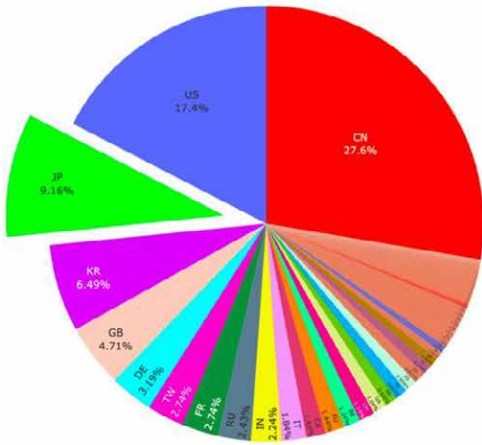
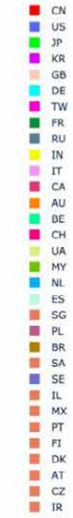


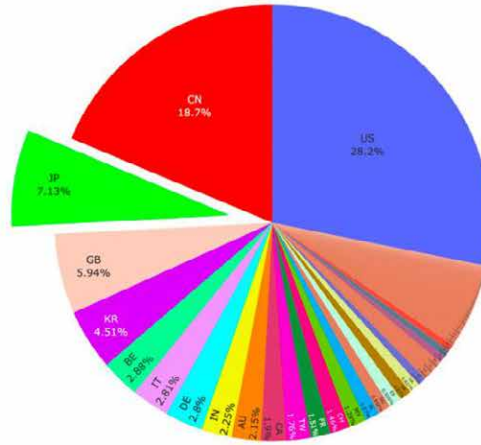
02 Advanced Engineering Materials
x 17 Semiconductors and Microelectronics



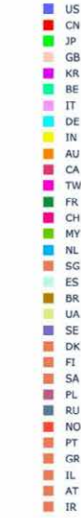
国コード



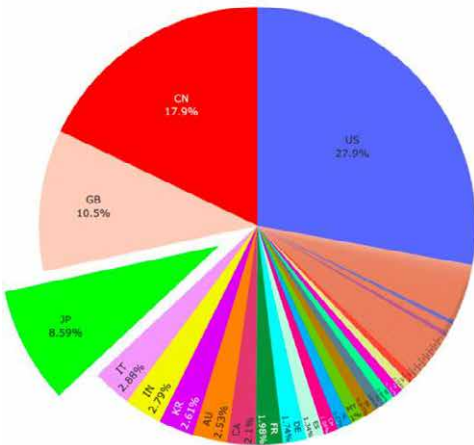
07 Artificial Intelligence
x 17 Semiconductors and Microelectronics



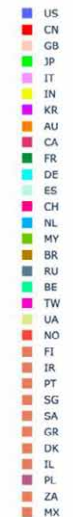
国コード



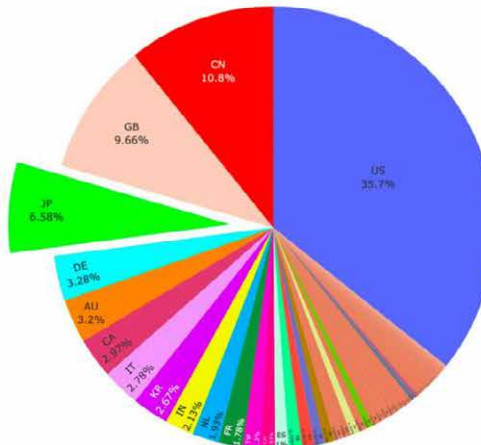
07 Artificial Intelligence
x 18 Space Technologies and Systems



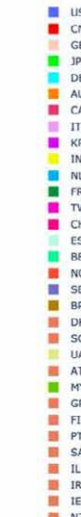
国コード



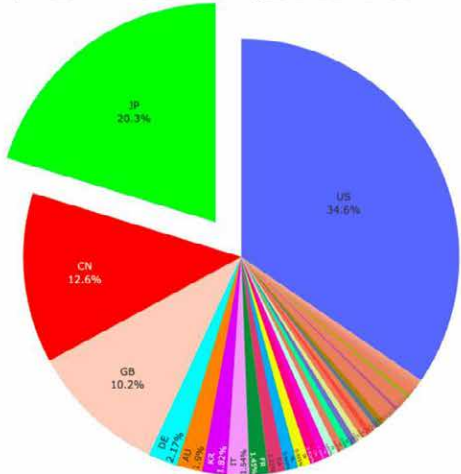
07 Artificial Intelligence
x 19 Medical Technology and Public Health



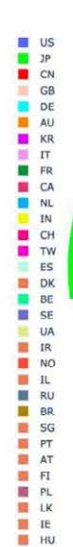
国コード



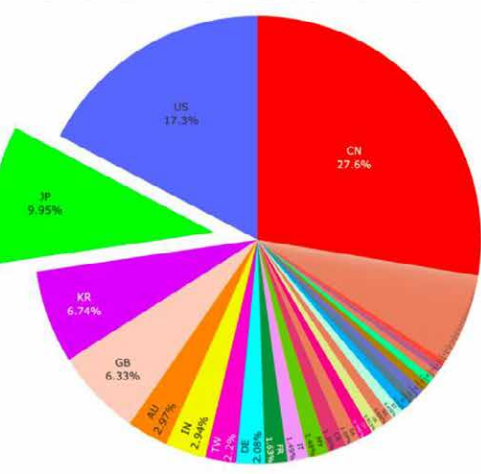
07 Biotechnologies
x 19 Medical Technology and Public Health



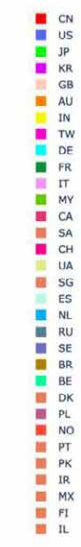
国コード



16 Renewable Energy Generation and Storage
x 17 Semiconductors and Microelectronics



国コード



(図 2-19 複数領域に属する研究者世界トップ 10¹⁰⁹)

一方で、米国の先端科学技術政策では深層学習やマシンラーニングを積極的に素材研究に取り入れようという動きが早い段階から議論されてきた。国防高等研究計画局(DARPA)は近年深層学習やマシンラーニングといった新興科学技術を先端素材の発見や開発に導入している¹¹⁰。同様の試みは米国の大学研究機関でも顕著である。例えば、コーネル大学の研究者たちは、分野横断研究プロジェクト SARA(the Scientific Autonomous Reasoning Agent)を立ち上げ、AI 技術を用いた新たな素材の発見を進めている¹¹¹。ジョンズ・ホプキンス大学の研究機関 Hopkins Extreme Materials Institute は、米国陸軍 Army Combat Capabilities Development Command (DEVCOM) Army Research Laboratory と共同で AI 技術を用いて、極限環境での軍事オペレーションを可能にする先端素材の設計をより効率的かつ迅速に行える体制を構築している¹¹²。米国では急速に変化する軍事オペレーションのニーズに対応すべく、関連する新興科学技術を駆使した素材開発が急速に進められてきた。AI やマシンラーニングは従来のラボ実験に要した膨大な時間を短縮しより効率的かつ迅速に先端素材の発見及び開発を可能にすることで、こうした軍のニーズを満たす画期的な研究手法の実現を可能にしてきた。我が国も、各省庁がそれぞれ管轄する技術領域内で主体的にイニシアティブを発揮し、新興科学技術をツールとして先端科学技術研究やその他の関連技術領域に応用していくという学際的な試みが必要であろう。科学者の中で既に「高次元科学」という概念が共有されつつあることを考慮すれば、従来の質の高い基礎研究と社会ニーズに即した応用研究とを関連する技術領域毎にマッチングさせる機能が政府内に設立することも検討の余地があるだろう。

これまで我が国で培われてきた素材研究の高い技術力と研究力を生かしつつ、AI 等の新たな革新技術をうまく融合させる形であらゆる分野の素材研究を我が国が世界でリードできれば、あらゆる新興技術のサプライチェーン上で有利な地位を築くことができる。こうした高い技術

¹⁰⁹ アスタミューゼ社再委託レポート, pp. 21-5.

¹¹⁰ DARPA, “DARPA opens door to producing ‘unimaginable’ Designs for DoD.” Retrieved from <https://www.darpa.mil/news-events/2021-01-15a>

¹¹¹ Cornell University, “How AI helps to advance new materials discovery.” *Cornell Research*. Retrieved from <https://research.cornell.edu/research/how-ai-helps-advance-new-materials-discovery>

¹¹² The U.S. Army, “Army teams with Johns Hopkins to advance materials research.” (November 16, 2021) Retrieved from https://www.army.mil/article/240874/army_teams_with_johns_hopkins_to_advance_materials_research

力がサプライチェーンレジリエンスと結びつくことで、特定の国々への輸出規制等が政策として可能になり、外交交渉においても我が国もプレゼンスがより発揮されるだろう。逆に言えば、他の革新技術とのシナジーなくして、20世紀のような革新的な素材研究を世界に送り出していくことは今後益々難しくなっていく。従来の「ラボ型」研究を脱して AI やマシーンラーニング等を駆使したデータドリブンな素材研究開発を早急に進めていく必要がある。

(2) 選択と集中による素材研究開発で「質」の面で他国を牽引

先端素材研究において、中国が量とその対象範囲で他国を凌駕する中で、量で中国を含む他国と競争するには、時間的にも予算的にも限界があるだろう。より効果的なのは、今後より重要となると予想される先端科学素材に注力して、集中的に研究開発を支援することである。特に他の先端科学技術との親和性や関係性に着目して、注力すべき分野を選定していくことが効果的だろう。また、UHTCs 等の耐熱素材に関して、以下のような当該素材の製造や評価に関わる先端技術にも注力することが効果的である。

- 耐熱素材の製造と開発のための 3D プリンティング技術及びその他新素材の開発に関連する製造技術等。
- 極度環境で使用される素材の評価メソッド
- 核融合・核分裂研究への耐熱素材の利用
- 航空宇宙エンジンの設計に関わる耐熱素材の研究の統合及び民間航空機、宇宙・軍事技術への応用。

日本にはすでに、京都大学の檜木達也教授らが航空宇宙産業への応用に関して、耐環境性 SiC 基複合材料に関するデザイン、コスト、サプライチェーン、そして産学協同の枠組みに関する研究をしており¹¹³、今後こうした研究により多くの研究資金を投じていくことが必要となるだろう。

¹¹³京都大学エネルギー理工研究所、「経済産業省『戦略的基盤技術高度化支援事業』高効率航空機エンジン向け SiC/SiC 複合材料製造工法の開発」 http://www.iae.kyoto-u.ac.jp/new-iae/ResearchProjects/JP/Project/post_3.html

第3節 高度ガスタービン技術(Advanced Gas Turbine Technology)

高度ガスタービン技術(Advanced Gas Turbine Technology)は、高温高圧のガスを原動力として、タービンを動かすことでエネルギーを生み出す内燃機関の一つである。ディーゼルエンジンやガソリンエンジンがシリンダとピストンによる往復運動でエネルギーを生み出すのに対して、ガスタービンは回転運動によってエネルギーを生み出す¹¹⁴。巨大なエネルギーを生み出すことができるガスタービンの用途は陸海空の輸送機器のエンジンとして役割を担う一方で、発電所の動力源としても重要な機能を担っている。それ故に、ガスタービンの技術革新は、電力エネルギー、ロジスティックさらには陸海空の軍事用途に至るまで幅広く影響を与える。

気候変動に対応すべく、世界は化石燃料から再生可能エネルギーへの移行を進めてきたことは周知の事実である。火力発電に主に用いられるガスタービンは、こうした流れに逆行するよう見受けられるが、近年では熱効率を最大限に高め、より効率的にエネルギーを創出できるコンバインド・サイクル・ガスタービン(CCGT)が開発され、環境負荷が軽減されたことに加え、水素燃料をはじめとした再生可能エネルギー燃料にも対応できるガスタービン技術の開発が進められてきた。こうした背景から、ガスタービン技術は少なく見積もっても 2050 年までは極めて重要な先端技術として認識されている¹¹⁵。

本章では、ガスタービン技術の概要を解説した上で、マルチユースの観点から民間用途と軍事用途のそれぞれでどのような技術革新をもたらしてきたのかを説明する。その上で、高度ガスタービン技術分野における近年の技術革新及びその要素技術について概観する。



図 3-1 ガスタービン (三菱重工製 M701F)¹¹⁶

¹¹⁴ 川崎重工業「ガスタービンとは」https://www.khi.co.jp/energy/gas_turbines/outline.html

¹¹⁵ Emine Bakana, Daniel E. Macka, Georg Mauera, Robert VaBena, Jacques Lamont, Nitin P. Padturec, “High-temperature materials for 1 power generation in gas turbines.” In Olivier Guillon (ed.), *Advanced Ceramics for Energy Conversion and Storage* (Elsevier, 2020).

¹¹⁶ <https://power.mhi.com/jp/products/gasturbines/lineup/m701f>