

見 解

マテリアル融合：

物質・エネルギー・情報技術の融合による新たな元素戦略



令和8年（2026年）9月14日

日 本 学 術 会 議

化学委員会 無機化学分科会、IUPAC 分科会、IUCr 分科会、
物理化学・生物物理化学分科会、有機化学分科会、
材料化学・分析化学分科会

化学委員会・物理学委員会合同結晶学分科会

化学委員会・総合工学委員会合同触媒化学・化学工学分科会

化学委員会 高分子化学分科会、生体関連化学分科会

この見解は、日本学術会議化学委員会無機化学分科会をはじめ日本学術会議の以下の分科会の審議結果を取りまとめ公表するものである。

日本学術会議化学委員会無機化学分科会

委員長	一杉 太郎	(連携会員)	東京大学大学院理学系研究科化学専攻教授
副委員長	長谷川美貴	(連携会員)	青山学院大学理工学部化学・生命科学科教授
副委員長	伊東 忍	(連携会員)	大阪大学先導的学際研究機構招へい教授
幹事	北川 宏	(第三部会員)	京都大学大学院理学研究科化学専攻教授
	井頭 麻子	(連携会員)	明治学院大学法学部消費情報環境法学科准教授
	内田さやか	(連携会員)	東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻教授
	加藤 昌子	(連携会員)	四天王寺大学教育学部特任教授
	酒井 健	(連携会員)	九州大学大学院理学研究院教授
	唯 美津木	(連携会員)	名古屋大学物質科学国際研究センター教授
	所 裕子	(連携会員)	筑波大学数理物質系教授
	西堀麻衣子	(連携会員)	東北大学国際放射光イノベーション・スマート研究センター教授
	長谷川隆代	(連携会員)	SWCC(株)代表取締役社長／取締役会議長／グループCEO
	速水 真也	(連携会員)	熊本大学大学院先端科学研究部教授
	山内 美穂	(連携会員)	九州大学先導物質化学研究所分子集積化学部門無機物質化学分野教授
	山下 誠	(連携会員)	東京科学大学理学院化学系教授
	山下 正廣	(連携会員)	東北大学大学院理学研究科名誉教授

日本学術会議化学委員会 IUPAC 分科会

委員長	所 裕子	(連携会員)	筑波大学数理物質系教授
副委員長	岸村 顕広	(連携会員)	大阪公立大学大学院創薬科学研究科教授
幹事	山下 誠	(連携会員)	東京科学大学理学院化学系教授
	北川 尚美	(第三部会員)	東北大学大学院工学研究科副研究科長・教授
	栗原 和枝	(連携会員)	東北大学未来科学技術共同研究センター教授
	黒田 玲子	(連携会員)	千葉工業大学変革センター主席研究員
	酒井 健	(連携会員)	九州大学大学院理学研究院教授
	竹内 孝江	(連携会員)	大阪大学大学院工学研究科環境エネルギー工学専攻特任教授
	所 千晴	(連携会員)	早稲田大学理工学術院教授／東京大学大学院工学系研究科教授
	長谷川美貴	(連携会員)	青山学院大学理工学部化学・生命科学科教授

日本学術会議化学委員会 IUCr 分科会

委員長	中川 敦史	(連携会員)	公益財団法人高輝度光科学研究センター理事長
副委員長	南後恵理子	(連携会員)	東北大学多元物質科学研究所教授／国立研究開発法人理化学研究所放射光科学研究センターチームリーダー
幹事	小島 優子	(第三部会員)	三菱ケミカル株式会社分析物性研究所主幹研究員
幹事	西堀麻衣子	(連携会員)	東北大学国際放射光イノベーション・スマート研究センター教授
	井上 豪	(連携会員)	大阪大学大学院薬学研究科創成薬学専攻教授
	奥部 真樹	(連携会員)	Faraday Factory Japan 合同会社主幹研究員
	片岡 幹雄	(連携会員)	奈良先端科学技術大学院大学名誉教授
	上村みどり	(連携会員)	特定非営利活動法人情報計量化学生物学会 CBI 研究機構量子構造生命科学研究所所長
	栗原 和枝	(連携会員)	東北大学未来科学技術共同研究センター教授
	黒田 玲子	(連携会員)	千葉工業大学変革センター主席研究員
	菅原 洋子	(連携会員)	北里大学名誉教授
	富永依里子	(連携会員)	広島大学大学院先進理工系科学研究科准教授
	富安 亮子	(連携会員)	九州大学マス・フォア・インダストリ研究所教授
	難波 啓一	(連携会員)	大阪大学大学院生命機能研究科特任教授
	西野 吉則	(連携会員)	北海道大学電子科学研究所教授
	森吉千佳子	(連携会員)	広島大学大学院先進理工系科学研究科教授

日本学術会議化学委員会物理化学・生物物理化学分科会

委員長	阿波賀邦夫	(連携会員)	豊田工業高等専門学校校長
副委員長	中井 浩巳	(連携会員)	早稲田大学理工学術院教授
幹事	内藤 俊雄	(連携会員)	愛媛大学大学院理工学研究科環境機能科学専攻教授
幹事	山内 美穂	(連携会員)	九州大学先端物質化学研究所分子集積化学部門無機物質化学分野教授
	岡本 裕巳	(第三部会員)	大学共同利用機関法人自然科学研究機構分子科学研究所名誉教授
	腰原 伸也	(第三部会員)	東京科学大学教育本部特命教授／筑波大学数理物質系客員教授
	北川 宏	(第三部会員)	京都大学大学院理学研究科教授
	森 初果	(第三部会員)	東京理科大学研究推進機構総合研究院院長／教授
	相田美砂子	(連携会員)	愛媛大学監事
	阿部 竜	(連携会員)	京都大学大学院工学研究科教授
	石谷 治	(連携会員)	広島大学大学院先進理工系科学研究科特任教授

上野 祐子	(連携会員)	中央大学理工学部応用化学科教授
大越 慎一	(連携会員)	東京大学大学院理学系研究科教授
神取 秀樹	(連携会員)	名古屋工業大学大学院工学研究科特別教授
栗原 和枝	(連携会員)	東北大学未来科学技術共同研究センター教授
黒田 玲子	(連携会員)	千葉工業大学変革センター主席研究員
田和 圭子	(連携会員)	関西学院大学生命環境学部環境応用化学科教授
所 裕子	(連携会員)	筑波大学数理物質系教授
中嶋 敦	(連携会員)	慶應義塾大学理工学部名誉教授
細越 裕子	(連携会員)	大阪公立大学大学院理学研究科物理学専攻教授
松田 巖	(連携会員)	東京大学物性研究所教授
村越 敬	(連携会員)	北海道大学大学院理学研究院化学部門教授
山本 達之	(連携会員)	島根大学学術研究院農生命科学系教授
山本 浩史	(連携会員)	大学共同利用機関法人自然科学研究機構分子科学研究所教授／総合研究大学院大学先端学術院教授

日本学術会議化学委員会有機化学分科会

委員長	石原 一彰	(第三部会員)	名古屋大学大学院工学研究科有機・高分子化学専攻教授
副委員長	山子 茂	(連携会員)	京都大学化学研究所材料機能化学研究系高分子制御合成研究領域教授
幹事	矢島 知子	(連携会員)	お茶の水女子大学基幹研究院自然科学系教授
幹事	山下 誠	(連携会員)	東京科学大学理学院化学系教授
	眞鍋 史乃	(第二部会員)	星薬科大学薬学部教授／東北大学大学院薬学研究科教授
	高柳 大	(第三部会員)	味の素株式会社理事／バイオ・ファイン研究マテリアル&テクノロジーソリューション研究所長
	安藤 香織	(連携会員)	大阪大学産業科学研究所招へい教授
	磯部 寛之	(連携会員)	東京大学大学院理学系研究科教授
	内山 真伸	(連携会員)	東京大学大学院薬学系研究科教授
	小川 智	(連携会員)	地方独立行政法人岩手県工業技術センター顧問／フェロー
	尾坂 格	(連携会員)	広島大学大学院先進理工系科学研究科教授
	茶谷 直人	(連携会員)	大阪大学名誉教授／大阪大学産業科学研究所招へい教授
	寺田 眞浩	(連携会員)	東北大学大学院理学研究科化学専攻教授
	徳山 英利	(連携会員)	東北大学大学院薬学研究科教授
	中島裕美子	(連携会員)	東京科学大学物質理工学院応用化学系教授

中西	和嘉	(連携会員)	国立研究開発法人物質・材料研究機構高分子・バイオ材料研究センター主幹研究員
庭山	聡美	(連携会員)	室蘭工業大学大学院工学研究科しくみ解明系領域教授
山口	茂弘	(連携会員)	名古屋大学トランスフォーマティブ生命分子研究所教授
山田	容子	(連携会員)	京都大学化学研究所物質創製化学研究系教授

日本学術会議化学委員会材料化学・分析化学分科会

委員長	栄長	泰明	(連携会員)	慶應義塾大学理工学部化学科教授
副委員長	玉田	薫	(第三部会員)	九州大学主幹教授・副学長
幹事	齋藤	公児	(連携会員)	一般財団法人金属系材料開発研究センター特別研究員
幹事	内藤	俊雄	(連携会員)	愛媛大学大学院理工学研究科理工学専攻教授
	岡本	裕巳	(第三部会員)	大学共同利用機関法人自然科学研究機構分子科学研究所名誉教授
	阿尻	雅文	(連携会員)	東北大学材料科学高等研究所教授
	伊藤	耕三	(連携会員)	東京大学大学院新領域創成科学研究科教授
	上野	祐子	(連携会員)	中央大学理工学部応用化学科教授
	加藤	知香	(連携会員)	静岡大学理学部化学科教授
	加藤	昌子	(連携会員)	四天王寺大学教育学部特任教授
	川崎	十十	(連携会員)	横浜市立大学大学院生命医科学研究科教授
	佐藤	縁	(連携会員)	国立研究開発法人産業技術総合研究所経営企画本部 DEI 人事部審議役/(兼務) エネルギー・環境領域省エネルギー技術研究部門
	菅原	洋子	(連携会員)	北里大学名誉教授
	関根	千津	(連携会員)	合同会社 Risewave 啓代表
	竹内	孝江	(連携会員)	大阪大学大学院工学研究科環境エネルギー工学専攻 特任教授
	竹岡	裕子	(連携会員)	上智大学理工学部物質生命理工学科教授
	寺西	利治	(連携会員)	京都大学化学研究所教授
	馬場	嘉信	(連携会員)	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構量子生命科学研究所所長／名古屋大学未来社会創造機構教授
	藤本	俊幸	(連携会員)	国立研究開発法人産業技術総合研究所研究戦略本部 チーフ標準化オフィサー
	宮崎	あかね	(連携会員)	日本女子大学理学部化学生命科学科教授
	山下	正廣	(連携会員)	東北大学大学院理学研究科・名誉教授

日本学術会議化学委員会・物理学委員会合同結晶学分科会

委員長	井上 豪	(連携会員)	大阪大学大学院薬学研究科創成薬学専攻教授
副委員長	山下 敦子	(連携会員)	大阪大学蛋白質研究所教授
幹事	小島 優子	(第三部会員)	三菱ケミカル株式会社分析物性研究所主幹研究員
幹事	福島 孝典	(第三部会員)	東京科学大学総合研究院教授
	奥野 恭史	(第二部会員)	京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻ビッグデータ医科学分野教授
	野田 岳志	(第二部会員)	京都大学医生物学研究所教授
	腰原 伸也	(第三部会員)	東京科学大学教育本部特命教授／筑波大学数理物質系客員教授
	秋山 修志	(連携会員)	大学共同利用機関法人自然科学研究機構分子科学研究所教授
	大友 季哉	(連携会員)	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所教授
	奥部 真樹	(連携会員)	Faraday Factory Japan 合同会社主幹研究員
	片岡 幹雄	(連携会員)	奈良先端科学技術大学院大学名誉教授
	上村みどり	(連携会員)	特定非営利活動法人情報計化学学生物学会CBI研究機構量子構造生命科学研究所所長
	栗原 和枝	(連携会員)	東北大学未来科学技術共同研究センター教授
	黒田 玲子	(連携会員)	千葉工業大学変革センター主席研究員
	菅原 洋子	(連携会員)	北里大学名誉教授
	富永依里子	(連携会員)	広島大学大学院先進理工系科学研究科准教授
	富安 亮子	(連携会員)	九州大学マス・フォア・インダストリ研究所教授
	中川 敦史	(連携会員)	公益財団法人高輝度光科学研究センター理事長
	南後恵理子	(連携会員)	東北大学多元物質科学研究所教授／国立研究開発法人理化学研究所放射光科学研究センターチームリーダー
	難波 啓一	(連携会員)	大阪大学大学院生命機能研究科特任教授
	西野 吉則	(連携会員)	北海道大学電子科学研究所教授
	西堀麻衣子	(連携会員)	東北大学国際放射光イノベーション・スマート研究センター教授
	森吉千佳子	(連携会員)	広島大学大学院先進理工系科学研究科教授

日本学術会議化学委員会・総合工学委員会合同触媒化学・化学工学分科会

委員長	北川 尚美	(第三部会員)	東北大学大学院工学研究科副研究科長・教授
副委員長	三浦 佳子	(第三部会員)	九州大学大学院工学研究院化学工学部門教授
幹事	野田 優	(連携会員)	早稲田大学理工学術院教授
幹事	山内 紀子	(連携会員)	茨城大学学術研究院応用理工学野准教授

鈴木 朋子	(第三部会員)	株式会社日立製作所専門理事／研究開発グループ技師長
阿尻 雅文	(連携会員)	東北大学材料科学高等研究所教授
伊藤 宏幸	(連携会員)	ダイキン工業株式会社テクノロジーイノベーションセンターリサーチコーディネーター
大河内美奈	(連携会員)	東京科学大学物質理工学院教授
工藤 昭彦	(連携会員)	東京理科大学研究推進機構総合研究院教授
後藤 雅宏	(連携会員)	九州大学大学院工学研究院主幹教授
瀬山 倫子	(連携会員)	NTT プレシジョンメディシン株式会社メディカルサービス事業部担当部長
辻 佳子	(連携会員)	東京大学環境安全研究センター教授
椿 範立	(連携会員)	富山大学学術研究部工学系教授／カーボンニュートラル物質変換研究センター長
所 千晴	(連携会員)	早稲田大学理工学術院教授／東京大学大学院工学系研究科教授
平尾 雅彦	(連携会員)	東京大学名誉教授
藤岡沙都子	(連携会員)	慶應義塾大学理工学部応用化学科准教授
藤田 照典	(連携会員)	中部大学先端研究センター特任教授
宮崎あかね	(連携会員)	日本女子大学理学部化学生命科学科教授
関根 泰	(連携会員(特任))	早稲田大学理工学術院先進理工学部教授
藤岡 恵子	(連携会員(特任))	株式会社サーマルサイエンス代表取締役

日本学術会議化学委員会高分子化学分科会

委員長	上垣外正己	(連携会員)	名古屋大学大学院工学研究科教授
副委員長	宮田 隆志	(連携会員)	関西大学化学生命工学部化学・物質工学科教授
幹事	岸村 顕広	(連携会員)	大阪公立大学大学院創薬科学研究科教授
幹事	矢島 知子	(連携会員)	お茶の水女子大学基幹研究院自然科学系教授
	菅 裕明	(第三部会員)	東京大学大学院理学系研究科教授
	三浦 佳子	(第三部会員)	九州大学大学院工学研究院化学工学部門教授
	秋吉 一成	(連携会員)	京都大学高等研究院特定拠点教授／京都大学名誉教授
	石原 一彦	(連携会員)	大阪大学大学院工学研究科特任教授／東京大学名誉教授
	伊藤 耕三	(連携会員)	東京大学大学院新領域創成科学研究科教授
	尾坂 格	(連携会員)	広島大学大学院先進理工系科学研究科教授
	片岡 一則	(連携会員)	公益財団法人川崎市産業振興財団副理事長・ナノ医療イノベーションセンターセンター長
	君塚 信夫	(連携会員)	九州大学大学院工学研究院応用化学部門主幹教授

栗原 和枝	(連携会員)	東北大学未来科学技術共同研究センター教授
小林 定之	(連携会員)	東レ株式会社化成品研究所シニアフェロー
竹岡 裕子	(連携会員)	上智大学理工学部物質生命理工学科教授
田中 敬二	(連携会員)	九州大学大学院工学研究院主幹教授／次世代接着技術研究センターセンター長
藤田 照典	(連携会員)	中部大学先端研究センター特任教授
丸山 厚	(連携会員)	東京薬科大学薬学部特命教授
山子 茂	(連携会員)	京都大学化学研究所材料機能化学研究系高分子制御合成研究領域教授
吉江 尚子	(連携会員)	東京大学副学長／東京大学生産技術研究所教授

日本学術会議化学委員会生体関連化学分科会

委員長	菅 裕明	(第三部会員)	東京大学大学院理学系研究科教授
副委員長	井藤 彰	(連携会員)	名古屋大学大学院工学研究科教授
幹事	大河内美奈	(連携会員)	東京科学大学物質理工学院教授
	三浦 佳子	(第三部会員)	九州大学大学院工学研究院化学工学部門教授
	秋吉 一成	(連携会員)	京都大学高等研究院特定拠点教授／京都大学名誉教授
	伊東 忍	(連携会員)	大阪大学先導的学際研究機構招へい教授
	井上 豪	(連携会員)	大阪大学大学院薬学研究科創成薬学専攻教授
	上村みどり	(連携会員)	特定非営利活動法人情報計化学生物学会CBI研究機構量子構造生命科学研究所所長
	神取 秀樹	(連携会員)	名古屋工業大学大学院工学研究科特別教授
	黒田 玲子	(連携会員)	千葉工業大学変革センター主席研究員
	永次 史	(連携会員)	東北大学多元物質科学研究所教授
	長谷川美貴	(連携会員)	青山学院大学理工学部化学・生命科学科教授
	渡辺 芳人	(連携会員)	大学共同利用機関法人自然科学研究機構分子科学研究所所長

本見解の作成にあたり、以下の方々に御協力いただいた。

常行 真司	(第三部会員)	物理学委員会委員、物性物理学・一般物理学分科会委員長 東京大学大学院理学系研究科物理学専攻教授/理化学研究所最先端研究プラットフォーム連携(TRIP)事業本部統合データ・計算科学プログラムプログラムディレクター
西原 寛	(元第三部会員)	山梨大学ゼロエミッションみらい研究センター特任教授
依光 英樹		京都大学大学院理学研究科化学専攻教授

本見解の作成にあたり、以下の職員が事務及び調査を担当した。

事務	新田 浩史	参事官（審議第二担当）（令和8年8月まで）
	渡邊英一郎	参事官（審議第二担当）（令和8年7月から）
	角田美知子	参事官（審議第二担当）付参事官補佐
	重長 聡	参事官（審議第二担当）付審議専門職付
調査	辻 政俊	上席学術調査員

要 旨

1 作成の背景

マテリアル分野(化学・材料科学・物性物理学等)は我が国が強みを持つ科学技術分野である。デバイス(半導体や光、電池等)やその製造のための部材をはじめ、数多くのマテリアルで高い市場シェアを確保し、高い技術力と存在感を示している。半導体や量子、カーボンニュートラルやサーキュラーエコノミーを進めるグリーントランスフォーメーション(GX)等、幅広いイノベーションを先導するマテリアル分野の研究について、今後3～5年程度を見据えた施策を本稿では提案する。特に「元素戦略」に関わる研究に着目する。

元素戦略とは、天然資源に乏しい我が国が世界に先駆けて開始した研究施策の一つであり、有機化学研究者を中心として立ち上げられた。これまで希少元素を駆使して実現してきた有用な機能を、地球上に豊富な元素群から実現することを目指す研究アプローチである[1]。これは学術的には、持続可能な社会のための新しい物質科学を確立することを目指している。

現状、元素戦略に関わる我が国の産学官の取組は着実に進展している。2010年に文部科学省の戦略目標が策定され、国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)の戦略的創造事業CREST・さきがけが立ち上がった。さらに、2012年からは約10年間にわたり、磁性材料、電子材料、触媒・電池材料、構造材料の4分野を中心に、元素戦略プロジェクト[2]が推進された。材料科学・物理学・化学・計算科学・先端分析解析を統合した新領域を開拓し、産業競争力強化に資する成果を得た。これまでの取組や海外動向については、JST「研究開発の俯瞰報告書 ナノテクノロジー・材料分野 次世代元素戦略」(2024年)[3]に詳しく記載されている。

しかし今、国際情勢は激しく変化し、先端技術や希少資源を有する国々がそれらを囲い込む動きが加速している。したがって、先端技術の開発・確保、重要元素の安定供給等、経済安全保障の重要性が高まっている。希少資源に加え、地球上に豊富でも安定供給に不安がある元素を総称して重要元素とここでは呼ぶ。さらに、GXに向けた国際的な動きが加速している。これら背景より、マテリアル研究の方針において元素戦略が重要性を増している。

世界動向を考慮すると、元素戦略研究を大幅に強化することが強く求められる。さらに、機械学習やロボット技術の急速な発展により、これらが元素戦略研究を加速する時代になった。化学は、原子、分子、化合物から材料や生命に至るまで元素周期表の全ての元素を網羅している学術領域である。そこで、化学委員会における複数の分科会が合同で見解を発出するに至った。本見解は今後の政策および研究推進に資する方向性を示すものである。

2 現状及び問題点

マテリアル開発の国際競争は激化しており、変化に対応するための施策をいま早急に行わなければ、我が国の優位性を失いかねない。世界が直面している複合的危機に対応しながら我が国が世界から認められる存在であり続けるために、政府は2025年6月に「マテリ

アル革新力強化戦略」を改定した[4]。2023 年 9 月には日本学術会議の提言「未来の学術振興構想（2023 年版）」でグランドビジョン⑮「No.130 元素戦略 2.0：融合的元素活用と元素循環」が公表された[5]。2026 年版も「元素戦略 2.0」を盛り込んで近く公表予定である。それを継承しつつ、最新の状況を取り入れた戦略策定が急務である。それを本稿では「マテリアル融合」と呼び、次の 3～5 年（～2031 年）を見据え、機械学習やロボット技術を取り込んだ施策を提案する。

3 見解の内容

- (1) 「限りある元素資源を賢く使って、未来の産業と生活を支える」という点で、元素戦略の基本コンセプトは不変である。
 - (2) 従来の元素戦略では、希少元素への依存を減らし、クラーク数上位の元素を駆使することに重点がおかれた。マテリアル融合では、希少元素資源への依存度低減を目指しつつ、少量の希少元素を戦略的に使って最大限機能を引き出すことも重視する。さらに、重要元素の使用低減、循環を図る。そして、経済安全保障の観点を重視し、材料開発やサプライチェーンにおいて優位性を確保すべき要所(チョークポイント、不可欠性)を握ることを狙う。
 - (3) 元素を自在に組み合わせ、新物質創成(化学)、新現象・新物性開拓(物理学)、新材料開発(材料科学)、新機能探索(化学、生物学)を進める。
 - (4) 具体的には、「元素融合型物質・デバイス創成」「既存材料の極限追求」「超化合物創成」「元素循環(重要元素の循環、再利用)」に関する研究を推進する。革新的機能を持つ新物質・新材料・新デバイスを創成するための学術基盤と技術を確立する。
 - (5) 研究の進め方について変革を先導する。最新の動向(機械学習、ロボット)を導入し、研究をさらに加速する。それらデジタル技術の進展は著しく、生成 AI(人工知能)技術の普及により、これまでにないマテリアル融合研究にも適用可能である。研究の進め方、頭の使い方を変革し、質的な転換を図る。
 - (6) 生命科学、数理科学、情報科学、化学工学、量子科学など多くの知見を融合した異分野融合アプローチが重要である。
 - (7) 産学官連携の新たなモデルを模索し、日本が有する科学技術・産業上の強みを最大限活かす方策を示す。特に企業間の「協調」が重要である。
 - (8) 国際連携を重視し、「世界の頭脳循環」の輪に入る。
 - (9) 拠点形成において、実験装置・データ・ノウハウの共同利用を強く推進する。
 - (10) 理化学機器企業を強化することが、研究者や企業の研究力強化に直結する。理化学機器産業、マテリアル産業、アカデミア全体の底上げが狙いである。
- 以上は持続的発展可能な社会の構築にもつながり、社会への貢献となる。

目 次

1	はじめに：国内外の動向	1
2	研究を取り巻く動向	2
	(1) 探索空間の拡大(多元素・複合材料・非平衡材料の設計)	2
	(2) 望まれる材料像：「つくる科学」と「もどす科学」の重要性	2
	(3) 階層構造：ミクロとマクロをつなぐ	2
	(4) 人口減少への対応(研究者数の減少)	3
	(5) 研究費の伸び悩みと配分	3
	(6) 博士人材の育成	4
	(7) オープン戦略と異分野融合の重要性	4
3	日本の強み	5
4	構想の概要：元素融合的物質観に基づく新物質・新材料創成	6
	A. 元素融合型物質・デバイス創成：新規合成法の開拓	7
	B. 既存材料の極限追求	8
	C. 超化合物創成：階層構造の自己組織的な構築	9
	D. 元素循環：重要元素の循環、再利用	9
5	構想の概要：方法論、実施体制	10
	(1) 全元素活用協調拠点	10
	(2) 計測・計算協調拠点	11
	(3) 知識基盤協調拠点	12
	(4) 元素戦略推進本部	13
	(5) 「元素戦略 2.0」および「マテリアル革新力強化戦略」との差異	15
6	実施にあたり、考慮すべき点	15
	(1) 学際融合	15
	(2) 実用化までの時間の短縮：産学連携	15
	(3) 人材育成の強化	16
	(4) 計算機の活用	16
	(5) 大型研究基盤の整備・活用	16
	(6) 産学官連携とオープンイノベーション	17
	(7) 経済安全保障対応	17
	(8) 国際連携	17
	(9) 進捗評価と柔軟な戦略修正	18
	(10) 広告宣伝の実施	18
	(11) 国会・行政を含む政策決定者との継続的な科学的対話	18
	(12) 官-官連携、民-民連携の加速	19

(13) スタートアップ支援	19
(14) 技術職員、事務職員、URA (University Research Administrator) の強化	19
(15) 研究資源の集中的投入	19
(16) 透明性の確保	20
7 まとめ.....	20
<参考文献>.....	21
<参考資料1>審議経過.....	23
<参考資料2>シンポジウム開催.....	24
<参考資料3>日本学術会議における関連する検討.....	25

1 はじめに：国内外の動向

世界情勢は急展開している。2024年の国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)のレポート[3]に元素戦略を取り巻く海外動向が記載されている。本稿ではこの数年の最新動向のみに絞って紹介する。

- 我が国におけるマテリアル研究力の強さを示している例として、北川進・京都大学特別教授(元日本学術会議連携会員、化学委員会無機化学分科会委員)に2025年のノーベル化学賞が授与されたことが挙げられる。
- マテリアルが国際紛争の要素となっている。その影響は既に顕著である。日本は希少元素の原料を輸入に頼らざるを得ない状況である。希少元素の輸出を中国が制限したことにより、自動車の製造が遅延した[6]。また、ロシアとウクライナ間の戦争における和平交渉で、米国はウクライナの鉱物取引を条件とした[7]。
- 近年、マテリアル研究やライフサイエンス研究において、機械学習及びロボット技術を活用した手法が急速に発展している[8, 9, 10, 11]。これにより、膨大な実験データの収集・解析が可能となり、迅速な発見や、人間には困難な実験への挑戦が可能となっている。日本においても研究者が創造性を発揮できる研究環境の構築を進めるとともに、研究人材不足や次世代への技術継承の課題を解決することが強く望まれている。
- 英国、カナダ、米国、シンガポール、中国、韓国等では、巨額の投資により自動・自律実験技術が発展し、生成AIを活用した材料設計も活発化している。2025年に米国 Department of Energy (DOE)は Genesis Missionを公表し、データ収集と利活用に投資することを宣言した[12]。
- MicrosoftやGoogleも研究に参画し、AI for Scienceに関わる研究が非常に進展してきた[13, 14, 15]。2024年のノーベル物理学賞、化学賞は共に機械学習に関係した研究者に授与された。Google関連企業の研究者が化学賞を受賞したことは記憶に新しい。
- Nature誌が2025年に注目すべき研究の筆頭として、機械学習とロボットを活用した自動・自律実験システムを挙げた[16]。これらの技術を活用し、研究の進め方に変革をもたらすことが重要である。
- 国内でも日本学術会議公開シンポジウム「AI導入による有機・高分子化学の10年先の将来展望」(2025年10月20日)をはじめ、多くのシンポジウムが開催されている。しかし、我が国のデジタル化の歩みはいまだ遅い。そして、世界からvisibleな研究拠点が十分に形成されていない状況である。
- 2026年1月31日に日本学術会議公開シンポジウム「マテリアル融合：物質・エネルギー・情報技術融合による新たな元素戦略」が開催された。元素戦略、そして、AI、ロボット活用について、研究から人材育成まで広く討論された。
- 2025年度補正予算として文部科学省は「AI for Scienceによる科学研究革新プログラム」として370億円を計上した。科学研究の在り方そのものを変革することを目指す。デジタル技術の発展は著しく、新しい研究開発環境の構築自体が科学である。

2 研究を取り巻く動向

見解をまとめるにあたり、科学の動向に加え、研究活動を取り巻く環境の変化を考慮する必要がある。そこで、より広い観点から、元素戦略を取り巻く動向を整理する。

(1) 探索空間の拡大(多元素・複合材料・非平衡材料の設計)

少数の元素からなる物質・材料系を超え、現在では、多元素を含む物質・材料の開拓が進んでいる。例えば、世界最高のリチウムイオン伝導度を示す物質は6元素を含んでいる[17]。構造材料や磁石材料、固体触媒、分子触媒においても多元素の活用が進んでいる。従来使用されなかった元素が導入された医薬品も登場してきている。さらに、ナノ構造や界面・表面、欠陥などの制御と活用も求められる。非平衡材料をも考慮すると、探索空間は無量大と言えらる。

実験前に候補を絞り込むために、計算シミュレーションやマテリアルズインフォマティクス、生成AIを活用して仮説を立てることが重要である。コンピュータ技術の進歩とニューラルネットワークポテンシャルの実装により計算速度が向上した。そして、複数元素を含む合金や複合化合物などの性能予測と最適化、配座解析を通じた分子構造と物性の関係解明が可能となってきた。生成AIでも実験の提案が可能になっている。しかし、実験では、未踏領域の物質空間(例えば五元系といった複雑系)を網羅的に調べるには限界が指摘されている[18]。そのためロボットを活用した実験が期待される。これまでの各元素に対するイメージを刷新し、新しい可能性を切り拓く成果が研究者に求められている。

(2) 望まれる材料像:「つくる科学」と「もどす科学」の重要性

材料に求められる要件は「性能が高い」「原料が入手可能」に加え、「環境負荷が低く循環利用が可能」であることも望まれる。つまり、元素の循環再利用である。したがって、材料やデバイスを作製(つくる科学)するだけでなく、使用後の分解・リサイクル(もどす科学)まで見据えた設計が不可欠となっている。

海外から輸入して付加価値をつけて輸出するという従来の経済モデルを再考する必要がある。国内消費分はそもそも輸入せず、日本国内でサイクルが完結する地産地消モデルが重要になっている。マテリアルを海外に輸出する場合も、大量消費・大量廃棄というモデルは成り立たず、地産地消に日本がどう貢献するかという視点が重要である。プラスチックや複合材料のリサイクル性向上、レアメタルのリサイクル技術など、ライフサイクル全体を考慮した研究の重要性が増している。さらに、輸入依存度の低減、国内循環率の向上、供給源の多様化を組み合わせることが重要である。

(3) 階層構造:ミクロとマクロをつなぐ

ミクロ(原子スケール、ナノメートルスケール)とマクロ(ミリメートルスケール)をつなぐことはいまだに達成できていない。原子レベル、クラスターレベル、その集合体、別の物質や材料との複合化と、階層をまたいだ因果関係を理解することが望ましい。生物学

でも原子・分子レベル、細胞レベル、器官レベル、人体レベルと全ての階層をまたいで理解するには至っていない。それと同様に、例えば電池では、原子・分子レベル、結晶粒レベル、多結晶体レベル、界面、複合部材をシミュレーションすることはまだ難しい。実用化に向けて、純粹に理論から構築される第一原理計算とマクロな物理理論をつなぐことが強く望まれる。今後、研究のデジタルツイン化(研究過程をデジタル上で再現・検証すること)を進める上でも研究加速が急務である。本見解で説明する超化合物創成につながる。

(4) 人口減少への対応(研究者数の減少)

2024年に生まれた日本人の子ども数は68万6061人と、前年より約4万人減少(前年比5.7%減)し、統計がある1899年以降初めて70万人を下回った[19]。加速する少子化が科学研究のアクティビティを低下させる懸念がある。さらに、各種学会における会員数の減少も顕著である。日本化学会では2007年から2023年の間に約3割減少した。そのような環境下においても着実に研究を進めなければならない。

機械学習やロボットの活用は実質的な研究者数の増加とみなせる。また、海外からの研究者を増やすには、英語のみで研究ができる環境を整備し、海外出身研究者が活躍する場を創出することが重要である。これは文部科学省世界トップレベル研究拠点プログラム(WPI)の取組が参考となる。

(5) 研究費の伸び悩みと配分

物価や人件費の上昇、為替変動、サブスクリプションサービスの増加などで、実質的な研究費が減少している。そのような状況においても、研究者・技術職員の待遇向上が急務である。また、研究者と伴走する技術職員や事務職員を増員し、かつ能力向上を図ることが望まれる。したがって、人への投資を増やすことが必要である。そうなれば、実験やシミュレーションにかかる経費(物品費等)を減らさざるを得ない。そのような環境下においても、研究を加速することが望まれている(図1)。この困難な状況に対応す

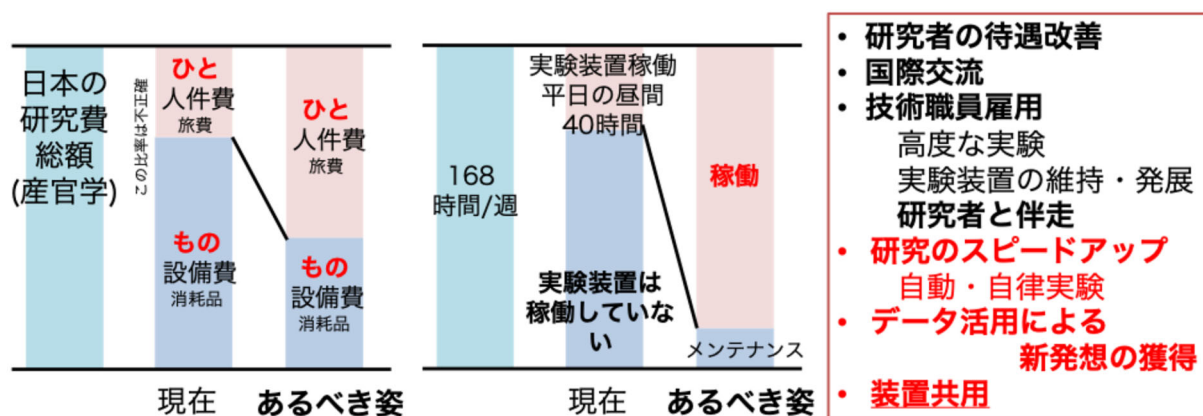


図1 研究費の使い道

(出典) 化学委員会無機化学分科会が作成

るための重要な戦略は、研究のデジタル化と装置・データ共用、オープン戦略(協調戦略)である。

(6) 博士人材の育成

博士課程への進学状況について、見解「日本の社会・産業をリードする化学系博士人材の育成支援と環境整備」が日本学術会議化学委員会、化学委員会化学企画分科会より発出されている[20]。研究者が研究に取り組む時間が増えるような環境を整え[21]、魅力的な研究環境と待遇を準備することが急務である。そして研究者が知的的好奇心と創造性を発揮し、困難な課題にも主体的に挑戦する姿勢を示すことが、次世代の研究人材を育成するうえで重要である。その研究者の背中を見て、若者が研究者を志す。

(7) オープン戦略と異分野融合の重要性

一つの論文の著者数は増大する一方である(図2)。この傾向はマテリアルだけではなく、地球科学、環境科学、物理学、天文学も同様である。

これは、少数グループの限られた知見のみでは課題解決が難しく、知の集合がますます要求されていると解釈することができる。つまり、課題解決に向け、異分野の人材と交流する機会を増やし、産業界をも含めた協働によるオープン型研究への転換が重要である。研究者には、共同研究を円滑に進めるための高いコミュニケーション能力が求められる。

企業の観点で考えると、一社では成果が出せず、他社との協業が極めて重要であるということを意味している。つまり、「協調」すべきところは協調し、競争すべきところは競争するという「協調・競争戦略」である。データのオープン・クローズ戦略もしっかりと考えて実施する必要がある。

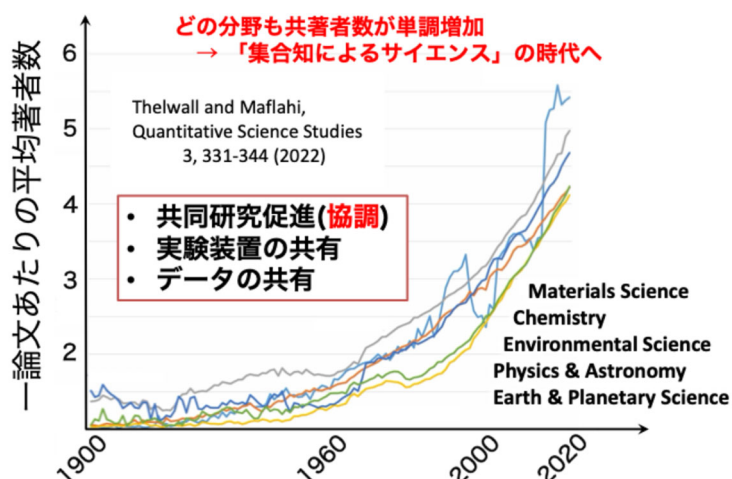


図2 原著論文の平均著者数

(出典) Thelwall and Maflahi, Quantitative Science Studies 3, 331 (2022)の図を化学委員会無機化学分科会が改変(CC BY 4.0 license)。詳細は参考文献を参照のこと。

3 日本の強み

日本政府、研究者、企業が取り組むべき課題と展望に入る前に、日本の強みを整理する。他国が研究開発に巨額投資を続ける中、日本の強みを最大限活用すれば、世界への貢献が可能である。日本の強みをまとめる(図3)。

日本の強みを活用する

① 国内マテリアル産業・学界の強さ

- 化学・材料・セラミックス・自動車・鉄鋼等
- 素材調達から製品化までの各工程が国内で一貫して揃っている

② 理化学機器企業の存在感

- プロセス機器と分析機器の両方
- ロボット産業も強い(ロボットシステムインテグレーターも豊富)

③ 世界に誇る大型研究基盤を有している

- SPring-8、J-PARC、NanoTerasu、富岳等

④ 産学連携が他国より進んでいる

勝ち筋: ハードウェア(Physical)は日本が有利
拠点を整備し、AI、ロボット技術、研究者の勘・コツ・経験
を組み合わせた日本独自のマテリアル研究推進法の確立

図3 日本の強み (出典) 化学委員会無機化学分科会が作成

- ① マテリアルに関わる勘・コツ・経験：マテリアル分野の研究者層は厚く、そのドメイン知識を最大限活用することが重要である。マテリアル関連産業も強い。
- ② 強い理化学機器企業：マテリアル分野では、日本の理化学機器企業は存在感がある。様々な物質合成装置や分析計測装置に強みがある。測定精度や分解能、ソフトウェアの使いやすさ、きめ細かい対応、対応までのスピードの速さ、データ利活用の容易さ、機械学習を活用したプロセスや計測等を強みとすれば、最先端計測とデータを活用した新たな研究の進め方について、世界を先導することが可能である。

国内の理化学機器企業が強いと、研究の小回りが効いて迅速に実験が進められる上、最先端の実験機器が常に使える。したがって、理化学機器企業の強さはマテリアル研究の強さに直結する。理化学機器企業の協力があるからこそ研究が進展する。今なら、機械学習やロボットを活用したデジタル化に強い理化学機器企業として、世界で確固たるブランドイメージを築くことができるであろう。

また、世界の産業用ロボットの約半分は日本製である(2022) [22]。ロボット産業の知見を最大限活用することが考えられる。ロボットシステムインテグレーターも国内に多数あり、ロボット活用技術も日本に揃っている。

- ③ 強い研究施設：スーパーコンピュータ「富岳」、放射光施設「SPring-8」「NanoTerasu」、中性子等の実験施設「J-PARC」など、世界に誇る施設を有している。我が国のマテリアル研究者にとって有利な点である。その環境を最大限活用したい。
- ④ 活発な産学連携：我が国のマテリアル分野では、他国に比べて産学連携がより進んで

いる(論文共著率の観点[23])。その文化を活用し、実用化までの時間を短縮することが強みとなる。さらに活発な民間から大学への投資が期待される。

4 構想の概要:元素融合的物質観に基づく新物質・新材料創成

以上、研究の動向、日本の強みを述べてきた。分野横断的なアプローチと産学官・国際連携を強化しつつ、下記の施策を進めることが重要である。

マテリアル(物質・材料)の本質は、わずか100種類程度の元素を空間的に配置・配列することである。それが物質の性質を決定する。その元素の組み合わせと配置が多様であり、巨大な探索空間である。しかし、多様な元素を、原子レベルで精密に配置・配列して結合を制御する技術はいまだ発展途上である。

現在、物質に含まれる元素の役割について、実験や計算により解明が進んでいる。社会で必要とされる格段の機能を持つ新材料・デバイスの創成には、従来の学問分野の枠にとられない、新たな物質観を育むことが求められる。それをもとに広大な物質空間を探索すれば、革新物質の発見と新デバイスの創成が期待される。

マテリアル融合では、従来の学問分野の垣根を超えた「全元素の高度利用」を念頭に、元素間の結合や元素の空間配置を自在に操る物質合成手法の開発を進める。それを通じて、既存の物質観にとられない超高機能物質の創成と社会の持続的発展に向けた元素循環学理の構築を目指す(図4)。

- A) 元素融合的物質観に基づく
新物質・新機能創成**
- － 分野の垣根を超越した物質創製
- B) 既存材料の極限追求**
- C) 超化合物創成：階層構造を自己組織的に構築する**
- D) 「つくる科学」と「もどす科学」の協奏**
- － 「もどす科学」の学理構築
 - － 我が国の必須戦略である元素循環推進



図4 「マテリアル融合」のスコープ

(出典) 化学委員会無機化学分科会が作成

- A. 「元素融合型物質・デバイス創成」あらゆる元素間、原子間での“結合”を自在に制御した元素融合型物質を合成し、未踏の物質空間を探索する。そのために、元素を精緻に配置・配列・再編成させる元素科学の共通学理を確立する。分子と固体物質[有機分子、高分子材料、バイオ・医療(医用)材料、生体材料、医農薬、無機物質・材料、有機・無機ハイブリッド材料]の両方について、基礎研究と応用研究を展開する。
- B. 「既存材料の極限追求」既存の材料を最大限に活かす。
- C. 「超化合物創成」階層構造を自己組織的に構築する。
- D. 「元素循環（重要元素の循環、再利用）」希少・有害元素を含む全元素の高度利用を念頭に、物質ライフサイクル全体を最適化する元素循環科学の体系化に産学官が一体で挑戦する。

以下の研究開発を進める。上記 A-D を縦糸とすると、下記項目は横糸となる。

- ・ 革新的機能を持つ元素融合型新物質を効率よく合成する手法の創成及び新デバイス創成
- ・ 原子や分子の電子状態、階層構造を理解するための高度分析計測法の開発
- ・ 物質や性能を予測するための理論と理論計算法の開拓
- ・ 自動・自律実験や計算シミュレーション、機械学習を組み合わせた新しい研究開発

具体的に、以下に取り組む。なお、世の中の進展は急速であるので、臨機応変に柔軟に対応すべきである。

A. 元素融合型物質・デバイス創成：新規合成法の開拓

物質探索空間は広大であり、実験操作の組み合わせ数は無限大である。したがって、新物質が今後多数発見される可能性がある。研究者の勘・コツ・経験と理論予測を組み合わせ、迅速な物質・材料開発を進める。また、物質合成中に起きている現象が不明で、完全に制御された合成はいまだ難しい。そこで、以下のような方向性で研究を進める。

- 周期表の全元素を対象とし、未踏化学結合を自在に形成・配置する方法論（理論・実験）を開拓する。元素が有する未知の特性を引き出し、真に新しい物質を創成する。
- 機能の種類や多様性を拡張する。既存機能の性能向上にとどまらず、従来の延長線上にない斬新な機能を創成し、これまで想定されていなかった応用展開につなげる。
- 多種類の元素を含む新分子性物質及び固体物質(多元素物質と総称)を開発し、その構造と物性の相関を解明する。
- 多元素物質の多様性を向上させるため、分子科学と非整数組成の固体科学を確立する。
- 多元素物質で構成される未踏の領域を探索するために、データを積極的に生成・活用する。そのために、デジタル化(自動・自律実験、データ・ロボット駆動科学)の推進が必須である。材料データ・機械学習・シミュレーション・デジタルスクリー

ニング・ロボットと研究者の共生を基盤に据える。

- 化学反応から精製、物性分析に至るまで高度な技術と多大な労力を要する実験分子科学において、自動合成・精製・同定装置を導入・独自開発し、誰もが利用できる研究基盤として整備する。あわせて、電解反応やフロー反応に着目した実験装置の開発と活用を進め、実験データの蓄積と利活用を通じて、新マテリアル探索を加速する。
- 原子レベル空間分解能で原子を操作する技術を開発し、自在に原子を配置して望む結晶や分子を合成する。
- 非平衡条件や基質・基板上の反応などを活用して準安定相を探索し、多元素物質を創成する。物性測定には後述する計測・計算協調拠点を活用する。
- 反応途中における in situ 計測、operando 計測をさらに発展させる。加えて、最先端計測技術と合成技術を融合し、物質合成時に元素を自在に配置・配列する技術を開発する。
- 計算シミュレーションや機械学習を活用し、有用な新規多元素物質を絞り込んだ上で合成する技術を確立する。さらに合成経路を予測し、実験の試行錯誤を減らして迅速に物質を合成する。
- 膨大な化学ライブラリ内の化合物に対し、強固な結合を狙いすまして切断し、そこに多種類の元素を精密に導入可能な新規合成法を開拓する。それにより、合成可能な化合物数を指数関数的に増大させる。
- 超高温、超高压、超高磁場、強光照射など、極限条件下における新規結合様式や準安定相の安定化を狙う。
- 分子性物質において多種類の元素の組み合わせと構造多様性を両立するための戦略を確立し、重要元素の使用量を低減する。
- 数学、情報科学、物理学(統計物理、宇宙物理、素粒子)などの研究者の参画を促す。トポロジカル物質、交替磁性体など、物質に対する新しい見方がうまれており、多様な知見の統合が不可欠である。物質開発を進め、原理の解明やデバイス応用が期待される。
- 狙った物質を迅速に合成するための反応データライブラリを整備する。
- 物質やその特性に関するデータベースの構築はデータ駆動科学において必須である。それらデータベースを元に機械学習手法を開発して、各種物性(双極子モーメント、HOMO/LUMO エネルギー、各種 NMR 遮蔽定数、磁性、光物性、熱安定性、流動性)を系統的に予測する。
- 量子技術、半導体、バイオ、航空・宇宙、資源、エネルギー、防災・国土強靱化、創薬・先端医療、核融合等に資する新マテリアル合成や物性解明を進める。

B. 既存材料の極限追求

既存材料であっても、いまだその能力を引き出せていない。新規の物質・材料開発に加え、既存の材料を最大限に活かす研究開発も産業競争力を強化する上で非常に重要である。

- 既存材料の合成プロセスや、組み合わせの最適化を進める。
- 事前にシミュレーションを行い、最短時間で最適化を達成する方法論を確立する。
- 繰り返し作業は自動・自律実験システムに委ね、データを活用しつつ最適化を進める。

C. 超化合物創成：階層構造の自己組織的な構築

生物は、原子と元素を自在に組み合わせ、原子、あるいはナノスケールのクラスターを適切に配置してより大きな細胞を構成し、さらにそれらが集まって機能を発現している。物質合成もそのように階層構造を自己組織的に構築していく技術が必要である。本項目は難度が高く、より長期的視野で研究を展開する必要がある。

- 連鎖的に化学反応が進む、あるいは自己組織的に構造形成が進み、ミクロ(原子スケール、ナノメータスケール)からマクロスケール(ミリメータスケール)の構造体を作製する技術を開発する。
- 超分子は様々な相互作用で集合体を形成する。その現象を活用し、無機材料、有機材料を問わず、超化合物を構築する技術を開発する。非平衡状態や準安定相を活用する技術の開発も急務である。
- 実験(リアル)と理論(サイバー)が融合したデジタルツインを作ることは、ミクロからマクロまでを理論でつなぐ大きなチャレンジである。
- マイクロデバイスを活用して原子や原子団をモジュールのように積み上げ、超化合物を一挙にプログラム合成するための新手法を開発する。また、そのための逆合成戦略を新たに構築する。
- 元素融合型物質を単一組成・構造でナノスケールからメゾスケールまで組み上げるための方法論を開拓するとともに、スケールの違いによる物性の違いを明確化する。
- 熱、光、電場、磁場、圧力などの外場を駆動力として、階層構造形成を制御する。また、それらの外場により階層構造が動的に再編成されるスイッチング超化合物を構築する。
- たんぱく質やDNA等の生体高分子に倣うハイブリッド新材料を開拓する。

D. 元素循環：重要元素の循環、再利用

従来の元素戦略は希少元素を代替した材料を「つくる」ことに主眼が置かれ、希少元素の使用量低減という観点から成果を挙げた。それに加え、重要元素を活用して合成した物質を分解して「もどす」、あるいは有用な物質に「転換」するための科学技術が重要である。それにより、元素循環を推進する。

- 結合の切断や原子の挿入・置換を自在に可能にする学理を構築する。
- 「つくる科学」「もどす科学」の両者を踏まえた「元素循環科学」の学理を構築する。物質分解技術や重要元素の回収再利用技術を開発し、元素循環を達成する。
- 多種類の元素からなる物質から個々の元素を分離する技術を開拓する。
- 熱、光、電気、触媒を用いた反応を確立し、低エネルギーや低環境負荷を目指す。

- 未利用資源による酵素・微生物・生物を活用した生産技術プラットフォームを開発し、医薬品や食品にとどまらず、化学品・素材・繊維・燃料など多様な産業領域でのバイオものづくりを進める。
- 廃棄物を回収する社会としての仕組みを平行して立ち上げる。
- 希土類・貴金属などの回収、分離技術を開発する。
- 元素循環知識基盤の構築とプロセス開発を進める。

5 構想の概要：方法論、実施体制

本構想に沿って設置された「元素戦略推進本部」が図5に示す三種類の「協調拠点」を統括し、共用・協働を通じて研究を推進する。全体の組織構造を図6に示す。横串組織を配置することが重要な点である。横串組織は、ノウハウや技術の創成だけではない。図6に示す各全元素活用協調拠点が培ったノウハウと技術を蓄積するとともに、横展開もミッションとする。下記は全て産業界と共に進める。

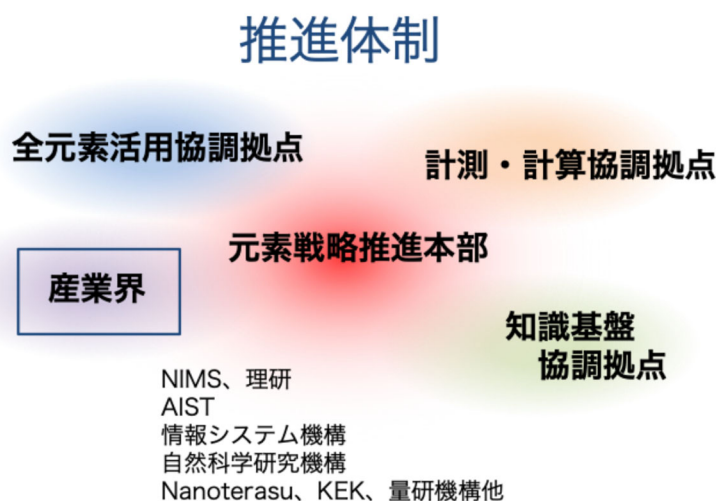


図5 推進体制 元素戦略推進本部が核となり、各協調拠点と連携する。

企業が協働・協調できるよう、体制を整備する

(出典) 化学委員会無機化学分科会が作成

(1) 全元素活用協調拠点

図6における縦の組織は、研究ドメインに立脚した研究拠点である。エネルギー・環境材料、磁石材料、電子材料(半導体材料)、触媒材料(均一系、不均一系)、構造材料、高分子材料、量子材料、分子科学、医用材料等、経済安全保障や産業競争力の観点から研究領域を絞り込む。そして、拠点機関を決め、日本、世界に広く人材を集めた協調拠点を国内に6-8箇所設置する。さらに、教育組織と密に連携させる。合成・評価実験のハイスループット化・自動化も進め、分野融合に基づく革新的な元素配置法・循環法の開発と元素融合型物質の創成を探究する。各拠点に、他分野・他機関との橋渡し部門を置く。

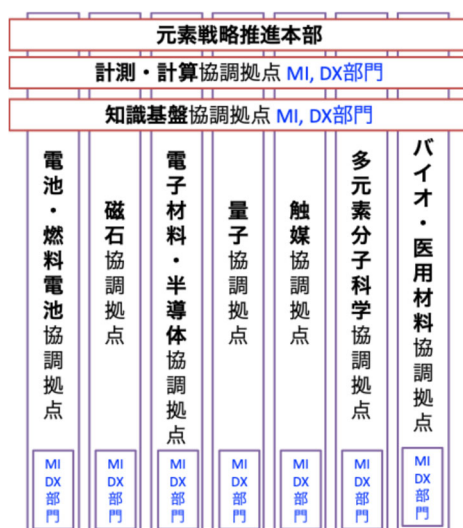


図6 組織構造 横串の組織は、ある分野での成果を別分野に横展開する。
縦の全元素活用協調拠点名は仮称である。

MI は Materials Informatics、DX は Digital Transformation を示す

(出典) 化学委員会無機化学分科会が作成

(2) 計測・計算協調拠点

独創的な計測分析装置・技術及び解析法、さらには計算・シミュレーション技術を開発できる研究拠点を産学協同で構築する。

- 高度計測に対応可能な技術職員を育成し、本拠点のみ取得可能な計測・分析データを取得する。
- 全元素活用協調拠点で合成された元素融合型物質の各種データを自動・自律で一挙に計測する(マルチモーダル解析)。富岳、SPRING-8、NanoTerasu、J-PARCなどの大型施設も活用し最先端計測を実施する。
- 分析計測企業の協調拠点としても活用する。それら企業の試作機を他企業や拠点研究者と共同開発し、世界で競争力を得るための実証の場として機能する。
- 装置共用に関しては技術職員を中心とした運営とし、技術職員が実験装置にかかりっきりになるのではなく、自動・自律システムにルーチンワークを任せ、技術職員は依頼者と十分にコミュニケーションをとって技術支援する。
- 協調拠点は経営感覚を持ったマネジメントにより運営され、自活できるよう黒字運営を目指す。材料メーカーが安定ユーザーとして装置を利用し、高い稼働率を維持する。共同研究費の間接経費も収入とする。通常のランニングコストは自活するが、新規装置導入は国からの支援は必要であろう。公的支援と利用収入を組み合わせた持続可能な運営体制が望まれる。
- 上記に加え、計算・シミュレーションの強化が必須である。今後、科学や技術の大きな方向性としてデジタルツインを構築することが目標となる。まず、計算・シミュレーションで予測し、その後、実際に物質合成やデバイス構築するという開発ステップが理想である。そのために計算・シミュレーション技術の開発と、

デジタルツイン開発のためのデータ収集が必要である。

(3) 知識基盤協調拠点

基盤モデルにデータ・知識を統合し、自在に活用できる知識基盤を構築する。基盤モデルとは大量のデータで事前学習し、多様な課題に応用できる AI モデルである。文章や画像などを扱い、追加学習や指示によって特定分野にも適応できる。現在、基盤モデルを活用した生成 AI (ChatGPT や Gemini 等) を用いて調査やアイデア出しをすることが可能である。既に、生成 AI 技術は研究者にとって不可欠になっている。これにマテリアルやライフサイエンスなどの詳細なドメイン知識が加われば、より精緻な回答が可能となり、マテリアルの諸問題に適用されていく。それらを発展させ、仮説生成、研究計画立案、レポート作成を自動・自律的に進め、研究者のパートナーとなる AI システムが必須である。そのためには、インターネット上に存在しない独自データを基盤モデルに統合する必要がある(図7)。

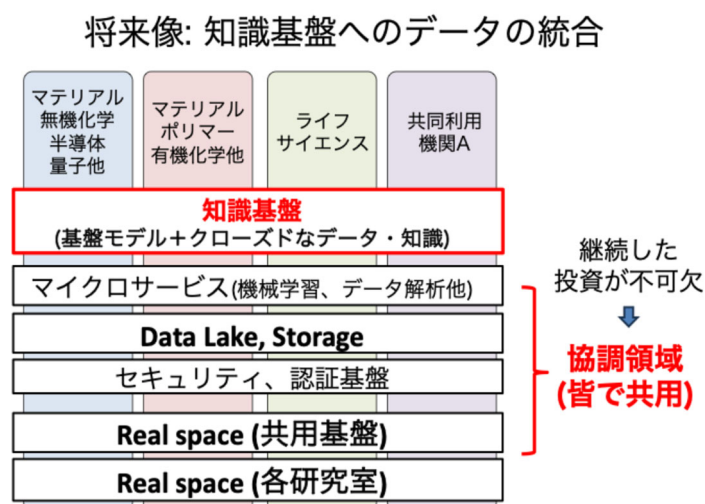


図7 知識基盤の構築 各協調拠点のデータを統合し、知識基盤をつくる

(出典) 化学委員会無機分科会が作成

この独自データを統合した知識基盤を活用することにより、一般には得にくい新たな知見を引き出すことができる。すなわち、研究者独自の調査結果やアイデアを生み出すことが可能となる。研究者はこの知識基盤を活用し、研究を進める。この「独自データをいかに生成するか」という点で全元素活用協調拠点と計測・計算協調拠点が鍵となる。人間のみが可能な創造的な実験と AI とロボットを活用した実験システムが組み合わせられるというビジョンも必須である。そして、AI の出力を鵜呑みにするのではなく、人間の勘・コツ・経験と融合させることが重要である。また、AI から刺激を得て、研究者が新たな発想を得ることもできる。AI やロボットの活用は、研究者の創造性を高めるためにある。そこで本拠点は研究のデジタル化技術開発も担当する。

世界では AI エージェントの開発が加速しており、AI エージェントが自律的に研究を進める技術が既に出現している。本拠点は各協調拠点と共同して、AI エージェントの開

発を行う。また、AI for Scienceに向けた人材育成も担う。

国内で整備すべきソフトウェア(オーケストレーションソフトウェア等)は大学共同利用機関法人情報・システム研究機構や国立研究開発法人物質・材料研究機構(NIMS)、国立研究開発法人理化学研究所、国立研究開発法人産業技術総合研究所などと協調して構築すべきである。現在、国内にはオープンサイエンスの流れとマテリアル研究の二つの流れでデータ収集がなされており、それらを連携させることも必要である。並行して先端的な理論・計算科学の開発やデータ科学インフラの整備と導入支援も行う。データのオープン・クローズ戦略の策定も急務である。コンソーシアムを形成し、その内部ではオープンにすることが考えられる。その際、秘密計算技術を導入することも重要である。企業間の競争という観点に加え、経済安全保障の観点が重要になっている。

(4) 元素戦略推進本部

全協調拠点を「元素戦略推進本部」が司令塔となって、全体をシステム化する。この中核拠点は下記の機能を有する。

- 各協調拠点の研究成果の分析、指針の策定、応用展開の推進、ライフサイクルアセスメント的評価法の開発を行う。
- 世界情勢や経済安全保障等を分析し、戦略立案する。文部科学省、経済産業省やJST、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)と常に連携する。
- 元素戦略推進本部は学際融合を促す施策を実施すると共に、ある分野での成果を別分野に横展開する。
- 知的財産管理、国際交流、資金調達や技術移転、広報等を進める。
- AI の倫理など社会科学分野も融合した学術振興と戦略策定、推進を行う。特に、「人間とAIの共生」のあり方、AI活用の倫理について、科学者に啓蒙・教育を行う。実際に自動合成システムを活用すれば、毒物も自動的に合成することが可能である。また、論文や特許をAIエージェントが作成することも可能になっている。どこまでがAIでどこからが人間が担うのか、常に倫理観が問われている。

上記の実施において、データ科学・機械学習、計算シミュレーション、ロボット技術を徹底的に活用する。文部科学省で進めてきた「マテリアルDX(デジタルトランスフォーメーション)」を推進し、材料データ・機械学習・シミュレーション・ロボットと研究者の共生を基盤に据える。研究者の創造性と勘・コツ・経験が常に重要であり、それが最大限発揮できる研究環境を構築する。

政府の「マテリアル革新力強化戦略」[24](2025年)においても、材料データの体系化と自動・自律実験、精密プロセス技術、スマートラボトリ化などを含む共通基盤技術の重要性が強調されている。マテリアル研究者、ロボット研究者、情報科学者、マテリアルズインフォマティクスの研究者が「同一の建物」に集い、研究開発を進める拠点が重要である。それが知識基盤協調拠点の役割である。

そして、開発された技術が速やかに横展開できる仕組みが必要である。具体的には、大学における工作室のように、気軽にデジタル化が相談できる“デジタル工作室”が必須である。このミッションは以下に整理される。

- 実験のデジタル化技術、自動・自律実験技術を集約し、デジタル化の相談窓口となる(図8)。そして、技術を提供する。現在、大学の工作室に学生がラフなアイデアを記した図面を持っていくと、技術職員が指導して図面を作成し、さらに機械加工により部品ができあがる。それと同様に、デジタル化についてサービスを提供する。

1. 「共用施設」として自活

- 安定ユーザーの獲得(企業)
- 高い稼働率
- 技術職員を中心とした運営
- 経営感覚を持ったマネジメント

1, 2でKPIを
しっかり分ける

2. 「共用施設」に留まらない世界的研究拠点

- デジタル化のノウハウ集約拠点
 - ・ デジタル化の工作室
- 理化学機器企業の力を高める方向性で技術開発

大規模集積研究基盤が組織・分野を超えた
国際的・学際的な研究ネットワークのハブへ

「研究開発の進め方」に変革をもたらす原動力

図8 共用拠点に関する考え方の一例

(出典) 化学委員会無機化学分科会が作成

- このデジタル工作室には技術職員が常駐し、構築した装置のメンテナンスも担う。装置をモジュール化して、各種の実験にフレキシブルに対応できるようにする。
- さらに、研究者と組み、新規自動・自律実験システムを構築する。また、ソフトウェアも作成し、多くの研究者が共有できるように整備する。
- このデジタル工作室を知識基盤協調拠点に設置し、日本中、世界中からの相談にのり、課題解決に貢献する。産業界の利用も推奨する。
- 最終的に、公開可能なデータはNIMSのResearch Data Express(RDE)より公開する。

以上により、「科学研究の進め方」に変革をもたらし、科学研究の在り方そのものを変革する。そして、我が国の研究力向上と産業競争力向上に貢献する。現状、種々の統計を見ると[25]、世界における日本のプレゼンスが低下しているように見える。したがって、これまで通りの研究の進め方では不十分と考えられる。そのため、本見解において、研究者の働き方や、頭の使い方の革新を見解として示す。

“世界の頭脳循環”に入るためにも、世界に対してvisibilityを高め、世界に開かれた拠点とすべきである。この拠点は、新しい研究開発方法の開拓を進め、新マテリアル・新知識・新技術を創成することがミッションとなる。さらに、実験装置共用やノウハウ共有を進める。

知識基盤協調拠点は、産学官でデータを共有・利活用する仕組みを整える。機械学習モデルにより物質の構造-特性相関を解明し、新材料候補の提案や合成条件の最適化を自動化する。

(5) 「元素戦略 2.0」および「マテリアル革新力強化戦略」との差異

「元素戦略 2.0」は原子操作・化学増幅・元素循環を3本柱として、学術構想として提示された。本見解はこれを継承しつつ、機械学習・ロボットによる自動・自律実験と生成AIを核に据え、研究手法そのものの変革をも前面に出す。研究テーマは元素融合型物質・デバイス創成、既存材料の極限追求、超化合物創成、元素循環の4本柱に再編した。また、「重要元素」の概念等、経済安全保障に関わる考え方を明示した。実施体制は3プラットフォーム(元素戦略 2.0)から、全元素活用、計測・計算、知識基盤の3協調拠点へ改めた。時間軸は第7期基本計画に合わせた3～5年とし、人材育成や産学官・国際連携の記述を大幅に拡充した。

「マテリアル革新力強化戦略」は「知のバリューチェーン構築」という大きな枠組みを示すが、具体的な施策については踏み込んでいない。本見解は学理と推進体制を具体的に提案する。方向性は整合しており、相互補完の関係にある。

6 実施にあたり、考慮すべき点

第4章、5章を実現するにあたり、下記を同時に進める必要がある。

(1) 学際融合

- 第2章(7)節で述べたように、異分野の知見を集合してはじめて課題解決が可能となる。材料分野と他分野との交差点から新発想を生み出すことが重要である。それを誘発するよう仕掛けることもこの協調拠点のミッションとなる。
- 連携研究を促進するため、物理学、化学、材料工学、生物学、医学、情報科学・数理科学など多様な専門を持つ研究者が協働できる環境を整える。
- 社会問題における複合的な問題解決を目指した分野間連携も重要である。経済安全保障、地政学的な課題をマテリアル融合により解決する方策を、経済学、経営学、政治学、薬学、環境学、土木工学・建築学、機械工学、電気電子工学などと連携して探る。

(2) 実用化までの時間の短縮:産学連携

- 新物質・新デバイスを開発しても、実用化までの時間がかかっては実利が得られない。したがって、緊密な産学連携が必要である。そのような状況下でも大学の役割と企業の役割をしっかりと切り分けて研究を進めることが重要である。
- 実用化までの時間を短縮するために、基礎研究段階でデータをしっかりと取得する必要がある。また、プロセス中のデータを取得することが必須である。そ

の際も自動実験システムが有効である。デジタルツインを構築することが重要である。

- 協調領域を設定して取得したデータと構築した AI について、産学で共有することが望ましい。データの共有に関しては、データのオープン・クローズの枠組みやクレジットに関する制度設計が必要である。
- 各拠点内部に企業のクローズドな研究所を設置することも考えられる。産学連携で研究を進めると共に、共用装置の安定ユーザーとなって利用料を計上することもできる。

(3) 人材育成の強化

- 異分野を含めた複合的な知識を持つ人材が求められている。大学での教育カリキュラムの拡充だけでなく、企業による研修や学会・業界団体による人材育成も急務である。人材育成は「協調領域」とみなせる部分もある。異分野の言語を理解し協働できる人材基盤の強化が、戦略の成否を握る。倫理教育も含む。
- マテリアル×デジタルについて、東京科学大学では、物質・情報卓越教育院(TAC-MI)を設立し、企業からの予算支援の下、人材育成を進めている。また、東京大学理学部化学科では、3年生向けに「情報化学」の講義を2024年度より開始した。九州大学や北海道大学、岡山大学や筑波大学等でもマテリアル×デジタルに関する教育が始まっている。若い学年から新しい研究の進め方に触れる講義が、多くの大学で実施されることが望ましい。
- 材料科学以外の異分野が、材料科学研究に参入しやすくするための努力が必須である。たとえば、数理科学と材料科学の融合であれば、数理科学の発展にも寄与できるようにすることが重要である。そのためには、材料科学の理解を深める場を作ると共に、人材交流を進め、さらにオープンな人事や予算配分が重要となる。

(4) 計算機の活用

- マルチスケールシミュレーションや量子コンピュータを活用した材料探索は極めて重要である。
- 実験のデジタルツイン化が極めて重要である。
- Matlantis 等ニューラルネットワークポテンシャルを活用したソフトウェアの活用も進んでいる。さらに、富岳 NEXT に向け、データサイエンスや数理科学に通じた複合スキル人材を育成するため、大学院教育やリスキリング講座を充実させることも急務である。

(5) 大型研究基盤の整備・活用

- 日本はマテリアル分野で長年にわたり蓄積した独自の強みを持っている。世界最先端の大型研究設備(富岳、SPRING-8、NanoTerasu、J-PARC)は、産学官で最大

限に活用すべきである。

- 維持に必要な費用の捻出や人材育成について議論が必要である。

(6) 産学官連携とオープンイノベーション

マテリアル融合の推進には産業界の参画が必須である。本見解で提案する研究はアカデミアに加え、産業界の研究基盤底上げもミッションとする。これまでも、企業と大学・国研の連携により実用材料への速やかな展開を図ってきたが、今後はさらに開かれた連携モデルを構築する。

- 要素技術の段階から企業が研究に参画し、研究拠点内に企業研究者が活動する共創ラボを設置する。
- 研究者は研究に専念できるようにする。そのために企業との交渉を担当する組織の整備・強化を進める。
- 拠点運営において経営の観点を入れる。共用の費用、実験室のレンタル費用、そして、知識提供の対価を収入とする。寄付の受け入れ、研究者・技術職員のインセンティブ向上も進める。
- 産学の橋渡し強化に向け、産業界からアカデミアに対して明確な技術課題の提示が重要である。アカデミアの知と産業界の課題・ニーズを繋ぎ、基礎研究からエンジニアリングに至る多様なプレイヤーのポテンシャルを最大限に発揮したイノベーション創成のための仕組みを構築する。企業の課題をアカデミアの集団で解決することも考えられる。
- 研究者・企業連携の結節点として、先端設備共用の場を強化する。国立の研究所との協力も必須である。また、開発内容の共有や標準化に向けたすり合わせを通じ、開発初期段階から川上と川下の産業が連携した研究開発を推進する。本協調拠点が企業での開発における実験室の役割を果たす。産学でのデータの共有も進める。日本の強みを最大限活用する(図3)。

(7) 経済安全保障対応

- マテリアル分野はグローバルなサプライチェーンに直結しているため、国際動向を踏まえた戦略が重要である。米国や欧州もそれぞれ国家戦略を展開し、重要元素の確保や代替素材開発、リサイクル促進に注力している。日本も経済安全保障の観点から、同盟国・友好国との研究協力や資源分野での協調を深める。
- サプライチェーン上のチョークポイントをおさえることが必須である。各応用先に応じて、Research, Development, and Engineering (RD&E)の各段階を精査し、チョークポイントを見極め、研究リソースを投入する。たとえば、半導体製造であれば、ウェハーやレジスト材料は日本が握るチョークポイントである。

(8) 国際連携

- マテリアル研究の共同研究を加速するために、国際交流を推し進める。具体的

には、日米欧によるレアアース代替材料の共同研究、データ共有の国際ネットワーク構築、人材交流プログラムの拡充などが考えられる。また、新興国の台頭にも留意し、国際標準化活動等を通じて日本の技術優位性を維持・発信していくことが重要となる。

- 機械学習やロボットを活用した研究については、トロント大学 Acceleration Consortium との交流を産業技術総合研究所、NIMS や企業が積極的に進めている。英国リバプール大学には文部科学省審議官が 2025 年春に訪問し関係を構築している。デンマーク、シンガポールでも AI for Science の文脈で自動・自律実験や機械学習活用のマテリアル研究が加速しており、それら国際的な動きと連携する。

(9) 進捗評価と柔軟な戦略修正

- 本見解で提案する研究推進にあたって元素戦略推進本部が達成目標を設定し、研究開発の進展と成果の社会実装状況を定期的に評価する仕組みを設ける。
- 学術的成果だけを求めるのではなく、特許・事業化・人材育成など多角的観点で評価する。研究者に求めるもの(学術的成果)と、組織に求めるもの(人材育成、共同研究体制構築等)は異なる。それを切り分けて評価することが必要である。それらが混在、混乱したまま評価してはならない。そして、状況に応じて戦略の見直しや重点分野の調整を柔軟に行うガバナンスが重要である。
- 上記を達成するために、透明な意思決定と外部評価を備えた体制とすることが必須である。

(10) 広告宣伝の実施

- 元素戦略の意義と成果をしっかりと社会に説明することが必須である。広報を通じて、元素戦略の社会的意義への共感と支持を得る。
- 「科学の楽しさ、研究の楽しさ」を小中高生へ伝えることが必須である。そして、理科が好きな学生を増やす。現在、小学生、中学生、高校と進むほど科学好きが減る。それを逆に、歳を経るほど科学好きの数が大きくなるような構造にしなければならない。
- 難解な科学を分かりやすく社会に語りかける「語り部機能」が元素戦略推進本部に求められる。
- 博士課程への進学者を増やすために、博士の意義、博士課程で研鑽できること、研究の楽しさ、博士課程修了後のキャリアパスの多様性を広報することが肝要である。

(11) 国会・行政を含む政策決定者との継続的な科学的対話

- ナノテクノロジー議員連盟では、ナノテクノロジーを含むマテリアル分野を国家の最重要戦略課題として推進すべく、2001 年の設立以来、政府における予算

確保や体制整備に強力に取り組んでいる。

- 第7期科学技術・イノベーション基本計画(2026-2030 年度)に合わせ、政府の重要戦略として「マテリアル革新力強化戦略」が2025年6月に策定された[26]。第5期ではナノテクノロジー、マテリアル・材料はハイライトされていなかったが、第6期でマテリアルの重要性がしっかりと明文化された。第7期以降についても、元素戦略の狙いに共感が得られるよう、密にコミュニケーションすることが重要である。文部科学省、内閣府、経済産業省、環境省等と連携することが必須である。

(12) 官-官連携、民-民連携の加速

- 現状、大学研究者同士の連携、すなわち、学-学連携はスムーズに進んでいる。より連携が進むよう、あらゆる障壁を排除すべきである。
- 課題は官-官連携、民-民連携である。つまり、前者においてはNEDO-JST連携、NIMS-産業技術総合研究所連携、経済産業省-文部科学省、あるいは文部科学省、経済産業省内の課-課連携が重要であり、“デマケ”（デマケーション（業務分担・役割分担））という言葉で縦割りが重視されているが、相互協力が重要な場面も多い。また、企業間連携を進め、協調領域は協働すべきである。

(13) スタートアップ支援

- イノベーション創成の牽引役であり、そのチャレンジを後押しする仕組みが必要である。米国ではエコシステムが既に確立している。集められる資金も日本とは桁違いである[27]。スタートアップ育成と、エコシステム構築、産業界への接続の強化を進めることが重要である。
- 日本全体に、夢に向かってチャレンジすることの楽しさが共有される必要がある。

(14) 技術職員、事務職員、URA (University Research Administrator) の強化

- 研究者、エンジニア(技術職員)、事務職員、URA は皆が協働してはじめて成果がでる。各人の貢献を評価することが重要である。
- 全員が対等であるという意識を持ち、相互に行き来できるような柔軟な人事が必要である。
- 研究者評価法の改善も必須である。オリジナリティーがある成果を持つエンジニアリングも高く評価すべきである。さらに博士のキャリアパスを多様化する努力が必要である。それにより、博士課程の進学者数が増加することが期待できる。

(15) 研究資源の集中的投入

- 研究資金の選択と集中の良さと弊害を理解する必要がある。その上で必要な研

究費を集中投下する決断が必要である。

- 国家プロジェクトとして十分な研究費を確保し、人材・設備に戦略的投資を行う。拠点形成には初期投資が必要であり、予算面での支援強化が求められる。そのうえで、運営を軌道に乗せ、自己資金の充当を図る。
- また大型設備の維持高度化や、新規要素技術の整備、人材登用、人材育成にも計画的に資源を配分する。

(16) 透明性の確保

- 拠点設置、理化学機器企業の強化、研究資金の集中投下、拠点の運営等において、各種手続の透明性を確保し、公益性を十分に考慮する必要がある。また、利益相反管理等を実施することが望まれる。

7 まとめ

本施策は海外との競争上、速やかに進めるべきである。本見解で提案する研究を実行することにより、アカデミアと企業の両方の研究力を向上させることができる。キーワードは、デジタル化、共用、協調である。マテリアル分野の革新力を飛躍的に強化し、Society 5.0 やSDGs の実現に貢献する先端材料を数多く創成し、持続可能で強靱な社会に向けて我が国は大きく貢献したい。

これまで築いてきた科学技術と産業の底力を結集し、デジタルとグリーンが調和した日本型元素戦略を推進し、次世代に向けた豊かな未来社会の実現に大きく寄与できると確信する。国の強いコミットメントと関係者の協働により、本見解に沿った取組が望まれる。

<参考文献>

- [1] 中山智弘、「元素戦略 科学と産業に革命を起こす現代の錬金術」、ダイヤモンド社、2013 年。
- [2] 文部科学省研究振興局参事官（ナノテクノロジー・物質・材料担当）付、「プロジェクトの概要」、元素戦略プロジェクト<研究拠点形成型>、<https://www.mext.go.jp/elements-strategy/about/outline/> (accessed 2025-07-23)。
- [3] JST 研究開発戦略センター、「研究開発の俯瞰報告書 ナノテクノロジー・材料分野（2024 年） 2.5.2 次世代元素戦略」、2024 年、https://www.jst.go.jp/crds/pdf/2024/FR/CRDS-FY2024-FR-04/CRDS-FY2024-FR-04_20502.pdf (accessed 2025-07-23)。
- [4] 内閣府、「マテリアル戦略」、内閣府ホームページ、<https://www8.cao.go.jp/cstp/material/material.html> (accessed 2025-07-23)。
- [5] 日本学術会議、提言「未来の学術振興構想（2023 年版）」グランドビジョン⑮「No.1 30 元素戦略 2.0：融合的元素活用と元素循環」、2023 年 9 月 25 日、<https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-25-t353-3-130.pdf> (accessed 2026-07-14)
- [6] 「中国レアアース規制、世界の車生産に波及 フォードは工場一時停止」、日本経済新聞、2025 年 6 月 5 日、<https://www.nikkei.com/article/DGXZQ0GN04EGB0U5A600C2000000/> (accessed 2025-07-23)。
- [7] 「[社説] 資源合意をウクライナ和平への糸口に」、日本経済新聞、2025 年 5 月 1 日、<https://www.nikkei.com/article/DGXZQ0DK0148B0R00C25A5000000/> (accessed 2025-07-23)。
- [8] N. Ishizuki et al., "Autonomous experimental systems in materials science," STAM Methods 3, 2197519 (2023)。
- [9] M. Abolhasani et al., "The rise of self-driving labs in chemical and materials sciences," Nature Synthesis 2, 483-492 (2023)。
- [10] G. Tom et al., "Self-Driving Laboratories for Chemistry and Materials Science," Chem. Rev. 124, 9633-9732 (2024)。
- [11] J. Chen et al., "Navigating phase diagram complexity to guide robotic inorganic materials synthesis," Nature Synthesis 3, 606-614 (2024)。
- [12] The White House, "LAUNCHING THE GENESIS MISSION," <https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/2025/11/launching-the-genesis-mission/>
- [13] A. Merchant et al., "Scaling deep learning for materials discovery," Nature 624, 80-85 (2023)。
- [14] H. Yang et al., "MatterSim: A Deep Learning Atomistic Model Across Elements, Temperatures and Pressures," arXiv:2405.04967 (2024)。
- [15] C. Zeni et al., "A generative model for inorganic materials design," Nature 639, 624-632 (2025)。
- [16] M. Eisenstein, "Self-driving laboratories, advanced immunotherapies and

- five more technologies to watch in 2025,” *Nature* 637, 1008-1011 (2025).
- [17] Y. Li et al., “A lithium superionic conductor for millimeter-thick battery electrode,” *Science* 381, 50-53 (2023).
- [18] 北川宏、「未踏探索空間における革新的物質の開発」、科学技術振興機構ウェブサイト、2023 年、https://www.jst.go.jp/kisoken/boshuu/r05/teian/koubo/2023youkou_6_cexmate.pdf (accessed 2025-07-23).
- [19] 「2024 年の出生数が初の 70 万人割れ 出生率最低 1.15、揺らぐ経済基盤」、日本経済新聞、2025 年 6 月 4 日、<https://www.nikkei.com/article/DGXZQ0UA28BP30Y5A520C2000000/> (accessed 2025-07-23)
- [20] 日本学術会議化学委員会、化学委員会化学企画分科会、見解「日本の社会・産業をリードする化学系博士人材の育成支援と環境整備」、2023 年 9 月 22 日.
- [21] Japanese research is no longer world class – here’s why, A. Ikarashi, *Nature* 623, 14-16 (2023).
- [22] International Federation of Robotics, “日本は世界最大のロボットメーカー,” IFR Press Room (2022), https://ifr.org/downloads/press2018/JP-2022-03-10_IFR_press_release_JAPANESE_language.pdf (accessed 2026-07-29).
- [23] 文部科学省、「ナノテクノロジー・材料科学技術の推進方策について 参考資料」、2024 年、https://www.mext.go.jp/content/20241001-mxt_nanozai-000038004_5.pdf (accessed 2026-06-30).
- [24] 内閣府、「マテリアル革新力強化戦略 — 知のバリューチェーンの構築を通じて — (概要)」、2025 年、https://www8.cao.go.jp/cstp/material/material_2025_gaiyo.pdf (accessed 2025-07-23).
- [25] 文部科学省、「新しい時代の科学技術人材に関する基本政策概要 (案)」、2026 年、https://www.mext.go.jp/content/20260610-kiban03-000050406_02.pdf (accessed 2026-06-13).
- [26] 内閣府、「マテリアル革新力強化戦略 — 知のバリューチェーンの構築を通じて — (令和 7 年 6 月 4 日決定)」、2025 年、https://www8.cao.go.jp/cstp/material/material_2025_honbun.pdf (accessed 2025-07-23).
- [27] 藤田誠、「米国産業バレーの景色」、化学と工業 76, 691-693 (2023).

＜参考資料 1＞審議経過

2024 年

- 3 月 22 日 無機化学分科会（第 1 回）
役員の選出、今後の進め方について
- 12 月 27 日 無機化学分科会（第 2 回）
見解の発出にかかわる、今後の進め方について

2025 年

- 2 月 3 日 無機化学分科会（第 3 回）（メール審議）
拡大委員会立ち上げについて
- 3 月 5 日 無機化学分科会（第 4 回）
見解発出に向けた進捗確認
- 12 月 25 日 無機化学分科会（第 5 回）
見解発出に向けた進捗確認

2026 年

- 1 月 31 日 無機化学分科会（第 6 回）
見解発出に向けた進捗確認
- 2 月 18 日 無機化学分科会（第 7 回）（メール審議）
委員長交代について
- 5 月 13 日 無機化学分科会（第 8 回）
見解発出の他の分科会との共同発出にかかわる承認について
審査開始のための原稿承認について
- 6 月 11 日 無機化学分科会（第 9 回）
査読委員会からの意見に対する原稿改訂

見解の発出に向け、広く意見を交換し、推し進めるための拡大委員会を発足し、オンライン会議・ハイブリッド会議を 6 回程度及び対面会議を 2 回開催した。この過程で、社会問題を解決する化学の研究、教育、産業界が関わる政策として、本見解の内容が不可欠である認識が強くなり、化学が関わる全ての分科会に共通する課題や展望であることが明らかになった。そのため、2026 年 4 月に各分科会に無機化学分科会から共同発出を提案し、化学委員会全ての分科会並びに、結晶学分科会（化学委員会・物理学委員会合同）、触媒化学・化学工学分科会（化学委員会・総合工学委員会合同）で議論していただき、了承を得て今回の発出に至った。

＜参考資料 2＞シンポジウム開催

公開シンポジウム「国際ガラス年 2022 記念シンポジウム」

開催日時 2022 年 9 月 30 日（金）13:00～17:30

開催地 日本学術会議講堂（ハイブリッド開催）

本シンポジウムでは、ガラスが人類史・産業・芸術を支えてきた基盤材料であり、持続可能社会に不可欠であることが強調された。日本を代表する専門家による講演を通じ、光通信や工業材料から工芸まで、ガラスの多面的な魅力と未来への可能性が示された。市民との対話を重視し、ガラス科学への理解促進と産官学連携の深化を目指す場として位置づけられた。500 名以上の出席があった。

公開シンポジウム「マテリアル融合：物質・エネルギー・情報技術融合による新たな元素戦略」

開催日時 2026 年 1 月 31 日（土）13:40 ～ 18:15

開催地 東京大学化学講堂（東京都文京区本郷 7 丁目 3-1 化学本館 5 階）

本見解を推し進めている分科会が主催した公開シンポジウムとして開催した。ここでは、全元素を活用した次世代マテリアル創成の重要性が強調され、AI・ロボット・データ科学との融合が研究革新の鍵であると示された。産官学の講演と討論を通じ、エネルギー・資源循環社会の実現に向けた材料研究の新たな方向性が共有された。さらに、マテリアル融合は人の経験や感性のデジタル化を含む、研究の新しい姿を切り拓く概念として位置づけられ、政策との連携が不可欠であることも強調された。約 100 名が出席し、活発な議論があった。

＜参考資料 3＞日本学術会議における関連する検討

1. 21 期提言「日本の展望—学術からの提言 2010 日本の展望—理学・工学からの提言」（日本の展望委員会理学・工学作業分科会）、平成 22（2010）年 4 月 5 日、「希少元素を有効利用し、機能を代替する元素を基に材料を開発する総合的な『元素戦略』研究の推進と、それに続く持続・再生可能な資源を活用する『サステイナブル資源・物質戦略』の 2 つの研究が重要である。」
2. 21 期報告「日本の展望—学術からの提言 2010 材料工学分野の展望」（材料工学委員会）、平成 22（2010）年 4 月 5 日、「地球温暖化の主因とされる CO2 削減等の環境問題解決への社会的要請、原油価格高騰に端を発したエネルギー問題、希少元素などの鉱物資源に対する国家戦略等の問題が顕在化し、この抜本的解決のための元素戦略に立脚した材料研究に対する期待が急速に高まっている。」
3. 22 期提言「研究用原子炉のあり方について」（基礎医学委員会・総合工学委員会合同放射線・放射能の利用に伴う課題検討分科会）、平成 25（2013）年 10 月 16 日、「特異な機能のために希少元素は磁石以外にも利用されており、最近では『元素戦略』が声高に叫ばれている。」
4. 22 期提言「ロボット活用による社会課題解決とそれを支える先端研究の一体的推進方策～社会共創ロボティクス～」(機械工学委員会ロボット学分科会)、平成 26（2014）年 9 月 29 日、「ロボット活用による社会課題解決や社会変革を実現するため、利用者、研究開発者、供給者が一体となったオープンイノベーションの枠組み『社会共創ロボティクス』を早急に確立し推進すること。」
5. 22 期報告「大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準 地球惑星科学分野」（地球惑星科学委員会地球惑星科学大学教育問題分科会）、平成 26（2014）年 9 月 30 日、「地球惑星科学者みずから地球惑星中心部の超高压高温を実現する技術開発を行い、物理学・化学・材料科学等の諸分野に地球惑星科学を超えて自前技術を提供している例もある。」
6. 24 期提言「化学・情報科学の融合による新化学創成に向けて」（化学委員会化学企画分科会）、令和 2（2020）年 7 月 7 日、「今日、情報科学技術、特に人工知能（AI）技術の進展はめざましく、今後化学者と AI とがうまく協調できれば、これまでにない速度で新しい原理・原則の発見や新物質の開発が期待できる。」
7. 24 期提言「より良い近未来創造のためのロボット/AI の理解と人材育成」（機械工学委員会ロボット学分科会）、令和 2（2020）年 7 月 21 日、「AI を含む要素を統合した人工

物がロボットであり、ロボット/AI を道具として理解することが重要となる。」「ロボット/AI によって差し迫った社会課題の解決が求められている状況では、課題解決型のシステム統合研究分野における人材育成が必要となる。」この分野の人材育成が急務であることは、日本学術会議平成 26 年の提言「ロボット活用による社会課題解決とそれを支える先端研究の一体的推進方策～社会共創ロボティクス～」にも記載がある。

8. 25 期回答「研究DXの推進－特にオープンサイエンス、データ利活用推進の視点から－に関する審議について」（日本学術会議）、令和 4（2022）年 12 月 23 日、「物質材料学ではロボットを導入し、実験の自動化によりデータの取得を著しく効率化するとともに、得られたデータに AI を適用して新たな仮説を生み、途切れることなく実験を可能とすることで新素材の開発速度を飛躍的に加速するなど、科学実験のスタイルが大きく変容しつつある。」
9. 公開シンポジウム「研究の自動化と AI が切り拓く科学と社会」（主催：オープンサイエンスを推進するデータ基盤とその利活用に関する検討委員会）、令和 5（2023）年 9 月 1 日、一橋大学一橋講堂及びオンライン
10. 25 期報告「材料工学ロードマップのローリング～30 年後の未来に向けた夢・技術～」（材料工学委員会材料工学ロードマップのローリング分科会）、令和 5（2023）年 9 月 15 日、「世界の技術水準では、デジタル技術及び AI（Artificial intelligence）技術の向上と発展がさらに飛躍的に進むことが予測され、これを支える情報技術、画像技術あるいはヒトと結びつける技術の発展と社会実装が求められる。」「iPS 細胞(induced pluripotent stem cell) 由来の神経細胞を用いた脳の再生技術においても、細胞の脳内空間への超精密配置技術が必要となる。マイクロロボティクスやそれを可能にする微細加工技術が望まれる。」
11. 26 期提言「第 7 期科学技術・イノベーション基本計画に向けての提言」（日本学術会議）、令和 6（2024）年 11 月 28 日、「近年、様々な変化がかつてない速さで進み、国内外の社会に影響を与えている。例えば、・・・人工知能（AI）を含む情報技術（IT）の急速な発展などが、過去の経験からは予想しえなかった影響を伴いつつ進んでいる。」
12. 26 期提言「生成 AI を受容・活用する社会の実現に向けて」（日本学術会議）、令和 7（2025）年 2 月 27 日、「大規模な生成 AI の開発において生じる問題は、AI（人工知能分野）に関する知識と HPC（高性能計算）に関する知識の両方がないと解決できない場合が多い。」「言語だけでなく、画像・映像、音声・音楽などと統合するマルチモーダル処理、ロボティクスへの応用も進んでいる。」