

# JFE グループの EV 対応製品・技術とオープンイノベーション戦略

## Materials and Technologies for EV and Open Innovation Strategy in JFE Group

松崎 晃 MATSUZAKI Akira JFE スチール スチール研究所 機能材料研究部長・博士 (工学)

### 要旨

Society 5.0 の実現, SDGs の達成などからマテリアル・イノベーションが求められている。JFE スチールでは 1980 年代より多種多様な機能材料を開発し, グループ会社で商品化しており, 電池や電子デバイス向けに多用されている。加えて, 解析評価技術や環境リサイクル技術も保有しており, EV 化をはじめとした自動車の四大潮流「CASE」への貢献が期待される。一方, 経済産業省は機能材料を製造する素材産業を我が国のリーディングインダストリーとして位置づけ, 素材イノベーションの高度化を推進している。そのため, 素材開発の質とスピードをあげるオープンイノベーションや素材側から社会変革をもたらす新素材の創出・提案力の強化を重視している。本稿では JFE グループが有する EV 対応製品・技術を概説し, さらにグループ会社との連携強化のために発足した機能材料研究部の役割をオープンイノベーションの観点から述べる。

### Abstract:

Material innovation has been required from the realization of Society 5.0 and the achievement of SDGs. JFE Steel has been developing a wide variety of functional materials since 1980s. These materials commercialized by JFE Group companies are used for batteries and electronic devices. In addition, these companies possess the analysis and the evaluation technique and the environmental recycling technology, which are expected to contribute to the four major automobile trends 'CASE', including electric vehicle. On the other hand, the Ministry of Economy, Trade and Industry has positioned the material industry that manufactures functional materials as Japan's leading industry. For the sophistication of material innovation, it is focusing on the open innovation that achieves the quality and speedup of material development, and the strengthening of the creation and proposal capabilities of new materials that bring about social change from the material side. This paper outlines the materials and technologies for EV in JFE Group, and explains the role of Functional Material Research Department, which was established to strengthen cooperation with Group companies from the perspective of open innovation.

## 1. はじめに

2019 年に旭化成株式会社名誉フェロー吉野彰氏がリチウムイオン電池の開発によりノーベル化学賞を受賞した。日本の自然科学分野でのノーベル賞受賞者 24 名のうち約半数がマテリアル関連研究での受賞であり, これまで受賞対象となった研究成果は, エサキダイオード, 青色発光ダイオード, 導電性高分子など, すべて社会実装を経て大きな社会変革にまで繋がった点で注目に値する。

日本で製造される素材と自動車はそれぞれ輸出総額の 2 割強を占める輸出産業の要であり, それを構成するマテリアルの中には世界市場の過半シェアを占める材料が多数存在する。他方, 科学, 材料科学などのマテリアル関連分野で

は多くの論文が日本で執筆され, 他分野と比較して高い国際競争力を有する。日本国内には世界と戦える研究拠点, 質の高い研究者が存在しており, 世界最高水準の研究施設・設備や良質なマテリアルデータの存在は大きな強みと言える。

2016 年に日本政府が「第 5 次科学技術基本計画」にて提唱した未来社会のコンセプト Society 5.0 の実現, 国際社会の共通目標 SDGs の達成, 人間中心のインクルーシブな社会の形成, そして現在, 世界の経済, 社会に大きな影響を及ぼしている新型コロナウイルス感染症対策といったあらゆる領域からマテリアル・イノベーションが求められている。これらを背景に, 経済産業省では素材産業を日本のリーディングインダストリーと位置づけ, 素材産業の育成・発展に本腰を入れ始めている。

JFE グループの前身である NKK と川崎製鉄は, 1980 年

2020 年 10 月 19 日受付

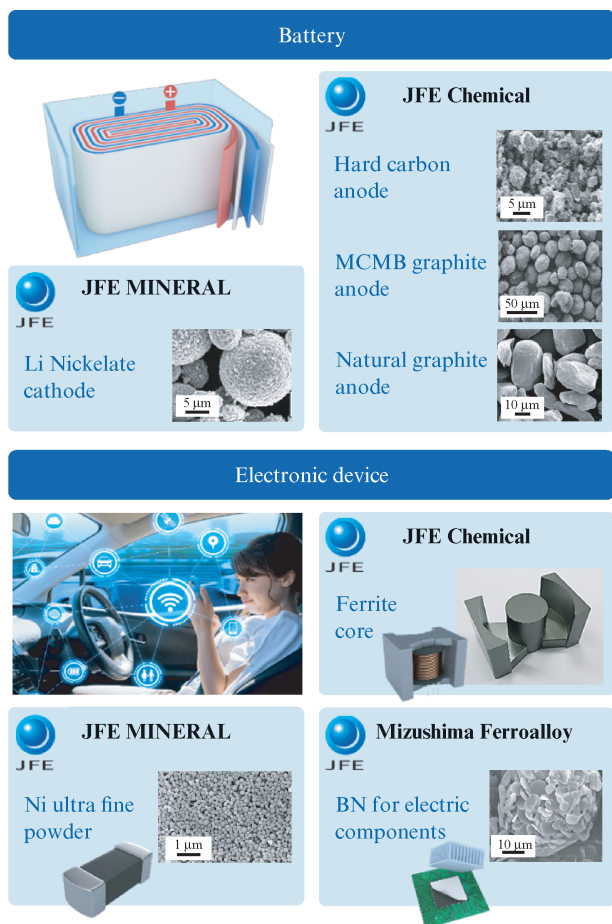


図 1 当社グループ会社の機能材料例

Fig. 1 Examples of functional materials by Group companies

代後半に新規事業を成長戦略の核と位置づけ、従来の新素材事業を高付加価値開発型事業に発展すべく、セラミック、高分子材料、金属材料などに経営資源を投入した<sup>1,2)</sup>。これら新素材事業のうち、「魔の川」、「死の谷」、「ダーウインの海」と言われる三つの関門を乗り越えて生き残った材料は100年に一度の大変革時代に突入した自動車分野で存在感を示しはじめており、図1に示すとおり、電池や電子デバイス向け材料はEV化をはじめとした四大潮流「CASE」への貢献が期待される。

本稿ではJFEグループが有するEV対応製品・技術を概説するとともに、グループ会社との連携強化のために発足した機能材料研究部の役割をオープンイノベーションの観点から述べる。

## 2. EV化に貢献するJFEグループの製品・技術

### 2.1 JFEグループのEV関連製品・技術

JFEグループは図1に示した機能材料に加えて、図2に示すような解析評価技術、資源リサイクル技術を有しており、EV化に対して多種多様な形で貢献している。本章では、

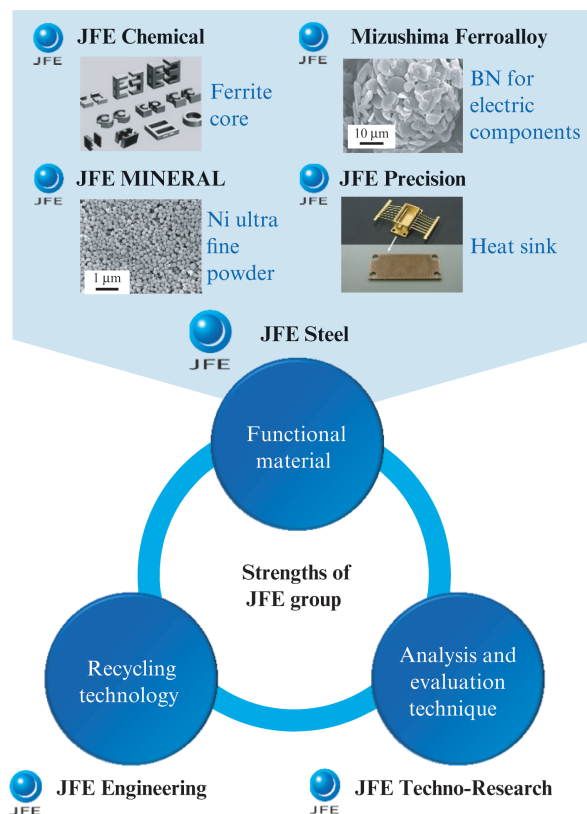


図 2 EV分野でのJFEグループの強み

Fig. 2 Strengths of JFE Group for EV

JFEスチールのグループ会社が有するEV関連製品・技術を紹介する。

### 2.2 JFEケミカル

JFEケミカルは、鉄鋼製品を製造する過程で発生するコールドタール、ガス、酸化鉄等の副産生成物を原料とし、化成品、電池材料、精密化学品、磁性材を製造、販売している(図3)。

また、これら鉄鋼製造過程で生じる副産生成物を原料とした商品群に加え、子会社のケーブルシートで、外部調達の原料からのプラスチック成形品(スタンパブルシート)も製造、販売している。

現在、5G関連や、電動車両、「CASE」関連の成長市場に向けて、機能性化学品の4分野：電池材料、精密化学品、磁性材、プラスチック成形品の開発を重点的に進めている。

電池材料では、コールドタールピッチを原料として独自の改質技術を組み合わせリチウムイオン2次電池用負極材を開発しており、球晶黒鉛、天然黒鉛、ハードカーボンを上市し、エネルギー密度や出力密度などの特性に応じてモバイル、HEV、EV向けに適用、さらなる高性能化を進めている。このうち、オンリーワン製品であるハードカーボンは、充電時の膨張が低い性質を活かし、全樹脂電池<sup>3)</sup>用負極材としての活用も検討中である。

精密化学品では、コールドタールに含まれる有用成分のう

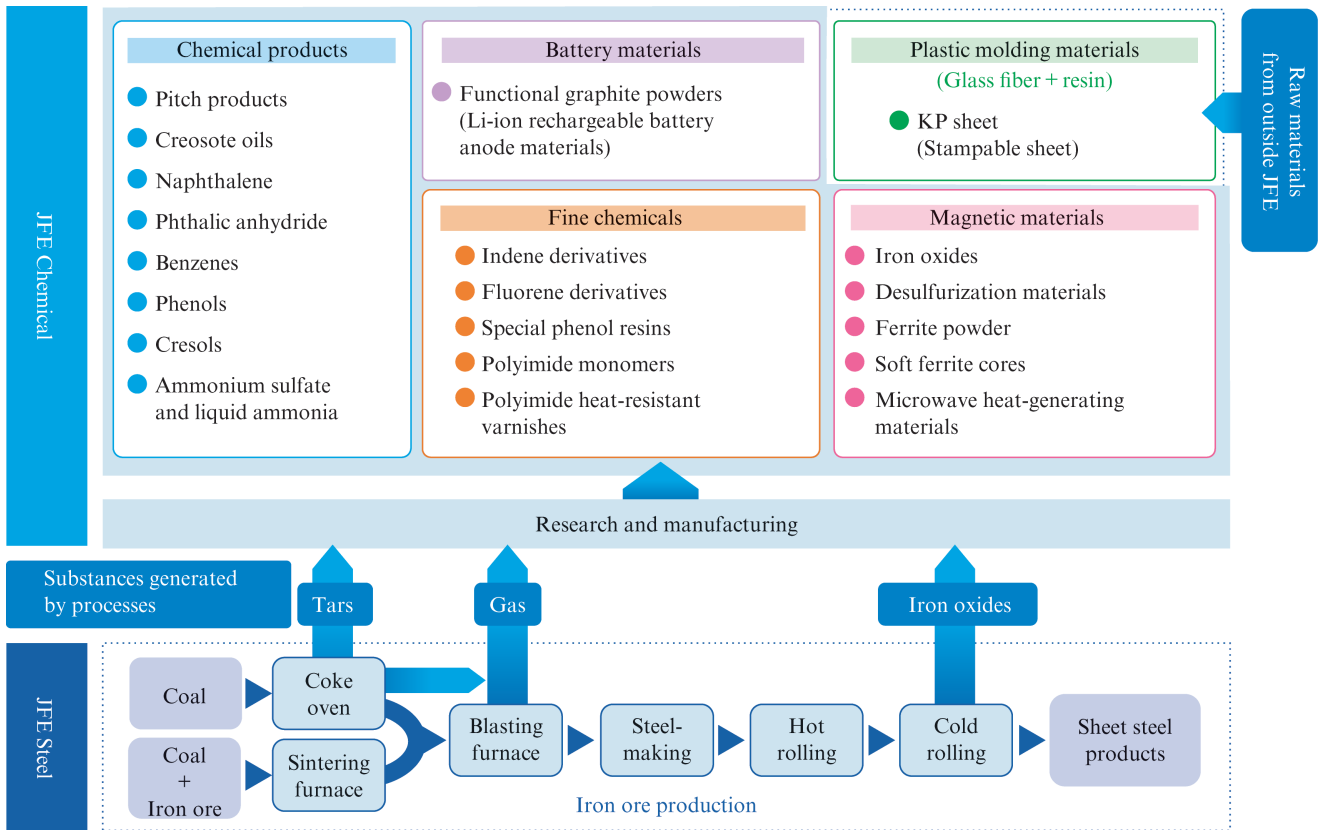


図3 JFE ケミカルの事業  
Fig. 3 Business of JFE Chemical

ち、石炭系に特有なインデン、フルオレンといった5員環を含む化学品などから電子材料、高性能樹脂を開発しており、液晶用フィルムやスマートフォン用レンズに代表される光機能材料の原料として多用されている。

磁性材では、冷間圧延工程において表面洗浄のため塩酸を用いて酸化鉄皮膜を溶解除去する際に生じる廃酸から回収した酸化鉄を主原料として、MnZn系ソフトフェライトコアを開発しており、電源トランス、チョークコイル、ノイズフィルター、アンテナ等で広く用いられている。酸化鉄から一貫製造している世界唯一の強みを活かし、車載向けを中心に多彩な商品開発を進めている。

プラスチック成型品（スタンパブルシート）は、ガラス繊維と熱可塑性樹脂であるポリプロピレンを主原料とするシート状のプレス用成形基材である。特殊な発泡材を担持させることで加熱時に極めて高い膨張性能を発揮し、また多様な機能性フィルムを貼り合わせることもできる。このため、軽量高剛性かつ高吸音性を有するスタンパブルシートとして天井やトランクトリム等の自動車内装材やアンダーカバーなどの自動車外装材として広く採用されており、今後、車両の軽量化などに向けて更に商品開発を続けていく。

### 2.3 JFE ミネラル

JFE ミネラルは、製鉄プロセスに不可欠な石灰石、珪石な

どの副原料を採掘・加工する鉱山事業を目的に設立され、スラグ等製鉄副産物の資源リサイクル事業、土壤環境浄化ビジネスの他、これらの事業で培った技術を活用した独自の機能素材事業を展開している。

世界で初めてCVD法（Chemical Vapor Deposition—化学気相反応法）による工業的量产化に成功したニッケル超微粉は、主に積層セラミックコンデンサー（Multilayer Ceramic Capacitor /MLCC）の内部電極材料に使用されており、電子部品業界から高い評価を得ている。自動車の電装化やIoT、5Gの進展に伴い、今やEV一台当たりで使用されるMLCCの数は、10,000個に及んでいる。また、電子部品の更なる高性能化に貢献する新規超微粉の開発も精力的に行っている。

同社が開発したチタン酸カリウム（TIBREX<sup>®</sup>）は、自動車のブレーキパッド用の摩擦材料に使用されている。この複合酸化物の製造技術を活用して開発したニッケル・コバルト・アルミ酸リチウム（NCA）正極材料は、高容量・高安全性・高サイクル特性を特徴とするリチウムイオン二次電池用正極材料として、電動工具や掃除機などのパワーツール、デジカメ、無人飛行機などの高性能化に貢献してきた。また、近年のEV等での更なる高容量化のニーズに応えるため、ニッケル配合比率を高めたNCA正極材の開発にも注力している。



VTR ヘッド用の MnZn フェライト単結晶の開発に端を発する独自の「原料連続供給ブリッジマン法」で製造した PMN-PT 圧電単結晶は、高級医療用超音波診断装置の超音波プローブに使用されており、その品質の均一性が国内外のユーザーから高く評価されている。この疑似二元系組成にインジウム化合物を加えて、高温・高電圧環境での耐久性を高めた PIN-PMN-PT 圧電単結晶は、医療用超音波プローブのほか、潜水艦等のソナーやアクチュエーターへの適用も検討されており、EV への応用も期待されている。

## 2.4 水島合金鉄

水島合金鉄は、製鉄上工程である製鋼時の脱酸・脱硫で使用されるフェロマンガンの製造を目的に川崎製鉄のグループ会社として設立され、本製造で培った高温焼成技術の強みを活かす形で旧川崎製鉄から化粧品向けの窒化ホウ素を受託し、製造を開始した。

化粧品向け「BN リーフパウダー<sup>®</sup>」は鱗片状の形状を有し、安全性と多様な機能を引き出す合成技術、幅広いサイズや表面特性を引き出す粉体加工技術によりユーザーから高い評価を得ている。

さらに超高温・高圧雰囲気での凝集粒安定合成技術により凝集状の BN を開発した。BN は優れた熱伝導性と絶縁性を有することから、パワーモジュールなどの電子部品用途に多用されている。

## 2.5 JFE 精密

JFE 精密も、水島合金鉄と同様にフェロマンガンの製造を目的に日本鋼管新潟電気製造所として発足し、その後の事業転換で手掛けた粉末焼結技術やイオンプレーティングを活用した機能材料を製造している。

粉末焼結技術を活用した材料としてはクロム銅系のヒートシンク材が電子部品用途で実用化されており、さらに熱特性に優れたモリブデン銅系も期待されている。

イオンプレーティングでは、切削工具や金型などの表面に金属窒化物をベースとした硬質被膜を形成する技術を開発してきた。用途に応じて最適な被膜を提案できるラインアップを揃えており、工具類の寿命延長に寄与している。

## 2.6 日本 Casting

日本 Casting は京浜製鉄所の生みの親である浅野総一郎が 1920 年に設立した会社で、造船向け鋳造部品製造を発端とする。その後、建設機械向け鋳造部品に事業を拡大し、一貫製造体制と独自設備を強みとして多様な鋳造品を多様な産業分野に提供しており、東京モノレールや東京スカイツリーなど橋梁や建築物などに多くの採用実績がある。また、熱膨張による寸法変化を抑制する低膨張材「LEX<sup>®</sup>」をはじめ、耐熱性、耐食性、耐摩耗性などさまざまな性能を有する材料を開発している。さらに、2014 年には世界初のゼロ

熱膨張合金「LEX-ZERO<sup>®</sup>」を開発し、2020 年には 3 次元積層造形（3D プリンター）を活用することでコバルト含有率を極限まで低減させたゼロ熱膨張率合金「LEX-3DP<sup>®</sup>」を発表しており、自動車の電動化や通信量の増加に伴い需要増加が期待される、半導体製造装置向けの極低熱膨張合金が高い注目を集めている。

## 2.7 JFE テクノリサーチ

JFE テクノリサーチは、総合的技術支援会社として、鉄鋼をはじめ各種材料、製品、部品に係わる分析・試験、解析・評価及び調査・研究を行っている。対象とする材料は金属にとどまらず、樹脂・複合材料、医薬品、インプラント材料、磁性材料、電子デバイス、二次電池、太陽電池と多岐にわたっており、当社と連携して技術課題解決に取り組むケースも多い。

EV 関連で当社と連携したケースとしては、2020 年 8 月にスチール研究所機能材料研究部が支援して硫化物系全固体電池の試作・評価体制を整えた例が挙げられる。その結果、電池試作から電池特性評価・試験、電池材料の分析・解析までの一貫受託体制を構築しており、本号にその内容を掲載している。

## 3. スチール研究所 機能材料研究部の役割

当社は、グループ会社のコア技術とスチール研究所の基盤技術を融合し、協創型イノベーション活動により成長分野向けの機能材料開発を推進するため、2017 年 10 月、スチール研究所内に機能材料研究部を新設した（図 4）。

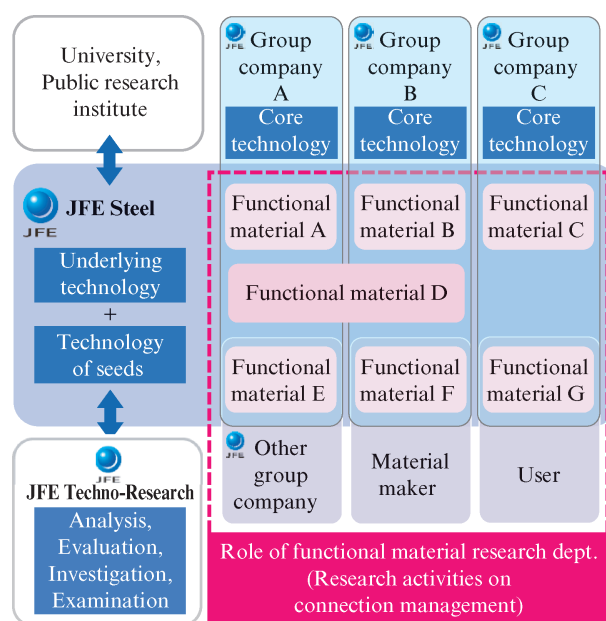


図 4 機能材料研究部の役割

Fig. 4 Role of Functional Material Research Dept.





写真1 JFE グループ合同 EV 部品調査報告会

Photo 1 JFE Group joint report meeting of EV parts survey

グループ会社との協創型イノベーション活動では、組織の壁を極力低くした、メンバーと組織の強みを活かせる組織作りが肝要である。そこで機能材料研究部ではスチール研究所とグループ会社各社から研究者や技術者を招集し、スチール研究所の研究者とグループ会社からの出向者が共同で研究開発を行う体制を構築した。さらに、協創意識を幅広い層に浸透させるため、電池や磁性材料についてはグループ会社横断のワーキンググループ活動を企画している。その一環としてグループ会社と合同で EV 部品調査&報告会(写真1)を実施し、グループ会社を横断するテーマの発掘にも努めている。

テーマ選定にあたっては、SDGs や ESG の視点も考慮しつつ、1980年代における川崎製鉄の新規事業の実証的研究<sup>4)</sup>並びに事業転換に成功した機能材料メーカーの戦略を参考にして、導入技術ではなく自前技術を出発点とする、すなわち技術的に飛び地とならない領域での機能材料開発を目指すこととした。例として EV 分野における担当領域を図5に示す。EV 化の「三種の神器」のうち、コントロールユニットに多用されているフェライトなどの受動部品用材料や放熱材料、Li イオン二次電池用の正負極材を研究対象とした。

また、当社スチール研究所では、先進的なアイデアの検証や試行錯誤、味見実験といった、研究者の自由な発想・提案によって実行され将来の画期的商品や革新的技術の芽を育てる先導探索研究活動が奨励されている。この研究成果の中には、独創性が高いにも関わらず、鉄鋼分野に出口を見出せず埋もれてしまう商品や技術も少なくない。それらの商品や技術を機能材料研究部が対象とする多様な材料やプロセスとマッチングさせ、ふ化させるべく、機能材料研究部にはインキュベーターとしての機能も付与させた。

これらのタスクを迅速かつ効果的に推進して商品化を達成するには、既存のリソースや従前の戦略だけでは難しい。そこで、外部リソースを取り込み、内部資源を公開し外部組織と連携することで新たな市場やイノベーション創出に繋げるべくオープンイノベーションを積極的に活用している。

図6にオープンイノベーションを提唱したチェスブロウが示した概念図<sup>5)</sup>を基に、機能材料研究部が目指すアウトプットの類型を示す。機能材料研究部(図6中「A」)が鉄鋼研究で培った要素技術やシーズ技術をグループ会社(図6中

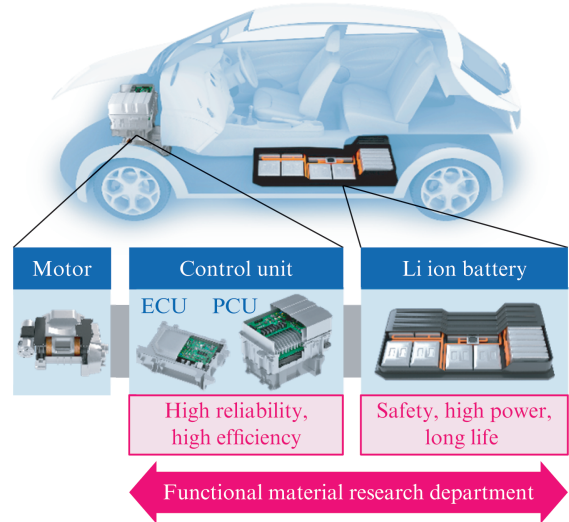


図5 EV 分野での機能材料研究部の担当範囲

Fig. 5 Scope of responsibility of Functional Material Research Dept. in EV field

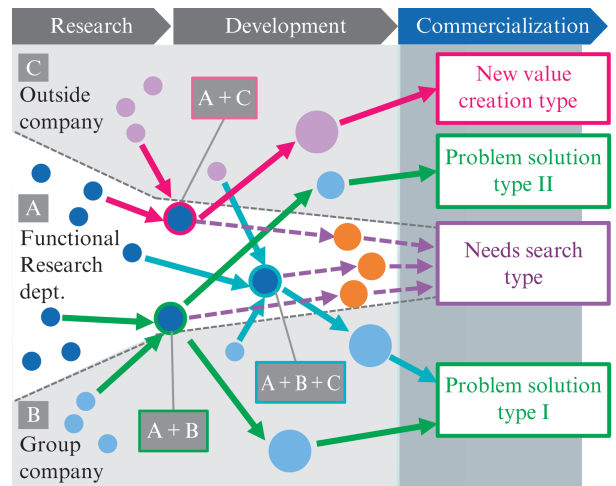


図6 オープンイノベーションを取り入れた機能材料研究部が目指すアウトプットの形

Fig. 6 Output type of Functional Material Research Dept. from open innovation perspective

「B」の自前技術、さらには社外技術(図6中「C」)と融合させ、グループ会社あるいは社外で商品化を目指す『課題解決型I』、『課題解決型II』の研究テーマを当面の軸に据え、当社とグループ会社間での人材交流・育成を行いながら成功事例の早期創出を目指した。本号に掲載の「MnZn フェライトの高強度化」は『課題解決型I』の典型例である。また、上述したインキュベーター機能を発揮させるため、スタートアップ企業との協創型イノベーション活動での商品化を目指す『新規価値創出型』、さらにはこれら3種類のオープンイノベーション活動を通して得られた知見を鉄鋼分野に還元する『ニーズ探索型』の研究も指向しており、いずれの類型でも成果が出始めている。



図7 機能材料研究部ニュース「CROSS F」のロゴマーク

Fig. 7 Logo mark of Functional Material Research Dept. news 'CROSS F'

これらの取り組みは「既存の知」と「既存の知」の組み合わせで「新しい知」を生み出す仕掛けとなるが、イノベーションには「知の交換」が必要である。そこで、機能材料研究部の戦略や成果を当社や他事業会社に広く紹介するため、機能材料研究部ニュース「CROSS F」を発行している。「CROSS F」のロゴを図7に示す。「CROSS」は既存の技術、やり方、分野にとどまらない新しい領域をグループ会社と共に取り組む姿勢、「F」は原理原則 (Fundamental) に基づき、楽しく (Fun)、一緒になって (Fusion)、個々が役割 (Function) を果たして機能 (Function) 材料を開発する想いが込められており、機能材料研究部が投げ込んだ「新しい知」を受け止める「キャッチャー」を探す想いも込めている。

#### 4. おわりに

「企業が行うイノベーションこそが経済成長をもたらす」と説いた経済学者のシュンペーターは、その著書<sup>6)</sup>の中で「郵便馬車をいくら繋げても郵便鉄道を得ることはできない」と

述べた。すなわち、同質なものをいくら重ねても本質的な変化にはつながらず、そこに異質な新しいものを導入することによって初めて飛躍的な革新が実現すると提唱し、この「異質な新しいものの導入」を「新結合」と呼び、「異質なもの」を作り上げる行為を「イノベーション」と表現した。

機能材料研究部はJFEグループの「出島」としてオープンイノベーションを強化しており、「目利き力」の高い人材の育成にも注力している。本稿で述べた種々の取り組みにより、社内外との協創意識を醸成することで「新結合」を高め、マテリアル・イノベーションを推進する所存である。

#### 参考文献

- 1) NKK 創立 80 周年記念誌：ガイア・オデッセイ. 1992, 210p.
- 2) 川崎製鉄五十年史. 2000, 462p.
- 3) 堀江英明. くぎを打っても発火しない 全樹脂で Li イオン電池革新. 日経エレクトロニクス. 2018, no.4, p.69-79.
- 4) 越田孝久. 岡山大学大学院社会文化科学研究科紀要. 2015, vol.40, p.167-186.
- 5) ヘンリー チェスブロウ著, 大前恵一郎訳. OPEN INNOVATION ハーバード流イノベーション戦略のすべて. 産業能率大学出版部, 2004, 209p.
- 6) シュンペーター, J. A 著, 八木紀一郎, 荒木詳二訳. 経済発展の理論(初版). 日本経済新聞出版, 2020, 544p.



松崎 晃