

(1)医療・公衆衛生分野における注目される重要技術

新型コロナウイルスの感染拡大、世界中、特に先進国でワクチン開発競争、ワクチン獲得競争が激化したことは記憶に新しい。日本国内においては、感染拡大を受けて多数の組織でワクチン開発に向けた取り組みがなされているものの、国産ワクチンの実用化には至っていない（図 20-3）。

コロナワクチン開発の進捗状況(国内開発)＜主なもの＞				
開発企業(※1)	基本情報	取り組み状況(※2)	生産体制整備等	研究費(※3)
①塩野義製薬 感染研/UMNファーマ 高組換えタンパクワクチン	ウイルスのタンパク質(抗原)を遺伝子組換え技術で作成し人に投与	第Ⅰ/Ⅱ相試験を開始(2020年12月) アジュバントを変更した製剤による第Ⅰ/Ⅱ相試験を開始(2021年8月) 第Ⅱ/Ⅲ相試験を開始(2021年10月) 第Ⅲ相試験を開始(①発症予防効果検証 2021年12月、②抗体価の比較 2022年1月) ブースター用試験を開始(2021年12月) 青少年(12・19歳)用第Ⅱ/Ⅲ相試験を開始(2022年5月) 小児(5-11歳)用第Ⅰ/Ⅱ/Ⅲ相試験(第Ⅰ期)を開始(2022年7月) 60歳以上の4回目接種に係る第Ⅱ/Ⅲ相試験を開始(2022年7月) 成人用初回免疫用・ブースター用ワクチンについて、薬事承認申請(2022年11月24日) 小児(5-11歳)用第Ⅰ/Ⅱ/Ⅲ相試験(第Ⅱ期)、小児(5-11歳)用ブースター用第Ⅲ相試験を開始(2023年1月)	生産体制等緊急整備事業で476.9億円を補助	<ul style="list-style-type: none"> AMED(R1年度) 100百万円 感染研 AMED(R2年度一次公募) 1,312百万円 塩野義 AMED(R2年度二次公募) 50百万円(R2)塩野義 4,306百万円(R3)塩野義
②第一三共 東大医科研 ※mRNAワクチン	ウイルスのmRNAを人に投与 人体の中でウイルスのタンパク質(抗原)が合成される	第Ⅰ/Ⅱ相試験を開始(2021年3月) 第Ⅱ相試験を開始(2021年11月) ブースター用試験を開始(2022年1月) ブースター用試験の第Ⅲ相試験を開始(2022年5月) 第Ⅲ相試験を開始(2022年9月) 成人向けブースター用ワクチンについて、薬事承認申請(2023年1月13日)	生産体制等緊急整備事業で295.7億円を補助	<ul style="list-style-type: none"> AMED(R1年度) 150百万円 東大医科研 AMED(R2年度一次公募) 2,105百万円(R2)第一三共 6,674百万円(R3)第一三共
③アンジェス 阪大/タカラバイオ ※DNAワクチン	ウイルスのDNAを人に投与 人体の中で、DNAからmRNAを介して、ウイルスのタンパク質(抗原)が合成される	2020年6月、9月に第Ⅰ/Ⅱ相試験を開始し、その後、2020年12月に第Ⅱ/Ⅲ相試験を開始したが、期待する効果を得られず。 高用量製剤での臨床試験(第Ⅰ/Ⅱ相試験相当)を開始(2021年8月) 主要評価項目が期待する水準に至らず開発中止(2022年9月)	生産体制等緊急整備事業で93.8億円を補助	<ul style="list-style-type: none"> 厚生科研(R1年度) 10百万円 大阪大 AMED(R2年度一次公募) 2,561百万円 アンジェス AMED(R2年度二次公募) 994百万円(R2)アンジェス 4,100百万円(R3)アンジェス
④KMバイオロジクス 東大医科研/感染研/基盤研/Meiji Seikaファルマ ※不活化ワクチン	不活化したウイルスを人に投与(従来型のワクチン)	第Ⅰ/Ⅱ相試験を開始(2021年3月) 第Ⅱ/Ⅲ相試験を開始(2021年10月) 第Ⅲ相試験を開始(2022年4月) 小児用第Ⅱ/Ⅲ相試験を開始(2022年4月) 小児用第Ⅲ相試験を開始(2023年1月)	生産体制等緊急整備事業で285億円を補助	<ul style="list-style-type: none"> AMED(R2年度一次公募) 1,094百万円 KMB AMED(R2年度二次公募) 35百万円(R2)KMB 4,792百万円(R3)KMB
⑤VLPセラピューティクス ※mRNAワクチン(レプリコンワクチン)	ウイルスのmRNAを人に投与 人体の中でウイルスのタンパク質(抗原)が合成される	第Ⅰ相試験を開始(2021年10月) ブースター用試験を開始(2022年2月) ブースター用試験の第Ⅱ相試験を開始(2022年9月)	生産体制等緊急整備事業で182.9億円を補助	<ul style="list-style-type: none"> AMED(R2年度二次公募) 1,295百万円(R2)VLPセラピューティクス 7,815百万円(R3)VLPセラピューティクス

※1 生産体制等緊急整備事業で採択された企業を掲載 ※2 取り組み状況については、開発者から聞き取り

(図 20-3 日本国内におけるコロナワクチン開発の進捗状況⁷⁷⁴)

昨年度、一昨年度の報告書にあるとおり、ワクチンを国内で開発及び生産できる体制を整備することは、国民の健康への寄与のみならず、外交や安全保障の観点からも極めて重要である。こうした背景から、内閣府健康・医療戦略推進事務局は、「ワクチン開発・生産体制強化戦略に基づく取組状況について」とする国家戦略を取りまとめ、政府一丸となって必要な体制を再構築し、長期継続的に取り組む、としている⁷⁷⁵。

⁷⁷⁴ 厚生労働省. (2023). 「コロナワクチン開発の進捗状況(国内開発)＜主なもの＞」. Retrieved from: <https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000949944.pdf>

⁷⁷⁵ 内閣府 健康・医療戦略推進事務局. (2022). 「ワクチン開発・生産体制強化戦略に 基づく取組状況について」. Retrieved from: <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kenkou/ryou/sanyokai/gou/dai21/siryou1-3.pdf>

3. 薬剤・製薬・創薬の分野で期待される技術

(1) プレシジョン・メディシン（精密医療）

プレシジョン・メディシン（精密医療）は、遺伝子、環境、ライフスタイルの個人的な違いを考慮し、病気の予防と治療を調整する革新的なアプローチとされている。個別化医療につながるものと期待されている。この医療は、平均的な患者を対象とした画一的なアプローチを施すように設計されており、治療が成功しないケースも存在する。精密医療は、患者の遺伝子を解析して得られた情報から、適切なタイミングで適切な治療を提供することができることとされ、個別化医療につながるものと期待されている。

新型コロナウイルス感染症に対するワクチンは、メッセンジャーRNA（mRNA）ワクチン（代表例：ファイザー・ビオンテック社、モデルナ社製）、ウイルスベクターワクチン（アストラゼネカ社、ジョンソン・エンド・ジョンソン社）など様々な種類が開発されている。mRNA ワクチンは、スパイクタンパク質の DNA 情報を元にそれを無力化する抗体をつくるというもので高い感染症予防効果があるが、mRNA ワクチンの弱点は、変異株に対する効果が低減することである。

次のワクチンとして期待されているのが、ペプチド・ワクチンと呼ばれる、抗原となるペプチドを接種し、それに対して免疫を確立させるワクチンである。日本国内では既になん治療の一つとして開発が盛んに行われている分野で、新型コロナウイルスの感染拡大を受けて、この原理を応用できるかどうかについて研究が始められているところである。ウイルスの増殖や存続に関わる遺伝情報をターゲットにし、ウイルス構造の根幹に影響を与えないスパイクタンパク質の遺伝情報は、頻繁に変異を起こすため、mRNA ワクチンの効果が低減するが、ウイルスの増殖や存続に関わる遺伝情報は変化しない点に着目したワクチンとして研究が活発になっている⁷⁷⁶。

(2) セル・アンド・ジーン・セラピー（細胞・遺伝子治療）

細胞・遺伝子治療は、病気の治療、予防、あるいは治癒の可能性を目指して、その病気が先天性であるか後天性であるかにかかわらず、根本的な治療法として期待されている。

細胞・遺伝子治療は、下図のとおり厳格なサプライチェーンの上に成立している⁷⁷⁷。米国を例にとると、細胞・遺伝子治療を提供する企業は、新型コロナウイルス感染症の治療活動を有線するために、

⁷⁷⁶ Yang, H. et al. (2022). Developing an Effective Peptide-Based Vaccine for COVID-19: Preliminary Studies in Mice Models. *Viruses*, 2022 Mar; 14(3): 449. DOI: [10.3390/v14030449](https://doi.org/10.3390/v14030449)

⁷⁷⁷ McKi nsey & Company. (2022). COVID-19 and cell and gene therapy: How to keep innovation on track. Retrieved from:

<https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Pharmaceutical%20and%20Medical%20Products/Our%20Insig>

細胞培養液など、細胞・遺伝子治療にも必要となる資源を欠き、多くの細胞・遺伝子治療プログラムが停止する結果となった。⁷⁷⁸⁷⁷⁹

パンデミックで直面したサプライチェーンの課題は、サプライチェーンのつながりの脆弱性を浮き彫りにし、サプライヤーは緊張と需要の増加に対処するための新しい戦略を設計することで適応することを余儀なくされた⁷⁸⁰。

我が国では、日本医療研究開発機構（AMED）を中心として関連省庁で連携しながら細胞・遺伝子治療の分野融合的な研究を推進している⁷⁸¹。細胞治療、遺伝子治療どちらのアプローチも遺伝子または遺伝子を導入することから、実用化にあたっては、基礎研究の更なる蓄積が求められていること、安全性や製造技術等などの技術面の課題、法整備の必要性など、産業化にむけては様々な課題が存在している。

<https://www.fda.gov/vaccines-blood-biologics/cellular-gene-therapy-products/COVID-19-and-cell-and-gene-therapy-How-to-keep-innovation-on-track-vF.pdf>

⁷⁷⁸ Ibid. .

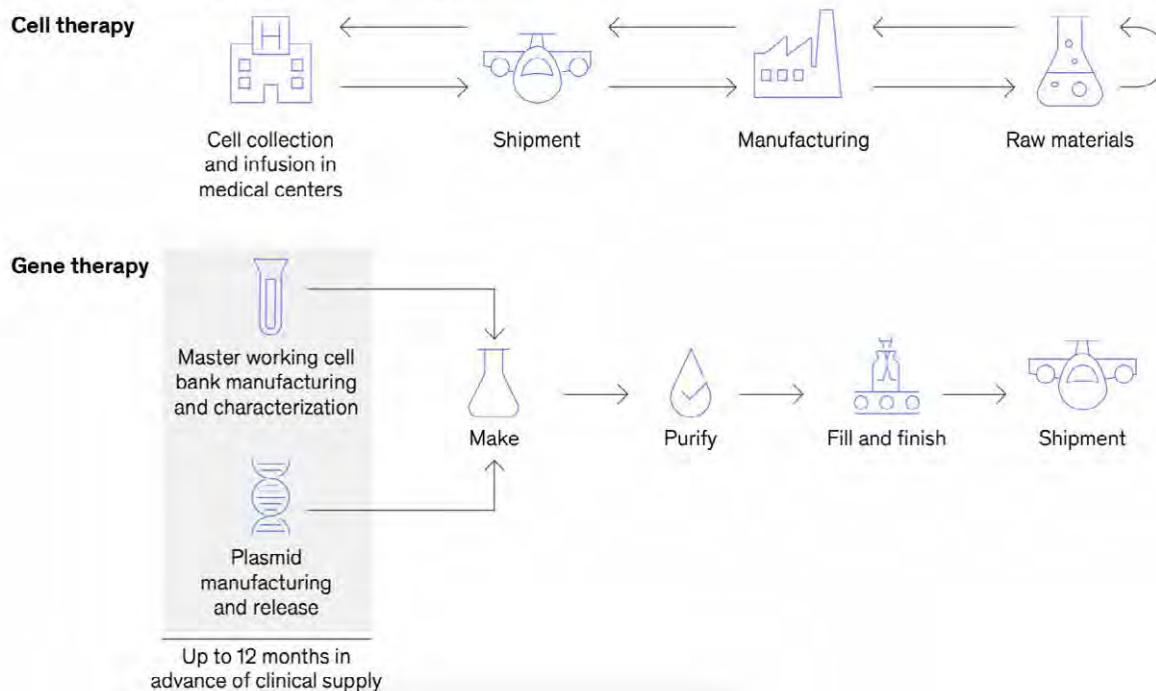
⁷⁷⁹ Cellular & Gene Therapy Products. Cellular & Gene Therapy Products. (9 December 2022). Retrieved from: <https://www.fda.gov/vaccines-blood-biologics/cellular-gene-therapy-products>

⁷⁸⁰ Qiu, Tingting, et al. (2021). The impact of COVID-19 on the cell and gene therapies industry: Disruptions, opportunities, and future prospects. *Drug Discovery Today*, 26(10): pp.2269-2281. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2021.04.020>

⁷⁸¹ 国立研究開発法人日本医療研究開発機構. 「再生・細胞治療・遺伝子治療プロジェクト」. Retrieved from: <https://www.amed.go.jp/program/list/index03.html>

The supply chains that support the manufacture and delivery of treatments are long, complex, and highly controlled.

Cell-therapy and gene-therapy supply chains



(図 20-4 細胞・遺伝子治療の流れ⁷⁸²⁾)

(3) モノクローナル抗体

モノクローナル抗体とは、モノ（単一）クローナル（クローニング：同じ遺伝子型を持つ生物の集団）抗体のことで、がん細胞などの異物についている特定の抗原のみに結合するように作製されている。

1986年に大阪大学の研究グループによって発見されたインターロイキン6（IL-6）は、免疫系細胞から放出されるサイトカインと呼ばれるタンパク質のひとつで、炎症を起こす要因となることが発見された。このIL-6の働きを阻害する医薬品アクテムラ⁷⁸³は、世界的に成功した日本初の新薬のひとつとされ、関節リウマチなどの自己免疫疾患や炎症性疾患において重要な役割を持つ⁷⁸⁴。

モノクローナル抗体は、既にある種のがんを含む多くの疾患の診断と治療に使用されており、コロナウイルスの治療において臨床的に有効であることが示されている。たとえば、2020年6月には、中

⁷⁸² Ibid.

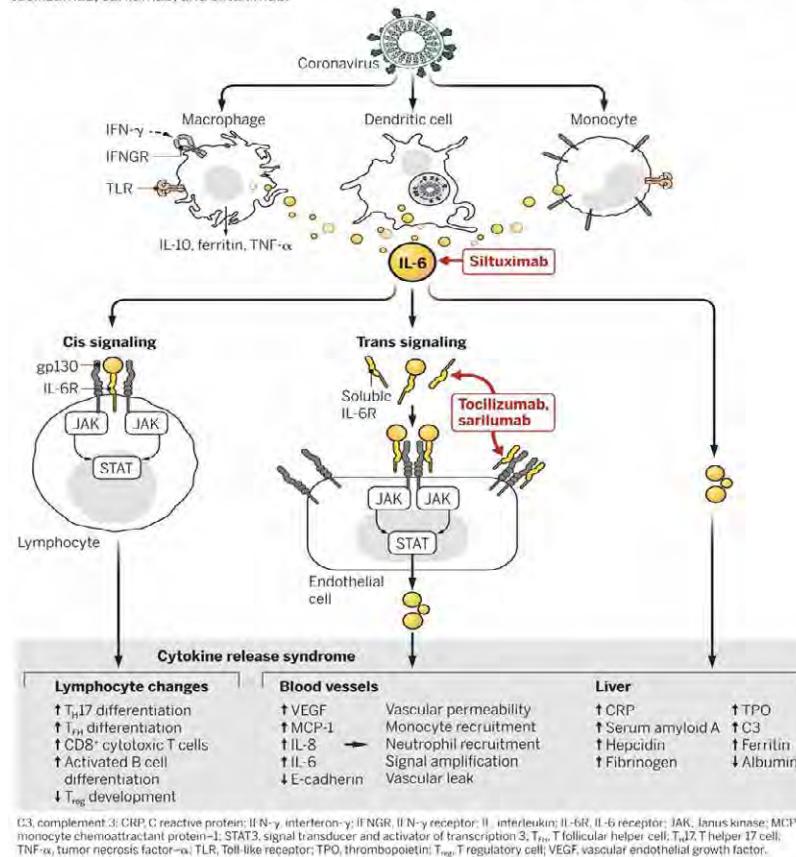
⁷⁸³ 一般財団法人日本リウマチ学会. 「関節リウマチ（RA）に対するIL-6阻害薬使用の手引き」. Retrieved from: https://www.ryumachi-jp.com/publish/gui de/gui del i ne_i l -6/

⁷⁸⁴ 橋詰 美里, 大杉 義征. (2014). 「IL-6の多様な作用」 自己免疫性疾患および炎症性疾患におけるIL-6の意義」. 日本薬理学雑誌, 144(4): 172-177. DOI: <https://doi.org/10.1254/fpj.144.172>

国で新型コロナウイルスに感染した重症患者の IL-6 値が異常に高いことが判明した際、アクテムラの投与によって症状が改善したとする研究結果が発表された⁷⁸⁵。新型コロナウイルスに感染した重症患者は、免疫細胞の炎症が暴走するおよそサイトカインストームが生じているとされており、このような患者に対しては、IL-6 の投与が応用できると考えられている⁷⁸⁶。実際に、SARS-CoV-2 のスパイクタンパク質を標的とするモノクローナル抗体は、オミクロン株などの特定の変異株に対しての有効性は劣るものの、SARS-CoV-2 感染症の治療において臨床的に有用であることが示されている⁷⁸⁷。

Pathways leading to cytokine release syndrome

Coronavirus infection results in monocyte, macrophage, and dendritic cell activation. IL-6 release then instigates an amplification cascade that results in cis signaling with T_H17 differentiation, among other lymphocytic changes, and trans signaling in many cell types, such as endothelial cells. The resulting increased systemic cytokine production contributes to the pathophysiology of severe COVID-19, including hypotension and acute respiratory distress syndrome (ARDS), which might be treated with IL-6 antagonists such as tocilizumab, sarilumab, and siltuximab.



(図 20-5 サイトカイン放出症候群が引き起こされる流れ⁷⁸⁸)

⁷⁸⁵ Xu, Xiaoling, et al. (2020). Effective treatment of severe COVID-19 patients with tocilizumab. *Proceedings of the National Academy of Science*, 20 May 19; 117(20):10970-10975. Doi: 10.1073/pnas.2005615117.

⁷⁸⁶ Moore John. B and June, Carl H. (2020). Cytokine release syndrome in severe COVID-19. *SCIENCE*, 17 April 2020. 368(6490): pp. 473-474. Doi:10.1126/science.abb8925.

⁷⁸⁷ NIH Covid-19 Treatment Guidelines. Anti-SARS-CoV-2 Monoclonal Antibodies. Retrieved from: <https://www.covid19treatmentguidelines.nih.gov/therapies/antiviral-s-including-antibody-products/anti-sars-cov-2-monoclonal-antibodies/>

⁷⁸⁸ Ibid.

まとめ

(1) 経済安全保障戦略の形成に関わる重要性

経済安全保障における医療・保健（公衆衛生）分野での重要科学技術の影響を、多角的な視点から具体的な経済安全保障戦略を考えていく必要がある。我が国の新たな国家安全保障戦略の策定に向けて、経済安全保障を基軸とした「外交力」「防衛力」「経済力」の要素に反映させ、合わせて科学技術イノベーションをも下支えする形で経済安全保障の策定を進めなければいけないと政策提言している。その上で、具体的な経済安全保障戦略を考えていくには情報収集・分析を駆使した調査から現存する重要技術の喪失の可能性を理解することが最優先と考える。よって、メインカテゴリーからサブカテゴリーを選定したリストの重要技術の構造を理解するため、学術論文データベースを基に研究開発の取り組み状況を把握し可視化することが重要である。それにより日本の経済安全保障上のリスクを理解し、問題意識を共有することができる。

(2) 調査分析結果に基づくインプリケーション

医療・公衆衛生分野（図中では領域カテゴリ 19 : Medical technology and Public health）での個別領域分析結果によると、論文数は、他分野と比較すると上位に位置しており論文の生産性に貢献していると示唆される。さらには複数領域に属する研究者数も多く、研究や開発におけるシナジーが高いといえよう（図 20-6）。



(図 20-6 複数領域に属する研究者数 Matrix)

第3章 まとめと示唆

最後に、本調査から得られた知見をまとめたうえで、そこから得られる政策的インプリケーションについて検討してみたい。なお、本報告書では特定技術のシェアを軸に分析しているものの、特定技術のシェアは経済安全保障上のリスクを検討する際のひとつの指標にすぎないため、政策としての具体化に際しては個別分野のさらなる深堀調査を通じたリスクシナリオの明確が必要となることには留意しておきたい。

1. 分析のまとめ

日本としてリスクを抱えている領域の確認／強みのある領域の確認

全体の傾向

重要技術 20 分野の研究者数の推移をみると、先端コンピューティング、先端製造技術、センシング、AI、ロボティクス、通信、Fintech、HMI、量子、医療・公衆衛生、サイバーセキュリティ分野で研究者が増加している。一方で、ガスタービン、原子力、指向性エネルギー分野では研究者数が減少傾向にある。研究者を国別属性で計測すると、これらを専門とする研究者数は米国と中国に多く、次いで英国、日本が続く。

所属機関国別の研究者数と研究者の推定国籍との間にはギャップがあり、20 分野は総じて国外で研究を行う中国籍研究者が多くなっている。特に、先進原子力、AI、自動化システム、バイオ、指向性エネルギー、量子、医療はシェアに 5%以上の乖離が見られる。このことは、20 分野が中国にとってまだ技術を内製化できていないか、積極的に海外から技術を獲得しようとしている分野であることを意味している。

研究者数で見れば、ガスタービン、原子力、AI、バイオテクノロジー、指向性エネルギー、Fintech、宇宙、医療については米国が優勢であるのに対して、先端工業素材、量子、半導体では中国が優勢であった。一方で、通信とサイバーセキュリティは、インドの比率が高く見られた。

組織の属性でみると、全体的に情報工学関連分野は大学が研究の中心となる傾向がみられるが、ガスタービンは企業、原子力は専門機関がリードするという傾向が強い。

日本の立ち位置

重要技術 20 分野の分野別研究者について、日本を 1 とした場合の相対的な割合は、上述のとおり総じて米国・中国が数の面で優位にあるものの、原子力、先端工業素材、センシング、原子力、バイオテクノロジー、指向性エネルギー技術、Fintechにおいては、日本の研究者数が多いことが明らかとなった。特に、原子力技術の研究者数は日本が世界 1 位、バイオテクノロジー、指向性エネルギーが、ともに世界 2 位の数を擁する。

一方で、ガスタービン、サイバーセキュリティ分野は日本人研究者の割合は小さい。また、日本人研究者のうち、原子力、指向性エネルギー、通信、原子力、Fintech、極超音速分野では、日本国内の研究機関に所属しているものと推察される一方、ガスタービン・サイバーセキュリティ分野では、日本国外の機関研究を行う研究者が多いものと考えられる。

日本の研究者が携わった同志国研究機関との共著論文については、AI、量子、半導体、宇宙分野で米国およびEU諸国との成果が他の分野に比して多く見られた。これらの分野では、同志国とのさらなる共同研究を進めることが望まれる。他方、懸念国研究機関との共著論文は、先端工業素材、AI、バイオテクノロジー、半導体分野で多く見られた。

こうした研究に関わる日本側の研究者の所属先は、国立大学法人・研究所を中心に幅広く確認された。共同著作の相手先は、中国の組織が最も多く、なかでも天津大学、電子科技大学、ハルビン工業大学、四川大学、北京航空航天大学等が多く見られた。ガスタービンと極超音速分野での共同著作論文は検出されなかったが、これは日本の同分野の研究者数が相対的に少ないことが理由の一つとして考えられる。

なお、AIや半導体分野は、同志国、懸念国双方との共同研究が多いことには注意が必要であり、二国間だけでなく、多国間で科学技術情報の管理枠組みを考えていく際の留意点となろう。

国を超えた研究者の移動のデータを見ると、日本の研究者の海外組織への流出が少ない分野は、通信、原子力、Fintech、極超音速分野で、多くは日本国内の組織に留まっている。一方で、**先端工業素材、AI、半導体分野では、国内から海外組織への流出者数も多く確認された。**先進性や専門性において日本より海外機関の方に優位性が高い場合に、その組織が日本の競合国に所在する場合であっても移籍をするという傾向がみられる。先端素材分野では、中国、ロシアが当該分野での研究の先頭を走り、中国科学院、露科学アカデミー等が多数の研究者を擁しているが、この分野の日本の研究者がこれらの国の研究機関に移籍するケースが見られた。この傾向はAI等でも見られ、より先端的な研究を行っている研究機関へより良い環境を求めて移籍するものと推察される。

経済安全保障上のリスクと強み

① リスクを抱えている領域

一般論として、日本の研究者が少ない、研究機関が少ないことをリスクと捉えれば、重要技術20分野のいずれにおいても一定水準を保持することが理想的である。

極超音速、再生可能エネルギー、半導体、ガスタービン、サイバーセキュリティ分野において、日本は研究者数、研究機関数ともに主要国と比較して相対的に少ない傾向にある。これら技術は安全保障の観点からみても、いずれも重要かつ先端的な研究が求められるものばかりであり、絶対数の少なさは基盤的研究能力の脆弱性にもつながりうる。

このような弱みに対しては、分野横断的な要素技術となる AI やサイバーセキュリティ分野に特化して重点的に強化するという方法が考えられる。国内機関に所属する数少ない研究者を育成する観点からも、共同研究や、同志国との技術協定の締結、ITRE や ISS などの多国間プロジェクトへの推進が日本の経済安全保障にも少なからず貢献する可能性がある。

② 強みのある領域

原子力技術と指向性エネルギー分野では、研究者が比較的日本国内に留まっているものと推察される一方、ガスタービン・サイバーセキュリティ分野では国外の機関で研究をしている研究者が多いものと考えられる。このほか、先端コンピューティング、センシング技術、バイオテクノロジー、Fintech、指向性エネルギー技術領域では、それらの研究機関として日本の大学が世界の中でも数の上で上位を占めている。

2 つ以上の専門分野を複合的に組み合わせて研究する複合領域の研究者に焦点を当ててみると、日本は概ね多くの分野で米国や中国に次ぐ 3 位から 4 位に位置する。とりわけ、**先端工業素材技術を軸に AI、半導体、先端製造技術、再生エネルギー、宇宙技術等を組み合わせた複合技術の研究に強みを持つことがわかった。**

重要技術 20 分野の研究者と研究機関が米国、中国に集中しているという本調査結果に鑑みると、同志国との協調、共同研究協力体制の構築・強化は、日本における先端技術研究に一定の成果をもたらすものと見込まれると同時に、競合国との差別化、ひいては経済安全保障の確保を図るうえでも有益である。米国は、AI・量子・半導体・宇宙技術において多数の共同研究の実績があり、中国はサイバーセキュリティ分野での共同研究が多くみられる。米国と中国それぞれが特徴的な動きをしている。

投資すべき分野：弱く懸念国依存度が高い分野

① 個別領域

量子

量子技術は通信・測量・計算の三要素における革新性の高さから、米国、欧州、中国等を中心とした国々では、量子が国家戦略の最重要技術として位置づけられている。我が国でも 2020 年に「量子技術イノベーション戦略」を策定し、国をあげて量子技術の研究開発を促進してきた。この枠組みの中で、量子に関する「技術（量子技術）を基に、関連する技術（周辺技術として必須な技術も含む）を幅広く包含した上で、それらの成果を産業化・事業化等に結び付ける」と量子技術戦略を明確に位置づけ、研究開発投資を大幅に拡充するとともに、研究開発拠点の整備や人材育成等の取り組みを行っている。

世界の量子研究の人材等の動向を分析すると、当該分野の研究者は年々増加傾向にあり、米国、英国、中国で全体の 7 割を占め、日本の研究者数は世界で 4 番目に位置する。研究者の属性をみると、中

国科技大、中国科学院、カリフォルニア大が多くの所属人数を擁し、研究者の推定国籍からは国外で研究を行う中国籍の研究者が多いことが推察される。また当該技術に対する投資規模も中国は米国に次いで大きく、米国との技術覇権をめぐる競争が最も激化している分野の1つである。技術の特異性を見出し方は様々あるが、量子技術をもちいた関連技術に活路を見出すなど、領域横断的な対応がひとつのアプローチとなろう。

ガスタービン

ガスタービン技術は研究者数・研究機関数ともに米国が群を抜いて一位の数を擁する。また、当該技術は産業との関連が強く、独シーメンス、米バイカーヒューズといったガスタービン製造企業に所属する研究者も数多くみられる。すなわち、日本が劣位に置かれているものの、同志国に強みのある分野である。永遠の同志国はないことから、こうした状況を経済安全保障上どのように定義するかは検討の余地があるが、対応の優先順位は相対的に下がると考えてよいのではないだろうか。

核融合

核融合はエネルギー安全保障の観点から主要各国で研究開発が進められてきた分野である。特に、「国際熱核融合実験炉」(ITER)に参画する形で日本を含む主要各国が研究開発に取り組んできた。また、ここ10年では中国も本格的に核融合技術の開発に取り組んでおり、他国を凌ぐスピードで研究開発を進めている。ITER以来の核融合技術の開発は、米ソ冷戦期の東西対立を超えた国際的な技術協力の下で進められてきた。その一方で、近年の中国の急速な研究開発は、経済安全保障上大きな意味を持つだろう。

日本は、原子力エネルギーに関する研究開発に一定の優位性があり、核融合に関しても同志国と引き続き、技術協力を進めながら、技術開発において特に重要な「プラズマ物理学」等の新興学問領域の開拓をこれまで以上に促進していくことが求められる。

②複合領域

日本は、総じて複数領域にまたがって成果を創出する研究者の層は厚く、特に**先端工業素材技術**を軸に**AI、半導体、先端製造技術、再生可能エネルギー、宇宙技術**等を組み合わせた複合的研究に強みを持つ。たとえば、**バイオテクノロジー×医療・公衆衛生**で米国に次ぐ世界2位に位置しているほか、**再生可能エネルギー×半導体、先端工業素材×半導体**や**AI×半導体、先端コンピューティング×AI**で米中に次ぐ世界3位となっている。AI×宇宙技術及びAI×公衆衛生、先端工業素材×先端製造技術で米中英に次ぐ世界4位に位置している。世界的に見ても、先端工業素材技術や半導体、AIといった技術領域は学際性が強い領域であり、分野間の複合研究の論文も極めて多い傾向にある。この意味で、日本の複合領域における強みは世界のトレンドとほぼ一致していると言える。

一方で、シェアに焦点を当てると、依然として米国と中国からは大差をつけられている複合領域が多いことも指摘することができる。たとえば、大半の複合領域で米国が 30%、中国が 20%近いシェアを有しているのに対して、日本のシェアはバイオテクノロジー×医療・公衆衛生では 20.3%のシェアを誇るが、それ以外の複合領域はほぼ 10%以下に留まっている。

先端工業素材技術や先端製造技術においては、AI や先端コンピューティング技術を駆使した先端研究が米国を中心に進められていることに鑑みれば、日本においてもより学際的な研究環境を醸成していくことが今後さらに求められるだろう。また、日米中以外の国では、一部に英国が研究者層の厚みを持つ複合領域があり、米国のみならず、英国との共同研究推進、研究者承知を進めることによって、日本の研究者のさらなる育成を進め、競争力を維持・強化することも選択肢のひとつとなろう。

③強いから投資するのか、弱いから投資するのか

繰り返しになるが、本報告書では特定技術のシェアを軸に分析しているものの、特定技術のシェアは経済安全保障上のリスクを検討する際のひとつの指標にすぎない。より具体的な対応のプライオリティを考えるには、本報告書でも描いてきたような技術の用途やそれが喪失した際に生じる問題などを加味しつつ、受容可能なリスクシナリオとそうでないものを明確にする作業が必要となろう。この点は、本報告書の調査結果を出発点として個別技術に焦点を当てたさらなる深堀調査を進めていくことが望ましい。

いずれにしても、どの技術分野に国が投資をするかという問題は、安全保障戦略においても極めて重要な問題である。この問題を経済安全保障の観点からとらえると、成長分野に投資することは当事者へ経済的便益をもたらすとともに、国家の競争力を強化することにもつながるという点で、社会的経済的意義も十分に満たすと考えられる。技術分野における国際協力の促進が安全保障に寄与するという観点でいえば、日本における研究者数、研究組織数ともに少ない極超音速や再生可能エネルギー、半導体に対して、研究土壌の成熟度が低いことを弱みと捉えて投資をするという考え方もできる。

米国や中国は数の面で圧倒的なリソースを有することもあり、あらゆる技術に対して包括的に国家が投資をしている。特に中国は、たとえば先端工業素材分野ではほぼ全ての素材分野に対して包括的に投資をしており、特許申請数もあらゆる素材分野で他国を凌いでいる。こうした全方位的な投資戦略を日本が選択することは、そのリソースそして予算規模からして難しいだろう。

こうした中で、世界で特に注目されているかつ日本に比較優位がある特定の技術領域に投資をしていくことが求められる。この点で、複合領域研究の強化は重要なアプローチのひとつである。核融合技術を例にとれば、核融合の技術開発そのものに投資をすることはもちろん重要であり、多くの国がそうした取り組みを進めていることは間違いない。

一方で、たとえば核融合炉に使用される耐高温素材等は日本が比較的比較優位がある分野であると同時にマルチユースが可能な分野である。核融合技術そのものへの投資も重要であるが、素材のよう

に特定の科学技術の発展に不可欠な要素技術やその素材の研究に集中的に投資を行うことは我が国がとり得る戦略として検討する価値があるだろう。

シェアの大きな同志国

全ての領域において研究者数と研究機関数ともに米国が圧倒的な数を擁する。それに次いで中国が続く形となる。こうしたことからあらゆる技術領域で米中の技術覇権競争を垣間見ることができる。大半の技術領域でこの2国のシェアが全体の半分近くを占めている。またガスタービン技術等いくつかの分野では英国も大きなシェアを有している。同志国に対象を絞れば、米国に加えて英国が大きなシェアを有することになるわけである。今後国際的な技術協力やナレッジシェアリングを促進していく際に、米国はもちろんのこと、英国との協力も重要となるだろう。

一方で、安全保障のアライアンス形成の観点から言えば、英国のインド太平洋戦略には本質的な欠点があることも指摘されている。米英豪間で軍事同盟 AUKUS が締結されたことから、英国のインド太平洋地域に対する関心度の高さが近年増していることは明らかである。しかし、具体的にどのような関係を構築していくかという点については議論が極めて希薄である⁷⁸⁹。こうした問題が技術協力に関しても顕在化する可能性が高く、英国との協力の際には、価値やビジョンの共有はもちろん、より具体的なビジョンやプログラムの策定が重要になるであろう。

2. 経済安全保障の確保に向けた政策的示唆

ここまでの調査内容を踏まえて、最後に日本の経済安全保障の確保に向けたいくつかの政策的示唆及び論点について考えてみたい。

○日本にとっての経済安全保障リスクの不断の再定義

政策的・戦略的判断をするにあたって重要なのは、日本にとっての経済安全保障上のリスクをめぐると定義と基準を明確に持つことである。一般的に言えば、経済安全保障のリスクとは、たとえば①情報・技術・人材の流出リスク、②評判（レピュテーション）リスク、③貿易規制・制裁・投資規制、④サプライチェーンの途絶リスク、⑤職員・学生・研究者等の人権および安全に対するリスクなどが挙げられるだろう。そしてそこには、従来の防衛政策や科学技術政策、産業政策などをはじめとして、さまざまな政策分野にかかわる利害が入り込んでおり、それがいかんにして経済安全保障の問題であるのかが問われる。

⁷⁸⁹ Jones, Catherine. "Assurance and Deterrence in the UK's East Asia Policies: (In) credible UK?." *The RUSI Journal* (2023): 1-13.

国家安全保障戦略や経済安全保障重要技術育成プロジェクト等において、現段階でのリスク認識が明示され、それをもとに政策が形成されていくという今日の流れは、政策の実行可能性・検証可能性を高めるといって好ましい。そのうえで、科学技術の発展速度は早く、国際政治情勢も刻一刻と変化するため、上述のような手段を通じて海外の影響力が日本にとって好ましくないかたちで行使されるシナリオは短期間に大きく変わりうる。また、産業競争力の向上、防衛装備品の確保、科学論文の生産といった問題は従来の政策においても長らく重視されてきたポイントであり、それがいかに経済安全保障の問題にかかわってくるのかという政策のフレーミングも一定ではないだろう。したがって、いったん定められたリスク評価やリスクシナリオは常に見直され続けるべきであり、事態への対処という受動的（リアクティブ）な対応のみならず、積極的かつ先見的（プロアクティブ）に抑止力および国際競争力を強化することが望まれる。

○国際連携の選択肢：「第二、第三の連携パートナー」の検討

経済安全保障の観点から国益保護のために自律性・不可欠性を高めていく取り組みはもちろん重要だが、結局のところすべての供給を日本単独で完結させることはできないという前提は常に確認する必要がある。そこで対外連携の強化をつうじて政策選択肢を増やしておくことも重要になってくる。国際的に共有可能な規制ルールを構築しつつ、そこで何を受け入れて何を受け入れられないか、どうしても犠牲になるものは何かということは常に考える必要がある。

経済安全保障の取り組みは軍事安全保障の取り組みとも密接に結びついており、それゆえに対米関係が基調になることは確かである。米国は、経済安全保障についても一定の議論が重ねられているだけでなく、経済版 2 プラス 2 など含めた枠組みが構築されているため、もっとも連携しやすいパートナーでもある。

他方、米国から見れば、科学技術の規制・研究開発等を中心とする国際連携を必ずしも日本を中心に展開しているわけではない面もある。たとえば、人工知能分野ひとつとっても、米国の連携はバイラテラルな国家間関係や統合人工知能センター（JAIC）が構築している多国間枠組みに加えて、TTC、Quad、G7 などを含む複数のミニラテラルな枠組みの組み合わせによって展開されている。その結果として、日米の国益や保有資源が常に良いかたちでかみ合うとは限らない。また、日本は投資の遅れや学術基盤の縮小をはじめとするイノベーション環境の劣化ゆえに、米国と中国に比して科学技術上の競争力において後れを取っているなど、日米が向き合う経済安全保障上の課題やそれを取り巻く環境が常に一致しているとは限らない。

したがって、経済安全保障の実現を目指すにあたって米国との連携を中心としつつも、米国のみにより徹底的に依存するのは避けるべきであり、欧州等を含めた同志国との間で協力関係の多角化を模索し

ておくことが望ましい。しかし、技術分野によって米中以外の強みを持つ国は大きく異なってくるため、技術分野ごとに連携のあり方をデザインする必要がある。たとえば、先進コンピューティングやガスタービン、先進製造、センシング、AI、量子など多くの技術領域において、英国は有力な選択肢となりうるため、包括的な研究協力体制の強化が望ましい。また、ネットワーク技術やフィンテックといった分野においてはインド、サイバーやHMI技術では韓国、オーストラリアといった諸国も連携強化の選択肢となりうる。

○技術開発・利用をめぐる「縦割り」の解消と情報共有の体制

新興科学技術が備えるセクター横断的な開発・利用という特徴と、いわゆる行政の「縦割り」は、イノベーションの効率性という観点からは極めて相性が悪い（後述のマルチユースに関する議論も参照）。とりわけ、日本が技術領域横断的な取り組みに強みを見出そうとしていくのであれば、この問題は早急に解決しておくべきである。経済安全保障という観点からも、多くの機関は経済安全保障を本来任務にしているわけではなく、とりわけ防衛関連のテーマが絡む際にはこれをどこが所掌するかというのは、制度上困難な問題となりうることに留意する必要がある。

現状では、内閣府が所管してきたSIP、ImPACTやムーンショットといった省庁横断型プログラムをのぞけば、公的な研究開発は文部科学省、経済産業省、厚生労働省、総務省、防衛省などが、それぞれの政策目的に沿うかたちで設計し、実施することが基本となっている。こうした既存官庁の制度デザインにおいて、研究開発の成果を特定の目的に閉じずに活用していくことを志向するのはハードルが高い。また、先端的な技術開発および実装を進めるにあたって、国際共同開発（民間ではなく、政府間の）の推進、国際標準等のルール形成、経済安全保障のための国際規制作りなどにかかわっていくことも不可欠のとりくみになるが、そうした外向きの政策実施にあたって一定の役割を果たすことになるであろう外務省自体には研究開発機能が付帯しているわけではなく、現体制下の情報共有には限界がある。さらに、経済安全保障の観点から重要技術の特定・利用・規制を進めるにはその軍事・防衛的な観点からの精査が不可欠であるが、防衛省によるこうした技術情報へのアクセスは制度的には明らかではない。

こうした課題を解決し、経済安全保障の観点から研究開発成果の「マルチユース」を実現するには、特定の省庁が開発した技術を閉じずに全省庁がアクセス可能な体制、ないし技術利用のあり方について省庁横断的に議論・共有する仕組みが必要となろう。この際、必ずしも研究開発プロジェクトそのものを所管する省庁だけでなく、外交・防衛・安全保障を所管する外務省と防衛省もこのプロセスに参画する仕組みを制度的に構築することが望ましい。

この際、各省庁に付随する現行の調査機能は、こうした仕組みの基盤となるに足る優れた調査・企画立案能力を持ち、これを積極的に活用して包括的な情報共有体制を構築していくことが考えられる。しかしその一方、既存の調査機能は必ずしも経済安全保障上のリスク分析をすることを主務としておらず、むしろ、それぞれの所管官庁が元来備えている政策目標の実現のために機能することが想定されているはずである。経済安全保障問題の領域横断的な性質にかんがみて、また、上述の縦割り回避の観点からも、新たに立ち上げられる安全・安心シンクタンクには、あくまでも経済安全保障のための政策調査・提言機能を果たすという観点から、現行の情報統括・企画調査機能を含めてある程度一貫してコントロールする権限を与えるべきである。

また、新たな経済安全保障シンクタンクには、政府が保有する秘匿性の高い情報にアクセスする権限を持たせる必要がある。このために必要なクリアランスは、従来機関等との任務の違いから異なる基準で運用されることが想定されるため、安全・安心シンクタンクに必要な独自のアクセス権限を付与する必要があるだろう。他方、安全・安心シンクタンクに集積される技術情報は、一定程度、省庁横断的に活用されるかたちで制度をデザインする必要がある。その点、クリアランス基準の設定に際して、情報アクセス権限の分類には実効性も踏まえた慎重な検討が必要となろう（秘匿性が高すぎると同シンクタンク自体が縦割りを再強化する可能性がある）。

このほかに、現在進められている内閣府主導の研究開発プロジェクトおよび情報収集体制を敷衍してこうした省庁横断的研究開発・利用の仕組みを再構築することも考えられるが、参画者が各省益の代弁者になり、縦割りの再生産につながることを防ぐための仕組みづくりは同様に徹底すべきである。今後設立される安全・安心シンクタンクがそのためのハブになるとすれば、そこで専従の研究官・行政官を設置すると同時に、産・官・学の充て職・客員・クロスアポイントメント等の制度整備も併せて進め、セキュリティクリアランスを確保しつつ人材の流動性を高められる体制を構築することで、情報の半自動的な流通とキャリア形成が可能な仕組みを作るなどといった対応も考えられよう。

○人材育成

本調査におけるデータおよび考察から考えられるもうひとつの示唆は、人材育成の重要性である。とりわけ、特定分野における研究者のシェアや移動に関しては、中国の「千人計画」やハイテク人材育成計画、あるいは米国における STEM 人材育成の取り組みに一定の影響を受けていることが予想される。これらは中長期的な視点から見た研究開発人材の育成という側面があり、日本も中長期的な観点から経済安全保障に重要な特定技術分野を定義し、そうした技術を確保するために必要な人材の育成に努める必要がある。

そのために、中長期的な視点から、現在の研究開発ニーズに従って投資の重点化を行うだけでなく、科学研究のパラダイムシフトを想定し、将来の技術動向や研究課題・社会課題に対応可能な人材の育成を先取りして進める必要がある。たとえば 2030 年、2050 年を射程に量子インターネットを実現させるための研究課題、あるいはそれが実現した際の社会課題に取り組むことのできる人材育成が不可欠である。それには現在研究開発に携わっている研究者だけでなく、高校生や大学生などを含めて将来の研究課題を見据えた育成のあり方を検討し、さらに現在問題となっている初等・中等教育のあり方の再考も含めて、科学技術人材の育成システムを再構築することも考えられよう。また、マルチユースの観点からは、民間セクターにおける研究開発投資が短期的な利益追求に偏る可能性があることをふまえて、政府が長期的視点からリスクを引き受けつつ投資を行う仕組みが必要となろう。

もっとも、短期的な経済安全保障上の課題にも対処しなければならない。たとえば、経済安全保障をめぐる情勢理解や判断能力の欠如、さらには技術の特定作業などをめぐる目利き能力（たとえば政治・経済・外交・軍事・技術の知識を兼ね備えた人材等）の不足は各所から聞こえてくる課題であり、そうした能力を備えた人材は現行の教育制度からは出てこない。このような能力を促成するための短期的な手立てとして、今後発足するシンクタンク機能に教育機能を持たせるなど、情報の収集のみならず、人材育成等を含めた広く一般向けの情報共有の仕組みを整備することが大事になってくるだろう。あるいは中長期的には、経済安全保障の教育・研究を行うための専門機関を立ち上げることも必要となろう。

こうした能力育成の対象には、技術管理者等だけではなく、新興科学技術の研究開発の当事者となる理工系研究者等、さらには国際政治、経済、経営、安全保障を専門とする社会科学系の研究者等も含まれる。これらの人材は、安全・安心シンクタンクにおける調査分析・企画立案の実務のみならず、各省・民間セクターの実務に携わるなど、経済安全保障の専門家人材としてふるまうことが期待される。

また、経済安全保障上の重要技術の研究開発に従事する人材を増加させるために、広く海外から研究者・技術者を集めることは短期的に研究開発能力を確保するという観点から選択肢となりうる。また、グローバルサウスを含む諸外国の人材育成・獲得のための取り組みを併せて実施することによって、日本との技術連携や人材集積の可能性を高める準備をしていくことも重要である。中国も同様の取り組みを実施しており、対抗的な措置としての側面もある。

日本の研究者についても、海外で研究を推進する仕組みを整備し、日本に集積させることも短期的には必要である。もちろん、こうした取り組みは過去にも科学競争力の向上といった目的のもとに行われてきたし、近年もスタートアップ事業者にシリコンバレーへの留学を促す仕組みなどが立ち上がっている。

しかし、これらの諸施策は現状、日本にとって重要な技術の研究開発能力を集積するという目的化していないことは、本調査の国際シェアに関する結果から明らかであり、また、人の移動を伴うこれらの施策について懸念国との関係等リスク情報が加味されてきたとも言い難い。これらの施策について、経済安全保障上のリスクを考慮したかたちでリデザインすることが求められよう。

3. マルチユースのコンセプトをふまえた新興科学技術の実装

○「マルチユース」の検討

科学技術の研究開発成果は、研究者の意図を超えて、学術的な成果だけでなく、産業利用、防災利用、社会システム維持、安全保障等の多様な用途に使用されうる。特に新興技術においては、予め用途が特定されうるものではない。研究開発成果の用途が多様であることについては「科学技術の多義性」と表現されてきたが⁷⁹⁰、直近は、「マルチユース」という言葉で言及されるようになってきている⁷⁹¹。この概念を改めて定義しなおすと、マルチユースを特徴づける要素としては、①技術の用途、②技術の利用主体、③技術を獲得するための資金の出し手等がある。

①については、基礎となる技術は共通しているが、最終的な用途の違いにより求められる精度・能力が異なるという特徴に着目したものである（いわゆる軍民＝デュアルユース）。たとえば、昨今の半導体技術は、家電、自動車等で我々の生活を支える一方、将来空飛ぶクルマの運航やメタバースを構築すると共に、AIの演算能力向上やドローン、ミサイル等の誘導に使用されている。

②については、利用主体が異なる側面に着目したものであり、とりわけ公的利用と民間利用の違いが想定される。たとえば、衛星それ自体や獲得したデータ（獲得のための技術は同じであるが）のように行政による利用と民間における利用がありうるケースが想定される。また、光学センサー技術も好例であり、民間における医療や学術用途から、公的な防災や安全保障の用途に使用されてきた。

このような、用途やユーザーの性質が多様に組み合わさるがゆえに、③については、だれがその発展を担うのかという問題を射程に含める必要が出てくる。たとえば日米欧中は、半導体技術の重要性に鑑み民間企業のみならず国家レベルでも数兆円規模の支援を行い、技術獲得に努めている。他方、民間企業による当該技術の実装に向けた取り組みの程度は、市場への期待・ボリュームの見通しに依存しがちである。その結果として、民間が独自資金のみで行うというものから、複数の民間企業等が結集する技術組合の形態を取り負担するものやそれらに公的支援（アンカーテナンシーや試験環境提供等）が加わるなどの形態が想定されうる。

⁷⁹⁰ （第6期科学技術・イノベーション基本計画）／統合イノベーション戦略 2022

⁷⁹¹ （国家防衛戦略）

○技術の「マルチユース」をふまえた実装の手続き

獲得すべき研究開発成果が、マルチユースであるという特徴を踏まえ、官民の役割分担を踏まえた実装化のアプローチを検討する。

戦略的自律性や戦略的不可欠性が求められる技術については、政策目的を満たす手段として何の要素（技術、制度作り含め）が求められるかを官民で特定するとともに、公的利用、民間利用のそれぞれの出口や実装化の時期を明確化して、研究開発に取り組む必要がある。技術の獲得可能性、獲得後の社会実装の可能性をマルチユースという特徴を踏まえ最大限高める方策の検討が期待される。

技術開発の主体となりうる民間企業にとっては、戦略的不可欠性が求められる技術は技術要素の特定や獲得まで時間もかかり、技術成立性も低く、民間企業だけがリスクを取って技術開発に取り組むインセンティブは乏しい。他方、研究開発費を公的セクターのみが負担した場合、それらが実装化されたとしても、公的利用だけに留まるのならば、公的セクターのみが社会実装の維持費（生産ライン、人員の貼り付け等）を負担することとなり、高コスト傾向となるケースが散見される。また、民間企業に関しても公的セクター頼みの生産は、他の政策の影響や予算の多寡により、年度毎の生産量の振れ幅が大きくなり、安定的に生産基盤を維持、人を貼り付けておく事が出来る生産量を割り込む可能性がある。

マルチユースを踏まえ技術獲得を図ることにより、初期段階のまだ民生利用が多くない段階では、公的セクターでの活用が民間企業にとって一種のアンカーテナンシーとして機能し、民間企業の開発を支えることとなる。他方、民的利用が拡大する段階となれば、膨大な民的利用の生産ラインの一部で公的利用も実装されることとなり、生産の安定性が増し（企業の撤退等のリスク小、高コスト体質回避）、公的セクターは、（予算等の）予見可能性を持って実装化が図られる。

マルチユースを踏まえてこれまで、公的、民生のそれぞれ1つの出口だけでは実装できなかったものが、多様な用途や利用者を想定した投資等により実装化の可能性が高まることが期待される。

○技術の発展段階に応じたアンカーテナンシーの導入

SBI R (Small Business Innovation Research) 制度は、令和3年度、「科学技術・イノベーション創出の活性化に関する法律」に根拠規定を移管し、イノベーション創出に寄与する制度とするための抜本的な改革が行われ、それに基づき令和4年6月に「令和4年度特定新技術補助金等の支出の目標等に関する方針」、「指定補助金等の交付等に関する指針」が策定された。

これらに基づき研究開発型スタートアップ企業を対象に、補助金等の施策が行われている。技術獲得に向けて、フェーズ1から3までの多段階での支援が行われており、さらに技術獲得した後の実装化の際に一定量の公的利用をアンカーテナンシーとして保証することにより民間企業に事業予見性を高めることができる。

○公的利用に係る知的財産の非独占的使用

マルチユースの技術獲得のやり方として、1つの会社、集団が最後まで研究開発を行いきることができれば良いが、途中段階で民間側がギブアップする可能性もあるところ、知的財産に関して公的利

用に係る分については非独占とする契約を交わし、その後異なる会社、集団による研究が開始されたとしても、その段階まで獲得した要素技術は活用できる方策が必要ではないか（企業がギブアップ、倒産した場合また1からやることを回避）。これにより、パートナー企業の安定性を過度に重視し、これまでと代わり映えしない企業だけではなくベンチャー等新たな企業の参画が期待される。

○マルチユースを踏まえた実装化の具体的事例

たとえば宇宙開発の分野においては、米国 NASA が COTS (Commercial Orbital Transportation Services) プログラムを実施した。NASA と民間企業のパートナー企業との官民による共同開発 (NASA \$396M/スペース X \$454M) を行い、宇宙輸送能力のサービス調達を図ったが、COTS は当初より商業打ち上げ市場環境の構築も視野に入れており、結果的に COTS を通して構築した輸送能力において、スペース X は商業打ち上げ市場で大きなシェアを獲得している。ISS への宇宙飛行士の輸送 (クルードラゴン) となれば公的利用であり、スターリンク衛星や受託した他社 (国) 衛星の打ち上げを行うとなれば民生利用である。特にロケットサービスは信頼 (打ち上げ実績) が重要であり、実績が少ない段階では NASA による発注がアンカーテナンシーとして機能し、スペース X の信頼づくりと資金繰りを支えたと考えられる (もっとも、そのスターリンクシステムがウクライナに提供されたことに着目すれば、こうした技術の用途の境界線があいまいであるということも意識させられることになる)。

また、日本の海洋分野においては、経済安全保障重要技術育成プログラムにおいて AUV の慣性航法精度向上・運用手法の効率化を進めようとしているが、海洋基本計画においては、海洋資源開発関連産業の戦略的展開として、民間企業への技術移転 (洋上風力発電所のメンテナンス、海底ケーブル検査、海底資源・水産資源調査等) につながることを見据え共同研究開発、国際標準化を進めていくことが記載されている。

○「協議会」での官民の役割

マルチユースを踏まえて新興技術の開発を効果的に実施し、その社会実装を加速させるには、経済安全保障推進法に定められた「協議会」で下記の役割分担に基づく体制を構築し、幅広い民間プレイヤーの参画を促すことが望まれる。協議会においては、官は①公的利用としての利用者 (ユーザー)、②技術獲得を図る際の既存技術や、試験環境設備の提供先 (メーカー)、③実装化を見据えた、制度・ルール作りを行う (ルールメーカー) といった役割が想定される。参画する民間企業は、研究開発の実施、量産化、(市場・サービスがあれば) 運用などさまざまなフェーズに関与することが見込まれるため、協議プロセスの早い段階からこれらの取り組みに関わる民間企業のニーズや課題を議論の俎上に載せていくことで、社会実装を加速させることができるのではないかと (たとえば、量産化の立場の者からはサプライチェーン等の課題、運用者からは実装での運用性、利用者の利便性、騒音等の社会受容性といった課題が提出されるかもしれない)。

官民の協議により、民間企業は、①からアンカーテナンシー等としての公的利用の規模を探り、②により技術成立性を高めるための方策を検討し、③により民生利用の時期、事業実現性を検討し、自

らも技術獲得、事業化までの金融ファイナンスも含めたロードマップを検討できるのではないだろうか。

○シンクタンクでの諸外国でのマルチユースによる研究領域の探索

産学官のデータベースおよび調査能力（たとえばアスタミューゼ社や eCSTI 等）を活用し、グラント、知的財産の公的セクター、民間企業の割合調査を通じて諸外国においてマルチユースを踏まえて実施している研究領域を見つけられる可能性があるのではないか。また、諸外国でのマルチユースの特徴を踏まえた、課題発見、支援パッケージ等に向けた引き続きの調査が必要である。

4. 情報収集体制の構築に向けて

マルチユースのコンセプトに基づく技術開発・実装を進めていくには、官民どちらの視点にも偏らず、かつ、従来の科学技術政策や経済産業政策のみならず軍事・防衛の視点を踏まえた情報収集を進め、それを経済安全保障の文脈に落とし込んだ分析につなげていくことが不可欠である。さらに、技術開発を国内政策としてだけでなく、国際協力やルール・規範形成にもつながるような戦略に展開することを見据えることも重要であろう。こうした観点から、今後発足するシンクタンク機能において継続調査を進める場合に、こういったポイントについて、どのような体制・データを用いて定点観測すべきかを提示する。

5. 継続的な技術的なキーワードの更新

冒頭で論じた通り、今年度の事業においては、指定された 20 技術分野について広範囲調査を実施したが、これらは米国の「輸出管理改革法（ECRA）」、および「重要・新興技術戦略」を参考に、日本独自の関心を加味してリスト化されたものと思われる。それをもとに、本事業では米国が 2022 年 2 月に省庁横断的な検討を通じて更新した「重要・新興技術戦略」のサブカテゴリーリストに基づいて調査対象技術の細分化を試み、情報が欠けている領域については追加のキーワード指定を行った。

言うまでもなく、もとより米国のリストは米国自身の関心や視点を反映して組み立てられたものであり、必ずしも日本にとっての重要性を踏まえたものとなるとは限らない。米国の定義中心、あるいは現状で想定されている用途ベースで安全保障上の懸念や重要性を深堀していただくだけでなく、比較優位のある技術分野から安全保障上の位置づけやニーズを作り出していくための方策も考えていく必要がある。

そのためにもまず、日本の経済産業・科学技術政策的な視点からキーワードを抽出する必要がある。この点についてはすでに、NEDO-TSC や JST の分析でも進められているところである。そのうえで、軍事安全保障的な観点からのキーワード抽出を進める必要がある。本事業でも各国安全保障政策を参照したうえで軍事上の重要技術をあぶりだす作業を試みているが、より重要な作業として、防衛省・防

衛装備庁との定常的な連携をつうじて、日本の防衛政策・防衛計画をふまえた技術ニーズを継続的に反映させる必要もあろう。

経済安全保障上の重要なキーワードを抽出するために少なくともこれらの、米国（および各国）の技術動向や関心、日本の経済産業・科学技術政策、日本の軍事安全保障政策の三つのオーバーラップ領域を確認したうえで、日本独自の重要技術リストを作成していく必要がある。また、変化の速い技術とそうでない技術の階層を作ったうえで、毎年、隔年、三年に一度など、自前調査・委託のバランスや頻度を検討するなど、持続可能な調査のための工夫が必要である。

参考文献

- Juan Guerrero-Ibáñez, et al. Technologies for Intelligent Transportation Systems. *Sensors* (Basel). 2018 Apr; 18(4): 1212. DOI:10.3390/s18041212
- IAEA. 2020. *Advances in Small Modular Reactor Technology Developments*. Austria: IAEA.
- Cl aessens, Michel . 2020. *ITER: The Giant Fusion Reactor: Bringing a Sun to Earth*. Springer Nature.
- Department of Energy. (2021, December 10). 6 Things You Should Know About Nuclear Thermal Propulsion. Retrieved from <https://www.energy.gov/ne/articles/6-things-you-should-know-about-nuclear-thermal-propulsion>
- Ichord, Robert F. Jr. and Jennifer T. Gordon. (2020). *Innovation in Nuclear Energy Technologies: Implications for US National Defense*. Washington, DC: Atlantic Council.
- King, Marcus, LaVar Huntzinger and Thoi Nguyen. (2011). *Feasibility of Nuclear Power on U.S. Military Installations*. CAN.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2021. *Space Nuclear Propulsion for Human Mars Exploration*. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Research Council. (2006). *Priorities in Space Science Enabled by Nuclear Power and Propulsion*. Washington, DC: The National Academies Press.
- NASA. (n.d.). Advanced Stirling Radioisotope Generator (ASRG). Retrieved from <https://rps.nasa.gov/resources/65/archival-content-advanced-stirling-radioisotope-generator-asrg/>
- NASA. (n.d.). Radioisotope Power Systems. Retrieved from <https://rps.nasa.gov/missions/17/transit-iv-a/>
- The National Academy of Sciences. (2009). *Launching Science: Science Opportunities Provided by NASA's Constellation System*. Washington, DC: The National Academies Press.
- OECD. 2021. *Small Modular Reactors: Challenges and Opportunities*. Nuclear Energy Agency Organisation For Economic Co-Operation and Development.
- Robyn, Dorothy and Jeffrey Marqusee. (2019). *The Clean Energy Dividend: Military Investment in Energy Technology and What It Means for Civilian Energy Innovation*. Information Technology and Innovation Foundation.
- Prelas, Mark. (2016). *Nuclear-Pumped Lasers*. Springer.

Benford, James, John A. Swegle, & Edl Schami loglu. (2007). *High Power Microwaves, third edition*. CRC Press.

Ellis, Jason. (2015). *Directed-Energy Weapons: Promise and Prospects*. Center for New American Security.

Parmentola, John and Tsipis, Kosta. (1979). Particle-Beam Weapons. *Scientific America* 240.

Pongratz, Morris B. (2017). Los Alamos Participation in Active Experiments in Space. New Mexico: Los Alamos National Laboratory. Retrieved from

<https://permalink.lanl.gov/object/tr?what=info:lanl-repo/lareport/LA-UR-18-20883>

Roberds, Richard M. (1984). Introducing the particle-beam weapon. *Air University Review*, 35(5).

Sayler, Kelley M. (2021, September 28). *Department of Defense Directed Energy Weapons: Background and Issues for Congress*. Congressional Research Service.

The US Army Centre of Military History. (1983). *Department of the Army Historical Summary, FY 1981*. Washington D.C. U.S. Army Center of Military History).

原子力エネルギー技術

IAEA. 2020. *Advances in Small Modular Reactor Technology Developments*. Austria: IAEA.

Cl aessens, Michel . 2020. *ITER: The Giant Fusion Reactor: Bringing a Sun to Earth*. Springer Nature.

Department of Energy. (2021, December 10). 6 Things You Should Know About Nuclear Thermal Propulsion. Retrieved from <https://www.energy.gov/ne/articles/6-things-you-should-know-about-nuclear-thermal-propulsion>

Ichord, Robert F. Jr. and Jennifer T. Gordon. (2020). *Innovation in Nuclear Energy Technologies: Implications for US National Defense*. Washington, DC: Atlantic Council.

King, Marcus, LaVar Huntzinger and Thoi Nguyen. (2011). *Feasibility of Nuclear Power on U.S. Military Installations*. CAN.

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2021. *Space Nuclear Propulsion for Human Mars Exploration*. Washington, DC: The National Academies Press.

National Research Council. (2006). *Priorities in Space Science Enabled by Nuclear Power and Propulsion*. Washington, DC: The National Academies Press.

- NASA. (n.d.). Advanced Stirling Radioisotope Generator (ASRG). Retrieved from <https://rps.nasa.gov/resources/65/archival-content-advanced-stirling-radioisotope-generator-asrg/>
- NASA. (n.d.). Radioisotope Power Systems. Retrieved from <https://rps.nasa.gov/missions/17/transit-iv-a/>
- The National Academy of Sciences. (2009). *Launching Science: Science Opportunities Provided by NASA's Constellation System*. Washington, DC: The National Academies Press.
- OECD. 2021. *Small Modular Reactors: Challenges and Opportunities*. Nuclear Energy Agency Organisation For Economic Co-Operation and Development.
- Robyn, Dorothy and Jeffrey Marqusee. (2019). *The Clean Energy Dividend: Military Investment in Energy Technology and What It Means for Civilian Energy Innovation*. Information Technology and Innovation Foundation.
- Prelas, Mark. (2016). *Nuclear-Pumped Lasers*. Springer.