

ネガティブエミッション市場創出に 向けた検討会 とりまとめ（概要）

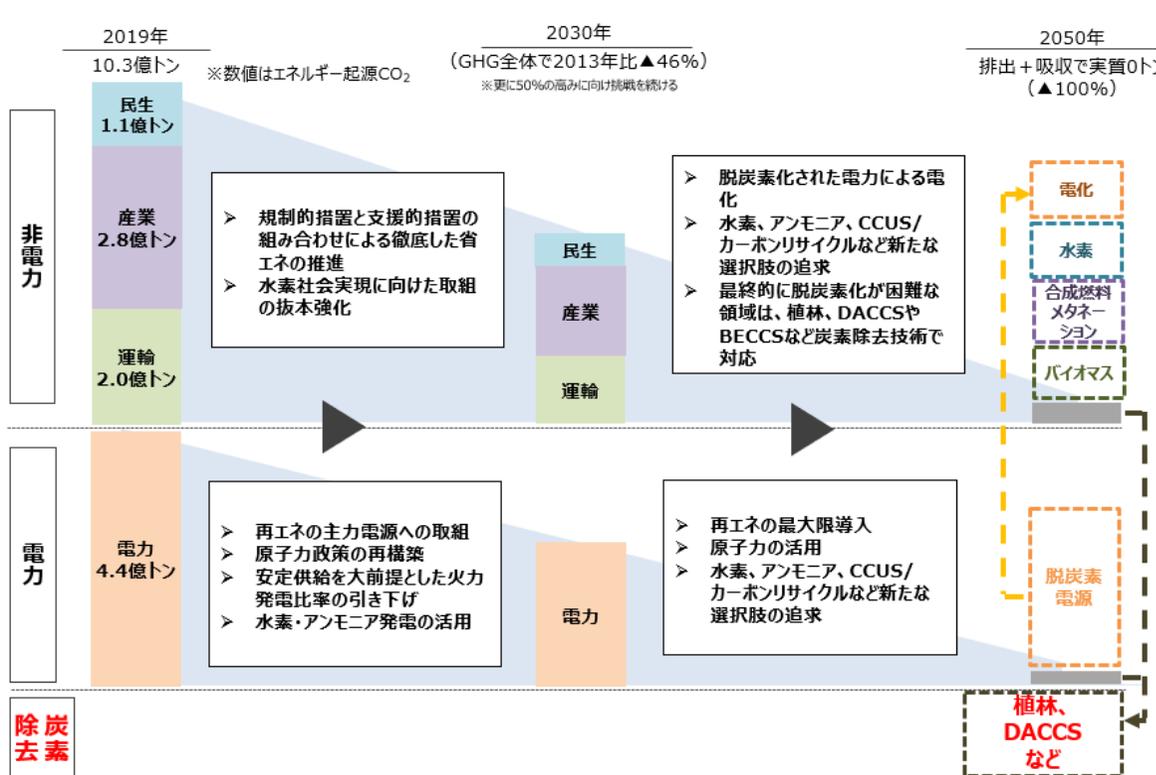
令和5年6月28日

ネガティブエミッション市場創出に向けた検討会

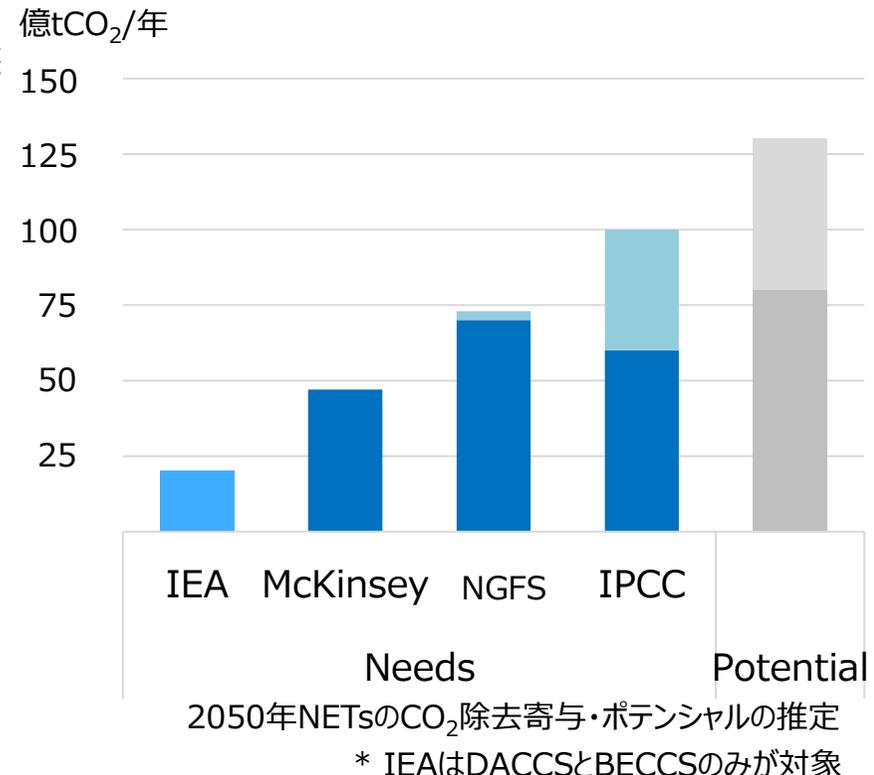
CDRの位置づけ

- CN達成には、最大限排出削減をしたとしても**最終的にCO₂の排出が避けられない分野からの排出（残余排出）**を相殺する手段として、**大気中のCO₂除去（CDR, Carbon Dioxide Removal）が必須**。
- 各機関によると、世界で、**年間約20～100億tの除去が必要**と試算されている。

2050年カーボンニュートラルに向けた削減イメージ



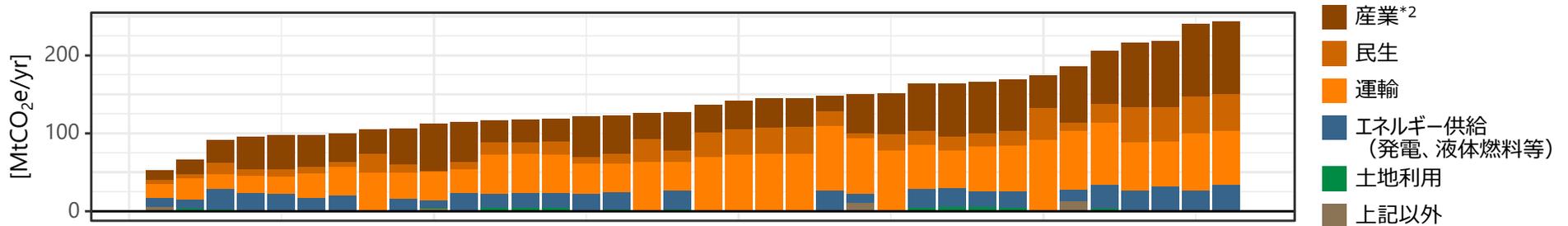
各機関のNETsのCO₂除去寄与想定



参考：国内における残余排出予測

- IPCC AR6 のシナリオによると、我が国の将来的な残余排出量は、年間約0.5～2.4億トンと推定されている。このことを鑑みれば、日本国内においては、2050年に年間数億トンのCDRが必要とされることが想定される。
- 主な残余排出は、産業や運輸部門において見られ、産業部門では、電化が難しい分野など、いわゆるHard-to-abateな分野において、運輸部門では、大型トラックや航空機、海運など、電化が困難な分野において、CO₂排出が残ると考えられる。

2050年前後に日本がネットゼロ排出となった時点における部門別の残余排出の量（IPCC AR6シナリオデータベース）*1



*1 IPCC AR6シナリオデータベースに収録された1202本のシナリオのうち、(1)世界全体の温度上昇が2°C未満（カテゴリC1～C4）及び(2)2050年前後（2045～2054年）に日本がCO₂排出量ネットゼロを達成という2条件を満たし（具体的な方法は坂本・堀尾（2020）電中研報告Y20001を参照）、産業部門における除去の想定が極端と判断したモデルによる結果を除外した36本のシナリオについて、部門別のCO₂排出量の分布を図示。各シナリオについて、この排出量と同量の除去量が存在。

*2 産業部門は、エネルギー起源の排出と産業プロセスによる排出の両方を含む。

ネガティブエミッション技術 (NETs) の分類・定義

- **ネガティブエミッション技術(NETs)**とは、大気中のCO₂を回収・吸収し、貯留・固定化することで**大気中のCO₂除去** (CDR, Carbon Dioxide Removal)に資する技術。

植林・再生林	植林は新規エリアの森林化、再生林は自然や人の活動によって減少した森林への植林
土壌炭素貯留	バイオマスを土壌に貯蔵・管理する技術（自然分解によるCO ₂ 発生を防ぐ）
バイオ炭	バイオマスを炭化し炭素を固定する技術
BECCS	バイオマスの燃焼により発生したCO ₂ を回収・貯留する技術
DACCS	大気中のCO ₂ を直接回収し貯留する技術
風化促進	玄武岩などの岩石を粉砕・散布し、風化を人工的に促進する技術。風化の過程(炭酸塩化)でCO ₂ を吸収
海洋肥沃化	海洋への養分散布や優良生物品種等を利用することにより生物学的生産を促してCO ₂ 吸収・固定化を人工的に加速する技術。大気中からのCO ₂ の吸収量の増加を見込む。
海洋アルカリ度の向上	海水にアルカリ性の物質を添加し、海洋の自然な炭素吸収を促進する炭素除去の方法
沿岸生態系のブルーカーボン管理(*)	マングローブ・塩性湿地・海草などの沿岸のブルーカーボン維持・再生によるCDR。大型海藻類(例えば、昆布)など沿岸における他の炭素隔離の可能性を議論中。
その他の海洋CDRアプローチ	研究事例が少ないが、「人工湧昇」「作物残渣または丸太など陸上バイオマス投棄」「大型海藻養殖などの海洋バイオマスCDRオプション」「海水からの直接CO ₂ 抽出(貯蔵あり)」などの手法がある



(*)以降、「ブルーカーボン管理」と記す

CDRに関する主要国の動向

- この1, 2年で、米国、EU、英国はCDRの必要性と今後の取組方針を相次いで公表。
- いずれも、カーボンニュートラル達成のためには、CDRが必須であること、CDRには様々な種類があることを示した上で、ネガティブエミッション市場拡大に向けて、**実証に向けた政策支援**や、**削減効果の確認方法の確立、導入拡大に向けた支援策等**の方針が示された。

CDRに対する認識

基本の方針

米国

- ✓ 2050年**ネットゼロの達成には、「排出削減」と「大気中からのCO₂の除去」の2つの戦略が存在**。今世紀半ばまでに、毎年ギガトンスケールでの大気中からのCO₂回収が必要。
(Carbon Negative Shot, 2021年10月)
- ✓ **CDRには様々な手法**があり、DAC、土壌炭素貯留、BiCRS、風化促進、海洋由来、森林・植林再生などが含まれる。

- ✓ CDRの技術実証や市場拡大のため、**Carbon Negative Shot**を立ち上げ。以下の目標を達成することを目指す。
 - ・CO₂の回収と貯留の両方を**100\$未満/トン**にコスト削減
 - ・**ライフサイクル排出量の確実な算定**
 - ・モニタリング・報告・検証コストが実証された、**長期の安定的な貯留**
 - ・**ギガトン規模**でのCO₂除去

EU

- ✓ 2050年気候中立の達成に向けて、**最優先はGHG排出削減だが、避けられない排出を相殺するための炭素除去が同時に必要**。2050年までには、年間数億トンのCO₂除去が必要。
(Sustainable Carbon Cycles, 2021年12月)
- ✓ **炭素の除去・貯蔵の手法**は、BECCSやDACCSなどの**工学的手法、カーボンファーミング**（植林・再植林、土壌管理など）、**製品への炭素貯蔵**（製品への木材利用など）の3つに分けられる

- ✓ CO₂除去量を増やすための行動計画として、**Sustainable Carbon Cycles**を策定。
- ✓ カーボンファーミング（炭素農業）と工学的手法の目標達成に寄与する短中期的な計画を策定。また、**実証/モニタリング/検証・評価基準の確立**や、**政策資金プログラム**（Innovation 基金 / LIFEプログラムなど）の**整備等**を実施。
- ✓ EU-ETSへの除去の組み込みについて、検討中。

英国

- ✓ ネットゼロ達成のための第一の手段は野心的な脱炭素だが、完全な脱炭素化が難しいセクターの**残余排出を相殺するためにGreenhouse Gas Removal(GGR)は必要**。
(Net Zero Strategy, 2021年10月)
- ✓ **自然ベースと工学的手法の両方が必要**で、工学的手法においては2030年に5Mt、2050年には75-81Mtの除去が期待される。

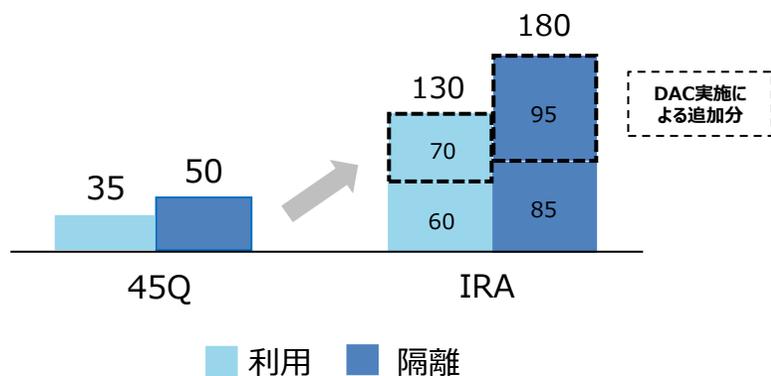
- ✓ **Net Zero Strategy**において、以下を含む方針を表明
 - 炭素除去市場の確立（EU-ETS含む）と、GGRへの早期投資に対するインセンティブを与えるための**ビジネスモデルの発展**
 - DACCSなどのイノベーション促進のために総額**1億ポンド**を措置
 - 有識者の助言を基にした、**MRV確立のための選択肢の検討**
- ✓ UK-ETSへの除去の組み込みについて、検討中。

参考：CDRに関する支援・取組動向①米国

- 2022年8月に成立したインフレ削減法案（IRA）において、既存のCCSタックスクレジットを拡大。DACに関する特別措置を追加し、1トン当たり最大180ドルを税額控除。
- 12月には、インフラ投資法案に基づき、DAC Hubの設置を含む4つのDACプログラムに37億ドルを充当することを発表。

IRA法に基づき45Qクレジット拡大（2022.8）

\$/ton CO₂



- 既存の45Qタックスクレジットを拡大し、大気から直接回収したCO₂に対するインセンティブを追加。
- CO₂の利用には \$ 130/トン。隔離には \$ 180/トン。

4つのDACプログラムを発表（2022.12）

① DAC Hub

35億ドルを投資し、国内に4つのDAC Hubを設置。年100万トン以上のCO₂の回収・貯留・製品転換ポテンシャルのある技術を実証、商用化。

② DAC prize

商用化/インキュベーション段階の画期的な技術を支援
商用化：最大1億ドル、
インキュベーション段階：最大1500万ドル

③ Carbon Utilization Procurement Grants

州、地方自治体等に対し、CDR技術の商用化と、回収した炭素から開発した製品の調達を支援するためのグラントを設置。合計1億ドル。

④ Technology Commercialization Fund (TCF)

技術商用化のためのファンドを設置し、CDR分野にまたがる多様な産業界のパートナーシップ（国立研究所、プラント等）によってサポートされるプロジェクトに、1500万ドルを支援。

参考：CDRに関する支援・取組動向②EU

- 欧州グリーン・ディールを受け、各種資金プログラムの中で**森林系/海洋系/CCS系の開発・実装を支援**。また、2022年11月に、欧州委員会が**炭素除去認証枠組に関する規則案を提案**。また、EU-ETS指令の改正において、排出量取引における除去の扱いの検討についても記載。

■ Innovation Fund (総額€100億(2021年-2030年))

設立：2019年2月

概要：水素やエネルギー貯蔵、CCUS等の革新的クリーンエネルギープロジェクトの実証・実装を支援

(案件例)・既存バイオマス熱電併給施設における
BECCS設備建設 (スウェーデン)
・CO₂の輸送と玄武岩への炭酸塩化貯蔵(アイスランド)

■ Horizon Europe (総額€955億(2021年-2027年))

※うち気候変動対策関連は€334億

設立：2021年4月

概要：研究開発・イノベーション推進を支援

NETsでは、CCUSと自然ベースのCO₂吸収の強化と保全における開発/実証を支援

(予算例)・DACCS及びBECCSの技術開発、コスト削減
(2023-2024年、1500万ユーロ)
・ブルーカーボンにおける中国との国際協力
(2023年、500万ユーロ)

■ LIFE program (総額約€28億(2021年-2024年))

(NETs関連支援額：€5億550万(2021年-2024年))

設立：2021年7月

概要：EUの環境/気候関連の目標達成に寄与する革新的な技術・手法の開発や実証を支援

NETsにおいては、森林系や海洋系など自然ベースのCO₂吸収の強化保全プロジェクトを支援

EU Carbon Removal Certification Framework

- ✓ 欧州委員会は、質の高い炭素の除去を確実に認証するための、**EU全域を対象とした初の自主的枠組み**を提案。
- ✓ 炭素除去の質と比較可能性を確保するための**一連の基準 (Q.U.A.L.I.T.Y※)**を提案
- ※ (1) 定量化、(2) 追加性、(3) 長期貯留、(4) 持続可能性
- ✓ 今後、欧州議会と理事会における議論に進む予定。並行して、それぞれの炭素除去活動に合わせた認証方法の開発に向けて専門家との協議を行う。

EU-ETS指令改正

- ✓ EU-ETS指令改正案を含むFit for 55関連法案を採択、発効 (2023年5月)。
- ✓ 2026年7月までに、**欧州委員会は以下の事項について、欧州議会及び理事会に報告を行うことを明記**。
—**排出量取引においてネガティブエミッションの扱いをどのように説明可能か**、また、適切な場合、スコープや基準、必要な排出削減を相殺しないためのセーフガードも含め、**ネガティブエミッションをどのようにカバーすることが可能か**

参考：CDRに関する支援・取組動向③英国

- 英国では、Net Zero Strategyにおいて、CDRを排出削減が困難なセクターからの残余排出を相殺する重要な役割として位置づけ。2021年には、Greenhouse gas removal (GGR) の手法・ポテンシャルを分析。
- 2022年には、GGR導入拡大に向けて必要な、炭素差額決済等の民衆の契約に基づくビジネスモデルの構築に向けた検討を実施。特にBECCSについては、電力と炭素除去それぞれに対する差額補填の仕組みを検討。また、排出量取引制度 (UK-ETS) へのGGRの組み込みについてもコンサルテーションを実施、意見を募集。

GGR methods and their potential UK deployment

公表：2021年10月

概要：各GGR手法のコストやポテンシャル等について、既存の研究も元としつつ整理・分析のうえ、英国における8つの異なる普及シナリオを構築。平均的シナリオにおいては、2050年に年間110MtCO₂の除去が必要であり、70%はBECCSやDACCS等の工学的手法、30%は土地ベースのソリューションが占めると推定。



Business Models for Engineered GGRs

公表：2022年7月

概要：

- GGR導入拡大に向けて、炭素差額決済による値差補填、政府調達、政府による余剰クレジット買取等の手法を提示し、民衆の契約に基づくビジネスモデルの構築や、その導入に当たって考慮すべき論点について検討。
- 2023年にはビジネスモデルの詳細設計と実装に関するワークショップを行う予定。

Business Models for Power BECCS

公表：2022年8月

概要：

- 発電目的のバイオマス燃焼に伴うCCS(Power BECCS)技術の開発加速に向けた民間投資を促す方法を見出す狙い。
- 9つの異なるビジネスモデルについて検討し、コストや制度の柔軟性等の観点から、電力・炭素除去それぞれにおける差額補填の仕組みを志向。そのうえで、発電された電力の保証価格や、CO₂の価格などについて検討。

海外市場の動向

- 海外では、DAC技術を有するスタートアップ企業が誕生し、既に金融・ITや国際航空等の企業との間で購入契約を結ぶなどの動きが見られる。
- また、NETsを対象としたボランタリークレジット市場も形成され、取引が開始されている。

DAC実施企業の動向

- ✓ Climeworks (スイス) は、Microsoft、Shopify、Stripeなどに対し、世界で初めて第三者認証済の二酸化炭素除去 (CDR) を納入したことを発表(2023年1月)。
- ✓ Carbon Engineering (カナダ) のライセンス販売権を有する1PointFiveは、Airbusとパートナーシップを締結(2022年3月)。Airbusが4年間にわたり40万トンの炭素除去クレジットを購入することで合意。また、AirbusはAir Canadaなど主要航空7社と基本合意書を締結し、2025年～2028年の4年間における炭素除去クレジットの主要航空7社への供給について、交渉を行うことに合意した(2022年11月)。



写真：Climeworks

出典：Climeworks、Carbon Engineering、Puro. Earth HPを基に作成

海外NETsクレジット市場の例：Puro. Earth

- ✓ 世界初の炭素除去クレジット市場および証書発行主体。
- ✓ 独自の метод論であるPuro Standard (ICROA基準準拠) を満たすプロジェクトに対してCORC(クレジット)を発行。
- ✓ 方法論の対象はバイオ炭、CO₂貯蔵建設資材(CO₂ネガティブコンクリートなど)、風化促進、CCSを伴う除去(DACCS, BECCS)、木質バイオマスの5つ。
- ✓ シンガポール証券取引所等が設立したカーボンクレジット取引所「クライメート・インパクトX (CIX)」と昨年6月に戦略的提携を発表、今後CIXでPuro. Earthのクレジットを扱えるようになる予定。

対象プロジェクト例



国：フィンランド
技術：バイオ炭
価格：270€ / tCO₂ (CORC1単位)



国：オーストラリア
技術：DAC
価格：900€ / tCO₂ (CORC1単位)
備考：2024年より事業開始

ネガティブエミッション市場創出に向けた取組の方向性①

1-1. 市場形成の初期段階における政府支援策の検討

- 2050年CN達成のためには、避けられないCO₂排出（残余排出）を相殺するための炭素除去が必要不可欠であり、2050年に向けて徐々に役割が高まるものの、一般的に除去は削減よりコストが高いため、自然に導入・市場拡大が行われるものではない。一方、除去市場を早期に立ち上げることは、我が国の排出削減目標の達成のみならず、国際的にも今後確実に拡大していく市場を獲得する上で必要な、我が国が強みを有する技術の競争力強化にも資することとなる。このため、相対的に価格の高い炭素除去市場を早期に創出することが必要。
- 市場の初期段階における支援策として、海外では、税額控除や大規模実証支援が措置されているほか、値差補填や政府による調達などの政策モデルについても検討されているところ。国内においても、今後、市場化に向けて政府支援の在り方を検討する必要がある。また、既に形成されつつある海外市場への展開の後押しも進めていく必要がある。
- なお、将来的には「排出量取引制度」の本格稼働や「化石燃料賦課金」の導入など成長志向型カーボンプライシング構想の具体化が進むため、各企業においてもカーボンニュートラル実現に向けた取組がより一層必要となることを前提に、金銭的・非金銭的支援を含めた政策を講じることが必要。

ネガティブエミッション市場創出に向けた取組の方向性②

1-2. ネガティブエミッション市場創出に向けたクレジットの活用環境の整備と初期需要の拡大

- 我が国のカーボンニュートラル達成とNETsの産業化を実現するためには、CO₂排出を行う主体と除去の取組を行う主体との間で、CO₂除去の価値を取引するためのカーボン・クレジットの活用環境を整えることが必要不可欠。
- 現時点では、除去クレジットの供給量は限られており、DACCS, BECCSやブルーカーボン等の新たなクレジットの活用が重要になると考えられる。そのため、J-クレジットやJCMといった既存の公的クレジット制度における除去クレジットの創出拡大や、排出量取引制度における除去クレジットの活用を進めることが必要である。
- また、海外においては、既に一部のNETsを対象としたボランタリー市場が存在し、クレジット取引が行われているところ。今後、NETsクレジットの取引拡大のためには、こうしたボランタリー市場も積極的に活用していく必要がある。この際、クレジットの品質・適格性を満たすための要件が国際的に既に提唱されていることから、こうした要件に沿った技術や測定手法の適用を進めていくことも重要。
- 近年、一定の基準を満たす炭素除去プロジェクトに対する、共同購入・長期オフテイク契約の仕組みが形成されはじめ、民間主体で初期需要が創出されつつあり、こうした市場への参入が重要。また、国内での早期市場拡大に向けては、相対的に価格の高い炭素除去への需要を早期に創出するための初期需要の担い手の拡大も重要。

ネガティブエミッション市場創出に向けた取組の方向性③

1-3. コベネフィットも含めたビジネスモデルの推進

- 農業や水産業など、CDRが副産物であるような場合、CDRのクレジット収益のみに立脚したビジネスでは、CDRの導入拡大は市場の整備状況等に左右されやすいことを踏まえると、主産業による収益が見通しやすいこともCDRの導入拡大にあたって必要な視点。
- 今後ネガティブエミッション市場を創出・拡大するための政策支援を実行するにあたっては、コベネフィットも含めたビジネスモデルを推し進めるべく、主産業とCDRを合わせるによりネガティブエミッション事業が成立する例を発信していくことが重要。

1-4. 必要なルール形成に向けた方針とその検討の在り方

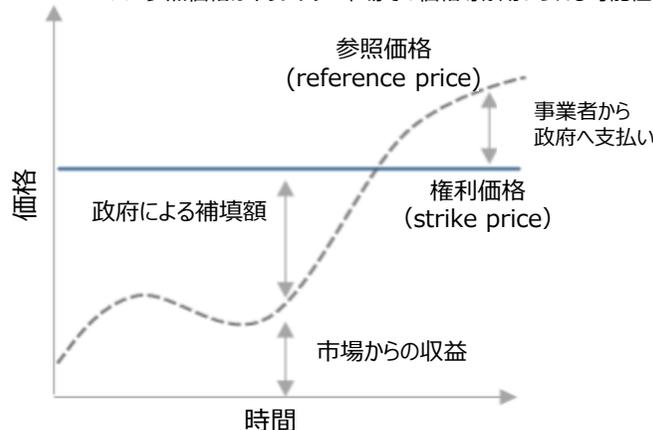
- 気候変動対策としての「二酸化炭素除去（CDR）」には様々な意味、技術が含まれており、未だ国際的に確立した概念・位置づけは存在していない。まずは、最大限排出削減をしたとしても最終的にCO₂の排出が避けられない分野からの排出（残余排出）を相殺する手段として、大気中のCO₂除去（CDR, Carbon Dioxide Removal）が必須であることについて、引き続き国際社会での理解を図っていくことが必要。
- 技術ごとに、その技術の開発状況、データ取得の難易度等の状況に加え、クレジット創出かNDC貢献かといった目的を踏まえながら、必要なルールの合意形成や知見の共有を適切な場で実施していくことが重要。また、その際、技術ごとに、どういった取組を進めていくべきか戦略的に検討するための仕組みが必要。

政府による市場創出・拡大に向けた手法のオプション①

- 市場の初期段階においては、政府による需要喚起やインセンティブ付けも重要と考えられる。
- 例えば英国は、CDRの普及拡大のため、DACCSやBECCS等の工学的手法を対象に、安定した価格インセンティブを付与するための契約ベースのビジネスモデルを初期的に検討。
- 現在、欧米を中心に様々な手法の検討・導入が実施されているところ、それらを総合すると以下のオプションに整理される。

① 値差補填

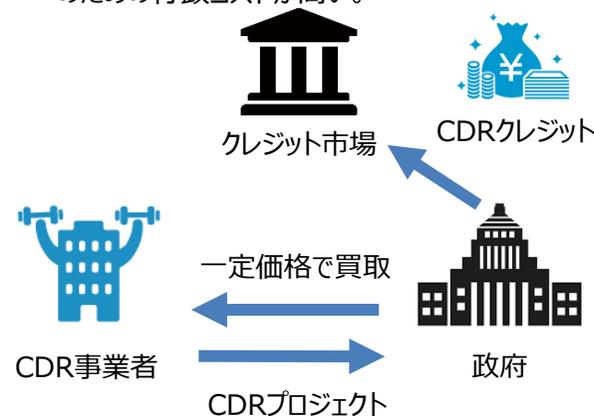
- ✓ 参照価格（市場価格に連動）が権利価格を下回る場合、差額を政府が補填。逆に、参照価格が権利価格を上回る場合は、事業者から政府へ差額が支払われる。
- …英国などでは、再エネで導入実績あり。市場原理を活用可能。
- ×…技術によりコストが変わるため、スキームが複雑化。
補填額 = 権利価格 - 参照価格
※ 参照価格はボランタリー市場での価格等が用いられる可能性



出典：Business Model Consultation for Engineered GGRsを基に作成

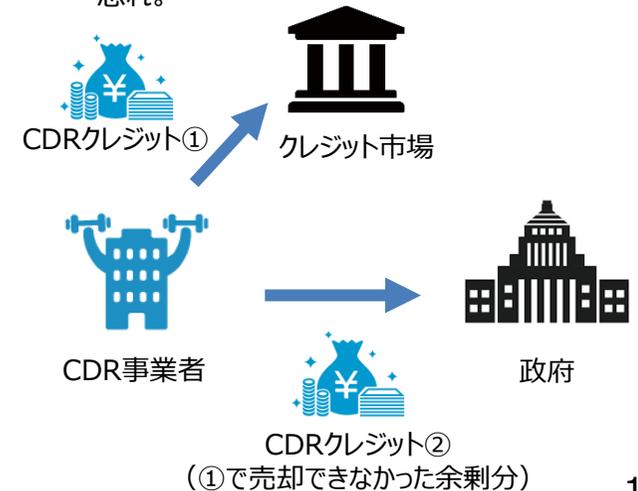
② 政府調達

- ✓ CDR事業者が実施したネガティブエミッションに対して、政府が一定の価格で買取。政府は買取分をクレジット化して市場に売却。
- …民間事業者にとって予見可能性が高い。NETs市場の発展を促進。
- ×…政府にとってクレジット価格リスク有り。取引プラットフォームやレジストリの整備など、透明性確保のための行政コストが高い。



③ 余剰クレジットの買取

- ✓ CDR事業者はまず市場へクレジットを売却。余剰クレジットが生じた場合は、政府が一定期間毎、固定価格での買取りを保証。
- …市場機能を最大限活用。市場の需要に応じて政府が払うコストが減少する。
- ×…市場価格が低い場合、市場でクレジットを売るインセンティブが付かず、市場の発達を阻害する恐れ。



政府による市場創出・拡大に向けた手法のオプション②

- 現在、欧米を中心に様々な手法の検討・導入が実施されているところ、それらを総合すると以下のオプションに整理される。

④ 税額控除

- ✓ 米国ではインフレ削減法案（IRA）においてCCSに対する既存の45Qタックスクレジットを拡大し、大気から直接回収したCO₂に対するインセンティブを追加。（CO₂の利用には \$ 130/トン。隔離には \$ 180/トン）
- ✓ 米国では、もともと税額控除による投資促進策が活用される傾向にあるが、英国は検討の対象としていない。

⑤ 設備投資・実証支援

- ✓ 米国においては、DAC hubの建設に関するFSや基本設計調査（FEED）に対してそれぞれ上限8割、5割補助を実施。今後、プロジェクト開発や調達・建設等に対する支援も行う予定。
- ✓ 設備投資規模が比較的大きい技術（DACCS等）に対しては、商用化初期における事業者への収益の予見可能性を高めるにあたって有効な手法となりうる。

⑥ 研究開発補助

- ✓ 米国においては、100 \$ /tCO₂のコスト目標を達成するため、DACCS/DACCUや、海洋由来CDR、風化促進など幅広い技術のR&Dを支援。欧州においても、Horizonプログラムなどの各種資金策において、自然系を含む様々なNETsの技術開発を進めている。
- ✓ 技術の初期段階においては、コスト低下に大きく貢献しうるが、長期的な収入の確実性をもたらすものではなく、ネガティブエミッション市場の拡大を直接的に支援するものではないことに留意。

⑦ 排出量取引への除去の組み込み

- ✓ EUにおいては、2023年5月に採択・発行したEU-ETS指令改正案において、EU-ETSにおけるネガティブエミッションの扱いについて、欧州委員会が欧州議会及び理事会に2026年7月までに報告を行うことを明記。
- ✓ 英国においても、ネガティブエミッション市場としてのUK-ETSの活用ポテンシャルについてコンサルテーションを実施しており、UK-ETSへの除去の組み込みについて検討を開始している。

⑧ 義務量割当

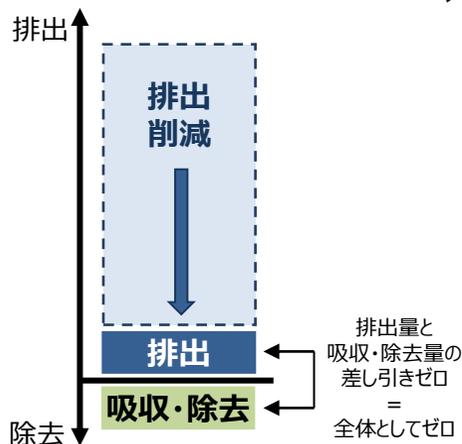
- ✓ カリフォルニア州においては、排出量のうち一定割合の除去の購入義務化に向けた検討が進められており、中長期的には、こうした規制的アプローチの導入も民間需要の拡大のための有効な手段となりうる。
- ✓ 一方、導入初期においては、義務量を満たすだけの供給が確保されるかは不明瞭であるほか、ペナルティ価格の水準によっては、高価な技術由来のクレジットは買い取られず市場が発展しない恐れもある。さらに、対象とすべき産業や義務量の水準等、詳細設計において公平性の確保にも課題が存在。

NETsクレジットの創出拡大

- NETsの社会実装を促進するためには、プロジェクト実施者に対するインセンティブ付与としてカーボンクレジットの活用環境を整えることが重要。また、特に2050年以降のCN達成期には、残余排出者が自らの排出を相殺する手段として、吸収・除去系のクレジット活用が不可欠となる。
- 現状、吸収・除去系のクレジットの供給量は限られており、今後は、技術ベースでの除去（DACCS, BECCS）やブルーカーボン等の新たなクレジットの活用・拡大が必要である。
- なお、2022年6月に公表したカーボン・クレジット・レポートでは、炭素吸収・除去系クレジットの創出拡大等を取組の方向性の一つとして提示している。

カーボンニュートラル達成時における炭素吸収・炭素除去系カーボン・クレジットの重要性

- ✓ 我が国が目標として掲げる2050年のカーボンニュートラルとは、人為的なGHG排出量と人為的なGHG除去量が釣り合っている状態を意味しており、この状態を達成するためには、除去量の拡大が必要である。これに貢献するものとして、GHG排出を行う主体と、炭素吸収・炭素除去を行う主体との間で、カーボン・クレジットを介した取引の仕組みを活用することが考えられる。また、炭素吸収・炭素除去の取組は、カーボン・クレジットとして環境価値化し、他者に移転できることで、取組を実施するインセンティブがより働くものである。



日本における 2050 年CN達成のイメージ

カーボンクレジットの適切な活用に向けた取組の方向性と具体策 ※一部抜粋

(供給面での取組)

- NDCの達成に資するカーボン・クレジットの創出拡大
- J-クレジット、JCMの排出削減・炭素吸収・炭素除去量の確保
- J-クレジット制度によらない炭素吸収系・炭素除去系クレジットの創出拡大
- 自然由来の国内ボランタリークレジット創出の促進
- NETs（ネガティブエミッション技術）の開発及びNETsクレジット創出の促進
- 炭素吸収・除去クレジットの将来の創出に対する投資・調達コミットメントの促進

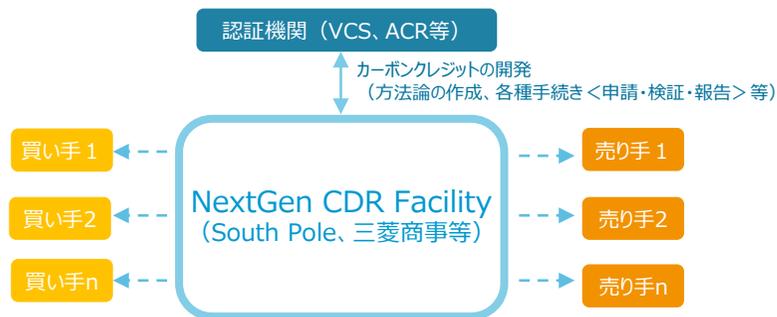
早期市場拡大に向けた初期需要の確保

- 現状、炭素除去クレジットは、市場価格が高く、供給量は限定的。一方、将来的には需要が供給を上回り、供給不足が見込まれる。近年、一定の基準を満たす炭素除去プロジェクトに対する、共同購入・長期オフテイク契約の仕組みが形成されはじめ、民間主体で初期需要が創出されつつある。
- 炭素除去への需要シグナルを早期に創出し、供給側の予見可能性を高めることで、技術開発投資の加速とコスト低下が促され、供給量の拡大が可能。国内での早期市場拡大に向けては、このような初期需要の担い手の拡大も重要。

NextGen CDR Facility

- ✓ 技術系 CDR (※) の普及・促進を目指して、バイヤーとして参加する企業が第三者認証を取得した技術系 CDR由来の CO₂ 除去価値を共同購入する取り組み
- ✓ 2025年までに合計100万トン以上の技術系CO₂除去価値を購入し、2030年までに参加企業に検証済みの技術系CO₂除去価値を提供する予定

(※) DACCS、BECCS、風化促進、バイオ炭、プロダクト・ミネラルリゼーションを対象として検討



ネットゼロ等を掲げる
カーボンクレジットの需要家
⇒カーボンオフセットの実現

カーボンクレジットの販売
(売買機会の創出、契約交渉<価格・期間>等)
⇒カーボンクレジット市場の創出、拡大

CCUS技術等を持ち合わせる
事業者
⇒クレジット販売による安定した収益源の確保

Frontier

- ✓ 将来の需要を保証することにより炭素除去技術の開発促進を図るアドバンストマーケットコミットメント (AMC) のコンセプトを活用して、FinTech大手 Stripe等が2022年4月に立ち上げ。2022年から2030年にかけて10億ドル相当の永久的な炭素除去技術の購入にコミット。現在、炭素除去関連スタートアップ15社に対して560万ドル (約9,000tCO₂相当) を購入コミット済み。

Frontier の仕組みの概要

一例



1| Frontierは需要を集計して年間最大支出額を設定

購入者は、2022年から2030年の各年に炭素除去に対して行う支出額を決定します。Frontierは、コミットメントを集計し、年間の総需要プールを設定します。サプライヤーは、定期見積り依頼プロセスの一環として応募します。

2| Frontierはサプライヤーを精査して炭素除去の購入を促進

初期段階のサプライヤーが行う契約は、ほとんどの場合、少量の事前購入の形をとることになります。規模拡大の準備が整っているより大きなサプライヤーの場合、Frontierは、達成時に、合意した価格でトン単位の炭素除去を購入するオフテイク契約を進めます。

3| サプライヤーは二酸化炭素を除去し、買い手にトン単位で返還

トン単位で二酸化炭素が除去されると、サプライヤーは支払いを受けます。オフテイク契約の場合、買い手にトン単位で払い戻されます。

参考：NETsへの初期需要に関する動向とその類型

- 足下、炭素除去分野ではIT、金融、コンサルや航空、船舶等の一部企業が主に初期需要を牽引している。
- これらの初期需要には、①炭素除去を活用して早期（2050年以前）のCN達成を目指す、先進的なファーストムーバーとしての取組と、②2050年時点での残余排出を意識した、早期に除去技術を囲い込むための先行投資という2つの側面に整理できる。

①ファーストムーバーとしての取組：IT、金融、コンサル

◆Microsoft（IT）

- ✓ 2030年までのカーボンネガティブと、1975年の創立以来、直接的に、および、電力消費により間接的に排出してきたすべてのCO₂を2050年までに除去するという目標を宣言。
- ✓ 既に、森林やバイオ炭、ブルーカーボンなどの購入を進めており、2022年度は150万トン以上の炭素除去クレジットを契約。DACについても、Climeworksと10年間で1万トンの炭素除去購入を契約済み。



◆JP Morgan Chase（金融）

- ✓ 2023年5月、80万トン（2億ドル相当）のCDRを購入することを発表。
- ✓ Climeworks（DAC）と9年間で25,000トン、Charm Industrial（バイオオイル貯留）と5年間で28,500トンの炭素除去を契約。CO280 solutions（Bio-DAC）とMOUを締結し、今後15年間で最大45万トンの炭素除去購入の意思を表明。また、炭素除去の事前買取を行うFrontierに7500万ドルを出資。

②残余排出相殺のための先行投資：航空、船舶

◆Airbus（航空）

- ✓ Carbon Engineering（DAC）のライセンス販売権を有する1PointFiveとパートナーシップを締結し、4年間にわたり40万トンの炭素除去クレジットを購入することで合意。
- ✓ また、Air Canadaなど主要航空7社と基本合意書を締結し、2025年～2028年の4年間における炭素除去クレジットの主要航空7社への供給について、交渉を行うことに合意。



◆商船三井（船舶）

- ✓ 技術系 CDRの普及・促進を目的としたNextGen CDR Facilityにパイヤーとして参加。NextGenは、2023年4月に累計約20万トンのCDRクレジット（BiCRS、DACCS、バイオ炭）の長期購入契約の締結を発表。
- ✓ また、革新的技術の早期市場創出を目指すFirst Movers Coalitionにも参画し、2030年までに少なくとも5万トン（又は2500万\$分）のCO₂除去の購入にコミット。

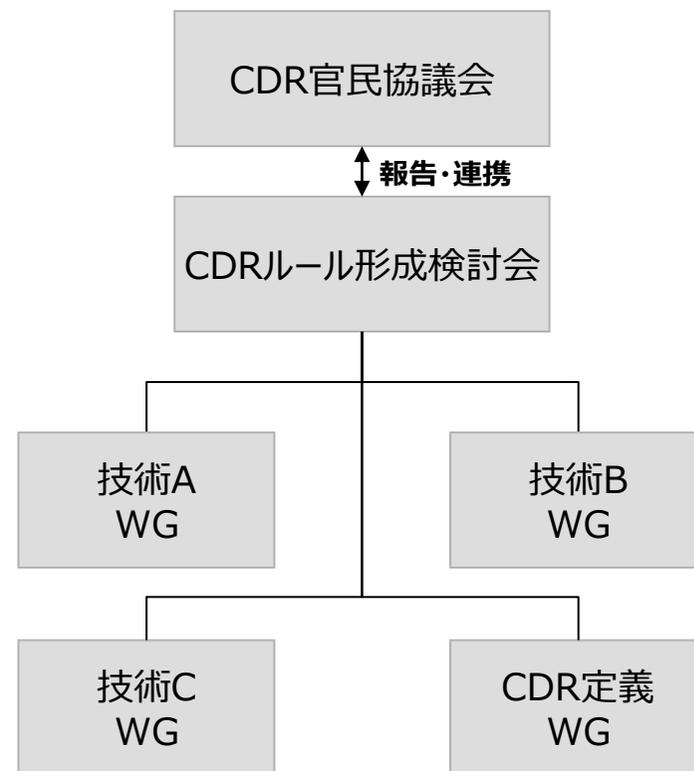
CDRに係るルール形成検討のあり方について

- 技術ごとの開発状況や、クレジット創出かNDC貢献かといった目的を踏まえながら、技術ごとに必要なルールの合意形成や知見の共有を適切な場で実施していくことが重要であり、関係者間でルール形成を戦略的に検討するための仕組みが必要。
- CDRに係る様々なルール形成の取組方針等、分野横断的な検討を行う場だけではなく、風化促進・ブルーカーボン・DACCS・CDR定義や必要な技術基準等の具体的なルールの内容を検討する場が必要。

表. CDRに係るルール形成の分類ごとの方針

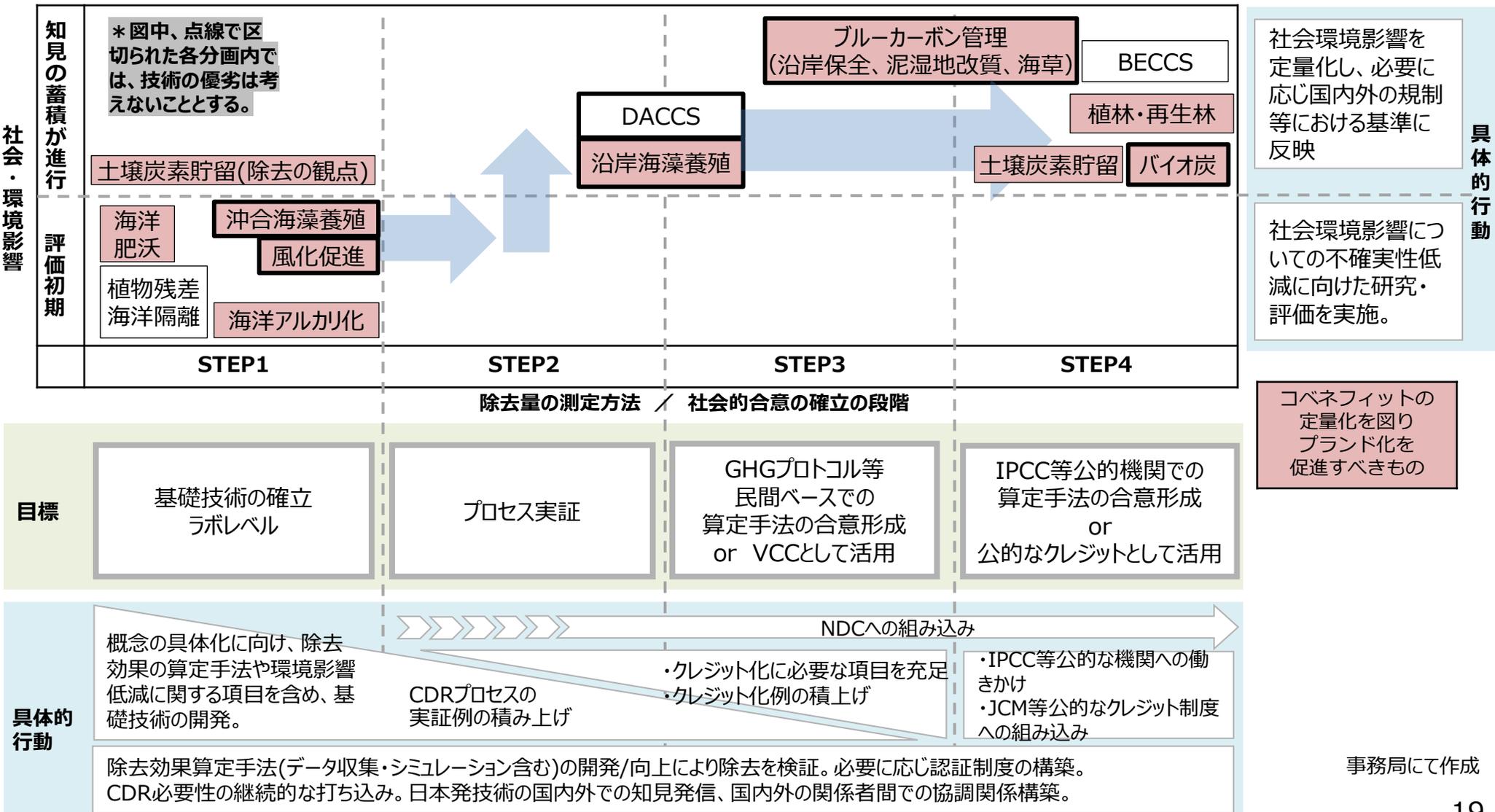
分類	方針
①気候変動対策におけるCDRの位置づけ	IPCCやIEAなどの国際機関や、G7等マルチ交渉の成果文書、多国間のイニシアティブ等の活動を通じて、CDRの必要性について合意形成を図る。
②CDR（範囲と技術）の定義	CDRに求められる要件（持続性、除去に要する期間等）、CDRに含める技術分類を、国内外で明確にする。
③CDRの除去効果算定手法を中心としたMRV手法等	除去の効果の測定方法に関する研究の推進等を行い、クレジット化等に向けて必要なMRV手法等の構築をすすめる。
④各技術特有のルール形成	関係者が集まってルール形成の方針を議論するための場を設けるなど、標準戦略を検討するため『仕組み』を検討する。

図. 協議体イメージ



NETsの特殊性に基づいた考察

- NETs が環境価値化され、より一層市場において取引されるようになるためには、「除去効果の把握が難しい」という特殊性も考慮する必要がある。
- 技術ごとに、状況・段階を判断し、目的に応じて、目指すべき段階、取り組むべき具体的内容を考えることも必要である。



参考：今後の方向性（DACCS/BECCS）

- CCS適地が豊富な米国等の諸外国において、DACCSやBECCSは高いポテンシャルを有すると考えられる。また、これらの技術の商用化に向けた実証支援やビジネスモデルの構築が進められており、市場の拡大が見込まれることから、こうした海外市場にも積極的に参入していくことが重要。
- 国内では160億トンのCO₂貯留可能量が推定されており、2030年までの事業開始に向けて民間事業者におけるCCS事業の検討が開始されているところであり、こうした制度環境が整備されていくことも踏まえ、国内での実証化も進めていく必要がある。一方、CO₂貯留地の確保は依然として課題である。
- さらに、DACCSについては、大気中からのCO₂回収プロセスにおいて多量のエネルギーを要することから、省エネルギー・低コスト化に向けた研究開発を引き続き推進。また、国内でのクレジット化に向けて、既にCCSの算定方法論は確立されつつあるところ、CO₂回収プロセスにおける算定方法論の早期確立を図ることも必要。

DACCSやBECCSに対する支援の例

- ✓ DOEは、大気から回収したCO₂の処理、輸送、安全な地中貯蔵、変換の商業化を加速し、実証するために、国内の4つの地域直接大気回収ハブ（DACハブ）の開発に35億ドルを投資。
- ✓ 英国は、バイオマス発電（Power BECCS）に対する支援として、炭素クレジットと発電の双方に対して値差補填を導入する支援策を優先モデルとして検討中。



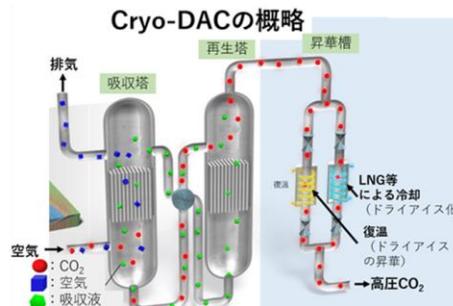
出典：Climeworks

ムーンショット研究開発型事業

冷熱を利用した大気中二酸化炭素直接回収の研究開発

則永 行庸 PM
(国大)東海国立大学機構名古屋大学 教授

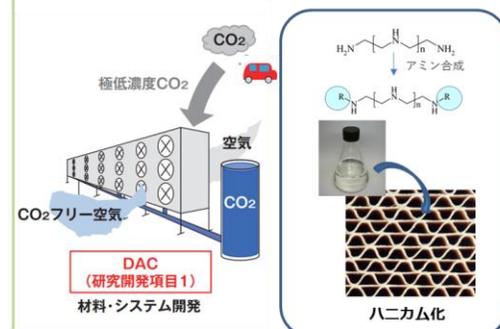
- LNG等の未利用冷熱を活用し、CO₂を昇華させドライアイスにすることで、圧力を下げ、吸収液からCO₂を回収する新プロセス(Cryo-DAC)を開発
- 常温で超低濃度（～400 ppm）のCO₂を効率よく吸収する液体を開発



大気中からの高効率CO2分離回収技術の開発

児玉 昭雄 PM
(国大)金沢大学 教授

- 60℃の低温でCO₂の分離が可能な革新的ポリアミンを開発
- 従来技術よりも少ないエネルギーで再生可能なCO₂濃縮回収プロセス(ハニカム型)を開発

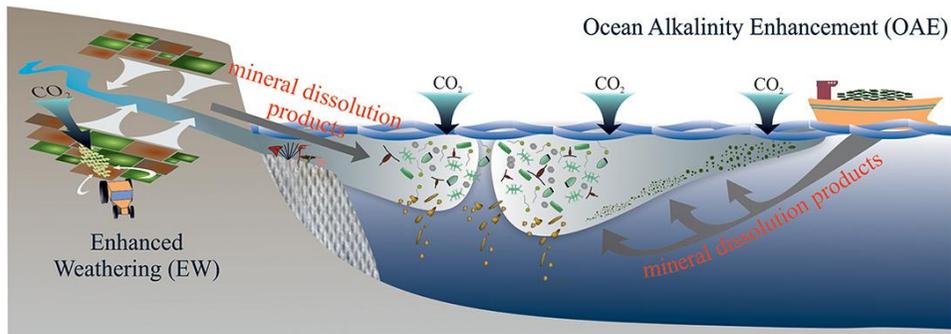


参考：今後の方向性（風化促進）

- 鉱物資源（玄武岩等）と実施場所（耕作地・森林・海岸等）が揃うことから、国内での導入しやすさが考えられる。
- 埋立地への貯留も考えられるが、事業性を考慮すると、農業的効用、鉱山廃水等の中和や浄化、建設資材への利用等のコベネフィットが期待される。
- 実際のCO₂除去量や環境影響については未知数であるため、除去の測定手法の確立や根拠となる科学的データの収集・蓄積を行うことが必要。また、データ取得が困難な領域も存在するため、シミュレーションによる評価手法の確立も重要。

風化促進において期待されるコベネフィット

- ✓ 岩石の風化により溶出する栄養塩が植物の成長を促進するため、農業的効用や森林再生等が期待される
- ✓ 玄武岩を含む苦鉄質岩が溶解した水はアルカリ性を示す傾向があり、鉱山廃水等の酸性水の中和あるいは中和のための補助としての役割等が期待される
- ✓ 玄武岩を含む苦鉄質岩は栄養塩である鉄を含むため、沿岸部の生態系の活性化、漁業収穫量の増加が期待される



自然系NETsのMRV手法確立に向けた研究開発の例（風化促進）

- 研究開発プロジェクト名
LCA/TEAの評価基盤構築による風化促進システムの研究開発
PM：森本 慎一郎（産総研）
- 研究開発概要
大気中の希薄なCO₂を苦鉄質岩等の炭酸塩化（風化現象）によって吸収し、苦鉄質岩や生成した炭酸塩を土壤散布することによって植物育成を促進するまでのトータルシステムをLCA/TEAの観点から最適化する評価基盤を開発。
- 研究開発項目例（苦鉄質岩DBとCO₂固定量測定技術の開発）

風化促進用岩石選定に資する苦鉄質岩DBの構築

現地調査と岩石採取により苦鉄質岩の化学組成・鉱物組成データや採掘情報を加味した国内版のデータベースを整備。

密閉した試料室実験、屋上での長期岩石風化実験、土壌チャンパー実験を行い、炭酸塩化の速度・固定量の測定を行う。

産総研シームレス地質図による日本の苦鉄質岩の分布

CO₂の炭酸塩化速度および固定量評価技術の開発

CO₂標準ガス、IR、ガスセル、試料、CO₂標準ガスを作成。固定化評価に適した温度を使用

事業所屋上における1年以上の岩石風化実験

空気採取 CO₂、O₂濃度測定、土壌呼吸 CO₂、苦鉄質岩吸収 CO₂、土壌呼吸 CO₂放出の分離評価

土壌散布時の苦鉄質岩 CO₂吸収と土壌呼吸 CO₂放出の分離評価

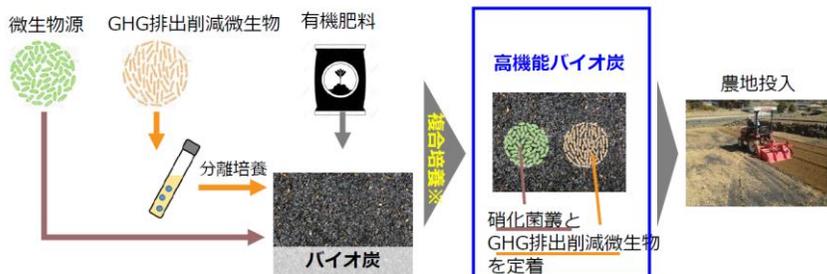
AIST

参考：今後の方向性（バイオ炭）

- バイオ炭の農地施用については**温室効果ガスインベントリにおいて算定方法が確立**されており、**除去量の算定が可能**。長期貯留効果が認められ、海外においてもクレジットの創出例がよく見られる。**コベネフィットによりビジネスが成立している例も存在**しており、**こうした取組の更なる拡大を図ることが重要**。
- バイオ炭の普及拡大を図るため、引き続き、**バイオ炭の低コスト化や、収量性向上などの付加価値を持たせた資材の開発等、農家の導入インセンティブ**を図るための取組を進めるべきである。

コベネフィットによるビジネスの成立例：TOWING

- ✓ バイオ炭に培養微生物を付加した高機能バイオ炭（宙炭）を製造・販売
- ✓ 農業現場で利用されたい肥や苗をそのまま製品代替するのみで利用可能
- ✓ 高機能バイオ炭を農地に施用した場合、施用しない場合と比較して農作物の収量が増大、農家の収益性が向上



国内における研究開発例

◆グリーンイノベーション基金事業

食料・農林水産業のCO₂等削減・吸収技術の開発
「農業副産物を活用した高機能バイオ炭の製造・施用体系の確立」

◆事業の目的・概要

○バイオ炭の普及拡大を図るため、バイオ炭の製造・施用コストを削減するとともに、農作物の生育促進などを助ける有用微生物の機能を付与することにより、**農作物の収量性を向上させる高機能バイオ炭を開発**する。

○**農地炭素貯留の取り組みによって生産された農産物の「環境価値」を客観的に評価する手法を確立**し、当該価値を取引価格に転嫁できるようにすることで、バイオ炭農法の収益性を改善し、農業者の導入インセンティブを付与する。

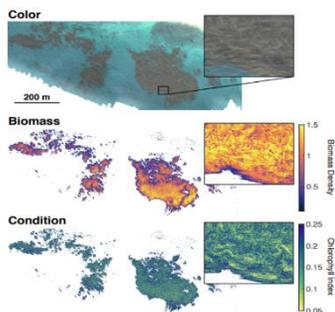


出典：(株)ぐるなび、片倉コープアグリ(株)、ヤンマーエネルギーシステム(株)

参考：今後の方向性（ブルーカーボン管理/大型海藻養殖）

- 世界第6位の排他的経済水域、海岸線の長さを有し、海藻養殖等の関連技術を有するなど国内での導入しやすさが考えられる。
- 欧米では、海洋CDRや大型海藻養殖（沖合養殖含む）に関して総合的な研究開発がプロジェクト体制で進められており、国内でも、沖合養殖なども含めた多面的な研究開発を進めていくことが必要。また、ブルーカーボン生態系の面積と活動量を正確に把握するため、海域に合わせた海洋観測技術やモニタリング等も重要。
- 「沿岸の海藻養殖」が貢献する吸収量を我が国のインベントリに登録を目指すことや、ブルーカーボン生態系によるCO₂吸収量の算定方法の明確化、国内ボランタリークレジット制度の拡大等、現在の取組を引き続き進めていくことも必要。

MARINERプロジェクト（米国）



モニタリングは衛星写真やドローン、水中ドローン等の最新技術を用いた方法が検討されている

出典：https://arpa-e.energy.gov/mariner-annual-review-2021

ドローンモニタリングの例

Ocean NETsコンソーシアム（欧州）



欧州委員会における研究開発プログラム Horizon2020からの助成を受け、海洋ベースのNETsの研究推進を目的としたOcean NETsコンソーシアムを結成。
海洋アルカリ化のポテンシャルや環境影響の評価、大型海藻養殖などのシミュレーション分析、アカウンティング手法の評価などを実施。

Jブルークレジット制度（国内ボランタリークレジット制度）の概要



出典：（左）ARPA-E MARINER Annual Review 2021, Ocean NETs HP
（右）第4回ネガティブエミッション市場創出に向けた検討会資料4（桑江委員発表資料）