

# 総合商社におけるナノテクビジネス分野への取り組みの検証 日本の産業界の動向に対するデータ分析から

孟子敏

## 要 旨

総合商社問題可谓既古老又崭新的研究课题。作为“矛盾统一体”的综合商社，为了摆脱环境变化带来的生存危机，正在试图通过事业转换，探索新的生存之道。本文从纳米技术事业领域的参入着眼，对综合商社的先端技术关联事业进行研究。为此，在问题设定的基础上，通过数据检索和资料列表，对日本产业界从事纳米技术事业的主要企业的研究开发体制、特许申请状况、事业开展情况等进行分析，从而具体阐明综合商社在此领域的事业展开动态和竞争地位状况，最终对设定问题进行检验。本文的实证分析是今后课题展开的基础。今后拟对综合商社能否以先端技术关联事业为突破口建立比较优势、以及如何通过创新管理保持竞争优势进行研究。

キーワード……総合商社 矛盾的統一体 ナノテクビジネス 事業転換

## 研究の背景

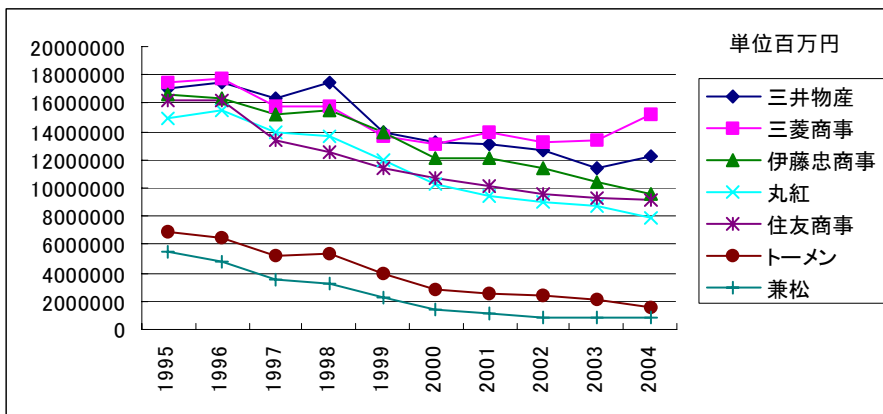
「日本経済の縮図」と言われてきた総合商社は、日本独特のシンボリックな企業形態である。このユニークな企業組織形態は、「矛盾的統一体」と呼ばれる。つまり、総合商社は日本の経済成長に貢献してきたが、その一方においては、総合商社のビジネスに対して批判にもさらされてきたことを言う。ところで、総合商社は、近代の明治期から戦後の高度成長期まで、一貫した国家的な命題としての「貿易立国」の中で、資源・技術・市場などあらゆる面で経済発展のフロンティアとしての主役を担ってきた。特に戦後50年間の日本経済の発展や産業の活性化に著しく貢献してきた。この意味で、日本経済の発展史は、総合商社の成長史だとも言える。他方、こういう総合商社の成長史は、総合商社の社会的存在価値が質疑される過程でもある。戦後10年に一度の割合で「商社危機説」が言われてきた。60年代の「商社斜陽論」を始め、70年代の「商社への批判」、80年代の「商社冬の時代」を経て、90年代の「middleman will die」に至り、これまで総合商社は絶えずさまざまな排除的圧力に直面してきたのである。

### 1 産業界の環境の変化と総合商社の危機感

昨今においてその「矛盾的統一体」である総合商社は、相変わらず存在価値の質疑と、また、経営不振の苦境に直面している。

総合商社の規模は依然として膨大であるが、売上高は、近年段々減ってきていることが統計から窺い知ることができる。「フォーチュン」誌の2003年の「世界企業500社ランキング」によれば、日本企業で最も上位に占めたのはトヨタ自動車（8位）、そのあとに続いたのは、10位に三菱商事、11位に三井物産であるが、総合商社に限れば、18位伊藤忠商事、22位住友商事、23位丸紅などである。こういう売上高を基準にしたランキングで、総合商社の国際的な影響力と存在感を感じることができるが、近年、総合商社の売上高は下がってきた。図1に示すように、三菱商事の2004年の売上高は前年より上がったが、1995年以来の10年間をみると、各大手商社とも売上高は減少している。

図1 各大手商社10年間の売上高の推移



出所：『会社年鑑2005』データにより筆者作成

さらに、収益の面からみると、総合商社の利益が数年前から減少してきた傾向がみられる。「週刊ダイヤモンド」による1970年～2004年の35年間の「法人申告所得ランキング」では<sup>1)</sup>、70年代中に、1971年以外のあらゆる年度に、三井物産、三菱商事、丸紅、伊藤忠商事などの総合商社は申告所得ベスト30位に入っていた。しかし、その後の80年代以降の25年間では、1983年に三菱商事が上位30社の28位、2001年に26位になったことを除いて、法人申告所得ベスト30位ランキングでは、総合商社の姿がそれきりみえなくなった。

総合商社が経営不況に陥った原因は、経営環境の変化と密接な繋がりとあると思われる。1980年代以後、経済のグローバル化と産業の高度化・成熟化とともに、総合商社を取り巻く社会や経済環境は激しく変化した。特に、1990年代は、「バブル経済」の崩壊による日本国内の景気低迷の長期化、経済の「ネットワーク化」・IT化の進展による取引や流通構造の簡略化により、長年に渡る総合商社の利益の源泉となってきた中間利益は、次第に圧迫されつつある。こうして単純な「ブローカー」のままであれば、総合商社の生存の「空間」は小さくなっていくであ

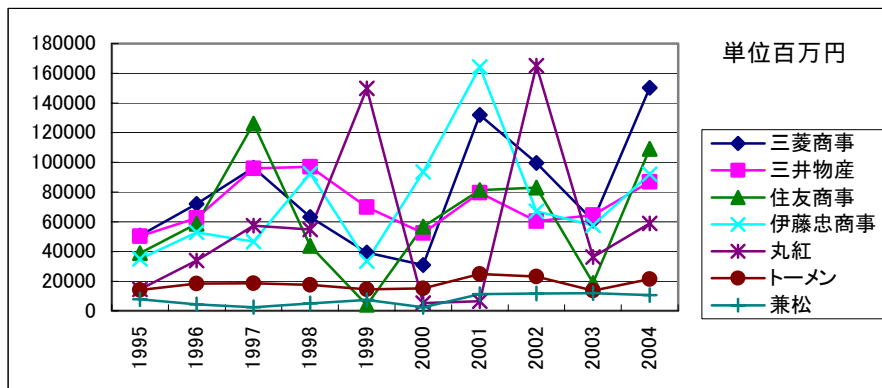
ろう。このように、伝統的な分野において売上高と収益を上げることができなくなった現状に直面している総合商社は、それに代わる収益源を見つけなくてはいけないという強烈な危機感を持たざるを得なくなった。

それを背景にして、新たな収益が得られ、新たな比較優位を生み出すために、総合商社はいっそう多様で複合的な事業内容を開拓しようと考えなければならない。

周知のように総合商社は、明治初期から、主に貿易活動を通じて、メーカーに先駆けて海外から技術や設備の導入、製品の輸出、資源の開発輸入などを中心に事業展開してきた。いわゆる「ミネラルウォーターから衛星通信まで」、「ラーメンからミサイルまで」広範多岐な事業活動に取り組んできた。

目下の経営苦境を脱するために、各大手商社もさまざまな新事業分野を開拓し、事業転換を行おうとしている。2004年に日本貿易会の「商社のニューフロンティアビジネス」特別研究会は、委員各社の10プロジェクトでケーススタディの研究を行った。その報告書によれば<sup>2)</sup>、昨今の商社は環境関連、医療・介護・健康事業、情報・メディア事業、先端技術開発などの新分野に参入していることがわかる。しかも、このような「探索」の成果が現にあらわれている。図2に示した10年間の経常利益の推移を見ると、各大手商社が利益の上下変動の幅が大きかったが、2003年以後は各社それぞれの利益がある程度上昇している傾向がわかる。さらに、さまざまな分野で新たな「道」を探し、いろいろな職域を探索した結果、総合商社がナノテクへ強い関心を持ち、ナノテクが一部でビジネスとして立ち上がり活発に動いていることは注目される。

図2 各大手商社10年間の経常利益の推移



出所：『会社年鑑2005』データにより筆者作成

## 2 ナノテクビジネスの概観

ナノテクノロジー（Nanotechnology）とは<sup>3)</sup>、ITやバイオテクノロジーと並ぶ最先端の技術として、10億分の1メートル単位という原子・分子レベルの「超微細加工技術」である。しかし、

ナノテクノロジー（以下、ナノテクと略す）は、最小のエネルギーでモノ作りやエネルギー転換ができ<sup>4)</sup>、現有の技術の限界をブレイクスルーすることが可能となるので、単に「超微細加工技術」という一種の先端技術だけではなく、特定の物質に機能を変えられる「世界を変える」技術なのである。つまり、ナノテクノロジーは、IT やバイオテクノロジーと並ぶ最先端の技術であるということにとどまらず、両分野をも含む広範囲の分野での未来型技術である。

そして、数年後の社会や経済を支える不可欠の基盤技術となり、新しい産業を生み出していく、無限の可能性を持つ技術として、「ナノテクノロジーは、物質をナノサイズでコントロールすることで、物質の機能・特性を大幅に向上させ、豊かな社会の構築に貢献すると同時に、資源・エネルギーの使用を大幅に減らし、環境にやさしい社会の実現に役立つものである。その意味で、ナノテクノロジーは社会や生産システムに変革をもたらす夢の技術である」<sup>5)</sup>。

それゆえ、アメリカが2000年1月に国家ナノテクノロジー戦略を打ち出したのをきっかけに、日欧をはじめ、世界各国が国を挙げてナノテクを振興している。既に30カ国以上の国々が、ナノテクに関する国家レベルの研究開発支出プログラムを策定しており、そして各国政府の研究開発費の伸びは著しい<sup>6)</sup>。

人類が抱える問題を解決する「夢の技術」や「神の領域」と呼ばれるナノテクが科学界で注目されているとともに、産業界ではナノテクをめぐるナノテクビジネスが勃興しつつある。内閣府経済財政諮問会議の予測によると、2010年に日本国内のナノテク関連産業の市場規模は、20～26兆円に達するということである。また、日本経済団体連合会の調査によると、2010年にナノテク関連産業の市場規模が日本国内では27兆円、世界では133兆円に達すると予測された。そういう巨大なビジネスチャンスの出現は、さまざまな企業の注目を強く集めているというわけである。いまやナノテクビジネス分野に参入している企業は、ナノテク素材の基礎研究から量産化まで、ナノテク各技術分野の応用開発から商品化まで相当な広範の領域で激しい競争を展開しているのである。

## 問題の設定と検証のフレームワーク

### 1 問題の設定

前述したとおり、新しい事業分野を探索している過程において、各大手総合社のナノテクビジネスへの取り組みは注目されている。また、これからナノテクビジネスを切り口にして、総合社が事業内容の転換を実現し、新しい比較優位を構築することも期待される。ところが、これまで先端技術の研究開発とあまり縁がなかった企業形態として、総合社が果たしてどのようにナノテクビジネスを展開していくのかなどの問題が検証されなければならないと思う。

こういう論点を解明するため、本文での主な問題点は次の二つとなる。ひとつは、目下、ナノテクビジネス分野において、総合社はいったいどのように取り組んできたのかという点で

ある。もうひとつは、そうした取り組みは産業界でのナノテクビジネスに取り組んでいる他の企業と比べると、いったいどのような地位を占めているのかという点である。この二点を明らかにすることを課題として本文を展開しようと思う。

## 2 検証の方法

この問題についての先行研究はまだ出ていないので、本文はデータ検索を基本的な検証方法にして実証的な分析をしていく。総合商社のナノテクビジネス分野における競合地位を解明するために、日本の産業界でナノテクビジネスに取り組んでいるあらゆる企業の動向を分析しなければならない。そこで、関連する文献資料をもとに検索を行おうと考える。具体的には、日本経済新聞社が出版した歴年の「日経ナノテク年鑑」<sup>7)</sup>、「日経ナノビジネス」<sup>8)</sup>、「会社年鑑」<sup>9)</sup>、「会社総鑑」<sup>10)</sup>などの文献、およびインターネット検索から、産業別、技術別、企業別によって、ナノテクビジネスに参入した各企業の取り組み状況をリストアップする。そして、収集したデータに基づき、今の各業界、各企業のナノテクビジネスへの取り組み実態を分析した上で、設定した問題に対して検証する。

## 3 検証と分析のフレームワーク

そのため、次の3側面から過去10余年の日本の産業界における各企業のナノテク分野での研究・開発・実用化の状況に関して実証的な分析を行う。その中から総合商社がナノテクビジネスに参入してきた状況を捉える。

- (1) 産業界における企業の研究開発体制や営業体制の整備
- (2) 企業のナノテク関連の特許出願状況
- (3) 産業界における各企業のナノテク研究開発とナノテクビジネスへの展開

このように企業の研究開発体制とナノテク関連の特許出願状況を研究することを通し、全体的に日本の産業界のナノテクへの取り組み状況を鳥瞰することができる。また、各企業のナノテクへの研究・開発・実用化などの情報をまとめることを通じ、具体的に各企業が取り組んでいるナノテクビジネスへの展開状況を分析することができる。

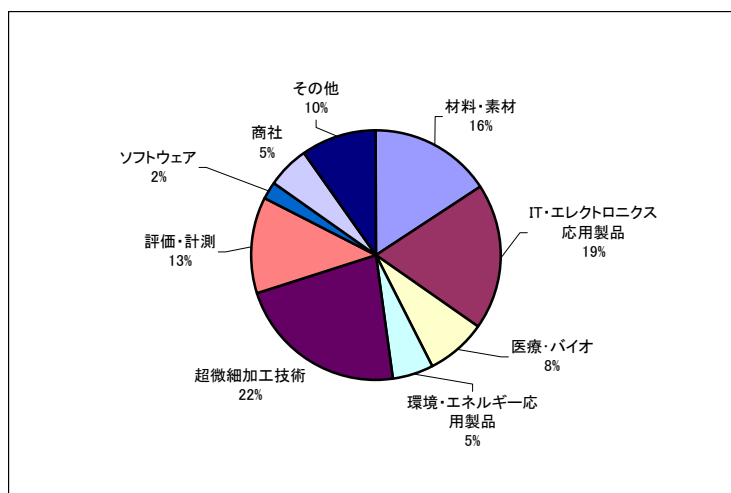
### 日本産業界での全体的な動向の概観

日本経済新聞社・日経産業消費研究所が2001年に日本全国の主要製造業などを対象に行った、ナノテク分野への事業化の関心、取り組み状況、ナノテク関連製品の市場規模についてのアンケート調査によると、調査対象企業の6割以上はすでにナノテクの研究開発などに着手し、何らかの形でナノテクビジネスに取り組んでいた。

また、財団法人機械システム振興協会の2005年3月に発表した「機械システムナノテクノロジー・ビジネス化の促進に関する調査研究報告書」によると<sup>11)</sup>、現在日本にナノテク関連企業は947社あった。その内訳をみると、製造業が主体であるが、商社も数多く見られる。図3に

において各分野別の企業数を示した<sup>12)</sup>。

図 3 分野別のナノテク関連企業数



出所：「機械システムナノテクノロジー・ビジネス化の促進に関する調査研究報告書」データにより筆者作成

## 1 産業界での各企業の研究体制作り

ナノテクが勃興してから、日本の産業界の各企業は、研究開発や営業体制を整備する動きが続いた。日本経済新聞社が2002年夏に実施した各企業のナノテクへの研究開発に関する調査に結果によると、ナノテク関連の社内組織を設ける企業は全体の37%にのぼった。このうち研究所のような独立した事業所組織を持つところは12社であった。

また、日本経済新聞社と日経リサーチが2002年秋に実施した「ナノテク企業調査」では、各社がナノテク分野に研究開発費や人材を集中的に投資し始めていることが浮き彫りになった。研究費は前年度比24%増にのぼった。産業界全体の研究開発費は年3%程度の伸び率なので、ナノテク分野への傾倒ぶりが際立っていた。

ナノテク研究開発体制を企業別にもリストアップしてみた(表1)。これから見ると、産業界での企業の研究開発体制作りや組織再編の過程の中で、大企業を主導とする研究体制が整備されてきた。

表 1 主要企業のナノテク研究開発体制

企業名	研究開発体制の内容
富士通	2000年末、子会社の富士通研究所に「ナノテクノロジー研究センター」を発足
住友電気工業	2000年、伊丹研究所にナノテク専門研究チームを発足
三井物産	2001年7月、研究開発子会社4社(ナノバイオ関連のBNRI社、ナノカーボン関連のCNRI社、ナノ電気機械システム関連のDNRI社、超分子関連のENRI社)を設立 2002年9月、筑波市に総合的な実験・研究と知的財産管理も兼ねた「ナノテクパーク」を設立

三菱商事	2001年9月、フラーレンの専門子会社(合弁会社)FICを米国に設立
ホソカワミクロン	2002年2月、筑波粉体技術開発センター内に「ナノ・パーティクルテクノロジーセンター」を設置
NEC	2002年4月、基礎研究所内にCNT応用研究センターを設置
島津製作所	2003年1月に「田中耕一記念質量分析研究所」を新設
東レ	2003年5月、医薬研究所内に約50億円を投じ「先端融合研究所」を開設
武田薬品工業	2003年7月、31億円をかけて筑波リサーチセンターに創薬関連の新施設「機能解析棟」を稼動
日立製作所	2003年8月、グループ企業10社で「ナノテクノロジー統括推進センター」を設置
旭硝子	中央研究所内に専用の「ナノテク研究棟」を設立
三井化学	触媒科学研究所を新設
リコー	フォトニクス研究所などナノテクに重点を置いた研究所を設立
古河電気工業	環境・エネルギー研究所内に「ナノテクセンター」を開設
ホンダ	子会社の本田技術研究所が日本、米国、ドイツに基礎研究専門の会社を設立
キャノン	2005年までに2000億円強を投じて国内に四つの研究所を新設

出所：『日経ナノテク年鑑』資料により筆者作成

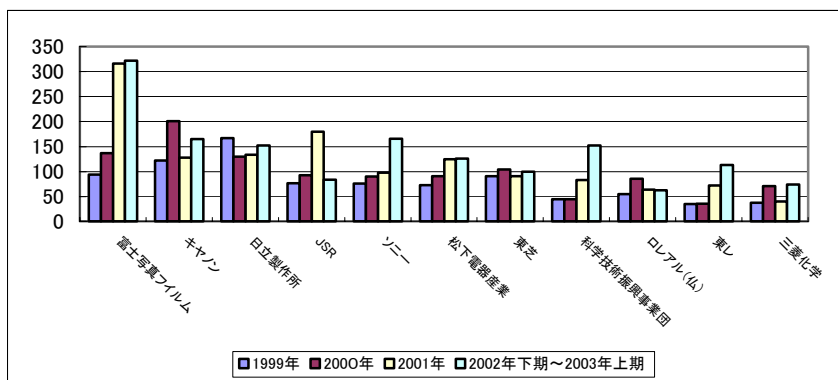
## 2 企業別特許出願傾向

ナノテク関連の特許出願状況を分析することで、企業がナノテク分野の研究開発の動向も鳥瞰することができる。

日経産業消費研究所のナノ関連特許の調査結果によると<sup>13)</sup>、出願件数は1993年～1997年までは年に4000件前後で上下していたが、1998年に4700件を超え、2000年には6000件近くに上り、さらに2003年には7600件に達した。つまり、企業のナノテク分野での研究成果が増えている。

そして、企業ランキングから見ると、毎年出願企業上位10社に入ったのは富士写真フイルム、ソニー、キャノン、日立製作所、松下電器産業、東芝などで、いずれも業界の大手会社である。図4に1999年、2000年、2001年、2002年下期～2003年上期各期における、上位10社に入った総計の11社の出願状況を示した。

図4 1999年～2003年上位特許出願企業の出願件数

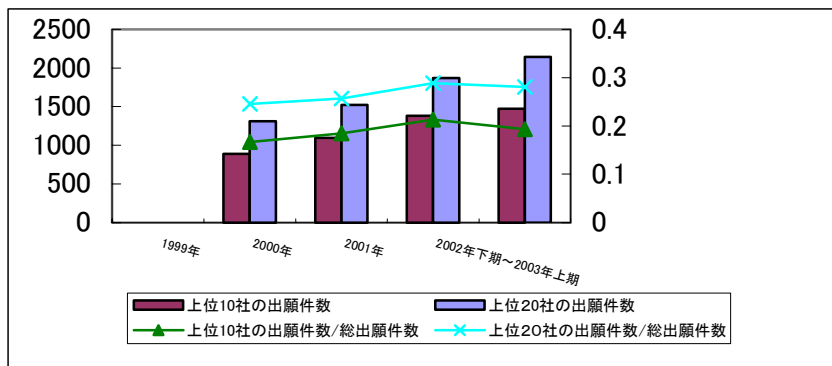


出所：「日経産業消費研究所の特許調査」『日経ナノテク年鑑』データにより筆者作成

また、上位企業の出願件数が総出願件数に占めた比例を見ると、図5に示したように、集積度が高いということがみられる。つまり、各大手会社はナノテクの特許出願で実力を持って、

先行している。

図5 1999年～2003年特許出願企業の集積度



出所：『日経産業消費研究所の特許調査』『日経ナノテク年鑑』データにより筆者作成

要するに、ナノテク関連の企業別の特許出願傾向の分析することを通し、数多くの企業がナノテクの開発と利用に取り組んでいるが、特許出願企業のランキング比較からみて、いずれも大企業が先行しているのがわかる。

## 各企業のナノテク研究開発とナノテクビジネスへの展開

各企業のナノテクビジネス展開の状況を具体的に分析するために、まず技術分野別の視点からリストアップして分析してみようとする。各企業が保有するナノテク関連の技術については、材料・素材、超微細加工技術、IT・エレクトロニクス、計測技術、バイオ・医療、環境・エネルギーなどの分野に分類することができる。本研究では、ナノテク関連する技術に材料・素材の研究開発とそれ以外の技術研究開発に大きく二つ分けて分析を行う。

### 1 ナノ素材・材料分野

これまでナノテク関連の実用化が具体化し活発化したのは、ナノカーボン材料分野である。代表的な炭素系ナノ素材は、「カーボンナノチューブ」と呼ばれる筒状炭素分子と、「フラーレン」と呼ばれる球状炭素分子である<sup>14)</sup>。日本は炭素繊維の研究、開発、実用化などの面で世界トップの実績があると言える。その基盤をもとに、材料分野の蓄積の豊富な日本企業にはナノカーボンの製造および利用でトップクラスの成果を持っている。

#### (1) ナノ炭素材料の研究・製造

各業界のカーボンナノチューブ(CNT)への取り組みについては<sup>15)</sup>、表2により主なメーカーと生産量を示す。この表でわかることは、最も早くCNTの生産に参入した企業は、昭和電工、GSIクレオス、本荘ケミカル、日機装などである。大手の化学メーカーの昭和電工は2000年末、カーボンナノチューブのサンプル出荷を開始した。繊維商社のGSIクレオス(旧グンゼ産業)



は2001年3月に、ナノチューブ分野への参入を発表し、積層構造の多層カーボンナノチューブを製造した。そして、中堅化学メーカーの本荘ケミカルは年産約360キ口の生産設備を稼働させ、日機装は連続的にナノチューブを製造できる「流動気相法」を開発し、8トンの生産体制を整えた。また、最近の2005年12月に、NECはカーボンナノホーンを高純度に量産する技術を確認し<sup>16)</sup>、サンプル提供を開始すると発表した。

しかし、カーボンナノチューブの量産事業を本格化させているのは総合会社としての三井物産である。量産事業は、直接的には2001年7月に全額出資で設立した研究開発子会社カーボン・ナノテク・リサーチ・インスティテュート(CNRI)が実施した。2002年10月に東京都昭島市に多層ナノチューブを年間120トン生産する能力を持つ世界最大級のプラントを完成させた。2003年5月にCNRIは、世界で最も細いカーボンナノチューブを開発した。しかも、従来のカーボンナノチューブの価格は1キログラム数十万円と高価なため、あくまでも実験・研究用の材料として少量作られたにすぎなかったが、量産効果によって同1万円程度と、大幅に安い価格での供給を実現した。

表2 カーボンナノチューブの主なメーカーと生産量

企業名	生産拠点	年産能力	稼働時期
三井物産の研究開発子会社 CNRI	東京都昭島市	120 トン	2002 年 10 月から生産した
GSI クレオス	米オハイオ州	40~50 トン	稼働中
昭和電工	川崎市	10 トン	稼働中
日機装	静岡県榛原町	8 トン	稼働中
本荘ケミカル	大阪府寝屋川市	約 360 キ口	稼働中
NEC		約 360 キ口	2005 年 12 月からサンプル提供を開始した
ハイペリオン・キャタリス・インターナショナル(米)	米マサチューセッツ州	200 トン超*	稼働中
カーボン・ナノテクノロジー・インコーポレーテッド(CNI)(米)	米テキサス州	約 100 キ口	稼働中

出所：『日経ナノテク年鑑』、「日経ナノビジネス」により筆者作成 \*世界最大のナノチューブメーカー

もう一つの代表的なナノ炭素材料であるフラーレン(Fullerene)の実用化については<sup>17)</sup>、表3に主なメーカーと生産能力を示す。この表を見てわかるように、比較的早くフラーレンを生産・販売し始めたのは、米ベンチャー企業TDA社と日本の本荘ケミカルである。しかし、TDA社の年産能力は最大でも数百キログラムでまだ少ない。また、本荘ケミカルは2001年5月から生産したが、生産規模はTDA社を下回っていた。

現在フラーレンのトップメーカー並びに世界で最初にフラーレンの本格的な量産を始めたのは、三菱系の子会社である。2002年2月、三菱商事と三菱化学の共同出資で設立された「フロンティアカーボン」(FCC)は、世界初の年産400kgの大量生産できるパイロットプラントを完成させ、1年後の2003年春には製造能力が100倍の規模の年産40トンに拡大した。それに、従来のアーク放電法に比べ、開発された新製法は、低コストで大量のフラーレン生産が可能に

なった<sup>18)</sup>。これにより、供給価格は従来の 10 分の 1 に相当する 1 キログラム当たり約 500 円の価格まで引き下げられた。

表 3 フラーレンの主なメーカーと生産能力

企業名	生産拠点	取り組み状況と時期	年産能力
三菱商事と三菱化学の共同出資での子会社 FCC	北九州市	2002 年 2 月から生産した	2002 年 2 月に年産 0.4 トン 2003 年 2 月に年産 40 トン
本荘ケミカル	大阪市	2001 年 5 月から生産した	TDA を下回っている
TDA (米)	米	米 MIT 大学から基本特許のライセンスを受けて製造装置を開発した	数百キログラム(推定)

出所：『日経ナノテク年鑑』資料により筆者作成

以上のように、ナノテクを象徴するナノカーボン材料の実用化の考察を通し、総合社が製造業のメーカーに一步先駆けて量産化していたことがわかる。三井物産と三菱商事はそれぞれ多層カーボンナノチューブとフラレンの生産分野でナノテクビジネス戦略を進めている。それどころか、三井物産の CNRI は高純度の単層ナノチューブの生産計画も進めており、三菱商事はカーボンナノチューブも生産している。そして、住友商事は、2001 年末から米ベンチャー企業の CNI が製造している単層カーボンナノチューブのアジア地域での販売を開始している。また、「ナノポーラス」材料関連の研究開発で、三井物産の BNRI は最も意欲的に進めている企業であり、ブラジルでパイロットプラントを 2003 年 4 月から稼働させた。BNRI 社内に 30 人の研究者・技術者を抱え、外部も含めると約 120 人の規模となり、この分野で他の追従を許さない陣容を誇る。

## (2) ナノ炭素材料への応用・開発

ナノカーボンは多彩な物理的性質を持つが、それを応用した代表的な用途開発は、平面表示装置に使う電子放出素子や燃料電池用の電極材である。

まず、最も実用化が近いとされる応用製品は、液晶やプラズマディスプレイに代わる可能性を秘める FED である<sup>19)</sup>。2000 年前後から、ノリタケ伊勢電子、NEC、日立製作所などが、カーボンナノチューブを採用した FED の開発を競っている。そのほか、市販の一番乗りが確実なのは、携帯機器向けの発電効率の高い小型燃料電池である。NEC、東芝、日立製造所、三洋電機、ソニー、カシオ計算機などの電機メーカーは DMFC<sup>20)</sup> 全体の開発を進めている<sup>21)</sup>。一方、東レ、東洋紡、日立化成、旭硝子、旭化成などの化学メーカーも DMFC の重要部品である電解質膜の開発競争を加速させている<sup>22)</sup>。

次に、ナノチューブの製造コストを下げる技術開発の中で東レ、三菱化学は、ナノチューブの低コスト量産技術の開発を進めている。ナノチューブの純度を高める技術開発の中で、ソニー、富士ゼロックスは、ナノチューブを高純度に生産する技術を開発した。

また、ナノカーボンの用途開拓を目指した応用研究や技術開発も拡大、活発化してきた。富士ゼロックス、NEC、NTT は、ナノチューブ製トランジスタの開発をめぐる取り組みで

た。富士ゼロックはナノチューブをリング状に加工して、トランジスタを試作した。NECは1本の単層ナノチューブをチャンネルとするトランジスタを試作している。NTTは配線への応用技術を開発している。一方、電子銃への取り組みについては、スノリタケ伊勢電子は2002年春に40インチ型の試作品を学会で発表し、日立製作所は単層ナノチューブを使ったFEDの開発を目指している。

このように、単層ナノチューブ、多層ナノチューブ、フラレンなど各種のナノカーボンを用いた研究が各企業で進められている。ただ、実用化に展望を開くような成果はまだ得られていない。

要するに、ナノテクノロジー材料の本命といわれるカーボンナノチューブやフラレンなどナノカーボンの供給体制においては、三井物産や三菱商事などの大手商社が競って材料の量産に乗り出してきた。ただ、ほとんどの製造企業が、まだ技術開発段階にとどまっていたのに対し、総合商社は早くも本格的な大量生産の段階に入った。それに、ほかの量産化も実現した企業と比べて、総合商社の量産規模はもっと大きい。また、商社系の企業は製造業の各大手企業に続き、それらの大企業が蓄積した豊富な技術を活用したうえで、量産施設を完成してきたのである。

## 2 各技術分野

ナノ材料・素材以外の超微細加工技術、IT・エレクトロニクス、計測技術、バイオ・医療、環境・エネルギーなどの各技術分野では、各企業がナノテクの研究開発とナノテクビジネスへの展開を検証するため技術分野別でのリストアップをする。

### (1) 計測技術（製品化の例）

計測機器などの製造や観測技術の開発の「計測技術系」分野で、ナノサイズの微小領域を照らす「近接場光」技術の開発は最も目立っている。表4に示すように、分析機器メーカー大手日本分光、セイコーインスツルメンツ、日本ビーコ（米国のSPMメーカー大手、ビーコの日本法人）<sup>23)</sup>、日本電子、島津製作所などの機器メーカーはすでに近接場光を取り扱う分光装置を製品化済みであり、すでに販売している。

表4 販売されている近接場光学顕微鏡・分光装置

企業名	製品名
日本分光	「近接場蛍光/フォトルミネッセンス分光システム NFS - 230/330」 「近接場光学顕微近赤外システム NFS - 220/320FT」 「近接場顕微赤外分光システム NFIR - 200」(2002年9月に発売した) 「近接場ナノカーボン評価システム NFS - 230C」(2002年10月に実用化した)
セイコーインスツルメンツ	AFM(原子間力顕微鏡)に取り付けるオプション「SNOAMユニット」 「倒立顕微鏡型光プローブ顕微鏡」
日本ビーコ	「近接場走査型光学顕微鏡 Aurora-3 NSOM」(2002年2月に発売した)
日本電子	「走査型近接場光学顕微鏡 JSPM-5300」(ドイツのSPMメーカー、WITechから輸入販売している)
アルバック・ファイ	「Twin SNOM」(ドイツのSPMメーカー大手、Omicronから輸入販売している)
島津製作所	「ナノサーチ顕微鏡 SFT-3500」(2004年9月に発売した) 「SPM-9600」(2005年10月に発売した)

出所：『日経ナノテク年鑑』、『日経ナノビジネス』により筆者作成

（2）IT・エレクトロニクス

まず、電子デバイスとして応用を目指す工業用ダイヤモンドの生産技術では、住友電気工業、神戸製鋼所、東京ガス、三菱マテリアは放熱基板、紫外線センサーなどの部品を合成して、関連技術を開発している（表5）。

表5 工業用ダイヤモンドの生産技術

企業名	取り組み状況
住友電気工業	放熱基板を実用化している 高品質の単結晶ダイヤモンド板を合成した
神戸製鋼所	紫外線センサーを開発している 大面積の単結晶ダイヤモンド膜の合成に成功した
東京ガス	紫外線発光する素子を世界で初めて開発した 実用化を目指して素子の構造の検討に取り組んでいる
三菱マテリア	マスク材料を開発した

出所：『日経ナノテク年鑑』、「日経ナノビジネス」により筆者作成

次に、表6で示すように、LSIの層間絶縁膜の研究開発領域では<sup>24)</sup>、化学企業を中心に層間絶縁膜の開発が進み、すでにサンプル出荷の段階に入っている。また、量子暗号通信、光素子の開発で、三菱電機、NEC、NTT、日立製造所、東芝は関連の技術開発に取り組んでいる<sup>25)</sup>。

表6 LSIの層間絶縁膜の研究開発

企業名	取り組み状況
アルバック	2003年2月、疎水性多孔質シリカ膜「ISM-2」の開発に成功し、膜付きシリコン基板と膜原料液の販売を始めた
触媒化成工業	多孔質シリカ膜を開発した。サンプル出荷から量産準備の段階に入っており、開発に拍車をかけている
旭化成	シリカ系層間絶縁膜を2000年までに開発済み
日立化成工業	有機系多孔質材料を開発済みで、販売を開始している 米ある会社の国内販売・技術サービスも展開している
住友ベークライト	有機系多孔質材料を開発済み。現在はサンプル出荷の段階
JSR	低誘電率材料を開発し、実用化済み
新日本製鉄	有機・無機を複合した多孔質材料を開発済み（現在はこの分野から退いた）
NEC	LSIメーカーも低誘電率層間絶縁膜の開発に取り組んでいる
富士通	LSIメーカーも低誘電率層間絶縁膜の開発に取り組んでいる

出所：『日経ナノテク年鑑』、「日経ナノビジネス」により筆者作成

（3）バイオ・医療

まず、最も注目される精度の高いDDS（薬物送達システム）の研究開発領域では、ナノキャリア、LTTバイオファーマなどのベンチャー企業は、ナノ微粒子を用いたDDSの開発に着手して実用化に近づいている（表7）。

表7 DDS（薬物送達システム）の研究開発

企業名	取り組み状況
ナノキャリア	2002年11月、キリンビール（食品業）と共同研究契約を結び、高精度のDDS開発に着手した；2002年7月、日本化薬（化学業）とライセンス契約を結び、抗癌剤を内包するDDSの開発に取り組んだ；英製薬大手のグラクソスミスクラ

	イン（GSK）とも共同開発する高分子ミセルによる DDS 実用化を狙っている
LTT バイオファーマ	脂質の仲間であるレシチンに着目した
ホソカワミクロン	ナノ粉体の実用化研究に取り組んでいる
日本油脂	たんぱく質医薬品に PEG を取り付ける開発が増える見通し
NEC	2005 年 11 月、カーボンナノホーンの中に抗癌剤を内包させることに成功し、徐放する DDS のキャリアに活用できることを確認した。

出所：『日経ナノテク年鑑』、「日経ナノビジネス」により筆者作成

次に、遺伝子を解析する超小型機器次世代型「DNA チップ」の市場では、タカラバイオは米国の DNA チップ製造・読み取り機メーカーやベンチャー企業と提携して、日本で初めて DNA チップの販売に乗り出した。そして、東芝は小型の DNA 検査装置を開発し、三菱レイヨンは「繊維型 DNA チップ」という独自技術を開発した。また、松下寿電子工業はこの技術を採用した診断装置を試作している。

また、多摩川精機は、たんぱく質解析のための低コストで全自動、改良型のスクリーニング自動化装置を開発した。テルモは、赤血球の代替物として微細なナノカプセル型人工酸素運搬体の開発を進める。帝人は、ナノ・マイクロ加工でポリ乳酸を用いる再生医療材料を開発し、実用化を加速している。医療ベンチャーのネクストは、インクジェットを用いる人工骨成形技術を開発し、2007 年までに全国の病院で採用を目指す。

#### （４）超微細加工技術

まず、ナノインプリントの極微細製品の生産において、NTT はナノインプリント法で光素子量産するための技術固めに着手している。また、東芝はナノインプリント手法を応用する研究を進めている。それから、半導体向け樹脂材料の専門メーカーである東洋合成工業は、ナノインプリント用の樹脂実用化を目指している。丸紅ソリューションは、2005 年 11 月にデスクトップ型のナノインプリント・システムを出展した。しかし、まだ研究開発段階にとどまっている段階である。

ナノインプリント法で注目をされるのは、中小企業である。研究装置メーカーの明昌機工は日本で初めてのナノインプリント装置を 2003 年 4 月に発売した。精密造形メーカーのオプトニクス精密は、ナノインプリント型や製品の受託生産の準備を整えている。つまり、製品化の段階へ入っている。

次に、微粒子製造技術では、各企業は技術開発の段階に入っている<sup>26)</sup>。また、半導体微細化技術では、東芝は 65nm 世代の半導体で、世界最小の消費電力となるトランジスタを試作した。また、新日本製鉄は、部品ドレッサーを開発した。このように各企業はすでに技術開発した段階に入っている。

#### （５）環境・エネルギー

この分野では、太陽エネルギーの変換効率を向上させる研究が行われている。色素を使って光を電気に変える色素増感太陽電池の研究開発は 50 社を超える企業が参入しているが、いずれ

もまだ開発の途上である<sup>27)</sup>。また、現在主流の結晶 Si の代わりに化合物半導体型を使った太陽電池パネルの量産化の動きが相次いでいる。ホンダが 2007 年から生産開始することを 2005 年 12 月に正式発表した<sup>27)</sup>が、昭和シェル石油も 2007 年 1 月に量産開始することを明らかにした。

そのほか、ナノ触媒技術を成否のカギとする家庭用燃料電池(FC)が注目されている。現在、大阪ガスなどの都市ガス系企業や、出光興産、新日本石油などの石油系企業が FC 用燃料多様化を担う改質器の低コスト化や性能向上を競っている。

また、2005 年にキャノンは水素吸蔵合金を用いたデジカメ用燃料電池を試作したが、岩谷産業は水素ガス燃料で移動式の非常用燃料電池を試作した。

#### (6) 民生品や一般産業（製品化の例）

民生品や一般産業分野では、第 1 号の製品化はスポーツ用品である。ボウリング製品メーカーのアメリカンボウリングサービスは、フラーレンを混入したボウリングボールを 2003 年 1 月に売り出した。そして、ゴルフ用品のマルマンは、フラーレンを混合したゴルフクラブを 2003 年 7 月に発売した。そのほか、ベルマーレは、ダイヤモンド状炭素膜をコーティングすることで、新品の切れ味を長い期間維持する理容用の鋏を、2005 年 11 月に発売した。

また、ナノテクの活用で化粧品や衣類の機能性をアップする応用の中で、表 8 に示すように、商品名に「ナノ」を打ち出したナノテク化粧品が登場してきた。また、分子レベルの繊維加工技術を利用する撥水と防汚機能を加えた水着は、2005 年 5 月にミズノ社で発売された。

表 8 販売されている化粧品

企業名	発売時間	製品名
コーセー	2003 年 3 月	美白化粧品「ルティーナ ナノホワイト」シリーズ
カネボウ繊維	2002 年	紫外線を防御するサンスクリーン剤
日本ロレアル	2003 年 8 月	ランコムブランドで化粧水「プリモディアル ナノローション」
資生堂	2001 年 3 月	粉体技術を応用したファンデーション「エリクシールスキンアップパクト」
	2003 年 3 月	酸化亜鉛結晶技術を適用した新ファンデーション

出所：『日経ナノテク年鑑』資料により筆者作成

以上のように、各業界・各企業のナノテクへの取り組み状況を概括したが、それらはいまだ技術の研究開発の段階にとどまっているにすぎないと言える。ただ、ほんの一部の企業が製品販売にまで及んでいる。例えば、近接場光技術の分野では、分析機器メーカーは、すでに近接場光学顕微鏡、分光装置を製品化した。ナノインプリントでは、極微細製品の技術領域で、ある中小企業が日本で初めてのナノインプリント装置を発売した。また、民生品や一般産業分野では、ナノテクを応用した化粧品が登場してきて、ナノ材料を混合したボウリングボールやゴルフクラブも発売された。

しかし、このようにすでに製品化を実現した企業は、化粧品業界を除いて、ナノテク研究開発に取り組んできた電気機器、化学など業界の大手企業ではなく、有名ではない専門メーカーや中小企業である。ナノテク応用の最も盛んな業界ともいえる化粧品業界では、企業がナノテ

クの製品化を実現できたのは、その産業分野で新しいアイデアが他の業種に比べて比較的短期間に実用化しやすいと思われたからである。

## 分析結果の説明

以上述べたように、フラーレンやカーボンナノチューブなどの素材をはじめとした、ナノテクビジネスが実用段階に入ってきた。そして、IT・エレクトロニクス、計測技術、超微細加工技術、バイオ・医療、化学、環境・エネルギーなどの業界でナノテクビジネスも盛んに推進されている。ただし、もとよりナノテクビジネスに取り組んでいる企業の全てを把握することは難しいが、これまで検証したデータを企業別に整理し、ナノテクビジネスの現状を概観してみる。表9に、各業界の企業がどの業種、事業ステージに属するかについて示した。

事業ステージについては、技術開発している段階は「基礎研究・調査」ステージと定め、技術開発済みは「技術開発」、製品化済みは「製品開発」とし、販売は「製品販売」と区分した。

表9 企業別でナノテク関連分野への取り組み状況

会社名	業種	取り組み段階			
		基礎研究・調査	技術開発	製品開発	製品販売
日立製作所	電気機器	○			
東芝	電気機器		○		
NEC	電気機器		○		
富士通	電気機器	○			
三菱電機	電気機器	○			
ソニー	電気機器		○		
三洋電機	電気機器	○			
シャープ	電気機器	○			
日本電子	電気機器				○
キヤノン	電気機器	○			
アルバック	電気機器			○	
日立マクセル	電気機器	○			
カシオ計算機	電気機器	○			
セイコーインスツルメンツ*	電気機器				○
富士ゼロックス*	電気機器		○		
松下寿電子工業*	電気機器	○			
ノリタケ伊勢電子*	電気機器	○			
多摩川精機*	電気機器		○		
旭化成	化学		○		
昭和電工	化学				○\$
日立化成	化学			○	
三菱化学	化学	○			
JSR	化学		○		
富士写真フイルム	化学		○		
東洋合成工業	化学	○			
触媒化成工業	化学			○	
住友ベークライト	化学			○	
カネボウ	化学				○

総合社におけるナノテクビジネス分野への取り組みの検証（孟）

資生堂	化学				0
コーセー	化学				0
日本ロレアル	化学				0
日本油脂	化学	0			
テルモ	化学	0			
本荘ケミカル*	化学		0		0\$
東レ	繊維		0		
東洋紡	繊維	0			
三菱レイヨン	繊維		0		
帝人	繊維		0		
三井物産	商業				0\$
三菱商事	商業				0\$
住友商事	商業			0#	
丸紅	商業		0		
GSIクレオス	商業				0\$
岩谷産業	商業		0		
島津製作所	精密機器				0
日本分光*	精密機器				0
日本ビーコ*	精密機器				0
日機装	機械				0\$
ホソカウミクロン	機械	0			
ホンダ	輸送用機器		0		
三菱マテリアル	非鉄金属		0		
住友電気工業	非鉄金属		0		
古河機械金属	非鉄金属	0			
フジクラ	非鉄金属		0		
新日本製鉄	鉄鋼		0		
神戸製鋼所	鉄鋼		0		
新日本石油	石油	0			
昭和シェル石油	石油		0		
出光興産*	石油	0			
東京ガス	ガス		0		
大阪ガス	ガス		0		
NTT	通信	0			
旭硝子	ガラス	0			
住友大阪セメント	セメント	0			
ナノキャリア*(ベンチャー企業)	医薬	0			
LTTバイオファーマ*(ベンチャー)	医薬	0			
ネクスト*(医療ベンチャー)	医薬		0		
明昌機工*(中小企業)	機器				0
オプトニクス精密*(中小企業)	機器			0	
タカラバイオ*	その他商業			0#	
ベルマーレ*	その他商業				0
ミズノ*	その他商業				0
アメリカンボウリングサービス*	その他商業				0
マルマン*	その他商業				0

出所：前述データにより筆者作成

注 \*；非上場会社 #；輸入販売 \$；量産化

表9にリストアップした総計74の企業を見てわかるように、電気機器、化学、商業、繊維、機械、非鉄金属、鉄鋼、ガス、石油などさまざまな業種があがっている。しかし、その中で、ほとんどの企業(48社)のナノテクビジネスへの取り組みは、「基礎研究・調査」(24社)と「技



術開発」(24社)ステージにとどまっていると言える。つまり、研究室の段階から実用化に向かう途上にある試行錯誤の段階である。製品化が済み、「製品開発」ステージに入った企業は、まだまだ少ない(7社)。そして、製品販売にまで及んでいるのは個別的な業界における少数の企業に過ぎない(14社)<sup>28)</sup>。

要するに、ナノテクビジネスを進めている企業は、資金力・技術力が総合的に高い大手企業が主導で研究開発を進めている。ただいまだ、製品化・実用化の面は遅れているが、総合商社の動きは確実に目立っている。また、ナノテク関連の実用化に最も近づいているナノテク素材分野においては、総合商社が最も早く、かつ最大の規模で量産化を実現し、圧倒的に先行していることがわかる。

### 今後の研究の展望

総合商社がいかに事業内容の転換を実現し、新しい比較優位を構築するかという課題を研究するために、本稿でみてきたように総合商社がナノテク素材のビジネス分野で圧倒的に先行したことは検証できたと思われる。今後の課題は、次のようなものである。

- (1) 総合商社は、なぜ先端技術関連ビジネス分野で先行しているのか。

これを解明するためには、総合商社の既存機能と先端技術関連ビジネスへの成功に求められる条件について研究しなければならない。

- (2) 総合商社は、先端技術関連ビジネスを切り口に事業転換を実現し、そして新しい比較優位を構築できるかどうか。

これを解明するためには、より深く理論的に分析することが必要となる。それには競合分析の理論を活用し、かつ新ビジネス業界の競争状況を分析し、そして総合商社のSWOTを研究しなければならない。

- (3) 総合商社がどのようにしてイノベーションマネジメント・テクノロジーマネジメントを通し、先端技術関連ビジネス分野で成功し続けて行くのか。

以上の問題について、継続的な研究を行わなければならないと考える。

#### <注>

- 1) 法人申告所得とは、企業が納める税金(法人税)を算出するもとなる金額で、企業の課税対象額を表している。簡単にいえば、企業の「儲け高」を示すものである。
- 2) 2004年に日本貿易会特別研究会報告書「新分野に挑む商社 10プロジェクトにケーススタディ」参照。[http://www.jftc.or.jp/shoshaeye/contribute/contrib2004\\_05b.pdf](http://www.jftc.or.jp/shoshaeye/contribute/contrib2004_05b.pdf)(最終アクセス日:2005年12月9日)。
- 3) ナノテクノロジーとは、超微細加工技術といわれる。1959年ナノテクノロジーの概念が提唱された。1982年走査型トンネル顕微鏡「STM」開発で、分子の観察・操作可能になった。1985年「フラレン」の発見で、応用研究が始まった。1991年「カーボンナノチューブ」の発見で、応用研究が加速した。
- 4) ナノサイズは10億分の1を表す単位として今まで人間が知り得た自然界に存在する物質の機能を発

輝ける「最小ユニット」である。

- 5) 「ナノテクが創る未来社会 - n-Plan2002 - 」日本経済団体連合会 2002.11.19 参照。  
<http://www.keidanren.or.jp/japanese/policy/2002/073/honbun.html> (最終アクセス日: 2005年12月9日)。
- 6) 2000年1月に、アメリカは「国家ナノテクノロジー戦略(National Nanotechnology Initiative)」を発表し、ナノテクを重要な先端技術と位置付けたのである。2001年度予算で464百万ドル、2002年度に605百万ドルで、それ以降、年ごとに多くの国家予算をナノテクの技術基盤の確立とその展開に投入している。一方、2001年に、日本政府もナノテクを第二期科学技術基本計画の重点課題として研究開発費を投じている。2001年度予算はナノテクの研究資金に総額518億円、2002年度825億円を割り当てた。
- 7) 『日経ナノテク年鑑』2001/02年、2003年、2004年、日本経済新聞社。
- 8) 「日経ナノビジネス」2005年 日本経済新聞社日経産業消費研究所
- 9) 『会社年鑑』(全国上場店頭上場会社版)2005年、日本経済新聞社。
- 10) 『会社総鑑』(未上場会社版)2005年、日本経済新聞社。
- 11) 財団法人機械システム振興協会 2005年3月に「機械システムナノテクノロジー・ビジネス化に促進に関する調査研究報告書」参照。 [http://www.jrcm.or.jp/works\\_reports/16R5.pdf](http://www.jrcm.or.jp/works_reports/16R5.pdf) (最終アクセス日: 2005年12月9日)。
- 12) 1社で複数の技術分野を有している企業もあるためデータ数は1393社となった。
- 13) 日本特許庁による特許公開公報のデータベースが存在する平成5年(1993年)~平成16年(2004年)の間を対象期間とした。
- 14) カーボンナノチューブとは、炭素がチューブ状につながった筒状炭素分子である。フラーレンとは、炭素がサッカーボール状に組みあがった球状炭素分子である。
- 15) カーボンナノチューブは1991年にNECの研究者飯島澄男が発見した日本発の材料、絹糸より軽く、鉄よりも強く銅線より電気をよく流すというユニークな性質をもつ。
- 16) カーボンナノホーンはカーボンナノチューブの一種である。
- 17) フラーレンは1970年に日本学者大澤映二により存在が予言され、1985年に米国の学者が発見した材料、特異な電気化学的特性、機械的特性をもつ。
- 18) このプラントでは三菱化学などが連続生産できる燃焼法を採用した。
- 19) FED(Field Emission Display)は電界放出型ディスプレイを指す。
- 20) DMFC(Direct Methanol Fuel Cell)はダイレクト・メタノール燃料電池を指す。
- 21) NECは、2002年8月にカーボンナノチューブを燃料電池電極材に採用した小型燃料電池を世界で初めて試作した。東芝は、ノートパソコン用燃料電池の開発を進めている。2005年9月に小型燃料電池ユニットを開発し、携帯型音楽プレーヤの試作機による動作検証を始めた。ソニーは、フラーレンを利用した電解質膜でDMFCを試作した。日立製造所、三洋電機など各社も燃料電池の基礎技術があるため、各社も小型燃料電池の商品化を予定している。
- 22) 東レはDMFC用の電解質膜の開発に成功した。東洋紡は新型電解質膜の開発を発表している。日立化成は日立製造所のDMFC実用化研究で電解質膜を担当している。旭化成は2005年9月に、高分子固体電解質型燃料電池(PEFC)向けに耐分解・強度・伝導性に優れた燃料電池用の電解質を開発した。
- 23) SPM(Scanning Probe Microscope)は走査型プローブ顕微鏡を指す。
- 24) LSI(Large Scale Integrated Circuit)は大規模集積回路を指す。
- 25) 三菱電機は日本で最も実用に近いシステムを開発している。NECは量子暗号受信システムの技術開発に取り組んでいる。NTTは量子暗号通信の開発を進めている。東芝は中継用の光素子の研究を進めている。日立製造所は中継用の光素子の研究を進めている。
- 26) 具体的には、ホソカワミクロンは量産する技術を開発した。富士写真フイルムは記録用の磁気材料の分野で「ナノキュービック」という技術を開発した。日立マクセルは「ナノキャップ」を開発した。
- 27) 具体的には、第一工業製薬と三井物産は2003年1月に色素増感太陽電池の実用化を目指す共同出資会社「エレクセル」を設立した。大阪ガス子会社の関西新技術研究所は若干大学と共同研究を展開し、事業化する。林原生物化学研究所は2003年3月に太陽電池を開発した。シャープ、住友大阪セメント、古河機械金属、林原生物化学研究所の4社は2001年からプロジェクトで色素増感太陽電池技術の開発に取り組んでいる。フジクラは2002年から色素増感太陽電池に着目し、パネルの試作に成功している。日立マクセルは色素増感太陽電池をガラス基板上に形成したタイプ、フイルムに形成したタイプの開発で先行してきた。キヤノンはナノサイズの酸化亜鉛に着目している。
- 28) ここで量産化を実現した6社は含まれない。

主指導教員(永山庸男教授)、副指導教員(齋藤忠雄教授・菅原陽心教授)