

ナノテクノロジー分野での事業化：期待される政策的支援

YAHATA, Shigemi / 八幡, 成美

(出版者 / Publisher)

法政大学キャリアデザイン学部

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学キャリアデザイン学部紀要 / 法政大学キャリアデザイン学部紀要

(巻 / Volume)

9

(開始ページ / Start Page)

179

(終了ページ / End Page)

227

(発行年 / Year)

2012-03

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00007836>

ナノテクノロジー分野での事業化

—期待される政策的支援—

八幡 成美

はじめに

ナノテクノロジー⁽¹⁾は人間社会を取り巻く情報、環境エネルギー、医療などの分野での未来技術として注目されている。⁽²⁾ 電子・情報産業では記憶媒体の高密度記録素子、カーボンナノチューブなどを用いた高輝度高精細ディスプレイ、光ファイバーなどによる情報伝達の高速化による光デバイス、高周波化・高電力化した半導体デバイスなどが、また、環境エネルギー分野では高電圧化、高電流化、高起動電力化した太陽電池、電解膜質の耐熱性・耐久性を向上させた燃料電池などが開発されており、その応用範囲は広い。

人類の長い歴史をさかのぼると、時間の経過とともに次々に新しい技術の波が押し寄せ、その波はしばらくして現れる次の波の土台となり、新しい波に飲みこまれて、これを繰り返しながら社会は発展してきた。それとともに、我々の生活も豊かになり便利になってきた。近年の日本経済の動きは、図1のよう

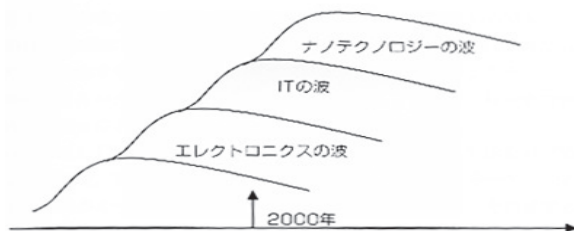


図1 技術の波（現在はITの波をナノテクノロジーの新しい波が覆い始めた時期と見なしてイメージ化されている）：出所：阿多誠文（2010）P9

に「1980年代のエレクトロニクス産業の成功に牽引され、90年代はITという新しい波が胎動し、ナノテクノロジーの研究開発が本格化した21世紀初めまで、ITはその絶頂期にあった」といえる。(阿多.2010)

2000年にアメリカのクリントン大統領が国家ナノテクノロジー戦略(NII)を設立したのを契機に世界的なナノテク・ブームとなり、日本でも総合科学技術会議が2001年に発足すると同時に大規模な戦略的研究開発投資が開始された。経済産業省や文部科学省がこの10年ほどの間に多くの予算を配分してきており、内閣府総合科学技術会議の資料によれば、2009年度のナノテクノロジー・材料分野への国家予算は881億円と、科学技術関係予算総額1兆6,869億円の5.2%を占め、2001年には2.9%であったので、かなりの伸び率となっていた。しかし、2010年以降はわが国のナノテク分野への国家予算は、事業仕分けの影響もあり大幅に押さえられてきているのが実態である。

一方、米国では2012年度予算案におけるNNIは、対2010年度実績比10.4%増の21.32億ドルが要求されており、緊縮財政を強いられているオバマ政権においても引き続き戦略的な重点投資が行われる。また、EUでは、2007年から2013年のFP7で、「ナノサイエンス・ナノテクノロジー・材料・新製造技術」への研究にFP6の2倍近い35億ユーロが配分される予定である。韓国、中国、ロシア、台湾などでもかなり大規模なナノテクノロジー分野への研究開発投資が強化・継続されている。

我が国のナノテクノロジーに関する国家戦略と諸外国との比較によると⁽³⁾、諸外国の計画では、トップダウンでナノテクノロジーの開発方針を定め、それに応じて多年度にわたる予算計画を立て、研究開発拠点整備にも力を入れている。さらに、予算計画だけでなく「ナノテク法」を定めている米国や韓国がある。研究拠点は大規模なものであり、企業との共同研究を積極的に実施するとともに、企業との契約や技術移転料を主な資金として運営を行なっている。これに対し、我が国の科学技術基本計画ではナノテクノロジーを重点分野の一つとし目標を定めているが、予算についてはわずかに「(重点分野については)特に優先的に資源配分する」と記載されているだけであり、実行予算は各省庁からの要求を積み上げた単年度予算のため、戦略的、継続的開発計画となっておらず、特に大規模な研究開発拠点が整備されていないことや教育に関する施策が

ほとんどないことも指摘されている。

表1 ナノテクノロジーの要素概念と基礎技術課題

要素概念	基礎技術課題
ナノ形成・加工	top-down ナノ加工、bottom-up ナノ形成、自己組織化
ナノ構造	次元性、周期性、空間・空隙、粒子、超分子
ナノ界面・表面	物理的構造、化学的修飾、有機・無機・生体接合、固液界面、ホモ／ヘテロ接合
ナノ物性	量子効果、触媒効果、電子・光・熱物性、力学特性、輸送現象
ナノ計測	原子分解能、動的計測、3次元描画、単分子・孤立細胞計測
構造設計・機能設計	超分子設計、計算機シミュレーション、自己組織化論

ナノテクノロジーは、工業分野、医薬分野、化粧品分野、食品分野、環境分野、生活分野⁽⁴⁾など微細な世界であるとの共通項でくくれるが、その応用分野は幅広く広がっている。なお、ナノテクノロジーの要素概念と基礎技術課題は表1のように整理されている。機械的精度の向上がもたらす究極の加工技術の到達点としてのナノテクノロジーを、今日ではトップダウンのナノテクテクノロジーと呼び、このアプローチとは逆に、分子や原子を特定の場所に集積するナノテクノロジーをボトムアップのナノテクノロジーと呼ぶ。これを可能にしたのは1986年にノーベル物理学賞を受賞したH. Rohrer, G. Binnigが発明した、走査トンネル電子顕微鏡であり、その後走査プローブ顕微鏡の開発へと展開し、通電した探針で原子1個を摘み、目的の位置に置く原子レベルのナノ加工技術の実現へとつながっている。

「平成23年版科学技術白書」によれば、平成23年現在の「ナノテクノロジー・材料分野」の国家プロジェクト領域は(1)ナノエレクトロニクス領域、(2)ナノバイオテクノロジー・生体材料領域、(3)材料領域、(4)ナノテクノロジー・材料分野推進基盤領域、(5)ナノサイエンス・物質科学領域の5領域が設定されており、表2のような研究テーマが各機関で推進されている。

表2 ナノテクノロジー・材料分野の主な研究課題（平成22年度）

府省名	研究機関等	研究課題
総務省	情報通信研究機構等	・ナノ ICT に関する研究開発
文部科学省		・元素戦略 ・ナノ環境機能触媒の開発 ・組織制御構造体の開発 ・先端研究施設共用イノベーション創出事業（ナノテクノロジー・ネットワーク） ・ナノテクノロジーを活用した環境技術開発
	物質・材料研究機構	・ナノテクノロジー共通基盤技術の開発 ・ナノスケール新物質創製・組織制御 ・ナノテクノロジーを活用する情報通信材料の開発 ・ナノテクノロジーを活用するバイオ材料の開発 ・環境・エネルギー材料の高度化のための研究開発 ・高信頼性・高安全性を確保する材料の研究開発
	理化学研究所	・物質機能創成研究 ・先端光科学研究 ・分子アンサンブル研究 ・動的水和構造と分子過程研究 ・物質の創成研究 ・極限エネルギー粒子観測装置の開発研究
厚生労働省	厚生労働科学研究費補助金	・超微細画像技術（ナノレベル・イメージング）の医療への応用に関する研究 ・低侵襲・非侵襲医療機器の開発に関する研究
農林水産省		・食品素材のナノスケール加工及び評価技術の開発
経済産業省		・低炭素社会を実現する新材料パワー半導体プロジェクト ・低炭素社会を実現する超軽量・高強度革新的融合材料プロジェクト ・希少金属代替材料開発プロジェクト ・ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発
	産業技術総合研究所	・ソフトマテリアルの設計と機能部材の開発 ・レアメタル省使用技術の開発 ・ナノシミュレーション技術の開発 ・ナノカーボン材料の大量合成技術開発 ・微細成型による MEMS デバイス製造と集積化技術開発 ・無機・有機ナノ材料の適材配置による多機能部材の開発
	新エネルギー・産業技術総合開発機構	・鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発 ・がん超早期診断・治療機器総合研究開発プロジェクト ・カーボンナノチューブキャパシタ開発プロジェクト ・スピントロニクス不揮発機能技術プロジェクト ・異分野異業種融合ナノテクチャレンジ ・ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発－うち窒化物系化合物半導体基板・エピタシヤル成長技術の開発 ・ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発－うち新材料・新構造ナノ電子デバイス ・循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト ・三次元光デバイス高効率製造技術 ・マグネシウム鍛造部材技術開発プロジェクト ・先端機能発現型新構造繊維部材基盤技術の開発 ・半導体機能性材料の高度評価基盤開発 ・低損失オプティカル新機能部材技術開発 ・次世代光波制御材料・素子化技術 ・革新的マイクロ反応場利用部材技術開発 ・高機能複合化金属ガラスを用いた革新的部材技術開発 ・サステナブルハイパーコンポジット技術の開発
環境省		・化学センシングナノ粒子創製による簡易型オールプリント水質検査チップの開発

出所：文部科学省『平成23年版科学技術白書』

このようにナノテクノロジー分野は超微細物質を扱う分野であり、物質が超微細になると思いもかけないような特性を発揮し、そのような特性を生かせる利用分野が期待されているが、今までの自然科学の概念を変えるような挙動を示す超微細物質も生まれる可能性があり、健康・衛生や環境への影響、その応用分野も含めた社会的影響度や社会受容の課題が、研究開発の最初の段階から考慮される必要性が叫ばれている。

特にナノ材料のリスクは、その材料の固有の有害性であるハザードと、その材料にどれだけ接触するかを示す暴露量で定義される。たとえば、直径1mmの粒子1個を、直径10nmの粒子にすると表面積は10万倍、その個数は1,000兆個となる。物質の生体への影響が主にその表面積に依存する場合、ナノ材料を用いることは人体への良い影響を効果的に発揮できる反面、負の影響であればその使用に際して何処まで許容できるか、どうしたらそれ以下の暴露量に保てるかなど、管理のためのルールが必要となる。⁽⁵⁾ ナノテクノロジーのリスク管理や標準化が政策課題として浮上しており、経済協力開発機構（OECD）や国際標準化機構（ISO）の動きも活発になっている。

21世紀にその発展が確実視されるナノテクノロジー分野でのイノベーションは、今後はナノサイエンスで得た知識を具体的に応用展開していくナノテクノロジーに比重が置かれ、一層加速的に進むことが期待されている。そして、それを具体的な製品として事業化に如何に展開していくかが注目されている。

とはいえ、「ナノテクノロジーと称しているものの多くが、実際には物質科学の焼き直しの段階に過ぎず、それによって、ナノチューブ、ナノワイヤなどを製造販売するだけのナノテク業界が生まれ、それも薄利多売によってごく少数の業者しか生き残らないだろう」との悲観的な見方もある。しかし、産業界の取り組みの状況がどのような段階にあるかは開発途上にあるものが多く、市場性を含めて不確定要素が高いために、あまり明らかになっていないとは言えない。論文数とか特許件数とかが注目されるが、先端的な研究開発に取り組む企業はむしろ真似されること恐れ、先端技術分野の情報公開に前向きでないこともその理由であろう。一方、ナノテクノロジーの事業化のためには、大きな設備や大量生産のノウハウ、ビジネスを行う上でのネットワーク等が極めて重要であり、これが成長の前に横たわる「デスバレー（死の谷）」の要因となって

いる。

そこで、本調査研究ではナノテク関連の分野で実用化・事業化に取り組んでいる3社の事例を通して見えてくる先端産業分野での事業化の課題に注目した⁽⁶⁾。

事例とした3社の一つは大企業のR&D部門のケース（事例2）、一つは大手企業が開発した技術に応用したビジネスを展開する系列企業（事例3）、もう1つのケースはリストラにより撤退した部門を引き受けて独立開業し、新規分野の開拓を進めている精密測定技術を売りとする小規模企業（事例1）である。

企業事例1 オプトウエア社⁽⁷⁾

（1）設立の経緯

オプトウエア株式会社は1998年11月に足利市に設立され、売上高は1億7000万円（2011年）、従業員数は12名である。

ルーツはコパル電子（株）（現：日本電産コパル電子（株））の技術研究所でレーザー応用計測を担当していた技術者達で、コパル電子のIPOに伴う事業整理で、同分野から撤退することになったことから、そのまま事業を譲り受ける形で独立開業している。したがって、同社の主たる業務領域はレーザーによる精密測定技術を背景に、それを応用したナノレベルまで高速に測定できる産業用の検査装置が主たる事業分野となっている。

桐生市周辺には戦時下で疎開してきた企業が戦後もそのまま残留し発展を遂げてきた企業が少なくない。⁽⁸⁾ その一つが東京下谷の鶴巻時計店の一族が始めた掛け時計の老舗であった英工舎だが、同社は戦後になり、桐生から東京に戻っている。旧英工舎の社員で、労組役員をしていた佐々木喬（東工大電気科卒）が中心となって1949年に（株）桐生英工舎を設立し、1951年には国内初のサーボモーターの製造販売を開始した。1960年には社名を日本サーボ（株）と変更し、1962年に東証二部に上場するまでに成長している。

この日本サーボ（株）の創業者である佐々木氏は、（株）コパル（現日本電産コパル（株））から45%の出資を受けてコパル電子（株）を1967年4月に

設立している。⁽⁹⁾ 同社は小型精密可変抵抗器、小型精密モーターの研究開発及び販売を目的に設立されており、1983年9月にポリゴンレーザースキャナーの製造・販売を開始している。1998年2月にコパルがコパル電子の株式を日本電産に譲渡し、日本電産（株）が資本参加して、1999年には商号を「コパル電子（株）」から「日本電産コパル電子（株）」と変え、2000年には東証二部への上場がなされた。

（2）オプトウエアの設立と社長菊地氏の経歴

オプトウエア（株）の現社長 菊地弘氏は1955年生まれで、群馬大学工学部電気科を卒業して、1980年にコパル電子に入社している。⁽¹⁰⁾ 初代社長はコパル電子の常務経験者だが、今は社長を菊地氏に譲っている。法務関係はコパル電子の役員経験者に相談するなど、大企業の役員経験者が菊地氏のメンター役を担っている。菊地氏自身は8%しか自社株を所有していない。

1980年頃の桐生市は大手の遊戯機器メーカー（パチンコ：平和産業、三共、西陣）が集積しており、電動パチンコのモーター部分はコパル電子が大量に供給していた。菊地氏は、入社後3年間は商用周波数を利用した同期モーター（コンデンサーモーター）の設計・開発を担当しており、ユーザー企業が「球をこう飛ばしたい」という要望を持ってくるので、その顧客ニーズに柔軟に対応し

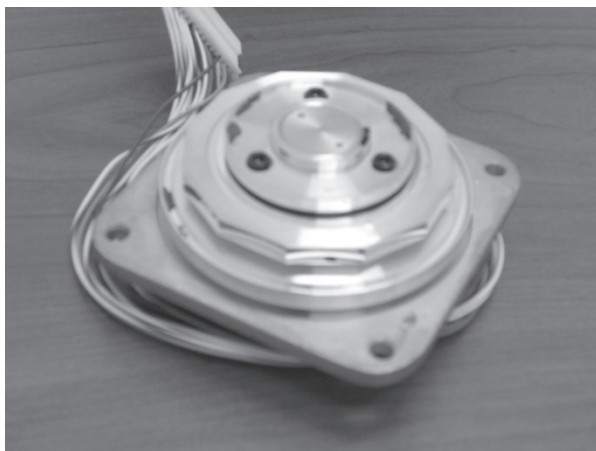


写真1 ポリゴンレーザースキャナー（12面）の例

ていた経験がある。

コパル電子ではレーザープリンターの心臓部に使われるポリゴンレーザースキャナー（写真1参照）を10年以上に渡り独自に開発してきた。ポリゴンレーザースキャナーはプリンター内部でレーザー光を反射させて感光ドラムに伝えるために使われる。キヤノン、コパル電子、不二越、東芝機械などが、レーザープリンターの共同開発を始めたころから、そのプロジェクトメンバーとして加わっていた。

その後、菊地氏はレーザープリンターの心臓部である光学エンジンの開発を担当していた。当時は沖電気、松下など多くの電気メーカーも手がけていたが、勝ち残ったのはキヤノン、リコーなどであり、当時はHPのレーザープリンターもキヤノンがOEM供給していた。キヤノン、リコーなどはキーパーツを調達すれば自前で設計して光学エンジンを作ることができたが、後発メーカーは技術的にできないので、後発メーカー向けにユニット化したものを提供するようになった。

部品から周辺の部分も開発・設計するので、ユーザーがどのように使うのかがわかり、菊地氏にとっては、このときの経験がユーザーニーズにあっていく良い勉強になった。研究所で2年間は新技術の開発に取り組み、事業部に移って2年間は実用化するといったサイクルを何回か繰り返してからは、レーザー応用計測分野を担当していた。しかし、コパル電子が97年に店頭公開をする際に、事業の選択と集中が進められることになり、ポリゴンレーザースキャナーの製造部門はそのまま残ったが、菊地氏らが担当していた計測器への応用部門は採算性が低いと撤退することとなった。⁽¹¹⁾

コパル電子では部品メーカーに徹するという最終的な経営判断がなされて、ポリゴンミラー応用製品の事業から撤退したのだが、それを契機に、社員持ち株会で持っていたコパル電子の株を売却して資本金を捻出し、応用技術の研究をしていた同僚の技術者4人とともに「採算性が高い事業であることを証明したい」と考えて、一緒に創業した。3ヶ月後に1人増えて、さらに増えてという形で8人ぐらいがコパル電子の元職場から移ってきた。MBOという形で1998年にその部門を非常に安い値段で、商権、設備などの対価を払って譲渡してもらい分離独立したのがオプトウエア（株）である。

仕事を始める上で最低限必要な光、機械、電気、ソフトウェアのキーマンが揃っていたことが、創業に踏み切る大きな要因でもあった。「1人でも技術レベルの低い人がいると、作る製品が全てその低い水準に合ってしまう。それでは開発の仕事はできない」と、外に頼れば付加価値が減ってしまうので、そこが重要なところでもある。コバル電子側にとっても、当時の顧客に対する供給責任を継続的に果たしたいとの意向もあり、営業権を無償で譲渡したのであった。

(3) ポリゴンレーザースキャナーの応用

同社では、レーザー技術を活用した形状計測を中心に事業を展開している。自動車用のタイヤや防振ゴムなど柔軟性があり変形する素材の非接触計測や、 μm 単位での3次元計測が必要なCPU基盤などの半導体関連の高速検査機も得意とし、 nm 単位の計測装置も手掛けている。

レーザープリンターに応用されているポリゴンミラーはアルミ製の鏡（通常は5～20面）を回転させながら光をスキャニングする。アルミ製の鏡を研磨なしで、ダイヤモンド切削して鏡面にすることを狙って開発していた東芝機械は、1978年に球面空気静圧軸受主軸を搭載した超精密金属ミラー加工機を完成させた。米国にポリゴンミラースキャナーを作る企業が2社あったが、軍需用にアルミを研磨して鏡面加工をしており、当時1個150万円／台にもなっていたが、切削加工だけで鏡面仕上げを可能にすることで1万円／台にコストダウンされた。現在ではレーザープリンター用ポリゴンミラーは中国工場で大量に作っており、ミラー面の平面度要求が低い（300nm程度）ので500円／台以下にまでコストが下がっている。

測定用ミラーの平面度は $\lambda/10$ （約60nm）ぐらいの精度で50万円ぐらいするが、レーザープリンター用ならそれほどの精度は求められない。使う材料は基本的に同じだが加工精度を一桁上げるだけで値段が3桁ぐらい違ってくる。

加工精度を上げる要因は、いかに機械を使いこなすかでもある。加工ノウハウが沢山あり、当時は新しい機械を購入したときの検証でも、工作機械メーカーの技術者に治工具を一切見せなかった。機械メーカーの試し切りよりもずっと高い精度で切削する技術力があったからである。治・工具のノウハウが大きく、

ダイヤモンドバイトの先端の掬い角をどうするとか、ミラー面を削るときにミラーブランクを押さえつけるが、 $1\mu\text{m}$ 以下の精度では押さえただけで、動かし、削って離すとまた戻ってという形になってしまう。さらに削るときに温度の問題もある。当然、計測しながら削るのだが、そのノウハウがあり、そのためかなりの投資をしている。この高精度な測定用ミラーの平面加工を自社内でやれる企業は今でも国内に2、3社しかないという。

初期段階では、この機械加工ができる人はコパル電子のこの人という具合になっていた。その担当者は世の中にミラーを切削する機械がなかった時代から関わってきた切削のプロであり、当時は45歳ぐらいだったが、今はコパル電子を退職している。

昭和42年に、ベンチャー企業として立ち上がったコパル電子（現日本電産コパル電子）には新卒入社は少なく、他社での経験者が圧倒的に多く、中途採用であった。当時のコパル電子は100人未満の人員であったが、2年に1回ぐらいい移転しながら拡張に次ぐ拡張で成長していた。

最終的にはポリゴンミラーの研究開発は一段落した。「市場に競争相手がいないレベルまで技術的には到達しており、次はポリゴンミラーを使って、何か新しい応用ができないかとのテーマに取り組んだ」という。ポリゴンミラーの製造は今でも全てコパル電子が担当している。ポリゴンミラーの製造は設備産業となっていて、もし、新規に測定用のものを1個だけ作るとしたら、建物を除いて数億円かかってしまうほどである。

ポリゴンミラーを作るノウハウはコパル電子にあるが、それを使いこなすノウハウはオプトウエア社にある。コパル電子と資本関係は全くなく、別の会社だが、車で10分のところにコパル電子のポリゴンミラーの製造拠点があるので、親密な関係が続いている。

(4) 拡大するビジネス分野

「ナノテクという言葉は曖昧である。どういう方向付けの技術開発を行いどういう方向で行くのかというのは腹の中にはあるが、実際はそれを決めるのはお客様である」と、むしろ、ビジネスとして成り立つのが前提である。「我々のビジネスはレーザー測定のキーとなる技術を持っており、ニーズに合わせて

できることをやっているのが実情」である。

同社の事業分野は表3のように①研究機関への技術支援と開発試作、②量産ライン用専用計測装置、③OEM開発、製品供給、④特殊環境下での計測技術の4分野からなる。

「ニーズは沢山来るが、シーズは少なく、技術のネタは常に大学に求めている」という。仕事は、顧客が物を持ってきて、「これを測る機械を考えてくれ」と依頼される。ほとんどの場合、どういう測定器が欲しいという仕様書が来るわけではなく、「ここを測りたいが、引き受けてくれるところがないので、何とかならないか」と相談に来る例が多い。

表3 受託開発分野の例

1. 研究機関への技術支援と開発試作	
・燃料電池部品の表面形状検査	・次世代光通信技術開発の支援
・車両自動運転支援技術	・電力関係の保守・点検技術
2. 量産ライン用専用計測装置	
[自動車関連]	
・ウエザストリップ断面形状監視	・ドライブシャフトブーツ検査
・タイヤ・インライン検査	・ステンレスパイプの検査装置
・完成車ボディ検査	・バンパー形状測定
・エンジン部品形状、キズ検査	・内装材、シートの組立精度、シワ検査
[その他]	
・銅板ライン用酸化クロム膜厚計	・溶接ビード形状検査
・ウエハステージ形状検査	・食品（菓子類）形状測定
・タービンブレード形状検査	・ICカード形状検査
・透明フィルムの凸凹検査	・コイルバネ端面切削形状検査
3. OEM開発、製品供給	
・基板用BGA検査装置	・FPDパネル用シリアル番号露光機
・自動TIG溶接機用視覚センサ	・FPDパネルストッカー用位置センサ
4. 特殊環境下での計測技術	
・送電線ギャロッピング測定	・電車台車の着雪量判定装置
・原子炉内形状計測	・高速鉄道・軌道固定ボルト緩み計測

従って、メインの仕事は測定器ではなく、検査機分野である。「ナノレベルのものを作るときに、研究開発の段階では電子顕微鏡やレーザー顕微鏡で測れるが、それが量産に移ったときに、100万個／月の量を1個ずつ電子顕微鏡で検査をしていたら100円で売るのが10万円にもなってしまう」と、量産ライン用専用検査装置の仕事が多い。

その意味から最先端の分野は仕事になっていない、むしろそこより少し下がった分野がビジネスになっており、「仕事のネタはそこに沢山ある」との認識でもある。

液晶関連のフィルム製造工程で、製品を検査する装置に求められる精度が厳しくなっており、より高精度・高速の検査装置を新規に開発している。同社では依頼を受けてから工場に設備を設置するまでがビジネスであり、最近の例では、LED 照明用の部品の検査装置を開発した。従来のやり方では個別に手で測っていて1個検査するのに1分かかっていたものを0.2秒間／個に短縮している。

測定精度が1～10nmの精密測定をする方法もあるが、そこまでの精度は求めないが、それに準ずる精度を短時間で大量に検査できる機械があまりない。自動車部品、半導体、液晶などを作っている企業はこれを理解しており、10年間ほどこの仕事をしてきて、実績もあるし、知名度も上がってきているので、開発の初期段階から声をかけてくるケースが増えており、「2年後にこういうものを作るが、これを評価できる方法を同じ開発プロジェクトの中でやってくれ」といった具合に依頼を受けている。

測定部分の開発プロジェクトは相手先の生産技術者と一緒にやるのではなく、ほとんどが請負契約で独自に開発しているのだが、納入後のメンテナンスの問題があり、当初のメンテは引きうけるが、フォローしきれないので、図面など全ての情報を顧客に渡し、メンテも相手先にやってもらう契約にしている。つまり、部品図から全ての図面をつけて納入するのである。そして、特許が成立した場合には、それで得た利益を受け取る契約とはなっているのだが、実際には特殊な製造装置や検査装置であるため、特許を申請しないのが普通である。つまり、真似されたとしてもできあがった製品を見ただけでは製法や検査方法が特許侵害となっているかどうかは解らないのがその理由でもある。ここ5年ほどはNDA（Non-Disclosure Agreement：秘密保持契約）や共同開発委託契約がきつくなっており、「契約書にするか覚え書きでとどめるかは別として、ほとんど文書を取り交わしている」とのことである。したがって、特許収入にはあまり期待できない。

このように、設備開発の初期段階のフェーズから加わるため、顧客は生産技

術開発とか、開発部門の担当者がほとんどで、製造部門や購買からの話はほとんどない。例えば、日産なら厚木のテクニカルセンターの計測技術部（日産社内の計測技術の専門部署）との取引になる。また、ある自動車部品メーカーの場合は、革新的な新製法の設備に同社が開発した検査装置が組み込まれたが、このときも予算を含めて窓口は生産技術部門であった。

したがって、「購買から話が来たことは一度もない」という。しかし、商社は例外で、「このようなことで困っているのどこか探してきてくれ」と頼まれて、同社を訪ねてくる。日立ハイテクなどエンジニアリング系の商社がそれで、専門特化した商社からの依頼が多い」という。「輸入品の検査機を扱っていて、客先に既に納入済みだが、客の要望に応えられないで他のものを探したけれども無くて、相談に来る」といった具合で、「ホームページを見て、直接コンタクトを取ってくるケースもあるし、商社からの紹介で訪ねてくる」こともある。

依頼されるのはナノテク分野に限らない。珍しいところでは、吹雪の中では送電線が氷結し、風の中では翼のようになって浮力が発生し、通常は垂れ下がっているものが、風が吹くと浮き上がってしまい、鉄塔間で共振を起こして、電線が大きく暴れて電線同士が近づきスパークして断線してしまう。これを事前に予知できれば、送電システムの回路を切替するだけで事故を防止できる。そこで、吹雪の中で電線の挙動を自動監視する装置の開発を依頼された。100mほど離れたところからレーザー光線で電線の動きをレーダーのように測定する。この装置は吹雪の中でも、電線の挙動を動画のように見ることができる。

現在は、産業分野の顧客に対して、製造工程の中に計測速度の高い検査機を組み込み、リアルタイムに工程の中を監視することで不良を出さないようにするという提案をしている。例えば、導入すれば年間1億円のコストダウンになるとすると、3千万円までなら設備投資が可能と言った判断となるため、投資効果が明確になる分野である。完成品を測定して、不良品をはじく検査機では、このような投資効果は期待できないであろう。

半導体や液晶パネルは製造工程が見えないので中で何ができているか解らない。そこで、検査をやりながら作ることで大幅に歩留まりを向上できる。メーカーにもよるが液晶パネルの直行率は数10%と言われており、これでは採算

が合わないので、各工程で検査・修理を繰り返す工程になっている。一方、修理するためには認識番号が必要となる。大きなパネルから8枚の液晶パネルを取るときに、2次元バーコードで個別の認識番号を各パネルに書き込むのだが、そのバーコードを書き込む設備を製造している企業からの開発依頼がありすでに市場に投入している。その設備のキーとなる部分は同社が受け持っていて、この3年間での新規設備の販売シェアの大部分を確保している。装置全体の企画から請けることは少ないが、技術的にキーとなっている部分の相談を持ち込まれて、その技術を純化させて、まとめていくのである。その中で何件かは大学に技術のネタを求めたりしている。

大面積を一気に nm オーダーの精度で転写するナノインプリントという技術があるが、それがうまくできているかどうかを測る技術を開発している。大面積に nm オーダーの形状をインプリントすると世界が変わると言われている、例えば、車のフロントガラスに貼るだけで水がきれいに弾けてしまうとか、形だけで赤外線を集めるとか、それができれば発電効率が5%あがるとか、化学メーカーはこれを実現しようと力を入れている。

計測分野でのナノテクは1 cm、1 mm、1 μ m の先のナノテクであって、連続性がある。これに対し、素材分野ではナノレベルの粒子のように、物質の挙動が変わり、重力が支配的であったものが、静電気が支配的になり、いつまでも沈殿しないとか、非連続的な特性を示すことが多い。したがって、ナノテクノの世界では開発と共に評価方法の研究も同時に進めなくてはならない。

(5) 産官学連携の実情と問題点

「行政が旗を振って産学連携をやっており、産官学研究会もあるが、そこを通しての成果は今のところあまり無い」という。群馬大学の先生とは距離的にも近いので個人的なネットワークで共同研究をやっているそうである。必要に応じてインフォーマルにできあがったネットワークの方が自然であるとも言えよう。

また、イノベーションジャパン（JST と NEDO の主催の大学見本市）が国際フォーラムを会場として開催されているが、そこでは各大学の研究成果を400 ぐらいのブースを出して展示しており、「そこで毎年1件ぐらい共同研究

につながる」ことはある。この場では大学対大学、大学対企業との連携が出ており、海外の大学も 20 校ぐらい参加している。

「TLO から技術を導入した例はないが、TLO から技術を導入する企業に対して技術的なサポートをしてくれないか」と声がかかることがある。中小企業には新規技術を導入したくても人的、技術的な余力がなく、中小企業に対しては、TLO がかけ声倒れになっており、あまり機能していないことが伺われよう。「大学の先生に協力してもらっている感じはある。08 年には茨城大学工学部と新しい製品の開発を一緒にやったし、過去にも茨城大学、群馬大学、東北大学、立命館大学など 5 校ほどと付き合いがある」という。しかし、「NTT の研究所に在籍していた研究員が立命館とか、九州大学などに移られて、以前からの人的つながりで交流が続いている」とのことで、もっぱら個人的な人脈に依存している。「NTT の研究所では 45 ～ 50 歳になると大学に流れる人が多く、その方達が当社で何をやっているかを憶えていてくれ、一緒にやろう」と声がかかるとのことである。

国立大学が独立行政法人になってから大学に民間企業からテーマを持ち込むことが増えている。しかし、「どうお金を貰ったらよいのか解らないので、一緒に入って窓口になって欲しい」といったことから、企業との架け橋的な役割を担うこともある、つまり、同社が窓口になって仕事を請けて、先生と企業を繋ぐ役割を果たしている。「民間企業から来月までにやって欲しいなどと依頼されても、大学の先生は授業もあるのでできないし、日本の TLO は特許などが既に確立しているものを売ることを主体としている。アメリカなら研究所が有償の委託研究として請けるケースが多いが、日本では産学連携の事務局があってもあまり機能していないのが実情である。「大学には狭い分野だが尖った技術は沢山あるが、現場で利用できるノウハウは、光の世界でいえば装置を作るときの 5% ぐらいにとどまる。原理的には光をこう使えばこういうことができる」という段階で終わっており、これを現実の世界に適用するためには、工場の汚い環境に置いて、5 年間も安定的に動かさなくてはならないので、そこに多くのノウハウがあるとも言えよう。

顧客のニーズに応えるには 1 人で全ての領域をカバーするので、創業時に専門の異なる 4 人の技術者で始めた理由がそこにある。大学では、レーザーを当

てて、干渉を見れば10nmまで見えるという科学的な知識は確認できるが、「お客さんは『1個／秒で検査をして不良品をはじいて欲しい』というのが要望であり、それを5千万円の予算で完成して欲しい」と言われても大学の先生にはできない。尖ったシーズは持っていないが、それよりも①現場で使うためのノウハウと、②いろいろなところから依頼されるので、その経験が生かせるのが同社の強みである。

「材料分野ではトップ技術がいきなり製品になるが、計測技術ではそのようなことはなくて、どちらかといえば最先端技術があっても、それよりはこなれてきた少し前の技術が一番利用されている」と技術の性格が市場ニーズへの対応に違いをもたらしているとも言えよう。

公的補助金は県の産業技術センターから情報が自動的に入ってくる。一度補助金を受けたことがあるので、その後は「逆に声がかかる」と、役所の世界は実績があると書類を作成できる会社に声をかけてしまう傾向がある。同社が単独で補助金を貰う例はそれほど多くなく、産業技術総合研究所や理化学研究所、超伝導工学研究所などとの連名での申請である。申請書を書くのに付き合わされるが、補助金が通りやすい雛形があるので申請しやすいこともある。

筑波の共同利用施設は使ったことはない。距離的に遠いのがその理由で、群馬県と栃木県の産業技術センターを主に利用している。「群馬県の工業技術センターとは人的に交流があるので、相談に行ったり、1億円もするような機械を使わせて貰ったり、逆に貸してあげることもあり、交流は頻繁」である。大学にも共同利用施設には立派なものがあるので、「使わせて貰っている」。高額設備は積極的に利用させてもらうのが基本である。しかし、「特定の目的を持った実験をする場合には何が要るか解らないので、そのような試験は大学に行ってもできない」ので、自前でやることになる。

(6) 加速化する技術革新

機械技術は漸進的であるのに対し、半導体などはある日突然ステップ状に変化してしまう。レコードからCDになったときのように劇的に変化してしまう世界である。半導体にしても自動車部品にしても現在主流の技術を提供している会社でも次には敗退してしまう可能性もある。新しい技術をどこかで採用す

ると、寄って集っての競争になるので、負けた会社は一時その分野から退場してしまう。次の新しい技術が出てきた時に再び競争が繰り広げられ、返り咲いたり、新しい主役が登場したりで交代が進む。新しい技術が出るたびに、主役が変わっており、依頼してくる顧客にはそのような業界の企業が多いので、技術変化への柔軟な対応が常に求められている。

「今は商売として成功しているが、次に他社に取られないように、自分たちの技術を否定する技術をやりたいが、社内ではできないのでオプトウエアでやってくれ」と依頼されるという。業界の主流になってしまうと自前でやっている余裕が無くなってしまいうとも言えよう。

本格生産の段階では設備メーカーの開発技術者は現場に入ってしまうのでその対応に追われ、納入先の台湾、中国へと飛び廻って多忙を極めている。しかし、オプトウエアなら10人ぐらいがそのテーマに集中的に取り組むことができるので、かつ計測分野でこの人数規模の技術者を次世代技術開発のために投入できる会社はあまりない。基礎研究所であるなら組織で分けることも可能だが、製造装置や検査装置を商売にしている会社ではそのような余裕はない所が多い。「オプトウエアに頼んでしまえば、一年に3千万円とか投資をして、うまく行けば御の字だし、失敗しても試験研究費として落とせる」ので、そのような形で仕事を請けるのである。同業他社は少なく、特に大手企業はない。

ベンチャーキャピタルからも出資の話はあるが、規模拡大を急ぐ理由はなく、むしろ、大々的にやっていないから仕事が来るとも言える。「もし、資本を入れてテリトリーを拡大すると、今来ているお客さんの仕事とぶつかってしまう」と、規模拡大の考えは今のところ無い。「イメージとしては30～50人ぐらいの規模が最大でしょう」と判断している。「それ以上に仕事を展開するには、テーマに応じて何社かで組めばよく。コアになる会社はそれほど大きくなくても良い」と考えている。社内にプロジェクト単位で人を抱える形にすると、技術革新が激しい業界なので、10年、20年後には使えない人間が大量に出てきてしまうという側面もあり、それはむしろ避けたいので、「ある程度流動化していた方が良い」との考えである。

(7) 取引関係

比較的取引のある外注企業は3、4社あるが、それらの会社は専門の外注先ではない。いずれも10人規模の会社だが、100%依存されても困るので、部分的に連携する形になっている。つまり、資産を持たず、人を抱えず、常に身軽な形で動けるようにしており、いつでも新しいものを取り込める会社を目指している。

ミラー加工はコバル電子に依頼しているが、「他には売らない特注品をきちっと作ってくれる。昔からの密接な関係があるし、切削や制御の専門の優秀な技術者がいるし、工場も近いのでコミュニケーションも取りやすい」と長期安定的な取引となっている。

ミラー以外にもキーコンポーネントがいくつかあり、カタログには載せていないが、独自で発案して、スウェーデンで作ってもらったりしている。「作ってくれるところがなくて、探してたどり着いたのがスウェーデンの企業だった。」

海外企業とは計測や軍事利用の場合に付き合いが多くなる。前の会社で働いていたときに、イーストマン・コダックや米国ゼロックスから人が来ていたし、イスラエルはプリント基板の検査機が一番進んでいたのも、その分野の技術者がきいていた。また、軍需関係ではヒューズ・エアクラフト、US ARMYとか、日本では日本アビニオクスとかとの取引実績もある。

(8) 扱っている技術領域

どういう性質を使うかによって、技術領域は変わってくる。

① レーザー・レーダー

レーザーを反射させて出すのとは逆に、回転させながら光を捉えて検出することもできる。反射させて帰ってきた時間を見て、時間で距離を換算するのだが、この原理は赤外線探知装置に使われている。

② レーザー形状計測

基本的には三角測量の原理で、光を当てたところを別の位置から見て、それが何処にあるかをカメラで光の当たっている位置を見て、ある基準からどれく

らい離れているかを見る。

③ 光干渉

光には波動性と粒子性があるが、波動性を利用する。レーザーは非常にきれいな一定周波数になるので物にあたって距離が変わると位相が変わり、縞ができる。単色光なのではっきりと縞ができる。そうすると1波長の長さが目盛りになって測れるので、1 nm ぐらいになる。赤い光は1波長が $0.6\mu\text{m}$ ぐらいあり、青は $0.4\mu\text{m}$ ぐらいで、これを物差しにするとスケールが400 nm とか600 nm なので、例えば400 nm の光が当たって帰って来るときに、行く光と帰る光で干渉を起こすので、360度の位相計測で1 nm が見える。180度では光は戻ってこないが、少しでも傾けば光が戻ってくる。その戻ってくる光の強さから測るのだが、受ける側ではそれが等高線のような縞模様になり、それをカメラで読み取って、位相が何処にあるかを見る。

これはレーザーインターフェロメーターという製品になっており、1 m 離れたところで1 nm が見える製品になっている。HP が最初に作ったが、いまでもアジレントの主力製品であり、精密な工作機械の校正用スケールとして使われている。

同社のものは磁気ヘッドの形を測るのに使われている。250GB とか450GB のハードディスクの磁気ヘッドと相手との空間は10 ~ 20 nm ぐらいで浮いている。20年前の10MB ぐらいのヘッドは窒素ガスの中で $5\mu\text{m}$ ぐらい浮いていた。現在も窒素ガスの中だが、ヘッドの部分の形状が特殊な形に設計されている。その精度がナノオーダーであり、 $1\mu\text{m}$ に対して10nm 傾けておけば窒素分子がぶつかってこれくらい浮くとか検討する。つまり、「分子レベルの衝突のエネルギー計算をしており、作った物を全て検査するわけではないが、うまくできているかどうかを検査できないか」という相談を受けてそれ用の測定器を作った。

NTT の研究所の研究成果を社会に技術移転する会社がNTT アドバンス・テクノロジー社である。NTT の研究所からノウハウの提供を受け、オプトウエアが光学系を完成させて、NTT ブランドで計測器として出荷したのである。その方が付加価値も高くなるからで、ハードディスクの先端しか測れない特殊な測定装置だが、最終的には1機1億円になってしまうので、まだ3台しか作っ

ていない。

④ レーザー走査計測

ナノテク関連のエンジニアリング会社的な性格を持っており、ナノテクで開発した物を利用してナノテク計測の分野に利用しているので、テキサスインストメントが作ったナノテクの製品に使われているキーパーツを持ってきて、それにレンズとかを組み合わせて、全く違う用途に応用した装置も作られている。

(9) 受注活動

直接的な営業活動はあまりやっていない。同じような事業分野で規模の小さな会社が300社ぐらい集まり展示する展示会が、年2回開催されている。パシフィコ横浜（みなとみらい）を会場に「国際画像機器展」（12月）、「画像センシング展」（6月）が開催されているのだが、3日間でそれぞれ2～3万人が来場する。この展示会で年間受注量の半分ぐらいが決まる。つまり、展示会に出展すると、非接触で検査をしたいという客が沢山集まっており、自分の要求にマッチする仕事をしている会社を探してゆく。他の展示会と併設になることもあるので多いときは参加企業が400社ぐらいになる。しかし、海外からの参加はあまりない。中国、韓国、台湾の企業ぐらいで、たまにドイツの会社も来るが、出展は日本企業が主体である。

残りの仕事の3割はホームページを見て直接コンタクトして来るケースや商社が直接来るケースで、残りの2割は人脈みたいなもので、今までの付き合いで紹介されてくるケースである。「こんな物できますかという単純な問い合わせ」を含めて年間300件ぐらいの話を受けている。多くの問い合わせに対しては、その場で断るケースも多い。積極的に売り込みに行くのはピンポイントになり、せいぜい1、2社／月である。売り込みに行くよりも、先方から依頼される方が多く、少ない年でも100件ぐらい、多い年で300件ぐらいにもなる。

1回の展示会で名刺を置いて、具体的な話になるのが少なくとも50件、多いときには80件ぐらいになる。中には困っていて持ち込んでくる人もいる。

この展示会の主催は民間であるがこれらの展示会で同社が3次元計測関係の技術的な相談窓口を担当しており、年2回開催で10年間ほど担当してきたこともあって、ある程度、知名度を高めることができている。競合メーカーが技

術的に対応できない場合にお客さんを連れて相談に来たりする。「一緒に考えてくれ」という。

経産省の関東通産局から中小企業の光技術の応用でヒヤリングを受けたことがあるが、小さな会社が沢山あってつかみ所がないのが現状である。カメラを作っている会社とか、光源を作っている会社が多い。我々は大学とかNTTといったところとのネットワークが関係が強い。物を見せられると「うちではできない、あの会社ならできる」とそのまま紹介してしまうことも多い。逆に紹介されてくるケースもある。お客さんは大手企業なので無理なことまで引きうけると、かえって迷惑をかけてしまう。

展示会にもいろいろな物があっていろいろ出したが、一番ビジネスになるのは前述の2つの展示会であった。食品の分野の人も来る。食品はさわれないので、非接触で太さ、幅、長さを見ていかないとならない。カメラでみて済む範囲ではなく、太さとか高さとかになると我々の技術が使える。棒状の焼き菓子の太さも測るし、本マグロも測る。自動的に冷凍マグロの皮をむく機械を作っている会社が、何処まで削っているかが解らないので、マグロを置いてレーザーで測って、3次元のモデルでつくってくれという依頼であった。本マグロが高いので人間に適当にやらせると、10万円分ぐらい皮にくつついて行ってしまう。ネギトロの材料にはなるが、身として売的分が減ってしまう。

レーザー測定技術で最先端の分野は事業展開に至っていない。そこは大学などに任せて、最先端ではないが採算がとれる未開拓分野を狙ってきた。当初はマーケティングに困っていて、認知されるまでに5年ぐらいかかっているが、一回実績ができると継続的な取引先が増えてくる。

原子炉の検査でも一回実績を作ったら、関連する他社からも依頼されている。原子炉の中の金属表面は放射線と熱で歪みが溜まってしまう。出力の大きなレーザーで焦点を絞って当てると表面の応力解放（レーザーショットピーニング）ができるが、これを企画した会社が、中に入って実測でどういう形になっているかが解らないとレーザーの焦点を絞れないので、測る方法を手伝ってくれと依頼された。「我々が測ったデータを転送すると別のロボットがレーザーを当てる形になった」と、このケースでは測ることはできるが、「放射線に対してどうするかは解らないので、設計図面などの技術資料を全部渡すので後は

200 法政大学キャリアデザイン学部紀要第9号

やってください」という形の契約である。

このように展示会や付き合っている大学からの紹介で来る仕事が多い。行政が商社を集めて、中小企業に展示させることをやっているが、同社ではあまり成果を得ていない。うまくゆく会社もあろうが、同社のような事業分野には全くマッチしていない。「県から言われて中小企業見本市に東京、大阪で1回出したが、我々が想定しているお客さんが全く来ないので、1回だけで止めてしまった」という。

(10) 学会活動

計測自動制御学会の編集委員（H23年度まで）をやっており、学会を通して計測の分野の先生との交流がある。学会の理事会、編集委員会、あるいは原稿依頼など、毎月3～4本の査読が来るので、論文を読んでいて、面白ければ直接電話をして、査読以外にもお付き合いをしている。学会論文は社員全員でみれば今までに20本ぐらい掲載されている。1人はアメリカのSPIE（The International Society for Optical Engineering）に論文が通って招待公演に招かれた。また、電気学会には東北電力の研究者と共同で発表したりしている。しかし、「お客様からお金をいただいてやっているので、お客さんが発表するなら問題ないのだが、発表できるものが無い」と、顧客次第でもある。東北電力は研究所なので積極的に学会に発表している。似たようなケースで間接的に発表することはいくつかある。「トライボロジーの世界ですが、NTTの人とヘルシンキで発表しました。NTTの研究所にガリウムヒ素のウェーハーを如何に平らに削るかというテーマで研究をしていた方がいて、ポリシングの機械の力制御とかいろいろ工夫しないと削れない。機械的・化学的方法だが、ラップ盤の制御が大変でその制御をやった」結果の論文が採択されて発表した。削る方はわからないが、ある力が加わったら瞬時にフィードバックをかけてゆるめるなど、削られている部分の状態を推定しながら、ある一定条件を保つのにおりを載せるだけでなく、監視しながらまわすといったやり方であった。

学会は計測自動制御学会、電気学会、応用物理学会、精機学会、自動車技術会とか社員全部で6つか7つ入っている。学会発表をするためと言うよりも、技術の流れを見るために入っている。学会の中での人的交流も目的となってい

る。

(11) 従業員の採用、処遇、育成

設立時に、コパル電子で働いていた頃に、同僚がどういう仕事ができるかを見ていたので、専門分野ごとに1人ずつ採った。その後、新卒者を3人採用している。2人は大学と共同研究をしていたときに、来ていた修士卒の学生であり、もう1人はゲームの専門学校卒で、ソフトウェア開発に長けた人で、CGゲーム製作で賞をもらうなど、ゲームソフトの世界では若くして少し有名な人間である。

画像処理には3次元データを扱うが、それを動かすので、ソフトウェアレベルで見るとゲームと変わらない部分がある。ポリゴングラフィックスは我々の世界でも使うが、ゲームの3次元表示の主流である。レンズの設計をするときに光線追跡をやるが、これもゲームの世界で普通にやっていること。

なお、これまでに辞めた人はいない。定着率を高めるために、全員年俸制にしている。毎年面談で調整しているが、少人数なので自分の実績を周りが全員知っている。「大体これぐらいでどうだ」と調整する。年俸を12で割って、支払っており、ボーナスは定期的にはない。3月決算なのだが、決算の時期に利益が出ると、株主への配当、会社の内部留保、従業員へと3分の1ずつ還元している。あとは積極的に増資のタイミングで少しずつ株主にしている。12人中、株主でないのが2人で、10人が出資者になっている。1人1人に経営的な感覚を持って仕事をして欲しいということで、このようにしている。自分がサボれば自分の株の価値が下がる。利益ができればボーナスと株主配当がもらえる。業績が悪ければ給料も最大20%下がることはある。上げ幅は特に制限していない。また、能力を年齢では見ていないので、年齢と処遇は関係ない。

正式な形で外部に研修に行くことはないが、共同研究で大学に出向くことが少なくないので、それが実質的に研修となっている。しかし、設備面では、大学は貧弱なので、むしろ見に来ることが多い。外部での研修では専門を深めるものよりも、むしろ、光の担当者が、機械やソフトなど技術の幅を広げる研修に参加している。

企業事例 2 東レ⁽¹²⁾

(1) 会社概要

東レは、1926年に三井物産から分離独立して設立され、繊維素材のレーヨンを発明したことで知られる。その後、数多くの素材を生み出し発展してきた会社であり、そのコア技術は「高分子化学」「有機合成化学」「バイオテクノロジー」「ナノテクノロジー」の4つである。現在は、環境・水・エネルギー、情報・通信・エレクトロニクス、自動車・航空機、ライフサイエンスの4つを重点領域としている。連結ベースで世界23の国、地域で事業を展開しており、先端材料を開発して、グローバルに事業を展開している総合化学メーカーである。なお、従業員数は単体では6,797人、連結では38,740人(2011年3月末)となっている。1962年には材料研究の拠点として、基礎研究所を設立し、2003年には同じ鎌倉の敷地内に融合研究の拠点として先端融合研究所を、さらには2010年には基礎研究力の強化を図り、革新的な先端材料を継続的に創出することを目指して、先端材料研究所を新設している。

(2) ナノテク分野の実情

もともと東レのコア技術は高分子化学、有機合成化学、バイオテクノロジーであるが、ナノレベルの制御・加工を行うことで多くの応用分野に展開されてきた。具体的には、レーヨン生産から始まり、ナイロン・ポリエステル・アクリルという3大合成繊維などの画期的な新製品を世に送り出し、ここで培われた高分子化学や有機合成化学、バイオテクノロジーという東レのコア技術をベースに新たにコア技術に加えたナノテクノロジーなどの先端技術との融合などで技術の体系を広げ、高機能フィルム、エンジニアリングプラスチック、炭素繊維複合材料、電子情報材料・機器、高機能分離膜、医薬・医療材など基礎素材から加工製品まで幅広い事業を展開してきている。(図2参照)

ナノテクの定義もいろいろあるが、nm単位の領域と言うことであり、ナノチューブとかが注目されているが、同社では炭素繊維とか、水処理でナノレベルの構造制御をだいたい前からやっていた。近年になって、ナノテクノロジー

が注目されてきたが、長年にわたり広範な事業分野でナノテクノロジーを駆使してきたので、ナノテクでの売り上げといった切り口では各種資料は整理されてなかった。

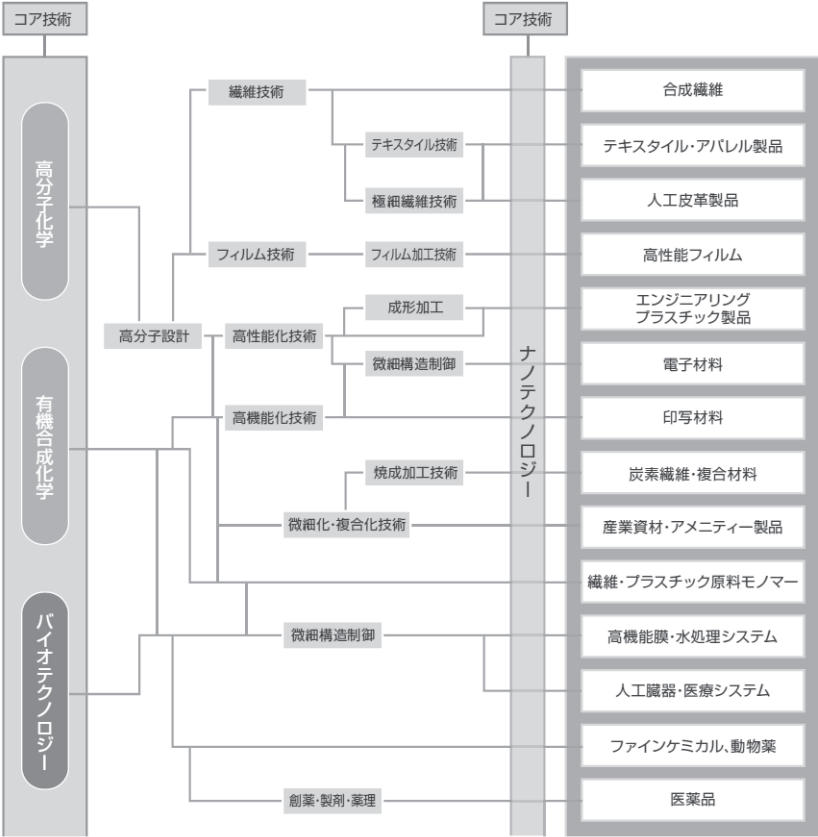


図 2 コア技術からの展開

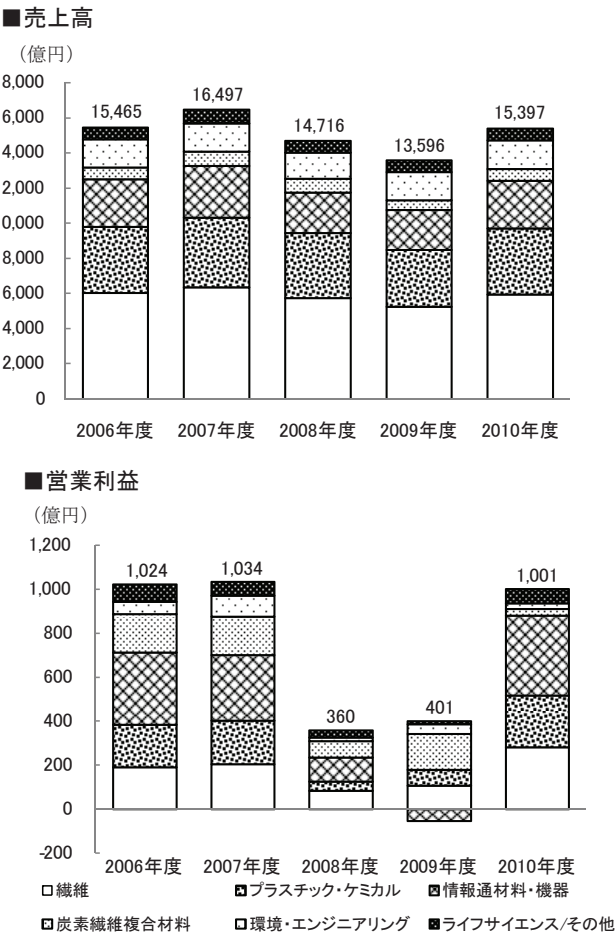


図3 事業セグメント別の財務データの推移

図3は事業セグメント別の財務データであるが、繊維、それから派生したプラスチック・ケミカル分野の売りがまだまだ多く、炭素繊維、複合材料の分野は急成長中であるが、これからの分野でもある。

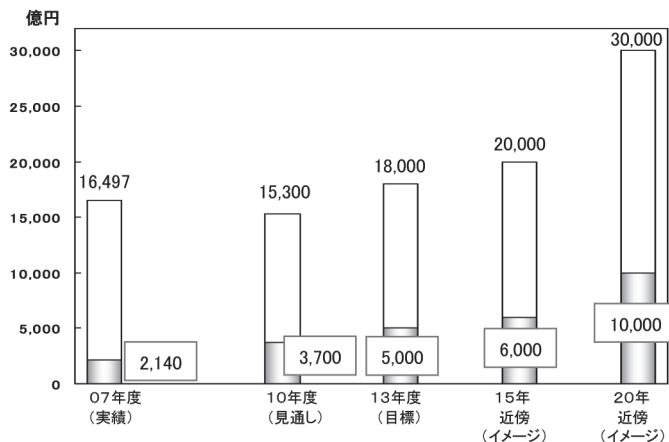


図4 グリーンイノベーション事業の売上高推移

東レは、地球環境問題や資源・エネルギー問題を解決し、脱石油資源の潮流を捉え、持続可能な低炭素社会の実現に貢献するため、「ケミストリーの力」を駆使してグリーンイノベーション事業をグローバルに展開することを計画している。具体的には2007年度に全体の13%であったグリーンイノベーション事業の売上高比率を、2013年には30%に、2020年近傍では約33%に向上するとしている。(図4参照) そのために、2011年度以降3年間で投入する1,600億円規模の研究開発費の内、50%をグリーンイノベーション関連の研究・開発に充当するとのことである。

表4に示すような戦略的拡大事業および重点育成・拡大事業での成長が期待されている。ナノテク分野ではナノマテリアル、ナノ構造制御、ナノ表面処理、ナノプロセス(ナノ加工)、ナノ分析などの技術領域を融合することによって、小さくすることによって物性が変わったりするナノ効果が現れるが、それをうまく制御することで新規特性を発現し、物性を飛躍的に向上できる可能性が高い。カーボンナノチューブ(CNT)、ナノ粒子(ナノ分散)、ナノアロイ、ナノコンポジット、化学修飾、ナノコーティング、ナノインプリント、ナノ積層、ナノ形態観察、ナノ構造解析・組成分析などがあり、さらに、バイオマス(PLAなど)製品群、水処理分離膜、炭素繊維複合材料、燃料電池、太陽電池、

表4 事業区分～研究開発分野～セグメント表

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	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	ケミカル原料 フィルム	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

出所：「2010 年度知的財産報告書」東レ株式会社 IR 室、2011 年 12 月発行

環境分析などへの事業への応用が目指されている。

(3) 経営組織と事業化推進体制

同社の組織は図5のように機能本部制であり、営業、生産、研究・技術開発がそれぞれ別々の組織になっている。事業本部、生産本部、研究本部と別れており、研究・技術開発全体を連携させる組織として技術センターがあり、ここの責任者は副社長クラスである。技術センターは固定した組織と言うよりも、どちらかと言えばバーチャルな組織であり、全体の連絡会議、調整会議などが中心的な役割である。なお、ナノテクという名前がついた部署はない。

既存の製品分野に対応したような研究・開発の成果は、各分野の技術部に移り、生産本部で具体的な生産についての検討がなされて、事業本部に引き継がれるという流れで社内的に技術移転がなされる。しかし、最近の研究成果で出てきた DNA チップのような既存事業にないような物は新事業開発部門というインキュベーションセンターがあり、ここが一度引き取って顧客とやり取りをしながら実用化に向かって推進し、少量生産・販売まで担当する。この場合に全員が新事業開発部門に移ってしまえば研究がストップしてしまうので、開発のスタッフが加わり、研究者を研究所に一部残す。そして、医薬・医療事業本部に機能移管する段階には、新事業開発部門からそこに全面的に移管される。この場合も、研究機能は研究所に残り、革新的な DNA チップなど新たな

バイオチップの研究・開発を推進する。

これら全体が技術センター管轄下の組織ではあるが、全体では 3000 名以上

■ 組織図 (2011年6月現在)

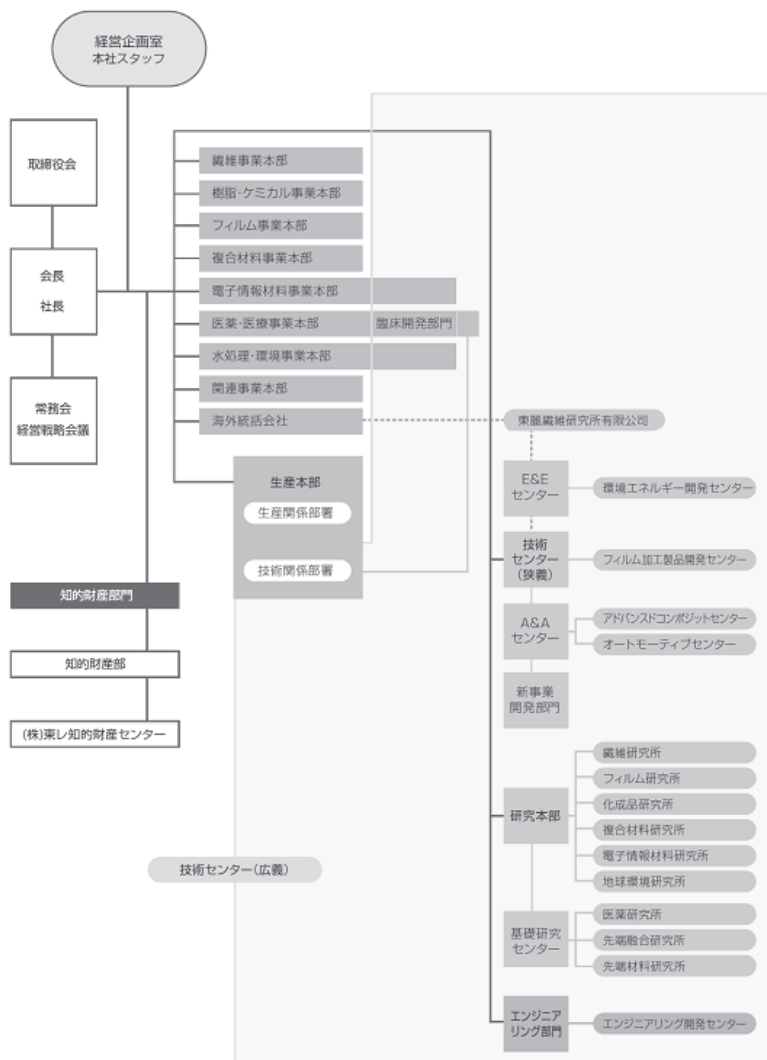


図 5 組織図

が在籍している。この中で「研究」を担当する研究本部は約4分の1、人数的には生産本部の技術関係部署が一番多く、生産トラブルや顧客からのクレーム対応、そして改良開発を担当している。

たとえば、耐熱性を20℃上げたいと言うことになる、それは素材から見直さないと無理なので研究本部の担当になる。技術関係部署は各工場のそばに張り付いている。

(4) ナノテクノロジーの事業化

ナノテクノロジーの事業化には、図6に例示するように、設計型ナノテクノロジー（ニーズ型）と発見型ナノテクノロジー（シーズ型）の2つの方向がある。

設計型ナノテクノロジーはもともとニーズがあるのだから設計どおりの機能を発現してくれば、開発体制の構築、量産化技術の確立、インフラ整備、マーケティングなどは経験も実績もあるので比較的問題は少ない。ところが、発見型ナノテクノロジーでは、どんどん薄くしていったら、あるいはどんどん細くしていったらある特性が出てくる。たとえば何かの特性を測ったら強度が上がった。では何に使えるのだろうか？ニーズへの結びつけをやらなくてはなら

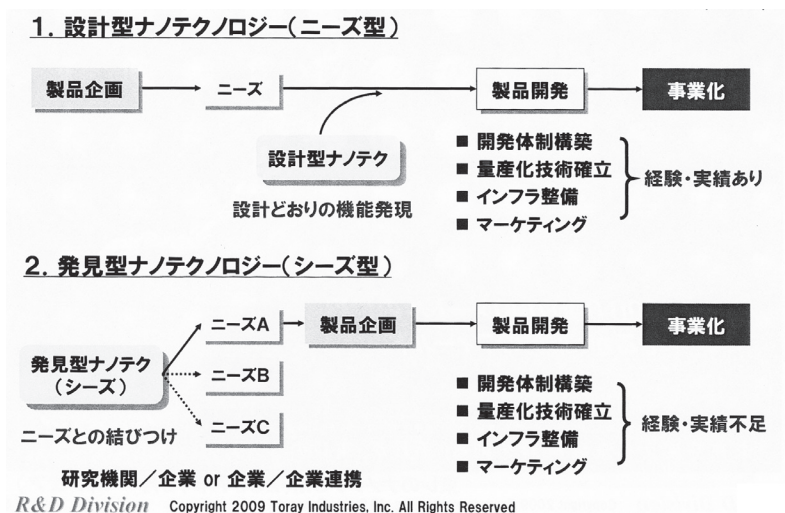


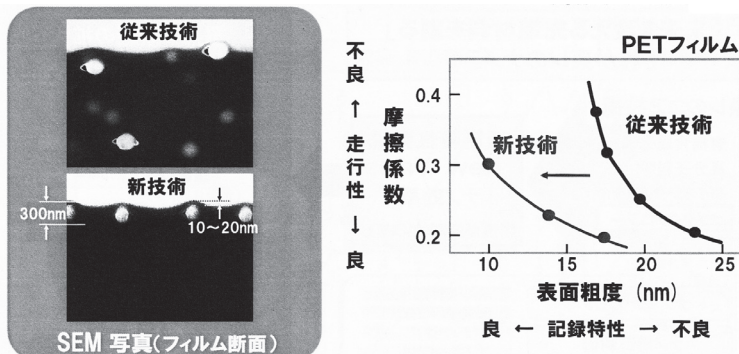
図6 ナノテクノロジーの事業化

ない。物と結びつけはできても、全く新しい物に繋がる場合があり、経験・実績が少ないため、製品開発の段階がネックになってくる。

ニーズ型の場合は設計どおりの物が作れるかがネックであり、シーズ型は物があるのだが、具体的な製品開発を始め、新しい事情開拓などを含めて、ネックとなる部分が多い。

図7は設計型ナノテクの例である。磁気テープ用のフィルム表面だが、フィルムの研究は長期に取り組んできた分野である。表面がラップフィルムのように平滑だとフィルム同士が貼り付き、テープが走行しないので、フィラー（充填剤）を入れて表面にブツブツを作って滑り易くすると、その上に磁性体層を形成するので今度は磁気特性が悪くなってしまう。そこで、でこぼこをうまく制御してあげれば、記録特性を落とさずに摩擦係数を下げることができると言うニーズがはっきりしている。

ではどのような方法で実現するか、ベースとなるフィルム表面にフィラーを含んだ 300nm の層を載せることに成功した。この結果、設計通りの均一なでこぼこの形成に成功し、世界の7割の磁気テープ用フィルムはこのタイプに変わった。設計通りのものができたし、成果も上げたので大河内記念の生産特賞



- ★「走行性」と「記録特性」のジレンマを解決する技術を開発
- ★ PETフィルムの表面粗度を10~20nmのオーダーで制御
- ★ 東レフィルムの標準タイプとして全世界で生産・販売中 → 1992年度上市)

(1996年度 大河内記念生産特賞 受賞)

R&D Division Copyright 2009 Toray Industries, Inc. All Rights Reserved

図7 フィルムの表面形成 - 設計型ナノテク -

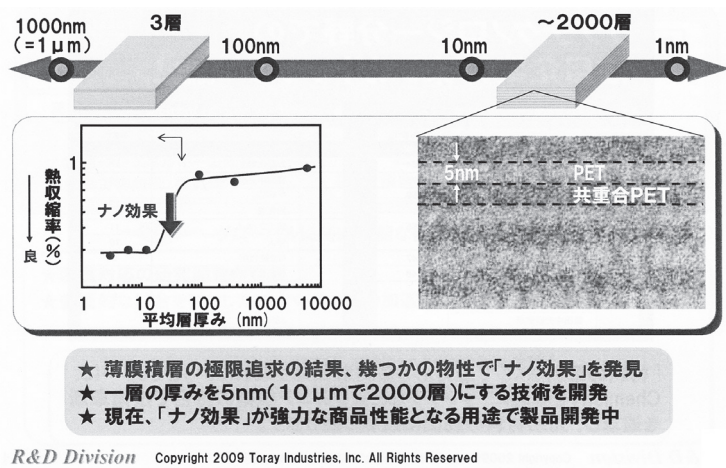


図8 ナノ積層フィルム - 発見型ナノテク -

を受賞している。

次に、発見型の例は図8の例だが、積層フィルムの膜厚をどんどん薄くしていったら1層の厚みが5nmの層ができた。ポリマーなので加熱すると当然収縮する。ある程度の厚みまでは熱収縮率は連続的に減少していくのだが、ある厚みから急激に熱収縮率が低下して特性が良くなる。いわゆるナノ効果である。

同じように共重合させた層なのだが、通常のPETフィルムだとそれぞれを貼り合わせても破れてしまうが、ナノ積層にしてガラスに貼ると、ガラスは割れるがフィルムは破れない。防犯用／安全用のガラス保護フィルム（リンテック社が製造）、光学機能フィルムなどに用途展開されている。

物を作るにはCO₂が必ず発生する。カーボンファイバーを作るときも熱が必要なのでCO₂は発生するが、カーボンファイバーを使うことによって軽量化が可能で、トータルで見ればCO₂を減らすことが可能となる。同社では、プロジェクトエコチャレンジとして、製品ライフサイクル全体のCO₂削減を狙いとした環境問題への取り組みをしている。

図9のようなテーマに取り組んでいるが、太線枠で囲ったテーマがナノテクに関連したテーマである。多くの分野でナノテクが利用されていることが理解できよう。

Project“Ecochallenge”：新たな切り口で事業の創出を目指した環境新技術プロジェクトや温室効果ガス排出削減に向けたLCA視点に基づく技術プロジェクトを設定し、東レグループの総力を結集して挑戦していきます。

	繊維	フィルム	樹脂・ ケミカル	炭素繊維複 合材料	電情材	水処理・ 環境
省エネルギー	高効率製造プロセス					
	省エネ成形技術・膜利用省エネプロセス					
	自家発電近代化					
	省エネハウス材料 (断熱・遮熱・熱交換材料)		自動車用樹脂	航空機・自動車用 複合材料	先進EL材料	膜処理法 水処理
新エネルギー	蓄電部材		風力発電機部材			
	リチウムイオン電池・燃料電池用材料					
	太陽電池用材料					
非石化原料 (バイオケミカルズ)	非食糧バイオマス由来ポリマー製品					メンブレン バイオ リアクター
水処理・空気浄化 環境低負荷	セルロース繊維 (溶剤フリー)		膜利用ケミカル プロセス			
	耐熱バグフィルター		CNG・H ₂ タンク		水なし平版	水処理膜・ モジュール・ システム
	人工皮革 エコプロセス	塗装代替 成形フィルム			樹脂BM	
リサイクル	非ハロ難燃材料					エアフィルター
	PET、N6、PBT、ABS、PPS		DMSO	CFRP		

環境
3
カ
年
計
画

環境3カ年計画

R&D Division Copyright 2009 Toray Industries, Inc. All Rights Reserved ☐ ナノテク使用テーマ

図9 プロジェクト“エコチャレンジ”

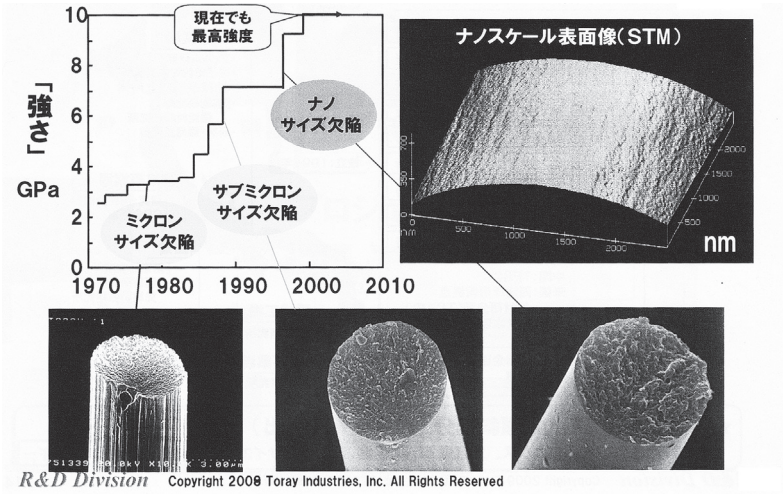


図10 炭素繊維：「強さ」の極限追求／表面欠陥抑制

引張強さで注目された炭素繊維であるが、最初に開発された1970年頃はミクロンレベルの表面欠陥抑制が限界であったため、引張強度は3GPaぐらいであった。これが1990年頃にサブミクロンの欠陥抑制が可能になり、倍の6GPaぐらいに上昇し、さらに2000年頃にはナノサイズの欠陥抑制が可能となったために、3倍以上の10GPaぐらいに上昇している（図10参照）。今や、世界一の強度を誇っており、現在東レは世界一の炭素繊維メーカーになっている。

1トンの炭素繊維を作るのに約20トンの炭酸ガスが発生するが、それを樹脂との複合材料であるCFRP化して自動車の17%に利用すると、約30%の軽量化ができて10年間でのライフサイクルCO₂削減効果は50トンとなる。同じく、飛行機にCFRPを50%使用すると約20%の軽量化ができて、約1400トンものライフサイクルCO₂削減効果になる。

PAN系高性能炭素繊維は1961年に大阪工業技術試験所の進藤昭男博士が基本原理を発表し、東レはこの頃から本格的な研究に着手し、1971年に本格生産を開始している。当初は釣り竿、ゴルフクラブに使われていたが、75年にはボーイング737の二次構造材として採用され、ボーイング777には7トン、最新の787には30トンも使われている（東レ推定）。

もともとアクリルの原糸を製造はしていたのだが、それを焼いて炭素繊維を作っても、なかなか収益が上がらなかった。「炭素繊維の本格生産から社長は六代目（取材当時）になるが、なぜがんばれたか」といって、炭素繊維はたぐいまれな特性を持っているので、必ず使いこなせば第二の鉄になると信じて、あきらめないで50年以上がんばってきた」と、用途開発が難しかったのだが、炭素繊維を作って、そのための樹脂を開発し、これらを複合させるCFRP成形加工の方法を垂直統合して技術開発をしてきた。「炭素繊維の開発に関連しては、東レとしても多額の投資をしてきたし、国からもナショナルプロジェクトなどで多くの支援を受けている」という。「炭素を如何にきれいに並べ、如何に欠陥を無くしていくかということなのだが、それをどう制御するか、異物が入ったりで、なかなか難しく、コスト的に見合う作り方でやることに力を入れてきた」。

水処理の分野では、逆浸透膜（RO膜）のコンセプトは1953年に発表され

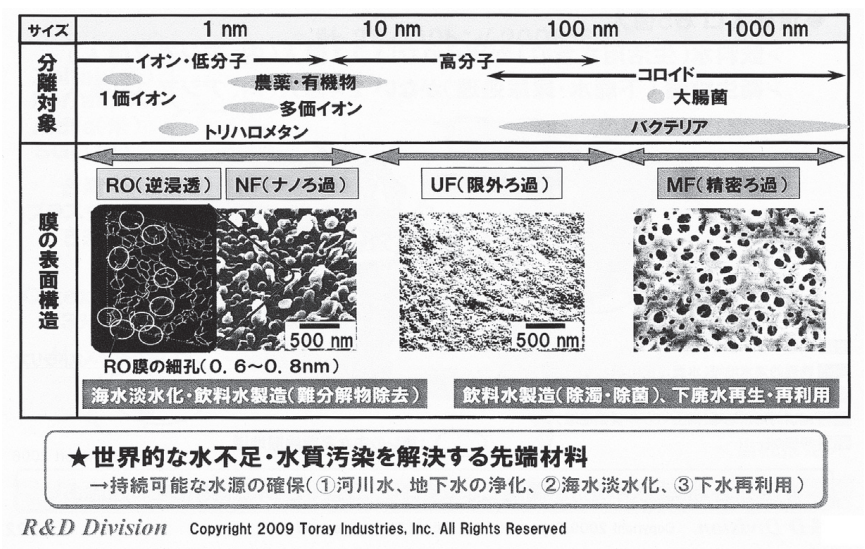


図 11 水処理用分離膜の種類と表面構造

ている。1968 年に研究を始め、1980 年には RO 膜の本格生産を開始した（超純水プラント）。1996 に大型河川水の淡水化プラント、2001 年に大型海水淡水化プラントをそれぞれ納入している。東レは、精密濾過（MF）、限外濾過（UF）、ナノ濾過（NF）、逆浸透（RO）の 4 種類の水処理用分離膜を世界で唯一自社開発してもっており、海水淡水化とか、河川水の浄化とか、下水再利用などに使われている（図 11 参照）。

RO 膜は 2 種類の原料溶液を界面重合させて、できた物を引っ張っていく作り方によって作られる。これに対して、家庭用浄水器などに用いられている膜は中空糸膜といい、繊維と同じように溶けたポリマーを特殊な口金を使ってストローのような中空状の繊維にする溶融紡糸法で作られており、人工透析の膜も同様の方法で作られている。

現在、海水淡水化で問題になっているのはホウ素の除去である。ホウ素は不妊症や柑橘系の立ち枯れで問題になっている。ホウ素は水中ではホウ酸として存在し、水分子と大きさが近く除去が難しい。ホウ素を取ろうとして RO 膜の孔径を小さくすると水が出なくなってしまう。水よりも大きいホウ素を通さ

ない孔径の分布をシャープにする高分子膜構造の緻密化を精密分子設計とナノ加工技術により実現した。すでに、シンガポールの海水淡水化プラントで大規模に利用されている（図 12 参照）。

燃料電池の高分子電解質膜もナノオーダーで分子の通る孔径のコントロールをしている。バイオケミカルズ製品であるが、既に生分解性のあるポリマーとして、ポリ乳酸（PLA）があるが、プラスチック材料としては、耐熱性が低いとか、加水分解しやすいとかであまり筋のよい材料とはいえない。ナノアロイと呼んでいるが、複数のポリマーの分散状態をナノレベルで制御することによって、基本特性を変えて、耐熱性を 100℃ 以上でも使えるように上げ、加水分解性も抑えたことで、使いにくかったポリ乳酸がもろもろの材料に使えるようになってきている。

ナノテクノロジーは構造制御という意味では 40 年、50 年前からやってきたことである。それぞれの分野で研究をしてきて、ブレイクスルーできれば製品化に繋がっていくと言うことである。

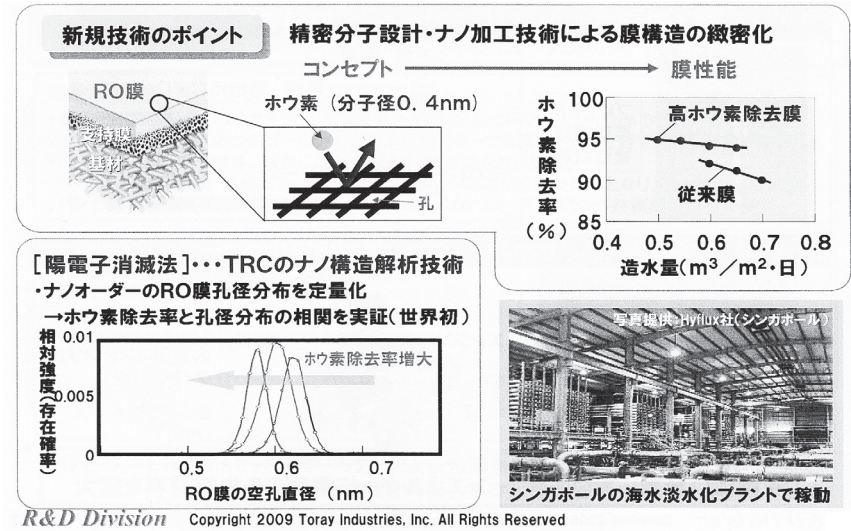


図 12 高ホウ素除去 RO 膜

(5) 産学連携、外部機関／企業との連携

産学連携も含めた社外連携は150件以上あり、大学、公的研究機関関係が40%（約60件）、企業が40%である。残りの20%はベンチャー企業とか、病院とかである。ナショナルプロジェクトは図13のように30件強で推移している。2001年頃は10件ぐらいと少なく、自前主義でやってきたのだが、今はナショナルプロジェクトを受けることで大学などとの連携がやりやすくなっているとのメリットも感じている。

「炭素繊維のような先端材料の研究・開発を競合会社と組むことは考えられないが、リサイクルのようなテーマではナショナルプロジェクトの方が先生を中心に組織化されることもあって、他社とも交流ができるし、連携しやすく、外の情報も得やすくなるとの理由から、2002年ぐらいから積極的に参加し始めた」という。外部資金を活用することでR&Dの費用を捻出できるというメリットもあるが、外部資金の獲得が第1の目的ではないので、「我々のR&Dの規模から行けば30数件ぐらいで丁度よい」と判断されている。

先端融合研究所（鎌倉）にあるオープンラボには、3つの大学の研究室が入っている。セキュリティの問題があって、以前は難しかったが、今は、むしろ大学院生に企業の研究がどのようなものかを知って貰うことで優秀な人材を確保する意味でも効果的と考えている。

「他社ではナショナルプロジェクトの専門の部署を作っている例もあるので、これからはこのスタイルが増えそう」とのことである。「鎌倉は研究所だけで独立しているので、セキュリティ確保がしやすく、まず先端融合研究所で試行してみた。うまく行けば他にも拡大する可能性はある」と独立した場所に

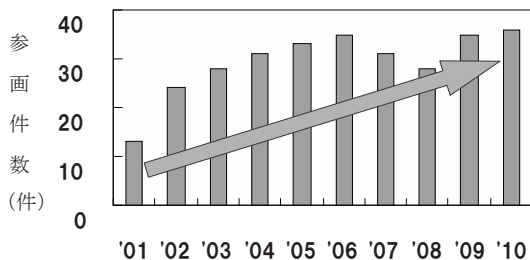


図13 国家プロジェクト参画状況の推移

ある研究所の方がやりやすいといえよう。

企業との連携は、「お客さまからオファーが来る場合もあるし、我々からお声をかける場合もあるし」、いろいろなケースがある。

また、グローバル研究体制の構築を進めている。サンフランシスコに情報拠点を設けて情報を収集しているが、海外に留学生を出して、それを核とした交流もやっている。ボーイングの工場がある米国ワシントン州では複合材料研究所の分所があり、ワシントン大学との交流もある。また、シンガポールに地球環境研究所の分所（水処理研究）を2009年9月に南洋理工大学内に設置した。韓国も2008年に高麗大学内に立ち上げた。中国（上海）には研究所を作って2百数十名の研究者がいる。90%以上が中国人で上海交通大学などの有名校からも採用している。

中国は国策で繊維関係の先端技術を求めているし、彼らは数だけではなく、質的にも優秀である。もう、日本は中国に論文や特許で抜かれてしまっており、アメリカのドクターの数でも中国人が非常に多いし、昔の日本人以上に知識欲と向上心も強く、経済力もあるのが中国に研究所を設けた理由でもある。

企業事例3 NTT-AT ナノファブリケーション（株）⁽¹³⁾

(1) 会社概要

NTT-AT ナノファブリケーション（株）はNTTから見れば孫会社にあたる。親会社にあたるNTTアドバンステクノロジー（株）は表5に示すようなものだが、ここは電電公社の時代である1976年に100%子会社として設立されており、NTTの研究所からのノウハウを普及するために技術移転を狙いとして設立された会社である。現在ではソフトウェア関係の開発事業が中心となっている。

NTT-AT ナノファブリケーションはNTTアドバンステクノロジー（株）の100%子会社として、2003年4月に設立されており、事業分野は表6のようにナノ領域の微細加工を中心とした応用領域である。資本金は2億円、売上は8～10億円／年、最初の2年はあまり利益が出ていなかったが、その後はプラスが続いている。

表5 NTT アドバンステクノロジー（株）の概要

1976 年（昭和 51 年）12 月に設立され、資本金 50 億円（日本電信電話株式会社 100%）、売上高 564 億円（2009 年 3 月期）、社員数 1,990 名（2009 年 3 月 31 日現在）である。

（事業内容）

1. インフラ系事業
ネットワークインフラ系ソフトウェア開発、次世代ネットワーク（NGN）等のサービスアプリケーション関連ソフトウェア開発など、
2. ソリューション系事業
システムインテグレーション、関連ソフトウェア開発、企業ネットワークの構築・保守・診断など
3. プロダクトセールス系事業
ネットワーク関連商品販売・検証、先端材料開発・分析、光関連製品開発など

（グループ会社）

- * NTT-AT システムズ株式会社（資本金 9,500 万円、従業員数 61 名、2000 年 10 月設立）
- * NTT-AT テクノコミュニケーションズ株式会社（2 億円、97 名、2000 年 10 月）
- * NTT-AT アイピーシェアリング株式会社（2 億円、130 名、2001 年 8 月）
- * NTT-AT クリエイティブ株式会社（9500 万円、2002 年 7 月）
- * NTT-AT ナノファブリケーション株式会社（2 億円、2003 年 4 月）
- * NTT-AT エムタック株式会社（1500 万円、1984 年 12 月）

（2）事業分野

NTT-AT ナノファブリケーションでは、特定の製品を出すと言うよりも、試作品の加工技術を提供しているのだが、一部にはリピートの半製品のようなものもある。

NTT の研究所の 1 つである LSI 研究所（今はこの名前はない）の研究開発の成果で、具体的には薄膜形成技術、電子線描画技術、X 線露光技術、エッチング加工技術、微細計測技術の基盤技術だが、これを NTT-AT ナノファブリケーションが商品領域にしており、その応用領域でもある（図 14）。

- ① ナノインプリント／成形モールド／次世代リソグラフィ用マスク
- ② 高精度光学部品
- ③ X 線光学部品
- ④ メンブレン基板、ステンシル部品、メンブレン MEMS

の 4 領域になり、いずれもナノ加工技術に関連した領域である。そして、ビジネスとして展開されている分野の顧客は、エレクトロニクス分野、ナノイン

プリント分野、光学分野、X線分野、バイオ・環境分野などである。

技術としては半導体の研究の中で確立してきたものだが、材料などが全く異なるので、普通の半導体を作るのとは全く異なる。お客さんから個別にパターンを依頼されて開発する受託加工サービスもおこなっている。

表6 NTT-AT ナノファブリケーション（株）の事業分野

*微細加工サービス

電子ビーム描画、エッチング、SiN膜・SiC膜基板（膜応力制御）

*モールド・金型

ナノインプリントモールド（Si製、石英製、SiC製、Ta製）、Ni金型、マイクロレンズ アレイ金型原板

*光学部品

石英回折格子、V溝回折格子、反射防止体、光学ピンホール・スリット

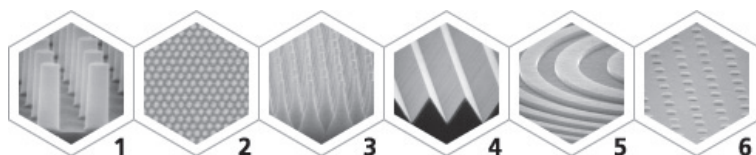
*X線光学素子・関連商品

X線フレネルゾーンプレート、X線チャート、透過型回折格子、メンブレンチップ

露光用X線マスク、X線多層膜ミラー

*計測用部品

測長スケール、段差スケール



1. モールド、2. モールド 25nm ドット、3. 反射防止体、4. V溝回折格子、5. X線光学部品（FZP）、6. Au パタン

ナノインプリントとは、何かの小さなパターンを大量に作るときの型を作って、それを樹脂に転写してナノレベルの精度でのパターンを作るのだが、似たようなものだが光の分野でも応用できるし、バイオや環境分野で利用する場合にも提案して、顧客に特注品として納めている。

X線は特殊で、NTT-ATにNTTの研究所でX線リソグラフィを研究していた人達が多かったので、特殊な薄膜の上に金属微細パターンを作るというX線部品に向けた技術を保有している。これは一寸特殊な分野でX線の最先端の特殊な分野であるが、そのようなところから依頼が来る。

LSIのパターンよりは、単純な形だが特殊な高さとか、特殊な3次元形状と

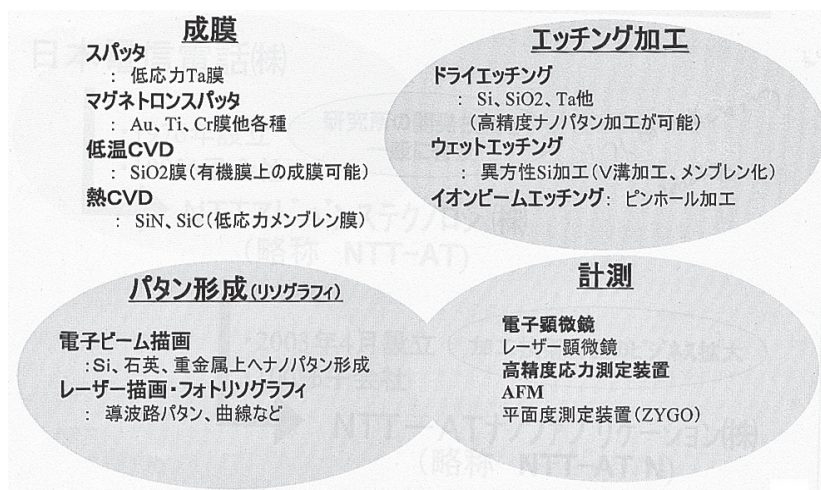


図 14 NTT-ATN のナノ加工技術

か、特殊な材料とか、非常に細いものなどでお客さんの研究に必要なものを提供している。

実際の製造は厚木の郊外にある NTT の研究所内にクリーンルームを借りて、設備の使用料を払う形で製造しており、あるいは自社の設備をそこに置いてそれを利用する形である。

これを作っているのは NTT-ATN の社員である。顧客の多くは大学、国の研究所、企業の R&D (エレクトロニクス関係が最も多く、化学、機械など) 部門である。最近はアジア、韓国、台湾、シンガポールなどの研究機関からの注文も増えている。特殊加工をしたこれらの材料を研究機関は実験材料として購入しているのである。

(3) 従業員の構成

従業員は 56 名(2009 年 4 月現在)で、3 分の 1 ぐらいが NTT の OB の再雇用、3 分の 1 は NTT-AT からの出向者、そして残りの 3 分の 1 が独自採用組(営業・事務系および技術系)である。NTT の OB のほとんどは NTT 研究所で加工系の仕事をしていた研究員である。

博士の学位を持っている人が10人ぐらいいるが、最近はこのような仕事の性質もあり論文はほとんど書いていない。関連の学会や研究会等から依頼されて解説記事を書いたりしている。

(4) マーケット

ナノテク展、マイクロマシン展と言った展示会での商談はあるが、X線関係の人は来ないので、X線関係は学会開催にあわせて開かれる展示会に出展している。ここに来るのは大学などの研究者である。

最近インターネットで照会が来るが増えており、ここ数年前からはナノプリント関係への応用をめざす依頼が多かった。応用物理学会にナノプリントの研究会があり、そこでの交流があったので、引き合いも多くなった。基本的にはX線分野では個人的なネットワークから依頼されることが多い。

特注品であるので、仕様が細かく、顧客とのやり取りも多くなる。したがって、海外への販売はなかなか困難である。研究開発段階での実験に利用される物なので、大量に作るものではなく、おのずからマーケットは限られる。

このように、研究そのものよりも、加工技術の開発に応えることに事業の軸足が置かれている。

5 まとめ

我が国のナノテク関係の科学技術の国家プロジェクト予算は、事業仕分けの影響もあり減少しており、ナノテクのブームが去ってしまったほどに思える。ところが、米国を始め、EU諸国、ロシア、中国、韓国などの国々では次世代の科学技術分野であるナノテク関連への国家プロジェクト予算は継続的に増加させている。ナノテク分野は、諸外国に比べて日本が先行していた分野ではあるが、現在では急速に追いつけられており、論文や特許の件数では中国に大きく差を付けられてしまった。今後も競争力を維持できるかどうか危惧される。

とはいえ、ナノサイエンスからナノテクノロジーへと応用分野での研究が本格化してきており、さらに、その研究成果をもとに本格的に事業化するケースが増えてきている。革新的な材料として注目されるカーボンナノチューブとかフラーレンなどの応用は途についたばかりである。本報告では急速に進むナノ

テク分野のイノベーションの状況を紹介しながら、事業化に取り組む3社の事例に注目した。

企業事例1のオプトウエア社は小規模の企業であるが、レーザーを利用した精密計測技術で先行している企業であるが、ビジネスの重点は非接触型の精密測定装置においている。光学、電子、機械、ソフトウェアの異分野の技術者4人がコアメンバーとなって創業しており、この分野での総合的な技術力を発揮している。事業化を進める上で、マーケティングが大きなネックとなるが、同社では年2回開催される展示会で年間受注量の半分を、3割がホームページを見てコンタクトしてくるケース、そして、残りの2割が今までの付き合いを通して紹介されるケースである。特殊な分野の仕事をこなせるので、顧客からのアプローチも多いといえよう。顧客の大部分は生産技術研究所などの研究開発部門で、新しい生産設備に組み込むことが多いこともあって、製法上の機密になり特許申請をしないケースがほとんどである。日常的には大学や技術センターとの付き合い、学会活動への協力などを契機とした人脈がビジネスにつながってくる部分も少なくない。

大企業である事例2の東レの場合はかなり体系的に社内組織間での技術移転の仕組みができており、事業目標も明確である。事業化では設計型（ニーズ型）と発見型（シーズ型）に明確にわけており、前者は元々のニーズに応えるのだから、設計通りの機能を発現すれば、量産化技術の確立、インフラ整備などへの展開はスムーズである。後者は開発した素材の特性を見極めた上で、用途展開を考えるのであるので、応用分野の開拓と新たな市場創造につながることで、本格的な事業化までには時間のかかるものが少なくない。

事例3のNTTナノファブリケーションはNTTの研究所で開発されたナノ領域の微細加工技術の成果を世の中に普及させる役割を担っており、試作分野が多いのであるが、注文を受けて製造するオーダーメイド生産を行っている。積極的に売り込むような商品ではなく、むしろ国内外の大学や研究所からの注文に応ずるので、市場は既にできあがっているし、安定した分野でもある。とはいえ、商談は展示会を経由することが多く、近年ではインターネットでの照会が増えている。

このように規模の小さな先端企業は大々的に売り出すような市場になってい

ない分野であるので、マーケティングは展示会が大きな役割を担っている。ナノテク分野の国家支援は R&D 関係が中心になっているが、事業化に際しては、展示会への参加支援、会場代を含めたイベント支援などに重点を置くことが肝要である。

産官学間のアライアンスは日本ではあまりうまくいっていない。むしろ、学会活動を通じた、大学や民間研究機関の特定の研究者との個人的なネットワークが重要である。これは米国の研究でも特定の研究者を核にして研究者や企業の技術者とのネットワークが広がっていることが論文や特許情報の分析から報告されている⁽¹⁴⁾。日本でもそのようなネットワークを意識して、産官学の連携を探ることを考えるべきであろう。特に学会の役割が一層重視されて良い。

今回訪問した企業では先端産業にありがちな資金繰りに苦勞している企業は無かった。マーケットが極端に急拡大するような分野でないこともその理由である。つまり、素材分野などで本格的な事業化段階に入る場合には資金力も大いに作用して来るであろう。

一方、人材面ではあまり詳しい情報を得ることはできなかった。欧米を中心とする諸外国では博士の学位を持った人が事業化の段階で中心的な担い手になっているケースが多いのだが、日本では研究者レベルでも修士卒が多いし、オプトウエアのようにほとんどが理系の学部卒で、それに修士卒が加わる形であった。日本でも大学院が充実されるに従って、理系でもポスドクの増加傾向が顕在化しており、彼らをこの分野にいかにつけるかを考えるべきであろう。

次世代科学技術分野であるナノテクのイノベーションを一時のブームに終わらせるのではなく、より発展させて行くには少数の理系の専門家に任せておくのではなく、マスコミを始め多くの文系出身者も技術開発の流れに対して関心を持つことが一番重要である。そのような世の中の関心によって支えられるなら、優秀な人材がこのような分野に積極的に参画してくるし、そうなれば日本の国際競争力の低下も少しは遅らせることができるだろう。

〔注〕

- (1) ナノは長さの単位であるが、 $1\text{mm} = 1000\mu\text{m}$ 、 $1\mu\text{m} = 1000\text{nm}$ となる。
ナノテクノロジーが対象とするのは 100 ナノメートル未満の領域である。
つまり、 1nm は 10 億分の 1m である。地球の大きさを基準にすると 10 億分の 1 の大きさはほぼ 1 円玉に相当し、人の身長を基準にしたなら 10 億分の 1 の大きさは DNA 分子に相当する。このようにナノの世界は極小の世界を扱いどのように高性能な光学顕微鏡をもってしても 1nm の大きさの粒子を直接見ることはできない。走査型電子顕微鏡 (SEM) でも確認が難しく、通常は透過型電子顕微鏡 (TEM) を使って観測する。人の声の振動まで遮って観測対象物を真空の状態に保ち、それに電子銃で加速した電子を照射し、透過してくる電子線の解析を行うことでナノ構造を間接的なイメージとして確認する。ナノテクノロジーとはそのような超微細な世界に意図的に作り出したナノ構造から導かれる機能を科学的に、あるいは工学的に関連づけ、利用する科学技術である。
- (2) 学術的領域をナノサイエンス、技術的領域をナノテクノロジーと呼ぶべきであるが、一般的には両方をあわせてナノテクノロジーと称している。
- (3) JFE テクノリサーチ (2008) 「我が国のナノテクノロジー国家戦略と研究開発の評価」経済産業省
- (4) 小石真純、石井文由 (2006) 『ナノ粒子のはなし』
- (5) 阿多誠文、石津さおり、関谷端木、安順花、田辺正剛 (2010) 「21 世紀の必然、ナノテクノロジー」『ナノテクノロジーのイノベーション指標』NTS p42
- (6) 事業化に取り組む企業情報については「週間ナノテク」(2006) に詳しい。
- (7) この事例部分は 2009 年 10 月 7 日のインタビュー調査結果による。
- (8) 詳しくは、松島茂「産業構造の多様性と地域経済の《頑健さ》」群馬県桐生市、太田市および大泉町のケース 橘川武郎他編『地域からの経済再生－産業集積・イノベーション・雇用創出』有斐閣、2005 年 4 月を参照。
- (9) COPAL ELECTRONICS の HP より <http://www.copal-electronics.com/j/profile/index.html> (2010/01/08)
- (10) 『下野新聞』2009 年 10 月 1 日より
- (11) 『日本経済新聞』首都圏経済・栃木 2004 年 6 月 24 日
- (12) この事例は 2009 年 10 月 12 日のインタビュー調査結果をベースに 2012

224 法政大学キャリアデザイン学部紀要第9号

年1月に追加取材した結果による。

(13) この事例は2009年10月9日のインタビュー調査結果による。

(14) Jan Youtie, Philip Shapira, Alan L. Porter (2008)

〔参考文献〕

阿多誠文 (2010) 「ナノテクノロジーの社会受容」産業技術総合研究所編『社会活動としてのナノテクノロジー』アイピーシー

「『技術戦略マップ2009』の策定について」経済産業省、平成21年4月

桐畑哲也 (2004) 「ナノテクノロジー事業化とデスパレー現象」『JAPAN VENTURES REVIEW』, 5, 日本ベンチャー学会, 73-80頁, 11月

桐畑哲也 (2003) 「大学発ベンチャー育成とベンチャーキャピタル」『三菱総合研究所所報』, 42, 三菱総合研究所, 58-78頁, 11月

産業技術総合研究所ナノテクノロジー戦略ワーキンググループ編 (2008) 『産業展開のためのナノテクノロジー戦略』工業調査会 12月

「週間ナノテク」編集部 (2006) 『入門ナノテクビジネス』東洋経済新報社 2月
独立行政法人産業技術総合研究所編 (2010) 『ナノテクノロジーのイノベーション指標』NTS

JST (2009) 『「ナノテクノロジー」グランドデザイングローバル課題解決の鍵となる技術領域―』科学技術振興機構研究開発戦略センター

JST (2011) 『ナノテクノロジー・材料分野 科学技術・研究開発の国際比較 2011年版』科学技術振興機構研究開発戦略センター (JST) 4月

「ナノテクノロジー文献動向調査」調査報告書 (独)物質・材料研究機構ナノテクノロジー総合支援プロジェクトセンター、平成18年3月

長岡貞男、塚田尚稔 (2011) 「研究開発のスピルオーバー、リスクと公的支援のターゲット」独立行政法人産業研究所、REIT Discussion Paper Series 11-J-044

日刊工業新聞特別取材班、大阪科学技術センター、関西ナノテクノロジー推進会議編 (2006) 『日本力をリードするナノテク企業精選』日刊工業新聞社 3月

- 「平成 19 年度製造産業技術対策調査等（ナノテクノロジー推進基盤調査）報告書」JFE テクノリサーチ、平成 20 年 3 月
- 「平成 20 年度 特許出願動向調査 マクロ調査（要約版）」特許庁 平成 21 年 4 月
- 宮川 至（2005）「JST 目利き人材育成プログラム」、『情報管理』48-1：32-39
- Alan L. Porter, Jan Youtie, Philip Shapira, David J. Schoeneck（2008）, "Refining search terms for nanotechnology", *JNanopat Res* 10:715-728
- Andrea Fernandez-Ribas（2009）, "Public support to private innovation in multi-level governance systems: an empirical investigation", *Science and Public Policy*, July
- Daisuke KANAMA（2007）, "Analysis of Japan's Nanotechnology Competitiveness-Concern for Declining Competitiveness and Challenges for Nano-systematization-", *Science & Technology Trends*, May
- Daisuke KANAMA（2006）, "Patent Application Trends in the Field of Nanotechnology", *Quarterly Review* No.21/October
- Jan Youtie, Maurizio Iacopetta, Stuart Graham（2008）, "Assessing the nature of nanotechnology: can we uncover an emerging general purpose technology?" *J Technol Transfer* 33: 315-329
- Jan Youtie, Philip Shapira（2008）, "Mapping the nanotechnology enterprise: a multi-actor analysis of emerging nano-districts in the US South", *J Technol Transfer* 33:209-223
- Jan Youtie, Philip Shapira, Alan L. Porter（2008）, "Nanotechnology public actions and citations by leading countries and blocs", *JNanopat Res* 10:981-986
- Masatsura Igami, Teruo Okazaki（2007）, "Capturing Nanotechnology's Current State of Development via Analysis of Patents", *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*

ABSTRACT

Commercialization of nanotechnology; Policy support is expected

Shigemi YAHATA

The age of information technology (IT) followed the age of electronics; the nanotechnology age is expected in the near future. Until around 2009, many government projects were implemented in the nanotechnology field. Later, while the Japanese government's budget for nanotechnology development was reduced, the United States, EU countries, China, Korea and other countries continued expanding their research and development investment. Japan was left far behind by the United States and China in terms of the numbers of published papers and patents, which is a matter of great concern.

Japanese corporations, however, are known for their strength in commercializing nanotechnology; in recent years, business projects applying nanotechnology are becoming plentiful. This report introduces rapidly occurring nanotechnology innovations and nanotechnology commercialization case studies where nanotechnology is used in business, examining how government policies can and should support such businesses.

Many advanced technology companies consider trade shows as technology exchange forums, where they can exchange technological information with researchers from other companies, universities and other such research institutions. The forums are not merely for business negotiations; advanced technology companies are working hard to build a network of personal contacts. To help them apply their technology to business projects, policies that encourage companies to participate in trade shows, including

assistance with exhibition fees, are effective.

The government has been arranging for and working to build an industry-government-academia alliance, but such alliance building has never worked. Helping university researchers and private research institutes build networks in academic societies, which lead to joint research projects, is more important. An American study analyzed published papers and patent information and found that networks of researchers and corporate engineers are built around key researchers. The Japanese government's fostering of the industry-government-academia partnership should consider such network building. For this, academic societies where experts gather together are required to be more active.

In order to drive nanotechnology innovation, which will be the next-generation scientific technology, it is important that mass media and the public stay interested in and keep supporting technology development and advanced technology, rather than leaving them to experts. Otherwise, attracting excellent human resources to advanced technology fields will be difficult.