

## つくば産学独連携教育研究システム形成による ナノエレクトロニクス人材育成の試み

筑波大学数理物質科学研究科長 村上浩一

### (1) はじめに

筑波大学において物質科学（ナノサイエンス）とナノテクノロジーの教育、研究の中心である数理物質科学研究科について簡単に紹介し、この研究科を中心にして取り組もうとしているつくば産学独連携教育研究システムによるナノエレクトロニクス(略称：ナノエレ)分野の人材育成計画の必要性とこれまでの経緯について述べる。そして、つくばにおいてオールジャパン体制で新たに動き始めた“つくばナノテック拠点”形成、それと協働的に進める人材育成プログラムについて触れる。

### (2) 新しい産学独連携システム構築の意義

筑波研究学園都市（以下、“つくば”と略称する）の骨格が出来上がってから既に“約30年”が経過した。この間、複数の研究機関の連携や個々の研究者間の共同研究などが、お互い関連なくばらばらに行われてきた。しかしながら、この地域に多くの優秀な研究者、大学人（教員）が集まり、高度な設備を有する研究施設が沢山集中している割には、世界の教育・研究・開発のメッカになっている分野は多くない（或いはほとんどない）と言える。つまり、ポテンシャルは内蔵しているはずであるが、これまでつくばにおいて有効な異機関連携活動がまだ大きなうねりとしてダイナミックに動き出していないのが大きな原因である。日本が比較的強い研究分野である物質科学でも事情は同じである。これに関連した最先端技術のナノテクノロジーについては、特に異分野融合が必須であり、さらにピークの高い成果を世界のどこよりも早く出し、リードするには大学(学)と独立行政法人研究所(独)と産業界(産)との異なる研究機関の連携が有効、且つ重要である。そのため、有効な「産学独連携システム」の構築をつくばにおいて実現することが、これからの30年のために強く望まれる。これによりつくばに投入された人材と莫大な研究施設の集積効果を一気に上げることができ、教育・研究機関群の成果に相乗効果が顕著に出てくるだろう。これは日本の他の場所では不可能なことである。

したがってナノテクノロジーに関する現在の重要な課題として、1) つくばでの相乗効果、集積効果を具体的にどのような手法で引き出すか？ 2) そのために如何に研究と人材育成の“共鳴場\*”（\* (4)節で説明）作りを行うか？ ということが挙げられる。これからの約30年の準備として、つくばにとっては今が大展開のための最後のチャンスになっていると云うことができる。

筑波大学の立場から、教育と研究について新しいビジョンを掲げた大学町造り、いくつかの教育・研究の分野で世界の中心（メッカ）になろうという壮大な実験、これをつく

ばで実践できないだろうか考える。それには、1) まず、つくばの異なる産学独研究機関の教育研究連携システムをトップダウン的に構築できることと、2) 臨界値以上の数で研究者間の共同研究ペアー・グループがボトムアップ的に形成できること、という二つの必要条件を満たすことが経験的に必須だと思われる。先人が用意してくれたつくばという容れものを生かし、筑波大学が先頭に立ち、潤滑油、触媒ともなって進むくらいの意気込みで、つくば産学独連携教育研究システムの構築を行うべきときである。これにより、参加してくれる研究機関の間と、異なる研究分野のキーパーソン間の相互作用を高めることができ初めて、つくばナノテクノロジー世界拠点と云われるような教育、研究のメッカになる可能性が出てくるものと考えられる。

### (3) 筑波大学数理物質科学研究科の物質科学研究とつくば連携

数理物質科学研究科には、数学専攻、物理学専攻、化学専攻、物質創成先端科学専攻、電子・物理工学専攻、物性・分子工学専攻、物質・材料工学専攻(物質・材料研究機構(NIMS)の連携独立専攻)の7専攻があり、産業技術総合研究所(AIST)をはじめとする独立行政法人の研究所や企業研究所との連携大学院制度がある。数学専攻と物理学専攻の素粒子物理と原子核物理を除くと、ほとんど全てが物質科学(ナノサイエンス)およびナノテクノロジーに関係した研究を行っている。過去の代表的な教師として、物理学専攻を遡るとそこには朝永振一郎先生(1965年ノーベル物理学賞:名言「ふしぎだと思ふこと、これが科学の芽です。よく観察して確かめ、そして考えること、これが科学の茎です。そうして最後になぞがとける。これが科学の花です。」)がおり、多くの優秀な人材を育てられた。また、物性・分子工学専攻、電子・物理工学専攻の関係では白川英樹先生(2000年ノーベル化学賞:座右の銘「自然のままに」)が1999年度の終わりまで約20年も教育と研究に活躍された。

このように物質科学の研究分野に関して、もともと重点化している点で数理物質科学研究科は特徴があり、また周辺の独立行政法人の研究所(NIMSやAISTなど)の研究ポテンシャルも高い。したがって、これまでのような相互作用の少ない状況から脱して、何とか学と独が協力して世界に発信できる教育研究システムを作るべきであると考えてきた。勿論、これまでも多くの努力がなされてきたが、筑波大学が物質科学分野で連携を組織的に試みてきた事柄を、以下にまとめておこう。

1) 日本で初めての連携大学院制度が1992年から筑波大学によりつくばで始まり、AIST、NIMS、NECなど参加。

2) 筑波大・産総研・物材機構の間で、2002年3月28日に研究交流推進に係る包括的協定が締結される。

3) 2002年4月から5年計画で筑波大学特別プロジェクト「ナノサイエンス」が始まり、独立行政法人研究機関の研究者が約20名参加。

4) 数理物質科学研究科にNIMSの物質・材料工学独立連携専攻(博士後期課程)

を設立し、連携大学院の新たな試みを 2004 年 4 月から開始。

5) AIST-筑波大でナノエレクトロニクス経産省（現 NEDO）プロジェクト進行中（2007 年～ 5 年間）。

6) 2009 年より NIMS-筑波大の連携研究を開始し、初年度に先ず 4 組のペアー連携研究を選定。



筑波大学ループ道路の晩秋のけやき並木トンネル

しかし、残念ながらこれだけでは大きなうねりとしてまだダイナミックに動き出していない。各専攻の独立性が高い本研究科でこのことを課題として、2009 年から専攻横断的な教育プログラムと研究プロジェクトを重要視し、さらにオールジャパン連合的な「つくばナノテク拠点」形成の動きにも関連して、相乗効果が出るように人材育成の受け皿として十分に対応する計画を立て、体制を整えている。具体的な例を以下に示す。

- 数理物質科学研究科を中心に：

1) 「つくばナノテク拠点」形成の筑波大窓口となる。(2009 年 2 月～)。

2) つくば産学独連携教育連携システムによるナノエレ人材育成プログラムの提案\* (\* 文科省に H22 年度概算要求、現在、財務省へ；(4)節を参照のこと)。

次の七名が作業グループ委員。村上浩一（半導体、ナノサイエンス：電子・物理工学専攻教授、研究科長）、鈴木博章（ナノバイオセンサー：物性・分子工学専攻教授、副研究科長）、山部紀久夫（ナノ Si デバイス：電子・物理工学専攻教授）、佐野伸行（ナノ Si デバイス理論：電子・物理工学専攻教授）、白石賢二（ナノデバイス構造理論：物質創成先端科学専攻教授）、黒田真司（スピントロニクス：物性・分子工学専攻教授）、寺西利治（ナノ微粒子デバイス：化学専

攻教授)。

3)「本研究科のナノサイエンス(物質科学)の見える化」プロジェクト開始(2009年): 実験装置群の共同利用と他研究機関への公開検討、など。

- 高エネルギー研究機構(KEK)ー筑波大の連携研究の開始(2009〜)と連携教育プログラム「高エネルギー加速器科学教育プログラム」の開始予定(2010〜)。  
先ず、物質科学・量子ビーム科学に関する第一回連携研究会開催(2009年8月27、28日)。

物質科学とナノテクノロジーの重点的な分野で毎日 face-to-face の協働的な研究と教育が連携して出来るグループが、うまく連携をコーディネートすることで実際につくばに臨界数(20グループ)以上出来上がれば、強力なつくば産学独連携教育研究システムに成長するだろう。こういう考えに基づいて、つくばの他研究機関と共に組織的に教育研究で強力に連携協働するグループにインセンティブを与え、そのグループ数を増やし、スパイラル的展開を計るプログラムを進めたい。

そこで、筑波大学の数理物質科学研究科が、今後つくば連携で潤滑油と触媒の役目を果たしつつ、中心舞台を提供する。物質科学とナノテクノロジーの中で重要テーマを絞って、産学独連携システムの構築と人材育成を行う準備を次節に述べるように進める。相乗効果を出せれば、世界でも追従できる場所は少ないであろう。

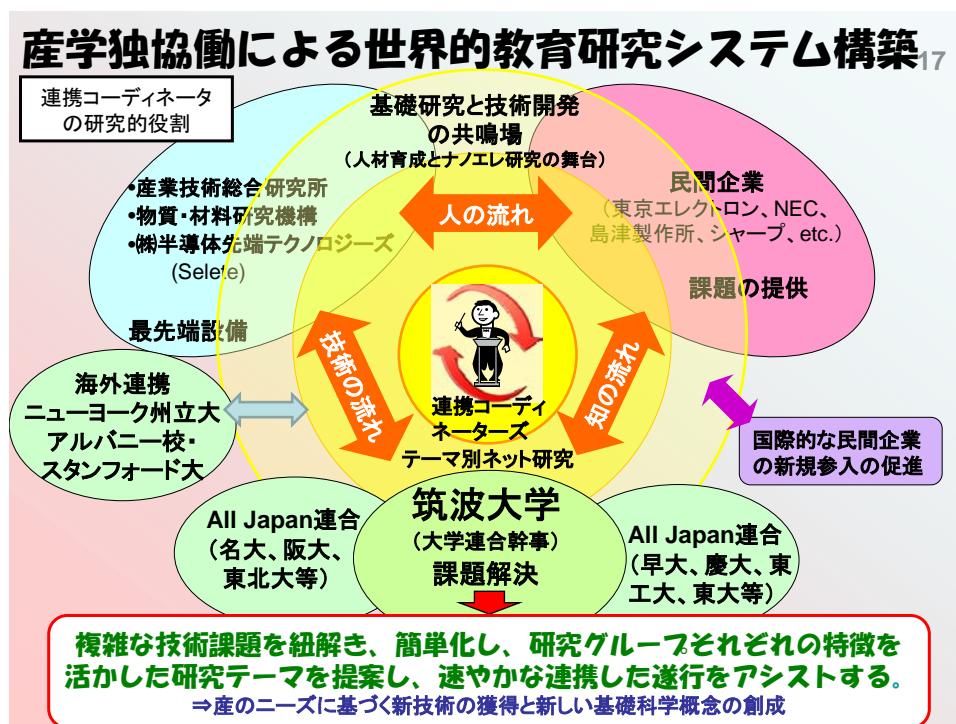
#### (4) 筑波大学を舞台にするナノエレ人材育成プログラム

ナノエレクトロニクス分野の人材育成を進めるプログラムでは、特に、つくば産学独連携による大学院教育システム形成は大切なキーポイントである。世界競争に打ち勝つ独創的発想に基づく新テクノロジーをつくばから継続的に生み出していくには、前述のように、異なるカルチャーを持った基礎から応用に至る産・学・独の研究者の連携と異分野の研究者の協働による人材育成が重要である。参加する大学院生にとっては、大学のモノカルチャーだけでなく、独立法人研究所、企業研究所などの第一線の仕事の面白さと厳しさやそれらの異なる文化を知ることができる。それは他の地域の大学では face-to-face で実践できないことである。ただ、ここで唯一注意すべきは「船頭多くして舟山に登る」にならぬよう指導者はお互いに注意を払うことである。

ナノエレクトロニクス分野での産・学・独の組織としての結びつきを強化し、この連携に相乗効果を出すために、広く日本中から選んだ「**連携コーディネータ**」を数名配置することにより、これを中心に技術の流れ、知の流れ、人の流れを引き起こす。従来のコーディネータとは決定的に違い、この連携コーディネータは、卓越した研究業績あるいは実務経験を有するエキスパートであり、連携プロジェクトに参加する関連研究グループの研究スキルを把握し、企業の重要ニーズを把握する。その上で、企業の重要ニーズを基礎科学に基づく教育研究課題にブレークダウンし、スキルと適正を考慮して産学独アドバイザー

一を選定し、その各グループに教育研究課題を提案する。そこに選ばれた大学院生が参加するのである。

高い見識と広い視野を持ったコーディネータにより連携チームを編成して課題解決に当たるというシステムは、これまでは極めて限られた場面でのみ試みられている。本プログラムではそれを産・学・独の組織を巻き込んで広範囲なテーマに亘って大規模に展開しようとするもので、日本では初めての試みとなる。



筑波大が概算要求しているナノエレ人材育成システム案

このような教育・研究環境は、最先端の基礎科学と企業ニーズに基づく最先端技術開発の流れが融合する「共鳴場\*」（\* 基礎と応用、物理、化学などの理学と電子工学、材料工学等の工学の異分野間の研究者集団が互いの知識を暗黙知として共有し、協働している場、舞台のこと）となる必要がある。大学院生は、「共鳴場」の中で刺激を受けながら教育を受けることにより俯瞰的な視野と実践的な問題解決能力を身に付けることになる。最終的には、次世代のコーディネータになりうるリーダー的人材を輩出することを目指している。

本プログラムで、学生への教育研究を実施するにあたっては、つくばの豊富な研究施設を最大限に活用する。国内のごく一部の大学を除き、大学でナノエレクトロニクス研究を推進する最先端設備を保有するのは不可能である。これは新分野への参入を目指す民間企業も同様である。しかし、つくばには独と産が保有する設備やスーパークリーンルーム等の、国内他地域を凌ぐ世界水準の設備に恵まれている。また、国内プロジェクト研究に

参画している第一線級のナノエレクトロニクス研究者がつくばに多く散在している。これらの豊富な人材が協働することにより、face-to-face でのみ可能な密度の濃い連携教育が可能となるだろう。これは、日本の大学院特有の「院生の囲い込みと研究の蛸壺化」という問題を解決することにも繋がる。さらに、筑波大学では大学院生のインターンシップを、大学の夏季休業期間に限らず、ほとんど自由に設定が可能である。新しい連携に望まれる基本方針として、複数の研究機関から連携に有効性、必要性を認める優秀なキーパーソンを積極的に入れ、この教育システムに国内の他大学にもオールジャパン大学連合体制で参加をしてもらう。これらを系統的に行うことで、つくば以外では真似のできない高度な教育・ナノエレ人材育成を可能にしたい。

### (5) 「つくばナノテク拠点」の形成

2009年になって「つくばナノテクノロジー拠点」形成構想を実現する具体的な動きが、産学独の連携から少しずつ出てきた。半導体産業界と経産省が推し進めるつくばアリーナ構想を始め、筑波大の人材育成もNIMSのグリーンナノプロジェクトもこの中に含まれる。日本の半導体産業界とその先のナノエレクトロニクス、さらに将来の技術の芽を育て伸ばすには、つくばにおいてAIST-NIMS-KEK-筑波大学の連携とさらにオールジャパン大学連合と産業界の強力な参加によってつくばナノテクノロジー拠点を形成すべきときであろう。

2009年6月17日につくばナノテクノロジー拠点形成に関してAIST(野間口理事長)-NIMS(岸理事長)-筑波大学(山田学長)-経団連(中鉢氏)のトップの四者会談と声明があった。その課題は、つくばには人材、研究施設のこれまでの投資と集積があり、特に、日本唯一のスーパークリーンルーム(SCR)が既存しているが、しかし、産学独の相乗効果が発揮されていないことであり、これを今後如何に実現するかであった。したがって、SCRを活用する「10nmサイズ制御ナノテクノロジー」の基地につくばを選び、また将来を見据えた研究・開発と人材育成を引っ張っていく中心の研究者を早急に決める必要がある。

筑波大の数理物質科学研究科は新たな連携大学院体制作りを再検討しており、(4)節で述べたようにナノエレクトロニクス分野で将来リーダー的人材となる研究者の人材育成プログラムを計画している。これをつくばナノテク拠点で今後行われる研究・開発と組み合わせ、参加希望の全国の大学院生を対象にしたオナーズプログラムを産学独連携システムで行う。そこで重要な役割は、前述の産学独の間で連携コーディネートをできる一流の研究者であり、さらに、研究と人材育成、教育に関して協力できる産からの最先端の技術者である。オールジャパン連合で他大学の参加を10年の時間軸で計画し、米国AlbanyのINDEXを凌ぐものをつくばに創り上げるとするのが目標である。通常の意味の人材育成というよりもリーダー群(深い専門性と広い視野、俯瞰的視野と複眼的思考、高く想い且つ手と足が動く研究者)の育成がこれからの日本にとって最も大切なことである。

そのための細かな、しかし大切な活動として、1)物質科学、ナノテクノロジーに関

して2010年度よりつくば連携の定例ワークショップの開催を毎年同じ8月の第1週、または、最終週の木、金、土の三日間に開催することを計画している。そこに、AIST, NIMS, KEK, 筑波大、および、つくばで研究を行うオールジャパン大学間連合と産業界の研究者が参加する。そこに、2) 博士課程(後期)の院生のポスター発表会を組み込み、産業界との科学・技術に関する意見交換を行う。これは、異分野の優秀な学生に対しても産業界での研究開発に興味とおもしろさを伝えるルートを作るのに必要な新しい試みでもある。また、3) つくばナノテク拠点形成の実現と継続のためには、各教育研究機関の理事、副学長クラスの定例懇談会、並びに、研究現場代表の定例懇談会の開催が必要であろう。

このような新生つくばナノテク拠点のキーポイントは、1) つくば研究学園都市の背水の陣という共通認識、2) 予算的、人材的に自立と継続が可能な仕組み作り、3) ナノテクの重点分野でのメッカになるための国際化である。1) からはつくば産学独連携システムの実現が望まれ、2) にはつくば曼荼羅となる新たな手法の工夫と果敢な試行錯誤が必要である。3) には、今年採択された筑波大のグローバル30の活用と筑波大が具体的に動き出したインターナショナルスクール作りなどを活用することが考えられる。この連携協働により、日本ではまだ実現されていない人事の流動化、人材のモビリティの増大がつくばの中で起きるという波及効果も出てくる。このような組織横断の人事交流はこれからの人材育成、第一線の研究・開発にとってのキーポイントになると思われる。教育や研究が沈滞せず、各組織、各機関を相乗効果により高度に活性化させるためには必要なことであり、欧米での成功例や最近のアジア諸国の勢いを見ても明らかである。

以上のようなつくばルネッサンスのために、異なる研究、教育機関の若きキーパーソン達が動き出し、大いに協働することが望まれる。参加する研究者、教員は自分の能力と同等、或いはそれ以上の人々と、ここで述べた“共鳴場”において有効なコラボレーションをするチャンスが得られ、教育、研究の翼が広がることが、ひとつの大きなインセンティブである。

## (6) おわりに

つくば産学独連携教育研究システムの構築のために、潤滑油・触媒ともなるべき筑波大学数理物質科学研究科の紹介をし、つくば連携ナノエレ人材育成プログラムのこれらについて述べた。本プログラムでは、つくばの学・独のみの連携でなく、産である民間企業の積極的な取り込みも特長であり、産学独間での知・技術・人の流れのスパイラル的な還流により、変革する新しい最先端テクノロジーの自立人材育成システムの構築を目指す。これが、“つくばナノテク拠点”の形成と発展にうまく繋がり、相乗効果を発揮すれば、大成功である。それには、つくばのナノテクノロジーに携わる研究者、教育者、研究機関が人材育成の大切さを認識し、それぞれの理念とつくばの使命と情熱を示すことが、世界も日本も変化している今、非常に大切である。

(つくばサイエンスアカデミー 2009年秋季号 掲載)