



中国、韓国におけるカーボンニュートラル関連の 研究開発政策動向

**R&D Policy Trends on Carbon Neutrality in China and Korea** 

2023年3月



2021年4月に発足した国立研究開発法人科学技術振興機構 (JST)のアジア・太平洋総合研究センター (Asia and Pacific Research Center; APRC) は、調査研究、情報発信、交流推進を3本の柱として、アジア・太平洋地域における科学技術分野の連携・協力を拡大・深化し、我が国のイノベーション創出の基盤構築に貢献することを目指します。

本報告書は、アジア・太平洋地域における科学技術イノベーション政策、研究開発動向、および関連する経済・社会状況について調査・分析を行う調査研究の一環としてまとめたものとなります。政策立案者、関連研究者、およびアジア・太平洋地域との連携にご関心の高い方々等へ広くご活用いただきたく、APRCホームページおよびポータルサイトにおいて公表しておりますので、詳細は下記ホームページをご覧ください。

(APRC ホームページ) https://www.jst.go.jp/aprc/index.html



https://spap.jst.go.jp/investigation/report.html





# エグゼクティブ・サマリー

第1章では調査の背景と目的を示す。多くの人口を抱え、経済成長のスピードが速いアジア・太平洋地域は、世界最大のエネルギー消費者であると同時に、温室効果ガスの世界最大の排出者でもある。中でも、世界経済において存在感を示す製造業を多数抱える日本・中国・韓国の3カ国は、2020年時点で世界全体の $CO_2$  排出量の約 20% を占めている。本報告書は、化石エネルギー主体の経済・社会構造からカーボンニュートラル型の構造への社会システム全体の変革 (グリーントランスフォーメーション: GX) に向け、中国・韓国の動向を把握し、わが国の「革新的 GX 技術を生み出すエコシステムの形成」に貢献するため、国立研究開発法人科学技術振興機構 アジア・太平洋総合研究センターが調査したものである。

第2章では、中国の政策や研究開発に関する状況を整理した。中国はエネルギー資源に比較的恵まれてい るものの、経済の急成長に伴い、環境汚染といった課題が顕在化している。そのため中国は、2006年以降、 電気自動車といった新エネルギー自動車や新素材を重点分野としてイノベーションによるエネルギー革新を 行うことにより環境問題に取組んでいる。2021年3月には科学技術政策ともいえる「経済発展」「イノベー ション」「民生・福祉」「生態環境」「安全保障」の5つの分野における主要目標を含む第14次5カ年計画1 を、同年 10 月には「新発展コンセプトの完全かつ正確な実施とカーボンピークアウトおよびカーボンニュー トラルに関する中国共産党中央委員会および国務院の意見書」を発出し、これに合わせて各地方政府も第14 次5カ年計画に準じた政策を発出している。中国における研究開発に対する公的な資金提供は、中央政府や 省庁等による資金提供のみならず、地方政府(省や市等)も相当額を負担しており、先の第13次5カ年計画 の期間中(2016~2020年)に科学技術部は約760億元(約1兆4,896億円2)で3,500件以上の研究開発プロジェ クトを支援していた。また、ボトムアップ型の国家自然科学基金 (NSFC) は、研究全体の 7、8 割を支援して いる。また、2022年3月には、「"ダブルカーボン"目標下におけるエネルギー転換と産業構造改革に向けた 変革技術の化学と化学基盤」のテーマで公募を発表するなど、カーボンニュートラルに向けた研究開発に余 念がない。また、同年3月に中国科学院はカーボンニュートラル戦略行動計画を公表し、産学連携を更に加 速させるとしている。ちなみに、中国科学院物理研究所は傘下に科学技術系企業を 11 社保有している。その うち中科 HiNA 科技有限責任公司 (HiNa Battery) は、世界で初めて開発した 1MWh のナトリウムイオン電 池を用いた蓄電システムに関する研究を実施している。また、京衛藍新エネルギー科学技術株式会社(北京 卫蓝新能源科技有限公司)や浙江ナトリウム革新エネルギー有限公司(浙江钠创新能源有限公司)は、大学や 研究機関の成果を基にした企業であり、研究者が主要な人員や株主として在籍している。そして、2022年10 月16日に開幕した中国共産党第20回全国代表大会では、習近平国家主席が15ある目標の中において5番目に" 科学教育興国戦略を実施し、人材による現代化建設へのサポートを強化する"とし、10 番目に"グリーン発 展を推し進め、人と自然の調和的共生を促す"と述べる等、今後も科学教育や人材育成に対する投資やグリー ンイノベーションに対する戦略等に励むということが明確になっている。

第3章では、韓国の政策や研究開発に関する状況を整理した。韓国は資源が少ない国であることに加えて、国内の市場規模が限られているため、政府はグローバル志向のもと科学技術・イノベーションに基づく経済成長を重視する傾向が強い。2008年8月に温室効果ガスと環境汚染を削減する持続可能な成長を目指した「低炭素・グリーン成長」を国家戦略として打ち出し、2020年にはパリ協定を受けて策定された「2050年に向け

<sup>1</sup> 正確には、「中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要」である。

 $<sup>^2</sup>$  中国 1 元 =19.6 円 , https://www.customs.go.jp/tetsuzuki/kawase/kawase2022/kouji-rate20221204-20221210.pdf

たカーボンニュートラル戦略 (2020 年)」およびその関連方策と、国の研究開発方針を示した「第 4 次科学技術基本計画 (2018 ~ 2022 年)」のそれぞれの概要・重点課題・重点技術について概観した。公的な資金提供では、韓国研究財団 (NRF) が主に大学・研究機関向けのファンディングを行っており、NRF の総予算は 2022 年実績で8.4兆ウォン (約8.820 億円 $^3$ )、カーボンニュートラルに関連するプロジェクトに対しては約 2.0兆ウォン (約2,100 億円) を配分している。水素・エネルギー等のみならず、気候変動対策への支援が重点的に実施されている。また、2012 年より設立の構想があった韓国エネルギー技術研究所 (KENTECH) が、2022 年 3 月に創設された。エネルギーに特化した大学であり、産学連携クラスターを構築し、市場での雇用創出に貢献するといった目標を掲げており、今以上に韓国はエネルギー産業に大きく舵をとっていくと窺える。

第4章・第5章では、中国および韓国における再生可能エネルギー・交通輸送・水素利用・カーボンリサイクル、食料・農林水産、半導体・情報通信といった産業を出口とする技術分野に注目して、水素・バイオ・半導体をキーワードとした論文・特許の調査を実施した。その結果を表 A・B・C に示す。

	·			
国名	日本	中国	韓国	
論文数 (年平均伸び率)	2,163(2%)	16,297(17%)	2,198(13%)	
国際共同研究 (%)	44.8	24.7	38.5	
企業共同研究 (%)	3.8	1.4	3.2	
論文主要トピックス	光触媒 <sup>4</sup> 、水素化学·貯蔵、 触媒	光触媒 <sup>4</sup> 、電気化学、水素 化学・貯蔵	光触媒 <sup>4</sup> 、触媒、電気化学	
論文算出主要機関	京都大学、東京大学、 産業技術総合研究所	中国科学院、中国科学院大学、西安交通大学	延世大学、高麗大学、韓国 科学技術研究所	
特許出願件数	179	5,224	772	
特許出願主要機関	トヨタ自動車株式会社、パ ナソニック IP マネジメン ト株式会社	浙江大学、中国石油化工、 中国華能集団クリーンエネ ルギー技術研究院有限公司	現代自動車、起亜自動車、 大宇造船海洋	

表 A 水素 (2016年-2021年)

表Β	バイオ(	(2016年	-2021年)

国名	日本	中国	韓国
論文数 (年平均伸び率)	2,941(4%)	27,819(19%)	2,993(11%)
国際共同研究 (%)	63.2	38.0	51.2
企業共同研究 (%)	3.2	1.2	2.2
論文主要トピックス	紙・木質材料科学、バイオ 工学、エネルギー・燃料	土壌科学、エネルギー・燃 料、紙・木質材料科学	エネルギー・燃料、紙・木 質材料科学、バイオ工学
論文算出主要機関	京都大学、東京大学、北海道大学	中国科学院、中国科学院大学、浙江大学	高麗大学、ソウル大学、漢 陽大学
特許出願件数	395	29,345	2,094
特許出願主要機関	_	江南大学、浙江大学、天津 大学	高麗大学、韓国生命工学研究院、SNUR&DBFoundation

 $<sup>^3</sup>$  韓国 1 ウォン =0.105 円 , https://www.customs.go.jp/tetsuzuki/kawase/kawase2022/kouji-rate20221204-20221210.pdf

<sup>4</sup> 表 A の光触媒には、水処理・大気浄化、水の光分解光触媒、光硬化触媒など多様な意味を含む。

国名	日本	中国	韓国	
論文数 (年平均伸び率)	1,631(3%)	5,738(19%)	1,683(9%)	
国際共同研究 (%)	31.4	27.3	32.3	
企業共同研究 (%)	11.2	1.6	9.4	
論文主要トピックス	シリコン・システム、半導 体物理学、光・エレクトロ ニクス・工学光触媒	二次原材料、光触媒、シリコン・システム	シリコン・システム、光触 媒、二次原材料	
論文算出主要機関	物質·材料研究機構、東京 大学、産業技術総合研究所	中国科学院、中国科学院大学、清華大学	成均館大学、ソウル大学、 高麗大学	
特許出願件数	2,277	86,339	38,047	
特許出願主要機関	東京エレクトロン株式会 社、株式会社半導体エネル ギー研究所、東芝	台湾積体電路製造、サムソ ン電子、長江メモリ	サムソン電子、サムソン ディスプレイ、東京エレク トロン株式会社	

表 C 半導体 (2016年-2021年)

第4章の文献調査では、いずれの分野において中国は中国科学院による成果が多く、他には双一流(世界一流大学・一流学科構築)大学が名を連ねていた。韓国は国家科学研究会や研究中心大学に属する機関による論文が多かった。いずれの分野でも、中国は国際共同研究および企業共同研究の割合が低く、自国内で研究が完結しているものが多いと推察される。一方で、韓国は国際共同研究と企業共同研究の比率がいずれも中国より高いことが確認された。

第5章の特許出願調査では、水素における出願人上位ランキング世界15機関をみると、韓国の現代自動車や起亜自動車、日本のトヨタ自動車株式会社による出願が多い。バイオにおいては、アメリカのパイオニア社に続き、中国の江南大学・浙江大学・天津大学が続いており、上位15機関のうち10機関が中国である(大学:9、企業:1)。半導体においては、台湾の台湾積体電路製造(TSMC)、韓国のサムスン電子、サムスンディスプレイに続き、日本の東京エレクトロン株式会社、アメリカのインテルやIBMなど、企業による出願が多い。中国からの出願が多いものの、大学からの出願と企業からの出願が分野によって顕著に異なることが確認された。

おわりにでは、今後の課題として本調査で注目した3つの技術分野(水素・バイオ・半導体)について、世界・中国・韓国における文献調査・特許調査の結果から判ることを整理した。まず、4章に示す論文被引用上位の研究者に注目して、リーダー的な研究者が何に注目しているのか、当該研究者が現在取り組んでいる研究テーマを整理した。次に、5章に示す出願上位の国際特許分類 IPC に注目して、出願上位企業を組み合わせることで、技術開発分野を整理した。

わが国では、2050年カーボンニュートラルに向けて、令和2年度の補正予算において2兆円の「グリーンイノベーション基金」が創設された。産業政策である「グリーン成長戦略」における重点分野のうち、特に政策効果が大きく、社会実装までを見据えて長期間の取組みが必要な領域に対して、企業等を対象とした長期間の研究開発・実証支援がスタートしている。一方、産業界のボトルネック課題の解決のためには、基礎研究によるコア技術の飛躍的な性能向上やゲームチェンジングテクノロジーにつながるアイデアの創出、そして原理究明・メカニズム解明を目指した科学的なアプローチが、アカデミアに求められているのではないか。

本調査研究の結果が、中国・韓国におけるカーボンニュートラル関連の政策動向・研究開発動向および有力企業の事業戦略を読み解く一助となれば幸いである。世界的に共通認識となりつつあるカーボンニュートラルに向けて、健全な技術開発競争が盛んになり、それらを支える科学に基づいた技術革新が、社会のイノベーションに繋がることを願って止まない。

以上

# **Executive Summary**

Chapter 1 gives an overview of the background and objectives of this research. The Asia-Pacific region, which has a large population and rapid economic growth, is not only the world's largest energy consumer but also the largest emitter of greenhouse gases. Among the countries in this region, Japan, China, and South Korea, which have many manufacturing businesses and a strong presence in the world economy, accounted for approximately 20% of the world's CO<sub>2</sub> emissions as of 2020. This report has focused on understanding the societal trend in China and South Korea from an economy and social structure dominated by fossil fuels towards a carbon-neutral structure (Green Transformation: GX) and aims to contribute to the formation of an ecosystem that generates innovative GX technologies in our country, Japan, by the Asia and Pacific Research Center (APRC) of the Japan Science and Technology Agency (JST).

Chapter 2 summarizes the background of policy and research and development in China. China is relatively rich in energy resources. However, its rapid economic growth has been accompanied by issues such as serious environmental pollution. China has been tackling these environmental issues through energy innovation by focusing on priority areas such as new energy vehicles (NEVs), including electric vehicles, and new materials since 2006. In March 2021, China issued its 14th Five-Year Plan, which includes major goals in the five areas of "economic development", "innovation", "people's livelihood and welfare", "ecological environment", and "security", which can also be referred to as a science and technology policy. In October of the same year, the "Working Guidance For Carbon Dioxide Peaking And Carbon Neutrality In Full And Faithful Implementation Of The New Development Philosophy<sup>5</sup>" were issued, and in line with this, local governments also issued policies in accordance with the 14th Five-Year Plan.

Public funding for research and development in China is not only provided by the central government and ministries and agencies, but also by local governments (provinces, municipalities, etc.), which contribute substantial amounts to support development projects. During the 13th Five-Year Plan (2016-2020), the Ministry of Science and Technology supported more than 3,500 R&D projects with an approximate cost of 76 billion yuan (about 1.4896 trillion yen). Additionally, the National Natural Science Foundation of China (NSFC), which operates in a bottom-up type, supports 70-80% of all research undertaken in China. In March 2022, the NSFC announced a public call for applications under the theme of "Chemistry and Chemical Infrastructure of Transformative Technologies for Energy Transformation and Industrial Restructuring under the Dual Carbon Goal", demonstrating their commitment to research and development towards carbon neutrality.

In the same month, the Chinese Academy of Sciences also published a carbon neutrality strategic action plan to further accelerate industry-academia collaboration. Incidentally, the Institute of Physics, Chinese Academy of Sciences owns 11 science and technology companies. Among these companies, HiNa Battery

 $<sup>^{5}\</sup> http://english.www.gov.cn/policies/latestreleases/202110/25/content\_WS61760047c6d0df57f98e3c21.html$ 

Technology Co., Ltd (中科海钠科技有限责任公司) is carrying out research on energy storage systems using the world's first 1MWh sodium-ion battery. Beijing WeLion New Energy Technology Co., Ltd. (北京卫蓝新能源科技有限公司) and Natrium Energy (浙江钠创新能源有限公司) are companies based on the results of universities and research institutions, with researchers as key personnel and shareholders.

At the 20th National Congress of the Communist Party of China, which opened on October 16, 2022, President Xi Jinping stated that the fifth of his 15 objectives were to "develop the country through science and education and strengthen support for human resources involved in the modernization process," while the tenth objective was to "promote green development and encourage the harmonious coexistence of people and nature". China will continue to invest in science education and human resources development, as well as in green innovation strategies.

Chapter 3 summarizes the background of policy and research and development in South Korea. South Korea is resource poor and has a limited domestic market, the government tends to emphasize economic growth based on science, technology and innovation under a global-oriented policy. In August 2008, the government issued a national strategy for "Low Carbon, Green Growth" aimed at sustainable growth which helps reduce greenhouse gas emission and environmental pollution. The overview, key issues, and key technologies of the "2050 Carbon Neutral Strategy of the Republic of Korea (2020)" as response to the Paris Agreement in 2020, and "4th Science and Technology Basic Plan (2018-2022)" in the government's research and development policy, are respectively outlined in this chapter.

In terms of public funding, the National Research Foundation of Korea (NRF) provides the majority of funding for universities and research institutions. The total budget of the NRF is 8.4 trillion KRW (approximately 88.2 billion JPY) for 2022, with approximately 2.0 trillion KRW (approximately JPY 210 billion) of this allocated for projects related to carbon neutrality. The government has focused not only on hydrogen and energy related projects but also on support for climate change countermeasures.

Further, the Korea Institute of Energy Technology (KENTECH), which had been in the planning stages since 2012, was established in March 2022. KENTECH is a university that specializes in energy and aims to build a collaboration cluster between industry and academia to contribute to job creation in the market. South Korea might further focus on the energy industry in the future.

Chapters 4 and 5 summarize papers and patents with hydrogen, biotechnology, and semiconductors as keywords, focusing on the technological fields in China and South Korea with industries such as renewable energy, transport, hydrogen utilization, carbon recycling, food, agriculture, forestry and fisheries, semiconductors, and information communications. The results are shown in Tables A, B, and C.

#### Table A Hydrogen (2016-2021)

National	Japan	China	South Korea	
Number of papers (average annual growth rate)	2,163(2%)	16,297(17%)	2,198(13%)	
International joint research (%)	44.8	24.7	38.5	
Joint research with companies (%)	3.8	1.4	3.2	
Main topics	Photocatalysts <sup>6</sup> , Hydrogen chemistry and storage, Catalysts	Photocatalysts <sup>6</sup> , Electrochemistry, Hydrogen chemistry and storage	Photocatalysis <sup>6</sup> , Catalysis, Electrochemistry	
Main affiliations  Kyoto University, The University of Tokyo. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology		Chinese Academy of Sciences, University of Chinese Academy of Sciences, Xi'an Jiaotong University	Yonsei University, Korea University, Korea Institute of Science and Technology	
number of patent applications	179	5,224	772	
Main patent depositories	TOYOTA MOTOR CORP, PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO LTD	Zhejiang University, China Petroleum & Chemical Corporation, Huaneng Clean Energy Research Institute	HYUNDAI MOTOR CO LTD, KIA CORP, DAEWOO SHIPBUILDING & MARINE ENGINEERING CO LTD	

#### Table B Biotechnology (2016-2021)

National	Japan	China	South Korea		
Number of papers (average annual growth rate)	2,941(4%)	27,819(19%)	2,993(11%)		
International joint research (%)	63.2	38.0	51.2		
Joint research with companies (%)	3.2	1.2	2.2		
Main topics	Paper and Wood Materials Science, Bioengineering, Energy and Fuels	Soil Science, Energy and Fuels, Paper and Wood Materials Science	Energy and Fuels, Paper and Wood Materials Science, Bioengineering		
Kyoto University, The University of Tokyo, Hokkaido University		Chinese Academy of Sciences, University of Chinese Academy of Sciences, Zhejiang University	Korea University, Seoul National University, Hanyang University		
number of patent applications	395	29,345	2,094		
Main patent depositories	_	Jiangnan University, Zhejiang University, Tianjin University	Korea University, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology, SNU R & DB Foundation		

#### Table C Semiconductor (2016-2021)

National	Japan	China	South Korea	
Number of papers (average annual growth rate)			1,683(9%)	
International joint research (%)	31.4	27.3	32.3	
Joint research with companies (%)	11.2	1.6	9.4	
Main topics	Silicon Systems, Semiconductor Physics, Optical Electronics & Engineering		Silicon Systems, Photocatalysts, 2D Materials	
Main affiliations  National Institute for Materials Science, The University of Tokyo, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology		Chinese Academy of Sciences, University of Chinese Academy of Sciences, Tsinghua University	Sungkyunkwan University, Seoul National University, Korea University	
number of patent applications	r of patent applications 2,277		38,047	
Main patent depositories	Tokyo Electron Itd, Semiconductor Energy Lab, Toshiba Corp	Taiwan Semiconductor MFG, Samsung Electronics co ltd, Samsung Display co ltd	Samsung Electronics co ltd, Samsung Display co ltd, Tokyo Electron ltd	

Chapter 4 summarizes these results, showing that the Chinese Academy of Sciences and Double First Class universities have many achievements in three fields (Hydrogen, Hydrogen, Semiconductor). ("Double First Class universities" is a Chinese government initiative to build world-class universities and first-

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> Photocatalysis in Table A includes diverse meanings such as water treatment and air purification, water photolysis photocatalysis, and photocuring catalysis.

class disciplines in China.). In South Korea, many papers were published by institutions belonging to the National Research Council of Science & Technology and the Institute of science and technology. China has a low proportion of international and corporate joint research, and it can be assumed that most research is completed internally in all three fields. On the other hand, it was confirmed that the proportion of both international and corporate joint research in South Korea was higher than in China.

Chapter 5 summarizes our survey on patent applications. Looking at the top 15 global organizations ranked in terms of hydrogen patent applications, Hyundai Motor Co., Ltd, and Kia Corporation of South Korea and Toyota Motor Corporation of Japan are highly represented. In biotechnology, Pioneer Hi-Bred International, Inc. of the USA was followed by Jiangnan University, Zhejiang University and Tianjin University of China, with 10 of the top 15 institutions in China (universities: 9, companies: 1). In the semiconductor field, many applications were filed by companies such as Taiwan Semiconductor Manufacturing Company, Ltd. (TSMC) in Taiwan, Samsung Electronics Co., Ltd, and Samsung Display Co., Ltd, in South Korea, Tokyo Electron Ltd, in Japan and Intel and IBM in the USA. Although China had a large number of patent applications, it was confirmed that the types of patent applications varied significantly depending on whether they were filed by universities or companies in different fields.

In conclusion, we summarized our findings from literature and patent surveys conducted across China, South Korea and the wider globe in relation to the three technological fields (hydrogen, biotechnology, and semiconductors) that we focused on as future research areas. The conclusion focused first on the researchers with the highest number of citations, as presented in Chapter 4. The areas of focus of these leading researchers we organized, as well as their current research themes. Next, fields of technological development were organized by focusing on the international patent classification (IPC) of top patent applicants presented in Chapter 5 by combining the top companies in terms of their application numbers.

A "Green Innovation Fund" worth 2 trillion yen was established in Japan's supplementary budget for 2020, with the aim of achieving carbon neutrality by 2050. The Green Growth Strategy is an industrial policy that has identified priority areas requiring long-term research, development, and demonstration experiment support to achieve significant policy effects and ensure social implementation. This support is available to companies and other entities. On the other hand, academia may be required to take a scientific approach aimed at generating ideas for significant performance improvements in core technologies through basic research, as well as elucidating principles and mechanisms that could be led to game-changing technologies capable of solving bottleneck problems in industry.

It is hoped that this report will help to spread understanding of carbon neutrality-related policy trends, R&D trends, and the business strategies of leading companies in China and South Korea. It is also hoped that healthy competition in technological development toward carbon neutrality, about which the world is coming to a common understanding, will flourish, and that the science-based technological innovation that supports it will lead to innovation in society.

Best regards

## 目次

エグ	ゼクティ	ィブ・サマリー
Exe	cutive	Summaryiv
1	背景・	目的1
	参考資	料・文献4
2	中国の	政策動向
	2.1	政府組織・体制
	2.2	主要政策・重点課題・重点技術8
	2.3	ファンディングプログラム
	2.4	主要研究機関
	2.5	ベンチャー企業39
	2.6	カーボンニュートラルに取組む主要企業 47
	参考資	料・文献49
3	韓国の	政策動向
	3.1	政府組織・体制
	3.2	主要政策・重点課題・重点技術 52
	3.3	ファンディングプログラム60
	3.4	主要研究機関
	参考資	料・文献 70
4	論文動	向の調査
	4.1	論文調査の概要 71
	4.2	分野毎の分析結果 74

5	特許調	查	108
	5.1	特許調査の概要	108
	5.2	分野毎の調査結果	110
おわ	りに(今	後の課題)	140
執筆	者一覧・	調査企画・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	149

# 1 背景・目的

化石エネルギー主体の経済・社会構造から炭素中立(カーボンニュートラル)型の構造への社会システム全体の変革(グリーントランスフォーメーション、GX)に向けて、我が国では独創性・優位性あるシーズ創出を目指すアカデミアの研究基盤の強化や、我が国の最先端技術で世界の脱炭素化をリードするといった国際貢献の観点から、重要産業分野の飛躍的成長を目的とする基盤技術(革新的GX技術)への集中的投資が求められている。加えて、ウクライナ危機を受け、世界のエネルギー需給が逼迫し、エネルギー価格が高騰している今日、徹底した省エネや、自立分散型の再生可能エネルギー推進など、「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」で掲げられた、2030年度に46%温室効果ガスの排出削減目標や2050年カーボンニュートラルに向けた取組みへの加速が求められている。

世界最大の人口を抱え経済成長のスピードが速いアジア・太平洋地域は、最大のエネルギー消費者であると同時に、温室効果ガスの最大排出者でもある (図 1-1)。中でも、世界経済において大きな存在感を示す製造業を多数抱える日本、中国、韓国 (以降、「日中韓」とする)の3カ国は、2020年時点で世界全体の $CO_2$ 排出量の約20%を占めている。これは、アジア・太平洋地域の急速な経済発展を支える主要生産基盤やエネルギー源が、化石燃料、特に中国において主に石炭依存に起因していると指摘されている (ヨーン,2021;図 1-2)。



図 1-1 世界全体の CO<sub>2</sub> 排出量におけるアジア・太平洋地域の割合

出典: BP p.l.c. Energy Outlook 2022 より作成

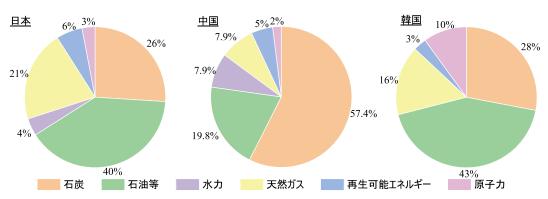


図 1-2 日本・中国・韓国における一次エネルギー供給の構成の割合

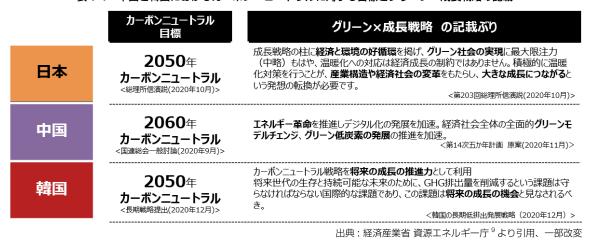
出典: BP p.l.c. Statistical Review of World Energy 2020 より作成

世界各国で「脱炭素化」に向けた取組みが進む中、カーボンニュートラルの目標達成に向けて、温室効果ガスの排出量が多い中国と韓国は、それぞれ国情に併せた政策を発表している (表 1-1)。

中国では、経済の急成長に伴い、石炭や石油等の化石燃料への依存、エネルギー資源の不足や環境汚染といった課題が顕在化している。現在の情勢を踏まえ、2020年9月22日に開かれた国連75周年総会の一般討論演説において、習近平国家主席は、「2030年までに二酸化炭素の排出量を削減に転じさせ(2030年目標としてカーボンピークアウト)、2060年までに炭素中立(2060年目標としてカーボンニュートラル)を達成するように尽力」することを表明し、国内外からの大きな注目を集めた。また、同年12月にオンラインで開催された地球温暖化対策に関する多国間会合「気候野心サミット(Climate Ambition Summit)」では、習近平国家主席が演説の中で「GDPあたり CO2排出量を2005年比65%超削減」として表明した。加えて、2021年3月の全国人民代表大会で「国民経済・社会発展第14次5カ年計画」(以後、第14次5カ年計画とする)が採択され、積極的に気候変動に対応することが明記されると共に、カーボンニュートラルに関連する事項として、次世代蓄電池・新エネルギー自動車、水素・燃料電池、先進バイオ燃料、CCUS、産業、スマートデジタルシステム等のキーワードが挙げられている(新华社、2021)。同計画の採択以降、国家発展改革委員会・国家エネルギー局等から、関連する法令の制定や政策発表が多数なされている。

韓国は天然資源の埋蔵量等が少なく、エネルギー供給の量のほとんどを輸入に頼っているという課題がある中で、風力・太陽・バイオマス・地熱・海洋エネルギーといった再生可能エネルギーの開発および利用の加速化が、喫緊の課題となっている。そのような課題を踏まえ、韓国政府は、2022年3月に発足した尹錫悦政権の方針に基づき政策変更の可能性を含んでいるものの、2020年12月に2050年までにカーボンニュートラル実現のための「2050カーボンニュートラル宣言」を発表し、「2050カーボンニュートラル推進戦略」や「第5次新・再生可能エネルギー基本計画」などを策定している。これらの政策を元に、CCUS技術の開発、再生可能エネルギー導入拡大のための送電網の拡充などを行うとともに、韓国では電力多消費産業とされる鉄鋼業における水素活用還元プロセス技術開発などを通じた低炭素化が進められている。また、燃料電池車や電気自動車の生産・普及とインフラ整備、建築分野におけるゼロエネルギーの義務化やエネルギー効率に優れた都市づくりなどをするとした政策も打ち出されている8%。

表 1-1 中国と韓国におけるカーボンニュートラルに対する目標とグリーン×成長戦略の記載



<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> https://www.climateambitionsummit2020.org/index.php#ambition

http://eng.me.go.kr/eng/web/board/read.do?menuId=461&boardMasterId=522&boardId=1473610

<sup>&</sup>lt;sup>9</sup> 「カーボンニュートラル」って何ですか?(後編)~なぜ日本は実現を目指しているの? https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/carbon\_neutral\_02.html

2021年版「エネルギー白書」では、政府の「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」に 基づき、今後、産業として成長が期待されるとともに、温室効果ガス排出削減の観点から取り組むべき 14 の重要分野に関する日本の知財競争力について、主要7カ国・地域(米国、中国、韓国、台湾、英国、ドイツ、 フランス)と比較したデータを紹介している(図 1-3)。「水素」と「自動車・蓄電池」は、日本が他国と比較 して強い分野といえるものの、両分野において日本の自動車メーカー・自動車部品メーカーの高い知財競争 力によるところが大きく、大学等のアカデミアにおける実態を投影しているか不明である。また、「半導体・ 情報通信|やバイオテクノロジーを基盤とした「食料・農林水産|でも、日本の特許件数が多いものの、前 述の通り、シーズ創出のための基礎・基盤研究の貢献が不明な状況である。中国や韓国も、「燃料・アンモ ニア」等、いくつかの分野で日本を超える知財競争第力を有しており、基礎研究や技術開発動向を継続的に 注視する必要がある。さらに、経済産業省は令和2年度第3次補正予算において2兆円の「グリーンイノベー ション基金」10を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、産業政策である「グリー ン成長戦略」で策定している重点分野のうち、特に政策効果が大きく、社会実装までを見据えて長期間の取 組みが必要な領域に対して、企業等を対象とした長期間の研究開発・実証から社会実装支援をスタートさせ ている。また、文部科学省は、温室効果ガスの大幅な排出削減と経済成長の両立を図るとともに、気候変動 の影響への適応策等に貢献するため、グリーントランスフォーメーション (GX) に向けた環境エネルギー分 野の研究開発を推進するとし、令和5年度に494億円の予算を要求すると発表している。

地域	国	1. 洋上風力発電	2. 燃料 アンモニア	3. 水素	4. 原子力	5. 目勁車・ 蓄電池	6. 半導体・ 情報通信	7. 船舶
北米	米国	111,695	188,071	4,446,582	339,254	17,888,117	8,126,236	231,415
	日本	117,766	110,725	10,408,492	66,092	41,031,435	8,374,314	207,923
アジア	中国	395,799	132,596	7,189,022	220,847	19,664,237	7,798,931	205,020
,,,,	韓国	72,335	11,248	4,084,474	27,257	16,487,746	2,238,312	331,374
	台湾	7,645	882	198,865	3,165	748,283	1,953,732	7,337
	ドイツ	96,045	103,181	1,850,588	15,001	7,398,661	1,898,786	196,053
欧州	フランス	62,831	8,393	1,133,446	28,364	2,998,717	730,967	32,060
	イギリス	35,046	21,324	770,201	66,596	493,248	243,323	51,966

		8. 物流・人流・	9. 食料・		11. カーポン	12. 住宅・建築物/	13. 資源循環関	14. ライフ
地域	<u> </u>	土木インフラ	農林水産	10. 航空機	リサイクル	次世代型太陽光	連	スタイル
北米	米国	1,771,988	140,671	155,096	1,727,312	401,992	1,636,011	167,744
	日本	645,048	252,610	23,981	1,136,507	487,430	441,670	38,253
アジア	中国	4,146,451	108,493	36,852	1,729,685	1,418,341	3,563,366	254,570
1,21	韓国	922,864	129,503	5,427	489,824	301,729	456,702	23,241
	台湾	61,268	4,889	0	35,739	9,081	21,847	2,807
	ドイツ	354,831	11,656	5,642	333,691	69,882	158,333	29,821
欧州	フランス	170,935	19,903	68,515	387,132	16,217	173,150	35,548
	イギリス	65,059	13,239	8,940	68,923	5,404	69,784	8,563

図 1-3 脱炭素関連技術 (14 分野) の知財競争力の国別比較

出典: 2021 年版「エネルギー白書」

 $<sup>^{10}\</sup> https://www.meti.go.jp/policy/energy\_environment/global\_warming/gifund/index.html$ 

以上のような背景を踏まえ、アジア・太平洋地域の中でも世界経済において存在感を示す産業(製造業)を多数抱える中国・韓国におけるカーボンニュートラル関連の政策と把握する。また、蓄電池、水素・燃料電池、バイオといった成長が期待され、また重点産業分野につながる研究の動向を政策や論文や特許の分析から概観し各国の特色を見いだすことで、わが国の革新的 GX 技術を生み出すエコシステムの形成に貢献することを本調査の目的とする。

### 参考資料・文献

BP p.l.c. (2021): Statistical Review of World Energy 2021 | 70th edition,

https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html

BP p.l.c. (2020): Statistical Review of World Energy 2020 | 69th edition, London: British Petroleum Co., 65p.,

https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf

国務院 (2015): 国务院关于印发《中国制造 2025》的通知, 国務院,

http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-05/19/content\_9784.htm

国家发展改革委 国家能源局 (2022): "十四五"新型储能发展实施方案, 国家发展改革委 国家能源局, 18p.,

経済産業省 資源エネルギー庁 (2021): 令和 2 年度エネルギーに関する年次報告 (エネルギー白書 2021), 経済産業省 資源エネルギー庁, 347p.,

https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/

文部科学省 (2022): 令和5年度 文部科学省概算要求のポイント (科学技術関係),

https://www.mext.go.jp/content/20220829-mxt\_kouhou02-000024712\_8-1.pdf

ヨーン・リァン・ポア (2021): アジアにおけるネットゼロ・エネルギー投資の可能性, Asia Investor Group on Climate Change, 17p.,

 $https://www.aigcc.net/wp-content/uploads/2021/04/JAPANESE\_Asias-Net-Zero-Energy-Investment-Potential\_Final-pdf$ 

新华社 (2021): 中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要, 国務院,

http://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content 5592681.htm

# 2 中国の政策動向

中国はエネルギー資源に比較的恵まれており、2019 年時点の石炭の採掘可能確認埋蔵量は39.7 億標準炭換算トンで (成・汤,2021)、米国、ロシア、オーストラリアに続く世界第4位となっている $^{11}$ 。また、石油や天然ガスの油田が新疆や東北地区で新たに発見されており $^{12}$ 、未確認の天然資源が埋蔵されている可能性がある。さらには、南方地域の水を北方地域に送り慢性的な水不足を解消するプロジェクトである南水北調 $^{13}$ といわれる政策もある中で、三峡ダム $^{14}$ による利水・貯水が水力発電に利用されている。

中国の再生可能エネルギーの発電設備容量は、2020年末までに総発電設備容量の42.5%を占める約9億キロワット(風力発電が2.8億キロワット、太陽光発電が2.5億キロワット、水力発電が3.4億キロワット、バイオマス発電が0.3億キロワット)に達しており、世界1位となっている。また、2020年の再生可能エネルギーの利用総量は6.8億標準炭換算トンと、一次エネルギー消費総量の13.6%を占めるに至っている(国家发展改革委国家能源局,2022a)。

2020年9月22日に開かれた国連75周年総会の一般討論演説において、習近平国家主席が、「2030年より前に二酸化炭素の排出のピークを達成し(2030年目標としてカーボンピークアウト)、2060年より前に炭素中立(2060年目標としてカーボンニュートラル)を達成するように尽力」することを表明し、国内外からの大きな注目を集めている。加えて、中国は経済の急成長に伴い、石炭や石油への依存度、電力の不足や環境汚染といった課題が顕在化するなど、大きな問題を抱えている状況にある。中国のカーボンニュートラル分野における研究開発政策は、上記の問題点の改善等も含む背景のもとで展開されている。

最後になるが、10月16日に開幕した中国共産党第20回全国代表大会で、習近平国家主席は15ある目標の中において5番目に"科学教育興国戦略を実施し、人材による現代化建設へのサポートを強化する"とし、10番目に"グリーン発展を推し進め、人と自然の調和的共生を促す"と述べた。また、2035年までの目標として経済力・科学技術力・総合国力を大幅に向上させ、国民一人あたりのGDPを中進国レベルの大台に乗せるとし、新しいタイプの工業化・情報化・都市化・農業現代化を基本的に実現すると述べたことから、今後も中国の科学立国への道は続くのではなかろうかと推察する。

### 2.1 政府組織・体制

中国の政府組織・研究開発体制を、表 2-1 および図 2-1 に示す。中国の科学技術政策は、中国共産党中央委員会および国務院のもとに政策立案を行う専門家によるチームが組まれ(主に表 2-1)、研究者や専門家等の意見も反映された上で、共産党のトップダウンにより決定されるのが一般的なプロセスである。

中国では 2008 年にエネルギー政策の調整機関として国家エネルギー局 (NEA)<sup>15,16</sup> が、2010 年にはハイレ

- 11 https://www.bp.com/
- 12 http://www.sasac.gov.cn/index.html
- 13 http://nsbd.mwr.gov.cn/
- 14 http://www.cjh.com.cn/
- 15 国家能源局 http://www.nea.gov.cn/
- <sup>16</sup> 国务院 (2008): 国务院关于议事协调机构设置的通知, 国发 (2008) 13 号, http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-06/14/content\_ 5082270.htm

ベルなエネルギー意思決定のための包括的メカニズムとして国家エネルギー委員会 (NEC) $^{17}$  が設立された。 NEC は、NEA を事務局とし、国務総理のもとに、国家発展改革委員会 $^{18}$ など、関連するすべての省庁や公的機関から代表者を集めた国のエネルギー政策の最高機関である。

中国のエネルギー革新に係る研究開発においては、科学技術部(以後、「科技部」とする)<sup>19</sup> が重要な役割を果たしており、国の主要な研究開発プロジェクトを監督している。また、国の研究開発プロジェクト推進には科技部の他に、図 2-1 の赤枠、および表 2-1 に示した通り、大学や提携研究機関を有する教育省といったいくつかの省庁や公的機関、さらには国有企業も関係している。また、特に地方政策への支援と実施のため、地方政府にも協力を要請しており、エネルギー革新の推進は、国務院に報告する幅広い関係者が担っている。

表 2-1 中国における研究開発プロジェクト推進に関わる組織機関

機関名	英語名	略称
国家エネルギー委員会 20	National Energy Commission	NEC
国家発展·改革委員会 <sup>21</sup>	National Development and Reform Commission	NDRC
国家エネルギー局 <sup>22</sup>	National Energy Administration	NEA
中国科学院 23	Chinese Academy of Sciences	CAS
中国工程院 24	Chinese Academy of Engineering	CAE
科学技術部	Ministry of Science and Technology	MOST
財政部 <sup>25</sup>	Ministry of Finance	MoF
工業情報化部 26	Ministry of Industry and Information Technology	MIIT
中国銀行 27	People's Bank of China	PBoC
生態環境部 <sup>28</sup>	Ministry of Ecology and Environment	MEE
住宅都市農村建設部 29	Ministry of Housing and Urban-Rural Development	MOHURD
教育部 <sup>30</sup>	Ministry of Education	MoE

<sup>17</sup> 国家能源委员会 http://www.nea.gov.cn/gjnyw/

<sup>18</sup> 国家发展和改革委员会 https://www.ndrc.gov.cn/?code=&state=123

<sup>19</sup> http://www.most.gov.cn/

<sup>20</sup> 国家能源委员会

<sup>21</sup> 国家发展和改革委员会

<sup>22</sup> 国家能源局

<sup>&</sup>lt;sup>23</sup> https://www.cas.cn/

<sup>24</sup> https://www.cae.cn/

 $<sup>^{\</sup>rm 25}$  http://www.mof.gov.cn/index.htm

<sup>&</sup>lt;sup>26</sup> https://www.miit.gov.cn/

<sup>&</sup>lt;sup>27</sup> https://www.boc.cn/

<sup>28</sup> https://www.mee.gov.cn/

<sup>&</sup>lt;sup>29</sup> https://www.mohurd.gov.cn/

<sup>30</sup> http://www.moe.gov.cn/

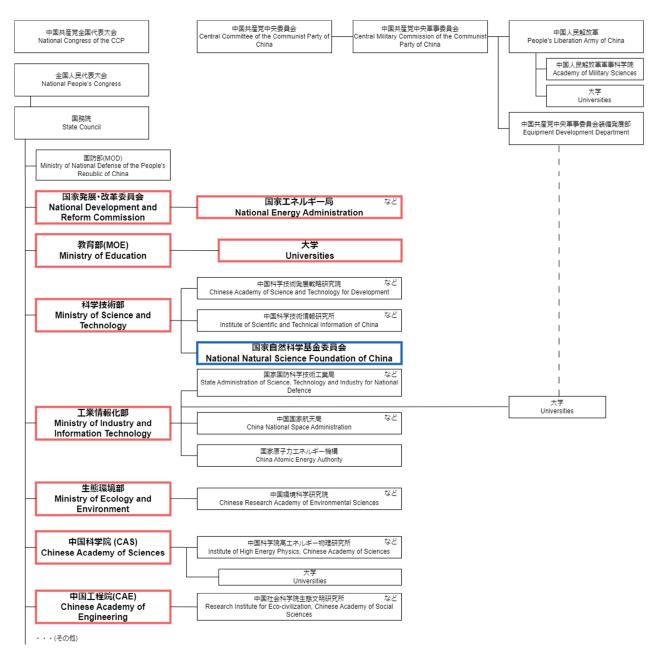


図 2-1 中国の政府組織図 (カーボンニュートラルの研究開発に関連する機関を抜粋)

出典:中国の各機関を参照し作成および CRDS(2022) をもとに作成 赤:表 2-1 と一部対応、青:ファンディング機関

### 2.2 主要政策・重点課題・重点技術

#### 2.2.1 中央政府の主要政策

習近平政権の科学技術政策は、科学技術を第一の生産力としイノベーションを重視したものである。中国における最近の5カ年計画で示されたエネルギー革新に関する項目を、表 2-2 に示す。

	第 11 次 5 か年計画 (2006-2010 年 ) <sup>31</sup>	第 12 次 5 か年計画 (2011-2015 年 ) <sup>32</sup>	第 13 次 5 か年計画 (2016-2020 年) <sup>33</sup>	第 14 次 5 力年計画 (2021-2015 年) <sup>34</sup>
エネルギー	原子力、石炭、自動車、	太陽光、風力、EV、	次世代自然エネルギー、	次世代蓄電池・新エネル
革新のため	新素材	蓄電池	エネルギー貯蔵、 <b>新エネ</b>	ギー自動車、水素・燃料
の重点分野			ルギー自動車・蓄電池、	電池、先進バイオ燃料、
			スマートパワーグリッド、	CCUS、スマートデジ
			建物のエネルギー効率化	タルシステム

表 2-2 中国の最近の 5 カ年計画で示されたエネルギー革新の主要な優先事項

2021年2月に科技部部長は、「経済発展の先にみえるものは、イノベーションを通して環境問題に取組み、「生態文明」を構築することである。」とし、「カーボンピークアウトとカーボンニュートラルの目標達成」、「環境保護」、「気候変動への対応」を支援すると述べられた 35。同年8月に国家エネルギー局は、低炭素技術革新の強化を呼びかけ、同年10月に国務院は「2030年までのカーボンピークアウト行動計画 (2030年前碳达峰行动方案)」 36とそれに付随する「カーボンニュートラル達成のための作業指針 (完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见)」 37を発表するなど、カーボンニュートラルの達成に対する動きが活発化している。ここでは、"グリーン・カーボンピークアウトおよびカーボンニュートラルに関する技術革新"の加速は、同計画の「カーボンピークアウト対策トップ10」に位置づけられており、中国科学院、中国工程院や科技部はいずれも、科学技術イノベーションの重要性を強調し、中国の技術リーダーシップを強化するために連携を図るとしている。

また同年、中国の経済・社会全体に関わる中長期計画案として第14次5カ年計画が公布された。ここでは、R&Dの拡張やハイテク産業の産業化といった方針が示される中、カーボンニュートラルおよびイノベーションに関連する事項として、下記の点が指摘されている。

- ・地球温暖化による適応力の脆弱な地区への影響に対する観測および評価を強化し、都市建設、農業生産、インフラ設備の気候変動への対応能力を向上させる
- ・青海チベット高原の総合科学考察研究を強化する
- ・国連気候変動枠組条約およびパリ協定を推進し、気候変動南南協力を積極的に実施する

<sup>31</sup> http://www.gov.cn/gongbao/content/2006/content\_268766.htm

 $<sup>^{32}\</sup> http://www.gov.cn/2011lh/content\_1825838.htm$ 

<sup>33</sup> http://www.gov.cn/xinwen/2016-03/17/content\_5054992.htm

<sup>34</sup> http://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content\_5592681.htm

<sup>35</sup> http://www.scio.gov.cn/xwfbh/xwbfbh/wqfbh/44687/44975/wz44977/Document/1699260/1699260.htm

http://www.gov.cn/zhengce/content/2021-10/26/content\_5644984.htm

 $<sup>^{\</sup>rm 37}$  http://www.gov.cn/zhengce/2021-10/24/content\_5644613.htm

- ・石炭火力発電プラントの石炭節約・消費量削減、暖房供給の改善、柔軟性向上を目指し、再生可能エネルギーの利用を促進する
- ・2025年までに、非化石エネルギーがエネルギー消費全体で占める割合を約20%にする
- ・全国の GDP あたりのエネルギー消費量を 2020 年比で 13.5% 削減する
- ・2021年から2025年にかけてすべての公的研究開発費を毎年7%以上(近年の平均的なGDP成長率に相当) 増加させるとし、特に基礎研究を重視する
- ・戦略的新興エネルギー分野に資源を集中し、革新的技術の研究開発と実証を強化し、長期的な予算を確保する。主な対象は、CCUS、水素、産業の脱炭素化、デジタル・スマートエネルギー、輸送用先進バイオ燃料とする
- ・研究機関や人材にさらなる自律性を与え、新しい報奨金制度(掲榜挂帅<sup>38</sup>)等を設け、若くて多様な科学者に対して公的資金による研究開発プログラムへの門戸を広げ、開かれた競争メカニズムを促進する

ちなみに、第14次5カ年計画等が発出される以前より、中国のエネルギー産業分野において、「省エネルギー法」  $^{39}$  「再生可能エネルギー法」  $^{40}$  「エネルギー法(意見募集稿)」  $^{41}$  は、エネルギー構造転換の促進、エネルギーシステムの構築と完備、エネルギー産業の発展の推進などに関する政策・措置の重要な法的根拠となっている。カーボンニュートラルに限ったものではないが、関連する法令・政策等の一例を以下に示す (表 2-3)。その重点や位置づけは三者でそれぞれ異なり、「省エネルギー法」「再生可能エネルギー法」は、省エネや再生可能エネルギー分野の単行法に属する。「エネルギー法」は、「エネルギー憲法」とも呼ばれ、国内のエネルギー分野の綱領的法律に属する位置にあり、中国のエネルギー発展の方向性・戦略性・総体性に関わる問題を明確化し、各エネルギー単行法の間の関係性を統率、調整する法律でもある。

公布日	公布機関	政策·法令名			
1997/11/1	全国人民代表大会 42	省エネルギー法 <sup>43</sup>			
2005/2/28	05/2/28 全国人民代表大会 再生可能エネルギー法 44				
2020/4/10	国家エネルギー局 <sup>45</sup> エネルギー法 (意見募集稿) <sup>46</sup>				
2021/3/13	全国人民代表大会	中華人民共和国国民経済・社会発展の第 14 次五力年計画 および 2035 年までの長期目標綱要 <sup>47</sup>			
2021/4/22	国家エネルギー局 エネルギー関連活動に関する指導意見 48				

表 2-3 カーボンニュートラルに関わる主な法令・政策等の一例

- 38 掲榜挂帅とは、イノベーション牽引者の公募 (the open competition mechanism to select the best candidate) 制度であり、2016 年 4 月 19 日、習近平総書記がインターネットの安全と情報化活動懇談会において言及。詳細は、http://jbgs.kjj.jinhua.gov.cn/pc/index
- <sup>39</sup> 中华人民共和国节约能源法 http://www.npc.gov.cn/
- 40 中华人民共和国可再生能源法 http://www.gov.cn/ziliao/flfg/2005-06/21/content\_8275.htm
- <sup>41</sup> 中华人民共和国能源法 (征求意见稿) http://www.nea.gov.cn/2020-04/10/c\_138963212.htm
- 42 http://www.npc.gov.cn/
- <sup>43</sup> http://www.gov.cn/ziliao/flfg/2007-10/28/content\_788493.htm (改訂版である)
- 44 http://www.gov.cn/ziliao/flfg/2005-06/21/content\_8275.htm
- 45 http://www.nea.gov.cn/
- $^{46}\ http://www.nea.gov.cn/2020-04/10/c_138963212.htm$
- 47 http://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content\_5592681.htm
- $^{48}$  http://www.nea.gov.cn/2021-04/22/c\_139898478.htm

公布日	公布機関	政策·法令名
2021/5/11	国家エネルギー局	風力・太陽光発電の開発・建設関連事項に関する通知 <sup>49</sup>
2021/7/15	国家発展改革委員会 <sup>50</sup> ・ 国家エネルギー局	新エネルギー貯蔵の発展加速に関する指針 <sup>51</sup>
2021/10/24	中国共産党中央委員会および 国務院 <sup>52</sup>	新発展コンセプトの完全かつ正確な実施とカーボンニュートラル・カーボンピークアウトの作業に関する中国共産党中央委員会および 国務院の意見書 53
2021/10/24	国務院	2030 年までのカーボンピークアウトアクションプログラム 54
2021/12/28	国務院	第 14 次 5 力年 (2021 ~ 2025 年 ) 規画における省エネ・炭素排出 削減に関する総合的取り組み方案の通知 <sup>55</sup>
2022/1/29	国家発展改革委員会・ 国家エネルギー局	第 14 次 5 カ年計画における新エネルギー貯蔵の発展に関する実施 計画について <sup>56</sup>
2022/1/30	国家発展改革委員会・ 国家エネルギー局	グリーン・低炭素社会への移行に向けたメカニズムと政策措置に関する意見 <sup>57</sup>
2022/3/24	国家発展改革委員会・ 国家エネルギー局	水素エネルギー産業発展中長期計画 (2021 年~ 2035 年 )58
2022/5/14	国務院	国家発展改革委員会後の国務院総局 新時代の新エネルギー推進に 関する国家エネルギー管理委員会 高品質な開発のための実施計画 <sup>59</sup>
2022/6/1	国家発展改革委員会、国家エネルギー局、財政部等9部門	『第 14 次五力年計画』再生可能エネルギー発展計画 <sup>60</sup>
2022/6/14	生態環境部、国家発展改革委員会等 17 部門	国家気候変動適応戦略 203561

なお、第 14 次 5 カ年計画公布後の 2021 年 10 月に、中国共産党中央委員会および国務院は、「新発展コンセプトの完全かつ正確な実施とカーボンピークアウトおよびカーボンニュートラルに関する中国共産党中央委員会および国務院の意見書」を発出した。意見書では、「グリーン・低炭素産業の育成を積極的に推進」、「新世代の情報技術、バイオテクノロジー、新エネルギー、新素材、ハイエンド機器、新エネルギー自動車、グリーン環境保護、航空宇宙や海洋機器などの戦略的新興産業の発展を加速」、「インターネット、ビッグデータ、人工知能、第 5 世代移動通信 (5G) などの新技術とグリーン・低炭素産業との深い融合を推進」することが明記されている。また、単位 GDP あたりの  $CO_2$  排出量を 2005 年比で 65% 以上減少、非化石エネルギー消

- 49 http://zfxxgk.nea.gov.cn/2021-05/11/c\_139958210.htm
- 50 https://www.ndrc.gov.cn/
- <sup>51</sup> http://zfxxgk.nea.gov.cn/2021-07/15/c\_1310079331.htm
- 52 https://www.gov.cn/
- $^{53}\ http://www.gov.cn/zhengce/2021-10/24/content_5644613.htm$
- <sup>54</sup> http://www.gov.cn/zhengce/content/2021-10/26/content\_5644984.htm
- $^{55}\ http://www.gov.cn/zhengce/content/2022-01/24/content\_5670202.htm$
- <sup>57</sup> http://zfxxgk.nea.gov.cn/2022-01/30/c\_1310464313.htm
- $^{58}\ http://zfxxgk.nea.gov.cn/2022-03/23/c_1310525630.htm$
- <sup>59</sup> http://www.gov.cn/zhengce/content/2022-05/30/content\_5693013.htm
- 60 https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghwb/202206/P020220602315308557623.pdf
- 61 http://www.gov.cn/xinwen/2022-06/14/content\_5695554.htm

費の割合は約25%に達し、風力発電と太陽光発電の総設備容量を向上させることや、森林被覆率が約25%となるようにし、森林蓄積量を増加させることで、 $CO_2$  排出量はピークに達した後に減少させるとした目論見も示されている。また、意見書と同日に発出された「2030 年までのカーボンピークアウトに関するアクションプログラム」で意見書の内容を踏襲した。これには補完的な内容も含まれており、主な事項として以下の項目があげられている。

- ・第15次5カ年計画期間中(2026-2030)には石炭消費を徐々に削減。新規石炭発電プロジェクトを規制し、 石炭消費基準を国際先進レベルに設定する
- ・現地の事情に合わせた発電の適用と開発を実施する(太陽光、風力、バイオマス、原子力、水、海上)
- ・科学技術行動計画を策定し、国家重点研究開発計画を設定する
- ・産学連携により人材育成を加速させる
- ・生態系の保護と回復により、土地資源の強化と安定性を図り、炭素吸収能力を向上させる

続いて 2022 年 5 月に発出された「国家発展改革委員会後の国務院総局 新時代の新エネルギー推進に関する国家エネルギー管理委員会 高品質な開発のための実施計画」によると、2030 年までに風力と太陽光の総設備容量を 12 億キロワット以上にするという目標を達成し、クリーンで低炭素、安全かつ効率的なエネルギーシステムの構築を加速させるとしている。また、産学研 62 の統合プラットフォームを構築し、多くの研究開発基盤を整備し、基礎理論研究への投資を拡大し、最先端技術や破壊的技術の配置を進めることも示されている。

同年6月に発出された「『第14次五カ年計画』再生可能エネルギー発展計画」によると、再生可能エネルギーに関する科学技術の革新的な推進や、風力発電、太陽光発電、水力発電にバイオマスエネルギーを有効活用し、蓄電に関する技術も推し進めると明記されている。

また、「国家気候変動適応戦略 2035」によると、気候変動の影響のリスクと気候変動適応に関する詳細な評価に基づき、2035 年までに気候変動への適応として「積極的適応、予防指向、科学的適応、自然への対応、体系的適応、優先順位の強調、共同適応、共同管理」という基本原則に従うべきと明記し、2035 年までに、気候変動の監視と早期警戒能力を国際先進水準にすることを提案している。さらに、2035 年までに気候変動の監視と早期警報の能力が国際的な先進レベルに達し、気候リスク管理と予防システムを成熟させ、主要な気候関連災害のリスクが効果的に予防・制御され、気候変動適応の技術体系と基準体系がより完璧になり、社会全体の気候変動適応能力が大幅に向上し、気候に強い社会が基本的に建設されることを目指している。

最後に、カーボンニュートラルに関する法令・政策ではないものの、関連する取組みを以下に紹介する。

#### (1) 産業政策「中国製造 2025」

国务院 (2015) 発出による「中国製造 2025」は、グリーン製造の全面的推進を掲げており、当時から省エネと新エネルギー自動車の推進といった、カーボンニュートラルに関する技術についても着目をしていたことが伺える。

# (2) 中国科学院の方針「科学技術支援カーボンピークアウトおよびカーボンニュートラル (「ダブルカーボン ( 双碳 )」) 戦略行動計画」

2022年3月2日に、中国科学院(以後、「CAS」とする)は、「科学技術支援カーボンピークアウトおよびカー

62 日本でいう、産学官を指す

ボンニュートラル(「ダブルカーボン(双碳)」)戦略行動計画」を発表した(中国科学院, 2022; 中国科学院 科技支撑碳达峰碳中和战略行动计划 <sup>63</sup>)。習近平国家主席が国連で演説をした内容および第 14 次 5 カ年計画 に準じ、2030 年までにカーボンピークアウトを支える主要技術が国際先進レベルに達するとした目標を強力に支援すること、2060 年までに多くの独創的で革新的な技術が開発され、カーボンニュートラル目標の達成をサポートするために適用されるとしている。詳しくは 2.4.2 に示す。

#### (3) 政府 - 大学間の研究開発協力協定

科技部直下の機関である中国アジェンダ 21 管理センター (中国 21 世纪议程管理中心)<sup>64</sup> は、清華大学環境学部とカーボンニュートラル、気候変動、その他の持続可能な開発分野の研究を強化するために戦略的協力協定を締結している<sup>65</sup>。

#### 2.2.2 地方政府による政策

中央政府が公布した第 14 次 5 カ年計画に倣い、例えば山西省  $^{66}$ ・広東省  $^{67}$ ・江蘇省  $^{68}$  等の各地方政府も、"科学技術イノベーション「 $14\cdot5$ 」計画  $^{69}$ " をはじめとした、第 14 次 5 カ年計画に準じた政策を発出している。これらのうち、第 14 次 5 カ年計画に基づく新エネルギー貯蔵開発実施計画によると、エネルギー貯蔵 (STI) 実証プロジェクト第 1 陣  $^{70}$  の追跡と評価が示されている (国家发展改革委・国家能源局, 2022b)。なお、実証プロジェクトは主に東部で実施されており、2013 年からは河北省の張家口で、国家風力発電・蓄電・送電実証プロジェクトが実施されるなど、プロジェクトが順次拡大していることが示されている (図 2-2)。

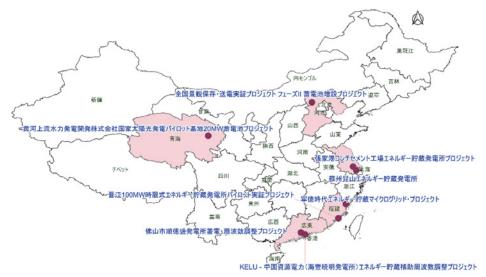


図 2-2 第14次5カ年計画のコラムに記載されている地方政府によるプロジェクトの位置

<sup>63</sup> https://www.cas.cn/zt/kjzt/stxd/

<sup>64</sup> http://www.acca21.org.cn/

<sup>65</sup> https://www.env.tsinghua.edu.cn/info/1129/6535.htm

<sup>66</sup> http://www.shanxi.gov.cn/sxszfxxgk/sxsrmzfzcbm/sxszfbgt/flfg\_7203/szfgfxwj\_7205/202107/t20210728\_929899.shtmle

<sup>67</sup> http://www.gd.gov.cn/attachment/0/466/466929/3574221.pdf

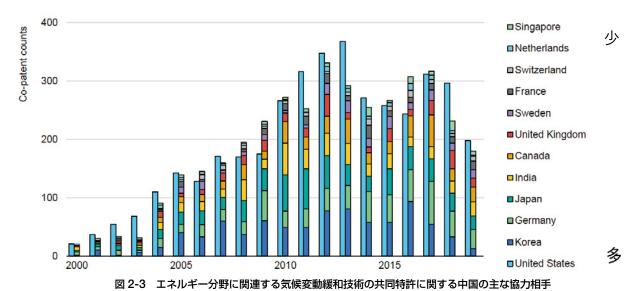
<sup>68</sup> http://www.jiangsu.gov.cn/art/2021/9/15/art\_46144\_10014555.html

<sup>69</sup> 科技创新"十四五"规划,"十四五"科技创新规划,十四五发展规划

 $<sup>^{70}\</sup> http://www.nea.gov.cn/2020-12/15/c_139591533.htm?baike$ 

#### 2.2.3 中国における国際共同特許の状況

中国に限ったことではないが、国内における協力戦略は、各々のイノベーションに対する知識の流れの促進に繋がり、海外との協力は海外のコンセプトを現地のニーズに適応させ、国内のイノベーション能力を構築するのに役立つ。それゆえ日系企業のみならず中国における企業、大学や研究機関において個を通じた共同研究開発は盛んとなっている。中国はもともと他国の技術のコピーが横行していたが、中国企業発の独創的な製品も目立つようになり、知財の保護制度や、権利侵害への罰則強化など国を挙げて環境整備に取組むようになった。この点について Hu and Jefferson(2009) は、中国における R&D 投資や海外直接投資の増加、特許制度の整備等が国内における特許出願の増加をもたらしたとの結果を示している。一方で IEA の報告書によると、中国政府は国際的なエネルギー革新パートナーシップや、関連するフォーラムに積極的に関与しているものの、他国の研究者および研究機関との共同特許出願や科学論文の共著といった国際共同研究に対する支援は乏しいと指摘されている (IEA, 2021, 2022)。気候変動緩和技術の発明 1 に占める中国の共同発明の割合は 2010 年代に 70% を超えたが、国際的なパートナーとの共同研究は平均で 25% 程度である。なお、少ないながらも中国の主な共同研究先は、米国が大多数を占め、続いて日本、韓国、欧州諸国である (図 2-3)。



出典: IEA, 2022 をもとに作成

さらに、IEA(2021, 2022)の報告書によると、現在の中国は、1990年代と比較し、国際特許の動向から示唆されるように、電池などの戦略的技術分野において世界的に重要な存在になったと述べている。低炭素エネルギー技術分野における中国人発明者による特許出願をみると、2005年から 2010年にかけて急速に増加した(図 2-4)。中国の発明家が出願した 2019年における国際特許の数は、電池と太陽光発電で 2008年から 2009年の約6倍、EV技術で約8倍となっている。また、中国の国際特許取得率は、今やアメリカやヨーロッパを上回り、日本とも肩を並べている状況にあるとみられる。国際特許の割合は、2008年から 2010年にかけて増加傾向を示し、2019年においては、照明(25%)、冷暖房(21%)、再生可能エネルギー(19%)、EV技術(11%)と、中国の発明者が世界の特許取得に大きな割合を占めている(図 2-5)。

<sup>&</sup>lt;sup>71</sup> https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=PAT\_DEV

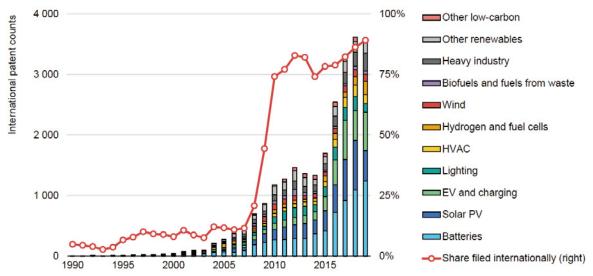


図 2-4 中国の発明者が出願した低炭素エネルギー技術分野の国際特許の割合 (1990-2019)

出典: IEA, 2022

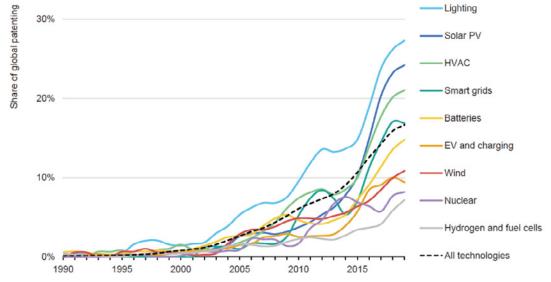


図 2-5 低炭素エネルギーの関連技術分野と全技術における中国の世界特許シェア (1990-2019年)

出典: IEA, 2022

### 2.3 ファンディングプログラム

中国における研究開発に対する公的な資金提供は、中央政府や省庁等による資金提供に加え、地方政府(省や市等)も相当額を負担している。ここでは、第 14 次 5 カ年計画の達成に向けて発表されたエネルギーに関する研究開発プロジェクトについてのみ示すこととする。なお、本プロジェクトは、水素、新エネルギー車、レアアース材料、およびエネルギー貯蔵とスマートグリッドの 4 領域に紐づいている (表 2-4)。なお、第 13 次 5 カ年計画の期間中 (2016 ~ 2020 年)には、科技部は約 760 億元を 3,500 件以上の研究開発プロジェクトに対して支援した (科技部, 2021)。

表 2-4 第 14 次 5 力年計画の達成にむけて科技部が発表した研究開発主なプロジェクト

領域	予算 ( 億元 )	手計画の達成にむけて科技部が発表した研究開発主なプロジェクト 
	, ,	
水素	7.95	・自然エネルギーを利用した電解による低炭素型水素の製造
		・プロトン交換膜の低コスト材料、高効率電解槽の開発
		・電解水素と CO <sub>2</sub> によるメタノール生産
(山本少しのサロ)	4 -	・電解水素と窒素によるアンモニア生産
(山東省との共同)	1.5	・水素の貯蔵・輸送・流通技術
		・水素高効率発電システム、燃料電池
		・自然エネルギーを利用した電解による低炭素型水素の製造
		・自動車、船舶、貨物、公共交通機関、ビルなど様々な用途に対応した水
		素発電システムおよび燃料電池
		・水素供給パイプライン
		・自動車、高速道路、港湾での燃料補給インフラ
		・工業団地における水素製造とオンサイト利用
新エネルギー車	0.86	・先進的な電池設計(全固体金属リチウムなど)
		・車載用固体酸化物形燃料電池
		・大型車向け高密度・大容量ガス・水素貯蔵・供給システム
		・完全なる電気バス・大型車
		・新しい電気駆動システム
		・ハイブリッドエンジンと高効率電気機械式カップリング
		・AIおよび自律運転技術
		· 車両ネットワークの統合と充電インフラ
レアアース材料	0.347	・新エネルギー自動車用モーターなどの用途に使用される希土類永久磁石
		材料
		・太陽電池などへの応用を目指した 高効率希土類光学機能材料
		・水素エネルギーやエネルギー貯蔵などへの応用が期待される高エネル
		ギー密度希土類材料
		·超格子型希土類水素貯蔵電極材料
		・特殊希土類機能性材料:原子力安全、車両軽量化、モーター等の用途に
		使用可能
		・レアアースリサイクル
エネルギー貯蔵と	0.667	・間欠的な自然エネルギーの高シェアのグリッド統合のための GWh リチ
スマートグリッド		ウムイオン電池エネルギー貯蔵システム
		· MWh 固体リチウムイオン電池の設計
		· 金属硫黄系電池
		・短時間高周波エネルギー貯蔵
		・洋上風力発電用フレキシブル DC コンバータプラットフォーム、大型
		AC/DC ハイブリッド送電網、低周波送電などの送電網技術
		・マルチユーザー需給連動と柔軟性、仮想発電所、分散型エネルギー資源

出典:新华社(2021), IEA(2022)

### 2.3.1 科技部によるカーボンニュートラル関連のプロジェクトに対するファンディング

#### (1) 国家重点研究開発計画

中国は、科技部による国家ハイテク研究発展計画(国家高技术研究发展计划、1986年)や国家重点基礎研究発展計画(国家重点基础研究发展计划、1997年)といったファンディングプログラムを推進することにより、科学技術力の強化を図ってきた。2016年に中央政府は、世界の科学技術のフロンティア、経済の主戦場、国の主要ニーズを指向し、農業、エネルギー資源、生態環境、健康などの分野で、産業の中核競争力、全体の自主イノベーション能力、国家安全保障に関わる長期進化、戦略、基礎、将来性のある主要科学問題、主要共通重要技術、国防を必要とする社会的に重要な研究への資金提供に重点を置くため、従来の研究開発プログラムを再編し国家重点研究開発計画の改変をおこなった(図 2-6)<sup>72</sup>。

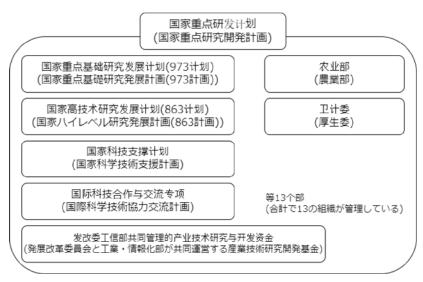


図 2-6 国家重点研究開発計画について

出典:科技部の情報をもとに作成

2016年から2020年に国家重点研究開発計画に採択されたプロジェクト数(全分野)は次の通りである(表2-5)。

特別プロジェクト -般プロジェクト 予算(人民元) 実施予定期間(年) 2016 42 1,172 278 億 6,700 万 5 2017 49 1,309 264 億 700 万 5 2018 73 1.173 238 億 9,000 万 5 2019 7 5 2020 36 444 200 億 程度 5

表 2-5 国家重点研究開発計画の状況

出典:科技部および科学技术高技术研究发展中心 73 の情報をもとに作成 74

<sup>&</sup>lt;sup>72</sup> http://www.most.gov.cn/xxgk/xinxifenlei/fdzdgknr/fgzc/gfxwj/gfxwj2017/201706/t20170628\_133796.html

<sup>73</sup> 科学技術ハイイノベーション研究センター

<sup>&</sup>lt;sup>74</sup> 国家重点研发计划专题 , https://www.sciping.com/keyproject.html も一部参照

また、下記に示す 25 テーマが国家重点研究開発計画に示されており (表 2-6)、青塗としたテーマが直接カーボンニュートラルに関係すると判断した。当該 3 テーマについて、下記に詳細を示す。

量子制御と量子情報	ナノテクノロジー
大型科学デバイスのフロンティア研究	タンパク質マシンと生命現象の制御
地球規模の変化と対応	トランスフォーマティブ・テクノロジーにおける重要な科学的課題
発生プログラミングとその代謝制御	ハイパフォーマンス・コンピューティング
地球観測とナビゲーション	クラウドコンピューティングとビッグデータ
主要基礎材料の技術向上と工業化	戦略的先端電子材料
アディティブマニュファクチャリングとレーザーマニュファクチャリング	主な科学機器・装置の開発
石炭のクリーンで効率的な利用と新しい省エネルギー技術	新エネルギー車
鉄道輸送の高度化	インテリジェント・ロボティクス
現代サービス産業の共通キーテクノロジーの研究開発と応用	ブロードバンド通信と新しいネットワーク
ネットワーク協調製造・スマートファクトリー	再生可能エネルギーと水素エネルギー技術
原子力安全と先進原子力技術	統合輸送とインテリジェント輸送
オプトエレクトロニクス、マイクロエレクトロニクスデバイスとインテグレーション	

表 2-6 国家重点研究開発計画のテーマ一覧

先に、国家重点研究開発計画の予算推移を図 2-7 に示す。表 2-6 に示す 25 テーマにおいて、カーボンニュートラルに関するテーマに対しての予算配分が大きいとみられる。一方で、年を追うごとに予算が減少していることがみられるが、詳細な理由については不明である。

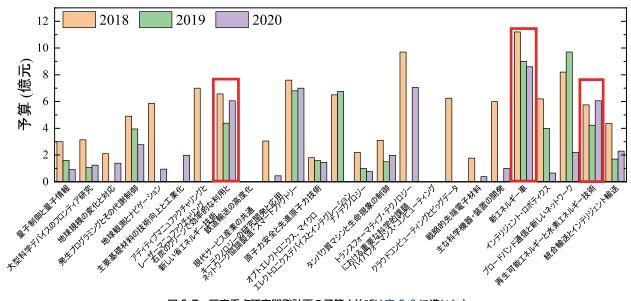


図 2-7 国家重点研究開発計画の予算(並びは表 2-6 に準じた)

#### ▶石炭のクリーンで効率的な利用と新しい省エネルギー技術(煤炭清洁高效利用和新型节能技术)

本プロジェクトは、効率的な石炭発電(煤炭高效发电)、クリーンな石炭転換(煤炭清洁转化)、石炭汚染制御(燃煤污染控制)、二酸化炭素の回収・利用・貯蔵(CCUS)(二氧化碳捕集利用与封存)、産業廃棄物のエネルギー回収・利用(工业余能回收利用)、産業プロセス・設備の省エネ(工业流程及装备节能)、データセンターと公共機関の省エネの7つのイノベーションチェーン(技術方向)(数据中心及公共机构节能7个创新链(技术方向))を主要な研究として実施し、省エネを通して中国のエネルギー変革を加速することを目指している。予算等を表 2-7 に示す。

表 2-7 「石炭のクリーンで効率的な利用と新しい省エネルギー技術」に採択されたプロジェクト一覧

年	予算(億元)	実施予定期間(年) 採択予定プロジェクト数		採択プロジェクト数
2018	6.57	5	32-64	31
2019	4.38	5	24-45	-
2020	6.06	5	14-28	14

出典:科技部,2017、2018、2019

#### ▶再生可能エネルギーと水素エネルギー技術(可再生能源与氢能技术)

本プロジェクトは、太陽エネルギー(太阳能)、風力エネルギー(风能)、バイオマスエネルギー(生物质能)、 地熱エネルギーと海洋エネルギー(地热能与海洋能)、水素エネルギー(氢能)、再生可能エネルギーの結合 とシステム統合技術の6つのイノベーションチェーン(技術的方向性)(可再生能源耦合与系统集成技术6个 创新链(技术方向))に関する38の主要な研究タスクを展開し、技術の国際的なリーダーシップを強化する とともに、エネルギー構造の基盤を築き、気候変動への調整と対応をすることを目指している。予算等について、表2-8に示す。

表 2-8 「再生可能エネルギーと水素エネルギー技術」に採択されたプロジェクト一覧

年	予算(億元)	実施予定期間(年)	実施予定期間(年) 採択予定プロジェクト数	
2018	5.75	5	23-46	31
2019	4.23	5	20-40	21
2020	6.06	5	2-4	14

出典:科技部,2017、2018、2019

また、2018年および 2020年の採択プロジェクト一覧を下記に示す (表 2-9<sup>75</sup>,表 2-10<sup>76</sup>)。

 $<sup>^{75}</sup>$  https://www.sciping.com/26214.html

<sup>&</sup>lt;sup>76</sup> https://www.sciping.com/35341.html

#### 表 2-9 「再生可能エネルギーと水素エネルギー技術」テーマで 2018 年に採択されたプロジェクト

項番	プロジェクト プロジェクト名 番号	機関	代表者	期間
	1 2018YFB15001 カルコゲナイド/結晶シリコン2端積層型太陽電池の設計・作製とそのメカ	コニズム 南开大学	张晓丹	3
	2 2018YFB15002 フレキシブルな銅インジウムガリウム・セレン薄膜太陽電池およびモジュ	ュールの 北京低碳清洁能源研究所	钟大龙	4
	3 2018YFB15003 高効率P型多結晶シリコン電池の産業化に向けたキーテクノロジー	<b>协</b> 鑫集成科技股份有限公司	张淳	3
	4 2018YFB15004減衰量を制御したN型多結晶シリコン電池の工業化に向けたキーテクノロ	ジー 浙江晶科能源有限公司	王琪	3
	5 2018YFB15005 高効率ホモ接合型N型単結晶シリコンバイフェーシャル太陽電池の産業化	に向け/英利能源(中国)有限公司	李锋	3
	6 2018YFB15006 結晶系太陽電池のリサイクル技術・装置一式	晶科能源有限公司	吕芳	3
	7 2018YFB15007 新型PV中電圧発電装置向けモジュール技術・装置	阳光 <b>电</b> 源股份有限公司	曹仁贤	3
	8 2018YFB15008 分散型太陽光発電システムのインテリジェントな運用・保守技術	国网 <b>电</b> 子商 <b>务</b> 有限公司	樊涛	3
	9 2018YFB15009 典型的な気候条件下での太陽光発電システムの実証研究・試験のためのキ	・ーテク 中国科学院 <b>电</b> 工研究所	桑识宇	3
1	0 2018YFB15010 超臨界CO2太陽熱発電の重要な基礎的課題に関する研究	中国科学院 <b>电</b> 工研究所	王志峰	4
1	1 2018YFB15011 風力発電の複合風力資源特性に関する研究およびその応用・検証	国家气候中心	朱蓉	4
1	2 2018YFB15012 大型洋上風力発電機のブレード試験技術の研究と試験装置の開発	北京 <b>鉴衡认证</b> 中心有限公司	陈淳	3
1	3 2018YFB15013 大型洋上風力発電機の設計と、一括製造、据付、試運転、運用のためのキ	・ーコン 中国船舶重工集 <b>团</b> 海装 <b>风电</b> 股份有限公司	]刘琦	4
1	4 2018YFB15014 セルロース系バイオマスの液体燃料への生物・化学・熱化学変換の機構と	:制御 浙江大学	<b>骆</b> 仲泱	4
1	5 2018YFB15015 セルロース系バイオマスからのバイオ航空オイル技術の研究と実証	中国科学院广州能源研究所	王树荣	4
1	6 2018YFB15016 リグノセルロースの変換とバレレート燃料共製造用薬剤の調製に関する研	开究 中国科学技 <b>术</b> 大学	傅尧	4
1	7 2018YFB15017 農藁を原料とした酵素によるアルコール系燃料の調製とマルチ生産技術の	)実証 北京化工大学	谭天 <b>伟</b>	4
1	8 2018YFB15018 乾性熱岩からのエネルギー取得と利用に関する科学的重要課題に関する研	F究 吉林大学	<b>许</b> 天福	4
1	9 2018YFB15019中国の資源特性を踏まえた海洋エネルギー有効活用のための革新的技術の	)研究・中国海洋大学	史宏达	4
2	0 2018YFB15020 水の分解を利用した全波長光熱連成による太陽エネルギーからの水素製造	造に関す 西安交通大学	敬登 <b>伟</b>	4
2	1 2018YFB15021 高密度水素貯蔵材料とエネルギー効率に優れた水素貯蔵システムに関する	3主要な <b>準</b> 南理工大学	朱敏	3
2	2 2018YFB15022 高効率固体酸化物形燃料電池の劣化メカニズムと長寿命化戦略に関する研	开究 清 <b>华</b> 大学	<b>韩</b> 敏芳	4
2	3 2018YFB15023 低コストの材料系を用いた新しい燃料電池の研究	武汉大学	庄林	4
2	4 2018YFB15024電解水からの水素製造のためのMWスケール固体高分子電解質	中国科学院 <b>长</b> 春 <b>应</b> 用化学研究所	邢巍	3
2	5 2018YFB15025 固体高分子形燃料電池スタックの信頼性、耐久性、製造エンジニアリンク	「技術 同 <b>济</b> 大学	明平文	4
2	6 2018YFB15026 固体酸化物形燃料電池リアクターの技術開発	潮州三环(集团)股份有限公司	陈烁烁	4
2	7 2018YFB15027 100キロワット級燃料電池リアクターおよび補助システム機器の技術開発	·試作工中国汽车工程研究院股份有限公司	<b>汤</b> 浩	3
2	8 2018YFB15028 風力発電所や太陽光発電所の生態系・気候系への影響と環境影響評価に関	引する研 中国科学院寒区旱区 <b>环</b> 境与工程研究所	高 <b>晓</b> 清	4
2	9 2018YFB15029 特殊都市におけるオール再生可能エネルギー用熱電併給システムのキーテ	<sup>-</sup> クノロ 南京工 <b>业</b> 大学	肖波	4
3	0 2018YFB15030 自立運転可能なマイクロ再生可能エネルギーシステムに関するキーテクノ	′ロジー研京科 <b>诺伟业</b> 科技股份有限公司	赵栋利	4
3	1 2018YFB15031 大規模な風力/光による補完的な水素製造のための主要技術の研究および	実証 国家能源投 <b>资</b> 集团有限责任公司	米树华	3

表 2-10 「再生可能エネルギーと水素エネルギー技術」テーマで 2020 年に採択されたプロジェクト

項番	プロジェクト名	機関	期間
1 耐高温·	耐湿性プロトン膜および自動車用フィルム形成ポリマーのバッチ調製技術	上海交通大学	3
2 アルカリ	イオン交換膜の調製技術とその応用	中国科学技 <b>术</b> 大学	2.2
3 拡散層月	低コストカーボンペーパーの一括作製と塗布技術	吉林精功碳 <b>纤维</b> 有限公司	3
4 自動車用	燃料電池の高性能・耐汚染性触媒の合成技術とバッチ調製技術	厦门大学	3
5 長寿命・	低コストな固体高分子形燃料電池基板の一括製造技術	上海交通大学	3
6 自動車用	<b>月燃料電池スタックやエアコンプレッサーの材料・部品耐久試験技術・装置研究</b>	中国汽 <b>车</b> 工程研究院股份有限公司	3
7 道路輸送	5月高圧・大容量チューブラーコンテナの水素貯蔵技術	合肥通用机械研究院有限公司	3
8 液体水素	長の製造・貯蔵・輸送・充填の主要設備と安全性に関する研究	北京中科富海低温科技有限公司	3
9 アルコー	- ル改質による水素製造と冷却・加熱・電力供給を組み合わせた燃料電池システム統合技術	华中科技大学	3
10 寿命10,0	000時間のチタン酸カルシウム太陽電池のキーテクノロジー	中国科学院半 <b>导</b> 体研究所	4
11 結晶シリ	「コン太陽電池の高効率化・低コスト化のためのキーテクノロジー研究	江 <b>苏协</b> 鑫硅材料科技 <b>发</b> 展有限公司	3
12 新高効率	<b>犀</b> 風力エネルギー変換デバイスのキーテクノロジー研究	中国华能集团清洁能源技术研究院有限公司	3
13 大型フレ	キシブルブレードの空力弾性設計のためのキーテクノロジー	国 <b>电联</b> 合 <b>动</b> 力技 <b>术</b> 有限公司	3
14 オフグリ	「ッド風力・照明・水素燃料電池の直流連系と安定制御技術	国网浙江省 <b>电</b> 力有限公司	3

#### ▶新エネルギー自動車(新能源汽车)

本プロジェクトは、パワーバッテリーとバッテリー管理システム(动力电池与电池管理系统)、モータードライブとパワーエレクトロニクス(电机驱动与电力电子)、AI 電気自動車(电动汽车智能化)、燃料電池パワーシステム(燃料电池动力系统)、プラグイン/拡張範囲ハイブリッドパワーシステムと純粋な電力システムの6つのイノベーションチェーン(技術的な方向性)(插电/增程式混合动力系统和纯电动力系统6个创

新链(技术方向))を構築することにより、完全な電気自動車等の開発を進め、新エネルギー自動車の技術変 革戦略を継続的に実施することを目的としている。予算等を表 2-11 に示す。

年 予算(億元) 実施予定期間(年) 採択予定プロジェクト数 採択プロジェクト数 2018 11.2 5 19-38 24-48 2019 9 5 5 2020 8.6

表 2-11 「新エネルギー自動車」テーマに採択されたプロジェクト一覧

出典:科技部,2017、2018、2019

#### (2) 国家重点実験室 (国家重点实验室)

中国では、総合力が高い研究型大学や研究所の強化策として、国家重点実験室や国家実験室が設立されている 7。国家重点実験室は1984年に開始した科技部のファンディングであり、国の発展と密接に関わる基礎的・戦略的かつ先見性のある科学技術革新活動を展開する国際的な一流実験室を育成するため、基礎および応用研究、社会的公益の研究を積極的に繰り広げる研究室に資金を重点的に配分するものである 78.79。なお、2020年末時点で、運営中の国家重点実験室は522ヵ所である 80。科学技術部と財政部は2018年に共同で、「国家重点実験室の建設発展の強化に関する若干の意見」 81 を公布し、この中で国家重点実験室の最適化調整ならびに新規建設の必要性を明確にするとともに、実験室の数を着実に増やし合計を700程度に保持するとした 82.83。2000年には国家重点実験室の上位に位置付く実験室として、「国家実験室(国家实验室)」の制度が設けられた。なお、本制度創設時、既に運営されていた研究室からの申請もあり、当該研究室の設立年に遡って国家実験室としての承認を得たものも含まれている(図 2-8)。また、近年は国家実験室の要求水準を高くすべきとの議論があり、2006年以降の多くの申請機関は「国家実験室(準備中)」の段階で留め置かれている 84。一方で、全人代での政府工作報告において、高いレベルの国家実験室の整備や整備の加速が必要との議論もある 85。カーボンニュートラルと関連する国家実験室としては、遼寧省・大連にある中国科学院クリーンエネルギーイノベーション研究院(中国科学院洁浄能源创新研究院) 86 が該当する。

<sup>&</sup>lt;sup>77</sup> https://hr.edu.cn/xueshu/202107/t20210712\_2135091.shtml

<sup>&</sup>lt;sup>78</sup> http://www.most.gov.cn/index.html

<sup>&</sup>lt;sup>79</sup> 科学技术部 财政部 (2008): 关于印发《国家重点实验室建设与运行管理办法》的通知,国科发基【2008】539 号, 8p., https://www.most.gov.cn/zzjg/jgsz/jcs/jcsgzdt/200809/t20080910\_63824.html

<sup>&</sup>lt;sup>80</sup> 国家统计局 (2021): 中华人民共和国 2020 年国民经济和社会发展统计公报,国家统计局,http://www.gov.cn/xinwen/2021-02/28/content\_5589283.htm

<sup>&</sup>lt;sup>81</sup> 中华人民共和国中央人民政府 (2018): 关于加强国家重点实验室建设发展的若干意见, 财政部网站, http://www.gov.cn/xinwen/2018-06/27/content\_5301344.htm

ktp://www.most.gov.cn/xxgk/xinxifenlei/fdzdgknr/fgzc/gfxwj/gfxwj2018/201806/t20180625\_140289.html

<sup>83</sup> https://spc.jst.go.jp/news/180604/topic\_2\_02.html

<sup>84</sup> https://baike.baidu.com/item/%E5%9B%BD%E5%AE%B6%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%AE%A4/3082483#reference-[9]-881635-wrap

<sup>85</sup> https://baijiahao.baidu.com/s?id=1693899283284630660&wfr=spider&for=pc

<sup>&</sup>lt;sup>86</sup> 最初は中国科学院大連化学物理研究所のクリーンエネルギー実験室 (洁净能源国家实验室 (筹)) といった位置付けであったが、中国科学院クリーンエネルギーイノベーション研究院という名称になった http://www.dnl.ac.cn/index.htm

図 2-8 国家実験室の所在地

さらに今後、第 14 次 5 カ年計画に基づき各省等が新たに整備を構想している重要な実験室として、国家実験室が 9 件、国家重点実験室が 48 件予定されている  $^{87}$ 。この中でカーボンニュートラルの研究開発に関わると考えられるものとして、国家実験室が 1 件 ( $\bigstar$ )、国家重点実験室が 6 件ある (表 2-12)。なお、従来にはなかった傾向として、「地名 + 国家実験室」の名が冠されたものが出てきている  $^{88}$ 。

表 2-12 第 14 次 5 カ年計画に基づき整備構想が進められている国家実験室 / 国家重点実験室

実験室名 (日本語訳)	実験室名	場所	所属機関
新エネルギー国家実験室福建基地(★)	新能源国家实验室福建基地	福建	-
新エネルギー変換・貯蔵国家重点実験室	新能源转化与存储国家重点实验室	天津	-
長江上流域健全な土壌とグリーン農業の 国家重点実験室	长江上游健康土壤与绿色农业国家重 点实验室	重慶	西南大学 <sup>89</sup>
非在来型石油・ガス開発国家重点実験室	非常规油气开发国家重点实验室	重慶	重慶科技学院90
グリーン航空エネルギー発電の国家重点 実験室 <sup>91</sup>	绿色航空能源动力国家重点实验室	重慶	-
石炭転換の国家重点実験室	煤转化国家重点实验室	山西	中国科学院山西煤炭化 学研究所 <sup>92</sup>
新エネルギー航空機の国家重点実験室	省部共建新能源飞机国家重点实验室	遼寧	沈阳航空航天大学93

★は国家実験室、他は国家重点実験室。(カーボンニュートラル関連分野を抜粋)

<sup>87</sup> https://www.instrument.com.cn/news/20220507/615170.shtml

<sup>\*\*</sup> https://baike.baidu.com/reference/3082483/c809wI4HFknSMOcuPnisxl61AxRCrUoq-88ZuORUWpwwf96R6xLYMAbRLT2bgHrhc7LFs3PfBAs7H7Hdk3VmSfEU5NbJkziEb4LczlqKvMZY8ZM

<sup>89</sup> http://kjc.swu.edu.cn/s/kjc/gzzt/20210526/4464298.html

 $<sup>^{90}</sup>$ https://baijiahao.baidu.com/s?id=1714857552442006643&wfr=spider&for=pc

<sup>91</sup> https://news.cqjtu.edu.cn/info/1027/46588.htm

 $<sup>^{92}\</sup> https://news.cqjtu.edu.cn/info/1027/46588.htm$ 

 $<sup>^{93}\</sup> https://www.027art.com/gaokao/HTML/13556995.html$ 

ちなみに、一部報道によると、新エネルギー変換・貯蔵国家重点実験室(新能源转化与存储国家重点实验室)は南海大学に設立されるとされているが、2023年1月末日時点において公式な情報は見いだせなかった。また、中国科学院山西煤炭化学研究所の"石炭転換の国家重点実験室"は、1991年に世界銀行からの融資を受けて国家計画委員会から認可され、1995年に国家的な受け入れ態勢を経て正式に公開された機関となった経緯がある。

#### 2.3.2 NSFC によるカーボンニュートラル関連のプロジェクトに対するファンディング

中国では、日本学術振興会 (JSPS) の科研費に相当する中国国家自然科学基金 (NSFC)<sup>94</sup> が研究全体の 7 から 8 割を支援している。公開されている範囲の予算推移を下記に示す (図 2-9)。



NSFC によるファンディングは、研究者からのボトムアップによる提案が主であるが、一部は課題設定型のプログラムも実施されている。課題設定型のプログラムにおいて、昨年まではカーボンニュートラルに明示的に関連するものはなかったが、2022 年 3 月に、「"ダブルカーボン" 目標下におけるエネルギー転換と産業構造改革に向けた変革技術の化学・化学基盤("双碳"目标下能源转型与产业结构调整変革性技术的化学化工基础)」  $^{55}$  に対する公募が発表された。ここでの研究テーマは 2 つあり、1 つ目は産業用脱炭素プロセスのリアクション・カップリング(产业低碳化过程的反应耦合)、2 つ目は水と炭酸ガスの共電解カップリングプロセス(水与二氧化碳共电解耦合过程)である。研究期間は 4 年 (2023 年 1 月 1 日 2026 年 12 月 1 日 2026 で、1 プロジェクトあたりの予算は 400 万元 / 年である。

新しいプログラムは開始したばかりのため実績等は出ていないものの、本節ではダブルカーボン(双碳)の単語の元となるカーボンピークアウトおよびカーボンニュートラルをキーワードとした NSFC のプロジェクトの採択数について調査した(表 2-13)。なお、ここでは先に述べた省エネルギー法の発出された 97 年からのデータを対象とした。また、プロジェクト名から推測すると、ダブルカーボンには直接関係ないものも含まれている可能性があるものの、ここでは出力通りの結果を示すこととした。

<sup>94</sup> https://www.nsfc.gov.cn/

<sup>95</sup> 指南引导类原创探索计划项目, https://www.nsfc.gov.cn/publish/portal0/tab442/info84580.htm

表 2-13 国家自然科学基金におけるカーボンピークアウトおよびカーボンニュートラルをキーワードとした 各プログラム (項目)に対する採択数

	面上項目	重点項目	重大項目	重大研究 計画	国家杰出青 年科学基金	<b>创</b> 新研究群 体 <b>项</b> 目	国 <b>际</b> (地区) 合作与交流 <b>项</b> 目	联合基金 项目	青年科学基 金 <b>项</b> 目	海外及港澳 学者合作研 究基金	国家重大科研仪器研制 项目	优秀青年科 学基金 <b>项</b> 目	数学天元基 金 <b>项</b> 目
1997	16	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1998	17	0	2	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
1999	20	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
2000	23	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1	0	0
2001	54	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0
2002	36	3	0	5	0	0	9	0	14	0	0	0	2
2003	42	0	1	0	0	0	11	0	8	0	0	0	0
2004	56	1	1	6	0	0	12	0	10	0	0	0	0
2005	72	2	1	1	0	0	11	0	25	0	0	0	1
2006	67	0	0	0	0	0	7	0	21	0	0	0	3
2007	87	4	0	5	0	0	13	1	35	0	1	0	0
2008	93	1	0	1	1	0	9	0	64	0	0	0	2
2009	102	0	1	2	1	1	4	2	77	1	1	0	4
2010	295	10	3	4	0	1	12	1	189	1	0	0	3
2011	392	7	2	5	1	0	10	8	323	1	2	0	5
2012	439	10	5	2	2	1	20	8	378	4	1	2	8
2013	430	11	1	5	3	2	17	17	420	2	2	7	3
2014	383	12	0	7	3	0	13	16	450	3	1	4	3
2015	470	5	0	13	3	1	19	27	490	6	3	6	2
2016	511	12	6	14	1	1	19	26	543	3	2	6	5
2017	551	19	3	19	1	0	18	16	578	1	1	6	2
2018	600	12	6	31	0	0	26	18	568	4	3	6	2
2019	547	21	2	20	2	1	15	26	585	0	2	4	0
2020	605	9	0	18	5	0	0	23	584	0	1	0	0
2021	652	18	0	0	0	0	0	8	723	0	2	0	0

表 2-14 に、国家自然科学基金におけるプログラム (項目)の種類とその概要を示す。

表 2-14 国家自然科学基金のプログラム (項目) $^{96}$ 

プログラムの種類	原文	プログラムの概要
一般プログラム	面上项目	自らテーマを選択し、革新的な科学研究を行うことを支援
重点プログラム	重点项目	重要な分野や科学のフロンティアにおけるブレークスルーを促進し、体系的 かつ革新的な研究を支援
重大プログラム	重大项目	科学のフロンティアと国家経済、社会、科学技術の発展および国家安全保障 における主要な科学的問題に対して、中国の基礎研究の革新能力を支援
重大研究計画プログラム	重大研究计划项目	国家の主要戦略ニーズと主要科学フロンティアに焦点をあて、中国の基礎研究の独自の革新能力を高め、国民経済、社会の発展と国家の安全に対する科学支援を提供
全国優秀青年科学財団プログラム	国家杰出青年科学基金项目	基礎研究において優れた業績をあげた若手研究者が、自ら選択した研究方向で革新的な研究を行うことを支援。若い科学技術人材の育成促進や、海外の人材を誘致し、世界の科学技術のフロンティアへ進出できる優れた学術指導者の育成・創出を支援

 $<sup>^{96}\</sup> https://www.nsfc.gov.cn/publish/portal0/jgsz/08/default.htm#01$ 

プログラムの種類	原文	プログラムの概要	
イノベーション研 究グループプログ ラム	创新研究群体项目	院士から優秀な若手・中堅研究者が、重要な研究方向性のもとで共同して革 新的研究を行い、国際的な科学フロンティアを占める研究グループの育成・ 創出を支援	
国際 (地域) 共同 研究・交流プログ ラム	国际(地区)合作交流项目	国際(地域)協力·交流事業では、NSFCが海外の科学研究費助成機関、研究機関、 国際組織と締結した二国間協定の枠組みの下で行う人材交流、中国での多国間 会議の開催、海外での二国間会議への参加、その他の交流活動を支援し、協力 と密接な連携の機会を創出し、実質的な協力促進のための基盤を構築	
共同基金プログラム	联合基金项目	社会資源を基礎研究に誘導・統合し、関連部門、企業、地域の実際のニーズ を凝縮して科学問題に転換し、有利な科学研究力を結集して科学研究を行い、 関連分野、産業、地域における中国の自主革新能力の向上および促進を支援	
青年科学基金プログラム	青年科学基金 项目	若手科学者が自らテーマを選択し、基礎研究における後継者の才能を育成お よび支援	
国際 (地域)共同研究プログラム	国际(地区)合作研究项目	国際科学のフロンティア、国際科学技術資源の有効利用、対等協力・互恵・成果共有の原則に基づいて共同研究を実施し、中国の科学研究水準と国際競争力を高めるための資金を提供	
国家重大科研機器等開発事業	国家重大科研仪器研制项目	科学のフロンティアと国家のニーズを志向し、科学的目標に導かれ、トップレベルの設計を強化し、重要な開発方向を明確にし、独創的なアイデアを持つ探索的研究機器の開発を奨励・育成し、オリジナルの主要研究機器・設備の開発を重点的に支援し、中国独自のイノベーション能力を包括的に向上させることを支援	
若手優秀科学者基 金プログラム	优秀青年科学 基金项目	基礎研究において優れた成果をあげた若手研究者が、自ら研究の方向を選択し、革新的な研究を行い、世界の科学技術のフロンティアへの参入が期待できる優れた学術的バックボーンの育成を支援	
数理天元財団	数学天元基金	数学者の英知を結集し、数学の特性や発展法則に沿った資金調達方法を模索 し、強い数学国家づくりを推進するために設立された特別基金	

続いて、プログラム毎の内訳として、面上プログラム、重点プログラム、重大プログラム、重大研究計画 プログラム、および青年科学基金プログラムについて、採択数と上位30機関を示す(図2-10-図2-19)。

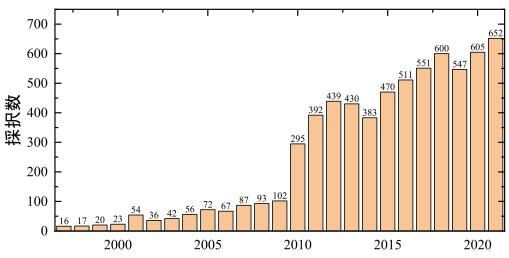


図 2-10 国家自然科学基金におけるダブルカーボン (双碳)をキーワードとした一般プログラムの採択数

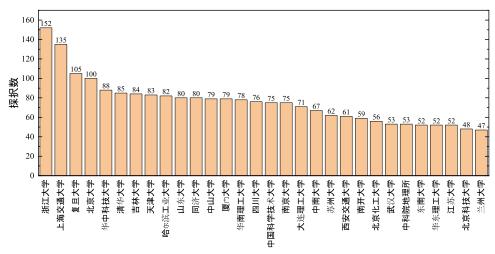


図 2-11 国家自然科学基金におけるダブルカーボン(双碳)をキーワードとして一般プログラムで採択された上位 30 機関

一般プログラムはもともと増加傾向を示していたものの、2010年を境に急激に増加し、その後も増減は あるものの増加傾向である。また、浙江大学が群を抜いて多く、続いて上海交通大学、復旦大学である。

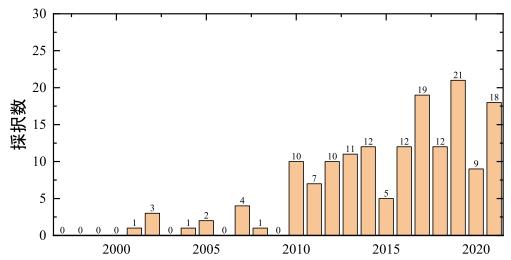


図 2-12 国家自然科学基金におけるダブルカーボン (双碳)をキーワードとした重点プログラムの採択数

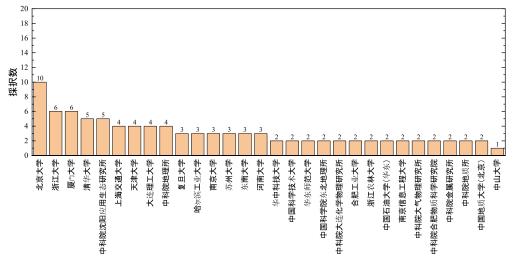


図 2-13 国家自然科学基金におけるダブルカーボン(双碳)をキーワードとして重点プログラムで採択された上位 30 機関

重点プログラムは 2010 年以降に採択率が多い傾向を示すものの、増減が多くみられる。また、北京大学が群を抜いて多く、続いて浙江大学、厦門大学であるが、いずれも同程度の採択率となっている。

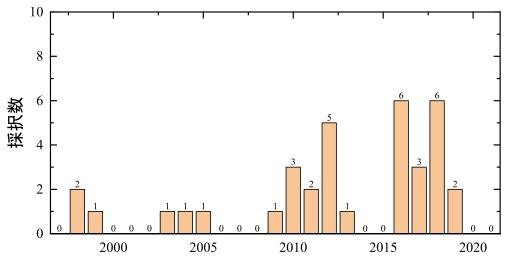


図 2-14 国家自然科学基金におけるダブルカーボン(双碳)をキーワードとした重大プログラムの採択数

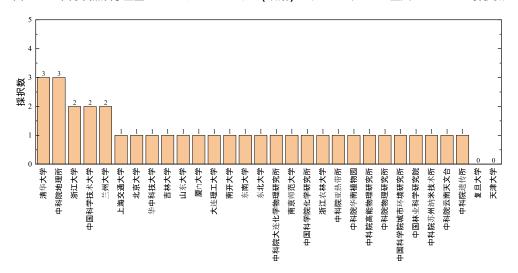


図 2-15 国家自然科学基金におけるダブルカーボン (双碳)をキーワードとして重大プログラムで採択された上位 30 機関

重大プログラムは、いずれの年においても採択率が低いようにみられる。また、清華大学と中国科学院地理科学・資源研究所に続き浙江大学による採択率が高いものの、重点プログラムと同様にいずれも同程度の採択率となっている。

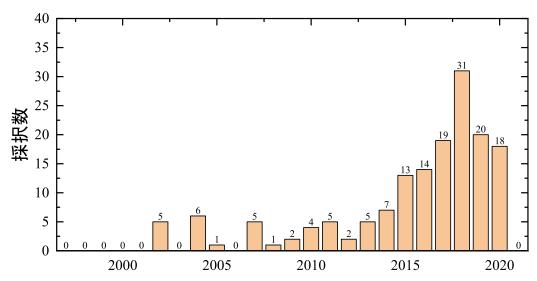


図 2-16 国家自然科学基金におけるダブルカーボン (双碳)をキーワードとした重大研究計画プログラムの採択数

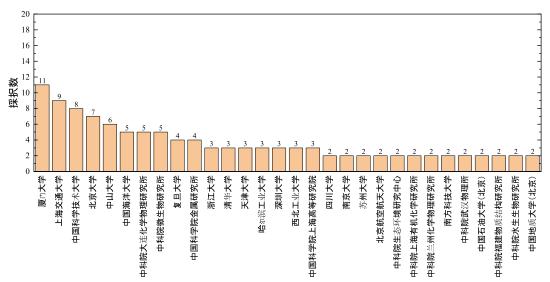


図 2-17 国家自然科学基金におけるダブルカーボン ( 双碳 ) をキーワードとして重大研究計画プログラムで採択された上位 30 機関

重大研究計画プログラムも、いずれの年においても採択率が低いようにみられる。また、清華大学と中国 科学院地理科学・資源研究所に続き浙江大学による採択率が高いものの、重点プログラムと同様にいずれも 同程度の採択率となっている。

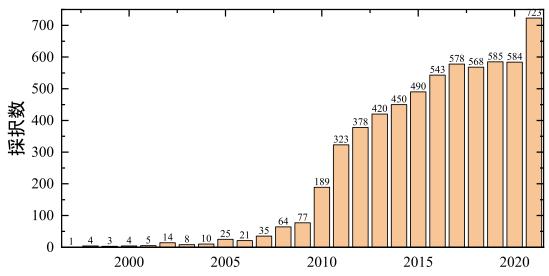


図 2-18 国家自然科学基金におけるダブルカーボン (双碳)をキーワードとした青年科学基金プログラムの採択数

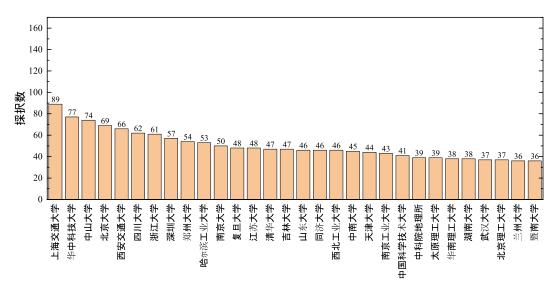


図 2-19 国家自然科学基金におけるダブルカーボン (双碳)をキーワードとして青年科学基金プログラムで採択された上位 30 機関

青年科学基金プログラムも一般プログラムと同様に、2010年を境に急増している。また、2021年にも急増をしている。また、上海交通大学、華中科技大学、中山大学の順で採択率が高い。

以上の結果をみると、いずれも 2010 年頃よりカーボンニュートラル関連課題の採択数が増加していること、および双一流大学 <sup>97,98</sup> に選ばれている大学が多いことがわかる。なお、"双一流(世界一流大学・一流学科構築)"大学とは、中国が 2010 年代に実施をはじめた高等教育政策であり、早い段階において高等教育強国を築き上げることを目標としたものである。

 $<sup>^{97}</sup>$  教育部 财政部 国家发展改革委 (2017): 教育部 财政部 国家发展改革委关于印发《统筹推进世界一流大学和一流学科建设实施办法(暂行)》的通知,教研〔2017〕 2 号,http://www.moe.gov.cn/srcsite/A22/moe\_843/201701/t20170125\_295701.html

 $<sup>^{98}</sup>$  教育部 财政部 国家发展改革委 (2022): 教育部 财政部 国家发展改革委关于公布第二轮 "双一流"建设高校及建设学科名单的通知,教研函〔2022〕 1 号, http://www.moe.gov.cn/srcsite/A22/s7065/202202/t20220211\_598710.html

### 2.4 主要研究機関

ここでは、後述する論文調査結果 (第4章) および中国科学院の行動計画に基づき、カーボンニュートラルに関わる研究開発の主要な実施機関を示す (図 2-20)。



図 2-20 主要な研究機関の所在地

# 2.4.1 懐柔総合国家科学センター (Huairou Science City, National Comprehensive Science Center)<sup>99</sup>

2017年に世界先進レベルの主要科学技術インフラ群を建設し、先端分野における中国の源泉を強化するとした北京市懐柔区の国家総合科学センター(综合性国家科学中心)の建設計画、2019年に国家発展改革委員会が、国内で最も科学技術施設が密集し、最も最先端の独創的なイノベーションがあり、最も優れた国際的特徴を持つ地域の一つになるとして、11の国家科学教育インフラの予備設計と投資見積りが正式に承認されている。2022年時点において25の研究機関が入居しており、国内の研究機関、大学、その他のイノベーション団体との協力が進んでいる。カーボンニュートラルに関する研究内容としては、エネルギー貯蔵、太陽光、照明用クリーンエネルギー材料などが挙げられている。

また、国家発展改革委員会は他にも、上海 <sup>100</sup>(熱タービンなど)、合肥 <sup>101</sup>(自然エネルギー、スマートグリッド、石炭、核融合など:中国科学院プラズマ物理研究所(中科院等离子体物理研究所)、安徽理工大学、中国科学技術大学(中国科学技术大学)、合肥工業大学(合肥工业大学))、深圳 <sup>102,103</sup> の 4 つの国家総合科学研究センターを管理しており、それぞれが科学研究を実施し、研究者へ研究・試験・分析に対するサポートを提供している。

<sup>99</sup> http://hsc.beijing.gov.cn/

 $<sup>^{100}\,</sup>https://www.shanghai.gov.cn/nw4411/20211130/aa6883975a1f41fa9eb754cd2db466f2.html$ 

<sup>101</sup> http://www.hfcnsc.cn/home/index

<sup>102</sup> http://epaper.oeeee.com/epaper/H/html/2020-03/06/content\_7314.htm

<sup>103</sup> https://www.bayarea.gov.hk/filemanager/sc/share/pdf/Outline\_Development\_Plan.pdf

# 2.4.2 中国科学院 (Chinese Academy of Sciences)104

中国科学院(以後、CASとする)は、1949年11月に創立された中国最高レベルの科学技術学術機関および自然科学・ハイテク総合研究センターである。同科学院の活動内容は、科学技術研究のみならず、科学技術領域の最高諮問機関であること、国家の科学技術発展計画と重要な科学技術政策策定に係るアドバイスを実施する、国家の経済建設と社会発展中に生じる重大な科学技術問題に関する研究報告を実施する、学科の発展戦略と中長期目標に関する提案をする、重要な研究領域と研究機関の学術問題に対する評議と指導をおこなうといったように、中国政府の政策にも大きく関与している。

2022年3月2日にCASは、科学技術支援炭素サミットの開催およびカーボンニュートラル(「ダブルカーボン」)戦略行動計画を発表した(中国科学院,2022:中国科学院科技支撑碳达峰碳中和战略行动计划)。なお、2020年末には「カーボンニュートラル」に関する大型コンサルタントプロジェクトを立ち上げ、丁中莉 105(地質・地球物理研究所)、張涛 106(大連化学物理研究所)、高鴻釣 107(物理研究所)の3人の学者が中心となり、中国全土から100人以上の研究者等が参加し、エネルギー・炭素隔離・政策の3側面から9テーマの調査を行い、発電・消費・炭素隔離といった三位一体の技術研究開発体制と、炭素制御・炭素削減・低炭素といったカーボンニュートラルへの開発ロードマップを構築していくとした。その内容としては、習近平国家主席が国連で演説をした内容および第14次5カ年計画に準じたものであり、2030年までにカーボンピークアウトを支える主要技術が国際先進レベルに達するとした目標を強力に支援すること、2060年までに多くの独創的で革新的な技術が開発され、カーボンニュートラル目標の達成をサポートするために適用されるとしている。

また、ダブルカーボンへの行動計画に対する8大活動を、(1) 科学技術戦略研究行動(科技战略研究行动)、(2) 基礎研究フロンティア学際イノベーション行動(基础前沿交叉创新行动)、(3) キーコアテクノロジー突破行動(关键核心技术突破行动)、(4) 新技術総合デモンストレーション行動(新技术综合示范行动)、(5) 人材支援育成行動(人才支持培育行动)、(6) 国際協力支援行動(国际合作支撑行动)、(7) イノベーション体系能力レベルアップ行動(创新体系能力提升行动)、(8) ダブルカーボン普及啓発行動(双碳科普行动)としており、以下の通り、短・中・長期的な開発目標を明確に定義している。

短期目標: 2025 年までに、カーボンピークアウト、経済・社会の低炭素化・グリーン化の推進、カーボンニュートラルという目標を支える革新的技術の探求など、多くのキーテクノロジーにおいてブレークスルーを示す。CO2 吸収源のメカニズムを明確にし、炭素源と吸収源のモニタリングと算定に関する科学的スキームを形成し、関連する国家決定に科学的根拠を提供する。さらに、化石エネルギー、再生可能エネルギー、原子力エネルギー、炭素吸収源に関する主要技術のブレークスルー、主要産業における低炭素技術の総合実証を促進し、産業のグリーン転換の発展をサポートする。

中期目標: 2030 年までに、カーボンピークアウトを支える主要技術は国際的な先進レベルに達し、カーボンピークアウトの達成を強力にサポートする。カーボンニュートラルを支える科学原理と主要技術に大きなブレークスルーをもたらし、カーボンニュートラル目標に対する科学技術の解決策を提供する。多くの独創的な新原理・革新的技術を提案・検証し、新エネルギーを中心とし

<sup>104</sup> http://www.cas.ac.cn/

 $<sup>^{105}\,</sup>http://casad.cas.cn/sourcedb\_ad\_cas/zw2/ysxx/dxb/200906/t20090624\_1804464.html$ 

<sup>106</sup> https://people.ucas.ac.cn/~taozhang

 $<sup>^{107}\,</sup>http://n04.iphy.ac.cn/zt/hongjungao.html$ 

たマルチエネルギー統合技術システムと生態系シンク強化技術システムを構築し、主要産業の 低炭素化転換・発展のためのシステムソリューションを形成し、カーボンニュートラル実証区 を体系的に技術支援する。

長期目標: 2060 年までに、カーボンニュートラル目標の達成をサポートするために、多くの独創的で革新的な技術を開発および適用させる。グリーン、低炭素、循環型発展経済システム、クリーン、低炭素、安全、高効率エネルギーシステムを構築するための科学的基盤、キーテクノロジー、システムソリューションを提供し、炭素排出削減と炭素隔離・吸収源強化技術が国際的なリーディングレベルに到達し、カーボンニュートラル戦略目標を達成させる。

計画によると、CAS はすでに上記の目標を達成するための一定の基盤を有しており、「ダブルカーボン」分野の早期展開を含む「エネルギー化学変換の性質と規制」「変革型クリーンエネルギー重点技術と実証」を実施すると述べている(中国科学院,2022:中国科学院科技支撑碳达峰碳中和战略行动计划)。さらに、「トリウム系溶融塩炉原子力システム」、「気候変動に対応したカーボンバランス認証と関連課題」、「美しい中国の生態文明建設に向けた科学技術プロジェクト "地球ビッグデータ科学プロジェクト"」をはじめとする戦略的先駆科学技術特別プロジェクトは、エネルギー転換の基礎理論、化石エネルギーと再生可能エネルギーのキーテクノロジー、先進原子力システム、地球気候変動、公害防止と総合管理など、2021年において多くのオリジナルかつ重要な成果を達成している。また、CAS は同年10月に「石炭のクリーン燃焼と低炭素利用」の特別パイロットプロジェクトを展開し、石炭火力発電のフレキシブルピークアウトなどの主要技術のブレークスルーを通じて中国のエネルギーと産業チェーンの安全性を確保し、エネルギー強国戦略をサポートすることを目指している。中国科学院行動計画における研究拠点を下記に示す(表 2-15)。

機関母体	新設される機関名	概要	予算 <sup>109</sup> (万元)	職員数
中国科学院 <b>大気物</b> <b>理研究所</b> <sup>110</sup> (IAP)	Carbon Neutrality Research Center	地上・宇宙・空からの複合観測システムとデータイン バージョン計算の方法論を確立し、各都市の炭素排出 量と炭素源・吸収源といった収支の評価等を推進	125,086	466
中国科学院 <b>深圳先</b> <b>進技術研究院</b> <sup>111</sup> (SIAT)	Institute of Technology for Carbon Neutrality <sup>112</sup>	再生可能エネルギー、エネルギー貯蔵、都市のスマートエネルギー、二酸化炭素の回収と変換、カーボンニュートラル経済と都市開発など、エネルギー革命を推進	206,664	不明
中国科学院 <b>青島生</b> <b>物エネルギー・プ</b> ロセス研究所 <sup>113</sup> (QIBEBT)	Shandong Energy Institute	国家と山東省の科学技術プロジェクトを数多く提案 し、先端光源やエネルギー・ビッグデータなど、主 要な科学技術インフラの事前調査・開発を推進	35,773	74

表 2-15 中国科学院行動計画における研究拠点 108

<sup>108</sup> https://english.cas.cn/Special\_Reports/Dual\_Carbon\_CAS\_in\_Action/

<sup>109</sup> 予算と職員数は、機関母体のデータである

<sup>&</sup>lt;sup>110</sup>中国科学院大气物理研究所 http://iap.cas.cn/

<sup>&</sup>lt;sup>111</sup>中国科学院深圳先进技术研究院 https://www.siat.ac.cn/

 $<sup>^{112}\,</sup>http://www.gaoxiaojob.com/zhaopin/zhuanti/zgkxyszxjjsyjy2021/page25.html$ 

<sup>113</sup> 中国科学院青岛生物能源与过程研究所 http://www.gibebt.cas.cn/

機関母体	新設される機関名	概要	予算 (万元)	職員数
中国科学院 <b>都市環</b> <b>境研究所</b> 114 (IUE)	Research Center of Urban Carbon Neutrality	都市炭素排出の会計とモニタリング、都市のカーボンニュートラル化のためのキーテクノロジーや管理 政策等といった研究開発の推進	24,225	92
中国科学院プロセ スエンジニアリン グ研究所 <sup>115</sup> (IPE)	Joint Research Center of Carbon-Neutral Technology	国内の主要鉱物資源の効率的かつクリーンな利用と 環境汚染制御の開発し、国防・資源・環境・エネルギー 産業における戦略的政策の立案等にも関与	_	140
中国科学院 <b>科学技</b> 術戦略研究院 <sup>116</sup> (CASISD)	Center for Carbon Neutrality Strategy	体系的なソリューションと長期戦略支援や管理メカニズムの発見等、立法、税制、投融資、標準制度など複数の政策制度の統合設計と効果的評価を行い、 意思決定の理論、方法論とデータ支援を提供	32,168	134

また、先に述べたダブルカーボンへの8大活動に対する18の重点任務を表2-16に示す。

表 2-16 ダブルカーボンに向けた行動計画の重点任務一覧 (中科院科技支撑 "双碳" 战略行动计划重点任务))<sup>117</sup>

衣 2-10 ダブルカーホブに向けた11割計画の星点は物一見 (中代元代文学 双峽 以晒1]幼川 刈里点は労 ))			
重点任務	原語		
ダブルカーボン科学技術開発のためのロードマップ	双碳科技发展路线图		
中国科学院ダブルカーボン戦略への科学技術支援	中国科学院科技支撑双碳战略		
エネルギーフロンティアの基礎と交わるところ	能源前沿基础与交叉		
カーボンシンク科学の原理と方法	碳汇科学原理与方法		
化石エネルギー技術の効率的かつクリーンな活用	化石能源高效清洁利用技术		
再生可能エネルギー技術	可再生能源技术		
先進原子力技術	先进核能技术		
エネルギー貯蔵・マルチエネルギーインテグレーション技術	储能与多能融合技术		
炭素貯留·吸収技術	固碳增汇技术		
ダブルカーボン技術の総合的な実証	双碳技术综合示范		
カーボンソースとシンクのモニタリング実証実験	碳源碳汇立体监测示范		
リーディングタレントの育成	培养造就领军骨干人才		
複合型人材の教育・育成	教育培养复合型人才		
科学技術における二国間・多国間協力の強化	加强双多边科技合作		
国際的な科学技術の影響力を高める	提升国际科技影响力		
基幹研究所の建設を計画的に推進	体系推进重点实验室建设		
イノベーション・インフラ構築の強化	加强创新基础设施建设		
ダブルカーボン科学の普及と浸透	双碳科普与传播		

<sup>&</sup>lt;sup>114</sup>中国科学院城市环境研究所 http://www.iue.cas.cn/

<sup>&</sup>lt;sup>115</sup>中国科学院过程工程研究所 http://www.ipe.cas.cn/

<sup>&</sup>lt;sup>116</sup> 中国科学院科技战略咨询研究院 http://www.casisd.cn/

<sup>117</sup> http://www.cas.ac.cn/zt/kjzt/stxd/

# 2.4.3 中国科学院物理研究所 (Institute of Physics Chinese Academy of Sciences)<sup>118</sup>

中国科学院物理研究所(北京市中関村)は、1928年に設立された中央研究院物理研究所と1929年に設立された北京研究院物理研究所を前身として、1950年8月15日に設立された研究所である。物理研究所は、物理学の基礎および応用の基礎研究に焦点を当てた学際的かつ総合的な研究機関であり、研究対象は主に物性物理学で、物性物理学、光学、原子分子物理学、プラズマ物理学、ソフトマター物理学、理論・計算物理学、材料科学・工学などである。2021年末時点において、中国科学院から14名、中国工程院から1名、発展途上国科学院から9名の学者が常勤しており、研究員は80人以上が在籍している。ちなみに、本研究所の研究員の一人は1997年に世界で初めて高容量ナノSi負極材料を提案した。その成果による特許を申請した後、2017年には江蘇省溧陽市天目先導電池材料有限公司(江苏溧阳天目先导电池材料有限公司<sup>119</sup>)において工業化を開始している。また、1999年にはナノSi負極材料を用いた研究成果を国際論文として発表するなど、固体技術に基づくハイブリッド固体-液体電解質電池や全固体電池技術の提案・開発、リチウムイオン電池の故障解析技術やハイスループット計算技術の開発を推進している。

また、物理研究所は国際協力に積極的に取組んでおり、2021年には多くの重要な国際協力プロジェクトを主催し、米国、英国、フランス、日本、イスラエルなどの国々と科学協力関係を結んでいる。

### 物理研究所の「一村三湖」戦略配置の紹介 120,121,122

物理研究所では、北京市中関<u>村</u>において、基礎科学研究に重点を置く国際的な科学技術のフロンティアを目指した物性物理学における一流のイノベーションセンターと国家物性物理学の研究センターの構築を目指すとした「一村三湖」戦略に基づき、3つの研究所を戦略的に配置している。北京懐柔総合国家科学センターは <sup>123</sup>、中国科学院大学の雁栖<u>湖</u>キャンパスに所在し、2030 年には世界的に有名な国立の総合科学センターとなることが期待されている。広東省東莞市の松山<u>湖</u>にある材料実験室は <sup>124</sup>、基礎応用研究を志向し、新材料の研究開発に力を入れ、産業界の問題と連携するものとしている。江苏省溧阳市の天目<u>湖</u>近くにある長江デルタ物理研究センター <sup>125</sup> は、地域の優位性を十分に発揮し、科学文化の普及を積極的に推進し、太陽光発電産業におけるチームの一連の進展と成果をあげている。また、天目湖エネルギー貯蔵研究院は、リチウム電池の研究開発から生産を行っており、シリコン負極材に大きく着目をする等、クリーンエネルギー研究に対する「産学研究一体化」という特性を有している。

2022年時点において、物理研究所は傘下に科学技術系企業を11社保有しており、リチウム電池、ナトリウム電池、シリコンカーバイド、ネオジム鉄ボロンなどの各分野で国内産業の発展を誘導している。

ここでは、世界で初めて開発した1MWhのナトリウムイオン電池を用いた蓄電システムに関する研究を 実施しているスピンオフ企業を紹介する(2.5.2 に詳述する)。

<sup>118</sup> http://www.iop.cas.cn/

<sup>119</sup> https://www.iopsilion.com/

<sup>&</sup>lt;sup>120</sup> 物理所 "一村三湖" 战略布局简介 http://www.iop.cas.cn/

<sup>121</sup> http://dqyd.iphy.ac.cn/

<sup>122</sup> https://baijiahao.baidu.com/s?id=1724904100010750273&wfr=spider&for=pc

<sup>123</sup> http://hsc.beijing.gov.cn/

<sup>124</sup> https://www.sslab.org.cn/

<sup>125</sup> http://www.ioply.cn/

### ▶中科海钠科技有限责任公司 (HiNa Battery)<sup>126</sup>

産官連携で有力新興企業も生まれており、Huawei( 华为技术有限公司) は、中国科学院発のナトリウムイオン電池のスタートアップ 2 社への投資を実行した。その内の 1 社である HiNa Battery( 中科海鈉科技有限責任公司) は、近年急速に発展し、2018 年には世界初のナトリウムイオン電池低速電気自動車の実証実験を完了、2019 年には世界初の 100kWhナトリウムイオン電池エネルギー貯蔵発電所の実証実験を完了した。これまでに開発した層状酸化物正極材、無煙炭系負極材、ナトリウムイオン電池技術に基づき、2021 年 6 月 28 日にはナトリウムイオン電池を使用した 1MWh 太陽エネルギー貯蔵スマートマイクログリッドシステムを完成させ、山西省・太原市の国家総合改革モデル区で正式に稼働を開始させた(図 2-21) 28。このシステムは、物理研究所が独自に開発したナトリウムイオン電池をエネルギー貯蔵の中核に置き、商用電源、太陽光発電、充電施設を組み合わせてマイクログリッドを構成し、自己制御・保守・管理を確立したものであり、ナトリウムイオン電池の商業化への応用をさらに促進するものと考えられている。詳細は 2.5.2 に示す。

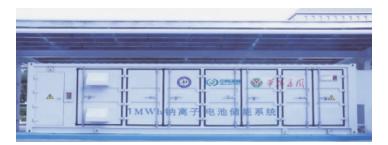


図 2-21 世界初の 1MWh ナトリウムイオン電池エネルギー貯蔵システム 129

# 2.4.4 中国科学院クリーンエネルギーイノベーション研究院 (Dalian National Laboratory For Clean Energy, Chinese Academy of Sciences)<sup>130</sup>

中国科学院クリーンエネルギーイノベーション研究所は、2017年に中国科学院総裁府第7総局の検討・承認を経て、2017年10月に中国科学院が設立し、支援単位は中国科学院大連化学物理研究所である。前身は中国科学院大連化学物理研究所において、2006年に国家実験室(洁净能源国家实验室(筹))として設立されていた。クリーンエネルギーイノベーション研究所は「エネルギー科学と技術革新を通じて、国家のエネルギー安全保障と持続可能な発展を確保する」を使命とし、国立クリーンエネルギー研究所(準備中)、触媒国家重点実験室、分子反応力学国家重点実験室、石炭転換国家重点実験室、カルボニル合成と選択酸化国家重点実験室、多相複合系国家重点実験室、メタノールからオレフィンへの転換国家工学実験室2室、石炭の間接液化国家工学実験室など5つの国家重点実験室を有している。また、国立工学研究所、国立膜技術研究センター、国立燃料電池・水素源技術研究センター、国立精密石油化学中間体技術研究センター、国立触媒工学技術研究センター、国立エネルギー低炭素触媒工学研究センター、その他多くの国家科学技術イノベーションプラットフォームを有する。

2019年12月時点において、両院の院士16人、万人計画採択者45人、革新的人材育成計画34人、国家

<sup>126</sup> https://www.hinabattery.com/

 $<sup>^{127}\,</sup>https://www.huawei.com/cn/?ic_medium=direct&ic_source=surlent$ 

<sup>128</sup> http://www.iop.cas.cn/xwzx/snxw/202106/t20210628\_6118350.html

<sup>129</sup> https://www.hinabattery.com/index.php?id=181

<sup>130</sup> http://www.dnl.ac.cn/

優秀青年基金 47 人を含む 330 人余りが各種人材プログラムに選ばれており、職員は外国人ポスドクも含めて 3200 名程度である。また、大学院生は 1,912 人(うち外国人留学生 69 人)である。

# 2.4.5 中国科学院大連化学物理研究所 (Dalian Institute of Chemical Physics, Chinese Academy of Sciences)<sup>131</sup>

1949年3月に「大連大学科学研究所」として設立され、1961年末に「中国科学院化学物理研究所」に、1970年に現在の「中国科学院大連化学物理研究所」と改称された。基礎研究と応用研究を同等に重視し、応用研究と技術転換を組合せた研究機関である。2007年には、国家クリーンエネルギー研究所の設立が国から承認され、2011年10月には、中国初のエネルギー分野の国立研究所である「クリーンエネルギー国立研究所(DNL)」を立ち上げ、国家エネルギー開発戦略に注力している。燃料電池、バイオエネルギー、化石エネルギー・応用触媒、省エネルギー・環境、低炭素触媒・工学、太陽エネルギー、エネルギー貯蔵技術、水素エネルギー・先端材料、エネルギー基礎・戦略材料、エネルギー戦略研究センター、エネルギー研究技術基盤の11研究部門と1研究プラットフォームがある。

2018年4月にCASは、「変革するクリーンエネルギーのためのキーテクノロジーと実証」として、変革の鍵となる技術のブレークスルーと実証を通じて化石エネルギー、再生可能エネルギー、原子力の統合を実現させ、中国におけるクリーン、低炭素、安全、高効率なエネルギーシステムの構築に向けた技術支援を行い、クリーンエネルギー国家実験室の条件整備に対して16億元を投資した。

2020年末において、両院の学術関係者は14名、万人計画で選ばれた26名、革新的人材育成計画で選ばれた23名、国家優秀青年基金の受給者は29名、国家優秀青年基金の受給者は17名であり、博士課程指導教員は163名、修士課程指導教員は199名である。また、博士課程の学生は837名、修士課程の学生は609名であり(共同研修生317名、留学生62名を含む)、ポスドクは278名が在籍している。

# 2.4.6 中国科学院大学 (University of Chinese Academy of Sciences, UCAS)132

1951年6月に中国科学院と教育部が合同で科学研究および高等教育教員の人材育成のための研究実習生の募集を開始し、1977年9月に国務院承認により中国科学院直轄の初めての研究生院として「中国科技大学研究生院」が設立された。2000年12月には「中国科学院研究生院」と名称が変更され、2012年6月に現在の「中国科学院大学」となった。UCASは科学研究生教育と高等教育分野の教員育成を融合した独特の特殊ある大学となっている。2021年12月時点において、23の国家主要科学技術インフラ、2つの国家研究センター、73の国家重点実験室、191のCAS重点実験室、8の国家工学研究センター、17の国家工学技術研究センター、14の国家工学実験室を擁しており、3,155人の専任教員(うち191人が両院の院士)、12,880人の大学院指導教員(うち7,537人が博士課程指導教員、うち239人が中国科学院、40人が中国工程院の院士)が在籍している。なお、Times Higher Education 133 におけるランキングは88位である。

また、UCASと関連国家単位が共同で設立した専門政策諮問・協力プラットフォームである玉泉シンクタンク(玉泉智库)は、中国科学院大学カーボンニュートラル・クロスサイエンス合同研究所(中国科学院大

<sup>131</sup> http://www.dicp.ac.cn/

<sup>132</sup> https://www.ucas.ac.cn/

<sup>&</sup>lt;sup>133</sup> https://www.timeshighereducation.com/world-university-r%C3%A1nkings/2022#I/page/0/length/25/sort\_by/rank/sort\_order/asc/cols/stats

学碳中和交科学联合实验室)を近々設立するとした<sup>134</sup>。カーボンニュートラルと人工知能デジタルサイエンスの交差点における国の大きなニーズの研究を目的とし、CASと複数の関連機関の科学研究力を統合した学際的機関として期待されている。ちなみに、45歳以下の研究員等を募集している。

# 2.4.7 西安交通大学 (Xi'an Jiaotong University)<sup>135,136</sup>

1896 年創立の「上海南洋公学」が前身であり、多くの組織改編があり、1959 年に現在の「西安交通大学」に改称。2000 年 4 月に西安医科大学、陝西財経学院を編入した。陝西省に位置し、上海交通大学と並び国務院教育部直轄の理工系重点大学の1つ。国家「211 プロジェクト」および「985 プロジェクト」に指定されている。西部地区で唯一の国際スーパーコンピューターセンターを有し、優れた科学研究成果と技術競争力が国内で認められており、中国西部においては規模、研究水準ともに最高峰の大学である。職員数は6,538人で、そのうち常勤講師は3,729人である。教授陣には両院の学識経験者45名、国家教学師範<sup>137</sup>7名、国家優秀青年科学基金の受賞者 <sup>138</sup>49名、国家優秀専門家 <sup>139</sup>26名、国家「一億人材プロジェクト」 <sup>140</sup> 「新世紀一億人材プロジェクト」 「新世紀一億人材プロジェクト」 「新世紀一億人材プロジェクト」 「新世紀一億人材プロジェクト」 「新世紀一億人材プロジェクト」 「新世紀一億人材プロジェクト」 「新世紀一億 「新世紀一億人材プロジェクト」 「新世紀一億 「新世紀一億人材プロジェクト」 「新世紀一億 「新世紀一億 「新世紀一分」 「本語、148 「大き 148 「大き 1

カーボンニュートラルのみならず、エネルギー・電力工学、原子力科学技術、環境工学の分野に特化したのが、エネルギー・動力工程学院(能源与动力工程学院)<sup>145</sup>である。この学院は西安交通大学の中で、最も早く設立された一つの学院であり、中国国内初のボイラープログラム、タービンプログラム、自動車製造プログラム、冷凍低温プログラム、圧縮機等に関するプログラムなどを設立し、中国の火力と内燃機関分野を確立したといわれている。エネルギー・電力工学、原子力科学技術などの分野を開拓・革新し、中国の国民経済と国防建設の発展、エネルギー科学技術の進歩、エネルギー・電力分野の関連産業の発展に大きな貢献をしているとのこと。また、エネルギー・電力工学、原子力科学技術、環境工学の分野で国内外に知られた教授、専門家、学者が多数在籍しており、教職員は429名で、うち教授が135名、准教授が124名、講師が5名、特任研究員が2名、準研究員が2名、教師が266名、実験技師が43名、常勤のポスドクが64名勤務している。なお、中国科学院院士が3名、中国工程院院士が1名、国家専門家が8名、国家教師が2名であ

<sup>134</sup> 中国科学院大学玉泉智库/创新创业学院/碳中和交叉科学联合实验室 2022 年度招聘启事 http://www.gaoxiaojob.com/announcement/detail/17594.html

<sup>135</sup> http://www.xjtu.edu.cn

<sup>136</sup> http://epe.xjtu.edu.cn/index.htm

<sup>137</sup> 国家级教学名师

<sup>138</sup> 国家杰出青年科学基金获得者

<sup>139</sup> 国家有突出贡献专家

<sup>140</sup> 百千万人才工程

<sup>141</sup> 新世纪百千万人才工程

<sup>142</sup> 创新团队带头人

<sup>143</sup> 新世纪优秀人才培养计划

<sup>144</sup> https://www.timeshighereducation.com/

<sup>145</sup> http://epe.xjtu.edu.cn/index.htm

り、教育の質は同業者からも認められ、かつ社会からも賞賛されているとしている。エネルギー・電力工学の学部専攻は中国で第1位(2014年)、電力工学・工学熱物理学の第1級分野の博士課程学生の教育の質は中国で第1位(2012年)であり、これまで省・大臣レベルの教育改革プロジェクトを20件以上実施し、全国教学成果賞4件(うち一等賞2件)、陝西省教学成果賞7件を受賞している。

# 2.4.8 上海交通大学 (Shanghai Jiao Tong University)146,147

1896年設立の「南洋公学」を前身とし、数度の組織改編を経て、1999年に上海農学院を合併、2005年には上海第二医科大学と合併し総合大学となった。上海交通大学は中国で最も長い歴史を持つ大学の1つで、教育部に直属し、教育部と上海市が共同で建設する全国重点大学であり、第7、8次五カ年計画(1986~1995年)で重点的に建設された。「211 プロジェクト」、「985 プロジェクト」の第1期指定校で理工系の伝統が強い大学である。教授1,157人を含む専任教員3,512人、中国科学院所属が27人、中国工程院所属が25人(両アカデミアから1人を含む)在籍しており、国家優秀青年基金受賞者167名、若手トップ人材、長江奨学生青年プログラム、優秀青年科学基金受賞者などの「四大青年」610名、国家重点基礎研究開発プログラム(973プログラム)の主任研究員35名(若手研究員2名)、国家重点科学研究プログラム(NMSRP)の主任研究員14名を擁している。なお、学部生(国内)17,460人、修士課程学生14,670人、博士課程学生11,031人であり、留学生は2,219人であり、そのうち大学院生は1,331人である。なお、Times Higher Education 148 におけるランキングは84位である。

カーボンニュートラルの研究に大きく関わるであろう機械・動力工程学院 (机械与动力工程学院)<sup>149</sup> は、学 内で大きな影響力を持つ学部の一つといわれ、その歴史は1913年に設立された上海工業大学の電気機械工 学科に遡る。この学院は中国の特色ある世界トップクラスの大学を建設するという目標を掲げ、国際的視野 と中国的情操を備えた革新的一流人材の育成を中心に教育改革を積極的に推進し、中国における幅広く強固 な基礎、分野横断的複合機械専攻革新人材育成システムの構築をリードするもので、教育システム改革国家 試験大学第一陣として選出され、教育省が定めた国家教育制度改革の第一次試験校、「三育(三全育人)」総 合改革の第一次試験校に選ばれている。機械工学、エネルギー・電力工学、工業工学、原子力工学・原子力 技術の4つの学部専攻はすべて国家一級学部専攻建設に選ばれている。また、産学協同で科学研究能力を高 め、国家社会に貢献し、国際的影響力を持つハイレベルな共同研究基地が既に構築されている。ガスタービ ン研究所、上海知能製造研究所、中国品質発展研究所、上海交通大学フラウンホーファー協会知能製造プロ ジェクトセンターなど、8 つの分野横断的なプラットフォームが設立されており、国内外の有名企業とも幅 広く協力し、いくつかの国際的な共同研究開発プラットフォームや産学共同研究基地を設立するなど、広く 影響力のある科学技術的成果を多数獲得している。また、中国における国際共同研究の先頭に立ち、ミシガ ン大学との共同運営モデルは中国の大学における国際協力のモデルとなっている。パデュー大学、ペンシル ベニア大学、ドイツのカールスルーエ工科大学などの、世界的に有名な数十の大学と実質的かつハイレベル な共同研修プログラムを開発し、「上海交通大学 - 海外大学 - 多国籍企業」の三者協力モデルを確立したこと で、学生の工学設計能力と異文化協力能力および国際的視野が向上したことで、学部生の70%は国内外の 一流大学へ進学し、30%は国内外の有名企業に就職している。

<sup>146</sup> https://www.sjtu.edu.cn/

<sup>147</sup> https://me.sjtu.edu.cn/

<sup>148</sup> https://www.timeshighereducation.com/

<sup>149</sup> https://me.sjtu.edu.cn/

# 2.4.9 中国地質大学(武漢)(China University of Geosciences, Wuhan)150

中国地質大学の前身は1952年に北京大学、清華大学、北洋大学(現・天津大学)、唐山鉄道学院(現・北京交通大学)、中国鉱業学院の地質学科が合併して成立した「北京地質学院」である。1970年に湖北省へ移転し「湖北地質学院」、1975年に「武漢地質学院」に改称され、1978年に北京の元キャンパスに「武漢地質学院北京研究生部」が設立された。1987年に国家教育委員会は中国地質大学を武漢と北京の2カ所で承認し、本部は武漢とした。教育部直轄で国土資源部が共同建設する重点大学であり、国家「211プロジェクト」指定校の1つである。地球システム科学を主要領域として、応用科学、先端科学を重点発展学科とする学科体系を構築しており、地球規模での資源環境領域における研究に人材を輩出する重要な基地となっている。なお、Times Higher Education におけるランキングは801-1000位の間である。

武漢金龍集団(武汉金龙集团)との協力協定により、長江流域カーボンニュートラル産業技術革新センター(长江流域碳中和产业技术创新中心)が2021年5月に設立された<sup>152</sup>。第14次5カ年計画にも示されている「3060カーボンピークアウト、カーボンニュートラル」と「長江保護」という国家戦略のニーズに焦点をあて、武漢を拠点に湖北省をカバーし、長江流域から世界へ向け、5-10年以内にカーボンニュートラル産業を構築するようにし、カーボンニュートラルなデータセンター、テクノロジーセンター、人材センター等の国際的なカーボンニュートラル実証区を作る予定といわれている。

# 2.4.10 福州大学 (Fuzhou University)153

1958年に福州大学設立委員会が発足し、1960年に校舎が竣工。同年2月に廈門大学の工学部と理学部の一部学科を編入して「福州大学」が設立された。福建省と教育部が共同管理する国家「211プロジェクト」に指定された重点大学である。工学系に強みを有し、泉州キャンパスは石油化工学科を主体、厦門キャンパスは美術学科を主体とする特色がある。化学、工学、材料科学などの学科の教学レベルが高い評価を受けている。なお、Times Higher Education 154におけるランキングは801-1000位の間である。

2021年の12月に電気工学・自動化学院カーボンニュートラル技術研究院(电气工程与自动化学院能源学院和碳中和未来技术研究院)の発足式が開催され、2022年5月に福州大学成立示范性能源学院和碳中和未来技术研究院が正式に成立した<sup>155</sup>。福州大学が、党中央委員会のカーボンピークアウトとカーボンニュートラルの達成という重大な戦略展開を良心的に実行し、福建省のグリーン経済の発展を加速させ、未来をリードするための大きな取組みであるといわれている。カーボンピークアウトやカーボンニュートラルに関連する国立研究所、国家重点実験室、国家技術革新センター(国家技术创新中心)への参加や設立を推進し、気候変動の原因や影響、生態系の炭素吸収に関する基礎理論や手法の研究を強化するため、ハイレベルな国家研究プラットフォームを多数構築するようことを目指している。また、カーボンニュートラルにおける重要なコア技術に関する統合的研究のための主要なプラットフォームの設置を大学に促し、グリーン開発、低炭素利用、化石エネルギーの汚染削減などの二酸化炭素排出削減のためのキーテクノロジー、新しい太陽エネル

<sup>150</sup> http://www.cug.edu.cn/

<sup>151</sup> https://www.timeshighereducation.com/

<sup>152</sup> https://www.cug.edu.cn/info/10506/94883.htm

<sup>153</sup> http://www.fzu.edu.cn/

<sup>154</sup> https://www.timeshighereducation.com/

<sup>155</sup> https://dqxy.fzu.edu.cn/index.htm

ギー、風力エネルギー、地熱エネルギー、海洋エネルギー、バイオマスエネルギー、原子力エネルギー、エネルギー貯蔵技術などの二酸化炭素排出ゼロのためのキーテクノロジー、二酸化炭素の回収、利用、貯蔵などのカーボンマイナス排出のためのキーテクノロジーを中心に、多数のキー研究チームを結成し、先進的かつ応用的な技術の研究開発の加速とその応用を推進するとしている。

# 2.4.11 浙江大学 (Zhejiang University)156

1897年に設立された浙江大学の前身は、中国人自らが設立した最も早い時期にできた新しい高等教育機関の一つで、1928年に国立浙江大学と命名された。1952年には全国の高等教育制度が再編され、浙江大学の一部の学部は姉妹校や中国科学院に移り、杭州の大学の主要部分はいくつかの単科の大学に分かれ、後に旧浙江大学・杭州大学・浙江農業大学・浙江医学大学として発展することとなった。1998年には同じルーツを持つ4つの大学が合併し、新たに浙江大学が誕生した。

浙江大学は、7つの学術部門、39の専門大学(学部)、1つの工科大学、2つの中外合作機関、7つの直属病院を有しており、2021年末時点において、全日制学生63,136人、留学生5,609人、教員9,778人、教員には中国科学院院士30人、中国工程院院士31人、文系上級教授15人を擁する大学となっている。また、2022年2月に国が発表した最新のリストでは、浙江大学と21分野が「双一流」建設大学・建設分野の第2回に選ばれている。なお、Times Higher Education<sup>157</sup>におけるランキングは75位である。

2022年6月に公共管理学院内に、都市発展・低炭素戦略センター(城市发展与低碳战略研究中心)の委員会が設立された <sup>158</sup>。国家戦略に奉仕し、人類共通の故郷を守り、多段階複合「ダブルカーボン(双碳)」人材の育成を加速し、都市のグリーン・低炭素化に前向きで体系的かつ科学的な理論指導と意思決定アドバイスを提供し、未来に向けて先導的な学術低炭素戦略を構築するといった目標を掲げている。また、2022年4月に設立された企業の浙江森欣低炭素技術有限公司(浙江森欣低碳科技有限公司)による基金を得ており、これは浙江大学による都市開発と低炭素戦略の研究を支援および人材育成にするために活用されるとのこと。

# 2.5 ベンチャー企業

以下に、大学や研究機関からの技術を基にした企業(産学研連携や大学発ベンチャー)の一例を示す。

# 2.5.1 上海動力エネルギー蓄電池系統工程技術有限公司 (上海动力储能电池系统工程技术有限公司)<sup>159</sup>

上海蓄電池系統工程技術有限公司は、上海市閔行区東川公園にある中国航天科技公司第八十一研究院(上海宇宙電力研究院)の完全子会社である。中国航天科技集团有限公司(中国航空宇宙科学技術公司(CASC))<sup>160</sup> 唯一の電源研究所で、"两弾一星(両弾一星)"に基づき、特殊装備の電源システム、制御装置、電源製品の研究、設計、製造、テスト、および新エネルギー産業のインキュベーションを担当している。中国唯一の宇

<sup>156</sup> https://www.zju.edu.cn/

<sup>157</sup> https://www.timeshighereducation.com/

<sup>158</sup> http://www.spa.zju.edu.cn/spachinese/2022/0621/c13219a2595812/page.htm

<sup>159</sup> https://www.chinaforklift.com/shop/38588/index/

<sup>160</sup> http://www.spacechina.com/n25/index.html

宙電力技術国家重点実験室を有し、電子電力、化学電力、物理電力などの電力供給分野における研究開発センターを構築し、科技部から宇宙電力技術の国際科学技術協力基地の建設を認可されている。研究所には1,100人以上の職員がおり、そのうち700人以上が中核技術者、70人以上が博士号取得者、600人以上が修士号取得者で、35歳以下の職員が70%以上を占めている。また、国防への貢献度が高い専門家や上海の有力人材など40人以上の省・大臣級専門家を導入して育成したり、航空・宇宙科学のポスドク・ワークステーションと修士号申請・研修サイトを有するなど、大学院生を育成する重要な拠点となっている。いまはシリコン/ガリウムヒ素太陽電池とリチウムイオン電池の国家軍事標準生産ライン5本、航空宇宙グレードの高信頼性製品の生産ライン2本、衛星電源システム用のプラットフォーム数本を有している。

## 2.5.2 中科 HiNA 科学技術有限公司 (中科海钠科技有限责任公司)161

所在地	北京市海淀区中关村东路 66 号 1 号楼 7 层 0810 号	会社規模	50 人未満
資本金	3,094.995 万人民元	起業年	2017/2/8
法定代表人	胡勇胜	特許	国内 27、国際 2

中科HiNA科学技術有限公司は、中国科学院物理学研究所(2.4.3)の陳立泉と胡勇胜研究員<sup>162</sup>を技術リーダーとして迎え、2017年に中国初のナトリウムイオン電池の開発と製造に焦点を当てた国内企業、ナトリウム技術有限責任会社を登録した。国際的にトップクラスの技術開発チームを擁しており、新世代のエネルギー貯蔵システムであるナトリウムイオン電池の研究、開発、生産に焦点をあてたハイテク企業である。また、ナトリウムイオン電池に関するコア特許を多数保有しており、世界でも数少ないナトリウムイオン電池のコア特許と技術を持つ電池メーカーである(国内特許 27、国際特許 2)。同社は、低コスト、長寿命、高安全性、高エネルギー密度のナトリウムイオン電池製品に注力しており、低速電気自動車、大規模エネルギー貯蔵、電気自動車、国家安全保障などの分野をカバーする用途が期待されている。

2011 年、物理学研究所の胡永生研究員を中心とした研究チームが、既往のリチウム電池の研究をベースに、低コストで安全かつ環境にやさしい高性能なナトリウムイオン電池技術の開発に取組み始めた。活性元素として豊富なナトリウムを用い、正極材料に安価なナトリウム - 銅 - 鉄 - マンガン酸化物、負極材料に無煙炭系ソフトカーボンを用いるため、明らかにコスト優位であるといわれている。胡永生を中心とする研究チームは、10年の歳月をかけて研究・技術のブレークスルーを果たし、現時点におけるナトリウムイオン電池のエネルギー密度は145Wh/kgと、鉛電池の約3倍に達しており、低速電気自動車、電気ボート、家庭用蓄電池、系統用蓄電池などの分野での利用が期待されている。

社内の幹部は、陈立泉 (CHEN Liquan, 中国工程院 院士)、胡勇胜 (HU Yongsheng, 中国科学院物理研究所研究員)、李泓 (LI Hong, 中国科学院物理研究所研究員)、唐 堃 (TANG Kun)、李树军 (LI Shujun, 中国科学院高エネルギー物理研究所)、丁润强 (DING Runqiang)、戚兴国 (QI Xingguo)、孔维和 (KONG Weihe, 中国電子武漢新エネルギー研究員副院長)である。

また、パートナー企業として、中国科学院物理研究所 <sup>163</sup>、天目湖先进储能技术研究院 <sup>164</sup>、溧阳天目先导电池 材料科技有限公司、北京卫蓝新能源科技有限公司がある。

<sup>161</sup> https://www.hinabattery.com/

<sup>162</sup> http://www.iop.cas.cn/rcjy/zgjgwry/?id=757

<sup>163</sup> http://www.iop.cas.cn/

<sup>164</sup> http://www.aesit.com.cn/

		1	
株主		持ち株保有率	
	溧阳海芽投资合伙企业(有限合伙)	17.66%	
	阳泉市梧桐树嘉裕阳煤智能制造股权投资合伙企业(有限合伙)	15.56%	私募ファンド <sup>165</sup>
	深圳哈勃科技投资合伙企业(有限合伙)	13.33%	
	胡勇胜	23.79%	
	中国科学院物理研究所	12.60%	
	苏州海松硬核科技股权投资基金合伙企业(有限合伙)	5.833%	私募ファンド
	北京中科创星硬科技创业投资合伙企业(有限合伙)	4.444%	私募ファンド
	西藏国科鼎奕投资中心(有限合伙)	4.153%	私募ファンド
	CAS-TechFundIL.P.	4.153%	
	厦门诚霸商贸有限公司	3.560%	
	北京协同创新投资基金合伙企业(有限合伙)	1.780%	私募ファンド
	北京协同创新控股有限公司	1.379%	
	唐堃	2.318%	
	苏州聚合鹏飞创业投资合伙企业(有限合伙)	0.833%	私募ファンド
	溧阳苏控创投新能源投资合伙企业(有限合伙)	0.666%	私募ファンド
主要人員	胡勇胜	代表取締役、法定代理人	
	<u>李树军</u>	経理、財務負責	人
	<u>陈立泉</u>	取締役	
	朱春丽	取締役	
	陈洪武	取締役	
	<u>唐堃</u>	取締役	
	方伟	取締役	
	高申	取締役	
	李泓	監事	
対外投資先	胡勇胜		
	北京中科创星硬科技创业投资合伙企业(有限合伙)		
	溧阳海芽投资合伙企业(有限合伙)		
	北京协同创新投资基金合伙企业(有限合伙)		
	溧阳苏控创投新能源投资合伙企业(有限合伙)		
	北京协同创新控股有限公司		
	厦门诚霸商贸有限公司		
	阳泉市梧桐树嘉裕阳煤智能制造股权投资合伙企业(有限合伙)		
	中国科学院物理研究所		
	CAS-Tech Fund I L.P.		
訴訟案件	0		
支社	溧阳中科海钠科技有限责任公司		
			<del></del>

注:太字と下線は CAS に関連するものを示している

# 2.5.3 北京衛藍新エネルギー科学技術株式会社 (北京卫蓝新能源科技有限公司)166

所在地	北京市房山区弘安路 85 号院 2 号楼 4 层 443 室	会社規模	300-399人
資本金	6,136.7286 万人民元	起業年	2016/8/11
法定代表人	俞会根	特許情報	国内 283、国際 9

165 中国の私募ファンドには、日本における私募投資信託に相当する私募証券投資ファンドや、プライベートエクイティ(PE)ファンドに相当する私募エクイティ投資ファンド等がある。2013年6月に改正された「中華人民共和国証券投資基金法(中华人民共和国证券投资基金法)」の施行により、私募ファンドが法規上で定義され、同時に中国証券監督管理委員会(証監会)は私募ファンドに対する本格的な監督を開始した。

新华社 (2012): 中华人民共和国证券投资基金法, 中华人民共和国主席令 第七十一号, http://www.gov.cn/flfg/2012-12/28/content\_2305569.htm,

 $<sup>^{166}\,</sup>http://www.solidstatelion.com/$ 

北京微嵐新能源科技有限公司は全固体リチウム電池の開発・生産に注力する国家ハイテク企業で、一連のコア特許と技術を持ち、中国科学院物理研究所クリーンエネルギー研究所における固体電池技術の唯一の産業化プラットフォームといわれている。北京に本社を置き、北京市芳山、江蘇省麗陽、浙江省湖州、山東省淄博の4ヶ所に生産拠点を持っている。

中国工程院院士の陳立泉<sup>167</sup>、中国科学院物理研究所研究員の李泓<sup>168</sup>、BAIC 新エネルギー<sup>169</sup> 元主任エンジニアの俞会根が設立した会社で、電池材料、セル、システムなどの分野で高い技術を持つ人材を結集し、高エネルギー密度、高安全性、高出力、広い温度範囲、長寿命の全固体電池製品に注力している。既存の技術のボトルネックを打破する独自のイノベーションにより、新エネルギー自動車や船舶、大規模エネルギー貯蔵などの産業分野に適用されている。なお、下記に示すように、市・政府からもハイレベルな企業として認められている。

株主		持ち株保有率	
	合肥蓝色里程创业投资合伙企业 (有限合伙)	16.75%	
	俞会根	16.75%	
	江苏苏控产业投资有限公司	6.518%	
	嘉兴浙华武岳峰投资合伙企业 (有限合伙)	4.889%	私募ファンド
	中国科学院物理研究所	4.400%	
	李泓	5.565%	
	天津先导企业管理合伙企业 (有限合伙)	4.009%	
	扬州卫蓝投资合伙企业(有限合伙)	3.925%	
	厦门鼎峰启融创业投资合伙企业(有限合伙)	3.585%	私募ファンド
	成都天齐锂业有限公司	3.259%	
	三峡睿源创新创业股权投资基金(天津)合伙企业(有限合伙)	3.259%	私募ファンド
	<u>陈立泉</u>	3.178%	
	苏州海松硬核科技股权投资基金合伙企业 (有限合伙)	2.933%	私募ファンド
	淄博景能科技有限公司	2.900%	
	中科院科技成果转化创业投资基金(武汉)合伙企业(有限合伙)	2.786%	私募ファンド
	天津卫蓝企业管理合伙企业 (有限合伙)	2.770%	
	溧阳卫蓝股权投资中心 (有限合伙)	2.738%	
	北京启迪腾瑞创业投资中心 (有限合伙)	2.486%	私募ファンド
	天津和谐海河股权投资合伙企业 (有限合伙)	1.768%	私募ファンド
	湖北江捷股权投资合伙企业 (有限合伙)	1.630%	私募ファンド
	宁波吉利蓝色计划企业管理合伙企业 (有限合伙)	1.400%	
	枣庄瑞华股权投资合伙企业 (有限合伙)	1.304%	私募ファンド
	宁波蓝色引擎股权投资合伙企业 (有限合伙)	1.100%	私募ファンド
	深圳哈勃科技投资合伙企业 (有限合伙)	1.000%	
	广州初枫股权投资合伙企业 (有限合伙)	1.000%	私募ファンド
	湖北小米长江产业基金合伙企业 (有限合伙)	1.000%	私募ファンド
	嘉兴卫蓝企业管理合伙企业 (有限合伙)	0.978%	
	嘉兴固锂企业管理合伙企业 (有限合伙)	0.652%	
	天津陆石昱航股权投资中心 (有限合伙)	0.652%	私募ファンド
	枣庄允泰景承股权投资基金合伙企业 (有限合伙)	0.405%	私募ファンド
	北京高端制造业基地投资开发有限公司	0.400%	
	枣庄国汽华安融威睿泽股权投资基金合伙企业 (有限合伙)	0.400%	私募ファンド
	西安市沣东新城中科创星企业管理咨询合伙企业 (有限合伙)	0.163%	
	瑞金市华融瑞泽启航投资中心 (有限合伙)	0.163%	
	孙敬伟	0.114%	

<sup>167</sup> https://people.ucas.ac.cn/~chenliquan

 $<sup>^{168}\,\</sup>mathrm{https://people.ucas.ac.cn/\tilde{}lihong}$ 

<sup>169</sup> 北汽蓝谷新能源

主要人員	前会根 何泳芳 <b>陈立泉</b> 管宇凡 <b>李泓</b> 杨琪 邓琳	代表取締役、経理、法定代理人 取締役 取締役 取締役 取締役 監事 財務負責人
対外投資先	北京卫固新能源科技有限公司 天齐卫蓝固锂新材料(深圳)有限公司 北京市蓝鹏瑞驰科技有限公司 卫蓝(淄博)智慧能源有限公司 卫蓝海博(淄博)新能源科技有限公司 江苏三合电池材料科技有限公司 杭州蓝固新能源科技有限公司 湖州卫蓝科技有限公司 溧阳先导固态电池材料有限公司 江苏卫蓝新能源电池有限公司 北京卫国创芯科技有限公司	10,000万(元) 830万(元) 1,700万(元) 500万(元) 10,200万(元) 2,500万(元) 10万(元) 30,000万(元) 2,000万(元) 16,000万(元) 2,000万(元)
訴訟案件	4	
支社	江蘇省、浙江省	

注:太字と下線は CAS に関連するものを示している

### 2.5.4 浙江ナトリウム革新エネルギー有限公司 (浙江**纳创**新能源有限公司)<sup>170</sup>

所在地	浙江省绍兴市越城区沥海街道马欢路 398 号科创园 B 楼二层	会社規模	50 人 未満
資本金	1,411.7 万人民元	起業年	2018/5/8
法定代表人	车海英	特許情報	15

上海交通大学の马紫峰 <sup>171</sup> 教授のチームによる研究成果をもとに、2018 年 5 月に、上海電気化学エネルギーデバイス技術研究センター、上海紫江化学、浙江製薬が共同で設立した。2019 年 4 月にナトリウムイオン二次電池用正極活物質のパイロットラインを新設し、材料・セルの生産を開始している。住宅用 ESS、UPS、マイクロ EV などをターゲットとしている。

- 2012/3 ナトリウムイオン電池の研究開発チームを結成 上海交通大学の馬子峰主席教授は、ナトリウムイオン電池の技術研究開発チームを結成した。
- 2012/4 ナトリウムイオン電池工学技術の大幅な進歩 ナトリウムイオン電池工学技術の大幅な進歩、Baidu 百科事典に選定される
- 2015/12 世界初、ナトリウムイオン電池を用いた蓄電デバイスを発売
- 2017/3 ナトリウムイオン電池の電解質設計の成果が、ナトリウムイオン電池技術の成果ベスト 10 に選出される (検索エンジン:捜狐)
- 2018/5 浙江省ナトリウム革新能源有限公司が法人化
- 2018/10 先進電池技術共同研究開発センターの形成 紹興濱海新城管理委員会共同事務局は、ナトリウムのイノベーションエネルギーに依拠して、上海交通大学・紹興濱海先進電池技術共同研究開発センターの建設を承認した。

<sup>170</sup> http://natriumenergy.cn/

<sup>171</sup> https://scce.sjtu.edu.cn/teachers/1493.html

2019/3 先進電池技術共同研究開発センターが発足

2019/10 中国国家自然科学基金重点プロジェクト受賞、浙江省重点研究開発プログラムに選定される

2019年中国国家自然科学基金より重点プロジェクトを受賞、浙江省の重点研究開発プログラムに選定される。

2020年 浙江省科学技術中小企業に選ばれる

2020/7「紹興市・海外人材プログラム」起業家人材プロジェクトに選出された。

2021/5 世界初のナトリウムイオン電池 - メタノール改質型水素統合エネルギーシステムを発売 2021/5/17 第2回電気化学エネルギーシステム国際会議において、世界初のナトリウムイオン電池 - メタノール改質型水素統合エネルギーシステムを発売。

2021/6 100 トン級の前駆体と正極材の共作拠点が完成。

2021/9 1 億人民元規模の Pre-A ラウンドの資金調達完了。

2021/101万トンの正極材生産ラインを建設。

株主	上海紫剑化工科技有限公司 绍兴新篁能源科技合伙企业(有限合伙) 浙江医药股份有限公司 江苏淮海新能源车辆有限公司 杭州安丰富盛创业投资合伙企业(有限合伙) 金晓铮	持ち株保有率 56.673% 17.71% 14.17% 5.765% 3.689% 私募ファンド 2.000%
主要人員	车海英       丁璐       马紫峰       叶伟东       黄晓南	代表取締役、総支配人、法定代理人 取締役 取締役 取締役 監事
対外投資先	江苏淮海新能源车辆有限公司 上海紫剑化工科技有限公司 绍兴新篁能源科技合伙企业(有限合伙) 杭州安丰富盛创业投资合伙企业(有限合伙) 金晓铮 浙江医药股份有限公司	
訴訟案件	0	

# 2.5.5 清陶(昆山)エネルギー発展股份有限公司(清陶(昆山)能源发展股份有限公司)172

所在地	江苏省昆山市开发区盛晞路 3 号	会社規模	50 人 未満
資本金	5,439.5 万人民元	起業年	2016/6/13
法定代表人	冯玉川	特許	国内 70、国外 2

清陶(昆山)能源発展有限公司は、清華大学の南策文院士 <sup>173</sup> が中心となって設立したハイテク企業で、中国における固体リチウム電池の工業化をリードしている。同社は、新エネルギー材料技術の産業化に焦点をあて、リチウム電池の主要材料の独自開発、設備の革新的設計、量産プロセスの最適化を通じて、固体リチウム電池の産業化を最初に実現し、中国初の固体リチウム電池生産ラインを建設し、完全な独立した知的財

<sup>172</sup> http://www.jsqingtao.com

<sup>173</sup> https://www.mse.tsinghua.edu.cn/info/1023/1039.htm

産権システムを構築した。

同社は産業レイアウトを改善し続け、「新エネルギー材料 - 固体リチウム電池 - 自動化設備 - リチウム電池資源の総合利用 - 科学研究成果のインキュベーション - 産業投資」という産業エコロジーチェーンを構築している。2020年8月にE++ ラウンド、2021年にF++ ラウンドの資金調達を完了し、投資家は主にSAIC  $^{174}$ 、BAIC Capital  $^{175}$ 、GAC Capital  $^{176}$ 、BOC Capital  $^{177}$ 、Frees Fund  $^{178}$  などである。

同社が開発した固体リチウム電池製品は、大きく分けて4つである。1つ目は、主にスマートウェアラブル機器、子供用電子製品、宇宙空間などのシーンで使われる安全性の高い携帯機器電源である。2つ目は、主に分散機器電源システム、閉鎖環境電源システムなどのシーンで使われる特殊環境安全電源システムである。3つ目は、主に電気自動車、鉄道輸送などで使われる電気知能旅行安全用電源である。4つ目は、軽量で高エネルギーな電源で、主に飛行装置や高級乗用車などのシーンで使用されている。また、これまでに国家級ハイテク企業、蘇州の大革新チーム、蘇州のユニコーン企業、昆山の「頭雁才能」チームなどの賞を受賞している。

14-2-		1++1+/□+-	
株主		持ち株保有率	
	冯玉川	14.65%	
	李峥	14.21%	
	上海峰瑞创业投资中心(有限合伙)	11.89%	私募ファンド
	重庆峰瑞卓越一期股权投资基金合伙企业(有限合伙)	8.887%	私募ファンド
	南策文	8.881%	
	杨帆	6.661%	
	中银投资资产管理有限公司	5.185%	
	昆山何施创业投资合伙企业(有限合伙)	3.645%	
	嘉兴颀骏一号股权投资合伙企业(有限合伙)	3.203%	私募ファンド
	重庆雅思锐企业管理合伙企业(有限合伙)	3.126%	
	昆山清创创业投资合伙企业(有限合伙)	2.815%	
	宜春市安鹏创业股权投资中心(有限合伙)	2.605%	私募ファンド
	重庆正瀚霆企业管理合伙企业(有限合伙)	2.344%	
	重庆勤硕企业管理合伙企业(有限合伙)	2.298%	
	中小企业发展基金(江苏南通有限合伙)	1.969%	私募ファンド
	新余广新创电股权投资咨询中心(有限合伙)	1.737%	
	昆山昆开创越资产管理有限公司	1.0854%	
	深圳安鹏智慧投资基金企业(有限合伙)	0.9117%	私募ファンド
	重庆亚斯达企业管理合伙企业(有限合伙)	0.8684%	
	上海首业君京投资中心(有限合伙)	0.6564%	私募ファンド
	淮安市淮上英才创业投资有限公司	0.6513%	
	/ES/(1//EE) / 3 03 = 3/// 13// 3	私募ファンド	の管理人 <sup>179</sup>
	   昆山市国科创ル投资有限公司	0.6513%	
	2001-101-101-102-1	私募ファンド	の管理人
	台州尚颀颀丰股权投资合伙企业(有限合伙)	0.3256%	
	上海长三角产业升级股权投资合伙企业(有限合伙)	0.3256%	私募ファンド
	成都峰睿天投创业投资中心(有限合伙)	0.2074%	私募ファンド
		0.2074%	私募ファンド
	比山畔抓双仪仅久中心(行政口汉)	0.201470	似夯ノバノド

<sup>174</sup> https://www.saicmotor.com/chinese/index.shtml

<sup>175</sup> http://www.baiccapital.com/

<sup>176</sup> http://www.gac-capital.com/

<sup>177</sup> https://www.bocgi.com/sc/

<sup>178</sup> https://www.freesvc.com/

<sup>&</sup>lt;sup>179</sup> 運用するファンドの資産を使って投資判断を行い、運用するファンドの資産を継続的に評価し、ファンド保有者ができる限り多くの収益を得られるようにする機関のことである。 https://gs.amac.org.cn/

主要人員	冯玉川	董事长,法定代表人
	李峥	董事兼总经理
	李森	董事
	杨帆	董事
	何泓材	董事
	宋晓平	董事
	张坚俊	董事
	吴博	监事
対外投資先	上海首业君京投资中心(有限合伙) 上海峰瑞创业投资中心(有限合伙)	
	重庆正瀚霆企业管理合伙企业(有限合伙)	
	重庆雅思锐企业管理合伙企业(有限合伙)	
	宣春市安鹏创业股权投资中心(有限合伙)	
	昆山峰瑞股权投资中心(有限合伙)	
	中小企业发展基金(江苏南通有限合伙)	
	杨帆	
	淮安市淮上英才创业投资有限公司	
	南策文	
	嘉兴颀骏一号股权投资合伙企业(有限合伙)	
	重庆勤硕企业管理合伙企业(有限合伙)	
	深圳安鹏智慧投资基金企业(有限合伙)	
	上海长三角产业升级股权投资合伙企业(有限合伙)	
	昆山清创创业投资合伙企业(有限合伙)	
	重庆亚斯达企业管理合伙企业(有限合伙)	
	新余广新创电股权投资咨询中心(有限合伙)	
	成都峰睿天投创业投资中心(有限合伙)	
	昆山何施创业投资合伙企业(有限合伙)	
	台州尚颀颀丰股权投资合伙企业(有限合伙)	
	中银投资资产管理有限公司	
	昆山市国科创业投资有限公司	
	昆山昆开创越资产管理有限公司	
	重庆峰瑞卓越一期股权投资基金合伙企业(有限合伙)	
	李峥	
訴訟案件	2	
支社	江蘇、広東、江西、貴州に複数の研究開発・生産拠点	

### 中国の「指導基金」が戦略産業やベンチャー企業の支援に貢献 (IEA, 2022)

2015年に中国は戦略的新興産業の新規企業を支援し、大量起業を促進し、産業高度化を加速するための特別な公的基金を新たに設立した <sup>180</sup>。これは新しいファンドの立ち上げの波の中で行われたが、公的な「指導基金」のコンセプトは新しいものではなく、少なくとも 2000年代から中関村ベンチャーキャピタル指導ファンドなどを通じて試験的に行われていた <sup>181</sup>。指導基金は、中央・地方・地域の政府系ファンドを運営・管理するために公募で選ばれた資産管理会社であり、企業への投資や他の投資家の誘致を視野に入れており、投資家としての政府に対して報告をするが、運営上の決定においてある程度の独立性を保っている。指導基金は各省庁が監督することもあれば、公的機関や国営企業が直接運営することもあり、出資を含めて現地の関係者や産業界と協力することが奨励されており、リターンはすべてのパートナーに分配されるか、ファンドに再投資されるシステムとなっている。

<sup>&</sup>lt;sup>180</sup> 国家新兴产业创投引导基金 http://www.gov.cn/xinwen/2014-08/12/content\_2733979.htm

<sup>&</sup>lt;sup>181</sup> 例えば、https://baike.baidu.com/item/%E5%88%9B%E4%B8%9A%E6%8A%95%E8%B5%84%E5%BC%95%E5%AF%BC%E5%9F %BA%E9%87%91/15541702

2019 年時点において約 1,700 の政府誘導ファンドの下で 4.1 兆人民元以上が運用され、長期的には 10.1 兆人民元以上の投資を目指すといわれている。なにより、2014 年から 2018 年の間に創設された 18 の指導基金は、政府全体の目標の 3 分の 1 にあたる約 3 兆元の資金目標として占められていた。3,500 億元超を目標とした最大規模のファンドとしては、石油・ガスや電力プロジェクトに投資してきた「中国国有企業構造調整基金 (中国国有企业结构调整基金) <sup>182</sup>」や、長期的に 3,000 億元超の投資を目標とする「長江経済ベルト生態基金 (长江经济帯产业基金) <sup>183</sup>」などがある。また、国有企業国創投資指導基金 (国创投资引导基金) <sup>184</sup> のように、主に航空宇宙、原子力、造船、高速鉄道、電力・送電網設備、クリーンエネルギー、新エネルギー自動車などのハイテク分野への 1500 億元の投資を目標とするなど、特定の経済分野に特化した基金もある。

多くの指導基金は、新興企業のみならず、近年は革新的な初期・中期段階の企業を対象とする基金も増えている。 国家新興産業ベンチャーキャピタル指導基金 (中金启元国家新兴产业创业投资引导基金) <sup>185</sup> は 2015 年に NDRC の下に設立され、3 つのファンドが別々に運用され、総投資額は 400 億人民元を目標としている。また、MOST、財政部に中国科学院は、国家科学技術成果移転・変革基金 (国家科技成果转化引导基金) <sup>186</sup> を監督しており、30 以上のベンチャーキャピタルのサブファンドを保有し、250 億元の投資目標を掲げている。また、国有資産監督管理委員会 (国务院国有资产监督管理委员会) <sup>187</sup> は中国国有資本ベンチャーキャピタル基金を管理しており、投資目標は 2,000 億元である。MIIT は国家中小企業発展基金 <sup>188</sup> を管理しており、600 億元を目標に、新興企業や中小企業に資金を提供している。

第14次5カ年計画に先立ち、財政部は第13次5カ年計画の間に明らかとなった異なる資金間の重複リスク、遊休資金、資源の断片化といった問題に対処するため、この仕組みを改革した。新しいガイドラインによると、パフォーマンスが低い場合には政府資金にアクセスするための条件を厳しくし、出口戦略(期間、解約条項など)の面でより明確な成果を求め、定量的な指標を用いたより厳格な成果の追跡と報告も盛り込まれている。

# 2.6 カーボンニュートラルに取組む主要企業

カーボンニュートラルに取組む、主要な企業本社の所在地を図 2-22 に示す (日本貿易振興機構 海外調査部 上海事務所, 2022 を主に参照した)。多くが図 2-20 に示した主要研究機関と同様に、北京および沿岸部に集中している。

中国では、化学工業・建材・製紙等重点産業といった中国の重点産業を代表する一部の企業を中心に、カーボンニュートラルに関する取組みが行われている。中国企業によって割り当てられた研究開発予算は、特にエネルギー部門における国営企業の重要な役割を考えると、中国における企業と公的部門の重複によって部分的に曖昧であるとも指摘されている (IEA, 2022)。

国営企業は他の公的機関、大学、研究機関とともに、イノベーションにおいて中心的な役割を果たし、国家重点科学技術プロジェクト(国家科技重大专项)、重要研究開発プロジェクト(国家重点研发项目)など国営企業による研究開発への資金提供との間には密接なつながりがある。一方で民間企業は太陽光発電、電気自動車、電池の技術開発において中心的な役割を担っており、中国のイノベーションにおける民間企業の役割が強化される可能性があることも示している。

- 182 https://zdb.pedaily.cn/enterprise/show37622/
- $^{183}\,https://www.sohu.com/a/546564116\_121011389$
- 184 https://www.qcc.com/firm/84e0b1e33fd1889117a76fa678068527.html
- 185 https://zdb.pedaily.cn/enterprise/show48081/
- 186 http://www.nfttc.org.cn/www/nfttc/
- 187 http://www.sasac.gov.cn/index.html
- 188 http://www.nfttc.org.cn/www/nfttc/

2019年に国家発展・改革委員会は「市場指向型グリーン技術革新システムの構築」に関する政策指針を発表し <sup>189</sup>、"グリーン技術の研究開発、成果の転換、実証応用、産業化における企業の主な役割"を強調し、"グリーン技術革新におけるリーディング企業群"の構築を目指すとした。また、この通知は科技部も共同連名となっており、2019年から 2022年までの具体的な目標が以下のように盛り込まれている。

- ・グリーンイノベーション企業 1,000 社を特定する
- ・グリーン企業技術センターを 100 ヶ所設立する
- ・年間生産高 500 億元以上のグリーンイノベーションに関するリーディング企業 10 社を支援する
- ・企業のグリーン技術革新への支援を強化し、国家重点科学技術プロジェクトおよび国家重点研究開発プロジェクトにおける企業主導の割合を 55% 以上にすることを目指す



図 2-22 カーボンピークアウトおよびカーボンニュートラルに取組む企業の一例の位置

<sup>&</sup>lt;sup>189</sup> 国家发展改革委 (2019): 国家发展改革委 科技部关于构建市场导向的绿色技术创新体系的指导意见,发改环资〔2019〕689 号, https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/201904/t20190419\_962441.html?code=&state=123

# 参考資料・文献

成金华·汤尚颖 (2021): 中国矿产资源产业发展报告 2020, 中国地质大学出版社, 237p.

CRDS(2022): 研究開発の俯瞰報告書 主要国の研究開発戦略 (2022 年 ),CRDS-FY2021-FR-02, 261p.,

https://www.jst.go.jp/crds/report/CRDS-FY2021-FR-02.html

広東省人民政府,广东省人民政府关于印发广东省科技创新"十四五"规划的通知,

http://www.gd.gov.cn/zwgk/wjk/qbwj/yf/content/post 3574221.html

Guo, D., Guo, Y., Jiang, K.,(2016): Government-subsidized R&D and firm innovation: Evidence from China, Research Policy, Vol.45, Issue6, pp.1129-1144., DOI: 10.1016/j.respol.2016.03.002

国务院 (2015): 国务院关于印发《中国制造 2025》的通知, 国务院办公厅,

http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-05/19/content\_9784.htm (国務院:中国製造 2025)

国家发展改革委 国家能源局 (2022a): "十四五"可再生能源发展规划, 国家发展改革委 国家能源局, 42p., https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghwb/202206/P020220602315308557623.pdf

国家发展改革委 国家能源局 (2022b): "十四五"新型储能发展实施方案, 国家发展改革委 国家能源局, 18p., https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/202203/t20220321\_1319772.html?code=&state=123 国家自然科学基金委员会, 信息公开年度报告,

https://www.nsfc.gov.cn/

Hu, A G., Jefferson, G H.,(2009): A great wall of patents: What is behind China's recent patent explosion?, Journal of Development Economics, Volume 90, Issue 1, pp.57-68.,

https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2008.11.004

IEA(2021): An energy sector roadmap to carbon neutrality in China, IEA, 301p., https://www.iea.org/reports/an-energy-sector-roadmap-to-carbon-neutrality-in-china

IEA(2022): Tracking Clean Energy Innovation Focus on China, IEA, 91p.,

https://iea.blob.core.windows.net/assets/6a6f3da9-d436-4b5b-ae3b-2622425d2ae4/

TrackingCleanEnergyInnovation-FocusonChina\_FINAL.pdf

日本貿易振興機構 海外調査部 上海事務所 (2022): カーボンニュートラルに向けて取り組む中国企業の対応 事例,日本貿易振興機構,103p.,

https://www.jetro.go.jp/world/reports/2022/01/470026604f8fc47f.html

江苏省人民政府,省政府办公厅关于印发江苏省"十四五"科技创新规划的通知,

http://www.jiangsu.gov.cn/art/2021/9/15/art\_46144\_10014555.html

科技部 (2017): 可再生能源与氢能技术重点专项 2018 年度项目申报指南, 科技部, 26p.,

http://www.most.gov.cn/xxgk/xinxifenlei/fdzdgknr/qtwj/qtwj2018/201808/

W020180803515417813149.pdf

科技部 (2018): "可再生能源与氢能技术" 等重点专项 2019 年度项目申报指南, 科技部, 17p., http://www.most.gov.cn/xxgk/xinxifenlei/fdzdgknr/qtwj/qtwj2019/201906/

W020190621526499064130.pdf

科技部 (2021): 十四五"国家重点研发计划开启 52 个重点专项指南征求意见, 经济参考报,

http://www.gov.cn/xinwen/2021-05/31/content\_5614060.htm

The World Bank Open Data,

https://data.worldbank.org/

新华社 (2021): 中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要, 国务院 http://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content 5592681.htm

中国科学院 (2022): 中国科学院科技支撑碳达峰碳中和战略行动计划,

https://www.cas.cn/zt/kjzt/stxd/

中华人民共和国中央人民政府 (2016): 中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要,新华社, http://www.gov.cn/xinwen/2016-03/17/content\_5054992.htm

(中華人民共和国中央人民政府:第13次5か年計画(通称))

中华工商时报社 (2022): 2021 年中国研发经费投入达 2.79 万亿元 投入强度再创新高, 中华工商网,

https://baijiahao.baidu.com/s?id=1723027697204126658&wfr=spider&for=pc 中華工商時報社 (中華工商時報社: 2021 年に2兆7900 億人民元を研究開発に投資、投資原単位がまた過去最高に)中华人民共和国科学技术高技术研究发展中心、国家重点研发计划重点专项、

http://www.htrdc.com/gjszx/

中华人民共和国教育部,出国留学人员情况统计,

http://www.moe.gov.cn/

# 3 韓国の政策動向

韓国は少資源国であり、エネルギー資源のほとんどを輸入に頼っている。主要なエネルギー源は石炭、石油、天然ガス、原子力となっているなか、石炭はオーストラリア、インドネシア、ロシア等、石油資源はサウジアラビア、米国、クウェート等、液化天然ガスはカタール、オーストラリア、米国等からの輸入に依存している <sup>190</sup>。当初、ウクライナ情勢による韓国経済への影響について、短期的・直接的には限定的とみられていたが <sup>191</sup>、現在は局面の長期化に伴い、世界的なエネルギー・資源価格高騰による影響への懸念が高まってきている状況にある。

韓国は小資源国であることに加えて、国内の市場規模が限られているため、政府はグローバル志向のもと 科学技術・イノベーションに基づく経済成長を重視する傾向が強い。特に気候変動分野においては、国連関係機関の韓国への誘致活動を積極展開するなど、グローバル連携を重視するとともに、そこでリーダーシップを発揮すべく尽力している。加えて、電子情報通信産業に次ぐ成長の牽引役として、グリーン産業に期待が寄せられており、ここにカーボンニュートラル政策を関連付けている側面がある。韓国のカーボンニュートラル分野における研究開発政策は、こういった背景のもとで展開されている。

# 3.1 政府組織・体制

韓国の政府組織・研究開発体制について、図 3-1 に示す。

韓国の科学技術政策は、国家科学技術諮問会議が司令塔機能を担い、科学技術情報通信部 (MSIT) が企画・研究開発予算の調整・実施の中心的役割を果たしている。特に、MSIT 内に設置された「科学技術革新本部」が、国家 R&D 事業予算の審議・調整、予備妥当性調査、研究成果の評価等を実施している点が特徴的である。また、カーボンニュートラルに係る研究開発を担う省庁は、産業通商資源部、環境部、農水産食品部、海洋水産部、国防部など多岐にわたる。

資金配分機関としては、MSIT 傘下で主に学術機関を対象とした基礎研究を担う韓国研究財団 (NRF)と、産業通商資源部傘下で主に実用化、商用化に向けた技術開発を担う産業エネルギー技術評価院 (KETEP)とがある。本節では、基礎研究を担う NRF のファンディングについて、3.3 に詳述する。

研究開発機関としては、大学、および MSIT 傘下の国家科学技術研究会に属する政府系研究機関がある。 これらのうち、主要な機関について、3.4 に後述する。

なお、本稿の政府組織は2022年7月時点のものである。今後、2022年3月に発足した尹錫悦政権の方針に基づき、省庁再編等の変更が生じる可能性がある点に留意いただきたい。

<sup>190</sup> https://www.eia.gov/international/analysis/country/KOR

<sup>191</sup> https://www.jetro.go.jp/biznews/2022/01/057e266059ead5cc.html

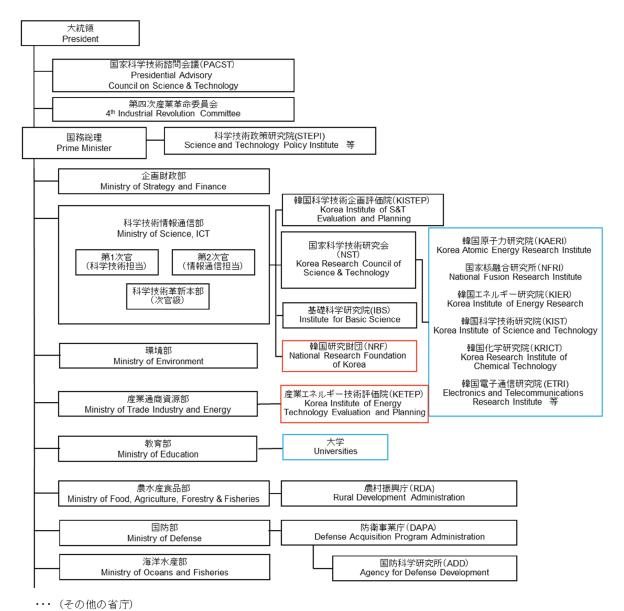


図 3-1 韓国政府組織図 (カーボンニュートラルの研究開発に関連する機関を抜粋)

\* 赤枠は主要ファンディングエージェンシー、青枠は主要研究実施機関

# 3.2 主要政策・重点課題・重点技術

韓国の科学技術政策は日本と同様、5年毎に策定される科学技術基本計画に基づき実施されており、現在は第4次科学技術基本計画 (2018年~2022年)の実施期間にあたる。また、李明博政権 (2008年2月~2013年2月) および文在寅政権 (2017年5月~2022年5月) においては、グリーン成長を重視する方針が打ち出されてきた。なお、朴槿恵政権 (2013年2月~2017年3月) 下においては、科学技術と ICT の融合を志向する「創意経済」がスローガンとして打ち出されていた。

李明博政権下では、2008年8月に温室効果ガスと環境汚染を削減する持続可能な成長を目指した「低炭素・グリーン成長」を国家戦略として打ち出し、当該分野を次の成長動力と位置づけていた<sup>192</sup>。この一環で、低炭素・グリーン成長基本法の制定および5年毎の基本計画策定等、国の各種法的枠組みが整備された。また、2008

<sup>192</sup> CRDS(2012): グローバル競争を勝ち抜く韓国の科学技術 , 丸善出版株式会社

年9月に起きたリーマンショックに伴う経済危機の打開策として、グリーンニューディール政策が実施された。 文在寅政権下では、2015 年開催の COP21 で合意されたパリ協定に基づき、低炭素・グリーン成長にカーボンニュートラルを加味した政策が打ち出された (詳細は 3.2.1 に記述)。また、コロナ禍における緊急経済対策として、2020 年7月に「韓国版ニューディール政策」を打ち出しており、低炭素社会づくりを目指した「グリーンニューディール」や「デジタルニューディール」とのシナジー効果発揮を目指した「デジタル・グリーン融合」等が政策の柱として掲げられるなど、2050 年のカーボンニュートラルに向けた取組みの一つに位置づけられている 193。

本節では主要政策として、パリ協定を受けて制定された「2050年に向けたカーボンニュートラル戦略 (2020年)」およびその関連方策と、国の研究開発方針を示した「第4次科学技術基本計画 (2018~2022年)」を取り上げ、それぞれの概要、重点課題、重点技術について概観する。

なお、韓国においては原子力利用の是非を含むエネルギー政策やグリーン成長等の政策は、政権・政党の 影響を大きく受ける政治課題となっており、5年ごとの政権交代のたびに政府の方針が大きく変わる。新政 府の方針は発足後1年程度の期間をかけて練り上げられるのが一般的である。例えば、現政権は引き続き 「カーボンニュートラル実現」を国政課題として重視する方針 <sup>194</sup> ではあるものの、原発については前政権の 「脱原発」から転じて「脱原発の廃棄」 <sup>195</sup> を掲げている。今後も、新政権の政策が具体化する中で、本稿記載 の政策方針に変更が生じる可能性がある点に留意いただきたい。

### 参考:韓国新政権のエネルギー政策

韓国は鉄鋼、石油化学、半導体などのエネルギー集約型製造業中心の産業構造を持つため、少資源国でありながら、エネルギー多消費国である <sup>196</sup>。よって、エネルギー計画は長期にわたり安定したものであることが望まれる。しかし、韓国のエネルギー政策は、政権政党の影響を大きく受ける政治課題となっている。原子力発電を例に取ると、李明博政権 (2008 年~) は原発推進を基調とした政策を展開していたところ、続く朴槿恵政権 (2013 年~)、および前政権である文在寅政権 (2017 年~) は「脱原発」を掲げていた。現・尹錫悦政権 (2022 年~) は転じて「脱原発の廃棄」を掲げている。

現在、新政権における各種政策の検討が進められているが、グローバル・エネルギー・サプライチェーンへの不安が高まるなか、エネルギー安全保障とカーボンニュートラルの両立を目指す方針が決定している。また、具体的なエネルギー政策として、次の様な方向性が示されている <sup>197,198</sup>。

- 1. 実現可能で合理的なエネルギーミックスの再整備:
  - ・2030年のエネルギーミックスに占める原発の割合を30%以上に拡大(前政権が策定した第9次電力 需給基本計画では、2030年時点の原子力発電の割合を11.8%としていた)
  - ・再生可能エネルギー利用を合理的な水準に調整
  - ・石炭火力発電の合理的削減
  - ・合理的なエネルギーミックスを支える未来型電力網の構築

<sup>193</sup> https://www.jetro.go.jp/ext\_images/\_Reports/01/111cf89ab6c5c2af/20210009.pdf

<sup>&</sup>lt;sup>194</sup> https://www.president.go.kr/ko/task\_new.php?target=4&promise=16#promise(2022 年 7 月 7 日アクセス)

<sup>&</sup>lt;sup>195</sup> https://www.president.go.kr/ko/task\_new.php?target=1(2022 年 7 月 7 日アクセス)

<sup>196</sup> https://www.jetro.go.jp/ext\_images/\_Reports/01/111cf89ab6c5c2af/20210009.pdf

<sup>&</sup>lt;sup>197</sup> https://www.jetro.go.jp/biznews/2022/07/ff58642609d08344.html

<sup>198</sup> https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156514926

- 2. 強固な資源・エネルギー安全保障の確立: 資源安全保障特別法の制定等
- 3. 市場原理に基づくエネルギー需要の効率化と市場構造の確立:供給を中心としたエネルギー政策から需要を中心とした効率化への転換
- 4. エネルギー新産業の輸出産業化及び成長動力化:
  - ・原子力産業のエコシステムを復元し、競争力を強化する。2030年までに10基の原発を輸出、および独自の小型モジュール炉(SMR)の開発(約4000億ウォンを投入)を推進
  - ・クリーン水素サプライチェーンの構築と世界一位の水素産業の育成。成長潜在力の高い水電解、燃料電池、水素船、水素車、水素タービンの5大核心分野と高付加価値素材・部品の核心技術の自立、および生産・流通・活用の全サイクルのエコシステムの早期整備等により、クリーン水素サプライチェーンを構築。また、民管合同水素ファンドを造成し、イノベーション企業への投資を拡大
  - ・太陽光・風力産業エコシステム競争力強化のため、次世代技術(タンデム型太陽電池、風力発電の超 大型タービン等)を早期に商用化

### 3.2.1 カーボンニュートラル戦略

韓国政府は、2015年開催のCOP21で合意されたパリ協定に2016年に批准しており、2050年までのカーボンニュートラル実現を目指している。また、中間目標として、2030年に温室効果ガス排出量を2018年比で35%以上削減することを設定している。

韓国政府は、パリ協定に基づく対応として長期ビジョンを示した「2050 カーボンニュートラル戦略 <sup>199</sup>」(2020 年 12 月)を策定し、国連気候変動条約事務局に提出した。さらに、2021 年 5 月には、カーボンニュートラル政策の司令塔機能として、大統領直属の 2050 カーボンニュートラル・グリーン成長委員会 (大統領直属、国務総理と有識者 (ソウル大・ユンスンジン教授)が共同代表)を大統領令により設置した。同委員会の委員は、関連する 18 省庁の大臣、および大統領が委嘱した関連分野の有識者により構成されている <sup>200</sup>。併せて、気候変動対策およびカーボンニュートラル実現の法的基盤となる「気候危機対応のためのカーボンニュートラル・グリーン成長基本法 <sup>201</sup>」(2021 年 9 月、環境部所管)を制定しており、今後 20 年間、当該基本法に基づき 5 年ごとに「国家カーボンニュートラル基本計画」が策定されることとなる。

#### ▶ 2050 カーボンニュートラル戦略 (2020 年 12 月 )

「2050 カーボンニュートラル戦略」は、パリ協定に基づき各国に義務づけられている気候変動対策に係る 長期戦略として策定された。なお、韓国では、過去100年間で平均気温が地球の平均(0.8~1.2度)と比べて1.8 度上昇し、年平均降水量は約160mm 増加するなど、地球温暖化の影響が深刻化している。

同戦略では、2050年のカーボンニュートラル実現に向けた主要項目として、

- ① クリーン電力・水素利用の拡大
- ② エネルギー利用効率の顕著な向上

<sup>199</sup> https://www.mofa.go.kr/www/brd/m\_4080/view.do?seq=370841

https://www.2050cnc.go.kr/base/board/read?boardManagementNo=26&boardNo=493&searchCategory=&page=1&searchType=&searchWord=&menuLevel=2&menuNo=63

 $<sup>^{201}\</sup> https://www.2050cnc.go.kr/base/board/list?boardManagementNo=26\&menuLevel=2\&menuNo=63$ 

- ③ 炭素除去技術を含む未来技術の商用化
- ④ 産業の持続可能性向上のための循環型経済の強化
- ⑤ カーボンシンク(炭素貯蔵所)の強化 を掲げている。

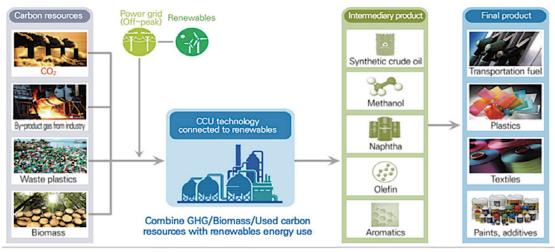
部門毎の戦略を表 3-1 に示す。これらのうち、研究開発と関わるものとしては、エネルギー供給部門における新・再生可能エネルギーを中心とした電力供給、燃料電池とグリーン水素供給の拡大、化石燃料発電への CCUS 技術の適用、輸送部門における環境に優しい自動車(電気自動車、水素燃料電池自動車等)の大衆化、農林畜産水産部門における産業のスマート化、低炭素農業技術の開発等が挙げられる。

表 3-1 カーボンニュートラル戦略の部門別方針

部門	方針
エネルギー供給	新・再生可能エネルギー中心の電力供給 燃料電池とグリーン水素供給拡大 化石燃料発電に CCUS 技術を適用
産業	将来の新技術の適用 エネルギー効率の改善 循環経済を強化 低炭素燃料の使用拡大 産業プロセスにおけるフッ素系温室効果ガス (F-gas) 排出の削減
輸送	環境にやさしい自動車(電気自動車、水素燃料電池自動車などの次世代自動車)の大衆化低炭素運送燃料の拡大 海運・航空・鉄道の先進化 交通需要管理および車両運行の最適化 物流システムの転換(モーダルシフト)
建物	建物のエネルギー効率の改善 高効率機器の普及 スマート・エネルギー管理システム (EMS) の普及および拡大
廃棄物	廃棄物発生の根本的な削減 廃棄物の高付加価値リサイクルの促進 廃棄物の環境にやさしい処理
農業·畜産·水産	スマート農業・畜産・水産への転換 低炭素農業技術の開発と普及の拡大 政策の需要者が参加するポリシーの活性化 環境にやさしいエネルギーの拡大 水産副産物とバイオ産業との連携を有効に拡大
二酸化炭素吸収源	二酸化炭素吸収源の拡大 (新規造林 / 再植林 ) 二酸化炭素吸収源の維持・管理 (山林経営 ) 木材供給量の拡大

同戦略の中で、MSIT を含む省庁横断型の融合技術開発課題として、Carbon Capture, Utilization and Storage (CCUS)が例示されている。当該技術開発の主な目的は、石炭火力発電所における GHG 排出削減への適用であり、併せて鉄鋼・石油化学産業への適用も視野に入れている。具体的な研究開発課題としては、CCUS 技術が「高価格」である点が実用化に向けたボトルネックであり、基礎研究からのブレイクスルーに

より低価格な CCUS の実現が必要であることが指摘されている。また、一つの将来像として、CCU(Carbonto-x) 技術の確立による、石油化学産業のカーボンニュートラル化が期待されることが示されている。



Source Status and Future of CCUS Technology (Korea Research Institute of Chemical Technology)

図 3-2 CCUS 技術の現状と将来像 (2050 カーボンニュートラル戦略 <sup>199</sup> より)

さらに 2021 年 3 月には、より具体的な研究開発戦略として MSIT が中心となり、関連省庁合同で「カーボンニュートラルに向けた技術イノベーション戦略 <sup>202</sup>」が策定された。ここでは、10 の主要技術として、① 太陽光・風力発電、②水素、③バイオエネルギー、④鉄鋼・セメント、⑤石油化学、⑥産業プロセスの進展、⑦輸送効率、⑧建物の効率性、⑨デジタル化、⑩ CCUS が指定されており、2030 年までに太陽光電池の発電効率 35% の達成や、2040 年までの水素還元鉄の技術確保などを目指している。

# 3.2.2 第 4 次科学技術基本計画 (2018 年~ 2022 年)<sup>203</sup>

最新の基本計画にあたる第4次科学技術基本計画 (2018年~2022年) は、「科学技術で国民の生活の質を高め、人類社会の発展に貢献」することをビジョンに掲げている。ここでは、図 3-3 に示す全体像のもと、第4次産業革命を見据えたスマート化、知能化を見据えた基調となっており、全てで19ある重点推進課題のうち、「快適で心地良い生活環境の整備」では新・再生可能エネルギーの開発・利用拡大やスマートシティ構築、「科学技術外交戦略の強化」ではグローバル・アジェンダに係る国際共同プログラムへの参加拡大・ODAとの連携等、カーボンニュートラルと関連の深い課題が掲げられている。

https://www.msit.go.kr/eng/bbs/view.do?sCode=eng&mId=4&mPid=2&pageIndex=&bbsSeqNo=42&nttSeqNo=495&searchOpt=ALL&searchTxt=

<sup>203「</sup>韓国第4次科学技術基本計画」記載事項をもとに作成。



### 科学技術により国民の生活の質が高まり 人類社会の発展に貢献

4大 戦略 未来へ挑戦 するための科学 技術力の増強 活発なイノベー ションが行われ る科学技術エコ システムの組成 科学技術が リードする 新産業・ 雇用の創出

科学技術により 全人類が幸せな 生活を具現化

- 重点推進
- ・科学的知識の 探求と創意・ 挑戦的な研究 の振興
- ・研究者中心の 研究に専念で きる環境構築
- ・創意・融合型 の人材育成
- ・国民とともに 歩む科学文化 の伝播
- 科学技術外交 戦略の強化

- ・主体・分野間 の協力・融合 活性化
- 技術イ/ペーション型起業・ペンチャ -活性化
- ・競争力のある 知的財産創出
- 地域主導型の 地域イベーション シテム確立
- 国民参加の拡 大およびコントロー ルワーの強化

- ・4次産業革命へ の対応基盤強 化
- 国民が体感するイノペーション成長動力の育成
- ・製造業の再飛 躍とサービス 業の育成
- ・イ/ペーション成長の中枢となる中小企業育成
- ・科学技術を基盤とする雇用 創出の強化

- 健康で活気あふれる生活の実現
- ・安心して生活 できる安全な 社会の実現
- 快適で心地 良い生活環境 の整備
- ・温かく包容力 のある社会の 実現

技術開発

基本計画実現のための重点科学技術の開発と人材育成

図 3-3 韓国の科学技術基本計画 (2018年~2022年) の全体像

出典:第4次科学技術基本計画(2018年~2022年)<sup>203</sup>を基に作成

図 3-3 に示された重点推進課題「快適で心地良い生活環境の整備」の中で、特にカーボンニュートラルと関わりが深い事項を太字で示した。その具体的内容を以下に詳述する。

#### (1) 気候変動と新気候システム適応による持続可能性の確保

- ・新再生可能エネルギーおよびエネルギー保存技術の高度化と経済性の確保
  - ▶次世代太洋電池の開発、風力部品・システムの低価格化、大型・浮遊式の海上風力開発、バイオマス 資源化、潮力・潮流・波力・海水温度差発電の実証などの推進
  - ▶電力保存装置用の次世代二次電池の開発・低価格化等の促進
- ・気候変動の予測と国家的対応力の向上
  - ▶アジア・太平洋地域にカスタマイズした気象情報の作成および流通・活用システムの構築
  - ▶気候変動に伴う部門・地域別の影響についての分析技術開発および国家的適応対策の樹立
  - ▶気候変動対応のための海洋観測および予報システムの構築、水産支援管理の高度化
  - ▶気候変動適用のための持続可能な農水産物生産基盤の構築および森林分野適用技術開発による安定した水資源の確保と用水需給技術の開発

- ▶国連気候変動枠組条約の技術協力国家指定機構 (NDE) 機能遂行による新たな気候システムへの適応 および気候変動適用技術の海外移転・拡大促進
  - ※気候変動に関する国際機構および技術メカニズムとの協力、技術分野の議題交渉対応、国内理解増進と開発途上国関係者の能力向上、開発途上国への気候関連技術の移転促進活動
- ・温室効果ガス削減管理および炭素低減・資源化技術の開発と商用化
  - ▶効率的な国家温室ガス削減管理システムを構築し、二酸化炭素の回収・貯留 (CCS) と炭素資源化技術の実証による早期商用化の支援
  - ▶メタン、亜酸化窒素、フッ化ガスの低減など非二酸化炭素系の温室ガス低減技術の開発
  - ▶二酸化炭素低減に関し、次世代商用化技術\*を中心とした気候産業育成モデルの発掘・育成による関連市場の先取り
    - \*都市型太陽光、バイオマス・リファイナリーなど

### (2) 便利で暮らしやすいスマートシティの構築

- ・プラットフォーム都市概念を適用したデータ基盤スマートシティモデルの開発
  - ▶各種都市情報がスムーズに生産・管理・共有されるデータ収集・送受信・分析・保存技術開発による 都市データの還流基盤構築
  - ▶都市データの共有・互換のための標準化体系および知能型スマートシティ運営モデルの開発
  - ▶市民参加型のスマートシティ・サービスおよびビジネスモデルの開発
- ・便利で効率的な統合モビリティ・サービスの開発
  - ▶交通資源の最適利用のためのスマート・モビリティ・システムの開発
  - ▶自律走行車の時代を考慮した次世代知能型交通システムの開発
- ・都市の持続可能性向上のためのクリーン環境・エネルギーシステムの構築
  - ▶ PM2.5、公害など環境汚染の常時モニタリングおよび発生予測システムの構築
  - ▶都市の水資源の常時モニタリングおよび汚染対応体系の構築
  - ▶効率的なエネルギー管理が可能な知能型建物管理技術とスマートホーム技術の開発

さらには、基本計画で掲げた課題を推進する上で必要となる「技術開発」(図 3-3 下段)として、科学技術全分野から 120 件の重点科学技術が特定されている。重点科学技術のうち、「電力およびエネルギー保存」および「新再生可能エネルギー」関連技術や、「二酸化炭素回収・貯留・利用技術」など、カーボンニュートラルに関連する課題を抜粋したものを表 3-2 に示す。

### 表 3-2 カーボンニュートラルに関わる重点科学技術

大分類	中分類	重点科学技術
エネルギー・ 資源	電力および エネルギー保存	大容量長寿命二次電池技術、無線電力転送·充電技術、スマートエネルギー グリッド技術、高効率電力受送技術
	新再生 エネルギー	高効率ガス発電技術、バイオと廃資源エネルギー化技術、地熱エネルギー 技術、高効率太洋電池技術、風力発電技術、水素・燃料電池技術、海上エ ネルギー技術
(全18件)	原子力	原子力エネルギー技術、原子力環境防護技術
	核融合·加速器	核融合エネルギー技術次世代加速器技術
	資源開発および活用	知能型融合支援探査技術、ICT 基盤の支援開発・処理 技術、二酸化炭素回収・貯留・利用技術
	建築	知能型建物管理技術、エコ機能建設材料技術、スマートホーム技術
建設・共通	都市および国土	持続可能な都市再生技術、スマートシティ構築と運営技術、国土空間情報 構築と分析技術
(全11件)	社会基盤施設	持続可能なインフラ構造物建設技術、ビッグデータ基盤の国家インフラ予 防的維持管理技術
	交通・物流	スマート道路交通技術、スマート鉄道交通技術、知能型物流システム技術
環境・気象	気候・大気	気候変動監視・予測・適用技術、高効率エコ Non-CO <sub>2</sub> 温室ガス低減技術
(全 12 件中 3 件抜粋)	土壌および生態系	知能型自然生態系保全と復元技術、廃資源再活用技術
	造船	船舶ライフサイクル統合型基盤技術、エコ・スマート船舶技術
機械・製造	プラント	海洋プラント実用化技術、エコ・スマート・プラント基盤技術
(全13件中	自動車	スマート自動車技術、エコ高効率自動車技術
8件抜粋)	ロボット	スマート製造口ボット技術
	製造基盤技術	スマート・ファクトリー技術
農林水産・ 食品 (全9件中 3件抜粋)	農畜水産	エコ・カスタマイズ型新栽培技術、スマートファーム技術、ICT 基盤の水産養殖および水産支援開発技術
素材・ナノ (全5件中 1件抜粋)	有機・バイオ素材	エコバイオ素材技術

注: 120 件の重点科学技術から関連分野の 44 件を APRC が抜粋。 出典: 第 4 次科学技術基本計画 (2018 年~ 2022 年)

# 3.3 ファンディングプログラム

韓国の研究開発投資の状況を俯瞰すると、研究開発投資は年々増加しており、2020年の総額は93兆ウォン、対GDP比4.81%に達している<sup>204</sup>。また、カーボンニュートラル関連予算については、同分野を重視する政策を展開していることとあいまって、下表に示す通り研究開発費が年々増加している。

表 3-3 韓国におけるカーボンニュートラル関連研究開発費の動向

単位:億ウォン

	2017	2018	2019	2020	2021
再生可能エネルギー	1,791	1,916	2,252	2,529	2,451
	462.4	490.2	654.6	1,065	1,777
 エコ自動車	378.8	413.0	753.2	1,427	1,739
エネルギー需要管理・高効率化	1,621	1,634	1,465	1,671	2,302
CCUS	844.8	843.3	864.9	672.9	1,049
クリーン燃料・資源循環	945.8	889.6	865.4	1,169	1,372

出典: KISTEP<sup>205</sup>(原典: MSIT)

2021 年にグリーンテクノロジーセンター (GTC, 3.4.1 に詳述)が実施した調査によると、カーボンニュートラル分野の技術水準は欧米が最も進んでおり、そこと比較すると韓国の技術ギャップは3年とされた(同調査において、日本の技術ギャップは1.5年、中国の技術ギャップは3.5年と分析)。より詳細な分析として、韓国における各分野の技術レベルは、インテリジェント家電、太陽光エネルギー、燃料電池が比較的高い一方、地熱利用、水素貯蔵、CCUS は相対的に低く、欧米と比較すると3-5年の技術ギャップがあるとしていた。また、再生可能エネルギー分野の個別技術レベルにおいては、上述の通り太陽光は比較的高いが、風力発電が低かった。水素経済分野の個別技術レベルにおいては、燃料電池は相対的に高いが、水素製造・貯蔵、輸送等のインフラ技術の水準が低い。また、CCUSのように民間企業が単独で取り組めない分野の遅れが顕著であり、このような分野に対する政府研究開発投資が必要とされている206。上記の様な背景のもと、本節では以降、韓国における大学・研究機関向けのファンディング動向について分析する。

韓国では韓国研究財団 (NRF) が主に大学・研究機関向けのファンディングを行っている。NRF の総予算は 2022 年実績で 8.4 兆ウォンであり、うち 2.4 兆ウォンが国家戦略 R&D プログラム向けの予算となっている <sup>207</sup>。NRF におけるカーボンニュートラル分野のトップダウン型ファンディングは、国家戦略 R&D プログラムの一部として表 3-4 の通りに実施されている。大きな特徴として、「2050 年に向けたカーボンニュートラル戦略」を受けて、2022 年に多くの事業が開始されるようになった。また、2020 年以前も気候変動技術開発を中心に、CCUS、水素、エネルギークラウド等の分野への支援が実施されていた。

<sup>&</sup>lt;sup>204</sup> OECD, Main Science and Technology Indicators

<sup>205</sup> https://www.kistep.re.kr/boardDownload.es?bid=0049&list\_no=42477&seq=1

<sup>2006</sup> https://www.kistep.re.kr/boardDownload.es?bid=0049&list\_no=42477&seq=1

<sup>&</sup>lt;sup>207</sup> https://www.nrf.re.kr/cms/page/main?menu\_no=98

表 3-4 NRF におけるカーボンニュートラル関連プロジェクト一覧

No	事業名	期間	総事業費
1	段階跳躍型炭素中立技術開発	2022~2024	442.23億ウォン
2	CCU3050	2022~2024	350億ウォン
3	石油代替環境にやさしい化学技術開発事業	2022~2026	475億ウォン
4	炭素資源化プラットフォーム化合物製造技術開発	2022~2026	380億ウォン
5	プラズマ活用廃有機物高付加価値基礎原料化技術開発事業	2022~2025	270億ウォン
6	バイオマス基盤炭素中立型バイオプラスチック製品技術開発	2022~2025	140億ウォン
7	気候技術人材養成試験事業	2022~2024	88億ウォン
8	気候技術国際協力の促進	2022~2030	228億ウォン
9	有用物質生産のためのCarbon to X技術開発事業	2020~2024	450億ウォン
10	気候変動影響最小化技術開発事業	2020~2024	133億ウォン
11	水素エネルギー革新技術開発事業	2019~2023	486.07億ウォン
12	エネルギークラウド技術開発事業	2019~2023	298億ウォン
13	気候技術協力基盤造成(ODA)事業	2019~継続	
14	炭素資源化技術高度化事業		
	炭素資源化国家戦略プロジェクト※主務省:科学技術情報通信部、産 業通商資源部、環境部の省庁横断型プロジェクトとして実施	2017~2022	340億ウォン
	プラズマ活用炭素資源化	2019~2022	108億ウォン
15	グローバルフロンティア事業	2010~2022	8000億ウォン超
16	気候変動対応技術開発事業	2009~継続	6000億ウォン超
	うち、C1ガスリーファイナリー事業	2015~2023	1,415億ウォン

出典:NRF<sup>208</sup>、NTIS<sup>209</sup>

表 34 のプロジェクトのうち、カーボンニュートラル重視の政策動向のもと、2022 年に開始した事業の詳 細について表 3-5 に示す。これらのプログラムの 2022 年度当初予算の総額は、およそ 490 億ウォンである。 各プロジェクトについて見てみると、1. 段階跳躍型炭素中立210技術開発は、カーボンニュートラル(炭素中立) 技術に係る世界最高水準の技術開発を促進し、重点技術群の早期商用化を目指すプロジェクトであり、太陽 電池、二次電池、燃料電池等を念頭に置いているものと考えられる。また、2から6までのプロジェクトは、 「2050年に向けたカーボンニュートラル戦略」で MSIT の分担として明記されていた CCUS が対象となっ ている。これらの他に、人材育成と国際協力に係るプロジェクトが新設されている。

<sup>&</sup>lt;sup>208</sup> https://www.nrf.re.kr/biz/main/total?menu\_no=378

<sup>209</sup> https://www.ntis.go.kr

<sup>&</sup>lt;sup>210</sup>韓国では、カーボンニュートラルを「炭素中立」と表現している。

表 3-5 カーボンニュートラル関連プロジェクト一覧 (2022 年開始事業の詳細情報)

		単年度事業費			
No	事業名(期間)	(予算ベース)	事業の狙い	1プロジェクト当たりの予算規模(2022年度予算額)	研究タイプ
1	段階跳躍型炭素中立技術開 発(2022~2024)	142.23億ウォ ン		環境にやさしい工程基盤の大面積Pb-freeペロプスカイト太陽電池開発 (14.23億ウォン) 超高効率タンデム(多重接合)用ペロプスカイト太陽電池要素技術開発 (17.78億ウォン) 高効率大面積超軽量・柔軟無毒性CIGS薄膜太陽電池技術開発 (17.78億ウォン) 木質系パイオマスのリグニンを活用した高付加化合物及びパイオ燃料生産技術の開発 (14.23億ウォン) 輸送用燃料電池核トで表現である度化 (19.56億ウォン) 建物用燃料電池核心源泉技術開発 (19.56億ウォン) 高エネルギー密度全園体電池核心源泉技術開発 (19.56億ウォン) リチウム金属基盤の次世代高エネルギー密度金属・空気電池高度化要素技術開発 (19.56億ウォン)	研究グループ型
2	CCU3050(2022~2024)	90億ウォン	実験室単位以上で完成した既存 CCU技術の効率性、経済性向上に より産業における活用促進	ブルー水素生産現場適用高効率CO2捕集実証工程開発 (45億ウォン) 低濃度CO2無包集型合成ガス生産実証技術開発 (45億ウォン)	研究グループ型
3	石油代替環境にやさしい化 学技術開発事業(2022~ 2026)	75億ウォン		石油代替環境にやさしい原料代替パイオリファイナリー研究団 (40億ウォン) 廃プラスチック炭素資源対象石油基盤高付加価値基礎化学物質代替生産技術開発 (28.5億ウォン) 石油代替エコ化学技術戦略センター構築・運営 (6.5億ウォン)	研究グループ型
4	炭素資源化プラットフォー ム化合物製造技術開発(2022 ~2026)	66億ウォン	副生ガスと有機性廃資源内の炭素資源を高付加価値化してプラット フォーム化合物 (オレフィン、メタノールなど) を生産するための実証 技術の開発	炭素資源化プラットフォーム化合物製造技術開発 (61.5億ウォン) 炭素資源化プラットフォーム化合物製造のための炭素足跡評価および技術活用戦略	拠点型
5	プラズマ活用廃有機物高付 加価値基礎原料化技術開発 事業(2022~2025)	60億ウォン	廃有機物の種類・性状制限なしにプラズマ工程を通じて基礎原料(C2モノマーであるエチレン、アセチレン)への転換によりCO2の画期的低減及び廃棄物高付加価値化技術開発を推進	60億ウォン	拠点型
6	バイオマス基盤炭素中立型 バイオプラスチック製品技 術開発(2022~2025)	20億ウォン	イオプラスチック素材技術開発によ	ワンステップ-ワンボッドベースの次世代生分解性バイオプラスチック素材開発 (6.67億ウォン) 生分解性プラスチック製造用バイオラクトン素材技術開発 (6.67億ウォン) 石油系代替新規バイオ可塑剤生産技術開発 (6.67億ウォン)	研究グループ型
7	気候技術人材養成試験事業 (2022~2024)	13.4億ウォン	炭素中立技術需要(EU炭素国勢 税、2050炭素中立宣言など)を理 解して気候難題を解決する科学技術 的代替案を提示する戦略家型科学人 材養成	6.7億ウォン	拠点型
8	気候技術国際協力の促進 (2022~2030)	23億ウォン	国連気候変動協約技術支援体制*の 国家窓口として、気候技術協力基盤 を強化し、国際協力を通じた気候技 術開発及び海外進出を促進	CTCN技術支援(8億ウォン)	-

\*CTCN: 国連気候変動協約 (UNFCCC) により、国家間の気候技術開発・移転を支援するために設立されたメカニズムで、履行機関である CTCN と政策機関である TEC で構成。

出典: NRFホームページおよび NRF へのメールインタビュー結果に基づき作成

### 3.4 主要研究機関

本節では、カーボンニュートラルに関わる研究開発の主要な実施機関について概観する。また、当該機関の所在地を図 3-4 に示す。多くの研究機関が首都のソウル、および筑波学園都市をモデルに開発された大田 広域市に立地している。

図 3-4 主要な研究機関の所在地

### 3.4.1 国家科学研究会所属の研究機関

韓国の政府出資研究機関は、科学技術情報通信部傘下の国家科学技術研究会 (NST) に属する。当該機関の うち、カーボンニュートラルの研究開発に関連する主要機関を表 3-6 にまとめる。

機関	概要	総予算 (億ウォン)	総人員
グリーンテクノロジーセンター (GTC)	気候変動技術・政策に特化したシンクタンク	107	63
韓国エネルギー研究院 (KIER)	再生可能エネルギー、水素エネルギーを含む エネルギー関連分野の研究	1,540	589
韓国電気研究院 (KERI)	スマートグリッドを含むIT、電力系統、電気機器、電気材料等、電力関連分野の研究開発	1,617	713
韓国化学研究院 (KRICT)	CCUS 及び炭素資源化に係る研究開発	1,726	725

表 3-6 カーボンニュートラルの研究開発に関連する公的研究機関

注: 予算規模·人員 (2020 年実績)

出典: National Research Council of Science & Technology<sup>211</sup>

グリーンテクノロジーセンター (GTC)<sup>212</sup> は、2013 年に韓国科学技術研究院 (KIST) 内に設立された、気候変動技術・政策に特化したシンクタンクである。政府のグリーン・気候変動分野の政策立案、および国内・国際技術協力の支援を行っている。2015 年に国連気候変動枠組条約 (UNFCCC) の気候技術センター・ネットワーク機関 (CTCN) となり、関連プロジェクトの参画している。また、韓国に事務局を置く、緑の気候基金 (GCF) と連携した活動も行っている。

<sup>211</sup> https://www.nst.re.kr/nst\_en/member/04\_02.jsp

<sup>&</sup>lt;sup>212</sup> https://gtck.re.kr/eng/index.do

韓国エネルギー研究院 (KIER、大田市)<sup>213</sup> は、再生可能エネルギー、水素エネルギー等の研究開発を担う政府系研究機関であり、燃料電池研究・実証センター (扶安郡)、光州バイオエネルギーセンター等、韓国各地に5つの研究開発拠点を有するとともに、韓国の国研が作った韓国科学技術聯合大学 (UST)<sup>214</sup> に参加し人材育成にも取組む。また、国外トップ機関との国際共同研究を目的とした資金提供も行っている<sup>215</sup>。

韓国電気研究院 (KERI、昌原市)<sup>216</sup> は、電力系統、電気機器、電気材料等、電力に関わる研究開発に加え、電力機器製品の検査・認証サービスを提供している政府系研究機関である。2020 年に設立された光州スマートグリッド本部では、全羅道(韓国西南部)地域における大容量新再生エネルギー電力変換および分散電力システムの産業化に取り組む。また、国際連携活動として、日本の財団法人電力中央研究所 (CRIEPI) と1988 年以降毎年、東アジア電気技術研究ワークショップを開催している。ここには、2003 年以降は中国電力研究所 (CEPRI) がメンバーとして、2009 年以降は台湾電力公司がオブザーバとして加わっている。

韓国化学研究院 (KRICT、大田市)<sup>217</sup> は、化学分野の研究に広く取り組んでいる。化学・プロセス技術事業部内にグリーンカーボン研究センターを含む、炭素価値化部門が設置され、炭素資源のアップサイクルに係る研究等に取組む。また、KIER と同様、UST のもと人材育成にも取り組んでいる。最近の成果として、MIT とペロブスカイト太陽電池の実用化に向けた共同研究を行い、新しいコンセプトのペロブスカイト薄膜技術 (DHA: Double-layer halide Architecture) の開発に成功し、世界最高効率 25.2% を達成した <sup>218</sup>。

#### 3.4.2 研究中心大学

韓国の大学は原則として教育人的資源部の所管となっているが、例外的に「科学技術の発展および理工系人材育成のための特別法」によって設立された韓国科学技術院(KAIST)、蔚山科学技術大学校(UNIST)など4つの研究中心大学(科学技術院)は MSIT の所管となっている。ここでは、カーボンニュートラル関連の研究で顕著な成果をあげている KAIST、UNIST および 2017 年に "国家行政 5 カ年計画"の一環としてエネルギー研究に特化した大学として設立された KENTECH を紹介する。

#### (1) 韓国科学技術院 (KAIST)

韓国中部の太田市に立地する、MSIT 所管の 1971 年設立の国立大学。学生数はおよそ 1 万人 (うち外国人約 800 名)、教職員数およそ 1,600 人 (うち、教員約 650 名。うち、外国人 187 名) となっている  $^{219}$ 。なお、全ての学術的講義を英語で実施している。なお、Times Higher Education におけるランキングは 99 位である (2022 年)。

KAIST は、自然科学部/生命科学・バイオ工学部/工学部/人文社会融合科学部/経営学部の5学部(College) のもとに、電子工学院/学際研究学院等の7学院、ナノ科学技術研究科/医科学・工学研究科/AI 研究科/ 未来戦略研究科/グリーン交通研究科/グリーン成長研究科を含む13大学院、27学科を擁する。この他に、

<sup>&</sup>lt;sup>213</sup> https://www.kier.re.kr/eng/

 $<sup>^{214}\,</sup>https://www.soken.ac.jp/file/disclosure/pr/publicity/journal/no07/pdf/03.pdf$ 

<sup>&</sup>lt;sup>215</sup> https://www.kier.re.kr/board/view?linkId=257921&menuId=MENU00642

<sup>&</sup>lt;sup>216</sup> https://www.keri.re.kr/html/en/

<sup>&</sup>lt;sup>217</sup> https://www.krict.re.kr/eng/index.do

<sup>&</sup>lt;sup>218</sup> https://www.nature.com/articles/s41586-021-03285-w#Ack1

 $<sup>^{219}\,</sup>https://kaist.ac.kr/en/html/kaist/01.html\#0120$ 

学際研究を推進する目的で、副学長直属の KAIST 研究所  $^{220}$  が 2006 年に設置されるなど、複数の研究所を擁する。更には、敷設機関として「国家ナノファブセンター  $^{221}$ 」(2005 年運用開始) が MSIT により設置されており、デバイス設計・シミュレーション・試作・評価を行うことができる。

KAIST には、150 を超える研究センター等が設置されており、サムスンや LG に代表される企業名を冠したものも多数ある<sup>222</sup>。これらのうち、カーボンニュートラルに関連する組織を表 3-7 に示す。

所属	組織名称
	グリーン交通システム研究センター
	環境に優しいスマートカー研究センター
KAIST各学部	KAIST 未来スマートホーム研究センター
	オープン型エネルギークラウドプラットフォーム研究団
	LG エネルギーソリューション -KAIST バッテリー研究センター
	KAIST スマートシティ研究センター
   応用科学研究所	エネルギー・環境研究センター
ル川科子研究別 	次世代二次電池人材育成センター
	ロッテ化学 -KAIST カーボンニュートラル研究センター
KAIST研究所	サウジアラムコ -KAIST 二酸化炭素マネジメントセンター
情報エレクトロニクス研究所	スマートエネルギー・AI 研究センター

表 3-7 KAIST におけるカーボンニュートラル関連の研究センター

なお、表 3-7 のセンターのうち、以下についてはインターネット上で活動内容が紹介されていた。

- ・環境に優しいスマートカー研究センター <sup>223</sup>: 自律走行・電気自動車に関連する技術の研究開発およびインキュベーション支援を実施。
- ・サウジアラムコ -KAIST 二酸化炭素マネジメントセンター  $^{224}$ : 2013 年にサウジアラムコと合同で KAIST 研究所内に設立。CCU に関わる研究開発を実施。
- ・スマートエネルギー・AI研究センター<sup>225</sup>: AIやエネルギーサービス技術等、第4次産業革命下でのスマートエネルギー実現のあたり、実務的な課題解決型の人材育成を推進。

この他に、表 3-4 の 15 番目に示したグローバルフロンティア事業に採択された 10 研究団のうち、「次世代バイオマス (2010 年採択)」は、同大学のチャンヨングン名誉教授  $^{226}$  が団長となり、微細藻類利用バイオ素材等に係る技術開発を率いた。

<sup>220</sup> https://kis.kaist.ac.kr/

<sup>&</sup>lt;sup>221</sup> https://www.nnfc.re.kr/eng/

<sup>222</sup> https://kaist.ac.kr/kr/html/research/040101.html (英語版 https://kaist.ac.kr/en/html/research/040301.html)

<sup>&</sup>lt;sup>223</sup> http://ecosmart.kaist.ac.kr/

<sup>224</sup> http://cmc.kaist.ac.kr/

<sup>&</sup>lt;sup>225</sup> https://smartenergyai.imweb.me/

<sup>&</sup>lt;sup>226</sup> https://cbe.kaist.ac.kr/boards/view/faculty/40/2/

### (2) 蔚山科学技術大学校 (UNIST)<sup>227</sup>

韓国南東部の蔚山市に立地する、MSIT 所管の国立大学 (2009 年開校) である。学生数はおよそ 4,500 名、教員数は 480 名となっている。また、KAIST と同様、全ての学術的講義を英語で実施している。なお、Times Higher Education におけるランキングは 178 位である (2022 年)。

UNISTでは、工学部、情報-バイオ融合学部、自然科学部の3学部の他に、機械・航空宇宙・原子力工学部門、都市環境工学部門、エネルギー・化学工学部門をはじめとする9部門において、学際研究所を擁する。特に、エネルギー・化学工学研究部門においては以下のとおり、カーボンニュートラルと関連の深い研究センターが設置されている。

- ・メタマテリアルベースの環境発電および貯蔵技術
- ・低次元炭素材料センター
- ・KIET(韓国産業経済貿易研究所)-UNIST エネルギー応用センター
- ・触媒研究センター
- ・グリーンエネルギー材料開発センター

他にカーボンニュートラル関連の研究センターとして、電気・コンビュータ工学部門において、「GEV(Green Electric Vehicle) センター」が、経営学部門において、「グローバルエネルギー取引・金融センター」が設置されている。

ファンディングエージェンシーである韓国研究財団 (NRF) によると、UNIST の研究者はカーボンニュートラル関連分野において顕著な研究成果を挙げているとのことであり、その具体例として以下を紹介された<sup>228</sup>。

- ・最高効率のペロブスカイト太陽電池の開発 (環境工学部・キムジンヨン教授 <sup>229</sup>): ペロブスカイト構成元素 のうちマイナスイオン置換による結晶構造の安定化により効率向上。世界最高効率 25.2%(NREL 認定) を実現化し、当該論文は Nature<sup>230</sup> に掲載された。
- ・ゲルマニウムドーピングされた光触媒の電極製造を通じた水素生産の効率向上(エネルギー化学工学部・ ジャンジヒョン教授<sup>231</sup>): 追加の外部電圧を加えず、水と日光だけで水素生産を行うことで、酸化鉄の鉱 触媒に比べて水素生産効率を画期的に増大(光電流が3倍増加)させる等の成果を出した。

### (3) 韓国エネルギー工科大学 (KENTECH)<sup>232</sup>

2017年に、"国家行政5カ年計画"の一環として、エネルギー研究に特化した大学設立のプロジェクトが紹介され、エネルギーの研究・技術のみに特化した世界初の大学「韓国エネルギー技術院(KENTECH)」が誕生した。

2021年5月の理事会で理事長 (Prof. Euijoon Yoon) が任命され、大学の登記手続きが法的に完了した。 6月1日の起工式を皮切りに、敷地面積40万平方メートル、建築面積15万5,500平方メートルのキャンパス敷地内に本学のインフラが建設中であり、ゼロ・カーボン・エネルギーと環境に優しい技術を導入し、最

<sup>&</sup>lt;sup>227</sup> https://www.unist.ac.kr/

<sup>&</sup>lt;sup>228</sup> NRF へのヒアリング結果に基づく。

<sup>&</sup>lt;sup>229</sup> https://ngel.unist.ac.kr/professor/

<sup>&</sup>lt;sup>230</sup> https://www.nature.com/articles/s41586-021-03406-5 (注:前節で紹介した KRICT と同様、ペロブスカイト太陽電池で世界最高効率を達成した内容ではあるが、両者は異なる研究グループの異なる成果である。同研究は、スイス連邦工科大学ローザンヌ 校や KIER との共著となっている。)

<sup>&</sup>lt;sup>231</sup> https://scholarworks.unist.ac.kr/researcher-profile?ep=1055&type=Article

<sup>&</sup>lt;sup>232</sup> https://kentech.ac.kr/main.do

先端の施設を統合したスマート・キャンパスの構築が進められている。なお、同校は世界的なエネルギー研究機関やエネルギーベンチャー企業をキャンパス内のエネルギークラスタに受け入れ、研究資源とその成果を共有し、未来のエネルギーの発明と革新のための統合的な取り組みを通じて、ハブかつオープンプラットフォームになることを約束するものである。2025年には学生数1,000名、教員数100名となり、エネルギー開発の研究開発と起業家の育成に重点を置いており、小規模ながら知力に溢れた大学として成長していくことを目指している。また、エネルギー産業界が研究開発成果を活用できるような産学連携クラスターを構築し、市場での雇用創出に貢献することを目指しており、2050年までにカーボンニュートラルを達成し、世界のトップ10エンジニアリングスクールの仲間入りをすることを目標としている。

- 2012. 12 KENTECH 創生に向けた汎政府支援委員会を開催
- 2017.07 韓国5ヵ年計画で国家プロジェクトが採択、タスクフォースを結成
- 2018.04 KENTECH 創成に関する基本計画を推進
- 2019. 01 KENTECH のホームロケーションを、韓国全羅南道羅州市に選定
- 2019.09 教育財団設立のための設立総会開催、教育部より教育財団設立の認可申請
- 2020.04 教育財団の設立を文部科学省に認可、教育財団の設立を登録
- 2020.06 KENTECH 社長のサーチ委員会発足
- 2021. 04 KENTECH アカデミックポリシー策定
- 2021.05 韓国国会が KENTECH の設立を承認
- 2022.03 KENTECH に新入生第1期生を迎え入れる

なお、同校はエネルギー分野の融合研究を通じて、「エネルギー研究のグローバルハブ」となることを目標としており、エネルギー AI 研究所、エネルギー材料・デバイス研究所、グリッドモダナイゼーション研究所、水素エネルギー研究所、環境・気候技術研究所の5つの研究所を有している。

### 3.4.3 主要大学

韓国教育部所管の大学のうち、ここではカーボンニュートラル関連の研究で顕著な成果をあげているソウル大学、高麗大学および延世大学について紹介する。

#### (1) ソウル大学 <sup>233</sup>

ソウル市に立地する、国立の総合大学 (1946 年設置) である。ソウル市の他に、ピョンチャン等にキャンパスを持つ。学生数およそ 28,000 人(うち、留学生約 200 名)、教員数およそ 5,400 名(非常勤を含む)となっている。なお、Times Higher Education におけるランキングは 54 位である (2022 年)。

ソウル大学は、9つの大学研究所、74の学部所属研究所、64の政府資金に基づく研究センター等の研究所を擁する<sup>234</sup>。これらの研究所のうち、カーボンニュートラルと関係するテーマに取り組むと考えられる研究所を以下に挙げる。

<sup>233</sup> https://en.snu.ac.kr/

<sup>234</sup> https://en.snu.ac.kr/about/overview/organization/research\_institutions

#### < 大学研究所 >

- ・グリーンバイオ科学技術研究所 235
- ・持続可能な開発研究所 <sup>236</sup>
- ·融合技術先端研究所 237
- · 未来戦略研究所

#### <工学部所属研究所>

- ・未来技術及び政策に向けた原子力研究所 (Nuclear Research Institute for Future Technology and Policy)
- ・エネルギー・資源研究所
- ・化学プロセス研究所
- ·建設 · 環境工学研究所
- · 電力研究所
- <環境学研究科所属研究所>
  - · 環境計画研究所
- <政府資金に基づく研究センター>
  - ・エネルギー・環境材料プロセス統合研究センター
  - ・海洋環境インパクト収支研究所 (Marine Environmental Impact Statement Institute)
  - ・ブルーカーボン研究センター

### (2) 高麗大学 238

ソウル市に立地する、私立の総合大学 (1905 年設置) である。ソウル市の他に、韓国の首都機能移転先である世宗市にもキャンパスを持つ。学生数およそ 37,000 人(うち、留学生 2,000 人弱)、教員数およそ 5,000 人(非常勤を含む)となっている。なお、Times Higher Education におけるランキングは 201-250 位である (2022年)。同大学は、韓国で初めてテクノコンプレックスを設立した経緯を有する。ここでは、産学官の共同研究を促進する手段を提供している。例えば、企業はテクノコンプレックス内に独自の研究室を開設することで、大学の教員や学生と共同研究を行うことができる。また、ベンチャーの立ち上げ支援を行っている。

高麗大学工学部は、5つの主要研究分野の1つにグリーンエネルギー・環境工学を位置づけており、KISTと共同で「KU-KIST グリーンスクール」と呼ばれる大学院プログラムを実施している<sup>239</sup>。また、工学部敷設研究所のうち、カーボンニュートラルと関連の深い研究分野に取り組む研究所として、以下を擁する。

- ・エネルギー技術共同研究所:電力の発生、輸送及び利用、大型電力系統の安定化研究、再生可能エネルギー源、電力系統の大陸間連携、絶縁診断、超伝導素材及びシステム開発などエネルギー技術分野の総合的な研究を実施。
- ・電力システム技術研究所<sup>240</sup>:新エネルギー環境下における電気エネルギー及びスマートグリッド技術を対象とし、関連産業に必要な研究人材の育成と源泉技術の開発を実施。
- ・グリーン生産技術研究所 (GMRC)<sup>241</sup>: 再生可能資源からのエネルギー回収、新しい燃料電池システム開発、

<sup>&</sup>lt;sup>235</sup> https://greenbio.snu.ac.kr/eng/

<sup>&</sup>lt;sup>236</sup> https://isd.snu.ac.kr/isd/eng\_index.php

<sup>&</sup>lt;sup>237</sup> http://aict.snu.ac.kr/eng/

<sup>&</sup>lt;sup>238</sup> https://www.korea.edu/mbshome/mbs/en/index.do

<sup>&</sup>lt;sup>239</sup> https://eng.korea.edu/eng\_en/research/research.do / https://greenschool.korea.ac.kr:444/en/index.asp

<sup>&</sup>lt;sup>240</sup> https://apsrc.korea.ac.kr/

<sup>&</sup>lt;sup>241</sup> http://gmrc.korea.ac.kr/

自然環境の改善等に関する研究を実施するとともに、これらの研究に関わるインフラを提供。2011 年に 設立された半導体 - ディスプレイグリーン生産技術センターが前身。

さらには、上記ほど直接的ではないが、カーボンニュートラル関連分野を含む取組みとして、以下を実施 している。

- ・KU-KIST 融合科学技術大学院 <sup>242</sup>: 世界トップの IT-ナノ科学やバイオ・医学分野の融合領域の人材育成の ため、KIST と共同で設置された大学院プログラム。スピントロニクス、医科学分野の他、エネルギーハー ベスティング分野の教育・研究も実施。
- ・高麗大学未来成長研究所<sup>243</sup>: 総長直属機関として設置。韓国をめぐる未来環境変化の予測・分析を行い、 未来成長戦略を提示するシンクタンクとして設立。第4次産業革命・人口・環境・両極化など未来環境 に適した先進経済・社会構築のため、社会科学、人文学、工学など関連学問間融合的研究を実施。学術誌「未 来成長研究」を刊行。

### (3) 延世大学 244

ソウル市に立地する、私立の総合大学 (1885 年設置) である。学生数はおよそ 35,000 名 (うち、留学生はおよそ 3,300 名)、教員数は 6,000 名超 (非常勤、講師を含む) となっている。なお、Times Higher Education におけるランキングは 151 位である (2022 年)。

学内には、およそ 150 の研究センターが設置されており <sup>245</sup>、様々な分野の学際研究に取り組んでいる。なかでも、カーボンニュートラルと関連の深い研究センターとして以下が設置されている。

- ・気候変動に向けたグリーンインフラ技術研究所 (Green Infrastructure Technology for Climate Change, GIT4CC)<sup>246</sup>
- ・SSK<sup>247</sup> 気候変動・国際法研究センター (SSK Research Center for Climate Change and International Law)
- ・不可逆気候変動研究センター (Irreversible Climate Change Research Center)
- ・SMART シティ融合サービス研究グループ (SMART City Convergence Service R&D Group)
- ・スピングリーン水素研究センター (Center for Spin-Green Hydrogen)
- ・バッテリー研究センター (Battery Research Center)
- ・次世代融合エネルギー材料研究センター (Next-Generation Converged Energy Materials Research Center)

<sup>242</sup> https://kukistschool.korea.ac.kr/content/Content.do?pageCode=m6.m1&type=&bbsId=&useAt=

<sup>&</sup>lt;sup>243</sup> https://ifg.korea.ac.kr/ifg/index.do

<sup>&</sup>lt;sup>244</sup> https://www.yonsei.ac.kr/en\_sc/index.jsp

<sup>&</sup>lt;sup>245</sup> https://www.yonsei.ac.kr/en\_sc/research/lab\_intro.jsp

<sup>&</sup>lt;sup>246</sup> http://www.git4cc.com/korean/portal.php

<sup>&</sup>lt;sup>247</sup> NRF が支援している「韓国社会科学プログラム(Social Science Korea)」の略称

### 参考資料・文献

CRDS(2012): グローバル競争を勝ち抜く韓国の科学技術, 丸善出版株式会社

CRDS(2019): 研究開発の俯瞰報告書 主要国の研究開発戦略 (2019 年), CRDS-FY2018-FR-05,

https://www.jst.go.jp/crds/pdf/2018/FR/CRDS-FY2018-FR-05/CRDS-FY2018-FR-05\_10.pdf

JETRO(2021): 韓国気候変動対策と産業・企業の対応

https://www.jetro.go.jp/ext\_images/\_Reports/01/111cf89ab6c5c2af/20210009.pdf

JETRO(2021): 【コラム】韓国のグリーン政策を読み解く

https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/2021/c6d232c0dfa4e111.html

JETRO(2022): 【ビジネス短信】韓国政府、ウクライナ情勢による経済への影響点検

https://www.jetro.go.jp/biznews/2022/01/057e266059ead5cc.html

KISTEP(2021): KISTEP R&D and Beyond 2021

https://www.kistep.re.kr/boardDownload.es?bid=0049&list\_no=42477&seq=1

韓国カーボンニュートラル・グリーン成長委員会

https://www.2050cnc.go.kr

韓国国家温室効果ガス削減目標 [NDC] および長期低炭素発電戦略 [LEDS] 国連気候変動協約事務局提出 (Long-term low greenhouse gas Emission Development Strategy(長期低炭素発電戦略))

https://www.mofa.go.kr/www/brd/m\_4080/view.do?seq=370841

韓国第4次科学技術基本計画

https://www.msit.go.kr/publicinfo/view.do?sCode=user&mPid=62&mId=63&publictSeqNo=43&publictSeqNo=2&formMode=R&referKey=43,2

国務会議議決(2022.7.5)「新政府エネルギー政策の方向」

https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156514926

### 4 論文動向の調査

本章では、カーボンニュートラルの関連分野として、水素・バイオ・半導体を取り上げ、各分野の論文動 向について整理した。

### 4.1 論文調査の概要

水素・バイオ・半導体分野におけるキーワードを設定し、論文数・主要研究機関・研究トピックス等を整理した。

### 4.1.1 論文データ母集団の抽出

論文データとして、Clarivate 社の Web of Science (WoS) を用い、表 41 に示す通り、2016 年から 2021 年 (直近 6年)のデータを母集団とした。なお、主な調査対象国は中国、韓国、日本であるが、一部比較対照として、アメリカや全世界の論文数等についても調査を行った。

データ項目 母集団の抽出条件 論文発行年 2016-2021 ドキュメントタイプ Article, Review, Proceedings Paper 使用データベース Clarivate 社 Web of Science(Global 論文データベース)

表 4-1 論文データの母集団

上記の論文データ母集団のうち、水素・バイオ・半導体の各分野の論文検索を行うにあたり、各分野を細分化するとともに、それぞれの検索条件となる技術キーワードを表 4-2 の通りに設定した。

#### 表 4-2 分野毎の論文の検索条件と論文数

PARTY PROPERTY OF PROPERTY AND ADDRESS OF THE PROPERTY OF THE						
分野	検索条件 (技術キーワード)	論文数 (全世界)				
水素	· 水素製造:"Hydrogen* Produc*" or "H2 produc*" · 水素貯蔵:"Hydrogen* storage*" or "H2 storage*" · 水素利用:"oil*refin*" or "ammoni* product*" or "methanol product" or "steel product" or "hydro* utilization*" or "H2 utilization*"	40,949				
バイオ	・バイオ燃料:"bio*fuel" ・バイオマス:"bio*mass*" ・バイオエコノミー:"bioeconom*" or "bio econom*" ・バイオエネルギー:"Bio*energ*" ・バイオガス:"bio*gas" ・バイオプラスチック・ポリマー:"Bio*plastic" or "bio-polymer*" ・バイオエタノール:"bio*ethanol" ・菌:"Carbon* neutral*" AND ("cyanobacteria" or "Escherichia coli" or "yeast" or "bacteria" ・合成生物学(植物):"plant*" AND ("synthet* bio*")	109,781				
半導体	· 半導体:"Semiconductor*" and ("CPU" or "Memory" or "Sensor" or "Logic" or "Photonics" or "Optoelectronics" or "LSI" or "LSIs" or "VLSI" or "VLSIs" or "ASIC" or "ASICs" or "DRAM" or "RAM" or "NAND" or "SRAM" or "NOR" or "Flash memor*") · 材料 (Si):"Power" and "Semiconductor*" and ("Si" or "Silicon") · 材料 (GaN):"Power" and "Semiconductor*" and ("GaN" or "Gallium nitride")	20,800				

### 4.1.2 論文分析方法

前項で示した条件に基づき抽出した論文集合の分析には、Clarivate 社の InCites Benchmarking (以降、Incites と記す) $^{248}$  を用いて、以下の指標等に基づき、分野の概況、論文数の多いトピックス等の動向について分析を行った。

指標	概要
被引用数〔件〕	論文集合の被引用数の総数。
   高被引用論文の割合〔%〕	各研究分野 249、出版年における被引用数が世界の上位 1% に入る論文の割合。研究の
同似が用端入り割り (70)	卓越性を示す。
上位 10% の論文〔%〕	研究カテゴリ 250、出版年、ドキュメントタイプが同じ論文集合の中で被引用数が上位
工位10/00/ 00 (70)	10%に入っている論文の割合。研究の卓越性を示す。
国際共著論文〔%〕	国際共著論文の割合であり、研究の国際性を示す。
企業共著論文〔%〕	産業界所属の著者が1人以上いる論文の割合。
研究トピックス	InCites Benchmarking に搭載された分野分類。本報告書では、全分野を 326 テー
別九ドビック人	マに分けたメソレベルの分類にて分析。

<sup>&</sup>lt;sup>248</sup> https://clarivate.com/ja/solutions/incites/

<sup>&</sup>lt;sup>249</sup> Clarivate 社が ESI で定めた 22 の研究分野に基づく。

<sup>&</sup>lt;sup>250</sup> Web of Science で定めた分類。全部で 200 以上となる。

#### 4.1.3 調査結果の概要

カーボンニュートラル関連分野として、水素・バイオ・半導体分野における全世界の論文データを分析したところ、いずれの分野においても、<u>論文数</u>は中国が1位、アメリカが2位であり、日本と韓国は上位5カ国に入っていた。なお、第2章~3章では、中韓両国の研究開発投資が拡大している点について言及したが、その成果指標の1つとなる論文数は中国が顕著なものの、韓国は若干の増加傾向にあった。日米の論文数は総じて横ばい傾向であった。論文の質については、最も質の高い論文をあらわす高被引用論文数はアメリカが中国よりわずかに優位ではあるが、上位10%論文(や被引用数)においては、論文の絶対数が多い中国が優位となっていた。また、日韓を比較すると、論文数においては日本が優位、あるいは両国がほぼ同等だが、論文の質を示す指標においては韓国が優位となる傾向がバイオおよび半導体分野で見られた。国際共同研究割合は総じて米国が高く、次いで日韓が高い水準にあり、中国は相対的に低かった。企業共同研究割合は総じて米韓日は相対的に高く、中国は相対的に低い水準にあった。また、分野別にみると半導体分野が高く、バイオ、水素分野が総じて低かった。

主要研究機関としては、中国科学院がいずれの分野においても全世界で最も多い論文数となっていた。また、中国においては、中国科学院所属の2大学である中国科学院大学、中国科学技術大学の他、浙江大学も健闘しており、各分野において世界的にも顕著な成果を挙げている様子が見受けられた。韓国においては、各分野の国研と並んで、KAIST、ソウル大学等の国立大学や、延世大学、漢陽大学等の私立大学がいずれの分野においても健闘していた。なお、半導体分野においては韓国ではサムスンが設立した大学である成均館大学が国内トップの論文数を誇るとともに、サムスン自身も論文数上位10機関にランクインしており、民間企業が基礎研究においても存在感を示していた点が特徴的であった。

各国において、水素・バイオ・半導体の各分野の中でどのようなテーマが多く取り組まれているかを示す研究トピックスについて、上位3トピックスを表 43にまとめた。水素分野では、いずれの国も「光触媒」が1位となるとともに、多くの上位研究トピックスは各国共通であった。また、「光触媒」および「電気化学」分野において、中韓で質の高い論文が出てきている様子が見受けられた。バイオ分野では、「紙・木質材料料学」が各国共通で上位となっていた他、多くの上位の研究トピックスが共通していた。半導体分野では、いずれの国も「シリコン・システム」が上位に入っていたが、水素やバイオ分野とは異なり、上位の研究トピックスの中には、各国でバラツキが見られた。更には、水素、バイオ分野ではいずれの上位研究トピックスにおいても、中国の論文数が突出していたのに対し、半導体分野は「シリコン・システム」や「電力システム・電気自動車」等、中米の論文数が拮抗しているトピックスや、「電気・ハンダ / 接合」等、中韓の論文数が拮抗しているトピックスが存在しており、各国で特徴的な取り組みが行われている様子が見受けられた。

水素分野 バイオ分野 半導体分野 1位:光触媒 1位:紙·木質材料料学 1位:シリコン・システム 日本 2位:水素化学・貯蔵 2位:バイオ工学 2位:半導体物理学 3位:触媒 3位:エネルギー・燃料 3位:光エレクトロニクス・工学光触媒 1位:光触媒 1 位: 十壌科学 1位: 二次元材料 中国 2位:エネルギー・燃料 2位:電気化学 2位:光触媒 3位:水素化学・貯蔵 3 位:紙·木質材料料学 3位:シリコン・システム

表 4-3 論文数が多い研究トピックス (国別)

	水素分野	バイオ分野	半導体分野
	1位:光触媒	1位:エネルギー・燃料	1 位 : シリコン・システム
韓国	2 位: 触媒	2位:紙·木質材料料学	2 位 : 光触媒
	3位:電気化学	3 位:バイオ工学	3位:二次元材料
	1 位:光触媒	1位:紙·木質材料料学	1 位 : シリコン・システム
アメリカ	2 位: 触媒	2位:土壌科学	2位:二次元材料
	3位:電気化学	3 位:バイオ工学	3位:半導体物理学

なお、中国、韓国の論文数が増加傾向にあることは先に述べた通りであるが、両国において特に近年の増加が著しい研究トピックスは、表 44 の通りであった。

	水素分野	バイオ分野	半導体分野
	電気化学	土壌科学	二次元材料
中国	触媒	紙·木質材料料学	光触媒
	無機化学·原子核化学	触媒	半導体物理学
	電気化学	バイオ工学	シリコン・システム
韓国	触媒	土壌科学	二次元材料
	水素化学·貯蔵	触媒	抵抗スイッチ

表 4-4 論文数の伸びが大きい研究トピックス (中韓)

### 4.2 分野毎の分析結果

水素・バイオ・半導体の分野別に、世界・中国・韓国の順に、論文数上位・研究機関・研究トピックス、 そして被引用数が高い注目研究者を整理した。

### 4.2.1 水素分野

2016年から2021年における水素分野の論文総数は40,949件であり、国別にみると中国が突出しており、次いでアメリカ、インド、韓国、日本の順に多かった(図4-1)。

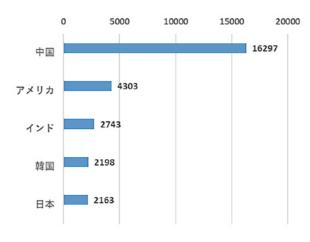


図 4-1 水素分野の論文数 (国別・上位国、2016年~2021年)

### (1) 世界

次に、上位国の論文について詳しくみる(表 4-5)。論文の被引用数でみると、中国がトップであることに変わりはないが、日本と韓国の順位が入れ替わるなどの変動がみられた(図 4-1)。

国際共同研究に基づく論文については、日本は44.8%とアメリカと比較して若干少ないものの、中国、韓国の24.7%、38.5%より多かった。企業共同研究をみると、日韓は日本3.8%、韓国3.2%と相対的に高く、中国は1.4%と相対的に低かった。

国名	論文数	被引用数	高被引用論文	上位 10% 論文	国際共同研究	企業共同研究
中国	16,297	320,460	4.4	22.1	24.7	1.4
アメリカ	4,303	90,854	4.5	19.7	57.5	3.8
インド	2,743	38,226	3.2	14.3	36.4	0.8
韓国	2,198	31,933	2.9	16.3	38.5	3.2
日本	2,163	37,171	3.3	13.2	44.8	3.8

表 4-5 水素分野の論文数上位国の分析

2016年から2021年にかけての、中国、韓国、アメリカ、日本の水素分野の論文数の推移(図 4-2)をみると、中国が一貫して最も多く、韓国も徐々に伸びを示していた。2016年から2021年の論文数の平均伸び率(表 4-6)は、中国が17%、韓国が12%と中韓が高い値を示した一方で、日米については、アメリカが-1%、日本が2%と低かった。なお、論文の質でみると、2016年から2021年の期間中における高被引用論文数の割合は、アメリカが5%、中国が4%、日本と韓国が共に3%となっており、アメリカが高い値を示していた。

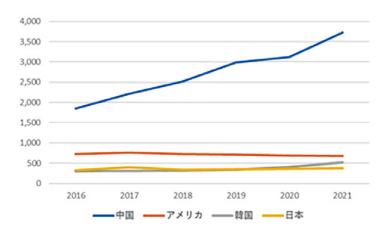


図 4-2 水素分野の論文数推移 (2016 年~ 2021 年)

表 4-6 水素分野の論文数 (2016年~2021年)

	-	-		
国名	年平均 伸び率	高被引用 論文の割合		
中国	17%	4.4%		
アメリカ	-1%	4.5%		
日本	2%	3.3%		
韓国	13%	2.9%		

水素分野の論文数の多い機関を表 4-7 に示す。中国科学院が 1 位となるなど、上位 10 機関のうち 3 機関が中国の研究機関であった。なお、日韓の研究機関は 10 位以内には認められなかった。

The state of the s							
機関名(日本語)	機関名(英語)	論文数	国・地域				
中国科学院	Chinese Academy of Sciences	2,024	中国				
欧州研究型大学連盟 (LERU)	League of European Research Universities - LERU	943	EU				
国立科学研究センター (CNRS)	Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)	778	フランス				
中国科学院大学	University of Chinese Academy of Sciences, CAS	635	中国				
米・エネルギー省 (DOE)	United States Department of Energy (DOE)	625	アメリカ				
インド工科大学 (IIT)	Indian Institute of Technology System (IIT System)	608	インド				
西安交通大学	Xi'an Jiaotong University	490	中国				
UDICE- フランス研究大学	UDICE-French Research Universities	485	フランス				
エジプト・ナレッジバンク (EKB)	Egyptian Knowledge Bank (EKB)	443	エジブト				
ヘルムホルツ協会	Helmholtz Association	439	ドイツ				

表 4-7 世界の論文数トップ研究機関 251

次に、水素分野における研究テーマのトレンドを把握するため研究トピックスの動向を調査した。日中韓 米の主要な研究トピックスの動向を表 48 に示す。ここでは、日本の研究論文における研究トピックス (2016 年から 2021 年の論文数総計)を多い順にリストアップし、中国、韓国、アメリカ、それぞれの国の中での 研究トピックスの件数順位と比較した。なお、表の右側に示した「動向」欄のグラフは、当該トピックスの 2016 年から 2021 年までの論文件数の動きを視覚的に示したものである (以降バイオ、および半導体分野に ついても同様のグラフを掲載)。

論文数 (2016 年から 2021 年の総計) については、日中韓米のいずれの国においても、「光触媒」に関するものが最も多かった。「水素化学・貯蔵」は、日本では 2 位、韓国では 5 位になるとともに、両国とも論文数が増加傾向にあった。中国は多くの研究トピックスで論文数が増加傾向にある中「エネルギー・燃料」は減っていた。なお、日中韓では上位 10 位圏外であったが、アメリカにおいては上位 10 位内の研究トピックスとして「金属酵素」と「電力システム・電気自動車」がランクインしていた。

<sup>&</sup>lt;sup>251</sup> データ取得の時期のずれにより、後述の中国・韓国の動向との値が若干異なるデータが含まれる。

表 4-8 水素分野における各国の主要な研究トピックスと動向

研究トピックス	日本	中国	韓国	アメリカ	論文数の推移(2016-2021) 日 米 中 韓
光触媒	1位	1位	1位	1位	
水素化学・貯蔵	2位	3位	5位	4 位	
触媒	3位	4 位	2位	2位	
電気化学	4 位	2位	3位	3位	
合成	5位	10 位	8位	11 位	
バイオ工学	6位	5位	4 位	6位	
無機·原子核化学	7位	6位	6位	5位	
エネルギー・燃料	8位	7 位	7位	7位	
熱力学	9位	9位	9位	9位	
二次元材料	10 位	8位	10 位	12 位	

### (2) 中国

次に、中国における水素分野の論文動向について詳しく分析する。

はじめに、表 48 で概観した主要な研究トピックスについて詳しくみる (表 49)。まず、論文の質の高さを示すと、高被引用論文、および上位 10% 論文の双方において、「光触媒」、「電気化学」、「無機化学・原子核化学」の論文が多かった。また、国際共同研究は「バイオ工学」(35.2%)、「熱力学」(33.1%)、「エネルギー・燃料」(30.8%)の順に多く、企業共同研究は「合成」(2.7%)、「エネルギー・燃料」(2.6%)、「熱力学」(2.3%)の順に多かったが、これらは、表 4-5 に示した日本における水素分野の国際共同研究の全体平均値 44.8% や、企業共同研究の全体平均値 3.8% よりも低い値であった。

研究トピックス	論文数	被引用数	高被引用 論文	上位 10% 論文	国際 共同研究	企業 共同研究
光触媒	4,805	172,639	6.1	23.2	20.4	0.9
電気化学	1,951	74,341	8.4	18.1	27.9	1.1
水素化学·貯蔵	1,805	26,640	1.3	12.6	17.2	1.7
触媒	1,530	26,491	1.9	13.4	24.3	1.8
バイオ工学	1,009	20,122	1.9	20.6	35.2	0.5
無機化学·原子核化学	882	36,392	7.7	24.3	23.6	0.6
エネルギー・燃料	803	15,705	2.4	17.8	30.8	2.6
二次元材料	397	10,427	3.8	16.9	25.7	1.3
熱力学	347	4,659	1.2	10.7	33.1	2.3
合成	335	6,108	1.2	16.7	22.4	2.7

表 4-9 水素分野における中国の主要な研究トピックス (論文数順)の動向 252

次に、表 49 に示した上位の研究トピックスにおける近年の論文数の推移を図 43 に示す。特に、「光触媒」と「電気化学」において、論文数が著しい増加傾向を示していた。

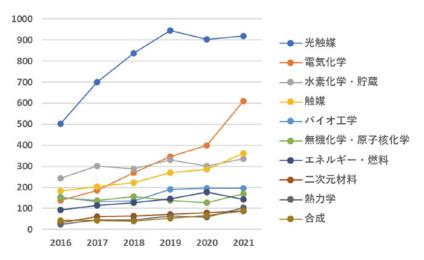


図 4-3 中国の水素分野における主要研究トピックスの論文数推移

表 410 では、論文数が多い上位 10 研究機関を抽出した。中国科学院が論文数でトップ1 位となっていたが、中国科学技術大学が論文の質をあらわす高被引用論文数、および上位 10% 論文数の双方において1 位であり、次いで天津大学、中国科学院が高かった。国際共同研究については、天津大学、大連理工大学、清華大学の順に多かった。企業共同研究は1 位の清華大学において 2.5% と総じて低かった。

<sup>252</sup> ハイライトは各指標におけるトップ3の研究トピックス。

表 4-10 水素分野における中国の主要研究機関 (論文数順)

研究機関名	論文数	被引用数	高被引用 論文	上位 10% 論文	国際 共同研究	企業 共同研究
中国科学院	2,381	83,005	6.2	26.9	25.2	1.5
中国科学院大学	697	19,167	4.5	22.4	19.4	1.4
西安交通大学	549	10,208	2.9	19.1	21.9	1.8
浙江大学	486	11,304	3.7	20.8	25.5	2.3
清華大学	482	13,741	5.6	22	26.4	2.5
ハルビン工業大学	464	8,836	2.8	20.7	23.7	0.4
天津大学	446	15,685	7.2	27.4	31.2	0.9
中国科学技術大学	439	20,935	9.6	35.8	25.7	1.6
華南理工大学	437	11,948	3.9	22	19	1.1
大連理工大学	311	8,513	4.5	20.6	31.8	0.3

中国の水素分野の論文について、研究資金の助成機関別に見たランキングを表 411 に示す。いずれも公的機関による助成であり、国家自然科学基金 (NSFC) が 1 位、中央高校基礎研究基金が 2 位、中国ポスドク科学財団が 3 位となっていた。また、地方政府 (江蘇省、山東省) からの支援もみられた。

表 4-11 中国の水素研究における主な研究資金助成機関

機関名	論文数
国家自然科学基金 (NSFC) <sup>253</sup>	12,004
中央高校基礎研究基金 254	1,879
中国ポスドク科学財団 255	967
中国国家基礎研究計画 256	679
江蘇省自然科学基金会 257	604
中国科学院 258	441
中国教育部 -111 プロジェクト 259	416
山東省自然科学基金会 260	392
中国奨学金委員会 261	389

<sup>&</sup>lt;sup>253</sup> 国家自然科学基金委員会 https://www.nsfc.gov.cn/

<sup>&</sup>lt;sup>254</sup> 中华人民共和国教育部 (2016): 中央高校基础研究经费, 财教〔2016〕277 号, http://www.moe.gov.cn/jyb\_xxgk/moe\_1777/moe\_1779/201610/t20161028\_286795.html

<sup>&</sup>lt;sup>255</sup> 中国博士后科学基金会の設置は、中国人民解放军管理情報センタの戦略の一つである https://jj.chinapostdoctor.org.cn/website/index.html

<sup>&</sup>lt;sup>256</sup> 中华人民共和国科学技术部 https://program.most.gov.cn/

<sup>&</sup>lt;sup>257</sup> 江蘇省科学技術庁 http://kxjst.jiangsu.gov.cn/

<sup>258</sup> https://www.cas.cn/

<sup>259</sup> 高等学校学科创新引智计划 http://www.gov.cn/gongbao/content/2017/content\_5210517.htm

<sup>&</sup>lt;sup>260</sup> 山東省科学技術庁 http://kjt.shandong.gov.cn/index.html

<sup>&</sup>lt;sup>261</sup> 国家留学基金管理委員会 https://www.csc.edu.cn/

最後に、中国の水素や関連分野の研究において、h-index および論文被引用数が高い、注目すべきと考えられる研究者を挙げる。

### 研究者① 余家国 (YU Jiaguo)<sup>262,263</sup> 教授、中国地質大学 (武漢) (China University of Geosciences, Wuhan)、論文数:601、被引用数:118,113、h-index: 180、特許数:42

1985年に華中師範大学で学士号を、1988年に西安交通大学で修士号を取得した後、2000年に武漢理工大学で物質科学の博士号を取得。2000年に武漢理工大学教授に就任し、2001年から2004年まで香港中文大学で博士研究員、2005年から2006年までブリストル大学で客員研究員、2007年から2008年までテキサス大学オースティン校で客員研究員を歴任するなどし、2021年から現職。研究テーマは、半導体光触媒、光触媒水素製造、炭化水素燃料へのCO2還元、色素増感太陽電池、室内空気浄化、電解化学発光、吸着、CO2隔離、グラフェン、ナノカーボンおよび関連ナノ材料である。2012年にはトムソン・ロイターの「最もホットな研究者」に選出され、2014年から2021年までの「最も引用された研究者」リストに名を連ねた。

### 研究者② 王心晨 (WANG Xinchen)<sup>264,265,266,267</sup> 教授、福州大学 (Fuzhou University)、論文数:233、被引用数:65,428、h-index:120

2005年に香港中文大学で博士号を取得後、2006年に日本学術振興会特別研究員として東京大学で研究に従事した。2007年に Alexander von Humboldt 財団のフェローシップにてドイツのマックスプランク/コロイド・界面科学研究所に勤務し、2008年から2012年までグループリーダーを務めた。2015年に英国王立化学会フェロー、2016年に「長江学者」特別栄誉教授に選出。窒化炭素光触媒の分野におけるパイオニアの一人であり、水分解、 $CO_2$ 還元、水質浄化、大気汚染分解、有機合成のための窒化炭素光触媒を開発した。また、Sustainable Energy and Fuels 誌の副編集長である。

### 研究者③ 江海竜 (JIANG Hailong)<sup>268,269</sup> 教授、中国科学技術大学 (University of Science and Technology of China)、論文数: 172、被引用数: 33,058、h-index: 89

1981年生。2003年に安徽師範大学で化学分野の学士号を取得した後、2008年に中国科学院福建物質構造研究所で博士号を取得。2008年から2009年まで日本の産業技術総合研究所にフェローとして在籍。2009年から2011年まで日本学術振興会特別研究員。その後、テキサスA&M大学の博士研究員を経て、2013年より中国科学技術大学化学学部教授。

国家優秀青年科学基金プロジェクト (2017)、科学技術部の科学技術イノベーションにおける若手・中堅の 指導的人材および英国王立化学会フェロー (2018年)、中国科学院優秀メンター賞および万人計画 (2019)、安 徽省優秀若手科学技術人材 (2022) に選出された。主に触媒性能、CO<sub>2</sub> の選択的な回収・変換に関する研究を 進めている。

 $<sup>^{262}\,</sup>https://www.webofscience.com/wos/author/record/1227243$ 

<sup>&</sup>lt;sup>263</sup> http://grzy.cug.edu.cn/yujiaguo/zh\_CN/index.htm

 $<sup>^{264}\,</sup>https://chem.fzu.edu.cn/info/1069/7645.htm$ 

<sup>&</sup>lt;sup>265</sup> https://tocat.catsj.jp/9/2021/06/prof-xinchen-wang-fuzhou-university/

 $<sup>^{266}\,</sup>https://wanglab.fzu.edu.cn/XINCHEN_WANG.htm$ 

 $<sup>^{267}\,\</sup>text{https://www.webofscience.com/wos/author/record/}136120$ 

<sup>&</sup>lt;sup>268</sup> http://staff.ustc.edu.cn/~jianglab/Current%20Members.html

<sup>&</sup>lt;sup>269</sup> https://www.webofscience.com/wos/author/record/449117

# 研究者④ 李燦 (LI Can)<sup>270,271,272</sup> 院士/研究員、中国科学院大連化学物理研究所 (Dalian Institute of Chemical Physics, Chinese Academy of Sciences), 論文数:741、被引用数:46,776、h-index:100

1960年生。大連化学物理研究所で博士号を取得後、リバプール大学や日本学術振興会特別研究員として東京工業大学等で研究に従事。2011年よりクリーンエネルギー国家研究所(中国科学院大連化学物理研究所作成)所長を務めている。これまで、中仏触媒共同研究所中国所長、BPと中国科学院大連化学物理研究所によるエネルギーイノベーション研究所所長、中国科学技術大学材料化学学院院長を務める。2003年に中国科学院院士、2005年に第三世界科学アカデミーフェロー、2008年に欧州人文・自然科学アカデミー外国人会員、英国王立化学会フェローに選出され、これまでに160人以上の博士課程の学生やポスドクを育成してきた。

主に触媒材料、触媒反応、触媒分光学の研究に従事し、中国で初めて触媒材料研究のための紫外線共鳴ラマン分光装置を開発し、商業生産を開始した。2001年からは、太陽光光触媒による水の分解や二酸化炭素の還元に関する人工光合成研究、新しい太陽電池の探索研究など、太陽エネルギーの変換と利用に関する研究に従事する。光触媒分野では、光生成電荷分離を促進するヘテロ接合、二機能性共触媒、結晶間表面という新しい概念を提案し効率の良い太陽エネルギー変換システムの構築に向けた科学基盤を提供している。

蘭州大学、中国科学技術大学、清華大学、北京大学、南京大学、吉林大学、南開大学、大連理工大学、中山大学、華南理工大学、東北師範大学、陝西師範大学などで客員教授や名誉教授、ピエールマリーキュリー大学 2002/2003 年外部教授、クイーンズランド大学名誉教授、香港バプティスト大学特別招待教授などを務める。

#### (3) 韓国

次に、韓国における水素分野の論文動向について詳しく分析する。

まず、表 48 で概観した主要な研究トピックスについて詳しくみる (表 4-12)。論文の質の高さを示す、高被引用論文数、および上位 10% 論文数の双方において、「光触媒」と「バイオ工学」が上位となるとともに、高被引用論文数では「電気化学」、上位 10% 論文では「エネルギー・燃料」も上位となっていた。国際共同研究については、「バイオ工学」、「二次元材料」、「無機化学・原子核化学」がいずれも 50% 以上と高い値を示した。企業共同研究については、「エネルギー・燃料」が突出して多かった (10.1%)。

 $<sup>^{270}\,</sup>http://sourcedb.dicp.cas.cn/zw/zjrck/200908/t20090820\_2428126.html$ 

<sup>&</sup>lt;sup>271</sup> http://canli.dicp.ac.cn/info/1194/4453.htm

<sup>272</sup> https://www.webofscience.com/wos/author/record/24332039

研究トピックス	論文数	被引用数	高被引用 論文	上位 10% 論文	国際 共同研究	企業 共同研究
光触媒	482	14,028	3.5	18.5	44.4	1.5
触媒	312	4,212	0.6	8	20.8	4.5
電気化学	274	7,106	5.1	11	31	1.8
バイオ工学	226	5,403	4.4	21.7	63.7	1.3
水素化学·貯蔵	167	2,158	1.8	7.8	23.4	2.4
無機·原子核化学	125	3,462	2.4	14.4	50.4	2.4
エネルギー・燃料	79	1,684	2.5	19	31.7	10.1
合成化学	56	1,138	1.8	17.9	21.4	5.4
熱力学	54	331	0	5.6	24.1	1.9
二次元材料	44	815	0	9.1	61.4	6.8

表 4-12 水素分野における韓国の主要な研究トピックス (論文数順)の動向

次に、表 4-12 に示した上位の研究トピックスにおける近年の論文数の推移を図 4-4 に示す。韓国では「光触媒」が概ね 1 位で推移しているが、2018 年から「電気化学」が著しく増加した点が特徴的である。2019年以降、「エネルギー・燃料」、「触媒」、「水素化学・貯蔵」も増加傾向であった。

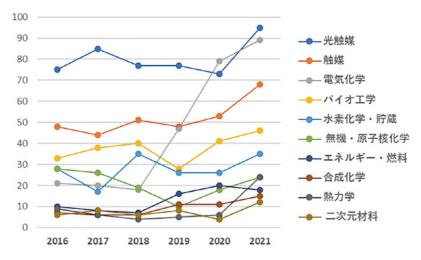


図 4-4 韓国の水素分野における主要研究トピックスの論文数推移

表 413 に論文数が多い上位 10 研究機関を抽出した。延世大学、高麗大学、韓国科学技術研究所 (KIST) が論文数で上位となっていた。延世大学は、高被引用論文数、および上位 10% 論文数も最上位であり、韓国科学技術院 (KAIST)、蔚山国立科学技術院 (UNIST)、嶺南大学が上位となっていた。国際共同研究については、延世大学、ソウル国立大学 (SNU)、漢陽大学が上位となっていた。企業共同研究については、ソウル国立大学、韓国科学技術院 (KAIST)、韓国エネルギー研究院 (KIER) の順に多かった。

研究機関名	論文数	被引用数	高被引用 論文	上位 10% 論文	国際 共同研究	企業 共同研究
延世大学	201	4,818	5.5	25.9	49.3	3.5
高麗大学	188	3,734	1.6	19.2	32.5	3.2
韓国科学技術研究所 (KIST)	170	3,209	1.2	14.1	32.4	3.5
韓国エネルギー研究院 (KIER)	155	1,928	0.7	7.1	21.9	5.8
ソウル大学	149	3,581	4	20.1	42.3	6.7
嶺南大学	138	2,789	3.6	21	40.6	5.1
韓国科学技術院 (KAIST)	137	3,323	3.7	19	38	6.6
蔚山国立科学技術院 (UNIST)	135	3,870	3.7	22.2	29.6	3
全北大学	114	1,505	0.9	8.8	20.2	0
漢陽大学	102	1,527	0	14.7	41.2	1

表 4-13 水素分野における韓国の主要研究機関 (論文数順)

韓国の水素分野の論文について、研究資金の助成機関別に見たランキングを表 414 に示す。ここでは、韓国研究財団 (NRF) からの助成が突出して多かった。なお、表中の科学技術部、教育科学技術部は現在の科学技術情報通信部に相当する組織である。

衣 4-14 特国の小糸町九にのける土体が	几只亚则似版图
機関名	論文数
韓国研究財団 (NRF)	345
韓国科学技術研究所 (KIST)	52
教育科学技術部	35
韓国科学技術情報院 (KISTI)	21
サムスン	10
知識経済部	8
科学技術部 (MOST)	7

表 4-14 韓国の水素研究における主な研究資金助成機関

最後に、韓国の水素や関連分野の研究において、h-index および論文被引用数が高い、注目すべきと考えられる研究者を挙げる。

# 研究者① Lee Jae Sung<sup>273,274,275</sup>、蔚山科学技術大学 (UNIST:Ulsan National Institute of Science & Technology)、論文数:117、被引用数:5,668、h-index: 43

1975年にソウル大学で学士号、1977年に KAIST で修士号、1984年にスタンフォード大学で化学工学の博士号を取得。カタリティカ社に研究員として勤務 (84-86年)、イェール大学客員教授 (93-94年) を経て、触媒とエネルギー技術の分野で 30年以上の教育・研究経験を有する。現在の研究テーマは、ソーラー燃料製造のための光触媒および光電気化学的水分解と CO<sub>2</sub> 還元、ナノ材料の合成と触媒応用、燃料電池用電極

<sup>&</sup>lt;sup>273</sup> https://ecocat.unist.ac.kr/people/professor-jae-sung-lee/

 $<sup>^{\</sup>it 274}$  https://www.webofscience.com/wos/author/record/14935124

 $<sup>^{275}\,</sup>https://www.shokubai.org/tocat8/CV/KA301\_CV.pdf$ 

触媒、付加価値の高い製品への触媒的  $CO_2$  変換などである。環境調和型触媒・エネルギー研究室を主宰し、太陽熱水素製造や人工光合成に関する複数の国家プロジェクトに積極的に参画している。韓国工学院の正会員、アジア太平洋触媒学会の会計を務める。Journal of Catalysis、Applied Catalysis、Journal of Molecular Catalysis、ChemCatChem、Catalysis Letters、Topics in Catalysis の編集委員を務めている。Sam Sung Petrochemicals、Sam Sung Advanced Institute of Technology、LG Chemicals など、多くの韓国化学企業の技術アドバイザーを務めている。2005年グリーンエネルギー賞(韓国エネルギー工学協会)、燕山触媒賞(同)を受賞。

# 研究者② Choi Wonyong<sup>276,277</sup> 碩座教授、韓国エネルギー技術研究院 (KIER: Korea Institute of Energy Technology)、論文数:323、被引用数:49,197、h-index: 98

1988 年にソウル大学で学士号、1990 年に浦項工科大学 (POSTECH) で修士号、1996 年にカリフォルニア工科大学で博士号を取得。その後、1996 年から 1998 年まで NASA/カリフォルニア工科大学のジェット推進研究所で博士研究員として勤務。1998 年に POSTECH に助教授として就任し、2008 年より教授となった。主な研究テーマは、太陽エネルギー変換と環境応用のための半導体光触媒と光化学、先進的な酸化プロセス、環境化学である。2012 年に南顧碩座教授 (POSTECH) に就任 <sup>278</sup>、2013 年に韓国科学技術アカデミー (KAST)、2014 年に英国王立化学会 (FRSC) の会員に選出された。2005 年に若手科学者賞 (KAST)、2015 年に KAST科学技術賞、2018 年に韓国工学賞を受賞。Environmental Science & Technology (ES&T: 2017-2019) の副編集長を経て編集長、Journal of Hazardous Materials (2008-2017) の編集長を務めた。また、Energy and Environmental Science(2008 年~)と ACS Earth and Space Chemistry(2017 年~)のアドバイザリーボードを務める。

環境・エネルギー応用のための半導体光(電)触媒反応、人工光合成  $(H_2 \pm \epsilon CO_2 \infty )$ 、水と空気の光化学的浄化、先進酸化プロセス (AOPs) 等のダイナミクス研究を行っている。

# 研究者③ Kim, Sang-Hyoun<sup>279,280,281</sup> 教授、延世大学 (Yonsei University)、論文数 :236、被引用数 : 7,721、h-index 47

韓国科学技術院 (KAIST) で化学の学士号、土木工学の修士号、土木環境工学の博士号を取得。アイオワ州立大学の博士研究員 (2006 年から 2009 年)、韓国産業技術研究所の上級研究員 (2009 年から 2010 年)、大邱大学 (Daegu University) の教員 (2010 年から 2018 年)、イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校の訪問研究員 (2016 年から 2017 年)を務め、2018 年より現職。研究テーマは水・エネルギー・資源のネクサス (連鎖)であり、廃水や固形廃棄物の嫌気性消化、再生可能資源からのバイオ水素生産、産業共生、産業廃水処理における省エネルギーに焦点を当てた研究を行っている。

<sup>&</sup>lt;sup>276</sup> https://epa.kentech.ac.kr/mboard\_3\_1

<sup>&</sup>lt;sup>277</sup> https://www.webofscience.com/wos/author/record/1154481

<sup>278</sup> https://ce.postech.ac.kr/bbs/board.php?bo\_table=sub6\_3\_a&wr\_id=98

<sup>&</sup>lt;sup>279</sup> https://www.webofscience.com/wos/author/record/1430221

<sup>&</sup>lt;sup>280</sup> https://sites.google.com/site/energyreuselab/laboratory/professor

<sup>&</sup>lt;sup>281</sup> https://yonsei.pure.elsevier.com/en/persons/sang-hyoun-kim

### 4.2.2 バイオ分野

2016年から 2021年におけるバイオ分野の論文総数は 109,852件であり、国別にみると中国、次いでアメリカ、日本、韓国の順となっている (図 4-5)。

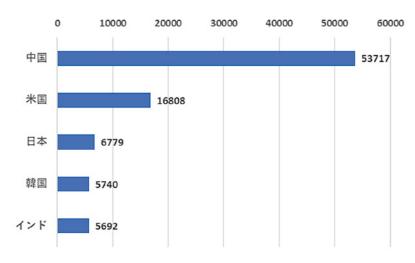


図 4-5 バイオ分野 (全件)の論文数 (国別・上位国、2016年~2021年)

#### (1) 世界

次に、上位国の論文について詳しくみる。ただし、本調査で使用した論文分析ツール (InCites) の制約上、分析可能な論文総数が5万件までに限られるため、ここではおよそ11万件となるバイオ分野の論文の母集団のうち、被引用数の高い上位5万件のデータを抽出し、詳細分析を行うこととした。このため、論文数の値や順位等に変動が生じている点に留意されたい $^{282}$ 。

上述の5万件の抽出データについて、論文の被引用数でみると、中国がトップであることに変わりはないが、日本と韓国の順位が入れ替わることとなった。国際共同研究に基づく論文については、日本は63.2%とアメリカと比較して若干少ないものの、インド、韓国、中国の54.8%、51.2%、31.6%より多かった。企業共同研究については、日本は3.2%であり、他国と比較して相対的に高かった。

国名	論文数	被引用数	高被引用	上位 10%	国際	企業
<b>当</b>	<b>洲</b>		論文	論文	共同研究	共同研究
中国	27,819	818,991	3.3	31.6	38.0	1.2
アメリカ	8,589	292,703	4.3	31.9	72.4	2.4
韓国	2,993	91,629	4.6	27.7	51.2	2.2
日本	2,941	81,012	3.0	23.3	63.2	3.2
インド	2,149	69,211	6.8	32.0	54.8	1.4

表 4-15 バイオ分野の論文数上位国の分析 (注 1)

注 1: バイオ分野のデータのうち、被引用数の多い 5 万件を抽出したため、論文数は図 4-5 と一致しない。

<sup>&</sup>lt;sup>282</sup> 論文の被引用数上位5万件のデータで分析すると、日本とインドの間にイギリス、ドイツがランクインすることとなるが、ここでは、図 45 に示した5 カ国のデータを示す。

2016 年から 2021 年にかけての中国、韓国、アメリカ、日本のバイオ分野の論文数の推移 (図 4-6)をみると、中国が一貫して多く、韓国も徐々に伸びを示していた。2016 年から 2021 年の論文数の平均伸び率 (表 4-16)をみると、中国が 19%、韓国が 11% と著しい増加がみられた一方で、日本は 4% の伸びに留まった。なお。高被引用論文数は米中韓がいずれも 2% であったが、日本は 1% であった。

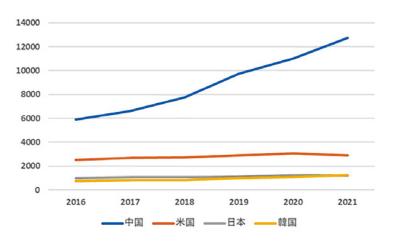


表 4-16 バイオ分野 (全件)の論文数 (2016年~2021年)

(2010 + 2021 + )						
国名	年平均	高被引用				
	伸び率	論文の割合				
中国	19%	3.3%				
アメリカ	3%	4.3%				
日本	4%	3.0%				
韓国	11%	4.6%				

図 4-6 バイオ分野 (全件)の論文数推移 (2016年~2021年)

バイオ分野の論文数の多い機関を表 4.17 に示す  $^{283}$ 。中国科学院が 1 位となるなど、上位 10 機関のうち 7 つが中国の研究機関であった。なお、日韓の研究機関は 10 位以内には認められなかった。

表 4-17 世界のトップ研究機関 (バイオ分野・全件)

機関名(日本語)	機関名 (英語)	論文数	国·地域
中国科学院	Chinese Academy of Sciences	11,240	中国
中国科学院大学	University of Chinese Academy of Sciences, CAS	4,324	中国
米・エネルギー省 (DOE)	United States Department of Energy (DOE)	1,697	アメリカ
浙江大学	Zhejiang University	1,627	中国
中国農業科学院	Chinese Academy of Agricultural Sciences	1,528	中国
カリフォルニア州立大学	University of California System	1,511	アメリカ
国立科学研究センター (CNRS)	Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)	1,418	フランス
西北農林科技大学	Northwest A&F University - China	1,388	中国
中国農業大学	China Agricultural University	1,295	中国
南京林業大学	Nanjing Forestry University	1,285	中国

<sup>283</sup> データ取得の時期のずれにより、後述の中国・韓国の動向との値が若干異なるデータが含まれる。

バイオ分野における日中韓米の主要な研究トピックスの動向を表 418 に示す。ここでは、水素分野と同様に、日本の研究論文における研究トピックスを多い順にリストアップし、中国、韓国、アメリカ、それぞれの国の中での研究トピックスの件数順位と比較した。ただし、先にも述べた通り、本調査で使用した論文分析ツール (InCites) の制約上、分析可能な論文総数が5万件までに限られているが、中国のバイオ分野における論文総数がおよそ5万4千件と上限を上回るため、本節の研究トピックス分析 (表 4-18) では、中国の中で被引用数上位5万件のデータを抽出して分析を行うこととした。

その結果、日本の研究トピックスとしては、「紙・木質材料料学」、「バイオ工学」、「エネルギー・燃料」が多かった。他方、日本が6位の「土壌科学」は中国が1位、アメリカが2位であった。また、日本が3位の「エネルギー・燃料」は韓国では1位であった。

論文数の推移 (2016-2021) 研究トピックス 日本 中国 韓国 アメリカ 日 米 中 韓 紙・木質材料料学 1位 3位 2位 1位 2位 4 位 3位 3位 バイオ工学 エネルギー・燃料 3位 2位 1位 4位 触媒 4位 5位 5位 10位 海洋生物学 5位 10位 7位 7位 6位 6位 2位 土壌科学 1位 光生産力 7位 9位 4位 6位 林学 8位 7 位 12 位 5位 環境科学 9位 11位 10位 9位 10位 作物科学 8位 9位 8位

表 4-18 バイオ分野における各国の主要な研究トピックスと動向 (注 2)

注 2: 中国のバイオ分野のデータのうち、被引用数の多い5万件を抽出して分析を行った。

### (2) 中国

次に、中国におけるバイオ分野の論文動向について詳しく分析する。なお、表 4-18 と同様に本調査で使用した論文分析ツールの制約上、本節の研究トピックス分析(表 4-19)および図 4-7 では、中国の中で被引用数上位 5 万件のデータを抽出して分析を行うこととした。

まず、主要な研究トピックスについて詳しくみる (表 4-19)。論文の質の高さを示す、高被引用論文数、および上位 10% 論文数の双方において、「エネルギー・燃料」と「エネルギー・燃料」が上位となるとともに、高被引用論文数では「電気化学」、上位 10% 論文数では「バイオ工学」も上位となっていた。また、国際共同研究は「林学」(48.3%)、「土壌科学」(41.9%)、「バイオ工学」(17.8%)が高い値を示していた。企業共同研究については、「触媒」(2.8%)、「エネルギー・燃料」(2.2%)、「光生産力」(0.8%)の順に多かったものの、いずれも低い値となっていた。

				-		
研究トピックス	論文数	被引用数	高被引用	上位 10%	国際	企業
			論文	論文	共同研究	共同研究
土壌科学	6,373	108,748	2.2	18.1	41.9	0.2
エネルギー・燃料	5,686	114,265	1.8	21.5	31.9	2.2
紙·木質材料料学	3,974	68,741	1.6	17.3	33.0	0.7
バイオ工学	3,861	70,207	1.3	17.8	37.2	0.7
触媒	3,634	73,534	1.5	16.3	24.9	2.8
電気化学	2,820	85,188	3.8	12.5	19.0	0.7
林学	2,280	26,630	0.9	9.3	48.3	0.5
作物科学	2,033	25,662	1.6	14.3	34.8	0.6
光生産力	1,782	31,801	1.7	17.4	34.5	0.8
海洋生物学	1,692	17,185	0.5	12.4	41.8	0.5

表 4-19 バイオ分野における中国の主要な研究トピックス (論文数順)の動向 (注 2)

注 2( 再掲 ): 中国のバイオ分野のデータのうち、被引用数の多い5万件を抽出して分析を行った。

次に、表 4-19 に示した上位の研究トピックスにおける近年の論文数の推移を図 4-7 に示す。ここでは、「土 壌科学」が突出して多く、特に 2020 年からの論文数の伸びが顕著であった。「土壌科学」に次いで多い「エ ネルギー・燃料」の論文数は 2021 年には減少していた。

図 4-7 中国のバイオ分野における主要研究トピックスの論文数推移 (注 2)

注 2(再掲): 中国のバイオ分野のデータのうち、被引用数の多い 5 万件を抽出して分析を行った。

表 4-20 に論文数が多い上位 10 研究機関を抽出した。中国科学院、中国科学院大学、浙江大学が論文数で上位となっていた。また、論文の質を示す高被引用論文数、および上位 10% 論文数の双方において、浙江大学、西北農林科技大学が、高被引用論文数では清華大学、上位 10% 論文数では南京林業大学が上位に入っていた。国際共同研究については、中国農業大学 (48.1%)、清華大学 (42.9%)、西北農林科技大学 (39.5%)、中国農業科学院 (39.5%) が上位となっていた。企業共同研究では、清華大学 (2.1%)、浙江大学 (1.6%)、中国科学院 (1%) が上位となったものの、いずれも低い水準であった。

研究機関名	論文数	被引用数	高被引用 論文	上位 10% 論文	国際 共同研究	企業 共同研究
中国科学院	10,610	187,430	1.8	17.5	37.9	1
中国科学院大学	4,106	65,068	1.2	16.2	30.7	0.9
浙江大学	1,551	30,747	2.5	21.1	38.9	1.6
中国農業科学院	1,427	21,469	2	20.5	39.5	0.8
西北農林科技大学	1,303	22,109	2.6	24.2	39.5	0.3
中国農業大学	1,224	20,728	2	21.4	48.1	0.7
南京林業大学	1,220	17,713	2.4	21.8	40.3	0.5
清華大学	1,160	27,670	3	20.9	42.9	2.1
華南理工大学	1,022	21,360	1	20.7	22.7	0.1
北京林業大学	1,011	15,668	1	16.8	30.9	0.6

表 4-20 バイオ分野における中国の主要研究機関 (論文数順)

中国のバイオ分野の論文について、研究資金の助成機関別に見たランキングを表 4-21 に示す。国家自然科学基金からの助成を受けた論文が突出して多く、次いで「中央高校基礎研究基金」、「中国ポスドク科学財団」の順に多かった。また、地方政府(江蘇省、広東省、山東省)の助成も上位にランクインしていた。なお、国家基礎研究計画は 2016 年に国家重点技術研究開発プログラムに統合されている。

機関名	論文数
国家自然科学基金 (NSFC)	31,530
中央高校基礎研究基金	4,226
中国ポスドク科学財団	2,534
中国科学院	2,154
国家基礎研究計画	1,822
中国奨学金委員会	1,595
江蘇省自然科学基金会	1,328
広東省国家自然科学基金会 <sup>284</sup>	800
国家重点研究開発計画 285	775
山東省自然科学基金会	767

表 4-21 中国のバイオ研究における主な研究資金助成機関

最後に、中国のバイオ分野の研究において、h-index および論文被引用数が高い、注目すべきと考えられる研究者を挙げる。

# 研究者① 楊海平 (YANG Haiping)<sup>286,287,288</sup> 教授、華中科学技術大学 (Huazhong University of Science and Technology)、論文数: 417、被引用数:15,803、h-index: 54、特許数:10以上

1977 年生まれ。2014 年から 2018 年まで 5 年連続で Elsevier China Highly Cited Scholar に選出された。2016 年国家自然科学基金優秀青年科学基金プロジェクト (国家自然科学基金优秀青年项目)を受賞、2018 年中国自然科学基金・王立協会ニュートン上級奨学生基金を取得し、さらに国家重点研究開発プログラムと国家自然科学基金に基づき、工学熱物理学の分野でクリーンエネルギー利用分野におけるバイオマスエネルギーの熱化学変換、高品位で資源的な総合利用に関する研究に従事している。

国連工業開発機関より「再生可能エネルギー分野における世界で最も価値ある先導的技術に与えられるブルースカイ賞」、「バイオマス移動床熱分解炭素・ガス・石油コジェネレーション技術」で第17回中国優秀特許賞を受賞した。

### 研究者② 陳漢平 (CHEN Hanping)<sup>289,290,291</sup> 教授、華中科学技術大学 (Huazhong University of Science and Technology)、論文数: 339、被引用数:14,417、h-index: 55

工学博士。過去に華中奨学生、国務院政府の特別手当を受給。石炭燃焼国家重点実験室副主任、国家エネルギーバイオガス効率的調合・総合利用技術研究開発(実験)センター副センター長、新エネルギー科学技術部部長を歴任し、現職。

<sup>&</sup>lt;sup>284</sup>广东省基础与应用基础研究基金 http://gdstc.gd.gov.cn/

<sup>&</sup>lt;sup>285</sup>中国科学技術部 https://www.most.gov.cn/index.html

 $<sup>^{286}\,\</sup>mbox{http://energy.hust.edu.cn/info/1099/3985.htm}$ 

<sup>&</sup>lt;sup>287</sup> http://sklcc.hust.edu.cn/info/1029/1336.htm

<sup>&</sup>lt;sup>288</sup> https://www.webofscience.com/wos/author/record/235385

<sup>&</sup>lt;sup>289</sup> http://energy.hust.edu.cn/info/1099/3628.htm

<sup>&</sup>lt;sup>290</sup> http://icare.hust.edu.cn/info/1021/2675.htm

<sup>&</sup>lt;sup>291</sup> https://www.webofscience.com/wos/author/record/205962

国家グリーンエネルギー実証県審査コンサルティング専門家、湖北省科学技術部バイオマスエネルギー産業チェーン専門家グループ長、中国再生可能エネルギー学会理事、バイオマスエネルギー専門委員会常務理事、中国電機工業会産業ボイラー支部委員、国家ボイラー圧力容器標準化委員会産業ボイラー省エネ・排出削減専門委員、バイオマス液体燃料産業技術革新戦略同盟の委員、中国電力産業 CFB 協力ネットワーク専門委員会委員、「電力技術」編集委員、「産業ボイラー」第一専門委員会委員、国際流動層燃焼会議組織委員、国際バイオマスエネルギー技術会議学術委員、バイオマス熱化学技術国家重点実験室学術委員、産業排ガス汚染制御湖北重点実験室学術委員副主任、武漢省エネ副社長。武漢省エネルギー・排出削減技術研究会副会長、湖北省エネルギー・排出削減技術研究会会長も務める。

流動層とバイオマスの基礎理論研究と技術開発・応用に専念し、主に気固二相流と伝熱、気固分離、燃焼、ガス化、液化、炭化、熱分解、マルチ生産、汚染制御、コンピュータモニタリング、ボイラー、ガス化炉、液化システムおよびそれらの主要部品と主要補助機械の開発等に従事している。

### 研究者③ 胡勲 (HU Xun)<sup>292,293,294</sup> 教授、済南大学 材料科学工程学院、論文数:300、被引用数:8,853、h-index:51

1983年生。2004年に華南師範大学で学士、2010年に中国科学院蘭州化学物理研究所で博士号取得。オーストラリアのカーティン大学にて2010年から研究員、2013年から講師として従事し、2016年に海外ハイレベル人材青年プログラムプロジェクトに選出、現職に至る。2017年には山東省の"泰山学者-専門家"プロジェクト、2019年には江蘇省のデュアルイノベーション人材計画(双创人才计划)、2019年には江蘇省のハイレベル人才イノベーション計画に選出され、2020年には山東省の青年五四勲章を受賞。

主に、工業触媒(気相-固相および液相触媒反応)、農林廃棄物の資源利用(農林廃棄物から機能性炭素材料、緩効性肥料、ファインケミカルを調製)、ナノ材料方向(単一原子、二酸化炭素電極触媒還元、酸素還元スーパーキャパシタなど)に着目した研究を行っている。

### 研究者④ 曹軍骥 (CAO Junji)<sup>295,296,297</sup> 教授 / 研究員、中国科学院大気物理学研究所、論文数:736、被引用数:41,183、h-index:91

長安大学で1994年に学士、1997年に修士号を取得し、2001年に中国科学院地球環境研究所にて博士号取得。現在、中国科学院大気物理学研究所の研究員、所長。

長年、大気エアロゾルと大気環境の研究に従事し、中国におけるエアロゾルの特徴、形成、気候や環境への影響を明らかにし、中国における PM2.5 の発生源、分布、原因を特定し、大気環境における同位体化学の応用を開拓している。

2021 年以降、地質・環境分野の Highly Cited Researcher にリストアップされており、世界の環境科学トップ科学者リストで中国 1 位 <sup>298</sup>、「世界のトップ科学者」における地球科学分野で中国のトップ 10 にランクイ

<sup>&</sup>lt;sup>293</sup> http://mse.ujn.edu.cn/info/1206/6252.htm

<sup>&</sup>lt;sup>294</sup> https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55347561200

<sup>&</sup>lt;sup>295</sup> http://iap.cas.cn/gb/skjs/xrld/

<sup>&</sup>lt;sup>296</sup> https://people.ucas.ac.cn/~cao

<sup>&</sup>lt;sup>297</sup> https://www.webofscience.com/wos/author/record/29849116

<sup>&</sup>lt;sup>298</sup> https://research.com/scientists-rankings/environmental-sciences/cn

ンしている<sup>299</sup>。国家自然科学第二賞、大気汚染分野の最高国際賞であるハーゲンスミット国際クリーンエア賞(中国第二位)、大気汚染防止分野で顕著な功績のあるフランクチャンバー国際賞(アジア初)、2018年TWAS地球天文宇宙科学賞、国際エアロゾルIAFA賞、国家優秀科学技術労働者賞等を受賞している。

# 研究者⑤ 馬隆竜 (MA Longlong)<sup>300,301,302,303</sup> 教授、東南大学 (Southeast University)、論文数: 436、被引用数: 10862、h-index: 55、特許数:61(国内)、2(国際)

1964年生まれ、1986年に瀋陽工業大学で学士を取得したのち、1988年まで助教を務めた。その後 2002年まで遼寧省のエネルギー研究所にて副研究員と務めながら、1994年から 1995年までイタリアの ENEAトリセア研究センターで上級客員研究員を兼務した。2004年から 2007年まで華東理工大学にて博士研究生として在籍し、学位を取得した。2002年から 2021年までは中国科学院広州エネルギー研究所で研究員、副主任、党委書記、主任を務め、2022年に東南大学に異動し主任教授、博士課程学生の指導教官を務めている。973プロジェクトのチーフサイエンティストであり、国家科学技術イノベーションリーダーの第一陣の一人である。国家重点研究開発プログラム「再生可能エネルギー・水素エネルギー重点特別プロジェクト」における専門委員会の一員、バイオマスエネルギー産業技術革新戦略連盟会長、国家エネルギーバイオ燃料センター所長、中国再生可能エネルギー学会バイオマスエネルギー専門委員会主任も務めている。

バイオマスの触媒的解重合、炭化水素燃料や化学品の水相変換における多相反応系と動的液膜効果、触媒プロセス理論や実験解析を行い、973 プロジェクト、中国国家自然科学基金重点プロジェクト、863 プロジェクト、国家科学技術研究プロジェクト、国際科学技術協力プロジェクト、国家科学技術支援プロジェクト、中国科学院重点展開プロジェクトなど、40 近いプロジェクトを主宰した。

#### (3) 韓国

次に、韓国におけるバイオ分野の論文動向について詳しく分析する。

まず、表 48 で概観した主要な研究トピックスについて詳しくみる (表 4-22)。論文の質の高さを示す高被引用論文数、および上位 10% 論文数の双方において、「土壌科学」、次いで「バイオ工学」が多かった。加えて、高被引用論文数では「電気化学」が、トップ 10% 論文数では「エネルギー・燃料」が上位となっていた。国際共同研究については、「土壌科学」(72.4%)、「環境科学」(57.7%)、「バイオ工学」(55.0%) がいずれも 50% 以上と高い値を示した。企業共同研究については、「エネルギー・燃料」(4.9%) が特に多い状況である。

<sup>&</sup>lt;sup>299</sup> https://mp.weixin.qq.com/s/4-4mktQ3rXY-gSVlHTZzOA

 $<sup>^{300}\,</sup>https://people.ucas.ac.cn/~0000261$ 

<sup>301</sup> https://www.x-mol.com/university/faculty/64352

<sup>302</sup> https://power.seu.edu.cn/2022/0307/c38416a400520/pagem10.htm

<sup>303</sup> https://www.webofscience.com/wos/author/record/102136

研究トピックス	論文数	被引用数	高被引用 論文	上位 10% 論文	国際 共同研究	企業 共同研究
エネルギー・燃料	668	12,291	2.1	15.7	32.3	4.9
紙·木質材料料学	639	10,981	2.2	12.1	43.0	1.9
バイオ工学	544	11,140	3.3	19.9	55.0	0.9
光生産力	467	8,902	1.7	14.8	37.3	2.1
触媒	361	7,076	2.5	13.6	32.7	2.2
土壌科学	315	8,228	7.9	29.5	72.4	2.5
海洋生物学	236	1,708	0	6.8	42.4	0.9
電気化学	202	4,339	3.0	8.9	46.5	1.0
作物科学	201	2,174	0	9.5	50.8	2.0
環境科学	168	2,620	0.6	8.9	57.7	2.98

表 4-22 バイオ分野における韓国の主要な研究トピックス (論文数順)の動向

次に、表 4-22 に示した上位の研究トピックスにおける近年の論文数の推移を図 4-8 に示す。韓国では 2020 年から 2021 年にかけて、「土壌科学」の増加が顕著であった。他に「バイオ工学」、「触媒」の著しく 増加していた。

韓国において、論文数の多い上位10のトピック動向を図48に示す。ここでは、「土壌科学」、「触媒」、「バイオ工学」に関して著しい増加傾向がみられた。他方、「エネルギー・燃料」は減少傾向にあった。

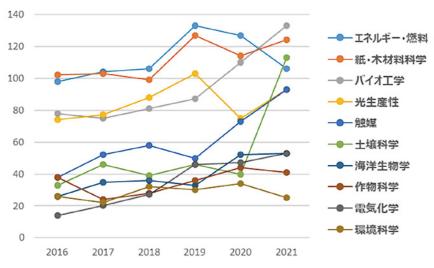


図 4-8 韓国のバイオ分野における主要研究トピックスの論文数推移

表 4-23 に論文数が多い上位 10 研究機関を抽出した。論文数は、高麗大学、ソウル国立大学、漢陽大学の順に多かった。また、論文の質をあらわす高被引用論文数、上位 10% 論文数は共に世宗大学、高麗大学の順に多く、高被引用論文数は延世大学、上位 10% 論文数は KIST も上位に入っていた。国際共同研究でみると世宗大学 (64.3%)、延世大学 (56.4%)、高麗大学 (51.2%) の順に多かった。企業共同研究については、韓国科学技術院 (KAIST)(6.7%) が特に多く、次いで釜山大学 (4.1%)、全南大学 (4.0%) の順に多かった。

研究機関名	論文数	被引用数	高被引用 論文	上位 10% 論文	国際 共同研究	企業 共同研究
高麗大学	543	14,593	7.4	24.7	51.2	1.5
ソウル大学 (SNU)	365	5,420	0.8	10.7	43.8	3.0
漢陽大学	307	5,905	3.6	17.3	49.2	2.3
延世大学	305	5,780	4.9	23.3	56.4	3.0
世宗大学	297	8,871	10.4	28.0	64.3	0.0
韓国科学技術院 (KAIST)	254	4,466	1.2	12.6	35.4	6.7
ソウル市立大学 (UOS)	253	4,966	2.4	21.7	44.7	1.6
全南大学	252	4,338	1.6	11.1	35.3	4.0
釜山大学	246	3,393	2.0	14.6	40.2	4.1
韓国科学技術研究所 (KIST)	234	5,426	1.3	23.9	42.3	2.1

表 4-23 バイオ分野における韓国の主要研究機関 (論文数順)

韓国のバイオ分野の論文について、研究資金の助成機関別にみたランキングを表 4-24 に示す。ここでも、水素分野と同様、韓国研究財団 (NRF) からの助成が突出して多かった。

衣 4-24   韓国のバイカ 別九に工安国門助ル亜延穴阪民 ( 端又数順 )				
機関名	論文数			
韓国研究財団 (NRF)	739			
農村開発庁 (RDA)	117			
韓国教育部	98			
韓国科学技術研究所 (KIST)	82			

表 4-24 韓国のバイオ研究に主要国内助成金提供機関 (論文数順)

最後に、韓国のバイオ分野の研究において、h-index および論文被引用数が高い注目すべきと考えられる研究者を挙げる。

### 研究者① Park, Young-Kwon<sup>304,305</sup> 教授、ソウル市立大学 (University of Seoul)、論文数: 705、被引用数:14,472、h-index: 54

1992年に韓国科学技術院化学工学科で学士号、1994年に修士号、1999年に博士号を取得した。その後、現代重工業の産業技術研究所で上級研究員として勤務し、2002年からソウル市立大学で環境工学部の教授を務めている。研究テーマは、ナノ粒子の調製、環境触媒、廃棄物の熱分解・ガス化、再生可能エネルギーのための触媒プロセスなどであり、Korean Journal of Chemical Engineering(SCIE 掲載)の副編集長、Applied Chemistry for Engineering(ESCI 掲載)の編集長を務めている。また、現在は韓国化学技術協会エネルギー・環境部会長を務めている。

<sup>304</sup> https://www.webofscience.com/wos/author/record/2411741

 $<sup>^{305}\,</sup>https://www.aiche.org/community/bio/young-kwon-park$ 

### 研究者② Kwon, Eilhann E.<sup>306,307,308</sup>、漢陽大学 (Hanyang University)、論文数: 381、被引用数: 12106、h-index:55

2008年に米国コロンビア大学地球環境工学科で博士課程を修了し、同大学地球研究所の地球工学センター研究員に就任。2010年から2013年まで浦項産業科学技術研究院(RIST)に勤務。2013年に世宗大学環境・エネルギー学部教授となり、2022年から漢陽大学地球資源環境工学科の教員として着任。廃棄物エネルギー、燃焼化学、大気汚染制御、熱化学プロセス(熱分解、ガス化)、触媒、バイオ燃料、バイオリファイナリー、CO。利用、廃棄物価値化、グリーンケミストリー、環境持続性などを中心に研究している。

### 研究者③ Ok, Yong Sik<sup>309,310</sup> 教授、高麗大学 (Korea University)、論文数: 768、被引用数: 46970、h-index: 109

1998年に高麗大学で学士号、2000年に同大学で修士号、2003年に土壌や植物のカドミウム汚染に関するファイトレメディエーションの研究で同大学にて博士号を取得。2006年にカナダ・アルバータ大学で助手を務め、2007年に江原大学、2017年に高麗大学教授として環境、土壌・地下水浄化、大気汚染、バイオ炭、エコロジーエンジニアリングをキーワードとした研究を行っている。オーストラリア・クイーンズランド大学名誉教授、中国・清華大学各員教授、韓国・ソウル大学環境科学・生態工学部非常勤教授、中国清華大学客員教授、ドイツ・ブパタル大学非常勤教授、ドイツ・ゲント大学客員教授、香港理工大学土木環境工学科客員教授等を歴任。Clarivate Analytics 社の2018年の「最も引用された研究者」に選出された。

### 研究者④ Chang, Yong Keun<sup>311,312</sup> 名誉教授、Korea Advanced Institute of Science & Technology (KAIST)、論文数: 262、被引用数: 6227、h-index: 40

1978年にソウル国立大学で学士号取得、1980年に KAIST 修士号 (化学工学)取得、1987年に米国パデュー大学で化学工学博士号を取得。1980年から KIST でリサーチエンジニアとして、1987年から 1年間カリフォルニア大学アーバイン校で研究員、1988年より KAIST で教授を務める。

微生物を用いたシステムバイオテクノロジー、バイオ医薬品、バイオリファイナリー&バイオエネルギー、バイオセパレーションをキーワードとした研究を行っている。韓国科学技術委員会「貢献賞」(2010年)、韓国生物工学協会(KSBB) 貢献賞(2013年)、KSBB学術奨励大賞(2013年)等、多数の受賞歴あり。

### 研究者⑤ Bhatia, Shashi Kant<sup>313,314</sup> 准教授、建国大学 (Konkuk University)、論文数: 182、被引用数: 4185、h-index: 35

ヒマーチャル・プラデーシュ大学(インド)でバイオテクノロジーの修士号および博士号を取得。その後、海外の優秀科学者の招へいプログラム (Brain Pool 研究プログラム)により建国大学に研究員として勤務。現在、建国大学生物工学部で准教授として勤務。主な研究テーマは、微生物によるバイオプラスチック(ポ

<sup>306</sup> https://sites.google.com/site/eccl201409/home

<sup>307</sup> https://www.webofscience.com/wos/author/record/3831318

<sup>308</sup> https://www.journals.elsevier.com/chemical-engineering-journal/editorial-board/eilhann-kwon

<sup>309</sup> https://koreauniv.pure.elsevier.co/m/en/persons/yong-sik-ok-2

<sup>&</sup>lt;sup>310</sup> https://www.boden.uni-wuppertal.de/fileadmin/bauing/boden/CV-YongSikOk\_201218.pdf

<sup>311</sup> https://koasas.kaist.ac.kr/researcher-profile?perno=6280

<sup>312</sup> https://cbe.kaist.ac.kr/boards/view/faculty/40/2/

<sup>313</sup> https://loop.frontiersin.org/people/404106/overview

<sup>314</sup> https://scholar.google.co.kr/citations?user=xKOzI-wAAAAJ&hl=en

リヒドロキシ酪酸等)、抗生物質、バイオマスエネルギーなどの生産に向けた微生物利用である。Frontiers in Microbiology (IF 4.3), Sustainability (IF 2.6), Frontiers in Energy Research (IF 3.3) の編集委員を務める。

### 4.2.3 半導体分野

2016 年から 2021 年における半導体分野の論文総数は 20,867 件であり、国別にみると中国、アメリカ、インド、韓国、日本の順に多かった (図 4-9)。

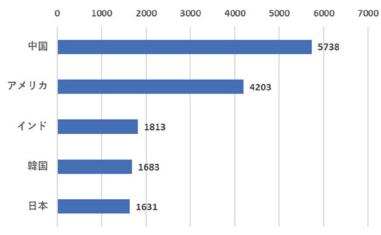


図 4-9 半導体分野の論文数 (国別・上位国、2016年~2021年)

#### (1) 世界

次に、上位国の論文について詳しくみる (表 4-25)。まず、論文の質をあらわす高被引用数でみると中国とアメリカの順位は逆転しており、日韓の順位もインドより上位となった。国際共同研究については、アメリカが 45% であるのに対し、日本、中国、韓国はいずれも 30% 前後と相対的に低かった。企業共同研究については、韓国、日本が 10% 前後で相対的に高いのに対し、中国は 1.6% と低かった。

国名	論文数	被引用数	高被引用	上位 10%	国際	企業
			論文	論文	共同研究	共同研究
中国	5,738	95,772	2.2	17.2	27.3	1.6
アメリカ	4,203	88,131	3.1	22.3	45	8
インド	1,813	12,714	0.6	7.9	20.9	0.6
韓国	1,683	24,592	1.5	13.3	32.3	9.4
日本	1,631	18,834	1.5	12.9	31.4	11.2

表 4-25 半導体分野の論文数上位国の分析

2016 年から 2021 年にかけての、中国、韓国、アメリカ、日本の半導体分野の論文数の推移 (図 4-10)をみると、中国が一貫して最も多く、韓国も徐々に伸びを示していた。2016 年から 2021 年の論文数の平均伸び率 (表 4-26)は、中国が 19%、韓国が 9%と中韓が高い値を示した一方で、日米は共に 3%と低かった。なお、論文の質でみると、2016 年から 2021 年の期間中における高被引用論文数の割合は、アメリカが 3%、中国と韓国が共に 2%、日本が 1%となっており、僅差ながらもアメリカが相対的に高い値を示していた。

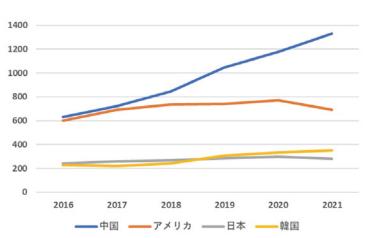


表 4-26 半導体分野の論文数 (2016年~2021年)

国名	年平均	高被引用	
国 <b>石</b>	伸び率	論文の割合	
中国	19%	2.2%	
アメリカ	3%	3.1%	
日本	3%	1.5%	
韓国	9%	1.5%	

図 4-10 半導体分野の論文数推移 (2016年~2021年)

半導体分野の論文数の多い機関を表 4-27 に示す。中国科学院が 1 位となるなど、上位 10 機関のうち 3 機 関が中国の研究機関であった。なお、日韓の研究機関は10位以内には入っていなかった。

表 4-27 世界のトップ研究機関 315

機関名(日本語)	機関名(英語)		国·地域
中国科学院	Chinese Academy of Sciences	1,126	中国
国立科学研究センター (CNRS)	Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)		フランス
カリフォルニア州立大学	University of California System	484	アメリカ
中国科学院大学	University of Chinese Academy of Sciences, CAS	471	中国
UDICE- フランス研究大学	UDICE-French Research Universities		フランス
米・エネルギー省 (DOE)	United States Department of Energy (DOE)	395	アメリカ
インド工科大学 (IIT)	Indian Institute of Technology System (IIT System)	361	インド
ロシア科学アカデミー	Russian Academy of Sciences	284	ロシア
国立工科大学 (NIT)	National Institutes of Technology NIT System	240	インド
清華大学	Tsinghua University	218	中国

半導体分野における、日中韓米の主要な研究トピックスの動向を表 4-28 に示す。ここでは、日韓米にお いて「シリコン・システム」に関する論文が1位、中国は3位となっていた。また、日本において2位であっ た「半導体物理学」は、韓国と中国においては6位であった。なお、中国においては「二次元材料」が1位 (日本は4位)、「光触媒」が2位(日本は6位)となっていた。

<sup>315</sup> データ取得の時期のずれにより、後述の中国・韓国の動向との値が若干異なるデータが含まれる。

表 4-28 半導体分野における各国の主要な研究トピックスと動向

研究トピックス	日本	中国	韓国	アメリカ	論文数の推移 (2016-2021) 日 米 中 韓
シリコン・システム	1 位	3位	1 位	1 位	
半導体物理学	2 位	6位	6位	3位	
光エレクトロニクス・工学光 触媒	3位	5 位	8位	4 位	
二次元材料	4 位	1 位	3位	2位	
有機半導体	5 位	4 位	4 位	6位	
光触媒	6位	2位	2位	5位	
電気 - ハンダ / 接合	7 位	24 位	12 位	18 位	
熱電材料	8位	12 位	14 位	8位	
色素センサー / プローブ	9位	15 位	19 位	28 位	
電力システム・電気自動車	10 位	14 位	13 位	7 位	

### (2) 中国

次に、中国における半導体分野の論文動向について詳しく分析する。

はじめに、表 428 で概観した主要な研究トピックスについて詳しくみる (表 429)。まず、論文の質の高さを示す、高被引用論文数、および上位 10% 論文数の双方において、「ペロブスカイト太陽電池」と「二次元材料」が高い値を示していた。なお、表 428 で示したとおり、「ペロブスカイト太陽電池」は日本の上位研究トピックスには含まれていない。また、高被引用論文数においては「光触媒」、上位 10% 論文数においては「半導体物理学」も上位の研究ピックスとなっていた。企業共同研究では、「光エレクトロニクス・工学」が 1 位であった (2.9%) ものの、日本の半導体分野全体の企業共同研究が 11.2% であることを考慮すると相対的に低い値といえる。

研究トピックス	論文数	被引用数	高被引用 論文	上位 10% 論文	国際 共同研究	企業 共同研究
二次元材料	990	31,423	4.2	23.0	32.4	1.1
光触媒	853	20,650	2.8	14.2	19.8	0.8
シリコン・システム	540	5,256	0.2	15.9	28.7	2.4
有機半導体	382	8,664	1.6	12.8	24.9	1.6
光エレクトロニクス・工学	344	4,716	1.7	11.3	29.4	2.9
半導体物理学	332	3,886	1.2	18.7	27.4	1.2
抵抗スイッチング	219	3,892	2.3	16.0	32.4	1.4
ナノ粒子	164	2,978	1.8	7.3	25.6	0.6
ペロブスカイト太陽電池	160	8,125	11.3	20.0	43.8	0.6
バイオセンサ	127	2,446	0.8	12.6	16.5	1.6

表 4-29 半導体分野における中国の主要な研究トピックス (論文数順)の動向

次に、表 4-29 に示した上位の研究トピックスにおける近年の論文数の推移を図 4-11 に示す。特に、「二次元材料」、「光触媒」、「ペロブスカイト太陽電池」顕著な伸びを示している。

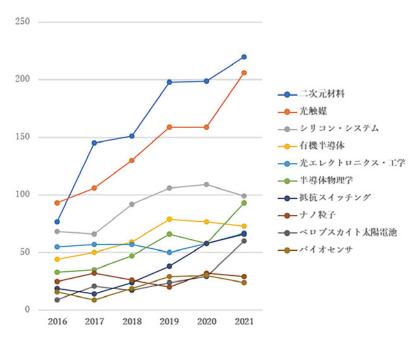


図 4-11 中国の半導体分野における主要研究トピックスの論文数推移

表 430 では、論文数が多い上位 10 研究機関を抽出した。論文数においては、浙江大学が突出して多く、 次いで中国科学技術大学、清華大学の順となっていた。また、論文の質においては、深圳大学が高被引用論 文数、上位 10% 論文数の双方において高い値を示すとともに、高被引用論文数においては、北京大学、中 国科学院大学も高い値を、上位 10% 論文数においては、中国科学院、吉林大学も高い値を示していた。国 際共同研究は、北京大学 (41.3%)、中国科学院大学 (39.1%)、清華大学 (39%) の順に多かった。企業共同研究は、 中国電子科技大学 (4%)、深圳大学 (2.4%)、清華大学 (1.8%) の順に多かった。

研究機関名	論文数	被引用数	高被引用 論文	上位 10% 論文	国際 共同研究	企業 共同研究
中国科学院	1,211	23,908	3	19.8	31.3	1.7
中国科学院大学	469	7,504	2.6	16	23.7	1.3
清華大学	218	4,253	2.8	19.7	39	1.8
華中科技大学	201	5,122	2.5	25.4	25.4	1.5
北京大学	194	4,245	3.1	22.7	30.9	0.5
中国電子科技大学	192	4,254	3.6	14.6	39.1	1
浙江大学	174	3,863	3.4	20.1	27	4
中国科学技術大学	166	4,324	6	24.1	31.9	2.4
吉林大学	159	2,831	0.6	24.5	18.9	0.6
深圳大学	155	4,232	5.8	22.6	41.3	0.6

中国の半導野分野の論文について、研究資金の助成機関別に見たランキングを表 4-31 に示す。ここでは 国家自然科学基金 (NSFC) が突出して多かった。また、地方政府 (江蘇省、北京市) からの支援もみられた。

名前 論文数 国家自然科学基金 (NSFC) 3,961 中央高校基礎研究基金 572 中国ポスドク科学財団 308 中国国家基礎研究計画 295 中国科学院 256 江蘇省自然科学基金会 215 中国教育部 -111 プロジェクト 123 北京自然科学基金会 108 科学技術部 104

表 4-31 中国の半導研究に主要国内助成金提供機関 (論文数順)

最後に、中国の半導体分野の研究において、h-index および論文被引用数が高い、注目すべきと考えられる研究者を挙げる。

研究者① 王中林 (WANG Zhong Lin)<sup>316,317,318</sup> 教授/研究員、Georgia Institute of Technology - School of Materials Science and Engineering、論文数: 2547、被引用数:297,160、h-index: 260 1987年にアリゾナ州立大学で博士号 (物理学)を取得。SUNY(1987-1988), Stony Brook にて客員講師、ケンブリッジの Cavendish Laboratory (1988-1989), Oak Ridge National Laboratory (1989-1993), National

<sup>316</sup> https://nanoscience.gatech.edu/

 $<sup>^{317}\,</sup>https://www.webofscience.com/wos/author/record/1416603$ 

 $<sup>^{318}\,</sup>http://www.binn.cas.cn/ktz/wzlyjz/yjzjjwzl/$ 

Institute of Standards and Technology (1993-1995) にて研究員を務めた後、1995 年にジョージア工科大学にて教授として着任した。現在は材料科学工学部長および指導教授も務めている。また、中国科学院北京ナノエネルギー・システム研究所知所長、中国科学院大学ナノ科学技術学院院長・学科長も務めている。さらに中国科学科学院外国人会員、ヨーロッパ科学アカデミー会員、カナダ工学アカデミー外国人会員として、中国のみならず世界とも結びつきが強い。

ナノジェネレータとセルフパワーセンサーの分野を開拓し、第三世代半導体のピエゾトロニクスとピエゾフォトロニクスを造語するなど、透過型電子顕微鏡 (TEM) 内で単一ナノチューブ/ナノワイヤーの機械的および電気的特性をその場で測定する技術を発明するといった先駆者である。これまでに 160 人以上の博士研究員や客員研究員、53 人の博士課程学生、10 人の修士課程学生を指導しており、指導を受けたこれらの若手科学者は、現在、政府、産業界、学界で活躍している。彼の指導を受けた者のうち、10 人はアメリカの研究大学の教員、10 人は台湾の教員、80 人以上は中国の教員、韓国 4 人、カナダ 1 人、ヨーロッパ 4 人である。

# 研究者② 郝躍 (HAO, Yue)<sup>319,320,321</sup> 院士/教授、西安電子科技大学 (Xidian University)、論文数: 1,346、被引用数: 13,399、h-index: 47

1982年に西安電子科技大学で学士号を、1985年に修士号を、1990年に西安交通大学で博士号を取得。広 帯域半導体デバイス・材料、新しいマイクロ・ナノ半導体デバイス・材料の科学研究および人材育成に従事。 GaN や SiC の第 3 世代(広帯域)半導体機能材料とマイクロ波ミリ波デバイス、半導体短波長光電子材料・ デバイス、マイクロ・ナノ CMOS デバイスの新構造、新デバイスと信頼性故障メカニズム研究などで体系 的かつ革新的な業績を挙げている。

九三学社第14期中央委員会常務委員、九三学社陝西省委員会委員、中国電子学会副会長を務めるとともに、国家科学技術大型プロジェクト「コア電子デバイス、ハイエンド汎用チップ、基本ソフトウェア製品」実施専門家グループ議長、中国国家自然科学基金情報科学部部長、国務院電子科学技術第七、第八分野審査グループ団長、大学電子情報教育運営委員長、国家大型基礎研究計画委員長、中国国家基礎研究プログラム (973プログラム) ディレクター、陝西省科学技術協会の副会長も務める。中国人民政治協商会議第9、10、13期全国委員会委員、第11 期全国人民代表大会副議長。また、長年にわたり、新しい Journal of Electronics と Journal of Photonics の編集長、西安電子科技大学ジャーナル編集委員会ディレクター、Fundamental Research の副編集長を務めている。

### 研究者③ 盧革宇 (Lu, Geyu)322,323,324 教授、吉林大学、論文数:515、被引用数:17,442、h-index:72

1963 年生。1985 に吉林大学にて学士号、1988 年に修士号を取得し、日本の文部科学省による奨学金(中日政府交流)にて1994 年から九州大学に在籍し、1998 年に博士号を取得した。

1998 年から 2006 年まで矢崎総業株式会社 325 の研究員となり、2006 年に国家優秀若手科学者基金 (国家杰出青年科学基金)を受賞し、教授として採用された。

<sup>319</sup> https://faculty.xidian.edu.cn/HY2/zh\_CN/index.htm

 $<sup>^{320}\,</sup>http://www.hlhl.org.cn/english/showsub.asp?id=1040$ 

<sup>321</sup> https://www.webofscience.com/wos/author/record/8603121

 $<sup>^{322}\,</sup>http://ee.jlu.edu.cn/info/1020/1848.htm$ 

<sup>323</sup> https://www.webofscience.com/wos/author/record/11638788

<sup>324</sup> https://sensor-jlu.com/index/index/info/id/24

<sup>325</sup> https://www.yazaki-group.com/

化学センサーの分野で国際的に著名な学者として、世界的に有名な研究所での基礎研究の経験と、フォーチュン 500 社の企業での製品開発の経験の両方を持つ。新しいガスセンサーの構築、実用的なセンサー開発、ナノセンシング材料の設計・調製、高性能センシングシステムの構築、環境・安全モニタリング機器の開発などで、独創的な成果と貴重な応用例を発表している。現在は、悪化する大気環境汚染問題、産業・生活・軍事上の安全保障ニーズ、緊急の健康・医療・福祉ニーズ、食の安全問題などの観点から、高感度・選択性・信頼性の高いガスセンサーの開発を進めている。

### 研究者④ 胡文平 (Hu, Wenping)326,327 教授、天津大学、論文数: 760、被引用数: 23,497、h-index: 76

1993年に湖南大学で学士号、1996年に中国科学院金属研究所で修士号、1999年に中国科学院化学研究所で博士号を取得した。その後、大阪大学で日本学術振興会特別研究員、シュトゥットガルト大学でAlexander von Humboldt Fellowship として勤務。2003年に、日本電信電話株式会社の研究員を経て、中国科学院化学研究所の研究員に就任。2007年にスタンフォード大学化学科客員研究員、2013年にシンガポール国立大学化学科客員教授を歴任。2013年に天津大学理学院長を経て、2016年外事・科学発展担当副総裁に昇格し、現職である。これまで、有機半導体、結晶、デバイスの研究を続けている中、有機オプトエレクトロニクスに注力している。SmartMatのチーフエディター、Polymer Chemistryのアソシエイトエディターを経て、現在は Adv. Energy Mater.、Adv. Electron. Mater., Nano Research, Sci. China Mater., Chemistry - An Asian Journal の国際諮問委員会メンバーを務めている。

# 研究者⑤ 曾海波 (ZENG Haibo)<sup>328,329,330</sup> 教授、南京理工大学、論文数:445、被引用数:37,954、h-index:92、特許数:45

2000年に湖北師範大学にて学士号、2003年に湖北大学にて修士号、2006年に中科院固体物理研究所で博士号を取得。そのまま、2008年まで助理研究員となり、2007年から2011年までドイツのカールスルー工大学、日本の国立研究開発法人物質・材料研究機構で客員研究員、博士研究員、日本学術振興会特別研究員を務め、2011年から2012年まで南京航空航天大学で3級教授および博士号指導教員を務めた。2013年に南京理工大学紫金奨学生・ナノ光学材料研究所長、2016年に工業情報化部新表示材料・デバイス重点実験室長、2017年から2019年まで材料学院副院長を歴任し、2019年材料学院院長を務めている。

発光材料や画像表示技術、波動吸収材料やステルス技術、二次元半導体や集積回路技術など、半導体光電子材料・デバイスに関する教育・研究に長年携わっている。また、国家優秀青年基金、万人計画の有力人材、英国王立化学会フェロー、アメリカ光学学会フェロー、クレヴィエ安全圏の Highly Cited Scientist、Elsevier Global のトップ 2% Scientist に選ばれたことがあり、現在は中国計測機能材料学会常務理事、中国粒子学会発光粒子特別委員会主任、江蘇粒子学会副会長、材料研究会副会長、Journal of Inorganic Materials 副編集長、Nature Group Advanced Materials and Devices 副編集長を務めている。

<sup>326</sup> http://tjmos.tju.edu.cn/huwenping/

<sup>327</sup> https://www.webofscience.com/wos/author/record/9076006

<sup>328</sup> https://smse.njust.edu.cn/33/97/c9180a275351/page.htm

<sup>329</sup> https://orcid.org/0000-0002-0281-3617

<sup>330</sup> https://www.webofscience.com/wos/author/record/1372819

# 研究者⑥ 張勝利 (ZHANG Shengli)<sup>331,332,333</sup> 教授、南京理工大学、論文数: 185、被引用数: 11,001、h-index: 42

1984 年生。2013 年に北京化工大学で博士号を取得したのち、南京理工大学の材料科学与工程学院に教授として異動した。材料、物理、化学、電子・情報等の学際的見地より、「ポストモル電子機能材料・デバイス」の重要な基礎科学課題に焦点を当て、理論予測→実験合成→物性制御→デバイス応用を通じた研究を行っている。中国国家自然科学基金「重点研究計画」、中国国家青年基金、江蘇省優秀青年計画など10件のプロジェクトを主宰し、江蘇省大学「青年藍色計画」、江蘇省「六大才能サミット」の青年・中年学術指導者に選出されている。江蘇省「6つの才能サミット」のハイレベル人材、南京科学技術大学「優秀計画」のハイレベル人材の一人に選ばれている。

#### (3) 韓国

次に、韓国における水素分野の論文動向について詳しく分析する。

韓国の論文データから論文数順で主要トピックを抽出した(表 4-32)。論文数の質としては、高被引用論文数が「光触媒」(3.8%)、「二次元材料」(2.2%)、「有機半導体」(1.8%)の順に多く、上位 10% 論文数が「二次元材料」(19.8%)、「半導体物理学」(18.3%)、「光触媒」および「計算モデル」(17.2%)の順に多かった。国際共同研究は「ナノ粒子」、「半導体物理学」、「光エレクトロニクス・工学」の研究トピックスにおいて 40%以上、企業共同研究は「光エレクトロニクス・工学」、「計算モデル」、「半導体物理学」、「シリコン・システム」、「半導体技術」の5つの研究トピックスにおいて 10%以上と高い値を示していた。

研究トピックス	論文数	被引用数	高被引用 論文	上位 10% 論文	国際 共同研究	企業 共同研究
シリコン・システム	289	2,812	1.0	13.2	26	11.1
光触媒	186	5,778	3.8	17.2	43.6	3.2
二次元材料	182	4,259	2.2	19.8	36.8	6
有機半導体	167	3,893	1.8	9.0	32.9	6
抵抗スイッチ	118	2,354	0.9	17.0	23.7	5.1
半導体物理学	93	954	0	18.3	45.2	11.8
半導体技術	57	221	0	1.8	12.3	10.5
ナノ粒子	32	548	0	6.3	59.4	3.1
光エレクトロニクス・工学	32	258	0	3.1	43.8	15.6
計算モデル	29	168	0	17.2	31	13.8

表 4-32 半導体分野における韓国の主要な研究トピックス (論文数順)の動向

次に、表 4-32 に示した上位の研究トピックスにおける近年の論文数の推移を図 4-12 に示す。特に、「シリコン・システム」において、論文数が著しい増加傾向を示していた。また、「抵抗スイッチ」、「二次元材料」 については上下しつつも増加傾向を示していた。

 $<sup>^{\</sup>rm 331}$  https://smse.njust.edu.cn/ac/98/c9180a175256/page.htm

<sup>332</sup> https://smse.njust.edu.cn/b5/38/c10226a177464/page.htm

<sup>333</sup> https://www.webofscience.com/wos/author/record/1968479

図 4-12 韓国の半導体分野における主要研究トピックスの論文数推移

表 4-33 に論文数が多い主要研究機関を示す。成均館大学、ソウル国立大学、高麗大学は論文数が多く、世宗大学の高被引用論文数は最も高い (3.2%)。「上位 10% の論文数」の指標でみると、浦項工科大学 (22.5%)、韓国科学技術院 (21.1%)、韓国科学技術院 (21.1%)がトップになっている。「国際共同研究」でみると韓国科学技術研究所 (KIST)(42.2%)、浦項工科大学 (40.5%)、漢陽大学 (36.8%)がトップ 3 位となっている。サムソンは半導体研究に力をいれている。ソウル国立大学 (16.1%、高麗大学 (12.1%)、は「企業共同研究」が 10% 以上であった。

研究機関名	論文数	被引用数	高被引用	上位 10%	国際	企業
加九城岗石 	酬又奴	が入り一分数	論文	論文	共同研究	共同研究
成均館大学	173	2,449	1.7	12.1	36.4	11
ソウル大学	155	2,319	0	16.8	26.5	16.1
高麗大学	140	2,800	2.1	20	35	12.1
韓国科学技術院 (KAIST)	126	3,002	2.4	21.4	36.5	9.5
延世大学	125	2,613	3.2	20	26.4	8
漢陽大学	114	1,566	0	10.5	36.8	8.8
サムスン	99	1,044	2	11.1	25.3	96
韓国科学技術研究所 (KIST)	90	1,818	1.1	21.1	42.2	13.3
浦項工科大学	89	2,045	1.1	22.5	40.5	7.9
慶熙大学	66	827	1.5	15.2	21.2	6.1

表 4-33 半導体分野における韓国の主要研究機関 (論文数順)

韓国の半導野分野の論文について、研究資金の助成機関別にみたランキングを表 4-34 に示す。韓国研究 財団 (NRF) からの助成を受けた論文が突出して多かった。また、NRF に次いで、サムスンの支援を受けた 論文が多い点が他の分野にはみられない特徴であった。

20 . C . 14E-5   (3 14M)281-0515 G 2-6	717 05 CIL-33730 12017
機関名	論文数
韓国研究財団	285
サムスン	74
韓国教育科学技術省	32
韓国科学技術研究所 (KIST)	15
韓国科学技術情報院 (KISTI)	5

表 4-34 韓国の半導体研究における主な研究資金助成機関

最後に、韓国の半導体分野の研究において、h-index および論文被引用数が高い、注目すべきと考えられる研究者を挙げる。

# 研究者① Park, Byung-Gook<sup>334,335,</sup> 教授、ソウル大学 (Seoul National University)、論文数:653、被引用数:6108、h-index:30、特許数:53(韓国)、22(アメリカ)

1982年にソウル大学で学士号、1984年に同大学院で電子工学の修士号を取得し、1990年にスタンフォード大学で電気工学の博士号を取得した。1990年から1993年まで AT&T ベル研究所に勤務し、0.1ミクロン CMOS の開発およびその特性評価に貢献する。1993年から1994年までテキサス・インスツルメンツ社で0.25ミクロン CMOS の開発に携わり、1994年にソウル大学電気工学部の助教授として就任し、現在に至る。研究テーマは、ナノスケール CMOS、フラッシュメモリ、シリコン量子デバイス、有機薄膜トランジスタの設計・製造である。Microprocesses and Nanotechnology、IEEE International Electron Devices Meeting、International Conference on Solid State Devices and Materials、IEEE Silicon Nanoelectronics Workshopなどの国際会議で委員を務め、現在は韓国電子技術者協会の協力副会長とIEEE ソウル支部の理事を務めている。

# 研究者② Yoon, Sung-Min<sup>336,337</sup> 教授、慶熙大学 (Kyung Hee University)、論文数:327 、被引用数:4231、h-index:32、特許数:74(韓国)、3(日本)、33(アメリカ)

1995年にソウル大学で学士を取得したのち、東京工業大学へ留学し、1997年に修士号、2000年に博士号を取得した。学位取得後そのままポスドクとして在籍し、2001年から2011年まで韓国電子通信研究院でシニアリサーチエンジニアとして従事したのち、2011年から2015年まで慶熙大学の准教授となった。2016年より現職である。慶熙大学工学部の副学部長を2016年から2018まで就任し、日本応用物理学会誌(JJAP)と応用物理学会誌(APEX)の副編集長を2018から担当している。

研究テーマは、酸化物半導体系電子デバイス、半導体プロセス・デバイス、次世代不揮発性メモリデバイス、無機 - 有機ハイブリッドフレキシブルデバイスである。

<sup>334</sup> https://scholar.google.com/citations?user=\_egdlJwAAAAJ&hl=en

<sup>335</sup> http://smdl.snu.ac.kr/Personal/bgpark/

<sup>336</sup> https://eng.khu.ac.kr/english/C3340507?v=view&id=DXmtG9Oz2i&project=

<sup>337</sup> http://sklcc.hust.edu.cn/info/1029/1336.htm

# 研究者③ Park, Sung Kyu<sup>338,339</sup> 教授、中央大学 (Chung Ang University)、論文数: 180、被引用数:6575、h-index: 37

2007年にペンシルベニア州立大学で博士号を取得。1997年から2003年まで韓国電子技術院、2007年から2008年までイーストマン・コダック・カンパニーで研究員として勤務した。2011年に中央大学に移り、有機および金属酸化物エレクトロニクス、極細繊維ベースのエレクトロニクス、およびディスプレイ技術といった、電子材料とデバイスを中心とした研究を行っている。

## 研究者④ Lee, Jong-Heun<sup>340,341</sup> 教授、高麗大学 (Korea University)、論文数: 367、被引用数: 20777、h-index: 78

ガス・化学センサ・スプレー熱分解・粉体をキーワードとし、ウメア大学(スウェーデン)、キング・アブドゥルアジズ大学(サウジアラビア)、西安交通大学、華中科技大学(中国)、バージニア大学、アラバマ大学、ロスアラモス国立研究所との共同研究を行っている。自己組織化ナノブロックとガス検知半導体の研究により、2017年ポスコ TJ パーク科学賞を受賞した。

# 研究者⑤ Kim, II-Doo<sup>342</sup> グループリーダー、韓国科学技術院 (KAIST)、論文数:231、被引用数:14561、h-index: 68

1997年に漢陽大学で学士号、KAISTで1999年に修士号、2002年に博士号を取得。ドイツ新素材研究所で客員研究員(2000-2001)、MITでポスドク(2003-2005)をしたのちにKAISTへ戻り、シニアリサーチサイエンティスト、助教授となり、2018年より現職。

超高感度化学センサ、高効率エネルギー貯蔵デバイス、およびナノファイバートランジスタや透明電極を含む機能性ナノエレクトロニクスへの応用に最適な無機ナノ材料の新規合成に広く注力しており、高多孔性ナノファイバー、ナノファイバー、ナノチューブ、半球体、中空球体などのナノビルディング・ブロックを製造するために、改良型エレクトロスピニングと高分子テンプレートルートを物理蒸着と組み合わせた新しい製造方法の開発を行う。

また、次世代ネオン触媒のための新しいナノワイヤー材料の開発、プリンテッドエレクトロニクスに向けた複合ナノ粒子や酸化物ナノインクの新しいプラットフォームの設計も行っている。

# 研究者⑥ Im, Seongil<sup>343,344</sup> 教授、延世大学 (Yonsei University)、論文数:357、被引用数: 12204、h-index: 56

1962 年韓国生。延世大学で 1984 年に学士号、1986 年に修士号を取得し、1994 年に UC バークレーにて博士号を取得。応用物理学者、デバイスエンジニア。RIST、KIST、カリフォルニア工科大学で材料科学の研究に携わった後、1997 年に延世大学の助教授、2004 年から現職として、酸化物および有機薄膜エレクトロニクス、電界効果トランジスタ、ナノワイヤーおよびナノシート FET、デバイスの安定性を評価するフォトンプロービングの研究に従事する。

- 338 http://ddrl.cau.ac.kr/index.php?hCode=INTRO\_01\_03\_01
- 339 https://scholar.google.co.kr/citations?user=YUQzlaQAAAAJ&hl=en
- 340 https://koreauniv.pure.elsevier.com/en/persons/jong-heun-lee
- 341 https://www.asianscientist.com/2018/09/features/scientists-south-korea-rd-dominance-as100/
- 342 https://advnano.kaist.ac.kr/pc/sub02/sub01.html
- 343 https://edlab.yonsei.ac.kr/professor
- 344 https://www.cmu.edu/nanotechnology-forum/Forum\_12/CV/Seongil\_Im.pdf

# 研究者⑦ Lee, Jong-Ho<sup>345,346</sup>ソウル大学(Seoul National University)、論文数:547、被引用数:5813、h-index:36

1993年にソウル大学で博士号を取得。1994年~2002年圓光大学電気工学部教授、1994年~1998年 ETRI 招聘研究員、1998年~1999年MIT -Microsystems Technology Laboratory of EECS、1999年~2009年慶北大学電子電気コンピュータ工学部教授等を経て2009年よりソウル大学教授となる。現在、ソウル大学教授、半導体共同研究所長。研究テーマは、3D Bulk FinFET、3D NAND Flash Memory、Neuromorphic Technology、ガスセンサー、薄膜トランジスタ等。2016年にバルク・マルチゲート電界効果トランジスタの開発と特性評価への貢献により、電気電子技術者協会(IEEE)のフェローとなる。韓国内においては、2011年に半導体技術開発国家有功者国務総理表彰、2015年に若い工学人材と緑朝勤政勲章(大韓民国政府)、2016年には産学研究課題優秀発明最優秀賞を受賞。

2022年5月より、ユン・ソクヨル内閣で科学情報通信部長官を務める。

<sup>345</sup> https://ece.snu.ac.kr/faculty/professor?mode=view&profid=p069

<sup>346</sup> https://s.wowkorea.jp/news/read/343178/

### 5 特許調査

本章では、カーボンニュートラル関連分野として、水素・バイオ・半導体を取り上げ、各分野の特許出願動向について整理した。

### 5.1 特許調査の概要

水素・バイオ・半導体分野におけるキーワードを設定し、特許出願数・主要研究機関、そして国際特許分類 IPC から利用先等を整理した。

#### 5.1.1 検索条件

特許調査は Biz Cruncher(株式会社パテント・リザルト) $^{347}$  を利用して分析を行った。分野毎の特許検索式および検索条件を表 5-1 と表 5-2 に示す。水素の特許分類限定と除外は「A worldwide overview of low-carbon hydrogen patents(Intellectual Property Office, 2021)」 $^{348}$  を参考とし、バイオと半導体については論文調査に準じた。その結果、水素の公報数は 9,085 件、バイオの公報数は 49,623 件、半導体の公報数は 299,045 件であった (2022 年 7 月 28 日データダウンロード)。

表 5-1 特許調査における検索条件

キーワード	主に、論文調査に準じたキーワードを使用 (詳細は表 5-2)
出願期間	2016-2021
出願国	WIPO(世界知的所有権機関)、EPO(欧州特許庁)、日本、米国、中国、韓国、台湾、ドイツ、イギリス、フランス

<sup>347</sup> https://www.bizcruncher.com/

<sup>&</sup>lt;sup>348</sup> IPO(2021): Low-carbon Hydrogen - A Worldwide Overview of Patenting Related to the UK's Ten Point Plan for a Green Industrial Revolution, 28p., https://www.gov.uk/government/publications/a-worldwide-overview-of-low-carbon-hydrogen-patents

車 5_9	分野毎に設定し	た☆歩ぎょ	_ 巨

	水素	バイオ	半導体
検索に用 いたキー ワード式	"Hydrogen Produc" + "H2 produc" + "Hydrogen storage" + "H2 storage"+"oil refin" + "ammoni product" + "methanol product" + "steel product" + "hydro utilization" + "H2 utilization"	"biofuel"+"bio- fuel"+"biomass"+"bio-mass"+" bioenergy"+"bioenergy"+"bioe conomy"+"bio-economy" +"biogas"+"bio-gas"+"bio-plas tic"+"bioplastic"+"biopolymer "+"bio-polymer"+"bioethanol" + (("Carbon neutral" +"carbon- neutral"+"low-carbon") & ("cyanobacteria" + "Escherichia coli" + "yeast" + "bacteria"))	"Semiconductor" & ("CPU" +  "Memory" + "Sensor" + "Logic" +  "Photonics" + "Optoelectronics" +  "LSI" + "LSIs" + "VLSI" + "VLSIs"  + "ASIC" + "ASICs" + "DRAM"  + "RAM" + "NAND" + "SRAM"  + "N+" + "Flash memory") +  ("Power" & "Semiconductor" &  ("Si" +"Silicon" + "SiC" + "Silicon  Carbide" + "GaN" + "Gallium  nitride" ))
特許分類 (限定)	C01B 3/00+ H01M 8/22 + CPC:C01B 3/00+CPC: H01M 8/22+ CPC:Y02E 50/00 + CPC: Y02E 60/30 + CPC:Y10S420/90 + CPC:Y10S502/526 <sup>349</sup>	C12N, C02F, C12P	H01L, H01L 21, H01L 27, H01L 29, H01L 23, H01L 33
特許分類 (除外する)		A61P, A61L, C25B, C11D, A61K	G06T7, G06T, A61B, G06F, G06F 21, G06F 9, G06F 16, G06F 3, G06N 3, G06Q, G09G 3, C09K

#### 5.1.2 調査結果の概要

カーボンニュートラル関連分野として、水素・バイオ・半導体分野における全世界の特許データを分析したところ、水素に関する出願件数は9,085件であり、中国が群を抜いて多く、アメリカ、韓国と続いている。出願人の上位15者をみると、韓国の現代自動車や起亜自動車、日本のトヨタ自動車株式会社やパナソニックIPマネジメント株式会社による出願がみられ、内訳をみるといずれもH01M8(燃料電池)に関する申請が多い。一方で、中国の浙江大学、中国科学院大連化学物理研究所および中科液体阳光(蘇州)気体科技発展有限公司等は、C01B3(水素)に対する出願が多い。燃料電池および水素に関する出願が多いのは、新エネルギー自動車の開発や普及が大きな要因になっているものと思われる。

バイオに関する出願件数は 49,623 件であり、水素に関する出願同様に中国が群を抜いて多く、中国、アメリカ、韓国と続いている。出願人の上位 15 者をみると、アメリカのパイオニア社に続き、中国の江南大学、浙江大学、天津大学と続く。なお、上位 15 件のうち、10 件が中国である (大学 9、企業 1)。パイオニア社は CO2N 15(突然変異または遺伝子工学)に関する特許出願が多い一方で、中国は CO2F 3(水、廃水または下水の生物学的処理)に関する特許出願が多い傾向である。北京工業大学に関しては、特許出願の約7割が CO2F 3 である。

<sup>&</sup>lt;sup>349</sup> https://www.gov.uk/government/publications/a-worldwide-overview-of-low-carbon-hydrogen-patents

<u>半導体</u>に関する<u>出願件数</u>は299,045 件であり、アメリカと中国が特に多く、次いで韓国となっている。出願人の上位15 者をみると、台湾の台湾積体電路製造 (TSMC)、韓国のサムスン電子、サムスンディスプレイに続き、日本の東京エレクトロン、アメリカのインテル株式会社にIBM といった企業による出願が多く、いずれも H01L 21 や H01L 51 における出願が多い。半導体は、PC 関連・次世代通信規格5G・ディープラーニング・遠隔医療・仮想空間技術(AR や VR)・自動車関連・産業用ロボット等のみならず、多くの人の日常生活において欠かすことのできないものにも含まれており、大手企業による出願が主である。

### 5.2 分野毎の調査結果

水素・バイオ・半導体の分野別に、世界・中国・韓国の順に、出願数上位の国際特許分類 IPC・研究機関・研究トピックス等を整理した。

#### 5.2.1 水素

先述の通り、水素に関する出願件数は 9,085 件であった。図 5-1 に、対象期間における出願国ランキングを示す。

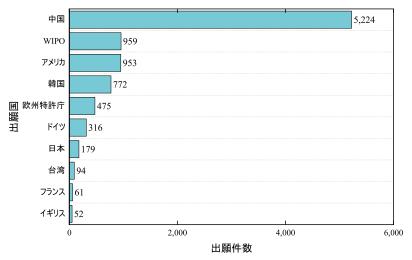


図 5-1 出願国ランキング (水素: 2016-2021年)

#### (1) 世界

出願国別による出願件数の推移を図 5-2 に示す。中国は 2016 年から 2020 年まで著しく増加傾向を示している。いずれの国も同様の傾向を示している。2020 年以降に減少してみえるのは、出願から「1 年 6 か月」以降に公報が発行(公開)されるため、2021 年出願分には未だ公開されていないものが多くあるためである。以降、2021 年のデータが少ないのは同様の理由である。次に、特許分類別(上位の 5 分類)による出願件数の推移を図 5-3 に示す。いずれも 2020 年まで増加傾向を示している。国際特許分類カテゴリによる定義を表 5-3 に示す。

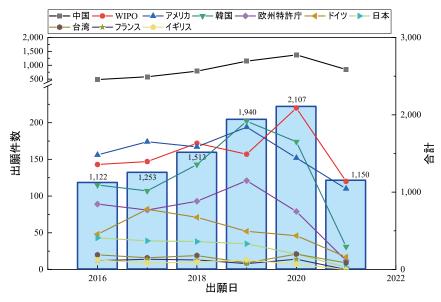


図 5-2 各国における出願件数の推移 (水素: 2016-2021年)

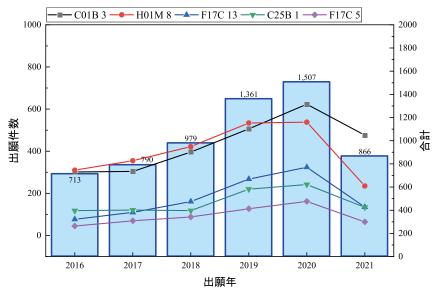


図 5-3 国際特許分類カテゴリによる出願件数の推移 (水素: 2016-2021年)

表 5-3 国際特許分類カテゴリによる定義 (水素: 2016-2021年,上位5件)

C01B 3	水素;水素を含有する混合ガス;水素を含有する混合物からのそれの分離;水素の精製(固体炭素質物質からの水性ガスまたは合成ガスの製造 C10J)[3]
H01M 8	燃料電池; その製造 [2,2016.01]
F17C 13	容器の細部または容器への充填あるいは容器からの放出の細部
C25B 1	無機化合物または非金属の電解製造 [2021.01]
F17C 5	圧力容器に液化,固化または圧縮ガスを充填するための方法または装置(エアゾール容器への推進剤の添加 B65B31/00)

水素における出願人上位ランキング 15 機関を図 5-4 および図 5-6 に示す。韓国の現代自動車や起亜自動車、 日本のトヨタ自動車株式会社やパナソニック IP マネジメント株式会社による出願が多い。

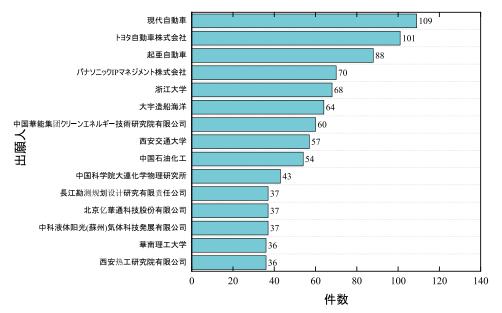


図 5-4 全世界における出願人上位ランキング 15 機関 (水素: 2016-2021年)

図 5-4 を IPCR 別出願数でみると、いずれの機関においても H01M 8(燃料電池)に関する申請が多く、上位 4 件は同じ傾向を示している(図 5-5)。一方で、中国の浙江大学、中国科学院大連化学物理研究所および中科液体阳光(蘇州)気体科技発展有限公司等は、C01B 3(水素)に対する出願が多い。

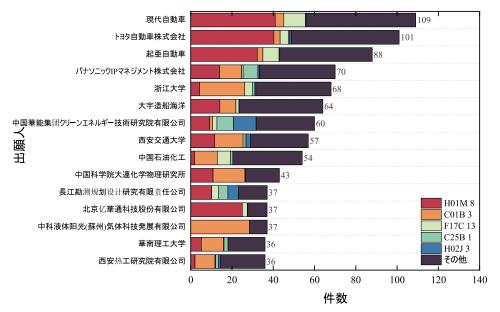


図 5-5 全世界における出願人上位ランキング 15機関 (IPCR 別, 水素: 2016-2021年)

表 5-4	全世界で特許出願された国際特許分類カテゴリによる定義(水素:2016-2021年,	上位5件)
ZX J-4	- 土色から付計山線で11に国际付計力規力ナコソによる足我(小糸・2010-2021 牛,	<b>上四り1+</b> 1

H01M 8	燃料電池; その製造 [2,2016.01]
C01B 3	水素;水素を含有する混合ガス;水素を含有する混合物からのそれの分離;水素の精製(固体炭素質物質からの水性ガスまたは合成ガスの製造 C10J)[3]
F17C 13	容器の細部または容器への充填あるいは容器からの放出の細部
C25B 1	無機化合物または非金属の電解製造 [2021.01]
H02J 3	交流幹線または交流配電網のための回路装置 [2006.01]



図 5-6 全世界における出願人上位ランキング 15 機関の位置 (水素: 2016-2021年)

#### (2) 中国

2016 年から 2021 年における中国の特許ステータスを図 5-7 に示す。いずれも審査中の件数が最も多いものの、2017 年以降は徐々に権利継続も増加している。IPCR(サブクラス)別の出願件数の上位 15 件を図 5-8 に示すと、C01B(非金属元素)と H01M( エネルギー変換に関する方法)が特に多いことがわかる。水素分野に関する IPCR 定義の一覧を、表 5-5 に示す。なお、特許ステータスに示す件数の合計と IPCR( サブクラス)別の出願件数の合計に違いが生じるのは、1 つの出願特許には複数の特許分類が付けられることに依るためであり、下記の全ての解析において同様である。

また、中国にも特許法(专利法)<sup>350</sup>があり、中国第一国出願義務といった「いかなる部門・個人も中国内で完成した発明・実用新案を外国で特許出願する場合、まず国務院特許行政部門に秘密保持審査を受けなければならない(第20条)」と定められている。なお、日本の機関、日本人であっても、中国本土で実施した研究開発活動の成果は、国務院特許行政部門に中国語で出願しなければならない可能性がある。

<sup>350</sup> 中华人民共和国主席令:http://www.gov.cn/flfg/2008-12/28/content\_1189755.htm

中华人民共和国专利法:http://www.npc.gov.cn/npc/c30834/202011/82354d98e70947c09dbc5e4eeb78bdf3.shtml

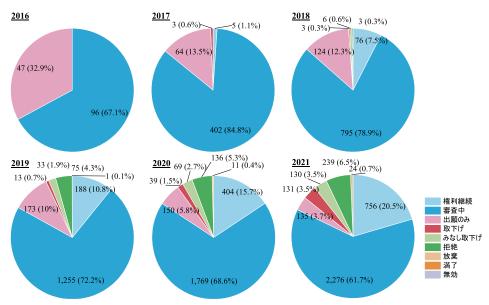


図 5-7 中国における水素の特許ステータスの割合 (2016-2021 年)

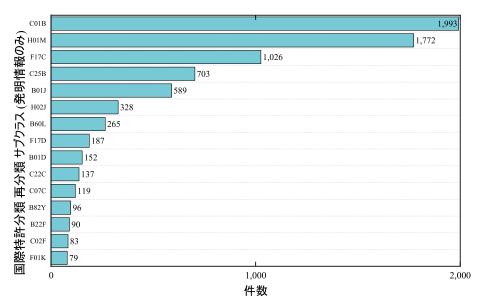


図 5-8 中国における水素に関する IPCR 別の出願件数上位 15件 (2016-2021年)

表 5-5 中国における水素に関する IPCR の定義の一覧 (2016-2021 年,上位 15件)

C01B	非金属元素; その化合物 (発酵によるかまたは酵素を使用した元素または二酸化炭素以外の無機化合物の製造 C12P3/00; 電気分解または電気泳動による非金属元素または無機化合物の製造 C25B)
H01M	化学的エネルギーを電気的エネルギーに直接変換するための方法または手段,例.電池[2]
F17C	圧縮,液化または固化ガスの収容または貯蔵用容器;一定容量のガスホルダ;圧縮,液化または固化ガスの容器への充填,または容器からの放出(自然または人工的な地中の穴または室での流体貯蔵 B65G5/00;土木工学技術を用いた大型貯蔵容器の建設または組立て E04H7/00;可変容量のガスホルダ F17B;液化または冷凍機械,プラントまたはシステム F25)
C25B	化合物または非金属の製造のための電気分解または電気泳動方法; そのための装置 ( 陽極または陰極保護 C23F13/00; 単結晶成長 C30B)[2]
B01J	化学的または物理的方法,例.触媒またはコロイド化学;それらの関連装置[2]
H02J	電力給電または電力配電のための回路装置または方式;電気エネルギーを蓄積するための方式

B60L	電気的推進車両の推進装置 (車両の電気的推進装置,または,相互または共通の推進のための複数の異なった原動機の配置または取付け B60K1/00,B60K6/20;車両の電気的伝動装置の配置または取付け B60K17/12,B60K17/14;鉄道車両における駆動力の減少による車両のすべり防止 B61C15/08;発電機,電動機 H02K;電動機の制御または調整 H02P);電気的推進車両の補助装置への電力供給(車両の機械的連結器と結合している電気的連結装置 B60D1/64;車両の電気的暖房 B60H1/00);車両用電気的制動方式一般(電動機の制御または調整 H02P);車両用磁気的懸架または 浮揚装置;電気的推進車両の変化の監視操作;電気的推進車両のための電気安全装置 [4]
F17D	管路系;管路(水の分配 E03B; ポンプまたは圧縮機 F04; 流体力学 F15D; 弁または類似のもの F16K;管,管の敷設,支持具,継手,分岐管,修繕,管路全体に対する作業,付属品 F16L;蒸気トラップまたは類似のもの F16T;流体圧電気ケーブル H01B9/06)
B01D	分離 (湿式法による固体と固体の分離 B03B,B03D; 風力ジグまたは風力テーブルによるもの B03B; 他の乾式法によるもの B07; 磁気または静電気による分離 , 高圧電界による分離 B03C; 遠心分離機 B04B; 渦装置 B04C; 液体含有物 から液体を絞り出すためのプレスそれ自体 B30B9/02)[5]
C22C	合金 (合金の処理 C21D,C22F)
C07C	非環式化合物または炭素環式化合物 (高分子化合物 C08; 電気分解または電気泳動法による有機化合物の製造 C25B3/00,C25B7/00)
B22F	金属質粉の加工;金属質粉からの物品の製造;金属質粉の製造(粉末治金による合金の製造 C22C);金属質粉に特に適する装置または機械
C02F	水,廃水,下水または汚泥の処理 (物質の化学変化の影響により有害な化学剤を無害にするまたはより有害でなくする方法 A62D3/00;分離,沈でん槽またはろ過装置 B01D;水,廃水,または下水を処理するための船舶に特有の装置,例.清水を作るためのもの,B63J;腐食防止のための水への薬剤の添加 C23F;放射能汚染液体の処理 G21F9/04)[3]
F01K	蒸気機関設備;蒸気アキュムレータ;他に分類されない機関設備;特殊な作動流体またはサイクルを用いた機関(ガスタービンあるいはジェット推進設備 F02;蒸気発生 F22;原子力動力設備,その機関の配設 G21D)

中国で2021年の水素における特許出願の主要機関を、図 5-9 および図 5-10 に示す。浙江大学、中国石油化工股份有限公司、中国華能集团クリーンエネルギー技術研究院有限公司が、中国における特許申請を多く出願している。いずれも C01B 3(水素)と H01M 8(燃料電池)に関する特許出願が多くみられた。長江勘測规划设计研究有限責任公司、北京亿華通科技股份有限公司と国家電網有限公司は H01M 8 に対する出願件数が他の分類のものより多い一方で、中科液体阳光(蘇州)気体科技発展有限公司と桂林電子科技大学はC01B 3 とその他の特許出願が顕著である。表 5-6 に国際特許分類カテゴリによる定義を示す。

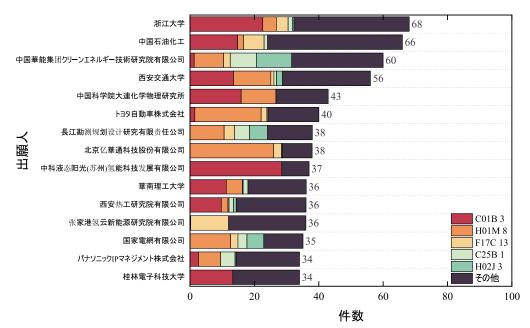


図 5-9 中国で水素に関する特許出願をした上位ランキング 15 機関 (2016-2021 年)

表 5-6 中国で水素に関する特許出願をされた国際特許分類カテゴリによる定義 (2016-2021 年,上位5件)

C01B 3	水素;水素を含有する混合ガス;水素を含有する混合物からのそれの分離;水素の精製(固体炭素質物質からの水性ガスまたは合成ガスの製造 C10J)[3]
H01M 8	燃料電池 ; その製造 [2,2016.01]
F17C 13	容器の細部または容器への充填あるいは容器からの放出の細部
C25B 1	無機化合物または非金属の電解製造 [2021.01]
H02J 3	交流幹線または交流配電網のための回路装置 [2006.01]



図 5-10 中国で水素に関する特許出願をした上位ランキング 15 機関の位置 (2016-2021 年)

### (3) 韓国

2016 年から 2021 年における韓国の特許ステータスは、2016 年を除き権利継続、審査中と出願のみが多いことがみられる (図 5-11)。IPCR(サブクラス) 別の出願件数上位 15 件を図 5-12 に示すと、H01MB に関する出願が多く、C01B、F17C と続いている。水素分野に関する IPCR 定義の一覧を、表 5-7 に示す。

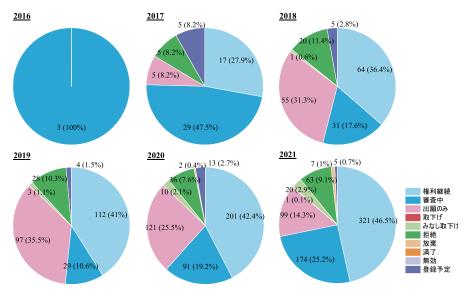


図 5-11 韓国における水素の特許ステータスの割合 (2016-2021年)

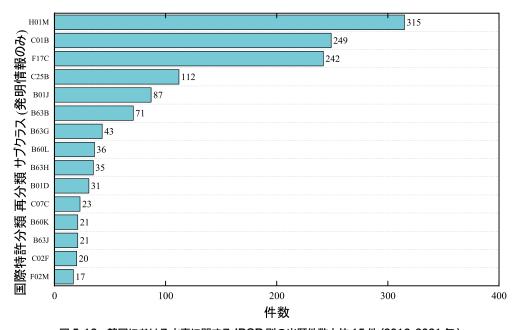


図 5-12 韓国における水素に関する IPCR 別の出願件数上位 15 件 (2016-2021 年)

#### 表 5-7 韓国における水素に関する IPCR の定義の一覧 (2016-2021 年, 上位 15 件)

<ul> <li>HO1M</li></ul>	,	
電気分解または電気泳動による非金属元素または無機化合物の製造 C25B)  日曜。液化または固化ガスの収容または貯蔵用容器;一定容量のガスホルダ;圧縮,液化または固化ガスの容器への充填,または容器からの放出 (自然または人工的な地中の穴または室での流体貯蔵 B85GS/00) 土木工学技術を用いた大型貯蔵容器の建設または組立て E04H7/00; 可変容量のガスホルダ F17B; 液化または冷凍機械、ブラントまたはシステム F25)  (と含物または非金属の製造のための電気分解または電気泳動方法; そのための装置 (陽極または発極保護 C23F13/00; 単能最成長 C30B)2  B01J 化学的または物理的方法,例. 触媒またはコロイド化学; それらの関連装置 [2]  船舶またはその他の水上浮揚構造物;艤装品(船舶の換気装置,暖房装置,冷房装置または空気調和装置 B63J2/00; 掘削機または土砂移送機械の支持物としての浮上構造物 E02F9/06]2]  B63G 船舶用の攻撃または防御用設備;機電敷設; 掃海;潜水艦;航空母艦(攻撃または防御一般,例、砲塔,F41H)  電気的推進車両の推進装置 (車両の電気的推進装置,または、担互または共通の推進のための複数の異なった原動機の配置または取付け B60K1/00,B60K6/20,車両の電気的伝動装置の配置または取付け B60K17/12,B60K17/14; 設計車両における駆動力の減少による車両のすべり防止 B61C15/08; 発電機,電動機 H02K; 電動機の創象または調整 H02P); 電の推進車両の補助装置への電力供給(車両の機械的連結器と結合している電気的連結装置 B60D1/64;車両の電気的短房 B60H1/00);車両用電気的制動方式一般(電動機の制御または調整 H02P);車両用磁気的態架または浮揚装置;電気的推進車両の変化の監視操作。電気的推進車両の皮機の動態または調整 H02P);車両の変化の監視操作に適合されるのもの F42B19/00)  の M10の推進または操舵(空気クッション車両の推進 B60V1/14; 原子力推進以外で潜水艦に特に適合されるのもの B63G;水中無置に移行に適合されるのもの F42B19/00)  の M2 第式法による固体と固体の分離 B03B,B03D; 風力ジグまたは風力テーブルによるもの B03B;他の乾式法によるもの B07 協定または接舵(空気クッション車両の推進 B60V1/14; 原子力推進以外で潜水艦に特に適合されるのもの B63G;水中無置になるのもの F42B19/00)  の B07; 磁気または炭配 G3の手が12を3の手には電気泳動法によるもの B03B;他の乾式法によるもの B07; 磁気または炭配 B00C2; 透り形式を放りが13を4のので25を3のので25B7/00)  B60K 車両の推進装置または散力伝達装置の配置または取付け;複数の異なった原動力の車両への配置または取付け;車両用の補助駆動装置:車両用計装または計器板;車両の推進装置の分面、原気分解または密気が最近の重要なが上がの分類を表置を3のが高度を3のが高度を3のが高度を3のが高度を3のが高度を3のが高度を3のが高度の対域を3のが高度の3のが高度を3のが高度3のが高度3のが高度3のが高度3のが高度3のが高度3のが高度3のが高度	H01M	化学的エネルギーを電気的エネルギーに直接変換するための方法または手段,例.電池[2]
F17C または容器からの放出(自然または人工的な地中の穴または室での流体貯蔵 B65G5/00; 土木工学技術を用いた大型貯蔵容器の建設または組立て E04H7/00; 可変容量のガスホルダ F17B; 液化または冷凍機械、プラントまたはシステム F25)  C25B に合物または非金属の製造のための電気分解または電気泳動方法; そのための装置 (陽極または陰極保護 C23F13/00; 単結晶成長 C30B)[2]  B01J 化学的または物理的方法,例、触媒またはコロイド化学; それらの関連装置 [2]  B63B 船舶またはその他の水上浮揚構造物; 艤装品(船舶の換気装置、展房装置,冷房装置または空気調和装置 B63J2/00; 堀削機または土砂移送機械の支持物としての浮上構造物 E02F9/06)[2]  B63G 船舶用の攻撃または防御用設備; 機需敷設; 掃海; 潜水艦: 航空母艦(攻撃または防御一般,例、砲塔,F41H)  電気の推進車両の推進装置 (車両の電気的推進装置,または、相互または共通の推進のための複数の異なった原動機の配置または取付け B60K1/00,B60K6/20; 車両の電気的広動装置の配置または取付け B60K1/7/12,B60K17/14; 鉄道車両における駆動力の減少による車両のすべり防止 B61C15/08; 発電機、電動機 H02K; 電動機の制御または調整 H02P); 電気的推進車両の補助装置への電力供給(車両の機械防)連結器と結合している電気的連結装置 B60D1/64; 車両の電気的服房 B60H1/00); 車両用電気的削助方式一般(電動機の制御または調整 H02P); 車両用磁気的膨架または浮揚装置; 電気的推進車両の変化の監視操作; 電気的推進車両のための電気安全装置 [4]  B63H 船舶の推進または環船(空気クッション車両の推進 B60V1/14; 原子力推進以外で潜水艦に特に適合されるのもの B63G; 水中無雷に特に適合されるのもの F42B19/00)  分離(湿式法による固体と固体の分離 B03B,B03D; 風力ジグまたは風力テーブルによるもの B03B; 他の乾式法によるもの B07; 磁気または静電気による分離,高圧電界による分離 B03C; 遠心分離機 B04B; 渦装置 B04C; 液体含有物から液体を絞り出すためのプレスそれ目体 B30B3/02)[5]  C07C	C01B	
日日	F17C	または容器からの放出 (自然または人工的な地中の穴または室での流体貯蔵 B65G5/00; 土木工学技術を用いた大型貯蔵容
日63日 船舶またはその他の水上浮揚構造物;籐装品(船舶の換気装置,暖房装置,冷房装置または空気調和装置 B63J2/00; 掘削機または土砂移送機械の支持物としての浮上構造物 E02F9/06][2]  B63G 船舶用の攻撃または防御用設備;機雷敷設;掃海;潜水艦;航空母艦(攻撃または防御一般,例・砲塔,F41H) 電気的推進車両の推進装置(車両の電気的推進装置,または、相互または共通の推進のための複数の異なった原動機の配置または取付け B60K1/00,B60K6/20; 車両の電気的伝動装置の配置または取付け B60K1/712,B60K1/714; 鉄道車両における駆動力の減少による車両のすべり防止 B61C15/08; 発電機,電動機 H02K; 電動機の制御または調整 H02P); 電向的推進車両の補助装置への電力供給(車両の機械的連結器と結合している電気的連結装置 B60D1/64; 車両の電気的破房 B60H1/00); 車両用電気的制動方式一般(電動機の制御または調整 H02P); 車両用磁気的懸架または浮揚装置;電気的推進車両の変化の監視操作;電気的推進車両のための電気安全装置 [4]  B63H 船舶の推進または操舵(空気クッション車両の推進 B60V1/14; 原子力推進以外で潜水艦に特に適合されるのもの B63G; 水中魚雷に特に適合されるのもの F42B19/00)  分離(湿式法による固体と固体の分離 B03B,B03D; 風力ジグまたは風力テーブルによるもの B03B; 他の乾式法によるもの B07; 磁気または静電気による分離,高圧電界による分離 B03C; 遠心分離機 B04B; 渦装置 B04C; 液体含有物から液体を数り出すためのプレスそれ自体 B30B9/02][5]  C07C 非環式化合物または炭素環式化合物(高分子化合物 C08; 電気分解または電気泳動法による有機化合物の製造 C25B3/00,C25B7/00)  B60K 車両の推進装置または動力伝達装置の配置または取付け;複数の異なった原動力の車両への配置または取付け;車両用の補助駆動装置;車両用計装または計器板;車両の推進装置の介却,吸気,排気または燃料供給に関する配置 [1,8]  B63J 船舶用補機  水、廃水、下水または汚泥の処理(物質の化学変化の影響により有害な化学剤を無害にするまたはより有害でなくする方法 A62D3/00;分離,沈でん槽または去郷装置 B01D; 水、廃水、または下水を処理するための船舶に持有の装置,例、清水を作るためのもの、B63J; 腐食防止のための水への薬剤の添加 C23F; 放射能汚染液体の処理 G21F9/04)[3]	C25B	, , , , , , , , , , , , , , , , , , , ,
B63G	B01J	化学的または物理的方法,例.触媒またはコロイド化学;それらの関連装置[2]
電気的推進車両の推進装置 (車両の電気的推進装置,または,相互または共通の推進のための複数の異なった原動機の配置または取付け B60K1/00,B60K6/20; 車両の電気的伝動装置の配置または取付け B60K17/12,B60K17/14; 鉄道車両における駆動力の減少による車両のすべり防止 B61C15/08; 発電機,電動機 H02K; 電動機の制御または調整 H02P); 電気的推進車両の補助装置への電力供給(車両の機械的連結器と結合している電気的連結装置 B60D1/64; 車両の電気的暖房 B60H1/00); 車両用電気的制動方式一般(電動機の制御または調整 H02P); 車両用磁気的懸架または浮揚装置 ; 電気的推進車両の変化の監視操作;電気的推進車両のための電気安全装置 [4] 船舶の推進または操舵(空気クッション車両の推進 B60V1/14; 原子力推進以外で潜水艦に特に適合されるのもの B63G; 水中無雷に特に適合されるのもの F42B19/00) 分離(湿式法による固体と固体の分離 B03B,B03D; 風力ジグまたは風力テーブルによるもの B03B; 他の乾式法によるもの B07; 磁気または静電気による分離,高圧電界による分離 B03C; 遠心分離機 B04B; 凋装置 B04C; 液体含有物から液体を絞り出すためのプレスそれ自体 B30B9/02)[5] 非環式化合物または炭素環式化合物(高分子化合物 C08; 電気分解または電気泳動法による有機化合物の製造 C25B3/00,C25B7/00) 車両の推進装置または動力伝達装置の配置または取付け;複数の異なった原動力の車両への配置または取付け;車両用の補助駆動装置;車両用計装または計器板;車両の推進装置の冷却,吸気,排気または燃料供給に関する配置 [1,8] B63J 船舶用補機 水,廃水,下水または汚泥の処理(物質の化学変化の影響により有害な化学剤を無害にするまたはより有害でなくする方法 A62D3/00; 分離,沈でん槽またはろ過装置 B01D; 水,廃水,または下水を処理するための船舶に特有の装置,例.清水を作るためのもの,B63J; 腐食防止のための水への薬剤の添加 C23F; 放射能汚染液体の処理 G21F9/04)[3]	B63B	
### または取付け B60K1/00,B60K6/20; 車両の電気的伝動装置の配置または取付け B60K17/12,B60K17/14; 鉄道車両における駆動力の減少による車両のすべり防止 B61C15/08; 発電機, 電動機 H02K; 電動機の制御または調整 H02P); 電気的推進車両の補助装置への電力供給(車両の機械的連結器と結合している電気的連結装置 B60D1/64; 車両の電気的限房 B60H1/00); 車両用電気的制動方式一般(電動機の制御または調整 H02P); 車両用磁気的懸架または浮揚装置; 電気的推進車両の変化の監視操作; 電気的推進車両のための電気安全装置 [4] 船舶の推進または操舵(空気クッション車両の推進 B60V1/14; 原子力推進以外で潜水艦に特に適合されるのもの B63G; 水中魚雷に特に適合されるのもの F42B19/00) 分離(湿式法による固体と固体の分離 B03B,B03D; 風力ジグまたは風力テーブルによるもの B03B; 他の乾式法によるもの B07; 磁気または静電気による分離, 高圧電界による分離 B03C; 遠心分離機 B04B; 渦装置 B04C; 液体含有物から液体を絞り出すためのプレスそれ自体 B30B9/02)[5] 非環式化合物または炭素環式化合物(高分子化合物 C08; 電気分解または電気泳動法による有機化合物の製造 C25B3/00,C25B7/00) 車両の推進装置または動力伝達装置の配置または取付け; 複数の異なった原動力の車両への配置または取付け; 車両用の補助駆動装置; 車両用計装または計器板; 車両の推進装置の冷却, 吸気, 排気または燃料供給に関する配置 [1,8] B63J 船舶用補機 水、廃水、下水または汚泥の処理(物質の化学変化の影響により有害な化学剤を無害にするまたはより有害でなくする方法 A62D3/00; 分離, 沈でん槽またはろ過装置 B01D; 水、廃水、または下水を処理するための船舶に特有の装置,例.清水を作るためのもの,B63J; 腐食防止のための水への薬剤の添加 C23F; 放射能汚染液体の処理 G21F9/04)[3]	B63G	船舶用の攻撃または防御用設備;機雷敷設;掃海;潜水艦;航空母艦(攻撃または防御一般,例.砲塔,F41H)
水中魚雷に特に適合されるのもの F42B19/00	B60L	または取付け B60K1/00,B60K6/20; 車両の電気的伝動装置の配置または取付け B60K17/12,B60K17/14; 鉄道車両における駆動力の減少による車両のすべり防止 B61C15/08; 発電機,電動機 H02K; 電動機の制御または調整 H02P); 電気的推進車両の補助装置への電力供給 (車両の機械的連結器と結合している電気的連結装置 B60D1/64; 車両の電気的暖房 B60H1/00); 車両用電気的制動方式一般 (電動機の制御または調整 H02P); 車両用磁気的懸架または浮揚装置;電気的推進
B01D の B07; 磁気または静電気による分離, 高圧電界による分離 B03C; 遠心分離機 B04B; 渦装置 B04C; 液体含有物から液体を絞り出すためのプレスそれ自体 B30B9/02)[5]  C07C 非環式化合物または炭素環式化合物(高分子化合物 C08; 電気分解または電気泳動法による有機化合物の製造 C25B3/00,C25B7/00)  B60K	B63H	
C07C C25B3/00,C25B7/00)  B60K 車両の推進装置または動力伝達装置の配置または取付け;複数の異なった原動力の車両への配置または取付け;車両用の補助駆動装置;車両用計装または計器板;車両の推進装置の冷却,吸気,排気または燃料供給に関する配置[1,8]  B63J 船舶用補機  水,廃水,下水または汚泥の処理(物質の化学変化の影響により有害な化学剤を無害にするまたはより有害でなくする方法 A62D3/00;分離,沈でん槽またはろ過装置 B01D;水,廃水,または下水を処理するための船舶に特有の装置,例.清水を作るためのもの,B63J;腐食防止のための水への薬剤の添加 C23F;放射能汚染液体の処理 G21F9/04)[3]	B01D	の B07; 磁気または静電気による分離 , 高圧電界による分離 B03C; 遠心分離機 B04B; 渦装置 B04C; 液体含有物から液体
B60K 助駆動装置;車両用計装または計器板;車両の推進装置の冷却,吸気,排気または燃料供給に関する配置[1,8] B63J 船舶用補機 水,廃水,下水または汚泥の処理(物質の化学変化の影響により有害な化学剤を無害にするまたはより有害でなくする方法 A62D3/00;分離,沈でん槽またはろ過装置 B01D;水,廃水,または下水を処理するための船舶に特有の装置,例.清水を作るためのもの,B63J;腐食防止のための水への薬剤の添加 C23F;放射能汚染液体の処理 G21F9/04)[3]	C07C	
水,廃水,下水または汚泥の処理 (物質の化学変化の影響により有害な化学剤を無害にするまたはより有害でなくする方法 CO2F A62D3/00;分離,沈でん槽またはろ過装置 B01D;水,廃水,または下水を処理するための船舶に特有の装置,例.清水を 作るためのもの,B63J;腐食防止のための水への薬剤の添加 C23F;放射能汚染液体の処理 G21F9/04)[3]	B60K	
CO2F A62D3/00; 分離, 沈でん槽またはろ過装置 B01D; 水, 廃水, または下水を処理するための船舶に特有の装置, 例. 清水を作るためのもの, B63J; 腐食防止のための水への薬剤の添加 C23F; 放射能汚染液体の処理 G21F9/04)[3]	B63J	船舶用補機
FO2M 一般の燃焼機関への可燃混合物またはその成分の供給	C02F	A62D3/00; 分離,沈でん槽またはろ過装置 B01D; 水,廃水,または下水を処理するための船舶に特有の装置,例.清水を
	F02M	一般の燃焼機関への可燃混合物またはその成分の供給

韓国の水素における特許の主要機関を図 5-13 および図 5-14 に示す。現代自動車(88件)、起亜自動車(68件)、大字造船海洋(64件)となっており、デンマークやノルウェーの企業からの出願もわずかながらあった。中国とは異なり、H01M 8(燃料電池)に関する特許出願が一番多く、次に C01B 3(水素)という傾向がみられる。一方で、サムスン重工業と韓国エネルギー技術研究院は、逆の傾向を示している。

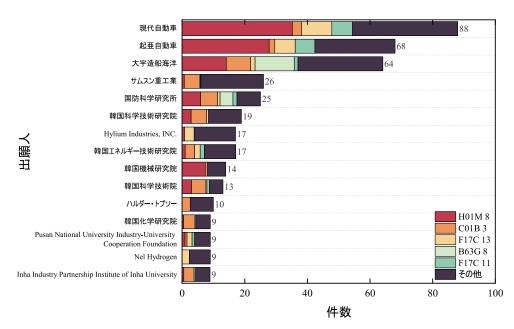


図 5-13 韓国で水素に関する特許出願をした上位ランキング 15 機関 (2016-2021 年)

表 5-8 韓国で水素に関する特許出願をされた国際特許分類カテゴリによる定義 (2016-2021 年,上位5件)

H01M 8	燃料電池; その製造 [2,2016.01]
C01B 3	水素;水素を含有する混合ガス;水素を含有する混合物からのそれの分離;水素の精製(固体炭素質物質からの水性ガスまたは合成ガスの製造 C10J)[3]
F17C 13	容器の細部または容器への充填あるいは容器からの放出の細部
B63G 8	潜水船,例.潜水艦(潜水艦の船体 B63B3/13; 基地に,機械的に連結された潜水室,例.ケーブルによるもの B63C11/34; 潜水者用そり B63C11/46; 魚雷 F42B19/00)
F17C 11	容器内にガス溶剤またはガス吸着剤を用いるもの

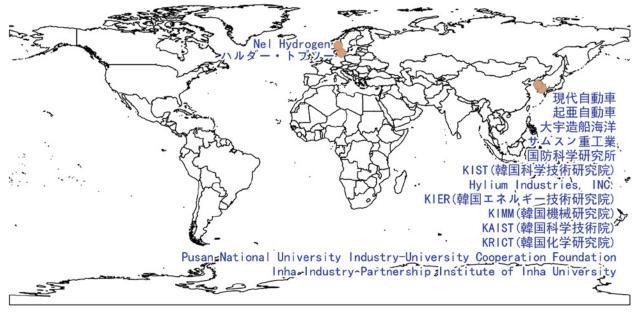


図 5-14 韓国で水素に関する特許出願をした上位ランキング 15 機関の位置 (2016-2021 年)

### 5.2.2 バイオ

先述の通り、バイオに関する公報数は 49,623 件であった。図 5-15 に、対象期間における出願国ランキングを示す。

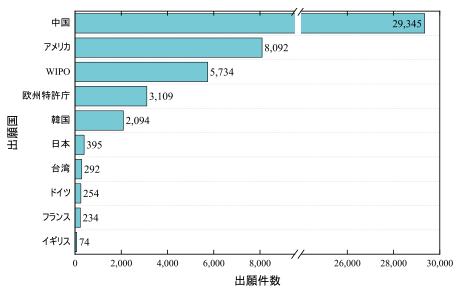


図 5-15 出願国ランキング (バイオ:2016-2021年)

#### (1) 世界

出願国別による出願件数の推移を図 5-16 に示す。水素と同様に、中国が他の国を抜いて 1 位であるものの、2019 年より減少傾向のようにもみられる。一方でアメリカは、2016 年より減少傾向であり、2021 年には WIPO における出願数よりも少なくなっている。続いて、国際特許分類カテゴリ (上位の 5 分類) による出願件数の推移を図 5-17 に示す。C02F 3(生物学的処理) は増加傾向を示しているものの、他の分類はいずれも減少傾向を示している。国際特許分類カテゴリによる定義を、表 5-9 に示す。

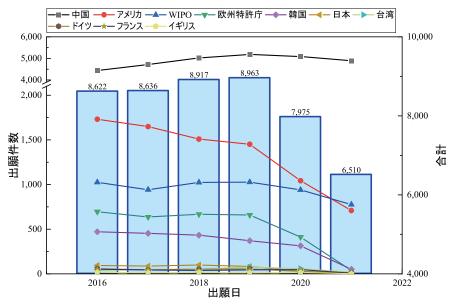


図 5-16 各国における出願件数の推移 (バイオ: 2016-2021 年)

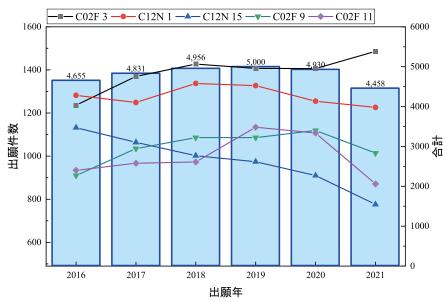


図 5-17 国際特許分類カテゴリによる出願件数の推移 (バイオ: 2016-2021 年)

表 5-9 国際特許分類カテゴリによる定義 (バイオ: 2016-2021年, 上位 5件)

C02F 3	水,廃水または下水の生物学的処理[3]
C12N 1	微生物,例.原生動物;その組成物(原生動物,バクテリアまたはウイルス起源の物質を含む医薬品製剤 A61K35/66, 藻類起源の物質を含む医薬品製剤 A61K36/02, 菌類起源の物質を含む医薬品製剤 A61K36/06; 医薬品細菌抗原または抗体組成物の調製,例.細胞ワクチン,A61K39/00)
C12N 15	突然変異または遺伝子工学;遺伝子工学に関する DNA または RNA, ベクター, 例. プラスミド, またはその分離, 製造または精製; そのための宿主の使用(突然変異体または遺伝的に処理された微生物, C12N1/00, C12N5/00, C12N7/00;植物新種 A01H; 組織培養技術による植物の増殖 A01H4/00;動物新種 A01K67/00;遺伝子疾病の治療のために生体の細胞内に挿入する遺伝子物質を含有する医薬品製剤の使用,遺伝子治療 A61K48/00; ペプチドー般 C07K)[3,5,6]
C02F 9	水,廃水または下水の多段階処理[3]
C02F 11	汚泥の処理; そのための装置 [3]

バイオにおける出願人上位ランキング 15 機関を図 5-18 および図 5-22 に示す。アメリカのパイオニア社に 続き、中国の江南大学、浙江大学、天津大学と続く。なお、上位 15 件のうち、10 件が中国である (大学:9、企業 1)。パイオニア社は CO2N 15( 突然変異または遺伝子工学 ) に関する特許出願が多い一方で、中国は CO2F 3(水, 廃水または下水の生物学的処理) に関する特許出願が多い傾向である。北京工業大学に関しては、特許出願の約 7 割が CO2F 3 である (図 5-19)。

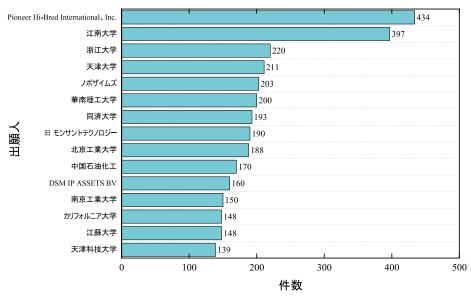


図 5-18 全世界における出願人上位ランキング 15 機関 (バイオ: 2016-2021 年)

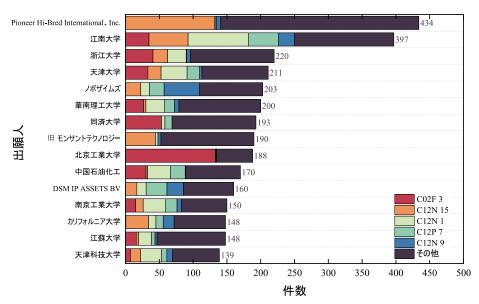


図 5-19 全世界における出願人上位ランキング 15 機関 (IPCR 別, バイオ: 2016-2021 年)

表 5-10 全世界で特許出願された国際特許分類カテゴリによる定義 (バイオ: 2016-2021 年, 上位 5 件)

C02F 3	水,廃水または下水の生物学的処理 [3]
C12N 15	突然変異または遺伝子工学;遺伝子工学に関する DNA または RNA, ベクター,例 . プラスミド,またはその分離,製造または精製;そのための宿主の使用(突然変異体または遺伝的に処理された微生物,C12N1/00,C12N5/00,C12N7/00;植物新種 A01H;組織培養技術による植物の増殖 A01H4/00;動物新種 A01K67/00;遺伝子疾病の治療のために生体の細胞内に挿入する遺伝子物質を含有する医薬品製剤の使用,遺伝子治療 A61K48/00;ペプチドー般 C07K)[3,5,6]
C12N 1	微生物,例.原生動物;その組成物(原生動物,バクテリアまたはウイルス起源の物質を含む医薬品製剤 A61K35/66, 藻類起源の物質を含む医薬品製剤 A61K36/02, 菌類起源の物質を含む医薬品製剤 A61K36/06; 医薬品細菌抗原または抗体組成物の調製,例.細胞ワクチン,A61K39/00)
C12P 7	酸素原子を含む有機化合物の製造 [3]
C12N 9	酵素,例.リガーゼ(6.);酵素前駆体;その組成物(歯の洗浄用酵素含有剤A61K8/66,A61Q11/00;医薬用酵素または酵素前駆体製剤A61K38/43;酵素含有洗浄剤C11D);酵素の調製,活性化,阻害,分離または精製方法[2006.01]

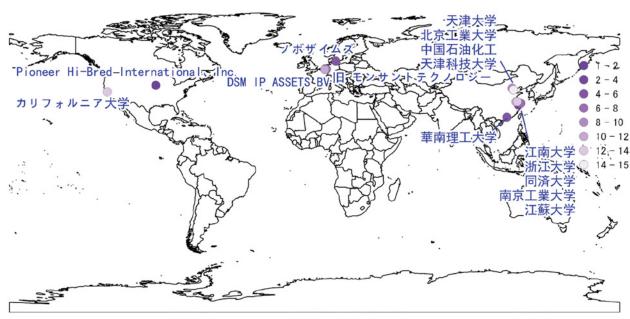


図 5-20 全世界における出願人上位ランキング 15 機関の位置 (バイオ: 2016-2021 年)

### (2) 中国

2016 年から 2021 年における中国の特許ステータスは審査中の件数が最も多く、権利継続は徐々に増加していることがみられる (図 5-21)。IPCR(サブクラス)別の出願件数上位 15 件を図 5-22 に示すと、C02F(水、廃水、下水または汚泥の処理)に対する申請が群を抜いて多く、C12N(微生物または酵素)、C12P(組成物を合成する方法または光学異性体を分離する方法)と続いている。バイオ分野に関する IPCR 定義の一覧を、表 5-11 に示す。

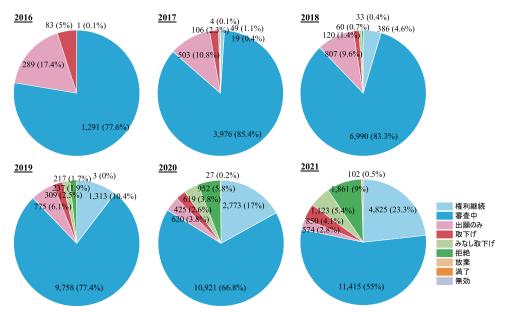


図 5-21 中国におけるバイオの特許ステータスの割合 (2016-2021 年)

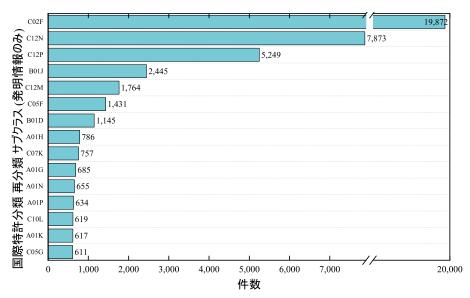


図 5-22 中国におけるバイオに関する IPCR 別の出願件数上位 15 件 (2016-2021 年)

表 5-11 中国におけるバイオに関する IPCR 定義の一覧 (2016-2021 年., 上位 15 件)

	•
C02F	水,廃水,下水または汚泥の処理(物質の化学変化の影響により有害な化学剤を無害にするまたはより有害でなくする方法 A62D3/00;分離,沈でん槽またはろ過装置 B01D;水,廃水,または下水を処理するための船舶に特有の装置,例.清水を作るためのもの,B63J;腐食防止のための水への薬剤の添加 C23F;放射能汚染液体の処理 G21F9/04)[3]
C12N	微生物または酵素; その組成物; 微生物の増殖, 保存, 維持; 突然変異または遺伝子工学; 培地(微生物学的試験用の培地 C12Q1/00)[3]
C12P	発酵または酵素を使用して所望の化学物質もしくは組成物を合成する方法またはラセミ混合物から光学異性体を分離する方法 [3]
B01J	化学的または物理的方法,例.触媒またはコロイド化学;それらの関連装置[2]
C12M	酵素学または微生物学のための装置 (堆厩肥の発酵のための施設 A01C3/02; 人または動物の生体部分の保存A01N1/02; ビール醸造装置 C12C; ぶどう酒の発酵装置 C12G; 酢の製造装置 C12J1/10)[3]
C05F	C05B,C05C に分類されない有機質肥料,例.廃棄物またはじんかいからの肥料
B01D	分離 (湿式法による固体と固体の分離 B03B,B03D; 風力ジグまたは風力テーブルによるもの B03B; 他の乾式法によるもの B07; 磁気または静電気による分離, 高圧電界による分離 B03C; 遠心分離機 B04B; 渦装置 B04C; 液体含有物から液体を絞り出すためのプレスそれ自体 B30B9/02)[5]
A01H	新規植物またはそれらを得るための処理;組織培養技術による植物の増殖
C07K	ペプチド(β-ラクタム環含有ペプチド C07D; 環状ジペプチドであって, その分子中にその環を形成するペプチド結合以外のペプチド結合を有しないもの, 例. ピペラジン-2,5-ジオン C07D; 環状ペプチド型の麦角アルカロイド C07D519/02; 単細胞蛋白質, 酵素 C12N; ペプチドを得るための遺伝子工学的方法 C12N15/00)[4]
A01G	園芸;野菜,花,稲,果樹,ぶどう,ホップ,または海草の栽培;林業;灌水(果実,野菜,ホップまたは類似のものの 摘み取り A01D46/00; 単細胞藻類培養 C12N1/12)
A01N	人間または動物または植物の本体またはその一部の保存(食品または食料品の保存 A23); 殺生物剤, 例. 殺菌剤, 殺虫剤または除草剤として(望ましくない生物の殺除あるいは成長または増殖を防止する医療用の製剤, 歯科用の製剤または化粧品 A61K); 有害生物忌避剤または誘引剤; 植物生長調節剤
A01P	化合物または組成物の殺生物,有害生物忌避,有害生物誘引または植物生長調節活性[8]
C10L	他に分類されない燃料; 天然ガス; サブクラス C10G または C10K に包含されない工程により得られる合成天然ガス; 液化石油ガス; 燃料への添加剤の使用; 火炎着火剤 [5]

A01K	畜産;鳥,魚,昆虫の飼育;漁業;他に分類されない動物の飼育または繁殖;新規な動物
0050	それぞれが C05 のうちの異なったサブクラスに包含される肥料の混合物;1 またはそれ以上の肥料と特に肥効をもた
C05G	ない添加物との混合物 (添加微生物の培養物,菌糸体または同様なものを含む有機質肥料 C05F11/08;植物ビタミン
	またはホルモンを含む有機質肥料 C05F11/10); 形態に特徴のある肥料 [4]

次に、中国のバイオにおける特許出願の主要機関を図 5-23 および図 5-24 に示す。江南大学が群を抜いて多く、浙江大学、天津大学と続いている。いずれも、C02F 3(水,廃水または下水の生物学的処理)と C12N 1(微生物)の特許出願数がほぼ同程度の傾向を示している。また、6位に位置する北京工業大学は、C02F 3 に関する出願(132件)と、中国国内において群を抜いて多い。

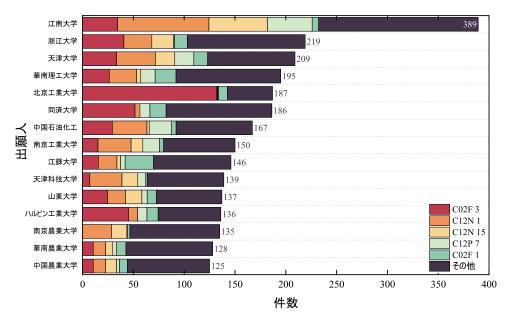


図 5-23 中国でバイオに関する特許出願をした上位ランキング 15 機関 (2016-2021 年)

表 5-12 中国でバイオに関する特許出願をされた国際特許分類カテゴリによる定義 (2016-2021 年, 上位 5 件)

C02F 3	水,廃水または下水の生物学的処理 [3]
C12N 1	微生物,例.原生動物;その組成物(原生動物,バクテリアまたはウイルス起源の物質を含む医薬品製剤A61K35/66, 藻類起源の物質を含む医薬品製剤A61K36/02, 菌類起源の物質を含む医薬品製剤A61K36/06; 医薬品細菌抗原また は抗体組成物の調製,例.細胞ワクチン,A61K39/00)
C12N 15	突然変異または遺伝子工学;遺伝子工学に関する DNA または RNA, ベクター, 例. プラスミド, またはその分離, 製造または精製; そのための宿主の使用(突然変異体または遺伝的に処理された微生物, C12N1/00, C12N5/00, C12N7/00; 植物新種 A01H; 組織培養技術による植物の増殖 A01H4/00; 動物新種 A01K67/00; 遺伝子疾病の治療のために生体の細胞内に挿入する遺伝子物質を含有する医薬品製剤の使用, 遺伝子治療 A61K48/00; ペプチドー般 C07K)[3,5,6]
C12P 7	酸素原子を含む有機化合物の製造 [3]
C02F 1	水,廃水または下水の処理 (C02F3/00 ~ C02F9/00 が優先)[3]



図 5-24 中国でバイオに関する特許出願をした上位ランキング 15 機関の位置 (2016-2021 年)

### (3) 韓国

2016 年から 2021 年における韓国の特許ステータスは、権利継続の件数が最も多い (図 5-25)。IPCR(サブクラス)別の出願件数上位 15 件を図 5-26 に示すと、C12N(微生物または酵素)に対する申請が群を抜いて多く、C12P(組成物を合成する方法または光学異性体を分離する方法)、C02F(水,廃水,下水または汚泥の処理)と続いている。バイオ分野に関する IPCR 定義の一覧を、表 5-13 に示す。

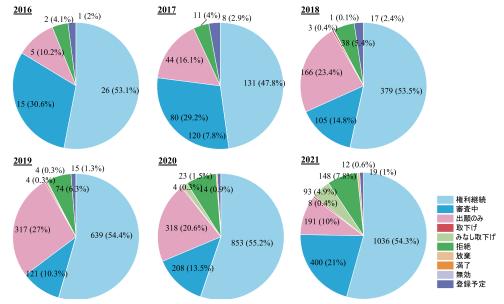


図 5-25 韓国におけるバイオの特許ステータスの割合 (2016-2021 年)

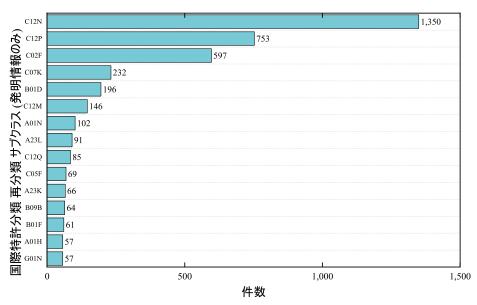


図 5-26 韓国におけるバイオに関する IPCR 別の出願件数上位 15 件 (2016-2021 年)

表 5-13 韓国におけるバイオに関する IPCR の定義の一覧 (2016-2021 年,上位 15 件)

	·
C12N	微生物または酵素; その組成物; 微生物の増殖, 保存, 維持; 突然変異または遺伝子工学; 培地 ( 微生物学的試験用の培地 C12Q1/00)[3]
C12P	発酵または酵素を使用して所望の化学物質もしくは組成物を合成する方法またはラセミ混合物から光学異性体を分離 する方法 [3]
C02F	水,廃水,下水または汚泥の処理 (物質の化学変化の影響により有害な化学剤を無害にするまたはより有害でなくする方法 A62D3/00; 分離, 沈でん槽またはろ過装置 B01D; 水,廃水,または下水を処理するための船舶に特有の装置,例.清水を作るためのもの,B63J; 腐食防止のための水への薬剤の添加 C23F; 放射能汚染液体の処理 G21F9/04)[3]
C07K	ペプチド(β-ラクタム環含有ペプチド C07D; 環状ジペプチドであって, その分子中にその環を形成するペプチド結合以外のペプチド結合を有しないもの,例.ピペラジン-2,5-ジオン C07D; 環状ペプチド型の麦角アルカロイド C07D519/02; 単細胞蛋白質,酵素 C12N;ペプチドを得るための遺伝子工学的方法 C12N15/00)[4]
B01D	分離 (湿式法による固体と固体の分離 B03B,B03D; 風力ジグまたは風力テーブルによるもの B03B; 他の乾式法によるもの B07; 磁気または静電気による分離 , 高圧電界による分離 B03C; 遠心分離機 B04B; 渦装置 B04C; 液体含有物 から液体を絞り出すためのプレスそれ自体 B30B9/02)[5]
C12M	酵素学または微生物学のための装置 (堆厩肥の発酵のための施設 A01C3/02; 人または動物の生体部分の保存 A01N1/02; ビール醸造装置 C12C; ぶどう酒の発酵装置 C12G; 酢の製造装置 C12J1/10)[3]
A01N	人間または動物または植物の本体またはその一部の保存 (食品または食料品の保存 A23); 殺生物剤, 例. 殺菌剤, 殺虫剤または除草剤として (望ましくない生物の殺除あるいは成長または増殖を防止する医療用の製剤, 歯科用の製剤または化粧品 A61K); 有害生物忌避剤または誘引剤; 植物生長調節剤
A23L	サブクラス A21D または A23B $\sim$ A23J までに包含されない食品,食料品,または非アルコール性飲料;その調製または処理,例.加熱調理,栄養改善,物理的処理(このサブクラスには完全に包含されない,食品の成形または加工A23P);食品または食料品の保存一般[2006.01]
C12Q	酵素,核酸または微生物を含む測定または試験方法(免疫分析 G01N33/53);そのための組成物または試験紙;その組成物を調製する方法;微生物学的または酵素学的方法における状態応答制御[3]
C05F	C05B,C05C に分類されない有機質肥料,例.廃棄物またはじんかいからの肥料
A23K	動物に特に適した飼料;その製造に特に適した方法
B09B	固体廃棄物の処理 [3]
B01F	混合,例.溶解,乳化または分散(ペイントの混合 B44D3/06)

A01H	新規植物またはそれらを得るための処理;組織培養技術による植物の増殖
( <del>-i</del> ()1N	材料の化学的または物理的性質の決定による材料の調査または分析 (参照,免疫分析以外の酵素または微生物を含む測
	定または試験 C12M,C12Q)

次に、韓国のバイオにおける特許出願の主要機関を図 5-27 および図 5-28 に示す。高麗大学校が群を抜いて多く、韓国生命工学研究院、SNU R & DB Foundation と続いている。KAIST や慶熙大学校や慶北大学校からの出願もあるが、いずれも同程度の出願数である。いずれの機関においても C12N 15(突然変異または遺伝子工学)、C12N 1(微生物)と C12N 9(酵素)に関する出願が同程度の傾向を示している。

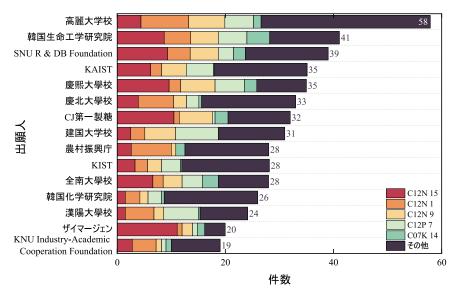


図 5-27 韓国でバイオに関する特許出願をした上位ランキング 15 機関 (2016-2021 年)

表 5-14 韓国でバイオに関する特許出願をされた国際特許分類カテゴリによる定義 (2016-2021 年,上位 5 件)

C12N 15	突然変異または遺伝子工学;遺伝子工学に関する DNA または RNA, ベクター,例 . プラスミド,またはその分離,製造または精製;そのための宿主の使用 (突然変異体または遺伝的に処理された微生物 ,C12N1/00,C12N5/00,C12N7/00;植物新種 A01H; 組織培養技術による植物の増殖 A01H4/00; 動物新種 A01K67/00; 遺伝子疾病の治療のために生体の細胞内に挿入する遺伝子物質を含有する医薬品製剤の使用,遺伝子治療 A61K48/00; ペプチドー般 C07K)[3,5,6]
C12N 1	微生物,例.原生動物;その組成物(原生動物,バクテリアまたはウイルス起源の物質を含む医薬品製剤 A61K35/66, 藻類起源の物質を含む医薬品製剤 A61K36/02, 菌類起源の物質を含む医薬品製剤 A61K36/06; 医薬品細菌抗原また は抗体組成物の調製,例.細胞ワクチン,A61K39/00)
C12N 9	酵素,例.リガーゼ(6.);酵素前駆体;その組成物(歯の洗浄用酵素含有剤 A61K8/66,A61Q11/00;医薬用酵素または酵素前駆体製剤 A61K38/43;酵素含有洗浄剤 C11D);酵素の調製,活性化,阻害,分離または精製方法[2006.01]
C12P 7	酸素原子を含む有機化合物の製造 [3]
C07K 14	21 個以上のアミノ酸を含有するペプチド; ガストリン; ソマトスタチン; メラノトロピン; その誘導体 [6]



図 5-28 韓国でバイオに関する特許出願をした上位ランキング 15 機関の位置 (2016-2021 年)

#### 5.2.3 半導体

先述の通り、半導体に関する公報数は 299,045 件であった。図 5-29 に、対象期間における出願国ランキングを示す。

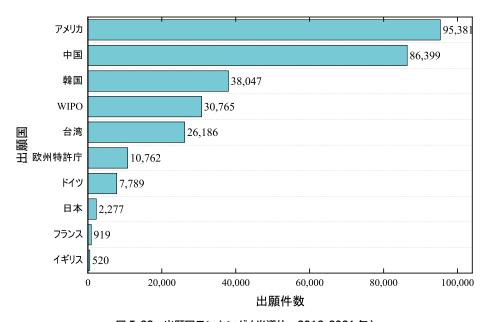


図 5-29 出願国ランキング (半導体:2016-2021年)

#### (1) 世界

出願国別による出願件数の推移を図 5-30 に示す。他の分野と同様に、中国は 2016 年から 2020 年まで著しく増加傾向を示している。また、いずれの国も同様の傾向を示している。続いて、国際特許分類カテゴリ(上位の 5 分類)による出願件数の推移を図 5-31 に示す。こちらも他の分野と同様に、いずれも 2020 年まで増加傾向を示している。半導体分野に関する IPCR 定義の一覧を、表 5-15 に示す。

図 5-30 各国における出願件数の推移 (半導体: 2016-2021年)

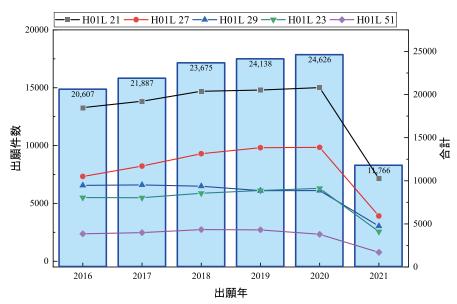


図 5-31 国際特許分類カテゴリによる出願件数の推移 (半導体: 2016-2021年)

表 5-15 国際特許分類カテゴリによる定義 (半導体: 2016-2021年,上位 5件)

H01L 21	半導体装置 固体装置 それらの部品の製造 処理に特に適用される方法 装置 [2,8]
H01L 27	1 つの共通基板内 上に形成された複数の半導体構成部品 他の固体構成部品からなる装置 [2,8]
H01L 29	整流, 増幅, 発振 スイッチングに特に適用される半導体装置であり, 少なくとも 1 つの電位障壁 表面障壁を有するもの 少なくとも 1 つの電位障壁 表面障壁, 例.PN 接合空乏層 キャリア集中層, を有するコンデンサー 抵抗器 半導体本体 電極の細部 [2,6]
H01L 23	半導体 他の固体装置の細部 [2,5]
H01L 51	能動部分として有機材料を用い,能動部分として有機材料と他の材料との組み合わせを用いる固体装置 このような装置 その部品の製造 処理に特に適用される方法 装置 [6,8]

半導体における出願人上位ランキング 15 機関を図 5-32 および図 5-37 に示す。台湾の台湾積体電路製造 (TSMC)、韓国のサムスン電子、サムスンディスプレイに続き、日本の東京エレクトロン株式会社、アメリカのインテル株式会社に IBM といった企業による出願が多い。

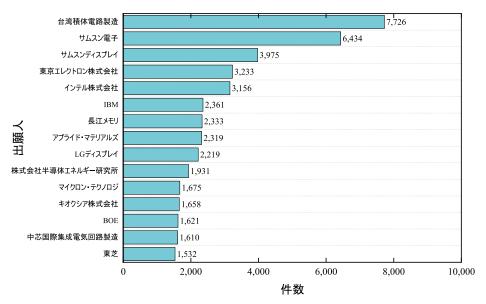


図 5-32 全世界における出願人上位ランキング 15 機関 (半導体: 2016-2021年)

図 5-32 を IPCR 別出願数でみると、主に H01L 21 や H01L 51 が多いことがわかる (図 5-33)。主要 IPCR の定義一覧を表 5-16 に示す。

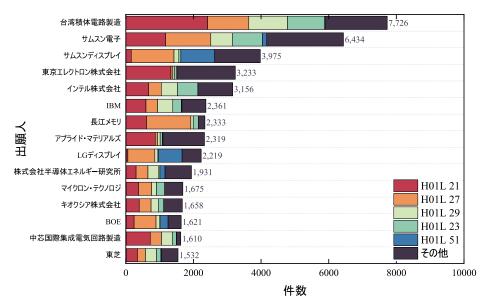


図 5-33 全世界における出願人上位ランキング 15 機関 (IPCR 別, 半導体: 2016-2021 年)

	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
H01L 21	半導体装置または固体装置またはそれらの部品の製造または処理に特に適用される方法または装置 [2,8]
H01L 27	1 つの共通基板内または上に形成された複数の半導体構成部品または他の固体構成部品からなる装置 ( その細部 H01L23/00,H01L29/00 ~ H01L51/00; 複数の個々の固体装置からなる組立体 H01L25/00)[2,8]
H01L 29	整流, 増幅, 発振またはスイッチングに特に適用される半導体装置であり, 少なくとも1つの電位障壁または表面障壁を有するもの; 少なくとも1つの電位障壁または表面障壁, 例.PN 接合空乏層またはキャリア集中層, を有するコンデンサーまたは抵抗器; 半導体本体または電極の細部(H01L31/00~H01L47/00,H01L51/05が優先; 半導体本体または電極以外の細部H01L23/00;1つの共通基板内または上に形成された複数の固体構成部品からなる装置H01L27/00[2,6]
H01L 23	半導体または他の固体装置の細部 (H01L25/00 が優先)[2,5]
H01L 51	能動部分として有機材料を用い,または能動部分として有機材料と他の材料との組み合わせを用いる固体装置;このような装置またはその部品の製造または処理に特に適用される方法または装置(1つの共通基板内または上に形成された複数の構成部品からなる装置 H01L27/28;有機材料を使用した熱電装置 H01L35/00,H01L37/00;有機材料を使用した圧電素子,電歪素子,または磁歪素子 H01L41/00)[6,8]

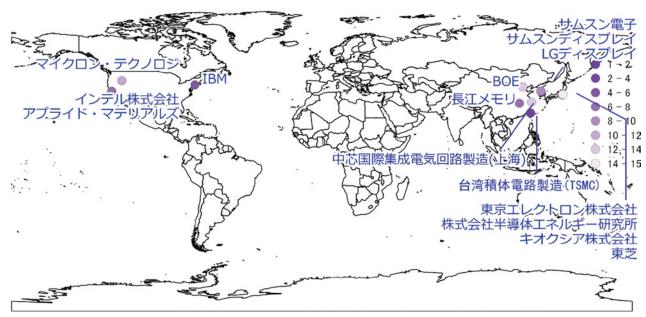


図 5-34 全世界における出願人上位ランキング 15 機関の位置 (半導体: 2016-2021 年)

### (2) 中国

2016 年から 2021 年における中国の特許ステータスは、審査中の件数が最も多く、徐々に権利継続も増加している (図 5-35)。IPCR(サブクラス)別の出願件数上位 15 件を図 5-36 に示すと、H01L(半導体装置)に関する申請がけた違いに多く、C23C(金属質への被覆)や H04N(画像通信)と続く。半導体分野に関するIPCR 定義の一覧を、表 5-17 に示す。

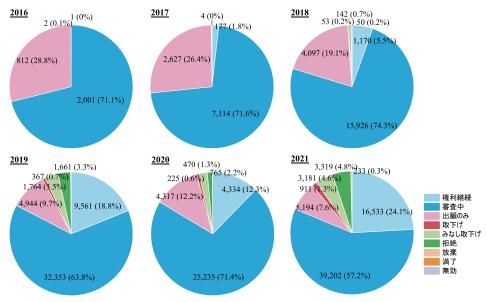


図 5-35 中国における半導体の特許ステータスの割合 (2016-2021 年)

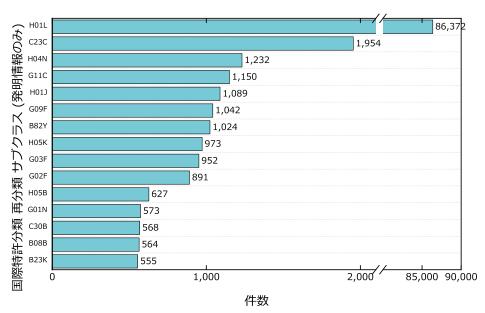


図 5-36 中国における半導体に関する IPCR 別の出願件数上位 15 件 (2016-2021 年)

#### 表 5-17 中国における半導体に関する IPCR 定義の一覧 (2016-2021 年, 上位 15 件)

H01L	半導体装置,他に属さない電気的固体装置(測定のための半導体装置の使用 G01;抵抗一般 H01C;磁石,インダクタ,トランス H01F;コンデンサー一般 H01G;電解装置 H01G9/00;電池,蓄電池 H01M;導波管,導波管の共振器または線路 H01P;電線接続器,集電装置 H01R;誘導放出装置 H01S;電気機械共振器 H03H;スピーカー,マイクロフォン,蓄音機ピックアップまたは類似の音響電気機械変換器 H04R;電気的光源一般 H05B;印刷回路,ハイブリッド回路,電気装置の箱体または構造的細部,電気部品の組立体の製造 H05K;特別な応用をする回路への半導体装置の使用は,応用サブクラスを参照)[2]
C23C	金属質への被覆;金属材料による材料への被覆;表面への拡散,化学的変換または置換による,金属材料の表面処理;真空蒸着,スパッタリング,イオン注入法または化学蒸着による被覆一般(金属被覆製品の押し出しによる製造 B21C23/22;既存の層を物品に結合することによる金属被覆は,当該の箇所を参照,例.B21D39/00,B23K;ガラスのメタライジング C03C;モルタル,コンクリート,人造石,セラミックスまたは天然石のメタライジング C04B41/00;金属へのほうろう被覆,または金属へのガラス質層の形成 C23D;電気分解もしくは電気泳動による金属表面の処理または金属への被覆 C25D;単結晶膜の成長 C30B;繊維製品の金属処理による D06M11/83;部分的な金属処理による繊維製品の装飾 D06Q1/04)[4]
H04N	画像通信,例.テレビジョン[4]
G11C	静的記憶 (記憶用の半導体装置 H01L, 例 .H01L27/108 ~ H01L27/11597)
H01J	電子管または放電ランプ (スパークギャップ H01T; 消耗する電極を有するアークランプ H05B; 粒子加速器 H05H)
G09F	表示 ; 広告 ; サイン ; ラベルまたはネームプレート ; シール
B82Y	ナノ構造物の特定の使用または応用;ナノ構造物の測定または分析;ナノ構造物の製造または処理 [2011.01]
H05K	印刷回路;電気装置の箱体または構造的細部,電気部品の組立体の製造
G03F	フォトメカニカル法による凹凸化又はパターン化された表面の製造,例 . 印刷用,半導体装置の製造法用;そのための材料;そのための原稿;そのために特に適合した装置 (写真植字機 B41B;写真用感光材料または処理 G03C;エレクトログラフィー,そのための感光層または処理 G03G)
G02F	本サブクラスに包含される素子の媒体の光学的性質の変化により光を制御するための光学装置または光学的配置;光の周波数変更;光学的理論素子;光学的アナログ/デジタル変換器[4]
H05B	電気加熱:他に分類されない電気的光源;電気的光源一般の回路装置
G01N	材料の化学的または物理的性質の決定による材料の調査または分析 (参照,免疫分析以外の酵素または微生物を含む測定または試験 C12M,C12Q)
C30B	単結晶成長 (超高圧を用いるもの,例.ダイヤモンド生成用 B01J3/06); 共晶物質の一方向固化または共析晶物質の一方向析出; 物質のゾーンメルティングによる精製 (金属または合金のゾーン精製 C22B); 特定構造を有する均質多結晶物質の製造 (金属の鋳造,同じ方法と装置による他の物質の鋳造 B22D; プラスチックの加工 B29; 金属または合金の物理的構造の改良 C21D,C22F); 単結晶または特定構造を有する均質多結晶物質; 単結晶または特定構造を有する均質多結晶物質の後処理 (半導体装置またはその部品を製造するためのもの H01L); そのための装置 [3]
B08B	清掃一般; 汚れ防止一般(ブラシ類 A46, 家庭用または類似の清掃手段 A47L; 液体または気体からの粒子の分離 B01D; 固体の分離 B03,B07; 噴霧または液体もしくは他の流動性材料の表面への適用一般 B05; コンベヤ用清掃装置 B65G45/10; びんの洗浄, 充てんと密閉の工程を共に備えたもの B67C7/00; 防食または鉱皮の抑制一般 C23; 街路, 軌道, 海岸または地面の清掃 E01H; 清掃に特に適合した水泳または水遊び用水槽またはプールの部品, 細部または付属品 E04H4/16; 静電荷の防止または除去 H05F)
B23K	ハンダ付またはハンダ離脱;溶接;ハンダ付または溶接によるクラッドまたは被せ金;局部加熱による切断,例.火炎切断:レーザービームによる加工(金属の押出しによる金属被覆製品の製造 B21C23/22;鋳造によるライニングまたは被覆の製作 B22D19/08;浸漬による鋳造 B22D23/04;金属粉末焼結による被合層の製造 B22F7/00;倣いまたは制御のための工作機械の装置 B23Q;他に分類されない金属への被覆または材料への金属による被覆 C23C;バーナーF23D)

次に、中国の半導体における特許出願の主要機関を図 5-37 および図 5-38 に示す。台湾積体電路製造(SMIC)、韓国のサムスン電子、長江メモリ、韓国のサムスンディスプレイが中国における特許申請を多く出願している。 いずれの機関においても H01L 27、H01L 21、H01L 29 に関する出願数は同じ傾向を示すものの、東京エレクトロン株式会社とアプライド・マテリアルズは H01L 21 に特化しているものと思われる。

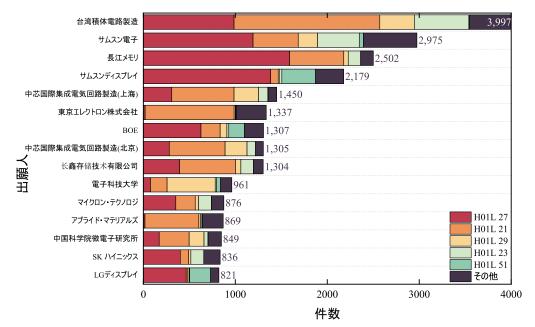


図 5-37 中国で半導体に関する特許出願をした上位ランキング 15 機関 (2016-2021 年)

表 5-18 中国で半導体に関する特許出願をされた国際特許分類カテゴリによる定義 (2016-2021 年,上位 5 件)

H01L 27	1 つの共通基板内または上に形成された複数の半導体構成部品または他の固体構成部品からなる装置 (その細部 H01L23/00,H01L29/00 ~ H01L51/00; 複数の個々の固体装置からなる組立体 H01L25/00)[2,8]		
H01L 21	半導体装置または固体装置またはそれらの部品の製造または処理に特に適用される方法または装置 [2,8]		
H01L 29	整流, 増幅, 発振またはスイッチングに特に適用される半導体装置であり, 少なくとも 1 つの電位障壁または表面障壁を有するもの; 少なくとも 1 つの電位障壁または表面障壁, 例.PN 接合空乏層またはキャリア集中層, を有するコンデンサーまたは抵抗器; 半導体本体または電極の細部 (H01L31/00 ~ H01L47/00,H01L51/05 が優先; 半導体本体または電極以外の細部 H01L23/00;1 つの共通基板内または上に形成された複数の固体構成部品からなる装置 H01L27/00[2,6]		
H01L 23	半導体または他の固体装置の細部 (H01L25/00 が優先 )[2,5]		
H01L 51	能動部分として有機材料を用い,または能動部分として有機材料と他の材料との組み合わせを用いる固体装置;このような装置またはその部品の製造または処理に特に適用される方法または装置 (1 つの共通基板内または上に形成された複数の構成部品からなる装置 H01L27/28; 有機材料を使用した熱電装置 H01L35/00,H01L37/00; 有機材料を使用した圧電素子,電歪素子,または磁歪素子 H01L41/00)[6,8]		



図 5-38 中国で半導体に関する特許出願をした上位ランキング 15 機関の位置 (2016-2021 年)

#### (3) 韓国

2016年から 2021年における韓国の特許ステータスは、いずれの年も権利継続、審査中と出願のみが多い (図 5-39)。IPCR(サブクラス)別の出願件数上位 15件を図 5-40に示すと、H01L(半導体装置)に関する申請がけた違いに多く、C23C(金属質への被覆)やG03F(フォトメカニカル法による凹凸化又はパターン化された表面の製造)と続く。半導体分野に関する IPCR 定義の一覧を、表 5-19に示す。

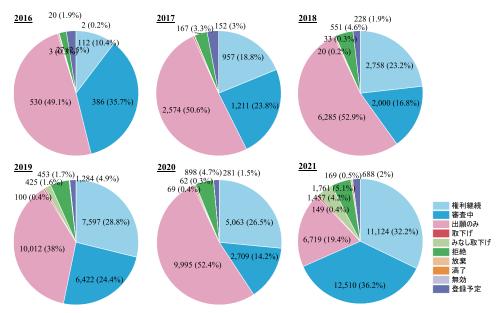


図 5-39 韓国における半導体の特許ステータスの割合 (2016-2021 年)

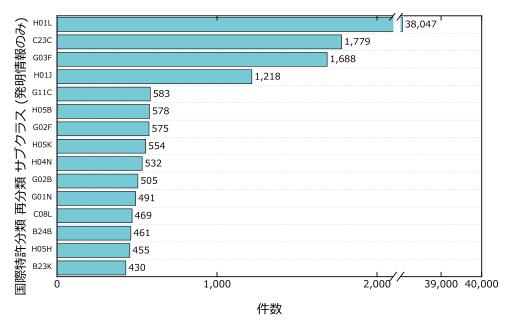


図 5-40 韓国における半導体に関する IPCR 別の出願件数上位 15 件 (2016-2021 年)

表 5-19 韓国における半導体に関する IPCR の定義の一覧 (2016-2021 年,上位 15件)

H01L	半導体装置,他に属さない電気的固体装置(測定のための半導体装置の使用 G01;抵抗一般 H01C;磁石,インダクタ,トランス H01F;コンデンサー一般 H01G;電解装置 H01G9/00;電池,蓄電池 H01M;導波管,導波管の共振器または線路 H01P;電線接続器,集電装置 H01R;誘導放出装置 H01S;電気機械共振器 H03H;スピーカー,マイクロフォン,蓄音機ピックアップまたは類似の音響電気機械変換器 H04R;電気的光源一般 H05B;印刷回路,ハイブリッド回路,電気装置の箱体または構造的細部,電気部品の組立体の製造 H05K;特別な応用をする回路への半導体装置の使用は,応用サブクラスを参照)[2]
C23C	金属質への被覆;金属材料による材料への被覆;表面への拡散,化学的変換または置換による,金属材料の表面処理;真空蒸着,スパッタリング,イオン注入法または化学蒸着による被覆一般(金属被覆製品の押し出しによる製造 B21C23/22;既存の層を物品に結合することによる金属被覆は,当該の箇所を参照,例.B21D39/00,B23K;ガラスのメタライジング C03C;モルタル,コンクリート,人造石,セラミックスまたは天然石のメタライジング C04B41/00;金属へのほうろう被覆,または金属へのガラス質層の形成 C23D;電気分解もしくは電気泳動による金属表面の処理または金属への被覆 C25D;単結晶膜の成長 C30B;繊維製品の金属処理による D06M11/83;部分的な金属処理による繊維製品の装飾 D06Q1/04)[4]
G03F	フォトメカニカル法による凹凸化又はパターン化された表面の製造 , 例 . 印刷用 , 半導体装置の製造法用 ; そのための材料 ; そのための原稿 ; そのために特に適合した装置 (写真植字機 B41B; 写真用感光材料または処理 G03C; エレクトログラフィー , そのための感光層または処理 G03G)
H01J	電子管または放電ランプ (スパークギャップ H01T; 消耗する電極を有するアークランプ H05B; 粒子加速器 H05H)
G11C	静的記憶 (記憶用の半導体装置 H01L, 例 .H01L27/108 ~ H01L27/11597)
H05B	電気加熱:他に分類されない電気的光源;電気的光源一般の回路装置
G02F	本サブクラスに包含される素子の媒体の光学的性質の変化により光を制御するための光学装置または光学的配置;光の周波数変更;光学的理論素子;光学的アナログ/デジタル変換器[4]
H05K	印刷回路;電気装置の箱体または構造的細部,電気部品の組立体の製造
H04N	画像通信,例.テレビジョン[4]
G02B	光学要素,光学系,または光学装置[7]
G01N	材料の化学的または物理的性質の決定による材料の調査または分析 (参照,免疫分析以外の酵素または微生物を含む測定または試験 C12M,C12Q)
C08L	高分子化合物の組成物 (重合性単量体に基づく組成物 C08F,C08G; 人造フィラメントまたは人造繊維 D01F; 繊維処理用組成物 D06)[2]

B24B	研削または研磨するための機械,装置,または方法(電気的浸食加工によるもの B23H;砥粒の吹付けまたは関連した吹付け B24C;電解エッチングまたは電解研磨 C25F3/00);研削面のドレッシングまたは正常化;研削剤,研磨剤,またはラッピング剤の供給[2]
H05H	プラズマ技術 (イオンビーム管 H01J27/00; 電磁流体発電機 H02K44/08; プラズマの発生を含む X 線の発生 H05G2/00); 加速された荷電粒子のまたは中性子の発生 (放射線源から中性子を得るもの G21, 例 .G21B,G21C,G21G); 中性分子または原子ビームの発生または加速 (原子時計 G04F5/14; 誘導放出を用いる装置 H01S; 分子,原子,または原子より小さい粒子のエネルギーレベルによって決められた基準周波数との比較による周波数調整 H03L7/26)
B23K	ハンダ付またはハンダ離脱;溶接;ハンダ付または溶接によるクラッドまたは被せ金;局部加熱による切断,例.火炎切断:レーザービームによる加工(金属の押出しによる金属被覆製品の製造 B21C23/22; 鋳造によるライニングまたは被覆の製作 B22D19/08; 浸漬による鋳造 B22D23/04; 金属粉末焼結による被合層の製造 B22F7/00; 倣いまたは制御のための工作機械の装置 B23Q; 他に分類されない金属への被覆または材料への金属による被覆 C23C; バーナー F23D)

次に、韓国の半導体における特許の主要機関を図 5-41 および図 5-42 に示す。サムスン電子、サムスンディスプレイ、日本の東京エレクトロン株式会社が韓国における特許申請を多く出願している。

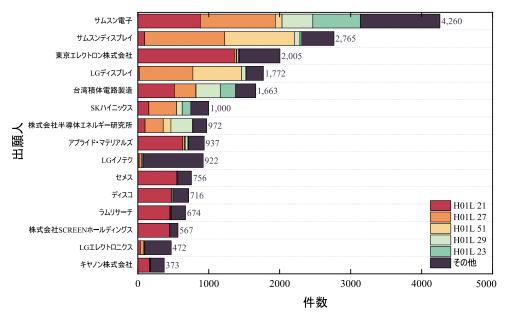


図 5-41 韓国で半導体に関する特許出願をした上位ランキング 15 機関 (2016-2021 年)

#### 表 5-20 韓国で半導体に関する特許出願をされた国際特許分類カテゴリによる定義 (2016-2021 年,上位 5 件)

H01L 21	半導体装置または固体装置またはそれらの部品の製造または処理に特に適用される方法または装置 [2,8]
H01L 27	1 つの共通基板内または上に形成された複数の半導体構成部品または他の固体構成部品からなる装置 (その細部 H01L23/00,H01L29/00 ~ H01L51/00; 複数の個々の固体装置からなる組立体 H01L25/00)[2,8]
H01L 51	能動部分として有機材料を用い,または能動部分として有機材料と他の材料との組み合わせを用いる固体装置;このような装置またはその部品の製造または処理に特に適用される方法または装置 (1 つの共通基板内または上に形成された複数の構成部品からなる装置 H01L27/28; 有機材料を使用した熱電装置 H01L35/00,H01L37/00; 有機材料を使用した圧電素子,電歪素子,または磁歪素子 H01L41/00)[6,8]
H01L 29	整流, 増幅, 発振またはスイッチングに特に適用される半導体装置であり, 少なくとも1つの電位障壁または表面障壁を有するもの; 少なくとも1つの電位障壁または表面障壁, 例.PN 接合空乏層またはキャリア集中層, を有するコンデンサーまたは抵抗器; 半導体本体または電極の細部(H01L31/00~H01L47/00,H01L51/05が優先; 半導体本体または電極以外の細部H01L23/00;1つの共通基板内または上に形成された複数の固体構成部品からなる装置H01L27/00[2,6]
H01L 23	半導体または他の固体装置の細部 (H01L25/00 が優先 )[2,5]



図 5-42 韓国で半導体に関する特許出願をした上位ランキング 15 機関の位置 (2016-2021 年)

# おわりに(今後の課題)

本調査で注目した3つの技術分野(水素・バイオ・半導体)について、世界・中国・韓国における文献調査および特許調査の結果から、今後の調査研究の課題を整理した。

まず a)b)c)では、判明した 4章に示す論文被引用上位の研究者に注目して、リーダー的な研究者が何に注目しているのか、当該研究者が現在取り組んでいる研究テーマを整理した。次に、続く d)e)f)では、5章に示す出願上位の国際特許分類 IPC に注目して、出願上位企業を組合せることで、技術開発分野を整理した。

#### a) 水素関連の研究テーマについて

被引用上位の中国 4 名・韓国 3 名の研究者による現在の研究テーマを整理した。主要なテーマとして、エネルギー源として太陽光を利用して電気・熱および水素に変換する技術、そしてバイオマスを分解して炭化水素組成から水素を取り出す技術が研究されている。それらの反応に必要な電極触媒・光電変換・光触媒および分解触媒が研究テーマとなっている。また、 $CO_2$  については回収・分離・還元プロセスが研究されている。一方、環境分野における水質浄化・大気浄化について化学的・物理的な研究が行われており、地域における水質汚染・大気汚染を意識していると推察される。

#### b)バイオ関連の研究テーマについて

被引用上位の中国5名・韓国5名の研究者による現在の研究テーマを整理した。主要なテーマとして、植物や廃棄物というバイオマスを原料として、分解・解重合などの熱化学反応によるガス化・液化・炭化プロセスや微生物反応を適用したバイオリファイナリーなどが研究されている。出口用途は、汎用化学品に加えて高付加価値品である医薬品・機能性炭素材・機能性肥料などである。一方、この分野でも同じ研究室のテーマとして環境分野が研究されており、大気エアロゾル・PM2.5・ファイトレメディエーション(汚染環境の修復・浄化技術)などの研究が実施されている。また、突然変異・遺伝子工学に関連する研究テーマは被引用数上位の研究者には少なく、この研究分野を切り出した上で最新研究動向に関する整理が必要と考えられる。

#### c)半導体関連の研究テーマについて

被引用上位の中国5名・韓国7名の研究者による現在の研究テーマを整理した。研究テーマの出口は、通信・センサ・照明・ディスプレイ・メモリなどである。AD変換・電圧変換・周波数変換などのパワー半導体を利用した電力制御や通信、ガスセンサ・ナノセンシング・環境安全モニタリングなどのセンサ、有機光エレクトロニクス・発光体・ナノ光学材料などを利用したディスプレイ、そしてCMOS・フラッシュ・不揮発性などのメモリが研究されている。韓国においてはナノインク・自己組織化・極細繊維などが研究テーマであり、プリンテッドエレクトロニクスの微細化に注力している様子が窺える。また、中国・韓国に共通であるが、高感度・高選択性・高信頼性、そして故障や寿命などについて原理究明やメカニズム解明の研究テーマが実施されている。

#### d) 水素関連の技術開発分野について

水素に関連して出願された国際特許分類 IPC の上位カテゴリを整理した。

IPC 分類	水素との関連
C01B 3	水素
H01M 8	燃料電池
F17C 貯蔵用容器 / F17C 13	充填·放出
F17C 貯蔵用容器 / F17C 11	溶剤・吸着剤
C25B 電解生産/ C25B 1	無機化合物
B01J	化学的·物理的方法/触媒
B63G 船舶用の攻撃または防御用設備/B63G 8	潜水船
B60L	電気的推進車輌の推進装置

水素に関連する特許出願(世界・中国・韓国)上位機関の業種を分類した。

業種	特許出願上位企業(世界・中国・韓国)	同左(日本)
石油精製	【中国石油化工】	
ガス精製	【中科液体阳光 (蘇州) 気体科技発展有限公司】	
触媒	【中国石油化工】【中国華能集团クリーンエネルギー技術研究院有限公司】	
電解生産	【中国華能集团クリーンエネルギー技術研究院有限公司】 【長江勘 <b>测规</b> 划設計研究有限責任公司】	【パナソニック】
水素	【大宇造船海洋】【サムスン重工】【国防科学研究所】	
貯蔵容器	【张家港氢云新能源研究院有限公司】【中国石油化工】【現代自動車】【起亜自動車】	
燃料電池	【北京亿華通科技股份有限公司】【中国華能集団クリーン エネルギー技術研究院有限公司】【国家電網有限公司】【長 江勘测规划設計研究有限責任公司】 【現代自動車】【起亜自動車】【大宇造船海洋】	【トヨタ自動車】
潜水艦	【大宇造船海洋】【国防科学研究所】	
電気自動車	【現代自動車】【起亜自動車】	
配電回路網	【中国華能集団クリーンエネルギー技術研究院有限公司】 【長江勘測规划設計研究有限責任公司】	

国際特許分類 IPC と登場する上位機関を組合せて、水素に関連する情報を整理した。

・炭化水素である天然ガスおよび石油から水素を製造する技術について、水蒸気改質と CCS との組合せなどに関する、石油精製とガス精製に係わる出願上位企業 2 社の動向分析を要する。また、触媒について、今回の検索結果ではその他に分類したが、水素製造プロセスの中核は触媒技術である。化学的方法としては炭化水素と水蒸気を原料とする水素発生プロセス、物理的方法としては水を原料とする電解プロセスについて、触媒の性能・構造・組成、そして触媒合成法・耐久性・寿命などに関する上位企業およびその共同出願者である大学の動向分析を要する。

- ・水電解による水素製造について、電解方式・電極触媒・電解質膜などに関する、中国の上位3社とパナソニックの比較分析を要する。水素の貯蔵について、圧縮水素ガス・液化水素・アンモニアなどの水素キャリアに関する、中国上位2社の動向分析を要する。中国西域に偏在する再エネを交流送電する系統網、交流を直流に変換する技術および水電解に利用する配電技術などに関する、中国の上位2社の動向分析を要する。
- ・燃料電池について、搭載用途・適用方式・使用温度範囲や電極触媒・電解質膜などに関して先行するト ヨタと中国の出願上位4社の比較分析を要する。韓国の自動車および船舶に関連する出願上位企業3社 について、搭載プラットフォームとの組み合わせによる燃料電池技術に関する動向分析を要する。車載 の水素貯蔵容器について、充填・放出および溶剤・吸着剤の利用に関する、韓国の自動車2社の動向分 析を要する。また、電気自動車について、今回の検索結果ではその他に分類されたが、水素利用の適用 先の中核は燃料電池による発電を利用した電気的車輌推進技術である。電気自動車技術について韓国の 自動車上位企業2社における水素利用に関する動向分析を要する。
- ・水素について、韓国では船舶・国防に関連する機関が上位であり、艦船における水素利用に関する動向 分析を要する。潜水艦技術について、韓国の上位2社は燃料電池について多く出願しており、燃料電池 の潜水艦適用に関する動向分析を要する。

#### e)バイオ関連の技術開発分野について

バイオに関連して出願された国際特許分類 IPC の上位カテゴリを整理した。

IPC 分類	バイオとの関連
C02F 水処理/ C02F 3	生物学的処理
C12N 微生物·酵素/ C12N 15	突然変異·遺伝子工学
C12N 微生物·酵素/ C12N 1	微生物
C12P 発酵·酵素使用/ C12P 7	有機化合物の製造
C12N 水処理/ C12N 9	酵素

バイオに関連する特許出願(世界・中国・韓国)上位機関の業種を分類した。

業種	特許出願上位企業(世界・中国・韓国)
石油精製	【中国石油化工】
遺伝子工学	【旧モンサントテクノロジー】【CJ 第一精糖】【ザイマージェン】
農業用種子	[Pioneer Hi-Bred International]
発酵化学	[DSM IP ASSETS BV]
酵素	【ノボザイムズ】【CJ 第一精糖】

世界上位の国際特許 IPC 分類カテゴリを整理し、出願上位に登場する中国企業・韓国企業による技術開発 分野に注目して、バイオに関連する情報を整理した。

- ・生物学的水処理について、微生物を利用した廃水処理・下水処理・汚泥処理に関する、中国の石油精製業における水処理技術の動向分析を要する。
- ・突然変異・遺伝子工学について、総合化学から生物化学部門に専念した旧モンサントが首位である。遺伝子治療・医薬品・ワクチン、ペプチド・アミノ酸、健康食品・機能性飼料・機能性肥料など、生物合成・遺伝子操作を活用した生物化学技術に関して、韓国企業2社を含めた動向分析を要する。
- ・微生物について、Pioneer Hi-Bred International, Inc. は米国に本拠を置く農業用種子の生産者である。 昆虫や除草剤に耐性のある遺伝子組換え作物を含め、遺伝子組換え生物 (GMO) 技術に関して動向分析を 要する。
- ・発酵を利用した製造について、オランダ DSM が出願上位である。炭鉱会社が化学肥料事業へ進出し、 現在ではライフサイエンス分野まで手掛ける総合化学メーカーへと転換している。機能性化学品を含む 有機合成技術に関して動向分析を要する。
- ・酵素について、酵素ライブラリー世界最上位のノボザイムが出願上位である。韓国企業1社と合わせて、 技術開発の動向分析を要する。

#### f)半導体関連の技術開発分野について

半導体に関連する国際特許分類 IPC 上位カテゴリと、登場する上位企業を組み合わせて、判ることを整理した。まず、5章の図表から判るように、今回の半導体に関する検索式に拠ると、国際特許分類 IPC カテゴリ H01L(H セクション:電気 /H01L 半導体装置) が世界・中国・韓国いずれにおいても大半を占めている。

IPC 分類	半導体との関連	
H01L 21/00	半導体装置 固体装置 それらの部品の製造 処理に特に適用される方法 装置	
H01L 21/00	半導体装置	
H01L 23/00	半導体 他の固体装置の細部	
H01L 27/00	1つの共通基板内上に形成された複数の半導体構成部品 他の固体構成部品からなる装置回路基板構成	
H01L 29/00	整流、増幅、発振 スイッチングに特に適用される半導体装置であり、少なくとも1つの電位障壁 表面障壁を有するもの 少なくとも1つの電位障壁 表面障壁、例、PN接合空乏層 キャリア集中層、を有するコンデンサー 抵抗器 半導体本体 電極の細部	
H01L 51/00	能動部分として有機材料を用い、能動部分として有機材料と他の材料との組み合わせを用いる 固体装置 このような装置 その部品の製造 処理に特に適用される方法 装置	

次に、5章図 5-33、図 5-37、図 5-41 の出願機関別情報より、世界・中国・韓国における出願上位の企業 は下記と判明した。なお、圏外の代表的企業を併記する。

生産品種	半導体特許出願上位企業	圏外の代表的企業
受託製造	【台湾積体電路製造 TSMC】【サムスン電子】【中芯国際集成電路製造 SMIC】	
揮発性メモリ DRAM	【サムスン電子】【SK ハイニックス】【マイクロン】	
フラッシュメモリ NAND	【サムスン電子】【マイクロン】【キオクシア】 【長江メモリ】	
ロジック IC	【IBM】【東芝】	
CPU	【インテル】	(AMD) (ARM)
GPU		[NVIDEA]
画像センサ		【ソニー】
FPGA	【インテル】	[Xilinx]
ディスプレイ	【サムスンディスプレイ】【LG ディスプレイ】【BOE】 【(株)半導体エネルギー研究所】	
パワー半導体	【東芝】	【インフィニオン】
製造装置	【東京エレクトロン TEL】【アプライド・マテリアル AMAT】	[ASML]

今回得られた各生産品種における有力プレーヤが示す研究開発戦略を整理し、必要な技術開発要素と方向性を把握することが望ましい。例えば、集積回路における微細化・多層化による小型化・高速化・小電力化はもちろん、パワー半導体の AD 変換・電圧変換・周波数変換の効率向上、日本企業が得意とする各種センサと画像処理などの複合分野が想定される。半導体技術は、ナノ・分子レベルに到達し、基礎研究による物質科学・材料科学に基づいた原理究明・メカニズム解明に支えられている。用途を意識した多様な現象解析・構造解析・組成解析により、半導体の小型化・高性能化・低電力化と同時に高信頼性・高耐久・寿命診断を実現する技術が求められている。このような状況下では、アカデミアによる研究と企業による研究が連携したプロトタイプによる設計ー検証ー評価ー改良のサイクルを廻す、腕力とスピードが問われているともいえる。

本調査研究の結果が、中国・韓国におけるカーボンニュートラル関連の政策動向・研究開発動向および有力企業の事業戦略を読み解く一助となれば幸いである。世界的に共通認識となりつつあるカーボンニュートラルに向けて、健全な技術開発競争が盛んになり、それらを支える科学に基づいた技術革新が、社会のイノベーションに繋がることを願って止まない。

### 図表目次

凶  -	世界主体の CO2 排出重におけるアンア・太平洋地域の割合	
図 1-2	日本・中国・韓国における一次エネルギー供給の構成の割合	1
図 1-3	脱炭素関連技術 (14 分野 ) の知財競争力の国別比較	3
図 2-1	中国の政府組織図(カーボンニュートラルの研究開発に関連する機関を抜粋)	7
図 2-2	第 14 次 5 カ年計画のコラムに記載されている地方政府によるプロジェクトの位置・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	12
図 2-3	エネルギー分野に関連する気候変動緩和技術の共同特許に関する中国の主な協力相手	13
図 2-4	中国の発明者が出願した低炭素エネルギー技術分野の国際特許の割合 (1990-2019)	14
図 2-5	低炭素エネルギーの関連技術分野と全技術における中国の世界特許シェア (1990-2019 年 )	
図 2-6	国家重点研究開発計画について	
図 2-7	国家重点研究開発計画の予算 (並びは表 2-6 に準じた)	
図 2-8	国家実験室の所在地・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
図 2-9	NSFC の予算推移 (2000-2021) ······	
図 2-10	国家自然科学基金におけるダブルカーボン(双碳)をキーワードとした一般プログラムの採択数	24
図 2-11	国家自然科学基金におけるダブルカーボン ( 双碳 ) をキーワードとして一般プログラムで採択された上位 30 機関	25
図 2-12	国家自然科学基金におけるダブルカーボン (双碳)をキーワードとした重点プログラムの採択数	25
図 2-13	国家自然科学基金におけるダブルカーボン (双碳)をキーワードとして重点プログラムで採択された上位 30 機関	25
図 2-14	国家自然科学基金におけるダブルカーボン (双碳)をキーワードとした重大プログラムの採択数	26
図 2-15	国家自然科学基金におけるダブルカーボン (双碳)をキーワードとして重大プログラムで採択された上位 30 機関	26
図 2-16	国家自然科学基金におけるダブルカーボン (双碳)をキーワードとした重大研究計画プログラムの採択数	27
図 2-17		
	上位 30 機関	27
図 2-18	国家自然科学基金におけるダブルカーボン (双碳)をキーワードとした青年科学基金プログラムの採択数	28
図 2-19		
	上位 30 機関	
図 2-20		
図 2-21		
図 2-22		
図 3-1	韓国政府組織図(カーボンニュートラルの研究開発に関連する機関を抜粋)	
	CCUS 技術の現状と将来像 (2050 カーボンニュートラル戦略より )	
	韓国の科学技術基本計画 (2018 年~ 2022 年 ) の全体像	
	主要な研究機関の所在地・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
	水素分野の論文数 (国別・上位国、2016年~ 2021年)	
	水素分野の論文数推移 (2016 年~ 2021 年 )	
	中国の水素分野における主要研究トピックスの論文数推移・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
	韓国の水素分野における主要研究トピックスの論文数推移・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
	バイオ分野 (全件)の論文数 (国別・上位国、2016年~2021年)	
	バイオ分野 (全件)の論文数推移 (2016年~2021年)	
	中国のバイオ分野における主要研究トピックスの論文数推移 (注 2)	
	韓国のバイオ分野における主要研究トピックスの論文数推移・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
	半導体分野の論文数 (国別・上位国、2016年~2021年)	
	半導体分野の論文数推移 (2016 年~ 2021 年 )	
図 4-11	中国の半導体分野における主要研究トピックスの論文数推移	99

図 4-12	2 韓国の半導体分野における主要研究トピックスの論文数推移	104
図 5-1	出願国ランキング (水素: 2016-2021年)	110
図 5-2	各国における出願件数の推移 (水素: 2016-2021年)	111
図 5-3	国際特許分類カテゴリによる出願件数の推移 (水素: 2016-2021年)	111
図 5-4	全世界における出願人上位ランキング 15 機関 (水素:2016-2021 年)	112
図 5-5	全世界における出願人上位ランキング 15 機関 (IPCR 別 , 水素:2016-2021 年 )	112
図 5-6	全世界における出願人上位ランキング 15 機関の位置 (水素:2016-2021 年)	113
図 5-7	中国における水素の特許ステータスの割合 (2016-2021 年 )	114
図 5-8	中国における水素に関する IPCR 別の出願件数上位 15 件 (2016-2021 年 )	114
図 5-9	中国で水素に関する特許出願をした上位ランキング 15 機関 (2016-2021 年 )	116
図 5-10	) 中国で水素に関する特許出願をした上位ランキング 15 機関の位置 (2016-2021 年 )	116
図 5-11	韓国における水素の特許ステータスの割合 (2016-2021 年 )	117
図 5-12	2 韓国における水素に関する IPCR 別の出願件数上位 15 件 (2016-2021 年 )	117
図 5-13	3 韓国で水素に関する特許出願をした上位ランキング 15 機関 (2016-2021 年 )	119
図 5-14	韓国で水素に関する特許出願をした上位ランキング 15 機関の位置 (2016-2021 年 ) ······	119
図 5-15	5 出願国ランキング (バイオ:2016-2021 年 )	120
図 5-16	6 各国における出願件数の推移 (バイオ:2016-2021 年 )	120
図 5-17	<sup>7</sup> 国際特許分類カテゴリによる出願件数の推移 (バイオ:2016-2021 年 ) ··································	121
図 5-18	3 全世界における出願人上位ランキング 15 機関 (バイオ:2016-2021 年)	122
図 5-19	9 全世界における出願人上位ランキング 15 機関 (IPCR 別 , バイオ:2016-2021 年 )	122
図 5-20	) 全世界における出願人上位ランキング 15 機関の位置 (バイオ:2016-2021 年 )	123
図 5-21	中国におけるバイオの特許ステータスの割合 (2016-2021 年 )	123
図 5-22	2 中国におけるバイオに関する IPCR 別の出願件数上位 15 件 (2016-2021 年 ) · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	124
図 5-23	3 中国でバイオに関する特許出願をした上位ランキング 15 機関 (2016-2021 年 )	125
図 5-24	- 中国でバイオに関する特許出願をした上位ランキング 15 機関の位置 (2016-2021 年 )	126
図 5-25	5 韓国におけるバイオの特許ステータスの割合 (2016-2021 年 )	126
図 5-26	6 韓国におけるバイオに関する IPCR 別の出願件数上位 15 件 (2016-2021 年 )	127
図 5-27	'韓国でバイオに関する特許出願をした上位ランキング 15 機関 (2016-2021 年 )	128
図 5-28	3 韓国でバイオに関する特許出願をした上位ランキング 15 機関の位置 (2016-2021 年 )	129
図 5-29	) 出願国ランキング ( 半導体:2016-2021 年 )	129
図 5-30	) 各国における出願件数の推移 ( 半導体:2016-2021 年 )	130
図 5-31	国際特許分類カテゴリによる出願件数の推移 ( 半導体:2016-2021 年 )	130
図 5-32	2 全世界における出願人上位ランキング 15 機関 (半導体:2016-2021 年)	131
図 5-33	3 全世界における出願人上位ランキング 15 機関 (IPCR 別 , 半導体:2016-2021 年 )······	131
図 5-34	4 全世界における出願人上位ランキング 15 機関の位置 (半導体:2016-2021 年)	132
図 5-35	5 中国における半導体の特許ステータスの割合 (2016-2021 年 )	133
図 5-36	6 中国における半導体に関する IPCR 別の出願件数上位 15 件 (2016-2021 年 )	133
図 5-37	'中国で半導体に関する特許出願をした上位ランキング 15 機関 (2016-2021 年 )	135
図 5-38	3 中国で半導体に関する特許出願をした上位ランキング 15 機関の位置 (2016-2021 年 )	136
図 5-39	) 韓国における半導体の特許ステータスの割合 (2016-2021 年 ) ······	136
図 5-40	) 韓国における半導体に関する IPCR 別の出願件数上位 15 件 (2016-2021 年 )	137
図 5-41	韓国で半導体に関する特許出願をした上位ランキング 15 機関 (2016-2021 年 )	138
図 5-42	· 韓国で半導体に関する特許出願をした上位ランキング 15 機関の位置 (2016-2021 年 ) ······	139

表A水	〈素 (2016 年 -2021 年 )	·····i
表Bハ	「イオ (2016 年 - 2021 年 )	i
表C 半	半導体 (2016 年 -2021 年 )	·····iii
表 1-1	中国と韓国におけるカーボンニュートラルに対する目標とグリーン×成長戦略の記載	2
表 2-1	中国における研究開発プロジェクト推進に関わる組織機関・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	6
表 2-2	中国の最近の5カ年計画で示されたエネルギー革新の主要な優先事項	8
表 2-3	カーボンニュートラルに関わる主な法令・政策等の一例	9
表 2-4	第 14 次 5 カ年計画の達成にむけて科技部が発表した研究開発主なプロジェクト・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	15
表 2-5	国家重点研究開発計画の状況・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	16
表 2-6	国家重点研究開発計画のテーマ一覧・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	17
表 2-7	「石炭のクリーンで効率的な利用と新しい省エネルギー技術」に採択されたプロジェクト一覧	18
表 2-8	「再生可能エネルギーと水素エネルギー技術」に採択されたプロジェクト一覧	18
表 2-9	「再生可能エネルギーと水素エネルギー技術」テーマで 2018 年に採択されたプロジェクト	19
表 2-10	「再生可能エネルギーと水素エネルギー技術」テーマで 2020 年に採択されたプロジェクト	19
表 2-11	「新エネルギー自動車」テーマに採択されたプロジェクト一覧	20
表 2-12	第 14 次 5 カ年計画に基づき整備構想が進められている国家実験室 / 国家重点実験室 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	21
表 2-13	国家自然科学基金におけるカーボンピークアウトおよびカーボンニュートラルをキーワードとした	
	各プログラム (項目)に対する採択数	23
表 2-14	国家自然科学基金のプログラム (項目)	23
表 2-15	中国科学院行動計画における研究拠点	31
表 2-16	ダブルカーボンに向けた行動計画の重点任務一覧 (中科院科技支撑"双碳"战略行动计划重点任务)	32
表 3-1	カーボンニュートラル戦略の部門別方針	55
表 3-2	カーボンニュートラルに関わる重点科学技術	59
表 3-3	韓国におけるカーボンニュートラル関連研究開発費の動向・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	60
	NRF におけるカーボンニュートラル関連プロジェクト一覧	
表 3-5	カーボンニュートラル関連プロジェクト一覧 (2022 年開始事業の詳細情報 )・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	62
	カーボンニュートラルの研究開発に関連する公的研究機関	
	KAIST におけるカーボンニュートラル関連の研究センター	
	論文データの母集団・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
	分野毎の論文の検索条件と論文数・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
	論文数が多い研究トピックス(国別)	
	論文数の伸びが大きい研究トピックス (中韓)	
	水素分野の論文数上位国の分析・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
	水素分野の論文数 (2016 年~ 2021 年 )・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
	世界の論文数トップ研究機関・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
	水素分野における各国の主要な研究トピックスと動向	
	水素分野における中国の主要な研究トピックス (論文数順)の動向	
	水素分野における中国の主要研究機関 (論文数順)	
	中国の水素研究における主な研究資金助成機関	
	水素分野における韓国の主要な研究トピックス (論文数順)の動向	
	水素分野における韓国の主要研究機関 (論文数順)	
	韓国の水素研究における主な研究資金助成機関・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
	バイオ分野の論文数上位国の分析 (注 1)	
	バイオ分野 ( 全件 ) の論文数 (2016 年~ 2021 年 )	
表 4-17	世界のトップ研究機関 (バイオ分野・全件)	86

表 4-18	バイオ分野における各国の主要な研究トピックスと動向 (注 2)	87
表 4-19	バイオ分野における中国の主要な研究トピックス (論文数順)の動向 (注 2)	88
表 4-20	バイオ分野における中国の主要研究機関 ( 論文数順 )	89
表 4-21	中国のバイオ研究における主な研究資金助成機関 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	90
表 4-22	バイオ分野における韓国の主要な研究トピックス (論文数順)の動向	93
表 4-23	バイオ分野における韓国の主要研究機関 (論文数順 )・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	94
表 4-24	韓国のバイオ研究に主要国内助成金提供機関(論文数順)・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	94
表 4-25	半導体分野の論文数上位国の分析	96
表 4-26	半導体分野の論文数 (2016 年~ 2021 年 ) ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
表 4-27	世界のトップ研究機関・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	97
表 4-28	半導体分野における各国の主要な研究トピックスと動向	98
表 4-29	,	
表 4-30		
表 4-31	中国の半導研究に主要国内助成金提供機関 (論文数順)	100
表 4-32	,	
表 4-33	半導体分野における韓国の主要研究機関 (論文数順)・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	104
表 4-34	韓国の半導体研究における主な研究資金助成機関・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	105
表 5-1	特許調査における検索条件・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
表 5-2	分野毎に設定した検索式一覧・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	109
表 5-3	国際特許分類カテゴリによる定義 (水素:2016-2021年,上位5件)	111
	全世界で特許出願された国際特許分類カテゴリによる定義 (水素:2016-2021年,上位5件)	
表 5-5	中国における水素に関する IPCR の定義の一覧 (2016-2021 年,上位 15 件)	114
表 5-6	中国で水素に関する特許出願をされた国際特許分類カテゴリによる定義 (2016-2021 年, 上位 5 件)	116
表 5-7	韓国における水素に関する IPCR の定義の一覧 (2016-2021 年 , 上位 15 件 )	118
表 5-8	韓国で水素に関する特許出願をされた国際特許分類カテゴリによる定義 (2016-2021 年,上位5件)	
表 5-9	国際特許分類カテゴリによる定義 (バイオ: 2016-2021 年, 上位 5 件)	121
表 5-10		
表 5-11	中国におけるバイオに関する IPCR 定義の一覧 (2016-2021 年 ., 上位 15 件 )	124
表 5-12	中国でバイオに関する特許出願をされた国際特許分類カテゴリによる定義 (2016-2021 年 , 上位 5 件 )	125
表 5-13	•	
表 5-14	韓国でバイオに関する特許出願をされた国際特許分類カテゴリによる定義 (2016-2021 年,上位 5 件)	128
表 5-15		
表 5-16	全世界で特許出願された国際特許分類カテゴリによる定義 (半導体:2016-2021年,上位5件)	
表 5-17	中国における半導体に関する IPCR 定義の一覧 (2016-2021 年 , 上位 15 件 )	134
表 5-18		
表 5-19	韓国における半導体に関する IPCR の定義の一覧 (2016-2021 年 , 上位 15 件 )	137
表 5-20	韓国で半導体に関する特許出願をされた国際特許分類カテゴリによる定義 (2016-2021 年 , 上位 5 件 )	139

## 執筆者一覧・調査企画

#### [謝辞]

本報告書の作成にあたり、科学技術振興機構 国際部北京事務所の茶山秀一所長および横山聡副調査役を はじめとする事務所の皆様、未来創造研究開発推進部の加藤真一調査役、菊池邦生主幹より有益な助言をい ただきました。この場を借りて深く御礼申し上げます。

#### [調査企画・執筆者]

小松 義隆 (科学技術振興機構アジア・太平洋総合研究センター フェロー)

三田 雅昭 (科学技術振興機構アジア・太平洋総合研究センター フェロー)

ファム・ティ・ヌー (科学技術振興機構アジア・太平洋総合研究センター フェロー)

岡山 純子 (科学技術振興機構アジア・太平洋総合研究センター 副調査役)

東 美貴子 (科学技術振興機構アジア・太平洋総合研究センター 調査役)

**調査報告書** APRC-FY2022-RR-04

# 中国、韓国におけるカーボンニュートラル関連の 研究開発政策動向

# R&D Policy Trends on Carbon Neutrality in China and Korea

2023年3月発行 ISBN 978-4-88890-851-1

#### 本報告書に関するお問い合わせ先:

国立研究開発法人科学技術振興機構 (JST) アジア・太平洋総合研究センター (APRC)

Asia and Pacific Research Center, Japan Science and Technology Agency

〒 102-8666 東京都千代田区四番町 5-3 サイエンスプラザ

Tel: 03-5214-7556 E-Mail: aprc@jst.go.jp

https://www.jst.go.jp/aprc/

#### Copyright © Japan Science and Technology Agency

本書は著作権法等によって著作権が保護された著作物です。著作権法で認められた場合を除き、本書の全部又は一部を許可無く複写・複製することを禁じます。転載を希望される際は、事前に上記お問い合わせ先迄ご連絡ください。引用を行う際は、必ず出典:JST/APRC調査報告書「中国、韓国におけるカーボンニュートラル関連の研究開発政策動向」として記述願います。

This report is protected by copyright law and international treaties. No part of this publication may be copied or reproduced in any form or by any means without permission of JST, except to the extent permitted by applicable law. Any quotations must be appropriately acknowledged. If you wish to copy, reproduce, display or otherwise use this publication, please contact APRC.



