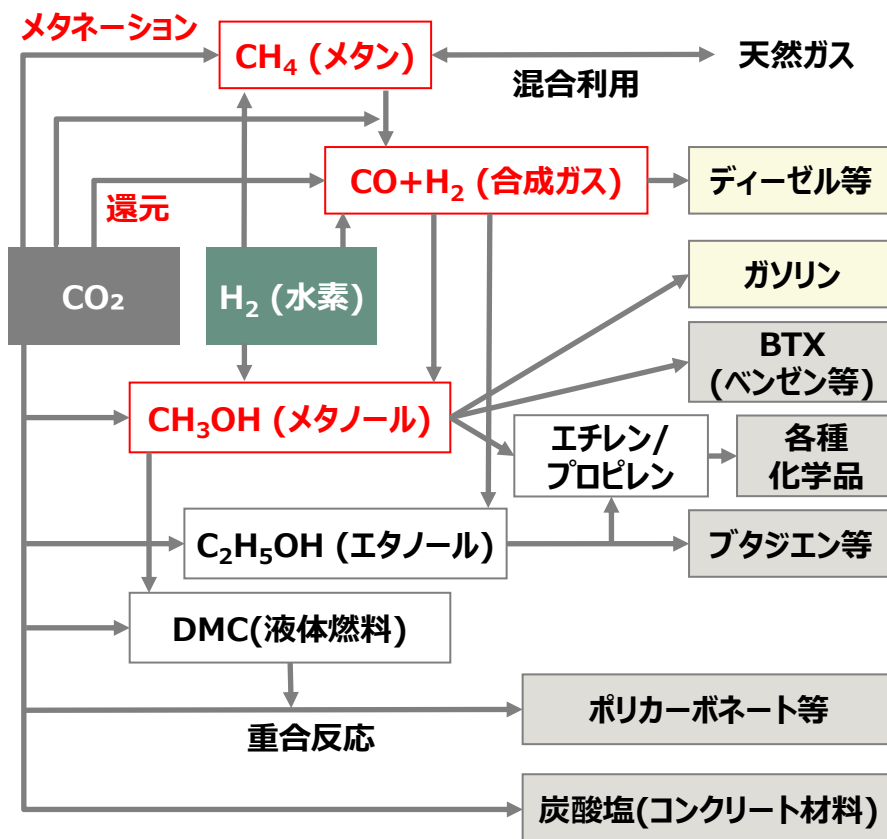
CO₂の有効利用

回収したCO₂を収益源とするために、CO₂を燃料や化学品に転換して活用する技術の開発・普及動向に注目が集まっています。中でも、CO₂還元の水素を用いた技術は実用化が進んでおり、メタンや合成ガス等への活用が期待されています。

主なCO₂変換技術

反応相手	反応方法	生成物	開発動向・課題等
水素	触媒化学 (発熱反応)	メタン	実用化済。
		メタノール	実用化済。
		合成ガス	実証化プラント実績あり。
水	光触媒	炭化水素等	主に研究開発中のステータス(東工大、名大など)。触媒の選択性向上や新規の電解質開発などが課題。
	電気化学	合成ガス、メタン、メタノール、炭化水素等	
	生物化学	炭化水素等	
なし (分解)	熱	CO	低温化やエネルギー削減が課題。
	電気化学	炭化水素等	北大や産総研が基礎研究中。
有機物 (エチレン等)	触媒化学 (発熱反応)	高分子材料	カーボネート化合物製造(旭化成等)。

水素還元による燃料・化学品への転換

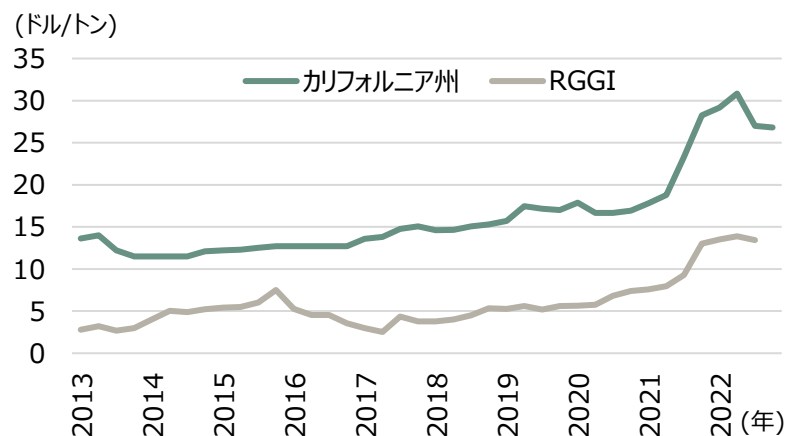


(出所) 科学技術振興機構(JST) を基に弊社作成

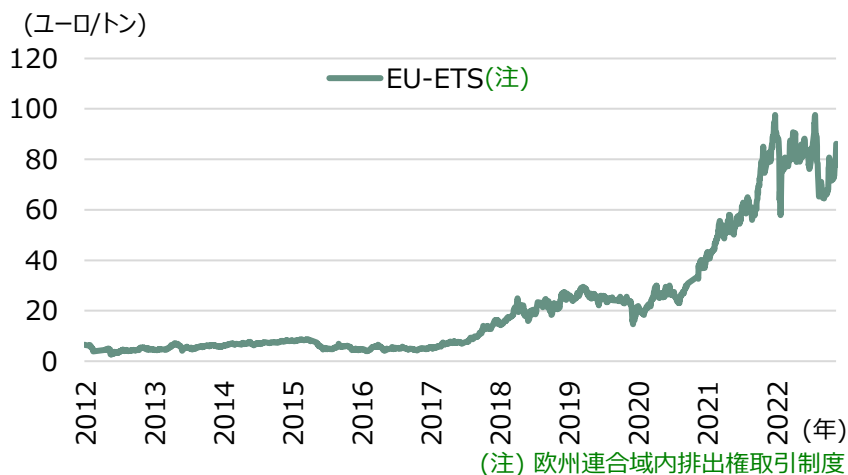
カーボンプライシングの活用

欧米諸国では、回収したCO₂をカーボンクレジットとして活用する動きも進んでいます。公的枠組みに則る排出権取引市場のほか、民間企業が主導するカーボンクレジット取引市場も成立しています。

排出権取引価格動向(米国)



排出権取引価格動向(欧州)



米国における排出権取引制度

	カリフォルニア州	RGGI (注)
開始	2013年	2009年
参加	カリフォルニア州	東部11州
対象	GHG排出量年間25千t以上の事業者 (発電事業者、大規模産業施設等)。	設備容量25MW以上の発電所を有する発電事業者のみ。
	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFCs等	CO ₂ のみ

(注) 地域温室効果ガスイニシアチブ。デラウェア、コネチカット、メイン、ニューハンプシャー、ニュージャージー、ニューヨーク、バーモント、マサチューセッツ、ロードアイランド、メリーランド、バージニアの各州が参加 (ペンシルバニア州も参加を検討中)

民間のカーボンクレジット取引市場

企業名	国	概要
Xpansiv	米国	<ul style="list-style-type: none"> 炭素やエネルギー、水などの環境商品を評価・交換できる市場を運営 2022年7月、Blackstoneより4億ドル調達 2022年11月、カーボンクレジット取引プラットフォームCBLオークションの運用開始を発表
Toucan	スイス	<ul style="list-style-type: none"> ブロックチェーンを利用し、(購入することで)カーボンオフセットが可能なトークンを提供

(出所) RGGI, CARB, Intercontinental Exchange、各社プレスリリースを基に弊社作成