

2008/08/19

第4章 オルバニーナノテク* 科学者・技術者を魅了吸引するニューヨークマグネット ニューヨーク州立大学オルバニー校ナノスケール理工学カレッジ総合施設

Albany Nano Tech

College of Nanoscale Science and Engineering, New York State University at Albany

オルバニーナノテクはナノ電子工学研究開発のための産官学連携コンソーシアムである。このコンソーシアムは2001年にニューヨーク州立大学オルバニー校ナノスケール理工学部を中核として結成された。その後この理工学部は発展的にナノスケール理工学カレッジとなり、「卓越した研究拠点」の1つに選定されている。またこのコンソーシアムも今や半導体クラスターの成功例として報告されている。そこで本章では産業と直結し、事業化を推進しているこのコンソーシアムの成果を具体的に把握し、更にニューヨーク州の評価を知事の教書などから検証している。またこのコンソーシアム参加企業として東京エレクトロンのテル・テクノロジー・センター・アメリカ社(TEL Technology Center, America, LLC)の前責任者で、ニューヨーク州立大学オルバニー校ナノスケール理工学カレッジ平山教授のコメントを付記し、まとめている。

このコンソーシアムは、雇用を創出し、米国内のみでなく日本、ヨーロッパから参加企業数として250社を擁していること、SEMATECHを巻き込み、International SEMATECH North を設立させて本社機能をも誘致した事実、またアプライド・マテリアルズ社と東京エレクトロン(株)という世界第1位、2位の半導体設備企業の研究センターを誘致したこと、そしてIBM、AMDなどの企業をサポートし地域振興に役立っていることなどが、産業に直結して、ビジネス振興に貢献している証拠と言えよう。

1. はじめに

オルバニーナノテク(Albany NanoTech)^{脚注*1}は2001年¹⁾²⁾にニューヨーク州政府が主導しニューヨーク州立大学オルバニー校〔State University of New York (SUNY)のUniversity at Albany(UAlbany)〕ナノスケール理工学部(the School of Nanoscale Science and Engineering at UAlbany)を中核として結成されたナノ電子工学研究開発のための産官学連携コンソーシアムである。その後、発展的にこのナノスケール理工学部を母体にし

*オルバニーナノテクはニューヨーク州立大学オルバニー校ナノスケール理工学カレッジ(College of Nanoscale Science and Engineering, New York State University at Albany)の研究開発総合施設、場所、組織名、建物等を総称した意味に使われる通称であり、契約書など正式文書には使われない。(平山 誠: 私信 2008年5月12日)

てナノスケール理工学カレッジ (College of Nanoscale Science and Engineering、略して CNSE)^{脚注*2} が創設された。²⁾ そしてそこがニューヨーク州の5つのセンター・オブ・エクセレンス(Centers of Excellence)、即ち「卓越した研究拠点」の1つに選定されて成長し、今や半導体クラスターの成功例と報告³⁾されるに至っている。

オルバニーナノテクに関しては、インターネットでナノスケール理工学カレッジの英文名 College of Nanoscale Science and Engineering、又は CNSE を入力すると、web サイトから CNSE のホームページ⁴⁾と関連する記事が入手できる。特にホームページ⁴⁾にはほぼ総ての情報が掲載されていると CNSE 広報部も述べている。⁵⁾ 既にオルバニーナノテクに関して詳しく報告された記事も多い。^{6) 7)} 例えば大下淳一氏⁶⁾は「オルバニーナノテクはビジネス直結型である」と強調し、「つくばへの手紙」をまとめている。また、木ノ切恭治氏⁸⁾も「ナノテク技術の事業化を推進するコンソーシアム」として紹介している。最近ではまた Semiconductor International Japan Edition 誌もオルバニーナノテクがナノスケール理工学カレッジとして形を整えた後の様子を詳しく報道している。⁷⁾ 米国電気電子学会誌や国際光工学学会予稿集などの学会誌や論文誌にもオルバニーナノテクを紹介している記事や論文がある。⁹⁾⁻¹¹⁾ 更に又、色々な組織の海外駐在員からの報告も多数あり、例えば電子情報技術産業協会 (JEITA)¹²⁾¹³⁾からも多く報告されている。ネット上で得られるニュースも多い。例えば文部科学省ナノテクノロジーネットワークセンターのナノテク最新情報ナノネット^{3),14)-16)}は極端紫外線 (EUV) 露光技術 (以下 EUV 露光技術と略記する) をめぐる国際競争の激化を報告しながら、日本のコンソーシアムを指し「国家プロジェクトの意義が問われる試金石」、「産官学の役割を考え直すのも無駄ではない」と指摘している¹⁶⁾。その他、ネット情報サービスでのニュース¹⁷⁾⁻²¹⁾や、オルバニーナノテクに機器を納入した半導体設備メーカーのプレスリリース²²⁾²³⁾等もインターネット上で見ることが出来る。

* 1 Albany はインターネット検索でヒットする率では、アルバニーと表記してある方が、オルバニーと表記したものより圧倒的に高い。しかし Albany NanoTech に関する報道記事は、逆にオルバニーと表記している方が圧倒的に多数である。ここでは読者が Albany NanoTech に関する参考文献を検索しやすいようにオルバニーと表記することとする。

* 2 College of Nanoscale Science and Engineering は原語のまま紹介されている場合¹⁶⁾もあれば、ナノスケール科学工学カレッジと訳されている場合³⁾もあるが、その中の Nanoscience、Nanoengineering、等の学部をそれぞれナノ理学部、ナノ工学部と訳す方がなじみ深いと判断し、本書ではナノスケール理工学カレッジとした。因みに早稲田大学理工学部は Science and Engineering であり、豊橋技術科学大学院は University of Technology であることも参考にした。

* 3 本稿でも SEMATECH、International SEMATECH North、あるいはその他の企業名など商標になっている呼称を使用している。

第2章で述べた SEMATECH^{脚注*3}は、「産」が主導して「学」の有名大学と「官」として国立研究所が手厚く支援するという形のコンソーシアムであり、あくまでも技術開発追求による産業の振興が主眼であった。それに対し、このオルバニーナノテクはニューヨーク州政府という「官」が主導して州の資金を供給し、「産」も資金と研究者を出し合ってニューヨーク州立大学オルバニー校という「学」に集い、コンソーシアムを組んで次世代技術の共同研究開発を行うというものである。趣旨としては勿論ナノテクの研究開発、商品化とその促進が目的ではあるが、しかし州政府にとっては、地域振興、雇用の確保が主目的であり、そこが SEMATECH と異なる特徴である。また半導体産業界側としても開発費が高騰し、新製品から得られる利益では投資を回収できない状況になっている。そのためコンソーシアムを組み、開発費を分担し合って新製品を市場に出し、拠出した開発費分を回収すればそれぞれの企業で採算が合う可能性も出てくる。オルバニーナノテクではこのような産業界の目的と州政府の地域振興、雇用の確保という目的とがうまくかみ合っている例である。

本章ではオルバニーナノテクの成果を具体的に把握すると共に、ニューヨーク州から見た成果と評価を知事の教書²⁴⁾⁻²⁶⁾などから検証する。ここでは2.でCNSEのホームページを基にオルバニーナノテクの誕生の背景とその後の経緯をまとめ、3.で産業と直結している現状を記述し、4.でオルバニーナノテクコンソーシアムとニューヨーク州と参加企業の3つの側面からそれぞれの成果をまとめ、5.で予算教書と合わせて、上記3つの側面で将来展望を記述する。また6.で世界最高峰を維持しようとする原動力とそれに基づくこのコンソーシアムの全体像を解き明かす。

2. 設立の背景と歴史

2.1 背景

オルバニーナノテクの歴史とニューヨーク州パタキ知事の貢献とは切り離せない。パタキ知事は1995年に就任後、地域振興策としてナノテクノロジーに着目し、12年の任期の間、ニューヨーク州をカリフォルニア州やテキサス州に負けない州にしようと努力を重ねてきた。その骨格となるのが後述する先端技術を核とした卓越した研究拠点、いわゆるセンター・オブ・エクセレンス群構想であり、更にその一翼を担ったのが、ここで説明するオルバニーナノテクであった。その中心のニューヨーク州立大学オルバニー校ナノスケール理工学カレッジ(CNSE)はナノ理学部(nanoscience)、ナノ工学部(nanoengineering)、ナノバイオ科学部(nanobioscience)、ナノ経済学部^{脚注*1)}(nanoeconomics)で構成されている。そしてCNSEのオルバニーナノテク総合施設(Albany NanoTech complex)^{脚注*2)}は2007年時点迄で総額42億ドルを費やして45万sq.ft(約42000m²)の施設を既に構築し、そこに世界中からパートナー企業、あるいはコンソーシアムや共同研究組織を誘致している。⁴⁾そして2008年以降も増強を継続する計画である。⁴⁾

CNSE は産官学連携のコンソーシアムであり、産学官の最大公約数的目標は「ニューヨーク州を技術開発と経済発展で先導的なポジションを占めるような地位まで押し上げる」ことにあった⁴⁾。そのために採択された戦略は(1)波及効果の大きい、できるだけ多くの分野が関わる学問分野に注力する(ここではナノテクノロジー)、(2)最先端の(企業を誘致できるよう)インフラストラクチャーを構築するための投資をする、(3)総てのサプライチェーンの支援を得て、世界規模の、将来も継承できる教育訓練を行う、(4)官民の提携を挺入れし促進する、という4本柱になっている⁴⁾。

CNSE のホームページ⁴⁾には以上を総括した CNSE のビジョンとミッションが明確に示されている。即ち CNSE のビジョンとして「ナノテクノロジーに関する科学と技術の学際的分野で、基礎及び応用に関する知見を見出し広めるための、世界に通用する源泉、リソースとなる。」事を掲げ、そのための CNSE ミッションとして著者の意識も含めると「ナノテクノロジーの理論的な原理から実用的応用までの教育訓練の場において、研究と教育の両面で、知的で活気に満ちた源泉、あたかも発電所のような強いパワーを出す源としての役割を担う。」と記されている。

2.2 歴史

それでは歴史を CNSE のホームページ⁴⁾で辿ってみよう。ここでは官、民の出資比率を知るため投資額が記載されている項目を拾うこととする。そのため少々冗長となることをご容赦頂きたい。

2001年に、ニューヨーク州立大学オルバニー校にナノスケール理工学部が設立され、同年1月にパタキ知事が2001年度教書でセンター・オブ・エクセレンス[Center of Excellence (以下 CoE と略記)]構想を発表している。それによると、オルバニーにナノテクノロジーの CoE、バッファローにバイオインフォマティックスの CoE、ロチェスターに新情報技術の CoE を設けるとされている。⁴⁾その後シラキュースに環境技術の CoE と、更にロングアイランドが加わり、その他に2つも検討されるようになる²⁴⁾ので、この年はセンター・オブ・エクセレンス群の端緒とも言うべき年であった。そして同年4月には実行に移され、ナノエレクトロニクスとナノテクノロジーの分野の CoE がニューヨーク州立大学オルバニ

* 1) ナノ経済学の内容に関しては、CNSE のホームページ⁴⁾によると、think tank と表現されており、ナノテクノロジーを土台とした改革と教育を経済学の分野で学際的に探求する学問を意味している。

* 2) complex の日本語訳としては「複合体」が使われている例⁷⁾もある。あるいはそのまま「コンプレックス」としている記事¹⁶⁾もある。またコンビナートという意味もあるので「総合施設」という訳語を用いている記事³⁾もある。ここでは facility を「施設」と訳し、その集合体としての complex に「総合施設」という語を当てはめたが、コンビナートのような総合施設群というのが実態を表している。

一校に設立された〔 the Center of Excellence in Nanoelectronics and Nanotechnology (CENN) at UAlbany 〕。ここでは IBM が\$100M を、ニューヨーク州が\$50M を分担して出資している。⁴⁾以後この CENN がコンソーシアム活動の核の役割を担うことになる

そして 2002 年 7 月にニューヨーク州と SEMATECH が CENN に\$405M を投じて International SEMATECH North Center を設立すると共同発表している。⁴⁾更に同年 11 月、州政府と立法府は \$50M を投じて NanoFab 300S (NFN 300S) を建設し、竣工式を挙行政した。⁴⁾その同月、東京エレクトロン (TEL) とニューヨーク州は CENN に\$300M で テル・テクノロジー・センター・アメリカ (TEL Technology Center, America, LLC.、以下 TTCA と略記する) を設立することを共同発表している。⁴⁾⁶⁾ IBM の\$100M、SEMATECH の\$405M、そして TEL の\$300M と大型の投資が続いたことになり、これがこのコンソーシアムの初期の礎になった。翌 2003 年 4 月には\$175M を投じる NanoFab 300 North (NFN 300N) の起工式が行われている。⁴⁾上記のような経緯を経て、2004 年 1 月のパタキ知事による教書で、ニューヨーク州立大学オルバニー校ナノスケール理工学カレッジ (CNSE) 創立が発表され、同年秋に CNSE が公式に発足した。⁴⁾

翌 2005 年には更に大型投資を伴う企業誘致に成功している。即ちパタキ知事はオランダ ASML 社が CENN に\$400M を投じて研究所を作り、次世代ナノチップ製造のため、ナノスケールのリソグラフィ技術開発を行うと発表している。the International Multiphase Partnership for Lithography Science and Engineering (以下 IMPLSE と略記する) のスタートである。⁴⁾そして同年 5 月には CNSE の半導体研究センター〔 Center for Semiconductor Research (以下 CSR と略記する) 〕に\$500M の投資が発表された。ここでは、IBM、AMD、ソニー、東芝、東京エレクトロン、アプライド・マテリアルズ(以下 Applied Materials と表記する) がパートナー企業として参画し、将来の 32nm ノードについて共同研究開発を進めるとのことである。⁷⁾更に同年 7 月には州政府と立法府が CENN に\$500M 超を投じて、International Venture for Nanolithography (以下 INVENT と略記する) を創立すると発表した。⁴⁾その内訳は IBM、AMD、インフィニオン (Infineon)、マイクロン (Micron) が\$200M、その他の企業から\$220M、ニューヨーク州からニューヨーク州立大学オルバニー校に\$180M、合計\$600M とのことである¹⁴⁾。また同じくハネウエル (Honeywell) も Albany NanoTech に\$5M を投じてラボを設置し、メタル材料と原子層積層成長関連材料の研究を行うと発表している。¹⁸⁾更に 9 月には Applied Materials 社が\$300M を投じて CENN に研究所を設立⁴⁾し、ここに先の TEL と共に世界 1 位、2 位の半導体設備メーカーが研究施設を設置することになった。

2006 年も充実した発展をしている。即ち 1 月には州政府と立法府が CENN に\$435M を投じて Institute for Nanoelectronics Discovery and Exploration (以下 INDEX と略記する) を設立すると発表した。更にナノファブ (NanoFab) 新築・拡張計画として NanoFab300 East (NFN 300E) を建設すべく、CENN に\$75M を投入して 250,000sq.ft (23,000m²) の新施設棟を 2008 年初旬完工目標で建設する計画も打ち出している。また既存施設の拡張計

画として NanoFab 300N に\$45M 投入し、ボールルームスタイルで、15,000sq.ft (1,400m²) のクラス 1 (1ft³に 0.5 μm 以上のごみが 1 個以下という清浄空間) 可能なクリーンルームを有す直径 300mm ウエーハラインを増設するとしている。⁴⁾ 以上はホームページ記載の通りであるが、後述のようにその後、Nano Fab East の完工時期は 2009 年 1 月に延期されており、中身も少々変更されている。同じく 2006 年 1 月には SEMATECH が CENN に \$50M 投じて EUV レジスト試験センター (EUV Resist Test Center) を開いている。

このような発展を認められ、2006 年 5 月に CNSE は、スモールタイムズ (Small Times) 誌の年次大学ランキング ナノテクノロジー部門でアメリカ国内 1 位にランク付けされた。また以上のような活動が企業誘致にも功を奏し、2006 年 6 月にアドバンスド・マイクロ・デバイス [Advanced Micro Devices (以下 AMD と略記)] が \$3.2B を投じてサラトガ郡に 300mm ウエーハ技術の工場を建設すると発表している。ニューヨーク州は「これで 1200 人の雇用が確保できる。CNSE、すなわちニューヨーク州立大学オルバニー校の CENN が存在することは、AMD の誘致成功の重要な決め手となった。」⁴⁾と発表している。更に又、ビステック・リソグラフィ社 (Vistec Lithography Inc、以下 Vistec と略記) の本社、研究所、製造部門と販売ビジネス部門の誘致にも成功している。2006 年 10 月の発表によると、ニューヨーク州は Vistec 社が英国ケンブリッジから移転する費用として、同社に \$30M の補助金を用意している。⁴⁾

地域産業振興策である企業誘致のためにも、技術者、技能者、質の高い労働力の確保が必要になる。2006 年 10 月にニューヨーク州立大学オルバニー校は、オルバニーハイスクールの生徒が CNSE のプログラムに参画できるパイロット事業、ナノハイ (NanoHigh) に \$0.5M を投じると発表した。又、12 月には、CNSE とハドソン谷コミュニティカレッジ [Hudson Valley Community College(以下 HVCC と略記)] は HVCC の電気工学科で学ぶ学生のため、半導体製造技術プログラムというコースを新しく設立している。更に又 CNSE と HVCC はアインホルン・ヤフィー・プレスコット・アーキテクチャー 工学 PC (Einhorn Yaffee Prescott Architecture & Engineering PC) と共にゲットナノ [“GetNANO” (Global Education and Training for Nanotechnology)] を立ち上げ、技能者育成を行っている。⁴⁾

2007 年になるともう大形の投資は見受けられなくなるが、代わりにビジネスを確立するためのネットワークの構築や、人材育成に力が注がれることになる。即ち 1 月にはキーバンクとキー財団 (Key Bank and the Key Foundation) が CNSE に \$0.25M を寄付し、NEXSTEP を創立した。これはビジネスやサポートサービスの要員育成のために作られたプログラムである。また同月、先端電子ビームリソグラフィ技術の開発促進と技能者人材育成を目的として、CNSE は Vistec と共同事業を起こしており、ニュ・ヨーク州科学技術学術研究室の技術移転インセンティブ事業を通して、\$0.75M の補助金を受けている。⁴⁾ また環境問題に関する省エネルギー技術に関するナノテクノロジーなどにも目が行くようになった。同じく 1 月に CNSE とアインホルン・ヤフィー・プレスコットは持続的エネルギー研究所 [National Institute for Sustainable Energy(以下 NISE と略記する)] の創設を

発表し、\$3.5M を投じ、エネルギー技術革新と、クリーンエネルギービジネス産業誘致を行うと発表している。⁴⁾

2007年5月にはInternational SEMATECH North との結びつきを更に強固にしている。即ち「International SEMATECH はCNSE に本社機能を移し、3年間で450人の人員を増員し、州の5つのセンターのカレッジや大学の研究基金として\$25M を用意することに同意した」⁴⁾と記述されている。この時も立法府はSEMATECH が最先端の設備を購入するために\$300M の支援を行う法案を通してている。⁴⁾

以上のCNSE ホームページ記載の経緯をもとに公的資金と民間資金がどのくらいの比率で投入されているかを整理してみた。単純合計では公的資金\$2.2B、民間資金\$1.6Bとなる。CNSE のホームページ以外の、他からの発表も加えたが、公表された文面からだけでは公的資金と民間資金の区別が明瞭ではないものもある。例えばTTCA の前副社長で、現CNSE 平山教授によると、2002年11月の\$300M は総額であり、その中身はニューヨーク州とTEL がそれぞれの配分に基づいて出資するという意味で、TEL が全額を支払っているわけではないとのことである。^{脚注*} また総合計が2.1 冒頭記載の総額\$4.2B には満たないがホームページには内訳が総て網羅されているわけではないだろう。従ってここでの合算はあくまでも目安であるが、発表されている数字からは公的資金と民間資金との比は5 : 4 となり、若干公的資金が多い。これはInternational SEMATECH North やVistec 移転に集中的、戦略的な補助金が出された政策にもよると考えられる。もし20% ぐらいを誤差範囲と見ると大略1 : 1 と見ることも出来よう。

3 . オルバニーナノテク全体構成

3.1 建物・敷地面積とコスト

総額\$4.2B の投資がなされ建設された個々の施設面積と投資コストをまとめたのが表1である。表1A には施設面積と投資コスト、表1B にはクリーンルームの内訳を示した。いずれも2007年12月当時のCNSE ホームページの歴史(History) の項⁴⁾ に出てくる数値を整理したものである。表の中で単位のk は 10^3 倍を意味する。尚、ここでは既述の数値との混乱を避けるため、あるいはホームページ⁴⁾ を直接当たる読者のためにホームページ記載の値を用いているが、その後CNSE 平山教授によると実体は少し変更されているとのことである。それによると、NanoFab300N は南側に増設中で、2008年8月に増設部が完工すると、表1A の施設床面積228 k · ft² は323 k · ft² になり、表1B のクリーンルーム面積は35k · ft² から50k · ft² になる。またNanoFab300E ではクリーンルームの計画が無くなり、一部実験室として使用するものの、収容予定数1000名を越す事務所棟として、主に大学、IBM、SEMATECH、その他の企業などからの人員増に対処する。そしてその完工予定

は表 2A の 2008 年秋から延びて、2009 年 1 月とのことである。^{脚注*}

図 1 は CNSE の全景を示したものである。表 1 B にあるように、CNSE ホームページ記載の値の総施設床面積は 74100m² である。上記 NanoFab300N 増設完工後は更に増えて 893k・ft²、即ち 82.9k・m² となる。

表 1 施設規模・用途・投資コスト (CNSE ホームページ⁴)

A. 施設面積と投資コスト

| NanoFab | 完工 | コスト\$M | 施設面積 | |
|----------|---------|--------|-------------------|---------------------|
| | | | k・ft ² | (k・m ²) |
| 300East | 2008.秋 | 150 | 250 | 23.2 |
| 300North | 2005.12 | 175 | 228 | 21.2 |
| 300South | 2004.3 | 50 | 150 | 13.9 |
| 200CESTM | 1997.6 | 16.5 | 70 | 6.5 |
| 既投資小計 | | 241.5 | 448 | 41.6 |
| 300mm 小計 | | 375 | 628 | 58.3 |
| 合計 | | 391.5 | 698 | 64.8 |

B. 施設面積 (クリーンルームの内訳とその他事務棟(外枠))

| NanoFab | 施設面積 | |
|------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| | 内) クリーンルーム k・ft ² | 外) 事務・教室・実験室 k・ft ² |
| 300East (建設中) | 15 | 100 |
| 300North | 35 | |
| 300South | 32 | |
| 200CESTM | 4 | |
| 既設小計 | 71 | |
| 300mm 既設小計 | 67 | |
| 300mm 小計 | 82 | |
| 合計 | 86 | 100 |
| | (7.99k・m ²) | |

総施設面積

798 (74.1k・m²)

k : × 10³



図1 CNSEの全景 (CNSE 広報部門と平山教授の厚意による)

右側手前の棟が NanoFab200(1997年6月完工)、中央の棟が NanoFab300N(2005年12月完工、この棟の南側は増設部で2008年8月完工予定)、中央奥が NanoFab300S(2004年3月完工)、そこから東側に延びて構築されている棟が NanoFab300E(建設中2008年第4四半期完工予定とホームページ⁴)には記載されているが、2009年1月に延期)である

前頁* 平山 誠:私信 2008年5月8日 電子メールにて写真とその説明を2通頂いた

3.2 組織 戦略的パートナー

コンソーシアムの主な戦略的パートナーには、産業界からは IBM、Intel、AMD、フリースケール(以下 Freescale)、東芝、ソニー、などのチップメーカーと、Applied Materials、ASML、ツアイス(Zeiss)、TEL、荏原製作所、KLA テンコール(KLA Tencor)などの設備・部品・測定メーカーなどが幅広く入っている。大学からは MIT、スタンフォード大学、

ハーバード大学、パディユ大学、フロリダ大学、エール大学など有名大学が入っており、アルゴンヌ国立研究所なども参加している。それに International SEMATECH や SEMI などのコンソーシアムを巻き込んで強力な体制を築き、他のセンター・オブ・エクセレンスをはじめ、地元のマーケティング、広告代理店から建設、エネルギー企業など多くの地域産業と提携して、確固たる基盤を構築している。また同時にそこには単独のキャプティブ施設として、Applied Materials の R&D センターや東京エレクトロンの技術センターもある。

4. オルバニーナノテクの成果

4.1 コンソーシアムの成果 ナノ電子工学分野のセンター・オブ・エクセレンス⁴⁾としての地位確保

このコンソーシアムの成果に関してはその設立の経緯から、コンソーシアム本体の成果と、設立を主導したニューヨーク州が得た成果と、そのコンソーシアムに参画した企業の成果とに分けて検討する必要がある。ここでは先ずコンソーシアム本体の成果をまとめる。

オルバニーナノテク総合施設はナノ電子工学分野で「卓越した研究拠点」、センター・オブ・エクセレンスとしての地位を獲得した。施設を構築し、強固な体制固めに成功したことがそもそも大きな成果と言えよう。表 1 に示した面積を有す CNSE 総合施設では、次世代の集積回路のための試作が短納期で行えるよう、製造技術者や技能者トレーニングまで整えており、商品化を念頭において一貫した支援体制を構築している。当然価値の高いナノ電子工学を基盤とした商品群を目指しており、幅広い電子工学分野を事業ドメインとしている。

そのため CNSE としては、既に業界では普通のレベルとなった直径 200mm ウエーハ技術と共に、現在最先端に行く直径 300mm ウエーハ技術の総合施設で、非競合(プレコンペティティブ)領域での共同研究はもとより、競合(コンペティティブ)領域であっても新技術、新製品が生み出せるよう、短期間で試作が出来るようになっている。そして広く電子工学産業界を支える技能者を教育し育成できる世界の教育訓練センターとしても機能しようとしている。

その実験施設では何ができるのであろうか。一般に電子工学、特に半導体製品が流れている量産ラインでは不純物を嫌う。そのため研究者や開発技術者が頭に新技術がひらめいたとしても、それを量産ラインで実験することは難しい。ラインに新しい材料を持ち込もうとしても、それによって既に流れている製品に対する影響をテストする信頼性評価データが無い限り、先ずは許可されない。そこでこのナノ電子工学センター・オブ・エクセレンスでは企業のラインではできないような試作や新しい製造技術を試すことができる最先端の研究開発施設を設立し、研究者、技術者の要請に応えようとしている。即ち最先端の短納期ラインで、CNSE の研究者や科学者の協力を得ながら、工場に受け入れやすいウエ

ーハプロセスで試作品を作り上げる。そして企業が、製造する価値があり、コスト効率も良いと判断すれば、即座にその企業のラインに量産移管できる。このようなセンター・オブ・エクセレンスを築き上げ 250 以上という多くの企業とパートナーシップ契約を結び、SEMATECH のような共同研究コンソーシアムや世界 1 位、2 位の設備産業企業を迎えられることができる基盤を構築できたということは、大きな成果の一つと言えよう。

そこから技術的な成果も出始めている。リソグラフィの国際的な学会である国際光工学会〔International Society for Photo-optical Instrumentation Engineers、(以下 SPIE)〕で、CNSE から液浸露光装置アルファ機¹¹⁾の報告が既になされている。また 2007 年 2 月には「ASML の世界最初のフルフィールド極端紫外光(EUV)リソグラフィ露光装置を用いて、初の露光結像に成功した」と発表した。⁴⁾ 搬入後僅か 6 ヶ月足らずでの成果であると誇っている。4 月にはかねて旭硝子の参画を得ていた SEMATECH のマスクブランク開発センター (Mask Blank Development Center) が、EUV リソグラフィ技術に使うマスクブランクから 10nm の大きさのごみを検出し、除去することに成功した。²⁰⁾このような成果を受けて雑誌スモールタイムズ (Small Times) の 2007 年 5 月/6 月号で、CNSE はナノテクノロジーとマイクロテクノロジー部門の年間大学ランキングで世界 1 に格付されている。⁴⁾

4.2 ニューヨーク州の成果 企業誘致と雇用創出

コンソーシアムを主導したニューヨーク州の成果はどうであろうか。上記センター・オブ・エクセレンスとして確立された CNSE の総合施設を活用した雇用創出、地域振興の成果はどのようなものであつたらうか。

2004-05 年度のパタキ知事の教書²⁴⁾には過去の経緯と長期的展望に立った考えが述べられている。そこでは「経済成長のための長期戦略 (A Long Term Strategy for Economic Growth)」として 3 つの柱が掲げられている。即ち (1) 意欲的な減税、(2) 現在及び将来の高機能で高給を得られる職の開発のため、(ハイテク)産業への戦略的投資、そして (3) ビジネスや納税者の負担を減少し、ニューヨークでのビジネスコスト軽減を柱とした政策である。これによりニューヨークは 1995 年にパタキ知事になってから数 10 万 (hundreds of thousands) の新しい雇用を創出した²⁴⁾と記載されている。その後パタキ知事の 2006-07 年の教書²⁵⁾には具体的に 60 万の雇用を創出したと記載されている。この 60 万という数字はニューヨーク・タイムズ (New York Times) 紙 (B6) Oct.30th,2002²⁷⁾にも「パタキのもとでニューヨークは 60 万の新たな雇用を獲得し、この数十年で初めて全国レベルに追いついた」とあるのでかなり信用できよう。これが全て CNSE によるというものではないが、CNSE もそれなりの貢献をしていることは十分に推察できる。²⁸⁾

当初は、電子情報技術産業協会 (JEITA) ニューヨーク駐在員荒田良平氏の報告¹²⁾によると、「オルバニーってどこ?」という印象であつたようである。そこがパタキ知事の 04-05 年次教書²⁴⁾によれば「卓越した研究拠点群構想 (Centers of Excellence initiative) のある

首都圏はナノテクのハブとして急成長した。」²⁴⁾と記されるまでになる。地域振興策の結果として、成果の一つとしてあげてよいだろう。この活動成果は米国内でも表彰あるいは評価の対象となっている。同教書²⁴⁾によると

(1) パタキ知事は米国半導体工業協会の最高の賞である 2003 年ロバート・ノイス 賞を受賞した。これは半導体の研究開発、商品化に向けてニューヨーク州での彼の優れたリーダーシップと不動産の支援に対して認められたものである。

(2) フォーブス/ウルフ・ナノテク・レポート誌がパタキ知事をナノテクノロジー開発で貢献した国内 10 人のリーダーの一人に選んだ。そのレポートではナノテクに対して今年最もブレークスルーに貢献した 9 つの企業と大学の内、3 つがニューヨークを基盤としているとしている。他州より多いことが評価された。

(3) 大学技術マネージャー協会によると、発明による収入が多い米国内の 10 大学の内、3 大学の地盤がニューヨーク州であると報告されている。

とのことである。

4.3 参加企業の成果

ビジネス直結の技術的成果

次に参画したメンバー企業の成果を検証してみたい。オルバニーナノテクでの液浸露光装置アルファ機に関する報告¹⁴⁾や、EUV 露光技術におけるフルフィールド・アルファ機¹⁶⁾¹⁹⁾での結像報告⁴⁾などはその一端である。マスク材料、EUV 用マスクブランクスをはじめ、測定機器メーカーやレジスト材料メーカーなど多くの周辺技術に関わる参画企業にとっても大きな成果と言える。その他、必ずしも発表はされていないが、参加企業から出願されている特許や学会発表も多いとのことである。^{脚註*}

5 . 長期的視野から検証

5 . 1 コンソーシアムの将来

では以上のような現時点までの成果を少し長期的な視野から分析してみたい。「官」主導であったため、当然政策変更なども起こりうる。持続的な発展維持の可否判断という意味では、長期的観点からの分析が欠かせないからである。

* CNSE が出願人となった登録特許は 2008 年 5 月 19 日時点でも米国特許庁電子図書館では見当たらない。但し個々の参加企業と CNSE との契約にもよるが、TTCA としては特許出願、学会発表をしており、CNSE の年度監査時にも貢献しているとのことである。(平山誠、私信 2008 年 5 月 14 日)

文部科学省ナノテクノロジーネットワークセンターは興味深い記事³⁾を配信している。それは荏原製作所がオルバニーナノテク総合施設に参加して次世代ナノエレクトロニクスの研究開発を行うことを発表したことに関する記事であり、その中で所見として、「オルバニーは世界を代表する半導体クラスターの一つになっている」と報告している。³⁾その理由としてクラスターの形成過程を分析すると、オルバニーは既に成長と進化の域に達しているため、今後はポジティブ・フィードバック(累積的好循環)が作用するだろうと判定している。

オルバニーナノテクは発足してから十分な時間が経過していないこともあり、まだ技術的成果の発表件数は少ないが、特定な専門分野、例えば光工学の分野などでは液浸露光技術の発表¹¹⁾などがなされており、今後は EUV 露光技術に関する発表もなされるだろう。液浸露光技術でトップを行き、また EUV 露光技術でも先頭を走る ASML¹⁹⁾と、それを強力にサポートする形で SEMATECH のマスクブランクス欠陥検査技術²⁰⁾やレジスト材料技術¹⁴⁾を引き込み、また、IMEC とも共同で開発するという国際連携体制を構築できた²¹⁾²³⁾ことは、今後も学術的な報告や、更には知的財産権というレベルまで高められた成果が産業に直結した形で出てくると期待できるという大きな意味を持つ。ナノ電子工学の分野で A. ディーボルド(A. Diebold)教授は、ナノ材料の物理的性質を調べるために欠かせない電極接続技術の困難さを指摘している。²⁹⁾このような壁を乗り越えて優れた研究成果が出ることも今後期待される。即ちコンソーシアムとしては今後も良い方向でサイクルが廻っていくだろうということである。

5.2 企業誘致側(州政府)のコンソーシアムに対する将来の支援

パタキ知事の最後の教書²⁵⁾の経済成長欄“将来に向けて成長するニューヨーク経済(New York's Economy: Growing into the Future)”においては「パタキ知事は、過去11年以上多年にわたり減税政策を進め、経済開発を目標とした投資と、規制改革により、継続的に成功を収めて来た。」として以下のように数字で成果を説明している。即ち

(1) 州の失業率は1994年の6.9%から、2005年11月には平均5%まで改善した。その間プライベートセクター分野で60万の新しい雇用を創出した。

(2) 2003年にはニューヨークのカレッジと大学に研究開発費として記録的な金額となる\$3.1Bを投資した。これは2002年比15%増であり、国内で2番目に高いレベルである。この投資は将来新しい産業と雇用という形で利益となって報われるだろう。

(3) ニューヨーク州の2004年の総生産高GSPは1997年比で37%増となった。ニューヨーク市の9月11日の惨禍があったにも拘らず、この増加は他の北東アメリカと中央アトランティックアメリカの州と同じ規模である。そして

(4) 知事の規制改革室ではニューヨークでビジネスを行う上で不都合だった規制を2900以上も緩和したり、訂正をしてきた。これは今後も継続する。とのことである。ただ筆者

の感想では、教書を読む限りパタキ知事はこの時点で既に、ナノエレクトロニクスより、既にかなりバイオサイエンスに力点を移して来ている印象を受ける。

パタキ知事の後任知事であるスピッツァー知事は2007-08年教書で、雇用創出、地域振興より、むしろ強い口調で、財政再建を柱に据えること、及びその必要性を訴えている。²⁶⁾ そのためか、新知事の教書ではナノテクに関しては淡白な表現に止められている。但し、International SEMATECH Northの本社移転を発表したのは知事になる前のスピッツァー氏であり、政策が劇的に急変したわけではないと思う。また政治の世界なので必ずしもパタキ知事の政策に同意している意見ばかりではない。「ニューヨーク州の政策と民間企業の努力範囲とが重複している」という指摘をする論文³⁰⁾もあったことを記しておく。

5.3 参加企業側から見た長期展望

長期的な議論に入る前に、そもそも何故多くの企業や団体がこのようなコンソーシアムに参画しようとするのか、その原動力は何かを考察しておこう。前記のTTCAにて、2003年のプロジェクトスタート時点から関わられ、2007年7月まで同センターの責任者をされた後、現在CNSE教授に就任されている平山誠先生より貴重なコメント³¹⁾を頂いたので、それをご紹介しながら検証してみたい。平山教授は「次世代デバイスの開発、製造への投資が加速度的に増加しているこの産業の現状において、一企業で負担できる開発投資規模ではなくなりつつあります。そのような開発費負荷増大に対処するため、企業間で提携し、その負荷軽減をはかろうという、IBMがやっているビジネスモデルが成り立つ」と説いている。^{31) 脚注*}

平山教授は、「なぜ、ビジネスの上で製造業からサービス業へ移行しつつあるIBMが、半導体の先端技術の開発をし続けるのでしょうか。ご存知のように、半導体チップの製造からはとくに足を洗い、HDDを売却し、PC製造すら売却しました。一方で、半導体製造のノウハウやパテントは積極的にビジネス化しております。その真意は何なのでしょう。」と問い掛けて、その理由を説明されている。「一つは、TJワトソン研究所に象徴されるような、常に第一級の研究施設を持ち、人材の確保と維持をはかることです。研究開発こそが使命という会社のDNAかもしれません。もう一つは、スーパーコンピュータのサプライヤーであり続ける必要性です。軍事、宇宙、環境、あらゆる分野で、アメリカ国家

* (株)セミコンダクタポータル社長の谷 奈穂子氏より、CNSE平山教授を御紹介頂き、平山教授より2008年5月6日³²⁾、5月8日³¹⁾(いずれも日本時間)に5.3と6記載のコメントを頂いた。平山教授はCNSE教授で、且つCNSEのAssistant Vice President and Director of Asian and Pacific Rim Strategic Alliancesの要職に就任されている。

を支えているシステムの殆どが、IBM のスーパーコンピュータといっても過言ではないでしょう。そのレベルを、世界最高峰で維持し続けるのは IBM しかありません。言い換えれば IBM=国家なのでしょう。そこに、ハイ・エンド・ロジックを開発し続けるモチベーションがあると考えられます。従って、高速、高集積のチップを製造できる技術が、IBM にとっては必要不可欠です。しかし、せいぜい年間数千セットを製造できれば十分な製造規模では、開発費を回収できません。従って、コンソーシアムを組んで開発費を分担し、そこで開発した技術は、東芝にしても、ソニーにしても、AMD にしても、ましてファンドリーであれば尚更の事、高く買ってくれれば良いということです。すなわち、膨大な開発費がかかるこうした先端技術を、共同で開発し、その成果はどうぞそれぞれのビジネスに使ってくださいという枠組みのコンソーシアムを形成します。それによって、世界一の IBM の技術を維持し、世界最高峰のスーパーコンピュータサプライヤーの地位と IBM の事業ドメインを堅持するという、IBM にとっては全く新しいビジネスモデルを試み、見事に成功させています。少なくともこれまでのビジネスモデルは、以上のような背景があることは間違いないと思います。」と述べておられる。コンソーシアムの将来を考えると、その産業が国家のこのような目的、方向と合致している限りは、今後も IBM にとってこの種のコンソーシアムは必要とされ、存続すると思われる。

一方日本から参画した TEL にとってはどうであろうか。これに対しても筆者の質問に対し、平山教授に答えて頂いたので、平山先生のお許し³²⁾を得て、それを紹介しよう。

「なぜ TEL は米国にテクノロジーセンターを設立されたのか。なぜオルバニーを選ばれたのか。」という質問に対しては、

「TEL は 1990 年代の半ばから、販売・技術サポート部門の海外展開を図っていたが、技術の発祥は IBM、インテルなどの米国、欧州の IMEC、そして日本の数社数機関に限られて来ているので、できるだけ顧客に近い所での開発が必要との認識が醸成されていた。非常に良いタイミングでニューヨーク州と IBM から誘いがあり、参画を決意した。オルバニーでは TEL が期待する通りの技術開発に必要な施設やインフラが整うと見込まれたからである。事実、2007 年 11 月以降、SEMATECH もオルバニーに先端技術開発を移行して来ている。」とのことである。

2007 年の業界の動きを見ると、TEL の 2002 年当時の長期的見通しは正しかったということであろう。

「2002 年にオルバニーに決定されてから 6 年経過したが、所期の成果は上がったとみてよいか。」という質問に対しては、先ず発足後の推移に関して、

「プロジェクトがスタートし、クリーンルームに装置が入りだしたのが 2004 年 5 月、(そして)8 月にはその時点での最先端であった ASML の 1150i が導入され、それらを活用し、TEL 独自プロセスで 90nm レベルではあるが、Cu₂ 層配線 (M1、M2) を 2 週間で流せるようになったのが 11 月である。これをトリガーに、IBM の開発部隊のヨークタウンからの移設が最終決定された。2005 年 12 月にメインのクリーンルームの内装が完成し、年末より

装置搬入、2006年4月からテストランを開始した。8月には、IBMのBEOLライン評価ウエーハが完了し、フィッシュキルの45nmラインと同等以上と認証された。この間、TELのプロセス装置、技術が、IBMおよびCNSEのラインの関係者と協力し、上記の成果を達成した。TEL独自プロセスとしては、当初より、BEOLのプロセス装置開発に着手し、装置開発、顧客デモを繰り返し、2007年後半、国内先端顧客に複数台の評価機を導入するに至っている。」とご説明頂いた。続いて、

「CNSE施設に対するTELとして享受できるメリットは

(1)オルバニーのラインには顧客の最先端レベルと同程度のFacility(施設)があり、TELはそれをすべて100%活用できる。これはTEL山梨の評価ラインの、TELの自社装置と一部評価装置、という限られた環境とは決定的に異なる。

(2)顧客の要求するレベルに可能な限り近いデータの取得、例えば配線の信頼性特性、ダメージの電気特性などに至るまで、TEL自前でできるという優位性を有している。

(3)それに加え、最先端32nmレベル以降のリソ加工能力を活用でき、装置開発、製造、販売さらには改良へと、TELが望めば施設が活用可能である。その結果、

(4)CNSE総合施設には現在、TELからは30台以上、Applied Materialsからは20台以上の装置が導入され、全体でも100台を超える装置が稼働、研究開発に供されている。それらの装置をTELの装置についてはTELの技術者が運用、サポートしている。隣にはApplied Materialsもあり、彼らの開発状況をつぶさに見ることも可能である。」と、その現在及び将来のメリットをご披露して頂いた。「ただし、こうした可能性を有効に活用するかどうかは、それぞれの技術者、マネージメントの意識とアクションによるものであることは、どこでも同じである。」とのことである。

6.まとめ

オルバニーナノテクとしては、参加企業数で250社を擁している事実と、SEMATECHを巻き込み、International SEMATECH Northを設立させて本社機能をも誘致した事実、そしてApplied Materials社と東京エレクトロン(株)という世界第1位、2位の半導体設備企業の研究センターを誘致したこと、それにより強力なマグネット効果をもたらした関連企業を巻き込むことができるようになり、またIBM、AMDなどの企業をサポートすることが出来て、地域振興に役立っていることは事実⁴⁾であり、産業に直結して、ビジネス振興に貢献した証拠と言えよう。

最新の技術開発としても液浸露光装置のアルファ機に続き、ASMLよりEUV露光装置のアルファデモ機を導入し、更に同じ時期に同じ装置を導入したIMECと共同研究体制を確立して解像性能評価や材料・製造装置の開発を行う計画である。まずはCNSEの施設に設置されているアルファ機を使って共同研究をスタートさせ、以後は装置のスループットなどに応じて、両施設で研究活動を行うことになっており、この分野でリーダーシッ

プを取ることに成功している。これはCNSE、IMEC、IBM、ASMLの提携事業である。

それなりの雇用を創出し、米国内のみでなく日、ヨーロッパから企業をひきつける魅力あるコンソーシアムとして、クラスターとしても成熟期に入っているという見方もある。³⁾ 何よりも雑誌の調査や業界団体協会など第三者がCNSEやパタキ知事を高く評価している事例が多数あることも特徴的である。

最後に再び平山教授にお許しを頂き、先生のコメント³²⁾を原文のまま記載させて頂きたい。

「我々が育ち、育てられた日本の半導体産業が、今後どうなるのか、極めて深く憂えています。更に、チップメーカーもさることながら、装置、材料などの先端基盤産業の今後を、真剣に考えるべき時だと思っています。その意味で、日本の優れた先端工業が、世界に貢献する、貢献出来る場を紹介することも小生のミッションです。EUにIMECがあり、USにAlbanyがあり、近々、台湾にもできるという話がありますが、そこで日本はどうでしょうか。日本が日本らしく世界に貢献する仕組みを示さなければ、先端基盤産業の分野でも、日本は世界から見放されてしまうのではないのでしょうか。

地球の裏側から見ていると、日本は日本のことしか考えていないように見えます。サッカーでは、日本でキリンカップをやっても、世界から一流どころが来るのは、賞金が高く、魅力があるからです。工業の世界でも、日本からも多くのメーカーがワールドカップに出られなければ、世界への貢献はありえないのではないのでしょうか。日本でワールドカップを開催できるようになりたいし、なるべきだと思います。

若い優れた研究者、技術者に奮起していただき、現状を打破し、グローバル・マインド(Global Mind)を持った半導体産業になることを願っております。」

平山教授は「個人的な見解」と断られながら、以上のようなご意見をお寄せ下さった。傾聴に値する貴重なコメントと思う。

〔三浦義男、鴨志田元孝〕

謝辞

本稿をまとめるに当たり、当初色々ご助言を賜った Selete 取締役 河村誠一郎氏と、河村氏を御紹介くださった前 Selete 社長森野明彦氏に感謝する。また(株)セミコンダクタポータル編集長津田建二氏には本稿の導入部と結論をまとめた記事をセミコンダクタポータルサイトに掲載²⁸⁾して頂いた。その際、(株)セミコンダクタポータル社長の谷 奈穂子氏より、CNSE 平山教授を御紹介頂き、平山教授より 5.2 と 6 記載のコメントを頂く機会に恵まれた。また図 1 の CNSE 全景写真の説明、掲載に関しても平山教授に斡旋頂き、最新の写真を CNSE Steve Janack 氏より賜った。合わせ厚く御礼申し上げます。

参考文献

1) “Albany NanoTech”、Global Semi Consortium、セミコンダクターポータル、

<http://www.semiconductorportal.com/GSC/shodescr.cfm?nm=Albany%20NanoTech>
(2003)に、コンソーシアム名、住所、設立年、Web サイト、設立背景、研究目的、年間予算、参加企業をまとめて記述されているが、準備期間も入れてここでは Albany NanoTech の設立年は 1993 年となっている。本稿では 2) の CNSE のホームページの年代に基づいた。

- 2) College of Nanoscale Science & Engineering : <http://cnse.albany.edu/> にて About の CNSE Quick Facts には 2001 年設立と記述されている。また 2004 年に CNSE が設立されている。
- 3) ナノテク最新事情#420 “オルバニー・ナノテク・センターに日本企業進出”、文部科学省ナノテクノロジネットワークセンター .htm、nanonet 2006.06.06、
<http://www.nanonet.go.jp/japanese/column/2006/420.html>
- 4) College of Nanoscale Science & Engineering ホームページ <http://cnse.albany.edu/>
Albany Nanotech のホームページはここに統合されている。本稿では 2007 年 12 月 18 日時点でアクセスし、2008 年 5 月 9 日にも確認したホームページを基にしている。
- 5) CNSE 広報部私信
- 6) 大下淳一、“つくばへの手紙 米国「Albany NanoTech」が狙う” ビジネス直結型 “の研究開発”、日経マイクロデバイス 2005/05 号 p.43 - p.49
- 7) “College of Nanoscale Science and Engineering”、Semiconductor International Japan Edition 2007.05、p.12 - p.15、
<http://www.sijapan.com/issue/2007/05/u3eqp3000001cu10.html>
- 8) 木ノ切恭治、“ナノテク技術の効率的な事業化を推進する米 Albany NanoTech”、日経マイクロデバイス、2004/01 号 p.105
- 9) N. Savage、“New York State Wins Top Semiconductor R&D Lab---Could Hudson River area become another Silicon Valley?”、IEEE Spectrum、Sep. 2002、p.26-p.30
- 10) R. Gupta、“From the EIC Nanotechnology: Where science of the small meets math of the large”、IEEE Design & Test of Computers July-August 2005、p.289、p.294
- 11) M. Tittnich, J. Hartley, G. Denbeaux, U. Okaroanyanwu, H. Levinson, K. Petrollo, C. Robinson, D. Gil, D. Corliss, D. Back, S. Brandl, C. Schwarz, F. Goodwin, Y. Wei, B. Martinick, R. Housley, P. Benson, K. Cummings、“A Year in the Life of an Immersion Lithography Alpha Tool at Albany NanoTech”、Proc. SPIE Vol. 6151 published online Mar. 22, 2006
- 12) 荒田良平; “ニューヨーク州におけるナノテクの取り組み”、JEITA ニューヨーク駐在員報告 2002 年 10 月号
<http://it.jeita.or.jp/infosys/f-office/newyork0210/newyork0210.html>
- 13) 荒田良平; “ニューヨーク州におけるナノテクの取り組み”、EUVA NEWS LETTER Vol. 1 Oct. 30. 2002

- 14) ナノテク最新事情#134 “ ナノリソグラフィーR&Dに 680 億円投入 ”、文部科学省ナノテクノロジーネットワークセンター.htm nanonet 2005.07.19、
<http://www.nanonet.go.jp/japanese/column/2005/134.html>
- 15) ナノテク最新事情#192 “ IBM と Applied がオルバニーNanoTech に 3 億ドル投入 ”、文部科学省ナノテクノロジーネットワークセンター.htm、nanonet 2005.09.28、
<http://www.nanonet.go.jp/japanese/column/2005/192.html>
- 16) ナノテク最新事情#552 “ EUV 露光装置が CNSE’s Albany NanoTech と IMEC に納入 ”、文部科学省ナノテクノロジーネットワークセンター.htm、nanonet 2006.08.31、
<http://www.nanonet.go.jp/japanese/column/2006/552.html>
- 17) “ Infineon、Albany NanoTech、Genus が協力し R&D に 13 億円投入 ”、FED ONLINE Research and Development Association for Future Electron Devices、豊蔵レポート 2004.01.29、
<http://www.fed.or.jp/it/next/t20040129.htm>
- 18) “ Honeywell、Albany NanoTech と協力し半導体材料開発に注力- ALD 材料への重点的な投資を決定 ”、Semiconductor International 2005.07.29、
http://www.sijapan.com/breaking/0507/29ald_honeywell05728.html
- 19) “ ASML、EUV 露光装置を Albany NanoTech と IMEC に向けて出荷 ”、Semiconductor International 2006.09.05、
http://www.sijapan.com/breaking/0609/br060905_0101.html
- 20) “ Sematech、EUV マスクブランクスで 10nm の欠陥を除去 ”、Semiconductor International 2007.04.13、
http://www.sijapan.com/breaking/0704/br070413_0101.html
尚、Mask Blank Development Center への旭硝子(株)の参画については同社と International SEMATECH との 2003 年 7 月 2 日合同発表ニュースリリース
<http://www.agc.co.jp/news/2003/0702.html>
- 21) “ IMEC と Albany NanoTech、EUV リソ開発で提携(08/1/24) ”、Semiconductor Japan Net、
http://www.semiconductorjapan.net/newsflash/semicon/080124_02html
- 22) “ アプライドマテリアルズの UVisionSP が CNSE のオルバニーナノテク施設で液浸リソグラフィ欠陥検査の課題を解決 ” Applied Materials News Release 2006.12.12
- 23) “ UAlbany Nanocollege and IMEC to collaborate on EUV Lithography; First Experiments to be performed at CNSE’s Albany Nanotech ”、IMEC Press Release 2008.01.21
<http://www.imec.be/wwwinter/mediacenter/en/Albany.2008.shtml>
- 24) New York State Division of Budget 、 “ NYS 2004-05 Executive Budget ” : Economic Growth
<http://www.budget.state.ny.us/pubs/archive/fy0405archive/fy0405littlebook/econGrowth.html>
- 25) New York State Division of Budget 、 “ NYS 2006-07 Executive Budget ” : Economic Growth
- 26) New York State Division of Budget 、 “ NYS 2007-08 Executive Budget ”

及び冒頭の Governor Eliot Spitzer のレター

27) New York Times (B6) Oct. 30th., 2002

28) 鴨志田元孝、“オルバニーナノテクの成果”、<http://www.semiconportal.com>、(2008年4月4日)

29) E. Braun、“Nanotech Progress Requires Better Metrology”、Semiconductor International News Break Feb. 11, 2008 にCNSEのProfessor Alain Dieboldの指摘として、ナノスケールの寸法をもつ材料の性質を調べる困難さが記されて居り、Professor Ji Ung Leeのカーボンナノチューブに対するプローブの例が模式図的に示されている。

<http://www.semiconductor.net/article/CA6530176.html?nid=3572>

30) Raymond J. Keating、“Cleaning Up New York State’s Budget Mess”、Policy Analysis No.506、Jan.7, 2004

31) 平山 誠、私信 2008年5月8日 電子メール

32) 平山 誠、私信 2008年5月6日 電子メール