

2022年度

事業報告書

自 2022年4月 1日  
至 2023年3月31日

一般財団法人ファインセラミックスセンター  
J F C C

## 事業の執行概要

JFCCは、1985年5月に財団法人として設立され、1987年に試験研究所（現：材料技術研究所）の建物が竣工し、ファインセラミックスを主とした材料の研究及び試験評価事業を本格的に開始した。2007年には新たにナノ構造研究所を設立してナノ分野における技術力の強化により、国内有数の研究機関としての地位を確保した。2012年2月に新公益法人制度に基づき非営利・一般財団法人へ移行した。

また、JFCCの目指すべきビジョンとして「科学の根源である真理を常に追究し、自らの夢と思いを実現しつつ、産業への応用を通じて、社会に貢献していくこと」としており、これを念頭に国内外の動向を踏まえて第7次中長期経営計画を策定し、その実現のために着実に事業を進めている。2022年度は、中長期経営計画期間の2年目にあたり、特にパンデミックリスクの発生、拡大とその影響の深刻さを十分に考慮し、産業への応用を通じて、社会に貢献していくことを目指す姿として再確認し、あらためて世の中の動向・社会ニーズと財団設立以来37年培ってきた技術力を踏まえて「戦略技術領域」を設定した。

具体的には、材料技術研究所とナノ構造研究所の一層の連携強化を図り、最先端解析・シミュレーション技術から新材料創製への指針を得ることに取り組むとともに(1)先端かつオンリー・ワンのエキスパート集団を目指し研究力・技術力を一層高め、(2)社会のニーズ・動向を敏感に捉え自らの研究・試験評価の位置付けを理解のうえ的確に対応し、(3)「人材育成」と「チームワーク重視」により組織総合力の向上を図ることを重点として、職員一丸となりスピード感を持ってチャレンジした。

本年度の事業収支については、収入総額は2,936百万円と、予算に対して498百万円上回り、支出総額は2,863百万円と予算に対して467百万円上回った結果、収支差は予算より31百万円上回る、73百万円となった。

2022年度の各事業の実施概要は以下のとおりである。

### I. 公益事業

#### 1. 研究開発事業

時代的・社会的要請に即した革新的素材の研究開発など、ファインセラミックスを主とした材料イノベーションの創出に関する基礎・応用研究を実施し、その成果をもって社会・産業への貢献を図った。

##### (1) 先端技術育成研究

戦略技術領域の中長期的な研究戦略の観点に立って、将来の研究の柱となる独創的発想を重視した基礎的・先行的な研究14テーマをJFCCの自主財源で推進した。

##### (2) 政府等からの研究受託

政府、NEDO、JST等から、継続プロジェクトについて「AI的画像解析によるオペランド電子顕微鏡計測技術に関する研究」「電気自動車用革新型蓄電池技術開発」等26テーマ、新規プロジェクトについて「次世代ファインセラミックス製造プロセスの基盤構築・応用開発」等6テーマの研究を受託した。

また、将来の研究の柱となる新規研究分野を創成するための科研費（文科省：日本学術振興会科研費補助金）等については、継続研究30テーマを実施し、新規に16テーマを獲得した。

政府等からの受託収入総額は2,015百万円（うち科研費等は97百万円）となった。

### (3) 材料の試験評価方法の開発

材料関連の研究開発事業の実施に伴い、パワーデバイス用ウエハ (SiC、GaN) の結晶欠陥評価、厚膜コーティングの耐剥離性評価、炭素繊維およびセラミックス繊維の引張り特性評価、5Gに対応した電波吸収体/シールド材の評価技術等の開発・向上に取り組んだ。

### (4) 標準化事業の推進

国内的・国際的な標準化活動等を関連機関と連携して推進した。

### (5) 研究成果発表会の開催・成果集の作成

2022年度JFCC研究成果発表会は、新型コロナウイルス感染の状況を鑑み、会場での開催を中止し、7月にオンラインで開催し、342名の参加を得た。また、研究成果を広く普及するための成果集を作成し、希望者に配布した。

## 2. 研究技術普及啓発事業

定期刊行誌「JFCCニュース」を3号 (No. 134号～No. 136号) 発行し、関係先に配付するとともに、幅広く閲覧していただけるようホームページにも掲載した。

「5セラミックス研究機関 (東京工業大学、名古屋工業大学、物質・材料研究機構、産業技術総合研究所、JFCC) 合同講演会」は、2022年11月7日に名古屋工業大学において3年ぶりに開催した。「3研究機関 (名古屋市工業研究所、あいち産業科学技術総合センター、JFCC) による合同発表会 (協賛:名古屋商工会議所)」は、2021年度に引き続き2022年11月22日にオンライン形式で開催した。「ファインセラミックスシンポジウム2022」については、2020年度、2021年度に引き続きコロナ禍の影響により中止とした。研究の取り組みや成果をより深く普及するために2021年度から立ち上げた先端技術セミナーは、5月19日、9月8日、10月27日、12月15日に実施し、延べ805名の参加を得た。

## 3. 中小企業技術支援事業

経済産業省中小企業支援事業「戦略的基盤技術高度化支援事業」「成長型中小企業等研究開発支援事業」において、中小企業と連携して4件の研究開発を実施した。

また、「中部イノベーション」への参画等を通じて中小企業の技術支援を行った。

## 4. 国際交流事業

例年開催されている中国/清華大学 (交流協定締結先) 主催の「Joint Workshop on Advanced Ceramic Materials」は、新型コロナウイルスの影響から、昨年度に引き続き中止となったため、研究員の派遣、情報交換は実施できなかった。

また、米国セラミックス学会等の国際学会・シンポジウム等への研究員の派遣、海外研究機関・大学等との共同研究を実施した。

# II. 収益事業

## 1. 民間受託・共同開発事業

コロナ禍の影響が徐々に薄まったことにより、顧客への訪問、技術交流会および見学会の実施等、直接的な受託拡大活動を再開した。ホームページへのJFCC WEB見学サイトの新設や先端技術セミナーを通じての研究シーズ、先端設備等のPRを行い、またWeb会議を活用しての打ち合わせの実施等を行った結果、受託額は昨年度から14百万円増の232百万円となった。

## 2. 試験評価受託事業

民間受託・共同開発事業と同じく、ホームページでの情報発信、メールマガジンでの技術紹介およびオンラインでの研究成果発表会や技術交流会などで受託拡大活動を行った。これらの活動と、電磁波関連や半導体・電子部品関連等の持続的な好況が相まって、試験評価受託事業の依頼は高い水準で好調を維持しており、歴代2位となる395百万円となった。

## 3. 施設・機器貸出事業

産業界の効率的な研究開発の推進に寄与すべく、JFCCが所有する原料調製、焼成、粉体特性測定、電気特性測定、微構造解析等の各種設備の効果的な利用提供を行った。コロナ禍の影響も緩和の傾向にあり、顧客の出張制限も解かれつつある中、機器利用提供に係る受託額は伸びの傾向に転じ、前年度を5百万円上回る43百万円となった。

## 4. 広告・宣伝事業

広報活動については、ホームページに設置したJFCC WEB見学サイトの拡充を図り、発信力の向上を行った。メールマガジン、メディア関係へのプレスリリースについても積極的に推進した。

また、「第7回セラミックスジャパン(高機能セラミック展)」及び「第7回関西セラミックスジャパン(高機能セラミック展)」に協賛団体として参加し出展を行った。

## 5. 標準物質頒布事業

材料特性評価、生産管理の基準となるリファサーモ、リファパウダーなどのJFCC標準物質の頒布を行った。リファサーモの受注は、半導体、電子部品関係の好況を受け、流通在庫積み増し需要を含む昨年度と比較すると年度当初から昨年度実績を若干下回ったものの、製造コスト増による値上げの影響はなく堅調に推移し、標準物質の頒布金額は前年度比約92%の199百万円となった。

## Ⅲ. 事業収支

本年度は第7次中長期経営計画の2年目にあたり、大幅な収入減となった近年の反省に鑑み、具体的な増収策を検討し最大の努力で実現可能なレベルを目標とし、本年度予算は42百万円の収支黒字を計画した。

今期の事業収入については、政府受託は関係機関と連携しながら、経済産業省、文部科学省のほか、防衛装備庁等の公募に幅広く提案し、受託拡大を図り、大幅な増収となった。民間受託事業は、コロナ禍の影響が徐々に薄まったことにより、顧客への訪問、技術交流会および見学会の実施等、直接的な受託拡大活動を再開した。大規模の研究から試験評価のサイクルを回す方向に受託が移っている試験評価・機器利用は、過去最高を記録した前年度より33百万円の減収となったが、研究開発活動の回復と、上記民間受託からの移行、半導体、電子部品の好況により、歴代2位の収入となった。

一方、支出については、光熱費等の高騰があるなかで最大限の節約に努めた結果、支出総額は2,863百万円と予算より467百万円の増加にとどまり、収支差は予算より31百万円改善して73百万円の黒字となった。

2022年度収支状況

(単位：百万円)

	予算	実績	増減
収入合計	2,438	2,936	+498
支出合計	2,396	2,863	+467
収支差	+42	+73	+31

# 事業報告書

# 1章. 法人の概況

## 1. 設立年月日

1985年5月7日 設立

2012年2月1日 非営利・一般財団法人移行

## 2. 定款に定める目的

本財団は、ファインセラミックスを主とした材料イノベーションの創出に関する基礎・応用研究等を通じ、学術及び科学技術の振興を図り、かつ技術を利用する立場から、ものづくりに関連する産業を広く振興し、もって我が国経済の発展と国民生活の向上に貢献することを目的とする。

## 3. 定款に定める事業内容

本財団は、前項の目的を達成するため、ファインセラミックスを主とした材料に関する以下各号の事業を行う。

- (1) 研究開発事業
- (2) 研究技術普及啓発事業
- (3) 中小企業技術支援事業
- (4) 国際交流事業
- (5) 民間受託・共同開発事業
- (6) 試験評価受託事業
- (7) 施設・機器貸出事業
- (8) 広告・宣伝事業
- (9) 標準物質頒布事業
- (10) その他上記各号に関連する事業及び本財団の目的を達成するために必要な事業

## 4. 会員の状況

### (1) 普通賛助会員制度

技術・産業振興に資する制度で、各種事業利用の料金割引、刊行物配布等を実施している。2022年度の会員の異動は、3企業の退会があり、当期末の会員数は前年度末に比べ3企業減134企業・団体となった。

### (2) 特別賛助会員制度

JFCCへの研究員派遣等を通じて、企業等との密接な交流を促進する制度である。2022年度は、1企業の入会、1企業の退会があり、当期末の会員数は59企業・団体となった。本年度中のJFCCへの研究員派遣は3企業3人であった。

	当期末	前期末比
普通賛助会員	134	△3
特別賛助会員	59	±0
合計	193	△3

(社・団体)

## 5. 主たる事業所

主たる事業所：愛知県名古屋市中熱田区六野二丁目4番1号

## 6. 役員等に関する事項

(1) 役員名簿 (2023年3月31日現在)

### ① 評議員

氏名	所属・役職
◆ 十倉 雅和	住友化学(株) 代表取締役会長
◇ 尾堂 真一	日本特殊陶業(株) 代表取締役会長
◇ 勝野 哲	中部電力(株) 代表取締役会長
◇ 寺師 茂樹	トヨタ自動車(株) Executive Fellow
◇ 水野 明久	(一社)中部経済連合会 会長
安藤 直樹	名古屋鉄道(株) 執行役員
内田 吉彦	名古屋商工会議所 専務理事
小野田 久彦	東邦ガス(株) 常務執行役員
川本 英司	三重県 雇用経済部 新産業振興課長
木村 雅彦	(株)村田製作所 技術・事業開発本部 先端技術研究開発部 部長
郷 泰彦	岐阜県 商工労働部 産業技術課長
後藤 光宏	住友電気工業(株) 常務執行役員
杉浦 慎也	(株)デンソー 執行幹部
武内 幸久	日本ガイシ(株) シニアフェロー
永井 淳	新東工業(株) 代表取締役社長
仲川 彰一	京セラ(株) 執行役員
永田 滉	(株)ノリタケカンパニーリミテド 常務執行役員
西村 信治	(株)日立製作所 研究開発グループ 基礎研究センター長
福田 嘉和	愛知県 経済産業局 技監
矢野 仁	愛知県陶磁器工業協同組合 副理事長
山岡 充昌	名古屋市 経済局 参事
四柳 端	東芝エネルギーシステムズ(株) 代表取締役社長

(評議員：22名)

◆ 会長 (評議員会議長)

◇ 副会長 (評議員会副議長)

② 理事

氏 名	所 属 ・ 役 職
◎ 服 部 哲 夫	元トヨタ自動車東日本(株) 名誉顧問
落 合 誠	東芝エネルギーシステムズ(株) 取締役
加 古 慈	トヨタ自動車(株) 先進技術開発カンパニー 材料技術領域 統括部長
小 島 多喜男	日本特殊陶業(株) 顧問
七 瀧 努	日本ガイシ(株) 専務執行役員
鍋 田 和 宏	中部電力(株) 専務執行役員
増 田 義 則	(一社) 中部経済連合会 専務理事
湯 次 善 磨	(株)日立製作所 中部支社 支社長執行役員
獅 山 有 邦	(一財)ファインセラミックスセンター 専務理事
高 田 雅 介	(一財)ファインセラミックスセンター 専務理事 材料技術研究所長兼ナノ構造研究所長
森 元 秀	(一財)ファインセラミックスセンター 常務理事 事務局長
渡 邊 直 哉	(一財)ファインセラミックスセンター 常務理事
平 山 司	(一財)ファインセラミックスセンター 執行理事
	(理事：13名)

◎理事長 (代表理事)

③ 監事

氏 名	所 属 ・ 役 職
武 藤 陽 一	(公財)中部科学技術センター 専務理事
矢 野 友三郎	(一社)日本ファインセラミックス協会 専務理事
	(監事：2名)

(2) 役員の変動

① 評議員

1) 評議員の選任

第13回評議員会(2022年6月10日)において、次のとおり選任について議決された。

新任者	前任者
川本 英司	前川 睦敏
杉浦 慎也	川原 伸章 2021年12月31日辞任
寺師 茂樹	加藤 光久
山岡 充昌	秋田 重人
四柳 端	小西 崇夫

2) 評議員の辞任

2023年3月31日 福田 嘉和 評議員が辞任された。



## ② 評議員会副議長〔副会長〕の選任

第13回評議員会（2022年6月10日）において、次のとおり評議員会副議長〔副会長〕の選任について議決された。

新任者	前任者
寺師 茂樹	加藤 光久

## ③ 理事・監事

### 1) 理事・監事の選任

第13回評議員会（2022年6月10日）において、次のとおり交代とその他の任期満了者の再任について議決された。

「理事の選任」

新任者	前任者
落合 誠	四柳 端
増田 義則	小川 正樹
湯次 善磨	渡辺 弘之 (2022年3月10日辞任)

## 7. 役員会等に関する事項

### (1) 評議員会、理事会の開催

次のとおり開催され、それぞれの議案が議決承認された。

#### ① 評議員会

第13回評議員会

2022年6月10日 Web会議併用

議決事項

- 第1号議案 2021年度決算の承認について
- 第2号議案 評議員の選任について
- 第3号議案 評議員会副議長（副会長）の選任について
- 第4号議案 理事・監事の選任について
- 第5号議案 顧問の委嘱について
- 第6号議案 理事の報酬総額について

- 報告事項 (1) 2021年度事業報告について
- (2) 公益目的支出計画実施報告について
- (3) 2022年度事業計画及び予算について

#### ② 理事会

第30回理事会

2022年5月25日 Web会議

議決事項

- 第1号議案 2021年度事業報告及び決算の承認について
- 第2号議案 公益目的支出計画実施報告書の承認について
- 第3号議案 第13回評議員会の招集について

### 第31回理事会

2023年3月17日 Web会議併用

#### 議決事項

- 第1号議案 2023年度事業計画及び予算の承認について  
報告事項(1) 2022年度事業進捗状況及び決算見通しについて

#### (2) その他の委員会等の開催

2022年度における委員会等は、以下のとおり開催された。

- ① 「第10回 理事候補者選考委員会」 2022年 5月17日
- ② 「第11回 研究技術委員会」 2022年11月29日
- ③ 「第11回 JFCC研究技術等報告会」 2022年12月16日

## 8. 職員等に関する事項

### (1) 要員数

(人)

	2021年度末 a	2022年度末		増減 b-a
		b	男 女	
職員・嘱託	69	71	59 12	+2
出向者	10	9	9 0	-1
合計	79	80	68 12	+1

### (2) 受章・外部表彰

#### 1) 外部表彰

- ① 公益社団法人日本顕微鏡学会  
「論文賞」  
山本和生、仲野靖孝(元JFCC電子線ホログラフィーG出向、現(株)日立ハイテク)、田中敦之(名古屋大学)、本田善央(名古屋大学)、安藤悠人(名古屋大学)、小倉昌也(名古屋大学)、松本実子(元JFCC電子線ホログラフィーG出向、現古河電気工業(株))、穴田智史、石川由加里、天野浩(名古屋大学)、平山司
- ② 公益社団法人日本セラミックス協会  
「第7回(2021年度)フェロー表彰」  
幾原裕美
- ③ 公益社団法人日本セラミックス協会  
「学術賞」  
森分博紀
- ④ 公益社団法人日本セラミックス協会  
「JCS-JAPAN 優秀論文賞」  
田中誠、松平恒昭、河合江美(元JFCC、現東京大学)、川島直樹、松本潮(元JFCC、現古河電気工業(株))、小川貴史、竹内美由紀(東京大学)、北岡諭
- ⑤ 公益社団法人日本セラミックス協会  
「第47回学術写真賞 最優秀賞」  
穴田智史、木村勇氣(北海道大学)、加藤丈晴、吉田竜視、山本和生、谷垣俊明((株)日立製作所)、中村智樹(東北大学)、橘省吾(東京大学)

- ⑥ 公益社団法人日本セラミックス協会  
「第47回学術写真賞 優秀賞」  
佐々木祐聖（岩手大学大学院）、吉本則之（岩手大学）、山本和生、穴田智史、平山司
- ⑦ 公益財団法人池谷科学技術振興財団  
「2022年度研究助成」  
仲山啓
- ⑧ 公益社団法人日本セラミックス協会 第35回秋季シンポジウム  
「先進的な構造科学と分析技術 特定セッション最優秀講演賞」  
大江耕介
- ⑨ 公益社団法人日本金属学会  
「まてりあ啓発・教育賞」  
横江大作
- ⑩ 公益財団法人住友財団  
「2022年度基礎科学研究助成」  
姚永昭
- ⑪ 公益社団法人日本顕微鏡学会 学際的顕微研究領域若手研究部会  
「優秀ポスター賞」  
大江耕介
- ⑫ 公益財団法人大倉和親記念財団  
「2022年度 大倉和親記念財団研究助成 女性研究者部門」  
橋本雅美
- ⑬ 公益財団法人天田財団  
「一般研究開発助成」  
末廣智
- ⑭ 公益財団法人日立財団  
「2022年度（第54回）倉田奨励金」  
姚永昭
- ⑮ 公益財団法人永井科学技術財団  
「研究奨励金」  
佐々木祐生
- ⑯ 公益財団法人永井科学技術財団  
「融合研究奨励金」  
設樂一希
- ⑰ 公益財団法人永井科学技術財団  
「カーボンニュートラル研究奨励金」  
野村優貴
- ⑱ 公益社団法人日本金属学会  
「金属組織写真賞 優秀賞」  
吉田要、佐々木祐生、桑原彰秀、幾原雄一（JFCC客員主管研究員／東京大学）

- ⑭ 公益社団法人日本金属学会  
「金属組織写真賞 奨励賞」  
葛西裕人 ((株)日立製作所)、明石哲也 ((株)日立製作所)、谷垣俊明 ((株)日立製作所)、  
山本和生、加藤丈晴、穴田智史、吉田竜視、橋省吾 (東京大学、宇宙航空研究開発機  
構)、中村智樹 (東北大学)、木村勇氣 (北海道大学)

## 9. 許認可に関する事項

無し

## 10. 登記事項

2022年度中に次のとおり登記を行った。

- ① 2022年 6月10日 評議員・理事変更登記

## 11. 申請・届出事項

内閣総理大臣あて、以下の書類を提出した。

2022年6月17日 公益目的支出計画実施報告書等の提出

## 12. 寄付金・助成金

2022年度中に交付された助成金等は、137,242千円であった。

学術研究助成基金助成金・科学研究費補助金(日本学術振興会)	97,742千円
戦略的基盤技術高度化支援事業補助金(経済産業省)	15,735千円
成長型中小企業等研究開発支援事業補助金(経済産業省)	15,731千円
研究助成金 ((公財) 村田学術振興財団)	3,000千円
研究助成金 ((公財) 大倉和親記念財団)	1,878千円
研究助成金 ((公財) 池谷科学技術振興財団)	1,500千円
研究助成金 ((公財) 日本板硝子材料工学助成会)	881千円
研究助成金 ((公財) 風戸研究奨励会)	772千円
研究助成金 ((公財) 日立財団)	3千円

## 2章. 事業の状況

### I. 公益事業

#### 1. 研究開発事業

「先端技術育成研究」及び「政府等からの研究受託」においては、革新的な先端材料の開発指針を得るべく材料技術研究所のプロセス・材料開発とナノ構造研究所の微構造解析・計算科学のコラボレーションをより深化させて研究開発を推進した。また、ものづくりに不可欠な試験評価などの基盤技術の高度化を図った。研究で得られた成果については、コロナ禍の影響を考慮しつつ研究成果発表会、学会活動などを通じて広く公開・普及を行った。

##### (1) 先端技術育成研究

本年度も、SDGs や Sociey5.0 など社会の重点課題を意識しつつ、中長期経営計画の研究技術戦略の観点に立つとともに、これまで J F C C で培ってきた要素技術を整理し、かつそれらを技術及び経営の視点から戦略技術領域に分析した上で、以下の14テーマ（材料技術研究所7テーマ+ナノ構造研究所7テーマ）の先端技術育成研究を自主財源により実施した。その結果、政府受託3件、民間受託1件獲得の成果につながった。

##### 1) 材料技術研究所

###### 1-1) 戦略技術領域テーマ

###### ① 不均質体の焼結時応力形成のモデリングと残留応力場評価

D E M多粒子モデルおよびモンテカルロモデルにおいて焼結時の内部応力評価方法について検討し、多層積層材料の界面などで引張、圧縮応力が発生する状況を解析するとともに、実験による検証を行った。

###### ② 熱マネジメントのための輻射コントロール膜に関する基礎研究

採択された政府P J「成長型中小企業等研究開発支援事業/産業設備の高温部からふく射する熱ロスを削減し、省エネに貢献する遮熱膜の連続成膜法開発」で実施した。

###### ③ X線の異常透過現象を利用したIII族窒化物結晶欠陥の3D可視化

GaNは次世代の高耐圧・高速パワーデバイス用半導体材料として期待されるが、結晶成長の困難さから格子欠陥が高密度に残り、デバイスの初期不良と信頼性低下の要因となる。本研究は、X線の動力学回折現象である「異常透過」を利用し、従来の手法で評価できない結晶内部の欠陥の可視化に成功した。複数の回折条件を適用することで、格子欠陥の3D分布だけでなく、欠陥の種類を把握することも可能となった。

#### ④ セラミックスの焼結挙動に及ぼす水蒸気の影響評価

今後、セラミックス製造にカーボンニュートラル燃料（水素、アンモニア等）を利用する場合、従来の電気炉やガス炉（都市ガス等）を利用する場合に比べて、処理雰囲気中の水蒸気濃度が増加し、焼結性に影響を及ぼす可能性がある。そこで種々の水蒸気濃度で成形体の熱処理を行い、その緻密化挙動に及ぼす影響を評価した。

#### ⑤ レーザーを用いた SOFC 燃料極の高度化

採択された民間受託で実施した。

#### ⑥ 高感度ウイルス検出用超常磁性微粒子の開発

採択された政府 P J 「橋渡し研究戦略的推進プログラム「アカデミア発革新的技術を活かした先端医療開発拠点の構築」/A239「高感度ウイルス検出用超常磁性微粒子の開発」」で実施した。

#### ⑦ 焼結シミュレーションを核とするセラミックスプロセス計算技術の開発

採択された政府 P J 「次世代ファインセラミックス製造プロセスの基盤構築・応用開発／次世代ファインセラミックス製造プロセスの基盤構築・応用開発」で実施した。

### 2) ナノ構造研究所

#### 2-1) 戦略技術領域テーマ

##### ① 次世代蓄電池材料の開発

正極である Mn 添加  $\text{Li}_3\text{NbO}_4$  の容量向上を目的として、合成条件の雰囲気を検討した。さらなる容量改善のために焼成温度や雰囲気条件（窒素、Ar、真空など）を検討する必要がある。TiNb<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 負極については合剤電極の作成条件の最適化を行い、充放電容量の再現性を確認した。

##### ② Python を活用した顕微鏡データ解析の高度化

昨年度に引き続き、電子顕微鏡で得られた各種データの効果的な解析のため、Python を用いたプログラム開発を実施した。EDS データの 2 値化、粒子径分布の解析、各粒子の組成値の定量化およびグラフ化、ならびにこれらを簡易に実行できるようプログラム GUI の開発、実行ファイル化等を実施し、効率的なデータ解析が可能となった。

##### ③ 量子コンピューティングの技術開発および応用についての調査研究

量子コンピュータの技術開発および応用分野についての最前線を調査し、様々な媒体から情報を収集した。特に、国際会議に参加して最先端の技術に関する講演を聴講し、国内外の産業・研究機関・大学の研究者とネットワーキングを行うことで、世界中の研究活動状況や今後の計画を理解することができた。また、オンラインチュートリアルを提供する IBM Research の QISKIT プロットフォームおよび阪大の Qulacs シミュレータを活用した。また、中部地区の研究者に量子コンピュータに関

する情報を広めるため、量子コンピューティングとその計算化学への応用可能性に関する講演（計算セミナー）をJFCCで主催した。

#### ④ SEM 観察および分析にて材料本来の姿を観るための各種条件・手法に関する調査研究

熱に弱く絶縁試料である木材の断面観察用調製条件および観察条件を探り、木材合板を形成する板材および板材を張り合わせる接着層の状態を観察することに成功した。また、EBSD-Wilkinson 歪み解析の精密化について、モデル試料を作製して無歪み領域をベースとするバックグラウンド除去法を実施した。今回、モデル試料を用いてバックグラウンドを取得することで、精度の高い解析結果を得ることに成功した。

#### ⑤ CNT 分離膜の実用化技術の開発

CNT 自立膜の細孔径が～数 nm であり、気体分子の分離膜の細孔径としては大きいことから、分離活性を付与するために CNT を基材としたゼオライト膜の成膜条件を検討した。その結果、安定してゼオライト膜を成膜する条件を見出すことができたが、当初期待した分離膜特性は確認されていない。ただし、これまでの研究成果に対して、興味を示す企業が現れたので、情報交換を密に行いテーマの発展を図りたい。

#### ⑥ 理論計算によるクリーンエネルギーデバイス用強相関酸化物の基礎研究

第一原理計算による強相関酸化物の計算値の汎関数依存性を評価するため、ペロブスカイト型  $\text{LaCoO}_3$ 、 $\text{LaNiO}_3$ 、 $\text{NdCoO}_3$  および層状酸化物  $\text{LiMO}_2$  ( $M=\text{Fe, Co, Ni}$ ) に対して計算を実行し実験結果（空間群、格子定数、安定磁性など）との比較検証を行った。その結果、交換相関汎関数に用いられている近似の違いが強相関酸化物の相対相安定性や磁性状態に与える影響を明らかにした。

### 2-2) Dream テーマ

#### ① はやぶさ 2 が持ち帰ったリュウグウサンプルのホログラフィー・TEM 構造観察

はやぶさ 2 初期分析チームによる分析は 2022 年 5 月末までと決められているので、論文に必要なデータを揃え、「石の物質分析チーム」初の論文を Science 誌に掲載し、プレス発表を行った、JFCC で撮影した電子線ホログラフィーの画像が Science 誌の本誌に掲載されるのは初である。また、第 2 段で、我々が主体となる論文もまとめ、現在、PNAS 誌（米国科学アカデミー紀要）に投稿中である。

### (2) 政府等からの研究受託

政府等からの受託事業等については、科学技術イノベーション政策の動向と産業界のニーズを踏まえて、関係機関と連携しながら、経済産業省、文部科学省のほか、防衛装備庁等の公募に幅広く提案し、受託拡大を図った。その結果、継続研究 26 テーマ（材料技術研究所 13 + ナノ構造研究所 13）に加え、新規に 6 テーマ（材料技術研究所 4 + ナノ構造研究所 2）の受託を獲得した。総受託額は昨年度を 729 百万円上回る、1,918 百万円であった。

また、将来の研究の柱となる新規研究分野を創成するための科研費（日本学術振

興会科研費補助金)等についても積極的に応募した結果、継続研究26テーマ(材料技術研究所13+ナノ構造研究所13)に加えて、新規に10テーマ(材料技術研究所2+ナノ構造研究所8)を獲得した。補助額は昨年度を19百万円上回り、97百万円であった。加えて民間財団等からの助成事業については、継続4テーマ(材料技術研究所4)、新規6テーマ(材料技術研究所4+ナノ構造研究所2)を実施した。

## 1) 材料技術研究所

### 1-1) 受託研究【継続】 (13テーマ)

① エネルギー・環境新技術先導プログラム/未踏チャレンジ 2050/A1N を用いたヘテロ接合型超高耐圧・大電流パワーデバイスと A1N 結晶評価技術の開発 (2017~2022)  
6.2eV のワイドバンドギャップと銅並みの熱伝導率を併せ持つ窒化アルミニウム (A1N) は、次世代の超高耐圧・高温動作のパワーデバイスを実現する「究極の半導体」として注目されている。本研究は、A1N の物性を最大限引き出すために、高品質の結晶成長とデバイス作製を支える A1N 結晶評価技術の開発に取り組んだ。エッチピット法、放射光 X 線トポグラフィ、透過電子顕微鏡、多光子顕微鏡等最先端の評価技術を融合することにより、基板全面にわたる結晶欠陥を多面的に評価し、高精度な欠陥情報が得られた。以上の結果を結晶成長にフィードバックすることで、結晶品質の大幅な向上を実現した。 [新エネルギー・産業技術総合開発機構委託]

② 革新的新構造材料等技術開発/熱可塑性 CFRP の開発及び構造設計・応用加工技術の開発/自動車向けサイクル CF 適用化技術の開発 (2018~2022)

燃料電池車用 CFRP 製水素タンクから過熱水蒸気処理による連続繊維の回収を検討し、処理後の炭素繊維の機械的特性および樹脂残渣の状態について評価した。また、CFRP 製水素タンクからの連続繊維回収の一環として、局所加熱による樹脂分解および樹脂残渣除去の高速化について検討を実施した。

[新エネルギー・産業技術総合開発機構委託→新構造材料技術研究組合]

③ 水素利用等先導研究開発事業/水電解水素製造技術高度化のための基盤技術研究開発/高温水蒸気電解技術の研究開発 (2018~2022)

固体酸化物形電解セル (SOEC) および電解システムの高効率化、耐久性向上を目指した開発を行った。SOEC セル・スタック部材の劣化要因解析を行い、セル・スタック部材の設計指針策定、および新規酸素極材料の設計指針策定を行った。

[新エネルギー・産業技術総合開発機構委託→東芝エネルギーシステムズ]

④ 課題設定型産業技術開発費助成事業/次世代複合材創製・成形技術開発プロジェクト/1400°C級 CMC 材料の実用化研究開発 (2020~2022)

次世代航空機エンジン用 CMC 材料の環境遮蔽コーティング (EBC) には、エンジン内に取り込まれた火山灰・砂等の熔融物 (CMAS) に対して優れた耐食性を有することが必要である。そこで、熱力学的視点と速度論的視点の両面から耐 CMAS 性に優れた EBC 材料を予測する手法を改良するとともに、モデル候補材料を用いて予測精度が



向上したことを実証した。

[新エネルギー・産業技術総合開発機構－IHI]

- ⑤ 戦略的創造研究推進事業/先端的低炭素化技術開発 (ALCA) /次世代蓄電池/無機固体電解質を用いた全固体リチウム二次電池の創出/全固体電池用原料粉末プロセスの高度化 (2018～2022)

量産性に優れた全固体電池製造プロセスとして期待されるセラミックス製造プロセスについて、原料粉体の高度化を目的に、高活性な酸化物粒子の開発を目指す。噴霧熱分解法により分散性のよい固体電解質粉末を合成した。また、固体電解質粉末表面に低温焼成電解質をコーティングし、コアシェル型の粉末を合成するとともに、成形体の低温焼結性および界面抵抗を低減した焼結体の特性評価を行った。

[科学技術振興機構委託]

- ⑥ 科学技術試験研究委託事業/全固体電池を実現する接合プロセス技術革新/材料の易焼結化や反応相生成を制御する表面層形成などを可能とする粉末製造・粉末表面制御プロセスの開発 (2019～2025)

全固体型リチウムイオン二次電池の実現に不可欠な、焼結温度の低減や異種材料界面における反応の低減などを目的として、噴霧熱分解による球状粒子の作製と、粒子表面への易焼結性イオン伝導層の形成によって、複合粉体を作製し、開発した複合粉体を用いて作製した焼結体の微構造および電気化学特性を評価した。

[文部科学省委託→物質・材料研究機構]

- ⑦ 安全保障技術研究推進制度委託事業/反転MOSチャネル型酸化ガリウムトランジスタの研究開発 (2020～2024)

反転MOSチャネル型FETの高耐圧化、大電流化を阻害する結晶欠陥、特性を劣化させる結晶欠陥を明らかにし、基板作製、エピ成長、デバイス作製にフィードバックするために、放射光X線トポグラフィ法でデバイス動作中の欠陥挙動をリアルタイムで観察する装置開発を行い、負荷中のリアルタイム観察を実証した。

[防衛装備庁－ノベルクリスタルテクノロジー]

- ⑧ 安全保障技術研究推進制度委託事業/ナノ構造デザインによる赤外輻射スペクトル制御 (2020～2022)

$\beta$ -FeSi<sub>2</sub>シリサイド薄膜中へのAgナノ粒子分散によって「表面プラズモン現象」を発現させ、赤外域における屈折率を世界最高レベルの8以上に高めつつ、消衰係数を1以下に抑えるナノ構造設計・成膜に成功した。その赤外高屈折率を活用することで任意の赤外波長域における輻射率を選択的に高める光学膜を作製し、輻射ピークを実証した。

[防衛装備庁]

- ⑨ 戦略的基盤技術高度化支援事業/次世代パワーデバイス用結晶中欠陥の3次元非破壊検査装置の開発 (2021～2023)

次世代パワーデバイス用結晶中欠陥の3次元非破壊検査装置の開発を目的として高分解能位相差顕微鏡の動作を確認した。また、開発した装置の精度検証のため

に転位の3次元分布や各種転位の面内分布を測定した教師試料(GaN、SiC、 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)  
を作製するとともに検出した欠陥の検出精度・分類精度の検証に着手した。

[近畿経済産業局]

⑩ 戦略的基盤技術高度化支援事業/自動車の高度自動運転化に寄与する新規フレキシブル形状ミリ波吸収体の開発 (2021~2023)

炭素繊維・粒子・ナノチューブを含む導電性不織布についてミリ波吸収帯の複素誘電率を解析するとともに、それらの導電性不織布をブリーツ加工した電磁波吸収体の吸収性能を評価した。導電性不織布の誘電物性とブリーツ加工サンプルの電磁波吸収性能の相関性をもとに炭素系材料の設計指針を示した。

[四国経済産業局ー高知県産業振興センター]

⑪ 地熱発電導入拡大研究開発/超臨界地熱資源技術開発/光ファイバーDASによる超臨界地熱資源探査技術開発 (2021~2023)

亜臨界から超臨界までの環境下において、C/ポリイミド被覆ファイバーおよびC/Cu被覆ファイバー光透過特性を連続的にその場計測し、高温高压水中での光ファイバーの劣化メカニズムを明らかにした。

[新エネルギー・産業技術総合開発機構]

⑫ NEDO 先導研究プログラム/マテリアル革新技術先導研究プログラム/ファインセラミックスのプロセスインフォマティクス基盤構築 (2021~2022)

ファインセラミックス部材製造プロセスにおける計算科学の活用を目指して、各製造プロセスのシミュレーション技術およびシミュレーションに必要な各種材料パラメータの取得技術を開発した。また、将来の産業応用の観点から、技術的課題について整理し、実用化に向けた課題の明確化を図った。

[新エネルギー・産業技術総合開発機構]

⑬ 安全保障技術研究推進制度委託事業/熱制御の高度化による革新的遮熱コーティングシステムの基盤構築 (2021~2023)

輻射熱反射を利用した遮熱コーティングシステム創成の一環として、モデル候補材の化学組成を調整することにより、近赤外~中赤外域の光学特性を制御できることを確認した。また、機械学習により所望の結晶系を有する未知の化学組成を予測する手法を提案するとともに、モデル候補材を用いて、その予測結果が実験結果と概ね一致することを確認した。さらに、電子ビーム PVD 法により上記システムを創生するための要素プロセスを検討した。

[防衛装備庁]

1-2) 受託研究【新規】 (4テーマ)

① 次世代ファインセラミックス製造プロセスの基盤構築・応用開発/次世代ファインセラミックス製造プロセスの基盤構築・応用開発 (2022-2026)

ファインセラミックス部材の製造プロセスの高度化を目的として、プロセスシミュレーション技術を核とする「プロセスインフォマティクス」の開発に着手した。

産学官の連携のもと、シミュレーション技術開発のみならず、プロセス現象の可視化技術、物性取得技術の開発に取り組んだ。

[新エネルギー・産業技術総合開発機構]

② 次世代ファインセラミックス製造プロセスの基盤構築・応用開発／次世代のファインセラミックス産業の技術動向及び市場動向に関する調査 (2022)

ファインセラミックス産業の技術動向および市場動向について、国内および主要国でのヒアリングおよび学会等での情報分析による調査を行った。特に、データ駆動型設計や次世代ファインセラミックス部材に求められる性能等について整理した。

[新エネルギー・産業技術総合開発機構]

③ 橋渡し研究戦略的推進プログラム「アカデミア発革新的技術を活かした先端医療開発拠点の構築」/A239「高感度ウイルス検出用超常磁性微粒子の開発」(2022)

高速高感度なウイルス検査を達成するために、化学発光酵素分析法で用いられる磁性微粒子の磁気分離能の向上と多量の抗原吸着を実現する、原子・ナノレベルで構造制御した酸化鉄微粒子( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )を噴霧熱分解法によって作製する技術を構築した。磁性微粒子のマトリックス成分にシリカを用いて親水性表面を発現し、さらに抗体抗原吸着に有効な水酸基の密度の制御を行った。

[日本医療研究開発機構－東北大学]

④ 成長型中小企業等研究開発支援事業/産業設備の高温部からふく射する熱ロスを削減し、省エネに貢献する遮熱膜の連続成膜法開発 (2022-2024)

金属シリサイド ( $\text{NiSi}_x$ ) の赤外高反射性＝低輻射性による遮熱膜について、Roll to Roll スパッタリング法 (RTR 法) による量産成膜プロセスを構築する。RTR 法で必要となる  $\text{NiSi}_x$  化合物ターゲットの組成および成膜条件の最適化を図り、輻射率を低減できる  $\text{NiSi}_x$  膜組成および Ar プラズマ圧の最適値を見出した。

[近畿経済産業局]

1-3) 科研費等研究【継続】 (17テーマ)

① 耐熱・耐環境セラミックスの高機能化 (2019-2023)

高温酸素ポテンシャル勾配下に曝された酸化物保護膜の構造安定性を向上させるためには、非平衡状態で存在するカチオン空孔の制御が重要であることがわかった。また、耐熱性に優れる低熱伝導性酸化物の結晶内に存在するナノドメインは、高温焼結後の冷却過程において形成されることを明らかにした。

[日本学術振興会科研費 科研費補助金]

② 機能コアの材料科学 (2019-2023)

機能コアの概念に立脚した新しい材料科学の学理構築の一環として、計画研究班間の連携研究や設備有効利用の促進を図った。

[日本学術振興会科研費 科研費補助金 名古屋大学分担研究]

③ ガラス精密研磨用砥粒の寿命特性に関する研究 (2020-2022)

噴霧熱分解法で合成した球状砥粒を用いて、ガラス精密研磨用セリア系砥粒の寿命評価を行った。砥粒スラリーの寿命に及ぼす La 固溶量や La 以外のカチオンを固溶したセリア系砥粒を合成し、ガラス精密研磨における砥粒スラリーへの添加カチオンの影響について調べた。 [日本学術振興会科研費 学術研究助成基金助成金]

④ 磁場援用エアロゾルデポジションによる非磁性セラミックス膜の結晶配向制御 (2020-2022)

形成膜の結晶配向性と微小部残留応力に及ぼす超音波印加の影響を評価することで、原料噴射ノズルへの超音波印加により、噴射粒子の凝集が抑制され、単一粒子として基板に衝突し塑性変形する粒子が増加することが示唆された。また、結晶配向性に及ぼす磁場印加強度の影響について評価解析を行った。

[日本学術振興会科研費 学術研究助成基金助成金]

⑤ 二次元ナノ構造酸化チタンの表面欠陥と形態制御および抗感染性医用材料への応用 (2020-2022)

酸化チタンを二次元化したナノシートの抗菌性と細胞実験を実施し、抗感染性医用材料としての可能性を評価した。

[日本学術振興会科研費 学術研究助成基金助成金]

⑥ ワイドバンドギャップ半導体結晶の加工導入欠陥構造・導入メカニズムの解明 (2020-2022)

加工時にワイドバンドギャップ半導体に導入される欠陥の3次元構造を解明することを目的に、圧入およびスクラッチで導入された欠陥の3次元構造を評価し、圧痕やスクラッチのサイズと導入された転位が形成するパターンの幅や深さに比例関係があることを明らかにした。 [日本学術振興会科研費 学術研究助成基金助成金]

⑦ 炭化ケイ素系ガス分離膜の細孔径チューニング技術開発と評価 (2020-2024)

有機金属原料の変更及び合成条件の変更により、細孔径制御した炭化ケイ素膜のガス透過特性を測定し、修正ガス透過モデルによるネットワーク径の算出を行った。算出されたネットワーク径はガス透過特性データとよい一致を示した。

[日本学術振興会科研費 学術研究助成基金助成金]

⑧ 次世代パワー半導体β型酸化ガリウムの大面積転位検出分類法の開発 (2020-2022)

Si 並みのコストで SiC と GaN を超える性能を目指すパワー半導体  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は、デバイス性能と信頼性を低下させる結晶欠陥の低減が強く求められる。欠陥低減の第一歩は欠陥評価技術の確立である。本研究は、単斜晶系である  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の結晶対称性の低さから起因する欠陥同定の問題点を克服し、非破壊手法である X 線トポグラフィーを利用することで、直径数インチの単結晶ウエハに内在する結晶欠陥を高精度に検出・分類する技術を開発した。

[日本学術振興会科研費 学術研究助成基金助成金]

- ⑨ 太陽光から熱・電気エネルギーを創るハイブリッド変換デバイスの開発 (2020-2022)  
一つのデバイスで太陽光を熱および電気エネルギーに変換できる新規な材料システムの実現を目指した。従来の太陽熱システムにおける「集熱レシーバ」のデバイス構成を基本として、「光励起熱電子放出」による発電メカニズムを発現させる新たな機能を与える材料デバイスの設計を推進した。  
[日本学術振興会科研費 学術研究助成基金助成金]
- ⑩ セグメント構造酸化チタンコーティングによる抗菌性と生体親和機能の創成 (2021~2023)  
成膜時の温度と雰囲気ガス種を制御することにより、針状組織の発達したセグメント構造を有する酸化物膜を形成する手法を確立するとともに、室温・乾燥下におけるセグメント表面が負に帯電していることを明らかにした。  
[日本学術振興会科学研究費補助金]
- ⑪ 高効率水素製造を可能とするガス分離セラミックス多孔体に関する研究 (2021~2023)  
数十 nm の孔径を有する多孔体を用いることで水素と二酸化炭素を効率的に分離する研究が行われている。均一孔径で高气孔率の多孔体の作製が困難であることから実用化が困難となっている。従来研究で、多孔質球状アルミナ粒子を用いた 200nm 程度の均一孔径を有し、50%以上の気孔率の多孔体の合成に成功している。80~100nm の孔径を有し、開気孔率~60%のアルミナ多孔体の合成に成功した。今後、水素ガスの分離特性を評価する予定である。  
[日本学術振興会科研費学術研究助成基金助成金]
- ⑫ 超温度場セラミックス材料創成科学 (2021~2025)  
レーザーの照射によって生じる特異な「超温度場」を利用した新たなセラミックス製造プロセスの創成を目的として、レーザー焼結、レーザーCVD、レーザー援用微粒子スプレーの開発を行った。  
[日本学術振興会科学研究費補助金]
- ⑬ 超温度場セラミックス材料創成学 (2021~2025)  
「超温度場」をキーワードとする新たな学術領域の構築を目的として、金属およびセラミックス以外の異分野との連携を図る取り組みを行った。  
[日本学術振興会科学研究費補助金 大阪大学分担研究]
- ⑭ 低損失パワーデバイス用半導体材料  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の転位評価技術の開発 (2020-2022)  
SiC と GaN に次ぐ第3の次世代パワー半導体材料として期待される  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> において、結晶構造の複雑さに加え、バンドギャップの広さに起因するバンド端発光の困難さから、有効な転位評価技術は確立されていない。本研究では、直径数インチの  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 基板の全面から、簡易且つ短時間で全ての貫通転位を正確に検出すると同時に、転位のデバイスにおける働きを大きく左右する2つの構造特性：バーガー

スペクトルと転位線伸展方向を評価できるエッチピット法を確立した。

[日本板硝子材料工学助成会助成金]

⑮ 多波回折条件下の明視野放射光X線トポグラフィーによる $\beta$ 型 $\text{Ga}_2\text{O}_3$ パワーデバイス内の格子欠陥の動的観察 (2021~2022)

超ワイドギャップパワー半導体 $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ の優れた物性を最大限発揮させるために、結晶中の欠陥の低減が必須である。本研究では、 $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ の欠陥を非破壊かつ動的に観察する手法の確立を目指した。動力学のX線回折現象である「異常透過」を利用し、欠陥の三次元形態と格子構造をリアルタイムで取得した上で、電圧電流印加下での欠陥挙動をモニタリングする技術を開発した。この技術を利用することで、欠陥によるデバイス劣化の有無とその機構の解明に繋げる。

[村田学術振興財団助成金]

⑯ 次世代パワー半導体材料における結晶欠陥の非破壊三次元可視化技術の開発 (2021~2022)

先進半導体を利用した次世代のパワーデバイスの更なる普及に向けて、デバイスの高性能を実現すると共に、デバイスの長期信頼性も求められる。従って、デバイス劣化の要因である結晶欠陥の評価が重要である。本研究は、結晶の格子歪みによるX線回折方向の乱れを利用するX線トポグラフィー法を基に、 $\text{SiC}$ 、 $\text{GaN}$ 、 $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ の結晶欠陥を非破壊で三次元可視化する技術の確立に取り組んだ。

[大倉和親記念財団助成金]

⑰ レーザー直接加熱によるダイヤモンド粒子分散 $\text{SiC}$ 複合材料の創製 (2021~2022)

レーザー直接加熱プロセスで作製したダイヤモンド- $\text{SiC}$ の試料における熱伝導率とダイヤモンド体積分率の関係を検討した。ダイヤモンドの体積分率を大きくすることで、熱伝導率が増加する傾向が見られた。しかし、密度が低下し大幅な熱伝導率が見られなかったことから、今後、緻密化向上のプロセス改善を行いたい。

[大倉和親記念財団助成金]

1-4) 科研費等研究【新規】 (6テーマ)

① レーザーを用いた選択的粒界加熱プロセスの開発と高熱伝導性セラミックス部材への展開 (2022-2024)

$\text{AlN}$ は、優れた理論熱伝導率 $320\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ とシリコンに近い熱膨張係数、高い絶縁性をもつことから半導体の放熱基板材料として有望である。しかし、 $\text{AlN}$ は難焼結材料であり、常圧で緻密焼結することが難しい。本研究では、レーザーを用いて $\text{AlN}$ 粒子間に存在する焼結助剤を選択的に発熱させ、高熱伝導率を有する $\text{AlN}$ 緻密質焼結体の短時間作製プロセスの開発を行った。

[日本学術振興会科研費 学術研究助成基金助成金]

② アルミニウムの BJT 積層造形を実現する化学的液相焼結のダイナミクスと指導原理構築 (2022-2025)

モンテカルロ法を用いた焼結シミュレーション (SinterPro) を用いて、液相焼結に対応する各種パラメータが組織形成挙動に及ぼす影響を調べた。液相焼結シミュレーションに使用するパラメータ (特に再配列、オストワルド成長、濡れに寄与するパラメータ) を変化させたシミュレーションを行い、収縮挙動と粒成長挙動を解析した。 [日本学術振興会科研費 科研費補助金 名古屋大学分担研究]

③ 動作中の  $\beta$  型酸化ガリウムパワーデバイスにおける結晶欠陥挙動のオペランド観測 (2022-2023)

$\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$  は次世代のパワー半導体として期待されるが、現行の  $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$  単結晶には高密度の格子欠陥が含まれており、高電圧・大電流の印加によってこれらの欠陥がデバイスの性能と信頼性に影響を及ぼす可能性がある。本研究では、放射光 X 線トポグラフィーを用い、実動作中の  $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$  パワーデバイス内の格子欠陥を非破壊かつリアルタイムで観察する方法 (オペランド観測法) の確立に取り組んだ。

[住友財団助成金]

④ 動作中の  $\beta$  型  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  パワーデバイスにおける結晶欠陥挙動のオペランド観測技術の開発 (2022-2023)

$\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$  単結晶に内在する格子欠陥がデバイスの性能と信頼性に及ぼす影響を解明するために、動作前後のデバイスの静的観察だけでは不十分であり、実動作中のデバイスにおいて、欠陥の振る舞いを動的に評価することが重要である。本研究では、放射光 X 線トポグラフィーを礎とし、高空間分解能と高速撮影を同時に実現する X 線イメージング技術、および電気回路と放射光光学系の連動技術を確立した上で、高電圧・大電流印加下での欠陥評価技術を開発した。

[日立財団助成金]

⑤ ウイルス検出用のマグネタイト高分散シリカ微粒子の合成 (2022-2023)

ウイルス抗原の濃縮に使用される磁性微粒子を開発するために、抗体の特異的結合に必要な表面官能基を表面処理によって導入しやすいシリカ系原料を用い、シリカのマトリックス中にマグネタイトが高充填・高分散した微粒子の合成を試みた。

[大倉和親記念財団助成金]

⑥ レーザーを用いた SiC 系セラミックスにおける高付加価値製造技術の開発 (2022-2025)

SiC は、優れた機械的・熱的特性を有する代表的な構造セラミックス材料である。しかし SiC は常圧で融点をもたず 2400 °C 以上の高温で昇華する材料であり、SiC 単体では部材製造することが難しい。そのため SiC の緻密部材を作る手法の一つとしてホウ化物や炭化物と組み合わせて共晶反応 (溶融凝固) を利用した作製法がある。本研究では、高出力のレーザー加熱により SiC 粉末原料を溶融させて溶接・肉盛り加工するプロセスを検討した。

[天田財団助成金]

## 2) ナノ構造研究所

### 2-1) 受託研究【継続】 (13テーマ)

- ① 燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業／共通課題解決型基盤技術開発／プラットフォーム材料の解析及び解析技術の高度化の技術開発 (2020-2024)

発電動作後に解体された燃料電池セルから採取された Pt-Co 系触媒粒子のサンプルを材料開発グループより提供され、セル内の空気流路に対して異なる位置の粒子サンプルに対して STEM を用いて化学組成および粒子表面原子構造の変化を解析した。また、酸化物系担持体/Pt 触媒粒子における粒子/担体の界面原子構造解析、STEM-EELS による電子構造分析を行った。

[新エネルギー・産業技術総合開発機構委託]

- ② 燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業／超高効率プロトン伝導セラミック燃料電池デバイスの研究開発 (2020-2024)

昨年度の成果に基づいて、高性能プロトン伝導セラミック燃料電池用空気極母材の候補であるペロブスカイト型遷移金属酸化物  $\text{LaCoO}_3$  に注目し、計算構造からプロトンの固溶性要因を詳しく解析した。そして、A サイトカチオンの依存性を検討するため、 $\text{PrNiO}_3$  と  $\text{PrCoO}_3$  のプロトンの固溶性も計算した。その結果、La 系より Pr 系の方がプロトン固溶しやすくなることを明らかにした。

[新エネルギー・産業技術総合開発機構委託]

- ③ ムーンショット型研究開発事業／地球環境再生に向けた持続可能な資源循環を実現／窒素資源循環社会を実現するための希薄反応性窒素の回収・除去技術開発 (2020-2029)

昨年度の研究において、ゼオライト骨格構造中の Si/Al 比率を空間分解能 (10nm 以下) で定量的に計測する手法を確立したが、本年度は、さらに数 nm 角の空間分解能で Si/Al の組成分布を計測する手法を開発した。この計測手法をプロジェクトメンバーが試作したゼオライト前駆体ゲルやゼオライト結晶粒子に応用して、前駆体ゲルの組成均一性を評価するとともにゼオライト結晶内の組成傾斜の存在を明らかにした。また、 $\text{NO}_x$  脱硝触媒の開発支援のために、 $\text{NO}_x$  脱硝ゼオライト触媒の合成に着手した。

[新エネルギー・産業技術総合開発機構委託]

- ④ 未来社会創造事業/エネルギー損失の革新的な低減化につながる高温超電導線材接合技術/高温超電導線材接合技術の超高磁場 NMR と鉄道き電線への社会実装/REBCO 系超電導線材接合部および接合部周辺の微細組織解析 (2017~2026)

イットリウム系超電導線材を超電導接合および低抵抗接合した部位について、それぞれ、SEM、後方散乱電子線回折および TEM/STEM 観察から、微細構造を明らかにした。これらの観察結果から、超電導接合および低抵抗接合に関する設計指針を明らかにした。

[科学技術振興機構委託]



- ⑤ 戦略的創造研究推進事業/チーム型研究 (CREST) /実験と理論・計算・データ科学を融合した材料開発の革新/実験と計算科学の融合による革新的プロトン伝導性無機化合物の創製/計算を用いたプロトン伝導性無機化合物開発手法の革新 (2018~2023)

ICSD の結晶構造データベースから非ペロブスカイト型構造を持つ新規プロトン伝導性材料の探索を行う探索プロセスについて、改良を行った。水和エネルギーとアクセプター添加元素の固溶エネルギーについて、主因子解析の結果に対して、SHAP を用いて解釈性を付与することで、説明可能な物理モデルとして水和のしやすさ、固溶のしやすさを理解し、さらなる候補材料の選択を行った。その結果、昨年度発見した  $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$  に加えて、新たなプロトン伝導性酸化物として Bi-Si-O 系の化合物を見出すことに成功した。

実験グループが、二重ペロブスカイト構造を有する Pr-Ba-Co-O 系正極材料の還元処理による CoO の析出が高い電極活性をもたらすことを見出した。このことを踏まえて、第一原理計算を用いて Pr-Ba-TM-O (TM: 3d 遷移金属) 4 元系の相図計算を行う、酸素分圧に対する分解生成反応をシミュレーションし、遷移金属酸化物や希土類酸化物が析出する系の予測と実験グループへのフィードバックを行った。

[科学技術振興機構委託]

- ⑥ 戦略的創造研究推進事業/チーム型研究 (CREST) /革新的力学機能材料の創出に向けたナノスケール動的挙動と力学特性機構の解明/原子分解能観察によるソフト/ハード界面の接着・破壊機構の解明/原子分解能(S)TEM による異種界面の微細構造・化学状態観察 (2019~2024)

接着の物理的・化学的メカニズムの解明を目的に、高分子/無機界面の原子スケール解析を目指している。接着界面モデルとなる各種無機結晶上でのエポキシ接着サンプルを作製し、界面構造の解析を行った。一方で電子顕微鏡解析において課題となる樹脂材料の電子線照射損傷について、電子顕微鏡および放射光解析による定量的評価を行い、低損傷解析の最適条件構築を進めている。

[科学技術振興機構委託]

- ⑦ 科学技術試験研究委託事業/ナノ材料の界面・構造制御プロセスサイエンス/プロセス-結晶構造データベース化 (2019~2025)

本プロジェクトの標準物質としている 3 種類のカルボン酸 (デカン酸、ヘキサン酸、ミリスチン酸) によって表面修飾された単分散  $\text{CeO}_2$  ナノ粒子の粒子径分布を TEM 法で計測するとともに、そのデータ解析の合理化を目的として、AI を利用した画像解析手法の開発に着手した。また、ナノ粒子の主要な分離プロセスの一つである、セラミックスフィルターの断面観察をおこない、フィルターの細孔閉塞構造解析の高度化を進めた。

[文部科学省委託→東北大学]

⑧ 安全保障技術研究推進制度委託事業／A I 的画像解析によるオペランド電子顕微鏡計測技術に関する研究（2020～2024）

本研究で目標とする先端材料の電子顕微鏡オペランド観察（材料やデバイスを実際に使われている状態に近い環境で観察）を実現するための高性能電子顕微鏡（本体）に高速撮影カメラ，元素分析装置などを設置した。この装置を用いて1秒間に1500フレーム以上の高速動画を撮影し、機械学習を用いて原子レベルの高分解能で鮮明な画像を得ることに成功した。今後は、電池、半導体、触媒などの解析を行い、すぐれた材料を開発することに役立てていく。 [防衛装備庁]

⑨ 電気自動車用革新型蓄電池開発／フッ化物電池の研究開発、亜鉛負極電池の研究開発（2021～2025）

フッ化物電池の電極活物質および電解質の高性能化に係る走査透過型電子顕微鏡（STEM）法と電子エネルギー損失分光（EELS）法を組み合わせた電子状態計測技術、大気非曝露によるTEM試料作製技術の高度化を行った。各拠点で開発された電極活物質および電解質などを対象としてSTEM EELS法を主とした電子顕微鏡解析技術を用いた構造解析を実施した。また第一原理計算を用いて固体電解質におけるフッ素イオン伝導機構の解析を行った。

大気圧走査電子顕微鏡（A-SEM）をベースとする電気化学反応観察（EC-SEM）システムを用いて、その場EC-SEM観察により硫酸銅および硫酸亜鉛水溶液からの金属電析形態（銅もしくは亜鉛）を観察、電流量の変化、電解液濃度の変化によって析出形態が変わることを確認した。 [新エネルギー・産業技術総合開発機構]

⑩ NEDO 先導研究プログラム/エネルギー・環境新技術先導研究プログラム/電力貯蔵用高安全・低コスト二次電池の研究開発（2021～2022）

今年度は、全固体ナトリウムイオン電池のオペランドSEM-EDS計測をさらに推し進め、定量的な結果も含め3つの学会で口頭発表を行った。また、機械学習も駆使してより詳細なナトリウム分布も画像化することに成功した。さらに、工学院大が得意としているオペランドラマン分光計測とも連携し、ダブルオペランド計測といった新たな電池計測技術を構築した。 [新エネルギー・産業技術総合開発機構]

⑪ 科学技術試験研究委託事業/顕微イメージングソリューションプラットフォーム（2021～2025）

大学からの依頼に基づき、隕石に含まれる磁性鉱物の磁力線分布解析を行った。また、電子波の干渉を用いて結晶内の格子欠陥を解析する手法について、検討と予備実験を行った。 [文部科学省－北海道大学]

⑫ 安全保障技術研究推進制度委託事業／全固体電池の開発に向けた電極－電解質のナノ構造界面設計（2021～2023）

高性能固体電池の設計指針を得ることを目指すために、化学溶液法を用いてモデル電池材料を合成した。正極材料や固体電解質材料の合成条件を検討するとともに、モデル基板と正極膜との界面構造について走査透過型電子顕微鏡による構造解析

を実施した。また、理論計算を用いて、固体電解質の結晶構造の拡張化モデルを構築した。[防衛装備庁]

⑬ RE系超電導線材の磁場中高特性化技術開発における微細構造解析に関する研究  
(2016～2023)

有機酸塩塗布熱分解法による BaZrO<sub>3</sub> ナノ粒子を導入した (Y, Gd)Ba<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>y</sub> 超電導線材作製のための最適熱処理条件を探るため、熱処理条件が異なる複数のサンプルを産総研から提供いただき、主に、透過型電子顕微鏡観察と、エネルギー分散 X 線分光法によりその微細組織を明らかにした。これらの観察から、超電導層の配向乱れを誘発する原因を特定できた。[産業技術総合研究所委託]

2-2) 受託研究【新規】 (2テーマ)

① 科学技術試験研究委託事業/データ創出・活用型マテリアル研究開発プロジェクト本格実施/智慧とデータが拓くエレクトロニクス新材料開発拠点 (2022-2030)

材料創製グループより提供された材料について、組成分布や電子状態、また原子分解能での局所構造解析などの測定の電子顕微鏡観察技術の開発に着手した。また、材料創製グループが選定したそれぞれの材料系について、誘電体・圧電体材料特性に大きな影響を与えるソフトモードに着目して構成元素を変えて網羅的に安定構造、生成エネルギー、電子構造、ポテンシャル表面等の計算を実施し、候補物質の探索スクリーニングのためのデータ創出を開始した。

[文部科学省－東京工業大学]

② 成長型中小企業等研究開発支援事業/低環境負荷・高精度加工を実現する加工液に水のみを使用したマシニングセンタの開発 (2022-2024)

機械加工に使用される切削油など加工液は、作業環境の悪化や焼却廃棄の際に CO<sub>2</sub> の排出をもたらすため、電気防錆加工法システムと水循環再生システムを取り入れることで加工液に水のみを使用したマシニングセンタの開発の一環として、電子顕微鏡による加工物の分析を実施した。[中部経済産業局]

2-3) 科研費等研究【継続】 (13テーマ)

① グラフェンサンドイッチ構造を用いた科学反応の直視解析法の開発 (2019-2022)

グラフェンサンドイッチ構造による液体試料の観察手法の開発を行ってきた。今回、グラフェンに六方晶窒化ホウ素を組み込んだ BCN の CVD 合成を行うことで、電子線照射によってグラフェンは損傷しないが BCN は損傷する条件を見出した。グラフェン-BCN-グラフェンの三相構造による二種の溶液の包摂を行い、電子線照射によって二種の溶液を分断する BCN を損傷することで溶液の混合を試みた。

[日本学術振興会科研費 学術研究助成基金助成金]

② 簡易卓上型電子ビーム誘起蒸着システムの構築と酸化物薄膜ナノデバイス創製 (2019-2022)

卓上型走査電子顕微鏡 (SEM) を用いて自由度の高い電子ビーム誘起蒸着

(Electron Beam Induced Deposition : EBID) システムの構築を行い、その応用として機能性酸化物  $\text{HfO}_2$  のデポジションに成功した。今回の堆積に用いた前駆体は CVD や ALD 法に用いられる揮発性有機金属化合物である。このことは、これまで数多くの研究報告がある CVD や ALD 法の試薬を EBID 法にも使える可能性があり、今後、EBID 法により様々な物質の堆積が可能であることも示唆した成果である。

[日本学術振興会科研費 科研費補助金]

③ 高度計測の統合利用による蓄電固体界面の物理化学局所状態の解明 (2019-2023)

薄膜型リチウムイオン電池のオペランド電子線ホログラフィーの観察に成功した。Nano-shield コーティングといったチャージアップや漏れ電場による影響を除外した精度の高い電位分布を観察できた。また、他の研究機関と共同で金属/固体電解質界面のマクロ電荷の計測にも成功。さらに、電子線照射に極端に弱い固体電解質材料 ( $\text{LiLaZrO}$ ) の室温における高分解能観察にも成功した。

[日本学術振興会科研費 科研費補助金 東北大学分担研究]

④ 光電場を可視化する電子顕微鏡法の開発 (2019-2022)

レーザー光を試料上に照射できる特殊な試料ホルダーを開発した。レーザーによる干渉を電子線ホログラフィーで観察することが目的であるが、セッティングが極めて難しいという大きな課題が残った。

[日本学術振興会科研費 学術研究助成基金助成金]

⑤ Operando 電子線ホログラフィーによる有機 EL デバイス内部の電位分布直接観察 (2020-2022)

機械学習の一つである 3D テンソル分解法を用いて、低電子線量で電位分布を観察できる電子線ホログラフィー法を開発し、有機 EL である  $\alpha$ -NPD/Alq3 の電位分布を定量的に観察した。定量的な計測ができる電子線ドーズ量も決定することができた。この結果を論文にまとめ、Microscopy 誌に掲載された。また、セラミックス協会の学術写真賞 優秀賞も受賞した。

[日本学術振興会科研費 科研費補助金]

⑥ 深層学習による超解像 SEM 画像を用いたナノ構造高解像度三次元解析 (2020~2022)

SRGAN (Generative Adversarial Network for Super-Resolution) をベースに諸々の学習条件を検討した。学会発表により、多くの方がこの技術に関心をもっておられ、多数の貴重な意見を得ることができた。深層学習の問題点も含め、この手法の得手不得手について知見と今後の見通しを得た。

[日本学術振興会科研費 学術研究助成基金助成金]

⑦ 2つの可干渉光源と高度情報科学を用いた透過型電子顕微鏡ダメージレス観察法の開発 (2020~2023)

本研究で目標とする新しいダメージレス観察方法について、数学的な定式化を行い、実現可能性を検討した。

[日本学術振興会科研費 学術研究助成基金助成金]

⑧ 歯周病原細菌外膜小胞の産生機構と遠隔臓器における慢性炎症・発がん連関の解明 (2020~2022)

国立感染症研究所と共同で、細菌等の表面に産出される微小粒子(メンブレンベシクル)について動的な観察を行うことを目的としている。本年度は、グラフェンサンドイッチ構造によるメンブレンベシクルのSEM観察を行い、重金属染色等の処理なしでの観察に成功した。

[日本学術振興会科研費 科研費補助金 国立感染症研究所分担研究]

⑨ ヒドリド導電体の物質科学—低温作動化に向けた物質設計指針の構築 (2020~2022)

Sr 添加  $\text{LaH}_3$  における Sr の固溶状態とヒドリド空孔の安定配置を決定するため、対称性を考慮した La サイト置換 Sr と H 空孔の独立な配置を探索、網羅的第一原理計算を実施し、H 空孔の優先導入サイトを明らかにすることに成功した。実験的には Sr を添加することで、電子伝導性が低下し、イオン輸率が増大することが確認されている。ハイブリッド汎関数を用いた電子状態計算によって、Sr 添加量と H 空孔の増加によってバンドギャップが増大することを示すことに成功した。

[日本学術振興会科研費 科研費補助金 理化学研究所分担研究]

⑩ 2 元化合物強誘電体の分極反転機構 (2020~2022)

東京工業大学伊藤満名誉教授(現産総研)と2元化合物強誘電体の分極反転機構について共同研究を行っている。今年度は、ウルツ鉱型結晶構造を有する2元化合物についてマテリアルズインフォマティクスによる材料探索を行い、強誘電体としての可能性のある材料の抽出を行った。今後、MDX プロジェクト東工大拠点テーマの一つとして継続研究していく計画である。

[日本学術振興会科研費 科研費補助金 産業技術総合研究所分担研究]

⑪ 前駆体からの Li 電池単結晶固体電解質薄膜の設計とナノ構造解析 (2021~2023)

Li 電池用固体電解質の原料となる前駆体溶液を調製し、単結晶基板上に成膜し、焼成温度と結晶性の相関について検討した。今後は、結晶内部の格子欠陥などの構造解析を実施しつつ、最適プロセス条件を抽出することによって高性能固体電解質薄膜の設計指針を得る。 [日本学術振興会科研費学術研究助成基金助成金]

⑫ 蛍石型酸化物における低温構造の探索 (2021~2023)

蛍石型結晶において、第一原理計算とニューラルネットワークポテンシャルを連携した構造探索計算を実施した。また、物性や構造の解明に資する点欠陥の熱力学的挙動を解析するフレームワークとプログラムを構築した。一方、圧力下で実験的に現れる蛍石型酸化物の多形の安定秩序構造についての計算検討も進め、実験結果の妥当性を明らかにした。 [日本学術振興会科研費学術研究助成基金助成金]

⑬ 実空間における超精密原子位置計測技術の開拓 (2021~2023)

STEM を用いて、精密原子位置計測技術の構築を実施した。その応用として触媒粒子表面の精密原子配列計測を実施した結果、粒子表面では構造緩和に起因して、粒

子内部とは異なる原子間距離となることが明らかとなった。今後、触媒活性と密接に関係する表面構造を系統的に明らかにすることで、新たな触媒設計指針獲得が期待できる成果である。 [日本学術振興会科研費学術研究助成基金助成金]

#### 2-4) 科研費等研究【新規】 (10テーマ)

##### ① ゼオライト触媒内カウンターカチオンと反応種の構造解析 (2022-2023)

触媒機能を有する遷移金属カチオン保持型ゼオライトについて、触媒機能発現メカニズムの解明を目的として高分解能電子顕微鏡法による原子スケール構造解析を行なった。ゼオライト類縁体は電子線への耐性が低いため、電子顕微鏡観察においては特別な条件最適化が必要であり、そうした手法により銀担持型ゼオライトの構造ではこれまでに見られない特異なカチオン構造が明らかとなった。

[日本学術振興会科研費 科研費補助金]

##### ② 計算科学による超セラミックスの設計と物性機能解明 (2022-2026)

分子ユニットを持つ逆ペロブスカイト化合物、正ペロブスカイト化合物を ICSD データベースから検索、構成元素や分子ユニットのデータベースを作成し、合成可能性に関する推薦システムの構築を検討した。 $(\text{NH}_4)_3\text{GeF}_7$  や  $\text{Zn}(\text{SCN})_2$  などの分子ユニットを含む超セラミックス化合物のフォノン計算を行い、結晶中の分子ユニットの振動状態に関するデータベースの構築を開始した。

[日本学術振興会科研費 科研費補助金]

##### ③ 超セラミックス：分子が拓く無機材料のフロンティア (2022-2026)

科研費学術変革領域(A)「超セラミックス」総括班として領域会議、若手スクールの運営を行った。また、北陸先端大の協力のもとで、計算スクールを開催し、実験系の若手研究者に計算技術の指導を行った。

[日本学術振興会科研費 科研費補助金 東京工業大学分担研究]

##### ④ Unravelling the structural rules of antiperovskites and their derivatives (2022-2026)

分子ユニットを持つ逆ペロブスカイト化合物群( $\text{K}_3\text{SO}_4\text{F}$ 、 $\text{Cs}_3\text{ZnH}_5$ 、 $\text{Ba}_3\text{InS}_4\text{Cl}$  など)の構造安定性について、単イオン系ペロブスカイト化合物のようにイオンサイズから計算可能なトレランスファクターによる予測が可能かどうか分子ユニットのサイズを規定する方法として、第一原理計算で得られる電子密度分布を用いる方法で検討した。

[日本学術振興会科研費 科研費補助金 京都大学分担研究]

##### ⑤ 水素イオンセラミックス (2022-2026)

水素イオンセラミックス、すなわち、プロトンやヒドリドを含むセラミックス材料の構造解析を透過型電子顕微鏡法を用いて実施した。得られた構造解析結果を各合成グループにフィードバックを行い、次の材料開発へ繋がる成果を創出した。本研究を進めていくことで、「水素イオンセラミックス」という新分野の確立が期待される。

[日本学術振興会科研費 科研費補助金 京都大学分担研究]

⑥ 超高感度原子結像法による電子線敏感材料の局所構造解析 (2022-2026)

これまで開発を進めてきた最適明視野走査透過電子顕微鏡 (OBF-STEM) 法を用いることによって、電子線耐性が極めて低く従来では観察が困難だった電子線敏感材料の原子構造直接観察を行っている。今年度は、得られた実験データとシミュレーションを精緻に比較することにより、原子構造の定量評価可能性について検討した。

[日本学術振興会科研費 科研費補助金]

⑦ 第一原理欠陥濃度計算による PCFC 空気極材料の探索 (2022-2024)

LaCoO<sub>3</sub> を対象として、内因性点欠陥モデルとプロトン挿入モデルを作成し、第一原理計算により欠陥形成エネルギーを計算した。また、化学ポテンシャルを決定するため、平衡状態となり得る相を調査し、そのエネルギーを計算した。今後、計算した結果をもとに熱平衡欠陥濃度を解析していく。

[日本学術振興会科研費学術研究助成基金助成金]

⑧ hcp 金属における粒界原子構造と溶質拡散挙動の第一原理計算 (2022-2024)

$\alpha$ -Ti 中の酸素原子の安定および準安定サイトを基に拡散経路を構築し、遷移エネルギーを算出した。最も低い遷移エネルギーは約 1.9 eV であり、この値は実験報告値とよく一致する。固溶酸素原子は八面体孔サイトから、六面体孔もしくは Non-basal crowdion サイトを経由して長距離拡散することを明らかにした。

[日本学術振興会科研費学術研究助成基金助成金]

⑨ 新規撮像システムと機械学習を利用した高速 TEM 技術の開発 (2022-2023)

静電偏向サブフレーミングシステムと三次元テンソル分解を組み合わせることで、高速 TEM 技術の構築を実施した。本技術により TEM の時間分解能を 10 倍以上高速化できることを実証した。また、金ナノ粒子触媒の原子移動・構造変化を高速 TEM 観察することに成功した。

[風戸研究奨励会助成金]

⑩ 走査透過型電子顕微鏡と単結晶試料を活用した Li イオン電池正極内部の局所原子構造解析手法の開発 (2022)

LiCoO<sub>2</sub> 単結晶を酸化剤に浸漬して Li 脱離処理を行った後、STEM 観察を行った。大きな Li 脱離に起因する酸素放出に伴って CoO 型への原子構造変化とナノスケールでのポア形成が生じることが分かった。CoO/LiCoO<sub>2</sub> 界面には、両者の格子定数の差に由来する構造欠陥 (ミスフィット転位) が生じることが明らかになった。これらの原子・ナノスケールでの微細構造変化が蓄電池性能の劣化に関与すると推定される。

[池谷科学技術振興財団助成金]

(3) 材料の試験評価方法の開発

材料関連の研究開発事業の実施に伴い、パワーデバイス用ウェハ (SiC, GaN, AlN) の結晶欠陥評価、電磁波によるプロセスセンシング、走査型電子顕微鏡による評価技術等の開発・向上に取り組んだ。

#### (4) 標準化事業の推進

日本ファインセラミックス協会（JFCA）、日本産業標準調査会（JISC）、ファインセラミックス国際標準化推進協議会（JFIS）、日本粉体工業技術協会（APPIE）、産業技術総合研究所（AIST）、日本セラミックス協会（CSJ）、大阪科学技術センター附属ニューマテリアルセンター（NMC）等と連携して、標準化連絡協議会、標準化本委員会、ISO/TC206（ファインセラミックス）関係委員会、ISO/TC150（外科用インプラント）関係委員会、JIS・ISO対応の熱伝導率等の関係委員会の委員として、JIS制定・ISO規格開発に貢献した。

#### (5) JFCC研究成果発表会の開催・成果集の作成

2022年度JFCC研究成果発表会は、新型コロナウイルス感染の状況を鑑み、会場での開催を中止し、7月にオンラインで開催し、342名の参加を得た。

- ・開催日：2022年7月15日（金）
- ・口頭発表：14件
- ・ポスターセッション：39件

研究成果を広く普及するために成果集を1,500部作成し、希望者および研究技術普及啓発事業で配布した。

## 2. 研究技術普及啓発事業

### (1) 定期刊行物の発行

「JFCCニュース」No. 134号（2022年4月号）、No. 135（2022年8月号）、No. 136（2023年1月号）を印刷発行し、関係先に配付するとともにホームページにも掲載した。

### (2) 講演会等の開催

#### ①「ファインセラミックスシンポジウム」の開催

10月に開催を予定していた「ファインセラミックスシンポジウム2022」は、新型コロナウイルス感染の状況を鑑み、中止した。

#### ②「第20回5セラミックス研究機関合同講演会」の開催

2022年11月7日（月）に、コロナ禍の影響により2020年度から延期となったJFCC、東京工業大学、名古屋工業大学、物質・材料研究機構、産業技術総合研究所の「5セラミックス研究機関合同講演会」を名古屋工業大学において開催した。

今回の合同講演会では「未来社会を見据えたセラミックス科学と基盤技術」をテーマに10件の講演が行われ、JFCCからは以下の2件の講演を行った。

- ・太陽光から高温熱源を創る半導体シリサイド薄膜
  - ・液中その場電子顕微鏡観察による亜鉛電極表面と電位相関の可視化
- 約100名の参加者があり、活発な質疑がなされた。



### ③セミナーの開催

新型コロナウイルス感染の状況を鑑み、JFCC、名古屋市工業研究所、あいち産業科学技術総合センターの「3研究機関による合同発表会（協賛：名古屋商工会議所）」を2022年11月22日にオンライン形式で開催した。

また、研究の取り組みや成果をより深く普及するために「先端技術セミナー」を開催し、2022年5月19日、9月8日、10月27日、12月15日に「新時代のマテリアル戦略を支える新材料開発と先端解析技術」をキーワードとして実施し、延べ805名の参加を得た。

## 3. 中小企業技術支援事業

### (1) 技術相談

JFCC内に技術相談窓口を常設し、中小企業からのファインセラミックスに関する製造技術、評価技術、利用技術、製造企業の紹介等広範囲にわたる技術相談に対応した。本年度は、中部地区のみならず全国から100件の技術相談を受けた。なお、コロナ禍の影響が徐々に薄れたこともあり、面談での相談を再開するとともに、引き続きWeb会議を活用して技術指導を行うことで企業の課題解決を支援した。

### (2) 人材育成

中小企業の技術向上に役立つ人材育成をサポートすることを目的とするが、本年度の受け入れはなかった。

### (3) 共同研究開発の推進

経済産業省中小企業支援補助事業「戦略的基盤技術高度化支援事業」（通称サポイン）および「成長型中小企業等研究開発支援事業」（通称Go-tech）において、中小企業と連携して以下の4件の研究開発を実施した。

#### 戦略的基盤技術高度化支援事業

- ・次世代パワーデバイス用結晶中欠陥の3次元非破壊検査装置の開発
- ・自動車の高度自動運転化に寄与する新規フレキシブル形状ミリ波吸収体の開発

#### 成長型中小企業等研究開発支援事業

- ・産業設備の高音部からふく射する熱ロスを削減し、省エネに貢献する遮熱膜の連続成膜法開発
- ・低環境負荷・高精度加工を実現する加工液に水のみを使用したマシニングセンタの開発

### (4) 「イノベーションハブ関連事業」への参加

中部地域8県の研究機関、産業支援機関が連携し、名古屋駅前のウインクあいちに共同の活動拠点として設置した「中部イノベネット」に参加し、技術シーズ発表会や窓口担当コーディネータ会議を通じて、イノベーション創出に資する活動を実施した。

## 4. 国際交流事業

### (1) 国際交流ネットワークの構築

#### ① 清華大学とのセミナーの開催

例年11月に開催される中国／清華大学（交流協定締結先）主催の「Joint Workshop on Advanced Ceramic Materials」は、新型コロナウイルスの影響から昨年度に引き続き、中止となり、研究者の派遣、情報交換は実施できなかった。

#### ② 海外訪問者の受入れ

海外から4名の訪問があった。

### (2) 研究員の招請及び派遣

#### ① 海外派遣

渡航制限の緩和により、学会出席等、延べ7人回の研究員の海外派遣を実施した。

#### ② 海外研究員の受入

本年度も海外研究員の受入は、なかった。

### (3) 国際的な共同研究開発

本年度は、ドイツ／ウルム大学、ヘルムホルツ協会とそれぞれで共同研究を実施した。

## II. 収益事業

### 1. 民間受託・共同開発事業

コロナ禍の影響が徐々に薄まったことにより、顧客への訪問、技術交流会の実施および見学会の実施等、直接的な受託拡大活動を再開した。また、ホームページを通じての研究シーズ、先端設備等のPR、Web会議を活用しての打ち合わせの実施等を行い、結果として受託額は昨年度から14百万円増の232百万円となった。

#### (1) 受託・共同研究

本年度は、主に以下の分野を中心に、32社・40件の研究等を受託した。

- ① 球面収差補正走査透過型電子顕微鏡による高分解の微構造解析
- ② 第一原理計算による材料開発に関する研究
- ③ 機能材料の微構造観察に関する研究
- ④ 機能性セラミックス界面の第一原理計算による原子構造解析
- ⑤ 焼結シミュレーションに関する研究
- ⑥ 新規焼結プロセスに関する研究
- ⑦ コーティング技術に関する研究
- ⑧ リサイクル技術に関する研究
- ⑨ 半導体結晶の品質評価に関する研究
- ⑩ 分離膜の評価に関する研究

## (2) オープンラボ利用

「オープンラボ」制度については、J F C Cを「企業の研究分室」として活用いただく観点から、企業側からの要望に柔軟に対応し、J F C Cの最先端の設備活用、研究の進め方や実験結果の解析等に関する研究員サポートを行うとともに、技術研修、人材育成機能としての効果も持つよう、各種条件に関して相談を行い、利用しやすい形に深化させるべく努力を重ねていることを評価いただき、本年度は昨年度同様11件の利用があった。

## 2. 試験評価受託事業

「機械的特性評価」「熱的特性評価」「電磁気特性評価」「焼結体合成」「セラミックスの精密加工」「非破壊試験」「微構造解析」「試作」など、研究と一体となって開発し、設立以来蓄積した評価・試験技術を活用して、依頼内容に応じた「精度の高い信頼性のあるデータ」を提供し、産業界の研究開発に寄与した。

民間受託・共同開発事業と同じく、ホームページでの情報発信、メールマガジンでの技術紹介およびオンラインでの研究成果発表会や技術交流会などで受託拡大活動を行った。電磁波関連や半導体・電子部品関連等の持続的な好況が相まって、試験評価受託事業の依頼は高い水準で好調を維持しており、歴代2位となる395百万円となった。

## 3. 施設・機器貸出事業

### (1) 機器の利用提供

産業界の効率的な研究開発の推進に寄与すべく、J F C Cが所有する原料調製、焼成、粉体特性測定、電気特性測定、微構造解析等の各種設備の効果的な利用提供を行った。コロナ禍の影響も緩和の傾向にあり、顧客の出張制限も解かれつつある中、機器利用提供に係る受託額は伸びの傾向に転じ、前年度を5百万円上回る43百万円となった。

### (2) 常設展示ホールの充実

セラミックス製品・部品・材料等の常設展示ホールにおいて、賛助会員企業と協調しながら展示の見直しに努めた結果、1社が展示開始するとともに、1社が展示内容を更新したほか1社が撤退した。

総合的なセラミックス関連技術、ホログラフィー電子顕微鏡の紹介により、会員企業様の事業PRに役立つだけでなく、大型ディスプレイを設置しセラミックス産業・技術に関する知識の普及・啓発に大いに役立つように努めている。

## 4. 広告・宣伝事業

### (1) ホームページ・メールマガジンの充実

ホームページに研究成果集、プレスリリース情報、技術紹介その他の情報を詳細かつタイムリーに掲載して情報発信の強化を図るとともに、利用者にわかりやすく、利用しやすいようにページの全面改定を行った。併せてホームページ内にweb見学欄を設け、コロナ禍において仮想的に所内見学ができる環境を整えた。また、メ

ールマガジンは32報を発行し、トピックス、保有特許およびシーズ技術の紹介することで積極的な広報活動を行った。

## (2) マスメディアへのPR活動の促進

プレスリリース等の積極的な広報活動により、JFCC関連の記事10件が新聞掲載された。

## (3) 展示会・イベント等への参加

2022年5月11日～13日、インテックス大阪で開催された「第7回関西セラミックスジャパン（高機能セラミックス展）」、および、2022年12月7日～9日、幕張メッセで開催された「第7回セラミックスジャパン（高機能セラミックス展）」に協賛団体として参加、出展し、JFCC事業・評価技術を中心に紹介を行った。

## (4) 見学会及び技術交流会の開催

### ① 見学会の開催

(一社)中部航空宇宙産業技術センター会員企業(2022年11月)、名古屋商工会議所若鯨会会員(2022年12月)、中部大学(2022年12月)、(一社)電子情報技術産業協会(JEITA)全固体電池に関する調査TF賢材研究会(2023年2月)等、71件の見学会により、381名の見学者をJFCCに受け入れた。

### ② 技術交流会の開催

コロナ禍の影響もあり、技術交流会は2021年度に引き続きオンライン形式での実施が主流であったが、2022年12月、2023年1月に各1社、合計2社が面談形式での技術交流会を再開した。5社の技術交流会により、延べ人数440名が参加した。

## (5) 技術相談

JFCC内に無料技術相談窓口を常設し、電話、電子メール、ホームページ等からファインセラミックスに関する製造技術、評価技術、利用技術、製造企業の紹介等広範囲にわたる技術相談に対応した。本年度は、約100件の技術相談を受けた。

なお、コロナ禍の影響が徐々に薄れたこともあり、面談での相談を再開するとともに、引き続きWeb会議を活用して技術指導を行うことで企業の課題解決を支援した。

## 5. 標準物質頒布事業

JFCCの目的の一つであるファインセラミックスの統一的な試験、評価面への寄与のため生産管理の基準となる以下の4種類の標準物質を継続的に頒布した。

- ・リファサーモ（共通熱履歴センサー）
- ・リファパウダー（粒度分布測定用標準粉体）
- ・マイクロ波帯における複素誘電率測定用標準物質

・熱拡散率測定用標準物質

標準物質は継続的な需要があり、リファサーモの受注はコロナ禍の反動増で過去最高となった昨年を若干下回ったものの、標準物質の頒布金額は前年度比約92%の199百万円となった。

### Ⅲ. 当期の事業収支及び直近5年間の正味財産増減の推移

本年度は第7次中長期経営計画の2年目にあたり、黒字収支の継続を計画した。今期の事業収入については、政府受託は関係機関と連携しながら、経済産業省、文部科学省のほか防衛装備庁等と広く受託拡大を図り、大幅な増収となった。民間受託事業は、コロナ禍の影響が徐々に薄まったことにより、顧客への訪問、技術交流会および見学会の実施等、直接的な受託拡大活動を再開し、大規模の研究から試験評価に受託が移っているなかで昨年度から14百万円増の232百万円となった。試験評価は、研究開発活動の回復と、上記民間受託からの移行、半導体、電子部品の好況により、過去最高を記録した前年度より若干の減収となったものの、好況は継続し歴代2位の収入となった。この結果、総収入は2,936百万円、総支出は2,863百万円で収支差は73百万円の黒字となった。また、正味財産の期末残高は前年度から39百万円増加し、8,507百万円となった。

【当期の収支内訳】

(単位：百万円)

	予算	実績	増減
政府受託	1,510	2,015	+505
民間受託	220	232	+12
試験評価受託	450	439	△11
その他 (うち標準物質頒布)	258 (200)	250 (199)	△8 (△1)
収入合計	2,438	2,936	+498
人件費	770	753	△17
管理費	243	286	+43
設備費	120	129	+9
事業経費	1,263	1,695	+432
支出合計	2,396	2,863	+467
収支差	42	73	+31

【直近5年間の正味財産推移】

(単位：百万円)

	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度
資産合計	9,516	9,255	9,062	9,684	10,156
負債合計	582	604	661	1,216	1,649
正味財産合計	8,934	8,651	8,401	8,468	8,507

#### IV. 事業報告の附属明細書

附属明細書に記載すべき事項は存在しないので作成しない。