

# 応用研究における日本の産学連携強化への提言

## —— 半導体露光装置を事例に ——

立野 公男

### Promotion for Industry and Academy Collaboration in Japan: A Case Study in the Semiconductor Lithography

Kimio TATSUNO

Industry and academy collaboration as an effective method for the industrial and technological innovation is discussed with an analysis for the development of micro-fabrication equipment for semiconductor devices as an important example including a patent strategy.

**Key words:** industry-academy collaboration, innovation, micro-fabrication equipment for semiconductor, patent strategy

わが国の経済成長は1992年以来鈍り、1997年以降、横ばい状態が続いている。これに対し、中国経済の躍進は目覚しく、また、韓国経済も右肩上がりの成長を続けている。この状況は図1に示した日本、および、諸外国のGDP (gross domestic products) の年次推移を購買力平価換算(為替レート換算ではなく、例えば、りんご1個の値段で換算)でみて歴然としている。最近、日本でもディスプレイやモバイルなどデジタル家電分野で回復の期待が高まっているが、海外シェアは必ずしも十分ではなく、依然として先行きの不透明感はぬぐえない状況であり日本を取り巻く経済状況はきわめて厳しい。

半導体産業は、かつて日本経済の牽引力を担ってきた。しかし、図2に示すように、半導体市場の日本企業のシェアは、1989年のピーク以降首位の座を奪われ、ビジネス面はもとより、技術面においても危機的状況が続いている。このような局面に対し、日本の政府や経済界は、国際競争力回復のための施策を懸命に探っている。この中で、日本でこれまで必ずしも活性化されていなかった産学連携による技術イノベーションの振興策がひとつの特効薬として期待されている。

本報告の事例として取り上げる半導体露光装置は、半導

体デバイスの最先端製品の技術ネックを掌握しており、世界中でも特に日本の光学メーカーと電機メーカーが互いに産学連携しながらハイテクの粋を集め、研鑽に研鑽を重ねてきた光学技術や精密機械制御技術の極限をさらに追求している技術から成り立っている。そのため、日本が今後も半導体産業や技術の国際競争力を回復する戦略上、きわめて重要である。ところが、最近、オランダのASML社にシェアトップの座を脅かされ、また技術面でも液浸という新たな技術ブレイクスルーのきっかけがアメリカの大学MIT<sup>1)</sup>から始まった経緯もあり、今後の動向に楽観は許されない。

本報告では、日本の企業がお家芸である半導体露光装置開発での国際競争力を発揮し続け、世界市場で首位の座を維持するにはどのような手だてが補強されるべきかを、企業と日本の大学の応用研究部門との産学連携の進め方の観点から検討する。そして、従来よりももう一歩踏み込んだところで、大学における技術課題の掌握と特許戦略の2つの視点からの提言を行う。

#### 1. リソグラフィー・ソリューション

インテル社を中心に世界の半導体の主力企業が集まって

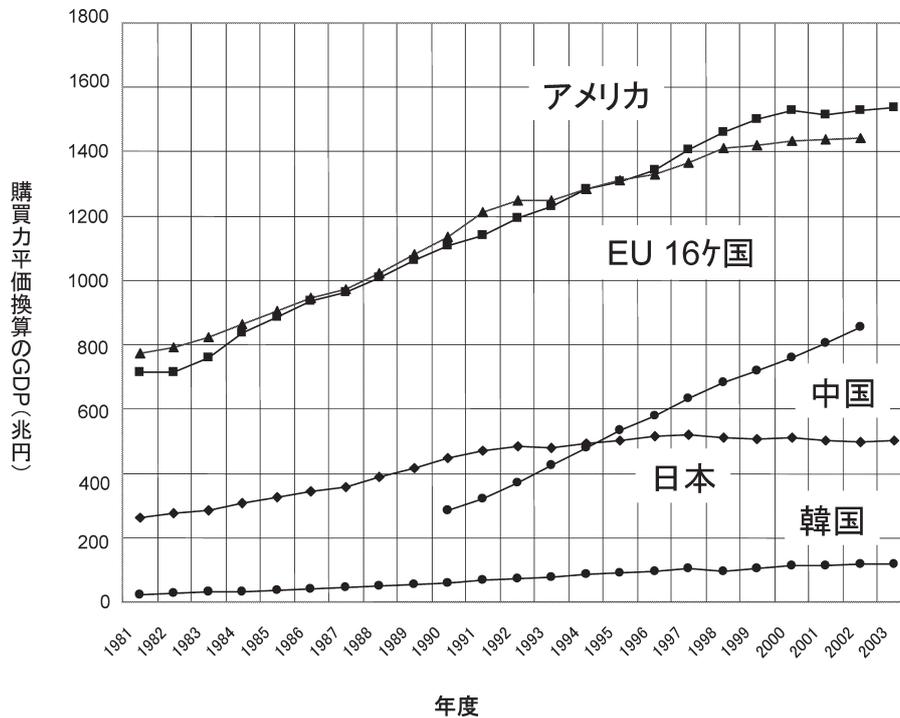


図1 購買力平価換算の各国 GDP 年次推移 (OECD 資料より)。

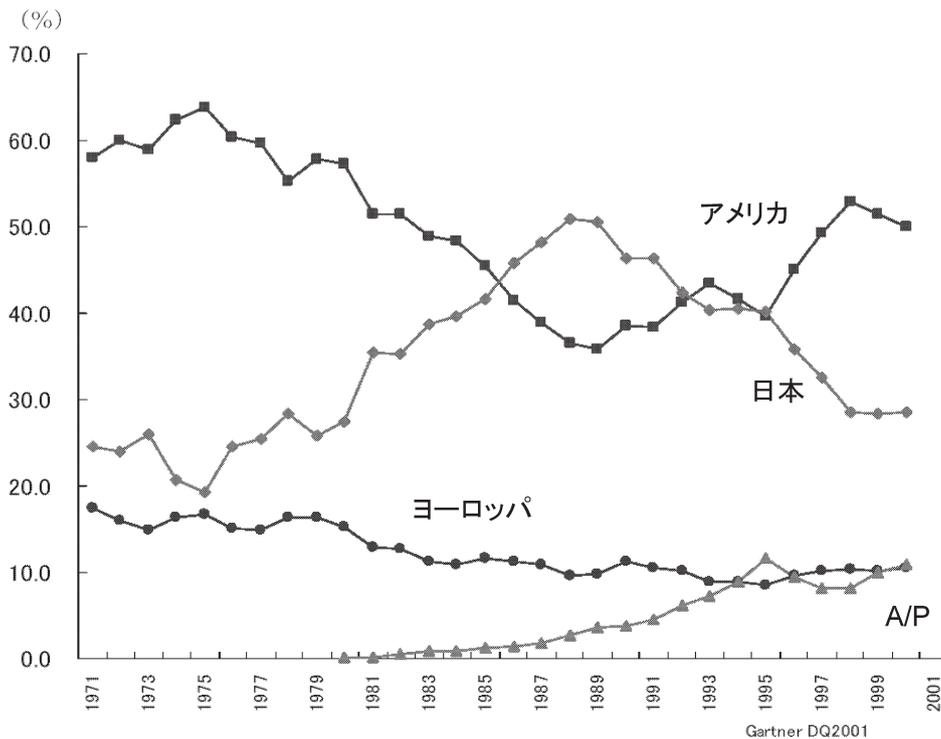


図2 半導体市場の世界シェアの年次推移 (DataQuest 資料より)。

策定している ITRS (International Technology Roadmap for Semiconductor) での LSI の微細パターンは、リソグラフィ技術を駆使した露光装置によって作成され、各ノードにおけるリソグラフィ・ソリューションとよばれている ([http://public.itrs.net/Files/2003ITRS/Home2003.](http://public.itrs.net/Files/2003ITRS/Home2003.htm)

[htm](http://public.itrs.net/Files/2003ITRS/Home2003.htm))<sup>2,3)</sup>。これらの装置は、紫外線や電子線を光源としており、図3に示すように大きく分けて2種類ある。第1は、紫外線を発する ArF (アルゴンフロライド) や F<sub>2</sub> (フッ素ガス) エキシマレーザーを光源とした光学的方法であり、いわゆるステッパー、あるいは、最近ではスキャナーとよば

年度	2004		2007	2010	2012	2015	2018
ITRS Node	130nm	90nm	65nm	45nm	32nm	22nm	18nm
光方式	KrF (248nm)		ブレイクスルー	[ArF+RET]+液浸			
	ArF (193nm)			F <sub>2</sub> (157nm)		EUV (極紫外13.5nm)	
電子線方式	LEEPL			EPL (電子線投影露光装置)			

ITRS: International Technology Roadmap for Semiconductor  
RET: Resolution Enhancement Technology

図3 リソグラフィー・ソリューションと液浸ブレイクスルー。

れている。この方式は、光の空間的な並列処理機能、すなわちマスクパターン上のすべての点を同時にウェハー上に焼き付けるといふ、きわめて有益なメリットをもっている。そのため、スループットが高く量産が可能で、最も実績があり普及している。

光源の波長が世代を追って短くなる理由は、次式で与えられる露光装置のレンズ光学系の解像度、いわゆるアッペ(レイリー)の式によって線幅が決まるからである。

$$\text{線幅} : \delta = k\lambda / NA$$

$$\begin{aligned} (\lambda : \text{波長}, NA : \text{レンズ開口数}, \\ k : \text{engineering factor}) \end{aligned} \quad (1)$$

ここに、NAは、numerical aperture (開口数)の略であり、ウェハーから見たレンズ開口の見込み角の半分を $\theta$ としたとき、 $NA = n \sin \theta$  ( $n$ :屈折率)で与えられる。

第2は、電子線を用いたリソグラフィーであるが、マスク描画や、特殊用途がメインであり、いわゆる量産機としての導入は将来への布石として位置づけられる傾向にある。

このように、半導体微細加工のロードマップに対応する次世代リソグラフィー・ソリューションについては技術選択肢<sup>3,4)</sup>が多く、本命技術がこれらのうちどれになるか混沌としており、露光装置の開発メーカーは、国の内外を問わず本命技術を絞りきれず開発投資額が膨大なものとなり、今後回収できるかどうか危惧されていた。

そこで、本報告の中で特に吟味されるべき2つの象徴的な事例を次に取り上げ、半導体産業における日本の国際競争力についての分析を試みる。その1つは、特に日本の企業がこれまで光学メーカーと電機メーカーの産々連携によって基礎的な段階から実用まで強みを発揮してきた、位相シフト法に代表される超解像技術であり、もう1つは数年

前から液浸技術ブレイクスルーのきっかけをつくったアメリカの大学の活躍ぶりである。

### 1.1 位相シフト法における日本企業の産々連携

式(1)によれば、光源の波長とレンズの開口数が同じであっても、 $k$ -factorを小さくすることにより、半導体の微細加工の最小線幅をより細くすることができる。これに対応する技術がRET (resolution enhancement technology)であり、その代表的なものが位相シフト法である。これは、マスクパターンの隣同士の位相を180度シフトさせ、電場の強度分布を二分することでリソグラフィーの解像度を約2倍向上する技術である。この基本アイデアは、1980年に当時ニコンに在籍し、現在は東京工芸大学に所属する渋谷が発明し、ニコンから特許申請<sup>4)</sup>された。その後、IBMにおいてLevensonが独立にその効果を実験的に証明し、さらに、日立製作所の岡崎や寺澤らのグループが実用化への道を開いた。

実際、位相シフトマスクに関連する日本企業からの特許出願数は、1980年代の終わりころから急増しており、日本の企業がこの技術分野で圧倒的にリードした事実を読み取ることができる。この事実は、リソグラフィー技術分野の権威の一人であるMentor GraphicsのSchellenbergがMicrolithography 2004にて、“Resolution enhancement technology: The past, the present, and extensions”<sup>5)</sup>と題する基調講演で明らかにした。位相シフト法は、繰り返しパターンへの適用に限られ、コンタクトホールなどの孤立パターンへの適用は困難であるが、光源の波長は問わないので、KrF, ArF, F<sub>2</sub>いずれの露光装置にも適用できる汎用技術である。

すなわち、かつて光リソグラフィーのひとつのブレイクスルーとなった超解像技術は、日本の企業が世界に先立っ

て生みだし、アメリカの企業が育て、日本の企業が実用化して世界を圧倒的にリードしてきた実例であるといえる。つまり、日本の企業の技術が、これまで単に量産技術や歩留まり向上に寄与していただけではなく、かなり基礎的な技術課題の解決策をも生みだしていたことをわれわれは認知すべきである。以上のように、日本のメーカーは、技術・ビジネス両面で日本の技術陣が世界を圧倒的にリードしてきた。しかしビジネス面では、最近顧客サービスを重視し、使い勝手を改善した製品を市場へ投入したヨーロッパの ASML 社に追い越される局面もあり、苦慮している。

一方、アメリカにおいては、従来、コダック社やパーキン・エルマー社のような光学メーカーがカメラや計測機器をはじめとする光学機器の分野で健闘していたが、現在は競争力を失っている。光露光装置においても一時、SVGL 社が活躍していたが、数年前に ASML 社に買収された。このように、アメリカのリソグラフィ装置産業には活力がなくなっている。にもかかわらず、次に述べる液浸技術ブレイクスルーにみられるように、アメリカの大学の研究開発力のほうは相変わらず活力に溢れており、現場の最先端の技術課題に敏感に反応している。なぜこうなるのであろうか。

## 1.2 液浸ブレイクスルーと MIT の技術センス

このような状況下で昨年 2 月米国のシリコンバレー (Santa Clara) で開催された Microlithography 2004<sup>6)</sup> において、65 nm 以降のブレイクスルー技術として、ArF の液浸技術の実用化に関しニコン、ASML、および、キヤノンから競って発表され、各社とも本命技術としての見通しが立ったと述べた。そして、本年の製品化に向けて、技術開発競争はもとより、トップシェア争奪の受注競争が行われている。このため、リソースの選択と集中、すなわち他のリソグラフィ技術の選択肢に携わっていた技術者の液浸式 ArF ステッパー装置開発へのシフトが行われている。液浸技術は、すでに量産に使用されている上記 ArF レーザーを光源とする露光装置の延命をはかる技術であり、対物レンズの先端とウェハーの間の空間を純水で浸し、実効的な NA (解像度) を純水の屈折率 1.4 分だけ、あるいは昨年秋の JSR とキヤノンからの新聞発表 (JSR ニュースリリース/2004 年秋) にあるように、より屈折率の高い液体で解像度を向上する技術である。式 (1) をみれば、解像度が上がることは一目瞭然である。また、焦点深度も向上するため、装置の機械的な位置制御の精度が緩和されることも大きなメリットである。液浸レンズはオイルを用いた超高解像の顕微鏡として古くから知られているが、量産用露光装置への適用ははじめてであり、解像度 60 nm が

部分実験で実証され、マスクパターンが単純な繰り返し形状であれば 45 nm から 32 nm まで量産加工できる可能性をもっている。

そこで、この注目すべきブレイクスルー技術が本命技術として表舞台に立つに至った経緯を調べる。この液浸技術は、前述の ArF の解像度の式 (1) で明らかなように、光学顕微鏡の解像度を上げる技術として教科書に掲載されているほどよく知られた技術である。実際、今回発表のような液体循環式リソグラフィとしての発明は、さかのぼれば 80 年代のはじめに出願された (株) 日立製作所の高梨らの特許<sup>9)</sup> がある。しかし、技術の選択肢としてウェットなプロセスは敬遠され、前述の位相シフトマスクなどの RET 技術開発のほうの優先度が高かった。そのため、液浸技術は長らくお蔵入りであった。しかし、最近では、その RET 技術も出尽くしている感があつた。

このような背景で 2001 年、MIT の Lincoln Laboratory の Rothschild らが、波長 157 nm の F<sub>2</sub> レーザーを用いた干渉縞で液浸リソグラフィ実験を行い、55 nm のパターンを刻印してタイミングよく発表<sup>1)</sup> した。その後、IBM 社から台湾のメーカー TSMC に移った Lin らが理論的検討を進めて 45 nm ノードまで実用可能であるという見通しを立て、実用化を強く主張した。そして、ニコンの大和らが、2003 年のマイクロリソグラフィ学会にて液浸のハンドリング技術であるローカルフィルというアイデアを発表し、量産機への適用が可能であることを示した。これにはずみがついて、ASML 社やキヤノンも液浸のシミュレーションや実用実験をさらに押し進め、本年の出荷を目指して 3 社による熾烈な製品化競争が展開されるに至った。以上の経緯をみると、MIT の技術陣が当初どこまで先行きを見通していたかは不明であるが、少なくとも光リソグラフィの現場の最先端の技術課題に敏感に反応し、今回の液浸技術ブレイクスルーのきっかけをつくったことは確かである。アメリカにおける産学連携の勝利の一例である。

## 2. 日本の産学連携の問題点と今後の進め方

### 2.1 日本の産学連携の問題点

今回のリソグラフィ・ソリューションのブレイクスルーとなった液浸技術は、前述のように、MIT (Massachusetts Institute of Technology), Lincoln Laboratory の Rothschild<sup>1)</sup> らによってきっかけがつけられた。この研究室は、DARPA のファンド (No. F19628-00-C-0002) を受けて光リソグラフィの極限追求をテーマとしており、以前から F<sub>2</sub> (157 nm) レーザーを用いた露光実験などを通

じて技術開発の最前線の一環を担っていた。すなわち、企業の現場が行っている実験と同じレベルの実験をしており、最先端の技術課題を掌握していた。したがって、今回のブレイクスルーのきっかけをつくったのは必然であったということもできる。この例にみられるように、アメリカの大学は、日本の大学<sup>7)</sup>よりも企業の現場の最先端の技術課題に敏感に反応する。だからこそ、大学からブレイクスルーが出るし、ビジネスに根ざした本格的なベンチャーが育つ確率が高い。

実際、米国のおもな大学から出願され、特許登録となっている発明件数が、日本の大企業並みの件数に上っていることは驚異である。表1は、1969年から2003年に至る、米国特許登録件数の積算のランキング (<http://www.initiaconsulting.co.jp/>) である。例えば、カリフォルニア大や、MITの件数は、住友化学や三洋電機の登録件数と同じ程度である。米国の大学の研究スタッフの特許意識がいかに高いかが容易に想像できる。

本報告は、今回のMITの例でみられるような大学の生産技術部門が担っている応用研究の進め方について議論しており、例えば素粒子研究のような純粋な研究部門のことを対象にしているわけではない。ところが、日本の大学では、応用研究部門の領域であっても、将来への布石としての基礎研究と称されるテーマが多く、それが大義名分のようになっている。そしてさらに、基礎研究といっても、実体はどちらかというところ、技術の本流からはずれたところで研究テーマを設定してしまう傾向がある。論文数を稼ぐ目的にかなうかもしれないが、論文発表だけで終わってしまうケースが多くみられる。たとえば、Microlithography 2004のような、技術の本流を議論する場において、アメリカの大学からの発表件数が25件であったのに対し、日本の大学からの発表は数件であった。しかも、Microlithography 2004でのMITやロチェスター大の例にみられるように、アメリカの大学から発表されるデータの取り方やシミュレーションの結果が、企業から発表されるものに肉薄しており、技術の本流への寄与に迫力が感じられた。これに比べ日本の大学からの発表は、アイデアを概念や図面で発表するにとどまり、データも写真程度である場合が多く見受けられる。筆者がかつて携わった光ディスク分野の学会発表でも、写真だけでなく例えば信号対雑音比や効率のデータにまで踏み込んだ形であれば、その技術の素性をもっと明確になるのという隔靴搔痒の思いを何度か経験したことがある。

このように日本の大学が技術の本流に踏み込みにくくしている理由は何であろうか。ひとつには、大学によっては

表1 米国特許登録ランキング ('69-'03)

順位	組織名	登録数
1	IBM	32639
2	GE	27762
3	キャノン	22540
4	日立	21362
5	東芝	19262
7	NEC	16438
10	三菱	15602
14	松下	14359
15	ソニー	13554
18	富士写真フイルム	12526
35	富士通	11368
(35)	コニカミノルタ	8490
36	シャープ	7096
37	日産	6690
38	ホンダ	6609
39	リコー	6530
44	トヨタ	6191
59	オリンパス	4882
68	ニコン	4317
72	住友化学 (5200)	3792
78	カリフォルニア大	3549
82	デンソー	3364
88	ペンタクス	3146
91	住友電工	2989
94	パイオニア	2820
95	セイコーエプソン	2802
97	アイシン精機	2789
99	ブラザー工業	2740
101	三洋電機 (16000)	2690
112	富士ゼロックス	2457
115	矢崎総業	2427
117	MIT	2389
120	村田製作所	2354
125	マツダ	2263
132	アルプス電気	2124
135	日本ビクター	2073
139	沖電気工業	2013
141	武田製品工業	1989
148	ブリヂストン	1932
149	信越化学工業	1895
160	新日本製鉄	1750

イニシアリサーチ社のデータをもとに著者作成。日本企業とカリフォルニア大、MITを抜粋。

研究設備が不足しているという要因がある。例えば、上述の信号対雑音比や効率のデータをとるには、それなりの高価な測定機器が必要であり、大学によっては、それらの機器を備え切れないという場合もある。しかし、本論文で強調したいのは、例えば先端的なデバイス設計の方法や測定方法のノウハウなどを含んだ技術の本流にある最先端の技術情報を、大学がつかみ切れていないのではないかと問題である。これは、大学が企業の現場から学ぶのが最も手っ取り早いので、企業サイドから開示されると都合がよい。

ところが、そこには、企業機密の問題が立ちはだかる。

機密保持は、企業サイドとしては当然のことである。しかし、企業の自前主義の限界が盛んに問われている昨今あって、企業側も機密保持や技術情報の囲い込みに専念していると技術が閉塞してしまう。そのためには、企業が情報を大学に開示してもその権利が保証され、企業が安心して大学と技術交流ができるような体制が土台になければならない。

すなわち、法律に基づいたきちんとした機密保持に関する対等の契約 (NDA: nondisclosure agreement, あるいは EA; exclusive agreement) を大学と企業の間で交わし、互いの技術交流を経て双方が win-win の成果が得られるような姿に変革していくべきである。ところが例えば、大学での研究には学生が携わるため、卒業後の就職先に機密が漏れる懸念があるという指摘がある。しかし、それは、学生も含めた NDA を結べば解決する問題と思える。

以上の議論から、日本の大学の応用研究部門における産学連携の進め方の課題はファンディングの問題以外に、少なくとも2つの視点から検討されなければならないことがわかる。1つは、大学の TLO などが担当する発明の特許化技術に関する課題であり、いま1つは、発明そのものを生み出す研究開発の進め方に関する課題である。以下、これらについてそれぞれ論考する。

## 2.2 日本の大学の TLO と MIT の ILP の現状

まずはじめに挙げた産学連携にまつわる特許などの機密保護の業務は、わが国の大学では、TLO (Technology Licensing Organization/技術移転機関/<http://www.jpo.go.jp/kanren/tlo.htm>) が受け皿になることになっている。TLO のおもなミッションは、大学の研究成果を特許化し企業に技術移転するとともに、得られた対価を大学のさらなる研究資金にあてることを目標としており、大学の研究者の研究成果を発掘・評価し、特許化および企業への技術移転を行う法人で、いわば大学の「特許部」の役割を果たす機関である。時期的には、いまからおよそ6年前の1998年8月に施行された「大学等技術移転法 (TLO 法)」に基づいて発足し、現時点で全国で36か所が認可設立されている。

これに対し、アメリカの産学連携の歴史は古く、例えば MIT<sup>8)</sup> では TLO だけでなく、ILP (Industrial Liaison Program/<http://www.mit.edu>) とよばれる組織が1948年に発足している。知財保護業務を扱う TLO に対し、ILP は、技術的な懸案事項を扱う機関であり、50年以上の蓄積があつて innovation value chain の一環をなしている。innovation value chain とは、技術イノベーションから資金回収に至る価値創出の連鎖、つまり基礎研究—応用研

究—製品化—ビジネス—研究投資のサイクルの生産的な連鎖である。また、昨年の例では、645社が MIT に出資し、うち21社が百万ドル以上、139社が十万~百万ドルの間の出資を行っている。また、MIT の卒業生は、1997年までに4000社を超える会社を創出し、110万人の雇用を創出しておよそ2兆5千億円の売り上げを達成している。そして、MIT などを含む北米全体の大学の産学連携による2002年度の特許収入は、約1453億円に達する ([http://www.autm.net/index\\_2004annual.html](http://www.autm.net/index_2004annual.html))。これらの収入が、特許申請費用やメンテナンス費用、ひいてはベンチャー育成にあてられている。

一方、日本の TLO の特許収入は増加傾向にあるものの、発足から2003年度までで、通算約14億円 (<http://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/ip/haihu16/siryu4-1.pdf> or <http://www.meti.go.jp/policy/innovation-corp/top-page.htm>) である。もちろん、TLO の本格始動が比較的最近であることを考慮すべきであるが、その経営は特許収入という観点からみて多くの課題を将来に残している。そこで、特許の収入を基礎研究から求めようとする考え方がある。しかし、実際のところ基礎研究が製品にまで育つケースはきわめてまれである。また仮に、基礎研究が実用化されても研究開発は通常20~30年の年月を要し、基本特許を書いても製品が市場に出るころには期限が切れている場合が多い。

したがって、大学から出願される特許は、基本発明だけでなく、実用化の工程において持続的かつ網羅的に周辺特許を出願し、特許網を構築していかなければならない。このような進め方は、特許収入で実績を踏まえた経験のある企業との産学連携による協力体制がなければ現実とはなりにくい。また、特許の権利維持のためには相当の費用がかかる。そのため、すでに出願済みの特許の権利を維持するかどうかのスクリーニングの工程を、さらに厳しくしていかなければならない。これらは、発明の権利化の効率を高めるための特許技術の問題である。次に、もっと肝心な発明自体を生み出すもとなる研究開発そのものの進め方について、前節で強調した日本の産学連携の問題点を受けて、次のような前向きな解決策のひとつを提案する。

## 2.3 日本の産学連携をより有効に進めるには

その解決策は、まず第1に、前述のように、日本の大学の少なくとも生産技術部門に属する研究者が、従来以上に深く企業の開発現場に足を踏み入れて、先端の技術課題を企業の技術者と共有していくことである。そこで必ず浮上する知財の管理と保護の問題は、大学や公的研究機関で設置されている前述の TLO を有効活用することである。しかし、現状の TLO は、大学サイドの権利を守ることをお

もな使命としている。これでは、さらに有効な進展は望めない。

したがって、解決策の第2は、TLOの使命として大学の利益を保護するだけでなく、企業サイドの権利を守る手立ても考慮し、大学と企業が相互に対等な法的契約関係を構築していくことである。でなければ、企業サイドは現状より以上、大学に接近することはなく、さらに進んだ生産的な産学連携は成立しない。そして第3に、企業サイドも、現場の技術課題を宝の持ち腐れとせず、企業の知財管理部と大学のTLOの監視のもとで大学に積極的に技術課題を開示し、大学の研究者の優秀な頭脳を活用することである。

これら3つの手だてが解決策のセットとして推進されれば、双方がその技術情報を互いに開示してもその権利が保証されることになり、安心して技術交流ができるようになる。つまり、学会や研究会でのレベル以上に踏み込んだ議論を双方の研究者、技術者が行えるようになり、双方の科学的な知識や技術がより活性化され新たな進歩が生まれるチャンスが増えるはずである。

そして、最も高度な判断を必要とする事業的な成功の見通しについては、双方の経営者レベルの責任者が会議をもって総合的に判断する。すなわち、重要なテーマごとに、大学と企業が対等な法的契約関係をベースとするギブアンドテイクのルールにまず合意する。そして、そのルールのもとに双方の先端技術や製品開発の経験者が集まってプロジェクト体制を敷き、実用化目標の達成に向けた工程を果敢に実行していくことが、開発研究における世界に通用する本格的な産学連携の姿となるのではないか。このような進め方は、実は、企業同士の産々連携で現実に頻繁に行われ、多くの実績が上げられていることである。

#### 2.4 国際的な Innovation Value Chain への参加

最後に、欧米における産学連携の研究資金面について言及する。すなわち、本報告の半導体微細加工技術の分野では、アメリカでは、ISMT (International SEMATEC/<http://www.sematec.org/>) というコンソーシアムが重要な役割を果たしている。ISMTはMITをはじめ、ロチェスター大、ニューメキシコ大など多くの米国の大学に、日本とは桁違いに大きい研究資金を投入している。また、2002年の春から2003年の末までの研究成果が昨年2004年の1月末にISMT主催の会議で報告されているなど、活発な成果発表とその評価が定期的になされている。一方、欧州では、ベルギーのルーヴェン市にIMEC ([http://www.imec.be/ovinter/static\\_general/start\\_en.shtml](http://www.imec.be/ovinter/static_general/start_en.shtml)) という機構が整備されており、欧米企業参加の半導体産業の

産学連携の拠点のひとつとなっている。

日本においても、これらの動向に注意しながら、より生産的で健全な産学連携を推進すべきである。すなわち、前節で述べたような欧米では当然のこととして行われている法的な契約関係、すなわち一方が他方を支配するのではなく、ギブアンドテイクの対等の立場をとることを基本にした契約的な運営方法を、国内の企業と大学の間で実績として積むことである。これが地についてくれば、今度は、海外の大学、あるいは、海外の企業との間でのギブアンドテイクを基本とする技術協力に発展し、日本の大学も各国の技術力がからみあう国際規模の innovation value chain の一環を担うところまで成長できるのではないか。例えば、端的に言って、インテルが研究資金を投入する気になるような魅力的な技術ポテンシャルが、日本の大学の生産技術的な分野を担う部門で育まれることも視野に入ってくる。

以上、本報告の前半の第1章において、最近の半導体デバイス製品および半導体微細加工装置の技術動向と、世界シェアによる日本の国際競争力を本報告の背景としてレビューした。そして、後半の第2章では、前半で述べた技術動向から日本の産々連携とアメリカの産学連携の進め方についての分析を試みて、本報告の問題意識を浮き彫りにした。そして、最後に、応用研究における日本の産学連携の進め方について、従来よりも一歩踏み込んだ提言を行った。すなわち、

- (1) 最近のリソグラフィー・ソリューションの新たなブレイクスルーとなった液浸技術を例にみると、アメリカではビジネスとしてのリソグラフィー装置産業の国際競争力がなくなっているにもかかわらず、ブレイクスルーのきっかけがアメリカの大学 (MIT) で生じている。それが可能であった理由は、アメリカの大学が、国内だけでなく世界中の企業の開発現場がつくっている技術潮流の中に最先端の技術課題を見つけだし、かつその課題にタイミングよく敏感に反応しているからである。
- (2) すなわち、世界中の企業の開発現場は、マーケットニーズと科学的な知識シーズの接点であり、発明や発見を生みだすもとなる最先端の技術課題を内包しながら技術の潮流をつくっている。したがって、応用研究に携わる日本の大学の研究者は、そこへ従来以上に深く足を踏み入れて、先端の技術課題を企業と共有していくべきである。

そこで必ず知財の管理と保護の問題が浮上するが、現在大学や公的研究機関で設置されている TLO が、

これまでのように、大学サイドの権利を守るためだけでなく、企業サイドの権利を守る手立ても考慮した相互に対等な法的契約関係を構築していく必要がある。でなければ、企業サイドは現状より以上に大学に接近することはなく、技術情報を開示することもない。これでは、真に生産的な産学連携は進まない。さらに、企業サイドは、現場の技術課題を宝の持ち腐れとせず、企業の知財管理部と TLO の監視のもとで大学に積極的に開示し、大学研究者の優秀な頭脳を活用すべきである。

そして、現状の TLO がかかえている発明の権利化の効率を高めるための特許技術も考慮されなければならない。すなわち、産学連携に携わる大学の研究者は、ヒットすれば大きいとその確率はきわめて低い基本特許を狙うだけでなく、実用化の推進過程で生みだされる周辺特許も企業の研究者と協力して持続的かつ網羅的に出願し、特許網を構築していかなければならない。また、特許の権利維持には費用がかかるため、既出願特許のスクリーニングの工程を、企業の特許業務経験者と協力してさらに厳密にしていかなければならない。

(3) 以上のような特許技術を含む対等な法的契約関係をベースとする企業と大学のギブアンドテイクのルールの合意のもとに、双方の先端技術開発や製品開発の経験者が集まってテーマごとにプロジェクト体制を敷き、実用化と特許取得目標の達成に向けた工程を果敢に実行していくことが、開発研究において国際的に通用する本格的な産学連携の姿である。このような進め

方は、実は、企業同士の産学連携で現実に頻繁に行われ、多くの実績が積み重ねられている。今後も、国際的に通用するギブアンドテイクの対等な契約に基づく産学連携の地道な実績を積んでいけば、国内だけでなく、国際的な innovation value chain の一環を日本の大学も担うようになれるはずである。

本特集をまとめるにあたり、貴重なご助言をいただいた(株)ニコンの大和壮一博士、(株)産総研の小笠原敦氏、(株)日立製作所の岡崎信次博士、福田宏博士、そして、文部科学省科学技術政策研究所の桑原輝隆氏の各位に感謝いたします。

## 文 献

- 1) M. Switkes and M. Rothschild: "Immersion lithography at 157 nm," J. Vac. Sci. Technol. B, **19** (2001) 2353-2356.
- 2) 笹子 勝, 遠藤正孝: "リソグラフィの最近の話題", 応用物理, **2** (2004) 199-205.
- 3) 笠間邦彦: "次世代リソグラフィの展望", オプトロニクス, **4** (2003) 106-110.
- 4) 渋谷真人: 特開昭 55-136484.
- 5) F. Schellenberg: "Resolution enhancement techniques in optical lithography," SPIE Milestone Series, MS178 (2003).
- 6) 高梨明紘ほか: 特開昭 57-153433.
- 7) 奥和田久美: "シリコン半導体デバイス研究に対する大学の関わり", 科学技術動向 (文部科学省科学技術政策研究所), No. 25 (2003) 23-35.
- 8) 黒田玲子: 科学を育む, 中公新書 (中央公論新社, 2002) pp. 125-149.
- 9) 白木靖寛: "大学と特許", 応用物理, **10** (2004) 1338.

(2005年4月22日受理)