

# デンソーにおける材料技術のこれまでと現在

## The Evolution of Materials Engineering R&D in DENSO

本保 亮一 Ryoichi HOMBO  
奥村 涼太 Ryota OKUMURA

In response to the evolving environment, the mobility industry is required to contribute to the overall well-being of society through value creation that transcends traditional boundaries. As a materials technology function of our company, we aspire to be a group of engineers that continuously develops advanced technologies ahead of the times and makes ongoing contributions. This paper reviews the origins and development history of our materials technology function, explains its status, and examines the future directions of its evolution.

Key words :

Material Engineering, Fundamental Technology, Advanced Research, Advanced Analysis Technology, Circular Economy, Sustainable Material, Recycling Technology, Digital Engineering

### 1. まえがき

モビリティ業界は100年に一度の大変革期の中にあり、取り巻く環境はいまも日々変化し続けている。この変化は非連続でスピードが速く、それでいて不確実性も高い。当社はデンソーグループ2030年長期方針を策定し、「環境」「安心」「共感」の三つの軸で、進化し続けるモビリティ業界、さらには、社会全体の幸福を実現できるように新たな価値創造に取り組んでいる<sup>1)</sup>。

当社における材料技術は、事業・製品の競争力および信頼性、生産性を確保する上で基盤となる重要な技術であり、これまで社内はもとより、社外のパートナーとともに培い、磨き上げてきた。ここでいう材料技術とは、世の中の動向、当社の事業や製品進化の方向性を先読みしたうえで、その差別化と競争力を向上させるべく、材料に必要とされる仕様を明確化するための評価・解析技術（以降、基盤技術と呼ぶ）と、その基盤技術に支えられたうえで材料仕様を実現する材料開発技術、の両者を指す（Fig.1）。

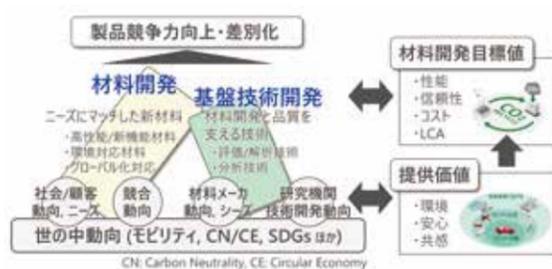


Fig. 1 Concept and Role of Materials Engineering

本論文では、当社における材料技術の歴史を振り返り、現状を整理し、将来に向けた展望を述べる。

### 2. 材料技術機能のあゆみと材料・基盤技術開発

1950年代、戦後復興とモータリゼーションの進展に伴い、当社の各種製品を対象とした材料研究が始まった。1960～1970年代に入ると、高度経済成長期におけるクルマの普及とそれに伴う交通事故や大気汚染が社会問題化した。世界最高水準の排ガス規制をクリアできる環境規制対応製品の開発が必須であり、い

ち早く価値を社会に届けるため、当社は製品設計と生産技術が早い段階から連携し同時並行で開発を進める「コンカレントエンジニアリング」を実践した（Fig.2）。

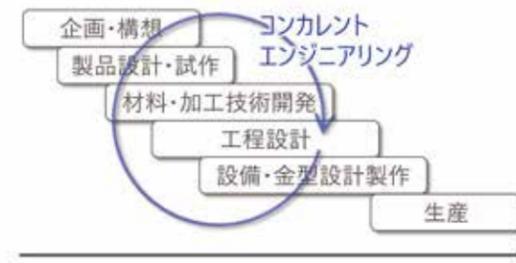


Fig. 2 DENSO Concurrent Engineering

これにより、容易に真似のできない生産技術を開発するとともに、量産でつくり易い製品設計にして大量生産の実現を目指した。当社の材料技術は、このコンカレントエンジニアリング活動のなかで発展してきた（Fig.3）。

例えば、クルマの始動や電力に必要なスタータ、オルタネータなどの電機製品に使用されるような、大量生産に対応する新しい材料を材料メーカ、当社加工技術部門などと連携して開発・導入した<sup>2) 3)</sup>。また、クルマの空調に用いられる熱交換器の開発においては、材料開発を積極的に進め、高耐食・高熱伝導率・高強度を実現する材料を開発し、銅製SR（Single Raw）ラジエータに適用した<sup>2)</sup>。

1980年代以降、グローバル化とともに貿易摩擦の伸展や環境・安全課題の深刻化が顕著となり、海外での現地生産やクルマの高性能化の要請が高ま

り、当社の事業も拡大していった。当社の事業拡大や製品の高性能化に対して、材料技術面から開発、量産化、海外現調化までをリードする機能の必要性が高まり、1990年12月、材料技術機能が部として発足した。製品進化の方向性を先読みし、材料面の機能に落とし込むうえで基盤技術の開発にも取り組んだ。当社製品に用いられる材料の市場での腐食に関する研究<sup>4) 5)</sup>に始まり、強度<sup>6) 7)</sup>、トライボロジー（摩擦・摩耗）<sup>8) 9)</sup>、電子部品（主にはんだなどの実装）<sup>10)</sup>、分析<sup>11) 12) 13)</sup>など、製品の材料開発と信頼性を支える基盤技術開発が強化された。このような経緯を経て、材料技術部は現在、各分野の材料開発を担う材料軸のグループと、それらの共通基盤技術の開発、あるいは、グローバルに材料技術機能を統括する機能軸のグループ、そして、両者を実験技能で支えるグループのマトリクス型の組織構造をとっている。材料、機能、技能のそれぞれが連携して開発を推進している（Fig.4）。



Fig. 4 Organization of material engineering R&D Div

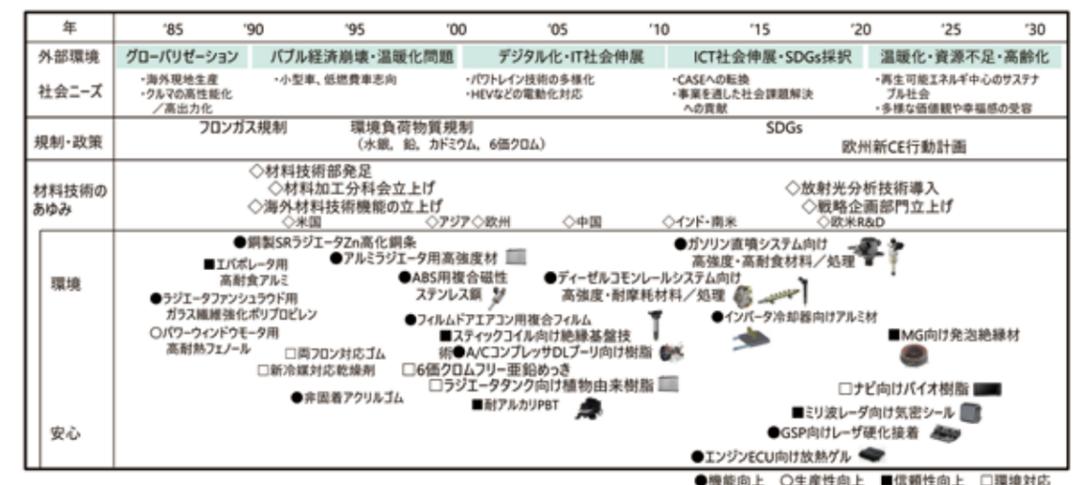


Fig. 3 Developed materials in DENSO

歴史を知る

海外の材料技術機能は、本社で「材料技術部」が発足するよりも前の1989年、北米事業拡大を見越して、米国ミシガン州に北米材料技術部が設立された。材料の現地調達化によって拡大する北米生産製品のコスト低減を図り、競争力を高めることを主任務とした。現地に材料評価設備を整備し、専任スタッフを雇い、当社初となる海外の「マテリアル・エンジニアリンググループ」が誕生した。日本とは異なる事業環境のなか、社内各部門と連携を取りながら、ヒータ、ラジエータ、スタータ、オルタネータ、コンプレッサなどの材料の現地調達をリードした。その後、1999年にシンガポール（2008年にタイへ移転）、2000年にドイツ、2005年に中国、2012年にインド、ブラジルと、世界の拠点に材料技術機能を展開し、現在は、製品に使用される材料の信頼性向上などへも活動を進化させている。

以上のような、取り巻く環境の変化や社会ニーズに応えるべく、材料技術部がこれまで開発してきた代表的な技術を次に示す。

**2.1 熱交換器のアルミニウム化による小型・軽量化**

1960年代から生産を開始したアルミニウム合金熱交換器は、70年代の石油危機を契機とする自動車の軽量化ニーズの高まりとともに需要が高まった。1990年代になると、小型・軽量化ニーズに加え環境負荷物質規制対応の点から、Pb-Sn系はんだが必要な銅製からアルミ製に全面的に切り替えることとなった<sup>14)</sup>。

Fig. 5 に代表的な熱交換器であるラジエータの構造を示す。熱交換器材料開発の歴史は薄肉化の歴史と言っても過言ではない。薄肉化に伴い材料にはより高い強度と耐食性が必要になったが、これらの特性は相反する要素が強く、単一合金での両立は困難である。また、各部品を加工し組付け後、ろう付で1度にすべての部品を接合するため、チューブにはクラッド材（複数の材料を貼り合わせた板材）が採用されてきた。

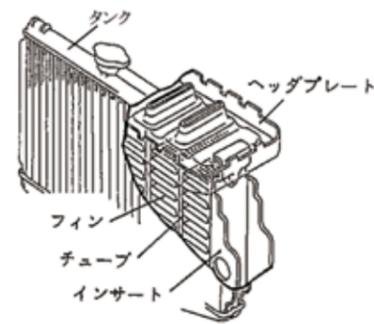


Fig. 5 Components of Radiator<sup>15)</sup>

薄肉・高強度を目指す中<sup>16)</sup>で、ろう付の熱による材料中の元素拡散を利用して強度を付与するという従来に無い発想の材料が開発され、製品に適用された。この成果が認められ、1993年に日本軽金属学会から小山田記念賞を受賞した<sup>17)</sup>。本材料の概略を以下に示す。

芯材に一般的に用いられるAl-Mn系合金を高強度化させる手法としては、Cu、SiおよびMgの添加が一般的である。しかし、いずれの元素も添加による低融点化を考えると添加量に限界がある。一方、Mg添加は微量でも強度向上効果が高いことは周知であったが、ろう付においてフラックスの主成分であるKAlF<sub>4</sub>と反応して不溶解性のKMgF<sub>2</sub>を生成しろう付性を阻害するため使用できなかった。

そこで、ろう材層から最も遠い犠牲材にMgを、そして芯材にSiを添加しておき、ろう付加熱時の熱拡散を利用して芯材内でMg<sub>2</sub>Siを生成するという手法を考案した。もちろん、拡散しすぎてMgがろう材表面にまで到達してしまえばろう付を阻害してしまい、逆に拡散が少なければ十分な強度が得られない。したがって、必要十分な拡散状態および析出量が得られるように、ろう付加熱エネルギーを踏まえて添加量を最適化することで目標強度（従来比1.5倍）を満足し、ラジエータで従来比30%の軽量化を達成した<sup>18)</sup> (Fig. 6)。



Fig. 6 The article<sup>14)</sup> showing Aluminum-made Radiator developed by DENSO

**2.2 熱処理工程の合理化ライン・FAシステムの構築**

1980年代、当社では「熱処理は製品の機能を維持・向上するうえで極めて重要な工程」と認識されていたが、暑熱作業が多く、現場環境の改善要望も高かった。このような背景のもと、世界一の品質・安全にこだわった熱処理合理化ライン、FAシステムの開発がはじまった。当時の熱処理は条件の手動調整など人のカンコツに頼ったラインで切削油や冷却油にまみれた500kg近くの製品、治具を人が台車で運搬していた。あるべき姿を全自動化ラインと掲げ、暑熱環境での作業や重量物の手動運搬の廃止を目標に、AGV（自動搬送車）を用いた処理開始から完了まで全自動搬送、品番情報に紐づけた自動条件指示と自動制御、設備の異常監視と予防保全、エネルギー管理、検査結果の記録・傾向監視の主要機能を備えた熱処理FAシステムを完成させた。これにより、安全性・生産性が著しく向上した<sup>19)</sup> (Fig. 7)。

熱処理業界の技術・技能の底上げ、伝承や熱処理部品の信頼性維持・向上を目的に学術/業界団体と連携した技術講演や熱処理の監査システムの構築ならびに人材育成にも尽力した。これらの活動が認められ、日本熱処理技術協会の技術功績賞、技術賞を頂くことができた。今後も業界の学術・産業両面の発展に貢献していく。



Fig. 7 Heat Treatment FA (Factory Automation) System

**2.3 スティックコイルの絶縁基盤技術開発**

1990年代のエンジン点火システムは、イグニッションコイル（昇圧）、ディストリビュータ（分配）、プラグコード（配電）の各機能を有す3部品構成であった。これに対し、1997年に新規に開発したスティックコイルは、それら全てをエンジンのプラグホール内 (Fig. 8) に集約・搭載し、外径φ23mmという大幅な小型軽量化を達成した革新的な製品である。製品成立のキーは、1次コイル/2次コイル間に印加される最大3万ボルトの高電圧を、わずか1.1mmの厚さの樹脂部品で絶縁を担保できる技術開発であった<sup>20)</sup>。当時、デンソーにこれ程の高絶縁製品は存在せず、技術や知見も乏しかった。最大の技術課題は樹脂部品の絶縁信頼性保証であり、樹脂絶縁に詳しい大学にも教を請いながら、メカニズムに基づいた信頼性向上技術を確立した。この取り組みを起点とし、材料技術の機能における電気（導電・絶縁）分野、接着分野（電子・放熱・粘着）の技術開発が強化され、その後の基盤技術構築へと発展している<sup>21)</sup>。

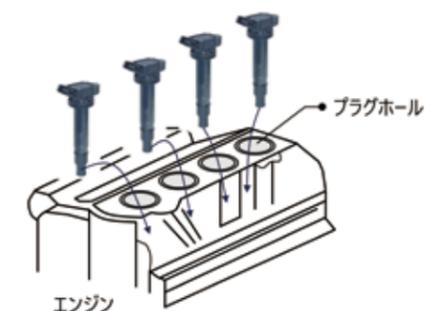


Fig. 8 Ignition (Stick) Coil System<sup>22)</sup>

歴史を知る

## 2.4 電子制御式ディーゼルコモンレールシステム向け 高耐圧金属材料・耐摩耗摺動膜開発

環境問題が声高に叫ばれるようになった1990年代から、自動車業界ではディーゼルエンジンの燃料噴射圧の高圧化競争が繰り返されていた。高圧化により黒煙などの排出量抑制と、燃費・出力向上が期待できるためである。当社は1995年に世界で初めてコモンレールシステムの製品化に成功していたが、更なる競争力強化のため1999年、180MPaという超高圧仕様の製品開発に着手した<sup>23)</sup>(Fig. 9)。コモンレールシステムの構成部品であるサブライポンプ、コモンレール、ソレノイドインジェクタは高強度の鉄鋼材料で作られていたが、180MPaの超高圧が印加されることにより、鉄鋼材料内部の非金属介在物と呼ばれる微小欠陥を起点とした疲労破壊が発生する課題に直面していた。材料技術部内では金属材料の専門家が材料メーカーとの共同開発体制を構築したことに加え、強度、トライボロジー、熱処理、分析、そして実験の専門家が一堂に会し、日々車座での議論や評価を続けることで非金属介在物を極限まで低減した新規材料を開発し、この課題を解決した<sup>24) 25) 26)</sup>。また、歴代のコモンレールシステムにおいては上記疲労破壊に加え、摺動部の摩耗や焼付きという課題も抱えていたが、この課題に対しても、表面処理の専門家がドライコーティング技術<sup>27)</sup>に着目し、内製検討用の設備を早期導入することでCrN、DLCといったコーティングを業界に先駆けて本製品に適用し、製品の信頼性向上に大きく貢献した<sup>28)</sup>。上記鉄鋼材料は日本金属学会の技術開発賞を、CrNおよびDLCコーティングは表面技術協会技術賞をそれぞれ受賞している<sup>29)</sup>。

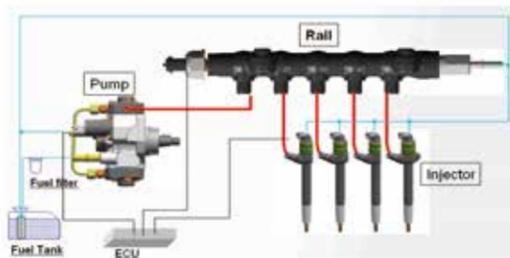


Fig. 9 Diesel Common Rail System

## 2.5 環境対応材料技術

2015年、国連ではSDGs (Sustainable Development Goals) が採択され、すべての人にとってよりよい、よりサステナブルな未来を描くための青写真が示された。気候変動、環境劣化など直面するグローバルな諸課題の解決への期待／要求がますます高まった。欧州では、いわゆる「サーキュラーエコノミー (Circular Economy)」の概念も提唱されるなど、サステナブル (持続可能) な社会とビジネスモデルの実現へのニーズも高い。材料技術部では、1997年の環境対応専任部署の設置に始まり、環境負荷物質の低減、材料に関連するCO<sub>2</sub>排出量の低減、そして、リサイクル材の適用<sup>30)</sup>など、環境対応技術の開発を推進してきた<sup>31)</sup>。環境負荷物質については、フロン規制対応ゴム材料開発、鉛フリーカーボンブラシ材料開発<sup>32)</sup>、6価クロムフリー亜鉛めっき開発<sup>33)</sup>などがあり、環境規制に先駆けて、技術開発と製品適用を実現してきた。CO<sub>2</sub>排出量低減については、植物由来樹脂のラジエータタンク、カーナビゲーションの樹脂パネル、排ガスセンサーの保護材への適用やカメラレンズモジュールへのレーザー硬化接着技術の適用などがある。

植物由来樹脂に関する取り組みについて、概要を述べる。植物は成長過程で大気中のCO<sub>2</sub>を体内に固定する。従い、植物由来の樹脂部品を使用後に燃やしてサーマルリサイクルしても固定したCO<sub>2</sub>を大気中に戻すだけであり、環境負荷が低い。ただ、植物由来樹脂はポリ乳酸 (PLA; 主にトウモロコシを原料とする) のような生分解性を持つものが多く、耐久性に乏しい、コストが高いという課題があった。そこで我々は、植物ならではの分子構造を持ち、生分解性樹脂ではないもので、石油由来樹脂との分子構造の違いに由来する特徴を上手く活かして使いこなすことを考えた。最初に我々が着目したのはPA610 (通称 610 ナイロン) である。PA610は自動車部品用途で使われるPA66と比較して、分子鎖のCH<sub>2</sub>の数が多いため、耐熱性は若干劣るものの吸水し難いという特徴を持っている。ラジエータタンクは高温で内圧がかかった状態で冷却水を保持することを求められる部品であり、内側から加水分解劣化しながら内圧によるクリーブ破壊にも耐えなければならない。更に、寒冷地で道路に撒かれる融

雪塩に弱いという特徴もあり、PA66にPA612をブレンドして吸水率を下げることで融雪塩耐性を高めるグレードも開発されている。我々はPA610が低吸水性であることに着目してラジエータタンク用途に耐えるような配合設計をすることで、耐融雪塩グレードよりも耐久性が優れる材料を開発し、2009年から市場に導入を始めた<sup>34)</sup>(Fig. 10)。PA610を使ったラジエータタンクは、Society of Plastics Engineers (米国プラスチック技術者協会) のMost Innovative Use of Material Environmentalを受賞した。前述したカーナビゲーション (バイオポリカーボネート) や排ガスセンサー (バイオウレタン) も植物ならではの分子構造を上手く活用した事例である。

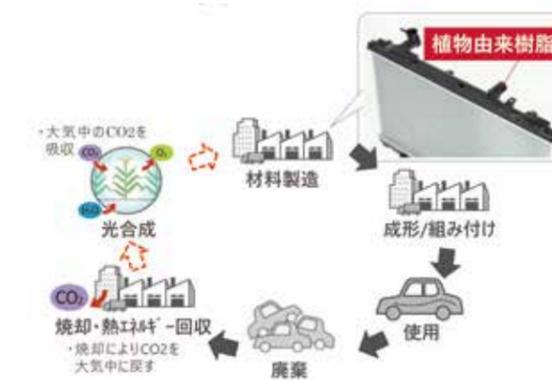


Fig. 10 Radiator Tank made by plant-derived resin

CO<sub>2</sub>削減に貢献するレーザー硬化接着技術について概要を述べる。安心・安全領域の製品であるカメラモジュールのレンズアラインメント接着用途に、レーザーで硬化できる接着剤およびその工法を開発・量産化した。これによりCO<sub>2</sub>削減と超高精度接着の両立が可能となった。レーザー光を必要部位にのみ照射することで、秒速硬化でき、硬化エネルギーを従来の硬化炉に比較して95%削減した (Fig. 11)。レーザー接着技術は、材料面では①光-熱変換材料、②超高速硬化エポキシ接着剤開発、③深部硬化性の材料組成、④硬化収縮低減材料を開発することで課題を解決できた。またプロセス面では、⑤レーザーによる超高速硬化反応の硬化プロセスを決定する為に、実験的なトライ & エラーではなく、FEM熱伝導解析を駆使し理論的に最適な照射エネルギー量 (照射消費電力、照射スピード他) を見出すことができた。これら技術を採用することで、急速硬化

でも硬化歪の少ない超精密接着技術を達成できた。このレーザー接着技術を高精度が必要なデンソー製カメラモジュールに適用し、これまで多くの自動車に搭載されており、交通事故抑制にも大きく貢献している<sup>35)</sup>。

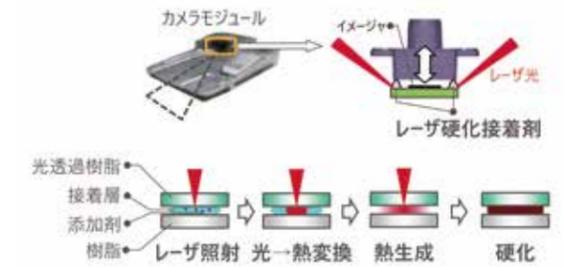


Fig. 11 Laser Adhesive Process

## 3. 将来の差別化技術探索・スピード開発 機能の強化

2010年代後半から、これまでの内燃機関を中心とした自動車の進化に加えて、「電動化」「自動化」「コネクティッド」「シェアリング」といった、いわゆるCASE領域へのモビリティ変革が加速している。電動化においては、これまでのガソリン、ディーゼルを中心とした化石燃料から、バイオ燃料、合成燃料、水素燃料、電気などの多様な動力源への拡張とシフト、このそれぞれで競争力を発揮する革新的な差別化技術の見極めと開発推進、その実装の時間軸を正確に見積もることなど、世の中の動向／ニーズを先読みした技術開発戦略と実現シナリオがキーとなる。これまでの延長線上の技術テーマだけでなく、非連続な、新しい技術の探索とテーマ起動も必須である。これらに対応するため、技術開発戦略企画グループを2017年に新たに上げた。このグループでは材料・加工／処理・計測の三つの機能が連携して、将来の競争力の種となる先端技術の探索から重点技術開発テーマの形成・推進のプロセスをリード、管理し、技術開発グループが担う新技術開発テーマの速やかな起動・推進と技術成熟度向上／強化を牽引している。

この先端技術の兆しや動向をグローバルに探索・把握し、新テーマの発掘と起動をスピーディに行い、本社での開発推進へつなげることを目的に、2018年にドイツ、2019年には米国に材料・加工／処理・計測

技術の先行 R&D 部門を新設し、日米欧の 3 極連携での研究開発体制を開始した。これら海外機能では、公的プロジェクトの調査を起点とした研究動向の分析、プロジェクトをリードする大学や研究機関とのネットワーク、先端研究者との直接議論を通じた新テーマの創出、現地の先端研究機関との共同研究の本社提案を主任務とする。彼らの活動報告をもとに、本社では、将来の競争力となる差別化技術を先回りして開発できるよう技術ロードマップを磨き上げ、先行開発テーマへの反映を行い、グローバルに競争力を発揮できる革新技術の確度を高める。そして、グローバルな R&D エコシステムと連携したスピード開発につなげている。

近年の AI やデジタル技術の活用は革新技術の創出とスピード開発推進に必須である。これまでの材料技術開発では、高温、高圧、特殊燃料、高電圧、大電流などの過酷な環境・条件下で起こる特異な現象の解析技術、これらの製品環境を再現した特殊な材料評価技術や分析技術を開発し、実現象を正確に捉えること、つまり、メカニズムに立脚した差別化・開発指針を導出することで、競争力のある材料のスピード開発に繋げてきた。現在は、これまでの強みである上記の現象解析<sup>36)</sup>・評価<sup>37)</sup>・分析技術<sup>38)</sup>と、それらを用いて蓄積してきたデータを活かし、現象解析シミュレーション<sup>39)</sup>・40)、仮想実験、機械学習などのデジタル技術と融合させたデジタル空間での材料設計にも挑戦している。これにより、データドリブンな革新材料の探索、材料試作水準、評価工数の飛躍的な低減が期待できる。このような、これまでの Physical の強みを活かした、Cyber 設計スキームを確立させ、革新材料の超スピード開発を実現していく (Fig. 12)。

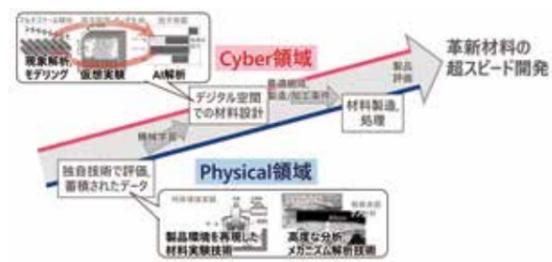


Fig. 12 Cyber/Physical-combined Agile Material Development Scheme

## 4. むすび

当社における材料技術の歴史を振り返るとともに、将来のサステナブルな社会への貢献、これを実現する革新材料・技術の探索とスピード開発に向けた取り組みを述べた。材料は製品の競争力、そして、信頼性、生産性を確保する上での基礎である。デンソーの材料技術は、将来製品の差別化を支えるための先行開発、全社センターとしての信頼性向上活動、グローバルな材料調達、環境・法規制対応など、多岐にわたる役割を担い、社内はもとより、材料メーカ、大学/研究機関をはじめとする多くのパートナーと共に課題を共有し、知恵を出し合い、技術を磨き上げ、製品競争力を高めてきた。先駆者たちがこれまで蓄積してきた技術とノウハウ、これを実現する技能と人財、価値観を共有するパートナーは、かけがえのない財産であり、確実に将来へ紡ぎ、発展させていく。

現在、社会ニーズ、事業環境はグローバルに多様化しており、これに対応する先行技術も数多く提案されている。グローバルに発想し、地域性を捉え、社会課題の動向を見立て、材料・技術開発ロードマップを描く基本動作が、より一層、重要となる。特に、社会ニーズの時間軸の変動に左右されない、普遍性、共通性を持つ技術の見極めが肝要と考える。技術開発においては、描いたロードマップに沿って、デジタル技術を融合させながら、高度で先進的な基盤技術を高め、多面的／統合的な観点で競争力を持つ材料機能を明確化し、革新材料の開発と製品実装を推進していく。

これまで築いてきたグローバルのネットワーク、仲間とともに、変化を先読みし、デンソーの製品・モノづくりの競争力を材料技術で高め、支えることで環境・安心の大義を実現し、世の中へうれしさを提供していく。

## 参考文献

- 1) デンソー (2024)『統合報告書 2024』
- 2) 若林宏之 (2002)「デンソーにおける材料技術の現状と展望」『デンソーテクニカルレビュー』Vol.7 (No.2)
- 3) 青木哲也, 他 (2002)「自動車の省エネに対応下新型高効率オルタネータ用電磁鋼板の開発」『まてりあ』41 巻 1 号 p.42-44
- 4) 竹内桂三, 磯部保明, 外山猛敏 (1998)「最近のアルミニ

ウムろう付技術とその応用 自動車用アルミニウム熱交換器材料とろう付に関する現状と動向」『軽金属』48 巻 9 号 p.446-453

- 5) 梶川俊二, 伊藤智子, 磯部保明, 興戸正純 (2011)「自動車塩害環境での各種ステンレス鋼の腐食評価」『日本金属学会誌』第 75 巻第 2 号 p.131-140
- 6) K. Yamada and S. Miyakawa, Super-long Life Fatigue Properties of Al-Si-Cu Die Casting Alloy by Using Ultrasonic Fatigue Tests, Transaction of the Japan Society of Mechanical Engineers, Ser.A, Vol.72, No.717 (2006), pp. 155-162
- 7) Y. Nishimura, K. Yanase, Y. Tanaka, N. Miyamoto, S. Miyakawa and M. Endo (2020). Effects of mean shear stress on the torsional fatigue strength of a spring steel with small scratches. International Journal of Damage Mechanics, 29(1), 4-18.
- 8) 河崎実晶 (2003)「硬質皮膜内の応力解析による被膜損傷メカニズムの推定」『トライボロジスト』Vol.48 10 号 p.802
- 9) 分根聖司, 池島昌三, 安藤和広 (デンソー), 坂本清美 (JX 日鉱日石エネルギー) (2010)「スプライン用高潤滑グリースの開発」『信頼性・安全性シンポジウム発表報文集』40 巻 p.241-246
- 10) 新帯亮 (2010)「カーエレクトロニクスの実装技術」『ロボット』No.196 p18-22
- 11) 清水真樹 (2007)「デンソーでの材料・処理加工技術開発における分析・評価技術の現状と展望」『デンソーテクニカルレビュー』Vol.12 No.2
- 12) 杉村和男, 野須敬弘, 川村守男 (2008)「表面分析による電氣的導通現象の解析」『信頼性・安全性シンポジウム発表報文集』38 巻 p.53-57
- 13) 伊藤みほ, 他 (2022)「デンソー先端技術研究所の 30 年の歩みと今」『デンソーテクニカルレビュー』Vol.27 p.164
- 14) (1994)「電装, アルミラジエーターを軽量化」『日経マテリアルテクノロジー』1994 年 4 月号
- 15) 軽金属学会 機関誌「軽金属 56 (2006. 4)」自動車用熱交換器材料の現状と動向
- 16) 篠田貴弘, 山田詔悟, 本間伸洋, 杉本尚規, 外山猛敏「熱交換器および熱交換器の製造方法」特許第 7278052 号 2020-04-16
- 17) 伊東章朗, 岩井克夫, 長良敏夫, 宮木美光, 藤本日出夫, 瀧川淳: 軽金属, 44 (1994), 246-252
- 18) 岡崎恵一, 磯部保明, 軽金属 56 (2006) 240-246
- 19) 相木正則, 奥村望 (1997)「熱処理プラント FMS 化に対応する設備診断技術の開発」『プラントエンジニア』29 巻 3 号 p.47-54
- 20) 石川智則, 杉浦昭夫, 加藤和生 (2008)「エポキシ樹脂系絶縁材料開発」2008 年自動車技術会秋季学術講演会
- 21) 荒尾修, 新帯亮, 杉浦昭夫 (2011)「導電接着剤における電極間導電経路の 3 次元可視化」『MES2011 (第 21 回エレクトロニクスシンポジウム)』p.1170120
- 22) 青山雅彦, 佐藤真弘「点火装置の革新的技術」『デンソーテクニカルレビュー』Vol.11 No.1 p.81-87

- 23) デンソー (2013)「デンソー, 世界最高の噴射気圧を実現したディーゼルエンジン用のコモンレールシステムを開発～車両の燃費向上と排ガスの浄化に寄与～」https://www.denso.com/jp/ja/news/newsroom/2013/130626-01/
- 24) 清水真樹, 朝岡純也, 他 (2005)「介在物形態制御により高疲労強度と被削性を両立させた合金鋼の開発と製品への適用」『まてりあ』第 44 巻第 1 号 p.65-67
- 25) 寺田利昭, 田中泰 (2007)「自動車エンジンの動向と特殊鋼 II. エンジンの主要構成部品の動向 2. 動弁系 (4) ディーゼルエンジン用コモンレールシステム」『特殊鋼』Vol.56 No.4 p.38-39
- 26) 杉浦慎也, 小澤正恒 (2017)「地球環境保護に貢献するクリーンディーゼル: コモンレールを支える特殊鋼」『特殊鋼』66 巻 1 号 p.40-42
- 27) 井邊光隆, 堀勝 (2013)「表面処理装置及び表面処理方法」特許第 6063816 号 2014-12-08
- 28) Y. Amano, S. Bunne, K. Yamada and N. Suzuki, "Adhesion Mechanism of Internal Diesel Injector Deposit" FISITA 2014 World Automotive Congress/F2014-CET-019
- 29) 妹尾剛士, 奥村望, 森英視, 越智文夫 (2002)「CrN コーティング量産技術の開発」『デンソーテクニカルレビュー』Vol.7 No.2 p.39-44
- 30) 後藤伸哉, 山崎博之, 野崎雅裕 (2009)「環境対応樹脂材料開発」『デンソーテクニカルレビュー』Vol.14 p.89-96
- 31) 加藤良浩, 大林伸吉 (2002)「エコマテリアル研究の取り組み」『デンソーテクニカルレビュー』Vo.7 No.2 p.22
- 32) R. Honbo, H. Wakabayashi, Y. Murakami, N. Inayoshi, K. Inukai, T. Shimoyama, N. Morita, "The development of the lead free carbon brush for starters," SAE Trans., vol.114-5, pp.268-272, March 2006
- 33) K. Kobayashi, H. Sugawara, et al. "Development of Non-Chromate Surface Technology for Evaporators", SAE Technical Paper 2002-01-0947, 2002
- 34) 後藤伸哉, 山本道泰, 長屋隆彦 (デンソー), 野崎雅裕 (デュボン) (2010)「有機・高分子 植物由来樹脂を使用したラジエータタンクの開発」『未来材料』10 巻 10 号 p.32-37
- 35) 青木孝司, 丸野尚紀, 山口一馬, 藤原修, 石川智則, 小川亮 (2023)「カーボンニュートラル レーザ硬化型接着システム」『日本接着学会誌』Vol.60 No.2 p.43-49
- 36) 佐々木啓次, 木田直美, 稲吉成彦 (2017)「振動分光法を利用した境界潤滑摩擦界面のその場観察」『表面科学』第 38 巻 3 号 p.123-128
- 37) 高橋英地, 細川征嗣, 佐々木啓次, 野須敬弘, 三又潤也, 梅原徳次 (2022)「AFM ナノスクラッチ試験を用いた薄膜の硬さ測定における探針先端径の影響」『日本トライボロジ学会トライボロジー会議 (CD-ROM)』
- 38) 山本渥史, 岡本泰志 (デンソー), 星野大樹 (東北大) (2023)「放射光を用いた構造と機能の新しい見方 X 線光子相関分光法で捉える硬化過程のダイナミクス」『高分子』72 巻 2 号 p.62-63
- 39) Y. Higashitani, M. Bjorling, S. Kawabata and A. Almqvist (Division of Machine Elements, Lulea University of

Technology, Lulea, SE-971 87, Sweden) (2024) 「A traction coefficient formula for EHL point contacts operating in the linear isothermal region」『Tribology International』 Vol.193  
40) 岩堀恵介, 松浦滉太, 竹野貴法, (2024) 「ボンド磁石の磁石性能予測シミュレーション技術の開発」日本機械学会第37回計算力学講演会 OS-1608 (オンラインダウンロード)

## 著者



### 本保 亮一

ほんぼ りょういち

材料技術部

当社製品の高性能化・高信頼性を支える  
材料・処理技術全般に従事



### 奥村 涼太

おくむら りょうた

材料技術部

当社製品の高性能化・高信頼性を支える  
材料・処理技術の開発戦略企画に従事