

セミナー開催報告 「注目すべきインドの発展と 科学技術との関係を探るセミナー」

文部科学省科学技術政策研究所は駐日インド大使館との共催で、2006年3月30日に六本木アカデミーヒルズにおいて「注目すべきインドの発展と科学技術との関係を探るセミナー」を開催した。近年話題となっている BRICs 諸国、特に大きく変化しつつあるインドは世界各国が注目するところとなっている。今回のセミナーは、駐日インド大使館のご協力を得て、インドからの招聘者を含めた各講師にインドの科学技術とそれを取り巻く環境についての講演をいただき、情報の不足しているインドの科学技術の最新事情を知ることが目的とした。本セミナーには、この話題に関心を持つ研究者・技術者および行政関係者など約 110 名が参加した。

セミナープログラムの第 1 部では、駐日インド大使館の A. K. Thakur 公使から「インド経済の大きな変化」について、また、V. Shanker 科学技術参事官から「インドの科学技術全般」に関しての講演がなされた。第 2 部では、インド情報通信省国立情報科学センター副所長 B. K. Gairola 氏から「インドの ICT における教育・研究開発・その利用」について、拓殖大学大学院国際協力学研究科小島眞教授から「インドの人材活用と日印関係の拡大の可能性」について、また、インド工科大学デリー校数学科長の B. Chandra 教授から「インドにおける数学教育と研究」についての講演があった。さらに第 3 部では、カタテック社の H. Obrai 社長からインドで IT に次ぐ新興産業となっている「バイオテクノロジー産業の概観」について、科学技術政策研究所桑原輝隆総務研究官から「論文分析に見るインドの科学技術の動き」について、また、インド科学技術省から竹応用ミッションディレクターに任命されている V. S. Oberoi 氏から「竹の応用に関する学際的な研究開発」についての講演があった。インドでは、国の長期ビジョンとして「India Vision 2020」がまとめられ、それを指すうえで具体的な学際的プロジェクトを進めようとしており、この竹応用プロジェクトもそのひとつである。

また、特に今回のセミナーでは、近年注目されているインドの ICT 産業やバイオ産業の大きな発展が、かつてインドから米国へ渡った留学生がもたらした米印間の人的交流効果に依るものであることが明らかにされた。インドから日本への留学生数の異常な少なさが続くようでは、科学技術の日印交流が自然に増加していく可能性は極めて低く、この点については具体的促進策を考えていくべきであろう。また、今後の日印間では、両国の強みに補完関係があることに注目した交流強化が望ましい方向性と考えられる。

「注目すべきインドの発展と 科学技術との関係を探るセミナー」

奥和田 久美

ナノテクノロジー・材料ユニット

1 セミナーの全体概要

文部科学省科学技術政策研究所は駐日インド大使館との共催で、2006年3月30日に六本木アカデミーヒルズにおいて「注目すべきインドの発展と科学技術との関係を探るセミナー」を開催した。近年話題となっている BRICs 諸国、特に大きく変化しつつあるインドは世界各国が注目するところとなっている。今回のセミナーは、駐日インド大使館のご協力を得て、インドからの招聘者を含めた各講師にインドの科学技術とそれを取り巻く環境についての講演をいただき、インドの最新事情を知ることが目的とした。インドに関する最近のレポートの多くは、近年のインドの大きな経済的変化を伝えているものの、その変化の要因はまだ十分に分析されていない。また、特に科学技術に関しては、中国などの他のアジア各国に比べて、インドに関する情報が圧倒的に少ない。

本セミナーには、この話題に関心を持つ研究者・技術者および行政関係者など約110名が参加した。冒頭、科学技術政策研究所國谷実

所長から「インドの目覚ましい発展と科学技術との関係について知る機会がこれまではほとんど無く、本セミナーを機会に交流が促進されることを期待している」との開催挨拶があり、次いで科学技術政策研究所奥和田久美上席研究官から、セミナー聴講の手引きとしてインドに関する基礎データが紹介された。

セミナープログラムの第1部では、駐日インド大使館の A. K. Thakur 公使から「インド経済の大きな変化」について、また、V. Shanker 科学技術参事官から「インドの科学技術全般」に関しての講演がなされた。第2部では、インド情報通信省国立情報学センター副所長 B. K. Gairola 氏から「インドの ICT における教育・研究開発・その利用」について、拓殖大学大学院国際協力学研究科小島眞教授から「インドの人材活用と日印関係の拡大の可能性」について、また、インド工科大学デリー校数学科長の B. Chandra 教授から「インドにおける数学教育と研究」についての講演があ

った。さらに第3部では、キタテック社の H. Obrai 社長からインドで IT に次ぐ新興産業となっている「バイオテクノロジー産業の概観」について、科学技術政策研究所桑原輝隆総務研究官から「論文分析に見るインドの科学技術の動き」について、また、インド科学技術省から竹応用ミッションディレクターに任命されている V. S. Oberoi 氏から「竹の応用に関する学際的な研究開発」についての講演があった。

最後に、科学技術政策研究所國谷実所長からの閉会挨拶として、日印関係の次のステップへの期待とともに、特に「インドから日本への留学生が非常に少ないことについては対策を考えていくべきであろう」との意見が述べられた。また、セミナー後のレセプションでも、インド人参加者も含めてディスカッションが続けられた。

ここでは各講演の論旨を記す。各講演のプレゼンテーション資料については報告書¹⁾をご覧ください。

2 インドに関する基礎データ 奥和田久美 科学技術政策研究所上席研究官 ●●●●●

以降の各講演を理解するための基礎データとして、図表1および2が紹介された。国土面積および人口とも日本の約9倍であること

を念頭におくと、インドのスケールを理解しやすい。日印科学技術協力協定は1985年に締結されている。また近年は、首相をはじめ日

本の要人がインドを訪問する機会も増え、日印の科学技術に関するパートナーシップ強化の方向性が示されている²⁾。

図表1 インドに関する基礎データ

<p>正式国名：インド共和国 (Republic of India)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 議会制の政治体制を採用 (二院制) ● 25の州および中央政府に管理された7つのユニオン領地の連邦 <p>大統領：アブドゥルカラム 副大統領：パイロン・シン・セカワット 首相：マンモハン・シン</p> <p>面積：3,287,263km² 首都：ニューデリー (New Delhi) 人口：約10億8000万人 公用語：ヒンディー語。英語も日常的に使用 通貨：1ルピー=100イサ 経済指標：GDP：約1.5兆US\$ (購買力平価)、GDP成長率：約7% 主要貿易相手国 (2004年) 輸出：米国、UAE、中国、シンガポール、香港、英国… (日本は10位) 輸入：中国、米国、スイス、UAE、ベルギー、独… (日本は10位) インド人のノーベル賞受賞者：7人 (生理学・医学賞1、物理学賞2、経済学賞1、文学賞2、平和賞1)</p> <p>■日印関係 日本との時差：-3.5時間 為替レート：1ルピー=約2.6円 (2006年3月現在) 最近の日本の要人のインド訪問 2005年：小泉総理・麻生総務相・谷垣財務相・中川経産相・竹中金融担当相・川口総理補佐官・谷川外務副大臣・福島外務大臣政務官 2006年：麻生外相 日印二国間条約・取極：平和条約、航空協定、文化協定、通商協定、租税協定、科学技術協力協定等</p>
--

図表2 インド共和国とその周辺国



外務省ホームページなどから抜粋

3 各講演の概要 (講演順) ●●●●●

3-1

インド経済の大きな変化 Mr. A. K. Thakur 駐日インド大使館公使 (経済・商務)

インド経済は着実に成長している。独立後30年間の民主主義国家としての産業基盤への公共投資と1980年代の経済改革の結果として、80年代以降、GDPの伸び率が急速に向上し、現在は7.5%程度を達成、今後、10%程度まで上がることも予測されている。国民一人当たりの所得および貯蓄も80年代後半から順調な成長を示し、

90年以降は国内の投資・貯蓄も安定して、対GDP比20%以上という水準を維持している。これが国内の大きな投資資金へと循環し、大きな国内市場の形成へとつながっている。すでに中所得層が約3億人規模に達し、年7~8%で増加しており、これが海外の投資国から見て魅力となる大きな成長市場を提供している。開放経済と効率的な金融部門が信頼され、国外からの投資も盛んになり、この1年半の間に日本からの証券投資も急激に増加した。輸出入は2000年代に入って増加したが、経済が成長中であるため、特に輸入の増加が顕著であり、今後しばらくこ

の傾向が続くと予想される。インド経済では、特にサービス産業が大きな成長を遂げており、最近はその製造業の伸びも牽引する形になっているのが健全な変化である。また、人口動態的に若い国であり、国民の半数(約5億人)が25歳以下であることにより、高齢化の進む他の国々とは補完関係を築きうるであろう。しかも、相対的に割安ながら優秀な頭脳を持ち、スキルが高く英語が堪能な人材が豊富である、という強みも持っている。今後の日印関係の拡大は大歓迎であり、特に、インド国内に、制約のほとんど無い経済特区(SEZ)を数多く設ける計画に

対して、日本からの多くの投資を期待している。

3 - 2

インドの科学技術について

Dr. V. Shanker

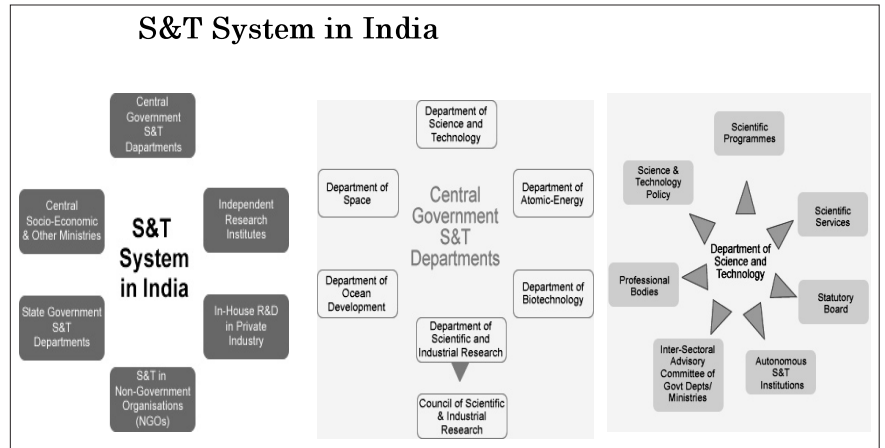
駐日インド大使館参事官

(科学技術)

紀元前 2500 年頃のインダス文明から始まるインドの歴史では、紀元前 700 年頃には、60 科目以上を学べる、学生数 10,000 人以上の大学が存在していた。紀元前から医学・冶金学が発達し、また、数学・天文学などの基本概念にも偉大な科学者を出して、ゼロの概念や円周率 π の正確な値を導いた。現在もその伝統は続いており、物理や宇宙の進化論などで革新的な科学者を数多く輩出している。1947 年の独立後、50 年の間に徐々に社会基盤が整備され、海外依存を小さくする努力がなされてきた。現在、国連の定義上ではまだ発展途上国であるが、英国連邦諸国においては、すでに科学先進国と見なされている。科学技術指標としては、科学技術人材が約 1,000 万人、このうち研究開発人材は約 30 万人（そのうち女性は 3% 程度）である。年間の研究開発支出は 44 億 US \$ 相当（2004 ~ 05 年）で、これは対 GNP 比 0.83% に当たり、そのうち政府出資比率は約 84% である。日本を含む 56 カ国と 2 国間協力を提携しており、地域協力や多国間協力も進めている。

将来の科学技術の方向性を示すため、インド政府は「Science & Technology Policy 2003」³⁾ を発表した。インドの現在の科学技術体制は図表 3、主要政府機関は図表 4 で表される。科学技術関連政府機関のなかで研究開発における中心的役割を担っているのが、1971 年設立の科学技術省科学技術局（Department of Science & Technology : DST）である。国

図表 3 インドの科学技術体制



の長期ビジョンとしては「India Vision 2020」⁴⁾ がまとめられ、これに基づいて、DST の情報技術予測評価委員会（Technology Information, Forecasting & Assessment Council : TIFAC）⁵⁾ から「Science and Technology in India - Achievements, Capabilities & Vision」⁶⁾ も出されている。

政策決定においては、科学技術関連のデータベースの整備と維持が重要視されており、各省庁はそれぞれデータベースセンターを持っている。科学技術情報に関する国家システムとしては National Information System for Science and Technology (NISSAT) が運営されている。特に、情報通信省の国立情報学センター（National Informatics Center : NIC）は重要な拠点であり、ネットワークを構築して、各省庁や関連組織への情報サービス、マネジメントシステムの開発、分析あるいはモデリング、トレーニングなどを担っている。科学アカデミーの中で主要な組織は Indian Science Congress Association (ISCA) で、1914 以来、毎年総会を開催しており、首相がこの総会の議事を進めることになっている。

研究開発の分野例として、インドにとって最も重要な農業分野を紹介する。かつて輸入依存であった食料自給率が 100% になったことは、独立後のインドの

図表 4 科学技術の主要な推進機関

Major Scientific Agencies
Defense Research and Development Organization
Council of Scientific & Industrial Research
Department of Atomic Energy
Department of Biotechnology
Ministry of Information and Technology
Ministry of Ocean Development
Department of Science & Technology
Department of Space
Indian Council of Agricultural Research
Indian Council of Medical Research
Ministry of Environment & Forests

最大のサクセスストーリーである。農業分野の教育および研究は、1929 年設立の Indian Council of Agricultural Research (ICAR) がリーダーシップをとっている。43 研究所、4 つの国立研究局、20 の国立研究センター、9 プログラムの理事会、70 の全インドレベルの研究プロジェクト、109 の農業センターで研究が行なわれている。ICAR は農業教育カリキュラムも策定しており、26 の農業大学、4 つの国立研究所で実施されている。インドは森林・湿地・海洋に非常に多くの生物種を有しており、生物多様性が重要視され、種々の遺伝子バンクも設立されている。また、環境森林省のもとでも動植物の資源の記録がとられている。

科学技術の成果を経済・環境・社会のメリットとして国民のために最大限にしていくために、科学産業研究局に科学産業研究委員会（Council of Scientific and

Industrial Research : CSIR、1942年設立)があり、科学技術のほぼ全ての側面をカバーするグローバルプレーヤーとなっている。例えば、1970年代のインドでは乳幼児用ミルクやベビーフードが不足していたが、他国籍企業の進出を阻止し、国内で製造工程を開発して、企業組合にその知識を伝達することで国内産業化を成功させた。CSIRでは、同じような産業振興を、安全な触媒・エイズ対策の医薬品・大型スーパーコンピュータ・竹の応用・ハイドレードの資源化などの分野でも行なおうとしている。このほか、原子力エネルギー局は原子力産業の数多くの研究センターをもち、その中からスピノフ技術も生まれている。宇宙関連技術もインドにとって重要であるが、自立した形で研究開発し、その宇宙技術を国民のために使っていく計画である。2025年までのインドの宇宙開発計画のロードマップが作成されている。また、医学分野ではインド医学研究評議会 (Indian Council of Medical Research : ICMR) が調整役となっている。

インドは、基礎研究という意味では、世界のトップクラスにあると自負している。現在の競争経済においては、科学技術は国の発展のために欠かせないものである。日印両国は共通の関心事に対しての共同プロジェクトを立ち上げ、両国それぞれのニーズに応じていくべきではないかと考えている。

3 - 3

インドの ICT における教育・研究開発・その利用

Dr. B. K. Gairola

インド情報通信省

国立情報学センター副所長

インドの ICT の歴史を振り返ると、まず、独立後にインド工科大学などを立ち上げ、コンピュー

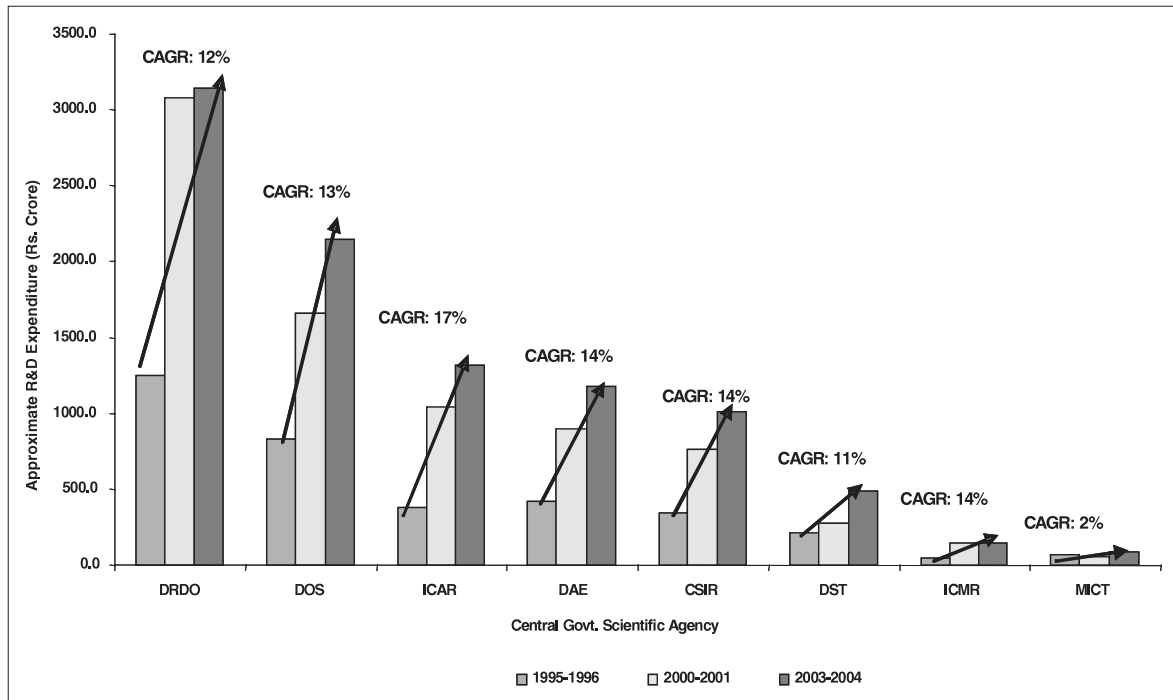
タサイエンスを研究しはじめた。70年代に入ると市販品のハード(コンピュータ)が入手できるようになり、物理・化学・工学系の演算に用いられるようになった。80年代はコンピュータの調達が盛んになり、研究開発拠点は教育とともにサービスを提供し、研究開発を受諾する場となった。この時期は主に研究開発志向ではあったが、同時に ICT 人材の雇用も始まり、アプリケーションだけに集中した短期教育コースも開始された。また、同時期に、学部あるいは修士を終えた学生が米国に留学するようになり、一部は研究者や民間エンジニアとなって米国内に残り、米印間に大きなつながりが生まれた。これが大きな強みとなり、インドは米国のバックヤードという存在になり、結果的にこれが大きな転換点となった。ICT 人材の需要が拡大したため、教育制度も開放・自由化が必要になり、私立のエンジニアリングカレッジも生まれた。これは現在、年間約20万人のエンジニアを輩出するまでに成長している。90年代に入ると、世界のどこからのアウトソーシングに対しても自信を持って応えられるようになり、2000年代からは独自のソフトウェア開発も開始している。今では、米国企業とインド企業との間には強固な信頼関係が出来上がり、米国の生産性を上げるためにはインドに委託したほうがよいという状況になっている。

インドの ICT 教育は小学校から開始される。現在、インドには1億1,500万人の小学生がいる。連邦政府・州政府は、過去15年間、小学校のコンピュータインフラ整備を進め、グラフィックスやワードプロセッサなどのアプリケーションに馴染ませることを目標にしてきた。英語を話す国民は多いが、22のローカル言語にも対応する努力をしている。中学生は

4,500万人おり、その40%程度がコンピュータを使用して、データベースの使用法や簡単なプログラミングを学んでいる。高等学校の生徒は3,000万人であるが、高等学校ではHTML、SQL、C言語やJAVAなどを教えている。ICT人材を輩出するために最も重要な教育機関はカレッジである。1万6,000カレッジのうち技術系が約1,500で、1,000万人の全学生数のうち、コンピュータサイエンスあるいはエンジニアリングを専攻しているのは20万人程度である。ICT人材需要が大きいため、他分野の人材を食ってしまっている状況である。カレッジのカリキュラムレベルは世界のトップクラスと言える。インドの人口の半数が25歳以下であるが、そのうちの最も優秀な若手人材がICTを専攻していると言っていいたいだろう。200カレッジには大学院があるが、大学院はまだこれからの拡大が必要である。このほか産業界でも、かなり多くの企業が企業内の特定コースをもち、国もこれらに対して認定制度を設けている。人材需要が非常に大きいため、企業側が受講生の費用を負担する形で従業員の育成を行なっている。

インドにおいて、ICT人材育成の最終目標は、知識経済への移行である。ICTは、まず国内生産性を高めるためのツールであり、次に価値連鎖や知財の増大を狙い、最終的にはインドをサービスのハブとしていくための手段となるだろう。ICT教育はイノベーションを生み出し、インドを知識社会へと導くものである。まずは大きな需要に応えるだけの人数を供給しなければならない。しかし、教育内容と産業界の要求レベルは乖離しているため、現在は産業界の要求レベルまで教育できる教職員の育成に力を入れている。インターンのような制度や互いに教え合うピアグループ学習 (Peer Group

図表5 Growth in R&D Expenditure of Selected Central Government Scientific Agencies (approximate numbers)



DRDO : Defence Research and Development Organization (防衛研究開発機構)
 DOS : Department of Space (宇宙局)
 ICAR : Indian Council of Agricultural Research (農業研究委員会)
 DAE : Department of Atomic Energy (核エネルギー局)
 CSIR : Council of Scientific and Industrial Research (科学産業研究委員会)
 DST : Department of Science & Technology (科学技術局)
 ICMR : Indian Council of Medical Research (インド医学評議会)
 MICT : Ministry of Communication and Information Technology (情報通信省)

Leaning) も有効と考えられるが、そのためには十分なネットワーク整備が必要である。

研究開発には、既存の枠を超えた革新性と創造性が求められている。反復仕事をこなす能力だけを教育しても、これらは生まれない。我々は、教育・研究開発・その利用の3つのコンポーネントは、オンラインで統合して行なわなければならない、という教訓を得ている。また、製品志向からサービス志向への転換が起こっており、オープンスタンスへの方向性も研究開発における重要な視点である。特に、ICT分野の研究開発では、完璧主義よりもプロトタイピングの迅速性のほうが重要である。イノベーションの枠組みには、創造とともに普及や吸収のプロセスも必要であり、これらは創造よりも時間がかかる。我々はこの両方をやっっていかなければならない。

ICT分野のフロンティアとなる研究やブレイクスルータイプの研究だけでなく、発展中の他の先進分野や社会構造の最下層のための研究(例えば、小学生向けのアプリケーションソフトウェアなど)も非常に重要である。研究開発投資額について言えば、インドの研究開発投資額は欧米や中国に比べて非常に小さい。そのなかでも、情報通信省の予算は他分野に比べれば極めて小さい(図表5)。しかし、インドがICT分野の研究開発を海外からアウトソーシングされることにより生まれた市場は、2003年には13億US\$であったが、2010年には91億US\$程度になると予想される。

ICTの活用先は、政府、産業界(国内市場)、輸出の3つに分けられる。ICTの輸出市場は現在180億US\$であるが、今後2年ほどで500~600億US\$までに伸び

るとされている。人材のほとんどが輸出向けに当てられる状態が当面続く。国内市場はまだ小さいため、まずは政府による技術導入が牽引役にならなければならない。e政府は、政府の生産性・透明性・市民サービスの向上を図るものである。5年ほど前から、政府は市民を管理するのではなく、サービスを提供するという方向へ視点を変えている。インドは多様な国であるため標準化を図ることが非常に難しいが、インフラを共有し標準を設けることは今後必須となる。ICTのための環境整備はまだ極めてわずかである(ex. PC普及率0.8%、インターネット普及率0.4%など)。インドが知識社会へ移行するためには、イノベーション環境の整備を進めていかなければならない。

インド高度人材の活用と 日印関係の拡大

小島 真

拓殖大学大学院 国際協力学研究科教授

インドの産業のなかでも1990年代以降のIT産業の成長は目覚しく、現在、売上高の対GDP比は4%を超えるまでになっており、その80%以上をソフトウェアが占めている。ITサービスの輸出は、90年代は年率50%、2000年代も年率30%で成長し、現在、輸出全体の20%を越えて最大の輸出産業となっている。また、最近のIT産業の内訳は多様化しており、ソフトウェアサービス・事務委託・設計等のエンジニアリングや研究開発サービスなどがあるが、特に事務委託の伸びが顕著である。ITサービスの輸出は、今後も年率28%程度の伸びが予想されており、2010年までに600億US\$程度の規模まで成長し、対GDP比は7%程度に達し、輸出全体の30%を占める見込みである。

インドのソフトウェア産業は3,000社以上の企業から成るが、トップ5で輸出の46%を占めている。これに多国籍企業の30%を加えると、全体のおよそ70%が民族系企業ということになる。No.1のタタコンサルタンシー社は全世界に5万5,000人の従業員をもつ大企業に成長している。

インドのIT産業は、米国との太いパイプがベースになっている。インド系の米国在住者は200万人以上と言われており、米国の就労ビザのうち技術者などが取得するH1ビザの36%程度(2003年)をインド出身者が占めている。インド系の米国在住者は、米国全体の平均より高い所得を得ている。シリコンバレーだけでも30万人程度の在住者がおり、この地の新興企業の15%程度がインド出身者

の起業によるとされている。米国企業は90年代から海外へのオフショアリング(海外アウトソーシング)をはじめたが、ITのオフショア先の8割はインドであると言われている。インドから見ても、ソフトウェア輸出の7割は米国向けである。米国企業のインド進出も活発で、インド国内に多くの雇用機会を生んでおり、IBM社だけでもインド国内で3万5,000人を雇用している。世界の中で見ても、ITのオフショア先としてのインドは非常に大きな地位を占めており、世界全体のITサービスの65%、事務委託の46%がインドである。

このようなインドの優位性の要因は、豊富な高度人材、すなわち、非常に数多くの理工系人材、英語の堪能な学卒者、国際経験の豊かなマネージャークラスの輩出にある。加えて、企業における業務管理能力(プロジェクトマネジメント能力)の高さ、ソフトウェアの品質管理も、国際的に高い評価を受けている。ソフトウェアの品質基準であるCMNというレベルにおいて、最高段階のレベル5に認定されているインド企業は現在85社であるが、これは世界で最も多く、1/3を占める。毎年、15万人程度のIT技術者が新規雇用されており、現在、全世界でオフショアリング可能なIT人材の28%程度はインドにいたろうと言われている。しかし、それでも今後の需要の伸びには追いつかず、今後、50万人程度が不足すると推計されている。需要拡大のため、所得の伸び率も年16%程度と大きい。

アジアに目を向けると、インドは日本以外の東アジアとの関係拡大において顕著な動きが見られる。すでに中印貿易は日印貿易の2倍以上、韓印貿易も日印貿易に迫る水準である。現在、インドの貿易相手国として日本は10番目であり、90年代は5%程度であ

った日本のシェアは25%程度に下がっている。日本からの直接投資も減少傾向にあったが、2005年からは再度拡大しそうな気配も見られ、インド進出企業数が増加に転じている。現在、日本から最も活発化しているのは証券投資であり、直接投資をかなり上回り、47億US\$に達している。

以上のように、貿易や直接投資という意味では、実質的な日印関係は拡大しているとはいいがたい。しかし、ハードに強い日本とソフト強いインドは、潜在的には補完関係を持っている。日本はIT人材の不足に直面しており、この問題は、今後、少子化などの影響でますます深刻化する。また、数だけではなく、プロジェクトマネージャー、特に高度なIT技術を駆使して企業経営を実施できる人材、いわゆるCIO(Chief Information Officer)を担えるような人材が極めて不足している。日本は「ものづくりの国」と言われるが、例えば、重要性の増している組み込みソフトウェアの開発人材は7万5,000人程度も不足しているという統計も出ている。これには国内の人材育成とともに、海外のIT人材の活用という選択が必須である。その場合、中国とインドの比較が気になるところであるが、中国のソフトウェア規模はインドを上回るものの輸出が10%程度しかないため、輸出という点では圧倒的にインドが強い。しかし現在、日本からは、中国に対してインドに対しての3倍ものアウトソーシングが行なわれている。インドから見ても日本向け輸出はわずか3%程度である。今後、日印間のIT協力を推進するためには、双方の意志の疎通、特に、言語や文化に対する理解が不可欠であり、両方の言語や文化に精通したブリッジソフトウェアエンジニアの存在が必要であろう。しかし、インドから日本への留学生は

中国の1/200、バングラデッシュの4割程度、スリランカよりも少なくネパールと同じくらいという数である(図表6)。インドから見た日本の大学の魅力を増し、留学生の受け入れを拡大することがまず重要であろうと考えられる。

3 - 5

インドにおける数学教育と研究

Prof. B. Chandra

インド工科大学デリー校 数学科長

数学というのは文明の基本である。誰であっても数学という普遍的な言語から恩恵が受けられ、あらゆる種類の科学・工学・経済あるいは金融・生物学などにおいて、高度なレベルの研究は数学の応用無しには不可能である。数学の役割は非常に広範である。インドは数学において卓越な歴史を有している。ヴェーダ(Vedic)数学は古代インドのグルクルという教育システムの本質部分であり、古代の数学をリードしたリーダーも多い。20世紀にインドの数学の栄光は復活し、著名な数学者を多く輩出した。インド統計研究所(ISI)が創立され、その後もインド工科大学(IIT)をはじめ、タタ研究所などの基礎研究機関も創立された。IITはインド内の7箇所にある国立の教育研究機関であるが、毎年約100万人の受験者があり、そのうち3,500人が入学できる。7箇所全てのIITが数学科を有しており、私の居るIITデリー校も数学科の学部・大学院が全ての数学領域をカバーしている。数学科は大きく分けて、「純粋数学」「応用数学」「統計とオペレーションリサーチ」「コンピューティングと数学関連領域」の4つに分類している。最近要望の高まっている金融数学のプログラムも提案中である。数学科は女子学生に人気があり、数学科の修士課程の60%、博士課

図表6 日本への留学生数(2005年5月現在)

	Undergraduate	Graduate	Total
China	47,654	17,262	62,916
India	108	256	364
Bangladesh	129	799	928
Sri Lanka	213	245	458
Nepal	124	238	362

学校基本調査報告書(平成17年度)を基に講演者が集計

程の75%は女子学生で占められている。代数・トポロジー・生物数学などは、特に女子学生に人気がある。

数学の研究開発を推進する政府機関はMSO(Mathematical Science Office)であり、1994年に科学技術局(DST)の中に独立部門として設立された。基本的に、国家数学教育研究委員会・国家数学委員会・中央計画委員会の数学タスクグループなどの勧告を遂行しており、特定R&Dプロジェクトも支援している。また、原子力局の中にも高等数学を扱う機関(NBHM)があり、財政支援のほか、数学オリンピックなども開催している。その結果、インドは数学の論文数において世界平均の2倍以上を出しており、多くの国際研究も行なわれている。インドの学校教育のなかでは、第10学年までの基礎レベルの間に数学と理科を必須科目としている。第11、12学年では公的試験の結果によって専門コースに分かれるが、数学を選択しない学生は少数である。特に最近、学生たちの間では、数学は面白い学問であるとみなされている。最近の傾向として、計算機科学を用いたバイオロジー・金融数学・コンピュータ科学などの分野で、特に数学の役割が重視されている。例えば、バイオロジーではデータマイニング・樹木法などの種々の統計解析が、また、金融数学では経済理論ツールおよびポートフォリオ・リスクマネジメント・シナリオシミュレーション・確率論などを用いた定量分析やモ

ンテカルロシミュレーションによる最適化などが重要な手法となっている。

若い世代への効果的な数学教育は世界中で共通の課題となっているようだが、数学の探求が現世界と懸け離れて、若い世代が数学をつまらない科目であると感じてしまうところに問題がある。これを解決する革新的な教授法として、数学の教育コースに数学研究室を付随させ、研究室の中で学生に应用を実践させることを提案する。具体的に数学をどう使っていくかという、学習の意味を実感させるような経験型の教育によって、学生の数学への関心をより高め、身に付けさせることができる。デリーのトップクラスの教育機関は、この方法を取り入れている。

我々インドの数学者は、日本の大学や研究機関との共同研究も強く望んでいる。

3 - 6

インドのバイオテクノロジー産業の概観

Mr. H. Obrai

インドITクラブ・キタテック社長

インドでは、ITの次のブームはBT(バイオテクノロジー)であると言われている。

今のところ、製薬業とBT産業とは別々に考えられている。製薬業界は、2004年度にすでに、前年比6.4%増の60億US\$の売上げがあり、そのうち37億US\$が輸出分であり世界の65カ国に輸出されている。米国FDA承認の製造

施設は、米国以外では、現在、インドに最も多く存在している。インドの製薬産業は、2010年頃には250億US\$程度まで成長すると期待されている。一方、BT産業は、特定の生物系や酵素を扱う企業、遺伝子工学・細胞培養・微生物・生化学などを扱う企業、およびバイオインフォマティクスを扱う企業などを指しており、創薬・サービス・農業・工業・情報の5分野に分けられる。この5分野の総計は現在10億US\$程度の規模であり、創薬がその80%を占めているが、伸び率という点では遺伝子組み換え作物などによる農業分野の伸びが目立つ。BT産業全体の42%が輸出向けであるが、IT主導型分野は輸出の割合が高く、臨床検査などのサービスは92%、インフォマティクス分野は72%が輸出となっている。インドの新薬検査・バイオ研究・計測・データ管理などの企業は特に注目されており、インドはすでに、これらが非常に活発な国となっている。また、ワクチン生産・組み換え治療薬・モノクローナル抗体においても注目すべき国となっている。この5分野の総計は、今後も年率30%以上で伸び続け、2010年頃には50～70億US\$まで成長すると期待されている。したがって、製薬産業と合わせれば300億US\$以上の産業規模になると予測されているのであり、同時期のIT産業の1/2程度の規模に達することになる。

特に今後、インフォマティクス分野は「バイオIT」という意味で、IT産業の成功を繰り返すことができるのではないかと期待されている。知財問題は改善が図られ、政府からの戦略的支援もあり、バイオITパークも設置されている。この分野のハブとなっている地域はハイデラバードである。バンガロールは「インドのシリコンバレー」と呼ばれているが、これに対してハイデラバードは「インドの

ゲノムバレー」である。

BTの研究開発は資本集約型で、まとまった研究開発資金を要する。したがって、BT研究開発に対して政府の役割は大きく、科学技術省バイオテクノロジー局(DBT)が積極的に問題の洗い出しや10カ年計画作成などを行っている。政府系研究機関としては、CSIRのなかにトップクラスの研究所と地域センターがある。一方、業界から委託を受けて研究を行なう独立法人の研究機関もある。インドは知識社会への移行を目指しているが、バイオテクノロジーはまさに知識集約型の分野である。当然この分野の教育にも力が入れられており、私立系大学のカリキュラムも充実している。しかし、大学を出たばかりで、この産業分野にすぐに貢献できる専門家にはなれない。そこで大学と産業界をつなぐインターフェースの役割としてバイオゼン(BIOZEEN)も設立された。これは、バイオテクノロジー産業に役立つプロフェッショナルを養成する中間的な機関である。

この分野の日印関係を積極的に進めているのは、日本では(独)日本貿易振興機構(JETRO)であり、インド側は経団連に相当するインド工業連盟(CII)やインド商工会議所連盟(FICCI)、また新興企業の組織としてはABLE(Association of Biotech Led Enterprises)である。実際に日本企業と手を組みたいと手を上げているインド企業もいくつかある。

3 - 7

論文分析に見る インドの科学技術

桑原輝隆

科学技術政策研究所 総務研究官

科学技術政策研究所では、科学技術論文のデータベース分析から、日本と他の国々を比較して、

日本の強み・弱みを見出す試みを行なっている。このような方法でインドの科学技術を見る場合、インドが一番強みを持っているIT分野では論文というものの重要性が高いわけではないため、インドの実力を過小評価してしまう可能性もあるが、その前提を踏まえたうえで論文分析結果を紹介したい。

インドは、英文論文量の世界シェアという意味では、この20年間、大きなポジションの変化はなかった。しかし例えば、薬理・毒性学では90年以降に他のアジア諸国と同じように世界シェアを伸ばしてきており、これらの地域のバイオテクノロジー分野の発展との関連がうかがえる。一方、被引用数が上位10%に入る論文数だけを取り出したデータベースによれば、インドの世界シェアは数学・物理・工学において上昇中であり、これらの分野で質の向上があったものと推測される。ポートフォリオ的に見ると、インドは化学・材料科学・物理などが相対的に強いが、伸び率では材料科学とともに医薬分野で伸びが見られている。

また、科学技術政策研究所で開拓した論文分析手法「急速に発展する研究領域」⁷⁾によれば、インドは基礎物理学、特に核物理学の領域に存在感を示している(図表7)。このような急速に発展する領域の論文を詳しく見てみると、例えば超対象性理論の研究領域などではインドと日本の共同研究が活発である。

3 - 8

21世紀の竹： インドにおける開発と イノベーション

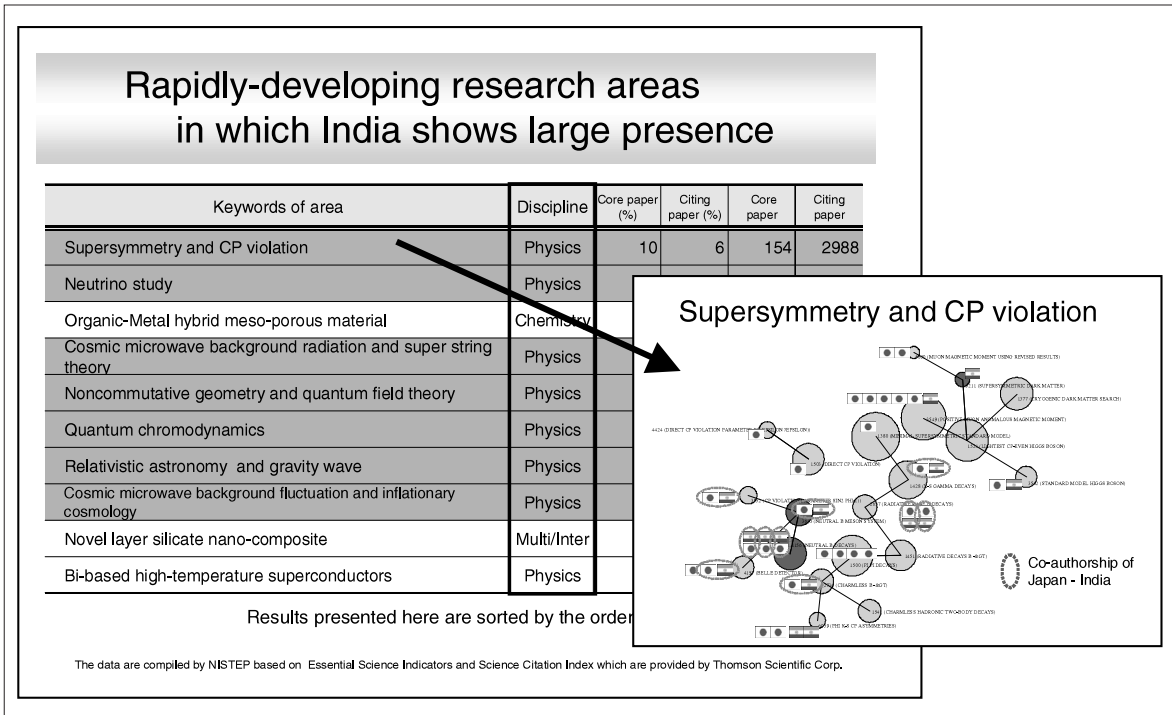
Mr. V. S. Oberoi

インド科学技術省

竹応用ミッションディレクター

インド科学技術省には、技術の予測・評価を行うTIFAC⁵⁾と

図表7 インドの研究開発機関が存在を示している「急速に発展しつつある研究領域」⁷⁾



呼ばれる組織があるが、「India Vision 2020」⁴⁾に示された内容を単に予測と評価にとどめず、学際的研究を取り入れた新しいプロジェクトモデルを作り、実際の応用例を数多く見出そうとしている。竹応用ミッションはその一例である。

竹はイネ科の植物で、どのような地形でも気候でも育ちやすく、丈夫な材料である、成長が極めて速く、毎年収穫しても再生可能な資源であり、伝統的な竹の応用については1,500以上が文書化されている。竹を資源と考えた場合、インドは世界第2位の資源国である。

インドが竹に注目した最大の理由は、1997年、インド最高裁が、過度の搾取を懸念して木材の伐採を禁じたことにある。この判断により、合板あるいはパネル材業界では400社閉鎖し9,000人もの失業者が出た。2番目の理由は、竹は全国に豊富に有るにもかかわらず十分生かされていない資源であること、3番目の理由は、特にインドの貧しい地域に多く存在する資源であることである。竹は何千

年にも渡って使われてきた材料であるが、このプロジェクトでは伝統的な利用以外の新しい使用方法を生み出そうとしている。空洞である竹を輸送するのは無駄であり、可能な限り栽培地の近くで価値と雇用を創出すべきである。また、竹の節は竹加工の際に無駄になりがちであるが、その無駄が生じない方法を考えることも必要である。

最初の実施例は、木材の代替として、裁断した竹を樹脂とプレスして建築材とする活用例であった。ここでは、化学・機械工学・土木などの学際的研究を必要とし、固い竹を加工する加工機械も開発された。3時間程度で組み立てられる100%竹材の軽量プレハブ住宅は、まず被災地で活用してみた。構造材としては、EUなどで検討されている自動車用ガラスファイバー削減に対応する竹繊維の代替も研究している。一方、インドではタケノコを食べる習慣がないが、バイオテクノロジーの研究によって、たんぱく質を含み、発ガン抑制効果もあるタケノコを、輸出用の食用生産すること

が試みられた。さらに節などの部分を無駄にしないために、これをバイオマスとした50k～1MW級のガス化装置が開発された。軍の依頼により、5kW級の可動性システムも実用化された。ガス化の際には副生成物として木炭も得られるが、発電と木炭生成のバランスの最適値を模索した。このほか、竹の植林による防砂、葉の有機肥料化、とげのある種の有刺鉄線としての利用、地下茎を利用した土壌の安定化、低価格の補装具等への応用も試みている。インドの竹には、成長は早いが開花も早い種が30%程度あり、この種は早いサイクルで発電や木炭化を考え、逆に開花周期が長い種などでは、接ぎ木による育成のほか、組織培養なども検討している。竹の遺伝子工学にも着手したところである。

このように、あるモデルに対し学際的に取り組むことで、科学技術によるイノベーションを見出そうという検討のひとつが竹応用ミッションである。

4 科学技術政策に関わる質疑応答から

以下に、科学技術政策に関わる質疑応答を取り上げておく。

①女性科学者を振興するような計画はあるか

現在は、女性研究者は3%程度であるが、対等な機会が与えられており、女子学生の研究開発に対する関心は高まる傾向にある (by Dr. Shanker)。

②海外で活躍するインド人科学者はどの程度か

1950年代からエンジニアを海外に送り出してきたが、現在1万人/年程度の研究者あるいは技術者が海外へ行っている。累積では100万人程度に達していると思われるが、その半数はICT人材が占めている (by Dr. Shanker)。

③「India Vision 2020」作成の狙いはなにか

インドの将来ニーズを満たすための科学技術インフラを整備することである。統計を統合することにより、重複した研究を避ける狙いもある (by Dr. Shanker)。

④インドの人口増加に対応する科学技術政策はあるか

人口の伸び率は70年代までの2.5%程度から、現在1.7%まで下がっている。人口動態学的には、2030年頃に13億人程度でピークを迎え、人口が減少するのは2050年頃と予測されている。これまで政府が最も目を向けてきたのは農村地域であり、科学技術によって農業生産性を高める、あるいは農業所得を高める、といったことが望まれてきた。もちろん人口増加自体は望ましいことではないが、これまでは深刻な問題として捉えられてきた人口問題が、現在ではインドのアドバンテージであるという考え方も出てきている。地球の全人口の1/6を占めるということにより、サービスおよびモノの供給の多くをインドが担うことができるはずであり、今後のグローバル化のアジェンダに関わっていけるものと考えられる。また、豊かさが少子化に繋がっていくということは世界各国で見られている現象であり、インドもいずれそうなっていくと思われる (by Mr. Thakur)。

⑤インドからの日本への留学生の少なさは、言語の問題のみで解決するか

言葉のバリアは大きいと考えられるので、通訳やその他の何らかの方法で軽減できれば、大きな進歩が得られると思われる (by Prof. Chandra)。英語の問題だけではなく、ODAによる留学生支援がインドには適用されていない、などという資金面の環境にも問題があると思われる (by Prof. Kojima)。

⑥日印間の橋渡しになる人材育成としては、日本からインドへ留学させることによって、インドの優れた数学やソフトウェアを学ばせるほうが効率的ではないか

2005年の小泉首相の訪印後、日印交流が強化されている。すでに日本企業からの若いエンジニア派遣も毎年100人単位で始まっている。また、日印の大学間あるいは研究機関間ではMOUが提携され始めている。あと数年も経てば、なんらかの効果が現れてくると思われる (by Dr. Gairola and Mr. Obrai)。

5 まとめ

近年の世界の中でのインドへの注目度からすると、科学技術に関する日印の情報交換の場は極めて不足している。今回のセミナーのように、インド大使館関係者およびインド本国からの招聘者から直接に情報を得る機会が、インドの発展と科学技術との関係を知るうえで、さらに今後の良好な日印関係を考えるうえで、非常に有意義なものと思われる。科学技術政策研究所では、今後もなんらかの継続の機会を考えていきたい。

特に、今回のセミナーでは、近年注目されているインドのICT産業やバイオ産業の大きな発展が、かつてインドから米国へ渡った留学生がもたらした米印間の人的交流効果に依るものであることが明らかにされた。インドから日本への留学生数の異常な少なさが続くようでは、科学技術の日印交流が自然に増加していく可能性は極めて低い。この点については、具体的促進策を考えていくべきであろう。また、今後の日印間では、

両国の強みに補完関係があることに注目した交流強化が望ましい方向性と考えられる。

参考文献

- 1) 科学技術政策研究所 調査資料 No.127 「インドの注目すべき発展と科学技術政策との関係」(セミナー報告) 2006年8月
- 2) 日印グローバル・パートナーシップ強化のための8項目の取組、2005年4月24日：
<http://www.mofa.go.jp/mofaj/>

- kaidan/s_koi/asia_europe_05/
india_partner.html#india_p8
- 3) Science Technology Policy 2003 :
<http://www.tifac.org.in/news/policy.htm>
- 4) India Vision 2020 : [http://
planningcommission.nic.in/plans/](http://planningcommission.nic.in/plans/)
- 5) Technology Information,
Forecasting & Assessment
Council : <http://www.tifac.org.in/>
- 6) Science and Technology in India
—Achievements, Capabilities, &
Vision :
- 7) 急速に発展しつつある研究領域
調査—論文データベース分析か
ら見る研究領域の動向—、科学
技術動向、2005年10月号
-

執筆者



ナノテクノロジー・材料ユニット

奥和田 久美

科学技術動向研究センター

<http://www.nistep.go.jp/index-j.html>



民間企業のエンジニアを経て2002年から現職。ナノテク・材料分野を担当。「科学技術の中長期発展に係る俯瞰的予測調査」「基本計画の達成効果の評価のための調査」にも注力。工学博士。