

特集 成熟日本の戦い方：化学・素材産業の環境変化を例として

化学・素材産業の過去・現在・将来の俯瞰と今後に向けた課題・打ち手



福島 稜



合田 素人

CONTENTS

- I 化学・素材産業再編の歴史
- II 日本の化学・素材産業の現在地
- III 化学・素材産業にとって機会となり得る未来型事業領域
- IV 2050年に向けた日本の化学・素材産業の課題と打ち手

要 約

- 1 化学・素材産業は過去から統合と分散を繰り返し、産業レベルでポートフォリオの最適化を進めてきた。特に欧米においては、SABIC社によるDSM-フィルメニッヒの石油化学事業の買収、ダウとデュボンの合併と分裂など、大きな変化を踏まえて現在に至る。
- 2 一方で、今でこそ業界再編がメディアでも取り沙汰されるが、日本の化学・素材産業の再編規模は決して大きくなく、売り上げ規模・時価総額双方でグローバルトップメーカーから引き離されている。
- 3 足元では、将来に向けた大きな技術革新が進行する中、国内の化学・素材産業は事業の選択と集中を通じた業界再編を進めつつも、自社の競合優位性を認識したうえで将来の大きなビジネスチャンスを見定め、新規事業の育成に注力するなどの事業改革を進める必要がある。
- 4 本稿では、世界の業界再編の流れから見た日本の化学・素材産業の現在地を明らかにした後に、将来のトレンド分析とも併せて2050年目線での日系企業が直面し得る課題を俯瞰的に提言するとともに、各課題に対する打ち手を論ずる本特集の後稿とのつながりを示す。

I 化学・素材産業再編の歴史

1 化学・素材産業再編の歴史と全体像

過去20年の化学・素材産業を俯瞰してみると、経済成長の流れや大型の買収を受けて、同業界のトップメーカーの顔触れは大きく変化してきた。同時に、日本勢のグローバルでの存在感は、減少の一途をたどっている（図1）。2000年以降、同産業では、以降で詳述するように、三度の大きな再編の波を経験してきたと野村総合研究所（NRI）では考えている（図2）。その大きな流れの中で、それ

ぞれの波をうまく乗りこなしてきたメーカーとそうでないメーカーで大きな差が生まれてきている。

第一の波はバリューチェーンの垂直統合再編であり、第二の波はスペシャリティケミカルとコモディティケミカルの分離、そして第三の波はスペシャリティケミカルの水平強化・拡大である。

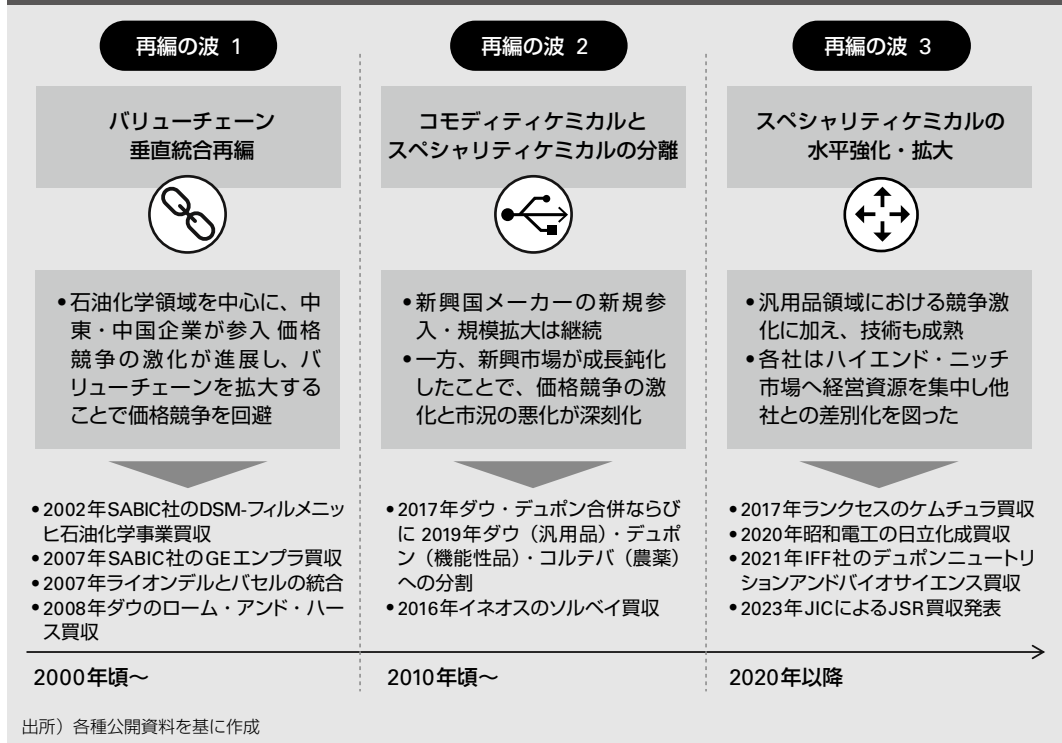
この再編の背景には、中東・中国勢の石油化学領域における価格競争力の向上や、韓国・台湾勢の技術力キャッチアップなどがある。これに対し、欧米勢は業態変化や科学技術の成熟化および製品差別化の困難化を受

図1 2000～2020年のグローバルケミカルメーカートップ15の変遷

2000年			2010年			2020年		
	企業名	事業		企業名	事業		企業名	事業
1	BASF社	総合	1	BASF社	総合	1	BASF社	総合
2	デュボン	総合	2	ダウ	総合	2	シノベック	石油
3	ダウ	総合	3	シノベック	石油	3	ダウ	汎用性
4	エクソンモービル	石油	4	エクソンモービル	石油	4	イネオス	石油
5	バイエル	総合	5	ロイヤル・ダッチ・シェル	石油	5	SABIC社	石油
6	トタルエネジーズ	石油	6	フォルモサ・プラスチック	汎用性	6	フォルモサ・プラスチック	汎用性
7	デグサ・ヒュルス	汎用性	7	SABIC社	石油	7	LG化学	総合
8	シェル	石油	8	デュボン	総合	8	三菱ケミカルグループ	総合
9	ICI社	機能性	9	ライオンデルバセル・インダストリーズ	石油	9	リンデ	産業ガス
10	BP社	石油	10	三菱ケミカル	総合	10	ライオンデルバセル・インダストリーズ	石油
11	アクソノーベル	機能性	11	イネオス	石油	11	エクソンモービル	石油
12	住友化学	総合	12	トタルエネジーズ	石油	12	エア・リキード	産業ガス
13	三菱化学	総合	13	バイエル	機能性	13	ベトロチャイナ	石油
14	三井化学	総合	14	アクソノーベル	機能性	14	デュボン	機能性
15	ハンツマン	機能性	15	三井化学	総合	15	ホンリー・ベトロケミカル	石油

出所「C & EN」（2001/7/23、2011/7/25、2021/7/26）を基に作成

図2 化学・素材産業が過去20年で経験してきた再編の波



け、競争優位を発揮できる領域への選択と集中を進めてきた。

第一の波であるバリューチェーンの垂直統合再編は、SABIC社によるDSM-フィルメニッヒの石油化学事業の買収（2002年）、ライオンデルとバセルの統合（2007年）に代表されるように、石油化学領域における価格競争力の向上を目的として、大手企業がバリューチェーン全体を統合することで競争力を高める動きであった。これにより、原材料から製品まで一貫して管理することでコスト削減と効率化を図った。

第二の波であるスペシャリティケミカルとコモディティケミカルの分離は、ダウとデュボンの合併（2017年）ならびに分裂（2019年）に代表される。技術の成熟化と製品差別化の困難化を背景に、大手企業が高付加価値

のスペシャリティケミカルに注力する一方で、低付加価値のコモディティケミカルから撤退する動きであった。これにより、大手企業は競争力のある領域や自社の強みを活かせる領域に経営資源を集中させることができた。

第三の波であるスペシャリティケミカルの水平強化・拡大では、2017年のランクセスによるケムチュラ買収や、日本における昭和電工の日立化成買収（2020年）に代表されるように、大手企業はスペシャリティケミカルの市場シェアを拡大し、競争力を高めるために大型買収を行った。これにより、企業は新たな市場や顧客に対して高付加価値の製品を提供することを目指した。

2 再編の事例

本節では、再編の波を乗り越えてきた外

資系化学・素材メーカーの変革の事例について、要点のみを簡潔に紹介する。

(1) DSM-フィルメニッヒの事例

DSM-フィルメニッヒは、祖業である石油化学事業からの撤退およびマテリアル事業の縮小を行いつつ、ニュートリション領域（栄養素材領域）へのシフトに成功した企業である。石油化学事業からの撤退に加え、マテリアル事業の縮小・撤退により、同社は競争力のあるニュートリション領域に経営資源を集中させた。これにより、新たな市場での競争力を高めることができた。

この変革成功の背景には、経営資源を集中させる領域を明確にしたことと、その領域に対して財務的・組織的な支援を行う仕組み面での変革を実行したことがあった。経営資源の集中領域の明確化という面で、同社は、当時、1990年代から中東・中国勢の台頭により、石油化学事業で競争し続けることが難しくなっていると分析していた。同時に、マテリアル事業についても長期的な競争力を維持することは難しいと考え、石油化学事業・マテリアル事業の縮小・撤退を決断し、ニュートリション領域へのシフトを図った。一方、ニュートリション領域では、事業再編初期に自力だけでなく他力も活用した大幅な成長を成し遂げるため、ロシュのビタミン事業を買収するなど、積極的なM&Aを行ったのである。

また同社では、自社の事業を「Accelerate」「Grow」「Improve to Grow」「Deprioritize」の4段階に区分し、どの事業に優先的に投資し、どの事業の優先順位を下げ、最終的に他社への売却を検討するのかを明確に峻別して

いる。具体的な内容は第四論考「経営のシンプル化と複雑性への対応」に譲るが、上記のような仕組み上の工夫を行うことで、積極的なM&Aを通じた事業再編が可能となっている。

このように、DSM-フィルメニッヒは、石油化学事業からの撤退とニュートリション領域へのシフトを通じて、競争力を高めることに成功した。

(2) BASF社の事例

BASF社は、コモディティケミカルからスペシャリティケミカルまで幅広く事業領域を持ちながらも、最上流であるOil&Gas事業の売却や、機能性材料やニュートリション領域の強化など、ポートフォリオのアップデートを繰り返し、同社の強みが活きる事業領域への選択と集中および経営体制の更新を続けている。同社は、コモディティケミカルからスペシャリティケミカルまで一貫して価値を創出できる体制を構築することで、競争力を高められた。この変革成功の背景には、フェアブントと呼ばれるバリューチェーン垂直統合の考え方を横展開させた事業運営の変革を実施したことと、コモディティケミカルを持つが故にプロダクトアウト型偏重になりがちな志向を、経営体制と組織体制の両面からマーケットイン志向へと矯正をかけたことがある。

同社は、Oil&Gas事業という最上流の石油精製事業を売却したものの、競争力を維持できる基礎原料事業（ポリアミド事業など）を今なお保有している。基礎原料を持つことを強みに、そこから派生するスペシャリティ領域の買収を通じて、自社のバリューチェーン

に取り込み、バリューチェーン全体で世界トップシェアを維持している。また、2009年には、樹脂・潤滑油向けの添加剤に強みを持つCiba社を約6000億円で買収しており、BASF社が原材料と製品で川上・川下領域を、Ciba社が添加剤で川中領域を押さえることで、盤石な垂直統合体制を実現させている。

BASF社は基礎原料を事業の骨格としているため、これまでは必然的にプロダクトアウト型の事業・組織となる傾向にあったが、事業機会に幅を持たせ、事業拡大の余地を設けるために、マーケットインで事業を開発・運営できるように仕組みと組織の両面から矯正をかけることに取り組んだ。具体的には、事業や地域を横断してテーマ開発ならびに事業への落とし込みを図るために事業軸の組織だけでなく地域ごとの組織も構築し、2軸で戦略立案・事業管理を行うことで、各地域のニーズを事業方針に反映することが可能になっている。

Ⅱ 日本の化学・素材産業の現在地

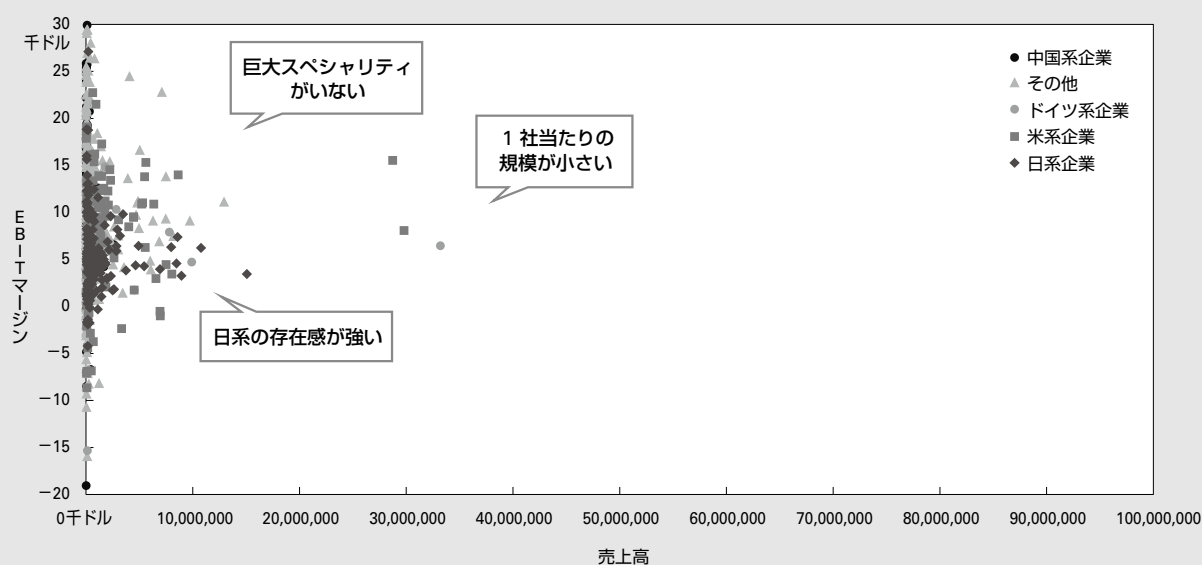
前章では、化学・素材産業の過去20年にわたる再編の歴史をグローバルに俯瞰した。本章では、日本の化学・素材産業の現在地を客観的に俯瞰する。

1 日本の化学・素材産業のグローバルでの位置づけ

前章で述べた再編の波はグローバルな出来事であったが、日系企業は果たしてこの波をうまく乗りこなせてきたのであろうか。

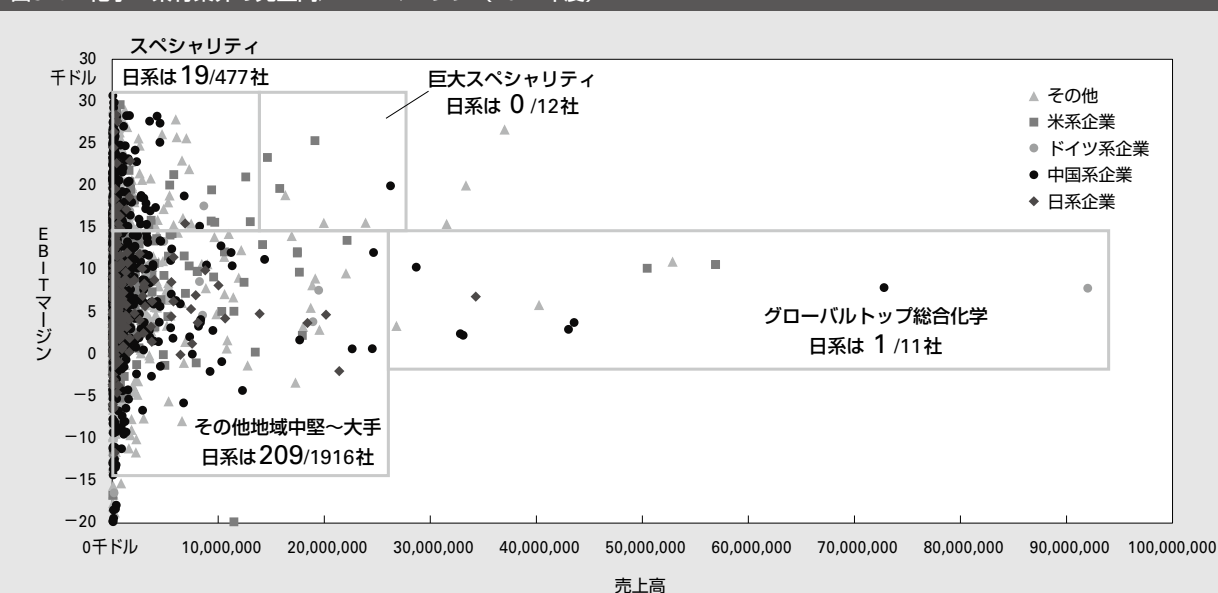
再編の波への対応状況を解説する前に、まずは、データを基に日本の化学・素材産業のグローバルでの位置づけを見てみたい。図3-aは2000年度、図3-bは2022年度の化学・素材業界のグローバルでの売り上げトップ2500社を、横軸に売上高、縦軸にEBITマージンを取り、その分布を整理したものである。

図3-a 化学・素材業界の売上高／EBITマージン（2000年度）



出所) S&P Chemicals分類より売上高5000万ドル以上の企業、収益性の外れ値を除いた約2,500社を抽出

図3-b 化学・素材業界の売上高／EBITマージン（2022年度）

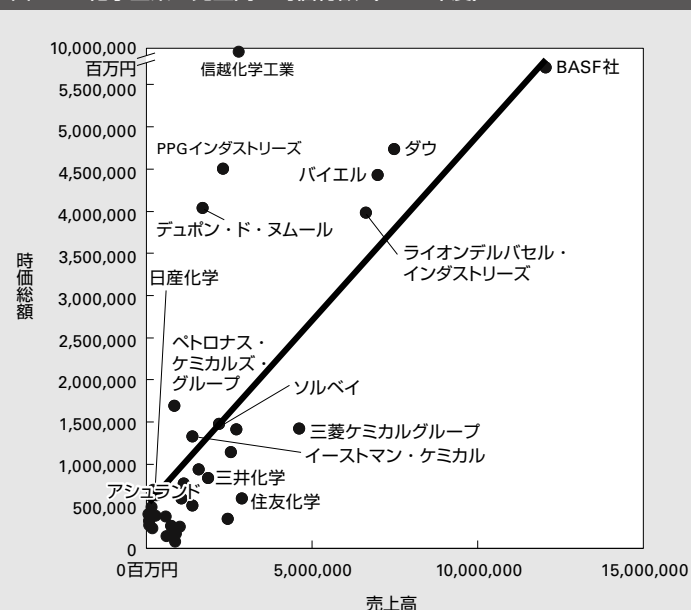


出所）S&P Chemicals分類より売上高5000万ドル以上の企業、収益性の外れ値を除いた約2,500社を抽出

第一に分かることは、日系企業は2000年にはグローバル売上規模上位に複数社が食い込んでいたが、2022年には大きな存在感を発揮する企業は見当たらず、多くの日系企業がグローバル中堅企業の位置づけとなっている点

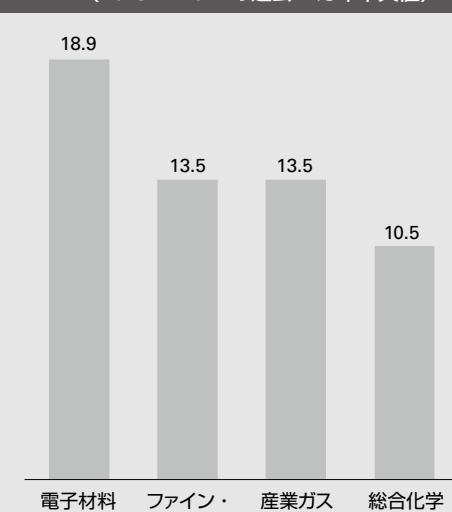
である。これは、グローバルでの再編を通じて外資系化学・素材メーカーが規模または収益性を向上させている一方で、多くの日系企業が事業の選択と集中を行えなかったことの証左ではないかと筆者は考えている。

図4-a 化学企業の売上高×時価総額（2022年度）



出所）各種公開情報より作成

図4-b 化学企業の分類別PER（2019～2022の過去4カ年中央値）



※PER：Price Earnings Ratio株価収益率（株価が一株当たり純利益の何倍まで買われているかを測る指標）
出所）各種公開情報より作成

企業価値の観点でも、再編を主導してきたグローバルトップの化学・素材メーカーは株主からの評価も高まっているが、多くの日系企業は再編を通じて企業価値を大幅に伸ばしてきたとはいえない（図4-a）。

一方で、信越化学工業のように、電子材料の分野に特化したスペシャリティ化学メーカーの企業価値は非常に高く、日系企業の中でも過去20年間の選択と集中の成否は大きく分かれている。図4-bに示すように、いわゆる総合化学メーカーがコングロマリットディスカウントを受けていることは明らかである。

2 日本の化学・素材産業における中堅企業の存在

ここまで、化学・素材産業の中でも大企業にフォーカスを当てて論じてきたが、日本の化学・素材産業において売上1000億円未満の企業（本稿では中堅企業と呼ぶ）の数は、当

該産業において7割を占めており、非常に重要なプレーヤーである。したがって、中堅企業を抜きにして日本の化学・素材産業の変革を語ることはできない。

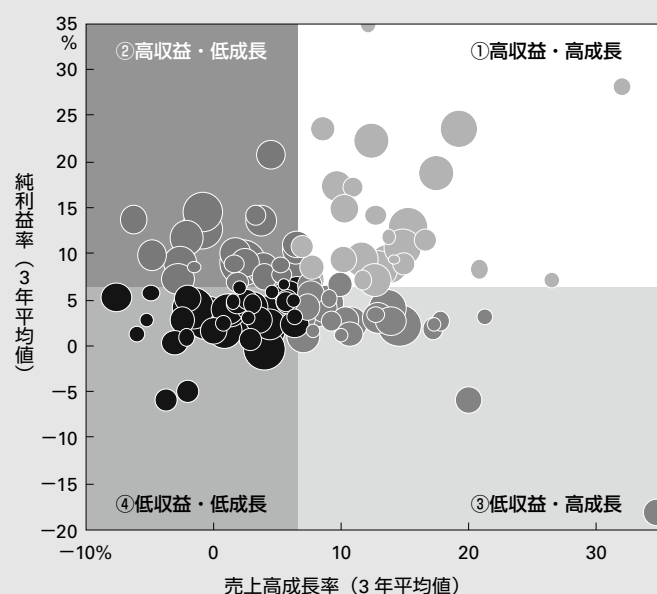
石油化学などのいわゆる超上流の事業は、大規模な設備が必要であるため大企業が担うことが多いが、ケミカルチェーンにおける下流、特に高付加価値な化学品を製造販売するファインケミカル業界は、大企業もさることながら、中堅企業の技術力に支えられているといっても過言ではない。中堅企業は、売り上げ規模は小さいながらも特殊なキーマテリアル、反応、製造プロセスを武器に、グローバルな観点で、ニッチな市場で強い存在感を持って事業活動を行っている。

これら日本のファインケミカル中堅企業の中には、強い技術力を基に高収益・高成長を実現している企業もある。しかしながら、技術を活かし切れず低収益・低成長にとどまっている企業も多い（図5、6）。また、日本のファインケミカル産業は、米国と比較しても売上高成長率・利益率ともに低水準で推移しているのが特徴である（図7）。加えて、売上高が50億～1000億円の企業数も米国と比べて多く、産業全体としての効率化が進んでいないことも見て取れる。

ここで、中堅企業やファインケミカル産業を取り巻く外部環境を見てみると、①中国系企業の台頭、②原材料価格の上昇に伴う価格転嫁の難しさと廃業数の増加、③中小中堅企業の後継者不足、などの課題が存在している。

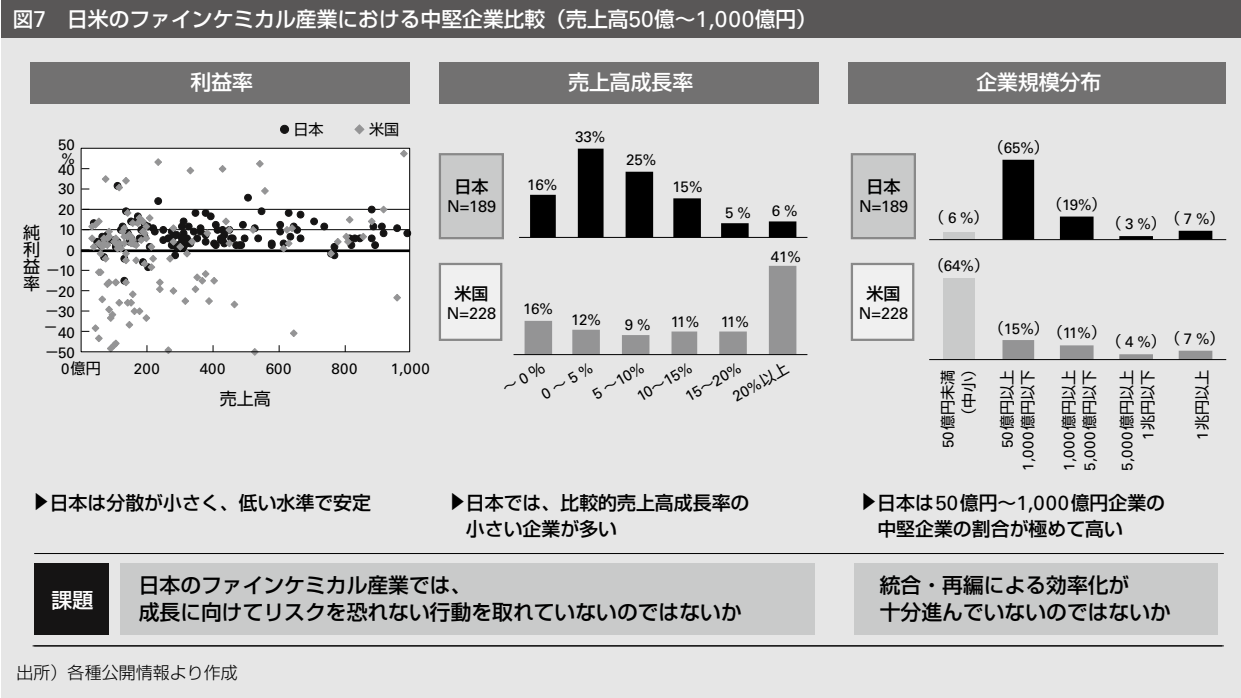
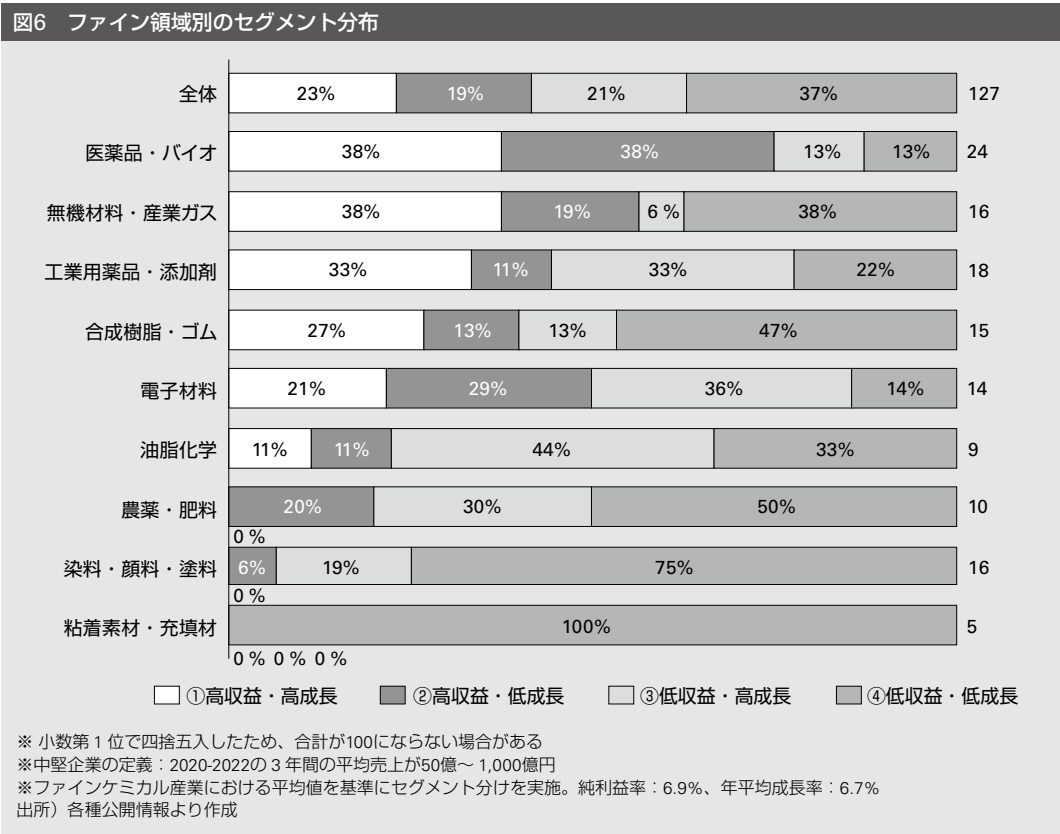
①については、中国政府の産業政策によるところが大きい。中国政府は、ファインケミカル製品の大部分を輸入品に頼っていること

図5 日本のファインケミカル中堅企業の売上高成長率・純利益率 (n=127社)



※中堅企業の定義：2020～2022年の3年間の平均売上が50億～1,000億円
※ファインケミカル産業における平均値を基準にセグメント分けを実施。
純利益率：6.9%、年平均成長率：6.7%
出所）各種公開情報より作成

を課題として認識し、2023年の産業構造調整
指導目録によれば、中国の化学品生産全体に
占めるファインケミカルの割合を50%以上に
するという目標を設定している。また、指定



強化領域（低VOC接着剤、水処理剤、触媒、電子化学品、シリコン材料、フッ素材料）についての投資を促進する予定である。

②については、昨今の物価高を背景にバリューチェーンの中流に位置するファイン系中堅企業は川上企業の値上げと川下企業の価格交渉の板挟みになる構造に位置しており、すでに多くの中小企業（ファインケミカルに限らない）が廃業に追い込まれている。

③については、ファインケミカル産業に限らず、中堅企業の後継者問題は今後加速すると見込まれている。

これらの課題を放置すれば、日本の化学・素材産業を、その特殊かつ強い技術で支えていた中堅企業の多くが経営難に瀕し、最悪の場合は日本が誇る強い技術が失われる危険性をはらんでいる。この課題に対処するには、中堅企業自身による企業体力の強化や技術継承の推進とともに、中堅企業自身もしくは大企業による、成長投資の加速や業界再編を通じた産業全体の効率化が求められる。中堅企業の再編は、日本が世界に誇る化学・素材技術の損失を防ぐために、避けることのできない課題である。

Ⅲ 化学・素材産業にとって 機会となり得る未来型事業領域

前章までは、化学・素材産業の過去・現在を俯瞰してきた。これまで論じてきたとおり、日本の化学・素材産業は欧米の化学・素材産業に比べると再編が十分に進んでおらず、シナジーを発揮し得るさまざまな技術を大量に保有するスタープレイヤーが欧米に比べると少ない状態であり、いわゆるグローバ

ル中堅企業が多いことが特徴である。しかしながら、未来に焦点を当てると、2030年以降、特に2040～2050年の長期的な視点では、素材面でさまざまな技術革新が求められており、グローバルでの新たな競争はすでに始まっている。本章では、今後数十年で化学・素材分野による技術的な貢献を求められ、化学・素材メーカーにとっての機会となり得る事業領域を明らかにするとともに、新たな素材領域における研究開発・事業開発上の課題について論考する。

1 化学・素材産業に関係する 2040～2050年に向けた 14のトレンドと 38の新領域候補の提言

NRIでは、社会全体・さまざまな業界の先読みプロジェクトを通じて、2050年に向けた108の未来社会トレンドを蓄積・定義している。この未来社会トレンドは、筆者らが化学・素材業界に限らないさまざまなクライアントとともにシナリオ・プランニングを進める中で、NRIに蓄積された2040～2050年までに実現され得るさまざまなトレンドを一覧化したものである。たとえば、近年大きな社会的なトレンドとなっている「生成AI」や「カーボンニュートラル」、Z世代に代表される「生活者の価値観の変化」など、広範なトレンドが含まれる。

ここでは、2050年に向けたこれらのトレンドの中から、化学・素材産業にかかわるトレンドについて抽出・一部統合・分解し、合計14のトレンドを定義している（表1-a）。また、この14のトレンドから、各企業の研究開発動向などを基に、2040～2050年に向けた

化学・素材産業における38の新領域候補を抽出している（表1-b）。

これら14のトレンドと38の新領域についてすべてを解説することは難しいため、次節以降では、それらの中から代表的なものを抽出している。具体的には、「次世代医療の発達」トレンドにかかわる医療機器向け革新素材、「バーチャルデバイス」トレンドにかかわる五感再現を助ける材料、「高速通信・コンピューティング」トレンドにかかわる光電融合向け素材のそれぞれ3つのトレンド・新領域について解説する。

2 トrend・新領域に関する代表例

(1) 医療機器向け革新素材

人々のQoLの向上や健康寿命の延伸に向け

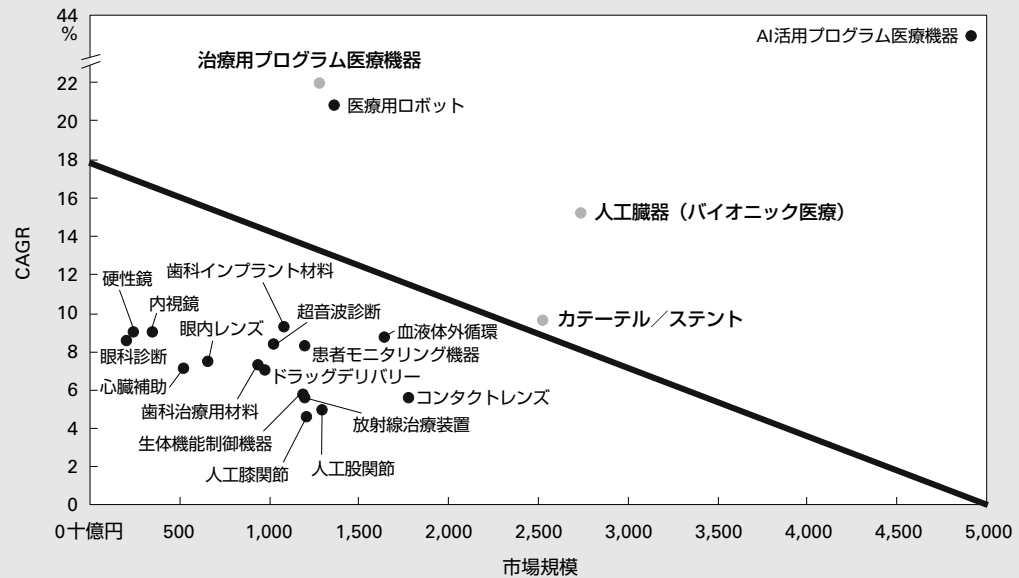
表1-a 2040～2050年に向けて新たな化学素材関連領域を生み出し得るトレンド（直近5～10年での確実性高く新領域を生み出すトレンドは除外）

業界区分		トレンド
モビリティ	1	エアモビリティの深化
	2	物流・次世代インフラの普及
ライフ	3	水・食糧不足
	4	次世代医療の発達
エネルギー	5	次世代発電方法
	6	新エネルギー源
エレクトロニクス	7	バーチャルデバイス
	8	高速通信
	9	高速処理・低消費電力の両立
その他 (分野横断)	10	量子コンピュータ
	11	ブレインテック・人間拡張
	12	宇宙進出
	13	資源不足・サプライチェーンリスク
	14	カーボンニュートラル・サーキュラーエコノミー

表1-b 今後機会となり得る素材領域

トレンド		素材領域（仮説）	トレンド		素材領域（仮説）
エアモビリティの深化	1	航空機向け軽量・高強度材料	次世代発電方法	21	太陽電池向け素材
	2	異なる材料間の接着		22	その他再エネ向け材料
物流・次世代インフラの普及	3	インフラ向け耐久性・長寿命素材	新エネルギー源	23	水素対応向け材料
	4	省電力用材料		24	次世代電池向け素材
	5	自動搬送・ロボット向け素材	バーチャルデバイス	25	五感の再現を助ける素材
水・食糧不足	6	ニュートリション素材		26	AR／VRデバイス用素材
	7	浄水用材料	高速通信・コンピューティング	27	高周波対応向け材料
	8	バイオ素材を使った農薬／修正製品		28	光電融合向け素材
	9	機能性食品素材	高速処理・低消費電力の両立	29	回路の微細化対応
次世代医療の発達	10	再生医療向け素材		30	次世代半導体／プリント基板向け材料
	11	核酸医薬	量子コンピュータ	31	量子エレクトロニクスデバイス向け材料
	12	バイオ材料医薬品向け	ブレインテック・人間拡張	32	脳内チップ、脳波測定デバイス向け材料
	13	微生物を活用した医薬品	宇宙進出	33	宇宙向け超高温耐熱素材
	14	その他先進医薬品	資源不足・サプライチェーンリスク	34	資源循環ループの構築
	15	DDS向け材料		35	バイオプロセス、バイオものづくり
	16	メガネレンズ／スポーツヘルスケア向け材料	カーボンニュートラル・サーキュラーエコノミー	36	リサイクル可能素材
	17	デジタルヘルス（生体向けのセンサー）向け材料		37	CO ₂ 回収・資源化向け素材
	18	マイクロロボット向け素材		38	バイオマス原料素材
	19	医療機器向け革新素材			
	20	化粧品向け素材			

図8 主要医療機器の市場規模（2030年）とCAGR（2022～2030年）



- 太字は市場性・素材開発ニーズともにあり
- AI活用プログラム医療機器：画像診断や創薬／臨床研究／遠隔医療などのAIに対応したハードウェアやソフトウェア
- 治療用プログラム医療機器：医療機器で得られたデータを加工・処理し、治療を実施する医療機器。埋め込み型医療機器を含む
- 血液体外循環：人工腎臓装置・腹膜透析装置・血液透析装置・人工肺
- カテーテル／ステント：カテーテル・ステント・バルーン・ガイドワイヤー・チューブ
- 生体機能制御機器：人工呼吸器・除細動器・麻酔管理システム・酸素濃縮器

出所）各種公開情報より作成

て、医療分野の革新は継続的に進んでいる。図8では、各医療機器の2030年における市場規模とCAGR（年平均成長率）を示しているが、将来的に市場規模が大きくかつ成長が見込まれる医療機器は、AI活用プログラム医療機器・人工臓器・カテーテル／ステント・治療用プログラム医療機器・医療用ロボットなどが挙げられる。これらの医療機器の中では、たとえばAI活用プログラム医療機器などでは、画像診断や臨床研究・遠隔医療においてAIを適用するために、デジタル面での技術革新やそれに伴う法改正への対応が必要なものもある。

一方で、人工臓器やカテーテル、治療用プログラム医療機器など、人体の中に一定時間

または長期間にわたって埋め込まれる医療機器は、素材開発のニーズが強い。

たとえば、治療用プログラム医療機器は、体内に埋め込まれている期間にセンシングした情報を基に、機器から電気刺激や薬品投与を行うことで、直接的に治療／症状の緩和を図ることができる。

このような埋め込み型医療機器では、素材面での多様な開発ニーズが顕在化している。具体的には、長期間体内に埋め込まれる機器が人体に悪影響を与えないようにする「生体適合性」、電気刺激を与えるための電極に用いる金属やカーボン素材の「導電性」と「生体適合性」の両立、体内に埋め込まれた機器に給電することを可能にする「ワイヤレス充

電技術」や「体内物質を用いた充電を可能にする素材」などが挙げられる。以上のように、今後成長が望まれる医療機器においては、素材面での革新が求められている。

医療機器における素材開発は、これまでも化学・素材メーカーによって行われてきたが、さまざまな課題があった。まず、医療機器業界は高度なレベルで規制されており、素材の安全性と有効性を証明するには厳格な試験と認証が必要であるとともに、医療分野に対する高度な知見も必要である。さらに、一定の訴訟リスクを伴うケースへの対応にも留意する必要がある。

また、バリューチェーンの川上に位置する素材メーカーにとっては、医療機器全体の設計や製造に対する理解に基づいた素材の提案が求められるため、専門性を持つ人材を確保、または川下企業・KOL（Key Opinion Leaderと呼ばれる業界で権威を持つ医師）との綿密な連携が必要になる。さらに、大規模生産を通じた規模の経済を志向する化学メーカーにとっては、医療用グレードの素材は利益率こそ高いものの、売り上げ規模の観点ではメリットのあるビジネスとはいえない。

これらの課題を解決するために、デュポンは医療機器のCDMO（Contract Development and Manufacturing Organization）企業を買収し、川下に進出する戦略を取っている。これにより、従来の素材提供に加え、加工技術や医療機器製販メーカーや間接的なKOLとの人脈を獲得し、最終製品である医療機器の開発・製造のニーズを把握し、素材ニーズまで落とし込むことを可能にしている。

具体的には、デュポンは自身を持つシリコンを中心とした材料技術だけでなく、樹

脂・金属加工や医療機器組み立ての技術を持つ企業をさらに買収することで、医療機器製販メーカーに対して革新的な素材技術に立脚した高度な開発・提案能力を獲得した。このように川下に進出する戦略により、素材提供だけでは事業の規模が小さく、ビジネス上のメリットを享受しにくいという課題を克服している。

デュポンの例からも、医療機器向けの革新素材の開発において、化学・素材メーカー単独での研究開発・事業開発では、市場ニーズを把握することも専門性を獲得することも、さらには事業メリットを享受することも難しいため、川下メーカーとの共創が求められるといえる。また、デュポンはシリコン技術を武器に川下への進出を実施したが、この取り組みに見られるように、まだ見ぬニーズに対してどのような自社の無形資産上の強みが訴求するのかを、客観的に判断する能力も求められるといえよう。

（2）五感再現を助ける材料

五感再現技術は、現代の製造業において新たな価値を提供するために注目を集め始めている技術である。視覚や聴覚の再現はすでにVRやオーディオ技術で実用化が進んでいるが、嗅覚、味覚、触覚の再現は技術的な開発余地が大きい。いわゆるVR空間がさらにさまざまな産業用途で普及するうえで、嗅覚・味覚・触覚の再現を通じて、よりリアルの世界との差分をなくすことが求められている。

ここでは、五感再現技術が必要とされる領域を俯瞰したい。五感再現技術の本質的な価値は、ユーザー体験の向上にあることから、たとえば、ゲーム、医療、スポーツなどの分

野での応用が期待されていると、NRIでは考えている。ゲーム分野では、よりリアルなコンテンツを提供することで、ユーザーの没入感を高めることができる。医療分野では、遠隔診断や手術の際に触覚情報を再現することで、医師がより正確な判断を下すことが可能となる。スポーツ分野では、技術の向上に向けて体の動きを定量化することが求められており、触覚情報の再現が重要な役割を果たすことになる期待されている。

すでにいくつかの化学・素材企業では、五感再現の試みが進められている。たとえば豊田合成は「e-Rubber」^{※1}と呼ばれる、触覚的な圧力を検知して電気信号として定量化するほか、電気信号を圧力に変換させることができる製品を開発している。この製品は靴のインソールに活用されており、スポーツにおける体重移動の可視化を実現し、スポーツの技能改善に寄与している。また、三井化学は硬度・粘性・弾性を定量的に評価し人間の皮膚の物性を再現した「皮膚感再現ゲル」^{※2}を開発した。この素材はビッグクラッピーと呼ばれる人間の拍手音を再現するロボットや眼科手術練習シミュレーターの眼球モデルに活用されている。

五感再現技術の最終製品への落とし込み・実用化に際しては、①感性の評価・分析、②感性を再現するために必要な素材・部材の設計・製造、③部品・部材の組み合わせとハード・ソフトウェア制御による五感の再現の3つの要素をクリアする必要がある。

3要素をすべてクリアするには、素材メーカー・部材メーカー・最終製品メーカー・ソフトウェアデベロッパーなどのさまざまなステークホルダーが各要素において協業し、相

互に必要な物性面と感性面双方の性能を分析・評価する必要があるが、その実現に向けてはさまざまな問題が指摘されている。たとえば、各プレーヤーが相手に対してニーズの提供や部品や素材の提案を求めると、最終的に目指すべき方向性が定まらず、製品開発がむしろ進まないといった問題は他業界でも発生することである。また、感性に関するデータやその伝達形式は標準化されていない状況であると同時に、感性の定量化には心理学などを含む学際的・業際的な知見が必要になるなどの背景から、感性の評価方法が確立されていないという問題も存在する。

化学・素材メーカーが、五感再現に資する材料を開発するには、上述のとおり、評価・分析・素材部材設計・最終製品の組み合わせのすべてにおいて、多くのステークホルダーとの共創が必要であると同時に、まだ確立されていない評価技術の完成を推進していく必要がある。

(3) 光電融合向け素材

通信・コンピューティング速度は年々高速化の一途をたどっている。昨今の生成AIの実用化・普及も相まって、2050年に向けてさらに多くの情報が通信・処理されることが予想されている。こうした状況は、世界のデータセンターにおける消費電力の増大にもつながっており、国立研究開発法人科学技術振興機構の試算^{※3}では、2018年で190TWhであったのに対し、2050年に向けた成り行きシナリオでは50万4000TWhと予想されている。

カーボンニュートラルの実現に向けては、消費電力をいかに抑えるかが非常に重要な課題となっているが、かかる状況の中、電気信

号を光信号に変換し置き換える技術領域である光電融合領域は、さらなる通信・計算処理速度の向上や、AIをはじめとした先進技術による電力消費量の上昇を食い止める技術として注目されている。NTTの試算^{※4}によると、光電融合領域による電力効率は、既存の通信・コンピューティングデバイスと比較して約100倍になると想定されている。光電融合デバイスは日進月歩で進化しており、これまでは通信ネットワーク向けに実用化・開発が進んできたが、今後のコンピューティング分野への適用に向けて研究開発も進んでいる。具体的には、「ボード間接続（第3世代）→チップ間接続（第4世代）→チップ内光化（第5世代）」の順番で研究開発・実用化が進展すると想定されている。

こうした次世代の光電融合技術は、産学において研究開発・実用化が進められており、NTTはIOWN構想として当該技術の研究開発・実用化を推進している。東京大学生産技術研究所でも2012年10月に光電子融合研究センターを設立し、機能融合材料研究分野、融合フォトリソ研究分野、融合エレクトロニクス研究分野、光・スピン機能融合研究分野の4つの研究分野から当該領域に関する研究開発を推進していた（同組織はその後、光物質ナノ化学研究センターとして再編成後、2022年度末に活動終了）。

特に光電融合の第4・第5世代においては、コンピューティングをつかさどるチップの間、またはチップの中の回路を電気信号から光信号に置き換える研究開発が進んでいるが、光信号の通り道となる光導波路には、光伝搬時の光の損失を可能な限り減らすための素材が求められている。また、光の位相や波

長を変更させることで光信号に情報を持たせるデバイスである光変調器には、光変調効率に寄与する素材の開発が求められている。

上述のとおり、光電融合技術の進展に向けては素材面での革新が必要であり、化学・素材メーカーによる貢献は必須である。しかしながら、上述のデバイスは素材のみで完結するものではなく、数多くの素材・部材の組み合わせにより、最終製品（光電融合の第4・第5世代の場合はチップ）の性能が決まってくる。そのため、ほかの新たな素材領域と同様、最終製品に求められる必要性能を、それぞれの企業が持つ部品・素材の専門知識を活かして解釈し、各コンポーネントの必要性能に落とし込んだうえで、それぞれが研究開発を進めていく必要がある。光電融合分野においても、共創がキーワードになるのである。

IV 2050年に向けた 日本の化学・素材産業の 課題と打ち手

前章までは、化学・素材産業の歴史、日系企業の現在地点と、未来に向けて期待される素材領域について論じてきた。日本の化学・素材産業が今後の新たな素材領域においてグローバルな競争力を持つには、過去・現在の経緯を踏まえつつ、日系企業の文脈に沿って課題解決を進めていく必要がある。ここでは、日本の化学・素材産業が、2050年に向けて解くべき3つの課題について提言したい。課題の詳細や具体的な打ち手については、本特集の他論考で詳述しているので、ここでは、3つの課題のポイントを簡潔に説明するとともに、詳細な解説については本特集のど

の論考を参照すべきかをナビゲートする。

課題1 自社の強みを踏まえた有望な新領域の見定めと共創の推進

第Ⅲ章で解説した「医療機器向け革新素材」「五感再現を助ける材料」「光電融合向け素材」のすべての領域に共通しているのは、化学・素材メーカーが川下のニーズを理解したうえで、必要な素材特性の翻訳が必要になる点である。これは、川下・川中企業との連携または買収などを通じた事業領域への進出を推進することで実現される。川下との連携の必要性は、これまで主流であった事業領域でもうたわれていたが、今後の事業領域においては、これまで以上に学際的・業際的に知見を融合させる必要性が生じていると考えられる。

グローバルに見ると、化学・素材各社では、スペシャリティ化、すなわち保有する技術・事業の専門化が進んでおり、各社ともに、自らの専門性を用いてどの新領域に入っていくべきかを検討中である。一方、日系企業のほとんどが付加価値の高いスペシャリティ領域を志向しているとはいえ、いわゆる総合化学メーカーが多く存在している。これらの総合化学メーカーは、自社の持つ技術が本当の意味でどのように強いのか、どのような新領域で独自の技術力を活かし得るのか、判断が難しい状況になっていると考えられる。

このような状況の中で、日系企業が学際的・業際的な新領域に立ち向かうに当たって自問すべきは、「自社の本当の強みは何か」「その強みはどのように新領域に貢献し得るのか」「貢献した場合にどのような事業上のインパクトを見込み得るのか」の3点であ

る。第二論考「知財活用によるエコシステムドライバーへのビジネスモデル革新」では、この課題の背景の詳細と打ち手について詳しく論じている。

課題2 新規領域開拓／新規事業創造を進めるための研究開発・事業開発の仕組み

長期的に発展が見込まれる領域に関する研究開発は、いわゆるコーポレートR&Dと呼ばれる本社予算を用いた研究開発の枠組みで推進されることが多い。一方で、事業部が扱う製品の研究開発を進める事業部R&Dも、企業の研究開発活動としては非常に重要である。

筆者らがさまざまな化学・素材企業の研究開発の担当者と議論していて印象的であったのは、全社のコーポレートR&Dを通じたイノベーションが生まれにくくなっている、という課題を多くの企業が持っていることである。これは、既存製品の改善・改良を続け、既存事業の強化を図る事業部R&Dに対して人員や予算を多く投下してきたことや、短納期で成果を求められる事業部R&DがコーポレートR&Dに比べて優先順位が高く設定されてしまっている、などの仕組み上の課題に起因していると考えられる。また、こうした環境において長く研究開発を推進していると、事業部・顧客からの要望に応えることに関して卓越した成果を発揮する研究者は育成されるが、先見の明を持ち、未開の領域を切り開く研究者は育成されにくくなることも事実である。

本稿で指摘している課題は、短期的に解決し得るものではなく、中長期的に変革を推進

すべき事項である。研究開発領域における変革の推進に向けた提言については、本特集の第三論考「新規事業創出に向けた研究開発機能の変革」を参照されたい。

課題3 新たな有望領域への集中投資を進めるためのポートフォリオ改革や事業・組織のシンプル化

第I章で論じたとおり、日系企業は外資系企業に比べて、事業の選択と集中が進んでおらず、いわゆる総合化学メーカーとして、多数の事業を持つコングロマリット企業が多い。一方で、新たな技術革新を伴う新領域における研究開発と事業開発は、設備投資を含む大きな投資を伴う。イノベーションのスピードが速まり、新領域の学際化・業際化を通じた事業の複雑性が増している昨今においては、いかに事業ポートフォリオを整理し、既存事業の整理を通じて得られたキャッシュを基に新たな領域に投資していくかが必要であり、こうした経営革新および事業再構築のメリハリが、中長期的な収益の増大、企業価値の向上にとって重要である。

こうした課題は、化学・素材企業の今後の経営のあり方にかかわるものである。第四論考「経営のシンプル化と複雑性への対応」では、上述の課題認識に対する処方箋について詳しく論じている。

注

- 1 豊田合成Webサイト 技術・製品情報

https://www.toyodagosei-led.jp/technology_products/e-rubber/

- 2 三井化学ニュースリリース「人間の拍手に近い音を実現するゲル新素材の拍手ロボットハンド エンターテインメントロボット『ビッグクラブビー』に採用」(2020/6/30)
https://jp.mitsuichemicals.com/jp/release/2020/2020_0630/index.htm
- 3 国立研究開発法人科学技術振興機構低炭素社会戦略センター「情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響 (Vol.2)」(令和3年2月)
<https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2020-pp-03.pdf>
- 4 NTT技術ジャーナル「IOWN構想特集——オールドフォトニクス・ネットワーク実現に向けた光電融合技術」(2020/8)
https://journal.ntt.co.jp/wp-content/uploads/2020/09/JN20200804_all.pdf?_gl=1*124ayq0*_ga*MzQzNDIzMzc1LjE3MzEzMjI4ODA.*_ga_5CBG7Y69V5*MTczNzE2NDk3Ni4xMi4xLjE3MzcxNjUyNTguMC4wLjA

著者

福島 稔 (ふくしまりょう)

野村総合研究所 (NRI) グローバル製造業コンサルティング部化学・素材グループシニアコンサルタント

専門は製造業におけるシナリオ・プランニングおよびバックキャスト型戦略立案、新規事業立案など

合田素人 (ごうださと)

野村総合研究所 (NRI) グローバル製造業コンサルティング部化学・素材グループマネージャー

専門は化学・素材および自動車産業における事業戦略、新規事業開発・事業推進、ビジネスモデル変革など