

# 国立国会図書館 調査及び立法考査局

Research and Legislative Reference Bureau  
National Diet Library

論題 Title	標題紙、はしがき、要約、目次、奥付
他言語論題 Title in other language	Preface / Summary / Contents
著者 / 所属 Author(s)	関谷 毅 (SEKITANI Tsuyoshi) / 大阪大学産業科学研究所教授、長井 寿 (NAGAI Kotobu) / 国立研究開発法人物質・材料研究機構名誉研究員
書名 Title of Book	マテリアル科学—最先端と未来への選択肢— 科学技術に関する調査プロジェクト報告書 (Materials Science: The State of the Art and Future Options)
シリーズ Series	調査資料 2023-6 (Research Materials 2023-6)
編集 Editor	国立国会図書館 調査及び立法考査局
発行 Publisher	国立国会図書館
刊行日 Issue Date	2024-3-27
ページ Pages	—
ISBN	978-4-87582-924-9
本文の言語 Language	日本語 (Japanese)
摘要 Abstract	—

\* この記事は、調査及び立法考査局内において、国政審議に係る有用性、記述の中立性、客観性及び正確性、論旨の明晰（めいせき）性等の観点からの審査を経たものです。

\* 本文中の意見にわたる部分は、筆者の個人的見解です。

科学技術に関する調査プロジェクト2023報告書

# マテリアル科学

## —最先端と未来への選択肢—

2024年3月



国立国会図書館  
調査及び立法考査局

科学技術に関する調査プロジェクト 2023 報告書

**マテリアル科学**  
**—最先端と未来への選択肢—**



2024 年 3 月

国立国会図書館  
調査及び立法考査局

\* 本報告書『マテリアル科学—最先端と未来への選択肢—』は、国立国会図書館調査及び立法考査局による科学技術に関する調査プロジェクトの一環として、外部に委託し実施した調査研究の成果報告書です。掲載されている記事等は全て外部調査機関及び外部有識者によるものであり、国立国会図書館の見解を示すものではありません。

\* 本報告書の記事を全文又は長文にわたり抜粋して転載する場合には、事前に当局調査企画課（[bureau@ndl.go.jp](mailto:bureau@ndl.go.jp)）に御連絡ください。

## はしがき

マテリアル（材料、ナノテクノロジー、デバイスを総称）は現代の生活、産業の土台である。マテリアル科学（マテリアルに関する科学的な研究、試験、技術開発を総称）は、ウェルビーイング向上の推進力であり、我が国の国際競争力の源泉として、その力を発揮してきた。ところが近年、国際状況は急速にしかも大きく変化している。環境問題などに対応する高機能な材料開発が期待され、経済安全保障の確保、責任ある資源調達の観点からもマテリアル科学の重要性が強く認識されている。一方、国際的には我が国のマテリアル科学力の相対的な低下があらわになっている。

本報告書は、マテリアル科学の現状を分析し、未来への選択肢を探るために、各国の振興策、最新動向、特に研究開発のデジタル・トランスフォーメーション（DX）、国際的視野から導かれる資源問題の留意点、ウェルビーイング向上を阻むマテリアルの性能劣化について、文献調査、有識者ヒアリング（個別及び公開ワークショップ）、現地訪問などにより、調査、分析した（付録参照）。その際、資源の枯渇リスク、資源調達における地政学上のリスク、紛争鉱物の排除等の倫理的・法的・社会的課題などを踏まえ、かつ多方面の有識者からの助言も参考に分析して、未来への選択肢を探った。

調査を通じて、マテリアルが我が国の主要産業であり、経済力の源泉である一方、マテリアルの研究開発や人材育成に長期間を要することが広く認識された上で、様々な振興策が力強く展開されていることを確かめた。

そこで、我が国のマテリアル科学が持つ弱点をどう克服していくかという点に重点を置いて分析した。主題は、マテリアルを「つくる側」が、多様な関係者との意思疎通を欠いて生じている認識ギャップをどう埋めるかである。まず、マテリアルを「つかう側」との意思疎通が希薄になりがちな弱点がある。この点については、特にマテリアルの時間依存型性能劣化について両者が連携して対応し、マテリアルの使用価値を高めていくことが大事である。さらに、資源問題の専門家との認識ギャップも大きい。マテリアルを「つくる側」は原料となる資源と直結しているのに、資源問題への関心が弱い。サーキュラーエコノミーを目指すためには、資源問題の専門家との認識ギャップを埋めて連携を強めていかななくてはならない。

以上のような弱点を克服していく上でDXへの期待が大いに高まる。すなわち、我が国はマテリアルデータの質、量共に国際的に優位な蓄積を有している。これを活用しかつ認識ギャップを解消できるDXができれば、サプライチェーン全体を巻き込んだ無駄の削減、研究開発の加速などが期待される。さらに、競争力の源泉となるイノベーションや新規産業を生み出し、社会やマーケットの課題解決につながっていくことが期待される。当然これらを推進する次世代人材やベンチャーなどを生み出していくことも必要である。

以下、なるべく平易で丁寧な説明を心掛け、論点を絞って述べる。ただし、とりまとめた未来への選択肢の社会実装化を進めるためには、更なる詳細検討が必要である。その際に、本報告書が役立つことを祈念する。

「マテリアル科学」調査委員会 共同代表者

せきたに つよし ながい ことぶ  
関谷 毅、長井 寿

## 要 約

マテリアル（材料、ナノテクノロジー、デバイスを総称する）は現代の生活、産業の土台である。マテリアル科学（マテリアルに関する科学的な研究、試験、技術開発を総称する）は、ウェルビーイング向上の推進力であり、我が国の国際競争力の源泉として、その力を発揮してきたことを確認した。ところが近年、国際状況は急速にしかも大きく変化している。環境問題などに対応する高機能な材料開発が期待されるほか、経済安全保障の確保、責任ある資源調達の観点からもマテリアル科学の重要性が強く認識されている。一方、国際的には我が国のマテリアル科学力の相対的な低下があらわになっていることが危惧されている。

本報告書は、このような状況を認識しつつ、マテリアル科学の現状を分析し、未来への選択肢を探るために、各国のマテリアル科学振興策、マテリアル科学における最新動向、特にデジタル・トランスフォーメーション（DX）研究開発動向、国際的視野から導かれる資源問題の留意点、特に倫理的・法的・社会的課題（ELSI）、ウェルビーイング向上を阻むマテリアルの性能劣化（特に時間依存劣化）について、文献、有識者ヒアリング、現地訪問などにより、調査、分析した。その際、資源の枯渇リスク、資源調達における地政学上のリスク、紛争鉱物の排除等の課題を踏まえた上で、マテリアル科学が果たすべき役割と克服すべき課題について多方面の有識者からの助言も参考にして分析し、我が国の未来への選択肢を探った。

最後に、マテリアル科学のDX推進の立場から、従来のサプライチェーン（供給連鎖）及びバリューチェーン（価値連鎖）手法が抱える共通の弱点が抽出された。一つ目は「つかう」段階でのマテリアルの価値とその時間変化を十分に考慮していないこと、二つ目は、サーキュラーエコノミーを目指すための資源循環も内包できていないこと、三つ目は、「つかう側」における課題の発見が全く新しいマテリアル開発の貴重な契機になることも内包していないことである。このような分析から、円環連鎖（Circular Chain）と呼ぶべき全く新しい手法の提案に行き着いた。円環連鎖上で関係者間でのマテリアルデータのキャッチボールが日常的になれば、社会、マーケットの課題の解決に結び付き、新しい価値、競争力の源泉となるマテリアルとそれを利用したイノベーションを生み出す基盤ができる。

さらに、情報戦略も抜本的に見直すべきである。今日のグローバル化した世界では、マテリアル科学に携わる人々は、国、企業、組織の問題解決に役立つ独創的、ユニーク、創造的なアイデアを得るために情報を国際的に収集しなくてはならない。その意味で、一人一人が高い知性と倫理性を備えながら、真実性の高い構造化された情報を意思決定のための参考として得るための情報活動を強化する必要がある。

## Summary

Materials (a collective term for materials, nanotechnology, and devices) are the foundation of modern life and industry. Materials science (a collective term for science-based research, testing, and technological development related to materials) is a driving force for improving well-being and has demonstrated its power as a source of Japan's international competitiveness. However, in recent years, the international situation has changed rapidly and significantly. In addition to expectations for the development of high-performance materials that address environmental issues, the importance of materials science is also strongly recognized from the perspective of ensuring economic security and responsible resource procurement. On the other hand, Japan's capabilities in materials science are relatively declining on the international stage.

Recognizing this situation, this report analyzes the current state of materials science and explores the future options. Main topics of interest are the promotion policies of developed countries, the latest trends in DX (digital transformation) R&D, resource issues (especially ethical, legal, and social issues), and material performance deterioration (especially time-dependent deterioration). Investigation was conducted through literature surveys, interviews with experts, and field visits, taking into consideration issues such as the risk of resource depletion, geopolitical risks in resource procurement, and the elimination of conflict minerals.

As a result, from the standpoint of promoting DX in materials science, the common weaknesses of current supply chain and value chain methods were identified. One is that they do not adequately consider the value of materials at the "use" stage and value changes over time. Second, they do not include resource circulation aimed at achieving a circular economy. Third, they do not include the potentiality that the problems on the "use" stage can suggest a valuable trigger for the development of new materials. Accordingly, this kind of analysis led to the proposal of a completely new method called a "circular chain" that overcomes all the above-mentioned defects. If it becomes commonplace for parties to exchange material data in a circular chain, it will lead to the creation of materials and innovations that will be the source of new value and competitiveness to solve social and market issues.

Further, information strategies should also be fundamentally reviewed. In today's globalized world, materials science professionals must gather information internationally to generate original, unique, and creative ideas that can help solve problems in countries, businesses, and organizations. In this sense, it is necessary for each individual to possess high intelligence and ethics and to strengthen their information activities in order to obtain highly truthful, structured information as a reference for decision-making.

# マテリアル科学

## —最先端と未来への選択肢—

### 目 次

---

はしがき

要約

第1章 マテリアル科学と成長戦略 ..... 関谷 毅 1

はじめに

- I 国内外から見るマテリアル科学の潮流
- II 我が国のマテリアル革新力の強化
- III 我が国のマテリアル革新力強化の次なる方向性を探る

おわりに

第2章 マテリアル科学とデジタルトランスフォーメーション ..... 門平 卓也 25

はじめに

- I 材料データプラットフォームの機能と役割
- II 国内外の DX 活用の動向
- III 未来への選択肢—マテリアル科学研究のエンジニアリング—

おわりに

第3章 マテリアル科学と資源 ..... 村上 進亮 41

はじめに

- I マテリアル利用の背後にある資源問題を理解する—劣化する資源—
- II 資源問題をマテリアル科学にとっての ELSI として理解し直す
- III 一つのアプローチとしてのサーキュラーエコノミー
- IV 未来への選択肢—マテリアル科学がデカップリングに対して期待されている貢献、してはいけないこと—

おわりに

第4章 マテリアル科学と失われる資産 ..... 長井 寿 57

はじめに

- I マテリアルの性能劣化
- II 製品・社会インフラの性能劣化
- III 時間依存型信頼性との対峙 (たいじ)
- IV 未来への選択肢—「つくる側」と「つかう側」のギャップを埋める—

コラム 「つかう側」の要求が、「つくる側」の技術・科学を成長させる

おわりに

第5章 総括 ..... 関谷 毅・長井 寿 85

- I 各章のまとめ
- II 円環連鎖の DX 化による新しい価値創造戦略
- III 一人一人のインテリジェンス活動による情報戦略

付録 調査委員会と活動記録 ..... 89

**Materials Science:  
The State of the Art and Future Options**  
CONTENTS

---

Preface	
Summary	
Chapter 1 Materials Science: Growth Strategy .....	SEKITANI Tsuyoshi 1
Introduction	
I Domestic and International Trends	
II Strengthening Japan's Material Innovation Capabilities	
III Next Direction for Strengthening Japan's Capabilities	
Concluding Remarks	
Chapter 2 Materials Science: Digital Transformation .....	KADOHIRA Takuya 25
Introduction	
I Functions and Roles of Material Data Platforms	
II Trends in DX Utilization in Japan and Overseas	
III Future Options - Engineering of Materials Science -	
Concluding Remarks	
Chapter 3 Materials Science: Resource Related Issues .....	MURAKAMI Shinsuke 41
Introduction	
I Behind the Resource Problem: Degradation of Resources	
II Circular Economy as an Approach	
III Future Options -What Materials Science Should Do and Should Not Do for Decoupling-	
Concluding Remarks	
Chapter 4 Materials Science: Losing Assets .....	NAGAI Kotobu 57
Introduction	
I Performance Deterioration of Materials	
II Performance Deterioration of Products and Social Infrastructure	
III Confronting Time-Dependent Reliability	
IV Future Options - Bridging the Gap between Producers and Users-	
Column: Demands of Users Will Grow Technology and Science of Producers	
Concluding Remarks	
Chapter 5 Conclusion .....	SEKITANI Tsuyoshi and NAGAI Kotobu 85
I Summary of Each Chapter	
II New Strategy of Value Creation Through DX of Circular Chain	
III New Strategy of Information Based on Individual Intelligence Activities	
Appendix Investigation Committee and Activity Records .....	89

調査資料 2023-6  
科学技術に関する調査プロジェクト 2023 報告書  
マテリアル科学—最先端と未来への選択肢—

令和 6 年 3 月 27 日発行  
ISBN 978-4-87582-924-9

編集 国立国会図書館調査及び立法考査局  
発行 国立国会図書館

〒 100-8924 東京都千代田区永田町 1 丁目 10 番 1 号  
電話 03 (3581) 2331  
E-mail bureau@ndl.go.jp

Science and Technology Research Project 2023  
**Materials Science:**  
**The State of the Art and Future Options**

QRコードから、国立国会図書館  
調査及び立法考査局が刊行した、  
科学技術に関する調査プロジェクト  
の報告書にアクセスできます。



Research and Legislative Reference Bureau  
National Diet Library  
Tokyo 100-8924, Japan E-mail : bureau@ndl.go.jp

**リサイクル適性** (A)

この印刷物は、印刷用の紙へ  
リサイクルできます。