

Ⅲ-4. 次世代の素材産業に求められるビジネスモデルの変革

—“Mega Multi-Material 企業”への挑戦—

【要約】

- ◆ 素材産業が直面するメガトレンドは、既存のビジネスモデルの限界を示唆しており、その変革に当たっては、各産業におけるコアコンピタンス、即ち各産業が「顧客や市場に提供している本源的価値は何か？」が問われている。
- ◆ 顧客や市場のニーズが多様化・高度化することが見込まれる一方、素材産業にとってのイノベーションの余地は未だ大きく、成長の機会が存在している。
- ◆ ICT を始めとするテクノロジーの進化を活用する機会も大きい一方で、脅威となりうる要素も含んでおり、座視すべきではなく、むしろ積極的な取り組みが求められている。
- ◆ かかる状況下、2025 年を見据えた素材産業の中長期のビジネスモデルの一つに、プラットフォーム型の総合素材企業 (Mega Multi-Material 企業) が想定される。

1. 2025 年の素材産業を考えるうえでの視点

対象とする素材産業と分析の視点

本章では、2025 年に向けた素材産業の在り方について、石油精製、鉄鋼、非鉄金属、化学、紙パルプ、パーソナルケアの 6 業種を対象として考察している。考察に当たっては、各産業或いは社会が直面するメガトレンドを分析し、各産業におけるコアコンピタンスを定義している。そのうえで、「中長期的に各産業において求められるイノベーションは何か?」、及び「ICT を中心とするテクノロジーの進化をいかに活用するか?」について考察し、その結果を踏まえて各産業に求められる中長期のビジネスモデルの考え方を提示している。

脅威であると同時に機会でもあるメガトレンドの分析

各産業におけるメガトレンドの分析は、中国の需要減退や過剰生産能力、或いは国内過剰生産能力等の足許の課題よりも、需要サイドの変化、とりわけ各産業にとって課題解決を迫られると同時に、新たな需要開拓や市場創造の機会となりうる「中長期の外部環境の変化」を対象としている。

イノベーションや進化する ICT に取り組むうえで不可欠となるコアコンピタンスの定義

メガトレンドを考察することにより、現在の事業戦略の延長線上では対応が困難となる虞れがあることを踏まえると、各産業において「改めて自らの存在意義(≒コアコンピタンス)を問い直すことが求められる」との仮説に基づき、「各産業が付加価値を生んでいる本質的な営みは何か?」を考察している。コアコンピタンスの定義は、今後取り組むイノベーションの対象領域の設定や、テクノロジー進化を享受するためには不可欠な要素である。

外部環境の変化は、既に一定の事業基盤や業界内地位を築いている日本企業にとっては、大きな脅威となりうる。一つは、変化に対する順応速度の違いによって、既存競合者との比較において相対的な競争力の低下をもたらす可能性であり、もう一つは、破壊的イノベーションをもって新たに覇を唱える新規競合者の出現の可能性である。

既得権益や既存地位がある日本企業にとって、外部環境の変化に応じた自己改革や、破壊的イノベーションを起こすことは大きなリスクである。従って、メガトレンドを機会に転換するために、イノベーションのジレンマを乗り越える、

イノベーションと
ICT 活用の組み
合わせで競争力
に変化が生じる
虞れ

或いは外部環境に応じたビジネスモデルに変革するために、各産業が有する「本源的な価値は何か？」と問うことは不可欠である。

各産業におけるメガトレンドとコアコンピタンスの分析を踏まえて、外部環境の変化に対し、「どのような素材開発やイノベーションが必要となるか？」に加えて、「IoT、Big Data 或いは人工知能 (AI) 等を活用するテクノロジーの進化をどのように取り込み、素材産業が Industrial Internet や Industrie 4.0 と称される潮流をどう捉えるか？」について考察している。

これらの ICT 活用は、今後のイノベーションと不可分であるにもかかわらず、現時点では太宗の素材企業は「様子見」や「よくわからない」とのスタンスであると見受けられる。

IoT、Big Data 及び AI の活用が第四次産業革命を引き起こすかどうかは、現時点では不明である。しかしながら、「革命」と称する意味合いは、「既存の産業構造や産業界の常識を大きく変えることによって、既存のヒエラルキーを抜本的に変えてしまう」可能性を示唆している。

シェールガス採
掘技術は 10 年を
経て革命に昇華

例えば、シェールガス革命を考えてみると、水平掘削・水圧破碎・マイクロサismミック等の既存技術の組み合わせによって、従来は困難であったシェール層からの石油やガスの抽出が可能となったことに始まる。既存技術の組み合わせによる新たな生産が可能となった 2005 年頃は、画期的ではあるが「できたらいいな」レベルと捉えられていた。しかしながら、技術開放による生産者の増加と技術進化による採掘コストの低下によって、米国は石油とガスの輸出国となり、OPEC は価格コントロール能力を喪失するに至っている。

技術進化による継続的な採掘コストの低下、確認埋蔵量の増加、採掘可能量の増加、埋蔵地域や埋蔵国の拡大等、従来の業界の常識を変えると共に、サウジアラビアを業界の盟主から転落させる等、ヒエラルキーまで変えてしまった現在の状況に鑑みると、10 年の歳月を経て、「できたらいいな」が「革命」と昇華した事例と言える。

この事態を目の当たりにして、第四次産業革命の可能性を静観することはできない。IoT、Big Data、AI の活用を「できたらいいな」で済ますわけにはいかず、「競合他社や新規参入者が活用することによって、日本企業の強みが奪われるリスクはないのか？」、或いは「日本の弱みを補完できる活用方法や可能性はないのか？」について、積極的且つ能動的に検討する必要がある。

選択と集中から
総合素材企業へ

以降の各節においては、メガトレンド、コアコンピタンス、素材開発及びテクノロジー進化の活用の各分析を踏まえて、結論として各産業において求められる今後のビジネスモデルの仮説を提示している。

インプリケーションの一つを挙げると、「素材産業間の垣根が低くなる」ということである。特定の資源や素材を極めるという「選択と集中」が従前の王道であったが、飽くなき市場ニーズを追求するユーザーや高度化する市場ニーズ等の外部環境の変化と資源のない日本の特性に鑑みれば、「戦略的な総合素材企業」が一つのビジネスモデルとなりうると考えられる。

2. 石油

(1) メガトレンド

国内需要の減少
は今後も継続

これまで我が国の石油元売会社は石油製品を国内市場に供給することがビジネスの中核であった。しかし、国内の石油製品需要は年率 2%程度で減少していくことが見込まれ、2030 年には現在よりも 25%程度の市場が喪失することになる。2015 年に JX HD と東燃ゼネラル、出光興産と昭和シェルがそれぞれ経営統合を発表したのはこうした危機感の表れだろう。

かかる石油業界のメガトレンドとして、①石油需要のアジアシフト、②運輸部門の燃料多様化、③国内エネルギー間の垣根低下、が挙げられる(【図表 1】)。

① 需要のアジア
シフト

2000 年時点で中国や ASEAN の石油需要は日本と同水準の規模であったが、2030 年には中国は日本の 5 倍、ASEAN は同 3 倍程度まで拡大する見込みである。現在はこうした需要拡大に対し、日本からの製品輸出で対応しているが、消費地精製主義をとる多くのアジアの国々ではいずれは現地生産に置き替わる見込みである。我が国の石油元売のうち唯一出光興産が海外で製油所を保有することになるが(2017 年にベトナムのニソン製油所が操業開始)、我が国全体としてはアジアの需要捕捉への取り組みが十分とはいえない。

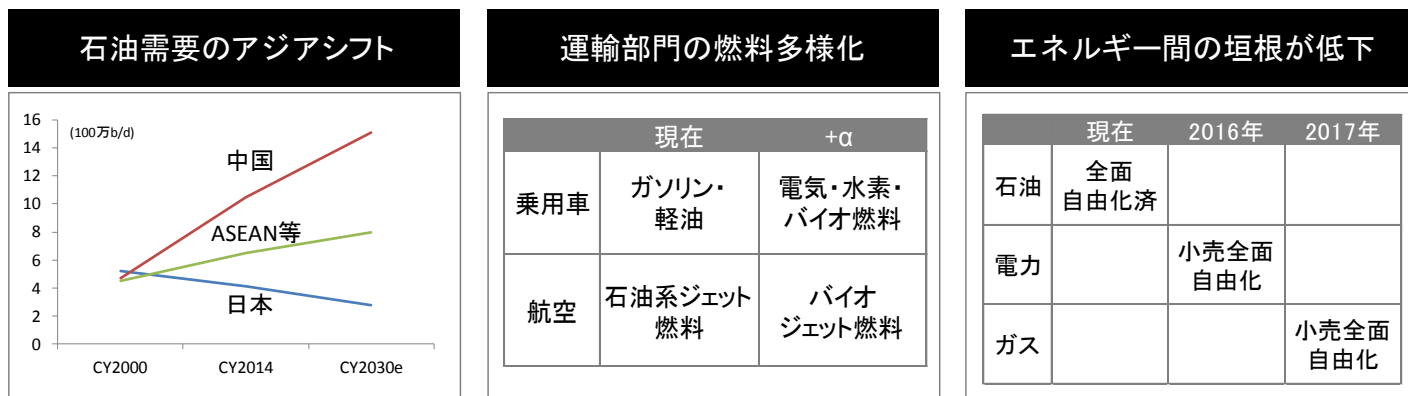
② 燃料多様化

また、2014 年度時点において我が国運輸部門の燃料使用は 98%を石油製品に依存しているが、後述するように燃料の多様化が進むとみられる。環境規制の高まりから自動車ではガソリン・軽油から電気・水素・バイオ燃料へ、航空業界では石油由来のジェット燃料からバイオ燃料へのシフトが想定される。我が国が現在利用するバイオ燃料の 9 割以上はブラジルからの輸入に依存しており、バイオ燃料の国内生産を進めることが期待されている。

③ エネルギー間
の垣根低下

2016 年以降電力・ガスシステム改革による自由化の進展により、既存のエネルギー業界の垣根を越えて競争が活発化すると見込まれる。従来は石油元売が石油製品、電力会社が電力、ガス会社がガスを供給するといった棲み分けが行われていたが、電力市場を主戦場に他産業企業の進出が活発化している。価格戦略のみならず、エネルギー供給を一体的に手掛ける等の差別化戦略をとることができれば、自由化された各市場において顧客の囲い込みが可能となるだろう。

【図表 1】石油業界のメガトレンド



(出所) IEA 資料等よりみずほ銀行産業調査部作成

(注) ASEAN 等の定義は Non-OECD Asia のうち中国とインドを除いた数値

(2) コアコンピタンス

石油はコモディティ
兼戦略的商品

石油はコモディティ商品と戦略的商品という2面性を有している。製品の差別化が困難であり、平時であればコモディティ商品としての位置づけが強いが、有事(中東における紛争、震災等)においてはエネルギーセキュリティの観点から戦略的商品として重要性を再認識することになる。

震災における成功体験

製品供給面において東日本大震災時には電力やガスが一時的に供給不能となったが、分散型エネルギーである石油には各方面から多くの供給要請がなされ、石油元売はエネルギーの「最後の砦」としての役割を果たした。こうした成功体験によって、有事においてもエネルギーを安定供給することが石油元売にとってコアコンピタンスの1つとなっていると考えられる。

中東との強固な
関係

また、原油調達面において我が国の石油元売は中東を中心とした産油国と長年にわたる強固な信頼・協力関係を築いてきた。資本面でも、サウジアラビアの国営石油会社 Saudi Aramco が昭和シェル、アブダビの政府系ファンド IPIC がコスモエネルギーHD の株主である。産油国からのエネルギーの安定調達が可能であることは他のエネルギー供給企業にはない強みであろう。

エネルギーの安定供給が
コアコンピタンス

メガトレンドを踏まえると、石油精製産業におけるコアコンピタンスは石油精製・供給事業そのものではなく、日本のエネルギーセキュリティを担う、つまり「エネルギーの安定供給」と再定義することが妥当と考えられる。

(3) 素材開発

運輸部門の高い
石油依存度

運輸部門は家庭や業務用、製造業と異なりエネルギーの石油依存度が高い(【図表 2】)。エネルギーセキュリティの観点から必ずしも望ましい状況とはいえないことのみならず、原油価格の変動幅が大きいこと、経済活動や生活に欠かせない必需品であるにもかかわらず石油製品の価格が安定しないことも課題である。

バイオ燃料ニ
ーズの高まり

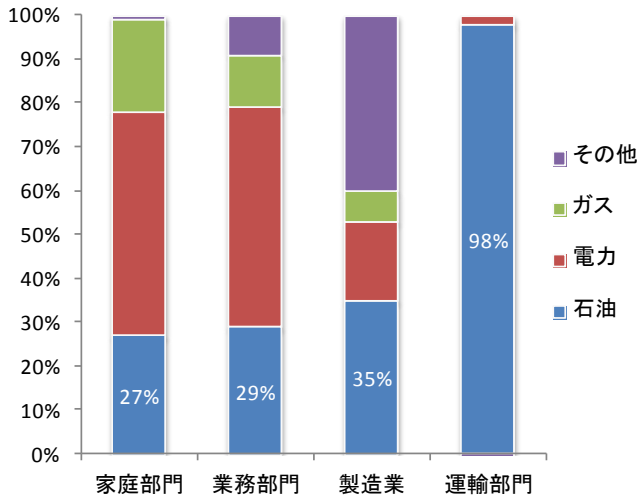
運輸部門ではバイオ燃料へのニーズが高まっており、例えば航空部門では国際民間航空機関(ICAO)が2020年以降はCO₂の排出量を増やさない目標を設定している。藻類等の次世代バイオ燃料はCO₂を吸収することで培養が促進され、ライフサイクルで地球温暖化策として導入意義が高い。藻類からのバイオ燃料生産は大量培養技術の確立や低コスト化が課題であるが、国内では2020年の東京オリンピックに向けて研究開発が進められている。2015年12月にユーグレナが国内初の設備を横浜市に建設すると発表しており、同社は精製設備では米シェブロンから技術供与を受ける一方、燃料の実用化ではANAやいすゞ自動車と連携している。

欧州企業のバイオ燃料への
取り組み

バイオ燃料事業を本格的に強化する海外石油企業の事例として欧州企業を取り上げたい。欧州石油業界は石油製品需要の減少に加え、製品需給のアンバランス(ディーゼル不足、ガソリン過剰)や環境規制等、日本以上に事業環境が厳しいが、イタリアのEniやフランスのTotalでは既存の製油所をバイオリファインリーに転換する動きが見られる(【図表 3】)。例えばEniは脱硫装置を水素化精製バイオ製造装置に転用する等の投資を行い、世界で初めて既存の製油所(7万b/d)をバイオリファインリー(30万トン)に転換した。供給過剰となった製油所を単に閉鎖したりターミナルに転換したりするのではなく、需要

が拡大するバイオリファイナリーに転換する戦略は我が国にも参考となるだろう。

【図表 2】我が国の部門別最終エネルギー構成(FY2014)



(出所) 資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」(速報)
よりみずほ銀行産業調査部作成

【図表 3】欧州石油会社のバイオ燃料への取り組み

企業	概要
Neste (フィンランド)	✓廃棄物や残渣物から再生可能燃料を製造する世界最大の製造者 ✓同社の年生産量は、2014年に約130万トンに達し、フィンランドのディーゼル自動車の2年分の再生可能ディーゼル量に相当
Eni (イタリア)	✓2014年6月にヴェネツィアの製油所を30万トンの水素添加植物油のバイオリファイナリーを稼働 ✓2014年10月にシチリア島の製油所も75万トンのバイオリファイナリーに転換すると発表
Total (フランス)	✓2015年4月にフランスの製油所を50万トンのバイオリファイナリーに転換する計画を発表 ✓欧州でのジェット燃料の増産を検討し、会社として30%のシェア獲得を目標

(出所) 各種公表資料よりみずほ銀行産業調査部作成

(4) IoT

石油業界における IoT の活用機会として、マーケティングの精緻化、生産の最適化、在庫管理の適正化等が考えられる(【図表 4】)。

マーケティングの 精緻化による SS 配置の最適化

IoT 活用により需要をタイムリーに把握できるようになればマーケティングを精緻化することができる。例えばある顧客の自動車のガソリンが減少してきた際には近隣の SS (サービスステーション) からのクーポンを配信する等、これまで困難であった One to One マーケティングが可能となる。また、我が国の SS の販売効率は欧米と比較して劣後しており(【図表 5】)、今後の更なる需要減少を踏まえれば SS 数の効率化は急務である。スタンドが比較的重複する都市部等においてマーケティングの効率化ができれば SS 配置の最適化が可能となるだろう。

過疎地での SS 存 続

石油需要は特に地方での減少が著しく、相次ぐ SS の廃業からエネルギーの安定供給に支障が出てきている。海外のセルフ SS では無人で運営するスタンドが存在する一方、我が国では無人で営業することは認められておらず、コスト高による廃業の一因になっている。IoT 活用による遠隔対応によって安全面における課題をクリアできれば、将来的に無人スタンド運営を認める政策がとられる可能性があり、地方での SS 廃業を防ぐことができるのではないかと。

生産の最適化

石油製品は連産品であり原油の種類によってガソリン、灯油、重油等を一定の比率で生産している。タイムリーにジェット燃料や灯油の需要動向を把握できれば、製油所での得率(灯油とジェットは同じ留分)を変更することによる最適生産が可能となる。加えて、日本の稼働信頼性(製油所の各装置がどれだけ稼働可能であったかを示す指標)は、定期補修や非定期補修等による設備停止期間が長いことから世界的に見ても低い水準にあり、IoT 活用による自主保安の高度化は不可欠であろう。

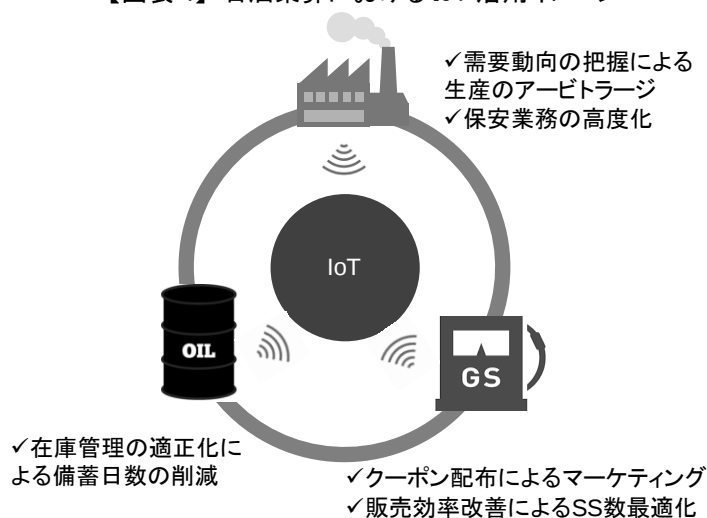
備蓄義務の緩和も

我が国では安定供給を目的として石油元売各社ごとに 70 日分を備蓄する義務が課せられている。原油の急落時には多額の在庫評価損を計上することが避けられず、業績の不安定要因となっている。IoT の活用によって我が国全体の備蓄をタイムリーに把握することができれば、各社に課せられた備蓄日数を削減しても安定供給に支障をきたさない対応が可能になる可能性がある。

アライアンスが不可欠に

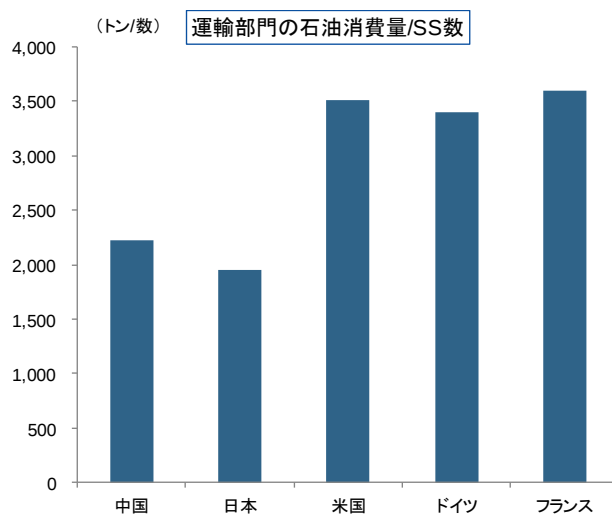
ただし、IoT に関する顧客の燃料タンクの残高等の情報は燃料を販売する石油会社ではなく、輸送機器を販売する企業や IT システムを提供する企業に集約される可能性が高く、石油会社が IoT を活用するにあたってはこれら企業とのアライアンスが不可欠になるだろう。

【図表 4】石油業界における IoT 活用イメージ



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

【図表 5】我が国 SS の石油販売効率



(出所) 各種公表資料よりみずほ銀行産業調査部作成

(5) ビジネスモデルの変革

国内石油精製事業の競争力強化

大手石油元売にとって石油精製事業は連結売上の 9 割程度を占めるコア事業であるが、国内需要の縮小が進展するなか、現状の事業内容では製油所削減を始めとする縮小均衡が避けられない。したがって事業を脱力しつつもいかにキャッシュカウ化できるかがポイントとなる。我が国の石油市場の場合、輸入業者にも課せられる備蓄義務が一定の防波堤になっているものの、海外からの輸入品は無視できない脅威の1つである。韓国やシンガポールの製油所は我が国の 2 倍以上の規模であり、我が国の元売各社がオペレーション等で効率化しても、コスト競争力の点でこれらの輸入品に対抗するには限界がある。これまでは国内元売間でのコスト競争力を競ってきたが、今後戦うべきは韓国等からの輸入玉である。国内市場の安定化のためには各社ごとの対応ではなく、我が国全体としての競争力強化が求められている。

他社製油所との一体運営

まず、他社製油所とのオペレーションの一体化が考えられる。製油所の最適化という観点からは従来からも各製油所を Linear Programming モデル¹ (LP モデル) で繋ぐことにより各社ごとに最適化を図ってきた。しかし、今後は IoT 等を活用して隣接する他社の製油所や全国の他社製油所とバーチャルに統合

¹ 製油所を 1 つとみなし、製品毎の需要を与え、製油所がコストを最小化する前提で、どのように供給を行うか計算

することができれば LP モデルの高度化が可能となるだろう。

製油所のコストセンター化

次に製油所の位置づけを見直すことが考えられる。石油精製事業はバリューチェーン上、石油開発等と比較して付加価値が低いため、製油所をプロフィットセンターからコストセンター（コストだけが集計され、収益は集計されない）に転換することで、更なるコストダウンを図るという選択肢である。一般に製品が標準化されている場合にコストセンター化しやすいと考えられているためである。石油製品は潤滑油やハイオクガソリン等を除いて差別化が困難であり、出てくる製品の付加価値は同じである。実際に各社は過不足分を他社と製品融通して補っており、製油所のコストセンター化は今後の検討事項となるだろう。

エチレンセンターとの一体運営

加えて、エチレンセンターとの連携である。精製と化学の統合は留分を有効活用することで付加価値の高い製品を優先的に生産することができるのみならず、原料の最適化やユーティリティの共有化によってコスト競争力を強化することが可能となる。メリットが大きいにも関わらず我が国での統合を妨げている最大の要因は精製と化学を異なる会社が運営する「資本の壁」である。今後はより踏み込んだ一体運営のため、従来のように別々の会社がオペレーションするのではなく、今後は製油所とエチレンセンターをそれぞれ切り出し合弁会社にしたり、化学会社が石油会社にエチレンセンターを売却する等して一体運営を強化することも選択肢となるだろう。

海外展開と総合エネルギー企業化

以上の国内石油精製事業のキャッシュカウ化に向けた取り組みに加え、コアコンピタンスを活かした今後の戦略方向性として①海外事業へのシフトおよび②電力ガスへの取り組み強化による総合エネルギー企業化、が挙げられる（【図表 6】）。海外市場のうち、ASEAN 等の新興国では急速な需要拡大に対して安定的にエネルギーを供給できていない側面がある。日系企業にとっての参入機会は相応に高いと見られるが、海外石油精製単体での展開は不安定な石油精製マージンから事業リスクが高いとみられる。日本は石油バリューチェーンの構築において効率性等で欧米には劣後するものの ASEAN 諸国対比では優位性を有する。そこで精製から販売まで一貫したバリューチェーンを展開し、国内で培った安定かつ効率的な製品供給ネットワークのノウハウを海外で活かすことができれば、精製のみならず販売や化学等の事業も含めて収益を安定化させることが可能となる。また、今後の注力分野である電力・ガス市場では小売自由化による競争の激化が予想される。電力市場でも石油と同様に、既存のインフラを活用した発電プロジェクトから小売事業まで一貫したバリューチェーンを構築することが競争力の源泉と考えられる。加えてエネルギーマネジメントによる顧客の囲い込みを図る等、エネルギーの一体的なサービスは差別化要素として機能するだろう。

【図表 6】石油元売の戦略方向性



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

3. 鉄鋼

(1) メガトレンド

10 年を超える長期的視座でわが国鉄鋼業が直面するメガトレンドを想起するとき、現在一般的に射程されている事業環境にポジティブな影響を与えるトレンド、ネガティブな影響を与えるトレンドが、それぞれ考えられるだろう。以下、主要な需要産業である建設業向けと製造業向けに大別して述べていきたい。

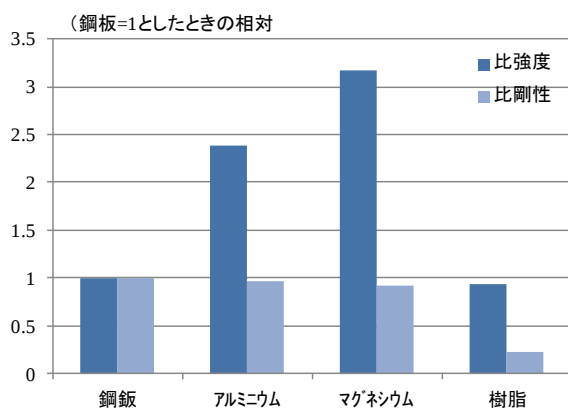
鉄を超える建築用構造材料に対する期待が高まっていく

需要量の面から建設業向けの鋼材需要トレンドを考えると、海外は新興国中心に旺盛、国内は全体として縮退傾向で推移するというのが大方の見方であり、おそらくそのようなポジティブ・ネガティブ両方向のトレンドが実現すると思われる。一方、鋼材に求められる「質」の面を捉えると、長期的には、建設産業から「鉄を超える構造材」に対する期待が高まってくる可能性がある。例えば、清水建設では、全高 1,000m、直径 3,000m という巨大な海上浮体構造物上に数万人が居住する未来型都市「環境アイランド Green Float」を将来構想として提案しているが、そこでは「海中に含まれるマグネシウムの精錬技術の実現」を前提に、構造材としてマグネシウム合金の採用が議論されている。マグネシウムは鉄の 20% 強の重さ（比重は鉄の 7.85 に対してマグネシウムは 1.7）の軽金属であると同時に比強度や比剛性は鉄と同等かそれ以上（【図表 7】）という優れた物性を持つほか、海水中に大量に存在し資源枯渇リスクもほぼないという素材である。これまでは、易燃性や難加工性、高価といった素材特性から構造材への展開はとても現実的でなかったが、熊本大学が開発した耐熱マグネシウム合金に代表されるように、技術開発によって不燃性や加工性の向上が進んでおり、構造材としての活用可能性が次第に現実味を帯びつつある。

「鉄を極める」技術開発の方向性だけではユーザーニーズに応えられなくなっていく可能性も

また、大手ゼネコンからは、超々高層ビルや大スパン構造物、浮体構造物といった未来の建築を実現する上では、強度のみならず剛性の向上が不可欠であり、素材メーカーに高剛性の素材開発を期待する声が聞かれる（【図表 8】）。剛性とは、弾性変形領域における応力に対する歪みの程度であり、軟鋼であってもハイテンであっても鉄である限り剛性には大差がないことが知られている。従って、降伏強度や引っ張り強度など強度の向上に力点を置いた「鉄を極める」技術開発の方向性だけでは、剛性の向上を求めるこのようなユーザーニーズに応えきれない時代になり、鉄の領域から一歩踏み出した技術開発が必要になってくると考えられる。

【図表 7】主要素材の比重あたり強度と剛性



（出所）アルミニウム協会 HP よりみずほ銀行産業調査部作成

【図表 8】大手ゼネコンからの建材の物性への期待

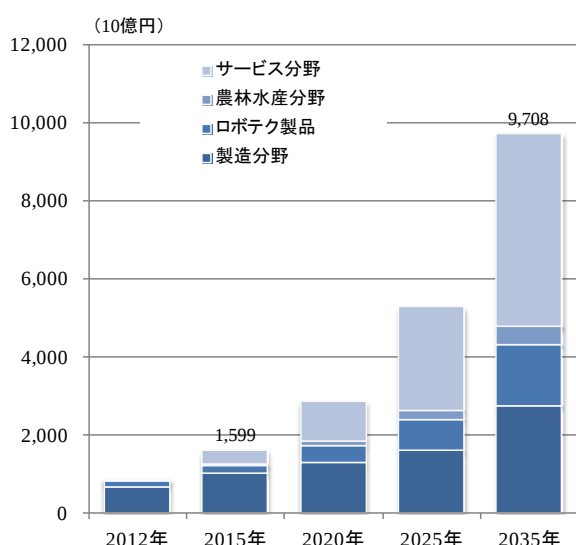
鋼材への期待	鉄鋼材への要求として、より高く、スパンもより長い構造設計に向けて、鉄の利点を活かすことが挙げられる。その際に、強度のみならず剛性が高いことが重要。圧延技術を工夫し結晶配向等の制御により、現行の剛性よりも2、3割でも高くなればインパクトは大きい。
新素材への期待	新材料・新素材に大きな期待を抱いている。例えば、金属・樹脂系のAM(Additive Manufacturing)やレジンコンクリートなどが構造物に使えるようになれば、超々高層ビルや大スパン構造物、浮体構造物等の形体も大きく変わる可能性がある。

（出所）経済産業省「金属素材競争力強化プラン」よりみずほ銀行産業調査部作成

労働代替でのロボット市場の拡大が鋼材需要の追い風に

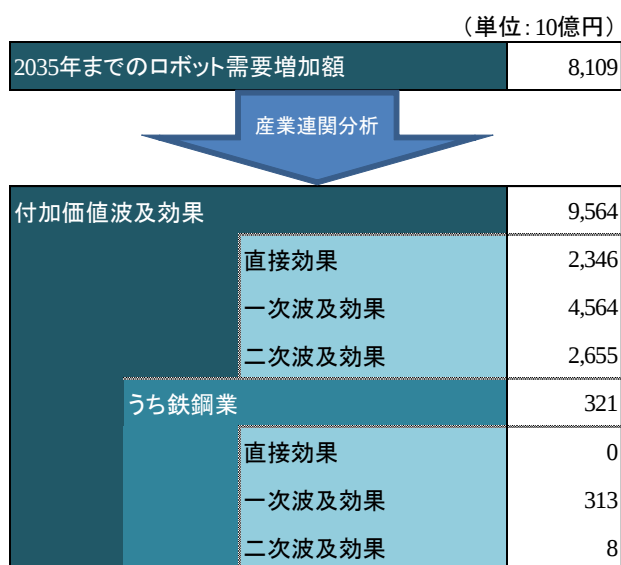
続いて、製造業向けの需要に関するポジティブなメガトレンドとしては、ロボット等による労働代替を背景とする鋼材需要の拡大を挙げることができる。今後、国内人口の減少に対して資本装備率を高めることで労働生産性を向上させようという動きが進展してくると予想されるが、経済産業省では、このような動きを背景とする需要拡大によってロボット市場が 2035 年で約 10 兆円規模に成長すると推計している（【図表 9】）。ここで、ロボット需要の増分について鉄鋼業への影響を産業連関分析によって試算すると、付加価値額で 3,200 億円程度、営業余剰額で 1,300 億円程度の好影響が生じうる。2011 年度時点のわが国鉄鋼業の総営業余剰が約 2.3 兆円であることを踏まえると、+5.6%pt 程度の増益効果が期待されることになり、無視できない規模の新規需要と言える。

【図表 9】日本のロボット産業の市場規模推計



(出所) 経済産業省「2012 年ロボット産業の市場動向」より
みずほ銀行産業調査部作成

【図表 10】ロボット需要拡大の鉄鋼業への影響



(出所) 総務省「産業連関表」よりみずほ銀行産業調査部作成

自動車分野では、燃費規制の強化や自動運転車の商業化が進む

一方、製造業向けの需要に関するネガティブなトレンドとしては、自動車向け素材の需要構造が大転換するリスクを指摘できるだろう。長期的に捉えると、自動車市場には、①燃費規制の強化、②自動運転車の商業化、③“Vehicle”から“Mobility”への自動車文化の変容、といったメガトレンドが展望しうる。①燃費規制については、km あたりの CO2 排出量を 2020 年までに概ね 20～30%減、2025 年までに 40～50%減としていく方向で議論が進んでおり、燃費向上に向けて素材に対する軽量化ニーズは益々高まっていく。②自動運転については、要素技術の開発が年々進む中で本格的に商業化されていくとの見方が強まっており、Boston Consulting Group(2015)によれば、新車販売台数に占める完全・部分自動運転車の比率は、2025 年に 13%、2035 年に 25%に達するという。そして、③自動車文化の変容については、自動運転の進展等を背景に自動車を各人・各家庭で保有する文化から社会全体でシェアリングする文化へ変化するとする見方があり、例えば Barclays Capital(2015)は向こう 25 年で米国の自動車販売が 40%減少するとの見通しを示している。

自動車用素材に対するニーズがパラダイムシフトし鋼材需要が大きく減少する恐れ

このような自動車産業における構造変化が進展していけば、自動車用素材に対する自動車メーカーのニーズもパラダイム転換する可能性が高い。まず、ボリューム面では、燃費規制の強化に伴って車体のオールアルミ化等、非鉄素材の利用がさらに進む可能性が高いことに加え、自動車の利用がシェアリング前提となることで自動車生産の絶対量が大きく減少し、その分、鋼材需要は構造的な縮退が避けられなくなろう。また、自動車向け素材に求められる価値も、【図表 11】に示すような変化が生じよう。これまで、鋼材は比重・強度・加工性・低価格の 4 点のバランスに優れた素材として第一選択材の座を確保してきた。しかし、自動運転社会が実現した場合、「ぶつからない」ことが前提になり、「スピードや遠心力、凹凸等の車体への負荷要因も完全に管理可能」となるため、素材選択の視点は、「比重と強度の両立」ではなく「ある一定程度の強度が確保できれば、後は軽い程よい」という方向になっていく可能性がある。また、自動車保有コストが社会全体でシェアされるため、自動車そのものの製造コスト及び素材単価への下方圧力は緩和されていく。従って鋼材の大きなメリットである「低価格・安定供給」の価値も相対的には低下していくだろう。

【図表 11】自動車向け構造材・外板材に求められる価値の変化の方向性

	過去	現在	将来	
比重	△	○	◎	燃費規制の強化で軽量化ニーズは高まり続ける
強度	◎	◎	△	自動運転化で「ぶつからない」ことが前提になるため、強度に対する要求は緩和される可能性
加工性	△	○	○	素材選択の可能性が広がるにつれて異種材接合等の容易性は価値になりうる
価格・調達性	○	◎	△	シェアリング前提になれば素材単価への圧力は緩和し、また、需要量の下方向シフトに伴い素材調達量も減少

(出所) みずほ銀行産業調査部作成

(2) コアコンピタンス

わが国鉄鋼メーカーはコンピタンスの再定義を迫られる可能性

以上のようなメガトレンドは、わが国鉄鋼業のコアコンピタンスにも少なからぬ影響を与えるだろう。釜石や八幡などわが国近代製鉄の嚆矢となった製鉄所を含め、伝統的な鉄鋼業は「原料立地」をベースに高炉一貫プロセスによる鋼材の低コスト・大量生産によって「産業のコメ」を供給することがコンピタンスであった。その中で、高度経済成長期以降の国内需要のピークアウトを受けた日系高炉メーカーについては、高炉による商業生産が可能な一定の生産規模を確保しながら一貫プロセスで鋼材を作り込み差別化すること、すなわち「鉄という素材を極めることでその価値を高め、需要家に貢献すること」をコンピタンスとしてきた。しかしながら、上述のような需要サイドのメガトレンドを踏まえると、日系鉄鋼メーカーもコアコンピタンスの再定義を迫られる可能性が高まってきそうである。以下、①原材料、②R&D、③製鋼工程、④圧延工程と販売・マーケティング、の各サプライチェーン段階を改めて眺め、わが国鉄鋼メーカーが設定しうる、或いは設定すべきコアコンピタンスが何かを考えたい。

資源確保能力は鉄鋼メーカーのコンピタンスとまらない

〔原材料〕 鉄鉱石と原料炭は豪州、ブラジルの資源メジャーによって寡占されている。また、原料炭を略全量、鉄鉱石を半分程度自給できるポジションの中国が、自国資源との価格裁定を行いながら圧倒的規模で資源の購買を行う構造にあるため、日系プレーヤーはプライステイカーの立場に甘んじている。各社は自山鉱比率の向上等を通じてバーゲニングパワーの確保を図っているものの、わが国鉄鋼メーカーが原材料の調達面でコンピタンスを発揮するということは、現実的に想定しにくい。また、上述した鋼材需要量の構造的な変化や鋼材を超える素材への期待の高まりといった需要サイドのメガトレンドを踏まえると、「鉄」の原料としてしか出口のない鉄鋼石や原料炭の調達力をコアコンピタンスとする姿勢は、「鉄」需要の構造変化に対しての経営リスクを高める可能性もある。

「鉄を極める」R&D だけではコンピタンスに揺らぎも

〔R&D〕 わが国鉄鋼メーカーは R&D 能力を一つの競争力の源泉としており、超高張力鋼や方向性電磁鋼板といった鋼材がそれを象徴している。しかし、今後の需要サイドのメガトレンドを踏まえると、例えば自動車向け高級鋼板の開発等は自動運転の商業化等を背景に需要の縮退リスクに直面する可能性がある一方、後述する Multi-Material 化など視野を広げた R&D は、ユーザーニーズへの対応や新しい市場創造にとって重要度が高まっていくだろう。ゆえに、「鉄を極める」という Product Out 型の R&D の方向性だけではなく、「高品質な構造材の安定提供を期待する」というユーザーニーズの原点に立脚し、その為に最適な素材は何か、単一素材でのユーザーニーズ充足が難しい場合にどうすべきか、という Market In 型の R&D が必要になるだろう。

鉄余りと中韓のキャッチアップで、製鋼段階からの作り込みは価値を生み難くなる

〔製鋼工程〕 世界的な「鉄余り」もあり、製鋼工程、或いは製鋼圧延一貫プロセスの価値は顕著に低下している。日系メーカーは製鉄・製鋼工程の高効率・省エネ操業や製鋼段階での巧みな成分調整を得意としてきたが、中国や韓国等の競合ミルの製鉄・製鋼技術高度化に伴い、ビレット等建材向け半製品を中心に多くの分野では完全にキャッチアップされ、産業用途向けについても品質差はほとんど無くなっている。日系メーカー自身、海外では外部鉄源でハイテン鋼の生産を行う単圧メーカーのようなポジションでビジネスが成立している。製鋼工程で「鉄を極める」ことをコンピタンスとし続けることは難しくなっていくだろう。

市場を押さえる川下展開力に加え Multi-Material の供給力が今後の競争力を左右

〔圧延工程と販売・マーケティング〕 鋼材消費がグローバルベースで拡大する中、建材需要はアジア・中南米・アフリカ、自動車向けは日米欧中泰というように、用途によって主要な需要地が異なる構造にシフトしていくと、需要立地で早くから生産能力を確保し、当該市場におけるリーディングポジションを確立することが益々重要になっていくだろう。市場を押さえる川下展開力の巧拙は、今後のグローバル鉄鋼メーカーの競争力を大きく左右していく可能性が高い。鋼材は用途が多様であるため、販売・マーケティングのアプローチも用途別に異なる。建材用途であれば地場の建材問屋やゼネコンとの関係強化、日系自動車向けであれば OEM との直接の交渉力、欧米系自動車向けであれば鋼材加工業や部品産業への接近が重要となろう。加えて、「鉄を超える剛性を持った建築用構造材」、「ある程度の強度があれば、後は軽いほどよい自動運転車用素材」など、ユーザーニーズの変化、高度化の流れの中では、鉄という単一素材のグローバル安定供給のみならず、Multi-Material の供給力の多寡が競争力の源泉になっていくだろう。

このように考えると、メガトレンドの変化を踏まえて再定義されるべきわが国鉄

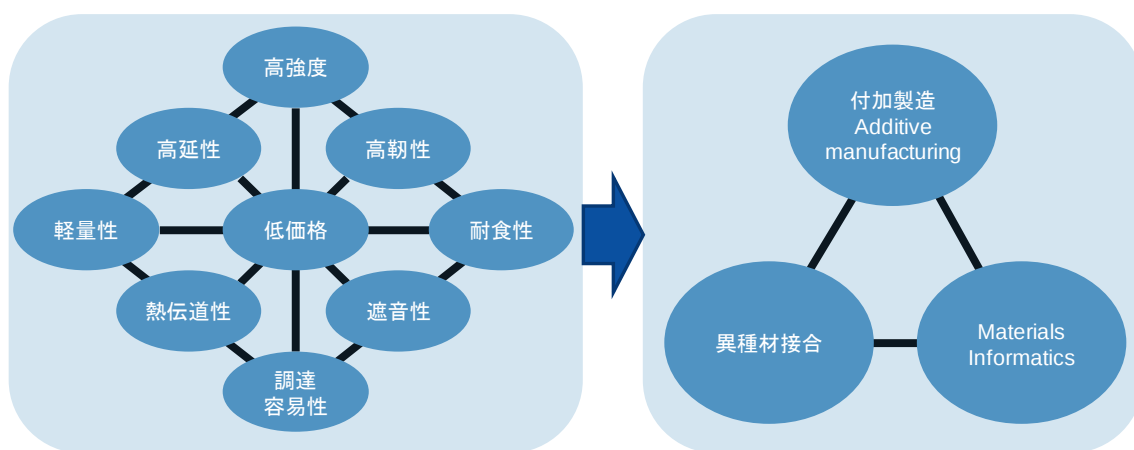
鋼業のコアコンピタンスは「構造材として利用される素材を安定的に提供する」ことではなかろうか。新興国で拡大する建設需要に対しては安価で大量供給の可能な鋼材こそがそのニーズを最も満たす素材であろうし、一方で、自動車向けの構造材といった需要分野においては、「鉄を極める」段階から一歩進んだ姿勢で、ユーザーにとっての存在意義を問い直すことが求められてくるのではなかろうか。

(3) 素材開発

ユーザー産業の姿を変えるテクノロジーの進化を素材産業も活かす必要がある

テクノロジーの進化と共に次第に進展していく自動運転の商業化、超々高層ビルや大スパン構造物といった次世代建造物の実用化といったユーザーサイドの動きは、既存の素材産業の需要構造を大きく変える可能性がある。革新的な新素材の開発によって新しいアプリケーションが生み出されるという双方向の作用を含めて考えると、素材産業自身も、新しいテクノロジーを活用しながら、変化する期待に対応していかななくてはならない。ニーズによって求められる機能やその組み合わせは様々だが、「安価・大量供給・それなりの機能材」というわが国鉄鋼業のこれまでのコンピタンスだけでは高度化、多様化するニーズに対応できなくなる可能性があり、他の素材産業との協調や融合、所謂「Multi-Material 化」が求められていこう（【図表 12】）。Multi-Material 化に関する議論には、大きく、①付加製造 (Additive Manufacturing)、②異種材接合、③Materials Informatics、という 3 つのアプローチがある。以下、夫々について概説しよう。

【図表 12】 素材に求められるニーズの多様化と Multi-Material 化に向けた 3 つのアプローチ



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

付加製造は、加工段階での Multi-Material 化を実現する有力な方法

〔付加製造〕 現在、主に少量多品種の金属製品・部品の加工法としては切削加工など素材を除去していくことで造形していくアプローチが主流だが、付加製造は、それとは反対に、素材を積層させることで造形する加工法全般のことを指す言葉である。付加製造は、除去加工よりも複雑な造形が可能であるという観点で議論される場合が多いが、それに加えて、樹脂への金属の添加による新たな物性の発現など、加工段階での Multi-Material 化を実現する有力な方法としても捉えられている。

金属粉を用いた付加製造技術が開発される中、ユーザーからの期待も高まっている

付加製造に分類される具体的な加工技術とそれに適した素材には様々な組み合わせがある(【図表 13】)。従来、付加製造は光硬化性樹脂を用いた液槽光重合や熱可塑性樹脂を用いた材料押出など化学系素材を中心に展開し、金属系素材を利用する例としては、アルミ箔と紙とのシート積層(いわゆる「銀紙」)などに限定されてきた。しかし近年、装置床に金属粉を敷き詰めた上で、レーザー等を照射して一部の金属粉のみを熔融・結合させるプロセスを繰り返すことで積層造形する粉末床熔融結合など、金属粉による付加製造技術が発展をみせている。主なアプリケーションとしては、自動車のエンジン関連部品や足回りの特殊部品、航空機エンジン部品、生体インプラント等の複雑な形状の特殊用途品を中心に活用が見込まれている。付加製造の将来については、これまでのところ、付加製造装置の生産性が高いとは言えないことを主因に産業用途での活用について懐疑的な見方も根強いが、一方で、ユーザー産業からは、「金属素材も板材だけでなく粉としての提供を期待」、「樹脂に金属微粒子を混ぜて剛性を増した傾斜材料の提供を期待」、「付加製造はスループットが遅いと言われるが、費用対効果を考えた上で装置を多く並べて量産も考えうる」といった声も聞かれ(【図表 14】)、テクノロジーの進化を背景にマインドセットにも変化が窺われる。

【図表 13】 付加製造の造形法と代表的な素材

造形方式	概要	代表的な材料
シート積層 Sheet Lamination	シート状の材料を層ごとにレーザーやカッターで切断しながら積み重ねていく積層造形方式	紙、樹脂、金属
液槽光重合 Vat Photopolymerization	液槽に溜めた光硬化性樹脂をレーザー等によって部分的に選択、硬化させ積層する造形方法	光硬化性樹脂、セラミック
材料押出 Material Extrusion	加熱することにより熔融状態になる樹脂をノズルより押し出し積層させる造形方法	熱可塑性樹脂
結合材噴射 Binder Jetting	液状の結合材(バインダー)をノズルより噴射し、粉末材料を結合させる積層造形方法	樹脂、金属、砂、石膏、セラミック
材料噴射 Material Jetting	液体材料をノズルより噴射し、選択的に退席させていく積層造形方法	光硬化性樹脂、ワックス
粉末床熔融結合 Powder Bed Fusion	粉末材料の特定領域をレーザーや電子ビームの熱エネルギーにより選択的に熔融・結合させる積層造形方法	金属、樹脂、セラミック
指向性エネルギー堆積 Directed Energy Deposition	金属材料を供給しながらレーザー等で熱エネルギーを与え、熔融・堆積させる造形方式	金属

(出所) 岩崎(2015)よりみずほ銀行産業調査部作成

【図表 14】 大手自動車メーカーの付加製造に対する期待

付加製造への期待	今後のAdditive Manufacturingの展開に着目しており、金属素材も板材だけでなく、粉としての提供に期待。傾斜機能等による高付加価値化へ。樹脂に金属微粒子を混ぜると剛性が増す報告もあるので、化学メーカーと金属材料メーカーが共同で素材を開発するようにならないか(金属関係者と化学関係者の協働は海外では活発に行われている)
自動車産業での応用	自動車の場合、短納期・大量生産可能な素材でないと適用不可と思われるかも知れないが、適材適所での使い方を考えている。AMはスループットが遅いと言われるが、それを上回る魅力的な機能(例えば制震性能など)が付加されるのであれば、費用対効果を考えた上で、装置を多く並べて量産することもある

(出所) 経済産業省「金属素材競争力強化プラン」よりみずほ銀行産業調査部作成

付加製造向けの金属粉製造技術や鉄粉に留まらない金属粉を供給が必要

付加製造に必要な素材は条鋼や鋼板などの圧延材ではなく金属粉であり、圧延材に引っ張り強度等の品質差があるように、金属粉にも付加製造への適性や他素材との混合容易性等の差別化要素が存在している。例えば、2.5cm×2.5cmの立方体の造形に必要なレーザー溶接長は8,000mを超えるとされ、加工の正確性やスピードといった装置側の品質と共に、材料としての金

属粉にも、①粒度が揃っていること、②サテライト(母粉の周辺に付着する小粉)が少ないこと、③ガス・ポロシティ(ガス・アトマイズ時に金属粉中に混入するガス)が少ないこと、といった高いスペックが求められる。また、ユーザー産業が付加製造に対して傾斜材料等の Multi-Material 化による新たな機能の提供を期待していることを踏まえると、単一金属粉のみの素材提供だけでは潜在的なユーザーニーズに応えきれない。欧州では、独 EOS に代表される付加製造装置メーカー自身、或いは機器メーカーとタイアップした素材メーカーが付加製造専用粉の開発・製造を進めている。わが国では、高炉、特殊鋼、金属粉専業等のメーカーが金属粉製造を行っているものの、機器側の開発が進んでいないこともあり、付加製造向けの粉開発は出遅れ感が否めない。付加製造は、①粉としての品質向上、②化学系を含めた他素材との融合、③機器メーカーとの連携、という 3 つの R&D によって価値発現が期待される分野である。アプリケーションが少量多品種の特殊品中心となるため、そのような需要分野を狙うかどうか、という戦略的な判断は別途あるとしても、例えば特殊鋼メーカーのような業態においては、圧延や鍛造、鋳造によって加工されてきた特殊鋼棒線の需要が付加製造向けの金属粉によって代替されるリスクも見据えながら、この分野へどう取り組んでいくかを真剣に考える必要がある。

異種材接合は異なる素材の強みを生かし合うことが可能に

〔異種材接合〕 自動車部品メーカーなどユーザーサイドが軽量化等を進めていく上での金属加工技術として、高強度鋼同士、或いは鋼材と非鉄金属等の異種材を接合させる技術の高度化に注目が集まっている。特に異種材接合については、鋼材と樹脂との接合材が強度やコスト競争力を保持したまま数十%の軽量化を実現可能である、ドアをオールアルミ化すると得られる軽量化メリットに比べてコストが高すぎる一方で鋼材とアルミの接合材とするとコストを相当程度抑えられて鋼材からの代替可能性が高まる、といったメリットがある。

摩擦撈拌接合など新しい異種材接合技術が次第に発展

このような異種材接合のメリット自体は従前より認識されていたが、素材毎の融点、熱膨張性、熱伝導性、酸化性の違い等から、単純な溶融溶接では加工によって酸化や歪み、亀裂を生じる等の問題があり、異種材接合は技術的に容易ではなかった。然し乍ら、近年、融点より低温な摩擦熱を利用した摩擦撈拌溶接など従来技術の課題を克服する新しい接合技術の開発が進んでいる。但し、異種材接合をより敷衍化させていくに際しては、引き続き技術的な課題が山積しているのも事実である。現在、NEDO の「革新的新構造材料等研究開発」基本計画に沿い、政府・企業・大学のコンソーシアムによって技術開発が進められているところであり、このような産学官連携の枠組みを含め、今後の技術開発の進展が待たれる。

物性が実証されていない化合物は無限に存在

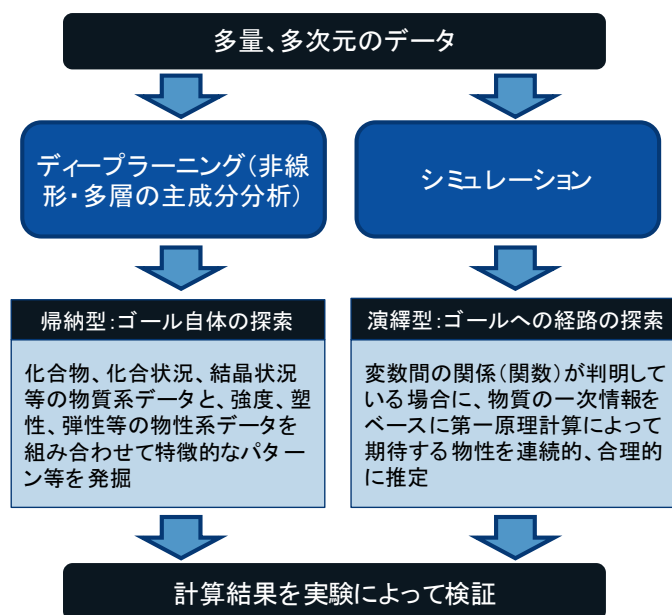
〔Materials Informatics〕 現在、産業用途で実用可能な元素は 80 程度とされるが、化合物の組み合わせを考えると、2 元の場合で約 3,000、3 元の場合で約 80,000 となり、各元素の組成比や結晶構造を含めた組み合わせは事実上無限に存在するといつてよい。これに対して、実験によって結晶構造まで既知となっている無機化合物の組み合わせは約 50,000 通りとされ、このうち、生成エネルギー等熱力学が既知の化合物は数千、物性値まで既知の化合物は更に少ないのが現状である。

ビッグデータと計算の組み合わせによる効率的な素材開発

従来、元素の組み合わせや結晶構造まで含めた生成法及び得られる物性については、実験でのトライアンドエラーを通じて発見・確認されてきた。しかし、材料開発競争の激化とコンピュータ性能の飛躍的向上が同時進行する中、「実験でのトライアンドエラー」ではなく「計算による推定」を行うことで効率的に

素材開発を行おうとする試みが始まっており、これを Materials Informatics という。Materials Informatics は、3 つのフローから構成される（【図表 15】）。まず、コンピュータ計算にインプットする多量・多次元のデータを収集しデータベース化する。次に、コンピュータを用いた計算を行うが、そのアプローチには、シミュレーションによる演繹的な計算と、ディープラーニング等を用いた帰納的な計算が存在している。そして最後に、計算によって得られた結果を実験によって確認・検証する。すなわち、Materials Informatics は、トライアンドエラーの実験をする前に、計算によって正解に近い変数の組み合わせの「当たりを付ける」作業を行おうとするものと言える。

【図表 15】 Materials Informatics のフロー概念図



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

Materials Informatics は社会資本との位置付けが妥当

Materials Informatics による新素材開発を実効足らしめるためには、様々な元素や化合物について、分子構造や結晶構造、生成法、物性データ等の多量・多次元のデータベースを構築しなければならず、そのためには、鉄鋼、非鉄、化学といった素材産業、或いは加工産業に属する企業や研究機関が夫々保有する R&D・生産・評価等に関連するデータを相互に開示・共有することが望ましい。従って、データの開示、管理、保護、得られた成果の利用、特許等に関するルール整備や中立的な運営を行う主体が不可欠となる。また、ビッグデータの処理を行う高速計算可能なコンピュータの活用が前提となるため、その意味でも、個別企業レベルではなく社会資本・公共材として位置付け活用していくことが妥当な R&D スタイルといつてよく、政府及びその関連機関がその推進主体となることが望ましい。

素材開発力の強化に向けた官民連携を

経済産業省の鉄鋼課と非鉄金属課が協調して 2015 年 6 月に取り纏めた「金属素材競争力強化プラン」において、Multi-Material 化時代を見据えた Materials Informatics の推進が一つの大きなテーマになった。差し迫った課題ではなく、データの共有をはじめ各社の利害が衝突しやすいテーマでもあることから、今後の議論の帰趨には曲折も予想されるが、サプライチェーンの協

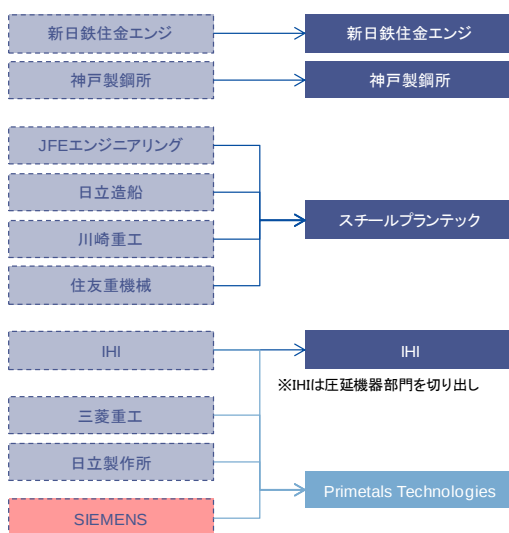
調・結合によって産業競争力の強化を図ろうとするドイツ等の取り組みに遅れをとることなく、わが国の素材産業が中長期的な競争力を確保していくために、経済産業省等の関係省庁のイニシアティブと関係各社の主体的な関与と協力が期待される。

(4) IoT

日本の「閉じたシステム」と海外の「開いたシステム」

昨今、欧米ではドイツにおける Industrie 4.0 の取り組みや米 GE が展開する Predix など、IoT を活用してサプライチェーンを通じた情報の共有や管理を行うことで、生産性の向上や在庫管理の高度化、マーケティングへの活用等を図ろうとする動きが進んでいる。この点、わが国の場合、鉄鋼メーカーが自前で製鉄プラントのエンジニアリング子会社及び情報システム子会社を抱えて、製鉄工程における設備設計のノウハウや操業データ等を外部に漏らさない「閉じたシステム」が採用されている(【図表 16】)。他方、海外の製鉄プラントベンダーに目を向けると、独 SNS、伊 DANIERI、独 Siemens(2015 年 1 月に三菱日立と製鉄機械部門を統合)が標準化されたプラントを世界各地で納入する「開いたシステム」が基本である(【図表 17】)。

【図表 16】わが国の主要製鉄プラントメーカー



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

「開いたシステム」で生産ノウハウが共有化、標準化されていく

「閉じたシステム」は力を持たなくなっていく

今後、グローバルプレーヤーである欧州のシステム・機器メーカーが Industrie 4.0 の思想に基づき製鉄に関する操業・設備データを蓄積・解析し、それを自らの機器・IT サービスの開発に活かしていく姿勢を強めると、AI などテクノロジーの進化と相俟って、システム・機器メーカーサイドに操業等の最適化に関するノウハウが蓄積され、それが新しく設備を購入する海外の鉄鋼メーカーにフィードバックされていくことが予想される。その結果、製鉄ノウハウのグローバルな標準化が一層進んでいき、ノウハウそのものは鉄鋼メーカーの競争力の源泉にならなくなってくる可能性が高まってくる。

日系プレーヤーの「閉じたシステム」は、これまで、製鋼工程における微妙な合金成分の調整や圧延・焼鈍工程における熱処理等のノウハウを囲い込むこ

【図表 17】主要製鉄プラントメーカーの納入予定件数

(単位: 件)		世界					
			中国	他アジア	米州	欧州 CIS	中東 アフリカ
SMS	独	44	8	5	16	6	9
DANIERI	伊	15	0	5	1	2	7
Primetals Technology		18	7	6	4	1	0
Siemens	独	14	5	4	4	1	0
三菱日立	日	4	2	2	0	0	0

(出所) Metal Bulletin Research, *Steel Making Capacity & Capex Study, July 2015* よりみずほ銀行産業調査部作成

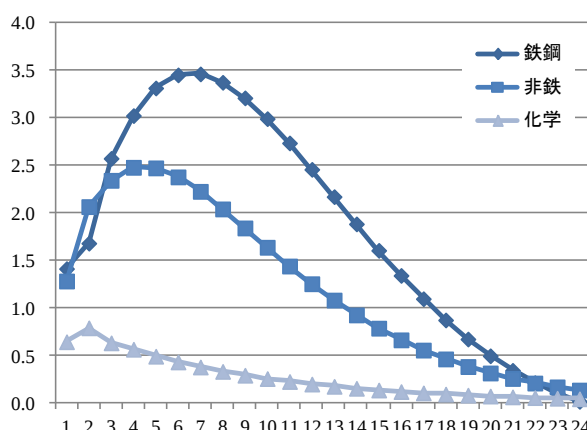
(注) 当面のグローバル鉄鋼各社の設備投資計画に関し、プラント納入元が判明している計画についてプラント大手の納入予定件数をカウントしたもの

とを通じて品質やスループット等の差別化の源泉となってきた。しかし、「閉じたシステム」であるほどユーザーから得られるデータ量が少なくなるため、結果としてベンダーサイドでの改良・開発に制約を生ずることになり、将来的に「ガラパゴス化」する恐れもあるだろう。日系各社が国内で事業展開を続ける分にはそれでも良いかもしれないが、各社の海外生産比率が高まり、JV など異なる血が交わるオペレーションの機会が増えていくと、利用される機械やシステムもインハウスでの完結させるのは困難であり、「閉じたシステム」は、「開いたシステム」とは逆に、力を持たなくなっていくのではなかろうか。

元来、鉄鋼業はサプライチェーン結合によるメリットが大きい

一方、Industrie 4.0 が実現し、受発注・生産計画・在庫・物流・納品等の情報がサプライチェーンを通じて一元的に管理・共有されることは、別の観点からも鉄鋼業にとって大きな好影響を齎しうる。鉄鋼業はサプライチェーンの最上流に近いポジションにあるため、最終需要の変化が自社の生産に与える影響を認知するまでにどうしても時間的ラグがある。また、様々な川下産業の需要の変化を一手に受ける巨大な装置産業であるため、川下需要の微細な変化も「塵も積もれば山」となって鉄鋼業に予期せぬショックを齎しやすい。【図表 18】は、自動車産業の出荷在庫バランスに対する素材産業の出荷在庫バランスのインパルス応答関数を推定したものだが、鉄鋼業は、他の素材産業と比較して、①在庫循環ショックに対する感応度が大きく、②ショックの認識ラグが大きく、③ショックの影響の減衰に時間を要する、という特徴が窺われる。

【図表 18】自動車産業の出荷在庫バランスに対する素材産業の出荷在庫バランスのインパルス応答関数



(出所) 経済産業省「鉱工業指数」よりみずほ銀行産業調査部作成

(注 1) 出荷在庫バランス＝出荷前年比－在庫前年比

(注 2) 自動車産業と各素材産業の 2 変量 VAR (ラグ次数=2) を想定して誤差項の 1 標準偏差のショックに対するインパルス応答関数を計測。コレスキー分解の順序は自動車産業、各素材産業の順。推計期間は 1999 年 1 月～2015 年 9 月

企業、業種の垣根を越えたデジタル・データ活用に向けて鉄鋼業も連携・協調を

装置産業である鉄鋼業では、従前より工場のプロセスオートメーションを高度化させていくことが生産効率の向上等を通じた付加価値の源泉になり得たため、各社が工場単位の「閉じたシステム」によってノウハウを内製化する方向でこれまで進んできた。業界関係者と議論すると、Industrie 4.0 はどちらかといえば組立加工産業などファクトリーオートメーション型の産業が機械化やソフトとハードの融合を一層進める中でプロセスオートメーション型の生産体制に近づいてくるキャッチアップ・プロセスと捉える向きもある。鉄鋼業におけるデジタル・データの活用余地については、「金属素材競争力強化プラン」作成時に経済産業省が設置した「デジタル・データ活用小委員会」において、設備保全領域におけるセンサー・データを用いた予兆管理、属人的な技術・ノウハウ等の暗黙知をデータ活用によって形式知化していくことの必要性、等が議論

されたが、サプライチェーンを繋ぐ「開いたシステム」に対する意識は、全体としては高まっていないように思われる。しかしながら、Industrie 4.0 によるサプライチェーンマネジメントの高度化が実現した場合、在庫圧縮による運転資金コストの削減、在庫や生産のボラティリティ低下がキャッシュフローの不確実性を低下させることによる資本コストの低減、余剰生産能力の圧縮(設備投資の適正化)による設備資金コストの削減、など鉄鋼業への恩恵は大きいと考えられ、周辺産業との連携・協調を進めていくことが望ましいだろう。

(5) ビジネスモデルの変革

これまでのわが国鉄鋼業は機能材重視の戦略を採用してきた

最後に、これまでの議論を整理しつつメガトレンドを踏まえたわが国鉄鋼業の戦略オプションについて考えたい。素材産業について、横軸に(単位当たりの)付加価値、縦軸に需要量を取ると(【図表 19】)、両者は基本的に右肩下がり関係にある。その中で、伝統的な鉄鋼業の位置付けは、低付加価値・大量生産の領域でセメント産業等と競合(例えば、RC 造と S 造の競合、PC 橋と鉄橋の競合等)する一方、高付加価値・少量生産ゾーンで非鉄金属や高機能化学製品と競合(例えば、自動車用高張力鋼板とアルミ板の競合等)する素材であると捉えられよう。これまでのわが国高炉各社は、「汎用材(付加価値が低い一方で需要量の大きい鋼材)」から「機能材(付加価値が高い一方で需要量の小さい鋼材)」までの鉄鋼業の幅広い領域の中で、主として機能材重視の戦略を採用してきた。すなわち、ハイテン材や方向性電磁鋼板等の開発により、高付加価値分野で非鉄産業等と競合しながら市場そのものを創出(高付加価値ゾーンにおける付加価値・需要量曲線の上方シフト)を図り、【図表 19】の左図における太線で囲まれた領域で勝負してきたのがこれまでのわが国各社であった。

メガトレンドがわが国鉄鋼メーカーの戦略にアゲンストの変化を齎す

しかしながら、上述したようなメガトレンドは、これまでの付加価値・需要量曲線の形状を大きく変える可能性がある。まず、低付加価値のボリュームゾーンでは、新興国におけるインフラ・建設需要の大幅な伸長が期待される。一方、高付加価値分野では、アルミの他、CFRP(炭素繊維強化プラスチック)やセルローズナノファイバーといった新素材との競合激化が予想される中、自動運転車の商業化等に伴い需要自体の量的なダウンスайдリスクが懸念される。結果、付加価値・需要量曲線は、低付加価値ゾーンと高付加価値ゾーンで夫々負の傾きが急になり、それはわが国鉄鋼メーカーにとって、注力分野での需要減少、脱力分野での需要拡大というアゲンストの変化を意味する(【図表 19】の中央図)。

「鉄の世界」でボリュームを確保する戦略は体力勝負に陥る

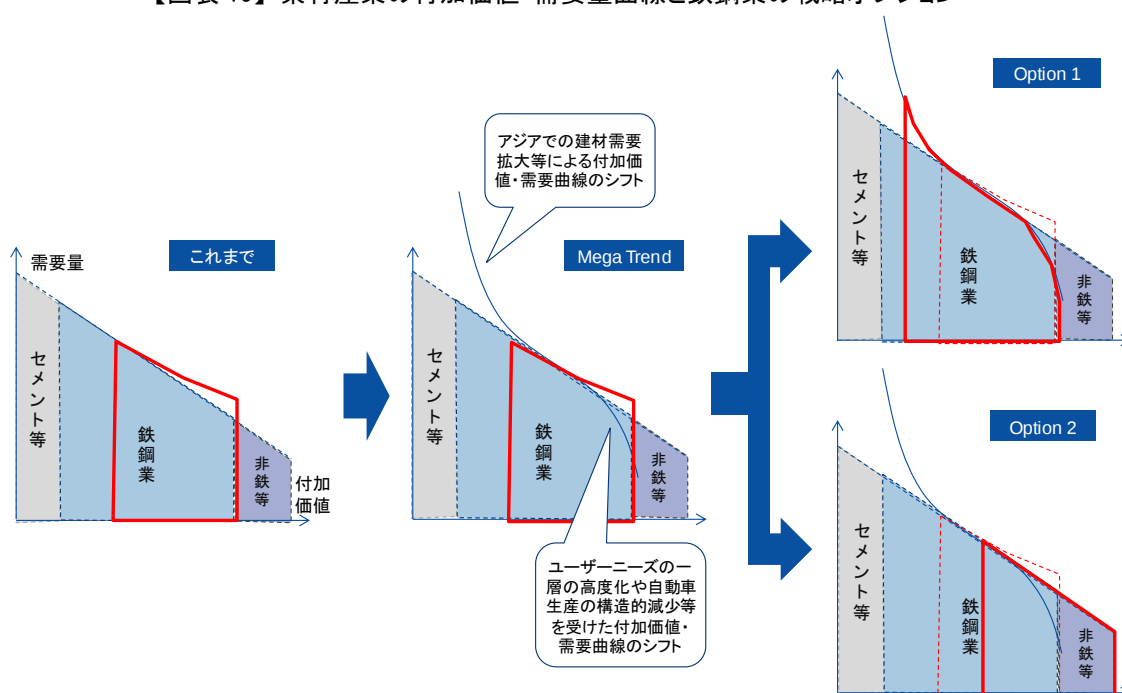
このようなトレンドを前提としたとき、わが国鉄鋼メーカーが取りうる戦略オプションは大きく二つある。一つは、自動車用鋼板等の構造的な需要減少や他素材への代替リスクを所与としてそこから脱力し、改めて「鉄の世界」でプレゼンスを確保する戦略である(【図表 19】の右上図)。この戦略は、アジア、南米、アフリカ等で勃興する建材需要を如何に囲い込むかがポイントになるが、製品の差別化が難しいことに加えて生産プロセスの標準化が更に進んでいく中で効率操業等の生産技術がコンピタンスになる可能性も乏しく、むしろ、鉄源確保と生産現地化を迅速に進め、各地においてドミナントなマーケットポジションをいち早く確保することが成功の鍵となる。ただし、地場系を含めた他の主要プレーヤーも当然に需要囲い込みを狙うことを考えると、世界各地で繰り広げ

高付加価値の
Multi-Material
Supplierを目指す
戦略がわが幕に
鉄鋼業にはフィット
する

られる投資競争に勝ち抜く経営体力が勝負の分かれ目になる。

もう一つは、ユーザーニーズの高度化に伴う鋼材需要の減少に対し、商品開発レベルでの Multi-Material 化の推進、或いは企業体として Multi-Material Supplier 化すること等を通じてそれに対峙していく戦略だ(【図表 19】の右下図)。かつて、高度経済成長の終焉に伴う鋼材需要の縮退に直面したわが国の鉄鋼メーカーはなりふり構わぬ多角化によってそれを凌ごうと試みたが、結局殆どの事業が所期の成果を得られず、以来、各社とも多角化事業のスピノフやカーブアウトを繰り返してきた歴史がある。故に、この戦略は現在の「鉄を極める」路線からは心理的な面も含めて発想のジャンプが必要になる。しかし、これまで注力してきた高付加価値の需要分野を引き続き追いかけるという意味で戦略や技術蓄積の連続性があることに加え、資本力や顧客層など Multi-Material Supplier となりうる経営基盤を有しているという面からも、日系プレイヤーの戦略の方向性としては、建材分野で体力勝負を演じるよりも取り組みやすいのではないかと思料される。

【図表 19】 素材産業の付加価値・需要曲線と鉄鋼業の戦略オプション



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

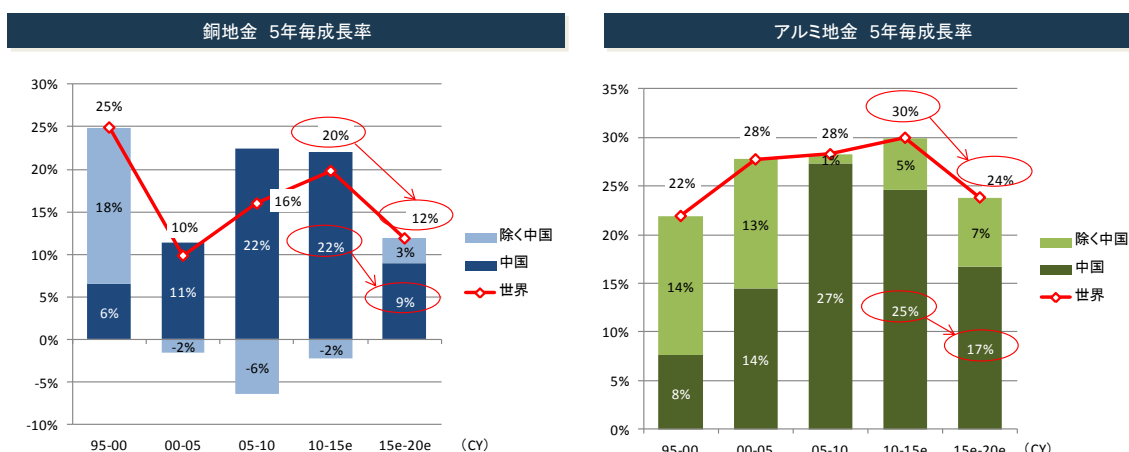
4. 非鉄金属産業

(1) メガトレンド

中国需要減速に伴うグローバル需要成長の鈍化

非鉄金属産業の今後の10年を考える上でまず前提となるのは、次の10年間はこれまでの10年間と同様のペースでは需要成長を遂げることができない可能性が高いということであろう。2000年中盤以降の中国の需要成長は著しく、グローバル成長の大半を牽引するまでに至ったが、その牽引役であった中国は投資から消費主導の経済へとシフトすることで、需要成長の鈍化が避けられない。下図は、銅／アルミ地金のグローバル需要の5年毎の成長率を、中国、除く中国で要因分解したものである(【図表20】)。2020年までの需要は、中国への依存度の高さから、中国を除くエリアの需要回復、成長を見込んだとしても、2005～2015年までの成長率を維持できなくなる蓋然性が高い。

【図表20】銅／アルミ地金グローバル需要成長率推移と予測

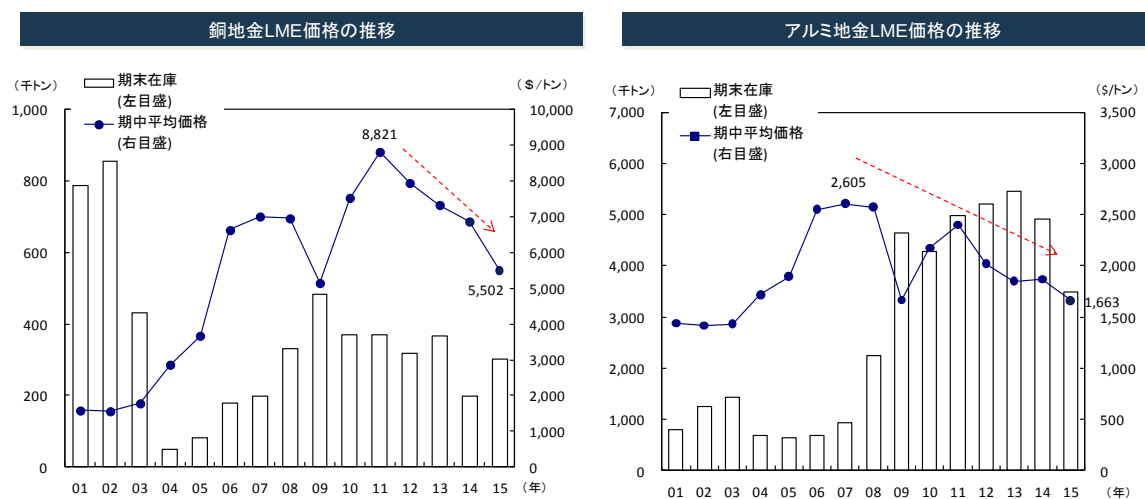


(出所) WBMS よりみずほ銀行産業調査部作成
(注) 2015 年以降はみずほ銀行産業調査部予測

グローバル需要成長鈍化に伴うメタル価格低迷

グローバル需要の成長鈍化は、エネルギー価格の下落や地金生産国の通貨安に伴うドルベースの生産コスト低下も相まって、メタル価格の低迷にもつながっている(【図表21】)。

【図表21】銅／アルミ地金の LME 価格推移



(出所) 鉄鋼新聞等よりみずほ銀行産業調査部作成

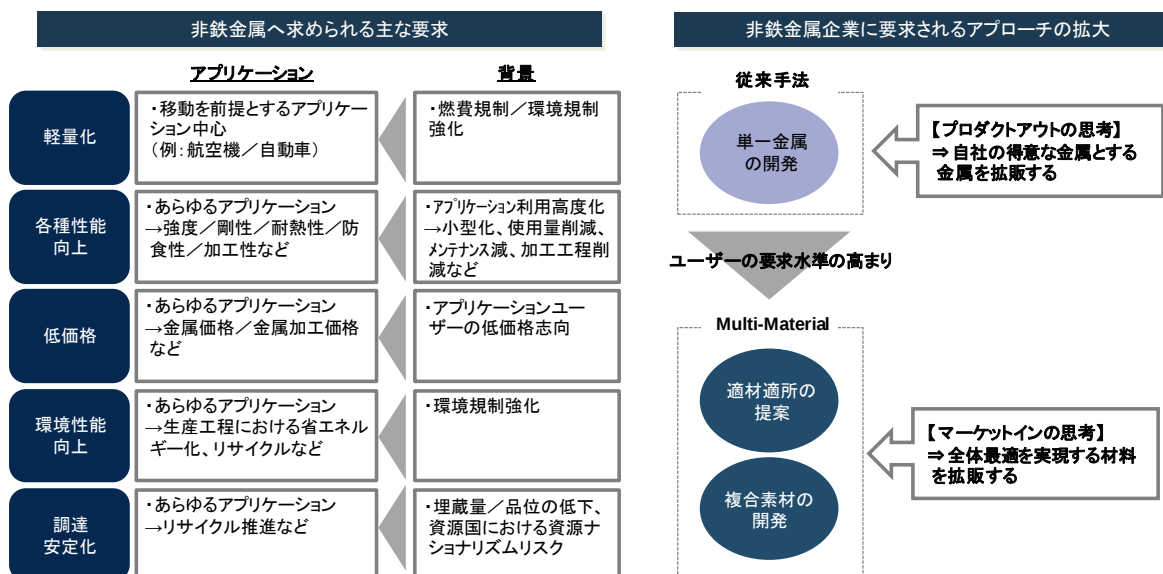
地金の大量消費
を前提とした成長
戦略の修正が必要

ハイエンドユーザ
ーからの材料への
要求水準が
益々高度化

グローバル成長の鈍化とメタル価格の低迷の影響は当面続くと見られることから、非鉄金属産業の今後 10 年は、地金の大量消費を前提とした成長戦略からの修正が求められていると言えるだろう。

非鉄金属産業のメガトレンドを考えると、まずは非鉄金属も含めた材料に対するユーザーニーズの更なる高度化が挙げられる。特に自動車や航空機などの移動を前提とするアプリケーションは、燃費規制や環境規制の厳格化により、従来以上に軽量化にフォーカスしたマテリアルを求めており、アルミやチタン、マグネシウムなどの軽量金属については大きな市場拡大が期待される。但し、これらのハイエンドユーザーは、単に軽量化を満たすに留まらず強度／加工性／耐熱性／耐久性／コスト／リサイクル性などを高度にバランスさせることを求めているため、非鉄金属企業は、従来手法である単一金属の開発のみならず、適材適所で素材を使い分けことや、複数素材を組み合わせることで全体最適を実現する提案・開発という Multi-Material なアプローチが求められつつある(【図表 22】)。

【図表 22】非鉄金属に対する主な要求と非鉄金属企業に求められるアプローチの拡大



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

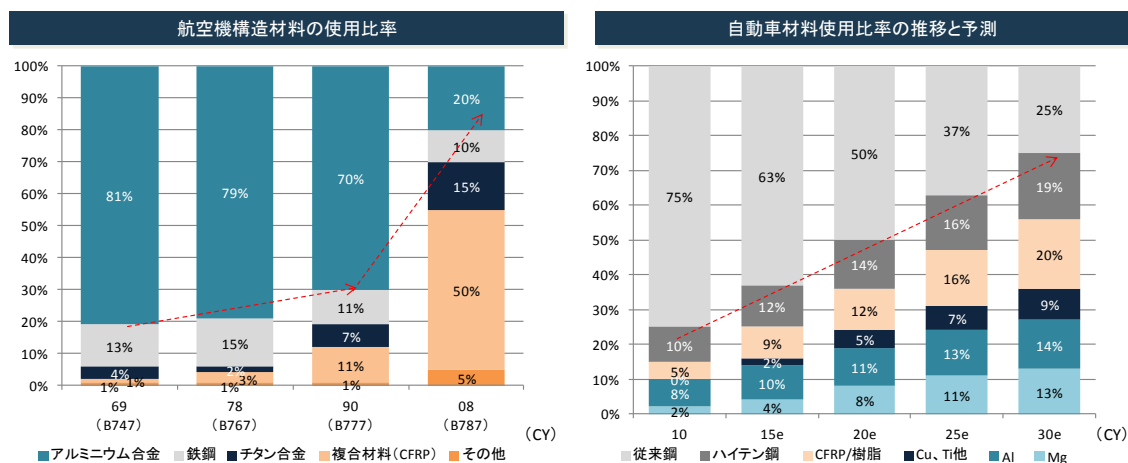
航空機材料は
既に「アルミの
箱」から
Multi-Material
body へ

実際に、航空機や自動車などの構成材料の変化を見ると、航空機は長らく「アルミニウムの箱」であったが、2008 年の B787 ではボディ材料が複合材料（炭素繊維強化プラスチック複合材 CFRP）へと抜本的に変更され、結果 20% の燃費向上を果たしている。複合材料の大量使用に伴い、耐食性や熱膨張率の観点で適合性の高いチタンの需要も拡大している。

自動車材料も
「鉄の箱」から
Multi-Material
body へと転換す
る可能性が高い

自動車においては、コストの問題もあり未だ「鉄の箱」と言えるが、フルアルミボディ化された 2015 年モデルの Ford F-150 のように、一部の高級車に限定されていたアルミ化も量産車で進みつつある。今後はアルミのみならず、チタン、マグネシウムなどの軽量金属および複合材料の構成比拡大が予想されており、今後は鉄の箱では無くなる蓋然性が高い。自動車の Multi-Material body 化のためには、単純な材料の置き換えに留まらず、強度を保ちつつ量産性に優れた異種材接合技術が必要となっている(【図表 23】)。

【図表 23】航空機／自動車における Multi-Material 化



(出所) 経済産業省資料、各種公表資料よりみずほ銀行産業調査部作成

永遠の課題でもある資源確保の重要性の更なる高まり

もう一方の非鉄金属産業のメガトレンドは、或いは永遠の課題とも言えるが資源確保の重要性の更なる高まりであろう。消費のペースが鈍化しても、世界人口の増加に伴い中長期的に見れば資源需要は確実に増加する。反対に、供給サイドを見れば、品位の低下が確実に進み優良鉱山確保の難易度は益々高まる。加えて、資源を持つ新興国が、経済発展を遂げることで資源の自国消費を拡大する方向にあり、資源ナショナリズムのリスクも高まる方向にある。資源を持たない日本は、資源確保の重要性が高い。日本は1994年の黒鉱型銅鉱山の閉鎖により、自国の銅鉱山を失った。さらに、1994年以降の20年間で、グローバルに占める銅鉱石の輸入シェアは低下し(CY94: 32.7%→CY15: 19.6%)、それに伴いバイイングパワーも低下の方向にある。日本の非鉄金属企業は上流権益投資による資源確保と並行しながら、日本にある持続可能な資源＝都市鉱山、製錬に関するノウハウなどの強みを活かせるリサイクル事業を益々強化していく必要があるだろう。

(2) コアコンピタンス

日系非鉄金属企業のコアコンピタンス

日系非鉄金属企業の持つコアコンピタンスは、大きくは二つに分類できる。一つ目は、「日系製造業に対し高品質な加工品を提供すること」である。二つ目は、「コスト競争力に優れる製錬所を持ち鉱石等から効率的に有用金属を取り出すこと」である。

メガトレンドを踏まえばコアコンピタンスを強化する必要性

メガトレンドを踏まえれば、このコアコンピタンスを更に強化する必要がある。第一に、「ユーザーニーズの更なる高度化」への対応である。日系非鉄金属企業は、高品質な加工品を日系製造業に提供することが強みであるが、ユーザーニーズの高度化を前提とすれば、Multi-Material でのソリューション提供力を備える必要がある。強みである加工技術を活かし量では無く「質」を前提とした成長を実現することが期待される。第二に、「資源確保の重要性の更なる高まり」への対応である。日系非鉄金属企業は、効率的に有用金属を取り出せる製錬所を有しているが、資源の安定確保を確実にするためにも、権益投資と並行し国内資源も活用できるリサイクル事業を拡大することが求められる。強みである製錬ノウハウと国内にもある資源を活用し、持続的成長を実現することが期待される。

(3) 素材開発

自動車構造材の素材開発は、合金開発に加え量産を前提とした接合技術開発が必要

米アルミ圧延大手は、合金開発に加え、接着剤前処理技術を導入することで自動車アルミ化をサポート

非鉄金属は、同じ金属である鉄と比較して価格が高いことから、一般にはボリュームの多い構造材料は鉄で、少量の機能材料は非鉄金属という一定の棲み分けがなされていた。従って、今後更に進むと思われる非鉄金属、特に軽量金属の自動車構造材への採用拡大は、業界にとって大きなビジネス機会として捉えられている。然しながら、構造材採用に向けた素材開発は、軽量金属の合金開発(強度、成形性等の向上)のみならず、量産を前提とした接合技術開発により、自動車メーカーの生産性向上も含めたトータルコスト削減を実現できる提案力が必要となっている。

アルミニウムは、熱伝導率が高いため鉄鋼のようなスポット溶接が難しく、生産コストが低く且つ量産性に優れる接合方法が未だ確立されていない。オールアルミボディ化を実現した 2015 年モデルの Ford F-150 では、ボディ外板にミリタリーグレード(軍事目的に耐えるレベル)の高張力アルミ合金を採用した他、量産性を高めるために接合においても工夫が成された。アルミ合金のメインサプライヤーであった米 Alcoa は「Alcoa951」という接着剤の前処理技術も開発し、アルミの酸化表面と接着剤との接合強度を高め、従来技術対比 9 倍の耐久性を実現することに成功している(【図表 24】)。Ford F-150 の接合にはリベットとこの接着技術が活用されたが、従来モデルが 7,000 点のスポット溶接で接合されていたのに比べ、4,000 点のリベットで接合しており、自動車メーカーの生産性を 20~25%改善した。Alcoa は Alcoa951 の技術で R&D Magazine の「R&D 100 Award」等、数々の賞を受賞している。Alcoa と共に F-150 のメインサプライヤーであった米 Novelis も接着剤を活用した接合技術の研究開発を進めるため、接着剤グローバル最大手の独 Henkel と協業、自社開発の「BONDERITE M-NT8453」という前処理技術を次世代ソリューションとして発表している。アルミの構造部材への利用拡大のためには、合金開発のみならず、接合も含めた研究開発力が問われており、素材価格のみならず自動車量産まで含めたトータルでのコスト競争力強化が必要不可欠となっている。

【図表 24】 グローバルアルミ圧延最大手 2 社の接合技術開発に関する取り組み例

企業名	時期	取り組み例
米 Alcoa	2013年	■ 「Alcoa 951」という接合技術(前処理技術)を開発 ⇒ 強力な接着力と、生産性改善により Ford 150 のオールアルミボディ化を実現 ■ 自動車 OEM の要請で、他社へライセンス供与 ■ 「R&D 100 Award」(R&D Magazine)、「Best Product Innovation」(Metal Bulletin's Global Award)を受賞
米 Novelis	2015年	■ 接着剤最大手 Henkel と自動車用アルミ接合に関する協業を実施 ■ 「BONDERITE M-NT 8453」という接合技術を次世代ソリューションとして発表 ■ 高機能且つコスト競争力がある点が特徴

(出所) 各社 IR 資料等よりみずほ銀行産業調査部作成

日本では、新構造技術研究組合で研究開発が進められている

日本でのユーザーニーズ高度化に向けた技術開発動向については、2013 年に自動車メーカー、各素材メーカー等 36 企業を中心として新構造材料技術研究組合が設立されている。同組合は、経済産業省の未来開拓プロジェクトとしてスタート、2014 年度からは NEDO による運営管理体制の下、自動車等輸送機器の軽量化を目的として、期間 2023 年までという中長期目線での研究開発が進められている(【図表 25】)。

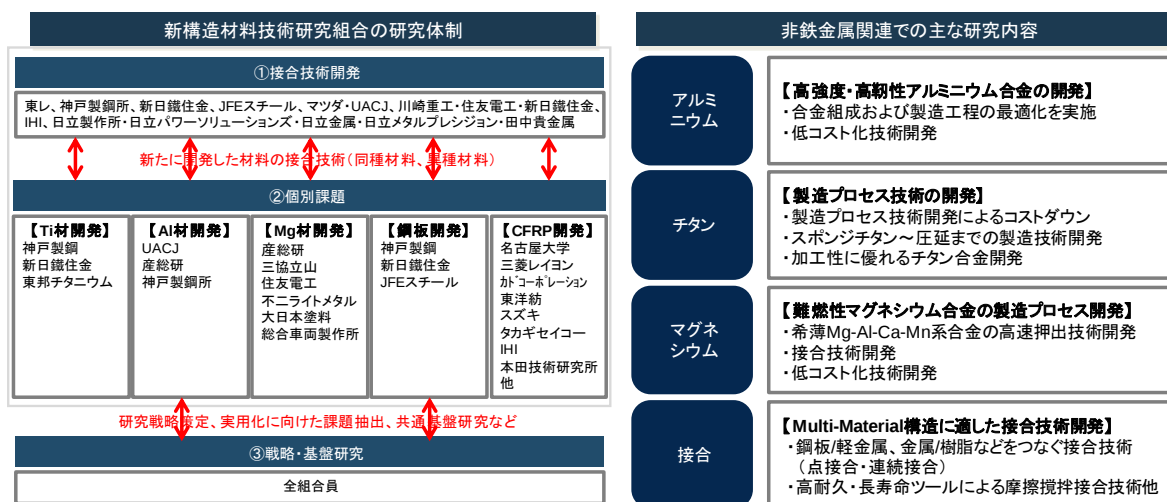
新構造材料研究組合の特徴は、鉄・非鉄など素材メーカーに加え、自動車メーカーも参加

各非鉄合金の開発等に加え、Multi-Material 構造に適したローコスト接合の研究がなされている

新構造材料技術研究組合の特徴は、参画する素材メーカーが鉄鋼、非鉄、CFRP 等素材の枠を超えていることに加え、また素材ユーザーである自動車メーカーも開発に加わっている点である。各素材そのものの開発は各素材メーカーの知見の範囲で開発を進めることができるが、異種材接合は、複数素材の知見、さらには自動車設計の知見も必要となることから、複数素材のメーカーと自動車メーカーが共同して進めるという構図となっている。

アルミニウムについては、合金組成や製造工程の最適化による高強度・高靱性アルミニウム合金の開発により、日系アルミ圧延メーカーがシェアを採れていない航空機向け需要獲得を目指しており、また、製造プロセスの開発により抜本的なコストダウンも目指している。チタンについては、スポンジチタンの製造から圧延加工に至るまでの製造プロセスの開発、またプレス成型や切削性を高める合金技術の開発による抜本的なコスト削減を目指している。実用金属中最軽量であるマグネシウムについては、圧延工程の生産性が悪いいため現状ほぼ鋳造品に使用が限定されていることから、難燃性マグネシウム合金の開発や押出技術等のプロセス開発が進められている。さらに、これらの軽量金属の研究の他、Multi-Material 構造に適した異種材接合技術（抵抗スポット溶接、摩擦攪拌溶接、レーザ溶接、接着）についても、業種を超えた協業の下進められており、素材のみならず接合も適材適所で使い分け、車体製造ラインでの混流生産も可能な抵抗スポット溶接を代替するローコスト接合を目指し研究を行っている。

【図表 25】新構造材料技術研究組合の研究体制



（出所）新構造材料技術研究組合 HP よりみずほ銀行産業調査部作成

今後の異種材料の接合は、最適な接合技術を選択していくことが重要

異種材料の接合技術は、多岐にわたっているが、如何に最適な接合技術を選択していくかが重要と考えられる（【図表 26】）。接合には、強度、量産性、接合コスト（リベットなど）などが求められる。最も適用範囲が広いのは接着法と機械的締結法ではあるが、接着法であれば接着時間や強度に対する信頼性等の課題が想定されるし、機械的締結法であれば、強度の問題はクリアしやすいが、専用の接合機器や締結材のコスト、量産性に課題がある。従って、異種材料接合においても、接着剤やリベットを使用せず、量産性や生産コストに優れたスポット溶接などの直接接合法が期待されている。このような直接接合法

としては、ろう接法や FSW (摩擦撹拌溶接) のような固相接合法やレーザー溶接などの高エネルギービーム溶接法にその可能性が見られる。例えば困難とされてきた鉄鋼材料とアルミニウム合金の組み合わせでは接合温度等のコントロールにより良好な接合継手を形成し実用化しつつある。金属材料と高分子材料の接合については、直接反応させて接合することは原理的にはできず、接着剤やリベット等を用いる機械的締結法が適用されている。然しながら、最近の研究では射出成型法や熱圧着法などを用いて熱可塑性樹脂と最適化した表面状態を有する金属材料との間で直接接合が可能な技術開発が進んできている。異種材接合は、単一素材に関する知見のみでは進まず、各種材料に関する知見を持つ人材を結集していく必要があるが、Multi-Material 化を実現する鍵となるテクノロジーとなっている。

【図表 26】各種接合法と異種材料接合への適用の可能性

接合プロセス		異種材料の組み合わせ			
		同種金属基	異種金属基	金属-樹脂 金属-CFRP	金属-セミクス
溶融溶接	アーク溶接	◎	△	×	×
	電子ビーム溶接	◎	○	×	×
	レーザー溶接	◎	○	◎※	×
ろう接	ろう付	◎	◎	×	◎
固相接合	拡散接合	◎	○	×	×
	圧接	◎	○	△	×
	FSW	◎	◎	◎※	×
接着	接着剤	◎	◎	◎	◎
機械的締結	リベット、ボルト、かしめ	◎	◎	◎	△

(出所) 化学工業日報社「化学経済」よりみずほ銀行産業調査部作成

(注) 異種材接合の可能性: ◎高い、○材料に大きく依存、△低い、×付加、※特別な手法

電線産業は早くから Multi-Material でソリューションを提供してきた業界

非鉄金属産業の中でも電線産業は、早くから Multi-Material でソリューションを提供してきた業界と言えよう。ユーザーの「大容量を低コストで送りたい」というニーズに対応するため、銅電線のみならず、架空送電線における鋼心アルミより線や、通信分野における光ファイバーなど、さまざまな素材を使いこなすことで大容量送信を可能にしてきた。近年では配電線や自動車用ワイヤーハーネスのアルミ化も進みつつあり、従来以上に銅に限らない素材を使いこなすユーザーニーズを満たすことが電線メーカーに求められていると言える。

次世代技術として超電導の実用化が期待される

大容量を低コストで送るための次世代技術としては、過去から研究が続く「超電導」の実用化がある。超電導とは、特定の物質を臨界温度(絶対零度付近の極低温)まで冷却することにより電気抵抗がゼロになる現象であり、例えば、超電導材料で電線を作れば電気を損失ゼロで流すことができる。古河電工の試算によれば、2050 年までに約 4,000km の銅電線が超電導ケーブルに置き換わると仮定すると、260 万人分の年間消費量にあたる 31 億 kWh の電力損失を削減でき、発電のために排出する CO2 を 106 万トン削減できるという優れたテクノロジーである。超電導現象そのものは 1911 年に発見されたが、当初発見された超電導材料では絶対零度(-273 度)近くまでの冷却で、高価な液体ヘリウムが必要であった。1986 年に比較的高い温度(-173 度)で超電導状態となる高温超電導材料が発見された(【図表 27】)。高温超電導材料であれば、比較的安価な液体窒素での冷却が可能であり、現在、高温超電導材料を使った送電線ケーブルの技術開発が進められ、実用化を目指している。

【図表 27】超電導材料の概要

分類	材料		発見年	概要
高温超電導	酸化物系超電導材料	Y系	1987	1987年発見。Y123のTc≒93KとBi-2223より低い77Kでの磁界中のJc特性が優れるが、超電導電流を得るには2軸配向化が必要であり線材作成が難しい。Yは様々な希土類で置き換え可能
		Bi系	1988	1988年日本で発見された。Bi-2212のTc≒90K、Bi-2223≒110K。線材として長尺・量産性が確認され、電力ケーブル、リニア、船舶用モータ、MRI、強磁界マグネットなどの応用機器に開発中
	ニクタイド系超電導材料	鉄系	2008	2008年に日本で最初の物質が発見された。線材化の研究はまだ基礎段階
		MgB2	2001	2001年日本で発見された。Tc=39Kと金属系では非常に高い。線材化の研究が盛ん
低温超電導	金属系超電導材料	NbTi	－	直接機械加工ができ線材化が容易。医療用MRI、磁気浮上列車等も最も多く実用化
		Nb3Sn	－	NbTiよりTc、Hc2（上部臨界磁界）が高い。そのままでは線材化できないがブロンズ法が発明され線材化が達成されている。高磁界超電導マグネットの巻線材として使用される

(出所) 新エネルギー・産業技術総合開発機構資料等よりみずほ銀行産業調査部作成

現状の課題は、トータルコストとトータルメリットのバランス

現状の課題は、トータルコストとトータルメリットをどうバランスさせられるかという点である。トータルコストには主に材料コスト、製造コスト、冷却コストに分解できるが、材料コストについては、ベースメタルである銅よりも希少な元素を使うことにあり、特にBi系では銀を大量に使うため対応が必要となっている。製造コストについては、Y系、Bi系ともにセラミックであり衝撃や曲げに脆く、細くて長い線材に加工することが難しいため、効率的な長尺化を実現する製法が研究されている。冷却コストについても液体窒素の循環が必要となるため機器も含めたシステム全体でのコスト低減が求められている。トータルメリットとしては、送電ロスが出ないことに加え、ケーブルの大幅な小型化が可能でありケーブルの布設コストの削減に繋がることである。

コスト削減とメリット最大化を実現するための研究開発が進む

これらのトータルコストの削減とトータルメリットの最大化を実現するため研究開発が続けられており、国内外で多くの実証プロジェクトが進んでいる。国内では、2012年に230m長の交流ケーブルが東京電力旭変電所にて実系統に接続され、2015年には石狩市にて500m長と1,100m長の直流ケーブルが布設された(【図表 28】)。海外でも、ドイツエッセン市で1km長の交流ケーブルが2014年に実系統に組み込まれており、ロシアサンクトペテルブルグ市でも2.5kmの直流ケーブルが2015年以内には実系統に接続の予定があり、高温超電導ケーブルの試用は世界各所で始まっている。

【図表 28】近年の国内における超伝導ケーブルに関する実証実験

プロジェクト	時期	会社名	内容
【NEDO】 高温超電導ケーブル 実証プロジェクト	2012年 10月	東京電力 住友電工 前川製作所	■ 高温超電導ケーブルを電力系統に連系する国内で初めての超伝導送電の実証試験(Bi系材料) ■ 世界最大容量(20万kVA級)の三心一括型の超伝導ケーブルを東京電力の旭変電所内に約240メートルにわたり設置、実系統での運用性や信頼性、安定性を検証する
【経済産業省の委託事業】 高温超電導技術を用いた高効率送電システムの実証事業	2015年 8月	千代田化工建設 住友電工 中部大学 さくらインターネット	■ 直流電力の実需用を有するデータセンターに対して送電を実際に行う次世代送電システムの実用化を目指すプロジェクト ■ Bi系材料で直流2回線を設置(500m、1,000m) ■ 超伝導直流送電では世界最長級の送電距離

(出所) 各社HPよりみずほ銀行産業調査部作成

超電導技術は抵抗ゼロで大電流が流せるため、応用範囲も広く、各種電力機器に応用すればエネルギー効率が高まるのみならず、機器の小型・軽量化も実現できるため、地球環境保全の面からも期待が大きい。

(4)IoT の活用

IoT の活用で研究開発促進と生産工程効率化を目指す

Material Informatics の活用による研究開発促進

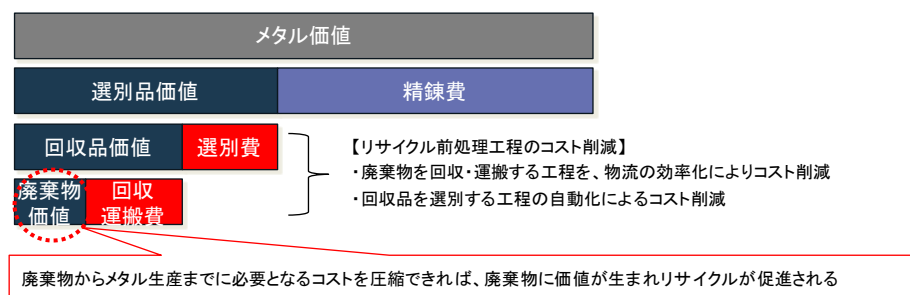
資源／生産／リサイクル工程それぞれで効率化によるコスト削減を目指す

非鉄金属産業は、IoT を活用することで、研究開発の促進と生産工程の効率化を目指していくと考えられる。

研究開発の促進の観点では、膨大なデータを計算機により情報科学的に徹底解析することで材料設計を見出す「Material Informatics」と呼ばれる新たな手法が確立されていくだろう。研究開発の分野では、過去より研究者の経験・カンに依るところが大きく、試行錯誤によって偶然に革新的材料が見つかるか否かというものであった。従来の研究手法では避けられなかった抜け・漏れを無くすことが可能となり、また人工知能と組み合わせることで未開拓領域の発見にも繋がるのが期待される。各企業は、共有できるデータと共有できないデータを取捨選択し効率的な研究開発体制の構築が進むことに期待したい。

生産工程の効率化という観点では、資源／生産／リサイクルそれぞれにおいて IoT を活用したコスト削減を目指す動きが加速していくと考えられる。資源工程では、2014年6月、大手資源企業であるリオテントと日立製作所が提携し、鉱山の統合運営管理によりコスト削減を目指すという事例が既に発表されている。鉱山の掘削設備や鉄鉱石を運ぶ鉄道などにセンサーを装着し稼働状況を常に把握、ビッグデータ解析により統合的に運営管理し全体最適を目指すことで、コストを削減する。生産工程については、生産管理システムや設備管理システム等により自動化が進んでいると見られるが、今後運転操作や点検作業等の人間の作業に伴う非構造化データも、ビッグデータ解析が進んでいくものと見られる。ベテランの脳内に限定されていた操業ノウハウや予防保全ノウハウの形式知化とともに、既存の構造化データとの統合解析を進めることで、更なる効率化を目指していくと予想される。リサイクル工程においても IoT の活用余地は大きいと考えられる。特に廃棄物を収集し選別する工程では、非効率且つ人手を要する過程が多く、リサイクル事業のボトルネックとなっている。IoT を活用することで回収・運搬時における物流の効率化、および回収物の選別の自動化によりコストを削減することができれば、結果、捨てられてしまうような廃棄物にも価値をもたらし、結果、リサイクル促進に繋がると考えられる(【図表 29】)。

【図表 29】メタルの価値から逆算した廃棄物の価値



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

(5) あるべきビジネスモデルの考察

従来の非鉄金属企業は垂直統合モデルを志向してきた

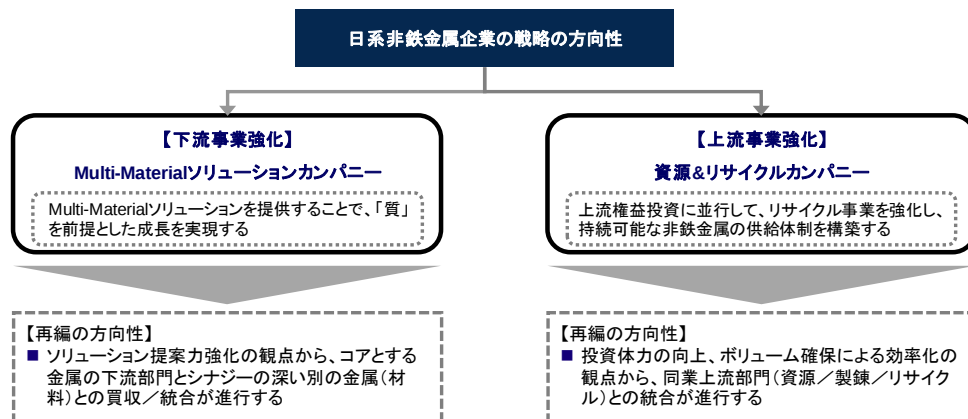
従来の非鉄金属企業の多くは、資源開発から加工までの一貫生産、すなわち垂直統合モデルを志向し、上流工程で生産した金属を下流工程で付加価値をつけて売るという上流主体のビジネスモデルを構築していた。然しながら、今後は、数量成長の鈍化が予想されることに加え、先進国非鉄金属企業が差別化を実現しうるハイエンドユーザーのニーズが益々高度化し Multi-Material による課題解決を求めていくことが想定されることから、自社で製錬した単独金属を数多く販売するという従来型の事業モデルでは成長に限界があると考えられる。他方では、日本には資源の確保という永年の課題があり、上流権益投資と共に国内資源の活用という安定供給モデルを構築する必要性は益々高まると予想される。

日系非鉄金属企業の戦略の方向性は二つ

① Multi-Materialカンパニー化

従って、日系非鉄金属企業の戦略の方向性は二つあると考える(【図表 30】)。一つには、下流事業部門の強化の観点から、Multi-Material カンパニーを志向するということである。ユーザーニーズ高度化に応えるため、コアとする金属の下流部門と、テクノロジーなどでシナジー効果の高い他の金属(素材)の下流部門を統合していくことで、単一金属では解決できないソリューションを提供する材料のプラットフォームを目指すモデルである。「量」では無く課題解決という付加価値、すなわち「質」を高める戦略である。

【図表 30】日系非鉄金属企業のビジネスモデル転換の可能性



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

② 資源&リサイクルカンパニー化

もう一方は、上流事業部門の強化の観点から、資源&リサイクルカンパニーを志向するということである。資源の確保の重要性が益々高まる中、上流権益投資と並行し、国内資源も活用できるリサイクル事業を強化し持続可能な非鉄金属の供給体制を構築することで成長を目指すモデルである。投資体力の向上や、ボリューム確保による効率化の観点から、同業上流部門(資源/製錬/リサイクル)との統合が進行すると考えられる。

日系非鉄金属企業が統合強化しグローバル競争に勝ち残ることを期待したい

二つのモデルは従来非鉄金属企業も強化を目指したモデルである。然しながら、事業環境の変化に伴うグローバル競争の激化により、日系非鉄金属企業は1社で全ての事業を戦っていくことが難しくなっている。日系非鉄金属企業が、コアとする事業を明確化し、統合強化することでグローバル競争に勝ち残っていくことに期待したい。

5. 化学

我が国化学企業
は成長戦略実行
のステージ

足許の我が国化学企業の収益は、金融危機前の水準を漸く上回る所まで回復している。折しも 2016 年度から新しい中期経営計画(対象期間 3~6 年)に取り組む企業は多く²、意気軒昂と成長戦略の実現に邁進するステージにある。本稿では、今後 10 年を見据えた化学産業の戦略の方向性を考察する。

(1) メガトレンド(外部環境の変化、市場・顧客ニーズの変化、テクノロジーの進化)

化学産業を取り
巻く外部環境の
変化

化学産業を取り巻く環境を見ると、石化事業では、先進国に代わり、需要地たる新興国(中・印・ASEAN)と原料競争力を持つ資源国(中東・北米・中国)が力を持つなど主役交代が進む。機能性化学事業では、中国等アジア市場が産業構造の変化や所得水準の向上で伸長することが見込まれる。我が国化学産業は、「石化事業の基盤強化と機能性化学事業の拡大」が大きな方向性である中、成長セクターであるアジアへの地理的近接性が強みではあるものの、欧米企業や新興国、資源国企業との競争激化は必至である。市場や顧客ニーズの変化を踏まえ、競争力のある素材を開発し、収益を拡大させるためのビジネスモデル構築が必要であり、発展目覚ましいテクノロジーの活用が鍵となろう。

社会のメガトレンド
と最終市場のニ
ーズ

内外主要化学企業の中期経営計画を見ると、前提となるメガトレンドは、資源エネルギー問題、環境問題、食料・水問題、健康・快適・Quality of Life(以下、QOL)の追求、人口増加問題など、社会が直面する多様な課題が挙がっており、「経済成長における持続可能性に対する意識の高まり」という点で纏められる(【図表 31】)。それに応じ、日用品、食品・農業、土木建築、電気電子・エネルギー、モビリティ、ヘルスケアの最終市場(アプリケーション)でも、幅広いニーズが想定される。

【図表 31】社会が直面するメガトレンド、最終市場のニーズ

社会が直面するメガトレンド		最終市場のニーズ	
資源・エネルギー問題	・化石資源は長期的には枯渇 ・省資源・省エネ、低・新炭素資源	日用品	・環境負荷低減 ・現地ニーズ対応、グローバル供給
環境問題	・異常気象、温暖化、生態系変化 ・問題を防ぐ“3R”と被害を減らす“適応策”	食品・農業	・食糧増産、農作業効率化 ・廃棄ロス削減、安全衛生確保
食料・水問題	・肉食化、食料不足 ・水の汚染・枯渇、森林の破壊	土木建築	・省エネ、低コスト・効率向上 ・構造部材の強度強化
健康・快適・QOL向上	・少子化、高寿命化、所得水準の向上 ・先進国先端医療と後進国のシビアな需要 ・安全・安心・衛生のニーズ	電気電子・エネルギー	・アプリケーション創出 ・機能の持続的向上 ・創エネ、蓄エネ、省エネ
人口増加	・BOP層拡大、貧困問題、インフラの拡充 ・新興国の比率上昇(コストダウンも重要)	モビリティ	・環境負荷低減(排ガス抑制) ・軽量化、マルチマテリアル化
技術革新	・デジタル化、ネットワーク化、演算処理能力向上 ・再生医療技術	素材	・生産性向上、低コスト化 ・脱化石原料

(出所) みずほ銀行産業調査部作成

シビアな顧客ニ
ーズ

化学産業は、革新素材の開発と事業化を通じて、ニーズの取り込みに商機を見出しているが、顧客ニーズは高度化している。【図表 32】は顧客の声をまとめたものだが、求められているものは「素材開発期間の短縮化」、「素材を問わない提案(Multi-Material)」、「ニーズを先取りした提案」の 3 つに大別できる。

² 旭化成、三菱ケミカルホールディングス、住友化学、東ソー、昭和電工など(証券コード順)。

①素材開発期間の短縮化

まず、「開発期間の短縮化」は、ある製品の研究開始から上市まで 10 年以上の期間がかかると言われており、その短縮化が求められている。市場の変化が激しく将来が見通しづらいことや、投入できる資源に限りがあることを考えれば、長い開発期間は事業展開上大きなネックとなる課題である。

②素材を問わない提案

第 2 の「素材を問わない提案」は、汎用品から機能性化学品に需要がシフトしていく中で、顧客が求めているものは耐熱性・強度・光学特性・超微細加工などの機能であって、素材そのものではない。顧客サイドとしては「機能が実現できれば、鉄でも非鉄金属でも合成樹脂でもバイオマス素材でも、あるいは複数の組合せ素材でも、同じ土俵で評価する³」ということにもなりうる。

③ニーズを先取りした提案

第 3 の「ニーズを先取りした提案」では、Client In 型の開発から Market In 型の開発への転換が求められている。現状は市場 (Market) というよりも特定顧客 (Client) のニーズに基づく製品開発となっている。この手法は顧客がグローバルに存在感を持ち明確なニーズを有するケースでは、一旦採用されると効率的に事業を拡大・維持できようが、得てしてユーザー顧客に依存的 (あるいは隷属的) な関係になってしまう恐れもある。今後、成長するアジア市場を舞台に欧米メジャー企業や新興国現地企業を新たに顧客として捉えていく中では、ニーズを先取りする素材開発とソリューション提案が求められる。

【図表 32】顧客ニーズ(企業へのヒアリング結果)

顧客の声	顧客
- 各素材産業が自らの領域を規定している(例:鉄鋼メーカーは鉄しかやらない)が、ユーザー企業としては垣根を越えた素材横断の取り組みを期待している。 - また、素材企業間のアレンジをユーザー企業に期待する向きもあるが、それは素材企業が自主的に取り組むことであり、産学連携も重要であるが、企業間連携によって、これまでにない相乗効果や開発のスピードアップを期待する。	自動車メーカー
日本の素材企業は、製品化する前段階で相談に来て、当社のニーズを確認するといざ待ちの姿勢が目立つが、欧米素材企業は製品が出来上がった状態で相談に来てくれる。	自動車メーカー
- 将来のニーズがどうなるかについては、当社も掴みかねている。素材企業にも我々の発想を突き破る斬新な製品提案をしてもらいたい。単に、要望通り製品を作ったから高く買って下さいと言われても難しい。 - Materials Informaticsは自動車メーカーが思いもつかないものを生み出すことを期待。	自動車メーカー
単純にユーザー企業と素材企業が連携しただけでは、Open Innovationと言わない。「次は何を作ったらいいいでしょうか?」とか、「ロードマップを見せてほしい」と言われることがあるが、これでは付き合いたいと思わない。「3年後にはこのような素材が作れる」、「ロードマップを一緒につくろう」と言ってくる素材企業と付き合いたい。	電機メーカー
足許のビジネスは時間との競争であり、ここで連携する余地は小さい。一方、中長期の分野では素材企業とじっくりやり取りできる	住宅メーカー

(出所) 経済産業省「機能性素材産業政策の方向性」よりみずほ銀行産業調査部作成

テクノロジーの進化 ~IoT、ビッグデータ、人工知能

今後 10 年間を見据える上で重要なトレンドとして、テクノロジーの進化がある。IoT の進展、ビッグデータの活用、そして人工知能の進化といった「第 4 次産業革命」と称される動きである。例えば、ドイツが国をあげて取り組んでいる Industrie 4.0 は、情報通信技術を製造業のサプライチェーンに統合させるもので、初期からメンバーとして参加している BASF(独)は「Industrie 4.0 は将来的に(当社に)利益をもたらす」と捉えており、「Value Chain の各段階においていくつかの機会が存在」するとしている。具体例として、研究開発(デジタル・イノベーションのエコシステム構築)や原料/製造(フェアブント⁴への活用)、製造(予知保全)、全体(予測計画、顧客やサプライヤーとの企業資源計画統合)での活用を想定している。

³ 例えば、Q(機能)が同じなら C(価格)や D(供給安定性等)に評価ポイントが移り、より優れた材料を採用する可能性がある。

⁴ フェアブントは BASF 独自の概念・取り組みで、具体的には、原材料とエネルギー(含む熱)の有効利用、排出物最小化、物流コスト低減、技術およびノウハウの共有が挙げられる。

(2) コアコンピタンス

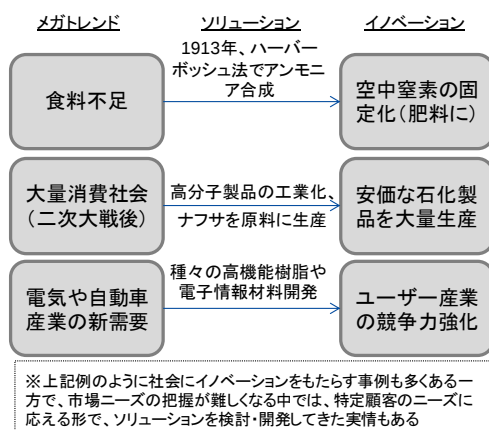
これまでのコアコンピタンスは「化学技術で、製品を開発し、社会の課題を解決すること」

化学産業は、これまで素材開発を通じて、社会が抱える様々な課題にソリューションを提供してきた(【図表 33】)。しばしば取り上げられる例だが、ハーバー・ボッシュ法(1913 年)が象徴的である。すなわち、20 世紀初頭には人口増に伴う食料危機が社会的課題であったが、空中窒素を固定化(アンモニア製造)し、化成肥料の幅が広がったことで食料の増産が可能となった。もう1つの例は合成高分子の開発である。第二次大戦後は欧米日の先進国で所得向上に伴って大衆消費社会が到来したが、化学産業はナイロンやポリオレフィンを始めとする高分子化学品を次々発明し、安価で豊富な化石原料(ナフサ等)を元に製造することで大量生産体制を可能として社会の要請に応えた。社会が複雑化する中、この2事例の様に社会全体を変えるような事例は少なくなってきたが、例えば電子情報材料や高機能樹脂の開発はユーザーである電気電子産業や自動車産業の競争力強化・アプリケーションの創出を通じて社会にイノベーションをもたらしている。そうしたことから、化学産業のコアコンピタンスを定義するとすれば「化学技術で、製品を開発して、社会の課題を解決すること」と言える。実際、化学企業はソリューションプロバイダーを自任し、イノベーションによって貢献する使命感を有している。

環境変化を踏まえた再定義

一方で、市場・顧客ニーズの変化やテクノロジーの進化といったメガトレンドに対応していくためには、「拠って立つ技術は何か」「何を顧客・社会に提供するのか」といった観点で、コアコンピタンスの再定義が必要である。

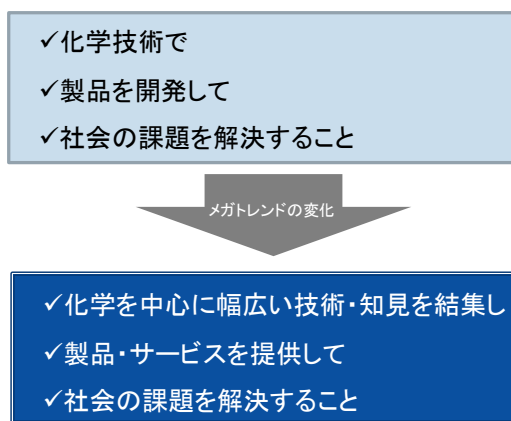
【図表 33】これまでの化学業界の貢献



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

化学技術に捕らわれない、幅広い技術と知見が求められる

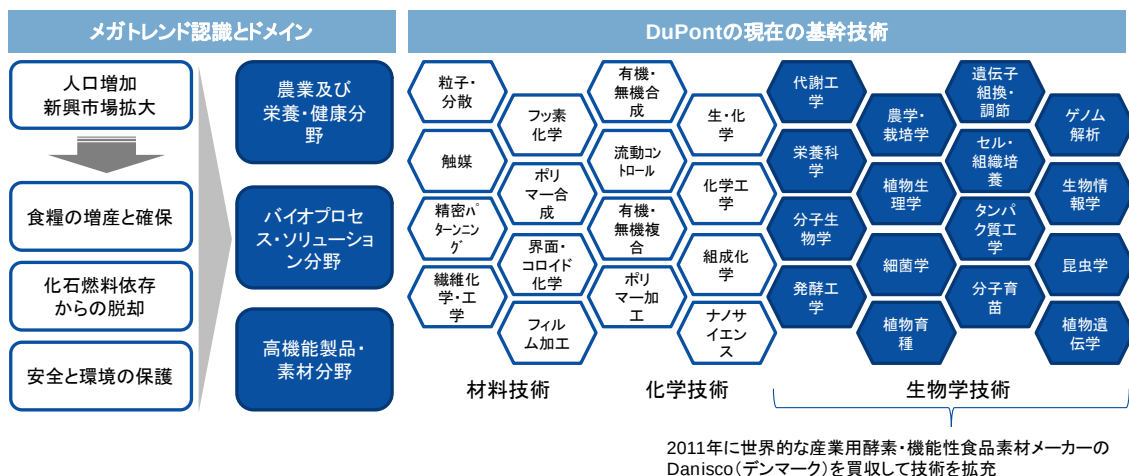
【図表 34】化学産業のコアコンピタンス



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

まず、技術については、持続可能性への問題意識の高まりや顧客の Multi-Material ニーズを踏まえると、化学技術のみに捉われない、素材にも拘らない知見が求められている。この際、自前か否かも問わない。例えば、【図表 35】で示したように、DuPont(米国)はメガトレンドの変化に対応して技術のプラットフォームを変えている。同社は人口増加に伴う食糧不足というメガトレンドに対し、自身のドメインを「農業・栄養」や「バイオ」等と定めているが、事業展開のためには従来の化学技術や材料技術に加えて生物学技術が必要として、産業用酵素・機能性食品素材大手の Danisco(デンマーク)を買収している。生物学技術は一例だが、この他にも、材料科学・ナノテクノロジーや、加工・成型技術、更には情報科学など、既存の枠を超えて技術を結集することで、多様かつ高度なニーズへの対応が可能となろう。

【図表 35】 DuPont のメガトレンド認識とドメインおよび基幹技術



(出所) DuPont 社ホームページよりみずほ銀行産業調査部作成

「単なる素材屋」に留まらず、サービスを含めたトータルソリューションを提供

もうひとつの観点、製品提供に留まらずサービスも含めたトータルソリューションが求められているということである。現在は、サプライチェーンが高度に分断・分業化されており、川中に居る化学産業は最終市場へのアクセスが遠い。製品のモジュール化も進んでいるため、ユーザー顧客のニーズに従って製品を供給するだけでは単なる「下請け」あるいは「いち素材屋」の地位に甘んじてしまう。サプライチェーンの中で確固たるポジションを確立するためには、ユーザー顧客に先回りして、市場の「〇〇を実現したい」といったニーズに対し、提案あるいは課題解決型のソリューションを提供することが必要となる。ニーズを把握し応えていくためにも、製造加工や成型、販売、技術サービスといった川下領域・サービス分野への事業延伸が必要となっている。

再定義したコアコンピタンス

以上を踏まえれば、コアコンピタンスは「化学技術を中心に幅広い技術・知見を結集し、製品・サービスを提供して、社会の課題を解決すること」へと昇華していく方向性である（【図表 34】）。

(3) 素材開発

原料・素材・技術に拘らない開発

再定義されたコアコンピタンスのもとでは、原料や特定の素材、既存の化学技術に拘らずに、多様化するニーズに対し、新素材を開発し投入することが求められる。

バイオマス原料やバイオマスプラスチックのニーズ

原料の観点では、資源・エネルギー問題や環境問題の解決を標榜する一方で、従来の低炭素化社会実現への取り組みは、化石資源を前提とした省エネや効率化であり、抜本的な解決のためには、再生可能な植物由来の炭化水素の原料化や CO₂ の固定化によるプロセスイノベーションが期待される。近年ニーズの高まりを見せるバイオマス原料やバイオマスプラスチックは化石資源脱却に向けた取り組みの一つであり、例えば、トヨタ自動車は、走行時だけではなく素材段階から CO₂ をゼロとする方針を掲げている。2013 年に発売したハイブリッド自動車 SAI では、バイオポリエステルやバイオ PET 等を用いて、天井やサンバイザー、ピラーガーニッシュなど、自動車室内の表面積の約 8 割をバイオプラスチック化している。

Multi-Material のニーズ

素材の観点では、従来、化学メーカーは樹脂、鉄鋼メーカーは鉄といった単一素材を前提とした開発に留まってきたが、市場のニーズが多様化・高度化

する中で、単一素材での開発には限界感が見え始めている。かかる背景から、複数の素材を組み合わせた製品開発、すなわち **Multi-Material** に対するニーズは急速に高まっており、単一素材では実現出来なかった素材イノベーションが期待される。例えば、自立型無人飛行機を生産するエアロセンス社は、三井化学の異素材の接合技術を活用した **CFRP** (炭素繊維強化プラスチック) とアルミの複合ジョイントを用いることで、ジョイントの 50% の軽量化と剛性の向上を実現し、想定飛行距離を 4 割伸ばすことに成功している。

Additive
Manufacturing による
素材開発イノ
ベーションに期待

技術の観点では、加工・成形技術の重要性も高まっている。特に注目されるのが **Additive Manufacturing** (付加製造) で、素材を積層させることで造形する加工法である。その利点として、金型を使わずに、デジタル・データから直接生産することで、マスカスタマイゼーションが可能になるといった点がよく挙げられるが、一方で、素材開発の観点でみると、研究段階ではあるが、異なる素材の粉体を混合することで、複数の特性を併せ持つ新素材の開発が可能となる。素材の組合せと混合比率まで考えれば、膨大な数の組合せが考えられ、素材開発のイノベーションに繋がる技術と考えられる。

(4) テクノロジーの活用

化学産業のサ
プライチェーンに
変化をもたらす可
能性

IoT の進展、ビッグデータの活用、そして人工知能の進化といったテクノロジーは、化学産業のサプライチェーンひいては企業の事業戦略に大きな変化をもたらすと考えられる。テクノロジーの活用によるサプライチェーンの変化は、大きく言えば「生産プロセスの改善」と「新製品・サービスの創出」の 2 つであろう。前述の通り、我が国化学産業の戦略の方向性が「石化事業の基盤強化と機能性化学事業の拡大」であることに照らせば、「石化事業の生産プロセス改善で基盤強化を図りつつ、機能性化学事業において新製品・サービスを創出し事業を拡大」させていくことが、テクノロジーが事業戦略にもたらす変化である。

生産プロセスの
改善。最終的に
はコンビナート全
体の異なるレイ
ヤーやユーザー
まで巻き込んだ
取り組みに

テクノロジーの活用の 1 つ目の「生産プロセスの改善」については、石化事業は高温高压のエネルギー多消費プロセスを抱える中、原燃料価格や需給バランス変動の影響を受けやすいため、エネルギー (用役) や物質 (留分・製品・廃棄物) の有効活用等による更なる省エネとコスト低減が求められている。我が国では 2000 年代の **RING** (石油コンビナート高度統合運営技術研究組合) 以来、企業間連携による生産プロセスの最適化に向けた取り組みが行われてはいるものの、工場間の 1 対 1・双方向の取り組みに留まっている。石化コンビナートの特徴として、ナフサからオレフィン、各種誘導品といった川上から川下までの多層かつ多種の工場が立地する中、各々別資本で展開しているといった状況が取り組みが進まない背景にあるが、今後異なるレイヤーの、複数企業間の、コンビナート一体の取り組みにまで目を向けると深化の余地は大きい。**BASF** は自社のフェアブント (世界に 6 カ所) の拠点統合運営によるコスト削減効果を年間 10 億ユーロ⁵とうたっている。我が国でも現状、工場のプラントには流量や温度、圧力等のデータを取る各種センサーが設置されているが、これらのデータを企業をこえて総合管理・活用することや、複数企業間で **LP** モデルをつなぐといった取り組みが進めば、収益基盤の強化や運営ノウハウの蓄積につながるだろう。

⁵ Energy (製造プロセス上のロス低減等) で 3 億ユーロ、Logistics (ターミナル共有による共用化等) で 6 億ユーロ、Infrastructure (保安や廃水処理の共用化等) で 1 億ユーロ。

ドイツはソフトパワーの国際展開を展望

さらに、BASF は Industrie 4.0 の取り組みの中で、ノウハウ(暗黙知)を形式知化して再現性を向上させ、自身の海外拠点の垂直立ち上げに資することや、ノウハウをパッケージとして他企業に供与するといった拡がりも想定していると思われる。その意味で、ドイツは 2013 年に Industrie 4.0 の協力文書を中国と締結する等、ソフトパワーの展開を見据えた動きとなっており、注目される。

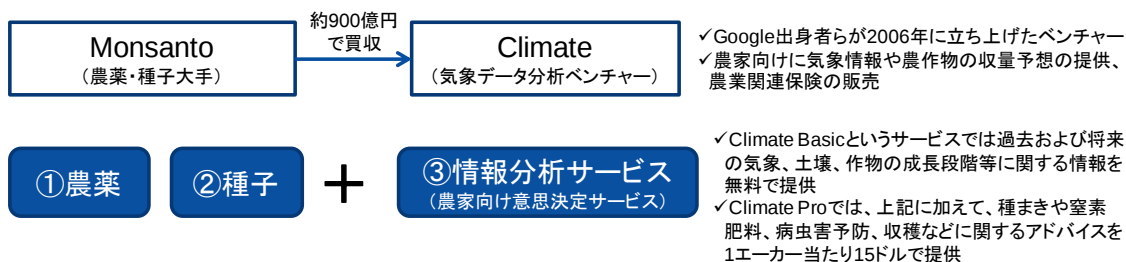
新製品やサービスの創出。IoT による最終市場ニーズの収集と需要開拓

テクノロジーの活用の 2 つ目は「新製品・サービスの創出」である。革新的な新製品やサービスの提供は、市場ニーズの理解があってはじめて可能となる中、化学産業は川中産業であるため、市場ニーズの把握を川下に位置するエンドユーザーに頼らざるを得ない部分があり、これが Client In 型の開発の一因となっていることは否めない。しかし、足許の状況は変わりつつあり、IoT の進展によって、化学産業が市場から直接情報を取得でき、製品開発や需要開拓につながられる可能性がある。例えば、東レは NTT との共同開発で、センサーを内蔵した機能性繊維素材を開発し、JAL の屋外作業者の体調や転倒状態か否かに関するデータを汲み取ることを可能とした。取得したデータは、JAL 側の労務管理として使用出来ることに加え、東レ側では新たな作業服の開発や GPS 機能を載せて介護分野での需要開拓などへの展開も可能である。

テクノロジーを用いたサービスの提供

更に、テクノロジーを用いたサービス提供によるビジネス機会も拡大するだろう。例えば、米国農薬・種子大手の Monsanto は、2013 年に気象データ分析ベンチャーの Climate (米国) を約 900 億円(当時の為替レート)で買収した。Monsanto は農業分野の情報分析の潜在市場規模を約 200 億ドルと見込んでおり、買収後に農家向け意思決定サービス(気象情報や農作物の収量予想の提供)を開始し(【図表 36】)、主力の農薬・種子販売を補完する第 3 の柱として注力している。

【図表 36】 Monsanto の Climate 買収と Climate の農家向け意思決定支援サービス



(出所) 各種公表資料よりみずほ銀行産業調査部作成

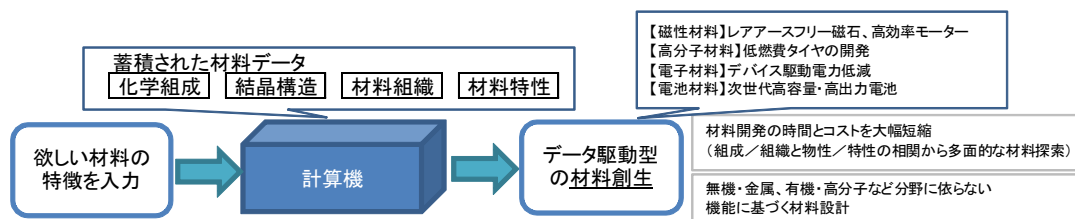
Materials Informatics による製品開発期間の短縮化

ところで、顧客ニーズの 1 つにあった「開発期間の短縮化」も、テクノロジーの進化で改善される可能性がある。開発期間の短縮化は化学産業の長年の課題であるが、その解決手段として、近年では、データ解析技術の発展を背景に、材料科学に情報科学を融合した Materials Informatics (MI)⁶と呼ばれる手法が注目されている(【図表 37】)。MI を活用すれば、先進的計算手法を用いた高精度シミュレーションが可能となり、素材開発期間の短縮化が図られよう。また、MI のシミュレーションによる、構造未知の新物質の発見や高価な希少元素を安価な汎用元素で置き換えるといった開発も期待される⁷。

⁶ 多数の第一原理計算により系統的に獲得したデータをもとに、データマイニング手法を用いて、効率的な新材料開発に繋げる手法。多種多様な元素、組成、構造の中から望む特性を最適化する組み合わせを探索する材料の研究開発に有用な手法。

⁷ 化合物の組合せは無限に存在する一方で物性の実証されている化合物の数は少ない。詳細は本章 3 節 (3) を参照。

【図表 37】 Materials Informatics による材料創生のイメージ



(出所) 文部科学省資料よりみずほ銀行産業調査部作成

(5) ビジネスモデル

「原料や特定の素材に拘らず、技術・製造・加工にフォーカス」

以上見てきたメガトレンドの変化とコアコンピタンスを踏まえ、今後 10 年を見据えたビジネスモデルの 1 つの方向性は、「原料や特定の素材に拘らず、技術・製造・加工にフォーカスし、市場の声を集めるプラットフォーマーになること」であろう。多様化する市場ニーズに対し、迅速に新素材を開発し投入するためには、あらゆる素材を使いこなし、あらゆる技術を結集する必要があるが、単体の企業がこれらの経営資源を全て有することは不可能である以上、引き寄せる仕組み、即ちプラットフォームを構築して、運営者であるプラットフォーマーか、そのコアメンバーとなる必要があると考えられる。化学産業は既に多様なアプリケーションと素材開発のための技術や製造・加工のサプライチェーンを有しており、新たにプラットフォームを構築しようとする他産業に比べ一定のアドバンテージがあると言える。

ビジネスモデル構築のポイントは以下の通りであり、進化するテクノロジーを積極的に取り入れていくことが望まれる(【図表 38】)。

① 原料や特定の素材に拘らない

ポイントの第 1 は「原料や特定の素材に拘らない」ということである。化石原料においては資源国の優位性は揺るがない一方で、資源エネルギー問題や持続可能性が社会的課題となる中、新たな炭素源(バイオマスや人工光合成など)が求められている。更に、顧客が求める機能は高度化し、Multi-Material ニーズは着実に高まっている。我が国化学産業としては、こうした変化を見据え、素材に拘らない製品開発を進めるべきである。例えば、神戸大学や日本製紙を中心とする産学連携プロジェクトがバイオコンビナート構想を立ち上げているが⁸、こういった取り組みは化学企業が主導してもよいものである。既存の原料、関連する資産(人員・設備)の呪縛を離れ、変化へ対応する取り組みが求められる。

② コア技術は必要に応じて変える

第 2 は、「コア技術を必要に応じて変えていく」ということである。メガトレンドと自社のコアコンピタンスを踏まえて、ドメイン(誰を顧客とし、どの様な価値を提供するか)が決まったならば、技術のプラットフォームを整える必要がある。そのため、M&A(例えば前掲【図表 35】の DuPont による Danisco 買収)や CVC(Cooperate Venture Capital)、産学連携を活用するなど、外部のリソースも活用すべきであろう。

⁸ バイオマスの中心成分である多糖セルロースと芳香族のリグニンを出発原料に、多様な化学品や燃料の製造を組み合わせる構想で、日本製紙の岩国工場で行われる。神戸大や日本製紙のほか、旭化成ケミカルズや江崎グリコ、カネカ、月桂冠、コスモ石油、ダイセル、帝人、長瀬産業、日東電工、日本触媒、Bio-energy、フジッコ、三井化学も参加(日刊工業新聞、2014 年 1 月 8 日より)。

③ 川下領域に事業を伸ばす

第 3 は、「川下領域に事業を伸ばす」ということである。「素材売り」ではなく、トータルソリューションによって収益を維持・拡大する戦略の実現のためには、素材製造・供給に留まるのではなく、加工や成型、販売、技術サービスの事業領域へと延伸・シフトしていくことが重要である。川下へのシフトは、顧客・市場との接近でもあり、Market In 型の製品開発にも資するだろう。

④ クロスボーダーでサプライチェーンを構築する

第 4 は、「クロスボーダーでサプライチェーンを構築する」ということである。需要はグローバルに拡がり、発展段階や地域性によって多様な需要と事業展開機会が存在する中で、顧客および市場は、母国も先進国も新興国も対象となる。グローバルサプライチェーン構築には現地企業との提携が有効であるが、カギとなるのは拠点運営のノウハウであり、母国拠点の強化が第一歩となる。テクノロジーを活用した生産プロセスの改善で先行することが必要である。

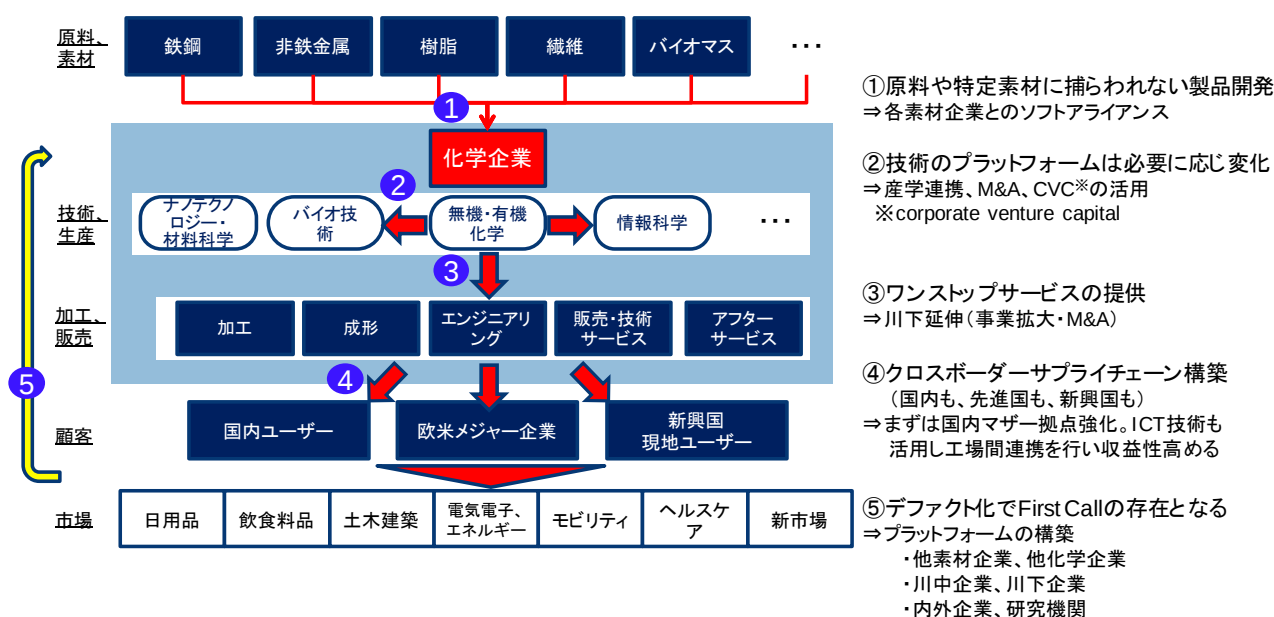
⑤ 実績と知見の蓄積で有意な市場の声を集めるプラットフォームとなる

第 5 は、「実績と技術・知見の蓄積で有意な市場の声を集めるプラットフォームになる」ということである。個別市場でのシェア確保・寡占化・デファクト化により First Call の存在となることで、多くの優良な顧客の声（「新製品を実用化したい」「新製品・部品を開発したい」）を集めることが可能となり、市場ニーズを踏まえた先行投資を行い、知見を蓄積することができよう。今後、IoT の進展やデジタル化により、最終顧客がもつビッグデータがサプライヤーに開放されることもあるが、その場合に一番に声がかかる存在となる必要がある。

強みである技術と、裾野の広い・厚みのある産業クラスターを活かす

メガトレンドの変化に対する海外競合の動きはダイナミックであり、我が国化学企業の存在感が低下する恐れはある。しかしながら、強みである技術と、大企業から中堅中小企業に至る裾野の広い・厚みのある産業クラスターを活かし、海外競合がなしえていない「素材を問わないソリューションプロバイダー＆プラットフォーム」のビジネスモデルが確立できれば、社会が抱える課題に解決策を示し、かつ、我が国化学産業がグローバルに存在感を示すことが可能となるだろう。

【図表 38】 化学産業のビジネスモデルの方向性



（出所）みずほ銀行産業調査部作成

6. 紙パルプ

(1) メガトレンド

ニーズと提供製品
の間にずれが生じている

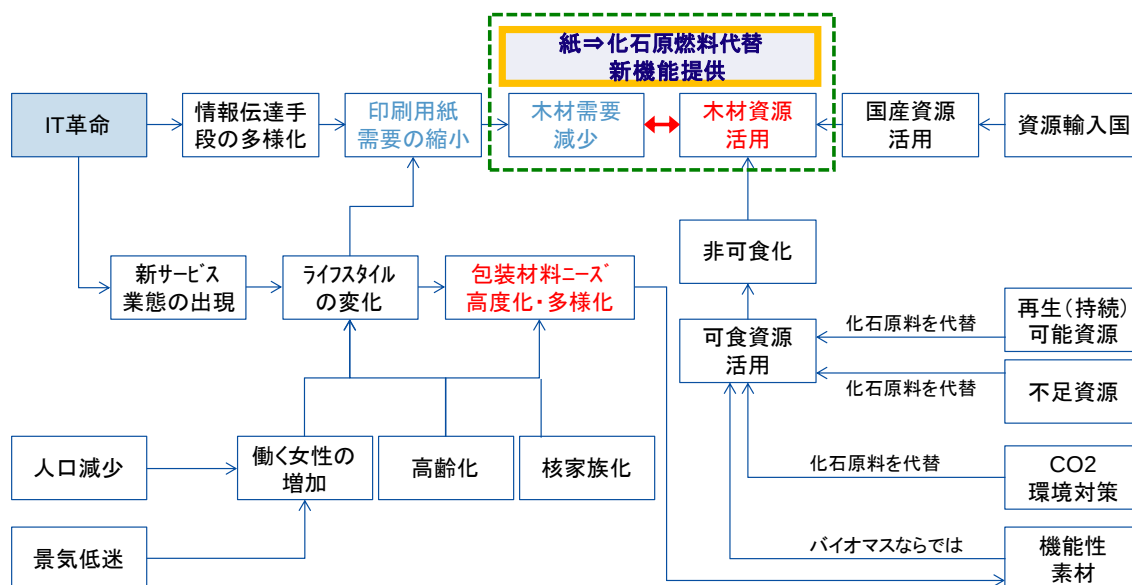
紙・板紙内需は、紙を中心に需要の減少が続いている。製紙メーカーは、これまで「記録する・包む・拭く」というニーズに対して紙・板紙という製品を提供してきた。しかし、IT 化が進展し、記録するというニーズに対して紙以外の手段が用いられるようになるに伴い、ニーズと提供製品の間にずれが生じはじめている。また、包むというニーズに対しても、高齢化や単身世帯の増加、女性の社会進出等によりライフスタイルが多様化し、企業のコスト低減や環境対応意識が高まる中で、利便性や保存性の向上、省資源化等、包装に求められるニーズは高度化しつつある。拭くというニーズに大きな動きはないものの、衛生、快適、利便性向上を追求する中で製品が多様化・高付加価値化するなど市場は緩やかに変化しつつある。

かかる状況下、紙という単一の素材を提供するのではなく、複数の材料から、求められる性能を有する素材を、ユーザーに見合った形で提供することの重要性が増している。製紙メーカーは、従来通り紙・板紙を生産するに留まらず、ニーズと提供製品のずれを調整し、製品の多様化・高機能化への対応を進めていくことが求められている。

原料への注目は
高まる

紙の需要が縮小していく一方で、主要原料である木材には新たなビジネスチャンスが広がっている。化石資源はいずれ枯渇するため、エネルギーやプラスチック等の原料としてバイオマス資源を活用しようという動きがみられること、環境対応 (CO2 排出抑制等) の観点から、カーボンニュートラルであるバイオマス資源の利用を進めようという動きがみられること等、これまで化石資源に依存してきた領域について、バイオマス資源活用に向けた期待が高まっている。また、化石資源の代替に留まらず、バイオマスならではの性質を活かし化石資源由来とは異なる機能を有する素材を提供することも期待される。バイオマス原料は化学品やエネルギー等あらゆるものに活用できるポテンシャルを有しており、多様化・高度化するニーズに対してソリューションを提供していくことが可能だろう。このように、木材は紙生産用途への利用は減っていく一方で、新しい用途展開により需要が増加していく可能性がある(【図表 39】)。

【図表 39】紙パルプ業界のメガトレンド



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

(2) コアコンピタンス

製紙メーカーは
環境対応製品の
プロバイダー

紙パルプ産業は、リサイクル性に優れた循環型産業である。再生可能資源である木材を原料として製品が生産され、使用後の製品は再び原料としてリサイクルが可能である。日本における古紙回収率は約8割、古紙利用率は6割強と高い。木材をパルプ化する工程で発生する黒液はエネルギーとして利用されており、紙パルプ産業の消費エネルギーの約半分がバイオマスや廃棄物由来となっている。さらに、製造工程で排出されたCO₂は原料を育てる過程で木材が吸収し固定化される。このように、製紙産業は従来から環境に優しい素材を持続可能な形で提供してきた。このことから、製紙メーカーのコアコンピタンスは、「持続的・社会への貢献・環境対応製品のプロバイダー」であると捉えることができる。このように紙パルプ産業の役割を広く捉えれば、紙は環境対応製品の一つに過ぎない。製紙メーカーはバイオマスをテコに紙以外の新たな製品を作り出しユーザーニーズを満たしていくとともに、社会的課題を解決していくポテンシャルを秘めた産業であると言えるだろう。

(3) 素材開発

環境対応や不足
品のほか、バイ
オマスならではの
性質を活かせる
市場へ参入

バイオマス資源を原料とした製品を生産するにあたり、実際に参入対象となり得る市場にはどのようなものがあるだろうか。供給不足が懸念されているもの、環境対応の観点からCO₂削減の必要があるもの等既存の化石原料の領域を代替するもののほか、バイオマス原料ならではの特質を活かした製品市場へ参入していくことが考えられる。

供給不足品のほか、CO2 削減が求められる市場への参入

供給不足品については、たとえばブタジエンや芳香族等が挙げられる。米国ではシェールガス革命によりエタンクラッカーが増加しているが、ナフサクラッキングと比べてエチレン以外の連産品（ブタジエン、芳香族等）が少ないため、供給が制約される可能性がある。環境対応の観点からは、ジェット燃料が挙げられる。今後需要の大幅な増加が見込まれる中で CO2 削減は大きな課題となっており、バイオ燃料の採用は課題解決のための切り札の一つとして認識されている。また、環境やエネルギー安全保障上から政策的に奨励された市場（バイオエタノール・バイオディーゼル等）も挙げられるだろう。

化石原料では実現できない機能を有する製品や、価格優位性がある製品市場への参入

バイオマスならではの特質を活かした製品市場については、化石原料では実現できない機能を有している、価格面で優位性が発揮できる製品等、化石原料を用いた素材と比べてアドバンテージを発揮できる市場への参入が考えられる。例えばバイオコハク酸は、生産方式等を工夫することにより、石油由来製品と比べてもコスト競争力を発揮することが可能だとされている。製紙メーカー各社は、自社の競争力の源泉をふまえた上で参入市場を決定し、技術・バリューチェーン上の不足を補完し合えるパートナーと連携しながら、新市場を開拓していくことが求められるだろう。参入対象市場が広がる中、化学やエネルギー企業、バイオベンチャーや流通業者、ユーザー等、従来の領域を越えて新たな相手との連携が必要になっていくものと思われる。

(4)IoT

IoT 等技術進化は製造技術の優位性を均質化していく可能性

IoT 等の技術進化は、原料から製造、販売、ユーザー動向の把握に至るまであらゆる場面において活用される可能性がある。製造、流通、というようにバリューチェーン上でプレーヤーが分かれているものについては、技術進化は全体最適に先んじて各段階別に導入が進んでいくものと考えられる。

生産工程についてみると、抄紙機大手の Voith Paper は「Papermaking4.0」と称し、生産工程をコントロールするシステムの提供を開始している。同社のシステムを導入することにより、生産工程における効率性・生産性・品質を向上させることが可能だとしている。

製品そのものの以外でも競争優位性を発揮することが必要

センサー等機器の導入によりマシンの性能を最大限発揮することができ、原料投入量を低減しながら品質のコントロールも可能となるのであれば、作り手の技術力の差が競争力に及ぼす影響は徐々に小さくなっていく方向性にあると言えるだろう。汎用的な製品については一定水準の設備を備えている企業であれば、最も効率化されたプロセスで一定水準の製品を生産することが可能となるため、原料調達や物流等、製造工程以外の要因が競争力を左右する割合が高まっていくと考えられる。品質や技術力の高い日本企業にとっては、競争優位性の剥落要因につながる可能性があるだろう。製品そのものの差別化が難しくなっていく中では、品質や技術力に特化し製品スペックを向上させることに注力するだけでなく、バリューチェーン全体に亘って最適化を図ることや、何をどのように誰に売っていくのかといったように川下をふまえた上で競争優位性を保つ戦略がより重要性を増すものと考えられる。

(5) あるべきビジネスモデルの考察

素材産業間の業
種垣根は低くなっ
ていく

バイオマス由来の原料を用いて新たな製品開発を進めていく中で、製紙メーカーは化学やエネルギー企業が手掛ける領域へ進出していくことになる。これまで製紙メーカーは、同じような製品を手掛ける企業が同じような市場をターゲットに事業展開を進めるパターンが多くみられたが、対象となる市場が広がっていく中で、個社毎に戦略が分かれていく可能性があるだろう。原料に強みを持つ製紙メーカーと、バイオマス原料由来の素材開発を進めたい化学・エネルギー企業との間の連携が進み、これら素材間の業種の垣根は低くなっていくものと考えられる。

技術面や原料面
等、クリアすべき
課題は多い

もっとも、製紙メーカーが業際を超えて新たな市場を獲得していくためにクリアしていかなければならない課題は多い。例えば、技術的な課題が挙げられる。足元、バイオ燃料や化学品のほとんどはトウモロコシやサトウキビ等、可食バイオマスを原料として生産されているが、食糧と競合すること等から原料を非可食バイオマス(木材等)へ転換することが求められている。しかし、非可食バイオマスを原料とする経済合理性のある生産技術・プロセス開発は確立途上にある。市場において優位なポジションを獲得するためにも、商業化可能な生産技術・プロセスを先んじて確立することが求められるだろう。また、非可食バイオマスの中でも木材が原料として選択されることが必要である。木材処理に関する技術開発を先行させることに加え、他の非バイオマス素材と比べて育成・運搬収集・保管等の低コスト・効率化を図り、原料としての優位性を確保することが求められる。

異業種企業との
連携が不可欠

製紙メーカーは川上(原料)に強みはあるものの、川中～川下(販路等)では強みを有していない。そのため、不足する技術や販路、ユーザー接点を有する企業との連携を進めていくことが不可欠となろう。製紙メーカーがバイオマス由来製品市場へ関心を寄せる化学やエネルギー企業等との連携を進め、環境意識の高まりといった時代の波に乗り遅れることなく新たな市場を獲得していくことを期待したい。

7. パーソナルケア

(1) メガトレンド

メガトレンド① 消費の担い手の 変化

これまでのパーソナルケア産業は、日本を含む先進国市場の若～中年年齢層が主たる消費の担い手として産業の発展を支えてきた。しかしながら、近年、外部環境の変化に伴い、パーソナルケア需要に変化の兆しがみられる。一つ目の変化は、「消費の担い手の変化」である。国内では、少子高齢化の進展を受けて、主たる消費者の年齢層が徐々に高まっていく。また、海外では新興国における人口増加と経済成長が進み、新興国の消費者がより重要な存在になっていくことが予想される。

メガトレンド② 消費のボーダレス化

もう一つの変化として挙げられるのが、「消費のボーダレス化」である。これまでの消費スタイルは、距離や時間などによる消費の制約が生じていた。しかしながら、デジタル化の進展に伴い、越境 EC の誕生などに代表されるように、消費者は場所や時間を問わず製品を購入できる消費スタイルへ徐々にシフトしていくことが予想される。

メガトレンドによる 需要の変化と企業 が直面する課題

こうしたメガトレンドは、パーソナルケア需要に変化をもたらす可能性がある。消費の担い手の変化によって、これまでのパーソナルケア産業を支えてきた既存需要の縮退は最早避けられないものとみられるが、既存需要縮退の一方で、新たに拡大する需要もある。例えば、国内ではシニア向け製品に対する需要の高まりが期待されるほか、海外では赤道付近に位置するアジア新興国地域において、強力な紫外線や大気汚染から肌や髪を守る製品に対する需要が高まることも見込まれる。また、新たな消費の担い手によって、これまではなかった需要が創出される可能性もある。こうした需要の変化が見込まれるなか、パーソナルケア企業は、新たな消費の担い手が抱くニーズ・悩みを的確に拾い上げ、これから創出・拡大するであろう需要にいち早く対応していくことが求められる。しかしながら、消費のボーダレス化が進むことで、消費者の購買行動はより複雑なものになることが想定されるため、パーソナルケア企業は、これまで以上に消費者ニーズや購買行動を捕捉しづらい状況に陥る可能性が高く、そうした状況を打破する打ち手を見出していく必要があるだろう。

(2) コアコンピタンス

コアコンピタンス と収益の源泉

パーソナルケア企業は、『健康・衛生・美』を軸とした消費者の QOL 提供』をコアコンピタンスとして事業展開を行っている。この事業展開を実現する上で、消費者に対する価値創造を図るための「製品・ブランド」と、BtoC 産業として持ち合わせる「消費者接点」の活用が、これまでのパーソナルケア企業にとって収益の源泉となっていた。しかしながら、メガトレンドを受けて、パーソナルケア産業における収益の源泉にも影響を及ぼすものとみている。消費の担い手の変化による既存需要の縮退を受け、パーソナルケア企業は既存製品・ブランドの消費者訴求力低下が懸念され、消費者に対してこれまでと同等の価値提供が難しくなっていくものとみられる。また、消費のボーダレス化が進むことで、消費者との接点構築も一層複雑なものになることが予想される。こうしたことから、パーソナルケア企業は、これまでの収益の源泉である「消費者接点」や「製品・ブランド」だけでなく、新たな収益の源泉が求められることとなる。その新たな収益の源泉になり得るものとして、「研究開発」が挙げられる。皮膚研究・毛髪研究等に関する知見・ノウハウや、これまでの製品開発において蓄積

された研究・実験データなどは、他の産業にはないパーソナルケア産業独自の強みであるといえる。パーソナルケア企業は、「研究開発」を加えた 3 つの収益の源泉を強化することで、メガトレンドに対応した新たなビジネスモデルの構築に繋げていくことができるだろう(【図表 40】)。

【図表 40】 パーソナルケア産業のコアコンピタンスと収益の源泉

パーソナルケア産業のコアコンピタンス		「健康・衛生・美」を軸とした消費者のQOL提供	
収益の源泉	製品・ブランド	✓ これまで築き上げてきた製品ラインナップ・ブランド力	従来の収益の源泉
	消費者	✓ ニーズに合致する製品・ブランド投入を実現する為の消費者接点	
	研究開発	✓ 皮膚科学研究、毛髪研究などの知見・ノウハウの蓄積	新たな価値提供を実現する為に求められる第3の収益の源泉

(出所) みずほ銀行産業調査部作成

(3) イノベーション

パーソナルケア産業におけるこれまでの研究開発手法

パーソナルケア産業では、産業全体に大きな変化をもたらすようなイノベーションはこれまで殆ど起きていない。しかしながら、これまでパーソナルケア産業で取り入れられたことのない新たな技術を活用することで、業界構造に変化をもたらす可能性がある。パーソナルケア産業におけるこれまでの研究開発は、実験・検証に基づく材料探求及び皮膚・毛髪研究が主流である。シミを防ぐ、にきびを防ぐなどといった特定の効果・効能を求めながら、同時に安全性・安定性を兼ね備えた製品を生み出す過程において、数千種類にも及ぶ素材の最適な組み合わせを地道に探求していく必要がある。しかしながら、こうした地道な研究開発アプローチは、製品化までの期間が長期化する場合もあるほか、仮に効果を発揮する素材を見つけても安全性・安定性を維持することが難しく製品化に繋がらない場合もある。

パーソナルケア産業で注目される先進医療技術
① バイオ・インフォマティクス

そうしたなか、近年のパーソナルケア産業では、医療分野における先進技術の活用に注目が集まっている。その一つとして挙げられるのが、バイオ・インフォマティクスである。バイオ・インフォマティクスは、数理モデルを用いて遺伝子やたんぱく質構造などの情報を整理・解析し、生命現象の解明に使われる手法である。バイオ・インフォマティクスの手法を活用することは、パーソナルケア産業にとって単に研究開発を効率化するだけにとどまらない。例えば、未だ解明されていない皮膚疾患や毛髪ダメージの発生メカニズムの特定や、その原因に対応する素材の探索にバイオ・インフォマティクスの技術を応用することで、これまででは対応できなかったようなニーズを満たす製品の開発に繋がり得るだろう。現時点では、パーソナルケア産業でバイオ・インフォマティクス技術の実用化にまで至っている事例はみられず、産学連携による試験的な研究にとどまっている。元素や化合物の組み合わせなどに加え、安全性や安定性の観点から、肌や毛髪など人体への影響を加味した複雑なシミュレーションの構築が必要不可欠だからである。こうした課題がクリアになれば、実用化に向けた動きが強まっていくものとみられる。

パーソナルケア
産業で注目され
る先進医療技術
②再生医療

また、もう一つ注目されている技術として、再生医療が挙げられる。例えば、ロート製薬は「再生美容」や「機能性素材の探求」をテーマとした研究開発を行っており、脂肪由来幹細胞のコラーゲン生成能力に着目したアンチエイジング化粧品の開発を行うなど、既に再生医療研究の知見を応用した製品開発に取り組んでいる。また、L'Oreal は、化粧品開発過程における動物実験の代替法の一つとして、自社で培養した人工表皮を化粧品の安全性試験に活用するという形で再生医療の技術を応用している。更に、再生医療の応用は既存の事業領域にとどまらず、パーソナルケア産業の新たな可能性を引き出すきっかけにもなりうるだろう。資生堂は、カナダのベンチャー企業と毛髪再生医療のアジア導入に関する技術提携を行い、薄毛や脱毛で悩む人に対して美容と医療を融合した毛髪再生医療の提供を目指している。毛髪再生医療の事業化は国内で事例がなく、同社の取組みが事業化した場合、未開拓市場への参入と新規需要の創出に繋がるとみられる。化粧品で国内トップの地位を築きあげてきた同社にとって、これまでの事業領域に囚われない新たな試みと言えるだろう。

先進医療技術の
応用で新規需要
創出と事業領域
の拡大へ

このように、医療分野における先進技術と、パーソナルケア企業がこれまで蓄積してきた皮膚・毛髪研究の知見・ノウハウを組み合わせることで、これまでに存在しなかった画期的な製品の開発に繋がっていくことが予想され、新たな需要の創出・拡大が期待できる。また、コアコンピタンスである『健康・衛生・美』を軸とした消費者の QOL 提供をベースに、パーソナルケア産業の事業領域がこれまで未開拓だった市場へと広がっていく可能性も秘めており、徐々に医療分野との業態間垣根が低くなっていくものとみられる。パーソナルケア企業がこうした先進医療技術を活用する為には、技術力のある異業種企業やバイオベンチャー、または大学研究機関などと連携を深めながら共同研究開発を進めていくことが肝要だろう。

持続可能な原料
調達に向けたバ
イオマス原料開
発への挑戦

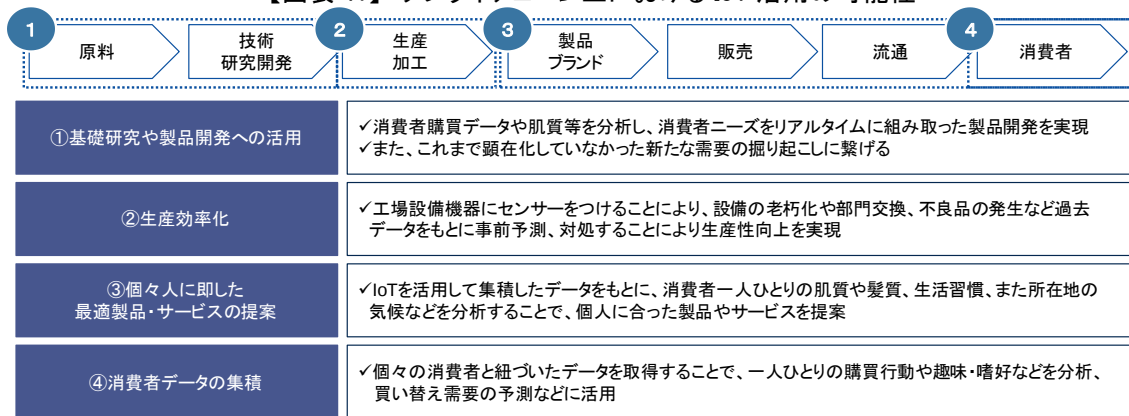
また、消費者の環境に対する意識が高まっていくなか、環境負荷低減に向けた取組みも非常に重要となる。パーソナルケア産業では、Unilever が環境負荷低減に取り組む代表的な企業として挙げられるだろう。同社は、2010 年に「Unilever Sustainable Living Plan」を発表し、2020 年までに製品の製造・使用で生じる環境負荷の半減を目指しているが、その一環として持続可能な原料の調達に取り組んでいる。同社主力製品である石けん・洗剤などはパーム油を主原料としているが、原産地であるインドネシア・マレーシアでパーム油増産に伴う森林破壊の問題が深刻化している。これを受けて、同社は持続可能なパーム油生産の認証制度を確立させたほか、パーム油に替わる新たなバイオマス原料の開発にも着手している。同社は 2000 年代後半より米国のバイオベンチャー Solazyme 社と共同開発を進め、5 年の歳月を掛けて藻類の光合成の過程で生成された油脂を主力ブランド「Dove」などのパーム油代替原料として使用することに成功している。環境問題に対する社会的な関心の高まりが予想される中、パーソナルケア産業は、企業としての環境問題に対する姿勢が、消費者の製品購入時の判断に影響を与える可能性もある。そのため、パーソナルケア産業は、川上・川下企業と連携して原料段階から踏み込んだ環境負荷低減への取り組みを実践していくことが必要となるだろう。

(4)IoT 活用

IoT の活用範囲

IoT の活用範囲は非常に広範であり、特に BtoC 産業であるパーソナルケア産業においては、サプライチェーン上の殆どで活用できる可能性を秘めている（【図表 41】）。既に、パーソナルケア産業最大手の Procter & Gamble は生産効率の向上に IoT を活用している。同社は、世界 130 箇所ある工場のうち約 90 の工場で、米国 GE 社が提供する IoT 基盤「Predix」を採用しており、工場設備にセンサーを付けてデータを収集し、不良品の発生状況の検証や部品交換のタイミング、故障の前兆などを検知している。これにより、同社はこれまで予測できなかった機械設備の故障や停止を 10～20%削減することに成功している。

【図表 41】 サプライチェーン上における IoT 活用の可能性



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

収益の源泉の強化にもIoTは活用可能

IoT は、こうした生産効率の向上にとどまらず、パーソナルケア産業の収益の源泉を強化することにも活用可能とみられる。例えば、「製品・ブランド」の強化では、消費者の肌や髪質、生活習慣などのデータを収集・解析することで、消費者一人ひとりに合った最適な製品・ブランドの提案を実現できる可能性がある。「消費者接点」の強化では、個々の消費者に紐づいたデータを取得することで、一人ひとりの購買行動や趣味・嗜好を分析し、買い替え需要への対応やレコメンドなど消費者に直接働きかけることが可能となるだろう。また、第3の収益の源泉である「研究開発」においては、消費者ニーズをリアルタイムに反映する製品の開発に繋げることができるだけでなく、バイオ・インフォマティクス活用のように、研究開発期間の短縮化など効率化の実現にも寄与するものとみられる。

IoT を活用した新たなビジネスモデルの構築を目指す Unilever

個々の消費者に紐づいたデータを集積することは、上述の研究開発のみならず、IoT をマーケティングに活用する上でも重要である。そのため、パーソナルケア企業は、消費者データを直接取得・活用できるような新たなビジネスモデルを構築していくことが求められる。そうしたビジネスモデルの構築を試みている企業として、Unilever が挙げられる。同社は、IoT を活用した新たなビジネスモデルの方向性として、「Smart Bathroom」「Smart Packaging」など 5 つの「Smart」を掲げている。例えば、「Smart Bathroom」であれば、洗面台や商品などにセンサーを取り付けて日々の体調や天候、製品使用状況などのデータを集積し、一人ひとりに合った製品の提案や健康管理サービスの提供などを目指している。このように、パーソナルケア企業は、IoT を活用して独自のデータを取得・活用することで、個々の消費者の生活に寄り添った提案が可能に

なるとともに、製品・ブランドだけでなく付帯サービスによる価値創造の実現など、健康・衛生・美の総合提案型企业へと飛躍できる可能性がある。

(5) パーソナルケア産業のビジネスモデルの在り方

メガトレンドは収益の源泉に変化をもたらし、「研究開発」の重要性が増していく

従来、パーソナルケア産業は、既存の製品やブランドを通じて「健康・衛生・美」を軸に、消費者に対する QOL の提供を行ってきた。しかしながら、メガトレンドによる中長期的な需要の変化は、「製品・ブランド」や「消費者接点」というこれまでの収益の源泉を弱体化させる可能性がある。そのため、他の産業にはないパーソナルケア産業独自の知見・ノウハウを築いてきた「研究開発」が、消費者に新たな価値を提供する第 3 の収益の源泉として一層重要になっていくとみている。

革新的技術の活用で、事業領域に広がりをもせる可能性も

先進医療技術や IoT などの近年注目を集めている革新的な技術の活用は、パーソナルケア産業にとって需要の変化に対応する有効な手段となり得るだろう。これまでのパーソナルケア産業におけるビジネスモデルは、ブランドを築き上げながら幅広い消費者に対応していくマスアプローチが中心であったが、今後は革新的技術を活用することで、個々の消費者ニーズを満たすマスカスタマイゼーションを実現するビジネスモデルへ変化していくことが期待される。ビジネスモデルが変化していく中、パーソナルケア産業は医療の要素が加わることで徐々に医療分野との業態間の垣根が低くなっていくほか、製品・ブランドに加えて健康・美容などに関連するサービスも含めた消費者提案が可能になっていくとみられる。このように、パーソナルケア産業の事業領域は、既存の枠組みに囚われない広がりをもせる可能性があり、最終的には「健康・衛生・美の総合提案型産業」として飛躍していくことが期待される。こうした新たなビジネスモデルの実現に向け、パーソナルケア企業は、メガトレンドによる需要変化の局面を好機と捉え、技術力を持つ異業種企業や大学研究機関などとの連携を促進していきながら、自社で培った知見やノウハウとの相乗効果を生み出していくことが肝要だろう。

8. 2025 年の素材産業の在り方に関する考察

メガトレンドが示唆するニーズの変化

上記各産業におけるメガトレンドの共通点は、社会や経済全体が抱える課題は「持続可能性を高める」ことであり、同時に「多様化且つ高度化する市場ニーズ」に応えていく必要がある、ということと整理できる。この二つを満たすために、各産業が従来向き合ってきた需要が徐々に変化することに伴い、供給サイドも変わらなければならない蓋然性が高いと考えられる。

つまり、このメガトレンドは各産業に対し、「コア・プロダクツの需要減少」や、「既存ビジネスモデルの限界」という課題を突き付けることになり得るが、同時に新たな市場創造の機会も示唆している。

例えば、2015 年 9 月の国連総会において採択された AGENDA2030 によれば、経済と社会の発展と環境の改善は普遍的な価値観であり、それらを一体不可分に捉えることにより、豊かで満たされた生活を実現することを目標としている。個別分野で見れば、後発途上国における衣食住の基本的な欲求を高めると同時に、先進国を中心とする衛生・医療・教育・エネルギー等の質の向上、引いては QOL の向上を実現する、となっている。これらのグローバルベースの目標は個々の野心的な目的とは整合的に統合されるべきと理解されており、素材産業にとってのビジネス機会は充分に見出される。

コアコンピタンスの再定義は戦略や経営資源を規定

かかるメガトレンドに基づく課題や機会に鑑みれば、各素材産業においてコアコンピタンスを再定義することによって、従来の経営との一貫性を保ちながら大胆なビジネスモデルの変革を図ることが可能となる。コア・プロダクツの限界が示唆されるなか、ビジネスモデルは、「グローバルで独占的・寡占的な地位を占めることによる集中特化戦略」を取るのか、それとも「顧客や市場に近いポジションを取って幅広い素材提供にソリューションサービスを加えた総合素材戦略」を取るのか、によって二極化する可能性がある。いずれの戦略が正しいとは判断できないものの、求められる経営資源は確実に異なる。

中長期の事業戦略や求められる経営資源が異なる以上は、「何が自社の提供する本源的価値なのか？」を自ら問うことを起点として、素材産業のサプライチェーンを構成する各要素である、原料・技術・製品・加工・販売・流通・顧客・市場のどこに存在意義と収益の源泉を求めるのか、或いは積極的に見出すのか、サプライチェーンを自社のバリューチェーンに捉え直し、「誰に対し、何を提供し、どんな対価を取得するのか？」を見定めることが必要となる。

素材産業におけるイノベーションの 5 つのキーワード

多様化・高度化するニーズに対応する素材開発に必要となるイノベーションのキーワードは、Multi-Material、Material Integration、Material Informatics、Additive Manufacturing 及び Life Cycle Assessment と整理できる。

いずれも目新しい技術ではないものの、そのレベルは進化すると見込まれる。Multi-Material は、純粋なシングルプロダクトに添加するコンパウンドのレベルではなく、例えば金属と樹脂がグラデーションのようにその混合割合を変化させるような物性が想定される。Material Integration は異種材接合技術として、異なる金属の接合や金属と樹脂の接合が可能となり、その組み合わせは多岐に亘ると考えられる。Material Informatics は分子レベルの組み合わせの最適化を検証するものであり、新たな物性を有する素材が生み出される可能性がある。Additive Manufacturing は 3D プリンターに代表されるように、切削造形

から付加造形への変化と粉体開発によって、新たな物性と複雑な形状の実現が可能となる。Life Cycle Assessment は各業界単独ではなく、サプライチェーンの各プレイヤーが共同で取り組むことによって、環境対応の素材やプロセスの開発が期待される。

ICT 活用は素材産業が主導権を持てるかどうかの試金石

ICT 革命の起点が「情報を収集・分析・活用・発信する主体が開放されること」と捉えれば、一部の主体が全てを独占していた従来の構造から、幅広い主体がセンサーやインターネットを通じて自由に参画することが可能となる。例えば、IoT によって Big Data を収集する主体、解析や分析を行う主体、或いはそれを活用する主体等がアンバンドルされる世界であり、現に情報を発信する主体は既に略全ての個人レベルにまで開放されている。

情報の開放を前提に考えれば、B to B 産業であるがゆえに、最終市場や最終顧客のニーズを捉えることが難しかった素材産業が、直接アクセスできる機会が生じることとなる。素材産業においても、Product Out から Market In への転換と言われて久しいが、最終市場や最終顧客からの距離が遠く、直接顧客からの情報に頼る「御用聞き」のレベルから脱しきれず、Market In ではなく、Client In に留まっている。つまり、最終市場や最終顧客の情報を活用することによって、素材産業は直接顧客に対し、先回りした素材開発や素材提案或いは最終市場や最終顧客に対する「素材＋ソリューションサービス」の提供が可能となる。

素材産業の主導権喪失やコストセンター化の虞れ

但し、他業界を見ると楽観はできない。自動運転における Google や Uber 或いは Airbnb のビジネスモデルを見ると、情報提供主体が既存の産業構造から主導権や対価の一部を奪う構図となっている。

素材産業にとって、IoT によって収集された Big Data の Data Mining に AI を活用するという手法は、既に上記で記述した通り、原料・技術・生産・製品・加工・販売・流通・顧客・市場のサプライチェーンの各ポイントで活用される余地は大きい。一方で、従来素材産業が担ってきた機能の一部を情報提供主体に奪われ、「モノづくりのコストセンター化」に貶められる虞れは否めない。

蒸気機関の発明で生産要素が「ヒト(労働)」から「カネ(資本)」に主役交代したように、ICT 活用によって産業革命が起きるとするならば、「カネ(資本)」から「データ(情報)」に価値が移行し、本章第 1 節で挙げたシェールガス革命の事例のように、既存の産業構造や業界の常識が変わり、引いては業界ヒエラルキーが抜本的に変わる「革命」が起きる可能性は否定できない。

素材開発と ICT の組み合わせが重要

「革命」の恩恵を享受するためには、起点である「情報主体の開放」を活用する必要がある。モノづくりに価値を見出し、プロフィットセンターであり続けるためにも、ICT 技術進化と先に述べた素材開発における 5 つのイノベーションとの融合は不可欠である。

Multi-Material における素材組み合わせのシミュレーションや製造プロセスの検証、Material Integration における強度等の検証、数万の組み合わせが想定される Material Informatics における物性のデータ化や絞り込み、Additive Manufacturing における設計・試作の検証や物性評価、或いは Life Cycle Assessment の定量評価モデル構築等、従来の試行錯誤プロセスから飛躍的な時間短縮やコスト削減となり、研究開発の効率化に資すると考えられる。

特定素材のドミナントモデルと多様な素材のプラットフォームモデル

メガトレンド、コアコンピタンス、イノベーションのキーワード及び ICT 進化の取り込みを分析することによって、今後の素材企業に求められる役割として、「コアビジネスにおいて、あらゆる素材を用いて顧客や市場のニーズに応えるスキルやケイパビリティをもつ」ことが求められる。

現在の各産業における経営形態に鑑みると、「特定素材に特化し、卓越した技術と知見を有する企業」と、「素材にこだわらず、加工技術と付帯サービスを有する企業」のどちらが付加価値を生み出すか、という選択肢になる。

前者であれば、グローバルにドミナントなポジションをもつために、更なる独占化や寡占化が求められ、水平連携を中心とする M&A 戦略に重点が置かれ、川下展開も不可欠となる。徹底した「シングルマテリアルの高付加価値化」の追求に経営資源を集中させるためには、特定素材関連の事業以外の撤退は不可欠である。

一方、後者であれば、特定素材の呪縛から離れるための撤退戦略の一方で、「マルチマテリアルに対する機能付与」に必要となる、様々な素材に関する技術とサービスと知見を獲得するための買収や研究開発への経営資源の集中投入が必要となる。加えて、他業界や他社との協業が前提となるため、プラットフォームモデルが有効となる。幅広い素材を用いてソリューション提供を行い、その実績を以って、必要となる要素技術や知見と、市場ニーズや素材シーズを引き寄せる好循環を生み出すことができれば、素材企業は要素技術を有する周辺産業と共同で素材開発を行うプラットフォームを形成し、その中核メンバーとして主導的立場を確立することも可能となる。

従来の多角化とは一線を画する総合マテリアル企業モデル

本章では、各産業毎に分析しているが、そもそも素材の名前を冠した産業分類が今後は意味をなさなくなる可能性すら否定できない。報道によれば、経済産業省製造産業局は素材名称別の原課を廃し、素材横断の組織に改編される予定であり、素材横断の政策対応が求められていることを示唆している。

例えば、「軽量化のために物性の優れた高張力鋼が欲しい」という従来の顧客からの要請が、「自動運転やカー・シェアリングを前提とした電気自動車に相応しい構造部材が欲しい」と変化した場合に、素材企業として何を提供できるか、ということに尽きる。

その答えの一つとして、かつては失敗に終わった素材企業による多角化とは異なる、あらゆる顧客ニーズ、市場ニーズ、社会ニーズに応えるための総合素材企業 (Mega Multi-Material 企業) のビジネスモデルが求められている。

みずほ銀行産業調査部

素材チーム	(全般)	山岡 研一	kenichi.yamaoka@mizuho-bk.co.jp
	(石油)	松本 成一郎	seiichiro.matsumoto@mizuho-bk.co.jp
	(鉄鋼)	草場 洋方	hirokata.kusaba@mizuho-bk.co.jp
	(非鉄金属)	佐野 雄一	yuichi.sano@mizuho-bk.co.jp
	(化学)	相浜 豊	yutaka.aihama@mizuho-bk.co.jp
		國府田 武文	takefumi.kunifuda@mizuho-bk.co.jp
	(紙パルプ)	大野 晴香	haruka.a.ono@mizuho-bk.co.jp
	(パーソナルケア)	松藤 希代子	kiyoko.matsufuji@mizuho-bk.co.jp

© 2016 株式会社みずほ銀行・みずほ情報総研株式会社・みずほ総合研究所株式会社

本資料は情報提供のみを目的として作成されたものであり、取引の勧誘を目的としたものではありません。本資料は、弊社が信頼に足り且つ正確であると判断した情報に基づき作成されておりますが、弊社はその正確性・確実性を保証するものではありません。本資料のご利用に際しては、貴社ご自身の判断にてなされますよう、また必要な場合は、弁護士、会計士、税理士等にご相談のうえお取り扱い下さいますようお願い申し上げます。

本資料の一部または全部を、①複写、写真複写、あるいはその他如何なる手段において複製すること、②弊社の書面による許可なくして再配布することを禁じます。