

令和4年度 地球温暖化・資源循環対策等に資する 調査委託費 (2050 年カーボンニュートラル実現に資する 革新的技術の研究開発・社会実装に係る 構造転換効果と国際競争力等に関する調査分析)

最終報告書

令和5(2023)年3月31日



経済産業省

Ministry of Economy, Trade and Industry

背景及び事業目的

「2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」においては、今後の産業としての成長が期待され、CO2 排出削減の観点からも、2050 年カーボンニュートラルを目指す上での取組が不可欠な分野において、「実行計画」を策定しており、成長に至る時間軸が異なる14 分野を取り上げている。その上で、分野ごとに策定した。「実行計画」に基づき、年限を明確化した目標、研究開発・実証、規制改革・標準化などの制度整備、国際連携などについて、関係省庁が一体となって取り組んでいくこととしている。

このうち、カーボンニュートラル実現に必要なエネルギー・産業部門の構造転換や大胆な投資によるイノベーションの大幅な加速に当たっては、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構に造成した 2 兆円の「グリーンイノベーション基金」により、具体的な目標とその達成に向けた取組へのコミットメントを示す企業等に対して、10 年間、研究開発・実証から社会実装まで支援することになっている。現在、産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクト部会の下に設置された分野別WGにおいて、実施を想定しているプロジェクトごとに、その内容や目標等について議論を進めているが、外部有識者からは、分野やプロジェクトを横断する視点や、サプライチェーンの上流から下流に至るまでの相互関連や分野ごとの設備・製品等のライフサイクルに立脚した、俯瞰的な視点に基づく検討の必要性が指摘されている。

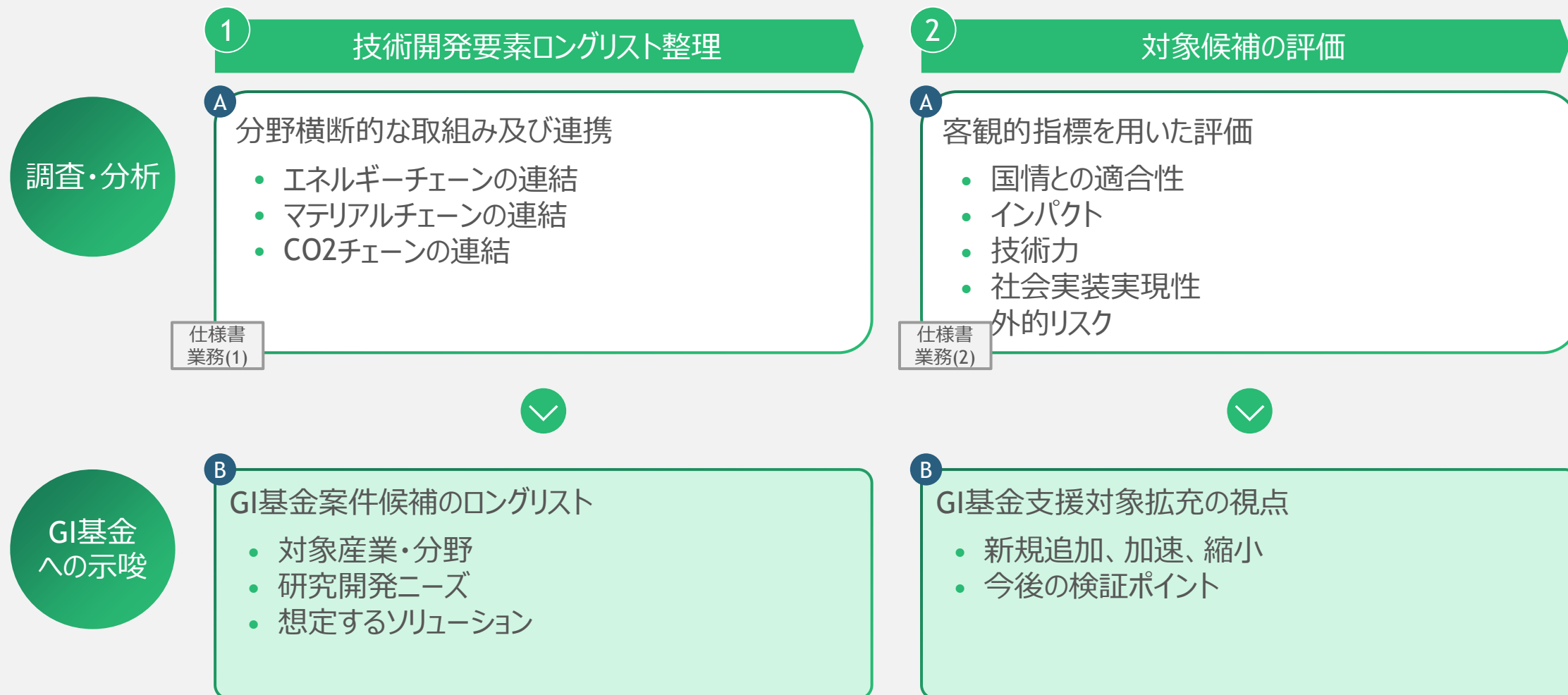
この点を踏まえ、本調査では、グリーン成長戦略で実行計画を策定した14 分野における革新的技術の研究開発・社会実装について、部会及びWG での議論や、基金で実施を想定している各プロジェクトの内容を念頭に置きつつ、分野間・プロジェクト間でのサプライチェーン等の相互関連、分野ごとの日本の国際競争力の動向等について情報収集・分析を行い、取組が必要となる新たな支援対象を探索することで、カーボンニュートラルに向けた取組の一体的な推進と、それによるシナジー効果の創出に繋げることを目的とする。

Source:経済産業省「地球温暖化・資源循環対策等に資する調査委託費(2050 年カーボンニュートラル実現に資する革新的技術の研究開発・社会実装に係る構造転換効果と国際競争力等に関する調査分析)」の仕様書 資料番号 2)

左記を踏まえ、本事業では、その政策立案にあたり必要な以下項目を実施した

- ① カーボンニュートラルに資する技術開発要素のロングリスト整理
- ② 技術開発要素の初期評価・今後の検証ポイント棚卸

本プロジェクトの全体像



① 技術開発候補の拡充

② 対象候補の評価



本章の概要: ① 対象候補の拡充

1

対象候補の拡充

論点

調査分析の結果

A

分野横断的な取組み及び連携

- エネルギーチェーンの連結
- マテリアルチェーンの連結
- CO2チェーンの連結

業務(1)

分野やプロジェクトを横断する視点で、新たな取組みが必要となる支援対象候補はどこか？

- 我が国の脱炭素経路シナリオを踏まえた、対象領域は
- グローバルのグリーンテック技術開発動向は



再エネ、水素・アンモニア、CCUSを中心にサプライチェーンを繋ぐうえで必要な技術に拡張余地

- 再エネの系統安定化技術
- 水素製造～キャリア転換への接合
- CO2フリー水素トラッキング、など



B

GI基金案件候補のロングリスト

- 対象産業・分野
- 研究開発ニーズ
- 想定するソリューション

既存の支援対象を含めた、基金の支援対象候補の全体像は？



欧米が取り組んでいる主要技術をGI基金はカバー済

新規PJ検討のみならず、既存PJの見極め（加速、縮小）も今後重要

1 - A

分野横断的な取組み
及び連携

再エネ、水素・アンモニア、CCUSを中心に
サプライチェーンを繋ぐ上で必要な技術に
拡張余地

- 再エネの系統安定化技術
- 水素製造～キャリア転換への接合
- CO2フリー水素トラッキング、など

我が国の脱炭素経路シナリオを踏まえた支援の必要性和海外の動向との両面から検証

足元の資金配分の検討の枠組み

論点

分野やプロジェクトを横断する視点で、
新たな取組みが必要となる支援対
象候補はどこか？

検討の枠組み

a
我が国の脱炭素経路
シナリオを踏まえた、
対象領域

b
グローバルのグリーン
テック技術開発動向

検討対象

主要なサプライ
チェーン

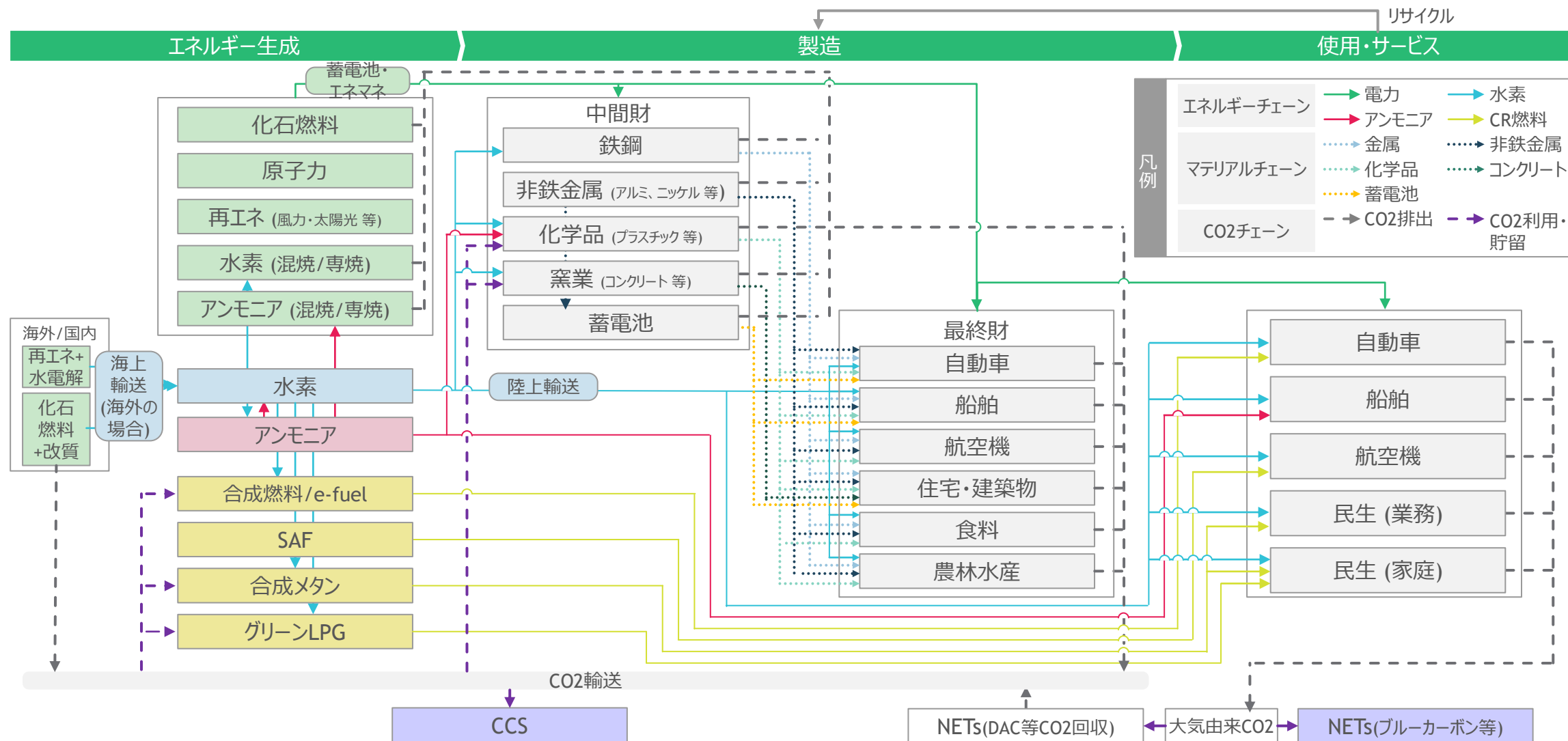
グリーン成長戦略の
全領域

検討の視点

- サプライチェーンを繋ぐ上
で、必要となる技術に
抜け漏れはないか
- IEAがカーボンニュートラル
に必要な技術開発をどの
ように定義しているか
- 欧米はどのような技術要素
の研究開発を行っている
か

2050年脱炭素の実現にはエネルギー、マテリアル、CO2チェーン全体の連携が必要

産業俯瞰図



Source: BCG分析

他方で、現行PJは個別の技術要素の確立に主眼が置かれている

深掘りするサプライチェーンにおける現行プロジェクトのターゲット

主要なカタマリ

現行の個別プロジェクトのターゲット

再エネ

洋上風力や太陽光に注力するとともに、幅広い産業の電化促進に投資

- 洋上風力: 洋上風力の導入拡大に際し、国内部品メーカーの技術力を活かす
- 太陽光: 各国ともに、ペロブスカイト太陽電池に官民で取り組む。日本も、現在もトップ集団に位置する

水素

サプライチェーン全体に投資をすることで、供給力確保と需要喚起を両立

- 製造・輸送: コスト削減とエネルギー安全保障の観点から、水電解装置及び水素キャリアに投資
- 利用: 水素発電、モビリティ(船舶、航空機)、製鉄と主要な産業に投資

アンモニア

製造(アンモニア合成)及び主要な利用産業(電力、船舶)に注力

- 製造: 我が国が強みを有する触媒技術を活用した開発に投資
- 利用: アンモニア発電は我が国独自技術、アンモニア船は遠距離・大型船のCN化に寄与

CCUS

技術が未確立な分離回収や魅力的な市場、競争力が見込めるCO2利用に投資

- 分離回収: 10%以下低圧・低濃度排ガスの分離回収技術は未確立
- 利用: CO2を利用したプラスチックやコンクリート等は海外での需要も期待される

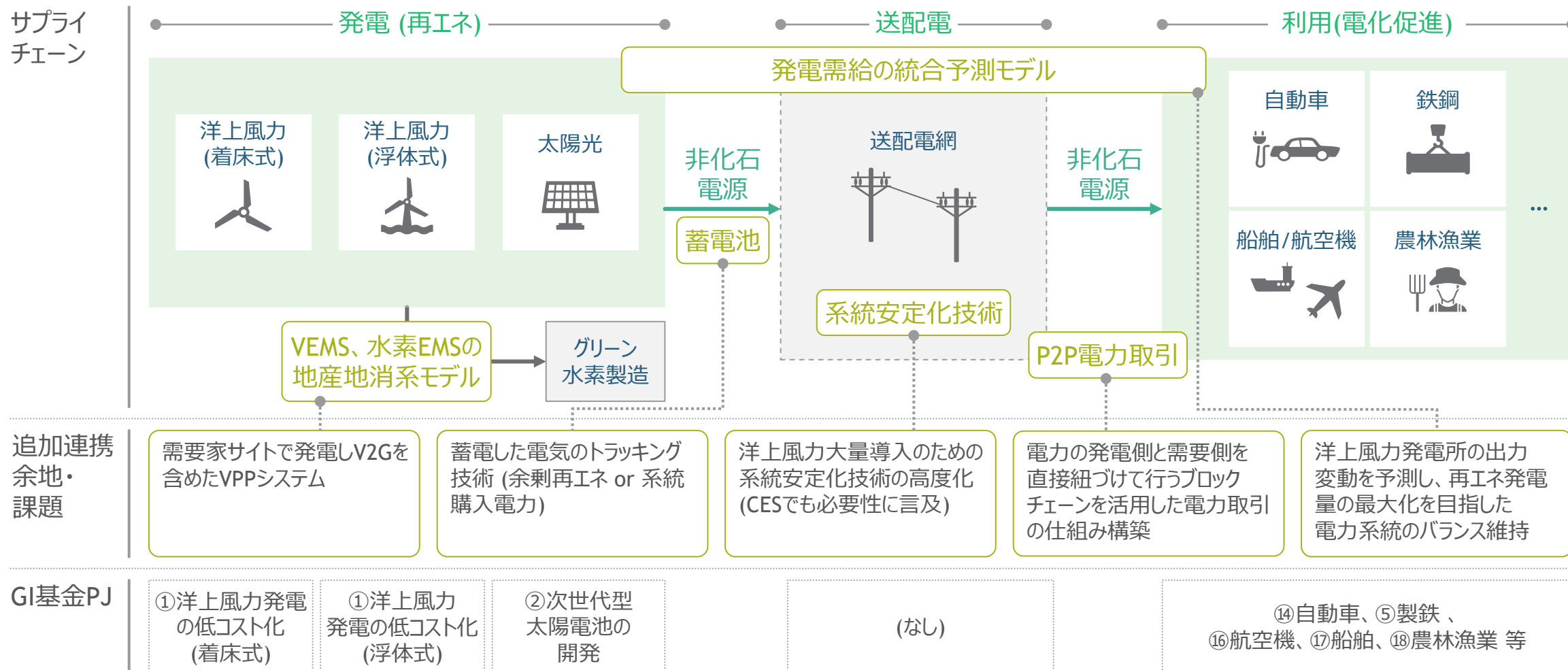
リサイクル

GI基金対象となっているが、具体PJは検討段階

- PJ⑪廃棄物・資源循環分野におけるカーボンニュートラル実現

全体最適技術や、系統安定化に関する技術開発余地あり

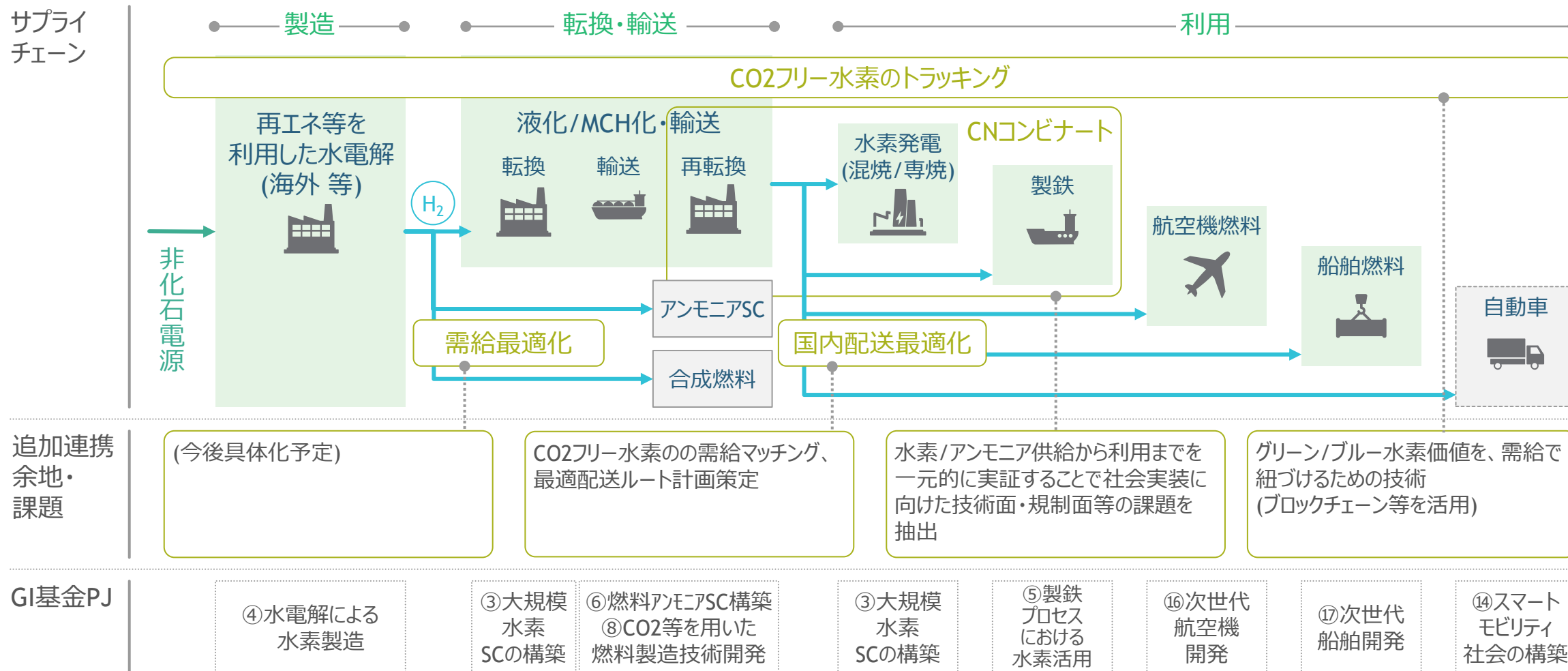
分野間連携技術の特定: 再エネサプライチェーン



Source: 洋上風力の産業競争力強化に向けた技術開発ロードマップ; BCG分析

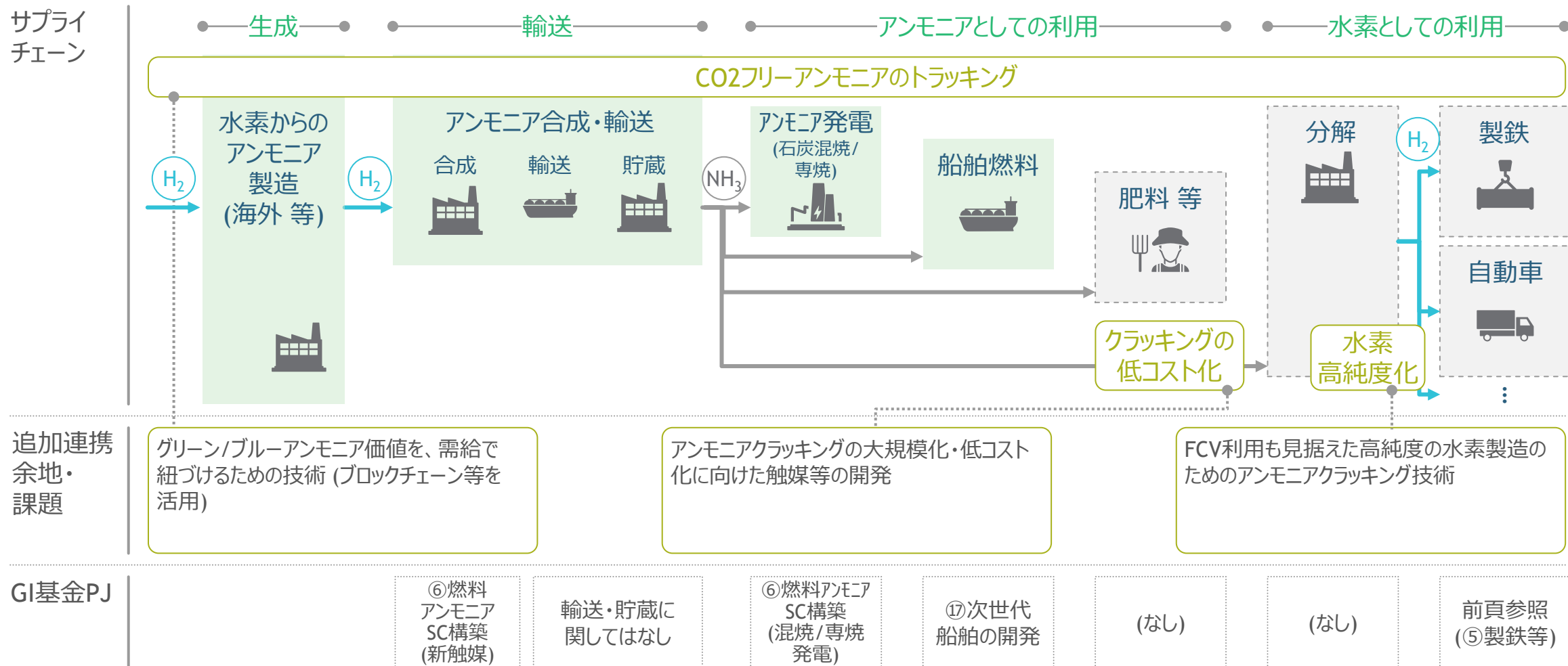
水素製造～キャリア転換への接合、配送の最適化や、CNコンビナートのような大規模実証での連携余地あり

分野間連携技術の特定: 水素サプライチェーン



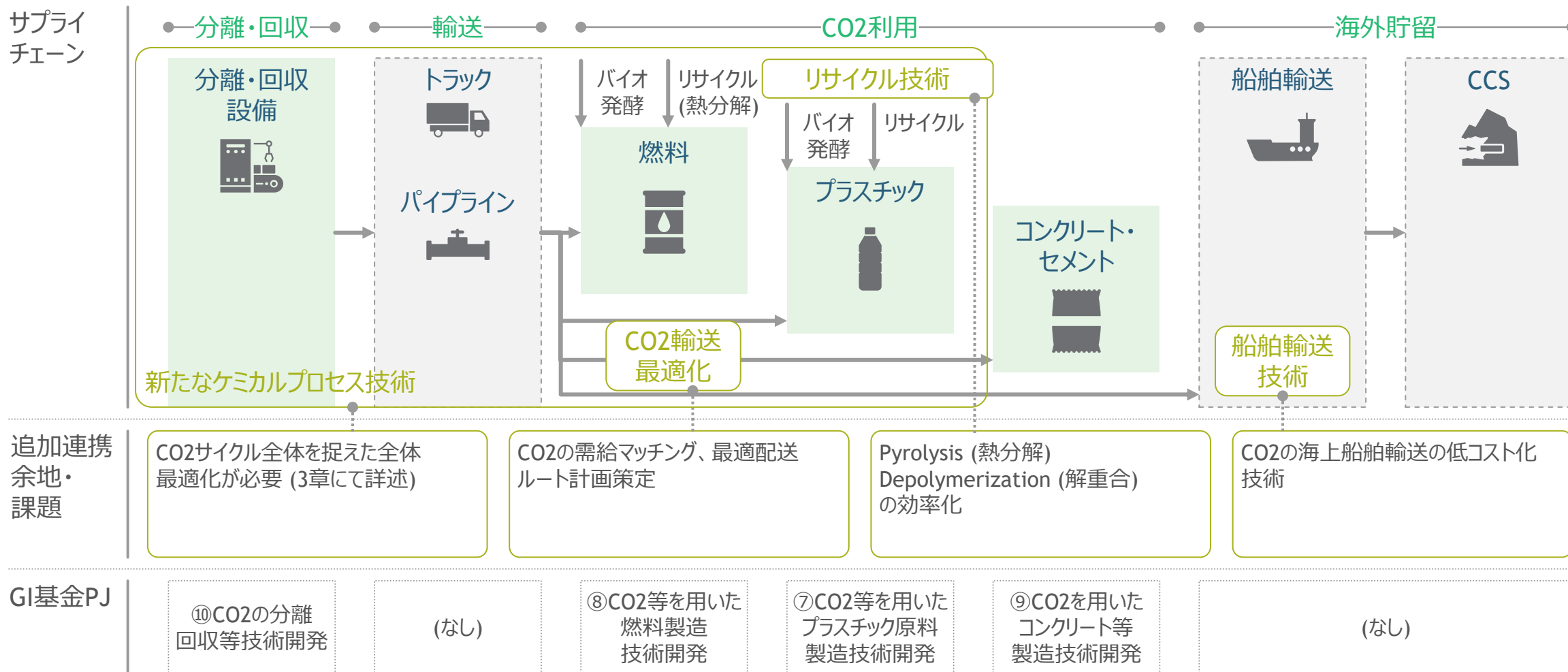
CO₂フリーアンモニアのトラッキングや、アンモニアのクラッキング、水素高純度化が想定される

分野間連携技術の特定: アンモニアサプライチェーン



CO2輸送最適化や船舶輸送技術が想定される

分野間連携技術の特定: CCUSサプライチェーン・リサイクルチェーン



IEAのETP Clean Energy Technology Guideで主要な技術の抜け漏れを確認した上で、 欧米R&D対応状況もロングリストに反映

機関	プログラム/ドキュメント	スクリーニング方法	予算額	ロングリストへの反映
IEA	ETP Clean Energy Technology Guide	掲載中の技術要素444項目に関して分類	—	14分野かつ、TRLの高くない技術を反映（TRL6以下）
EU commission	Horizon Europe	気候、エネルギー、モビリティに関する2021-2022の公募案件を抽出	€3.3 B	ロングリスト上に、海外政府のR&D有無として反映
米国DoE (Department of Energy)	Energy Efficiency & Renewable Energy	2011-2022のCN系の公募案件(FOA)に関して、技術(Technology)関連プログラムを抽出	\$21 B	
ARPA-E (Advanced Research Projects Agency-Energy)	Funding Opportunity	2010-2022のCN系の公募案件(FOA)から抽出	\$4.3 M	

1 - B

カーボンニュートラルに
資する技術要素リスト

欧米が取り組んでいる主要技術をGI基金は
カバー済

新規PJ検討のみならず、既存PJの見極め
(加速、縮小) も今後重要

(参考) カーボンニュートラルに資する技術要素の一覧 (1/12)

洋上風力・太陽光・地熱産業 (次世代再エネ)

現在のGI基金対象外

グリーン成長戦略対象外

(2022/9/2現在)

技術開発要素			TRL		海外類似基金取り組み状況		
大分類	中分類	小分類	METI資料 ¹	IEA	Horizon EU	DoE	ARPA-E
洋上風力	着床式浮体式共通	風車性能 (自然条件対応、低風速、補器類)	4-5	3-5	○	○	○
		基礎製造 (浮体、係留索、アンカー 等)	5-6	8	○	○	
	着床式浮体式共通	基礎設置 (輸送、施工 等)	4-6				
		洋上風力関連電気システム	4-5	5			
		洋上風力運転保守高度化	4-6		○	○	
太陽光	発電技術	ペロブスカイト	4	4	○	○	
		有機薄膜		6		○	
	系統制御技術	リアルタイム慣性推定					
		慣性機能付きPCS				○	
		疑似PCS				○	
		M-Gセット				○	
太陽熱	発電技術	集光型太陽熱発電			○	○	
地熱	発電技術	強化地熱システム (超臨界地熱発電 等)		4-5	○	○	
		バイナリーサイクル (カーナサイクル発電)		6	○	○	
潮力	発電技術	潮流発電		5	○		
		潮汐発電		8-9			
海洋	発電技術	波力発電		4	○	○	○
		海洋温度差発電		4			
		塩分濃度差エネルギー発電		3			
宇宙太陽光発電	発電技術	宇宙空間太陽光パネル発電技術					○
	送電技術	地上へのマイクロ波送電技術					

※あくまでもBCGの調査に基づくものであり、網羅性はない。また、現在基金の対象ではない技術要素が今後対象となることを意味するものではない。

1: GI基金研究開発・社会実装計画書

Source: 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』(2021.3) ; ETP Clean Energy Technology Guide; Horizon Europa HP; DoE HP; ARPA-E HP; 公開記事; BCG分析

(参考) カーボンニュートラルに資する技術要素の一覧 (2/12)

水素・燃料アンモニア産業

現在のGI基金対象外

グリーン成長戦略対象外

(2022/9/2現在)

技術開発要素			TRL		海外類似基金取り組み状況		
大分類	中分類	小分類	METI資料 ¹	IEA	Horizon EU	DoE	ARPA-E
水素 (製造・輸送・利用)	水素製造	AECによる水素製造	5	9		○	
		PEMによる水素製造	5	9		○	
		光触媒による水素製造					
		SOECによる水素製造		7			
		海水電解		3		○	
	水素キャリア	水素キャリアの製造 (MCH)	4				
		水素キャリアのクラッキング (MCH)	4				
		アンモニアクラッキング		4-6			
		水素の高純度化					
	液化水素	大規模水素液化技術					
		液化水素運搬船	4	5-7		○	
		液化水素貯蔵		11		○	
	水素利用	大規模水素ステーション		9		○	
		大型水素混焼・専焼タービン		9			
		燃料電池		7-9		○	○
	燃料アンモニア (供給・利用)	アンモニア製造					
		グリーンアンモニア製造		8			
		ブルーアンモニア製造	4	8			
		アンモニアの直接電解合成	3				
		アンモニア利用					
		石炭火力へのアンモニア混焼・専焼	6	5			
		大型アンモニア混焼・専焼タービン	4	3-4			
		アンモニア燃料電池		4-5			

※あくまでもBCGの調査に基づくものであり、網羅性はない。また、現在基金の対象ではない技術要素が今後対象となることを意味するものではない。

1: GI基金研究開発・社会実装計画書

Source: 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』(2021.3) ; ETP Clean Energy Technology Guide; Horizon Europa HP; DoE HP; ARPA-E HP; 公開記事; BCG分析

(参考) カーボンニュートラルに資する技術要素の一覧 (3/12)

次世代熱エネルギー産業

(2022/9/2現在)

技術開発要素			TRL		海外類似基金取り組み状況		
大分類	中分類	小分類	METI資料 ¹	IEA	Horizon EU	DoE	ARPA-E
メタネーション-需要	工業炉におけるアンモニア直接燃焼						
自然熱利用	自然熱利用	太陽熱、雪氷熱利用技術					
		ヒートポンプを用いた地中熱、水源（河川、下水）熱利用技術		9			
	熱電変換素子						
	スターリングエンジン						
	データセンターとHPを組み合わせた地域冷房						

原子力産業

(2022/9/2現在)

技術開発要素			TRL		海外類似基金取り組み状況		
大分類	中分類	小分類	METI資料 ¹	IEA	Horizon EU	DoE	ARPA-E
高速炉	高速炉のイノベーション						
小型炉	SMR（小型モジュール原子炉）の量産技術						
高温ガス炉	高温ガス炉の技術開発						
	高温ガス炉の高温熱を活用したカーボンフリー水素の製造技術						
核融合	プラズマ制御技術						
	核融合炉の高温熱を活用したカーボンフリー水素の製造技術						
	レーザー核融合技術						

※あくまでもBCGの調査に基づくものであり、網羅性はない。また、現在基金の対象ではない技術要素が今後対象となることを意味するものではない。

1: GI基金研究開発・社会実装計画書

Source: 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』（2021.3）；ETP Clean Energy Technology Guide; Horizon Europa HP; DoE HP; ARPA-E HP; 公開記事; BCG分析

(参考) カーボンニュートラルに資する技術要素の一覧 (4/12)

自動車・蓄電池産業

現在のGI基金対象外
グリーン成長戦略対象外

(2022/9/2現在)

技術開発要素			TRL		海外類似基金取り組み状況		
大分類	中分類	小分類	METI資料 ¹	IEA	Horizon EU	DoE	ARPA-E
電動化・蓄電池	性能向上	全固体リチウムイオン電池・革新型電池	4-5	9			○
		蓄電池材料	4	8		○	○
	リサイクル	リチウムイオン電池	4	5		○	
タイヤ製造 (廃ゴム活用等はカーボン リサイクルの項で言及)	低燃費タイヤ技術						
	持続可能材料 (天然ゴム 等) による製造技術						
	内燃機関技術の転用						

※あくまでもBCGの調査に基づくものであり、網羅性はない。また、現在基金の対象ではない技術要素が今後対象となることを意味するものではない。

1: GI基金研究開発・社会実装計画書

Source: 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』(2021.3) ; ETP Clean Energy Technology Guide; Horizon Europa HP; DoE HP; ARPA-E HP; 公開記事; BCG分析

(参考) カーボンニュートラルに資する技術要素の一覧 (5/12)

半導体・蓄電池産業

現在のGI基金対象外

グリーン成長戦略対象外

(2022/9/2現在)

技術開発要素			TRL		海外類似基金取り組み状況		
大分類	中分類	小分類	METI資料 ¹	IEA	Horizon EU	DoE	ARPA-E
グリーンbyデジタル	DX関連 情報通信インフラ	次世代クラウドソフトウェア、プラットフォームの開発					
		ポスト5G情報通信システム・高度化された5Gの実用化					
		省エネ効果の高い光エレクトロニクスの高度化					
		エッジコンピューティング技術によるデータ処理の省エネ化					
		低軌道衛星による地上観測					
グリーンofデジタル	次世代半導体	超高効率次世代パワー半導体	4				
		超高効率次世代省エネ機器・次世代パワーエレクトロニクス技術	4				
	電気機器省エネ	次世代モジュール技術 (高放熱材料 等)	4				
		次世代受動素子・実装材料 (コイル 等)	4				
	コンピューティング省エネ	データセンターの省エネ化/次世代コンピューティング	4				
		超分散グリーンコンピューティング技術	4				
		エッジコンピューティング技術によるデータ処理の省エネ化	4				
	その他	絶縁材料高度化					
		半導体レーザー高度化					

※あくまでもBCGの調査に基づくものであり、網羅性はない。また、現在基金の対象ではない技術要素が今後対象となることを意味するものではない。

1: GI基金研究開発・社会実装計画書

Source: 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』(2021.3) ; ETP Clean Energy Technology Guide; Horizon Europa HP; DoE HP; ARPA-E HP; 公開記事; BCG分析

(参考) カーボンニュートラルに資する技術要素の一覧 (6/12)

船舶産業

現在のGI基金対象外
グリーン成長戦略対象外

(2022/9/2現在)

技術開発要素			TRL		海外類似基金取り組み状況		
大分類	中分類	小分類	METI資料 ¹	IEA	Horizon EU	DoE	ARPA-E
カーボンフリー代替燃料への 転換/LNG燃料船の 高効率化	CF燃料への転換	水素燃料エンジン	3-4	4-5			
		アンモニア燃料エンジン	3-4	4-5	○		
		電動船		7	○		
		バイオ燃料船					
	CF燃料/LNG燃料船共通	革新的燃料タンク (代替燃料への転換、LNG燃料の高効率化)	4		○		
		燃料供給システム (代替燃料への転換、LNG燃料の高効率化)	4				
	LNG燃料船効率化	LNG燃料船における風力推進組み合わせ					
省エネ運航船の製造	省エネ技術	運航エネルギー効率 (空気潤滑技術、ダックテイル構造の改良 等)			○		
		低摩擦・コーティング技術			○		

※あくまでもBCGの調査に基づくものであり、網羅性はない。また、現在基金の対象ではない技術要素が今後対象となることを意味するものではない。

1: GI基金研究開発・社会実装計画書

Source: 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』(2021.3) ; ETP Clean Energy Technology Guide; Horizon Europa HP; DoE HP; ARPA-E HP;
公開記事; BCG分析

(参考) カーボンニュートラルに資する技術要素の一覧 (7/12)

物流・人流・土木インフラ産業

現在のGI基金対象外

グリーン成長戦略対象外

(2022/9/2現在)

技術開発要素			TRL		海外類似基金取り組み状況		
大分類	中分類	小分類	METI資料 ¹	IEA	Horizon EU	DoE	ARPA-E
カーボンニュートラルポート	アンモニア燃料船への燃料供給等技術			9	○		
	水素燃料電池船への燃料供給等技術			3			
	沖合に停泊している船舶への電力供給			9			
スマート交通	運行管理システムの構築		4-5				○
	一体的なエネルギーマネジメントシステム		4				
グリーン物流	管制システム及び運航者 (エアライン) システム開発						
	ビッグデータ等を活用した渋滞対策						
	空飛ぶクルマの性能向上						
	ドローンの遠隔複数機体運航						
インフラ・都市空間のゼロエミッション化	省エネ化・高度化等新たな道路照明技術						
	給電システムを埋め込む道路構造開発					○	
建設施工のCN	電動建設機械					○	
	水素動力建設機械						
	地層解析技術						
鉄道	水素燃料電池鉄道			8			

※あくまでもBCGの調査に基づくものであり、網羅性はない。また、現在基金の対象ではない技術要素が今後対象となることを意味するものではない。

1: GI基金研究開発・社会実装計画書

Source: 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』(2021.3) ; ETP Clean Energy Technology Guide; Horizon Europa HP; DoE HP; ARPA-E HP; 公開記事; BCG分析

(参考) カーボンニュートラルに資する技術要素の一覧 (8/12)

食料・農林水産業

現在のGI基金対象外

グリーン成長戦略対象外

(2022/9/2現在)

技術開発要素			TRL		海外類似基金取り組み状況		
大分類	中分類	小分類	METI資料 ¹	IEA	Horizon EU	DoE	ARPA-E
CO2吸収・固定		バイオ炭による炭素貯留	3-4				
		林木育種の高速化によるエリートツリーの効率的な開発					
		高層建築物等の木造化に資する木質建築部材開発	3-4				
		物理・生物学的病虫害防除法					
		病害抵抗性品種					
		農地土壌診断技術					○
		藻場・干潟の造成・再生・保全	3			○	○
		リジェネラティブ農業 (環境再生型農業) 技術					
GHG排出削減	エネルギーマネジメント高度化/ IoT活用	VEMS					
		超精密環境制御施設					
		スマート農業				○	
		スマート漁業					
		生産性の向上と食品ロス・CO2の削減を両立するスマートフード チェーン					
		ICT活用による木材の生産流通管理システムを構築					
		ICT活用による木材の生産流通管理システムを構築					
	電化	農業機械の電化					
		林業機械の電化					
		漁船の電化					
	素材/飼料開発	プラスチック等を代替する木質由来新素材開発					
		畜産における家畜の排出物に含まれるGHGを抑止する飼料 開発					○

※あくまでもBCGの調査に基づくものであり、網羅性はない。また、現在基金の対象ではない技術要素が今後対象となることを意味するものではない。

1: GI基金研究開発・社会実装計画書

Source: 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』(2021.3) ; ETP Clean Energy Technology Guide; Horizon Europa HP; DoE HP; ARPA-E HP;
公開記事; BCG分析

(参考) カーボンニュートラルに資する技術要素の一覧 (9/12)

航空機産業

現在のGI基金対象外
グリーン成長戦略対象外

(2022/9/2現在)

技術開発要素			TRL		海外類似基金取り組み状況		
大分類	中分類	小分類	METI資料 ¹	IEA	Horizon EU	DoE	ARPA-E
電動化	ハイブリッド電動化/全電動化技術	複合材の軽量化・製造の省コスト化・リサイクル技術の確立	2-3				○
		機体の装備品電動化技術開発		3-4			○
		エンジン向けの革新素材開発		4			
水素航空機	水素航空機コア技術	水素貯蔵タンク・燃焼器の研究開発					
		複合材の軽量化・製造の省コスト化・リサイクル技術の確立	2-3				
		エンジン向けの革新素材開発		3-4			

※あくまでもBCGの調査に基づくものであり、網羅性はない。また、現在基金の対象ではない技術要素が今後対象となることを意味するものではない。

1: GI基金研究開発・社会実装計画書

Source: 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』(2021.3) ; ETP Clean Energy Technology Guide; Horizon Europa HP; DoE HP; ARPA-E HP; 公開記事; BCG分析

(参考) カーボンニュートラルに資する技術要素の一覧 (10/12)

カーボンリサイクル・マテリアル産業

(2022/9/2現在)

技術開発要素			TRL		海外類似基金取り組み状況		
大分類	中分類	小分類	METI資料 ¹	IEA	Horizon EU	DoE	ARPA-E
コンクリート・セメント	コンクリート・セメント製造	カーボンネガティブコンクリート	3-4	9			
		CO ₂ 回収型セメント製造プロセス	3-4	9			
		廃コンクリートを利用した炭酸塩製造	4	6			
カーボンリサイクル燃料	カーボンリサイクル燃料製造	Fischer-Tropsch反応による燃料製造	4	5			○
		アルコールを原料とするジェット燃料製造	4	6			
		共電解による炭化水素合成	4				
カーボンリサイクル化学品	カーボンリサイクル化学品の製造	CO ₂ からのプラスチック原料製造	5	5			
		廃プラスチックのケミカルリサイクル	4	9		○	
		アンモニアを燃料とするナフサ分解炉	4				
	バイオマス由来原材料	アルコールを原料とする化学品製造	5				
分離改修設備	CO ₂ 分離回収	CO ₂ 分離回収技術	7-9	5	○		○
		大気からのCO ₂ 直接回収		6	○		○
CO ₂ 輸送		CO ₂ 輸送最適化					
		船舶輸送		4-5			
金属素材	輸送機械の軽量化	超高張力鋼板					
		機体構造向け炭素繊維複合材					
		製造プロセスの脱炭素化					
金属素材	製造プロセスの脱炭素化	水素還元製鉄技術	3	5			
		工業炉におけるアンモニア直接燃焼					
資源の有効活用	資源リサイクル	アルミニウムのリサイクル技術					
		希少金属の回収技術					○
		希少金属の代替技術					○

※あくまでもBCGの調査に基づくものであり、網羅性はない。また、現在基金の対象ではない技術要素が今後対象となることを意味するものではない。

1: GI基金研究開発・社会実装計画書

Source: 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』(2021.3) ; ETP Clean Energy Technology Guide; Horizon Europa HP; DoE HP; ARPA-E HP;

公開記事; BCG分析

(参考) カーボンニュートラルに資する技術要素の一覧 (11/12)

住宅・建築物産業・次世代電力マネジメント産業

(2022/9/2現在)

技術開発要素			TRL		海外類似基金取り組み状況		
大分類	中分類	小分類	METI資料 ¹	IEA	Horizon EU	DoE	ARPA-E
住宅・建築物	ビッグデータやAI・IoTの活用による、EV・蓄電池、電気機器等の最適制御技術						○ ○
次世代電力マネジメント	車載用電池リユース等の技術開発 想定潮流予測技術・データ分析技術の高度化 各種電力機器からのリアルタイム情報把握、統合制御技術の開発・実証・確立 電力供給の慣性力提供技術(次世代インバーター・系統制御方式)の開発 送変電設備の監視・運用技術の高度化(ダイナミックレーティング等の実証) 長距離直接送電システムの開発 超伝導送電技術 ワイヤレス(非接触)遠隔送電技術 大規模蓄電池・コンデンサによる電力貯蔵技術 電力を圧縮空気に変換し力学的エネルギーとして保存する技術						

※あくまでもBCGの調査に基づくものであり、網羅性はない。また、現在基金の対象ではない技術要素が今後対象となることを意味するものではない。

1: GI基金研究開発・社会実装計画書

Source: 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』(2021.3) ; ETP Clean Energy Technology Guide; Horizon Europa HP; DoE HP; ARPA-E HP; 公開記事; BCG分析

(参考) カーボンニュートラルに資する技術要素の一覧 (12/12)

資源循環関連産業

現在のGI基金対象外

グリーン成長戦略対象外

(2022/9/2現在)

技術開発要素			TRL		海外類似基金取り組み状況		
大分類	中分類	小分類	METI資料 ¹	IEA	Horizon EU	DoE	ARPA-E
Reduce・Renewable	再生利用拡大	バイオマス素材の高機能化や用途の拡大・低コスト化					
Reuse・Recycle	CO2回収関連	廃棄物処理施設からCO2等を回収しやすくなるための燃焼制御					
		不純物を含む低濃度排ガスからのCO2等の分離・回収・利用					
	Reuse/Recycle効率化	回収ルートの最適化					
		リサイクル性の高い高機能素材やリサイクル技術 バリューチェーン上における製品のトラッキング技術					
Recovery	発電効率の低いごみからの高効率なエネルギー回収技術開発						
	遠方の利用施設への熱供給のための蓄熱・輸送技術の向上						
	廃棄物処理施設におけるメタン発酵によるバイオガス化施設の大規模化技術の実証						

ライフスタイル関連産業

(2022/9/2現在)

技術開発要素			TRL		海外類似基金取り組み状況		
大分類	中分類	小分類	METI資料 ¹	IEA	Horizon EU	DoE	ARPA-E
住まいの移動・トータル マネジメント	ライフスタイル毎の需要に応じた、 供給最適化のための各種機器の 自律制御や遠隔制御						○
ナッジ・デジタル化・ シェアリングによる行動変容	行動科学やAIに基づく個別最適化 システム						
	エネルギー利用状況を可視化する、 都市炭素マッピング						
観測・モデルや地域の 脱炭素化等に係る 科学基盤の充実	気候変動予測						

※あくまでもBCGの調査に基づくものであり、網羅性はない。また、現在基金の対象ではない技術要素が今後対象となることを意味するものではない。

1: GI基金研究開発・社会実装計画書

Source: 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』(2021.3) ; ETP Clean Energy Technology Guide; Horizon Europa HP; DoE HP; ARPA-E HP;

公開記事; BCG分析

- ① 技術開発候補の拡充
- ② 対象候補の評価



本章の概要: ② 対象候補の評価

2

対象候補の評価

論点

A

客観的指標を用いた評価

- 国情との適合性
- インパクト
- 技術力
- 社会実装実現性
- 外的リスク

業務(2)

技術の必要性、国際的競争力等を踏まえると、基金として重視すべき支援対象は何か

- 研究開発や社会実装を実現するためのアプローチは



調査分析の結果（水素・アンモニアの例）

既存PJ（AEC/PEM）は高TRLかつ高技術力だが、社会実装は海外にビハインド

- 両方式ともにTRL9かつ、特許の質・量ともに世界をリード
- ただし、社会実装は日本が最大10MWに対して、海外は100MW級を計画



B

GI基金支援対象拡充の視点

- 新規追加、加速、縮小
- 今後の検証ポイント

上記分析結果を踏まえて、分野内の技術に関して、新規PJ化or既存PJの加速/縮小の方向性は

- 方向性を具体化する上で、原課/事業者と検証すべきポイントは



更なるコスト低減に向け、既存PJへの追加開発及び新規PJ候補の余地あり

- 既存（AEC、PEM）：電解槽スタックの組み立て工程の自動化
- 既存（PEM）：レアメタルフリーな触媒、洋上風力に適したスペック見直し 等

本委託調査では新規PJ余地、または既存PJの加速/縮小の見極めが必要な分野を深掘り 深掘り対象分野

深掘り分野対象の考え方	グリーン成長戦略14分野	深掘り対象(貴省と擦り合わせの上決定)	
		a 新規PJ余地	b 既存PJ加速/縮小
以下、いずれかの考え方に合致する分野を深掘り対象とする	① 洋上風力・太陽光・地熱産業 (次世代再エネ)		✓
	② 水素・燃料アンモニア産業		✓
a グリーン成長戦略等で挙げられている技術開発要素の多くが、現時点でGI基金の対象外で、新規PJ候補が残っている分野	③ 次世代熱エネルギー産業		
	④ 原子力産業		
	⑤ 自動車・蓄電池産業		
	⑥ 半導体・情報通信産業		
	⑦ 船舶産業		
	⑧ 物流・人流・土木インフラ産業		
	⑨ 食料・農林水産業	✓	
	⑩ 航空機産業		
b 既にPJが多数組成されているが、プロジェクトの加速/縮小を見極める必要性が高い分野	⑪ カーボンリサイクル・マテリアル産業		✓
	⑫ 住宅・建築物産業・次世代電力マネジメント産業		
	⑬ 資源循環関連産業		
	⑭ ライフスタイル関連産業		

本委託調査においては、外形的に取得可能な情報をもとに、評価を実施

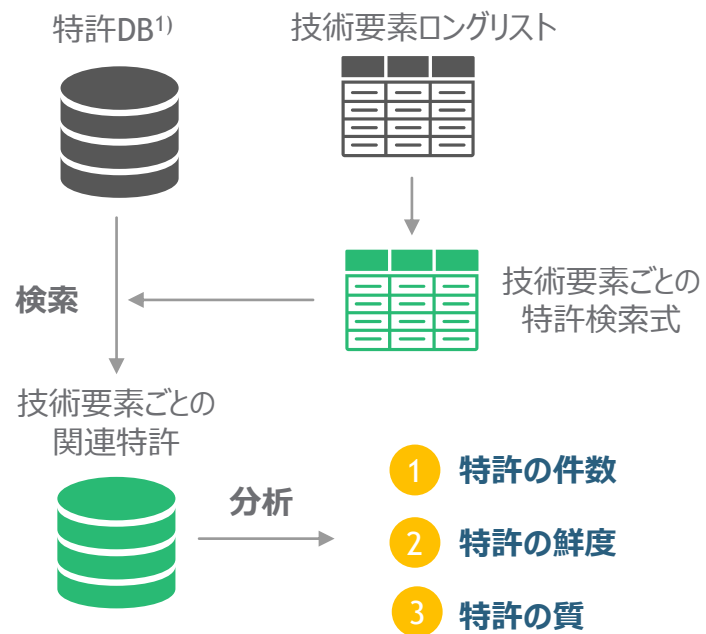
本委託調査における初期評価方法

評価軸	主な構成要素	評価方法
i. 国情との適合性	- 供給面 - 再エネの賦存量	左記に該当する定性的な情報を整理
ii. インパクト	- CO2削減量 - 経済波及効果	左記に該当する定量情報を整理
iii. 技術力	- TRL - 主要スペック、ターゲットコスト - 論文、特許、国際標準化 - 国内外の開発状況	以下の考え方に基づき3段階評価（詳細後述） - 青：海外よりも特許の質・量が優れている - 黄：海外よりも特許の質・量が劣っている - 赤：海外よりも特許の質・量が大きく劣っている
iv. 社会実装実現性	- 社会実装計画/予算 - 実装地域の受け入れ可能性 - ビジネスプラン、資金計画 - 経営者のコミット - サプライチェーン全体でのコミット	以下の考え方に基づき3段階評価 - 青：社会実装時期が海外よりも先行 - 黄：社会実装時期が遅れているが、国内実装優先度が高い - 赤：社会実装時期が海外に対して大きく遅れている
v. 外的リスク	- 規制動向 - CCS貯留先の確保、CRへの批判 - SDGsへの影響 - 安全性	以下の考え方に基づき3段階評価 - 青：現時点で顕在化している外的リスクなし - 黄：見極めが必要な外的リスクあり - 赤：クリティカルな外的リスクあり

(参考) 本委託調査における特許分析方法及び評価

特許分析方法

- ロングリストに掲載した技術要素のうち、調査対象となるものについて特許検索式を作成
- 技術要素ごとの関連特許について、特許の件数・鮮度・質の観点で分析
 - 特許DBとしてDerwent World Patents Index (DWPI) を利用
 - 2002年～2022年の20年間について調査



1. Derwent World Patents Index (DWPI)
Source: BCG

評価

1 特許件数

特定の技術要素において各国/主体が保有する特許の件数を評価

- 特許件数の多い国/主体トップ5及び日本について整理
- 日本及び日本企業については緑色で表示

2 特許の鮮度

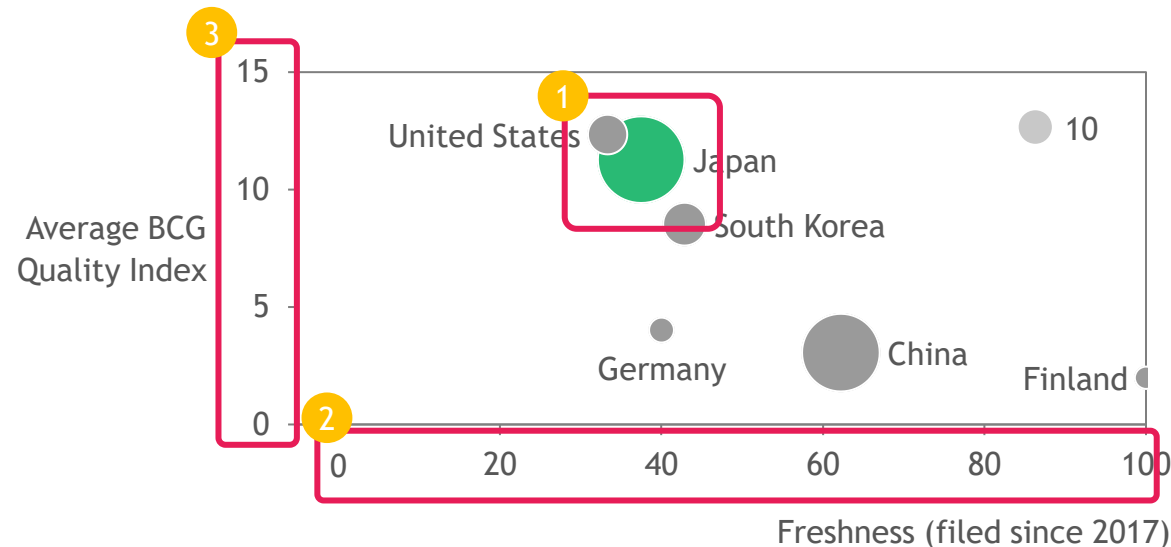
各国/主体の技術要素に対する直近の注力度を評価

- 今回は調査対象特許のうち、2017年以降に登録された特許の割合を分析

3 特許の質

各国/主体が保有する特許の相対的な質を評価

- 各特許の引用数・被引用数・請求項数から特許の質をインデックス化



※ 特許のクローズド戦略を取っている企業もあるため、その場合は本分析に反映されないことに留意
※ 質の高い特許ランキングは個別の特許単位で見ているため、国別・保有主体別の傾向とは異なる場合あり



個別産業分析

①洋上風力・太陽光・地熱産業 (次世代再エネ)



次世代再エネ: PJ評価 (1/2)

	国情との適合性	インパクト	
		CO2削減 (国内)	経済波及効果 (世界)
浮体式洋上風力 (TRL 4-6)	エネルギー基本計画上重要かつ、産業振興への寄与度も高い 第6次エネ基にて3倍の導入量に拡大	0.9億トン/年(2050年) 洋上風力により発電された電力が、火力により発電された電力を代替すると仮定	2兆円/年(2050年) - 世界の洋上風力の導入容量を1000GW、うちアジアを613GWと想定 - 日本市場全体とアジアの25%を目指してシェアを取得するして算定
ペロブスカイト太陽電池 (TRL 4)	太陽光発電全般、エネルギー基本計画上重要かつ、産業振興への寄与度も高い 旧エネルギーミックスから2倍の導入量に拡大	1億トン/年(2050年) 2050年の次世代型太陽電池の導入量を約0.6TWと想定 - 日本の市場規模を25%の0.15TWとして火力発電を代替すると仮定して算定	1.25兆円/年(2050年) 2050年の次世代型太陽電池の市場規模を5兆円と想定 - 日本企業のシェアを25%と仮定して算定
超臨界地熱発電 ¹⁾ (TRL 4-5)	地熱貯留槽が豊富で大規模ベースロード電源となりうる マグマ付近の高温・高圧な超臨界熱水を利用する場合は数十万kWを想定	4500万トン/年(2050年) 導入ポテンシャルを最大で1,100kW (781億kWh) と想定して算出	11兆円/年(2050年) NEDO報告による国内のみの算定結果

1. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 4-5

Source: GI基金「洋上風力発電の低コスト化」研究開発・社会実装計画; GI基金「次世代型太陽電池の開発」研究開発・社会実装計画; NEDO「超臨界地熱発電技術研究開発」(事後評価); BCG分析



次世代再エネ: PJ評価 (2/2)

	技術力	社会実装	外的リスク
浮体式洋上風力 (TRL 4-6)	 技術力は横並びと言われているが、特許は諸外国がリード 浮体式基礎製造・基礎設置では米国・英国の特許が際立つ	 大規模プロジェクトの社会実装で海外にビハインド - 欧州は複数機による大規模商用化を見据えた計画を策定 - 他方、日本企業は小規模な実証に留まる	 設置にあたっては、漁業への影響やバードストライクへの対応が必要
ペロブスカイト太陽電池 (TRL 5-7)	 特許数・質は英国がリード	 社会実装に向けた動きは欧米が先行 - 欧米では22年稼働を目標に量産ラインの構築が進む - 一方、日本は量産ラインへの投資は未着手	 現時点で顕在化しているリスクはなし
超臨界地熱発電 (TRL 4-5)	 世界に対して大きく後れを取っている - 特許の量・質では米国と中国が先行 - 日本は現時点で特許取得なし	 世界的にみても商用化されたプロジェクトは存在しない - アイスランド中心に大深度、超高温をターゲットとした研究開発が進行 - 日本ではFS調査を実施済みで試掘検討中	 自然環境・地元産業への影響、地震発生リスクが避けられない



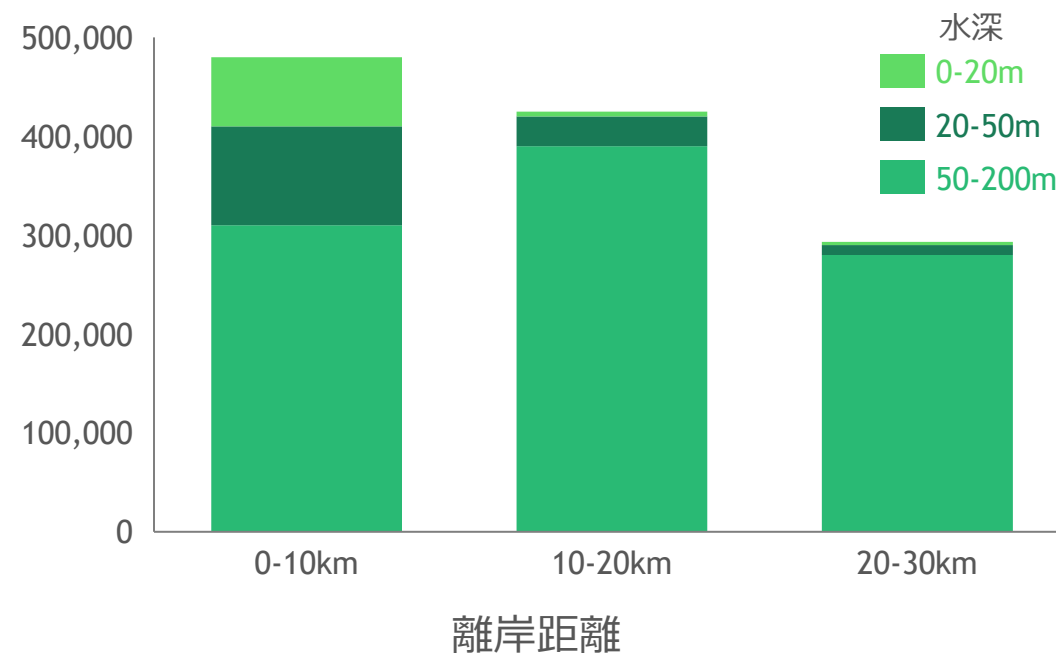
浮体式洋上風力はエネルギー基本達成に向けて重要かつ、産業振興への寄与度も高い 国情との適合性

電源構成

	2030年		2050年
	旧ミックス	新ミックス	
太陽光発電	7.0%	14~16%	約50~60%
風力	1.7%	5%	
地熱	1%	1%	
水力	8.8 - 9.2%	11%	
バイオマス	3.7 - 4.6%	5%	
水素	0%	1%	約10%
アンモニア			
原子力	20-22%	20-22%	約30-40%
CCS付火力	-	-	
LNG	27%	20%	-
石炭	26%	19%	-
石油 等	3%	2%	-

着床式/浮体式のポテンシャル

- 我が国の地形を踏まえると、浮体式の開発が重要
 - 着床式(～50m):1,000万kW
 - 浮体式(～200m):4,800万kW





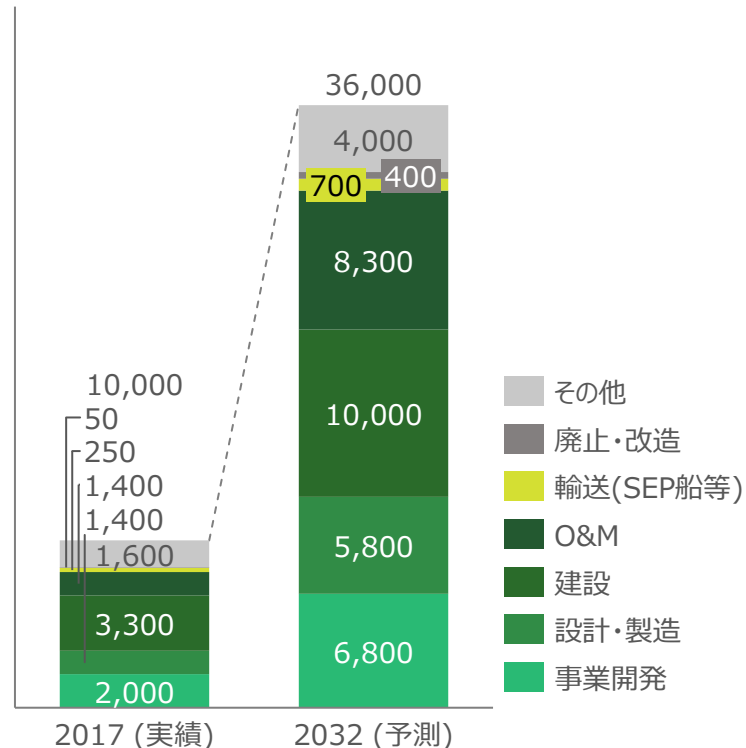
2030年1兆円規模、1万人弱の雇用創出と産業振興への寄与度は高い

洋上風力関連雇用の実態と見通し



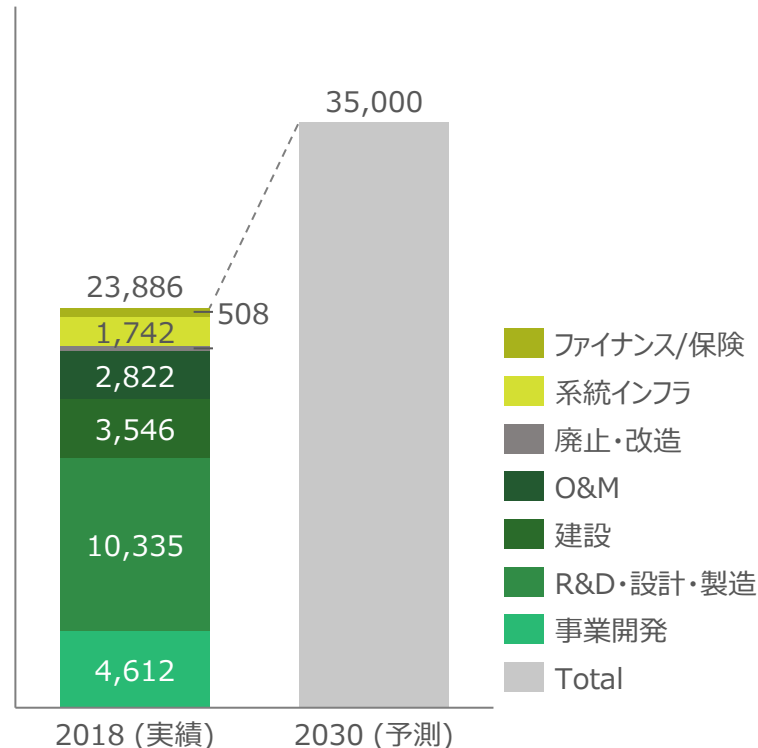
英国

洋上風力関連雇用者数 (人)



ドイツ

洋上風力関連雇用者数 (人)



日本

現状洋上風力関連の人材が少なく、今後も引き続き不足が見込まれる

- 2030年に洋上風力発電の分野で8,600名以上の人材が必要
 - 他方で、2020年2月時点での海洋開発技術者数は2,865名



今後の持続的な案件形成・産業構想構築に向けては人材開発、育成が急務

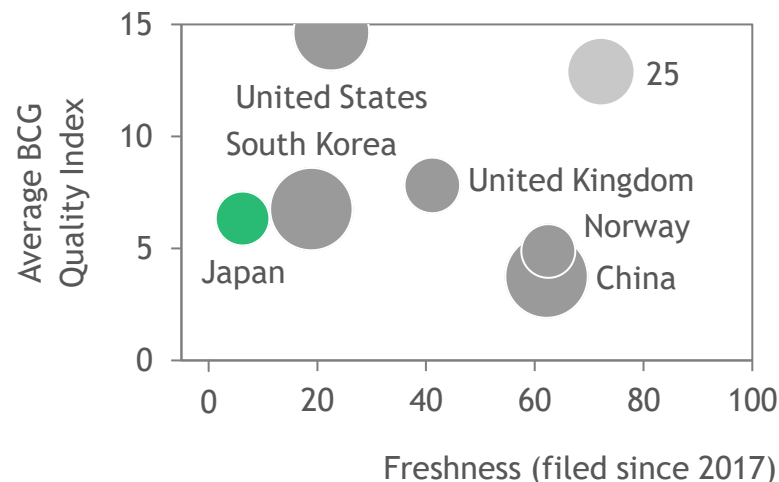


主要技術の技術力、大規模プロジェクトの社会実装ともにビハインド

既存PJ評価：技術力・社会実装

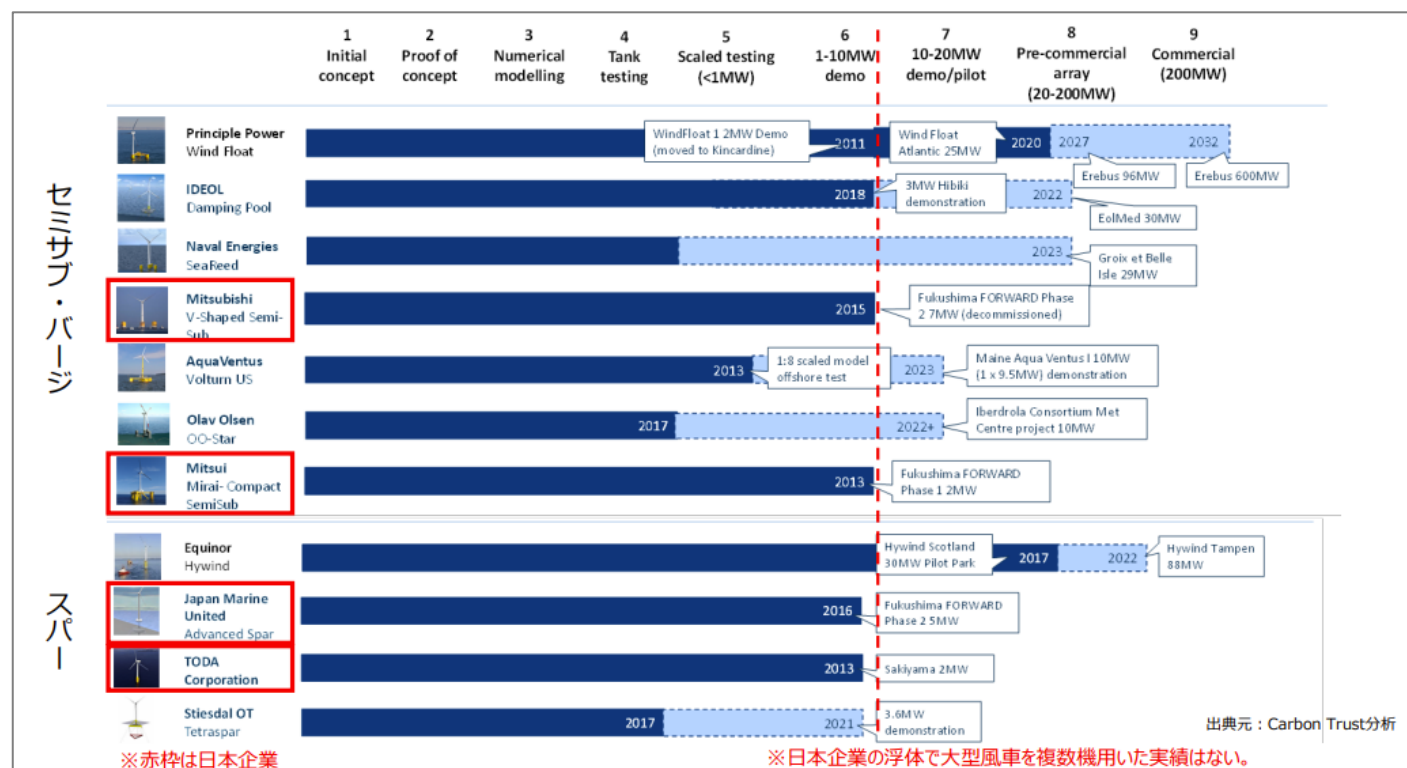
技術力

- 技術力は横並びと言われているが、特許分析上は諸外国がリード
 - 例えば、浮体式基礎製造・基礎設置では米国・英国の特許が際立つ



社会実装状況

- 欧州は複数機による大規模商用化を見据えた計画を策定
- 他方、日本企業は小規模な実証に留まる



Note: BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年)

以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: Derwent World Patents Index (DWPI); BCG Center for Growth & Innovation Analytics



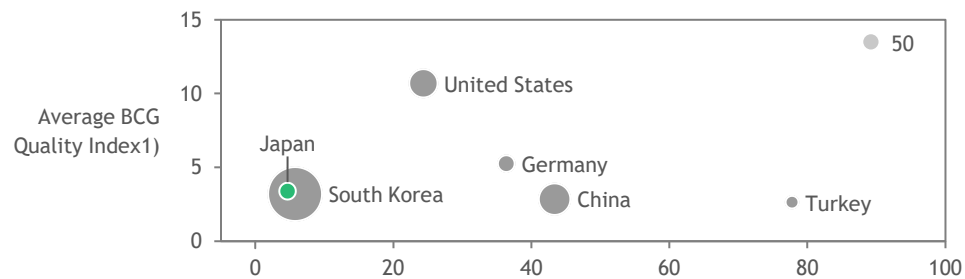
風車性能は米国・ドイツが、浮体式基礎構造は米国・英国の特許の質が高い

特許分析詳細 (1/4) : 国別・保有主体別比較①

国別比較

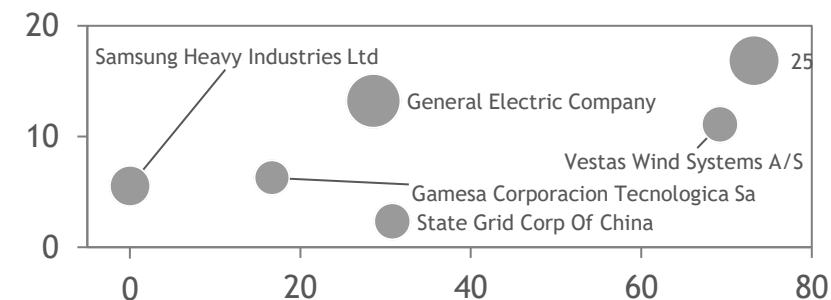
風車性能
(自然条件
対応、低風速、
補器類)
(TRL 4-5)¹

- 質の面では米国・ドイツが、量の面では韓国がリード



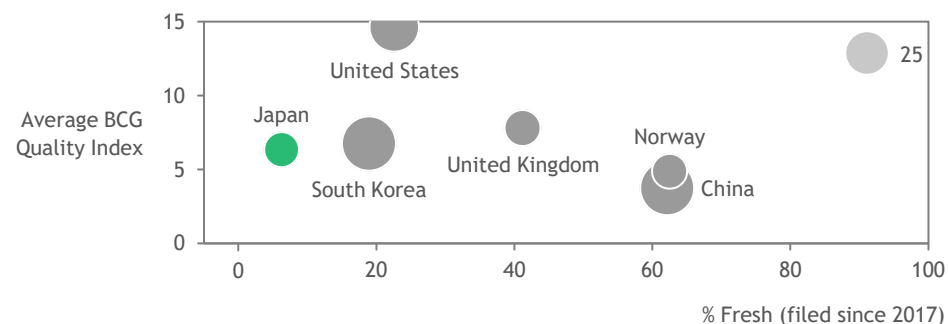
保有主体別比較

- 米GEが特許の質と量で世界をリード
- 日本企業は上位に入らない

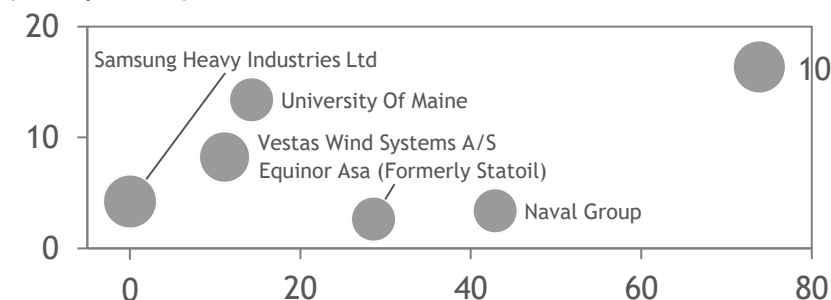


浮体式
基礎製造・
基礎設置
(TRL 4-6)²

- 質の面では米国・英国が、鮮度の面ではノルウェーや中国の特許が目立つ



- 米Maine大学が特許の質で世界をリード
- 日本企業は上位に入らない



1. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 3-5

2. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 8

BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年) 以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: Derwent World Patents Index (DWPI); BCG Center for Growth & Innovation Analytics



(参考) 洋上風力特許分析詳細 (2/4) : 高indexランキング (技術開発要素ごと上位5件)

技術開発要素	特許名	保有者	国	index	公表年
風車性能 (自然条件対応、低風速、補器類) (TRL 4-5) ¹	SYSTEM AND METHOD FOR MONITORING WIND TURBINE GEARBOX HEALTH AND PERFORMANCE	GENERAL ELECTRIC COMPANY	United States	79	2012
	Windpark turbine control system and method for wind condition estimation and performance optimization	GENERAL ELECTRIC COMPANY	Germany	49	2007
	Systems, devices and methods for electricity provision, usage monitoring, analysis, and enabling improvements in efficiency	MOIXA ENERGY HOLDINGS LTD	United Kingdom	36	2014
	Efficient wind turbine blades, wind turbine blade structures, and associated systems and methods of manufacture, assembly and use	VESTAS WIND SYSTEMS A/S MODULAR WIND (ASSIGNMENT FOR THE BENEFIT OF CREDITORS) LLC	United States	29	2013
	HIGH EFFICIENCY MAGNETIC CORE ELECTRICAL MACHINE	MATTSON TECHNOLOGY INC.	United States	26	2011
浮体式基礎製造・基礎設置 (TRL 4-6) ²	Truss Cable Semi-submersible Floater for Offshore Wind Turbines and Construction Methods	FORD MOTOR CO.	United States	72	2012
	PRE-STRESSED CONCRETE FLOATING PLATFORM FOR SUPPORTING OFFSHORE WIND TURBINE AND MARINE ENERGY GENERATOR	HUANG CANGUANG CHEN LIQIANG	China	66	2013
	Star-shaped swimming support base for offshore wind energy plant, has control unit that controls operation cycle of wind power machine such that configurations of hardware and software are introduced at wind power machine	SCHOPF WALTER DIPL.-ING.	Germany	64	2013
	Floating wind turbine system	VITERNA L A	United States	61	2009
	Maritime hydrogen generation system	LILLY (ELI) & CO.	United States	40	2007

1. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 3-5

2. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 8

BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年) 以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: Derwent World Patents Index (DWPI); BCG Center for Growth & Innovation Analytics



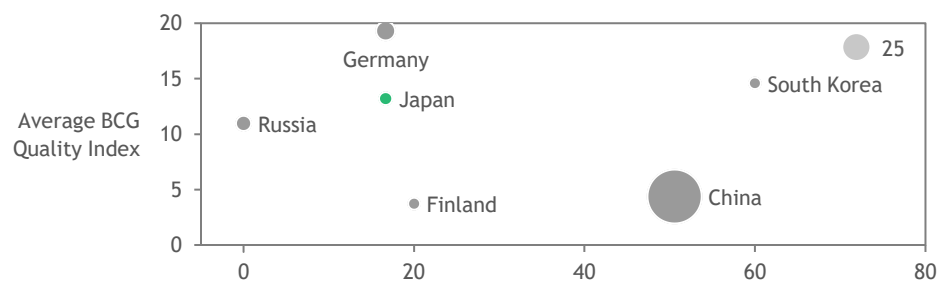
洋上風力関連電気システムでは、ドイツ・中国の存在感あり

特許分析詳細（3/4）：国別・保有主体別比較②

国別比較

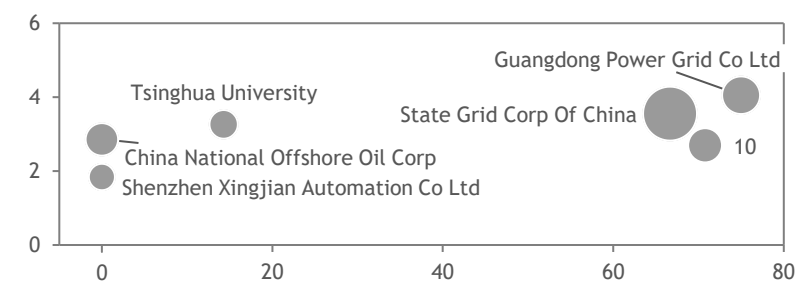
洋上風力
関連
電気システム
(TRL 4-5)

- 質の面ではドイツが、量の面では中国が先行



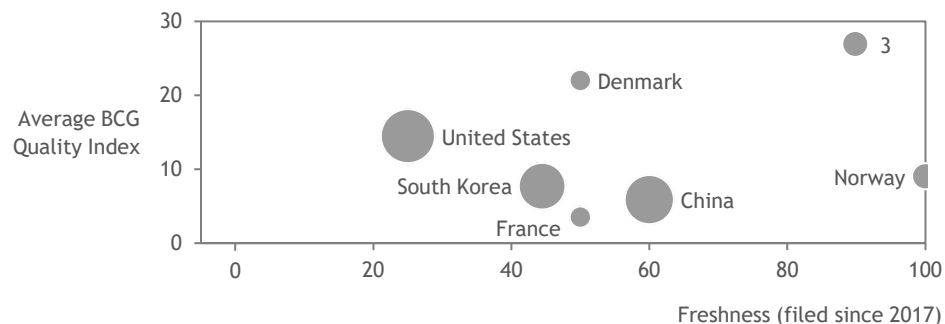
保有主体別比較

- 特許数上位は中国企業・研究機関が独占
- 日本は上位に入らない

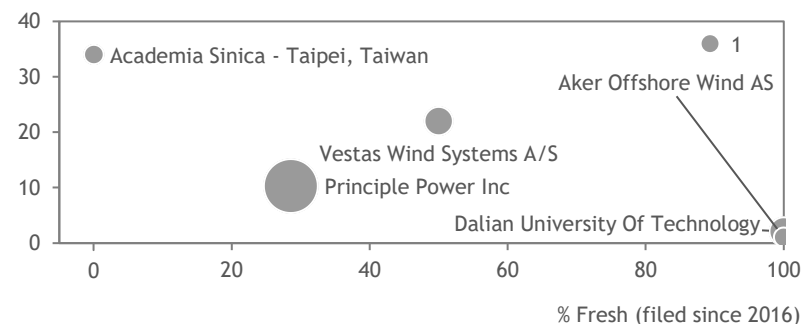


洋上風力
運転保守
高度化
(TRL 4-6)

- 欧米中のプレイヤーが入り乱れている
- 日本の特許なし



- 台Academia Sinicaが特許の質で世界をリード



Note: BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年)

以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: Derwent World Patents Index (DWPI); BCG Center for Growth & Innovation Analytics



(参考) 洋上風力特許分析詳細 (4/4) : 高indexランキング (技術開発要素ごと上位5件)

技術開発要素	特許名	保有者	国	index	公表年
洋上風力関連 電気システム (TRL 4-5)	Process for regulating and smoothing the power output of an offshore power station e.g. wind farm comprises converting stored hydrogen and oxygen or air enriched with oxygen into electrical	ABB ASEA BROWN BOVERI LTD	Germany	78	2002
	AC-CONNECTION OF AN OFF-SHORE WIND-PARK TO AN ON-SHORE ELECTRICITY GRID AND BOOSTER TRANSFORMER FOR SUCH AN AC-CONNECTION	VISERGE LTD	Belgium	77	2011
	Offshore station, foundation for an offshore station, and method for building an offshore station	BOEGL BAUUNTERNEHMUNG GMBH & CO KG MAX	Germany	54	2013
	A sea windmill pump apparatus, a windmill pump artificial fishing ground, and an anchoring type formula wind power station.	KINOSHITA TERUO	Japan	52	2009
	DEEP WATER POWER GENERATION STATION, POWER STATION, MARINE POWER PLANT AND OFFSHORE FLOATING CITY THEREOF	VALEO S.A.	China	47	2017
洋上風力 運転保守高度化 (TRL 4-6)	Deep offshore floating wind turbine and method of deep offshore floating wind turbine assembly, transportation, installation and operation	ROZNITSKY H ROZNITSKY Y ROZNITSKY S ROZNITSKY M	United States	84	2012
	METHOD OF ERECTING A FLOATING OFF-SHORE WIND TURBINE AND A FLOATING OFF-SHORE WIND TURBINE	VESTAS WIND SYSTEMS A/S	Denmark	41	2011
	SYSTEM AND METHOD FOR CONTROLLING OFFSHORE FLOATING WIND TURBINE PLATFORMS	PRINCIPLE POWER INC	United States	40	2018
	PARTIALLY FLOATING MARINE PLATFORM FOR OFFSHORE WIND-POWER, BRIDGES AND MARINE BUILDINGS, AND CONSTRUCTION METHOD	ACADEMIA SINICA (REPUBLIC/PROVINCE OF CHINA ON TAIWAN) - TAIPEI TAIWAN	China	34	2015
	System and method for controlling offshore floating wind turbine platforms	PRINCIPLE POWER INC	United States	32	2018

Note: BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年)

以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: Derwent World Patents Index (DWPI); BCG Center for Growth & Innovation Analytics

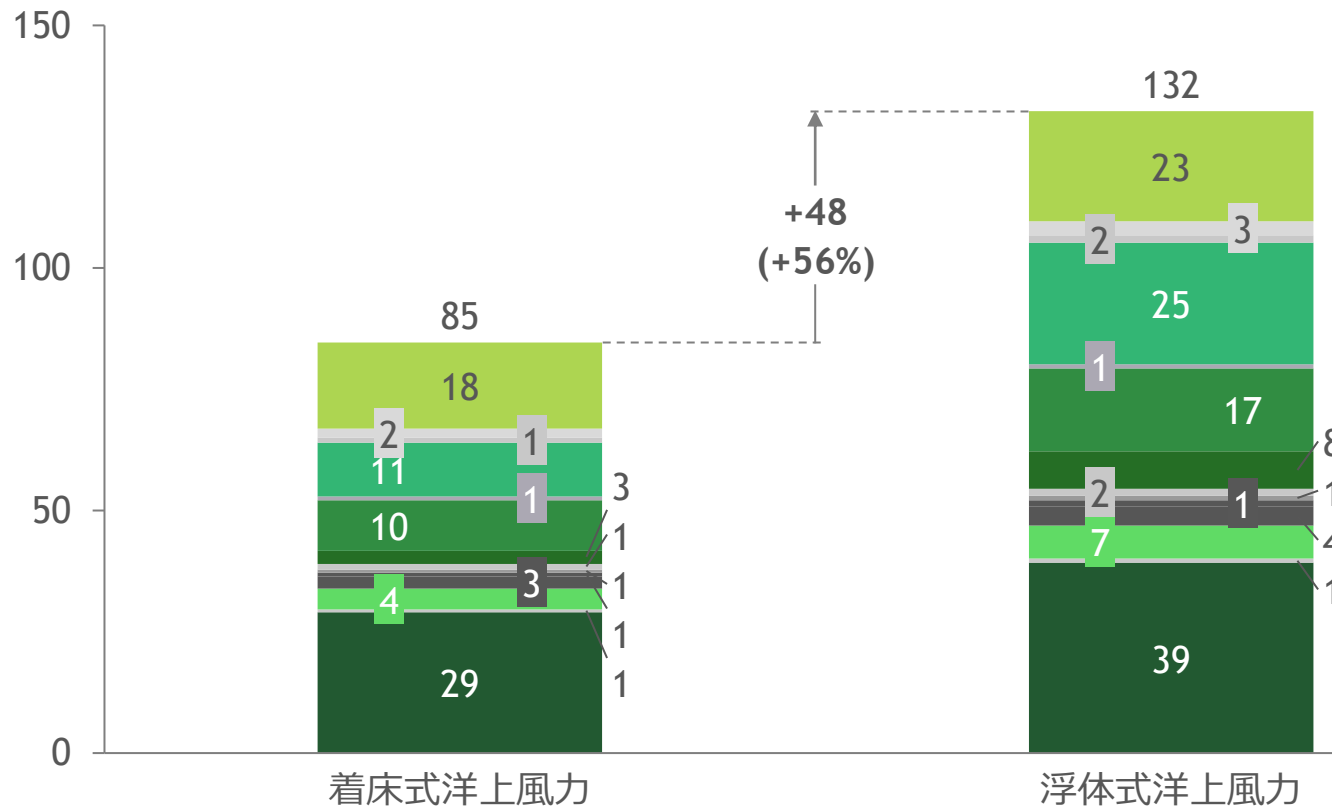


浮体式は着床式に比べ、タービンや基礎工事、電気設備、組立/設置にかかるCAPEXやOPEXが高く、LCOEベースで約1.5倍のコストが必要

着床式洋上風力と浮体式洋上風力の発電コスト比較

着床式と浮体式の発電コスト(LCOE)構造詳細

USD/MWh



着床式比での浮体式での増加額(率)

タービン投資	5(28%)
開発	1(53%)
エンジニアリング/監理	1(50%)
基礎/下部構造	14(126%)
物流/運搬	0(0%)
電気設備	7(64%)
組立/設置	5(185%)
リース	0(25%)
建設保険	0(50%)
撤去債	5(63%)
建設ファイナンス	1(56%)
予備	3(58%)
プラント手数料	0(50%)
オペレーション	10(35%)
計	48(56%)



着床対比で高い、またはコスト比率が高い要素は改めて深掘り余地を検討すべき

洋上風力の技術開発項目とGI基金の範囲

サプライチェーン		技術開発項目	GI基金対象 ¹⁾	GI基金対象外
部材 (着床式・浮体式共通)		風車 (技術開発・軽量化 等)	- 風車仕様の最適化 - 風車の高品質大量生産技術 - 浮体搭載風車の最適設計 - 次世代風車要素技術開発 - 低風速域向けブレード	- 洋上風車の長寿命化技術 - 大型風車の開発 - ブレード侵食防止技術 - ブレードリサイクル技術 - タワーの高高度化と低コスト化
EPC	着床式	基礎構造	—	- 複雑な地質・厳しい気象海象条件に対応した基礎構造 - タワー・基礎接合技術の 高度化 - 基礎構造用鋼材の高強度化 - 基礎溶接技術の高度化
		設置技術	—	- 低コスト施工技術の開発 - 洗掘防止工の高度化 - ロジスティクスの高度化 - 撤去
	浮体式	基礎構造 (開発・低コスト化)	- 浮体基礎の最適化 - 係留システムの最適化 - 浮体の量産化 - ハイブリッド係留システム	- メンテナンスフリー技術 - 浮体システムの計測技術
		設置技術 (開発・低コスト化)	低コスト施工技術の開発	- 作業船と輸送システム - 大規模修繕技術 - 撤去・リサイクル
O&M (着床式・浮体式共通)		電気システム (技術開発)	- 高電圧ダイナミックケーブル - 浮体式洋上変電所 - 次世代洋上直流送電技術	- 洋上送電ケーブル敷設の高効率化 - 発電需給の統合予測 - 系統安定化技術
		運転保守 (技術開発・システム高度化)	- 運転保守及び修理技術の開発 - デジタル技術による予防保全・メンテナンス高度化 - 監視及び点検技術の高度化 - 落雷故障自動判別システムの 開発	リモートセンシングと予報技術による発電量向上

優先度を下げていた
技術開発要素を再精査し、
更なるコスト低減余地を検討

優先度を下げていた
技術開発要素を再精査し、
更なるコスト低減余地を検討

1. 洋上風力の産業競争力強化に向けた技術開発ロードマップにおける重要技術のうち、TRLが4-6のプロジェクト



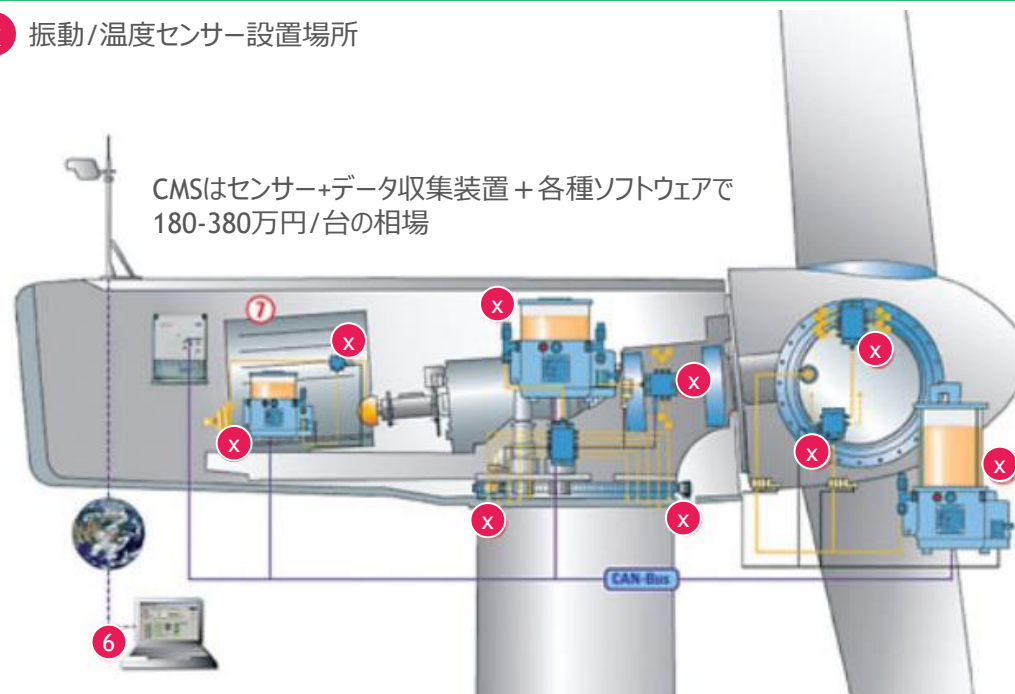
(参考) スウェーデン軸受けメーカーSKFは、軸受けセンサーから得られるデータをCMSで活用することでO&Mコスト低減/高度化を実現し、洋上風力保険料率を低減

CMS(Condition Monitoring System)導入による風力発電の保険料率低減事例

スウェーデン軸受メーカーSKFの風車CMS

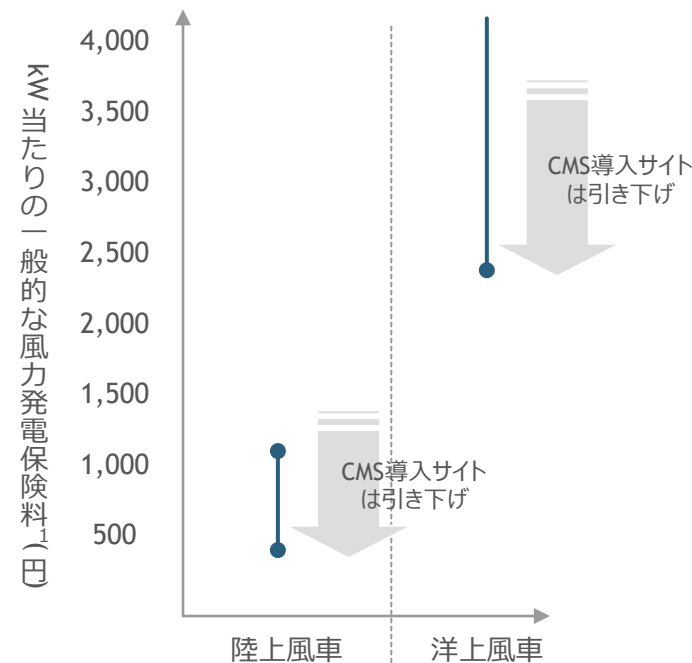
O&Mの透明性担保による保険料率の優遇

x 振動/温度センサー設置場所



- 各種センサーを風力発電設備内に取り付け、データ収集装置で遠隔で集約し、収集したデータをソフトウェアでシミュレーションをすることで、予兆診断、部品の事前手配、O&M計画スケジュールを策定 (Digital Twinの発想)
- CMSによる振動開始を10年間継続すると、風力発電設備の**運転&保守** **トータルコストの2%削減が可能**

1. 2015年データ 仕様は物保険+休業/操業遅延保険/第三者賠償責任保険
Source: 各種公開情報; エキスパートインタビュー; BCG分析



“ 今後は、事業者の事業実績やO&Mに対する考え方・理解度・予防保全への取組状況、CMS導入状況を勘案して保険料が決定されと考えられ、同様の気象条件のサイトでも、**保険料に幅が3倍程度**生じると予測される (業界レポート) ”

- 独保険会社のAllianzはSKF製CMSが導入されている風力発電サイトの保険料を優遇
- 欧州でのCMS導入比率は陸上風車では10-20%に留まるが、保守・保険コストが高額である洋上風車ではほぼ100%に近い水準



太陽光発電はエネルギーミックス達成に重要かつ、ペロブスカイト太陽電池は産業振興への寄与度も高い

国情との適合性

電源構成

	2030年		2050年
	旧ミックス	新ミックス	
太陽光発電	7.0%	14～16%	約50～60%
風力	1.7%	5%	
地熱	1%	1%	
水力	8.8 - 9.2%	11%	
バイオマス	3.7 - 4.6%	5%	
水素	0%	1%	約10%
アンモニア			
原子力	20-22%	20-22%	約30-40%
CCS付火力	-	-	
LNG	27%	20%	-
石炭	26%	19%	-
石油 等	3%	2%	-

ペロブスカイト太陽電池の特徴

- 耐荷重の小さい屋根や、ビル壁面にも設置が可能
- 2050年断面では、太陽光の50%がペロブスカイト太陽電池に置き換わる見込み



Source: 第6次エネルギー基本計画の概要; BCG分析

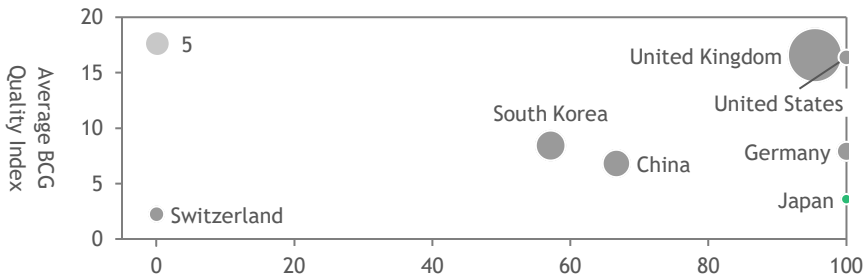
ペロブスカイト太陽電池の特許数・質は英国がリード

特許分析詳細（1/2）：国別・保有主体別比較

国別比較

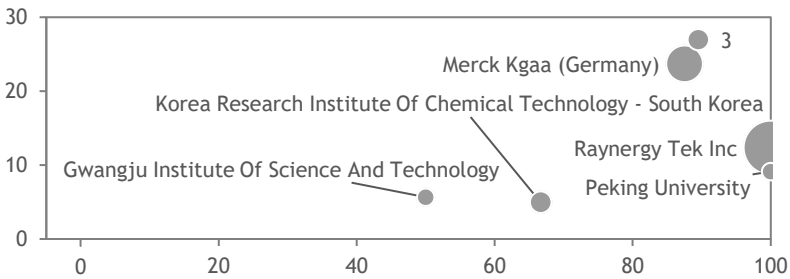
ペロブスカイト太陽電池 (TRL 4)

- 英国、中国、韓国が日本より件数が多い、かつ特許の質も高い



保有主体別比較

- 独Merck Kgaaが質で世界をリード、近年の開発も活発
- 日本は上位に入らない



Note: BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標,Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年) 以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析,丸の大きさは特許件数
 Source: Derwent World Patents Index (DWPI); BCG Center for Growth & Innovation Analytics

(参考) 特許分析詳細 (2/2) : 高indexランキング (技術開発要素ごと上位5件)

技術開発要素	特許名	保有者	国	index	公表年
ペロブスカイト 太陽電池 (TRL 4)	ORGANIC HOLE TRANSPORT MATERIALS CONTAINING AN IONIC LIQUID	ABENGOA SA	Spain	76	2017
	ORGANIC SEMICONDUCTING POLYMERS	MERCK KGAA (GERMANY)	United Kingdom	71	2020
	PRECIPITATION PROCESS FOR PRODUCING PEROVSKITE-BASED SOLAR CELLS	MONASH UNIVERSITY	Australia	50	2017
	ORGANIC SEMICONDUCTING COMPOUNDS	MERCK KGAA (GERMANY)	United Kingdom	41	2019
	ORGANIC SEMICONDUCTING COMPOUNDS	RAYENERGY TEK INC	United Kingdom	40	2018

PV業界構造の変遷



中国PVメーカー席巻の要因

中国メーカー市場席巻の理由

拡大する欧州市場を 取り込み

欧米の関税・輸入制限政策

内需を中心とした
さらなる競争力強化

低い
参入障壁

地方政府の援助

先進国企業の
買収・協業
によるSC拡大

国外生産による 関税回避

中央政府
政策

- "世界の標準的な価格の4割安い値段でも高い収益確保が可能 (2003年、サンテック)"

欧州ではEPCに対して太陽電池販売するモデルのため、ブランドや販売網が不要

- 価格と性能だけが重要であり、エンドユーザーへのアピールは不要

製造装置メーカーが「ターンキー・ソリューション」を提供しており、それを活用することにより技術力不足を補う

- 米: アプロイドマテリアルズ、スイス: OCエレコン、日本: アルバックなどが提供

地方政府の補助の出資、国有銀行への融資の働きかけ等の援助があったことにより積極的な投資が可能

- 2001年江蘇省無錫市が大半を出資しサンテックを設立

- **サンテック**: 2003年、2008年に資金繰り悪化した際に、国有企業や共産党委員会が保証人となり融資獲得

単一事業・オーナー企業であり迅速な経営判断で、先進国企業を取り込み、サプライチェーンを整備

- サンテック: シャープの組立下請けであったMSKの買収により、組立技術を吸収 (2006)

- 欧米のシリコンウエハーメーカーとの長期契約や、出資によるシリコンの確保 (2007~2009)

- 開発業者、コンサル会社の買収、ファンド立ち上げなどにより、下流側へSCを拡大し、需要を取り込み

欧州・米国の関税政策に対し、生産拠点を海外に設立ことで影響を最小化

- マレーシアなどの東南アジア諸国に生産拠点を設立

外需縮小を補うための政策による内需拡大

- 外需依存への危機感からFITを施行 (2011年)

- さらに、欧州の需要減で苦境に立った国内メーカーのロビイングにより「5か年計画」で高い導入目標（2012年）

同時に技術開発の促進により競争力強化

- 今後建設する工場で製造する製品の変換効率を設定、トップランナー制度により新技術が優先的に案件を獲得できる、等の政策により、技術開発を促進

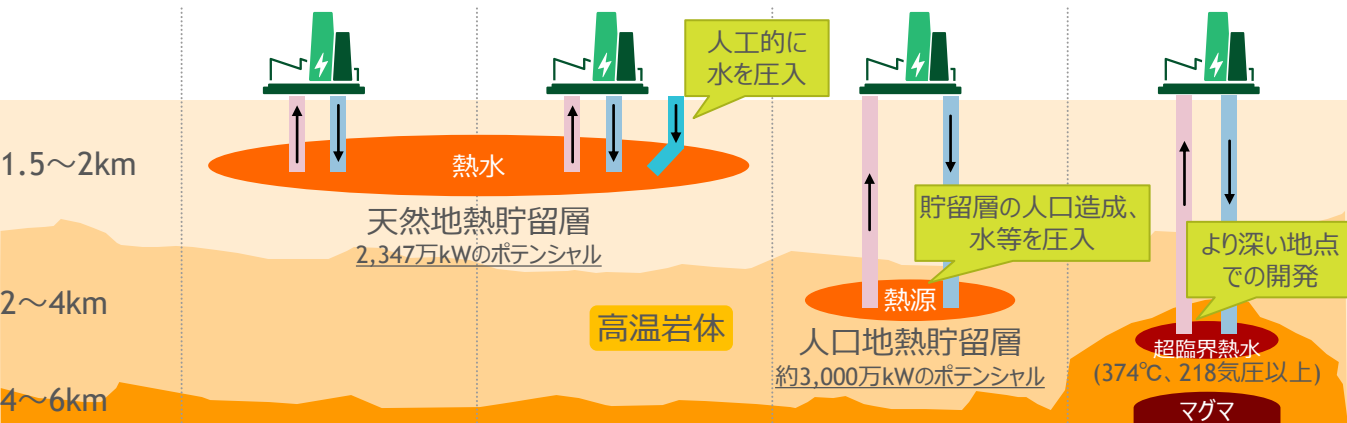
大規模ベースロード電源化となりうるが、既存地熱同様にビジネス・社会実装面の課題あり

既存方式との比較

既存方式との比較

高温・高圧な超臨界熱水を利用することで、大規模発電が可能

	従来型	人工涵養	高温岩体地熱発電	超臨界地熱発電
概要	天然地熱貯留層の熱水や蒸気を利用	地熱貯留層に人工的に水を圧入	地熱貯留層の人口造成及び水を圧入、蒸気を生産	マグマ付近の高温・高圧な超臨界熱水を利用
発電規模	数万kW	N/A	N/A	数十万kW



社会実装の課題

従来型地熱発電同様の課題を内包

- 掘削リスク
 - 民間企業には、地熱の適地が特定できず、事業開発を控える
- 自然環境への配慮
 - 自然公園などが適地であるため、環境団体等からの反発がある
- 地元産業への配慮
 - 温泉などの地元産業とコンフリクトし、地元住民から理解が得られない
- 地震発生リスク
 - 地震の誘発リスクあり

Source:経済産業省資料, BCG分析



コスト見通し及び導入可能量の精緻が必要

導入インパクト

コスト見通し

深度や設備によりコスト見通しの幅が大きい

- 超臨界: 8.7~19.6円/kWh
- 従来型: 10.9円/kWh

		資源存在深度		
		浅い		深い
資源密度		3,500m井	4,000m井	5,000m井
人工 貯留層 造成不要	過熱蒸気直接利用	10.2	10.6	11.6
	既設活用	8.7	9.0	9.6
	過熱蒸気熱交換	16.0	16.7	18.5
人工 貯留層 造成必要	過熱蒸気直接利用	10.9	11.4	12.4
	既設活用	9.6	9.9	10.6
	過熱蒸気熱交換	16.4	17.2	18.9

単位: 円/ kWh (40年)

導入可能量

最大1,100万kWだが、既存地熱の状況を踏まえると、現実的な導入量は大幅に減る可能性

- 既存地熱は約2,350万kWのポテンシャルに対して、53万kWの導入に留まる

導入可能量によって、CO2削減効果も大きく減少

- CO2削減効果: 最大で4,500万t (1,100万kW⇒781億kWh換算)



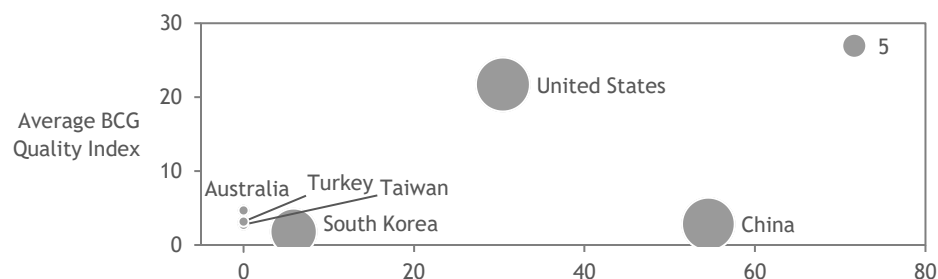
地熱バイナリー発電ではリードする日本だが、強化地熱システムでは特許を取得していない

特許分析詳細（1/2）：国別・保有主体別比較

国別比較

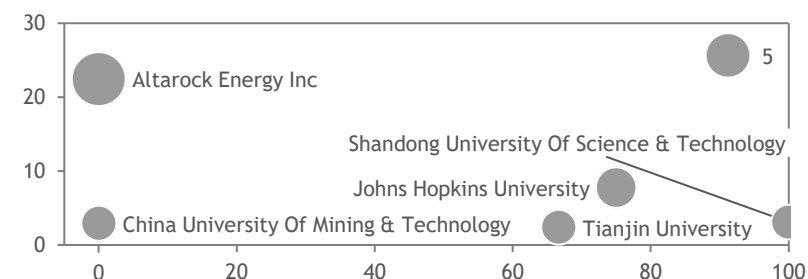
強化地熱 システム¹

- 日本は現時点で特許取得なし
- 米中が先行



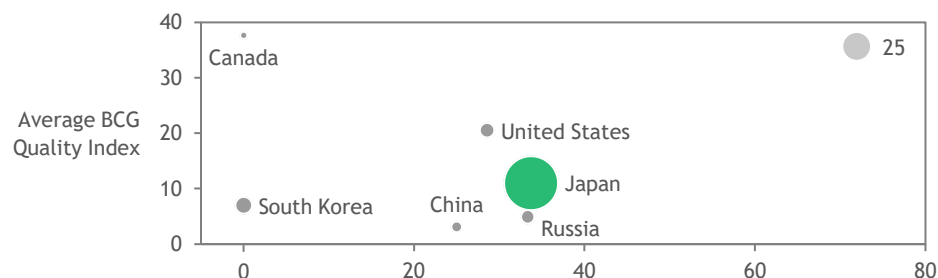
保有主体別比較

- 米Altarockが質の高い特許を長期保有

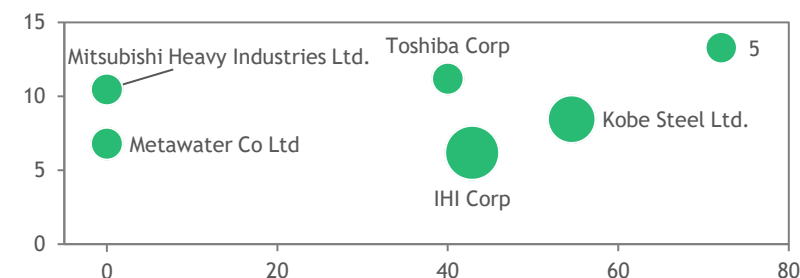


地熱 バイナリー 発電²

- 日本が特許数において、諸外国を大きく引き離す



- 日本勢が特許数上位を占める
- 中でも東芝、神戸製鋼は近年開発が盛んで、質も高い



1. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 4-5

2. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 6

BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年) 以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: Derwent World Patents Index (DWPI); BCG Center for Growth & Innovation Analytics



(参考) 特許分析詳細 (2/2) : 高indexランキング (技術開発要素ごと上位5件)

技術開発要素	特許名	保有者	国	index	公表年
強化地熱発電 ¹	METHOD FOR TESTING AN ENGINEERED GEOTHERMAL SYSTEM USING ONE STIMULATED WELL	ALTAROCK ENERGY INC	United States	80	2010
	Enhanced oil recovery system for use with a geopressured-geothermal conversion system	NITSCHKE G	United States	75	2010
	MATERIALS AND METHODS FOR TEMPORARILY OBSTRUCTING PORTIONS OF DRILLED WELLS	SUMITOMO CHEMICAL CO. LTD.	United States	56	2011
	Enhanced geothermal systems and methods	HALLIBURTON CO. (HOLDING)	United States	36	2017
	Power tower—system and method of using air flow generated by geothermal generated heat to drive turbines generators for the generation of electricity	G THERM GEO INC	United States	30	2017
地熱バイナリー発電 ²	Binary-cycle-power-generation system	KAWABATA YASU HARU	Japan	81	2014
	Method and apparatus for using geothermal energy for the production of power	ORMAT TECHNOLOGIES INC	Israel	65	2008
	Binary-cycle-power-generation system	FUJI ELECTRIC HOLDINGS CO. LTD.	Japan	60	2009
	The processing method of the method for waste heat utilization, the system for waste heat utilization, and boiler waste gas	MITSUBISHI HITACHI POWER SYSTEMS LTD	Japan	57	2014
	DRILLING/POWER-GENERATING/RECOVERING APPARATUS FOR ENABLING SEAFLOOR HYDROTHERMAL GENERATION AND RECOVERY OF USEFUL SUBSTANCES	GEOTHERMAL ENERGY RES & DEV CO LTD	Japan	51	2016

1. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 4-5

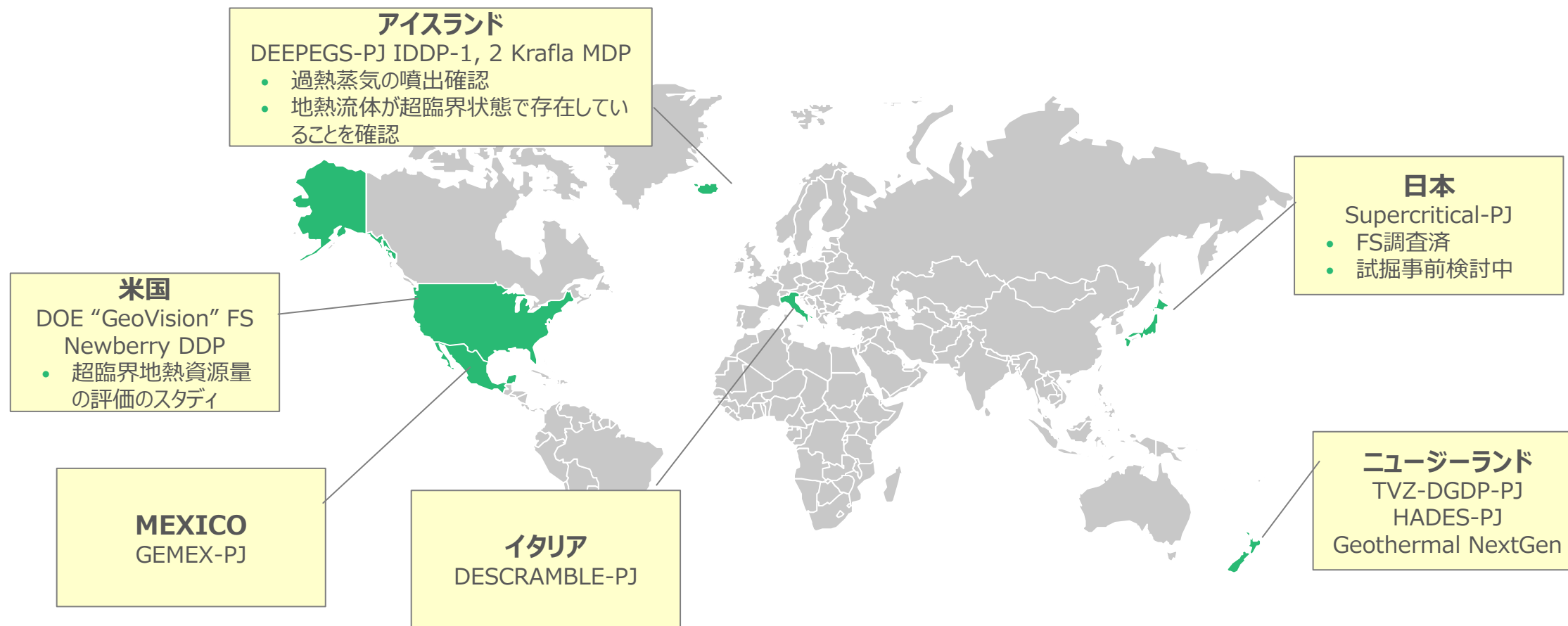
2. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 6

BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年) 以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: Derwent World Patents Index (DWPI); BCG Center for Growth & Innovation Analytics



アイスランド中心に大深度、超高温をターゲットとした研究開発が進行しているが現時点で 商用化したプロジェクトはない 国内外の動向



地熱においても、欧州セントラル方式に類似の仕組みで開発リスクを軽減する 仕組みを構築するのも1案

洋上風力における地元調整・環境アセスへの対応状況

セントラル方式の概要・背景

仕組み概要

- 政府が長期的・挑戦的な導入目標を掲げ、洋上風力の開発区を定め、系統接続や各種許認可等の必要な手続きをTSO(Transmission System Operator: 送電系統運用者)と連携して実施
- その上で、規定開発区での発電事業者を入札で決定

導入背景

- 政府及びTSOが開発に係る調査・許認可を担うことで、民間事業者の開発リスクを低減し、継続的な案件形成を促進
- 持続的な需要形成によって、風車大型化や効率的な施工等の次世代技術開発も促進

欧州各国のセントラル方式導入モデル

: 政府機関

: TSO (送電系統運用者)

: 民間開発事業者

		ゾーニング	地元調整	風況調査	海底・海象調査	環境アセス	系統		港湾
							系統割当	系統連系	
セントラル方式	 オランダ	政府 (経済・気候政策省)	政府 (経済・気候政策省)/ TSO	TSO (国営送電事業者TenneT)					対象外
	 デンマーク	政府 (エネルギー省)	政府 (エネルギー省)/ TSO	TSO (気候エネルギー省下部組織Energinet)				TSO/ 開発事業者	
	 ドイツ	政府 (連邦海運・水路庁)	開発事業者	政府/開発事業者			政府	TSO (TenneT、50Hertz Transmission)	
(参考) デセントラル =民間主導	 英国	政府 (Crown Estate)	政府/ 開発事業者	開発事業者			TSO/ 開発事業者	開発事業者	

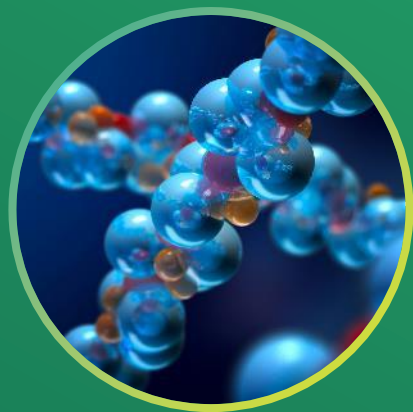


(参考) 次世代再エネ 特許分析検索条件

技術開発要素

検索条件

i 洋上風力	風車性能（自然条件対応、低風速、補器類）	(TAB= (wind ADJ3 turbine*) OR AIC = ("Y02E 10/72" OR "Y02E 10/727" OR "Y02E 10/728" OR "Y02E 10/74" OR "F05B 2240/21")) AND (TI= (performance OR efficie* OR (usable ADJ energy) OR ((power ADJ produc*) NEAR3 (over ADJ time)))) AND (AY>=(2000) AND AY<=(2022));
	浮体式基礎製造（浮体、係留索、アンカー等）	((TAB= ((offshore OR (off ADJ shore) OR seaward OR alongshore OR (along ADJ shore) OR coastal OR inshore OR littoral OR nearshore OR ("near" ADJ shore) OR shoreside OR (shore ADJ side) OR beachside OR (beach ADJ side) OR seaside OR (sea ADJ side) OR waterside OR (water ADJ side)) NEAR5 (float* OR afloat OR buoyant OR floaty OR unsinkable OR (free ADJ float*)) NEAR5 ((wind NEAR3 turbine*) OR (wind NEAR2 mill) OR windmill* OR windwheel OR (wind ADJ wheel*) OR (wind NEAR2 plant*) OR (wind ADJ park*) OR windpark* OR windfarm* OR (wind ADJ farm*) OR (wind NEAR2 power NEAR2 (station OR plant*)))) SAME (manufacur* OR fabricat* OR produce OR production OR fabricat* OR assemble OR build OR construct* OR (method ADJ of ADJ making)))) OR (ACP=(B63B0075 OR B63B2075 OR B63B2021505) AND TAB=(wind))) AND (AY>=(2000) AND AY<=(2022));
	洋上風力関連電気システム	TAB = ((offshore OR (off ADJ shore) OR seaward OR alongshore OR (along ADJ shore) OR coastal OR inshore OR littoral OR nearshore OR ("near" ADJ shore) OR shoreside OR (shore ADJ side) OR beachside OR (beach ADJ side) OR seaside OR (sea ADJ side) OR waterside OR (water ADJ side)) NEAR5 ((power ADJ grid) OR (power ADJ station*) OR smartgrid* OR (smart ADJ grid*) OR (intelligent ADJ transformer ADJ substation*) OR microgrid* OR (micro ADJ grid*) OR (electr* ADJ grid*))) OR (offshore ADJ grid*) OR (offshore ADJ energy ADJ grid*) OR (offshore ADJ power ADJ grid*) OR (offshore ADJ electric* ADJ grid*)) AND (AY>=(2000) AND AY<=(2022));
ii 次世代太陽光	ペロブスカイト太陽電池	TAB = ((perosvskite OR "ABX3" OR (methyllammonium ADJ lead ADJ (triiodide OR *chlori* OR *flori* OR *fluori* OR *iodi* OR *halide*)) OR (Methyl ADJ ammonium ADJ lead ADJ (triiodide OR *chlori* OR *flori* OR *fluori* OR *iodi* OR *halide*)) OR (inorganic ADJ cesium ADJ lead ADJ halide*) OR "CH3NH3PbX3" OR (Formamidinium ADJ lead ADJ trihalide) OR "H2NCHNH2PbX3" OR "CH3NH3SnI3") NEAR8 ((solar ADJ3 cell*) OR ((solar ADJ3 panel*) OR (photovoltaic ADJ3 cell*) OR (PV ADJ cell*) OR (solar ADJ PV))) OR (perovskite ADJ based ADJ solar ADJ cell*) OR "perovskite-based solar cell" OR "perovskite-based solar cells") AND (AY>=(2000) AND AY<=(2022));
iii 地熱	強化地熱システム	TAB= ((enhanced OR focus* OR focussed OR EGS OR engineer*) NEAR3 (geothermal* NEAR3 (system* OR energy OR reservoir OR seismicity))) OR "CO2 EGS" OR (EGS SAME HDR) OR (EGS SAME (hot ADJ dry ADJ rock*))) AND (AY>=(2000) AND AY<=(2022));
	地熱バイナリー発電	TAB=(((binary ADJ2 cycle* OR ((geother* OR geo therm*) AND binary)) AND ((power ADJ plant*) OR (power ADJ station*) OR (power ADJ generat*) OR (powerplant*) OR (powerstation*) OR (powergenerat*) OR (electric* ADJ plant*) OR (electric* ADJ generat*) OR (electric* ADJ station*) OR (thermal ADJ plant*) OR (thermal ADJ generat*) OR (thermal ADJ station*) OR (power grid*) OR (grid power*) OR (microgrid*) OR (micro grid*) OR smartgrid* OR (smart ADJ grid*) OR (intelligent ADJ transformer ADJ substation*) OR (power grid*) OR (electric* grid*))) OR (binary cycle plant*) OR ((binary geothermal power plant*) OR (binary plant* OR binary station* OR binary grid*) AND (geothermal* OR geo thermal*))) AND (AY>=(2000) AND AY<=(2022))

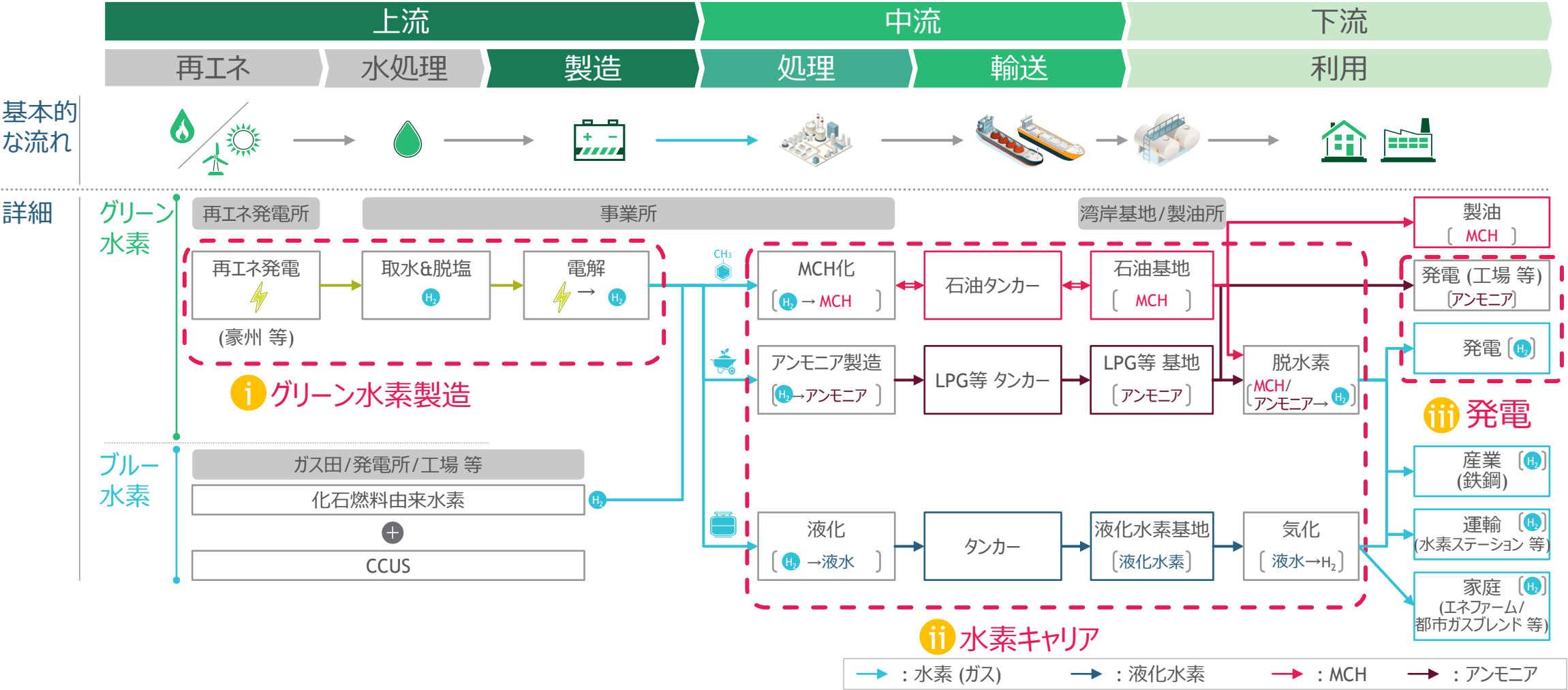


個別産業分析

②水素/燃料アンモニア産業

水素・アンモニア関連の主な検討の塊は、製造・輸送・利用 (発電) の3つに大別される

水素/燃料アンモニア-ビジネスレイヤー：水素関連チェーンの全体像





グリーン水素製造: PJ評価 (1/2)

国情との適合性

インパクト

CO2削減 (国内)

経済波及効果 (世界)

水素
(TRL 5)¹

大規模水素/アンモニアサプライチェーン構築は国情に適合

- 発電・輸送・産業など多岐な用途が見込まれており、資源制約のある日本において、大量かつ安価に供給する技術の確立が必要
- 加えて、世界的に水素/アンモニア関連市場が今後拡大していくことが見込まれており、こうした国内外の市場を獲得することは、我が国の経済成長、雇用維持にも貢献する

15.2 億トン/年(2050 年)

- 水電解によって製造された水素の主な利用先を熱需要と想定し、輸入天然ガスの熱需要を水素が熱量等価で代替すると仮定
- 2050 年までに 平均 88GW/年の水電解装置が導入されたと仮定して算定

33兆円/年(2050年)

- 水電解装置:約 4.4 兆円/年
- 国際水素取引:約 5.5 兆円/年
- 水素発電タービン市場:最大約 23 兆円

燃料
アンモニア
(TRL 3-4)²

6,150万トン/年(2050年)

- 2050年時点の世界の国際水素取引量を 5,500万トンと仮定して算定³

7.3兆円/年(2050年)

- サプライチェーン: 5.6 兆円/年
- 発電:1.7 兆円/年

1. IEA, ETP Clean Energy Technology Guideによると要素技術はTRL 4-9

2. IEA, ETP Clean Energy Technology Guideによると要素技術はTRL 8

Source: GI基金「大規模水素サプライチェーンの構築」研究開発・社会実装計画; GI基金「燃料アンモニアサプライチェーンの構築」研究開発・社会実装計画; BCG分析



グリーン水素製造: PJ評価 (2/2)

	技術力	社会実装	外的リスク
AEC (TRL 5) ¹	海外メーカーと比べて技術力は遜色ない 特許数で世界をリード	海外はすでに商用化段階だが、日本は実証段階 AECは旭化成が福島で実証、PEMは日立造船・東レが山梨で実証も海外勢と比べて1桁小さい規模	現時点で顕在化しているリスクはなし
PEM (TRL 5) ²			
SOEC ³		社会実装に遅れ コスト削減が不十分	AECとPEMと同様のリスクに加え、高温熱源として原発を想定する場合は、非難を受けるリスクがある
光触媒	技術開発段階(TRL4)だが、将来的な水素製造コストは水電解よりも安価となる可能性がある	国内で小規模の実証も進む 100m2規模の光触媒パネルを用いた実証を日本が世界で初めて実施	国内では太陽光発電パネルの設置と競合するためパネル設置の適地が限定的 景観保護や自然保護の観点から批判されるリスク

1. IEA, ETP Clean Energy Technology GuidelによるとTRL 9

2. IEA, ETP Clean Energy Technology GuidelによるとTRL

3. IEA, ETP Clean Energy Technology GuidelによるとTRL 7

Source: GI基金「大規模水素サプライチェーンの構築」研究開発・社会実装計画; GI基金「CO2等を用いたプラスチック原料製造技術開発」研究開発・社会実装計画; BCG分析

AEC・PEMは技術力は遜色ないが、大規模PJの社会実装においてはビハインド

既存PJ評価（AEC/PEM）：技術力・社会実装

技術力評価

- 特許面では、質・量ともに世界をリード

社会実装状況

- 一方で、大規模PJ化においては、1桁差が生じている

日本

- 最大10MWの実証試験**
- 福島県：旭化成

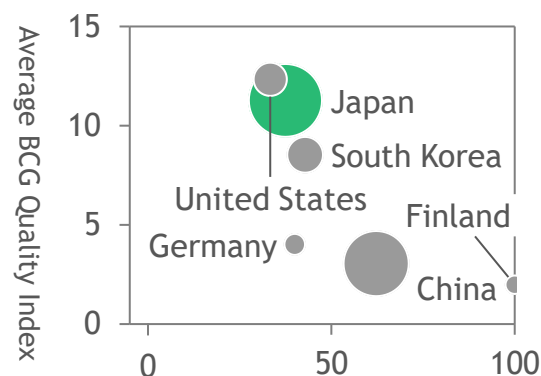
海外

- 100MW級を目標に、既に数MWを構築済**
- Green HySCALE（デンマーク）
 - GREEN H2 ATLANTIC（ポルトガル）

- 最大2.3MWの実証試験**
- 山梨県：東レ

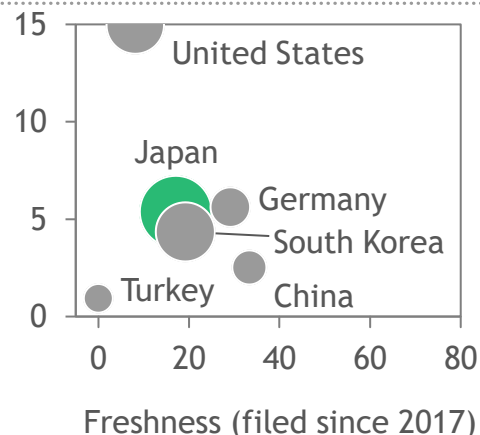
- 100MW級を目標に、既に数MWを構築済**
- REFHYNE II（ドイツ）

AEC
(TRL 5)¹



量と質の両面で
世界をリード
・ 旭化成など

PEM
(TRL 5)²



量と質の両面で
世界をリード
・ 東京ガス
など

1. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 9

2. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 9

BCG Quality Index=引用回数（前方引用・後方引用）と請求項の数から算定した特許価値の指標

Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年（今回は2017年）以降に出願された特許の割合

SOECも技術力は遜色ないが、国内外ともに具体的な社会実装は見えてない

新規PJ候補評価（SOEC/光触媒）：技術力・社会実装

技術力評価

- 特許数の面では、世界をリード

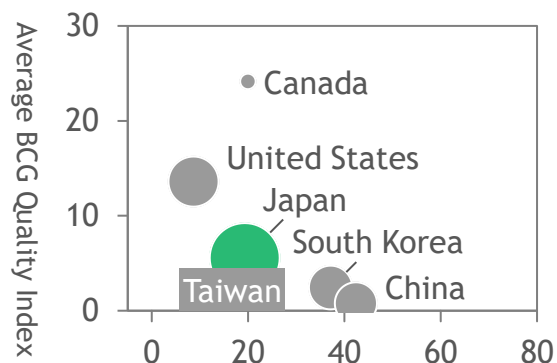
社会実装状況

- SOECについては具体的な計画なし、光触媒は小規模実証のみ

日本

海外

SOEC¹

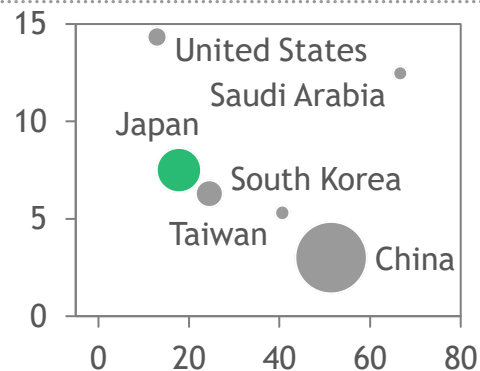


出願数において
世界をリード
• 東芝など

開発段階で、大規模な
具体計画はなし
• 東芝：2015年よりR&D

開発段階で、大規模な
具体計画はなし
• Sunfire社（独）：2.6MW

光触媒²



出願数で世界2
位につける
• 三菱ケミカルなど

国内で小規模の実証も進む
• 100m2規模の光触媒パネルを用いた実証を日本が世界で初めて実施

開発段階で、大規模な
具体計画はなし

Freshness (filed since 2017)

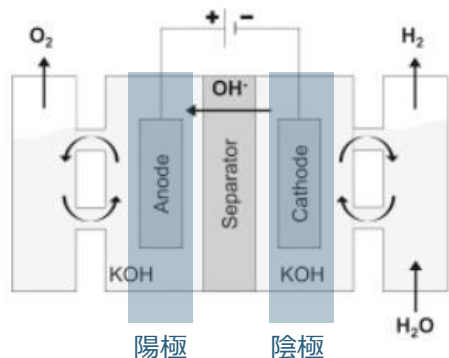
1. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 7
BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標
Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年) 以降に出願された特許の割合

電解槽は大きく3つの技術があり、商用化に向けた技術成熟度も異なる

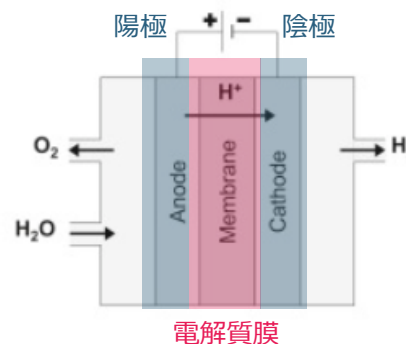
グリーン水素製造技術：概要

機構図

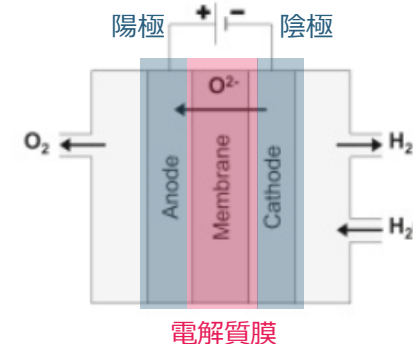
AEC (Alkaline Electrolysis Cell)



PEM (Proton Exchange Membrane)



SOEC (Solid oxide electrolyzer)



技術概要

- 水酸化カリウムの強アルカリ溶液を用いた水電解を行う技術
- 既に商用化、数年毎のメンテナンスで数十年に渡る稼働が可能
- 安定した電力供給が必要 (但し近年は再エネにも徐々に対応)
- 装置が大型であり、広い専有面積が必要

- 純水を用いた水電解を行う技術
- 製造される水素の純度が高く、精製が不要
- 電解質膜にフッ素系イオン交換膜等が使用されており、電解効率向上の研究のポイント
- 陰極、陽極にチタンやプラチナ等の希少金属を使用するため高コスト

- 高温水蒸気 (800-1,000度) の水電解を行う為の技術 (熱源は原発、燃料電池等を想定)
- 電解効率をAECやPEMよりも高められることから、研究が推進
- 現時点ではあくまでも研究開発段階であり、実用例も少ない

技術成熟度

成熟度:高

- 1950-60年代から利用
- 旭化成が福島でフィールド実証 (2020年)

成熟度:高

- ここ10年で実用化
- 日立造船・東レがNEDO補助で研究開発 (2015-2019)

成熟度:低

- 東芝がNEDO実証 (2018年-)
- 2025年~2030年頃に実装予定

技術にもそれぞれに強み・弱みがあり、コスト効率も含めて技術動向は不確定

グリーン水素製造技術：概要



技術



各技術の特徴

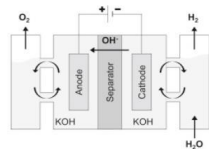


:機能優位性の高い領域



コスト/Capex (USD/Kw)

AEC(アルカリ)



大型化

大規模製造が可能

- 大規模製造・安定運用に利点

出力変動

柔軟性に欠ける

- 再エネの出力変動苦手
- 技術の発展余地に乏しい
- 起動時間<60分/応答性(秒)

電解効率

ベースラインとされる電解効率
65-71% (LHV)

現状

1,400

500

2030年

850

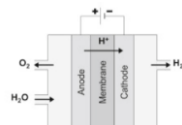
400

2030年以降

700

200

PEM (プロトン交換膜)



モジュール並列化による出力拡大は可能、但し

コストに課題

- 大規模製造よりも小型化に特徴
- AECに比べ省スペース

出力変動対応に優れる

- 再エネの出力変動も吸収可能
- 起動時間20分未満/応答性(ミリ秒)

電解効率でAECに劣る

63-68% (LHV)

1,900

1,100

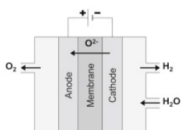
1,500

650

900

200

SOEC (固体酸化物)



技術開発は発展途上

- 技術開発は発展途上
 - 設備投資・原料の高さ
 - 耐久年数の不透明さ等

74-84% (LHV)

電解効率で他を圧倒

- AEC・PEMを上回る効率(+15%以上)
- 排熱の有効活用も期待

5,600

2,800

2,800

800

1,500

500

Note: LVH (Lower Heating Value=発熱量)

Source: METI; NEDO; BCG AN/Alysis



AECは、特に電力設備(インバータ/コンバータ等)の占める比率が大きい

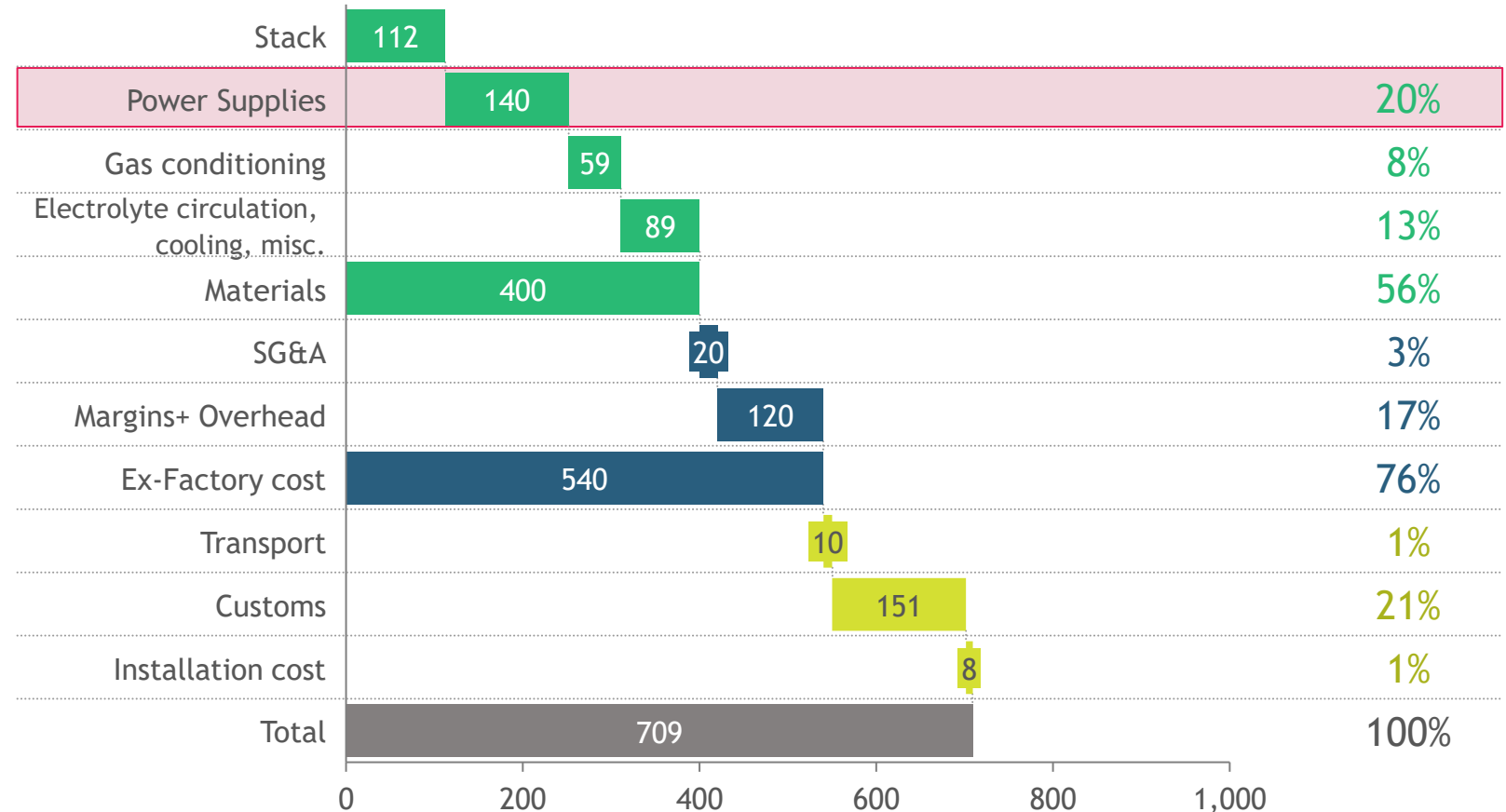
AEC CAPEX構造

前提条件

- Assuming 50 MW electrolyser
- ExFactory cost = Materials + Labour + Project Overhead + SG&A
- Assuming Labour for Stack assembly = 20% x Stack cost
- Assuming Overheads for Stack Manufacturing = 20% x Stack cost
- Assuming SG&A = 5% x Materials cost
- Assuming Margins + Overhead = 30% x Materials cost
- Transport = US\$10 / kW
- Customs = 28% x Ex
- Factory cost Installation cost = 33% x Ex Factory cost



AEC CAPEX Breakdown(USD/kW)



PEMは、電解槽スタックの占める比率が高い

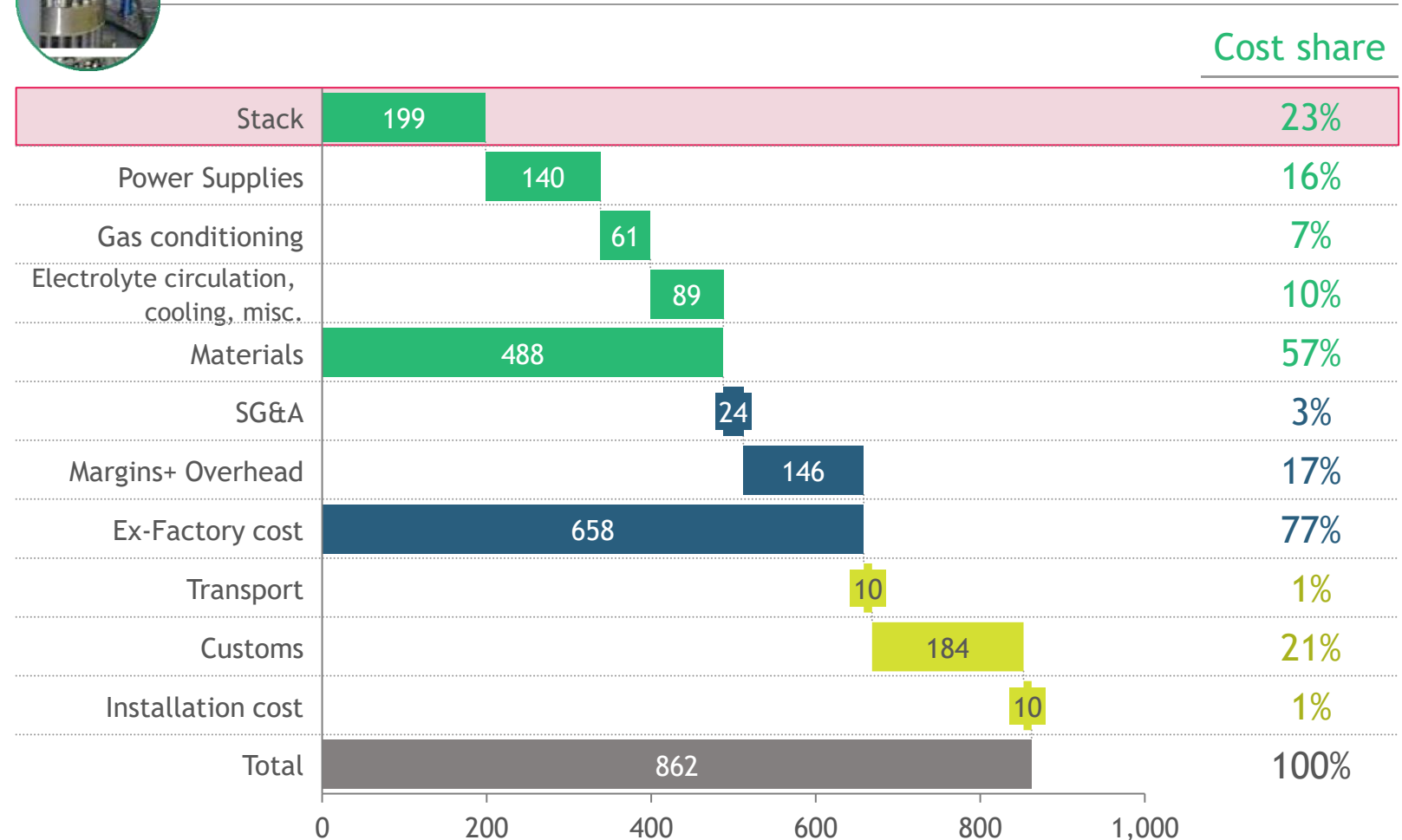
PEM CAPEX構造

前提条件

- Assuming 50 MW electrolyser
- ExFactory cost = Materials + Labour + Project Overhead + SG&A
- Assuming Labour for Stack assembly = 20% x Stack cost
- Assuming Overheads for Stack Manufacturing = 20% x Stack cost
- Assuming SG&A = 5% x Materials cost
- Assuming Margins + Overhead = 30% x Materials cost
- Transport = US\$10 / kW
- Customs = 28% x Ex
- Factory cost Installation cost = 33% x Ex Factory cost



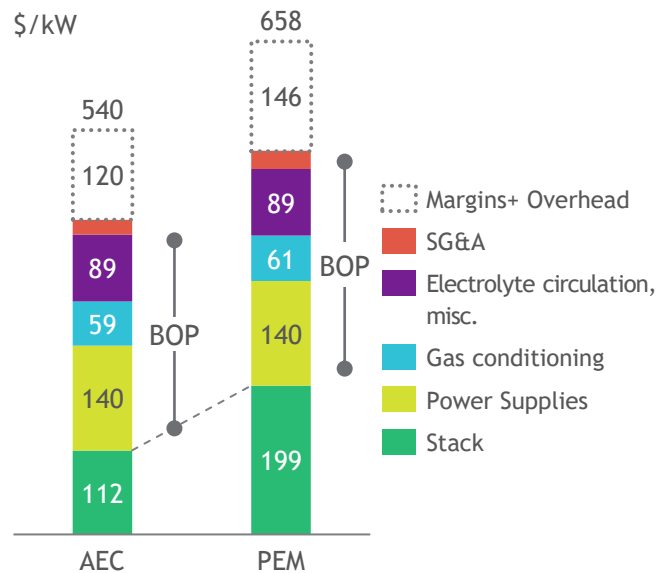
PEM CAPEX Breakdown(USD/kW)





製造スケール拡大によって、特に電解槽スタックコスト低減 (▲30~50%)に期待 水素製造スケール化によるCAPEX低減推移

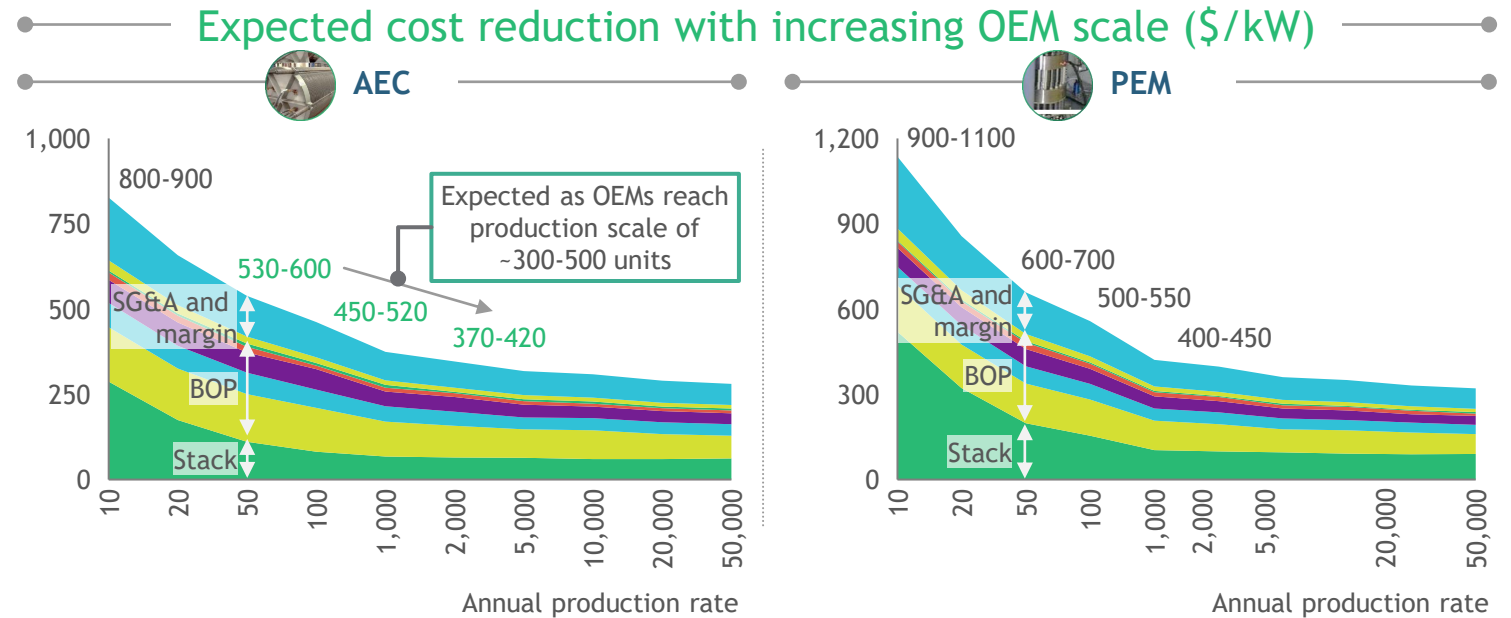
Total ex-factory cost buildup for both technologies (\$/kW)



Currently largest OEMs in range of 40-100 MW scale with aggressive expansion plans

- nel: 80 MW; Ph 1 320 MW AEC; Ph 2 640 MW
- ITM: 100 MW; Ph 1: 200MW; & 700MW Ph 2

Quotes may not be representative of actual cost as most OEMs running on -ve EBITDA margins
nel: -36%, Hydrogenics: -29%, ITM power: -163%, Mcphy: -69%



Key
drivers

Component	Driver	Reduction expected (%)
Stack	Scale effect	20-30%
Component	Std. Design	High direct material component, low reduction
Stack Assembly	Automation	30-40%
		Labor cost & overhead red.
Balance of Plant	Bulk Ordering	20-30%
		Standard design across OEMs

Component	Driver	Reduction expected (%)
Stack	Larger stacks	30-40%
Component	Scale Effect	Low impact on catalyst membrane (uses rare metals)
Stack Assembly	Automation	40-50%
		Labor cost & overhead red.
Balance of Plant	Design Optimization	25-30%
		Larger unit stack size



AECを手掛ける旭化成、PEMを手掛ける日立造船等が技術/事業開発推進中

主要水素製造装置プレイヤー(日本)

企業名	電解槽技術			コンポーネント					電解槽に関する主な活動
	AEC	PEM	SOEC	組立	電解膜	電極	触媒	その他	
旭化成	✓			✓	✓	✓	✓	✓	AEC電解槽の技術を自社開発(商用化前段階)
日立造船	✓	✓		✓					- PEMの組立メーカー - 子会社のInovaにてAEC型電解槽製造 - 海外では欧州で実証実験を構想中
川崎重工	✓							✓	- AEC型向けコンポーネントを技術開発中 - 液化技術/輸送技術を保有(液化設備、輸送トラック、貯蔵タンク)
東芝	✓		✓	✓			✓		AEC型とSOECを研究開発中
トウレ		✓			✓		✓		- PEM電解槽膜、触媒の国内トップランナー - 山梨県/NEDO事業など、実証実験向けコンポーネント供給実績多数
トクヤマ	✓				✓				- 電解膜のみ研究開発 - 水素製造装置を試作している海外メーカーの小型装置向けに製造
日本触媒	✓				✓				AEC型向けの隔膜を製造しており、国内外の電解槽メーカーに供給



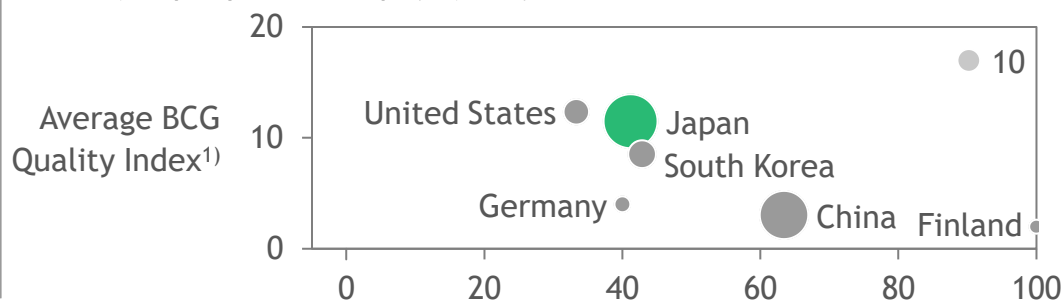
(参考) AEC・PEMに関して日本は特許の数で世界をリード米国と競合する

特許分析詳細 (1/3): 国別・保有主体別比較

国別比較

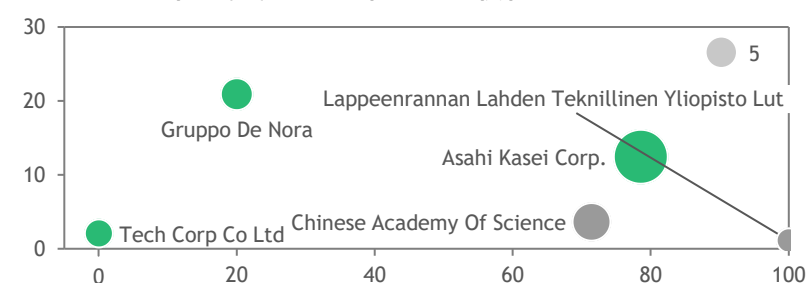
AECによる
水素製造
(TRL 5)¹

- 日本は質と数で世界をリード
- 近年フィンランドで開発が活発



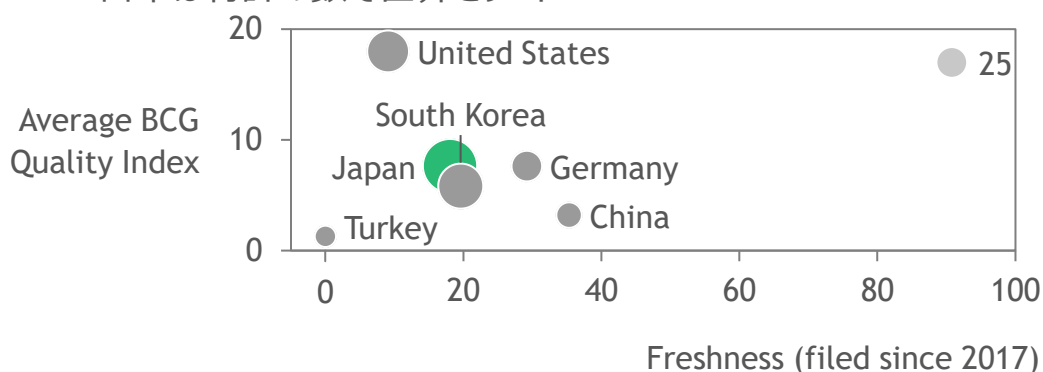
保有主体別比較

- 旭化成が近年活発に開発、数で世界をリードする
- 伊系デノハは日本で質の高い特許を取得

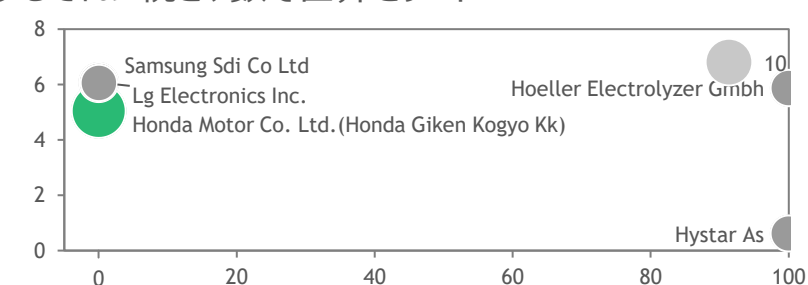


PEMによる
水素製造
(TRL 5)²

- 米国が品質で世界をリード
- 日本は特許の数で世界をリード



- 韓国勢が質で世界をリード
- ホンダもそれに続き、数で世界をリード



1. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 9

2. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 9

BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年) 以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析

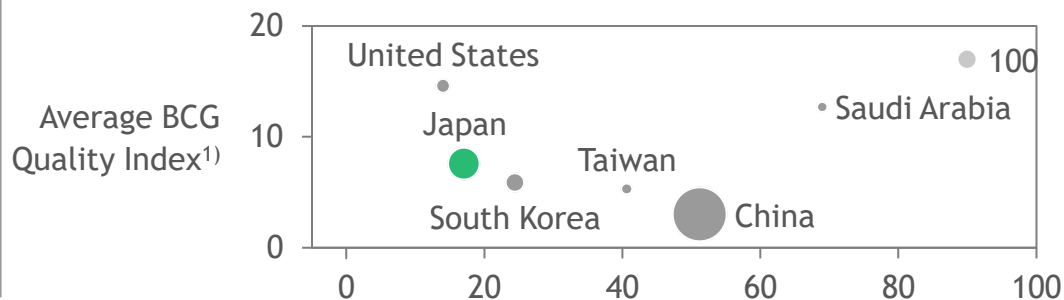
(参考) 光触媒・SOECによる水素製造技術に関して日本は近年開発が低調

特許分析詳細 (2/3): 国別・保有主体別比較

国別比較

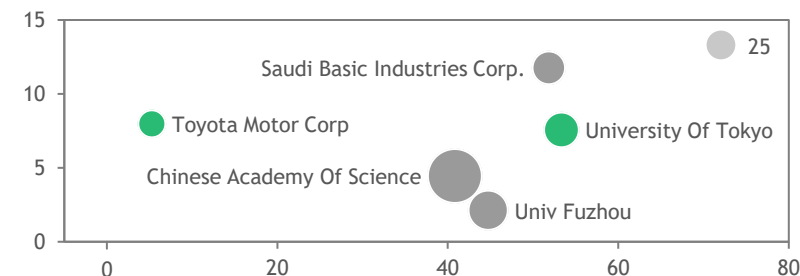
光触媒による水素製造

- 米国が質で世界をリードするも、サウジが近年活発で質も高い



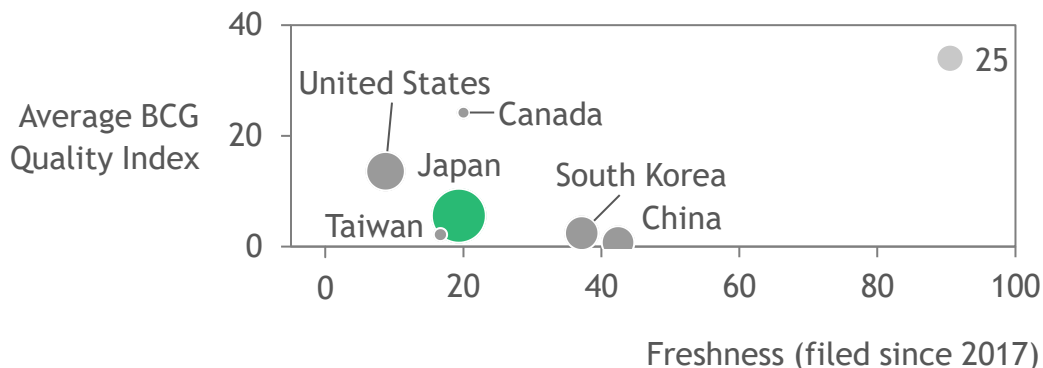
保有主体別比較

- SABICが質で世界をリード
- 東京大学で近年開発が活発

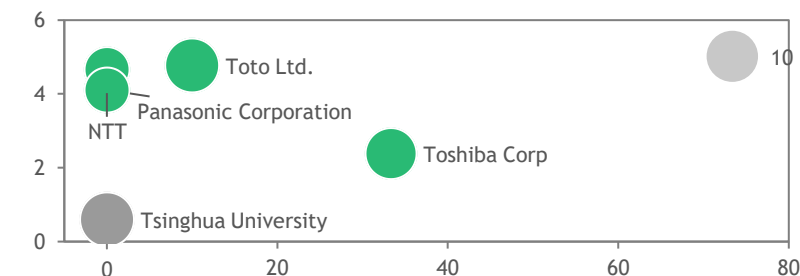


SOEC による水素製造¹

- 加・米が質で世界をリード
- 日本は数で世界をリード



- 特許数上位を日本4社が占め、質においても世界をリード



1. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 7

BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年) 以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析



(参考) グリーン水素製造

特許分析詳細 (3/3): 高indexランキング (技術開発要素ごと上位5件)

技術開発要素	特許名	保有者	国	index	公表年
AECによる水素製造 (TRL 5) ¹	A multipole bipole type formula alkaline-water-electrolysis cell and an electrolytic cell	ASAHI KASEI CORP.	Japan	72	2016
	POSITIVE ELECTRODE FOR ALKALINE WATER ELECTROLYSIS	GRUPPO DE NORA KAWASAKI HEAVY INDUSTRIES LTD CHLORINE ENGINEERS CORP LTD YOKOHAMA NATIONAL UNIVERSITY	Japan	56	2015
	Negative electrode can, alkaline cell and production method for same	SEIKO INSTRUMENTS	Japan	52	2006
	WATER TREATMENT SYSTEM USING ALKALINE WATER ELECTROLYSIS DEVICE AND ALKALINE FUEL CELL	GRUPPO DE NORA	Japan	42	2016
	Electrolyzed-water production generation apparatus	PANASONIC ELECTRIC WORKS LTD.	Japan	36	2008
PEMによる水素製造 (TRL 5) ²	Apparatus for integrated water deionization, electrolytic hydrogen production, and electrochemical power generation	MERIDA-DONIS WALTER ROBERT	Canada	89	2003
	System and method for hydrocarbon processing	SAMSUNG DISPLAY CO. LTD.	United States	60	2004
	Hydrogen generation via methane cracking for integrated heat and electricity production using a fuel cell	UOP LLC	Israel	54	2003
	Method and apparatus for integrated water deionization, electrolytic hydrogen production, and electrochemical power generation	UNIVERSITY OF BRITISH COLUMBIA	Canada	53	2004
	Accelerated hydrogen generation through reactive mixing of two or more fluids	INTELLIGENT ENERGY HOLDINGS PLC BECKENHAM	United States	53	2004
SOEC による水素製造 ³	Power generation system and method	DELPHI TECHNOLOGIES INC	United States	73	2005
	Zero/low emission and co-production energy supply station	ZTEK CORP	United States	64	2003
	Energy efficient gas separation for fuel cells	XEBEC ADSORPTION INC	Canada	54	2006
	Solid oxide fuel cell systems having temperature swing reforming	EXXONMOBIL CORP	United States	51	2009
	Proton conducting solid oxide fuel cell systems having temperature swing reforming	EXXONMOBIL CORP	United States	48	2011

1. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 9

2. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 9

3. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 7

BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年) 以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析



水素キャリア: PJ評価

	技術力	社会実装	外的リスク
アンモニア (TRL 3-4) ¹	海外メーカーと比べて技術力は遜色ない 特許の質と量で世界と並ぶ	日本-豪州間での実証プロジェクトを実施	アンモニアの毒性を踏まえた導入が必要
MCH (TRL 4)	海外メーカーと比べて技術力で先行 特許の質と量で世界をリード	GI基金にて実証プロジェクトを実施が、コスト面ではアンモニアに劣後	現時点で顕在化しているリスクはなし
液化水素 (TRL 4) ²	世界に対して技術力で劣後 特許の質・量ともに海外メーカーから遅れ	日本-豪州間での実証プロジェクトを実施	

1. IEA, ETP Clean Energy Technology Guideによると製造はTRL 8、クラッキングはTRL 3-4

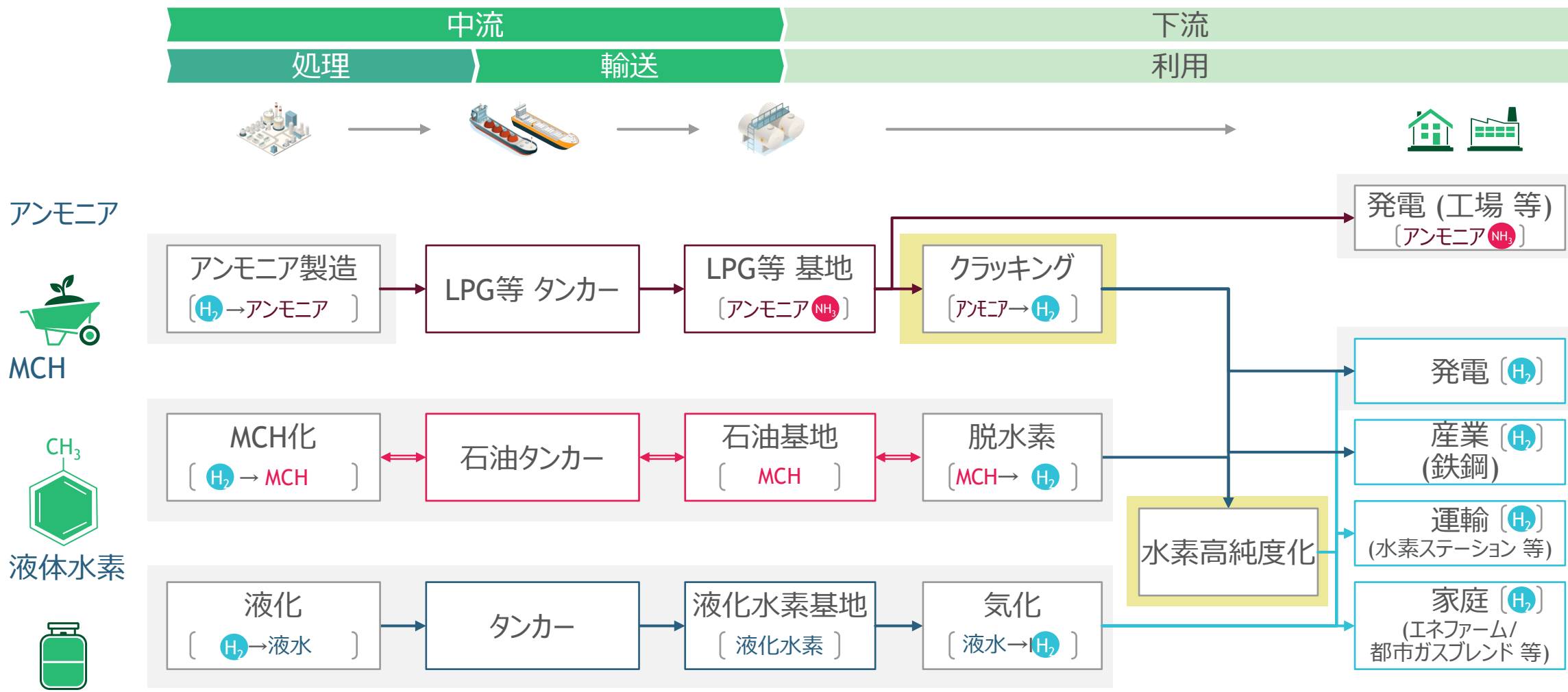
2. IEA, ETP Clean Energy Technology Guideによると水素運搬船はTRL 5-7、貯蔵はTRL 11

Note: BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年) 以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析



アンモニアをキャリアとしても利用場合、クラッキング及び水素高純度化の技術開発余地あり

□ : GI基金対象 □ : 新規追加候補



クラッキングの効率化・大規模化及び水素純度向上に関する研究が各国で進展

技術開発動向：アンモニアクラッキング・水素純度向上

技術要素	方式	概要	技術成熟度	プレイヤー
効率化・大規模	プラズマメンブレンリアクター の技術改良	PMRの電極間にアンモニア吸着材を充填する等の改良により、従来比2倍のアンモニアからの水素製造300NL/hが得られるようになった	実証実験	澤藤電機
	200kg/dayの水素製造を目指すアンモニアクラッキングプラント	従来のアンモニアクラッキング手法を用いた大規模プラントの実証実験。200kg/dayの生産能力を目指し、大局的な分散型の小規模プラントとの経済性比較にも用いられる	実証実験	SIEMENS, ENGIE
	リチウムイミド触媒を用いたクラッキング反応 (熱触媒接触分解反応) プラントの開発	600℃の高温でも固体であり続けられるリチウムイミドを触媒として用いるアンモニアクラッキングプラント。実証実験では5kg/dayでの水素転換を目指す	実証実験	SIEMENS, ENGIE
	独自の金属モリス担体を開発し、モリス触媒コンバーターに用いる、低温かつ高流量のクラッキング技術	400-600℃の低温で流量の高いアンモニアクラッキングを行う技術	実証実験	Colorado School of Mines, Starfire Energy ※大阪ガスが出資
	thyssenkrupp Uhde独自の技術により99.96%の水素純度を持つ、大規模化可能なアンモニアクラッキング技術	78%の水素回収能力を持つアンモニアクラッキング技術	実証実験	thyssenkrupp Uhde
水素純度向上	アンモニア分解触媒とプロトン伝導膜を持つ電気化学セルによる高純度脱水素技術	250度でアンモニアから高純度の水素を取り出す技術。Ru/CNTの熱分解触媒によりアンモニアを分解し、Pt/カーボンブラック:CsH2PO4の水素電気酸化触媒を用いてプロトン精製し、プロトン伝導膜により高純度の水素として取り出す技術	技術開発済	Northwestern University

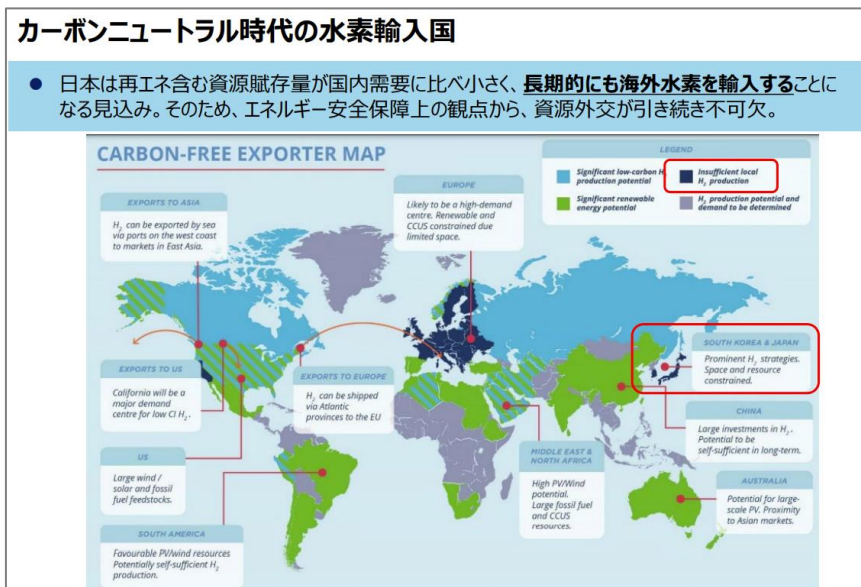


エネルギー安全保障上、不可欠かつCO2削減/経済効果のインパクトも大きい 国情との適合性・想定インパクト

国情との適合性

エネルギー安全保障の観点から、水素キャリア開発による国際サプライチェーン構築は不可欠

- 国内再エネが高価かつ不足



想定インパクト (技術開発・社会実装計画より)

水素キャリア実現に伴うCO2削減効果及び経済波及効果は大きい

CO2削減

4億トン/年 (2050年)

- 2050年時点の世界の国際水素取引量を 5,500万トンと仮定して算定
- 天然ガスを水素が熱量等価で代替するとして試算

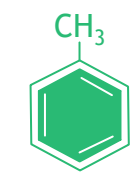
経済波及効果

5.5兆円/年 (2050年)

- 2050年時点の世界の国際水素取引量を 5,500万トンと仮定して算定
- 水素供給コストをグリーン成長戦略で想定されてる 100円/kgとして試算

アンモニア・MCHは転換・再転換が、液水は転換・荷揚荷下のコストが大きい

水素キャリア技術概要

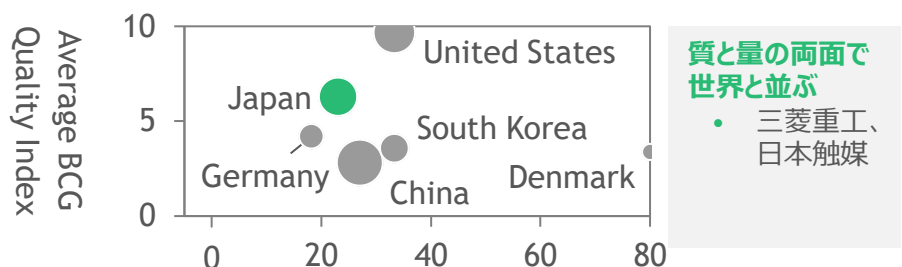
キャリア	メリット	デメリット	各キャリアの技術的特徴		コスト構造 (2030年時点)
			輸送効率 (水素含有量)	船舶輸送	
アンモニア 	- 液体容易 (-33℃ or 8.5atm) - 既存の商流が確立済み - 直接燃焼が可能	- 脱水素反応に熱源が必要 - 毒性有り	水素含有量が17.8%	-33度での冷却輸送が可能	※豪州→日本の海上輸送 (輸送距離は9,000km) を想定 \$/kgH₂ 0.0 1.0 2.0 3.0 4.0 0.5 0.1 0.1 0.1 1.0 アンモニア利用の場合は再転換不要
MCH 	- 常温常圧で液体 - 既存の輸送インフラの利用可能	- 脱水素に起源が必要 (加熱→水素化) - 不純物が多く、FCV向けは精製が必要	水素含有量が6.2%と最も低い	常温での輸送可能	0.6 0.1 0.2 0.1 1.2 2.2
液化水素 	高純度水素を得ることが可能	- 液体化するのに-235度までの冷却が必要 - 断熱機構の船舶の開発が必要 - 液体期の大型化・高効率化必要	大規模な液体水素化は未開発	-253度での冷却輸送が必要	1.7 1.3 0.4 0.1 3.4
					■ 転換 ■ 荷揚/荷下 ■ 輸送 ■ 配送 ■ 水素再転換

アンモニア・MCHは技術力が高く、社会実装も進展

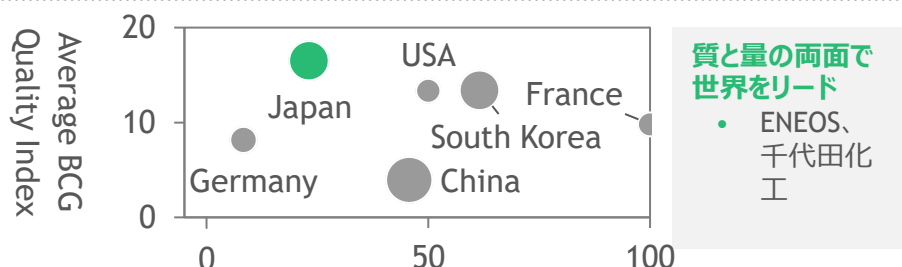
水素キャリア評価：技術力・社会実装

技術力評価

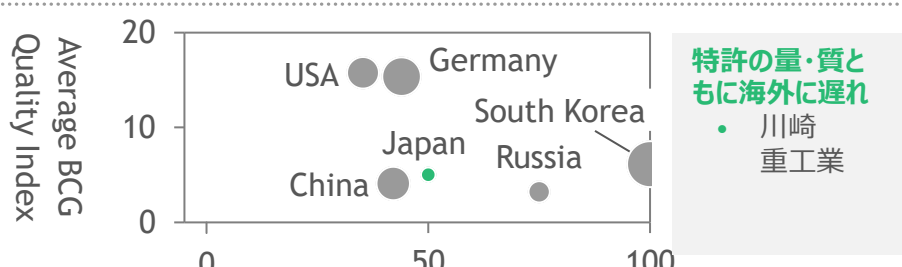
アンモニア¹



MCH²
(TRL 4)



液化水素³
(TRL 4)



社会実装状況

日本

豪州-日本のプロジェクトが計画
 • Asian Renewable Energy Hub

海外

中東・豪州を中心にプロジェクトが計画

GI基金にて実証プロジェクトを実施
 • ENEOS

海外ではプロジェクトはほぼない状況

豪州-日本のプロジェクトが計画
 • 川崎重工
 • 岩谷産業

日本向け以外はほぼない状況

Freshness (filed since 2017)

1. アンモニアクラッキングを対象とした分析、IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 4-6
 2. MCHへの変換を対象とした分析
 3. 液化水素運搬船を対象とした分析、IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 5-7
 Note: BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標、Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年) 以降に出願された特許の割合

各社コンソーシアムを組成し、実証プロジェクトやルール形成が推進

水素/アンモニア-マーケットレイヤー：水素関連コンソーシアム動向(日本)

コンソーシアム名	背景/目的	VC上の位置づけ					参画企業/団体
		上流		中流		下流	
		再エネ	製造	処理	輸送	利用	
AHEAD	VCの構築 有機ケミカルハイドライド法 (MCHへの転換) 実用化のためのVC形成			✓	✓		千代田化工 三井物産 日本郵船 三菱商事
HESC	VCの構築 - 日豪間における水素VC構築のパイロット実証PJ - HESC(主に豪州政府)が上流のガス精製～中流の豪州での陸上輸送を担当 - Hystra(NEDO)がその両端のVC (ガス化・海上輸送) を担当	✓	✓	✓			AGLエナジー J Power 岩谷産業 川崎重工 丸紅 住友商事
HySTRA		✓			✓		川崎重工 J Power 岩谷産業 ENEOS Shell 丸紅 川崎汽船
Fuel Cell Ship Project	下流(船舶)の垂直統合 2024年実証運航に向けて、水素を活用したFuel Cell搭載船の開発					✓	ENEOS 東芝 日本海事協会 日本郵船 川崎汽船
FH2R	VCの構築 世界最大級の大規模水素製造装置 (10MW) の開発・試験供給	✓	✓	✓		✓	東芝 岩谷産業 旭化成 東北電力
やまなし・ハイドロジェン・カンパニー (YHC)	VCの構築 P2Gシステムの実用化による、水素エネルギーの工場・スーパーへの供給	✓	✓	✓		✓	山梨県 TEPCO 日立造船 東レ

Source: 各種公開情報を基にしたBCG分析



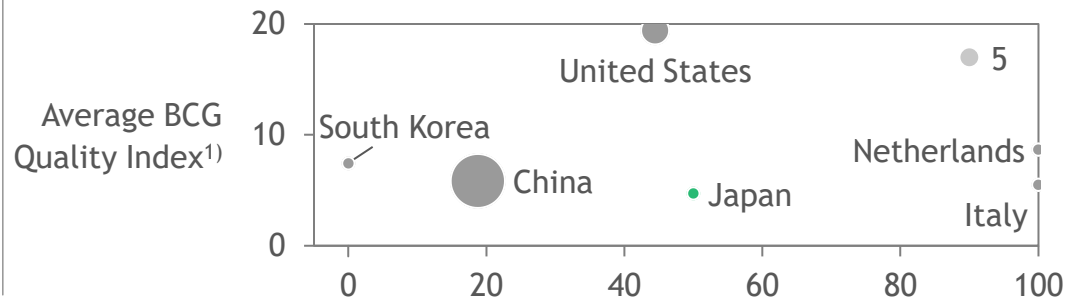
グリーンアンモニア製造は欧米が世界をリードしており、日本の開発は低調

特許分析詳細 (1/12): 国別・保有主体別比較

国別比較

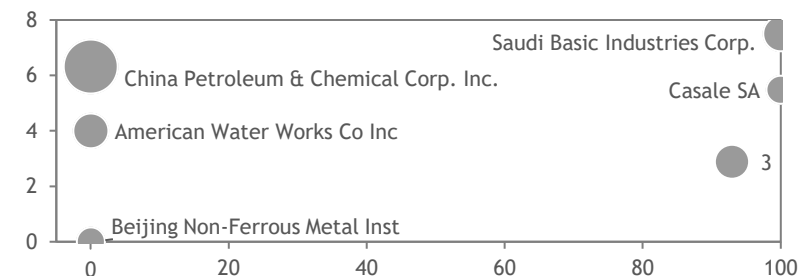
グリーンアンモニア製造¹

- 日本は特許の質と量で世界に出遅れている
- 米国の特許の質が高く、欧州で近年開発が活発化している



保有主体別比較

- SABICが近年活発に開発しており、質で世界をリードする
- 日本企業は上位に入らない



1. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 8

Note: BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年) 以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析



(参考) 水素キャリア特許分析詳細 (2/12): 高indexランキング (技術開発要素ごと上位5件)

技術開発要素	特許名	保有者	国	index	公表年
グリーンアンモニア製造 ¹	PACKAGED SYSTEM FOR THE PRODUCTION OF CHEMICAL COMPOUNDS FROM RENEWABLE ENERGY RESOURCES	SMITH S	United States	73	2007
	Ammonia Decomposition Catalyst Systems	UNIVERSITY OF SOUTH CAROLINA	United States	54	2020
	AUTONOMOUS VEHICLE ENERGY AND SERVICE HUB	RENAM PROPERTIES PTY LTD	Australia	24	2019
	LARGE SCALE GREEN MANUFACTURING OF AMMONIA USING PLASMA	JURANITCH J C	United States	14	2011
	METHOD OF REGENERATING AMMONIA FROM AMMONIA-SODA PRODUCTION FILTER LIQUID	BASIC CHEM RES DES INST BEREZ SODA WKS STOCK CO	Ukraine	13	2010

1. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 8

BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年) 以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: Derwent World Patents Index (DWPI); BCG Center for Growth & Innovation Analytics



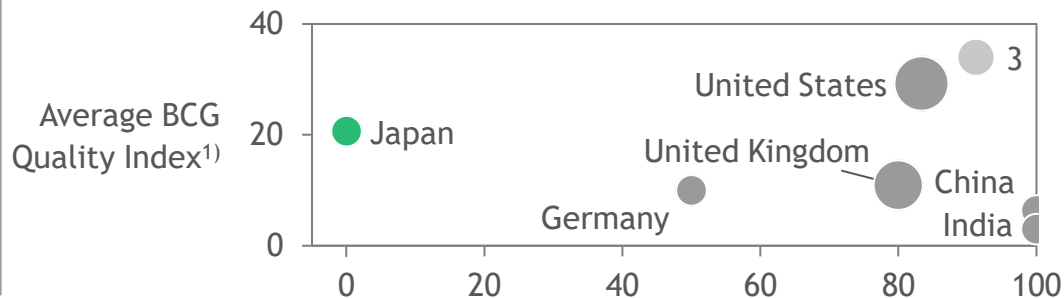
アンモニア製造は日本の特許の質は劣っていないが、近年の開発は低調であり、米国が世界をリード、中国での開発が活発

特許分析詳細 (3/12): 国別・保有主体別比較

国別比較

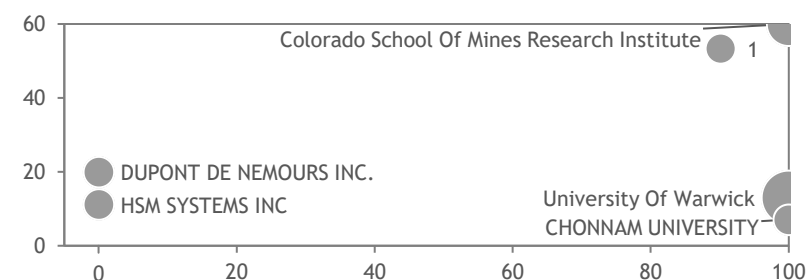
ブルーアンモニア製造 (TRL 4)¹

- 日本は特許の質こそ劣っていないが、近年の開発はない
- 米国が質で世界をリードし、印中での開発が活発



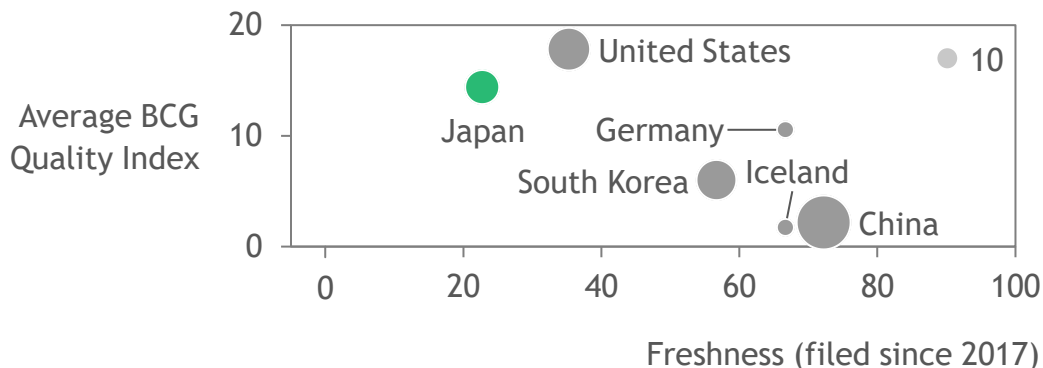
保有主体別比較

- 米英韓で近年開発が活発
- 日本は上位に入らない

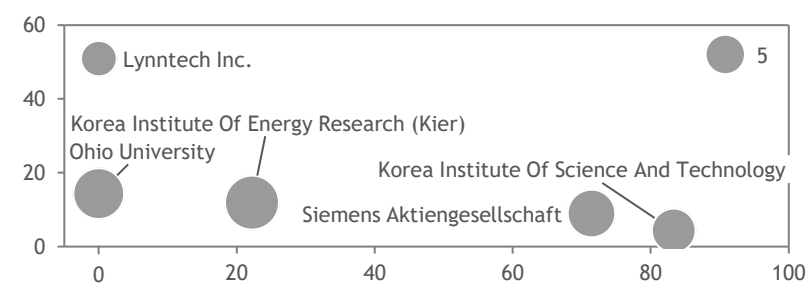


アンモニアの直接電解合成 (TRL 3)

- 日本は特許の質こそ劣っていないが、近年の開発は少ない
- 米国が世界をリードしており、中国での開発が活発



- 米Lynntechが質で世界をリードするが、近年の開発は低調
- 日本は上位に入らない



1. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 8

BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年) 以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析



(参考) 水素キャリア特許分析詳細 (4/12): 高indexランキング (技術開発要素ごと上位5件)

技術開発要素	特許名	保有者	国	index	公表年
ブルーアンモニア製造 ¹	ELECTRICALLY ENHANCED HABER-BOSCH (EEHB) ANHYDROUS AMMONIA SYNTHESIS	STARFIRE ENERGY COLORADO SCHOOL OF MINES RESEARCH INSTITUTE	United States	92	2017
	The synthesis combining method of ammonia	NIPPON SHOKUBAI CO. LTD.	Japan	33	2014
	Ammonia synthesis using a catalytic nitrogen-selective membrane	COLORADO SCHOOL OF MINES RESEARCH INSTITUTE	United States	28	2020
	Process and reactor system for producing ammonia using ionic liquids	DUPONT DE NEMOURS INC.	United States	20	2014
	Process for the production of ammonia	KIEFER CLEMENS	Germany	19	2020
アンモニアの直接電解合成	Electrochemical synthesis of ammonia	LYNNTECH INC.	United States	74	2008
	Selective catalytic reduction via electrolysis of urea	OHIO UNIVERSITY	United States	68	2013
	Electrochemical synthesis of ammonia	LYNNTECH INC.	United States	65	2004
	ELECTROCHEMICAL PROCESS FOR THE PREPARATION OF NITROGEN FERTILIZERS	EERC ENERGY & ENVIRONMENTAL RES CENT	United States	55	2011
	Electrochemical cell for the ammonia manufacture,And an ammonia synthesis method using the same	NIPPON SHOKUBAI CO. LTD.	Japan	53	2013

1. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 8

BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標,Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年) 以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析,丸の大きさは特許件数

Source: Derwent World Patents Index (DWPI); BCG Center for Growth & Innovation Analytics



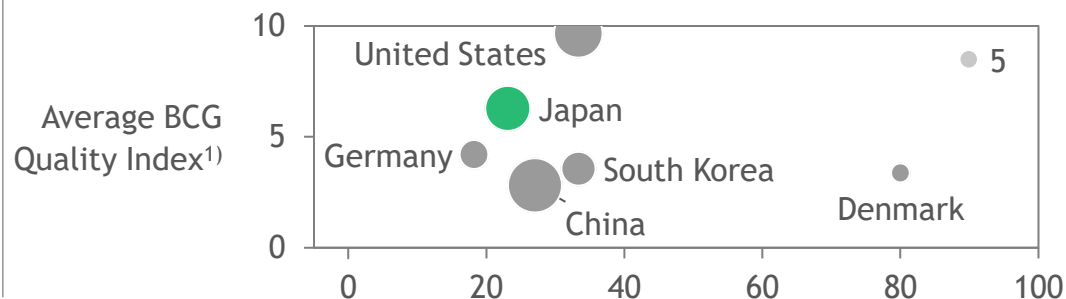
水素の抽出・高純度化は米国が特許の質で世界をリードするが、世界的に開発は低調

特許分析詳細 (5/12): 国別・保有主体別比較

国別比較

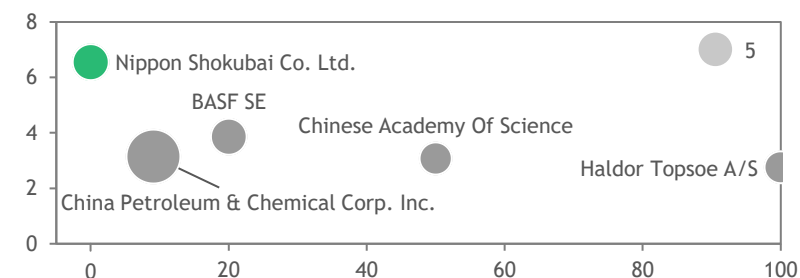
アンモニアクラッキング¹

- 日本の特許の質は劣っていないが、開発は低調
- 米国が特許の質で世界をリードする



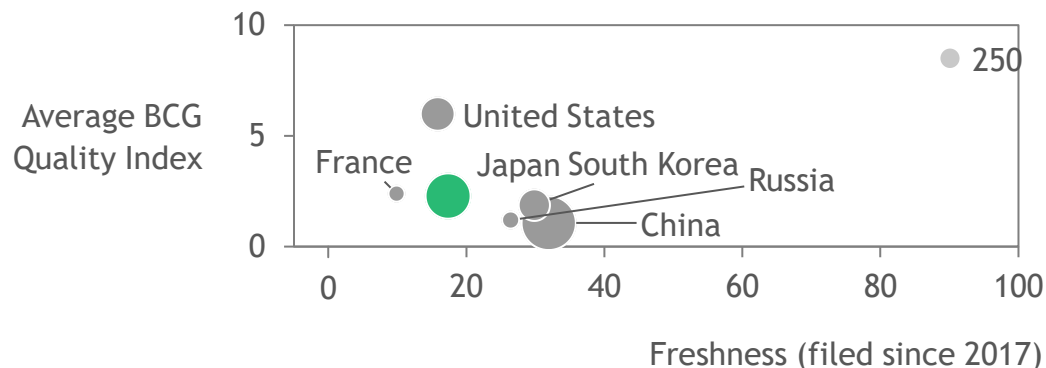
保有主体別比較

- 日本触媒が質の高い特許を長期保有、近年の開発は低調

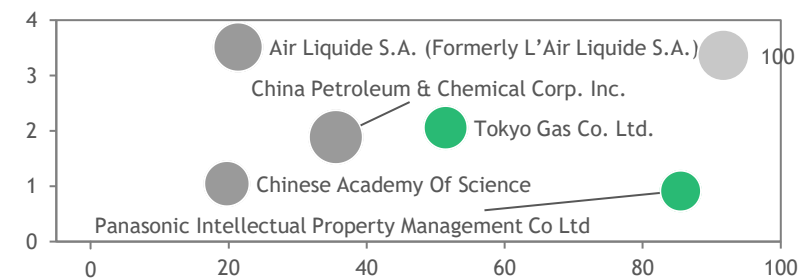


水素の高純度化

- 日本は特許の質と鮮度で世界から出遅れている
- 米国が特許の質で世界をリードするが、世界的に開発は低調



- 米Air Liquideが質で世界をリード
- 上位の日本企業は近年開発が活発



1. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 4-6

Note: BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年) 以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析

(参考) 水素キャリア特許分析詳細 (6/12): 高indexランキング (技術開発要素ごと上位5件)

技術開発要素	特許名	保有者	国	index	公表年
アンモニアクラッキング ¹	Process for purifying a gas by adsorption of the impurities on several active carbons	AIR LIQUIDE S.A. (FORMERLY L'AIR LIQUIDE S.A.)	France	75	2002
	Process for decontaminating syngas	SOUTHERN RESEARCH INSTITUTE	United States	52	2011
	Plasma reactor for cracking ammonia and hydrogen-rich gases to hydrogen	UNIVERSITY OF CENTRAL FLORIDA	United States	34	2006
	Ammonia cracker for production of hydrogen	KATIE TRUST U/T/A (KATHRYN JO LINCOLN) LINCOLN VIRGINIA CARL TRUST U/T/A (CARL RICHARD LINCOLN) LINCOLN JAMES	Austria	25	2005
	AUTONOMOUS VEHICLE ENERGY AND SERVICE HUB	RENAM PROPERTIES PTY LTD	Australia	21	2019
水素の高純度化	GeSn alloys and ordered phases with direct tunable bandgaps grown directly on silicon	US GOVERNMENT (INCOMPLETE ASSIGNEE NAMES)	United States	74	2009
	Zero emission gasification, power generation, carbon oxides management and metallurgical reduction processes, apparatus, systems, and integration thereof	DAVIS OLUMIJI B. DAVIS KOFI B.	United States	46	2010
	INTEGRATED FACILITY FOR PRODUCING ALCOHOL USING HOMOACIDOGENIC FERMENTATION	BEST ENERGIES INC	United States	42	2009
	Hydrogen purification devices, components and fuel processing systems containing the same	NAVAL GROUP	United States	41	2002
	Hydrogen purification membranes, components and fuel processing systems containing the same	NAVAL GROUP	United States	41	2003

1. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 4-6
BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標,Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年) 以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析,丸の大きさは特許件数
Source: Derwent World Patents Index (DWPI); BCG Center for Growth & Innovation Analytics



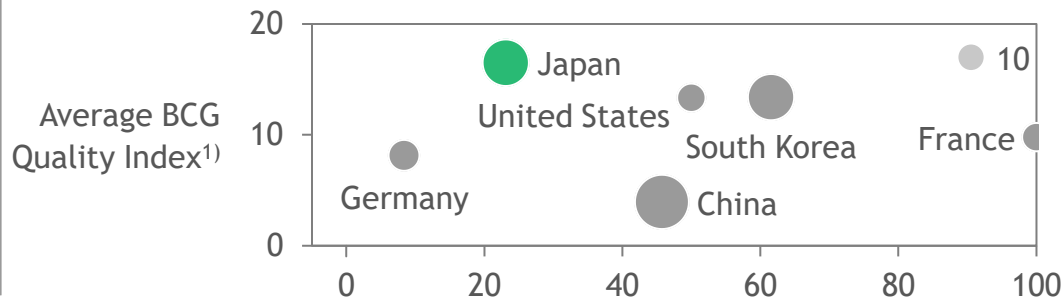
日本はMCH製造において特許の質で世界をリードするが、近年の開発は他国に比べて低調

特許分析詳細 (7/12): 国別・保有主体別比較

国別比較

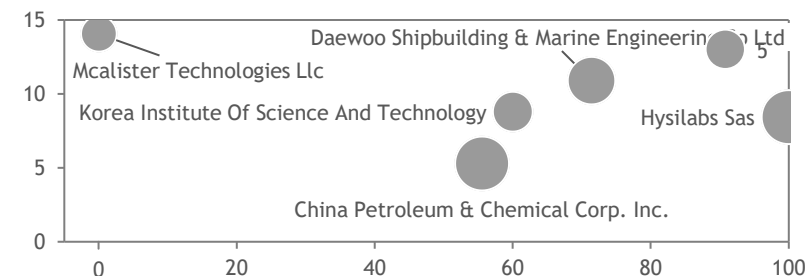
水素キャリア
の製造
(MCH)
(TRL 4)

- 日本は特許の質で世界をリードし、数は中国に次ぐ
- 世界的に近年の特許出願もされている



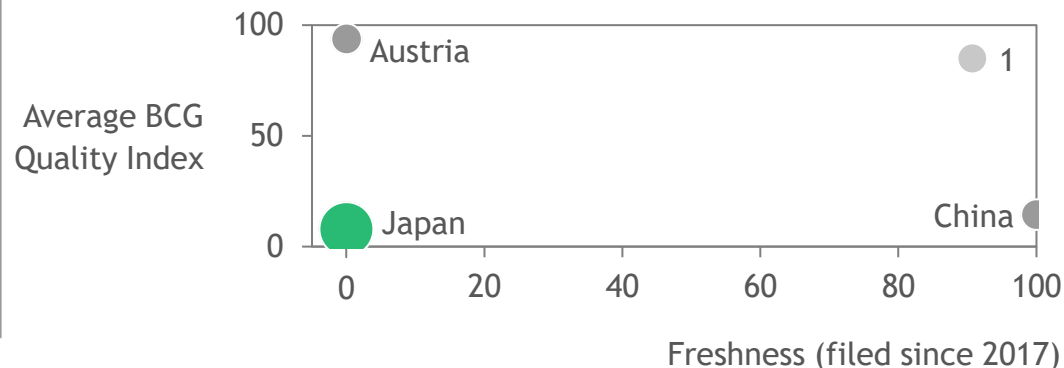
保有主体別比較

- 米Mcalisterが質の高い特許を保有するも、近年の開発は低調

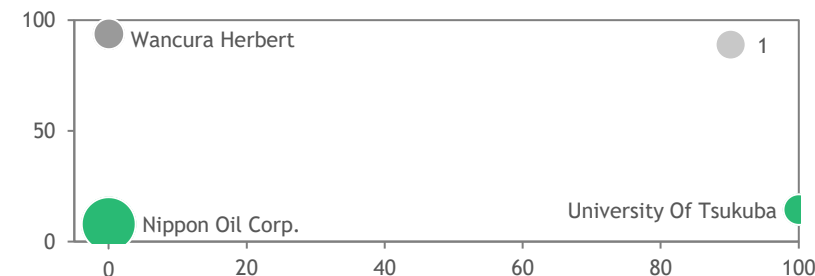


水素キャリア
のクラッキング
(MCH)
(TRL 4)

- 日本は特許の数こそ多いが、質と鮮度では劣る
- 世界的に特許を取得している国が少ない



- オーストリアWancuraが質で世界をリード
- 筑波大学は中国の特許を保有



Note: BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年) 以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析



(参考) 水素キャリア特許分析詳細 (8/12): 高indexランキング (技術開発要素ごと上位5件)

技術開発要素	特許名	保有者	国	index	公表年
水素キャリアの製造 (MCH)	The hollow porous carbon particle and a manufacturing method thereof.	YONSEI UNIVERSITY	South Korea	75	2016
	Colloid -containing electrolytic-reduction water and its manufacturing method	NIPPON TORIMU KK	Japan	69	2003
	METHOD FOR PRODUCING SODIUM BOROHYDRIDE	YOSHIZAKI ATSUHIRO	Japan	60	2015
	LNG carrier with hydrogen production facilities	KOREA MARINE EQUIP RES INST	South Korea	53	2020
	LOW-TEMPERATURE HYDROCARBON REFORMING SYSTEM AND METHOD FOR MANUFACTURING HYDROGEN AND/OR SYNGAS AT LOW TEMPERATURE	TOHOKU UNIVERSITY SUPER NANO DESIGN CO LTD	Japan	43	2020
水素キャリアのクラッキング (MCH)	Process and apparatus for the production of fuel gas	WANCURA HERBERT	Austria	94	2002
	HYDROGEN CRACKING CATALYST AND METHOD OF PRODUCING FUEL MAIN COMPONENT	NIPPON OIL CORP.	Japan	16	2011
	Vanadium carbide/graphene nano-sheet composite material, preparation method and application thereof in water cracking hydrogen production	UNIVERSITY OF TSUKUBA	China	14	2021
	METHOD OF HYDROTREATING WAX AND PROCESS FOR PRODUCING FUEL BASE	NIPPON OIL CORP.	Japan	6	2012
	HYDRO WAX PROCESS AND BACKGROUND PRODUCTION PROCESS	NIPPON OIL CORP.	Japan	1	2009

Note: BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年) 以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析



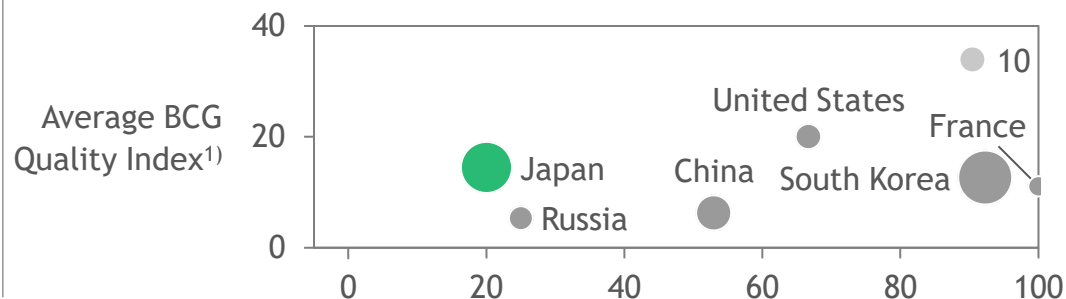
大規模水素液化技術に関して日本の特許は質と数では劣らないが、他国と比較して近年の開発は低調

特許分析詳細 (9/12): 国別・保有主体別比較

国別比較

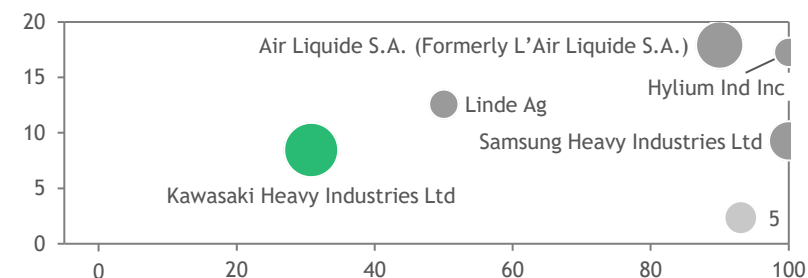
大規模 水素液化 技術

- 日本は特許の質と数では劣らないが、近年の開発は低調
- 他国では近年開発が活発



保有主体別比較

- 米Air Liquideが質で世界をリードし、近年の開発も活発
- 川崎重工は数こそ多いが、質と鮮度で世界に出遅れる



Note: BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年) 以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析

(参考) 水素キャリア特許分析詳細 (10/12): 高indexランキング (技術開発要素ごと上位5件)

技術開発要素	特許名	保有者	国	index	公表年
大規模水素液化技術	An exhaust-heat utilization hydrogen * oxygen system and the manufacturing method of a liquid hydrogen	TOSHIBA CORP	Japan	77	2004
	The manufacturing method of a liquid hydrogen, and the manufacturing equipment of a liquid hydrogen	AIR LIQUIDE S.A. (FORMERLY L'AIR LIQUIDE S.A.)	Japan	58	2002
	PROCESS FOR PRODUCING LIQUID HYDROGEN	SHELL OIL COMPANY	India	56	2017
	HYDROGEN LIQUEFACTION DEVICE	KOREA INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY UNIVERSITY OF CENTRAL FLORIDA	United States	53	2016
	The manufacturing method and system of a liquid hydrogen	KOBE STEEL LTD. KANSAI ELECTRIC POWER CO LTD	Japan	51	2003



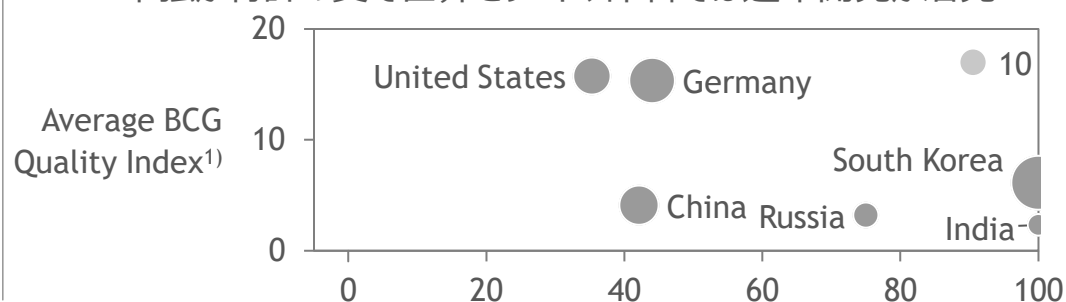
液化水素運搬船に関して日本は特許を保有しておらず、貯蔵技術に関して質と鮮度で世界に出遅れている

特許分析詳細 (11/12) 国別・保有主体別比較

国別比較

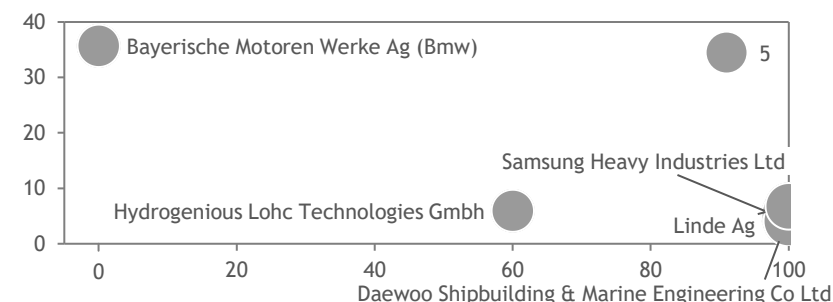
液化水素 運搬船 (TRL 4)¹

- 日本は特許を保有しない
- 米独が特許の質で世界をリード、印韓では近年開発が活発



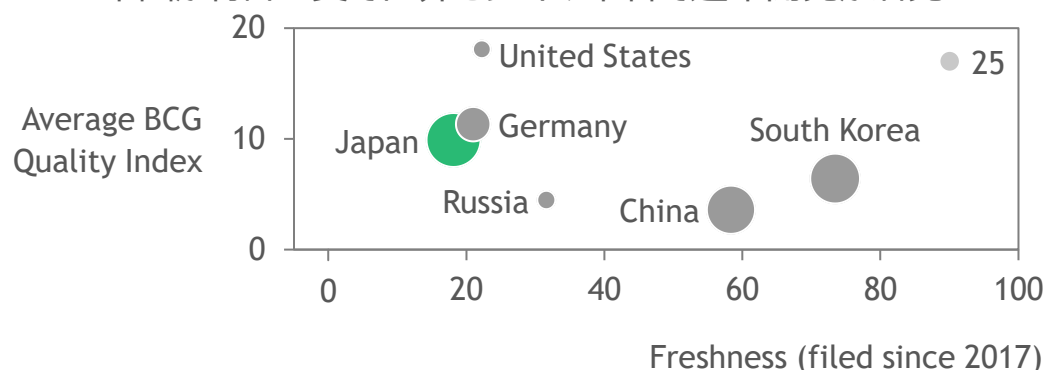
保有主体別比較

- ドイツBMWが質で世界をリードするが、近年の開発は低調

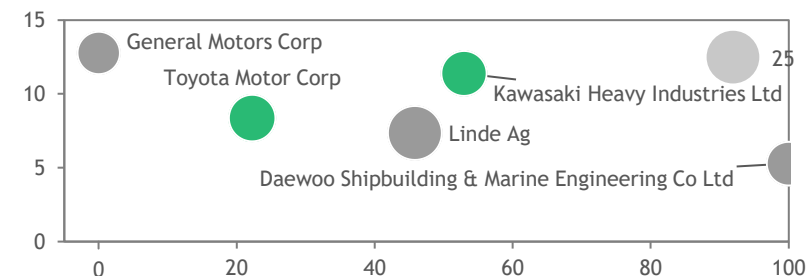


液化水素 貯蔵²

- 日本は特許の数こそ多いが、質と鮮度で世界に出遅れている
- 米国が特許の質で世界をリード、中韓で近年開発が活発



- 米GEが質で世界をリードするが、近年の開発は低調
- 川崎重工、トヨタがそれに次ぐ質の高さ



1. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 5-7

2. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 11

BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年) 以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析



(参考) 水素キャリア特許分析詳細 (12/12): 高indexランキング (技術開発要素ごと上位5件)

技術開発要素	特許名	保有者	国	index	公表年
液化水素運搬船 (TRL 4) ¹	Fuel supply device for use in motor vehicle, has reactor vessel provided for executing heat exchanger and separator functions for supplying hydrogen for consumer through dehydration of carrier medium e.g. liquid organic hydrogen carrier	BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG (BMW)	Germany	91	2010
	ARRANGEMENT AND METHOD FOR PROVIDING ENERGY FOR STATIONARY AND/OR MOBILE DEVICES	H2 AG	Switzerland	70	2014
	Fuel supplying device useful for partially supplying fuel load with hydrogen burning in combustion chamber e.g. internal combustion engine or fuel cell of motor vehicle, comprises first storage tank for carrier enriched with hydrogen	BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG (BMW)	Germany	55	2012
	Method for supplying energy, in particular to off-grid or mobile consumers, device for carrying out such a method and substance mixture that can be used therein	HYDROGENIOUS LOHC TECHNOLOGIES GMBH DE	Germany	49	2015
	HYDROGEN STORAGE COMPOSITIONS, METHODS, AND USES THEREOF	WASHINGTON STATE UNIVERSITY (PULLMAN WA)	United States	38	2020
液化水素貯蔵 ²	Fuel supply device for use in motor vehicle, has reactor vessel provided for executing heat exchanger and separator functions for supplying hydrogen for consumer through dehydration of carrier medium e.g. liquid organic hydrogen carrier	BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG (BMW)	Germany	79	2010
	Power demand/supply leveling system	MINAKAWA T	Japan	72	2011
	The hydrogen peroxide plasma ionization generator equipped with the dual jet nozzle.	TAEWANG SCI CO LTD	South Korea	67	2015
	Hydrogen storage, a supply system, and liquid organic hydrogen storage / supply body	ICHIKAWA MASARU	Japan	59	2002
	The amount maintenance method of dissolved hydrogen in the liquid	DOCTORS MAN KK	Japan	52	2011

1. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 5-7; 2. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 11
BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年) 以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析



水素・アンモニア発電: PJ評価

	技術力	社会実装	外的リスク
水素GT(大型) ¹	日本は特許の質と数、鮮度のいずれにおいても世界に出遅れ	商用化のタイミングは海外勢と同時期を想定 2030年の専焼商用化	現時点で顕在化しているリスクはなし
水素GT(中型)		商用化のタイミングは海外勢と同時期を想定 2025年から実証開始	
水素 (ボイラ)		バーナーや燃焼技術などの要素技術の開発段階	
アンモニアGT (大型) (TRL 3-4) ²	特許の質と量で世界をリード	バーナーや燃焼技術などの要素技術の開発段階	大型GT固有の問題としてNOxの低減が課題
アンモニアGT (中型)		商用化のタイミングは海外勢と同時期を想定	現時点で顕在化しているリスクはなし
アンモニア (ボイラ)	日本以外に開発している国はない	商用化のタイミングは海外勢と同時期を想定	石炭の使用が全体となるため批判を受けるリスクがある

1. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 9

2. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 3-4



燃焼速度及び脱硝設備の観点から、水素はガス火力と、アンモニアは石炭と親和性が高い 水素・アンモニア発電 (サマリ)

	水素	アンモニア
用途	ガス火力発電への混焼、専焼	石炭火力発電への混焼、専焼
理由	- 既存のガスタービン発電設備のタービン部など多くの設備をそのまま利用可能、アセットを有効活用できる - 調整力、慣性力機能を具備しており、系統運用安定に資する	
	- 燃焼速度が比較的近いガス火力発電に水素を混入。水素の燃焼速度が速いため、その燃焼を制御する技術が必要 - 上記制御技術を使うことで、ガスタービンの水素燃焼化も可能	- 発電用バーナー中心にある再循環領域 (高温・低酸素) にアンモニアを一定速度で投入することで、アンモニアの分解及び還元反応を促進しつつ、アンモニアを燃焼 - アンモニアは燃焼速度が石炭に近いことから、石炭火力での利用に適している - 大型の脱硝設備を石炭火力が有しており、アンモニア燃焼時の脱硝にも利用可能
将来の姿 (リプレイス)	- ガス火力をリプレイスして、専焼 - ガス火力は脱硝装置が小さく、NOx処理に限界 - 混焼時に、周辺設備が水素向けに整備	- 石炭火力をリプレイスして、ボイラもしくはタービンで専焼 - 混焼時に、周辺設備がアンモニア向けに整備



中小型ガスタービンは周辺設備の水素化/アンモニア化状況に影響を受けるため、既存PJのアンモニア化に加え、水素化の検討余地あり

脱炭素化オプション別の技術提供プレイヤー

 GI基金対象

 新規PJ候補

水素化
(混焼→専焼)

アンモニア化
(混焼→専焼)



ボイラ

三菱重工

- MHI: NEDOによる「水素社会構築技術開発事業」プロジェクトにて、産業用ボイラ向け水素焚きバーナー燃焼技術開発・実用化を推進

三菱重工・IHI

- MHI: 2028年度までにアンモニア混焼率50%以上商用化を目標に、JERAと共同開発中
- IHI: 2028年度までにアンモニア混焼率50%以上商用化を目標に、JERAと共同開発中



ガスタービン (GT)

中小型 (数MW~数十MW級)

三菱重工・GEパワー・SIEMENS・川崎重工・Ansaldo Energia・Baker Hughes・Solar Turbines・MAN Energy Solutions

- MHI: H-25型 (40MW) の2025年水素専焼商用化に向けて高砂製作所で実証計画中
- KHI: 独RWEと共同で、30MW級GTの水素専焼実証をと2024年中に開始計画中

三菱重工・IHI・GEパワー

- MHI: H-25型 (40MW) のアンモニア専焼の技術開発に着手し、2025年以降の実用化目標
- IHI: 2MW級GTのNEDO事業 (2021~27年度) でのアンモニア専焼技術開発に着手

大型 (数百MW級)

三菱重工・GEパワー・SIEMENS

- MHI: JAC型 (566MW) の2025年30%混焼、2030年の専焼商用化に向けて実証計画中
- GE: 2030年の水素専焼商用本格化を目標に技術開発推進中

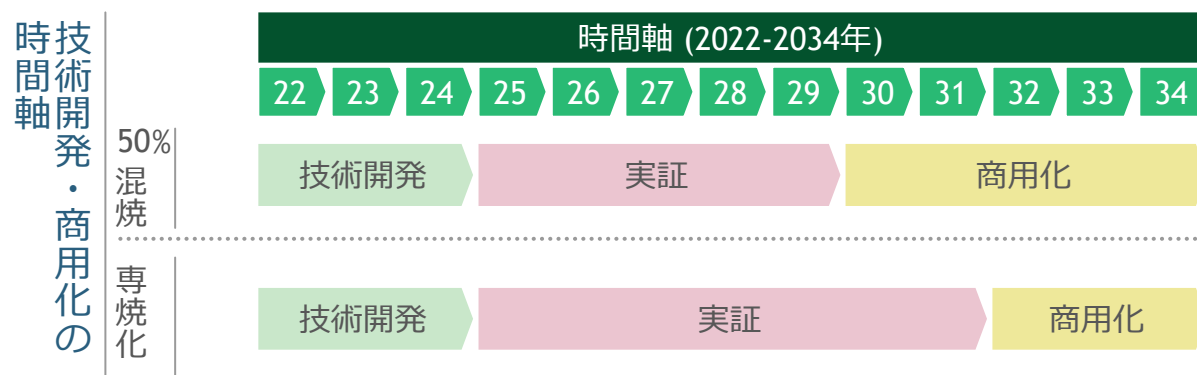
大型GTはアンモニアより水素燃焼技術開発が先行しているものの、JERAをはじめとした大手電力には大型GTアンモニア燃焼ニーズがあるため、水面下で技術開発が推進中 (大型GTアンモニア燃焼では大量のNOxが発生するため脱硝設備が必要)



ボイラ水素燃焼は、アンモニア燃焼と比較して技術開発は遅れているものの、ボイラでの水素利用ニーズ (副生含む) を見据えて、NEDO PJで三菱重工が技術開発中

技術開発動向: ボイラ×水素化

ボイラ水素化: 商用化に向けた時間軸



技術開発対象・課題

ボイラ水素燃焼用バーナ

- **NOx発生抑制:** 天然ガスやA重油と比べて燃料時の火炎温度が高く、サーマルNOxの発生量抑制が必要
- **ボイラ追加改造:** 輻射熱による熱量減少、高い火炎温度への耐熱の為、場合によってはボイラ本体の改造が必要
- **燃焼速度対策:** 燃焼速度が速く、火炎温度が高い水素を燃焼させる際に、逆火が発生

ボイラ×水素化: 主要各社の開発動向

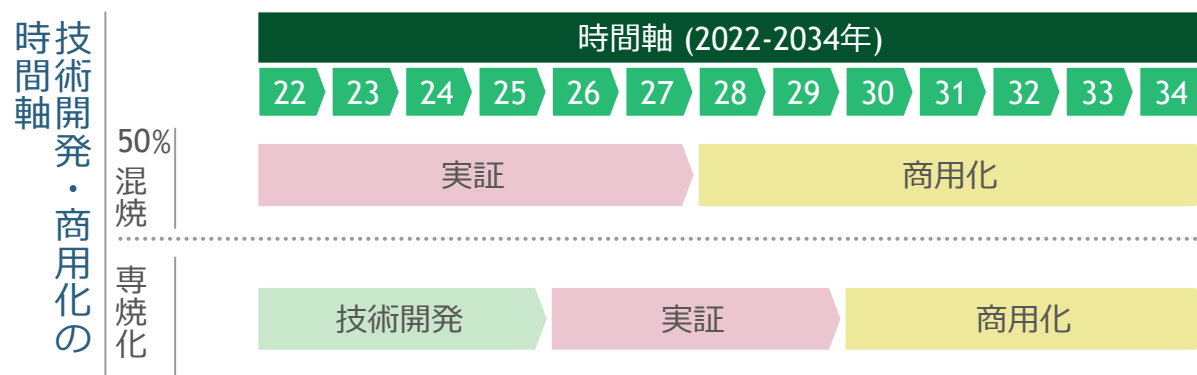
企業	国	時期	開発動向
事業者			
OEM			
-	三菱重工	2020~2022年	NEDOのプロジェクトの一環で、産業用ボイラー向け水素専焼焚きバーナー燃焼技術の開発を実施



ボイラアンモニア混焼技術は事業者+OEMによる実証フェーズに移行しているが、アンモニア専焼技術は主に燃焼速度の安定化に課題があり現在技術開発中

技術開発動向: ボイラ×アンモニア化

ボイラアンモニア化: 商用化に向けた時間軸



ボイラアンモニア燃焼用バーナ

- **燃焼速度対策:** 燃焼速度が遅いアンモニアの割合が増加することにより、燃焼火炎が不安定化
- **運転裕度低減対策:** 石炭の燃焼量が低下することで、微粉炭機の下限近傍で運転が必要となり、運転裕度が減少
- **バーナ以外の改造:** 燃焼空気量が変化する為、場合によってはボイラ本体や補機類の改造が必要

ボイラ×アンモニア化: 主要各社の開発動向

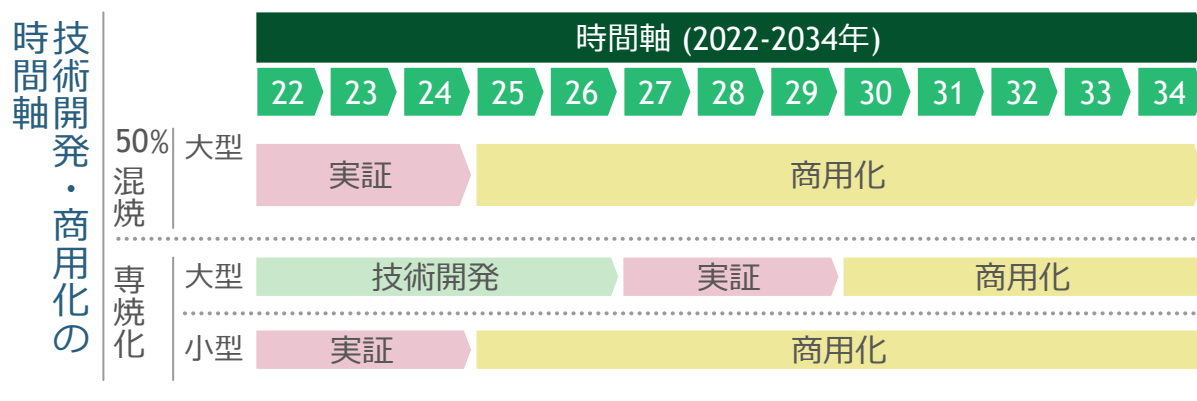
企業		国	時期	開発動向
事業者	OEM			
JERA	IHI		2021~2025年	• 混焼率50%以上が可能なアンモニア高混焼バーナを開発 • 同バーナを碧南火力発電所4号機または5号機に実装
JERA	三菱重工		2021年~	• 石炭ボイラに適したアンモニア専焼バーナを開発 - ボイラ型式の異なる実機2ユニットにおいて50%以上のアンモニア混焼を検証
TNB Genco	IHI		2021年~2027年	• NOxの生成抑制と安定燃焼を両立する石炭火力用アンモニア混焼 (20%) バーナを開発し実証



大型GT水素混焼/小型GT水素専焼は事業者+OEMによる実証が推進中で、 大型GT水素専焼は技術開発中で商用化は2030年以降の見込み

技術開発動向: ガスタービン×水素化

ガスタービン水素化: 商用化に向けた時間軸



ガスタービン水素燃焼器

- **燃焼速度対策:** 燃焼速度が速く、火炎温度が高い水素を燃焼させる際に、逆火が発生
- **NOx発生抑制:** 空気中の窒素によるNOx発生量を低減させつつ、発電効率を維持する為の手法の開発が必要
- **燃焼振動抑制:** 高い熱負荷を与えられた燃焼器の筒が、燃焼の振動と共振した場合、燃焼器の破壊リスクが増幅

ガスタービン×水素化: 主要各社の開発動向

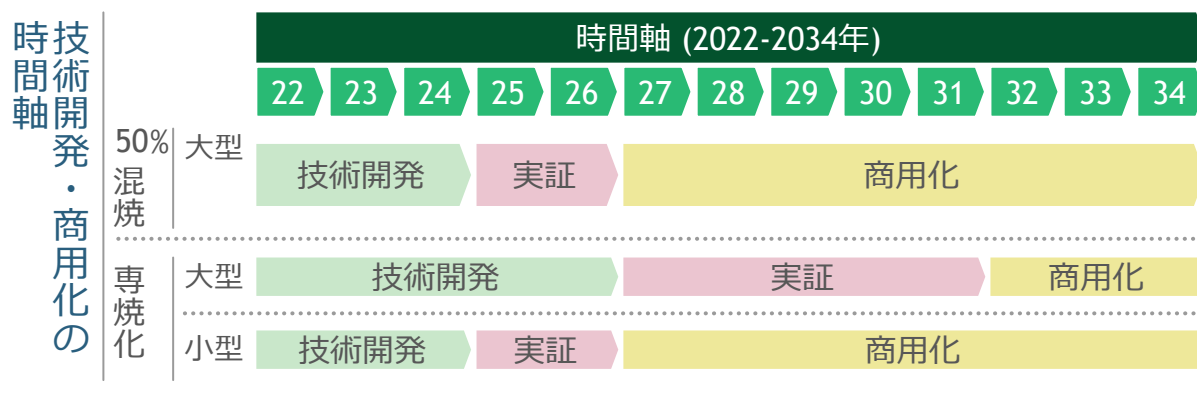
企業	国	時期	開発動向
事業者	OEM		
Inter mountain Power Agency	三菱重工	混焼 30%: 2025年 専焼: ~2045年	- M501JAC形2基を中核とするGTCC発電設備 (840MW) を受注 2023年までに30%水素混焼、2045年までに専焼化
RWE	カワサキモーターズ	~ 2024年	2024年までにエムスランドガス火力発電所 (34MW) にて水素専焼実証を実施
Territory Generation	GEパワー	2022年	TM2500航空機転用GT (22MW) を導入し、将来的に水素混焼75%を目指す
Smurfit Kappa	シーメンス	2020-2023年	製紙会社向け自家発の既設SGT-400を改良し混焼をへて2023年以降に専焼化を目指す
The Baker Hydrogen Utility	Hughes	2019年~	H2Uの保有するPort Lincoln発電所にNovaLt16発電機ユニットを用いて100%水素専焼を実施



GTアンモニア化は、混焼・専焼共に技術開発フェーズであり、 2027年以降に燃焼速度・NOx対策技術課題解消し、商用化される見込み

技術開発動向：ガスタービン×アンモニア化

ガスタービンアンモニア化：商用化に向けた時間軸



ガスタービンアンモニア燃焼器

- **燃焼速度対策**: 燃焼速度が遅く、燃焼時間を確保する為には燃焼器の大型化が必要も、多缶式燃焼器を用いるGTにおいてサイズの制限あり
- **NOx発生抑制**: アンモニア燃焼より発生するNOx の脱硝対応が必要
 - 二段燃焼による低NOx化が想定されるが、燃焼器の大型化や複雑化等の技術課題が存在

ガスタービン×アンモニア化：主要各社の開発動向

企業	国	時期	開発動向
事業者	OEM		
-	三菱重工	 2021~2025年	● 小型専焼: 2025年以降の実用化に向けアンモニア専焼ガスタービン(4万kW、H25型)の開発
-	三菱重工	 2021年~	● 大型専焼・混焼: ガスタービンの排熱でNH3を水素と窒素にし開発済みのH2混焼用燃焼器/開発中のH2専焼燃焼器により燃焼させるGTCCシステムの検討
-	IHI	 2021年~2027年	● 2MW級ガスタービンにおいて液体アンモニア専焼技術を開発 - 火災の安定化と排ガス中の有害物質の低減施策を盛り込む



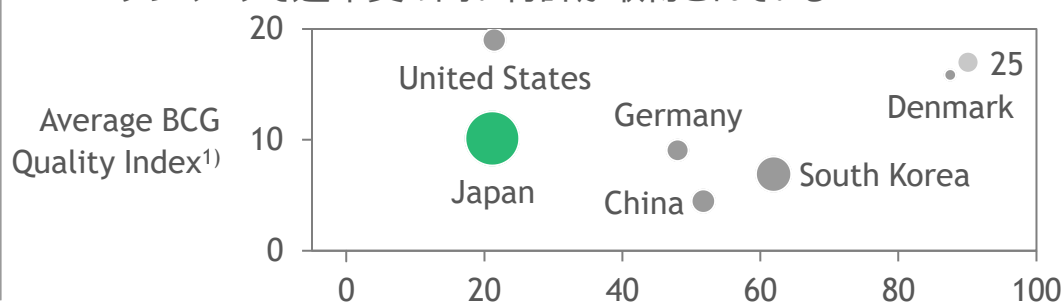
大型水素ステーションと混焼・専焼タービンに関して日本は特許の質と鮮度で出遅れており、米国が質で世界をリード、韓国では研究が活発化している

特許分析詳細 (1/8): 国別・保有主体別比較

国別比較

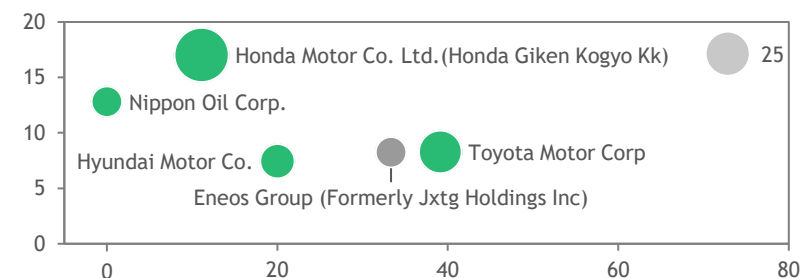
大規模水素ステーション¹

- 日本は特許の数こそ多いが、質と鮮度で世界に出遅れている
- デンマークで近年質の高い特許が取得されている



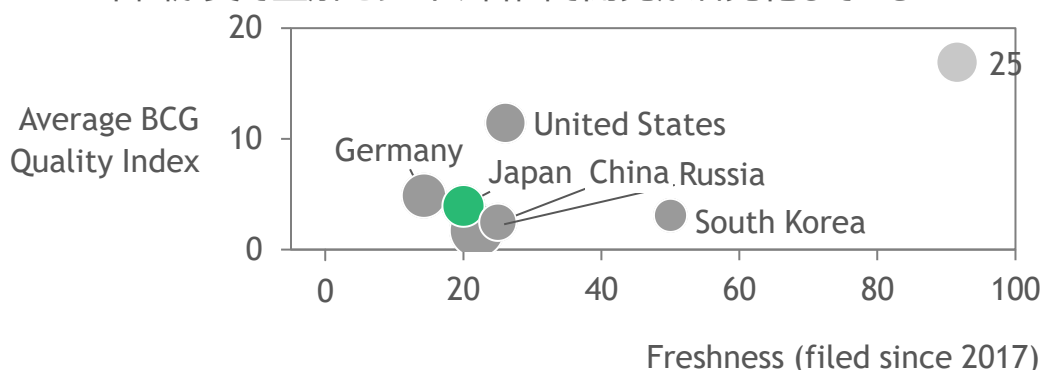
保有主体別比較

- 上位に日本4社が位置し、ホンダが質で世界をリードする

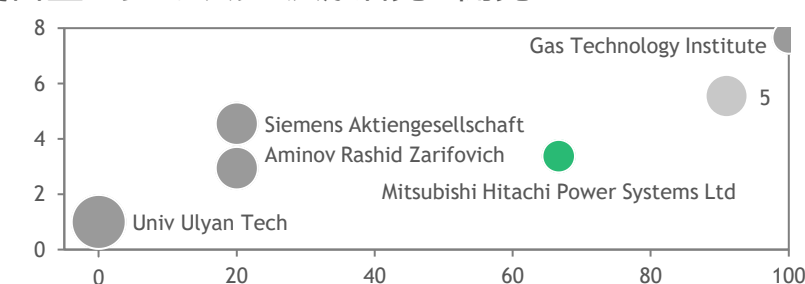


大型水素混焼・専焼タービン²

- 日本は特許の質と数、鮮度のいずれにおいても世界に出遅れ
- 米国が質で正解をリード、韓国で開発が活発化している



- 米Gas Technologyが質と鮮度で世界をリードする
- 三菱日立パワーシステムズが活発に開発



1. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 9; IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 9
BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年) 以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数
Source: BCG Center for Growth & Innovation Analyticsによる調査



(参考) 水素・アンモニア利用 特許分析詳細 (2/8) 高indexランキング (技術開発要素ごと上位5件)

技術開発要素	特許名	保有者	国	index	公表年
大規模水素ステーション ¹	Hydrogen fueling station	PLUG POWER INC.	Canada	90	2004
	Hydrogen station loading control unit, vehicle onboard terminal unit, hydrogen station, method for controlling hydrogen station loading	HONDA MOTOR CO. LTD. (HONDA GIKEN Japan KOGYO KK)	Japan	48	2005
	Use and the replenishment system of the gas of a hydrogen fueled car	HONDA MOTOR CO. LTD. (HONDA GIKEN Japan KOGYO KK)		40	2007
	Hydrogen vehicle gas utilization and refueling system	HONDA MOTOR CO. LTD. (HONDA GIKEN KOGYO KK)	United States	39	2008
	Hydrogen handling or dispensing system	ARIZONA PUBLIC SERVICE CO	United States	37	2007
大型水素混焼・専焼タービン ²	Hydrogen production with photosynthetic organisms and from biomass derived therefrom	IHI CORP	United States	97	2005
	Mobile wind and solar energy aggregate	CEAP BV	Netherlands	60	2006
	Gas turbine power plant and method of operating the same	GENERAL ELECTRIC COMPANY	Switzerland	43	2008
	Stationary energy center	ENGEN GROUP INC	United States	31	2002
	Method and apparatus of fuelling an internal combustion engine with hydrogen and methane	WESTPORT FUEL SYSTEMS INC	Canada	29	2012

1. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 9

2. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 9

BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年) 以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: BCG Center for Growth & Innovation Analyticsによる調査



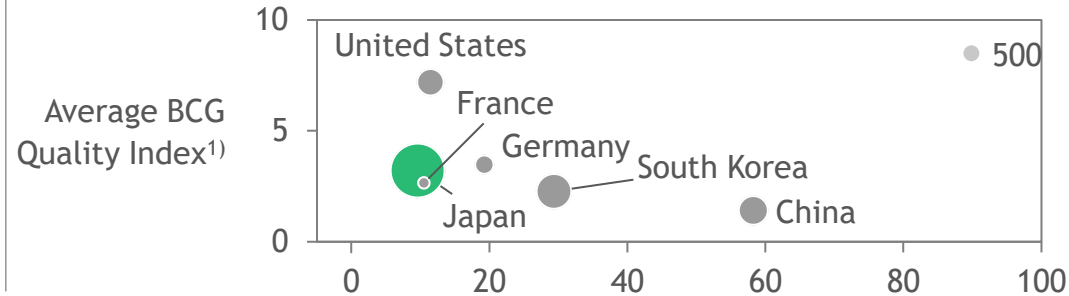
燃料電池に関して日本は特許の質と鮮度で世界に出遅れ

特許分析詳細 (3/8): 国別・保有主体別比較

国別比較

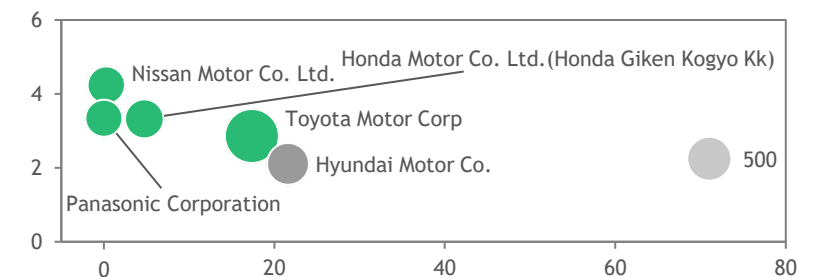
燃料電池¹

- 日本は特許の数こそ多いが、質と鮮度で世界に出遅れている
- 米国が特許の質で世界をリード、中国で近年開発が活発



保有主体別比較

- 上位に日本4社が位置し、日産が質で世界をリードする



1. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 7-9

BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年) 以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: BCG Center for Growth & Innovation Analyticsによる調査



(参考)水素・アンモニア利用 特許分析詳細 (4/8) 高indexランキング (技術開発要素ごと上位5件)

技術開発要素	特許名	保有者	国	index	公表年
燃料電池 ¹	Nanotube/metal substrate composites and methods for producing such composites	MAINSTREAM ENG CORP	United States	79	2005
	Portable chemical hydrogen hydride system	MANHATTAN SCIENTIFICS INC	United States	61	2003
	Efficient control, monitoring and energy devices for vehicles such as watercraft	TAKEDA PHARMACEUTICAL CO LTD	United States	53	2004
	Hydrogen purification membranes, components and fuel processing systems containing the same	NAVAL GROUP	United States	51	2003
	Fuel cell system with stored hydrogen	IDA TECH LLC	United States	51	2002

1. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 7-9

BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年) 以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: BCG Center for Growth & Innovation Analyticsによる調査

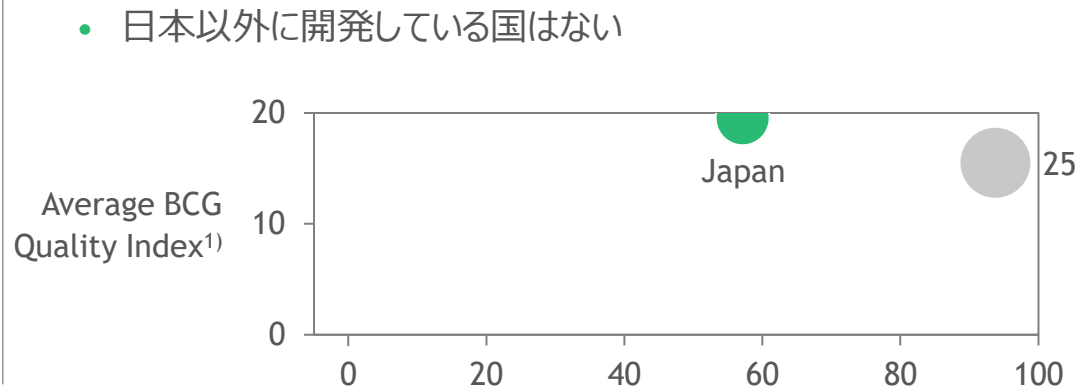


アンモニア混焼・専焼に関して、日本は特許の数で世界をリード

特許分析詳細 (5/8): 国別・保有主体別比較

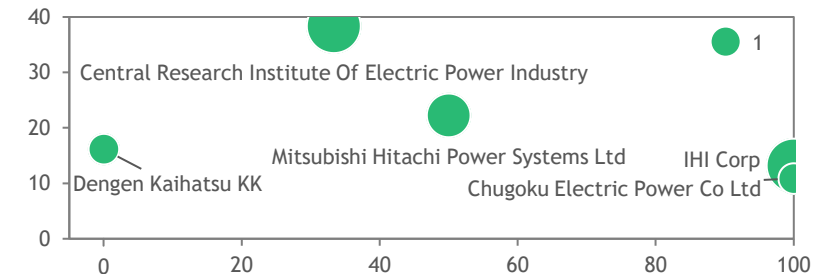
国別比較

石炭火力
への
アンモニア
混焼・専焼
(TRL 6)¹

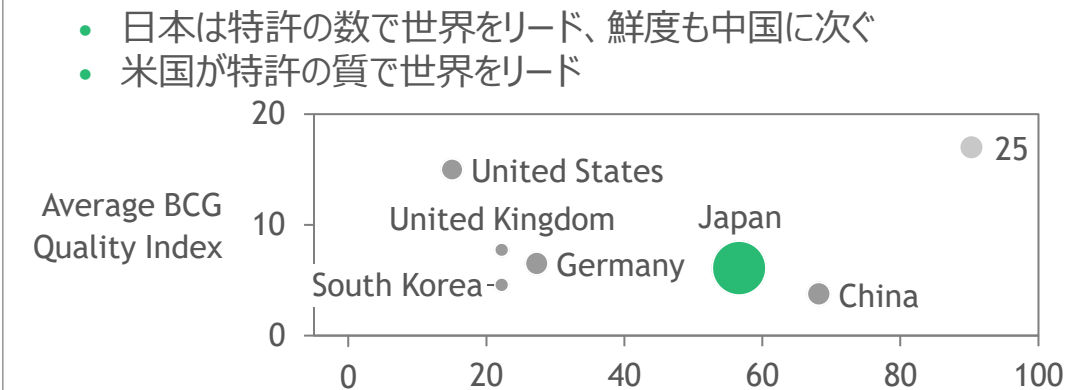


保有主体別比較

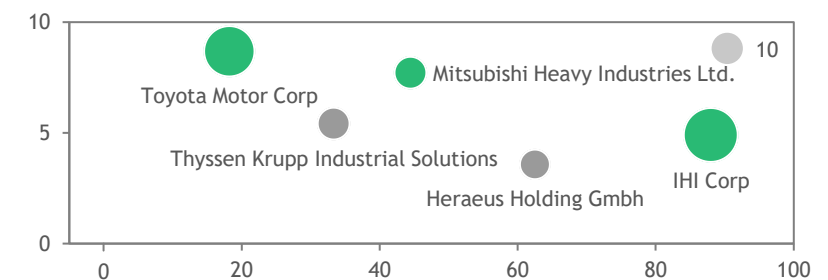
- 電力中央研究所が質でリード、IHIや中国電力が近年活発に開発



大型
アンモニア
混焼・専焼
タービン
(TRL 3-4)²



- トヨタが質でリード、IHIが近年開発を活発化



1. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 5;

2. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 3-4

BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年) 以降に

出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: BCG Center for Growth & Innovation Analyticsによる調査



(参考) 水素・アンモニア利用 特許分析詳細 (6/8) 高indexランキング (技術開発要素ごと上位5件)

技術開発要素	特許名	保有者	国	index	公表年
石炭火力へのアンモニア混焼・専焼 (TRL 6) ¹	A powdered coal burning boiler apparatus and power generation equipment	CENTRAL RESEARCH INSTITUTE OF ELECTRIC POWER INDUSTRY	Japan	85	2016
	THERMAL POWER GENERATION PLANT, MIXED COMBUSTION BOILER, AND METHOD FOR MODIFYING BOILER	mitsubishi hitachi power systems LTD	Japan	28	2019
	Electric power generation system	IHI CORP	Japan	28	2018
	The exhaust-gas circulating-type thermal-power-generation plant-operation method and an exhaust-gas circulating-type thermal-power-generation plant	CENTRAL RESEARCH INSTITUTE OF ELECTRIC POWER INDUSTRY	Japan	22	2014
	Gas-hydrate manufacturing system	MITSUI E & G (MITSUI ENGINEERING & SHIPBUILDING CO LTD)	Japan	19	2005
大型アンモニア混焼・専焼タービン (TRL 3-4) ²	Production and use of a soil amendment made by the combined production of hydrogen, sequestered carbon and utilizing off gases containing carbon dioxide	CCRMS LTD.	United States	78	2004
	Control of mercury and other elemental metal emissions from combustion devices by oxidation	MISSISSIPPI LIME CO	Panama	44	2004
	Gas turbine system	NIPPON SHOKUBAI CO. LTD.	Japan	43	2012
	AMMONIA-FUELED INTERNAL COMBUSTION ENGINE	TOYOTA MOTOR CORP	Japan	23	2011
	ADDITIVES TO AMMOXIDATION CATALYSTS BASED ON METAL OXIDE MIXTURES INPUT BEFORE CALCINATION	INEOS GROUP LIMITED	United States	21	2017

1. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 5

2. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 3-4

BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年) 以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: BCG Center for Growth & Innovation Analyticsによる調査



アンモニア燃料船に関して日本は特許の質で世界をリード、アンモニア燃料電池に関しては特許の数こそ多いが、質と鮮度では世界に出遅れている

特許分析詳細 (7/8): 国別・保有主体別比較

国別比較

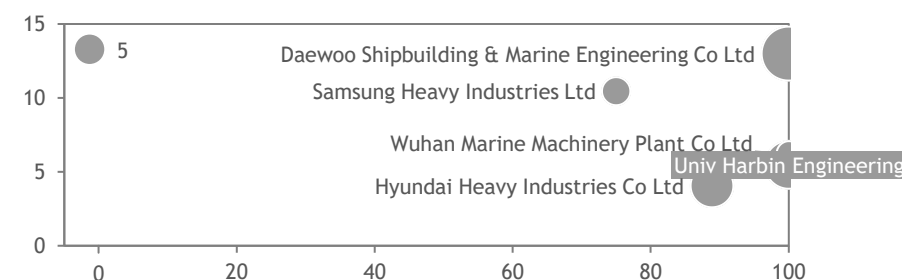
アンモニア燃料船 (TRL 3-4)¹

- 日本は特許の質で世界をリード
- 中韓が近年開発を活発化、特許の数において世界をリード



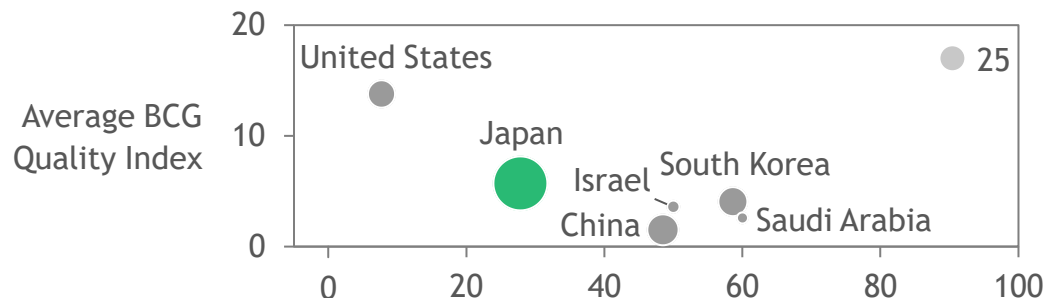
保有主体別比較

- 韓Daewooが質と鮮度で世界をリード
- 日本は上位に入らない

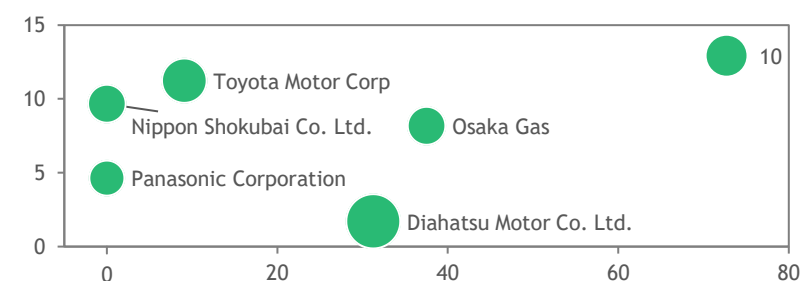


アンモニア燃料電池²

- 日本は特許の数で世界をリードするが、近年開発が低調
- 米国が特許の質で世界をリードしている



- 特許数上位を日本が独占



1. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 4-5

2. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 4-5

BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年) 以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: BCG Center for Growth & Innovation Analyticsによる調査



(参考)水素・アンモニア利用 特許分析詳細 (8/8) 高indexランキング (技術開発要素ごと上位5件)

技術開発要素	特許名	保有者	国	index	公表年
アンモニア燃料船 (TRL 3-4) ¹	The ammonia combustion method, an ammonia combustion engine, and the ship that mounts it	JAPAN AEROSPACE EXPLORATION AGENCY	Japan	78	2021
	FUEL SUPPLY SYSTEM FOR VESSEL	DAEWOO SHIPBUILDING & MARINE ENGINEERING CO LTD	South Korea	43	2021
	The ship engine apparatus for decreasing exhaust gas using the fuel cell system.	SAMSUNG HEAVY INDUSTRIES LTD	South Korea	32	2016
	Fuel Supply System of Eco-Friendly Ship	DAEWOO SHIPBUILDING & MARINE ENGINEERING CO LTD	South Korea	29	2020
	FUEL CELL HYDROGEN SUPPLY SYSTEM OF UNDERWATER MOVING BODY USING DEHYDROGENATION REACTION OF AMMONIA AND UNDERWATER MOVING BODY HAVING THE SAME	DAEWOO SHIPBUILDING & MARINE ENGINEERING CO LTD	South Korea	28	2021
アンモニア燃料電池 ²	Production of hydrogen by autothermic decomposition of ammonia	EXXON CORP	United States	75	2002
	The hydrogen manufacturing apparatus for fuel cells	TOYOTA MOTOR CORP	Japan	71	2003
	Use Of An Ammonia Storage Device In Production Of Energy	FAURECIA S. A.	Denmark	57	2007
	Ammonia cracker for production of hydrogen	KATIE TRUST U/T/A (KATHRYN JO LINCOLN) LINCOLN VIRGINIA CARL TRUST U/T/A (CARL RICHARD LINCOLN) LINCOLN JAMES	Austria	42	2005
	Electro-catalysts for the oxidation of ammonia in alkaline media	OHIO UNIVERSITY	United States	40	2009

1. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 4-5

2. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 4-5

BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年) 以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: BCG Center for Growth & Innovation Analyticsによる調査



(参考) 水素・アンモニア 特許分析検索条件 (1/2)

技術開発要素

検索条件

i	水素製造	AECによる水素製造	(TAB=((((Hydrogen OR "H2") NEAR3 (produce OR produces OR producing OR production OR generat* OR liquify OR liquifaction OR separation OR synthesi* OR manufactur*)) SAME ((Alkaline ADJ3 Electroly*) OR AEC OR AECs OR AWE)) OR (TAB=((Hydrogen OR "H2") NEAR3 (produce OR produces OR producing OR production OR generat* OR liquify OR liquifaction OR separation OR synthesi* OR manufactur*)) AND TI=((Alkaline ADJ3 Electroly*) OR AEC OR AECs OR AWE))) AND (AY>=(2000) AND AY<=(2022));
		PEMによる水素製造	(TAB=((((Hydrogen OR "H2") NEAR3 (produce OR produces OR producing OR production OR generat* OR liquify OR liquifaction OR separation OR synthesi* OR manufactur*)) SAME ("PEMEC" OR "PEMFC" OR "PEMECs" OR "PEMFCs" OR PEM OR (polymer ADJ electroly* ADJ membrane*))) OR (TAB=((Hydrogen OR "H2") NEAR3 (produce OR produces OR producing OR production OR generat* OR liquify OR liquifaction OR separation OR synthesi* OR manufactur*)) AND TI=("PEMEC" OR "PEMFC" OR "PEMECs" OR "PEMFCs" OR PEM OR (polymer ADJ electroly* ADJ membrane*))) AND (AY>=(2000) AND AY<=(2022));
		光触媒による水素製造	(TAB=((((Hydrogen OR "H2") NEAR3 (produce OR produces OR producing OR production OR generat* OR liquify OR liquifaction OR separation OR synthesi* OR manufactur*)) SAME (photocatalyst* OR photocatalysis OR photocatalytic OR (photogenerated ADJ catalysis) OR (catalyzed ADJ photolysis) OR (photo ADJ cataly*) OR (photo ADJ reform*) OR photoreform* OR (photoactive ADJ catalyst*) OR (photo ADJ steam ADJ reform*) OR (photosteam ADJ reform*))) OR (TAB=((Hydrogen OR "H2") NEAR3 (produce OR produces OR producing OR production OR generat* OR liquify OR liquifaction OR separation OR synthesi* OR manufactur*)) AND TI=(photocatalyst* OR photocatalysis OR photocatalytic OR (photogenerated ADJ catalysis) OR (catalyzed ADJ photolysis) OR (photo ADJ cataly*) OR (photo ADJ reform*) OR photoreform* OR (photoactive ADJ catalyst*) OR (photo ADJ steam ADJ reform*) OR (photosteam ADJ reform*))) AND (AY>=(2000) AND AY<=(2022));
		SOEC による水素製造	(TAB = (((Hydrogen OR "H2") NEAR3 (produce OR produces OR producing OR production OR generat* OR liquify OR liquifaction OR separation OR synthesi* OR manufactur*)) AND ((SOEC* OR "H-SOEC" OR "R-SOEC" OR (solid ADJ oxide ADJ fuel ADJ cell*) OR (solid ADJ oxide ADJ electroly* ADJ cell*) OR (Solid ADJ oxide) NEAR5 (electrolyzer* OR electrolyser* OR electrolysis OR electrochemical ADJ cell* OR water NEAR1 split*)))) OR TAB = ((Hydrogen OR H2) NEAR2 (produc* OR generat* OR stor* OR transport* OR liquid OR liquify OR liquifaction OR separation OR manufactur*)) NEAR5 (SOEC OR (solid ADJ oxide ADJ electroly* ADJ cell) OR (Solid ADJ oxide) NEAR5 (electroly*)))) AND (AY>=(2000) AND AY<=(2022));
		海水の水電解 による水素製造	TAB = (((Hydrogen OR "H2") NEAR3 (produce OR produces OR producing OR production OR generat* OR liquify OR liquifaction OR separation OR synthesi* OR manuf*)) AND (((sea OR seas OR ocean* OR marine* OR maritime*) NEAR3 (water* OR "H2O")) OR seawater* OR saltwater*) NEAR3 electroly*)) AND (AY>=(2000) AND AY<=(2022))
ii	水素輸送・ 貯蔵	大規模水素液化技術	TAB = (((hydrogen OR "H2" OR "LH2") NEAR2 (liquify OR liquefaction OR liquifaction OR liquefier*)) OR (liquified ADJ Hydrogen) OR (liquidified ADJ Hydrogen)) AND (AY>=(2000) AND AY<=(2022))
		液化水素運搬船	TAB = ((((Liquid OR liquid* OR liquif* OR Liquef*) NEAR3 (Hydrogen OR "H2")) OR "LH2") NEAR3 (Carrier*)) OR LOHC OR LOHCs OR "LOHC-DIPAFc") OR (((Liquid OR liquid* OR liquif* OR Liquef*) NEAR3 (Hydrogen OR "H2")) OR "LH2") NEAR3 (Toluene OR methylcyclohexane OR MCH OR "N-ethyl carbazole" OR Dibenzyltoluene))) AND (AY>=(2000) AND AY<=(2022))
		液化水素貯蔵	TAB = ((((Liquid OR liquid* OR liquif* OR Liquef*) NEAR2 (Hydrogen OR "H2")) OR "LH2") NEAR3 (stor* OR tank* OR vessel* OR container*))) OR "Cold and Cryo-Compressed Hydrogen" OR (cold NEAR2 compress* NEAR2 (Hydrogen OR "H2"))) AND (AY>=(2000) AND AY<=(2022))
		水素キャリアの製造 (MCH)	TAB=(((hydrogen OR "H2" OR "LH2") NEAR3 carrier*) OR LOHC* OR "LOHC-DIPAFc") NEAR5 (produce OR produces OR producing OR production OR manufact* OR synthes* OR generat*)) OR (((MCH" OR methyl cyclohexane OR methylcyclohexane) NEAR5 (produce OR produces OR producing OR production OR manufact* OR synthes* OR generat*)) AND (hydrogen OR "H2" OR "LH2")) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022);
		水素キャリアのクラッキング (MCH)	TAB=(((hydrogen OR "H2" OR "LH2") NEAR5 carrier*) OR LOHC* OR "LOHC-DIPAFc") NEAR5 (*crack*) OR (((MCH" OR methyl ADJ cyclohexane OR methylcyclohexane) NEAR5 (*crack*)) AND (hydrogen OR "H2" OR "LH2")) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022);
		アンモニアクラッキング	TAB=(((ammonia OR "NH3") NEAR5 (*crack*)) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022);
		水素の高純度化	TAB=(((Hydrogen OR "H2") NEAR3 (purif* OR pure OR purity))) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022);



(参考) 水素・アンモニア 特許分析検索条件 (2/2)

技術開発要素

検索条件

iii	水素利用	大規模水素ステーション	TAB = ((((hydrogen OR "H2" OR "LH2") NEAR3 (highway* OR station OR stations OR infrastructure*)) OR (Smart ADJ Hydrogen ADJ Station*) OR (hydrogen ADJ infrastructure*) OR (large NEAR5 hydrogen NEAR2 refuel* NEAR2 station*) OR (large NEAR5 hydrogen NEAR2 stor*)) SAME (vehicl* OR car OR truck* OR bus OR train OR ship OR motorvehicl* OR automobil* OR automotiv* OR submarin*)) AND (AY>=(2000) AND AY<=(2022))
		大型水素混焼・専焼タービン	TAB = (((large* ADJ scale*) OR (full ADJ scale*) OR commercial OR industrial OR (power ADJ plant*) OR powerplant* OR (power ADJ generator*) OR (power ADJ station*) OR (electricity ADJ plant*) OR (electricity ADJ generator*)) SAME ((hydrogen OR "H2" OR "LH2") NEAR5 (*combust* OR turbine*))) OR (("large scale" OR "largest scale" OR smart OR huge OR big) NEAR5 ("hydrogen mixed combustion" OR "hydrogen mono combustion" OR "hydrogen turbine" OR "hydrogen mixed-fuel combustion" OR "hydrogen mono-fuel combustion" OR "hydrogen combustion-type continuous combustion furnace")) OR ((hydrogen OR H2) NEAR3 (natural ADJ gas) NEAR3 (combust* OR turbin*))) AND (AY>=(2000) AND AY<=(2022))
		燃料電池	TAB=((((Hydrogen OR "H2") NEAR5 (fuel cell OR fuel cells OR fuelcell*)) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022);
ii	アンモニア製造	グリーンアンモニア製造	TAB=(((((green OR renewable* OR decarbon* OR de ADJ carbon* OR ((carbon OR "CO2" OR carbon ADJ dioxide OR carbon ADJ di ADJ oxide OR carbondioxide) NEAR1 (free OR low OR less OR negative OR zero))) NEAR3 (ammonia OR "NH3")) AND (produce OR produces OR producing OR production OR generat* OR stor* OR transport* OR liquify OR liquifaction OR catalyst* OR catalyt* OR manufactur* OR synthesi*)) AND (AY>=(2000) AND AY<=(2022))
		ブルーアンモニア製造	TAB=(((((Haber ADJ Bosch OR HaberBosch OR Haber process*) AND (ammonia OR "NH3")))) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022);
		アンモニアの直接電解合成	TAB=((((electrochemical* OR electro ADJ chemical* OR electrochemistry OR electro ADJ chemistry OR Galvanic ADJ cell* OR Voltaic ADJ Cell* OR Electrolytic ADJ cell*) AND ((ammonia OR "NH3") NEAR3 (produce OR produces OR producing OR production OR generat* OR synthesi*)) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022);
iii	アンモニア利用	石炭火力へのアンモニア混焼・専焼	TAB= (((ammonia OR "NH3") AND ((co ADJ fir*) OR cofir* OR (co ADJ burn*) OR firing OR (mixed ADJ combust*) OR (premixed ADJ combust*) OR (mono ADJ fir*) OR monofir* OR (pure ADJ combust*)) OR ((ammonia OR "NH3") NEAR2 (fire OR fired OR firing OR burn OR burned OR burning))) AND ((power ADJ plant*) OR (power ADJ station*) OR (power ADJ generat*) OR (powerplant*) OR (powerstation*) OR (powergenerat*) OR (electricity ADJ generat*) OR (electricity ADJ plant*) OR (thermal ADJ plant*))) AND (AY>=(2000) AND AY<=(2022))
		大型アンモニア混焼・専焼タービン	TAB= (((ammonia OR "NH3") NEAR2 (*combust* OR burner)) OR ((ammonia OR "NH3") NEAR5 ((mixed ADJ combust*) OR (mono ADJ combust*) OR (mixed ADJ fuel ADJ combust*) OR (mono ADJ fuel ADJ combust*))) OR ((ammonia OR "NH3") NEAR3 ((natural gas) NEAR3 (combust*)))) AND (AY>=(2000) AND AY<=(2022))
		アンモニア燃料船	TAB=(((((ammonia OR "NH3") NEAR5 (ship OR ships OR boat OR boats OR yatch* OR submarine* OR sub marine* OR hovercraft* OR hover craft* OR air cushion vehicle* OR marine vehicle* OR sea vehicle* OR ocean vehicle* OR underwater vehicle*)) AND (fuel OR fuels OR fueling OR fueled)) OR (((ammonia OR "NH3") NEAR5 (fuel OR fuels OR fueling OR fueled)) AND (ship OR ships OR boat OR boats OR yatch* OR submarine* OR sub marine* OR hovercraft* OR hover craft* OR air cushion vehicle* OR marine vehicle* OR sea vehicle* OR ocean vehicle* OR underwater vehicle*)) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022);
		アンモニア燃料電池	TAB=((((ammonia OR "NH3") NEAR8 (fuel cell OR fuel cells))) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022);



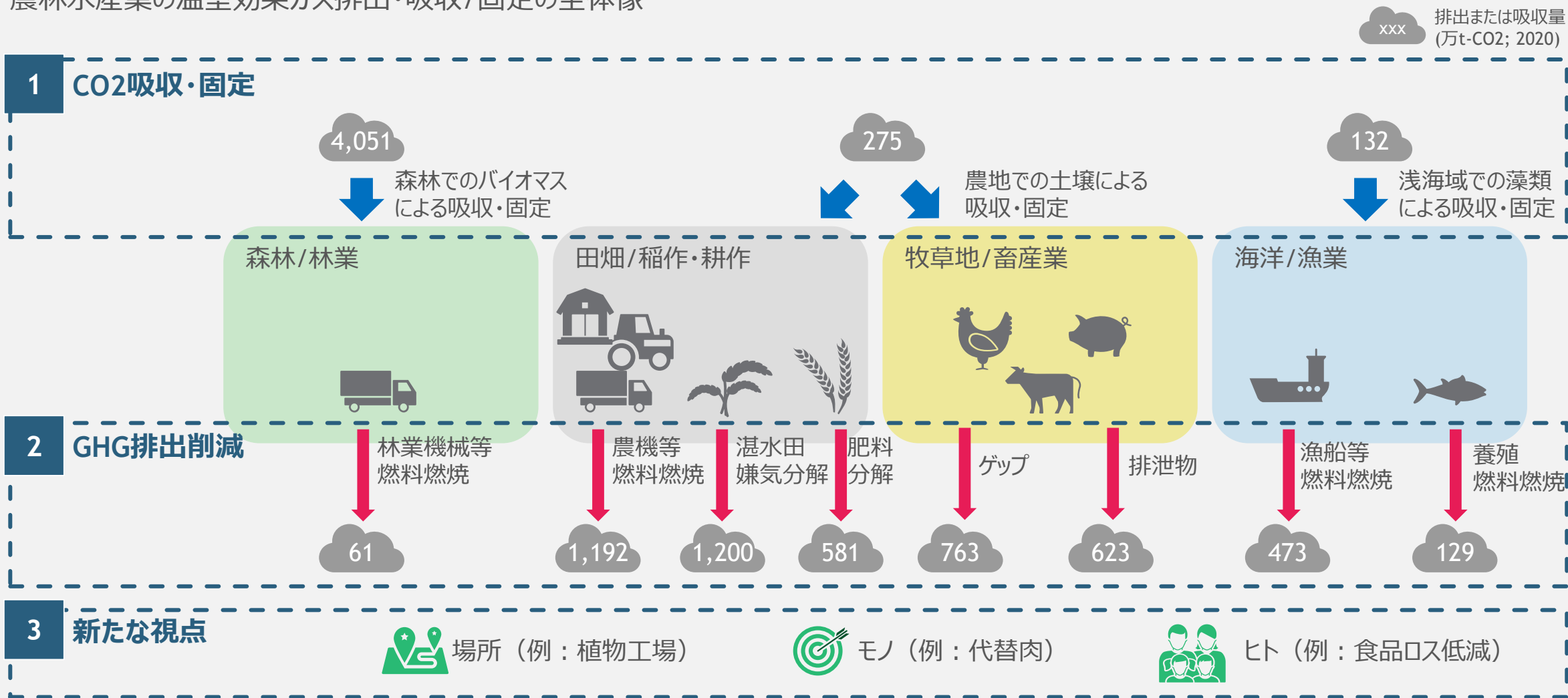
深掘り対象分野

⑨食料・農林水産業



グリーン成長戦略の枠組みに加え、新たな視点で技術開発候補を幅出し

農林水産業の温室効果ガス排出・吸収/固定の全体像

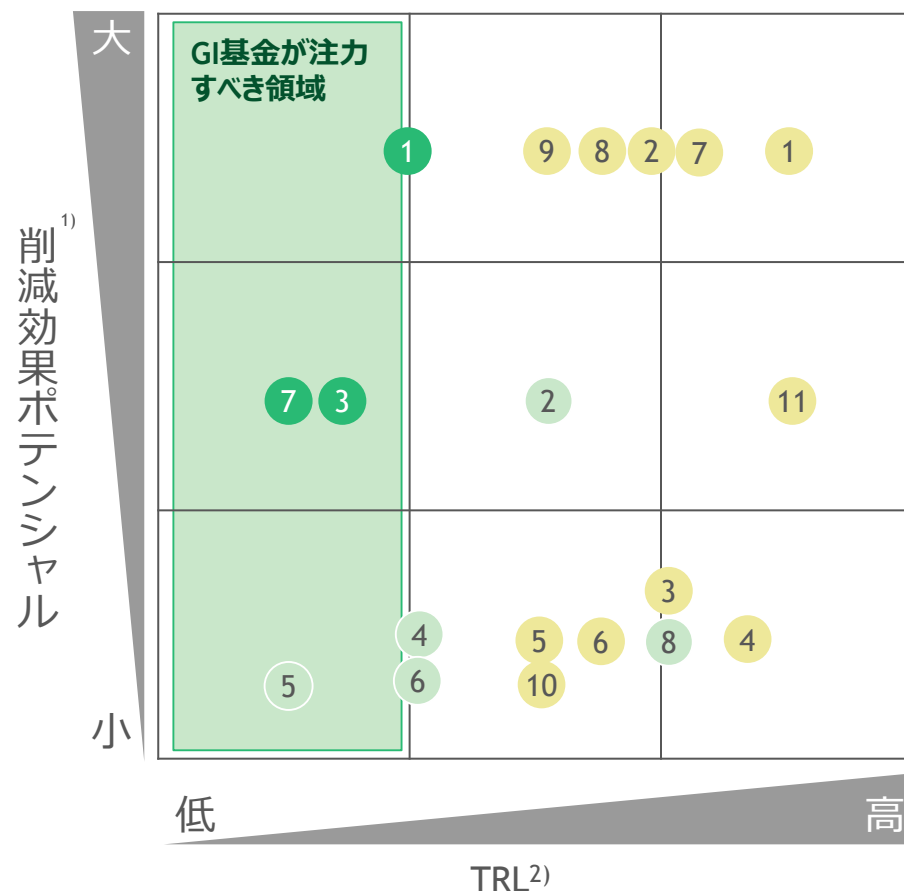




CO2吸収・固定技術のうち低TRLは基金対象候補、GHG排出削減技術はTRLが高い

ロングリスト上の技術項目のTRLおよび削減効果ポテンシャルの初期的見立て

- : GI基金PJ化審議中
- : GHG排出削減技術
- : CO2吸収・固定技術



CO₂吸収・固定

GHG排出削減

- 1 バイオ炭による炭素貯留
 - 2 林木育種の高速化によるエリートツリーの効率的な開発
 - 3 高層建築物等の木造化に資する木質建築部材開発
 - 4 物理・生物学的病害虫防除法
 - 5 病害抵抗性品種
 - 6 農地土壌診断技術
 - 7 藻場・干潟の造成・再生・保全
 - 8 リジェネラティブ農業 (環境再生型農業) 技術
-
- 1 VEMS (農山漁村エネルギーマネジメントシステム)
 - 2 超精密環境制御施設
 - 3 スマート農業 (自動トラクター/ドローン、水管理/営農管理システム 等)
 - 4 スマート漁業 (漁獲情報収集システム、自動給餌システム 等)
 - 5 生産性の向上と食品ロス・CO₂の削減を両立するスマートフードチェーンの構築
 - 6 ICT活用による木材の生産流通管理システムを構築
 - 7 農業機械の電化
 - 8 林業機械の電化
 - 9 漁船の電化
 - 10 プラスチック等を代替する木質由来新素材開発
 - 11 家畜の排出物 (牛のゲップ 等) に含まれるGHGを抑止する飼料開発

1. GI基金対象候補は研究開発・社会実装計画(案)において1000万トン以上/100~1000万トンとなっているものをそれぞれ大/中とした。CO₂吸収・固定は、森林/それ以外の吸収量増大に資するものをそれぞれ中/小とした。GHG排出削減は、燃料燃焼の低減/家畜由来の排出削減/その他に資するものをそれぞれ大/中/小とした。

2. TRLは1~3を低、4~6を中、7~10を高とした。GI基金対象候補は研究開発・社会実装計画(案)、その他はみどりの食料システム戦略、林業イノベーション現場実装推進プログラム、IEAによる。排出削減に係る技術④⑤⑥⑩⑪については製品の市場流通状況により中~高とした。

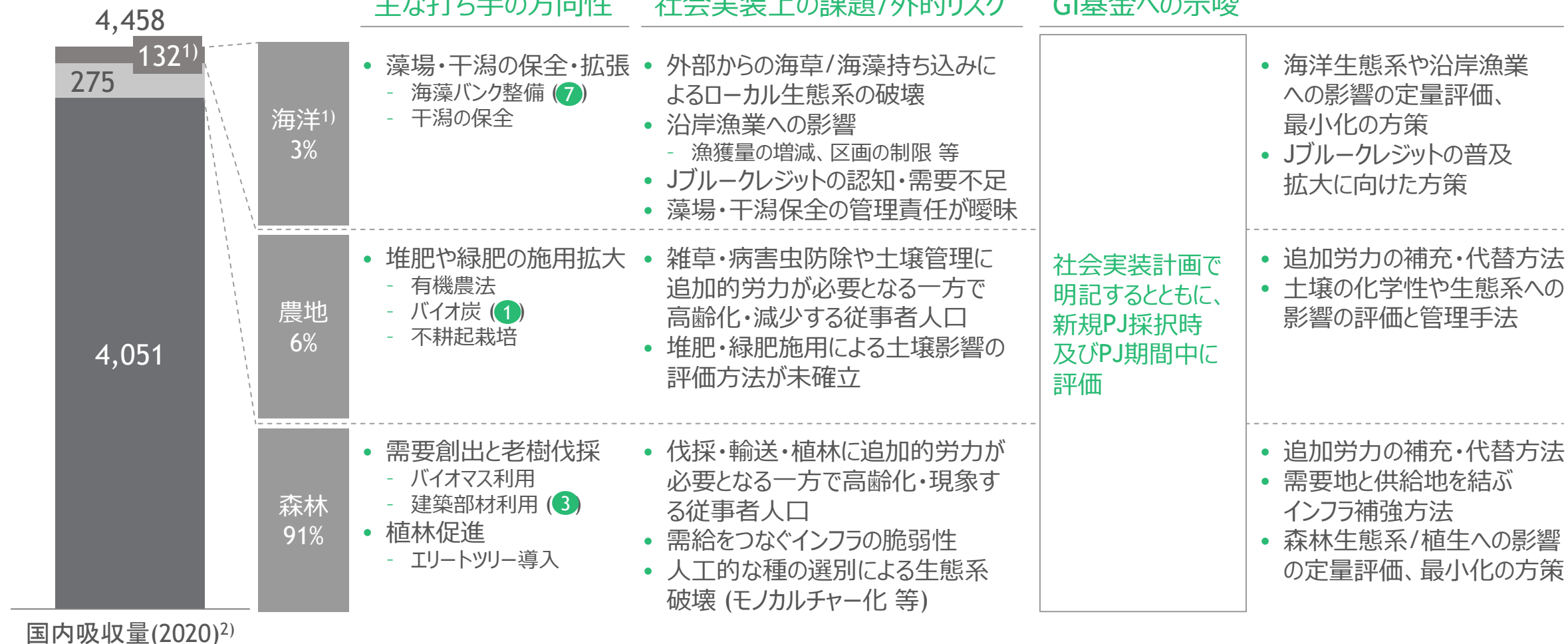
Source: GI基金「食料・農林水産業のCO₂等削減・吸収技術の開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画(案)；みどりの食料システム戦略；IEA；BCG分析



現在審議中のPJ案件は、社会実装上の課題や外的リスクを重視して評価すべき

CO2吸収・固定に資する技術項目

(万t-CO2)



国内吸収量(2020)²⁾

1. 浅海生態系(海草藻場、海藻藻場、マングローブ、干潟)による吸収のみ 2. 都市緑化による吸収・固定分を除く

Source: 環境研「温室効果ガスインベントリ」、他公表情報



農林水産分野におけるCO2吸収・固定: PJ評価 (1/2)

国情との適合性		インパクト	
		CO2削減 (国内)	経済波及効果 (世界)
バイオ炭 (TRL 3-4)	国産のバイオマス資源を活用して自給が可能 - 国内の木材/竹/稲わら/もみ殻を炭化することで自給可能 - ただし、近年木炭は85%を輸入している	1,430万トン/年(2050年) 国内の木材/竹/稲わら等利用可能な材料をすべて炭化させ、すべて国内の農地に散布するとして算定	1.5兆円/年(2050年) - 国内:8,400億円 - 海外:6,846億円
等方性大断面 部材 (TRL 3-4)	国土の3分の2を占める森林の有効活用 - 日本の人工林は高齢化によりCO2吸収量が減少傾向にある - 成長旺盛な若い森林造成が必要 - そのための国産材需要拡大を図る	656万トン/年(2050年) - 森林吸収:491万トン/年 - 高層建築物等への貯蔵:165万トン/年	3,776億円/年(2050年) - 国内販売及び輸出:3,300億円/年 - 再造林面積の拡大:476億円/年
海藻バンク (TRL 3)	海洋国として沿岸資源を有効活用 - 四方を海に囲まれた地理特性を活用する - 地球温暖化の影響により藻場面積が減少傾向にあるため、新しい藻場の造成が必要	910万トン/年(2030年) 藻場造成を実施した際の日本の海藻藻場、海藻藻場、マングローブ林、干潟における吸収量推定	1,213億円/年(2050年) - 海藻育成システムの全国普及:900億円 - 新型カートリッジ生産体制構築:13億円 - 海藻育成システムの販売:300億円



農林水産分野におけるCO2吸収・固定: PJ評価 (2/2)

	技術力	社会実装	外的リスク
バイオ炭 (TRL 3-4)	 日本は当該分野で特許を保有しておらず、海外に対して遅れ	 日本では2030年から社会実装予定だが、海外の動きはなし	 生態系への影響の低減策が必要 バイオ炭施用による土壌や農作物への悪影響
等方性大断面 部材 (TRL 3-4)	 特許の質と量ともに海外に遅れ 米国が特許の質・量ともにリード	 欧州では木造高層建築が進行	 製品ライフサイクル全体での環境適合性のクリアが必要 加工剤による環境負荷や資源としての利用可否
海藻バンク (TRL 3)	 特許の質と量で世界をリード ただし、特許の鮮度は低い	 低TRLのため、国内外ともに社会実装の具体的なプランはなし	 地域生態系への影響、及び実装先地域から受け入れられるための仕組みづくりが必要 - 生態系に『異物』を投入することによる在来品種への影響や海域の肥沃化 - 水産資源増大やカーボンジット参加によるメリット

1 既存の枠組み (CO₂ 吸収・固定)

藻場再生技術において日本は世界をリードするが、近年開発は停滞気味

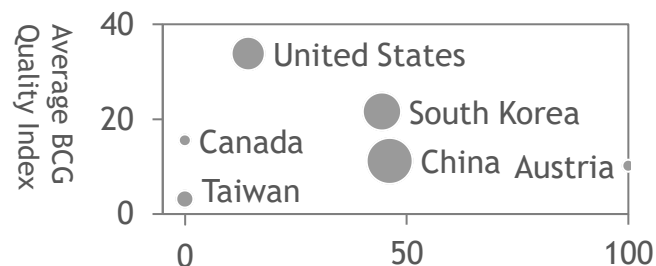
農林水産分野評価：技術力・社会実装

技術力評価

社会実装状況

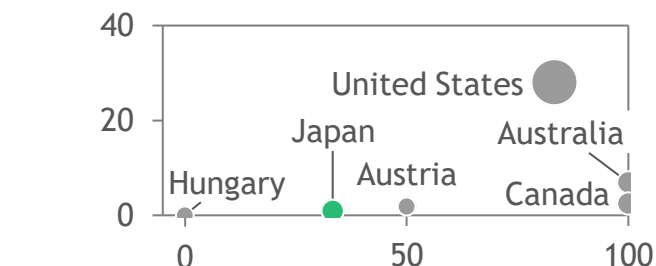
日本

海外

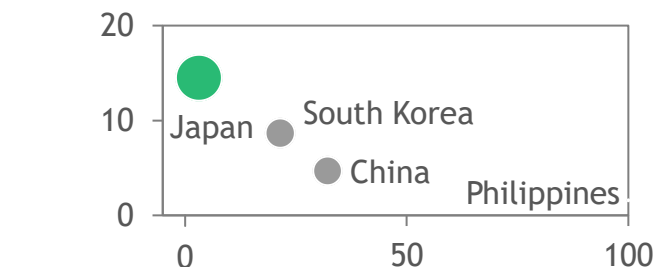
バイオ炭
(TRL 3-4)日本は特許保有
していない2030年から普及拡大し、
自立商用開始

- 2030年までに、実証・運用完了

同様のプロジェクトなし

等方性大
断面部材
(TRL 3-4)特許の量・質とも
に海外に遅れ

- NCN
- 石田組

2050年までに普及拡大し、
自立商用開始24階建てホテル複合施設
が竣工済み（オーストリア）海藻バンク
(TRL 3)特許の、質と量
で世界をリード

- 岡部
- 住友大阪セメント

2050年までに全国普及
(100漁港)

- 2030年まで5-10漁港にて実証

同様のプロジェクトなし

Freshness (filed since 2017)

Note: BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標、Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年)

以降に出願された特許の割合、丸の大きさは特許件数

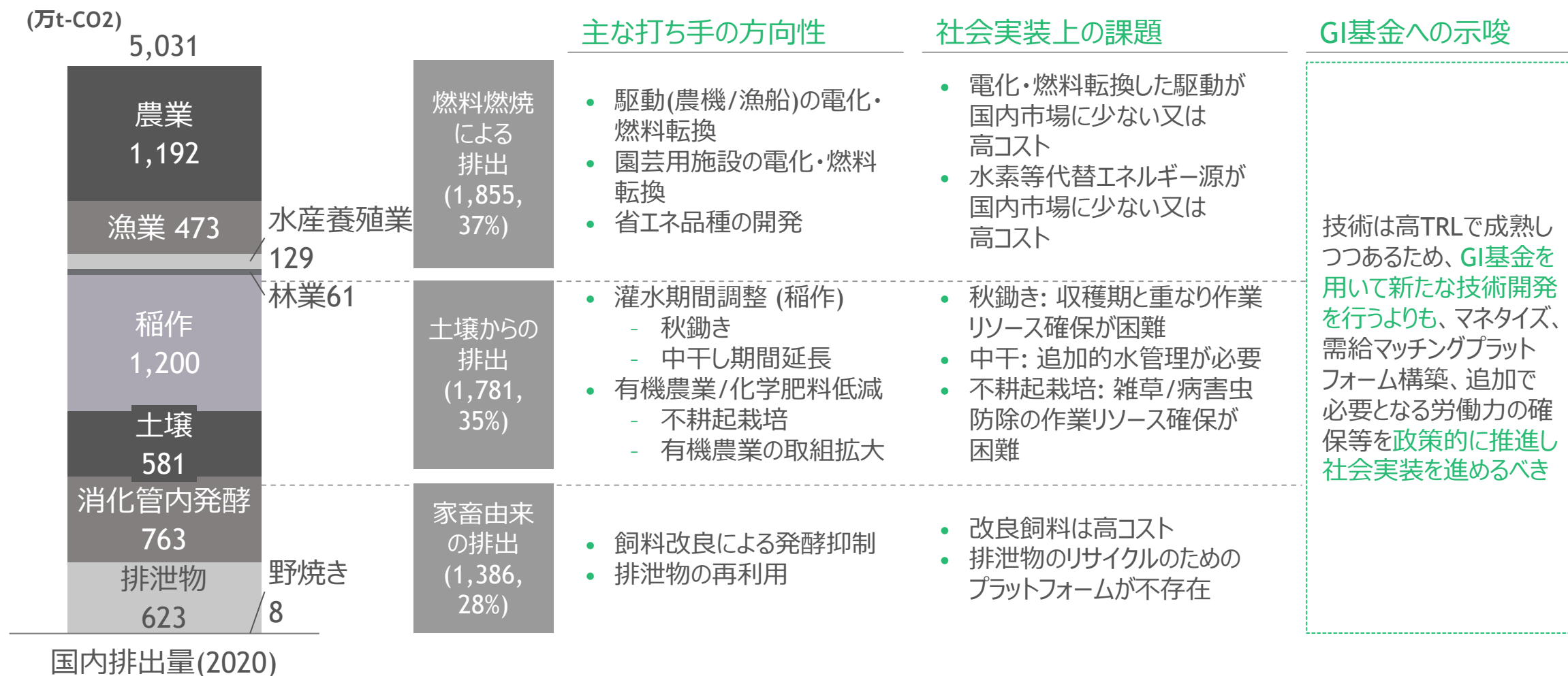
Source: GI基金「食料・農林水産業の CO₂等削減・吸収技術の開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画 (案) ; BCG分析



2 既存の枠組み (GHG排出削減)

GI基金として追加技術開発するよりも、政策支援による社会実装加速化に注力すべき

GHG排出削減に資する技術項目





2 既存の枠組み (GHG排出削減)

排出削減のための技術は普及拡大フェーズのものが多く、技術開発よりも資金的援助による導入コストの負担低減が求められている

各技術項目の初期的見立て (1/2)

排出源分類 (万t-CO ₂)	技術分類	技術項目	主な構成技術要素	TRL	インパクト	社会実装上の課題 / 外的リスク
燃料燃焼 (1,855; 37%)	駆動の電化	農業機械の電化	駆動の電化	高	大	高コストで導入費用の回収が長期化
		林業機械の電化	駆動の電化			
		漁船の電化	駆動の電化			
	園芸用施設のエネルギー利用効率化	VEMS	営農型太陽光発電	高	大	市中の電力コストより高い発電コスト ファイナンス期間より短いFIT認可年限
			バイオマス発電			
			小水力発電			
土壌 (1,386; 28%)	湛水期間短縮	湛水期間調整	地域型エネルギーマネジメントシステム	中	中~大	さらなる高効率化に係る開発費用回収が長期化
			高速加湿型ヒートポンプ			
			高効率蓄熱・移送技術			
	化学肥料施用低減	有機農業・環境再生型農業	放熱抑制技術	中	中	収穫期に追加労力の確保・代替 水管理の追加労力の確保・代替 地理的制約 (土壌・気候); 雑草/病虫害防除の追加労力
			秋鋤き			
			中干期間延長・回数増			
家畜 (1,386; 28%)	発酵抑制	飼料の改良	不耕起栽培	高	中	対象病害・虫が限定的; 高コスト
	排泄物低減	排泄物のリサイクル	化学肥料の利用低減	高		
			物理・生物学的病虫害防除	中		
			病害抵抗性品種の開発	中		
			GHG削減飼料の開発	高	中	従来飼料よりも高コスト
			排泄物の堆肥化	高	中	需給間の輸送コスト; 需給アンマッチ

Note: TRLは大(8-), 中(4-7), 小 (1-3) の3段階で分類。インパクトは大 (1,000万t-CO₂-), 中 (100万t-CO₂-), 小 (~100万t-CO₂) とした

Source: IEA, 農林水産省「スマート農業推進フォーラム2020」、BCG分析



2 既存の枠組み (GHG排出削減)

普及拡大を推進するためにスマート化も行われているが、中小規模プレイヤーが多いため
導入コストの回収が長期化しやすく、社会実装上の課題となっている

各技術項目の初期的見立て (2/2)

排出源分類 (万t-CO ₂)	技術分類	技術項目	主な構成技術要素	TRL	インパクト	社会実装上の課題 / 外的リスク
その他 〔社会実装を 推進するための 基盤 等〕	スマート化	スマート農業	自動トラクター ドローンによる農薬散布 水管理システム 自動草刈り機 営農管理システム	高	小	小規模農家では効果が限定されコスト回収が長期化
		スマート漁業	漁獲情報収集システム 自動給餌システム	高	小	高コストで導入費用の回収が長期化
		スマートフードチェーン	スマートフードチェーン基盤技術	中	小	中小規模プレイヤーが多く合意形成が困難
		木材生産流通管理システム	ICT生産管理システム センシング技術	中	小	小規模林業家が多く開発・導入コスト回収が長期化

Note: TRLは大(8-)、中(4~7)、小(1~3)の3段階で分類。インパクトは大(1,000万t-CO₂-)、中(100万t-CO₂-)、小(~100万t-CO₂)とした
Source: IEA、農林水産省「スマート農業推進フォーラム2020」、BCG分析



3 新しい枠組み

現在の農地利用や消費者需要を前提とせず、食料・農林水産業の構造変容の中から 新たな技術開発要素を掘り起こすべき

新規PJ発掘のための視点

視点	打ち手の例	課題	新たな技術開発要素例（下線太字：詳細次頁）	工学系	農学系
i Where (場所を変える)	再エネ100%の 人工光型 植物工場	- 植物工場は露地栽培に比べて高コスト (レタス300円/kg ⇔ 露地栽培100円/kg) - 生産品種が葉もの野菜に限定 (技術制約)	- モジュール化・軽量化 - 省エネ・自動化によるOPEX節減 - 葉もの以外の生産品種開発	✓ ✓	✓
	再エネ100%の 陸上養殖場	- 陸上養殖は海面養殖に比べ高コスト (光熱水費/人件費/減価償却費) - 生産品種が高級魚に限定 (コスト制約)	- モジュール化・軽量化 - 省エネ・自動化によるOPEX節減 <u>アクアポニクス等複合化</u>	✓ ✓	✓
ii What (モノを変える)	牛肉から鶏肉への 需給シフト	- 再現困難な食材の味・食感 - 動物倫理/アニマルウェルフェア - 肉用牛 1 頭分の牛肉 = 鶏200羽分 - 高コスト	- アニマルウェルフェアに配慮した飼育環境 - 新型鳥インフルエンザ予防 - 生産効率の高い飼料開発		✓ ✓ ✓
	代替食材 (代替肉等) の 開発		- 味/食感の改良 - 自動化によるコスト節減 <u>培養肉等の培養素材開発</u>	✓	✓
iii Who (相手を変える)	食品ロスの削減	- 農作物はプロダクトアウトの生産 (実際の需要予測に基づかず生産) - 家庭系ロスは実態把握が困難	- 商品/包装の最適化 (インテリジェントパッケージング) - 需要/供給量予測システム開発 - AIを用いたサプライチェーン最適化	✓ ✓ ✓	



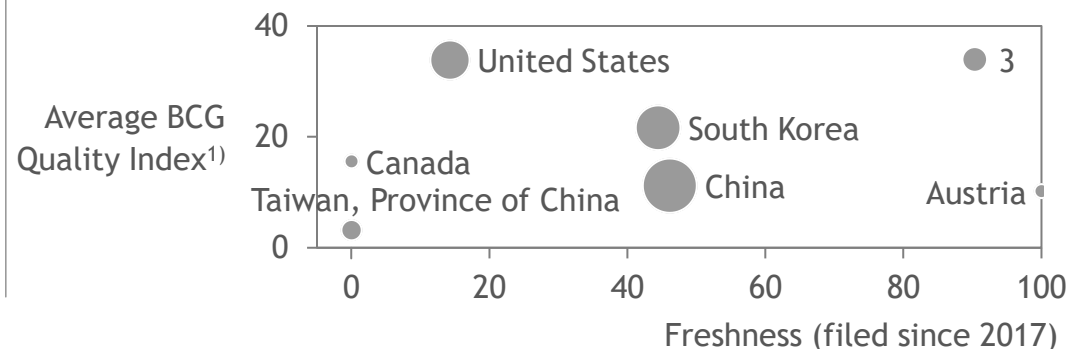
バイオ炭による炭素貯留は日本では特許に至る技術がなく、他国の後塵を拝している

特許分析詳細 (1/20): 国別・保有主体別比較

国別比較

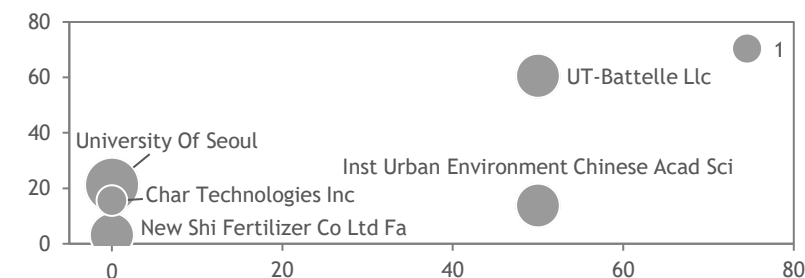
バイオ炭に
よる炭素
貯留
(TRL 3-4)

- 日本では特許化されていない
- 海外では米中韓がリード



保有主体別比較

- 米・中・韓とも大学・研究機関が特許保有をリード



Note: BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年)

以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: Derwent World Patents Index (DWPI); BCG Center for Growth & Innovation Analytics



(参考) バイオ炭

特許分析詳細 (2/20): 高indexランキング (技術開発要素ごと上位5件)

技術開発要素	特許名	保有者	国	index	公表年
バイオ炭による炭素貯留 (TRL 3-4)	OZONIZED BIOCHAR: PHOSPHORUS SUSTAINABILITY AND SAND SOILIZATION	UT-BATTELLE LLC	United States	82	2019
	CARBOXYLATED BIOCHAR COMPOSITIONS AND METHODS OF MAKING AND USING THE SAME	OLD DOMINION UNIVERSITY	United States	55	2014
	HIGH-NITROGEN BIOCHAR COMPOSITE MATERIAL, PREPARATION METHOD THEREFOR, AND APPLICATION THEREOF	ZHEJIANG UNIVERSITY	China	46	2022
	The activated charcoal and activated carbon manufacturing method.	HYUNDAI STEEL CO	South Korea	44	2010
	PROCESS FOR CO-PRODUCTION OF BIO-ENERGY AND PRODUCTS FROM INTEGRATED CONVERSION OF BIOMASSES AND MUNICIPAL WASTES	SEA MARCONI TECHNOLOGIES DI TUMIATTI SAS	Italy	43	2015

Note: BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年) 以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: Derwent World Patents Index (DWPI); BCG Center for Growth & Innovation Analytics



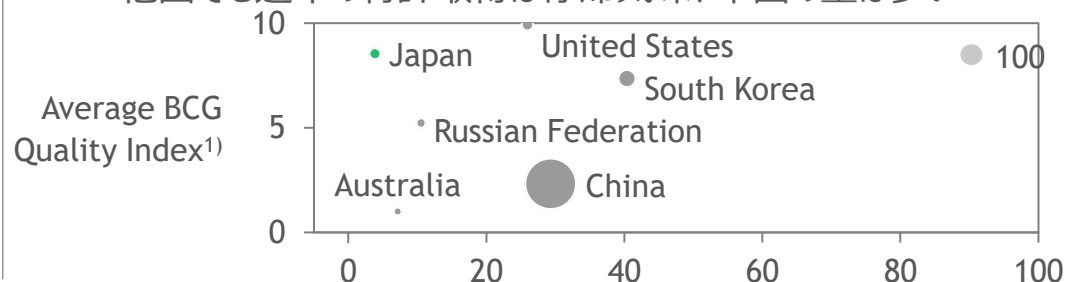
林業関連の特許取得は日本では近年停滞気味だが、北米では木造建築の技術開発が堅調に行われている

特許分析詳細 (3/20): 国別・保有主体別比較

国別比較

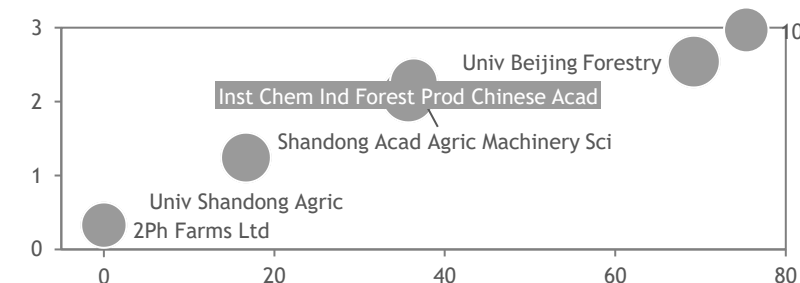
林木育種の
高速化に
よるエリート
ツリーの
効率的な
開発

- 日本の特許は質が高いが数が少なく近年停滞
- 他国でも近年の特許取得は停滞気味、中国の量が多い



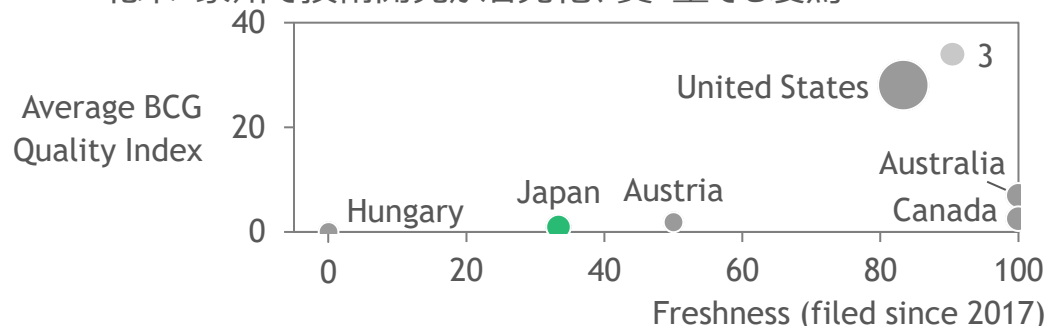
保有主体別比較

- 中国の大学・研究機関が近年活発に開発

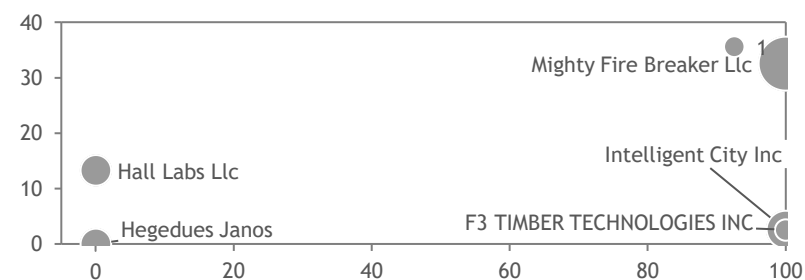


高層建築物
等の木造化
に資する
木質建築
部材開発
(TRL 3-4)

- 日本では近年の特許取得は限定的
- 北米・豪州で技術開発が活発化、質・量でも凌駕



- 米Mighty Fire Breaker社が質・量ともリード



Note: BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年)

以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: Derwent World Patents Index (DWPI); BCG Center for Growth & Innovation Analytics



(参考) エリートツリー/木質建築部材

特許分析詳細 (4/20): 高indexランキング (技術開発要素ごと上位5件)

技術開発要素	特許名	保有者	国	index	公表年
林木育種の高速化による エリートツリーの効率的な 開発	METHOD OF PLANTING GRAFTED TEAK (TECTONA GRANDIS) TREES	MING G Y MANN B	United States	70	2020
	Process for the formation of peach trees grafted in the garden	GARDENING & FOOD TECHNOLOGIES SCI & PRAC	Moldova, Republic of	60	2013
	Method of timberland management	WEYERHAEUSER CO.	United States	44	2011
	Composting garden pot	THIRUMALAI A A THIRUMALAI A V	India	41	2012
	MICROSATELLITE DNA MARKERS AND USES THEREOF	U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE INTERNATIONAL PAPER CO.	New Zealand	35	2000
高層建築物等の木造化 に資する木質建築部材 開発 (TRL 3-4)	Methods of designing and constructing Class-A fire-protected multi-story wood-framed buildings	M-FIRE SUPPRESSION INC	United States	80	2019
	SYSTEMS AND METHODS FOR AUTOMATED EARLY FIRE-OUTBREAK AND ARSON-ATTACK DETECTION AND ELIMINATION IN WOOD-FRAMED AND MASS TIMBER BUILDINGS	MIGHTY FIRE BREAKER LLC	United States	69	2019
	METHOD OF AND SYSTEM FOR DELIVERING, CERTIFYING AND INSPECTING FIRE PROTECTION PROVIDED TO WOOD-FRAMED AND MASS-TIMBER BUILDING CONSTRUCTION SITES, AND PREFABRICATED WOOD-FRAMED AND MASS TIMBER BUILDINGS AND COMPONENTS WITHIN A FACTORY	MIGHTY FIRE BREAKER LLC	United States	58	2019
	The timber combination assembling body for the higher stories woodcraft building.	HND CONSTR CO LTD	South Korea	23	2018
	SYSTEM, NETWORK AND METHODS FOR ESTIMATING AND RECORDING QUANTITIES OF CARBON SECURELY STORED IN CLASS-A FIRE-PROTECTED WOOD-FRAMED AND MASS-TIMBER BUILDINGS ON CONSTRUCTION JOB-SITES, AND CLASS-A FIRE-PROTECTED WOOD-FRAMED AND MASS TIMBER COMPONENTS IN FACTORY ENVIRONMENTS	MIGHTY FIRE BREAKER LLC	United States	23	2019

Note: BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年)

以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: Derwent World Patents Index (DWPI); BCG Center for Growth & Innovation Analytics



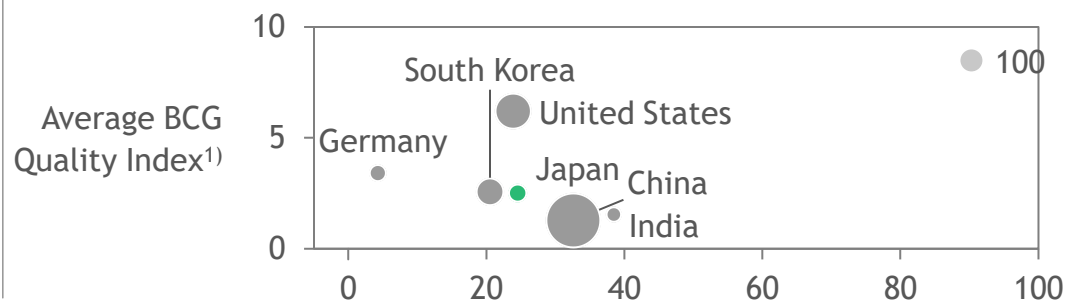
病虫害防除技術や病害抵抗性品種開発に関する特許は米中が多く保有するが、世界的に進展が低調

特許分析詳細 (5/20): 国別・保有主体別比較

国別比較

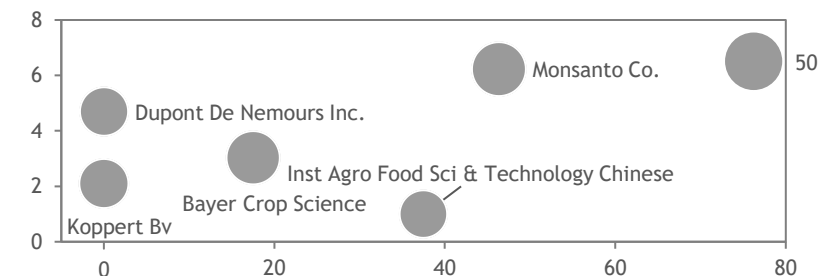
物理・
生物学的
病虫害
防除法

- 日本は質・量とも高くないが、他国でも近年活発ではない



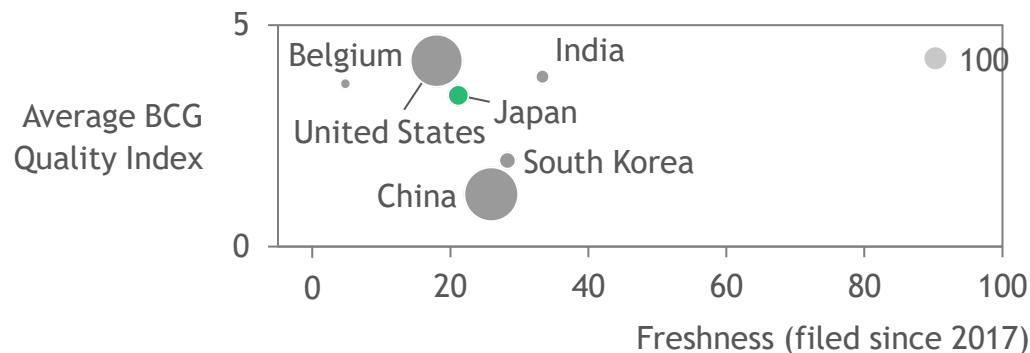
保有主体別比較

- 独バイエル (米モンサントを含む) がリード



病害抵抗性
品種

- 米中が特許を多く保有、日本を含むその他の国々は特許化が限定的



- Syngentaほか欧州企業が質・量で寡占的



Note: BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年)

以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: Derwent World Patents Index (DWPI); BCG Center for Growth & Innovation Analytics



(参考) 病害虫防除法/病害抵抗性品種

特許分析詳細 (6/20): 高indexランキング (技術開発要素ごと上位5件)

技術開発要素	特許名	保有者	国	index	公表年
物理・生物学的病害虫防除法	Compositions and methods for control of insect infestations in plants	MONSANTO CO.	United States	71	2006
	Bacillus velezensis RTI301 compositions and methods of use for benefiting plant growth and treating plant disease	FMC CORP.	United States	45	2018
	Methods for genetic control of insect infestations in plants and compositions thereof	MONSANTO CO.	United States	43	2011
	STABLE PESTICIDAL COMPOSITIONS	CORTEVA AGRISCIENCE(FORMER DOW AGROSCIENCES LLC)	United States	37	2013
	Pest occurrence risk assessment and prediction in neighboring fields, crops and soils using crowd-sourced occurrence data	DTN LLC	United States	35	2017
病害抵抗性品種	TRANSGENIC RICE (ORYZA SATIVA) COMPRISING PE-7 EVENT AND METHOD OF DETECTION THEREOF	MAHARASHTRA HYBRID SEEDS CO LTD	India	73	2008
	T342-142 INSECTICIDAL COTTON	SYNGENTA AG	United Kingdom	71	2006
	1143-14A INSECTICIDAL COTTON	SYNGENTA AG	United Kingdom	69	2006
	CE46-02A INSECTICIDAL COTTON	SYNGENTA AG	United Kingdom	68	2006
	CE44-69D INSECTICIDAL COTTON	SYNGENTA AG	United Kingdom	67	2010

Note: BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年)

以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: Derwent World Patents Index (DWPI); BCG Center for Growth & Innovation Analytics



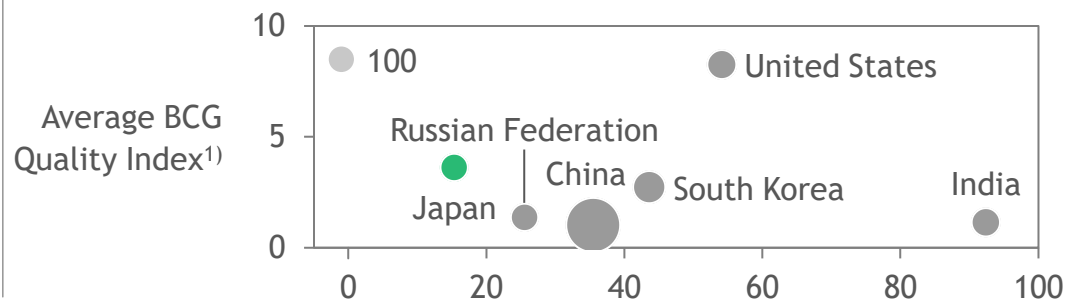
藻場・干潟の造成・再生・保全に関しては日本が特許の質・量でリードするが、近年は停滞気味

特許分析詳細 (7/20): 国別・保有主体別比較

国別比較

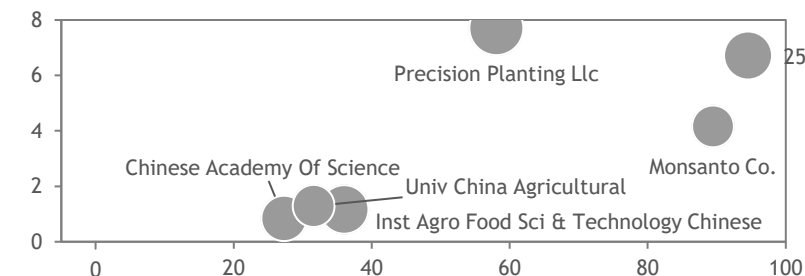
農地土壌 診断技術

- 日本では近年の特許取得が少ない
- 米国の質が高く、中国の量が多いほか、インドで近年活発化



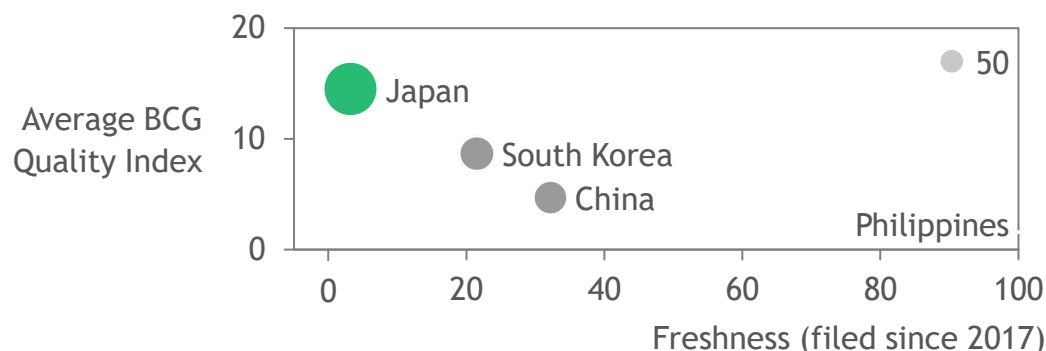
保有主体別比較

- 米Monsanto社およびPrecision Planting社がリード
- 中国大学・研究機関も量が多い

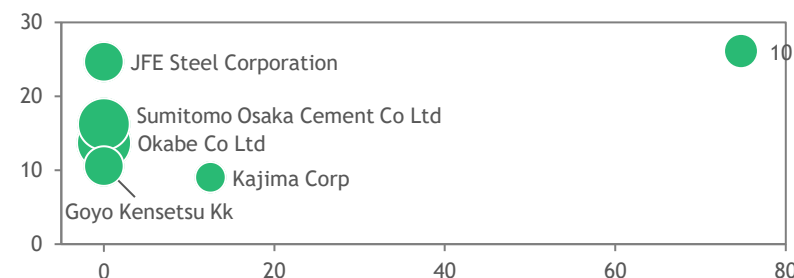


藻場・干潟 の造成・ 再生・保全 (TRL 3)

- 特許の質・量で日本がリードするが、近年は停滞気味



- 日本の臨海工業企業や建設会社が開発をリードしていたが近年は停滞気味



Note: BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年)

以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: Derwent World Patents Index (DWPI); BCG Center for Growth & Innovation Analytics



(参考) 農地土壌診断技術/藻場・干潟の造成・再生・保全

特許分析詳細 (8/20): 高indexランキング (技術開発要素ごと上位5件)

技術開発要素	特許名	保有者	国	index	公表年
農地土壌診断技術	Integrated IoT (Internet of Things) System Solution for Smart Agriculture Management	TEXAS INSTRUMENTS INC	United States	73	2018
	Soil measuring instrument, soil measurement assisting device and method, recorded medium on which a program is recorded, recorded medium on which data is recorded, application amount controller, application amount determining device, method for them, and farm working determination assisting system	TOKYO UNIVERSITY OF AGRICULTURE & TECHNOLOGY	Japan	39	2005
	Method and system for irrigation control	RAIN BIRD CORPORATION	Turkey	36	2014
	SYSTEMS, METHODS, AND APPARATUS FOR AGRICULTURAL LIQUID APPLICATION	PRECISION PLANTING LLC	United States	35	2017
	Methods and systems for irrigation control	RAIN BIRD CORPORATION	United States	32	2014
藻場・干潟の造成・再生・保全 (TRL 3)	The structure and artificial seaweed bed creation construction method of an artificial seaweed bed	ECO GREEN CO LTD	Japan	76	2010
	A sea-weed reclamation bank and the seaweed-bed reclamation method	MARUHONGUMI CO LTD MARUMOTOGUMI KK	Japan	69	2004
	The creation methods, such as a shallow field	JFE STEEL CORPORATION	Japan	66	2006
	A seaweed-bed development creation apparatus and a seaweed-bed formation method using the same	OKABE CO LTD	Japan	63	2008
	The seaweed-bed creation method	OKABE CO LTD	Japan	57	2006

Note: BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年)

以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: Derwent World Patents Index (DWPI); BCG Center for Growth & Innovation Analytics



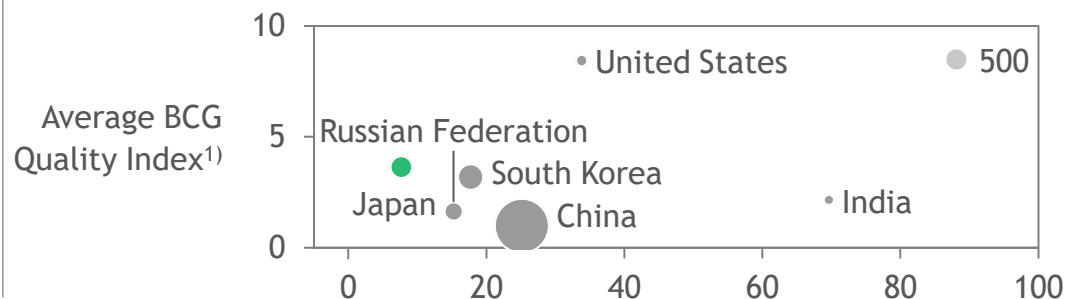
環境再生型農業や環境制御施設に関する技術では米中韓印がリード、 日本では近年の技術開発の進展が少ない

特許分析詳細 (9/20): 国別・保有主体別比較

国別比較

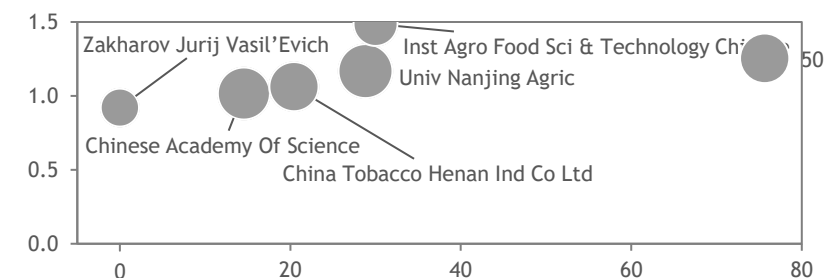
リジエナ ティブ農業 (環境再生型 農業) 技術

- 日本では近年停滞化
- 数量では中韓の存在感が大きい



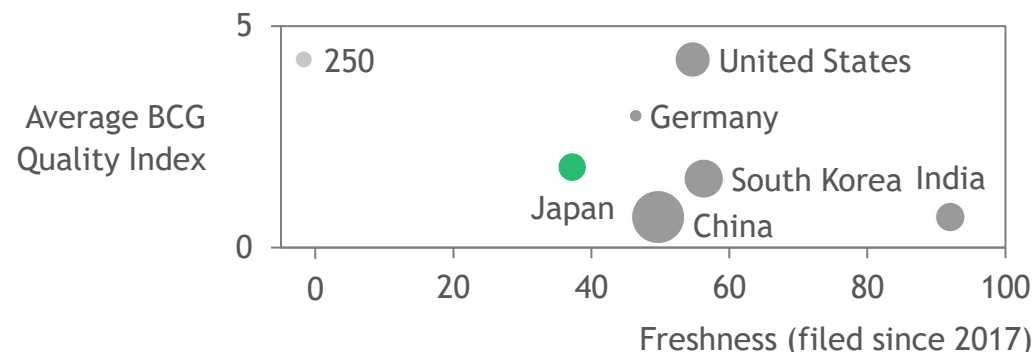
保有主体別比較

- 中国の大学・研究機関での特許保有が多い

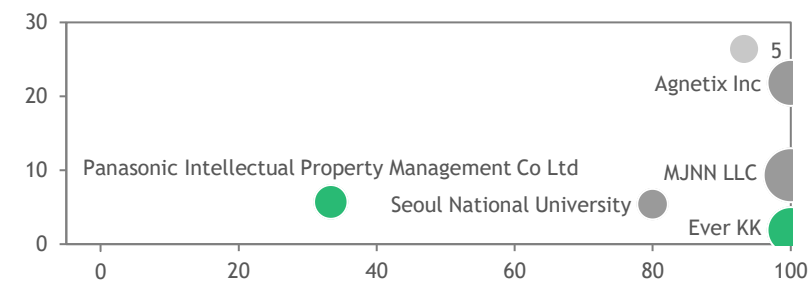


超精密環境 制御施設

- 日本では近年停滞化
- 米中韓印がリードし、新たな技術も芽生えている



- 米Agetix社、MJNN社が開発をリード
- 日本では住宅系メーカーで関連特許を保持



Note: BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年)

以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: Derwent World Patents Index (DWPI); BCG Center for Growth & Innovation Analytics



(参考) リジェネラティブ農業/超精密環境制御施設

特許分析詳細 (10/20): 高indexランキング (技術開発要素ごと上位5件)

技術開発要素	特許名	保有者	国	index	公表年
リジェネラティブ農業 (環境再生型農業) 技術	INSECT CONTROL DEVICE AND METHOD OF USING THE SAME	IPM PROD MFG INC	United States	74	2017
	Nanoscale fiber and compact molding casting of a polysaccharide	NIPPON SUISAN KAISHA LTD TANIOKA A	Japan	57	2005
	The manufacturing method of an organic fertilizer and an organic fertilizer	SEKI KOICHI	Japan	51	2010
	Mulch-till ripper	CNH INDUSTRIAL NV BLUE LEAF I.P. INC.	Israel	46	2003
	Intercropping process	CELGENE CORP.	United States	41	2003
超精密環境制御施設	Integrated IoT (Internet of Things) System Solution for Smart Agriculture Management	TEXAS INSTRUMENTS INC	United States	75	2018
	GROW LIGHTING AND AGRICULTURAL SYSTEMS AND METHODS	BIOLOGICAL INNOVATION & OPTIMIZATION SYS	United States	55	2016
	Fluid-cooled LED-based lighting methods and apparatus for controlled environment agriculture	AGNETIX INC	United States	43	2020
	INTEGRATED SENSOR ASSEMBLY FOR LED-BASED CONTROLLED ENVIRONMENT AGRICULTURE (CEA) LIGHTING, AND METHODS AND APPARATUS EMPLOYING SAME	AGNETIX INC	United States	35	2019
	Fluid-cooled LED-based lighting methods and apparatus for controlled environment agriculture with integrated cameras and/or sensors and wireless communications	AGNETIX INC	United States	29	2021

Note: BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年)

以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: Derwent World Patents Index (DWPI); BCG Center for Growth & Innovation Analytics



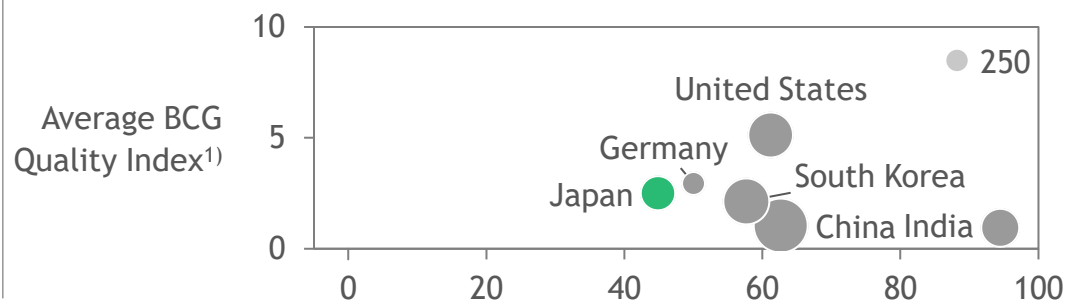
スマート農業・漁業では米中韓印がリードしており、日本は水をあけられている

特許分析詳細 (11/20): 国別・保有主体別比較

国別比較

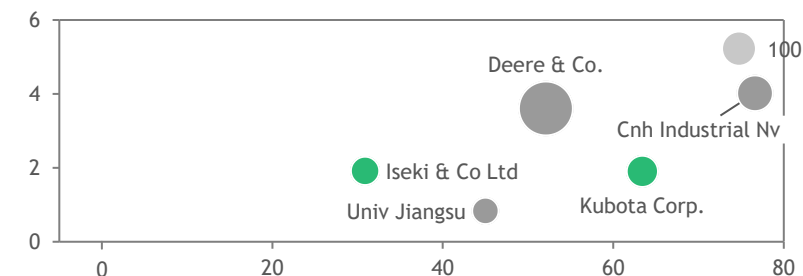
スマート農業

- 日本は近年停滞、米中韓印がリード



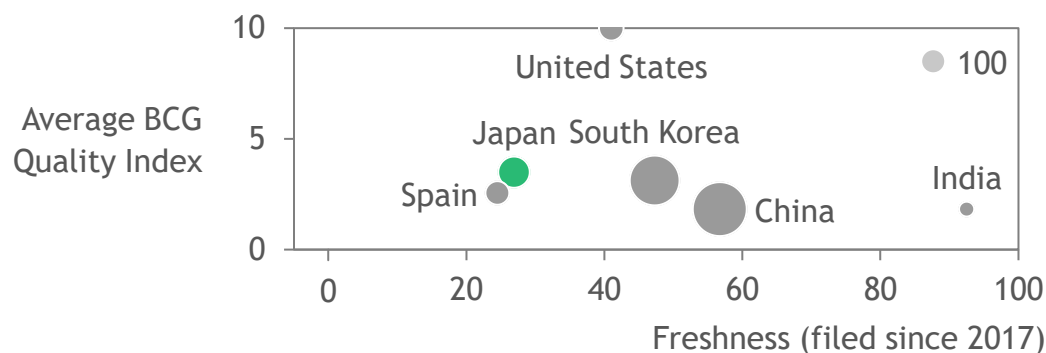
保有主体別比較

- 日本ではクボタ・井関農機が特許を保有
- 海外では米Deere & Companyがリード

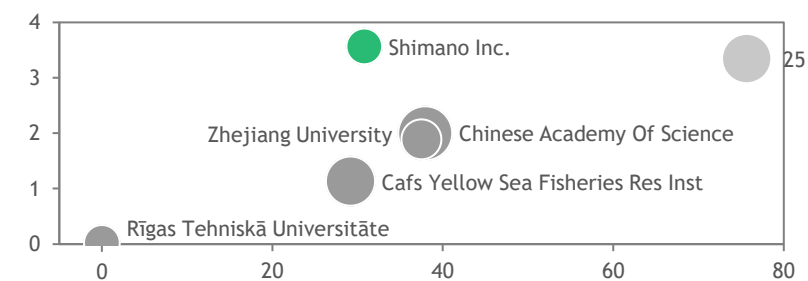


スマート漁業

- 日本は近年停滞、米中韓印がリード



- 日本シマノ社が特許の質でリード
- 中国の大学・研究機関が数量で存在感



Note: BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年)

以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: Derwent World Patents Index (DWPI); BCG Center for Growth & Innovation Analytics



(参考) スマート農業/スマート漁業

特許分析詳細 (12/20): 高indexランキング (技術開発要素ごと上位5件)

技術開発要素	特許名	保有者	国	Index	公表年
スマート農業	Sensor-fusion navigator for automated guidance of off-road vehicles	BLUE LEAF I.P. INC. CNH INDUSTRIAL NV	Israel	72	2002
	Image sensor and module for agricultural crop improvement	WU PLLC DOLLY Y	United States	58	2019
	REMOTE SENSING DEVICE AND SYSTEM FOR AGRICULTURAL AND OTHER APPLICATIONS	IDUS CONTROLS LTD	Canada	53	2014
	Methods and apparatus for precision agriculture operations utilizing real time kinematic global positioning system systems	TRIMBLE INC	Canada	46	2003
	Method and system for agricultural data collection and management	AGINFOLINK HOLDINGS INC	United States	42	2006
スマート漁業	Integrated IoT (Internet of Things) System Solution for Smart Agriculture Management	TEXAS INSTRUMENTS INC	United States	74	2018
	Fishing Data System	PURE FISHING INC	United States	40	2014
	Digital Sports Fishing	ECO NET LTD	Israel	28	2015
	FISH FINDER WITH SIMPLIFIED CONTROLS	H. LUNDBECK A/S	United States	26	2013
	Fishing system	DAVIDSON K G	United States	26	2010

Note: BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年)

以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: Derwent World Patents Index (DWPI); BCG Center for Growth & Innovation Analytics



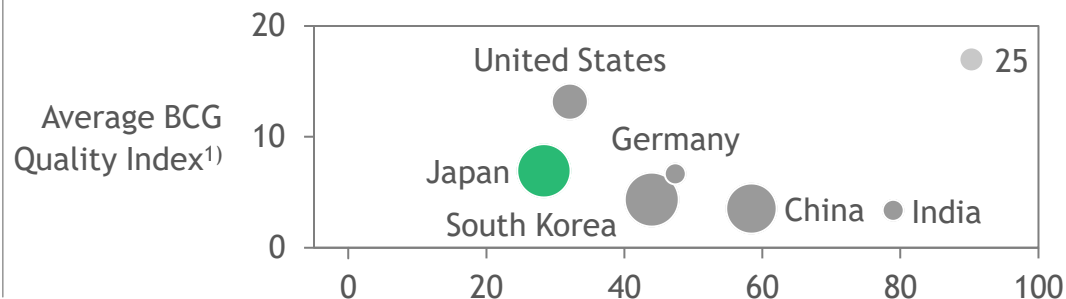
農機・漁船の電化では、日本も特許を多く保有するが近年停滞気味

特許分析詳細 (13/20): 国別・保有主体別比較

国別比較

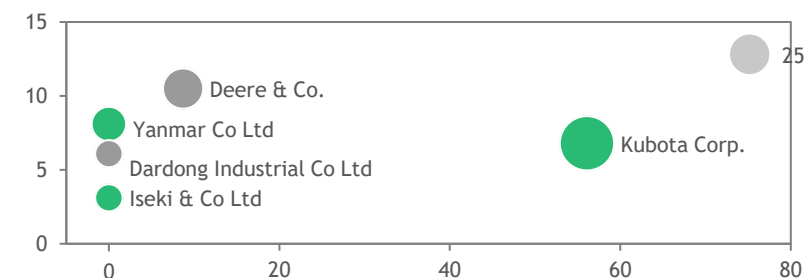
農業機械の 電化

- 日本は量は多いが古くなってきている
- 中国・インドが積極的に技術開発を進めている



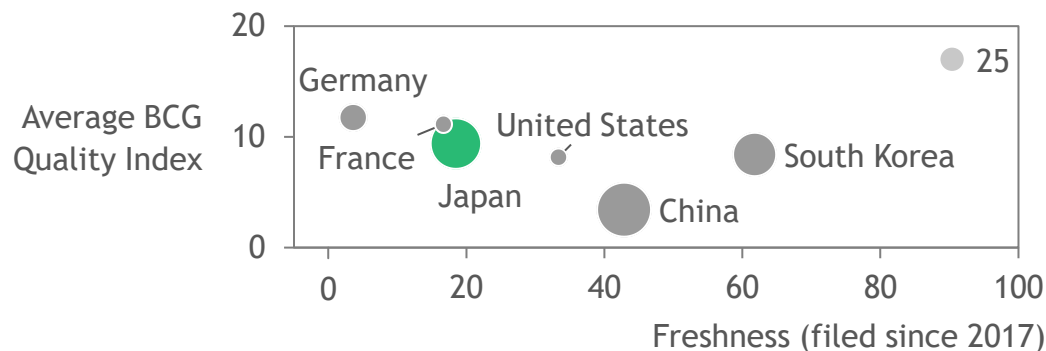
保有主体別比較

- 日本クボタ社が鮮度、米Deere社が質でそれぞれリード

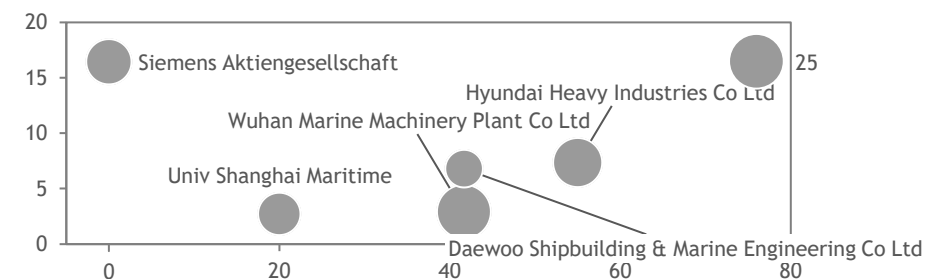


漁船の電化

- 日本は量は多いが古くなってきている
- 中国・韓国が量も多く、活発に開発している



- 中韓の造船メーカーが活発に開発



Note: BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年)

以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: Derwent World Patents Index (DWPI); BCG Center for Growth & Innovation Analytics



(参考) 農業機械の電化/漁船の電化

特許分析詳細 (14/20): 高indexランキング (技術開発要素ごと上位5件)

技術開発要素	特許名	保有者	国	index	公表年
農業機械の電化	Hybrid electric tool carrier	DEERE & CO.	United States	75	2006
	Hybrid vehicle	HYDRO-GEAR LP	United States	53	2016
	IMPLEMENT ATTACHMENT APPARATUS AND POWER TAKE-OFF	DCENTRALIZED SYSTEMS LLC	United States	47	2019
	Multifunction electric tractor	EDMOND B W	Canada	38	2006
	Systems and methods for cooling a controller assembly	HYDRO-GEAR LP	United States	34	2012
漁船の電化	The hybrid power generation system using the natural power sources and the existing motive power of ship mounting.	SHINYO SANGYO CO LTD	Japan	70	2009
	An electric power feeding system and an electrical propulsion ship	IHI CORP	Japan	69	2011
	An operation assistance system and an operation assistance method	MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES LTD.	Japan	69	2014
	Efficient motors and controls for watercraft	MARUTA ELECTRIC BOATWORKS LLC	Holy See (Vatican City State)	60	2003
	Ship	CHUGOKU ELECTRIC POWER CO LTD	Japan	60	2008

Note: BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年)

以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: Derwent World Patents Index (DWPI); BCG Center for Growth & Innovation Analytics



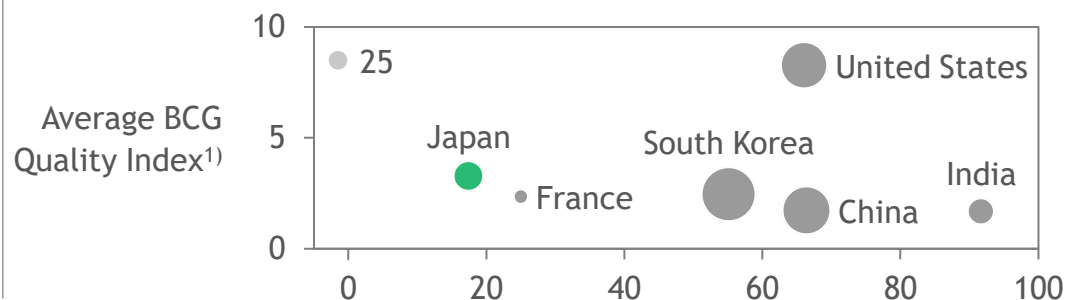
食品・木材のサプライチェーンを俯瞰するシステム構築では、米中韓印にビハインド

特許分析詳細 (15/20): 国別・保有主体別比較

国別比較

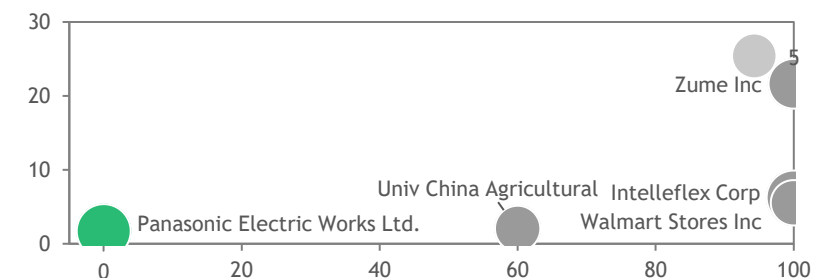
生産性の
向上と食品
ロス・CO2の
削減を両立
するスマート
フード
チェーンの
構築

- 米中韓印がリード、日本は新しい特許が少ない



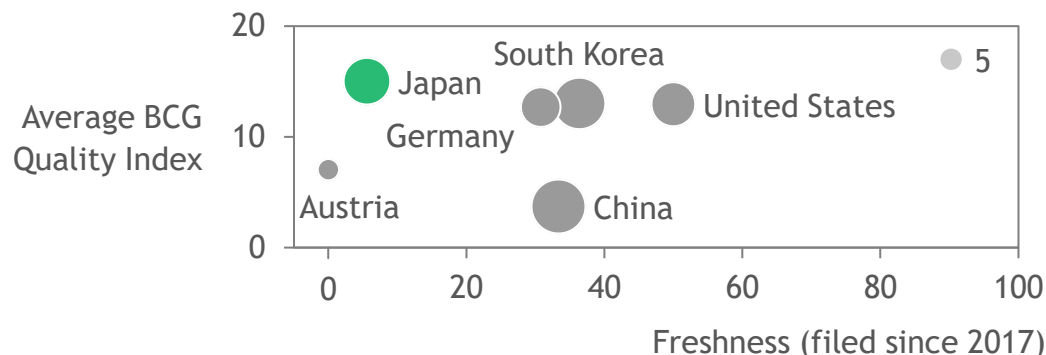
保有主体別比較

- 米Walmart社など小売事業者が活発に開発
- 日本はパナソニック系子会社が特許を有するが近年停滞

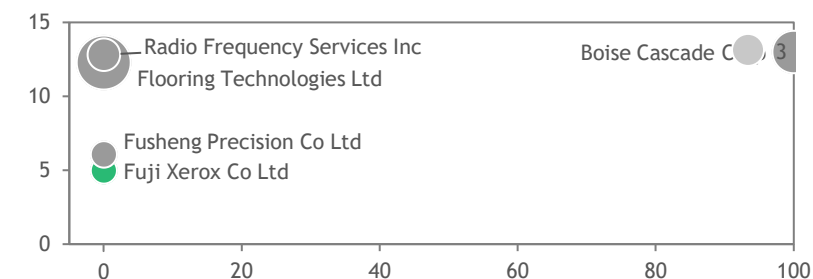


ICT活用による木材の
生産流通
管理システム
を構築

- 日本の特許は質が高く量も多いが、新しいものが少ない
- 米中韓が量・新しさと技術開発をリード



- 米Boise Cascade社が近年活発に開発



Note: BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年)

以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: Derwent World Patents Index (DWPI); BCG Center for Growth & Innovation Analytics



(参考) スマートフードチェーン/木材生産流通管理システム

特許分析詳細 (16/20): 高indexランキング (技術開発要素ごと上位5件)

技術開発要素	特許名	保有者	国	index	公表年
生産性の向上と食品ロス・CO2の削減を両立するスマートフードチェーンの構築	SYSTEMS AND METHODS OF BLOCKCHAIN TRANSACTION RECORDATION IN A FOOD SUPPLY CHAIN	RIPE LLC	United States	74	2018
	ON-DEMAND ROBOTIC FOOD ASSEMBLY AND RELATED SYSTEMS, DEVICES AND METHODS	ZUME PIZZA INC ZUME INC	United States	57	2017
	PERISHABLE LIFETIME MANAGEMENT SYSTEM AND METHOD	BT9 LTD	Israel	34	2011
	Autonomous Food Delivery Vehicle	DOMINOS PIZZA ENTERPRISES LTD	Australia	33	2019
	Systems and methods for connecting customers to merchants over a voice communication network	AMERICAN SCIENCE AND ENGINEERING INC	United States	25	2002
ICT活用による木材の生産流通管理システムを構築	The extrusion machine for wood pellet manufacture	TAKAHAMA KOGYO KK	Japan	72	2013
	METHOD AND DEVICE FOR THE PRODUCTION OF FUNCTIONALISED WOOD-BASED SUBSTRATES	FLOORING TECHNOLOGIES LTD	Germany	63	2015
	Wooden pallet manufacturing system.	SEJUNG ROBOT CO LTD LMT CO LTD	South Korea	41	2014
	COMPOSITION FOR PRODUCING IMITATION WOOD BY MEANS OF A CALENDERING, INJECTION MOLDING, OR 3D PRINTING PROCESS	PATENTA ASIA LTD	Singapore	40	2016
	The processor apparatus for tree-fellings of a timber, and the tree-felling method of a timber	KAMI SHINRIN KUMIAI KOCHI KEN	Japan	37	2005

Note: BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年)

以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: Derwent World Patents Index (DWPI); BCG Center for Growth & Innovation Analytics



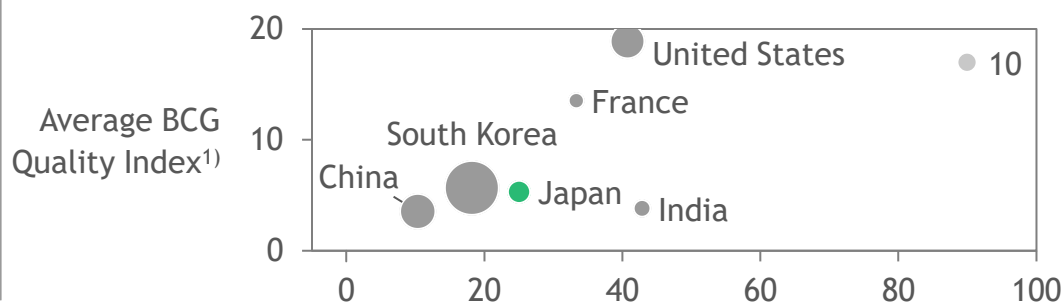
陸上養殖は日本も新しい技術でリードする面があるが、世界的に技術開発が低調

特許分析詳細 (17/20): 国別・保有主体別比較

国別比較

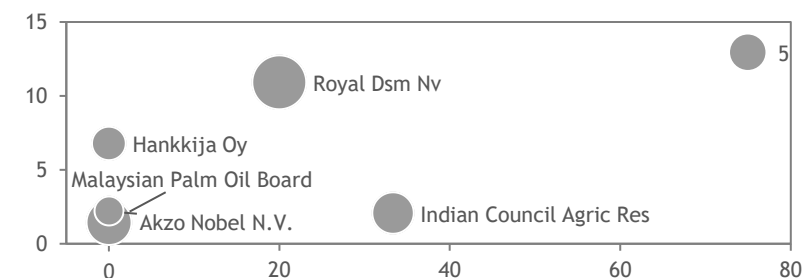
畜産業に
おける家畜の
排出物
(牛のゲップ
等) に
含まれるGHG
を抑止する
飼料開発

- 米仏がリードしているものの、新しい特許が少ない



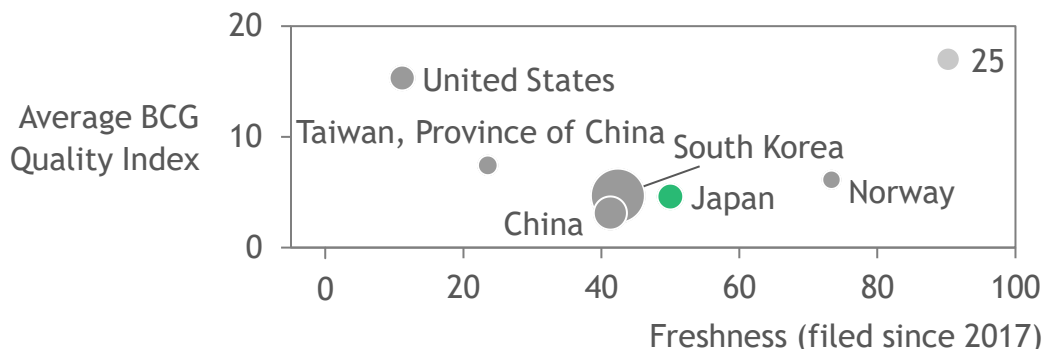
保有主体別比較

- 蘭Royal DSM社が特許の質が高く数量面でもリード

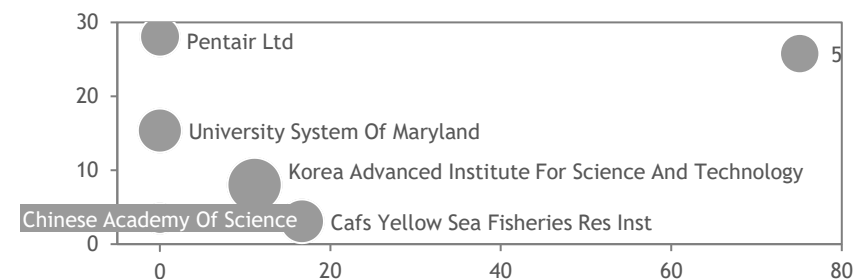


陸上養殖

- ノルウェー・日本の技術は新しいが量は少ない
- 多くの国・地域で特許が古くなりつつある



- 米中韓の大学・研究機関の量が多いが、いずれも鮮度が低い



Note: BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年)

以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: Derwent World Patents Index (DWPI); BCG Center for Growth & Innovation Analytics



(参考) GHG抑止飼料開発/陸上養殖

特許分析詳細 (18/20): 高indexランキング (技術開発要素ごと上位5件)

技術開発要素	特許名	保有者	国	index	公表年
畜産業における家畜の排出物 (牛のゲップ等) に含まれるGHGを抑止する飼料開発	Feed supplement for animals for reducing methane production	XTANT MEDICAL HOLDINGS (FORMERLY XSPINE SYSTEMS INC)	United States	76	2009
	Method and system for monitoring and reducing ruminant methane production	C-LOCK INC	United States	55	2012
	PLANT-DERIVED FEED SUPPLEMENT FOR REDUCING METHANE PRODUCTION FROM RUMINANT SPECIES	PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY	United States	50	2011
	BILE ACIDS IN FEED FOR REDUCING METHANE PRODUCTION EMANATING FROM THE DIGESTIVE ACTIVITIES OF RUMINANTS	ROYAL DSM NV	France	38	2010
	Method and system for monitoring and reducing ruminant methane production	C-LOCK INC	United States	36	2011
陸上養殖	Dissolved oxygen control system for aquaculture	PENTAIR LTD	United States	85	2019
	Inland aquaculture of marine life using water from a saline aquifer	ALGAE BIOSCIENCES INC	United States	36	2006
	Indoor automatic aquaculture system	FORMOSA HIGH TECH AQUACULTURE INC	Taiwan, Province of China	31	2002
	Multi-phasic integrated super-intensive shrimp production system	ROYAL CARIDEA LLC	United States	23	2021
	Process for culturing crabs in recirculating marine aquaculture systems	UNIVERSITY SYSTEM OF MARYLAND	Moldova, Republic of	22	2003

Note: BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年)

以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: Derwent World Patents Index (DWPI); BCG Center for Growth & Innovation Analytics



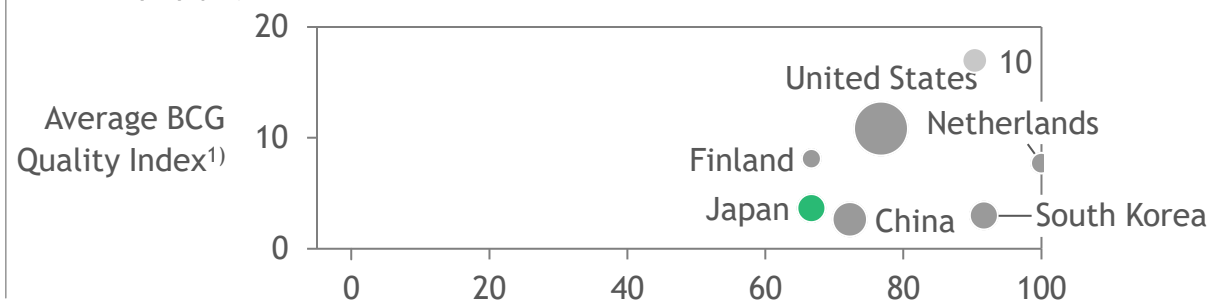
植物性代替肉や培養肉の開発では米国・イスラエルが急伸び、差を開きつつある

特許分析詳細 (19/20): 国別・保有主体別比較

国別比較

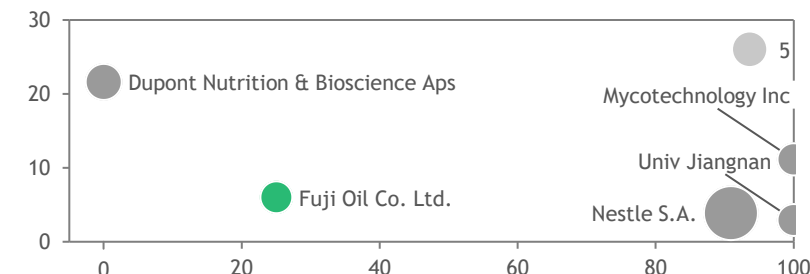
植物性代替肉

- 日本は質・量でややビハインド
- 米中蘭がリード



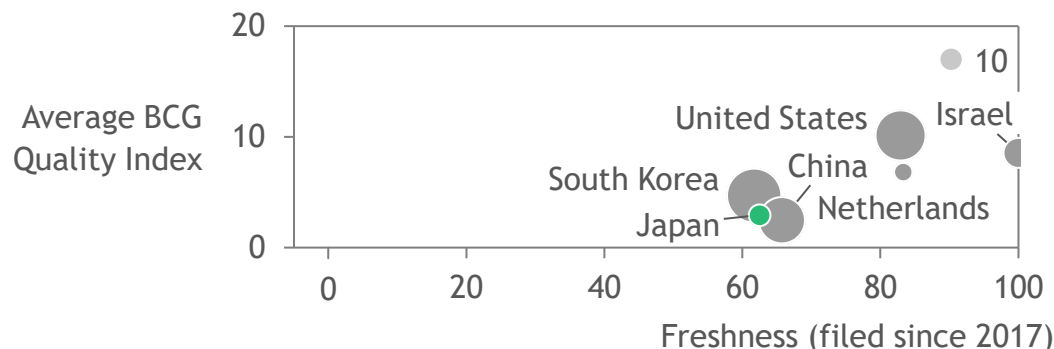
保有主体別比較

- 米・中・欧の企業・研究機関がリード
- 日本では不二製油などが特許を保有

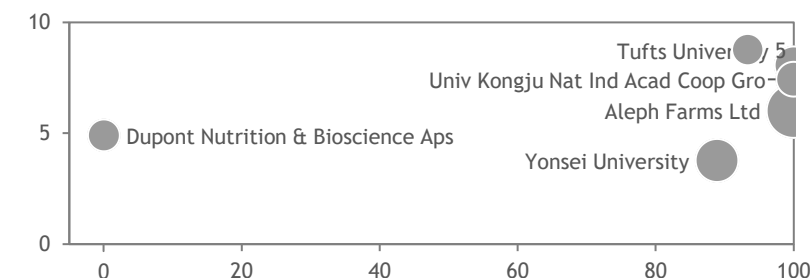


培養肉

- 米国・イスラエル等で開発が進む
- 日本はややビハインド



- 米国・イスラエル等の企業・大学等が近年積極的に開発
- 日本企業は見当たらない



Note: BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年)

以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: Derwent World Patents Index (DWPI); BCG Center for Growth & Innovation Analytics



(参考) 植物性代替肉/培養肉

特許分析詳細 (20/20): 高indexランキング (技術開発要素ごと上位5件)

技術開発要素	特許名	保有者	国	index	公表年
植物性代替肉	PLANT BASED MEAT STRUCTURED PROTEIN PRODUCTS	BEYOND MEAT INC.(F/K/A SAVAGE RIVER INC.)	United States	78	2015
	Ground Meat and Meat Analog Compositions Having Improved Nutritional Properties	DUPONT NUTRITION & BIOSCIENCE APS	United States	54	2008
	Plant protein meat analogue	DUPONT NUTRITION & BIOSCIENCE APS	United States	27	2005
	METHODS AND COMPOSITIONS FOR CONSUMABLES	MARAXI INC	United States	27	2014
	MEAT-ANALOGUE COMPOSITION AND PROCESS FOR THE PREPARATION THEREOF	AAK AB	Sweden	23	2022
培養肉	Methods of Generating Mycelial Scaffolds and Applications Thereof	ECOVATIVE DESIGN LLC	United States	74	2020
	SYNTHETIC MEAT	EMPIRE TECHNOLOGY DEVELOPMENT LLC	United States	43	2017
	A NOVEL METHOD TO MANUFACTURE SYNTHETIC MEAT	FYBRAWORKS FOODS INC	United States	36	2021
	METHOD OF PRODUCING MUSHROOM MYCELIA BASED MEAT ANALOG, MEAT ANALOG PRODUCED THEREBY, LOW CALORIE SYNTHETIC MEAT, MEAT FLAVOR AND MEAT FLAVOR ENHANCER COMPRISING THE MEAT ANALOG	CJ CORP.	South Korea	35	2009
	Microorganism-Derived Protein Hydrolysates and Methods of Preparation and Use Thereof	AIR PROTEIN INC	United States	23	2021

Note: BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年)

以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: Derwent World Patents Index (DWPI); BCG Center for Growth & Innovation Analytics



(参考) 特許分析検索条件 (1/6)

技術開発要素

検索条件

CO ₂ 吸収・ 固定	バイオ炭による炭素貯留	TAB=(((carbon OR "CO2" OR carbondioxide) NEAR5 (captur* OR sequester* OR sequestr* OR utiliz* OR utilis* OR storage* OR store OR storing OR absorb*)) OR CCUS OR "BECCS" OR "PyCCS" OR direct ADJ air ADJ captur* OR DAC ADJ scrub*) AND (biochar* OR (bio ADJ char*)) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022);
	林木育種の高速化によるエリートツリーの効率的な開発	(TAB=(((tree OR trees) NEAR5 (((fast* OR high) NEAR2 (grow OR growing OR growth)) OR ((high OR good OR excellen* OR superior OR advanc*) ADJ (value OR strength OR quality)))) OR ((superior OR advanced OR elite OR special OR specialty OR specialized OR specialised OR clone* OR clonal OR breed*) NEAR2 (tree OR trees)) OR (genetic* ADJ2 tree* OR genetic* ADJ modified ADJ tree* OR genetic* ADJ engineer* ADJ tree* OR transgenic ADJ tree* OR GM ADJ tree* OR GE ADJ tree*)) NOT TAB=(virtual ADJ machine* OR file ADJ backup* OR huffman ADJ tree* OR huffman ADJ coding OR relational ADJ database* OR java OR vocabulary ADJ tree* OR router* OR virtual ADJ director* OR file ADJ system* OR family ADJ tree* OR decision ADJ tree* OR hierarchical ADJ tree* OR data ADJ structure* OR circuit* OR tree ADJ crystal* OR data ADJ frame* OR cancer OR routing OR hierarchy ADJ tree* OR "XML" OR clock ADJ tree* OR tree-dimensional OR aircraft* OR query ADJ tree* OR tree ADJ node* OR tree ADJ shaped OR network ADJ topology OR tree ADJ type OR avionic* OR fuzzy ADJ tree OR file ADJ tree* OR file ADJ recover* OR residential* OR furniture*)) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022);
	高層建築物等の木造化に資する木質建築部材開発	TAB=(((Tree* OR wood OR woods OR wooden OR timber* OR *forest* OR log OR logs OR lumber) NEAR5 (skyscraper* OR (sky ADJ craper*) OR (high ADJ rise ADJ2 (building* OR structure* OR construct*)) OR multi ADJ story OR multistory OR multi ADJ story OR multistory)) OR plyscraper* OR ply ADJ scraper* OR wooden ADJ tower* OR (wooden ADJ building* NEAR5 (high* OR tall*)) OR ((mass ADJ timber*) NEAR5 (building* OR construct*)) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022);
	物理・生物学的病害虫防除法	(TAB=(((physical* OR biological*) SAME ((pest* OR plague* OR parasit* OR vermin* OR worm* OR maggot* OR swine* OR cockroach* OR mosquito* OR tick OR ticks OR bug OR bugs OR rat OR rats OR mice OR reptil* OR insect* OR weed* OR rodent* OR flea* OR wasp* OR bee OR bees OR flies) NEAR2 (control* OR manage* OR eradicat* OR eliminat* OR remov* OR annihilat* OR obliterate* OR exterminat* OR "wipe out" OR handl* OR curb OR restraint* OR restrict* OR regulate*)) OR (biocontrol* NEAR5 (pest* OR plague* OR parasit* OR vermin* OR worm* OR maggot* OR swine* OR cockroach* OR mosquito* OR tick OR ticks OR bug OR bugs OR rat OR rats OR mice OR reptil* OR insect* OR weed* OR rodent* OR flea* OR wasp* OR bee OR bees OR flies) NEAR2 (control* OR manage* OR eradicat* OR eliminat* OR remov* OR annihilat* OR obliterate* OR exterminat* OR "wipe out" OR handl* OR curb OR restraint* OR restrict* OR regulate*)) NEAR5 (predator* OR natural ADJ enem* OR augmentation OR antagonist* OR Parasitoid* OR fire OR fires OR firearm* OR row ADJ cover* OR barrier* OR Diatomaceous ADJ earth OR diatomite OR temperature OR cold ADJ storage* OR fly ADJ paper* OR sticky ADJ board* OR sticking ADJ board* OR trap OR traps OR radiation))) AND (food* OR farm* OR agri* OR Aquacultur* OR Agroecology OR Agroforestry OR cultivat* OR tillage OR horticultur* OR crop OR crops OR forest* OR plant OR plants OR vegetable* OR fruit* OR tree OR trees OR timber* OR lumber OR vegetation* OR flower* OR seed* OR root* OR variety OR rainforest* OR silviculture* OR agri ADJ business OR grassland OR grass ADJ land* OR grass* OR plantation* OR garden*)) NOT TAB=((parasitic ADJ torque*)) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022);
	病害抵抗性品種	TAB=(((pest* OR plague* OR parasit* OR vermin* OR worm* OR maggot* OR swine* OR cockroach* OR mosquito* OR tick OR ticks OR bug OR bugs OR rat OR rats OR mice OR reptil* OR insect* OR weed* OR rodent* OR flea* OR wasp* OR bee OR bees OR flies) NEAR3 (resistan* OR toleran* OR tolerat*)) NEAR5 (variet* OR crop* OR agricultur* OR plant OR plants OR vegetation* OR vegetable* OR fruit* OR flower* OR seed*)) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022);
	農地土壌診断技術	TAB =((farmland* OR farm OR farms OR farm land* OR farming OR agricultur* OR grassland OR grass land* OR cultivat* OR plantation*) AND ((soil* OR clod OR dirt OR earth OR mold* OR loam* OR turve* OR dust* OR clay* OR topsoil*) NEAR3 (diagnos* OR examin* OR analysis OR analyz* OR analys* OR prognosis OR monitor* OR measur* OR inspect* OR test OR tests OR testing OR investigat*)) AND (AY>=(2000) AND AY<=(2022));
	藻場・干潟の造成・再生・保全	TAB=((((seaweed* OR sea ADJ weed*) NEAR2 (bed OR beds)) OR (kelp* NEAR2 (forest* OR bed OR beds)) OR ((marine ADJ algae OR brown ADJ algae OR red ADJ algae OR Phaeophyta OR Chlorophyta OR Rhodophyta) NEAR5 (bed OR beds OR forest*)) OR (tideland OR tidelands OR tide ADJ land OR tide ADJ lands OR tidal ADJ land OR tidal ADJ lands OR tidal ADJ flat OR tidal ADJ flats OR mudflat OR mudflats OR mud ADJ flat OR mud ADJ flats)) NEAR5 (create OR creating OR creation OR creates OR construct* OR manufactur* OR develop* OR reclaim* OR restor* OR recover* OR preserv* OR conserv* OR protect* OR rehabilit* OR renew* OR recondition* OR form OR forming OR formation OR reconstitut* OR generat* OR regenerat* OR produce OR produces OR production OR producing OR develop* OR cultivat* OR reviv*)) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022);
	リジェネラティブ農業 (環境再生型農業) 技術	(TAB=(((regenerat* OR (carbon NEAR2 sequester*) OR ("CO2" NEAR2 sequester*) OR (carbon ADJ caputr*)) NEAR2 (agricult* OR farm* OR Aquacultur* OR Agroecology OR Agroforestry OR cultivation OR tillage OR horticultur* OR crop OR crops)) OR (agroecological ADJ farming) OR (alternative ADJ agriculture) OR (biodynamic ADJ agriculture) OR (carbon ADJ farming) OR (nature ADJ inclusive ADJ farming) OR (conservation ADJ agriculture) OR (green ADJ agriculture) OR (sustainable ADJ agriculture)) OR TI=((Cover ADJ cropping) OR (rotational ADJ grazing) OR (Holistic* NEAR2 grazing) OR "No-till farming" OR (no ADJ till ADJ farm*) OR Agroforestry OR (Conservation ADJ buffer*) OR hedgerow* OR (riparian ADJ buffer*) OR (reduc* NEAR2 till*) OR (crop ADJ rotation*) OR (green ADJ manure) OR intercropping OR silvopastur* OR (crop ADJ plant ADJ divers*) OR ((natural OR organic) NEAR2 (fertili*)) OR (raised ADJ bed*)) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022); TAB=((farm* OR agri* OR Aquacultur* OR Agroecology OR Agroforestry OR cultivation OR tillage OR horticultur* OR crop OR crops)) AND TI=(((natural OR organic) NEAR2 (pest* OR insect*)) OR compost OR composting OR mulch)) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022);



(参考) 特許分析検索条件 (2/6)

技術開発要素

検索条件

GHG排出量 削減	超精密環境制御施設	TAB=((precision OR satellite*) NEAR3 (agricultur* OR farm* OR crop OR crops OR cultivat* OR agri ADJ business OR agribusiness OR agronom* OR tillage OR horticultur*)) OR ((agricultur* OR farm* OR crop OR crops OR cultivat* OR agri ADJ business OR agribusiness OR agronom* OR tillage OR horticultur*) ADJ (manag* OR monitor* OR track* OR trace* OR planning OR surve* OR provenance OR measur*)) OR (Site ADJ Specific ADJ Crop ADJ Manag* OR Yield ADJ Monitor* OR soil ADJ testing OR crop ADJ simulat*) OR ((agricultur* OR farm* OR crop OR crops OR cultivat* OR agri ADJ business OR agribusiness OR agronom* OR tillage OR horticultur*) NEAR3 (digital OR digiti* OR cyber* OR online OR "app" OR "apps" OR telecom* OR "IoT" OR (industr* ADJ "4.0") OR (internet ADJ2 thing*) OR information ADJ tech* OR software* OR cloud OR artificial ADJ intelligen* OR machine ADJ learn* OR deep ADJ learn* OR natural ADJ language ADJ process* OR "NLP" OR analytic* OR speech ADJ recognition OR semantic ADJ recognition OR computer ADJ vision OR face ADJ recognition OR biometric* OR virtual ADJ agent OR virtual ADJ assistant OR robo-advisor OR robo ADJ advisor OR robotic ADJ advisor OR robotic-advisor OR artificial ADJ neural NEAR2 network OR chatbot* OR semantic ADJ search OR machine ADJ intelligence OR pattern ADJ recognition OR facial ADJ recognition OR face ADJ recognition OR face ADJ detection OR voice ADJ recognition OR personal ADJ assistant ADJ app OR Virtual ADJ assistant* OR programs ADJ itself OR learning ADJ algorithm OR cognitive ADJ computing OR computer ADJ neural ADJ network* OR self-learning ADJ systems OR Inference ADJ engine* OR computational ADJ learning OR image ADJ recognition OR text-to-speech OR handwriting ADJ recognition OR machine ADJ perception OR virtual ADJ reality OR augmented ADJ reality OR mixed ADJ reality OR blockchain OR block ADJ chain OR sensor* OR robot* OR nanorobot* OR "humanoid" OR "humanoids" OR cyborg* OR (unmanned ADJ technolog*) OR (unmanned ADJ system*) OR (unmanned NEAR2 vehicle*) OR (uncrewed NEAR2 vehicle*) OR (driverles* NEAR2 vehicle*) OR (self-driving NEAR2 vehicle*) OR ((self ADJ driving) NEAR2 vehicle*) OR (driverles* NEAR2 ("car" OR "cars")) OR (self-driving NEAR2 ("car" OR "cars")) OR ((self ADJ driving) NEAR2 ("car" OR "cars")) OR (autonomous NEAR2 vehicle*) OR (autonomous NEAR2 ("car" OR "cars")) OR (remotely ADJ operated ADJ vehicle*) OR (remotely ADJ operated ADJ system*) OR (remotely ADJ operated ADJ technolog*) OR (remotely ADJ controlled ADJ vehicle*) OR (remotely ADJ controlled ADJ system*) OR (remotely ADJ controlled ADJ technolog*) OR (remotely ADJ piloted ADJ vehicle*) OR (remotely ADJ piloted ADJ system*) OR (remotely ADJ piloted ADJ technolog*) OR (remotely ADJ guided ADJ vehicle*) OR (remotely ADJ guided ADJ system*) OR (remotely ADJ guided ADJ technolog*) OR drone* OR microdrone* OR (unmanned NEAR2 spacecraft*) OR (uncrewed NEAR2 spacecraft*) OR (unmanned NEAR2 aircraft*) OR (uncrewed NEAR2 aircraft*) OR (unmanned NEAR2 vessel*) OR (uncrewed NEAR2 vessel*) OR drone OR drones OR (unmanned ADJ aerial ADJ vehicle*) OR smart ADJ contract* OR GPS OR global ADJ positioning ADJ system* OR data ADJ collect* OR collect ADJ data OR big ADJ data OR "3d" ADJ print* OR three ADJ dimensional ADJ print* OR remote ADJ sens* OR spectrometer* OR RFID OR radio ADJ frequenc* OR geospatial* OR geo ADJ spatial* OR wireless ADJ tag* OR "GIS" OR geographic ADJ information ADJ system* OR LIDAR OR "Light Detection and Ranging" OR sensor* OR laser* OR infra ADJ red OR imaging OR imagery OR high ADJ spectral ADJ resolution* OR SaaS OR "Software as a service" OR deeptech* OR (deep ADJ tech*))))) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022);
--------------	-----------	--



(参考) 特許分析検索条件 (3/6)

技術開発要素

検索条件

GHG排出量 削減	スマート農業	TAB=((((digital OR digiti* OR cyber* OR online OR "app" OR "apps" OR telecom* OR "IoT" OR (industr* ADJ "4.0") OR (internet ADJ2 thing*) OR information tech* OR software* OR cloud OR artificial intelligen* OR machine learn* OR deep learn* OR natural language process* OR "NLP" OR analytic* OR speech ADJ recognition OR semantic ADJ recognition OR computer ADJ vision OR face ADJ recognition OR biometric* OR virtual ADJ agent OR virtual ADJ assistant OR robo-advisor OR robo ADJ advisor OR robotic ADJ advisor OR robotic-advisor OR artificial ADJ neural NEAR2 network OR chatbot* OR semantic ADJ search OR machine ADJ intelligence OR pattern ADJ recognition OR facial ADJ recognition OR face ADJ recognition OR face ADJ detection OR voice ADJ recognition OR personal ADJ assistant ADJ app OR Virtual ADJ assistant* OR programs ADJ itself OR learning ADJ algorithm OR cognitive ADJ computing OR computer ADJ neural ADJ network* OR self-learning ADJ systems OR Inference ADJ engine* OR computational ADJ learning OR image ADJ recognition OR machine ADJ translation OR text-to-speech OR handwriting ADJ recognition OR machine ADJ perception OR virtual ADJ reality OR augmented ADJ reality OR mixed ADJ reality OR blockchain OR block ADJ chain OR sensor* OR robot* OR nanorobot* OR "humanoid" OR "humanoids" OR cyborg* OR (unmanned ADJ technolog*) OR (unmanned ADJ system*) OR (unmanned NEAR2 vehicle*) OR (uncrewed NEAR2 vehicle*) OR (driverles* NEAR2 vehicle*) OR (self-driving NEAR2 vehicle*) OR ((self ADJ driving) NEAR2 vehicle*) OR (driverles* NEAR2 ("car" OR "cars")) OR (self-driving NEAR2 ("car" OR "cars")) OR ((self ADJ driving) NEAR2 ("car" OR "cars")) OR (autonomous NEAR2 vehicle*) OR (autonomous NEAR2 ("car" OR "cars")) OR (remotely ADJ operated ADJ vehicle*) OR (remotely ADJ operated ADJ system*) OR (remotely ADJ operated ADJ technolog*) OR (remotely ADJ controlled ADJ vehicle*) OR (remotely ADJ controlled ADJ system*) OR (remotely ADJ controlled ADJ technolog*) OR (remotely ADJ piloted ADJ vehicle*) OR (remotely ADJ piloted ADJ system*) OR (remotely ADJ piloted ADJ technolog*) OR (remotely ADJ guided ADJ vehicle*) OR (remotely ADJ guided ADJ system*) OR (remotely ADJ guided ADJ technolog*) OR drone* OR microdrone* OR (unmanned NEAR2 spacecraft*) OR (uncrewed NEAR2 spacecraft*) OR (unmanned NEAR2 aircraft*) OR (uncrewed NEAR2 aircraft*) OR (unmanned NEAR2 vessel*) OR (uncrewed NEAR2 vessel*) OR drone OR drones OR (unmanned ADJ aerial ADJ vehicle*) OR smart contract* OR GPS OR global positioning system* OR data collect* OR collect data OR big data OR "3d" print* OR three dimensional print* OR remote sens* OR spectrometer* OR RFID OR radio frequenc* OR geospatial* OR geo spatial* OR wireless tag* OR "GIS" OR geographic ADJ information ADJ system* OR LIDAR OR "Light Detection and Ranging" OR sensor* OR laser* OR infra red OR imaging OR imagery OR high spectral resolution*) NEAR5 (agricult* OR farming OR crop OR crops OR cultivat* OR agribusiness OR agri business OR husbandry OR agronom* OR tillage OR horticultur*)) OR (Agtech OR Ag tech OR smart farming OR smart agri* OR e agri* OR e farming OR eagri* OR e farming)) AND (AY=(2000) AND AY<=(2022));
	スマート漁業	TAB((((digital OR digiti* OR cyber* OR online OR "app" OR "apps" OR telecom* OR "IoT" OR (industr* ADJ "4.0") OR (internet ADJ2 thing*) OR information tech* OR software* OR cloud OR artificial intelligen* OR machine learn* OR deep learn* OR natural language process* OR "NLP" OR analytic* OR speech ADJ recognition OR semantic ADJ recognition OR computer ADJ vision OR face ADJ recognition OR biometric* OR virtual ADJ agent OR virtual ADJ assistant OR robo-advisor OR robo ADJ advisor OR robotic ADJ advisor OR robotic-advisor OR artificial ADJ neural NEAR2 network OR chatbot* OR semantic ADJ search OR machine ADJ intelligence OR pattern ADJ recognition OR facial ADJ recognition OR face ADJ recognition OR face ADJ detection OR voice ADJ recognition OR personal ADJ assistant ADJ app OR Virtual ADJ assistant* OR programs ADJ itself OR learning ADJ algorithm OR cognitive ADJ computing OR computer ADJ neural ADJ network* OR self-learning ADJ systems OR Inference ADJ engine* OR computational ADJ learning OR image ADJ recognition OR machine ADJ translation OR text-to-speech OR handwriting ADJ recognition OR machine ADJ perception OR virtual ADJ reality OR augmented ADJ reality OR mixed ADJ reality OR blockchain OR block ADJ chain OR sensor* OR robot* OR nanorobot* OR "humanoid" OR "humanoids" OR cyborg* OR (unmanned ADJ technolog*) OR (unmanned ADJ system*) OR (unmanned NEAR2 vehicle*) OR (uncrewed NEAR2 vehicle*) OR (driverles* NEAR2 vehicle*) OR (self-driving NEAR2 vehicle*) OR ((self ADJ driving) NEAR2 vehicle*) OR (driverles* NEAR2 ("car" OR "cars")) OR (self-driving NEAR2 ("car" OR "cars")) OR ((self ADJ driving) NEAR2 ("car" OR "cars")) OR (autonomous NEAR2 vehicle*) OR (autonomous NEAR2 ("car" OR "cars")) OR (remotely ADJ operated ADJ vehicle*) OR (remotely ADJ operated ADJ system*) OR (remotely ADJ operated ADJ technolog*) OR (remotely ADJ controlled ADJ vehicle*) OR (remotely ADJ controlled ADJ system*) OR (remotely ADJ controlled ADJ technolog*) OR (remotely ADJ piloted ADJ vehicle*) OR (remotely ADJ piloted ADJ system*) OR (remotely ADJ piloted ADJ technolog*) OR (remotely ADJ guided ADJ vehicle*) OR (remotely ADJ guided ADJ system*) OR (remotely ADJ guided ADJ technolog*) OR drone* OR microdrone* OR (unmanned NEAR2 spacecraft*) OR (uncrewed NEAR2 spacecraft*) OR (unmanned NEAR2 aircraft*) OR (uncrewed NEAR2 aircraft*) OR (unmanned NEAR2 vessel*) OR (uncrewed NEAR2 vessel*) OR drone OR drones OR (unmanned ADJ aerial ADJ vehicle*) OR smart contract* OR GPS OR global positioning system* OR data collect* OR collect data OR big data OR "3d" print* OR three dimensional print* OR remote sens* OR spectrometer* OR RFID OR radio frequenc* OR geospatial* OR geo spatial* OR wireless tag* OR "GIS" OR geographic ADJ information ADJ system* OR LIDAR OR "Light Detection and Ranging" OR sensor* OR laser* OR infra red OR imaging OR imagery OR high spectral resolution*) NEAR5 (fishery OR fisheries OR fishing OR aquacultur* OR aqua cultur* OR aquafarm* OR aqua farm* OR fishfarm* OR fish farm* OR aquicultur* OR aqui cultur* OR maricultur* OR mari cultur* OR fishcultur* OR fish cultur* OR fish OR fishes)) OR (efisher* OR e fisher* OR smart fisher* OR smart aquacultur* OR smart aqua cultur*)) AND (AY>=(2000) AND AY<=(2022));
	農業機械の電化	(TAB((((((electric OR hybrid) ADJ2 (vehicle* OR automobile* OR car OR cars OR bike* OR bicycle* OR truck* OR bus OR buses OR train OR trains OR tractor* OR harvester* OR Baler* OR seeder*)) OR ecar OR e-car OR ecars OR ecars or evehicle* or e-vehicle* OR ebike* or e-bike* or e-bicycle* or ebicycle* or ebus OR ebus OR e-bus or e-buses OR ((EV OR Hybrid) near3 (vehicle OR vehicles OR car OR cars)))) AND (agri* OR farm OR farms OR farming OR farmland* OR crop OR crops OR cultivat* OR agribusiness OR agri ADJ business OR husbandry OR agronom* OR tillage OR horticultur* OR forest* OR silviculture OR rainforest* OR aforest* OR deforest* OR reforest* OR backwood* OR lumber OR timber OR plantation*)) OR (TAB=(agri* OR farm OR farms OR farming OR farmland* OR crop OR crops OR cultivat* OR agribusiness OR agri ADJ business OR husbandry OR agronom* OR tillage OR horticultur* OR forest* OR silviculture OR rainforest* OR aforest* OR deforest* OR reforest* OR backwood* OR lumber OR timber OR plantation*) AND AIC=(B60Y220091 OR B60Y2200912 OR B60Y220092 OR B60L005300)) OR (AIC=(A01*) AND AIC=(B60Y220091 OR B60Y2200912 OR B60Y220092 OR B60L005300)) OR (AIC=(A01*) AND TAB((((((electric OR hybrid) ADJ2 (vehicle* OR automobile* OR car OR cars OR bike* OR bicycle* OR truck* OR bus OR buses OR train OR trains OR tractor* OR harvester* OR Baler* OR seeder*)) OR ecar OR e-car OR ecars OR ecars or evehicle* or e-vehicle* OR ebike* or e-bike* or e-bicycle* or ebicycle* or ebus OR ebus OR e-bus or e-buses OR ((EV OR Hybrid) near3 (vehicle OR vehicles OR car OR cars))))) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022);



(参考) 特許分析検索条件 (4/6)

技術開発要素

検索条件

GHG排出量 削減	林業機械の電化	TAB=((((electric OR hybrid) ADJ2 (vehicle* OR automobile* OR car OR cars OR bike* OR bicycle* OR truck* OR bus OR buses OR train OR trains OR tractor* OR harvester* OR Baler* OR seeder* OR feller ADJ buncher* OR knuckleboom ADJ loader* OR knuckle ADJ boom ADJ loader*)) OR ecar OR e-car OR ecars OR ecars OR evehicle* OR e-vehicle* OR ebike* OR e-bike* OR e-bicycle* OR ebicycle* OR ebus OR euses OR e-bus OR e-buses OR ((EV OR Hybrid) near3 (vehicle OR vehicles OR car OR cars))) AND (forest* OR silviculture OR rainforest* OR aforest* OR deforest* OR reforest* OR backwood* OR lumber OR timber OR plantation*)) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022);
	漁船の電化	TAB=((electric* NEAR2 propulsion*) NEAR5 (vessel* OR ship OR ships OR boat OR boats OR yatch* OR air cushion vehicle* OR marine vehicle* OR sea vehicle* OR ocean vehicle* OR ((fishery OR fishing) NEAR2 vehicle*)) AND (AY>=(2000) AND AY<=(2022));
	生産性の向上と食品ロス・CO2の削減を両立するスマートフードチェーンの構築	TAB=((((digital OR digiti* OR cyber* OR online OR "app" OR "apps" OR telecom* OR "IoT" OR (industr* ADJ "4.0") OR (internet ADJ2 thing*) OR information ADJ tech* OR software* OR cloud OR artificial ADJ intelligen* OR machine ADJ learn* OR deep ADJ learn* OR natural ADJ language ADJ process* OR "NLP" OR analytic* OR speech ADJ recognition OR semantic ADJ recognition OR computer ADJ vision OR face ADJ recognition OR biometric* OR virtual ADJ agent OR virtual ADJ assistant OR robo-advisor OR robo ADJ advisor OR robotic ADJ advisor OR robotic-advisor OR artificial ADJ neural NEAR2 network OR chatbot* OR semantic ADJ search OR machine ADJ intelligence OR pattern ADJ recognition OR facial ADJ recognition OR face ADJ recognition OR face ADJ detection OR voice ADJ recognition OR personal ADJ assistant ADJ app OR Virtual ADJ assistant* OR programs ADJ itself OR learning ADJ algorithm OR cognitive ADJ computing OR computer ADJ neural ADJ network* OR self-learning ADJ systems OR Inference ADJ engine* OR computational ADJ learning OR image ADJ recognition OR text-to-speech OR handwriting ADJ recognition OR machine ADJ perception OR virtual ADJ reality OR augmented ADJ reality OR mixed ADJ reality OR blockchain OR block ADJ chain OR sensor* OR robot* OR nanorobot* OR "humanoid" OR "humanoids" OR cyborg* OR (unmanned ADJ technolog*) OR (unmanned ADJ system*) OR (unmanned NEAR2 vehicle*) OR (uncrewed NEAR2 vehicle*) OR (driverles* NEAR2 vehicle*) OR (self-driving NEAR2 vehicle*) OR ((self ADJ driving) NEAR2 vehicle*) OR (driverles* NEAR2 ("car" OR "cars")) OR (self-driving NEAR2 ("car" OR "cars")) OR ((self ADJ driving) NEAR2 ("car" OR "cars")) OR (autonomous NEAR2 vehicle*) OR (autonomous NEAR2 ("car" OR "cars")) OR (remotely ADJ operated ADJ vehicle*) OR (remotely ADJ operated ADJ system*) OR (remotely ADJ operated ADJ technolog*) OR (remotely ADJ controlled ADJ vehicle*) OR (remotely ADJ controlled ADJ system*) OR (remotely ADJ controlled ADJ technolog*) OR (remotely ADJ piloted ADJ vehicle*) OR (remotely ADJ piloted ADJ system*) OR (remotely ADJ piloted ADJ technolog*) OR (remotely ADJ guided ADJ vehicle*) OR (remotely ADJ guided ADJ system*) OR (remotely ADJ guided ADJ technolog*) OR drone* OR microdrone* OR (unmanned NEAR2 spacecraft*) OR (uncrewed NEAR2 spacecraft*) OR (unmanned NEAR2 aircraft*) OR (uncrewed NEAR2 aircraft*) OR (unmanned NEAR2 vessel*) OR (uncrewed NEAR2 vessel*) OR drone OR drones OR (unmanned ADJ aerial ADJ vehicle*) OR smart ADJ contract* OR GPS OR global ADJ positioning ADJ system* OR data ADJ collect* OR collect ADJ data OR big ADJ data OR "3d" ADJ print* OR three ADJ dimensional ADJ print* OR Saas OR "Software as a service" OR deeptech* OR (deep ADJ tech*)) AND ((food* OR meal OR meals OR grocer* OR snack* OR vegetable* OR fruit* OR perishable*) NEAR5 (supply ADJ chain OR supplychain OR logistic* OR distribut* OR delivery OR deliveries OR provenan*)) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022);
	プラスチック等を代替する木質由来新素材開発	TAB=((((wood OR biomass OR log OR logs OR timber* OR lumber) NEAR5 ((plastic OR plastics OR polymer OR polymers) NEAR3 (substit* OR replac* OR alternat* OR replac* OR proxy OR proxies))) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022);



(参考) 特許分析検索条件 (5/6)

技術開発要素

検索条件

GHG排出量 削減	ICT活用による木材の生産流通 管理システムを構築	TI=((wood OR woods OR timber* OR lumber) NEAR3 (produce OR produces OR production OR producing OR manufactur* OR generate OR generates OR generating OR fabricat* OR distribut* OR supply* OR logistic* OR delivery OR deliveries))) AND TAB=(("ICT" OR "Information and Communications Technology" OR "Information & Communications Technology" OR digital OR digiti* OR info OR data OR telecomm* OR tele ADJ comm* OR wirel* OR middleware OR audiovisual OR *communicat* OR computer* OR radio* OR television* OR database* OR cyber* OR online OR "app" OR "apps" OR telecom* OR "IoT" OR (industr* ADJ "4.0") OR (internet ADJ2 thing*) OR information ADJ tech* OR software* OR cloud OR artificial ADJ intelligen* OR machine ADJ learn* OR deep ADJ learn* OR natural ADJ language ADJ process* OR "NLP" OR analytic* OR speech ADJ recognition OR semantic ADJ recognition OR computer ADJ vision OR face ADJ recognition OR biometric* OR virtual ADJ agent OR virtual ADJ assistant OR robo-advisor OR robo ADJ advisor OR robotic ADJ advisor OR robotic-advisor OR artificial ADJ neural NEAR2 network OR chatbot* OR semantic ADJ search OR machine ADJ intelligence OR pattern ADJ recognition OR facial ADJ recognition OR face ADJ recognition OR face ADJ detection OR voice ADJ recognition OR personal ADJ assistant ADJ app OR Virtual ADJ assistant* OR programs ADJ itself OR learning ADJ algorithm OR cognitive ADJ computing OR computer ADJ neural ADJ network* OR self-learning ADJ systems OR Inference ADJ engine* OR computational ADJ learning OR image ADJ recognition OR text-to-speech OR handwriting ADJ recognition OR machine ADJ perception OR virtual ADJ reality OR augmented ADJ reality OR mixed ADJ reality OR blockchain OR block ADJ chain OR sensor* OR robot* OR nanorobot* OR "humanoid" OR "humanoids" OR cyborg* OR (unmanned ADJ technolog*) OR (unmanned ADJ system*) OR (unmanned NEAR2 vehicle*) OR (uncrewed NEAR2 vehicle*) OR (driverles* NEAR2 vehicle*) OR (self-driving NEAR2 vehicle*) OR ((self ADJ driving) NEAR2 vehicle*) OR (driverles* NEAR2 ("car" OR "cars")) OR (self-driving NEAR2 ("car" OR "cars")) OR ((self ADJ driving) NEAR2 ("car" OR "cars")) OR (autonomous NEAR2 vehicle*) OR (autonomous NEAR2 ("car" OR "cars")) OR (remotely ADJ operated ADJ vehicle*) OR (remotely ADJ operated ADJ system*) OR (remotely ADJ operated ADJ technolog*) OR (remotely ADJ controlled ADJ vehicle*) OR (remotely ADJ controlled ADJ system*) OR (remotely ADJ controlled ADJ technolog*) OR (remotely ADJ piloted ADJ vehicle*) OR (remotely ADJ piloted ADJ system*) OR (remotely ADJ piloted ADJ technolog*) OR (remotely ADJ guided ADJ vehicle*) OR (remotely ADJ guided ADJ system*) OR (remotely ADJ guided ADJ technolog*) OR drone* OR microdrone* OR (unmanned NEAR2 spacecraft*) OR (uncrewed NEAR2 spacecraft*) OR (unmanned NEAR2 aircraft*) OR (uncrewed NEAR2 aircraft*) OR (unmanned NEAR2 vessel*) OR (uncrewed NEAR2 vessel*) OR drone OR drones OR (unmanned ADJ aerial ADJ vehicle*) OR smart ADJ contract* OR GPS OR global ADJ positioning ADJ system* OR data ADJ collect* OR collect ADJ data OR big ADJ data OR "3d" ADJ print* OR three ADJ dimensional ADJ print* OR Saas OR "Software as a service" OR deeptech* OR (deep ADJ tech*)) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022);
	畜産業における家畜の排出物 (牛のゲップ等)に含まれるGHG を抑止する飼料開発	TAB=(((livestock OR cattle* OR stockbreed* OR herd OR ranch* OR animal* OR breed* OR husbandry) SAME (feed OR feeds OR feeding OR meal* OR nourish* OR eat* OR food OR foods OR nutrition* OR fodder OR forage OR supplement* OR nutrient*)) AND (("GHG" OR ((greenhouse OR green ADJ house) NEAR2 (gas* OR emission* OR emit OR emits OR discharg*)) OR ((water ADJ vapor* OR carbon ADJ dioxide OR "CO2" OR methane OR "CH4" OR nitrous ADJ oxide* OR "N2O" OR ozone OR "O3")))) NEAR5 (eliminat* OR mitiga* OR allevia* OR remov* OR abatem* OR decreas* OR reduc* OR palliat* OR extenuat* OR lower* OR less OR free)))) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022);



(参考) 特許分析検索条件 (6/6)

技術開発要素

検索条件

新しい枠組み	陸上養殖	((land OR lands OR ground* OR indoor* OR inland OR onshore OR inland) NEAR5 (aquacultur* OR aqua cultur* OR aquafarm* OR aqua farm* OR fishfarm* OR fish farm* OR aquicultur* OR aqui cultur* OR maricultur* OR mari cultur* OR fishcultur* OR fish cultur*)) OR (Recirculating aquaculture OR Re circulating aquaculture)
	代替肉	TAB=(((plant OR plants) ADJ2 (based OR derived OR sourced OR protein*)) NEAR3 (meat OR meats OR sea ADJ food* OR seafood*)) OR (((meat OR meats OR sea ADJ food* OR seafood*) NEAR2 (alternativ* OR substitut* OR vegan OR fake OR analog OR analogs OR analogue OR analogues OR imitation* OR faux)) OR (meat-free OR meatfree OR meat-less OR meatless OR "meat free" OR "meat less" OR "mock meat" OR "fake meat")) SAME ((plant OR plants) ADJ2 (based OR derived OR sourced OR protein*))) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022);
	培養肉	TAB=(((cultivated OR cultured Or artificial* OR lab ADJ grow* OR laboratory ADJ grow* OR slaughter ADJ free OR cell ADJ based OR synthetic OR vat ADJ grow* OR clean OR cell ADJ culture* OR cellular ADJ culture* OR stem ADJ cell*) NEAR2 (meat OR meats OR sea ADJ food* OR seafood*)) OR (((meat OR meats OR sea ADJ food* OR seafood*) NEAR2 (alternativ* OR substitut* OR vegan OR fake OR analog OR analogs OR analogue OR analogues OR imitation* OR faux)) OR (meat-free OR meatfree OR meat-less OR meatless OR "meat free" OR "meat less" OR "mock meat" OR "fake meat")) SAME (cultured OR cultivated OR cell ADJ based OR lab ADJ grow* OR laboratory ADJ grow* OR slaughter ADJ free OR vat ADJ grow* OR cell ADJ culture* OR cellular ADJ culture* OR stem ADJ cell*)) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022);



深掘り対象分野

⑪カーボンリサイクル



CO2分離回収・DAC: PJ評価 (1/2)

	国情との適合性	インパクト	
		CO2削減 (国内)	経済波及効果 (世界)
CO2 分離回収 (TRL 7-9) ¹	産業競争力を維持するために必須の技術 セメント、製鉄、化学等 の産業部門では原料に由来する一定程度のCO2排出が避けられない	3,500万トン/年(2050年) 2050年のエネルギーミックスで想定されているバイオマス発電と自家発バイオマス発電の普及を考慮して推算	10兆円/年(2050年) IEAのB2DSシナリオに基づき、世界のCO2分離回収量を80億t-CO2、分離回収コストを1,200円/t-CO2と想定した推算値
DAC ²	NETsとしてだけでなく原料確保の観点から重要 高品位CO2の供給確保の観点から、燃料生産・化学品製造の基盤技術の1つとなる	(CO2削減量の目標値や市場規模などは設定されていない)	(CO2削減量の目標値や市場規模などは設定されていない)

1. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 5

2. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 6

Source: GI基金「CO2の分離回収等技術開発」研究開発・社会実装計画



CO2分離回収・DAC: PJ評価 (2/2)

	技術力	社会実装	外的リスク
CO2 分離回収技術 (TRL 7-9) ¹	 高炉、石炭火力向けはTRL7-9で 商用化済み、LNG火力、産業向け はTRL以下で未成熟 2,000円/t-CO2 (2030年)	 既存技術では日本はトップシェアを 確保 MHIが4776TPDのプラントを北 米で建設	 現時点で顕在化しているリスクはな し
DAC ²	 米国が特許の量、質、鮮度で大きく リード 日本は2位グループ	 海外スタートアップ中心に商用化が 先行 ただし、高品位CO2供給拡大の 観点からは重要度は高い	 プロセス全体でネガティブ エミッションになるかの確認が必要

1. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 5

2. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 6

Source: GI基金「CO2の分離回収等技術開発」研究開発・社会実装計画; BCG分析

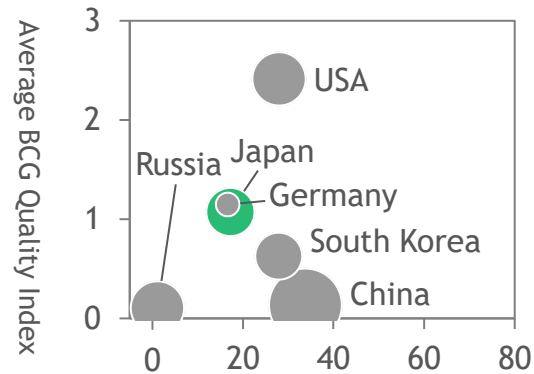


CO2分離回収について世界的にトップクラスの実績を保有

CO2分離回収・DACにおける特許評価

技術力評価

CO2分離回収 (TRL 7-9)¹



量と質の両面で
世界をリード

- MHI、日立、東芝、IHI など

社会実装状況

日本

すでに海外向け商用プラントの建設・運転実績を保有

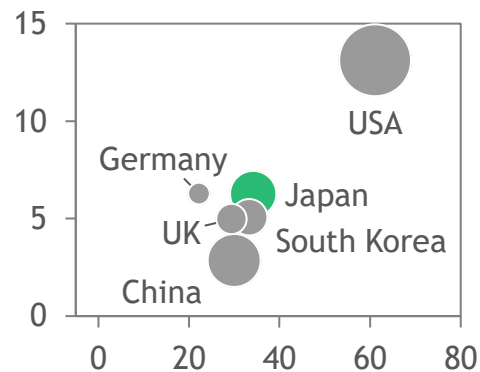
- MHI：アジア・中東を中心に13基の納入実績

海外

北米・豪州を中心に分離回収から貯留まで一貫したプロジェクトを計画・実施



DAC²



量と質の両面で
世界をリード

- MHI、日立、シャープ、Panasonic など

現在はラボレベルでの技術開発段階

スタートアップを中心に実証・商用プロジェクトが進展

- Climeworks (スイス)
- Carbon Engineering (カナダ)



Freshness (filed since 2017)

1. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 5; 2. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 6

BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年) 以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: Derwent World Patents Index (DWPI); BCG Center for Growth & Innovation Analytics; GI基金「CO2の分離回収等技術開発」研究開発・社会実装計画



BECCS向けは当面は既存技術活用を促進、更なる低コスト化に向けてはGI基金でカバー
DACCSはムーンショットプログラムで2050年実装がターゲット

CO2分離回収・DACにおける技術評価

分離回収技術		技術的特徴			BECCS向け (=中小規模)	DACCS向け	GI基金対象
		分離タイミング	適するCO2 濃度 (分圧)	TRL			
分離装置 使用	化学吸収法	燃焼後	低分圧	高	✓		✓
	物理吸収法	燃焼前 (一部燃焼後)	高分圧	高			
	物理吸着法	燃焼前 (一部燃焼後)	高~低分圧	中	✓		✓
	化学吸着法	燃焼後	低分圧	低	✓		
	膜分離法	燃焼前	高分圧	低	✓		✓
	深冷分離法	燃焼後	高分圧	低			
大気中 回収	DAC	-	-	低		✓	内閣府ムーン ショットプログラム 対象

Source: 各種公開情報を基にしたBCG分析



低TRLのDACCSだが、海外では既に社会実装が進展

DACCS: 社会実装例 (Climeworks社)

基本情報

設立時期	2009年ETHからスピンアウトし、民間企業に
主要事業	DACCS
顧客数	10,000以上
展開国数	56カ国
稼働台数	15台(世界最大級のプラント 1 台含む)
製品情報	小型車サイズで、重ねることで任意のサイズのプラントを構築可能

提供サービス概要

- World's first company supplying air-captured CO2 to customers
- Scale-up via mass production of modular CO2 collectors
- Powered by 100% renewable energy
- Minimal carbon footprint: 90% net efficiency
- Stores CO2 permanently in volcanic Rock



カーボンリサイクル燃料: PJ評価 (1/2)

国情との適合性		インパクト	
		CO2削減 (国内)	経済波及効果 (世界)
FT反応による燃料製造 (TRL 4) ¹	島国である日本にとって航空機用炭化水素燃料の確保は必須 - 大型・長距離航空機用燃料には引き続き炭化水素が用いられる - SAFの供給力は世界的に低位 - 国内生産力をつけることにより、国際競争力の確保が可能	3.6万トン/年(2030年) - 合成燃料生産量:1.7万kL/年 - CO2削減効果:80%	7.1兆円(2050年) 2050年におけるガソリンと軽油の世界需要と価格より算出
アルコールを原料とするジェット燃料製造 (TRL 4) ²		101万トン/年(2030年) - ATJ SAF生産量:50万kL/年 - CO2削減効果:80%	55兆円/年(2050年) - SAF需要:5.5億kL - SAFコスト目標:100円代/L ※SAF全体、内訳なし
メタネーションによる燃料製造 (TRL 4)	日本の民生・産業部門における消費エネルギーの約 6 割は熱需要。特に産業分野においては、電化による対応が難しい高温域も存在	8,000万トン/年(2050年) 2019年度実績ベースの都市ガス販売量、CO2原単位、メタネーション導入率予測から算出	1.8兆円/年(2050年) - 都市ガス需要の90%が合成メタンに置き換わると仮定して算出 - 日本国内での推定値

1. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 5

2. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 6

Source: GI基金「CO2等を用いた燃料製造技術開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画; 持続可能な航空燃料(SAF)について(環境省環境再生・資源循環局)



カーボンリサイクル燃料: PJ評価 (2/2)

	技術力	社会実装	外的リスク
FT反応による 燃料製造 (TRL 4) ¹	 特許の量・質・鮮度のいずれにおいても世界から遅れ 特に米国が特許の量・質でリード	 海外では実証事業が進められている一方、日本は2030年以降商用化見込み 航空燃料に関しては代替の脱炭素手段がなく、社会実装上の優先度が高い	 現時点で生態系面、安全、規制面でクリティカルなリスクはない ただし、航空燃料に対する規制動向は注視が必要
アルコールを原料とするジェット 燃料製造 (TRL 4) ²			
メタネーションによる燃料製造 (TRL 4)	 特許の鮮度こそ高いが、量・質では劣る 米国が特許の量・質で世界をリード	 グローバルで実装が進んでいない状況 欧米ではガス体エネルギーの軸は水素	

1. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 5

2. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 6

Source: IEA, GI基金「CO₂等を用いた燃料製造技術開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画; BCG分析



世界的に実装に至っていないが、日本は特許に関して海外から遅れている

カーボンリサイクル燃料 既存PJ詳細評価 (1/2)

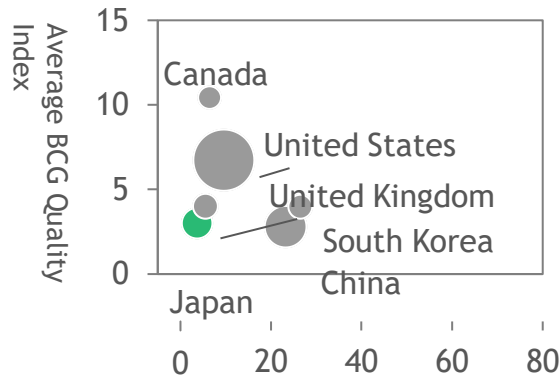
技術力評価

社会実装状況

日本

海外

FT反応に よる燃料 製造 (TRL 4)¹



量・質・鮮度いずれも世界から遅れ

- 新日本石油
- コスモ
- INPEX

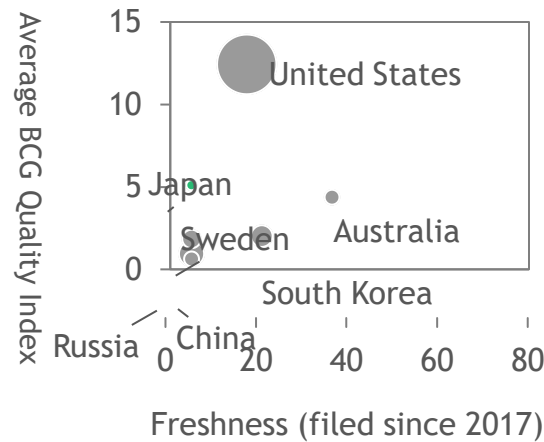
2030年まで技術開発と実証、
2030年以降導入拡大

- 2025年度に1 BPD規模

欧州で実証事業が進行中

- Norsk e-Fuel (ノルウェー)
- Nordic Blue Crude (ノルウェー)
- などで、2023年に180 BPD

アルコール を原料とする ジェット 燃料製造 (TRL 4)²



量・質・鮮度いずれも世界から遅れ

- 三菱重工業など

2030年まで技術開発と実証、
2030年以降導入拡大

- 2030年度に50万kL/年供給

米国で実証事業が進行中

- LanzaJet (米)
- Gevo (米)

1. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 5、2. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 6

BCG Quality Index=引用回数(前方引用・後方引用)と請求項の数から算定した特許価値の指標、Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年(今回は2017年)以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析、丸の大きさは特許件数

Source: Derwent World Patents Index (DWPI); BCG Center for Growth & Innovation Analytics; GI基金「CO2等を用いた燃料製造技術開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画



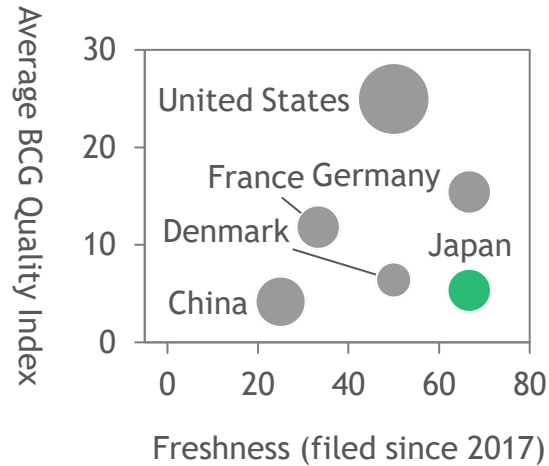
グローバルで社会実装に至っていない

カーボンリサイクル燃料 既存PJ詳細評価 (2/2)

技術力評価

- 特許面では、総合的に世界から遅れ

メタネーションによる
燃料製造
(TRL 4)



特許の鮮度こそ高いが、量・質では劣る

- 大阪ガスなど

社会実装状況

- 一方で、海外でも実装には至っていない

日本

2030年代にかけて実証完了後、
2040年以降導入拡大

海外

同様のプロジェクトなし



Note: BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年) 以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: Derwent World Patents Index (DWPI); BCG Center for Growth & Innovation Analytics; GI基金「CO₂等を用いた燃料製造技術開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画



カーボンリサイクル化学品関連: PJ評価 (1/2)

国情との適合性		インパクト	経済波及効果 (世界)
CO2からのプラスチック原料製造 (TRL 5)	CO2を資源として有効活用する技術であり、カーボンニュートラルを実現するための必須 - 現在、プラスチックはナフサを原料として作られており、2050年に向けて原料転換が必要 - 国内化学産業の競争力強化の観点からも	CO2削減 (国内) 3,156 万トン/年(2050年) - 化学品製造量を元にした試算 - ナフサ分解炉の燃料転換による脱炭素化も考慮	360 兆円/年(2050年) 現状のプラスチック市場と同程度
CO2から合成したアルコールによる化学品製造 (TRL 4)			
廃プラスチックのケミカルリサイクル (TRL 4) ¹	ケミカルリサイクルによる炭素 年間 891 万トン排出される廃プラスチックのうち、約60%をサーマルリサイクルとして活用		
アンモニア燃料ナフサ分解炉 (TRL 4)	(経済安全保障や再エネ賦存量などの国情を鑑みた対応は不要)		

1. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 9

Source: GI基金「CO2等を用いたプラスチック原料製造技術開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画



カーボンリサイクル化学品関連: PJ評価 (2/2)

	社会実装	外的リスク
CO2からの プラスチック 原料製造 (TRL 5)	日本はラボレベルでの技術開発段階、海外ではスタートアップが一部商用化 2024年から大規模実証を予定 2028年以降に量産化	生態系、安全、規制面でクリティカルなリスクはない
CO2から合成した アルコールによる 化学品製造 (TRL 4)		
廃プラスチックの ケミカルリサイクル (TRL 4) ¹	国内で実証プロジェクトを複数実施、海外勢はスタートアップへの投資も盛ん	
アンモニア 燃料ナフサ 分解炉 (TRL 4)	海外に対して先行 再エネの豊富な欧米は電化にて対応	

1. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 9

Source: IEA; GI基金「CO2等を用いたプラスチック原料製造技術開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画; BCG分析



海外勢はスタートアップによる商用化も進む

化学品関連：既存PJ評価サマリ (1/2)

社会実装状況

日本

CO2からの
プラスチック
原料製造
(TRL 5)

- ラボレベルでの技術開発段階
- 2024年から大規模実証を予定
 - 2028年以降に量産化

海外

- スタートアップによる商用化段階
- Newlight Technologies (米国)



CO2から
合成したアル
コールによる
化学品製造
(TRL 5)

- ラボレベルでの技術開発段階
- 2024年から大規模実証を予定
 - 2028年以降に量産化

ラボレベルでの技術開発段階



Note: BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年) 以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: Derwent World Patents Index (DWPI); BCG Center for Growth & Innovation Analytics; GI基金 「CO2等を用いたプラスチック原料製造技術開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画



海外では早期に実証プロジェクトが組成

化学品関連：既存PJ評価サマリ (2/2)

社会実装状況

日本

廃プラスチックのケミカルリサイクル
(TRL 4)¹

ガス化、熱分解、触媒等の基盤技術を開発した上で、2028年以降に大規模実証を計画

海外

石油メジャーや大手化学メーカーによる**技術開発投資/スタートアップ投資が活発**

- Shell：2025年までに年間100万tの廃プラを利用
- Dow：廃プラの分解スタートアップとオフテイク契約を締結



アンモニア燃料ナフサ分解炉
(TRL 4)

2026年から実験炉の運転を開始予定

再エネの豊富な欧米では、電化による脱炭素化を推進しており、アンモニア燃料を使用したナフサ分解炉の実証は進んでいない



1. IEA, ETP Clean Energy Technology GuideによるとTRL 9 Note:BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標,Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年) 以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析,丸の大きさは特許件数

Source: Derwent World Patents Index (DWPI); BCG Center for Growth & Innovation Analytics; GI基金「CO2等を用いたプラスチック原料製造技術開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画



バイオものづくり: PJ評価 (1/2)

国情との適合性

微生物改変
プラットフォーム
(TRL 5)

CO2を原料に
物質生産できる
微生物等の
開発・改良
(TRL 3~5)

CO2を原料に
物質生産できる
微生物等の
製造技術
(TRL 3~5)

資源に乏しく食料自給率も低い日本にとって、化学品やタンパク質等の供給源を確保できることは経済・食料の安全保障に資する

- 燃料燃焼時に排出される二酸化炭素および大気中に賦存する二酸化炭素を吸収・固定
- 「新しい資本主義」グランドデザイン(閣議決定)においても、大胆かつ重点的な投資を行うことを表明

インパクト

CO2削減 (国内)

1.3億t-CO2/年(2050年)

- 国内外あわせたCO2削減インパクトは42億t-CO2
 - 2050年に既存製品の50%が本プロジェクトの成果を活用した製品に代替と仮定
 - 分野ごとに(推定消費量)×(製品代替率=50%)×(単位当たり削減量)で算出
- 我が国のCO2排出量は全世界の3%と仮定
 - 国内のCO2排出量 11.5億t-CO2 (2020)
 - 世界のCO2排出量 335億t-CO2 (ただしエネルギー起源CO2のみ)

経済波及効果 (世界)

122.8兆円(2050年)

- 2050年に世界の既存製品の50%が本プロジェクトの成果を活用した製品に代替と仮定
- 分野ごとに(推定消費量)×(製品代替率=50%)×(製品単価)で経済波及効果を算出



バイオものづくり: PJ評価 (2/2)

	技術力	社会実装	外的リスク
微生物改変プラットフォーム (TRL 5)	個別技術(シーケンサ等)は米国・中国が圧倒的にリード	限定的ながら米国・中国のサプライヤーが市場を形成	生物多様性や安全性、それらに関する規制等にクリティカルなリスクなし
CO2を原料に物質生産できる微生物等の開発・改良 (TRL 3~5)	近年は中国・米国がリードするが、発酵由来酵母の利活用や食品関連では日本もリード - WIPOへの微生物寄託数は中国・米国が圧倒的に多い - 日本は近年の研究・開発は低調だが、食品分野では技術力を持つ	国内外とも市場は未成熟で、特に食品や燃料等の受け入れ余地は大きい - 国内では2024年頃から大規模実証 - 海外では一部スタートアップでの商用化も行われている	ゲノム編集した食品・飼料等の安全性確保が必要 - 食品衛生法・食品安全基本法、カルタヘナ法等による評価・承認が必要 - LCA評価手法の確立が急務
CO2を原料に物質生産できる微生物等の製造技術 (TRL 3~5)			

Note: TRLは研究開発・社会実装計画(案)による

Source: GI基金研究開発・社会実装計画(案)、令和3年度商取引・サービス環境の適正化に係る事業・生物化学産業に係る国内外動向調査(経産省)、BCG分析

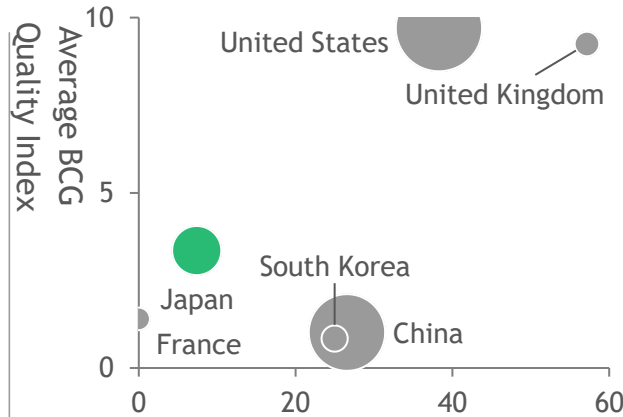
微生物改変プラットフォームは米中がリード、微生物の開発・製造では一部で日本もリード

バイオものづくり：PJ評価詳細

技術力評価

社会実装状況

微生物改変
プラットフォーム
(TRL 5)



米中がほぼ寡占、
日本では導入を請け
負う機器メーカーが
強い

- 三洋電機
- 日立

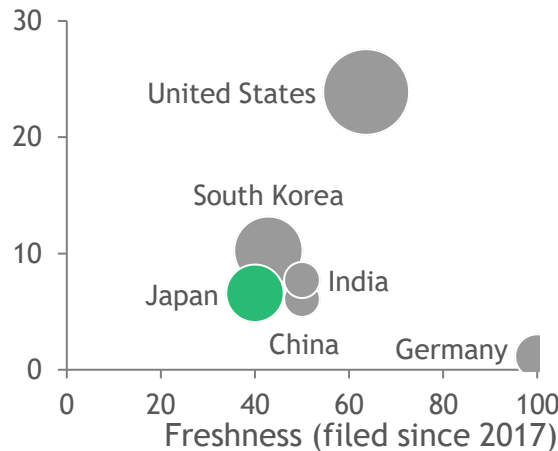
日本

米国製品を導入し、
オペレーショナルな改善が
多い

海外

米国・中国のサプライヤーが
限定的ながら市場を形成、
コンソーシアムを構築

CO₂を原料に
物質生産できる
微生物等の
開発・改良
(TRL 3~5)



米国が強いが、
日中韓も酵母関連
でリード

- 日本触媒

一部ベンチャーにより商品化
されているものもあるが、
市場は限定的

- 実証のスケール拡大は
2024年から (研究開発
項目3)

一部ベンチャーにより商品化
されているものもあるが、
市場は限定的

Note: BCG Quality Index=引用回数 (前方引用・後方引用) と請求項の数から算定した特許価値の指標, Freshness=分析対象の特許全体に対する特定の年 (今回は2017年)

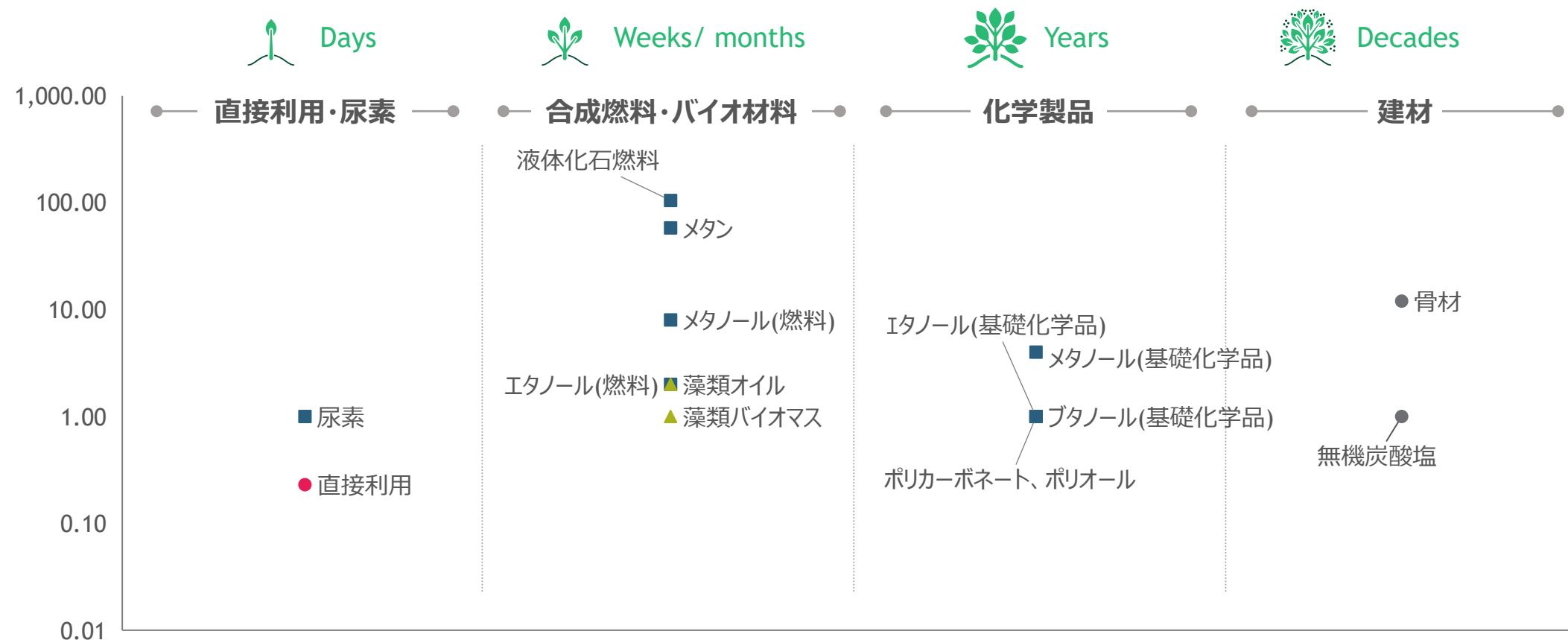
以降に出願された特許の割合過去20年の関連特許を分析, 丸の大きさは特許件数

Source: Derwent World Patents Index (DWPI); BCG Center for Growth & Innovation Analytics;

カーボンリサイクル技術の中では、建材や化学製品が比較的長期の固定化が可能

CCUS: カーボンリサイクル技術別のCO2固定化期間（例示）

Abatement potential¹ (Mtpa)



● 鉱化作用 ■ 化学合成 ▲ 藻類合成 ● 直接利用

Period CO2 is kept out of the atmosphere

1. Data based on case study in Spain. Prioritization is based on abatement potential (CO2 consumption) and maturity of technology with thresholds set at 10

Mtpa CO2 and TRL > 4 respectively

Source: 各種公開情報を基にしたBCG分析

(参考) カーボンリサイクル 特許分析検索条件 (1/2)

技術開発要素

検索条件

コンクリート・セメント製造	CO ₂ 回収型セメント製造プロセス	TAB=(((cement* OR concrete*) NEAR5 (production* OR produce OR produces OR produced OR process* OR plant* OR manufactur* OR generat* OR synthes*)) AND (((CO2* OR carbon OR carbon ADJ dioxide OR carbon ADJ di ADJ oxide OR carbondioxide) NEAR3 (absorb* OR captur* OR sequestrat* OR sequester* OR minerali* OR utiliz* OR utilis* OR storage OR separat* OR recover*)) OR ("CCUS" OR "CCU")))) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022);
	廃コンクリートを利用した炭酸塩製造	TAB=(((carbonate* OR carbonation OR "CO3" OR limestone OR "CaCO3" OR bicarbonate*) NEAR5 (production* OR produce OR produces OR produced OR process* OR plant* OR manufactur* OR generat* OR synthes*)) AND ((recycl* OR (re ADJ cycl*) OR reuse OR reusing OR reusable OR reused OR re-use OR re-using OR re-usable OR re-used OR upcycle OR upcycling OR upcycled OR up-cycling OR up-cycled OR waste OR wastage OR unwanted OR unutili* OR dispos* OR trash* OR rubbish OR aggregate* OR sludge*) NEAR3 (cement* OR concrete*)) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022);
カーボンリサイクル燃料の製造	Fischer-Tropsch反応による燃料製造	TAB=(((FischerTropsch OR (Fischer ADJ Tropsch) OR (direct ADJ ft) OR "Fischer-Tropsch" OR HTFT OR LTFT OR ("Franz Fischer" AND "Hans Tropsch") OR (FT ADJ synthesis)) AND ((fuel* OR jetfuel* OR kerosene* OR diesel* OR petrol* OR gasoline OR biodiesel* OR biofuel* OR biogasoline* OR "lpg" OR "lng" OR Liquefied ADJ natural ADJ gas OR Liquefied ADJ hydrogen OR liquid ADJ hydrogen OR "LH2" OR gas ADJ to ADJ liquid* OR coal ADJ to ADJ liquid*) NEAR3 (production* OR produce OR produces OR produced OR producing OR process* OR prepar* OR manufactur* OR generat* OR synthes* OR reform* OR formation* OR convert* OR conversion*)) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022);
	アルコールを原料とするジェット燃料製造	(TAB=("Alcohol-to-jet" OR (alcohol ADJ2 jet) OR (ethanol ADJ2 jet) OR (methanol ADJ2 jet) OR ((ATJ OR alcohol* OR ethanol* OR methanol* OR butanol* OR isobutanol*) NEAR5 ((jet OR jets OR aviation* OR aircraft* OR air craft* OR airplane* OR air plane* OR airline* OR airport* OR aerospace OR aeronautic* OR air carrier* OR air vehicle* OR air based vehicle* OR helicopter* OR air ship OR air ships OR airship OR airships) NEAR5 (fuel* OR biofuel* OR biodiesel*)) OR ((sustainable ADJ aviation ADJ fuel* OR sustainable ADJ alternative ADJ jet ADJ fuel* OR aviation ADJ biofuel* OR aviation ADJ bio ADJ fuel* OR bio ADJ jet ADJ fuel* OR bio ADJ aviation ADJ fuel* OR Renewable ADJ hydrocarbon ADJ biofuel* OR Renewable ADJ hydrocarbon ADJ bio ADJ fuel* OR drop ADJ in ADJ biofuel* OR drop ADJ in ADJ bio ADJ fuel*) AND (alcohol* OR ethanol* OR methanol* OR butanol* OR isobutanol*)) OR (AIC = ("Y02E 50/10" OR "Y02E 50/30") AND TAB = ((ATJ OR alcohol* OR *ethanol* OR *methanol* OR butanol* OR isobutanol*) AND ((jet OR jets OR aviation* OR aircraft* OR (air ADJ craft*) OR airplane* OR (air ADJ plane*) OR aeroplane* OR (aero ADJ plane*) OR airline* OR (air ADJ line*) OR airport* OR aerospace OR aeronautic* OR (air ADJ carrier*) OR (air ADJ vehicle*) OR (air ADJ based ADJ vehicle*) OR helicopter* OR (air ADJ ship*) OR airship*)))) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022);
	微細藻類を利用したジェット燃料製造	(TAB=((((Microalgae OR microalgal OR algae OR algal OR (micro ADJ alg*) OR microphyte* OR (micro ADJ phyte*)) NEAR5 (fuel* OR biofuel* OR biodiesel*)) OR ((Microalgae OR microalgal OR algae OR algal OR microphyte* OR (micro ADJ phyte*)) NEAR2 (oil OR oils OR lipid*))) AND ((air ADJ jet*) OR aviation* OR aircraft* OR (air ADJ craft*) OR airplane* OR (air ADJ plane*) OR aeroplane* OR (aero ADJ plane*) OR airline* OR (air ADJ line*) OR airport* OR aerospace OR aeronautic* OR (air ADJ carrier*) OR (air ADJ vehicle*) OR (air ADJ based ADJ vehicle*) OR helicopter* OR (air ADJ ship*) OR airship*)) OR ((Microalgae OR microalgal OR algae OR algal OR (micro ADJ alg*) OR microphyte* OR (micro ADJ phyte*)))) SAME ((jet OR jets OR biojet* OR aviation* OR aircraft* OR (air ADJ craft*) OR airplane* OR (air ADJ plane*) OR aeroplane* OR (aero ADJ plane*) OR airline* OR (air ADJ line*) OR airport* OR aerospace OR aeronautic* OR (air ADJ carrier*) OR (air ADJ vehicle*) OR (air ADJ based ADJ vehicle*) OR helicopter* OR (air ADJ ship*) OR airship*) NEAR5 (fuel* OR biofuel* OR biodiesel*)) OR (((sustainable ADJ aviation ADJ fuel*) OR (sustainable ADJ alternative ADJ jet ADJ fuel*) OR (aviation ADJ biofuel*) OR (aviation ADJ bio ADJ fuel*) OR (bio ADJ jet ADJ fuel*) OR (bio ADJ aviation ADJ fuel*) OR (Renewable ADJ hydrocarbon ADJ biofuel*) OR (Renewable ADJ hydrocarbon ADJ bio ADJ fuel*) OR (drop ADJ in ADJ biofuel*) OR (drop ADJ in ADJ bio ADJ fuel*)) AND (Microalgae OR microalgal OR algae OR algal OR (micro ADJ alg*) OR microphyte* OR (micro ADJ phyte*)))) OR ((AIC = ("Y02E 50/10" OR "Y02E 50/30") AND TAB = (((Microalgae OR microalgal OR algae OR algal OR (micro ADJ alg*) OR microphyte* OR (micro ADJ phyte*)) NEAR5 (oil OR oils OR lipid*)) AND ((jet OR jets OR aviation* OR aircraft* OR (air ADJ craft*) OR airplane* OR (air ADJ plane*) OR aeroplane* OR (aero ADJ plane*) OR airline* OR (air ADJ line*) OR airport* OR aerospace OR aeronautic* OR (air ADJ carrier*) OR (air ADJ vehicle*) OR (air ADJ based ADJ vehicle*) OR helicopter* OR (air ADJ ship*) OR airship*)))) OR (AIC = ("C12N 1/12" OR "C12N 1/125" OR "C12M 21/02") AND TAB = ((oil OR oils OR lipid*) AND (jet OR jets OR aviation* OR aircraft* OR (air ADJ craft*) OR airplane* OR (air ADJ plane*) OR aeroplane* OR (aero ADJ plane*) OR airline* OR (air ADJ line*) OR airport* OR aerospace OR aeronautic* OR (air ADJ carrier*) OR (air ADJ vehicle*) OR (air ADJ based ADJ vehicle*) OR helicopter* OR (air ADJ ship*) OR airship*)))) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022);
	メタネーションによる燃料製造	TAB=(((coelectroly* OR (co ADJ electroly*)) AND (hydrocarbon* OR hydro ADJ carbon*)) OR ((electrolysis OR electrolytic*) NEAR5 ("CO2" OR carbon ADJ di ADJ oxide OR carbondioxide OR carbon ADJ dioxide) NEAR2 ("H2O" OR water)))) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022);



(参考) カーボンリサイクル 特許分析検索条件 (2/2)

技術開発要素

検索条件

バイオモノ づくり	微生物改変 プラットフォーム	TIE=(((("DBTL" OR develop* OR test* OR build* OR learn* OR analyz* OR analysis OR design OR designs OR designing OR designed OR produce OR producing OR production OR produced OR manufactur* OR generat*) NEAR2 (platform* OR technolog* OR database*)) OR (computer ADJ based OR computer ADJ implemented OR computeri* OR storage ADJ unit* OR memory ADJ unit* OR knowledgebase* OR knowledge ADJ base* OR expert ADJ system* OR expert ADJ knowledge* OR expertbase OR expert ADJ base OR recording ADJ medium* OR AI ADJ based OR artificial ADJ intelligen* OR machine ADJ learn* OR deep ADJ learn* OR predictive ADJ learn* OR predictive ADJ algorithm* OR predictive ADJ analytic* OR ((data OR information*) NEAR2 (storage OR storing))) OR ((genome OR gene OR genes OR genetic OR genomic* OR "DNA" OR deoxyribonucleic ADJ acid*) NEAR2 (sequencing)) OR ((automat* OR autonomous* OR robot* OR computer ADJ based OR computer ADJ implemented OR computeri*) NEAR3 (laborator* OR "lab" OR "labs")))) AND TAB=(((genetic* ADJ2 (modif* OR engineer*) OR (beneficial* OR engineered)) NEAR2 (microorganism* OR micro ADJ organism* OR microb* OR bacteri* OR fungus OR fungi OR fungal OR unicellular OR single ADJ cell* OR eukaryot* OR prokaryot* OR yeast* OR archaea* OR protozoa* OR algae OR algal OR amoeba* OR virus* OR ((Multicellular* OR multi ADJ cellular*) ADJ2 (Parasite* OR organism*)))) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022); TIE=(((metabolite* OR microorganism* OR micro ADJ organism* OR microbe* OR microbial* OR microbiolog* OR bacteri* OR fungus OR fungi OR fungal OR unicellular OR single ADJ cell* OR eukaryot* OR prokaryot* OR yeast* OR archaea* OR protozoa* OR algae OR algal OR amoeba* OR ((Multicellular* OR multi ADJ cellular*) ADJ2 (Parasite* OR organism*)))) NEAR2 (database* OR storage ADJ unit* OR memory ADJ unit* OR knowledgebase* OR knowledge ADJ base* OR expert ADJ system* OR expert ADJ knowledge* OR expertbase OR expert ADJ base OR recording ADJ medium* OR ((data OR information*) NEAR2 (storage OR storing)))) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022); TIE=(((genome OR gene OR genes OR genetic OR genomic* OR "DNA" OR deoxyribonucleic ADJ acid*) NEAR2 (sequencing)) NEAR3 (microorganism* OR micro ADJ organism* OR microbe* OR microbial* OR microbiolog* OR bacteri* OR fungus OR fungi OR fungal OR unicellular OR single ADJ cell* OR eukaryot* OR prokaryot* OR yeast* OR archaea* OR protozoa* OR algae OR algal OR amoeba* OR virus* OR ((Multicellular* OR multi ADJ cellular*) ADJ2 (Parasite* OR organism*)))) OR (DNA ADJ sequencer*)) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022); TIE=((automat* OR autonomous* OR robot* OR computer ADJ based OR computer ADJ implemented OR computeri*) NEAR5 (((genome OR gene OR genes OR genetic OR genomic* OR "DNA" OR deoxyribonucleic ADJ acid*) NEAR2 (sequenc*)) OR ((microorganism* OR micro ADJ organism* OR microbe* OR microbial* OR microbio* OR bacteri* OR fungus OR fungi OR fungal OR unicellular OR single ADJ cell* OR eukaryot* OR prokaryot* OR yeast* OR archaea* OR protozoa* OR algae OR algal OR amoeba* OR ((Multicellular* OR multi ADJ cellular*) ADJ2 (Parasite* OR organism*)))) NEAR3 (develop* OR test* OR build* OR learn* OR analyz* OR analysis OR design OR designs OR designing OR designed OR produce OR producing OR production OR produced OR manufactur* OR generat*)))) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022); TIE=((platform* OR technolog* OR database* OR computer ADJ based OR computer ADJ implemented OR computeri* OR storage ADJ unit* OR memory ADJ unit* OR knowledgebase* OR knowledge ADJ base* OR expert ADJ system* OR expert ADJ knowledge* OR expertbase OR expert ADJ base OR recording ADJ medium* OR AI ADJ based OR artificial ADJ intelligen* OR machine ADJ learn* OR deep ADJ learn* OR predictive ADJ learn* OR predictive ADJ algorithm* OR predictive ADJ analytic* OR ((data OR information*) NEAR2 (storage OR storing)))) AND TAB=((microorganism* OR micro ADJ organism* OR microb* OR bacteri* OR fungus OR fungi OR fungal OR unicellular OR single ADJ cell* OR eukaryot* OR prokaryot* OR yeast* OR archaea* OR protozoa* OR algae OR algal OR amoeba* OR virus* OR ((Multicellular* OR multi ADJ cellular*) ADJ2 (Parasite* OR organism*)))) AND AIC=(C12N001500) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022);
	CO2を原料に物質生産 できる微生物等の開発・改良	TAB=((((bio ADJ plastic OR bioplastic OR bio ADJ plastics OR bioplastics OR (((biomass OR bio) ADJ2 (based OR sourced OR derived)) NEAR3 (plastic OR plastics)) OR ((substit* OR replac* OR alternat* OR replac* OR proxy OR proxies) NEAR5 (plastic OR plastics))) OR (fiber* OR fibre*) OR (fuel OR fuels OR biofuel* OR biodiesel* OR bio ADJ diesel* OR bioethanol OR biomethanol) OR (food* OR meal* OR ((livestock OR cattle* OR stockbreed* OR herd OR ranch* OR animal* OR breed* OR husbandry) NEAR5 (feed OR feeds OR feeding OR nourish* OR eat* OR nutrition* OR fodder OR forage OR supplement*)) OR chemical* OR substance* OR material*)) NEAR3 (produce OR produces OR producing OR production OR produced OR generat* OR synthes* OR manufactur* OR ferment*)) NEAR5 ("CO2" OR carbon ADJ dioxide OR carbon ADJ di ADJ oxide)) SAME (microorganism* OR micro ADJ organism* OR microb* OR bacteri* OR fungus OR fungi OR fungal OR unicellular OR single ADJ cell* OR eukaryot* OR prokaryot* OR yeast* OR archaea* OR protozoa* OR algae OR algal OR amoeba* OR virus* OR ((Multicellular* OR multi ADJ cellular*) ADJ2 (Parasite* OR organism*)))) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022); TAB=(("CO2" OR carbon ADJ dioxide OR carbon ADJ di ADJ oxide)) AND AIC=(A23L0033195) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022); TAB=(("CO2" OR carbon ADJ dioxide OR carbon ADJ di ADJ oxide)) AND AIC=(A23L0029065) AND AY>=(2000) AND AY<=(2022);

産業全体を俯瞰した視点での、各技術/プロジェクトの位置付け・相互関連分析

プロジェクトの位置づけ・相互関連分析（イメージ）

xx: GI基金における予算規模(億円、2023.1時点)

xx: 日本の全CO2排出量に占める割合(2018)

xx: CO2削減効果 (億t、2050年、世界)

