



CCU (CO₂有効利用) 技術の特許分析からみえる 今後の展望

—脱炭素への貢献に向けた注目技術と企業—

2021/9

三井物産戦略研究所
技術・イノベーション情報部 知的財産室
石黒 隆介

Summary

- 2050年カーボンニュートラルの実現に向けてCCU (Carbon dioxide Capture and Utilization : CO₂有効利用) が注目されている。2007~2010年頃から各国で研究開発が活発化し始め、2015年以降、中国を中心に特許数が増加している。
- CCUの技術領域別では、人工光合成、コンクリートやセメントへの利用、植物の光合成促進などの特許数増加率が高く、そのなかでも特にナノ構造体や植物工場向け技術が注目されつつある。
- CCUに関連する技術については、多くのプレイヤーが研究・開発を進めているため、社会実装に向けて関係企業の協業が活発化することが考えられる。

1. 特許情報の重要性

経済のグローバル化により、多くの企業で、自国以外で製造や研究開発の機能を持つことの重要性が高まっている。また、産業構造や技術の複雑化に伴い、最新技術を利用した製品やサービスを1社のみで開発・構築することは困難となっている。各企業や研究機関の研究開発動向や知財戦略の表れである特許情報は、各社の注力技術領域や将来的な狙いを読み取ることができるツールとして期待され、様々な技術領域において利用可能な重要情報のひとつと言える。

世界の多くの国・地域が2050年までのカーボンニュートラルを宣言し、各企業の取り組みにも注目が集まるなか、本稿では、CO₂削減に貢献する重要技術のひとつであるCCUにおいて、各企業や研究機関の特許出願状況などの情報から研究開発動向を明らかにするとともに、注目度の高い技術や今後の展望について考える。

2. CCU関連技術の特許動向

2-1. CCU関連技術の概要

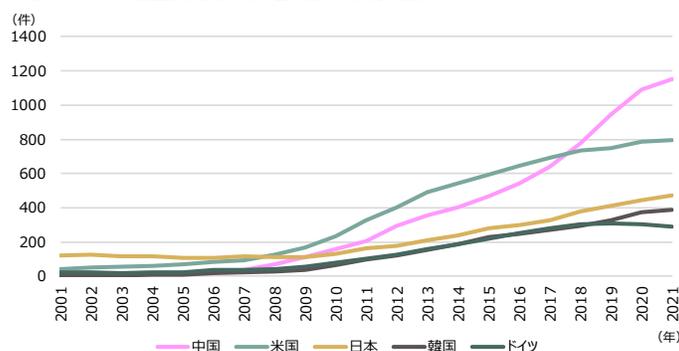
CCUは、一般的に油層内に炭酸ガス等を注入して原油回収率を高める石油増進回収 (EOR : Enhanced Oil Recovery) 、工業 (溶接や飲料向けなど) や農業 (施設園芸向けなど) での①物理的利用と、CO₂を他の物質と合成し化学品を生成する②化学的利用に大別される。本稿では、「平成29年度 特許出願技術動向調査

報告書「CO₂固定化・有効利用技術」（特許庁）から世界のCCU関連技術の特許（2021年7月時点）を抽出し、そのトレンドを分析した。

2-2. CCU関連技術の特許動向（国・地域、技術別）

図表1はCCU関連技術の国・地域別特許数の推移を示している。各国で2007～2010年頃から増加し始め、特に中国では2015年以降に急増し、2018年には米国を抜いてトップとなっている。

図表1 CCU関連技術の国・地域別特許数推移



出所：PatentSightのデータから三井物産戦略研究所作成

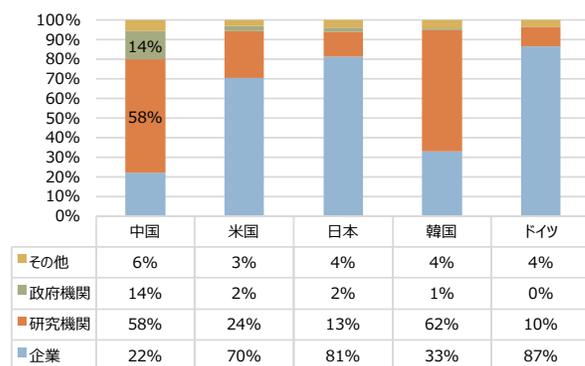
図表2は、各国・地域における出願人国籍別の特許数を示している。近年、特許数増加が目立つ中国において、その多くを占める中国籍出願人は政府機関や研究機関が中心であり（図表3）、外国への出願は現状では限定的となっている。

図表2 各国・地域の出願人国籍別の特許数

		出願人国籍				
		中国	米国	日本	韓国	ドイツ
国・地域	中国	841	130	30	15	60
	米国	29	418	79	46	53
	日本	8	94	299	9	19
	韓国	12	64	13	266	11
	ドイツ	4	71	23	13	97
	カナダ	9	130	6	2	14
	イギリス	6	66	13	12	45
	欧州	6	83	18	3	42
	フランス	4	44	7	5	28
	オーストラリア	6	74	10	3	32

出所：PatentSightのデータから三井物産戦略研究所作成

図表3 出願人国籍別の出願人種類の割合

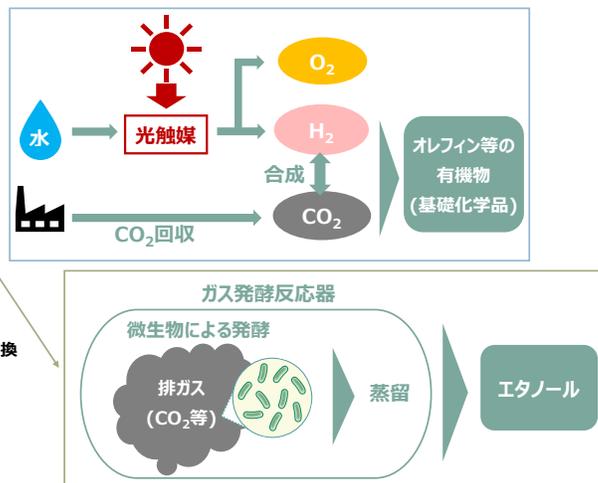
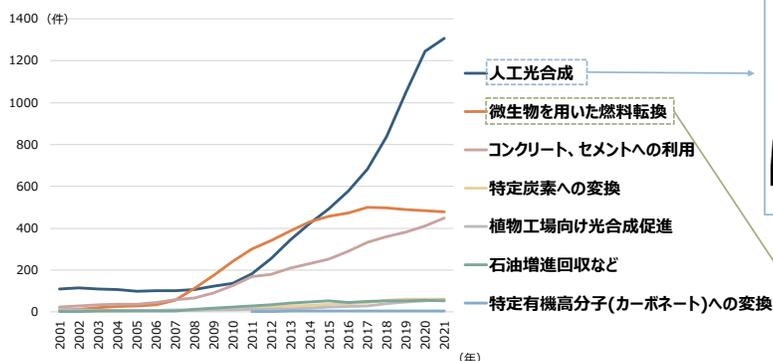


出所：PatentSightのデータから三井物産戦略研究所作成

図表4はCCUに関連する全ての技術の特許数推移を技術別に示し、図表5は各国・地域における技術別の特許数（上段）と特許数増加率（下段）を示している。技術別の特許数では、太陽エネルギーを利用して水を分解し、それをCO₂と合成させて化学品を生成する「人工光合成（図表4イメージ画像参照）」、「微生物

を利用した燃料転換（図表4イメージ画像参照）」、CO₂を加えて合成する炭酸カルシウムを用いた「コンクリート・セメントへの利用」などの化学的利用が目立っており、今後、これらの開発競争が激しくなることが予想される。すでに実用化が進んでいる物理的利用に関連する特許数は化学的利用に比べて少ないが、その中で園芸施設や植物工場向け光合成促進は、世界各国・地域における特許数増加率が高く（図表5）、開発が活発化していることがわかる。

図表4 世界のCCU関連の技術別特許数推移



出所：グラフ/PatentSightのデータから三井物産戦略研究所作成、イメージ画像/三井物産戦略研究所作成

図表5 CCU関連の国・地域別 技術別 特許数(2021年7月時点)、特許数増加率(対2016年比)

		国・地域									
		中国	米国	日本	韓国	ドイツ	カナダ	英国	欧州	オーストラリア	フランス
特許数 (2021年7月時点)	人工光合成	671	404	313	154	173	100	109	116	86	84
	微生物を用いた燃料転換	194	228	66	110	68	74	65	53	47	54
	コンクリート、セメントへの利用	208	116	78	106	37	57	36	40	34	29
	植物工場向け光合成促進	30	15	11	10	5	8	2	2	5	3
	地中への貯留、地中への有効利用(石油増進回収など)	26	22	2	2	5	17	6	5	5	4
	特定炭素への変換	28	20	9	9	7	2	9	5	4	5
	特定有機高分子(カーボネート)への変換	5	2	0	2	0	0	0	0	0	0
特許数増加率 (対2016年比)	人工光合成	196%	62%	98%	100%	47%	9%	25%	-2%	43%	-10%
	微生物を用いた燃料転換	18%	-10%	14%	26%	-18%	-20%	-17%	-46%	-30%	-24%
	コンクリート、セメントへの利用	96%	12%	22%	47%	-16%	0%	-20%	25%	-8%	-33%
	植物工場向け光合成促進	275%	200%	-8%	150%	150%	167%	0%	100%	150%	50%
	地中への貯留、地中への有効利用(石油増進回収など)	44%	-15%	-33%	0%	0%	-15%	20%	-29%	-29%	0%
	特定炭素への変換	22%	11%	0%	13%	17%	-60%	0%	-58%	-43%	-17%
	特定有機高分子(カーボネート)への変換	0%	0%	---	0%	---	---	---	---	---	---

出所：PatentSightのデータから三井物産戦略研究所作成

3. 特許分析によるCCUの注目技術や注目企業

3-1. 技術分類コードを活用した技術発展状況の把握

全ての特許にはIPCと呼ばれる世界共通の特許分類が付与されている。階層型に細分化された技術分類ごとのコードで、大区分から小区分に至るまで、特許数、特許数増加率などの状況を確認することができる。各企業や研究機関の技術課題への取り組みや技術発展の状況を詳細に把握するのに有効なツールである。

3-2. 特許品質スコアを活用した注目企業と注目特許の特定

近年の特許分析ツールの高機能化により、特許数に加え、特許品質スコアを活用した品質の比較なども可能となった。特許品質スコアの算出には、他社の注目度を反映する被引用数（後から出願された特許の新規性審査で参照された回数）が多く用いられるが、品質（注目度）比較に有効な方法となっている。

次節以降では、2章で述べたCCU関連技術の中から、近年、特許数の増加が目立つ人工光合成、コンクリート・セメントへの利用、それらに比べて特許数は少ないものの増加率が高い植物工場向け光合成促進に関して、IPCを用いた技術発展状況、および特許品質スコアを用いた注目すべき企業や特許をみていく。

3-3. 人工光合成の技術動向、注目出願人と注目特許

人工光合成関連の技術分類別特許数と増加率（対2016年比）を示した図表6では、触媒と電気分解の分野で各社の取り組みが盛んで、2016年以降も堅調に特許数が伸びていることが見て取れる。両分野をそれぞれ細分化した階層（小区分）で見ると、2016年以降に公開となった特許において、まず触媒（図表6赤枠部分）の小区分では、多孔性がある金属酸化物などを利用した技術の出願が多い。電気分解（図表6青枠部分）の小区分では、特に有機化合物の電解製造技術に関連した出願、次いで電極に関する出願が多いことがわかる。また、2016年比で特許数増加が著しいナノ構造体（図表6オレンジ破線部分）の特許は、主にナノ構造化した触媒材料を用いて変換物質の接触面積を増やすことで変換効率を向上させる技術に関するもので、今後の注目技術の一つであることを示している。

図表6 人工光合成関連の技術分類別特許数と増加率（対2016年比）

分類	処理操作		化学													冶金		電気		
	触媒	ナノ構造体	非金属元素	アンモニア	金属化合物	水、廃水等の処理	有機化学	炭素環式化合物	複素環式化合物	炭化水素混合物製造	水素含有ガス製造	一酸化炭素、含有ガス精製	一酸化炭素、含有ガス精製	燃料、天然ガスなど	発酵、酵素を使用した発酵物の合成方法	金属質への被覆	電気分解	電気分解による被覆方法	半導体	電池
特許数	123	728	46	252	20	24	31	47	708	24	119	20	25	110	37	21	722	41	27	85
増加率(対2016年比)	78%	151%	254%	73%	33%	167%	107%	7%	92%	60%	38%	0%	39%	49%	118%	163%	156%	95%	42%	67%

触媒(小区分)										電気分解(小区分)						
特許数 (注1)	33	41	50	331	96	48	68	15	190	167	285	514	236	355	40	143

注1：2016年以降に公開の特許のみ

注2：マグネシウム、アルミニウム、炭素などの酸化物、水酸化物に分類されない金属

出所：PatentSightのデータから三井物産戦略研究所作成

近年多くの企業が取り組んでいる技術、人工光合成関連の触媒と電気分解については、図表7が示す特許価値スコアの高い企業・研究機関と、図表8が示す両分野で特許品質スコアが高い権利人が共通していることから、今後、これらの企業・研究機関の存在感が強まることが予想される。その中でも、2015年設立の

ベンチャー企業で両分野の上位に位置する（米）Twelveは、全6件と少ないながらも品質スコアの高い特許を保有、2019年以降に6800万ドルの資金調達も行き、注目企業の一つとなっている。（米）3Mが2015年に出願したEP3191621は、CO₂から化学品を合成する際の重要な要素技術であるCO₂電解装置用イオン交換膜に関する特許で、後にDioxide Materials、シーメンス、Twelve、トロント大学、東芝など、両分野における上位企業が出願した特許に引用されていることから、特に重要度が高いといえる。

また、ナノ構造体関連では、（中）中国科学院が保有数11件でトップに位置しているが、（日）本田技研工業も、CO₂から合成燃料などに変換する際の電気化学セル使用時に電極触媒材料として利用する技術など、品質スコアの高い同関連特許を3件保有しており、今後重要なプレーヤーとなる可能性がある。

図表7 人工光合成関連の技術分類別の上位出願人（特許価値合計順）

触媒				電気分解			
権利人	特許数	特許品質スコア(平均)	特許価値スコア合計	権利人	特許数	特許品質スコア(平均)	特許価値スコア合計
(中)中国科学院	56	1.13	63.23	(独)シーメンス・エナジー	17	4.61	78.35
(米)Dioxide Materials	7	6.28	43.96	(日)東芝	45	1.71	76.92
(中)大連化学物理研究所	21	1.72	36.16	(独)シーメンス	23	2.39	54.88
(米)Twelve (旧 Opus 12)	2	12.42	24.85	(米)Dioxide Materials	10	4.70	47.04
(米)3M	1	23.85	23.85	(中)中国科学院	52	0.77	39.89
(ス)Gaznat SA	1	19.12	19.12	(米)Twelve (旧 Opus 12)	3	9.10	27.31
(米)ダウケミカル	2	9.55	19.10	(加)トロント大学	7	3.69	25.86
(日)東芝	10	1.63	16.30	(米)3M	1	23.85	23.85
(米)エクソンモービル	5	2.87	14.37	(独)Sunfire	2	11.55	23.10
(日)日立造船	9	1.58	14.18	(ス)Gaznat SA	1	19.12	19.12

出所：PatentSightのデータから三井物産戦略研究所作成

図表8 人工光合成関連の触媒、電気分解における注目特許(注)

特許番号 (代表特許)	出願年	特許品質 スコア	触媒	電気 分解	タイトル	権利人	ステータス	保護国
EP3191621.A1	2015	23.9	Y	Y	Ionic polymer membrane for a carbon dioxide electrolyzer	(米)3M	権利化済	米、中、日など 7の国・地域
EP3280512.A1	2015	20.3		Y	Production process and production system for producing methane / gaseous and/or liquid hydrocarbons	(独)Sunfire	権利化済	米、中、欧など 5の国・地域
EP3752460.A1	2018	19.1	Y	Y	Fe-n-c catalyst, method of preparation and uses thereof	(ス)Gaznat SA	出願中	米、中、欧
EP3166912.A1	2015	16.5	Y		Conversion of carbon monoxide, carbon dioxide, or a combination thereof over hybrid catalyst	(米)ダウケミカル	権利化済	米、中など 11の国・地域
EP3607111.A1	2017	15.7		Y	Two-membrane construction for electrochemically reducing co2	(独)シーメンス・エナジー	出願中	米、中、欧など 5の国・地域
EP3209816.A1	2015	14.4	Y	Y	Electrolyzer and membranes	(米)Dioxide Materials	権利化済	米、日など 9の国・地域
US2017037522.A1	2016	14.3	Y	Y	Method And System For Electrochemical Production Of Formic Acid From Carbon Dioxide	(米)Dioxide Materials	権利化済	米
EP3743371.A1	2019	13.4	Y	Y	System and method for carbon dioxide reactor control	(米)Twelve (旧 Opus 12)	出願中	米、中、日など 7の国・地域
US2019071374.A1	2016	12.7	Y		Method for preparing aromatic hydrocarbon with carbon dioxide hydrogenation	(中)中国科学院 (中)大連化学物理研究所	権利化済	米、中、加
EP3460104.A1	2017	12.0		Y	Carbon dioxide electrolytic device and method of electrolyzing carbon dioxide	(日)東芝	権利化済	米、日、欧
EP3622100.A1	2017	11.6		Y	Membrane-coupled cathode for the reduction of carbon dioxide in acid-based electrolytes without mobile cations	(独)シーメンス	出願中	米、中、欧、豪
US2016107154.A1	2015	11.5	Y	Y	Ion-Conducting Membranes	(米)Dioxide Materials	権利化済	米
EP3453064.A1	2017	11.5	Y	Y	Reactor with advanced architecture for the electrochemical reaction of co2, co, and other chemical compounds	(米)Twelve (旧 Opus 12) (米)カリフォルニア大学	権利化済	米、中、日など 13の国・地域

注：2016年以降に公開の特許のみ

出所：PatentSightのデータから三井物産戦略研究所作成

3-4. コンクリート・セメントへの利用と植物工場向け光合成促進

コンクリート・セメントへの利用を技術分類別に見ると、石灰、スラグ、セメントの組成物に関連する特許数が多く、現在も増加傾向にある。その中で、上位権利人の（米）Solidia Technologiesが品質スコアの高い特許を多く保有し、存在感を示している（図表9）。

図表9 コンクリート、セメントへの利用関連の技術分類別上位出願人(特許価値合計順)
石灰、スラグ、セメントなどの組成物

権利人	特許数	特許品質 スコア(平均)	特許価値 スコア合計
(米)Solidia Technologies	16	5.50	88.05
(独)HeidelbergCement	8	4.01	32.09
(加)CarbonCure Technologies	3	4.06	12.19
(仏)Imerys	1	11.14	11.14
(香)Nano and Advanced Materials Inst.	1	9.56	9.56
(米)LanzaTech	1	8.60	8.60
(中)東南大学	7	1.20	8.38
(中)天津水泥工業設計研究院	9	0.92	8.24
(米)Geopolymer Solutions	1	5.89	5.89
(加)CarbiCrete	2	2.79	5.58

出所：PatentSightのデータから三井物産戦略研究所作成

人工光合成関連と比べて特許数は少ないが、2016年比で増加率の高さが際立つ植物工場向け光合成促進では（図表5）、自動車部品メーカーでありながらハウス栽培用CO₂貯留・供給装置を中心とした農業事業も手掛ける（日）フタバ産業が、保有数3件でトップとなっている。また、（伊）Carbonsinkが2016年に出願したEP3349563は（図表10）、大気中から捕捉したCO₂と農業排水や河川から出た汚染水を施設内の水生植物に与えて水浄化とCO₂削減を実現するという特許で、品質スコアも高く要注目である。この特許は、再生可能エネルギーの利用や施設内で成長した水生植物を原料にしたバイオ燃料、肥料、飼料の製造など、別のニーズや技術も想定している。大規模なプラントでの物質変換などが志向されがちなCCUにおいて、都市だけでなく発展途上地域でもコンパクトに実現できる新しいCCUビジネスとしても注目されるだろう。

図表10 植物層への固定関連の注目特許(注)

特許番号 (代表特許)	出願年	特許品質 スコア	タイトル	権利人	ステータス	保護国
EP3280253.A1	2016	9.9	Hydroponics	(米)Eden Green Technology	権利化済	米、中、日など 11の国・地域
EP3349563.A1	2016	7.4	Devices, systems and methods for enhanced biomass growth in greenhouses	(伊)Carbonsink	権利化済	米、中、日など 9の国・地域

注：2016年以降に公開の特許のみ

出所：PatentSightのデータから三井物産戦略研究所作成

4. 特許分析からみる今後の展望

今回の特許分析から、2050年までのカーボンニュートラル実現への貢献が期待されるCCUにおいて、電機メーカーや自動車メーカーから化学メーカーに至るまで、多くの企業が人工光合成の研究を進めていることが明らかとなり、社会実装に向けて関係企業の協業が活発化することが考えられる。また、植物工場向け光合成促進技術の開発が活発化し、さらに、当該技術においては複数のニーズや技術を取り込んだ研究開発が進展していることが示され、新しいCCUビジネスの兆しが見出された。産業構造や技術が複雑化するなか、特許情報を活用することで、今回対象としたCCU以外にも、各社が注力する技術領域や将来的な方向性を先読みし、効果的な企業連携が可能になろう。

当レポートに掲載されているあらゆる内容は無断転載・複製を禁じます。当レポートは信頼できると思われる情報ソースから入手した情報・データに基づき作成していますが、当社はその正確性、完全性、信頼性等を保証するものではありません。当レポートは執筆者の見解に基づき作成されたものであり、当社及び三井物産グループの統一的な見解を示すものではありません。また、当レポートのご利用により、直接的あるいは間接的な不利益・損害が発生したとしても、当社及び三井物産グループは一切責任を負いません。レポートに掲載された内容は予告なしに変更することがあります。