

光半導体デバイスの今後の研究体制

奥和田 久美

R&D Systems in Photonic Semiconductor Devices

Kumi OKUWADA

Selection in suitable R&D system through estimating each product and its world market is one of the important subjects in the technology management in photonic semiconductor devices. Especially, investment for infrastructure essentially involves large risk. It should be made clear what are common or different key points in the R&D examples in the world as a precondition of the judgments of R&D investment.

Key words: technology management, R&D system, infrastructure, photonic semiconductor devices

対象が異なればアプローチが異なるのは当然のことであるが、対象をよく見極めずに同じようなアプローチをとって失敗する例があつたを絶たない。全くのシーズを探索する段階から一歩踏み出して実用化を目指した研究開発体制を作り出そうとする場合、似たようなアプローチでどれもがうまくいくというような時代はとうに過ぎ去っている。1990年代の日本に危機感がなかったわけではないだろうが、グローバル環境の変化を甘くみて、従来のモデルのまま押し通そうとした結果、気がついてみると空白の10年以上が過ぎていた、というのが現在の日本の状況ではないだろうか。

そもそも技術経営とは「技術を企業経営の観点から扱う」学問であると定義されており、技術経営人材には、長期的トレンドの理解、分析能力、構想提案力などが備わっていないとできないとされている¹⁾。

デバイスの研究開発体制も、どれでもよいから海外の模範例に学べ、というわけにはいなくなつてすでに久しい。模範とすべきものとすべきでないものをしっかり見分けなければならないだけでなく、場合によっては、諸外国の成功例など気にせず新たにオリジナルな方法を考え出さなければならないかもしれない。たとえ製品そのものに

はオリジナルな点がなくとも、製造や流通のシステムにオリジナリティーがあれば、経営としては大成功を収められる時代である。研究開発体制だけが以前と同じ基準で考えればよいなどというわけがない。最終製品形態や対象とする市場を見極めたうえで、よりふさわしい研究開発体制を選んでいくということが技術経営の重要な点のひとつである。特に、研究開発設備への投資は大きな決断を要する課題であり、一歩間違えば不良資産化するリスクが伴う。

研究開発対象が異なれば望ましい支援システムが異なるのは当然であるが、対象が同じであれば、望ましい姿というのは世界中で類似する。デバイス市場はグローバル化しており、個別の国の事情などは通用しないからである。大洋をより速く泳ぎ回ろうとすれば、魚類だろうが哺乳類だろうが、似たような流線形に帰着するのである。しかし一方で、同じ研究開発体制にみえる場合でも、それを支援する母体や成り立ちは国によってさまざまである。支援システムや成り立ちには、各国あるいは地域固有の事情が大きく反映しているからである。このような共通点と差異も、きちんと見分ける必要がある。

ここでは、現在の光半導体デバイスの状況を考えたうえで、場合分けをして、世界の研究開発体制の事例を紹介し

ていく。諸外国の事例をみていくことで、現在の日本の抱える問題点もおのずと浮かび上がってくる。

1. 個別半導体デバイスの研究開発

現在まで、多くの光半導体デバイスは個別半導体 (discrete semiconductor) である。個別半導体は、基本的に少量多品種である。種類が多いので市場が大きいように感じる場合があるが、1種類のデバイスは限られた数しか必要とされない。例えば、1種類の半導体レーザーが世界中のDVDに搭載されたとしても、1台に1個しか必要ない半導体レーザーであれば世界中のDVD機器の台数と同じ数しか必要とされない。DVDの2007年の出荷台数予測値は、パソコン用ドライブと民生用レコーダーの合計でも1.15億台程度と予想されており、ましてやDVDに複数の方式があり、半導体レーザーにも複数の選択の余地があるとすれば、1種類の半導体レーザーの必要数はその数分の1である。ほとんどの個別半導体は、これよりはるかに小さい数の、いわゆるニッチマーケットがねらいである。そこで利益を得ようとするならば、スーパーニッチとよばれるような、価格を左右できる力をもつだけの世界シェアの獲得者にならなければならない。

必然的に個別半導体は、量産に達しても小ロット生産である。事業規模が非常に小さい場合は1つの製品ラインを形成しうるが、多くの場合は、他品種との混合生産になる運命にある。ウェハー口径が小さいうちはまだロット数が多いようにみえるが、口径が大きいウェハーを用いれば必要ロット数は少なくなってしまうため、大口径化によるコストメリットが享受できない。大口径ウェハーが得られないという理由ではなく、必要量の観点から、大口径化が必要とされない場合が多いのである。

このような個別半導体では、長い年月をかけて1つの課題だけを黙々と研究する、というスタイルがとれないのは必然である。小ロット生産と研究開発が同時並行して行われている場合も多い。現実には、製品に近い開発フェーズのみになり、長期的な研究開発の方向性を見失いがちである。本来は、そのような短期的な製品開発が、中長期的な研究開発の方向性に重畳して行われているのが理想の姿といえよう。

この場合、長期的な研究開発に多額の資金や大きなプロジェクトがつくということはあるえない。個別半導体を研究開発する際に、間違っって大きなプロジェクトを計画しては、研究開発費のコストパフォーマンスが悪いのは必然である。むしろ、小回りの利く小さい研究開発ラインから、次々と多品種の研究開発成果が出てくるような研究開発シ

ステムが望ましい。

世界的にみると、企業内のみならず大学や公的機関においても、このような小規模の研究開発システムが有効に機能している。特に、米国の場合は、電気系の工学部のある大学には必ずといっていいほど試作用のクリーンルームが備わっており、個別半導体の研究は十分にできるポテンシャルをもつ。したがって、小規模な試作をしてみたい場合に、大学に行けば何かしらできると思わせる“風土”が育っている。この点は、例えば、米国の「21世紀ナノテクノロジー研究開発法」でも強調されている²⁾。個別半導体のような少量多品種という性格のデバイス生産は、基本的に小規模のベンチャー向きであり、またNPOとしての活動や、日本には存在しないがLLCといった企業活動も有効に働く。製品をつくらぬ研究開発型のベンチャー、NPO、LLCなども活躍しやすい。ただし前述したように、1品種のみで事業が成り立つのは、かなり小さいサイズのベンチャーにとってもまれなことであり、大学発ベンチャーであろうと企業からのスピンアウトベンチャーであろうと同じ条件下にある。

欧州やアジアに、大学や公的機関でも、上記のような条件を満たす小さい規模の研究開発ラインが数多くみられる。欧州の例としては、北東イングランドにあるニューキャッスル大学のNPO型オープンファウンダリー設備、ドイツのアーヘン工科大学(RWTH)やミュンスター大学を中心とするナノテクスペシャル・ネットワークセンター、スイスのバーゼル大学等にあるマイクロ・ナノシステム研究開発施設、スウェーデンのシャルマー工科大学にある共通設備MC2あるいはストックホルム王立工科大学(KTH)、オランダのデルフト大学のクリーンルーム設備、アイルランドNMRC (Ireland ICT Research Institute)のマイクロ・ナノテクノロジー施設、イタリア学術会議(CNR)のマイクロ電子・マイクロシステム研究所(IMM)などが知られている。アジアの例としては、特に中国で、従来からアクティブな清華大学・北京大学・上海交通大学に加えて、復旦大学・東南大学・西安電子科技大学などでも研究開発が活発化している。これらの中には、以前は集積デバイス进行研究していたが、大口径化などの設備リニューアルをせずに、これからは個別半導体などを研究するように方針転換していく、というところも数多く含まれている。

日本でも、ここ数年の間に、クリーンルームを備えている大学は珍しくなくなり、クリーンルーム設備の所有という点では、海外と日本の大学にそれほどの差があるとはいえなくなった。しかし、研究開発成果として新しいデバイ

スが誕生し、場合によってはベンチャービジネスが生まれるというような大学は、日本ではまだわずかである。あったとしても単発な成果、つまり、1つの製品のアイデアが生まれたとか、1人の教授がベンチャービジネスを始めたといった程度である。1つのクリーンルームから、製品アイデアが次々と生まれたり、学生起業家が次々と生まれたりする土壌にはなっていない。日本で多く聞かれる指摘は、日本の大学がシーズ志向すぎるとか、起業家精神が不足であるとか、TLOが未熟であるとかいうものであるが、筆者はそれらばかりが問題点とは考えていない。ここで特に注目したいのは、施設の中身である。どのような装置が置かれているかには、その施設の管理者の思想が表れている。備えられている装置・機器類をみれば、デバイスとしての研究開発成果の出そうな研究開発ラインかどうかは一目瞭然である。実は、日本の大学のクリーンルームをみせていただくと、デバイスが試作できる可能性が感じられないところが多く、しかも稼働率が高いとは思えない。日本では、1つの材料、1つのプロセス、あるいは装置の研究に特化したような施設が圧倒的に多い。これでは、産業界と継続的な産学連携関係を維持していくことは難しい。

仮に「世界中でここにしかない」というような貴重な装置が1台あっても、そのクリーンルームからは新しいデバイスはおそらく誕生しない。デバイスを試作するためには最先端設備など必要なく、むしろ、ひとつおりの工程が流せる最低限のツールが揃っているか、また、それを評価できるツールやルートをもっているか、という点のほうが重要である。規模が小さいから工程の一部でよいということではなく、むしろ規模が小さいからこそ、ひとつおりが揃っていないければ機能しないのである。このような条件を満たしたうえで、特徴のある成膜装置や加工装置を所有しているかどうかはじめて意味をもつ。装置類が新品であるかどうかなど全く問題ではない。

2000年前後のIT不況の際には、光MEMSなどの分野で世界のデバイスベンチャーが数多く消えていった。しかし、ベンチャーとは確率的にほとんどは消えていくのがノーマルな姿であって、それでも新たに次々と生まれてくるような土壌づくりが必要である。日本では、そもそもこのような分野でのベンチャー数が少なかったため、あまり大きな問題にはされなかった。そのかわりに日本において目立ってきたものは、企業における研究開発の遊休ラインである。企業の研究開発ラインとしてはやや古くなりつつあるクリーンルームが、設備投資の冷え込みによってリニューアルされずに残り、かといって次々と閉鎖されるわけでもなく、次第に不良資産化しつつある。その結果、大学等

を含む新しいデバイス開発の共同プロジェクトを、企業の遊休ラインを使って行おうとする、諸外国とは逆の推進スタイルが日本には存在している。このような遊休ラインは、扱うウェハーサイズが小さいという点においては個別半導体の研究開発ラインの候補として挙がることもあるが、単一のデバイスを研究開発するには規模が大きすぎる。継続的な事業性を明らかにできる研究開発を計画できるならば、このような遊休設備の使い道にも可能性が出てくるだろう。その際には、同一材料や同一プロセスを用いる複数のデバイスを一緒に開発する、あるいは光デバイスと高周波デバイスを一緒に開発する、というような研究開発の幅の広さが必要になる。

また、光半導体デバイスは、従来はファブレスの研究開発にはどちらかというところと不向きであった。現在はファウンドリーの利用が不可能というわけではないが、シリコンデバイスの場合に限られる。また、現在は大口径ウェハーのほうが外部で加工できる可能性が高くなっている。化合物半導体のファウンドリーはきわめて少ないうえに、所望の化合物半導体が外部で形成できる可能性は低い。しかし、一部の化合物半導体デバイスの用途はシリコンデバイスに置き換えられつつあり、今後は、ファブレスの研究開発も増加傾向にあるだろう。

以上のような光半導体デバイスの個別半導体としてのハンディーが比較的少ないように思われる将来デバイスが、現時点で1つだけ考えられる。それは、照明としてのLEDである。この分野は例外的に市場がかなり大きく、ある程度のまとまったロット生産の可能性がある。また、少なくともいままでのところ、照明は家電の一部としての認識があるため、国内消費者には国産品使用の意識が残っている。しかし、照明も非常にバリエーションの広い製品群から成り、基本的に多品種であるという特徴をもつ。従来から照明事業を手がけている企業がLED開発でも覇権を握れるとは限らない。特に、日本では他業種が参入しそうな気配であり、いわゆる新旧業種による競争関係が生じるという可能性がある。このデバイスは発光効率が飛躍的に伸びつつあり、どのような研究開発体制で成功するのかを含めて、今後の動向が特に注目される。

2. 集積化デバイスの研究開発

前章にも述べたように、現在まで多くの光半導体デバイスは個別半導体である。しかしながら、現在すでに、個別半導体市場は光デバイスや高周波デバイスなどすべてを足しても、半導体デバイス全体のせいぜい1割程度にしかならない。それ以外のすべての半導体デバイスは、シリコン

ウェハーを用いた集積化デバイスである。

歴史的にみて、個別半導体の機能は、次々とシリコンウェハー上に集積されてきた。近年は特に SoC (silicon on chip) 化が盛んになっており、現時点では個別半導体である光デバイスや高周波デバイスの多くが、今後、次々と集積化デバイスの一機能となっていくと予想される。個別デバイスと集積化デバイスの研究開発体制は、かつては類似であったはずであるが、現時点では単なる規模の違い以上の質的な差が生じている。今後、光半導体が集積化されていく傾向の中で、集積化デバイスの研究開発体制の一部に組み込まれるケースも増加する。個々の個別半導体の研究開発者の立場からみると、これは非常に大きな転機である。

集積化デバイスの研究開発は、シリコンウェハーの大口径化にともなって研究開発費用の異常な増大を招き、1990年代には、もはや個別の大学や機関のみならず、ごく一部の例外を除けば、企業においてさえも賄えるものではなくなくなってしまった。集積化デバイスの研究開発が置かれているこのような事情は、世界のどこでも共通であり、国単位あるいは国を超えた大きな地域的な単位での協力体制あるいは支援体制がなければ、先端的な研究開発は存続できないという状況さえ生じている。そのため、大規模な研究開発プロジェクトは、世界の中でもいくつかの限られた地域でしかみられないようになってきた。今後、このような意味での淘汰はますます進んでいく方向にある。現在すでに、例えば、光 MEMS が搭載された CMOS デバイスが発表されると、それはこのような大規模な研究開発プロジェクトのどれかと必ず関係がある。全く無名の研究機関から、このような発表が行われる可能性はかなり低くなってきている。

以下の研究開発施設の事例は、いずれも、大口径の集積化デバイスの研究開発拠点の同一敷地内もしくは近隣に、新しい個別半導体やバイオデバイスなどの研究開発施設をあわせもつことが特徴で、新たな集積化デバイスを創生しうるポテンシャルが高いと考えられる。これらの施設を新デバイス創生のポテンシャルという視点でみるときは、メモリーやロジックデバイスの研究開発とは注目すべき点が異なる。メモリーやロジックデバイスの研究開発で注目される、線幅の世代やウェハー口径が 300 mm かどうかなどは、ここではあまり問題ではない。それよりも、同時に複数の多様な研究開発プログラムが動いているプロジェクトであるか、SoC や SiP (silicon in package) などの開発も行われているか、設計に関する研究開発が付随しているか、などの点に注目すべきである。残念ながら、これまで

のところ、日本の半導体に関する大型プロジェクトは、これらの点をあまり重要視していない。

また、以下の研究開発体制においては、程度の差こそあれ、世界中から参加者を集めるという姿勢がとられている。大規模な研究開発体制は、費用の点でも人材の点でも資源を集中してこそ成果が上げられるのであり、クリティカルマスに達していなければ期待されるような機能を発揮しえない。もはや、世界中から、官民の違いも乗り越えて研究開発資金および人材を集めなければならない状況である。日本でも近年は産学官連携の必要性が叫ばれてきたが、この分野に関していえば、かなり以前から産学官連携はあたりまえになっている。また、これらの事情により、この分野では、基礎研究→応用研究→実用化開発といった旧来の研究開発のリニアモデルはほとんど無意味になり、cross-functional なつながりをもって研究開発を推進しなければならない状況である³⁾。その意味で、以下の事例は、世界的に目立つような大きな研究開発協力体制の事例である。これらを見ると、施設の整備状況は類似しており、いずれもナノテクノロジーというキーワードのもとに推進されていることに気づく。しかし一方で、成り立ちや資金提供者はそれぞれ異なっている。

2.1 米国の事例

米国では、国家的な規模で行われている研究開発はなく、いくつかの地域が地元の地域産業活性化の期待を集めて進められている。

最も大きな集中投資の例として、ニューヨーク州のナノテクノロジー研究開発拠点、Albany NanoTech が挙げられる。投資予定規模が 1000 億円にも達するきわめて大きなプロジェクト計画であり、しかも、その大部分がニューヨーク州立大学オルバニー校 (SUNY Albany) への集中投資という形になっている。このプロジェクト計画は、米国東海岸で最大規模の地域型産学官連携である NYSTAR の一環である。NYSTAR とは、ニューヨーク州科学・技術・学術研究局 (NYSTAR: New York State Office of Science, Technology and Academic Research) の略称であるが、この産学官連携の地域振興策全体を指す言葉でもあり、地域振興と雇用促進のための戦略的な計画が立てられ、大学という場を通じて実施されている。研究開発投資への地方自治体の関与という意味で米国内でも際立った大きさであり、ニューヨーク州政府から約 200 億円の拠出が予定されている⁴⁾。ニューヨーク州政府のほかの資金面のおもな推進役は、企業の研究開発組合である SEMATECH、個別企業としては IBM 社や東京エレクトロン社が参加している。投資の大きさだけでなく、工学部ができ

たばかりで研究実績のほとんどなかった SUNY Albany へ巨額投資が決定されたという点も異色である。

施設は、200 mm (8 インチ) と 300 mm (12 インチ) のシリコンウェハーを取り扱える 4 つの実験棟 (延床面積約 40000 m², クリーンルーム総面積約 6300 m²) から成っており、このほかにさらに 7 階建ての事務棟の建設が予定されている。どの棟もクリーンルームおよび実験室はすべてガラス張りの部屋になっており、「見せる」要素が強い。メインは、新しく建てられた 300 mm 用施設 3 棟で、装置メーカーが開発段階にある製造装置を持ち寄り、ユーザーに試してもらうという意味合いが強い 2 棟と、CMOS 部分を研究開発するとともに、他棟の実験や評価に用いるサンプルウェハーを供給する役割を果たす 1 棟から成っている。後者の 1 棟は計画が遅れているが、前 2 棟は 2004 年前半から装置導入が開始され、すでにかなり満杯に近い状態まで新装置が入れられており、ここだけみれば大学内にあるとは思えない施設である。装置メーカーは、家賃こそとられないものの、装置代金・導入設置費用・担当者派遣費用などのすべてを負担して、製造装置や評価装置の「試作品」をここに持ち込んでいる。そうまでしてここに新装置を置く理由は、世界中からのユーザー、特にデバイスメーカーの研究開発者が、新装置を試しにやってくるからである。このようなスタイルは世界的にみれば新しいものではないが、この施設が「大学の中にある」ということにより、より広い範囲で外部からのアクセスを期待できる。Albany NanoTech では、産学官連携の目指すコンセプトとして、a virtual “one-stop-shop”, つまり、ここに来れば何でも揃う (だから、ほかには行かなくてもよい) という体制を整えることを挙げている。また、彼らは、Albany NanoTech は “high-tech magnet” になるのだ、とも言っている。実際に彼らが現時点で行っている最も大きな役割は、施設という magnet を用意し、その施設に間借りすることに魅力を感じる種々の企業たちを「大家」としてうまく運営をしていくことにある。Albany NanoTech では、マネージメントを大学自体が行うことに関してのこだわりがある。

一方、200 mm の実験室は、1996 年に本計画に先立って建設されていたもので、成膜装置・評価装置・シミュレーション用計算機が置かれている。評価装置は共用設備になっているが、それ以外の成膜あるいは加工装置で、おもに化合物半導体・フォトニクス・MEMS といった分野に関連する研究が行われている。このような実験棟が 300 mm の研究開発ラインのすぐ隣にあり、全体計画の一部に位置していることで、他の棟での集積化デバイス研究に組み込ん

でいけるチャンスが生まれる。彼らは研究開発の “food-chain” をつくることも目標のひとつに挙げている。

SUNY Albany の事例が大きなアウトプットを生むかどうかはまだ不確実であり、米国内でも見方は分かれている。ただし、これに対抗しようという動きが、テキサス州などでも始まっている。

2.2 欧州の事例

欧州のナノテクノロジー政策の大きな部分は、ナノエレクトロニクスの研究開発に向けられている。半導体の欧州共同プログラム MEDEA+ などの視点では、ナノテクノロジーとは、ナノレベルに入ったシリコン半導体研究開発と同義のようである。欧州では、特にメモリーやロジック以外のデバイスへの関心が高く、光デバイスや MEMS などを CMOS と集積化しようという試みは、現時点では世界の中でも欧州において最も盛んであるとあってよいだろう。また、欧州では、施設や人材がクリティカルマスに達しなければ、他の地域の研究開発体制との競争に打ち勝ていけないという危機感が強い。そのような意味で、欧州の研究開発拠点とよべる施設が 2 つ存在している。

MINATEC プロジェクト (Pole d'Innovation en Micro et Nanotechnologies) は、フランスのイゼール州グルノーブル市において、地方政府機関である AEPI (イゼール県投資促進局) が中心となり、複数の公的研究機関が役割を分担する形で運営している産学官プロジェクトである⁵⁾。2001 年から、実験用原子炉跡地であるグルノーブル国立リサーチパーク内にある 60000 m² の用地に施設建設を進めている。CEA-LETI (仏原子力庁の電子・情報技術研究所) が 300 mm ウェハーの研究試作施設 (Nano 300) を有し、シリコンエレクトロニクスの研究を進めている一方で、すぐ隣には、MINATEC Enterprise (先端研究センター)、スマートデバイス研究棟、先端部品研究棟、ビジネスセンター等の施設を設置して、基礎研究から応用研究、起業化までを、この地域で一貫して行うことをねらっている。特に MINATEC Enterprise では、世界中からプロジェクト参加者を募り、各研究テーマを持って施設に入居してもらう形をとっている。また、敷地内の INPG (グルノーブル工科大学・大学院) が若手の人材供給を担い、さらに、近隣にある CNRS (仏国立科学研究センター) の研究所が基礎研究を担う。このように複数の集合体として、研究対象が、カーボンナノチューブデバイス、単電子デバイス等の最先端ナノテクノロジー技術から、MEMS、バイオチップや半導体、光技術等のマイクロテクノロジー技術に至る広い範囲をカバーできるようにしている。

このプログラムは、ST マイクロエレクトロニクス社・

モトローラ社・フィリップス社の3社との産学官連携体制も強力で、この3社の共同 R&D センターである Crolles2 も近隣に存在する。これらも合わせるとすでに 5000 人近い雇用を生み出しているといわれており、地域としての海外企業誘致と雇用創出という初期目的は達成されつつある。しかし、この3社の影響力が強すぎることで、それ以外からの投資を呼び込みにくいという弱点にもなっており、今後、期待どおりの成果まで達するかどうかは不確実である。フランスでは研究開発機関のほとんどすべてが公的機関であるため、革新的なプロジェクトに対しては国内に反対意見も多い。しかしながら、現在のフランス政府は、科学技術人材を海外からも積極的に取り入れる方針を打ち出しており、プロジェクトによる即効的な雇用創出を進めるため、外国人研究者優遇などの施策を次々に出している。

一方、ベルギーのフランダース州ルーヴェン市には、IMEC (Interuniversity Micro Electronics Center) という委託研究および試作の研究機関があり、最近特にシリコンエレクトロニクス分野で欧州の研究開発の注目すべき存在となっている。フランダース州は、もともと産学連携に積極的な地域であった。IMEC は、設立以来の 20 年間毎年 20~30% の人員を増加し、現在は 1200 名を超える大きな組織へと成長した⁴⁾。当初は研究開発内容のバリエーションが広がったが、最近になってシリコンエレクトロニクス分野が特に充実したという経緯がある。現在はデバイスメーカーのインフィニオン社、フィリップス社、ST マイクロエレクトロニクス社等との関連、製造装置メーカーの ASML 社との関連が強くなっている。IMEC の研究開発体制は欧州以外の企業からの評価も高く、最近ではインテル社やサムソン社のような欧州外の大企業もコアメンバーに加わって、EMERALD (Emerging Alternative Devices) というプロジェクトを開始し、300 mm ウェハ用の研究開発試作ラインも完成した。現在、IMEC 予算の約 4 分の 1 以上が外部とのコラボレーション費用で賄われている。ただし、IMEC の中心研究領域はフランスの MINATEC プロジェクトと競合し、実質的にこの2つのプロジェクトはライバルの関係にあるともいえる。

2.3 アジアの事例

韓国では企業の研究開発施設の充実が目立つが、公的機関にも比較的大きな施設が誕生している。韓国科学技術部は2つの大きな施設、General purpose users nano-fabrication center (ナノ総合ファブセンター) と Specific purpose users nano-fabrication center (ナノ特化ファブセンター) を公募し、ナノ技術開発推進委員会の審議により、前者に

は6候補から KAIST (韓国科学技術研究院) を、後者には2候補から KIST・成均館大学等から成るグループを選定した。前者はシリコン系デバイス研究を主目的とする試作研究設備で2004年度末にオープンし、後者は非シリコン系研究を中心とする試作研究設備で2007年に完成予定である。

すでに完成している KAIST のナノファブセンターは、政府、地方自治体、他研究機関、産業界が資金を出し合い、有償で誰でも利用できる大型施設をつくるという構想のもとに設立されたものである。特に地方自治体(市および郡)からの資金提供が大きく、地元から新産業創出が期待されている。開設後約10年間にわたる維持管理費用を含む予算計画が立てられている。施設は、SoC を中心とする設計棟と、それを実証するとともに微細加工技術を研究する 200 mm ウェハ用クリーンルーム (Nano Device Lab. & Nano Patterning Lab.)、他のナノテクノロジー分野との融合領域をねらうクリーンルーム (Nano Pi Lab.) から成る (クリーンルーム総面積は約 4000 m²)。Nano Pi Lab. とは、かけらの実験をしてもよい、あるいはバイオ関連技術と融合する、などというようになんでも研究できるということの特徴とするクリーンルームである。計画によれば、当初のおもな外部ユーザーは韓国内の他研究機関になると予想されるが、運営収入の中では国内産業界や海外とのコラボレーションも予定されており、このような多面展開が実行できるかどうかは今後の注目点であろう。

アジアの他の地域には、上記の例のような複数の参加者を募る形での大きな公的施設はいまのところみられないが、次のような研究開発手段も見逃せない。台湾および中国には大きなファウンドリー(受託生産)企業が存在することが知られているが、実は委託する側のファブレス半導体企業も多い。ファブレスは、生産目的だけでなく研究開発に使われている例も多く、今後世界的に伸びていく研究開発の手段である。特に、台湾にはファブレス半導体企業が増加しており、すでに米国に次いで世界第2位の売上高をあげている。台湾では行政府が設計人材の大幅増加を進めており、今後ファブレスの研究開発がいつそう活発化することは明らかである。ちなみに、日本や欧州ではファブレス半導体企業は少なく、日本のファブレス半導体企業の売上高は全世界の約2%にすぎない。

3. 教育・訓練を目的とする研究開発施設

2章で示した研究開発施設の例は、研究開発を主軸にする中で、同時に人材育成も行っていくとするものである。これに対し、教育および訓練を主目的とする大型施設

の代表例が、台湾新竹にある National Nano Device Laboratories (NDL: ナノデバイス研究所) である。この例は、いまのところ必ずしも光半導体デバイスの研究開発と関連があるわけではないが、きわめて効率的な研究投資の例として紹介しておきたい。

NDL は、Taiwan National Science Council 直轄の 6 つの研究開発機関のひとつである。国立交通大学の敷地内にあるが、正確にいえば国立交通大学のみの施設ではなく、複数の国立大学間の共同利用施設である。1988 年の設立以来、これまで年間 30 億円程度の運営予算が投入されてきた。ここでは、学生の実践教育を行うと同時に、産業界とのコラボレーションも行うという形がとられている。実際に NDL は、設立以来、台湾経済の大きな柱であるデバイス産業への人材供給基地となっており、一方で産学連携研究開発における試作設備の役割も果たしてきた。組織名称にナノデバイス (Nano Device) を謳ったのは、1993 年という早さである。これまで運営してきた 150 mm ウェハ用施設に加え、2004 年に 200 mm 用の新施設 (The New Nanoelectronics Research Building: 奈米電子研究大樓) を稼働開始した。NDL の真価は、設備の充実というよりも、教育訓練という明確なミッションと維持管理能力の高さにある。きわめて整った整備状況を維持しており、ここで安全教育を含めたクリーンルーム教育が実行され、かつ外部から依頼される試作サービスや共同研究の要求にも応えている。毎年 350 人以上の “hand-on” トレーニング学生を輩出し、累積試作サービスは 7000 件を超え、共同研究プロジェクトは 400 件を超えている。施設の維持管理、教育、共同研究を行っているスタッフは約 150 名であり、その過半が PhD あるいは修士の学位保持者である。設備は、学生自身に使用許可の与えられているものと、スタッフのサポートに従って利用できるものが分かれており、規則に違反した学生は数か月間入室を禁じられる。設備の使用基準も明確に決められており、モニター設置など安全面の管

理も十分行われている。施設の充実、設備の先端性よりもむしろ管理体制と稼働率の高さで評価すべきであろうが、この点で NDL は一流企業並みの整備と稼働率を維持しているといえ、人材供給という意味において世界で最も確実な成果を上げている施設である。

諸外国の研究開発の事例は、そのまま真似をすればよいわけではないが、個別にみていくことで、日本のデバイス研究開発の問題点が垣間みえてくる。光半導体デバイスの研究開発の望ましい形を一言で語ろうとするような大雑把な議論は、現在ではほとんど無意味である。他山の石が害になることもあり、意気高揚のための精神論もほとんど役に立たない。何をどのように、どんなタイミングでねらっていくのかという具体的で精緻な議論が必要である。残念ながら現在は、1 つの小さな発見だけで一生研究活動を続けられるほど悠長ではなく、特にデバイス研究開発のような変化のスピードが速い分野では、1 つの発明だけで事業を継続していけるほど甘くもない。特にインフラの整備および維持は大きな投資であり、1 つの研究開発成果や 1 人の研究者の成功のためになされるべきではなく、継続的にアウトプットの出せる研究開発体制づくりを目指したものであるべきだろう。

文 献

- 1) 山田 肇: 技術経営 未来をイノベートする (NTT 出版, 2005).
- 2) 奥和田久美: “米国「21 世紀ナノテクノロジー研究開発法」における注目点”, 科学技術動向, 1 月号 (2004) p. 30.
- 3) 西 義雄: ナノテクノロジーを発展させるために産学連携はどうあるべきか, 科学技術政策研究所講演録-127 (2003).
- 4) 岩井 洋: 日本にとってのシリコン半導体デバイス研究開発の重要性とその戦略, 科学技術政策研究所講演録-109 (2002).
- 5) 小笠原敦: “フランスの科学技術・イノベーション政策動向—産学官ナノテクノロジー・イノベーションセンター・プロジェクト MINATEC—”, 科学技術動向, 3 月号 (2002) p. 31.

(2005 年 5 月 17 日受理)