資料２

ネガティブエミッション技術について（DACCS/BECCS）

2023年3月29日

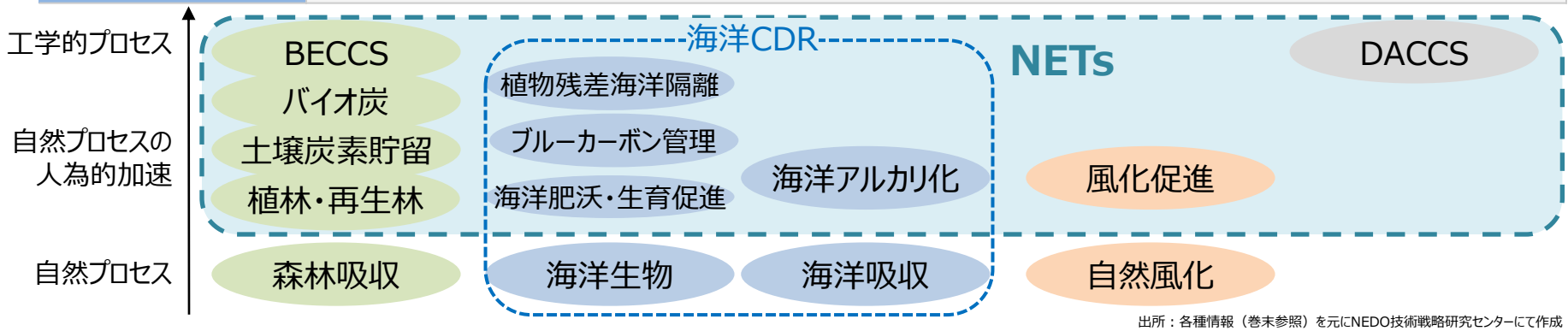
国立研究開発法人
新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）
技術戦略研究センター（TSC）

©NEDO2023

ネガティブエミッション技術(NETs)1/2

- ネガティブエミッション技術(**NETs**)とは，大気中のCO_2を回収・吸収し，貯留・固定化することで**大気中のCO_2除去** (CDR, Carbon Dioxide Removal)に資する**技術**
- 自然のCO_2吸収・固定化の過程に、人為的な工程を加えることで加速させる技術やプロセス(狭義)

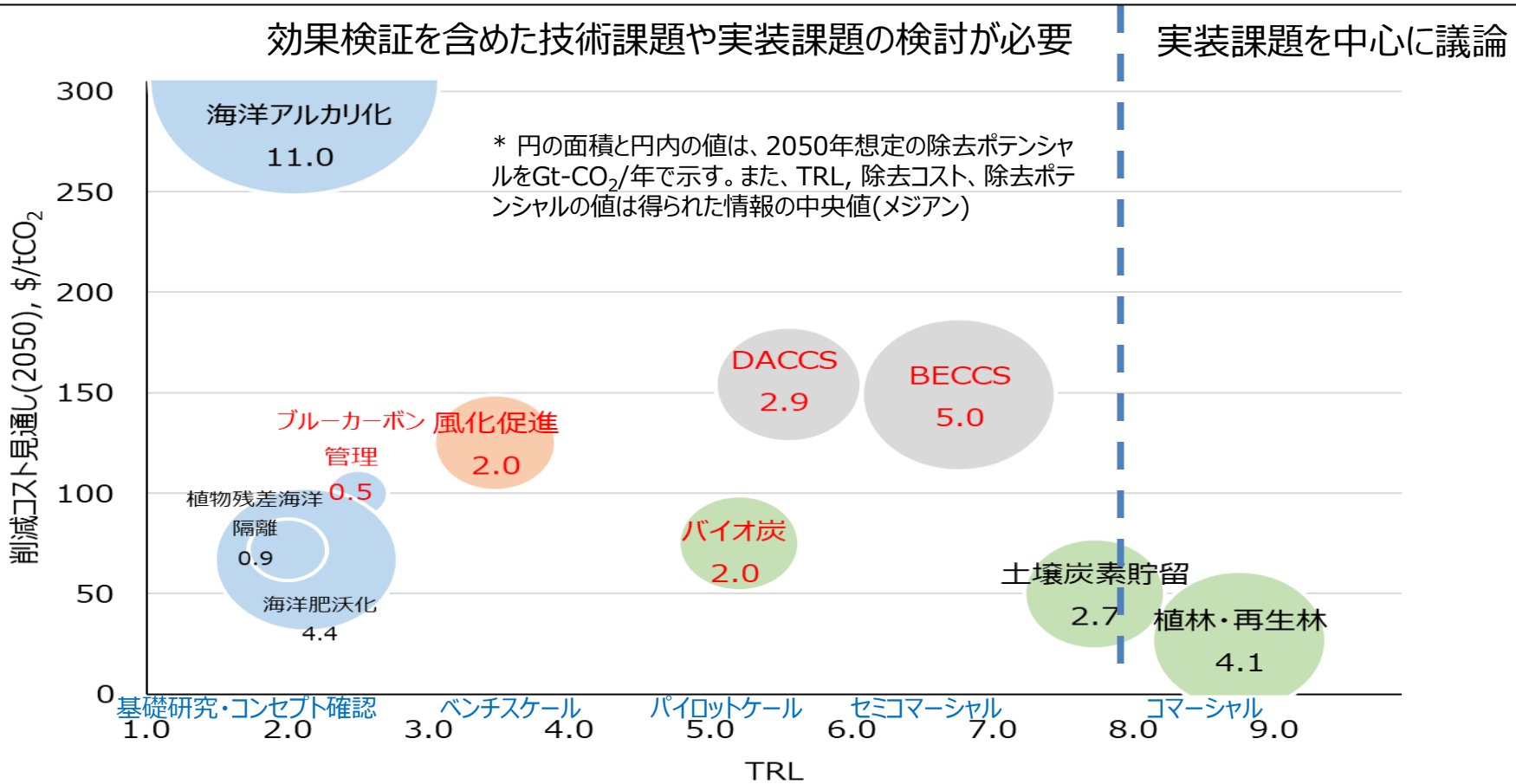
植林・再生林	植林は新規エリアの森林化、再生林は自然や人の活動によって減少した森林への植林
土壌炭素貯留	バイオマスを土壌に貯蔵・管理する技術（自然分解によるCO_2発生を防ぐ）
バイオ炭	バイオマスを炭化し炭素を固定する技術
BECCS	バイオマスの燃焼により発生したCO_2を回収・貯留する技術
DACCS	大気中のCO_2を直接回収し貯留する技術
風化促進	玄武岩などの岩石を粉砕・散布し、風化を人工的に促進する技術。風化の過程(炭酸塩化)でCO_2を吸収
海洋肥沃・生育促進	海洋への養分散布や優良生物品種等を利用することにより生物学的生産を促してCO_2吸収・固定化を人工的に加速する技術。大気中からのCO_2の吸収量の増加を見込む。
ブルーカーボン管理（藻場貯留）	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管理によるCDR。大型海藻類(例えば、昆布)など他の沿岸および非沿岸生態系における炭素隔離の可能性を議論中。
植物残差海洋隔離	海洋中で植物残差に含まれる炭素を半永久的に隔離する方法（自然分解によるCO_2発生を防ぐ）ブルーカーボンのみならず外部からの投入を含む
海洋アルカリ化	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



出所：各種情報（巻末参照）を元にNEDO技術戦略研究センターにて作成

ネガティブエミッション技術(NETs)2/2

- NETsのほとんどが**2050年に$200/t-$CO_2$以下の除去コストが期待**されるが、海洋関連、風化促進、DACCS、バイオ炭など、**効果検証も含め開発途上の技術も多い**
- 自然界にCO_2を貯留するNETsは、**低濃度のCO_2を低コストで固定できる能力**を持つ点が特徴だが、**環境影響・利点について科学的な評価が重要（アカウンティング）**
- 工学プロセスを活用するDACCS/BECCSは、**CO_2除去効果が明確だが、コストダウンが必要**



出所：各種情報（巻末参照）を元にNEDO技術戦略研究センターにて作成

DAC(CS)（概要）

DACとは

- DACとは大気中のCO_2を回収する技術。回収したCO_2は地下貯留（DACCS）または燃料、化学品、セメント等に利用（DAC-U）
- CO_2回収方式は商用化されている化学吸収、化学吸着のほかに膜分離や電気化学を用いた手法が開発中

分類	技術概要
化学吸収（液体、固体）	ガス分子とアミン/アルカリとの化学反応を利用しCO_2を回収する方法（アミン系、Ca/Na/K炭酸塩系）
化学吸着（固体）	多孔質担体にアミンを含侵またはアルカリ金属を担持させ、アミン/アルカリとの化学反応を利用しCO_2を回収する方法
物理吸着（固体）	ガス分子と吸着剤の表面の間に働くファンデルワールス力によりCO_2を回収する方法（活性炭、ゼオライト、アルミナなど）
膜分離	薄膜を用いた圧力差を駆動力とする透過速度の差によりCO_2を回収する方法
電気化学	電極等を用いた電気化学的手法によりCO_2を回収する方法
その他	微生物を使用したCO_2回収（微生物）、コンクリート廃材へのCO_2固定（炭酸塩化）など

出所：NEDO"ムーンショット型研究開発事業/DAC（Direct Air Capture）の技術動向及び社会実装課題に関する調査(2022年9月) より、NEDO技術戦略研究センター作成

先行スタートアップ 主要3社の動向

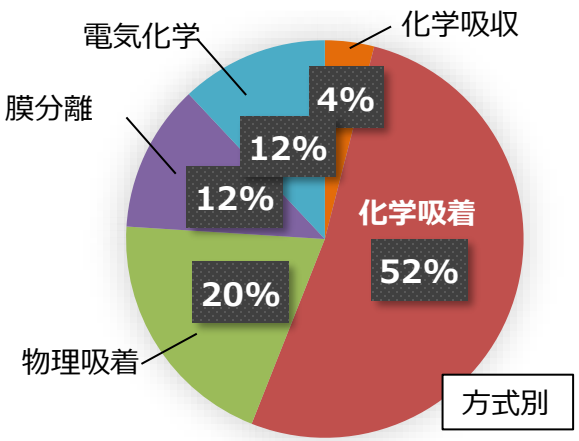
企業	CO_2回収方式	所要エネルギー	プロジェクト展開（代表的なもの）			
			2030年までの計画	実施場所	規模、時期	適用先
Carbon Engineering (カナダ)	**化学吸収** $KOH/Ca(OH)_2$ 水溶液 吸収：常温 脱離：900℃	熱:5.3 GJ/t 電力:366kWh/t	59 Mt-CO_2/ y	米国	100万t/y設計中(2022建設開始、2024開始) →2035年までに70基(最大135基)を計画	EOR/貯留
				英国	50～100万t/y（2022詳細設計、2026までに稼働）	貯留
				カナダ	規模不明（2017～）	燃料
Climeworks (スイス)	**化学吸着** アミン担持吸着剤 吸収：常温 脱離：100℃	熱:9.0 GJ/t 電力:450kWh/t	1.1 Mt-CO_2/ y	アイスランド	Project Orca(Carbfix)：4000t/y(2021～稼働) Mammoth：3.6万t/y（2022着工）	貯留
				ドイツ	デモ専用プラント	燃料
				ノルウェー	燃料として1万kL/y（2023）、10万kL/y（2026～）	燃料
Global Thermostat (米国)	**化学吸着** アミン担持吸着剤 吸収：常温 脱離：80℃	熱:4.4 GJ/t 電力:160kWh/t	1.5 Mt-CO_2/ y	チリ	2,000t/y（１ユニット）×4基～スケールアップ計画 燃料として130kL/y（2022）、5.5万kL/y（2024）、55万kL/y（2026）。他4箇所計画中	燃料

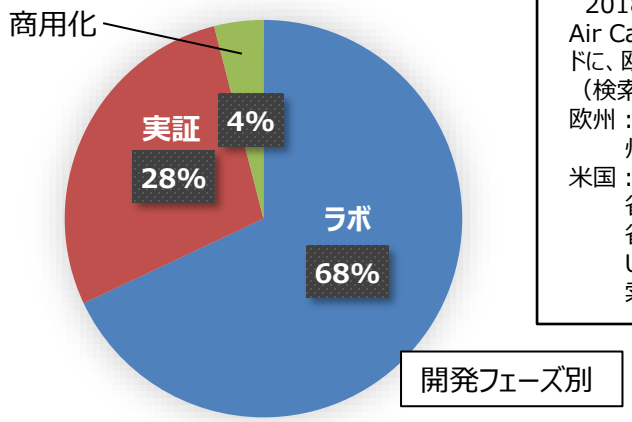
出所：革新的CO_2分離回収技術シンポジウム（2022年2月2日）RITE講演資料、IEA「DirectAirCapture-A key technology for net zero](2022)、「Energy Technology Perspectives 2023」(2023)、および第1回GI推進会議WG （2020年7月7日）
NEDO技術戦略研究センター作成資料「CCUS/カーボンリサイクル/バイオものづくり分野の技術動向について」より、 NEDO技術戦略研究センター作成

DAC（技術開発動向）

（2022年5月時点）

欧米の国プロ研究テーマ（米国22件・欧州3件が対象）





プロジェクト抽出方法

2018年以降に実施された国プロについて、"DACCS", "Direct Air Capture", "Direct Air Capture and Storage"をキーワードに、欧州、米国別に次の手段で検索し、個々の概要を確認した。
（検索手段）
欧州：Horizon 2020/Innovation Fundを対象に、Cordis(欧州連合の研究プロジェクトのDB)を利用した検索。
米国：DOE(エネルギー省)/EPA(環境保護庁)/USDA(農務省)/NSF(国立科学財団)/DOI(内務省)/DOD(国防総省)/DOC(商務省)/NASA(航空宇宙局)を対象に、USAspending.gov及びNETL, ARPA-Edeのプロジェクト検索を利用して実施。

出典：NEDO"ムーンショット型研究開発事業/DAC（Direct Air Capture）の技術動向及び社会実装課題に関する調査(2022年9月）を元に、NEDO技術戦略研究センター作成

米国DOEの技術開発テーマ例

方式	開発企業	技術開発内容、特徴	ステータス
膜分離	InnoSense LLC	• 高透過性のポリアニリン系ハイブリッド分離膜（HypoMem）を開発し基礎性能を評価	ラボ
電気化学	Verdox	• 充放電によりCO_2を吸脱着する分子（キノン）で電池セルを構成 • 従来法と比較して70%のエネルギー削減（568kWh/t-CO_2, 約2GJ/t）	実証
化学吸着	Susteon Inc.	• イオン液体触媒（PEI系）を使用し、再生温度が低く低圧損の固体吸収材の開発。 • アミン系吸収材より吸着量、吸脱着速度が高くエネルギー削減が可能	ラボ
	Carbon Collect Inc.	• 自然風からのCO_2回収システム（パッシブDAC）の商用モデルを湿度の異なる３か所を想定し最適設計。	ラボ
	Electricore,Inc. & ClimeWorks	• Savante社の積層型固体吸収体をClimeworksのシステムに組み込み、フィールドテストを実施 • 目標はTEAでCO_2回収率95%でコストUS$100/t-$CO_2$の実現	実証
	CORMETECH,Inc.	• ポリプロピレンイミンの固体吸収体をGlobalThermostatのシステムに組み込み、ベンチ試験で性能確認	実証

出所：NEDO"ムーンショット型研究開発事業/DAC（Direct Air Capture）の技術動向及び社会実装課題に関する調査(2022年）、NETL Carbon Management Project Review Meeting - Carbon Dioxide Removal（August 15-19, 2022年9月）（https://netl.doe.gov/22CM-CDR-proceedings）より、NEDO技術戦略研究センター作成,

DAC（国内での技術開発：ムーンショット事業 目標4）

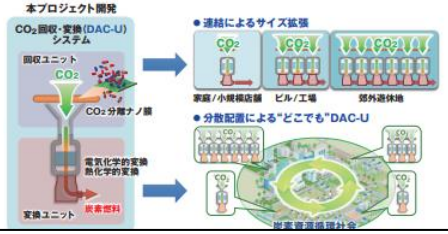
<炭素(CO_2)循環>
温室効果ガスを回収、資源転換、無害化する技術の開発

研究開発プロジェクト	PM
電気エネルギーを利用し大気CO_2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
大気中からの高効率CO_2分離回収・炭素循環技術の開発	(国大)金沢大学 児玉 昭雄
電気化学プロセスを主体とする革新的CO_2大量資源化システムの開発	(国大)東京大学 杉山 正和
C_4S研究開発プロジェクト	(国大)東京大学 野口 貴文
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)東海国立大学機構 名古屋大学 則永 行庸
大気中CO_2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
“ビヨンド・ゼロ”社会実現に向けたCO_2循環システムの研究開発	(国大)九州大学 藤川 茂紀
機能改良による高速CO_2固定大型藻類の創出とその利活用 ※	(国大)京都大学 植田 充
岩石と場の特性を活用した風化促進技術“A-ERW”の開発 ※	(学)早稲田大学 中垣 隆雄
遺伝子最適化・超遠縁ハイブリッド・微生物共生の統合で生み出す次世代CO_2資源化植物の開発 ※	(国研)産業技術総合研究所 光田 展隆
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 ※	(国研)産業技術総合研究所 森本 慎一郎
炭素超循環社会構築のためのDAC農業の実現 ※	(国研)農業・食品産業技術総合研究機構 矢野 昌裕

出所：ムーンショット目標4「2050年までに、地球環境再生に向けた持続可能な資源循環を実現」外部評価結果（報告）（2023年1月13日）を元にNEDO技術戦略研究センター作成

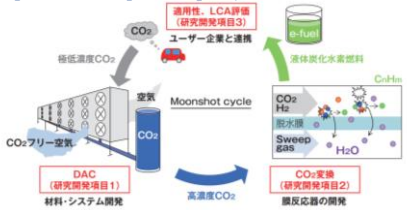
※印は2022年度採択

“ビヨンド・ゼロ”社会実現に向けたCO_2循環システムの研究開発



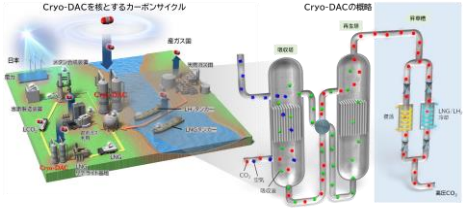
・世界最高性能のCO_2分離膜を開発、モジュールを試作
・回収CO_2を基礎化学品に変換する一気通貫システムの開発

大気中からの高効率CO_2分離回収・炭素循環技術の開発



・低温(60℃)でCO_2の分離可能なアミンを開発
・少ないエネルギーで再生できるハニカム型ローター等を用いたDACプロセスの開発

冷熱を利用した大気中二酸化炭素直接回収の研究開発



・常温で大気中のCO_2を吸収する吸収液の開発
・冷熱を利用したDACシステムの開発

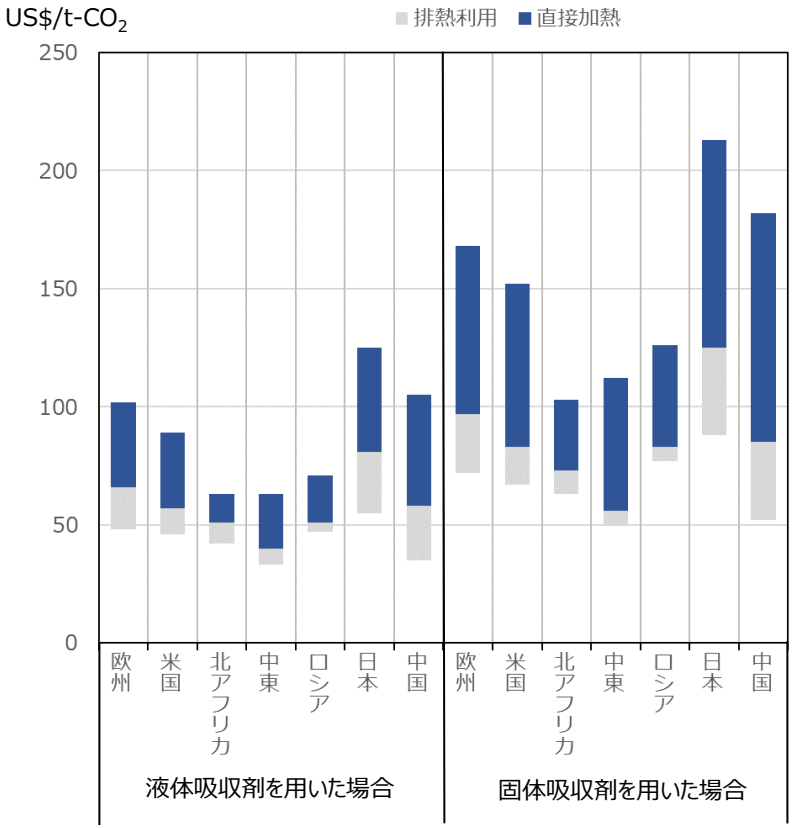
電気化学プロセスを主体とする革新的CO_2大量資源化システムの開発

・CO_2回収・富化・基礎化学品への資源化システムの開発
・基礎化学品への資源化はCO_2電解還元で世界最高速度、最高効率を達成

DACCS（国内でのコスト分析例）

- IEA Direct Air Capture 2022によれば、日本の除去コストは、2050年想定で80～210 US$/t-$CO_2$程度。
- JST低炭素社会戦略センター (LCS)の試算によれば、DACCSとして、36,700円/t-CO_2

IEA試算

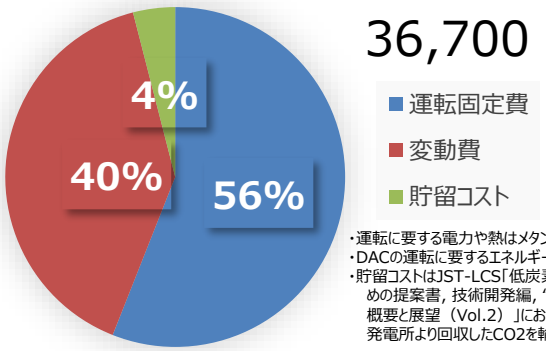


地域ごとのDACCSによる炭素回収の均等化コスト
（2050年想定）

出所：IEA報告" Direct Air Capture–A key technology for net zero" (2022)を元にNEDO技術戦略研究センター作成

JST試算（国内）

36,700 円/t-CO_2



・運転に要する電力や熱はメタンを燃料としたガスタービン発電を想定
・DACの運転に要するエネルギーは8.8GJ/t-CO2と想定
・貯留コストはJST-LCS「低炭素社会の実現に向けた政策立案のための提案書, 技術開発編, "CCS（二酸化炭素回収貯留）の概要と展望（Vol.2）」における試算値で、貯留地近傍の石炭発電所より回収したCO2を輸送せずに圧入することを想定

表 3　DAC コスト（DAC：896 kt/y）

建設費　123,000百万円（1230億円）
運転人員　20名（5名/直　×　4直　）

固定費			費用（￥/kg）	備考
	設備対応	18,450百万円/y	20.6	年経費率　0.15
	人員対応	100百万円/y	0.1	労務費　5百万円/人
小計			20.7	
変動費				
	CH_4	8.84MJ/kg	13.3	単価　1.5円/MJ
	$CaCO_3$など		1.4	
小計			14.7	
計　（円/kg-CO_2）			35.4	

貯留コスト（円/kg-CO_2）			1.3	陸地から圧入ケース
DAC＋貯留　コスト（円/kg-CO_2）			36.7	

出所：JST-LCS 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）を元にNEDO技術戦略研究センター作成

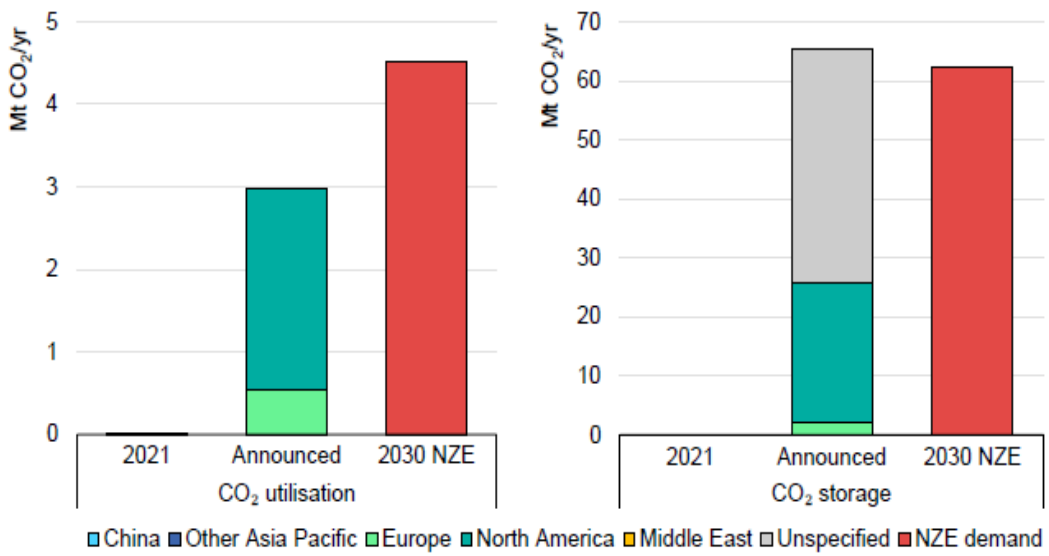
DACCS まとめ

●400ppm程度の希薄なCO_2の回収に多くのエネルギー(熱・電気)を消費するため、コストおよびCO_2除去効果の点からエネルギー消費削減が必須

●化学吸収や化学吸着など商用化が進むものもあるが、膜分離やパッシブ方式などTRLの低いものもある

●2021現在、稼働中のDACCSの合計は1.7万t-CO_2/年。発表された計画通りに進展すれば、CCUを含め2030年に約70Mtの計画。

Figure 4.15 Direct air capture capacity by country/region for use and storage according to announced projects and in the NZE Scenario



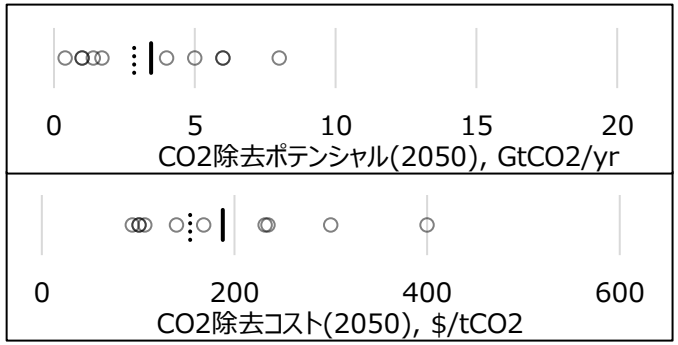
IEA. CC BY 4.0.

Notes: NZE = Net Zero Emissions by 2050 Scenario. Dedicated storage only. Announced capacity includes existing capacity. "Unspecified" refers to 69 of 100 facilities recently announced by 1PointFive and Carbon Engineering, for which locations have not yet been finalised. The fate of the captured CO_2 (storage or use) has not been disclosed.

出所：IEA"Energy Technology Perspectives 2023"

TRL	$GtCO_2$/年	$/$tCO_2$	m^2/tCO_2	固定期間	効果検証	日本での実施
6	2.9	154	4	○	済	△

CO_2除去ポテンシャル・コストのデータ |平均,⋮中央値



Pros

・貯留・固定化・利用場所への隣接が可能
・必要面積が比較的少ない
・永久貯留
・除去効果の検証が容易
・世界市場への展開可能性(DAC)

Cons

・CO_2除去コスト
・国内のCO_2貯留ポテンシャル制約(CCS)
・エネルギー消費

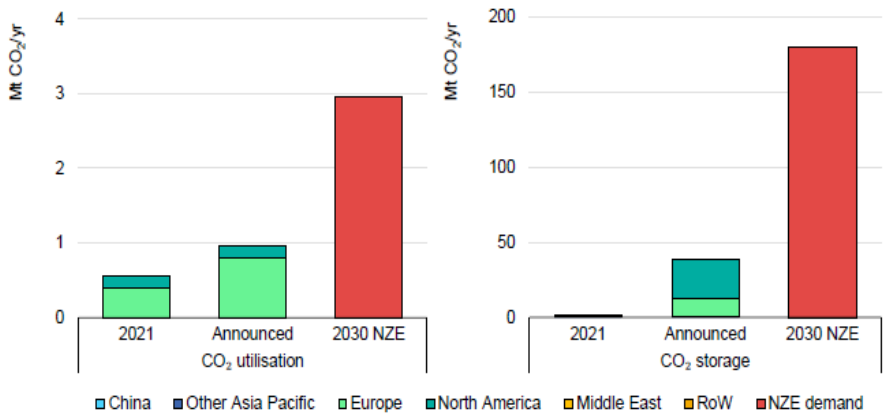
BECCS

●一般にバイオマス発電とCCSとを組み合わせた技術。大気中CO_2をバイオマスとして固定し、エネルギーなどで活用、発生するCO_2の貯留と組み合わせでネガティブエミッションを実現

●バイオマスからの水素製造やバイオプロセスで発生するCO_2を対象とする場合や、炭酸塩化との組み合わせで固定化する場合も、BECCSに含まれることもある

●2021現在、CO_2回収量で100万t/年規模(エタノール発酵で発生するCO_2が対象)のものを含め、複数のBECCSが北米で稼働中。CCUも含め、2030年までに約40Mtの計画。

Figure 4.16 Capacity of bioenergy with CO_2 captured for use and storage by country/region according to announced projects and in the NZE Scenario



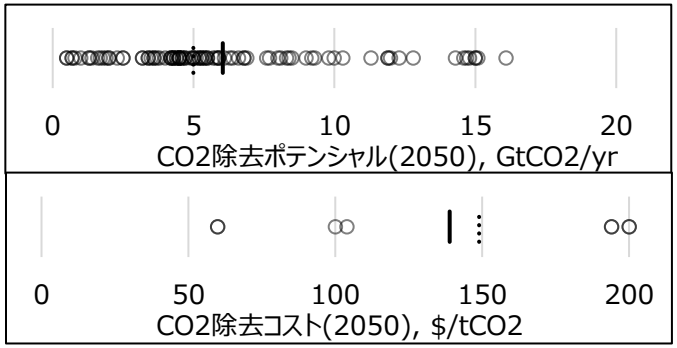
IEA. CC BY 4.0.

Notes: NZE = Net Zero Emissions by 2050 Scenario. Announced capacity includes existing capacity. Includes only large-scale projects (>0.1 Mt CO_2 per year) with an announced timeline, targeting CO_2 capture from biofuel production, heat and power plants, industrial facilities, or hydrogen production relying partly or fully on biomass. Some projects (e.g. cement or waste-to-energy facilities) also include capture of non-biogenic emissions in communicated capture capacities. When the fraction of biogenic emissions of total captured CO_2 is unknown, it is assumed that the share of biogenic emissions is 10% in cement facilities and 50% in waste-to-energy plants. CO_2 utilisation includes projects targeting low-emission synthetic fuel production. CO_2 storage includes projects targeting dedicated storage.

出所：IEA"Energy Technology Perspectives 2023"

TRL	$GtCO_2$/年	$/$tCO_2$	m^2/tCO_2	固定期間	効果検証	日本での実施
7	5.0	149	379	○	済	△

CO_2除去ポテンシャル・コストのデータ |平均, ⁞中央値



Pros

・バイオマス発電/分離回収/CCSはほぼ完成された技術
・持続可能なエネルギーの供給とネガティブエミッションの両立
・永久貯留
・除去効果の検証が容易
・木質資源ポテンシャル

Cons

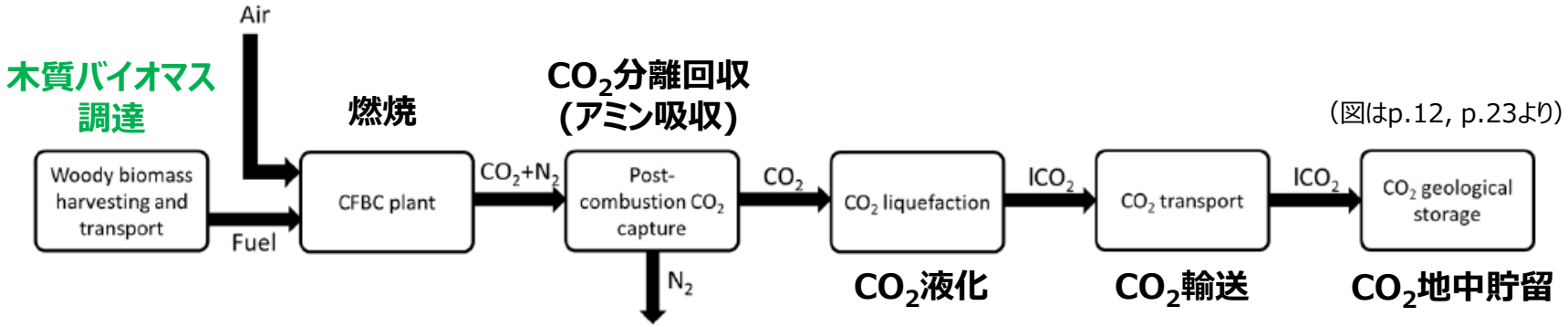
・CO_2除去コスト
・日本での貯留ポテンシャルやバイオマスの入手性
・必要面積
・CCSの追加による効率のペナルティ

BECCS（国内でのコスト分析例）

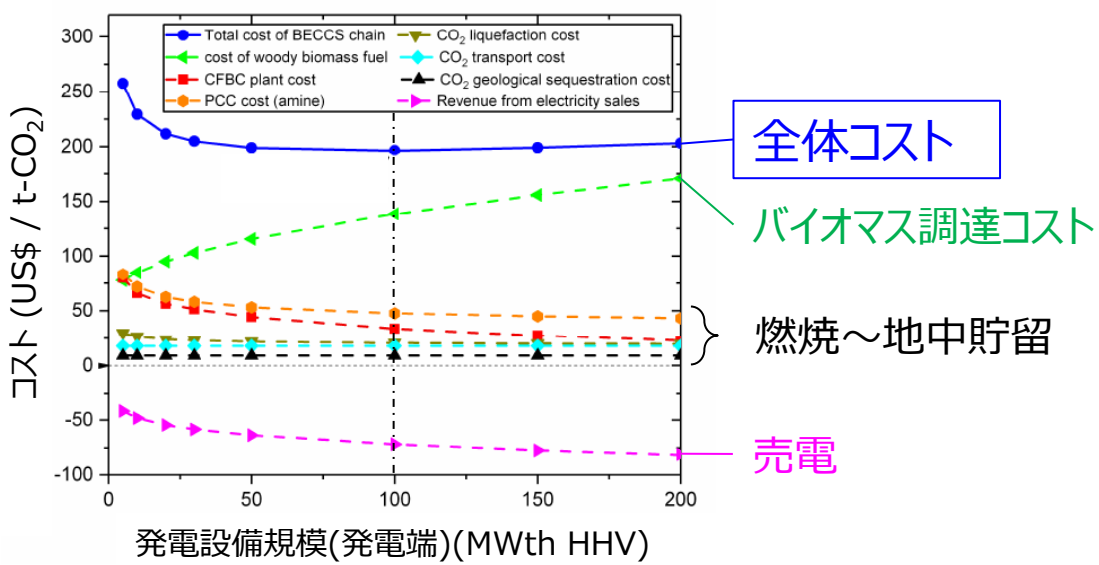
- 国内の木質バイオマス利用を想定した技術経済評価。燃料調達からCO_2地中貯留までの６つのプロセスおよび売電を検討に含め、発電規模を変えたときのコストを試算。
- 100 MWの発電施設で、総コストは約200ドル(2.2万円) /t-CO_2（112円/US$）。

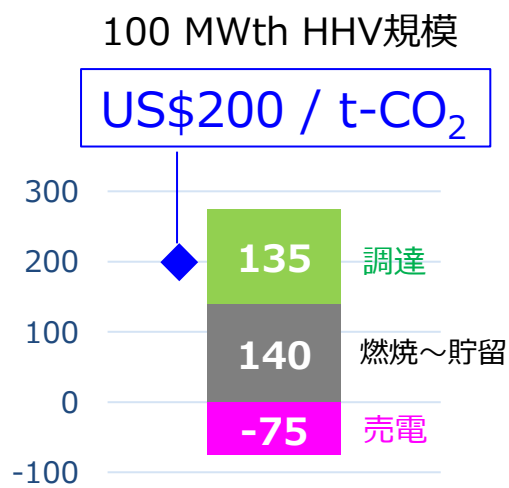
日本の木質バイオマス資源利用によるBECCSのコスト試算

出所：M. Keller, J. Otomo et al., “Techno-economic evaluation of BECCS via chemical looping combustion of Japanese woody biomass”, Int. J. Greenh. Gas Control.,83(2019)69-82.



（図はp.12, p.23より）





参考文献リスト(1/3)

ページ	文献
1, 2 (共通)	1: IEA, Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector, 2021. https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050 2: ICEF, ICEF 2020 Roadmap: Biomass Carbon Removal and Storage (BiCRS), 2021. https://www.icef-forum.org/roadmap/ 3: L.L. Taylor, C.T. Driscoll, P.M. Groffman, G.H. Rau, J.D. Blum, and D.J. Beerling, Biogeosciences, 18, 169-188, 2021. https://bg.copernicus.org/articles/18/169/2021/ 4: M. Kuittinen, C. Zernicke, S. Slabik, and A. Hafner, Archit. Sci. Rev., 2021. https://doi.org/10.1080/00038628.2021.1896471 5: M. Fasihi, O. Efimova, C. Breyer, J. Clean. Prod. 224, 957-980, 2019. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619307772 6: D.W. Keith, G. Holmes, D.St. Angelo, K. Heidel, Joule 2, 1573-1594, 2018. https://www.cell.com/joule/fulltext/S2542-4351(18)30225-3#%20 7: 室井高城, （株）シーエムシーリサーチ, 2021. https://cmcre.com/archives/78988/ 8: National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, The National Academies Press., Washington, DC, 2019. https://nap.nationalacademies.org/catalog/25259/ 9: D.J. Beerling, E.P. Kantzas, M.R. Lomas, P. Wade, R.M. Eufrasio, P. Renforth, B. Sarkar, M.G. Andrews, R.H. James, C.R. Pearce, J.-F. Mercure, H. Pollitt, P.B. Holden, N.R. Edwards, M. Khanna, L. Koh, S. Quegan, N.F. Pidgeon, I.A. Janssens, J.Hansen, and S.A. Banwart., Nature 583, 242-248, 2020. https://doi.org/10.1038/s41586-020-2448-9 10: D.E. Clark, E.H. Oelkers, I. Gunnarsson, B. Sigfusson, S.O. Snabjornsdottir, E.S. Aradottir, and S.R. Gislason, Geochimica et Cosmochimica Acta, 2792020, 45-66, 2020. https://doi.org/10.1016/j.gca.2020.03.039. 11: C. Myers, and T. Nakagaki, Environ. Res. Lett. 15 124018, 2020. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/abc217 12: A.T. Kearney Energy Transition Institute., 2019. https://www.energy-transition-institute.com/documents/17779499/17781915/negative-emissions-technologies.pdf/6b380603-b436-6003-7abb-93a8124f9357?t=1571119906000 13: T. Terlouw, C. Bauer, L. Rosa, M. Mazzotti, Energy Environ. Sci.,14, 1701-1721, 2021. https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2021/ee/d0ee03757e#!divRelatedContent&articles 14: IEA, ETP Clean Energy Tech. Guid., 2021. https://www.iea.org/articles/etp-clean-energy-technology-guide

参考文献リスト(2/3)

ページ	文献
1, 2 (共通)	15: Coalition for Negative Emission, The case for Negative Emissions, 2021. https://coalitionfornegativeemissions.org/wp-content/uploads/2021/06/The-Case-for-Negative-Emissions-Coalition-for-Negative-Emissions-report-FINAL.pdf 16: 桑江 朝比呂, 吉田 吾郎, 堀 正和, 渡辺 謙太, 棚谷 灯子, 岡田 知也, 梅澤 有, 佐々木 淳, 土木学会論文集B2(海岸工学), 75, 10-20, 2019. https://www.jstage.jst.go.jp/article/kaigan/75/1/75_10/_article/-char/ja/ 17: Sabine Fuss, , W.F. Lamb, M.W. Callaghan, J. Hilaire, F. Creutzig, T. Amann, T. Beringer, W.O. Garcia, J. Hartmann, T. Khanna, G. Luderer, G.F. Nemet, J. Rogelj, P. Smith, J.L.V. Vicente, J. Wilcox, M.M.Z. Dominguez, and J.C. Minx, Environ. Res. Lett., 13, 063002, 2018. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aabf9f/meta 18: M.S. Blondes, M.D. Merrill, S.T. Anderson, and C.A. DeVera, U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2018, 5079, 29, 2018. https://doi.org/10.3133/sir20185079. 19: P. Kelemen, S.M. Benson, H. Pilorge, P. Psarras, and Jennifer Wilcox, Front. Clim., 1, 2019. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fclim.2019.00009 20: ICEF, Roadmap: Carbon Mineralization, 2021. https://www.icef.go.jp/pdf/summary/roadmap/icef2021_roadmap.pdf 21: IPCC, SPECIAL REPORT Global Warming of 1.5 ℃, 2019. https://www.ipcc.ch/sr15/ 22: World Economic Forum, McKinsey & Company, Nature and Net Zero, 2021. https://www.weforum.org/reports/nature-and-net-zero 23: Goldman Sachs Group Inc, Carbonomics, 2021. https://www.goldmansachs.com/insights/pages/gs-research/carbonomics-gs-net-zero-models/report.pdf 24: NGFS, Scenarios Portal, 2022. https://www.ngfs.net/ngfs-scenarios-portal/data-resources 25: A. Hornung, F. Stenzel, and J. Grunwald, Biomass Conv. Bioref., 2021. https://doi.org/10.1007/s13399-021-01284-5 26: J. Strefler, T. Amann , N. Bauer, E. Kriegler, and J. Hartmann, Environ. Res. Lett., 13,034010, 2018. https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaa9c4 27: J.O. Asibor, P.T. Clough, S.A. Nabavi, and V. Manovic, J. Env. Man., 294, 113039, 2021. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479721011014 28: J. Full, S. Ziehn, M. Geller, R.Miehe, and A. Sauer, GCB Bioenergy, 14, 597-619, 2022. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/gcbb.12932 29: J.A. Bennett, M. Abotalib, F. Zhao, and A.F. Clarens, Int. J. Greenh. Gas Control., 111 ,103468, 2021. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1750583621002206

参考文献リスト(3/3)

ページ	文献
1, 2 (共通)	30: S. G.-Freites, C. Gough, and M. Roder, Biom. Bioe. 151, 106164, 2021. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953421002002 31: M. Bui, D. Zhang, M. Fajardy, and N.M. Dowell, Int. J. Hydrog. Energy, 46, 15298-15321, 2021. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360319921005267 32: S. Neto, A. Szklo, and P.R.R. Rochedo, Int. J. Greenh. Gas Control., 110, 103401, 2021. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1750583621001535#! 33: IEA, World Energy Outlook 2022, 2022. https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022 34: IPCC, WGIII AR6, Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change, 2022. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/