



2050年カーボンニュートラル実現に向けた技術リストの第2弾を作成

有望なカーボンニュートラル技術をCO2排出削減量のポテンシャル、CO2排出削減コスト、特許件数および技術成熟度の観点から整理して一覧化

はじめに

2020年10月26日、日本政府は2050年までに温室効果ガスの排出量を全体としてゼロにする、すなわち2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すことを宣言した^{*1}。温室効果ガスには二酸化炭素（以下、CO2と記載）、メタン、一酸化二窒素、フロン等が含まれるが、CO2が90%以上を占める^{*2}。本シリーズのレポートではCO2を対象とし、CO2の排出量と吸収量を相殺して実質的にゼロにすることを旨とする技術にフォーカスする。

日本で2050年のカーボンニュートラルを達成するためには、CO2排出量を実質ゼロにすることに貢献する技術の社会実装に向けた現実解（道筋）が必要である。政府の方針では、CO2排出削減及びCO2吸収に関する様々な技術を組み合わせることで達成する目算だが、今後は計画の具体化と共に、その進捗状況に応じて官民で推進する技術開発と社会実装の取り組みを地道に、堅実にブラッシュアップしていくことが重要であると考えられる。

デロイト トーマツ グループの科学技術イニシアチブDeloitte Tohmatsu Science and Technology（以下、DTSTと記載）では、カーボンニュートラルに貢献する技術をCO2排出削減量のポテンシャル及びCO2排出削減コスト、技術成熟度等の観点から整理して比較するリスト（以下、技術リストと記載）の作成を試みており、本稿掲載の技術リストはそのプロトタイプ第2弾である。第1弾の技術リストでは、調査を行う上での前提条件等の作成手法に注力し、一部技術についてのみ掲載した。

本稿第2弾では、技術調査を本格化し、掲載する技術を30個まで拡大するとともに、特許件数の項目を追加した技術リストとしてまとめた。今後、この技術リストに有望な技術を順次加えて拡充し、データの精査と定期的な見直しを行うことで、日本のカーボンニュートラル実現に向けた技術の社会実装戦略の立案や、企業・自治体の取り組み内容の検討の一助となれば幸いである。

背景と目的

昨今、2050年のカーボンニュートラル実現に向けて官民が盛んに政策立案や技術開発に取り組んでいる。しかし、多種多様な技術がある中で、CO2排出削減量のポテンシャルや技術開発から社会実装までに要する費用、現在の技術成熟度等が一覧で整理された比較可能なリストが見当たらない状況である。

また、研究機関・企業等による技術開発状況や、官公庁による法制度等仕組みの整備状況といった情報も散在しているため、全体感を持った議論ができずにどこから手を付けてよいのかがわかりにくいことが一つの課題と考えられる。

日本のカーボンニュートラル実現に向けて各技術に関してその削減ポテンシャル等と同じ観点で整理した技術リストを社会へ広く公開していくことで、多様なステークホルダーを巻き込みやすくし、有望な技術の社会実装を目指す議論が一步でも前進することを期待したい。

今後も、既存の技術のみならず、新しい有望技術の洗い出しやCO2排出削減量のポテンシャル及びCO2排出削減コストの試算、特許件数、法規制等を踏まえた技術成熟度等を調査し整理することで、各技術を網羅的に俯瞰できるよう技術リストとして更新を続けていく。

（注：本技術リストに含まれる数値は、一定の前提の基で算出した参考値であるため、これらに全面的に依拠して判断を下すこと等はないようお願い致します。また本稿に関連して生じた損害または障害等に関しては、その理由の如何に関わらず、当社は一切責任を負うものではありません。）

技術リストの作成方法

技術リストの設計思想

技術リストの設計にあたって、本稿では以下のステップを想定している。

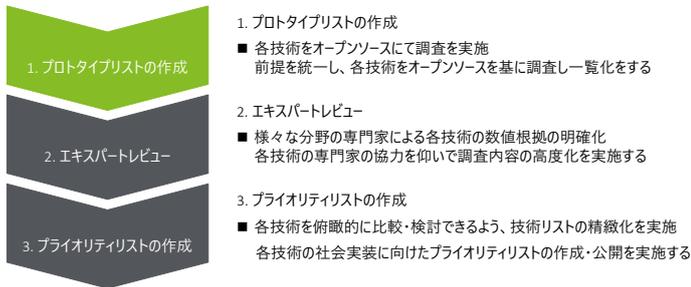


図1：技術リスト作成の設計思想

現在は「1. プロトタイプリストの作成」を開始したところである。本ステップでは、各技術を調査していく上での共通前提を定義し、オープンソースの情報を基に可能な限り客観的な情報で技術を整理・一覧化することを目指している。

技術リストの作成手順

■ 調査分析対象とする技術候補の収集

対象技術は経済産業省「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」2021年6月18日発行版³から抽出した。

■ 技術タイプの定義

本技術リストにおいてはカーボンニュートラルに関する技術について、運用時のCO₂排出有無により大きく以下の3つの技術タイプを定義し、各技術を分類した。一部技術については実運用する際、他のタイプの技術と組み合わせて利用されるため、技術によっては複数のタイプにわたり分類されるものもある。したがって、本技術リストにおいては、各技術を下記の定義に基づいて大まかな分類を行った。

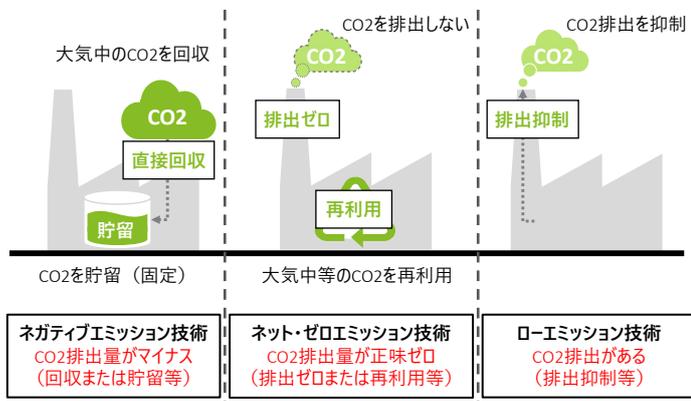


図2：各技術タイプのイメージ図

➤ ネガティブエミッション技術

- 大気中からCO₂を回収または貯留する技術（図2の左）をネガティブエミッション技術とした。CO₂を回収・貯留するため排出量はマイナス、すなわちCO₂を吸収する技術である。
- 例としてはCO₂を大気中から直接回収するDAC技術（Direct Air Capture）やCO₂を貯留する二酸化炭素貯留技術（CCS：Carbon dioxide Capture and Storage）等が該当する。

➤ ネット・ゼロエミッション技術

- 大気中へ新たなCO₂を排出しない技術（図2の中央）をネット・ゼロエミッション技術とした。CO₂を排出しない、または大気中等のCO₂を回収し、再利用することで正味のCO₂排出量がゼロとなる技術である。
- 例としては風力発電をはじめとする再生可能エネルギーやバイオ由来のグリーンLPGをはじめとするカーボンサイクル技術等が該当する。

➤ ローエミッション技術

- 大気中へのCO₂を排出を抑制する技術（図2の右）をローエミッション技術とした。CO₂を排出するが、既存の技術と比較してCO₂排出量を抑制する技術である。
- 例としては火力発電所の高効率化や次世代自動車活用による省エネルギー技術等が該当する。

■ 技術の選定

今回のプロトタイプリストの第2弾として作成する技術リストでは、2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略にて紹介されているネガティブエミッション技術に関連した技術に加えて、ネット・ゼロエミッション技術に関連する技術及びローエミッション技術に関連する技術を追加した。カーボンニュートラルの実現には、ネガティブエミッション技術、ネット・ゼロエミッション技術、ローエミッション技術を組み合わせて、トータルでCO₂排出量をゼロにすることが求められる（図3）。したがって、これらの技術のうち主要とされ、調査可能な技術を第2弾の調査対象とした。

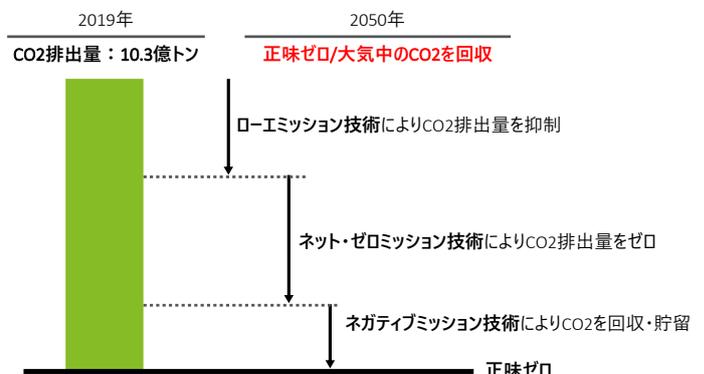


図3：2050年に向けて日本が目指すべき姿（正味ゼロ排出のイメージ）

■ 対象技術の分析項目

本技術リストにおいて整理する項目は以下の4点とした。

➤ CO₂排出削減量

- 既存技術を全て新技术に置き換えた場合と仮定した場合に、CO₂排出削減が可能なポテンシャル量としてCO₂排出削減量を試算した。年間CO₂排出削減量を示し、単位は百万t-CO₂/年 で表した。

➤ CO₂排出削減コスト

- 各技術を用いてCO₂を1トン削減する上で必要な費用であり、単位は千円 / t-CO₂ で表した。

➤ 特許件数

- 各技術に関連した特許技術が世界中で出願されている件数であり、単位は 件 で表した。
- 特許件数については表1の検索条件を用いて調査を行った。

表1：特許件数の調査を行う上での特許検索条件

使用データベース	Derwent Innovation ^{*4}
調査対象	2010年1月1日～2021年11月30日までに出版、登録および公開された特許
調査対象国	日米欧中等主要国を含むDerwent Innovation収録のすべての国（90か国以上）
検索式	当該技術に関する国際特許分類（IPC）、当該技術に関する技術的キーワードを使用して作成

➤ 技術成熟度

- 各技術の現時点における到達度を表す。技術成熟度はNASAが公開しているTechnology Readiness Level Definitionsの定義を参考にした（表2）*5。
- 第一弾にて公開した技術リストでは環境省が“TRL 計算ツール利用マニュアル”にて公開している技術成熟度（以下、TRLと記載）の定義に従って8段階のTRLを用いていた。
- しかしNASAや欧州委員会のHorizon2020等をはじめとして世界では9段階のTRLが広く利用されているため、本技術リストから9段階のTRLを用いることにした。

表2：本技術リストにおける技術成熟度の定義一覧

レベル	定義	フェーズ
9	実際のシステムとして運用を成功させている	事業化
8	実際のシステムが完成し、テストと実証を成功させている	
7	運用環境においてシステムのプロトタイプが実証されている	実証
6	運用と近い環境においてシステムのプロトタイプが実証されている	
5	運用と近い環境において要素技術の検証がされている	応用研究 開発
4	実験室レベルにおいて要素技術の検証がされている	
3	解析と実験により重要な機能や特徴の概念実証がされている	
2	技術に係わる概念や応用が定式化されている	基礎研究
1	技術に係わる基礎的な原理の発見と報告がされている	

出所：NASAの資料*5を及び産業技術総合研究所研*6の資料を基にデロイト作成

■ 情報ソース

各技術を調査する上で客観的な情報を基に整理を行うため、以下のような情報ソースを活用した。

- 国・公的組織等による公開資料
- 大学・研究所等の研究機関による公開資料
- 技術を有している企業による公開資料

■ エビデンスタイプ

各情報ソースのエビデンスタイプを以下の4つに分類した（表3）。今回の技術リストにおいては表3に示すエビデンスタイプⅠ～Ⅲまでの情報ソースを基に作成した。

本技術リストは日本のカーボンニュートラル実現を目指すものとして作成しており、日本独自の事情を考慮していきたい。例えば製品を製造する際に利用する電気等のエネルギー源のCO2排出量により、同じ製品によってもLife Cycle Assessment（以下、LCAと記載）によるCO2排出量が異なる事象が発生する。また、将来的には日本独自の法規制や不動産事情、そうしたビジネス条件による採算への影響も織り込んでいきたい。

そのため、可能な限り日本国内のデータセットを利用する方針としている。

表3：エビデンスタイプ

No.	エビデンスタイプ	概要
I	日本のデータセット	日本国内における実証実験等による情報ソース
II	海外のデータセット	海外における実証実験等による情報ソース
III	論文	論文等による情報ソース
IV	エキスパートオピニオン	各技術の専門家による情報ソース

■ CO2排出削減量・CO2排出削減コスト試算の前提・制約条件

日本国内におけるCO2排出削減量とCO2排出削減コストを試算する上では、活用可能なデータの種類や量、各情報ソースにおける前提の違い等様々な制約があるため、以下のように前提条件を揃えたり、制約条件があることを認識したうえで検討した。

- ターゲット時期について
 - 2050年までに日本国内にて現在の技術を全て新技術に置き換えた場合を想定してCO2排出削減量のポテンシャルを試算した。
- CO2排出削減量について
 - CO2排出削減量は、2050年においてどれくらいCO2排出の削減が可能かを示すポテンシャル量である。現在の需要・供給量に対して、現在の技術を全て新技術に置き換えて、最大限に利用できると仮定して算出した。なお、2050年における需要・供給量は試算・考慮しない。
 - CO2排出削減量の算出は、可能な限り原料の調達から製品の破棄等終わりまでの製品ライフサイクル全体（LCA）を考慮して既存技術と新技術で比較した。
 - CO2排出削減量に関して、他の技術とのダブルカウントについては考慮しない。
- CO2排出削減コストについて
 - CO2排出削減コストは、CO2排出削減量及び技術の導入・運用費用（技術開発費用は含まず）を用いて算出した。
 - 技術を導入・運用する上で必要な費用については、オープンソースのデータがある場合はそれらを利用し、現時点で不十分であると判断した場合には類似事例等を基に算出を行った。類似事例等もない場合、オープンソースにて調査可能な数値を複数用いて推定した。
 - 耐用年数について、情報がある場合はその情報を、ない場合は一律20年と仮定した。
- 技術の粒度について
 - 各技術を分類する粒度は、使用する素材や方法、運転条件等いくらでも粒度を細かく分類できてしまうが、際限がなく、データもなくなって整理がそもそもできなくなるため、一般的な技術名称レベルにとどめた。
- 技術同士のカニバリゼーションについて
 - ある技術が発展するともう一方の技術のシェアが下がるといった関連技術同士のカニバリゼーションについては考慮しないこととした。
- 算出結果の数値全般、TRLの妥当性について
 - 専門家や技術を分類する粒度によって見解が分かれるところが多いと理解している。しかし、算出や評価をまず行わなければ、比較することはできないため、妥当性を追求するよりは広く情報を整理することを優先した。
 - 一方で、算出や評価にあたっては、科学技術のバックグラウンドを有するDTSTのプロフェッショナル複数人が一つの技術をレビューして計算の妥当性や数値の根拠、算出された数値を相互確認し、責任者が全てのプロセスを確認している。さらに、本稿作業メンバーとは別組織のデロイト トーマツ グループのプロフェッショナル複数人が本稿全体をレビューするという重層的な確認プロセスを経た。

技術リスト（プロトタイプ）

技術リストについて

第1弾技術リストの対象であるネガティブエミッション技術に加えて、ネット・ゼロエミッション技術及びローエミッション技術を追加してプロトタイプリストとして作成した第2弾の技術リストは下表のとおりである（表4, 表5, 表6）。本稿においては各技術の試算の仕方の例として、吸収型コンクリート及びバイオマスによるグリーンLPガスの生成によるCO2排出削減量の試算を示した。各々の技術の試算をする上で、公開されている情報ソース（吸収型コンクリート^{*3, *29-32}、バイオマスによるグリーンLPガス^{*106-110}）を利用した。

技術リスト作成の試みから得られた示唆

今回調査した結果は、前頁“技術リストの作成方法”を基に科学技術のパックグラウンドを有するDTSTのプロフェッショナルが算出した値ではあるが、その結果は数ある算出方法の中から算出した一例である。技術によって成熟度は異なっており、金額コストに関するデータ等の有無に差が大きく、多くの値においては数値を仮定した上で算出を行っている。さらに、既存の技術を全て新しい技術に置き換えた上で仮定したポテンシャル量としてCO2排出削減量を算出しているため、各数値においては他の技術とのダブルカウントが含まれるケースもあるであろう。本技術リストにおいてはそれぞれの値の具体

的な算出方法について紙面の制約上2例のみ例示するが、今後公開していく技術リストにおいては各技術の具体的な前提条件や数値、算出方法も含めて公開していくことを検討する必要があると考えている。

現在の技術リストにおいては技術ソリューションの粒度が異なっており、実際には更に技術を細かく分類できるものも存在するため、次以降は技術の粒度の適切さも検討したい。

CO2排出量の実質ゼロを実現するためにはCO2吸収量がCO2排出量を上回らなければならない。したがって、現在社会実装が始まっているCO2排出を抑制するローエミッション技術だけでなく、CO2を出さない、再利用をするネット・ゼロエミッション技術やCO2を回収、貯蓄するネガティブエミッション技術に関しても更に技術開発、実証実験、社会実装を促進していくことが必要不可欠である。

そのためには本技術リストを活用して、社会全体として有望な技術に対して積極的に投資を行っていくこと、及び技術開発・実証実験・社会実装の状況を適宜把握し、更なる打ち手を堅実・着実に検討・実行していくことが重要であると考えている。

表4：ネガティブエミッションに関する技術リスト

技術ソリューション	CO2排出削減量 [百万t-CO2/年]	CO2排出削減コスト [千円/t-CO2]	特許数 [件]	技術成熟度 [レベル]	エビデンスタイプ
エリートツリーの普及によるCO2固定	250	(調査中)	(調査中)	8	日本のデータセット ^{*7-13}
人工光合成によるプラスチック原料（オレフィン）	45	370	(調査中)	5	論文 ^{*14-22}
合成メタン	37	49	433	6	論文 ^{*23-28}
吸収型コンクリート	30	410	1,879	7	論文 ^{*3, *29-32}
農地におけるバイオ炭の投入によるCO2固定	7.6	190	(調査中)	7	日本のデータセット ^{*33-40}
木造高層ビルの普及によるCO2削減	6.0	(調査中)	(調査中)	7	日本のデータセット ^{*41-42}
膜分離・化学・物理吸収によるCO2分離及び圧縮貯留	4.9	7.0	7,029	4	論文 ^{*43-44}
鉄鋼スラグを活用したブルーカーボン	3.4	540	(調査中)	8	日本のデータセット ^{*45-47}
微生物によるCO2リサイクル	0.18	(調査中)	916	4	日本のデータセット ^{*48-49}
DAC：Direct Air Capture（分離・回収まで）	(調査中)	44	(調査中)	6	日本のデータセット ^{*26, *50-53}

表5：ネット・ゼロエミッションに関する技術リスト

技術ソリューション	CO2排出削減量 [百万t-CO2/年]	CO2排出削減コスト [千円/t-CO2]	特許数 [件]	技術成熟度 [レベル]	エビデンスタイプ	
洋上風力発電	(調査中)	着床式	26	11,119	9	日本のデータセット ^{*54-58}
		浮体式	(調査中)	(調査中)	6	
事業用太陽光発電	480	16	45,351	9	日本のデータセット ^{*54-60}	
陸上風力発電	440	22	(調査中)	9	日本のデータセット ^{*54, *55, *57, *61, *62}	
住宅用太陽光発電	170	15	45,351	9	日本のデータセット ^{*54, *56, *57, *60, *63}	
石炭による火力発電におけるアンモニアの混焼	100	20	481	5	論文 ^{*57, *64-66}	
水素発電	(調査中)	混焼	(調査中)	(調査中)	7	日本のデータセット ^{*54, *67-70}
		専焼	(調査中)	704	6	
地熱発電	76	14	1,655	9	日本のデータセット ^{*54-57, *71, *72}	
中小水力発電	36	12	(調査中)	9	日本のデータセット ^{*54-57, *73, *74}	
アンモニア燃料船	22	(調査中)	(調査中)	4	論文 ^{*75-84}	
LNG 燃料船	4.8	39	48	8	論文 ^{*77, *80, *82, *83, *85-89}	
燃料電池船	3.5	220	539	7	論文 ^{*78, *87, *90-97}	
EV船（蓄電池船）	2.9	100	49	8	論文 ^{*91, *95, *98-105}	
バイオマスによるグリーンLPガス	2.8	9.2	108	5	日本のデータセット ^{*106-110}	

表6：ローエミッションに関する技術リスト

技術ソリューション	CO2排出削減量 [百万t-CO2/年]	CO2排出削減コスト [千円/t-CO2]	特許数 [件]	技術成熟度 [レベル]	エビデンスタイプ
合成燃料（ガソリン代替）	110	320	855	6	海外のデータセット ^{*111-115}
電気自動車	95	170	28,431	9	日本のデータセット ^{*112, *116-122}
SAF （持続可能な航空燃料）	HEFA	(調査中)	(調査中)	(調査中)	日本のデータセット ^{*123-127}
	FT-SPK	31	(調査中)	(調査中)	
	SIP-HFS	(調査中)	(調査中)	(調査中)	
	ATJ-SPK	(調査中)	(調査中)	(調査中)	
高炉水素還元製鉄	11	(調査中)	(調査中)	5	日本のデータセット ^{*128-132}
バイオマス由来プラスチック（微生物生産に限定）	10	(調査中)	(調査中)	8	日本のデータセット ^{*3, *133-138}
定置用燃料電池	6.5	180	(調査中)	9	日本のデータセット ^{*70, *96, *139-143}
FCバス	1.5	580	2,993	8	日本のデータセット ^{*96, *112, *117, *122, *144-153}

試算例

CO2排出削減量の試算例1

吸収型コンクリートにおけるCO2排出削減量の具体的な試算方法及び試算する上で用いた仮定の値は以下の通りである。(式1及び表7)。

式1：吸収型コンクリートのCO2排出削減量の試算に用いた式

$$\text{CO2排出削減量} = (\text{既存技術によるCO2排出量} - \text{新技術によるCO2排出量}) \times (\text{国内生コンクリートの出荷量})$$

表7：吸収型コンクリートのCO2排出削減量の試算に用いた仮定

項目	値	備考
既存技術によるCO2排出量	330 [kg/m ³]	大成建設株式会社が発表したカーボンサイクル・コンクリート「T-eConcrete®/Carbon-Recycle」を開発にて掲載されている普通コンクリートCO2排出量の最大値 ^{*29} とした。
新技術によるCO2排出量	-55 [kg/m ³]	大成建設株式会社が発表したカーボンサイクル・コンクリート「T-eConcrete®/Carbon-Recycle」を開発にて掲載されているCO2吸収型コンクリートのCO2排出量の最大値 ^{*29} とした。
国内生コンクリートの出荷量	7,900万 [m ³ /年]	国土交通省による令和2年度 主要建設資材需要見通し報告にある生コンクリートの令和2年度における需要見通しの値 ^{*30} とした。

CO2排出削減量の試算例2

バイオマスによるグリーンLPガスの生成におけるCO2排出削減量の具体的な試算方法及び試算する上で用いた仮定の値は以下の通りである。(式2及び表8)。
バイオガスから製造したグリーンLPガスはカーボンニュートラルであり、化石燃料から得られたLPガスがバイオガス由来のLPガスに置き換わった場合、その分CO2排出量は減少するとした。

式2：バイオマスによるグリーンLPガスの生成のCO2排出削減量の試算に用いた式

$$\begin{aligned} \text{CO2排出削減量} &= \text{既存のLPガスにおけるCO2排出量} \\ &= (\text{既存LPガスの単位量あたりのLCAにおけるCO2排出量}) \times (\text{DME}^{\ast 3} \text{生成ポテンシャル}) \\ (\text{DME生成ポテンシャル}) &= (\text{利用可能なバイオガスのポテンシャル量}) \times (\text{単位バイオガス量あたりのDME生成量}) \end{aligned}$$

^{*3} DME：Di-Methyl Ether（ジメチルエーテル）：LPガスと同等に扱うことができる可燃性ガス

表8：バイオマスによるグリーンLPガスの生成のCO2排出削減量の試算に用いた仮定

項目	値	備考
利用可能なバイオガスのポテンシャル量	161,436万 [m ³ /年]	日本LPガス協会によるDME混合によるLPガスの低炭素化（令和3年3月25日）資料 ^{*107} 及び農林水産省によるバイオマスの活用をめぐる状況資料 ^{*108} の各廃棄物ごとにメタン潜在生成量と利用ポテンシャルを掛けて合計した値を利用可能なバイオガスのポテンシャル量の値とした。
単位バイオガス量あたりのDME生成量	5.11[t-DME/万 m ³]	日本LPガス協会によるグリーンLPガスの生産技術開発に向けた研究会 報告書(令和3年5月12日)のプラント規模と年間稼働日から年間のDME生成量を算出した ^{*106} 。次に算出した年間DME生産量を、原料バイオガス量で割った値を単位バイオガス量あたりのDME生成量の値とした。
既存LPガスの単位量あたりのLCAにおけるCO2排出量	3.34 [t-CO2/t-LPG]	日本LPガス団体協議会によるLPガス読本にあるエネルギー別二酸化炭素排出原単位におけるLPガスの値 ^{*110} とした。

今後のステップ

本技術リストはカーボンニュートラルを実現するための技術を、CO2排出削減量のポテンシャル、CO2排出削減コスト、特許件数、技術成熟度の観点から整理をする技術リストの作成を目指す上でのプロトタイプリストである。
本技術リストを社会実装に役立つものにするためには、技術リストに掲載する技術数の拡充に加え、調査分析に用いるデータの拡充と精査、各技術によるCO2排出削減量・吸収量のダブルカウントの考慮、前提条件の精緻化と統一、各技術の粒度統一や統合といった検討が必要である。
さらには、新技術の社会実装に関連する法規制や社会的な受容性といった観点を加えたうえで、実現可能性の優先順位を検討したい。
したがって、引き続き今回掲載した以外の多種多様な技術について調査分析を実施していくと共に、各技術の専門家の知見等を取り入れた上で、本検討の精度を高めていきたい。

そのためには、本稿の作成に関わったメンバーだけではなく、デロイト トーマツ グループ内外の研究者・政府・企業等、様々な分野の専門家との協働が必要不可欠である。

今後この活動を周知し様々な専門家との協働を加速させることで、重要技術の社会実装を促しカーボンニュートラル達成への貢献を目指す。また、中長期にわたって定期的に技術リストの内容を再調査及び他の新技術の追加調査等を実施していくことで本技術リストを更新し、各技術を俯瞰的に比較・検討ができるプライオリティリストとして公開していくことを目指す。

本取り組みにご関心のある方、カーボンニュートラルを実現する技術に関する情報提供や連携のご相談等は本技術リストの末尾にあるDeloitte Tohmatsu Science and Technology CNチームのメールアドレス宛にまでご連絡をお願い致します。

参考資料

- *1 首相官邸第二十三回国会における菅内閣総理大臣所信表明演説
<https://www.kantei.go.jp/jp/99_suga/statement/2020/1026shoshinhyomei.html>
(2021年7月1日アクセス)
- *2 環境省 2019年度(令和元年度)の温室効果ガス排出量(確報値)について
<<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg-mrv/emissions/results/material/honbun2019rev2.pdf>>
(2021年7月1日アクセス)
- *3 経済産業省 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略
<<https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210618005/20210618005.html>>
(2021年7月1日アクセス)
- *4 クラリベイト・アナリティクス Derwent Innovation
<<https://clarivate.com/derwent/ja/solutions/derwent-innovation/>>
(2021年11月30日アクセス)
- *5 NASA Technology Readiness Level Definitions
<https://www.nasa.gov/pdf/458490main_TRL_Definitions.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *6 国立研究開発法人産業技術総合研究所 技術成熟度
<<https://unit.aist.go.jp/adperc/ci/research/outline3.html>>
(2021年11月30日アクセス)
- *7 (国研) 森林研究・整備機構森林総合研究所林木育種センター エリートツリーの開発・普及
<<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kanbatu/houkokusho/attach/pdf/souseiju2019-7.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *8 (独) 森林総合研究所 温暖化対応推進拠点 一般向け算定・報告解説(090130)
<<https://www.ffpri.affrc.go.jp/research/dept/22climate/kyuushuuryou/documents/page1-2-per-a-tree.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *9 林野庁 モデル地区における森林施業の考え方
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kokuyu_rinya/kakusyuo_siryu/pdf/00271_3_h18_003.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *10 林野庁 都道府県別森林率・人工林率(平成29年3月31日現在)
<<https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/genkyou/h29/1.html>>
(2021年11月30日アクセス)
- *11 農林水産省 みどりの食料システム戦略
<<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/midori/attach/pdf/index-7.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *12 林野庁 森林・林業基本計画の概要
<<https://www.rinya.maff.go.jp/j/press/kikaku/attach/pdf/210615-4.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *13 (国研) 森林研究・整備機構森林総合研究所林木育種センター エリートツリーの普及に向けた今後の課題について
<<https://www.ffpri.affrc.go.jp/ftbc/rinbokuikusyugijyutusenryakuiinkai/documents/konnongokadai.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *14 ARPChem 人工光合成PJについて
<https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/jisedai_karyoku/pdf/002_02_05.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *15 NEDO 世界初、人工光合成により100m2規模でソーラー水素を製造する実証試験に成功
<https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101473.html>
(2021年11月30日アクセス)
- *16 新エネルギー・産業技術総合開発機構「二酸化炭素原料化基幹化学品製造プロセス技術開発」事業原簿【公開】
<<https://www.nedo.go.jp/content/100899250.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *17 内閣府「ボトルネック課題研究会」CO2 利用に当たってのボトルネック課題及び研究開発の方向性
<<https://www8.cao.go.jp/cstp/stmain/houkousei.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *18 株式会社東レリサーチセンター エネルギー・環境分野における有望技術の技術課題に関する包括的調査
<<https://www8.cao.go.jp/cstp/stmain/houkokusho.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *19 石油化学協会 石油化学製品の生産
<<https://www.jpca.or.jp/statistics/annual/seisan.html>>
(2021年11月30日アクセス)
- *20 NEDO「二酸化炭素原料化基幹化学品製造プロセス技術開発」(中間評価)
<<https://www.nedo.go.jp/content/100899249.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *21 newsclip タイ石化最大手PTTGC、オレフィンプラント新設 投資額10億ドル
<<http://www.newsclip.be/article/2018/01/25/35289.html>>
(2021年11月30日アクセス)
- *22 製造産業局 カーボンリサイクル関連プロジェクト(化学品分野)の研究開発・社会実装の方向性
<https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/green_innovation/energy_structure/pdf/004_04_00.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *23 一般財団法人エネルギー総合工学研究所 メタネーションによるカーボンニュートラル・メタン(CNメタン)の経済性評価の調査報告～CO2のコスト評価・排出量評価～
<https://www.iae.or.jp/wp/wp-content/uploads/2020/07/metanation_202003.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *24 資源エネルギー庁 総合エネルギー統計2019年度
<https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/results.html#headline1>
(2021年11月30日アクセス)
- *25 浜松ヒートテック株式会社 技術資料No.11 気体燃料の物性代表値
<http://www.heat-tech.co.jp/business/dm/HHT_DM_No.11.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *26 一般社団法人日本ガス協会 天然ガスの特徴・種類
<<https://www.gas.or.jp/tokucho/>>
(2021年11月30日アクセス)
- *27 European Union's Horizon 2020 research and innovation programme Report on the costs involved with PtG technologies and their potentials across the EU
<https://www.storeandgo.info/fileadmin/downloads/deliverables_2019/20190801-STOREandGO-D8.3-RUG-Report_on_the_costs_involved_with_PtG_technologies_and_their_potentials_across_the_EU.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *28 資源エネルギー庁 今後のガス事業政策について
<https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/denryoku_gas/pdf/033_03_01.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *29 大成建設株式会社 カーボンリサイクル・コンクリート「T-eConcrete®/Carbon-Recycle」を開発
<https://www.taisei.co.jp/about_us/wn/2021/210216_5079.html>
(2021年11月30日アクセス)
- *30 国土交通省 令和2年度 主要建設資材需要見通し
<<https://www.mlit.go.jp/common/001370937.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *31 會澤高圧コンクリート株式会社 コンクリートの比重
<<https://concrete-mc.jp/specificgravity/>>
(2021年11月30日アクセス)
- *32 国土交通省 生コン業界の現状と課題への取組みについて
<<https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/douroshezai/pdf02/5.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *33 立命館大学 HP
<<https://www.ritsumeikan-carbon-minus.org/%E3%83%90%E3%82%A4%E3%82%AA%E7%82%AD%E3%81%AB%E3%81%A4%E3%81%84%E3%81%A6>>
(2021年11月30日アクセス)
- *34 農林水産省 環境政策室 バイオ炭の農地施用を対象とした方法論について
<<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/climate/biochar/attach/pdf/top-4.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *35 総務省統計局 統計データ(8-3 耕地面積)
<<https://www.stat.go.jp/data/nihon/08.html>>
(2021年11月30日アクセス)
- *36 農林水産省 バイオ炭の施用量上限の目安について
<<https://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/ondanka/biochar01.html>>
(2021年11月30日アクセス)
- *37 農林水産省 令和2年耕地面積(7月15日現在)
<https://www.maff.go.jp/j/tokei/kekka_gaiyou/sakumotu/menseki/r2/kouti/index.html>
(2021年11月30日アクセス)
- *38 J-クレジット 方法論 バイオ炭の農地施用
<https://japancredit.go.jp/pdf/methodology/AG-004_v1.0.pdf>
(2021年11月30日アクセス)

- *39 山形大学紀要 第18巻 第2号: 57-84. 平成31年2月 木炭生産者の現状と森林資源管理の課題
<<https://core.ac.uk/download/pdf/269026063.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *40 農業・食品産業技術総合研究機構農業環境変動研究センター バイオ炭普及研究の今と、今後の展望
<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/climate/visual/attach/pdf/r2_3-8.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *41 日本鉄鋼連盟 用途別受注統計(2021年3月 累計)
<<https://www.jisf.or.jp/data/yoto/index.html>>
(2021年11月30日アクセス)
- *42 日鉄総研 日本鉄鋼連盟『ゼロカーボンスチールへの挑戦』実現に向けた課題
<<https://www.esisyab.iis.u-tokyo.ac.jp/symposium/20210204/20210204-05.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *43 IEA World Energy Outlook2019
<<https://iea.blob.core.windows.net/assets/98909c1b-aabc-4797-9926-35307b418c8b/WEO2019-free.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *44 国立研究開発法人科学技術振興機構 CCS (二酸化炭素回収貯留) の概要と展望 (Vol.2)
<<https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2016-pp-06.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *45 J-STAGE 浅海生態系における年間二酸化炭素吸収量の全国推計
<https://www.jstage.jst.go.jp/article/kaigan/75/1/75_10/_pdf/-char/ja>
(2021年11月30日アクセス)
- *46 環境省 閉鎖性海域における水環境改善技術
<https://www.env.go.jp/policy/etv/pdf/list/h21/02_h_4%5B1%5D.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *47 e-Gov 減価償却資産の耐用年数等に関する省令
<<https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=340M50000040015>>
(2021年11月30日アクセス)
- *48 株式会社CO2資源化研究所 UCDI®Technology
<<https://www.co2.co.jp/jp/technology>>
(2021年11月30日アクセス)
- *49 一般財団法人 日本水産油脂協会 平成30年度事業報告書
<<http://www.suisan.or.jp/html/file/h30report.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *50 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 二酸化炭素の Direct Air Capture (DAC) 法のコストと評価
<<https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2019-pp-07.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *51 日刊工業新聞社 工業団地インフォ
<<https://estate.nikkan.co.jp/>>
(2021年11月30日アクセス)
- *52 株式会社富士経済プレスリリース CO2 分離・カーボンサイクル関連市場
<<https://www.fuji-keizai.co.jp/file.html?dir=press&file=20069.pdf&nocache>>
(2021年11月30日アクセス)
- *53 産業競争懇談会 COCN【DAC (Direct Air Capture) 研究会】
<<http://www.cocn.jp/report/1c5b57152a8d0c5c739cfee2693fe42bb1b792d.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *54 電力中央研究所 日本における発電技術のライフサイクルCO2排出量総合評価
<<https://criepi.denken.or.jp/hokokusho/pb/reportDownload?reportNoUkCode=Y06&enpuTypeCode=30&seqNo=1&reportId=8713>>
(2021年11月30日アクセス)
- *55 資源エネルギー庁 エネルギー白書2021
<<https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2021/pdf/>>
(2021年11月30日アクセス)
- *56 環境省 令和元年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報等の整備・公開等に関する委託業務報告書
<<https://www.renewable-energy-potential.env.go.jp/RenewableEnergy/report/r01.html>>
(2021年11月30日アクセス)
- *57 資源エネルギー庁 総合エネルギー調査会 発電コスト検証ワーキンググループ (第8回会合) 資料3各電源の諸元一覧
<https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/mitoshi/cost_wg/pdf/cost_wg_20210908_02.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *58 一般財団法人新エネルギー財団 洋上風力発電の課題について
<https://www.nef.or.jp/keyword/ya/articles_yo_01_05.html>
(2021年11月30日アクセス)
- *59 資源エネルギー庁 再生可能エネルギーとは
<https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/renewable/solar/index.html>
(2021年11月30日アクセス)
- *60 資源エネルギー庁 再エネの大量導入に向けて～「系統制約」問題と対策
<<https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/tokushu/saiene/keitouseiyaku.html>>
(2021年11月30日アクセス)
- *61 NEDO 再生可能エネルギー技術白書
<<https://www.nedo.go.jp/content/100544818.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *62 環境省 令和元年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報等の整備・公開等に関する委託業務報告書
<<https://www.renewable-energy-potential.env.go.jp/RenewableEnergy/report/r01.html>>
(2021年11月30日アクセス)
- *63 資源エネルギー庁 総合エネルギー統計2019年度
<https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/results.html#headline1>
(2021年11月30日アクセス)
- *64 資源エネルギー庁 エネルギー白書2017
<https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/001/pdf/001_02_003.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *65 資源エネルギー庁 石炭火力検討ワーキンググループ中間取りまとめ概要
<https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/denryoku_gas/sekitan_karyoku_wg/pdf/20210423_1.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *66 国立研究開発機構 アンモニア混焼技術 2020年度成果報告会
<<https://www.nedo.go.jp/content/100932835.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *67 環境省 水素社会実現に向けた経済産業省の取組
<https://www.env.go.jp/seisaku/list/ondanka_saisei/lowcarbon-h2-sc/events/PDF/shiryoku06.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *68 経済産業省「大規模水素サプライチェーンの構築」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画
<<https://www.meti.go.jp/press/2021/05/20210518003/20210518003-2.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *69 環境省 電気事業者別排出係数 (特定排出者の温室効果ガス排出量算定用) - R1年度実績 -
<<https://www.env.go.jp/press/files/jp/116530.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *70 経済産業省 今後の水素政策の課題と対応の方向性 中間整理 (案)
<https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/025_01_00.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *71 環境省 我が国の地熱発電の概要
<https://www.env.go.jp/nature/geothermal_power/conf/h2301/mat02.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *72 日本地熱協会 地熱発電の現況と課題
<https://www.ena.or.jp/?fname=gec_2021_1_14.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *73 NEDO 再生可能エネルギー白書第2版
<<https://www.nedo.go.jp/content/100544823.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *74 環境省 令和元年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報等の整備・公開等に関する委託業務報告書
<<https://www.renewable-energy-potential.env.go.jp/RenewableEnergy/report/r01.html>>
(2021年11月30日アクセス)
- *75 経済産業省 次世代船舶の開発 事業概要
<<https://www.nedo.go.jp/content/100938630.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *76 経済産業省 グリーンイノベーション基金事業に係る実施予定先一覧
<<https://www.nedo.go.jp/content/100938629.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)

- *77 国土交通省「次世代船舶の開発」プロジェクトの研究開発・社会実装計画（案）
<https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/green_innovation/industrial_restructuring/pdf/002_04_00.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *78 国際海運GHGゼロエミッションプロジェクト 国際海運のゼロエミッションに向けたロードマップ
<<https://www.mlit.go.jp/common/001344866.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *79 国際海運GHGゼロエミッションプロジェクト 国際海運のゼロエミッションに向けたロードマップ (PPT)
<<https://www.mlit.go.jp/common/001377661.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *80 海上技術安全技術研究所 船舶へのL C Aの適用に関する調査研究
<<https://www.nmri.go.jp/oldpages/env/lca/Paper/pdf/27.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *81 国土技術政策総合研究所 総トン数 (GT) と載貨重量トン数 (DWT)
<<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/rpn/rpn0028pdf/kh0028015.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *82 日本船主協会 世界の商船船腹量の推移
<<https://www.jsanet.or.jp/data/pdf/2020data10-1.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *83 日本船主協会 日本籍船船腹量の推移
<<https://www.jsanet.or.jp/data/pdf/2020data10-5.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *84 日本船主協会 わが国外交商船隊
<<https://www.jsanet.or.jp/data/pdf/2020data40-1.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *85 商船三井 船舶におけるLNG燃料としての現状と今後
<<https://www.mol-service.com/ja/blog/lng-as-ships-fuel>>
(2021年11月30日アクセス)
- *86 NEDO グリーンイノベーション基金事業に係る実施予定先一覧
<<https://www.nedo.go.jp/content/100938629.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *87 日本船舶技術研究協会 国際海運のゼロエミッションに向けた産学官公の総合戦略
<<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001389406.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *88 海上技術安全研究所 GHG削減船の実現に向けた検討
<https://www.nmri.go.jp/event/presentation/R3/lecture_13.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *89 一般財団法人 運輸総合研究所 船舶の代替燃料としてのLNGの可能性に関する調査研究
<https://www.jttri.or.jp/docs/190207_houkokusho.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *90 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所 低・脱炭素燃料に対応する船用動力システムに関する研究
<https://www.nmri.go.jp/event/presentation/R1/lecture_1.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *91 一般財団法人日本船舶技術研究協会 欧州における電池推進船の動向調査
<https://www.jstra.jp/html/PDF/research2017_02.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *92 (国研) 海上・港湾・航空技術研究所 船舶分野における燃料電池システムの展開
<https://www.nmri.go.jp/_src/7826/pnm2a170012-00.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *93 国土交通省 海事局 内航海運のCO2排出量の現状及び取り巻く環境等について
<<https://www.mlit.go.jp/maritime/content/001402855.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *94 (国研) 海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所 内航船舶のカーボンニュートラル推進に向けた短期的取り組みの検討
<<https://www.mlit.go.jp/maritime/content/001406937.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *95 船主連絡協議会 貨物船船会 令和2年度 貨物船舶船経費見直しについて
<<http://www.zenkaiun.or.jp/wp/wp-content/uploads/2020/11/20201119111429806.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *96 資源エネルギー庁 水素・燃料電池戦略ロードマップの達成に向けた対応状況
<https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/roadmap_hyok_a_wg/pdf/002_01_00.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *97 MONOist (出典：日本郵船) 海運もゼロエミッション、燃料電池で動く「日本初」の船舶が2024年竣工
<https://monoist.itmedia.co.jp/mn/articles/2009/09/news047_3.html>
(2021年11月30日アクセス)
- *98 (国研) 海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所 内航船舶のカーボンニュートラル推進に向けた短期的取り組みの検討
<<https://www.mlit.go.jp/maritime/content/001406937.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *99 日経ビジネス 商船三井や三菱商事が挑むEVタンカー、背景に海運業「2つの高齢化」
<<https://business.nikkei.com/atcl/gen/19/00002/080700601/>>
(2021年11月30日アクセス)
- *100 BBC Pining for cleaner air in the Norwegian fjords
<<https://www.bbc.com/news/business-39478856>>
(2021年11月30日アクセス)
- *101 富士電機 リチウムイオン電池を唯一の動力源とするゼロエミッション船の「電気推進システム」を提供
<<https://www.fujielectric.co.jp/products/saveblue-solution/electricpropulsion.html>>
(2021年11月30日アクセス)
- *102 国土交通省 運輸部門における二酸化炭素排出量
<https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000007.html>
(2021年11月30日アクセス)
- *103 三菱総合研究所 蓄電システムをめぐる現状認識
<https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/storage_system/pdf/001_05_00.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *104 国際海運 GHG ゼロエミッションプロジェクト 国際海運のゼロエミッションに向けたロードマップ
<<https://www.mlit.go.jp/common/001354532.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *105 国土交通省 参考資料
<<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001364129.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *106 日本LPガス協会 グリーンLPガスの生産技術開発に向けた研究会 報告書(令和3年5月12日)
<https://www.j-lpgas.gr.jp/data/GreenLPG_Report_20120622.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *107 日本LPガス協会 DME混合によるLPガスの低炭素化 (令和3年3月25日)
<https://www.j-lpgas.gr.jp/data/GreenLPG_Presen_DME_20210325.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *108 農林水産省 食料産業局 バイオマスの活用をめぐる状況
<<https://www.maff.go.jp/j/shokusan/biomass/attach/pdf/index-110.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *109 財団法人エンジニアリング振興協会地下開発利用研究センター バイオマス起源 DME を含むエネルギー貯蔵供給システムの開発に関する調査研究報告書
<https://hojo.keirin-autorace.or.jp/seikabutu/seika/20nx/_bhu/_zp/_20-112koho-03.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *110 日本LPガス団体協議会 LPガス読本
<<http://www.nichidankyo.gr.jp/toku/>>
(2021年11月30日アクセス)
- *111 合成燃料研究会 合成燃料研究会中間とりまとめ
<https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/gosei_nenryo/pdf/20210422_1.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *112 トヨタ自動車株式会社、みずほ情報総研株式会社 輸送用燃料の Well-to-Wheel 評価 (日本における輸送用燃料製造 (Well-to-Tank) を中心とした温室効果ガス排出量に関する研究報告)
<https://www.mizuho-ir.co.jp/solution/improvement/csr/lca/pdf/jisseki02_wtwghg2004.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *113 Audi 2018年3月12日プレスリリース
<<https://www.audi-press.jp/press-releases/2018/b7rqmq00000lqor.html>>
(2021年11月30日アクセス)
- *114 環境省 算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧
<<https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/cal>>
(2021年11月30日アクセス)

- *115 資源エネルギー庁 エンジン車でも脱炭素？グリーンな液体燃料「合成燃料」とは
<https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyogosei_nenryo.html>
(2021年11月30日アクセス)
- *116 国土交通省 自動車燃料消費量調査2020年度
<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00600370&kikan=00600&tstat=000001051698&cycle=8&year=20201&month=0&result_back=1&result_page=1&tclass1val=0>
(2021年11月30日アクセス)
- *117 環境省 サプライチェーンを通じた組織の温室効果ガス排出等の算定のための排出原単位データベース (Ver3.1)
<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/supply_chain/gvc/estimate_tool.html>(2021年11月30日アクセス)
- *118 日産自動車 電気自動車総合サイト
<<https://ev2.nissan.co.jp/BLOG/582/>>
(2021年11月30日アクセス)
- *119 IEA World Energy Outlook 2020
<<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020>>
(2021年11月30日アクセス)
- *120 東京電力エナジーパートナー
<<https://evdays.tepco.co.jp/entry/2021/10/12/000021>>
(2021年11月30日アクセス)
- *121 一般社団法人日本自動車販売協会連合会 車種別販売台数
<<http://www.jada.or.jp/data/year/y-r-hanbai/y-r-type/y-r-type-ns/>>
(2021年11月30日アクセス)
- *122 Ryuji Kawamoto, Hideo Mochizuki, Yoshihisa Moriguchi, Takahiro Nakano, Masayuki Motohashi, Yuji Sakai and Atsushi Inaba Estimation of CO2 Emissions of Internal Combustion Engine Vehicle and Battery Electric Vehicle Using LCA
<<https://www.mdpi.com/2071-1050/11/9/2690>>
(2021年11月30日アクセス)
- *123 東洋エンジニアリング e-fuel・SAF
<<https://www.toyo-eng.com/jp/ja/solution/e-fuel/>>
(2021年11月30日アクセス)
- *124 経済産業省 CO2等を用いた燃料製造技術開発プロジェクトの研究開発・社会実装の方向性 (案)
<https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/green_innovation/energy_structure/pdf/007_02_00.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *125 経済産業省 令和元年度燃料安定供給対策に関する調査等 (バイオ燃料等のライフサイクルGHG排出量算定に関する調査) 報告書
<https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2019FY/000447.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *126 国土交通省 航空輸送統計年報 (令和元年(2019年))
<https://www.mlit.go.jp/report/press/joho05_hh_000549.html>
(2021年11月30日アクセス)
- *127 石油連盟ホームページ 統計情報
<<https://www.paj.gr.jp/statis/kansan/>>
(2021年11月30日アクセス)
- *128 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 環境調和型プロセス技術の開発/水素還元等プロセス技術の開発
<<https://www.nedo.go.jp/content/100932842.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *129 日本製鉄株式会社 鉄鋼業における水素利用
<https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/020_05_00.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *130 国立研究開発法人国立環境研究所 日本の温室効果ガス排出量データ(1990～2019年度)確報値
<<https://www.nies.go.jp/gio/archive/ghgdata/index.html>>
(2021年11月30日アクセス)
- *131 普通鋼電炉工業会 電炉鋼のシェア
<http://www.fudenkou.jp/about_03.html>
(2021年11月30日アクセス)
- *132 東京製鉄 環境報告書2020
<http://www.tokyosteel.co.jp/eco/achievement/pdf/Tokyo_Steel_Environment_Report_2020.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *133 NEDOホームページ カーボンサイクル実現を加速するバイオ由来製品生産技術の開発
<https://www.nedo.go.jp/activities/ZZIP_100170.html>
(2021年11月30日アクセス)
- *134 資源エネルギー庁 エネルギー白書2021
<<https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/>>
(2021年11月30日アクセス)
- *135 日本プラスチック工業連盟ホームページ 年次資料 (2020年プラスチック製品生産実績、プラスチック製品生産実績)
<<http://www.jpif.gr.jp/3toukei/toukei.htm>>
(2021年11月30日アクセス)
- *136 経済産業省資料 表 1-3 プラスチック製容器包装の製造における CO2 排出原単位
<<https://www.meti.go.jp/policy/recycle/main/data/research/h24fy/h2503-yourimri/h2503-yourimri-01.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *137 Erwin T.H. Vink and Steve Davies Life Cycle Inventory and Impact Assessment Data for 2014 Ingeo™ Polylactide Production
<<https://www.liebertpub.com/doi/full/10.1089/ind.2015.0003>>
(2021年11月30日アクセス)
- *138 環境省廃棄物分科会 廃棄物分野における排出量の算定方法について
<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg-mrv/committee/h30/Waste_30.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *139 環境省 水素社会実現に向けた経済産業省の取組
<https://www.env.go.jp/seisaku/list/ondanka_saisei/lowcarbon-h2-sc/events/PDF/shiryoku06.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *140 経済産業省 水素・燃料電池戦略ロードマップ
<<https://www.meti.go.jp/press/2018/03/20190312001/20190312001-1.>>
(2021年11月30日アクセス)
- *141 東京ガス エネファームを導入するには
<<https://home.tokyo-gas.co.jp/living/enefarm/introduction/new.html>>
(2021年11月30日アクセス)
- *142 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 定置用燃料電池大規模実証研究事業報告書
<<https://www.nedo.go.jp/content/100116229.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *143 西部ガス 光熱費は、年間どのくらいお得になりますか？
<https://www.saibugas.co.jp/home/house/myhome_ene/farm/qa04.htm>
(2021年11月30日アクセス)
- *144 一般財団法人日本自動車研究所ウェブサイト 燃料電池自動車 (FCV) のしくみ
<http://www.jari.or.jp/portals/0/jhfc/beginner/about_fcv/index.html>
(2021年11月30日アクセス)
- *145 公益社団法人日本バス協会 2020年度版 (令和2年度) 日本のバス事業
<https://www.bus.or.jp/about/pdf/2020_busjigyو.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *146 日野自動車 日野自動車のFCVバスへの取組と課題
<https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy/suiso_nenryodenchi/suiso_nenryodenchi_wg/pdf/004_s01_00.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *147 国土交通省 燃料電池バスの普及及び導入支援策について
<https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy/henryodenchi_fukyu/pdf/003_03_02.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *148 資源エネルギー庁 第12回CO2フリー水素WG事務局資料
<https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy/suiso_nenryodenchi/co2free/pdf/012_01_00.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *149 国土交通省 自動車燃費一覧 (令和2年3月)
<https://www.mlit.go.jp/jidosha/jidosha_fr10_000044.html>
(2021年11月30日アクセス)
- *150 再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議 水素基本戦略
<https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/saisei_energy/pdf/hydrogen_basic_strategy.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *151 水素・燃料電池戦略協議会 水素・燃料電池戦略ロードマップ
<<https://www.meti.go.jp/press/2018/03/20190312001/20190312001-1.pdf>>
(2021年11月30日アクセス)
- *152 環境省 次世代自動車ガイドブック2017-2018
<https://www.env.go.jp/air/car/vehicles2017-2018/LEV_chapter2-1.pdf>
(2021年11月30日アクセス)
- *153 石崎啓太、中野冠 内燃機関自動車、ハイブリッド自動車、電気自動車、燃料電池自動車における車内空調を考慮した量産車両 LCCO2排出量の比較分析
<https://www.jstage.jst.go.jp/article/transjsme/84/866/84_18-00050/_pdf/-char/ja>
(2021年11月30日アクセス)

DTST CNチーム 執筆者一覧

金子 泰人 / Yasuhito Kaneko
コンサルタント
サイバーアドバイザー
デロイト トーマツ サイバー合同会社

趙 浩 / Hao Zhao
シニアスタッフ
ESG・IRアドバイザー
リスクアドバイザー-事業本部
有限責任監査法人トーマツ

宍戸 圭介 / Keisuke Shishido
マネジャー
ESG・IRアドバイザー
リスクアドバイザー-事業本部
有限責任監査法人トーマツ

秋本 佳希 / Yoshiki Akimoto
マネジャー
GRC Operational Risk
リスクアドバイザー-事業本部
有限責任監査法人トーマツ

齋藤 晃太郎 / Kotaro Saito
マネージングディレクター
オペレーショナルリスク
リスクアドバイザー-事業本部
有限責任監査法人トーマツ

高田 翔平 / Shohei Takata
シニアアナリスト
OGCMM Corporate Strategy
デロイト トーマツ ファイナンシャル
アドバイザー合同会社

谿 拓志 / Takushi Tani
シニアスタッフ
Government & Public Service
リスクアドバイザー-事業本部
有限責任監査法人トーマツ

明石 康平 / Kohei Akashi
シニアスタッフ
PSHC事業部
監査・保証事業本部
有限責任監査法人トーマツ

杉山 貴志 / Takashi Sugiyama
マネジャー
パブリックセクター
デロイト トーマツ コンサルティング合同会社

片桐 豪志 / Tsuyoshi Katagiri
パートナー
ガバメント & パブリックサービス
リスクアドバイザー-事業本部
有限責任監査法人トーマツ

Deloitte.

デロイト トーマツ

Deloitte Tohmatsu Science and Technology CNチーム
Mail dtst_carbon_neutral@tohmatu.co.jp

デロイト トーマツ グループは、日本におけるデロイト アジア パシフィック リミテッドおよびデロイトネットワークのメンバーであるデロイト トーマツ合同会社ならびにそのグループ法人（有限責任監査法人トーマツ、デロイト トーマツ コンサルティング合同会社、デロイト トーマツ ファイナンシャルアドバイザー合同会社、デロイト トーマツ 税理士法人、DT弁護士法人およびデロイト トーマツ コーポレート ソリューション合同会社を含む）の総称です。デロイト トーマツ グループは、日本で最大級のビジネスプロフェッショナルグループのひとつであり、各法人がそれぞれの適用法令に従い、監査・保証業務、リスクアドバイザー、コンサルティング、ファイナンシャルアドバイザー、税務、法務等を提供しています。また、国内約30都市以上1万名を超える専門家を擁し、多国籍企業や主要な日本企業をクライアントとしています。詳細はデロイト トーマツ グループWebサイト（www.deloitte.com/jp）をご覧ください。

Deloitte（デロイト）とは、デロイト トウシュ トーマツ リミテッド（“DTTL”）、そのグローバルネットワーク組織を構成するメンバーファームおよびそれらの関係法人（総称して“デロイトネットワーク”）のひとつまたは複数指します。DTTL（または“Deloitte Global”）ならびに各メンバーファームおよび関係法人はそれぞれ法的に独立した別個の組織体であり、第三者に關して相互に義務を課しまたは拘束させることはありません。DTTLおよびDTTLの各メンバーファームならびに関係法人は、自らの作為および不作為についてのみ責任を負い、互いに他のファームまたは関係法人の作為および不作為について責任を負うものではありません。DTTLはクライアントへのサービス提供を行いません。詳細は www.deloitte.com/jp/about をご覧ください。

デロイト アジア パシフィック リミテッドはDTTLのメンバーファームであり、保証有限責任会社です。デロイト アジア パシフィック リミテッドのメンバーおよびそれらの関係法人は、それぞれ法的に独立した別個の組織体であり、アジア パシフィックにおける100を超える都市（オーストラリア、バンコク、北京、ハノイ、香港、ジャカルタ、クアラルンプール、マニラ、メルボルン、大阪、ソウル、上海、シンガポール、シドニー、台北、東京を含む）にてサービスを提供しています。

Deloitte（デロイト）は、監査・保証業務、コンサルティング、ファイナンシャルアドバイザー、リスクアドバイザー、税務およびこれらに関連するプロフェッショナルサービスの分野で世界最大級の規模を有し、150を超える国・地域にわたるメンバーファームや関係法人のグローバルネットワーク（総称して“デロイトネットワーク”）を通じFortune Global 500®の8割の企業に対してサービスを提供しています。“Making an impact that matters”を自らの使命とするデロイトの約312,000名の専門家については、（www.deloitte.com）をご覧ください。

本資料は皆様への情報提供として一般的な情報を掲載するのみであり、デロイト トウシュ トーマツ リミテッド（“DTTL”）、そのグローバルネットワーク組織を構成するメンバーファームおよびそれらの関係法人（総称して“デロイト ネットワーク”）が本資料をもって専門的な助言やサービスを提供するものではありません。皆様の財務または事業に影響を与えるような意思決定または行動をされる前に、適切な専門家にご相談ください。本資料における情報の正確性や完全性に関して、いかなる表明、保証または確約（明示・黙示を問いません）をするものではありません。またDTTL、そのメンバーファーム、関係法人、社員・職員または代理人のいずれも、本資料に依拠した人に関係して直接また間接に発生したいかなる損失および損害に対して責任を負いません。DTTLならびに各メンバーファームおよびそれらの関係法人はそれぞれ法的に独立した別個の組織体です。

Member of
Deloitte Touche Tohmatsu Limited

© 2021. For information, contact Deloitte Tohmatsu Group.



IS 669126 / ISO 27001