

## TODAY

## 電子線ナノリソグラフィの開発戦略



(株)クレストック 代表取締役

## 大井 英之

21世紀の科学技術の中核で、産業競争力の源泉と言われているナノテクノロジーが注目されている。分子生物学、医療、高機能材料や工学等の異分野が融合した研究領域が切り開かれ、ナノテクノロジーの活用によって新産業創出につながる事が期待されている。

半導体分野では、100nmノード以降に対応する次世代リソグラフィの開発が今世紀最大の技術課題の一つであり、その開発競争が全世界的レベルで行われている。生命は、ミクロンサイズの細胞よりもはるかに小さいDNAやアミノ酸等ナノサイズの分子や超分子を利用していることがわかってきており、テーラーメイド医療に必要なマイクロ・ナノバイオシステム等にナノ加工技術を応用しようという機運が高まっている。次世代以降の光ディスク原盤の溝やピットも200nm以下のナノ加工を必要としている。

このように半導体だけでなく、他の産業分野からのナノ加工に対するニーズの高まりのなかで、電子線ナノリソグラフィ技術に注目が集まっている。それは、電子線がもつ高いポテンシャルによるところが大きい。荷電粒子である電子は、そのエネルギーや軌道を電界や磁界によって自由に制

御できる。それは人類が手に入れた道具として、その高速性、極微細性や制御性に最も優れたものと言える。

光加工においては、光源の波長の2分の1が加工限界となっている。ちなみにF2レーザー光は157nmの波長をもっている。一方、電子線の波長は加速電圧50kVで0.00535nmであり、波長が加工限界にはならないし、かつ1nm以下のビーム径も可能なため超微細加工ができる。

電子線リソグラフィは超LSI製造における光マスクの作製には欠かせない道具となっている。しかし、それだけでは電子線のポテンシャルを生かし切れていない。電子線による表面分析装置の分野では、透過及び走査電子顕微鏡、X線マイクロアナライザ、走査トンネル顕微鏡等が広く社会に浸透している。一方、ナノ加工プロセス装置である電子線リソグラフィの産業分野への貢献度は十分とは言えない。

すでに当社は、次のような電子線ナノリソグラフィを開発した。5nmレベルの極細線の加工や、10nmのつなぎ精度で50mm角チップのマスクや金型を作製できる。平面だけでなく凹面・凸面の基板上に3次元の回折光学素子の加工が可能である。0.0012nmの分解能で回折格子の周期を加工できるので、ブロードバンド光通信用の多波長半導体レーザーを生産できる。これらは研究開発用だけでなく、生産用の装置開発も目指している。

最近、JRCMを管理法人として「X型大電流電子ビームによる高密度・高速描画装置」を産官連携で共同開発している。これは、真空中の回転テーブルを回転及び直動させながら、電子線でスパイラル状に溝やピットを形成する装置である。次世代以降の光ディスク原盤作製の量産装置と

して新市場創成が期待される。また、次世代リソグラフィ用電子線ステップパとして、「パターン情報内蔵型面放出ナノ電子源リソグラフィ」を産産学連携で共同開発している。これは、量子サイズナノ結晶シリコンがナノ構造制御によって、高電界下で多重トンネル伝導による弾道電子放出を行うという新物理現象を利用した、「面放出ナノ電子源」

上にデバイスパターンを形成してウエハに等倍転写させる装置である。

このような電子線のもつポテンシャルをフルに生かした多様な電子線ナノリソグラフィ装置が、日本を発信基地として全世界のナノテクの研究者・技術者・生産者に受け入れられる日が近いことを願っている。

## JRCM REPORT

# 「地域におけるナノテクアクティビティ調査研究」成果報告

産学官連携グループ 松本信吾

## 1 はじめに

平成15年度に新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO技術開発機構)の委託を受け、ナノテク技術を保有する企業のリストアップとその企業の保有する製品・技術について調査し、「企業保有のナノテク・シーズに関する調査研究」として報告した。平成16年度は「地域におけるナノテクアクティビティ調査研究」をテーマに掲げ、さらなる調査を実施した。本年度の調査目的は、ナノテク技術を保有している企業が日本のどの地域にどのような分野の技術をもって存在しているかを調査するものである。

こういった観点から、本調査は大企

業のみならず、中小企業、ベンチャー企業を全国的に調査し、どの分野のナノテク技術がどの地域に存在するかを明らかにした。

その結果、昨年度のナノテク保有企業131社に対し、さらに239社を新たに抽出し、合計370社のナノテク企業をリストアップした。新規発掘企業のうち81社が「企業保有のナノテク製品・技術データベース」(<http://www.jrcm.or.jp/nanotechdb/greeting.asp>)にエントリーし、531製品・技術を収録した。

また、各地の大学のナノテク技術(研究)についても調査し、118大学454人の技術開発研究者を抽出した。

本調査報告はナノテク企業370社の分野別、規模別、地域別等の解析、並びに研究者454人の分野別、地域別の

解析を行った。

## 2 調査研究概要

ナノテクノロジーをビジネスに生かすために、昨年調査した企業を含む国内企業にアンケート調査を行った他、ベンチャー企業も含めた広範囲にわたる調査を実施した。対象企業は15000社以上、大学においては国公立、私立大学の研究者を対象に30000人以上にアンケート調査を実施した。

### 2-1 企業分析

平成15年2月に開催された「nano tech 2003+Future」に参加した企業並びに企業からの参加者約5300件に昨年同様の再調査を実施した他、上場企業約1600

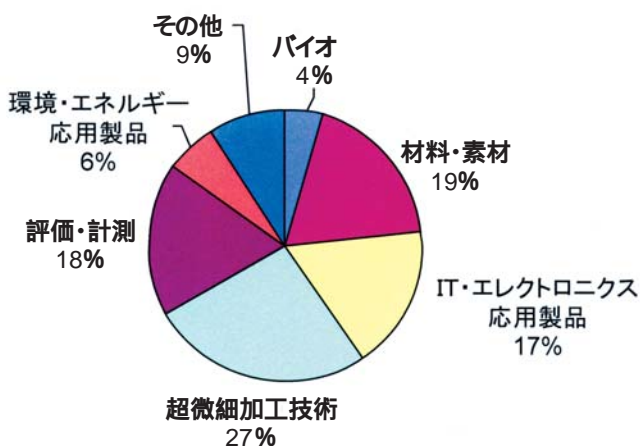


図-1 分野別比較

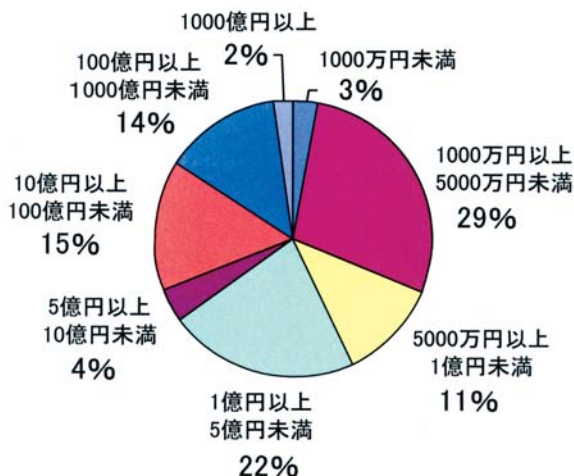


図-2 資本金比較

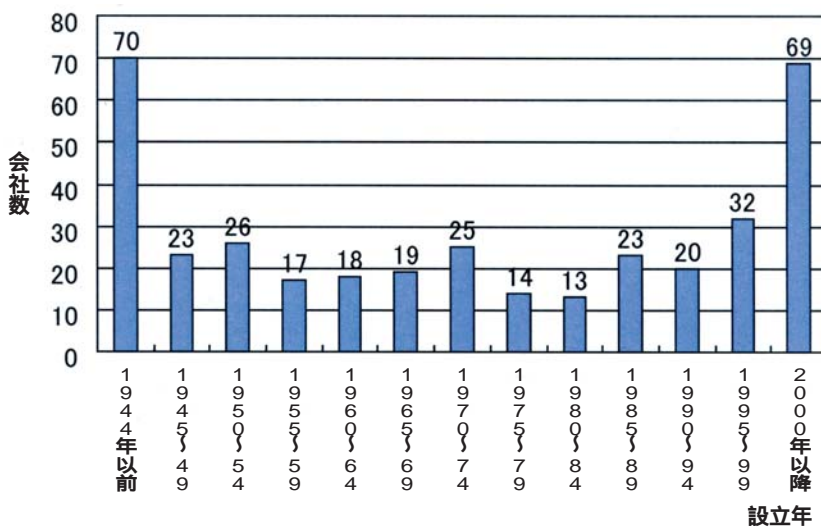


図-3 設立年比較

社、中小企業創造促進法の適用を受けた企業6000社以上、過去2年間で日経産業新聞または日刊工業新聞にナノテク関連記事で紹介された約700件、インターネット検索サイトでナノテク関連で検索された約700社のホームページを閲覧し、これらの企業の事業紹介中のキーワード等から、ナノテク関連企業を抽出した。これらの企業が保有するナノテクノロジーに関連する製品及び技術について、分野、資本金、従業員、設立年及び所在地域の比較を行った。

#### (1) 分野別比較

ナノテク分野を「バイオ」、「材料・素材」、「IT・エレクトロニクス応用製品」、「環境・エネルギー応用製品」、「超微細加工技術」、「評価・計測」、「その他」の7分野に分類した(図-1)。1企業で複数の分野がある場合は、複数の項目に該当するものとした。

今回の調査では、超微細加工技術に関するナノテク企業が一番多かったが、材料・素材、IT・エレクトロニクス応用製品、評価・計測も平均化された分布となった。バイオについては調査がまだ不十分であるため少ない数値を示しているが、最近のバイオ関連のベンチャー企業は相当数あると予想される。しかしながら、まだホームページができていないところもあり、今

回は雑誌等に掲載された企業を対象とした。環境・エネルギー応用製品は主に触媒関連であり相対的に少ない。その他の主なものは、ナノ技術のシミュレーション等のソフト会社である。

#### (2) 資本金及び従業員比較

ナノテク企業の規模を資本金と従業員数で比較した。図-2からわかるように、資本金でナノテク企業を分類すると1億円未満の中企業が42.8%(昨年調査28.2%)、1億円以上10億円未満の中堅企業が26.2%(同22.9%)、10億円以上100億円未満の大企業が15.1%(同39.7%)である。これは今回の調査で中小、ベンチャー企業を発掘できたことによる。従業員数による分析では資本金規模と同様な傾向にあり、10人未満14%、30人未満が全体の43%を占めた。

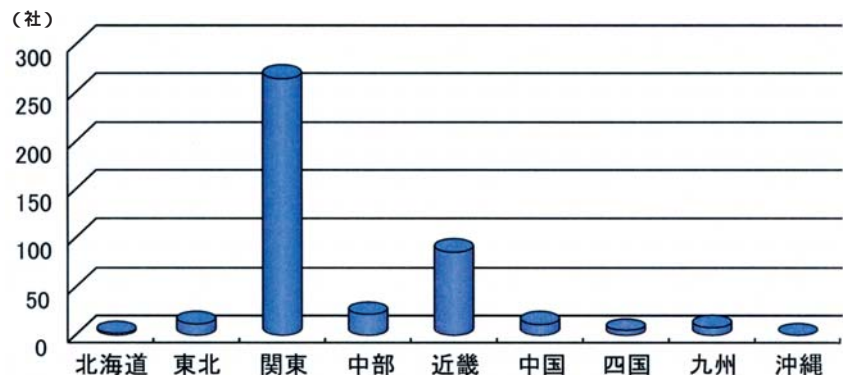


図-4 経済産業局別ナノテク工場分布

#### (3) 会社設立時期による分析

ナノテク企業の会社設立の時期による分析を行った。これは新しい技術であるナノテクノロジーを用いた製品を商品として出している企業では、最近に設立されたナノテクベンチャー企業がある程度を占有しているのか、それとも日本では新しい技術であるナノテクノロジーを古い企業が中心的に担っているのかを会社の設立時期との関係で分析を試みた。

図-3からわかるように、2000年以降に設立された企業が69社、1995～1999年設立が32社とナノテク関連の中小企業、ベンチャー企業が最近急激に増加したことを示している。一方、1944年以前に設立された企業も多いことがわかる。これは新しい技術であるナノテクノロジーといえども、日本の場合には戦前から技術を蓄積している企業が、蓄積された技術の裏付けのもとにナノテクノロジーに取り組んで製品を出していることがわかる。

#### (4) 地域別による分類

図-4からわかるように、関東経済産業局の地域内での製品数が圧倒的である。これは本社が東京等にあるためにこのような結果になった可能性があるが、東京以外に工場がある企業で東京が本社機能のみとすると、東京はこの表から53社減じた数となる。

ナノテク企業は関東、中部、近畿で合計95%(本社所在地)となる。本社機



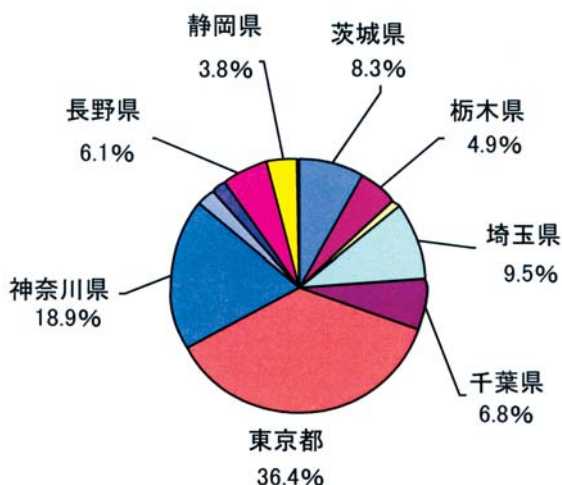


図-5 関東経済産業局内県別分布

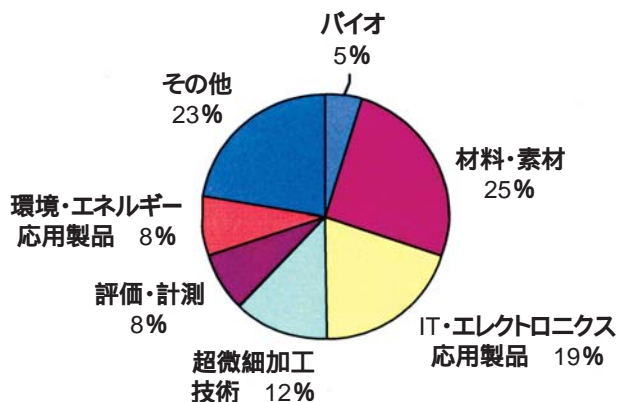


図-6 研究者分野別比較

能だけの東京事業所を除いた工場分布でも関東、中部、近畿の合計は91%となる。これは製造業全体の分布（中小企業振興公社等の登録企業から推定すると50%）と比較し、大きく偏っていることとなる。情報、有力企業が集まる地域に最先端技術であるナノテク企業が集中していることを示している。

図-5に関東経済産業局内の県別分布を示す。関東圏では東京都が圧倒的多数ではあるが、神奈川県、埼玉県も比較的多い。特に茨城県（つくば市）は、（独）産業技術総合研究所の中心的な研究組織があり、また企業の研究組織も多く集まっており、最近では産業技術総合研究所発のベンチャー企業も出てきている。

中部圏では愛知県に集中している。近畿圏では大阪府、京都府、兵庫県が多く、いずれも大都会を擁している県にナノテク企業が集中している。

## 2-2 ナノテク研究者分析

企業と大学のマッチングを図ることを目的に大学研究者の調査を行った。全国の国公立及び私立大学、高等専門学校の実験室を対象に、JRCMが過去に電子メールによりアンケートを実施した約24000人、及び今回新たにメールアドレスを保有していない約8000人

に郵送によるアンケートを実施した。その結果、ナノテク関連を研究している454人をリストアップした。

### (1) ナノテク分野別の分析

ナノテクの分野を企業分析と同様に7分類した(図-6)。1研究者で複数の分野がある場合は複数の項目に該当するものとした。

研究者の研究分野は複数の分野にまたがっている。これは分野別では材料・素材関係が25%と多く、同時にその素材を使った超微細加工の研究やIT関連の研究を行っていることによる。その他の分野は、研究がナノの基本的なことを深く専門的に研究している分野を特定できにくいものを「その他」としたためである。

### (2) ナノテク研究者の地域的な比較

研究者を経済産業局別に示す。図-7からわかるように関東、近畿圏は多

いものの、大学所在地の分布によるところが大きい。企業のような大きな偏りはない。

## 3 結言

(1) 研究者のナノテク分野は基礎研究である材料・素材が大きな比率を占めており、これらを企業のナノテク産業に生かすことが重要である。

今後、ナノテク企業への研究者の紹介等を行い、産学官の連携を強化する必要がある。

(2) 中小企業、ベンチャー企業が多いが、現実にはこれらの技術を取り入れたビジネス化が進んでいないのが実体である。今後、NEDO技術開発機構等で提案公募事業等に新しい制度を導入し公募する際には、ナノテク企業にデータベースを介してこれらの事業を直接紹介する等の工夫を加えること

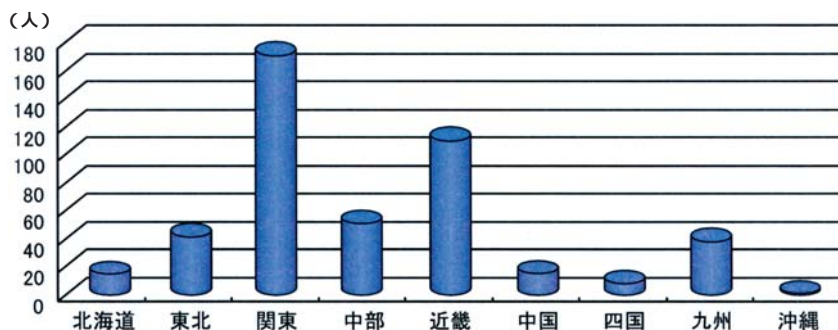


図-7 研究者の経済産業局別分布

---

により、大企業、中小企業、ベンチャー企業が一体となってナノテク産業の発展を推進できる体制を構築する必要がある。

(3) 今回の調査で企業所在地の偏在が予想以上に大きいことがわかった。これは地方産業の発展に何らかの問題があると言わざるを得ない。この問題

を少しでも解消するため本データベースをさらに充実させ、地方においても同業の情報を共有できるシステムの構築が必要である。

# 平成16年(2004年)の年間主要記事索引

## TODAY (巻頭言)

大学発ベンチャー企業 (社)首都圏産業活性化協会専務理事 井深 丹	20㉙(1月)
「自信」と「期待」 慶應義塾大学理工学部長 稲崎一郎	20㉚(2月)
環境問題と環境ビジネス 経済産業省環境調和産業推進室長 國友宏俊	20㉛(3月)
理事長就任のご挨拶 JRCM理事長 澤田靖士	21㉜(4月)
新しい研究開発と発想力 愛知学院大学歯学部特殊基礎研究教授 福井壽男	21㉝(5月)
金型作り40年 (株)ツバメックス代表取締役社長 賀井治久	21㉞(6月)
日本発の独自技術の開発を 大阪大学大学院基礎工学研究科教授 小坂田宏造	21㉟(7月)
「法人化・戦略・産官学連携」雑感 東京大学大学院工学系研究科マテリアル工学専攻教授 吉田豊信	21㊀(8月)
技術革新を生むもの：融合・連携の意義と幻想 大阪大学大学院工学研究科教授 豊田政男	21㊁(9月)
窒化物 名城大学理工学部教授 天野 浩	21㊂(10月)
エネルギー対策雑感 北九州市立大学国際環境工学部環境化学プロセス工学科教授 藤元 薫	21㊃(11月)
電子線ナノリソグラフィの開発戦略 (株)クレストック代表取締役 大井英之	21㊄(12月)

## JRCM REPORT

Zr-Ni系アモルファス膜利用メタノール改質水素 製造装置の開発 産官学連携グループ 鈴木育郎	20㉙(1月)
省エネ・環境調和型半導体接続技術(超微細コアボール)の開発 環境・プロセス研究部 田中將元、加山恒夫	
難加工マグネシウム合金大型板材の高効率量産プレス成型金型 に関する開発研究 産官学連携グループ 渡部正孝、沼田守正	

難成型材のプレス加工用のマイクロ金型に関する研究開発 産官学連携グループ 渡部正孝、沼田守正	
鉄鋼材料の破壊靱性評価手順の標準化 鉄鋼材料研究部 櫻谷敏和	20㉚(2月)
「省エネルギー型金属ダスト回生技術の実用化開発」 の研究計画概要 環境・プロセス研究部 古川 武	20㉛(3月)
平成16年度JRCM事業計画及び収支予算(概要) 「高融点生体用特殊合金の溶製と連続鍛造システム 技術の開発」終了報告 産官学連携グループ 小林秀夫(現:JFEスチール(株))	21㉜(4月)
「全焦点映像利用3次元長さ計測技術の確立とシステム の開発」終了報告 産官学連携グループ 小林秀夫(現:JFEスチール(株))	
自動車リサイクルに係る処理技術等の調査 環境・プロセス研究部 北川 豊(現:大同特殊鋼(株))	21㉞(6月)
平成15年度事業報告(概要) ナノメタルプロジェクト中間報告 実用金属材料分野ナノメタル(鉄系)プロジェクト 鉄鋼材料研究部 平城 正	21㉟(7月)
実用金属材料分野ナノメタル(アルミニウム系)プロジェクト 非鉄材料研究部 花木道夫(現:日鉱金属(株))	21㊁(8月)
実用金属材料分野ナノメタル(銅系)プロジェクト 非鉄材料研究部 花木道夫(現:日鉱金属(株))	
「省エネルギー型鋼構造接合技術の開発」研究概要 鉄鋼材料研究部 板垣省三	21㊂(9月)
「SF <sub>6</sub> フリー高機能発現マグネシウム合金組織制御技術開発」 プロジェクト概要 非鉄材料研究部 木曾徳義	21㊃(10月)
「高効率UV発光素子用半導体開発」プロジェクト概要 21世紀のあかり推進部 渡部正孝	
「製鉄プロセスガス利用水素製造」プロジェクト中間報告 環境・プロセス研究部 永浜 洋	21㊄(11月)
「地域におけるナノテクアクティビティ調査研究」成果報告 産官学連携グループ 松本信吾	21㊅(12月)

『JRCM NEWS』はホームページにpdfファイルで掲載しております。ぜひご覧ください。(URL <http://www.jrcm.or.jp>)

The Japan Research and Development Center for Metals  
JRCM NEWS / 第218号

内容に関するご意見、ご質問はJRCM 総務企画部までお寄せください。  
本誌は地球環境保全を考慮し再生紙を使用しています。  
本書の内容を無断で複写複製転載することを禁じます。

発行 2004年12月1日  
発行人 小島 彰  
発行所 財団法人 金属系材料研究開発センター  
〒105-0003 東京都港区西新橋一丁目5番11号 第11東洋海事ビル6階  
TEL (03)3592-128㉜(代)/FAX (03)3592-1285  
ホームページURL <http://www.jrcm.or.jp/>  
E-mail [jrcm@oak.ocn.ne.jp](mailto:jrcm@oak.ocn.ne.jp)