

ものづくり産業のイノベーション促進策 に関する調査研究報告書

—我が国ものづくり産業を支える部素材産業のイノベーション創発機能の維持強化—

平成24年3月

財団法人 企業活力研究所

日本が生んだ世界のスポーツ



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです

<http://ringring-keirin.jp>

要 約

厳しい経済環境下にあつて、我が国のものづくり産業が競争力を維持強化していくためには、技術革新、市場創造などのイノベーションが不可欠であり、近年、ものづくりのイノベーションを促進する鍵として、部素材産業の役割に注目が集まっている。

そこで、本調査研究では、我が国の部素材産業の現状を整理し、先進事例研究を行い、それらの結果を踏まえて、我が国の部素材産業がものづくりイノベーションに果たす役割や期待、強みと課題について分析を行い、そして課題解決の方向として、我が国部素材産業のイノベーション創発機能の維持強化のあり方について検討を行った。

I. 我が国の部素材産業の現状と課題

1. 我が国の部素材産業の特徴

我が国の部素材産業は、機能性化学分野を中心に、市場規模が相対的に小さくとも高いシェアを確保している製品を多数有しており、部素材産業としてまとめると面的に大きな市場を獲得している。しかしながら、近年、パソコンやスマートフォン等の成長で売上の伸びが堅調なメモリなど、電子部品・材料分野等の一部の分野において、韓国・中国勢が猛迫しており、圧倒的に優位であったその地位が揺らぎつつある。

2. 我が国部素材産業を巡る最近の動き

我が国企業は、歴史的な円高、高い法人税率、厳しい労働規制、自由貿易協定への対応の遅れ、温暖化ガス問題への特段の対応に加え、東日本大震災以降は電力制約等に悩まされている。こうした中、我が国の部素材メーカーにおいても海外展開が加速しており、近年は、生産拠点のみならず、研究開発拠点の海外展開が進んでいる。

また、新たなイノベーションに向けた研究開発が進められており、自社の強みを活かしつつ、二次電池、LED、パワー半導体、炭素繊維など環境・エネルギー分野において市場の成長・発展が見込まれる高付加価値分野への研究開発に集中投資する傾向が認められる。一方、産業基盤を揺るがす問題として、理工系人材の先細りが懸念されている。特に、基礎研究を担うべき博士人材の能力不足が指摘されている。

II. リーディング企業にみるイノベーションへの挑戦

我が国を代表する部素材のリーディング企業を対象について、事例研究を行った。

III. 我が国部素材産業のイノベーション創発機能の維持強化のあり方

1. 我が国部素材産業がものづくりイノベーションに果たす役割と期待

日本の部素材メーカーはユーザー仕様に徹した研究開発を行い、部素材で機能を出すことで製品の差別化を図ることに長けており、部素材にまで立ち返ったものづくりを通じて飛躍的な

イノベーションを可能にしている。

また、部素材メーカーが異業種と連携することで、新たな顧客価値の実現やブランド化などの市場創造が可能となり、成熟市場においても成長が実現できることを示した。

2. 我が国部素材産業の競争力の源泉とは

我が国の部素材産業の強みとしては、①基盤技術で足許の経営安定化を図りつつ、長期の時間軸で先々の社会や技術を見据えた事業戦略を経営者が持ち合わせ、確信が持てる事業については最後までやりぬく「ぶれない経営」〈経営力〉、②確固たる基盤技術を生かして適切な利益を出し、常に研究開発投資を怠らず時代変化に柔軟に対応してきている点〈技術力〉、③人材を「人財」としてそのポテンシャルを高め活用してきたことで、個人に蓄積されたノウハウに過度に依存せず、組織に蓄積された組織知として勝負できるところ〈組織力〉、が挙げられる。

3. 我が国部素材産業の目下の課題とは

一方、課題としては、①機能の極限追求ニーズへの対応と、新興国を中心とする低コストニーズの高まりへの対応をいかに両立させていくか、②産業界とのミスマッチを解消し、いかに良質な理工系人材を確保していくか、③ヒトを介した海外への技術流出へいかに対応していくべきか、④我が国部素材産業がその技術力に見合った収益性をいかに確保していくべきか、という点にある。

4. 我が国ものづくりイノベーションを促進するための部素材産業のあり方

ユーザー企業からみた部素材産業の期待役割、部素材産業の競争力の源泉、直面する課題を踏まえた上で、我が国ものづくりイノベーションを促進するための部素材産業のあり方としては、①企業独自の長期経営戦略を踏まえ、戦略的な研究開発戦略を推進していく必要があること、②人材育成に向けた産業界と大学との連携強化と柔軟性あるキャリアパスの構築を図ること、③人材重視の経営、適切な人事評価・処遇の実施と国内におけるシニア人材活用を行うこと、④自社技術を活かし、収益性を高めるためのビジネスモデルづくりを図ること、を提言している。

5. 我が国部素材産業の競争力の維持強化のために政府に期待されるもの

部素材産業が国内で活躍する機会を引き続き確保するために、国内立地環境の魅力向上は我が国ものづくりを支える上でも重要であり、政府にはイコールフットイングに向けた政策実現を期待するとともに、投資開発減税の継続拡充など持続的な研究開発へのインセンティブを高める仕組み、大学や産業技術総合研究所などの研究機関における基礎研究の拡充、民間の知恵や創意工夫が最大限発揮しうるような科学技術プロジェクトへの支援推進、といった事業環境整備が求められる。

目 次

要 約

はじめに	1
I. 我が国の部素材産業の現状と課題	2
1. 我が国の部素材産業の特徴	2
(1) 本調査における部素材産業の定義	2
(2) 我が国部素材産業の市場シェア動向	3
(3) 我が国部素材産業の貿易構造・サプライチェーンの状況	13
(4) 我が国部素材産業の業種別動向	16
2. 我が国部素材産業を巡る最近の動き	23
II. リーディング企業にみるイノベーションへの挑戦	28
1. リーディング企業の事例紹介	28
(1) 研究会におけるケーススタディ	28
(1)-1 持続可能な成長のための先端材料および先端技術 東レ(株) 研究本部 研究・開発企画部 担当部長 松田良夫 委員	29
(1)-2 ネオジム磁石の発明、工業化、10万トン/年の巨大需要に向かって インターメタリックス(株) 代表取締役社長 佐川真人 氏	34
(1)-3 リチウムイオン二次電池 材料開発の現状と課題 ソニー(株) 社友 西 美緒 氏	40
(1)-4 デンソーの製品開発を支える部素材の技術革新と部素材メーカーに期待するもの (株)デンソー 材料技術部長 清水真樹 氏	46
(1)-5 日東電工の技術戦略とリーダー育成などに関して 日東電工(株) 取締役 上席執行役員 CTO 表 利彦 氏	52
(2) インタビュー調査によるケーススタディ	57
(2)-1 富士フイルムホールディングス(株)	58
(2)-2 J S R(株)	64
(2)-3 新日本製鐵(株)	68
(2)-4 三菱化学(株)	71
(2)-5 大日本印刷(株)	75
2. 人材育成への取り組み	80
(1) 化学産業における産学連携による人材育成に向けた取り組みについて 経済産業省製造産業局化学課機能性化学品室長 山崎 知巳 氏	80
(2) 大学教育における視座～ナノ材料のデバイス応用におけるイノベーション 東京大学大学院工学系研究科 化学システム工学専攻 教授 山口由岐夫 委員	84
III. 我が国部素材産業のイノベーション創発機能の維持強化のあり方	88
1. 我が国部素材産業がものづくりイノベーションに果たす役割と期待	90
2. 我が国部素材産業の競争力の源泉とは	92

3. 我が国部素材産業の目下の課題とは……………	96
4. 我が国ものづくりイノベーションを促進するための部素材産業のあり方……………	98
5. 我が国部素材産業の競争力の維持強化のために政府に期待されるもの……………	102
ものづくり競争力研究会委員名簿……………	103
ものづくり競争力研究会日程……………	105

< はじめに >

我が国を取り巻く経済環境は非常に厳しいものがあるが、ものづくり産業は、良質な国内雇用の確保、輸出や海外活動を通じた経常収支への貢献など、我が国経済において重要な役割を果たしている。

厳しい経済環境下にあつて、我が国のものづくり産業が競争力を維持強化していくためには、技術革新、市場創造などのイノベーションが不可欠であり、近年、ものづくりのイノベーションを促進する鍵として、部素材産業の役割に注目が集まっている。

我が国の部素材産業は、世界的に高いシェアを有する分野が数多く存在し、加工技術の蓄積を活かした高度部素材産業の集積を生み出し、完成品メーカーと一体となった材料開発に強みを発揮するなど、いわば我が国ものづくりのイノベーションの土台（底力）ともなっており、日本が世界のものづくりのハブ機能を担う要因にもなっている。また、我が国の大学・研究機関においても、新たな部素材開発において、世界的な研究成果を挙げてきた歴史がある。このように、我が国の部素材産業の強みは、長期にわたる研究開発やユーザー企業との擦り合わせ、高度な素形材加工技術等によって支えられ、これらが相俟って高度部素材産業の集積やものづくりイノベーションを促進してきものと考えられる。

そこで、こうした動向を踏まえて、本調査研究では我が国の部素材産業の現状と課題を把握するとともに、ものづくりのイノベーションを支える底力となり、今後も我が国のものづくり力を持続・強化する上で重要な位置づけにある、我が国部素材産業のイノベーション創発力を維持・強化するためのあり方についての検討を行い、提言をとりまとめた。

本調査をとりまとめるにあたっては有識者からなる「ものづくり競争力研究会」を設置し、検討を行った。研究会は合計6回開催し、うち、第1回～第5回研究会では企業を中心に、大学や行政からも講師を招き、講演を頂いた上で、研究会の委員を交えた質疑や議論を行った。また、企業インタビューも実施し、各社のイノベーションへの取り組みや今後の部素材産業のイノベーションの方向についての考え方についての助言をいただいた。

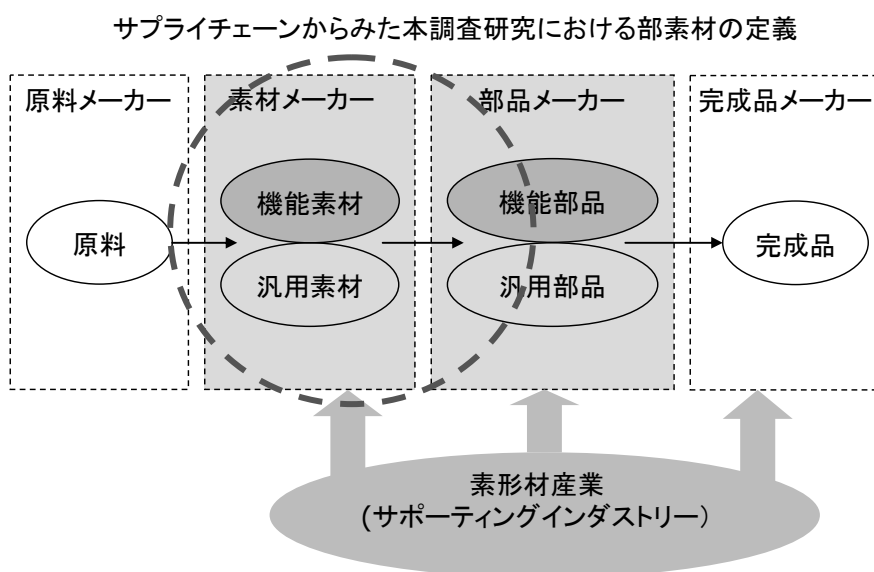
1. 我が国の部素材産業の現状と課題

1. 我が国の部素材産業の特徴

(1) 本調査における部素材産業の定義

一般に、サプライチェーンで分析した場合、素材や原料メーカーは「川上産業」、部品メーカーは「川中産業」、最終製品を取り扱う完成品メーカーは「川下産業」ととえられることが多い。本調査が意図する「部素材産業」の領域とは原料を除く「川上産業」と「川中産業」をカバーする領域であるが、「川中産業」においてはより素材に近い領域で、かつ、機能部品に特化した領域を中心に扱うものとする。

なお、鍛造、鋳造、プレス、金型といった素形材産業は、「川中産業」である部品メーカーを中心に、「川上産業」の素材メーカーや「川下産業」の完成品メーカーを支えるサポーターインダストリーとしての存在として捉え、本調査が意図するところの「部素材産業」には含めないものとする。



<用語の定義>

「機能素材」：原材料の純度や組織構造などの高度な制御によって作り込まれた性能・機能に優れた素材

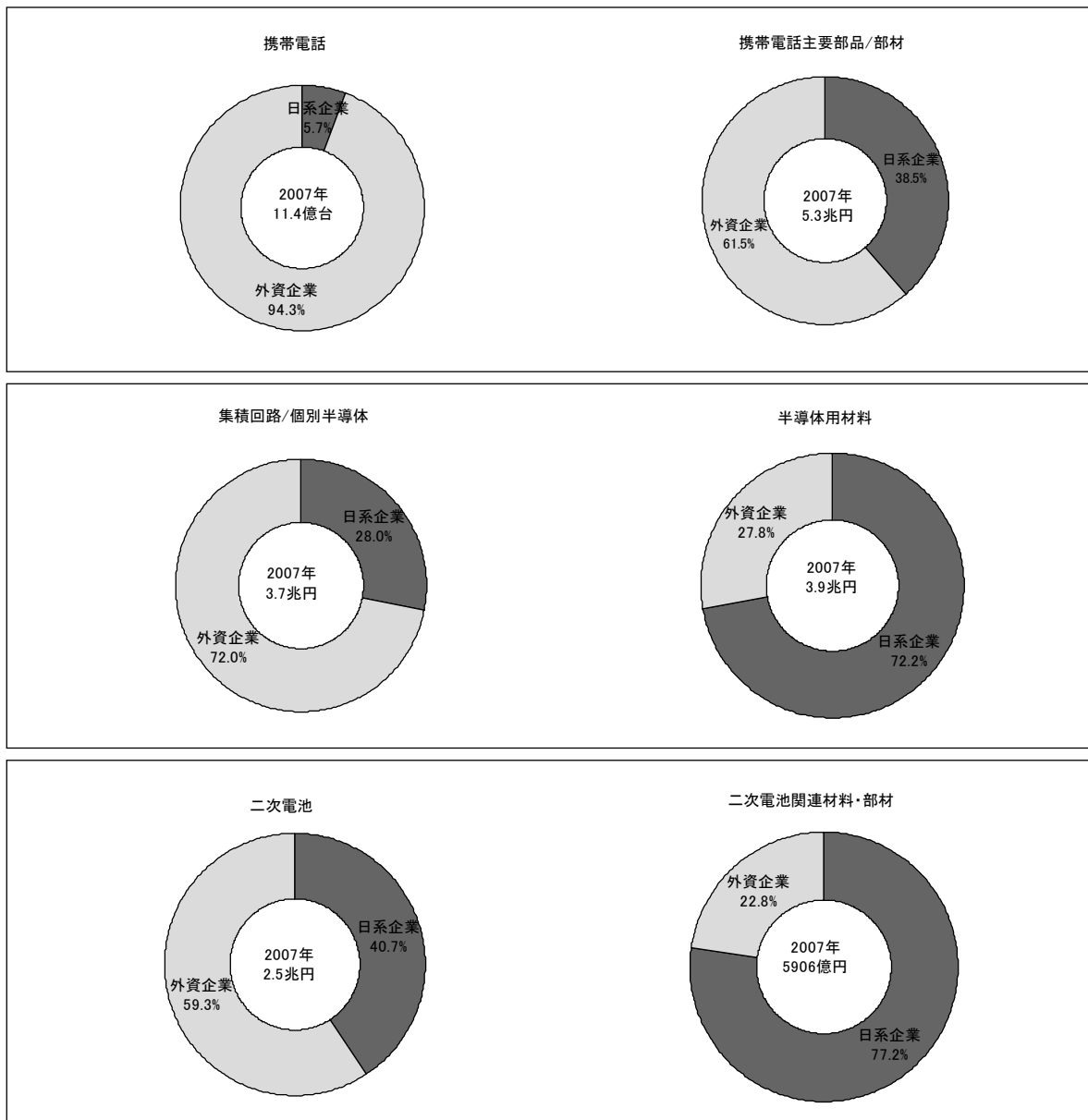
「汎用素材」：上記以外の普及品

「機能部品」：材料レベルで機能を作り込んだり、高度な成形加工技術等によって作り込まれた部品

「汎用部品」：上記以外の普及品

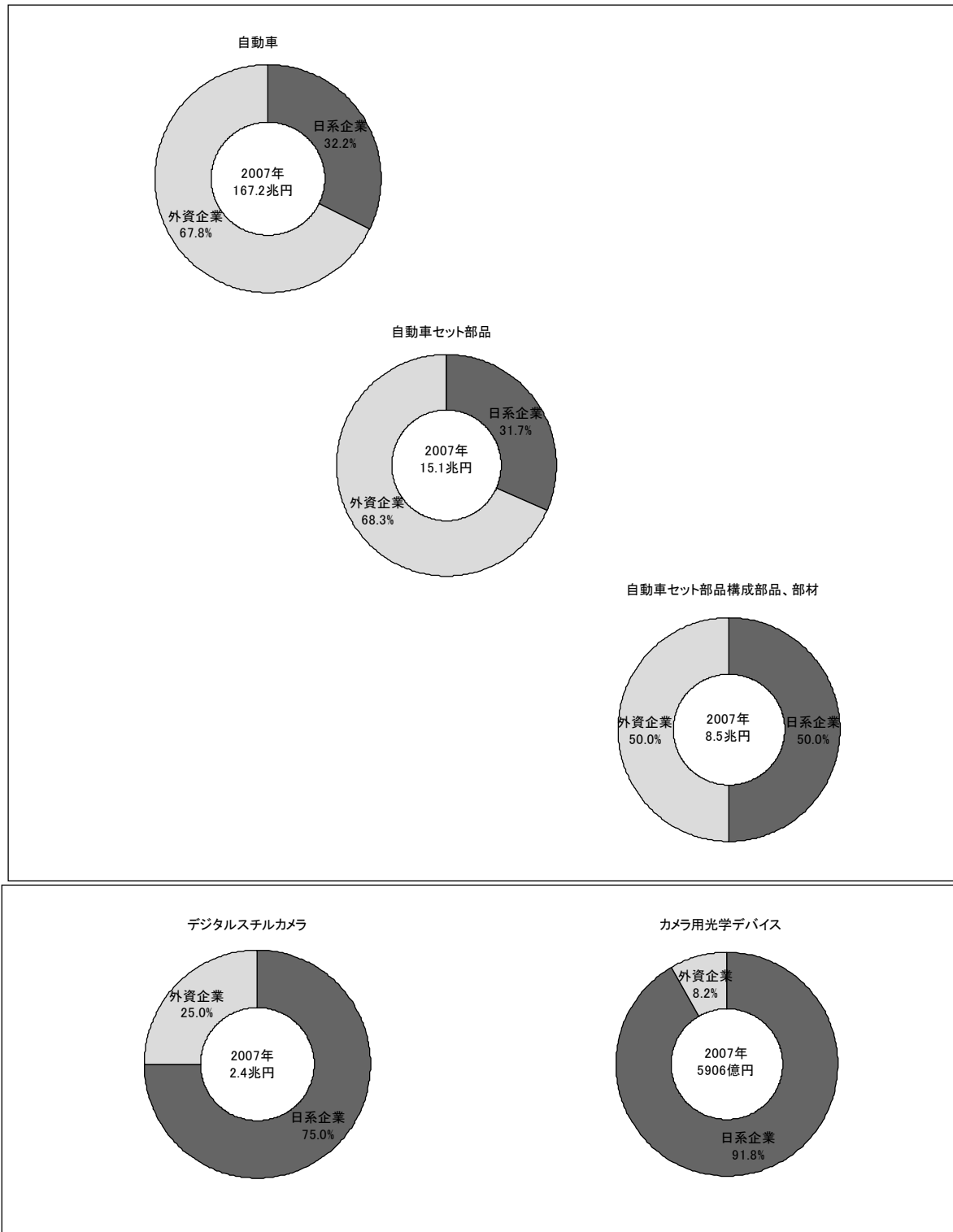
製品別の世界シェア獲得状況の詳細をみると、携帯電話、半導体等の製品では、日系企業の世界シェアが低迷しているが、関連部素材は日系企業のシェアが高くなっている。一方、自動車、デジタルスチルカメラ等の精密機器では、日系企業のシェアが高く、同様に関連部素材も日系企業のシェアが高くなっている。

図表 I-4 製品別の世界市場シェアの概況（携帯電話、半導体、二次電池）



（出所）富士キメラ総研「平成 20 年度産業技術調査事業(日本企業の国際競争ポジションの定量的分析事業)」、平成 21 年 3 月から作成

図表 I-5 製品別の世界市場シェアの概況（自動車、デジタルスチルカメラ）



(出所) 富士キメラ総研「平成 20 年度産業技術調査事業(日本企業の国際競争ポジションの定量的分析事業)」、平成 21 年 3 月から作成

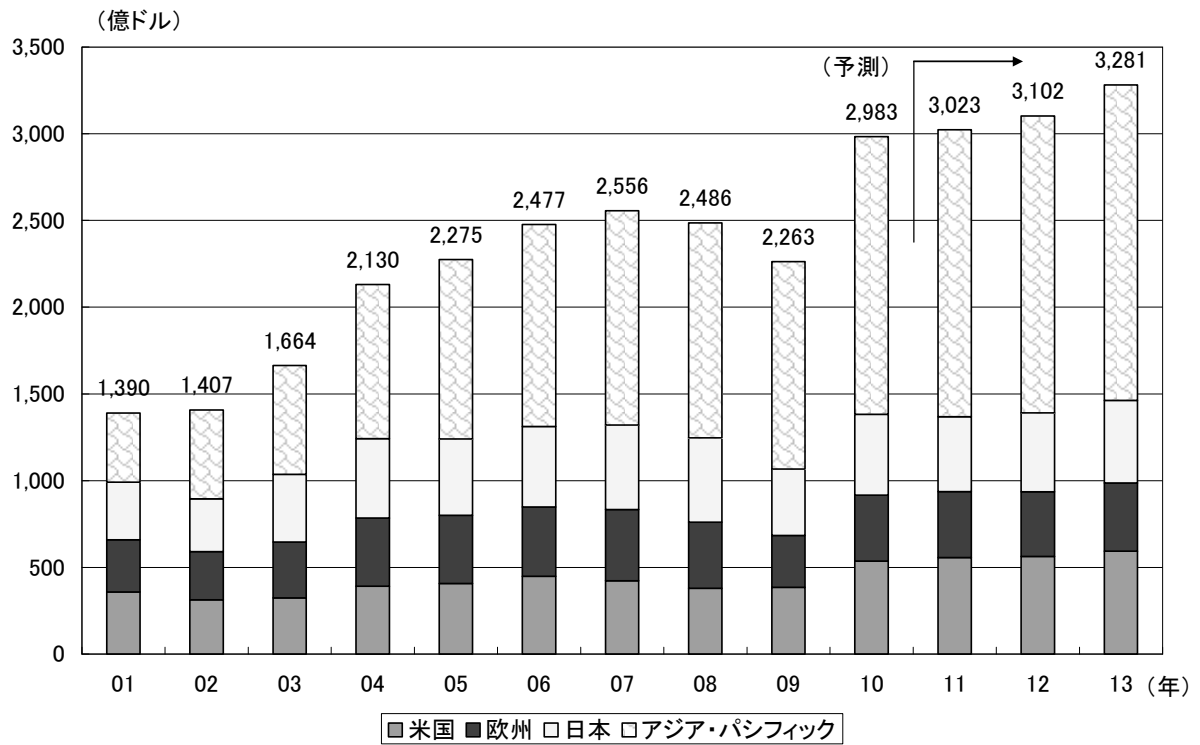
■ 電子部品・材料分野における韓国企業等の追い上げ

我が国部素材産業は、輸送、電気、精密等の多様な分野において競争力を有している。しかしながら、近年、電子部品・材料分野等の一部の分野において、韓国・中国勢が猛追しており、その地位が揺らぐ面もある。

例えば、近年、パソコンやスマートフォン等の成長で売上の伸びが堅調なメモリ（DRAM、NANDフラッシュ）など一部のエレクトロニクス製品分野では、市場規模が大きい、韓国企業等によって高いシェアを確保する例も見られる。

世界半導体市場統計（WSTS）によると、世界の半導体市場は、リーマンショックの影響もあった、2010年には2,983億ドル（約29兆円）¹と急回復し、過去最高を記録した。また、今後もアジア・パシフィックを中心に需要拡大する見込みである。こうした中で、MOSメモリ市場は、約700億ドル（約6.8兆円）を占め、韓国企業が、DRAMやNANDフラッシュ等では過半のシェアを占めると言われる。

図表 I-6 世界半導体市場の推移及び予測



(出所) 世界半導体市場統計（WSTS）「2011年秋季半導体市場予測」

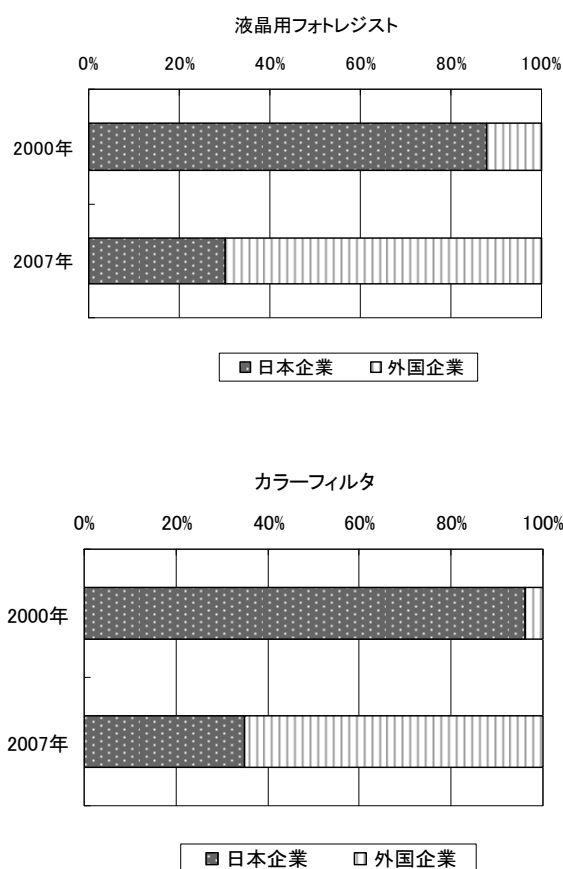
¹ WSTSによる2010年の適用為替レート1US\$ = 87.7円で換算。

また、液晶用フォトレジストやカラーフィルタなど一部の液晶用ディスプレイ関連部材は、2000年には90%以上のシェアを占めていたが、韓国企業の成長に伴い、2007年には30%前後までシェアを低下させている。

リチウムイオン電池では、2000年時点における世界シェアは日本勢が93%を占めるなどほぼ独占状態にあったが、市場規模が拡大した2008年時点では、日本勢のシェア48%に対し、韓国・中国メーカーのシェア41%と大きくシェアを奪われている。負極材料や正極材料、セパレータといった電池材料はまだ日本のシェアが圧倒的に高いものの、韓国メーカー等の企業戦略によっては、液晶ディスプレイ同様に、完成品のシェアの低下とともに部素材のシェアが低下していくのではないかと懸念もある。

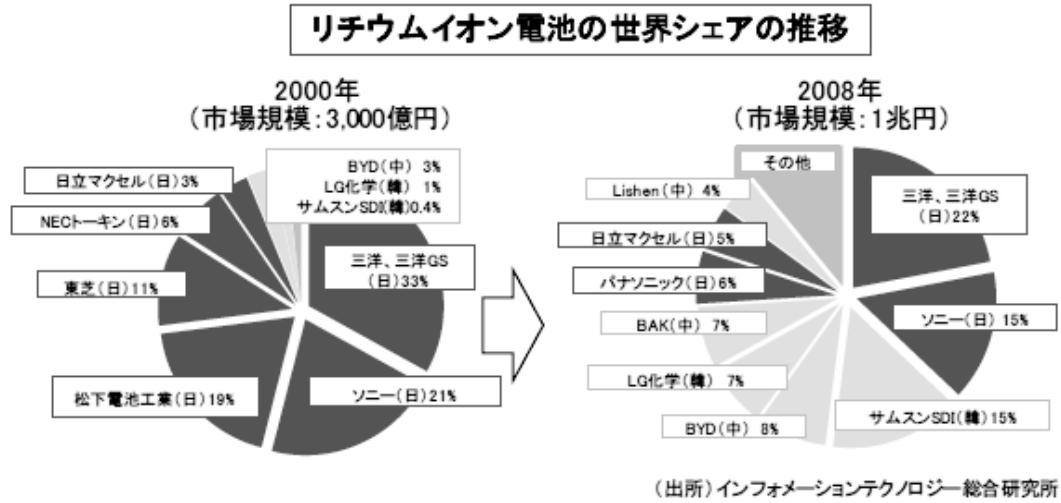
さらに、アップル社の「iPod」（2005年）、「iPad」（2008年）の関連部材をみると、「iPod」（2005年）では、日本勢がハードディスク、液晶ディスプレイという両主力部材合計で66%のシェアを有するなど大きな存在感を示していたが、「iPad」（2008年）では、液晶ディスプレイのシェアは一部に止まり、フラッシュメモリでも韓国企業と併せて16%に止まるなど大幅にシェアを低下させている。このように一部の部素材における我が国企業の存在感が低下していることがわかる。

図表 I-7 液晶ディスプレイ関連部材の世界シェアの推移



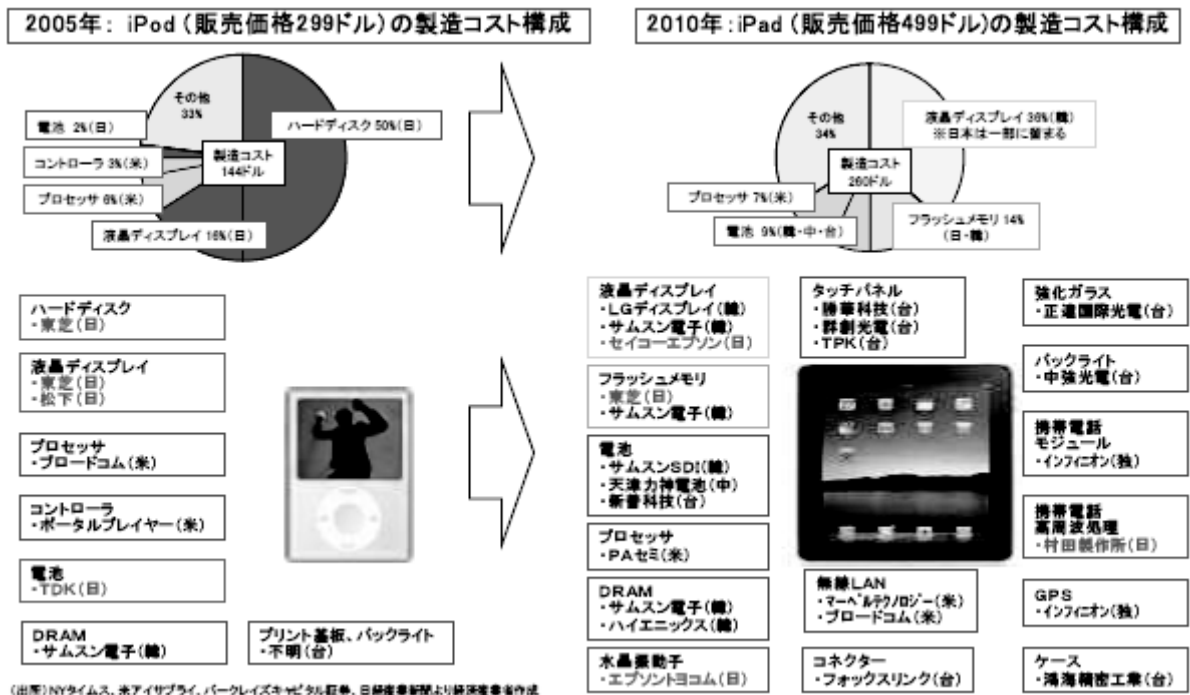
(出所) 産業構造審議会情報経済分科会「情報経済革新戦略」、平成22年5月

図表 I-8 リチウムイオン電池の世界シェアの推移



(出所) 産業構造審議会情報経済分科会「情報経済革新戦略」、平成 22 年 5 月

図表 I-9 iPod と iPad の製造コスト構成



(出所) 産業構造審議会情報経済分科会「情報経済革新戦略」、平成 22 年 5 月

なお、リチウムイオン電池に関する出願人別の出願件数ランキングをみると、1位はパナソニック、2位がソニーと日本勢が上位を占めているものの、3位に三星 SDIが入り、7位には LG 化学が入るなど、韓国の2強が上位に食い込んでいる。

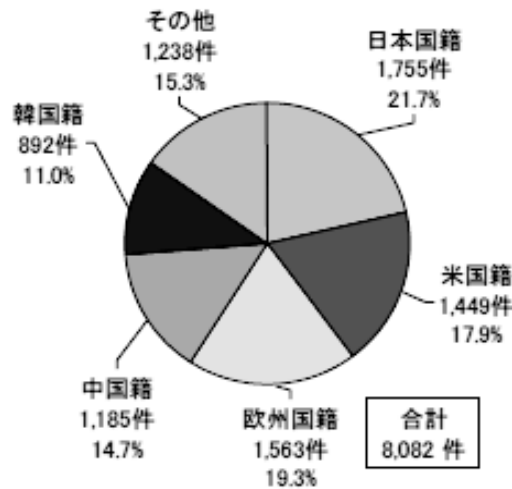
また、国際的な主要論文誌に限定した場合の、リチウムイオン電池に関する 1998年～2008年に発行された論文件数比率を研究者所属機関国籍別にみると、この間のストックベースでは日本国籍が 21.7%と最も多く、次いで欧州国籍の 19.3%、米国籍の 17.9%となり、中国籍は 14.7%で第4位、韓国籍は 11.0%と第5位とまだ我が国が比較優位を有している。しかしながら、フローベースでみると、2006年以降は中国国籍の論文発表件数が最も多くなり、2008年に至っては、日本国籍、欧州国籍、米国籍、韓国籍の2倍以上の件数となっている。

図表 I-10 全体の出願人別出願件数上位ランキング（日米欧中韓への出願）

順位	出願人名称	出願件数
1	パナソニック	2,291
2	ソニー	2,096
3	三星 SDI(韓国)	1,949
4	三洋電機	1,628
5	三菱化学	849
6	GS ユアサ コーポレーション	826
7	LG 化学(韓国)	811
8	東芝	533
9	日立マクセル	531
10	日本電気	336
11	宇部興産	335
12	トヨタ自動車	330
13	日産自動車	324
14	日東電工	255
15	新神戸電機	237
16	TDK	232
17	スリー エム(米国)	230
18	豊田中央研究所	224
19	ビー ワイ ディー(中国)	219
20	日立製作所	206
21	メルクパテント(ドイツ)	198
22	グレイトバッチ(米国)	193
23	三井金属鉱業	191
24	AGCセイミケミカル	185
25	バレンス テクノロジー(米国)	180
26	ブリヂストン	178
27	産業技術総合研究所	169
28	日本ゼオン	158
29	デンソー	156
30	三井化学	153

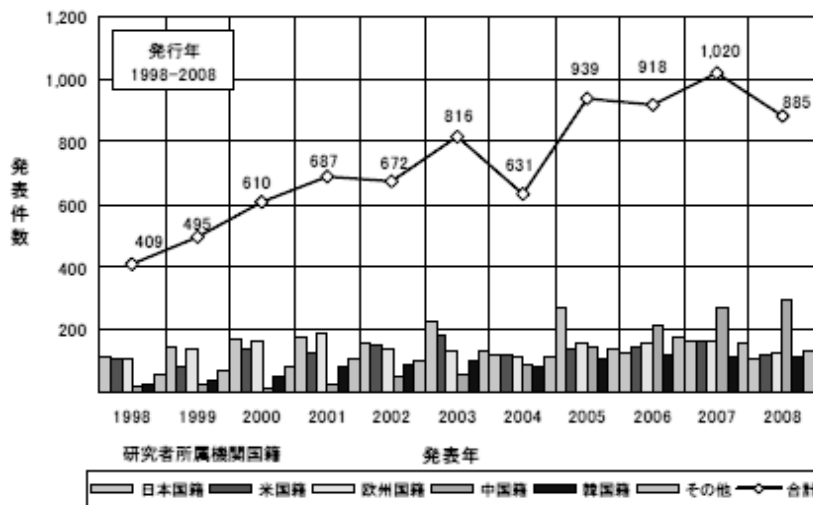
(出所) 特許庁「平成 21 年度特許出願技術動向調査報告書 リチウムイオン電池 (要約版)」、平成 22 年 4 月

図表 I-11 研究者所属機関別国籍別論文発表件数の国籍別比率
(国際的な主要論文誌 1998～2008 年累計)



(出所) 特許庁「平成 21 年度特許出願技術動向調査報告書 リチウムイオン電池 (要約版)」、平成 22 年 4 月

図表 I-12 研究者所属機関別国籍別論文発表件数推移の国籍別比率
(国際的な主要論文誌 1998～2008 年)



(出所) 特許庁「平成 21 年度特許出願技術動向調査報告書 リチウムイオン電池 (要約版)」、平成 22 年 4 月

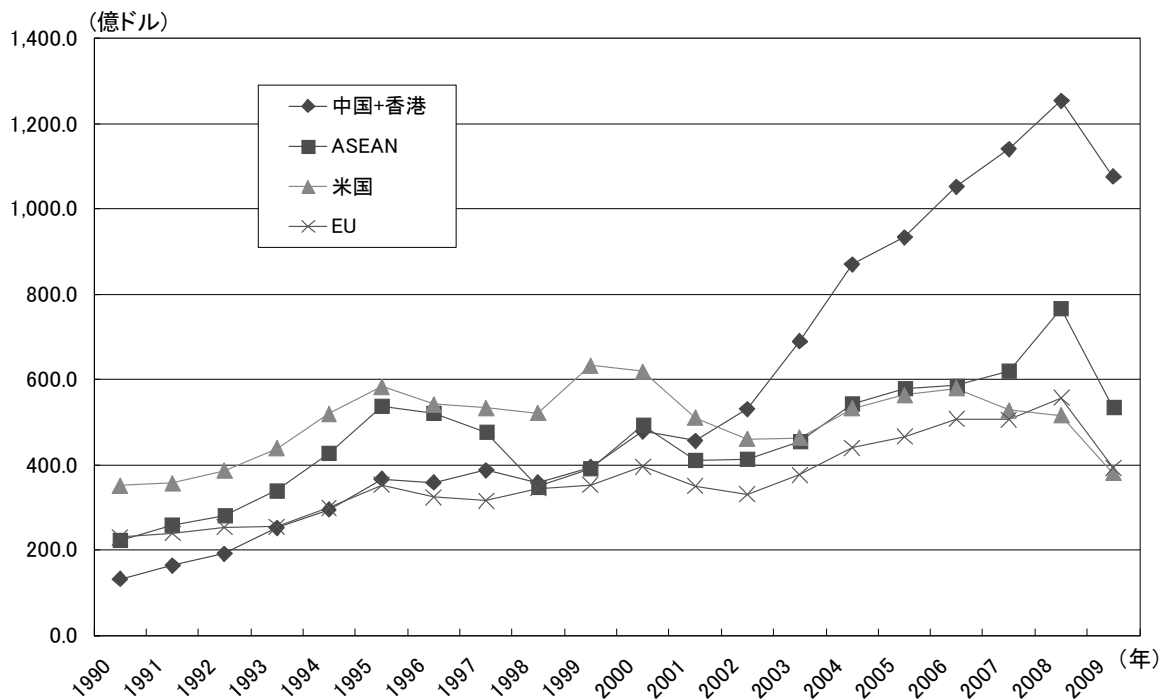
リチウムイオン電池のように、日本が圧倒的に優位と思われていた領域で韓国や中国がキャッチアップしている背景には、人材流出の問題もある。部素材産業に関連する技術者は、アジア系企業からのヘッドハンティング等で転職をし、人材の流出に伴い、技術やノウハウが流出する例もある。特に部素材産業では、特許などの技術情報だけでは分からないノウハウが重要なウエイトを占めており、人材の流出はそうした秘伝のタレともいえるノウハウの流出に直結するもので懸念される。

(3) 我が国部素材産業の貿易構造・サプライチェーンの状況

■我が国の中間財輸出額の増加

我が国の中間財輸出額の仕向地別推移をみると、2000年までは米国への中間財輸出が大きかったのが、2000年以降、中国・香港、ASEANへの輸出が米国を凌いでいる。特に中国への供給の伸びが非常に大きく、2009年には1990年比で約8.2倍にもなっている。

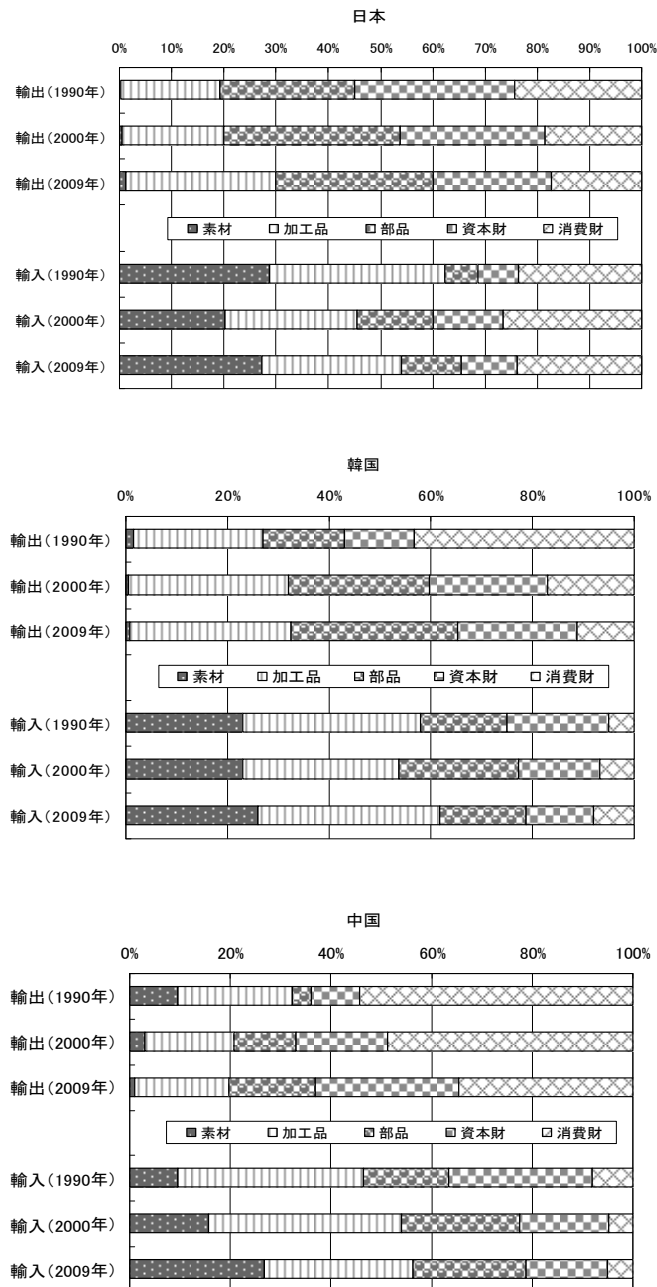
図表 I-13 我が国からの中間財輸出額の推移（輸出先別）



(出所) 経済産業省「通商白書 2011」

また、1990年以降、我が国の中間財の輸出割合は増加を続け、2009年には58.7%と全輸出の約6割を占めるようになってきている。このように、我が国の部素材は輸出の牽引役であると同時に、比較的高付加価値な部素材を生産し、中国等のアセンブリ拠点へ中間財として供給する役割を担ってきたが、近年は韓国も自国の輸出に占める中間財の割合が急増し、2009年時点では64.4%と日本を上回っている。

図表 I-14 東アジア各国・地域の生産工程別貿易財の構成

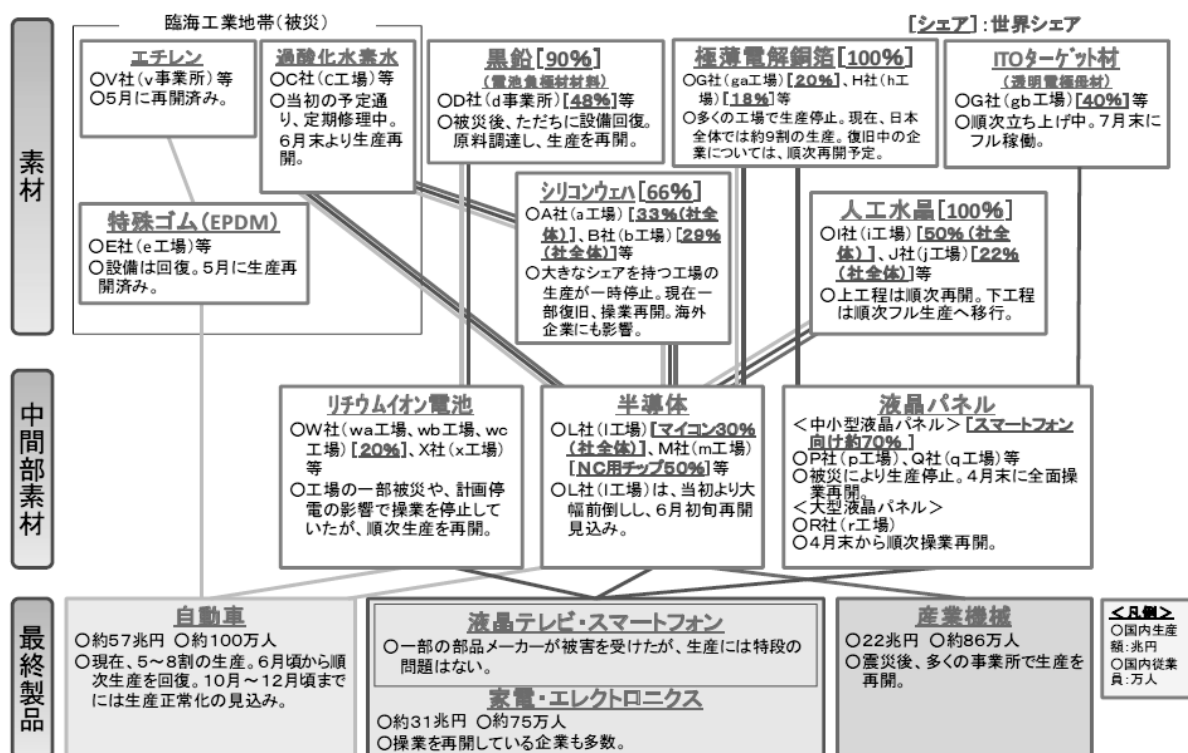


注：本調査の定義における、素材は「原料」、加工品が「素材」に該当
 (出所) 経済産業省「通商白書 2011」

■部素材産業のサプライチェーンの脆弱性

東日本大震災によって、シリコンウエハ、化学品、エレクトロニクス関連部素材等が被災し、サプライチェーンが途絶した。これは我が国部素材産業の強さを改めて浮き彫りにすると同時に、サプライチェーンの脆弱性が指摘されることになった。

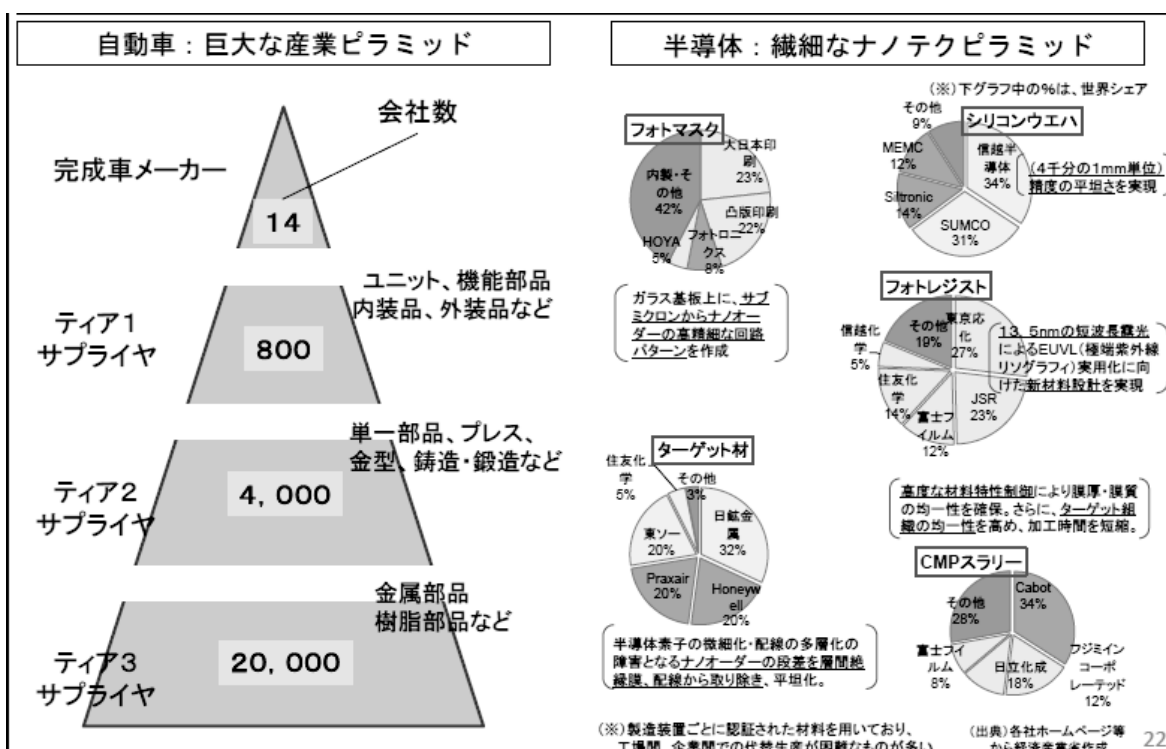
図表 I-15 サプライチェーン全体に波及する震災の影響（一例）



(出所) 経済産業省、厚生労働省、文部科学省「2011年版ものづくり白書」

今後は、自動車産業のピラミッド、半導体のナノテクピラミッド等のサプライチェーンのピラミッドの強化が必要とされる。例えば、半導体分野では、製造装置ごとに認証された材料を用いるなど、仮にレシピを開示したとしても工場間・企業間での代替生産が困難なものが多い。代替生産されにくいということ自体が競争優位、比較優位の証であったが、今後は競争優位と供給責任との両立をいかに図っていくかが課題といえる。

図表 I-16 強化の必要なサプライチェーンピラミッド（代表例）



(出所) 経済産業省「日本経済再生のための具体的な施策のイメージ」、産業構造審議会産業競争力委員会(第2回)配布資料 平成23年6月22日

(4) 我が国部素材産業の業種別動向

■業種別の製造品出荷額等及び付加価値額の推移

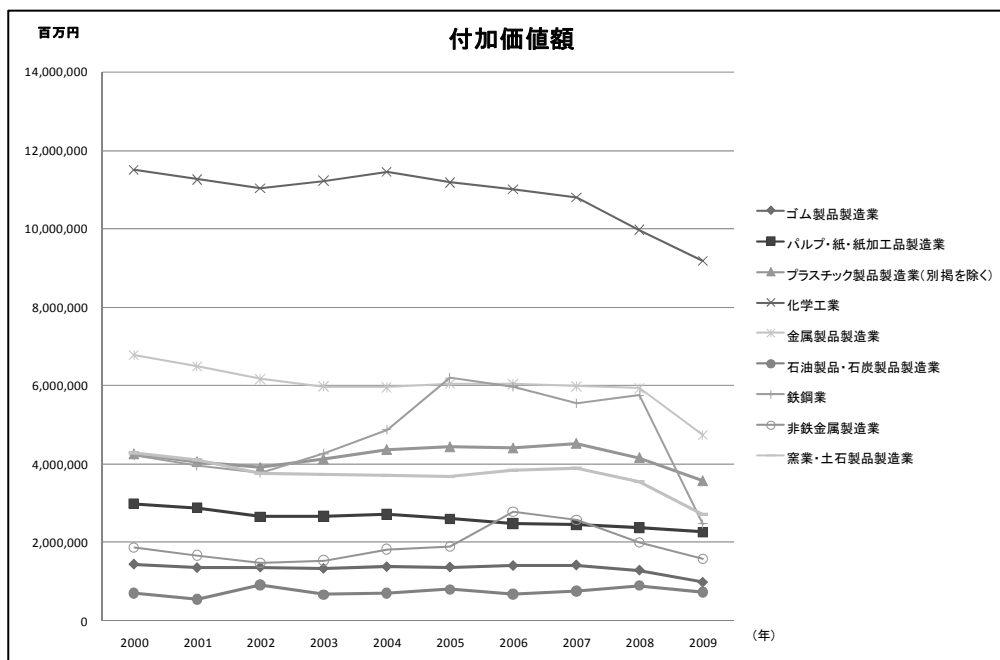
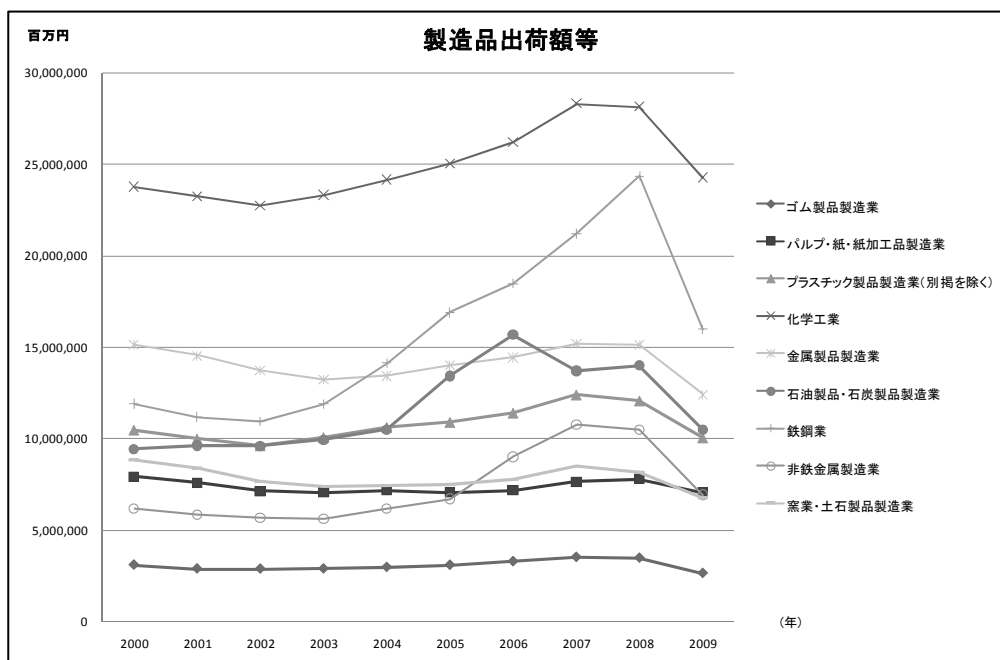
我が国の部素材産業に関連する主要製造業の製造品出荷額等及び付加価値額の推移をみると、ほぼ全ての業種で、リーマンショックの影響を受け、2009年に減少をしていることがわかる。特に、鉄鋼業、化学工業は、2000年中頃から製造品出荷額等は増加傾向にあったが、リーマンショックの影響で、大幅に減少をしている。いずれの業種も、自動車、電機機械等需要急減の影響を受け、他業種に比べ影響が大きかったと考えられる。

なお、製造品出荷額等と付加価値額が最も多い化学工業について内訳をみると、有機化学工業製品製造業²⁾は、2003年以降、製造品出荷額等が増加傾向にあったが、リーマンショックの影響で、2009年に急減をしている。しかし、1990年代を通じて、付加価値額は減少傾向にあり、国内需要の低迷や海外企業を含めたコスト競争の激化による付加価値額の減少等の構造的な課題を抱えていた可能性がある。また、従業者数は、1990年代を通じて減少傾向にあったが、2005年頃から増加に転じており、一人当たりの付加価値額は減少している。

²⁾石油化学系基礎製品製造業、脂肪族系中間物製造業(脂肪族系溶剤を含む)、発酵工業、環式中間物・合成染料・有機顔料製造業、プラスチック製造業、合成ゴム製造業、その他の有機化学工業製品製造業

なお、有機化学工業製品製造業の中でも、細分類ベースでプラスチック製造業がパフォーマンスに大きな影響を与えていることがわかる。

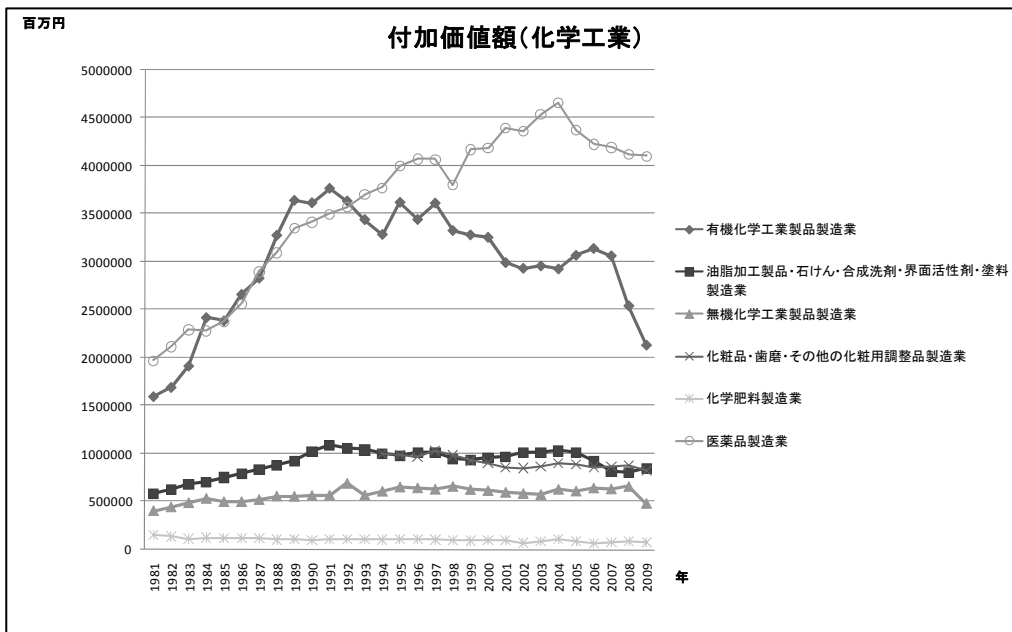
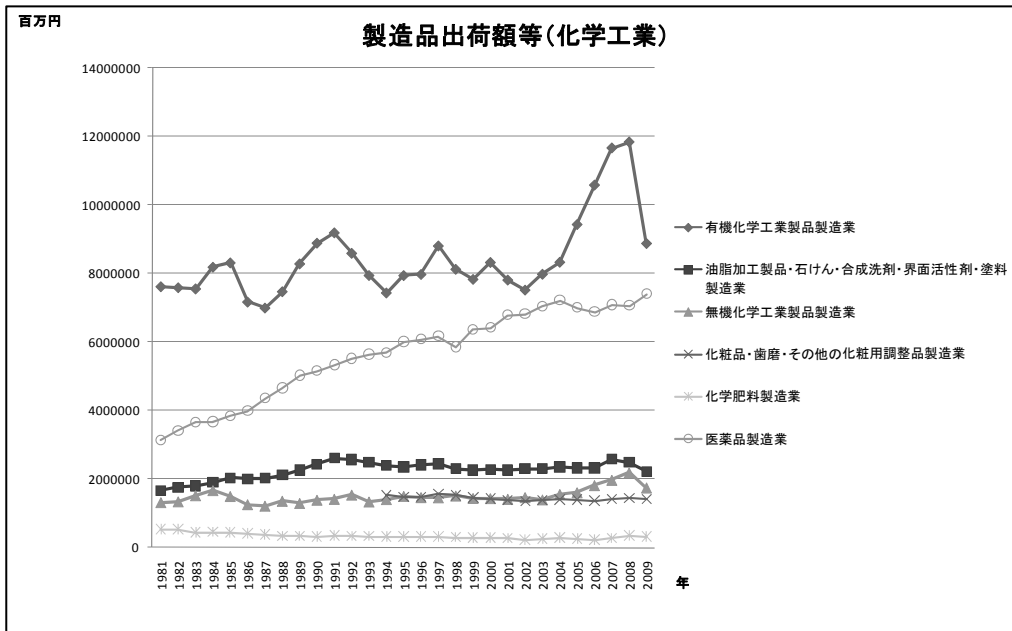
図表 I-17 我が国部素材関連製造業の製造品出荷額等と付加価値額の推移



注：日本標準産業分類の中分類から、基礎素材製造業のみ抽出。

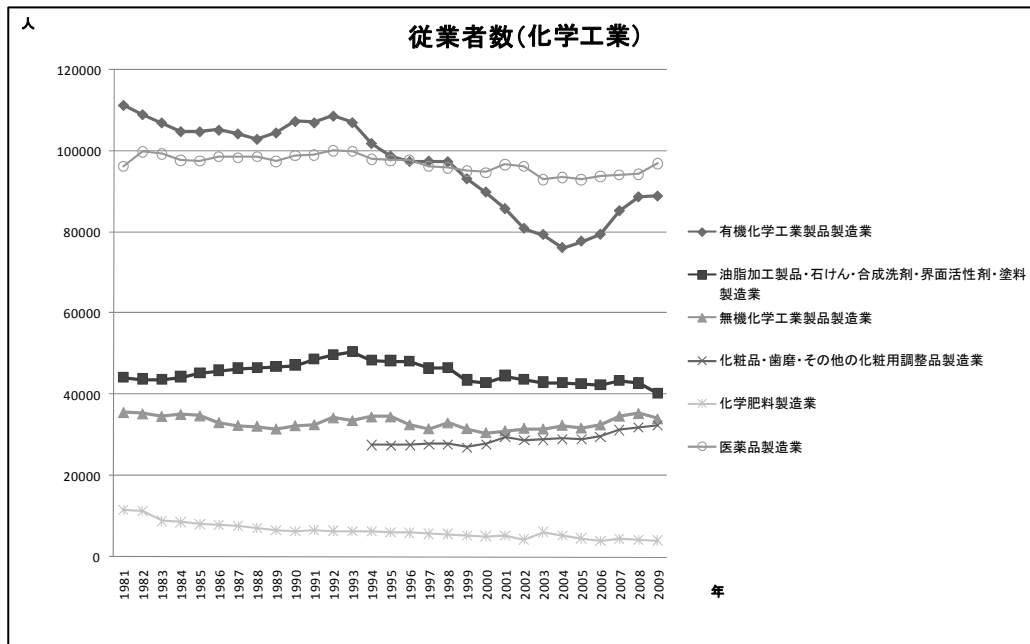
(出所) 経済産業省「工業統計表」

図表 I-18 化学工業の製造品出荷額等と付加価値額の推移



注：日本標準産業分類の小分類
 (出所) 経済産業省「工業統計表」

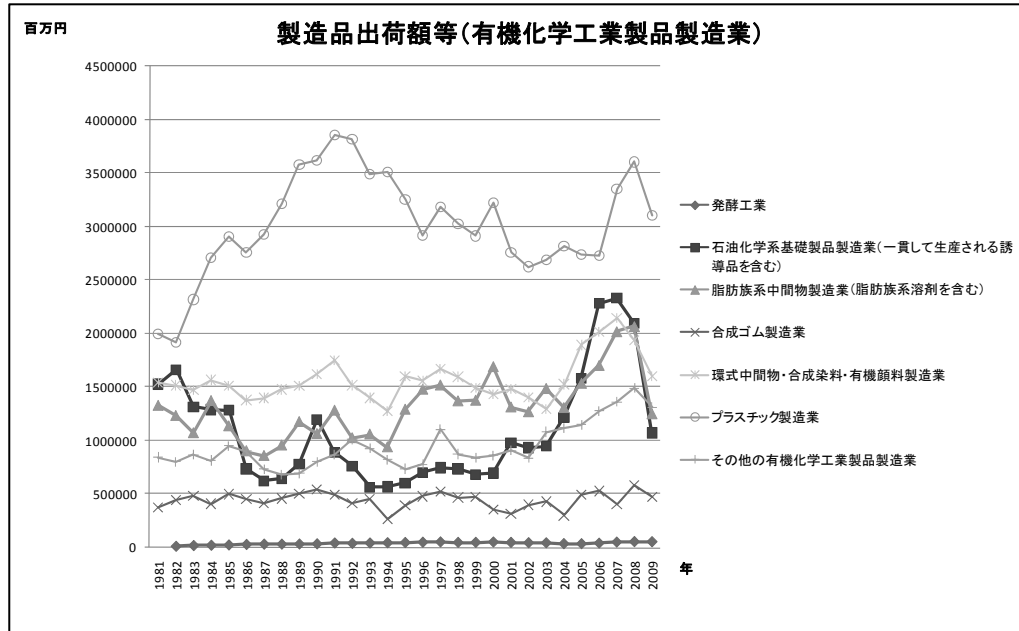
図表 I-19 化学工業の従業者数の推移



注：日本標準産業分類の小分類

(出所) 経済産業省「工業統計表」

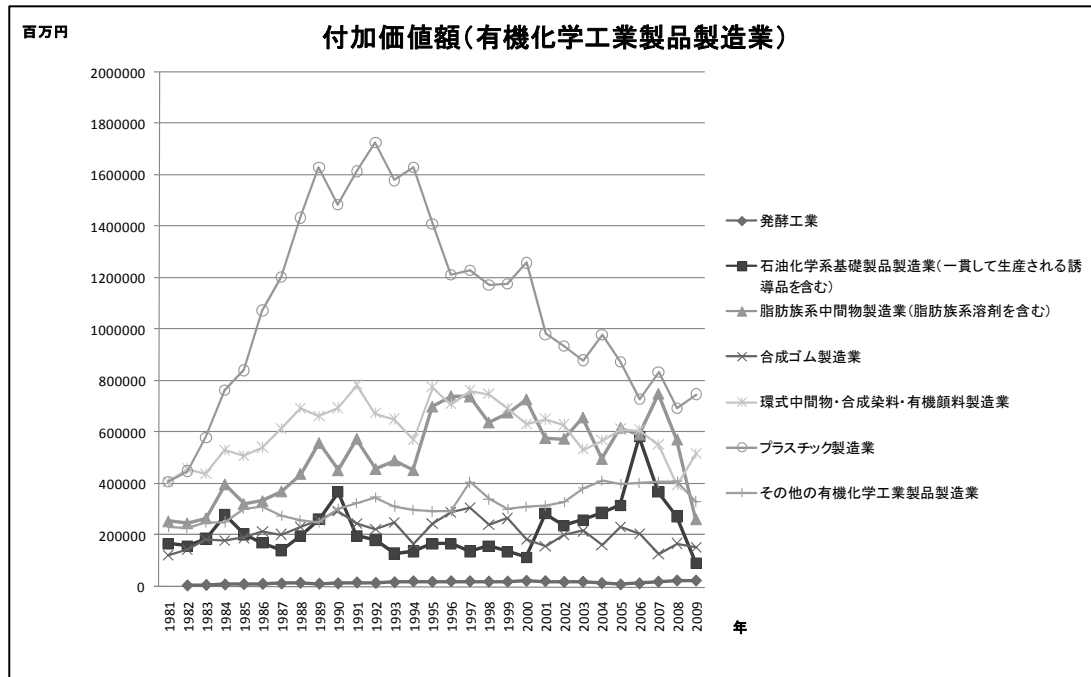
図表 I-20 有機化学工業製品製造業の製造品出荷額等の推移



注：日本標準産業分類の細分類

(出所) 経済産業省「工業統計表」

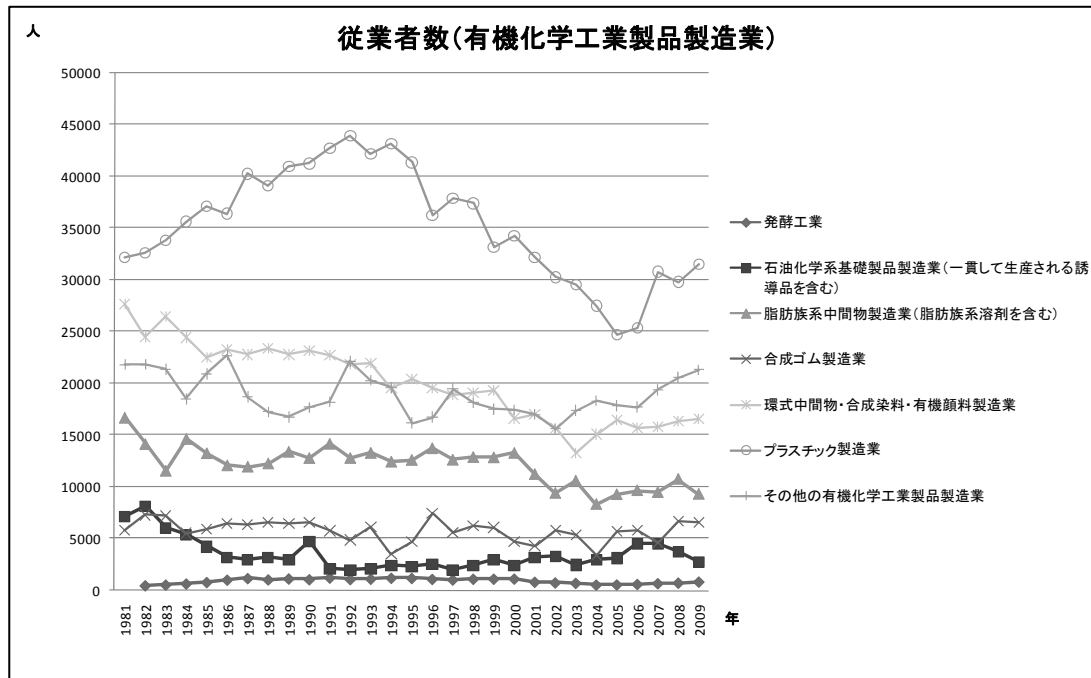
図表 I-21 有機化学工業製品製造業の付加価値額の推移



注：日本標準産業分類の細分類

(出所) 経済産業省「工業統計表」

図表 I-22 有機化学工業製品製造業の従業員数の推移



注：日本標準産業分類の細分類

(出所) 経済産業省「工業統計表」

■ 部素材産業の主要プレイヤーの動向

部素材産業の主要プレイヤーとして、鉄鋼業、化学産業及びガラス産業のプレイヤー等の動向を示す。なお、鉄鋼産業及び化学産業は、製造品出荷額等から我が国を代表する部素材産業であること、ガラス産業は、我が国企業が板ガラスや機能性ガラス等を中心に高い競争力を有することから取り上げた。

< 鉄鋼業 >

世界の粗鋼生産量のランキングをみると、アルセロール・ミッタル（ルクセンブルク）がトップだが、河北鋼鉄集団、上海宝鋼、武漢鋼鉄等の中国の鉄鋼メーカーが急成長している。我が国企業も新日本製鐵と住友金属が合併をすることで、激化するグローバル競争に対応しようとしている。

図表 I-23 世界における鉄鋼メーカーの粗鋼生産量ランキング

1990年	2010年
新日本製鐵	アルセロール・ミッタル(ルクセンブルク)
ユジノール(仏)	河北鋼鉄集団(中)
POSCO(韓)	上海宝鋼(中)
ブリティッシュスチール(英)	武漢鋼鉄(中)
NKK LNM(蘭)	新日本製鐵
ILVA(伊)	POSCO(韓)
ティッセン(独)	JFEスチール
川崎製鐵	江蘇沙鋼集団(中)
住友金属	首鋼集団(中)
SAIL(印)	タタ・スチール(印)

(出所) 経済産業省、厚生労働省、文部科学省「2011年版ものづくり白書」から作成

<化学産業>

化学業界の主要プレイヤーをみると、2000年代を通じて、BASF、ダウ・ケミカル等の欧米企業が売上高トップを維持しているが、中東、中国等の新興国企業が急成長し、売上高ランキングの上位を占めるようになっている。

図表 I-24 世界の化学企業のランキング

2000年			2008年		
	企業名	国籍		企業名	国籍
1	BASF	Germany	1	BASF	Germany
2	DuPont	U.S.	2	Dow Chemical	U.S.
3	Dow Chemical	U.S.	3	Ineos Group	U.K.
4	Exxon Mobil	U.S.	4	LyondellBasel	Netherlands
5	Bayer	Germany	5	Exxon Mobil	U.S.
6	TotalFinaElf	France	6	SABIC	Saudi Arabia
7	Degussa	Germany	7	Sinopec	China
8	Shell	U.K./Netherlands	8	DuPont	U.S.
9	ICI	U.K.	9	Total	France
10	BP	U.K.	10	Formosa Plastics Group	Taiwan
11	Akzo Nobel	Netherlands	11	Royal Dutch/Shell	Netherlands
12	Sumitomo Chemical	Japan	12	Bayer	Germany
13	Mitsubishi Chemical	Japan	13	Akzo Nobel	Netherlands
14	Mitsui Chemicals	Japan	14	Mitsubishi Chemical	Japan
15	Huntsman Corp	U.S.	15	Air Liquide	France
16	General Electric	U.S.	16	Evonik	Germany
17	Chevron Phillips	U.S.	17	PetroChina	China
18	Dainippon Ink & Chemicals	Japan	18	Yara	Norway
19	Equistar	U.S.	19	Mitsui Chemicals	Japan
20	DSM	Netherlands	20	Linde	Germany

(出所) 化学ビジョン研究会「化学ビジョン研究会報告書参考資料集」、平成22年4月から作成
(原典) Chemical & Engineering News より経済産業省化学課作成

<ガラス産業>

世界における我が国ガラス産業をみると、板ガラスでは、サンゴバン（フランス）が売上高トップだが、我が国トップの旭硝子の方が、営業利益率は高く、収益力がある。また、我が国のガラスメーカーは、液晶用ガラスなど付加価値が高い機能性ガラス分野等においてシェアナンバーワン商品等を多数有している。

図表 I-25 世界における我が国板ガラス産業の位置付け

	企業名	国籍	売上高 (億円)	営業利益率 (%)
1	サンゴバン	フランス	47,296	7.8
2	旭硝子	日本	12,889	17.8
3	日本板硝子	日本	5,772	2.5
4	セントラル硝子	日本	1,606	3.8

(出所) 経済産業省、厚生労働省、文部科学省「2011年版ものづくり白書」から作成

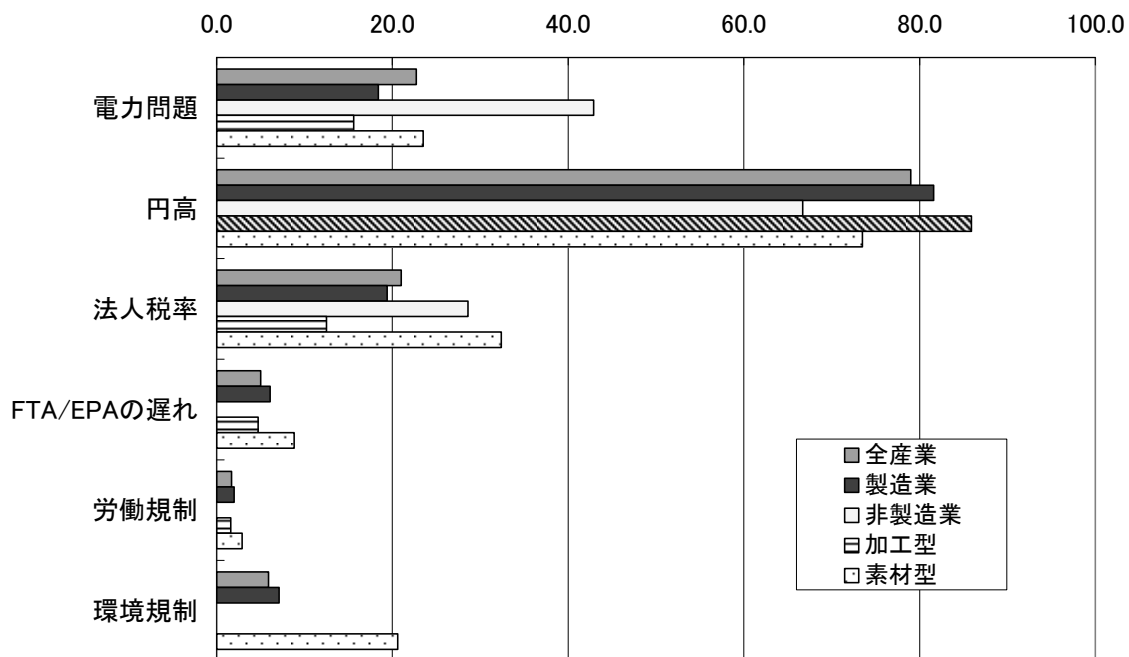
2. 我が国部素材産業を巡る最近の動き

■ 事業環境をめぐる厳しさ（イコールフィッティングの問題）

我が国企業は、歴史的な円高、高い法人税率、厳しい労働規制（製造業派遣の原則禁止等）、自由貿易協定への対応の遅れ、温暖化ガス問題への特段の対応に加え、東日本大震災後は電力制約等に悩まされており、「六重苦」と言われている。「六重苦」の中では、日本政策投資銀行の調査によると、「円高」の影響が最も障害になっており、次いで、「電力問題」、「法人税率」が続いている。

こうした中、我が国の部素材メーカーは、韓国政府等による積極的なビジネス支援、立地優遇策を活用することで、海外展開を加速させており、近年は、生産拠点のみならず、研究開発拠点の海外展開が進んでいる。

図表 I-26 「六重苦」のうち、国内で事業を行う上で障害になっているもの



(出所) 日本政策投資銀行、今月のトピックス No.171-1 (2011年12月20日)

■ 新たな課題に対応したイノベーションの必要性

我が国の主要化学メーカーをみると、自社の強みを活かしつつ、二次電池、LED、パワー半導体、炭素繊維など環境・エネルギー分野について市場の成長・発展が見込まれる高付加価値分野への研究開発に集中投資していることがわかる。

次世代自動車、モバイル家電、スマートグリッドなどについての重要技術分野である二次電池については、海外企業との競争激化に伴い、次世代を見据えたポストリチウムイオン電池の研究開発が活発化している。また、中国によるレアアースの輸出規制の強化に伴い、脱レアアースの研究開発等も加速している。

図表 I-27 総合化学 5 社の高付加価値分野の横展開

企業名	国内の事業展開
旭化成(株)	リチウムイオン電池等の次世代技術への投資に取り組む。
昭和電工(株)	半導体高純度ガスや各種機能材料等の成長事業の早期拡大を図り、またリチウムイオン電池等の材料、パワー半導体SiC、及び耐熱透明フィルムなどアリアル系誘導品等の新規事業の育成を加速。
住友化学(株)	リチウムイオン電池のセパレータ関係で設備投資を行ったほか、新規事業分野である有機EL関連部材についても日本で展開していく。
三井化学(株)	太陽光発電、電子・情報フィルム、エコ自動車、バイオマス化学品の関連部材に対し、2011年から2013年の3年間で240億円の研究開発費を投入し、2000億円の売上高を狙う。
(株)三菱ケミカルホールディングス	白色LED照明用GaN基板、有機太陽電池、炭素繊維関連において、国内投資を検討。

(出所) 経済産業省「化学ビジョン報告書のフォローアップ」、化学ビジョン研究会（平成 23 年度検討第 1 回）

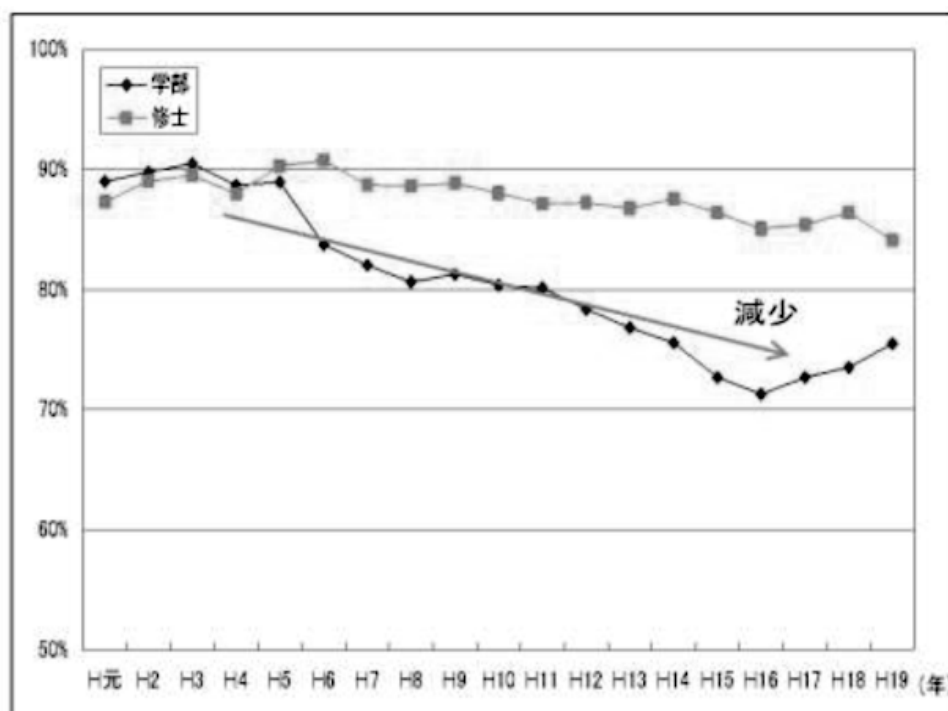
■ 研究開発を担う人材をめぐる動向

我が国では、理工学系の進学希望者の減少、工学系卒業生の技術系分野への就職の減少などで、研究・技術開発等を担う人材の先細りが懸念されている。

また、科学技術政策研究所が第3期科学技術基本計画期間中（2006年～2010年）にかけて毎年実施した、日本を代表する研究者・技術者に対する意識調査では、「研究や開発に関わる職業が高校生や大学生にとって魅力的か」という設問について、年々、状況が悪くなった（「魅力的ではない」と回答する割合が増加）との認識が示されている。

さらに、より深刻なことは、多くの研究者や技術者が「望ましい能力を持つ人材が、博士課程後期を目指さなくなった」と回答していることで、日本の科学技術を牽引すべき役割を担う博士の質が低下していることを意味している。日本人の能力全体が低下したというよりも、若手（高校生や大学生）からみた研究者・技術者の魅力の低下とあいまって、優れた人材が研究開発や工学分野へそもそも進学しなくなっていることを示唆しており、日本の博士課程教育のあり方そのものが見直しを迫られているともいえる。

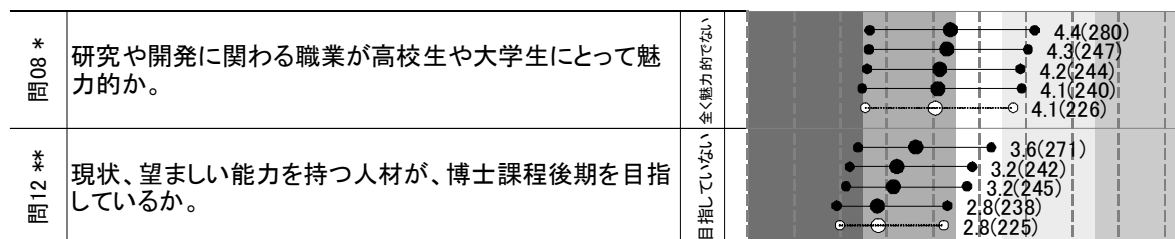
図表 I-28 工業系卒業生の技術系分野の就職状況



※技術者とは、「農林水産業・食品技術者」、「機械技術者」、「電気技術者」、「化学技術者」、「土木・建築技術者」、「情報処理技術者」、「その他の技術者」を指す。
(出典)学校基本調査

(出所) 化学ビジョン研究会「化学ビジョン研究会報告書」、平成22年4月

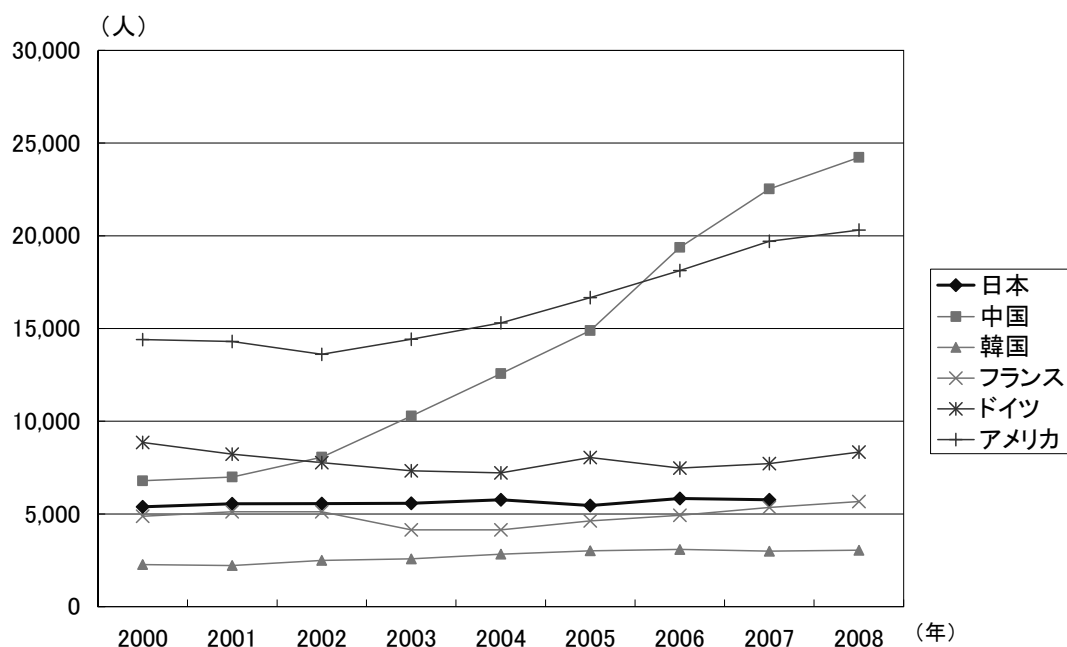
図表 I-29 研究者を目指す若手の育成に関わる研究者・技術者の意識調査結果



- (出所) 文部科学省科学技術政策研究所「科学技術の状況に係る総合的意識調査（定点調査）」
- (注1) 文部科学省科学技術政策研究所では、第3期科学技術基本計画期間中における日本の科学技術の状況変化を把握するため、日本の代表的な研究者・技術者約1,400名に対する意識定点調査を2006年度から5年間継続して実施。この報告書の中では研究開発人材の状況について警鐘が鳴らされている。
- (注2) ここでは各設問について評価軸が「不十分(0)～充分(10)」といった具合に段階でたずねており、指数が3～4のレベルでは状況がまだまだであり、5を超えるとそれほど問題ではない、6～7程度であればかなり良い状況であると解釈している。

博士号取得者（物理・生物科学及び工学分野のみ）の国際比較をみると、米国、中国で増加を続けているのに対し、我が国の博士号取得者は横ばいで推移している。前述の調査結果と合わせると、科学技術の重要性が高まる中で、我が国では博士号取得者の人数は増えておらず、しかも質は低下しているという深刻な実態がうかがえる。

図表 I-30 主要国における博士号取得者（物理・生物科学、工学分野）の推移

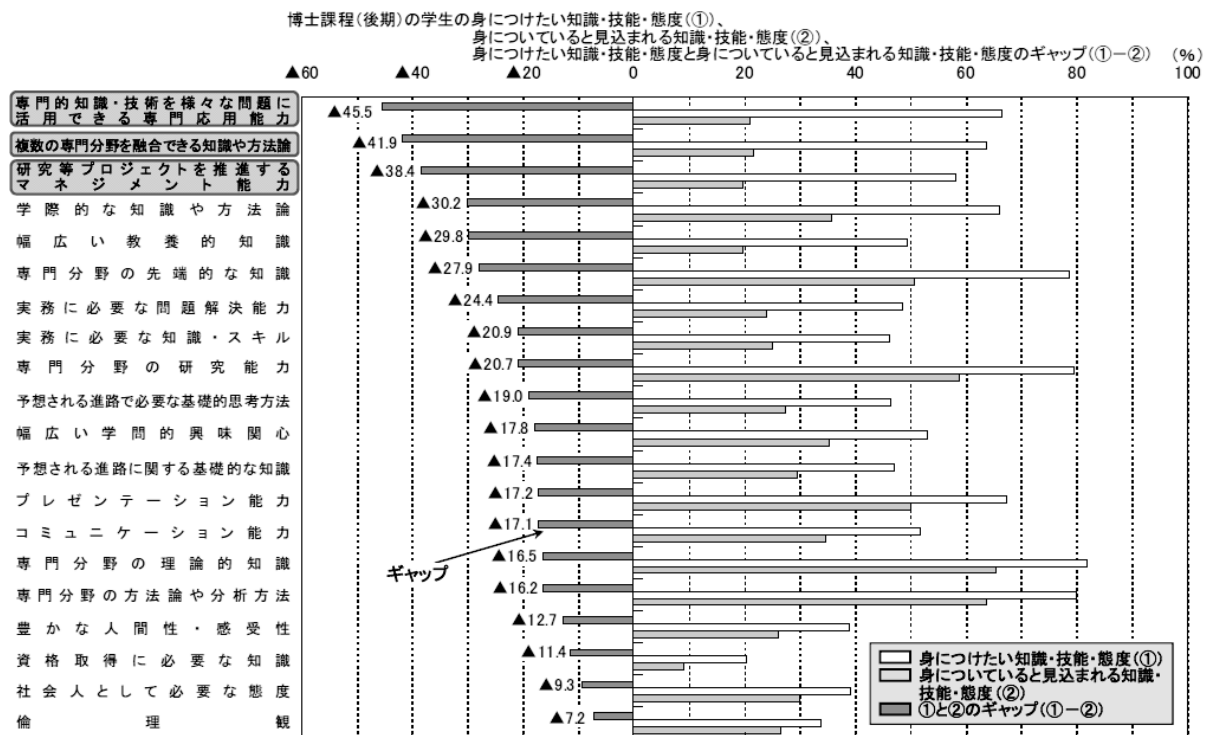


注：日本のデータは2007年まで掲載
 (出所) NSF “Science and Engineering Indicators 2012”から作成

また、我が国の博士人材の能力をみると、身につけたい知識・技能・態度と身につ

けていると知識・技能・態度とのギャップが大きいものとして、「専門的知識・技術を様々な問題に活用できる専門応用能力」、「複数の専門分野を融合できる知識や方法論」、「研究等プロジェクトを推進するマネジメント能力」等が挙げられており、イノベーションの創出や企業ニーズに合致した研究開発を推進するための能力に課題があると考えられる。

図表 I-31 我が国の博士人材能力



(出所) 総合科学技術会議 基本政策専門調査会「科学技術に関する基本政策について－第4期科学技術基本計画策定に向けて－」、平成22年12月

II. リーディング企業にみるイノベーションへの挑戦

I章で我が国部素材産業の強み、弱み、及び最近の動向について概観したが、我が国を代表する部素材のリーディング企業がそうした環境変化にどのように向き合い、引き続き競争優位を確保するためにどのようなイノベーション戦略をとろうとしているのかについて、研究会での講演やインタビュー調査を通してケーススタディを実施した。また、ケーススタディを通して人材の重要性が指摘されたことから、化学業界が産学連携で取り組んでいる人材育成への取り組みや、大学の人材育成についての取り組みについても研究会のテーマとして取りあげた。

II章では、これら企業のケーススタディや人材育成への取り組みについて紹介している。

1. リーディング企業の事例紹介

(1) 研究会におけるケーススタディ

本調査で設置した研究会では、以下のように業種・分野の異なる企業の講演をもとに検討を行った。うち、自動車部品大手の株式会社デンソーは、川中産業に位置する部品メーカーとしての視点に立ち、川上産業に位置する部素材メーカーへの期待という観点からの講演をいただいた。

研究会開催時期	講師企業と講演テーマ
第1回研究会（9月）	東レ株式会社 講師：研究本部 研究・開発企画部 担当部長 松田良夫委員 テーマ：持続可能な成長のための先端材料および先端技術
第2回研究会（10月）	インターメタリックス株式会社 講師：代表取締役社長 佐川真人氏 テーマ：「ネオジム磁石の発明、工業化、10万トン/年の巨大需要に向かって」
第3回研究会（11月）	ソニー株式会社 社友 講師：西 美緒 氏 テーマ：「リチウムイオン二次電池 材料開発の現状と課題」
第4回研究会（12月）	株式会社デンソー 講師：材料技術部長 清水真樹 氏 テーマ：「デンソーの製品開発を支える部素材の技術革新と部素材メーカーに期待するもの」
第5回研究会（2月）	日東電工株式会社 講師：取締役 上席執行役員 CTO 表 利彦 氏 テーマ：「日東電工の技術戦略とリーダー育成などに関して ～サステナブル企業を目指して～」

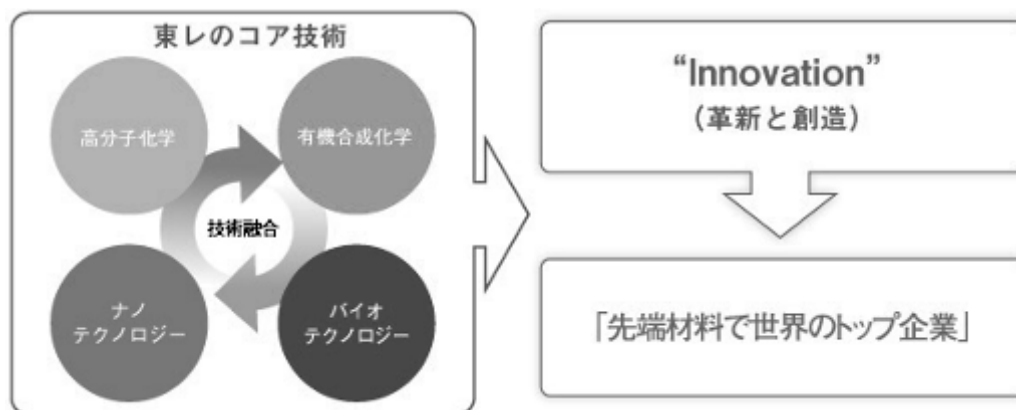
東レ株式会社

講師：研究本部 研究・開発企画部 担当部長 松田良夫委員

テーマ：持続可能な成長のための先端材料および先端技術

◎ 基本的な事業戦略

- ・ 東レは有機合成化学、高分子化学、バイオテクノロジー、ナノテクノロジーという4つのコアテクノロジーをもち、我々のコーポレート・スローガンでもある「イノベーション・バイ・ケミストリー」（化学による技術革新）のとおり、「先端材料を開発し、グローバルに事業展開する総合化学企業」である。東レは、「素材で、世界を切り拓け！」というメッセージを発信している。ファッションから航空・宇宙まで様々な用途に展開しているが、その共通点はすべて基礎化学素材である。
- ・ 「先端材料が先端産業を創出する」ことは歴史が証明しており、新しい素材ができることによって新しい産業ができてくるという流れは基本的に変わっていない。また、材料の革新なくして魅力ある最終製品は生まれない。



(出所) 東レ㈱ホームページ

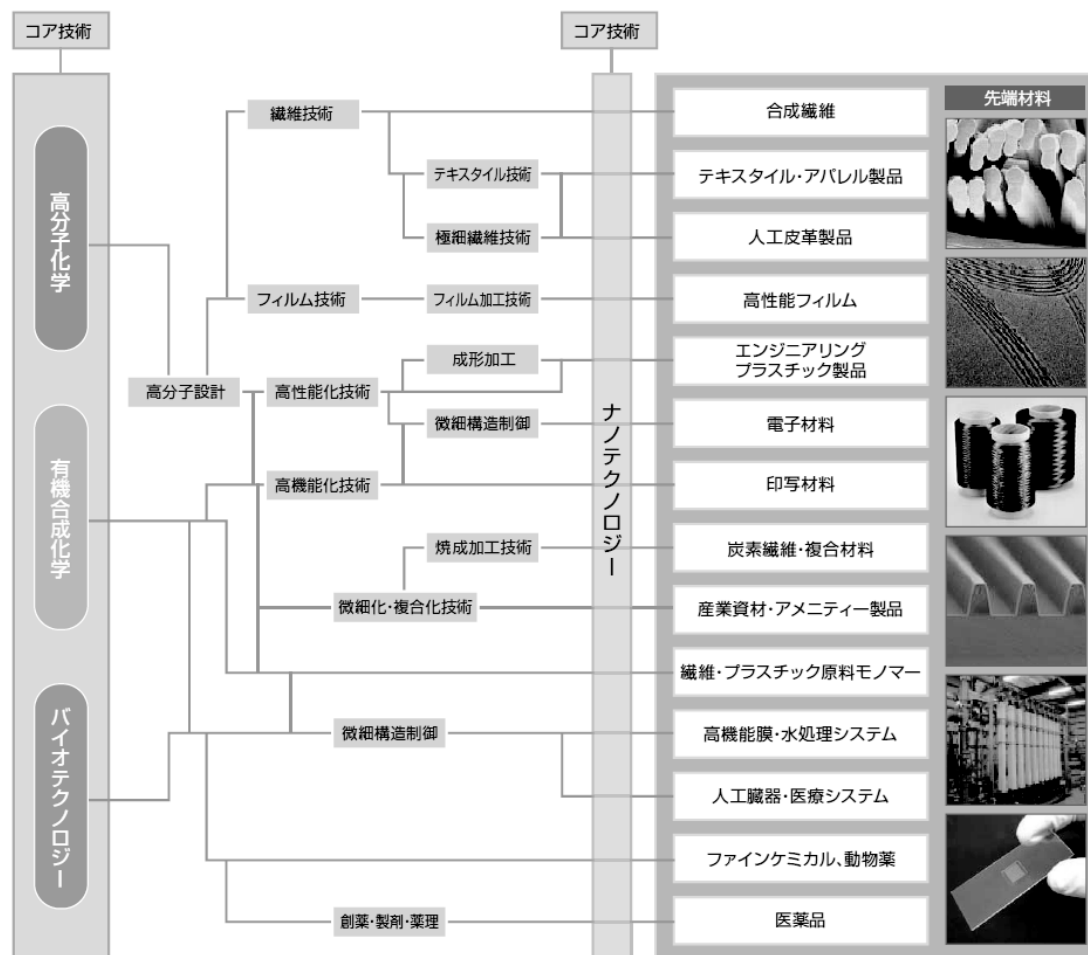
◎ 競争優位の領域、重点領域

- ・ 基幹事業は繊維とプラスチック・ケミカルである。ポリマーは1次元に伸ばせば繊維に、2次元に引っ張ればフィルムに、3次元に押し出せば樹脂になる。これらのポリマー関係の事業を基幹事業と位置づけており、売上高の6割以上を占めているが、最も利益を上げているのは電子情報材料・機器や炭素繊維複合材料などであり、これらは戦略的拡大事業としている。
- ・ また、環境分野の製品として水処理分離膜をつくっており、RO膜（逆浸透膜）は当社を含む日本の3社で世界シェア6割以上を占め、炭素繊維もまた日本の3社で世界の7割ほどのシェアを占めている。
- ・ 「ナノテクの東レ」というように、特にナノテクに注力しているが、これから伸びる環境・エネルギー分野でのナノテク製品を伸ばしていく。
- ・ 単体の利益がマイナスになった際にも、一定の R&D の費用と要員の投資は続けてきた。なぜなら、特に素材の研究・開発は1から始めると事業化するまで最低

10年かかるので、一たん R&D が途切れると終わってしまう。投資を止めずに、常に新しいものをつくり続けてきたのが当社の強みでもある。

事業区分	研究開発分野	事業セグメント	基盤材料	先端材料
基幹事業	繊維	繊維	合成繊維 樹脂 ケミカル原料 フィルム	高機能繊維
	樹脂・ケミカル フィルム	プラスチック・ケミカル		高機能樹脂 機能性微粒子 新エネルギー材料 高密度記録材料 高機能フィルム ディスプレイ材料 半導体関連材料
戦略的拡大事業	電子情報材料・機器	情報通信材料・機器		炭素繊維複合材料
	炭素繊維複合材料	炭素繊維複合材料		
重点育成・拡大事業	ライフサイエンス	ライフサイエンス		医薬・医療材料 バイオツール
	水処理	環境・エンジニアリング		高機能分離膜等

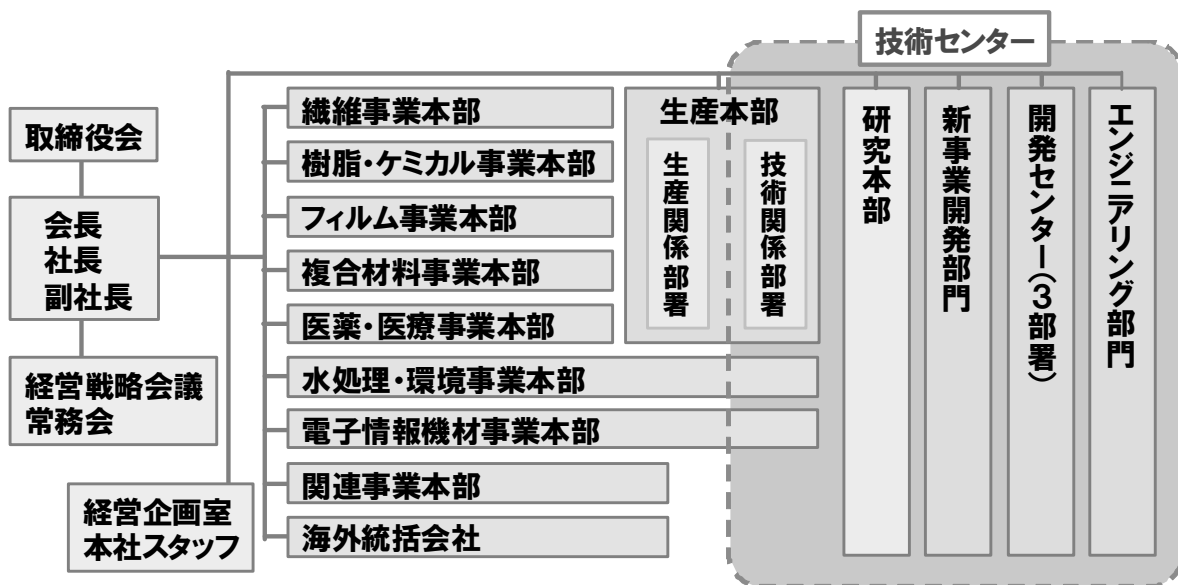
■ 東レの技術フィールドと事業展開



(出所) 東レ(株)「2010年知的財産報告書」

④ “融合”を実現する R&D 体制と “極限追求”

- ・ 当社は 2003 年にナノとバイオの融合を研究する目的で先端融合研究所を設立した。創業以来、85 年間ずっと先端材料を作り続け、新しい価値を創造してきた。これからも基本的には極限追求と技術融合によって先端材料をつくっていく。
- ・ 東レは、基本的には機能本部制を採用している。機能別に組織が分かれており、技術センターが分野横断的な R & D 機能統括としての役割を果たし、R&D 機能の横のつながりを維持している。
- ・ 例えば、カンパニー制で繊維のカンパニーが新しいポリマーをつくったとしたら、おそらく繊維にしか使われなかったであろう。しかし、ポリマーを 1 次元に伸ばせば繊維、2 次元に引っ張ればフィルム、3 次元に押し出せば樹脂になる。原料はすべて同じなので、繊維でつくったポリマーも、フィルムに適用されるかもしれない。いろいろな応用の範囲があるが、それができるのは研究・開発組織が分断されておらず、横のつながりがあるからである。そのほかにも、電子情報材料を開発するにあたり、医薬の研究所から期間限定で有機合成の研究者をレンタルし、一緒に開発を行ったこともある。



(出所) 東レ㈱

- ・ 融合を重視しているが、その前に極限追求がある。「深は新なり」という高浜虚子の言葉があるが、高強度化、高耐熱化、微細化、高感度化など、いわゆる極限追求をしていくということでもものの価値を高めて、そして新製品をつくっていく。それによって一番大事なのは、社会的価値または経済的価値が増大することである。我々は極限追求を当社の研究の基本哲学の一つと考えている。

④ グリーンイノベーションの追求

- ・ 今後は、環境・エネルギー分野での研究・開発がさらに重要になる。地球温暖化や異常気象等の一つの原因に化石燃料の使用がある。素材メーカーなのでものをつ

くるときに炭酸ガスを出す、製品のライフサイクルで炭酸ガスを削減するようにトータルで考えるものづくりを目指している。たとえば、1トンの炭素繊維をつくるのに、20トンの炭酸ガスがでる。しかし、炭素繊維1トンを航空機に使用すると1機当たり1400トンの炭酸ガスを削減できるという試算がある。自動車では1台当たり70トンの炭酸ガス削減が可能であり、そこまで考えて炭素繊維を作っている。

- ・炭酸ガスを削減するクリーンエネルギーとして風車があり、炭素繊維を活用している。トータルで省エネというものも含めて炭素繊維は地球環境、地球温暖化防止に貢献する。

⑩ 川上から川下へ、そしてユーザーと一体となったものづくり

- ・東レが炭素繊維をやめなかった理由は、第2の鉄になるという圧倒的に高いポテンシャルを信じていたからである。炭素繊維の研究開発を始めて2年～3年目の時点で、すでに黒い飛行機をつくることを考えていた。
- ・そして、「アクリル原糸から複合材料まで垂直統合した技術開発」を実践してきた。白糸を生産しており、その糸を焼くと強度のある炭素繊維ができ、それに合った樹脂を開発し、加工技術の開発も手がけ、作り方まで提案して製造してきた。例えばゴルフボールがゴルフヘッドに当たるとシャフトにねじれが発生するのだが、そのねじれが発生したときに一番強い炭素繊維の巻き方をゴルフクラブメーカーと当社と一緒に研究・開発した。素材メーカーとユーザーと一緒にものづくりをすることが必要である。

⑪ グローバル展開と“適地研究”の重要性

- ・韓国に炭素繊維の製造拠点を設置中であるが、この製造拠点は白糸を焼くだけであり、白糸は日本で作っている。中国には加工品（炭素繊維複合材料）を輸出しているが、中国は独自に炭素繊維を作っており、製品歩留まりはかなり低いものの、当社の炭素繊維の汎用グレード品程度は作れるようになってきたようである。しかしながら、やがて歩留まりも向上してコストに見合うようになってくると思うが、航空機や自動車でも使えるハイグレード品開発のハードルは高いと考えている。
- ・東レのグローバル研究・開発の1つのポリシーは各国の生産・販売拠点と連携した研究・技術開発を展開するということである。例えば韓国について、サムスンやヒュンダイに対して物を売っていくためのR&D拠点を置いている。中国には2002年に南通に東レ繊維研究所（中国）を設立し、繊維に関する応用研究や開発研究を手がけていたが、上海には上海交通大学等の中国における科学技術の拠点があるため、2年後には上海にもR&D拠点を設立し、基礎素材や水処理関係の研究をスタートさせた。しかし、基礎研究のベースは日本である。
- ・日本でやるとお金がかかるという理由ではなく、R&Dもマーケットの近くで行う必要がある。中国には広大な水処理事業のマーケットがあるが、現地の水実情にあった水処理をするには現地へ出て行く必要がある。炭素繊維複合材料も同様で、

ボーイングの生産拠点があるシアトルの工場のすぐそばに東レ・コンポジット・アメリカという炭素繊維中間加工品の生産・販売拠点があるが、その中に研究・開発拠点があり、そこで炭素繊維複合材料の研究をしている。つまり、日本でR&Dがしにくいので外に出るのではなくて、生産には適地生産があるように、適地研究というものがある。しかし、基礎・基盤研究を中心とする主力部隊が外に出るということはない。

④ 革新的なコストダウンが必要

- ・ 加工プロセスにおいて、10%～20%程度のコストダウンではなく、50%ダウン、あるいはコストを現在のレベルの1桁程度まで削減するといった、抜本的なコストダウンが必要だと考えており、コストを下げる方法についても研究を行っている。
- ・ これは炭素繊維に限ったことではなく、すべてにおいて加工プロセスにおけるコストダウンは重要な課題となっている。

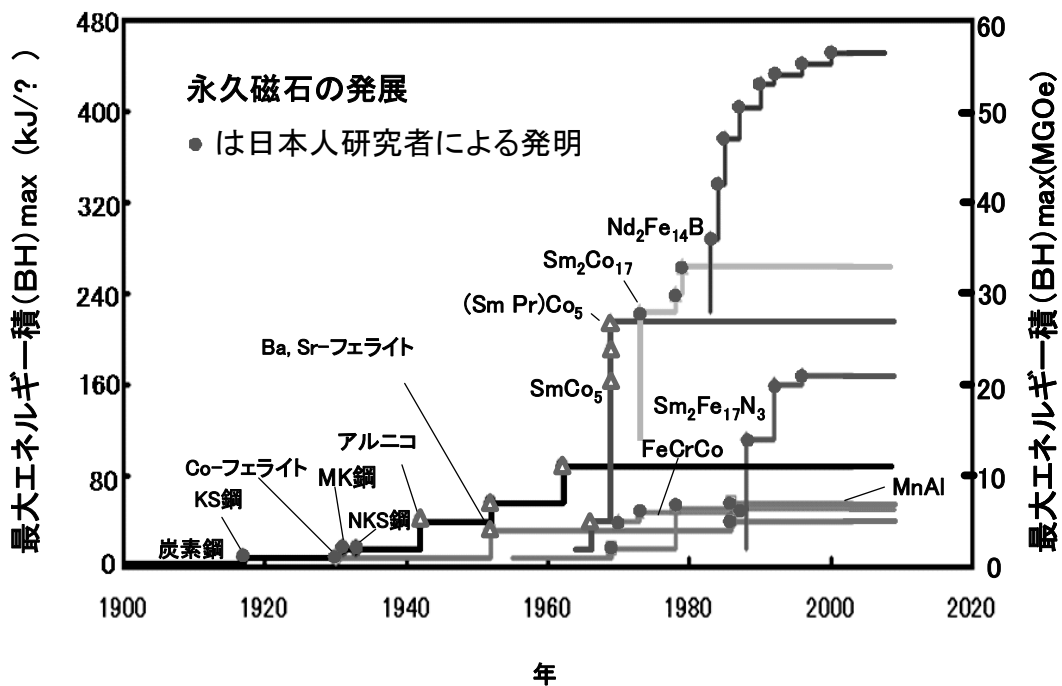
インターメタリックス株式会社

講師：代表取締役社長 佐川真人氏

テーマ：「ネオジム磁石の発明、工業化、10万トン/年の巨大需要に向かって」

◎ ネオジム磁石発明に至る経緯

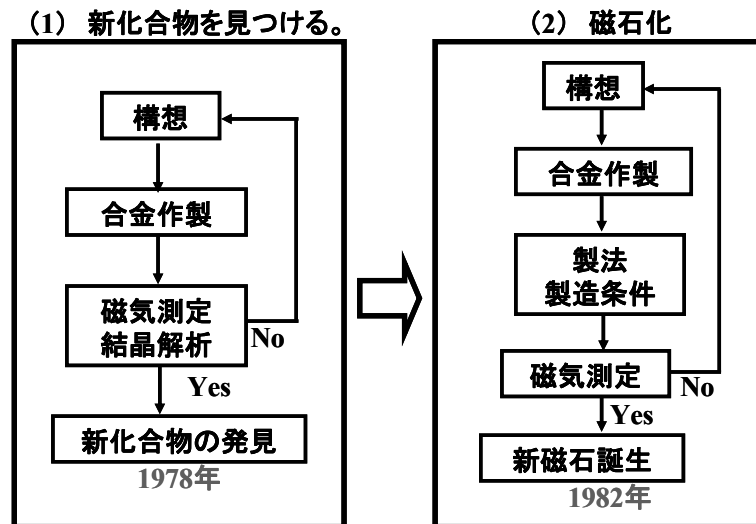
- ・ 1983年、住友特殊金属在職時代に自分が発明したネオジム鉄ボロン磁石は、最強の磁石として認知され、今日の社会において必需品になっている。磁石は日本のお家芸であり、世界をリードしている。中国が追いついてきているが、性能面、使い方等で断然日本が強い。
- ・ ネオジム磁石が発明される以前の磁石は鉄で出来てきたが、1916年に本多光太郎氏がコバルトを入れたKS鋼を発明した。コバルトを入れることで飛躍的に磁石の特性が高まったが、大量にコバルトを使用したので資源的な制約が高まった。



(出所) 佐川真人氏講演資料

- ・ 1978年1月に金属材料技術研究所でシンポジウムが開催され、浜野正昭氏がレアアースコバルト系の状態図とネオジム磁石の磁性について講演された。その中で、鉄は原子間の距離が小さすぎるので強磁性が不安定になるから磁石にならないが、原子間力を大きくすれば磁気安定し永久磁石ができるかもしれないと講演された。その講演を聴き、カーボンやボロンが原子間距離を大きくするかもしれないと考え、翌日から合金を溶かして、すぐに実験や構造解析を開始した。

- ・ 実験を始めるとすぐに反応があり、化合物は 2~3 ヶ月で見つかったが、磁石化するには 4 年を要した。化合物を単結晶で作っても磁石にはならない。磁石にするには着磁が必要で、化合物に強い磁界をかけることで磁石になる。そして、強力な磁石にするためにはマイクロストラクチャーを磁石に適した結晶流体の構造として工夫することが必要となる。このように PDCA のサイクルを回して、1982 年にネオジ鉄ボロン (NdFeB) 焼結磁石に到達した。



新磁石発見までの過程

(出所) 佐川真人氏講演資料

◎ ネオジム磁石発明に至る経緯

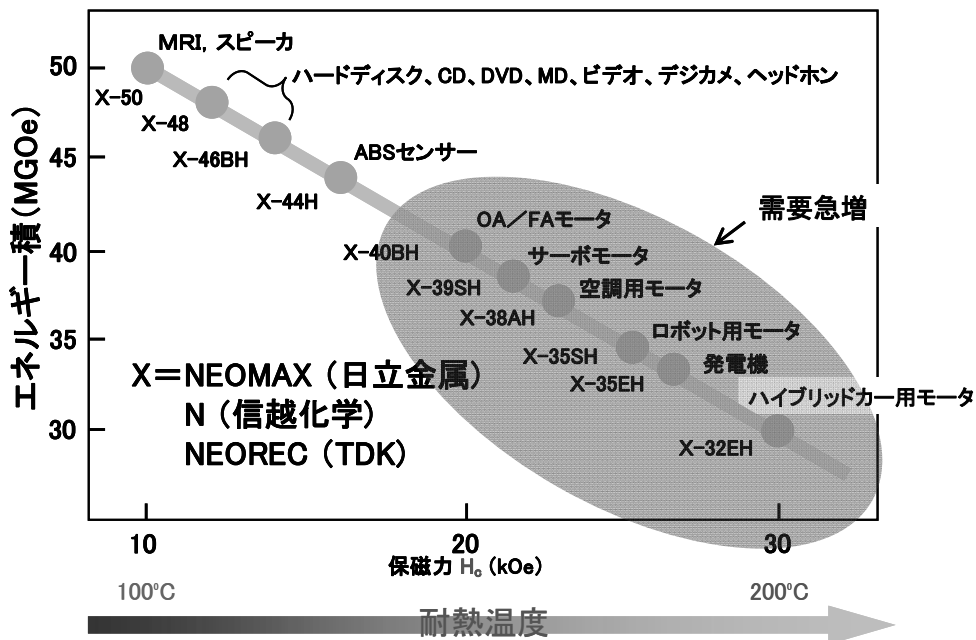
- ・ 私が日本で発明したとの同時期に、米国でも三人の研究者がこの磁石を発明しており、1986年に米国物理学会から、ニューマテリアル化合物として受賞した。住友特殊金属(現在の日立金属)は、米国(GM)よりも2週間早く特許出願をした。日欧は先願主義で住友特殊金属が有利であるが、米国では先発明主義なのでGMが有利であった。結局、住友特殊金属とGMは成果を分け合う形となり、ネオジム磁石は日本で非常に強いものになった。しかし、もしこの発明が米国のものとなっていたら、米国は技術を独占しライセンス供与しなかったり、または高額なライセンス料を課してきたりした可能性がある。
- ・ 米国の発明した磁石はボンド磁石であり、ボンド磁石と私の開発した焼結磁石は10対1の比率で、圧倒的に焼結磁石の方が凌駕している。最初は住友特殊金属1社で生産していたが、その後ライセンスをして、日本、アメリカ、ヨーロッパ、中国の会社が生産を始めた。
- ・ 住友特殊金属で製品化段階に入った矢先、磁石が玩具にしか使えないという評価結果が出た。温度特性が悪く50度になると磁石ではなくなってしまうので工業製品には使えなかった。鉄磁石の宿命で、少し原子間距離が短くなると全然磁石にならない。また、仮に原子間距離を広げても不安定であった。
- ・ 気を取り直して研究に取り組み、鉄の一部をコバルトで置換して、キュリー温度

を上げた。また、ネオジムの一部を重希土類で置換した。数ヵ月後にディスプレイが耐熱性向上に効果があると判明したが、希少金属なため一時的な解決策と考えていたが、それに代わるものがないため、ディスプレイを使い量産化を始めている。製品化、量産化は、日本人技術者の最も得意とするところである。

◎ 強い磁石への需要はますます高まる

- ・ 19世紀に産業革命があったが、20世紀のものづくりはディインダストリアライゼーション（産業の空洞化）と言われ、国内に残るのはソフトやデザインといったサービス業になった。21世紀は、リインダストリアライゼーションが必要となる時代になると思う。
- ・ ネオジム磁石は10万トンの巨大産業になり、電気自動車、ハイブリッドカーに多量に磁石が使われている。電気自動車では、1.5キログラムも使う。しかし、今はまだレアアースなしで出来ない。ネオジム磁石はとても強い磁束を出すので、モーターや発電機を作る際に断然優位であって、レアアースがどれだけ高くなるうともレアアースから離れる動きは起きていない。
- ・ エアコンのコンプレッサーもネオジム磁石を使って効率を高めている。風力発電機もネオジム磁石を使うとギアが不要になる、音がなくなる、メンテナンスが非常に楽になるという非常に大きなメリットが出ている。ネオジム焼結磁石の需要予測は、2015年には10万トン近くになり、さらに超えていくと考えている。

ネオジム磁石の応用と対応する商品番号



(出所) 佐川真人氏講演資料

- ・ 耐熱温度（耐熱性）、エネルギー積（磁石の強さを示す指標）をみると、ハイブリッドカーは200°Cの保証が必要となる。耐熱性があり、磁石も強い領域の需要も急

増している。

- ・ 問題点は、ネオジム磁石の組成であるディスプロシウムの含有量は 10%を超えてはいけないとされているが、ハイブリッドカーには 10%必要なため、量が増えるとディスプロシウムが逼迫してしまうことである。また、ハイブリッドカーでは、耐熱性を維持しながら、磁気特性をもっと強くして効率を良くしてほしいという要望が強くある。そのためにネオジム磁石の高保磁力化、異方性磁石の増大が必要である。ディスプロシウムがゼロでもマイクロストラクチャーを改善することで保磁力を上げることが重要である。

④ 全工程を日本で作りこみ中国にも勝てる技術に

- ・ インターメタリックスとして、開発した技術の量産化を準備中である。省ディスプロシウムを目指しており、ハイブリッドカーで 10%必要であったが、今は 3.5%まで抑えている。国家プロジェクトでは 1%のディスプロシウムでハイブリッドカー並みの磁石を目指している。そのように我々の方法は資源生産性の観点から世界最高の技術として事業化している。大事なことは加工も含めて全工程を日本で行い、中国にも勝てる技術として工業化することである。
- ・ 当社が手がけているのは P L P（プレスレスプロセス）という、プレスを使わない製造方法で、通常のプレス方法に比べてカーボンのモールド粉末を均一にできる、焼結後の焼結体のゆがみを最小限にできるため機械加工なしで寸法精度を出せるといった、従来の加工プロセスにはないメリットがある。プレスは中国でも手がけており競争が激しくなるが、当社が手がけている製造技術は非常に難しい技術をいくつも組み合わせしており、装置を見ただけでは絶対に分からないノウハウがある。7年間に特許を 100 件～200 件も国内外に出願している。この製造方法であれば国内で作ることができる。
- ・ レアアースの埋蔵量は、世界で 1 億トンある。その中でネオジム磁石の基本になるネオジムとプラセオジムは合わせて 2000 万トンある。ディスプロシウムは非常に少ないので省資源化しようと努めている。脱レアアースには 20～30 年かかるため、官民協力して資源を確保して、良い磁石を全ての加工まで含めて日本で作くり、ハイブリッドカー等の大切な機器類に使って産業をバックアップし、世界に貢献していくことを提案したい。
- ・ ネオジム鉄ボロン磁石のハイエンド品を日本から提供していくには、原料を中国以外からも確保する、たゆまぬ技術開発、特許出願継続、ノウハウ流出防止が必要である。

㊤ 省エネルギー革命は日本が主導できる

- ・ 材料は産業の中でウエイトは小さいが、産業的には大切なものであり、材料が産業を支えているといえる。
- ・ 日本は情報通信革命に乗り遅れたとの指摘があるが、新しい産業の発展期に遅れをとっては絶対いけない。これからはエネルギー革命、省エネルギー革命が起こる。日本人科学技術者は世界のエネルギー革命、省エネルギー革命を主導する必要がある。
- ・ 先頃、ボーイング787ドリームライナーという、航続距離が極めて長い、次世代中型ジェット旅客機が日本の飛行場に降り立った。このジェット機には機体重量比の半分以上に日本が得意とする炭素繊維複合材料が採用されている。日本の科学技術者は、このように材料科学的に深みがあり、製造技術的に奥の深い材料の開発、製造に圧倒的強みを発揮する。日本はこのような高度な材料技術の能力を最大限に生かして世界のエネルギー革命、省エネルギー革命を主導すべきである。(佐川真人「日本人科学技術者の能力」より)

㊤ 研究する能力の獲得が重要で、発明は1人でできる

- ・ 博士課程では研究する能力を獲得すべきである。専門性も重要であるが、研究する能力があれば広い範囲をカバーできる。自分もドクターでは金属の腐食の研究をしており、磁気の研究は手がけていなかった。基礎が出来れば、様々なことに応用できる。材料の基礎能力を保った上で、自己顕示欲をもってやってもらえば良いだろう。
- ・ また、研究や発明は一人でも出来る。ブレークスルーをするのは一人の研究ではないか。よって、企業も大学も、グループ研究だけではなく、一人でやる研究をもっとバックアップしなければならない。一人の研究をもっとやりやすくするような大学、企業等の体制を考えていくべきではないか。

㊤ 若者は自己顕示欲と人間的自意識を持つ

- ・ 独創的な研究開発を担う研究者・技術者に必要な能力として5つの要素が必要と考えている。①専門分野の基礎力(材料科学の分野では一般力学、電磁気学、量子力学、統計力学、熱力学の基本が身につけていること)、②徹底した論理的思考能力、③専門分野の最先端のレベルへの素早い到達能力、④輪郭が明確でない課題から明確な解答を引き出す能力(考える能力、考えて考えて考え抜く能力)、⑤糸口をつかんだら放さない強い意志力といつかは人のためになって認められたいという強い自己顕示欲、である。これらの中でも、特に自己顕示欲が重要である。これが独創的研究を生み出す一番の根本になっていると考えている。
- ・ 今若者は強い自己顕示欲を持っていない。大学では自己顕示欲はなく、若者が控えめすぎて草食系とも言われている。また、自意識には、動物的自意識と人間的自意識があり、後者が非常に重要で人間的活動の源泉になっている。自分を知らいたいとか周りを知りたいということが、学問の発展に関連している。また、好ま

しい自分志向が、身だしなみ、行儀、勉強、努力、社会活動につながっており、全て自意識からきている。特に技術、科学技術について、あるいは学問の発展について大事なものは、自分を知りたいという人間的自意識であり、これが今の若い人たちには足りない。

◎ 発明者を尊重する社会が必要

- ・ ものづくり競争力を上げるためには、基礎的な材料は非常に重要であり、もっと発明や発見を重視し、多く輩出する風土にしないといけない。そのためには発明者・発見者を尊敬して大事にすることと報奨制度の拡充が必要である。日本は、発明者・発見者を尊敬することは十分されているものの、報奨制度はまだ十分とはいえない。
- ・ 新技術の開発は価値の創出であり、得られる利益を受け取る権利がある。日本人科学技術者の能力は世界のトップレベルである。今後も新製品とその製法を開発していき、新製品とその製造から得られる価値を享受していくべきである。

講師：ソニー株式会社 社友 西 美緒 氏

テーマ：「リチウムイオン二次電池 材料開発の現状と課題」

④ なぜリチウムイオン二次電池に着目したのか

- ・ 自分は大学では化合物半導体を研究し、ソニーに入社後、燃料電池の開発部隊に 8 年間在籍し、その後音響材料の開発を 12 年間経験した。今思えば、あらゆる材料を経験したことがリチウムバッテリーの研究開発に役立った。
- ・ 1950 年代～1960 年代には、電子機器、特にラジオやラジカセの電源の大半に乾電池が使われていた。1980 年半ばから、カセットプレイヤー、8 ミリビデオカメラなどモバイル機器が盛んに開発され、充電できる二次電池が登場してきた。当初はニッケル・カドミウム電池（ニッカド電池）が使用されていたが、そのうち高性能化が急務になり、リチウムイオン二次電池やニッケル水素二次電池が誕生した。
- ・ ソニーにおいても、主力製品である電子機器のポータブル化の加速により、二次電池が要求されるようになった。しかし、ニッカドやニッケル水素は既に多くの電子メーカーが手がけていたため、やるなら世間でやっていないものをやろうということで、負極として有望なリチウムに目を付けた。そして、金属リチウムはサイクル特性や安全性に課題があったので、リチウム化合物系負極が研究開発題目になった。

④ 「死の谷」に行き着く前の「止の谷」

- ・ R&D の成果を実用化するためには、非常に多額な設備投資を必要とする。これが大きな障壁であり、大変な問題となった。これを越えない限り商品化は無理であったため、世間では「死の谷」と呼んでいた。しかし、そこに行く前にそんな開発は止めろという圧力がかかる。筆者はこれを「止の谷」と呼んだ。何かをして失敗すれば、組織として責任を取らされるからである。リチウムイオンバッテリー開発にも事業部を中心に反対の声が出た。角型のリチウムイオンバッテリーも反対された。
- ・ その一方で、ソニーでは「面白いことは上司に隠れてやれ、失敗したら闇から闇へ葬れ」という社内語録がある。

④ 新型電池の開発

- ・ 電池の構成要素は正極、負極、電解液である。電池に使いそうなものに構成要素を組み合わせると約 1 億種の組み合わせがある。実際は 30 種類ぐらいが実用化されているにすぎず、実用化率は 0.3 p p m という非常な低さである。実用化率が低い理由は、電池開発で最も難しいのは、活物質（正極、負極）や電解液をケースに安全に収めて、かつ材料の性能を 100%引き出すことで、これが新電池の実現

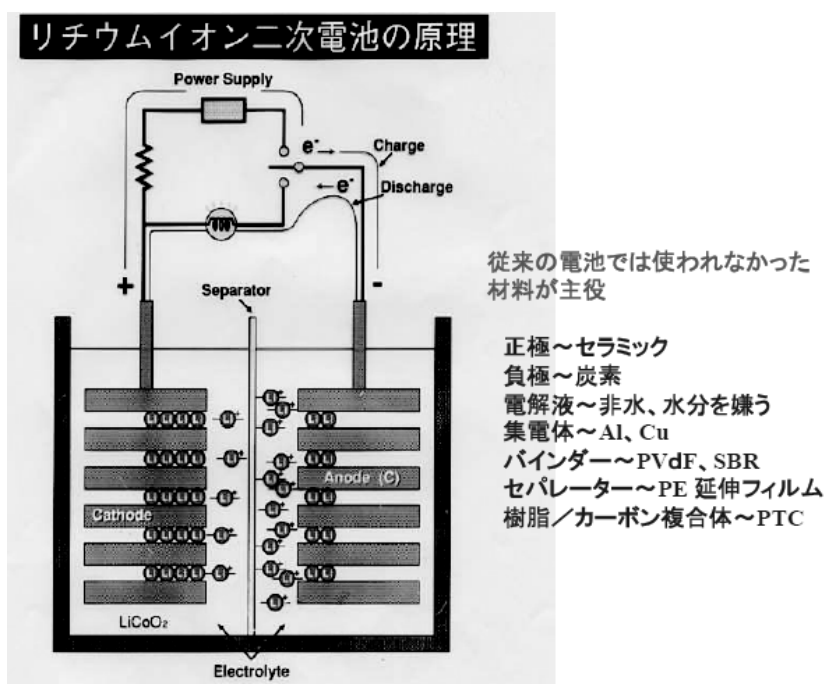
を阻んでいる。

- 水素吸蔵合金が見つかり、水素を固体として扱えるようになり、ニッケル水素電池が登場した。このように、何をどう選ぶかにおいて様々な材料に関する知識が必要となる。
- 金属リチウムを負極とした二次電池が実現できない理由は、デンドライト＝樹枝状結晶の生成にある。例えば、ニッケル亜鉛電池では、放電生成物が亜鉛酸イオンとして電解液になって溶けてしまう。したがって、充電すると元の金属に戻る際、元の位置に析出せず、活性度の高いところに析出するので、針のような結晶（すなわち、デンドライト）が成長してしまう。その結果、セパレータを突き破り正極側に行きショートする。したがって、デンドライトができる金属は、負極としては非常に使いにくい、現実的にまだ使われていない。
- 金属リチウムは亜鉛と同じで、デンドライト制御は困難である。充電すると放電生成物が溶けて、充電の際にリチウムの針のような結晶ができてショートに至る。リチウムが亜鉛より始末が悪いのは、可燃性のため安全性が非常に損なわれるということである。さらに、電解液が有機溶媒系で、これも燃えやすい。このようにデンドライトの生成は、リチウムの実用化に対して、非常に大きな障壁になっていた。
- ウッド合金やアルミニウムなど、リチウムと合金を作りやすい負極が候補として挙げられたが、我々はカーボンとリチウム合金が良いという結論に至った。しかし、そのような化合物を工業的に製造するのは難しく、カーボンを単独で使用するようになったので、リチウム供給源としてリチウムを含む正極が必要になった。結局、負極側に炭素（カーボン）、正極側にリチウムを含む化合物を使うことで、充放電を繰り返すシステムを目指した。
- この電池の充放電の仕組みはリチウムイオンが動くだけで、外部回路を伝って電子が動き電流が流れるというものである。原理的にいけるとなったので、まず材料開発に着手した。しかし、電気化学の知識だけでは有効な材料の開発はできない。音響材料は新素材の実験場とも言われるが、その分野でかつてあらゆる材料を経験したことが大きなプラス材料になった。

④ 成功は失敗のもと

- リチウムイオン電池は京セラの携帯電話に 1991 年に世界で初めて採用された。その後、パソコンにも搭載されるなど、円筒形の電池ではソニー製が 90% のシェアを獲得するなど非常に成功した。90 年代半ばには携帯電話が大きく成長し、角型電池の利用が急増したが、ソニーはこの角型電池では大きく出遅れた。円筒形で大成功を収めたためそれに固執して発想の転換がなかなかできなかった。トリニトロンが成功したので、FPD への対応が遅れたのと同じである。
- 電池は通常、外側にスチール缶を使いこれがマイナス端子になる。しかし、三洋は角型の缶にアルミを使ったため、缶がプラスになり、その構造の電池が角型の

主流になった。その結果、全く構造が逆転するので生産ラインを逆にしないとならず、我々は角型に参入できなかった。



(出所) 西美緒氏講演資料

④ 次世代材料～新しい負極材

- ・ 新しい負極に黒鉛を使う限り理論限界があり、容量を増やすには新たな負極が必須になっている。
- ・ シリコン系は、膨張に伴うサイクル性の悪さから実用化されていない。また、銅箔にシリコンを蒸着して使うという真空を利用する技術もあるが、大量生産やコスト面では非常に難しい。我々はスズ系は合金で活路を見出した。チタン酸リチウムは大電流が取りやすい、サイクル特性が良い、という特性があるので東芝などから提案され、電気自動車に良いとされているが、エネルギー密度が低いという難点の克服が必要である。
- ・ EV 関係では容量が大きいと言う点から、黒鉛が主に検討されている。HEV では、容量よりもサイクル特性や負荷特性が重視されるので、その点で非常に優位性のあるハードカーボンが検討されている。

④ 次世代材料～新しい正極極材

- ・ 正極では、高容量正極の開発が急務となっている。
- ・ 高温安定性はリチウム電池の安全性に大きな影響を与えるファクターである。高温安定性がいいほど、安全性を保てるからであり、EV 用にはその観点から LiMn2O4 やリン酸鉄リチウム (オリビン) が主に検討されている。

- ・リン酸鉄リチウムが安全性は秀逸であり、車用で着目されている。しかし、安全性が高いほどエネルギー的には不利という皮肉な状況にある。容量が多いニッケル系では安全性が低いので、なかなか良い正極の材料が見つからない。
- ・マンガンは、i-MiEV とか LEAF の正極として使われているが、容量的にはまだまだ不十分である。負極だとシリコンやスズを使うと、負極容量が3倍、6倍になる可能性を秘めているが、それに対抗する新しい正極材料はない。

④ 次世代材料～セパレータ

- ・EV/HEV、定置用などの大型のリチウムイオン電池では、大面積セパレータの瞬時のシャットダウンは無理なので、必ずしもその機能は必要ではないと見られ、代わりに耐熱性を上げたセパレータの開発が行われている。セパレータの表面に、熱伝導率がいいセラミック層を薄く塗ることで、局所的に温度が上がるのを避けようとしている。しかし、セラミック塗布セパレータは、セラミックを塗布するのに必要なバインダーの耐熱度によって耐熱性が決まり、画期的な耐熱度向上が達成できるわけではない。
- ・アラミドを使ったセパレータは、350度まで耐えられる。しかし、アラミドは高価なため自動車には使えないと思われる。

④ 次世代材料～電解液

- ・電解液で重要なことは、電位窓が広いことである。高電圧となった時に酸化力に十分に耐え、分解しないことが重要である。例えば、水系の電解液では、理論的には約1.5Vで分解するので、過電圧を考慮しても2.2Vまでしか使えない。水溶液を電解液とする電池では、2.2Vの鉛蓄電池の電圧が最高である。これに対し、リチウムイオン電池では高い電圧に耐える有機溶媒を電解液とするので、4.2Vという高電圧が可能となった。
- ・金属リチウムと反応して分解してしまうと困るので、低い電圧範囲でも安定的に存在し得ることも重要である。すなわち、強い酸化還元力に耐えなければならない。
- ・リチウムは水を嫌うので、水分量をできるだけ除去するということが重要である。また、電解液にビニレンカーボネイトを添加することで形成されるSEI (Solid Electrolyte Interface) の皮膜がカーボンの表面にできると負極活性度が抑えられ、安全性が高まる。
- ・さらに、現在、リチウムイオン電池の安全性を向上させるために、燃えない電解液の開発が進んでいる。

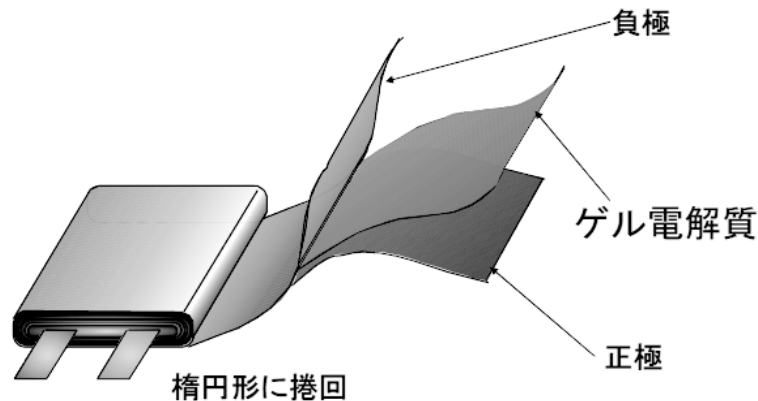
④ 次世代電池～ポリマー電池

- ・ソニーは携帯電話向けでは角型リチウム電池で完全に失敗したが、ポリマー電池では世界でトップシェアである。角型電池で成功したメーカーは、それが「成功

は失敗のもと」になり、ポリマーで電池への取組みが遅れたのではないか。

- ・ポリマー電池はマイナス 20 度でも十分動き、大電流を流しても問題がなく、サイクル特性も非常に良いのでビジネスの柱になりうる。

LPB の構造



(出所) 西美緒氏講演資料

④ 電気自動車

- ・電気自動車について、リチウムイオン電池では充放電効率が非常に良いので、従来の電池に比べかなり優位性がある。ニッケル水素に比べるとはるかに長距離走ることが可能である。
- ・大型セルでは円筒形に巻くのが難しいため、積層型のセルが考えられており、ラミネートセルにするとより放熱が良いとされる。しかし、正極と負極では熱伝導率が異なるというデータがあり、また、積層された方向への熱の移動は、塗った方向に対して 200 分の 1 しかないというデータもある。したがって、ラミネートセルの表面積が大きくても、放熱効果があるとは限らない。大型になると安全性の確保が非常に難しくなる。EV 用では、それが非常に大きな課題になると思う。
- ・電気自動車の普及において、急速充電が要求されるが、その場合の充電器が非常に大きな問題である。

④ リチウムイオン電池の課題

- ・市場では問題とされているリチウム資源量であるが、実際にはリチウムの資源量は十分にあり、バッテリーEVでも 300 億台程度は作れるほどの資源があると言われており、問題はないと思う。
- ・リチウムイオン二次電池のビジネス上の問題は日本が非常に苦戦しているということである。ボリュウムゾーンは 18650 サイズで容量が 2200mA 程度のもので、最近のパソコンではそれで十分なため古い技術で製造でき、そのような電池が 50%を超える市場になっている。韓国はウォン安であり、産業用電気コストが安く設定されているため、日本はコスト的に太刀打ちできない。

- ・ また、EV用電池では、米・ドイツ等が規格化を進めているため、日本は携帯電話のようにガラパゴス化する懸念がある。
- ・ 電池はサイズが決められているので、重量エネルギー密度もさることながら、体積エネルギー密度が重要である。特にEV用電池でも積載場所に制限を受けるので、体積エネルギー密度が重要である。

④ コーティング技術がキーファクター

- ・ リチウムイオン電池は、コーティング技術、塗布技術がキーファクターになっている。例えば、日本のメーカーで、今までリチウムバッテリーで成功したところは、実はオーディオテープとかビデオテープで非常に精度よくコーティングするという技術を持っていた企業である。電池メーカーであっても、塗布技術を全く持たないところがリチウムイオン電池では大きな成功を収められなかった。
- ・ 従来の電池と違うところは、リチウムイオン電池製造にはターンキーシステムは存在しないということ。最新設備を購入しても電池が出来てくるというものではない。従来の電池と違って、製造プロセスには塗布などのノウハウの固まりが必要とされる。

株式会社デンソー

講師：材料技術部長 清水真樹 氏

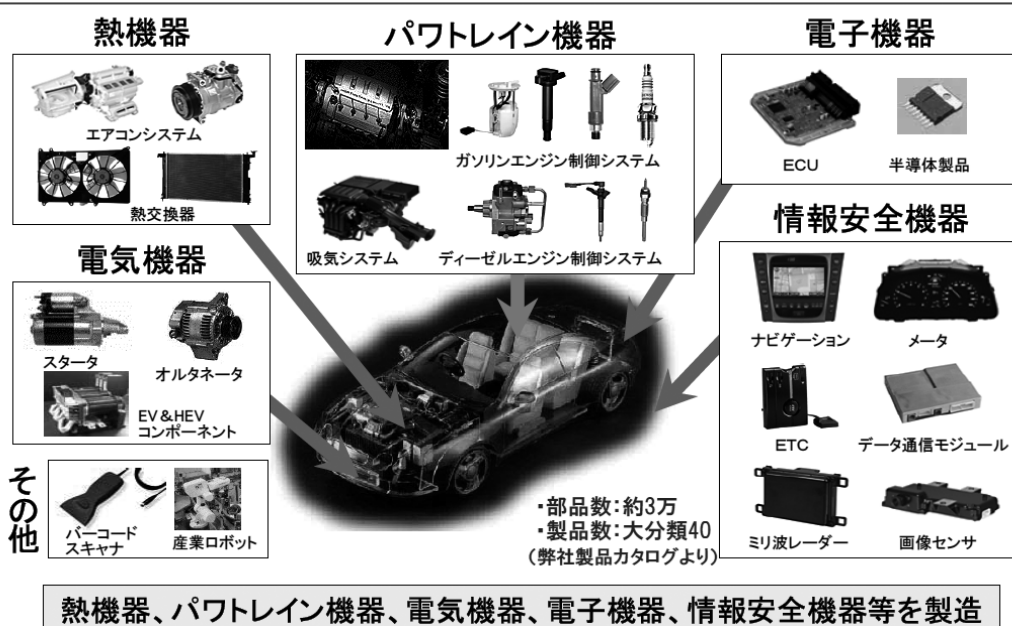
テーマ：「デンソーの製品開発を支える部素材の技術革新と部素材メーカーに期待するもの」

④ デンソーの事業概要

- ・ 当社は、1949年、トヨタ自動車工業電装工場を分離・独立して、設立された。会社設立当初からの苦難の時期を乗り越え、1953年に、ロバートボッシと技術提携し、優れた技術を吸収したことのみにならず、経営管理全般にわたってのノウハウを習得できたことが、その後の社業の発展の礎となった。さらに、1960年代の後半から、ICの研究に着手し、1968年にIC研究室を開設したことが、デンソーの電子・IC製品分野での発展の源となった、非常に大きな出来事であった。
- ・ 売上げは連結で3兆円を超え、従業員は連結で12万人強。当社の製品は始動充電系の製品から始まり、ヒーターやエアコンを加え、プラグ・噴射ポンプを市場投入した。次いで、パワトレ系の多種製品等を経て、EMS、エンジン・マネジメント・システムに業容を広げ、ITSやEHV関連製品へ、枠を広げて現在に至っている。
- ・ 自動車部品メーカーランキングをみると、2010年時点でボッシュに次ぐ規模である。ボッシュとは、売上では匹敵する規模になったが、グローバル展開や経営・事業戦略をみると、当社はまだ頑張らないとならないと感じている。

製品ラインナップ

6/24



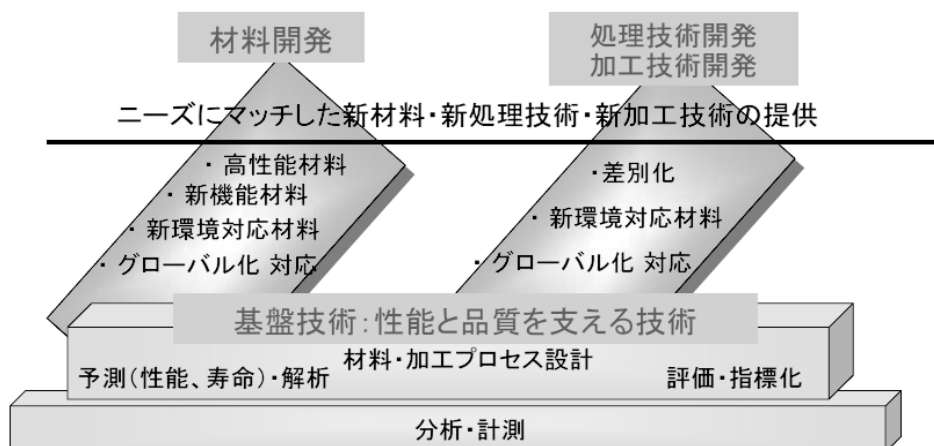
(出所) 清水真樹氏講演資料

④ デンソーの材料開発

- ・ 当社の材料技術部は生産推進センター機能の1つとして位置づけられている。生産推進センターとは、生産全般に関わる機能的役割を持った部署であり、製造設備を作る工機部や、部品・製品を試作する試作部等も含んでいる。
- ・ 我々の材料技術部は次世代及び将来製品のため材料開発や、処理技術・基盤技術開発をしており、技術開発的な色合いが濃い。この点から考えれば、技術開発センターに所属していた方が良いという考え方もあるが、必要とされる材料を開発し、QCDの面で、「製品」として、確実に成立させ、流動させる事が使命であるので、「もの」を作る側である、生産推進センターに所属している。当然、技術開発センターにも材料に特化した部隊があり、連携を取りながら技術開発を進めている。
- ・ 材料技術部の使命は、高度で独創的な材料・処理技術・加工技術を開発して製品競争力を高めることである。そのため、材料だけでなく、様々なことを解析・評価したり、加工プロセスそのものを設計するような基盤技術開発を行う部隊や、それらを支える分析を行う組織を併せ持っている。
- ・ 材料開発の考え方は、社内の技術部の製品に対するニーズを、材料のターゲットパラメータに落とし、それに適合する材料を材料メーカーと共同開発している。また、必要に応じて、官学との連携を組合せながら材料開発をしている。

デンソー材料技術部の役割

使命	「魅力ある製品を魅力あるコストで作り 製品競争力を向上する」ことに材料面から貢献する。
役割	1. 高度な材料、処理加工、基盤技術開発 2. 材料に関わるグローバルセンター業務 3. 緊急援助業務



高度な材料・処理加工開発、基盤技術開発で製品競争力に貢献

(出所) 清水真樹氏講演資料

- ・ 材料開発、処理技術開発においては、例えば、パワトレでは高圧噴射が必要になってきたため、対応する材料や処理技術を開発してきた。エアコンでは高性能、小型・軽量化を求められてきたので、耐久性があり、かつ、薄肉化できるアルミの材料等を開発してきた。電気については、これまで小型・高出力中心であったが、電動化が進展するなかで、EHVが登場してきたため、高電圧対応も含めた技術開発が必要になっている。電子関連については、高密度実装が大きな課題である。今後の材料開発においては、高強度、高磁性、高絶縁、高放熱等の機能が求められている、さらには、環境負荷軽減、調達リスクへの対応も重要となっている。

◎ これからの材料開発の視点

- ・ 今後の材料開発のあり方は、これから変化するし、変化させてゆかねばならないと思っている。1つ目のポイントは、材料メーカーがつくり出す時点で必要な機能全てが満足できている必要はなく、どこかのプロセスで新しい機能を付与してゆくという視点を加えてゆくべきであるという事。従って、どの機能を、どの工程で付与するかが、材料開発における一つのキーワードになってくる。例えば、部品加工の最後の表面処理で機能を付与できれば、材料自体で、その機能を保持している必要はない。言い方を変えれば、材料のグレードを下げられる事となる。どこで機能を付与するかは、素材から、製品が完成するまでの工程全体を通じて、考えていく必要がある。
- ・ 2つ目のポイントは、材料そのものの作り方を変えてゆく事で、競争力を高めることも必要という点である。たとえば、植物由来であるナイロンのPA610は新しい材料ではないが、コストが高く今まで使用できなかった。しかし、新しい合成方法が開発されたことで、コストが下がり、この材料に合わせた部品の加工方法を生み出すことで、更に競争力を付与できた。

◎ 材料メーカーとの共同で製品革新を実現する高機能材料を開発

- ・ 当社と材料メーカーの関係は、当社が具体的ニーズを提供し、材料メーカーと共に開発を進め、可能な範囲で、評価や品質保証まで踏み込んでもらってきた。相互信頼、相互研鑽という関係を継続することで、よい材料が出来、製品開発が進んできた。海外の材料メーカーとは、どこまでやれるかが現在直面している課題である。
- ・ このように、今までは、素材を高機能化した上で、新しい自動車部品・製品を開発し、あるいは、高機能にして、自動車の性能を高めてきた。今後は、省燃費、排ガス規制の強化といった環境規制への対応が、非常に高い壁になると認識している。EUでも高いハードルを課しており、その対応が今後の課題になっている。

④ 低コスト化への対応

- ・ 2020年には、EV・PHV等が20%程度になっていると考えているが、中国の希土類で問題になっている通り、資源のリスク対応として、希土類磁石のための、希土類資源の確保、あるいは、省希土類・脱希土類が直近の課題の一つである。
- ・ 当然先進国だけで商売が成り立っている訳ではなく、新興国市場でも伸びていくことが必要である。新興国では低価格自動車が出てきているので、当社としても、当然、注目し、注力していくべきゾーンだと考えている。今まで求められてきた快適や利便、安全、省エネに加えて、HVなどの新しい環境対応車両と超低価格車両の対応を同時並行で進めていく必要があり、それぞれで課題を設定して対応していかなければならない。
- ・ タタを例にすると、デンソーの製品は一つしか採用されず、片やボッシュはエンジン・マネジメント・システム等多くの部分を受注している。なぜ受注量に差が出るのか、勉強の必要があると考えている。当社も海外のユーザーが増えているので、そのような相手のことをもっと考え、納入先のみならず、エンドユーザのニーズをきちんと踏まえて、開発を進め、提案していかなければならない。
- ・ 低コスト車向けの製品については、できるだけ共通の部品を使い、車種間にこだわらず材料標準化や共有化を推進してゆく必要がある。地域やユーザー、市場に合ったコストを実現することにも、注力していく。

④ システムサプライヤーとしての展開を強化

- ・ また、電動化や低コスト化という、これからの車両の主たるニーズに対して、電動車両向けの製品の開発を進めており、システム化やモジュール化にも対応している。一つの事例として、EVとかHV向けのインバータは新しい製品であるし、低コストのための基盤技術開発にも、力を入れている。
- ・ モジュール化においては、フロントエンドモジュールや吸気モジュール、さらには燃料系のモジュール等様々ある。また、エアコンもモジュール化が進んでおり、技術開発や製品開発も行っている。車両との適合技術のレベルアップも必要であり、システムサプライヤーとしての認識を高くしないと、ボッシュや現代モータースに勝てない。
- ・ 電動車両用製品の代表的なものとして、インバータやコンバータがあるが、リレーも高電圧を制御する専用のもになっているし、電池を制御するユニット等も開発している。
- ・ インバータは非常に新しい製品であり、パワー素子をS I C等に変えることで、更に小さくすることが可能であるので、この開発も重要である。電子・IC部品の今後においては、放熱性が非常に大事な機能だと理解している。

④ 今後の材料開発のコンセプト

- ・ 今後の材料開発のコンセプト案を3本立てして試している。1つ目は日本の部素材メーカーの力をそのまま伸ばしていく「ダントツ材料」、2つ目は車両が既にグローバルになっていることに対応した「グローバルで展開できる材料」、3つ目は「地域の標準化された材料（ありもの材）」である。
- ・ かつて日本の部素材メーカーは、非常に良い部素材を開発し、日本製品に取り込まれて、世界で通用する競争力を持っていたため、グローバル化を特に意識せずとも、商売ができていた。しかし、昨今の経済・経営環境のなか、現地調達化がさらに加速し、製品の製造が海外に移っていくと、日本だけでしか作れない材料は使えなくなる。
- ・ 当社としては、日本材の輸出によるコスト競争力低下に対処すべく、複数の対応を進めている。一つは、材料メーカー間のアライアンス構築により、できるだけ多くの地域で供給できる体制をつくる。あるいは、グローバルな材料メーカーと開発をすることで、世界で同じ材料を手に入れられる方法を模索することなどである。ただし、関係構築が十分でない地場材料メーカーとの技術開発においては、技術流出対策をどうするかも、一つの課題となる。
- ・ 同一の車両・製品が、世界の主要市場で同時に立ち上がる場合を想定すると、日本、欧米、豪亜、そして中国において、それに必要な材料がないといけない。さらに、その他新興国でも、立ち上げが同時に始まるとなると、日本だけにおいて、材料開発を進めてゆくことの是非が問われる。
- ・ 課題は①ダントツ材をどう考えるか、②グローバルに供給できる材料をどうするか、③ありもの材をどう考えるかである。
- ・ まずダントツ材については、機能の極限を目指していく研究・開発は、継続していくべきであると考え。従来の材料開発は、圧倒的なニーズ主導であったが、世の中に様々な技術があるので、シーズを部素材、部品にどう取り込むかという考え方も入れないと新しいものが生まれてこないと思う。そのためには、例えば、面白い機能を備えた部素材があった時に、シーズとして提案してもらい、当社が使い方を考え、自動車部品としての可能性を検討する。当然ニーズ主導で事が動くのは間違いないが、そのような考え方をしていかなないと、面白い材料がコスト等で消えていく危惧を感じている。材料メーカーだけでなく、官学との連携も強化し、開発を進めてゆきたい。
- ・ これからは、必要かつ重要な部材について、産官学が連携してオールジャパンで知識・資源の有効活用をするべきである。オールジャパン総力でダントツの部素材をつくっていくというしかけは非常に期待が大きい。
- ・ 今後の事業戦略や製品戦略に、材料面で貢献してゆくためには、ダントツ材開発は必ずやってゆく必要があると考えている。グローバルに展開できる材料しか使えない、あるいは、調達で苦勞する材料は使っていけないとなると、基盤技術や材料開発力が停滞してしまう。最高で、最新の機能を追及する研究は、日本の高い

技術力を生かして進めてゆくべきであろう。それを量産化していく際に、グローバル供給に対して、提供できる材料技術があれば、アライアンス等でも対応できる。そういう材料を持っていれば、アライアンスも供与できる部分も多いと思う。

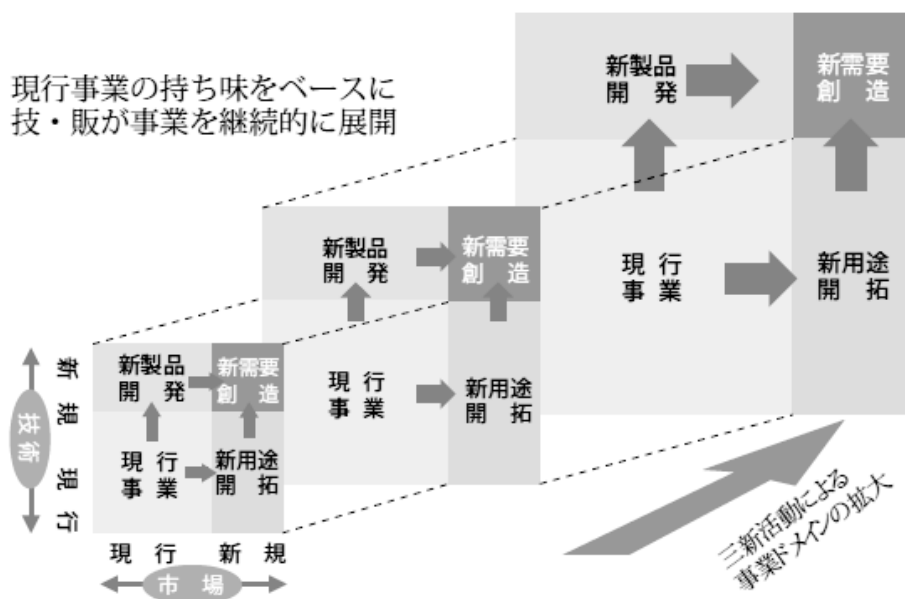
- ・ 日本でダントツの材料を生み出し、これを加工して更に付加価値を高め、日本から輸出しても競争力がある部品や製品を、たくさん開発してゆきたい。
- ・ グローバルに関しては、よい材料を開発しても、グローバルで調達できないと、日本以外では競争力が保ち得ないので、グローバルに、どのように調達するかが大きな課題である。アライアンスは一つの方法であるが、技術流出防止等も考えて欲しい。
- ・ ありもの材についても、地場の競争相手に勝つてゆくためには、その活用が必要である。あり物材を使っても、その機能を高めて、差別化することが出来れば、競争力を増せる。この意味で、どこで機能を付与するのかを考えることは、面白い。機能を出現させるのは、社内の工程で出来るようにする。最初からすごい配向を持った材料とせず、当社の工程の中で配向性を高めて、機能を上げることができると、技術・ノウハウの流出も無くなるので、メリットが大きい。また、材料の製造などの作る上での難しさも減少するだろうから、海外材料メーカー等でも対応できるようになるのではないかと考える。

④ 部素材メーカーへの期待

- ・ 当社としては、材料の機能を上げ、極限を追求していくことができるのは、いろいろな面において能力の高い、日本の部素材メーカーであると考えている。
- ・ 海外メーカーは、量とか生産効率を、リソース投入の判断の上位におくので、デンソー向けだけの特別な材料開発のモチベーションは、やはり、かなり低い。欧州の企業は、大学に費用を出し、研究をさせて、それを実用化していくというスタイルも多い。我々としては、開発部分を「官学」に切り分け、テーマを出して開発させて、それをメーカーが実用化するというやり方に加えて、材料メーカーとの相互信頼関係をベースとした、旧来からの開発も、平行して推進して行く。逆に言えば、部素材メーカーに加え、官学との連携を強化し、材料開発を進めていきたい。
- ・ グローバル材では機能とコストの両立が必要になる。日本からの輸出で勝負できる材料であれば問題はないが、そのような材料は非常に少数であろうから、グローバル化の進展に伴い、日本での開発材が、グローバルに調達できるよう、部素材メーカーに対しては、より積極的に直接的な投資もお願いしたい。

- ・ 偏光板は大手企業から偏光板に糊を塗ってほしいという依頼からスタートした。このように、市場から要望をいただきながら自前技術を幅広く製品展開することにより視聴してきた事業領域がある一方、その対極にあるのは、外部から技術導入することによって発展してきたフレキシブル回路基板や半導体封止材料事業がある。また、海水の淡水化膜やフッ素の成形材料なども海外からの技術導入やライセンス導入でスタートした事業である。このように、自前技術を強く拡張させてきた部分と、将来伸びる部分をトップダウンで外部から技術導入しながら技術習得と進化をしてきた部分の2つの進め方がある。最近、産学連携やオープンイノベーションが声高に騒がれているが、日本企業も過去にはごく一般にやってきたものと認識している。
- ・ 当社の文化に「三新活動」というものがある。横軸に市場を縦軸に技術をとリ、左下には今ある技術を今ある市場のお客様に提供させていただく現行事業が当てはまり、右下には今ある技術を使って今と違う市場に横展開していく新用途開発が当てはまり、左上には同じ市場だが次世代の新しい技術を取り込んでいく新製品開発が入る。この新製品開発と新用途が融合したところを新需要と呼び、この3つの新しいを取って三新活動と呼んでいる。
- ・ 第一象限の新需要創造と、自分たちの自前の技術を広く横展開しながらお客様からの御要望に答えることで新製品や新用途開発をしてきたような象限とは R&D の立ち位置が違うと考えている。新需要開発はトップダウン的に新しく伸びる市場に、外部から技術を移植しながらスピーディーに立ち上げるという性質のものであった。

三新活動による事業展開



(出所) 知的財産部長 植村剛正「グローバルニッチとは」日東電工技報 84号(41巻)2003年

④ 将来価値を生むためのマネジメント

- ・ 当社はオンリーワン技術をそれほど多く有していない。なぜならグローバルに様々な情報を共有化しながら価値を追い求めていくと、オンリーワン技術は受け入れられにくいからである。また、とても小さい市場しか対応できなくなるので、当社はオンリーワン技術より、ナンバーワン技術を目指している。
- ・ 今当社でキャッシュ・カウになっている製品の大部分は、最初のアイデア段階からキャッシュ・カウになるまで 30~40 年かかっている。したがって、これだけの期間、どうやってへこたれずに技術開発を継続するかという点が重要である。
- ・ そこで同じ技術を使い、今顕在化しておらず潜在的用途において使えるものを、顕在化する市場に役立たせる方法を意識する必要がある。しかし、ものづくりには実際にモノをつくらないと育成出来ない技術がある。研究だけで技術を開発していても、技術の成熟度はある一定以上は上がらないと思う。したがって、研究だけではなく、小さくてもいいから必ず違う用途を適合させて、早く実際のものづくりの技術育成をすることが重要である。そうすると、品質、要求を高めていくというノウハウが習得でき、気がつくともともと考えていた主力のアプリケーションにも対応でき、ここで初めて破壊的技術と従来の技術のスイッチングが起こる。研究の初期段階から自分の開発している技術が、将来複数のどの市場にどのぐらいの時期に使えるようになるかを考えることが重要である。
- ・ 我々の製品の多くは上限規格品と呼ばれるものであり、あるターゲットに対して信頼性が一定基準で満たされると、それ以上の技術的な逃げ代がなくなる。したがって、競争源泉が違うところ、価格や物量、リードタイム等に移り、非常に苦しい展開になる。偏光板も、ディスプレイパネル技術そのものが新開している時は、テレビの画質は我々の偏光板により明らかに向上したが、パネル技術が成熟化すると、機能上限まで到達したため差別化ができなくなってきた。
- ・ これに対して、技術開発による努力で逃げ代を稼ぐには、無限規格（世界新記録）的な考え方が重要だと考えている。環境エネルギー創出や省エネはこれに近く、電池の容量密度や出力密度は高ければ高いほど良いし、照明類は輝度が数%高いだけで価値がある。RO 膜も rejection、flux が 0.数%向上するだけで、そのモジュール自体の効率がよくなる。このように環境エネルギーや省エネは、技術が向上すればその分だけ新たな価値をアドオンしていけるということで意味がある。
- ・ したがって、R&D を手がける際の第一の関門は差別化曲線がしっかり書けるのかどうか、第二の関門はそれが無限規格になるのかどうか、である。さらに、第三の関門は再投資のためにキャッシュを稼ぐことである。シェアの拡大は成長期では非常にやりやすいが、成熟してしまうと非常に難しい。アサヒスーパードライが成熟した製品市場においてシェアを覆したのは稀な成功事例といえる。
- ・ 成熟市場の中でキャッシュのリターンを得るためには、市場シェアをとることだけではなく、一顧客から生涯、何回リターンを得られるのかも重要である。

膜ビジネスでも、プラント内に設置されたモジュールのリプレースの度に競争を繰り返すのではなく、リプレースの時に当社の製品を自動的に選んで頂ける様な価値提供が重要であり、そのためにはサービスマネジメントという考え方が重要になる。技術志向の研究テーマを発想することも重要であるが、出口戦略からサービスの観点も踏まえてビジネスモデルを考えることも重要なのである。

◎ 事業創出型の R&D 体制を重視

- ・ 当社の R&D メンバーの専門分野は高分子、工業化学、有機化学、生化学、有機合成、生物で 7～8 割構成されており、ものづくりの段階において機電系が混じり、一緒に仕事をしてきた。しかし、先回りをして機能を発現するために必要な技術を見出すためには物理の考え方が重要なため、最近では意図して物理の人を集めている。
- ・ 研究開発から事業化までの大まかな進め方としてはとしてコンカレントモデルでやっており、研究の初期段階から研究チームと並走しているエンジニアでない人たちの集団（営業やマーケティング、知財等のスペシャリストの高いグループ）がいて、すべてのテーマをひも付きで一緒に技術の出口を考えている。
- ・ 研究所というのは研究でエビデンスをファイリングしていくことが仕事である。アメリカは約 5～10 年先、日本とシンガポールは 2～5 年先、事業部開発は 1～2 年先ぐらいを大体のイメージとして研究を進めている。
- ・ 社内だけでは新しい発想や考え方に限界があるので、社外の知恵との融合は重要となる。産学連携においても、大学の中のいろいろな方々と触れることによって、研究を加速しようと考えている。大阪の茨木の研究所は大阪大学に近接しており、

大阪大学の研究棟に間借りして、30 名の研究者がそこで研究開発を手がけている。しかし、大阪大学との連携だけでクローズしてはいるわけではなく、テーマは大阪大学の中にあがりつつも、他の大学や協業メーカーも一緒になって研究を進めている。

～事業創出型R&D体制を加味したR&D体制～



(出所) 表利彦氏講演資料

㊤ 研究テーマを見つけることにエネルギーを注ぐのではなく、研究テーマを見つける人材をいかに育てるかが重要

- ・ 研究テーマを見つけることに一生懸命エネルギーを注ぐよりも、研究テーマを見つける人材をいかに発掘するかにはマネジメントを注力する方が、価値あるテーマがたくさん見つかると考えている。
- ・ そのような人材が持つ特徴は、①知的好奇心が極めて旺盛で、真摯で謙虚人、②自分で仕掛けて自分で動ける人、③自らの専門分野にこだわらない人（発想の基本パターンはまずお客様とか市場の価値を考えて、それを機能に翻訳して、機能を具体的な技術に訳すことができる思考を持つ）。逆に自分の専門を外に出すことにこだわりすぎると新しいテーマ提案ができなくなる。

㊤ グローバル・ニッチ・トップ戦略+キーストーン戦略

- ・ 今までの当社が目指してきた、R&Dの戦略はグローバル・ニッチ・トップ戦略であり、これは1つの製品がグローバルに一番高いシェアでニッチの市場を狙うということであった。ここの新需要は新ニッチの発見創造をすることで、現行に近いところで顧客、パートナーへの深い入り込みをして、事業部とのコラボレーションをしている。これは三新活動そのものの考え方である。これは今後も重要な弊社の戦略なのだが、更なる発展を考えると、この戦略だけでは目指す姿の達成は難しい。
- ・ そこで、次に我々が狙ったのは少し上のIBMが提唱しているキーストーン戦略と連携する考え方である。新たなエコシステムを作るキーストーンのメーカーの戦略を取り得るパートナーとして我々を選んでいただき、エコ循環の中新たなエコシステムのキーカンパニーから「日東電工はなんか外すことができないね」と言われる存在になることを目指していきたい。
- ・ 当社は「こんな物があつたらいいね」というキャッチフレーズをずっと打っていたが、リーマンショックのときに売り上げが下がり「こんな物があつたらいいね」ではだめだということがわかった。我々は市場の様々な産業と関わりがあるので、それらをバランスよくとることによって、大勝はしなくても絶対に負けない会社になりたい。そのためにも、外せないと言っただけの会社になることを目指している。

(2) インタビュー調査によるケーススタディ

研究会における講演のほか、業種バランス等を考慮しつつ、世界トップシェアの製品を持つ新日本製鐵株式会社、富士フイルムホールディングス株式会社、J S R 株式会社、三菱化学株式会社、大日本印刷株式会社へのインタビュー調査を実施し、各社のイノベーション戦略についての考察を行った。

■インタビュー調査の視点

1. 基本情報

- 事業概要、グローバル展開状況、業界の競争関係、サプライチェーン上の位置づけ、等

2. コア製品とコア技術の概要

- 国際的に比較優位にある製品分野の把握と、比較優位形成に至るプロセスや要因
(いかにして高シェアを獲得・維持したのか)
- コア製品やコア技術の形成に大きなインパクトをもたらした要因
(長期的取引関係、終身雇用、協力企業の存在、産業集積、国の産業政策、等)
- コア製品とコア技術の変遷と関連性
(例:コア製品が変化したとした場合の、コア技術の関わり方は?)
- コア製品やコア技術の優位性に対する今後の見通し
(新興国のキャッチアップ、海外展開の状況、等)

3. 研究開発戦略

- 研究開発に取り組む経営方針や、研究開発テーマを設定する意思決定プロセス
- 研究開発体制、大学や他社との共同研究への取り組み、ナショナルプロジェクトの参画状況、等
- 研究開発の出口戦略、研究成果の展開先市場、他社とのアライアンス、等

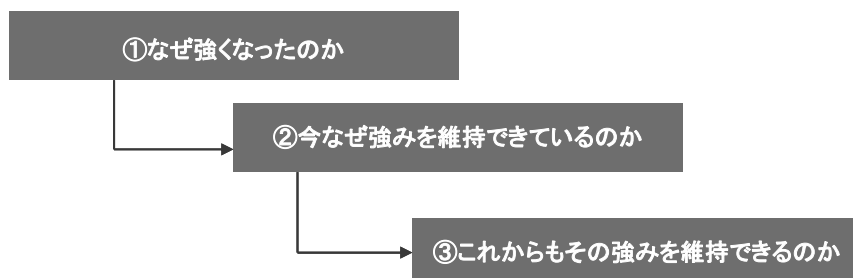
4. 事業戦略及び知財・標準化戦略

- グローバル市場攻略のためのビジネスモデル、技術・ノウハウ流出防止、オープン標準化への対応、等

5. 人材育成、その他

- 人材の育成・確保上の課題、海外人材の活用、等
- 省エネ、資源・エネルギー制約への対応、等

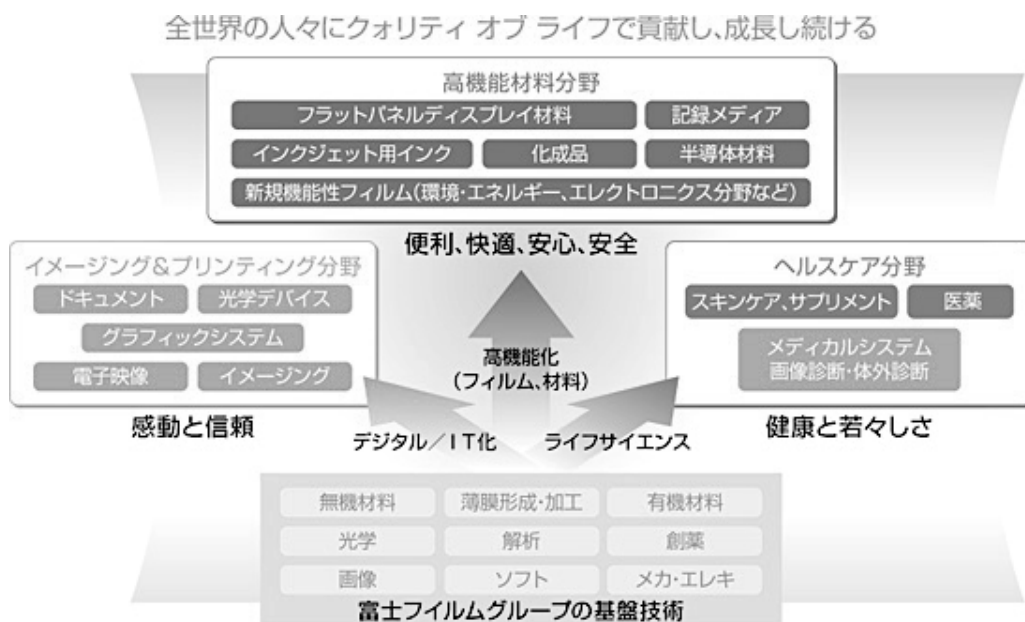
<以下は各社に共通したポイント>



CASE 1. 富士フィルムホールディングス株式会社

④ コア製品&コア技術

- 元々化学メーカーであり材料系の技術を多く有しており、基盤技術の中には無機材料や薄膜形成技術などがある。それぞれの技術を事業ポートフォリオに落とし込んで3つの大きな方向性、①イメージング&プリンティング分野（従来の写真、グラフィックやドキュメントを中心とする領域）、②高機能材料分野（薄膜ベースなどの液晶用部材、電子材料、磁気記録メディアなどの領域）、③ヘルスケア分野（医療・医薬全般）を打ち出している。
- 基盤技術が他社との差別化技術になっており、たとえ業態が変わろうともこの基盤技術がアドバンテージとなるような新規事業展開を図っている



(出所) 富士フィルムホールディングス(株)ホームページ

④ コア技術をベースに事業多角化を推進

- 富士フィルムホールディングスの事業会社 富士フィルム (株) は、事業の多角化を図るなかで、化粧品事業や医薬品事業などの新規事業を推進している。高機能材料とは異なり、化粧品はブランド戦略など販売方法が難しく、医薬品は臨床試験なども必要となり投資を回収するまでに時間がかかる。同社は、アライアンスやM&Aの積極的な推進、さらに富士フィルムが保有するコア技術を活用することで、手掛ける事業（もしくは隣接する事業）との融合による新しい価値の創出に挑戦している。
- 化粧品事業への参入は、従来の写真事業から大きく異なるように見えるかもしれ

ないが、写真フィルムの主原料は肌の主成分と同じ「コラーゲン」であり、肌の老化（酸化現象）は写真の色あせの原因と同じである（色あせも活性酸素による酸化現象）。つまり、写真事業で培った写真の色あせを制御する抗酸化技術などを活用して、美肌力を高める「スキンケア化粧品」に活かしている。

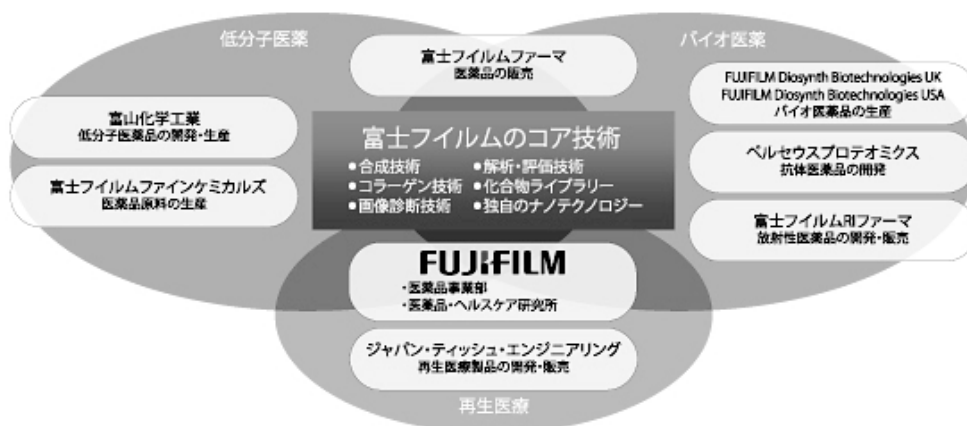


(出所) 富士フィルム(株)ホームページ

④ 医薬品事業は得意技術が活かせる、かつ、大手とは直接競合しない分野を選択

- ・ 医薬品事業では、トップレベルの技術を持つ企業に積極的な投資を行い、これらの企業の技術と当社が長年培ってきた技術を融合させ、異業種ならではの新たな観点からこれまでにない新しい医薬品の提供を目指している。
- ・ 写真事業で培った生産技術や品質管理技術、コラーゲンに関する技術や粒子を極限まで微小化するナノ技術などに関する知見を活用することで、バイオ医薬や再生医療材料の研究開発も推進している。
- ・ 医薬事業では製造プロセスの安定性や設計品質の管理が重要となるが、当社がファインケミストリーで培ってきた製造プロセスの管理手法や、問題が起きた時に原因を究明する解析技術などが大いに活かせる領域がある。

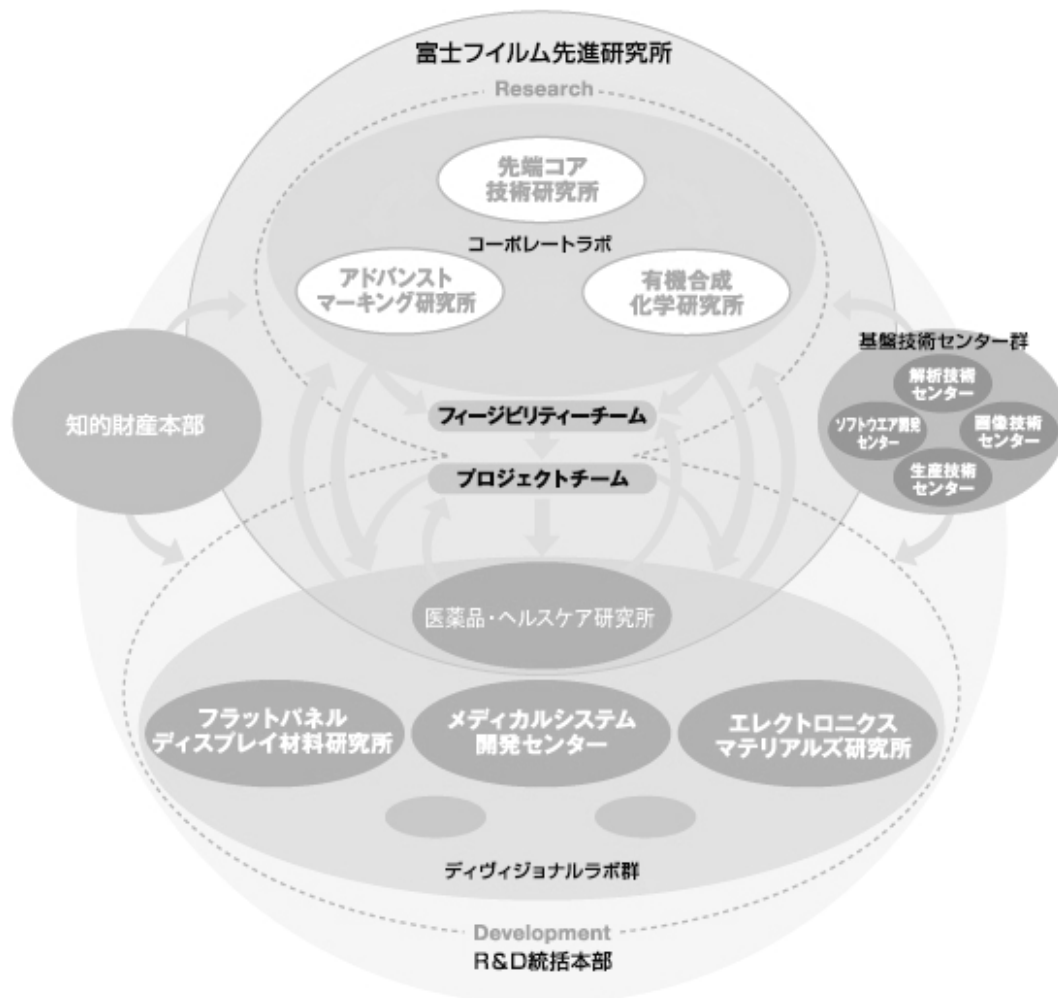
富士フィルムグループの医薬品関連事業会社



(出所) 富士フィルム(株)ホームページ

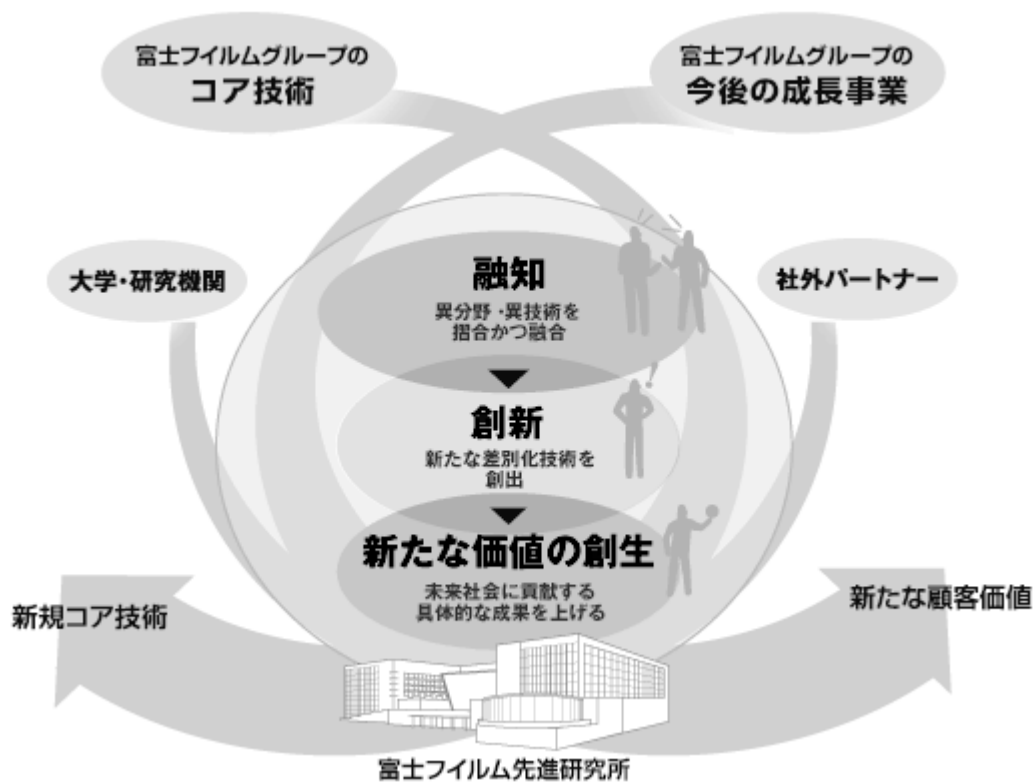
④ R & Dの生産性向上を重視

- 富士フィルムの R&D に関する考え方は新規事業と既存事業により異なり、ラボは機能に応じて3つに分かれている。①既存事業を支えるディヴィジョナルラボ群（事業に直結する部分）②全ての事業及びラボを支える基盤技術センター群（基盤技術による支援）③先進技術の研究に長期的に取り組む先進研究所（コーポレートラボ）から構成される。



(出所) 富士フィルム(株)ホームページ

- 先進研究所では①融知→②創新→③新たな価値の創生という考え方を元に、今までにない技術や考え方を研究。
- R&D 統括本部の中にある技術戦略部が、R&D 全体のリソースマネジメントを行い、全体を俯瞰した戦略的機能を持って技術ポートフォリオを構築。

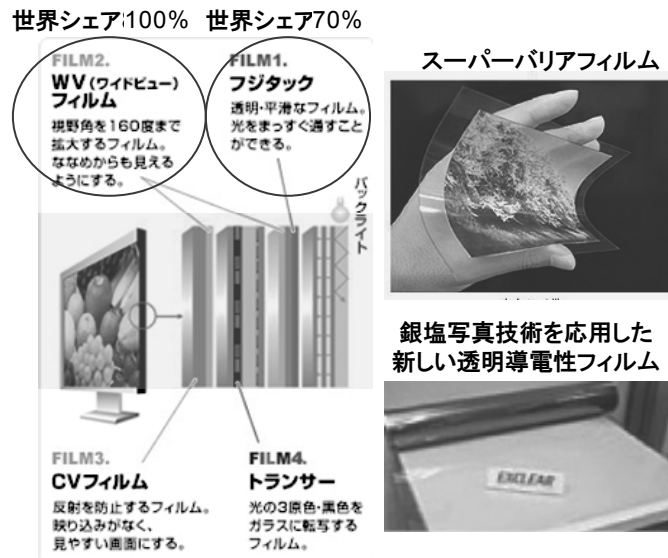


(出所) 富士フィルム(株)ホームページ

④ 新たな価値創出に向けて

- ・ 写真フィルムが主力事業の会社でありながら、同社は1988年に画像のキャプチャーから記録までをフルデジタルで行う世界初のフルデジタルカメラを開発した会社である。将来の市場変化を見据えて、デジタルカメラの研究は銀塩カメラ全盛期の1970年代から着手している。
- ・ “主力事業が縮小するならば、自らが従来市場を侵食してでも新しい市場を開拓する”という基本的スタンスに立つ。守りの姿勢に入っても、機能的に優れた技術や商品による価値が創出されれば、いずれ市場ニーズでマーケットは動く。それならば、自分たちでその市場を開拓していこうという考え方である。
- ・ ただし、既存の事業を断ち切り、新しい技術へと切り替えることはせず、既存のフィルム技術をさらに発展させる投資と、新しい技術への投資を平行して行った。フィルム事業においても常に新たな価値の創出にチャレンジし、高感度カラーフィルムや「写ルンです」などの開発を継続した。さらに、フィルム事業で蓄積された基盤技術は、フラットパネルディスプレイ用光学フィルムなどの「高機能フィルム」に転用されている。
- ・ 写真フィルム事業から劇的に事業の多角化を図ったとしても、人間の喜びも哀しみも感動もすべてを記録し、表現する写真の素晴らしさ、楽しさ、感動を伝える「写真文化」を守り育てていくことを使命と考え、現在もイメージング事業に取り組んでいる。

富士フィルムが製造する主な高性能フィルム



(出所) 富士フィルム(株)ホームページ

④ オープンイノベーションや「産産連携」を重視

- 従来は写真事業を中心に垂直統合の自前主義であったが、出口に向けて国プロの活用や産産連携を積極的に展開している。いまでこそオープンイノベーションが必要と言われるが、同社は1960年代にゼロックス社との合弁による富士ゼロックス設立、1980年代には東芝との連携によるデジタルカメラの開発に必要なセンサーの事業化など、新たな商品やサービスの創出に向けて古くから産産連携に取り組んでいる。

④ 従来の技術と新技術、従来のマーケットと新しいマーケットという軸で新規事業を展望

- ①高機能材料は新しいマーケットに既存の技術利用で高度化を図り、②インクジェットプリンタなどの産業用プリンタは既存のマーケットにMEMSや薄膜ピエゾなどの新しい技術を適用し、③医薬品・ヘルスケアは新しい技術で新しいマーケットを開拓していく。

	既存技術	新技術
新規市場	高機能材料	医薬品・ヘルスケア
既存市場		産業用プリント

(出所) 富士フィルム(株)インタビューより作成

㊦ 特許出願は精査し、生産技術はノウハウとする

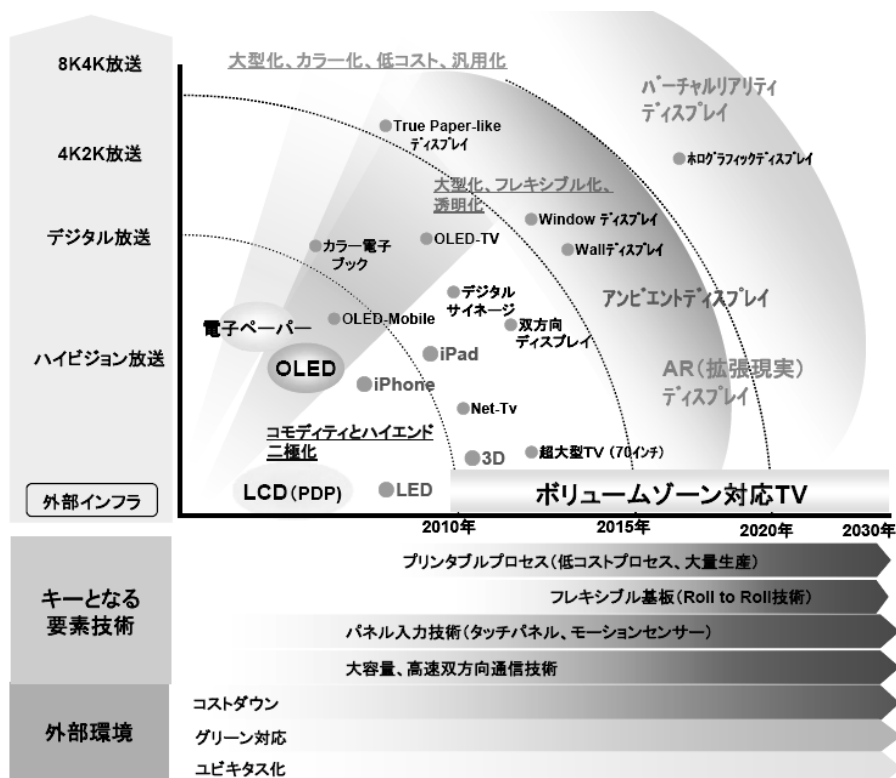
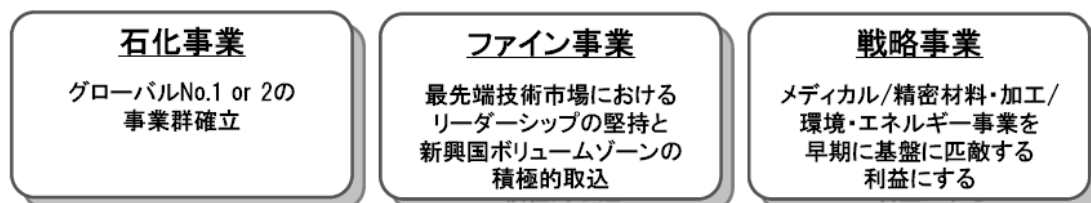
- ・ 過去には、技術を広く普及させることを目的にあえて特許を開示したことがある。例えば X 線画像処理技術について、フィルムではなくデジタルの撮像方式を開発した際に特許を開示した。リーディングカンパニーとして残すべきアドバンテージは残した上で、普及させるための戦略も必要に応じて講じる。
- ・ 企業間の競争がボーダーレスで繰り広げられる時代故に、特許は戦略的に申請するもので、取得すれば良いという考え方はしておらず、戦略的に重要なもののみ申請している。また、特許の活用も積極的に推進しており、クロスライセンス利用もかなり多い。
- ・ 特に、写真フィルムやフラットパネルディスプレイ用部材などの高機能材料事業にとって、生産技術はノウハウの塊なので知財を保護する仕組みは重要である。

CASE 2. J S R 株式会社

② 高分子というコア技術を活かして石油化学から電子材料へ

- ・ 省エネタイヤ用合成ゴム、半導体材料（フォトレジスト等）、ディスプレイ材料、光学材料の光ファイバコート材で世界トップシェアを誇り、また、ABS 樹脂、PCL（紙塗工用ラテックス）では、国内ナンバーワンのシェアを持つ。
- ・ 同社のコア技術は高分子＝ポリマーで、ポリマーメーカーとして、ポリマー技術をエラストマー、半導体、ディスプレイ分野等へと事業を展開してきた。フォトレジストも参入当時はゴムの材料を用いていた。時代の変化に応じて事業の再編を行い、上手く IT 系へと事業内容をシフトさせてきた。
- ・ 石油化学から電子材料等に事業が変化しても研究者や製造者等を社内でシフトし、リストラはやらなかったことが同社の誇りとなっている。

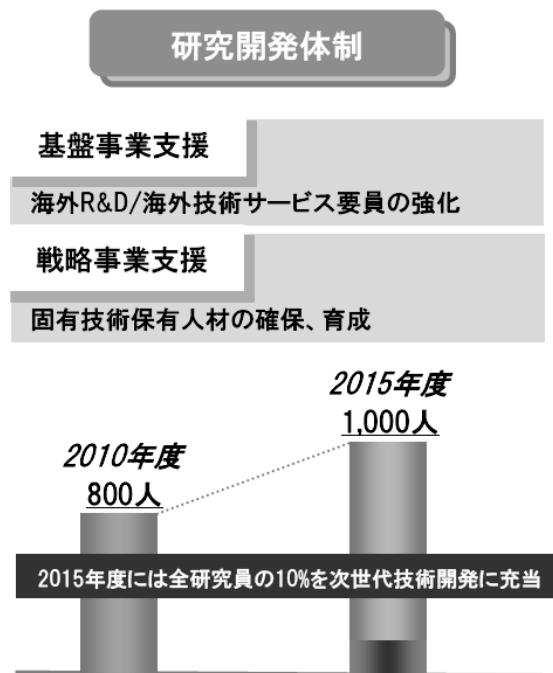
石化/ファインの事業構造から、基盤(石化+ファイン)/戦略への転換



(出所) J S R (株)ホームページ

④ 目的研究の徹底

- ・ 目的研究を徹底しており、強力なトップマネジメントの下、目的がないシーズの研究を廃止した。ただし、基礎的なシーズの研究は大学との共同研究などを通して継続しており、ニーズ志向の研究ばかりを手がけているわけではない。（例：近畿大学と産学協同で機能材料リサーチセンターを設立。元東京工業大学の遠藤先生を所長に、材料の機能評価について研究を行っており、若手研究員も送り込んでいる）。
- ・ なお、欧米や中国では事業投資を活用し、これはという技術やベンチャーがあれば取り込んでいる（例：メディカル分野等）。
- ・ 海外にも R&D 拠点を持つが、基礎研究は日本、商品に近いところが現地という配置をとっている。
- ・ ドクターを毎年5人ぐらい採用（全社で120名程度は博士号取得者が在籍）。ただし、ドクターの採用は研究室の指導教授をみて判断し、自ら課題を設定し、課題解決できる能力を持つ人材を重視。こうした能力さえあれば、専門性に関係なく活躍できるはずと考えている。ただし、我が国の人材のレベルが全体的に地盤沈下しているため、現場のオペレータに大学の学部卒を採用したり、研究開発はマスター、ドクター中心でないと対応できないのが現状。



(出所) J S R (株)ホームページ

④ トップ、ミドル、ボトムが多層において顧客とのコミュニケーション重視

- ・ トップ営業により得た情報をベースに、顧客と同様の能力を有する評価設備を導入し、安心して顧客が発注できる環境を先回りして整備している。
- ・ 顧客にいち早く導入してもらい、また、同社の材料を用いて事業を成功してもらうことが次につながると思っている。顧客のラインの担当者も社内でも実績を上げ

て評価されることを目指しているのです。材料メーカーとしてパートナーを探しているのです。当社の材料を使ってもらい、成功体験を積んでいただき、パートナーとして選ばれるよう努めている。

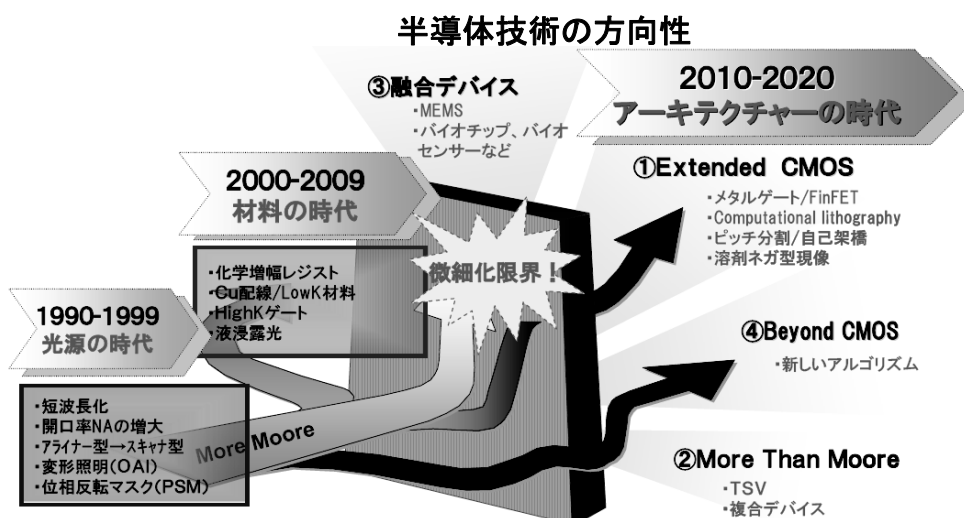
- ・つまり、技術も当然重要であるが、トップ、ミドル、ボトムの多層において顧客とコミュニケーションをとることがとりわけ重要と考えている。

⑨ ものづくり加工技術・関連企業とのつながり

- ・塗布や成膜をしても、膜厚を制御することは非常に難しい。近年は、ITO のようにフィルム形状にしており、材料をフィルムまでしてくれることを望む顧客も多くなっている。そこで、当社はベースとなる基材や技術を握り、ARTON など樹脂フィルムを強化している。
- ・実際に、精密材料・加工分野では、東北の加工メーカーとも連携をしている例もある。日本には、世界で通用するものづくり技術があるのではないかと。それがあからやれるととっても良い。例えば先端製品に使用する原材料についても、純度が高い原料を作るメーカーは、世界にそうそうおらず、サプライヤも日本にしかない例もある。このようなサプライヤの中には、一般に知られていない企業も多い。

⑩ 国プロへの期待

- ・国プロでは医療、エネルギーなど決まった分野の研究にはお金がまわっているが、半導体の研究にはお金が付きづらくなった。半導体のような日本が弱くなったところもフォローすべき。
- ・また、国プロには継続性や持続性、省庁間連携を強く求めたい。特に当社が重点を置く戦略事業の医療については、経済産業省と厚生労働省との連携が必要不可欠であり、また、現状の我が国では規制もあって海外に出ないとスピーディーにビジネスができない状況にある。



(出所) J S R (株)ホームページ

④ 新たな重点戦略事業においては外部からも人材を確保

- ・ 既存事業では、多くの分野においてシェアが高いものの、戦略事業（メディカル、フィルム、キャパシタ等）では、まだシェア確保は出来ていない。
- ・ 既存事業部の人材を活用しながら事業をシフトさせてきたが、機能材料・加工を手がけるフィルム事業では精密・加工技術が必要となり、メディカルでは規制の問題もあり、専門家がいなければ事業展開できないため、必要に応じて外部からスペシャリストを中途採用している。

これからの戦略事業

<ul style="list-style-type: none">・ サーマルマネジメント材料・ BIOLLOY(バイオ樹脂)・ エコ成形品材料・ リチウムイオンキャパシタ・ 二次電池用バインダー・ 燃料電池用プロトン膜	環境・エネルギー 
<ul style="list-style-type: none">・ ELART(ITOフィルム)・ LUCERA(超耐熱透明フィルム)・ ARTON樹脂・ NIRカットフィルム・ FC用プロトン伝導膜・ モバイル位相差フィルム	精密材料・加工 
<ul style="list-style-type: none">・ 粒子素材・ ラテックス診断薬・ 分子診断材料・ カラム粒子・ 高機能メディカル材料	メディカル 

(出所) J S R (株)ホームページ

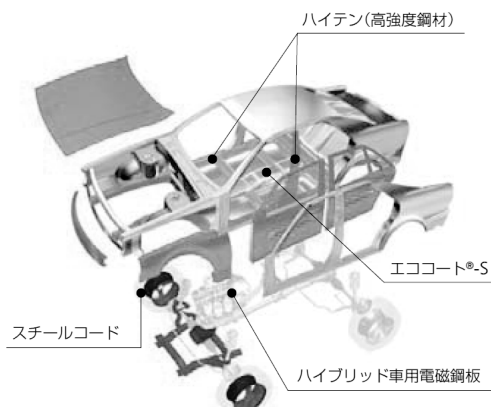
CASE 3. 新日本製鐵株式会社

㊦ ものづくりと深いかかわりのある産業

- 日本の製造業が伸びると工場やモノを生産するため、原料である鉄鋼の需要が増え、したがって鉄鋼業も伸びる。しかし、日本の製造業が伸びなければ安住してはられない。このように、鉄鋼業は他産業にはない特殊な事情がある。鉄鋼業は製造業と密に繋がっている基礎素材産業であり、そこが強みであり、弱みでもある。
- 鉄鋼業は典型的な装置産業で、コストに占める固定費の割合が高く、生産性を高めて大量につくれば儲かる仕組みとなっている。しかし、最近の変動費である原料費が上昇しているため、多く製造すれば必ずしも収益があがるわけではなくなっている。

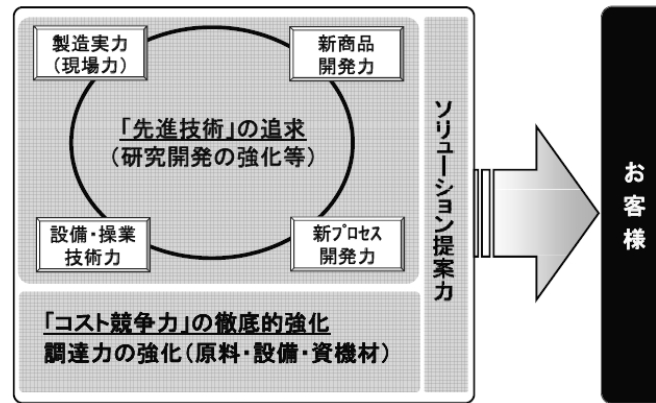
㊦ 顧客と密着したものをづくりを展開

- 最先端の様々な技術を保有。とりわけ、エネルギー、建築、造船、自動車、家電などの製造に必要不可欠な高品質・高付加価値鋼材(高級鋼)は同社が世界に誇る先進技術を駆使した製品群。
- ユーザー産業と密接な関係を築く中で競争力を発揮。例えば、自動車産業では用途(部品)により鉄を使い分けているので、どの部品にどのような鉄を使えばよいかを自動車メーカーに提案し、共同で開発を推進。日本の強みは自動車メーカーと鉄鋼メーカーがタッグを組んで技術開発や設計を行っていること。これそのものが、日本のビジネスモデルであり、日本製の自動車に当社の製品が使用されることで、日本車そのものに強みが生じるよう、技術が陳腐化しないよう双方がWin-Winで開発に取り組んできた。
- 自動車業界は部品で細かく差別化している。一つ一つの部品については、作り方がわかれば製造できるが、その部品の仕様についてはその会社以外にはわからない。したがって、同じ部品を製造しても、最終的に同じ性能の自動車ができるとは限らない。また、例えば、燃費を向上させるためには、どの部分を改良すればいいかということを提案できることも当社の強みとなっている。

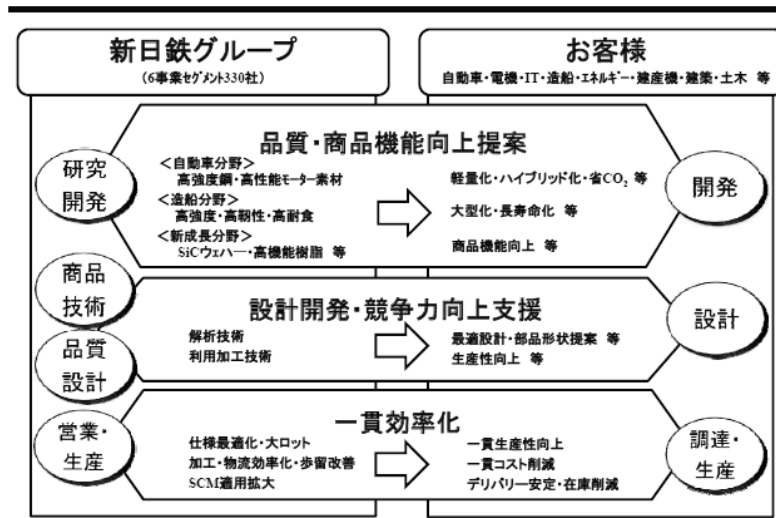


(出所) 新日本製鐵(株)ホームページ

総合力No.1企業を目指した企業体質の構築と収益基盤の確保



お客様への総合ソリューション提案



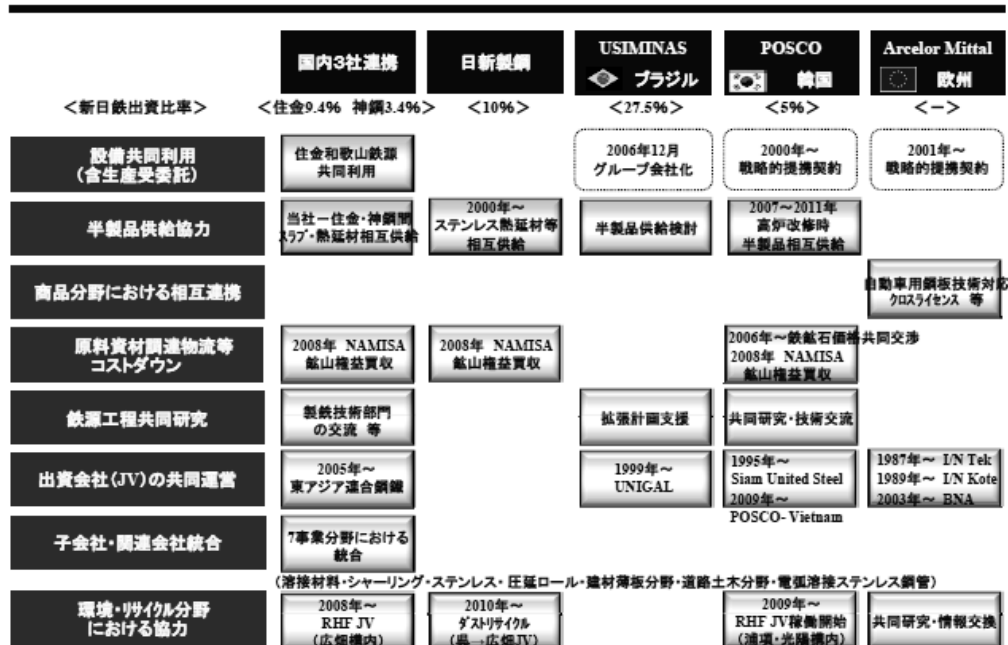
(出所) 新日本製鐵(株)ホームページ

④ 常に最先端の研究を手がけ、最先端の競争力を高めることが全体の底上げに

- ・ 新日本製鐵の中央の3研究所と製鉄所に配置されている技術研究部は技術開発本部に属し、技術開発企画部が研究所、技術研究部と連携して開発課題の調整、予算配分、実行推進などの業務を統括している
- ・ 最先端の技術を保有しており、常に最先端の技術を追求しているが、生産量全体に占める最先端技術を用いた製品の比率はまだわずかしかない。しかし、その最先端技術の競争力を高めることが重要である。現場で苦労して高機能なモノを作っていれば、その機能より少し優しいレベルのものは簡単に作れるようになる。逆に簡単なものしか作っていないと、簡単なものでも手間がかかってしまうことがある。たとえロットが少なくても、ハイエンドのものを手がける理由はそこにある。
- ・ しかし、当然ながら全体の8割を占めるボリュームゾーン（普及品）の競争力をいかに引き上げるかも重要な課題となる。今まではハイエンドを目指していく中で、ローエンドが生まれていた。鉄鋼業ではローエンドの製品とハイエンドの製

品のラインを分けることは難しい。よって、全ての製品で低コストを達成していく。そのためには製造プロセスで勝負すべきと考える。

国内外アライアンス効果の最大発揮



(出所) 新日本製鐵(株)ホームページ

④ 国プロへの期待

- ・ イノベーションを起こすためには10～20年後を見据えたテーマ設定が必要であり、国は長期プロジェクトを立ち上げるべきである。また、既存の企業が集まっても新しいものは何も出てこないため、ベンチャー企業がコミットできる仕組みも必要である。米国ではハイリスク、ハイリターンの方式で、企業に沢山やらせて、その中から良い物を取り入れる方法も採用している（ステージゲート方式）。
- ・ 日本の研究開発費用の出所をみると、補助金も含め国が拠出しているのは全体の2割で、残り8割は民間企業が出している。よって、国がテーマ設定をするというよりは、民間から知恵を吸い上げる仕組みをつくり、民間企業が積極的に参加するようなしくみを作らなければイノベーションは期待しにくい。
- ・ また、大学や独立行政法人の研究所が中長期的観点から基盤研究を中心とした開発を実施し、しっかりとした新たな技術シーズを生み出していくようにすることも重要と考えている。基礎研究こそ未来の国力の源泉であり、そこに果たす国プロの役割は大きい。

三菱化学の技術の系譜 その2



(出所) 三菱化学(株)ホームページ

④ サムスンに対する差別化戦略

- ・ 液晶はビジネスとして困難な場面に直面しているものの、未だ、部材の70～80%は日本がつくっている。サムスは液晶部材を国産化しておらず、液晶部材の強みは、シャープ等の技術に日本の化学産業がすり合わせたことにある。韓国の国家戦略は、資金を出して他国の特許を使用するという考えである。また、国として償却費への配慮もありうる。そのような国の政策を持つ企業に日本企業が勝てるわけがない。日本は韓国に技術で勝って、政治で負けているのではないか。
- ・ 液晶については日本が先行していたために韓国は機能性部材を作れなかったが、有機ELに関しては全て自前で作ろうとしている。逆に日本は有機ELから電機業界は、撤退しているので、日本の化学メーカーはこぞってLGやサムスン詣でをすることになる。売り先に日本企業がないと、どうしても韓国や中国にいかざるをえない。韓国企業は傘下に部材メーカーを持っているので、いずれそれら傘下のメーカーに技術やノウハウをとられてしまうおそれがある。
- ・ 当社も有機ELを研究しているが、現時点ではディスプレイ材料事業に参入するつもりはない。既にサムスン、LGが有機ELテレビでは大きな賭けに出ており、いずれモジュール化し材料も自製化して事業としての旨みはなくなると考えている。やるにしても彼らが自製化できないものしかやらない。一方、有機EL照明など意匠性が重要になったり、特殊な施工が伴う領域にはビジネスチャンスがあると考えている。すなわちシステムで勝負できると考えている。

④ 事業戦略・知財戦略・研究開発戦略の三位一体と目利き

- ・ 当社の経営戦略部門では、経営戦略・RD戦略・知的財産・情報システムという4つの部門を傘下にもち、技術経営を三位一体で執り行っている。事業戦略があ

ってこそその知財戦略とR D戦略がある。

- ・ 事業のポートフォリオマネジメントの裏側に研究のポートフォリオがある。したがって、儲かる研究のみを行い。そのためには選択と集中が必要である。また、これと決めた研究はやり抜くしかない。テーマを見極めるのはトップである。
- ・ 儲かるか否かの目利きが重要である。また、単なる良いものを研究開発するのではなくマーケットイノベーションを起こす信念が必要だ。例えばピッチ系炭素繊維の事業はあまりにもニッチであったため、常に赤字であった。しかし、独自の市場を作り今日がある。ここから学んだことは経営と研究、製造現場のやり抜く意志だった。

⑨ ハイエンドとローエンド対策

- ・ 液晶の部材で大きな利益が出る時代は終わった。今後テレビは2極化（映ればいいというローエンドと有機ELのような鮮明なウルトラハイエンド）していくだろう。
- ・ 今後の研究開発は現地に適した機能の材料を目指していくべきである。それは必ずしもローエンドを意味しないが、日本人技術者はローエンドを狙うのは下手なのではないだろうか。ここでも経営が目標を可視化することが必要になる。例えば、今まで100のレベルのものを80のレベルにすることを考えないといけない。そして、その目標設定の重要性を研究者に説明する必要がある。そうしなければ的を外した研究にならない。
- ・ 日本人技術者はどうしてもハイエンド志向になるので、現地で研究を行うことも必要であり、それはR Dの空洞化ではなく、R Dの住み分けをするべきである（国内ではハイエンド、海外ではローエンド）。ローエンドのみを追いかけてハイエンドができるわけではない。
- ・ 有機太陽電池の研究を始めた理由は、車のボディに有機太陽電池を張ることを目指している。これは結晶系のシリコンではできないことである。有機太陽電池については中韓には暫く負けないとの信念で進めている。それほど複雑系の技術と考えている。これからの日本は複雑な技術でないと生き残っていけない。そして新たな価値を市場に提供できないといけない。
- ・ 本当に強い事業は標準化する必要はない。標準化すると必ずモジュールしてしまうので、今の日本のありようでは負けてしまう。標準化のなかにI P（知的財産）を潜り込ませることが重要である。小林モデル（DVD）のすごいところは、DVDの標準化の中に色素そのものは入れていないことである。光の波長しか入れていない。きらりと光る秘伝のたれをいかにビジネスモデルに組み込むかが重要である。

㊤ 大学教育の見直しが必要

- ・ ドクターを敬遠しているわけではなく、ドクターを必要としており、優秀な学生にはドクターコースで基礎研究をしてきてもらいたい。企業では基礎研究を手がけることが難しいからである。
- ・ しかし、現状、ドクターの学生の採用が難しいのは大学教育に原因がある。中にはとてもよい教育を実施している大学もあるが、大学教育に問題があるためにドクターが使いものにならない。

㊤ 国プロへの期待

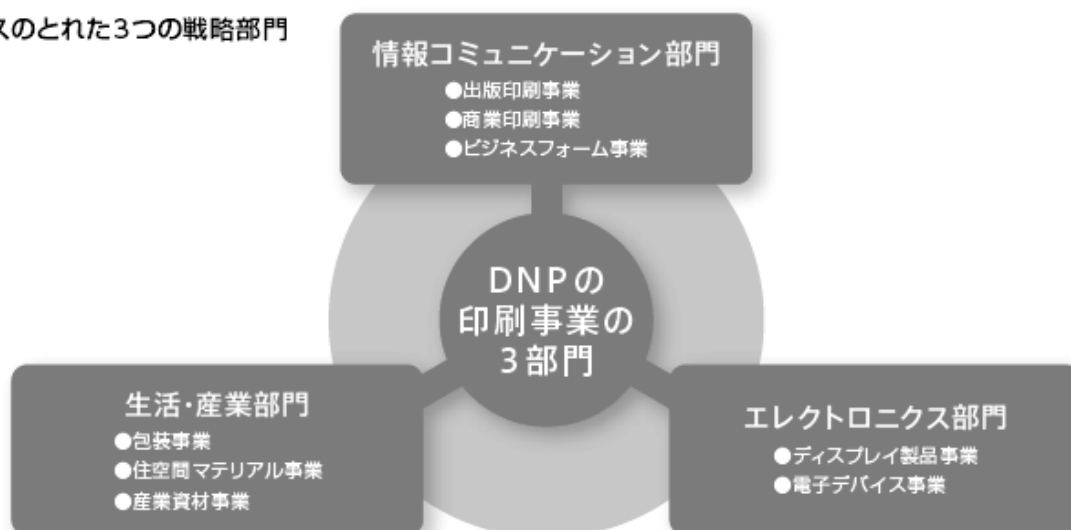
- ・ 民間は民間で行動していくので、国は法人税を下げるとか、民間が海外に進出できるように事業環境を整えてほしい。政治が青写真を作り、短期、中期、長期それぞれのプロジェクトを立ち上げてもらいたい。
- ・ また、ばらまきは良くない。事業ごとに会社を特定し補助し、支援を特化すべきと考えている。

CASE 5. 大日本印刷株式会社

④ 印刷技術と情報技術を強みとして数多くの世界 No.1 シェア製品を提供

- 1876年の創業以来培ってきた印刷技術と情報技術を強みとし、出版印刷から包装や建材、ディスプレイ製品や電子デバイスなどへと事業領域を広げ、数々の世界トップシェア製品を生み出してきた。
- 組織的には「情報コミュニケーション部門」「生活・産業部門」「エレクトロニクス部門」という3部門に分かれており、これらの部門が相互に連携しあうとともに、安定性、収益性、成長性、事業リスクの観点からバランスのとれた事業ポートフォリオを構成している。その中で、今回はエレクトロニクス部門の「電子デバイス事業」の事業概況について説明する。

バランスのとれた3つの戦略部門



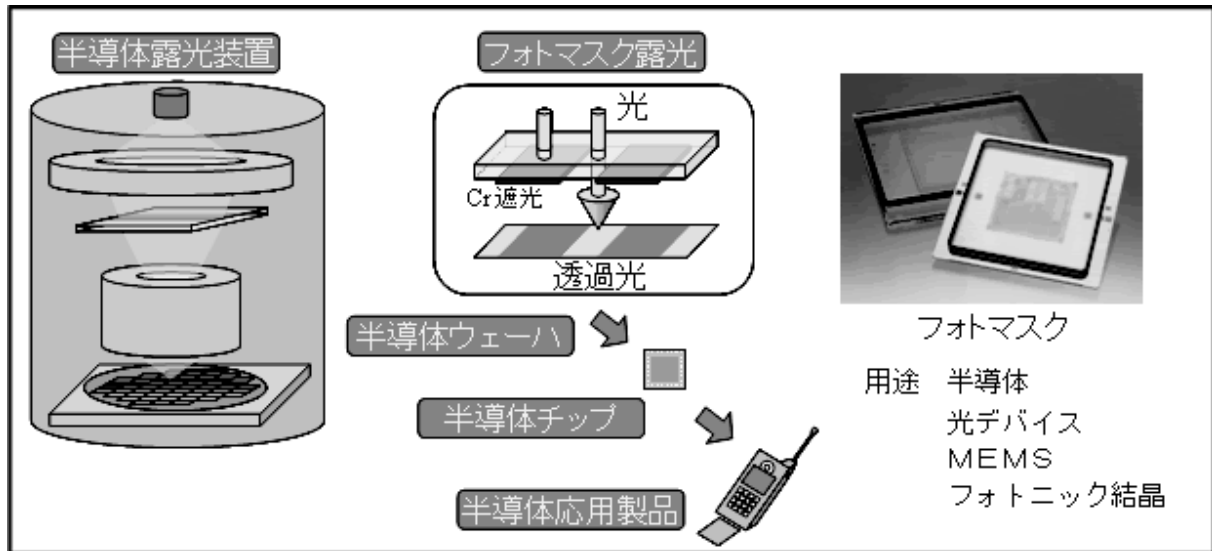
(出所) 大日本印刷(株)ホームページ

④ 印刷技術で培った技術を活かした電子デバイス事業の展開

- 1959年に半導体製造の原版となるフォトマスクの開発に成功して以来、技術開発と事業の拡大に努め、現在、フォトマスクは26%と世界トップシェアを維持している。フォトマスクはガラス基板上に微細な半導体回路パターンを形成したもので、印刷で培ってきたパターンニング技術やエッチング技術などが活かされている。
- フォトマスクは国内3工場で生産するほか、海外ではSTマイクロ向けに供給するためイタリアのミラノ郊外で生産してきたが、2010年に多くの半導体メーカーが集積する台湾の新竹市に新工場を建設し、海外供給体制の強化を図った。ものづくり工場の拠点は台湾か中国であり、今後はそこへフォトマスクをどう供給するかが課題であり、台湾工場は戦略的な生産拠点として重要な役割を担っている。

- ・ 当社が培ってきた印刷技術はフォトマスク以外でも、様々な領域で活かされている。たとえば、当社はロールに巻き付いたものに微細なパターン付けを行うことを得意としている。高機能フィルムの製造などで用いられる高効率なロール to ロールの製造技術は、こうした印刷技術がベースになっている。

半導体製造におけるフォトマスクの位置づけ



(出所) 大日本印刷(株)ホームページ

◎ フォトマスクを巡る最近の動向～需要の伸び悩みとユーザーの内製化

- ・ フォトマスクの市場は、1990年代は半導体産業の2%であったが、2011年には1%を切ってしまった。半導体にはなくてはならない製品ではあるが、市場規模としては魅力が薄れており関連企業の新規参入もなく、活力を失いつつある。
- ・ 全世界で使われているフォトマスクの枚数はほぼ変わらず、暫減している。それは、半導体の会社が減少し、作られるプロダクツが減少しているからである。半導体は“1プロダクツ1製品”であり、製造される半導体が絞られてきている。しかし、一つの製品が大量に製造され、寿命の問題もあるのでサイクル分は需要が見込めるが、製品が増えない限りはフォトマスクも増えない。
- ・ さらに、フォトマスクにおいては近年ユーザーが内製化する動きを見せており、フォトマスクの世界シェアのうち、35%は台湾のTSMC、韓国のサムスン、米国のインテルやIBM等のユーザーが自ら生産している。
- ・ ユーザーが内製化する目的は、同一工場内のクリーンルームで製造するため、リードタイムを短縮できる点にある。半導体工場は台湾やアメリカ等に極在化しているため運搬や通関に日数がかかる。今はスピードが勝負であり、商品サイクルも早くなっているため、工期を短縮するには近場でつくるに越したことはない。
- ・ また、内製化により使用する側との緊密な連絡が可能となり、すり合わせもスム

ーズになる。例えばこのマスクのこの部分を使いたい等のやり取りが素早くできる。さらに、近年は半導体の微細化は限界に近付いており、すり合わせる余地が非常に狭くなり、かつ複雑になってきている。その少ない余地について、いかに綿密にすり合わせるかが重要なので、できるだけ半導体回路設計や製造の近くにいた方が良い。

- ・ ただし、内製化にはリスクもある。フォトマスクは半導体と異なり同じ物を複数作ることはなく、製造するのは一つのみである（金型商売）。したがって、1品1様のラインの作り方があり、各ラインに製造ノウハウがあるため伝播させにくいという特徴があるので、内製化のための技術導入は難しい。一度内製化を止めたところが再開したという話は聞かない。
- ・ また、半導体製造ほど装置産業でもない。半導体は装置にノウハウがついているため、装置が出れば同時にノウハウも流出してしまう。しかし、フォトマスクは装置付随するノウハウは少ないので、装置が出てもすぐにノウハウ流出にはならない。

④ サムスンの強さ～投資能力と人材

- ・ 技術伝播が難しいとはいえ、サムスは内製している。かつて当社の得意先であったが、彼らが研究開発のため機械を揃えた時に技術を教えてほしいと言われたので、ある程度指導してきたのは事実である。サムスンには投資能力があるので、装置メーカーや材料メーカーの多くの企業はサムスンに最初に最先端技術を提供している。これらのベンダーにとっては、リーディングカンパニーからのフィードバックが得られるメリットもあるので積極的にならざるを得ない。
- ・ また、サムスはとても優秀な人材を集めており、そのような人材を海外の国際的な研究機関に派遣して教育している。アメリカの研究機関に送っている人数は日本企業とは桁が違う。日本ももっと海外で研究をして知識や人脈を広げるべきである。

④ これからの技術革新に対する考え方

- ・ 高精度フォトマスクの製造にあってはナノスケールの製造技術が重要となっており、従来とは違った分子・原子レベルの制御技術が求められている。ナノの世界になると、これまでの機械工学や物理学で得た知識とは全く異なる現象が発生するなど未知な部分が多く、地道に研究を行っていく必要がある。
- ・ また、半導体への微細化技術応用には限界があるので、これまでの技術を半導体以外にも役立てるアプローチをしている。たとえば、電氣的半導体製品だけではなく、医療やエネルギー等の光学部材に活用することも考えている。光学部材の表面を微細技術で加工することにより、集光や発光の効率を高めることができる。このように光をエネルギーとして有効に使うために微細加工やナノ技術活用を模索している。

- ・ 半導体事業においては、これまで半導体を作る部品の提供をしていたが、今後はお客さんが求めている動向に沿って、半導体デバイスとしての付加価値を付与していく。そのためには、一つ一つの部品を小さくする、モジュール化することが必要になる。しかし、小さくすることには限界があるので、コストメリットがあるスケールまで小さくしたデバイスを集積することで新たに体積あたりの集積価値を高めている。体積当たりとは2次元から3次元にすることでより集積させることであり、当社はそのパッケージに入る回路基板の部材やデバイスメーカーがモジュール化する時の加工技術を提供している。
- ・ これからはコンプリメンタリー・ソリューションを重視する。一つの解で全てをカバーするのは無理なので、総合的な技術で解決していく。半導体では今まで皆同じ技術を使用してきたが、今は成果物が異なるので使用する技術も異なるようになってきた。その異なる技術を総合的に活用することが勝負となる。実際に半導体では、ウエハに直接パターンを描くという方法があり、フォトマスクがなくなるかもしれない状況にある。現在その方法は効率が悪くコストが合わないのでメインストリームとしては採用されていないが、いずれ市場の主流になるかもしれない。しかも、デバイス開発や試作には効率的に利用できると考えられるので、産業を促進するうえではとても効果があるので、そのような新しい技術を研究していき、デバイスで必要になった時に使用していくべきである。産業全体としては新技術が出ることで成長していく。したがって、視野を狭めず、多様な技術を取り込み全体に活かすことが重要であり、新技術を潰してはいけない。
- ・ 当社は事業部が沢山あり、事業部同士でお互いの分野に重なることもあるので、トップは一つ一つの事業部よりも全体最適を考えた判断をしている。
- ・ ユーザーは海外へとシフトしているものの、材料、製造装置、基盤技術など多様な産業・技術が存在する日本はR&D拠点として重要であり、キーとなる技術者や技能者の処遇にも十分配慮しつつ、これからも革新的な技術開発は国内で担っていく。

◎ 国やナショプロへの期待

- ・ 例えば材料産業では、ある程度のボリュームを作る装置を開発するためには、R&D費用の数十倍の費用が必要である。研究はg単位からせいぜいkg単位であるが、事業化する場合はt（トン）単位のレベルまでのプラントを作ることが不可欠なため、リスクが大きい。1企業で行うのは難しいので、国のサポートを必要としている。
- ・ 今後の国プロに求める仕組みとして、企業を選抜して集中することで競争力を高めてほしい。同業の多くを集めて皆の同意を得る方法では、決断が遅くなるし平凡な結論しか出ない。
- ・ 国の予算は単年度で使わなければならないし、担当者もすぐが変わってしまう。国はフレキシブルかつ長期的なビジョンを組むチームと、それを実行するチーム

をつくって取り組んでほしい。また、短期的な支援が必要なのか、長期的な支援が必要なのかを見極めて柔軟に対応してもらいたい。

- アメリカでは国としての戦略と共に、州単位でプログラムを作りこんでおり、州の戦略がしっかり練られている。たとえば、ニューヨーク州では雇用確保と最先端技術に力を入れている。複数の拠点にニューヨーク州もお金を出し大サイエンスパークを作るという案が検討されている。ローカルな産業や大学にはノウハウがあるのでその離散を防ぐとともに、新しい産業を起こそうとしている。これは日本も見習うべきことだと考える。

2. 人材育成への取り組み

(1) 化学産業における産学連携による人材育成に向けた取り組みについて

講師：経済産業省製造産業局化学課機能性化学品室長 山崎 知巳 氏

- ・ 人材育成で産学が連携していく取組が始まっている。経済産業省では平成 19 年 10 月から「産学人材育成パートナーシップ（化学については化学分科会）」を開催し、現状認識と課題の抽出、化学産業界が求める人材像の整理、成功事例のとりまとめ等を行った。また、平成 21 年 11 月より化学ビジョン研究会を開催し、産業界のニーズを踏まえた博士人材育成の必要性を訴え、平成 23 年 4 月より「化学人材育成プログラム」がスタートしている。産業界のニーズに合致したカリキュラムを整える専攻を選定し、当該専攻の学生を経済的に支援する一方、産業界が積極的に博士人材を採用していこうという具体的な取組が行われている。

◎ 産学人材育成パートナーシップ

- ・ 産業と大学でミスマッチが存在する、つまり、大学では教育よりも研究を重視し、産業界のニーズを踏まえた人材育成が行われておらず、産業界では競争に勝ち抜くための人材獲得が課題である。こうした現状を踏まえ、産学人材育成パートナーシップという枠組を作り、産業界、教育界の代表者による議論が進められた。



(出所) 経済産業省製造産業局化学課 講演資料より

- ・ また、グローバルに活躍する人材の不足も指摘されている。米国留学生の博士号取得者数を比較すると、アジアでは中国人、インド人、韓国人と比較して、日本人は少なく、日本の科学者が世界で活躍できるような人材育成が必要となっている。また、コンセプトクリエイターとして、自分自身で課題設定をして、構想を組み立てていく力を個々人が持つべきであるとの指摘もなされている。
- ・ 中間とりまとめでは、産業界が求める人材は高度化しており、求められる人材像としては、専門分野の基礎学力があること、博士課程を出ても引き続き T 字型の縦の専門性を磨き上げていくことが重要とされるが一方、課題解決のために仮説を立て実行できる、広い視野があること等も重要とされている。

現状認識と課題

- 産業界の求める人材は高度化・多様化(フロンティア研究を支える人材、ゼロから問題を設定できる人材、T型やパイ型人才)。
 - 学生の理科離れや理工系学部への進学志望者の減少。
 - 学生の学力が低下しているのではないかと指摘がある。
 - 化学企業からのニーズが高い化学工学や高分子化学等の講座が、大学の教育・研究の中心でなくなりつつある。
 - 青田買いと就職活動の長期化による修士学生の学習環境の阻害。
 - 博士課程修了の人材に産学の評価のミスマッチ。
- (参考)大学教員から見ても、大学院生の基礎学力の低下、視野の狭さ、専門家を目指すことへの自覚の弱さを指摘している意見がある(日本学術会議化学委員会対外報告「化学系分野における大学院教育改革と国際化に向けて」(平成19年12月))。

求められる人材像

- 産学ともに求められる人材像は、「専門分野の土台となる基礎学力がある」、「課題を自ら設定し、課題解決のために仮説を立てて実行できる」、「広い視野がある」こと。
- また、産側からは、「企業活動に知識と興味を持ち、ものづくりに対して意欲的である」、「自分の意見を持ち、それを伝えることができる」ことも求められている。
- 特に博士人材については、「ゼロからの課題設定能力と解決能力」、「複数の専門能力」、「プレゼンテーション能力」、「協調性」、「リーダーシップ」等が期待されている。



対応策案

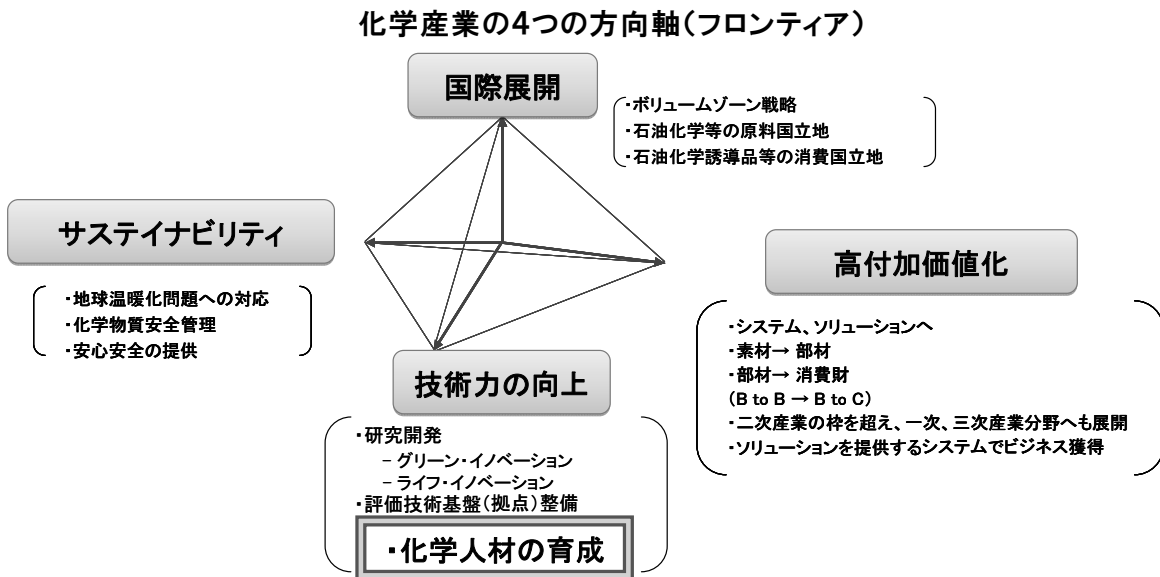
- 産業界から大学に対する企業ニーズや魅力の直接的な伝達、学会が実施するインターンシップ支援による学生・大学・企業の情報共有化、企業の若手技術者の基礎技術強化等を実施することで、産学における人材のミスマッチ解消や、より高度な化学人材の育成に繋げる。

(出所) 経済産業省製造産業局化学課 講演資料より

- ・ 人材育成パートナーシップでは、グッドプラクティス集も作成された。その狙いの一つは、産業界のニーズや産業界の実態を早い時期に博士課程在学者に伝えるところにある。東工大と JCII (現 JACI) で、企業の出張講座を行っている。博士課程だけでなく、修士に広げても良いぐらい充実した内容となっている。
- ・ 東京大学大学院化学システム工学専攻では、産業界の意見を取り入れたシラバスを作成し、化学工学会は、インターンシップの推進として企業と大学の橋渡しを行っている。
- ・ 学会による企業若手技術者の基礎技術力を強化するための講座も開設している。「夢・化学-21」キャンペーン事業を展開し、若い世代に化学の重要性と化学品の有用性を伝え、将来、国際的に通用する科学者の育成を目指している。こうした中、国際化学オリンピックに出て金メダルをとった人材もあり、早稲田、慶応、大阪大学等では、オリンピックのメダリストを優先的に採用しているようである。

④ 化学ビジョン研究会

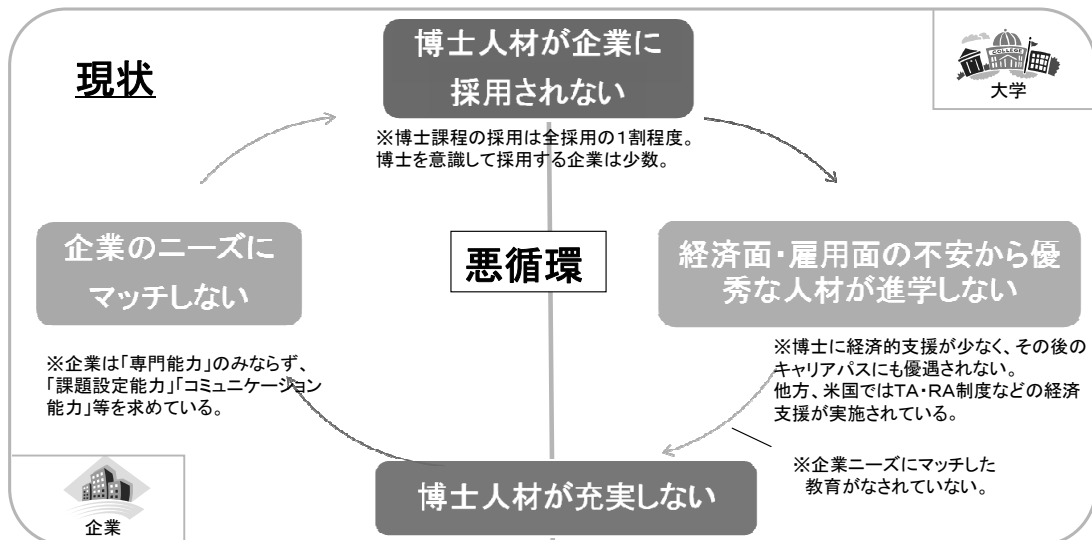
- 化学ビジョン研究会では、化学産業の4つの方向軸（フロンティア）を示し、このうち、「技術力の向上」において「化学人材の育成」が取り上げられ、博士課程の人材が企業ニーズにマッチしていない、産業界と学界で人材をめぐる負のスパイラルに陥っていると指摘されている。



(出所) 経済産業省製造産業局化学課 講演資料より

人材をめぐる悪循環の現状

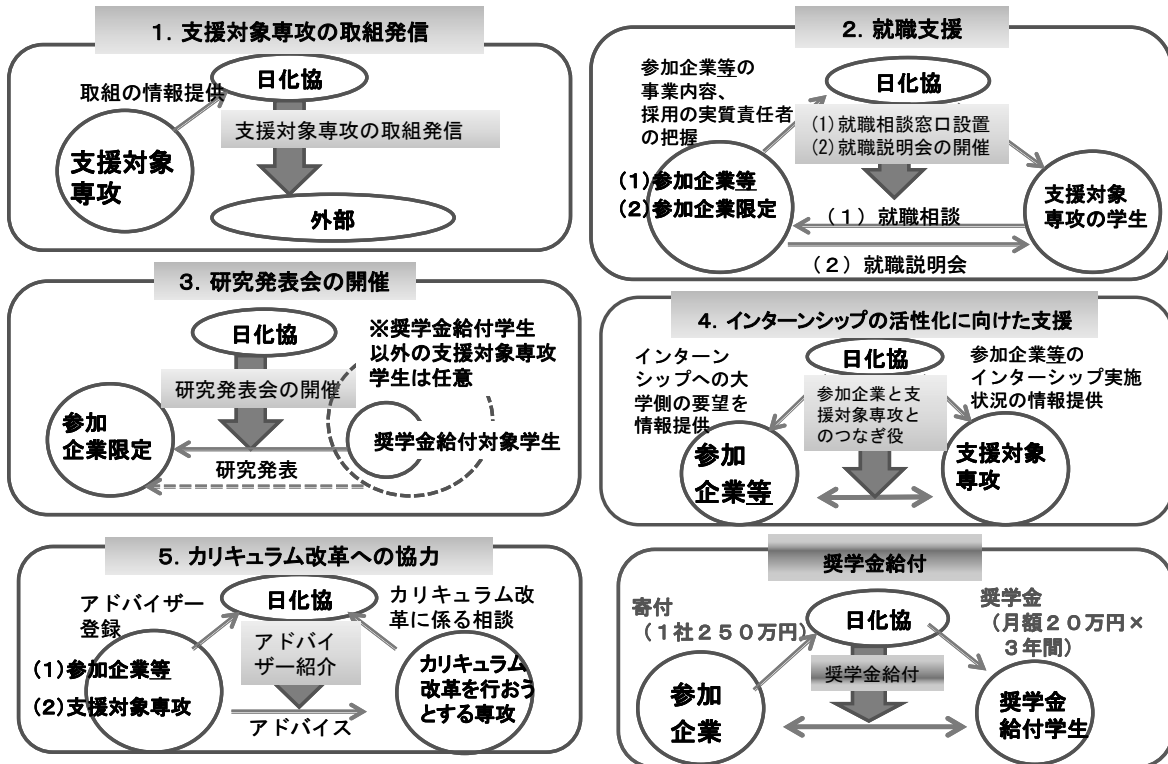
- 産業界が求める博士人材と大学教育における博士人材のギャップ
- 産業界における積極的採用や、優秀な人材における博士課程への進学への障害。
- 化学分野の基礎研究力が衰え、やがては産業全体の競争力の衰えに繋がる可能性。



(出所) 経済産業省製造産業局化学課 講演資料より

- ・ 現在、化学人材育成プログラムのロードマップに従って、化学人材育成が進行中である。産業界のニーズにマッチした大学院専攻を増やし、産業界の求める人材育成が行われることが期待されている。
- ・ 化学界は、研究開発の成果が、自社の製品力や競争力に直結するため、大学の研究成果に対する期待が強いことから、他分野に比べて元々産学の距離は近く、連携も盛んである。そういう意味で、人材育成に関しても産学連携を行いやすい環境にある。
- ・ 「化学リテラシー」を高めていくため、大学院の博士課程だけではなく、初等中等教育まで視野に入れた、もっと広がりのある産学連携を進めていく必要があり、今後取り組むべき課題となっている。

化学人材育成プログラム



(出所) 経済産業省製造産業局化学課 講演資料より

(2) 大学教育における視座～ナノ材料のデバイス応用におけるイノベーション

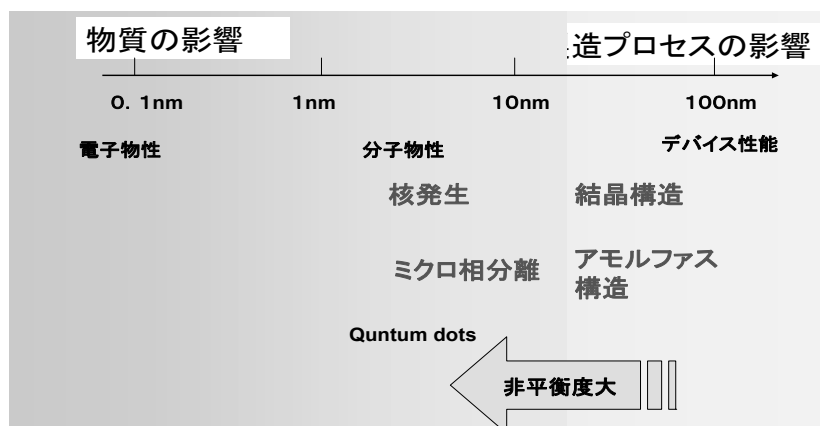
講師：東京大学大学院工学系研究科 化学システム工学専攻 教授 山口由岐夫委員

<イノベーションの考え方>

- ・ 社会的価値を縦軸にすると、不連続に相転移をすることがイノベーション。
- ・ 徐々に価値を上げるのは「改良」であってイノベーションではない。イノベーションとは社会的価値が不連続に相転移するものであるということを明確に意識しなければならない。そうなると、誰も手がけていないドメイン間の境界領域にこそ、イノベーションのターゲットがある。ものづくりにおける本質を見抜き、理解することが重要である。特に、知は製造現場で価値に転換されるため、製造プロセスのイノベーションが重要である。知は製造現場で価値に転換されるのである。
- ・ 製造プロセスが、マクロからナノオーダーになると、物質の影響が出てくる。図に示すように、マクロとナノがオーバーラップした領域において、ナノ材料の構造を制御するところが面白い。製造プロセスの非平衡度が大きくなり材料の性質と調和して構造が形成される。実験（ラボ）で出来ても製造プロセスで大量生産が出来なければ意味がないので、従来の製造プロセスやプロセスエンジニアではナノファブリケーションは難しい。

ナノとマクロのオーバーラップ

構造と物性



(出所) 山口由岐夫委員提供資料

- ・ カーボンファイバーも径が 1 ミクロン以下になると、ナノコンポジットとして従来にない特性が出てくる。こうした領域では従来の製造技術や製造プロセスは通用しない可能性がある。日本の炭素繊維メーカー3社は世界で高シェアを獲得しているが、今後も競争優位を維持するには、リスクがあってもサブミクロン領域に挑戦していく必要があるだろう。

- 有機薄膜デバイスは、塗布技術も出て来ており、非常に重要である。韓国の国立研究所もコーティング研究を重要ターゲットとしている。我々は有機 EL の塗布技術も研究しているが、塗布でナノ材料の構造制御をすることは難しいことがわかってきている。これに対し、企業における塗布技術はナノ構造形成がブラックボックスのままである。

ナノテクノロジー 知識の構造化プラットフォームの必要性

製品開発におけるナノ材料の活用の課題

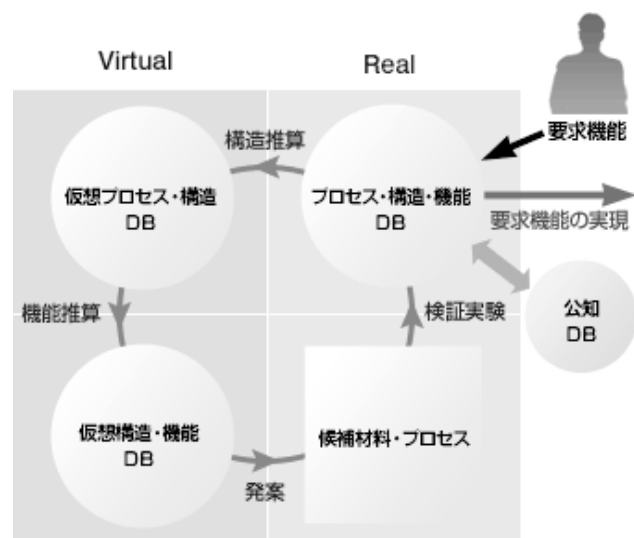
ナノスケールでの微細な構造を制御して、その材料が持つ物性を変化させ、これまでにない製品機能を生み出して、不可能を可能にする…。ナノテクノロジーが産業界にもたらす恩恵やインパクトについてはもはや述べるまでもないでしょう。しかし、企業がナノスケールの微細構造に由来する物性を製品機能に活かすためには非常に高いハードルが2つあります。

ナノテクノロジーからナノ製造へ

1つめはナノテクノロジーを応用技術に導く理学、工学がほとんど存在しないことです。ナノスケールの領域では、原子・分子集合構造が強い相互作用で結ばれているため、非平衡・非線形ダイナミクスや複雑系科学がナノテクノロジーに共通する主な原理として働きます。これらの領域の研究は活発になされているのですが、一方それを応用技術に導くための理学・工学、技術や製造への取り組みなどは、ほとんどなされていないのが現状です。そのため、今、企業がナノテクノロジーを製品作りに応用しようとする、企業の研究者や技術者たちがエンジニアリングや製造（マニュファクチャリング）知識を、ゼロベースで身につけなければなりません。

ミクロとマクロの知識の連携が必要

2つめは開発者全員が、ミクロ（ナノスケール）とマクロ（製品）をつなぐ知識を共有する必要があることです。ナノスケールの特異な機能をマクロの製品レベルに持ち上げて機能を発揮させようとする場合、マクロの製品機能要求にナノスケールでの構造・プロセス設計が直接結びつきます。そのため、製品開発者はナノスケールに関わる物理、化学およびそれらの応用科学、工学の知識だけではなく、デバイスを組み上げるための機械、電子および要素技術群、さらには採用するプロセス条件がナノレベルの構造・機能に及ぼす効果に関する製造知識を熟知することが必要になります。



(出所) ナノマテリアセンター ホームページ

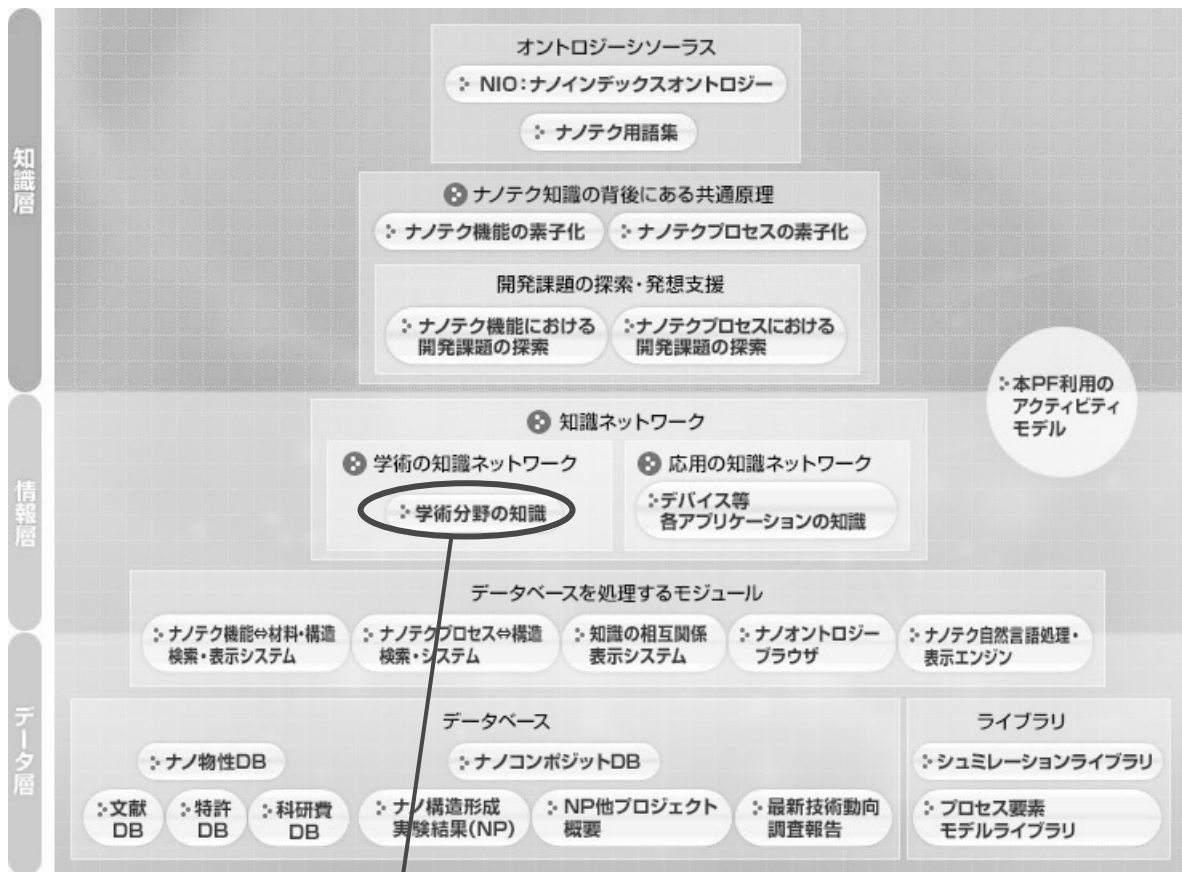
<知識の構造化と大学と産業界に求める役割>

- ・ 現在の大学教育には課題があると感じており、大学教育では結果ではなく本質を追求することが重要となる。
- ・ 一般に、鉄、ポリマー、セラミックスなどで知識が違うと言っているが、ナノ構造の形成を考えれば異なる分野を融合できる。大学の教育でもポリマーはポリマー、セラミックスはセラミックスと言っているが、それではマテリアルサイエンスの時代に太刀打ちできない。材料とプロセス、安全性を含めたアプリケーションを構造化していくことが重要である。知をものづくりに活かすべきである。
- ・ イノベーションを連鎖的に生み出すには、もっと足腰を強くしなければならず、そのためには、企業と大学が変わり、お互いが歩み寄らなければならない。企業は、大学のドクターは不要と言っているが、これは時代に逆行している、ドクターが、論文ばかりを書いて、単なるオペレータになってしまい、社会が求めるソリューションと無縁にならないよう、企業からも大学に働きかける必要がある。出張講義を開くといったレベルにとどまるのではなく、産学連携を上手く回していくべきである。
- ・ 企業は中堅企業も含めて古い技術で凝り固まっていたは駄目で、頭の中を切り替えていく必要がある。その際、活力は人材なので、最後は、人材の知的教育が重要と考えている。

<産学連携で日本型の人材育成を目指せ>

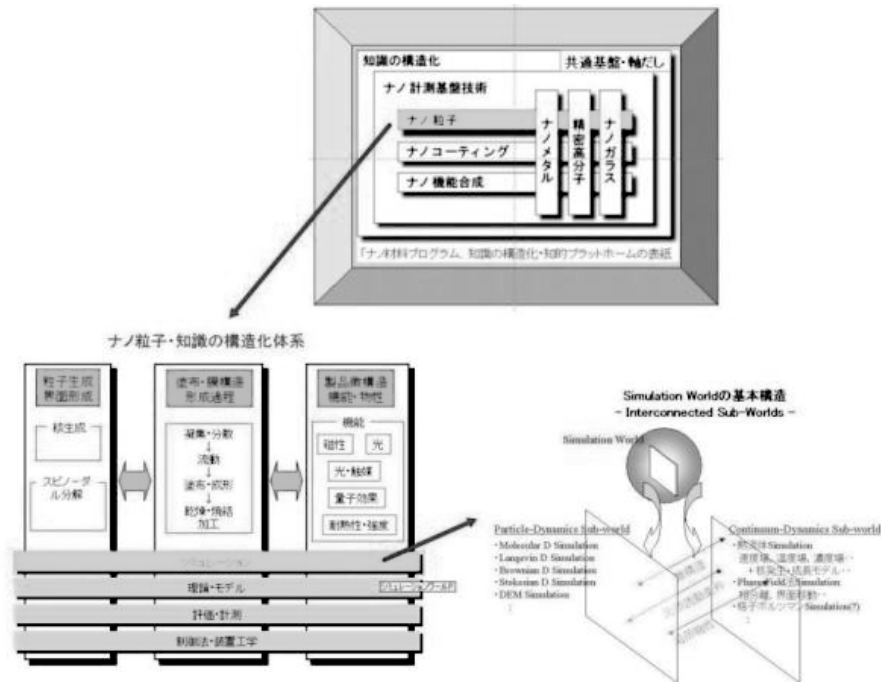
- ・ 理科系教育には、欧米型と日本型がある。ドイツは博士号がなければ話にならない。一方、泥にまみれても課題を解決するという思いをもつ人材を育てるのが日本的ではないか。
- ・ ものづくりは現場でものを見るのが何よりも重要なので、日本においては一本のルールを進んでいくのではなく、修士の学生が企業に入り、その後、必要を感じた時に大学の博士へ進学し、必要な研究を行う。企業がエース級の研究者を本気で大学へ送り込んでくるようにしないと人材は育たない。まさに、産業と大学で人材育成をすべきである。

知識の構造化プラットフォームの俯瞰図



本PF利用の
アクティビティ
モデル

学術分野の知識



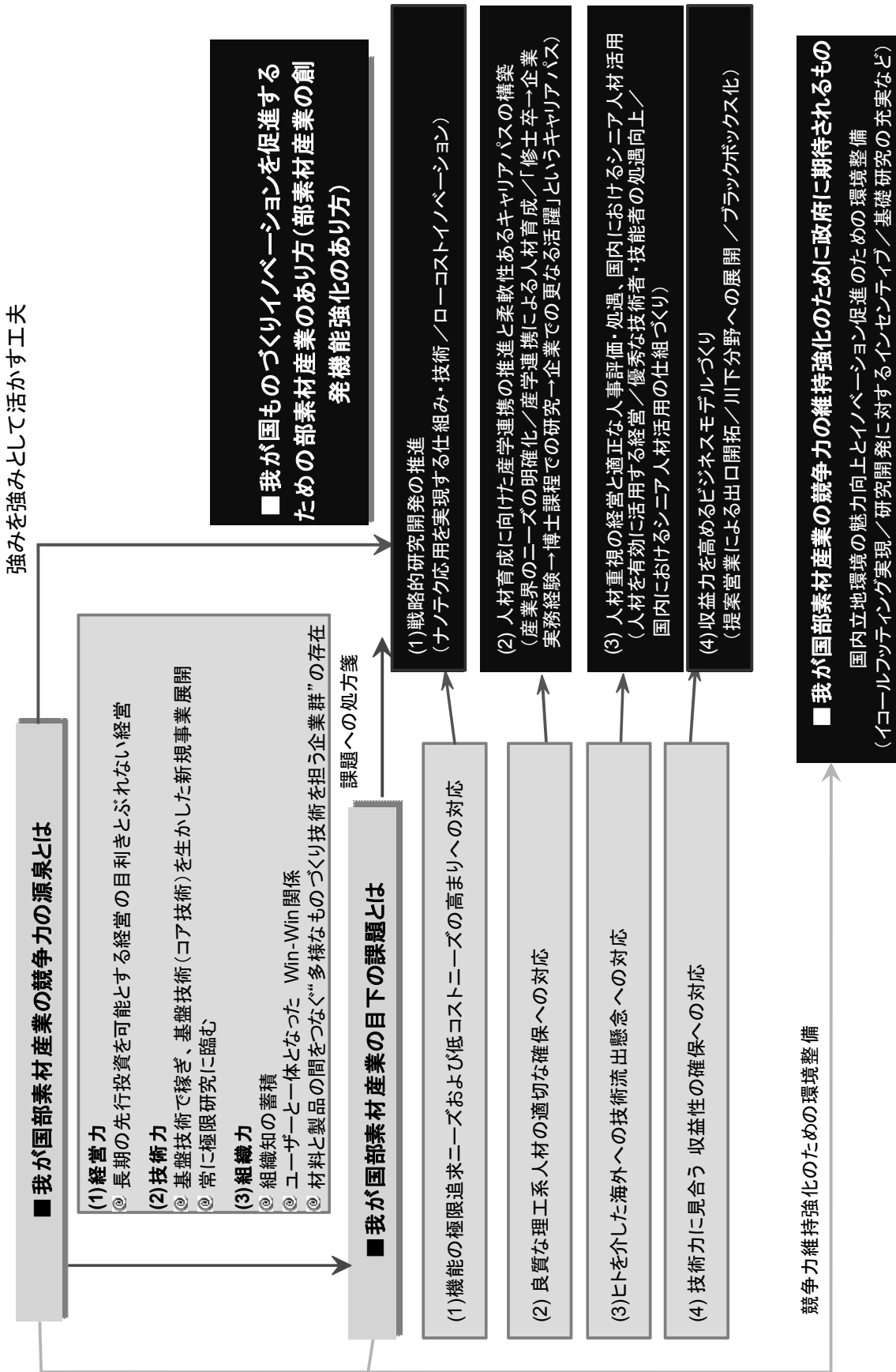
(出所) ナノマテリアセンター ホームページ

III. 我が国部素材産業のイノベーション創発機能の維持強化のあり方

本章では、研究会での講演・討議事項やインタビュー調査結果を踏まえて、我が国の部素材産業のイノベーション創発機能の維持強化のあり方についての分析・検討を行った。

■ 我が国部素材産業がものづくりイノベーションに果たす役割や期待

- ①部素材にまで立ち返ることで従来にない飛躍的なイノベーションが可能に
- ②異業種とタイアップした市場創造が可能に(新たな顧客価値実現/ブランド化)



1. 我が国部素材産業がものづくりイノベーションに果たす役割と期待

今回インタビューを実施した部素材メーカーからも、また、ユーザー企業からも、革新的なものづくりを推進する上で、部素材が非常に重要な役割を果たしているとの認識で一致している。それでは、革新的なものづくりの推進において、どのような役割を果たしているのか、その可能性を以下の点にまとめてみた。

(1) 部素材に立ち返ることで従来にない飛躍的なイノベーションが可能に

一般に、欧米の部素材メーカーに比べて我が国の部素材メーカーはユーザー仕様に徹した研究開発を行い、ユーザーニーズに応えた部素材を開発・供給することを通じて製品の差別化に貢献することに長けている。

また、製品の性能の飛躍的な向上には、従来とは全く異なる新素材への切り替えが求められているが、ネオジム磁石が出てきたことによって、自動車や家電、コンピューター等モーターの小型化が可能になった。リチウムイオン二次電池（LIB）は携帯電話、ノートパソコン、デジタルカメラ等、幅広い電子・電気機器に搭載されているが、従来は電源がないと使えなかった IT 機器が電気がないところでも使用できるようになり、世界の IT 社会化に大きく貢献してきた。

米ボーイング社の新型中型旅客機 787 では、全体重量の 50% に炭素繊維複合材料が用いられ、燃費と航続距離の一段の向上を実現したことから、航空会社の路線選択の選択肢は大きく広がり、現在のハブアンドスポーク方式のネットワークを破壊する可能性を秘めている。

このように日本のものづくりの強みは、ユーザー企業と常に極限追求の姿勢でハイエンドな物性や他にない機能を持つ先端材料を生み出してきた部素材メーカーがユーザー企業との連携によりイノベーションを実現し、製品の高付加価値化ができるところにあるといえる。

また、先進事例からは、ものづくりの価値向上を持続的に図るには「環境」「省エネ」のように無限に価値を追求できる領域を狙うべきとの指摘がなされたが、このような 21 世紀の問題解決のためにナノテクノロジーが求められている。我が国のナノテクノロジーは、材料分野に強みを有していると言われており、サイエンスにおける研究成果と材料メーカーやものづくりメーカーとの連携によって、従来の延長線上にない不連続で飛躍的な技術革新と巨大な産業応用が生まれる可能性を有している。

産学官挙げて日本の強みを生かしたイノベーションへの取り組みが我が国ものづくり競争力の強化に貢献することが期待される。

(2) 異業種とタイアップした市場創造が可能に（新たな顧客価値の実現／ブランド化）

我が国の繊維素材メーカーは、中国などの安い衣料品に押されて縮小傾向が続いていた。そんな中で、2003年にユニクロが東レの素材を使って共同開発した機能性肌着“ヒートテック”は大ヒットとなった。“ヒートテック”が日本のみならず、海外でも大ヒットしたことは、既に成熟したと考えられている市場においても、部素材メーカーが持つ技術力（機能）と川下の異業種が持つ企画・マーケティング力やブランド戦略が合わされば、巨大な需要を生み出すことができることを証明した。部素材の用途は特定製品に限定されるものでなく、さまざまな分野での技術的な応用が可能であることから、従来結びつきが無かった異業種との連携によって新たな顧客価値の実現やブランド化など新市場を産み出すことが可能になる。

“ヒートテック”の大ヒットは、部素材産業の技術力が市場創造にいかにより大きな役割を果たしているかを端的に示す事例である。日本の市場は成熟しきっていると言われているが、部素材産業の高い技術力と異業種との新結合により新たな顧客価値実現を図ることは日本のものづくりが目指すべき方向性を示唆している。

2. 我が国部素材産業の競争力の源泉とは

(1) 経営力

㊟ 超長期の先行投資を可能とする経営の目利きとぶれない経営

今日、世界トップシェアを占めるに至った部素材の多くは、長年の研究開発成果の末に生み出されている。収益を生み出さない研究開発を何十年と継続できている背景には、基盤技術で足許の経営安定化を図りつつ、長期の時間軸で先々の社会や技術を見据えた事業戦略・研究開発戦略を経営者が持ち合わせ、確信が持てる研究開発については最後までやりぬく「ぶれない経営」がある。

企業研究者は「死の谷」の前に「止の谷」を乗り越える必要があるとの指摘がなされたが、リスクの高い事業領域への挑戦や長年収益を産まない研究開発は直属の長からストップをかけられやすい。さまざまな研究開発シーズを進捗評価するにあたり、それらの中から将来の事業の柱となり得るような芽を見出し、「止の谷」を乗り越えて研究開発投資を続行できるか否かは、やはり経営の判断や意思に負うところが大きい。短期的な採算重視の事業部任せでは「止の谷」を乗り越えることは難しいからである。

< 具体的事例 >

- ・ 今日、炭素繊維において日本の大手3社が世界シェア7割を占めているのも、ぶれない経営によって、欧米のメーカーが脱落する中で粘り強く投資を続けてきたからに他ならない。東レの場合は炭素繊維の研究を本格的にスタートしてから一度も経営からストップがかかったことはないという。それは研究・開発スタート直後から「第2の鉄になる」という確信、将来は「黒い飛行機が飛ぶ」という確信が経営にあったからだという。約半世紀を経て、機体構造材料重量の半分以上に炭素繊維複合材料が採用されたボーイング787が世界で初めて日本で就航し、東レの経営が確信していたことが現実のものとなった。

(2) 技術力

㊟ 基盤技術で稼ぎ、基盤技術（コア技術）を生かした新規事業展開

成功している部素材メーカーに共通している点は、各社とも確固たる基盤技術を有しており、その基盤技術を生かして適切な利益を出すことでリスクテイク能力を確保し、常に研究開発投資を怠らず時代変化に柔軟に対応してきている点にある。各社に蓄積された基盤技術は利益を生み出す経営のコアであり、新規事業展開を図るための重要なシーズであり、参入障壁にもなっている。

< 具体的事例 >

基盤技術で稼ぐ

- ・ 東レは炭素繊維、JSRは機能材料といったハイテク先端技術を手がけるイメージで捉えられているが、東レの経営を支えている大黒柱の一つは今でも繊維事業であり、ユニクロとのコラボレーションによって「ヒートテック」という大ヒット商品を生み出している。JSRの稼ぎ頭の1つは省エネタイヤ用合成ゴムという創業由来のエラストマー事業である。各社とも創業以来の長年の蓄積によって蓄えられた確固たる基盤技術があってこそ、それが経営の柱となって、新規事業展開をも可能にしているといえる。

基盤技術が新規事業のベース

- ・ 東レは多岐に亘る事業分野に展開しているが、「ポリマーを1次元に伸ばせば繊維、2次元に引っ張ればフィルム、3次元に押し出せば樹脂になる」（東レ講演）というように、高分子化学という基盤技術は変わっていない。JSRも同様に、エラストマー→半導体→ディスプレイ分野へと、ゴムからITへと大きく事業転換を図っているが、同社の基盤技術も高分子化学であり、フォトレジスト参入当時はゴム材料の技術を活用していた。
- ・ 富士フィルムも化粧品や医薬品事業へ参入するなど大胆に事業を転換しつつあるように見える。しかし化粧品事業では、写真事業で培った写真の色あせを防ぐ抗酸化技術を、肌の老化を防ぐ技術へ転用。また、医薬品事業においては、同社がファインケミストリーで培ってきた製造プロセスの管理手法や、問題が発生した際に原因を究明する解析・評価技術を新たな観点から活用している。たとえ業態が変わったとしても、後発メーカーとして他社の後塵を拝するのではなく、同社の基盤技術がアドバンテージとなるような新規事業展開を図っている。

◎ 常に極限研究に臨む

成功している部素材メーカー各社とも、常に最先端の技術革新に挑戦することを重視している。また、部素材メーカーからみた場合、密接に共同開発するユーザーとの取引が最も利益率が高いとは限らないが、それでも優良顧客との共同研究を重視するのは、厳しい顧客要求に応えることが技術革新をドライブすると確信しているからに他ならない。

< 具体的事例 >

- ・ 東レは高強度化、高耐熱化、微細化、高感度化に取り組むことを「極限追求」と呼び、「極限追求」を当社の研究の基本哲学の一つに据えている。
- ・ 昨今、新興国市場のボリュームゾーン攻略の必要性が説かれ、ハイスペックな日本のものづくりに警鐘を鳴らす動きもあるが、新日鐵では常に最先端を手がけることが全体の底上げにつながり、ハイエンドばかりではなくローエンドのものづくり競争力を高める結果になるとの考えを持っている。高炉メーカーはハイエンドとローエンドの製品ラインを分けることは難しく、コスト競争力も技術革新で達成するというスタンスが強い。

(3) 組織力

㊦ 組織知の蓄積

近年、日本企業も大幅な人員削減・リストラを断行するところが増えつつあるが、日本の部素材メーカーは、今世紀に入ってから人員削減のリストラに走るところは比較的少なく、事業内容が変わっても、新たな事業などへの配置換えにより人材をプールし続けてきているところが多くみられる。また、材料の開発においては、異なる部署で多様な材料開発に携わってきたことがプラスに働く場面も多い。

このように、我が国の部素材産業が確固たる基盤技術を構築しているのは、人材を「人財」としてそのポテンシャルを高め活用してきたことで、個人が経験によって獲得した知識を組織的なノウハウとして共有化することを促した面が大きかったからと考えられ、このことが技術の継続性確保にも寄与している。我が国から海外への技術流出の多くは人材流出が原因であるとの指摘もあるが、個人に蓄積されたノウハウに過度に依存せず、組織に蓄積された組織知として勝負できるところも、我が国の部素材産業の強みといえる。

<具体的事例>

- ・ 今回、先進事例として取り上げた企業の中にはJ S Rや富士フイルムのように主力事業をも変化させてきた企業が存在するが、人員削減をせず、配置換えにより人材の活用を図ってきた。
- ・ リチウムイオン電池の開発者で、世界で初めての商品化を成し遂げた元ソニーの西氏は、当初からリチウム電池を手がけていたわけではなく、大企業の組織の中で異なる部署を渡り歩いてきた。ところが、あらゆる材料を扱ってきたこうした経験が電池材料の開発にはプラスに働き、とりわけ、十年以上かかわってきた音響材料の研究開発であらゆる材料を扱ってきた経験がリチウムイオン電池の開発に非常に役立ったという。

㊦ ユーザーと密接に連携した Win-Win 関係

日本の部素材メーカーの競争力は、ユーザーと密接に連携した開発体制にある。部素材メーカーはユーザーの意向を詳細な仕様提示に加えて、「あうん」で汲み取り、ユーザーのニーズに徹底的に応えた製品開発を行う。ユーザーからの厳しい要求に応えることで部素材メーカーは技術水準を高めることができ、また、素材そのものの機能を高めることでユーザー企業の競争力を高めることに大きく貢献するなど、双方にとって Win-Win の関係が構築されている。

このようにユーザーと一体となった共同開発の取り組みは、依然として日本の部素材メーカーの競争力の源泉になっているが、近年、セットメーカーはグローバル調達材へのニーズも高めており、部素材メーカーにとってもカスタム製品中心の事業展開

のあり方を見直す段階にきているといえる。また、家電分野をはじめ日本のセットメーカーが国際競争力を低下させつつある中で、部素材メーカーにとっての Win-Win 関係構築のパートナーは韓国系などの外資系企業へシフトしつつあるなど、一国の中で閉じていた部素材メーカーとユーザーとの Win-Win 関係は転機を迎えている。

<具体的事例>

- ・ ユーザーと一体となった Win-Win 関係構築の典型例は自動車メーカーと鉄鋼メーカーとの関係である。日本の自動車産業が世界に冠たる存在となり得たのは、自動車メーカーと鉄鋼メーカーがタッグを組んで技術開発や設計を行うなど、双方が密着したものづくりを展開してきたことも起因している。自動車部品は形状模倣されやすいが、日本の自動車メーカーや自動車部品メーカーは固有のスペックに基づき素材をつくらせ、素材そのものを高機能化することで自動車部品、ひいては自動車の性能を高めてきたところがある。また、可能な範囲で評価や品質保証にまで素材メーカーが踏み込んでいる。
- ・ 炭素繊維を生産する東レも、ゴルフクラブメーカーと一緒に、最適な炭素繊維の巻き方を研究している。

◎ 材料と製品の間をつなぐ“多様なものづくり技術を担う企業群”の存在

日本にはサポートインダストリーという裾野の広い多様な加工技術蓄積を有する企業群がある。こうした加工技術はものづくり中小企業が担っているケースも多く、機動力や小回りが効く。それ故に、日本は手のかかる“めんどろな”製品や、複雑な製品開発にも強い。中小企業も含めて、材料と製品の間をつなぐ裾野の広いものづくり技術の集積、機動力のあるものづくり技術の集積があることがユーザーとの連携を重視する日本の部素材産業にとって競争力の源泉となっており、国内に厚みある産業のセットとして存在することが、我が国ものづくりの競争力維持強化にも重要である。

<具体的事例>

- ・ リチウムイオン電池は負極材、正極材、電解液、セパレータなどが必要な要素技術と認識されているが、量産プロセスにおけるキーテクノロジーはコーティング技術や塗布技術にあるという。
- ・ 自動車大手部品メーカーのデンソーからは、材料開発の段階で全てのユーザーニーズを満たす必要はなく、ユーザーの求める機能を事後的に材料に付加するという考え方も提示された。その際に重要となるのは製造プロセスに必要なものづくり技術である。

3. 我が国部素材産業の目下の課題とは

我が国の部素材産業について、様々な課題も指摘されている。

(1) 機能の極限追求ニーズおよび低コストニーズの高まりへの対応

市場ニーズが多様化する中、どの領域を研究開発のターゲットとして技術革新を進めていくのかは、経営の重要な課題である。

我が国部素材産業に期待される部素材のうち、ハイエンドな物性や他にない機能など、ナンバーワンタイプ、オンリーワンタイプの先端材料については、今後、要求される物性や機能が極限的レベルまで高まることが予想され、これに的確に対応するためには、物質をナノスケールで制御するナノテクノロジーの重要性が高いと考えられるが、ナノテクノロジーを製造に導くサイエンスおよびテクノロジーが確立していないと指摘されている。

また、競合関係から機能とコストの両立が求められるグローバル材については、アジア諸国との技術格差が縮小し、競争が激化するとともに、世界の成長市場が先進国から価格により厳しい新興国へとシフトしていることから、低コスト化ニーズが一層高まっており、これに適切に対応することが必要である。

(2) 良質な理工系人材の円滑な確保への対応

我が国部素材産業が、良質な高度理工系人材を円滑に確保することは、我が国ものづくり産業のイノベーション創出力を左右する重要な問題である。

産業界が求める人材は高度化しており、高い専門性を有しつつ、これを軸に関連する幅広い基礎知識を持つT字型の人材、企業活動やものづくりについて知識と興味を持つ人材が求められている。特に、部素材産業においては、博士後期過程修了レベルの高度な専門性と金属工学、化学工学、電気工学などプロセステクノロジーに関する基礎知識が求められることが多い。

しかしながら、高度な専門性が期待される博士後期課程修了者は、企業からみたとき、専門領域が狭く、企業活動やものづくりについてのリアルな感覚が乏しいとの認識が強いなど、産業界が求める人材と学界が輩出する人材とのミスマッチが生じており、こうしたミスマッチを早急に解消して、産業界が良質な理工系人材を円滑に確保することが課題となっている。

また、大学におけるプロセステクノロジー教育については、そもそも学生が論文に結びつきにくいプロセステクノロジー系の学科を敬遠する傾向にある等から、予算が削減され、学科維持が困難となるケースもみられるなど危機的状況にあり、プロセステクノロジー教育の維持・充実が課題となっている。

(3) ヒトを介した海外への技術流出懸念への対応

我が国部素材産業では、技術の模倣を困難にするためにブラックボックス化の手法が用いられることが多い。しかしながら、技術のブラックボックス化においては、重要なノウハウはヒトに蓄積されており、ヒトを介して技術が海外に流出すると、我が国部素材産業はその技術優位を喪失する懸念がある。

そこで、「ヒトを介した海外への技術流出」をいかに防止するは、部素材産業の技術優位の維持にとって、重要な課題となっている。

(4) 技術力に見合った収益性の確保

我が国部素材産業の技術力は、依然として高いものがある。しかし、その技術力を自社の収益に結びつける力については十分でないことが指摘されている。

我が国部素材産業が、その技術力に見合った収益性を確保していくことは、競争力の一層の強化をもたらすものであり、重要な課題と考えられる。

4. 我が国ものづくりイノベーションを促進するための部素材産業のあり方

ユーザー企業からみた部素材産業の期待役割、部素材産業の競争力の源泉、直面する課題を踏まえた上で、我が国のものづくりイノベーションを促進するための部素材産業のあり方（部素材産業のイノベーション創発機能強化のあり方）について、以下にとりまとめた。

(1) 戦略的研究開発の推進

企業独自の長期経営戦略を踏まえ、戦略的な研究開発戦略を推進していく必要がある。

戦略的な研究開発戦略の一つの柱は、材料機能の極限研究があり、ナノテクノロジーの活用が重要となっている。ナノテクノロジーの活用に際して、ナノ材料からその技術を用いた製品を大量生産するには、ナノ材料の構造制御が必要であるが、従来の製造プロセスやプロセスエンジニアリングでは実現が難しい。そこで、開発者全員が、マクロ（製品）とミクロ（ナノスケール）をつなぐ知識を共有するなど、知識構造化のプラットフォームをつくり、企業研究者や技術者の意識を変えていく必要がある。

戦略的な研究開発戦略のもう一つの柱は、低コスト化ニーズの一層高まりに対応して、企業の総合力によるローコストイノベーションを強化していくことである。

ローコストイノベーションは総合的な技術体系の塊であり、設計（レシピ）や原材料の見直しはもちろん、生産技術や製造プロセスの見直し、物流体系の見直し、品質管理に至るまでの知識・部署の取り組みを総動員することで達成される。ハイエンドな部素材開発に取り組む技術者ばかりではなく、こうしたローコストイノベーションに取り組む研究者や技術者のモチベーションが上がるような環境整備も経営の重要なミッションといえる

<有識者からの指摘>

・ナノスケールでの微細な構造制御を行い、革新的な材料・製品を生み出すには、既存のエンジニアリング技術、既存の製造プロセス技術や製造知識では対応が不可能であり、ナノテクノロジーを応用技術に導く理学や工学の知識が必要になる。さらに、技術者がマクロ（製品）とミクロ（ナノスケール）をつなぐ知識を共有できなければ、ナノスケールでの構造・プロセス設計を反映したマクロの製品機能設計は不可能で、マクロとミクロの知を連携させる取り組みが必要になる。（以上、ナノマテリアセンターより引用）

(2) 人材育成に向けた産業界と大学との連携強化と柔軟性あるキャリアパスの構築

我が国部素材産業が、必要とする良質な理工系人材を円滑に確保するためには、知識内容等に関する産業側のニーズを大学側に理解してもらう必要がある。このため、産学の対話を促進させ、産業側のニーズを大学に明確に伝えることが必要である。

さらに、大学側だけで、教育体制を整備できない場合は、産業側が、①教育プログラム開発への参画、②企業幹部・研究者・実務担当者を教員として派遣、③インターンシップの推進など、産学連携を強化することで、必要とする良質な理工系人材の育成に積極的に関与すべきである。

その際、現在、危機的状況にある金属工学、化学工学、電気工学などのプロセステクノロジー教育が大学においてしっかりと実施されることを期待する。

また、博士後期課程修了者クラスの高度技術人材の確保については、博士後期課程修了者の採用だけでなく、基礎知識と研究基礎まで備わった修士卒技術者を企業が一旦採用し、企業においてリアルなものづくりを体験したのちに、再び大学の博士課程に進学して専門分野を一層深め、その後さらに企業で理論とリアルなものづくりの双方に通じた人材として活躍できるような柔軟性あるキャリアパスが有効であり、こうしたキャリアパスの充実が重要と考えられる。

<先進事例からの示唆>

・「経済財政改革の基本方針2007」および「新経済成長戦略 2008改訂版」を踏まえ、産学双方向の対話を推進させ、ノベーションの源泉となる人財力の強化を図るための産学連携による実践型人材育成などのシステム構築に向けた「産学人材育成パートナーシップ」事業が各分野で進められている。

・日東電工では研究テーマを見つけることに一生懸命エネルギーを注ぐよりも、研究テーマを見つける人材をいかに発掘するかにマネジメントを注力する方が、価値あるテーマがたくさん見つかると考えており、そのような人材が持つ特徴の1つとして、「自らの専門分野にこだわらない人(発想の基本パターンはまずお客様とか市場の価値を考えて、それを機能に翻訳して、機能を具体的な技術に訳すことができる思考を持つ)」を挙げている。

(3) 人材重視の経営、適切な人事評価・処遇の実施と国内におけるシニア人材の活用

我が国部素材産業が「ヒトを介した海外への技術流出」を防止するためには、企業の経営姿勢や人事政策が重要な意味を持つ。企業は、安易なリストラに走らず、人材を有効活用するなど人材重視の経営に努めることが重要である。

また、画期的な発明を行った優秀な研究者・技術者、自社のコア技術形成に重要な役割を果たしている熟練技能者などについて、企業が適切な人事評価を行い、その処遇を向上させることも重要である。

こうした経営姿勢・人事政策は、従業員の企業に対する信頼やロイヤリティを高め、ヒトを介した技術流出を防止する上で効果があるものと考えられる。

さらに、我が国では、企業を退職したシニアの技術者が、生き甲斐のある人生を求めて海外に渡って技術指導を行うケースが少なくないと言われているが、ヒトを介した海外への技術流出を防止するためには、このような技術者が国内において活躍できるような仕組みを作ることも必要と考えられる。

<先進事例からの示唆>

・ノーベル賞を受賞した島津製作所の田中耕一氏は若くして執行役フェローの地位を与えられ、手振れ防止システムの発明者であるパナソニックの大嶋光昭氏は定年の60歳を過ぎても本社R&D部門の技監としての地位を与えられるなど、優れた業績を残した研究者・技術者を厚遇する企業もある。

(4) 収益力を高めるビジネスモデルづくり

我が国部素材産業が、その技術力に見合った収益性を確保するには、自社の製品・技術の立ち位置を見極めた上でのビジネスモデルの強化が必要である。

部素材産業にとっては、イノベーションによって新製品（部素材）を開発するとともに、その出口となる市場の開拓、自社製品（部素材）が完成品製造プロセスにおいて他に代替出来ない価値を持つことが重要な要素となる。

例えば、自社の独自技術を活かした提案営業でニッチ市場を創出し、その市場で「グローバル・ニッチ・トップ」となるようなビジネスモデル戦略、川下分野の異業種企業とのアライアンスは勿論のこととしてグローバルなスケールでのM&A活用戦略が、今後、ますます重要になるものと考えられる。

また、自社製品の非代替性を長期にわたって保持しつつ収益性を確保するための戦略として、技術のブラックボックス化と標準化を組み合わせた技術戦略が重要になる。あえて面倒な手がかかる領域、複雑難解な領域を、製造プロセスの中に残すことによって、ブラックボックス化して埋め込み、その周辺技術を標準化するなど、企業の技術特性に応じたさまざまな工夫が求められる。

<先進事例からの示唆>

・ユニクロのヒートテックは大ヒット商品となったが、同時に、通常は表に出てこない素材提供メーカーである東レの名前もヒートテックにちなんで知られるようになった。それは、ヒートテックという商品がアパレル特有のデザインではなく「機能」を売りにしており、

消費者も「機能」を評価し、その「機能」に対して価格を支払っているからに他ならない。さらに、「ヒートテック」というブランドの確立も事業拡大成功の鍵といえる。ユニクロとのコラボレーション（戦略的パートナーシップ）を通して、東レは巨大な消費市場への参入を図ったといえるだろう。「戦略的パートナーシップ」とは、素材から商品まで、企画・開発・生産・物流に至る一体のトータルインダストリーであり、まさに東レとユニクロのバーチャルカンパニーと言える（例：①東レの工場内にユニクロ専用の生産ライン～東レの歴史上初めて、②ユニクロ内に「東レルーム」を設置～東レ担当者が常駐）。

- ・ その反対に、富士フィルムはアライアンスや企業買収を通して新たな技術やノウハウを取り込み、自社の基盤技術と融合させることで新しい価値を創出し、化粧品や医薬品事業に参入しようとしている。富士フィルムというブランドを前面に出しているが、異業種をパートナーに展開している点は同じである。また、富士フィルムが高機能材料の製造を通して磨き上げたプロセス技術や品質管理技術が、異業種にはない技術として有効活用されている。
- ・ 住友化学は高分子系有機EL（エレクトロルミネッセンス）の開発を手がけるケンブリッジ・ディスプレイ・テクノロジーを買収するなど、海外企業のM&Aやアライアンスも増えている。特に、近年は円高の進展を背景に海外企業のM&Aによる規模拡大や新規事業への参入を図ろうとする企業も増えている。
- ・ DVD は日本発の技術でありながら、モジュール化による価格低下で日本のDVDメーカーは相次いで撤退を余儀なくされてしまったが、その中で、AZO色素を生産する三菱化学が一人勝ちをしたケースもある。セットメーカーよりも、部素材メーカーの方が“面倒くさい”“超複雑”といったプロセスをノウハウとして製品に封じ込めやすいという利点があるはずなので、この点を重視したビジネスモデルを描くことは必要不可欠となっている。
- ・ 日東電工のR&D戦略はグローバル・ニッチ・トップ戦略+キーストーン戦略であり、1つの製品がグローバルに一番高いシェアでニッチの市場を狙うのみならず、新たなエコシステムにおいてキーカンパニーから「日東電工は外すことができない存在」と言わしめるビジネスモデルを目指している。

5. 我が国部素材産業の競争力の維持強化のために政府に期待されるもの

市場の確保や低コスト化への対応からセットメーカーが海外へ生産拠点を移転しても、初期投資の規模が大きな部素材産業は国内にとどまるとの見方もあったが、東日本大震災後を節目に、震災後の電力供給不足や電力料金高騰への懸念、日本国内に立地することへのリスク認識、さらには先進国における経済危機の深刻化による一段の円高の進行といった要因が重なるなど、国内立地環境の魅力低下により、海外移転が加速している。

海外諸国が雇用対策の重要性等から製造業の国内回帰に向けた優遇政策を打ち出すようになってきているが、海外諸国との比較において我が国の国内立地環境を魅力あるものにするには、部素材産業のみならず我が国のものづくりを支える上でも重要である。

政府には、行きすぎた円高の是正、企業の公的負担の軽減、電力の安定供給確保をはじめ、イコールフットイングに向けた政策実現を期待したい。

また、我が国部素材産業が、競争力の源泉である技術優位を引き続き維持していくためには、イノベーション創出を促進するための基盤整備が特に重要である。

具体的には、部素材産業ではブレークスルーまでに長年の研究開発投資を要する場合が少なくないことから、投資開発減税の継続拡充や試験整備に対する加速度償却実施など、持続的な研究開発へのインセンティブを高めることは重要と思われる。

また、我が国の部素材産業に、継続して新しい技術基盤を供給する観点から、企業だけでは取り組み難い先の見えにくいテーマについて、大学や産業技術総合研究所などの研究機関における基礎研究を拡充していく必要がある。

さらに、国が支援する先端科学技術分野のプロジェクトについても、コンソーシアムによるシナジー効果が十分期待できるよう、民間の知恵や創意工夫を最大限重視し、独創的なテーマについては特定企業が主導して取り組むことができる体制を整えることも検討していく必要がある。

以上

平成23年度ものづくり競争力研究会委員名簿

(座長)

吉川 昌範 東京工業大学名誉教授

(座長代理)

橋本 久義 政策研究大学院大学 特任教授

(委員)

桑嶋 健一 東京大学大学院経済学研究科 准教授

日比 政昭 新日本製鐵株式会社 技術開発本部技術開発企画部 部長
(平成23年12月～)

井田 真樹 前 新日本製鐵株式会社 技術開発本部技術開発企画部
部長
(～平成23年11月)

松田 良夫 東レ株式会社 研究本部 研究・開発企画部 主幹 担当部長

森 茂 株式会社 ひたちなかテクノセンター 常務取締役

山口 由岐夫 東京大学大学院工学系研究科 化学システム工学専攻 教授

(オブザーバー)

田中 哲也	経済産業省製造産業局ものづくり政策審議室長
堺井 啓公	前 経済産業省製造産業局 政策企画官
久保田雅之	経済産業省製造産業局参事官室 調査員
手塚 冬彦	経済産業省製造産業局参事官室 調査員
山崎 知巳	経済産業省製造産業局化学課機能性化学品室長
松丸 謙悟	経済産業省製造産業局化学課機能性化学品室 新規事業係長
山岸 悠佑	経済産業省製造産業局化学課機能性化学品室 調査係長
河村 有紀	経済産業省製造産業局化学課機能性化学品室 新規事業係長

(事務局)

廣澤 孝夫	財団法人企業活力研究所 理事長
沖 茂	財団法人企業活力研究所 専務理事
中川 裕一	財団法人企業活力研究所 企画研究部長
辻 俊次郎	財団法人企業活力研究所 企画研究部 調査役
吉本 陽子	三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社主席研究員
齋藤 禎	三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社主任研究員
横森 浩誌	三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社研究員

ものづくり競争力研究会日程

第1回研究会（ 2011年9月26日(月) 15:30～18:00 ）

議題（1）「我が国ものづくり産業を支える部素材産業のイノベーション創発機能の維持強化のあり方について」

（2）「持続可能な成長のための先端材料と先端技術」

東レ（株） 研究本部 研究・開発企画部 担当部長 松田良夫 委員

第2回研究会（ 2011年10月14日(金) 15:00～17:30 ）

議題（1）「ネオジム磁石の発明、工業化、10万トン/年の巨大需要に向かって」
インターメタリックス（株） 代表取締役社長 佐川 真人 氏

（2）「化学産業における産学連携による人材育成に向けた取り組みについて」
経済産業省製造産業局化学課機能性化学品室長 山崎 知巳 氏

第3回研究会（ 2011年11月15日(水) 15:00～17:30 ）

議題（1）「リチウムイオン二次電池 材料開発の現状と課題」
ソニー（株） 社友 西 美緒 氏

（2）「ナノ材料のデバイス応用におけるイノベーション」
東京大学大学院 教授 山口 由岐夫 委員

第4回研究会（ 2011年12月15日(木) 13:30～16:00 ）

議題（1）「デンソーの製品開発を支える部素材の技術革新と部素材メーカーに期待するもの」

(株)デンソー 材料技術部長 清水 真樹 氏

（2）「企業インタビュー調査中間報告および報告書とりまとめの方向性」

第5回研究会（ 2012年2月7日(火) 14:00～17:00 ）

議題（1）「日東電工の技術戦略とリーダー育成などに関してーサステナブル企業を目指してー」

日東電工(株) 取締役上席執行役員 CTO 表 利彦 氏

（2）「報告書素案について」

第6回研究会（ 2012年3月7日(水) 15:30～17:00 ）

議題（1）「報告書案について」

平成23年度調査研究事業
ものづくり産業のイノベーション促進策に関する
調査研究報告書

平成24年3月

財団法人 企業活力研究所

〒105-0001 東京都港区虎ノ門 1-5-16
Tel (03)3503-7671 Fax (03)3502-3740
<http://www.bpf-f.or.jp>