

# 燃費規制強化がもたらす マルチマテリアル化



藤田誠人



中島崇文



池幡 諭



岡野翔運

## CONTENTS

- I 燃費規制による軽量化ニーズの高まり
- II 非鉄の採用で先行する欧米OEM
- III 素材メーカーを取り巻く戦い方の変化
- IV マルチマテリアル化の成功要因
- V 成功要因を踏まえた素材メーカーの戦い方の変化

## 要 約

- 1 2025年までに欧米で求められる40%もの燃費向上（CO<sub>2</sub>排出量削減）に向けて、自動車メーカー（OEM）は原資として車両1台当たり最低15万円のコストアップを見込んでいいる。燃費向上の代表的な手段としては軽量化の技術革新を求めており、400kg/台の軽量化を実現するケースも現れている。素材メーカーにとっては、今後新たな事業機会が出現することとなる。
- 2 事業機会獲得に向けて、欧米では、アルミや樹脂など有力素材メーカー各社がOEMの素材革新を後押しすべく、プロダクトアウト的発想から脱し、OEMとの顧客接点を強化している。従来の戦い方にこだわる素材メーカーは、縮小均衡に陥る可能性が高い。
- 3 具体的には、単一素材内での戦いから、素材の組み合わせ（マルチマテリアル）に関する提案も含めた異種格闘技戦へと移行していく。鉄からアルミへの代替、アルミから樹脂への代替、アルミと樹脂の組み合わせなど、素材変革が進む中で、自社材料にこだわった材料起点の提案は、今後徐々に必要とされなくなる。
- 4 マルチマテリアル化の中での機会獲得には、従来から日系素材メーカーが得意としてきた「改善型」のビジネスモデルに加えて、「開拓型」のビジネスモデルを具備することが重要である。そのスピードを速めるために「川上側／川下側の他力活用」と「企画力強化による主導力向上」が鍵となる。

# I 燃費規制による 軽量化ニーズの高まり

## 1 世界的に高まる燃費規制の圧力

各国の燃費規制は年々厳しくなる見込みであり、自動車メーカー（以下、OEM）<sup>※1</sup>各社はCO<sub>2</sub>排出量の規制に伴う燃費向上の要請に対し、組織的な対策の実施を迫られている。

CO<sub>2</sub>排出量と燃費効率は反比例する関係となっており、CO<sub>2</sub>排出量の目標値が高いほど、燃費に対する規制が厳しいことになる。

最も厳しい燃費規制を行っているのは欧州である。ICCT（国際クリーン交通委員会）によると、乗用車に対するCO<sub>2</sub>排出量の規制目標値は2015年130g/km、21年95g/kmと定められている。25年の規制値は未定だが、欧州議会の環境委員会は、13年時点で25年の目標として68～78g/kmを掲げている<sup>※2</sup>。また、日本は15年139g/km、20年115g/kmとなっている。米国も燃費規制を大幅に強化していく方針であり、16年139g/km、25年88g/kmを設けている<sup>※3</sup>。この先5～10年のうちに、世界的に20～40%のCO<sub>2</sub>排出量削減が要求され、各国で燃費向上に向けた圧力は高まることが想定される。

## 2 燃費規制対応における 軽量化の重要性

燃費効率の改善には、エンジンの改良、変速機や駆動系の改善、そして車体の軽量化などいくつかのオプションがある。従来の燃費改善では、パワートレイン関連の改良による貢献が特に大きかった<sup>※4</sup>。日本と欧米の主要メーカーが販売した乗用車では、1995年から2010年にかけて、平均25～30%の燃費向上を達

成することができた。その貢献度の内訳を見ると、車体側の35%に対し、新型エンジンの導入や変速機、駆動系の改良によるパワートレイン側の貢献が65%あり、相対的に高い<sup>※5</sup>。

しかし、パワートレイン関連の改良のみで、25年CO<sub>2</sub>排出量の目標規制値を達成することは困難と見られる。一つ目の要因として、乗用車に対し、安全性や快適性が強く求められている中で、装備拡充のため、車両重量は増加していく傾向にあることが考えられる。

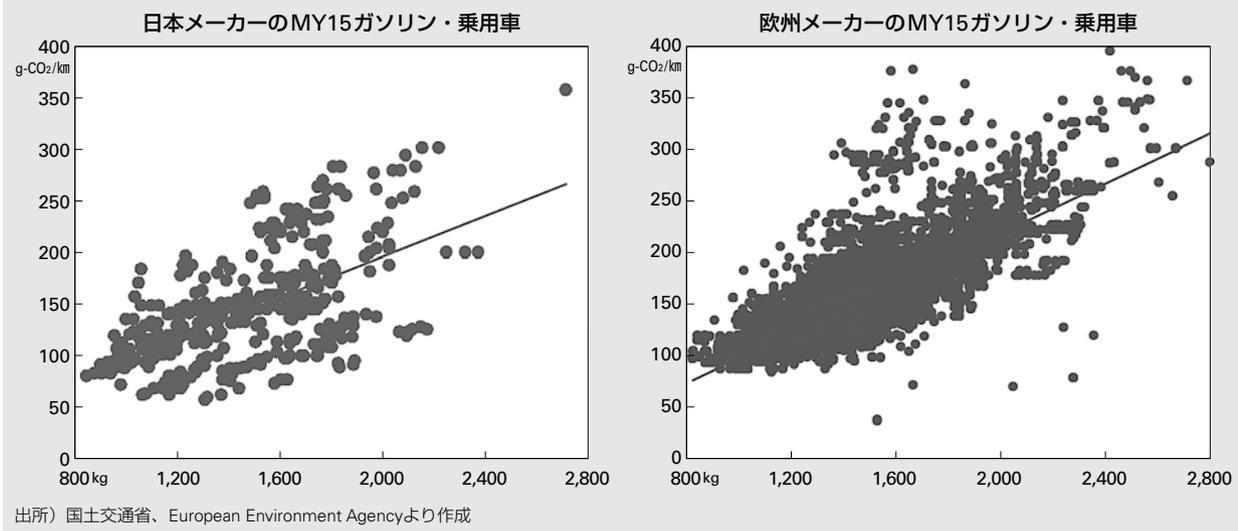
CO<sub>2</sub>排出量と車両重量は比例の関係にある。国交省とEEA（欧州環境機関）のデータを基に相関関係を見ると、10kgの車両重量の増加につき、CO<sub>2</sub>排出量が1kg/km増加することがわかる。これは重量が増えるに従い、CO<sub>2</sub>排出量が増加し、燃費効率が悪化することを示唆している（図1）。

NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）の調査では、安全・快適・環境装備の乗用車に占める平均重量が14年351kgであったが、20年には394kg、30年に至っては478kgとなり、14年比で127kgの重量増加が見込まれている<sup>※6</sup>。

従って、安全性や快適性を追求するための装備拡充による車両重量の増加は、30年時点で14年比約13g/kmのCO<sub>2</sub>排出量の増加につながる見込みである。これはOEMの燃費規制対応に向けたハードルを上げることになるであろう。

さらに、電気自動車やハイブリッド車の開発を含む電動化が進むことになれば、ハードルは一層上がることになる。たとえば電池搭載に伴い、車両重量が大幅に増加するからである。電動化に伴い、車両の航続距離を維持

図1 CO<sub>2</sub>排出量と車両重量の関係



向上させる上では、軽量化の重要性も増すことが考えられる。

二つ目の要因として、もとよりパワートレイン関連の貢献のうち、大きな比重を占めている内燃機関の改良のみでは、20年の規制値を達成することも難しいと考えられる。

マッキンゼー試算のCO<sub>2</sub>削減幅をベースにした場合、内燃機関の改良によって得られるのは、31g/kmのCO<sub>2</sub>排出量の削減である。これを基準年（10年）から試算すると、最大で平均排出量を109g/kmまで下げることができると考えられている。ただし、内燃機関の改良単体では、21年の規制値95g/kmを達成する期待は小さいであろう。

軽量化には、主に車両の構成材料に関し、①従来の鉄をハイテン（高張力鉄鋼）によって代替する軽量化、②従来の鉄をアルミニウムやマグネシウム、ハイテンによって代替する軽量化、そして③炭素繊維を主要な素材として車体を構成する軽量化、という3つのレベルが考えられる。

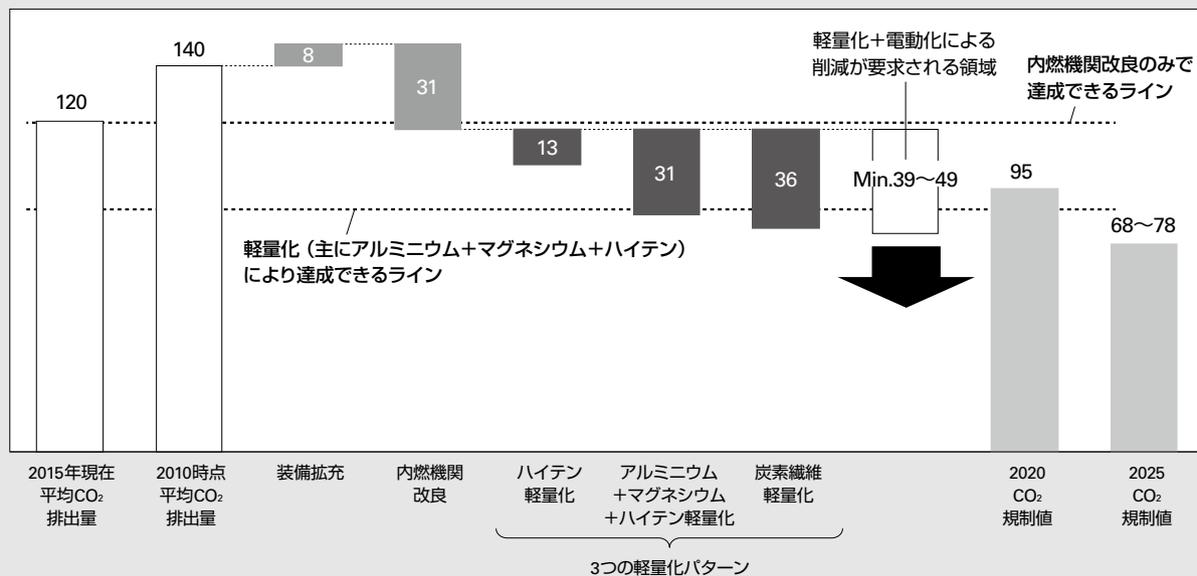
20年の規制値達成を見据えた場合、内燃機関の改良に加え、アルミニウムやマグネシウム、ハイテンを利用した車体軽量化が必須要件となる。内燃機関の改良と軽量化で合計62g/kmの削減を実現し、平均排出量を82g/kmまで下げることが期待されている。

一方、欧州で掲げられている25年の68～78g/kmの規制値を目標とした場合には、電動化も視野に入れた対応が必要になってくるであろう。内燃機関の改良を前提に据えると、最低でもおよそ40g/kmが、「軽量化+電動化」に課される削減領域となる。車両重量に換算すると400kgであり、およそ20%の減量となる。重量をコスト換算すると、OEMとしては、乗用車1台当たりの生産に、最低でも1520ドルのコスト増加が見込まれる<sup>※7</sup>（図2）。

### 3 軽量化の「アメとムチ」

前述のような燃費規制をめぐる需要に対し、欧米政府を中心に、軽量化を後押しする

図2 乗用車のCO<sub>2</sub>排出規制に対する打ち手の貢献度 (g/km)



※1) 各貢献度・影響度は、2010年を基準としたMcKinsey試算のCO<sub>2</sub>削減幅をベースに追記。「装備拡充」の影響度は、1kg/kmにつき車体重量10kg増加を前提として、NEDO調査結果に基づき、およそ10年のうちに約80kg増加すると仮定し、試算  
 ※2) 2010年、2015年度のCO<sub>2</sub>排出量の平均値、ならびに2020年、2025年の規制目標値は欧州の値を採用  
 出所) NEDO、McKinsey、European Environment Agencyなどの公開情報より試算・作成

動きが見られる。

欧州では産官学が密接に連携し、EU規模で軽量化を推進している。自動車の軽量化に関わる欧州最大の研究開発クラスターとして、SEAM (Safety Efficient Advanced Materials) という枠組が設けられており、10カ国の47機関が参画し、軽量化に併せ、安全性評価の観点からも研究開発を行っている。

また、米国のDOE (エネルギー省) では、軽量化実現に向けマルチマテリアル化を推進しており、2016年度ではおよそ2700万ドルの予算を投入している<sup>注8)</sup>。これにより、35年時点の乗用車の車体素材構成比として、ハイテン20%、樹脂20%、アルミニウムが15%の割合を占める状態が目指されている<sup>注9)</sup>。

このように欧米では、燃費規制の厳格化が進む一方で、軽量化技術の開発支援にも積極

的であり、「アメとムチ」をうまく使い分けられていることが見て取れる。

25年燃費規制に向け、少なくともこの先10年の間は、車両軽量化技術の進展が大いに期待されるであろう。素材メーカー各社は、今後の自動車事業の方向性を見定めるため、軽量化、そしてマルチマテリアル化の流れを把握しておく必要がある。

## II 非鉄の採用で先行する 欧米OEM

前述の通り、軽量化に向けてOEMはハイテンやアルミ、樹脂などへの素材置換の検討を進めている。いずれの素材を採用して軽量化を達成するかは、各OEMの設計思想やコストに対する意識によるところが大きい

日系と欧米系という分類によってアプローチの違いを見ることができる。まず日系OEMに関しては、ハイテンの採用拡大を軸として軽量化を推進している。これは、従前から有している鉄加工のアセット・技術・サプライチェーンを最大活用したいという日系OEMの思いに加えて、ハイテンで世界的に競争優位性を有している日系鉄鋼メーカーが日系OEMのハイテン採用を後押ししている点によるものと考えられる。

他方で、欧米系OEMは日系OEMに比べて、鉄以外の素材を活用した軽量化に積極的である。米系OEMはアルミ採用による軽量化を推進している。日系の高級車セグメントにおいてもアルミ採用がホワイトボディの一部にとどまるのに対して、米系の高級車セグメントでは、フードに加えて、ドア・ルーフ・フェンダーなど幅広い部位にアルミを採用している。また、ピックアップトラックのアルミ化も進んでいる。一方で、欧州系OEMは特に高級車セグメントにおいて、アルミ採用に加えて、炭素繊維強化樹脂（CFRP）などの樹脂素材を使った軽量化に最も積極的

ある。骨格材の一部にCFRPを採用するケースや、ホワイトボディ外板部に採用するケースも量産ベースで出てきている。また、その他の樹脂材料による素材置換にも積極的である。

ここでは、鉄以外の軽量化の先進事例として、フォードとBMWの事例を取り上げる。

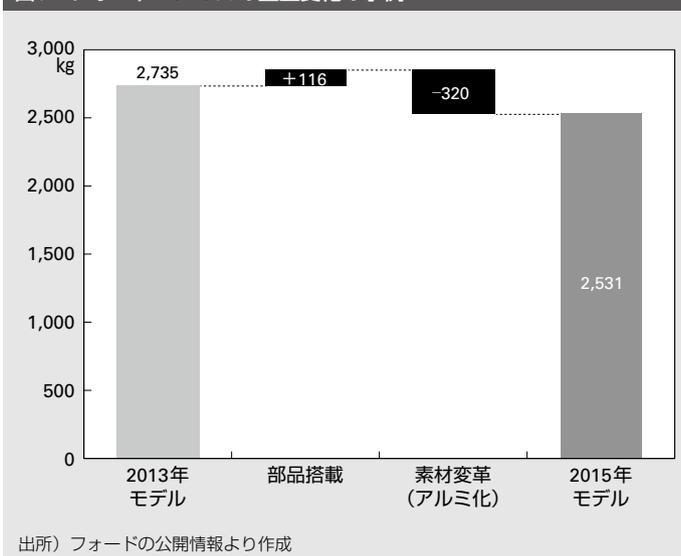
## 1 フォードの事例

フォードは同社にとっての収益の柱であるピックアップトラックF-150シリーズのボディにアルミ合金を大幅に採用し、約300kgの軽量化に成功した。アルミ合金の採用に当たっては、米アルミメーカーのアルコアと技術提携し、成形性に優れたアルミ材Micro-millを他社に先駆けて採用した。また、同社のミシガン工場をアルミ仕様の工場に全面的に改良するとともに、アルミボディの原価低減を目指して、リサイクルシステムの構築に投資するなど、同モデルにとどまらず、会社としてアルミ化に本気で取り組む姿勢を見取ることができる（図3）。

## 2 BMWの事例

BMWは全世界に先駆けて量産車のボディ材としてCFRPを採用した。具体的には、同社のi3の外板部材・骨格部材にCFRPを採用し、総計約400kgの軽量化に成功している。同社は、化学メーカーであるSGL（三菱レイヨンが買収予定）とCFRPの素材である炭素繊維（CF）、ならびに炭素繊維の織物（Fabrics）を製造するジョイントベンチャーを設立し、素材加工技術を内製化している。同社は新型7シリーズのボディの一部にもCFRPを採用することを表明しており、会社

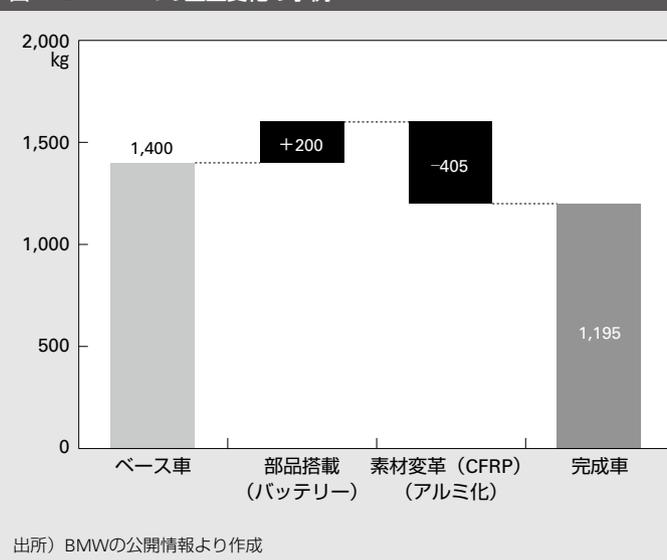
図3 フォード：F-150の重量変化の事例



としてCFRPによる軽量化を推し進めていく  
という意思を見て取ることができる（図4）。

軽量化の手段としてどの素材を選択するかは、多分に各OEMによるものの、前述の通り地域によって選択している素材の違いを見て取ることができる。この理由の一つとして、各地域によって強い素材メーカーが異なっていることが挙げられる。表1は素材別の上位企業を示しており、日本は鉄鋼メーカーが、米国はアルミメーカーが、欧州は樹脂メーカーが相対的に他地域に比べて強いという傾向が見て取れる。この点から、各極で強い素材メーカーが各極のOEMの軽量化を後押ししている構図が考えられる。OEMの技術開発だけでなく、素材メーカーの働きかけ・協力なくして軽量化は達成できない。翻って、素材メーカー視点では、いかにOEMの素材置換をサポートするかが、自社事業の成

図4 BMW : i3の重量変化の事例



長を考える上で重要な論点となる。Ⅲ章では、軽量化に対する各素材メーカーの戦い方を考察していく。

表1 主要自動車素材の上位企業

鉄鋼メーカーの売上高上位5社				アルミメーカーの板材生産量上位5社				樹脂メーカーの売上高上位5社			
日系のシェアは低下傾向だが高付加価値品（ハイテン）ではリード				米国勢が多極を圧倒				上位の欧州勢が樹脂化を牽引			
順位	企業名	売上高 <sup>*1</sup> (兆円)	所在国	順位	企業名	生産量 <sup>*2</sup> (千トン)	所在国	順位	企業名	売上高 <sup>*3</sup> (兆円)	所在国
1	Arcelor Mittal	7.7	ルクセンブルク	1	Alcoa (アルコア)	2,800	米国	1	Dow + DuPont	9.0	米国
2	POSCO	6.2	韓国	2	Novelis	2,500	米国	2	BASF	6.9	ドイツ
3	Thyssen Krupp	5.9	ドイツ	3	UACJ	1,400	日本	3	LyondellBasell Industries NV	4.0	オランダ
4	新日鐵住金	4.9	日本	4	Hydro	1,300	ノルウェー	4	Sabic	3.8	サウジアラビア
5	JFEホールディングス	3.4	日本	5	Chinalco	1,300	中国	5	三菱ケミカルホールディングス	3.8	日本

出所) 高炉鉄鋼業界に所属する各社IR情報

出所) UACJ公開情報

出所) SpeedaよりNRI作成

※1) 各社の売上高は、2016年5月時点で各社が公表している直近期の結果を掲載

※2) アルミニウムの生産量に関しては、UACJが公表している数値（概数）を採用（年数は不明であるが、直近であるものと推察）

※3) IR資料において自動車を注力領域として位置づけている化学メーカーのみを選択。2017年3月時点で各社が公表している直近期の結果を掲載

### Ⅲ 素材メーカーを取り巻く 戦い方の変化

#### 1 単一素材内の戦いから 異種格闘技戦へ

従来は、鉄鋼メーカー間、アルミメーカー間、樹脂メーカー間における「閉じた戦い」がメインであり、物性の優越によって優位性を築くことが各素材領域における競争優位の構築に直結していた。しかし近年は、OEM自身も自動車の素材に求めるニーズが手探り状態になっているため、素材選択まで含めて提案できる素材メーカーがOEM・Tier1との顧客接点を強固にしつつある。

たとえば、大手素材メーカーのBASFは、世界3カ所（ドイツ・日本・中国）にdesignfabrikというデザインから提案するセンターを開設し、顧客のデザイン段階から素材選択の相談に乗る形で、OEMに対する顧客接点を強化している。designfabrikでは、BASFが抱える素材だけにとどまらず、必要に応じて木や鉄などの素材を使ったデザイン・質感も含めた、総合的な素材提案をコンセプトとしている。

このように、素材メーカーには「こんな材料があります」というプロダクトアウト的なアプローチではなく、「この部品でこんな新しい機能をこのレベルの信頼性で実現するためには、この材料をこのように加工すべきです」と、顧客ニーズに基づき、素材メーカーならではの知見も融合させたフレキシブルなアプローチが求められている。

#### 2 求められるアプリケーションナレッジ

これまで述べた顧客起点のアプローチを実

現するためには、顧客の製品や加工プロセスへの理解（アプリケーションナレッジ）が必要不可欠になる。

具体的には、部品の要求仕様を踏まえて素材の使用量を削減する（薄肉化する、トリミングする）、メンテナンス低減につなげる、加工スピードを高める、加工工程を削減するなど、素材のスペック以外のポイントでOEMに対して価値訴求する必要がある。特に、マルチマテリアル化によって抜本的な材料置換を行う場合は、顧客の生産設備上の課題をいかに解決するかが成功要因の一つであり、そのための加工方法の開発に向けた、川上・川下プレイヤーとの協業が重要性を増している。

マルチマテリアル化の一例を挙げると、鋼板を薄肉化し、炭素繊維強化複合材（以下、CFRP）を裏打ちして補強・補剛するケースが挙げられる。このような複数材料を組み合わせる加工ラインでは、線膨張係数が異なる材料を扱うため、塗装時の温度の上昇下降を従来よりも緩やかにする必要がある。そのため、従来は約70mであった塗装ラインが、マルチマテリアル化専用ラインでは200mを超えるケースもあるといわれている。このような、加工プロセスの抜本的な見直しにまで踏み込んで顧客と向き合った上で、新たな素材の活用を提案する必要がある。

#### 3 顧客接点の重要性

アプリケーションナレッジを高めるために、素材メーカーには、これまでとは違うOEMとの接点の持ち方が求められる。

OEMは通常、取引していない素材メーカーに対しては図面を開示しないため、素材メ

メーカーからすると、いかに部品の図面を取得するかが大きなハードルになる。OEMは、多くのサプライヤーに対して図面を提供せず、限られた信頼するサプライヤーにしか図面を開示しない。このため、OEMから図面を提供してもらえる関係をいかに構築するかが重要な差別化ポイントとなる。

たとえばアルコアは、100人規模で生産技術部隊をフォードに送り込むなど、生産技術部隊との顧客接点を強化したことがF-150のアルミ化の成功要因だったと見ることもできる。さらに、BASFも1000人規模のシミュレーション人員を配置するなど、顧客の設計支援をサポートすることで、OEMやTier1からの情報を吸い上げる仕組みを構築している。

このように、顧客接点をいかに強化するかが競争優位性の構築で重要になりつつある中で、次節以降では、鉄鋼・アルミ・樹脂のそれぞれのプレイヤーの動向を概観する。

#### 4 鉄鋼メーカーを取り巻く環境変化

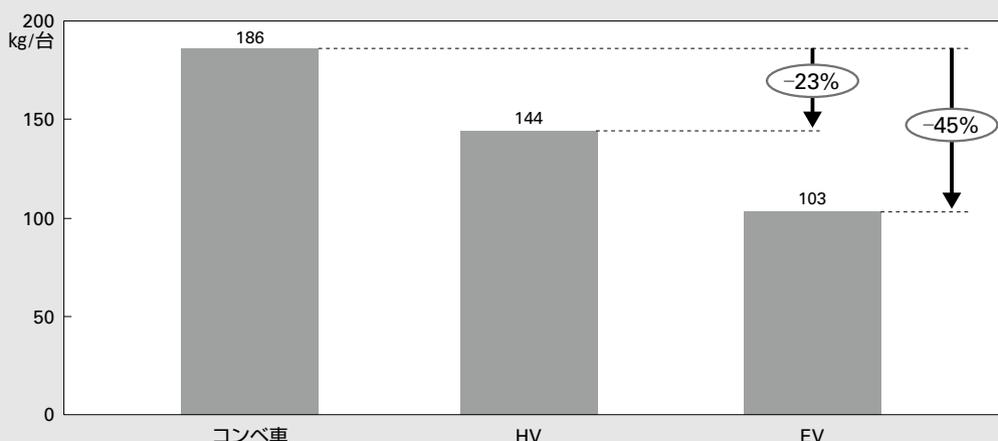
OEMは、鉄鋼の扱いに関して持っている

技術や事業資産を使い切るため、できるだけ鉄鋼の性能を引き上げたい、という基本方針を持つ。車両組立の工法は鉄向けに最適化されているため、鉄からアルミや樹脂などへの抜本的な材料置換には生産設備上の課題が存在する。このため、生産設備部隊のパワーバランスが強いOEMにおいては特に、当面は、鉄鋼の性能を最大限に高めていくスタンスを持っている。

特に日系OEMの場合は、「鉄は国家なり」という戦前から続く日本の産業政策の影響もあり、ハイテン化を推し進めてきた。日本では鉄鋼メーカーのプレゼンスが他地域と比較して大きく、鉄鋼メーカーは、自動車メーカーに対して唯一、強気で交渉できるサプライヤーといってもよい。鉄鋼メーカーの影響もあり、日系OEMの多くは、「鋼板を用いて、軽量化の限界に挑戦する」方針を掲げている。

一方で、自動車の電動化に伴い、たとえば鍛造品は重量ベースで半減する見通しであり、従来の鉄鋼に依存したビジネスモデルはいずれ縮小に向かうことが想定されている

図5 パワートレイン別特殊鋼搭載量



※5人乗り5ドア車で、電池を除く車体重量がほぼ同じ車種を選定  
 ※比較対象としている車種の発売年数は異なる  
 出所) 2016年6月20日付『日刊工業新聞』より作成

(図5)。

また、長期的に、自動運転によって鉄鋼が不利な立場に追いやられる可能性も否定できない。自動運転社会が実現した場合、「ぶつからない」ことが前提になるため、現在は法令で規定されている強度・剛性を必要としなくなる可能性もある。こうなると、素材選択の視点が、強度・剛性・コストの最適化から、コスト・軽量化・デザイン性の最適化に変化していく可能性もあり、その場合には軽量化・デザイン性に劣る鉄鋼が選ばれなくなっていくと考えられる。実際に、欧州のダイムラーは、「仮想車体」というコンセプトで、先進安全技術によって衝突ダメージを軽減することで、車体の衝突安全基準・アセスメント自体を見直そうという動きを見せている。

## 5 アルミメーカーを取り巻く 環境変化

アルミ化は特に米国における進展が期待されている。米系OEMは、その利益の約9割をピックアップトラックから得ているといわれている。収益源であるF-150やSilveradoなどの旗艦車種は、2016年から25年に向けて30%もの燃費改善が求められている。米系OEMの軽量化戦略として、電動化という選択肢も想定されているが、彼らからすると、ハイブリッド化は、ピックアップトラックの商品力に直結する牽引能力の減少につながるため、消極的である(電池重量の増大によって、牽引能力が下がる)。このため、米系OEMは、収益源である虎の子のトラックについては、当面は電動化より軽量化で燃費を稼ぐ方針であるため、素材メーカーにとっての提案余地

が大きい。

米系OEMが軽量化の最有力候補としてアルミに注目していることもあり、米国の自動車のアルミ使用量は12年から25年までに倍増する見込みである。

アルミはリサイクル性が高い材料であり、リサイクル網の確立が成功要因である。アルミはコストの半分が電力代といわれる素材である。二次生産のアルミが排出するCO<sub>2</sub>量は、ヴァージンアルミに対して92%少ない。一般的にリサイクルアルミはヴァージンアルミの半値以下で取引されている。今後、アルミが大量に使われることになり、リサイクル材の流通量が増えると、コストがさらに下がることが想定される。特に、電力代の安い米国では、日本と比較してもアルミ化のコストメリットが大きい。

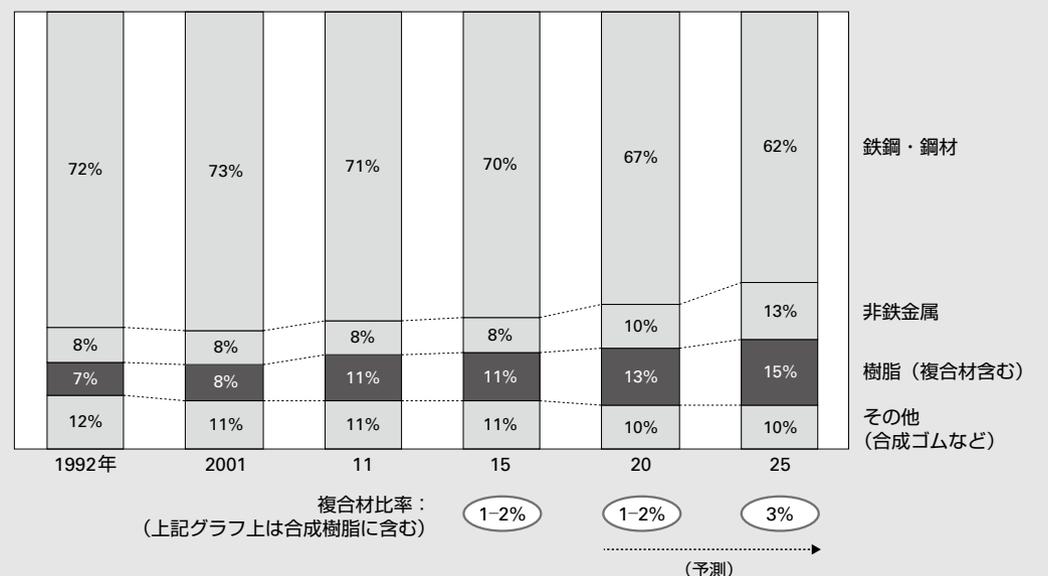
このような事業機会の拡大をにらみ、米最大手アルミメーカーのアルコアは、12年頃から、下流工程における高付加価値化で成長する戦略を明確化している。地金・精錬までの上流工程は、コモディティ分野としてコスト削減のために15年9月に分社化。川下領域にフォーカスする姿勢を鮮明に打ち出していることから、アルミメーカーにとっての顧客接点強化の重要性が見て取れる。

## 6 樹脂メーカーを取り巻く 環境変化

樹脂メーカーにとって注目すべきトレンドの一つは、炭素繊維やガラス繊維に代表される、繊維強化プラスチックなど樹脂の採用拡大である(図6)。

特にCFRPについては、BMWによるi3やi8への採用が大々的に報道されているが、うま

図6 車体の材料構成比（重量ベース）の推移



出所) 日本自動車工業会・BASF資料・Henkel資料などより推測

く工場が稼働しておらず、「BMWはCFRPに絶望した」といわれているのが実態である。本来はCFRP専用工場であったはずだが、あまりに稼働率が低くなってしまったため、サプライヤーから金型を回収してきてコンベアの部品を作って稼働率の維持に努めているともいわれる。高級車である7シリーズでは、CFRPを前面に押し出すのではなく、補強・補剛という使い方で、パッチワーク的に使う現実解を志向している。

このように、コストが高くて量産車への適用に向けては課題が残るCFRPに代わって、ガラス繊維強化プラスチック（GFRP）が脚光を浴びている。CFRPで強い帝人も、近年、GFRPの部品メーカーである米・CSP（Continental Structural Plastics）を買収することで、将来的にはCFRPを狙いつつ、足元の現実解としてのガラス繊維の需要を刈り取りに来ている。

ただし、CFRPやGFRPのような複合材料はこれまで自動車における主要な素材でなかったため、OEMにとって加工プロセスまで含めたノウハウが蓄積されていない。このため、素材メーカー側からの加工方法まで含めた支援が求められている。独大手化学メーカーのBASFやLanxessは、数百人規模ともいわれるCAE部隊を抱え、顧客であるOEMやTier1を設計段階から支援する体制を整えている。

また、OEMは複合材活用により、100kg単位の軽量化にとどまらず、「形状自由度向上」と「加工プロセス短縮」の2つのメリットも享受できる。素材メーカー側からすれば、軽量化にとどまらない、「樹脂ならではの」訴求ポイント（例：外観やデザイン自由度）が必要になる。たとえば、軽量化が全く求められないシステムキッチンでは、鉄では実現できない「樹脂ならではの」デザイン

性や外観が訴求され、既に出荷比率における樹脂比率が6割を超えている。このように、他業界からのレッスンも踏まえつつ、自動車メーカーへの提案力を高めていくことが求められている。

さらに、樹脂メーカーは、鉄鋼メーカーやアルミメーカーと比較して製品の数が多く、少量多品種なビジネスであるため、各事業部の営業部隊や技術営業部隊が、身近な売り先に行ってしまう、本来アプローチすべき顧客に対して組織的にアプローチできていないことも散見される。点での営業ではなく、組織として面でアプローチする戦い方の重要性が、より一層高まっている。

## IV マルチマテリアル化の成功要因

ここまで、マルチマテリアル化の動向と鉄・非鉄金属・樹脂メーカーの各々の動向について述べた。一方、マルチマテリアル化と材料代替が進むにつれて、鉄・非鉄金属・樹脂の垣根が消失し、従来とは異なる市場構造と競争環境が生じると予想される。本章では市場と競争環境の変化を見通すとともに、その変化に乗じて事業を拡大するために素材メーカーとして必要となる機能=成功要因を導出する。

### 1 市場と競争環境の変化

#### (1) 市場の変化

燃費・CO<sub>2</sub>排出規制の厳格化に伴い、自動車の軽量化が進むことは、第I、II章で述べた通りである。特にアルミによる鉄の代替が先行しており、今まさに市場成長期に差し掛

かる時期にあるといえる。次いで樹脂による鉄・アルミの代替が進むものの、アルミと比べると適用事例は限定的であり、市場形成に時間を要す見通しである。野村総合研究所(NRI)では2025年の自動車材料市場を、鉄鋼鉄3400万トン/年、ウルトラ・ハイテン3200万トン/年、アルミ1400万トン/年、樹脂1600万トン/年と予想している。アルミ・樹脂の市場成長性は著しいものの、25年時点ではいまだ鉄が自動車材料の主流であることがうかがえる。

#### (2) 顧客要望の変化

先進国の自動車OEMにとって燃費改善・軽量化は待ったなしの重要課題であり、材料代替を推進する意向があることは間違いない。しかし、それを拙速に推進し難い3つの理由がある。

第一に、自動車OEMの目的は軽量化・燃費改善であって、材料代替はあくまで手段である。すなわち、特定の材料や加工技術に固執せず適材適所(マルチマテリアル)のスタンスを貫いている。このため材料選定においては、部品ごとに複数種類の材料の比較と適用可能性の検討が必要となり、それに資する技術情報をサプライヤーに求めるようになる。

第二に、選定された材料を実装するに当たり、新たな部品加工技術が必要となることが多い。この点、自動車OEMは鉄の加工の知見蓄積があるものの、アルミや樹脂の最先端の加工技術まで使いこなすには至っていない。加工技術や評価技術などにおいては、現時点では素材メーカーや装置企業の方が詳しい局面にあるため、自動車OEMはこれらの

サプライヤーからの情報や開発サービスの提供、さらには協力関係構築を求める。

第三に、軽量化がいくら重要な課題であっても安全性を損なうことはできないので、材料代替に当たっては材料の性能以上に信頼性を重んじる。サプライヤーには材料の利用実績や評価データを求める。

### (3) 競争環境の変化

従来は材料の種類によって参入企業が住み分け、鉄同士、アルミ同士、樹脂同士の戦いだった。しかし、マルチマテリアル化の進展に伴い業界の垣根が消失した状態となり、鉄・アルミ・樹脂がそれぞれ代替・競争し合う状態となる。とはいえ、アルミ化・樹脂化は成長途上で業界構造も流動的、かつ現時点で勝者は明確ではない。

このような状況の下、大手の先行素材メーカーは材料のモノ売りではなく、加工や接合技術を組み合わせた提案を行うことで顧客の材料選定を促している。これらの企業が実績とデータを積み重ねていくと、将来は実績とデータの有無が新規企業に対する参入障壁に

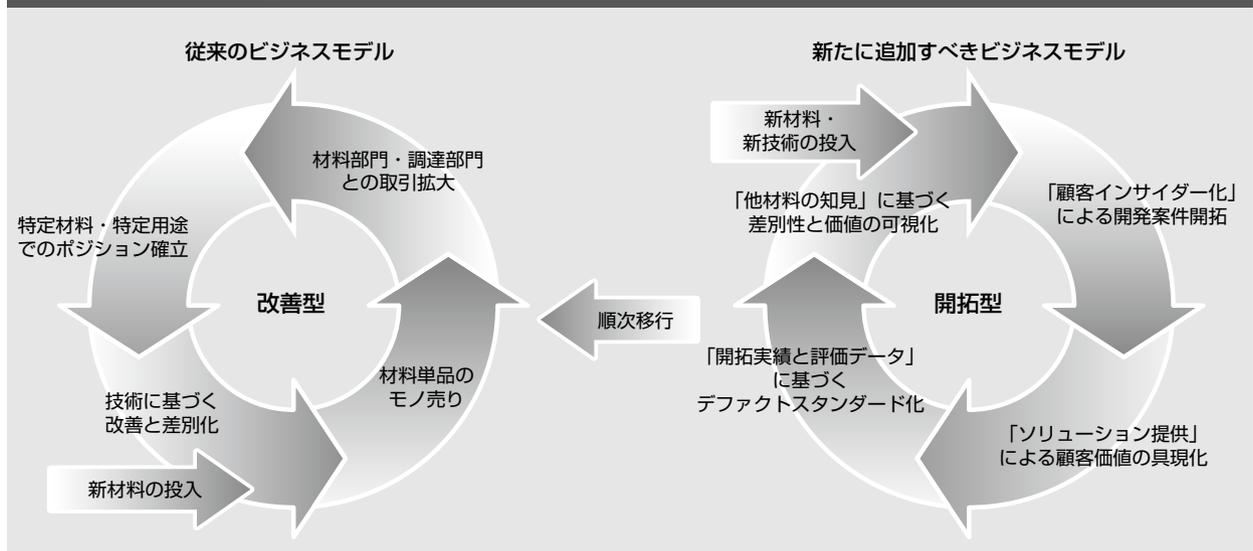
なる可能性がある。

## 2 素材メーカーとしての成功要因

マルチマテリアル化は自動車OEMにとって重要課題であり、素材メーカーとの協業によってそれを実現する時期に差し掛かっている。鉄からアルミ・樹脂への代替が進むと考えられ、それらの市場はまだ萌芽期～成長前期の状況にある。しかし、信頼性を重視する業界なのでスイッチング障壁が存在することを鑑みると、市場萌芽期とはいえ、今、実績作りで先行した企業が将来の勝者となる可能性が高い。それを見越した大手素材メーカーは、材料と加工・評価などを組み合わせたソリューション提供を実施するとともに、実績とデータの蓄積を急いでいる。

一方、多くの日本の素材メーカーは、技術の強みを活かした性能・品質の改善で差別化した商品を提供する事業、いわば改善型のモノ売りビジネスで戦ってきた。競争相手が樹脂同士、金属同士の従来の事業環境下ではこのモデルは有効に作用していたものの、マルチマテリアル化の流れの中では、情報や提案

図7 マルチマテリアルで構築すべきビジネスモデル



を求めるOEMの要求に応えられないため、材料代替を推進するモデルとしては作用しにくい。今後は、材料代替の機会開拓を推進する戦略へと転換することが望ましい。先行企業の動きを参考に、開拓と普及を促すビジネスモデルと従来との違いを図7に示した。

本稿では従来のビジネスモデルを「改善型」、新たなビジネスモデルを「開拓型」と呼ぶこととする。マルチマテリアル化に対して、市場萌芽期は開拓型のモデルで案件開拓と実績構築を行うことでマーケットポジションを築くことが重要となる。以下、このモデルの構成要素について説明する。

### (1) 顧客インサイダー化による 開発案件の開拓

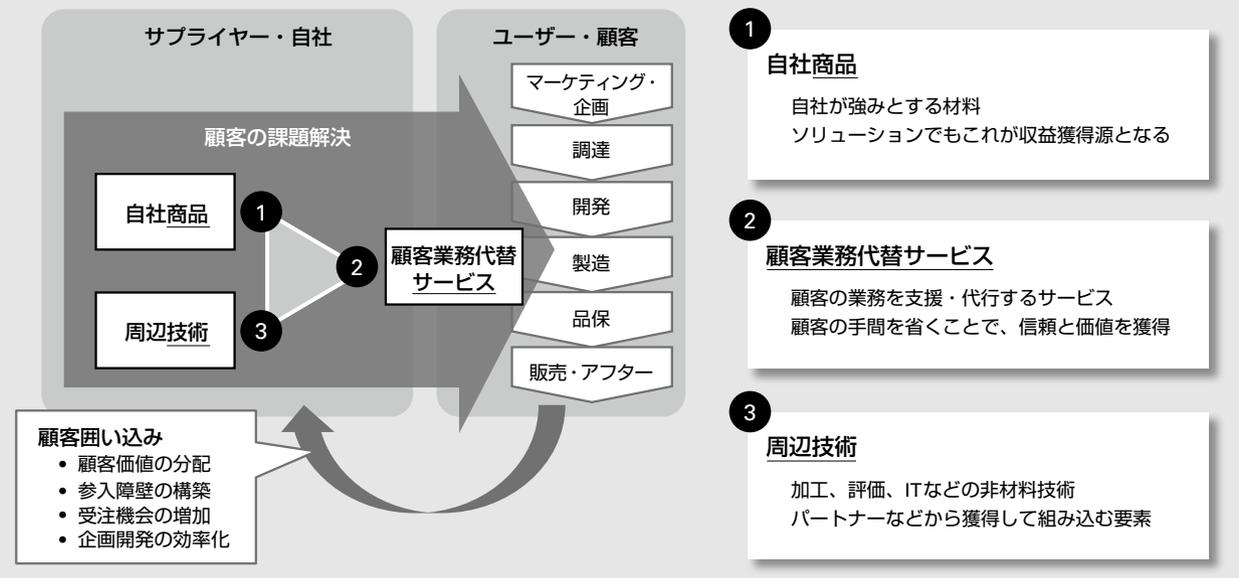
顧客インサイダー化とは、顧客内のキーパーソンと緊密な人間関係を構築するとともに、顧客内で秘密裏に生じた材料代替の機会や案件を早期に開示してもらえる地位を築くことを示す。調達部門や材料部門だけでなく、開発部門・設計部門・企画デザイン部門

などのインサイダーとなることで、自社材料以外の案件情報も獲得できる可能性が広がる。マルチマテリアル時代には、自社材料案件だけでなく他材料の開発案件についても動向を把握し、自社の提案機会があれば介入することが重要となる。従来の顧客（調達や材料部門）に対する御用聞き営業でそれを実現するのは難しいため、提案型の技術営業やマーケティング機能を具備する必要がある。

### (2) ソリューション提供による 顧客価値の具現化

NRIでは、材料の提供だけでなく自動車の設計・開発、生産などの顧客の業務に踏み込んだサービスも提供することを、材料業界における「ソリューション」と定義している。ソリューションの実現には、「強い材料」に加えて、「顧客の製品や業務に関する深い知識」と、「加工・接合・評価などの周辺技術」の3つの要素をそろえて組み合わせることが重要となる。素材メーカーにおけるソリューションモデルの要諦については筆者らに

図8 ソリューション型ビジネスモデルの概要



よる別の論文で述べているので、併せて参考にされたい（『知的資産創造』2016年4月号「ソリューションモデルにシフトする高機能材料産業」図8）。

マルチマテリアル化におけるソリューションの例として、以下のような取り組みが考えられる。

- 材料の適用先（部品）と適用時の性能／軽量化効果・コストなどの明示（設計支援）
- 材料を使いこなすための新加工プロセスの共同開発（生産技術開発支援）
- 新材料・新加工プロセスを用いた部品の受託生産（生産支援）
- 新材料・新加工プロセスを用いた部品の補修方法提供（販売・サービス支援）

### (3) 他材料の知見に基づく差別性と価値の可視化

他材料の知見とは、鉄、非鉄金属、樹脂など各々の材料の物性や加工性などの技術知見、サプライヤーや生産量、コストなどの業界知見、過去の利用実績や各材料の得手・不得手の定性的理解といったことを示す。「新材料を提案する際は従来材料との違いをデータで明示してほしい」と要望する自動車OEMは少なからず存在する。

このような顧客に対し、自社材料と代替を狙う材料の優劣比較の情報を提供することで、顧客による自社材料評価や自社の有利な材料選定の動機付けを期待できる。また、新材料を提供する際に従来品・競合品との差別性を明示することで、顧客内での適用可能性の検討を促し、潜在的な適用案件の開拓につなげることも期待できる。

### (4) 開拓実績と評価データに基づくデファクトスタンダード化

デファクトスタンダード化は、世の中で特定の技術や規格が顧客に幅広く使われ、「事実上の標準」ともいえる高シェアの状態を作ることである。そのためには、市場萌芽期に特定領域でのシェアを伸ばすためのスピーディーな展開と投資が必要となる。また、材料技術に加えて設計や評価の方法も含めて技術を体系化することで、顧客の採用促進やスイッチング予防を行うことも重要となる。

自動車の材料代替の場合は将来的に業界標準が作られる可能性もあるが、その際に主導的立ち位置を取るためにも市場萌芽期の今のうちにデファクトスタンダード、またはそれに準ずるマーケットポジションを構築することが重要である。

### (5) 改善型と開拓型の連携

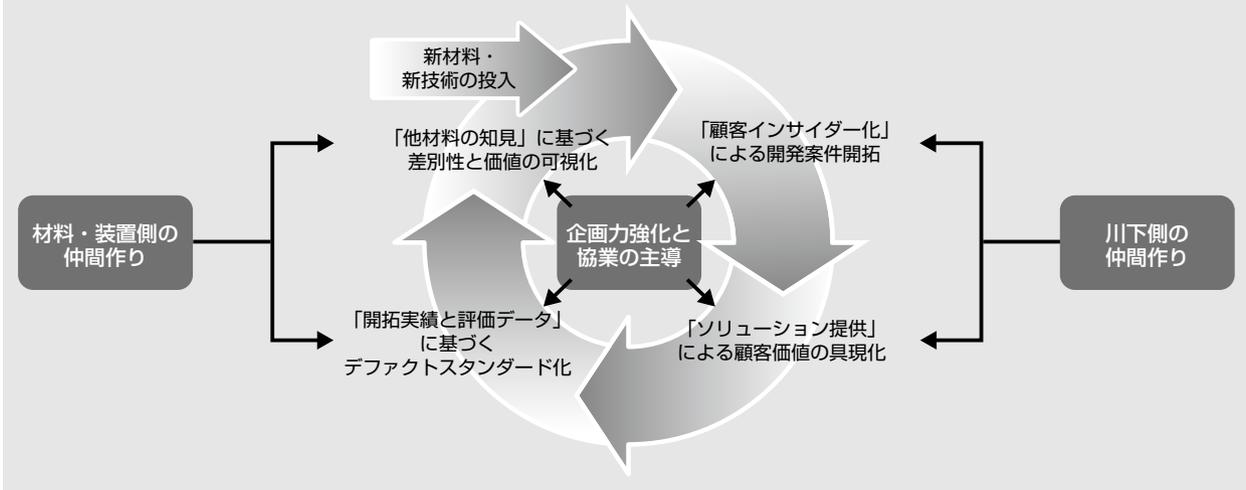
ここまで述べたように、改善型モデルは技術視野を他材料にまで広げ、顧客に深く入り込み、材料代替の開発案件を開拓・具現化し、標準化によって普及を促すものである。採用実績ができ、技術もこなれてきた将来については、開拓型から改善型のサイクルで効率的にビジネスを回すことも選択肢となり得る。

## V 成功要因を踏まえた素材メーカーの戦い方の変化

### 1 戦い方の変化

マルチマテリアル化の機会を獲得し、収益につなげるための開拓型のビジネスサイクルを構築・実行することの重要性について述べ

図9 マルチマテリアル時代のビジネスモデル構築のための重要機能



た。しかし、これはあくまで理想的な姿であり、素材メーカーの現状とのギャップは小さい。実際、マルチマテリアル化にこれから参入・強化する企業群にとっては「やるべきことだらけ」「時間がかかる」「自社単独ではやり切れない」との見方が強い。一方、競争環境は実績作りのスピード勝負の状況下であるので、時間をかけずに不足を補い、足早に開拓型のビジネスモデルを具備することが課題となる。

時間短縮の方策として他力活用が有効であることは広く知られている。開拓型ビジネスモデルの構築においても有効であると考えられる。実際、化学企業による自動車部品メーカーおよび金型メーカーの買収や、エンジニアリング会社や装置メーカーとの協業、OEMとのパートナーシップ構築などの事例が出始めている。これらの事例を参考に、開拓型ビジネスモデルの構築に必要な活動として「川下側」と「川上側」の2種類の他力活用と、それを主導する機能としての「企画力強化」が重要であると考えられる（図9）。

以下、各々について説明する。

### (1) 川下側の他力活用

顧客のインサイダー情報を基にソリューションを提供するためには、素材メーカーの顧客基盤や技術対応力のみでは力量不足となることが多い。そのため、より顧客に深く食い込み、材料のみならず部品開発、生産技術開発、設計・評価などに既に食い込んでいる企業の事業資産を活用することで、自社のマルチマテリアル事業の開発加速を期待できる。パートナーの例としては、自動車部品メーカーや、設計会社、エンジニアリング会社が考えられ、主に川下側の企業となることが多い。

一方、川下企業は素材メーカーにとっての顧客にもなり得るため、素材メーカー側には材料供給のみを求め、ソリューション開発まで踏み込んだ協業に至らないケースが多い。このような場合でも協業を前に進めるためには、素材メーカー自身が前もってソリューションの構想を保持する必要がある。そのため

に後述の「企画力強化」が必須となる。

## (2) 川上側の他力活用

マルチマテリアル化では、自社の取り扱い材料のみならず、他社・他業界の材料や加工プロセスなどの幅広い知見が必要となる。それらを短時間で獲得するに当たり、他社OBなどの業界専門家の登用が有効である。

一方CFRP業界で見られるように、ある材料を自動車業界に投入する目的を同じにする素材メーカー、加工装置企業、設計・評価企業などの群があった場合、コンソーシアムを作ることで、サプライチェーンや標準規格の構築を加速し、顧客である自動車OEMが採用しやすい状況を作ることも有効となろう。

## (3) 企画力強化

いわゆるマーケティング力強化に相当する。マルチマテリアル化では、自社材料案件だけでなく他材料の案件にも口を出すことで、材料代替の機会を掘り起こさなければならない。そのためには、顧客（調達や材技）への御用聞き（営業）では機能として不十分であり、提案型のマーケティングが必要となる。さらに、調達や材技だけでなく、先行開発・設計・デザイン・商品企画・生産技術といった幅広い部署に接触しなければならない。これらを可能とするマーケティング機能として、筆者らはMTPの3つの要素をそろえ、連携させることを提唱している。

3つの要素とは、顧客情報を得て創出すべき価値を定める機能（M：メーカー）、顧客価値を創出方法に関する技術的理解を深め開発テーマに落とし込む機能（T：トランスレーター）、顧客やテーマの選定、ビジネ

スモデル設計と組織間連携を主導する機能（P：プロモーター）であり、この3つをそろえて連携させることが重要となる。マーケティング力強化方法については、筆者らによる別の論文にも記載があるため参照いただきたい（『化学経済』2014年7月号）。

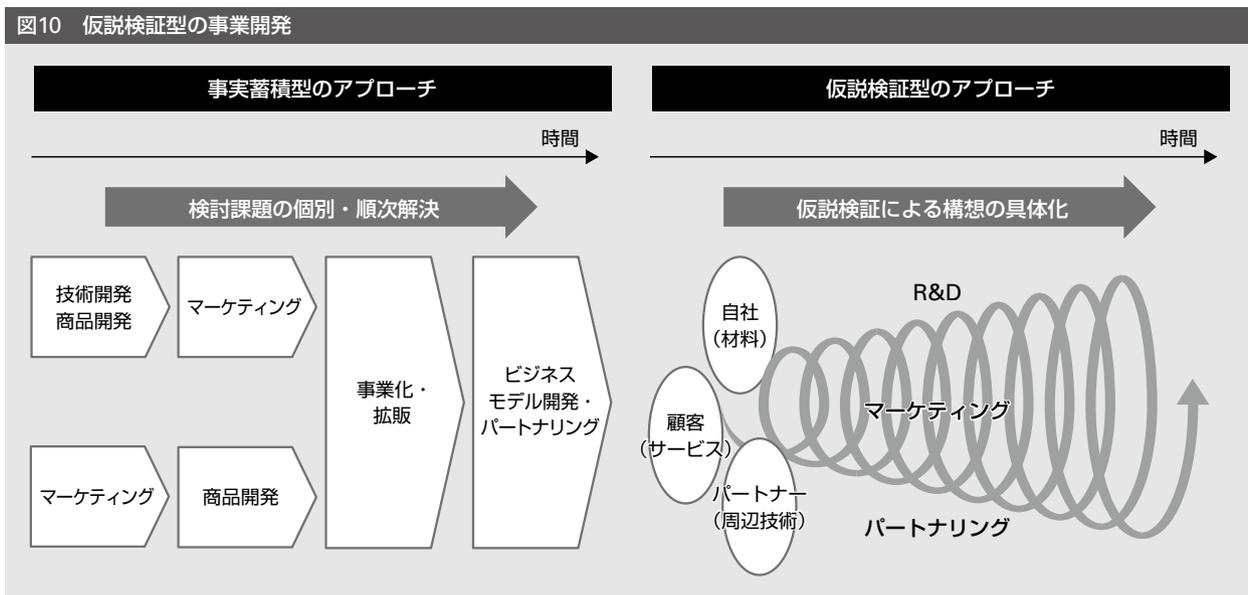
## 2 ビジネスモデル変革のシナリオ

マルチマテリアルのビジネスモデルでは、顧客インサイダー化やソリューション提供などの現場情報に基づく具体的な施策や提案が不可欠となる。一方、社内の組織連携や他社連携、他社人材活用など、現場だけではやり切れないことも多い。従って、経営と現場の協力の下、実際の事業開発を進めつつ、前述の2種類の他力活用と企画力強化を並行して進める方法を採用するのが望ましい。その一案として、仮説検証型の事業開発モデルの適用を提案する。本節ではその進め方について論じる。

従来はR&Dまたは顧客要望起点で新商品を開発する「事実蓄積型」の事業化開発モデルが取られることが多かった。この手法は、技術や顧客要望が明確な場合に適用可能で、確実に商品開発を進められる点で優れる。一方、マルチマテリアル時代では、顧客要望が不明確であり、材料に加えてソリューションの提供が求められるため事業開発は複雑化する。この対策として仮説検証型の事業開発が有効と考えられる。これはまず手持ちの情報だけで初期的なソリューション仮説を構築し、これをR&D、マーケティング、パートナーリングの活動を通じて検証・具体化する方策である（図10）。

仮説検証型事業開発では、まず初期仮説と

図10 仮説検証型の事業開発



としての事業構想の構築が必要である。マルチマテリアル化のトレンドを踏まえたターゲット事業領域とビジネスモデルの設定が、事業構想の主たる内容となる。この構想の実現に向けて、以後R&D、マーケティング、パートナーリングを推進することになる。

これらの検討では、川上側・川下側の幅広い知識を踏まえる必要があるため、戦略検討チームへの社外人材の登用・採用や、社内の総力を結集する必要性から横串組織とすることも視野に入れるべきである。このような検討チームは現場主導では構築しにくいいため、経営の指示に基づくチーム編成とミッション化が重要となる。先行する素材メーカーでは同活動が経営の指示の下で動く全社プロジェクトとして位置付けられていることも多い。

さらに、経営層はこの仮説検証型の事業開発を加速する役割を担うことが求められる。仮説検証型は複雑な事業開発で有効である一方、複雑であるが故に具体化や進捗が見られず立ち消えになるリスクをはらんでいる。経

営層は、活動の進捗管理と課題の把握、対策としての支援を行い続ける必要がある。また、事業開発が進展し、マルチマテリアルビジネスの要諦を理解でき始めた折には、M&Aのような積極的な手段で事業化を加速することも重要であり、その判断も経営層の役割となる。判断のタイミングを見逃さないために、あらかじめPDCA管理の仕組みと判断のためのマイルストーンを設けておくことが望ましい。

### 3 開拓型のビジネスモデル 実現に向けて

本稿では、マルチマテリアル化は素材メーカーにとって重要な事業機会になり得ることと、その獲得に向けた鉄、非鉄金属、化学業界の動きについて紹介した。その分析を通じ、マルチマテリアル化の機会獲得には「開拓型のビジネスモデル」を具備することが重要であり、そのスピードを速めるために「川上側・川下側の他力活用」「企画力強化によ

る主導力向上」が鍵となること、またその獲得に当たっては仮説検証型の事業開発の推進が有効であることを述べた。これらがマルチマテリアル化に対応する素材メーカーの一助になれば幸いである。

#### 注

- 1 OEM: Original Equipment Manufacturing。最終製品製造会社であり、本稿においては自動車メーカーのことを指す
- 2 ICCT, 2013, <http://www.theicct.org/blogs/staff/eu-vote-cars-co2>
- 3 ICCT, 2014, <http://www.theicct.org/info-tools/official-pv-fuel-economy-data-sources>
- 4 パワートレイン: Power Train。エンジンやエンジンで作られた回転力を駆動輪へと伝える変速機(トランスミッション)やプロペラシャフトを含む自動車の駆動装置のこと
- 5 吉田隆 他「自動車の軽量化テクノロジー—材料・成形・接合・強度、燃費・電費性能の向上を目指して」2014
- 6 NEDO「車体軽量化に関わる構造技術、構造材料に関する課題と開発指針の検討」2015(2020年の14年比43kgの増加は、CO<sub>2</sub>排出量にしておよそ5gの増加になる)
- 7 NRC「Cost, Effectiveness and Deployment of Fuel Economy Technologies for Light-Duty Vehicles」2015によると「アルミニウムやマグネシウム、複合材による0~20%の車体重量の削減」には1lb当たり1.9ドルかかるとされている。

これを1kg当たり3.8ドルに換算して試算した

- 8 VTOのWebサイトより作成
- 9 DOE, 2010, 「Materials Technologies」

#### 著者

藤田誠人(ふじたあきひと)

グローバル製造業コンサルティング部自動車産業グループ主任コンサルタント

専門は自動車産業における事業戦略立案、新事業開発、欧米を中心とするM&A・アライアンス戦略、欧米自動車産業への拡販支援など

中島崇文(なかしまたかふみ)

消費サービス・ヘルスケアコンサルティング部素材・Medtech産業グループ上級コンサルタント

専門は材料産業における技術経営改革、新事業開発、M&A戦略、各種実行支援など

池幡 論(いけはたさとし)

経営コンサルティング部バリューアップコンサルティンググループ主任コンサルタント

専門は自動車メーカーのグループ戦略、技術戦略、調達戦略の立案、部材メーカーの自動車領域参入実行支援、総合商社の事業構造改革など

岡野翔運(おかのしょううん)

グローバル製造業コンサルティング部電機・機械グループコンサルタント

専門は自動車OEMの業務改革支援、化学メーカーの新規事業検討支援、電機電子メーカーのR&Dマネジメント支援など