

技術大国インドの研究(中編)

三 上 喜 貴

技術大国インドの研究（中編）

三 上 喜 貴*

A Study of India : A Technology Power in Asia (2)

Yoshiki MIKAMI*

Summary : The second part of the paper describes Indian technology development in three strategic sectors, ie. nuclear, space and information technology, within the context of the national strategic objectives. India's priority objective is to retain technology independence. It was formulated through the historical and geopolitical situations of India after her independence. The paper analyzes the implication of technology development in India to the evolution of international technology/export control regimes like as the Nuclear Non-proliferation Treaty (NPT) , the Missile Technology Control Regime (MTCR) , Nuclear-Suppliers Group (NSG) and the Wassenaar Arrangement.

Key words : India, technology history, nuclear energy, space development, information technology, export control, MTCR, NSG, NPT

はじめに

中編においては、原子力、宇宙開発、情報技術の各分野におけるインドの技術開発戦略について述べる。

インドは自前の技術で衛星を打ち上げることでできる国として、米国、ロシア、EU、中国、日本について六番目の国であり、また自前の核燃料サイクルをもつ、米国、ロシア、イギリス、フランス、中国について、やはり六番目の「核クラブ」メンバーである。スーパーコンピュータやソフトウェア等、情報技術産業における実力も良く知られるところとなった。工業技術分野全般における遅れにもかかわらず、こうした戦略的技術分野においてインドが著しい成果を上げている事実は、筆者が本稿を「技術大国インドの研究」と題した所以である。

では、こうした戦略的技術分野における成果はいかにして達成されたのか。また、その過程において、インドと国際社会との関係はどのような展開を見せたのか。とりわけ核不拡散やミサイル技術拡散防止という観点から先進国の技術輸出規制の対象となり続けてきたインドに対して、これらの規制措置はどのような影響をもたらした、インドはこれに対してどのような対応を行ったのか。こういった問題意識を持ちつつ分析を進めることとしたい。

5 . 原子力開発

5 . 1 インドの原子力開発戦略の特徴

インドの原子力開発戦略の特殊性は次のような点において明らかである。

まず第一にインドでは原子力発電の主力が天然ウラン炉で行われている。天然ウラン原料であるから、海外の濃縮ウランを輸入する必要がない。米国から提供された軽水炉が二基稼動しており、このための濃縮ウラン燃料は必要だが、その他の原子炉については完全な燃料自給を達成している。

第二にインドは引き続き高速増殖炉の開発を進めている数少ない国の一つである。

第三にインドはほぼ自給的な核燃料サイクルを保有する数少ない国の一つである。

そしてこうしたインドの特殊な原子力開発戦略は、原子力開発にあたって原料資源及び技術の完全な自立を達成する、との国家戦略に基づく選択であり、世界の原子力開発においてインドの占める位置を際立たせたものになっている。

同時にまたインドの原子力開発計画の展開は、世界の核不拡散体制の展開にとっても大きな転回点となるものであった。以下こうした視点に立ってインドの原子力開発の歩みをまず歴史的に眺めてみる。

原稿受付：平成13年 6 月28日

*長岡技術科学大学経営情報系

5.2 原子力開発略史

(原子力計画のスタート)

第二次大戦後、旧英連邦諸国は次々と独立していった。インドでは戦後直ちにイギリスとの独立交渉が開始され、1947年8月からの自治領の時期を経て、1950年1月にはインド共和国が成立した。

インドで原子力開発がスタートしたのは、こうした独立交渉の途上であった。原子力計画推進の中心となるインド原子力委員会 (Atomic Energy Commission) は、1948年8月10日、「インド原子力の父」と言われるホミ・バーバ博士 (Homi J. Bhabha) を初代の委員長として成立した。アイゼンハワー大統領が「アトムズ・フォア・ピース」と演説したのが1953年のことであるから、インドはこれに五年も先だって原子力開発に着手していたことになる^[1]。原子力に関する情報が厳重に規制されていたこの時代に、インドがこうして開発計画に着手し得たのはホミ・バーバ博士がイギリスとの間に強い人的ネットワークを有していたからに他ならない。因みに日本で原子力委員会が発足し、本格的な原子力開発に乗り出したのは1955年のことである。

原子力委員会の発足と同じく1948年に成立した原子力法 (The Atomic Energy Act) により、「国内に産するウラン、トリウム資源を用いた原子力エネルギーの利用、強力な研究開発基盤の構築」等の基本目標が示され、こうした目標に従って、重水炉 (heavy water reactor)、高速増殖炉 (fast breeder reactor)、トリウム利用炉 (advanced thorium reactor) の各原子炉とこれに必要な核燃料サイクルの開発が進められた。各原子炉の開発計画には次のような段階が設定された。

第一段階：国産ウランを燃料とする加圧重水炉 (PHWR: Pressurized Heavy Water Reactor) により発電し、プルトニウム燃料を得る。

第二段階：プルトニウムを燃料とする高速増殖炉により発電し、更に多くのプルトニウムとウラン233を得る。

第三段階：トリウム炉による発電

ここで注目されるのは、トリウム炉が三つの柱の一つとして位置付けられていることである。「トリウム・サイクル」の可能性は1955年の第一回原子力平和利用会議でも大いに注目を集めた。この会議の議長を務めたのは他ならぬホミ・バーバ博士であり、彼は「本会議の収穫の一つはウラン238 プルトニウム系の燃料より、トリウム ウラン233系の燃料の方が色々な点で優れていることが是認されたことだ」と述べた^[2]。インドの原子力開発計画は、この平和利用会

議の議論の方向を先取りするような形で決定された。

(初期における旧英連邦諸国からの支援)

原子力関連技術の自立を目指したとはいえ、初期におけるインド原子力計画を支えたのは旧英連邦諸国からの支援である。インド独立の数ヶ月前、セイロンのコロンボで開かれた会議で旧英連邦諸国に対する総合的な援助計画、「コロンボ計画」が決定された。コロンボ計画を通じたイギリス、カナダからの支援が初期の原子炉開発を助け、その後、米国も支援に加わった。

なお、原子力委員会の下で原子力開発計画の推進母体となったのは原子力エネルギー部 (DAE) (Department of Atomic Energy) である。DAEは首相直属の組織として1954年8月3日に設立された。また原子力研究の中核組織として、1957年1月、ボンベイ近郊のトロンバイ (Trombay) に原子力研究施設 (AEET: Atomic Energy Establishment, Trombay) が設立された。以降、このAEETが中心となってインドの原子力開発が進められていく。

インドで初の原子炉が臨界に達したのは1956年である。この炉は「アプサラ」(APSARA) と呼ばれ、濃縮ウランを燃料とし、減速材と冷却材に軽水を使用する炉であった。この時のウラン燃料はイギリスから供給された。そして二つ目の炉はコロンボ計画の下でカナダから輸入されたサイラス (Cirrus) と呼ばれる炉である。これは天然ウラン燃料の黒鉛減速炉であり、こちらは1960年7月に臨界に達した。1974年の地下核実験に用いられたのはこのサイラス炉の使用済燃料から抽出されたプルトニウムであった。サイラス炉の輸出にあたって、カナダ政府は必要な外貨を全て負担したのみならず、保障措置を何ら要求しなかったといわれている^[3]。これと前後してトロンバイにはもう一つの天然ウラン炉であるZERLINA (Zero Energy Reactor for Lattice Investigations and a new assemblies) が建設された (運転期間は1961年～1983年)。

(原子力発電の進展)

インドの原子力発電計画の第一段階において目標とされたのは、天然ウラン燃料加圧重水炉による発電であったが、インドにおける最初の発電炉となったのは軽水炉であった。2つの沸騰水型炉 (BWR) がマハラシュトラ州タラプール (Tarapur) に米国GE社の手によってフルターンキー・ベースで建設された。1969年にはこの発電所が臨界に達した。米国は1963年にインドとの間に原子力協定を締結し、同協定に基づいてこの

二基の軽水炉と研究炉用の重水21トン进行供給する契約を締結した。契約総額は1億1800万ドルと伝えられ、ほとんどを米国の国際開発局（USAID）（US Agency for International Development）が負担した。またこの契約には二基の軽水炉用低濃縮ウランの供給に関する条項も含まれており、この点は1974年の核実験後に大きな問題となった^{〔4〕}。

これに次いで、カナダの協力により二つのCANDU型加圧重水炉（PHWR: Pressurized Heavy Water Reactor）がラジャスタン州のラワッパッタ（Rawatbatta）に建設された。これは低濃縮ウランを燃料とし、減速・冷却に重水を用いるものである。このラジャスタン原子力発電所の一号機（100MW）は1972年に、二号機（200MW）は1980年に各々商業運転を開始した。これに続いて更に二つのCANDU炉がタミルナド州チェンナイ（マドラス）近郊のカルパッカムに建設され、1984年、

1986年に商業運転を開始した。この段階で加圧重水炉技術は完全に国産技術となった。

加圧重水炉に関する国産技術を確立したことに伴い、220MWの標準加圧水型炉を開発することが次の目標となった。CANDUを改良した設計により、220MWの加圧重水炉2基がウッタープラデシュ（UP）州ナローラ（Narora）に建設された。そして、この二つの炉が1989年、1991年に成功裏に臨界に達したことにより、インドの原子炉設計、建設、運転能力は自立した段階に達したといえる。ナローラ原発の建設にあたってはインドの産業技術の総力を挙げた支援が行われた。この成功の後、1992年と1995年にはグジャラート州のカクラパールで更に二つの加圧重水炉が建設・運転開始された。

これらの成功によりインドの加圧水型炉技術はほぼ完成の域に達したと言える。その後同型の炉として運

表1 インドの原子炉一覧（研究炉及び発電炉）

原子炉名	所在地	操業開始	炉形式	熱出力	燃料	開発国
【研究炉】						
Apsara	BARC	1956/08/04	軽水炉	1 MW	濃縮U	英国
Cirus	BARC	1960/07/10	重水炉	40MW	天然U	カナダ
Zerlina（解体済）	BARC	1961/01/01	重水炉	0.1KW	天然U	カナダ
Purnima（終了）	BARC	1972/05/01			Pu	国産
Purnima II（終了）	IGCAR	1984/05/10	軽水炉	0.01KW	Pu	国産
Dhruva	BARC	1985/08/08	重水炉	100MW	天然U	国産
FBTR	IGCAR	1985/10/18	増殖炉	40MW	Pu	国産
Purnima III（終了）	BARC	1990/09/11	軽水炉	0.00KW	Pu	国産
Kamini	IGCAR	1996/10/29	U233炉	30KW	U233	国産
PFBR	IGCAR	2005予定	増殖炉	500MW	Pu	国産
【発電炉】						
TARAPUR-1	マハラシュトラ	1969/04/01	BWR	160MW	低濃縮U	米国
TARAPUR-2	同上	1969/05/05	BWR	160MW	低濃縮U	米国
RAJASTHAN-1	ラジャスタン州	1972/11/30	PHWR	100MW	天然U	カナダ
RAJASTHAN-2	同上	1980/11/01	PHWR	200MW	天然U	カナダ
RAJASTHAN-3	同上	2000/03/10	PHWR	220MW	天然U	国産
RAJASTHAN-4	同上	2000/11/17	PHWR	220MW	天然U	国産
KALPAKKAM-1	タミルナド州	1983/07/23	PHWR	170MW	天然U	国産
KALPAKKAM-2	同上	1985/09/20	PHWR	170MW	天然U	国産
NARORA-1	UP州	1989/07/29	PHWR	220MW	天然U	国産
NARORA-2	同上	1992/01/05	PHWR	220MW	天然U	国産
KAKRAPAR-1	グジャラート州	1992/11/24	PHWR	220MW	天然U	国産
KAKRAPAR-2	同上	1995/03/04	PHWR	220MW	天然U	国産
KAIGA-1	カルナタカ州	2000/10/12	PHWR	220MW	天然U	国産
KAIGA-2	同上	1999/12/02	PHWR	220MW	天然U	国産

（出典）1．India 1997

2．IAEA, Nuclear Research Reactors in the World (RRDB), <http://www.iaea.org/worldatom/rrdb/>

3．IAEA, Power Reactor Information System (PRIS), <http://www.iaea.or.at/programmes/a2/>

転開始した4基の220MW炉（カルナタカ州カイガ（Kaiga）に新設の2基とラジャスタン発電所への増設分2基）を併せ、2000年末現在で稼働中の発電用原子炉は合計14基、原子力発電総量は14,211GW時に達した。これはインドの総発電量453,105GW時の約3%に相当する。

なお、発電能力の拡大と規模の経済を達成するため、インドでは、より大きな加圧重水炉が追求されており、現在500MW炉の設計が完了しているという。

（高速増殖炉の開発）

インドの原子力計画における第二段階は高速増殖炉を用いたプルトニウム・サイクルの確立を目標としており、この分野の技術開発センターはタミルナド州マドラス近郊のカルパッカム（Kalpakkam）に建設された。1972年に第一号のPURNIMAが完成し、プルトニウムを燃料とする増殖炉研究が本格化した。これは後にウラン233を燃料とした研究炉に改造されPURNIMA 2（1984年臨界）となった。また1985年には100MWの研究炉DHRUVAが完成した。この年、カルパッカムの研究センターはインディラ・ガンディー原子力研究センター（IGCAR）と改名された。

実験用高速増殖炉（FBTR）（Fast Breeder Test Reactor）は、ウラン・プルトニウム・カーバイド燃料を用いて、10.5MWの出力レベルを達成している。500MWの高速増殖炉に関する概念設計も完了しており、現在、その経済性を高めるための改良が行われている。密閉炉、蒸気発生装置等の基幹部品の製造技術開発が進行中である。

（トリウム炉の開発）

インドの原子力計画における第三段階はトリウムを利用した発電であるが、現在IGCARに設置された研究炉KAMINIを用いたトリウムの利用と、ウラン233の生産炉技術、使用済みトリウム燃料からのウラン233分離技術等が確立しているという。グジャラート州カクrapal発電所では、トリウム燃料が試験的に導入されており、トリウムを利用できる加圧水型炉の研究開発もBARCで進行中である。

5.3 インドの核燃料サイクル

こうした原子炉開発と並行して、インドの原子力エネルギー部は、燃料資源鉱物の探査から採掘、重水生産、燃料製造、燃料の再処理、核廃棄物の管理までのあらゆる分野を含む核燃料サイクルの確立に取り組ん

できた。インド政府は現在この分野の関連技術に関して「完全な技術的自立を達成している」との自信を有している^[5]。

（核燃料の探査と採掘）

インド政府の文書によれば、インドにおける核燃料の探査と生産の現状は次のようである。

過去50年間にわたり原子力資源部（AMD: Atomic Minerals Division）は核燃料鉱物資源の開発に取り組んできた。こうした努力の結果、7万8000トンの酸化ウラン資源を発見し、ビハール州のJaduguda、Bhatin、Narwapaharの3個所でウラン鉱山が開かれた。ここで採掘にあたっているのは原子力エネルギー部の管理下にある公企業インドウラン公社（UCIL）（Uranium Corporation of India Limited）である。このうち、Jadugudaには精練工場も置かれている。また、UCILは、ヒンダスタン・カパー社の銅鉱山からウラン資源を回収するために、RkhaとMosaboniに二つの回収工場を有している。これらのすべての施設はビハール州のSinghbhum地区に位置している。

原子力エネルギー部の管理するもう一つの公企業であるインディアン・レア・アース社（IRE: Indian Rare Earth）社は1950年以降トリウムを含む希土類資源の開発と生産に従事してきた。同社はイルメナイト（ilmenite）、ルタイル（rutile）、モナザイト（monazite）、ジルコン（zircon）、ガーネット（garnet）等の鉱物を生産する次の三つの選鉱場を持っている。ここで生産されたトリウム資源はトロンバイのトリウム生産工場に供給され、ジルコニウムは原子炉で使用される各種のジルカロイ部品生産に使用されている。

Manavalakurichi

Chavara

OSCOM, Chhatrapur

このほかに、以下の工場もある。

Rare Earths Plant, Alwaye（希土類の塩化物を生産）

Thorium factory at Trombay（トリウム工場）

Thorium factory at OSCOM（トリウム工場）

（重水生産）

加圧重水炉では重水が減速材兼冷却材として使用されるため、インド原子力委員会は早くから重水の国内自給の可能性について検討を進めてきた。電気分解技術を用いた小規模（14トン/年）な重水生産が1961年にパンジャブ州のNangalで始まり、その後、Tuticorin、Baroda、Talcher、Kota、Thal、Hazira（以上はグジャラ

ート州）及びManuguru（アンドラ・プラデシュ州）に重水生産設備が建設されてきた。最初の三つのプラントはアンモニア - 水素交換法に基づいており、Kota地区の重水プラントは水 - 硫化水素交換プロセスに、Thal地区のプラントはアンモニア - 水交換法に基づいている。このうち、水 - 硫化水素交換法はインド独自の技術である。2000年には韓国に対して16トンの重水が輸出されるまでに至っている。

また一度使用された重水の再利用を図るための重水再濃縮設備についても、その最初の設備が1962年に建設され、現在ではインド各地に18個所の重水再濃縮塔（heavy water reconcentration tower）が稼動している。

（核燃料加工）

イエローケーキからの核燃料製造に関する技術を、インドは独自の国内技術で完成してきた。BARCにおける基礎研究成果に基づいて、1957年にはトロンバイ核燃料工場の設計が完成し、1959年半ばには最初の核燃料が生産された。トロンバイ核燃料工場はインドの原子炉に必要な燃料生産を行うばかりでなく、新しい核燃料の開発のためにも活用されている。ラジャスタン原子炉の初期装荷核燃料の半分と、実験用高速増殖炉のための酸化トリウムペレットはこの工場で生産されたものである。

こうした成功を踏まえて、1971年には加圧重水炉用天然ウラン燃料と沸騰水型炉（BWR）用濃縮ウラン燃料及びジルカロイ部品の工業的なスケールでの生産を行う核燃料コンプレックス（NFC）（Nuclear Fuel Complex）がハイデラバードに建設された。現在では高速増殖炉用のシームレス・ステンレス・チューブ、ボールベアリング・チューブ等の高度な燃料部品もこの工場で生産されている^[6]。

研究炉用の核燃料はBARCで生産されている。BARCは新しい核燃料の開発にも従事している。タラプール炉用のMOX燃料はタラプールにあるBARCの高度核燃料施設（AFFF）（Advanced Fuel Fabrication Facility）で製造された。トロンバイで生産された実験用高速増殖炉用ウラン・プルトニウム・カーバイド燃料の成果も良好である。増殖炉燃料のコアにカーバイドを用いる技術は世界で初めてのものである。

（軽水炉用燃料の確保）

インドで初の実用発電炉となったタラプールの軽水炉は当初米国の技術供与により建設されたものであるが、1974年の核実験後米国は濃縮ウラン燃料の供給を

停止している。従ってこの燃料を如何にして確保するかが問題となってきた。1992年末にはフランスが供給し、また1995年には中国が供給を行った。

（使用済核燃料の再処理と放射性廃棄物の管理）

使用済み燃料の再処理と放射性廃棄物の管理はインドの原子力計画のバックエンドをなしている。インド原子力計画の第二段階に位置する高速増殖炉用のプルトニウム燃料は加圧重水炉の使用済み燃料から得られている。使用済み燃料の再処理は、1964年にトロンバイのプラントで年間処理量30トンの規模でスタートした。そしてこの経験を踏まえて、タラプールにはPREFRE（Power Reactor Fuel Reprocessing）と呼ばれる再処理工場が建設された。最近では、いくつかの新規技術を取り入れたKARP（Kapkam Reprocessing Plant）と呼ばれる再処理工場がマドラス近郊カルパッカムのIGCAR内に建設され、運転開始した。これは高速増殖炉からの使用済み燃料の分離工程を担当するものであり、その再処理のためのプラントであるFRFRPもまたカルパッカムに建設中である。新しい再処理工場の建設計画が北部でも進行中である。使用済みのトリウム燃料からウラン233を分離するエンジニアリングスケールのプラントがトロンバイに完成する予定である。

ストックホルムの国際平和研究所（SIPRI）はインドにおける再処理上の問題点の一つとして、使用済燃料の運搬上の問題点を挙げている。つまり基本的には鉄道を使って発電所から再処理施設までの輸送を行うのであるが、鉄道の軌道幅が不統一であるためにしばしば貨物の積み替えを行わなくてはならず、これが輸送上の隘路となっている^[7]。

こうした事情を反映して、インドの再処理施設は発電所の立地地点の近郊に分散的に配置されているように見える。タラプールにはPREFREが対応し、マドラス近郊のMAPS-1及び-2にはKARPが対応するという具合である。

放射性廃棄物処理に関する重要性は早くからインドの原子力政策の中で認識されていた。BARCでは廃棄物のガラス固化技術が完成されており、タラプールには廃棄物固定化プラント（Waste Immobilisation Plant）が稼動している。またトロンバイとカルパッカムには同様の廃棄物固定化プラントが建設中である。高レベル放射性廃棄物最終処分のための、地殻中への投入技術についても現在研究が進展中である。

表2 インドの核燃料サイクル関連施設一覧

機 能	施設名・場所	プロセス	運転	能力
ウラン鉱石処理	Jaduguda		1968-	207 tU
ウラン鉱石処理	Mosaboni等	銅鉱石からの回収	1986-	50 tU
ウラン鉱石処理	Turamdih		1991-	150 tU
ウラン鉱石処理	FACT	燐鉱石からのウラン回収	1991-	1 tU
ウラン精錬	BARC	イエローケーキ 金属	1960-	100 tU
UO ₂ 転換	NFC-Hyderabad	イエローケーキ UO ₂	1972-	450 tU
ウラン濃縮	BARC	遠心分離法	パイロット	0 MTSWU
重水生産	Nangal	Hydro-Carbon Reforming	1961-	8 t
重水生産	Tuticorin	水素-アンモニア交換	1978-	49 t
重水生産	Baroda	水素-アンモニア交換	1980-	45 t
重水生産	Kota	H ₂ S-H ₂ O交換法	1985-	80 t
重水生産	Talcher	BI-TH.HAMmonia Exchange	1985-	62 t
重水生産	Thal-Vaishet	水素-アンモニア交換	1987-	78 t
重水生産	Hazira	水素-アンモニア交換	1991-	80 t
重水生産	Manuguru	H ₂ S-H ₂ O交換法	1991-	185 t
燃料加工（LWR用）	NFC-Hyderabad		1974-	25 tHM
燃料加工（PHWR用）	NFC-Hyderabad		1974-	300 tHM
燃料加工（PHWR用）	BARC		1982-	135 tHM
燃料加工（PHWR用）	NUFA		建設中	600 tHM
燃料加工（FBR用）	BARC	カーバイド燃料	1985-	250 Kg
燃料加工（MOX）	AFFF	MOX	1993-	50 tHM
燃料加工（ペレット）	NUOFP	UO ₂ ペレット製造	1998-	300 tHM
ジルコニウムアロイ製造	NFC-Hyderabad		1980-	50 t
ジルコニウムアロイ製造	NZSP		計画中	300 t
ジルコニウムアロイ製造	NFC-Hyderabad		計画中	250 t
ジルカロイ・チューブ	NFC-Hyderabad		1987-	50 km
ジルカロイ・チューブ	NFC-Hyderabad		建設中	80 km
使用済燃料再処理	BARC		1964-	60 tHM
使用済燃料再処理	PREFRE-1	PHWR用	1974-	100 tHM
使用済燃料再処理	PREFRE-2	PHWR用	1998-	100 tHM

（出典）IAEA, Nuclear Fuel Cycle Information System (NFCIS)

5.4 世界の不拡散体制とインドの核兵器開発 （核不拡散体制の成立）

今日における核不拡散体制の基本的アイデアは、1946年6月の国連原子力委員会で米国代表バーナード・バルークが行った提案にまで遡ることができる。バルーク案は、ウラン資源を含む一切の核関連施設の所有と運営に関する権限を国際機関に付与し、その国際機関は、関連事項について各国への査察権を持つというものであった。バルーク案は、米国による核兵器の独占が破られていない時代の産物として、そのような国際機関ができるまでの期間における米国の代行を規定

していた。

しかし、ソ連（1949年）、イギリス（1952年）の核実験成功、カナダやフランスにおける原子力発電の順調な発展という、その後の新たな事態のもとで、米国アイゼンハワー政権は1953年12月に「平和のための原子力」演説を行い、国際的な原子力管理機関の設立を提唱した。これは核保有国が一定量のウランをこの国際機関に提供し、国際機関はこれを必要とする各国に供与するが、その代償として兵器転用防止のための査察を受け入れるという仕組みである。つまり、燃料供給と査察をリンクさせた不拡散メカニズムがその骨格を

成している。

その後、1959年に国際原子力エネルギー機関（IAEA）が設立されたわけであるが、IAEAは燃料の供給こそ委ねられていないものの、技術の供与と査察をリンクしたIAEA査察の仕組みはバルーク案とほとんど相違ない。

1960年代に至って、フランス（1960年）、中国（1964年）が核実験に成功するに及んで、米国は18カ国軍縮委員会で核不拡散条約（NPT）を提案した。この条約は、既成事実としてそれまでに核兵器保有国となった5カ国の核保有を認め、他方でこれから新たに核兵器開発を行おうとする国への拡散を防ぐというものであった。5年にわたる交渉を経て1970年に条約は発効した。

（1974年5月の核実験とロンドン・ガイドライン・グループの誕生）

1974年5月18日、インドはラジャスタン砂漠の核実験場で地下核実験を行った。インドは独自の原子力開発戦略のもとで、NPT条約上の核保有国からの技術や原料供給を受けない施設を建設してきたため、インドにおける核開発のかなりの部分はIAEAによる査察の網の外で行われてきた。また、インドの核開発は直接には中印紛争や中国の核保有を契機としていたから、中国の核保有を認める核不拡散条約には当初から反対してきた。何よりも、国家を「核保有国」と「非核保有国」に分けるという、不平等なこの条約の枠組そのものに異議を唱えた。

こうした中で、米国をはじめとする核保有国は、技術や機材の輸出管理についての枠組作りに着手した。インドの核実験成功は、実効ある輸出規制の早急な実

施に対する各国の危機意識を高め、実験の翌年である1975年には核関連資機材の輸出ガイドラインが作成された。このガイドラインに従った輸出管理を行うことを約したグループを、核供給国グループ（NSG）あるいは「ロンドン・ガイドライン・グループ」と呼ぶ^[8]。

（1998年5月の核実験）

核不拡散条約は発効から25年を経た1995年に無期延長が決定された。このときまでに批准国数は180カ国を超え（図1）、未批准・未調印の独立国はインド、パキスタン、キューバ、イスラエルの4カ国だけ、という広がりを持つに至ったが、インドの立場からすれば、その不平等な性格は全く変化しておらず、しかも核保有国の保有する核兵器についての廃絶の見通しや削減義務が盛り込まれていないこの条約は引き続き不十分極まりないものであった。この再検討会議に臨み、インドは重ねて廃絶目標の明記等の修正提案を行ったが

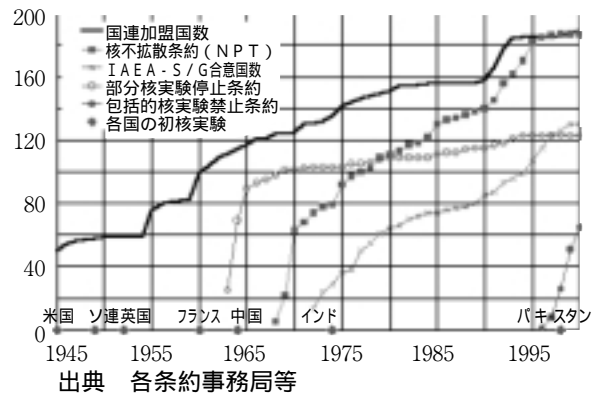


図1 核不拡散条約等の批准国数の推移

表3 インド・パキスタン両国の地下核実験

インド	1974年5月18日		
	1998年5月11日 （3回）	核分裂装置	12 ^{キロ・トン}
		低出力爆発装置	1 ^{キロ・トン}
		熱核反応装置	43 ^{キロ・トン}
	1998年5月13日 （2回）	不明（低出力核装置）	1 ^{キロ・トン} 以下
		同上（同上）	1 ^{キロ・トン} 以下
パキスタン	1998年5月28日 （5回）	核反応強化装置	30－35 ^{キロ・トン}
		同上（低出力型）	12 ^{キロ・トン}
		同上（同上）	不明
		同上（同上）	不明
		同上（同上）	不明
	1998年5月30日 （1回）	不明（運搬手段に搭載可能なタイプの核装置）	18 ^{キロ・トン}

（出典）読売新聞1998年5月31日

それは核保有国の受け入れるところではなかった。

そして、1998年5月11日と13日の二日間にわたり、何の前触れもなく、インドは延べ五回の地下核実験を行った。1974年の核実験以来24年ぶりの核実験であった。人民党のパジバイ政権が発足したのは1998年3月であるから、そのわずかに二ヶ月後のことであった。パジバイ首相は就任後の記者会見時にも「核武装もオプション」と宣言していたが、首相は実験後に「低出力装置、熱核反応装置の実験も行った」と語った。その二週間後に核実験を行ったパキスタンの核開発最高責任者であるアブデル・カディル・カーン博士は「インドは、使用済核燃料から抽出したプルトニウムという古臭い技術を使った。我々は濃縮ウランを使用しており、はるかに精巧で安全だ。」⁹⁾と語ったそうであるが、この分析を信ずればインドはプルトニウムを使用した核兵器開発を行っていたことになる。

インドにおいてはプルトニウムの生産はトロンプのBARCで行われている。プルトニウム分離のための再処理設備は1964年以来稼働しているが、事故のために1974年に一旦操業を停止し、1983年ないし1984年に再開された。その生産能力は年間50トンの使用済み燃料を処理することが可能であり、これはドルーヴァとサイラスの二つの天然ウラン炉からの使用済み燃料を処理することが出来る規模である。

もう一つのプルトニウム分離設備がボンベイ近郊にある。これはPREFREと呼ばれ、1979年に操業を開始した。これは元来タラプールの軽水炉及びラジャスタ

ンにあるCANDU炉（RAPS）の使用済核燃料処理用に設計されたものであり、年間100 - 150トンの使用済み燃料を処理する能力があるといわれているが、故障が多く、実際の再処理は公称能力に達していない。またTAPSについては、燃料の再処理にあたり軽水炉技術の供与を受けた米国の事前同意が必要とされており、1970年代後半以降米国はこの同意を行わなくなっているから、その燃料は処理されていない。

（インドの核兵器生産能力）

これらの施設によって生産されてきた兵器級プルトニウムの在庫量はどの位に達しているのでしょうか？勿論インド政府はこれを機密扱いとしているから推計する他ない。SIPRIによる1994 / 1995年末在庫量の推計値を表4に示す。仮に一個の核爆弾に五キログラムの兵器級プルトニウムを使用するとすれば60個前後の核爆弾が生産可能であると、SIPRIは結論づけている。

SIPRIは、サイラス及びドルーヴァの二つの炉により年間28キログラム（稼働率を65%と仮定）のプルトニウム生産が可能であるとしているから、1998年5月の核実験直前における兵器級プルトニウム在庫量は更に60キログラム程増加していることになる。5キログラム爆弾に換算すれば70個前後である。

（兵器級ウランの濃縮能力）

インドは国内にウラン資源を産するが、その濃縮能力についてはほとんど情報が得られていない。SIPRIも

表4 インドの兵器級プルトニウム在庫量に関するSIPRIの推計値 （単位:kg）

	1994年12月31日	1995年12月31日
生産		
Cirus炉	240	250
Dhruva炉	150	170
CANDU炉	0 - 25	0 - 30
合計生産量	390 - 415	420 - 450
消費		
1974年の核実験	- 10	- 10
再処理工程でのロス（3%）	- 10	- 10
高速増殖炉用燃料	- 50	- 50
Purnima	- 35	- 35
消費量合計	- 105	- 105
在庫合計	285 - 310	315 - 345
中央値	300 ± 30 %	330 ± 30 %

（出典）SIPRI, Plutonium and Highly Enriched Uranium 1996, p.269

インド政府高官の断片的発言等を基に、「インドは1970年代の初めからガス拡散法の研究に取り組み、BARCには実験的な濃縮プラントを有する」、「しかしこれらの濃縮プラントの生産規模は年間一キログラム程度であり、核弾頭生産には不十分な規模であると推測される^[10]」と言った曖昧な記述を行うにとどまっている。

ガス拡散法や遠心分離法による場合、超高速回転する遠心分離器用の構造材料としてマルエージング鋼と言われる超高張力鋼が必要とされる。これは核関連技術に関する輸出規制対象品目となっているが、インドはこのマルエージング鋼を国内で生産する能力があるといわれている^[11]。

しかしながら、1998年5月の核実験ではウラン爆弾も使用されたといわれており、SIPRIの1996年レポートもこの点について能力を過小評価していることになる。

6．宇宙開発

6．1 宇宙開発略史

（宇宙開発組織の設立）

インドの宇宙開発は1962年に原子力エネルギー部内に小さな宇宙研究グループが発足した時に始まる^[12]。その後、この研究チームは発展し、1969年8月にはインド宇宙研究機構（ISRO）（Indian Space Research Organization）が創設され、研究チームの活動を引き継いだ^[13]。また1972年には宇宙開発計画を統括する政府組織として宇宙委員会（Space Commission）及び宇宙部が発足した。

中国の核実験がインドにおける核開発を誘発したのと同様、インドの宇宙開発計画もまた中国のミサイル計画の進展によって誘発されたものである。中国は1964年の核爆発実験に続いて1966年には弾道ミサイルの発射実験に成功したが^[14]、こうした中国のミサイル打上げ能力獲得がインドの宇宙開発計画を刺激したことは疑いがない。

一方、インドで宇宙開発計画がスタートしたのとはほぼ同時に、パキスタンでも宇宙上層大気研究センター（SUPARCO：Space and Upper Atmosphere Research Commission）が発足し、米国の援助によって気象観測用のロケット打上等が始められていた。そして、以降、インドとパキスタンの宇宙開発は互いに相手を刺激しつつ進行するのである。

表5はこれまでのインドの衛星打上の記録をまとめたものである。表には、打上年月日、衛星の名称とその重量、衛星の目的（機能）、打上に使用された基地と

ロケットが示してある。

（初期の衛星とその打上げ）

インドで第1号の衛星となった試験衛星「アーリアバータ」（Aryabhata）は古代インドの天文学者（数学者でもあった）に因んで名付けられたものだ。アーリアバータは地球が地軸のまわりを回転しているという「地球回転説」を述べた最初の天文学者として知られ、また「蝕の原因は頭だけの悪魔ラフによって引き起こされる」とするバラモン神話を否認して蝕の本当の原因を明らかにした^[15]。この衛星はソ連の技術協力によって開発されたものであるが、その打上もまた、ソ連のコスモス・ロケットを用いてカプスチンヤール宇宙基地から行われた。

第2号の衛星となった地球観測衛星「バシュカラ」（Bhashkara）も古代の天文学者に因んで名付けられたものだ。そしてこの衛星もやはりコスモス・ロケットを用いてカプスチンヤール基地から打ち上げられた。

更に1980年代に入ると、初の通信衛星であるAPPLEをはじめとするINSATシリーズの開発が進められ、今日までに延べ11個の通信衛星が打上られた。そしてこの1トン級の衛星も、全て欧州のアリアンヌ・ロケットないし米国のデルタ・ロケットやスペースシャトルを用いて打ち上げられたものである。打上基地として登場するクールー（Kourou）はヨーロッパ宇宙開発機構（ESA）が使用するギニアの基地、ケープ・カナヴェラルは米国フロリダ半島の宇宙基地である。

このように、リモートセンシングや地球観測、通信・気象観測衛星といった衛星の開発においてインドはかなりの実績を上げてきているが、これらの実用衛星の打ち上げはほとんどをロシア、ヨーロッパ及び米国のロケットにたよっており、打ち上げ能力という点では開発が遅れてきた。

（独自の打上能力開発へ）

こうした中で、インドが独自のロケット技術の開発を開始したのはSLV（Space Launching Vehicle）と呼ばれる4段式固体燃料ロケットからである。ロケットの基本技術習得のため、1970年代末に軽量の地球観測衛星「ロヒニ」（ちなみに「ロヒニ」はおうし座アルデバランのインド名）シリーズの開発が行われた。この衛星は重量わずか40キログラム程度の小さなものだが、このシリーズの打上を通じてインドのロケット開発能力はその緒についたと言ってよい。また1980年5月におけるSLV打ち上げの初成功は、後述するように、米

表5 インドの衛星打ち上げ実績一覧

打上 年月日 (GMT)	衛星の名称	衛星 重量 (kg)	目的	打上基地	打上ロケット	
					外国製	国産 は失敗
1975.04.19	Aryabhata	360	技術試験	Kapstin Yar	Kosmos	
1979.06.07	Bhaskara 1	441	地球観測	Kapstin Yar	Kosmos	
1979.08.10	Rohini 1A	41	地球観測	Sriharikota		SLV
1980.07.18	Rohini RS-1	40	地球観測	Sriharikota		SLV
1981.07.19	APPLE	1,170	通信	Kourou	Ariane	
1981.11.20	Bhaskara 2	444	地球観測	Kapstin Yar	Kosmos	
1981.05.31	Rohini 2	42	地球観測	Sriharikota		SLV
1982.04.10	INSAT-1A	1,152	通信	Cape Canaveral	Delta	
1983.08.30	INSAT-1B	1,152	通信	Cape Canaveral	Shuttle	
1983.04.17	Rohini 3	42	地球観測	Sriharikota		SLV
1987.03.24	SROSS A	150	地球観測	Sriharikota		ASLV
1988.03.17	IRS-1A	975	リモセン	Baikonur	Vostok	
1988.07.12	SROSS B	150	地球観測	Sriharikota		ASLV
1988.07.21	INSAT-1C	1,190	通信	Kourou	Ariane	
1990.06.12	INSAT-1D	1,190	通信	Cape Canaveral	Delta	
1991.08.29	IRS-1B	980	リモセン	Baikonur	Vostok	
1992.05.20	SROSS 3	106	地球観測	Sriharikota		ASLV
1992.07.10	INSAT-2A	1,900	通信等	Kourou	Ariane	
1993.07.22	INSAT-2B	1,931	通信等	Kourou	Ariane	
1993.09.20	IRS-1E	980	リモセン	Sriharikota		PSLV
1994.05.04	SROSS C2	113	試験衛星	Sriharikota		ASLV
1994.10.15	IRS-P2	870	リモセン	Sriharikota		PSLV
1995.12.28	IRS-1C	1,250	リモセン	Baikonur	Molniya	
1995.12.06	INSAT-2C	2,050	通信	Kourou	Ariane	
1996.03.21	IRS-P3	930	リモセン	Sriharikota		PSLV
1997.06.03	INSAT-2D	2,050	通信	Kourou	Ariane	
1997.09.29	IRS-1D	1,250	リモセン	Sriharikota		PSLV
1999.04.02	INSAT-2E	2,050	通信	Kourou	Ariane	
1999.05.26	DLR-Tubsat	45	ドイツの衛星 韓国の衛星 地球観測	Sriharikota		PSLV
	Kitsat-3	110				
	Ocean Sat 1	1,036				
2000.03.21	INSAT 3B	2,050	通信	Kourou	Ariane	

(出典) Encyclopedia Aeronautica (<http://www.friends-partners.org/mwade/index.htm>) 等の資料より筆者作成

国等に対してミサイル技術拡散への警鐘を鳴らすものとなった。

言うまでもなく初期には失敗が続き、1979年から1983年までの間に行われた合計4回の打上実験のうち半分は失敗に終わったのであるが、我が国のロケット打ち上げの歴史を振り返っても、1966年から1970年まで宇宙科学研究所によって打ち上げられた「ラムダ」

と呼ばれるロケットのペイロード能力は20グラム程度、またその成功率は20%であったのであり、インドは比較的短期間に、しかもわずか数回の打上実験を経ただけで基本的なロケット技術を確立した、と評価することもできる。

その後継ロケットが改良SLV、即ちASLV (Augmented Satellite Launch Vehicle) であり、SLVに外付けブースタ

ーを追加したものである。しかしこの打ち上げは1987年、1988年の二回にわたり失敗に終わった後、4年後の1992年5月には打ち上げに成功したものの予定軌道をずれたため衛星は15日間で燃え尽きた。そして四回目の打ち上げとなった1994年5月に、線バースト実験機器等を搭載したSROSS衛星（Stretched Rohini Satellite System）を低軌道に成功裏に打ち上げた。

これに続くのは、重量1トンから1.2トンのリモートセンシング衛星を極太陽同期軌道に打ち上げることの出来るロケットPSLV（Polar Satellite Launch Vehicle）である。このシリーズの最初の打上は1993年9月に行われたがこれは失敗に終わり、シリーズ第二番目のロケットであるPSLV・D2は1994年10月15日に、IRS・P2リモートセンシング衛星を予定した極軌道上に打ち上

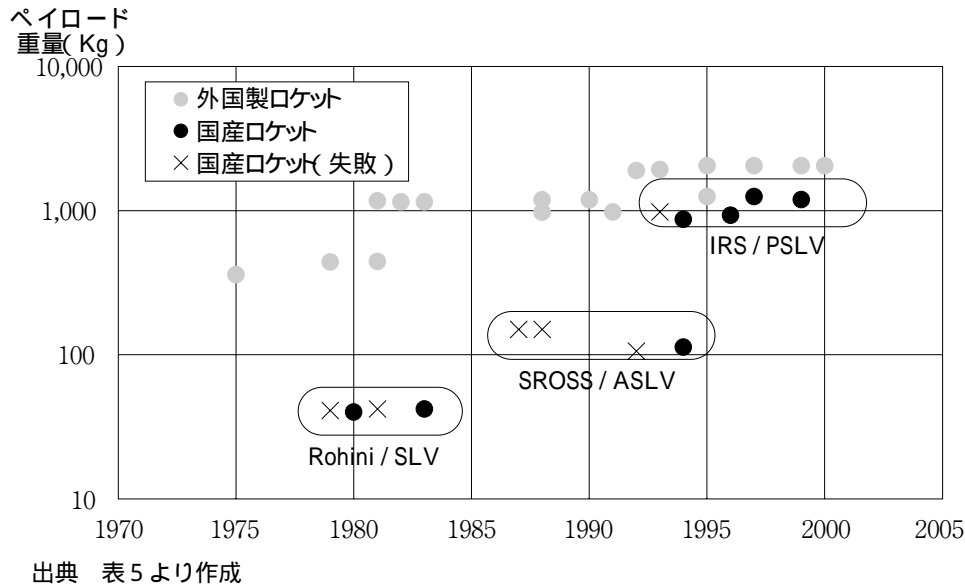


図2 インドの衛星打上げ能力の発展

げた。またその第三回目の実験ロケットPSLV・D3は、1996年3月21日にIRS・P3衛星を同じ極軌道に投入した。

そして現在インドの課題となっているのが静止軌道への打ち上げである。これを行う計画のGSLV（Geostationary Satellite Launch Vehicle）ロケットは、重量2.5トンのINSAT衛星を静止軌道に打ち上げるためのものであり、その最初の打上は1998年に行われる予定であったが、現在（2001年6月現在）のところまだこの実験は行われていない。

以上のような打上能力発展の足取りを、ペイロード重量を基準として図示したのが図2である。

6.2 インドの宇宙開発とMTCRの創設

1974年のインド核実験が核関連技術の不拡散体制創設の引き金を引いたのと同様に、インドの宇宙開発計画の進展はミサイル技術に関する国際的輸出管理レジームを創設する直接の引き金の一つとなった^[16]。

SLVは、ペイロードの点から見ても、また低軌道への打上能力しかないことからみても、初歩的なロケットに過ぎないのであるが、独自技術による打上能力を

持つ六番目の国としてインドが「宇宙クラブ」入りしたことの意義は大きかった。世界はこれに敏感に反応し、これを契機にミサイル技術の拡散コントロールに関する国際レジームが成立することになった。

インドの不拡散問題専門家であるブラーマ・チェラニーは次のように述べる^[17]。

「インドにおける二つの出来事が米国の後押しするミサイル技術コントロール・レジーム（MTCR）（Missile Technology Control Regime）創設の引き金となった。その第一は1980年にインドが四段式固体燃料ロケットSLV3を用いて小さな非軍事衛星ロヒニの軌道投入に成功し、「宇宙クラブ」のメンバーとなったことである。インドは、ソ連、米国、フランス、日本、中国について、自前のロケットによる衛星打上能力を持つ六番目の国となった。その翌年、インドは同じくSLV3を用いて84ポンド（約38キログラム）のロヒニ衛星を打ち上げ^[18]、更に1983年には91ポンド（約41キログラム）のロヒニD2の楕円軌道投入に成功した。この時ISRO長官であったサティッシュ・ダーワンは『この打上ロケットは930マイル（約1,500キロメートル）

の射程を持つ中距離弾道ミサイル（IRBM）に容易に転換できる』と語り、SLV 3 成功の軍事的意義を強調した。そして第二は、インド政府が1983年に弾道ミサイル開発計画を正式にスタートさせたことである。インドは約20年にわたって宇宙開発計画を進めてきたが、宇宙利用を非軍事目的に限定してきたことは強力なロケット開発を進める上でのブレーキとなっていた。搭載衛星については中国を凌ぐ水準の技術を達成して第三世界のリーダーとなることが出来たが、ロケット技術においては後れを取った。インド政府は軍事用ミサイル開発計画を正式にスタートするにあたって注意深く軍事・非軍事計画の調整を図り、これまでに獲得してきた非軍事技術を『統合誘導ミサイル開発計画』（IGMDP）（Integrated Guided Missile Development Program）へと応用した。SLV 3 を成功に導いた科学者であるア

ブドゥル・カラム博士（A.P.J. Abdul Kalam）がIGMDP 計画の責任者に任命された。当時、多くの途上国の間にミサイルへの関心が広がりつつあったこととあいまって、これがワシントンの警報ベルを鳴らした」と述べる。

米国の輸出管理法は従来からミサイル技術をその輸出規制対象に含んでいたが、1982年頃から米国、イギリスを中心に国際的な輸出規制レジームの検討が開始され、1992年11月には当時のレーガン大統領が国家安全保障指令70号（NSDD70）を発して第三世界に対するミサイル技術の拡散に対する対策を指示した。最終的には先進国七カ国（米国、フランス、西ドイツ、イギリス、日本、カナダ、イタリアの七カ国、いわゆるG7）による多国間輸出管理レジームであるMTCRが1987年4月公式に発足した。ブラーマは、MTCRが既

表6 MTCRコントロール・リスト（創設時のもの）

カテゴリー	カテゴリー
500kg以上のペイロードを300km以上の射程で運搬しうる能力を有するロケット 完成品及び無人航空機	
ロケット・システム 弾道ミサイル 宇宙打ち上げ機 Sounding Rocket Air-vehicle system クルーズ・ミサイル 訓練用標的機（Target drones） 偵察用無人機（Reconnaissance drones） 運搬用サブシステム（完成品） 多段ロケットの各段階 再突入弾 固体／液体燃料ロケット・エンジン ガイダンス・セット 姿勢制御装置（Thrust vector control） 弾頭の安全・雷管システム	推進機構部品 推進剤 推進剤生産技術及び関連器材 ミサイル構造材料：生産技術及び関連器材 Pyrolytic deposition/densification technology & equipment 構造材料 飛行計器及び慣性航法技術 飛行制御システム アビオニクス機器 打上・地上管制技術及び機器 ミサイル関連コンピュータ アナログ - デジタル変換機 発射実験用設備・機器 Reduced observables technology, materials & devices 核爆発防護技術 ミサイル搭載コンピュータ用ソフトウェア ロケット生産用に特別設計された生産技術・設備

（出典）Department of State, Missile technology Control Regime, Equipment and Technology Annex of the Fact Sheet, April 16, 1987（Brahma, pp.196-197より転載）

に1985年頃に発足していたにもかかわらず、その対外的な発表はインドのトリシュル・ミサイル試射実験成功の事実がインド議会で公表された機会（1987年4月29日）を狙って行われた、と推測する^{〔19〕}。

なお、MTCR発足二年後にインドは再び米国を刺激している。1989年5月22日、インドは射程距離1,500キロメートルの弾道ミサイル「アグニ」（火を意味する）の発射実験に成功した。この飛距離はMTCRがカテゴ

リー で規制対象としている射程距離300キロメートルをはるかに上回るものであり、中距離弾道ミサイルとみなされるものであった。

6.3 MTCRの効果

ではMTCRはインドのミサイル開発計画或いは宇宙開発計画にどのような影響を与えたのか？全く無力であったのか、それとも何らかの阻害的效果を持ち得たのか？この点について、先のブラーマ氏は二つの事例を挙げて、MTCRがインドの宇宙開発計画に大きな影響を与えたと論ずる。

第一の事例は米国当局によってインドへの輸出が拒否された複合加速振動試験システム（CAVCTS: Combined Acceleration Vibration Climatic Test System）である。この装置は米国が執拗に輸出を差し止めた機材であり、この入手ができなかったことによりインドの宇宙開発計画には大きな遅れが生じたとブラーマは主張する。

第二の事例は静止軌道への投入能力を持つGSLV（geo-synchronous launch vehicle）に使用する極低温ロケット技術（cryogenic-engine technology）である^[20]。1989年から1990年にかけてインドはこの技術を国際調達にかけた。まず米国からゼネラル・ダイナミクス社が応じたが、これは米国政府に説得されて入札を取り下げた。次に欧州のアリアン・スペース社が応じた。フランス政府は、本取引における最終利用者は明らかであり、また輸出の可否についての最終的判断は加盟国政府に委ねられている、というMTCRの規定を引用して当初米国政府と対決した。しかしニューデリーを訪れたフランスのキュリアン科学技術大臣さえもがこうした考え方を表明したにもかかわらず、最終的にフランス政府は米国政府の圧力に屈し、これまた応札を取り下げた。こうした中で最終的にロシアの宇宙企業グラフコスモスが1991年1月、二基の極低温ロケットエンジンの供給と技術移転に関する契約に調印した。これに対して米国は猛烈な外交攻勢をかけた。ついに1992年5月には米国政府はグラフコスモスとISROに対してMTCR違反の制裁措置を課した。ソ連邦の崩壊に伴って宇宙技術の輸出による外貨獲得に躍起となっていたこのロシア企業に対しては米国製衛星の打上契約と言う餌をも提供して、インドへの技術輸出阻止を図った。結局この交渉は1993年7月に東京で開催されたG7サミットの際にエリツィン大統領とクリントン大統領とが直接話し合うことによって打開の方向に向かい、

1993年7月16日、米国の圧力に屈したロシア側からインドとの契約の凍結が発表された。

この事件は従来親密であったインドとロシアとの関係に大きな亀裂を生み、更には宇宙技術の主要な供給者であったロシアに対する国際社会の信頼を大きく傷付けることとなった。

しかし他方で、国際的な輸出規制はインドの技術国産化を促し、また軍事・非軍事プロジェクト間のより緊密な相互作用を生み出している。このような成功例としてチェラニーはロケット燃料の気化促進触媒（shell catalyst for rocket fuel）、Wバンド94ギガヘルツ・アンテナ、マグネシウム板、衛星搭載用の耐放射線強化IC、打上ロケットのモーター・ケーシングに使われるマルエージング鋼、液体アボジ・モーター、固体燃料酸化剤である過塩素酸アンモニウム等を挙げている。

6.4 MTCRに対するインドの主張

MTCRのような輸出管理レジームに対するインドの見方にも触れておこう。

ソ連邦の崩壊によってココムを初めとする輸出管理レジームはすっかりその役割を変えた。その端的な現われがココムの後継レジームであるワッセナー・アレンジメント^[21]である。ワッセナー・アレンジメントの参加国は旧東西両陣営の国家群を網羅しており、加えて、韓国、ニュージーランド、アルゼンチン、スイス、アイルランド等を含めた33カ国が参加している。そして、これ以外にも、核兵器関連、生物科学兵器関連等の分野に輸出管理レジームがある。

こうした輸出管理スキームの性格について、ブラーマ・チェラニーは「米国は一方で国際貿易と投資に関する障壁の撤廃を唱えつつ、他方で一方的、人為的、かつ政治的な動機付けに基づく障壁を作ろうとしている」と警告している。以下に、その主張のポイントを整理しておく。

（国際的正当性の欠如、規制の政治性）

チェラニーは、まず、「MTCR、核関連輸出規制に関するロンドン・クラブ、生物化学兵器に関するオーストラリア・グループ、そしてココムの後継レジームは全て輸出者による単なるカルテルであり、核不拡散条約や化学兵器禁止条約、生物兵器条約のような国際条約上の枠組（legitimizing treaty）を持たない。両者は凡そ異なる性格のものである」と主張する。例えば化学兵器禁止条約が化学兵器の全廃という目的を持ち、この目的のために化学兵器の生産や保有を規制する枠組を

持っているのに対し、輸出管理レジームはミサイルの開発・生産・配備の制限に関する規定などは全く持たない。更にまた、チェルニーは「これらのカルテル・メンバーは全てかつての植民地支配国であり、産業革命以来の工業力を使って軍事力を強化し、これによって世界の古い文明を尽く植民地化し、また破壊してきた国家である。」とまで主張する。

(保有国／非保有国間の非双務性)

インドは核不拡散条約の非双務性を批判しつつけてきたが、MTCRのような輸出管理レジームにはミサイル保有国と非保有国との間の義務に関してより著しい非双務性がある。不十分とはいえNPTには第六条があるが、MTCRにはミサイル保有国がその保有するミサイルを削減する義務について何も規定していない。

(二重基準)

更にはこれらの輸出規制に関する二重基準の問題がある。例えばMTCRの成立時、その最初のターゲットとなったのはインドのミサイル開発計画の他に、アルゼンチン／イラク／エジプトの共同プロジェクトであったコンドル2開発プロジェクト、イスラエルのジェリコ2開発計画等があった。この内アルゼンチンとエジプトは米国を中心とする国際的な説得工作によりこの共同開発計画から離脱し、コンドル計画は挫折した。他方イスラエルの計画は陰に陽に米国、フランス等の技術的支援を受けてきており、これらのミサイルを配備した後においても米国はイスラエルに対して戦術ミサイル防衛システム(ATBM)(anti-tactical ballistic missile)「アロー」の開発と配備への直接的な支援を行っている。このアローへの支援はかつて米国会計検査院も他の兵器システムへの転用防止に関する配慮を欠いているとして指摘されたことのあるものだ。

(デュアルユース技術の規制に関わる本質的問題点)

更にMTCRの規制対象が曖昧であり、また次第に規制強化が行われた結果、平和目的の宇宙開発をも阻害しているという点である。当初MTCRは「核兵器運搬能力を持つミサイル」を規制対象としていたが、湾岸戦争後これは化学兵器や生物兵器を含む「大量破壊兵器の運搬能力を持つミサイル」と変更された。そして1993年には「使用目的によらず」という一層厳しい規制となった。運搬能力に関する数値基準についても、当初リストは「500キログラム以上のペイロードを300キロメートル以上の射程で運搬する能力のあるミサイ

ル」と規定していたが、現在の実際の運用においては全てのミサイルが規制されているという^[22]。

元来打上げ技術とミサイル技術の間には融通性がある。イスラエルはシャヴィット(Shavit)と呼ばれる衛星打上ロケットを開発したが、これはジェリコ2ミサイルを改造したものだといわれている。ブラジルが開発を進めている衛星打上ロケットVLS(Veiculo Lancador de Satellites)もソング4(Sonda-4)ミサイルのロケットを改造したものである。

6.5 商業衛星打上市場の構造

ここでMTCRと商業衛星打上市場との関係についてふれておこう。NASA、ESAとソ連の三者が独占していた世界の衛星打上市場に対する新規参入が始まるのは、1986年1月のスペースシャトル「チャレンジャー号」の爆発事故以降である。

米国ではチャレンジャー号の事故を契機として衛星打ち上げ事業の商業化が一気に進化した。主要なロケットメーカーであるマクダネル・ダグラス社、マーチン・マリエッタ社、ジェネラル・ダイナミックス社はいずれもこのビジネスに参入し、以降商業衛星の打ち上げに関しては、これらの米国事業者とヨーロッパのアリアンスペースが世界市場での競争を繰り広げることになる。

加えて事故の直後である1986年2月に開催された国連宇宙平和利用委員会で、中国政府が「長征2号、3号を商業衛星の打ち上げ用ロケットとして世界に開放する」との宣言を行った。これはその三年後に香港に拠点を置く放送衛星アジアサットの打ち上げという形で実現することになるが、中国の登場はこの市場に第四の競争者が登場したことを意味した。

当時、米国政府はMTCRの成立に向けた外交努力の最終盤の局面にあったわけであるが、中国の商業衛星事業参入はある意味でこのレジームを中国向けの牽制力として働かせる上での好機となった。長征ロケットを用いて打ち上げる通信・放送衛星それ自体は多くの場合米国製衛星であり、中国がこれを打ち上げるためには衛星を米国から輸入する必要がある。従って、米国政府はMTCRに基づく輸出管理権限によって米国からの中国向け衛星輸出を必要に応じてコントロールできる。通信や放送に使用される衛星やその打ち上げ活動はそれ自体何ら国際的な安全保障に悪影響を及ぼすものではないが、中国が安全保障上問題のあるロケット技術の輸出を行っている場合に米国は衛星輸出への介入を通じて中国への牽制を行いうるわけである。

国連宇宙平和利用委員会での中国の声明後、米国は中国政府との間で幾つかの交渉を進めてきた。一つは1988年に締結された「米中衛星技術安全合意覚書」であり、もう一つは翌1989年1月に合意された「国際的衛星打ち上げビジネスに関する合意」である。後者は商業衛星の打ち上げ事業に対する政府補助の禁止と価格設定に関する取決めでありとされる。こうした水面下での交渉・合意を経て中国は1990年4月にアジアサット衛星一号の打ち上げを行った。

（ロシアの参入）

こうした動きと平行して進行したソ連邦の崩壊は、商業衛星打上市場にもう一つの波乱要因を作り出した。1992年6月に会談したブッシュ大統領とエリツィン大統領との間ではロシアの衛星打ち上げ市場参入が合意された。完全に国防依存であった旧ソ連の宇宙産業が商業衛星の打ち上げに参入したことにより、この市場は極めて国際競争の激しい市場となった。

（多数生じつつある国際コンソーシアム）

1993年にはモトローラ社の主導により結成された衛星利用の国際移動体通信システム計画イリジウム計画に対するロシア、中国の宇宙企業の参加が発表された。ロシアからはフルニチェフ社が、中国からは長城が出資者となった。また米国ボーイング社はウクライナのロケットメーカであるゼニット・ロケット社及びロシアの宇宙機器メーカ、ノルウェーの造船メーカとの合併事業としてシーローンチ社を設立した。打ち上げ燃料の節約となる海上打上を行うための事業会社である。

7．情報産業

7.1 コンピュータ産業略史

コンピュータ産業は戦後に誕生した新しい産業であるが、その産業基盤は戦前から存在していた。コンピュータ産業誕生時にその母体となったのは、米国では主として事務機械産業と電機産業、ヨーロッパや日本では電機産業であった。

米国において初期のコンピュータ産業には、事務機械分野からIBM、NCR等が参入し、電機産業からはGE、ハネウェル、スペリー等が参入した。

日本の場合、工部省の始めた電信事業をきっかけに幾つかの民間電気機械製作所が設立され、また今世紀初頭に電力事業が開始されて以降は発電機の国産化なども進んだ。こうした事業機会を通じて電機産業の核

となる企業が成長し、これらの企業はその後欧米企業からの技術導入と資本参加を得て電球、真空管、ラジオ受信機の生産などを開始し、第二次大戦前には既に相当の技術基盤を確立するに至っていた。大戦後にコンピュータ技術を導入して直ちに国産化に向かうことができたのは、こうした電機産業の基盤が既に形成されていたからであった。

しかし独立前のインドに電機産業は存在しなかった。長い電信電話事業の歴史にもかかわらず、通信機器の国産化は全く行われず、ラジオ放送が開始された後も受信機は全て輸入されてきた。コンピュータ産業も同様であり、戦後はIBMやICLのパンチカード計算機の中古品が輸入され、政府機関等で利用されるという状態が続いた。電子計算機としては、1961年に輸入されたIBM1401が最初のものであるという。

こうした中で、コンピュータ国産化の試みが1960年代半ばにネルー首相とホミ・バーバ博士のリーダーシップによって始められた。1966年に提出された政府のエレクトロニクス委員会の報告書^[23]はコンピュータ技術を独自開発することの意義を論じ、これを受けてタタ基礎研究所にコンピュータ研究グループが結成された。一方、当時の代表的機種のひとつであったPDP-8をモデルにして、その複製機を国産化する努力もはじめられ、この事業化のために原子力委員会傘下の公企業としてECIL社（Electronics Corporation of India Limited）が設立された（1967年）。IBMが汎用大型機360シリーズを発表した頃のことである。

しかし一方で、雇用への影響に対する懸念からコンピュータの開発には国内に大きな政治的抵抗があった。政府内の別の委員会では「公共部門でのコンピュータの使用は制限されるべきである」と提言した報告書^[24]が提出されていたし、それは銀行業界や保険会社等におけるコンピュータ導入に対してネガティブな影響を及ぼした。

従って、コンピュータの開発は原子力委員会、宇宙委員会といった戦略的部門の主導により進められた。ホミ・バーバの没後は宇宙計画の責任者サラバイ博士がエレクトロニクス委員会委員長を兼任し、1970年には専門の行政部局である電子工業部（DOE：Department of Electronics）が設立された。当時のDOEによる研究成果リストをみると、その成果の多くは軍事的目的の下で開発されたものである。

サラバイ博士の没後は宇宙委員会委員長を引き継いだメノン博士が同じくエレクトロニクス委員会委員長を兼任して計画を推進した。1970年代から始まる部分

的な自由化政策の下でエレクトロニクス委員会はコンピュータ産業を民間主導で開発していく方針へと徐々に転換していった。国策企業のECIL社はTDCシリーズと呼ばれるコンピュータの生産を続け、この他にも幾つかの企業にコンピュータ生産の事業ライセンスが発行された。これらの企業はいずれも1970年代にはインテル、ザイログ等のCPUを輸入し、パソコンの生産を行っていた。しかし半導体等の電子部品生産の基盤がない状態でのライセンス発行は中途半端で小規模な組立て事業を乱立させるだけであった。

この時代の国内における参入自由化は外資規制の強化と並行して進められた。1973年の外資規制法(FERA)に従いIBM社は出資比率の引き下げを要求されたが、同社はこの政策に反発し、1978年ついにインド市場から撤退した。以降、インドの国内コンピュータ市場は高率の関税によって守られた極めて閉鎖的な市場となっていた。

こうした中で1991年に「新産業政策」が発表され、コンピュータ産業への外国企業による投資が再開されることになった。インドのコンピュータメカは主として米国メカとの提携を結びパソコンの時代に入る。更にインドは1998年春、情報技術協定(ITA: Information Technology Agreement)に加盟した。この協定は、全ての情報技術製品に限って、西暦2000年までに完全自由化を達成しようとするものである。これはウルグアイ・ラウンド合意で定められた自由化目標年次を大幅に前倒しして実現するものである。インドのコンピュータ産業もこれにより完全な自由競争時代に突入した。

7.2 スーパーコンピュータの開発

スーパーコンピュータの開発はインドの研究開発能力が国際水準の成果を挙げつつある分野の一つである。ここでも国内開発への強力な誘因を形作ったのは米国の禁輸措置である。

1988年に首相の科学技術顧問であるサム・ピトロウダが「三年以内に1ギガFLOPSの計算能力を持つスーパーコンピュータを開発する」と宣言した時、国内ですらその実現を疑う声が強かった。しかしこの宣言から三年後の1991年8月、先端コンピュータ開発センター(CDAC)は256ノードの平行機PARAMを発表し、米、英、独、日に次いで世界で五番目のスパコン開発国となった。平行機に限ってみれば、当時世界でこれを商業化していたのは英国のMeiko、ドイツのParsytecと米国のコネクション・マシン、インテル及び

エヌ・キューブの合計五社だけであったから、インドは世界で四番目の商用平行機生産国となったわけである。当時このPARAMは三クロールルピア(約250万ドル)で販売されており、国内のみならずロシアにも販売された。

この開発にあたってインドがとった方式は、インドの持つ強さを巧みに活用した戦略であった。即ち、第一にスパコン開発の目標機として平行機を設定したことである。平行機の特徴は良く知られており、また入手し易い標準的な部品を用いて構築できる。クレイ機やこれを追った日本製のスパコンのような実装上の技術的困難に直面することがない。インドには海外での研究生活を通じて平行機処理の経験を持つ多数の物理・化学分野の研究者がいる。こうした条件を考慮すればインドは必ず自力で開発することができる、というのがピトロウダ博士の見通しであった。

開発の中心組織として、先端コンピュータ開発センター(CDAC: Center for Development of Advanced Computing)が電子工業部傘下の国立研究所として設立され、そこには世界中から平行機処理に経験を持つ在外インド研究者が集められた。電子工業部は有力な科学雑誌にこうした人材募集の広告を掲載し、最終的には世界中から100人の技術者の応募を受けてチームが発足したという。

現在ではCDACの他に、航空技術研究所(NAL)とWIPRO社のグループ、国防研究開発機構(DRDO)もまた平行機を開発している。前者はフロー・ソールバーと呼ばれる流体力学計算用のマシンであり、後者もまた同様の目的を持つPACEと呼ばれる平行・マシンである。DRDOには「アヌラグ」と呼ばれるグループが組織されており、ここでは専用の半導体チップ開発も含めて取り組まれている。

7.3 ソフトウェア産業

1996年2月、日本の国際情報化協力センター(CICC)とインドのソフトウェア輸出振興協会(ESC)が共同して、デリーで対日ソフトウェア輸出促進のためのセミナーを開催した。筆者も出席したこのセミナーで、日本側の講師のひとりがゼロの概念の発明者としてのインドに敬意を表して、「もしインドがゼロの使用一回につきルピーのロイヤリティーを徴収したら、世界中の富は一瞬にしてインドに集まる」とやって拍手喝采を浴びた。しかし後日ネルーの『父から娘への手紙』を読んでいたら、「ローマ数字に代ってアラビア数字が登場したことにより世界の人は大変便利に計算をでき

るようになった。ヨーロッパ人はこの数字をアラビアから学んだために『アラビア数字』と呼ぶが、当のアラブ人自身はこれをインドから学んだのだ。従って正しくは『インド数字』と呼ぶべきなのである」^[25]とあった。そうとすれば、「ゼロの概念」だけでなく、0から9までの数字そのもの全てがインドの発明ということになる。数千年の永きにわたる天文学、暦法、数学、論理学の伝統はインドの傑出した財産である。上記の例にとどまらず、この分野におけるインドの歴史的貢献の足取りは幾らでも辿ることができよう。

（ソフトハウスの数と規模）

インドには千社以上のソフトハウスがあるといわれる。その産業規模は2000年度で82億ドルであり、90年代には、国内市場が年率約40%、輸出市場は年率60%と言う高率で成長を続けている。これらのソフトハウスが行っている業務はアプリケーション・ソフトの開発（オフショア、オンサイト）、既存ソフトウェアのポーティング・マイグレーション（移植）、リバース・エンジニアリング、パッケージ・ソフトウェアの新規開発、オペレーション、要員訓練サービスの提供、情報処理教育等、広範囲に及ぶ。

（オフ・ソーシング）

ボンベイで或ソフトハウスを訪問した時に「オフ・ソーシング」と言う表現を耳にした。この会社はある米国の顧客からリエンジニアリングに伴う社内システム開発の一切を請け負い、フルターンキー・ベースでの開発に取り組んだ。結果的にこの仕事はそのコスト/タイム・パフォーマンスの良さが注目され、米国データメーション誌から1994年度のQUEST賞を受けた。この時同誌が名付けたのが「オフ・ソーシング」と言う表現だ。同誌1994年12月1日号には「オフショアで行うアウトソーシングなので略してオフ・ソーシングと呼ぶのだ」との解説があった。同誌が「米国とインドとの時差が開発速度の向上に貢献した」と述べるように、米国とインドとの間の時差が半日位あるために、インド側で開発した結果を夜間に顧客側で点検してもらい、翌朝その結果に基づいて作業を再開する、という切れ目のない作業パターンを作り出すことが出来る。

こうした仕事の場合、受注時にインド側から数名の技術者がクライアント側に出向いて仕様の打ち合わせを行い、これを持ち帰ってインド側で全ての開発作業

を行い、最後のインストールとトレーニングのためにもう一度インド側の技術者がクライアントに出向くというのが一般的なパターンだが、開発途中での人の往来はほとんどの場合不要であり、衛星回線を通じたやりとりだけで解決してしまうという。

（UNIXPERTISE）

もう一つの新語を紹介しよう。これもあるソフトハウス訪問時に聞いた表現だが、「UNIX」と「EXPERTISE」を組み合わせた「UNIXPERTISE」がそれだ。ユニックスパティーズ、とでも発音していただければ良い。全般的にインドのソフトハウスの開発プラットフォームはかなり早い時機からオープンシステムへの移行が進んでいた。これは1977年にIBMを初めとする外国コンピュータメーカーが撤退し、プロプライエタリーなシステムの比重が早くから低下したことと関係している。まだ完全にオープンなソフトであった時代のUNIXが、メインフレームメーカーが去った後のソフト技術者に速やかに受け入れられ、浸透していったことは想像に難くない。

（リバース・エンジニアリング）

一つ事例を紹介しよう。あるソフトハウスが米国企業から受注した仕事はこうだ。

30年前に開発された、ドキュメントの一切なくなった1,400本、延べ百万行のCOBOLプログラムを持ち込まれ、これをリバース・エンジニアリングして（即ちプログラムを読み、機能を解読し、設計仕様を作り直す）部分的な仕様の手直しを行い、再びプログラムを組み直すという仕事だ。合計150人月の仕事だったというが、わずか四ヶ月と言う納期を守って仕上げたという。ダウンサイジングの流れの中で、メインフレーム上で開発された膨大なソフトウェアをUNIXやパソコン上に移植したいというような仕事は数多い。こうした移植の仕事もインドのソフトウェア産業が得意とする領域の一つだ。

7.4 バンガロールという町

本稿でもしばしば登場するバンガロールという町（人口800万人）は、インドのソフトウェア産業を語る上で必ず登場する町である。

バンガロールは国際空港ではない。海外からの訪問者は通常ボンベイ或いはマドラスから飛行機で飛ぶ。ボンベイからで一時間半、マドラスからなら40分程度の距離にある。筆者は95年以降数回この町を訪れたが、

初めて訪ねた時、空港の壁を見て驚いた。壁のポスターに「ウェルカム・トゥー・IBMシティー」とあった。世界中にIBMの工場や研究所は数十ヶ所あると思うが、「IBMシティー」と銘打っているのはこの町ぐらいであろう。町を走っていてもこの看板はやたらと目につく。實際上、この町にとってIBMの比重がそれ程高いわけではない。おそらく町のイメージアップのためにIBMの名前を強調したものであろう。

バンガロールの街を歩くと、見かける文字はデリーと違ってカルナタカ州の公用語であるカンナダ語表記のためのカンナダ文字に変わる。デリーではヒンドゥー語のためのデーヴァナーガリー文字であり、ボンベイではマラティー文字、カルカッタではベンガル文字となる。しかしこの町がインドの他の町とは異なる点として「インド中のあらゆる地域の出身者が混在している」という事実をあげる人がいた。インドの各州は基本的には言語を単位として分割されているから、他言語を話す人がやってきても快適に暮らすには苦労するが、ここは違う、というわけである。先に述べた大学と研究所の町としての成り立ちに起因するところが大きいのであろうが、多民族、多言語のインドにあって、バンガロールは「州際都市」としての性格を持っていると言えるのかもしれない。

7.5 人材育成

ある推計によればインドには現在50万人のソフト技術者がいるという。しかも彼らの教育水準は極めて高く、例えばインドで最大のソフトハウスであるタタ・コンサルタンシー＆サービス社（TCS）が抱える3,800人の開発要員の学歴別構成は、博士43人、公認会計士（CPA）92人、経営修士（MBA）343人、理工学修士1,578人、理工学士1,534人と言う具合である。

一体こうした膨大な数のソフト技術者はどのような仕組みで教育されているのであろうか。大学等の高等教育機関に関しては、全国で350校の高等教育機関（内150校は大学）がコンピュータ関係のコースを持つ。

1996年7月の出張の折にニューデリーの町をタクシーで走っていたら、電光掲示板があってインドの現在人口をリアルタイムで表示していた（勿論推計人口）。9億9000万人を超えていた。人口の自然増加率は3%で死亡率が1%であるから、毎日七万人強が生まれ、その三分の一に相当する25,000人が死んでいる勘定になる。一日当りの人口増加はシンガポールの一年間分に相当し、ひと月間の出生児数は日本の一年間分に匹敵する。このような人口大国で起こる現象は何もかも

桁外れである。

そしてコンピュータ教育産業はここ数年にわたり情報産業の成長を上回る勢いで成長しており、今なお、ほぼ毎日一校のペースでコンピュータ学校が開校しているというから驚く。現在その総数は1,500校を超えるという。確かにかなりの地方都市へ行っても、必ずと言って良いほどコンピュータ・スクールの入学募集ポスターを見かける。

インドのコンピュータソフト企業はいずれもこの数年間で急速に成長した。従って開発を支える人材も若く、訪問したソフトハウスでスタッフの経験年数を尋ねると平均五年程度といったところが多い。しかしこの事は逆に最新の開発環境で育った世代が開発の中心担っているという点で強みでもある。この点、メインフレームの時代が長かった日本は、むしろ大きなハンディキャップを負っているのかもしれない。

7.6 ソフトウェア・テクノロジー・パーク（STP）

ソフトウェア産業は、原子力や宇宙と違って、全く民間企業主導で成長してきた産業である。インドの産業の中でも、それは例外的なセクターであるといってもよい。そしてこの分野では、政府の政策は、規制の緩和や関税の減免措置といった方向において大きな効果を上げてきた。

コンピュータのハードウェア産業保護のための高関税は、むしろソフトウェア産業にとって大きな重しであった。こうした中で、唯一政府の政策が効果を上げたと言われているのがソフトウェア・テクノロジー・パークである。

輸出加工区（EPZ）が特定の地域を輸出振興団地として指定していたのに対して、ソフトウェア・テクノロジー・パーク（STP）及びそのハードウェア版としてのエレクトロニクス・ハードウェア・テクノロジー・パーク（EHTP）はこのような地域指定を必ずしも必要としない。STPの場合、政府の指定した数力所の団地も存在するが、個別の事業所単位でも指定を受けることができる。また、EPZが商務省の担当であるのに対して、STPとEHTPは電子工業部（DOE）の担当である。総じてこの二つのテクノロジー・パークに対する産業界の評判は極めて良い。

STPは一言でいえば、100%輸出指向型のソフトウェア開発事業に対する特別な助成措置である。政府、州政府、国営企業、民間企業のいずれもが、その設立についてイニシアティブをとることができる。立地地点についての制約はない。一旦指定を受ければ、その事

業者は次のような恩恵を受けることができる。

全ての輸入についての免税

輸出手続についての簡便法の適用

高速データ回線へのアクセス

連続五年間にわたる所得税免除（但し事業開始後
八年までの間に限る）

既に200を超える事業者がこの認定を受けている。ソフトウェアハウスのみならず、外国のユーザー企業が自らの開発部隊をインドにおき、オフショア開発を行うこともこの制度の対象となる。シティバンク、ドイツ銀行、ANZ銀行等がインドを拠点にソフトウェア開発を進めているのはこうした制度運用のお陰である。なお、現在政府が指定しているSTPサイトは、ブーネ、バンガロール、ブヴァネシュワール、ハイデラバード、ティルヴァナンタプーラム、ガンディナガル、デリー近郊のセカ所である^[26]。

参考文献

- [1] 翌1954年にアメリカは原子力法を制定して情報規制の一部を解除し始めた。更に翌年にはジュネーブで第一回原子力平和利用会議が開催された。
- [2] 日本原子力学会、トリウム サイクル、1980年、7頁。
- [3] スティーブ・ワイスマン他（1981）大原進訳、イスラムの核爆弾、日本経済新聞社、p.205
- [4] スティーブ・ワイスマン他（1981）p.205
- [5] India 1995
- [6] Rahman（1990）, p.105
- [7] SIPRI, Plutonium and Highly Enriched Uranium 1996, p.181
- [8] 核供給国グループ（NSG：Nuclear Suppliers Group）の詳細については同グループ事務局のサイトを参照。事務局はイギリスの在ウィーン代表部に置かれている。下記サイトは、在ウィーンの米国国連代表部によって作成されているものである。
<http://www.usun-vienna.usia.co.at/zangger.htm>
- [9] 読売新聞1998年5月31日付け。カーン博士がパキスタンの5月30日付地元英字紙「ニュース」に語ったもの。
- [10] SIPRI, Plutonium and Highly Enriched Uranium 1996, p.270
- [11] SIPRI, Plutonium and Highly Enriched Uranium 1996, p.270
- [12] P. L. Bhola, Missile Proliferation in South Asia: Problems and Portents, South Asian Studies Vol.30 No.2, July-December 1995, pp.183-201
- [13] India 1995
- [14] 1966年10月27日、ロブノールの試射場において中国は弾道ミサイル搭載核弾頭の爆発実験を行った。中国では核弾と導弾（ミサイル）の二つの結合という意味で「両弾結合」と呼ばれている。
- [15] 佐藤任（1988）古代インドの科学と科学思想、『東の科学 西の科学』、東方出版、p.207
- [16] Martin Navias（1993）, Going Ballistic: The Build-up of Missiles in the Middle East, Brassey's, p.197。インドの他、中東におけるミサイルの拡散もまたMTCR創設の大きな要因であったと考えられる。Martin Naviasはそのような要因として、イラン - イラク戦争において多数のミサイルが使用されたこと、イスラエルが国産ミサイルJericho 2（射程1450km）の開発に成功したこと、サウジアラビアが中国製CSS-2ミサイル（中国名「東風3」、射程2800km）を入手・配備したこと、イラク/エジプト/アルゼンチンが共同でCondor 2ミサイルの開発に着手したこと等を挙げている。
- [17] Brahma Chellaney（1995）, The Missile Technology Control Regime: Its Challenges and Rigors for India, Francine R. Frankel edit. Bridging the Nonproliferation Divide: The United States and India, University Press of America, 1995, p.191
- [18] この打上是投入軌道が低かったため、完全な成功とは言えない。
【引用者注】
- [19] Brahma Chellaney（1995）, p.192を参照。Naviasも7カ国間の正式合意は既に1985年に得られていたとする。しかしその公式発表が遅れた理由についてはブラーマとは別の解釈をしている（Navias（1993）, p.198）。なおTrishulは射程わずか十キロメートルの地对空ミサイルであり、MTCRの当初の規制対象ではない。Trishulの発射実験は1986年に行われていたものであるが、その事実が公表されたのは1987年4月29日のインド議会においてである。この日付についてはBhola（1995）による。
- [20] Brahma Chellaney（1995）, pp.200-204。インドとロシアに対するこのMTCR制裁事件の顛末はBrahmaが詳しく記述している。本稿の記述もこれに従った。
- [21] <http://www.wassenaar.org/>
- [22] Brahma Chellaney（1995）, p.197
- [23] Electronics in India: Report of the Electronics Committee, Government of India Publication, 1966。このレポートは次書にも再録されている。
Computer Education in India, Past, Present and Future, Concept Publishing Co., New Delhi, 1996。
- [24] Report of the Committee on Automation, Ministry of Labor and Rehabilitation, 1972。
- [25] Jawaharlal Nehru, Letters from a Father to his Daughter, Children's Book Trust, 1973, pp.66-67
- [26] 三上喜貴（1997）インドソフトウェア産業訪問記、『国際情報化協力』No.6、1～27頁。