



岐阜
を考える

ナノテクノロジー

2006
No. **126**



岐阜を考える 2007 No. 126

特集 ナノテクノロジー

はじめに	3
第1章	ナノテクノロジーとは5
1	ナノの世界	
	(1) 大きさの単位「ナノ」	
	(2) トップダウン型とボトムアップ型のナノテクノロジー	
	(3) 走査型プローブ顕微鏡	
	(4) 自己組織化	
	(5) ナノバイオテクノロジー	
	(6) カーボンナノ材料	
	コーヒーブレイク11
2	ナノテクノロジーの現状と将来性12
	(1) クリントン大統領の演説	
	(2) 経済産業省のナノテクロードマップ	
	(3) 将来需要予測	
	(4) 各国のナノテクに関する予算	
第2章	事例調査企業の紹介15
	事例1 株式会社 樹研工業	
	事例2 株式会社 ナガセインテグレックス	
	事例3 株式会社 小森精機	
	事例4 エイアールブイ 株式会社	
	事例5 シーエムシー技術開発 株式会社	
	事例6 吉田機械興業 株式会社	
	事例7 株式会社 ナック	
	事例8 株式会社 早川バルブ製作所	
第3章	調査事例の分析32
1	研究から産業化までの障壁	
2	個別の調査項目の検証	
	(1) ナノテク導入のきっかけ	
	(2) 成功要因	
	(3) ナノテク導入の効果	
	(4) 直面した課題	
	(5) 行政への要望	
	(6) その他	

第4章	行政等の取組状況	36
	1 国の状況	
	2 中部圏の状況	
	3 岐阜県の状況	
	4 岐阜県産業経済振興センター	
おわりに		39
参考文献		40

ナノテクノロジーに関する調査研究

財団法人 岐阜県産業経済振興センター
主任研究員 若林浩一

はじめに

当センターが行う景況調査で、中小企業経営者から「忙しいが儲からない」「勝ち組、負け組の二極化が進んでいる」との声がよく聞かれる。また、県内の地場産業でも安価な海外製品の流入や、原油価格をはじめとする原材料費の高止まりなど中小企業を取りまく環境は厳しいものがある。

しかし、このような厳しい経済環境の中でも、勝ち組として生き残り、収益をあげている中小企業は間違いなく存在している。それらの中小企業に共通していることは、価格競争に巻き込まれない独自の技術やアイデアを保有していることである。コアコンピタンスを何に求めるかは各企業にとって重要なテーマであるが、最近注目されるようになったナノテクノロジーがその一翼を担うのではないかと考える次第である。

ただし、一口に「ナノテクノロジー」といっても「バイオテクノロジー」や「IT」のように明確な分野があるわけではなく、ナノメートル（10のマイナス9乗＝10億分の1メートル）という微細分野を扱う技術の総称にすぎない。その大きさは原子や分子のレベルであり、応用技術は、材料・素材、加工計測、エレクトロニクス・情報通信、バイオ・医療、エネルギー等多くの分野にわたっている。

衆知のように、物質の性質は原子や分子の配列により決まっているが、原子や分子をコントロールすることで、それまでにはない特性や機能が発現することがある。よく例に取

り上げられるカーボンナノチューブは原子の配列が異なるだけで、グラファイト（黒鉛）やダイヤモンドと同じ炭素原子からできている。この原子や分子の配列を操作することが、まさに「ナノテクノロジー」の究極の姿であり、さらなる可能性を求めて切磋琢磨が行われているのである。

しかしながら、「ナノテクノロジー」については、多くの中小企業にとって情報が不十分であり、知識が不足しているのが現状である。また、各種のナノテク講演会や研修も開催されてはいるが、技術者向けが多く、内容が高度で理解できないとの意見も多い。

そこで、次世代を担う新技術と言われる「ナノテクノロジー」について、「わかりやすい内容」を第一として、本県の中小企業におけるナノテクノロジーの理解促進を目的に取りまとめさせていただいた。

本調査は、大きくは二つの切り口で構成している。一つは「ナノテクノロジー」とは何か（特性・有用性）であり、もう一つは研究設備や資金不足、人材不足を克服しながらナノテク製品を開発した「企業の取組事例」の紹介である。特に関連や順序はないので、どちらからでも気楽にお読み頂ければと思う。

「ナノテクノロジー」はあらゆる業種に関わるものであり、近い将来ナノテクなくして商売が成り立たなくなる時代がくるとも言われている。本調査研究が県内中小企業の「ナノテクノロジー」導入に向かう一助となれば幸甚である。



第1章 ナノテクノロジーとは

1 ナノの世界

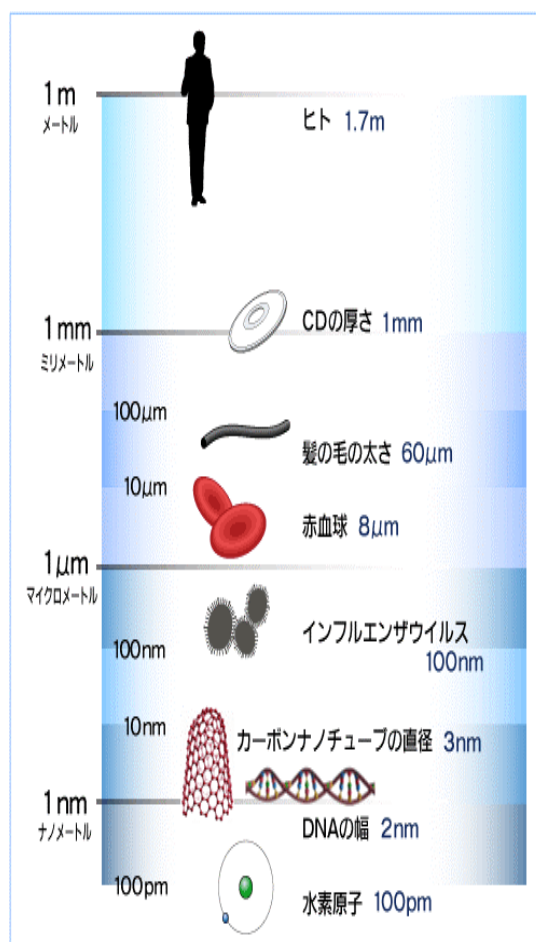
(1) 大きさの単位「ナノ」

ナノテクという単語は、「ナノメートル」＋「テクノロジー」の合成語である。つまり、ナノメートルの大きさを扱う技術であると言い換えることができる。ナノとは具体的には、10のマイナス9乗を表す接頭語で、1ナノメートル（nm）は10億分の1メートルである。

ナノメートルの世界とは、DNAやタンパク質分子といった、あまりにも微細な世界であるがゆえに、当然肉眼で見ることなど不可能である。その大きさを実感としてイメージしにくいのが、微細加工の分野（事例調査企業にもあり）ではナノレベルでの加工はすでに行われている。

例えば、1ナノメートルの粒を1ミリメートル移動させるという作業をしたとする。これを等倍の比率に引き直すと、10センチメートル大のソフトボールであれば、岐阜羽島駅から京都駅あたりまで移動させるのに匹敵する。ナノスケールとはそれほどの精度（細かさ）であると言える。

以下で、ナノテクノロジーを理解する上で欠かすことのできないキーワードを絞ったので順次概説させて頂く。



出所：NEDO ナノテクノロジー概説

キーワード①～⑤でみるナノテクが発展した理由

どんどん削るトップダウン型①の限界が見え始めており、原子を積み上げるボトムアップ型②がこれを打破するものと期待される



顕微鏡の開発③により、原子・分子の観察や操作技術が発達した
このことが、ボトムアップ型ナノテクノロジー進展に貢献



ボトムアップ型を補完する自己組織化④と
そのお手本であるナノバイオテクノロジー⑤の進展

(2) トップダウン型とボトムアップ型のナノテクノロジー

現在ナノテクが注目されるようになった要因として、ナノテクノロジーにおけるトップダウン型技術とボトムアップ型技術の融合を挙げることができる。

ナノテクノロジーのトップダウン型とは、大きなものを削り小さなものにしていくことで価値を高めるという技術であり、50年近く前にリチャード・ファインマン（1918-1988 米国）がナノレベルへの到達可能性について提唱している。

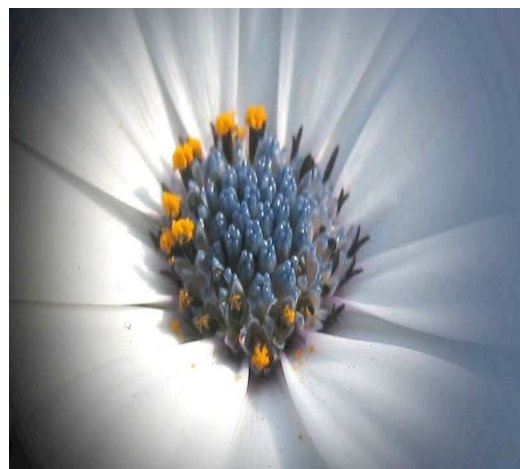
ナノではないが、大きなもの削っていくという点でイメージできるのは、一刀彫り

（工芸品）である。



写真：一刀彫り

これに対し、ナノテクノロジーのボトムアップ型とは、原子や分子を積み上げていき半導体チップに匹敵する構造体を作る技術である。こちらも身の回り品の中でイメージとして近い物を挙げると、小さなビーズを一つ一つ積み重ねて人形などを作っていくビーズ細工である。



写真：ビーズ細工

まずトップダウンによる微細化の歴史があり、その歴史の積み重ねにより、現在ナノの領域まで到達したという事実がある。

微細化の歴史（加工精度の変遷）

<産業革命以前>

100mmに対し10ミリメートルの誤差

<産業革命 18世紀後半>

100mmに対し10ミリメートルの誤差

<第2次世界大戦 20世紀半ば>

100mmに対し1マイクロメートルの誤差

<現在>

100mmに対し1桁ナノメートルの誤差

インテルの創業者の1人、ゴードン・ムーア（1929- 米国）が1965年に提唱した「半導体チップに集積されるトランジスタの数は2年毎に2倍になる」というムーアの法則は、その後現在に至る半導体微細加工技術の進展を言い表している。

ムーアの法則

トランジスタにおける集積密度は18ヶ月で2倍になるという経験則

ところが、このトップダウン型による微細化については、そろそろ限界が見えてきたと言われている。

トランジスタのサイズについては現在約50nmにまで達しているが、今後20n

mに達すると、そこから先には技術的、経済的に高いハードルがあると考えられている。ムーアの法則が機能するのもあとわずかの期間であるかもしれない。

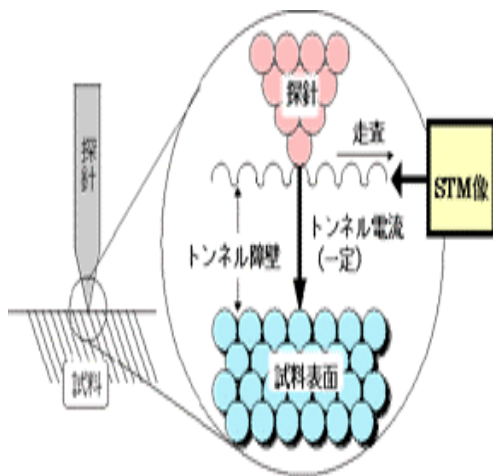
このトップダウン型の限界を乗り越えるのが、もう一つのルートであるボトムアップ型である。走査プローブ顕微鏡に代表される画期的な顕微鏡の開発により、ボトムアップ型が飛躍的に発達した。

(3)走査型プローブ顕微鏡

ボトムアップ型技術の進展により、ナノテクノロジー分野がパラダイムシフトを起こしたと言われており、近年ナノテクノロジーが注目される要因となっている。このボトムアップ型技術を支えているのが顕微鏡の発達である（その代表は走査型プローブ顕微鏡）。

走査型プローブ顕微鏡とは、先端を尖らせた探針を用いて、物質の表面をなぞるように動かして表面状態を拡大観察するものである。光の波長に依存する光学顕微鏡に比べて分解能が非常に高く80年代に開発された。

さらに、この顕微鏡は原子や分子を「つまみ上げ」それを「運び」そして「放す」ことができるという特性を持っている。IBMのアイグラー博士は、この顕微鏡を使い原子を並べて、「IBM」という文字を作った。



走査型プローブ顕微鏡原理

出所：大阪大学 産業化学研究所 川合研究室HP

(4)自己組織化

自己組織化とは、ボトムアップ型ナノテクノロジーの実現手段として重要な意味を持つ（原子や分子を手作業で組み上げていくのでは小さすぎて非効率である）。

物質はエネルギーが安定する状態を保とうとする性質があるため、意図的に指令を与えることでナノ物質が自発的に並んで構造体を作る現象が起こる。

この自己組織化については、身近に生物というお手本がある。生物は機能タンパク質を自然に組み上げていくことにより、自律的に細胞や器官を作り上げている。

モルフォ蝶（写真）の羽を例にとると、鱗粉自体に光沢はないものの規則性を持った配置により見事な色彩を放つという特徴がある。アパレル分野では人工的にこの光沢を作り出した製品が開発されている。



写真：モルフォ蝶

産業界でも自己組織化が進展すれば、効率的にナノ構造体が生成できるため、多岐にわたり一気に実用化への期待が高まる。

一つの例として有用性の高いカーボンナノチューブ（炭素の同素体：カーボンナノ材料の項目に記載あり）を取り上げてみたい。現在カーボンナノチューブを生成するには、1グラム数千円から数万円以上かかることから用途が制限されているが、仮に自己組織化で大量に作る事ができれば大幅に低価格化が可能となり、日常でも使用が可能になると期待されている。

これは、ナノテクが今後進んでいく究極的な目標であり、ナノテクが将来大きな可能性を秘めていると言われる所以である。

(5)ナノバイオテクノロジー

バイオテクノロジーはゲノムに代表されるようにナノレベルのテクノロジーである。それ故、ナノテクノロジーの1つの分野と言われるが、互いに密接な関係にあり、その社会的ニーズは極めて高い。

この2つ分野をつなぐ技術との意味から「ナノバイオテクノロジー」と呼ばれることもある。そして何よりもバイオテクノロジーが注目される理由は、生物の自己組織化機能がナノテクノロジーの進展のためのキーポイントとなると考えられているからに他ならない。

これまで、遺伝子工学的にヒトゲノムの解読がなされるなど、ナノテクの進歩がバイオの進展の牽引車となっていたが、今後は再生医療などバイオの進展がナノテクの可能性を広げるものと期待されている。

ゲノム配列を変えることで病気を治すことや、猿を人間に変えることが可能になるかもしれない

**なぜなら
人間とチンパンジーのDNAの違いは1%しかなく
人種によるDNAの違いはわずか0.1%しかないからである**

(6)カーボンナノ材料

原子や分子の並び方が異なると、同じ原子や分子でありながら、その性質は変化する。このことを如実に示すものとして、炭素原子の例がよく挙げられる。

炭素原子を立体的につなぎ合わせるとダイヤモンドという宝石になる一方で、シート状に積み重ねたものが黒鉛（グラファイト）となる。

現在、このダイヤモンドや石炭と同じ炭素から生成されたカーボンナノ材料が、優れた性質を持つものとして大変注目されている。

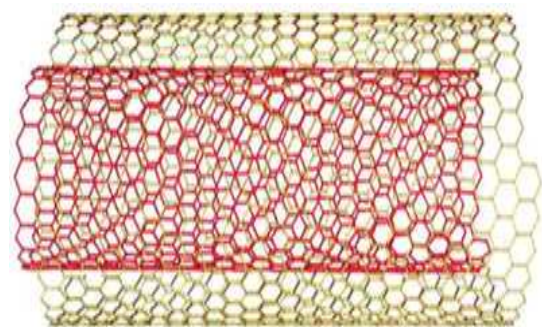
今回事例調査した企業の中にも、カーボンナノ材料生成装置を開発した企業があり、大企業からも引き合いが多数きている。

<主なカーボンナノ材料>

○カーボンナノチューブ

その名の通り炭素分子がチューブ状に結合した直径数ナノメートルの分子で、1991年に飯島澄男教授（名城大学）によって発見された。その性質は、鉄よりもはるかに強度が高く軽いため、広範囲に利用可能であり産業界からの期待は大きい。ナノテクノロジーの新材料として最も注目されているものの一つである。

その作成方法については、アーク放電法や化学気相成長法（CVD）等があり、2章の事例4で生成装置を開発した企業を紹介している。ただし現在のところは、価格が高く応用範囲が限られているため、今後の低価格化が期待されている。

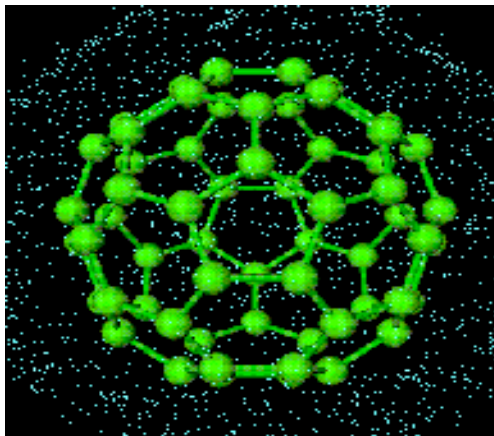


カーボンナノチューブ構造模式

出所：産総研HP

○フラーレン

代表的なフラーレンであるC₆₀は、サッカーボールと同じ形をした球状の分子で、非常に安定している。フラーレン分子の中に金属分子などを閉じ込めることもできるため医薬品を患部に直接投与する（ドラッグターゲティング）カプセルの他、エレクトロニクス分野など広い分野での応用が期待されている。



フラーレン構造模式
出所：産総研HP

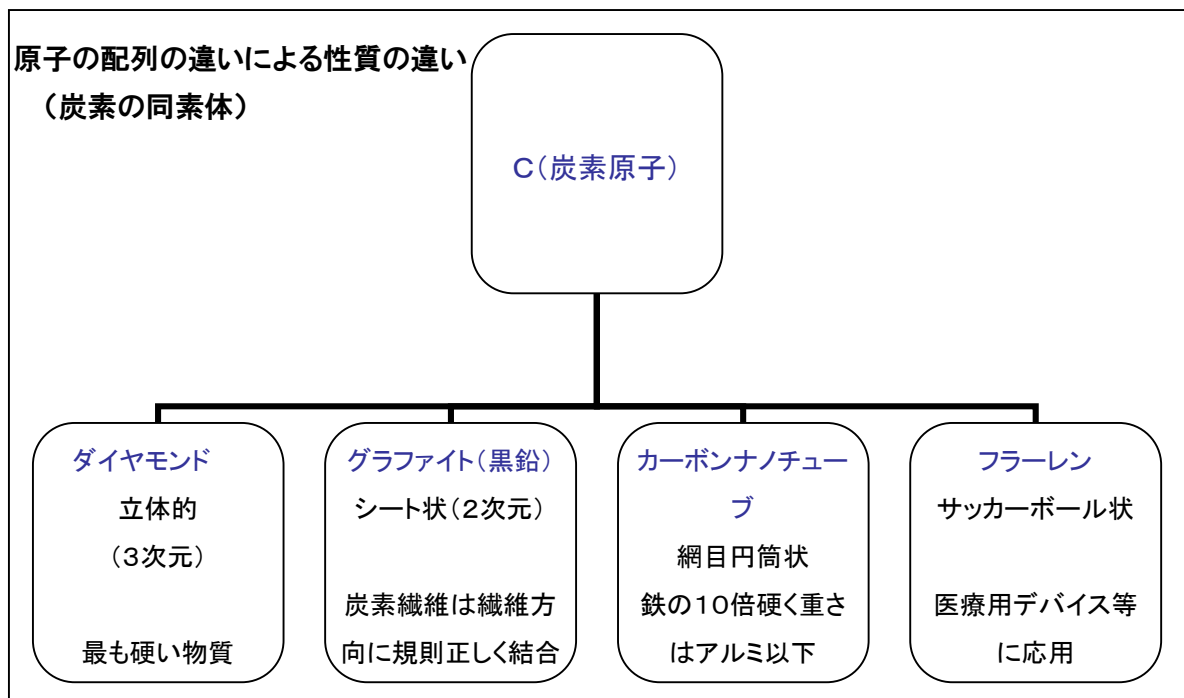
現在注目されている炭素材料の1つである炭素繊維についても簡単に触れたい。

<炭素繊維について>

構造としてはグラファイトの仲間であるが、強く結合しているため強度は鉄の10倍以上である。しかも鉄より軽量なため、航空機・宇宙分野からスポーツ用品分野に至るまでさまざまな分野で使用されている。ナノ材料ではないが、実用化という点ではナノ材料より一歩先んじていると言える。



写真：飛行機の機体にも炭素繊維を使用



コーヒーブレイク

身近な製品事例

最近では、私たちの身近な物の中でもナノテクを使った製品が開発されている。その内のいくつかをご紹介します。

- 曲がらず20ヤード遠くに飛ぶゴルフクラブ
シャフトとヘッドにフラーレンとチタン合金を添加
- ゴミだけでなく臭いもとる掃除機
ナノ多孔質構造を持つ吸着消臭剤を袋に添加
- 自然な美しい肌に見せる化粧品
反射光によって美肌を再現する多層構造の粉体を使用
- シミや汚れが付かないシャツ
繊維1本1本にコーティングを施しコーヒーや醤油がこぼれてもはじく
- 自然な美しい肌に見せる化粧品
反射光によって美肌を再現する多層構造の粉体を使用
- 疲労回復する服
繊維にコエンザイムQ10、ビタミンCを加工することで抗酸化力を持つ
- 雨が付かない自動車フェンダーミラー
酸化チタン表面での化学反応を利用し親水性を高め視認性を確保

(各企業HPを参考に作成)

将来開発が期待されている製品(技術)事例

現在各方面で研究されており、開発が待たれる事例についても併せて紹介させていただきます。

- ナノキャリアによるドラッグターゲティング
ナノサイズの微粒子に薬物を埋め込み患部にだけに運搬させることで副作用なしに、強い効果を得ることができる
- ナノ組織化水素貯蔵物質
水素の侵入隙間を人工的に作り、水素を安全に効率よく貯蔵することができることから、燃料電池の実用化が進む
- ナノガラス
強くて軽量なガラス基板として、太陽電池や光ディスク基板への応用や、自動車・新幹線の窓ガラス等、広い分野で利用できる
- 次世代ディスプレイ
ブラウン管の画像度を保ちながら、液晶やプラズマディスプレイパネルのように薄型のディスプレイを実現

(図解 ナノテクノロジーのすべて 工業調査会 を参考に作成)

2 ナノテクノロジーの現状と将来性

(1) クリントン大統領の演説

科学技術の発達により、ナノテクノロジーは急速に進展している。過去に国家間で半導体技術の競争が繰り広げられたが、今まさにナノテク分野で同様な競争が行われている。

ナノテクの特性は、すべての領域を横断的につなぐ技術である。したがって、その影響は非常に大きく、各国もナノテクノロジーの研究開発にしのぎを削っている。

そのような状況下、2000年に米国のクリントン元大統領は、国家ナノテクノロジー戦略を表明し、その演説で具体的な目標を示し注目を集めた。

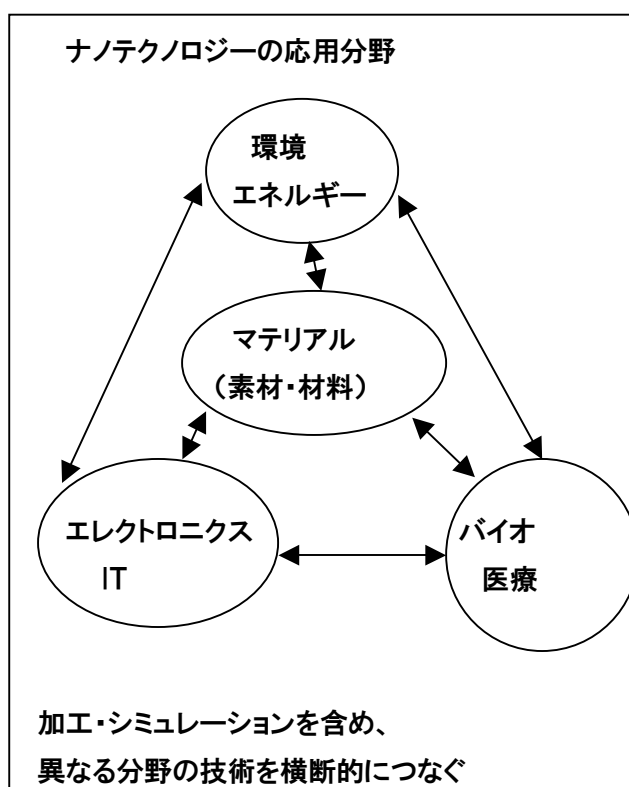
クリントン大統領演説の内容（一部）

- 連邦議会図書館のすべての情報を角砂糖1個大のメモリに納める。
- ガン細胞が数個程度の段階でガンを発見し、そこを狙い撃ちして薬物を投与する。
- 鉄より10倍の強度を持ち、しかも重さはずっと軽い新材料を開発する。

(2) 経済産業省のナノテクロードマップ

ナノテクとは、その単語の意味する通りナノレベルの技術のことである。従って、一口にナノテク分野と言った場合、具体的

な技術分野は多岐にわたっている。経済産業省によるナノテクノロジー分野の技術戦略マップのごく一部を紹介させて頂く。



☆導入シナリオ

- 2020年までに、ナノテクノロジーにより世界最先端のものづくり国家を目指す。
- ナノテクノロジーを活用し、我が国において高度部材産業の集積の維持・強化を図る。
- 知財、安全、標準化等の国際的な枠組みで我が国のリーダーシップを発揮する。

☆技術マップにある具体的な分野

- 電子・情報分野（半導体、メモリ・ストレージ、光デバイス、ディスプレイ）
- ナノ計測分野
- ナノ加工分野
- 燃料電池分野
- ナノシミュレーション分野

☆応用分野

- 構造材料・機能材料
（精密高分子、ナノメタル、ナノセラミックス、ナノガラス、ナノコンポジット等）
- 環境・エネルギー
（燃料電池関係、太陽電池、環境センサー、環境調和プロセス、有害物質除去等）
- 電子・情報
（ディスプレイ、光デバイス、メモリ、ストレージ、半導体加工技術、電子部品等）
- バイオ・医療
（創薬・診断、診断・医療機器、再生医療等）

(3) 将来需要予測

ナノテク市場規模（国内）については、各研究機関が金額を予測している。

算定方法により若干のばらつきはあるものの、いずれも今後は飛躍的に増加すると予測している。

野村総合研究所の予測金額を示すと、2004年が9000億円と推計されている。これが、2010年に6兆円、2015年に23兆円に達するとしている。

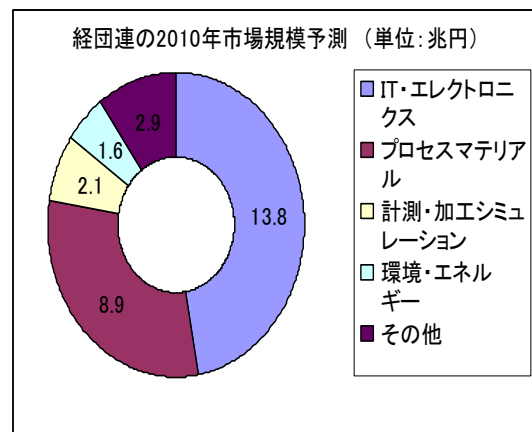
三菱総合研究所と日本経済新聞社の共同

調査では2005年が8兆円、2010年に19兆円と予測している。

表：日本における2010年のナノテク市場規模予測

野村総合研究所	6兆円
三菱総合研究所他	19兆円
日本経団連	27兆円

また、日本経団連は、2005年に2兆円、2010年に27兆円の市場規模予測をしている。特に、IT・エレクトロニクス関連、素材・科学関連の分野の伸びが大きくその将来性は非常に高いものと言える。



出所：経済団体連合会「月刊keidanren」2001年6月号より作成

(4)各国のナノテックに関する予算

各国の予算規模(2004年度)については、次表に示す通り日本が940億円であり、米国の1056億円の匹敵する金額となっている。

今後も各国による主導権争いが繰り返されるものと考えられるが、近年は韓国、台湾といったアジアの国々が金額を増やしてきており、ナノテクノロジーの研究開発に力を入れ始めていることが伺える。

表：各国の予算規模(2004年度)

日本	940億円
米国	1056億円
EU諸国	1508億円
韓国	86億円
台湾	100億円

出所：NEDOセミナー

「日本におけるナノテクノロジーの動向」

(5)課題

ナノテクノロジーは新しい分野であるため規格整備は発展途上とも言える。中でもリスク管理については、最近特に議論され始めている。具体的には「遺伝子組み換え作物」や空気中の「ナノ微粒子」等が人体に何らかの悪影響を与えるのではないかと懸念がなされているが、はっきりとはわかっていない。

今後、ナノテクノロジーが社会的に受容されるようになるためには、リスクに対する不安を取り除くことが肝要であり、ナノテクノロジーの産業化と適正リスク評価のために標準化の取組が行われている。

国際標準化機構(ISO)にナノテックのテクニカルコミッティー設置されたことや、日本でもナノテック標準化国内審議委員会(産総研)設置されたことは、安全性への標準化取組の一例であるといえる。

また、安全性とは別に国際標準化機構(ISO)では「ナノ粒子」「ナノ材料」といった一部のナノテック用語についても平成19年10月を目処に標準化の検討がなされている。あいまいな解釈が統一され、ナノテックの適正規格化が進むにつれて、ナノテックがより一層最終製品に結びついていくことが期待される。

今後もナノテックをめぐる環境整備は様々な面で進められていくであろう。

第2章 事例調査企業の紹介

ナノテクを自社の技術として活用している優良企業8社を訪問し、事例調査を行った。

<主な調査項目>

- ① ナノ技術・製品の概要
- ② ナノテク導入のきっかけ
- ③ 優位性・効果
- ④ 研究開発体制
- ⑤ 成功要因
- ⑥ 直面した課題
- ⑦ 行政への要望
- ⑧ その他(アドバイス等)

<事例調査企業一覧表>

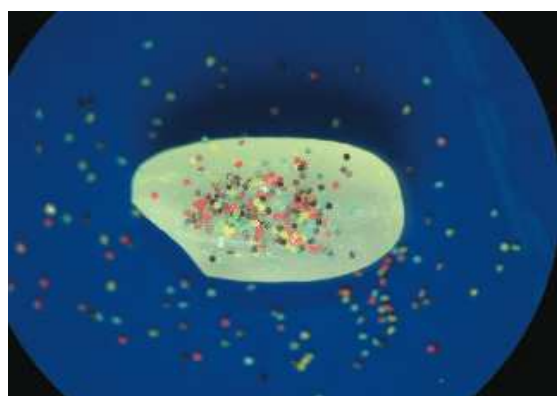
	企業名	主な事業内容	ナノテクの概要
1	(株)樹研工業	小型精密部品製造	パウダーギア製造
2	(株)ナガセインテグレックス	精密加工用研削盤製造	油静圧研削盤製造
3	(株)小森精機	精密機械部品製造	三次元形状微細加工
4	エイアールブイ(株)	研究開発請負	ナノ材料生成装置制作
5	シーエムシー技術開発(株)	受託研究	CMC製造
6	吉田機械興業(株)	機械商社	微粒子化装置開発
7	(株)ナック	一般部品加工	モノランフィルム開発
8	(株)早川バルブ製作所	配管工事用付属品製造	鍍金PCF処理技術

事例1 株式会社 樹研工業

(1) ナノ技術・製品の概要

当社は、2002年に世界初となる100万分の1グラムの歯車を開発し、精密プラスチック部品メーカーとして注目を集めるようになった。この世界最小歯車は、まだ実用化には至っていないが、「どうせやるなら誰にもまねのできないものを」との精神から生まれたものである。これは、当社のノウハウの結晶であり、技術力の高さを示すものである。

当社が目指すナノ加工の適用分野は大きく分けて2つある。1つが光学加工分野であり、もう1つが医療・バイオ分野である。



写真：パウダーギア（中央は米粒）

(2) ナノ加工導入のきっかけ

当社は、オイルショック時に大打撃を受け倒産の危機に陥ったが、社長は成型分野を極めることが当社の生きる道と考え、自身で機械設計を手がける等の努力を続けた。このことが、現在のナノオーダー微細加工に至るきっかけとなった。

光学加工については、もともと社長がやってみたいと考えていた分野であるが、開発資金もなく、それに対応する機械もなかったため、20年来温めてきたものである。大手工作機械メーカーが、ナノオーダーで刃物を送ることが可能な機械を開発したのをきっかけに当社も研究を開始した。

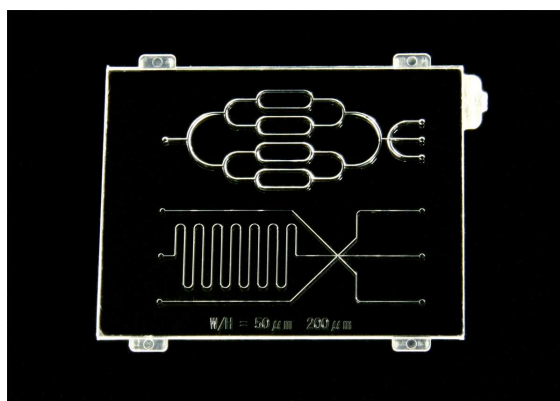
現在は、加工物の表面粗さ精度が約20ナノメートル（PV*）まで可能となるに至っている。

* PV 値とは測定範囲内で検出された最も高い値（頂上：peak）と最も低い値（谷底：valley）の差

(3) 優位性・効果(可能性)

当社は、ナノテク企業のイメージがあるが、意外にも売上の内、ナノレベルの製品は微々たるものであるとのこと。ただし、当社にはそれだけの技術力があるという証明になっている。

医療・バイオ分野については、量産型の流体デバイスの金型を開発中である。この金型は、50ミクロンのエンドミルで削っており、流路が非常に細かく少量の検体で検査が可能のため、このデバイスを使うことにより患者の負担が小さくてすむ。1～2年以内に試作段階までもっていきたいと考えており、予測される市場が大きい一気ブレークする可能性を秘めている。



写真：流体デバイス

(4) 研究開発体制

研究開発体制（人員）は、副社長（代表者の息子）と社員2名の合計3名でおこなっている。当社の金型工場では、従業員全員が設

計、加工、組み立てまで一人でこなす体制をとっているため、金型工全員がすべての工程を知っていることが特徴である。作業効率は悪いかもしれないが、こういったことも研究開発風土醸成に一役かっていると考えている。

また、当社は大学との連携を行っているが、大学のシーズを利用しているものは少なく、むしろ大学から注文を受けたり、共同研究をしているケースの方が多い。主な大学として、兵庫県立大学（微細ねじからコイルを作る研究）、豊橋技術科学大学の他、フィンランドやイギリスの大学とも友好関係にある。

(5) 成功要因

当社としてはナノテクという意識はなく、仕事を続ける内に、やっていることがたまたまナノオーダーになったにすぎないとの思いがある。また、社長は講演や執筆活動をこなし、副社長もプロの音楽家であるなど非常にユニークな特技を持っている。これは、何かを生み出すという点で共通する部分が多く、研究開発に役だっているものと思われる。

(6) 直面した課題

当社は金型加工のノウハウを持ってはいたが、ここまでくるのに2年を要した。それは加工精度がミクロンを下回る世界では、それまで以上に繊細な世界となるからであり、そのため多くの試行錯誤をする必要があったからにはほかならない。

また、光学分野は業界が成熟していることもあり、先行企業が強く、新規参入はかなり難しい。よって、あせらず利用目的を見据えながら参入のタイミングを待っている状況である。参入成功への鍵は、ある1点で圧倒的な強みを持つことができるようにすることが大切であると考えている。

(7) 行政への要望

研究開発補助金の審査書類を簡易化してほしいとのこと。また、書類審査だけですべて理解してもらえることは難しく、行政の担当者の方も現場にきて審査すべきではないかと考えている。企業の方もまず書類ありきで、お金をもらうことが目的となっており、ものづくりが後まわしになっているのではないかと懸念している。

(8) その他(アドバイス等)

反省点は、ナノ専用建物(クリーンルーム)を3年前に建設したが、活用するには準備不足であり、当初はコスト負担が大きく収益を圧迫した(勢いで建設してしまった)。

しかし、その時思い切って建設したおかげで、現在ナノに一層注力するようになったことを考えると一概に無謀であったともいえない。良いと思ったらすぐにやってみることができるのも中小企業の良さであるのではないかと。

その他、いろいろやってみることは大切であるが、状況が不可能である場合は、その思いを温存し、再び訪れるチャンスを待つことも必要である。そして、ここだけは負けないという何か1つ得意分野を持つことが大切である。

企業プロフィール

株式会社 樹研工業

代表者：松浦 元男

所在地：愛知県豊橋市小向町字北小向 140-1

資本金：44,000 千円

従業員数：70 名

事業内容：プラスチック製小型精密部品製造

TEL：0532-31-2061

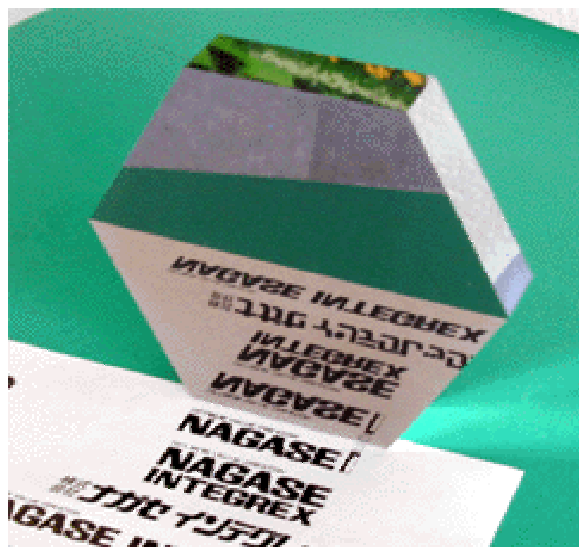
<http://www.juken.com>

事例2 株式会社 ナガセインテグレックス

(1) ナノ技術・製品の概要

当社の研削盤の要素技術は油静圧（非接触）であるが、量産レベルに開発したことが画期的であり、30年前の分解能が2ミクロン程度であったものを、一気に0.1ミクロンまで短縮することに成功した。

現在は、1ナノメートルの分解能まで可能な超精密加工機を製造しており、「すばる望遠鏡」の分光観測装置のレンズ加工に同社の超精密加工機が使用されている。



写真：鏡面研削

(2) ナノテク導入のきっかけ

当社は、業歴56年であるが、当初の工作機械は大量生産型で価格と品質のバランスを重視するものであった（どちらかというも低価格路線であり、品質面は欧州製の後塵を拝していた）。

このままでは、じり貧になるとの危機感から、30年ほど前に方針を転換し、世界一の品質のものを作ろうと考えた（欧州製に比べネームバリューが無く、後発メーカーがそれらに対抗するには品質で圧倒的優位に立つより他ないとの思いがあった）。

(3) 優位性・効果(可能性)

当社の売上（年商50億円）の内、ナノレベルの製品は20%、サブミクロンまででは60%と、中心を占めている（超精密加工機で80%以上）。

一桁ナノの加工を達成するためには、素材、刃物、温度、振動、ワーク保持、研削助剤、マシン精度、計測をトータルでコーディネートしないとできないとの信念があり、これを履行することで世界一の分解能を可能にした。

これと矛盾するようであるが、社長は、お客さんが欲している物は、周辺のトータルシステムよりも加工結果であるとの考えも併せ持っており、開発がユーザー視点に立っていることを示している。

これにより、業界で超精密加工機と言えばナガセインテグレックスと認知されるに至り、価格競争に巻き込まれない高付加価値製品は、当社のコアコンピタンスになっている。

(4) 研究開発体制

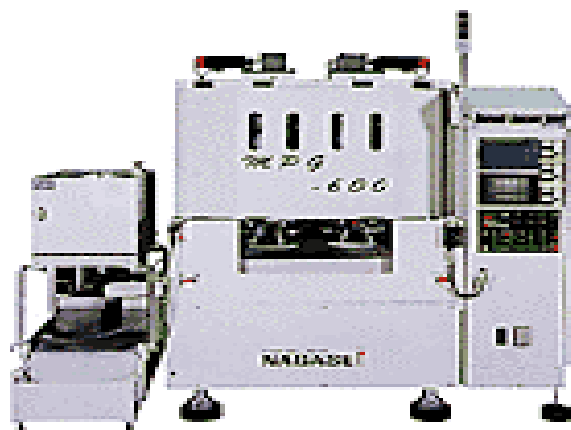
当社の方針として、一企業が活力を維持できる従業員数は100人までという考えを持っており、人材面の確保は厳しいものがある。

また、資金面でも大企業並みの研究費捻出は難しく不足感がある。従って、開発は主に顧客からの依頼に基づき行っており、最初の製品は儲けよりも開発費が回収できればよいとの思いで開発を行ってきた。しかし、最近では商品開発ではなく要素技術の開発が必要であるとの信念を元に、各種研究機関や大学の力を借りることや、競合メーカーとの連携を継続している。

(5) 成功要因

成功要因はその時代に油静圧を導入したというタイミングによるものが大きい。もともと

と、油静圧技術は、高級な兵器等の特殊な対象物の構造には利用されてはいたが、非常にコストが高く一般工作機械には応用されてはいなかった。これに、いち早く着目し、市販機レベルに開発したことが成功した要因である。



写真：研削盤

(6) 直面した課題

「国立天文台事業」では、今後30メートルのレンズ研削を計画しているが、その前に、岡山県でプロジェクト発足し、3.8メートルの分割鏡を当社の切削技術で加工する計画がある。やはり膨大な資金が必要なことから、予算面の調整がつかず頓挫してしまった。

(7) 行政への要望

結局、「岡山天文台事業」は、民間投資家からの投資（10億円）により動き出した経緯があるため、行政は未知の（成功するかわからない）研究開発にももっと予算を出す他、研究開発企業に対する優遇税制を導入するなどしてバックアップして欲しいとの思いが強い。

また、大学や研究機関の優秀な頭脳を民間が利用しやすい制度の創設を希望する（産学間の垣根が高く交流が難しい）。研究者が民間企業にきて研究するなどしてもらおうと、もっと成果がでるし、ものづくりが進むと考える。

(8) その他(アドバイス等)

文化的な生活を送るための商品を作る根幹が工作機械であるとの思いがあり、社長は業界の改革者としての使命とプライドを持っている。

現在のテクノロジーの進歩は早く、大手企業でさえ、競合メーカーとの連携を行い始めている状況の中、国内企業だけを視野に競争していたのでは、海外企業に淘汰されてしまう。

従って、当社も企業間のコラボレーションについては必要であるとの考えを持っているが、その際には、要素技術の中に一つは自社にしかできない物（知的所有権）を付加することが生き残りを図る上で重要であると考えている。

企業プロフィール

株式会社 ナガセインテグレックス

代表者：長瀬 幸泰

所在地：岐阜県関市武芸川町跡部 1333-1

資本金：35,000 千円

従業員数：100 名

事業内容：精密加工用研削盤製造

TEL：0575-46-2323

<http://www.nagase-i.jp>

事例3 株式会社 小森精機

(1) ナノ技術・製品の概要

当社の三次元形状微細加工技術は、10～100ナノメートル単位でコントロールできるものである。それを支える生産・測定設備（温度管理、測定技術）は充実しており、10ナノメートルレベルで修正可能な位置決め技術は社長のこだわりでもある。



写真：金型の一部

(2) ナノテク導入のきっかけ

15～16年前に社長が東大の樋口教授の研究を見学するまでは、微細加工について自社のレベルは極限まで達しているとの思いがあり、社会貢献という観点から夢が持てないでいた。

ところが、樋口教授の研究では、微細加工はナノレベルで行われており、「次世代技術研究への一歩を踏み出すにあたり、非常に勇気づけられた」と話す。また、同時にみたナノマイクロマシンにも衝撃を受けた。

その後も生産情報技術研究所に社員を派遣するなど、ナノレベルでの研究をすすめ経験値を高めていった。

そして、平成17年1月の社長年頭訓辞で社員を前に、今年はナノコントロールでの微細加工を達成すると宣言した。

同年10月には工具メーカーによる微細加工グループ勉強会が発足し、100ナノメートル以下での加工技術を習得するに至った。

(3) 優位性・効果(可能性)

当社の微細加工技術を使うことで、微細三次元形状の型堀が可能となり、従来の電解による加工に比べ工程の短縮化が図られた。電解では、均一形状の金型を作ることが難しく、量産にはなじまなかったが、当社の技術は量産金型の品質保持に優位性を発揮できるものである。

0.1φボールエンドミル（超硬）での切削は、サブミクロンレベルでの加工精度が要求されるが、当社のナノレベルの加工技術がベースにあることが前提である。

折しも17年11月には、携帯電話用のスピーカーの型の加工依頼が大手家電メーカーからあり試作品が完成した。当社の加工技術はその後も引き合いがあり注目されている。



写真：工具及びスピーカーフィルム

(4) 研究開発体制

当社の経営理念の中に「たゆまざる技術革新」があり、当社には社員が進んで勉強する風土がある。社員による研究サークルもあり、技能士資格の取得も盛んである。

たゆまざる人材育成から次世代の技術が生まれるといえる。

(5) 成功要因

ナノレベルでの加工について、マーケットでは要求されていなくても、社長は常にその先のレベルを求めてきた。成功のためには、「未知なるものへの挑戦」と「あきらめないという継続力」が大切であると感じている。

(6) 直面した課題

当社が圧電素子によるナノコントロールシステムの研究のため、社員を専任で担当させたことがある。しかし一人での研究では、社員が孤独感を感じてしまい、うまくいかなかったとのこと。やはり、未開の分野を研究するということは、いつかはオリジナル製品を作るという強い意志と不屈の精神が必要である。

その時の経験から、研究にはそれに合った人材が必要であり、人選が大切であると社長は感じている。

(7) 行政とのかかわり

社長がナノテクに興味を持つきっかけとなった樋口教授の研究を見学したことからであるが、そのことを紹介したのは、岐阜県の公設試験場であった。

(8) その他(アドバイス等)

多くの中小企業は測定設備に資金を投入しない傾向にある。確かに測定機器は高価であり、直接利益を生まないので導入が見送られやすい。しかし、自社の製品や技術がどのレベルであるか自社で測定し把握できないと品質向上は難しいのではないかと。

他社との差別化を図るには、自分で自社のものをみることから始まる。また、そこから今まで気がつかなかった発見(副産物)があ

るかもしれない。これは、ものづくりすべてにいえるのではないかと。

企業プロフィール

株式会社 小森精機

代表者：服部 哲夫

所在地：岐阜県各務原市上戸町7-1-11

資本金：90,000 千円

従業員数：35 名

事業内容：精密機械部品製造

TEL：058-382-4181

<http://www.hitaku-gifu.or.jp/komori/>

事例4 エイアールブイ株式会社

(1) ナノ技術・製品の概要

当社は、カーボンナノチューブ、カーボンナノホーンの生成装置を開発。同社のカーボンナノ材料生成は、アーク放電法が中心であり、主流である化学気相成長法に比べると、常圧、非真空で生成可能であるため機械装置が安価であることが特徴である。

この生成装置は、これまで大手自動車メーカー、大手家電メーカー等に5台の販売実績がある。

また、カーボンナノ材料入りの試作ギア製造も開始し、多くの国から引き合いがきている。



写真：カーボンナノ材料生成装置

(2) ナノテク導入のきっかけ

平成14年に豊橋サイエンスクリエイト（産学間のコーディネート機関）の中島氏より、豊橋技術科学大学の滝川助教授の紹介を受け、カーボンナノチューブ、カーボンナノホーンの製造装置作成に向け研究を開始した。

もともと、当社は水処理関連機器の開発を手がけており、電気分解によりアルカリイオン水を作る機械は当社の主力製品となっている。カーボンナノ材料製造装置の電源装置や電気制御装置は、この水処理関連機器の装置と類似している点があり、既存技術の応用発

展型であるといえる。

さらに、平成18年1月、当社はカーボンナノ材料製造装置にとどまることなく、カーボンナノ材料を利用すべくメッキ事業にも参入している。

(3) 優位性・効果(可能性)

カーボンナノ材料は燃料電池の水素吸蔵、新世代ディスプレイなど応用範囲は広く、有用性については衆目が一致している。

しかし、ナノチューブが1グラム1万円、ナノホーンは1グラム7～8万円と高価であるが、それらを使用すると、コスト高となるのがネックである。しかし研究が進むにつれ徐々に安く作れるようになってきており、将来1グラム1000円程度になれば需要が急拡大すると考える。

また、当社は別会社でメッキラインを持っており、ナノカーボン入りのめっきやナノカーボン入りのギア（強度が上がる）、BN（窒化ホウ素）入りのギア（表面精度が上がる）を自社で製造している。

これらの事業を行うことで、当社の開発力が証明され、でナノ分野に限らず開発依頼が増えたという副産物もある。



写真：ナノ材料入りのギア

(4) 研究開発体制

当社は従業員6名の企業であり、大企業のように専任の研究員を持つことは不可能である。従って、カーボンナノ材料生成装置は、社長一人が日常業務の合間に開発したものである。もともと社長自身、ものづくりには興味があり、東北大学の小濱教授と共同でエアロトレインという飛行機を開発している。さらに10年程前にはアメリカの大学の工学博士号を取得するほどの勉強家でもある。



写真：エアロトレイン

(5) 成功要因

社長の幅広い人的ネットワークを利用し、ナノテクノロジーが注目されるや、他社にさきがけ、いち早く研究を開始したこと。

既存の技術基盤がありそれを応用することが可能であったことが成功要因であるとのこと。

(6) 直面した課題

最近でこそ、ナノテクノロジーが注目されているが、はじめは試作品が完成しても全く売れず資金的に厳しい状況があった。最近ではナノ関連の売上が数千万円まで増えてきており、いわゆるデスバレーからは脱出している。

(7) 行政とのかかわり

直接的ではないが、社長がナノ材料生成装置を開発していた時に、本業の電気分解によ

る殺菌作用が注目され、農林水産省関係財団法人から3年間で1億円の開発費を受けた。

社長は、やはり資金的に余裕ができたことが開発を続ける上で大きかったと話す。

(8) その他(アドバイス等)

カーボンナノチューブの生成は、炭素棒をアーク放電によりすす状にするが、炭素棒の2%がすすになり、そのすすの内50%がカーボンナノチューブとなる。従って、原料の炭素棒から1%しかナノチューブができない。

これも実際にやってみて初めてわかったことであるが、「お客さんからの依頼はとりあえずやってみる」というスタンスから逆に思わぬことが出来ることがあるとのこと。

また、中小企業がナノテクに参入するのであれば、親企業からの下請けでやるのではなく、ナノテクを使い自社で製品化するくらいの気概がなければうまくいかないのではないかと、とも話される。

企業プロフィール

エイアールバイ 株式会社

代表者：夏目 伸一

所在地：愛知県新城市宇内井道南23-11

資本金：15,000千円

従業員数：6名

事業内容：研究開発請負

TEL：0536-22-2844

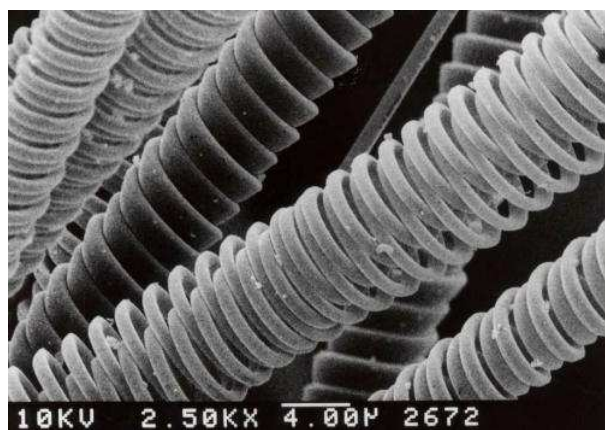
<http://www.arv.co.jp>

事例5 シーエムシー技術開発 株式会社

(1) CMC技術・製品の概要

<カーボンマイクロコイルとは>微量の硫黄化合物を含むアセチレンガスを熱分解して得られる微小らせん状の炭素繊維である。顕微鏡写真でとらえた形はバネのようであり、その繊維径は0.01~1マイクロメートル(1マイクロメートルは1mmの千分の一)と非常に細く、人間の髪の毛の10分の1位である。

その用途は多岐に亘り、初期の研究で電磁波吸収特性が見出されて以来、エネルギー変換材料、センサー素子材料、生物活性化材料等さまざまな用途が考えられ、その一部は既に製品化されている。



写真：カーボンマイクロコイル (CMC)

(2) CMCの発見と会社設立

「カーボンマイクロコイル」は平成2年に岐阜大学の元島教授らによって世界で初めて開発された新炭素材料である。この大学発の世界的な技術シーズである新素材「カーボンマイクロコイル」の産業界への活用・普及を目的に、平成11年3月、「シーエムシー技術開発株式会社」が設立された。

(3) 優位性・効果(可能性)

<代表的な製品事例>

(CMCビーズ)

CMCを樹脂に分散し、ビーズ状に加工した

電磁波吸収素材でGHzの幅広い帯域に対応している。また、熱可塑性の樹脂を母材としているのでシート状、繊維状、ペースト状等、ユーザーの目的に応じて成型が可能である。



写真：CMCビーズ

(電子レンジるつぼ)

昨年末、CMCを活用して家庭用電子レンジのマイクロ波を吸収し、数分間で1000度以上に発熱可能な「電子レンジるつぼ」を開発した。短時間、低コストで金属を熔融できる電子レンジるつぼは casting、冶金、彫銀関連の研究者、技術者から特に注目されている。研究用、分析用、ホビー用などの様々な用途に利用が可能。



写真：電子レンジるつぼ

(細胞活性化化粧品)

CMCが肌の線維芽細胞のコラーゲン生成を促し、表皮細胞の増殖を促進する効果があることを、日本メナード化粧品との共同研究にて突き止め、日本メナード化粧品から商品化された。線維芽細胞はコラーゲンの生成を促進することから、肌の弾力や肌を保つ重要な役割を持つ。表皮細胞の増殖が正常に行われると肌の新陳代謝が高まり肌が潤う効果がある。

(人感覚の高感度触覚センサー)

CMC触覚センサーは、CMCを柔らかい樹脂材料に混合したセンサー素子と自社オリジナルの検波回路から構成された、人の触覚に近い僅かな圧力、微小な変位を検知できる高感度触覚センサーだ。センサー素子部は皮膚と同じような弾力性と触覚性を合わせ持ち、「押す」、「触れる」、「突く」、「掴む」などの様々な外部刺激も極めて明瞭に区別し、「これまでの金属製の触覚センサーよりも安価で、感度が千倍から一万倍優れている」という。ヒューマノイドロボットの皮膚状触覚センサー、医療器具・装置の安全対策用センサー、各種コンピュータの入力装置等への活用が期待されている。また、生体や物体が近づけば、非接触でその位置を検知することも可能で、物体の接近から接触、押圧まで、単独の素子で状態の検知が可能である。さらに、数百から数千個もの素子を複数同時に検知する汎用触覚・分布センサーの開発も現在進行中である。

幅広い商品化を考える同社は「CMC触覚センサーは、どんな形状、寸法の物にも、簡単に取り付けられるので、たとえば不審者の侵入を検知する床センサー、壁センサーなどにも応用できる」と話す。

(医療器具用世界最小触覚センサー)

10ミリグラム以下の圧力・変位を検出でき、

ひねる・押すといった違いも識別できるため、カテーテル、内視鏡、鉗子など手術用の医療器具用センサーとしての応用が期待されている。上記は文部科学省の知的クラスター創成事業にて開発中である。

(4) 研究開発体制

社員は社長を含めて7名。もともと研究開発を目的として設立されたベンチャー企業であり人材・設備も充実している。

また、カーボンマイクロコイルを利用した技術情報の提供・交換を目的として設立された「CMC研究会」は、現在、大手自動車メーカー2社を含む、さまざまな業種の企業等、70社を超える法人企業が会員となっている。

(5) その他

平成14年には、CMCマイクロアンテナが宇宙航空研究開発機構(JAXA)から宇宙ベンチャー優秀賞を受賞するなど、同社の研究開発力には定評がある。

同社はカーボンマイクロコイルの産業界での活用を目指して設立された経緯があるが、れっきとした株式会社であり利潤追求も行っている。最近では、カーボンマイクロコイルの広範囲な有用性が衆知されるに当たって、売上が上昇している。

企業プロフィール

シーエムシー技術開発 株式会社

代表者：河邊 憲次

所在地：岐阜県各務原市須衛町 4-179-1

資本金：15,000 千円

従業員数：7名

事業内容：CMCの製造・販売、受託研究

TEL：058-379-0686

FAX：058-379-0688

<http://www.cmctd.co.jp>

事例6 吉田機械興業 株式会社

(1) ナノ技術・製品の概要

当社のナノ製品「ナノマイザー」は、液体の粒子を好みに応じた大きさに微粒子化できるものである。機械の構造は試料にMAX2,000気圧をかけ微細孔から試料を噴出させることで、短時間の内に試料を微粒子化できる。特徴はメディアレス（粉砕媒体不要）であるためコンタミネーション（不純物混入）が極めて小さいという点がある。



写真：微粒化装置「ナノマイザー」

(2) ナノテク導入のきっかけ

平成11年に、あるベンチャー企業からナノ実験機10台の製造依頼を受け納入した。ところが、そのベンチャー企業に販売力がなかったため売掛金回収が滞ってしまった。機械商社であった当社は、もともと販売力があつたため、そのベンチャー企業からの依頼もあり、自社で機械を販売することとし、同時に特許使用権許諾契約も締結した。

試しに実験機を粉体展に出品したところ、大変好評であり自信を深め、それを機にナノテク製品を自社開発するようになった。

(3) 優位性・効果(可能性)

微粒化機械は定評があり、販売先は化粧品、食品、医薬品メーカーの他さまざまな業種の大手企業となっている（但し守秘義務の関係で社名は出せない）。

ナノテク製品は他の一般機械と比べて、利益率が高く当社としても売上増加に注力している。現在は売上の内ナノテク製品の占める割合は約10%となっているが、毎年増加基調にある。今後もナノ製品の比率は増加が見込まれており、近い将来は上場を目指している。

(4) 研究開発体制

当社の従業員47名の内、ナノ開発専門員は8名。IT不況時に、某大手メーカーから優秀な技術者を採用できた（平成13年以降5名）ことが、その後の研究発展に好影響を及ぼした。団塊の世代が大量退職する2007年問題がクローズアップされているが、当社は優秀な人材をローコストで採用できるチャンスと考えている。

また、平成18年11月にシンジケートローン組成により三重ナノテク生産技術センターを設立したことで、一層研究開発に拍車がかかってきており、機械商社の型にはまらない企業となっている。

(5) 成功要因

成功要因の一つに、社員の団結心がある。平成6年バブル崩壊により倒産の危機となり代表者が交代した。それと同時に社員が私財を投入し増資（1000万円から7000万円）その後減資により現在は5000万円）を行い会社存続に努力した経験が、社員の団結心を高めた。

また、当社が機械商社であるため市場をよ

くりサーチでき、ある程度売れ筋を予測できたことが大きい。



写真：測定装置 粒度分布計

(6) 直面した課題

当社は、もともと商社の為、社員のほとんどが文系出身者である。従って化学・物理に詳しい社員がほとんどいなかったため、専門用語が飛び交う業界への進出・営業は、困難を極めた。又、その後の実験室開設、新製品開発も見よう見真似の手探り状態であった。

当初は、金融機関へのナノテク知名度は低く、目に見えないものへの投資（融資）は、なかなか得られず、商社部門の運転資金からのやりくりが続いた。

(7) 行政とのかかわり

平成11年には、愛知県中小企業創造法認定を受け900万円の補助金を受けた（百数十社中7社のみ）。このことで当社のナノテク事業の知名度は上がり、金融機関との取引もスムーズになった。行政・金融機関からの指導及び協力に対しては感謝しており、今後も関係を大切にしたいと考えている。

(8) その他(アドバイス等)

社長は、知的財産はオープンにして共同開発するべきとのポリシーを持っている。ナノテクは奥が深く大手企業であっても1社だけ

では開発は難しく、協力することが必要である。

当社は、ナノテク分野の情報を多数持つという商社の強みを生かし、企業同士の紹介を行うなどコーディネート役を果たしている。

企業プロフィール

吉田機械興業 株式会社

代表者：高橋 幸悦

所在地：名古屋市熱田区桜田町3-13

資本金：50,000千円

従業員数：47名

事業内容：機械商社

TEL：052-882-2511

<http://www.yoshidakikai.co.jp>

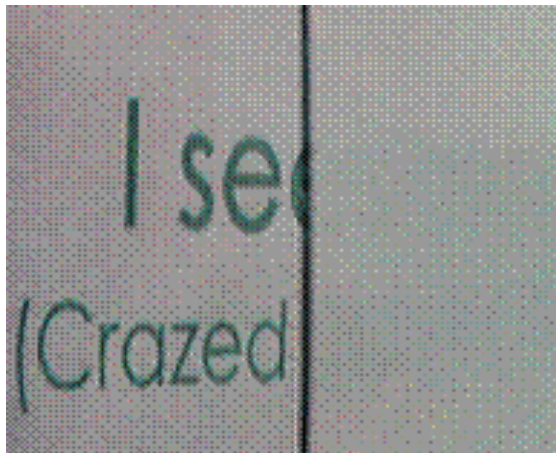
事例7 株式会社 ナック

(1) ナノ技術・製品の概要

当社の代表製品「モノトランフィルム」は、ナノサイズの無数の孔（5～20ナノメートルの穴）を持つナノ多孔質フィルムである。当社は、ナノ多孔質体の発生をミクロンオーダーで制御する独自の技術を開発し、その特性により携帯電話の覗き見防止フィルム（シェア40%）や農業用微細泡発生装置、魚運搬用微細泡発生装置等の商品化に成功している。

産学連携における一桁ナノテク商品を開発したのは、当社が日本で最初の企業であるとも言われている。

18年11月には、当社は中部経済連合会「新規事業中経連大賞」の奨励賞を受賞している。



写真：視野選択性機能（右半分加工処理）

(2) ナノテク導入のきっかけ

平成10年、岐阜県知的所有権センターの松永氏（特許流通アドバイザー）の紹介により、岐阜大学の三輪先生、武野先生の発明したシーズ（高性能フィルム：クレーズフィルム）を元に研究を開始した。

研究開始当時、既に先行企業15社がこの高性能フィルムの開発に乗り出していたが、先行企業は開発に失敗し、成功したのは当社

のみであった。

(3) 優位性・効果(可能性)

「モノトランフィル」の主な機能として、

- ①視野選択機能（光乱反射がおこり、角度により物が見えなくなる）
- ②気体透過性機能（フィルタ機能により液体を通さず、気体のみ透過する）
- ③微細泡発生機能（圧力を使い、ナノサイズの微細な泡を発生させる）

がある。

この中で③微細泡発生機能では、鮮魚輸送に効果を発揮する。通常の泡では、魚の鱗の粘膜がはがれるなど魚にストレスを与えるため、鮮度が落ちてしまうが、微細泡では泡が水中をゆっくり漂い、泡自体も魚に付きにくく、魚が元気な状態で輸送可能である。また、この装置を使うことで、水槽中の酸素が過剰になることも防ぐことができる（酸素過剰であると、酸素焼けの状態となり魚の視神経が侵される）。この商品は、活魚運送関係者から引き合いが多数きている。

また加工技術を応用したものとして、現在は携帯電話の薄型バックライトフィルム（当社0.1ミリ 市販2ミリ）も開発中である。

(4) 研究開発体制

研究体制は社長に優秀な社員3名で新技術や知的財産管理を行っている。部外者が入室できないセキュリティルームも完備するなど多くの中小企業に比べ、研究開発体制は充実している。

(5) 成功要因

当社には、研究に対する熱い思いが社風としてある。「モノトランフィルム」開発に試行錯誤を重ねながらも成功したのは、決してあ

きらめない気持ちがあったことが一番と話す。失礼な言い方かもしれないが、社長は好奇心とチャレンジ精神が旺盛であり、それに社員もうまく引っ張られているようである。



写真：微細泡発生装置

(6) 直面した課題

平成17年には、新社屋を建設するほど業績好調な当社であるが、資金繰りの点で今でも社長には苦い思いがある。研究開始から3～4年経過した頃、既に3億円以上の研究開発費がかかっており、社長の私財も相当投入していた。その時、メインバンクから貸しはがしを受け、企業存亡の危機に陥った。

銀行には特許や知的財産を評価する能力が乏しく、製品開発まで融資返済を待てないのが難点。キャッシュフローを生み出すまでに、基本特許10年、機能特許5年、商品特許2年は必要であり、金融機関にも製品開発には時間がかかるものという認識を持って欲しい、と社長は言う。

(7) 行政への要望

研究を続ける上で、資金調達が有利になるとの思いから創造法認定を受けたがあまり効果もなく、実態のあるものにして欲しい。

また、知的所有権保護の問題もあり、特に大企業の見方が厳しく共同開発までこぎつけるのは大変である。知的所有権の標準化を望

むとのこと。

(8) その他(アドバイス等)

ナノテク製品を開発するにあたり、社長が一番感じている事は、「やりだした限りは最後までやりぬく気概を持つ」ということである。社長も、資金繰りで大変な思いをした時期もあったが、絶対諦めなかったとのこと。

ただし、研究開発には時間と資金が必要であるのも事実であり、これから研究開始する企業は、できるだけ自己資金で研究を続けることができる内部留保を蓄えたほうがよいとのこと。

また、社長は6年前から特許アドバイザーの委員を努めている。私的アドバイザー育成に尽力し、特許の商業化への基盤づくりを目指すことをライフワークとして活動している。

企業プロフィール

株式会社 ナック

代表者：中島 洋司

所在地：岐阜県関市倉知藤谷西ヶ洞 2900-1

資本金：50,000 千円

従業員数：33 名

事業内容：一般部品加工 アイデア商品開発

TEL：0575-24-2218

<http://www.nac-nmg.com>

事例8 株式会社 早川バルブ製作所

(1) ナノ技術・製品の概要

当社は水道の止水栓などを製造する業歴50年以上のメーカーであり、平成17年、「PCF処理」(P=Pb鉛 C=Crクロム F=Free)というめっき工程における表面処理技術を開発した。

水栓金具等の部品には、鉛が含有する銅合金が使用されており、さらに、製品には六価クロムを使用したクロムめっきが施される。通常のNi・Crめっき工程は、まず銅合金の表面に存在する鉛を効果的に除去した後Ni・Crめっきを施すものである。

当社が独自に開発の新技术は、その施されたクロムめっき上に必然的に形成されるクロメート皮膜をも除去し、六価クロムフリーとした表面をリン酸等により表面改質を行う処理工程である。

クロメート被膜とは、オングストローム単位(1オングストローム=0.1ナノメートル)の被膜であり、一連の処理工程により鉛の溶出を抑えるとともに、六価クロムフリーを実現した。

鉛・六価クロムは欧州連合(EU)の「有機物質規制、電気・電子機器に使われる特殊有害物質の使用制限」(RoHS指令)で一部使用が規制されたが、当社の処理技術はこれにも対応できるものである。



写真：止水栓

(2) ナノテク導入のきっかけ

「PCF処理」技術は、当社がもともと所有しているめっき表面処理技術の延長線上にあるものである。したがって、クロメート皮膜除去については結果的にナノオーダーとなったものであり、初めからナノテクと考えたことはないとのこと。

そもそも、水回り製品のめっき処理においては現在のところRoHS指令の対象外である。しかし水は人間が健康に生活する上で欠かせないものであり、消費者から高付加価値の製品の要求が今後高まるとの思いから「PCF処理」技術の開発に踏み切ったのである。

現在は、マーケットがそこまで要求しておらず、売上にはほとんど貢献していないが将来の売上増加を期待している。

(3) 優位性・効果(可能性)

岐阜県の給排水用バルブ・コック出荷額は全国の4割弱を占めており全国シェア一位である。その中でも当社のある山県市は関連メーカーが集積しているが、「環境配慮」をテーマに独自性を出しながら事業展開する方針である。

平成18年に、他県の配水管製造会社が「PCF処理」による鉛・六価クロムフリーのめっき処理技術に着目し、同社との取引開始に至った。このことは当社にとって、研究開発を進める上で自信を深める要因となった。

(4) 研究開発体制

当社の従業員110名(内パート20名)の内、研究開発部門は約10%を占める。研究開発型企業として、さらに増員を計画しており新製品開発に力を入れている。

(5) 成功要因

生活者の飲食に対する安全性欲求は近年ますます高まっている。そして、その中でも水は最も大切な物の一つである。日本ではこれまで「水と空気はただで安全」であることが当たり前と考えられてきたが、最近では疑問に思う人が増えてきた。

当社は、健康面、環境面に配慮した製品を開発することは、ごく自然な流れであったと考えている。

(6) 直面した課題

「PCF処理」については、他の企業も取り組んでおらず独自開発技術であったため、初期段階ではうまくいかないことも多かったが、社員の努力とこれまでの経験でカバーしつつ開発にこぎ着けた。

さらに、当初は「PCF処理」について、あまり注目されず、報われないという思いもあったが、最近は引き合いがくるようになり、今後も注力していく方針である。

また、現在は新たな技術開発にも着手しており、社員一丸となり開発に向けて努力しているとのこと。

(7) その他(アドバイス等)

やはり、「餅は餅屋」との思いがある。

当社は、金属の表面処理については自信を持っているが、それ以外の事で技術開発を行えと言われたら無理だと考えている。

中小企業にとっての「ものづくり」には、自社のもともとの得意な技術を極め、ナンバーワンよりもオンリーワンになる事こそ大切なのではないか。

企業プロフィール

株式会社 早川バルブ製作所

代表者：早川 徹

所在地：岐阜県山県市佐野 352

資本金：78,000 千円

従業員数：110 名

事業内容：配管工事用付属品製造業

TEL：0581-52-1535

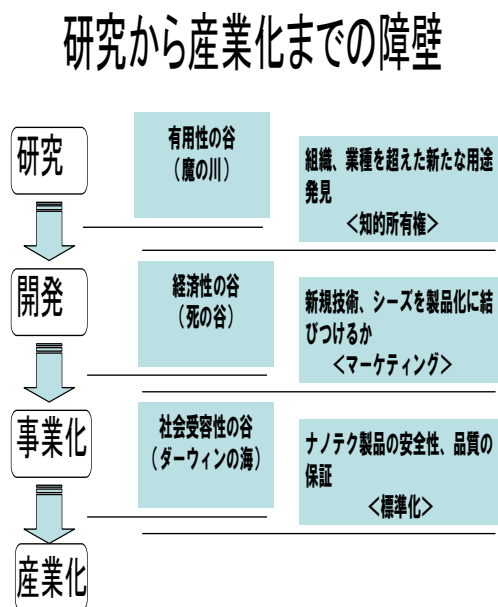
<http://www.hvs.co.jp>

第3章 調査事例の分析

1 研究から産業化までの障壁

ナノテクはさまざまな可能性を秘めている。とはいえ、企業がそれによって収益を上げられるかどうかは切実な問題である。一般的に「研究」「開発」「事業化」「産業化」のプロセスの中で「有用性の谷（魔の川）」「経済性の谷（死の谷）」「社会受容性の谷（ダーウィンの海）」が存在すると言われている。

この内、ナノテクはさまざまな業種がかかわるため、有用性の谷が大きいことが特徴である。



ナノテクでは「有用性の谷」が大きいのが特徴

今回の事例調査においても、ほとんどの企業がナノテク製品（技術）を開発するにあたり、さまざまな障害に直面し、それを克服してきたことが伺える。ここでいくつかの切り口から聴取した事項を考察していきたい。

2 個別の調査項目の検証

なお、事例調査の意見を「 」とした。

(1) ナノテク導入のきっかけ

- 「企業が生き残りを図るため必要であった」

意外にも事例企業の多くが、一度は倒産に近い危機を経験している。生き残りのために、社長を始めとして社員が真剣に知恵を出し合った結果の産物とも言える。

- 「コーディネート機関からの紹介」

大学等が保有するシーズについて興味はあるものの企業側からは敷居が高いと感じている。社長が普段から人脈形成に努め、チャンスを見逃さない姿勢が功を奏した例である。

- 「社会貢献、環境調和」

社長の理念を実現させているケースもある。ナノテクを使うことにより、社会的な要請に順応することができたという点で理想的であると考えられる。

(2)成功要因

- ・「社長が研究開発に熱心」

やはりトップの熱意が重要であり、社員がそれに引っ張られるというケースが多い。中には社長が20年以上温めてきた技術を実現させているケースや、従業員全員が帰った後に社長が1人で機械を製作しているケースもあった。

- ・「マーケット調査・タイミング」

市場が要求するようになってから開発していたのでは遅いということである。成功企業は市場がそこまで要求していなくても、自社製品が市場を変えるくらいの気概を持って取り組んでいる。

- ・「自社の従来からの技術の延長」

資金的に制約の多い中小企業では重要な戦略である。リスクを少なくして結果を出さなくてはならないため、必然的にそうせざるを得ず、ほとんどの企業が回答している。

(3)ナノテク導入の効果

事例企業における、ナノテク製品（技術）が売上に占める割合については、10%未満から多くても20%程度である。従ってナノテク製品（技術）が、売上に直接貢献しているケースは少ない。事例企業はナノテク企業と称されている企業ばかりであるので、これは正直言って驚く結果であった。ただし、ナノテク技術を使った製品の利益率は従来品に比べるとかなり高く、今後売上に占める割合は増加していくものと各

社とも考えている。

- ・「新規顧客開拓につながった」

間接的な効果として自社の技術力の証明となりという意見もある。ナノレベルの技術力をベースに持つことは、ユーザーに安心感を与えることとなり、従来品の新規取引が増加している。現在の所はこちらの（間接的な）効果の方が大きいようである。

(4)直面した課題

- ・「資金の確保・人材の確保が難しい」
- どの企業も「直面した課題」として挙げている。このことについては、中小企業にとっての宿命のようなものであるので、次の「行政への要望」のところで考察したい。

- ・「成熟市場分野への参入障壁が高い」
- ・「当初は見込みがはずれて全く売れなかった」

ナノテクだからといって、各社とも即うまくいくとは限らないが、どこか1箇所でも自社が強みを持つ（プラスワン）技術があればなんとかなるとの手応えも感じている。

- ・「金融機関から貸しはがしを受けた」
- 金融機関に知的財産を評価するシステムが無く借入金返済を要求されたケースもある。研究段階から製品化に至るには数年以上要することから、金融機関の対応次第では途中で研究が頓挫することも考えられる。資金力の弱い中小企業にとっては切実な問題である。

(5)行政への要望

「資金の確保・人材の確保」についてやはり行政への要望が集中している。

・「研究開発助成金の申請書類の簡素化」
申請書類が複雑すぎて、初めから諦めている企業もある。中小企業にとって申請書類作成はかなりの負担であり、書類作成を助成するコーディネイト機関の充実が必要である。また、書類だけではなく行政担当者が実地調査も含めて審査して欲しいとの要望もある。

・「創造法認定により資金調達にメリットを付与する」

創造法認定による効果については、良かったとする意見と、意味がなかったとする意見とに分かれた。

平成18年に中小企業金融公庫により「ものづくり高度化支援融資」が創設され、研究開発費等の借入に対し優遇措置がとられている。しかし、創造法認定によって借入が保証されるわけではないため（保証制度はあるが要件が厳しい）、認定企業の期待を裏切らないためにも行政の役割が期待されている。金融機関や信用保証協会も含めた対応が必要である。

・「大学や研究機関の優秀な人材を民間企業が利用できる制度が欲しい」

産学交流の形として、研究者が実際に民間企業である期間仕事をすることができれば、もっと成果が挙がり、ものづくりに資することができるのでは、とする経営者もある。

・「知的所有権の保護」

知的所有権の運用について、交通整理係を行政に望む意見がある。

ナノテクは複数企業の共同により開発されるケースが多いが、どうしても知的財産が大企業側に有利に運用される傾向がある。中小企業の技術開発意欲を損なわないよう行政の配慮が求められている。

(6)その他

事例企業の調査で、各企業がナノテク製品（技術）を開発するにあたり、その中で得た教訓を伺った。さまざまな成功（失敗）体験を持つ経営者の方々の意見であり、参考となる。諺（ことわざ）で表現されることが多かったので、ここでもそうさせて頂く。

・「餅（もち）は餅屋」

自社の既存技術の延長が、ナノレベルの技術となったに過ぎない。中小企業が開発できることは、資金面でも限られるため得意分野を極めていくことが成功への早道である。

・「思いついたが吉日」

良いと思ったことは、すぐにやってみることが大切である。小回りの良さが中小企業の良いところであるので、場合によっては即決も必要である。

- ・「まかぬ種は生えぬ」

当然失敗もあるが、いろいろやってみることは大切である。だめだと思っても日の目を見るチャンスがいずれ到来する。市場は細分化されており、ニッチ分野が中小企業の得意とするところである。

- ・「山椒は小粒でもぴりりと辛い」

中小企業が単独でナノテク分野で製品開発することは難しい。共同開発で生き残っていくためには、何か1つはどこにも負けない技術や優位性を持つことが大切である。

- ・「己を知れば百戦危うからず」

中小企業は資金的な制約から、測定設備に資金投入しない傾向にある。品質向上には、自社で製品や技術を測定し、レベルを把握することが必要である。

コーヒーブレイク

一円玉1個に含まれるアルミニウム原子の数は？

22×10の21乗個 (210 垓 個)

人類70億人に配ると

1人当たり3兆個となる



第4章 行政等の取組状況

1 国の状況

平成7年11月 「科学技術基本法」施行
日本の未来を切り開く道は、独自の科学技術を築くことが必要であり、日本が「科学技術創造立国」を国家戦略として打ち立てるため制定された。

平成8年度～12年度 第一期科学技術基本計画
科学技術基本法に基づき総合的施策を強力に推進するため基本計画が制定された。

平成13年1月 総合科学技術会議
わが国全体の科学技術を俯瞰し、各省より一段高い立場から、総合的・基本的科学技術政策の企画立案及び総合調整を行うことを目的とし、内閣府設置法（平成11年法律第89号）に基づき、「重要政策に関する会議」の一つとして内閣府に設置された。

（13年9月にはナノテクノロジー・材料分野推進戦略が発表され、重点領域における研究開発の項目を次の通り定めている。

1. 次世代情報通信システム用ナノデバイス・材料、2. 環境保全・エネルギー利用高度化材料、3. 医療用極小システム・材料、生物のメカニズムを活用し制御するナノバイオテクノロジー、4. 計測・評価、加工、数値解析・シミュレーションなどの

基盤技術と波及分野、5. 革新的な物性、機能を付与するための物質・材料技術)

平成13年度～17年度 第二期科学技術基本計画

推進すべき研究開発の重点4分野（ライフサイエンス分野、情報通信分野、環境分野、ナノテクノロジー・材料分野）の中でナノテクノロジーが盛り込まれる。

平成18年度～22年度 第三期科学技術基本計画

政策課題対応型研究開発における重点化として、重点推進4分野（ライフサイエンス分野、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材料）、推進4分野（エネルギー、ものづくり技術、社会基盤、フロンティア）が選定され、引続きナノテクノロジーが盛り込まれている。

ナノテクノロジーの重要な研究開発課題を、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つとし、具体的な研究開発目標や成果目標を定めている。

2 中部圏の状況

(1) 地域クラスターの進捗状況

①文部科学省が進める知的クラスター構想
地域の独創的なシーズを持った大学・公的研究機関等を核として、研究開発型企業等が参画し、連鎖型の産学官共同研究を実施する「研究開発能力の拠点」を創設することを目的としている。

②経済産業省が進める産業クラスター構想
産学官の広域的な人的ネットワークを形成し、経済産業省の地域関連施策を総合的・効果的に投入することにより、地域において成長性のある新規分野を開拓する産業・企業を創出することを目的としている。

(2) ナノテクに関連する各団体について

① (財) 中部科学技術センター

<http://www.cstc.or.jp/>

文部科学省・経済産業省の共管の広域地域団体である「中部科学技術センター」では、「ナノテクノロジー研究交流会」「東海ナノプロセスマテリアル研究会」を設置し、シーズ発表や講演会等を開催している。ものづくり産業の発展に資するため、産学官の人的ネットワークを構築し、ナノテクノロジーの研究開発の促進と産業界への展開を加速させている。

②研究成果活用プラザ東海

<http://www.tokai.jst-plaza.jp/>

東海地域における科学技術振興機構の活動拠点として創設。大学等の研究シーズを紹介する等、産学官の試験研究をコーディネートしている。随時ナノテクセミナー等を実施している。岐阜分室（岐阜市柳戸1-1 岐阜大学 産官学融合センター内）も設置されている。

③ (社) 中部経済連合会

<http://www.chukeiren.or.jp/>

ナノテクのワンストップ窓口として名古屋市のファインセラミックスセンター内に平成19年4月ナノテクセンター設置。最先端の電子顕微鏡を設置し世界でも最先端のナノテクノロジー醸成を目指す。

3 岐阜県の状況

岐阜県研究開発財団（岐阜県）が岐阜県の委託によりナノテク支援事業を行っている。

（財）岐阜県研究開発財団

<http://www.gikenzai.or.jp/>

<主な支援事業>

①「プロジェクト創出研究会」

ナノテク、バイオ、環境・福祉、リサイクル、メカトロ・プロセシングの各分野に関する研究会を主に採択する。

大学、高専等が持つシーズを事業化する目的で、企業が参加する新規プロジェクトの芽出しのための研究会の運営を財団が支援する。この内ナノテク、バイオ分野は産業政策課からの委託。

②「先端産業人材チャレンジセンター」

岐阜県が進める人材チャレンジセンターの一環として平成16年4月に開設。運営団体は財団法人岐阜県産業経済振興センター。

ナノテクの人材育成・学習を目的として、企業や研究機関の研究者・技術者を対象にナノテク研修を実施している。

平成18年度は（社）岐阜県工業会に委託し、「超精密加工（ナノ加工）」について全7課程の研修を実施した。

4 岐阜県産業経済振興センター

<http://www.gpc.pref.gifu.jp/>

<事業目的>

岐阜県の産業経済に関する調査及び研究を実施するとともに、中小企業に必要な情報事業を総合的に行い、創業及び経営基盤の強化、経営の合理化・安定化、新産業の育成その他中小企業の経営環境を改善するための事業の推進を図り、もって岐阜県の産業経済の健全な発展に寄与する。

当センターにおいても、県内中小企業をサポートするためにさまざまな活動を行っている。

ここで、ナノテクノロジーにも役立つ事業について一部であるが紹介させていただく。ぜひとも活用していただきたい。

① 取引推進

優秀な技術、製品を紹介し取引の拡大を支援する。

② 設備導入

新鋭設備導入にあたり、設備資金貸付、設備貸与を行う。

③ 事業創造支援

異業種交流グループへの助成と情報提供を行う。

終わりに

当センターでは、県内企業が社会経済の環境変化に対応し、今後とも発展していくために役に立つ調査研究を行っている。

これまでに数百のテーマについて調査研究を行っているが、近年急速に注目されるようになった「ナノテクノロジー」は当センターにとって初めてのテーマであった。

実際のところ、本調査研究は暗中模索のような状態からのスタートであったものの、事例企業の担当者の方々、並びに各団体の関係者の方々には格別なるご協力を賜り、なんとか当初の目的に近づくことが出来たのではないかと思料する次第である。

さて、皆様は「ナノテクノロジー」と聞いてどのようなイメージをお持ちになるでしょうか。私がこの調査研究を進めていく中で当初感じたことは「ナノテクノロジー」には二つの面があるということである。

一つは学問としての「ナノテクノロジー」であり、もう一つが産業としての「ナノテクノロジー」である。

つまり、先行する学問に産業がキャッチアップできておらず、二つの「ナノテクノロジー」の間には大きな差があるため、まるで別の分野と錯覚することがあったのである。

しかし、最近では産学双方の努力の結果、二つの「ナノテクノロジー」が接近しつつある（事実、産学共同による製品開発が多数見られる）ということが、調査研究を進

めるにつれてわかってきた。

特に大学をはじめとする研究機関が産業化を念頭に置き研究を進めており、それに企業が呼応してきているのではないかと個人的には理解している。

かかる中、本調査事例にもあるが、行政の果たすべき役割も期待されている。行政側から、企業にとって有益な取組が多数なされてはいるものの、まだまだ衆知されていない部分もあり企業が100%活用しているとは言い難い。

今後は、あくまでも主役である企業から、さらに利用したいと思ってもらえる活動も大切になってくると考える。

いずれにせよ、「ナノテクノロジー」は将来有望な分野であることは間違いない。ナノテク周辺にはビジネスの種が転がっていると云っても過言ではなく、産学官がうまく融合することで一層の発展が期待できるのではないだろうか。

当センターも、この波に乗って岐阜県の産業経済発展のため企業をサポートするという責務を果たすべく、一層の積極的活動をしていく所存である。

○ 参考文献

- ・ ナノテクノロジー入門 川合知二著 (オーム社)
- ・ ナノテクノロジー 産業技術総合研究所
- ・ ナノ材料化学 横山浩著 (オーム社)
- ・ 図解ナノテクノロジーのすべて 工業調査会
- ・ ナノテクノロジー大辞典 工業調査会
- ・ ナノテクの衝撃 日刊工業新聞社
- ・ ナノテクビジネス指南 小林俊一 監訳 (丸善)
- ・ ビジネスとしてのナノテク大全 野村総合研究所
- ・ 別冊日経サイエンス138 ここまできたナノテク 日経サイエンス編集部
- ・ ナノテクノロジーと超精密位置決め技術 大塚二郎著 工業調査会

○ 参照ホームページ

- ・ 文部科学省 ナノテクノロジー総合支援プロジェクトセンター
<http://www.nanonet.go.jp>
- ・ (独行) 産業技術総合研究所
<http://www.aist.go.jp>
- ・ 経済産業省
<http://www.meti.go.jp>
- ・ (社) 日本経済団体連合会
<http://www.keidanren.or.jp>
- ・ (独行) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) <http://www1.infoc.nedo.go.jp>

本誌に関するご意見やご要望は、下記宛へお願いいたします。

平成19年（2007）3月発行

編集発行 財団法人岐阜県産業経済振興センター
〒500-8384 岐阜市藪田南5丁目14番53号
岐阜県県民ふれあい会館10階

TEL：058-277-1082（情報支援部）

FAX(058)273-5961 または(058)277-1095

URL：http://www.gpc.pref.gifu.jp

E-mail：chosa@gpc.pref.gifu.jp

定価 300円（税込み） ●落丁本、乱丁本はお取り替えます。●無断で本書の全体または一部の複写、複製を禁じます。

この機関誌は、岐阜県からの補助金を
受けています。

平成19年3月

財団法人岐阜県産業経済振興センター