

「温室効果ガスゼロ排出」に直結する
次世代技術はこれだ！

～世界の特許出願動向と注目技術領域解説～

2020年9月4日

< 目次 >

➤ 世界の CO2 排出低減技術特許出願動向

— 世界各国の CO2 削減関連技術に関わる特許国際出願数の年推移

➤ テーマ別注目技術

- ① 発電に伴う CO2 の排出削減
 - ② 送電ロスの低減/再生可能エネルギーの供給安定化
 - ③ 製造プロセスにおける CO2 の排出削減
 - ④ CO2 を排出しない/排出量の少ない輸送・移動機器
 - ⑤ 移動・輸送の効率化/規模の縮小により CO2 排出を削減
 - ⑥ CO2 を排出しない/排出量の少ない住宅・家電
 - ⑦ CO2 の回収と処理
-

2016 年 11 月に発効した、気候変動に対応する国際的な枠組み「パリ協定」は、世界平均気温の上昇を産業革命（18 世紀半ばから 19 世紀）前に比べて 2° C 未満に抑える（理想的には 1.5° C 未満）という温度目標と、気温の上昇の原因となる温室効果ガス（二酸化炭素（CO2）やメタン、亜酸化窒素等）の排出を今世紀後半に実質ゼロまで下げるという排出ゼロ目標を掲げています。

気温上昇を産業革命前の 1.5° C 以内に抑えるためには、2030 年には温室効果ガスの排出を 45 % 減らし、2050 年までには世界全体で排出を実質ゼロにする必要があると見積もられています。省エネルギーのみでは達成は難しく、エネルギー、製造、輸送システムなど領域で技術のブレークスルーが必要です。

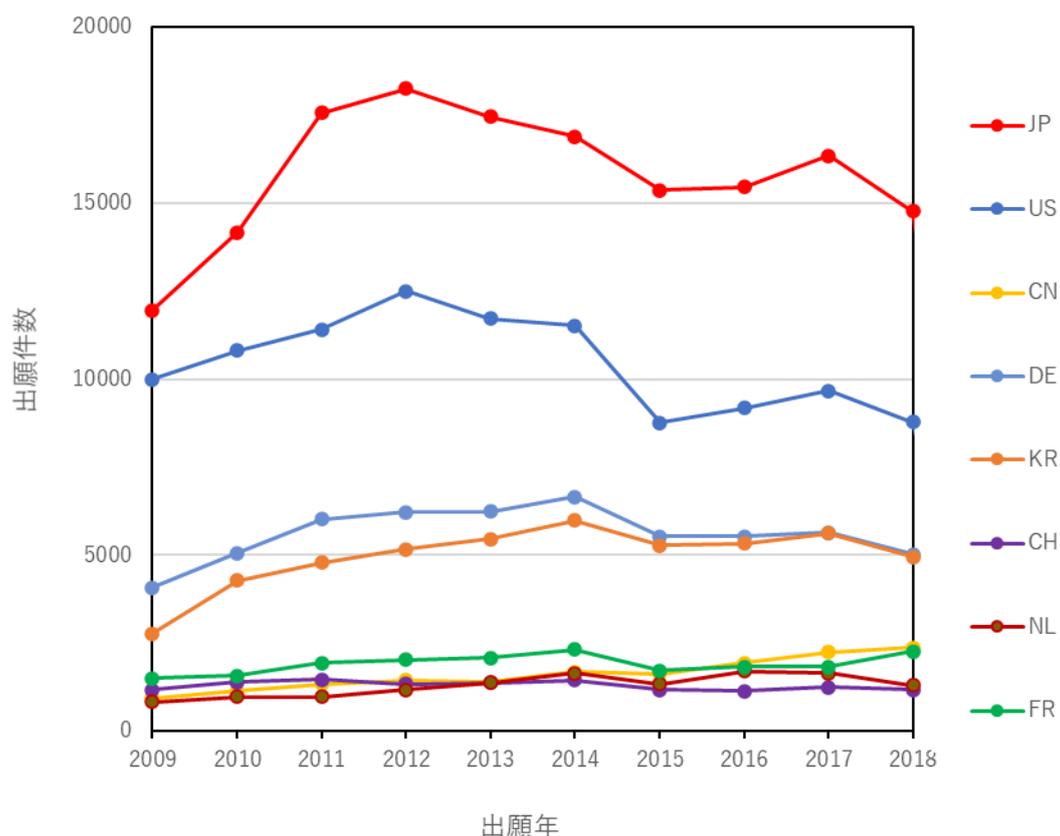
技術革新に向けた研究活動と投入される資金については 2020 年 9 月 1 日付の記事で紹介したところですが、研究活動は、未だ実現していないものを開発する活動です。一方で、実用化が視野に入っている技術の指標として、特許があります。本稿では、CO2 排出技術領域ごとに、近い将来に技術の進展をもたらさしめる特許について、解説します。

出願済み特許に見る各国の世界の CO2 排出低減技術動向

— 世界各国の CO2 削減関連技術に関わる特許出願数の年推移

CO2 排出削減技術全体の特許出願動向を、出願数上位の国について示しました。ここでは自国以外にも出願した特許だけを集計しています。日本からの出願数は 10 年間を通じてトップで、2 位の米国の 1.5 倍以上となっています。デンマーク、韓国からの出願数がこれに次いでいます。

国別特許出願数の年推移（2009-2018）



特許の“価値”はそれぞれ異なるので、出願数をもって技術力を評価することはできません。アスタミューゼは、ひとつひとつの特許について、後発出願特許の新規性、進歩性等に疑義を示す「被引用履歴」を用いた独自の特許評価方法を開発しました。ここでは、以下の 7 つの CO2 排出削減技術のテーマにおいて、更に細分化された 16 の技術領域ごとに高い評価を得た特許を紹介し

CO₂削減に繋がる次世代技術ロードマップ



7つのCO₂排出削減技術のテーマと16の技術領域

- ① 発電に伴うCO₂の排出削減
 - 1-1 太陽光発電・太陽電池
 - 1-2 風力発電
 - 1-3 バイオマス発電・バイオ燃料
 - 1-4 海洋エネルギー発電
 - 1-5 次世代火力発電等技術（水素燃料複合発電など）
 - 1-6 核融合発電
- ② 送電ロスの低減/再生可能エネルギーの供給安定化
 - 2-1 次世代送配電ネットワーク
 - 2-2 全固体/大容量二次電池
 - 2-3 超伝導送電
- ③ 製造プロセスにおけるCO₂の排出削減
 - 3-1 製鉄プロセスにおけるCO₂の排出削減（フェロコークス製鉄・水素還元製鉄等）
 - 3-2 CO₂再資源化/カーボンリサイクル
- ④ CO₂を排出しない/排出量の少ない輸送・移動機器
 - 4-1 水素燃料電池自動車
- ⑤ 移動・輸送の効率化/規模の縮小によりCO₂排出を削減
 - 5-1 無人物流（ゼロエネ倉庫・自動運転）
 - 5-2 MaaSの拡大・多様化
- ⑥ CO₂を排出しない/排出量の少ない住宅・家電

6-1 HEMS/BEMS (Home/Building Energy Management System)

6-2 家庭用水素燃料電池と水素ネットワーク

⑦ CO2 の回収と処理

7-1 CO2 分離回収

7-2 CO2 による人工光合成

領域別注目研究

① 発電に伴う CO2 の排出削減

1-1 太陽光発電・太陽電池

首位の特許の出願人 Semprius, Inc.は米国ノースカロライナに本拠を置くベンチャー企業（2005年に設立）。日本企業からは、三井E&Sホールディングスが出願人となっている太陽光発電パネル監視装置に関する特許が上位に評価されている。

順位	エッジスコア	出願番号	出願人	出願件数*	概要
1	115.6	US201414209481A	Semprius, Inc.	30	印刷可能な半導体要素からなる発光システム、集光システム、光センシングシステム、および光起電力システムを提供する。
			University of Illinois	24	
2	112.8	US201213615014A	NEWDOLL ENTERPRISE S LLC	7	交流送電線を保持する電柱やタワーなどに取り付け、発電電力をその送電線に流す太陽光発電システム
3	111.8	US201213427850A	Semtech Corp.	3	太陽光発電システムなどの可変電力エネルギー源から電力の回収を容易にする電力制御方法とシステム

*出願件数は当該技術領域における各社の出願数（以下同じ）

1-2 風力発電

首位の特許の出願人 Reden Solar は太陽光発電所の開発、建設、運用を行うフランスの事業者。日本からは、三菱重工、日立の関連特許が高いスコアを得ている。

順位	エッジスコア	出願番号	出願人	出願件数	概要
1	103.7	US53370109A	Reden Solar SAS	4	屋外照明、エネルギー、情報を管理するネットワークシステム。ワイヤレス自律太陽光発電/風力発電を備える。

2	101.3	US201113164 926A	ENVISION ENERGY DENMARK APS	205	ロータ支持型風力タービン設計を容易にするシャフト
3	98.0	US70066710A	D THREE ENTERPRIS ES LLC	5	屋根上にソーラーパネル、風力タービンなどを取り付けるインターロック支柱

1-3 バイオマス発電・バイオ燃料

再生可能エネルギーに関わる研究資金の投入が、特に米国で多い領域。2位と3位の評価を得た特許の出願人である Xyleco, Inc は米国マサチューセッツにあり、非食品バイオマスの研究開発を事業とする。

順位	エッジ スコア	出願番号	出願人	出願 件数	概要
1	97.6	US54697609A	Range Fuels, Inc.	7	セルロース系バイオマスに由来する合成ガスからエタノールを選択的に製造する方法
2	96.3	US41769909A	Xyleco, Inc.	240	セルロース,リグノセルロース,デンプン質材料などの原料を発酵させ、エタノールやブタノールを生成する
3	94.6	US41784009A	MASTERMAN THOMAS CRAIG	129	セルロース,リグノセルロース,デンプン質材料などの原料を発酵させ、エタノールやブタノールを生成する
			Xyleco, Inc.	240	

1-4 海洋エネルギー発電

上位には IBM、google の順に並び、4位にはボーイングの特許が位置する。3位の NEPTUNE WAVE POWER は米国テキサス州ダラスに本社を置き、浮きブイを介して波力を利用した発電を事業としている。

順位	エッジ スコア	出願番号	出願人	出願 件数	概要
1	94.8	US78908710A	International Business Machines Corp.	5	風力、太陽光、波による再生可能エネルギーのバランスが維持されるように、エネルギー生成、消費およびストレージを予測する方法
2	92.2	US43163909A	Alphabet, Inc.	2	波力発電機を備え、冷却水としても使用するコンピューターデータセンター
3	83.0	US60787809A	NEPTUNE WAVE POWER LLC	8	海洋波エネルギーを電力に変換する方法と装置

1-5 次世代火力発電等技術（水素燃料複合発電など）

グラントの分析では、発電機構そのものの改善よりも、CO2を回収してエネルギー源とする研究課題が多く見られたが、特許でも同様の傾向がある。

順位	エッジ スコア	出願番号	出願人	出願 件数	概要
1	114.5907	US201113100274A	Pioneer Energy Inc	4	炭素質燃料を二酸化炭素と水素ガスに富む高圧ガス混合物に改質する改質プロセス
2	111.9773	US49645609A	Pioneer Energy Inc	4	バイオマスをCO2と水素に改質するポータブル再生可能エネルギーシステム
3	109.9921	US201113185862A	EnSync, Inc.	5	燃料電池、太陽電池、風力発電など様々な発電源と負荷の間で電力を制御する簡略化された方法を提供する。

1-6 核融合発電

米国や英国で多額の資金を得た研究計画が存在する一方で、特許出願は少ない。高温高密度のプラズマ形成、閉じ込めに関わる特許が高いスコアを得ているが、発電に直接つながる技術はまだ見られない。

順位	エッジ スコア	出願番号	出願人	出願 件数	概要
1	91.9	US39901409A	TETRAHEE D LLC	1	イオンやプラズマ粒子などの荷電粒子を含む化学反応やプラズマ反応を促進し、核融合反応を引き起こしうるスパイラルコイル
2	82.0	US51126609A	University of California	43	プラズマを封じ込めて電界反転配置磁気トポロジーを形成する装置と方法
3	79.0	US61088409A	University of California	43	プラズマを封じ込めて電界反転配置磁気トポロジーを形成する装置と方法

② 送電ロスの低減/再生可能エネルギーの供給安定化

2-1 次世代送配電ネットワーク

グラントでは不安定な再生可能エネルギーを電力網に組み込む研究が、金額上位のグラントに多いのに対して、特許では電力・エネルギー需要の分析による効率化技術がスコア上位に多く見られる。

順位	エッジ スコア	出願番号	出願人	出願 件数	概要
----	------------	------	-----	----------	----

1	149.0	US46606509A	Massachusetts Institute of Technology	14	共鳴結合の放射遠距離場間の干渉を利用することにより、効率的なワイヤレスエネルギー伝達を実現する
2	143.7	US43764109A	Massachusetts Institute of Technology	14	共振器構造よりも大きい距離にわたって非放射的にエネルギーも伝達する無線エネルギー伝達機構
3	135.8	US55919209A	Moixa Energy Holdings Ltd.	4	エンドデバイスによる監視のうえで、適切な電圧での電力供給の分配および提供を行い、消費者のエネルギー使用行動の変化を図る

2-2 全固体/高容量二次電池

三菱ケミカルホールディングスが出願した特許が高い評価を得ている他、村田製作所、東芝など、日本の企業が出願した二次電池の改良に関わる特許が上位に多く見られる。

順位	エッジスコア	出願番号	出願人	出願件数	
1	115.3	US31981209A	Samsung Electronics Co., Ltd.	686	リチウム電池電極用ナノグラフェン強化複合粒子の製造プロセス
2	114.5	US9065506A	Mitsubishi Chemical Holdings Corp.	423	リチウム二次電池と非水系電解質を併用することで、リチウム二次電池と非水系電解質
3	109.9	US50582309A	Government of the United States of America	28	薄型フレキシブル二次電池及びその製造方法
			UNIVERSITY OF MARYLAND BALTIMORE	6	

2-3 超伝導送電

特許化された技術は少ない。8件の出願を行っている American Superconductor は米国マサチューセッツ州に拠点を置き、電力システムと超伝導線の設計と製造を専門としている。

順位	エッジスコア	出願番号	出願人	出願件数	概要
1	111.3	US201213648201A	Utah State University	1	超伝導材料を用いて漏れ地場を防ぐワイヤレス電力伝達磁気ケーブル
2	80.9	US201614996926A	Hypres, Inc.	1	時間の経過に伴う動作電圧の変動をそれぞれの超伝導回路要素に供給する低電力パイアスネットワーク

3	79.9	US201514688394A	American Supercond uctor Corp.	8	複数の冷却システムを用いて高温超電導ケーブルを冷却する技術
---	------	-----------------	--------------------------------	---	-------------------------------

③ 製造プロセスにおける CO2 の排出削減

3-1 製鉄プロセスにおける CO2 の排出削減（フェロコークス製鉄・水素還元製鉄等）

グラントでは金額上位の研究課題は英国のものが非常に多いが、特許においては日本企業が存在感を示している。神戸製鋼が高い評価を得ているほか、日本製鐵も上位の特許を出願している。

順位	エッジスコア	出願番号	出願人	出願件数	概要
1	100.6	US54480009A	Royal Dutch Shell Plc	2	鉄鉱石原料と還元性ガスを接触させて元素鉄を調製する工程において、CO2 と H2S を除去して H2 と CO からなるガスを得る
2	94.3	US201313955654A	Kobe Steel, Ltd.	80	コークス炉ガスおよび酸素製鋼炉ガスを使用して酸化鉄を金属鉄に還元する
3	91.9	US201314069493A	Kobe Steel, Ltd.	80	天然ガスを用いて酸化鉄を金属鉄に還元するシステム

3-2 CO2 再資源化/カーボンリサイクル

CO2 の油田での利用に係る技術が高く評価されている一方で、CO2 を改質して再利用する特許は少ないと言える。

順位	エッジスコア	出願番号	出願人	出願件数	概要
1	86.3	US86801510A	Pioneer Energy Inc	5	CO2 の豊富なドライバースガスを圧縮してオイルの回収を向上させる
2	83.2	US49645609A	Pioneer Energy Inc	5	バイオマス CO2 と水素に改質し、CO2 を石油回収のために地下に注入する
3	80.0	US91970209A	Exxon Mobil Corp.	19	ガス圧縮タービンを使用して低エミッション発電を提供し、入口圧縮機で空気を圧縮し、膨張器で高温の CO2 を含むガスを使用して発電する

④ CO2 を排出しない/排出量の少ない輸送・移動機器

4-1 水素燃料電池自動車

AeroVironment, Inc.は無人飛行機を中心とする防衛関係の事業を行う米国の企業である。日本企業ではソニーと本田技研工業の出願特許が比較的高い評価を得ている。

順位	エッジ スコア	出願番号	出願人	出願 件数	概要
1	119.4	US85482110A	AeroVironment, Inc.	16	水素燃料電池を含む電源から電気自動車に充電できる取り外し可能な充電システム
2	105.1	US2013140905 52A	Hyundai Motor Co., Ltd.	404	回転角センサが故障していると判定されたときに燃料電池自動車のモーターの速度を補償する方法
3	105.0	US37056109A	Afs Trinity Power Corp.	5	ウルトラキャパシタなどの高速エネルギー貯蔵デバイスと、燃料電池など長時間の安定した電力を貯蔵する装置の調整機構

⑤ 移動・輸送の効率化/規模の縮小により CO2 排出を削減

5-1 無人物流（ゼロエネ倉庫・自動運転）

グラントと同様に、自動運転に関わる技術が多く、倉庫に特化した特許はあまり見られない。ドローンを用いた空輸もこの領域に該当し、内燃機関の自動車による CO2 排出削減に貢献しうる。

順位	エッジ スコア	出願番号	出願人	出願 件数	概要
1	95.5	US2013138901 65A	Singularity Education Group	3	無人の空中配送車両と、制御および監視のための物流ネットワークとを有する配送システム
2	95.4	US2011132517 05A	Alphabet, Inc.	189	周囲の物体を検出してそれに反応する自動運転システムを実装する車両
3	90.7	US74969910A	Motors Liquidation Co. GUC Trust	56	車両内の全地球測位デバイスに基づいて軌道を監視し、道路上の車両を制御する自律車両管理方法

5-2MaaS の拡大・多様化

自動車交通に関係するサービスの特許がスコア上位に多い。グラントについては英国が民間企業による研究課題に多くの資金を投入していたが、特許にはそれを反映する傾向は見られない。

順位	エッジ スコア	出願番号	出願人	出願 件数	概要
1	103.21	US2013138330 754A	GLOBAL INTEGRATED	6	バーコード、QR コード、NFC、RFID、GPS、無線ネットワークと結合されたモバイルアプリを利用して

			TECHNOLOGI ES INC.		レンタル/カーシェア車両を管理する。
2	98.19	US60778209A	VERIZON PATENT AND LICENSING INC.	34	ユーザからタクシー車両の要求を受け取り、タクシー車両に要求を送信することができる移動式タクシー配車システム
3	96.73	US63237509A	AT&T, Inc.	25	識別された運転者に応じて車両の設定変更を許可する

⑥ CO2 を排出しない/排出量の少ない住宅・家電

6-1 HEMS/BEMS (Home/Building Energy Management System)

Allure Energy は、米国テキサス州に拠点を置くスマートグリッドテクノロジープロバイダーで、ここに示した2件の他にも高く評価される複数の特許を出願している。日本企業では本田技研工業とトヨタ自動車の出願特許が比較的高い評価を得ている。

順位	エッジ スコア	出願番号	出願人	出願 件数	概要
1	116.0	US81997710A	Johnson Controls International Plc	7	スマートエネルギーグリッドから受信した情報を処理して、統合制御層の複数の制御アルゴリズムに対する調整を決定する BEMS
2	114.1	US84005910A	ALLURE ENERGY INC.	10	ワイヤレスホームエネルギーネットワークを使用して複数の住宅サイトから受信したサイトレポートデータを格納するように構成されたデータベースを含む HEMS
3	104.9	US94820810A	ALLURE ENERGY INC.	10	住宅に配置されたネットワークデバイスと、ネットワークデバイスとの通信を確立することができる無線家庭エネルギーネットワークを含む HEMS

6-2 家庭用水素燃料電池と水素ネットワーク

燃料電池をネットワークに接続して活用する技術が特許スコア上位に多く見られる。Amazon の出願特許が、群を抜く高スコアを得ている。

順位	エッジ スコア	出願番号	出願人	出願 件数	概要
1	105.1	US2011133154 14A	Amazon.com, Inc.	3	燃料電池等の外部電源への接続を含むグリッドシフトコントローラを含む照明回路用の電力管理システム
2	87.8	US69689610A	BOARD OF REGENTS OF THE UNIVERSITY OF TEXAS	2	エネルギー貯蔵装置の充電状態、燃料電池を含むエネルギー源装置の状態、およびユーティ

					リテグリッドの状態に基づくエネルギー管理
3	87.1	US51569107A	MicroPower Technologies, Inc.	1	電源として燃料電池を用いることができる電池式ワイヤレスカメラシステム

⑦ CO₂の回収と処理

7-1 CO₂分離回収

研究課題としては回収したCO₂の貯留先を地中とするものが比較的多いが、特許ではCO₂を再利用するものが目立つ。Calera Corp.は2007年に設立された炭素隔離事業のベンチャー企業である。

順位	エッジスコア	出願番号	出願人	出願件数	概要
1	94.9	US47537809A	Calera Corp.	16	CO ₂ 含有ガス流を水と接触させてCO ₂ を溶解し、炭酸塩化合物を沈殿させて炭素含有骨材を提供する
2	92.9	US86801510A	Pioneer Energy Inc	3	CO ₂ の豊富なドライバーストリームを圧縮してオイルの回収を向上させる
3	90.3	US72154510A	Calera Corp.	16	大量の二酸化炭素と他の大気汚染物質を気体廃棄物ストリームから除去し、それらを貯蔵安定な形で隔離する

7-2 CO₂による人工光合成

太陽光によりCO₂を直接回収する技術には、高いスコアを得ている特許は少ない。二酸化炭素を用いた低エネルギー下の還元反応に関わる技術が上位に多く見られる。

順位	エッジスコア	出願番号	出願人	出願件数	概要
1	87.4	US50355709A	Calera Corp.	15	カソード電解液中に二酸化炭素ガスを溶解させ、プロトン除去して電気化学反応を進行させる
2	85.3	US32175209A	Exxon Mobil Corp.	80	二酸化炭素とメタンの混合ガスにおいてメタンからのCO ₂ を選択的に分離する
3	77.8	US201715805949A	LISO PLASTICS LLC	2	CO ₂ の濾過、分離および精製で使用するための多層吸着剤ポリマー膜

CO₂排出削減技術に関わる特許について、アスタミューゼ独自の特許評価をもとに紹介しました。この特許評価方法では、後発出願特許の審査に引用されたか否かが大きな要素となるのですが、新しい特許は引用される機会が相対的に小さいため、スコアが伸びにくい、という性質があります。それぞれ

の特許の現時点での評価には向いていますが、新しい技術が今後、重きを成すかどうかは測り難い部分があります。

こうした性質を念頭に置く必要がありますが、現時点での高スコア特許に、CO2 の排出量実質ゼロ、あるいはマイナスに直接つながる技術は見出し難いと考えます。当面の CO2 濃度をできるだけ低く抑えて、技術的なブレイクスルーまでの時間を稼ぐためには、本稿で挙げた技術は有用です。

CO2 の排出量は化石燃料と直結する要素が強く、これまでは化石燃料を効率的に使用する、いわゆる省エネ技術が中心に CO2 の排出削減が進められてきました。一方で経済活動をさらに活発化させつつ CO2 の排出を低減するという点においては限界を迎えていることも事実で、CO2 を根本的に削減するための化石燃料代替技術が必要です。その有力な手段として再生可能エネルギーの活用が挙げられます。一方で、再生可能エネルギーは太陽光や風力など、変動が大きな自然エネルギーを用いた技術が大半であり、これら再生可能エネルギーを社会の中心に据えるためには、この変動を安定化する方法が必要で、蓄電池や水素としてエネルギー貯蔵を行う蓄エネ技術が注目されています。中でも、水素エネルギーは様々なエネルギー源から製造でき、シンプルには水の電気分解から生成できるように、元素種として地球ではほぼ無尽蔵かつ均一に分布している点からも期待が大きく、日本を含め多くの先進国では、「水素エネルギー社会の形成」を目指した国家戦略が進められています。現状では製造コスト面および製造規模の面からも、まだまだ実用化に向けて取り組むべき課題の多い水素エネルギーですが、再生可能エネルギーなどの自然エネルギー由来電力による低コストな水素製造や、生成した水素の安全で安定的な貯蔵・輸送方法、さらにはそれを利用した燃料電池や水素タービンなどのエネルギー動力変換技術や、水素を活用したエネルギーサービスなど、水素社会を構築する上でのサプライチェーンを形成する基盤技術は着実に成長してきており、この水素エネルギーの領域が気候変動を解決する中心技術として注目されています。次回では、この“CO2 の排出量実質ゼロ”時代を迎えるための、重要なキーの一つになる「水素エネルギー社会の構築」に向けた技術について特集したいと思います。

(アスタミューゼ(株)テクノロジーインテリジェンス部 川口伸明、米谷真人、
*源 泰拓)

■ アスタミューゼについて

世界の新事業、新製品/サービス、新技術/研究の情報に併せて 80 か国の特許情報などを、独自に定義した 136 の”成長領域”と SDGs に対応した今後人類が解決すべき 105 の“社会課題”で分類・分析。2 億件を超える世界最大のイノベーションキャピタル（イノベーションの源泉となる資産）のデータベースを構築、活用し、未来創造、社会課題解決のための新規事業提案や M&A のコンサルティング、先端企業/技術、専門人材の紹介、SaaS での情報/人材提供事業を行う。

<https://www.astamuse.co.jp/>

【ご注意】本資料は、アスタミューゼ株式会社（以下「アスタミューゼ」）が、世界各国の特許庁・および企業情報プロバイダーより提供されるデータによって編集したものです。本資料は、投資活動を勧誘又は誘引するものではなく、有価証券の「買い」または「売り」のオファーとして使用されてはならず、税金、投資又はその他のいかなる助言も提供するものではありません。本資料の情報は、一般的な信頼性があるものとされる情報源から得られた情報ですが、アスタミューゼもその情報提供者ならびに本資料を読者に提供する如何なる当事者も、本資料の正確性又は完全性について保証するものではなく、また、情報提供中のエラー・欠損又は通信の中断・遅延及び本資料の使用から生じる一切の結果について、なんらの表明や保証を行うものでもありません。