

【産業競争力懇談会 2022年度 研究会 最終報告】

## 【DAC(Direct Air Capture)研究会】

2023年2月9日

産業競争力懇談会 **COCN**

## 【エクゼクティブサマリ（最終）】

- **趣旨説明**（本プロジェクトの背景及び基本的な考え方について）

DAC(Direct Air Capture、大気中CO<sub>2</sub>の回収)は、2020年1月に策定された「革新的環境イノベーション戦略」の1テーマとして設定され、また同年1月のムーンショット目標4の重要テーマとしても取り上げられるなど、2050年カーボンニュートラルを目指した国家的な取組みの中で、その重要性が大きく認識されるようになってきた。既に欧米各国では、産・学・官が連携してCO<sub>2</sub>回収に関するプロジェクトに資金提供を行うことにより、DACの研究開発を支援している状況である。このためCO<sub>2</sub>CCNでは、2020年度に「カーボンニュートラル研究会」を設立し、その傘下の「DAC研究会」において10社6機関が参加し、DACの具体的な技術とメカニズム、国内外の取組み状況を概観しつつ、現状技術レベルの概要やその課題を把握することに努めた。DACは、空気のある場所ならどこでもCO<sub>2</sub>回収可能という大きなメリットがある一方、低濃度であるがゆえに、排ガス中からの回収と同量のCO<sub>2</sub>回収には、桁違いに大容積の大気を吸い込む必要があり、高濃度(~99%)に濃縮するプロセスでも原理的に膨大な設備コストとエネルギーを要することが様々な課題を引き起こす要因となっている。これら概要把握の結果、DACは2050年カーボンニュートラルの実現には必要不可欠ではあるものの、基礎・要素技術研究レベルで多くの技術的ブレークスルー、特に現状ではCO<sub>2</sub>分離回収に膨大なエネルギーが必要なこと、したがって事業化には長期間を要し、産業界としての切り口を見出すのは容易ではないことから、2021年度以降も、「DAC研究会」の活動を継続した。

- **活動方針及び検討項目**(本プロジェクトの目標、検討の視点と範囲について)

本研究会の目標は、DAC導入・事業化の将来の社会モデルを構想しつつ、それに向けて必要な公的な制度、規格・標準化を検討し、国への働きかけを実施することである。

そのため、本研究会では、ムーンショットでの基礎研究の段階から技術的フィジビリティを産業界視点で見ておき、海外における最新動向なども参考にしつつ、将来の事業化を目指したビジネスモデルやエンジニアリング課題を整理する。

- **2021年度の活動実績**

2021年度は、10社8機関がメンバーあるいはオブザーバーとして参加し、次に示す2点について、1回/月のペースで活発な議論や意見交換を行った。

(1) エンジニアリング上の課題の整理

本項目では、DACのメリット及びデメリット、先行する海外における技術開発の動向、国内のムーンショット型研究開発事業などの情報を幅広く調査し、様々なプロセス方式の優位性と技術的特性を把握した。また、DAC起源CO<sub>2</sub>の取引制度成立の可能性やインセンティブの有無、将来のCO<sub>2</sub>回収コスト予測情報、2050年のシナリオ分析におけるDACの果たす役割等、将来DAC事業のターゲットを想定に必要な情報を整理した。さらに、将来のカーボンリサイクル社会のイメージ、DAC起源CO<sub>2</sub>の利用や市場化に関する課題、DACが提供するネガティブ・エミッション価値、及びDACの事業化や普及に必要な産・学・官の役割や期待などに関する本研究会メンバーの意見を収集した。

(2) 事業化視点での課題の整理

本項目では、先行する欧米の支援制度やカーボンプライシング導入に関する国内動向を

調査し、DAC事業化を支援する制度のあり方や課題等について意見交換を行った。

また、海外では、既に数十トン～4千トン/年規模のパイロット～実証段階の研究開発試験に産学官が連携して取り組んでいるプロジェクト事例があることを確認した。

さらに、DACへのエネルギー供給源は、太陽光、風力、地熱、原子力等のカーボンフリーであることが大前提であること、大規模に社会実装する場合には、DAC設備だけでなく、供給電源・熱源設備の容量や敷地の確保も大きな課題になることを確認した。

### (3) 産業競争力強化のための政策提言および産官学のロードマップの策定

上記2点に関する議論を通じて、4項目の政策提言(次項 2022年度の活動実績に記載の①～④)とDAC事業化を目指した産学官のロードマップを策定した。

#### ● 2022年度の活動実績

2022年度は、製造業界から川崎重工業(株)及び(株)明電舎、航空業界から全日本空輸(株)が新たに加わったことで業種の幅が広がり、13社9機関による活動体制に拡大した結果、カーボンニュートラル実現を目指す国際航空業界の炭素クレジット購入のニーズが急速に高まっている最新状況を共有できた。2022年度は、上記2021年に策定した政策提言及び産学官のロードマップをブラッシュアップすることとし、次に掲げる3つのテーマについて、調査・検討を続けた結果に基づき、4項目の政策提言に具体策を追記した。

(1) 産学官連携のあり方や具体的な進め方

(2) 海外との連携や協力体制の構築

(3) 回収したCO<sub>2</sub>の各種条件に適した貯留・利用

#### ① DACの普及、先行投資意欲を刺激する事業環境整備の提言

国内における炭素クレジット取引市場の早期立ち上げ・整備(航空業界ニーズ対応)

#### ② DACの技術的成熟度を促進させるための提言

「カーボン・クレジット・レポート」提言のGX/Gt e X事業への展開

#### ③ DAC国内産業基盤を構築し、発展させるための提言

NEDO事業、産総研国内拠点作り支援、米国/EU等のジネス支援に類する仕組み作り

#### ④ 国内産業界が地球規模の温暖化抑制に貢献するための提言

国内CCUS事業の成否はDAC事業への影響大、『CCS長期ロードマップ』の実現に期待  
なお、IPCC第6次評価報告書第3作業部会報告書及び国際エネルギー機関(IEA)のDACに関する報告書など、国内ではグリーントランスフォーメーション推進小委員会及びグリーンイノベーション戦略推進会議などの会議資料等、DAC関連の最新情報を参考にした。

#### ● 今後の計画

来年度は、今年度までの『研究会』から産業界として具体的な成果を目指す『プロジェクト』に移行する必要性は見いだせなかったため、本研究会の活動は今年度で終了する。

しかしながら、以下の理由から、来年度は改めて有志メンバーの参加を募り、いわゆる『勉強会』形式による活動を計画する。

- ・ DACをテーマにした何らかの活動の場を希望するメンバー意見が大半を占めたこと
- ・ 地球温暖化対策としてのDAC技術への期待は、一層高まることが予想されるため、産業界としてもその動向を注視し続ける必要性は高いと思われること
- ・ 産業界が主体的に取り組むべき課題は、現時点では顕在化していないものの、今後DACの技術成熟度が増すにつれて、明らかになる可能性があること

以上

## 【目 次】

【プロジェクトメンバー】 .....	2
【本文】	
1. 趣旨説明(本プロジェクトの背景及び基本的な考え方について) .....	4
2. 活動方針及び検討項目(本プロジェクトの目標、検討の視点と範囲について)...	4
2. 1 2021年度の活動方針及び検討項目 .....	4
2. 2 2022年度の活動方針及び検討項目 .....	7
3. 活動スケジュール及び実績 .....	8
4. 活動実績 .....	9
4. 1 2021年度の活動実績 .....	9
4. 2 2022年度の活動実績 .....	10
5. 産業競争力強化のための提言および施策について .....	27
5. 1 2021年度の活動実績 .....	27
5. 2 2022年度の活動実績 .....	28
6. 今後の計画 .....	35
添付：参考文献一覧 .....	37

## 【プロジェクトメンバー】

\*所属については五十音順

#	区分	企業・大学・法人名*	氏名
1	リーダー	東芝エネルギーシステムズ株式会社	藤木 保伸
2	メンバー	E N E O S 株式会社	星野 優子
3	メンバー	株式会社 I H I	田中 浩
4	メンバー	株式会社東芝	斉藤 ひとみ
5	メンバー	株式会社日立製作所	小塚 潔
6	メンバー	株式会社日立製作所	三宮 豊
7	メンバー	株式会社本田技術研究所	瀧澤 一晃
8	メンバー	株式会社本田技術研究所	塚越 範彦
9	メンバー	株式会社三菱総合研究所	才村 綾美
10	メンバー	株式会社三菱総合研究所	新地 菊子
11	メンバー	株式会社明電舎	長 輝通
12	メンバー	株式会社明電舎	小川 裕治
13	メンバー	株式会社理研鼎業	奥野 正樹
14	メンバー	株式会社理研鼎業	半田 敬信
15	メンバー	株式会社理研鼎業	松山 剛
16	メンバー	川崎重工株式会社	奥村 雄志
17	メンバー	川崎重工株式会社	田中 一雄
18	メンバー	川崎重工株式会社	西部 祥平
19	メンバー	川崎重工株式会社	沼口 遼平
20	メンバー	川崎重工株式会社	堀川 敦史
21	メンバー	キヤノン株式会社	青谷 貴治
22	メンバー	キヤノン株式会社	坂口 清文
23	メンバー	キヤノン株式会社	古川 靖之
24	メンバー	国立研究開発法人産業技術総合研究所	崔 準哲
25	メンバー	国立研究開発法人産業技術総合研究所	牧野 貴至
26	メンバー	国立大学法人東京工業大学	小玉 聡
27	メンバー	全日本空輸株式会社	江頭 雅人
28	メンバー	全日本空輸株式会社	吉川 浩平
29	メンバー	全日本空輸株式会社	緒方 明日香
30	メンバー	東芝エネルギーシステムズ株式会社	斎藤 聡
31	メンバー	東芝エネルギーシステムズ株式会社	村松 武彦
32	メンバー	トヨタ自動車株式会社	石橋 一伸

33	メンバー	トヨタ自動車株式会社	林 宏司
34	オブザーバー	一般財団法人エネルギー総合工学研究所	飯田 重樹
35	オブザーバー	一般財団法人エネルギー総合工学研究所	加藤 悦史
36	オブザーバー	一般財団法人エネルギー総合工学研究所	黒沢 厚志
37	オブザーバー	一般財団法人日本エネルギー経済研究所	柴田 善朗
38	オブザーバー	国立大学法人横浜国立大学／(一財)日本エネルギー経済研究所	大槻 貴司
39	オブザーバー	公益財団法人地球環境産業技術研究機構	余語 克則
40	オブザーバー	国立研究開発法人科学技術振興機構	尾山 宏次
41	オブザーバー	国立研究開発法人科学技術振興機構	真崎 仁詩
42	オブザーバー	国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構	鈴木 秀士
43	オブザーバー	国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構	中村 勉
44	オブザーバー	国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構	吉田 朋央
45	オブザーバー	国立大学法人金沢大学	山田 秀尚
46	D A C研究会事務局	東芝エネルギーシステムズ株式会社	井上 一男

【D A C研究会 COCN委員】

\*敬称略

区分	企業・大学・法人名*	氏名*
担当実行委員	株式会社東芝	斉藤 史郎
担当実行委員	株式会社日立製作所	長我部 信行
担当実行委員	株式会社地球快適化インスティテュート	日下 晴彦
担当企画小委員	株式会社日立製作所	菊地 達朗
担当企画小委員	トヨタ自動車株式会社	佐藤 桂樹
担当企画小委員	E N E O S株式会社	中山 慶祐
※以下COCN事務局		
事務局長	一般社団法人産業競争力懇談会 (COCN)	山口 雅彦
副事務局長	株式会社東芝	五日市 敦
副事務局長	日本電気株式会社	武田 安司
副事務局長	E N E O S総研株式会社	土肥 英幸
企画小委員	三菱電機株式会社	金枝上 敦史
企画小委員	富士通株式会社	大久保 進之介
企画小委員	株式会社地球快適化インスティテュート	岩田 一

## 【本 文】

### 1. 趣旨説明(本プロジェクトの背景及び基本的な考え方について)

DAC (Direct Air Capture、大気中CO<sub>2</sub>の回収)は、2020年1月に策定された「革新的環境イノベーション戦略」39テーマの第39番目として設定され、また、同年1月にムーンショット目標4の重要テーマとしても取り上げられるなど、2050年カーボンニュートラルを目指した国家的な取組みの中で、その重要性が大きく認識されるようになってきた。既に欧米各国では、産・学・官が連携してCO<sub>2</sub>回収に関するプロジェクトに資金提供を行うことにより、DACの研究開発を支援している状況である。このため、COCNでは、2020年度に「カーボンニュートラル研究会」を設立し、その傘下の「DAC研究会」において、10社6機関が参加し、DACの具体的な技術とメカニズム、国内外の取組み状況を概観しつつ、現状技術レベルの概要やその課題を把握することに努めた。その結果、DACは2050年カーボンニュートラルの実現には必要不可欠の技術であること、その実用化に向けては、基礎研究・要素技術研究レベルでの多くの技術的ブレークスルーが必要であること、特に、現状の技術レベルではCO<sub>2</sub>の分離回収に膨大なエネルギーを要するため、実用化にはコスト削減が最大の課題であることを確認した。しかしながら、2020年度だけで十分な議論が尽くされたとは言い難く、長期的な研究開発テーマであるため、事業化に向けて産業界としての切り口を見出すのは容易ではない。

そこで、2020年度「DAC研究会」参加メンバーによるアンケート結果も踏まえ、2021年度以降も、産業界からの積極的な関与が期待されている(1)エンジニアリング上の課題、及び(2)事業化視点での課題にCOCNを中心に産業界を挙げて取り組むため、「DAC研究会」の活動を継続した。

### 2. 活動方針及び検討項目(本プロジェクトの目標、検討の視点と範囲について)

本研究会の目標は、DAC導入・事業化の将来の社会モデルを構想しつつ、それに向けて必要な公的な制度、規格・標準化を検討し、国への働きかけを実施することである。

そのため、ムーンショットでの基礎研究の段階から技術的フィジビリティを産業界視点で見ておき、海外における最新動向なども参考にしつつ、将来の事業化を目指したビジネスモデルやエンジニアリング課題を整理する。

#### 2. 1 2021年度の活動方針及び検討項目

2021年度は、以下に示す2つの検討項目についてひと通り調査・整理し、政策提言とDAC事業化を目指した産学官のロードマップを活動成果としてまとめる。

##### (1) エンジニアリング上の課題の整理

大気中の低濃度CO<sub>2</sub>を分離回収するDAC技術は、海外では一部実用化されているもののCO<sub>2</sub>の分離回収にかかるエネルギー・コストが膨大であり、実現までのハードルは高い。例えば、世界初の商用プラントを運転中のスイスClimeworks社の設備では、分離回収エネルギーは9.0GJ/t-CO<sub>2</sub>、コストは600\$/t-CO<sub>2</sub>(排ガス中CO<sub>2</sub>回収の10倍以上)である。

大気中のCO<sub>2</sub>を効率良く吸収・脱着あるいは分離・濃縮するプロセスに関する要素技術のみならず、大量の大気を取り込みや回収後のCO<sub>2</sub>のハンドリング、地熱、風力、太陽光などの再エネ電源利用によるグリーン性を考慮したシステム等においても、高効率で低エネルギー消費型の技術が必要とされる。

このため、米国DOE (Department of Energy) や英国BEIS (Department for Business, Energy & Industrial Strategy) では、DAC技術を含むCO<sub>2</sub>の回収・利用の実現を促進する開発資金提供型プログラムを進めている。

国内においても、2020年度より創設された「ムーンショット型研究開発制度」において「温室効果ガスを回収、資源転換、無害化する技術の開発」の一部にDACの要素技術を開発するテーマが採択されるようになった。

2021年度は、海外及び国内でのDACに関する最新の要素技術開発動向や、先行するスタートアップ会社等で実用化が進むビジネスモデルの例を調査し、今後、国内産業界がDACに関して技術開発面、及びビジネス面で取り組む方向性の議論・評価を行う。

#### ① 様々なプロセス方式（液体・固体吸収剤、膜分離等）の優位性と技術的特性の把握

- i. 大気中のCO<sub>2</sub>の吸収・脱着あるいは分離・濃縮に用いられる様々な液体・固体吸収法、膜分離法等の要素技術について、その技術的特徴やメリット・デメリット等を調査し、それぞれの優位性を比較・評価する。
- ii. また、各プロセス方式の将来的な技術ポテンシャルを見通すため、単位投入エネルギーに対する理論的な回収限界を可能な範囲で調査し、現時点におけるエンジニアリング上の課題を明確にする。

#### ② 具体的なターゲットを想定したプロジェクト化

- i. 海外では、CO<sub>2</sub>-EORや温室促成栽培などにDACで回収したCO<sub>2</sub>を供給する事例、DACで回収したCO<sub>2</sub>を原料とするカーボンニュートラル合成燃料の開発をユーザー顧客と開始した事例、大気からのCO<sub>2</sub>回収・貯留に対価を払う顧客を獲得する事例などが相次いでいる。そこで、海外で先行するDACに関連するプロジェクト事例やそのターゲット（市場、顧客）を調査する。
- ii. また、DAC研究会メンバーに、DACにより回収したCO<sub>2</sub>のネガティブ・エミッション価値や利用方法、利用する場合の課題等について、研究会の場やアンケート方式等で意見を聴取する。これらの調査結果や聴取結果に基づき、将来のDACのターゲットやそのターゲット向けのプロジェクトを具体的に想定した上で、そのプロジェクトを実現するために必要なエンジニアリング上の課題を抽出する。

### (2) 事業化視点での課題の整理（システムインテグレーション）

DACは、まずは回収したCO<sub>2</sub>にゼロ・エミッション、さらにはネガティブ・エミッションとしての環境的価値を付与し、商業利用(U)することでいくばくかの収益を得ながら技術開発を進め、最終的には地球温暖化対策の切り札として永久貯留(S)の割合を増やしていくものと想定される。しかしながら、前者の場合は、ネガティブ・エミッ



ョンとしての付加価値の値付けが困難な一方、既に実用化が進む排ガス由来のより安価で豊富なCO<sub>2</sub>との競合が想定される。また、後者の場合は、回収しても利用せずに貯留するだけでは民間主導の事業化は進まないことが懸念される。

そこで、以下の①～③の検討を行う。

### ① 事業化を国内で後押しする公的な規制・支援制度（税制、カーボンプライシング等）及び規格・標準化（CO<sub>2</sub>回収量把握法等）の検討と働きかけ

米国では、連邦45Q優遇税制や加州のLCFS（Low Carbon Fuel Standard）制度など、DACを進める企業に対する公的なサポートが整備されることで、DACプラントの立ち上げ計画などの具体的な動きがみられる。欧州グリーンディールでは10年間で1兆ユーロも投資の計画が発表されており、DACを含む脱炭素対策関連大型プロジェクトの誕生に拍車がかかっているように見受けられる。

また、国内においてDACを導入・拡大するためには、ライフサイクルごとCO<sub>2</sub>排出量を適正に評価し環境への影響を評価するLCA（Life Cycle Assessment）手法を整備し、CO<sub>2</sub>を回収し永久貯留する事業化には、そのプロセス全体を通じたCO<sub>2</sub>排出削減量および除去量を適切に認証するMRV（Monitoring, Reporting, Verification）技術の規格・標準化が必要である。また、化石燃料に起因する排ガスから回収するCO<sub>2</sub>と比較して、大気から回収するCO<sub>2</sub>のネガティブ・エミッションとしての付加価値を適切に評価するためにも、公的な指針あるいは認証制度によるお墨付きのあることが望ましいと考えられる。そこで、

- i. 先行する欧米の支援制度の例を調査する。
- ii. DACの事業化に必要な認証制度や規格・標準化を調査する。
- iii. 以上のような調査結果を踏まえ、DACの事業化を国内で支援する公的な制度はどうあるべきかを議論し、政府への提言としてまとめる。

なお、これら国内公的の制度に関しては、2021年2月に経済産業省主催の「世界全体でのカーボンニュートラル実現のための経済的手法等のあり方に関する研究会」が発足し、「成長に資するカーボンプライシング」とは、いかなる制度設計が考えられるか、炭素税や排出量取引制度のみならず、国境調整措置やクレジット取引等も含めて、幅広く議論が進められている。この研究会の動きを適宜調査する。

### ② 将来的に事業になり得る社会モデルの提案

大気からのCO<sub>2</sub>回収・貯留事業が実現する将来は、化石燃料起因の排ガス回収CO<sub>2</sub>を原料にしたCCUS・カーボンリサイクル社会、カーシェアリングに代表されるシェアリングエコノミー社会、再エネ発電などによる地産地消を指向した分散型社会など、従来社会とは全く異なる価値観をもつ社会の実現が想定される。そこで、

- i. 大気中のCO<sub>2</sub>濃度を削減する「バック・ストップ・オプション」であるDACが事業として成立しうる社会モデルを検討し、提案する。
- ii. なお、DACの運転に必要な膨大な電力・熱は、過渡的にはCCS付き火力発電から供給するケースもありうるが、最終的には太陽光、風力、水力、地熱、原子力発

電などのカーボンフリーな電源や熱源から供給する必要がある。DACの普及・拡大に伴って必要になる膨大なカーボンフリー電源・熱源の確保についても、社会モデル検討で取り扱い、必要に応じて前述のプロジェクトモデルにも反映させる。

### ③ 海外との連携に関する検討（DACの設置に適した海外地域等）

DACは、大気のある地球上のどこでもCO<sub>2</sub>回収可能というメリットがあるが、その運転に必要な膨大な電力・熱は、太陽光、風力、水力、地熱、原子力発電などのカーボンフリーな電源や熱源から供給する必要がある。このため、それらカーボンフリーな電源・熱源を安価に安定して供給できる国・地域にDAC設備を設置する方が経済的である。（例えば、安価な太陽光発電電力が利用可能な中東砂漠地帯等）

また、回収したCO<sub>2</sub>を原料として利用あるいは永久貯留する場合、CO<sub>2</sub>の輸送コスト削減のためには、CO<sub>2</sub>利用プラントの近傍あるいは永久貯留に適した場所の近くにDAC設備を設置する方が望ましい。すなわち、DAC設備は電源あるいは後段プロセスのいずれか、あるいは双方の近傍に設置できれば、エネルギー・コスト双方で削減が見込めることになる。

このため、DACを組み込んだ社会モデルの検討に際しては、地理的及び気候的な制約条件の多い国内に限定することなく、DACの設置に適した海外との連携を含めた検討を行う。

## 2. 2 2022年度の活動方針及び検討項目

2022年度は、最新のDAC開発及びビジネス動向に関する情報収集活動を継続しながら、産業界として引き続き調査や協議が必要と考えられる次の3つのテーマに注力し、さらなる議論を深める。

### （1）産学官連携のあり方や具体的な進め方

ムーンショット型開発テーマへの協力、実証段階へと進める国プロ枠組み提案、国内研究開発拠点の整備、DAC開発コンソーシアムの提案 など

### （2）回収したCO<sub>2</sub>の各種条件に適した貯留・利用

規模や場所（大規模集中/小規模分散、国内/海外）、回収CO<sub>2</sub>の性状（気体、固体、液体、濃度等）、技術的成熟度/低コスト化の進展度合い、DAC回収CO<sub>2</sub>利用の場合の帰属に関する考察 など

### （3）海外との連携や協力体制の構築

海外先行技術の導入検討、海外実証プロジェクトとの連携、DAC適地の選定、二国間協力枠組みの活用 など

これら注力テーマの協議結果を、産業界として取り組むべき具体策として、2021年度の活動成果である政策提言と産学官のロードマップへ反映し、ブラッシュアップする。

さらに、産業界として自発的に取り組むべきテーマが見いだせれば、具体的な解決に向けて、今年度までの『研究会』から次年度以降のCO<sub>2</sub>推進テーマ『プロジェクト』に移行するための取組み、例えば、産学官連携のためのコンソーシアム作りや国内における開発拠点の整備などのプロジェクト化の要否を検討する。

### 3. 活動スケジュール及び実績

本研究会の2022年度活動スケジュール及び実績を図3-1に示す。

また、2021年度の活動項目と2022年度に注力した項目の対比を図3-2に示す。

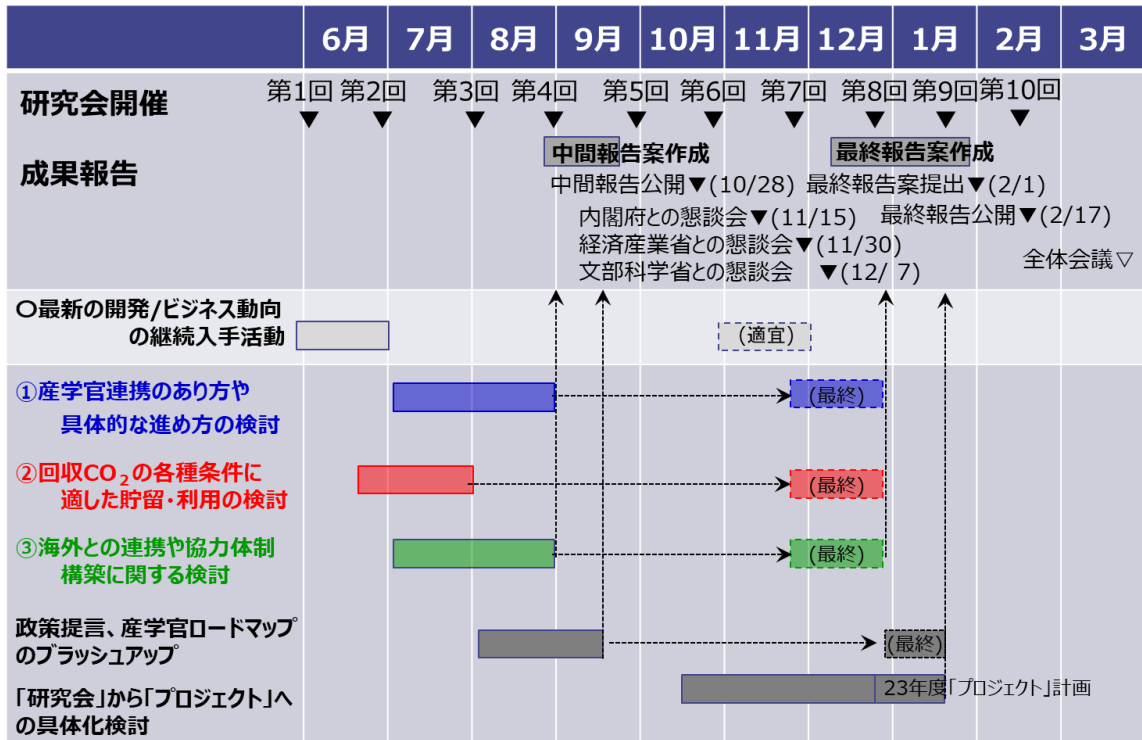


図3-1 DAC研究会 2022年度スケジュール及び活動実績

	2021年度 項目	2022年度 計画
(1)エンジニアリング上の課題整理	<ul style="list-style-type: none"> <li>①プロセス方式の明確化               <ul style="list-style-type: none"> <li>i.要素技術の比較・調査</li> <li>ii.エンジニアリング上の課題整理</li> </ul> </li> <li>②ターゲットを想定したPJ化               <ul style="list-style-type: none"> <li>i.海外PJ事例の調査</li> <li>ii.意見聴取・アンケート</li> <li>iii.DACプロジェクトモデル案の例示、課題整理</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○最新の開発/ビジネス動向の継続入手活動 海外の先端技術/ビジネス/国際ルール策定等、最新動向調査 国内産業界の分野別希望意見の聞き取り調査 など</li> <li>①産学官連携のあり方や具体的な進め方の検討 ムーンショット型開発テーマへの協力、実証段階へと進める国プロ枠組み提案、国内研究開発拠点の整備、DAC開発コンソーシアムの提案 など</li> </ul>
(2)事業化視点での課題整理	<ul style="list-style-type: none"> <li>①公的支援制度等の検討               <ul style="list-style-type: none"> <li>i.欧米支援制度等の調査</li> <li>ii.認証制度等の調査</li> <li>iii.国内支援のあり方の議論</li> </ul> </li> <li>②社会モデルの提案               <ul style="list-style-type: none"> <li>i.事業になり得る社会モデルの検討</li> <li>ii.カーボンフリー電源及び熱源確保の課題検討</li> </ul> </li> <li>③海外との連携の検討               <ul style="list-style-type: none"> <li>i.海外との連携の検討</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>②回収したCO<sub>2</sub>の各種条件に適した貯留・利用に関する検討 規模や場所 (大規模集中/小規模分散, 国内/海外)、回収CO<sub>2</sub>の性状 (気体、固体、液体、濃度等)、技術的成熟度/低コスト化の進展度合い など</li> <li>③海外との連携や協力体制構築に関する検討 海外先行技術の導入検討、海外実証プロジェクトとの連携 DAC適地の選定、二国間協力枠組みの活用 など</li> </ul>
活動成果	政策提言、及び産学官連携ロードマップ	2021年度成果物のブラッシュアップ、及び2023年度以降の「研究会」から「プロジェクト」への具体化(コンソーシアム化、国内拠点構築など)

図3-2 DAC研究会 2021年度活動項目と2022年度に注力した項目との対比

## 4. 活動実績

### 4. 1 2021 年度の活動実績

2021 年度の活動実績は、検討項目及び図・表一覧のみ記載する。詳細は、2021 年度最終報告書を参照のこと。

#### (1) エンジニアリング課題の整理

図 4-1 DAC の原理

図 4-2 バック・ストップ・オプションとして DAC 利用時の全気候緩和策に係るコストの概念曲線

図 4-3 ICEF が提唱する DAC イノベーションロードマップ

#### ① 様々なプロセス方式（液体・固体吸収剤、膜分離等）の優位性と理論限界の明確化

表 4-1 DAC 要素技術の比較 -海外先行メーカー/国内ムーンショットプロジェクト

表 4-2 DAC 向け CO<sub>2</sub> 分離要素技術 -捕集メカニズム-

表 4-3 CO<sub>2</sub> 吸脱着方法 -吸収⇔脱着方法/DAC システムへの制約-

表 4-4 空気-溶媒の接触方法 -DAC システムへの制約-

・ DAC のエンジニアリング上の課題：まとめ

#### ② 具体的なターゲットを想定したプロジェクト化

図 4-4 Carbon Engineering 社の動向

図 4-5 Climeworks 社の動向

図 4-6 Global Thermostat 社の動向

表 4-5 DAC 先行 3 社が参加する海外プロジェクト/ビジネス事例

将来の DAC のターゲット市場や具体的なプロジェクトの想定について

・回収 CO<sub>2</sub> の貯留 (Storage) プロジェクト

・回収 CO<sub>2</sub> の利用プロジェクト

図 4-7 DAC 起源 CO<sub>2</sub> の供給先 (候補) の整理

表 4-6 回収 CO<sub>2</sub> の利用先：製品分野別参入の可能性

想定プロジェクトの実現に適した DAC システムの検討

・回収 CO<sub>2</sub> 貯留 (Storage) プロジェクトの場合

・回収 CO<sub>2</sub> 利用プロジェクト (化石燃料起源 CO<sub>2</sub> と競合無) の場合

・回収 CO<sub>2</sub> 利用プロジェクト (化石燃料起源 CO<sub>2</sub> と競合有) の場合

#### (2) 事業化視点での課題の整理

表 4-7 2050 年の日本における DAC 用供給電源別の必要面積 (試算)

#### (3) 参加メンバーの主な問題意識・主な意見 (アンケート結果含)

① DAC が将来社会で普及するための必要条件 (公的な規制・支援制度、カーボンニュートラルが実現する社会モデル、CO<sub>2</sub> 市場など) について

② DAC の研究開発段階から実用段階へと技術的成熟度を促進させる環境について

③ 国際的な技術競争力の持続的な向上に必要な国内産業基盤について

④ 海外展開や海外との事業連携に関する国際的な統一ルールについて

#### 4. 2 2022 年度の活動実績

3つの注力テーマ検討のため、最新のDACの開発、ビジネス及び政策動向等をIPCC第6次評価報告書第3作業部会報告書『Climate Change 2022 : Mitigation of Climate Change』(以下、IPCC AR6 WGIII報告書)、及び国際エネルギー機関(IEA)報告書『Direct Air Capture 2022 - A key technology for net zero-』(以下、IEA DAC報告書)、国内ではグリーントランスフォーメーション推進小委員会『クリーンエネルギー戦略 中間整理』及びグリーンイノベーション戦略推進会議 会議資料『ネガティブ・エミッション技術について』、その他様々な公開情報を調査した。

##### ・ IPCC AR6 WGIII報告書

同報告書の第12章では、DACCS(Direct Air Capture with Carbon Storage)を含む様々な炭素除去技術(CDR:Carbon Dioxide Removal)オプションを、技術成熟度、コスト、緩和ポテンシャル、リスク及び影響などを評価している複数の文献を紹介しつつ、表4-1に示すような比較表にまとめている。DACCSは、高エネルギー要件さえ満足すれば技術的なポテンシャルは事実上無制限とする文献や、その他のCDRオプションの代替ではなく補完する役割を果たし、緩和コストの抑制に効果的とする文献などが紹介されている。ただし、多数の統合評価モデルシナリオに組み込まれているCDRオプションは、主にBECCS(Bioenergy with Carbon Capture and Storage)やA/R(Afforestation/ Reforestation)であり、DACCSは一部のシナリオに留まっている。

表4-1 IPCC AR6 WGIII報告書におけるCDRオプション評価(DACCS欄抜粋(仮訳))

CDR オプション	技術成熟度 (TRL)	コスト (米ドル /tCO <sub>2</sub> )	緩和ポテンシャル (GtCO <sub>2</sub> /年)	リスク及び影響	コベネフィット	トレードオフ及び波及効果	モデル化された緩和経路における役割
DACCS	6	100~300 (84~386)	5~40	エネルギー及び水利用の増加	水製造(固体吸着材を用いたDAC設計のみ)	水供給及びエネルギー生産からの潜在的な排出量増加	DACCSが他のCDR手法を補完するIAMsの例有り

出典: IPCC AR6 WGIII Final Draft Full Report Chapter 12 12.3 Table 12.6  
[https://report.ipcc.ch/ar6wg3/pdf/IPCC\\_AR6\\_WGIII\\_FinalDraft\\_FullReport.pdf](https://report.ipcc.ch/ar6wg3/pdf/IPCC_AR6_WGIII_FinalDraft_FullReport.pdf)

##### ・ IEA DAC報告書

同報告書では、2050年ネット・ゼロへの実現には、DAC技術の役割が益々大きな果たずと評価しており、DACに関する様々な最新動向、DACに最適な場所、及びネット・ゼロを加速するためのDACの展開に必要な6つの優先事項などが整理されており、2022年度の注力テーマ検討の参考情報として活用している。

IEAのネット・ゼロ・シナリオでは、現在から2050年までの間に毎年平均32の大規模プラント(各々1Mt-CO<sub>2</sub>/年)を建設する必要があり、そのためには、コストを削減し、技術を改善し、DAC技術の市場を構築するための公的および民間のサポートを増やす必要がある、と主張している。IEAは、これらネット・ゼロの目標に沿ってDACを展開するため、表4-2の通り、6つの短期的な優先事項にまとめている。

表4-2 IEAがまとめたDACの展開に必要な6つの優先事項

DACの展開に必要な6つの優先事項	
1	優先的な大規模なDACの実証

	短期的な実証と展開には、その対象を絞った政策とプログラムが必要。政府機関は、計画プロジェクトが実運用へと進み、DAC技術とサプライチェーンに不可欠な教訓提供を可能にすべし。
2	<b>DACバリューチェーン全体でのイノベーション促進</b> イノベーションは、DACプラントの必要エネルギー量の削減、製造・運転コストの削減、高温の熱を供給する低炭素排出源を利用可能性の向上、及び合成航空燃料を含むCO <sub>2</sub> 活用方法の開発とコスト削減、の観点から重要。
3	<b>CO<sub>2</sub>貯留の特定及び開発</b> DACによるCO <sub>2</sub> の大量除去ポテンシャルは、適切な地質学的CO <sub>2</sub> 貯留の開発次第。貯留ポテンシャルは膨大なものの、これら資源開発には約10年程度は必要、一部の地域ではDACの大規模化にブレーキをかけるおそれ有り。
4	<b>DACの認証と会計に関して国際的に合意されたアプローチの開発</b> DACについてロバストで透明性があり標準化された国際認証および会計手法は、炭素市場およびIPCC温室効果ガスインベントリレポートにおけるDAC認知度の促進に必要。
5	<b>ネット・ゼロ戦略におけるDACおよびその他のCDRアプローチの役割の評価</b> DACおよびその他CDRアプローチに期待される役割の理解とコミュニケーションの向上は、国や地域内の技術、政策、及び市場ニーズの定量化に有効。たとえば、英国のNet Zero Strategyは、2050年までに約80Mt-CO <sub>2</sub> の技術ベースの炭素除去が必要と指摘。
6	<b>展開を加速するための国際協力の構築</b> IEA、クリーンエネルギー部長級会議(CEM)、ミッションイノベーション(MI)、温室効果ガス研究開発に関する技術コラボレーションプログラム(GHG TCP/IEAGHG)などの国際組織やイニシアチブを通じたコラボレーションは、知識の共有を促進し、研究活動の重複を減らし、LCAへのアプローチとDAC技術の会計方法を調和させる上で重要な役割を遂行可能。

出典: IEA Direct Air Capture 2022 <https://www.iea.org/reports/direct-air-capture-2022>

なお、IEA DAC報告書に記載されている個別情報は、テーマごとの状況説明時に適宜参照する。

### (1) 産学官連携のあり方や具体的な進め方

本テーマを検討するにあたり、国内及び海外の状況を調査した。

#### ➤ 国内の状況

国内の状況については、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)新領域・ムーンショット部ムーンショット型研究開発事業推進室吉田朋央殿、産業技術総合研究所(産総研)CO<sub>2</sub>分離回収・資源化コンソーシアム事務局古屋武殿、九州大学藤川茂紀教授、川崎重工業西部祥平殿、および理研鼎業松山剛殿による講演を通してメンバーの理解を深めた。

#### ・NEDO ムーンショット型研究開発制度 2020年度～

ムーンショット型研究開発制度が掲げる9つの目標のうち、「目標4: 2050年までの地球環境再生に向けた持続可能な資源循環の実現」を目指すプロジェクトのひとつに「温室効果ガスを回収、資源転換、無害化する技術」が位置づけられている。DAC関連では、表4-3に示す7つの研究開発プロジェクトが推進中であり、一部産業界からも参加している。

表4-3 NEDOMーンショット型研究開発 目標4 DAC技術関連プロジェクト一覧

	研究開発プロジェクト	PM	参加機関
1	大気中からの高効率CO <sub>2</sub> 分離回収・炭素循環技術の開発	(国大)金沢大学 児玉 昭雄	金沢大学、RITE
2	電気化学プロセスを主体とする革新的CO <sub>2</sub> 大量資源化 システムの開発	(国大)東京大学 杉山 正和	東京大学、大阪大学、理化学研究所/理研鼎業、宇部興産、清水建設、千代田化工建設、古河電気工業



3	C <sup>4</sup> S*研究開発プロジェクト *C <sup>4</sup> S: Calcium Carbonate Circulation System for Construction (建設分野の炭酸カルシウム循環システム)	(国大) 東京大学 野口 貴文	東京大学、北海道大学、東京理科大学、工学院大学、宇都宮大学、清水建設、太平洋セメント、増尾リサイクル
4	冷熱を利用した大気中二酸化炭素直接回収の研究開発	(国大) 名古屋大学 則永 行庸	名古屋大学、東京理科大学、東邦ガス
5	大気中CO <sub>2</sub> を利用可能な統合化固定・反応系 (quad-C system) の開発	(国大) 東北大学 福島 康裕	東北大学、大阪市立大学、ルネッサンス・エナジー・リサーチ
6	“ビヨンド・ゼロ” 社会実現に向けたCO <sub>2</sub> 循環システムの研究開発	(国大) 九州大学 藤川 茂紀	九州大学、熊本大学、北海道大学、東京大学、鹿児島大学、大阪工業大学、イリノイ大学、ナノメンブレン
7	電気エネルギーを利用し大気CO <sub>2</sub> を固定するバイオ プロセスの研究開発	(国研) 産業技術総合研究所 加藤 創一郎	産総研、東京工業大学、名古屋大学、神戸大学、大阪大学

#### ・産総研「CO<sub>2</sub>分離回収・資源化コンソーシアム」 2021年9月設立

産総研は、『2050年までにカーボンニュートラルを達成するには、CO<sub>2</sub>分離回収・資源化・固定化技術の研究開発をオールジャパンで取り組むことが必要である』と考え、図4-1に示す「CO<sub>2</sub>分離回収・資源化コンソーシアム」を2021年9月1日に設立した。『本コンソーシアムを情報交流の場としてさまざまな法人、大学、公的研究機関の交流を活発にし業界全体の技術力向上に寄与するとともに、社会実装を加速する大型連携の創出を通じて、カーボンニュートラルの早期実現に貢献』することを目指している。

2022年12月14日現在、法人会員105法人、特別会員67名が参加している。

出典：産総研HP CO<sub>2</sub>分離回収・資源化コンソーシアム <https://unit.aist.go.jp/dmc/consortium/co2c/index.html>

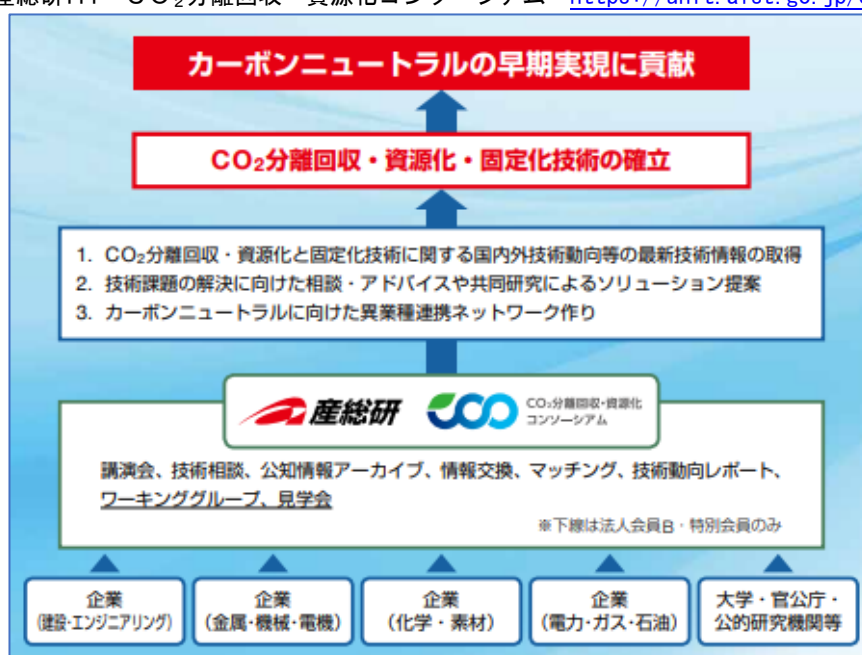


図4-1 産総研 CO<sub>2</sub>分離回収・資源化コンソーシアムの概要

出典：CO<sub>2</sub>分離回収・資源化コンソーシアムパンフレット

[https://unit.aist.go.jp/dmc/consortium/co2c/ja/intro/co2c\\_pamphlet\\_2203.pdf](https://unit.aist.go.jp/dmc/consortium/co2c/ja/intro/co2c_pamphlet_2203.pdf)

既に多くの企業が参加している本コンソーシアムは、DAC技術のみにフォーカスしたのではないが、様々なCDRオプションの中から、その目的・用途に応じて、DAC技術についても適材適所で選択し、活用していく動きになるものと思われる。

将来的にはDAC技術の事業化・普及を目指す産学官連携のコアとしても発展していくことが期待される。

・九州大学 藤川茂紀教授「ユビキタスCO<sub>2</sub>回収による新しい炭素資源循環社会」

NEDOMーンショット型研究開発プロジェクトのテーマのひとつであり、膜分離技術を適用した小規模分散型の回収システムを開発している。大気中のCO<sub>2</sub>濃度が高めのエリア(都市圏、建物内、地下街等)に設置することによる分離・回収コスト削減、利用先との近接設置(地産地消)による輸送コスト最小化等、「大気のあるところならどこでも設置可能」というDACのメリットを活かしたコスト削減実現を目指す。

・川崎重工業 西部 祥平殿「固体吸収材を用いたCO<sub>2</sub>分離回収技術の開発」

環境省の二酸化炭素の資源化を通じた炭素循環社会モデル構築促進事業委託業務のテーマのひとつであり、新規開発の固体吸収材を用いたCO<sub>2</sub>分離・回収システムを開発している。60°Cの低温蒸気を用いることによる分離・回収エネルギーの削減、さらには廃熱利用によるコスト削減実現を目指す。

・理研鼎業 松山 剛殿「都市型DAC-Uシステムにおける産業連携促進と社会実装実現に向けて」

NEDOMーンショット型研究開発プロジェクトのテーマのひとつである「電気化学プロセスを主体とする革新的CO<sub>2</sub>大量資源化システムの開発」に参加している。都市型DAC-Uシステムは、オフィスビル内の空気を循環させながらCO<sub>2</sub>を物理/化学的手法にて回収・富化し、再生可能エネルギーを駆動力とする電気化学プロセスによりエチレンに資源化する統合システムの開発・社会実装を目指す。

▶ 海外の状況

海外では、CCUS及びCDR技術の開発・実証・普及を目指した様々な公的支援制度や産学官が連携したプロジェクトが活発になってきており、DACもそれら対象に含まれている。表 4-4 に前述のIEA DAC報告書がまとめた国・地域別の公的資金による主なDACイニシアチブを示す。

ここで、米国45Q税制控除については、2022年8月に成立した米国インフレ抑制法により、CCUS/DACへのインセンティブ改正が行われ、DAC+U(利用)の場合には、CO<sub>2</sub>1トン当たり35米ドルから130米ドルへ、同じくDAC+S(貯留)の場合には、50米ドルから180米ドルへとその控除額が増額されるとともに、適用されるDACプラントの回収容量の下限も10万トン/年から1000トン/年へと大幅に緩和され、DAC事業者にとって利用しやすい制度に見直された点が注目される。

また、特に次の2つのイニシアチブについては、将来の国内さらにはアジア地域においてDACの事業化及び普及の枠組みを発展させる際の参考になるものと考えられる。

-米国”Carbon Negative Shot”：2050年のネット・ゼロ排出実現に必要な新興のCDR産業の発展を促進するため、米国DOEが2021年11月に創設。大気から相当量のCO<sub>2</sub>を、正味1トン当たり換算100米ドル未満で回収・貯留する技術とアプローチのイノベーションを訴求している。



-欧州” Negative Emissions Platform: 欧州及び国際的な企業、スポンサー、学術機関などが参加する各種CDR技術の促進を目標に掲げている。カーボンサイクルを閉じる手段として、大気中のCO<sub>2</sub>をe-fuelや化学製品などに利用することを積極的に推進し、大気からのCO<sub>2</sub>回収技術の規模の経済とコスト削減の実現を志向している。

表 4-4 国・地域別の公的資金による主なDACイニシアチブ

プログラム/手段	説明
<b>カナダ</b>	
<a href="#">Climate Action and Awareness Fund</a>	この基金は、DACを含む炭素除去技術のポテンシャルとその影響を理解するための取り組みを含め、カナダのGHG排出量を削減するプロジェクト支援のために2億600万カナダドル(1億6,400万米ドル)を投資している。
<a href="#">Net Zero Accelerator</a>	戦略的イノベーション基金の一部であるこのイニシアチブは2020年12月に発表され、カナダの予算2021では、産業部門の脱炭素化を支援するために7年間で合計80億カナダドル(64億米ドル)を提供するまでに拡大された。CO <sub>2</sub> の利用を伴うDACは、低炭素製品を生産するための気候中立なCO <sub>2</sub> 原料として適格である。
<a href="#">Clean Fuel Standard</a>	この基準では、液体燃料の供給業者は、製造および販売する燃料の炭素強度を徐々に下げる必要がある。低炭素強度の燃料には、持続可能な方法で調達されたバイオマスとDACから作られた燃料が含まれる。
<a href="#">Budget 2021</a>	この予算には、DACを含むCCUS技術の商業的実行可能性を改善するために、カナダ天然資源省がRD&Dに資金を提供するための7年間で3億1900万カナダドル(2億5400万米ドル)が含まれていた。
<b>欧州連合</b>	
<a href="#">Horizon Europe</a>	DACプロジェクトは、研究とイノベーションのための主要なEU資金調達プログラムであるHorizon Europeの下で支援を受ける資格を有している。Horizon Europeの全ての分野にわたる総予算は955億ユーロ(約1,130億米ドル)。
<a href="#">Innovation Fund</a>	CCUSやDACを含む低炭素技術とプロセスの革新を支援するために、2020年に100億ユーロ(118億米ドル)の基金が発足した。
<a href="#">Communication on Sustainable Carbon Cycles</a>	2021年12月に発表されたこのコミュニケーション(指針)は、大気からの炭素の除去を増やすための戦略を示している。本指針では、2030年までに毎年5MtのCO <sub>2</sub> を除去する必要があることを示唆している。
<b>英国</b>	
<a href="#">DAC and GHG Removal Competition</a>	2020年に発表されたこのコンペティションは、大気からのGHGの除去を可能にする技術に資金を提供する。総予算は最大1億ポンド(1億3700万米ドル)。
<a href="#">Net Zero Strategy</a>	この戦略では、2050年までにDACおよびBECCSを介した75~81MtCO <sub>2</sub> の工学的な炭素除去の必要性を断定している。DACはまた、持続可能な航空燃料の生産支援のために発表された1億8000万ポンド(2億4800万米ドル)の資金提供から利益を得られる可能性がある。
<b>米国</b>	
<a href="#">45Q tax credit</a>	この税額控除(2008年に導入され、2018年に拡大)は、石油増進回収に使用されるCO <sub>2</sub> 1トンあたり35米ドル、貯留されるCO <sub>2</sub> 1トンあたり50米ドルを提供する。このクレジットは、プラントの回収容量が10万tCO <sub>2</sub> /年を超える場合のみDACで利用できる。DACに180米ドル/tCO <sub>2</sub> を提供するBuild Back Better Actを含め、45Q税額控除の価値を高めるための提案がいくつかある。
<a href="#">California Low Carbon Fuel Standard</a>	プロジェクトがCO <sub>2</sub> 回収隔離プロトコルの要件(100年間の貯留モニタリングを含む)を満たしている場合、世界中のどこであってもDACプロジェクトであればLCFSクレジットを受け取る資格がある。2020年に、LCFSクレジットは平均約200米ドル/tCO <sub>2</sub> で取引された。
<a href="#">Infrastructure Investment and Jobs Act</a>	2021年11月に制定されたこの法律には、約120億米ドルのCCUS支援が含まれていた。これには、4つのDACハブ(年間1 MtCO <sub>2</sub> 以上)および関連する輸送および貯留インフラストラクチャを確立するための35億米ドルの資金が含まれる。DACプロジェクトは、この法律に含まれる約5億米ドルの追加のCCUS資金援助の対象にもなる。DAC Prizeプログラムもインフラストラクチャパッケージによって完全に資金提供されており、商業規模のプロジェクトには1億ドル、商業化前のプロジェクトには1,500万ドルが提供される。
<a href="#">Carbon Negative Shot</a>	これは、2021年11月のCOP26で、大気からCO <sub>2</sub> を除去し、DACを含むCO <sub>2</sub> 換算で100米ドル/トン未満の意味のある規模で永続的に貯留する技術とアプローチのイノベーションを追求するものとして発表された。
<a href="#">DOE funding programmes</a>	DAC専用の複数の資金調達プログラムは、2020年3月(2,200万米ドル)、2021年1月(1,500万米ドル)、2021年3月(2,400万米ドル)、2021年10月(1,450万米ドル)に発表された。
<b>日本</b>	
<a href="#">Moonshot Goal 4</a>	ムーンショット目標4(ムーンショット型研究開発プログラムのサブセット。2019年に開始され、総予算は1,000億円[10億米ドル])は、「2050年までに地球環境再生に向けた自然循環の実現」に焦点を当てている。この目標を達成するために、ムーンショット目標4には、DACを含む複数の革新的な技術に対する200億円(2億米ドル)の研究開発資金が含まれている。

出典: IEA Direct Air Capture 2022 (仮訳) <https://www.iea.org/reports/direct-air-capture-2022>

## (2) 海外との連携や協力体制の構築

### ➤ 日本が手掛ける国際協力の枠組みの活用

DACを使用して大気から回収したCO<sub>2</sub>の貯留・利用に際しては、国内のみならず海外との連携・協力が必須と考えられる。そこで、三菱総合研究所殿の協力のもと、現在日本が手掛けている国際協力の枠組みを調査し、その活用可能性について、次の通り確認した。

#### ・アジアCCUSネットワーク

アジア全域でのCO<sub>2</sub>回収・利用・貯留(CCUS)活用に向けた環境整備や知見を共有する国際的な産学官プラットフォーム。将来は、DACで回収したCO<sub>2</sub>の利用・貯留環境の整備にも活用可能ではないかと考えられる。

#### ・CEFIA: Cleaner Energy Future Initiative for ASEAN

経済成長が著しいASEAN地域において、エネルギー転換と省エネルギーの推進による低炭素化をビジネス主導で実現する官民協働の取り組み。将来は、DACビジネスを対象とした制度構築・市場普及の参考になるものと考えられる。

#### ・JCM: Joint Crediting Mechanism 二国間クレジット制度

COP26の議論を踏まえて、JCMのパートナー国の拡大、民間資金を中心としたJCMの拡大、対象スコープの拡大等の動き有り。パートナー国へのDAC導入・普及、日本の脱炭素貢献評価にも活用可能と考えられる。

さらに、2022年12月にGX実行会議が発表した「GX実現に向けた基本方針(案)～今後10年を見据えたロードマップ～」の国際展開戦略の章では、世界の排出量の半分以上を占めるアジアのGXの実現に貢献すべく、「アジア・ゼロエミッション共同体」(AZEC)構想の実現が謳われていること、前述のJCMについても「パートナー国の更なる拡大や実施体制強化に加え、CCS等の大規模プロジェクトの実施に向けた検討等を進めながら、活用の推進を図る」旨の方針を確認した。

### ➤ DACに最適な場所

・海外連携のあり方について検討する場合の前提として、より低コストなCO<sub>2</sub>回収及び貯留が可能なDACに適した場所を把握しておく必要がある。図4-2は、DACプラントへの脱炭素エネルギー源(再エネに適した地域、原子力/水力/地熱発電の立地箇所(計画含む)と、回収したCO<sub>2</sub>の地中貯留ポテンシャルを世界地図上に重ねてマッピングした図である。また、図4-3は、DACによるCO<sub>2</sub>回収コストを国・地域ごとの試算結果を示したものである。なお、同報告書によると、DACのコスト評価の結果は次の通りである。

- 再エネのポテンシャルが高く、電力と熱の生産に最適な技術を利用できる地域では、DACコストは2030年までに100米ドル/t-CO<sub>2</sub>を下回る可能性が有る。
- DACを展開する地域のうち、中東と中国は、欧州、北アフリカ、及び米国と同様に、最もコストが少なく済む可能性がある。
- ただし、コストがこれらのレベルに下がるポテンシャルは、イノベーションと展開に対する公的および民間のサポートの増加度合いに大きく依存する。

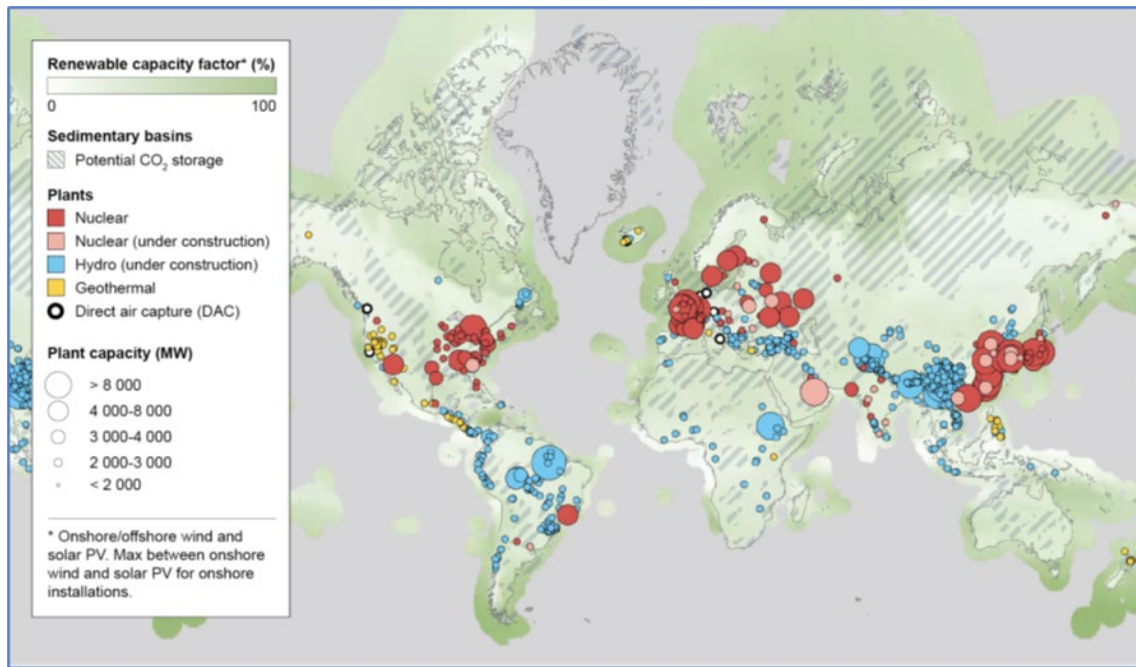


図 4-2 再エネ発電、原子力/水力/地熱発電立地地域と CO<sub>2</sub> 貯留ポテンシャルを重ねた地図

出典: IEA Direct Air Capture 2022 (仮訳) <https://www.iea.org/reports/direct-air-capture-2022>

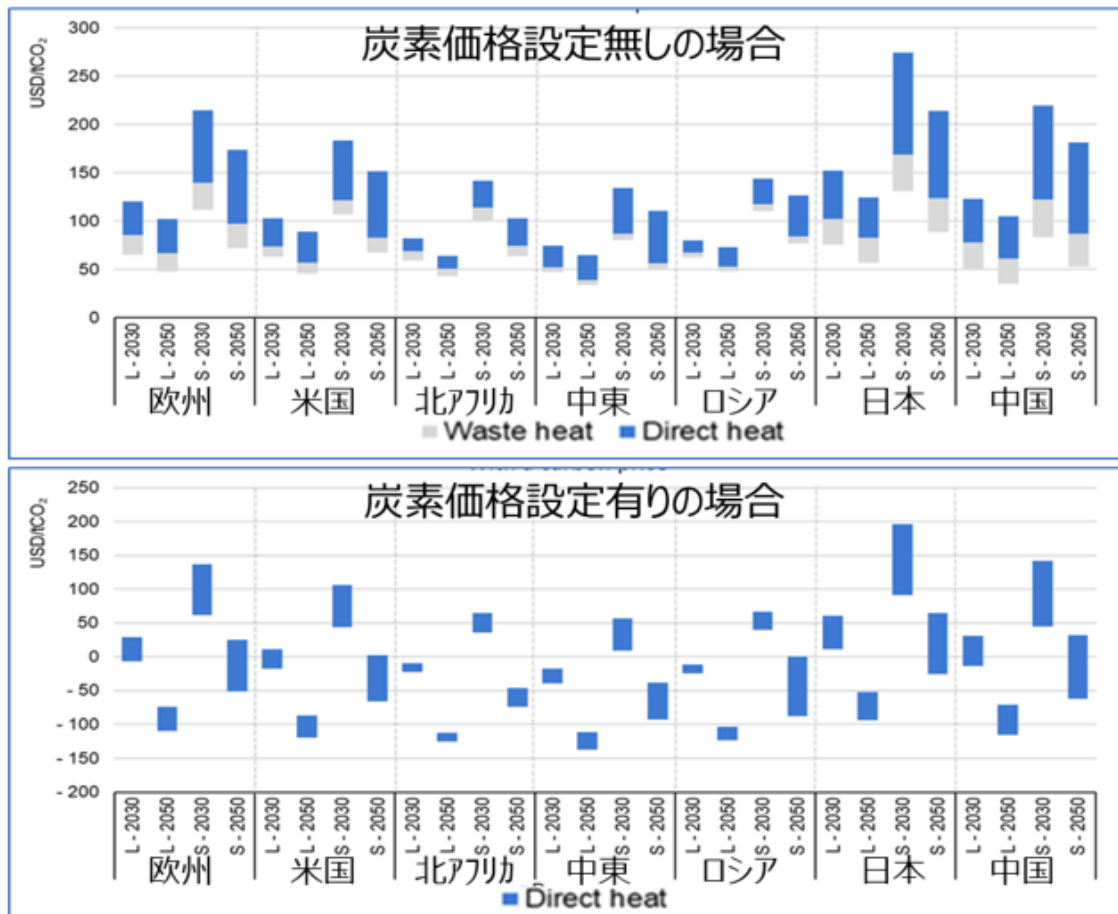


図 4-3 国・地域別の DACCS 技術による炭素回収の均等化コスト、2030 年および 2050 年

出典: IEA Direct Air Capture 2022 (仮訳) <https://www.iea.org/reports/direct-air-capture-2022>

### (3) 回収したCO<sub>2</sub>の各種条件に適した貯留・利用

#### ➤ CO<sub>2</sub>の貯留：CCS事業に関する長期ロードマップ調査

DACにより回収したCO<sub>2</sub>を貯留する場合の貯留可能なポテンシャルや、貯留に伴う課題などはCCS事業で回収されるCO<sub>2</sub>の場合と同様である。このため、CCS事業に関する検討状況を調査した。図4-4に示す通り、2022年5月に発表された「クリーンエネルギー戦略 中間整理」では、2050年時点の年間CO<sub>2</sub>貯留量の目安を1.2億トン～2.4億トンと想定した上で、2030年までのCCS事業開始に向けた事業環境整備を政府としてコミットし、年内までに「CCS長期ロードマップ」の最終とりまとめを行う、とされている。本研究会でも引き続き、これら政府機関の動向をウォッチする。

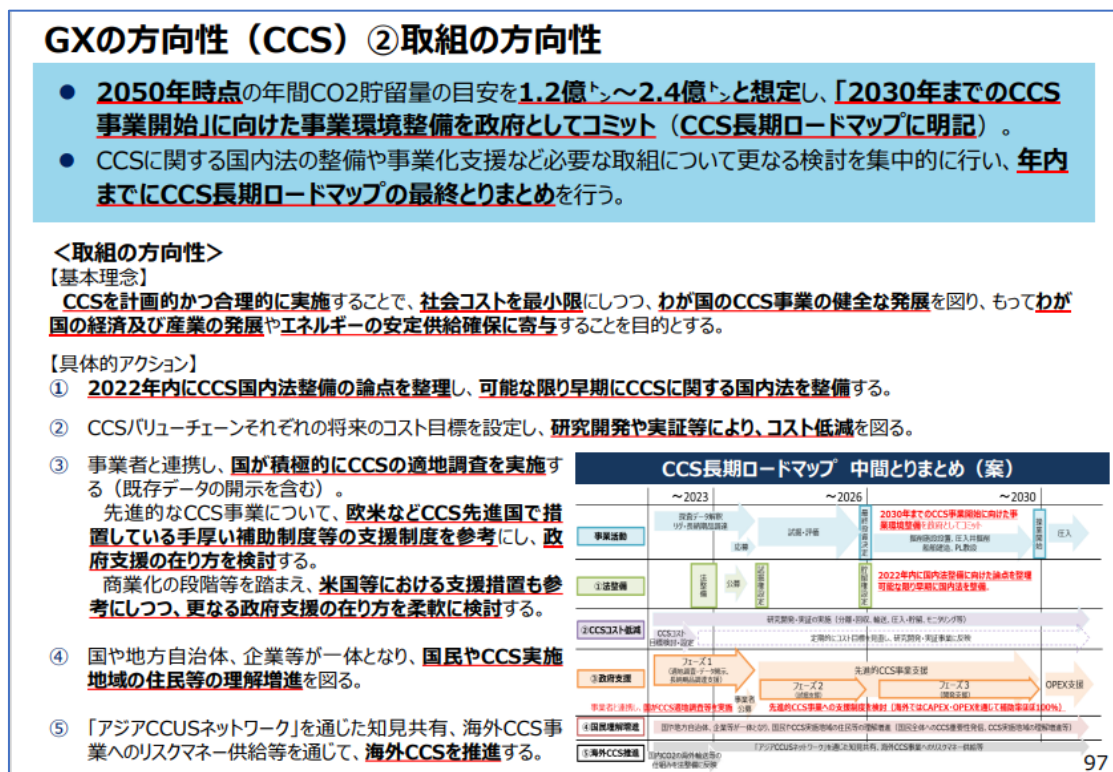


図 4-4 CCS事業 取組の方向性

出典：クリーンエネルギー戦略 中間整理 経済産業省 産業技術環境局・資源エネルギー庁 2022年5月19日  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo\\_gijutsu/green\\_transformation/pdf/20220519\\_1.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo_gijutsu/green_transformation/pdf/20220519_1.pdf)

#### ➤ CO<sub>2</sub>の利用：カーボンリサイクル燃料利用に関する調査

DACにより回収したCO<sub>2</sub>を利用する場合の先行検討例として、貯留の場合と同様に先行するCCU事業におけるカーボンリサイクル燃料利用について調査した。図4-5に示す通り、合成メタンを含むカーボンリサイクル燃料を燃焼した際のCO<sub>2</sub>排出について、国際・国内の制度等における扱いが明確でないため、ビジネスとしての予見性が低い旨の課題が指摘されており、供給側の技術開発投資や生産設備投資、需要側のカーボンリサイクル燃料利用の促進には、燃焼時のCO<sub>2</sub>排出の扱いに係るルールを含む環境整備を速やかに図ることが必要、とされている。



## カーボンリサイクル燃料利用に伴うCO<sub>2</sub>排出に係る制度整備

CCUS

- 合成メタンを含むカーボンリサイクル燃料を燃焼した際のCO<sub>2</sub>排出について、国際・国内の制度等における扱いが明確でないため、ビジネスとしての予見性が低い。
- 供給側の技術開発投資や生産設備投資、需要側のカーボンリサイクル燃料利用の促進には、燃焼時のCO<sub>2</sub>排出の扱いに係るルールを含む環境整備を速やかに図ることが必要。

メタネーション推進官民協議会CO<sub>2</sub>カウントタスクフォース中間整理（概要）

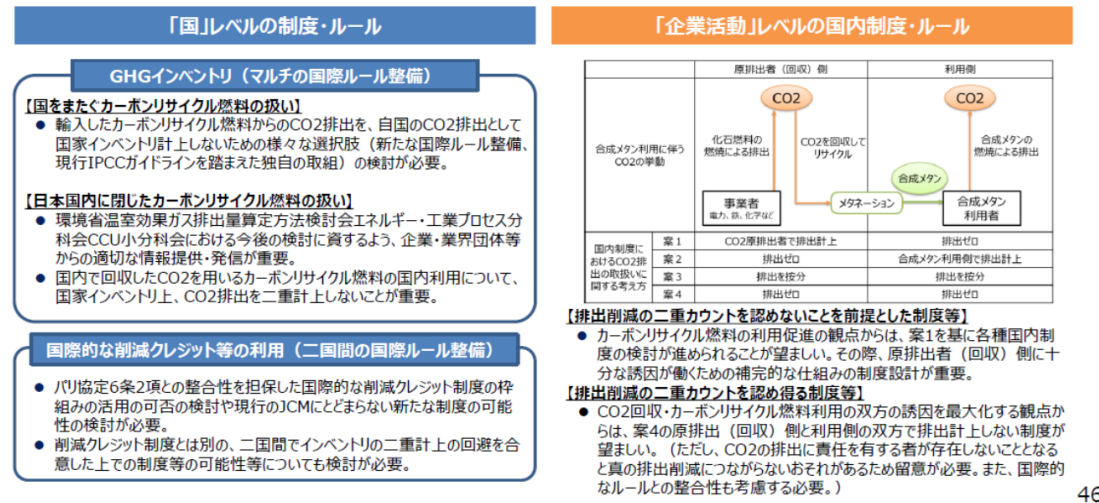


図 4-5 カーボンリサイクル燃料利用に伴うCO<sub>2</sub>排出に係る制度整備

出典：クリーンエネルギー戦略 中間整理 経済産業省 産業技術環境局・資源エネルギー庁 2022年5月19日  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo\\_gi\\_jutsu/green\\_transformation/pdf/20220519\\_1.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo_gi_jutsu/green_transformation/pdf/20220519_1.pdf)

### ➤ 回収規模や場所、回収CO<sub>2</sub>性状、技術成熟度からの整理

#### ・ I E A D A C 報告書の記載

I E A D A C 報告書では、回収したCO<sub>2</sub>を貯留する以外に、化学製品、合成燃料や建築材料などの原料として利用することが可能とする一方、炭素除去のためには、CO<sub>2</sub>を恒久的に貯留する必要があるとし、その利用に関しては、次のように記載されている。

- 合成燃料を含む大部分の大規模なCO<sub>2</sub>利用では、CO<sub>2</sub>は最終的に大気中に再放出される。ただし、CO<sub>2</sub>利用は、拡張性が高く、低炭素エネルギーを使用し、ライフサイクル排出量の多い製品を代替する場合には、気候上の利益を提供できる。
- ネット・ゼロ排出に向けた脱炭素化の道程では、大気中のCO<sub>2</sub>が、最終的には化石ベースの炭素利用に取って代わる必要がある。CO<sub>2</sub>の利用は、上記の状況下で気候上の利益をもたらせるが、国際的な気候目標達成のために大規模な展開が期待されるCO<sub>2</sub>貯留を代替するものではなく、補完的なものである。
- I E A のネット・ゼロ排出シナリオでは、（すべてのCCUS活用から）回収されたCO<sub>2</sub>の総計の約95%は、利用ではなく貯留を目的としている。
- 2050年にDACを介して回収される980Mt-CO<sub>2</sub>のうち、630Mt-CO<sub>2</sub>は恒久的に貯留され、350Mt-CO<sub>2</sub>は利用（主に航空燃料用）である。

#### ・ 規模や場所、及び回収CO<sub>2</sub>の性状の観点からの整理

回収したCO<sub>2</sub>を、大容量の地層貯留地に貯留する場合と化学製品工場にて利用する場合とをイメージしつつ、大規模集中と分散配置というDACプラント配置例について、コスト、必要資源、投資・支援の観点から整理したものを表4-5に示す。

また、回収CO<sub>2</sub>の性状と用途（貯留または利用）の組合せによる比較を表4-6に示す。

表 4-5 DACプラントの規模や設置場所の観点からの整理

		大規模集中	小規模分散
コスト	開発	大規模実証試験等による開発コスト大	大規模実証試験等を省略できるため、開発期間およびコストが少なく済む可能性有り
	設備	スケールアップ、大量生産効果によるコスト削減に期待、初期投資額:大	大量生産効果によるコスト削減に期待、初期投資額:小
	運転	集中管理で高効率化可能	大規模より効率は劣る ただし、CO <sub>2</sub> 濃度が高めのエリア(都市圏、建物内、地下街等)に設置して効率的に分離・回収することにより運転コスト削減の可能性有り
	輸送	利用先から遠隔設置の場合、インフラ整備/輸送費に課題	利用先と近接設置可能 省コスト化可能(地産地消)
必要資源	脱炭素電源・熱源	安価で大容量が必要 設備利用率向上には、安定電源・熱源要、遠隔の場合、輸送ロス発生	小容量で十分 利用先の電源・熱源の炭素強度次第 (地産地消前提)
	土地	低密度・変動型の電源・熱源の場合、大面積が必要 <sup>注1</sup>	利用先次第だが、課題小 (地産地消前提)
	水	L-DACは必要、S-DACは副産物 <sup>注2</sup>	同上
投資・支援	初期投資	ハードル高	ハードル小
	公的支援	必須、民間単独は困難	必要、民間単独も可

注 1: 必要面積: L-DACでは、約 0.4km<sup>2</sup>/Mt-CO<sub>2</sub>/年、 S-DACでは、1.2~1.7km<sup>2</sup>/Mt-CO<sub>2</sub>/年  
 に対し、地熱発電 1.5km<sup>2</sup>/Mt-CO<sub>2</sub>/年(L-DAC)~太陽光発電 23km<sup>2</sup>/Mt-CO<sub>2</sub>/年(S-DAC)

注 2: 必要水量: L-DACでは最大 50t-H<sub>2</sub>O/t-CO<sub>2</sub> 必要、 S-DACでは 0.8~2t-H<sub>2</sub>O/t-CO<sub>2</sub> 抽出  
 上記注記の各数値は、IEA Direct Air Capture 2022 <https://www.iea.org/reports/direct-air-capture-2022>

表 4-6 回収CO<sub>2</sub>の性状の観点からの整理

	貯留する場合	利用する場合
CO <sub>2</sub> として回収	輸送・圧入コスト削減のためには、高濃度が望ましい	直接利用: 飲料の炭酸化、 温室促成栽培利用等 回収濃度は用途次第 間接利用: 合成燃料、 各種有機材料の原料 回収濃度は高濃度 間接利用の場合、CO <sub>2</sub> 以外の 原材料(H <sub>2</sub> など)の製造コスト (LCA上、脱炭素が前提)の削減も大きな課題として考慮要 ←CO <sub>2</sub> 回収コストのみに着目しても不十分
CO <sub>2</sub> 以外の炭素化合物として回収 CCUSアプリケーションの事例発表が増加中	液体や固体の安定した炭素化合物として回収する提案有り (例:炭酸塩として回収)	用途に応じて原材料になる炭素化合物に直接変換して回収する提案有り (例:COとして回収)

回収するCO<sub>2</sub>の用途に応じて大規模集中型と小規模分散型の選択は可能である。なお、大規模集中型の場合、DAC施設廻りの自然環境条件の適否のほか、脱炭素電源・熱源に必要な土地・水資源などへの影響が、DAC施設を設置することによる影響より大きくなる懸念がある。DAC施設を社会実装が始まる小規模導入の時期から、地球規模での大規模普及へと展開する際の大きな課題となることを再認識した。

・DAC技術の技術成熟度及び将来の見通しについて

DAC技術の技術成熟度は、表4-7に示す通りであり、前述のIPCC AR6 WGIII報告書では、既に展開されつつある先行メーカー3社の技術(アミン系、炭酸カルシウム系)を想定して、TRL=6と評価している。ただし、これら技術の高コストかつ高エネルギー消費という欠点が大規模展開のネックになっているという評価である。そのため、様々なベンチャー企業や大学・研究機関で、これら従来型DAC技術の大幅改良あるいは全く別の革新的な技術開発を続けているところであり、前述のNEDOMーンショット型研究開発プロジェクトもその一例といえる。

ちなみにIEA DAC報告書では、最新のDAC技術開発例として、エレクトロスイング吸着法(ESA)及び膜ベース法(m-DAC)を挙げて評価しているが、これら革新性の高い回収技術は、技術成熟度が低いため、将来性を見通しを評価することは未だ困難である、と結論づけている。

表4-7 DAC技術の技術成熟度(TRL)評価

IPCC AR6 WGIII報告書におけるDAC技術の技術成熟度(TRL)評価			
	TRL	メリット	課題
DACCS (既に展開されつつある先行メーカー3社の技術を想定)	6	他のCDR手法と比べて、コスト以外の制約が少ない 土地要件: 小、水要件: 小	他のCDR手法と比べて、高コスト、高エネルギー消費
IEA DAC報告書における最新DAC技術の技術成熟度(TRL)評価			
	TRL	メリット	課題
エレクトロスイング吸着法(ESA)	4	電気化学セルの原理セルの多層化によりコンパクト化可能 温度・圧力変化不要のため、必要エネルギー小	性能、コスト、材料、運用および保守に関するさらなる知見の蓄積要 大気(低濃度)からのCO <sub>2</sub> 除去の性能向上
膜ベースDAC(m-DAC)	-	従来のCCUSアプリケーション(中・高濃度CO <sub>2</sub> )では、セメント業界向けTRL4, 天然ガス処理TRL6と実用化に近い	未だ、揺籃期のレベル 圧縮するためのコスト大 大気圧下でのCO <sub>2</sub> 選択性向上

➤ 航空業界の取組みについて

産業界では、それぞれ2050年までのCO<sub>2</sub>排出量ネット・ゼロ実現に取り組んでいるが、航空業界及び全日本空輸株式会社(ANA)の最新の取組み状況について、ANA 経営戦略室の吉川浩平殿によりご講演頂いた。カーボンニュートラル(CN)の確実な実現に向け、どうしても削減しきれないCO<sub>2</sub>対策として、DACCSを含むネガティブ・エミッション技術(NETs)の活用まで戦略に組み込んだ良好事例であることを共有した。

## ・国際航空における取組み

- 国際民間航空機関（ICAO）は、国際航空にて2021年～2050年まで年平均2%の燃費効率を改善するグローバルな目標を達成するため、2010年の総会で2020年以降は温室効果ガス（CO<sub>2</sub>）の排出量を増加させない「CNG2020」を採択
- 2016年ICAO総会で、2021年以降はCO<sub>2</sub>排出量の増加を伴わない国際航空の成長スキーム「CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation)」を採択。  
グローバル削減目標：燃焼効率を毎年2%改善、2020年以降総排出量を増加させない  
4つの脱炭素手法：①新技術の導入、②運航方式の改善（燃節）、  
③代替航空燃料の活用（SAF (Sustainable Aviation Fuel))、  
④排出権取引
- 2022年第41回ICAO総会で、2050年までのカーボンニュートラルを目指す脱炭素化長期目標を採択するとともに、2024年から2035年までの取組についてオフセット量算定の基準となるベースラインを2019年の85%に変更すること等を決定。
- 国際航空業界では、上記①～④の組合せにより排出量削減を図りつつ、ベースラインである2019年排出の85%水準を超過しないよう脱炭素施策に取り組み、CORSIA目標値を遵守せねばならない。①および②については既に可能な限り反映済みである一方、③のSAFは2024年時点ではほとんど普及が進んでいないと予想されるため、2024年以降から航空業界向けにDAC起源も含む大量の炭素クレジットが必要になることが明らかになっている。

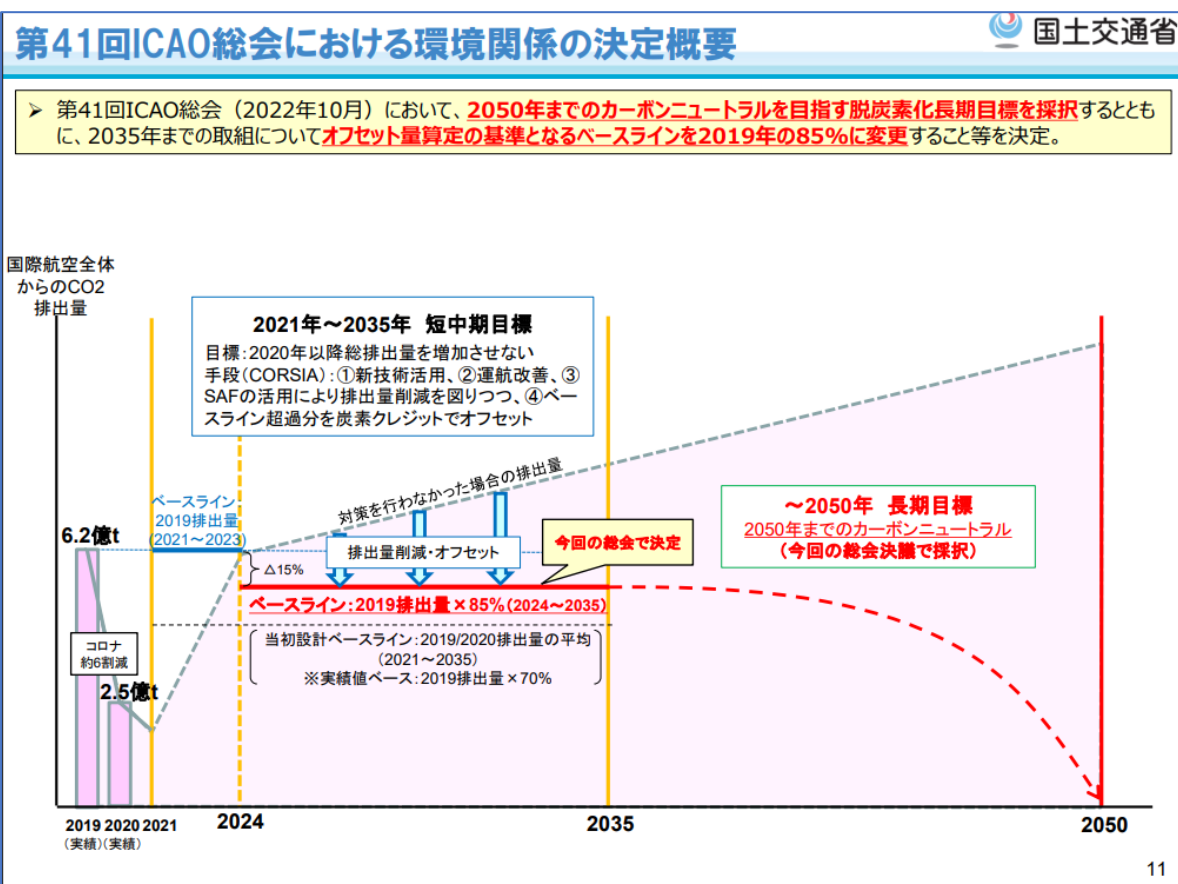


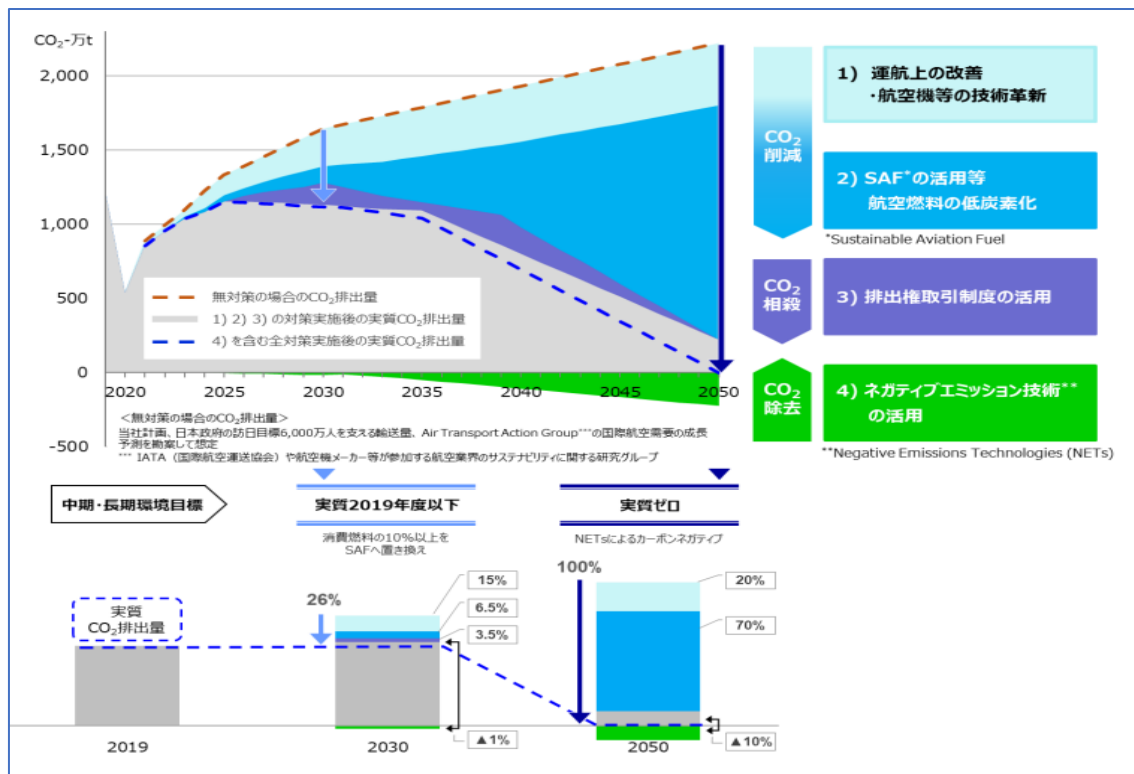
図 4-6 第 41 回 ICAO 総会における環境関係の決定概要

出典：第 2 回 SAF の導入促進に向けた官民協議会 説明資料 資料 6 2022 年 11 月 7 日 国土交通省 航空局  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/saf/pdf/002\\_06\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/saf/pdf/002_06_00.pdf)



## ・ANAにおける取り組み

- ANAでは、図4-7に示す通り、2050年カーボンニュートラル(CN)実現に向けたトランジション戦略を策定した。(2022年8月1日プレスリリース)
- 1) 運航上の改善、及び 2) SAFの活用等による航空燃料の低炭素化により、CO<sub>2</sub>排出量を削減する。
- さらに、3) 排出権取引制度を活用することにより、残余のCO<sub>2</sub>排出量を相殺する。
- 上記対策では削減しきれないCO<sub>2</sub>への対応策として、DAC等、国内外で研究開発が進められている大気中からCO<sub>2</sub>を回収・吸収するネガティブ・エミッション技術(NETs)の活用によるCO<sub>2</sub>の「除去」にも積極的に取り組み、2050年度までに排出権取引制度に依存せずに実質ゼロ(カーボンニュートラル)を目指す。
- NETs活用については、2030年にはCO<sub>2</sub>削減量の1%、2050年にはCO<sub>2</sub>削減量の10%をNETsで実現する目標を掲げる。



出典：ANA HOLDINGS NEWS 2050 カーボンニュートラル実現に向けたトランジション戦略を策定  
 第22-010号 2022年8月1日 <https://www.anahd.co.jp/group/pr/202208/20220801-3.html>

## ➤ CO<sub>2</sub>の利用: CO<sub>2</sub>削減効果について

大気から回収したCO<sub>2</sub>を貯留する場合にはネガティブ・エミッションであるが、利用する場合の用途やそれぞれの削減効果、大気から回収したCO<sub>2</sub>と化石燃料起源のCO<sub>2</sub>を利用する場合の価値の違い、CO<sub>2</sub>利用に対する本研究会の見解等について議論し、次のとおり整理した。これに関連して日本エネルギー経済研究所 柴田善朗殿より『CO<sub>2</sub>から燃料/化学品をつくるという表現は正しいか?』、及び横浜国立大学/日本エネルギー経済研究所 大槻貴司殿より『カーボンリサイクル(CCU)の炭素源に関する考察—脱炭素社会において化石燃料CO<sub>2</sub>からの燃料合成は難しいかもしれない』と題したご講演および質疑応答を通じて貴重な示唆をいただいた。

### ・回収したCO<sub>2</sub>を利用した場合のCO<sub>2</sub>削減効果について

- 化石燃料由来のCO<sub>2</sub>を利用した場合のCO<sub>2</sub>削減効果は、“ゆりかごから墓場まで”の製造プロセス全体を通して化石燃料の節減寄与の有無で判断する必要がある。
- CO<sub>2</sub>削減効果が得られる利用法には次のようなものがある。
  - ① CO<sub>2</sub>を固定化: CO<sub>2</sub>を建材やコンクリートに混ぜ込む使い方など  
←回収したCO<sub>2</sub>が製品中に長期間固定化されるため、CCSと同様の貯留効果有り
  - ② 化石燃料由来原料の代替: ポリカーボネートやウレタン等、化学品の原料
  - ③ 化石燃料(エネルギー源)の代替: 水素と合成して作る合成燃料(e-gas/e-fuel)の原料  
←②及び③は、従来プロセスであれば消費していたはずの化石燃料の代替となり、それら化石資源の消費量が実際に削減されることが前提

注: CO<sub>2</sub>排出源となる資源には天然石灰石もあるが、説明簡略化のため割愛する。

- なお、化石燃料の節減に寄与しているとは言えない利用法には、ドライアイスの例がある。原料に用いるCO<sub>2</sub>は、ドライアイス製造目的以外の化石燃料利用プロセス中の副産物として排出されたものを利用しているためである。
- 一方、大気から回収したCO<sub>2</sub>を利用した場合(DACCU)には、どのような利用法であっても、少なくともリソース由来の炭素によるCO<sub>2</sub>濃度上昇の寄与はない。

### ・回収したCO<sub>2</sub>を利用した場合のCCUシステム全体のCO<sub>2</sub>排出総量について

- CCU実施によるCO<sub>2</sub>削減効果は炭素源(化石燃料由来、バイオマス由来、直接空気回収由来)に依らない。他方で、CCUシステム全体のCO<sub>2</sub>排出総量には炭素源が影響する。
- 化石燃料に由来するCO<sub>2</sub>を利用する場合、CCUシステム全体としては正のCO<sub>2</sub>排出となる。2050年の脱炭素社会にはCO<sub>2</sub>の正味排出量をゼロにする必要があるため、化石燃料CO<sub>2</sub>を利用する際には、その排出分を相殺する必要性が生じる。
- 大気から回収したCO<sub>2</sub>を利用する場合、CCUシステム全体としては正味ゼロのCO<sub>2</sub>排出となる。

### ・回収したCO<sub>2</sub>を合成燃料として利用する場合の環境価値の帰属について

- 化石燃料CO<sub>2</sub>由来の合成燃料は、CO<sub>2</sub>排出の責任を誰が負うか(つまり、環境価値が誰に帰属し、誰が炭素税や相殺分のコストを負うのか)によって、その経済性が大きく

変わる。(後述の「メタネーション推進官民協議会 CO<sub>2</sub>カウントに関するタスクフォース 中間整理」を参照)

・ CO<sub>2</sub>を合成燃料の原料として利用する場合のCO<sub>2</sub>削減効果について

- 合成燃料の原料の水素とCO<sub>2</sub>のうち、エネルギー価値を有するのは水素であってCO<sub>2</sub>ではない。エネルギー源としての化石燃料の節減に寄与するのは水素である。
- 合成燃料の利用が化石燃料の節減に寄与するか否かは、水素の素性次第である。
  - グリーン水素(水電解):再エネの脱炭素電源利用・・・寄与有り
  - ブルー水素(化石燃料からのCO<sub>2</sub>回収して貯留):化石燃料 with CCS・・・寄与有り
  - グレー水素(化石燃料からのCO<sub>2</sub>回収せず放出):化石燃料 without CCS・・・寄与無し
- CO<sub>2</sub>は、水素を利用しやすい形態に変換するための単なる媒体に過ぎないため、水素のまま燃料として利用の方が望ましいものの、水素輸送用の新規インフラ整備にかかるコストまで考慮すると、既存の化石燃料ベースの輸送インフラを有効活用でき、体積あたりのエネルギー密度が高いため輸送効率も高まる合成燃料に変換するメリットの方が大きい場合がある。
- “化石燃料+CCS”由来のブルー水素の場合、いったんCO<sub>2</sub>から分離した水素を輸送インフラ利用のためにCO<sub>2</sub>と合成させて合成燃料に変換するのは、輸送が困難な褐炭の場合などを除くと非合理的である。むしろ、化石燃料のまま既存輸送インフラを利用し、別途CO<sub>2</sub>をCCSで回収・貯留の方が合理的かもしれない。
- 合成燃料を利用する(燃焼させる)とCO<sub>2</sub>が排出されるが、元々存在したCO<sub>2</sub>が時間差/地点差で大気中に戻るだけなので、化石燃料の節減に寄与するか否かには直接には関係がない。

・ メタネーション推進官民協議会 CO<sub>2</sub>カウントに関するタスクフォース 中間整理

- CCUで回収したCO<sub>2</sub>を用いて製造した合成メタンを利用する場合、CO<sub>2</sub>排出の扱いに関する考え方について、図4-8に示す4つの案を検討。
- タスクフォースの結論は、『案1:「合成メタンを利用した時のCO<sub>2</sub>排出ゼロとする＝CO<sub>2</sub>原排出者で排出計上する」を基に各種国内制度の検討が進められることが望ましい、である。案1は、合成メタンをカーボンニュートラル燃料として認める案であるため、利用する側のモチベーションは働く一方、原排出者(回収)側には、CO<sub>2</sub>を回収しようとするモチベーションは働かない。このため、タスクフォースでは『その際、原排出者・回収側に十分な誘因が働かなければ最適な結果とならないおそれがあるため、補完的な仕組みの制度設計が重要である。』と付記されている。

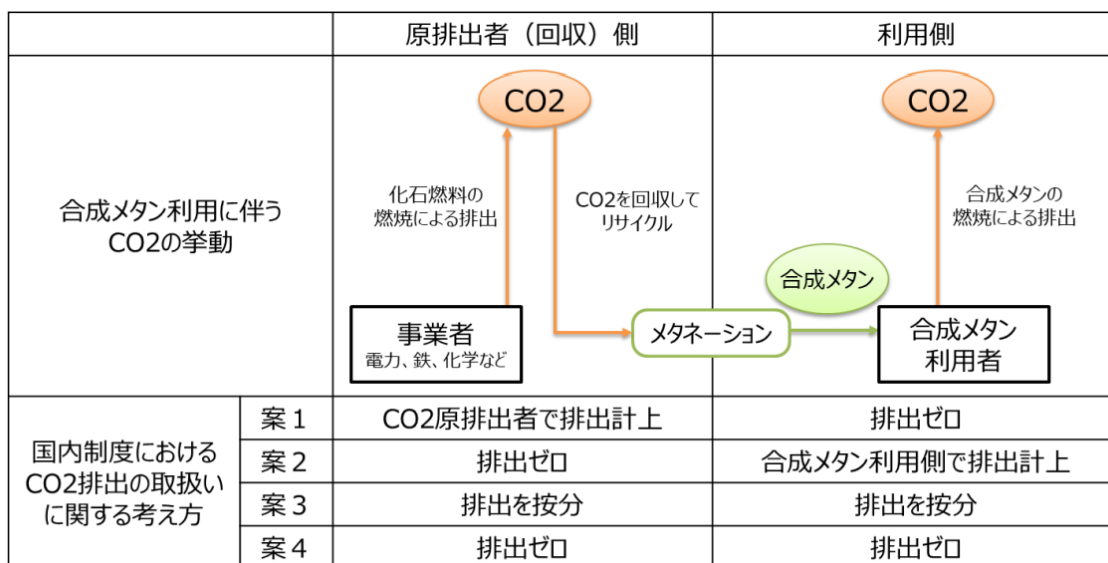


図 4-8 CO<sub>2</sub>の取り扱いに関する案のイメージ

出典：合成メタン利用の燃焼時のCO<sub>2</sub>カウントに関する 中間整理 2022年3月  
メタネーション推進官民協議会 CO<sub>2</sub>カウントに関するタスクフォース

[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/methanation\\_suishin/pdf/006\\_03\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/methanation_suishin/pdf/006_03_00.pdf)

– なお、大気回収CO<sub>2</sub>由来の合成メタンの場合には、まず合成メタン利用者に相応の環境価値を配分可能である。さらに、CO<sub>2</sub>回収者（DAC事業者）にもCO<sub>2</sub>排出を計上させる必要はないため、化石燃料由来の場合に惹起されるモチベーション問題は緩和されると考えられる。

➤ DACによるCO<sub>2</sub>回収コスト目標について

様々な文献・データによると将来のDAC回収コスト（評価、予測、開発目標などの各種数値）は、現在の\$300～\$600/t-CO<sub>2</sub>から2050年には\$100未満/t-CO<sub>2</sub>へ低下傾向にある一方、CO<sub>2</sub>価格（炭素税、限界削減費用、社会的費用などの各種数値）は、現在の\$数十～\$100/t-CO<sub>2</sub>から2050年には～\$300超/t-CO<sub>2</sub>へと増加傾向がみられ、現在から2050年までの期間に両者がクロスする時点があるのは確からしい。

ただし、前者には、科学的な論拠に基づく予測か、研究者の希望か、区別し難い面があり、後者には、「CO<sub>2</sub>回収のバック・ストップ・オプション」としてDAC回収コスト予測値、あるいは社会的費用に関しては政治的な意思（温暖化抑制推進 or 温暖化対策負担軽減）などが反映された数値のように見受けられる。

このため、次の3つの観点からCO<sub>2</sub>の回収コストまたは価格を整理した。

- ①技術的なイノベーション目標として設定するDACによるCO<sub>2</sub>回収コスト
- ②社会的に許容できる負担として想定するCO<sub>2</sub>価格
- ③ネガティブ・エミッション技術の普及促進を目的とする時限的なCO<sub>2</sub>価格

**①技術的なイノベーション目標として設定するDACによるCO<sub>2</sub>回収コストについて**  
**技術的なイノベーション目標としてのDACによるCO<sub>2</sub>回収コストは、好条件に恵まれた場合という前提条件つきで、2050年までに\$100/t-CO<sub>2</sub>未満を設定**

- ・現状のDACによるCO<sub>2</sub>回収コストは、\$300~\$600/t-CO<sub>2</sub>、実際はさらにコストがかかるとの評価もある。
- ・現状からのコスト削減ポテンシャルには、CO<sub>2</sub>の吸収~脱着~圧縮の各プロセスの効率化や省エネルギー化を実現する技術要素レベルのイノベーション、および設備のモジュール化/大容量化等のシステム合理化、大量生産による学習効果/規模の経済効果、より低価格で安定した電力・熱エネルギー源の利用等が挙げられる。
- ・ちなみに、先行スタートアップ企業の将来のコスト目標、および開発を支援する側(米国DOE, 民間団体等)の開発目標では、概ね\$100/t-CO<sub>2</sub>未満が設定されている。
- ・大気中のCO<sub>2</sub>は400ppm程度と低濃度なため、中/高濃度の排ガスからの回収目標コスト(国内目標は1000円~2000円/t-CO<sub>2</sub>)より、原理的に何倍も高くなることにも留意すべきである。
- ・そのため、\$100/t-CO<sub>2</sub>未満という目標は、脱炭素電力/熱エネルギーを低価格で安定供給可能、DAC設備が低価格で建設可能、大気回収に適した自然環境(風況、気温、湿度等)下、といった好条件に恵まれた国・地域において、技術的なイノベーションによって実現しうる「チャンピオンデータ」に近い数字ではないだろうか。
- ・DACは、「空気のある場所ならどこでも」CO<sub>2</sub>を回収できる技術であるが、\$100/t-CO<sub>2</sub>の2~3倍程度(\$200~\$300/t-CO<sub>2</sub>)までのコスト削減が限界の国・地域も十分考えられる。

**②社会的に負担を許容できるCO<sub>2</sub>価格について**

**社会的に負担を許容できるCO<sub>2</sub>価格は、現在の\$100/t-CO<sub>2</sub>弱から、2050年には約\$250/t-CO<sub>2</sub>超へと増加していくものと想定**

- ・CO<sub>2</sub>排出にかかる炭素税、排出権取引におけるCO<sub>2</sub>価格は、大気からのCO<sub>2</sub>の回収にかかる費用を社会的にいくらまでならば負担できるか、に関連する。
- ・炭素税は、国によって大きく異なるものの増加傾向にあり、中・長期的には\$100/t-CO<sub>2</sub>超の国が増えていくものと予想される。
- ・IEA DAC報告書では、2030年のCO<sub>2</sub>価格を\$130/t-CO<sub>2</sub>、2050年には\$250/t-CO<sub>2</sub>と想定して評価している。
- ・これらの根拠となるCO<sub>2</sub>価格の指標には、CO<sub>2</sub>限界削減費用やCO<sub>2</sub>の社会的費用がある。
- ・CO<sub>2</sub>限界削減費用は、排出量の減少(削減量の増加)に伴い指数関数的に増加する傾向にある。IPCC AR6 WGIII報告書では複数のシナリオを集計しているため、2030年; \$170~290/tCO<sub>2</sub>から2050年;\$430~1000/t-CO<sub>2</sub>の幅がある。ただし、これらシナリオには、DACを適用する場合としない場合が混在している。DACを適用

するシナリオでは、DACがバック・ストップ・オプションとしてCO<sub>2</sub>回収費用の上限＝CO<sub>2</sub>限界削減費用を決めているケースが考えられる。

- ・ここで、\$数百超/t-CO<sub>2</sub>の価格は、継続的に社会が許容できる負担レベルとは考えにくい。
- ・CO<sub>2</sub>の社会的費用は、脱炭素政策に費やす負担の正当化に利用できるが、現在価値に換算する際の割引率の設定の仕方には注意が必要である。2022年9月のNature誌に発表された論文によると、CO<sub>2</sub>の社会的費用として\$185/t-CO<sub>2</sub>(2020年、割引率2.0%時)が推奨されている。

③ネガティブ・エミッション技術の普及促進を目的とする時限的なCO<sub>2</sub>価格について  
DAC技術を含むネガティブ・エミッション技術の普及促進を目的とする時限的なCO<sub>2</sub>価格定は、

- ・ 公的な政策支援としてはCO<sub>2</sub>の社会的費用+アルファ
- ・ 民間支援(ボランタリー)には、支援額に上限無し を想定
- ・ 地球温暖化を1.5°C未満に抑制させる観点から、CO<sub>2</sub>市場の取引価格より高額な政策支援をすることで、DAC技術の開発・普及の促進を政策誘導することができる。
- ・ たとえば、米国45Q税制控除においては、DACCS;\$180/t-CO<sub>2</sub>、およびDACCU;\$130/t-CO<sub>2</sub>という価格が設定されている。
- ・ ただし、公的な政策支援の場合、納税者に対する説明責任が伴うため、CO<sub>2</sub>の社会的費用をベースに+アルファの支援額を上乗せする程度が上限ではなかろうか。
- ・ 一方、民間においては、たとえば、オンライン決済サービス企業Stripe社の“Stripe Climate”プログラムのように、顧客から集金したボランタリーな寄付金を資金源にして、CO<sub>2</sub>回収を事業にするスタートアップ企業から、\$75~\$775/t-CO<sub>2</sub>、\$200~\$2054/t-CO<sub>2</sub>という高額でCO<sub>2</sub>を買い取ることにより、これら企業の技術開発を支援している事例が既にある。

## 5. 産業競争力強化のための提言および施策について

### 5. 1 2021年度の活動実績

2021年度は、4つの論点\*を中心にしたメンバー間議論の前提として、DACの普及直前のカーボンニュートラル/カーボンリサイクル社会が構築されていく社会を想定した。

\* ① DACが将来社会で普及するための必要条件

- ② DACの研究開発段階から実用段階へと技術的成熟度を促進させる環境
- ③ 国際的な技術競争力の持続的な向上に必要な国内産業基盤
- ④ 海外展開や海外との事業連携に関する国際的な統一ルール

#### ➤ DACが普及する直前の社会想定

- ・ 2030年代に向けて、カーボンリサイクル社会が次第に実現すると予想  
化石燃料由来の中・高濃度CO<sub>2</sub>回収により、大量のCO<sub>2</sub>が供給  
化石燃料を直接の原材料とはせず、回収CO<sub>2</sub>への利用にシフト

DACなどのネガティブ・エミッション技術は、脱炭素化に積極的な国・地域やCO<sub>2</sub>排出削減の難しい産業などにおいては、その利用が進みつつあるものの、地球規模での大規模な普及には至らない状況

- 電力：火力発電は、可能な限りCO<sub>2</sub>回収装置が設置され大量のCO<sub>2</sub>回収
- 産業：CO<sub>2</sub>排出量削減が進む一方、排出分は可能な限り回収  
有機製品(燃料、化学製品類)は、回収CO<sub>2</sub>を可能な限り利用
- 輸送：非化石燃料由来のグリーン燃料比率増加、脱炭素電源への電化が進展

・ **カーボンリサイクル社会実現に向けた課題は次第に解決されると予想**

CO<sub>2</sub>の負の外部性(迷惑財)を適正に内部化する環境が整備されたカーボンリサイクル社会を想定

- 迷惑財としてのCO<sub>2</sub>に国が価格付けするだけでなく、民間ベースでもCO<sub>2</sub>を除去すること自体が価値として認められ、価格付けされる社会
- これらが、国内のみならず国家間をまたぐ活動や取引においても次第に整備されるものの、大気中へ排出されるCO<sub>2</sub>をゼロにはできない状況

これら直前の社会を想定する過程で、仮にCO<sub>2</sub>排出量がゼロになっても、他の削減が難しい温室効果ガス排出のオフセット、あるいは温暖化のレベルを低く抑えるためには、ネガティブ・エミッション技術であるDACの普及は必須であることを強く再認識した。また、DACの大規模な普及実現には、一般社会がその必要性を理解し受け入れて頂けるよう、地域的受容性の観点からの対応も重要との意見があった。

その上で、さらにDACが地球規模で大規模に普及する社会構築に貢献するには、日本の産学官は現時点から何をすべきか、という観点から、前述の4つの論点に沿って政策提言にまとめた。

なお、産業界にとっては、現時点からDAC事業の将来展望を確実に描ける予見性が重要であり、カーボンニュートラル社会実現に向けた国家戦略に基づく短期・単発に終わらない長期・継続的な支援政策・制度を希望する意見があった。

(具体的な提言内容については、2022年度のブラッシュアップ結果と合わせて、次章5.2にまとめて示す。)

## 5. 2 2022年度の活動実績

2022年度は、2021年度に策定した政策提言及び産学官ロードマップのブラッシュアップを行うにあたり、IEAが2021年5月に発表した“Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector” (以下、IEA ネット・ゼロ報告書)における世界想定を調査した。また、国内においては、「カーボンニュートラルの実現に向けたカーボン・クレジットの適切な活用のための環境整備に関する検討会」が2022年6月に発表した「カーボン・クレジット・レポート」を調査した。それぞれの調査結果の概要を次に示す。2022年度後半は、前述の3つの注力テーマの議論に加え、これら国内外のネット・ゼロ・シナリオ/カーボンニュートラル社会に関する情報も参考にしながら政策提言及び産学官ロードマップのブラッシュアップを図った。



➤ I E A 2050年ネット・ゼロ・シナリオにおける世界

I E A ネット・ゼロ報告書では、図 5-1 に示す 2050年ネット・ゼロ・シナリオにおけるマイルストーンを設定しており、2035年:世界のCO<sub>2</sub>回収量:40億トン/年規模、2050年:世界のCO<sub>2</sub>回収量:76億トン/年規模、そのうち、10億トン/年弱がDACによる回収を想定している。

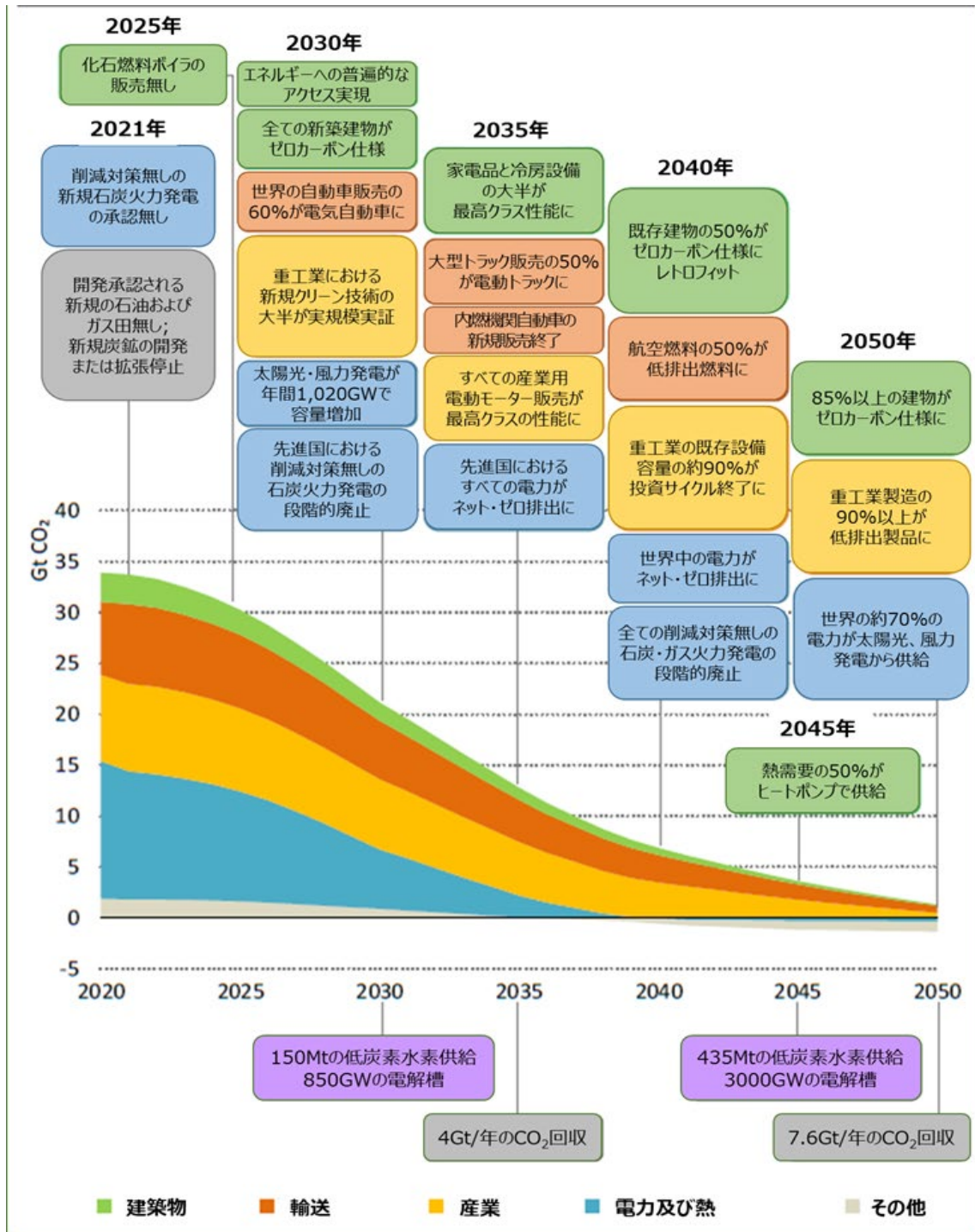


図 5-1 I E A 2050年ネット・ゼロ・シナリオにおけるマイルストーン(仮訳)

出典: Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector by IEA, May 2021

Figure 4.1 Selected global milestones for policies, infrastructure and technology deployment in the NZE  
<https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>



また、I E A ネット・ゼロ報告書では、図 5-2 に示す通り 2050 年ネット・ゼロ・シナリオにおける D A C による C O<sub>2</sub> 回収量を想定しており、2050 年の回収量は次の通りである。

• 2050 年の D A C による C O<sub>2</sub> 回収量： 9.8 億 t-CO<sub>2</sub>/年

そのうち貯留量 (S)： 6.3 億 t-CO<sub>2</sub>/年 (約 64%)

そのうち利用量 (U)： 約 3.5 億 t-CO<sub>2</sub>/年 (約 36%)

利用の場合、水素と共に合成炭化水素燃料を製造するために利用

航空燃料需要の約 3 分の 1 がこれら合成燃料によって賄われると想定

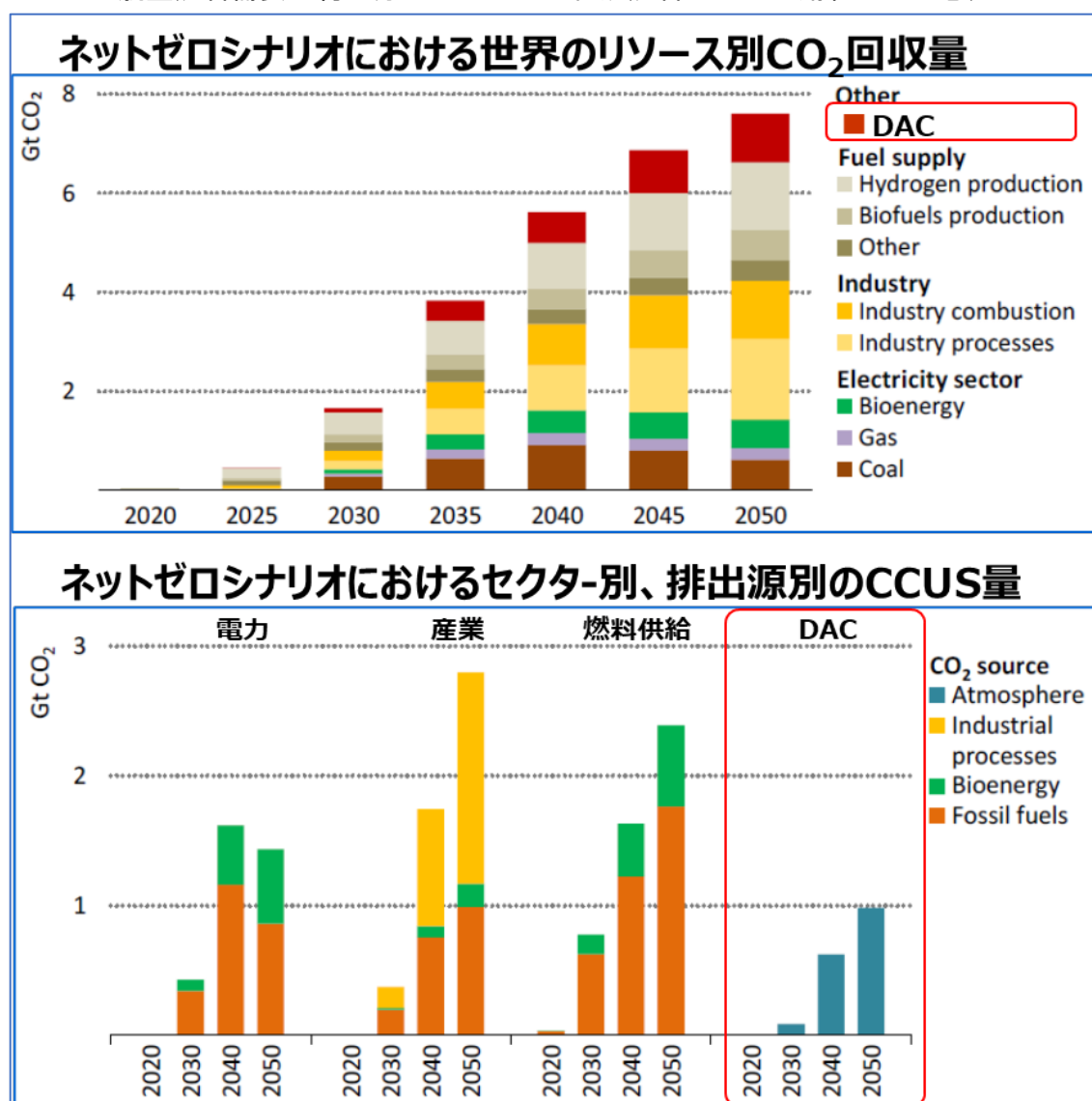


図 5-2 I E A 2050 年ネット・ゼロ・シナリオにおける D A C による C O<sub>2</sub> 回収量の想定

出典： Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector by I E A , May 2021

Figure 2.21 Global CO<sub>2</sub> capture by source in the NZE ,

Figure 2.30 CCUS by sector and emissions source in the NZE

<https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>

## ➤ 「カーボン・クレジット・レポート」におけるDAC関連記述の調査

「カーボンニュートラルの実現に向けたカーボン・クレジットの適切な活用のための環境整備に関する検討会」が2022年6月に発表した「カーボン・クレジット・レポート」は、(1)多様なカーボン・クレジットの意義・活用方法の整理、(2)カーボン・クレジットを通じた日本の排出量削減目標達成を促進するための取組の方向性の整理、及び(3)我が国における「カーボン・クレジット市場」の方向性を示すことを目的にまとめられたレポートである。本レポートにおいてDACCSは、カーボン・クレジットを創出する炭素除去技術に分類されており、DACCSを含むNETs技術の開発・事業化を促進する環境整備施策が提言されていることを確認した。DACCSに関連する主な提言内容は次の通りであり、DAC研究会が2021年度に策定した提言項目と重複あるいはさらに具体的な施策が記述されていることを確認した。

- **DACCSを含む炭素除去カーボン・クレジット活用の検討が重要**
- **NETs(ネガティブ・エミッション技術)由来のクレジット創出促進が必要**
- **国内事業者によるNETsの開発に適切なインセンティブを与えるべく、研究開発の支援に加えてボランタリークレジットも含めたカーボン・クレジット市場におけるNETs関連のクレジットの導入拡大を促すための方策を検討すべき**  
具体的には、①NETsクレジットの位置づけ(他クレジットとの関係)の整理、②品質の信頼性と価格の透明性の両方を担保した取引ルール整備、③回収・貯留(・利用)における排出削減寄与度の帰属についてルール整備を行うべきである。また、将来的には、NETsクレジットの創出段階における必要な政策支援も視野に入れた検討を進めていくべきである。
- **炭素吸収系・炭素除去系クレジットの創出には高いコストがかかり、将来の創出拡大には、足下における投資の拡大が必要**  
これらをより推進するために、例えば、GXリーグ等の枠組みにおける民間事業者による自主的な取組として、炭素吸収系・炭素除去系クレジットの将来における創出に向けた投資活動や、将来における調達を現時点でコミットするような取組を推奨し、評価できるような枠組みを構築すべきである。
- **DACCS等の炭素除去系クレジットの普及に向けた移行段階においては、これら技術の前提となるCCS由来のクレジットの活用を進めて行くことも重要**

出典:「カーボン・クレジット・レポート」2022年6月28日

カーボンニュートラルの実現に向けたカーボン・クレジットの適切な活用のための環境整備に関する検討会  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/carbon\\_credit/index.html](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/carbon_credit/index.html)  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/carbon\\_credit/pdf/20220627\\_1.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/carbon_credit/pdf/20220627_1.pdf)

## ➤ 産業競争力強化のための提言および施策

2050年カーボンニュートラル社会の実現には、DACCSなどのネガティブ・エミッション技術(NETs)の社会実装が必須である、との主張は、関係省庁殿から賛同を頂いているが、2022年12月に発表された『GXを実現するための政策イニシアティブの具体化について』および『革新的GX技術創出事業(Gt e X)』には、前述の「カーボン・クレジット・レポート」にて提言されているようなDACCSを含むNETsへの開発・支援を明確に示した記載が見当たらない。おそらくNETsの前に、CCUS、水素、蓄電池など社会実装すべき重要な技術を優先させたものと思われる。しかしながら、それら重要技術の先にある将来技術としてNETsを明文化することは、産・学のモチベーションに大きな影響を与えるものと考え、以下の提言に追記した。

(1) DACが将来社会で普及するための必要条件(公的な規制・支援制度、カーボンニュートラルが実現する社会モデル、CO<sub>2</sub>市場など)について

【DACの普及を誘導し、産業界の先行投資意欲を刺激する事業環境整備のための提言】

①公的な規制・支援制度の整備

- ・大気中からのCO<sub>2</sub>回収を促進するインセンティブ制度の整備
  - DAC設備新設時の補助金供与、税金控除、優遇融資等
  - 回収CO<sub>2</sub>にプレミアム価格設定(化石燃料由来CO<sub>2</sub>価格+ $\alpha$ )
  - 回収CO<sub>2</sub>隔離期間に応じた補助金供与、税金控除、優遇融資等の差別化

②DACによる回収CO<sub>2</sub>の国際的な取引制度の整備

- ・他国でDAC設備を提供・運営する事業者(国)への適切な排出権の移転
- ・大気中CO<sub>2</sub>除去貢献量(クレジット)の移転を適正に管理する第三者機関
- ・CO<sub>2</sub>を除去すること自体に、多様な価格付けがなされるボランタリーな相対取引を含む民間ベースの市場への支援

・国内における炭素クレジット取引市場の整備

前述のとおり、航空業界におけるカーボンニュートラルを目指す活動は国際的に加速しており、第41回ICAO総会におけるオフセット算定のベースライン変更に伴い、2024年には炭素クレジットの購入が現実の選択肢となっている。国内航空業界から海外市場への購入費用の流出を回避するためには、国内炭素クレジット市場の整備を待つことなく、実際の取引を平行して試運用するくらいのスピード感が求められる。同時に、国内市場への炭素クレジット供給事業者、すなわち、CCS事業者、さらにはDACCS等のNETsを活用したCO<sub>2</sub>除去(貯留)事業者が、国内でも2024年までに早急に事業を開始し、国内航空業界が必要とする炭素クレジットを、国内で可能な限り供給できるだけの規模感ある市場づくりが必要である。

(2) DACの研究開発段階から実用段階へと技術的成熟度を促進させる事業環境について

【DACの技術的成熟度を促進させるための提言】

①研究人財、研究・試験設備、研究開発資金の充実

- ・政府による研究開発等に向けた支援プログラムの新設、既存プログラムの強化
  - ・日本国内における実ガス試験・実証試験のための拠点整備
  - ・研究開発資金支援のための安定した財源の確保(炭素税、エネルギー課税等の活用)
  - ・開発モチベーションを向上させる研究開発プロセスの適切な評価システムの整備
- 具体的には、革新的GX技術創出事業(Gt<sub>e</sub>X)への「カーボン・クレジット・レポート」にて提言されているDACCSなどネガティブ・エミッション技術支援の明示

②産業界からの先行投資促進や投資リスク軽減に寄与する長期かつ継続的な政策実行

- ・DACを含むネガ・エミ技術開発活動への長期間にわたる税制優遇・補助金支援
- ・DAC研究開発への貢献度合に応じてCO<sub>2</sub>排出量を相殺する仕組み導入
- ・大規模な実証・実装試験等に対する全面的な公的資金の投入

(試験開発費用の一部補助では大型先行投資に踏み込めない)

具体的には、GX事業において「カーボン・クレジット・レポート」にて提言されている至近のCCS事業から将来のDACCSなどNETs事業支援の明示

### ③産学連携プラットフォームの構築

・実証試験段階への円滑な移行や、実用化の課題(コスト削減、大容量化等)を産学連携で早期解決するプラットフォームの構築

(「カーボンニュートラル達成に貢献する大学等コアリション」への将来的な展開、産業界への産総研「CO<sub>2</sub>分離回収・資源化コンソーシアム」への参加推奨、等)

## (3) 国際的な技術競争力の持続的な向上に必要な国内産業基盤について

### 【DAC国内産業基盤を構築し、発展させるための提言】

#### ①継続的なDAC要素技術やシステム開発への支援

- ・小規模～大規模実証に至る長期間、規模に応じた継続的な支援保証
- ・大規模な実証・実装試験等に対する全面的な公的資金の投入(再掲)

具体的には、NEDOMーンショット事業(目標4)のさらなる充実

#### ②国際的なDAC開発拠点の国内創設～定着の支援

- ・日本国内における実ガス試験・実証試験のための拠点整備(再掲)
- ・CO<sub>2</sub>の回収、利用、輸送、貯留の各プロセスを実証、その後の改良拠点設備

(例えば、国際的にもアピールできるショーケース的な国内プロジェクト支援、

産総研「ゼロエミッション国際共同研究センター」を中心とした国内拠点作りの促進)

これら国内開発拠点を国内航空業界が必要とする炭素クレジットの供給元として活用することも一案と考えられる。

#### ③DAC関連企業が国内で育つための、税制優遇、補助金等のビジネス支援

- ・長期的な視野に基づき国内産業基盤の裾野を広げる支援策

具体的には、米国の45Q税制優遇、EUの大規模CCS/DACCSプロジェクト支援などに類する国内ビジネス支援の仕組みの検討

## (4) 国内DAC産業界が、世界全体での地球温暖化抑制に大きく貢献することを可能にする、海外展開や海外との事業連携に関する国際的な統一ルールについて

### 【国内産業界が地球規模での温暖化抑制に貢献するための提言】

#### ①国内産業界が海外でCO<sub>2</sub>回収した場合の貢献度認証の国際的な統一ルールの整備

- ・海外と回収CO<sub>2</sub>価値を分配しても、なお国内産業界がCO<sub>2</sub>回収貢献のモチベーションを維持できる国際的な貢献度分配に関する統一ルール

#### ②海外企業との事業連携、海外でのCO<sub>2</sub>回収事業優遇策

- ・国内ではCO<sub>2</sub>貯留の適地や安価で大量のゼロカーボン電源調達に制約があることを念頭においた、海外企業との事業連携や海外プロジェクト参画への優遇措置

(税制優遇、補助金付与、CO<sub>2</sub>価格差補填 等)

上記①, ②については、既に経済産業省『CCS長期ロードマップ検討会』傘下の『CCS事業コスト・実施スキーム検討ワーキンググループ』および『CCS事業・国内法検討

ワーキンググループ』において、国内及び海外でのCCUS事業に関する事業スキームや推進に向けた法制度の整備、政府支援の在り方、CO<sub>2</sub>再利用者との取引などの課題を検討中である。国内CCUS事業者向け環境整備や海外展開の成否は、将来の国内DAC事業の普及に大きな影響を与える。特にCCS事業は、DAC技術が貯留(S)を伴って初めてネガティブ・エミッション価値を発揮する点に鑑み、その普及に期待する。

### (5) DAC事業化を目指した産学官のロードマップ

2050年カーボンニュートラルの実現を前提に、産学官が取り組むべきDAC事業化までのロードマップをICEFF Roadmap 2018を参考にしつつ、「技術開発」、「事業化」及び「政策」の3項目に分類して、図5-3の通り策定した。

**技術開発**：主に大学・研究機関が取り組む、革新的なDAC要素技術の創出、及び実証・実装段階で直面する技術的な課題を解決する活動。2050年には約2億トン(200Mt)/年規模まで普及させることを前提に、パイロット～大規模実証の時期を想定。

**事業化**：主に産業界が取り組む、DAC要素技術を組み合わせたシステム化、実証・実装に向けたコストダウン及び大規模化のための改良・改善活動、及び地球規模での温暖化抑制に貢献する活動。

**政策**：主に政府・公的機関が取り組む、大学・研究機関「学」及び産業界「産」によるDACの研究開発から実証、社会実装から大規模普及を政策面にて誘導・支援し、日本の「産」・「学」による地球規模での温暖化抑制への貢献活動を奨励・牽引する活動。

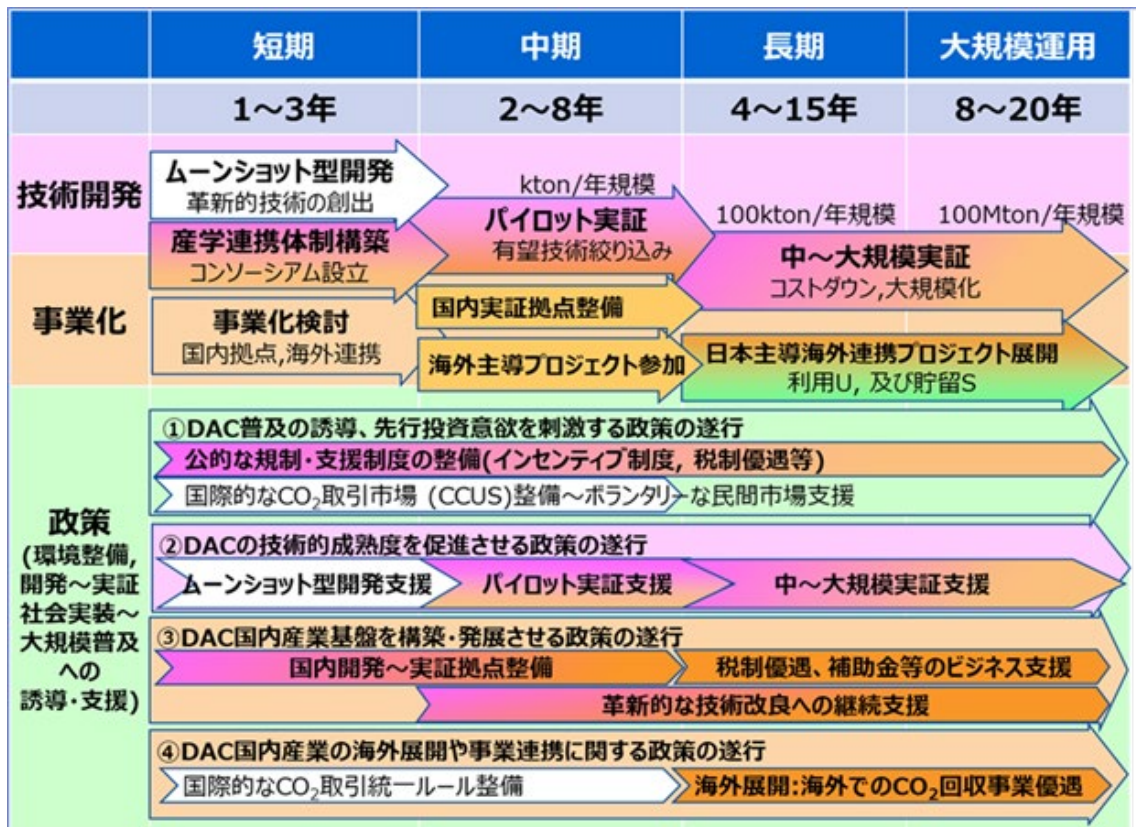


図5-3 DAC事業化を目指した産学官のロードマップ



## 6. 今後の計画

来年度は、今年度までの『研究会』から産業界として具体的な成果を目指す『プロジェクト』に移行すべきか、例えば、産学官連携のためのコンソーシアム作りや国内における開発拠点の整備など具体的な出口戦略を描くことができるか、について、次の3つの観点から評価したものの、『プロジェクト』に移行する必要性は見いだせなかったため、本研究会の活動は今年度で終了する。

- ① 具体的ビジネスに基づく事業化
- ② 技術研究開発組合や連絡協議会等企業群による自発的活動
- ③ 政府のプログラム(SIP等)への参加

### ① 具体的ビジネスに基づく事業化の見通しについて

- ・ 海外では、先行DAC企業3社を中心に、既に官の大規模な支援を受けたDACCSの実証試験や、官及び民の多額の支援を受けたDACCUビジネスが始まっている。その背景には、これら先行DAC企業が開発を継続するために必要な資金を支援する公的支援制度や民間によるボランティアな援助の機運が高まるなど、社会的環境の整備が既に進んでいることがある。
- ・ また、数多くのベンチャー企業が独自のDAC技術を掲げて開発競争を繰り広げている。これは、先行するDAC技術では大規模な普及は困難であり、イノベーションが必須と判断される一方、イノベーション実現の暁には、DACで儲ける巨大市場が到来すると期待されている証左である。
- ・ 国内では、DAC技術の実用化には大幅なコスト削減を実現するイノベーションが必要とみなされており、「ムーンショット事業」としての研究開発支援が始まったばかりである。DACを含む脱炭素ビジネスに対する公的支援制度に関する議論も始まったところであり、民間によるボランティアな支援の機運も今後の醸成にかかっている。
- ・ 国内でも、2050年カーボンニュートラル社会実現への貢献を謳う企業活動のひとつにDAC技術開発を掲げ、将来有望な市場としてビジネス戦略に組み込む企業はみられるものの、現状では、社外からの大規模な支援を期待できる環境になく、大学・研究機関と連携した研究開発活動、または関係省庁の公的研究開発プログラムへの参加を通じた社内開発活動に留まっているのが実態である。

### ② 技術研究開発組合や連絡協議会等企業群による自発的活動の必要性について

- ・ DAC技術の研究開発を支援する公的プログラムには、2020年度～2030年度までの10年間で社会実装の準備が整う段階まで技術成熟度を高めるためのNEDO『ムーンショット事業』があり、本事業の研究活動に協力・連携している企業もみられる。また、CO<sub>2</sub>の回収側・利用側の双方の企業から引き合いがあるテーマがあるなど、個々の企業の中には、それぞれのビジネス戦略に基づいて、DAC技術開発に携わる大学・研究機関との関係を強化し、産学連携・共同研究等を始めている事例もある。
- ・ DAC技術の社会実装を支援する公的プログラムには、現在はCCUS技術を対象にする経済産業省の『グリーンイノベーション基金』またはこれに準ずる公的支援プロジ

エクトが将来的に対応するものと予想される。また、文部科学省の『国際展開する大学発スタートアップの創出』基金は、大学発DACベンチャーの誕生を促し、起業後の支援受け皿となりうることを期待される。

- ・現在、数多くの企業が参加している産総研『CO<sub>2</sub>分離回収・資源化コンソーシアムは、『情報交流と企業間連携の場として、さまざまな法人、企業、大学、公的研究機関の英知を結集して、業界全体の技術力向上を図り、カーボンニュートラルの早期実現に貢献』することを掲げて活動している。本コンソーシアムは、DAC技術に限らずCO<sub>2</sub>分離回収技術を対象としているが、DAC技術事業化までの見通しをつけにくい現時点では、CCUSやBECCSなど様々なCO<sub>2</sub>回収技術の動向を広く俯瞰できる方が望ましいと考えられる。

### ③政府のプログラム(SIP等)への参加の必要性について

- ・産業界として注力すべきDAC技術の種類が絞り込まれ開発の方向性が定まっていること、かつ個々の企業単独では解決困難な技術的課題が明確になっていることなど、DAC技術の社会実装までの将来的な見通しが具体的になっていけば、大規模実証試験のような社会実装実現に向けた具体的で大規模なプログラム創設を産業界／CO<sub>2</sub>の総意として提案することが望ましい。
- ・大規模な政府プログラムには、CO<sub>2</sub>を中心数多くの企業が参加すれば、その成果を産業界全体が享受し、DAC技術の社会実装とその普及を確実にすることができる。
- ・しかしながら、現時点では、DAC技術は開発途上にあり、産業界として注力すべきDAC技術の種類や開発の方向性を絞り込めておらず、社会実装に向けて確度の高い見通しを描ける段階までには至っていない。
- ・また、前述の通り、DAC技術の研究開発を支援する公的プログラムは、既に運用されており、DAC技術の社会実装を支援する公的プログラムについても、将来の受け皿として期待できる基金が既に用意されている。

しかしながら、以下の理由から、来年度は改めて有志メンバーの参加を募り、最新動向の調査やメンバー間の意見交換など、いわゆる『勉強会』形式による活動を計画する。

- ・『プロジェクト』への移行は希望しないものの、何らかの形での『研究会』活動の継続、あるいは特に出口目標を定めない『勉強会』のような意見交換会など、DACをテーマにした活動の場を希望するメンバー意見が大半を占めたこと
- ・地球温暖化対策としてのネガティブ・エミッション技術、特にDAC技術への期待は、一層高まることが予想されるため、産業界としても、引き続きその動向を注視し続ける必要性は高いと思われること
- ・産業界が主体的に取り組むべき課題は、現時点では顕在化していないものの、今後DACの技術成熟度が増し、研究・開発段階から実証・社会実装が視野に入る段階になって初めて、具体的な課題が明らかになる可能性があること

以上

## 添付：参考文献一覧

1. Direct Air Capture of Carbon Dioxide ICEF Roadmap 2018  
December 2018, Innovation for Cool Earth Forum  
[https://www.icef.go.jp/pdf/summary/roadmap/icef2018\\_roadmap.pdf](https://www.icef.go.jp/pdf/summary/roadmap/icef2018_roadmap.pdf)
2. カーボンリサイクル技術ロードマップ 令和元年6月(令和3年7月改訂)  
経済産業省 協力府省 内閣府 文部科学省 環境省  
<https://www.meti.go.jp/press/2021/07/20210726007/20210726007.pdf>
3. 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略  
内閣官房 経済産業省 内閣府 金融庁 総務省 外務省 文部科学省 農林水産省  
国土交通省 環境省 令和3年6月18日  
[https://www.meti.go.jp/policy/energy\\_environment/global\\_warming/ggs/pdf/green\\_honbun.pdf](https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/ggs/pdf/green_honbun.pdf)  
経済産業省 公報資料①「カーボンニュートラルの産業イメージ」  
<https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201225012/20201225012-4.pdf>  
経済産業省 公報資料②「カーボンニュートラルの広がり」  
<https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201225012/20201225012-5.pdf>
4. 令和2年度エネルギーに関する年次報告（エネルギー白書2021）  
経済産業省 資源エネルギー庁 令和3年6月4日  
<https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2021/pdf/>
5. 2050年カーボンニュートラルの実現に向けた検討 経済産業省 資源エネルギー庁  
総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会(第36回会合) 2021年1月27日 資料2  
[https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic\\_policy\\_subcommittee/036/036\\_005.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/036/036_005.pdf)
6. 2030年に向けたエネルギー政策の在り方 経済産業省 資源エネルギー庁  
総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会(第38回会合) 2021年3月11日 資料1  
[https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic\\_policy\\_subcommittee/038/038\\_004.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/038/038_004.pdf)
7. 2050年カーボンニュートラルのシナリオ分析(中間報告)  
(公財)地球環境産業技術研究機構 システム研究グループ 秋元圭吾、佐野史典  
総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会(第43回会合) 2021年5月13日 資料2  
[https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic\\_policy\\_subcommittee/2021/043/043\\_005.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/2021/043/043_005.pdf)



8. 2050年カーボンニュートラルのモデル試算  
(一財)日本エネルギー経済研究所  
松尾雄司、大槻貴司、尾羽秀晃、川上恭章、下郡けい、水野有智、森本壮一  
総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会(第44回会合) 2021年6月30日 資料6  
[https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic\\_policy\\_subcommittee/2021/044/044\\_009.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/2021/044/044_009.pdf)
9. 発電コスト検証に関するとりまとめ(案)  
経済産業省 発電コスト検証ワーキンググループ 令和3年8月3日  
総合資源エネルギー調査会 発電コスト検証ワーキンググループ(第8回会合) 資料2  
[https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic\\_policy\\_subcommittee/mitoshi/cost\\_wg/2021/data/08\\_05.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/mitoshi/cost_wg/2021/data/08_05.pdf)
10. 第6次エネルギー基本計画の概要 経済産業省 資源エネルギー庁 令和3年10月  
<https://www.meti.go.jp/press/2021/10/20211022005/20211022005-2.pdf>
11. ネット・ゼロと言う社会-2050年 日本(試案)  
(公財)地球環境戦略研究機関 2020年6月  
<https://www.iges.or.jp/jp/pub/net-zero-2050/ja>
12. パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略(令和3年10月22日閣議決定)  
環境省HP  
<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/keikaku/chokisenryaku.html>
13. 「カーボンニュートラル達成に貢献する大学等コアリション」の設立について  
文部科学省HP 令和3年7月29日  
[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/houdou/mext\\_00678.html](https://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/mext_00678.html)
14. ムーンショット型研究開発制度 ムーンショット目標4  
内閣府 HP  
<https://www8.cao.go.jp/cstp/moonshot/sub4.html>
15. ムーンショット型研究開発事業  
国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 HP  
[https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP\\_100161.html](https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100161.html)  
大気中からの高効率CO<sub>2</sub>分離回収・炭素循環技術の開発  
国立大学法人金沢大学 児玉昭雄  
<https://www.nedo.go.jp/content/100923459.pdf>

冷熱を利用した大気中二酸化炭素直接回収の研究開発

国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学 則永行庸

<https://www.nedo.go.jp/content/100923462.pdf>

“ビヨンド・ゼロ” 社会実現に向けたCO<sub>2</sub>循環システムの研究開発

国立大学法人九州大学 藤川茂紀

<https://www.nedo.go.jp/content/100923464.pdf>

16. 大気中からのCO<sub>2</sub>直接回収と地中貯留でネガティブ・エミッションを達成する  
コンセプトを構築！ 九州大学 News 2021年6月21日

<https://www.kyushu-u.ac.jp/ja/researches/view/628>

17. 低炭素社会の実現に向けた技術および経済・社会の定量的シナリオに基づく

イノベーション政策立案のための提案書 二酸化炭素の Direct Air Capture(DAC)法  
のコストと評価 令和2年2月 LGS-FY-2019-PP-07

国立研究開発法人 科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター

<https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2019-pp-07.pdf>

18. 二酸化炭素固体吸収材の実用化に向けた研究開発の進展

(公財)地球環境産業技術研究機構 化学研究グループ 余語克則

革新的CO<sub>2</sub>分離回収技術シンポジウム 2021年2月2日

[https://www.rite.or.jp/news/events/yogo\\_ppt\\_separationfy2020\\_r.pdf](https://www.rite.or.jp/news/events/yogo_ppt_separationfy2020_r.pdf)

19. 2050年カーボンニュートラル実現のための技術とコスト

(公財)地球環境産業技術研究機構 システム研究グループリーダー 秋元圭吾

未来社会を支える温暖化対策技術シンポジウム in 関西 2021年9月30日

<https://www.rite.or.jp/news/events/pdf/akimoto-ppt-kansaisympo2021.pdf>

20. カーボンニュートラル実現に向けたCO<sub>2</sub>分離回収技術開発への取り組み

(公財)地球環境産業技術研究機構 化学研究グループ主席研究員 余語克則

未来社会を支える温暖化対策技術シンポジウム in 関西 2021年9月30日

<https://www.rite.or.jp/news/events/pdf/yogo-ppt-kansaisympo2021.pdf>

21. CO<sub>2</sub>分離回収技術の開発状況とDACへ向けての課題と将来展望

(公財)地球環境産業技術研究機構 山田秀尚、余語克則

2020年度 COCN「カーボンニュートラル研究会」合同フォーラム 2020年9月10日

22. 世界全体でのカーボンニュートラル実現のための経済的手法等のあり方に関する研究会  
中間整理 令和3年8月  
世界全体でのカーボンニュートラル実現のための経済的手法等のあり方に関する研究会  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/carbon\\_neutral\\_jitsugen/pdf/20210825\\_2.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/carbon_neutral_jitsugen/pdf/20210825_2.pdf)
23. カーボンニュートラル実現のための経済的手法/カーボンプライシングの概要  
(一財)日本エネルギー経済研究所 電力・新エネルギーユニット担任 理事 工藤拓毅  
2021年度 COCN DAC研究会 第6回 2021年10月26日
24. 米国 Department of Energy(DOE) HP  
Direct Air Capture Research and Development Efforts  
<https://www.energy.gov/sites/prod/files/2019/11/f68/Direct%20Air%20Capture%20Fact%20Sheet.pdf>  
DIRECT AIR CAPTURE Research and Development Activities  
[https://www.energy.gov/sites/prod/files/2020/01/f70/Direct%20Air%20Capture%20Infographic\\_0.pdf](https://www.energy.gov/sites/prod/files/2020/01/f70/Direct%20Air%20Capture%20Infographic_0.pdf)
25. 英国 Department for Business, Energy and Industrial Strategy(BEIS) HP  
Direct Air Capture and Greenhouse Gas Removal Programme - Phase 2  
An SBRI Competition: TRN 4696/11/2020(2) Competition Guidance Notes  
[https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/1038880/dac-ggr-competition-phase-2-guidance.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1038880/dac-ggr-competition-phase-2-guidance.pdf)
- 26 The US Section 45Q Tax Credit for Carbon Oxide Sequestration: An Update  
Lee Beck, Senior Advisor, Advocacy & Communications  
Global CCS Institute April 2020  
[https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2020/04/45Q\\_Brief\\_in\\_template\\_LL.B.pdf](https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2020/04/45Q_Brief_in_template_LL.B.pdf)
27. The LCFS and CCS Protocol: An Overview for Policymakers and Project Developers  
ALEX TOWNSEND Senior Consultant - Economics  
IAN HAVERCROFT Senior Consultant - Legal & Regulatory  
Global CCS Institute 2019 POLICY REPORT  
[https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2019/05/LCFS-and-CCS-Protocol\\_digital\\_version-2.pdf](https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2019/05/LCFS-and-CCS-Protocol_digital_version-2.pdf)
28. IPCC第6次評価報告書第3作業部会報告書  
『Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change』  
<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>

29. 国際エネルギー機関(I E A)報告書『Direct Air Capture 2022 A key technology for net zero』Technology report – April 2022  
<https://www.iea.org/reports/direct-air-capture-2022>
30. 国際エネルギー機関(I E A)報告書『Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector』Flagship report – May 2021  
<https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>
31. グリーントランスフォーメーション推進小委員会『クリーンエネルギー戦略 中間整理』  
経済産業省 産業技術環境局・資源エネルギー庁 2022年5月19日  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo\\_gijutsu/green\\_transformation/pdf/20220519\\_1.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo_gijutsu/green_transformation/pdf/20220519_1.pdf)
32. グリーンイノベーション戦略推進会議『ネガティブエミッション技術について』  
第8回会議 資料4 経済産業省 産業技術環境局 2022年3月18日  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/green\\_innovation/pdf/gi\\_008\\_04\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/green_innovation/pdf/gi_008_04_00.pdf)
33. 産総研『CO<sub>2</sub>分離回収・資源化コンソーシアム』  
<https://unit.aist.go.jp/dmc/consortium/co2c/index.html>
34. 『2050 カーボンニュートラル実現に向けたトランジション戦略を策定』  
ANAホールディングス株式会社 ANA HOLDINGS NEWS 第22-010号 2022年8月1日  
<https://www.anahd.co.jp/group/pr/202208/20220801-3.html>
35. カーボンニュートラルの実現に向けたカーボン・クレジットの適切な活用のための環境整備に関する検討会『カーボン・クレジット・レポート』  
第6回 会議 2022年6月28日 報告書  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/carbon\\_credit/pdf/20220627\\_1.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/carbon_credit/pdf/20220627_1.pdf)
36. 2021年度 COCN DAC(Direct Air Capture)研究会 最終報告書 2022年2月10日  
<http://www.cocn.jp/report/b53ce19784e78fcc7ac373a05e0098feade630f4.pdf>
37. GX実現に向けた基本方針(案)～今後10年を見据えたロードマップ～  
GX実行会議 2022年12月22日  
[https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gx\\_jikkou\\_kaigi/dai5/siryoul.pdf](https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gx_jikkou_kaigi/dai5/siryoul.pdf)

38. 第2回 SAFの導入促進に向けた官民協議会 説明資料 資料6  
2022年11月7日 国土交通省 航空局  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/saf/pdf/002\\_06\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/saf/pdf/002_06_00.pdf)
39. 合成メタン利用の燃焼時のCO<sub>2</sub>カウントに関する 中間整理 2022年3月  
メタネーション推進官民協議会 CO<sub>2</sub>カウントに関するタスクフォース  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/methanation\\_suishin/pdf/006\\_03\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/methanation_suishin/pdf/006_03_00.pdf)
40. Comprehensive evidence implies a higher social cost of CO<sub>2</sub>  
Nature, Published 01 Sep. 2022  
<https://www.nature.com/articles/s41586-022-05224-9>
41. H.R. 5376 – Inflation Reduction Act of 2022  
<https://www.congress.gov/bill/117th-congress/house-bill/5376/text>
42. The Inflation Reduction Act Includes Significant Benefits for the Carbon Capture Industry, GINSON DUNN August 16, 2022  
<https://www.gibsondunn.com/the-inflation-reduction-act-includes-significant-benefits-for-the-carbon-capture-industry/>
43. CO<sub>2</sub>から燃料/化学品をつくるという表現は正しいか？  
日本エネルギー経済研究所 柴田善朗  
2022年度 COCN DAC研究会 第6回 2022年10月25日
44. カーボンリサイクル(CCU)の炭素源に関する考察—脱炭素社会において化石燃料CO<sub>2</sub>からの燃料合成は難しいかもしれない—  
横浜国立大学/日本エネルギー経済研究所 大槻貴司  
2022年度 COCN DAC研究会 第6回 2022年10月25日
45. ユビキタスCO<sub>2</sub>回収による新しい炭素資源循環社会  
九州大学 藤川茂紀  
2022年度 COCN DAC研究会 第7回 2022年11月22日
46. 固体吸収材を用いたCO<sub>2</sub>分離回収技術(KCC Kawasaki CO<sub>2</sub> Capture)の開発  
川崎重工業株式会社 西部祥平  
2022年度 COCN DAC研究会 第8回 2022年12月20日

47. 分散型水素システムと都市型DAC-Uシステムにおける産業連携促進と社会実装  
実現に向けて

株式会社理研鼎業 松山 剛

2022年度 COCN DAC研究会 第9回 2023年1月17日

以上



一般社団法人 産業競争力懇談会（COCN）

〒100-0011 東京都千代田区内幸町 2-2-1

日本プレスセンタービル 6階

Tel : 03-5510-6931 Fax : 03-5510-6932

E-mail : jimukyoku@cocn.jp

URL : <http://www.cocn.jp/>

事務局長 山口雅彦