

平成 12 年度
経済産業省委託調査報告

国家プロジェクトの運営・管理状況分析調査報告書

ナショプロを軸とする産業技術研究開発施策のレビュー
- システム的視点からの考察

平成 13 年 3 月

川鉄テクノリサーチ株式会社

はしがき

平成 13 年度からスタートする第 2 期科学技術基本計画では、「研究の重点的推進と、科学技術システムの改革」という二つの柱を掲げている。本基本計画では、バイオサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材料の 4 分野を戦略的な研究開発分野として明示し、戦略的に資源を投入することとしている。一方、科学技術システムの改革では、教育、人材育成、研究評価等を含めた新しい概念で、これを総合的に改めていくことを目指すとしており、競争的研究資金を 5 年で倍増し、今後 5 年間に投入する研究開発資金の総額は 24 兆円としている。

平成 7 年 11 月に公布、施行された科学技術基本法により、平成 8 年度から平成 12 年度までの 5 年間に、17 兆円強の研究開発投資がなされた。この間の平成 9 年 8 月には、内閣総理大臣により「国の研究開発全般に共通する評価の在り方についての大綱的指針」が定められ、これを受け通商産業省は、(1)大臣の諮問機関である産業技術審議会に新たな評価部会を設置(平成 9 年 6 月)し、科学技術に係る評価の在り方についての調査審議等を実施すること、(2)工業技術院に新たに技術評価課を設置(平成 9 年 7 月)し、評価システムの省内全般の運営管理を担うと共に、産業科学技術研究開発制度のプロジェクトなどについて、プロジェクト推進部署と異なる立場で、外部専門家等による評価を実施すること、(3)通商産業省全体としての評価の方針等を、通商産業省「技術評価指針」(平成 9 年 8 月通商産業省告示)という形で定めた。

平成 10 年 1 月には、産業技術審議会評価部会により「研究開発プロジェクト評価に係る基本的な評価項目、評価基準」が示され、(1)プロジェクトの設計・運営に関するもの、(2)プロジェクトの成果に関するもの、(3)総合評価を行うこととされている。

平成 13 年 1 月以降の省庁の再編、国立試験研究機関の独立行政法人化、大学の改革等の社会的変化に対応すべく、産業構造審議会産業技術分科会に引き継がれ、技術評価指針の見直しが行われている。「評価システムの不断の見直し」を行うことが求められている。

技術評価指針における評価の対象は、研究開発プロジェクトと工業技術院傘下の研究所であり、評価の目的は、より効率的・効果的な研究開発の実施、国民への研究開発内容の開示を実現することとされた。評価の時期は、プロジェクト開始前の事前評価、中間評価(プレ最終評価)、最終評価、追跡評価が実施される。評価者には、外部専門家、有識者を評価者に活用し、評価はこれらの評価コメントを基礎として構築する。評価方法、特に事後評価は、妥当性を改めて検討すると共に、成果の達成状況等を評価するとされている。

このような背景から、本調査では大型国家プロジェクトの運営・管理状況を、当時の関係者へのインタビューなどにより調査を実施した。なお、本調査の遂行に当たっては、学識経験者で構成された「国家プロジェクトの運営・管理状況分析調査委員会」を組織して行い、実際の調査を大学研究室に依頼し、その結果を報告書として弊社で取りまとめた。

本報告書は、同委員会・渡辺千仞委員長の主導で、後述のワークショップ参加者の協力の下に取りまとめたものである。本報告書が、研究評価の更なる改善に役立つなら幸いである。

平成 13 年 3 月

川鉄テクノロジー株式会社

ナショナルプロを軸とする産業技術研究開発施策のレビュー

- システム的視点からの考察

1. 序論	1
2. 通産省主導ナショナルプロの発端とそのねらい	6
3. 通産省産業技術研究開発施策の系譜と主要施策のアウトライン	45
- ナショナルプロ及びNEDOを中心に	
4. 主要プロジェクトのシステム評価	60
5. ナショナルプロのシステム効用と限界	83
5.1 政府主導の研究・コンソーシアムに関する既往研究	83
5.2 ナショナルプロイニシアチブ - 日米比較の視点	95
5.3 プロジェクトフォーメーションのルーチン化とその影響	98
5.4 学習する組織としてのナショナルプロ・プロジェクト	111
6. 総括評価-システム的視点からの考察	126
7. 別添資料	129

1. 序 論

技術進歩が戦後の我が国の成長の原動力となり、競争力の源泉をなしたことは論を待たない。産業・産業技術政策に責任を有する通商産業省が主導した「国家産業技術研究開発制度（ナショプロ）」がその軌道設定に重要な役割を果たしたことも揺るがせない史実である。

これは、貿易・資本の自由化を控え、産業の国際競争力の強化が至上課題でありながら、経済・技術水準の向上に伴い技術の輸入が困難となり、必然的に自主技術の開発が不可避のオプションとなった時代的背景のもとに、1966年に設立された「大型工業技術研究開発制度」（大型プロジェクト）を嚆矢とする。

この制度は、国家目標に照らした優先研究開発プロジェクトを対象、産官、さらには学をも糾合したティアップ研究、委託研究を中心とする国家財政の主導、をシステムの基本とし、時代環境の変遷に即応した、より目的的な制度を次々に生み出していった。すなわち、1973年の第1次石油危機に代表されるようなエネルギー逼迫に対応し、技術主導クリーンエネルギーの創造をねらいとした「サンシャイン計画」（新エネルギー技術研究開発計画：1974）、医療福祉サービスの向上への時代的要求を背景とした「医療福祉機器技術研究開発制度」（1976）、1979年の第2次石油危機に現れるエネルギー制約の更なる高まりに備えた「ムーンライト計画」（省エネルギー技術研究開発計画：1978）、1980年代の技術立国希求のもとでの、横断的基盤的な技術の開発をねらいとした「次世代基盤産業技術研究開発制度」（1981）及び1980年代末から文字通り地球的課題となった地球環境問題の高まりに呼応した「地球環境産業技術研究開発制度」（1990）¹⁾である。

これら6制度に発展した「ナショプロ」は、産業技術政策において次のようなシステム機能を発揮した他に、研究人材の育成や学会の設立等学術面においても各種の貢献を果たし、図1-1に示すように、通商産業省主導の産業技術政策の中心軸をなすに至った。

先駆的研究開発の先導

技術の将来動向を的確に把握し、重要な技術分野を揭示・先導

企業の競争と協調を刺激し、高レベルの業際的な企業を糾合

企業の競争原理を刺激しながら、広範な業種の高レベルの企業を糾合

企業間・業種間技術のスピルオーバーの触発

技術の企業間スピルオーバーと業種間スピルオーバーを触発

企業の研究開発の誘発

企業の研究開発意欲を刺激し、研究開発活動を誘発

¹⁾ 「地球環境技術開発」自体は、1989年からスタートしたが、本格的な制度としての設立は1990年。

以上のように発展をとげてきた「ナショプロ」は、1990年代に入って顕著化した、キャッチアップ時代の終焉、フロンティア開拓や研究開発効率向上のニーズの高まり、国民の価値観の多様化等の新たな時代環境や時代的ニーズの構造変化に対応して、1993年に、「大プロ」・「医療福祉」・「次世代」を統合した「産業科学技術研究開発制度」及び「サンシャイン」・「ムーンライト」・「地球環境」を統合した「ニューサンシャイン計画」(エネルギー・環境領域総合技術開発推進計画)の包括的 2 大制度への統合が図られることになった。それまでの 27 年間にこの 6 制度は総額 1 兆円の国費を投入(大プロ:3040 億円、医療福祉:120 億円、次世代:750 億円、サンシャイン:4400 億円、ムーンライト:1400 億円、地球環境:150 億円、合計 9910 億円)した名実ともに国家的な事業としての足跡を残した。

今日、この 6 制度のナショプロ、就中、大プロ・次世代・サンシャイン・ムーンライトの 4 大ナショプロ制度の四半世紀余の足跡を振り返るに、その、テーマ選定・目標設定・計画策定・開発体制構築・リーダーシップの発揮・成果の評価を始め、卓越したシステムとしての示唆は時代を超越する。しかし、そのソフトシステムは放置すれば、散逸・風化し、ノスタルジアに化しかねない。そのシステム的視点からの考察は、我々の次世代に対するアカウンタビリティそのものである。

かかる問題意識のもと、通商産業省/経済産業省の支援を得て、1998 - 2000 年度の 3 年間にわたって「国家プロジェクトの運営・管理状況分析調査」が実行され、大プロを始めとする各制度初期段階のプロジェクトを中心に、大プロ 21、次世代 2、サンシャイン 2、ムーンライト 3 の計 28 プロジェクトを対象²⁾に、プロジェクト構想・企画・実施・評価に責任を有した当事者に対する訪問面接を中心とする分析調査が行われた。面接をした当事者は 350 人を越えた。

2000 年度に至り、主要 28 プロジェクトの分析調査が一巡したのを機に、改めて全体を鳥瞰した「システム的視点からの考察」を行った。考察は、3 年間の 28 プロジェクトの分析調査結果を基に、図 1 - 2 に示す専門家によるミニワークショップを行い、その結果をとりまとめる形で行われた。

そのポイントは、第 2 章以下に示すとおりであり、第 2 章では、通商産業省主導ナショプロの発端とそのねらいを、第 3 章では、通商産業省産業技術研究開発施策の系譜と主要施策のアウトラインを、整理し、産業技術政策における「ナショプロ」の時代的位置づけを明確にした。その上に立って、第 4 章では、主要プロジェクトに即したシステム評価が、第 5 章では、ナショプロのシステム効用と限界についての横断的検討が加えられた。

²⁾ 「ナショプロ」プロジェクトのうち、別途「追跡評価」等が行なわれているものを除く。

そして、以上の結果は、第 6 章で、総合評価 - システム的視点からの考察としてとりまとめられた。

民間技術振興策

ナショナルプロ研究・技術開発プログラム/プロジェクト

1950年代 傾斜生産方式

- 1950 - 67 鉱工業技術研究補助金
- 1951 - 新技術企業化融資
- 1952 - 67 鉱工業技術試験研究補助金

1960年代 重化学工業型産業構造

- 1967 - 増加試験研究費税額控除制度
- 1968 - 87 重要技術研究開発費補助金

- 1963 1960年代の通商産業ビジョン
- 1966 **大型プロジェクト** [先導技術]
(大型工業技術研究開発制度)

1970年代 知識集約型産業構造

- 1971 1970年代の通商産業ビジョン
- 1974 **サンシャイン計画** [石油代替エネルギー技術]
(新エネルギー技術研究開発制度)
- 1976 - 79 超LSIプロジェクト (革新的コンピュータ素子技術)
- 1976 医療福祉機器技術研究開発 [医療福祉技術]
- 1978 **ムーンライト計画** [エネルギー生産性技術]
(省エネルギー技術研究開発制度)

1980年代 創造的知識集約型産業構造

- 1980 - 石油代替エネルギー関係技術
実用化開発費補助金
- 1981 - 新発電技術実用化開発費補助金
- 1985 - 基盤技術研究促進センタープロジェクト
(産業基盤技術研究開発)
- 1998 - 国際共同研究助成制度
- 1981 1980年代の通商産業ビジョン
- 1981 **次世代産業基盤技術研究開発制度** [基礎・基盤技術]
- 1982 - 94 第5世代コンピュータプロジェクト (革新的コンピュータ技術)

1990年代 地球時代の人間的価値の創造

- 1990 1990年代の通商産業ビジョン
- 1990 地球環境産業技術研究開発制度 [地球環境技術]
- 1992 - 2001 リアルワールド・コンピューティング (人間と共生する情報処理知識体系)
- 1993 - 産業科学技術研究開発制度 [基礎的・独創的技術開発]
- 1993 - ニューサンシャイン計画 [エネルギー・環境技術]
(エネルギー・環境領域総合技術開発推進計画)
- 1998 - 新規産業創出型産業科学技術研究開発制度 [産業フロンティア拡大、競争力強化]

[] は工業技術院主導研究開発プログラム
() は機械情報産業局主導コンピュータ関連プロジェクト

図 1 - 1 通商産業省主導の主要産業技術政策の推移 (1950 - 1999)

ナショプロを軸とする産業技術研究開発施策のレビュー - システム視点からの考察 (ミニワークショップ)

1. 日時：3月18日(日) 10時 - 20時

2. 場所：東京工業大学 石川台1号館 5階 501号会議室

3. プログラム

- 10:00 - 10:10 開会(趣旨徹底) [渡辺](東工大)
- 10:10 - 10:30 通産省主導ナショプロの発端とそのねらい [渡辺](東工大)
- 10:30 - 11:00 通産省における研究開発施策の系譜と主要施策のアウトライン
- ナショプロ及びNEDOを中心に [池上](経済省技術評価調査課)
- 11:00 - 11:30 レビュー討論
- 11:30 - 11:50 コンソーシアムに関する既往研究 [中村](経済産業研究所)
- 11:50 - 12:00 討 論
- 12:00 - 13:00 ランチ
- 13:00 - 13:20 ナショプロイニシアチブ - 日米比較の視点
[田辺](経済省大臣官房技術参事官)
- 13:20 - 13:30 討 論
- 13:30 - 13:50 プロジェクトフォーメーションのルーチン化とその影響
[勝本](東工大)
- 13:50 - 14:00 討 論
- 14:00 - 15:00 28プロジェクトの評価ポイント [福田](川鉄テクノリサーチ)
- 15:00 - 15:45 システム的視点からの考察討議
- 15:45 - 16:30 コーヒーブレイク
- 16:30 - 17:30 総括討議
- 18:00 閉会(総括) [坂倉](日本規格協会)

4. 出席者

日本規格協会理事長 坂倉省吾、東京工業大学大学院社会理工学研究科教授 渡辺千仞、
同助手 勝本雅和、経済産業省大臣官房技術参事官 田辺孝二、
同産業技術環境局技術評価調査課課長補佐 池上宝浩、
同経済産業研究所主任研究官 中村吉明、中小企業事業団理事 長田直俊、
総務省情報通信政策局放送技術課課長補佐 近藤玲子、
国土交通省土地・水資源局水資源調査室専門調査官 上村昌博、
川鉄テクノリサーチ理事 福田裕、同 清建太郎、
東京工業大学大学院博士課程 永松陽明、同 Hur, Jae-yong、同修士課程 藤祐司、
同 大内紀知、同 佐々木幸陽、同 田上貴士

図1-2 ナショプロを軸とする産業技術研究開発施策のレビュー
- ミニワークショップ プログラム

2. 通商産業省主導ナショナルプロの発端とそのねらい¹⁾

2.1 産業技術政策の役割

(1) 民間活力の誘発

研究開発を通じた技術革新は、日本において持続的な経済発展を実現する上で極めて重要な役割を担ってきた。日本の驚異的経済発展は、民間企業が研究開発に積極的に投資し、急速な技術進歩と生産性の向上を成し遂げた結果であり、生産性の向上とこれによる生産の拡大は、更なる活発な研究開発を誘発し、技術進歩と経済発展の好循環を形成してきた。

しかし、このような技術に対する投資は、多くの分野において一般に、新技術になればなるほど莫大な利益機会を内包する反面、高コストで商品化までの懐妊期間が長く、技術的成功に加えて商品として市場に受け入れられるかどうかの不確実性が大きいために、投資リスクが極めて大きいという共通の特徴を有している。このため、民間企業において大規模な技術開発を進めることは、何らかの有利な条件がなければ一般には困難であり、得てして企業の利益機会の開拓意欲を削ぐことになりかねない。

したがって、企業の研究開発意欲を増大させ、技術進歩と経済発展の間の好循環を形成するためには、技術の方向性を示し、競争原理を基本としながら重要な技術開発の取り組みに広範な分野の企業を結集し、知識・情報をシェアして技術のスピルオーバーを触発させること等により、研究開発に係るコストを分散させ、技術開発のスピードアップを促し、不確実性を制御して、企業のリスクを軽減させることが必要である。これと、先にみた研究開発促進の要因と併せれば、次のような点を政府の産業技術政策の重要な役割として示すことができる [8], [25], [27]。

産業技術政策の役割

- ・先駆的研究開発の先導
技術の将来動向を的確に把握し、重要な技術分野を提示・先導
- ・企業の競争と協調を刺激し、高レベルの業際的な企業を糾合
企業の競争原理を刺激しながら、広範な業種の高レベルの企業を糾合
- ・企業間・業種間技術のスピルオーバーの触発
技術の企業間スピルオーバーと業種間スピルオーバーを触発
- ・企業の研究開発の誘発
企業の研究開発意欲を刺激し、研究開発活動を誘発

¹⁾ 本章は、Watanabe (1994) [39] 及び若林(1999) [26] をベースに発展させたものである。

一般に、このような役割を全うするためには資金面においても相応の支援が必要と思われる。しかし、日本における研究開発費の内訳をみると、1998年においても日本における研究費の政府負担割合は21.7%に過ぎず、アメリカの27.5%（1999年）、ドイツの35.6%（1998年）、フランスの41.0%（1998年）、イギリスの31.0%（1998年）に比べて非常に小さい。さらに、政府の各省庁別科学技術関係経費（1998年度）をみると、大学の基礎的研究開発に責任を有する文部省が全体の43.2%を占め、宇宙開発、原子力開発、海洋開発などのビッグサイエンスを推進する科学技術庁が24.4%を占めているが、企業の研究開発に対する支援・誘発を進める通商産業省は16.3%に過ぎない。この結果、企業研究費に対する政府の資金負担割合は、わずか3.8%（1998年）に過ぎない（図2-2）。この割合は、図2-1に示すように、1950年代半ばには10%程度であったが、日本経済の拡大とともに急速に減少し、現在ではアメリカの12.1%（1999年）、ドイツの24.5%（1997年）、フランスの10.7%（1997年）、イギリスの11.7%（1998年）に比べれば、数分の1の値となっている（図2-2）[45]。

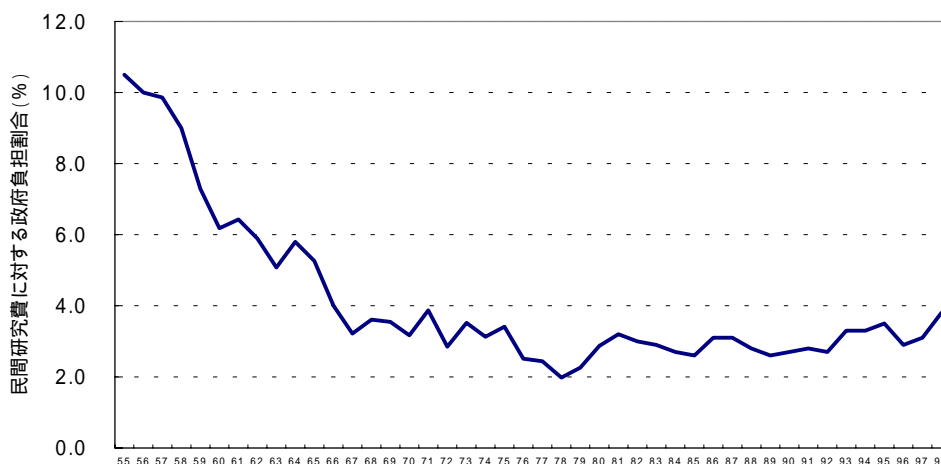


図 2 - 1 日本における民間研究費に対する政府負担の割合の推移

資料： 総務庁「科学技術研究調査報告」

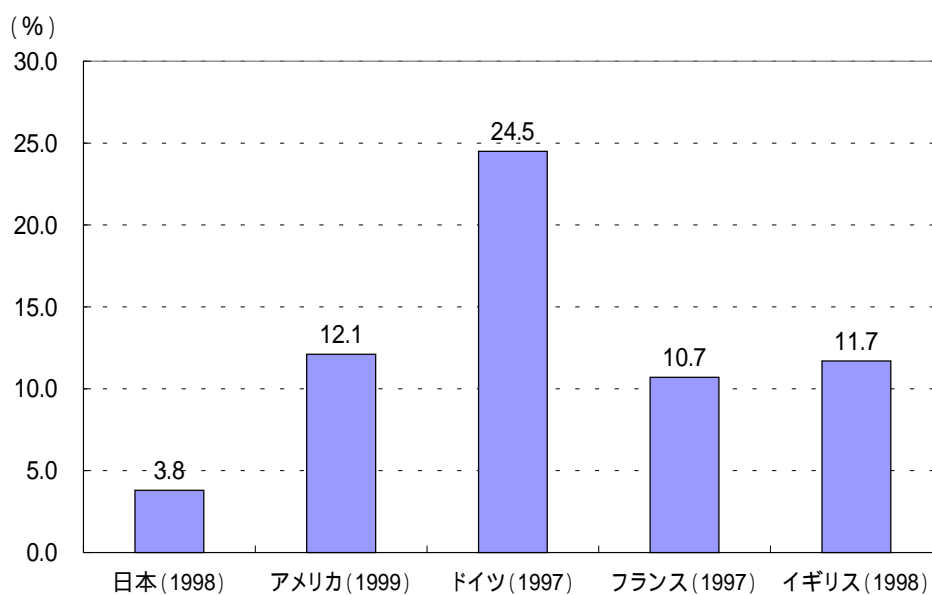


図 2 - 2 主要国の産業部門における研究費の政府の資金負担割合

注意： アメリカの値は暫定値、ドイツの値は推定値
 産業部門には、民間研究機関を含む
 ドイツの研究機関には政府研究機関が含まれる
 データは、自然科学と人文・社会科学の合計。ただし、イギリスは自然科学のみ

資料： 日本 総務庁「科学技術研究調査報告」
 アメリカ NFS "NATIONAL PATTERNS OF R&D RESOURCES"
 ドイツ BMT 資料
 フランス OECD 統計
 イギリス Forward Look
 科学技術白書より引用

政府支援がこのように小さいにもかかわらず、日本の企業は世界的に見ても活発な研究開発投資を行い、急速な技術進歩を実現してきた[32]。このことは、政府、とくに企業の研究開発の支援・誘発に責任を有する通商産業省の政策が、限られた予算にもかかわらず、その総合的な産業政策の中で、極めて効果的に企業の研究開発活動を刺激し、活性化する精妙なメカニズムを内包していたことが考えられる[34]。

注意すべきは、通産省の製造業研究開発費に対する支援割合は1978年までは減少の一途をたどり、1978年には2%にまで低下したが、その時点で底をつき、第2次石油危機の1979年からは総じて微増を続け現在の3%強のレベルに至っていることである。先に見たようにこの間、産業の研究開発強度（研究開発費売上高比）はほぼ一貫して上昇を続けているが、注意深くみると大きく3つの転換点があることがわかる（図2-3）。

第1の転換点は、1966年であり、これを境に、それまではほぼ横ばいであった研究開発強度が上昇に転じている。この当時は貿易及び資本の自由化が進み、自主技術開発が必要になってきた時期であり、その対応として、通商産業省は、1966年に大型プロジェクト制度を発足させている。

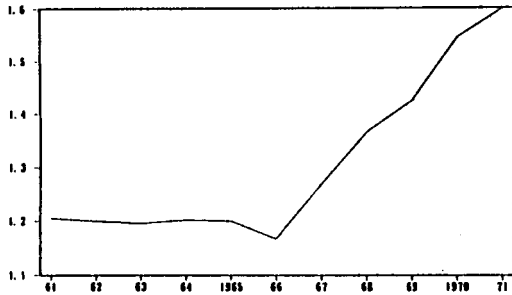
第2の転換点は、1978～80年頃であり、この後、研究開発強度は急激な増加を示している。この時期は、石油危機によって高度成長から低成長の時代に変化するとともに、エネルギー技術や基盤技術が重要になってきたときである。このような状況に対応し、石油代替エネルギーへの転換と新エネルギー開発を加速させるため、1980年に「石油代替エネルギーの開発及び導入の促進に関する法律」（いわゆる「代エネ法」）が制定された。また、大型の石油代替エネルギー技術開発を総合的に推進するために、1980年10月、新エネルギー総合開発機構（NEDO）が発足²⁾されるとともに、安定的かつ計画的な財源措置を講じるため、特別会計制度の整備が図られた。さらに、これらと平行して、1981年には基礎的独創的研究開発を推進するため、次世代産業基盤技術研究開発制度が創設された。

第3の転換点は、1992年であり、バブルの崩壊とともにゼロ成長・マイナス成長となり、研究開発離れが進んだ時期である。これに対して通商産業省は、これまで創設してきた研究開発プロジェクトを統合（1993年）することで対処しようとした。

²⁾ 詳細は3章参照。

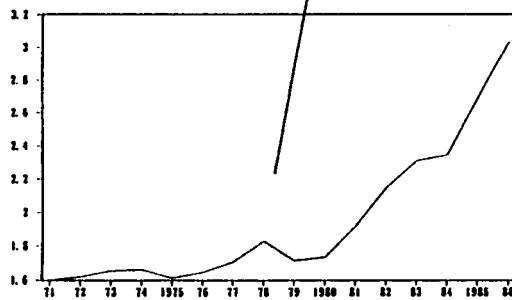
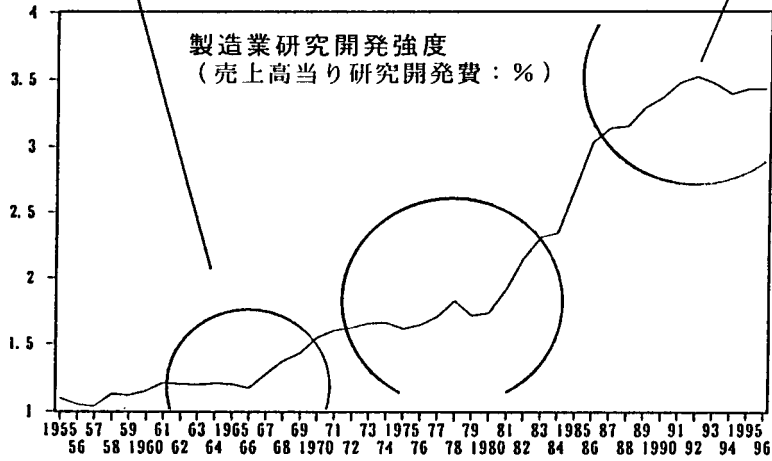
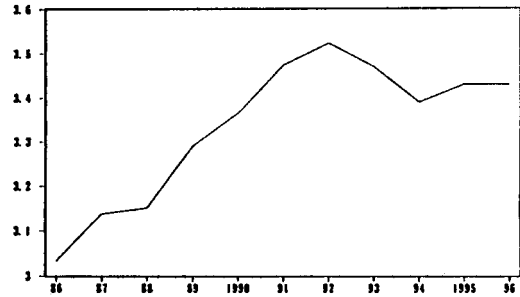
第1 転換点 (1966 年)

背景：貿易・資本自由化 → 自主技術開発
 対応：大型プロジェクト制度 (1966)



第3 転換点 (1992 年)

背景：バブル崩壊→低成長、研究開発離れ
 対応：ナショナルプロの統合 (1993)
 大プロ・次世代・医療福祉 → 産業科学技術
 サソライソ・ムソライソ・地球環境 → ニューサソライソ



第2 転換点 (1978-80 年)

背景：石油危機 → 低成長、エネルギー R&D, 基盤技術
 対応：代エネ法、エネルギー特会、N E D O (1980)
 次世代産業基盤技術研究開発制度 (1981)

図 2 - 3 日本の戦後の産業技術の転換点 (1955-1996)

資料：総務庁「科学技術研究調査報告」

第1 転換点が高度経済成長の真っ直中に、いわばその産物として現れたのに対して、第2 転換点は高度成長の終焉の結果として現れた。すなわち、企業の研究開発投資誘発の牽引力が、自らの成長成果から政府による支援へのシフトを余儀なくされ、政策メカニズムも構造的に変容した。

製造業の売上高に対する通商産業省の産業技術予算の割合をみると、1978 年以降は減少傾向が、1978 年以前は上昇傾向に変化していることがわかる(図2-4)。これは、製造業の売上高が相対的に低下すると同時に、産業技術予算が増大したことによる。この結果、政府支援割合も1978 年を境に漸減から漸増に転じた。この政策メカニズムの構造的変容は、研究開発費の政府支援割合と研究開発強度との関係を見るとより鮮明になる。

このことは、表2-1 に示すように、1955-1978 年の間は製造業に対する政府支援は、製造業の発展に応じつつ、その研究開発強度と代替的(政府の直接支援から製造業独自の研究開発投資の誘発への移行)に働いていたが、この代替関係が限界に達した1978 年以降は補完関係(政府支援割合の増加が製造業独自の研究開発投資の誘発を増大)にシフトしたことを表している。

表2-1 日本の製造業研究開発費に対する通産省の支援割合 (GSR) と製造業研究開発強度 (RS) との相関 (1955-1993)

		adj. R ²	DW
1955-1978	$\ln RS = 0.85 - 0.35 \ln GSR$ (-13.97)	0.896	1.11
1978-1993	$\ln RS = 0.14 + 0.92 \ln GSR$ (2.61)	0.651	1.07

ここで、企業の研究開発費の増加要因を、政府支援の増加による寄与と企業の売上高の増加による寄与に分解してみると、

$$\ln R/S = A + \alpha \ln G/R$$

R: 産業の研究開発費、S: 産業の売上高、G: 政府の産業支援

$$\Delta R/S = \alpha \Delta G/R \qquad \Delta R/S \equiv \frac{d(R/S)/dt}{R/S}$$

から、

$$\Delta R = \alpha / (1 + \alpha) * \Delta G + 1 / (1 + \alpha) * \Delta S$$

となる。ここで、

$$\Delta G = \Delta G/S + \Delta S$$

であるから、

$G/S > 0$ の時は、 $G > S$ となり、この場合は G が R に対して効果的となる。

この計測結果を表 2 - 2 に示す。すなわち、1978 年以前は、高成長の時代であり、生産関連実用技術の開発促進が行われていたため、企業の売上高の寄与の方が大きく、企業の売上高の増加による研究開発費の誘発に期待が持たれた。このため、政府支援と産業の研究開発強度は代替的となり、産業の売上げ成果の研究開発投資への活用を誘発するように働いたと考えられる。

一方、1978 年以降になると、石油危機等の影響により、低成長の時代に突入するとともに、エネルギー等の準公共技術や基盤技術の必要性が増大したため、企業の売上げ増加要因による貢献が期待薄になるとともに、政府支援の増加に期待がかけられるようになった。

この点を詳細にみていくと、まず 1973 年秋の第 1 次石油危機は、産業技術政策のメカニズムに構造的変容をきたすトリガーをなした。

第 1 に、政策ニーズの変容である。石油危機以前の生産性向上・成長促進的目標から、急速にエネルギー対策にシフトした（図 2 - 5）。

第 2 に、政策財源面においても、高成長の終焉、低成長への転換に伴い、税収が減少し、従来的一般会計を財源とする政策に限界をきたすことになった。

このような中で、とくにその資金帝要が急増するエネルギー技術研究開発は、極めて深刻な財源問題に直面し、産業技術審議会新エネルギー技術開発部会政策分科会は 1978 年 11 月に「サンシャイン計画の資金確保対策のあり方」と題する答申をまとめ、受益者負担の考えに立脚した新たな財源スキーム創出の緊要性を訴えた。

1979 年初めの第 2 次石油危機は、以上の状態に拍車をかけ、産業技術審議会新エネルギー技術開発部会は、1979 年 11 月に「サンシャイン計画の加速的推進戦略」と題する答申をまとめ、新エネルギー技術研究開発に関する 推進体制の確立及び 長期的な資金の確保策について重点的かつ計画的な政策遂行の緊要性を訴えた。

このような政策遂行の緊要性は、新エネルギー技術研究開発のみにとどまらず、第 2 次石油危機に伴う原油価格の大幅な高騰は石油代替エネルギー、新エネルギーの開発導入を急がせるとともに、これらエネルギーの経済性を高めることになった。

このような状況を背景に、石油代替エネルギーへの転換と、新エネルギー開発を加速させるため、1980 年には次のような総合的な政策が展開された。

「石油代替エネルギーの開発及び導入の促進に関する法律」の制定

安定的かつ計画的な財源措置を講じるための特別会計制度の整備

・「石炭及び石油対策特別会計」の「石炭並びに石油及び石油代替エネルギー対

策特別会計」への改変

- ・「電源開発促進対策特別会計」への「電源多様化勘定」の新設

大型の石油代替エネルギー技術開発を総合的に推進するための新エネルギー総合開発機構（NEDO）の創設

さらに、1980年代に入り、エネルギー技術に加えて基盤技術研究開発へのシフトが加わり、順次これら企共的性格の高い技術開発のウエートが高まるのに応じて、政策による企業の研究開発投資誘発メカニズムは、高度成長期の「産業の売上げ成果の研究開発投資への活用を誘発」をねらいとするものから、総合的な政策をベースとした「政府支援により産業の準公共・基盤技術研究開発の誘発」をねらいとするものにシフトしていった。

かくして、政府支援と産業の研究開発強度は補完的となり、政府支援の増大が企業の研究開発の誘発に不可欠となるとともに、政府支援により産業の準公共技術、基盤技術研究開発を誘発するため、エネルギー特別会計の導入による政府支援の拡大が図られていった。

以上のように、構造的環境を洞察しつつ、環境状況の変化（高度成長 低成長、生産技術 エネルギー技術・基盤技術）に即応した形で政策機能のシフトが行われ（産業の研究開発強度に対して代替 補完）それに応じた機動的対応（特別会計の創設等）により、政府支援は極めて精妙に産業の研究開発活動を誘発している。

このように、企業を中心とした技術進歩と経済発展の好循環を形成できたのは、産業界自身の自助努力はもとより、民間活力を的確な方向性とタイミングをもって誘発した通商産業省の政策との絶妙な連携による「システム効果」に負うところが大きいものと考えられる[45]。すなわち、エネルギー危機や円高等の企業の競争基盤を揺るがすような事態（危機・外的ショック）に対して企業が自らの存在や繁栄を賭した対応を選択するに当たり、研究開発投資内部収益率や技術の限界生産性を高める等のタイムリーな触発効果を発揮することにより、企業が資本や労働等在来的な対応もさることながら、自ら技術革新による対応を選択するような誘発メカニズムを発揮してきたことによる[43]。

産業の研究開発強度の代替→補完

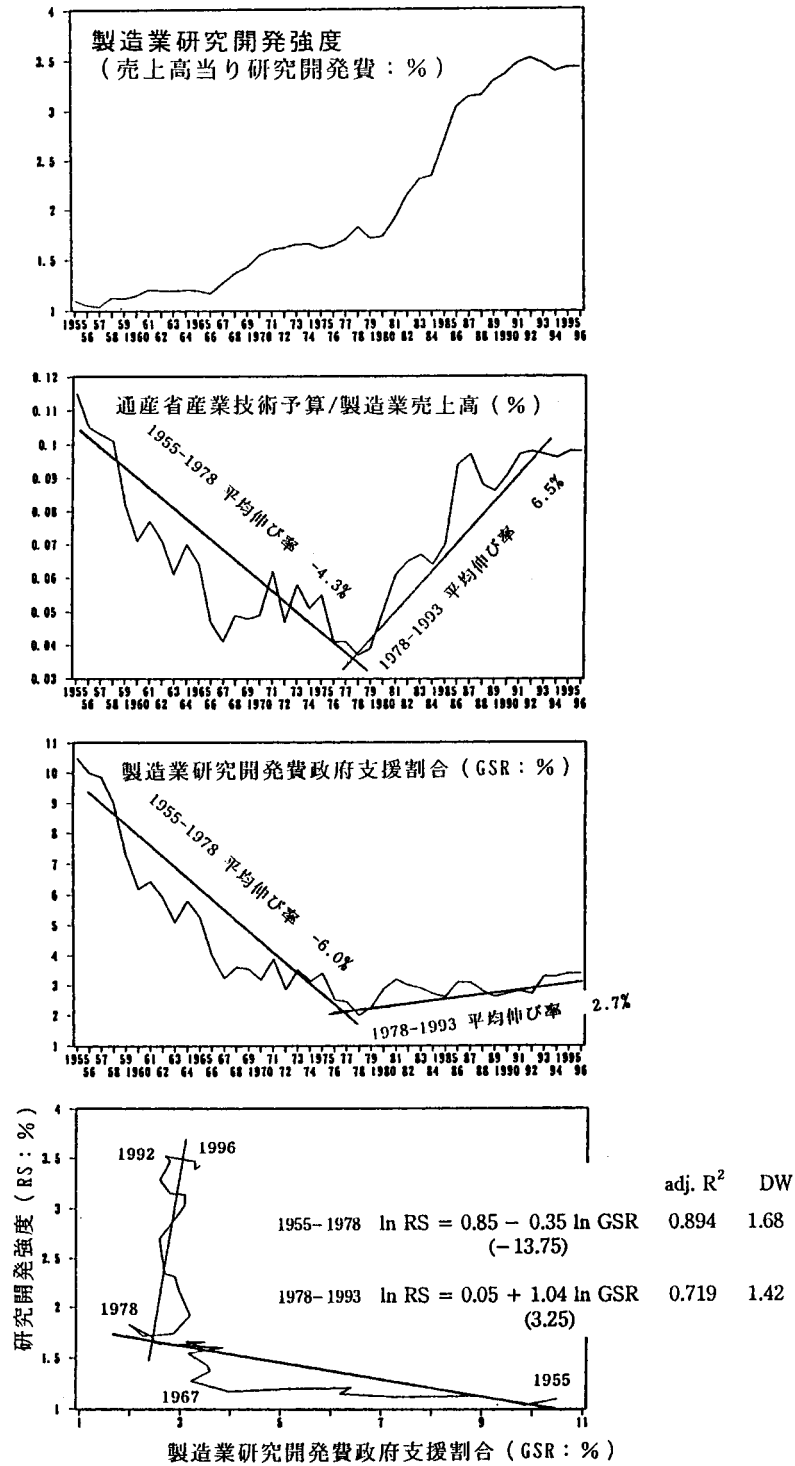


図2-4 産業技術政策メカニズムの転換(第2転換点)

表 2 - 2 時代環境の構造変化に即応した産業技術政策の誘発

$$\Delta R = \alpha / (1 + \alpha) * \Delta G + 1 / (1 + \alpha) * \Delta S$$

R : 産業の研究開発費、S : 産業の売上高、G : 政府の産業支援

$$\Delta G = \Delta G / S + \Delta S$$

G/S > 0 の時は、G > S、この場合 G が効果的

	S	G	G/S	$\frac{\alpha}{1+\alpha}$	$\frac{1}{1+\alpha}$	R への主貢献要因	
1955-1978	15.1%	10.8%	-4.3%	-0.35	-0.53	1.54	S による誘発に期待
1978-1993	5.2%	11.7%	6.5%	1.04	0.51	0.49	G に期待 (特会の創設)

-1978 高成長、生産関数実用技術の開発促進

政府支援と産業研究開発強度は代替的

産業の売り上げ成果の研究開発投資への活用を誘発

1978- 低成長、エネルギー等準公共技術・基盤技術

政府支援と産業研究開発強度の補完的

政府支援により産業の準公共・基盤技術研究開発を誘発

エネルギー特別会計の導入による政府支援の拡大

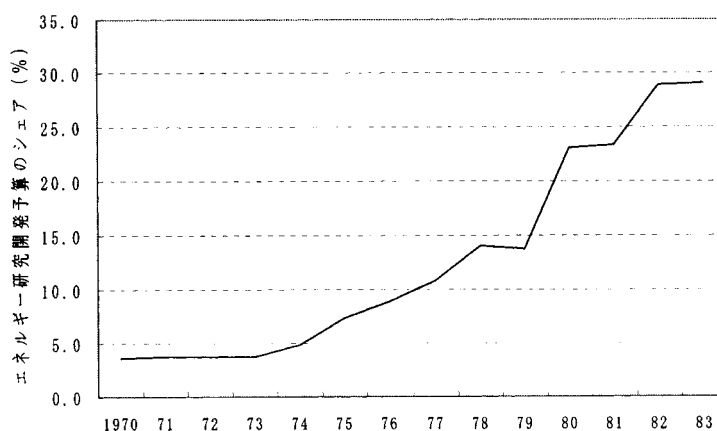


図 2 - 5 通商産業省の技術開発予算に占めるエネルギー研究開発予算のシェア

(2) 通商産業省主導研究開発制度の役割

以上の精妙な誘発メカニズムの発動に重要な役割を果たしていたのが、大型工業技術研究開発制度(大型プロジェクト制度)をはじめとする一連の通産省主導の研究開発制度(いわゆるナショナル・プロジェクト：ナショプロ)である [29],[35]。これらは、通商産業省の有する産業構造政策、エネルギー政策、環境政策、中小企業政策等の幅広い産業政策のフレームワークの一部として、産業技術政策の大きな柱となっていた [6]。そこで、本節では通商産業省の代表的な研究開発プロジェクトである大型プロジェクト制度 [1],[3],[16]、サンシャイン計画 [4], [14]、ムーンライト計画 [23]、医療福祉機器技術研究開発制度 [2] 及び次世代産業基盤技術研究開発制度 [18], [19]を概観する。

1) 大型工業技術開発制度(大型プロジェクト制度)

大型工業技術開発制度(大型プロジェクト制度)は、1966年に発足した制度であり、国民経済上重要かつ緊急に必要な先導的大型工業技術であって、その研究開発に多額の費用と長期間を要し、かつ、多大の危険負担を伴うために、民間の自主的な研究開発によっては遂行しえないものについて、国が所要資金を負担し、国立試験研究機関、産業界、学会等との密接な協力の下に、計画的かつ効率的に研究開発を実施するものである。

研究開発テーマは、以下に掲げる要件を備えている技術であって、本制度によりその研究開発を行うことが必要であると認められるものが選定された。

当該技術の研究開発を行うことが産業構造の高度化、国際競争力の強化、天然資源の合理的な開発又は産業公害の防止を図るために極めて重要であり、かつ、緊急に必要とされるもの

先導的又は波及的性格を有する技術であって、その研究開発を行うことが鉱工業の技術の向上に著しく寄与するもの

当該技術の研究開発を行うには多額に資金及び長期の研究開発を必要とし、かつ、多大の危険負担を伴うために、産業界においてその研究開発を行うことができないもの

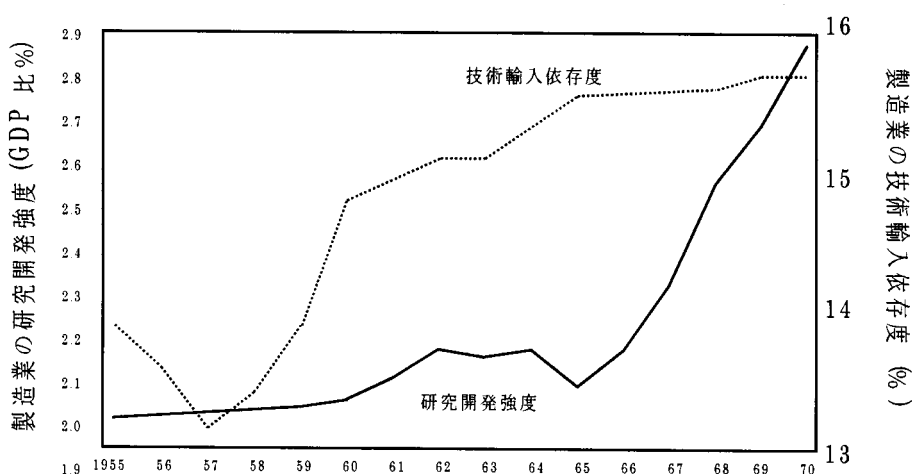
当該技術の研究開発について、開発目標を設定することが可能であり、かつ、当該目標を達成するための技術的手法に見通しがあるもの

当該技術の研究開発を行うためには、国、産業界、学会等の研究開発能力を結集することが必要であるもの

本制度による研究開発は、通商産業省工業技術院が中心となり、産業界、学会及び試験研究所の研究開発能力を結集する体制のもとに進められた。具体的な研究テーマとして、初年度は「電磁流体(MHD)発電」²⁾、「超高性能電子計算機」、「脱硫技術」の3つのテ

²⁾ MHD 発電では、その後 1978 年に発進した省エネルギー技術研究開発制度(ムーンライト計画)に移行された。

マが採択され（予算額：7億3千万円）、翌年度にはこれらに「オレフィン等の新製造法」が加わり、予算額も19億5千万円に増大された。その後、「海水淡水化と副産物利用」、「大深度遠隔操作海底石油掘削技術」、「電気自動車」、「パターン情報処理システム」、「航空機用ジェットエンジン」などが次々と採択され、予算額も1981年度には168億円にも達した。図2-6に大型プロジェクトの創設を求めた時代的背景を、図2-7にその後の大型プロジェクト制度及び次世代産業基盤技術研究開発制度のプロジェクトの変遷を示す。



- 背景**
- 技術経済水準の上昇
 - 輸入技術条件のタイト化
 - 資本自由化(1967年からスタート)を目前とした国際競争力の強化

政策ステップ

- 1961 鉱工業技術研究組合法の制定
- 1963 1960年代通産ビジョン（産業構造調達会産業技術部会）
 1. 輸入技術依存から自主技術開発へのシフト
 2. 政府主導
 3. 優先研究開発プロジェクトについての産官学の連携
- 1964 鉱工業技術試験研究委託費制度
- 1966 大型工業技術研究開発制度（大型プロジェクト）
 1. 国家目標に照らした優先研究開発プロジェクトを対象
 2. 研究組合を中核とした産官学の連携
 3. 委託制度による実施

図2-6 1960年代半ばにおける日本の技術政策の転換期
- 輸入技術から自主技術へのシフト

1966 68 1970 72 74 76 78 1980 82 84 86 88 1990 92

新材料分野

高性能結晶制御合金 (81-88)
 複合素材 (81-88)
 高効率高分子分離膜素材 (81-90)
 導電性高分子素材 (81-90)
 高結晶性高分子素材 (81-90)
 ファインセラミックス (81-92)
 光反応材料 (85-92)
 超耐環境性先進材料 (89-96)
 非線型光電子素材 (89-98)
 先進機能創出加工技術 (90-96)
 ケイ素系高分子材料 (91-2000)

バイオ・化学分野

オレフィン等の新製造法 (67-72)
 重油を原料とする基礎化学品の製造法 (75-81)
 一酸化炭素等を原料とする基礎科学品の製造 (80-86)
 バイオリクター (80-88)
 細胞大量培養技術 (81-89)
 組み替えDNA技術 (81-89)
 水総合再生利用システム (85-90)
 海洋バイオテクノロジー (88-96)
 機能性蛋白質集合体応用技術 (89-98)
 複合糖質生産利用技術 (91-2000)

電子/情報/通信分野

超高性能電子計算機 (66-71)
 パターン情報処理システム (71-80)
 光応用計測制御システム (79-85)
 耐環境強化素子 (81-85)
 科学技術用高速計算システム (81-89)
 超格子素子 (81-90)
 三次元回路素子 (91-90)
 電子計算機相互運用データベースシステム (85-91)
 バイオ電子素子 (86-95)
 新ソフトウェア構造化モデル (90-97)
 量子化機能素子 (91-2000)
 原子・分子極限操作技術 (92-2001)

機械/航空/宇宙分野

航空機用ジェットエンジン (71-81)
 高温還元ガス利用による直接製鉄 (73-80)
 超高性能レーザ応用複合生産システム (77-84)
 自動縫製システム (82-90)
 極限作業ロボット (83-90)
 資源調査用観測システム (84-88)
 超先端加工システム (86-93)
 超音速輸送機用推進システム (89-98)
 マイクロマシン技術 (91-2000)

人間/生活/社会分野

海水淡水化と副産物利用 (69-77)
 電気自動車 (71-77)
 自動車総合管制技術 (73-79)
 大深度地下空間開発技術 (89-95)
 人間感覚計測応用技術 (90-98)

資源分野

脱硫技術 (66-71) 資源再生利用技術 (73-82)
 大深度遠隔操作海底石油掘削技術 (70-75)
 海底石油生産システム (78-84)
 マンガン団塊探鉱システム (81-96)

保険/医療/福祉分野

医療機器 (76年から16プロジェクト完了、4プロジェクト進行中)
 福祉機器 (76年から15プロジェクト完了、7プロジェクト進行中)

図 2 - 7 大型プロジェクト制度・次世代産業基盤技術研究開発制度・医療福祉機器技術研究開発制度のプロジェクトの推移 (1992 年時点)

2) サンシャイン計画

サンシャイン計画は、石油危機が勃発する中、エネルギー問題の解決とエネルギー多消費社会の中で深刻化した環境問題の解決を図るため、1974年7月に発足した最初の長期的・総合的な新エネルギー技術研究開発計画である。本計画では、エネルギーの長期的な安定供給の確保が国民生活と経済活動にとって極めて重要であることにかんがみ、国民経済上その実用化が緊要な新エネルギー技術について、1974年から2000年までの長期間にわたり、総合的、組織的かつ効率的に研究開発を推進することにより、数十年のエネルギー需要の相当部分をまかないうるクリーンなエネルギーを供給することを目標として、この理念を達成するために、太陽、地熱、石炭、水素エネルギー技術の4つの重点技術の研究開発が進められることとなった。「太陽エネルギー技術」では、太陽熱発電システム技術や太陽光発電システム技術、太陽冷暖房及び給湯システム技術など、「地熱エネルギー技術」では、地熱エネルギー探査・採取技術、熱水利用発電技術、火山発電技術など、「石炭のガス化・液化技術」では、合成天然ガス製造技術、ガス化発電技術、石炭の液化技術など、「水素エネルギー技術」では、水素製造技術、水素の輸送・貯蔵技術、水素の利用技術などの研究開発がそれぞれ推進された。また、当初24億円であった予算額は、10年後の1984年度には398億円にまで拡大し、この11年間だけでも累計2,233億円もの予算が新エネルギー開発に費やされた。図2-8に、サンシャイン計画及びムーンライト計画のプロジェクトの変遷を示す。

3) ムーンライト計画

ムーンライト計画は、第1次石油危機以降、エネルギー問題の解決が国民経済上喫緊の課題となる中で、省エネルギー技術研究開発を通じてその解決に寄与することを目指して、1978年に発足された。省エネルギー技術の研究開発を総合的に推進する手段として、基礎研究から開発段階に至る省エネルギー技術の開発を国家的プロジェクトとして取り上げ、併せて民間のエネルギー技術開発の助成の充実等、既存の施策の積極的活用が行われた。

初年度の事業は、それまで大型プロジェクトとして実施されていた「電磁流体(MHD)発電」及び「廃熱利用技術システム」を本計画に編入するとともに、「高効率ガスタービン」のプロジェクトを新たに発足させ、それぞれを「大型省エネルギー技術研究開発」とした。大型省エネルギー技術研究開発は、省エネルギー効果が著しくかつ緊急性が高いが、多額の資金と長期の研究開発期間を要するなど多大のリスクを伴うため、民間企業独自では研究開発が進まない大型の技術に対して、国の試験研究開発と民間における研究開発を有機的に結合した技術開発を行うものである。上記プロジェクトの他、「新型電池電力貯蔵システム」「燃料電池発電技術」「汎用スターリングエンジン」「スーパーヒートポンプ・エネルギー集積システム」「超電導電力応用技術」「セラミックガスタービン」などの研究開発が

実施され、発足時には 12 億円であった予算も、1985 年度には 100 億円を突破した。

また、重要技術研究開発補助金の民間における省エネルギー技術開発の助成枠、工業技術院の試験研究所の特別研究として実施されていた省エネルギー技術関連試験研究を統合した先導的基盤的省エネルギー技術、日本工業規格（JIS）の制度を活用した標準化による省エネルギーの推進、更には国際エネルギー機関（IEA）を中心とした省エネルギー技術に関する国際計画が進められ、それぞれがムーンライト計画の柱となった。

4) 医療福祉機器技術研究開発制度

高度な福祉社会を実現するためには、国民の健康の維持増進、身障者や高齢者に対する福祉の充実が必須の条件である。しかし、医療福祉サービスの現状をみると、これらの供給に係わる人材の不足や関連機器の性能、コストの問題等が存在し、病人、身障者、老人及びこれらを抱えた家庭に対して精神的、肉体的、経済的に著しい負担を強いるとともに、国や地方公共団体の財政にも大きな負担問題を提起していた。さらに、これらの分野における技術開発は他の産業技術や欧米先進国に比べて著しく立ち遅れていた。この技術分野は、医学、生物化学、電子工学、機械工学等、広範囲にわたる学際的研究を必要とすること、人体生命に接するものであることから安全性等に関しては慎重な配慮が必要であること、従来からこれらを製造する企業は中小企業が多いので、高度な技術開発を実施するにはリスクが大き過ぎること、機器の需要が他品種少量で収益性が見通しが困難なこと等、一般産業技術分野に比べて複雑な問題を多くはらんでいるにもかかわらず、国民の健康の維持増進、身障者や高齢者に対する福祉の充実が高度福祉社会の実現のための必須条件で、医療福祉サービスに占める機器の果たす役割は極めて大きく、医療費・福祉費等についての国民負担の増大に歯止めをかけるためにも、安全性に優れ、しかも安価な医療福祉機器を開発する必要性は大きく、上述の困難性を打破して早期開発が必要な機器の開発を国家的見地から促進する新しい制度として、1976 年に「医療福祉機器技術研究開発制度」が創設された。

本制度では、初年度の研究開発項目として、医療機器関係では 携帯型人工腎臓装置、臨床用人工心臓装置、多項目自動生化学分析装置、血液像自動分析装置が、福祉機器関係では モジュール型電導車椅子、点字複製装置、身体障害者用機能回復訓練装置、重度身障者用多機能ベッドが選定され、技術開発が実施された。1978 年度には、医療機器分野ではレーザーメス、福祉機器分野では植込型人口中耳が、1979 年度には医療機器分野では陽電子放出核種横断断層装置、肝機能補助装置、福祉機器分野では盲人用歩行補助器、言語障害者用発生発語訓練装置が、さらに 1980 年度には福祉機器分野で動力義足が採用され、技術開発が実施されている（表 2 - 3）。

5) 次世代産業基盤技術研究開発制度

上記1)～4)の研究開発制度は、いずれもある特定の分野における利用を目的とした技術開発を行うものであった。しかし、今後、技術立国の実現を図るためには、このような特定分野を対象とした技術開発のみならず、横断的、基盤的な技術についても研究開発を行っていく必要があるという考えの下、広範な産業分野に波及効果をもたらし、横断的、基盤的な研究開発を推進する新たな研究開発プロジェクトとして、1981年10月に「次世代産業基盤技術研究開発制度」が創設された[18],[19],[22]

すなわち、我が国が開発すべき基盤技術は、自然科学の成果として、まだ「芽」として萌芽したばかりであり、産業技術として確立するまでには大きなリスクを伴い、研究効率が悪く、長期の研究開発期間及び大量の研究開発投資を要することから、これらの基盤技術の研究開発を円滑に推進するために、市場メカニズムの下で民間企業が技術開発力を最大限に発揮できるような研究開発の環境整備を図っていくことはもちろん、これらの技術の「芽」が、その開発の方向が明確になり市場メカニズムに基づき、民間企業が自力で研究開発を行えるようになる、いわゆる「若木」となるまでの基礎的段階において、国が先導的な役割を担って研究開発を推進する必要がある。

そのため、本制度においては、理論的、実験的に実用化の可能性が見える「双葉」の段階の技術から実用化のめどがつく「若木」の段階まで育てる制度として、『「双葉」から「若木」まで』を合言葉に研究開発が実施され、具体的には、次世代産業の確立に必要な不可欠な基盤技術として、

革新性が極めて強く、かつ、その波及効果も大きく、広範囲に及ぶ基盤技術であること。

研究開発に概ね10年間の長期間を要し、また、研究開発資金も多額なため、研究開発リスクが高い技術であること。

将来、産業において応用されることがある程度明らかな技術であること。

等の観点を考慮して研究開発テーマが選定された。

以上のような認識の下、「次世代産業基盤技術研究開発制度」は、ファインセラミックス、高分子分離膜、導電性高分子などの「新材料」、バイオリクター、組換えDNA利用技術などの「バイオテクノロジー」、超格子素子、三次元回路、耐環境強化などの「新機能素子」の3分野12テーマについて、予算額27.1億円でスタートした。翌年度には、予算額は47.9億円に増大し、5年目の1985年度には、新材料分野の中で光電子技術の開発を進める上で基盤となる光電子材料を新たに取り上げ、具体的には超高密度情報記録を可能とする「光反応材料」の研究開発に着手し、予算額も64.5億円に拡大した。さらに、1986年度からは、新機能素子分野において、夢のコンピュータと称されるバイオコンピュータ実現の足がかりとなる基盤技術として「バイオ素子」の研究開発に着手するなど、研究開発も順調に伸展した[22][23]。

その後、以上の3分野に1988年度から「超電導」が追加され、さらに1990年度以降は「ソフトウェア」を追加した5分野となった。

なお、本制度においては、複数の研究開発方式を同時に進める並行開発方式、10年程度の全体計画を三段階に区切っていく段階的目標設定方式という新しい仕組みも導入された。

6) 地球環境産業技術研究開発制度

1980年代末からの地球環境問題の高まりに呼応して、1990年には、革新的な環境調和型生産プロセス、環境負荷軽減、二酸化炭素固定・利用のための技術開発をねらいとする「地球環境産業技術研究開発制度」が創設された。

	1974	76	78	1980	82	84	86	88	1990
新エネルギー分野									
太陽エネルギー	太陽電池								(74-96)
	太陽熱利用								(74-96)
地熱エネルギー	探査、掘削技術/資源調査								(74-97)
	新型地熱発電プラント								(74-2002)
石炭転換	石炭の液化								(74-98)
	石炭の液化ガス化								(74-94)
水素エネルギー	製造、貯蔵、利用、保全								(74-2000)
風力、海洋、バイオマス									風力発電、海洋温度差発電、バイオマス (81-95)
省エネルギー分野									
燃料電池					リン酸型燃料電池				(81-90)
					熔融炭酸塩型燃料電池				(81-97)
					固体高分子型燃料電池				(81-97)
熱集積		廃熱利用 (76-83)							
高効率発電						スーパーヒートポンプ			(84-92)
				高効率ガスタービン (78-87)					
高効率エンジン							セラミックガスタービン		(88-96)
							超伝導電力応用		(88-98)
電力貯蔵					スターリングエンジン				(82-87)
				大容量集中型					(80-91)
									小型分散型 (92-2001)
地球環境対策分野									
環境調和型生産プロセス								高機能バイオリクター	(90-99)
								生物的水素製造	(91-98)
環境負荷軽減								金属素材回生利用	(91-98)
								新型フロン	(90-94)
二酸化炭素固定・利用								生分解性プラスチック	(90-97)
								炭素循環メカニズム	(90-94)
								生物学的炭素固定	(90-99)
								化学的炭素固定	(90-99)
							高温二酸化炭素分解/回収	(92-2000)	

図 2 - 8 サンシャイン計画・ムーンライト計画・地球環境産業技術のプロジェクトの推移 (1992年時点)

表 2 - 3 医療福祉機器技術研究開発予算

(単位：億円)

	研究開発予定期間 (年度)	研究開発費予算総額
・ 医療機器技術		
携帯型人工腎臓装置	1976～1978	約 3 億円
臨床用人工心臓装置	1976～1979	約 5 億円
多項目自動生化学分析装置	1976～1978	約 3 億円
血液像自動分析装置	1976～1978	約 3 億円
レーザーメス	1978～1981	約 5 億円
陽電子放出核種横断層装置	1979～1981	約 5 億円
肝機能補助装置	1979～1984	約 7 億円
神経障害診断・治療支援システム	1981～1986	約 6 億円
免疫疾患用血液処理装置	1983～1987	約 4 億円
光化学反応がん診断・治療装置	1984～1987	約 3 億円
免疫学的がん	1985～1988	約 3 億円
がん治療用ハイパーサーミア装置	1986～1989	約 4 億円
白血球型自動分析装置	1987～1990	約 3 億円
動脈内レーザー手術装置	1988～1991	約 6 億円
医療診断用立体視システム	1988～1991	約 3 億円
レーザー骨手術装置	1989～1992	約 3 億円
無侵襲連続血糖値測定システム	1990～1993	約 2 億円
定位のがん治療装置	1992～1995	約 3 億円
・ 福祉機器技術		
モジュール型電導車椅子	1976～1978	約 2 億円
点字複製装置	1976～1978	約 1 億円
身体障害者用機能回復訓練装置	1976～1978	約 2 億円
重度身障者用多機能ベッド	1976～1978	約 1 億円
埋込型人口中耳	1978～1982	約 4 億円
盲人用歩行補助器	1979～1983	約 4 億円
言語障害者用発声発語訓練装置	1979～1983	約 3 億円
動力義足	1980～1985	約 4 億円
作業用三次元車椅子	1981～1985	約 3 億円
盲人用読書器	1982～1988	約 6 億円
身体障害者介助移動装置	1983～1988	約 5 億円
体温自動調節器	1984～1988	約 3 億円
義肢ソケット製作装置	1986～1989	約 2 億円
褥瘡防止用メカニカルマット	1987～1992	約 2 億円
エバキューエーションケアシステム	1989～1993	約 3 億円
盲人用三次元情報表示装置	1989～1993	約 3 億円
高齢者体温監視システム	1990～1992	約 2 億円
デジタル補聴器	1990～1994	約 3 億円
尿失禁防止・訓練装置	1991～1994	約 2 億円
荷重制御式歩行補助装置	1991～1995	約 4 億円

以上の研究開発プロジェクトを先に示した産業技術政策の役割（2.1（1）参照）に照らして、その果たしている機能を評価すると、次のように多様な、有機的なメカニズムを通じて、それぞれの機能を巧妙に全うしていることがわかる [28], [31]。

「先駆的研究開発の先導」については、明らかに研究開発分野及び具体的な研究開発テーマを審議会等を通じて注意深く検討し、それを示すことで技術の方向性の提示が行われている [36], [38]。

また、「企業の競争と協調を刺激し、高レベルの業際的な企業を糾合」という点については、いずれも技術研究組合制度等を用いつつ、産業界、学会、試験研究所の研究開発能力を結集する体制の下に実施されており、かつ、関連する幅広い業種の企業が結集された業種横断的な研究体制が取られている [33]。表2-4及び表2-5に大型プロジェクト及び次世代産業技術研究開発制度、サンシャイン計画及びムーンライト計画の参加企業を示しているが、これをみれば非常に広範な産業分野の、日本におけるトップ企業が研究開発プロジェクトに参画していることがわかる。しかも、一つの企業が様々なプロジェクト、研究テーマに参加し、研究開発に取り組んでいる。こうした研究環境の中で、企業はあるときは協調し、あるときはテーマを自社に持ち帰って研究すること等により参加企業間の開発競争が展開されたのである。

異業種の企業と一緒に研究するという研究環境は、人を媒体とした「企業間・業種間の技術のスピルオーバー」を促進させ、さらに、一つの企業が様々な研究開発分野に参画することで、同一企業内においても異なる部門間の技術のスピルオーバーが促進させた [28], [30]。実際、例えばムーンライト計画の燃料電池発電技術で生み出された特許の数をみると（表2-6）、機械からエネルギー、化学・セラミックスと分野の広がりを見せている。また、表2-7は、産業別のエネルギー消費とエネルギーに関する研究開発費のシェアの推移を示したものであるが、本来エネルギー多消費型産業であり、エネルギー研究開発を推進すべき鉄鋼や化学などの業種よりも、電気機械や輸送機械の方がエネルギー関係に多くの研究開発費を投じている。しかし、図2-9に示すとおり、鉄鋼、化学、セメント、紙・パルプ等の産業においても、石油危機以降、劇的にエネルギー消費が減少しており、産業間の技術のスピルオーバーが起こった結果と捉えることができる。

「企業の研究開発の誘発」については、前節の研究開発促進の要因でも示したとおり、レーザー加工機、コンピュータ、航空機用エンジン、バイオ製品（動物細胞・微生物利用）、ファインセラミックス、高分子分離膜、複合材料（炭素繊維複合材料）、太陽光発電などは、大型プロジェクト制度、次世代産業基盤技術研究開発制度、サンシャイン計

画等による民間の研究開発活動の刺激・誘発政策が、その分野の技術開発に呼び水の役割を果たした。また、とくにエネルギー関連の研究開発は、石油危機を背景として、エネルギーの長期的な安定供給の確保が国民生活と経済活動にとって極めて重要であるというナショナル・セキュリティの意味合いが強く、一方、エネルギーは通常の商品と異なり、高くてもおもしろいから買うといった消費者の購買意欲が生じないため、企業単独では本格的なエネルギー開発に取り組みにくいことから、通商産業省の研究開発予算はとくにエネルギー関連が多くなっている。そして、図2-10に示すとおり、通商産業省のエネルギー関連予算の上昇とともに、それに呼応するかのごとく製造業のエネルギー関連研究開発支出も急激に増大している [40], [45]。さらに、製造業のエネルギー関連研究開発に対する通商産業省のエネルギー研究開発のインパクトを計測した結果をみても、一定のラグをもって正で有意であることがわかる(表2-8)。このことは、国家プロジェクトに民間企業を巻き込むことで、企業の本格的なエネルギー開発を誘発してきたことを示している [42]。

以上のような産業の技術開発面への貢献に加えて、研究人材の育成や学会の設立等学術面においても各種の貢献を重ねてきている。

表 2 - 4 大型プロジェクト制度及び次世代産業基盤技術研究開発制度参加企業 (1988)

大型プロジェクト制度 (100)

繊維・化学・窯業土石 (21)

アシックス、オンワード樫山、カインドウェア、キムラタン、グンゼ、三陽商会、大和染工、東洋紡績、32 東レ、ゴールドウィン、日本バイリーン、レナウン、ワコール、19 旭化成工業、33 花王、日本化薬、日本ガイシ、日本石油精製、横浜ゴム、日本板硝子、東陶機器

一次金属 (鉄鋼・非鉄金属) (9)

23 神戸製鋼所、29 日本鋼管、住友金属鉱山、40 住友電気工業、太平洋金属、同和鉱業、日鉱金属、三井金属鉱業、三菱マテリアル

機械 (一般機械・電気機械・輸送機械・精密機械) (40)

46 アイシン精機、27 石川島播磨重工業、荏原、22 沖電気工業、オルガノ、カヤバ工業、41 川崎重工業、キヤノン、クボタ、栗田工業、37 クボタ、24 コマツ、13 シャープ、ジューキ、住友重機械工業、7 東芝、東洋電機製造、豊田工機、ニコン、日新電機、日東電工、日本航空電子工業、4 日本電気、日本電子、2 日立製作所、日立造船、ファナック、不二越、富士電機総合研究所、ブラザー工業、ベガサスミシン製造、松下技研、1 松下電器産業、三井造船、12 三菱重工業、11 三菱電機、明電舎、安川電機、ヤマトミシン製造、横河電機

商業・サービス・運輸 (5)

銀座山形屋、艶金興業、ディックデグレモン、西原環境衛生研究所、大阪商船三井船舶、

公共事業 (18)

アクアルネサンス技術研究組合、極限作業ロボット技術研究組合、金属工業技術団、工業開発研究所、国際ロボット・エフ・エー技術センター、資源観測解析センター、情報処理相互運用技術協会、新エネルギー総合開発機構、石油資源開発、地球科学総合研究所、素形材センター、造水促進センター、超先端加工システム技術研究組合、発電設備技術検査協会、バイオインダストリー協会、ファイナセラミックセンター、マンガン団塊系鉱システム研究所、リモートセンシング技術センター

建設 (7)

三機工業、清水建設、千代田化工建設、日揮、日本真空技術、日立プラント建設、三菱レイヨン・エンジニアリング

次世代産業基盤技術研究開発制度 (51)

食品・繊維・化学・窯業土石 (23)

味の素、東洋醸造、帝人、電気化学工業、東洋紡績、32 東レ、19 旭化成工業、33 花王、協和発酵、昭和電工、住友化学工業、17 武田薬品工業、ダイセル化学工業、日立化成工業、43 三井化学、44 三菱化学、三菱瓦斯化学、旭硝子、黒崎窯業、品川白煉瓦、日本カーボン、日本ガイシ、

一次金属 (鉄鋼・非鉄金属) (5)

23 神戸製鋼所、日立金属、40 住友電気工業、大同特殊鋼、三菱マテリアル、

機械 (一般機械・電気機械・輸送機械・精密機械) (16)

27 石川島播磨重工業、井上ジャパックス、22 沖電気工業、41 川崎重工業、三洋電機、13 シャープ、10 ソニー、東芝機械、3 トヨタ自動車、4 日本電気、2 日立製作所、5 富士通、松下技研、1 松下電器産業、12 三菱重工業、11 三菱電機

公共事業 (8)

金属・複合材料研究開発協会、高分子基盤技術研究組合、新機能素子研究開発協会、JFCC、日本産業技術振興協会、バイオテクノロジー開発研究組合、ファイナセラムックス研究組合、横浜国立大学

(注) 1. 企業名が変更されている場合は、原則として現在の名称による

2. 参加企業は、その中で合併をしており 1988 年時点より企業数が減少している

3. 企業名の横の数値は、1988 年の研究開発費上位 50 社の中の順位を示す (そのうち 24 社がプロジェクトに参加している)

4. 括弧内数値は各産業の参加企業を示す

表2-5 サンシャイン計画及びムーンライト計画参加企業 (1992年)

サンシャイン計画 (61)

化学 (15)

24 旭化成工業、29 三菱化学、三井化学、鐘淵化学工業、大同ほくさん、日本触媒、新日鉄化学、出光興産、東燃、日本石油、ジャパンエナジー、石油資源開発、住友石炭鉱業、三井石炭液化

窯業・土石 (4)

33 旭硝子、京セラ、日本特殊陶業、品川白煉瓦

鉄鋼 (7)

新日本製鉄、33 住友金属工業、26 神戸製鋼所、日本鋼管、28 川崎製鉄、日本製鋼所、日本重化学工業

非鉄金属・金属製品 (5)

住友電気工業、住友金属鉱山、日立電線、三井金属、大阪チタニウム製造

機械 (一般機械・電気機器、輸送用機器) (20)

3 日立製作所、6 東芝、35 石川島播磨重工業、12 三菱重工業、10 三菱電機、38 富士電機、32 沖電気工業、15 シャープ、17 三洋電機、荏原、三井造船、2 松下電器産業、湯浅電池、日本電池、松下電池、パブコック日立、山武ハネウエル、江東電気、1 トヨタ自動車、8 日産自動車

公共事業 (電力・ガス) (4)

電源開発、東北電力、沖縄電力、東京ガス

建設 (6)

日揮、東洋エンジニアリング、千代田化工建設、大手開発、地熱技術開発

ムーンライト計画 (54)

化学 (3)

24 旭化成工業、29 三菱化学、宇部興産

窯業・土石 (4)

33 旭硝子、京セラ、日本特殊陶業、日本ガイシ

鉄鋼 (3)

33 住友金属工業、26 神戸製鋼所、日本鋼管

非鉄金属・金属製品 (5)

住友金属工業、日立電線、フジクラ、昭和電線、古河電気工業

機械 (一般機械・電気機器、輸送用機器) (23)

3 日立製作所、6 東芝、35 石川島播磨重工業、12 三菱重工業、川崎重工業、10 三菱電機、富士電機、17 三洋電機、荏原、三井造船、クボタ、横河電機、村田製作所、前川製作所、アイシン精機、ダイキン工業、住友精密工業、日立造船、新潟鉄工所、ヤンマーディーゼル、湯浅電池、日本電池、松下電池

公共事業 (電力・ガス) (11)

北海道電力、東北電力、19 東京電力、中部電力、北陸電力、関西電力、中国電力、四国電力、九州電力、電源開発、大阪ガス

建設 (5)

日揮、東洋エンジニアリング、千代田化工建設、清水建設、大林組

(注) 1. 技術分野の括弧内数値は各産業の参加企業を示す。

2. 企業名が変更されている場合は、原則として現在の名称による。

3. 企業名の横の数値は、1992年の研究開発費上位40社の中の順位を示す(そのうち19社がプロジェクトに参加している)。

表 2 - 6 ムーンライト計画で発生した分野別特許の数

技術分野	固体電解質型燃料電池	固体高分子型燃料電池
化学・セラミックス	78 (10.9%)	5 (3.5%)
機械	436 (60.9%)	98 (69.0%)
エネルギー(電力、ガス、石油)	132 (18.4%)	5 (3.5%)
政府	21 (2.9%)	3 (2.1%)
外国	41 (5.7%)	3 (2.1%)
その他	8 (1.1%)	28 (19.7%)
計	716 (100.0%)	142 (100.0%)

表 2 - 7 産業別のエネルギー消費とエネルギーに関する研究開発費のシェアの推移

(単位：%)

	1980	1985	1990	1994
エネルギー消費				
鉄鋼	33.7	31.5	29.5	27.4
化学	24.5	25.9	27.4	30.3
電気機械				
輸送機械	2.5	3.5	4.0	4.0
その他	39.3	39.1	39.1	38.3
計	100.0	100.0	100.0	100.0
エネルギー研究開発費				
鉄鋼	10.6	11.1	6.4	4.4
化学	4.4	5.7	2.5	2.5
電気機械	29.0	30.2	30.9	34.6
輸送機械	26.6	34.4	39.4	34.2
その他	29.4	18.6	20.8	24.3
計	100.0	100.0	100.0	100.0

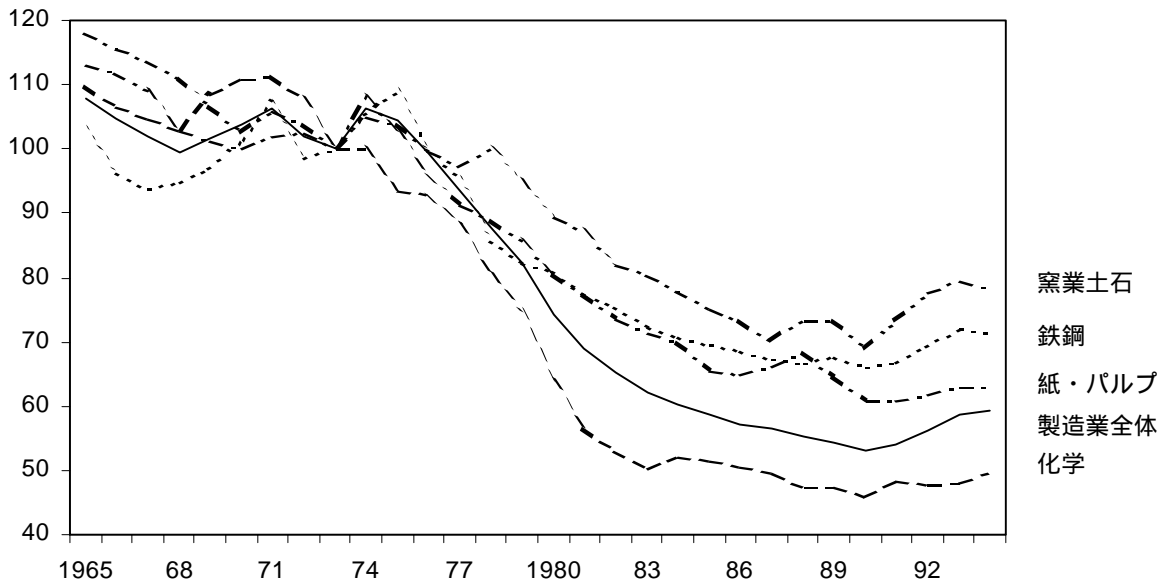


図 2 - 9 日本の製造業のエネルギー消費原単位の推移 (1965 - 1994)

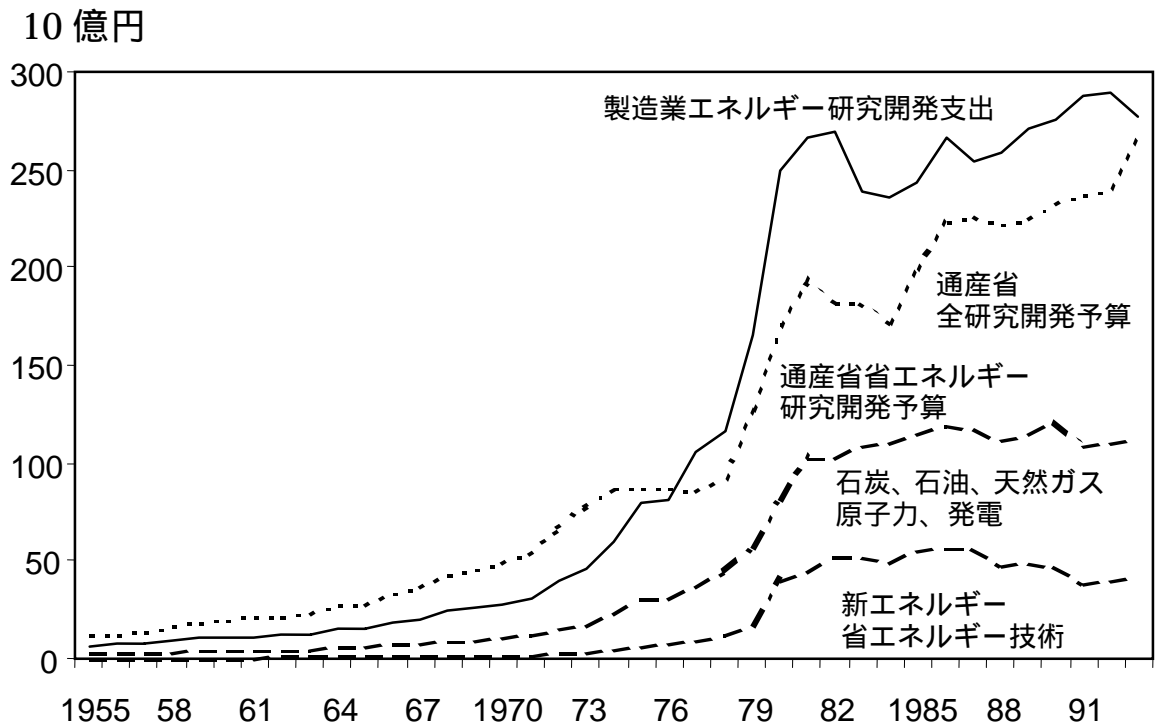


図 2 - 10 通産省及び日本の製造業のエネルギー研究開発費予算の推移 (1955-1994) - 1985年実質価格 (10億円)

**表 2 - 8 通産省エネルギー研究開発予算による
製造業エネルギー研究開発の誘発効果 (1977-1994)**

1. 省エネルギーR&D (CONSV) vs. 通産省ムーンライト計画(ML) 及び
通産省非エネルギーR&D (MITInERD)

$$\ln(\text{CONSV}) = 3.149 + 0.437 \ln(\text{LAG2}(\text{ML})) + 0.285 \ln(\text{LAG1}(\text{MITInERD})) + 0.003 \ln(\text{Pey}) + 0.411 \text{D}$$

(6.41)
(2.09)
(0.02)
(4.58) 1979 - 81=1

adj.R² 0.950
DW 1.57

Pey : 相対エネルギー価格

2. 太陽エネルギーR&D (SOLAR) vs. 通産省太陽エネルギーR&D (SS)

$$\ln(\text{SOLAR}) = 0.981 + 0.871 \ln(\text{LAG1}(\text{SS})) + 0.011 \ln(\text{Pey}) + 0.285 \text{D}$$

(13.62)
(0.05)
(2.48) 1979,80=1

adj.R² 0.936
DW 1.17

3. 石炭エネルギーR&D (COAL) vs. 通産省石炭転換 R&D (SC)及び石炭燃料 R&D (MC)

$$\ln(\text{COAL}) = -0.584 + 0.289 \ln(\text{LAG2}(\text{SC})) + 0.845 \ln(\text{LAG1}(\text{MC})) + 0.509 \ln(\text{Pey}) + 1.630 \text{D}$$

(6.91)
(3.12)
(1.10)
(5.60) 1980=1

adj.R² 0.947
DW 2.39

4. 石油・天然ガス R&D (OILGAS) vs. 通産省石油・天然ガス R&D (MOG)

$$\ln(\text{OILGAS}) = 0.998 + 0.858 \ln(\text{LAG1}(\text{MOG})) + 1.362 \ln(\text{Pey}) + 0.721 \text{D}$$

(11.11)
(6.31)
(5.36) 1979,80=1

adj.R² 0.898
DW 1.92

5. 原子力エネルギーR&D(NUCLEAR) vs. 通産省原子力 R&D (MN)

$$\ln(\text{NUCLEAR}) = 3.990 + 0.425 \ln(\text{LAG2}(\text{MN})) + 0.022 \ln(\text{Pey}) - 0.192 \text{D}$$

(8.98)
(0.17)
(-2.38) 1979,80=1

adj.R² 0.896
DW 1.93

6. 電力 R&D (ELECTRIC) vs. 通産省電力 R&D (MEP)

$$\ln(\text{ELECTRIC}) = -1.882 + 1.413 \ln(\text{LAG1}(\text{MEP})) + 0.865 \ln(\text{Pey}) + 1.431 \text{D}$$

(10.49)
(1.15)
(3.95) 1979,80=1

adj.R² 0.868
DW 2.05

このように、各種の研究開発プロジェクトを中心とする産業技術政策は、将来に向けた技術の方向性を示し、企業の競争原理を刺激しながら、広範な企業を結集することにより協調を促進し、技術のスピルオーバーを触発し、企業の積極的な研究開発活動を誘発してきたのである [7], [9],[15]。

2.2 転換期における産業技術政策の変化

(1) 通商産業省の 1990 年代ビジョン

通商産業省のビジョンと産業技術政策に基づく精巧な政策システムは、特に 1970 年代のエネルギー危機の克服や 1980 年代のエレクトロニクスを中心としたハイテク技術の開発において、極めて効果的に機能し、民間企業の活発な研究開発活動の誘発に成功した。半導体を中心とするエレクトロニクスの急速な進歩は、機器システムの高機能化・低コスト化を大幅に進行させ、情報化の進展とともに経済社会に大きなインパクトを与えた。また、基礎的科学技術分野では、バイオテクノロジーを始めとする新たな知見が蓄積された。こうした中、企業の研究開発費の売上高比率は 1980 年頃から急激に増加し、日本の先端技術は輸入技術から独自技術に着実にシフトしていった。技術貿易の輸出入比（＝輸出額／輸入額）をみても、1975 年度には 0.39 であったものが、1980 年代半ばには 0.8 前後に向上し、さらに 1993 年度以降は 1 を超えて技術輸出額を急速に伸ばしている。

また、経済的には日本の GDP は世界の GDP のおよそ 14% を占め、その経済力が世界に与える影響は、貿易、金融取引、直接投資、経済協力などの面でかつてないほどに大きくなっていった。後に「バブル景気」と称させる 1986 年を底とする景気上昇局面は、戦後最長の「いざなぎ景気」に次ぐ息の長いものとなり、景気の長期拡大を謳歌していた。

一方、国際的には、1989 年 11 月ベルリンの壁が崩壊し、第 2 次世界大戦以降続いていた東西二極の枠組の後退に直面し、国際情勢の不安定性、不透明感が強まっていた。従来、西側先進諸国を強固に結びつけていた東側からの驚異感が薄れた結果、かえって西側諸国の間で摩擦が大きくクローズアップされるようになり、また、国際的な経済交流の進化に伴って、経済摩擦自体も貿易面のみならず、投資、技術、金融さらには制度、慣行等の構造的な側面に広がっていった。貿易黒字や海外投資の急速な増大に象徴される日本の経済力に対して国際的な不安が強まり、国際社会の眼は日本に対してより厳しいものになっていた。

また、経済の急速な発展と財・サービスの消費面での高度化にもかかわらず、住宅、社会資本等の資産形成の大幅な遅れ、大都市圏を中心とした生活環境の悪化や、国際的にみても長い労働時間、さらには女性や高齢者の社会進出の困難性等、より基本的な生活面の基礎条件の充実の側面では、改善するどころか悪化するものがあり、経済的成功と個人の生活面での充実感との間のギャップが問われるようになってきた。

このような個人の価値観・勤労観等の国民意識の変化に加えて、資源エネルギー・環境

保全等の外的制約要因、保護主義・地域主義の台頭に対する懸念等、内外ともども厳しい状況変化が懸念されていた。

以上のように明暗が交錯する社会経済情勢の下、1989年9月、産業構造審議会に「90年代の通商産業政策のあり方」について諮問がなされ、延べ90回、200人以上の委員の精力的な審議の結果、1990年7月、「90年代の通産政策ビジョン」がまとめられた。本ビジョンでは「地球時代の人間的価値の創造へ」という基本理念の下に、

国際社会への貢献と自己改革の推進

ゆとりと豊かさのある生活の実現

長期的な経済発展基盤の確保

の3つの目標が掲げられ、地球環境問題や資源エネルギー問題への対応、テクノグローバリズムの志向、基礎的独創的研究開発の強化、情報化の推進等が示された [17]。

すなわち、地球環境問題、特に地球温暖化問題に関しては、持続的な経済発展を確保しつつ、人間活動と地球環境保全の両立を図るため、エネルギー政策においても最大限の対応を行うことが必要であり、さらに世界に占める日本の経済力の大きさ、エネルギー分野における役割の大きさに鑑み、世界のエネルギー供給の安定的確保、地球環境問題に関して積極的な国際貢献を行うことが必要であるとされた。とくに、経済の安定的発展と地球規模の保全の両立のために、地球環境問題の解決に資する技術面からの総合的な取り組みを、長期的かつグローバルな視点から推進することが必要であるとされ、「地球再生計画」が提唱された。

また、技術の保護主義的傾向（テクノ・ナショナリズム）が高まりつつある中で、世界大で基礎的分野を含んだ、科学技術の創造と流通・移転に積極的に取り組み、世界的な共存共栄を目指すテクノグローバリズムを志向することの重要性が強調された [17]。

さらに、これまで日本においては、欧米との技術格差を埋めることを目指した、いわゆるキャッチアップ型の研究開発が主流であったことから、応用・開発研究において高いポテンシャルを有しているが、基礎的独創的分野においては立ち遅れがみられるというアンバランスな状態が生じていた。しかし、近年の傾向として、科学的発見・発明と技術的応用のタイムラグが急速に短縮し（接近現象）、科学的発見が新たな技術開発を触発し、それに伴う技術開発の進展が、新たな科学技術的研究を可能とする状況（共鳴現象）が顕著になっていることから、基礎的独創的研究開発への取り組みを一段と強化することが必要であるとされた [37]。基礎的独創的研究開発は、創出される研究開発成果が、技術革新の起爆剤あるいは共通基盤として広範な分野で利用されるべき性格を持ち、全人類に益する貴重な資産を創出し、それ故に国際共同研究機関としても積極的に取り組んでいくことが必要であるとされた。

以上の 1990 年代ビジョンの作成作業の一貫として、1990 年 2 月に産業技術審議会 90 年代技術政策小委員会において「90 年代の産業科学技術ビジョン」がまとめられた [21]。この中で 90 年代に産業科学技術を展開していくに当たっての指針として、次の 4 点が挙げられている。

地球的視野からのテクノグローバリズムの推進

(科学技術の創造と流通・移転の世界的活性化)

科学と技術のバランスの取れた研究開発の推進

(基礎的独創的研究開発の推進)

快適で豊かな国民生活を実現するための研究開発の推進

(人と自然に優しい研究開発の推進、活力ある地域社会を実現するための研究開発の推進)

科学技術の発展のための基盤整備

1960 年代から 80 年代にかけて、通商産業省は企業の技術開発を刺激し、民間活力を誘発する精巧な産業政策システムを構築した。しかしそれは、必ずしも国際的に貢献できる科学的発明や発見の蓄積ではなく、緊急的に開発すべきものや商品化のための応用技術を指向していた。1990 年代に入り、日本経済は内外の環境変化・構造変化のもとで、大きな転換期を迎えている [5]。

90 年代ビジョンが作られた翌年の 1991 年、バブル経済は崩壊し、代わって日本経済は未曾有の不況に喘ぐこととなった。それまでの右肩上がりの経済成長は終焉を迎え、極めて低成長の時代に突入した。「量的拡大」が期待できず、市場の成熟化が指摘されるようになった。さらに、90 年代前半の急激な円高、アジア諸国の工業化の進展、欧米企業の「復活」等、我が国産業を巡る国際的競争環境は一段と厳しさを増していった。

また、経済のソフト化・サービス化が進展し、国民の価値観が高度化・多様化するとともに、技術的にも欧米へのキャッチアップを達成し、フロンティア開拓を余儀なくされるようになり、目標の設定が一層不確かかつ複雑になった。こうした中、急激に増加してきた企業の研究開発費も、1992 年度に 1.9%減、1993 年度には 5.3%減と落ち込み、技術革新の停滞が叫ばれるようになった [41]。

(2) 産業技術政策の新たな試み - ナショナル研究開発制度の統合

このような大きな転換期に対応して、通商産業省は、これまで創設した研究開発制度の戦略の転換を決意し、国際的に貢献できる基礎的独創的研究開発やエネルギー・環境技術の研究開発を推進し、最先端の技術開発の取組みを促進する新しい政策システムを開発した。それは、新しい環境に対応するために、1993年、これまで存在していた6つのナショナル研究開発制度を次の2つの包括的な制度に統合することであった(図2-11) [13]。

1) 産業科学技術研究開発制度 [10]

この制度は大型工業技術研究開発制度(大型プロジェクト制度)、次世代産業基盤技術研究開発制度及び医療福祉機器技術研究開発制度を再構築したものであり、次の2領域を対象とする。

対象領域

基礎的独創的領域

新たな技術体系の構築又は技術的ブレークスルーの実現により、新規産業の創造その他の経済・社会の新たな発展に資する基礎的独創的な研究開発

公共・社会・福祉領域

国民生活の向上、資源の安定供給の確保、科学技術の振興に必要な基盤の整備等の社会的使命に応える上で必要な研究開発

2) ニューサンシャイン計画 [11], [12]

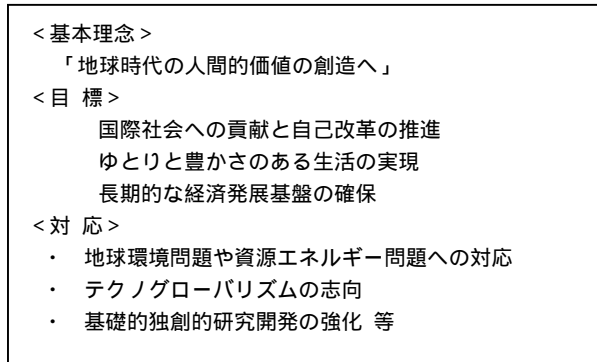
地球環境問題とエネルギー消費の両立を図るため、サンシャイン計画(1974年)、ムーンライト計画(1978年)及び地球環境技術開発を統合し、持続的な経済発展を確保しつつ世界的エネルギー制約、環境制約を克服する研究開発を総合的かつ計画的に推進する。

表2-9は、産業科学技術研究開発制度及びニューサンシャイン計画への統合のプロセスを総括したものである。

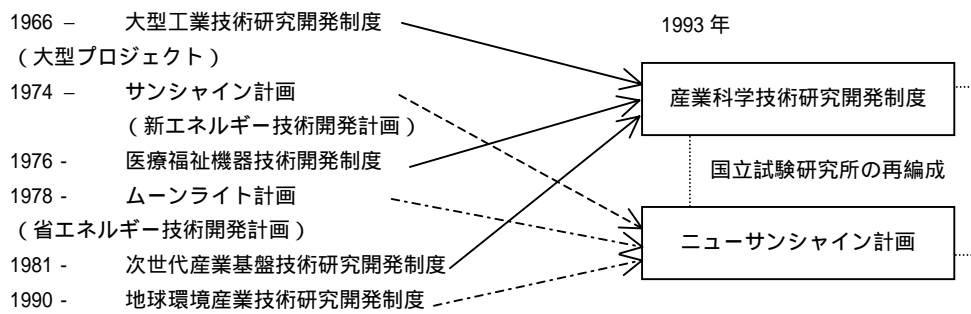
すなわち、産業科学技術研究開発制度は1966年の大型プロジェクト来の非エネルギー関係の6産業技術分野及び医療福祉分野(1992年度までの研究開発予算総額3910億円。同年度までの終了プロジェクト66)の実績をベースに、図2-12に示す方向への統合を図るものである。

同様に、ニューサンシャイン計画は、1974年のサイシャイン計画来の、新エネルギー、省エネルギー及び地球環境技術(1992年度までの研究開発予算総額6000億円)の実績をベースに、図2-13に示す方向への統合を図るものである。

1990年代ビジョン



ナショナル研究開発制度



民間技術の振興策

- | | |
|---|--|
| <p>1951 -</p> <p>1967 -</p> <p>1980 -</p> <p>1981 -</p> <p>1985 -</p> <p>1988 -</p> <p>1993 -</p> | <p>新技術企業化融資 ...日本開発銀行</p> <p>増加試験研究費税額控除制度</p> <p>石油代替エネルギー関係技術実用化開発費補助金</p> <p>新発電技術実用化開発費補助金</p> <p>基盤技術研究開発促進融資・税制度...基盤技術研究開発促進センター</p> <p>国際共同研究助成制度</p> <p>エネルギー使用合理化関係実用化開発費補助金</p> |
|---|--|

図 2-11 1990年代ビジョンとナショナル研究開発制度の統合

表 2 - 9 産業科学技術研究開発制度及びニューサンシャイン計画の
統合プロセス

産業科学技術研究開発制度（ISTFP）

	通産省 R/D 予算 (92 年度までの 累積)	92 年度までに終了したブ ロジェクト数				重要研究課題 a) (新プライオリティ)		挑戦分野
		大プロ	次世代	医・福	計	A	B ^{b)}	
新材料	530		7		7	9	1)基礎的・創造的 R/D 及び公共・ 社会・福祉目的 R/D)先導研究
バイオ・化学	520	4	3		7	4	2	
電子・情報・通信	890	5	3		8	6	5	
機械・航空・宇宙	1070	6			6	9	3	
人間・生活・社会	280	3			3	1	6	
資源	500	4			4	2	2	
医療・福祉	120			31	31	2	3	
計	3910 億円	22	13	31	66	33	22	

a) 数値は候補課題の数を示す。

b) A: 新たな技術体系の構築・育成または技術的ブレークスルーにより、経済・社会の新たな発展に資する基礎的独創的な研究開発課題

B: 国民生活向上、資本の安定供給の確保、科学技術の振興に必要な基盤整備等の社会的使命に応える上で必要な研究開発課題

ニューサンシャイン計画

	通産省 R/D 予算 (92 年度までの累積)	重要研究課題 a) (総合評価)	重要研究課題 a) (総合評価)				挑戦分野	
			A	B	C	D ^{b)}		
新エネルギー	4400	再生可能エネルギー	8	4	8	4) 地球再生計画目 標達成への貢献	
省エネルギー	1400	化石燃料高度利用	6	8	3			
環境対策	200	エネルギー輸送・貯蔵技術	5	6	2) 技術開発の加速 的推進による供 給ポテンシャル の増大	
		環境対策技術	8	15	7	4		
		システム化技術		6	1	2		
計	6000 億円	基礎・基盤的技術		3				
			100	27	42	21	10	

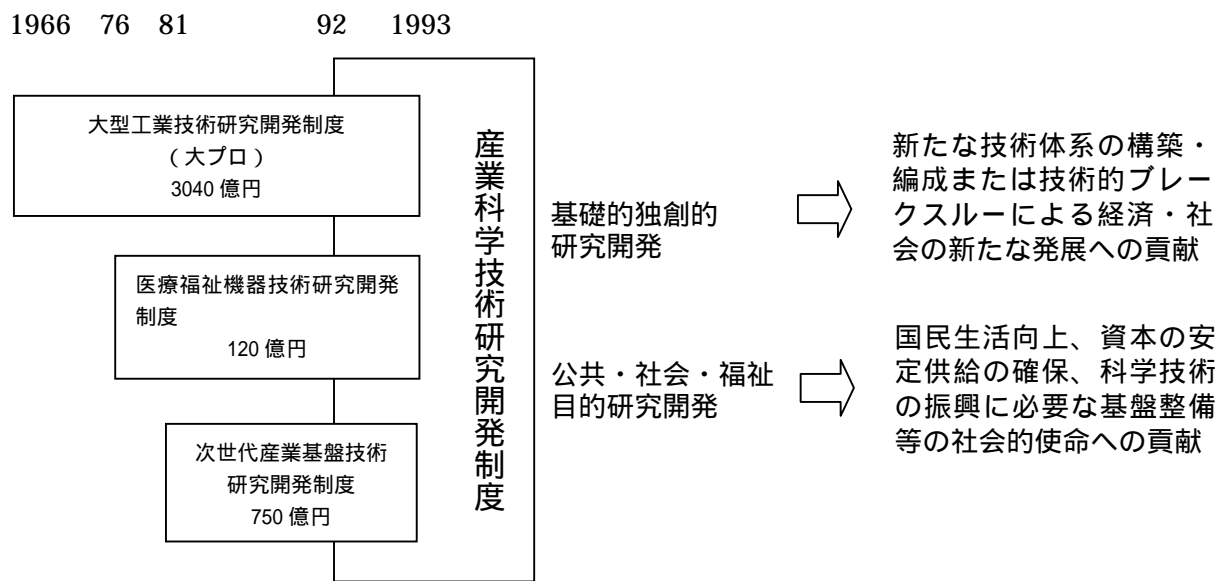
a) 数値は候補課題の数を示す。

b) A: 日本及び先進国の短・中期的研究課題

B: 日本及び先進国の中・長期的研究課題

C: 発展途上国の短・中期的研究課題

D: 発展途上国の中・長期的研究課題



予算合計

3910 億円
(36 億ドル)

a. 予算額は 1992 年度までの通産省の予算額の累計を示す。

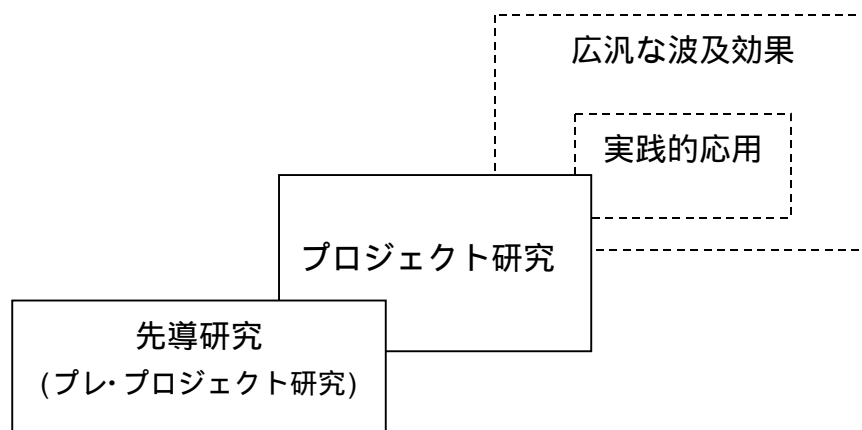
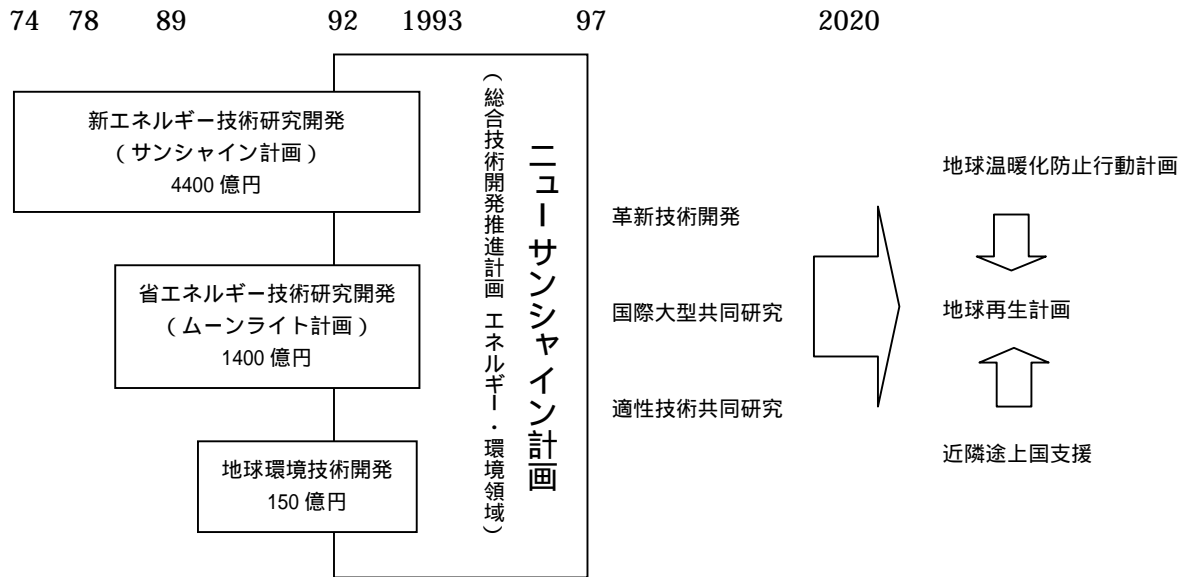


図 2-12 産業科学技術研究開発制度の基本コンセプト

ニューサンシャインの体系



予算合計

6000 億円
(55 億ドル)

1 兆 5500 億円
(140 億ドル)

a. 予算額は通産省の予算額の累計を示す。

地球再生計画への貢献のイメージ

CO₂ 排出総量

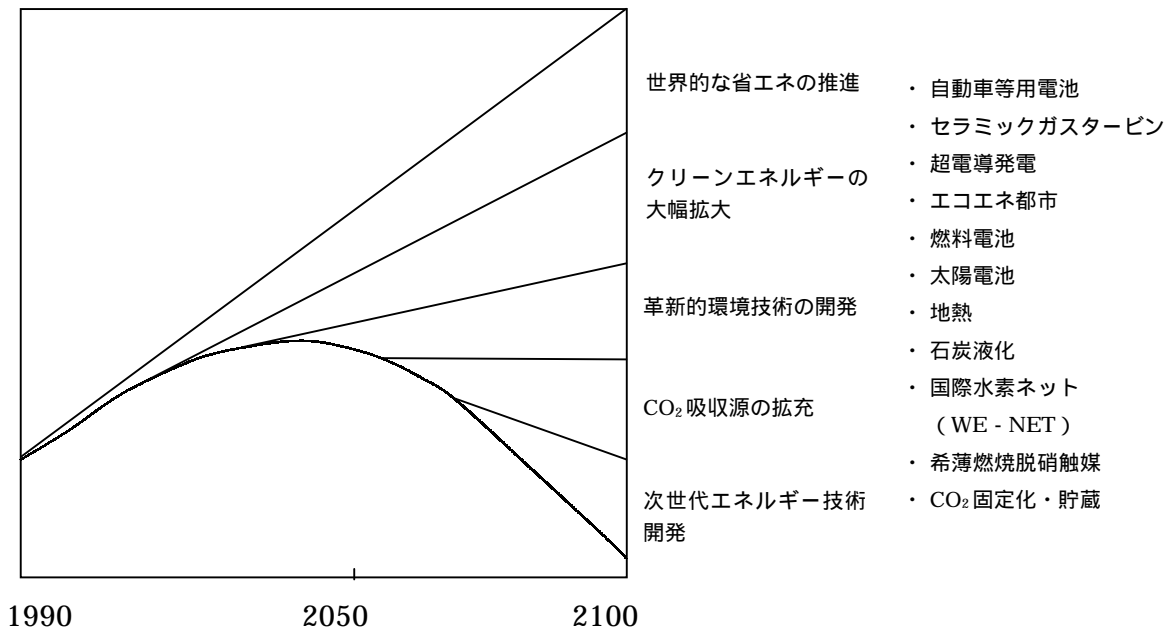


図 2 - 13 ニューサンシャイン計画の基本フレーム

さらに、1995年から産業科学技術研究開発制度の中に、将来的にはプロジェクト化の可能性は否定できないものの、以下の事由から直ちにプロジェクト化することが困難なものについて予備的な調査・研究を実施する「先導調査研究」が新設された。

技術的内容が未詳であり、追加的な探求が必要なもの

内容が広範で開発対象を絞り込む必要があるもの

目的を達成するため調査及び所要の調整を行う必要があるもの

研究開発実施体制について調査する必要があるもの

国際的な連携に関し、事前の精査が必要なもの

この先導調査研究により、基礎シフトへの対応、柔軟で効率的な研究開発の推進、プロジェクト化前段階での事前周知を実現しようとした。

「産業科学技術研究開発制度」は、1998年から表2-10に以下に示す「産業技術応用研究開発プロジェクト」と「大学連携型産業科学技術研究開発プロジェクト」を加え、「産業技術基盤研究開発プロジェクト」(従来の産業科学技術研究開発制度)と併せた3プロジェクトの類型をもって「新規産業創出型産業科学技術研究開発制度」に改変された³。

³ さらに2000年からは、新しい産業を産み出す21世紀型のフロンティア市場を創造するため、「ミレニアムプロジェクト」として、「官民共同研究開発プロジェクト」が開始され、これを加えた4プロジェクト類型をもって、「新規産業創出型産業科学技術研究開発制度」とされた(詳細は3章参照)。

表 2 - 10 新規産業創出型産業科学技術研究開発制度の体系

産業技術基盤研究開発プロジェクト

新規産業の創出を加速すべく、従来の産業科学技術研究開発制度で実施している基礎・基盤的な研究開発につき、新規・成長産業 15 分野に関する研究開発に対象テーマを重点化し、推進する。

(対象テーマ)

「経済構造の変革と創造のための行動計画」に掲げる 15 分野の新規産業創出に寄与する技術開発であって、基礎・基盤的な研究開発テーマ

産業技術応用研究開発プロジェクト

新規産業の創出を加速すべく、新規産業創出効果が高いものの、技術開発リスクが高く、民間だけでは取り組みが困難である応用研究段階の技術開発を推進する。

(対象テーマ)

「経済構造の変革と創造のための行動計画」に掲げる 15 分野の新規産業創出に寄与する技術開発であって、応用段階の技術開発テーマ

- ・ ナノメーター制御光ディスクシステム (1998 ~ 2002)
- ・ 人間協調・共存型ロボットシステム技術 (1998 ~ 2002)

大学連携型産業科学技術研究開発プロジェクト

新規産業の創出を加速すべく、大学に存在する産業化の芽となる知見等を発掘し、産業化につなげていくため、大学を軸とした民間企業との連携による研究開発を文部省と連携し、支援する。

(対象テーマ)

「経済構造の変革と創造のための行動計画」に掲げる 15 分野の新規産業創出に寄与する技術開発であって、大学に知見のある新規理論・技術であり、民間との連携により産業化の芽となる研究開発テーマ

- ・ 高機能材料設計プラットフォーム (1998 ~ 2001)
- ・ 微粒子利用型生体結合物質等創製技術 (1998 ~ 2002)
- ・ Cat-CVD 法による半導体デバイス製造プロセス (1998 ~ 2000)
- ・ 知的材料・構造システム (1998 ~ 2002)

参考文献

- [1] 石尾彰: 「大型プロジェクト(大型工業技術)の研究開発について」『工業技術』第7巻第5号, pp.38-43, 1966.
- [2] 医療福祉機器研究所: 『医療福祉機器研究所10年の歩み』医療福祉機器研究所, 1986.
- [3] 大型工業技術研究開発制度20周年記念事業推進団体連合会編: 『大型プロジェクト20年の歩み』(財)通商産業調査会, 1987.
- [4] 木下亨: 「新しいクリーン・エネルギー技術の研究開発のねらいと進め方」『工業技術』第15巻第1号, pp.19-49, 1974.
- [5] 経済企画庁: 『経済白書』各年, 1965-1998.
- [6] 後藤晃, 若杉隆平: 「技術政策」『日本の産業政策』東京大学出版会, pp.159-180, 1984.
- [7] 後藤晃: 『日本の技術革新と産業組織』東京大学出版会, 1993.
- [8] 小宮隆太郎, 奥野正寛, 鈴村興太郎編: 『日本の産業政策』東京大学出版会, 1984.
- [9] 小宮隆太郎, 横堀恵一: 「1980年代の日本の産業政策」通商産業研究所 Discussion Paper #90-DOJ-15, (1990).
- [10] 産業技術審議会大型技術開発部会・次世代技術開発部会合同企画小委員会: 『産業科学技術分野において今後研究開発が期待される課題』通商産業省工業技術院, 1992.
- [11] 産業技術審議会新エネルギー技術開発部会・省エネルギー技術開発部会・地球環境技術部会合同企画委員会: 『ニューサンシャイン計画の総合的展開』通商産業省工業技術院, 1992.
- [12] 産業技術審議会新エネルギー技術開発部会・省エネルギー技術開発部会・地球環境技術部会合同企画委員会: 『持続的発展を可能とするエネルギー・環境技術への挑戦』通商産業省工業技術院, 1992.
- [13] 産業技術審議会総合部会企画委員会: 『テクノグローバリズムの推進とCOEの多面的醸成』通商産業省工業技術院, 1992.
- [14] サンシャイン計画10周年記念事業工業技術院実行委員会編: 『サンシャイン計画10年の歩み』サンシャイン計画10周年記念事業推進懇話会, 1984.
- [15] (財)政策科学研究所: 「我が国の科学技術政策に関する諸外国のレポートについての分析調査」, 1991.
- [16] 通産政策広報社: 『1980年代の経済社会変化への法制的対応に係る調査研究』産業研究所, 1981.
- [17] 通商産業省編: 『90年代の通産政策ビジョン: 地球時代の人間的価値の創造へ』(財)通商産業調査会, 1990.

- [18] 通商産業省工業技術院: 「次世代産業基盤技術開発制度の概要」『工業技術』 第23巻第8号, pp.30-47, 1982.
- [19] 通商産業省工業技術院: 『次世代産業を支える技術開発』日刊工業新聞社, 1983.
- [20] 通商産業省工業技術院: 『我が国における技術導入の役割と評価』通商産業省, 1985.
- [21] 通商産業省工業技術院編: 『90年代の産業科学技術ビジョン: 豊かで住み良い地球への知的挑戦』(財)通商産業調査会, 1990.
- [22] 通商産業省工業技術院: 『次世代産業技術への挑戦』ケイブン出版, 1992.
- [23] 通商産業省工業技術院: 『世界に翔く次世代プロジェクト』ケイブン出版, 1992.
- [24] 通商産業省工業技術院ムーンライト計画推進室, ムーンライト計画10周年記念事業推進委員会監修: 『ムーンライト計画10年の歩み』(財)日本産業技術振興協会, 1989.
- [25] 吉海正憲: 『日本の産業技術政策』東洋経済新報社オーム社, 1985.
- [26] 若林光次: 『通商産業省主導の研究開発制度におけるビジョンの役割に関する実証的分析』東京工業大学博士論文, 1999.
- [27] 渡辺千仞, 宮崎久美子, 勝本雅和: 『技術経済論』日科技連, 1998.
- [28] Callon, Scott: *Divided Sun - MITI and the Breakdown of Japanese High-Tech Industrial Policy, 1975-1993*, Stanford University Press, 1995.
- [29] Fransman, Martin: *The market and beyond*, Cambridge University Press, 1990.
- [30] Hodbay, Mike: "semiconductors: Creative Destruction or US Industrial Decline?," *FUTURES*, July/August, pp.571-585, 1990.
- [31] Irvine, J.: *Evaluating Applied Research: Lessons from Japan*, Pinter Publishers, London, 1988.
- [32] Mowery, D. C. and N. Rosenberg: *Technology and Pursuit of Economic Growth*, Cambridge University Press, pp.219-237, 1989.
- [33] National Research Council: *R&D Consortia and US-Japan Collaboration*, Washington, 1990.
- [34] Okimoto, Daniel I.: *Between MITI and the Market*, The Board of Trustees of the Leland Stanford Junior University, 1989 (邦訳: 渡辺敏訳『通産省とハイテク産業: 日本の競争力を生むメカニズム』サイマル出版会, 1991).
- [35] Sigurdson, J. and A. M. Anderson: *Science and Technology in Japan*, Longman Publish Service, London, 1991.
- [36] Tanaka, Y. and R. Hirasawa: "Features of Policy-making Processes in Japan's Council for Science and Technology," *Research Policy* 25, No.4, pp.999-1011.
- [37] Watanabe, C. and Y. Honda: "Japanese Industrial Science and Technology

- Policy in the 1990s: MITI's Role at a Turning Point," *Japan and the World Economy* 4, No. 1, pp.47-67, 1992.
- [38] Watanabe, C.: "Trends in the Substitution of Production Factors to Technology: Empirical Analysis of the Inducing Impact of the Energy Crisis on Japanese Industrial Technology," *Research Policy* 21, No. 6, pp.481-505, 1992.
- [39] Watanabe, C.: "Japanese Industrial Science & Technology Policy at a Turning Point – MITI's Role and Its New Initiative", Paper presented to International Conference on Understanding Government R&D Investment Decisions (Washington,1994).
- [40] Watanabe, C.: "Mitigating Global Warming by Substituting Technology for Energy: MITI's Efforts and New Approach," *Energy Policy* 23 No. 4/5, pp.447-461, 1995.
- [41] Watanabe, C., "The Feedback Loop between Technology and Economic Development: An Examination of Japanese Industry," *Technological Forecasting and Social Change* 49, No. 2, pp.127-145, 1995.

3. 通商産業省における研究開発施策の系譜と主要施策のアウトライン

- ナショプロ及びNEDOを中心に

3.1 研究開発施策の変遷

通商産業省における研究開発施策は、昭和41年(1966)に発足した大型工業技術研究開発制度(大型プロジェクト:大プロ)以降、現在までに様々な施策が講じられている。主な施策としては、図3-1に示すように、「大型工業技術研究開発制度」(大プロ制度)、「医療福祉機器技術研究開発制度」及び「次世代産業基盤技術研究開発制度」(次世代制度)の「産業科学技術研究開発制度」(産技制度)に通じる非エネルギー分野の産業技術(狭義の「産業技術」)の開発に焦点をおいた研究開発施策と、サンシャイン計画、ムーンライト計画及び地球環境の「ニューサンシャイン計画」に通じるのエネルギー・地球環境分野の技術開発に関する研究開発施策の2系列の流れがある。

産業技術の開発に焦点をおいた研究開発施策としては、昭和41年(1966)に、国民経済上緊要な先導かつ大型の技術開発を目的に、システム及びプラント技術を指向した「大型工業技術研究開発制度」が発足したのがスタートとなっている。昭和51年(1976)には、最先端の産業技術を駆使した医療福祉機器の開発を目的に、比較的小規模のものを対象とした「医療福祉機器技術研究開発制度」が発足している。また、昭和56年(1981)には、革新性の強い基盤技術であって次世代産業の確立に不可欠な技術の開発を目的に、材料および要素技術を指向した「次世代産業基盤技術研究開発制度」が立ち上がっている。平成5年(1993)には、科学と技術の接近共鳴等、産業科学技術の進展に伴い大プロ制度、次世代制度を一体的に運営することが必要になるとともに、医療福祉機器技術の分野においても基礎研究もしくは幅広い分野の先端技術の活用が必要になってきたことから、「大型工業技術研究開発制度」、「医療福祉機器技術研究開発制度」、「次世代産業基盤技術研究開発制度」の3制度を統合し、「産業科学技術研究開発制度」がスタートしている。さらに、平成10年(1998)からは、「産業技術応用研究開発プロジェクト」と「大学連携型産業科学技術研究開発プロジェクト」を開始し、「産業科学技術研究開発制度」における「産業技術基盤研究開発プロジェクト」と併せた3プロジェクト類型をもって、「新規産業創出型産業科学技術研究開発制度」を実施している。平成12年(2000)からは、新しい産業を生み出す21世紀型のフロンティア市場を創造するため、「ミレニアムプロジェクト」として、「官民共同研究開発プロジェクト」を開始し、4プロジェクト類型をもって、「新規産業創出型産業科学技術研究開発制度」としている。

一方、エネルギー・地球環境関連の技術開発に関する研究開発施策としては、第1次石油危機後の昭和49年(1974)に、エネルギー問題の解決とエネルギー多消費社会の中で深刻化した環境問題の解決を図るために「サンシャイン計画」(新エネルギー技術研究開発)

がスタートしたのがその始まりといえる。昭和53年(1978)には、第1次石油危機以降のエネルギー問題が国民経済上の喫緊の課題とされる中で、省エネルギー技術開発を通じてその解決に寄与することを目的に、「ムーンライト計画」(省エネルギー技術研究開発)を発足させている。また、平成5年(1993)には、「サンシャイン計画」、「ムーンライト計画」と平成元年(1989)にスタートしている「地球環境技術開発」¹⁾の3制度を統合し、「ニューサンシャイン計画」(エネルギー・環境領域総合技術開発推進計画)を発足させている。ニューサンシャイン計画においては、エネルギー・セキュリティの確保、地球環境問題への対応を図りつつ、国民経済の健全な発展を図る観点から、エネルギー・環境領域の技術開発を、長期的観点から総合的かつ計画的に推進することを基本とした研究開発を推進している。

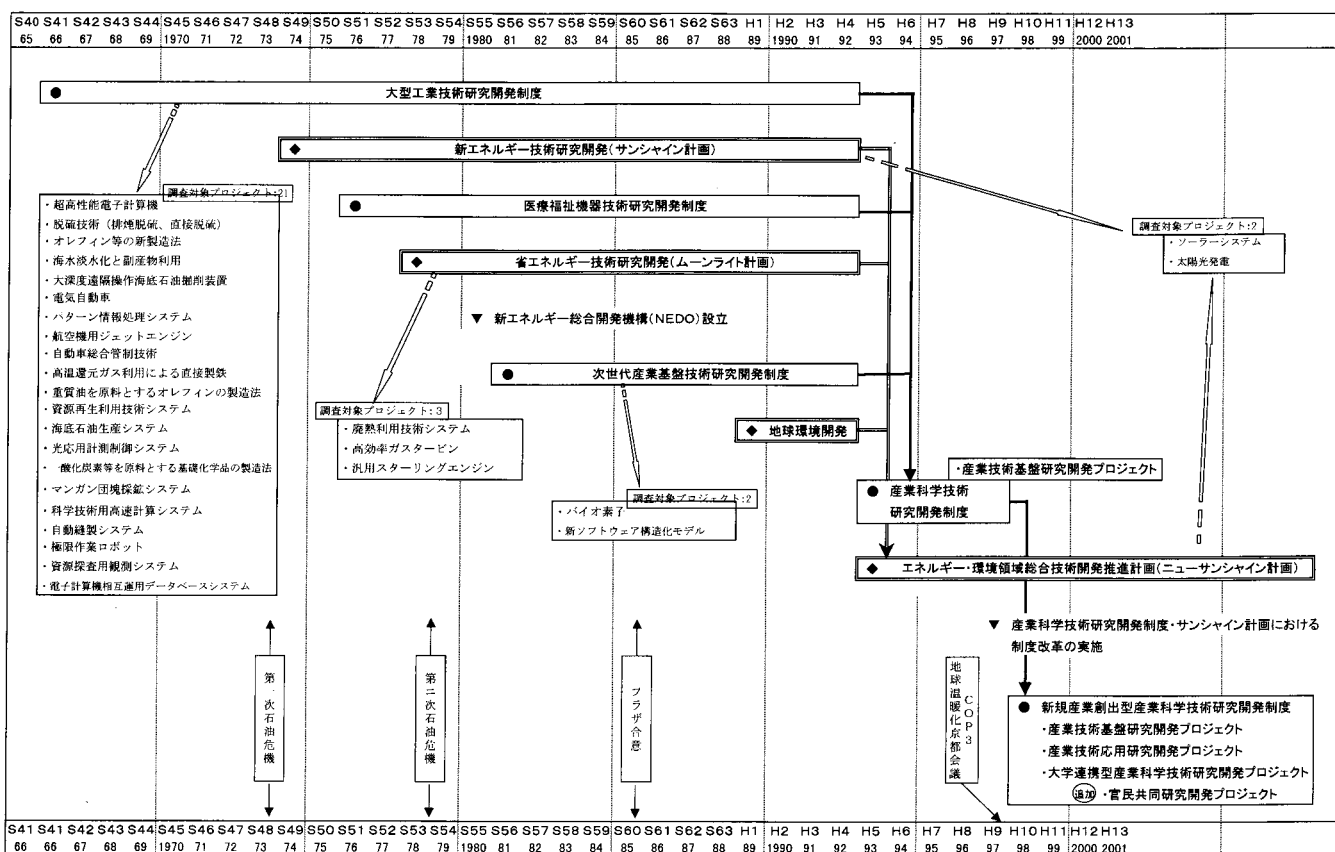


図3-1 ナショプロ研究開発制度の発展と調査対象28プロジェクトの位置付け

1) 「地球環境産業技術研究開発制度」としてのスタートは、1990年。

3.2 産業技術の開発に焦点をおいた研究開発の主要施策

(1) 産業技術の開発に焦点をおいた研究開発費予算

非エネルギー分野の産業技術の開発に関するナショナル研究開発制度研究開発費予算の推移は図3-2の通りである。大プロ制度の研究開発予算は、次世代制度が発足した昭和56年(1981)以降は150億円/年レベルで頭打ちとなっている。一方、次世代の研究開発予算は、発足以降平成5年(1993)に産技制度に統合されるまで漸増傾向であり、平成4年度(1992)は80億円を超えるレベルまでになっている。また、産技の研究開発予算は、発足後の3年間は250億円/年程度であったが、最近では300億円/年まで増加している。

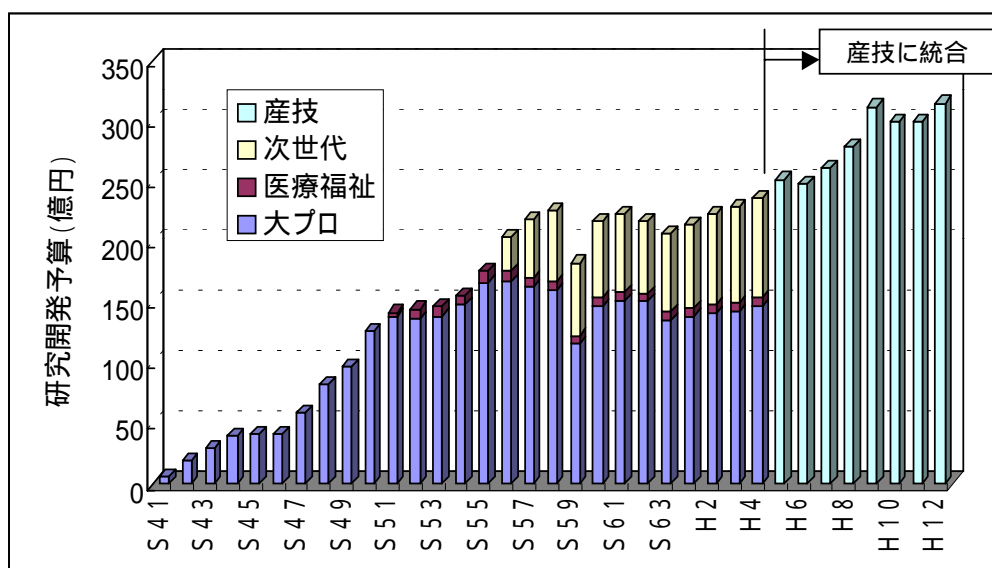


図3-2 産業技術の開発に関するナショナル研究開発制度研究開発費予算の推移

(2) 大型工業技術研究開発制度(大プロ制度)における主要施策

大プロ制度は、国民経済上重要かつ緊急に必要な先導的大型工業技術であって、その研究開発に多額の資金と長期間を要し、かつ、多大の危険負担を伴うために、民間の自主的な研究開発によっては遂行しえないものについて、国が所要資金を負担し、国立試験研究機関、産業界、学会等との密接な協力のもとに、計画的かつ効率的に研究開発をしようす

るものである。

本制度発足の背景には、

経済成長を維持するためには技術強化が必要であること

開放経済体制を迎えつつある状況で国際競争力を維持するためにも、従来からの外国技術依存から脱却し、わが国独自の技術開発を推進する必要があること

国際収支の慢性的赤字体質からの脱却のためにも、最先端技術により産業構造の高度化・輸出構造の高度化を図り、今後伸びると予想される石油化学製品、産業機械、電子機器、乗用車、航空機等の分野の比重を高くすること

技術開発を有効にかつ適切に推進するために、戦略的な技術分野を選定し、多額の技術開発予算の投入を図りうるよう、技術開発を計画的に進める必要があること

等があった。

このため、研究開発テーマの選定基準として、次の5点を挙げている。

産業構造高度化、国際競争力強化、天然資源の合理的開発、産業公害防止などの分野で重要且つ緊急に必要

先導的・波及的性格、産業技術向上に寄与する

規模が大きく、長期・高リスクで産業界のみでは実施できない

開発目標が設定可能で、かつ達成見通しがある

国、産業界、学会等の研究開発能力を結集することが必要

さらに、十分な技術開発管理を行うために、研究開発体制及びその運営についても具体的に明示しており、通商産業省工業技術院が中心となり、産業界、学会、及び傘下あるいは関係省庁所属の試験研究所の研究開発能力を結集する体制のもとに進めるとしている。すなわち、通商産業大臣の諮問機関である産業技術審議会の中に設けられた大型技術開発部会で、プロジェクトの選定・研究開発計画および評価等について検討・審議を行い、具体的なプロジェクト推進は、関係学識経験者と担当研究開発官よりなる研究開発連絡会議をプロジェクト毎に設置して、総合的に行うとしている。また、研究開発推進の行政庁内組織としては、工業技術院に、プロジェクト毎の担当研究開発官及びプロジェクト間の総合調整を行う総括研究開発官を設置すると共に、大型工業研究開発担当の技術審議官がプロジェクトの運営全般を統括している。

(3) 次世代産業基盤技術研究開発制度における主要施策

次世代産業基盤技術研究開発制度は、技術立国の実現を図るために、従来から実施してきた大プロ制度、サンシャイン計画、ムーンライト計画等の特定分野を対象とした研究開発、応用面を中心とした技術開発以外に、技術の本質的な発展のために広範な分野に波及

効果をもつ基盤技術の推進が必要であることから、航空・宇宙、情報、バイオインダストリー等の次世代産業の確立及び広範な既存産業の高度化に必要不可欠である、革新的な基盤技術の開発を目的に設立されている。

次世代産業の確立に必要な基盤技術として、

- 1) 革新性が極めて高く、かつ、その波及効果も大きく、広範囲に及ぶ基盤技術であること
- 2) 研究開発に概ね 10 年間の長期間を要し、また、研究開発資金も多額であり、研究開発リスクが高い技術であること、
- 3) 将来産業において応用されることがある程度明らかな技術であること

等を考慮して、研究開発プロジェクトのテーマ選択をするとしている。発足当時の対象分野は、

新材料

バイオテクノロジー

新機能素子

の 3 分野であったが、その後

超伝導

ソフトウェア

が追加され、合計 5 分野となっている。

研究開発体制については、産官学の協力により進めることとし、具体的組織として研究開発実施者の参加の下に、以下の体制をとることとした。

- イ．通商産業省が本制度を各般の産業政策と連携させて推進していくための調整の場である次世代産業技術企画官室
 - ロ．概ね 10 年間の研究開発のバックボーンとなる研究開発基本計画等の審議を行う産業技術審議会
 - ハ．国立試験研究所と民間委託とで進められる研究開発の調整と研究実施レベルでの議論を行う推進委員会
- ニ．研究開発を長期にわたり指導し、その方向づけをしていく研究開発コーディネーター
- ホ．研究開発の段階毎の評価を行う評価委員会

次世代産業基盤技術研究開発制度において特徴的なことは、制度創設 3～4 年目において、昭和 56 年（1981）からスタートした 12 テーマについての第 1 期中間評価を実施したことである。即ち、産業技術審議会や推進委員会において定められた基本計画及び中間目標、最終目標に照らし、それまでの研究開発成果の評価、内外の研究開発状況に照らし、それまでの研究開発の内容、期間、体制等を評価、第 2 期の研究開発の方向を評価している。

また、創設 7 年目において、これまでの制度の運営とその成果を評価・反省し、新たな環境に適合した制度のあり方及び今後の研究開発テーマの考え方や具体的な運用のあり方等についての検討を行っている。この検討結果を踏まえ、新規テーマの採択、研究体制として集中研究方式の採用、大学との連携強化、国際シンポジウムの実施、外国企業の参加、柔軟性ある研究管理の実施等を行っている。

(4) 産業科学技術研究開発制度の主要施策

産業科学技術研究開発制度は、平成 5 年（1993）に、それまで実施されていた大型工業技術研究開発制度、医療福祉機器技術研究開発制度、次世代産業基盤技術研究開発制度の 3 制度が統合されて発足した研究開発制度である。

本制度は、広く内外の産業界、学界と密接な協力体制を組みつつ、産業科学技術の研究開発を計画的かつ効率的にすることを通じ、我が国ひいては国際経済・社会の持続的発展の確保及び福祉の向上等の諸課題の克服に資する制度である。

本制度における研究開発対象は、多額の資金及び長期の研究期間を必要とし、多大な危険負担を伴う等のために、その実施が産業界のみでは困難であり、産業界、学界、国等の研究開発能力を結集することが必要とするものとしており、具体的に以下のような分野としている。

新たな技術体系の構築・育成または技術的ブレークスルーにより、経済・社会の新たな発展に資する基礎的独創的な研究開発

国民生活の向上、資源の安定供給の確保、科学技術の振興に必要な基礎の整備等の社会的使命に答える上で必要な研究開発

としている。さらに、技術的熟度等の問題から、直ちにプロジェクト化することが困難なテーマについて、プロジェクト化の可否の検討を含め予備的・基礎的な調査、研究等を行う「先導研究制度」を導入している。

研究体制は、プロジェクトを統括、管理する分野別研究開発官のもとに国立研究所と新エネルギー・産業技術総合機構（NEDO）が位置し、実際の研究開発は NEDO から委託される民間企業と国立研究機関とが対応する。

(5) 新規産業創造型産業科学技術研究開発制度

平成 10 年(1998)年に、新規産業の創出に資する研究開発や社会的使命に応える上で必要な研究開発を、産学官連携の下に推進し、技術的ブレークスルーを実現すること等により、産業フロンティアの拡大、産業技術開発力の強化等を目的として、「新規産業創造型産業科学技術研究開発制度」が発足している。

本制度は、従来の「産業科学技術研究開発制度」における「産業技術基盤研究開発プロジェクト」に、新たに「産業技術応用研究開発プロジェクト」と「大学連携型産業科学技術研究開発プロジェクト」を加えた 3 プロジェクト類型をもって、「新規産業創造型産業科学技術研究開発制度」として実施しており、

1) 研究開発期間は原則 5 年以内

2) 通商産業省技術評価指針に基づき、事前、中間、事後の外部評価を実施するとしている。

平成 12 年(2000)からは、新しい産業を生み出す 21 世紀型のフロンティア市場を創造するために、「ミレニアム・プロジェクト」として、「官民共同研究開発プロジェクト」を開始し、4 プロジェクト類型をもって、「新規産業創造型産業科学技術研究開発制度」を実施している。4 プロジェクトの概要は以下の通りである。

産業技術基盤研究開発プロジェクト

- ・目的：新規産業の創出を加速するべく、従来の産技制度で実施している基礎・基盤的な研究開発につき、新規産業 15 分野に関する研究開発に対象テーマを重点化し推進する。
- ・対象テーマ：経済構造の変革と創造のための行動計画に掲げる 15 分野の新規産業創出に寄与する技術開発であって、基礎・基盤的な研究開発テーマ
- ・対象者：民間企業と大学、国研等との共同研究体

産業技術応用研究開発プロジェクト

- ・目的：新規産業の創出を加速するべく、新規産業創出効果が高いものの、技術開発リスクが高く、民間だけでは取り組みが困難である応用研究段階の技術開発を推進する。
- ・対象テーマ：経済構造の変革と創造のための行動計画に掲げる 15 分野の新規産業創出に寄与する技術開発であって、応用段階の技術開発テーマ

- ・対象者：民間企業と大学、国研等との共同研究体

大学連携型産業科学技術開発プロジェクト

- ・目的：新規産業の創出を加速するべく、大学に存在する産業化の芽となる知見等を発掘し、産業化につなげていくために、大学を軸とした民間企業との連携による研究開発を文部省と連携し、推進する。
- ・対象テーマ：経済構造の変革と創造のための行動計画に掲げる 15 分野の新規産業創出に寄与する技術開発であって、大学に知見のある新規理論・技術を核として、民間との連携により産業化を目指す研究開発テーマ

- ・対象者：大学と民間企業との共同研究体

官民共同研究開発プロジェクト

- ・目的：新規産業の創出を加速するため、情報化、高齢化対応分野について、先端的・革新的技術開発による共通基盤技術の形成とそれらの派生的成果を利用した民間企業の実用化開発を並行的に行う産学官連携の研究開発を推進する。
- ・対象テーマ：今後の我が国経済社会にとって重要性や緊急性の高い情報化、高齢化対応分野の研究開発テーマ

- ・対象者：民間企業を中心とした産学官連携体

ここで、経済構造の変革と創造のための行動計画に掲げる 15 分野とは、以下の分野をいう。

- | | |
|---------------|-----------------------|
| {1}医療・福祉関連分野 | {9}バイオテクノロジー関連分野 |
| {2}生活文化関連分野 | {10}都市環境整備関連分野 |
| {3}情報通信関連分野 | {11}航空・宇宙（民需）関連分野 |
| {4}新規製造技術関連分野 | {12}新エネルギー・省エネルギー関連分野 |
| {5}流通・物流関連分野 | {13}人材関連分野 |
| {6}環境関連分野 | {14}国際化関連分野 |
| {7}ビジネス支援関連分野 | {15}住宅関連分野 |
| {8}海洋関連分野 | |

3.3 エネルギー・地球環境関連の技術開発に関する研究開発の主要施策

(1) サンシャイン計画（新エネルギー技術研究開発）の主要施策

「サンシャイン計画」は、エネルギー問題の解決と、エネルギー多消費社会の中で深刻化した環境問題の解決を図るため、昭和 49 年（1974）7 月に発足した我が国の最初の長期的・総合的な新エネルギー技術研究開発計画である。

基本方針において、サンシャイン計画は、「エネルギーの長期的な安定供給の確保が国民生活と経済活動にとってきわめて重要であることに鑑み、国民経済上その実用化が緊要な新エネルギー技術について、1974 年～2000 年の長期にわたり総合的、組織的かつ効率的に研究開発を推進することにより、数十年のエネルギー需要の相当部分をまかないうるクリーンなエネルギーを供給することを目標とする」と設定されている。

すなわち、石油に代わるクリーンな代替エネルギーの安定した供給を実現するための長期大型開発プロジェクトであり、原子力を除くすべての新エネルギーを対象とし、

太陽エネルギー技術

地熱エネルギー技術

石炭のガス化・液化技術

水素エネルギー技術

の 4 分野を重点技術の研究開発分野とした。

昭和 54 年（1979）には、産業技術審議会で、「サンシャイン計画の加速的推進戦略」なる中間答申がまとめられ、

石炭液化技術開発

大規模深部地熱開発のための探査・掘削技術開発

太陽光発電技術開発

が具体的重点プロジェクトとして採択され、研究開発の加速的推進が図られた。

さらに、昭和 57 年（1982）には、「サンシャイン計画の新たな展開について」と題する中間答申がまとめられ、将来のエネルギー需要構造の改善に資する役割が大きく、今後の技術開発の見通しから見て実用化の高い分野である

太陽光発電

石炭の液化・ガス化

大規模深度地熱

の 3 分野を、重点分野とした。さらに、重点分野においても、スケールアップに際して、例えば太陽光発電における結晶型太陽電池とアモルファス太陽電池の比較評価による一本化、瀝青炭液化パイロットプラント段階における従来の 3 方式の一本化による集約等、重点化を図ること、また、シーズ研究、基礎研究については、その充実・推進を図ることとした。

研究開発推進体制としては、サンシャイン計画の有効かつ適切な推進を図るためには、基礎研究と技術の実用化を目指した応用研究・実証研究の有機的結合が重要ということで、基礎的研究には工業技術院傘下の試験研究所や大学の能力を活用し、またプラント開発には昭和 55 年(1980)に設立した新エネルギー総合開発機構を中核体として民間の活力を生かすことにより、産官学の総力を結集して研究開発を進めることとした。

更に、技術研究開発の内容、実施主体が広範かつ多岐にわたるサンシャイン計画の組織的かつ効率的な推進を図るため、通商産業省工業技術院にサンシャイン計画推進本部が設置されている。同本部は、工業技術院長を本部長とし、新エネルギー技術研究開発担当の技術審議官、総括研究開発官等により構成され、テーマの選定、研究開発計画の策定、個別プロジェクトの厳正な評価等を通じて、サンシャイン計画全体の総合管理を行っている。

(2) ムーンライト計画(省エネルギー技術研究開発)の主要施策

昭和 48 年(1973)における第 1 次石油危機境にして、戦後世界の繁栄をエネルギー面から支えてきた豊富・低廉な石油の時代は終わりを告げ、世界のエネルギー情勢は供給の不安定化、高価格化の方向に向かっていた。更に、第 2 次石油危機の世界経済に与えた影響は顕著であり、世界的なインフレを招くと共に、各国がインフレ抑制のための引締め政策を採用したことから、深刻な景気の停滞をもたらした。

このような状況の下、昭和 53 年(1978)に、「基礎研究から開発段階に至る省エネルギー技術の開発を国家的プロジェクトとして取上げ、併せて民間のエネルギー技術開発の助成の充実等、既存の施策の積極的活用を行う」こととし、以下の通り 6 つの柱からなる新制度「ムーンライト計画(省エネルギー技術研究開発)」を創設した。

- 大型省エネルギー技術研究開発
- 先導的基礎的省エネルギー技術
- 省エネルギーの確立調査
- 国際研究協力事業
- 民間の省エネルギー技術開発の助成
- 標準化による省エネルギーの推進

大型省エネルギー技術研究開発は、省エネルギー効果が著しくかつ緊急性が高いが、多額の資金と長期の研究開発機関を要するなど多大のリスクを伴うため、民間企業独自では、研究開発が進まない大型の技術に対して、国の試験研究所における研究開発と民間における研究開発を有機的に結合した技術開発を行うこととしており、

エネルギー転換効率の向上

未利用エネルギーの回収

エネルギー供給システムの安定化によるエネルギー利用効率の向上

等の、エネルギーの有効利用を図る技術の研究開発を行うものである。そこで、それまで大型プロジェクトとして実施していた「廃熱利用技術システム」及び「電磁流体（MHD）発電」をムーンライト計画に編入すると共に、新たに「高効率ガスタービン」を発足させ、大型省エネルギー技術研究開発をスタートしている。

大型省エネルギー技術研究開発プロジェクトの開始に当たっては、予め産業技術審議会省エネルギー技術開発部会において、研究開発期間、研究開発費総額及び研究開発の目標と方式が審議される。また、研究開発の途中に同部会評価分科会において、中間評価が行われ、その後の研究開発の進め方について、基本的方向の確認、変更の承認を受ける。更に、プロジェクトの円滑な進展のためや周囲の環境の変化に応じて、研究開発基本計画を変更することもあるとしている。

ムーンライト計画の実施体制としては、総括研究開発官を中心にして大型省エネルギー技術開発プロジェクト担当の研究開発官がおかれ、その下に、研究開発専門職及び国立試験研究所の研究官が研究開発官付として配置された。

また、産業技術審議会の中に、省エネルギーの技術開発の基本的方向と省エネルギー技術開発計画を審議・検討するための省エネルギー技術開発部会を設けると共に、その下に、大型省エネルギー技術開発プロジェクト毎に分科会を設置し、研究開発基本計画案の審議、研究開発実施計画案の審議等を行うこととした。この他に、評価分科会、企画委員会も設置されている。

この他に、大型省エネルギー技術研究開発の円滑な推進を図るために必要な事項に関し調査・審議するために、大型省エネルギー技術研究開発推進会議が設置された。

(3) ニューサンシャイン計画（エネルギー・環境領域総合技術開発推進計画）の主要施策

従来独自に推進されてきた新エネルギー、省エネルギー及び平成元年（1989）に発足した地球環境開発技術の研究開発は、エネルギー利用と地球温暖化をはじめとする地球環境

問題は密接な関係を有しているため、総合的な観点から技術開発を推進していくことが必要であること、さらには、技術的観点からも、互いに重なる分野、共通する分野が存在するため、これらの有機的連携を図ることによりエネルギー・環境技術開発の効率的、加速的推進が期待されることから、「サンシャイン計画」、「ムーンライト計画」及び「地球環境技術開発」の3制度を一体化した「エネルギー・環境領域総合技術開発推進計画」（ニューサンシャイン計画）を平成5年（1993）に発足させている。これにより、持続的成長とエネルギー・環境問題の同時解決を目指した革新的技術開発を開始した。

本制度は3つの技術体系から構成され

革新技術開発：「地球温暖化防止行動計画」の実現を狙いとした革新的エネルギー・環境技術開発プロジェクトを、重要な課題への重点化を図りつつ加速的に推進する。

国際大型共同研究：「地球再生計画」の推進を狙いとした、国際大型共同研究プログラムを推進する。

適正技術共同研究：近隣途上国のエネルギー・環境制約の緩和の支援を狙いとした、エネルギー・環境分野に関する相手国の実情に適した技術の共同研究促進プログラムを推進する。

こととしている。

ここで、地球再生計画の着実な推進を図るために、革新技術開発にも平行的に取り組む必要があり、ニューサンシャイン計画では、従来サンシャイン計画、ムーンライト計画等において実施してきている以下の研究開発課題

再生可能エネルギー：太陽エネルギー技術、地熱エネルギー技術、風力エネルギー技術

エネルギー変換・輸送・貯蔵：超低損失電力素子技術、石炭エネルギー技術、燃料電池発電技術、超伝導応用技術、分散型電池電力貯蔵技術

次世代化学プロセス技術開発

電子デバイスプロセス技術開発

等の加速的推進と併せて、中・長期的に顕著な効果が期待される革新的技術開発課題として、

広域エネルギー利用ネットワークシステム技術（エコ・エネルギー都市システム）

水素利用国際クリーンエネルギーシステム技術（WE-NET：World Energy Network）

経済・環境両立型燃焼システム技術（希薄燃焼脱硝触媒技術）

に着手することとし、さらに、国際的にも今後の大幅な需要増大が見込まれる石炭について、環境に調和した利用が強く求められることに鑑み、従来から推進している石炭転換技術についても、

経済・環境調和型石炭転換コンプレックス技術

と位置付け、研究開発を効率的に推進することとした。

研究開発体制は、国（国立研究所）、産業界、学界（大学等）の3者の協力により進めることとし、国立研究所がその実績を生かし研究開発を進めるほか、民間のポテンシャルを活用するため新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）を通じて民間への委託研究を行うこととしている。なお、分野別に配置した研究開発官によりプロジェクトの管理を行う。

3.4 産業科学技術研究開発制度、ニューサンシャイン計画における制度改革

平成7年（1995）11月に公布、施行された「科学技術基本法」を踏まえ、「産業科学技術研究開発制度」、「ニューサンシャイン計画」の2大研究開発プロジェクト制度において、

- 1) 機動性の増進
- 2) 競争の促進と効率性の向上
- 3) 透明性の向上

との視点から、個々の研究主体（研究者や企業等）の創造性を最大限に発揮させつつ、より効率的、効果的な運営の下、新規産業創造を担うフロントランナー型研究開発を実現することをねらい、平成9年（1997）1月に制度改革が実施されている。改革の具体的内容は、

研究開発期間を原則5年以内（プロジェクトの設定期間を短縮）

個別プロジェクトの研究開発期間の設定を5年以内に短縮し、機動的なテーマ設定を実現すると共に、開発初年度からの早急な立上げを実施。これにより新規産業創造に直結する研究開発等、社会的なニーズを適確に捉えた研究開発を着実に推進。

競争的・効率的な研究実施体制の整備

従来、多様な研究実施形態が認められていたところであるが、より競争的・効率的な研究開発を推進するとの観点から、今後は実施体制を以下の2類型に限ることとする。

- ・ 集中管理型：プロジェクトリーダーによる指導の下、産学官の優秀な研究者の結集を図り、集中的に研究開発を実施
- ・ 範囲型：少数精鋭の研究体制（企業等）を個々の技術能力等から選定し、各々の手法で競争的に研究開発を実施

厳格な評価体制の構築（外部専門家の知見の導入による透明性の確保）

研究主体への優先的実施権の付与

となっている。

3.5 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）

昭和 48 年（1973）の第 1 次石油危機、昭和 53 年（1978）の第 2 次石油危機を契機に、石油代替エネルギーの開発が活発に推進されつつあったが、この中核的推進母体として、昭和 55 年（1980）に、「新エネルギー総合開発機構」が発足した。

「新エネルギー総合開発機構」の主な機能は、我が国のエネルギー供給構造の安定化を通じて、国民経済の健全な発展に貢献することを目指し、太陽エネルギー、石炭エネルギー、地熱エネルギー、燃料・貯蔵技術開発等の石油代替エネルギーの総合開発である。この結果、サンシャイン計画、ムーンライト計画の推進母体は NEDO となり、通商産業省におけるエネルギー関連の研究開発は NEDO に委託されることとなった。

一方、昭和 63 年（1988）の円高不況時において、我が国経済の活性化を維持しつつ、中長期的発展を成し遂げるためには、産業分野における技術開発を、国が主導して、民間活力を一層活用しながら幅広い分野で推進する体制を整備することが強く求められた。このため、研究開発を総合的、計画的かつ効率的に推進する組織の設置が必要とされ、既存組織である「新エネルギー総合開発機構」に、新しい機能を追加することとなり、「新エネルギー・産業技術総合開発機構」に改組・拡充している。同年 10 月には「産業技術に関する研究体制の整備に関する法律」が施行され、研究開発事業、国際共同研究助成事業および研究基盤整備事業を 3 本柱として、NEDO に産業技術研究開発部門が設立されている。

現在では、NEDO は、新エネルギー開発、導入普及事業、産業技術及び地球環境対策技術研究開発と研究基盤整備および国際協力・国際共同研究事業等を推進しており、それぞれの開発分野において優秀な技術力を有する民間企業などの力を結集した研究開発体制をっており、これらの研究開発を管理・調整・体系化するというマネジメント機能も果たしている。さらに、民間の有識者による運営委員会の設置、民間出資の受け入れ及び国の研究機関の協力等、産学官の資金・人材・技術力を集中して新エネルギーと産業技術開発を行うユニークな運営・組織体制を取っている。

NEDO における研究体制は図 3 - 3 に示す通りである。

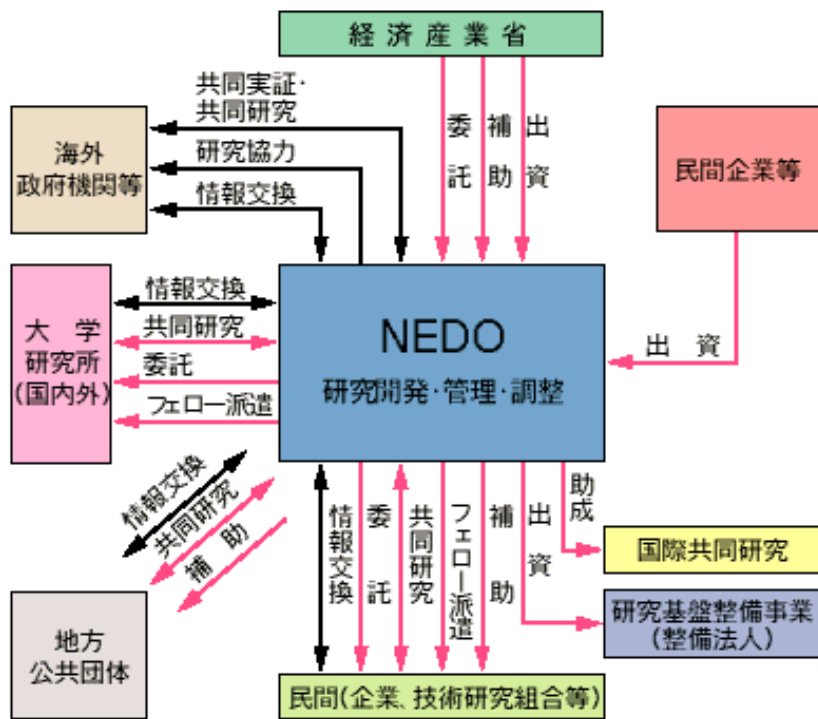


図 3 - 3 NEDO の研究体制

3.6 中央省庁再編後の対応

平成 13 年（2001）1 月 6 日の中央省庁再編にともない、以上の「ナショプロ」については経済産業省(産業技術環境局)が政策構想を行い、プロジェクトの企画・実行管理は NEDO において一元的に扱われることになった。

4 . 主要プロジェクトのシステム評価

4.1 システム評価対象 28 プロジェクト一覧

4.2 システム評価総括

別添 プロジェクト単位評価のポイント（巻末）

4.1 システム評価対象 28 プロジェクト一覧

1998～2000年の3年間にわたって分析調査を行った初期段階を中心とする大プロ21プロジェクト¹⁾及び各制度の比較をねらいに比較対象として取り上げた次世代2、サンシャイン2、ムーンライト3の表4-1に示す計28プロジェクトを対象に、「歴史的示唆」の抽出をねらいに、全体を鳥瞰したシステム評価を行った。

表4-1 システム評価対象 28 プロジェクト一覧

研究開発制度	プロジェクト名	調査年度	担当研究室
大プロ	超高性能電子計算機	1966～1971	H10 政策研大 丹羽研
	脱硫技術	1966～1971	H10 東工大 渡辺研
	オレフィン等の新製造法	1967～1972	H11 東大 児玉研
	海水淡水化と副産物利用	1969～1977	H10 東大 児玉研
	大深度遠隔操作海底石油掘削装置	1970～1975	H11 東大 丹羽研
	電気自動車	1971～1977	H10 東工大 渡辺研
	パターン情報処理システム	1971～1980	H11 東工大 渡辺研
	航空機用ジェットエンジン	1971～1975 1976～1981	H10 政策研大 丹羽研
	自動車総合管制技術	1973～1979	H10 東大 児玉研
	高温還元ガス利用による直接製鉄	1973～1980	H11 東大 児玉研
	重質油を原料とする基礎化学品の製造法	1975～1981	H11 東大 児玉研
	資源再利用技術システム	1973～1975 1976～1982	H11 早大 東出研
	海底石油生産システム	1978～1984	H11 東大 丹羽研
	光応用計測制御システム	1979～1985	H11 東工大 渡辺研
	一酸化炭素を原料とする基礎化学品の製造法	1980～1986	H10 東大 児玉研
	マンガング塊採鉱システム	1981～1997	H12 東大 丹羽研
	科学技術用高速計算システム	1981～1989	H12 北陸先端大 亀岡研
	自動縫製システム	1982～1990	H11 政策研大 丹羽研
	極限作業ロボット	1983～1990	H12 東工大 渡辺研
	資源探査用観測システム	1984～1991	H11 東大 丹羽研
電子計算機相互運用データベースシステム	1985～1991	H12 東大 児玉研	
次世代	バイオ素子	1986～1995	H12 東大 児玉研
	新ソフトウェア構造化モデル	1990～1997	H12 東大 丹羽研
サンシャイン	ソーラーシステム	1974～1983	H12 早大 東出研
	太陽光発電	1974～	H12 東工大 渡辺研
ムーンライト	廃熱利用技術システム	1976～1981	H11 東工大 渡辺研
	高効率ガスタービン	1976～1987	H11 政策研大 丹羽研
	汎用スターリングエンジン	1982～1987	H12 北陸先端大 亀岡研

¹⁾大プロが産業科学技術研究開発制度に統合される1993年より前に終了したプロジェクト22(表2-9参照)及び1981年に着手されながら1993年以降も、1996年に至るまで17年間の最長期間取り組まれた「マンガング塊採鉱システム」の23プロジェクトのうち、別途「追跡評価」等の行なわれている「超高性能レーザー応用複合生産システム」(1977-1984)及び「水総合再生利用システム」(1985-1990)を除く21プロジェクト。

4.2 システム評価総括

システム評価対象 28 プロジェクトの概要及び評価総括一覧は、表 4 - 2 に示す通りである。これを総括すると次のようにまとめられる（各プロジェクト毎の評価のポイントは別添参照）。なお、28 プロジェクトのベースとなる 4 制度それぞれによってねらいが異なるので、これを一律に検討することはミスリーディングになることもあることに十分注意する必要がある。

(1) 総開発費

調査対象とした 28 の大型国家プロジェクトにおける研究開発費は、現在進行中の「太陽光発電」を除き図 4 - 1 の通りであり、「オレフィン等の新製造法」の 11 億円から「高効率ガスタービン」の 260 億円と、総開発費の規模は広い範囲に分布している。

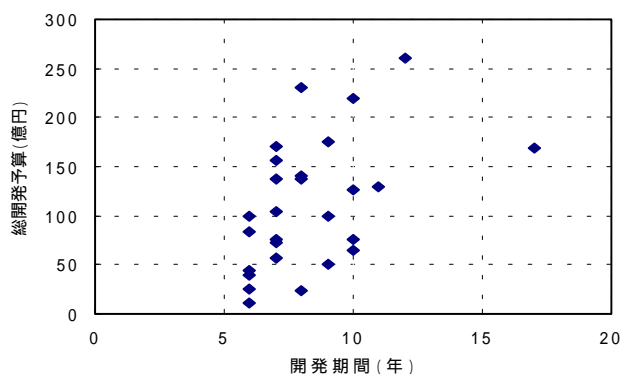


図 4 - 1 研究開発費と開発期間の相関

(2) 研究開発期間

大型国家プロジェクトを対象とする研究開発制度において、研究開発テーマ選定の条件としては、

- 多額の資金と
- 長期間を要し
- 多大の危険負担を伴うために
- 民間の自主的な研究開発によって遂行し得ないもの

とされており、研究開発期間は 5 年～10 年を目安としている。

また、次世代制度発足においては、「革新性が極めて高く、かつ、その波及効果も大きく、広範囲に及ぶ基盤技術であること」を考慮し、開発期間も概ね 10 年以上としている。

以上のようなことから、平成 10 年(1998)～12 年(2000) の 3 年間に調査した 28 テーマについては、各制度のねらいの相異により一概に議論はできないが、現在進行中の「太陽光発電」を除き、開発期間は最低で 6 年、最長では「マンガン団塊採鉱システム」の 17 年となっている。

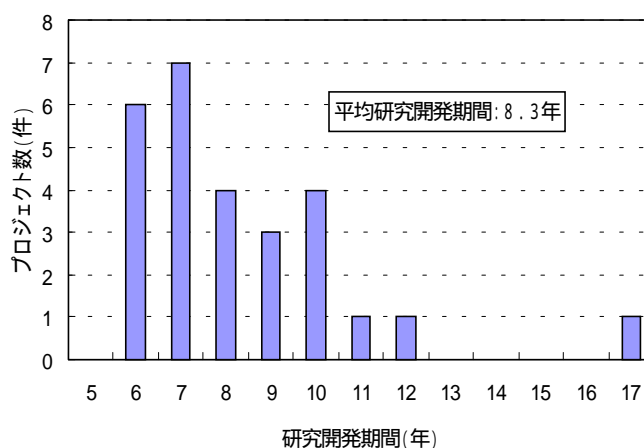


図 4 - 2 大型国家プロジェクトにおける研究開発期間とプロジェクト件数

ここで、この研究開発期間を是とするか長過ぎるとするかの判断が必要となってくるが、既に平成 9 年(1997) 1 月に、「産業科学技術研究開発制度、ニューサンシャイン計画における制度改革の実施において」で制度改革が行われ、「研究開発期間は原則 5 年以内」と短縮されている。この目的は、「個別プロジェクトの研究開発期間の設定を 5 年以内に短縮し、機動的なテーマ設定を実現すると共に、開発初年度からの早急な立上げを実施し、新規産業創造に直結する研究開発等、社会的なニーズを適確に捉えた研究開発を着実に推進する」としている。

この研究開発期間については、そのベースとなる制度、時代的背景によって異なることはもとより、プロジェクトのステージ範囲そのものをどのように考えるかで大きく変わってくる。すなわち、プロジェクトをステージで見ると、

ステージ 1：先導的研究

ステージ 2：要素技術の研究開発

ステージ 3：システムとしての研究開発（小規模テストプラントレベルまで）

ステージ 4：パイロットプラントでのシステムの実用化研究（大規模プラントレベル）

等があり、1 プロジェクトでステージ 1 から 4 までを実施しようとするれば、当然のことながら長期の研究開発期間を必要とする。

大プロ制度においては、技術レベルにおいて、欧米へのキャッチアップということから先導的な研究要素が少ないプロジェクトもあるが、長期の研究開発期間を要しているプロ

プロジェクトが多い。これは、大プロ制度におけるプロジェクトでは、システム開発指向が強く、パイロットプラントレベルでの実用化研究を実施していることがその一因ともなっている。制度改革による原則 5 年以内を目標とするためには、要素技術開発、あるいは小規模テストプラントでのシステム研究で個々のプロジェクトの研究開発を終了する必要がある。従って、今後は、要素技術開発、あるいは小規模テストプラントでの結果をベースに、シミュレーション技術を活用することが重要になってくると考えられる。

一方、先導研究がどの程度まで進捗しているかでプロジェクトの研究開発期間も大きく左右される。特に、次世代制度以降増加しつつあるフロントランナーとしての技術開発の場合には、先導研究がキーとなる。例えば、国立研究所である電子技術総合研究所がアイデアを提案しプロジェクト化された「バイオ素子」、「新ソフトウェア構造化モデル」等においては、プロジェクト発足時においても開発目標が明確に設定されていたとは言い難く、結果的にそれぞれ 10 年、8 年の長期間を要したプロジェクトとなっている。これらは、次世代制度プロジェクトであり、当時としては問題視されるというよりも、革新性の高い技術分野ということでは是認された形になっている。

ここで、平成 5 年(1993) に発足した「産業科学技術研究開発制度」においては、「技術的熟度等の問題から、直ちにプロジェクト化することが困難なテーマについて、プロジェクト化の可否の検討を含め予備的・基礎的な調査、研究を行う先導研究制度」を導入しており、今後はこの制度を積極的に利用する必要がある。特に、今後の対象プロジェクトは、従来の材料製造プロセスに関連する技術開発から、情報化社会対応の技術開発へと変化していく状況でもあり、開発期間が重要な要素ともなってくる。この意味からも、開発対象を明確にした上で、技術オプションを持たせた形での複数の先導研究を進め、それをベースに大型国家プロジェクトへつなげていくプロセスが必要になってくる。

(3) 目標達成度と成果（実用化・波及効果）

1) 目標達成度

目標達成度に関し、調査実施した 28 プロジェクトのうちの内訳は以下の通りである。

目標達成	: 21 プロジェクト
目標達成度は中	: 6 プロジェクト
目標未達成	: 1 プロジェクト

ここで、目標未達成のプロジェクトは、石油資源環境（特に価格）が大幅に変化したために中断を余儀なくされた「大深度遠隔操作海底石油掘削装置」である。

目標達成度が「中」と考えられる 6 プロジェクトのうちで、「オレフィン等の新製造法」

及び「海底石油生産システム」の 2 プロジェクトも、石油価格の見通しと実態が大幅に異なるために、製造・生産コストで従来プロセスに対し競争力がなく、目標は達成できていない。「脱硫技術」については、排煙脱硫において従来プロセスの湿式法ではなく乾式法の開発を進めたが、結果的に湿式法に対して競争力を確保できていない。「海水淡水化と副産物利用」においては、技術開発目標は達成するものの、エネルギー価格高騰による淡水化のコスト高や、当初予測に対する都市部における水需要のダウン、あるいは廃水の再利用技術の開発等により、プロジェクト目標を達成できていない。「マンガン団塊採鉱システム」に関しては、17 年間という長期のプロジェクトとなっており、海洋条約の緩和やマンガン団塊の逼迫緩和等周辺環境の大幅な変化により、マンガン団塊の採鉱を試みたというレベルで終了している。「高温還元ガス利用による直接製鉄」については、高温ガス炉が実現しなかったために第 1 期の要素技術開発で終了している。次世代制度における「バイオ素子」については、先導的研究要素が非常に高く、プロジェクト発足時においても思考錯誤の状況のようであり、10 年間の期間を費やしても目標を達成できているとは言い難い。

ただし、これら 6 プロジェクトの中で、「脱硫技術」については、プロジェクトを契機に企業の研究開発が誘発され、技術開発を進める課程で蓄積された技術ノウハウをベースに、従来方式である湿式法中心の技術開発につなげ、わが国の脱硫技術を世界トップレベルまで引き上げている。また、「海水淡水化と副産物利用」においても、開発された技術成果が海水淡水化メーカーに使用許諾され、従来の短管式プラントに適用した結果、中東へのプラント輸出や技術協力等で大きな貢献となっている。このように、プロジェクトそのものの目標が未達成でも、テクノストック利用による波及効果の大きなプロジェクトもあり、目標の達成度のみでのプロジェクト評価ではなく、波及効果としての要素技術の評価を考慮した評価システムが重要といえる。

2) 実用化

一方、実用化に関しては、大型国家プロジェクトは何れも「システム開発」指向でありパイロットプラントをベースにした実用化を目指していたが、プロジェクト終了後に実用化のレベルまで進んだものは少なく、全体の 25%程度の 7 プロジェクトとなっている。

実用化	: 7 プロジェクト
実用化は一部	: 1 プロジェクト
実用化に至らず	: 19 プロジェクト
その他	: 1 プロジェクト (目的が技術検証まで)

実用化まで進んだプロジェクトの中で、「航空機用ジェットエンジン」および「資源探査用観測システム」の 2 プロジェクトにおいては、トライアルテストにおいて、開発され

た機器・装置が実機に搭載され成功している。

また「超高性能計算機」、「ソーラーシステム」、「太陽光発電」、「廃熱利用技術システム」及び高効率ガスタービン」の各プロジェクトでは、実用化とともに、開発された要素技術の波及効果も大きく、何れの分野においても、現在の我が国の技術レベルは世界でもトップクラスであり、大型国家プロジェクトの成果といえる。特に、資源の輸入国である我が国の特異性を示しており、石油資源枯渇・石油代替エネルギー等への対応策としての省エネルギー技術および新エネルギー技術の分野で成果が多く出ている。

3) 波及効果

波及効果に関しては、程度の差は有るが何れのプロジェクトも波及効果ありとの評価である。

波及効果大	: 14 プロジェクト
波及効果中	: 14 プロジェクト

波及効果大の 13 プロジェクトは、上述の実用化レベルまで進められた 7 プロジェクトと、「脱硫技術」、「海水淡水化と副産物利用」の他に、「電気自動車」、「パターン情報処理システム」、「光応用計測制御システム」、「一酸化炭素等を原料とする基礎化学品の製造法」及び「科学技術用高速計算システム」である。

「電気自動車」プロジェクトは、当初より電気自動車の技術的性能の検証ということで実用化を目指した形ではなく、実現可能な世界最高水準の動的性能をプロトタイプで実現することであった。プロジェクトを通して、電気自動車の安全性・性能の評価方法を確立するとともに、電池分野のテクノストックも大きく、その後の電池開発に大きく貢献している。

「パターン情報処理システム」プロジェクトは、「超高性能計算機」プロジェクトの成功によりハード技術は世界レベルにキャッチアップしたとの認識をベースに、「将来的には字、画像などをコンピュータに処理させることが必要」との将来/潜在ニーズに基づきスタートしている。本プロジェクトは、先導的研究要素の高いフロントランナー型の研究開発であり、電子技術総合研究所のリーダーシップにより推進された夢のプロジェクトでもあった。成果として、文字認識及び日本語処理において、カナ文字まで読取れる装置が実用化されるとともに、日本語ワープロの開発に寄与している。更に、本プロジェクトを通して、企業内のパターン認識研究者が育成されるとともに、電子技術総合研究所の研究インフラの飛躍的向上、プロジェクト終了後に研究者が大学に移り後進を指導（人材の育

成)等の波及効果をもたらした。

「光応用計測制御システム」プロジェクトでは、光関連の要素技術を確立し石油プラントにおいてトータルシステムでの実証テストまで行っている。コストパフォーマンスの点で問題があり実用化に至っていないが、プロジェクトを通して、光デバイススイッチと電気素子を1チップ化するOEICの考案、可視光半導体レーザーの開発等、多くの要素技術を開発し、我が国の光産業を世界のトップレベルに引き上げている。

「一酸化炭素等を原料とする基礎化学品の製造法」プロジェクトは、石油価格の安定により、従来プロセスで製造された基礎化学品に対しコストの優位性が無く、実用化まで至らなかった。しかしながら、プロジェクトを通して世界最高水準の触媒系を開発している。この結果、触媒産業の発展に大きく寄与することとなった。

「科学技術用高速計算システム」プロジェクトでは、当初目標としていた新素子による高速計算機は実現していないが、従来のシリコン素子による並列方式での高速計算機の開発につながり、我が国のコンピュータ産業を世界のトップレベルまで引き上げる結果となった。

以上、実用化の面での評価が高くなるとも、プロジェクトを通して開発した要素技術により、その分野の技術レベルを世界のトップレベルまで引き上げ、結果としてその分野の産業界が発展しているケースも多い。

プロジェクトの評価において、目標の達成度、実用化、波及効果等を考慮した総合的な評価の必要性はいうまでもないが、上述の通り、開発した要素技術の評価がキーポイントとなる。従い、プロジェクトの目的・位置付けを明確にした上で、要素技術に関する開発目標を立て、プロジェクトマネジメントをしていくことが重要となる。要素技術の開発目標が明確に立てられないプロジェクトは、先導的研究としての位置付けになろう。

ここで、開発すべき要素技術に焦点をおいてプロジェクトを考えた場合、大型国家プロジェクトでの「システム開発指向」からの脱却という選択肢が考えられる。すなわち、研究開発期間の項で述べた通り、「5年以内での短期間でのプロジェクト完了を狙う場合には、実用化の前提を維持しつつも、パイロットプラントでの実証テストまで進める必要性は無い」との考えにつながることになる。

一方、波及効果としての評価が中位であるプロジェクトは14プロジェクトであるが、幾つかのケースについて以下に考察する。

「オレフィン等の新製造法」及び「重質油を原料とするオレフィンの製造法」の2プロジェクトは、何れも石油危機による石油価格の高騰を予測し、コークスの熱媒体法により原油、あるいは、重質油よりオレフィンの製造を試みたプロジェクトである。後者は、大型プラントまでの実証テストが含まれているため多額の開発費となっている。しかしなが

ら、石油価格が当初の予測まで高騰しなかったために、何れのプロジェクトにおいても、成果は利用されていない。「重質油を原料とするオレフィンの製造法」は、将来石油が枯渇した場合には、有効な対応策としての価値はあるとの評価もできるが、技術伝承の問題あるいは今後の技術の陳腐化も併せて考えると、要素技術としての真の評価が必要となるう。

「大深度遠隔操作海底石油掘削装置」及び「海底石油生産システム」の2プロジェクトは、石油輸入のためのバーゲニングパワー獲得、原油自給率の向上、海洋開発を推進するための基礎技術確立等のニーズよりスタートしているが、前者においては1期計画で開発を断念している。その理由としては、石油価格が計画当初の予測より安定しており、かつ、従来のジャックアップ型やセミサブマージナル型と異なる海底設置型、自動/遠隔操作の装置開発を狙ったが、不確定要素が多いハイレベルの技術的課題のために装置開発が困難と判断されたためである。更に、セミサブマージナル型の技術開発が予想以上に進み、海底設置型では経済面での競争力が無いことも一因である。しかしながら、「大深度遠隔操作海底石油掘削装置」プロジェクトを中断して3年後に、「海底石油生産システム」をスタートさせている。プロジェクトスタートの背景及び目標は前プロジェクトをほぼ同様な内容となっており、「海底設置型」で、海底設置作業、システム全体のメンテナンス等は遠隔で比較的容易に行えるシステムとしている。結果的には、開発期間7年間で170億円の開発予算を費やしているが、最終結論は前プロジェクトと同様で、「セミサブマージナル型での掘削装置の技術開発が進み、比較的深い地域でも石油生産が可能となり、海底設置型では経済面での競争力が無い」としている。石油掘削という同じ目的を有するシステムで、従来からのジャックアップ型やセミサブマージナル型と異なる海底設置型システムの開発を目標としたが、目標の妥当性と従来方式での技術革新予測の必要性を示唆している。当然のことではあるが、従来方式によるシステムは、プロジェクトにおいて開発したシステムと競合するものであり、競合相手における技術革新予測も、プロジェクトをスタートさせる上で考慮すべき重要な要素の一つである。

「電子計算機相互運用データベースシステム」は、情報化社会の発展に伴い、情報機器、情報システムのインターオペラビリティ（相互運用）の確保が、重要な基礎技術との認識からスタートしているプロジェクトである。成果として、相互運用ネットワークの実装規約書、実証試験を通して計算機メーカーの技術レベルが向上した等である。実装規約書については、特許庁ペーパーレス計画、学術情報センター大学間情報ネットワーク他で生かされている。また、相互運用を実現するための実証試験においては、計算機メーカーの技術レベルが揃っている必要があり、各社競って開発に当たったことから、各社の技術レベルが向上したということである。欧米へのキャッチアップ型のプロジェクトでは、各社を競わせることによる成果も期待できる。一方、開発したOSI(Open Systems Interconnection)に関しては、世界標準としてのTCP/IPプロトコルによる通信技術が世界的規模で普及した

ことから、本プロジェクトの成果は十分活用されていない。

「バイオ素子」、「新ソフトウェア構造化モデル」の2プロジェクトはフロントランナー型で、電子技術総合研究所のアイデアが発端でスタートしたプロジェクトである。しかしながら、何れのプロジェクトにおいても、プロジェクト当初は、企業サイドが電子技術総合研究所のアイデアにキャッチアップできていなかった状況でもあり、そのために時間を費やしている。産業技術という面から距離のあるプロジェクトとの認識なのか、プロジェクト参加企業でもプロジェクトに対する意識の差は出ていたようである。特に、参加企業のテーマ分担による研究開発の場合には、参加企業の意識によって成果も大きく左右される。従い、先導的研究要素が高く、かつ、国立研究所による提案・リーダーシップでプロジェクトを発足する場合には、十分な助走期間が必要である。一方、産業技術に非常に近く、企業が業界代表としての提案でスタートするプロジェクトの場合には、その企業より企業サイドのリーダーが選出され、かつ長期間にわたりその任を引き受けることになることから、XX企業のプロジェクトとの意識も強くなる。この場合、企業コンソーシアムにおけるメインコントラクターはXX企業となり、XX企業は責任を持ってプロジェクトを推進することとなる。この結果、横並びで参画した企業とは、社内の体制も含めて、技術開発推進の考え方も異なり、成果の多いプロジェクトとなる可能性が高いと考えられる。ここで、「バイオ素子」の成果としては、神経多点同時計測技術が商品化された他、分子組織化技術、分子スケールバイオ素子化技術、非線形分子素子化技術、神経機能素子化技術等の要素技術が上げられる。これら要素技術は、今後の更なる基礎研究の推進に資する性質のものであり、短期的な見方での評価ではなく長期的な見方での評価を考慮する必要がある。即ち、先導的研究要素の高いプロジェクトの評価と、実用化を狙いとしたプロジェクトの評価を同一視することは、プロジェクト評価をミスリーディングする可能性も有り考慮する必要がある。また、「新ソフトウェア構造化モデル」については、開発された要素技術の適用研究を実施する受け皿が無かったこともあり、現状で波及効果を評価するのは時期尚早の感もある。最近になって広報・普及活動も始まりつつあり、かつ関連の後継プロジェクトも計画されていることから、真の評価は今後となろう。

「自動車総合管制技術」は、自動車保有台数の増加に伴い、渋滞問題、交通事故、排気ガス公害等の社会問題を解決する一つの選択肢としてスタートしたプロジェクトであり、その効果もシミュレーションで実証されている。成果として、ハイウェイシステムの未整備、デジタル化された地図の未整備等、社会環境が整っていないために実用化まで至っていないが、考え方は現在のITS技術に生かされつつあるとの評価である。社会問題からのニーズプル型のプロジェクトであるが、インフラ未整備の下で、本プロジェクトでのシミュレーション結果をどのように評価すべきかの問題は残っていると見える。すなわち、社会ニーズに対するプロジェクトの回答・成果の妥当性を考慮する必要がある。

「資源再生利用技術システム」プロジェクトは、資源の効率的利用、ごみ問題処理への

対応等、社会的要請によりスタートしている。物質回収型、エネルギー回収型の 2 方式について、プロトタイプのパイロットプラントで実証しているが、再生品は、当時の純正工業品に比べてコストも高く、かつ再生品利用の機運も芽生えていなかったため、実用化まで進んでいない。特に、既存設備である焼却炉を各自治体が採用していたこともあり、本方式への切り替えは行われていない。但し、最近では、焼却炉におけるダイオキシン問題等により、本プロジェクトでの要素技術を利用した「ガス化溶融炉」が徐々にではあるが浸透しつつある。このように、大型国家プロジェクトで開発された装置・システムでは、時期尚早な面もあり、既存の設備をリプレースできていないケースといえる。

「自動縫製システム」は、繊維産業の停滞と多品種少量短サイクル化によるコスト上昇への対応、更には諸外国における低価格安定品質での生産体制確立の状況下においてスタートしている。要素技術の実用化に主眼を置いたプロジェクトでもあり、開発されたシステムは注目を浴びるものの複雑で大型なため実用化されていない。一方、本プロジェクトを通して、中小縫製業に対する CAD / CAM 等の自動化・機械化技術への意識革新を与え、業界内での自動化が急速に進展しているとの認識であるが、開発された要素技術による直接的な波及効果は大きいとは言えない。

「極限作業ロボット」プロジェクトでは、第 3 世代あるいはそれ以降のロボットを想定し、腕だけでなく足や目、頭脳など高度な機能を付加した、より人間に近い作業が可能なロボットを開発し、原子力、海洋、防災等の環境条件の悪い分野に適用することを試みたものであるが、実証試験での成果は上げたものの、実用化には結びついていない。しかしながら、開発された要素技術は、画像処理装置や小型アクチュエータが製品化されたほか、宇宙作業用マニピュレータや原子炉解体・メンテナンス機器など自動化・遠隔化が必要な領域での製品化に結びついている。

「汎用スターリングエンジン」プロジェクトは、石油危機を契機とした省エネルギー技術開発として、熱効率の高い新しい動力変換技術の開発が急務とされたことから、冷暖房用ヒートポンプ及び小型動力源に適合するスターリングエンジンの開発と利用システムの実用化研究を目的としてスタートしている。3KW 及び 30KW でのスターリングエンジンの要素技術開発において、技術レベルは世界最高水準となったが、高信頼性、低コスト化の課題が残され実用化に至っていない。一部の技術は、スターリングサイクル冷凍機の開発に寄与しているが、自動車エンジン等の内燃機関の開発が進む中で、外燃機関であるスターリングエンジンの開発が継続して実施されているとは言い難く、結果的に、大きな波及効果を出すまでに至っていない。

(4) 技術レベル・技術オプション多元性

1) 技術レベル

大型プロジェクトを立ち上げた時点での技術レベルを示すものとして、そのプロジェクトがキャッチアップ型かフロントランナー型かの区分けをしている。この区分けを、開発対象とするシステム全体で捉える考え方と、その要素技術で捉える考え方があり、判断も難しい面がある。

調査した 28 プロジェクトを概観してみると、16 プロジェクトがフロントランナー型であり 7 プロジェクトがキャッチアップ型、残りの 5 プロジェクトがフロントランナー・キャッチアップの両面を有している(表4-2(2))。

キャッチアップ型のプロジェクトは、「超高性能電子計算機」、「海水淡水化と副産物利用」、「航空機ジェットエンジン」、「海底石油生産システム」、「マンガン団塊採鉱システム」、「科学技術用高速計算システム」、「電子計算機相互運用データベースシステム」であり、どちらかというが大プロ制度での前期・中期に多い。当時は、高度経済成長時代における欧米へのキャッチアップの時期でもあり、何れも重要なプロジェクトといえる。

一方、大プロ制度での前期・中期におけるフロントランナー型のプロジェクトは、資源、エネルギー、環境等に関する社会的ニーズからのプロジェクトで、日本独自の事情を有しているプロジェクトが大半を占めている。また、1982年以降になると、プロジェクトの殆どがフロントランナー型に変わってきており、我が国における産業技術の転換ととらえることも出来る。

2) 技術オプション多元性

プロジェクトにおける技術開発において、技術オプション多元性も重要な視点であるが、どの程度の先導研究が実施され、技術シーズがどの程度まで確立されているかで変わってくると考えられる。更に、前項の技術レベル(フロントランナー型かキャッチアップ型か)と同様に、システム全体として捉えるか要素技術で捉えるかでも変わってくる。

技術オプション多元性の面から 28 プロジェクトを概観してみると、17 プロジェクトは技術オプション多元性を有しているが、11 プロジェクトは多元性を有しているとは言い難い。これら 11 プロジェクトの大半は、大プロ制度での前期・中期の時期となっており、キャッチアップ型でシステム開発指向のプロジェクトである「超高性能電子計算機」、「海水淡水化と副産物利用」、「大深度遠隔操作海底石油掘削装置」、「航空機ジェットエンジン」、「海底石油生産システム」、「マンガン団塊採鉱システム」等である。更に、パイロットプ

ラントでの実証テストを含むプロジェクトにおいては、設備建設を考慮していることもあり、要素技術を絞っているケースが多く、「オレフィン等の新製造法」、「高温還元ガス利用による直接製鉄」、「重質油を原料とするオレフィンの製造法」、「自動縫製システム」等がその例といえる。

ここで、技術オプション多元性について考えてみると、パイロットプラント建設・実証テストの段階まで技術オプション多元性を持たせることは、開発経費、開発期間等を考慮すると非効率的といえる。従い、このようなプロジェクトにおいては、技術オプション多元性は要素技術の確立までといえる。

一方、技術オプション多元性により、参加企業による競争意識を持たせプロジェクトを活性化する方策もある。この意味から、技術オプション多元性も重要となる。この場合には、先導研究による要素技術の確立、装置ものでのプロトタイプ製作までが対象となろう。

(5) 研究開発体制・国立研究所の役割

プロジェクトの推進において、国立研究所の役割は大きく、「重質油を原料とするオレフィンの製造法」を除き、28 プロジェクトのほとんどに関与している。国立研究所のプロジェクトへの参画の仕方としては、プロジェクトの中心的存在として参画、基礎研究・要素技術研究を担当、評価・試験を担当 等がある。

ここで、国立研究所がプロジェクトの中心的存在として参画したプロジェクトには、「超高性能電子計算機」、「海水淡水化と副産物利用」、「パターン情報処理システム」、「航空機用ジェットエンジン」、「バイオ素子」及び「新ソフトウェア構造化モデル」があり、何れのプロジェクトにおいても、国立研究所が企業よりも技術的に先行しているか、アイデアあるいは技術シーズが国立研究所より提案されている。

一方、国立研究所が基礎研究・要素技術研究を担当したプロジェクトでは、企業サイドと共同での開発のケースと企業サイドと開発分担を明確に分けているケースに分けられる。後者のケースは、1980年代以降に多く見られる。この場合、プロジェクト毎の委員会において、国立研究所・企業サイド間で情報交換を実施しているが、互いの領域には深く踏み込まないという意識があったためか、単なる情報交換に終わっているケースがある。国立研究所・企業サイドが互いに融合して本来の国家プロジェクトにしていく必要があり、研究開発の効率化という面から、このような視点で、国立研究所の参画を検討することも重要となる。

また、国立研究所が評価・試験を担当しているケースでは、開発当事者そのものから

距離において公正な評価・試験が可能となり、国立研究所の役割も大きい。特に、技術オプションの多元性を有し企業間での競争意識を持たせているプロジェクトでは、その役割も重要といえる。

表4-2 システム評価28プロジェクトの概要・評価総括一覧(1)

プロジェクト名	総開発費 (億円)	開発期間		目的・目標設定	目標の達成度	実用化・波及効果
		時期	期間			
超高性能電子計算機	100	1966～1971	6	<ul style="list-style-type: none"> 開放経済体制移行への対応として、外国機と対抗できる国産電子計算機の開発が急務(世界の大手電子計算機メーカーに比べ格段の技術格差あり) 成長産業と見られる電子計算機産業は、技術先端産業でもあり、電子工業全体の技術水準を先導するもので、その育成が急務 1970年代初頭に世界最高水準のIBMシステム360に比較しうる標準大型機を完成するための試作機の開発 	<ul style="list-style-type: none"> マルチプロセッサ方式、パイプライン制御方式などが取り入れられ、演算速度でIBMシステムに匹敵するギブソンミックスで231ナノ秒(NS)(目標は200～300ns)の試作機完成 	<ul style="list-style-type: none"> 成果利用として、DIPS-1、HITAC8700、HITAC8800が商品化された 論理回路用としてハイブリッドLSI、バッファメモリー用としてMOS-LSIが採用 ソフトウェアとして、マルチプロセッサシステム用としての新機能、大規模OSが開発
脱硫技術	26	1966～1971	6	<ul style="list-style-type: none"> コンビナートにおける燃焼排ガス中の硫酸酸化物による大気汚染が問題化しつつあった 硫酸酸化物による大気汚染を抜本的に防止するために、各種の脱硫技術を技術的特性に応じて、有機的、効果的に組み合わせる必要があるとの認識 排煙脱硫:乾式法、脱硫率90%、処理コスト500円/kl(重油) 重油直接脱硫:脱硫率70%、処理コスト1000円/kl(重油) 	<ul style="list-style-type: none"> 実装置の設計、製作、運転等に必要要素技術が開発されると共に、実機として使用される。 但し、コスト面で、目標の2倍程度となり、従来方式に対抗できる技術にはなり得なかった 	<ul style="list-style-type: none"> 開発した乾式法よりも従来の湿式法が有利のため実用化されなかった 企業の研究開発を誘発 排煙脱硫技術のテクノストックをベースに湿式法中心の技術開発に成功 日本の脱硫技術は世界トップレベルとなり、脱硫設備は海外に多く輸出
オレフィン等の新製造法	11	1967～1972	6	<ul style="list-style-type: none"> 当時、石油化学基礎原料は原油の軽質留分であるナフサ分解に大きく依存していたが、ナフサ不足の懸念があった 自動車産業においても、軽質留分を原料とするガソリンの需要が伸びており、軽質留分の安定供給が困難になる恐れがあった 原油の直接分解からナフサと同等のコストでオレフィンを製造できる製造法の実用化 年産30万トン規模でエチレンを20円/kg程度で生産できるプラント 	<ul style="list-style-type: none"> コークスを熱媒体とした循環流動床方式を開発 生産量5トン/日規模のテストプラントで実証 	<ul style="list-style-type: none"> テストプラントでの結果をベースにコスト試算するも、石油価格高騰の恐れも薄れ、円高が進行したことから、コスト面での優位性なし。更に、ガソリンの製造技術が発展し、軽質留分の不足が解消され、ナフサ価格は予測ほど上昇した。このため、実用化に至らなかった。 熱分解装置他の要素技術の確立 保守的な化学工業界の企業同志、石油化学工業とエンジニアリング企業との交流
海水淡水化と副産物利用	50	1969～1977	9	<ul style="list-style-type: none"> 生活水準の向上、都市への人口集中、産業の発展等により、将来の水不足、特に都市部の水不足が懸念されつつあった 新しい水資源開発の有効な方法として、地球上に無尽蔵に有る海水を利用し、低廉なコストで大量の淡水を安定供給できるシステムが必要 造水量100万トン/日程度の実用プラントにより、30円/トンの淡水を量産する技術の確立(設定プラントは10万トン/日) 同時に副産物としての工業塩、カリウム塩などの有効成分を経済的に回収、利用する技術の確立 	<ul style="list-style-type: none"> 造水量10万トン/日程度のプラントの設計、製作、運転の技術を確立 効率良い各種副産物の回収にも成功 但し、目標としたコストでの海水淡水化は困難 	<ul style="list-style-type: none"> 水需要のダウン、エネルギー価格高騰による淡水化のコスト高、工場の廃水再利用等により、実用化はされなかった 開発された技術成果は、海水淡水化メーカー各社に使用許諾され、従来の短管式プラントに要素技術を適用 1970年代後半から1980年代にかけて、海水淡水化技術は中東へのプラント輸出・技術協力等で貢献(日本シェアは50%超)
大深度遠隔操作海底石油掘削装置	45	1970～1975	6	<ul style="list-style-type: none"> 石油開発面から「石油輸入のためのBargaining Power獲得、原油自給率の向上」というニーズ、および海洋開発面から「海外で始まりつつあった海洋開発の推進、そのための基礎技術の確立」というニーズがあった 遠隔操作・海底設置式による大深度海底石油掘削装置の開発(水深:200～250m、掘削深度:8000～9000m、他の掘削装置に対しコスト競争力を確保) 	<ul style="list-style-type: none"> 技術面での不確定要素が残る セミサブマージナル型掘削システムの研究開発が進み、大深度での掘削が可能になりつつあった等に対して、海底設置式はコスト面での改良が進まず、他方式に対し競争力無し 第1期計画終了時点で一時中断 	<ul style="list-style-type: none"> 技術面、コスト面で海底設置型の掘削装置は開発されていない 遠隔化/自動化技術、海洋開発関連技術等の基盤技術を確立
電気自動車	57	1971～1977	7	<ul style="list-style-type: none"> 自動車交通の普及、発展に伴い、大気汚染、自動車の騒音等のいわゆる自動車による公害が社会的に重要な問題となった 排出ガスを出不さない電気自動車は、自動車公害防止上理想的なもので、一次エネルギー資源の多様化にも対応できることから、新しい交通システムの主役になるとの認識 都市内交通分野において利用する電気自動車の開発を目標とし、「電気自動車の技術的性能の検証」を目的に、実現可能な最高水準の動的性能をプロトタイプ(5車種)で実現する 	<ul style="list-style-type: none"> 5車種の試作車により目標性能を確認 目標性能値はほぼ達成され、そのレベルは世界最高レベル 	<ul style="list-style-type: none"> 本プロジェクトでの目標は電気自動車の技術的性能の検証まで 電気自動車の安全性・性能の評価方法を確立、現在も使用されている 電池分野のテクノストックも大きく、その後の電池開発に貢献 第2世代の電気自動車開発に貢献 開発技術は、ハイブリッドタイプ車や燃料電池車といった第3世代の電気自動車にも生かされつつある
パターン情報処理システム	220	1971～1980	10	<ul style="list-style-type: none"> 将来および潜在ニーズとして、情報化社会の進展に伴い、多目的利用形態に対応できる高機能、高性能第4世代の情報処理システム(文字、図形、物体、音声等のパターン情報を処理できるシステム)が必要になるとの予測 パターン情報を処理しうる新世代の情報処理システムに必要な技術の開発 パターン認識に関わる総合システム・プロトタイプの開発 	<ul style="list-style-type: none"> 総合システム・プロトタイプにより、当時として、世界最高水準のパターン認識アルゴリズム開発、磁気バルブ素子の開発、高速マイクロプロセッサの開発、100Mbpsという当時としては高速な光ファイバーによる分散情報処理系などを実現 	<ul style="list-style-type: none"> 文字認識及び日本語処理において、カナ文字まで読取れる装置が実用化された他、日本語ワープロの開発に影響 企業内におけるパターン認識研究者の育成 電総研の研究インフラが飛躍的に向上 プロジェクト後、研究者が大学に移り後進を指導(人材の育成)

プロジェクト名	総開発費 (億円)	開発期間		目的・目標設定	目標の達成度	実用化・波及効果
		時期	期間			
航空機用ジェットエンジン	130	1971～1975 1976～1981	11	<ul style="list-style-type: none"> 我が国の国情に適した航空機用ジェットエンジンの国産開発が切望されていた 航空機業界では、国際共同開発、国際共同販売が大きな流れとなっており、このためにも自前のエンジン開発技術の確保が必要 第1期：推力5トンの小型ジェットエンジンの開発 第2期：推力7トンのファンジェットエンジンの開発 	<ul style="list-style-type: none"> エンジンの要素としてのファン、高圧圧縮機、燃焼機、高圧タービン等の目標値を達成し、補機、構造、騒音などについても技術基盤を確立 第1期開発のファンジェットエンジンは実機(STOL：飛鳥)に搭載 第2期は、日英共同開発に移行 	<ul style="list-style-type: none"> 5ヶ国共同事業としての、150人乗りクラスの中距離旅客機用エンジンV2500の開発に、エンジンメーカーによって設立された日本航空エンジン協会が参画
自動車総合管制技術	73	1973～1979	7	<ul style="list-style-type: none"> 自動車保有台数の増加に伴い、都市部での深刻な渋滞問題、交通事故の増加、排気ガスによる公害問題等が社会問題化 同時に、莫大な道路建設によって得られた社会資源の公用を最大限にする必要もあり、自動車の流れを総合的にコントロールし、スムーズにする「自動車総合管制技術」が一つの選択肢として考えられた 最適経路誘導、高濃度汚染地区の迂回誘導、公共車の優先制御等の諸機能を備えた自動車総合管制システムの開発(搭載車有利性：80%) 	<ul style="list-style-type: none"> シミュレーションにより、車載機器搭載車の非搭載車に対する走行所要時間の有利性は75%が得られた 	<ul style="list-style-type: none"> 本格的なハイウェイシステムが未整備、広範囲の交通量の測定ネットワークが無い、走行所要時間計算のベースとなるデジタル化された地図が未整備等、社会環境が整っていないため実用化されるには至らなかった 交通量の把握、最短時間走行ルートの検出等の技術、発想が、現在のITS技術に生かされつつある
高温還元ガス利用による直接製鉄	137	1973～1980	8	<ul style="list-style-type: none"> 世界的な資源エネルギー需要の拡大とその供給の不安定さの傾向が出始めており、エネルギー多消費の鉄鋼産業はエネルギー源の化石資源からの脱却を模索していた 原子力サイドでは、原子力から得られる熱をプロセスヒートとして使用できる多目的な原子炉開発の要望有り 高温ガス炉のヘリウムガス(出口音頭：1000)を熱媒体にしたエネルギーを製鉄プロセスに利用するシステムの開発(高温熱交換器、超耐熱合金、還元ガス製造、還元鉄製造装置、トータルシステム) 	<ul style="list-style-type: none"> 第1期の要素技術開発段階で終了 要素技術については当初目標をクリア 	<ul style="list-style-type: none"> 高温ガス炉の製作までに進まなかったために第1期で終了 直接製鉄法は、化学燃料をベースとする限り、現行の高炉、転炉法より経済性に劣るため、成果利用も進んでいない 熱交換器技術、各種材料開発での技術ストックが活用されている
重質油を原料とするオレフィンの製造法	138	1975～1981	7	<ul style="list-style-type: none"> オレフィン等の新製造法プロジェクト後の企業による継続実験で、コークス熱媒体法は原油よりも重質油により適正があることを確認 オイルショックの影響もあり、ナフサに依存しないで、かつ供給余力のある減圧残油のような重質油の石油化学原料化への期待も高かった コークス熱媒体法による重質油からのオレフィン製造法確立(原油処理量120トン/日程度のプラント、1000時間以上の連続運転) 	<ul style="list-style-type: none"> 重質油を原料とするコークス熱媒体法の120トン/日の大型プラントで、1000時間以上の連続運転を実施し、コークス熱分解法の実用化レベルのプラント運転が可能であることを実証 	<ul style="list-style-type: none"> 石油価格の緩和により本技術の実用化はされなかった 但し、コークス熱分解技術等の技術ストックとして、将来活用の可能性あり(石油が枯渇した場合など)
資源再生利用技術システム	126	1973～1975 1976～1982	10	<ul style="list-style-type: none"> 資源の効率的利用、ごみ処理問題への対応等の社会的要請があり、廃棄物の再資源化を図ることにより廃棄物量を減少させるシステムの必要性が高まっていた ごみの粉砕・分別・熱分解・油化等のシステム構成技術の開発(第1期) 都市固形廃棄物処理の技術システムの開発・パイロットプラント(第2期) 	<ul style="list-style-type: none"> 資源再生利用の要素技術を確立すると共に、2つのプロトタイプのパイロットプラント(物質回収型、エネルギー回収型)でそれら技術を実証 	<ul style="list-style-type: none"> 再生品は、当時の純正工業品に比べてコスト競が高く、再生品利用の機運は芽生えていなかった 当時、自治体は焼却方式を採用しており、本方式への転換はなされなかった 資源再生利用、燃焼技術等の技術ストックが近年に活用されている(ガス化溶融炉)。 環境保護対策やリサイクル技術の先駆的役割
海底石油生産システム	170	1978～1984	7	<ul style="list-style-type: none"> 石油資源確保のために自国生産が必要であると共に、石油深鉱、掘削、生産技術を開発し、海外に対するBargaining Powerを確保する必要があった 水深300m以深における海底石油生産システムの開発 海底設置作業、システム全体のメンテナンス等は遠隔で比較的容易に行えるもの 	<ul style="list-style-type: none"> トータルシステムの要素技術である、坑口装置、パイプライン装置、マニホールド装置、ライザ、貯油装置の4システムについて、基本機能を確立 水深50mにおける海水利用によるトータルシステムの実証 	<ul style="list-style-type: none"> セミサブ方式での掘削装置の技術開発が進み比較的深い地域でも石油生産が可能となったが、海底石油生産システムの実用化はなし 海中におけるプラント間の接続技術確立 日本企業における石油生産技術への寄与トータルシステムの実証
光応用計測制御システム	157	1979～1985	7	<ul style="list-style-type: none"> エレクトロニクスによる情報の伝送計測制御技術は、情報の伝送容量、施設スペース、耐電磁誘導雑音、耐環境性で限界であり、情報の増加には対処できない状況 高速化、大容量化、分散化等の社会的ニーズと高速大容量情報伝送でかつプラント内での悪環境にも耐える計測制御システムが必要との産業面でのニーズあり プラント等での画像情報などのプロセス情報を、劣悪な環境下で安定的に管理できる計測制御システム実用化の技術確立 	<ul style="list-style-type: none"> トータルシステムは石油プラントにおけるテストで実証 光関連の要素技術を確立 	<ul style="list-style-type: none"> トータルシステムはコストパフォーマンスの面で問題があり撤去 多くの要素技術が開発され、日本の光産業を世界のトップレベルに引き上げた 特に、光デバイススイッチと電気素子を1チップ化するOEICの考案 可視光半導体レーザーの開発により、産業全体のレーザー開発を活発化

プロジェクト名	総開発費 (億円)	開発期間		目的・目標設定	目標の達成度	実用化・波及効果
		時期	期間			
一酸化炭素等を原料とする基礎化学品の製造法	105	1980～1986	7	<ul style="list-style-type: none"> ・オイルショックによる石油価格の高騰により、石油以外の炭素源へ原料転換する技術が要請されていた ・石油以外の炭素源である石炭、天然ガス等からの合成ガスを原料とするエチレングリコール、エタノール、酢酸、炭水化物等基礎化学品の合成技術とガス分離精製技術の開発 ・基礎化学品の合成技術：ベンチスケール実験 ・ガス分離精製技術：パイロットプラントによる実証試験 	<ul style="list-style-type: none"> ・基礎化学品の合成技術については、ベンチスケール実験で実用化の目処が確認された ・ガス分離精製技術についても、パイロットプラントによる実証試験で、実用化が可能である技術が確立された 	<ul style="list-style-type: none"> ・石油価格の安定により、コスト的に採算が取れないことから、実用化の見込みがなくなる ・当時で世界最高水準といえる目標値を超える触媒系の開発により、触媒産業の発展に大きく寄与
マンガン団塊採鉱システム	169	1981～1997	17	<ul style="list-style-type: none"> ・我が国にとって、資源供給源の安定確保、資源自給率の向上が急務で有ると共に、マンガン団塊が世界的に注目されつつあった ・深海底におけるマンガン団塊の採掘には先行投資者保護スキームもあり、対外的なBargaining Powerを確保するためにも日本独自の自主技術開発が必須であった。 ・水深4000m～6000mの深海底に賦存するマンガン団塊を流体ドレッシング方式により採鉱する技術を開発、海洋(総合)実験を含む ・4回の計画変更により、当初の海洋総合実験は大幅に縮小され、海洋実験に変更になった 	<ul style="list-style-type: none"> ・1997年の海洋実験で、実際のマンガン団塊の採鉱を行い、要素技術の成果の確認を実施 	<ul style="list-style-type: none"> ・海洋法条約の緩和、マンガン団塊の逼迫緩和(商業生産開始は2010年以降)等により、計画を変更し海洋実験で終了 ・但し、プロジェクト推進で、海洋法条約に係る先行投資者としての鉱区登録、鉱区の獲得には貢献 ・海洋開発技術全般への技術向上への寄与
科学技術用高速計算システム	175	1981～1989	9	<ul style="list-style-type: none"> ・スーパーコンピュータの開発は、CRAY-1が市場を独占していた通り、米国が大きく先行していた。 ・当時のコンピュータの技術水準は非常に低く、気象衛星からの画像処理解析に1日もかかるほどで、大規模、高速のコンピュータ開発を望む声が高まっていた ・大規模な科学技術計算を高速に処理しうる高速計算システム実用化に必要な技術の確立：10GFLOPSの性能をもつ高速計算機の製作 ・開発の選択肢としては、シリコンに変わる新素子開発及び並列処理方式の開発である 	<ul style="list-style-type: none"> ・並列処理方式により、10GFLOPSの性能をもつ高速計算機を開発 ・新素子開発では、GaAs素子、HEMT素子、JJ素子を開発するも、新素子での高速計算機の開発までは至らなかった 	<ul style="list-style-type: none"> ・シリコン素子による並列処理方式での高速計算機が実現し、新素子を利用した計算機の実用化はなし ・開発したGaAs素子は通信用デバイスに、HEMT素子はBSアンテナに使用され、それぞれの市場を形成している ・本プロジェクトを契機にコンピュータ開発が加速され、日本企業の国際競争力がアップ
自動縫製システム	100	1982～1990	9	<ul style="list-style-type: none"> ・繊維産業の停滞と共に、多品種少量短サイクル化によるコスト上昇への対処が供給サイドの課題になりつつあった ・諸外国では、定番品や中・下級品を中心に低価格安定品質での生産体制が確立されつつあった ・多品種少量生産を効率的に行う自動縫製システム技術の開発(効率化：現行生産時間の50%以下) 	<ul style="list-style-type: none"> ・実験プラントにおいて、多品種少量衣料の生産での一枚当たりの生産時間を現行方式の50%以下にすることに成功 	<ul style="list-style-type: none"> ・要素技術の実用化に重点が有ったと共に、システムは複雑で大型なため実用化されなかった。 ・技術ストックが、高速レーザー裁断、布把持モジュール等に活用 ・CAD/CAM等の自動化・機械化技術への意識革新
極限作業ロボット	140	1983～1990	8	<ul style="list-style-type: none"> ・当時のロボットは、視覚センサー等を備えた適用性の高い第2世代ロボットで、第2次産業の製造業で使用されていた ・第3世代ロボット以降は、腕だけでなく足や目、頭脳など高度な機能を付加され、より人間に近い作業が可能でロボットと認識されていた ・ロボットは人間に代替する作業を処理できる可能性があることから、環境条件の悪い分野で活用できるロボットの要請がでてきた ・原子力・海洋・防災分野において多様かつ複雑な現場作業を人間に代わって実施しうる知能化ロボットシステムの開発 	<ul style="list-style-type: none"> ・原子力及び海洋分野用ロボットの要素技術を確認すると共に、ロボットを試作し実証実験を行った 	<ul style="list-style-type: none"> ・開発された要素技術は、画像処理装置や小型アクチュエータが製品化されたほか、宇宙作業用マニピュレータや原子炉解体・メンテナンス機器など自動化・遠隔化が必要な領域での製品化に結びついている ・ロボットに関する学問分野での寄与は大きく、日本企業における技術力を高め、現在のホンダやソニーのロボットに繋がっている
資源探査用観測システム	230	1984～1991	8	<ul style="list-style-type: none"> ・資源、エネルギーの安定供給確保としての積極的な資源エネルギー政策が展開されつつあり、我が国でも独自の地球観測衛星を打ち上げる機運になっていた。 ・宇宙開発委員会により、地球資源衛星1号の開発が認められた ・1990年打上げの資源探査衛星に搭載する高性能観測システムの開発：地表分解能18m(合成開口レーダ、光学センサ、ミッション記録機器、ミッション送信機で構成) 	<ul style="list-style-type: none"> ・資源探査に利用できる要素技術を開発 ・地球資源衛星1号打上げに開発したシステムを搭載し、目標性能をクリア 	<ul style="list-style-type: none"> ・地球資源衛星1号打上げ成功 ・光学センサ・合成開口レーダ技術の次世代機への発展

プロジェクト名	総開発費 (億円)	開発期間		目的・目標設定	目標の達成度	実用化・波及効果
		時期	期間			
電子計算機相互運用データベースシステム	76	1985～1991	7	<ul style="list-style-type: none"> 情報システムの主流が集中システムから分散システムへと変化しつつあり、情報機器、情報システムの相互運用性が今後の重要な基盤技術との認識が生まれつつあった しかし、機種異なる計算機で構成された分散システムでは、各種データを相互に運用するための信頼性の高い分散処理技術は確立されていなかった。 相互運用性を確保した高度な情報システムの開発、普及を目指し、データベース、OSI準拠ネットワークを中心とする高度情報化社会の基盤をなす諸技術の先導的開発・実装規約書の作成、機能実証のコンフォーマンステスト 	<ul style="list-style-type: none"> 要素技術の開発をベースに、ネットワークの設計仕様である実装規約書を作成 更に、実際にネットワークが正常に動作するかの確認試験(コンフォーマンステスト)を実施 	<ul style="list-style-type: none"> 確認試験を通して、計算機メーカーの技術レベルが向上 本プロジェクトを通して世界に通用するエンジニアが育っている 開発した要素技術での実機化ではないが、OSIの考え方を基に、企業において商品開発が実施されている
バイオ素子	76	1986～1995	10	<ul style="list-style-type: none"> 情報化社会の進展に伴い、LSIを中心とする半導体技術が急速に進歩していたが、半導体チップの集積度に関して旧来の光学的技術の限界に到達するであろうとの懸念があった ソフトウェアに関しても、従来のノイマン型処理では、生物が行っている知的活動を実現することは困難と見られていた 人の思考パターンを持つ新しい情報処理機能の必要性から、生物の知的活動を実現する新情報処理機能素子を開発する 具体的には、生物の情報処理機能の発現機構及び生体機能分子等の分子組織体の得意な機能等を、生物の有する優れた情報処理機能を工学的に実現するバイオエレクトロニクスデバイスに係る基盤技術を開発する 	<ul style="list-style-type: none"> 神経機能素子に関する基盤技術について検討 生物の神経活動並びに情報処理過程の分析、解明に関しては、リアルタイムに小動物の海馬の動きを計測する技術を開発 分子組織体を用いた情報処理素子に関しては、光、匂いの検出機能をもつ素子開発の可能性を見つけた 	<ul style="list-style-type: none"> 神経多点同時計測技術が商品化され、脳の仕組みの解明に大きく寄与 要素技術の解明・分子組織化技術、分子スケールバイオ素子化技術、非線形分子素子化技術、神経機能素子化技術等、何れも今後の基礎研究の推進に資する性質のもの 国際的な波及・国際学会の創設に貢献
新ソフトウェア構造化モデル	23	1990～1997	8	<ul style="list-style-type: none"> 情報通信技術において、ハードウェア分野における著しい技術進歩に比べ、ソフトウェア技術の進歩は不十分で、今後増大し多様化するソフトウェア需要に対応困難 現行のソフトウェアは、仕様の変更や拡張にも膨大な量のプログラムを理解する必要があり、システム開発、メンテナンスに対するコストや手間の増加と、プログラマ不足が懸念された 複数のエージェントが協調して問題解決を行うことにより、環境の変化に柔軟かつ臨機応変に対応できるソフトウェア構造化モデルの開発・多様化ニーズへの対応、システム開発の容易化、メンテナンスの容易化等 	<ul style="list-style-type: none"> 次世代産業を創出する新たな科学的知見の発見と基盤技術を開発 3種類の言語および定式化メカニズムを開発 	<ul style="list-style-type: none"> 開発された言語等のフォローアップ、成果普及体制が充分でなく、実用化されていない。但し、最近、インターネットへの公開等をやっており、実用化への期待は大きい 未発達段階にあったエージェント研究領域の発展に大きく寄与
ソーラーシステム	65	1974～1983	10	<ul style="list-style-type: none"> オイルショックによる石油価格の高騰と、将来の石油資源枯渇への懸念があり、石油資源を輸入に依存している我が国において、石油以外の自給可能なエネルギーの安定確保が必要であった 無尽蔵な太陽エネルギーの利用技術として、太陽熱温水器が実用化されていたが、高度利用のためには経済性に問題があった 第1期：最も実用化の時期が早いと予測され、かつ、太陽エネルギーの利用効率が高い、「太陽冷暖房・給湯システムの開発」 第2期：「産業用ソーラーシステムの開発」、および、「長期蓄熱の開発」(土中蓄熱、化学反応蓄熱、温度差蓄熱) 	<ul style="list-style-type: none"> 第1期計画に対しては、機器コンポーネント及び材料の開発と実験住宅の建設、計測、評価を実施し、当初目標を達成 産業用システムとして、空気集熱方式による乾燥システムを開発(フィックスヒートプロセス)すると共に、要素技術開発により、アドバンスヒートプロセスの後継開発につなげている 	<ul style="list-style-type: none"> 給湯システムが主体であるが、助成制度による補助金交付もあり、広く普及
太陽光発電		1974～		<ul style="list-style-type: none"> オイルショック以降のエネルギーおよび環境問題より、石油代替エネルギーの必要性が高まり、太陽光エネルギーの有効利用がさげられた 更に、我が国における半導体技術の優位性を活用した産業創出の狙いもあった 環境問題、エネルギー問題への対応、および産業の誘発等を狙い、太陽エネルギーの利用技術である太陽光発電技術を開発する。材料及びセル構造の低コスト化・大面積化、システムの低コスト化・高効率化 	<ul style="list-style-type: none"> プロジェクトは進行中であるが、太陽電池の低コスト化、高効率化を実現し、太陽光発電も普及しつつある 	<ul style="list-style-type: none"> 太陽光発電は、充分とは言えないまでも民生において普及しつつある 特に、日本の太陽電池産業の育成に大きく寄与しており、本プロジェクトに参画した企業は世界的にトップメーカーに成長している 半導体関連の技術ストックにも貢献
廃熱利用技術システム	40	1976～1981	6	<ul style="list-style-type: none"> オイルショックを契機に強力な省エネルギー政策が提案、実施されつつあり、工場廃熱という中低温域でのエネルギー回収が注目されて エネルギー多消費の製鉄所でのフィジビリティストディをベースにプロジェクトをスタート 工場廃熱を効率的に回収利用する技術の開発：熱回収・熱交換・熱輸送・熱貯蔵技術における要素技術開発 廃熱利用トータルシステムの研究・設計 	<ul style="list-style-type: none"> 要素技術開発をベースに、製鉄所のみならずセメント工業、石油化学工業へ適用した場合のトータルシステムについても検討 	<ul style="list-style-type: none"> 要素技術をベースに、世界最高水準の圧縮式、吸収式ヒートポンプを実用化 プロジェクト参加企業により企業における省エネルギー技術の開発が促進された

プロジェクト名	総開発費 (億円)	開発期間		目的・目標設定	目標の達成度	実用化・波及効果
		時期	期間			
高効率ガスタービン	260	1976～1987	12	<ul style="list-style-type: none"> ・オイルショックを契機に省エネルギーが主要な政策の一つとなった。省エネルギー技術開発の一つとして、熱機関の熱効率向上が上げられた ・10万KW級の複合発電システムで総合熱効率55%(低位発熱基準)を実現するための高効率ガスタービンの開発 ・同時に、入口温度1500 を目指した次の段階の要素技術の開発も実施(耐超高温材料や部品の開発、環境保全対策技術の開発、最適エネルギー供給システム技術の確立) 	<ul style="list-style-type: none"> ・10万KW級で総合熱効率55%を達成できる高効率タービンの基幹要素技術を開発し実証 	<ul style="list-style-type: none"> ・本技術をベースに、MHIは入口温度1500 のガスタービンでGEと唯一対抗できるトップメーカーに ・耐熱合金、耐熱セラミック、燃焼器、タービンの冷却方法等の要素技術が国内メーカーに貢献
汎用スターリングエンジン	84	1982～1987	6	<ul style="list-style-type: none"> ・オイルショック以降、省エネルギー技術の開発が進められつつあり、その一つとして、民生、運輸部門における動力源の省エネルギーの機運も高かった ・このため、熱効率の高い新しい動力変換技術の開発が急務とされていた ・冷暖房用ヒートポンプ及び小型動力源に適合する3KW及び30KW級スターリングエンジンの開発と利用システムの実用化研究 	<ul style="list-style-type: none"> ・技術目標としてのスターリングエンジンの要素技術開発においては、その技術レベルは世界最高水準となった ・一方、冷暖房ヒートポンプ用エンジンおよび小型動力源の利用システム実用化を目的とした開発においては、高信頼性、低コスト化が大きな課題として残された 	<ul style="list-style-type: none"> ・開発したスターリングエンジンでは、信頼性、およびコスト面での課題が残り、実用化には至らなかった ・開発技術はスターリングサイクル冷凍機の製品開発に寄与 ・更に、スターリングサイクル関連の人材育成に寄与

表 4 - 2 システム評価 28 プロジェクトの概要・評価総括一覧(2)

プロジェクト名	総開発費 (億円)	開発期間		技術レベル		技術オプションの多元性
		時期	期間	キャッチアップ	フロントランナー	
超高性能電子計算機	100	1966～1971	6	・世界最高水準のIBMシステム370が実用化		×
脱硫技術(排煙脱硫、直接脱硫)	26	1966～1971	6	・直接脱硫: 外国で開発し実用化を進める段階。触媒特許は米国内企業で押さえられていた	・排煙脱硫: 開発目標の乾式法は米国でも基礎研究のレベル。但し、湿式法は実用化段階。	排煙脱硫(乾式法): 活性炭法・活性酸化Mn法 直接脱硫: 固定床方式・懸濁床方式
オレフィン等の新製造法	11	1967～1972	6		・原油分解によるオレフィン製造技術のニーズは日本の特殊事情	× コークスを熱媒体とした循環流動床方式
海水淡水化と副産物利用	50	1969～1977	9	・短管式プラントあり		× コンクリート缶体の高流速長管多段フラッシュ法の開発
大深度遠隔操作海底石油掘削装置	45	1970～1975	6	・ジャッキアップ型、セミサブマージナル型が主流	・開発目標とした海底設置・遠隔操作型は初めてのシステム	× ・但し、プロジェクトとは別に、セミサブ型第2白竜号の建設有り
電気自動車	57	1971～1977	7		・諸外国に国家プロジェクトとしての先例なし	5車種での実験車試作(電池: 8種・モーター: 6種)
パターン情報処理システム	220	1971～1980	10		・第4世代情報処理システムとしての将来/潜在ニーズからの開発 ・同時期に外国企業が研究開発に取り組むことを予想	様々な認識システム・光部品中央処理・分散処理方式
航空機用ジェットエンジン	130	1971～1975 1976～1981	11	・高バイパス比エンジンが広胴型大型ジェット輸送機に搭載		×
自動車総合管制技術	73	1973～1979	7		・社会システム構築での前例は無し ・但し、米国運輸省によるElectronic Route Guidance Systemの先行研究有り	交通流予測: ハード・ソフト 通信方式: 微弱漏洩電波・ミリ波
高温還元ガス利用による直接製鉄	137	1973～1980	8		・石油資源問題を契機とした高温還元ガス利用は、日本の特殊事情	×
重質油を原料とするオレフィンの製造法	138	1975～1981	7		・従来技術は砂を熱媒体とした技術で問題あり ・コークス熱媒体は初めて	× コークスを熱媒体とした循環流動床方式
資源再生利用技術システム	126	1973～1975 1976～1982	10		・欧米で資源化の研究開発を推進中 ・日本は技術面で先進的	2種のパイロットプラント: 物質回収型・エネルギー回収型
海底石油生産システム	170	1978～1984	7	・エクソン社により水深300mでの石油掘削を推進中		× システム全体での多元性なし
光応用計測制御システム	157	1979～1985	7	・光ファイバー技術は米国で実用段階	・光電子集積回路の開発はなし	光ファイバ、半導体レーザ、光電子集積回路(OEIC)
一酸化炭素等を原料とする基礎化学品の製造法	105	1980～1986	7		・石油以外の炭素源をガス化し、基礎化学品製造の実用化研究はなし ・海外では先行研究のレベル	基礎化学品製造: 4種・各種触媒 ガス分離: 4種・有機・無機多孔質
マンガン団塊採鉱システム	169	1981～1997	17	・既に、欧米においてマンガン団塊の開発に着手		× 揚鉱システムでポンプ・エアの2方式が有った程度

プロジェクト名	総開発費 (億円)	開発期間		技術レベル		技術オプションの多元性
		時期	期間	キャッチアップ	フロントランナー	
科学技術用高速計算システム	175	1981～1989	9	・世界最速のCRAY-1への追従		新素子開発及び並列処理によるシステム
自動縫製システム	100	1982～1990	9		・日本が先行 ・当時、米国商務省でもシステムを構築しつつあったが、その後民間主導に変わる	× 個々の要素技術で若干の多元性はあるがシステムでは無し
極限作業ロボット	140	1983～1990	8		・世界で初めての第3世代ロボットの開発	適用分野として原子力、海洋、防災を想定 基盤技術：機構技術、制御技術、支援技術
資源探査用観測システム	230	1984～1991	8		・観測機器システムは欧米で開発段階、商業ベースには至っていない	× 計画時に合成開口レーダの採用決定
電子計算機相互運用データベースシステム	76	1985～1991	7	・国際標準OSI（開放型システム相互接続）は既に決定していた		分散データベースシステム、マルチメディア、高信頼性技術での研究
バイオ素子	76	1986～1995	10		・米国においてバイオチップの研究はあったが停滞していた状況 ・日本独自の生体材料、高分子を用いた新しい情報処理機能素子の開発をスタート	分子組織化技術、分子スケールバイオ素子化技術、非線形分子素子化技術、神経機能素子化技術
新ソフトウェア構造化モデル	23	1990～1997	8		・当時、協調アーキテクチャ、エージェント志向プログラミングの国際的研究はなし	1期においてトップダウン及びボトムアップでの2アプローチで検討 国研・IPAでそれぞれの言語研究：Flage・GAEA・FDL-
ソーラーシステム	65	1974～1983	10		・国際的に太陽エネルギー利用が推進されつつあり、開発段階 ・日本としての新しいシステムの構築	システム：冷暖房、給湯 産業用システム：2種 長期蓄熱方式：3種
太陽光発電		1974～		・サンシャイン計画ではキャッチアップ型	・ニューサンシャイン計画においては、フロントランナー型	多種類の技術での挑戦
廃熱利用技術システム	40	1976～1981	6		・各国技術に大きな差はなし ・但し、大規模での実用化研究は日本が初めて	ヒートポンプ、ヒートパイプ、直接接触熱交換器、熱貯蔵、サーモサイフォン、更にそれぞれの項目で技術多元性あり
高効率ガスタービン	260	1976～1987	12		・米国EPRIによる共同開発の申し出があったように、日本が先行	入口温度の高温化対応で、金属・セラミックの選択（材料の多元性） システム開発：パイロットプラント、プロトプラント
汎用スターリングエンジン	84	1982～1987	6	・技術シーズは欧米企業の技術を継承	・空調機器への用途開発としては日本独自	開発システムとして3KW：2種及び30KW：2種

表4-2 システム評価28プロジェクトの概要・評価総括一覧(3)

プロジェクト名	総開発費 (億円)	開発期間		研究開発体制・国立研究所の役割	
		時期	期間	国立研究所	国立研究所の役割
超高性能電子計算機	100	1966～1971	6	・電気試験所(現 電子技術総合研究所) ・東京大学	・基本設計、設計分野でのリーダーシップ ・計画変更の技術サイドでのマネジメント
脱硫技術(排煙脱硫、直接脱硫)	26	1966～1971	6	・公害資源研究所 ・東京工業試験所(現 化学技術研究所) ・資源技術試験所	・直接脱硫に参画。固定床方式のプラントを資源技術試験所に設置し共同研究 ・排煙脱硫は企業が主体で資源技術試験所がサポート
オレフィン等の新製造法	11	1967～1972	6	・化学技術研究所 ・公害資源研究所	・分解生成物の特性分析
海水淡水化と副産物利用	50	1969～1977	9	・東京工業試験所(現 化学技術研究所)	・東工試での研究開発を継承したことから当初の役割大 ・但し、後期では役割は低下
大深度遠隔操作海底石油掘削装置	45	1970～1975	6	・機械技術研究所	・サブシステムの研究開発に参画 ・企業サイドの進捗状況のフォロー
電気自動車	57	1971～1977	7	・機械技術研究所 ・大阪工業技術試験所	・基本的に評価を担当 ・機械技術研究所:車体 ・大阪工業技術試験所:電池
パターン情報処理システム	220	1971～1980	10	・電子技術総合研究所	・全体の取りまとめ ・全研究項目84のうち32項目を担当
航空機用ジェットエンジン	130	1971～1975 1976～1981	11	・科技厅航空宇宙技術研究所	・中心的役割:技術指導、ノウハウ、計画立案
自動車総合管制技術	73	1973～1979	7	・機械技術研究所 ・警察庁科学警察研究所	・各要素技術に関する指導、評価 ・交通システムに関する指導 ・但し、研究開発は企業側が主導
高還元ガス利用による直接製鉄	137	1973～1980	8	・科技厅金属材料技術研究所	・クリープ試験を実施
重質油を原料とするオレフィンの製造法	138	1975～1981	7	・化学技術研究所 ・公害資源研究所	・殆ど関与無し
資源再生利用技術システム	126	1973～1975 1976～1982	10	・化学技術研究所 ・公害資源研究所 ・北海道工業開発試験所 ・四国工業試験所 ・東京都、横浜市	・システム支援研究を担当し、調整と研究開発遂行の役割 ・東京都、横浜市でパイロットプラント設置。実証テスト
海底石油生産システム	170	1978～1984	7	・機械技術試験所	・支援システムの要素技術開発に参画
光応用計測制御システム	157	1979～1985	7	・電子技術総合研究所	・プロジェクトマネジメント ・長期的開発が必要な光素子技術と光回路技術を中心に開発
一酸化炭素等を原料とする基礎化学品の製造法	105	1980～1986	7	・化学技術研究所	・化学技研で企業と共同実験:触媒開発・ベンチ研究 ・膜分離技術について取りまとめ
マンガン団塊採鉱システム	169	1981～1997	17	・公害資源研究所	・基礎的な研究(土質工学的、流体工学的な研究)を実施
科学技術用高速計算システム	175	1981～1989	9	・電子技術総合研究所	・基礎研究を実施:JJ素子開発、
自動縫製システム	100	1982～1990	9	・繊維高分子材料研究所 ・機械技術研究所 ・製品科学研究所	・基礎研究を担当するもアドバイザー的役割
極限作業ロボット	140	1983～1990	8	・機械技術研究所 ・電子技術総合研究所 ・九州工業技術試験所	・機械技研・電総研で基礎的研究を担当、開発への寄与は小さい

プロジェクト名	総開発費 (億円)	開発期間		研究開発体制・国立研究所の役割	
		時期	期間	国立研究所	国立研究所の役割
資源探査用観測システム	230	1984～1991	8	<ul style="list-style-type: none"> 地質調査所 電子技術総合研究所 大阪工業試験所 計量研究所 機械技術研究所 	<ul style="list-style-type: none"> 鉱物資源探査を目的とした将来型高性能センサ実現のための要素技術の開発 衛星搭載用観測システムの研究開発を技術的にサポート
電子計算機相互運用データベースシステム	76	1985～1991	7	<ul style="list-style-type: none"> 電子技術総合研究所 	<ul style="list-style-type: none"> 要素技術の開発及び技術指導 相互運用ネットワークシステムの研究に関しては、側面からのアプローチ程度
バイオ素子	76	1986～1995	10	<ul style="list-style-type: none"> 電子技術総合研究所 物質工学総合研究所(初期は化学技術研究所) 	<ul style="list-style-type: none"> 電総研によるリーダーシップとプロジェクトのオーガナイズ
新ソフトウェア構造化モデル	23	1990～1997	8	<ul style="list-style-type: none"> 電子技術総合研究所 機械技術研究所 	<ul style="list-style-type: none"> プロジェクトのプリンシパルインベスティゲーターであり、プロジェクトの立上げに貢献 電総研、企業それぞれが別個に言語を開発
ソーラーシステム	65	1974～1983	10	<ul style="list-style-type: none"> 名古屋工業技術試験所 	<ul style="list-style-type: none"> 政策面での取りまとめ 開発面でデータの評価方法の研究を実施
太陽光発電		1974～		<ul style="list-style-type: none"> 電子技術総合研究所 機械技術研究所 物質工学総合研究所 資源環境研究所 	<ul style="list-style-type: none"> 未熟な技術のインキュベータ 研究指導の機能 研究開発の実施
廃熱利用技術システム	40	1976～1981	6	<ul style="list-style-type: none"> 化学技術研究所 	<ul style="list-style-type: none"> 化学技術研究所では要素技術開発とともに企業サイドの研究開発状況をフォロー。企業側との人間関係にも十分配慮
高効率ガスタービン	260	1976～1987	12	<ul style="list-style-type: none"> 機械技術研究所 名古屋工業技術試験所 大阪工業技術試験所 九州工業技術試験所 航空宇宙技術研究所 金属材料研究所 	<ul style="list-style-type: none"> 各研究所で基礎的研究を実施
汎用スターリングエンジン	84	1982～1987	6	<ul style="list-style-type: none"> 機械技術研究所 航空宇宙技術研究所 公害資源研究所 	<ul style="list-style-type: none"> エンジン及びシステムの試験方法に関する研究 要素技術の研究：シール技術、熱交換技術、燃焼方式 評価試験の実施

5. ナショナルプロのシステム効用と限界

5.1 政府主導の研究・コンソーシアムに関する既往研究¹⁾

本節では、政府主導の研究・コンソーシアムの意義・役割、効果発現のメカニズム、及び事例研究、効果分析等のレビューを行う。(1)では、「政府主導の研究・コンソーシアムの意義・役割、発現メカニズム」、(2)では、「コンピュータに関する政府主導の研究・コンソーシアムの事例研究」、(3)では、「政府主導の研究・コンソーシアムの効果分析」についての既存研究のレビューを行う。

(1) 政府主導の研究・コンソーシアムの意義・役割、効果発現メカニズム

- 1) 技術政策全体の中で政府主導の研究・コンソーシアムの位置づけを論じた研究
後藤・若杉 [1984]、Okimoto [1989]、Watanabe, Santoso, and Widayanti [1991]、若林 [1999]、ポーター・竹内 [2000]
- 2) 政府主導研究・コンソーシアムのみを分析した研究
National Research Council [1990]、Hane [1993-1994]、Aldrich and Sasaki [1995]、宮田 [1997]

(2) コンピュータに関する政府主導の研究・コンソーシアムの事例研究

- 1) 国内の事例研究
Fransman [1990]、Callon [1995]
- 2) 海外の事例研究
Gibson and Rogers [1994]、Cohen and Noll [1995]

(3) 政府主導の研究・コンソーシアムの効果分析

- 1) 我が国の主な効果分析
Sakakibara [1997]、Branstetter and Sakakibara [1997, 2000]、中村 [2001]、中久木・渡辺・永松 [forthcoming]
- 2) 海外の主な効果分析
米国 Link, Teece and Finan [1996]、Irwin and Klenow [1997]
ヨーロッパ Bachard and Lambert [1992]、Mayer-Krahmer [1997]、Georghiou and Roessner [2000]
韓国 Lee [1998]

図 5 - 1 - 1 既存研究のレビュー

1) 本節は、中村 [2001] によるところが大きい。

(1) 政府主導のリサーチ・コンソーシアムの意義・役割、効果発現メカニズム

1) 産業政策全体の中で政府主導のリサーチ・コンソーシアムの位置づけを論じた研究

後藤・若杉 [1984] は、日本経済の高度成長とその過程での産業構造の変化に技術進歩が果たした役割が極めて大きかったとしている。研究開発活動は民間部門が主導し、政府はこれを促進する役割を担い、政策の運用は市場機構を他の政策メカニズムに置き換えるのではなく、市場機構の働きを促進するように企業にインセンティブを与えるという基本的な方向性を持っていたとしている。具体的な産業技術促進のための政策として、税制上の優遇措置、補助金・委託費等の研究開発の補助、国公立の研究機関、鉱工業技術研究組合制度、表彰制度等を調査し、これらの政府の政策は、経済成長に対して効率的に貢献する技術の促進を促すという点では、すぐれた効果を持っていたが、しかし他方で、政策がなくてもいずれは企業が行ったと思われる研究開発を全般的に早く行わしめるという効果が中心であり、本来、政府が政策的に推進すべき、例えばリスクの大きい長期的な研究開発、社会的収益率が大きく上回るような研究開発への比重が小さかったという問題を持っているとしている。

Okimoto [1989] は、過去、日本の競争力を強めていた最大の理由が、通商産業省の行っている産業政策によるものか否かを分析している。鉄鋼、自動車、半導体などは、成功例とされる一方、宇宙産業、大型ジェット航空機等でいくつかの問題が起きているが、それらは日本の産業政策との関係を明確に説明できるのか、というのが問題意識である。その結果、産業政策とハイテク産業の競争力のあいだには明確な因果関係があると証明できないが、産業政策は、政府と業界間等を緊密に連携させ、全体を統合させるメカニズムを持っており、その内部で互いに切磋琢磨することにより、すばらしい効率性を見いだすのではないかと指摘している。

また、日本の国家的研究計画として、超 LSI 技術研究組合の例をあげ政府主導の研究開発について論じている。この日本の国家的研究計画は、将来重要となる可能性が高い基礎的で、商業化以前の技術に焦点をあて、それを利用することによって企業間の協力がすばらしい意義を持つような性格の研究を目指していたとしているが、この国家的な研究計画はいずれも技術の最先端分野でめざましい飛躍といえるような成果はあげていないとしている。

Watanabe, Santoso and Widayanti [1991] は、第2次世界大戦後の日本の急成長の原因はどこにあるかを分析している。すなわち、企業による研究開発強度は先進国と比して多く、政府の研究開発費のシェアは、他の先進国に比して少ない状況の中で、通商産業省は、なぜ効果的な研究開発を行えたのか、またどのように行ったのか、を分析している。その

結果、日本の技術開発の成功要因は、内部技術（研究開発の能力）と外部技術（経済的、社会的、政治的環境）のインテグレーションが大きく貢献したとしている。また、エネルギー関係の研究開発を行うことにより、エネルギー関係の研究開発が促進され、その結果、研究開発強度が効果的に増加しており、そのサイクリカルな日本型の研究開発システムは情報関係の技術開発でも同様なことが起こっているとしている。そして、以上のメカニズムの発現に通商産業省主導の共同研究開発が中核的な役割を果たしたとしている。

若林 [1999] は、1950年代以降の各時代の歴史的政策的資料の掘り起こし、当時の責任者との接触、統計データ等による計量分析を基に、過去40年間の産業技術政策における政策創設・展開のメカニズムとそれに果たしたビジョンの役割及びその背後にあるメカニズムを分析している。その結果、1960年代から1980年代前半において技術開発と経済成長の好循環を構築した日本の成功は、産業界自身の自助努力はもとより、民間活力を的確な方向性とタイミングをもって誘発した政府の政策との絶妙な連携によるものであるとしている。しかし、1990年代に入り、通商産業省のビジョンの役割と産業技術政策は、1990年代に日本が直面したパラダイム変化と経済的混迷の中でその見直しが迫られており、通商産業省は、研究開発制度を再構築するとともに、実質的には2000年代ビジョンと受け取れる計画を策定して、企業の技術開発を活性化する誘発メカニズムを修正しつつあるとしている。

ポーター・竹内 [2000] は、日本を現在苦しめている諸問題は、マクロ経済を越えた、より根本的なところに根ざしており、すなわち、個々の産業において日本がどのように競争していくかという、ミクロ経済学的な問題であるとし、その分析を行っている。その結果、これまで賞賛されてきた官僚主導型の資本主義は、日本の成功の原因ではなく、むしろ、日本の失敗に深く関わっていると結論付けた。すなわち、日本政府は競争原理を信用しておらず、その結果、日本政府は、生産性や繁栄を損なうような形で干渉しがちであるとしている。

また、これまで広く賞賛されてきた日本型政府モデルの一つの主要政策は、政府が支援する共同研究開発プロジェクトであるとしている。共同研究開発は産业内の各個別企業の競争力を損なう危険性を孕んでおり、仮にすべての企業が同じような研究を続けた場合、企業の技術と製品は収斂していくとしている。共同研究開発は、結果として、競争は阻害され、イノベーションは鈍化するとし、共同研究開発の普及は、日本企業が独自の戦略を打ち出すのが稀であるということの一つの原因である可能性が高いと結論づけている。

2) 政府主導の研究・コンソーシアムのみを分析した研究

National Research Council [1990] は、日本との競争力と協力に関する問題点を探り、研

研究開発コンソーシアムを中心とした新たなアプローチを見いだすことを目的として「研究開発コンソーシアムと日米協力に関するワークショップ」を開催して、当該ワークショップの主要論点を整理している。日米の過去のコンソーシアムを比較した上で、米国企業が日本企業や日本政府と共同研究を行う上での留意点を明示している。その上で、研究開発コンソーシアムは技術革新を進める可能性があるが、国際的な競争を制限する寡占状態を作り出しうる懸念もあり、現時点で長期の影響について明確な結論を出すのは時期尚早だとしている。その上で、具体的な政策アプローチとして、「国家主義的技術・産業政策」、「国際主義的技術・産業政策」、「何もしない」等の5つの処方箋を提示している。

Hane [1993-1994] は、超 LSI 研究組合等過去の日本のコンソーシアムを調査し、米国のコンソーシアムの今後のあるべき方向性を示している。彼は、日本のコンソーシアムに関して、世間はいくつかの誤解をしているとしている。例えば、アメリカでは、日本のコンソーシアムは集中研究所で研究開発を行っているとは認識されているが、集中研究所は日本では珍しいケースであると指摘している。また、超 LSI 研究組合を例として、日本の半導体産業の成功は超 LSI 研究組合によるところが多いとされているが、これは単なる偶然の一致であって、超 LSI 研究組合は漸進的な進歩はあったが、革新的な進歩はなかったのではないかと指摘している。ただし、日本の国立研究所は、コンソーシアムの技術のスピルオーバーのために重要な役割を果たしており、米国もこのような事象を学ぶべきだと指摘している。

Aldrich and Sasaki [1995] は、日本と米国のリサーチ・コンソーシアムを比較する。具体的には、アンケート等を用いて、日本の鉱工業技術研究組合法に基づき 1961 年以降に作られた鉱工業技術研究組合と 1984 年に制定された国際協力研究法に登録された米国のリサーチコンソーシアムを比較する。

その結果、日本のコンソーシアムは米国のコンソーシアムと比較して、限定的な分野の研究を行い、政府資金に頼る傾向があるとしている。また、日本のコンソーシアムが個々の参加企業で研究することを望み、米国のコンソーシアムは集中研究所を設立して研究することを望む傾向があるとしている。

宮田 [1997] は、日本、アメリカ、ヨーロッパでハイテク産業育成のために行われている共同研究開発について、産業育成政策と競争政策の両面から分析している。アメリカは 1980 年以前、反トラスト法が共同研究開発を妨げていたが、規制緩和が行われ日本と同様共同研究開発が行われるようになったとし、日本企業とアメリカ企業それぞれの研究開発について、産業横断の実証分析を行っている。その結果、共同研究開発は日本企業にとって、研究者の企業間移動が少なく、企業買収もあまり活発でないことから、多角化の代替手段となると認識されている一方で、アメリカでは企業が新しい分野の研究開発を進めるとき

は、その分野の技術者を労働市場に雇い入れたり、技術力のある企業を買収することができるので、共同研究は多角化の代替手段とは認識されていないこと等が導き出されている。さらに共同研究開発のケーススタディとして、日本の例として、超 LSI プロジェクト、第 5 世代コンピュータ・プロジェクトを、米国の例として、MCC、セマテックを、ヨーロッパの例として、Alvey、エスプリ、ユーレカを挙げて、これらのプロジェクトの内容を調べるとともに、これらのプロジェクトが企業を参加させる誘因を十分持っていたかどうかを考察している。

(2) コンピュータに関する政府主導のリサーチ・コンソーシアムの事例研究

1) 国内の事例研究

Fransman [1990] は、超 LSI プロジェクト、光応用計測制御システム・プロジェクト、スーパーコンピュータ・プロジェクト、新機能素子プロジェクト、第五世代コンピュータ・プロジェクト等の主な日本の共同研究を詳細に調べるとともに、その成果と政府が行った産業政策の関係を分析している。彼は、戦後を、初期のキャッチアップ期間（1945 年から 1965 年）、後期のキャッチアップ期間（1966 年から 1979 年）、フロンティア先導期間（1980 年から現在）に分けている。初期のキャッチアップ期間は、大学や国の研究機関が新たな技術を開発し、普及させるために重要な役割を果たしたとしている。後期のキャッチアップ期間は、富士通、日立、日本電気、東芝、三菱電機、沖電気等の企業が中心となってコンピュータ、デバイス分野の研究開発を行うとともに、電子技術総合研究所を活用して、通商産業省主導の共同研究開発プロジェクトが行われたとしている。その中で、通商産業省主導の共同研究プロジェクトの分析を行っており、例えば、超 LSI プロジェクトについては、日本のデバイス産業の競争力強化に強かに貢献したかどうか疑問だとしている。フロンティア先導期間は、日本がコンピュータやデバイス分野におけるキャッチアップが終了し、新たなフロンティア技術の探求を行う期間であるとしている。上記の超 LSI プロジェクト以外のプロジェクトが、その対象となるが、この時期、日本は、日本企業が現在必要な技術開発というよりは、将来的に必要と思われる技術開発に勢力を注いだ。結論として、通商産業省は、長期的な基礎研究いわゆるあさつての研究に資金を投下することによって、不確実性を減ずるのに重要な役割を果たしたとしている。

Callon [1995] は、超 LSI 研究組合、スーパーコンピュータ・プロジェクト、第五世代コンピュータ・プロジェクト、TRON プロジェクト等の過去 20 数年に及ぶ日本のハイテク分野の産業政策を調査している。その結果、1970 年代の終わりから 1980 年代の始めにかけて、構造変化が起こり、コンソーシアムという通商産業省が行っている政策ツールが必ず

しも十分に機能しなくなってきたとしている。今後、通商産業省は、コンソーシアム中心の産業政策を行わずに、規制緩和を進めるとともに、大企業中心の産業政策から中小企業中心の産業政策を実施するように提言している。

2) 海外の事例研究

Gibson and Rogers [1994] は、米国の産学連携の典型例である MCC (Microelectronics Computer Technology Corporation) について分析を行っている。まず、日本の超 LSI プロジェクトの成功及び第五世代コンピュータ・プロジェクトの創生を受けて創設された等の MCC 設立の経緯を述べた後、日本の超 LSI プロジェクトや第五世代コンピュータ・プロジェクトを分析している。次に、MCC の運営方法、成果に関する技術移転の方法を調査し、最後に、MCC のインパクトを分析している。MCC のインパクトについては、計量的な分析を行っていないが、調査・分析した結論として、MCC は、製品を作ることはなかったが、各企業が今後重要だと思ふ分野の前競争的な研究に焦点をあて、その分野で共同研究を行うためのインフラを提供することにより、参加企業に大きなインパクトを与えるとともに、米国の産業競争力を高めたとしている。

Cohen and Noll [1995] は、CRADA (the Cooperative Research and Development Agreement) を例として、効果的な産官による共同研究開発の可能性を探っている。CREDA は、国立研究所と民間企業との共同研究開発を行う仕組みで、国立研究所の知的資産を商用化しようとする企業を支援すること等を目的に作られた。CREDA の影響等については、開始以来、継続的に観察し、計量的に測定しようと努力したが、困難なため、このペーパーでは、CREDA のメリット、デメリットを指摘するに止まっている。

(3) 政府主導のリサーチ・コンソーシアムの効果分析

1) 我が国の主な効果分析

Sakakibara [1997] は、日本の政府主導の研究開発組合の評価を行うため、237の研究組合の398人の責任者に対しアンケート調査を行い、そのデータを基に、計量分析を行っている。その結果、研究組合ができたからといって、産業競争力が強化されたとは限らないとしている。また、企業が研究開発組合に参加するのは、研究者のトレーニングや一般的な研究開発に関する知見を高めるといような、むしろ漠然としたメリットを得るためであるとしている。

Branstetter and Sakakibara [1997] は、研究コンソーシアムに参加することで技術革新の生産性(特許生産性)がどのように影響されるのかを特許数を被説明変数、研究開発費、研究コンソーシアムの参加頻度等を説明変数として計量分析を行っている。その結果、コンソーシアムに頻繁に参加することによって特許の生産性は高くなるとしている。

Branstetter and Sakakibara [2000] は、政府主導の共同研究開発プロジェクトの影響を、当該プロジェクト参加前と参加中と参加後の当該プロジェクトが行った研究分野の特許出願件数を活用して、計量的な分析を行っている。その結果、プロジェクトの参加企業が異業種より同業種の場合の方が、特許出願件数が多く、応用研究より基礎研究に主眼を置くプロジェクトの方が、特許出願件数が多いとしている。また、研究成果を多く排出するためには、財政的な支援よりも共同研究主体のデザインが大きく寄与している。さらに、ある政府主導の共同研究開発プロジェクトが開始されると当該プロジェクトが実施する研究分野の特許出願件数が増加するが、プロジェクト開始4年から8年後に減少し、さらにプロジェクトの終了後に増加する傾向があるとの結論づけている。

中村 [2001] は、1980年以降に開始され、中核となって我が国の産業技術を連続的に発展させたスーパーコンピュータ・プロジェクト、第五世代コンピュータ・プロジェクト、リアル・ワールド・コンピューティング・プログラムに注目し、政府主導の共同研究開発プロジェクトの政策効果の分析を行っている。その結果、スーパーコンピュータ・プロジェクトや第五世代コンピュータ・プロジェクトが始まった当初の1980年代については、参加企業はコンピュータ・プロジェクトに参加することにより多くの政策効果を受けることができたが、1990年代中頃以降、その政策効果を受ける度合いが徐々に減少してきたと結論づけている。

中久木・渡辺・永松 [forthcoming] は、通商産業省が主導した124のコンソーシアムを

対象として、コンソーシアム研究を通じた対社会及び参加企業間の技術のスピルオーバー、企業のコンソーシアム参加誘因及び技術のスピルオーバー効果と参加誘因の関係を定量的・実証的に分析している。その結果、コンソーシアム研究の基礎・基盤技術へのシフトを軌を一にして、社会への増加とは裏腹に企業間のスピルオーバー効果が1980年代後半～90年代にかけて減少したこと、企業のコンソーシアム参加誘因としてスピルオーバーに対する期待が顕著であったこと、企業間スピルオーバー効果の減少は企業のコンソーシアム参加誘因を減退させ、派遣研究者を低質化させ、スピルオーバー効果の更なる減少をもたらす悪循環の懸念が発生したこと、等を実証的に裏付けている。

2) 海外の主な効果分析

アメリカ

Link, Teece and Finan [1996] は、半導体製造技術の改善を目的とした SEMATECH (SEmiconductor MAnufacturing TECHnology) について、定量的なデータを用いて効果分析を行っている。具体的には、SEMATECH のプロジェクト毎にコストと利益を計測し、Internal rate of return analysis と Benefit-to-cost analysis を行った。その結果を踏まえ、SEMATECH は、共同研究以外からも、重要なプロセス・テクノロジーを開発したとしている。

Irwin and Klenow [1996] は、SEMATECH の効果を計測するため、SEMATECH に参加した企業と参加しなかった企業とを比較しながら、研究開発費、利潤、投資、生産性について分析を行っている。その結果、SEMATECH に参加した企業は、参加しなかった企業と比較して、研究開発費の削減効果があったとしている。また、利潤、投資、生産性については、SEMATECH に参加した企業と参加しなかった企業の間には特段の差違がみられなかったとしている。

ヨーロッパ

Bach and Lambert [1992] は、BETA (Bureau d'Économie Théorique et Appliquée of the University of Strasbourg) 法を用いて欧州宇宙機関 (ESA: European Space Agency) のプログラムを評価している。BETA 法とは巨大技術開発プログラムの間接的效果 (スピノフ効果) を評価する方法である。具体的には、プログラムに直接関連する行為、及びその他の企業行為により企業が受ける影響・効果を技術的要素、商業的要素、組織的要素、労働的要素の4つの要素に分類し、それら4つの要素が売り上げ増加、コスト削減等に影響を与えるというモデルを構築し、このモデルを基にして、各影響関係においてどの程度

の割合で実際に影響があったかをインタビューによって調査し、各効果を金銭的に算定している。

Mayer-Krahmer [1997] は、支援を受けた企業と受けなかった企業の行動を比較するという「コントロール・グループ・アプローチ」という定量的な評価手法を提案している。具体的には、上記分析手法を使って、1979年から1987年までに行われたドイツの中小企業に対する研究開発サポート・プログラムの初期の政策効果を分析している。この分析手法の問題点として、企業規模や企業形態等が同じコントロール・グループの適正な選定が困難なこと、当該分析手法だと、プログラムが戦略的に適正であったか否か測定できないこと、等をあげている。

Georghiou and Roessner [2000] は、ピア・レビューや事前評価以外の種々の技術プログラムの評価手法をサーベイしている。まず、大学と公的研究機関の研究開発に関する評価分析の歴史を紹介した上で、産学や産官の連携プログラムの評価分析の歴史を紹介している。次に、共同研究開発の評価について論じているが、その際には、イギリスの Alvey プログラム、EUREKA プログラム、SEMATECH 等の個々のプログラムについての分析例を紹介している。結論としては、評価されるプログラムの詳細情報が必ずしも十分に得られないため、過去のプログラムの評価分析の結果はあまりインパクトがなかったとする例が多いとしている。

韓国

Lee [1998] は、韓国の総合的産業技術開発プログラム (Industrial Generic Technology Development Program) 中の政府が支援して終了した 928 のプログラムについて、プロビット・モデルを活用し計量分析を行っている。その結果、政府による金銭的支援の増加が、プロジェクトの成功する確率を低める可能性があるほか、プロジェクトの成功確率は、参加した企業の数によらない等が判明したとしている。

以上、政府主導の研究・コンソーシアムに関する既往研究のレビューを行った。当該研究分野の今後の課題は、第一に、研究・コンソーシアムの政策評価の具体的な手法の開発だと思われる。

もちろん、前述のとおり、今まで様々な研究・コンソーシアムに関して定量的な政策評価手法が提案されているが、政策評価の範囲が明確でないこと(例えば、初期の目的との比較で評価するのか、意図しない発明・発見はどのように位置づけるのか、技術のスピルオーバーをどのように定量的に評価するのか、製品化を目的としない基礎的な研究開発をどのように定量的に評価するのか、等) 評価するプログラム自体のデー

タが限られていること、等の問題点があり、現状では、必ずしも汎用性の高い評価手法がないと判断される。

第 2 に、政府主導の研究・コンソーシアムのリニューアルである。20 数年前、我が国が欧米諸国にキャッチアップしようとした時代には、鉦工業技術研究組合等を用いた政府主導の共同研究開発はうまく機能したが、90 年代に入り、明確な目標がない時代には、現在の時代の潮流にあわせて、従来型の政府主導の研究・コンソーシアムを再構成すべきではないかとの問題意識である。

参考文献

- [1] 後藤晃・若杉隆平 [1984], 「技術政策」, 小宮隆太郎・奥野正寛・鈴木興太郎編『日本の産業政策』東京大学出版会(English translation: Industrial Policy of Japan, SanDiego: Academic Press, 1988).
- [2] 中久木雅之・渡辺千仞・永松陽明 [forthcoming], 「政府主導研究開発コンソーシアムにおけるスピルオーバー効果の変遷に関する実証分析」研究技術計画.
- [3] 中村吉明 [2001], 「政府主導の共同研究開発プロジェクトにおける政策効果の実証的分析 - 通商産業省のコンピュータ・プロジェクトのケース・スタディ - 」, 東京工業大学博士論文.
- [4] マイケル・E・ポーター・竹内弘高 [2000], 『日本の競争戦略』ダイヤモンド社.
- [5] 宮田由起夫 [1997], 「共同研究開発と産業政策」勁草書房.
- [6] 若林光次 [1999], 「通商産業省主導の研究開発制度におけるビジョンの役割に関する実証的分析」, 東京工業大学博士論文.
- [7] Aldrich Howard E. and Toshihiro Sasaki [1995], "R&D consortia in the United States and Japan", *Research Policy* 24, pp.301-316.
- [8] Bach, Laurent and Gilles Lambert [1992], "Evaluation of the economic effects of large R&D programmes: the case of the European space programme", *Research Evaluation*, vol. 2(1), pp.17-26.
- [9] Branstetter, Lee and Mariko Sakakibara [1997], "Japanese Research Consortia: A Microeconomic Analysis on Industrial Policy," NBER Working Paper 6066.
- [10] Branstetter, Lee and Mariko Sakakibara [2000], "When do research consortia work well and why? Evidence from Japanese panel data," NBER Working Paper 7972.
- [11] Callon, Scott [1995], *Divided Sun: MITI and the Breakdown of Japanese High-Tech Industrial Policy 1975-1993*, Stanford University Press.
- [12] Cohen, Linda R. and Roger R. Noll [1995], "The Feasibility of Effective Public-Private R&D Collaboration: The Case of CRADAs", Center for Economic Research Publication No. 412.
- [13] Fransman, Martin [1990], *The Market and Beyond: Cooperation and Competition in information Technology Development in the Japanese System*, New York: Cambridge University Press.
- [14] Georghiou, Luke and David Roessner [2000], "Evaluating technology programs: tools and methods," *Research Policy* 29, pp.657-pp.678.
- [15] Gibson, David V. and Everett Rogers [1994], *R&D Collaboration on Trial: The Microelectronics and Computer Technology Corporation*, Harvard Business School

- Press.
- [16] Hane, Gerald J. [1993-1994], "The Real Lessons of Japanese Research Consortia," *Issues in Science and Technology*, pp.56-62.
- [17] Irwin, Douglas A. and Peter J. Klwnow [1996], "High-tech R&D subsidies – Estimating the effect of Sematech," *Journal of International Economics*, Vol.40, pp.323 –344.
- [18] Lee, Johng-Ihl [1998], "The Econometric Evaluation of the Impact of R&D Incentive on Technological Outcomew – The Korea's Experience with Industrial Technology Supporting Program, "APEC SYMPOSIUM – Evaluation of S&T Programs among APEC member countries, Wellington, New Zealand.
- [19] Link, Albert N., David J. Teece and William F. Finan [1996], "Estimating the Benefits from Collaboration: The Case of SEMATECH," *Review of Industrial Organization*, Vol.11, pp. 737 – 751.
- [20] Mayer-Krahmer, Frieder [1997], "Methods for evaluating R&D and innovation policy – the control group approach," in Michel Callon, Philippe Larédo, and Philippe Mustar (ed.), *The strategic management of research and technology*, Economica International.
- [21] National Research Council [1990], *R&D Consortia and U.S.-Japan Collaboration – Report of a Workshop*.
- [22] Okimoto, Daniel Z. [1989], *Between MITI and the Market*, Stanford University Press (渡辺敏訳 『通産省とハイテク企業：日本の競争力を生むメカニズム』サイマル出版社, 1991年).
- [23] Sakakibara, Mariko [1997], "Evaluating Government Sponsored R&D Consortia in Japan: Who benefits and How," *Research Policy*, Vol.26, pp.447-473.
- [24] Watanabe, Chihiro, Irawan Santoso, and Tjahya Widayanti [1991], *The Inducing Power of Japanese Technological Innovation*, Pinter Publishers.

5.2 ナショナルイニシアティブ - 日米比較の視点

本節では、90年代以降の米国の国家的な研究開発政策を日米比較の視点で検討することにより、我が国の国家ベースの研究開発制度のあり方について考察する。

(1) 米国の国家的研究開発プロジェクト

米国連邦政府は、次のような国家ベースの研究開発活動：NSTC (National Science and Technology Council) イニシアティブを実施している。

- ・ 国家ナノテクノロジーイニシアティブ
- ・ 情報技術 R&D
 - 情報技術イニシアティブ (IT2)
 - 次世代インターネット
- ・ クリーンエネルギー
- ・ 気候変動技術イニシアティブ
- ・ 新世代自動車パートナーシップ (PNGV)
- ・ エコシステム課題のための総合科学、等

情報技術分野では次のようなプログラムが実施されてきている。

- 1991年 HPCC (High Performance Computing and Communications) 5カ年計画
- 92年 NII (National Information Infrastructure) 構想
- 96年 CIC (Computing, Information and Communications) R&D 5カ年計画
- 97年 次世代インターネット (NGI) 構想
- 99年 21世紀のための情報技術構想 (IT2)
- 2000年 「情報技術 R&D」に統合

実施体制は、大統領府科学技術政策局(OSTP)、国家科学技術会議(NSTC)、NSTCのCIC委員会、同R&D委員会、各WGであり、それに関係12省庁が参加している。

(2) 米国の研究開発イニシアティブの特徴

これら研究開発イニシアティブの特徴としては次の点が挙げられる。

1) ホワイトハウス主導（リーダーシップ）

HPCC 計画は 21 世紀における米国の産業、研究及び教育基盤の強化、また市民社会基盤の強化をねらいとした、産学官の協調体制に基づく連邦政府主導の情報技術 R & D 計画である。クリントン政権は、HPCC 計画を拡充するを NII 構想を 92 年に発表した。これは米国民に対して、地理的、経済的、身体的などの制約条件に関係なく同等のサービスを提供し、米国産業の競争力を向上させることを目標としている。

このようにホワイトハウス主導で推進されてきている。

2) 総合・戦略的な目標の設定

HPCC 計画は次の 5 つのプロジェクトを設定した。

- ・ 高性能コンピューティングシステム（1 秒間に 1 兆回の演算）
- ・ 研究・教育ネットワーク（学術機関に高速ネットワーク）
- ・ 先進ソフトウェア技術とアルゴリズム（高速アプリケーションソフト開発）
- ・ 基礎研究と人材育成
- ・ 情報基盤技術とアプリケーション（教育、産業、医療、電子図書館用のアプリケーションを開発し、普及を図る）

このように、単なる基礎研究ではなく実用的なアプリケーション開発とその普及、また人材育成などを含み、社会をより良くする、産業の競争力を向上させる、人材を育成するという政策目標を設定し、総合的、戦略的にプロジェクトを構築。

3) 関係省庁の協力（全政府ベース）

HPCC 計画の参加省庁は 12 機関であるように、互いに分担し、調整機関の下で実施する全政府ベースの事業である。予算設定・調整には大統領府 OSTP が参画しており、個々の機関が予算局に要求する形ではない。

4) 国内の総力を結集

研究開発の推進に当たっては、研究開発の性質や作業内容によって、多様な形で実施している。

新分野開拓研究	大学、国立研究所が中心
総合実証システム試作	国立研究所、産業が中心
商品化・企業化	ベンチャー、中小企業の支援
	新技術を積極的に調達

5) 制度・予算面の整備

2000年2月に下院通過したNITRD法(Networking and Information Technology R&D Act)は、情報技術分野の研究開発を推進するため、関係研究機関の研究開発支出を2000年度から2004年度までの5年間についてあらかじめ承認するなどの内容。

政府研究開発契約時の民間の会計原則の採用、複数の公共機関から得た資金の合算使用が可能、契約以前に実施した作業経費の請求可能など、R&Dや起業を促進する会計制度が確立している。

(3) 日本の課題と最近の動向

我が国の研究開発プロジェクトは、国家ベースの総合戦略がなく、各省毎のプロジェクトである。また、研究開発政策の対象は基礎的な研究開発が中心であり、実証段階・試作などのフェーズに対する制度が十分ではない。さらに、近年、産学連携が促進されているが、大学の機能がフルに活用されている状態とはほど遠いのが現状である。

こうした現状に対応して、我が国においても新たな動きが見られる。

- ・ 国家技術戦略を踏まえた科学技術基本計画の策定
- ・ 総合科学技術会議による総合戦略設定
- ・ 研究開発プログラム制度への転換(経済産業省)

参考文献

- [1] (財)日本情報処理開発協会先端情報技術研究所(2000)、「情報先進国の情報化政策とわが国の情報技術開発における重点分野の選択指針」
- [2] 富士総合研究所(1999)、「調査報告:21世紀に向けた米国の戦略的情報技術R&D政策」

5.3 プロジェクト・フォーメーションのルーティン化とその影響

- 「大プロ」を対象としたケース分析

(1) 序

1) 大型工業技術研究開発制度（以下「大プロ」と略す）²⁾

1966年に創設された大プロは、「国民経済上重要かつ緊急に必要な先導的大型工業技術であって、その研究開発に多額の資金と長期間を要し、かつ多大の負担を伴うために、民間の自主的な研究開発によっては遂行しえないものについて、国が所用資金を負担し、国立試験研究機関、産業界、学界等との密接な協力のもとに、計画的かつ効率的に研究開発を実施する[1]」ものである。すなわち、この制度は、国防、宇宙開発、医療等の政府が供給すべき特定の公共財を開発するのではなく、国民経済上重要な領域において研究開発を行うことを目的としている点が大きな特徴である。

国民経済上重要な領域とは、「産業構造の高度化、国際競争力の強化、天然資源の合理的な開発又は産業公害の防止を図るために極めて重要なこと[1]」と非常に幅広く捉えられている。また開発する技術は、「先導的又は波及的性格を有する技術であって、その研究開発を行うことが鉱工業の技術の向上に著しく寄与するもの[1]」とされており、技術水準の向上に資すると考えられる人材育成は当然のことながら、通常は副産物と考えられている技術のスピルオーバーは主産物に位置づけることが可能である。また初期には研究設備の向上も目標の一つに数えられていた。

さらに「テーマの選定は政府が行うが、その選定の過程で民間部門の要求も反映される[2]」点も大きな特徴である。このため様々な意見を持つ主体間での調整が必要となってくる。

以上からわかる通り、大プロの目標は「研究開発」と単純なように見えるが、むしろ概念的であるために、どのような領域に資する技術を選定するか、またその研究開発の結果としての技術水準の向上をどのような点に求めるか、といった点で極めて多元性に富んでいる。

2) プロジェクト・フォーメーション

このような多面的な目標を持つ大プロの特徴を考えると、プロジェクト・フォーメーシ

²⁾ 本節では「大プロ」が1993年から産業科学技術研究開発制度に統合する前の1992年までに着手された31プロジェクト全体を分析の対象とした（このうち、4章で示したシステム評価の対象は21プロジェクト）。

ョンが非常に重要となってくる。また、日本の行政制度の特徴として、プロジェクトの途中での変更が難しいこともプロジェクト・フォーメーションの重要性を倍加させる。

このプロジェクト・フォーメーション・プロセスは非常に複雑である。制度的に見ると、テーマの選定を行い、プロジェクトの規模を決定し、それを予算化し、参加企業を公募して選定し、技術研究組合等を設立させて委託契約を締結する、という流れであり、それほど複雑という印象はない。しかし現実的には、参加企業がある程度把握できなければ、テーマを選定することは難しい。ある程度しっかりした内容がなければ、大蔵省を説得して予算を確保することは難しい。しかし一方、予算規模がある程度読めなければ、参加企業も二の足を踏むことになるであろう。このように実際のプロジェクト・フォーメーション・プロセスでは、異なる目標を持つ多くのこのプロセスへの参加主体の間での意見の集約を行いつつ、実現すべき目標を明確化しつつ、具体的な運営計画を定めつつ、予算を確保するという綱渡りの作業が必要となる。

一方、大プロにおいてこのプロジェクト・フォーメーションに対して責任を負うのは、総括研究開発官(1969～)とされている。現実的には、極初期の段階では担当課がテーマの候補を挙げ、ある程度具体化した後に工技院に移管されてプロジェクト化が検討される。このようにプロジェクト・フォーメーションの各段階で担当者が交代することも多く、さらにこのプロセスを複雑化させている。

3) ルーティン³⁾

ここでのルーティンとは、標準化された手法、方法、手続きのことを意味する。これは制度的に定まっている方法のことを意味するのではなく、それらを踏まえて自律的に生み出されてくる標準化された方法のことである。

大プロに関して言えば、上で挙げたようなプロジェクト・フォーメーションの複雑性を考えれば、相互に影響を及ぼす主体間の調整を行うには、ある種の職人技が必要となってくる。しかしながら、誰もが職人技を持つわけではなく、組織的に運営を行うには、ルーティンを確立することが必要となってくる。

すなわち、ルーティン化そのものは問題ではなく、むしろ必要なことである。問題となるのは環境の変化に合わせてルーティンを適応的に変化させることができるかどうかである。先に述べた通り、ルーティンは制度的に定められたものではなく、自律的に生み出されたものであり、一般にそれは頑健である。Nelsonらは、これらのルーティンを変更するより上位のルーティンが必要であると主張している[4]。

本節では、大プロのプロジェクト・フォーメーションにおいて、どのようなルーティン化が行われたか、またその影響はどのようなものであったかを取り上げる。

³⁾ ルーティン(routine)とは、Shumpeterによって用いられた言葉であり[3]、現在はNelsonらネオ・シュンペータ学派がこの考え方を発展させている。

(2) 「大プロ」におけるルーティン化の検証

1) プロジェクト本数

表5-3-1に大プロ発足の1966年度から新制度に移行する1993年度以前までのプロジェクト数とプロジェクト一本当たりの平均予算額を示す。プロジェクト本数については、1971年度以降、多少の出入りはあるものの、ほぼ8～9本で安定している。すなわち、終了プロジェクトに合わせて、新規プロジェクトが順調に立ち上げられたことを示している。

表5-3-1 各年度における「大プロ」のプロジェクト数と一本当たり平均予算額（億円）

年度	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
本数	2	3	3	4	5	8	6	8	8	9	8	7	8	9
平均予算	3.6	6.3	13.1	9.7	7.5	5.0	10.0	10.0	11.7	13.3	17.1	19.0	17.1	16.5

年度	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92
本数	9	9	8	8	9	9	9	8	9	10	11	10	9
平均予算	18.4	18.0	19.5	19.3	12.5	15.8	16.6	18.5	15.0	13.8	12.6	14.2	16.3

一方、平均予算額については、1977年度に19億円に達して以降頭打ちとなり、1982年度にピークの19.5億円を印して以降、減少傾向にある。

すなわち、プロジェクトの本数の確保が「ルーティン」となっていたことが推測される。その結果、大プロの「大型」という特徴を失われることになった可能性がある。

2) プロジェクトの規模

表5-3-2に各プロジェクトの計画額及び予定期間について「大プロ」の前期と後期で比較を行った。前期と後期は、シーリングの導入によって予算の編成手法が大きく変わり、プロジェクト・フォーメーションのルーティンの変更が必要になったと考えられる1982年度を境に分割した。

予算について見ると、後期（1982年度以降に着手されたプロジェクト）は前期（1981

年以前に着手されたプロジェクト)に比べて計画予算額のばらつきが小さくなっており、プロジェクトの予算規模の標準化が進んでいることが見て取れる。ただし、平均予算達成率は財政緊縮のあおりを受けたのか大幅に低下しており、計画段階では「大型」であったものが実際にはそれほど大型ではないという結果になっている。また興味深いのは実績予算額のばらつきが前期と後期でほとんど変化がないことである。この点については、様々な解釈が可能であるが、プロジェクト・フォーメーション時における計画予算規模がルーティン化しており、必ずしも十分な検討のもとに決定されたものではなかった可能性を示唆している。

期間についてみると、計画段階では前期と後期にそれほどの違いは見られない。平均期間が若干延びたことと、標準化が若干進んだように見られる程度である。実績についてみると、前期の方が計画変更が多いことがわかる。

表 5 - 3 - 2 「大プロ」の前・後期比較

	プロジェクト数	平均計画 予算額(億 円)	計画予算 額のばら つき(%)	平均実績 予算額(億 円)	実績予算 額のばら つき(%)	平均予算 達成率 (%)
前期	18	126	70.9	116	52.8	92.1
後期	13*	182	29.5	131	49.0	72.0

	プロジェクト数	平均計画 期間(年)	計画期間 のばらつ き(%)	平均実績 期間(年)	実績期間 のばらつ き(%)	平均計画 期間変更 率(%)#
前期	18	7.1	20.3	8.2	32.5	+16.8
後期	13*	7.8	14.2	8.0	17.9	+3.3

前期：1981年度以前に着手されたプロジェクト、後期：同1982年度以降。

#前期には2つのプロジェクトで予定されていた第2期を中止しているがここには含まれていない。

*「原子、分子極限操作技術」については未終了のため右欄の分析には含まない。

3) プロジェクトの運営体制

プロジェクトの運営に関しては、表5-3-3に示す通り、1973年に創設された原子力製鉄技術研究組合が画期をなしている。このプロジェクト以降は、ほとんどのプロジェクトにおいて鉱工業技術研究組合法に基づく組合を設立して委託を行う形となった。近年は新

たな形が模索されており、解散を前提とした技術研究組合ではなく、財団法人、社団法人、株式会社等を設立したり、既存の財団法人等の中に受け皿を準備するなどの方式がとられはじめている。

また参加企業については、付録の付表 5 - 3 - 2 に一覧表を掲載したが、特定の企業が非常に多くのプロジェクトに参加していることがわかる。

今回の調査から、プロジェクトの企画段階のリーダーシップについて抜き出した結果を表 5 - 3 - 3 に示す。初期のプロジェクトについては、そのフォーメーションに特定個人の思い入れや力量に多くを負ってきたが、次第にルーティン化し、組織による企画が進行してきたことを示している。

表5-3-3 「大プロ」各プロジェクトの運営

プロジェクト名	運営主体	参加企業数	リーダーシップ
超高性能電子計算機	(超高性能電子計算機研究開発組合) 日立、日本電気、富士通、日本ソフトウェア	8	個人
脱硫技術(排煙脱硫、直接脱硫)	(重油直接脱硫研究開発組合) 石油10社	15	個人
オレフィン等の新製造法		8	個人
海水淡水化と副産物利用		7	個人
電気自動車		17	個人
パターン情報処理システム	パターン情報処理システム技術研究組合 1977~1982	10	個人
航空機用ジェットエンジン	航空機用ジェットエンジン技術研究組合 1976~1989	3	組織
資源再生利用技術システム		10	組織
自動車総合管制技術	自動車総合管制技術組合 1974~1980	12	組織
高温還元ガス利用による直接製鉄	原子力製鉄技術研究組合 1973~1980	14	個人
重質油を原料とするオレフィンの製造法	重質油化学原料化技術研究組合 1975~1983	6	個人
資源再生利用技術システム		10	組織
超高性能レーザー応用複合生産システム	レーザー応用複合生産システム技術研究組合 1978~	20	
海底石油生産システム	技術研究組合海底石油生産システム研究所 1978~1985	18	組織
光応用計測制御システム	光応用システム技術研究組合 1981~1987	15	個人
一酸化炭素等を原料とする基礎化学品の製造法	シー・ワン化学技術研究組合 1980~1988	17	組織
マンガン団塊採鉱システム	技術研究組合マンガン団塊採鉱システム研究所 1982~	20	組織
科学技術用高速計算システム	科学技術用高速計算システム技術研究組合 1981~	6	組織
自動縫製システム	自動縫製システム技術研究組合 1983~	29	組織
極限作業ロボット	極限作業ロボット技術研究組合 1984~1991	18	組織
資源探査用観測システム	資源リモートセンシングシステム技術研究組合 1985~1989	13	組織
水総合再生利用システム	アクアルネサンス技術研究組合 1985~	22	
電子計算機相互運用データベースシステム	(財)情報処理相互運用技術協会 1985~	9	組織
超先端加工システム	超先端加工システム技術研究組合 1987~	21	
高機能化学製品等製造法	(株)海洋バイオテクノロジー研究所 1988~	24	
大深度地下空間	(財)エンジニアリング振興協会地下開発利用センター 1989~	100**	
超音速輸送機用推進システム	超音速輸送機用推進システム技術研究組合 1990~	3	
先進機能創出加工技術	先進機能創出加工技術研究組合		
人間感覚計測応用技術	(社)人間生活工学研究センター 1991~	57**	
マイクロマシン技術	(財)マイクロマシンセンター 1992~		
原子・分子極限操作技術	技術研究組合オングストロームテクノロジー研究機構 1992~	23	

4) 技術領域

表 5 - 3 - 4 に、プロジェクトに参加している国立試験研究機関を基に推測した技術領域毎のプロジェクト数の推移を示す。プロジェクト数が安定した 1971 年以降、1970 年前半の公害問題の時期には環境関係プロジェクトが増加するなど多少の出入りはあるものの、技術領域毎にバランス良く配分されていることがわかる。また、バイオや新材料などは大プロに技術的になじまなかったためか、近年に至るまで取り上げられていない。

表 5 - 3 - 4 「大プロ」技術領域別プロジェクト数の推移（重複あり）

	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81
電子	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3
情報	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2	2	2	3	2	2
通信						1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1
エネルギー	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2	1	1	1	1	
資源		1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	5
環境	1	1	1	1	2	3	2	3	3	3	2	1	1	1	1	1
化学		1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	3	3
機械				1	1	2	2	3	3	3	2	3	4	4	4	3
航空・宇宙						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
社会								1	1	1	1	1	1	1		
バイオ																
新材料																

	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92
電子	3	4	4	3	3	3	3	3	2	2	3
情報	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2
通信	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	
エネルギー											
資源	4	3	4	4	4	3	3	3	3	3	2
環境	1			1	1	1	1	1	1	1	
化学	3	2	2	2	3	2	2	2	2	1	2
機械	3	4	4	2	3	3	3	4	5	4	5
航空・宇宙			1	1	1	1	1	1	1	1	1
社会								1	2	2	2
バイオ				1	1	1	2	2	2	2	1
新材料									1	1	1

また、1982 年度予算から導入されたシーリングの影響で、特別会計の寄与が増大しているが、特に資源・エネルギー関係のプロジェクト数は増えておらず、その直接的な影響は見取れない。

なお、個別のプロジェクトの技術領域分類については、付録の付表 5 - 3 - 3 に示す。

(3) 結論

以上の検証からわかる通り、大プロのプロジェクト・フォーメーションにおいては一定のルーティンが確立されていたことがわかる。

第 1 に、プロジェクト本数を維持するということである。終了プロジェクトに合わせて新規プロジェクトを立ち上げている。

第 2 に、プロジェクト規模を計画段階では標準化していることである。1980 年代以降にあっては、平均約 180 億円、8 年になる。このことは個別インタビューで得られたプロジェクト規模は大プロの相場に合わせて設定したという証言と整合的である。

第 3 に、運営主体としての技術研究組合を設置することである。これもまた個別インタビューにおいて、特段他の手段を検討することなく、技術研究組合の設置を決定したという証言があったことから裏付けられる。また大プロへの対応になれた企業の参加が非常に多くなっている。

第 4 に、特定の技術領域に偏ることなく、バランスよくテーマを選定することである。

一方、一旦確立されたこのルーティンは外部環境の変化に対しても頑健であったと推測される。1982 年度以降のシーリング下での緊縮予算に対しても、財源を一般会計から特別会計へ振り替えることによって対応し、基本的なルーティンは変化させなかった。このため、実際に獲得される予算は平均で 7 割程度しか獲得できないという事態に至っている。

このためもあってか、大プロは 1993 年度から、次世代産業基盤技術研究開発制度（次世代：昭和 56 年～）、医療福祉機器技術研究開発制度（昭和 51 年～）とともに産業科学技術研究開発制度に統合化された。プロジェクトの管理を全面的に NEDO に移管するとともに、またプロジェクト企画の充実のために先導研究制度が創設されている。

しかし、前にも述べた通り、制度の変更は直ちにルーティンの変更を保証しない。一旦確立されたルーティンは頑健である。今後、新制度になってルーティンが適応的に変化したかどうか検証する必要がある。

また、現在検討されている評価制度もまた何らかのルーティンを生み出すことになる。すなわち、評価制度の内容によってはルーティンの固定化が生じ、適応的なルーティンの変化を阻害する可能性がある。このような適応的な観点にも配慮しつつ評価制度を構築する必要がある。

参考文献

- [1] 大型工業技術研究開発制度 20 周年記念事業推進団体連合会編、大型プロジェクト 20 年の歩み、(財)通商産業調査会(1987)
- [2] 小宮隆太郎・奥野正寛・鈴木興太郎編、日本の産業政策、東京大学出版会 (1984)
- [3] Shumpeter, J. A. “Capitalism, Socialism, and Democracy,” Harper and Row (New York), (1942)
- [4] Nelson, R. R. and S. G. Winter, “An Evolutionary Theory of Economic Change,” Harvard University Press (Cambridge), (1982)

付

付表5-3-1 「大プロ」各プロジェクトの規模（予算・期間）

プロジェクト名	計画 (億円)	総開発費 (億円)	開発計画		開発期間	
			時期	期間	時期	期間
超高性能電子計算機	120	100	1966～1970	5	1966～1971	6
脱硫技術（排煙脱硫、直接脱硫）	26*	26	1966～1971	6	1966～1971	6
オレフィン等の新製造法	11*	11	1967～1972	6	1967～1972	6
海水淡水化と副産物利用	50*	50	1969～1974	6	1969～1977	9
大深度遠隔操作海底石油掘削装置 #	45*	45	1970～1975	6	1970～1975	6
電気自動車	50	57	1971～1976	6	1971～1977	7
パターン情報処理システム	350	220	1971～1978	8	1971～1980	10
航空機用ジェットエンジン	67	67	1971～1975	10	1971～1975	11
	185	130	1976～1980		1976～1981	
資源再生利用技術システム	13	13	1973～1975	7	1973～1975	10
	85	113	1976～1979		1976～1982	
自動車総合管制技術	73*	73	1973～1979	7	1973～1979	7
高温還元ガス利用による直接製鉄 #	78	137	1973～1978	6	1973～1980	8
重質油を原料とするオレフィンの製造法	74	138	1975～1979	5	1975～1981	7
超高性能レーザー応用複合生産システム	137*	137	1977～1984	8	1977～1984	8
海底石油生産システム	150	170	1978～1984	7	1978～1984	7
光応用計測制御システム	180	157	1979～1986	8	1979～1985	7
一酸化炭素等を原料とする基礎化学品の製造法	150	105	1980～1985	8	1980～1986	7
マンガング塊採鉱システム	200	169	1981～1989	9	1981～1997	17
科学技術用高速計算システム	230	175	1981～1989	9	1981～1989	9
自動縫製システム	100	82	1982～1989	8	1982～1990	9
極限作業ロボット	200	140	1983～1990	8	1983～1990	8
資源探査用観測システム	230	109	1984～1990	7	1984～1988	5
水総合再生利用システム	118	99	1985～1990	6	1985～1991	7
電子計算機相互運用データベースシステム	150	76	1985～1991	7	1985～1991	7
超先端加工システム	150	155	1986～1993	8	1986～1993	8
高機能化学製品等製造法	150	98	1988～1996	9	1988～1996	9
大深度地下空間	160	79	1989～1995	7	1989～1996	8
超音速輸送機用推進システム	280	303	1989～1996	8	1989～1998	10
先進機能創出加工技術	200	98	1990～1996	7	1990～1996	7
人間感覚計測応用技術	200	146	1990～1998	9	1990～1998	9
マイクロマシン技術	250	187	1991～2000	10	1991～2000	10
原子・分子極限操作技術	・	・	1992～2001	10		

#：当初は2期計画であったが、第2期は中止

*：最終的な基本計画に記載の数字

付表5-3-2 大プロ参加企業一覧

プロジェクト名		参加企業
超高性能電子計算機	8	日立製作所、日本電気、富士通、東光、東京芝浦電気、沖電気工業、日本ソフトウェア、三菱電機
脱硫技術（排煙脱硫、直接脱硫）	15	日立製作所、東京電力、三菱重工業、中部電力、日本鉱業、東亜燃料工業、東亜石油、大協石油、丸善石油、興亜石油、アジア石油、三菱石油、昭和石油、ゼネラル石油精製、日本石油
オレフィン等の新製造法	8	千代田化工建設、三菱油化、三井石油化学工業、東洋曹達工業、出光石油化学、出光興産、昭和電工、住友化学工業
海水淡水化と副産物利用	7	笹倉機械製作所、石川島播磨重工、日立製作所、鹿島建設、日揮、三菱重工、旭硝子
大深度遠隔操作海底石油掘削技術	10	石川島播磨重工業、東京芝浦電気、石油資源開発、三菱重工業、日本酸素*、三菱電機、横浜ゴム*、新潟鉄工所、東芝タンガロイ*、昭和電線*、石油さく井機*、帝国石油、テルナイト*、荏原製作所、日本セメント*、浜松テレビ*、日本電気、川崎重工業、松村石油研究所*
電気自動車	17	ダイハツ工業、松下電器産業、東京芝浦電気、トヨタ自動車工業、日本電池、日本電装、東洋工業、古川電池*、富士電機*、日産自動車、新神戸電機、神鋼電機*、日立製作所、三菱自動車工業、湯浅電池、三菱電機、トピー工業、三洋電機、日立化成工業
パターン情報処理システム	10	日立製作所、東芝、富士通、三菱電機、日本電気、三洋電機、小西六写真工業、松下技研、保谷硝子、東北金属工業
航空機用ジェットエンジン	3	石川島播磨重工業、川崎重工業、三菱重工業
資源再生利用技術システム	10	日立製作所、栗本鉄工所、三菱重工業、荏原製作所、日本製鋼所、月島機械、大昭和製紙、大昭和エンジニアリング、日立プラント建設、パプコップ日立
自動車総合管制技術	12	トヨタ自動車工業、住友電気工業、日本電気、日本電信電話公社、日立製作所、立石電機、未来工学研究所、日本電装、松下通信工業、三菱電機、東京芝浦電気
高温還元ガス利用による直接製鉄	14	石川島播磨重工業、川崎重工業*、神戸製鋼所、新日本製鐵、住友金属工業、日立金属、大同特殊鋼、三菱金属中央研究所、イソライト・パプコック耐火、東芝セラミックス、千代田化工建設、日本鋼管、川崎製鉄、日新製鋼、日立金属、三菱重工業
重質油を原料とするオレフィンの製造法	6	出光興産、昭和電工、住友化学工業、千代田化工建設、東洋曹達、三菱油化
超高性能レーザー応用複合生産システム	20	東芝機械、牧野フライス製作所、日立精機、山崎鉄工所、安川電機製作所、大隈鉄工所、新日本工機、石川島播磨重工業、神戸製鋼所、三菱重工業、アイダエンジニアリング、豊田工機、三菱電機、東芝、松下技研、住友電気工業、堀場製作所、日本電気、ファナック、沖電気工業
海底石油生産システム	18	アラビア石油、石川島播磨重工業、出光石油開発、インドネシア石油、川崎製鉄、神戸製鋼所、小松製作所、新日本製鐵、住友重機械工業、住友電気工業、石油資源開発、帝国石油、東芝、日本オイルエンジニアリング、日本鋼管、日立造船、三井造船、三菱重工業
光応用計測制御システム	15	日本電気、富士通、三菱電機、東芝、日立製作所、島津製作所、富士電機総合研究所、沖電気、日本板硝子、藤倉電線、住友電工、古河電工、富士通、松下電器産業、横川北辰電気、
一酸化炭素等を原料とする基礎化学品の製造法	17	出光石油化学、宇部興産、協和発酵工業、協和油化、昭和電工、住友化学工業、ダイセル化学工業、東洋曹達工業、日本石油化学、丸善石油化学、三井石油化学工業、三井東圧化学、三菱瓦斯化学、三菱化成工業、三菱油化、住友電気工業、東洋紡績

*再委託先

付表5-3-2 大プロ参加企業一覧(続き)

プロジェクト名		参加企業
マンガン団塊採鉱システム	20	石川島播磨重工業、荏原製作所、大阪商船三井船舶、川崎重工業、金属鉱業事業団、住友金属鉱山、住友重機械工業、住友電気工業、太平洋金属、同和鉱業、日本鋼管、日本鉱業、日本電気、日立造船、三井金属鉱業、三井造船、三菱金属、三菱重工業、明電舎、横浜ゴム
科学技術用高速計算システム	6	沖電気工業、東芝、日本電気、日立製作所、富士通、三菱電機
自動縫製システム	29	アイシン精機、旭化成工業、アシックス、カインドウェア、花王、樫山、カヤバ工業、キムラタン、銀座山形屋、グンゼ、三陽商会、大和染工、艶金興業、東京重機工業、トヤマゴールドウィン、東洋電機製造、東洋紡績、東レ、日本化薬、日本バイリン、日立製作所、ブラザー工業、ペガサスミシン、松下電器産業、三菱電機、ヤマトミシン、レナウン、ワコール、繊維工業構造改善事業協会
極限作業ロボット	18	富士電機総合研究所、安川電機製作所、国際ロボット・エフ・イー技術センター、東芝、日揮、発電設備技術検査協会、日立製作所、ファナック、富士通、三菱重工業、三菱電機、沖電気工業、川崎重工業、小松製作所、住友電気工業、三井造船、石川島播磨重工業、神戸製鋼所、日本電気、松下技研
資源探査用観測システム	13	宇宙開発事業団、金属鉱業事業団、資源観測解析センター、石油公団、石油資源開発、地球科学総合研究所、東芝、日本電気、日立製作所、富士通、三菱電機、リモートセンシング技術センター、動力炉・核燃料事業団
水総合再生利用システム	22	石川島播磨重工業、荏原製作所、オルガノ、川崎重工業、久保田鉄工、栗田工業、神戸製鋼所、三機工業、清水建設、造水促進センター、千代田化工建設、ディックデクレモン、東芝、東陶機器、西原環境衛生研究所、日東電気工業、日本ガイシ、日本石油精製、発酵工業協会、日立プラント建設、三菱電機、三菱レイヨン・エンジニアリング
電子計算機相互運用データベースシステム	9	沖電気工業、シャープ、住友電気工業、東芝、日本電気、日立製作所、富士通、松下電器産業、三菱電機
超先端加工システム	21	キャノン、神戸製鋼所、工業開発研究所、小松製作所、住友電気工業、素材材センター、東芝、豊田工機、日新電機、日本板硝子、日本航空電子工業、日本光学工業、日本真空技術、日本電気、日本電子、日立製作所、ファインセラミックスセンター、不二越、松下技研、三菱電機、横河電機
高機能化学製品等製造法	24	旭硝子、出光興産、イハラケミカル、荏原製作所、鹿島建設、川崎製鉄、関西ペイント、協和発酵工業、麒麟麦酒、サントリー、資生堂、清水建設、ジャパンエナジー、新日本製鐵、積水化学工業、大成建設、東燃ゼネラル、東ソー、ニチレイ、日本鋼管、日本水産、間組、日立造船、富士通
大深度地下空間	100**	鹿島建設、間組、大成建設、新日本製鐵、小松製作所、石川島播磨重工業、熊谷組、三菱重工業、大林組、川崎重工業、清水建設、日揮、竹中工務店、荏原製作所、小野田セメント、住友電気工業
超音速輸送機用推進システム	3	石川島播磨重工業、川崎重工業、三菱重工業
先進機能創出加工技術	19	キャノン、産業創造研究所、神戸製鋼所、小松製作所、住友電気工業、東芝、豊田工機、日新電機、日本電気、日本板硝子、ニコン、日本航空電子工業、日本真空技術、日本電子、日立製作所、不二越、松下技研、三菱電機、横河電機
人間感覚計測応用技術	57**	大阪ガス、三洋電機、情報数理研究所、清水建設、小松製作所、日産自動車、大成建設、三菱電機、富士通、日本電気三栄、東洋紡績、積水化学工業、三菱原子力、ナック、日本板硝子、オモロンライフサイエンス研究所、関西電力、リコー、浜松ホトニクス、資生堂、マツダ、旭硝子、東レ、松下電工、横浜ゴム
マイクロマシン技術	27	オムロン、オリンパス光学工業、川崎重工業、住友電気工業、セイコー電子工業、テルモ、東芝、日本電装、日立製作所、ファナック、藤倉電線、富士電機、松下技研、三菱電機、三菱電線工業、村田製作所、メイテック、安川電機、横河電機、アイシン精機、三洋電機、三菱重工業、三菱マテリアル、発電設備技術検査協会、I S ロボティックス、S R I インターナショナル、王立メルボルン大学
原子・分子極限操作技術	23	荏原製作所、現代電子産業、沖電気工業、オリンパス光学工業、サムスン電子、三洋電機、シャープ、新日本製鐵、住友電気工業、ソニー、東芝、日本真空技術、日本電気、浜松ホトニクス、日立製作所、フジクラ、富士通、富士電機総合研究所、古河電気工業、松下電器、三菱電機、三菱マテリアル、MOTOROLA

** 再委託先

付表 5 - 3 - 3 「大プロ」参加国研等一覧及び技術領域分類

プロジェクト名		参加国研等	技術領域
超高性能電子計算機	1	電気試験所(現 電子技術総合研究所)、東京大学	電子・情報
脱硫技術(排煙脱硫、直接脱硫)	3	公害資源研究所、東京工業試験所(現 化学技術研究所)、資源技術試験所	エネルギー・環境
オレフィン等の新製造法	2	化学技術研究所、公害資源研究所	資源・化学
海水淡水化と副産物利用	1	東京工業試験所(現 化学技術研究所)	資源・化学
大深度遠隔操作海底石油掘削技術	1	機械技術研究所	資源・機械
電気自動車	2	機械技術研究所、大阪工業技術試験所	エネルギー・環境
パターン情報処理システム	1	電子技術総合研究所	電子・情報・通信
航空機用ジェットエンジン	1	科技厅航空宇宙技術研究所	機械・航空宇宙
資源再生利用技術システム	4	化学技術研究所、公害資源研究所、北海道工業開発試験所、四国工業試験所、東京都、横浜市	資源・環境・化学
自動車総合管制技術	2	機械技術研究所、警察庁科学警察研究所	情報・社会
高温還元ガス利用による直接製鉄	1	科技厅金属材料技術研究所	エネルギー・機械
重質油を原料とするオレフィンの製造法	2	化学技術研究所、公害資源研究所	資源・化学
超高性能レーザー応用複合生産システム	3	機械技術研究所、電子技術総合研究所、九州工業技術試験所	機械・電子
海底石油生産システム	1	機械技術試験所	資源・機械
光応用計測制御システム	1	電子技術総合研究所	電子・情報・通信
一酸化炭素等を原料とする基礎化学品の製造法	1	化学技術研究所	資源・化学
マンガン団塊採鉱システム	1	公害資源研究所	資源
科学技術用高速計算システム	1	電子技術総合研究所	電子・情報
自動縫製システム	3	繊維高分子材料研究所、機械技術研究所、製品科学研究所	機械・化学
極限作業ロボット	3	機械技術研究所、電子技術総合研究所、九州工業技術試験所	機械・電子
資源探査用観測システム	5	地質調査所、電子技術総合研究所、大阪工業試験所、計量研究所、機械技術研究所	資源・航空宇宙
水総合再生利用システム	4	微生物工業技術研究所、公害資源研究所、化学技術研究所、大阪工業技術試験所、NEDO	資源・バイオ・環境
電子計算機相互運用データベースシステム	1	電子技術総合研究所	情報・通信
超先端加工システム	5	電子技術総合研究所、機械技術研究所、計量研究所、化学技術研究所、大阪工業技術試験所	機械・電子・化学
高機能化学製品等製造法	3	大阪工業技術研究所、生命工学工業技術研究所、四国工業技術研究所	バイオ
大深度地下空間	3	機械技術研究所、地質調査所、資源環境技術総合研究所	資源・社会
超音速輸送機用推進システム	4	計量研究所、機械技術研究所、大阪工業技術研究所、科技厅航空宇宙技術研究所	機械・航空宇宙
先進機能創出加工技術	4	計量研究所、物質工学工業技術研究所、大阪工業技術研究所、名古屋工業技術研究所	機械・新材料
人間感覚計測応用技術	6	計量研究所、機械技術研究所、物質工学工業技術研究所、大阪工業技術研究所、生命工学工業技術研究所、電子技術総合研究所	情報・社会
マイクロマシン技術	3	計量研究所、機械技術研究所、電子技術総合研究所	機械・電子
原子・分子極限操作技術	1	産業技術融合領域研究所	電子・情報・機械・化学

5.4 学習する組織としてのナショプロ・プロジェクト⁴⁾

- ディフェンシブ・ルーティンの回避

(1) 序

「グローバルエコノミーの時代」等の言葉に例えられるように、現在、国内外のビジネスは急速にその相互関係を密にし始めている。結果として、構築されたビジネスの仕組みはますます複雑かつダイナミックな様相を呈すようになってきており、中長期的な生き残りを図るためには、組織そのものが“学習”できるような体制づくりが急務になりつつある。

これまで多くの組織で採用されてきた「トップが考え、その他の組織階層に属する人がそれを実行する」という伝統的なマネージメントで対応できる範囲は、現在は限られていると考えられる。むしろ、組織のすべての階層に属する人々が“学習”するような組織の形成が、不可欠となっていくであろう。

実際には、(意識してかどうかは別として)このような“学習”をする必要性や、学習のための体制作りは、欧米においてよりも、むしろ日本において認識され実行されてきたと言えるであろう。例えば、欧米の学者が日本のマネージメントシステムを研究するにあたり、古くは稟議書のシステムが、また 1990 年代後半にかけては、“信頼”を基礎におくマネージメントシステムなどが取り上げられてきている。

欧米では、このような研究の成果と並行する形で、欧米流(“米英流”と言い直す方が正確かもしれないが)のマネージメント文脈の中で、所謂“学習する組織”の研究が進められてきた。一方、日本においては、むしろ“Management by objective”等の流れに代表されるような、目標設定に重点を置くマネージメント手法にも光が当てられてきている。

このような状況下において、欧米での“学習する組織”の理論体系を再度振り返り、日本という環境で再検証することは決して無駄ではないであろう。また当然ではあるが、“学習する組織”の必要性は民間企業に限られたものではない。その研究の対象がマネージメント組織であり、また研究の大きなバックボーンがシステム思考であることから、官公庁のプロジェクトにおいても、その理論的枠組みの有効性に大きな違いはないと考えられる。従い、今回の「ソーラーシステム」の調査報告プロジェクトでは、この“学習する組織”を主要なフレームワークとして、得られたデータをもとにひとつの考察を試みてみようと考えている。

⁴⁾ 本節は東出浩教委員による。

(2) “学習する組織”の学習プロセス

“学習する組織”を考えるにあたっては、まず Argyris と Schon が提唱してきた理論を振り返ることなくして進むことはできないであろう⁵⁾。ここで重要となるのは、所謂 “Single-loop learning” と “Double-loop learning” の区分とそれぞれの役割である。これらの学習プロセスメカニズムは、その発展の基礎をサイバネティクスにおいている。

サイバネティクスの主要なメカニズムは、ネガティブフィードバックを含むシステムの情報交換メカニズムである。そこでは“予定された”行動から外れた、つまりエラーとみなされる行動なり結果を捕捉・追跡するために情報が交換され、いったんエラーが認識された場合には、システムはそのエラーを補正するべく（通常は）これまでとは逆の行動を取り始める。結果として、行き過ぎは補正され、システムのとる行動は“予定された”行動に収束する、とされる。ここで仮定されている行動パターンの原則は、システムの行動の各ステージでのエラー排除が目標達成に繋がる、というものであり、まず目標そのものが設定されており不変であることが前提となっている点は留意されるべきである。

このエラー排除の一連のメカニズムが、Argyris と Schon が提示するところの Single-loop learning の根本的な原理となっている。このシステムが、ひとつのコミュニケーションと“学習”のための仕組みとして機能するためには、以下の4つの原則が必要であると論じられている⁶⁾。

システムは、それを取り巻く環境のうち重要と考えられるものを感じ取り、モニターし概観できること。

システムは環境を概観することにより得られた情報を、システムの行動規範となるべきものに照らし合わせる事が出来ること。

照らし合わせの結果として、システムは規範との乖離を認識できること。

乖離が認識された場合には、システムはそれを補正するアクションをとれること。

これらの条件が満たされた場合には、システムは直面する環境をにらみながら継続的な情報交換を始めることとなる。例えば、予算・実績管理などに代表される伝統的なマネジメント手法は、フォーマルな形の Single-loop learning プロセスとみなすことが出来る。

⁵⁾ Argyris, C., and Schon, D. A., 1978, *Organizational Learning: A Theory of Action Perspective*, Reading, Mass, Addison-Wesley.; Argyris, C., 1993, *Knowledge for Action; A Guide to Overcoming Barriers to Change*, Jossey-Bass.; Argyris, C., 1985, *Strategy, Change and Defensive Routines*, Pitman. 等を参照。以降、特に断りが無い限り論拠はこれらの文献によっている。

⁶⁾ Morgan, 1996, *Images of Organization*, 2nd edition, Sage Publications, Inc., London.

経費率、売上、利益、ROE や ROI などのリターン指標などは「管理目標」でありシステムの「行動規範」となっている。

しかし、この Single-loop learning での問題点は、システムの学習能力を規定するのは、“あらかじめ”定められたある一定の行動規範であり、そこに収束することが目的となっている点である。この既定の行動規範が、あるシステムが環境適合を果たし変化をするために“適切”である限りは問題とはならないが、行動規範自体が適切でない場合には、システムは補正の結果として不適切な行動をとることとなる。

このようなマネージメント手法や新しい情報システム等の管理手法は、その効用を否定するものではないが、一方でそれらの手法に内包される問題点を認識し、それを回避するための創造性がシステム・組織に要求される点も同時に確認されるべきであるといえる。具体的には、この問題点を解決するため、つまり行動規範自体の適切性を検証の対象とするための、Double-loop learning のフィードバックサイクルの有無と、その機能の状況をシステムの分析に含めることが重要となる。

Argyris と Schon により展開される Double-loop learning プロセスでは、システムは“学習するために学習する”ことが必要となる。そこでは、システムの中で繰り返されている学習サイクルすなわち Single-loop learning プロセスそのもの、そこに規定されている行動規範、またその行動規範を裏打ちするシステムの持つ価値観や様々な仮定などが、システムの外部にある何らかの規範と照らし合わされ、必要とあればそれらには軌道修正が施される必要がある。システムが中長期的に、変化し続ける外部環境に適合し、生存と成長を果たすためには、この Double-loop learning が存在しているか否かが重要となる。

(3) “学習”する（もしくはしない）組織の特徴

これまで概観してきた限りでは、学習のための条件はある種“当然”と考えられる要素が多い。実際、日本及び欧米の多くの組織、例えばキヤノン、(民営化当時の)英国航空、(創業・成長期の)アップルコンピュータ等、システムとしても現状認識に立脚し、システムに内包される既存のパラダイムの転換に挑戦し続けた企業の例もある⁷⁾。

しかし、多くの伝統的な組織・システムにみられる、「階層構造」に基礎を置くコントロールは、むしろ“学習”を阻害するように作用することも多いと考えられる。ここでは、システム内部での政治的行動等により部門間に形成される境界が、自由な情報フローや Double-loop learning の阻害要因となりうるのである。特に、このようなシステムでは、その構成員が現状の維持や既存の決定事項の遂行によって評価されることが多く、反対に一定の評価を得ることが難しいとの危惧を感じる場合には、**Defensive Routine** という活動に

⁷⁾ Hamel, G., and Prahalad, C. K., 1994, *Competing for the Future*, Harvard Business School Press.

入り込んでしまう場合が多い。これらが、システムの Double-loop learning を阻害する要因になると考えられる。

ここで“学習する組織”とそこでの Double-loop learning のプロセスを考えるにあたっては、Defensive Routine の発生と存在を避けて通ることが出来ない。システム構成員は Defensive Routine に陥ることにより相対的に短視眼的になり、「システムや組織の中長期的な成功や失敗とは何か」という視点が欠けがちになる。従って、Defensive Routine が存在する環境下では、業務やプロジェクトが既定路線の範囲で保護・進行させられる一方で、外部の環境変化などに適応してシステムの“変化”を求めることは、阻害される傾向が強くなる。

Argyris と Schon は、Single-loop と Double-loop learning の両者、また Defensive Routine の存在を念頭に置き、システム・組織の構成員とる行動パターンを類別し、2つのモデル - Model 1 & Model 2 - を、“学習”する組織分析の枠組みとして提唱している。

Model 1 においては、構成員、とくに所謂マネージャー（管理職）クラスの人々は、次の様な行動をとるケースが多いとされる。

- （部下などに課する）目標を一方向的に策定し、それを達成しようと努める。
- 出来る限り他の構成員（及び外部の人々）に頼らないようにしながら業務を遂行・管理することにより、“得るもの”の最大化と“失うもの”極小化を図る。
- 公の場で、否定的な意見や感情を持ったり、それを表現したりすることを最小にするように努め、それらを自分のうちに秘めてしまう。
- 合理的かつ“客観的”になる（ように見える）ように努め、他人の“感情”からくる声を抑えようとする。結果、自分を守りながらも、重要かつ、またしばしば直感的・感情的な側面も併せ持つ事柄から、他人を引き離す。

この Model 1 に類似するタイプのマネジメントモードでは、構成員（管理職）の持つ視点は一方通行で、人的資源を含めた“環境”が反映されたものになり難い傾向をもつ。また彼らの目指すものは“管理”主体になりがちとなり、結果としてこのような構成員にとっては、自分を守ることが相当に重視される一方で、同時に他の構成員から何らかの便益を（一方向的に）提供を受けるというマネジメントスタイルに帰結しがちである。

このようなマネジメントにおいては、しばしば構成員間の相互信頼の欠如や、それに伴っての他人の考えに対する低い受容性が、帰結としてもたらされる。そして意思決定にあたり、多様な価値観や異なった考え方をもち寄る議論が必要な場面においても、議論そのものが避けられる傾向を持つ。従って、このような状況での“学習”を考えた場合には、

Double-loop の学習サイクルが機能するというよりは、むしろ Single-loop learning のサイクルを達成するにとどまる可能性が高い。

その一方で、Double-loop learning に繋がる可能性をもつマネジメントモードモデルとして提示されているのが、Model 2 である。このモードでの典型的な行動規範は、以下のような傾向を強く持つとされている。

- 得られた情報が“正しく収集されたもの”であるならばそれに対しては行動を起こす。また、そのような情報を得るに際しては非常にオープンである。
- 行動を起こすに際しては、関連領域で有能であると考えられえる人すべてに対して、必要な情報を自由に提供した上で、それぞれの選択を聞きながら、彼らもその選択に巻き込む。
- また、行動計画を実行に移すに際しては、その実行プロセスと（システム・組織の）今後の“変化”に対する寛容度をつぶさにモニターしながら、システム・組織内部の変化に対するコミットメントを高める行動が観察される。

このような Model 2 に相当するモードにおいては、構成員が Defensive Routine に陥る可能性は低く、結果として Double-loop learning サイクルが形成される可能性が高い。このサイクルのもとでは、構成員は何らかのプロジェクト等を推進するにあたり、その他の有能な構成員の貢献を期待できるととどまらず、システムのこれまでの行動規範や、そこからの仮説に対峙した上で（自分の頭の内部でのシュミレーションではなく）公のマネジメントの場で検証することができる。これらの Double-loop learning サイクルが機能する事により、結果としてシステムそのものの行動規範やそれを規定するパラダイムの転換をも図れる可能性が生まれるのである。

加えて、“学習するために学習”する組織を考えた場合、その一つの大きな特徴として、システムに異なる方向性が同時に内包されることに起因する「テンション」があげられる。つまり、Single-loop learning の作用が強く働いているシステムにおいては、既存の learning サイクルの中で規定されていた行動規範のもとでシステムは“安定”に向かう。そこに、Double-loop learning がシステム運営に反映されてくるに従い、ある種の“安定”を維持しようとする方向性と、変化をダイナミックに求めようとする方向性とが共存する状況が生まれる。またこの状況を、Defensive Routine の有無という視点から捉えれば、Defensive Routine が存在している状況においては、システムは必然的にテンションを内包しており、そこではシステム構成員は、典型的には、以下のような逆説的な2つの方向性が共存する状況に直面する。

イニシアティブを取れ。しかしルールは破るな。

現状を“超えて”考えろ。しかし評価・賞罰は（従来及び）現在のパフォーマンスを中心に考えられる。

システム・組織を全体として捉えるように努めよ。しかし他部署・他人の責任範囲には踏みこむな。

周囲とは協力せよ。しかし場合によっては競争せよ。

これらの相矛盾する方向性が共存すること自体は間違いではない。むしろ、多くの Double-loop learning が阻害されている状況では、これらの矛盾がシステムの中で表面に現れず、実際に議論の対象となりにくい傾向がある点が問題の核心といえる。つまりある意味では、これらの相矛盾する方向性はシステム・組織に変化をもたらすための原動力とみなすことができる。

多くのシステム・組織においては、何らかの“変化”を達成しようとする場合には、その初期段階では“変化”を達成するにたけたリーダーが何らかの形でリクルートされ、また相対的に十分なその他の経営資源も“変化”のために割り当てられるため、それなりの実績があがることが多い。問題は、“変化”の初期段階を越え、関係者がさらに変化を進展させる過程で、何らかの大きなジレンマ・矛盾・脅威などに対峙せねばならなくなった場合に、Defensive Routine が頭をもたげてくることで、その結果として、多くのシステムが変化よりも現状を維持する“安定”への回帰を始めてしまうという点がある。

(4) “学習”を育む条件

これまでで、“学習”する組織の特徴や、学習のためには Defensive Routine をシステム内で適切に認識しコントロールし Double-loop の学習サイクルがシステム運営に反映されることの重要性が浮き彫りになってきた。それらを受けてこの節では、システムが“学習”を進めるにはどのような条件を整えればよいのかという論点を整理しておきたい。

まず第一の条件として挙げられるのは、“学習する組織”は「事業環境は変化するものである」ということを前提に考えられなければならない点である。結果として期待されるのは、事業環境のトレンドやパターンを読み、そこから何らかの警戒信号を察知できるようになることである。

言うまでもないことであるが、ここでは単に事業環境に関わる情報収集が出来るという事実だけでは不十分であり、そこから何らかの洞察を導き出し将来の事業を導くビジョンを作り出すことが必要となる。特にシステムの将来に関するビジョンを策定するにあたっては、多くのケースでは“顧客”を策定プロセスの中心に置き、“顧客”の視点で提供する製品なりサービスを捉えることが要求される。この顧客からの視点が、Double-loop

learning のサイクルの中で新たな行動規範策定の必要性を認識し、またシステムにそれを導入する際の大きな原動力となる。

第二の条件としては、“学習する組織”は、継続的に学習し変化するために、システムに内包され、その行動の指針となっている規範・仮定などを十分に理解したうえで、それらを継続的に再検証し、必要とあれば変革していく能力を持たねばならない点である。結果として、過去に縛られないシステムが求められているが、その目的のためには、ビジネスの場においては以下のような視点を持つことが重要とされている⁸⁾。

- 現在自分たちはどのようなビジネスをしているのか。それが正しいビジネスなのか。
- これまでのものとは根本的に異なる新しい製品・サービスを作ることは可能か。
- 現在の業界や製品・サービスを規定している基準を再構築し、新しいニッチを作り出すことができないか。
- 現在の組織の内部体制に縛られずに、顧客の視点からその利益になるようにビジネスプロセスを再構築することができないか。
- 製品・サービスの品質を向上させると同時に、コストを減らせるようにビジネスプロセスを再構築することができないか。
- もし階層的組織が伝統となっているような場合には、それを自立的なチームのネットワークという形に再構築できないか。

列挙したような視点を持つことにより、システムの構成員は、現状をいったん検証した上で、“他のやり方は無いか”と問い続け、その結果として Double-loop の学習サイクルの活発化に貢献することが可能となる。

第三の条件としては、“学習する組織”は、Double-loop の学習サイクルを実現するためには、変化の激しい事業環境の下では問題やエラーの発生は必然であるという点を踏まえたうえで、変化と一定のリスクテイクを恐れない組織カルチャーを作り上げる必要がある。ここで重要になるのが、Try-and-error の意思決定プロセスである。ある既定の目的を達成するにあたって、手段は何通りもあることを認識するとともに、最終的に目的達成のためのステップとしていくつかのマイルストーンを設定し、漸進的に事業を進めていけるかがポイントとなる。

以上、今回の「ソーラーシステム」プロジェクト分析に供する目的で、“学習する組織”の学習プロセス・特徴、学習のための条件などを概観してきた。以下においては、これら

⁸⁾ Senge, P. M., 1990, The Fifth Discipline; The Art and Practice of the Learning Organization, London, Century.

フレームワークを念頭においた上で、インタビューを中心に集められたデータを活用しながら分析・議論を進めていくこととなる。

(5)「ソーラーシステム」プロジェクトにおける“学習”の構造

ここではまず、「ソーラーシステム」の研究開発プロジェクト組織の、“学習”の構造を分析する。はじめに、本プロジェクトのマネジメントの構造について、先にあげた Single-loop learning プロセスとそこで規定されている行動規範を見ていく。次に、外部のファクターとの接触を通して、自らの持つプロセスや仮説の企画と検証を行う Double-loop learning のフィードバックサイクルについてを見ていく。そして、両者の機能状況をそれぞれ分析する。

既に取り上げた Single-loop learning と Double-loop learning を模式的に表すと、図 5 - 4 - 1 のように表現することができる。

それぞれの“学習”のループは、判断や行動の基準となる「規範」を持っている。具体的には、マネジメント対象についての理論やノウハウ等（いわゆる“ナレッジ”）あるいは現時点での、経験等に基づく仮説などがある。

Single-loop learning での「規範」は、組織が自身の過去の学習を元に設定したものであるが、Double-loop learning での「規範」は、例えば顧客や投資家などの外部ファクターと組織との間にある「市場」において、相手方との接触や観察を通じて学習した知識や経験等をもとに形成される。

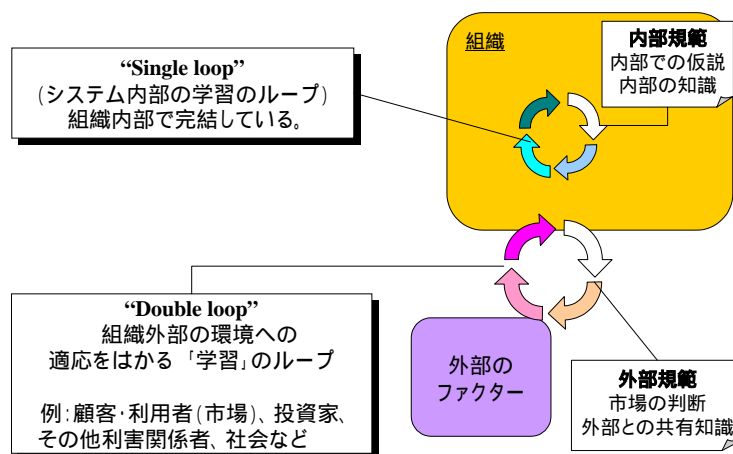


図 5 - 4 - 1 シングルループとダブルループ

Single-loop learning では、組織内の論理構成に矛盾がなければ知識や理論等はそのまま「規範」となりえるが、Double-loop learning の場合は、相手側の見解や主観が「規範」の適否に関与してくる。そして相手側が投資や購入等の決定権を握っている場合、“学習”を

通じて、自分の規範を相手側に適合させるべく修正するか、提案や情報提供などのコミュニケーションを通じて相手側に“学習”を働きかけ、その規範を更新することとなる。

1)「ソーラーシステム」プロジェクトの Single-loop learning プロセス

「ソーラーシステム」開発プロジェクトにおける Single-loop learning プロセスは、主に工業技術院（担当の研究開発官）と、研究を受託した各企業（担当の研究者）によって行われた。個別開発テーマについての“学習”は、各企業や名古屋工業技術試験所が個々に行ない、それらを集約したプロジェクト全体の“学習”は、工業技術院が中心となっていた。さらに、これら開発に直接携わる者のほか、国のエネルギー政策全体を統括している通産省と、開発成果やプロジェクトの方向性を評価する専門家で構成された審議会も、国民や想定ユーザー等から見れば実質的には組織内部のメンバーであり、Single-loop learning にはプランニングやプロジェクトの評価などの形で参加している。

本プロジェクトの組織の主な「規範」には、プロジェクト発足時に作成された基本計画があり、本プロジェクトの狙いと素材や機器の性能など個別テーマの達成目標が示されていた。また、特に第1期（1974 - 1980）においては、太陽熱エネルギー利用に関する仮説とその検証をとおした新しい「規範（理論）」の“学習”こそが、本プロジェクトの目的であった。そして、実証施設の設計と建設及びその稼働を通じて、太陽熱による空調・熱源利用システムの技術的実用化（さらには経済性の実現）に関する理論の構築や知識の習得が行われた。

2) Double-loop learning プロセス

「ソーラーシステム」の組織構造と Double-loop learning の構造は、図 5 - 4 - 2 のように表すことができる。なお、こうした構造は、他の国の研究開発型プロジェクトにも共通する点が多いと考えられる。

Double-loop learning において、プロジェクト組織の「相手方」となる主なファクターには、「国民（納税者）」、「想定ユーザー」、「将来の市場化時の事業者及び関係者」の3つを挙げることができる。

「国民（納税者）」は、投資家的な意識で開発プロジェクトの成果への期待を持っていると考えられる。政治（議会）は国民の代表として、そうした期待を代弁する立場にある。「想定ユーザー」は、「ソーラーシステム」が実用化・事業化された時に想定されるユーザーで、建物や施設の所有者・利用者・管理者などがこれに相当する。該当設備に投資して得られる経済的成果の影響を直接的に受けるため、その経済性や性能や信頼性等に強い関心がある。これまでにない想定上のユーザーのため、既知の類似設備のユーザーをもとにそのニーズを類推することになる。「将来の事業者及び関係者」は、具体的には研究に参加

した空調機器メーカーと建設会社と、規格・法規の設定や政策面で関係の深い省庁がある。後者は、本プロジェクトの場合、機器では通産省、建築では建設省、科学研究や実証施設提供で文部省がそれぞれかかわっていた。

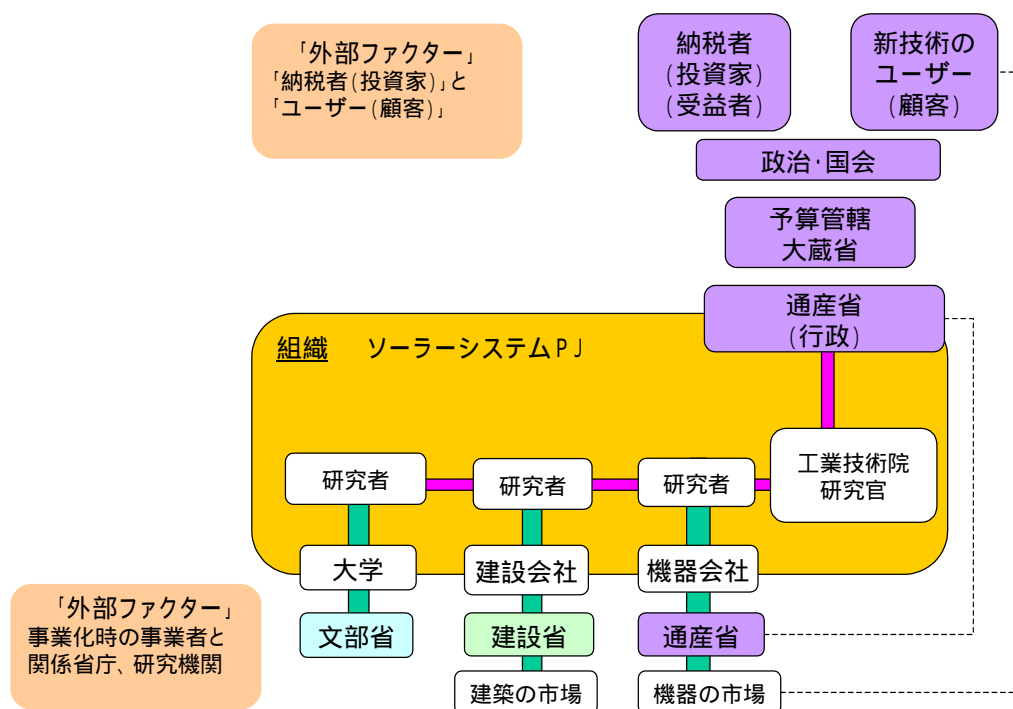


図 5 - 4 - 2 ソーラーシステムPJの組織構造

各企業と通産省が、図 5 - 4 - 2 の「組織」の枠内には完全に入っていない。研究開発を行っている点では両者とも組織メンバーではあるが、本プロジェクト以外では、それぞれに独自の戦略を持っており、本プロジェクトの組織とは別の「規範」に基づいて意思決定をすることがあるためである。こうした「微妙な関係」は、第 1 期計画でチームを編成した建設会社と空調機器メーカーとの間にもあった。

外部の「規範」は、組織と国民、想定ユーザー、各企業 + 関係省庁等の中にそれぞれ形成される 3 つの「市場」で示される。プロジェクト組織内部の持つ「規範」と、市場での「規範」との照合と乖離の評価そして適合という“学習”は、予算配分の決定、機器やシステムの普及、プロジェクトへの人材・資源の割当などを通じて行われた。

3)「ソーラーシステム」プロジェクトにおける“学習”の機能状況

ここでは、「ソーラーシステム」の Single-loop learning と Double-loop learning が、それぞれの程度機能していたか、またどのような問題があったかについて述べる。

Single-loop learning については、太陽熱利用の実用化に必要な技術的知識の獲得と実証施設による検証が、計画の設定に従って進捗し目標を達成した点において、プロジェクト組織の“学習”の機能が発揮されたと見ることができる。一方、Double-loop learning については、昨日の発揮が十分ではなかった点がいくつかある。その原因は組織の構造上の理由、予算配分（＝「投資決定」）プロセス上の理由などが挙げられる。

組織構造上の理由とは、先に図 5-4-2 で示した組織図が示すように、プロジェクトの参加者が「プロジェクト」と「所属部門（企業・機関など）」の、それぞれ別々の「規範」を持つことにある。様々な事情（時間や資源の制約等）で、どちらかの「規範」を優先させねばならない事態が生じる可能性はある。本プロジェクトでは、市場の有望性やその実現時期について、資源制約の中で事業としての魅力の高い案件を優先する（せざるをえない）企業側と、中長期的な国家政策の実現を目指す行政側との間では、「規範（思考法や価値観）」が当然異なっている。

既に述べたように、こうした異なる方向性の共存は、Double-loop learning の特徴である。そして“学習”を育む条件で指摘したように、Double-loop learning が機能するには、そうした異なる方向性に対して、ある程度リスクを取って積極的に変化や再構築を進める組織のカルチャーが必要である。

そうしたカルチャーの形成には、強力なリーダーシップ等属人的な求心力か、参加者に強い使命感を抱かせるミッションやビジョン、関係者相互の信頼感や一体感の醸成が必要と考えられるが、いずれにせよその実現は相応のエネルギーや条件を必要とするため容易ではない。本プロジェクトの場合は、発足時の主導的な地位の人物や担当者の異動等があり、そうしたカルチャーが形成されるまでには至っていない。

予算配分は、納税者（＝投資家）の意思が反映される場で、重要な Double-loop learning の場でもある。しかし本プロジェクトにおいては、実証施設の建設や開発費用等に必ずしも十分な予算配分がなされておらず、また予算枠の確保にも担当者が大変苦労している。予算配分は歳入面の制約も考慮せねばならず、必ずしも十分な確保ができるとは限らない。しかし国民の意思の反映や国家政策における開発の重要性を勘案した場合、さらに年数億円という金額の規模と当時の国家予算とのバランスを見た場合、“学習”の成果実現の上で、当時の予算配分方法や予算額の制約は大きな壁であったことは否めない。

（6）異なる製品特性と2つの“学習”スタイル

ここでは、「ソーラーシステム」開発プロジェクトにおいて観察された2つの“学習”スタイル、「継続型の学習」と「事前集中型の学習」について述べる。本プロジェクトの開発

は「機器」と「建物」という、2つの異なる特性の製品開発であり、それぞれの開発には、異なる“学習”のスタイルが求められたことを指摘する。そして、両者が並存する状態で“学習”する場合に、学習の進め方の認識の違いに起因する問題について述べる。

1) “継続型”の学習スタイルと“事前集中型”の学習スタイル

新規開発を伴うマネジメントでは、開発する対象の規模や用途、要する費用と労力などの特性により、組織に要求される学習のスピード、あるいは成果を反映させるタイミングにはそれぞれ大きな相違がある。

どのような場合でも、変化への適応（すなわち“学習”）には、スピードと高い適応能力が求められるが、現実には人材・資源・費用の制約のため、適応にはおのずと限界がある。

費用や能力の制約が比較的少ない場合は、学習と成果の反映は、生物の進化に類似した有機的（「草の根」的）な適応が可能である。製造現場で見られる「カイゼン」活動や大手スーパー店頭の接客・陳列の工夫（店作り）など、多様でかつ広い範囲を対象に、多くのメンバーが参加して同時並列的に学習を行う場合には、こうした方法は効果的である。

一方で、情報システムや建物のように一度構築すると事後の変更コストや物理的制約が相当大きい場合、あるいはしばしば例えられる「新幹線」のように、従来とは全く異なる新しく戦略や理論体系で全体を統一する必要がある場合には、事前の企画・構築段階での集中的な学習が行われ、ベストの成果が開発対象に具体化される。

2) 「機器」と「建物」の特性の違いと学習スタイルの違い

「ソーラーシステム」開発プロジェクトには、集熱器や冷凍機等の「機器」の開発と、建物や施設の開発の、2つの部分に分けることができる。機器と建物とでは、事後変更の可否やコスト等、製品としての特性は大きく異なっているが、それは実機による学習の機会数や範囲に大きく影響するため、必然的に学習のスタイルも異なってくる。前者は相対的に学習の機会が多くそのサイクルも短い、後者は性能確認に長期間要するほか建設に多くの費用と手間を要するため、学習のサイクルも長く、機会も大変限られる。

こうした違いにより、素材や機器の開発では「継続的・広範囲・同時並列的な学習」が可能であるが、建物の開発では設計や試験段階での「事前集中的な学習」が要求される。また前者は、他の技術進歩との競合や導入のため、相対的に速いスピードと短いサイクルでの学習が行われるが、後者は特に長期的な信頼性が要求されるので、事前の時間をかけた作り込みや、事後の長期的な追跡による検証（学習）を必要とする。

第1期の実証施設の開発において、建設会社と空調機器メーカーという、学習のタイプが異なる同士でチームが編成された。さらにプロジェクト発足時の企画立案と、その後の

運営の取り纏めは通産省に属する工業技術院が行っているが、その学習のスタイルは建設会社よりも機器メーカーに近いと考えられる。本プロジェクトでは、こうした構成メンバーの関係から、機器開発に適したサイクルや継続型の学習が、無意識のうちに前提となっていた可能性はある。

しかし「ソーラーシステム」の事業化には、機器の性能向上だけでなく、建物側の工夫も重要な課題であった。建物の断熱性向上による機器への負担減は、機器の小型化とそれによる初期投資コストの低減に効果がある。また施工やメンテナンスの面では、システムの組み込みを考慮した形で建物を設計したほうがよいほか、機器のデザインも建築の規格に合わせる必要がある。このように「ソーラーシステム」が経済性を実現するには、初期投資コストから維持コストのほか、施工やメンテナンス性、さらには建物の内装・外観の意匠性まで含めた、事前の総合的集中的な学習とシステムの熟成作業が必要であった。こうした学習について、本プロジェクトでは十分な機能状況ではなかった面がある。

(7) 学習成果の活用について

学習の「成果」は、理論や仮説や経験などの「知(ナレッジ)」と、それを具体的な形で表現した“モノ”がある。そして得られた成果は、蓄積・伝承され、他への活用や応用がなされることではじめてその価値が実現する。ここでは、「ソーラーシステム」における学習の成果がプロジェクトの終了後、どのように受け継がれ活用されたかについて述べ、成果の蓄積・伝承媒体の中心となった大学の重要性を指摘する。また、特に外部のファクターの関与する Double-loop learning において、積極的なコミュニケーションを通して成果を伝え、外部ファクター側の“学習”を促すことの重要性について指摘する。

1) 成果の蓄積と伝承

成果の蓄積と伝承は、単に学術文献や理論の蓄積・伝承だけでなく、それらを体得した人材と実現に必要なスキルやノウハウの蓄積と伝承も必要とする。後者は人材の属性であるので、「成果の蓄積・伝承」とはすなわち人材の蓄積が可能な受け皿と、研究や教育を通じた伝承の機会を確保することである。

「ソーラーシステム」開発プロジェクトは、太陽熱利用の技術開発において成果をあげたが、民生用冷暖房システムあるいは比較的低温の産業用熱源供給システムとしては、効率性やコスト面でまだ解決すべき課題もあり、普及は公共施設など一部に留まっている。製品は本格的な事業化はされていないので、プロジェクトで得られた知識や経験を体得している技術者や開発担当者は、その後企業内の別のプロジェクトや大学などへ移っている。

人材の受け皿の確保には、長期的・継続的な費用負担が発生する。開発対象の事業化が実現すれば費用回収の機会があるが、今回のように事業化に至っていない場合、あるいは

事業化に長期間を要する場合は、費用負担は成果の蓄積と伝承の最大のネックともいえる。

本プロジェクトのケースでも、大学はこうした高度に専門的な人材の蓄積される場所として重要な機能を果たしている。また、得られた知識についてのさらなる研究や他の分野への応用展開をはかる機能も果たしている。企業が多数の研究要員を抱えるケースもあるが、企業の戦略と個人のテーマが必ずしも一致するとは限らない。「アンダー・ザ・テーブル」で企業が研究者の独自の研究を認めているケースもあるが、それ以外にも選択肢があることは、国の知識・技術競争力の面でも重要である。企業間の研究者の移動は様々な制約があるほか、特殊な分野では行き先も限られるので、専門的な人材の受け皿としての大学の存在は大変重要である。

2) 外部ファクターとのコミュニケーションの重要性

既に述べたように、組織が自らの学習の成果について、投資家や顧客等の外部ファクターへ積極的に知らせることにより、相手側に“学習”を働きかけることも、目標の達成には重要である。ことに国家プロジェクトのように長期的な国家戦略の必要性に立ったプロジェクトでは、「投資家」であり「ユーザー」である国民の理解と納得の醸成が必要である。

本プロジェクトの場合、石油価格の高騰やその後の省エネ意識の高まり、そして環境保護とクリーンエネルギーの利用への理解など、国民の意識と関心はプロジェクトの追い風となる状況にあった。しかしコミュニケーションを通じた学習の面では、いくつか残念な点も指摘される。

本プロジェクトについて、太陽熱利用の専門的な知識を一般の人々にPRするのは容易ではない。しかし目標や取組みの重要性を伝え、プロジェクトの進行状況を広く国民に伝えることは、納税者への説明責任と将来のユーザーに対する利用事例のイメージ作りにおいて極めて重要である。そして実証施設や事例の存在は、その最も有力な媒体である。

“学習”の成果を蓄積・伝承するうえでの実物という媒体の重要性はほかにもある。成果の具体的表現である実物には、設計の思想や狙いが形として現れているほか、実物の時間経過による評価も可能である。さらに重要な点として、実物の保存は過去の取組みの過程を示すことで、現在の取組みに至る経緯と論理、そして現在の取組みの正当性を説明する「意思表示」の媒体でもある。本プロジェクトでは、予算上の制約でやむを得ぬ事情があり、実証施設は一般転用や廃棄がなされたが、こうした国民とのコミュニケーションの面では、実物を失ったことで失なわれた物も少なくない。

(8) まとめ

以上、「ソーラーシステム」のプロジェクトについて、“学習する組織”を主要なフレームワークとして、得られた資料や当時の関係者等へのインタビュー結果をもとに考察を行った。本プロジェクトを含む「サンシャイン計画」は、現在は「ニューサンシャイン計画」として受け継がれている。また、プロジェクトで得られた知識や技術は、その後様々な形で利用されている。

現在、石油資源の状況や価格動向あるいはエネルギー需要などは、当時とは変化しているが、日本がエネルギー源のほとんどを輸入に依存している点と、環境負荷の低いクリーンなエネルギーの必要性は当時となんら変わらない。従って「ソーラーシステム」の実用化は、長期的に見てなお開発の意義のあるテーマと考えられる。将来それが実現するには、その基盤となりうる当時の学習の経験や知識が、再度の検討が可能な形で伝承されていることも必要であろう。“学習”とはその場で得られたアウトプットの評価だけでなく、その蓄積や伝承の能力、組織内外での成果の共有能力なども含めて評価されるべきと考える。

「ソーラーシステム」プロジェクトは、自然エネルギーの利用方法を実際に開発した点と、国民のエネルギー問題への関心を高めた点では非常に大きな貢献があったといえる。その貢献を将来に活かすためにも、本プロジェクトの成果を有効に活かす“学習”の仕組みが、現在及び将来の同様のプロジェクトに組み込まれ、機能するような体制と環境作りが望まれる。

6. 総括評価 - システム的視点からの考察

6.1 システムとしての考察・評価

(1) ナショプロのシステム効用

ナショプロのシステム効用は次の4点に集約される。28プロジェクトのシステム評価は、この効用を顕著に示しているが、同時に、最近それが減少傾向にあることも示している。

1) 先駆的研究開発の先導

技術の将来動向を的確に把握し、重要な技術分野を提示・先導

(キャッチアップ時代は、比較的先が見えた。しかし、技術の複雑化・価値観の多様化とともに困難化。それに伴い、リーダーシップ・グリップが弱体化傾向)

2) 企業の競争と強調を刺激し、高レベルの業際的な企業を結集

企業の競争原理を刺激しながら、広範な業種の高レベルの企業を結集

(技術水準の向上、1)の困難化、バブル崩壊後の研究開発離れと共に、高レベルの企業の糾合が困難化傾向)

3) 企業間・業種間技術のスピルオーバーの触発

コンソーシアムによる共同研究、成果発表、交流等を通じ、プロジェクト参加企業間・業種間及び参加企業とそれに限らぬ産業全般への技術スピルオーバーを触発。これが企業のナショプロへの参加、コンソーシアムへの精鋭の派遣の誘因

(プロジェクト対象の基盤研究化及び1)、2)並びにプロジェクトのルーティン化、プロジェクトの相対的「小粒化」等に伴い、スピルオーバー効果が減少傾向。それに比例してコンソーシアム派遣研究者が相対的に低レベル化し、スピルオーバー技術の同化能力も減少。その結果、ナショプロ参加の魅力も減少。これは、派遣研究者をさらに低レベル化し、悪循環化傾向)

4) 企業の研究開発の誘発

企業の研究開発意欲を刺激し、旺盛な研究開発活動を誘発

(バブル崩壊後の研究開発離れの中で、さらに1) - 3) が相乗的に加わり、企業研究開発に対する誘発効果が減少傾向)

(2) システム構成要素

以上のシステム効用を発揮するシステムの構成要素としては、次の 6 要素が注目され、28 プロジェクトのシステム評価を通じて、各要素それぞれについて以下に示す深遠な含意が浮き彫りになった。

- 1) テーマ選定 - プロジェクト構想の背景
(多元的なニーズ、「思惑」、構造的に同床異夢的性格を内包)
- 2) 目標設定 - 目的の多元性
(構想時の背景、構想者の「思惑」、参加者の「同床異夢的期待」によって多元的。また、多元性の捉え方も時代に応じて変遷。従って、多元的・動的な評価視点が必要)
- 3) 計画策定 - 開発対象の設定
(タイミング、ペース及びそれと連動した有機的・機動的な予算計画が要諦)
- 4) 開発体制構築 - 開発組織と運営及び達成手段の設定
(競争と協調の効果をフルに発揮する参加企業選定、共同研究実施形態。学習効果を有する「常連企業」の功罪。中小企業者、フレッシュエアーの導入。学・国研の活力の発揮と死蔵の両極端の存在。省際的連携の効奏例は希少)
- 5) リーダーシップ - 研究開発官・国研・プロジェクトリーダーのリーダーシップ・グリップ
(初期の成功プロジェクトの成功要因はこれに負うところ大。最近つとに弱体化)
- 6) 成果とその評価 - 波及効果の掌握・評価
(波及効果は幅広い含意をはらんだ概念。これを鮮明に認識し、それを的確に掌握・評価するマインドが重要)

6.2 システム的考察

以上に即して、ナショプロを軸とする産業技術研究開発施策について、システムの視点に立って考察すると次の点に傾注すべきことが指摘される。

- 1) 複雑化・多元化する時代のニーズの把握
- 2) 高度先端的・長期的課題への集中的挑戦、同時に社会的ニーズのダイナミックかつ多様な変化に備えた柔軟かつ機動的の具備の両命題の両立
- 3) 複雑化・多様化する中での強力なリーダーシップの発揮・持続
- 4) ディフェンシブ・ルーティン化（ナショプロの「公共事業化」）に陥らないようインスティテューショナルな、時代的創意
- 5) 「学習する組織」としてのナショプロの復権
- 6) ナショプロにおける目標設定の多元的性格を認識した多元的・動態的な評価視点の堅持

6.3 継続的發展課題

以上に照らして、引き続き、次の2点を軸に、35年におよぶナショプロの歴史的示唆及びその学習効果をフルに活用発揮するための分析基盤の整備を図ることが緊要である。

(1) プロジェクト評価データベースの発展

28 プロジェクトの分析調査等を通じて構築された「ナショプロ・プロジェクト評価データベース」を、その実践的活用を主眼に、次の体系区分を念頭に発展的充足を図る。

- 1) プロジェクトの性格
- 2) 成功度合い態様
- 3) 政策階層性
- 4) 社会環境等背後の時代的環境
- 5) ニーズプル・シーズプッシュ当牽引要因

(2) 構造解析

システムとしてのナショプロの効用とその限界及び新たな時代的環境に即した構想課題を浮き彫りにすることをねらいに、次の点に視点を据えた構造解析に取り組む。

- 1) 因子分析を応用したグループ化分析
- 2) 共分散構造分析等構造分析法を応用した成功・失敗の背景等の構造化
- 3) EU等他国の類似分析等との比較分析
- 4) スピルオーバー効果とその支配要因分析

別添資料目次

1	超高性能電子計算機	H10	政策研大 丹羽研	131
2	脱硫技術	H10	東工大 渡辺研	136
3	オレフィン等の新製造法	H11	東大 児玉研	141
4	海水淡水化と副産物利用	H10	東大 児玉研	146
5	大深度遠隔操作海底石油掘削装置	H11	東大 丹羽研	151
6	電気自動車	H10	東工大 渡辺研	157
7	パターン情報処理システム	H11	東工大 渡辺研	162
8	航空機用ジェットエンジン	H10	政策研大 丹羽研	169
9	自動車総合管制技術	H10	東大 児玉研	175
10	高温還元ガス利用による直接製鉄	H11	東大 児玉研	180
11	重質油を原料とするオレフィンの製造法	H11	東大 児玉研	185
12	資源再生利用技術システム	H11	早大 東出研	188
13	海底石油生産システム	H11	東大 丹羽研	191
14	光応用計測制御システム	H11	東工大 渡辺研	196
15	一酸化炭素を原料とする基礎化学品の製造法	H10	東大 児玉研	200
16	マンガン団塊採鉱システム	H12	東大 丹羽研	204
17	科学技術用高速計算システム	H12	北陸先端大 亀岡研	214
18	自動縫製システム	H11	政策研大 丹羽研	221
19	極限作業ロボット	H12	東工大 渡辺研	227
20	資源探査用観測システム	H11	東大 丹羽研	235

2 1	電子計算機相互運用データベースシステム	H 1 2	東大 児玉研	239
2 2	バイオ素子	H 1 2	東大 児玉研	247
2 3	新ソフトウェア構造化モデル	H 1 2	東大 丹羽研	255
2 4	ソーラーシステム	H 1 2	早大 東出研	265
2 5	太陽光発電	H 1 2	東工大 渡辺研	268
2 6	廃熱利用技術システム	H 1 1	東工大 渡辺研	279
2 7	高効率ガスタービン	H 1 1	政策研大 丹羽研	284
2 8	汎用スターリングエンジン	H 1 2	北陸先端大 亀岡研	290

研究開発プロジェクトの調査結果

1. 超高性能電子計算機

(1966-71 年度：研究開発費総額約 100 億円)

(政策研究大学院大学、埼玉大学大学院 丹羽富士雄研究室)

(平成 10 年度調査プロジェクト)

(1) 背景

1960年代半ばにおいて、電子計算機産業は我が国の産業構造の高度化を担う知識集約産業の代表として、社会活動における情報化の進展、技術革新によるコストパフォーマンスの向上等によって需要の大幅な拡大が予想され、将来最も期待し得る成長産業の1つと目されていた。また電子計算機産業は技術先端産業であって、その開発成果はあらゆるエレクトロニクス分野に応用され、電子工業全体の技術水準の向上を先導するものであるため、その育成強化が急務とされていた。

1964年、我が国ではそれまでの管理貿易体制から開放経済体制への移行が始まった。米国の巨大企業のIBM、ユニバツク更にはCDC等の各社が日本への進出を図っており、自由競争ではひ弱な我が国の電子計算機産業はひとたまりもないとみられていた。特に技術面では、軍用に開発納入した計算機を基礎に民生用に衣更えしたといわれるIBM7090がその性能を武器に世界各国に進出し、また1964年、IBMが画期的な着想になるファミリ化とIC化を行った第3世代のコンピュータ、システム360を発表した。更に米国MITでは、タイムシェアリング方式のMULTICSプロジェクト計画を発表するなど、電子計算機技術は一層発展する勢いを示していた。

このような状況下で、外国機と十分対抗できる国産電子計算機の開発が急務であり、本プロジェクトが1966年度に発足した。大型プロジェクトが発足するまでは、通商産業省の技術開発の助成は鉱工業試験研究費補助金という制度の下で非常に僅かな予算しかなく、前述のIBM7090対抗機種開発のために1962年9月から始まった当時としては超大型といわれた、「FONTACプロジェクト」(富士通、沖電気、日本電気の3社による共同開発)でさえ、補助金総額はわずかに3億5000万円に過ぎなかった。大型プロジェクト制度は、単年度予算ではない長期計画をベースに100億円を超える巨額の委託費を使って、産官学連携の体制を組んで推進するもので、この国産電子計算機の開発のために作られた制度であるといっても過言ではなかった。

(2) 目標設定

目標は、1970年代初頭に世界最高水準のIBMのシステム360に比肩しうる標準大型機を完成するための試作機を開発することにあった。

当時の我が国の経済・産業界の状況と将来への期待、技術水準、外国企業との競争等を勘案し、大型プロジェクト制度におけるテーマ選定の5つの基準に即してみても、非常

に適切なものといえる。また、目標に関する具体的な内容や数値についても、キャッチアップ型の開発で、IBMの360シリーズに対抗しようとしていたので、その対象がはっきりしており、極めて妥当なものであったといえよう。また、その後のコンピュータ技術の発展をみても、この時設定された技術目標は、正しい方向に向かっていたといっても良いであろう。さらに、当時の我が国コンピュータ企業の体力からみて、個別企業がそのような開発を実施する能力はなく、産業界が力を合わせ、国立研究所や大学の協力も得て取り組まなければとうてい達成できない目標であったので、国家プロジェクトとして取り上げる十分な根拠があったと考えられる。

本プロジェクトを政策階層的にみると、まず電子計算機の国際競争力の強化という政策課題があり、通商産業省工業技術院が中心となり基本計画が作成された。その後参加企業を決定し、両者間で調整の上、技術的な方向付けが行われた。通商産業省としては、日立、日本電気、富士通の3社に共通のアーキテクチャを決めたい意向があったが、企業側からの反対によりパフォーマンスを主とする外部仕様を決めて、アーキテクチャは委託先に任せることとなった。それでも通商産業省は共通化の実を上げようとして、入出力インターフェイスとソフトウェアについては、共通化路線を進めた。

また、目標設定の弾力性であるが、TSS機能実現のためにプロジェクトの途中でバッファメモリ方式を採用し、開発期間を1年延長したが、これは弾力的な目標設定といえよう。

目標の持つ性格の点であるが、前述のようにIBM360を追いかけるキャッチアップ型であり、同じくIBM360で現されたユーザのニーズを実現しようということでニーズブル型で、プロトタイプを作るということで開発のステージにあり、また、産業や個人向けの先進的な製品であったといえる。

本プロジェクトに関する限り、特定個人としてのPI(プリンシパルインベスティゲータ)は存在せず、目標がはっきりしているので、通商産業省がまとめの役割を果たしたことは事実であるが、多くの関係者が集団PIとなって、本プロジェクトを推進したといえよう。

(3) 開発対象の設定

ハードウェアについては、前述の目標を基礎に、児玉教授のいう需要表現のプロセスをたどり、

- 1) メモリの性能が十分発揮できるようなファイル中心のシステムである、
- 2) 主記憶装置を共有する複数個の処理装置を持つ多重プロセッサシステムである、
- 3) システムの信頼性を向上させる、
- 4) 将来の新しい周辺機器にも対応できる拡張性を持つ出力制御方式である、

という4つの機能をもつ電子計算機を開発するために、次のような方針の下で開発が行われることとなった。

- 1) 高性能の中央処理演算装置を開発する(主記憶装置を高度化、大容量化する、高い転送能力を持つメモリ・スイッチの開発を行う、処理能力、可用性の高い

処理演算装置を開発する、複数個のチャンネルをまとめて制御する入出力装置を開発する。)。

- 2) ファイル記憶装置を大容量化する。
- 3) インターフェイス重視の多様な入出力装置を開発する。

このような開発方針に基づき主な技術開発の項目をきめた。

- 1) 主記憶装置を大容量化するための、ワイヤメモリ、ICメモリ、コアメモリ、
- 2) 高い転送能力を持つメモリスイッチ開発のための、分散型スイッチ、
- 3) 処理能力可用性の高い処理演算装置を開発するための、高速LSI回路技術、バッファメモリ方式、マルチプロセッサ方式、パイプライン制御方式、
- 4) 複数個のチャンネルをまとめて制御する入出力装置を開発するための、チャンネル独立制御方式、ビルディングブロック方式、
- 5) ファイル記憶装置を大容量化するための、磁気ディスク装置、
- 6) インタフェイス重視の多様な入出力装置を開発するための、文字認識装置、図形処理装置、漢字表示装置、音声入出力装置、

等である。これらについて、それぞれ必要性能を掲げている。

そして、中心的な具体的な目標としては、

- 1) 主記憶装置容量はユニット当たり 1 MB、
- 2) 演算処理装置はギブソンミックス 200-300ns、
- 3) 大容量ファイル容量 1 GB

と決めた。

ソフトウェアについても、同じく前述の目標を基礎に、

- 1) 国産各社の電子計算機に対してソフトウェアが共通に使用できる、
- 2) 世界最高水準の超高性能電子計算機の性能(処理の高速化、バーチャルメモリ、マルチプロセッサ及びバッファメモリ方式等)を十分に発揮できる、

という2つの機能を設定し、開発方針を決め、各研究開発項目を定めている。

本プロジェクトは、前述のようにIBMキャッチアップ型であったので、接近方法は決まっており、プログラム多元性(政策多元性、技術オプション多元性)の余地はほとんどなかった。逆にほぼ同時期に電電公社のDIPS開発計画が進行していたので、一部のマスコミでその重複開発に対する非難がみられたほどであった。この2つのプロジェクトの関係は、大型プロジェクトの成果の論理用LSI、ICメモリ、入出力標準インターフェイスI/O '69や人工言語仕様がDIPSに提供されたことが挙げられる。

(4) 開発の組織と運営及び達成手段の設定

研究開発体制では、官である電気試験所(現在の電子技術総合研究所)がシステムの概念設計、ソフトウェアの基本方針、デバイスの評価等技術的な方向づけを行い、企業が試験研究組合(日立、日本電気、富士通、日本ソフトウェア)を構成し、具体設計、本体設計を行った。日立が総括的役割を担った。その他、部品、サブシステムでは、日立が磁気ディスク装置を、富士通が磁気ディスクヘッドを、東光がワイヤメモリを、東

芝が文字認識装置を、三菱電機が図形処理装置を、沖電気が漢字表示装置を担当した。各企業とも持ち帰り研究であった。学である東京大学は、ICメモリ、文字認識装置を委託されたが、あまり成果は上げなかった。

ここにみられるように、非常に多くの企業が参加し、それぞれが何らかの形でプロジェクトの成果の恩恵を受けられるようにするという和が国特有の配慮が払われていたことも注目に値する。共通ソフトウェアの部分以外は、持ち帰り方式で開発が行われた。したがって、人的な流動性については、ほとんどみるべきものはなかったといえよう。この各担当は公募を基礎にしたものであったが、その決定については、システムの概念設計を担当した電気試験所の意見がかなり重視されたといわれている。

共通ソフトウェアについては、日立、日本電気、富士通の3社が均等出資した日本ソフトウェアで集中型の開発が行われ、COBOL、FORTORAN及びPL/1等のコンパイル言語体系の確立、中間言語を介した変換方式の開発並びに固有、共通ソフトウェアの分割開発及びその結合方式の確立等が図られた。しかし、3社が対等の立場に立っていたため、リーダーシップを執るところがなく、その上、このようなソフトウェアの開発はまだ技術的に時期が早過ぎたこともあり、結果的には実用化されなかった。この例は、共同出資会社による開発に関する1つの反省材料となっている。

(5) リーダーシップ

本プロジェクトについては、この時期、電気試験所が電子計算機に関して技術的にかなり民間企業より進んだポジションにあったので、前半の概念設計において同所の野田克彦部長のリーダーシップが相当発揮された。後半の本体の設計製作では、総括的役割を担った日立の村田建郎部長が実質的プロジェクトリーダーとして非常に有効な仕事をしたといわれている。

その点で、共通ソフトウェアについては、このようなリーダーシップを執る人がいなかったことが大きな問題であったといえる。

(6) 成果

TSSや4台までのプロセッサの同時動作を可能にするマルチプロセッサ方式、パイプライン制御方式等が取り入れられ、演算速度でIBMシステム360に匹敵するギブソンミックスで231ナノ秒(ns)(目標は200-300ns)という試作機が完成した。主な成果利用としては、DIPS-1、HITAC8700、8800が挙げられる。また我が国で始めて論理回路用としてハイブリッドLSI(日立が担当)、バッファメモリ用としてMOS-LSI(日本電気が担当)が多数採用された。ソフトウェアについては、マルチプロセッサシステム用として幾つかの新しい機能を持った大規模なOSが開発された。しかし、計画されたソフトウェアの共通化は成功しなかった。

入出力装置については、文字認識装置、漢字表示装置及び図形処理装置ではそれぞれ試作装置の開発を行い初期目標を達成した。音声出力装置については、開発の

基礎段階の完了に留まった。

このように、共通ソフトウェアを除いてほぼ目標を達成したといえる。大型プロジェクト制度に関する説明のところで述べたように、この電子計算機の開発のために本制度が作られたといえるが、IBM等の米国メーカーに圧倒的に遅れていた我が国の電子計算機メーカーを一応彼らとの競争でのスタートラインのポジションに着かせたという意味で、非常に大きな役割を果たしたといえよう。

ここでスタートラインについて我が国の電子計算機メーカーに対し、大型プロジェクト制度で1971年度から開始された「パターン情報処理システム」、1979年度から開始された「光計測制御システム」、1981年度から開始された「科学技術計算用高速計算システム」が新たな展開の基礎を与え、それらと併行して機械情報産業局で補助金による新コンピュータ開発（1972年度開始）、超LSI開発（1976年度開始）、基本ソフトウェアとOS開発（1979年度開始）、委託費による第5世代コンピュータ開発等が展開された。

大型プロジェクトに留まらず、これらの電子計算機関係の種々のプロジェクトは、各々のプロジェクトの中の幾つかの部分については、不適切な目標であったり、適切な目標であったが達成できなかったものも多くある。しかし、成功が成功を生んだのみならず、失敗も新たな成功の糧となったという形で、それらが、苦しみながらも世界的レベルでの競争力を維持している我が国のコンピュータ産業を作り上げたといえよう。

2. 脱硫技術

(1966-71 年度：研究開発費総額約 26 億円)

(東京工業大学 渡辺千仞研究室)

(平成 10 年度調査プロジェクト)

(1) 背景

日本経済は、戦後の復興を終え、1960年からの所得倍増計画等により驚異的な速度で高度成長を遂げたが、同時にその負の面ともいえる公害問題が徐々に表面化し始めた。特に我が国において石油が国内全エネルギー使用量の50%を超えた1962-63年頃から、川崎や四日市等における喘息が公害病とみなされるようになり、石油を大量に燃料として利用する火力発電所、製鉄所、石油精製工場等やこれらが集合して立地しているコンビナートにおいて燃焼排ガス中の硫黄酸化物による大気汚染が問題視されるに至った。

当時の石油類消費量は約5,000万kl / 年に過ぎなかったが、その約90%が高硫黄分の中東原油であり、国内で消費される製品重油の硫黄分は3.0 - 3.5wt%と高い状況であった。その後毎年10%を超える石油消費の伸びに伴って悪化する大気汚染の解決は、緊急的な社会的課題であった。政策階層性の点からみると、深刻な大気汚染の防止(住民の健康)と工場や発電所の新規立地(経済発展)を解決するため、硫黄参加物対策が緊急に必要であったといえる。また、政策の多元性でみると、通商産業省(経済と公害対策)と厚生省(公害対策のみ)との攻めぎ合いといった面があった。

(2) 目標設定

そこで重油燃焼に伴う硫黄酸化物の大気汚染を抜本的に防止するため、まず煙突を高くして硫黄酸化物を拡散させる方式が採用された。しかし、これでは根本的な解決にならないので、燃料の脱硫(直接法と間接法)、排煙の脱硫(乾式法と湿式法)、燃料の転換、原油生炊き、微生物による脱硫等が(技術オプションの多元性)考えられ、1966年大型プロジェクトの発足の際、火力発電所の排煙脱硫の開発がテーマとして選ばれたのである。また、重油直接脱硫は、1年遅れで開始した。

排煙脱硫技術については、脱硫率 90%、処理経費重油 1 キロリットル当たり 500 円程度を目標として、活性炭法及び活性酸化マンガンの2方式を開発する、また、重油直接脱硫については、脱硫率 70%、処理費用(イオウ分 4 %の重油をイオウ分 1 %に脱硫するに要する経費)重油 1 キロリットル当たり 1,000 円程度を目標として、重油の分解度の少ない重油直接水素化脱硫技術を開発するということであった。

排煙脱硫では、乾式法はまだ基礎研究が米国その他で行われているに過ぎなかったが、湿式法については当時各国でパイロット試験を終え、一部実用化も行われつつあった。しかし、湿式装置では性能が不十分で、乾式法が本命であるといわれていた。そこで、排煙温度を下げないことを主眼に、世界初の試みとして、中間副生成物の問題も少ない乾式を対象とした。重油直接脱硫については、外国で既に開発は進んでい

たが、まだ実用化はされていなかった。しかし、それに使用する触媒の特許は、米国企業に押さえられていた。

当時公害に対する社会の問題意識が目覚め、また世界各国でも脱硫技術の開発が始まっていた。脱硫装置は、生産技術と異なり直接的積極的な利益を伴わないのみならず、その設置と運転には多くの費用が掛かるので、プラントを運転する企業はその導入をなるべく引き伸ばしたいという意識が強く働いていた。さらに、技術的にも問題が多く、その開発にも相当な困難が伴うことから、民間企業の努力に待つことは難しく、国家プロジェクトとして取り組む十分な根拠があったものと考えられる。また、行政指導によってこういう装置の普及を図るためには、その開発を国家が責任を持って実施することが必要であった。脱硫技術は、超高性能電子計算機、MHD 発電と並んで大型プロジェクト制度発足時に取り上げられた3テーマの1つであったが、脱硫技術とMHD 発電は、超高性能電子計算機に較べると、大型プロジェクトとしてやや見劣りがするとみられていた。

目標設定の弾力性であるが、排煙脱硫については、中間評価での見直しは行われなかったが、直接脱硫については、固定床をやめ懸濁床に絞った。

目標の持つ性格であるが、排煙脱硫は世界に先駆けたフロントランナ型であり、重油直接脱硫についてはキャッチアップ型であった。また、技術先行というより、公害防止という社会的なニーズに応えるというもので、ニーズプル型といえよう。さらに、排煙脱硫は開発のステージにあり、両者とも社会的なニーズに応えるものではあったが、産業向けの先進的な製品であるというべきであろう。

(3) 開発対象の設定

排煙脱硫では活性炭法と活性酸化マンガン法が採用された。活性炭法は、排ガス中の亜硫酸ガスを活性炭充填塔へ導き、排ガス中に含まれる亜硫酸ガスを活性炭により吸着除去し、吸着後の活性炭は水洗いし、副生硫酸を回収し、活性炭を再生する方法である。活性酸化マンガン法のプロセスは、活性酸化マンガンの粉末を煙道排ガス中に吹き込み、硫黄酸化物を硫酸マンガンとして吸着除去し、これを集塵装置でガス流から完全に分離した後、硫酸マンガンはアンモニアと空気で処理して、活性酸化マンガンを再生すると同時に硫酸を副生する方法である。ガス流路に充填物がない輸送式吸着装置を利用するので通気抵抗が非常に小さいこと、活性酸化マンガンの硫黄酸化物吸着能力が極めて高いこと、吸着材は再生して循環使用されること、高品位の硫酸が回収できることなどが大きな特徴である。この場合、排煙温度を下げないことを主眼に世界で初めての試みの乾式を対象とした。

重油の直接脱硫では、技術として、固定床方式と懸濁床方式の2種類が知られており、米国を中心として諸外国で研究が行われていたが、これらの方式にはそれぞれ特色があって、いちがいにどちらが優れていると決めることは困難であり、将来は両方式とも実用化されるであろうと考えられていた。本プロジェクトでも両方式の技術開発を行うこ

とが望ましかったが、予算の制約があった。早急にどちらかに決めるのは危険であるので、建設に着手するまでにその決定を行うこととし、触媒の研究は両方式について行うこととした。プロジェクトの後半で、固定床方式に絞った。

排煙脱硫と直接脱硫の両者について、同一目標に対してそれぞれ複数の接近方法を試みていることから、技術オプションの多元性に関する配慮も行われたとあって良いであろう。

(4) 開発の組織と運営と達成手段の設定

排煙脱硫については、活性炭法を日立と東電が、活性酸化マンガン法を三菱重工と中部電力が担当することになった。これは、工業技術院からこれらの企業に対する委託の形で行われ、いわゆる持ち帰り型研究であった。

活性炭法は、 $6,000\text{Nm}^3/\text{h}$ のテストプラント、 $15\text{万Nm}^3/\text{h}$ のパイロットプラントの2段階で開発が進められた。テストプラントでは、実装置の設計に必要なデータを得ることを目的とし、1967年1月に東京電力(株)五井火力発電所二号機に設置し、2月から11月まで運転研究を行った。その成果に基づきパイロットプラントを1968年11月、同発電所6号機に設置し、12月から運転研究を開始し、1994年9月に完了した。活性酸化マンガン法は、既に民間で行われていたテストプラントの研究成果を基に、直ちに $15\text{万Nm}^3/\text{h}$ のパイロットプラントを1967年12月、中部電力(株)四日市火力発電所に設置し、1969年3月まで運転研究を行った。

排煙脱硫の化学反応自体は簡単であり、当初予算内で十分賄えるものと考えられた。しかし、発電所の大規模プラントの建設では、技術的、経済的にも予想もしなかった困難に直面し、プラントの改造に当てる資金が別途必要になったり、予算不足で建設が遅れる事態も生じた。湿気を帯びた固体の輸送は特に困難を極め、脱硫プラントが頻繁に止まる原因となった。また反応塔内は過酷な環境で、そこで発生する硫酸は装置を腐食させ、出火を起こすなどした。さらに、副産物の硫安は有り余っており価値はなく、もし本格稼動すれば肥料業界を直撃することになりかねなかった。また、大型プロジェクト制度での脱硫技術の開発は緊急の課題であり、期間内での完成が至上命題であった。このため上述した技術的、時間的制約からコスト面に対する注意は薄れ、排煙脱硫のコストは結果的には計画より高いものとなった。

重油直接脱硫では、固定床方式を、試験研究組合(日本鉱業、東亜燃料、東亜石油、丸善石油、大協石油、興亜石油、アジア石油、三菱石油、昭和石油、ゼネラル石油の10社で構成)と資源技術試験所が、懸濁床方式に日本石油と東京工業試験所がを担当した。前者は集中型であり、資源技術試験所に設置したプラントに各企業の研究者が集まって研究した。石油業界での共同研究は初めてのケースであった。後者は持ち帰り型であった。

重油直接脱硫プラントも連続運転が難しかった。プラント内で触媒寿命を測定する

ことはできず、小規模な実験設備を使用し触媒寿命だけを測定したほどであった。特許の大半を外国に押さえられていたため、どうしても隙間を狙って技術開発に取り組みねばならず、脱硫コストは当初予定したものをかなり上回った。

本プロジェクトは、ごく一部を除き持ち帰り型であったために、人的な流動性については、あまりみるべきものはなかった。

(5) リーダーシップ

本プロジェクト発足の際にリーダーシップを執ったのは、排煙脱硫では東京大学の 大山義年教授で、重油直接脱硫では同じく東京大学の 斯波忠夫教授であった。

プロジェクトが発足した後では、排煙脱硫の活性炭法については日立研究所の 玉木福宣氏と 田村善助氏、活性酸化マンガン法では三菱重工広島研究所の 厚川麻須美氏がリーダーとなった。また、重油直接脱硫では東京工業試験所の 第四部長の 加藤順氏がリーダーであった。

(6) 成果

得られた特許は少ない。しかし大量のガスを扱う化学工学のノウハウはそれまでになかったため、プラントエンジニアリング、ユニットオペレーション、測定器等を全て独自に開発できたことは、非常に良い経験となった。

本プロジェクト終了後、活性炭法は東京電力(株)鹿島火力発電所とユニチカ(株)宇治工場に、活性酸化マンガン法は中部電力(株)四日市火力発電所等で使用された。その結果、脱硫コストは、25万KW相当の規模で重油1kl当り約1,100-1,200円、35万KW相当の規模で同じ約1,000-1,100円と推定された。目標の500円程度の2倍以上になったわけである。このようにコストが高いという問題があり、実装置としてそのまま採用されることはなかった。その後、排煙温度の低下を防ぐためアフターバーナで再加熱を行う技術開発が湿式について行われ、大型プロジェクトの成果も生かし、しばらくの間はこの方式が実用に供された。しかし、湿式には中間副生成物が多いという本質的な問題があるので、乾式排煙脱硫についても最近実用化されつつある。また、大型プロジェクトでは、重油燃焼の排煙脱硫が対象であったが、エネルギー事情で石炭燃焼が世界的に増加しているので、その後石炭焚きボイラ用の排煙脱硫装置の開発が進んでいる。このように、大型プロジェクト制度が契機となって、排煙脱硫技術は、世界のレベルに比し20-30年進んだといわれており、世界で冠たる技術が我が国で育ったということができよう。

大型プロジェクト制度以前、民間では湿式法を中心に研究開発を行っていたが、排煙温度の低下という致命的欠陥が明らかになった。代わりに一躍注目を浴び始めた乾式法は、当時世界的にも基礎研究の段階で、しかも大型化するには巨額の資金が必要

であった。民間企業だけではリスクが大き過ぎるものを、大型プロジェクトとしてタイミングよく取り上げたことは評価できる。また、コストは別としても技術的には確立できたという事実は、脱硫技術の開発に取り組む企業にリスクを半減させるそれ自体が大きな情報であり、大型プロジェクトのコスト、技術を上回れば実用化が可能となるという目標を与えたといえる。このように、大型プロジェクト制度は企業の研究開発を誘発し、他方では、技術の未開発を理由に公害対策技術の導入に消極的であった企業が言い訳できない状況を作り、企業を短期間の間に湿式法の開発、導入へと追い詰めたと考えることができる。

直接脱硫については、本プロジェクトで開発したエントレインメント型懸濁床方式が工業的な重油直接脱硫プロセスとして成り立つことが判明し、同時に実規模装置へのスケールアップに必要な設計、制作及び運転に関する基礎データは取得された。コストは、カフジ常圧残油の場合、2,050 円 / kl、アラビアンライト常圧残油の場合、1,650 円 / kl と推定され、当初目標の 1,000 円 / kl 程度をかなり上回った。そのため、これは外国技術を後追いするキャッチアップ型技術開発であったので実用化されず、結局石油会社は触媒の技術導入を行った。

本プロジェクトについていえば、大型プロジェクト制度による技術開発の成果がそのまま役立ったというより、それが契機となって、民間企業での技術開発が加速され、本格的な普及につながったといえよう。

3. オレフィン等の新製造法

(1967-72年度：研究開発費総額11億円)

(東京大学 児玉文雄研究室)

(平成11年度調査プロジェクト)

(1) 背景

当時、エチレン、プロピレンなどのオレフィン類及びベンゼン、トルエン、キシレンなどの芳香族炭化水素は石油化学工業の基礎化学品としてその需要は大きく成長していた。米国のオレフィン類の原料は湿性天然ガスに20%程度含まれるエタンが大部分であったが、我が国では原油の軽質留分であるナフサ分解に大きく依存していた。昭和40年代当初は我が国の石油化学産業の壮年期で、オレフィン類の需要は石油製品全体の伸びを上回る成長が予想され、またモータリゼーションの進行で同じく原油の軽質留分を原料とするガソリンの需要も大きく伸びており、石油化学産業と自動車産業による軽質留分の奪い合いの様相を呈していた。さらに、原油の輸入も中近東諸国からの重質原油の比率が高まり、軽質留分と重質留分の需給不均衡が進む危惧があった。よって軽質油分の価格高騰から、その安定供給が困難になる恐れがあった。そこでナフサ以外を原料とする原料多様化の方法として、コークスを熱媒体とし流動床方式で原油を高温で熱分解するコークス熱媒体法に着目した。

また、オレフィン類製造技術と石油精製技術は海外、特に米国からの導入技術に全面的に依存しており、民間技術のキャッチアップからフロントランナへの移行が急務であったが、高い信頼性が要求されるという性質上、この技術開発には規模の大きいパイロットプラントが必要で、設備投資額が大きく、開発費が巨額になると見込まれていたため、民間企業のみでは開発に乗り出せなかった。

通商産業省の大型プロジェクト制度では、通常採択する前にその技術について調査を行うために、企業に費用を払って調査を委託する。本プロジェクトにおいても、石油化学企業を会員とする石油化学工業協会の中にあつたオレフィンセンタに、原油からのオレフィン等の製造法の技術調査を委託した。そこでは三菱化成、千代田化工、東洋曹達等の企業が研究を行っていた。当時、東京大学の国井大蔵教授の研究室にはオレフィン類製造のベンチプラントがあり、また千代田化工の副社長の矢木栄氏が国井研究室の出身であったため、国井研究室が支援する形で技術調査が行われた。

(2) 目標設定

本プロジェクトの目標は、原油の直接分解からナフサと同等のコストでオレフィン類を製造できる製造法の実用化、すなわち当時到達していた、年産30万トン規模でエチレンを20円/kg程度で生産できるプラントを設計し、運転できる技術を確立することであった。上述したように、我が国の基幹産業である石油化学産業の原料問題

の解決や、海外からの技術導入から脱却し自主技術を開発するというフロントランナ性、巨大な投資規模が予想され民間企業のみでは開発に乗り出せないこと、東京大学にオレフィン類製造のベンチプラントという技術シーズがあり、産官学の力を結集する必要があったことなどから、このテーマが国家プロジェクトとして選定されたことは妥当であったと考えられる。

(3) 開発対象の設定

原油にはアスファルテン分のような縮合芳香族環を有する高分子量の炭化水素が含まれているため、その熱分解に際して多量のコークスが生成される。これまでのナフサ分解では管状分解炉が用いられていたが、管状分解炉では、コークス析出による伝熱障害、管の閉塞等のため、その使用が不可能であり、原油分解に適した新しい熱分解法である、コークスを熱媒体とした循環流動床方式の開発を目指した。これは、反応塔と再熱塔の2つの流動床で構成され、再熱塔で高温に熱せられたコークスの熱により反応塔に吹き込まれた原油を分解し、オレフィン類を含むガスを生成させるものである。この方法では、原油分解により生成したコークスは熱媒体として再利用されるため、先程の問題は解決できた。

本プロジェクトは社会状況の変化から一次中断したものの、後に「重質油を原料とするオレフィンの製造法」プロジェクトや「C1 化学プロジェクト」の2つの後続プロジェクトへつながった。そういった意味ではプロジェクト多元性があったといえる。

(4) 開発の組織と運営及び達成手段の設定

本プロジェクトは、ベンチプラント テストプラント パイロットプラントへと3段階にスケールアップをし、最終的にオレフィン類製造法の実用化の目途を立てようとするものであるが、それぞれのスケールアップでは規模的なギャップがかなり大きく不安があったため、同等規模の常温の模型装置を作り、そこで粒子の挙動を確かめてから実際のプラント建設に移った。テストプラントはベンチスケールユニットの約100倍の原油処理量である5トン/日規模に設定された。プラント完成後もプラントと模型装置の運転を同時並行で行っていた。

また、回分流動層という小型の流動層反応炉を併設して、テストプラントの運転条件を変更する前に、原料変更や運転条件変更の影響を予測する実験を行った。

しかし、1つの技術課題に複数の異なったアプローチで取り組んだり、複数の技術を競争させたりすることはなかった。

本プロジェクトの研究主体は石油化学企業4社（三菱油化(株)、三井石油化学工業(株)、東洋曹達工業(株)、丸善石油化学(株)）とエンジニアリング企業（千代田化工建設(株)）である。研究開発業務は5社が共同で受託し、企業別に分担して実施するようなことは

行われなかった。

まず、各社の代表委員で構成される研究開発運営委員会があり、これが研究開発全般を管理する立場にあった。実際の研究開発業務は、各社から派遣された研究員、運転要員等により構成される計画設計研究グループと運転研究グループが分担実施し、各グループのプロジェクトマネージャがこれを統括した。プロジェクトマネージャを補佐し、対外折衝を行うと共に、内部の事務的管理、経理処理等を行う事務局も設置された。研究開発の原案は計画設計研究グループと運転研究グループで作成し、ミーティングで様々な意見、アイデアを取り入れ、計画を改良して最終案とし、研究開発運営委員会に持ち上げる。運転条件等の細かい変更は委員会に持ち上げることはせず、大きな方針変更に関わるものだけが委員会まで上げられた。

一般的なテストプラントの運転研究における各研究課題、運転上の問題点への一般的な対処の仕方は、まず課題あるいは問題点ごとに方策を考え、次いでこれらの総合調整を行って運転条件、方法等を設定し、実行するという手順による。次々にデータのフィードバックと試行錯誤を繰り返しながら研究を進める方法である。このプロジェクトにおけるテストプラントの運転研究はもっぱらこのような方法によって行われた。この間の研究状況の変化への対応は、産官学の協力により比較的敏速かつ柔軟に行われたといえる。しかし、研究局面の転換への対応という点からみると、このような認識に基づく研究の総合的な推進は行われなかった。本プロジェクトでは、途中、原油価格やナフサからのオレフィン製造法の進歩等について、当初予想しなかった状況が訪れたにもかかわらず、大きな方向転換はなされず、当初目標の達成が進められた。もし研究状況の変化の場合と同じような対応が意識的に行われたならば、より良い結果が得られたであろう。

(5) リーダーシップ

本プロジェクトにおいては研究開発官制度が導入され、この時研究開発官を担当していた森川武氏がプリンシパルインベスティゲータとして、予算、開発計画の策定等を行い、また研究開発運営委員会に出席し、各企業の代表者と意思の疎通を図った。

研究開発がスタートした後の実質的なリーダは、千代田化工の菅野清六氏であった。菅野氏は計画設計研究グループのリーダとして、グループの意見、アイデアなどをまとめ、研究業務を統括するだけでなく、千代田化工のリーダとして、研究開発運営委員会に出席する役割も担っていた。

(6) 成果

テストプラントの運転研究が終了した段階で中間評価を行った。この時点では、技術は未完成であるため、技術面の評価は目標の達成度合をもって、経済面での評価は

試算に基く製造コストの比較をもって行われた。

技術面の評価では、(1)テストプラントの運転状況(2)テストプラント研究における完成度(3)将来に対する予測、判断材料の充足度 の3つの評価項目について評価を行った。目標の達成度合にはばらつきはあるものの、主要項目についての達成度合は比較的高かった。このプロジェクトでの研究成果は直接工業化されなかったため、各社とも自社負担の回収はできなかったが、熱分解装置、その他将来の技術開発、プロセスのスケールアップなどに必要な多くの要素技術が確立された。

本プロジェクト当初は1ドル250円、原油は1バレル20ドル程度、すなわち原油は1バレル5千円であり、1990年頃には1バレルが60~80ドル程度に上昇すると予想していた。そのため、ナフサもその需給の逼迫が予想され、原油に較べさらに高い価格で取引されると思われた。しかし中間評価時の原油価格は1バレル12ドル程度で安定しており、また円高が進行し、1ドルが150円を切るような状況であった。また、原油の重質留分の流動接触分解によるハイオクタンガソリンの製造技術が発展し、軽質留分の不足が解消されたため、ナフサの価格もそれほど上昇しなかった。このような状況では、原油からオレフィン類を製造しても経済的に有利になり得ないことが分かった。

また、この間にオレフィン類の製造法も進歩した。オレフィン類の分解温度は当初約700であったが、これが900まで上昇した。分解温度が上昇することで反応時間を短縮でき、オレフィン収率が高く、またコークス分の生成しにくい製造法になった。また廃熱も高温になるため、他の化学プロセスの熱源や、スチームドライバタービンやコンプレッサの動力として利用できるようになり、この点でも原油からのオレフィン類製造法は競争できなくなった。分解温度が高温になると、従来の横型の分解炉では焼んでしまう問題点があったが、縦型の分解炉が開発され問題が解決された。原油は分解挙動の異なる様々な成分が混合したものであるため、研究が進むにつれ原油分解によるオレフィン類製造は効率が悪く、原料には分解特性の比較的均一な重質留分を用いるのがより優れ、現実的であるという考えが有力になっていった。このため、本プロジェクトの終盤に、重質留分によるオレフィン類製造の研究も僅かながら行われ、一定の成果を挙げていた。このため本プロジェクト中断後、千代田加工がテストプラントの払い下げを受け、三菱油化と共に原料を重質留分にした研究を自主的に継続していた。この研究の結果、当初予想していたよりも高い収率で重質留分からオレフィン類を回収できることが分かった。またプラントの連続運転時間も757時間(約32日間)に達し、目標を達成できた。そして2年間の自主研究の後、通商産業省への働きかけにより、重質油を原料とするオレフィンの製造法プロジェクトが発足した。

また、従来保守的で1つの目的のために集結しにくい性格であるといわれた化学工業界の企業同志、また石油化学企業とエンジニアリング企業との交流が生まれ、さら

に後続のプロジェクトへとつながったため、得られた成果は大きかったと思われる。本プロジェクトに参加していない企業の中にも、プロジェクトに誘発されて重質油分解の自社研究を実施した企業が幾つか出てきた。

4. 海水淡水化と副産物利用

(1969-77年度：研究開発費総額約50億円)

(東京大学 児玉文雄研究室)

(平成10年度調査プロジェクト)

(1) 背景

1950年代半ば頃から、将来の水不足が心配されるようになった。特にこの頃、全国各地で水不足が発生し社会問題となり、水問題が我が国の将来の産業発展、都市生活の向上等の隘路になることが心配されるようになった。また、1968年の建設省の利水調査でも水需要の逼迫が避けられないことが明らかになった。海外でも海水淡水化が1つのブームになっており、このような事柄を背景に、本プロジェクトは1969年度に発足した。

(2) 目標設定

これは、東京工業試験所(現化学技術研究所)で実施していた「塩水からの工業用水の製造に関する研究」を引き継いだものであり、海水からの実用プラント(造水量100万トン/日程度)により30円/トン台の淡水を量産する技術を確認し、その副産物として工業塩・カリウム塩等の有用成分を経済的に回収、利用する技術を確認することを目標としていた。

水不足の対策として海水の淡水化という技術が選択されたのであるが、政策階層性の点からみると、通常水不足対策としては、まず雨水の利用のために貯水池を作ることが考えられる。これは地域的な問題、適地の問題、土地補償の問題等があり、この時点では選択できなかった。雨水以外では、地下水の利用も考えられるが、地盤沈下の原因ともなるので、それについては大きな制約があった。

そこで考えられる対応策は、排水の利用、海水の淡水化の二つに絞られた。この両者の対象は排水と海水ということで異なっているが、技術的観点からいうと近い点がある。すなわち、排水の浄化は海水の事前処理(ろ過)に当たり、排水中の溶解物の処理は海水の脱塩に相当する。ただ、排水の場合に、場合によっては種類が異なるため、統一的な取り扱いができない難点がある。また、製品の水を飲料水とすることを考えると、排水利用は心理的に抵抗感が大きい。この点より、海水の淡水化にまず的を絞って技術的な解決法を見出し、その途中に完成された種々の技術を排水の処理に応用するのが適当ということで選択されたのである。

結果的には、石油危機による水需要のスローダウンとエネルギー価格の上昇、工場における簡易な排水利用の普及等により、我が国において海水淡水化プラントは建設されてはいない。テーマの優先度からみて、あの時期これを取り上げたのが適当であったかという点については多少疑問があるが、当時の社会的要請、国際的な技術開発の状況、産官学連携での開発の必要性等からみて、国家プロジェクトとして取り上げ

る十分な根拠はあったものと考えられる。

また、目標設定の弾力性であるが、後述のように高流速長管式を開発目標としたが、プラント輸出で実用化されたのは短管式であったので、この点は問題であったといえよう。開発の期間延長等があったが、これは目標設定の弾力性とはあまり関係がないようである。

目標の持つ性格の点であるが、キャッチアップ型かフロントランナ型かという点については、東京工業試験所での研究の実績、船用の海水淡水化装置の実績等と米国その他の外国の状況と対比すると、丁度その中間にあったといえるのではないかと思われる。シーズプッシュ型かニーズプル型かといえば、これは明らかにニーズプル型といえよう。ステージでみると、開発であり、また製品開発のタイプといえる。

(3) 開発対象の設定

開発目標の達成のために、後述のような需要表現のプロセスを経て、

- 1) 淡水化の方式としては、その当時最も大型化に適していると考えられた多段フラッシュ蒸発方式によることとし、10万 m^3 / 日程度のプラントを建設するための基礎技術を確立する、
- 2) このため、高流速長管式多段フラッシュ法テスト装置(造水量3,000 m^3 / 日程度)の試作運転研究を中心に、原料海水の前処理技術(脱気、脱炭酸、スケール防止等)の開発、プラント材料(電熱管及び蒸発缶体材料)に関する研究を行い、これらにより得られた成果を基礎に大型淡水化プラントの部分試作と運転研究(テストモジュールによる研究)を行う、
- 3) 以上の研究と並行して、電気透析法、カリウム回収等の副産物利用技術の研究開発を行う、

という具体的な開発対象が決められた。

本プロジェクトでは、以下に示す需要表現的な段階を経て、技術開発の目標として、高流速長管式多段フラッシュ法が取り上げられたが、この方式が採用されたのは、工学的に発達していたことと、都市の水不足に対応するための大型設備に適しており、造水コストの低減の可能性が大きかったからである。

造水プロセスは、大きく蒸発法、結晶化法、溶媒抽出法、電気透析法、Osmionisis法、イオン交換法等に分けられる。実用期に入っていたのは、蒸発法と電気透析法であったが、電気透析法は塩濃度の高い海水には不向きであって、もっぱら地下かん水の脱塩に用いられていた。

最も工学的に発達していたのは蒸発法で、火力又は原子力発電所と結合した淡水化工場(二重目的工場)で使われていた。蒸発法では、多重効用缶法、多段フラッシュ法、蒸気加圧法等が実用化されていた。二重目的工場での淡水化装置はなるべく質の悪い蒸気を生かすものでなければならぬので、良質のエネルギーで水蒸気を加圧する蒸気加圧法は、その点で二重目的工場には適さなかった。多重効用缶法と多段フラッシ

ユ法では、後者は施設費が若干安くなり、大型化が容易であるということで、多段フラッシュ法が選ばれた。更に高流速長管式という新味ある技術が開発目標に付け加わった。当時のフラッシュ造水装置に用いられていた短管式では、伝熱管での圧損が生じるためポンプで冷却水を加圧しなければならなかった。高流速長管式ではその必要がないため、エネルギーの利用効率が高まり、造水コストを下げることが見込まれた。

さらに、プラントの大型化に対応するために、蒸発缶体をコンクリート缶体とすることとした。缶体に鉄ではなくコンクリートを用いることで建設コストが下がり、造水コスト低下に寄与できると思われた。米国では1960年代の前半から、コンクリート缶体の研究が行われていた。

以上のような理由から、本プロジェクトでのコンクリート缶体を用いた高流速長管式多段フラッシュ法という造水プロセス方式が決定された。これは、大都市用水に使えるような低いコストによる大量生産を可能にする観点から選ばれたものであった。このように本プロジェクトの発足の時点で、高流速長管式多段フラッシュ法に絞られていて、プログラム多元性の面で、その他の技術的可能性を追求することは行われなかった。これは、大型プロジェクト制度でしばしばみられた予算の制約によるものである。ただし、これと同時期に、工業用水協会の関係で東京工業試験所は、逆浸透圧法の研究を行っている。これは小型の造水装置で安価な水を得ることができるもので、このように別の形でほかの技術オプションへの挑戦は行われていたのである。

(4) 開発の組織と運営及び達成手段の設定

本プロジェクトでは、基礎部門を東京工業試験所が受け持ち、応用部門を民間企業が担当した。更に必要に応じて、大学から専門家を流動研究員として招聘し、産官学一体となった研究開発体制が組織された。具体的には、分野別のワーキンググループが組織され、密接な連携のもとに研究が進められた。

前期計画の1969-73年では、茅ヶ崎臨海研究施設を中心に要素技術の研究が行われ、委託を受けた企業は、以下のとおりである。この場合、研究組合方式は採られず、東京工業試験所が全体の取りまとめを行った。

高流速長管式テストプラントによる研究：（株）笹倉機械、石川島播磨重工（株）

脱気・脱炭酸・スケール防止の研究：（株）日立

缶体材料（コンクリート）の研究：鹿島建設（株）

電熱管材料の研究：日揮（株）、三菱重工（株）

塩素等生成の研究：旭硝子（株）

電気透析法の研究：旭硝子（株）

後期計画の1972-77年には、大分県の臨海研究施設を中心にモジュール実証実験が行われた。これは、前期計画における要素技術別の結果を集大成し、淡水化プラントのテストモジュールを設計、製作、運転研究を行うものである。要素別の研究委託を受けた6社による試験研究組合方式にすることも検討されたが、ノウハウを集中するため

(株) 笹倉機械 1 社に委託し、他社はその下請けとなった。前記のように、東京工業試験所が中心となって密接な連携の下に研究が進められたので、人的流動性の面では大きな成果が得られた。これにより各社の人材が育ったために、後のプラント輸出に際しては、メインの笹倉機械以外のプロジェクトに参加した多くの企業がその商戦に参画することができた。

大型プロジェクト制度の初期には、試験研究組合を作らないケースもかなりあったが、本プロジェクトはその例で、後述のように、成果利用で笹倉機械が中東等への淡水化プラント輸出の中心になったことをみた場合、ノウハウを集中し、成果の実用化を図るためには、このような方式も利点があることを、十分評価することが必要と考えられる。

(5) リーダーシップ

東京工業試験所が当時海水利用研究、特に無機塩類の回収というシーズを持っていたので、ここが主導する形でプロジェクト発足の準備が行われた。このようにプロジェクトの取りまとめ、発足、運営には東京工業試験所が中心となり、とくに当時海水利用の研究を担当していた第 3 部の部長であった石坂誠一氏が大勢の関係者の調整リーダーとして大きく係わった。

また、後半のモジュール実証実験以降は、(株) 笹倉機械が大きな役割を果たした。同社は、当時船舶等に用いられる短管式フラッシュ造水装置を製造していたが、造水装置を作っている会社は我が国では少ない時代であった。そのため、多段フラッシュ装置の研究計画の決定には(株) 笹倉機械の意見も大きく取り入れられた。

本プロジェクトの特徴としては、一人の人が強力にリーダーシップを発揮したというより、通商産業省、東京工業試験所等の国立研究所、各方面の大学教授、多くの関係企業等のアイデアが渾然一体となってプロジェクトに酌み上げられていったという非常に日本的なプロセスを辿ったということが挙げられよう。

(6) 成果

その成果として、

- 1) 大型の10万トン/日の長管式、段数51段、造水比14というプラントの設計、製作、運転の技術が確立され、
- 2) コンクリート製の蒸発缶体の開発に成功し、伝熱管材料としてチタンの採用を決め、効率良い各種副産物の回収にも成功した。

ただし、水需要のスローダウンとエネルギー価格の高騰、工場での排水再利用等により、本プロジェクトで取り上げられた高流速長管式の淡水化プラントの建設は行われなかった。しかしながら、本プロジェクトの開発成果は、海水淡水化プラントメーカー各社に使用許諾された。そして、従来の短管式プラントに本プロジェクトの多段フラッシュ技術、材料の腐食防止技術、前処理スケール防止技術、設計製作技術等の要素技術の研

究成果は適用され、1970年代の後半から80年代にかけ海水淡水化技術は、プラント輸出及び技術協力の形を通じて、中東その他海外各国の水資源問題の解決に大きな貢献をした。我が国の技術による造水装置の世界でのマーケットシェアは、50%を越えている。

目標設定のところで述べたとおり、大型プロジェクトとして取り上げたことについては、後からみるとやや問題があるが、開発の成果利用がうまくいったという点からみると、本プロジェクトは十分目標を達成したといえよう。

5. 大深度遠隔操作海底石油掘削装置

(1970-75 年度：研究開発費総額 約 45 億円)

(東京大学 丹羽清研究室)

(平成11年度調査プロジェクト)

(1) 背景

1960年代後半、日本経済は高度成長期のただ中にあり、1985年には6億klが必要になるといわれたほど、国内の石油需要も急増していた。しかし我が国は国内に大きな油田を持たず、石油需要量のほとんどを海外からの輸入に頼っている状況であった。この現状に対して、1967年の総合エネルギー調査会答申では「原油自給率30%」という国家的ビジョンが掲げられるなど、石油開発は「国家産業」としての注目を集め始めていた。

一方でこの頃は、海のもつ生物、鉱物資源、エネルギーが注目され、世界中で「海洋開発」が叫ばれた時期であった。1966年には、米国で海底資源及び技術開発法が制定され、1968年には国際連合に海底委員会が設立された。またポストアポロ計画として技術開発の対象が海洋に向けられ、モホール計画等も実施された。我が国においても1969年、海洋科学技術審議会から「海洋開発のための科学技術に関する開発計画」が答申され、科学技術庁ではシートピア計画が開始された。

海洋開発で多くの注目を集めたのは海洋における石油開発であった。当時全石油生産量における海洋石油は約12%と、徐々にその割合を伸ばしており、1980年には全石油需要の30%は海洋からの生産によってまかなわれるものと予想されていた。また深度500mの海底に鉱区が見つかったことで、海外の大手石油会社も海洋へと、それも更に深い海底へと、開発区域を広げていた。

当時石油開発はSHELLなどメジャーによる寡占支配体制であったが、OPECも1968年に初めて事業参加についての決議を行うなど、寡占支配体制への攻撃が徐々に開始されていた。我が国もこの波に乗り、海外石油開発事業を次第に増加させ、1970年には、海外の石油探鉱活動を行うために設立された会社は10社を越えていた。

このような流れから、純粋に石油開發生産を行うための技術としてのほかに、海外での石油鉱区取得及び石油輸入のためのBargaining Powerとしても、我が国が独自の石油開発の技術を、特にこれから主流になるであろう大深度における海洋石油開発の技術を所有することが求められていた。そしてまた海洋開発の促進の面からも、国策として大々的に行うに見合う中核的テーマが求められていた。

本プロジェクト発足の契機となったのは、科学技術庁の海洋開発審議会での答申であった。その答申の内容に海底石油掘削装置の問題が盛り込まれ、それが発端で科学技術庁から通商産業省に実行についての話が持ち込まれた。石油掘削はテーマ的に極めて革新的なものであり、その研究は海洋開発以外の分野にも十分寄与し、また、大型工業技術研究開発制度で産学官の総力を結集して行えば、技術開発が非常によく進むのではないかとということで、1970年、大型プロジェクトとして実施されるに至った。またやる

のであれば最先端の技術を最高度に駆使し、石油掘削装置の製作技術や海洋開発技術への波及効果を広げようということで、当時海外でもまだ行われていなかった、遠隔操作、海底設置式による大深度海底石油掘削装置の作成を目標に据え置いた。

(2) 目標設定

(i) 政策階層性

国家目標としては、石油輸入のためのBargaining Power 獲得、原油自給率の向上という石油開発の側面と、徐々に海外でも進められ始めた海洋開発の推進、そのための基礎技術の確立という海洋開発の側面の2つが挙げられる。また、石油開発の側面では、実際の装置の開発という使命達成型要素が色濃く現れ、一方、海洋開発の側面では、基礎技術確立、共通課題の解決といった基盤型要素が色濃く現れている。これらの国家目標をブレークダウンしたものとして、本プロジェクトが掲げた目標は以下の3つになる。

- 1) 水深200～250mの海底までの海域における海底油田開発を目的とし、掘削深度8,000～9,000m程度の掘削能力を有すること。
- 2) 装置は全天候稼働が可能であり、また掘削に必要な動力部を洋上に置き、掘削部を海底に全没させて自動操作及び遠隔指令による無人操作で掘削を行う斬新な掘削方式を開発すること。
- 3) 半潜水式(セミサブマージナル型)及びベッセル式の掘削装置とコスト上十分競争できること。

これを政策階層性の観点から眺めてみると、「石油開発」の観点からは、原油自給率の向上 海外鉱区の取得 鉱区所有国に提供できる海洋石油開発技術の開発 コスト、性能の上で海外の大手メジャと十分競争できる独自の技術 (Bargaining Power) の獲得 大深度での開発を可能とし、遠隔操作により全天候自動で稼働できる掘削装置の開発、という流れになり、また、「海洋開発」の観点からは、多くの分野における海洋開発の促進 多くの分野を巻き込み惹きつける中核的テーマの設定 海洋における複合的かつ革新的なシステムの開発 大深度での開発を可能とし、遠隔操作により全天候自動で稼働できる掘削の開発、となる。

このように「大深度遠隔操作掘削装置の開発」という本プロジェクトの基本目的は、大小様々な目標を統合する形で設定されたものであり、石油会社、重工業会社、国立研究所そして担当開発官という極めて多岐に渡る分野の研究者をまとめ上げ、またその研究意欲を駆り立てるスローガンの役割も果たしたといえるであろう。特に大型プロジェクトのように同床異夢の関与者が幅広く存在するプロジェクトでは、このような「人を惹きつけるスローガン」も重要であると思われる。

しかし他方では、限られた予算、限られた期間の中で一つ一つのプロジェクトが実際達成できる目標は限られており、全ての「異夢」を叶えることはできない。かつ、プロジェクト進行上の様々な取捨選択においては、これら多岐に渡る目標に優先順位を定めることが求められる。大型プロジェクトの実施に当たっては、多くの目標を内包したス

ローガンの技術戦略のもと、一つ一つのプロジェクトがなすべき課題を明確にし、着実な一歩を刻むと同時にそれを積み上げていく体制が、必要になると思われる。

(ii) プロジェクトの特徴

プロジェクトの特徴としては、海外大手メジャの石油開発技術に追いつくという意味ではキャッチアップ的であるが、大深度、自動/遠隔操作という革新的要素を取り入れたことで、極めてフロントランナの性格の強いものであった。また、「石油開発」「海洋開発」の必要性から生じたニーズプル型のものであり、「掘削機」という装置の開発ではあるものの、そこには様々なサブシステムが含まれていた。開発のステージとしては、基礎と応用の両ステージにまたがる性格を持ったものといえる。

(iii) 妥当性からの考察

大型プロジェクトとしての妥当性の観点からすると、

- 1) 産業構造高度化、国際競争力強化、天然資源の合理的開発、産業公害防止等の面で重要かつ緊急に必要
- 2) 先導的・波及的性格を有し、産業技術向上に寄与する
- 3) 規模が大きく、長期・高リスクで産業界のみでは実施できない
- 4) 国、産業界、学界等の研究開発能力を結集することが必要
- 5) に対しては大きく該当するものと思われるが、
- 6) 開発目標が設定可能で、かつ達成見通しがある

に関してはかなり高度な技術的課題が設定されていたために、その実現に関しては不確定要素が多かったように思われる。そのため本プロジェクトでは、計画を1970年度より5か年計画の第一期と1975年度より3か年の第二期とに分け、第一期にこの不確定要素の検討を行い、それを判断した上で第二期計画を実行するという方針を採った。具体的には、各期にはそれぞれ以下のような目標が設定された。

第一期：トータルシステムデザインを行い、これに基づき各サブシステム、特に開発要素の高いと考えられる中心研究課題については開発を促進。各サブシステムの研究成果を逐次トータルシステムに反映させた上で、最終的なトータルシステムデザインを完成させ、装置を試作するためのデータを得、基本設計を行うこと。

第二期：第一期計画の成果に基づき、装置の試作、テスト及び改造を行うこと。

このように計画を二期に分け、意図的に中間評価を取り入れることは、目標の弾力的な修正（ムービングターゲット）に大きく寄与するものと思われる。事実、本プロジェクトは、結果として第二期のプロジェクトは行われず第一期で終了することになった訳だが、それを弾力的修正の結果とプラスに評価することも可能であるだろう。

(3) 開発対象の設定

本プロジェクトの開発対象は「海洋掘削装置」であるが、特に「海底設置型」かつ「自動/遠隔操作」という世界に類のない装置の開発を目的としたものであった。

当時海底での石油生産は、中東やメキシコ湾等水深50m以浅の場所で行われていたが、

そのための掘削用機械のほとんどすべてについて、米国製品が性能、品質共に群を抜いており、市場を独占していた。これら米国の製作会社は大深度掘削用としての技術開発を行っていたが、基本的にはジャッキアップ型やセミサブマージナル型といった従来技術の延長上のものであり、また手動操作方式がほとんどであった。しかし開発海域の水深増大、特に今後進められるであろう200m以深での石油開発においては、従来のジャッキアップ型や半潜水型では難しいと考えられていた。また、陸上からの遠距離化、厳しい海象条件等から作業の自動化・迅速化・安全化が求められつつある状況に対して、手動操作方式の装置では限界があると考えられていた。

これら将来の動向を見据えた上で、本プロジェクトでは従来のジャッキアップ型やセミサブマージナル型の掘削装置ではなく、海底設置型、かつ自動/遠隔操作の掘削装置の開発に着手したのである。

なお、需要表現のプログラム多元性の観点からみると、当時我が国では本プロジェクトとは別に第2白竜号（セミサブマージナル型）の開発を行っており、これは1971年に建造されている。

(4) 開発組織の運営及び達成手段の設定

実際の開発に当たっては、各サブシステムに達成課題を設定し研究開発を推進する一方で、それらの結果をトータルシステムに反映させ最終的な基本設計を行った。

主な開発主体は以下のとおりである。

トータルシステムデザイン（掘削装置全体のシステムの設計）

石川島播磨重工業、東京芝浦電気、石油資源開発

沈降浮上システム（掘削部の沈降浮上）

三菱重工業、日本酸素、三菱電機

動力システム（必要な電力等の発生及び供給）

三菱重工業、横浜ゴム、三菱電機

パイプハンドリングシステム（坑井中心間の自動運搬）

機械技術研究所、石川島播磨重工業、新潟鉄工所、東京芝浦電気、石油資源開発
掘進システム（無人化環境における坑井の掘進）

石川島播磨重工業、軽金属協会、東京芝浦電気、東芝タンガロイ、昭和電線、
石油資源開発、石油鑿井機、新潟鉄工所

泥水循環システム（泥水の坑内循環及び不要物の処理）

石川島播磨重工業、東京芝浦電気、石油資源開発、帝国石油、テルナイト、
新潟鉄工所、荏原製作所

セメンティングシステム（セメント液の作成及び注入）

石川島播磨重工業、東京芝浦電気、石油資源開発、帝国石油、テルナイト、
日本セメント、新潟鉄工所、荏原製作所

検層システム（坑井の状況、地層の性質等の検出）

石油資源開発、帝国石油、石川島播磨重工業、東京芝浦電気、
海底坑口システム（坑口装置の運搬及び海底への設置等）

石川島播磨重工業、浜松テレビ、石油資源開発、東京芝浦電気
通信システム（コントロールセンターと掘削部等の情報通信）

日本電気

資材供給貯蔵システム（資材、回収物の運搬及び貯蔵）

川崎重工業、松村石油研究所

管理システム（コントロールセンタにおける制御や管理）

東京芝浦電気、石川島播磨重工業、石油資源開発

開発組織としては研究組合を作らず、各社持ち帰り型で行われた。しかし再委託も含めた20社もの会社や国立研究所、担当開発官の間で連絡を行うことは極めて苦勞を要し、その経験は後の研究組合型のプロジェクト推進に大きく影響を与えたと思われる。

実際の運営に当たっては、トータルシステムのメインコントラクタであった石川島播磨重工が研究の取りまとめを行い、予算面での調整は担当開発官が中心に行った。また各サブシステムのチーフや研究開発官が参加した研究開発連絡会議を必要に応じて開き、状況報告や意見交換等を行った。

政策的な会議は分科会で行ったが、特にその下に企画WGを設け、報告書の作成やその指導等の実務的な作業を請け負った。

(5) リーダーシップ

プロジェクト発足のそもそもの契機となったのは海洋開発審議会の答申であったが、そこから実際の発足に至る過程においては緒方総括研究開発官や地質調査所の石和田氏、機械技術研究所の尾崎氏、東京大学の藤井教授が主な推進者であった。

本プロジェクト発足後は石川島播磨重工がメインコントラクタとなり、トータルシステムのデザインを進める一方で様々な事務的作業を一手に請負、それに予算面や政策面での業務を取り扱う研究開発官と、委託先の実施状況のチェック機構としての国立研究所が加わり、この3者がマネジメントの中心となった。

(6) 成果

本プロジェクトは二期計画であったが、第一期計画を終えた時点で研究開発計画を一時中断し、世界における海洋石油開発技術の動向を見定めることとして、第二期計画については改めて検討することとなった。

中断の判断理由は、1つは技術面での不確定要素がまだ残っているためであり、もう1つは経済面でのコストが想定以上に割高となったためである。特に米国等で推進されていたセミサブマージナル型の研究開発が予想以上に進み、ダイナミックポジショニングシステム(DPS)の開発等により大深度での掘削が可能となりつつあったことにより、海外との競争が苦しくなったことも、中断の大きな理由であった。なお、現在の海底石

油開発では、このDPSを搭載したセミサブマージナル型の掘削装置が主流となっており、現在に至るまで海底設置型の掘削装置は開発されていない。

このような理由から中断された本プロジェクトであるが、第一期計画の成果として大深度遠隔操作掘削装置のシステムデザインが完成され、それらは報告書等の形で外部にも公開されている。特に初めての大きな石油開発、海洋開発のプロジェクトであったため、そこで行われた内容はこの分野の問題点の解明や基盤技術の確立に少なからず貢献したと思われる。

また、そのような「海洋開発促進」という面から本プロジェクトを眺めると、石油・造船・機械・電気等の広範囲にわたる分野を、「海中」あるいは「遠隔化/自動化」という方向に推進したという点で、意義あるプロジェクトであったといえる。本プロジェクトから波及した技術としては以下が挙げられる。

- 1) GaAs (ガリウム砒素) の「科学技術用高速計算システム」への応用。
- 2) ダイヤモンドビット及びコーンビットの実用化、製品化。
- 3) 「海底石油生産システム」に、直接的な技術としては海底坑口システムの防噴装置(BOP)がツリーコネクタに応用、間接的には動力システムの係留方式や沈降浮上システムの挙動、位置姿勢制御方式の研究成果が応用された。
- 4) パイプハンドリングのロボット技術の「極限作業ロボット」への応用
- 5) 深海用フレキシブルホースや動力ケーブルにおける水中コネクタの研究成果の「マンガン団塊採鉱システム」への応用
- 6) 掘進、パイプハンドリング、泥水循環システムの研究の「高能率掘削システム」への応用
- 7) 高温検層機器のサンシャイン計画地熱エネルギー開発分野への応用。
- 8) 泥水循環システムのサンシャイン計画地熱井掘削の清水ベース「耐高温泥水材料」への応用

このように本プロジェクトは、2つの大きな国家目標、すなわち使命達成型の掘削装置開発と、基盤型の海洋開発促進を併せ持っていた訳だが、残念ながら掘削装置の開発に関しては、トータルシステム設計を行ったに留まり、装置の開発を実施するには至らなかった。しかし、プロジェクト実施中に起きた第1次石油危機からも明らかであるように、原油獲得のためのBargaining Powerとしての石油開発技術は依然として必要であり、このような目標設定は意義があったと思われる。

しかし、石油開発の当時の状況では、我が国は海外大手メジャへのキャッチアップの段階であり、海底設置型や自動化/遠隔化という革新的技術への挑戦には不確定要素が多くみられた。このようなハイレベルの技術的課題は、装置の開発を極めて困難にした一方で、多くの分野の関心を生み新領域での研究を推進するに成功し、様々な波及効果を生んだといえるであろう。

本プロジェクトは不確定要素の多いフロントランナ型の研究開発を進める上でのモデルケースであり、計画を二期に分け意図的に中間評価を行うなどの方法は、今後のプロジェクト推進上でも有用であると思われる。

6. 電気自動車

(1971-77年度：研究開発費総額約 57 億円)

(東京工業大学 渡辺千仞研究室)

(平成 10 年度調査プロジェクト)

(1) 背景

我が国における自動車交通は、国民生活に密着した不可欠な輸送手段として、1960年代半ばから急速に普及・発展した。これに伴い、ガソリン自動車の排出する一酸化炭素、炭化水素、窒素酸化物、鉛等による大気汚染及び自動車の騒音等のいわゆる自動車公害が大都市の過密化と共に社会的な重大問題となってきた。

このため、社会の公害に対する認識も次第に高まり、公害規制は、工場の排煙等特定の発生源から、自動車公害のような不特定の発生源に対する規制へと発展する方向へと進んだ。かかる状況下で、各分野において自動車公害のための研究開発が実施され、内燃機関の改良、燃料の改善、排出ガス浄化装置の開発のほか、外燃機関等の新型エンジンの開発等も試みられたが、これらはいずれも排出ガスを伴うものであって大気汚染と無縁ではありえなかった。

電気自動車は、本質的に排出ガスを放出せず、騒音も著しく低下するという自動車公害防止上理想的なものであり、また一次エネルギー資源の多様化にも対応できるものであるばかりでなく、運転操作が簡単である上に運転制御のオートメーション化が容易なため、安全性の面で著しく優れており、新しい交通システムの主役ともなり得ると考えられた。

国内及び海外においてもいろいろな開発が進められていたが、電池を始め非常に技術的に困難な問題があり、高性能化したガソリン自動車に匹敵する電気自動車を開発することは容易なことではなく、民間の開発努力のみに依存しては、高性能な電気自動車の開発実用化を通じて自動車公害を防止しようとする国家的要請に対応できないと考えられ、1971 年度から大型プロジェクト制度での開発が開始された。

(2) 目標設定

本プロジェクトは、自動車公害を防止し、かつ、将来の交通システムに寄与するため、主として都市内交通分野において利用する電気自動車の開発を行うことを目標とした。この目標を達成するため、電気自動車に最適な全体構造を追及し、かつ各コンポーネントの画期的な性能向上を図るべく、実験車の開発と各コンポーネントの研究開発を並行して進め、同時に安全評価基準の確立を図ることとした。

これは、「電気自動車の技術的可能性の検証」を目的としており、プロジェクトの成果によりすぐ電気自動車の普及を期待するというものではなかった。具体的には、当時実験室レベルで実現可能とされた最高水準の動力性能をプロトタイプにおいて実現するという目標が設定された。また、実用化/事業化については、各社に任せると

いう立場から、市場ニーズについては考慮されていない。ここでは、用途の異なる5種類のプロトタイプ(軽量乗用電気自動車、小型乗用電気自動車、軽量電気トラック、小型電気トラック、路線用電気バス)を試作する形をとった。

当時、公害対策は緊急の課題であり、公害国会が開催され、総合的対策が採られていた。その中で大気汚染も、その発生源によって工場等の固定汚染源、自動車等の移動汚染源と分けられ、それぞれに対策が講じられていた。更に移動汚染源対策としては、ガソリンエンジンの改良、ガソリンの無鉛化等内燃機関車の低公害化と電気自動車等の無公害車の開発が行われた。このように、電気自動車の開発は、公害対策としてみると、総合的な政策の一環であり、少なくとも公害対策のレベルと自動車排出ガス対策の2段階の政策階層性があったと考えられる。

前述のように、本プロジェクトは、「電気自動車の技術的可能性の検証」を目的としており、当時からそれが普及するまでには、長い期間を要することが予想されていた。また、排出ガス対策としては、内燃機関車の低公害化が主であると行政当局も自動車メーカーも認識していた。このことだけから考えると、緊急性及び実効性の観点からみて、このテーマの大型プロジェクト化が妥当であったかどうか疑問が残る。しかしながら、大型プロジェクトの成否は、日本のシステムの中では、同床異夢の集団をいかにまとめて成果を挙げていくかに掛かっている。このことを考えれば、その真の目的は単純なものではなく複合的なものであると考えられる。すなわち、プロジェクト化の妥当性を判断するには、政治的或いは間接的な効果の側面にも目を向ける必要がある。将来の無公害自動車の実現への布石というだけでなく、政府が内燃機関車の代替手段として電気自動車を開発することにより内燃機関車の改良を刺激するという、また通商産業省の公害対策への取り組みを社会的にアピールすること、などに重点があったのではないかと推察される。また、「電気自動車」という当時社会的選好度の高いプロジェクトによって、新型電池の開発支援を行った点なども見落とすことはできない。

目標設定の弾力性であるが、当初より中間評価は予定されていた。その際関係者は実用化を重視し、走行性能よりも寿命等を先行させる方向に向けるように努力を図ったが、目標性能を引き下げることは極めて困難であったのでそれは実現しなかった。しかし、新型電池として鉄ニッケル電池が追加されたこと、安全性等の観点から車体用のプラスチックの多用を抑制することなどの変更は行われた。

目標の性格であるが、「技術的可能性の検証」という行政ニーズの達成を目指すので、ニーズプル型であり、特殊用途の電気自動車自体は既に実用化されており、一般用としては競争段階の入口のステージにあり、また世界のトップを目指すフロントランナ型であったといえよう。また、産業や個人向けの先進的な製品であったが、新しい電気自動車体系を作るという意味ではシステム開発ととらえることも可能である。

(3) 開発対象の設定

これは、あくまでも「電気自動車の技術的可能性の検証」という行政のニーズを満たすためのプロジェクトであって、安全性や電波障害等の市場のニーズについてはほとんど考慮しなかった。電気自動車は、完全にプレコンペティティブなステージではなく、すでにコンペティティブなステージに入りかけている技術であるとの認識から、前述の5種類の車について、開発着手後3年目に、各コンポーネントの研究成果を反映させて、電気自動車として総合的に設計された第1次実験車の試作を完成し、完成車としての諸性能、安全性等についてテストを実施することにした。

更に電池等の各コンポーネントの一層の性能向上を図りながら、第1次実験車の成果も取り入れ、車体の最適構造を追及しつつ、5年目に最終的な実験車の試作を完成し、その後総合的なテストを実施し、電気自動車の実用化について総合的な評価を行うことになった。そして第1次実験車、第2次実験車について、それぞれ目標とする性能緒元を設定した。

(4) 開発の組織と運営及び達成手段に設定

本プロジェクトについては、参加企業全てが協力して開発するのではなく、当時の普通自動車及び軽自動車のトップメーカーを中心に、電池メーカー、電動機制御装置(MC)メーカーを加えて幾つかのグループを形成し、グループ内では協力、グループ間では競争という状況を作ることによって開発を促進することが計画された。そして、各プロトタイプごとに車体、電池、電機メーカーがグループを構成して協力を行った。

国立試験研究機関としては、機械技術研究所と大阪工業技術試験所が参加し、電気自動車に適した評価方法の開発を行い、プロトタイプの評価を担当した。

当時一充電当りの走行距離、加速等の走行性能の向上には、従来技術の延長では対応が難しく、電気自動車に適した電池及びモータは模索段階にあった。このことから、本プロジェクトでは電池については8種類、モータについては6種類の開発を行い、車体についても用途に合わせて5種類の試作車を作成している。したがって、プログラム多面性は確保されていたと考えられる。

また、プロジェクトを予算化するために、最初から大型プロジェクトとしては最少規模の5年間で50億円程度を想定し、この予算に合わせて各社からの提案に基づいてプロジェクトの具体的な内容を詰めていった。この金額は自動車メーカーにとっては大きな金額ではないが、当時の電池メーカーにとってはかなり大きな金額であった。本プロジェクトがなければ、新型電池の開発は大幅に遅れたのではないかとみられている。なお、充電設備等の必要性から、社会システムにも初めて目を向けた点も1つの特徴であった。

第1段階(1971-73)と第2段階(1974-76)に分かれるが、最終的には、下記のような対象と開発担当が選ばれた。

軽量乗用電気自動車グループ: ダイハツ(株)、松下(株)、東芝(株)

小型乗用電気自動車グループ: トヨタ(株)、日本電池(株)、デンソー(株)
軽量電気トラックグループ: 東洋工業(株)、新神戸電気(株)、(株)日立
小型電気トラックグループ: 日産(株)、三洋(株)、新神戸電気(株)、(株)日立
路線用電気バス: 三菱自工(株)湯浅電池(株)、三菱電機(株)
電池: 湯浅電池(株)
車体材料: 日立化成(株)

利用システム・充電システム: (社)自動車技術会

評価試験: 機械技術研究所、大阪工業技術試験所

本プロジェクトでは技術研究組合は設置されず、持ち帰り型で実施された。その意味で、グループ間の人的流動性に関しては、あまりみるべきものはなかったといえるが、各グループ内の車体メーカ、電池メーカ、電機メーカ間では密接な連携が取られており、その面での流動性は確保されたと考えられる。

(5) リーダーシップ

本プロジェクトでは、初期の段階を中心に、電気自動車については上田利英研究開発官、電池については大阪工業技術試験所の三宅義蔵部長が強力なPI(プリンシパルインベスティゲータ)の役割を果たした。

(6) 成果

開発された車の性能は予想を超える値を示し、当時世界最高の記録的成果を得たものもあり、全体的には目標性能値をほぼ達成したといえる。コンポーネントについても、車体材料、電池、電動機、制御装置、充電システムなど、それぞれにおいて電気自動車用としてかなりの高性能化が図られた。しかしながら、本プロジェクトで生み出された成果は、当初はごく少数の電動バス、電動ゴミ収集車などに生かされたほかは、直接的にはほとんど活用されなかった。

なお、工業技術院の機械技術研究所と大阪工業技術試験所は、電気自動車の安全性や性能に関する評価方法を確立したが、この評価方法は基本的には今日まで利用されている。現在、ISOにおいて、電気自動車に関する標準の策定作業が行われているが、そこにおける日本案は基本的には本プロジェクトで確立されたものを基礎としているとのことである。

また、電池については、実用化に目途をつける上で役立つ多くの成果を残した。亜鉛-空気電池、鉄-空気電池の開発により獲得した空気極の技術が、直接的ではないものの現在の燃料電池技術に結びついている。また、鉄-ニッケル電池の開発の際得られたニッケル極の技術は、その後、2年間にわたる通商産業省からの補助金研究により更に高性能化され、現在のニッケル-カドミウム電池、ニッケル-水素電池等の電極に活用されている。ナトリウム-硫黄電池については、本プロジェクト終了後、

ムーンライト計画でも取り上げられたが、最近ようやく変電所における電力貯蔵用として実用化されつつある。また少し変わったところでは、亜鉛 - 空気電池の開発に参加した技術者が、本プロジェクトで金属極の取り扱いの難しさを実感し、その後リチウム電池の開発の際、リチウムの金属極を使うのではなく、現在、主流となっている黒鉛を利用したリチウムイオン極を着想したというように「失敗の経験」もまた活用されたようである。

電動機制御装置(MC)メーカーについてみると、従来から産業機械用等においてMCの開発、生産を行っており、それを応用して車載用の小型のMCを開発した。特に、電池 - 電池ハイブリッド車の制御は開発課題が多く、相当なノウハウが得られた。成果については、構内用に適した電動フォークリフトなどに活用されている。また、本プロジェクトを契機に開発されたパワートランジスタについては、産業用機械、電車等に応用されていった。

その後、最近になって、米国のカリフォルニア州における排出ガス規制等の関係で電気自動車の導入が不可欠になり、新型電池や永久磁石式交流モータを搭載したいわゆる第2世代の電気自動車の開発に移行している。これらの新型電池や交流モータの出現には、高純度の素材の開発、パワートランジスタの高性能化、集積回路の発展による制御の精緻化などが重要な役割を果たしている。いわば第2世代の電気自動車は、本プロジェクトでの成果を含む継続的な電気自動車の開発という縦糸と他領域で開発された技術等のスピルオーバという横糸が複雑に絡み合って生み出された織物のような存在といえる。更にこれらの技術は、ハイブリッドタイプ車や燃料電池車といった第3世代の電気自動車にも生かされようとしている。

7. パターン情報処理システム

(1971～80年度：研究開発費総額 220 億円)

(東京工業大学 渡辺千仞研究室)

(平成 11 年度調査プロジェクト)

(1) 背景

1970 年に入り、間近に迫ったコンピュータの輸入自由化(1975 年 12 月 24 日)、資本自由化(1975 年 12 月 1 日)、特に IBM への対抗に備え¹、将来の日本産業の柱である情報・電子産業の育成策の一環として、情報化社会を支える中核的存在としてのコンピュータの重要性²がますます増大していた。ただし、米国においては 1970 年頃からコンピュータ産業の成長の中心はメインフレームからミニコンに移行していた。

「超高性能電子計算機」プロジェクトの後継として、1969 年 5 月 30 日の産業構造審議会答申で、パターン認識、新しい演算処理方式、自律機能等を含めて「次代の情報処理技術の開発」が強く要請された。

「超高性能電子計算機」プロジェクトの成功により、ハード技術については世界レベルにキャッチアップしたとの認識から、その単なる延長は論外と判断されたが、業界からの提案に見るべきものはなく、通商産業省側から「将来的には字、画像等をコンピュータに処理させることが必要」という将来/潜在ニーズに基づく提案を採用した。電子技術総合研究所を中心に内容を詰めて、これまでとは全く異なる「第 4 世代のコンピュータ³」の実現を目標にパターン情報処理プロジェクトを形成した。

(2) 目標設定

超高性能電子計算機プロジェクトの成功により、コンピュータ関係者は自信を深め、当時、世界的にあまり研究の進んでいなかったパターン認識の分野で世界トップを狙った。

当初の研究計画は、「国の研究開発は将来の布石のために行うもので、単なるビジネスへの補助金であってはならない」と主張する電子技術総合研究所の研究者の意見に基づいて策定⁴され、基本的にはパターン認識のアルゴリズムとデバイスに関する基礎研究を中心に狙うものであった。

行政官側の基本的認識は、大型プロジェクト制度は産業育成のための一種の補助金

¹ この後も通産省は国産機の保護を続け、政府機関、地方自治体等に対して通産大臣名で「国産電算機の使用奨励について(1976 年 3 月 1 日)」との依頼状を送付。

² 情報処理及び情報産業の発展に関する答申(産業構造審議会、1969 年 5 月 30 日)

³ 現在では、「第 4 世代コンピュータ」とは、一般的には超 LSI を活用したコンピュータのことを指す。

⁴ 森・電総研所長の「コンピュータ本流の人よりも周辺の人の方が発想が柔軟」との認識から、桜井健二郎氏をプロジェクトリーダーに任命。

であり、電子技術総合研究所等の国立研究所はチェック役であるとの認識から、大型プロジェクト制度の枠組みに沿った形で運営しようとする行政官側と、基礎研究重視である研究者側とで、総合システムの取扱、数値目標の設定、電子総合研究所に設置する EPICS のメインコンピュータの選定等を巡って対立した。

総合プロトタイプシステム⁵として、行政官側は大型プロジェクトの基本的目標はプロトタイプ開発であるとし、一方研究者側はパターン認識はまだ基礎研究段階にあり、プロトタイプにこだわる必要はないとの認識で、結局具体的イメージがないまま、総合プロトシステムを本プロジェクトの目標に含めた。

数値目標の設定についても、数値目標がなければ、本プロジェクトの適切な運営は困難とする行政官側と、パターン認識はまだ基礎研究段階にあり、最初から数値目標を定めるのは不適切とする研究者側で意見が対立したが、最終的には数値目標を設定した。

本プロジェクトは開始当時から EPICS というスター結合の電子計算機を中心に研究を進めた。EPICS 用メインコンピュータとして「超高性能電子計算機」プロジェクトの成果を活用すべきとの意見と、研究のためには安定しソフトウェアが充実している非国産電子計算機がよいとの意見があったが、結局 GE のデッドコピーである東芝製電子計算機が導入された。

プロジェクトリーダーの交替に伴い、基礎研究重視から実証システムの開発重視に方針が変更された。ただし、基本計画等の変更は行われず、予算配分の変更等により実施した。

また、実用化に時間がかかる光関係の基礎研究を取りやめ、パターン認識に必要な高速な情報処理装置を実現するため、当時、緒に就いたばかりのマイクロプロセッサ（16bit）の開発に着手⁶した。

パターン情報処理のその後の発展、当時のパターン認識への民間企業の取組等を勘案すれば、国家が主導してその研究を行うことは妥当であった。

基礎研究段階、特にその実用化には非常に長時間が必要と予測された技術の開発を、プロトタイプ開発を目的とする大型プロジェクト制度に載せたことについては、他に代替手段がなかったという理由があるにせよ、その妥当性には議論の余地⁷がある。

⁵ 別添資料に電総研の基本計画案と最終的な基本計画案の対比表を示す。

⁶ 最初のマイコンである intel4004 は 1971 年に登場。1972 年には 8bit マイコン intel8008 が登場。第 1 世代の 16bit マイコンは 1978 年に登場。

⁷ 予算獲得後の計画段階において、総合プロトタイプシステムに対する参加予定企業の態度は一部を除き消極的。また電子技術総合研究所内部においても「パターン認識はせいぜい中プロ」との意見あり。

(3) 開発対象の設定

「パターン情報を処理し得る新しい世代の情報処理システムに必要な技術の開発」(基本計画)を目標とし、当初計画では、本プロジェクトは、三段階に分け、各段階の終了後に評価(中間評価)⁸を行って次のステップに進むこととしていた。

第一段階：パターン認識方式、材料・デバイスに関する基礎研究(当初計画 50 億円)

第二段階：パターン認識に関わる機器のパイロットモデルの開発(当初計画 100 億円)

第三段階：パターン認識に関わる総合システム・プロトタイプの開発(当初計画 200 億円)

計画時には、第一段階として 1971～75 年、第二段階として 1973～76 年、第三段階として 1975～78 年を予定していたが、実際には各段階の開発期間はすべての開発対象に一律とはいかず、おおむね第一段階で 1 年、第三段階で更に 1 年の計 2 年の遅延を生じた。

第一段階においては、幅広く基礎研究を行い、その中から有望なものを評価により選択し、次の段階に活用することとしたが、第二段階においては、当初、パターン認識に直接関わる機器の開発が予定されていたが、入力機器だけでは情報処理ができないことから、情報処理用の機器の開発も行うこととした。

本プロジェクト発足時には第三段階の総合システムのイメージは全くなく、技術研究組合が設立された 1977 年頃よりようやく検討が本格化した。

各段階における評価は必ずしも十分なものとはいえず、後の段階で当該デバイスの組み込みに苦慮するような状況も招来した。

(4) 開発の組織と運営及び達成手段の設定

国の研究機関として電子技術総合研究所が全研究項目 84 のうち 32 項目を担当し、全体の研究開発の指導、取りまとめに当たった。

企業 10 社は担当テーマについて研究、試算に当たり、特に総合システムプロトタイプについては、パターン情報処理システム技術研究組合が各担当分野の研究成果を集約し、プロトタイプ運転研究を実施した。

本プロジェクトを円滑に実施するため、産業技術審議会大型技術開発部会パターン情報分科会大型工業技術研究開発連絡会議が組織された。

パターン情報分科会(南雲仁一分科会長)は、大型技術開発部会の下部機構として設置され、本プロジェクトの基本計画の策定、基本計画の見直し及び年度計画の策定や実施状況について審議した。

連絡会議(主査、パターン情報担当研究開発官)は、学識経験者、研究開発委託先、

⁸ 形式的には、評価は産業技術審議会大型技術開発部会パターン情報分科会(座長 南雲雄一(東大教授))が実施。

通商産業省関係部局、電子技術総合研究所及び工業技術院から構成され、プロジェクトの基本計画及び年度ごとの実施計画に基づいて研究開発の具体的事項について検討・調整を行った。

連絡会議の下部機構として、12のワーキンググループ(文字認識、図形認識、物体認識、音声認識、自然言語処理、ソフトウェア、半導体レーザ、特殊論理素子、磁気バブル素子、空間変調素子、可逆感光材料、情報処理システム)を設置して、研究開発の検討を行った。各ワーキンググループは担当している研究分野の委託先及び電子技術総合研究所の研究者、大学関係者で構成され、相互連絡、研究開発の方法・内容及び結果についての検討を行った。

(5) リーダーシップ

1971-73年度は電子技術総合研究所の桜井健二郎パターン情報部長がプロジェクトリーダーであった。その下で森俊二氏、淵一博氏等の若手が電子技術総合研究所が中心となって、「夢」のプロジェクトの企画・運営に当たった。特に、EPICSのメインコンピュータの選定(超高性能電子計算機プロジェクトの成果活用か、安定しソフトウェアが充実している非国産機か)に当たっての葛藤は、“理想と現実との対立”ともいうべきものであったが、当時最高のTSSシステムをもつGE6,000の国産版TOSBAC5,600に決定したことがプロジェクトを成功に導いた最大の出来事である。

1973-80年度は桜井氏辞任の後を受けた電子技術総合研究所の西野俊二パターン情報部長がプロジェクトリーダーとなり、それまでの方針を変更し、当時緒に就いたばかりのマイクロプロセッサの開発を柱に据えて、分散型の総合システムを指向した。

(6) 成果

当時としては世界最高水準のパターン認識のアルゴリズム開発、磁気バブル素子の開発、高速マイクロプロセッサ(PULCE)の開発、100Mbpsという当時としては高速な光ファイバによる分散情報処理系等を実現した。そして、最大の成果は、企業内でパターン認識の研究者を育成したこと、EPICSシステムにより電子技術総合研究所における研究基盤が飛躍的向上したこと、電子総合技術研究所、企業のこれらの研究者が後に大学に移り後進を指導したことなどの人材の育成であった。

また、日刊工業新聞社主催の「第10回日本産業技術大賞内閣総理大臣賞」を受賞した。

参考文献

- [1] 工業技術院編、大型プロジェクト20年の歩み
- [2] 産業技術審議会大型技術開発部会評価分科会、パターン情報処理システムの研究

- 開発に関する評価報告書、1981年6月
- [3] 産業技術審議会大型技術開発部会評価分科会、パターン情報処理システムの研究開発に関する評価報告書参考資料、1981年6月
 - [4] 電子技術総合研究所、大型プロジェクトパターン情報処理システム研究開発成果発表会論文集、1980年12月
 - [5] 電子技術総合研究所、大型プロジェクトパターン情報処理システム講演会論文集、1977年7月
 - [6] 産業構造審議会、産業構造審議会情報産業部会答申集、1983年1月
 - [7] 社団法人日本電子工業振興協会、パターン情報処理システムの将来需要の展望、1974年3月
 - [8] 電子技術総合研究所、電子技術総合研究所100年史、1995年6月
 - [9] 鋳工業技術研究組合懇談会、鋳工業技術研究組合30年の歩み、1991年3月
 - [10] 日立製作所、委託研究成果報告書磁気バブル素子に関する研究、1972~76年
 - [11] 電子技術総合研究所、PIPSレポートNo.1「磁気バブル材料文献集」₁、1973年2月
 - [12] 電子技術総合研究所、PIPSレポートNo.2「Six Lectures on Artificial Intelligence」₁、1973年3月
 - [13] 電子技術総合研究所、PIPSレポートNo.3「マイクロプロセッサ - 設計のための予備的検討」₁、1973年10月
 - [14] 電子技術総合研究所、PIPSレポートNo.4「委託研究部品材料試作品評価報告」₁、1974年8月
 - [15] 電子技術総合研究所、PIPSレポートNo.5「Five Lectures on Artificial Intelligence」₁、1974年8月
 - [16] 電子技術総合研究所、PIPSレポートNo.6「Summary of Five Lectures on Digital Picture Processing」₁、1974年9月
 - [17] 電子技術総合研究所、PIPSレポートNo.7「パターン情報処理研究システム - 計算機複合体EPICS -」₁、1974年11月
 - [18] 電子技術総合研究所、PIPSレポートNo.8「Progress Report on Speech Research 73」₁、1974年11月
 - [19] 電子技術総合研究所、PIPSレポートNo.9「Progress Report on Speech Research 74」₁、1975年3月
 - [20] 電子技術総合研究所、PIPSレポートNo.10「委託研究部品材料試作品評価報告半導体接合デバイス」₁、1976年2月
 - [21] 電子技術総合研究所、PIPSレポートNo.11「Progress Report on Speech Research 75」₁、1976年7月
 - [22] 電子技術総合研究所、PIPSレポートNo.12「Lectures on Automatic

- Programming and List Processing」, 1976年11月
- [23] 電子技術総合研究所、PIPS レポート No.13 「Progress Report on 3-D Object Recognition」, 1977年3月
- [24] 電子技術総合研究所、PIPS レポート No.14 「Progress Report on Speech Research 76」, 1977年3月
- [25] 電子技術総合研究所、PIPS レポート No.15 「委託研究部品材料試作品評価報告 半導体接合デバイス」, 1977年3月
- [26] 電子技術総合研究所、PIPS レポート No.16 「大型プロジェクトパターン情報処理システム講演会論文集」, 1977年11月
- [27] 電子技術総合研究所、PIPS レポート No.17 「Summary of Five Lectures on Digital Image Processing and Analysis」, 1978年3月
- [28] 電子技術総合研究所、PIPS レポート No.18 「Progress Report on Speech Research 77」, 1978年8月
- [29] 電子技術総合研究所、PIPS レポート No.19 「Two Lectures on Artificial Intelligence」, 1979年2月
- [30] 電子技術総合研究所、PIPS レポート No.20 「Progress Report on Speech Research 78」, 1979年8月
- [31] 電子技術総合研究所、PIPS レポート No.21 「光情報処理システム」, 1980年3月
- [32] 電子技術総合研究所、PIPS レポート No.22 「マイクロコンピュータ 半導体」, 1980年7月
- [33] 電子技術総合研究所、PIPS レポート No.23 「マイクロコンピュータ システム」, 1980年3月
- [34] 電子技術総合研究所、PIPS レポート No.24 「Progress Report on Speech Research 79」, 1980年8月
- [35] 電子技術総合研究所、PIPS レポート No.25 「大型プロジェクトパターン情報処理システム研究開発成果発表会論文集」, 1980年12月
- [36] 電子技術総合研究所、PIPS レポート No.26 「磁気バブル」, 1981年3月
- [37] 電子技術総合研究所、PIPS レポート No.27 「Progress Report on Speech Research 80」, 1981年3月
- [38] 電子技術総合研究所、PIPS レポート No.28 「磁気バブルデータベースマシン ファームウェア」, 1981年3月
- [39] 電子技術総合研究所、PIPS レポート No.29 「磁気バブルデータベースマシン ハードウェア」, 1981年3月
- [40] 工業技術院、工業技術
- [41] 小宮隆太郎・奥野正寛・鈴木興太郎編、日本の産業技術政策、1984年、東京大学出版会

- [42] 社団法人全日本能率連盟人間能力開発センター、リサーチ・フロントにおける技術情報流通の実証的分析 - パターン情報処理システム開発研究の事例を中心に - 、1981年11月
- [43] パターン情報処理システムプロジェクト関連資料（森俊二氏蔵）
- [44] 電子計算機に関する技術研究会開発研究分科会新技術応用システム研究班「新技術応用システム研究班研究報告書 - 行政情報処理とパターン情報処理技術 - 」、1980年5月

特許（大型プロジェクト20年の歩み）

論文（大型プロジェクトパターン情報処理システム研究開発成果発表会論文集）

8. 航空機用ジェットエンジン

(第一期1971-75年度、総開発費67億円、

第二期1976-81年度、総開発費185億円、計画変更で減額され130億円)

(政策研究大学院大学、埼玉大学大学院 丹羽富士雄研究室)

(平成10年度調査プロジェクト)

(1) 背景

1971年の時点では、国内旅客輸送量の伸びに伴う必要な輸送機需要の増加を考慮すると、我が国の国情に適した航空機用のジェットエンジンの国産開発が関係各方面で切望されていた。我が国の産業構造は、航空エンジン工業を国内に定着させることが緊急の課題とされていた。

当時の我が国航空エンジン技術の水準は、国産ジェットエンジンとしては、J-3シリーズ及びJRシリーズがあり、またライセンス生産としては、昭和30年のJ 47に始まり、数種のエンジンの国内生産が続いていた。

一方、当時の主要な民間輸送機用エンジンとしては、いわゆる第1世代エンジンJT-8D及びSpeyが短中距離輸送機用として実用になっており、またこの時期には広胴型大型ジェット輸送機(B-747など)を可能にした第2世代高バイパス比エンジンの出現の時期であった。

他方、ジェット輸送の活発化に伴う騒音公害に対する世論は、米国における騒音規制法の公布(1969)をもたらし、同年以降に型式承認を申請する機体はこれに合致することが必要となった。排出ガスについては、米国環境保護庁による規制が施行されようとしていた。このような状況下で1971年度に本プロジェクトが発足したのである。なお、本プロジェクト発足時、本質的にはエンジンの燃料消費率低下への要求はもちろん存在していたが、今日ほど切実なものではなかった。

本プロジェクトが大型プロジェクトとして採用されるまでには、航空宇宙技術研究所、航空機用エンジンメーカー、通商産業省重工業局航空機課の3者が重要な役割を果たしていた。まず航空宇宙技術研究所であるが、1955年にガスタービン要素の試験研究を行うために設立され、1957年頃からジェットエンジンの要素研究(燃焼器、圧縮機、タービンなど)を開始した。その後JRシリーズのリフトエンジンの研究開発を行い、新プロジェクトが始まってからもかなりの成果を上げることを保証できる高い技術水準を保持するに至っていた。

航空機用ジェットエンジンメーカーも、航空宇宙技術研究所と時を同じくしてエンジン開発を開始している。そして外国からの技術導入によってかなりの力をつけ、更に将来を見越して自前のエンジン開発の重要性を十分認識していた。

また、通商産業省内でジェットエンジンの担当であった重工業局航空機課は、世界の民間航空機の規模が大型化しつつあり、そのため国際共同開発・国際共同販売が大きな流れとして定着しつつある現状を認識していた。そのため、自前のエンジン開発技術を保持していないならば、国際共同開発の波に乗ることができないという危機感を我が国の航空機産業の将来に対して抱いて、省内での理解を求めつつあり、その努

力が実って本プロジェクトが発足した。

(2) 目標設定

本プロジェクトの目標は、ファンジェットエンジンの製品化ではなく、研究開発による自主技術の獲得であった。これは前述のごとく、エンジンの大型化に伴い国際共同開発が航空機産業の主流になりつつあり、そのため、技術劣位国である我が国は、製品化というよりも、国際共同開発に参加できるだけの技術力を身につけることが先決であった。第一期計画では、推力5トンクラスの比較的小型エンジン（我が国の短中距離輸送の重視という現状に即し3基搭載すれば120席の中型機用になる推力を持つ）が目標とされた。また、このクラスのエンジンは、世界のメーカーが大型化に集中してゆく中で、いわば“開発の穴場”として考えられていた。そして第二期計画では、第一期計画の成果及び世界的な開発動向・需要動向を踏まえた推力7トンクラスの高バイパス比ファンジェットエンジンの開発が目標とされた。

本プロジェクトを政策階層的にみると、

- 1) 国内での航空旅客輸送量の大幅な拡大への対応、
- 2) 民間輸送機の大型化に伴う国際共同開発参加への指向、
- 3) 通商産業省の我が国航空機産業に対する強い危機感、
- 4) 航空宇宙技術研究所のエンジン開発への強い熱意、
- 5) 民間企業の新技術獲得への意欲、

等があり、そのため、ジェットエンジンの研究開発による自主技術獲得を目的とする本プロジェクトが政策課題として取り上げられたのである。

また、目標設定の弾力性については、計画を第一期、第二期と分け、初めから見直しをプログラムに組み込んだ点、後述のように、第二期の最後に国際情勢の変化に合わせて大幅な計画変更をしたことなどからみて、十分確保されていたといえよう。

目標の持つ性格については、我が国の技術的遅れを取り戻すための完全なキャッチアップ型であり、世の中のニーズを満たすという意味でニーズプル型で、プロトタイプを作るということで開発のステージにあり、またエンジンという製品開発であった。

(3) 開発対象の設定

本プロジェクトについても、前記の目標に沿って、需要表現的なプロセスをへて以下のような設定が行われた。

第一期計画：技術確認、性能確認の時期

地上運転を考慮し、ファンジェットエンジン自体の試作に重点を置く。

- 1) 短中距離輸送機を想定し、頻繁な離発着に耐え、航空時の経済性が高く、かつ騒音及び排気ガスによる大気汚染の少ない、高性能の推力5 t級のファンエンジンを開発する。
- 2) このために、第一期計画として中間目標性能を設定し、この目標を達成するた

めフロントファン、圧縮機、燃焼機、タービンなどの構成要素について、性能向上を目的とする研究開発、エンジンの試作研究を行う。

- 3) エンジンの試作は第一次（FJR710/10）と第二次（FJR710/20）の2段階に分け、一次試作においては、主として現在の技術を基に、試作研究を行い、二次試作においては、一次試作の結果及び構成要素の研究開発の成果を総合化することによって、第一期計画の目標を達成する。

第二期計画：原型モデル、プロトタイプの時期

第一期の成果を踏まえ、航空機搭載可能なエンジンを目指し、更に各要素の研究を進め軽量化を図ると共に、安全性、耐久性、信頼性等を追求する。

- 1) 民間航空機用エンジンとして下記のような特徴を有する高性能ファンジェットエンジン技術を確立する。
- 2) （低騒音、低公害、総合効率が高い、頻繁な離着陸に耐える、保守点検整備性が良い）
- 3) 第一期計画の成果を基に推力7tクラスの高バイパス比ファンジェットエンジン、第一次試作（FJR710/600）、第二次試作（FJR710/700）を設計試作する。
- 4) ファンジェットエンジンの安定性、耐久性、信頼性の確立を図るため、下記のような運転試験を行う。

（性能試験、機能試験、耐久試験、低周波試験、環境適応試験、高空性能試験）

本プロジェクトは、ファンジェットエンジンの自主技術の獲得というキャッチアップ型の課題であったので、ほかの技術的オプションは存在していなかったといえる。

FJR710/600エンジンは1976年度当初より設計を開始し、初号機（通算7号機）が1978年度末に完成した。そして、FJR710/700は同年度末から基本設計に着手したが、後述のように日英共同開発が開始されることになったので、その段階で中止され、予算減額が行われた。また、FJR710/600のテストに遅れがあったので、予算繰り延べの結果、実質約12年でプロジェクトを終了した。

(4) 開発の組織と運営及び達成手段の設定

本プロジェクトは、通商産業省工業技術院と科学技術庁航空宇宙研究所、石川島播磨重工業、三菱重工、川崎重工の3社から技術者が派遣され設立されたFJRデザインセンタ（第二期には鈹工業研究組合法に基づき、航空機用ジェットエンジン技術研究組合に名称変更）と学界（東京大学等）の研究開発能力を結集する形で行われた。国内的には、航空機用ジェットエンジンメーカーは、これら3社しかなく、本プロジェクトへの参加企業は必然的にこの3社に決定した。

そして、本プロジェクトの特徴は、通商産業省が他省庁（科学技術庁）と共同で行った最初のプロジェクトであったことである。通常、航空宇宙研究所で行うプロジェクトは科学技術庁から予算がつき、科学技術庁によって管理される。しかし、本プロジェクトでは先に述べた社会経済的・技術的背景から大型プロジェクトに採用され、

通商産業省工業技術院が管理することになった。本プロジェクト実施の背景としては、通商産業省には航空機用ジェットエンジンに対する技術的蓄積がなかったため、科学技術庁に依頼し、その付属機関である航空宇宙研究所がプロジェクトを実施することになった。

また、研究管理も科学技術庁でなく、工業技術院の研究開発官に年に1 - 2回程度の報告を行うように変化した。従来の科学技術庁での研究管理は、毎週のように報告義務があった。しかし、大型プロジェクト制度では、工業技術院の担当研究開発官と航空宇宙研究所との間に信頼関係が存在していたため、また、航空宇宙研究所から職員を1名担当研究開発官の下に補佐として派遣していたため、そのようなことが可能であったのである。

次に各主体の役割を概観する。第一期計画では、航空宇宙研究所は、大型プロジェクト以前に蓄積された高い開発能力を背景として、燃焼器、圧縮機、タービンなどの要素技術の開発研究を担当した。そして、FJRデザインセンタでは、航空宇宙研究所から提供された要素技術の研究成果を基に、3社共同で設計を行い(集中型)、その設計図を各社が持ち帰り試作が行われた(持ち帰り型)。ここで特徴的なのは、航空宇宙研究所がFJRデザインセンタを指導する立場にあり、各社に委託費を配分していたことである。具体的には、デザインセンタが要素研究の成果を受けて設計したエンジン図面を、航空宇宙研究所が許可して始めて予算(委託費)がつき、試作が行われたということである。つまり、デザインセンタには試作されるエンジンに対して性能保証をする責任はなく、それはすべて航空宇宙研究所が負っていたのである。これが可能であったのは、航空宇宙研究所が大型プロジェクト以前のリフトエンジンの製作時に得た知識・ノウハウが存在していたことによる。その結果、予算も約67億円という低コストで実現できた。この金額は諸外国での開発費に比べて大変少いものであった。

3社のエンジン開発の分担は、石川島播磨重工が70%、三菱重工と川崎重工がそれぞれ15%ずつであった。そして、必然的に石川島播磨重工がプライムコントラクト的役割を果たし、3社間の意見の調整を図っていた。また、その分担割合が決定されてから資金配分・担当部位が決められた。具体的には、石川島播磨重工が圧縮機、フロントファンなど、川崎重工が燃焼器、タービンなど、三菱重工が補機、吸音ナセル、ギアボックスなどというように各担当部位が分担された。

第二期では、航空宇宙研究所は、第一期からの要素技術の研究に加え、エンジンの改良研究を行い、その成果を航空機用ジェットエンジン技術研究組合に提供した。そして、その成果を受けて技術研究組合は、第一期計画と同様に、3社共同で設計を行い(集中型)その設計を基に各社がそれぞれ担当部位の試作、性能確認を行った(持ち帰り型)。そして、その研究成果を航空宇宙研究所にフィードバックし、エンジンの改良研究に生かしていった。第二期では担当者の責任が変わり、委託費の配分(発注)は工業技術院が行い、技術研究組合がエンジンの性能保証を行った。

工業技術院の役割は、第一期計画、第二期計画共に変わらず、研究開発官が毎年の予算折衝において大蔵省から予算を獲得し、その予算を管理することであった。また、

ワーキンググループなどにおいて関係者の意見調整を行った。学界からの研究者は、各委員会、分科会、ワーキンググループへの参加によって、理論面から研究開発に貢献した。

本プロジェクトにおいて特徴的なことは、エンジンの設計に携わったエンジンメーカー3社の間には、諸外国の共同開発にみられるようなインターフェイスドローイングやインターフェイスドキュメントが存在しなかったことである。つまり、1社で行う設計研究と同じような開発体制を保持していたのである。それを可能にした理由は、幾つか考えられる。第一にFJRデザインセンタ(第二期計画では航空機用ジェットエンジン技術研究組合)が、インターフェイスドローイングやインターフェイスドキュメントを必要としない機会・場としての機能を有していた。本来、共同研究は、意見の調整や責任問題など多くの困難が伴うものである。しかし、本プロジェクトでは、FJRデザインセンタが各社の意見調整を行い、更には各社共に我が国の航空機産業のレベルを国際的レベルにまで引き上げる(キャッチアップする)という目標に一致団結する高い意識を保持していたのである。第二の要因として、研究者の交流が盛んであったことが挙げられる。航空機用エンジンメーカーは我が国には3社しかなく、第二次世界大戦後の航空機生産再開後から共同研究を重ねてきた。そのため、エンジン開発に携わる研究者は、皆既に面識があり、お互いの技術水準を知り尽くしていた。これらの理由によって、インターフェイスドローイングやインターフェイスドキュメントを本プロジェクトでは必要としなかったのである。このように、人的流動性については、非常に効果をあげたといえよう。

(5) リーダーシップ

本プロジェクトは、前述のように「自前のエンジン開発技術を保持していないならば、国際共同開発の波に乗ることができないという危機感」を通商産業省、航空宇宙研究所、産業界、学界等が持ったことから出発したので、本プロジェクトについては、特に少数の人がリーダーシップをとったということだけでなく、特定個人としてのPI(プリンシパルインベスティゲータ)は存在せず、その計画は、工業技術院と科学技術庁航空宇宙研究所、更には学会及びエンジン業界を含んだ広範な体制の基で協議され、我が国特有の広い層にわたる合議からプロジェクトが進められたといえよう。技術面でのリーダーシップという点では、航空宇宙研究所での技術の蓄積を生かした松木部長の役割は非常に重要であった。

(6) 成果

本プロジェクトを通じて、エンジンの要素としてのファン、高圧圧縮機、燃焼機、高圧タービンなどが目標値を達成し、補機、構造、騒音等についても技術基盤を確立した。また、各種部品の精密鋳造、電子ビーム溶接、放電電解加工等についても十分な成果を上げ、各種高温、高強度材の活用も行われた。

第一期に完成したファンジェットエンジンは、国産初のファンジェットエンジン STOL実験機“飛鳥”に推進用エンジンとして搭載された。

さらに、1977年に英国国立ガスタービン研究所におけるテストエンジンの高空性能実験の成功によって、世界3大メーカーの1つであるRolls-Royce社から推力8-9トンのエンジン開発を共同で行うことが同年12月に提案された。そして、1980年から9トンクラスの高性能ファンジェットエンジンRJ500を日英で共同開発することとなった。

その後、RJ500のエンジン開発が進められる一方、推力の大きいエンジンが要求されるようになったことと、更に燃料消費の少ない高性能エンジンの開発が要求されたため、新たなパートナーを加えた新機種の開発が提案された。

そのため、1983年に米国のP&W社、英国のRolls-Royce社、西ドイツのMTU社、イタリアのFiat社、そして我が国のエンジンメーカーによって設立された日本航空エンジン協会の5か国共同事業として、150人乗りクラスの中距離旅客機用エンジンV2500の開発を行うことが合意された。我が国は主としてファン部分の開発を担当している。このエンジンの開発は順調に進み、既にエアバスA320に装備されている。

このように、本プロジェクトがあった故に今日我が国の航空機エンジンメーカーが世界のトップレベルの航空機エンジン開発メンバーの一員に加わることができたという意味で、当初の目標を達成できたといえよう。

9. 自動車総合管制技術

(1973-79年度：研究開発費総額約73億円)

(政策研究大学院大学、埼玉大学大学院 丹羽富士雄研究室)

(平成10年度調査プロジェクト)

(1) 背景

自動車総合管制システムが大型プロジェクトとして取り上げられることになった社会的背景には、我が国の自動車保有台数が1965年頃から急速に増大したことが挙げられる。70年には、運輸全体に占める自動車の割合は鉄道をしのぐほどとなった。この自動車の増加に伴い、都市部での深刻な渋滞問題、交通事故の増加、自動車の排気ガスによる道路付近の環境悪化等、様々な社会問題が持ち上がっていた。交通事故による死者は、75年には1万人前後となった。

自動車総合管制技術プロジェクトは、こうした交通に関する諸問題に対して、個々の自動車の通信機能を強化し、ドライバーに見えない外部に対する「目と耳と口」を与え、これを中央管理処理機能と結合して情報システムを構成し、自動車交通流を円滑にするための1つの選択肢として1973年度に発足したのである。また、米国では運輸省による Electronic Route Guidance Systemの研究が1968年に開始していた。

他方、建設省、運輸省、警察庁等の諸官庁で新交通システム、物流システム、地下鉄、近郊鉄道の強化等様々な政策が取り上げられていた。例えば新交通システムの一環として74年から3年間建設省土木研究所を中心に行われた、Dual Bus Systemの研究は、一般道路ではバスを人により運転し、郊外では軌道をコンピュータ制御で走行させるというものであった。また、警察庁を中心にパトカーロケーション、運輸省を中心とした Demand Bus Systemなどの研究もあった。本プロジェクトの成立に関してこれらのシステム研究の影響はほとんどなかったが、システムチックなものではなかったが、結果として政策多元性に近いものはあったといえよう。

(2) 目標設定

交通混雑緩和、交通事故防止及び大気汚染防止を図り、自動車交通の公共性及び社会性の向上に寄与することを目的とした最適経路誘導、高濃度汚染地区の迂回誘導、公共車の優先制御、規制等の事前表示及び警告、緊急時の一斉通信等の諸機能を備えた自動車総合管制システムを開発することを目的としていた。

目標の持つ性格の点であるが、これは、現在我が国のみならず世界各国で一部実用化され、更にその高度化について研究開発が進められているITS (Intelligence Traffic control System) の考え方に非常に近いものであり、25年以上前にこのようなテーマに取り組んだことは、フロントランナ型の技術開発として非常に高く評価することができよう。しかし、あまりにも時代に先行し過ぎたため、後述のように、関連する技術の開発やインフラ整備が伴わず、開発終了後に直ちに実用化に結びつかなかったことは、このようなプロジェクト実施のタイミング選定の重要性を物語っている。

本プロジェクトは、本質的にはニーズプル型といえるが、後述のように技術を積み

上げてゆくような形もあり、一部シーズブッシュ型といえる面もあった。もちろん開発のステージにあり、先進的な製品とシステム開発であった。目標設定の弾力性については、新しいテーマが後から追加されるなど、配慮は行われたといえよう。

本プロジェクトの基本構想は民間企業からの情報を基に政府、研究機関、大学等の専門家によって形作られていったものである。この提案は民間企業としての波及技術の獲得、通商産業省としての交通問題への技術的対応、産業支援等の背景に当てはまるものとして採用されていったと考えられる。そうしたテーマ選定の方式はその目標が1つではないという点において階層性を有しているとはいえないものである。また、トータルシステムから技術オプションへの翻訳という点では、国の行政官が検討を重ね、そこへ企業からの技術的提案を盛り込んでいくという方式を取っている。これはある国家目的を技術案に分節化してゆく政策階層性の考え方とは相容れないものであり、複数関係者の目的の共通する部分を採用する過程と考えられるため、「政策の窓」の概念で説明すべき過程であるといえる。

(3) 開発対象の設定

前述の目標を達成するため、需要表現的プロセスを経て、

- 1) 自動車の運行監視、最適経路指示等により、自動車の動きを全体として最適に制御する技術、
- 2) 自動車と地上機器間の高速かつ確実性の高い双方向通信技術、
- 3) 地上機器からの情報を人間工学的に優れた方法で運転者に伝達する技術、

等の開発を行うことが決められた。

研究開発の方式としては、

- 1) まず、トータルシステム及びサブシステムの設計、経路誘導等などのための各種交通制御アルゴリズムの研究及びソフトウェアの試作研究、ループ方式等各種通信方式の研究並びに路上機器及び車載機器の試作研究を行う。
- 2) 次に、これらの成果を基に、実都市にパイロットシステムを建設し、実験を行い、問題点を明らかにする。
- 3) 上記の実験の成果に基づき、交通制御アルゴリズム及びソフトウェア体系を整備し、実用化システムの基本仕様を確立する。また、この性能をシミュレーションなどにより総合評価する。

このような技術レベルでは、後述のように1つの目標に対し複数の研究が行われており、プログラム多元性が観察できた。一定期間内にシステムを目標に達成させるためには、こうした並列的な研究が効果的であったと考えられる。

(4) 開発の組織と運営と達成手段の設定

開発項目と開発担当機関は、以下のとおりである。

本研究テーマは、社会システムを扱うものであるため、他官庁に交通に関わる協力の要請をした。その結果として、警察庁科学警察研究所が参画し、交通制御方式に関する研究、車載機器の表示に関する研究等交通システムに関わる研究を担当することとなった。

通商産業省工業技術院では、機械技術研究所が参加し、主に参加企業の開発した機器や通信方式の評価を担当した。国としての研究機関はこの2つであり、科学警察研究所が交通システム、機械技術研究所が技術的な面から参加企業の研究を指導することとなった。

(i) 政府関係機関

- 1) システム設計及び交通制御方式の研究：科学警察研究所、機械技術研究所
- 2) 通信方式及び地上機器の研究：機械技術研究所
- 3) 車載機器の研究：科学警察研究所、機械技術研究所

(ii) 民間企業

民間企業等12の企業・団体は、各々が以下のような個別の担当テーマについて研究、試作に当たっており、特にパイロットシステムについては、鉦工業技術研究組合法に基づいて設立された自動車総合管制技術研究組合が各担当分野の研究成果を集約し、パイロットシステムの建設及び実験の運用を担当した。

- 1) システム設計及び交通制御方式の研究：トヨタ自動車(株)、日本電気(株)、NTT、(株)日立、立石電機(株)、(財)未来工学研究所
- 2) 通信方式及び地上機器の研究：日本電装(株)、住友電工(株)、日本電気(株)、松下通信工業(株)、(株)日立、三菱電機(株)
- 3) 車載機器の研究：日本電装(株)、(株)東芝
- 4) パイロットシステム：自動車総合管制技術研究組合

参加企業は公募で決められた。公募に関しては、自動車と路上の通信を行うこと、収集した交通流のデータから最短経路を探索することなど大まかなアウトラインが科学警察研究所、機械技術研究所等の中で決められており、参加企業はそうしたアウトラインを実現させるための技術的提案をすることになっていた。本プロジェクトの5つのサブシステム(経路誘導サブシステム、走行情報サブシステム、可変情報サブシステム、緊急情報サブシステム、公共車優先サブシステム)の内、公共車優先サブシステムはこの時点で提案され、また、可変情報サブシステムは、研究が始まった後東京大学の猪瀬教授の提案によって付け加えられた。残りの3つのサブシステムは公募前に想定されたものであった。

公募に参加した企業の中でシステムとして大きな比重を占める提案をしたのは日本電装を除いては日立と日本電気であった。この2社は、このシステムの中核ともいえる交通流予測と経路探索の研究を日立がハードを用いて、日本電気がソフトを用いて実施することとなった。

交通流予測と経路探索は本プロジェクトの要素技術の中で最も重要なものであり、1つの方式で研究を進めることは危険が大きかった。また、この要素技術の研究成果は直接本プロジェクト自体の成果に結びつくものであり、少しでも性能の高い方式が望まれる分野であった。公募の段階で日立が交通流予測・経路探索用のハードウェア・シミュレータを研究することを申請し、一方日本電気は、グラフ理論を使用したソフトウェア研究を申請した。上記の理由から両方の申請は受け入れられ、それぞれの企業により並行して研究が行われた。それぞれの研究の評価は科学警察研究所によって行われ、最終的にはソフトを利用した方式が採用された。

路上機器と車載機器との通信方式には大きな障害があった。当時は使用できる電波帯が少く、郵政省の電波規制にかからないような方式を採る必要があった。そのような方式としてはそれほど多くの技術オプションはなく必然的に微弱漏洩電波を使用する方式とミリ波を使用する方式に決まった。微弱電波を使って通信を行う手段として道路にループアンテナを埋設し下から車載機器に電波を発する方法と、ガードレールにフェライトコアコイルアンテナを設置しそこから漏れる電波を使用して通信する方法の2つの方式が同時に研究された。ループアンテナ方式は日本電装、住友電工によって研究され、フェライトコアコイル方式は松下通信工業によって研究された。この2つの研究が同時に行われた理由としては、まず両者の方式でどちらかが非常に優れていればその方式を利用するという目的があった。しかしさらに重要なことは、実際の道路にループアンテナを埋設する許可が取れない場合、ほかの方式を用意する必要があるということであった。またパイロット実験においても2つの通信方式は両方使用され、特にどちらの通信方式に統一するという性質のものではなかった。

また、もう1つ通信方式として研究されていたのはミリ波通信システムであった(日本電気が担当)。60GHz帯のミリ波は、酸素による吸収が強く、電波の到達範囲を限定し易い。この特性を活用すれば電波規制にかからずに大量のデータ通信を行うことができる。通信には道路上にミリ波専用のアンテナを取りつけそこから路上へ電波を送った。通信目的は経路誘導用の信号のやり取りを行うことで、ほかの通信機器と同様である。ミリ波通信システムはシステムの中では必要不可欠といえる技術ではないが、さらに進んだ大容量通信システムとしてオプション的に研究されていたといえる。パイロット実験においても、ほかの通信方式と同様に使用された。ただミリ波方式では専用の車載機を使用する必要があったため、実験車としての互換性はなかった。

本プロジェクトの最初の2年間、上述のような1) - 3)の要素技術の開発が各社持ち帰りの形で行われ、その後約2年半でパイロットシステムを構成するソフトウェア、ハードウェアを製作し、自動車総合管制技術研究組合によって東京都南西部地域の実道路上にパイロットシステムが設置された。最後にこのシステムでの総合実験が行われた。

人的流動性については、それぞれが持ち帰り方式の開発で行われたために、みるべ

きものはなかったともいえる。しかし、プロジェクト前半で各委託先企業による要素技術開発が行われて、後半でシステム構成を作ったのであるが、本プロジェクトのポイントとしてシステムとして組上げられた状態の性能をいかに保証するかということがあった。そのため、その段階で各委託先企業での技術のすり合わせが活発に行われた。その中心となったのが日本電装であったが、このレベルでの研究者間の情報交換は非常に役立ったといわれている。

(5) リーダーシップ

国立の機械技術研究所が通信等の技術面で、科学警察研究所が交通システムについて指導的役割を果たした。また、民間企業では日本電装・トヨタがトータルシステムの詳細設計と基本アルゴリズムに関する研究及びループ通信方式を使用した通信方式、車載機器の研究等重要な研究を担っており、各委託先企業を取りまとめるリーダー的存在であった。

パイロット実験が始まる以前、自動車総合設計センタという任意団体が自動車総合管制技術のトータルシステムを研究するために日本電装を中心にトヨタ・日本電装のグループを始め住友電工、日立、日本電気等が参加して作られていた。パイロット実験に当り実際に実験を運営するためには1企業でもなく国立研究所でもない団体が適切とのことから技術研究組合が作られたが、その母体となったのがこの自動車総合設計センタであった。

(6) 成果

車載機器搭載車の非搭載車に対する走行所要時間についての有利性が基本計画では80%以上と規定されていたが、最終的にパイロットシステムの実験が行われ、それから得られた有利性割合は平均75%で、大きな成果が得られたことになる。しかしながらこの研究が終了したのは1979年であり、まだ本格的なハイウェイシステムの整備が未完成であり、広範囲の交通流の測定のネットワークもほとんど作られておらず、走行所要時間計算の基礎となるデジタル化された地図の整備も全く進んでいないなど、それが実際に導入される社会環境はまだ整っていなかったため、この成果が実用化されるには至らなかった。

本プロジェクトの開発対象の交通流を把握し、混雑をさけて最短時間で走れるルートを見出し、その情報を車に伝え、更にそれを運転者に伝達するという発想は、まさに現在開発とその実用化が着実に進みつつあるITSの基本技術であり、本プロジェクトの成果がようやく日の目を見つつあるといえよう。しかし、現在のITSプロジェクトは、多くの省庁がほとんど関連なくばらばらに進めつつあり、統一されたシステム作りとはなっておらず、非常に問題が多いのは極めて残念なことである。

10. 高温還元ガス利用による直接製鉄

(1973-80年度：研究開発費総額137億円)

(東京大学 児玉文雄研究室)

(平成11年度調査プロジェクト)

(1) 背景

1970年代前半の我が国の産業経済は高度成長期下の最後の時代に当たり、企業活動の国際化の進展等その活力は依然として着実に増大していたが、その一方で1973年秋の石油危機以来、世界的な資源エネルギー需要の拡大とその供給の不安定さの傾向が色濃く現れ始めていた。

鉄鋼産業はエネルギー多消費の産業であり、我が国全体の電気エネルギーの25%を消費していた。前述のようにエネルギーの将来に対して不安があり、何か解決の道がないかという背景があった。一方、原子力から得られる熱をプロセスヒートとして使用できる多目的な原子炉を開発したいというニーズが科学技術庁及び原子力委員会にあった。ただし、通常の軽水炉では蒸気温度が260～330度であり、発電用としては使えるが、プロセスヒートとしては使えないという問題があった。このため1,000度近い高温で出力を得る必要があるが、これが可能な高温ガス炉を開発するためにはユーザが必要であった。そのため、電力事業以外の原子力の需要産業が必要であり、高温領域の熱を使う産業として、鉄鋼が需要家の候補として挙げられたのである。

(2) 目標設定

鉄鋼生産量が伸びていくことを想定すると石油からのエネルギー転換は必要であり、その選択肢として原子力は妥当であった。また、原子力製鉄はまだ実用化されていない技術であり、かつ原子力分野での開発は、民間だけでの開発は不可能であるという考えから、国家の関与が必要であった。そのような意味において、国家プロジェクトとしての妥当性があったと考えられる。通常の軽水炉では蒸気温度が260～330度であり、発電用としては使えるが、プロセスヒートとしては使えないので、原子力を鉄鋼業に適用するために、高温ガス炉の出口温度が1,000度のヘリウムガスを熱媒体にしたエネルギーを製鉄に利用するシステムを開発することが目標であった。

本プロジェクトは、製鉄におけるエネルギー転換が目的であったので、石油危機によって石油価格が高騰し将来のエネルギー動向の予想が、スタート時点と大分様相は変わっていたことで、第一期計画のままで良いのかという疑問があった。そのためエネルギー源を石炭に変更するなど、エネルギーサイドから本プロジェクトの将来を見直す検討は行った。しかし目標値そのものの変更はなかったことから、目標設定の弾力性はあまりみられなかった。

また、ドイツではヘリウムガスを用いた高温ガス炉を開発していたものの、原子力を製鉄に利用することは、世界でまだ行われていない技術であり、フロントランナ型

であったと考えられる。

(3) 開発対象の設定

政策階層性に関しては、鉄鋼業がエネルギー多消費産業であったため、それを解決するという政策目標があったが、一方で科学技術庁においては、高温ガス炉を開発するためにはユーザが必要であり、そのユーザとして鉄鋼業、直接還元製鉄という技術を選択した背景があったため、階層的に政策目標を技術に翻訳するという過程はみられなかった。

第一の開発対象として高温熱交換器があった。一次側ヘリウムが 1,000 、40 気圧の圧力、出力側のヘリウムの二次ループを 900～950 度、圧力は 45 気圧としたときの高温熱交換器の開発が大きな課題であった。1,000 の高温で長い時間、高い圧力に触れる熱交換器は過去に存在しなかったため、その開発が大きな課題であった。

第二の開発対象として超耐熱合金があった。熱交換器及びその周辺、つまりヘリウムに触れる金属の開発が課題であった。高温ヘリウムが金属に接触すると、金属表面に素肌の金属が出てしまうという現象から、そのような素肌の金属が出た状態で金属がいったいどういう挙動を示すかが大きな問題であった。さらには、配管を高い温度、圧力のヘリウムが長時間にわたって流れるので、そのような条件下でヘリウムが流れてもそれに耐え得るような金属の開発が課題であった。それは具体的にはクリープ破壊し難い材料を開発することであった（1 平方ミリ当たり 1 キログラムの張力で 5 万時間、1,000 のヘリウムガスの条件下で耐え得る材料を開発することが目標であった）。

第三の開発対象として還元ガスの製造があった。鉄鉱石を還元するには、通常、水素と一酸化炭素の混合物が還元ガスとして用いられるが、この還元ガスを作る際に、900 から 950 の二次ループヘリウムの熱から還元ガスを作ろうと試みた。通常は水蒸気改質という技術を用い、ナフサやメタンを還元ガス化していたが、本プロジェクトでの新たな試みとして、還元ガスを得る材料として、減圧残渣油を用いた。ナフサやメタンは当時高価であり、採算に合わなかったためであった。また、ヘリウムガスの熱を使って減圧残渣油を分解して還元ガスを作る際に、減圧残渣油、ヘリウムガスの条件によって、一酸化炭素と水素の発生比率を決めているが、この発生比率の調節が大きな課題であった。なぜなら、減圧残渣油は水素含量が少なくそれをガス化することが難しかったためである。

第四の開発対象として還元鉄製造装置があった。鉄鉱石を原子炉の熱を最大限に使って還元する要素技術開発する必要があった。この方式を直接還元と呼び、鉄鉱石を溶鉱炉で溶解させず、700 度から 800 度或いは 1,000 くらいの温度で、鉄を塊のまま水素や一酸化炭素を用いて酸素を抜く技術を採用した。

第五の開発対象としてはこれら全てをトータルシステムとしていかに最適化するか

を研究開発することであった。

(4) 開発の組織と運営及び達成手段の設定

実施企業を主体にして、官と学をいかに組み合わせていくかが課題であった。そのために工業技術院にワーキンググループが置かれ、原子力製鉄技術研究組合（以下技術研究組合と記す）の中で技術を評価するための委員会組織を設け、その中に大学教授や工業技術院傘下研究所の研究者等も加わっていた。

本プロジェクトでは大型プロジェクト始まって以来、初の試みとして技術研究組合方式を採用した。これはプロジェクトのマネジメントを一貫させるためのものであり、実際、マネジメントを一貫させるという目標は果たされ、その後の大型プロジェクトでも、この方式を踏襲して技術研究組合方式が採られるようになった。

また、本プロジェクトにおいて、トータルシステムを担当した組織は大変ユニークなものであった。トータルシステムを扱う組織は、プロジェクト初年度は(社)日本鉄鋼協会(以下鉄鋼協会と記す)が受託して、その中に委員会を作り研究を行っていた。この中に、システムエンジニアリング分科会(原子力製鉄プラントのトータルシステムを最適設計する分科会、S E分科会)とマネジメントアンドコントロール分科会(サブテーマ5つを運営して行くに当たり、そのマネジメントをどうやってやっていけば良いかを検討するために置かれた分科会、M C分科会)が置かれていた。S E分科会では、6年間プラントの設計を行った。そして6年間設計を進めていくためには、どのようなシステム設計プログラムが要るか、システム設計プログラムをどういうステップで開発するかに関してもトータルプランに入れ、見極めをつけた。しかしシステム設計プログラムの見極めができ上がった段階において、果たして委員会形式でやっていけるであろうかという疑問が出てきた。鉄鋼協会には専従研究者がいないため、設計プログラムを使ったシステムの最適化の作業を行うのは難しい。委員会形式では限界があるとの判断から、本プロジェクト発足の翌年の昭和49年から原子力製鉄組合の中に設計を行う部隊を専任で作ろうということで、T S技術室を作り専従者を置いたという経緯がある。

その他のサブシステムに関しては、以下のような組織で開発が進められた。

高温熱交換器(一次ループから二次ループに約1,000 の熱を取り出す): 石川島播磨重工業(株)

還元鉄ガス製造装置(製鉄の還元剤として用いるH、COの混合ガスを製造する): 千代田化工建設(株)

超耐熱合金(1,000 のヘリウムガスに耐え得る合金を開発する): 新日本製鉄(株)、住友金属工業(株)、神戸製鋼所(株)、日立金属(株)、大同特殊鋼(株)、三菱金属中央研究所(株)(73年度~74年度: 3社、75年度~77年度: 6社、78年度: 4社が参加した)

高温断熱材料(1,000 のヘリウムガス、還元ガスなどの雰囲気中で耐熱性が劣化しない):
イソライト・バブコック耐火(株)、東芝セラミックス(株)

還元鉄製造装置(直接製鉄に組み込まれる還元鉄装置の設計を行う):新日本製鉄(株)、
住友金属工業(株)、神戸製鋼所(株)、日立金属(株)、川崎製鉄(株)、日本鋼
管(株)、日新製鋼(株)、三菱重工業(株)からなる8社の連合体が開発実施して
いた。

トータルシステム(これらのプラントのトータルシステムを設計しシミュレートする):
原子力製鉄技術研究組合

(5) リーダーシップ

本プロジェクトでは、発足の際に島田仁研究開発官が強力なPI(プリンシパルイン
ベスティゲータ)の役割を果たした。

また、通省産業省基礎産業局のクローズドシステム調査委員会の委員長だった東京
大学の松下幸雄教授が全体のリーダーとして関わり、松下教授がこのプロジェクト推進
組織の委員長であった。大学の教授方から知恵を拝借する形で評価のための委員会に
関係し、技術的側面においてどちらの担当技術を選択するかなど、ガイダンスでは委
員会の学識経験者等の知恵が有効に活用された。

さらに、超耐熱合金の開発についてはクリーブ試験が必要であったので科学技術庁
金属材料技術研究所がリーダーシップを採った。

(6) 成果

当初原子力製鉄の大型プロジェクトは、製鉄におけるエネルギー多様化の一環とし
て、進められた研究開発であるが、プロジェクトが第一期の要素技術開発の段階で終
了したため、製鉄と原子力とドッキングという次への展開への道は閉ざされた。

また、本プロジェクトで対象となった直接製鉄は、化石燃料を基礎とする限り、現
行の高炉・転炉法より経済性に劣るため、製鉄産業において、その成果を利用する
ということも行われていない。

その他のサブテーマのうち、原子炉との接点となる熱交換器の開発で得られた成果
は、原子力研究所が進めてきた高温ガス炉の開発過程で活用されると共に、平成12
年12月に臨界に達した高温工学試験研究炉の中間熱交換器に採用されている。

石英ガラス系及び繊維状断熱材料は、高温工学試験研究炉及び関連機器に組み込ま
れている。

また、石英ガラス系断熱材は、高温での結晶化を抑制するため、純度を上げる方向
で開発が進められたが、その成果は、半導体の封止材に使われるという波及効果が出
ている。

超耐熱合金に関しては、本プロジェクトの成果を基礎として、原子力研究所において、

より性能のよい合金開発を志向した研究が継続されている。

トータルシステムでは、種々の計算機プログラムを開発したが、そのうちの1つは、広範なプロセスに適用可能なため、製鉄業界がスウェーデンとの国際協力で進めた直接製鉄の評価の際、国より実施権を得て使用されている。

さらに、高温工学試験研究炉計画の次のステップで予定されている水蒸気改質器には、還元ガス製造装置の開発で得られた成果が利用される予定である。

11. 重質油を原料とするオレフィンの製造法

(1975-81年度：研究開発費総額138億円)

(東京大学 児玉文雄研究室)

(平成11年度調査プロジェクト)

(1) 背景

本プロジェクトの前身として、「オレフィン等の新製造法」という国家プロジェクトがあった。このプロジェクトは昭和40年前後の石油化学工業の原料事情からナフサ以外の原料への多様化対策の1つとしてコークス熱媒体法による原油分解法を実用化すべくテストプラントを建設して推進されたものであった。その結果、本プロセス工業化の可能性の把握、スケールアップに必要な技術データの取得に成功したが、昭和47年時点でのナフサと原油の価格差では原油分解の経済的有利性は発揮できないと想定され、原油分解プロジェクトは終了することになった。

このオレフィン等の新製造法プロジェクト終了後、千代田化工、三菱油化の2社はコークス熱媒体法が原油よりも重質油により適性があると着眼した。テストプラントの払い下げを受けて、約2年間減圧残油のような重質油を対象とする研究を実施し、重質油分解への適性、実用化の可能性を把握した。オレフィン等の新製造法プロジェクトの研究成果を利用した成果であり、2社の研究結果は通商産業省側でも報告を受け状況を理解していた。

1973年秋に勃発した中東戦争に端を発しての第1次石油危機によって石油化学原料であるナフサが量的にも價格的にも極めて不安定となったため、ナフサに依存しないで済み、かつ供給余力のある減圧残油のような重質油の石油化学原料化が、国側でも産業側でも強く期待されるようになった。

そこで、改めて大型プロジェクトに取り上げて欲しいとする産業側の要望と、国家的見地からも開発を推進すべきという通商産業省側の考えが一致し、1975年度から「重質油を原料とするオレフィンの製造法」として大型プロジェクトとしての再出発がなされた。

(2) 目標設定

本プロジェクトの目的は重質油からオレフィンを作ることであったが、従来のナフサからの製造に比べ、重質油は炭素分が多くコーキング(煤が管に付着すること)しやすいためナフサの場合の管式熱分解では無理であった。そこで、本プロジェクトの前身であるオレフィン等の製造法プロジェクトで得られたコークス熱媒体法の技術をスケールアップし、ほぼ実用プラントに匹敵する規模のパイロットプラント(原油処理量120トン/日程度)として運転することが目標となった。プラントの運転コストなどを考えた結果、従来のナフサを原料とするプラントの連続運転時間に匹敵する1,000時間以上の連続運転が目標となった。

目標の性格は、ステージで見ると開発・実用化段階であり、この方式で実用化段階

にあったのは我が国だけでありフロントランナ型であるといえる。また、石油危機に対応したニーズプル型といえる。

(3) 開発対象の設定

本プロジェクトのコークス熱媒体法は、コーキング対策のために流動層としてコークスの粒子を循環させてそこに煤を付着させてそれを燃やして取り除くという極めてユニークな方法を用いた。コーキングした炭素粒子は玉ねぎの皮のように層状になっていて、コーキングした1層を燃やすことによって、それが重質油の熱分解の燃料にもなっていた。また、当初、デコーキングのためプラントを停止し、プラントを分解した上で、金槌で叩いて、付着した煤を取り除いていた。そこで、原料を反応塔に入れて運転したまま、スチームでクリーニングする方法を開発した。また、いかにデコーキングしないですむ反応条件を見つけるかということが1つの鍵であり、様々な反応条件で研究が行われた。その結果、管の中にコークスが着くと反応塔の圧力が高くなることが判明し、逆に圧力を見ればデコーキングを行うべき時期を判定できるようになった。また、一方で、あまりコーキングしにくい反応条件にしてしまうと炉が磨耗して痛みやすい、熱分解反応はやはり反応温度が重要であるなどの知見等が得られた。このような研究努力の結果、プラントの連続運転時間を伸ばすことが可能になり、本プロジェクトの目標であった1,000時間以上の連続運転が可能になった。

本プロジェクトは、前プロジェクトにおいて、テストプラントの常温模型プラント、テストプラントの実験プラント、パイロットプラントの常温模型プラントまで行っていたため、パイロットプラントの実用プラントを建設した最終段階にあったととらえることができる。また、ほかの技術オプションとしては、本プロジェクト終了2年前にC1化学という別の方式による重質油、石炭、天然ガスを化学原料化するプロジェクトが行われた。

(4) 開発の組織と運営及び達成手段の設定

本プロジェクトは、三菱油化(株)の鹿島工場に敷地を確保して、プラントを建設した集中方式であった。このパイロットプラントは、1977年度に着工され、79年10月に完成し、80、81年度に低硫黄C重油、高硫黄C重油、減圧残油の3種類の原料油を使用して本格的な運転研究を実施し、目標であった分解装置の1,000時間以上の連続運転を達成し、実用プラントの建設及び運転に必要なデータを蓄積した。参加企業は、三菱油化、千代田化工、出光興産、昭和電工、住友化学、東洋曹達の計6社であり、技術研究組合方式を採用した。研究人員は総勢80名を越えるものであった。研究スタッフ数は各社均等であったが、パイロットプラントの運転スタッフ及び運転員は、鹿島のコンビナート内であること、事故時の対応等のいろいろな問題にほかのプラントと同様に対処しなければならないため、参加企業各社からの混成では難しいと考え、三菱油化が行うことになった。本プロジェクトのパイロットプラントのような大規模な石油化学の実験プラントは火災等の危険性や、窒素酸化物や硫黄酸化物の副生に伴う環境負荷も大きく、そのよう

なことも考慮に入れる必要があったため、運転条件や研究計画等小さな変更は鹿島の研究所で決定した。また、研究計画の大きな変更は研究開発運営委員会まで持っていく、参加企業、通商産業省及び大学の関係者からなる委員会で決定された。

一方、本プロジェクトの前身であるオレフィン等の新製造法プロジェクトでは、技術シーズは大学の研究室にあり東京大学の国井教授、功刀教授がプロジェクト開発に大きな役割を持っていたが、それに較べ、本プロジェクトでは応用技術として、獲得され実用化を目的としたスケールアップが課題であったので、大学の役割は助言を与える程度のものであった。

本プロジェクトのように、開発段階のプロジェクトでは一企業ではできない大規模研究開発を国家的な協力体制で行う必要があり、技術研究組合体制によって企業の力を引き出そうとしたのは適切であったといえる。

(5) リーダーシップ

石油危機という状況の下、以前の大型プロジェクトで行われていたコークス熱媒体法による重質油分解の技術開発を大型プロジェクトとして再開させる必要に応じて、予算の獲得、準備のために通商産業省の平松博久氏がリーダーとして奔走した。

また、本プロジェクトは技術研究組合方式を用いたので、研究組合の専務理事が名目上の研究のリーダーであったが、実際にはプロジェクトが開発段階にあり、研究開発上の多くの決定は鹿島にある研究所で決める必要があったため、鹿島研究所の次長の久保春雄氏が参加企業の意見の調整役として実質的なリーダーであった。

(6) 成果

本プロジェクトの目標であった重質油を原料とするコークス熱媒体法の120トン/日の大型プラントで、1,000時間以上の連続運転を行うことができ、コークス熱分解法の実用レベルのプラント運転が可能であることが実証できた。

しかし、コークス熱分解法自体はその後の石油需要の緩和でこの技術が実用化されたということとはなかった。本当に石油が枯渇した場合等、本プロジェクトの方法が将来的には必要となる可能性は大いにある。今回のプロジェクトの研究結果はデータとしてきちんと残されているが、この技術自体のノウハウを持った技術者の高齢化に伴い、データのみから直ちに実用化することは難しい面もあるが、10数年で獲得した技術によって、2、3年で日産数万トンのコマーシャルプラントに近いものが直接作れるであろう。今後、原油価格が上がれば、ナフサと重質油との価格差も拡大し、経済的にも本技術が有利になる時期が来る可能性がある。

また、本プロジェクトで進歩したコーキングやデコーキングなどの考え方は、もともとナフサ分解時にもあった現象であり、本プロジェクトで得られたデコーキングの技術は部分的には応用されている。

12. 資源再生利用技術システム

(第1期 1973-75年度：研究開発費総額 13 億円、
第2期 1976-1982年度：研究開発費総額 113 億円)
(早稲田大学大学院 東出浩教研究室)
(平成11年度調査プロジェクト)

(1) 背景

1971年の東京都における「ごみ戦争宣言」にみられるように、大量生産、大量消費を背景としたごみ問題は、急激な都市化と共に重要な社会問題となりつつあった。

1970年の米国EPAによる連邦政府主導の資源再生法（資源回収法：“The Resource Recovery Act”）の施行状況が1972年に報告され、その結果、廃棄物の資源化処理の研究開発のうち、要素技術の開発が大型プロジェクトに準じた方法で第1期計画として1973年度から3年間実施された。

また、資源のほとんどを諸外国に頼る我が国においては、石油輸出国機構が引き起こしたいわゆる“オイルショック”により、産業発展を妨げる資源枯渇の問題に直面することとなった。

このような社会的事象を背景として、産業活動の結果生じるごみについて、資源の有効利用の観点から、従来厚生省の衛生行政として位置づけられ、主に焼却・埋立により処理する方法がとられていたごみ処理問題を、大型プロジェクト制度の1テーマ「資源再生利用技術システム（第1期計画）」として、1976年研究開発を実施した。

(2) 目標設定

本プロジェクトは、従来の処理法である焼却、埋立から転換し、ごみの再資源化による再利用を試みたものである。公害問題の解決のみならず、ごみの再資源化は少資源国日本の産業発展に寄与するという大きな理想の下に、資源再利用技術システムというトータルなシステム構築を目標とした。

本プロジェクトの目標は、技術的、社会的革新性の実現と市場性、経済性に耐えうるリサイクル製品の社会還元であった。

現在広く行われている分別収集が浸透する以前の当時の状況では、基本的には「ごみはまとめて出されてしまう」ことが大前提になっていた。そのためこの資源再利用システムでは、まずまとめて出されるごみの分別を行う新しいシステム技術の開発が必要とされた。

(3) 開発対象の設定

第1期計画はトータルシステム構築に必要な要素技術として、ごみの破碎・分別・熱分解・油化といったシステム構成技術開発を設定して、それぞれ民間企業に委託し

た。ごみの処理については、ごみ自体が国ごと、文化ごとそれぞれが特徴を持っているため、第一期の要素技術開発には、単なる従来の様々な技術の応用はできなかった。ごみの性質に応じて技術を改良しなければならず、そのために様々な試行錯誤が繰り返された。

第一期計画は第一期計画の成果を評価した上で、資源再生利用を目指した都市固形廃棄物処理の技術システムの開発を行うこととした。物質資源への再生を主とするものと、エネルギー資源への再生を主とするもののプロトタイプの技術システムについて、パイロットプラント（処理量 100t/日程度）を設計、建設し、その長期運転を通じて実用プラントの設計、建設、運転に必要な技術を確認すると共に、それに必要な付帯的研究を行うこととした。

(4) 開発の組織と運営及び達成手段の設定

本プロジェクトは通商産業省工業技術院が中心となり、工業技術院の公害資源研究所、化学技術研究所、北海道工業開発試験所、四国工業技術試験所を中核として、産業技術審議会大型技術開発部資源再生分科会、大型工業技術研究開発連絡会議及びその下部に7つのワーキンググループが組織され、定期会合による研究及び検討の調整が図られた。

研究開発の実施段階で、特にパイロットプラントによる研究開発が民間企業等9社に委託されると共に、付帯する支援技術は工業技術院の4試験研究所と研究機関・学術機関から広く人材を集めることを目的とした、(財)日本産業技術振興協会に委託された。

特にパイロットプラントによる研究開発では、横浜市（環境事業局）と東京都（清掃局）が参加し、パイロットプラント用地の提供、原料ごみの供給等、委託された民間企業の開発技術の実証試験の場を提供した。

また、民間企業9社への委託形式をとったため、各社間の連絡・調整を行い、各サブシステムの原料ごみの受け入れなどの環境条件、システム設計の研究等の研究開発に必要な事項を検討する場として、各社の合議制による任意の研究会を設け、整合のとれた研究開発の実施に努めた。

(5) リーダーシップ

本プロジェクトにおいては、ごみ処理とごみの再資源化という、社会的、経済的、文化的事情で国家や地域によって性質が大きく異なるごみを扱ったため、諸外国からの技術の応用や従来の技術の単純な発展を促すだけでは目的を達することはできなかった。国策として産業振興を下支えする資源再生利用技術システムの開発では、工業技術院で本プロジェクトを引き継いだ代々の研究開発官の役割が重要であった。

最初の要素技術の開発からパイロットプラントの運営とデモンストレーション、そして再生製品の市場性、経済性の検討全てが、参加した民間企業も研究機関も未知の領域での試みであった。その成果の評価においては、革新的な要素技術に対するスケールアップの研究の必要性検討や社会システムへの適合性の評価等、トータルシステム構築に欠かせない検討及び評価段階で、工業技術院の研究開発官が果たした役割は大きかった。

民間企業では、三菱重工が第一期の計画段階から本プロジェクトへの参加及び提案を行った。このため同社は社内の各部署の人材と技術を結集し、プロジェクト組織を編成し、プロジェクトリーダーがごみ処理・再資源化という初めてのプロジェクトに対して従来技術の応用と最新技術の開発に注目して、提案をまとめあげた。

(6) 成果

現在であれば「環境問題」として評価されるコンセプトを持った本プロジェクトは、その発足当時のごみ処理と再資源化という発展する日本経済がもたらした社会問題の解決という以上の意味を見出した者は少なかったのかもしれない。

実際、本プロジェクトを通じて作られた再生品は、当時の純正工業品に比べてコストが高く、例えば価格が高いものでも再生製品を使うといったような社会の環境保護意識の欠如から、市場においては全く評価されなかった。

しかし、ごみ問題という諸外国を参考にはできない我が国の経済的、社会的、文化的問題をテーマに、民間を始め、研究機関等がその先端技術を結集し、また従来技術を応用改善して挑んだテーマの成果は、現在の環境問題への意識の高まりを実感するにあたり、十分活かされていると感じている。

最も顕著であるのは、当時から自治体の実証プラントに参加し、企業に技術の実験の場を与えたことと、その後本プロジェクトに携わった人材が、現在の環境をテーマに扱う技術、経営、社会、教育の各分野で指導的役割を果たしているという事実である。

当時分別されず大量に排出されるごみを処理することは、非常な困難を極めた。だからこそ、この時点で大量に排出されるごみを分別し再生資源として再利用することを目的とした本プロジェクトは重要な意味を持つ。本プロジェクトで研究開発され、実証実験まで行われた成果は、参加企業の当該技術分野のポテンシャルが大きく向上したこと、資源再利用と焼却技術の融合が図られ、ガス化溶融炉等現在に繋がるものとなっているなど、現在の環境保護対策やリサイクル技術の先駆的役割を果たしたものと考えられる。

13. 海底石油生産システム

(1978-84 年度：研究開発費総額 170 億円)

(東京大学 丹羽清研究室)

(平成11年度調査プロジェクト)

(1) 背景

昭和30年代、石炭から石油・天然ガスへとエネルギーの主流が移っていくと共に、鉄鋼業等の製造業の巨大化とそれを支えるエネルギー需要が急速に増大していった。一方で、当時石油供給源の海外依存度は高いままであったため、十分な石油資源を確保するためには、自国における生産が必要であると同時に、石油探鉱・掘削・生産技術を開発し海外に対するバーゲニングパワーを確保する必要があった。

また、我が国でも新潟や秋田等で細々と石油の生産が進められていたが、生産量を上げるためには、浅海からより深い海中へと開発の範囲を広げる必要があった。世界的にみても、新たに発見される石油資源の大半は陸上から浅海へと移りつつあり、更に深海の開発が必要とされていた。一方で、従来のプラットホーム型による開発には水深の面で限界があり、新たな技術が必要とされていた。本プロジェクト以前にも、同様の構想に基づき、先進的な石油開発技術の開発を目的とした大深度遠隔操作海底石油掘削装置の研究開発プロジェクトが存在した。海底石油生産システムプロジェクトでは、大深度掘削装置プロジェクトでの貴重な経験を基に、単一の装置ではなく、石油生産システムの構築を目指し、製造企業だけではなく、石油開発会社を開発チームに加えた。

(2) 目標設定

本プロジェクトは、「海底石油生産システム」の開発を目的としており、水深300m以深における海底石油生産に有効で、我が国周辺の大陸棚や大陸斜面の海域において適用可能なシステムの構築が目標である。具体的には、

- 1) 水深 300m 以深の海域において、十分な安全性、信頼性及び耐久性を有し、かつ、経済的に石油、天然ガスの生産が可能なものであること。
- 2) 海底設置作業及びシステム全体の保守・修理作業は、ダイバによる潜水作業に依存することなく、かつ、比較的容易に行えるものであること。
- 3) 漁業との調和及び環境の保全が図られるものであること。
- 4) 各サブシステムの組合せによって、海象条件、油層条件、地理的条件等、条件の異なる多くの海底油田の開発に適用できるものであること。

である。

本プロジェクトは、「海底石油生産システム」の開発を目的としているが、

- 1) 国家のエネルギー政策上重要な課題であること。
- 2) 当時、世界にはExxon社のシステムしか存在していない、先進的な目標であること。

- 3) システムが大規模で単一の会社による開発が難しいこと。
- 4) 開発目標が設定可能(Exxon社の例が存在)で、達成可能であること。
- 5) 石油生産に関する知見が大学、企業、通商産業省と多くのところに分散して存在し、それらを結集する必要があったこと。

などを考えると、大型プロジェクトとして採用することは非常に妥当な選択であったといえる。しかしながら、世界にほとんど類がないという先駆的な取り組みが、本当に当時の我が国の企業で実現可能だったかどうかは今となっては判断が難しいところである。

さて、技術研究組合海底石油生産システム研究所(以下、SPS研究所とする)の目標は「海底石油生産システムの構築」であったが、海底石油生産システムに関係した海洋開発室、石油部開発課、参加企業にはそれぞれ別の目論見があったと考えられる。整理すると、

- 1) 海洋開発室の目標：海洋、海中、海底における操業技術等の研究開発
- 2) 石油部開発課の目標：我が国の石油開発技術の高度化、海底での石油生産技術の確保
- 3) SPS研究所の目標：海底石油生産システムの構築
- 4) SPS研究所参加企業の目標：自社技術の効率的な開発

となる。ただし、石油部開発課としてはセミサブマージナル型の掘削装置を推進していたという経緯もあり、各参加主体の本当の思惑がどうであったかは、より詳細な検討が必要であろう。

既にExxon社等が技術開発をしていた点を考えると、開発目標の設定自体は、キャッチアップ型であるが、全没式のシステムを開発するという意味では、フロントランナ型の開発であるといえる。また、目標のレベルの高さからいっても、基礎技術の開発は不可欠であり、システムの構築という観点でいうと、開発段階であるともいえる。基礎でも応用でも開発でもあるという性格を併せ持ったプロジェクトであったといえるだろう。

「石油開発」の観点からは

- 1) 原油自給率の向上
- 2) 海外鉱区の取得及び国内鉱区の開発
- 3) 自主開発技術の獲得
- 4) コスト、性能面の追求
- 5) 海底設置型生産システムの開発
- 6) となり、また「海洋開発」の観点からは
- 7) 多くの分野における海洋開発の促進
- 8) 多くの分野を惹きつけ巻き込む中核的テーマの設定
- 9) 海洋における複合的かつ革新的なシステムの開発
- 10) 石油生産システムの開発

となる。

大型プロジェクトの内部における技術オプション多元性はみられなかったが、石油公団は掘削装置としてセミサブマージナル型装置の開発を推進していた。また、海底設置型ではないシステムの実用化をしていた。これらは石油開発の観点ではプログラム多元性ととらえることができる。

(3) 開発対象の設定

初めにトータルシステムの概念設計を行い、この段階で目標数値を明確化した。それに基づき、地下の油層から海底まで原油を運び揚げ、その流量を調整する坑口装置、運び揚げた原油を海底で輸送するためのパイプライン装置、運び揚げた状態の原油を海底で集約し全体の流量を調整するマニホールド装置、海底まで運び揚げた原油を海上まで垂直に運び揚げ貯えるライザ・貯油装置の4つのシステムについて設計し、要素レベルでの基礎研究を行うと同時に、実験装置を試作し、基本機能を確認する実験が行われた。トータルシステムは、原油生産に関するほとんどすべての作業を海底で行い、できあがった原油を海上へ運び揚げるという方式である。システム全体ではなく、各要素技術が独立して使えることを目標にしていた(これは、油田の状況が多様であり、それに応じた掘削システムを考える必要があるから)ため、このような要素技術レベルでの機能の確認が行われた。また、各要素技術については、それぞれある特定分野の技術力を持った企業が担当した。

次に、海底石油生産システムを操業するために必要なシステム運転技術、生産管理技術、安全管理技術、保守・修理技術等の開発が行われた。これは、当時我が国には生産管理や生産システム運用の技術がなかったため、トータルシステム作業部会においてその面の開発が重要な課題とされていた。

これらを基礎として、陸上実験、海洋総合実験が行われ、それぞれの機能が確認された。

目標設定の段階で海底での石油生産システムということが決まっていたため、多元性はほとんどなかったといえる。特に、深海という前提では、当時のプラットフォーム型やセミサブマージナル型の限界の予測や、我が国近海での開発を考えた場合の漁業への影響、公害対策等から考えても、必然的な選択であったといえよう。

(4) 開発の組織と運営及び達成手段の設定

民間企業18社から成る技術研究組合SPS研究所を作り、研究開発を推進した。基本的には、民間企業、特に製造企業それぞれの要素技術開発と石油開発会社の運用技術開発という2つの柱を中心として成立している。これは大深度掘削装置プロジェクト(1970-75年度)の失敗の反省から、製造企業だけではなく、ユーザである石油開発会社を入れた形での構成が要求されたからである。企業については、公募はされたが、それまでのフィージビリティスタディに加わっていた企業を中心に構成された。

当時アラビア石油の顧問であった鼠入氏を理事長とし、開発のリーダーとした。ユーザを入れることで、単なる要素技術の開発ではなく、トータルシステムの概念設計という部分が重要な位置を占めることとなった。このグループではアラビア石油が中心となって作業が進められた。研究資金は各サブシステム参加企業の経験に基づき、各システム間であまり差がないように配慮されて配分された。また、大学は論文のサーベイなどの情報ソースとなり、アドバイザリーボード的な役割を果たした。官である機械技術研究所はマニホールドカプセルのドッキングやパイプラインの小さい傷を発見するシステムの2つの要素技術で貢献した。

海底石油生産システムの研究開発では、要素技術は持ち帰り型で、設計、基本機能の確認がなされ、海洋総合実験においてそれらを集中し試験をするという方式が採られた。

SPS研究所への参加企業は以下のとおりである。計18社（ は世話役の企業）

トータルシステム： アラビア石油、出光石油、インドネシア石油、石油資源開発、
帝国石油、東芝、日本オイルエンジニアリングの計7社
坑口システム： 石川島播磨重工、神戸製鋼の計2社
パイプライン： 新日鉄、小松製作所、住友電工、日本鋼管の計4社
マニホールド： 三菱重工、日立造船、川崎製鉄の計3社
ライザ・貯油： 三井造船、住友重機械の計2社

海洋総合実験では、まずSPS研究所内に実験本部が組織され、その下にそれぞれの実験項目ごとに実験班が組織され、それぞれに班長が指名され(それぞれ企業から派遣された人間である)、その実験に関する責任を負った。

(5) リーダーシップ

研究の実質的な推進は技術研究組合で行われていたため、研究開発のリーダーは理事長の鼠入氏であった。当時の石油業界、特に石油開発業界においてプロジェクトのリーダーとしてふさわしい人物は鼠入氏を置いてないとされていた。

一方で、官のリーダーである研究開発官は、申請された研究開発内容、予算の使い方等の検討、チェックの役割を果たした。また、石油特別会計からの出資という形にして、研究費を取り易くした。結果として、予算 約150億円のところ決算 約170億円となった。

しかし、海底石油生産システムの研究開発に対しては、それぞれがリーダーという役割をもっていながら、研究開発官とSPS研究所の間で、相当の温度差があったようである。結果として、SPS研究所側の人間のリーダーシップが研究開発の推進に大きな役割を果たすことになったようである。

実際の研究開発の推進という意味では、各部会で世話役となる企業がその作業部会のリーダーとなっていて、その企業から出てきた研究者がリーダーシップをとっていた。特に実験においては、研究所内に実験本部を設置し、その下に実験班を組織し、実験班ごとに班長(参加企業からの出向者)を指名し、実験に関する権限をその班長に持たせた

め、班長が大きな役割を果たしていた。

このことから、SPS研究所では鼠入氏という全体の精神的リーダーシップがあると同時に、組織的にリーダーシップを発揮する体制が整っていたのではないかと考えられる。本プロジェクトでは、プロジェクトの初期構想と実際の研究開発が分離しており、研究開発の原動力がその2つのフェーズ間で途切れる可能性もあったが、

- 1) 初期構想と研究開発で参加企業は共通していること、
- 2) 鼠入氏という精神的なリーダーの存在、
- 3) 組織的なリーダーシップの発揮、

という要因が重なり、構想と実施の間で適度な情報の伝達ができ、実施段階での研究開発の原動力になったと考えられる。

(6) 成果

海洋総合実験も無事に実施され、成果としては、水深50mでの海水による運用実験、特に、海中でのプラント同士の接続実験等の技術が確立された。

しかし、このような形式の海底石油生産システムは、現在となっても実用化されていない。この背景には、

- 1) セミサブマージナルタイプの掘削装置の技術開発が進み、比較的深い地域で石油生産が可能になったこと。(石油公団もこの形を基本に開発を進めていた)
- 2) この実験は、数値的にも陸上実験においても300m以深を想定されているが、実際の油田を用いた実験ではないこと。
- 3) 実際には、水深50m程度での実験しか行われていないことから、現実の石油プラントで使用した場合の信頼性が全く未知数であること。
- 4) このようなシステムを我が国の開発会社が採用しなかったこと。

が大きな理由として挙げられる。

一方で、各要素技術をみれば、石油生産システムではないが実用化された部分は存在している。

国家プロジェクトとして取り上げたことを考えると、海洋、海中での技術開発という意味では効果があり、日本企業の石油生産技術の進歩という意味でみると効果があったといえるであろう。一方で、石油生産システムの実用化という意味では、大きな疑問が残る。本プロジェクトを単純な技術開発としてみた場合、170億円の投資が妥当かどうかを判断することは難しいといわざるを得ない。

14. 光応用計測制御システム

(1979-85 年度：研究開発費総額 157 億円)

(東京工業大学 渡辺千仞研究室)

(平成 11 年度調査プロジェクト)

(1) 背景

エレクトロニクスによる情報の伝送計測制御技術は、情報の伝送容量、施設スペース、耐電磁誘導雑音、耐環境性の点でほぼ限界に達しており、これ以上の情報の増加には対処できない状況になりつつあった。

当時、ネットワーク状のファイバと多数の光素子を含む高度な光応用計測制御システムの開発を可能にする基本技術が生まれつつあった。このようなシステムの中核技術となるオプトエレクトロニクスは、単に電子技術と光技術を結合させただけにとどまらず、従来のエレクトロニクス技術を凌駕する新しい情報処理技術への展開が期待される重要技術であり、その開発には多額の資金と長期の研究開発を要すると考えられていた。

当時の光ファイバの技術水準は実用化段階¹、半導体レーザは基礎確立²の段階にあり、社会的ニーズとしては高度情報化社会に対応するために通信(伝送計測制御技術)の高速化・大容量化・分散化への対応、産業面でのニーズとしては高速・大容量情報の伝送、プラント内の悪環境にも耐える安定的な計測制御システムなどの実現が求められており、光ファイバ応用センサ、機能レーザなどの開発を目標とした。

(2) 目標設定

目標は、電子技術総合研究所のプロジェクトマネージャ(島田潤一氏)が中心となって、開発官室・民間企業のインタラクションの中で策定されたが、きっかけは電子技術総合研究所の桜井健二郎氏であった。

大規模プラントなど一定区域内で発生する画像処理を含む温度、圧力、流量、成分等プロセス情報を、電磁誘導、可燃性ガスなどが混在する悪影響下で光技術を使って、安全・安定に計測し、伝送・制御が可能な計測制御システムの実用化に必要な技術を確立することを目的とした。

基盤技術が整備された光ファイバや半導体レーザを使用したシステムを構築するほか、画期的な光電子集積回路(OEIC)という新しい発想のICの開発を付け加えた。また、要素技術の確立を最重要課題としたため、確固とした実証システムを意図しな

¹ 1970年にコーニングによって実用化技術確立し、通商産業省補助金やコーニングのライセンスング、電電公社の研究開発によりプロジェクト前後では実用段階

² パターン大型プロジェクトで信頼性が確立した。高機能レーザは米国で試作した。

いキット方式³を導入した。

サブシステムは情報別サブシステムに再編したが、内容が類似していると大蔵省に指摘されプロジェクトの成立が1年遅れた。主要委託先である5社の得意分野等を意識したテーマを策定し、企業の参加を促した。

研究開発基本計画は、1979年10月5日に策定、1985年4月5日に一部改定された。研究開発期間は1979年度から8年間の計画であったが、後発プロジェクトがインターオペラビリティの高いものであったため、1年間短縮された。

本プロジェクトの進め方は、技術によってタイムスケジュールが異なる。

実証システムの研究	1980 ~ 85年
光技術応用のための確認実験	1983 ~ 85年
機能別サブシステムの研究	1980 ~ 83年
光要素技術の研究	1979 ~ 85年

研究開発費総額は約157億円で、次世代産業基盤技術開発制度の発足、臨時行政調査会による財政圧縮方針の実行によって予算が枯渇したため、石油特別会計を導入した。このため、当初予定していた鉄鋼プラントでの実証を石油プラントに変更した。

(3) 開発対象の設定

「プラント等での画像情報等のプロセス情報を、劣悪な環境下で安定的に管理できる計測制御システム実用化の技術確立」(基本計画)という目標を達成するため、光を利用して、安全で信頼性の高い計測を行う技術
光を媒体として、情報及びエネルギーの伝送を行う技術
光を担体とする情報制御技術、光でエネルギーの制御を行う技術
上記技術を組合せ、多様な情報を計測し、伝送、制御することを可能にしたシステムの研究開発を行うこととした。

光技術の確立を最重要課題としているため、要素技術開発が中心となったが、基礎が確立された技術の研究開発である。半導体レーザは高機能化を、光ファイバはセンサなどに応用する研究を行った。また、点と点を結ぶネットワークから、「もち焼き網」のような光ファイバのネットワークシステムを開発した。これを実現するためにはOEICが不可欠であった。基礎が未確立の技術の研究開発であるOEIC実現については、結晶成長技術、デバイスプロセス技術、評価技術等の基盤技術の拡充を図ることとした。

特に機能別サブシステムについては主要委託先に配慮した開発対象の設定にした。

実証システム(トータルシステム)は、基本計画時には鉄鋼プラントでの運用を意図していたが、石油特別会計導入により日本鉱業(現ジャパンエナジー)の水島精油所

³ 複数のサブシステムを結びつけることによって、トータルシステム(実証システム)を構築する方法

で試験運用された。実証後、運用先のフォローアップはあったが、コストパフォーマンスに問題があったため、撤去された。

(4) 開発組織の運営と達成手段

通商産業省工業技術院研究官室及び電子技術総合研究所と民間サイドの電機・電線・計測器等のメーカ 14 社、財団法人光産業技術振興協会によって設立された光応用システム技術研究組合により、官民一体の研究開発体制をとった。本プロジェクトのマネジメントは非公式な立場で島田潤一氏を中心として行われた。

電子技術総合研究所は、所内にて研究テーマを公募し、それを選定・委任する形で長期的開発が必要な光素子技術と OEIC を中心に開発を行った。また、要員を研究開発官室や光技術振興協会に出向させ、本プロジェクトのマネジメントを支援した。

受託企業は、各社の研究所⁴が中心となって研究を実施した。例えば、日立製作所の場合、委託研究は中央研究所、実証研究は光推進本部で行い、共同研究には延べ 10 人程度が集中研に出向した。

OEIC に不可欠なガリウム砒素結晶基盤、エピタキシャル膜成長等のデバイスプロセス技術、結晶・デバイス評価技術等の研究開発を効率的に実施するために高額な設備費負担の軽減を狙いとして、光技術共同研究所が光応用システム技術研究組合(1981 年 1 月設立)によって 1981 年 10 月に設立され、6 研究室で延べ 236 人が研究に従事(1972 年度以後定常的に 50 人前後)した。

また、一貫したプロジェクトリーダーによる研究開発マネジメントが行われた。特に、光技術共同研究所においては、競合会社との協調研究推進と若く有能な研究者(人材の入れ替えも行う)による研究体制の確保を図り、優れた研究成果を排出した。その際、研究者の出戻り問題があるため 2-3 年で戻るようしたり、本プロジェクト参加企業以外の出向は、一度参加企業へ出向した後に研究に参加するようにするなど、室長がマネジメントした。

(例) 三菱金属(現三菱マテリアル)、三菱モンサント(現三菱化学) 三菱電機 共同研
日立電線 日立製作所 共同研

実証システムではクリームスキミングが起こらないよう、公平なマネジメントを実施した。

(5) リーダーシップ

運営面では、電子技術総合研究所の桜井健二郎氏や島田潤一氏が中心となった。特

⁴ 富士通(株)は研究所を「富士通研究所」に分社化、また富士電機は研究開発子会社の「富士電機総合研究所」が参加するなどの特殊な例がある

に桜井氏は工業技術院の瀬戸屋氏と共に「光技術振興協会」を設立するなど光技術の振興に尽力した。

技術面では、光技術共同研究所の林巖雄氏（世界初 k 半導体レーザ製作）及び各室長、また参加企業の部長クラスの研究者がリーダーシップを発揮した。

(6) 成果

大きな成果としては、我が国の光産業を世界のトップレベルに引き上げた。2000 年度の光産業の国内生産額(予測)は 7 兆 5,170 億円と初めて 7 兆円の大台に乗っている。

日本自転車振興会の資金を導入して、「光技術振興協会」を設立し、技術研究組合の短所であるプロジェクト後の研究の分散を回避させ、その後の産業育成にも貢献した。これにより、光技術共同研究所で開発したウェハは「科学技術用高速計算システムの研究開発」で利用され、また大型プロジェクト制度史上 1 位の特許、研究論文⁵数を誇る。

研究界に対する成果として、光デバイス・スイッチ素子と電気素子を 1 チップ化する OEIC の考案によって我が国が発信した研究トレンドを作った。これにより、「OEIC」という名のセッションが国際会議でも登場した。また、光ファイバ応用センサの研究が盛んとなり、これを契機として国際会議も開催された。

産業界に対する成果としては、可視光半導体レーザの開発によって産業全体のレーザ開発を活発化した。赤色レーザの研究開発（CD (Compact Disc) 等の開発につながった）高出力半導体レーザ、ガリウム砒素結晶の商業化への貢献（共同研で確立した組成制御、均一化等を利用し、日立電線が商業化に成功している⁶）、光ファイバ製造技術向上（強度の向上）、高速光源の技術の確立、半導体技術（FET⁷ 技術）の確立、デジタル多重化光伝送技術確立による光画像伝送装置、高速光 LAN (Local Area Network)の製品化等、産業全体に対する波及効果が大きかったと考えられる。

ただし、その後のフォローアップがなかったため、研究や産業が停滞し、米国によるガリウム砒素結晶技術の育成等によって我が国企業の競争力は減退した。

受託先が行った研究開発による特許が国有化されたため、受託先のインセンティブが低下した。また、受託先の並行研究によって創出された特許として報告されている。

⁵ 国内特許 490 件(電子技術総合研究所 38 組合 452)、実用新案 19 件、海外特許 8 件、研究論文の総数 1,789 件 (電子技術総合研究所 497 組合 1,292)

⁶ 商業化の成功には、自社開発による大型結晶製造法の確立や単なる結晶製造からエピタキシャル膜を付与したウェーハなどに展開するなどの努力が重要であった。

⁷ 電界効果型トランジスタの略

15. 一酸化炭素等を原料とする基礎化学品の製造法

(1980-86年度：研究開発費総額約105億円)

(東京大学 児玉文雄研究室)

(平成10年度調査プロジェクト)

(1) 背景

我が国の石油化学工業は、石油を分離して得られるナフサを原料として、エチレン、プロピレンなどの中間製品を経て、合成樹脂、合成ゴム、合成繊維等国民生活上或いは産業活動上必要不可欠な基礎化学品を供給している。1973年の第1次石油危機、1978年の第2次石油危機により、石油価格が高騰し、石油が入手不可能になると産業そのものがなくなってしまうという危機感があった。そこで、シー・ワン(C1)化学という石油以外の炭素資源であり量的にも豊富な石炭、天然ガス、オイルシェール、タールサンドなどをガス化して、反応性に富む一酸化炭素と水素に変換し、これ原料としてエチレングリコール、エタノール、酢酸、炭化水素(エチレン、プロピレン)等の基礎化学品を得ようとするもので、石油以外の炭素源へ抜本的に原料転換を図る技術が求められたのである。

当時の石油化学業界は、石油の価格高騰や枯渇の問題は産業の死活問題で、化学原料の石油からほかの炭素資源への原料転換を目指しており、かなりの危機感をもってこのプロジェクトに取り組もうとしていた。

政策の多元性という点でみると、石油危機による炭素資源の枯渇は、化学原料というだけでなく、エネルギーという観点からも重大な問題であった。工業技術院では、別のプロジェクトとして「サンシャイン計画」が実施されていた。これは、電力供給を石油を中心とした火力から原子力に中心を移し、更に不足部分を地熱、太陽エネルギー、石炭ガス化、液化等ほかの方法に燃料転換をして行くための技術開発を目指していた。また、外務省では安定した石油の輸入ができるよう中東等の産油国への外交的努力が、また、国内では石油備蓄により、石油市場の変動に対応するための努力が払われていた。

(2) 目標設定

石油以外の炭素源である石炭、天然ガスなどから得られる合成ガスを原料とするエチレングリコール、エタノール、酢酸、炭化水素等基礎化学品の合成技術と膜分離法を基本とするガス分離精製技術を開発する。

基礎化学品の合成技術の開発に関しては、高活性・高選択性触媒の開発を行うと共に、ベンチスケールの実験を行う。また、ガス分離技術の開発に関しては、高性能ガス分離膜の開発を行うと共に、膜分離法を基本とするガス分離精製システムの開発及びパイロットプラントによる実証試験を行う。

なお、当初計画では、基礎化学品の合成技術の開発に関しては、最終的にパイロットプラントによる実証試験も行うことになっていたが、後述の石油需給の緩和に伴い研究開発をスローダウンすることになり、パイロットプラントによる実証試験は取り止め、計画期間を1年短縮し、開発費も150億円から105億円に削減した。

これらの炭素源から得られる合成ガス及び合成ガスから大量に製造されているメタノールを化学原料として利用する技術は、メタノールから酢酸を合成する一部の技術を除いてはまだ研究開発の域を出ておらず、これらの技術を確立するためには、幅広い基礎的な触媒探索を体系的、集中的に行う必要があり、長期の研究期間を要すること、膨大な資金が必要であること、更にリスクも極めて高い未来技術であることなどから、民間ベースで推進するのは極めて困難であるため大型プロジェクトに取り上げられ、民間の化学企業の総力を結集し国家ベースの事業として推進することとなった。

政策の階層性でみると、本プロジェクトは最初日本化学工業協会が総額200億円の計画を提案し、その後国立の化学技術研究所とのすり合わせが行われ、合成ガスの膜分離も別体系で要求が出されたが、最終的には、工業技術院が1本のプロジェクトにまとめた。その同意形成において国家目的を実現するための政策階層性があったということよりも、石油化学業界、化学技術研究所の合成分野とプロセス分野、工業技術院、通商産業省等の利益が一致するような「政策の窓」の部分がプロジェクトとして成立していったと考えられる。

また目標の弾力性であるが、前述のように、世の中の状況変化に合わせて計画を変更しており、目標設定は弾力的であったといえよう。

目標の持つ性格の点では、石油需給の逼迫に対応するということでニーズプル型で、また、非常に先進的なものであり完全なフロントランナ型といえよう。段階的には基礎段階といえるもので、合成技術はシステム開発、膜分離はシステム開発であるが一部分離膜という製品開発も含まれていた。

(3) 開発対象の設定

- 1) 基礎化学品の新合成法については、エチレングリコール、エタノール、酢酸及び炭化水素のそれぞれについて新合成法がテーマとして取り上げられ、それと合わせて共通基盤の触媒開発が行われた。
- 2) ガス分離精製技術については、テフロンを基礎とする有機非多孔質膜、ポリイミドを基礎とする有機非多孔質膜、ポリスルホンを基礎とする有機非多孔質膜及びシリカ系無機多孔質膜の製造研究と分離性能評価及び機能性向上の研究が行われた。

基礎化学品の合成については、合成ガスの生成、ガスの分離、それを使って触媒で製品を作るプロセスがあり、ガスを分離するのにどのくらい低コストでできるのかが問題であった。当時、深冷分離という方法があったが、コストも高いので、ガスの分離を膜で行うことを試みた。膜分離のプロジェクトは、参加企業が自発的に提案した

ものではなく、化学技術研究所が中心になってまとめたものであった。

技術オプションの多元性の面で見ると、このプロジェクトのほかに「オレフィンの新製造法」、「重質油を原料とする基礎化学品の製造法」等のプロジェクトが大型プロジェクトとして走っていたが、「オレフィンの新製造法」は原油から直接オレフィンを作ることが目的であり、「重質油を原料とする基礎化学品の製造法」は石油の内ガソリン、灯油等の需要の多い高いものは使わずに、残った重質油等安いものを使って基礎化学品を作ることが目的であった。しかし、このシー・ワン・プロジェクトは、石炭、天然ガス、オイルシェール、タールサンドを含めて全ての炭素資源を利用できる技術であり、技術の分野が異なるということで、プロジェクト全体として技術オプションの多元性があったとはいえない。しかし、分離膜については、同じ目標を異なる材質で達成することを狙う試みがあったので、これについては技術オプションの多元性があったといえよう。

(4) 開発組織と運営及び達成手段の設定

本プロジェクトでは、「基礎化学品の新合成法」と「ガス分離精製技術」とでは、次のように異なる研究開発体制をとって研究開発を行った。

まず、「基礎化学品の新合成法」については、15企業（出光石油化学、宇部興産等我が国の主要石油化学会社の全て）と1財団法人（相模中央化学研究所）によって設立された「シー・ワン化学技術研究組合」に委託して研究開発が進められた。この技術研究組合と化学技術研究所の間で、以下のように密接な連携が取られた。

エチレングリコール、エタノール、酢酸の新合成法では、担当各社の研究所で分担して研究開発を実施したり、一部共同で実施したりした。炭化水素については、化学技術研究所と担当各社（4社）が化学技術研究所内において共同の触媒開発とベンチ研究を行った。

共通基盤の触媒開発については、化学技術研究所に触媒の開発、改良に共通する問題を解決することを目的とした研究グループがあり、各社の研究グループと緊密に連絡を取りながら研究を行った。

このように、競争関係にある各企業に、更に国の研究者が加わり、文字どおり一体となって研究開発を進めたのが本プロジェクトの大きな特徴である。したがって、このプロジェクトは人的流動性に関しては非常に大きな成果を挙げたといえよう。

「ガス分離精製技術」は、基礎化学品の新合成法と研究分野が異なることから、これを担当する企業は研究組合に参加せず、工業技術院と直接個別に研究委託契約を結び研究開発を進めた。前述の4種類の膜について、住友電工、宇部興産、東洋紡績の3社が担当し、いずれも自社の研究所において独自に研究開発を行ったが、85年からのパイロット研究は3社が共同で行った。一方、化学技術研究所は、3社の試作したガス分離膜及び小型モジュールの性能評価研究を行うと共に、ガス分離膜の性能向上

の研究も行った。

(5) リーダーシップ

シー・ワン化学プロジェクトの関係組織は、日本化学工業連合会、化学技術研究所、工業技術院、通商産業省基礎産業局等であった。各組織のトップクラスの人がプロジェクトを成立させるためのリーダーとして活躍した。そのため、プロジェクトの中心的リーダーが1名であったというわけではなく、複数のリーダーが存在した形となった。

(6) 成果

1985年に逆石油危機といえる事態が起こり石油価格が20ドル/バレル辺りまで下がった。本プロジェクトの技術は、石油価格が30ドル/バレル辺りならば採算が取れたが、10-15ドル/バレルならば採算が取れないため、本プロジェクトが成功しても、当分実用化される見込みがなくなった。そこで、1987年にベンチスケールの実験で実用化の目途がついた時点で終了し、パイロットプラントの実験は取り止めになった。

本プロジェクトについては、目標の設定、触媒の開発目標の達成、情報の公開等はずまく行われた。特にその後の触媒産業の発展に対する貢献は大きかった。まず、第1に各企業間に触媒に関する蓄積ができたことが挙げられる。我が国の化学業界は、企業間では細分化が進み、競争が激しく過当競争が過ぎるものであったが、本プロジェクトの結果、触媒分野では毎月1回報告をすることで密接な連携が取れるようになった。このようなことを通じて、我が国の触媒産業の発展に非常に寄与した。また、我が国のシー・ワン化学プロジェクトは海外にも相当刺激を与え、世界でもかなり有名になった。

エタノール気相直接法については、中国がその技術を手に入れ、2、3年前から工業化しようとしている。この技術は触媒に用いるロジウムが高価であり、回収がうまくいかなかったが、中国はそれを克服しようとしている。

本プロジェクトで液相法に馴染んだことは、液相でのメタノールの合成の研究開発に生かされていると考えられる。

また、地球環境にやさしい新燃料の製造法として、最近国内外においてフィッシャー・トロリーシュ合成法（FF合成）の技術開発が再び注目されてきた。この技術は石炭、天然ガス、重質炭化水素等をガス化により合成ガスに転換し、更にこれをガソリンやディーゼル燃料に転換する技術である。今後、このような技術開発にシー・ワン化学プロジェクトの成果が再び活用されることが期待される。

16. マンガン団塊採鉱システム（後に海洋資源総合基盤技術）

（1981-97 年度：研究開発費総額 約 169 億円）

（東京大学 丹羽清研究室）

（平成 12 年度調査プロジェクト）

(1) 背景

銅・ニッケル・コバルト・マンガンといった金属は、産業上非常に重要な金属である。しかし、我が国ではこれらの金属はいずれもそのほとんどを輸入に頼っている。世界的に資源ナショナリズムが高揚した 1970 年代には、これらの資源の安定確保は、経済安全保障上非常に重要な政策課題であった。

このような状況下で、マンガン団塊が資源として注目されるようになった。マンガン団塊は、世界中の海洋底、特に水深 4,000 ~ 6,000m の深海底に大量に賦存している、ジャガイモ状の塊である。このマンガン団塊には、主成分のマンガンに加え、銅・ニッケル・コバルトといった金属を含んでいる。マンガン団塊を効率的に採鉱することができるようになれば、これらの金属資源の安定供給に非常に大きな役割を果たすことになり、非鉄金属資源の安定供給源としてのマンガン団塊が、世界的にも注目されていた。

諸外国におけるマンガン団塊採鉱技術の開発を眺めてみると、米国は 1960 年代からマンガン団塊の開発に着手し、70 年代にはケネコットグループ (KCON)、U.S スチールグループ (OMA)、インコグループ (OMI)、ロッキードグループ (OMC) の四つの国際コンソーシアムを形成して、技術開発を推進していた。これらの国際コンソーシアムは、70 年代後半には採鉱システムの技術的な可能性を実証している。フランスも 1974 年、フランスマンガン団塊研究調査協会 (AFERNOD) を官民で結成し、国家としてマンガン団塊の開発に着手していた。これらに対し我が国がマンガン団塊の開発に着手したのはやや遅れており、本プロジェクトの発足当初である 1980 年代初頭では、技術面、政策面の両者において海外へのキャッチアップを達成することが求められていた。

同じ頃、国際連合においては深海底開発の枠組を決める、国連海洋法条約の議論が進められていた。深海底におけるマンガン団塊の開発権は主要な争点の一つであり、米国を初めとする開発事業国と発展途上国との間で、激しい議論が交わされていた。特に発展途上国側は、開発事業者（先進国の企業等）に対して厳しい条件を課そうとしており、以下のような内容を要求していた。

- 1) 開発事業者は多額の固定手数料を、商業化される前でも国際海底機構（オースリティ）に対し支払わなくてはならない。
- 2) 開発事業者は、国際海底機構が探査開発のために設ける事業体（国際開発公社：エンタープライズ）に対し、技術を強制的に移転しなくてはならない。
- 3) 開発事業者は、陸上で鉱物資源を生産する国に負担がかからないように、生産

量を制限しなくてはならない。

これらの内容は、1982年12月に採択された国連海洋法条約におおむね盛り込まれ、国家、私企業による鉱区の申請及び開発権の獲得に当たっては、申請者が資金力を保有すると共に、国際開発公社に対して技術移転を行うことなどが規定された。また同時に、国連海洋法条約が採択される前に活動してきた事業者を「先行投資者」として登録し、暫定的に鉱区での排他的な活動を認めるという「先行投資者保護」スキームも採択された。この内容は草案段階から議論されていたこともあり、本プロジェクトが開始される80年代初頭においても、技術移転における対外交渉力(バーゲニングパワー)として、我が国独自の自主技術を開発し、商業化に向けた活動を早期に開始することが強く求められていた。

以上の背景のもと、本プロジェクトは通商産業省海洋開発室を中心として発案された。当初は1980年度から始めることにしていたが、計画が十分練り上がっていなかったため、1年間のいわゆる「浪人期間」を経ることとなった。この「浪人期間」の間に(社)深海底鉱物資源開発協会(DOMA)の中で勉強会が行われ、計画の細部を詰めていった。勉強会で中心的な役割を果たしたのは住友金属鉱山と三菱重工業であった。そして1981年度に予算がつき、正式に本プロジェクトが発足した。

(2) 目標設定

(i) 開発基本計画

本プロジェクトの基本目標は次のとおりである。

- 「1. マンガン団塊を商業的規模で、効率的かつ経済的に採鉱することができる技術を確立する。
2. 深海底からの採鉱において、十分な安全性、信頼性、及び耐久性を有すること。」
(「最終評価報告書」より)。

基本目標の達成のため、

- 1) 各要素技術の研究開発、
- 2) それらを統合するトータルシステムの開発、
- 3) トータルシステムの試験としての海洋総合実験、

の3つを実施する。

() 国家目標からの翻訳のプロセス

経済安全保障の観点から、金属資源の自給率を上げる必要があり、その対策の一つとして、マンガン団塊に注目した。マンガン団塊採鉱の権利を得るためには、国連海洋法条約との関連において、独自採鉱技術の開発が必要になった。独自採鉱技術の開発を目的として、本プロジェクトが企画され、上の基本目標が立てられた。

この過程は、当時が第2次石油危機直後であること、また国連海洋法条約採択の直前であることから考えて、緊急性が認められ、妥当な判断であったと考えられる。

() 開発基本計画の変更

上記の開発基本計画には以下に示す4回にわたる変更が行われた。これらの変更を元に、本プロジェクトの研究開発のスケジュールを示すと図1となる。

当初計画 (1981)

- ・最初の5年間で概念設計、要素技術機能確認実験、基本設計
- ・次の3年間で海洋総合実験機器の製作、実験方案の作成
- ・最後の1年間で海洋総合実験 (水深5,000mのハワイ南東海域)

中間評価 (1985)

- ・海洋総合実験の規模縮小 (予算的側面から)

第1回基本計画変更 (1989)

- ・研究開発期間を14年に変更

第2回基本計画変更 (1991)

- ・研究開発期間を16年に変更
- ・大水深での石油掘削技術の開発を基本目標に追加
- ・エアリフト方式を採用

第3回基本計画変更 (1993)

- ・研究開発期間を17年に変更
- ・コバルトリッチクラストの採鉱技術の開発を基本目標に追加
- ・海洋総合実験を水深5,000mの場所から2,000mの場所に変更

第4回基本計画変更 (1995)

- ・「商業的規模で」という表現を削除
- ・海洋総合実験から海洋実験に変更
- ・予算総額を170億円に

年数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	合計
年度	S56	S57	S58	S59	S60	S61	S62	S63	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	
西暦	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	
					中間 評価				変更 (1)		変更 (2)		変更 (3)		変更 (4)			
当初計画	要素技術の研究開発				実験機器の設計・製作				海洋 総合									9年
第一回変更	要素技術の研究開発 期間を14年に				実験機器の設計・製作 日仏技術協力検討				海洋 総合									14年
第二回変更	要素技術の研究開発 期間を16年に、海底石油掘削技術を追加				実験機器の設計・製作				海洋 総合									16年
第三回変更	要素技術の研究開発 期間を17年に、コバルトリッチクラストを追加、「海洋資源総合基盤技術」				実験機器の設計・製作				海底石油掘削技術				海洋 総合 実験				17年	
第四回変更	要素技術の研究開発 海洋総合実験を海洋実験に、商業的規模でを削除、研究開発費減額				実験機器の設計・製作				海底石油掘削技術				海洋 実験				17年	
当初予算額	0.5	6	18	24	40	40	40	30	20									218億円
予算額	0.5	9	12	14	11	10	8	10	11	10	8	9	10	13	10	10	14	170億円

図 1：研究開発のスケジュールと基本計画の変更の要点

(3) 開発対象の設定

本プロジェクトの基本目標は、水深 4,000m～5,000m の深海底に大量に賦存するマンガン団塊を商業規模で効率よく経済的に採鉱する技術 - マンガン団塊採鉱システム - を開発することである。

我が国のマンガン団塊開発技術の必要性が強まり、本プロジェクトが開始された 1980 年頃は、探査、採鉱、精錬の 3 段階に分けられるマンガン団塊の開発のうち、採鉱、精錬技術についてはまだ確立されていなかった。この頃行われていた海底鉱物資源開発は、水深 10m 前後の浅いところを対象としていたため、水深 5,000m 前後の深海底を対象とした採鉱システムを確立するには、これまでとは全く異なるシステム技術を開発する必要があったといえる。

一方、当時海洋開発で世界の先頭に立っていた米国企業を中心とする四つの国際コンソーシアムは、探査だけでなく深海底の採鉱技術開発も進んでおり、1970 年代末には採鉱実験に成功したとみられていた。

本プロジェクトが研究開発の対象とするシステムは、数多くの構成要素からなる巨大複合システムである。構成要素は以下の四つに大別でき、これらの構成要素を統合するものとして、トータルシステムが設計された。

- ・集鉱システム
- ・揚鉱システム
- ・ハンドリングシステム
- ・計測制御システム

このような複合システムを開発するには、前提として各要素技術の開発が必須であった。本プロジェクトで当初設定された研究開発の段階は、以下の 3 つの段階に分けられている。(カッコ内は当初設定された各段階の研究開発期間)

- 1) マンガン団塊採鉱システムの開発に必要な要素技術を開発する第1段階(4年間)
- 2) 海洋総合実験を行うのに必要な機器の開発と製作を行う第2段階(4年間)
- 3) 最終目標である海洋総合実験を行う第3(最終)段階(1年間)

また本プロジェクトには、揚鉱システム研究開発においてプログラム多元性が存在した。揚鉱システムではいくつかある方式のうちポンプリフト方式とエアリフト方式の2方式(いずれも流体ドレッジ方式)が研究対象として選択された。当初設定された実験規模は以下のようである。

- ・ポンプリフト：125 乾 t / 時
- ・エアリフト：63 乾 t / 時

当初の目的として、平行して研究開発を行うことにより2者を競合させる狙いがあった。これは、当時この分野のフロントランナー的存在だった国際コンソーシアムのやり方を踏襲したといえる。海洋総合実験においてこの2方式の比較をすることが期待されていたが、実際は第2回基本計画変更で、海洋総合実験の揚鉱方式としてエアリフト方式のみを採用することとなった。

以上から本プロジェクトの技術的特徴は、巨大な複合システム開発が目的で、基礎・応用・開発のすべてを対象としており、また資源の安全保障の関係から生じた、ニーズブル型、キャッチアップ型のプロジェクトであったとまとめられる。

(4) 開発の組織と運営及び達成手段の設定

本プロジェクトにおける研究体制は、1年の「浪人」の勉強期間に形作られた。勉強会は DOMA の中で行われ、当時国際コンソーシアムに既に参加していた三菱重工業(ケネコットグループに参加)と住友金属鉱山(インコグループに参加)が中心となり、重工業(特に造船)、資源開発に関係する22社が参加していた。

絞り込みは行われなかったが、研究所、研究能力、研究設備を保有することが条件であった。勉強会では揚鉱システムのイメージを作り上げ、工業技術院にプロジェクトとして申請する際の関連情報の整理等が行われていた。その結果開発研究の実施主体として国立試験研究機関であった資源環境技術総合研究所(プロジェクト開始当時の名称は公害資源研究所)が参加し、受託研究の実施主体として技術研究組合「マンガン団塊採鉱システム研究所」が設立された。

資源環境技術総合研究所では1975年から工業技術院の特別研究として集鉱機、エアリフトなどの基礎的研究を実施していた。このためトータルシステム、集鉱システム、揚鉱システムの基礎的研究部分を担当するポテンシャルを十分有していた。

委託先の技術研究組合は独自の研究所を持っておらず、参加会社の既存研究設備と人材を活用する研究開発体制であった。そして組織の統一のため技術総括委員会を置き、基本事項を決定した。技術総括委員会の下部機構として分科会、作業部会を置き、

研究開発を実施した。

研究開発の基本事項関係の会議は技術研究組合の会議室で開催した。毎年度の研究開発の基本事項は工業技術院との「事前調整」を行った。そこで次年度の研究開発の詳細と予算案はNEDOと工業技術院と事前に打ち合わせの上、要求基礎資料を作成した。その場合、トータルシステム作業部会と各作業部会の連絡会議をその都度開催し、決定した。当年度予算が確定すると、研究開発の基本事項を技術総括委員で各作業部会に指示確認し、それを各作業部会が持ち帰って自社の研究設備で研究を実施した。問題があれば、その都度随時技術研究組合で会議を開催した。

本プロジェクトのこの研究開発体制は、「我が国の独自の技術の開発が必要とされていたという当時の海洋法条約の要請、開発された技術を使用する事業主体が国策会社一社と想定されていたこと、造船重機械からエレクトロニクスまでさまざまな個別要素技術開発とその集大成が必要であったことからそれぞれの分野で高い研究開発能力を結集したオールジャパン方式の技術組合が委託研究の実施主体となったことは妥当であった」と評価されている。

しかし、最終評価報告書でも指摘されているように、長期にわたる国家プロジェクトであるにもかかわらず、明確なプリンシパルインベスティゲータが置かれなかったことは、リーダーシップの欠如という問題を発生させた。また関係者へのインタビューによれば、関連する企業が多数のため予算が多くなる傾向があったこともあげられている。

また1991年までの研究開発は「マンガン団塊採鉱システム」だけに対応したものであったが、1992年以降は石油特別会計の導入に伴い、「海底石油掘削技術等」の研究開発が追加された。そしてそれに対応すべく、技術研究組合は「海底鉱物資源開発システム研究所」に改称し、分科会、作業部会の一部組織替えをした。図2はこの技術研究組合の研究体制を示したものである。

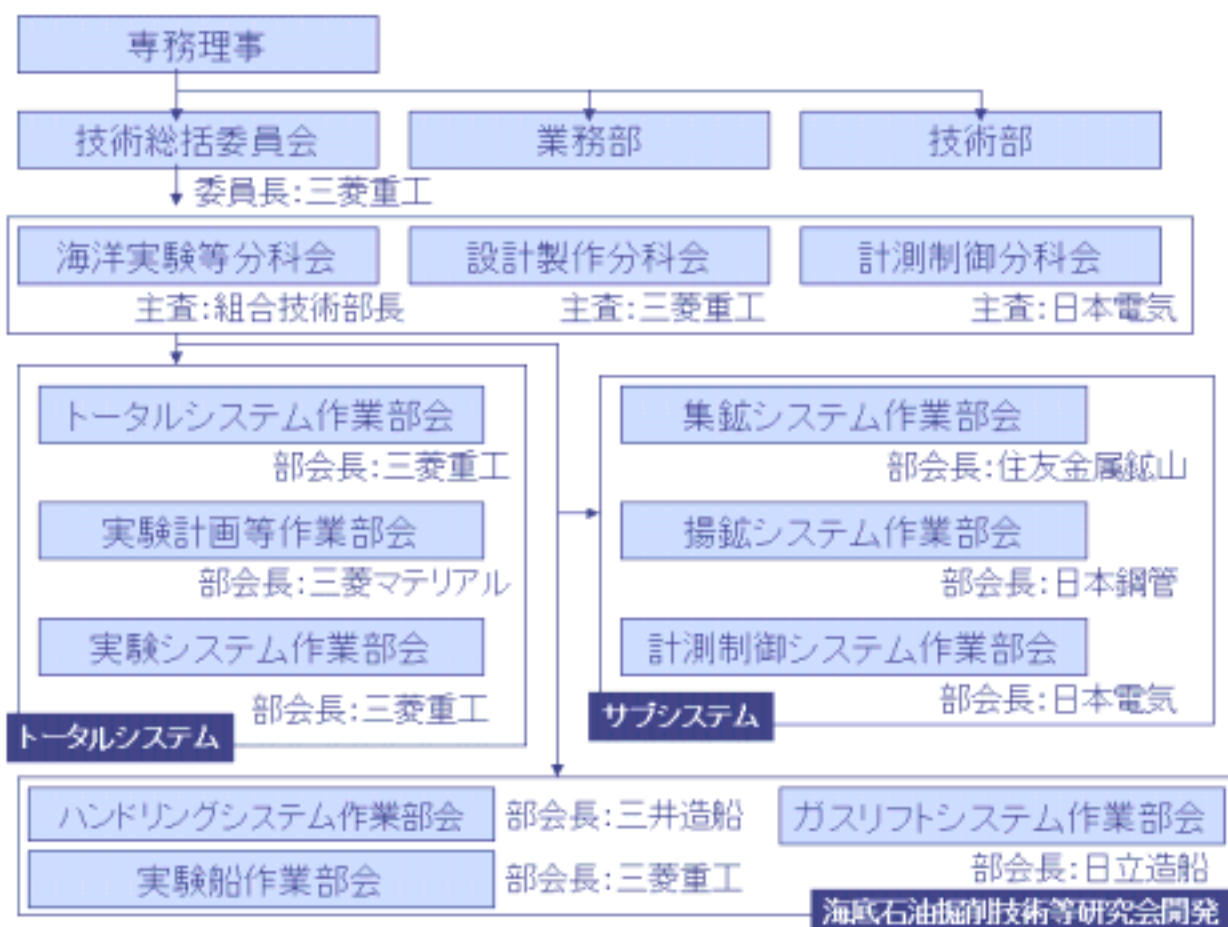


図 2：技術研究組合「海底鉱物資源開発システム研究所」の研究体制

(5) リーダーシップ

本プロジェクトを立ち上げるに当たっては、特定のプリンシパルインベスティゲータが存在したのではなく、むしろ国連海洋法条約による必要性和緊急性が直接本プロジェクトを形にしていっていったといえる。発足時の勉強会においては、以前から国際コンソーシアムに参加していた三菱重工業、住友金属鉱山が中心になっていた。

本プロジェクト推進のリーダーとしては、予算面では工業技術院、歴代審議会委員、総括研究官、研究開発官、また技術面では技術総括委員長（トータルシステムを受託していた三菱重工業）、対外面では DOMA 会長（住友金属鉱山）が置かれたが、これらを総括するようなプリンシパルインベスティゲータは置かれず、リーダーシップの欠如という問題が発生した。このため「基本計画変更というプロジェクトの大きな変換点、特に早い段階での基本計画の変更において、これを予算不足、工程上の問題に起因する単純延長として対処し、目的、意義、あるいは国家プロジェクトとしての位置づけについて再評価し、それを踏まえて予算確保の見通しも加味した検討を行う」とい

った状況を的確に把握し、将来を見極めた上での対応を欠くこととなった」と最終評価報告書で評価されている。

(6) 成果

1) 当初予定していた海洋総合実験は実現されず、したがって、商業規模でのマンガン団塊採鉱システムの技術開発という当初の目標は達成されなかった。しかし、1982年に国連海洋法条約が採択されてから、我が国は翌年の83年に同条約に署名し、先行投資者として鉱区の登録を申請しており、その結果1987年12月に、ハワイ沖の7.5平方キロメートルの鉱区における排他的な活動が暫定的に認められている。この鉱区取得において本プロジェクトの果たした役割は大きく、本プロジェクト開始のきっかけとなった資源確保の目的、意義は果たしたといえる。

また個々の要素技術については、優れた成果が得られているものが多く存在する。特許については、最終評価がなされた1997年度の時点において、30申請したうち22が許可されている。またGLADと呼ばれるCO₂を海洋に貯留する技術は、マンガン団塊エアリフトの研究を参考にしたもので、本プロジェクトの大きな波及効果の一つといえる。深海洋開発技術に関して、本プロジェクトによって得られたノウハウは多く存在しており、今後も、更に得られた個別要素技術の造船・機械・電子工業等の関連分野への応用が期待されている。

2) 次に本プロジェクトの評価について述べる。

本プロジェクトは目的、意義が非常に明確であったといえる。また、本プロジェクトの巨大複合システムという性質上、国家プロジェクトとして実施したことも妥当であった。更に研究開発計画についても、本プロジェクト開始当初は綿密な設定がされていたといえる。

しかし、本プロジェクト実施経過と共に、本プロジェクトを取り巻く社会状況は変化していった。これにより本プロジェクトは、当初明確であった目的・意義・緊迫性が薄れ、予算不足という状況に置かれることとなった。このような状況下で計4回の基本計画変更が行われ、4回目の変更では全体システムとしての海洋総合実験を断念することが決定された。結局、海洋総合実験に代わる採鉱実証実験が1997年度に行われ、水深2,200mで計約7トンのマンガン団塊採取に成功し、本プロジェクトは終了となった。

以上の過程において、適切な計画見直しは十分になされなかった。その結果として、通商産業省の国家プロジェクトとしてとしては異例に長い17年間に及ぶプロジェクトになった。これにはリーダーシップの項で述べたように、プロジェクト運営のマネジメント上の問題点があったといえる。

本プロジェクトの評価に目を向けてみると、中間評価と最終評価がそれぞれ1回づ

つ行われている。中間評価は、第1段階がほぼ終了した1986年に行われ、個別要素研究の成果を踏まえて第2、第3段階への見通しが検討された。この段階で、マンガン団塊の実質質量を2/3にするという海洋総合実験の規模縮小が行われた。

最終評価は、本プロジェクトが終了した1997年度に実施され、プロジェクトの意義、研究開発計画、体制、成果等について評価された。その評価内容の要旨は上で述べた評価とほぼ一致する。また最終評価報告書では、最終的に得られた成果について、全体システムとしての海洋総合実験が一部要素技術を統合した実証実験に変更されたことを前置きにして、「システム全体を統合して稼働させ、実用化に向けての問題点の抽出が行えなかったことは、要素技術の達成度がどれだけ高くても、全体としては不十分といわざるを得ない」と評価している。

3) 最後に本プロジェクトの意味について述べる。

本プロジェクト開始当初、マンガン団塊の開発は資源制約の問題を大きく解決する手段として強く期待されていた。しかし本プロジェクト実施経過と共に、鉱物資源の価値が低下していき、開始当初フロントランナ的存在であった四つの国際コンソーシアムは、経済的理由からマンガン団塊開発の中断を決めた。

一方、国連海洋法条約自体は、開発事業者への厳しい制約から米国を初めとする先進国が同条約の改正を要求し、その結果94年に「実施協定」が採択され、固定手数料支払い義務の緩和、強制的な技術移転義務の免除、生産量制限の不適用という、三つの内容が盛り込まれることとなった。このようにマンガン団塊の商業化に向けた法的整備が推進される一方で、商業生産の開始は2010年以降になるとの国連レポートが出されるなど、マンガン団塊の開発は世界的に停滞した状況となっている。

このように、現在ではマンガン団塊開発の商業化、実用化の見通しは見えてこない状況である。しかし、21世紀に資源問題上、希少金属の価格が上昇するようなことがあれば、本プロジェクトで開発された技術が生かされる機会もでてくるといえるであろう。

参考文献

- ・ 産業技術審議会 評価部会、産業科学技術研究開発、「海洋資源総合基盤技術」最終評価報告書、1998
- ・ 技術研究組合 海底鉱物資源開発システム研究所、「深海に挑む」マンガン団塊採鉱システムパンフレット
- ・ 鉱工業技術研究組合 30年の歩み 鉱工業技術研究組合法施行30周年記念式典
- ・ 資源エネルギー庁長官官房総務課海洋開発室長 陣山 繁紀、「国連海洋法条約と深海底鉱物資源」平成八年十一月十九日（財）日本海洋協会 第二十八回講演会

(<http://lib1.nippon-foundation.or.jp/1996/0072/mokuji.htm> より)

- ・深海資源開発 吉田 秀隆、「マンガン団塊の探査・開発」、水曜会誌第 22 巻 第 4 号、pp208-212、1995

17. 科学技術用高速計算システム

(1981-89 年度：研究開発費総額 175 億円)

(北陸先端科学技術大学院大学 亀岡秋男研究室)

(平成 12 年度調査プロジェクト)

(1) 背景

米国で 1940 年代に ENIAC (人類初の電子式自動計算機) が開発されて以来、米国が他国に先駆けてコンピュータの開発をしてきた。1950 年代以降、コンピュータの開発国は、米国、欧州、日本の 3 地域に限られた。しかし、1960 年代に欧州は IBM を代表とする米国勢との開発競争に負け、大型・高速機分野からの撤退を余儀なくされた。そのため、1970 年代には、米国に対抗し得る技術を持った国は我が国のみとなった。当時の我が国は、汎用大型機の領域では、米国との速度格差を 1 : 1 にまで縮めることに成功していた。しかし、大型計算機では当時最速の名を欲しいままにしていた、米国 CRAY 社の「CRAY-1」に、自動ベクトル化等部分的には凌駕するに至っていたものの、それを越えるスーパーコンピュータを、我が国のコンピュータメーカは作れないでいた。よって開発を担当する技術者、開発官の中には、“米国に負けている”という意識が芽生えていた。また、この時期、開発の主眼は逐次方式のコンピュータから並列処理方式のコンピュータへと変わりつつあり、我が国企業も並列処理方式の開発に力を入れていた。

当時の電子計算機の技術水準は、気象衛星ひまわりからの画像データの解析に 1 日もかかり、天気予報の役に立たなかったため、間引き処理をせざるを得ない程であった。また、それは当時最速の CRAY-1 でも同様であった。そのような理由もあり、より大規模で高速なコンピュータシステムの開発を望む声が急速に高まっていた。

また、この時期の開発には、主に 2 つの選択肢があった。一つは、今までのシリコン素子による回路で並列処理をする方法である。もう一つは、今までにない新しい素子を開発することによって論理回路、記憶回路を作る方法である。新しい素子開発では、米国 IBM や AT&T ベル研究所を中心に開発が進められていたジョセフソン接合素子 (JJ 素子) が注目されていた。これについては、電子技術総合研究所も研究を行っていた。また、我が国では富士通が HEMT 素子を開発しており、それを利用した高速計算機の研究も行われていた。

我が国の各コンピュータ企業においても高速化に向けた開発は続けられていたが、一企業としては開発にかかる費用が大き過ぎ、また、そのリスクも非常に大きかった。そこで、我が国もスーパーコンピュータの国家的な開発の重要性を勘案して、本プロジェクトを発

足させるに至った。

(2) 目標設定

本プロジェクトは人工衛星から送られてくる画像情報の処理、核融合炉のプラズマシミュレーション、気象解析、航空機の空気力学計算等、当時のコンピュータで処理しきれない大規模な科学技術計算を高速に処理し得る高速計算システムの実用化に必要な技術確立することを目標とした。その実現のために、本プロジェクトは2つの方法を採用した。一つは、シリコンに変わる新素子の開発である。もう一つは、プロセッサを多数台、同時並列に動作させる処理方式の開発である。これらの性能を最大限に引き出すために、大容量かつ高速の記憶装置、分散処理技術、低温冷却技術等の研究開発も並行して行われた。

最終的な目標は、これらの技術を組み合わせることによって、「10GFLOPS の性能を持つ高速計算機を製作すること」とされた。

これは明らかに、米国に追いつけというキャッチアップ型である。一方で、最終的には製品を作るという開発型でありながら、実際は並列処理技術の確立、新素子の開発等、研究者からのニーズプルに後押しされるような基盤型の研究開発が本質であったことも後になって指摘されている。そのため、国家が先導して研究開発を行うことで、我が国の潜在的な国際競争力の強化を図ったことが本プロジェクトの真の目的であったということができよう。

(3) 開発対象の設定

本プロジェクトの開発対象は、科学技術用高速計算システムである。その実現のために、「並列処理」と「素子開発」の2点に重点がおかれた。

当時、シリコン素子による性能向上は限界に近づきつつあると考えられていた。そのため、従来どおりのシリコン素子での性能向上を図る、並列処理方式の研究・開発と、シリコンに代わる、より高速で高密度実装に適した新しい素子の研究・開発が行われることになったのは妥当であった。

- 1) 素子開発に関しては、電子技術総合研究所が以前から研究していたジョセフソン接合素子 (JJ 素子) や、富士通が世界に先駆けて開発した高電子移動度トランジスタ素子 (HEMT 素子)、ガリウム砒素電界効果トランジスタ素子 (GaAs 素子) の三つである。

素子開発

- ・ジョセフソン接合素子（JJ 素子）
- ・高電子移動度トランジスタ素子（HEMT 素子）
- ・ガリウム砒素電界効果トランジスタ素子（GaAs 素子）

2) 並列処理方式に関しては、多命令 - 多データ流方式（MIMD 方式）及び並列処理向きの新しい言語開発を行った。それらについて更にブレイクダウンして、科学技術用高速計算用データ駆動計算機、高速演算用並列処理方式（配列型、手続型）それをうまく運用するための並列処理ソフトウェア、また、研究者がソフトウェア開発を容易にするための並列処理記述言語の研究・開発を行った。

並列処理方式

- ・多命令 - 多データ流方式（MIMD 方式）
- ・並列処理向きの新しい言語開発

3) さらに、最終的に一つのシステムとして運用する時に、性能を最大限に発揮できるようにするため、高速演算用並列処理装置、大容量高速記憶装置、分散処理用並列処理装置、実装冷却技術の研究開発をする。これによって、2つの方法から高速化のための研究開発をし、最終的には、実際に使うことができるような電子計算機を製作した。

(4) 開発の組織と運営及び達成手段の設定

70年代後半から通商産業省工業技術院においてプロジェクトの準備が進められた。当時電子技術総合研究所では基礎研究としてのJJ素子の研究が進められており、同様に民間でも各社別々に研究開発が行われていた。そこで民間企業に参加を公募し、当時の大型コンピュータ開発企業6社（富士通、日立、東芝、日本電気、三菱電機、沖）が参加することになった。また、本プロジェクトを円滑に進行させ、各社の役割分担を明確にするため、研究開発の中心的役割を担っていた富士通の働きかけもあり、民間6社によって「科学技術用高速計算システム技術研究組合」が設立された。技術研究組合は各企業に対してはそれぞれ開発分野を配分し、国からの予算を振り分ける仕事を行った。技術研究組合自体は実際の研究をしておらず、国と民間6社の仲介役という役割を担ったと思われる。基礎研究においては電子技術総合研究所を中心に、応用に関しては民間にそれぞれ委ねられた。大学との共同研究については、学会等に参加してもらうことはあったが、本プロジェクトでは行われなかった。参加企業による共同研究所の設置は、機密保持の観点から、各企業の反対があり成立しなかった。また、その技術分担が各社ごとにはっきりと研究内容が分

担されていた。例えば、HEMT は富士通、GaAs 素子は東芝というようになっていた。当時各企業でもそれぞれ独自に同様の研究開発を進めていたこともあり、「自社担当分以外の成果は、詳しく見ない」といった協定が結ばれていた。そのため、各企業間での人的流動性はほとんどなかった。

運営の形式は、企業は本プロジェクトにおいて与えられたテーマを自社に持ち帰る「持ち帰り」型であった。ただし、その研究から得られた特許は国家の所有物とされた。

(5) リーダーシップ

1981 年 4 月から通商産業省の科学技術用システム高速計算プロジェクトの初代研究開発官として炭籠氏が就任した。技術研究組合をまとめる役割は、主に専務理事である宮沢氏が担い、リーダーシップを発揮したといえる。なお、宮沢氏はプロジェクトの最後まで専務理事を務めた。また、本プロジェクトを立ち上げる際、通商産業省の若曾根氏が主に動いたが、本プロジェクトの実働と共に当時電子技術総合研究所の電子機器部長であった柏木氏に引き継がれた。研究開発の中心的役割を担ったのは富士通の佐藤繁氏であり、彼が中心となって本プロジェクトの研究開発は進められたと思われる。

2 代目研究開発官の柴田氏の時から、このプロジェクトの主管は通商産業省から科学技術庁に移された。これは当時貿易摩擦で関係が悪化していた米国を刺激しないようにとの配慮があると思われる。民間の技術研究組合の理事は各社の社長の持ちまわりとなっていた。本プロジェクト開始当初は富士通がその責を担い、その後各社で持ちまわられた後、本プロジェクト終了時に、また富士通に戻った。全体的には、民間企業である富士通が中心となって本プロジェクトは進められた。

(6) 成果

新世代スーパーコンピュータ SIGMA-1 の開発に成功し、データ駆動型並列計算機（ベクトルプロセッサ）の実装化の道を拓いた。これは当初目標の 10GFLOPS を超える性能の高速計算機であった。しかし、この計算機は、本プロジェクト終了後には使用されることがなかった。このために、膨大な開発予算が使われたが、本プロジェクトの目標を技術の確立とし、実際の計算機を製作しないことにした方が予算を少なくできたという意見もある。これは当時の大型プロジェクトが予算請求時に決めた予定を変更できないという性質を持っていたことが理由であろう。また、それとは反対に、国家プロジェクトとして税金を投入する以上、国民に理解を求める必要があり、例え使用しなくても実機を作ることで成果

を報告するべきという意見もある。

本プロジェクトが各企業に与えた影響は大きかった。国家が先導するによって、「他社がやっているなら、自社もやるべし」など、企業内での説得に大きな役割を果たし、本プロジェクトとは別に、各企業内で自発的に並行して研究開発が行われた。これは当時の企業の横並び体質を表しているともいえるだろう。特に素子開発においては、1企業では研究開発が難しかったこともあり、“国家プロジェクトとして取り上げられなかったら、現在でも新しい素子の研究開発はされていなかったかもしれない”という意見がある。本プロジェクト後も各企業では、新しい素子の研究開発は継続して行われている。

本プロジェクトは、システムとしての10GFLOPSの計算機を制作するという目標は達成されたが、下記に示すように個々の目標では達成できないものもあった。また、開発したのはいいが、従来のシリコンでも目標を達成することができるようになり、コストが高すぎる各素子は、高速計算機に利用されることはなかった。本プロジェクトで開発された技術は参加しなかった企業にも移転され、他の製品として実用化された。

(i) 素子開発の成果

1) GaAs 素子

GaAs 素子は、現在、主に通信用デバイスなどに使用されている。この市場規模は年間400億～500億円である。

製品の一例として、三菱電機は第3世代移動体通信システム「IMT-2000」のDS-CDMA方式用の端末向けパワーアンプモジュール「FA01391」を発売している。この製品のパワーアンプ素子はGaAs技術を用いたFET(field effect transistor)で構成されている。

過去の大型国家プロジェクトの成果であるGaAs技術が、本プロジェクトによって、GaAs素子としてつながり、一つの成果となったことは、大型国家プロジェクトが生み出した技術が実用化に活かされたという面で評価されるべきであろう。また、この技術も他メーカー、大学等に広く普及した。90年代以降も研究・開発が活発になされ、学会等で成果が発表された。現在のGaAs素子を使った製品の生産量では本プロジェクトに参加していなかった企業がトップメーカーの地位にある。

2) HEMT 素子

BS用受信アンテナに利用されたことにより受信素子の感度が飛躍的に高まり、それ

までの半分以下の大きさに小型化された。HEMT 素子の技術は、他メーカーにも波及し、BS など衛星放送用パラボラ・アンテナという一つの市場を形成するに至った。現在では、衛星(BS)放送のプリアンプとしてなくてはならないものとなっている。

3) JJ 素子

本プロジェクトでの研究開発の結果、ニオブ系材料による JJ 素子の可能性を実証したほか、小規模ではあるが、世界初の全ジョセフソン素子コンピュータの開発に成功した。

しかし、目標の集積度にまで達することはできなかったものの、SQUID(高温超伝導)への応用が可能となったことにより、脳機能疾患や心疾患の診断等に用いられる生体磁気計測装置のセンサとして活用できるようになった。

本プロジェクトでは当初、民間各社は、米国 IBM 社を追従し、鉛系ジョセフソン結合について研究開発を行っていた。それに対し、電子技術総合研究所は、ニオブ系の研究を行っていた。本プロジェクト期間の途中で米国 IBM 社が JJ 素子に関する研究を中止したため、民間各社も研究を中止した。しかしながら、本プロジェクトでは JJ 素子の研究を行う予定であった。そのため、民間各社(富士通、日立、日本電気)は、1983 年から翌年にかけて電子技術総合研究所より、ニオブ系ジョセフソン接合の基本的な集積化技術の技術移転を受けた。この件に関し、民間各社は米国 IBM 社の動向によって、研究を左右されることなく研究を最後まで完遂するべきであったという意見がある。

結局、JJ 素子は、コストがかかりすぎ、また、この技術以外では実現できないというような製品がないため、現在でもこれを使って商品化されたものはない。しかし、“技術が死んだわけではない”という話がある。その証拠に、通商産業省の産業技術プロジェクト「ジョセフソン素子ハイブリッドシステムの技術開発」が、平成 7 年度から 9 年度までの 3 年間、民間 4 社(富士通、日立、日本電気、三洋電機)と新機能素子研究開発協会と電子技術総合研究所が参加して国家プロジェクトとしての研究開発が行われた。このように実用化は未だされていないが、継続して研究が続けられている。他にも大学等において、研究が進められている。

() 並列処理方式の成果

並列処理コンピュータの研究においては、世界的に困難視されていたデータ駆動型(ベクトルプロセッサ)の実用規模システムの開発に世界で初めて成功した。

また、ベクトルプロセッサを数十台接続するという並列化の道が開かれた。

本プロジェクトで得られた国内特許は平成2年度報告書によると589件で、すべて国家のものとなった。また、1,293件の論文が提出された。しかし、知的財産権の成果に加えて、それらの技術は人に蓄積されるものであり、この技術を持った技術者が各企業に広まったことは人材育成の成果があったともいえよう。本プロジェクトによって、我が国のコンピュータ開発は加速され、我が国企業のコンピュータ関連事業の国際競争力が高められたといえよう。

参考文献

- ・ “新規産業創出型産業科学技術研究開発制度” 通商産業省工業技術院(2000)。
- ・ “産業科学技術研究開発レポート”，日本産業技術振興会(1997)。
- ・ 大型工業技術研究開発制度20周年記念事業推進団体連合会，“大型プロジェクト20年の歩み - 我が国産業技術の礎を築く - ”，通商産業調査会(1987.3.20)。
- ・ “科学技術用高速計算システムの研究開発に関する評価報告書”，産業技術審議会，大型技術開発部会評価分科会，高速計算システム評価小委員会(1990.8)。
- ・ “大型工業技術研究開発「科学技術用高速計算システムの研究開発」成果発表会論文集”，電子技術総合研究所(1990.6)。
- ・ “科学技術用高速計算システム 研究開発成果発表会 講演予稿集”，科学技術用高速計算システム技術研究組合，(1984.6.25)。
- ・ 名取亮，野寺隆編，“スーパーコンピュータと大型数値計算”，bit 1987年11月臨時増刊，共立出版(1987.11.10)。
- ・ 島崎眞昭，“スーパーコンピュータとプログラミング”，共立出版(1989.6.15)。
- ・ 高橋義造，“計算機方式”，コロナ社(1985.7.31)。
- ・ 高橋史忠，大久保聡，河合基伸，枝洋樹，朝見直樹，“「個」が開く新世紀の扉”，日経エレクトロニクス(2001.1.1)，p.110-112。

18. 自動縫製システム

(1982-90年度：研究開発費総額100億円)
(政策研究大学院大学 丹羽富士雄研究室)
(平成11年度調査プロジェクト)

(1) 背景

昭和50年代に入り、アパレルの国内需要量が停滞した。それはこの時期、日本人の1人当たり衣料用繊維消費量が欧米諸国と同水準になり、需要の質の個性化、多様化及び高級化が急速に進んだためである。その結果、多品種少量短サイクル化によるコスト上昇にいかに対処するかが供給サイドの課題になった。さらに、アパレル産業の特質は「熟練度が必要な繰り返し作業」であり、この特質故に、特に若年労働力の確保が益々難しくなった。これに対し、諸外国では定番品や中・下級品を中心に低価格安定品質での生産体制が確立されつつあった。

このような深刻な状況を乗り越える解決策のうち最も有効なものは生産工程の自動化である。縫製業を監督していた生活産業課はこのような考えの下に本プロジェクトを提案した。なお、通常大型プロジェクトは技術シーズを持つ製造原課から工業技術院に提案されており、生活産業課からの提案は稀有な例となっている。また、繊維産業はこれまで我が国産業の機関車的役割を果たしており、そのような産業の長期低落傾向を座視できないという政治的判断もテーマ選定の背後にあったといわれている。そうだとすれば、優れた発想というだけで採択されたわけではない。

(2) 目標設定

目標は「消費者ニーズの多様化、短サイクル化等に対処するためには多品種少量生産を効率的に行う必要があり、それを実現するためのシステムの開発に必要な技術を確認すること」である。さらに、この上位の目標は「技術革新により、日本の繊維産業、中でもリーディング部門であるアパレル産業の国際競争力を高め、育成していく」ことである。このように、目標系は明確であり、ニーズ志向であり、創造性の高いものであった。しかし、それを実現する手段系の目標設定は困難な作業であった。例えば、具体的な数値目標を設定しようとしても、海外には類似システムの開発例がなく、国内では従来から中小企業中心で労働集約度の高い分野であったために比較対象が皆無であった。それ故、想像力に依拠した目標設定に、あるいは走りながらの目標設定にならざるを得ず、苦心と創造を伴った作業であった。ちなみに本プロジェクトの英訳は Automated Sewing System である。"Automatic" を使用せず、つまり「完全自動化」でなく「自動化された」としたことからも、本プロジェクトの性格と開発目標の難しさを知ることができる。

本プロジェクトにはアパレル産業の長期衰退傾向からの反転という政策が背後にあり、その点で使命達成型であるといえる。それ故に強いニーズ志向が存在した。それに

比べればそれ程強くはないがシーズ志向もみられる。当時我が国ではFA化や自動機械化がブームになっており、機械・電器・金属以外の分野においても自動化が強く探求されていた。

本プロジェクトの政策階層は、1) アパレル産業の長期衰退傾向からの反転、2) 同産業の国際競争力の強化、3) 多品種少量生産を効率的に行う生産技術の開発 = 自動縫製システムの開発、4) 要素技術及びそれらを統合する技術の開発、と考えられる。まず、アパレル産業が長期衰退傾向から脱却して反転する（第1層）ためには、縫製業の国際競争力の強化が必要であるという政策課題（第2層）があった。この層の多元性は低いと思われる。次に、この政策課題を解決できる有効な手段が多様な製品を生産できる自動機械化すなわち自動縫製システム（第3層）と想定している。当時どのような政策が検討されたか不明ではあるが、この層では様々な政策の選択肢があったと考えられ、多元性は高かった。第4層、すなわち自動縫製システムを構成する技術も様々なものが考えられた。当時参考にできる既存の類似システムはなく、FA化の応用問題という志向が強かったために、技術的に詰められたものではなかった。

「自動縫製システム」という需要表現には、前述のように政治的な背景があり、技術性が低かった。技術的に熟していない需要表現といえる。それを技術的な需要表現に翻訳したのは原課の生活産業課であり、それを更に詰めたのが同課による産官の共同作業であった。具体的には、生活産業課が中心となって基本計画を作成し、適切と思われる参加企業を決定し、官民共同で自動化の程度やシステムの基本部分の方向性を詰めている。工程部分ごとに技術を分解し、担当企業グループを決め、要素技術を抽出して開発するという手順である。すなわち、本プロジェクトの実施は様々な可能性すなわち多元性の中から最適の技術を発見し、開発する過程であったといえることができる。

目標設定は弾力的であったといえる。例えば、「多品種少量衣料の一枚当たりの生産時間を現行生産方式の50%以下にする」という数値目標が設定されている。しかし、このような数値目標が決定された、或いはより正確には決定できるようになったのは中間評価前後の時期である。それは目標設定に当たって正確な現状把握が必要であったためである。まず工場を実地調査して、例えば「加工時間は案外短いが仕掛かり時間が長い」といった特性を把握した上で、自動化のメカニズムを設定して、漸く数値目標の決定が可能になった。このように目標決定の弾力は、当初のシステム設計の曖昧さに由来する。これは本プロジェクトが他に類例をみない先駆的なものであった故である。それはまた、前述のように走りながら具体的な目標を設定するという苦心と創造を伴った作業であり、複雑なシステムの先駆的な開発に特有の醍醐味でもあったと考えられる。

目標の性格を要約すれば、他に類例を見ない新しいシステムという点でフロントランナ型であり、政策的判断が背後にあった点でニーズプル型であり、プロトタイプ（実証プラント）を作るという点で開発ステージにあるものであった。

PI（Principal Investigator）は通商産業省の行政官であったといえる。当時繊維産業においては、世界的に中国、東南アジア諸国の台頭が著しく、既に上流の繊維分野では生産が我が国からそれらの国々へと移っていた。やがて同様の動きがアパレル業や縫

製業に及びこれらの産業が衰退するに違いないとの危機感は国内に充満していた。しかしながら、我が国の縫製業を効率化しようとする活動はその気配もなかった。たとえ、広範な業界関連企業の中にその必要性を感じず者がいたとしても、民間主導のままでは具体化の壁を破れずにいた。その壁を具体的なプロジェクトによって破るべしという矜持を持っていたのは通商産業省であり、従ってPIは必ずしも一人に特定はできないが行政官であった。通商産業省工業技術院は上位目標（必ずしも技術の細部までは詰め切れていない）をはっきりさせて、アパレル、繊維、ミシン、ロボット、電機等広範囲の異業種連携のまとめ役となって技術マネジメントを行った。異業種間交流と意識改革のきっかけを作ること自体通商産業省の目的の一つであったといえる。

(3) 開発対象の設定

開発対象は投入する生地の評価に始まり、裁断、加工、縫製そして完成までとなっている。これには生地の搬送やハンドリング、そして加工機械投入時の高精度な位置決めも含まれる。更にこれらを統括して管理・制御するマネジメントシステムを加えたものが開発対象である。

全体は、直接縫製・加工に関する技術として、

- 1) 縫製準備加工技術 と、
- 2) 縫製組立技術、
- 3) それに工程全体での横断的技術として、
- 4) 生地ハンドリング技術、
- 5) システム管理・制御技術、

の4つから構成されている。

具体的には、

- 1) 縫製準備加工技術では、縫製工程に投入される生地の各種特性を評価し工程に反映させると共に、柔軟生地の安定化を行い、自動延反・裁断する技術を確立する。
- 2) 縫製組立技術では、裁断片を自動的に加工・縫製してパーツを製作し、これらを自動組み立てする技術を確立する。
- 3) 生地ハンドリング技術では、柔軟材料である生地を確実に把持・搬送するとともに、加工・縫製機械に対して高精度な位置決めを行う技術を確立する。

以上がハードウェア技術である。

ソフトウェア技術の4) システム管理・制御技術では、多品種少量生産を効率的に行うためのシステム管理・制御技術を確認する。これら技術は更に各々3～4のサブ要素技術に細分化され、それぞれ個別目標が定められた。

(4) 開発の組織と運営及び達成手段の設定

各要素技術のうち、主要技術の基礎的研究は工業技術院繊維高分子材料研究所、機械技術研究所、製品科学研究所が担当した。その結果を反映し、応用しつつ要素機器

等の試作研究を行う部分を自動縫製システム技術研究組合（以下、技術研究組合という）が担当した。全体を統合するトータルシステムについても技術研究組合が担当している。

技術研究組合は本プロジェクトの中心組織であり、アパレル 10、ミシン 5、電機 4、繊維 3、染色整理 2、化学 2、機械 1、不織布 1 の計 28 企業に 1 団体が加わって昭和 58 年 1 月 6 日に設立された。技術研究組合参加企業の選定では、通商産業省がまずシステムの完成形を設定した上で、業種を選択し、参加を呼びかけた。中核は当時の主要ミシンメーカー 5 社である。参加応募では、アパレルなど共同開発業務に未経験な企業が積極的で希望数が多かった。一方、電機、機械、特にマテリアルハンドリングでは、本プロジェクトが「制御困難な布が対象で、かつ小型の装置」という開発条件の困難さを理由に参加に消極的であり、通商産業省は企業選定に苦労している。全体では 50 社から応募があり、それなりに期待が高かったプロジェクトであるといえる。なお、技術研究組合には「学」の参加が非常に少なく、それも特徴の 1 つである。大型プロジェクト共通の年 1 度の審議会とソフト面のアドバイス以外は、プロジェクト本体への「学」の参加はない。自動縫製を研究している大学がなかったことが理由と考えられる。

技術研究組合は異業種の集合体であり、互いに名前を初めて聞く会社もある中での発足だった。そのため特にこの時期の通商産業省研究開発官のオーガナイズ能力が重要であった。開発の運営は次のようにして行われた。

- 1) まず前述の 4 要素技術ごとに各社の得意不得意や希望を考慮して、グループ分けをして研究を分担させている。この時ほとんどのグループでアパレルとハードの企業を組み合わせており、どちらかが独走しないようにしている。
- 2) その後研究開発官がグループごとにミッションを与え、それに通商産業省傘下の各研究所の技術者がアイデアやアドバイスを与えて、研究を助走させていった。
- 3) 各グループは 1 か月に 1 度程度の頻度で会合を行い、全体会合も適宜行いながら開発を進めた。この段階になると技術ベースの話が中心となったため、研究開発官の役割は全体の工程管理へと変わり、研究の中心は企業へと移っていった。

なお、グループ化の例として、縫製準備加工技術のサブ要素である高速レーザー裁断サブシステムをみってみる。このサブシステムは更に 9 つのサブシステムから構成されており、全要素技術は 3 層構造になっている。その中の 1 つであるインテリジェント検反機では、大和染工が主担当企業であり、日立製作所、レナウン、ワコールがメンバーになっている。自動延反搬送装置では三菱電機とアシックスが幹事役を務め、高速レーザー裁断装置では三菱電機と旭化成が幹事役を務めている。このようなグループ分けを概観すると幹事役企業は電気機械メーカーやミシンメーカーがほとんどである。例外は、工程制御情報付与装置の東レ、高速周波誘導加熱装置の日本バイリーンで、アパ

レルメーカーである銀座山形屋、レナウン、ワコールなどは幹事をしていない。

日頃関係の薄い異業種が共同研究を進めるため、円滑な意思疎通を図る工夫が凝らされている。先に述べた月1度の会合幹事は各社持ちまわりで行われ、各社が互いに他社の工場等を訪問する方式を採用している。プロジェクトの最後の方になると月報を発行している。これは異業種間の情報交換を図り、グループ内の連帯感向上及び認識基盤の共通化を狙ったものである。技術者間の意思疎通には設計図よりもイラストが大きな効果を発揮したという。アパレル業の参加によるものと思われる。

共同研究の形態は基本的に持ち帰り型であった。研究員の選定は各社に任せてあり、情報流動性に比べ人的流動性は低かった。なお、最終段階で実験プラントをつくば研究支援センター内に建設して実証を行っており、この時期だけは当然ながら集中型共同研究となっている。

需要表現という視点で本プロジェクトを眺めると縫製側とアパレル側による需要表現の確立過程であるとみることができる。まず、自動縫製で製造する対象をトップ、ボトム、ドレス、スポーツウェア、ナイトウェアなど数種に限定したものの、自動縫製のシステムは細部まで確定されておらず、アプローチは無数にあった。縫製側のアプローチは従来技術をベースに省人化、自動化、高速化することである。しかしその対象である生地は柔らかくしかも複雑な3次元構造に縫製しなければならない(アパレル側)。そこで、需要を技術的に可能な形で表現しなければならなくなる。例えば、服をより自動化し易い構造にする発想の議論では、従来とはまったく異なる裁断パターンや新規縫製方法が提案されたばかりでなく、なぜ糸を使用するのか、接着剤は使用できないのか、あるいは人型に周囲から繊維を吹き付けることで高速かつ立体的に服が生産できないかなど、原点に溯った論点が提出されたという。実際、本プロジェクトは研究開発中柔らかい布のハンドリングに大いに悩まされたが、逆転の発想で布を固定しミシンを移動させればよいことに気付き、困難な3次元袖口製法を完成させている。

(5) リーダーシップ

本プロジェクトのリーダーシップは期間全体を通じて通商産業省の開発官にあったといえる。それは本プロジェクトの性格が(衰退産業を支援するという)高次の政策的ニーズの強いものであったこと、個別技術は存在したが(自動縫製システムという)全体のシステム技術はなかったこと、経営的にも技術的にも疎遠な産業間の共同研究であったこと、需要表現が熟していなかったことなどに由来するものと思われる。具体的には、前述のように発足時の混沌とした状態の中での通商産業省研究開発官のオーガナイズ能力は特に重要であった。グループ分け、ミッション策定、通商産業省各研究所技術者との連携等、全て研究開発官の力量に拠っている。次に、各グループでの開発段階になると開発の中心は企業へと移っていったものの、今度は全体の工程管理が最重要課題に

なり、これも研究開発官の役割であった。

企業群でのリーダーシップは主要ミシンメーカーにあった。中でもJUKIの主任技術者はシステム全体のコンセプトを作るなどリーダーシップを発揮した。異業種が集まった本プロジェクトで、最も困難なことの1つは開発するシステムの共通認識を作り上げることである。同氏はそのために、月報を発行したり、文章中心の意志伝達を少なくし、図やイラストを多用したコミュニケーション手法を推進している。

(6) 成果

本プロジェクトの成果を評価することは簡単ではない。まず、「多品種少量衣料の生産での一枚当たりの生産時間を現行生産方式の50%以下にする」という当初目標は達成されている。その点でこのプロジェクトは成功したといえる。例えば、つくば市に建設した実験プラントの見学は当初1週間を予定していたが、見学希望者が多数になったために倍以上延長している。これは見学者の高い評価が口コミで伝わり、新たな見学者を呼んだことによる。その中には多数の外国企業も含まれている。プロジェクト実施中では英国コートルズ社がプロジェクトへの参加を打診してきている。

一方、それでは自動縫製システムが実用化されたかといえばそれは否である。もっともプロジェクト形成当初からそのような成果は期待されておらず、要素技術の実用化だけが期待されていた。その点本プロジェクトには中小縫製業の実態に合った、すぐに実用可能と思われる重要な要素技術が組み込まれていた。しかし、それらのほとんどは実用化されず、三菱電機が早い段階で商品化した高速レーザー裁断装置の他は、本プロジェクトをきっかけに実用化が進んでいった布把持モジュールなど2、3に過ぎない。この点では成功とはいえないだろう。

次に本プロジェクトは、CAD/CAMを始め、それまで馴染みのなかった各種の自動化、機械化技術を中小縫製業者に紹介し、その意義を示した。その結果業界内で自動化への意識改革が進み、自動化が急速に進展したこと、要素技術の開発や普及が進んだことを考えれば、本プロジェクトの成果は大きかったと結論できる。

さらに、大型プロジェクト制度を国家が特定の産業を支援するものと激しく日本を批判した米国で、本プロジェクトの類似版ともいえるプロジェクトが同時期に進行している。最近では、縫製を総合的に捉えて先端の技術で自動化した上に、それを最新の情報技術と結合させるとプロジェクトが進行している。米国では縫製技術や自動化技術の基盤は嘗々と築き上げられている。それに現在、圧倒的な強さを誇る情報技術を結合させて、プロジェクトを成功させれば、これほど強いものはないといえる。そうだとすれば本プロジェクトの成果は皮肉な成果をもたらしたことになる。すなわち、現在の我が国の縫製業は、東南アジア諸国の高品質かつ低価格な縫製業の急激な成長に追い上げられている。それに対抗すべく開発された自動縫製システムはトータルシステムの形で活躍できてはいない。他方その構想に触発された米国でより高度な形でシステム開発が行われている。

19. 極限作業ロボット

(1983-90 年度：研究開発費総額約 140 億円)

(東京工業大学 渡辺千仞研究室)

(平成 12 年度調査プロジェクト)

(1) 背景

本プロジェクトが企画され始めた 1980 年頃には、既に我が国は産業用ロボットについて全世界の 6 割以上を保有するロボット大国であった。しかしながら、その市場規模は相対的に小さなものにすぎず、更なる飛躍には新しいニーズの発掘と、そのニーズの実現に必要な技術開発が不可欠な状況にあった。

このような認識は古くからあり、日本産業用ロボット工業会では既に 1973 年にロボット関連技術の技術予測を実施し、その後も検討を続けていた。1980 年には原子炉内作業安全自動化システム開発の大型プロジェクト化を目指して「原子力発電技術の将来ビジョン調査研究」を実施し、1981 年には高度自動化機械に関する研究(座長：梅谷陽二東京工業大学教授)を行った。これらの調査研究の成果を踏まえ、通商産業省に対し大型プロジェクト化の実現を要望すると共に、1982 年 5 月には自由民主党に対して「極限作業ロボットシステム開発」の大型プロジェクトとしての採用を要請した。

一方、通商産業省においては、1981 年、1982 年の両年にわたり産業機械課において知能ロボットの研究開発を大型プロジェクト化することを検討したが、同じく同課が担当する「自動縫製システム」プロジェクトを優先し、予算要求を見送った。その間、通商産業省では機械システム振興協会を通じて日本システム開発研究所に委託を行い、1981 年には「社会資本維持補修型機械システムに関する研究」(座長：加藤一郎早稲田大学教授)、1982 年には「緊急事対策・救助機械システムに関する調査研究」(座長：梅谷陽二東京工業大学教授)を実施し、移動作業ロボットという新しいニーズの発掘とその実現のための要素技術(位置認識、障害認識、移動、作業、検査、教示(制御))について調査を行った。

以上のような検討を踏まえ、通商産業省では 1982 年に「極限作業ロボット」をプロジェクトとして取りまとめた。同年 12 月の日本産業用ロボット工業会による国会への陳情等も後押しとなって、1983 年度からの本プロジェクトの実施が決定した。

また、1982 年 5 月のベルサイユサミットで国際研究協力が提案され、具体的な研究テーマを 1 年かけて検討することとされた。我が国からロボット技術に関する研究協力を提案し、翌年のウィリアムバーグサミットにおいて「先端ロボット技術」がそのテーマとして採択され、我が国とフランスが幹事国に指名された。

(2) 目標設定

当時、既に世界的にトップレベルに到達していた我が国ロボット技術の更なる向上が基本的な目標であった。決められた動きを繰り返すだけの第1世代のプレーバックロボット（スポット溶接ロボットなど）は1980年には既に普及段階に入っており、またセンサを持ち一定の判断を行って作業をする第2世代のセンサベースロボット（アーク溶接ロボットなど）も工場への普及が始まっていた。これらに続く第3世代のロボットは、人間がデータをすべて持っている環境（構造化された環境）ではあるが、その環境を、例えば工場のようにロボットの作業にとって都合が良いように改変できない状況下で作業を行うものと考えられた¹

この第3世代ロボットを実現するには、段差や階段等様々な環境に対応できる「脚移動」、特定ツールに依存せずに作業が可能な「手指のマニピュレーション」、環境を認識するための「視触覚センサ」などの要素技術の開発が必要となる。

本プロジェクトでは、以上の要素技術を開発すると共に、それらをシステムとして組み上げることが目標とした。当時、世界的にみると個々の要素技術の開発は散発的に行われていたが、それらを統合してシステム化する試みは行われておらず、画期的なプロジェクトであった。

(3) 開発対象の設定

財政事情が厳しかったため、特別会計予算（電源多様化勘定、石油及び石油代替エネルギー勘定）を活用できるように開発対象を「極限作業ロボット」とし、具体的には「原子力ロボット」、「海洋ロボット」、「防災ロボット」の3種類を開発することとした。「極限作業ロボット」は自律化、知能化した第3世代ロボットの究極の形ということに意味があり、それぞれの作業目的を実行できるロボットを開発することが真の目標ではない。当初計画の開発期間8年、開発費総額200億円というのは、当時の大型プロジェクト制度の標準的規模を当てはめたものであって、積み上げて設定したものではない。

「目標設定」の項でも述べたとおり、要素技術の開発が必要であったことから、前半5年間で要素技術の開発を行い、中間評価を経て、後半3年間でシステムとして開発するというスケジュールが設定された。また、このため要素技術の開発状況を勘案して、最終システムの具体的仕様を設定することとしたため、当初目標は抽象的なものにとどまった。

¹ ちなみに、現在、研究が進められている第4世代のロボットでは、データが構造化されていない環境下で作業を行い得るとされる。

本プロジェクト開始時には、まだ個々のロボットのコンセプトが固まっておらず、1 - 2年をかけてコンセプトを固め、目標を仕様に変換していった。これらの仕様は当時の技術水準から考えると野心的なもので、当初その実現が危ぶまれたが、要素技術の開発が進展するにつれて、徐々に実現の目途がたっていった。

参考のため、以下に基本計画、スケジュール及び予算実績を示す。

(i) 基本計画

1) 研究開発期間

1983年度（昭和58年度）から9年間（当初計画は8年間）

2) 研究開発費総額

約148億円（当初計画は約200億円）

3) 研究開発の目標と方式

イ) 原子力・海洋・災害等の分野において、放射線・高水圧・高温等もより要員の立ち入りが困難な状況での、点検・保全・救援活動等多様かつ複雑な現場作業を、あらかじめ与えられた指示あるいは遠隔からの指示により、迅速かつ確実にを行う機動性及び汎用性を有したロボットについて、その実用化に必要な技術を確立することを目標とする。

ロ) この目標を達成するため、原子力・海洋・防災の3分野において、それぞれの分野固有のニーズを踏まえ、専用の機能を有するロボットを開発すると共に、各分野に共通する技術については基盤技術として研究開発を実施するものとする。それぞれの目標は表1のとおりとする。

ハ) 以上の研究開発に当たっては、多岐にわたる技術開発課題及び将来の需要分野に対応するため、また国際協力プロジェクトへの貢献を図るため、国内外の関連研究機関との交流を積極的に推進することとしている。

表 1 研究開発の目標

項目		目標
原子力関連作業ロボット		原子力発電所等の原子力関連施設において、遠隔のオペレータの指示に従い、設備機器の保守、点検、修理等の高度な作業を行うロボットを開発する。
海底石油開発支援ロボット		海洋石油開発関連施設において、遠隔のオペレータの指示に従い、設備機器の保守、点検、修理等の高度な作業を行うロボットを開発する。
防災ロボット		石油生産施設、産業施設等において災害が生じた際に、遠隔のオペレータの指示に従い、災害の拡大防止、援助等の高度な作業を行うロボットを開発する。
基盤技術	機構技術	脚、車輪等により階段、斜面等の不整地を効率的に移動する機構を開発する。 多関節・多指のマニピュレータにより柔軟かつ器用に作業する機構を開発する。 センサからの情報によりの確に環境を認識する機構を開発する。
	制御技術	ロボットの自律機能を開発すると共に、オペレータによる制御技術として、高度な実時間臨場感のもとに大局的な指示により正確かつ迅速に制御する方式を開発する。
	支援技術	ロボットを効率よく利用するための技術として、複数台ロボットからなるシステム構成手法、ロボット言語及び総合的評価手法を開発する。

() スケジュール

極限作業ロボットに係る当初のスケジュールを次に示す。

年度		58	59	60	61	62	63	元	2	
実用原子力 発電施設作 業ロボット	固有要素 技術		概念・基 本設計	試作及び実験			中間 評価	試作及 び実験		総合 評価
	トータル システム				概念 構想	概念 設計		詳細設 計	製作及び実験	
海底石油生 産施設支援 ロボット	固有要素 技術		概念・基 本設計	試作及び実験				試作及 び実験		
	トータル システム					概念 設計		詳細設 計	製作及び実験	
石油生産施 設防災ロボ ット	固有要素 技術		概念・基 本設計	試作及び実験				試作及 び実験		
	トータル システム					概念 設計		詳細設 計	製作及び実験	
基盤技術			基本技術の開発					技術の確立		

() 予算 (推移)

極限作業ロボットに係る予算の推移を次に示す。

(単位百万円)

	58	59	60	61	62	63	元	2	3	計
1. 委託研究開発費	20	911	1,666	2,170	2,163	2,248	2,478	2,331	2	13,988
極限作業ロボットの研究開発	20	78	176	142	100	74	71	69		730
発 実用原子力発電施設作業ロボット開		465	814	991	1,120	1,167	1,200	1,090		6,846
発 海底石油生産支援システムの研究開		368	676	1,037	943	1,007	1,207	1,172	2	6,413
海底石油生産システム開発		368	512	733	648	756	907	792	2	4,717
発 石油生産施設等防災ロボット開			165	304	295	251	300	380		1,695
2. 一般試験研究費	1	23	30	30	30	30	30	44	4	222
3. 管理費	16	67	70	70	75	75	78	80	67	598
合計	37	1,001	1,766	2,270	2,268	2,353	2,586	2,455	73	14,809

注) 平成元年度から 3%の消費税を含む。

(4) 開発の組織と運営及び達成手段の設定

基盤技術については、工業技術院傘下の機械技術研究所ロボティクス部と電子技術総合研究所制御部とが協力して研究開発を行った。個々のロボット特有の要素技術及び個々のロボット開発については、企業へ委託を行うこととし、1983年に公募(海外企業に対しても大使館を通じた)を行い、上記国立研究機関からの意見を参考にしつつ、研究開発官が参加企業を選定した。選定された企業が「極限作業ロボット技術研究組合(1984年2月設立、1991年9月解散)」を設立し、委託契約はこの技術研究組合との間で締結された。

各企業の分担は、結果的にそれまでの実績を踏まえたものとなっており、例えば、原子力ロボットについて、筑波万国博覧会に早稲田大学加藤一郎教授と共同して2足歩行ロボットを出品した日立製作所が「脚」を、原子力関連施設でのマニピレータの開発実績がある三菱重工業が「手」を、視覚センサの開発を行っていた東芝が「眼」を、それぞれ担当した。

極限作業ロボット技術研究組合における研究開発担当組合員の一覧を次に示す。

	研究開発担当組合員
(1)基盤技術開発	富士電機総合研究所、安川電機製作所、(財)国際ロボット・エフ・エー技術センタ
(2)実用原子力発電施設作業ロボット	東芝、日揮、(財)発電設備技術検査協会、日立製作所、ファナック、富士通、三菱重工業、三菱電機
(3)海底石油生産支援システム 海洋石油生産支援ロボット 石油生産施設防災ロボット	沖電気工業、川崎重工業、小松製作所、住友電気工業、三井造船 石川島播磨重工業、神戸製鋼所、(財)国際ロボット・エフ・エー技術センタ、日本電気、松下技研

基本的には持ち帰り型の研究開発体制であったが、原子力ロボットに関しては最終的にシステムとして組み上げるため、当初より発電設備技術検査協会内に上記3社の担当者が常駐して研究開発を行う擬似集中研究方式を採っていた。

国立研究機関は、感覚と行動を結ぶ知能研究やロボットが構造化されていない未定義環境に対応する際に遠隔支援を行うための「レイグジスタンス」技術の開発等を行ったが、個々のロボットの開発については助言者的役割にとどまった。

総体として「ロボットマフィア」と呼ばれるような研究者同士の結びつきが強い技術領域であったことが、本プロジェクトの調整をうまく進めていく一つの要因となった。

(5) リーダーシップ

「背景」の項で述べたとおり、本プロジェクトは日本産業用ロボット工業会における長期にわたる調査・検討作業を踏まえたものである。予算化には当時の通商産業省産業機械課技術班長であった上原明氏の尽力があったとはいえ、本プロジェクトは個人のリーダーシップでなく、組織的なリーダーシップによって生み出されたと考えるのが適当である。

本プロジェクトの技術的企画は、東京工業大学の梅谷陽二教授を中心に、機械技術研究所の中野栄二ロボット工学課長、館暉主任研究官、電子技術総合研究所の白井良明情報研究室長、高瀬國克主任研究官が担当した。

本プロジェクトの運営段階では、技術研究組合の技術委員会の各部長(原子力、海洋、防災)が最終的な調整役であったが、その前に主要メーカー間で調整を行って問題を解決することがほとんどであった。

(6) 成果

原子力ロボットと海洋ロボットについてシステムとして組み上げ実験を行った。ただし、ニーズが明確にできず、コンセプトが固まらなかった防災ロボットについては、予算が計画とおりに確保できなかったこととあいまって、要素技術の開発にとどめ、中間評価の段階でシステム開発を中止した。

ロボット工学においては、システム構築の経験を積むことによってノウハウを蓄積していく。その際、必ずしも自ら経験する必要はなく、その詳細が明らかになるのであれば、他者が行ったものでも良い。殊に失敗の経験が重要である。現在取組まれている第4世代ロボットの開発はこのような経験の蓄積の上に立ったものといえる。ただ、本プロジェクトでは、システムとしての実験は3か月程度しか行われなかった。より長期にわたって実験を行うことができれば、より多くのノウハウを蓄積できたであろう。

工業所有権の取得が400件を越え、当時としての先端的成果を得た。また、要素技術に関しては、強力な小型モータ、画像処理装置の商品化に成功したほか、海中音響映像システム、海中移動技術、海中位置検出技術等において一部技術が実用化された。

「背景」の項で述べたように、本プロジェクトは国際協力の対象となったこともあって、国際シンポジウムやワークショップを積極的に開催した。ワークショップにおいては、我が国の動向が高い関心を集めた。先端的研究を行っている、いわば我が国の現状を知る場とあって良い状況にあったようである。

本プロジェクトが開始された1983年は、日本ロボット学会が創設されるなどロボット工学が新たな学問領域として認められ始めた時期でもあったことから、本プロジェクトはロボット工学の世界に大きなインパクトを与えた。本プロジェクトに関わった研究者の多くは後に大学教授となり、先端的研究に従事すると共に、数多くのロボット研究者を育てている。

また、本プロジェクト終了後「マイクマシン技術」が国家プロジェクト化された。このプロジェクトと本プロジェクトとの間には、共通の研究者は少ないが、マイクロマシン技術プロジェクトの企画の背景には、本プロジェクトで得られた小型化、軽量化の思想の延長線上にあるとの指摘がある。

参考文献

- ・工業技術院編 大型プロジェクト 20 年の歩み 1987
- ・極限作業ロボット技術研究組合編 極限作業ロボット技術研究組合の歩み 1991
- ・山本欣市・柿倉正義編著 極限作業ロボット そのメカニズムと設計技術 工業調査会 1987
- ・通商産業省アールキューブ研究会編 アールキューブ 日刊工業新聞社 1996
- ・舘暲 NHK 人間講座「ロボットから人間を読み解く」 日本放送協会 1999
- ・舘暲 第3世代ロボット 計測と制御 Vol.21 No.12 pp.52-58 1982
- ・日本システム開発研究所 社会資本維持補修型機械システムに関する調査研究報告書 1982
- ・日本システム開発研究所 緊急時対策・救急機械システムに関する調査研究報告書 1983

20. 資源探査用観測システム

(1984-91年度：研究開発費総額 230 億円)

(東京大学 丹羽清研究室)

(平成11年度調査プロジェクト)

(1) 背景

資源エネルギーの消費が世界的に増加を続けている中で、その大半を海外に依存する我が国としては、資源エネルギーに係る安定供給確保のための積極的な資源エネルギー政策を展開する必要があった。

石油等の資源開発では、人工衛星によるリモートセンシングによって、有望地域を絞り込む際の膨大な探査費用を低減させることが期待されていた。1972年には米国がランドサットを打ち上げたのを始め、欧州でもフランスや欧州宇宙機関(European Space Agency: ESA)が地球観測衛星の打ち上げ計画を推進しており、我が国でも独自の地球観測衛星を打ち上げるべきとの意見が高まっていた。

一方、通商産業省工業技術院の一部の研究所で宇宙関連の基礎研究が進められていたが、衛星の開発に本格的に取り組んだ経験はなかった。しかし将来宇宙産業が大きく成長するとの予測から、1979年9月に機械情報産業局宇宙産業室を発足させ、宇宙産業育成を図るため、宇宙開発プロジェクトを立ち上げ、宇宙開発事業を拡大することが必要との認識で模索を続けていた。

こうした状況の下、1980年6月、日本航空宇宙工業会が国策としても国際的にも有益な事業として、「資源探査衛星システム検討委員会報告書(委員長：南雲 仁一)」を取りまとめた。この中でミッション機器を構成する各要素についてかなり多角的に掘り下げた検討が行われ、主なセンサとして合成開口レーダを搭載する資源探査衛星(Mineral & Energy Resources Exploration Satellite: MERES)の計画が発表された。

一方、科学技術庁(宇宙開発事業団)は、1979年度より海洋観測衛星1号(Marine Observation Satellite: MOS-1)の開発に着手していたが、ほぼ同じ頃、三菱電機、日本電気、東芝のいわゆる衛星3社による検討結果を反映させつつ、更に陸域観測衛星1号(Land Observation Satellite: LOS-1)計画を提案した。

1978年3月、宇宙開発委員会の策定による「宇宙開発政策大綱」の中では、MERES及びLOS-1の2つの構想への萌芽がみられ、LOSシリーズを含む15年間にわたる長期的方針が打ち出された。さらに、同年8月にはリモートセンシング推進会議が報告書「リモートセンシングの研究・開発及び利用の推進に関する基本的方策」において、応用諸分野の要望を吸い上げてLOS計画に関する概略のビジョンを示した。

その後MERES計画及びLOS計画の内容が更に練られ、宇宙開発委員会での調整を経て、地球資源衛星1号 (Japanese Earth Resources Satellite: JERS-1)として研究開発が認められた。そして通商産業省がミッション機器を、科学技術庁(宇宙開発事業団)が衛星本体を担当する共同開発体制によって開発が行われることとなった。

(2) 目標設定

本プロジェクトは1990年度冬期打ち上げ予定の資源探査衛星JERS-1に搭載する高性能の観測システムの開発を目標としていた。具体的には、観測システムの設計・製作技術の確立と衛星本体・地上受信局等と整合性がとれ、宇宙空間における長時間作動に十分な信頼性及び耐久性を有するシステム技術の確立を図るものであった。宇宙開発事業は大規模かつ多額の費用を必要とし、当時はまだ商業ベースで行うのが難しかったため、大型プロジェクトとして予算約230億円、開発期間7年の予定で実施された。

前節でも述べたように、通商産業省としてはまず宇宙産業の育成という政策目標があり、そのための宇宙開発プロジェクトを模索していたのであるが、資源エネルギーの安定供給という別の政治的背景からリモートセンシングの研究開発計画が採用され、さらに、科学技術庁の陸域観測衛星の計画を取り込み合成開口レーダ(Synthetic Aperture Radar: SAR)・光学センサ技術を採用するに至った。このように本プロジェクトにおける目標設定の過程では、政策目標から技術目標まで段階的に決定される政策階層性を見ることができるといえる。

ただ、当初JERS-1は打ち上げ用実機(Proto Flight Model: PFM)までの開発想定していたが、大型プロジェクト制度では実機を開発しないというルールになっていたため、地上試験モデル(Engineering Model: EM)の研究開発は研究組合で行い、PFMについては1986年、新たに機械情報産業局直轄の組織を発足させ、EMの研究成果と開発予算をそのまま引き継いで開発が進められることとなった。

センサの分解能等の仕様は、計画段階でユーザとメーカーが長時間論議を尽くした上で決定された。石油資源探査というニーズがはっきりしていたため、開発目標は目的を達成するための最低限の性能としてこれを遵守することが最優先され、特に合成開口レーダ技術で我が国は米国に大きく後れをとっていたが、これを挽回するために地表分解能10～20m(最終決定で18m)という、当時世界的に見ても非常に高レベルな目標が設定された。短波長赤外放射計用の循環冷却器の開発が遅れ、打ち上げが1年延期されることとなったが、目標を修正することなく初期に設定した性能を達成した。

(3) 開発対象の設定

衛星本体と衛星に搭載される観測機器は、合成開口レーダ、光学センサ、ミッション記録機器、ミッション送信機の4種で構成された。

合成開口レーダはマイクロ波を利用した全天候性を備えた映像レーダであり、衛星の進行方向に直角、斜め下方向にパルス電波を発射し、電波の照射部分からの散乱された信号を受信する。この受信信号は、分解能の高い二次元映像を得るために、衛星の進行方向(アジマス方向)と直角方向(レンジ方向)とに分けて処理される。レンジ方向については、通常のパルスレーダと同様に、送信パルスが対象物から散乱されて受信されるまでの時間差で対象物を識別するため、送信パルス幅を狭くすることで分解能を向上させる。ERS-1では送信パルスを線形周波数変調(チャープ変調)して送信し、受信時には送信時と逆の周波数偏移をもつ分散フィルタ(マッチドフィルタ)を通して大振幅の狭い

パルスを得る(パルス圧縮)ことで、更なる高分解能を実現した。一方、アジマス方向については、通常の方法では分解能がアンテナの大きさに依存してしまうため、受信信号が衛星の運動に伴う相対速度によるドップラ効果を受けることを利用したユニークな合成開口手法によって、現実的な大きさのアンテナで高い分解能を実現した。

光学センサは光波長領域の複数のスペクトルバンドで地表面の画像観測を行うことにより、鉱物資源等の有力な情報を提供する。ERS-1では高分解能と共に、軽量・コンパクト化が要求され、直下点撮像用のCCDに加えて前方撮像用のCCDを設置することで、単一の光学系による立体視機能を実現した。また短波長赤外線域のCCDは低温で冷却する必要があるため、衛星搭載に適した小型・低電力かつ長寿命の循環冷却器が開発された。

ミッション記録機器・送信機は合成開口レーダ及び光学センサからの観測データを記録し、衛星が地上局の可視域にある間に再生・出力する。センサの分解能向上に伴ってデータの量も増加するため、高いデータレート(30Mbps×2ch)が必要とされた。

これらを開発する上で、衛星搭載という物理的(電氣的・機械的)制約条件の中でいかにユーザの要望を満足する観測システムを実現するかが問題となった。そのため各観測機器の性能向上のみならず、全体システムとして衛星本体や地上局とのインターフェースや運用上の制約条件等の仕様を定義し、観測システムの衛星本体への搭載要求条件、地上局への要求条件等を検討する必要があるがあった。さらにはセンサの性能を決定するため、地質を特定するというニーズを満たす画像品質のレベルを明らかにする必要があるがあった。

石油資源探査のニーズを満たすためには、これらの仕様を達成することが前提であり、技術的な問題のために外部仕様を変更することは一切認めず、重量や消費電力等制約条件を各モジュール間で融通することで解決した。

また、搭載センサに合成開口レーダ及び光学センサを採用することは、既にMERES、LOS-1計画の段階で決定済みであり、ほかのセンサ技術との競合はなかった。

(4) 開発の組織と運営及び達成手段の設定

本プロジェクトでは衛星本体とミッション機器の開発が不可分の関係にあるため、通商産業省・科学技術庁の密な連携の下に開発が進められた。両省庁共管で技術研究組合「資源リモートセンシングシステム技術研究組合(Technology Research Association of Resources Remote Sensing System: RRSS)」が設立され、次いで、財団法人「資源探査用観測システム研究開発機構(Japan Resources Observation System Organization: JAROS)」を推進団体として発足させた。

地上試験モデル(EM)の開発段階では、まず、技術研究組合が予備設計・専用化設計に関する研究成果を元に開発仕様書・インターフェース仕様書を取りまとめた上で、これを元に各委託先企業でサブシステムの開発が行われた。参加企業の選定では、既に衛星開発で実績のあった日本電気・東芝・三菱電機(衛星3社)、さらに、システム管理手法等ノウハウ拡大を狙い新たに日立・富士通の2社を加え、これらにユーザ側企業(石油公団など)も入って開発が進められた。システム全体の統合は宇宙開発事業団

(NASDA)があたり、サブシステムの統合は日本電気が担当した。本プロジェクトでは我が国独自の技術を確認することを目指したため、観測システム部分に関して外国企業の関与はなかった。また、大学や工業技術院の電子技術総合研究所・機械技術研究所が技術面のアドバイザーとしての役割を担った。

打ち上げ用実機(PFM)の開発段階に入り、RRSSからJAROSへの移行に伴って委託主体も工業技術院から機械情報産業局に移ることとなった。JAROSは通商産業省機械情報産業局からPFM開発事業を受託し、メーカ5社はJAROSと請負契約を締結して、毎年JAROSが作成する調達仕様書・業務仕様書に基づいて開発作業を進めた。

(5) リーダーシップ

通商産業省初の衛星開発への取り組みは、機械情報産業局宇宙産業室(課)によって推進され、プロジェクト成立後は研究開発官室に委ねられることとなった。研究開発官は初期計画段階において予算・人事・スケジュール調整等の役割を担った。開発段階に入ると、各サブシステム間の調整等システム全体の管理が重要となり、NASDAのプロジェクトマネージャーがリーダーシップを発揮して、部門のマネージャーとの調整にあたった。

(6) 成果

衛星開発を始め宇宙開発事業はシステム管理手法等ノウハウの塊であるといえる。JERS-1計画では、ミッション機器には高い性能が求められる一方で、実際に宇宙で確実に動作することが必須である。このトレードオフの関係にある性能と信頼性の間で、どこに目標を定めるべきかを明らかにすることが研究の目的の1つであるが、実際に打ち上げてみて初めて分かることも多い。その意味では、通商産業省初の宇宙事業として打ち上げが成功に終わったことは、こうしたノウハウを獲得できたという点で非常に大きな成果であるといえよう。

また光学センサ・合成開口レーダ技術については、次世代機に引き継がれ更なる性能向上を目指して開発が続けられており、大型プロジェクト制度の実績を有効に利用したものとして評価される。さらに、JERS-1では機械式冷凍機を世界に先駆けて衛星に採用したが、後継機では50,000時間の動作を実現しており今後の活用が期待されている。資源探査ミッションについては合成開口レーダで全陸地面積の90%、光学センサで50%程度の撮影に成功し、ユーザ要望を満たす性能であることが確認された。衛星は2年間の設計寿命に対し6年半の間観測を続け、1998年10月に運用を終えた。

21. 電子計算機相互運用データベースシステム

(1985-91年度：研究開発費総額 76 億円)

(東京大学 児玉文雄研究室)

(平成 12 年度調査プロジェクト)

(1) 背景

1983 年(昭和 58 年)12 月から約 1 年 5 か月にわたって、通商産業省機械情報産業局長の諮問機関として、情報処理相互運用基盤研究会(インタオペラビリティ研究会)が設置され、熱心な検討が進められた。これは情報化社会の発展に伴い、情報機器、情報システムのインタオペラビリティ(相互運用性)の確保こそが、今後の情報化社会の重要な基盤技術であるとの認識に立ったものであった。

当時の技術の延長線上では、異機種上の各種データベースを相互に運用することができず、利用者は様々なデータベースにつながれた端末装置を使い分ける必要があり、そのデータも限られた文字と図形程度しか扱えないという不便さが多分に残っていた。この問題を解決するためには、分散配置されたデータベースを相互運用に対応可能なものとする、これらを相互運用するための信頼性の高いネットワーク技術を確立すること、加えて高度かつ多様な情報ニーズに十分対応し得るよう、文字、図形、画像、音声等の混在した、いわゆるマルチメディア情報が取り扱えるものとするなどが不可欠となっていた。

一方海外では既に 1968 年に ARPA ネットワークの開発が始まるなど、計算機ネットワーク技術が進歩していた。本プロジェクトの目標となった OSI(Open Systems Interconnection)準拠ネットワークについても欧州では EC が、米国では NBS が中心となってその開発に積極的に取り組んでいた。欧州では OSI 諸規格を現実に導入する際のガイドライン作りが熱心に進められていた。また、米国では国防省主導で、当該プロジェクトに関わる全ての情報を電子化し、情報の共有・再利用を図り、生産性・信頼性・利便性の向上を図るという CALS(当時:Computer-Aided Logistics Support System、現在:Commerce At Light Speed)のコンセプトが生まれていた。そして、1980 年代初頭には既に GM が MAP/TOP を使用して企業内でブロードバンド LAN を行うなど実証的なネットワーク技術も開発されていた。こうした当時の欧米先進諸国による計算機ネットワーク概念・技術の進展に対し、我が国では計算機ネットワークの面で 10 年は遅れているといわれる状況であった。

これらの事実を受け、1984 年(昭和 59 年)3 月には、(財)日本情報処理開発協会を事務局として、インターオペラビリティ協議会が発足し、産業界におけるインタオペラビリティ問題の検討を開始ことになった。同協議会は、1985 年(昭和 60 年)8 月に、同協会の付属機関である産業情報化推進センタに発展改組し、引き続きビジネスプロトコル統一のための事業等を通じて、産業の情報化の円滑な推進に寄与するこ

ととなった。

これらの経緯に基づき、コンピュータのインタオペラビリティを確立するために必要な技術の研究開発を、1985年（昭和60年）度から工業技術院における大型プロジェクト制度により推進することとしたものである。

(2) 目標設定

相互運用性を確保した高度な情報システムの開発、普及を目指して、データベース、OSI 準拠ネットワークを中心とする高度情報化社会の基盤をなす諸技術を先導的に開発することを目標とした。当時、それぞれの組織、団体において独自のデータベース、計算機ネットワークが構築されていた。高度情報化社会を目指す上では、計算機の相互利用実現という社会全体のシステム構築が必要とされていた背景がある。

また、本プロジェクトでは、コンピュータ上で文字、図形、画像、音声等のマルチメディア情報を自由に扱うことができ、コンピュータに蓄積した経済情報、技術情報等各種のデータベースを、コンピュータの種類やデータベースの構造の違いにかかわらず、すべての機器・システムを相互に接続し、相互に利用できるコンピュータネットワークシステムを構築することを目標とした。

(3) 開発対象の設定

前項(2)で述べた目標を達成するために、以下に示す四つの研究開発領域を設定し、それぞれの研究主体分担で開発が行われた。

- 1) 地域的な分散を意識せずに、複数の異種データベースを相互利用する分散データベースシステム技術
- 2) 文字、図形、画像、音声等のマルチメディア情報を高度利用するマルチメディア技術
- 3) ネットワークの耐障害性、安全性及びシステム自体の高信頼化のための高信頼性技術
- 4) 計算機等の情報技術、情報システムを相互に接続し、相互運用可能にする相互運用ネットワークシステム技術

上記4テーマのうち、1)～3)は相互運用性を確保するための要素技術として位置づけられるもので、これらは電子技術総合研究所によって進められた。これに対して4)のテーマは、開放型アーキテクチャを開発しようとするものであり、INTAP（情報処理相互運用技術協会）を中心に本プロジェクトの受託企業と協力会社が協力して開発作業が進められた。相互運用に関する作業内容は、実装規約と呼ばれるネットワークの設計仕様を作成することであり、当時、米国や欧州において同様な作業が盛んに行われていた。そのため、実装規約は国際的に整合性が取れたものである必要があった。そうしたこともあり、実装規約を作成するだけでなく、実際にネットワークが正常に

動作するか、その整合性についても確かめる試験（コンフォーマンステスト）も同時に行われた。

(4) 開発組織の運営と達成手段の設定

(i) 開発組織

研究開発の具体的実施については、民間委託と電子技術総合研究所とにより行われた。民間委託については、産業界からの公募により選定された。（財）情報処理相互運用技術協会（INTAP）が中心となり、その受託研究の一部を再委託により民間9社（沖電気工業、シャープ、住友電気工業、東芝、日本電気、日立製作所、富士通、松下電器産業、三菱電機）が研究開発を分担した。また、中間評価後の1989年度より大阪大学、京都大学、東北大学が一部の研究開発を分担した。電子技術総合研究所は基礎的な研究を担当すると共に、民間委託研究の一部について技術指導を行った。各研究テーマと分担は図1に示されるとおりであった。なお、技術開発の予算については、要素技術を担当した電子技術総合研究所に集中的に投下され、相互運用を行った民間企業のグループは持ち出しが多かったという話も聞かれた。

図1 研究開発テーマ

研究開発テーマ	研究分担
1. 分散データベースシステム技術	
1.1 対象指向型分散データベース管理技術 1.2 垂直分散データベース制御技術 1.3 広域同報指向分散データベースシステム技術 1.4 開放型複合データベースシステム技術	富士通 日本電気 沖電気工業 電総研
2. マルチメディア技術	
2.1 マルチメディア処理技術 2.1.1 マルチメディア内容検索技術 2.1.2 マルチメディア編集技術 2.1.3 マルチメディア制御技術 2.2 マルチメディア高度対話技術 2.2.1 メディア間変換技術 2.2.2 データベース画像対話技術 2.2.3 高明瞭度音声対話技術 2.3 マルチメディア高度理解技術	日立製作所 東芝 三菱電機 シャープ 電総研 電総研 電総研

3. 高信頼性技術	
3.1 耐障害性技術 3.1.1 耐障害性技術 3.1.2 高信頼性通信プロトコル作成技術 3.2 安全性確保技術 3.2.1 安全性確保技術 3.2.2 安全確保のためのデータベース信頼性確保技術 3.2.3 利用者保護のためのデータベース信頼性確保技術 3.3 基盤ソフトウェア技術	富士通 東北大学 日立製作所 大阪大学 京都大学 電総研
4. 相互運用ネットワーク技術	
4.1 相互運用技術 4.2 相互接続プロトコル試験検証技術 4.3 高速高機能ネットワーク基本運用技術 4.4 高度情報機器相互運用技術 4.5 開放型分散システム技術	INTAP及び 委託各社 INTAP 住友電気工業 松下電器産業 電総研

出典：「電子計算機相互運用データベースシステムの研究開発に関する評価報告書」

() 運営及び達成手段の設定

本プロジェクトの運営に関しては、図2に示されるとおりで、実用化に近い研究開発をINTAPと民間委託企業が担当し、より先進的な内容を電子技術総合研究所及び大学が分担した。

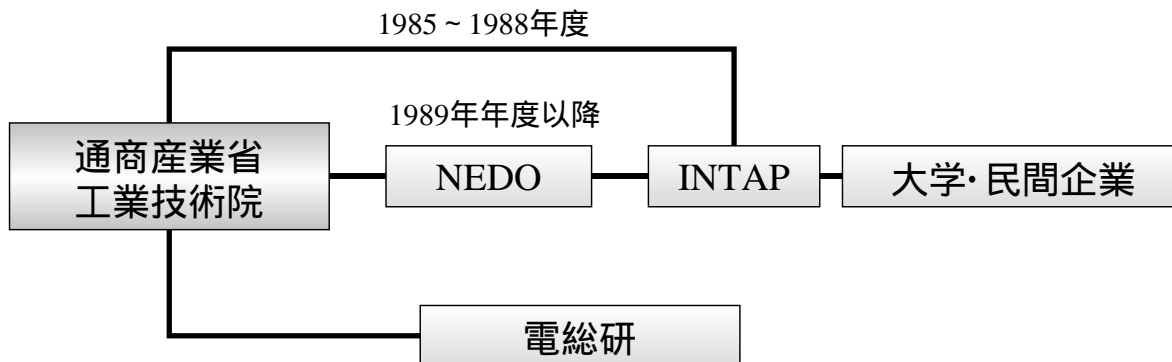
INTAPでは、INTAP内に技術委員会が設置され、目標及び詳細な技術に関する決定が下されていた。技術委員会の下に、規約技術委員会と研究開発委員会があった。規約委員会では、その下に専門委員会を設け、分散データベース、マルチメディア、高信頼性、ネットワークに関する規約技術を決定していた。この委員会で決定した規約技術を基に各社が並列に研究開発を行った。また、研究開発委員会では、実際各社のコンピュータをつなぎネットワークを構築し、通信テストを行っていた。

電子技術総合研究所が中心となり開発していた各要素技術のそれぞれの研究室における役割りは以下のとおりである。

- ・ 情報ベース研究室： 開放型複合データベースシステム技術
- ・ 対話システム研究室： データベース画像対話技術
- ・ 音声研究室： 高明瞭度音声対話技術
- ・ 画像研究室： マルチメディア高度理解技術
- ・ 言語システム研究室： 基盤ソフトウェア技術

- ・ 分散システム研究室： 開放型分散システム技術

図2 研究体制



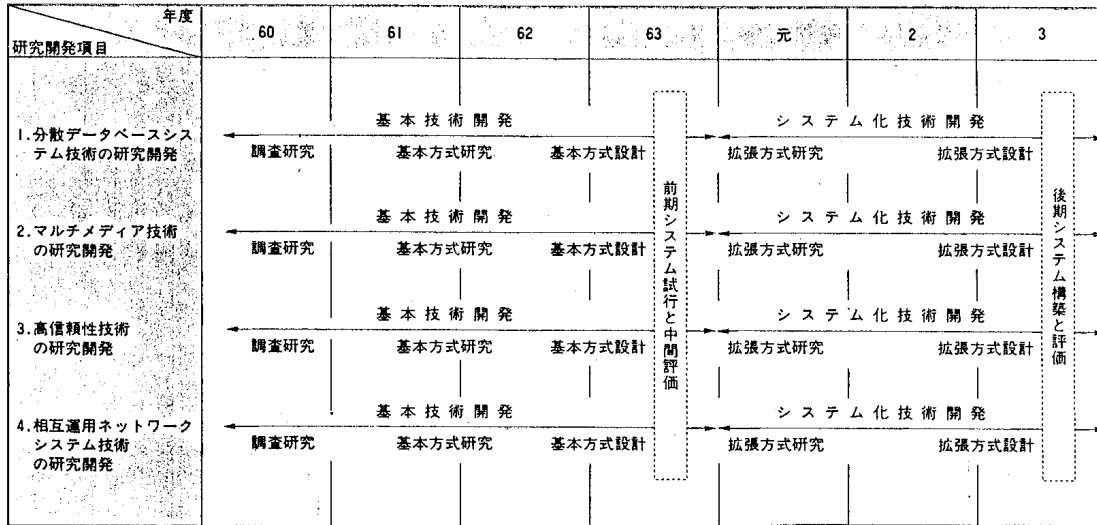
出典：インタビュー及び各種資料より作成

本プロジェクトのスケジュールに関しては図3に示したとおり、1985～1988年を前期と位置づけ基本技術開発が中心に進められ、実証実験も行われた。

前期末には中間評価により技術的見直しが行われた。また中間評価時には「情報処理相互運用国際シンポジウム」が開催され、相互運用技術に関する学術的な研究についての国際的な意見交換の場が設けられた。また、電子技術総合研究所では中間成果を発表するに当たり筑波にて一般公開を行った。

後期は1988～1991年で、中間評価を踏まえてより幅広い立場から研究開発を推進させるために大学への委託も行われた。また、具体的なシステム技術開発とその構築が進められ、開発された相互運用ネットワークシステムの総合的な実証評価のための公開接続実験も行われた。こうした成果は東京での最終成果発表会、筑波での一般公開により広く公開された。

図3 研究開発スケジュール



出典：「電子計算機相互運用データベースシステムの研究開発に関する評価報告書」

3.4.5 リーダーシップ

全体のコーディネータ的役割は工業技術院の歴代の研究開発官が行っていた。

相互運用ネットワークシステムに関しては、INTAP がプロジェクトの推進役を担っていた。なかでも委員長であった日本電気の吉川英一氏は INTAP におけるリーダー的役割を担い、各社の取りまとめを行っていた。

要素技術の開発においては、電子技術総合研究所の柏木寛氏、棟上昭男氏が中心となってプロジェクトをまとめていた。

こうしたリーダーシップは研究開発と運営に関して発揮されたが、予算の変更等については制約が多かったといわれる。そのため変わりゆく状況に合わせてフレキシブルな対応、例えば新たな優秀な人材の確保、などは困難であったとの意見も聞かれた。

3.4.6 成果

(i) 具体的成果

本プロジェクトは多機種間での相互運用可能なネットワークを目指したものであった。ある意味、成果は無形のものであるため、具体的な成果を示すのは難しいが、相互運用ネットワークについては、実装規約書と実験による実証が成果といえる。また、要素技術に関しては開発した技術に関連した工業所有権やノウハウ、成果報告書等が成果といえる。以下にそれぞれについて示す。

1) 実装規約書

合計 18 件（16 件の JIS 別冊参考制定及び未制定 2 件）

2) 工業所有権、ノウハウ及び論文発表

研究区分	工業所有権出願件数		ノウハウ件数	発表論文件数
	国内	国外		
研究開発	7	1		273
委託研究	30	0	254	253
合計	37	1	254	578

3) 研究成果報告書

- (イ) 委託研究成果説明書
- (ロ) プログラム機能設計仕様書
- (ハ) 実証評価関連報告書
- (ニ) 研究成果報告書

() 国際的な波及

本プロジェクトにおいて、特に OSI 技術については国際協調の理念の元、公開性の原則により開発が行われた。当時、ISO で決定されている OSI の国際標準化プロファイル開発に向けて欧米及びアジア太平洋で実装規約の国際的な整合性確保のための活動が行われていた。そのなかでアジアオセアニアワークショップでは INTAP が実質的な取りまとめを行ったといわれる。特に実装規約については検討原案を我が国から提案するなどの中心的役割を果たした。

() 成果に対する考察

本プロジェクトで開発された実装規約書は、特許庁ペーパーレス計画、学術情報センタ大学間情報ネットワーク、東京都庁及び宮城県庁の行政情報ネットワーク、九州第二地銀オンラインシステム、大学のキャンパスネットワークなどにも生かされるなど大きな貢献をしたといえる。

しかし、OSI による開発はその後急速に減退した。TCP/IP プロトコルによる通信技術が世界規模で急速に広まったためである。この理由として諸説があるが、まとめる

と以下のことがいえる。すなわち、OSI は比較的理念先行型で完璧を期し、技術仕様は正式な会議を経て決定される性質で、ある意味難しい技術であった。一方で、TCP/IP の場合、当初はスピード重視で不安定な技術であったが、無料で配布されたことなどもあいまって普及台数が増加し、その過程で不安定さも解消されていった。こうした背景により当初は OSI と TCP/IP が併用されていたが、やがて TCP/IP が優勢になり今日に至っている。

他方、本プロジェクトで開発された要素技術については、公開の原則の下で開発が行われたこともあり、その後の産業界のマルチメディアシステム開発推進に資したものであったといえる。

なお、本プロジェクトに携わった研究者、企業の中に、通信に関してのものの方、考え方がはっきりと根づいたとの声も聞かれた。そのため、人材育成の観点からみれば、当時最先端の研究者や技術者が、本プロジェクトに関わることにより更に成長し、世界的にも通用する人材が数多く育成されたといえる。

以上から考えると、本プロジェクト終了時点では成果としては十分に意義深いものであったと判断できる。また人材育成の面からも大きな成果が得られたと考えられる。

惜しむらくはその後の世界の潮流が本プロジェクトで開発された OSI 技術とは違ったものになったために本プロジェクトの成果が、その後十分に活用され得なかったという点である。しかしこの点に関しては、当時それを見越すことは不可能であり、ある意味やむをえない結果と考えて良いのではないだろうか。

参考文献

- ・電子技術総合研究所における大型プロジェクト「電子計算機相互運用データベースシステム」の研究開発，電子技術総合研究所彙報 第56巻 第9号 pp969-997
- ・電子計算機相互運用データベースシステムの研究開発に関する評価報告書，産業技術審議会等編 1992

22 バイオ素子

(1986-95 年度；研究開発費総額 26.9 億円)

(東京大学 児玉文雄研究室)

(平成 12 年度調査プロジェクト)

(1) 背景

本プロジェクトが開始された 1986 年(昭和 61 年)当時、情報化社会の進展に伴い、LSI を中心とする半導体技術が急速に進歩していた。しかし、半導体チップの集積度に関して、旧来の工学的技術の限界に到達し、やがて限界が訪れると懸念されていた。また、ソフトウェアに関しても、従来のノイマン型の処理では、学習、記憶、パターン認識等の生物が行っている知的活動を実現することは難しいのではないかと考えられ、「ポストシリコン」の必要性が唱えられていた。

そうした中、ヒトの思考パターンを持つ新しい情報処理機能の必要性を唱える電子技術総合研究所の松本元氏を中心として、新しい発想で生物の知的活動を実現する情報処理機能素子、すなわち「バイオ素子」を開発するという動きへの萌芽がみられた。

そもそも、バイオ素子研究で火つけ役を果たしたのは米国である。米国では 1970 年代後半から 1980 年代前半にかけてバイオ素子の研究が活発化した。例えば McAlister は、タンパク質分子でメモリ素子を構成できると主張し、バイオチップフィーバを世界中に巻き起こした。また、同時期の米国では機能性分子の設計・合成、機能性分子の組織化技術の開発、分子スケール素子の開発等、バイオ素子に関する萌芽研究が展開されていた。しかし、米国ではその後バイオ素子研究に関してバイオチップの実態が見えないなどの研究自体の問題に加え、資金的な問題など種々の事情により、以後の組織的研究が生まれず停滞することとなった。

一方で、当時の我が国ではバイオチップフィーバを背景に生物情報処理機能の工学的な具現化が注目されていた。しかし、我が国ではバイオ素子に関して、1980 年代初頭まで個々の研究者による先導的研究は個別になされていたものの、組織的な研究は実施されていなかった。

こうした当時の状況を背景に、松本元氏、相澤益男教授らを中心とした勉強会が開催され、我が国でも生体材料や高分子を用いた新しい情報処理機能素子の開発の必要性が提唱された。また、1980 年代は日米経済摩擦に代表される我が国の「基礎研究ただ乗り論」が諸外国から指摘されており、我が国独自の基礎的・基盤的研究を行い世界に貢献すべきとの機運が高まっていた。

以上の状況により、本プロジェクトの研究課題として、目標の設定自体が難しく漠然としたコンセプトしかなかった「バイオ素子」ではあったが、野心的・挑戦的に取り上げられることとなった。また、バイオチップとは一線を画した生物情報処理機能の工学的実現を目指し、世界的にも全く新しい課題に挑戦する探索段階

のプロジェクトが創設された。

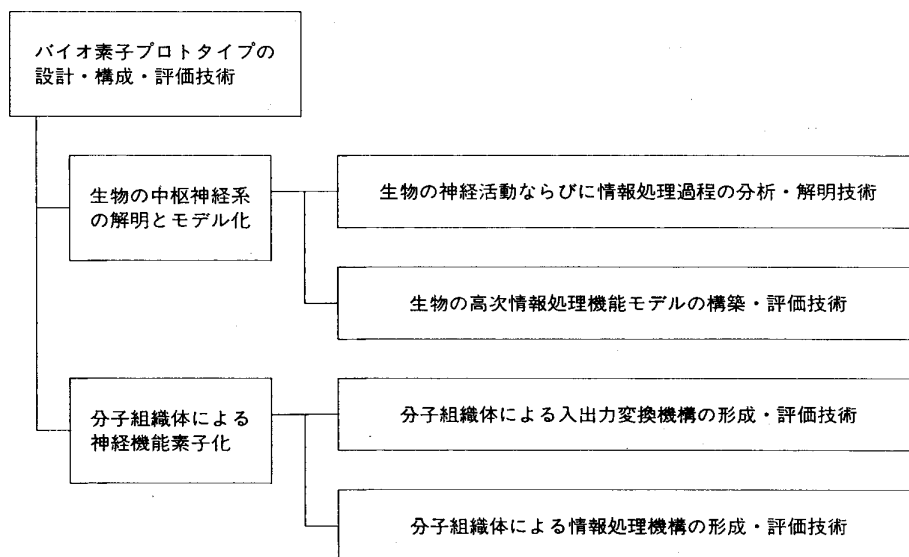
(2) 目標設定

生物の情報処理機能や、生体機能分子等の分子組織体を基に新しい情報処理機能を実現し、バイオエレクトロニクスデバイスに係る基盤技術の基礎を築くことを目標にした。

本プロジェクトでは、全体計画を第1期(5年間)、第2期(5年間)に分け開発を行った。前述のとおり、本プロジェクト発足当初、バイオ素子に案ずるコンセプトははっきりとしたものではなかった。そのため、第1期では「バイオ素子とは何か」を明確にし、その設計コンセプトを提示することを大きな目標とした。続く第2期では第1期で提案されたコンセプトから、実現性を考慮してテーマの絞り込みを行い、プロジェクト活動を実施した。

具体的には図1の研究開発方式に従い、第1期では以下の点に重点を置いた。すなわち、神経活動の無侵襲同時計測技術の開発及び生物の情報処理機能モデルを構築すると共に分子組織体素子に関わる基礎技術の開発である。続く第2期では第1期の成果を基に以下の点に重点を置いた。すなわち、神経系の特性の解明を行うと共に生物の情報処理モデル及びそのための実証デバイスの試作評価並びに分子組織体を用いた実証技術の試作評価を行いバイオエレクトロニクスの基盤技術の確立である。

図1 研究開発方式



出典：「バイオ素子研究開発プロジェクト」最終報告書

(3) 開発対象の設定

本プロジェクトは大別して二つの研究開発グループに分けられる。第1は生物の中枢神経系の解明とモデル化(下記1)、2)、第2は分子組織体による神経機能素子化(下記3)、4))である。これらを実現するために、更に下記の四つのサブテーマを設定してプロジェクトを実施した。

- 1) 生物の神経活動並びに情報処理過程の分析・解明
- 2) 生物の高次情報処理機能モデルの構築及び評価技術
- 3) 分子組織体による入出力変換機構の形成・評価技術
- 4) 分子組織体による情報処理機構の形成・評価技術

具体的な研究開発項目は図2に示したとおり、1)、2)は電子技術総合研究所、日本電気、富士通が3)、4)は電子技術総合研究所、物質工学工業技術研究所、三菱電機、三洋電機、松下技研、シャープ、三菱化学、日立製作所がそれぞれのテーマを持ち、各社持ち帰りで研究を行った。なお、第1期のみ参加企業もあった。

図2 開発目標

ステージ	研究開発項目
<p>第1期 (昭和61年度 ～平成2年度)</p>	<p>1) 生物の情報処理機能の解明と工学的応用技術 1-1) 生物の神経活動の高次測定技術の研究開発 (電総研) 1-2) 生物の情報処理機能モデルの研究開発 (日本電気, 富士通) 2) 分子組織体素子技術の研究開発 2-1) 分子組織化基礎技術の研究開発 (電総研, 物質研) 2-2) 分子組織体素子作製技術の研究開発 (日立製作所, 三菱電機, 三洋電機, 松下技研, シャープ, 三菱化学)</p>
<p>第2期 (平成3年度 ～平成7年度)</p>	<p>1) 生物の中枢神経系の解明とモデル化 1-1) 生物の神経活動ならびに情報処理過程の分析・解明 技術 (電総研) 1-2) 生物の高次情報処理機能モデルの構築および評価 技術 (日本電気) 2) 分子組織体による神経機能素子化 2-1) 分子組織体による入出力変換機構の形成・評価技術 (電総研, 物質研, 三菱電機) 2-2) 分子組織体による情報処理機構の形成・評価技術 (電総研, 三洋電機, 松下技研, シャープ, 三菱化学)</p>

出典：「バイオ素子研究開発プロジェクト」最終報告書

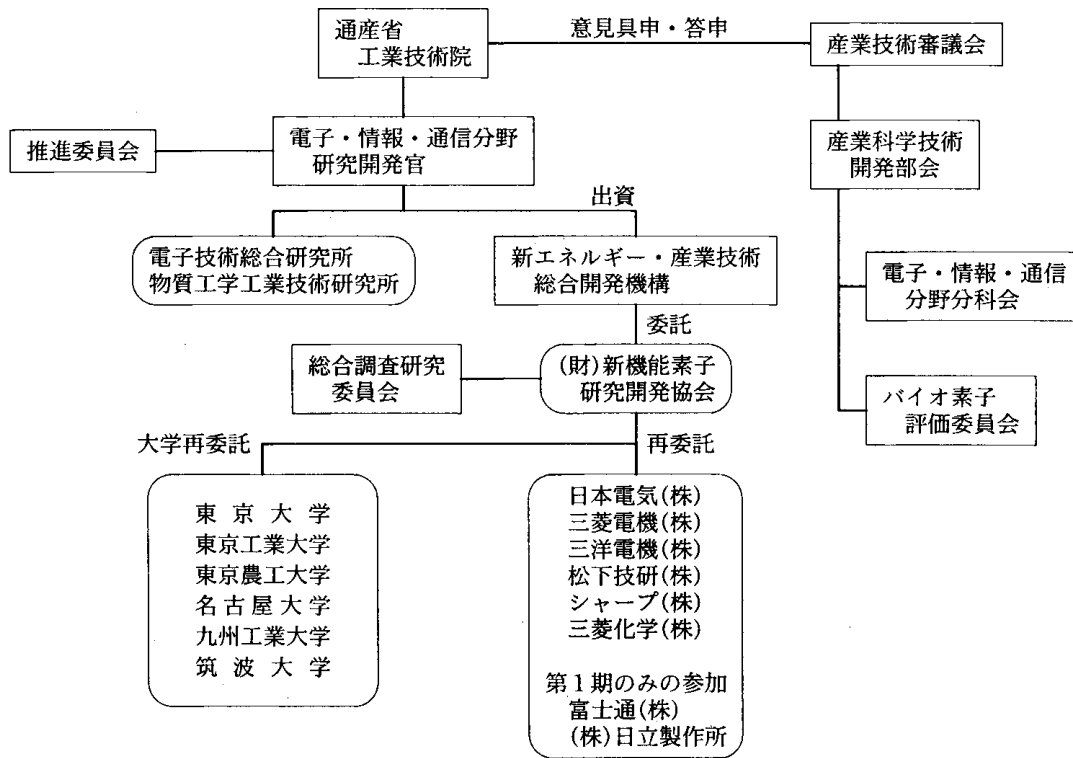
3.5.4 開発の組織と運営及び達成手段の設定

(i) 開発組織

研究開発体制に関しては、図3に示したとおり、国立研究所（電子技術総合研究所及び物質工学工業技術研究所）と工業技術院の委託を受けた（財）新機能素子研究開発協会から際委託を受けた日本電気、三菱電機、三洋電機、松下技研、シャープ、三菱化学、富士通及び日立製作所の8社が研究開発を行った。昭和63年（1988年）10月以降は工業技術院から出資を受けた新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）から委託された（財）新機能素子研究開発協会が民間企業へ際委託する形態がとられた。

なお、大学の果たす役割も少なくなかったが、大学への調査費は数十万～百万円ほどの予算しかつかず、実質的な研究支援活動は困難な状況であったとの意見も聞かれた。

図3 バイオ素子組織研究開発体制



出典：「バイオ素子研究開発プロジェクト」最終報告書

() 運営及び達成手段の設定

本プロジェクトの運営に関しては、前述のとおり、全体計画は第1期(5年間)、第2期(5年間)に分け、国立研究所と民間企業を中心として開発が行われた。運営に関して、左記組織と並行して、本プロジェクトに協力するメンバを中心に総合調査研究委員会が新機能素子研究開発協会により組織され、年4回程度の頻度で開催された。同委員会ではバイオ素子研究開発を効率的に推進させるため以下の研究開発項目を実施した。すなわち、1) 技術動向調査、2) 研究開発の進捗状況調査、3) 研究開発上の問題点の抽出と分析検討、4) 共通基礎技術の開発等である。また、成果報告会に相当する各種シンポジウムの企画や運営等も同委員会で行われるなど、実質的な実行部隊としての役割も担っていた。

本プロジェクトの評価や調整に関しては、各期末に評価委員会により行われた。評価委員会は産業技術審議会下の産業科学技術開発部会により組織された委員会である。同委員会による第1期の期末評価、すなわち中間評価では、達成度や技術潮流の変化を考慮しながら必要に応じて体制の見直しなどの措置を講じた。またテーマの中で技術的に明らかでない点のあるもの、目標を絞り込む必要のあるものなど、直ちにプロジェクト化が難しいものもあり、そのようなものに対しては、2年程度の先導研究のなかで、実施の可否を含めて予備的検討を行った。中間評価でのポイントはコンセプトが明確であるかどうかであり、次期のターゲットを定めて達成するという基準を基に行われた。こうした評価はポイント制等の定量的なものではなく、定性的に行われたとのことである。こうした中間審査の結果を踏まえ、改めて第2期の参加企業及びそのテーマについて調整がなされ、若干の企業は種々の事情により第1期のみの参加となった。

(5) リーダーシップ

全体的な研究の方向づけは電子技術総合研究所の松本氏のリーダーシップによるところが大きかった。ただ、各社持ち帰り型研究であるため研究そのものは各社に任された部分が大きく、全体をまとめて統括するようなリーダーシップは発揮されなかった。また分子組織体を用いた新素子開発に関しては東京工業大学の相澤益男教授がリーダーシップを発揮した。民間ではNECの篠田大三郎氏がプロジェクト当初から積極的に関わっていた。各研究テーマの進行は各社の自発性にに基づき運営された。

なお、予算配分等金銭的な面では制約が多く、例えば新たに優秀な人材を確保するなどの人材の流動性に関してリーダーシップは発揮され得なかったとの話しが聞かれた。また、各研究はそれぞれの企業や研究所で行われ、各研究主体共同による技術融合的な協力は行われなかったとのことである。

(6) 成果

(i) 特許及び成果発表件数

特許出願件数及び成果発表件数について、本プロジェクト終了後の1996年6月末時点で、特許出願件数は、国立研究所10件(国外2件含む)、民間企業8社(日本電気、富士通、日立、三菱電機、三洋、松下技研、シャープ、三菱化学)計147件(国外20件含む)の合計155件である。また、成果発表件数は同じく国立研究所333件、民間企業8社398件であった。

() 研究成果

本プロジェクトでは大別して以下の四つの研究成果が得られている。すなわち、1) 分子組織化技術、2) 分子スケールバイオ素子化技術、3) 非線形分子素子化技術、4) 神経機能素子化技術、である。本プロジェクトは前述のとおり、世界的にも全く新しい

課題に挑戦する探索段階のプロジェクトであるため、成果は直ちに商品化されるなど実生活に役立つという性質のものではなく、以下に列記したように、今後の更なる基礎研究の推進に資する性質のものであった。

1) 分子組織化技術：分子組織体を用いた情報処理機能素子を作る点に関しては、これまで不明な点が多かった LB 膜の各種付加機能の分子設計・製作において基礎的ではあるが今後の可能性を見いだすことができた。

2) 分子スケールバイオ素子化技術：分子スケールバイオ素子化技術については、究極の微小素子としてのポテンシャルを有する分子スケール素子及びその高速スイッチング性の可能性を示し、バイオ素子のシリコン素子に対する一つの優位性の実証へと発展する可能性を示唆した。

3) 非線形分子素子化技術：細胞膜の非線形振動現象は生体の柔軟な細胞処理の鍵を握っているとされているが、これまで安定系の構築は困難であった。本プロジェクトでは安定な電気振動系の創出と、それらの複数結合による協調作用素子を構築した。また、相互作用の種類の違いにより味覚センサの可能性を示した。さらに、評価技術では独創的な新しいタイプの走査型プローブ顕微鏡を開発し、バイオエレクトロニクス及び物性・材料研究分野に貢献した。

4) 神経機能素子化技術：生物の神経活動及び情報処理過程の分析・解明に関しては、リアルタイムに小動物の海馬の働きを計測するという大きな成果を挙げ、その後の脳研究の進歩に大きく貢献した。また光・匂いの検出機能を持った素子の開発において基礎的ではあるが今後の可能性を見出すことができた。

() 国際的な波及

2001年3月現在でもバイオ素子は難しい技術である。当時としてももちろん先進的な研究であり、その研究成果は本プロジェクト終了後、フランスを初め海外から評価された。また国際学会 International Society for Molecular Electronics and Biocomputing の創設にも貢献した。

現在、バイオテクノロジーの進展によりバイオチップ、ヒトゲノムの全解読、バイオセンサなどの研究が精力的に進められており、バイオチップやバイオセンサなどは商品化されつつある。直接的な因果関係は明らかではないが、本プロジェクトの投じた一石が何らかの形でこうした科学技術の進展に寄与していることも考えられる。

() 成果に対する考察

本プロジェクトで開発された技術が民間企業の商品化に直接結びついた例は、電子技術総合研究所で開発された神経多点同時計測技術がメーカーと共同で商品化された事例以外は、今回の調査では明らかにならなかった。しかし、本プロジェクトでの成果はその後の基礎技術の研究に大いに資するものとなったと考えられる。

企業による商品化等短期的な実生活への直接的な効果を考えた場合には、本プロジェクトは必ずしも成功ではないと位置づけられるかもしれない。しかし、本プロジェクトは従来のコンピュータに関する技術蓄積とは全く異なる発想に基づき、高度な課題に取り組んだプロジェクトである。したがって、直接的な成果そのものよりも、プロジェクトを行い、後の基礎研究に資した点は大いに評価されるべきである。

すなわち、本プロジェクトのような探索的な段階にある研究プロジェクトは、成果が実用化に結びつく時間が長く、実用的な成果が得られないリスクも高い。そのため、一般の民間企業で行うことは困難である。したがって、本プロジェクトを国家プロジェクトとして取り上げたことは、通商産業省が先導的基礎研究の重要性を認識し、意欲的なプロジェクトに挑戦したという点で評価されるべきである。

参考文献

- ・財団法人 新機能素子研究開発協会「バイオ素子研究開発プロジェクト（1986年度～1995年度）研究成果概要,波及効果と展望」
- ・相澤益男 「バイオ分子素子研究の現状と将来」応用物理,64 , 974-984 (1995)

23. 新ソフトウェア構造化モデル

(1990-97 年度: 研究開発費総額約 22.9 億円)

(東京大学 丹羽清研究室)

(平成 12 年度調査プロジェクト)

(1) 背景

コンピュータや携帯端末等に代表される情報通信技術 (IT) は、90 年代に入りめざましく発達し、現在では企業や家庭を初めとして、社会の様々な場所に浸透し使用されている。各地で IT 革命が叫ばれている昨今、これら情報通信技術は景気回復の起爆剤として、また新たなサービスを創出するものとして、大きな期待が寄せられ、使命が課せられている。

「新ソフトウェア構造化モデル」が開始された 90 年代初頭は、情報通信産業の規模はまだ小さかったかたは、将来の高度情報化社会において、コンピュータシステムが社会生活の基盤となる役割を果たすであろうという認識は既に存在していた。そして今後更に大規模化、複雑化、多様化するであろうコンピュータシステムに対応していくために、関連技術の高度化が求められていた。

情報通信技術において「ソフトウェア」に関する技術は、CPU やハードディスクなどのハードウェアに関する技術と同様に、情報通信技術の基幹をなす主要な技術の一つである。しかしハードウェア分野における著しい技術進歩 (コンピュータの処理能力の飛躍的な向上等) に比べると、ソフトウェア技術は若干の進展はみられるものの、今後増大し多様化するであろうソフトウェア需要に対応していくには、まだ不十分であるのが実情であった。

特に現行のソフトウェア開発は、わずかな仕様の変更や拡張にも膨大な量のプログラムを理解して業務を進めなければならず、ニーズの多様化に伴いシステムが大規模化し複雑化する中で、システムの開発・メンテナンスに対するコストや手間の増加と、それを請け負うプログラマの不足が懸念されていた。1984 年には産業構造審議会が「1990 年には 60 万人のプログラマが不足し、深刻なソフトウェア危機が到来する」との予測を出し、これはいわゆる「ソフトウェアクライシス」として、関連主体に大きなショックを与えた。通商産業省ではこの問題を解決するための具体的・短期的なプロジェクトとして プロジェクト (SIGMA、Software Industrialized Generator and Maintenance Aids) を立ち上げ、1985 年度から 5 年間にわたり実施している。

これらの現状に対し、ソフトウェアの構成部品を「エージェント」とみなし、その複数のエージェントが協調して問題解決を行うことで環境の変化に柔軟かつ臨機応変に対応できるようにする「協調アーキテクチャ」のコンセプトが電子技術総合研究所内部において生まれ、これを当時同所情報科学部長であった田村浩一郎氏が通商産業省電子政策課に提案した。情報処理振興事業協会（IPA：Information-technology Promotion Agency）ではこのコンセプトを基にした勉強会が催され、1989年には報告書も発行している。

従来の通商産業省の大型プロジェクト制度の中でも、ソフトウェアの研究開発は幾つか行われていたのだが、ハードウェア中心のプロジェクトの一部としてではない、ソフトウェアに主軸をおいた研究開発はまだ少なかった。またソフトウェアに関する技術は主に欧米において発達したものであり、欧米へのキャッチアップと共に、我が国独自の新たなパラダイムの創出も求められていた。以上のような社会的、技術的背景を受け、「新ソフトウェア構造化モデル」は、次世代プロジェクト制度における初のソフトウェアの研究開発プロジェクトとして、1990年度から1997年度の8年間にわたり実施されることとなった。

(2) 目標設定

国家目標からの翻訳、選択の論理とプロセスとしては、まずコンピュータシステムを基盤とした高度情報化社会の実現というビジョンがあり、本プロジェクトではそのビジョンに対し、ソフトウェアの研究開発の推進という側面から取り組んでいる。この主な選択の論理とプロセスとしては、ソフトウェアに対する重要性の増加が主な背景にあり、またハードウェアに対し依然として欧米に遅れをとっている、ソフトウェア分野の推進を促したいという理由も存在している。

本プロジェクトは、特に「多様化するニーズへの柔軟な対応」「システム開発の容易化」「メンテナンスの容易化」「予測できない状況への対応の実現」を重要な課題として取り上げ、それらの課題への貢献を研究開発の目的としている。この選択の論理としては、開発・メンテナンスに関わる手間とコストの増加、対応する技術者の不足（ソフトウェアクライシス）という、当時の技術が抱える二つの問題の解決こそが、将来のソフトウェア産業に大きく求められるという認識があった。

このような問題を解決し、期待される効果を生み出すものとして、本プロジェクトは「協調アーキテクチャ」という概念を基本コンセプトとして掲げた。そして、「複数

のエージェント（自律的に活動するプログラム）が協調して問題解決を行うことにより、環境の変化に柔軟かつ臨機応変に対応できるようなソフトウェア構造化モデルの開発を行うこと」を本プロジェクトの目標に置いている。これらビジョンから本プロジェクトの目標までの翻訳と選択の論理を図示したのが図1となる。

本プロジェクトは、ソフトウェア開発に関わる新たなパラダイムの創出を目指す、次世代産業の基盤技術の確立を目指す基盤型の研究開発プロジェクトであり、また欧米でも研究が進められていない分野に挑戦した、極めてフロントランナ型の色彩が強いものであった。

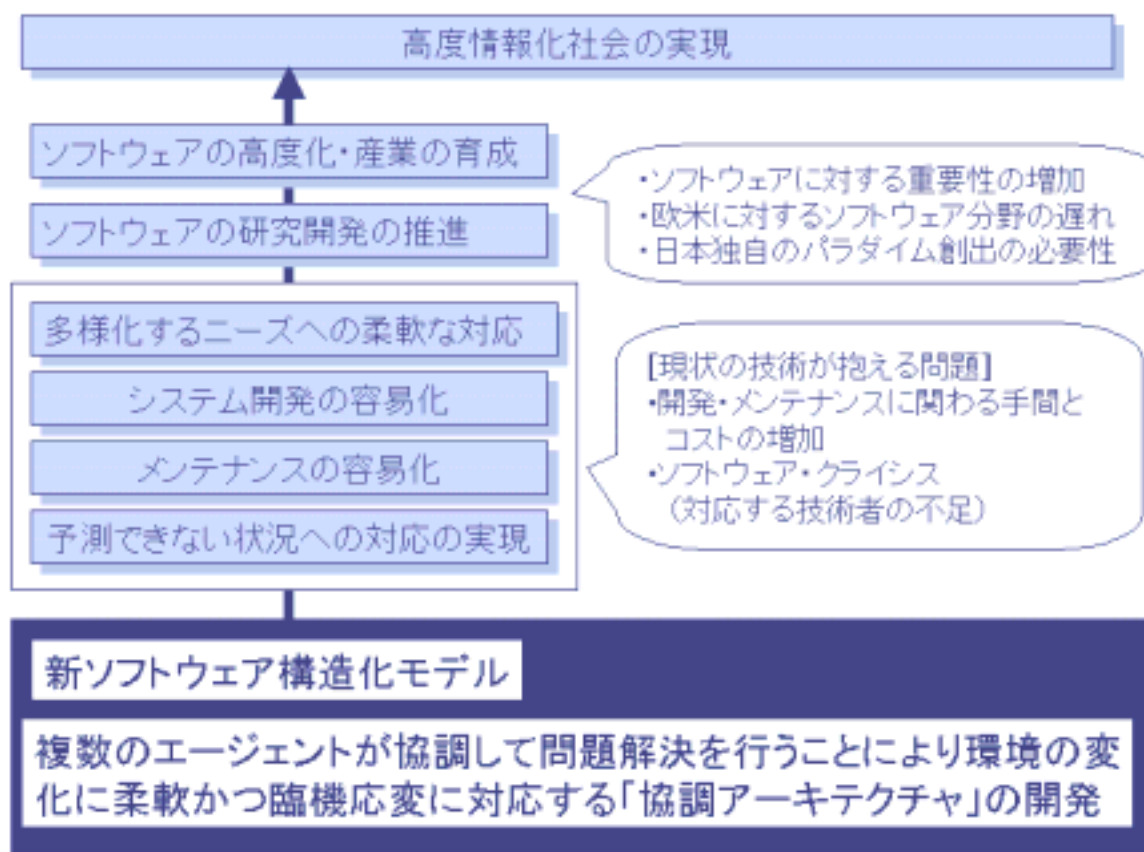


図1：新ソフトウェア構造化モデルにおける戦略構造

(3) 開発対象の設定

本プロジェクトでは「協調アーキテクチャ」というコンセプトは存在していたものの、そのコンセプトを実現するための具体的な研究対象、開発対象については、プロジェクトが始まった当初においては特に設定されていなかった。そこで本プロジェクトでは8年間の期間を図2のように三期に分けることで、研究対象の設定、実際の研究開発、そしてその総括を、計画的に実施することとした。

研究開発はトップダウンアプローチとボトムアップアプローチの、二つのアプローチにより推進された。「トップダウンアプローチ」とは、問題の本質を良く表現した例題を作成し、それを解決する立場から研究を推進することで、エージェント間、あるいは人間とエージェント間における協調方式のモデル化を目指すものである。主に以下の二つのテーマを扱った。

1-a: エージェント間の協調を最適化する協調方式の分析、モデル化

1-b: エージェントと人間との間の協調を最適化する協調方式の分析

「ボトムアップアプローチ」は「協調機構の基本メカニズムの研究開発」を目指すものである。これは各要素の記述だけで、全体のシステムが自動的に環境に対応できる枠組みを構築することであり、主に以下の四つのテーマを扱った。

2-a: 状況に応じてメッセージを理解するメカニズム（環境推論メカニズム）の研究

2-b: 状況変化に対し自らの記憶機構を変更するメカニズム（自己再編メカニズム）の研究

2-c: 各エージェントが自律的に最適な処理を分担・実行するメカニズム（協調計算メカニズム）の研究

2-d: エージェント間の入出力の整合性をとるメカニズム（環境適応メカニズム）の研究

(4) 開発の組織と運営及び達成手段の設定

(i) 研究体制

本プロジェクトにおける研究体制は、機械技術研究所と電子技術総合研究所の二つの国立研究所と、IPAの下に設置された研究本部が中心となった。研究本部では企業からの研究者グループが所属して研究を推進するほか、委託や再委託の事務業務も取

り扱い、国内大学や SRI インターナショナル（米国の公益法人）への再委託も担当した。

機械技術研究所、電子技術総合研究所はそれぞれの研究所内で研究を行い、IPA の研究グループとは共同研究という形態となった。電子技術総合研究所では内部に新しく計画室を設け、各部に分かれていた複数分野の研究者を動員するプロジェクト形式で、「協調機構の基本メカニズムの研究開発」を推進した。この方式は電子技術総合研究所内部でも初めての試みであり、プロジェクトリーダーであった中島秀之氏の下、ソフトウェア工学や人工知能、意味論等の幅広い分野から研究者が動員された。

西暦	1990							1997		
平成	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
発足期	第一期			第二期				第三期		
勉強会 研究会	協調問題解決手法の分析及び協調方式の基本モデル化 協調機構の基本メカニズムの検討			協調方式の詳細な分析及び精緻なモデル化 協調機構の基本メカニズムの確立				新ソフトウェア構造化モデルの確立		

図 2：研究開発の方式

IPA での研究本部においては、各企業から派遣された研究者がテーマごとにグループを作ること、集中研究を実施し、主に 1-a のエージェント間の協調を最適化する協調方式の分析、モデル化を担当した。研究本部の事務局は新エネルギー産業技術総合開発機構（NEDO）との折衝を担当し、成果報告書等の取りまとめのほか、予算処理にまつわる調整、成果についての広報活動等も担当した。

ただし、この IPA のグループと国立研究所のグループとの研究は、それぞれ独立していた感が強く、多少の交流はあったものの、連携は弱いものであった。

() 達成手段の設定

本プロジェクトはソフトウェアパラダイムの創出を目指す内容であったため、プロジェクト初期の段階は特に、どのようなアプローチをとれば良いのかも分からない、

暗中模索の状況下で研究開発を推進した。そのため特に第一期においては、様々な可能性を探索すると共に、プロジェクトとして開発すべき方向性を探し出すことが重要な課題であった。

その後第二期に入ると、IPA、機械技術研究所、電子技術総合研究所において大まかな方向性が定まり、その研究開発を推進することとなった。これらは第三期において、それぞれ Flage と EVA、FDL-、GAEA という形で研究の成果が収束され、総括されている。

このような研究開発方法は、特に基盤型の研究に必要な柔軟な研究開発を可能にした一方で、多くの方向性が一つのプロジェクトに存在したことになり、全体としての明確性、統一性を弱める結果にもなっている。

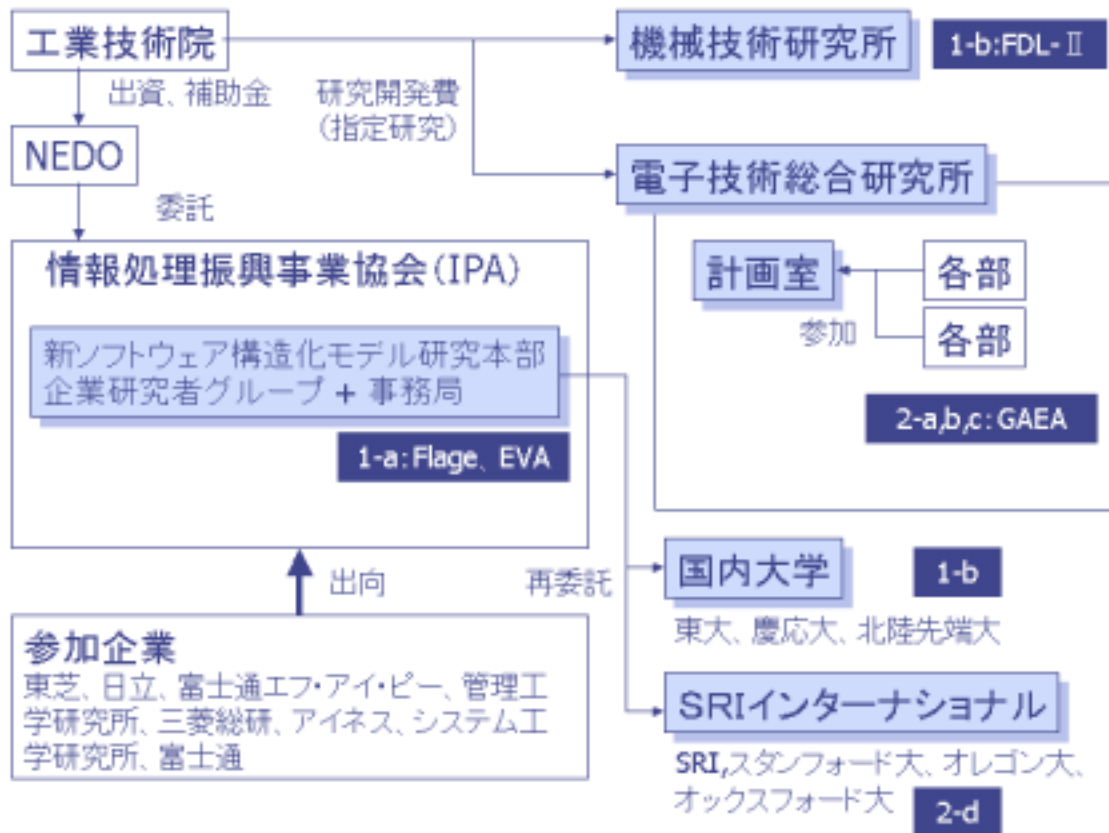


図 3：研究開発体制と主な研究の分担

1-a などの番号はそれぞれが一期、二期、三期に担当した研究テーマ。

(5) リーダーシップ

本プロジェクトの発足段階においては、本プロジェクトの推進委員長でもあった電子技術総合研究所の田村浩一郎氏が中心となって立ち上げに尽力し、その後は各研究グループにおいて研究が進められた。電子技術総合研究所では計画室長であった中島秀之氏がリーダーとなり、また IPA においては、東芝からの研究者であった本位田真一氏がグループリーダーとなった。ただし、複数グループを通じての明確なリーダーは存在せず、研究は主に各グループが独立した形で推進された。

(6) 成果

本プロジェクトが行ったソフトウェアの開発手法やプログラミング言語の研究開発は、基盤的色彩が強く公共性が高いものであり、その技術を有することが直接的に利益に結びつく性格のものではない。またソフトウェアの分野に関しては、実際にその分野の研究を推進する研究者、言語や手法を実際に利用してソフトウェアを開発するプログラマーやシステムエンジニア、開発されたソフトウェアを利用するユーザという3者の関係が重要であり、その3者それぞれへの広報と育成が重要となる。すなわち、このようなプロジェクトにおいては、次世代の産業を創出する科学的知見の発見と基盤技術の確立を推進すると共に、成果の広報や普及、また標準化への取り組みを推進するなどして、「先行者利益」を確保していく戦略を構築していくことが、国家が投じた資金を社会的に還元していく上で特に重要となる。

以上、本プロジェクトの特性である「ソフトウェア」「基盤研究」「フロントランナ」という三つの要素を加味してみると、成果の評価に関しては、以下の四つの視点が重要となるであろう。

() 次世代の産業を創出する科学的知見の発見と技術の確立

() 研究者の集積と育成

() 利用者の発掘と育成

() 社会的認知度の向上

() 次世代の産業を創出する新たな科学的知見の発見と基盤技術の確立

本プロジェクトを通して得られた成果は主に以下の四つに集約される。

1) Flage (Flexible Agents)

モジュールがネットワーク上を自由に行き来するプログラムスタイルを確立するエージェント指向言語であり、IPA の研究者グループが開発した。

2) EVA (Evolution Mechanism for Flexible Agent)

全く独立に改良された同一のプログラムの別バージョンが、後から合体して一つにまとめることが可能な知識の定式化メカニズムであり、IPA の研究者グループが開発した。

3) GAEA

環境推論、自己再編機能、環境適応メカニズム、協調計算メカニズムを実現するマルチエージェント記述言語であり、電子技術総合研究所が開発した。

4) FDL- (Flexible Design Language)

個々の部品同士が協調することで、一部の部品変更に伴う他の部品の変更を自動化する機械設計向け言語であり、機械技術研究所が開発した。

() 研究者の集積と育成

エージェント研究領域の大きな会議である MACC(Multi Agent Cooperative Computation: マルチエージェント協調計算)の立ち上げ、問題の本質を良く表現した例題の作成による全体像の描画等、「協調アーキテクチャ」「エージェント指向」という二つのキーワードのもとに行われた本プロジェクトは、未発達段階であった研究領域の発展に大きく寄与したといえる。

() 利用者の発掘と育成

インターネットを通じて成果の一部を無償で配布する試みも行われており、ユーザやプログラマへの広報にも力が入れていた。しかし、実際に企業で使用されソフトウェア開発に利用される段階になるまでには、より積極的で継続した普及体制が求められるであろう。

() 社会的認知度の向上

本プロジェクトのような「ソフトウェア」「基盤技術」「フロントランナ」型の研究

はなかなか一般には理解しにくいものであるため、分かりやすい広報、プレゼンテーションへの努力が求められる。

本プロジェクトが推進された 90 年代は、コンピュータの企業・家庭への普及が進み、インターネットを始めネットワーク環境も整備され、いわゆる「IT 革命」が押し進められた。本プロジェクトはこの IT 化の流れと並行して進んだわけだが、その流れの中で本プロジェクトがどのような役割を果たし、またその流れが本プロジェクトにどのような影響を与えたのだろうか。

本プロジェクトがその発足に当たり予測していた様々な事柄、すなわち「多様化するニーズへの柔軟な対応」「システム開発の容易化」「メンテナンスの容易化」「予測できない状況への対応の実現」の必要性は、システムが巨大化・分散化してきた現在において、更に高まっているといえる。そしてまたネットワーク環境の整備は、研究者や利用者を発掘・育成し、本プロジェクトの概要や成果を広く社会へ広報する手段を提供しており、IT 化の流れが、本プロジェクトの推進にとって追い風となったことは確かであると思われる。

他方、本プロジェクトの貢献度の目を向けてみると、IT 革命への直接的な貢献は薄かったと思われる。その理由としては本プロジェクトの内容が、次世代の産業技術を担うより基盤的なソフトウェアパラダイムの創出を目指したものであり、必ずしもコンピュータの普及やネットワーク環境の整備、アプリケーションの開発等に即効性のある性格のものではなかったことが挙げられる。しかしながら、本プロジェクトが掲げた「協調アーキテクチャ」というコンセプトの中には、現在のようなネットワーク環境の充実があってこそ実現できるものも含まれている。例えば東芝では、本プロジェクトの成果を一部利用する形で、インターネット/イントラネット環境を利用した情報収集エージェントである「Beegent」の開発を進めている。すなわち、本プロジェクトの研究内容は、インターネットを始めとするネットワーク環境の有効活用に十分貢献できる可能性を有しているのであり、即効性は望めないとはいえ、その展望や可能性を提示するなどの方法で、IT 化に貢献していくことは可能であったのではないかと。本プロジェクトは IT 化の追い風を受けながらも、その追い風を十分に活用し、またその追い風を更に促進させる検討や努力が、やや不足していたと思われる。

本プロジェクトは 1997 年に終了し、その後継続のプロジェクトは行われてはいないが、各参加主体において、引き続き研究開発が進められている。本プロジェクトの成

果を次世代の産業へと結びつけていくためには、研究者や関係者を初めとする多くの
人々の継続的な努力が、今後より一層求められるであろう。

参考文献

- ・ 産業技術審議会 評価部会、産業科学技術研究開発、「新ソフトウェア構造化モデル」最終評価報告書、1998
- ・ 通商産業省工業技術院 次世代産業技術企画官室 監修、「次世代産業技術への挑戦」、ケイブン出版、1992
- ・ 情報処理振興事業協会、「新ソフトウェア構造化モデルの研究開発 成果報告書」、1995
- ・ 情報処理振興事業協会、「新ソフトウェア構造化モデルの研究開発 成果報告書」、1998
- ・ 中島秀之・松原仁・本位田真一編、「協調プログラミング例題集」、bit 別冊、共立出版、1996

24. ソーラーシステム

(第1期 1974-80年、第2期 1980-83年：研究開発費総額 65.4億円)

(早稲田大学大学院アジア太平洋センタ 東出浩教研究室)

(平成12年度調査プロジェクト)

(1) 背景

太陽熱エネルギーを冷暖房等に利用する「ソーラーシステム」の開発は、昭和48年(1973)の第1次石油危機が大きな契機となっている。

本プロジェクトは「サンシャイン計画」の一環として企画された。通商産業省の工業技術院監修による「サンシャイン計画10年の歩み」(1984)によれば、昭和48年12月の産業技術審議会の通商産業大臣への答申「新エネルギー技術開発の進め方について」の中で、豊富かつクリーンな新エネルギー技術の開発の必要と、国家プロジェクトとしての取組みの必要が提言された。折しも第1次石油危機(1973)が起こり、安定的なエネルギー供給の確保と将来の石油資源枯渇への対応の準備が国家政策上の重要な課題であること、そしてその取組みの必要性についての関心が、社会的にも高まった。

そうした中で、クリーンでかつ相当量の需要を賄い得る可能性のあるエネルギー源として、太陽(太陽光・太陽熱)や地熱等自然エネルギーの利用が注目された。そしてその技術開発を目指したのが「サンシャイン計画」である。利用技術は幾つかの具体的テーマに分かれ、このうち「太陽熱」を直接利用して冷暖房等のエネルギー源とする技術の開発を目指したのが「ソーラーシステム」のプロジェクトである。

(2) 目標設定

本プロジェクトでは、まず第1期7年の計画が企画された。そこでは、太陽熱をエネルギー源として稼動する「太陽熱冷暖房・給湯システム」の研究開発と、実証施設による技術的検証が、目標として設定された。

目標の達成には、素材や機器の開発、想定用途として個人・集合住宅や大型住宅を模した実証施設の設計と建設、それらによる実証研究等が必要であった。金属・ガラス・樹脂等の素材の開発や、冷凍機・太陽集熱器等の機器の開発、実証における評価方法といった各テーマごとにサブタスクが設けられ、システムが経済性を実現するために要求される性能や仕様について、それぞれ達成すべき目標が設定された。

第2期では、第1期での実証結果とその後の技術や経済環境の変化を織り込み、第1期で課題となった蓄熱技術の開発と、産業用ソーラーシステムの開発が、新しい目標として設定し直された。蓄熱技術では、水を媒体とし土中に蓄熱パイプを埋めこむ土中蓄熱、NaOH水溶液を用いた濃度差利用による蓄熱、金属水素化物の化学反応を

利用した蓄熱の各テーマが設定された。また産業用ソーラーシステムでは、染色工程を選定してのカスケディングヒートプロセス型システムと、農業用等の定温倉庫での利用を想定したフィックストヒートプロセス型システムの開発がテーマとして設定された。

(3) 開発対象の設定

第1期では、新しい素材や機器の開発、建物とシステムの設計手法、実証データの評価方法等が開発対象となった。開発対象は、金属・ガラス・樹脂等の素材の開発、冷凍機・太陽集熱器の開発、建物を含めた全体システムの開発、実証における評価方法の開発に分けられる。

このうち集熱・蓄熱材料の研究と集熱器の評価試験法の開発は、工業技術院の名古屋工業試験所が担当したが、その他の素材開発や実証施設・システムの開発等、本プロジェクトの多くの部分は、得意の分野を持つ各企業に開発を委託する形で行われた。実証施設の建設と研究では、「建設会社+空調機器メーカー」という組合でチームを編成した。

参加企業の選定は、昭和48年(1973)の通商産業省公報で公募され、ヒアリングの後委託が決定した。

第2期では、産業用ソーラーシステムの開発と蓄熱技術の開発が対象となった。第1期と同様、材料と試験評価法の研究開発は名古屋工業技術試験所が担当し、機器やシステムの開発は、企業に委託する形で行われた。

(4) 開発の組織と運営及び達成手段の設定

開発組織は、通商産業省、工業技術院、名古屋工業技術試験所と、民間企業、業界団体等から構成され、工業技術院が「取りまとめ役」となる形で運営が行われた。予算枠の申請と確保は、通商産業省と工業技術院が中心となっている。また実証施設の案件(集合住宅、ビルなど)は、工業技術院が協力企業や協力機関の確保をしている。各企業は受託したテーマについて、必要な人材や資源の社内での確保を、それぞれ独自に行っている。

個別テーマの運営管理は委託先企業に委ねられていた。本プロジェクト全体の運営については前述したように工業技術院が行っていたが、審議会がプロジェクトに対して提言を行う形で関与していた。

第2期では、国際技術協力やソーラーシステムの普及というテーマが加わり、新エネルギー総合開発機構、通商産業省生活産業局住宅産業課、ソーラーシステム振興協会が組織に加わっている。

(5) リーダーシップ

本プロジェクトの発足に当たっては、国家政策上の重要性と、複数の業種にまたがる新しいシステムの開発であることから、工業技術院と名古屋工業技術試験所の研究開発官等メンバが中心となり、企画の立案や組織編成が行われた。民間企業でも社内での人材や資源の確保には、各担当プロジェクトのリーダーが存在してこれを遂行した。

しかし、本プロジェクト発足後は、当初の官民メンバや企業内で指導的立場にあった人物の異動があり、工業技術院や企業といった団体間、ないしはそれぞれの組織内の公的關係は維持されるも、メンバ間での人的なつながりから発揮されるリーダーシップは、発足当初と較べて後退した事例もあった。

(6) 成果

住宅等民生用ソーラーシステムは、公的な施設への導入事例等で一定の成果をあげている。また産業用ソーラーシステムも実際の施設の開発が行われている。集熱器の性能向上については、太陽熱温水器の普及にも貢献している。

しかし、当初予想していた全体的な普及と、その前提となる経済性の実現の面では、現在はまだ実現途上の段階にある。また、実証施設がプロジェクト終了により廃棄ないし従来設備に転用されたため、長期的な実証データを得る機会が失われた面はある。さらに、国民や国際社会への PR（納税者を政策への「投資家」とみれば“IR”ともいえる）の面では、国家政策としての継続的取組を示す「歴史的資産」が失われた面もあり、これは目に見えない損失ともいえる。

波及的成果の一例としては、居住性の研究から、断熱性や採光等建物側での工夫で空調負荷の軽減をめざす研究への波及がある。これらは実際に建物の建築にも広く取り入れられている。また本プロジェクトとの直接的なつながりは未確認だが、光の波長の選択透過性を持つガラスやフィルムなど素材の研究開発は、紫外線や赤外線など特定波長の光線を遮る製品の実現を通して、建物や車両等の省エネルギー性能を高めることに貢献しているものと考えられる。

25. 太陽光発電

(1974-現在進行中：研究開発費総額 億円)
(東京工業大学 渡辺千仞研究室)
(平成12年度調査プロジェクト)

(1) 背景

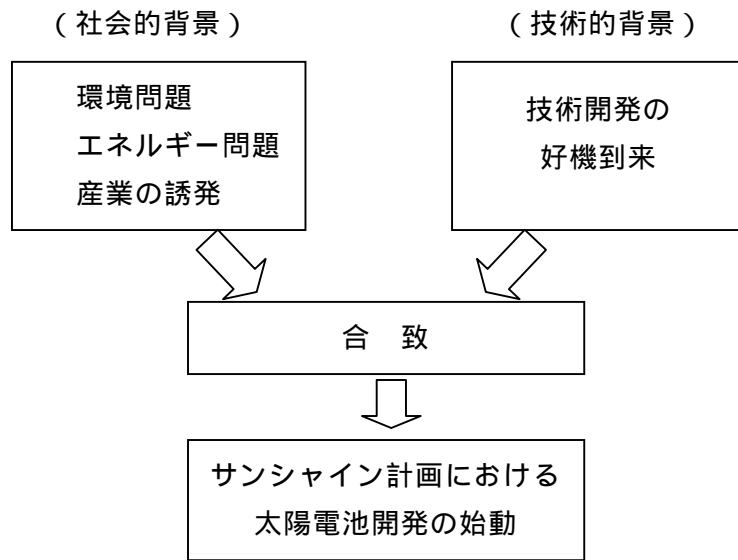


図1 プロジェクトの背景

1) 社会的背景

環境問題

サンシャイン計画において、その背景として、エネルギーの問題・産業の誘発が中心と述べられるが、環境問題も重視

1971年 1970年代通商産業ビジョン¹

技術主導クリーンエネルギー

1972年 通産省産業エコロジー研究会

1972年 ローマクラブ「成長の限界」²発行

¹ この中で、70年代の産業経済が目指すべき課題として、「人間活動と社会環境および自然環境との関係に留意し、すぐれた環境の形成につとめること」を提唱

² 人類の危機に対して研究・提言を行うことを目的とした民間組織であるローマクラブが、資源の再利用や使用資源を減少させる新しい生産物の開発などの手段をとらない限り、幾何級数的な人口と工業の成長によって、世界は資源の枯渇による「成長の限界」に向かうと主張

「成長の限界」の主著者であるデニス・メドゥズ氏の妻で、同書の共著者でもある、米ダートマス大学教授のドネラ・メドゥズ氏は、2001年2月21日、細菌性髄膜炎のためにニューハンプシャー州の病院で59歳の若さで死去

エネルギー問題

1973年10月 第4次中東戦争（第1次石油ショック）

石油エネルギー供給不安

「サンシャイン計画」を促進

産業の誘発

イ) 先端的技術の事業化及び競争促進

ロ) 技術スピルオーバーの利用と創出

半導体技術とのインタラクションが大

2) 技術的背景

アメリカでは1950年代から、公害・化石燃料の需給不安により「太陽エネルギー開発プロジェクト」は開始するも原子力・宇宙開発³を重視

1970年代における技術で再確認

国際会議⁴などを通じて日本に影響

エネルギー変換用材料としての半導体材料の役割が重要となってくると予想⁵

研究が本格化⁶

3) 社会的背景と技術的背景とのリンク

太陽エネルギーは、イ) 供給量が膨大、ロ) 非枯渇性、ハ) クリーン、ニ) 地域偏在性がない、などの特徴を保有

半導体技術と多くの共通点

シリコン基盤作成など半導体とのインタラクションが大

スピルオーバー効果が期待

学習効果が大きいと期待

半導体の発展速度が著しく速く、かつ性能比的に安くつくれるという理由

量産スケールを1ケタ大きくするとコストを半分以下に削減可能

日本企業（東芝・NEC・日立など）の比較優位が大

太陽エネルギーを電気に変換するための半導体技術の萌芽

³ アポロ計画をはじめとする米・ソの熾烈な宇宙開発競争によって太陽電池が注目

⁴ 1972年11月 アリゾナ大学における第1回モジュレーション・スペクトロスコピー会議など

⁵ 濱川圭弘、「太陽エネルギー発電 - アメリカにみる将来の計画の話題から - 」、エレクトロニクス、9月号、1167-1175 (1973).

⁶ 濱川圭弘、「太陽エネルギー変換と半導体の役割(1)」、電子材料、4月号、125-130 (1974).

濱川圭弘、「太陽エネルギー変換と半導体の役割(2)」、電子材料、5月号、133-137 (1974).
などの文献

(2) 目標設定

1) 目標の重点化のプロセス

環境問題の解決

エネルギー問題の解決

産業の誘発

を実現するものとして、当初太陽エネルギー関連において、太陽熱発電が重視（1980年代前半に成果を収めつつも、日本ではコスト的に採算がとれないこと⁷が判明、基礎研究段階に戻すと同時に、海外での可能性を模索）

太陽電池開発が本格化

2) 目標実現のための手段

宇宙用⁸・灯台用などの高額な製品

コストダウンにより、普及を実現

コストダウンを実現するための技術のセレクションが実施

例) 一般電力との競合を考慮して、200円/Wを長期目標

中間報告を2,3年おきに実施し、目標ターゲットの達成状況・継続することのメリットを考慮し、目標・研究開発内容を進化

1979年の「サンシャイン計画の加速的推進戦略」においてプロジェクトが加速的促進⁹

(3) 開発対象の設定

1) 開発初期（1974年～）

大手半導体企業を中心に選定し、そこから提案されたテーマを審査して決定

リボン結晶法（多結晶）〔東芝、東洋シリコン〕

薄膜多結晶〔日立製作所、NEC〕

} 並行開発

プロセス簡略化・自動化に適した太陽電池及びモジュール製造の基本技術〔シャープ〕

- 族化合物半導体太陽電池作成基本技術〔松下電器産業〕

新型太陽電池の研究やその評価技術

* シャープはモービル・タイコ社（米）のリボン結晶法の技術（京セラが既に契約）を利用し京セラとともに参画をはかったが、日本独自技術開発に重きを置く工技院が拒否

プロジェクトに参画できなかった京セラは、1975年にジャパン・ソーラ

⁷ 立地・熱公害などの問題が当初から指摘

⁸ 1957年にスプートニク（原子力電池）が打ち上げられたが、コスト的に有利な太陽電池が1960年代に米ソを中心に開発

⁹ 「1990年時点で石油換算約700万kl以上を供給することを目途に、太陽電池の実用化の飛躍的拡大のための生産技術の早期確立及びアモルファス素子材料等の早期開発等を図るとともに、ソー

ー・エナジーをシャープ・松下電産と共同で設立(1978年にシャープ・松下電産が撤退し後に京セラが吸収合併)
1980年に京セラはプロジェクト参加

2) アモルファス半導体技術導入期(1978年度～)

1975年 アモルファス半導体の基礎が確立(Dundee大学 W. E. Spear氏)
1976年 RCA(米)によりアモルファス太陽電池が発明
1978年度より研究テーマに追加¹⁰(電総研 田中一宜氏の多大なる貢献)

田中氏の主張

a) 戦略的科学技術政策の提唱

米国 DOE(Department of Energy)に比べて予算が7 - 8分の1に過ぎない日本のサンシャイン計画が、効果的で戦略的な科学技術政策を推進するには、アモルファスシリコンの研究に的を絞ることが重要であると強く主張

田中氏は積極的に新聞・雑誌等に投稿を重ね、世論の圧力を利用するとともに、多くの代議士を招いた朝食会で、アモルファスシリコンの将来性について情熱的な持論を展開しアモルファスをテーマに組み込むことに成功¹¹

b) プロジェクトの効果的推進のための人材確保

アモルファスに関しては、若い人材が多い、活発なコミュニティー¹²が存在し産・官・学の枠組みを越えた交流

戦略を円滑に推進する研究体制を構築するためには、優秀な人材の確保が最重要であり、特に学術的な基礎領域が未熟なアモルファスでは、基礎研究に強みを持ち、研究者の母集団も大きい大学を含めた産・官・学の強力な連携が必要であると提唱

その結果サンシャインプロジェクトは、産・官・学で盛んな交流¹³

ラーハウスの普及促進のための施策を拡充」が具体的目的

¹⁰ 日本においても1971年エレクトロニクス誌上で菊地誠氏・濱川圭弘氏のアモルファス半導体の対談があるなど研究の素地が存在

また1979年には、濱川氏はアモルファスSi太陽電池に関する論文を発表

濱川圭弘、「アモルファスSi太陽電池」、固体物理、Vol. 14、No. 10、641-649(1979).

H. Okamoto, Y. Nitta, T. Adachi and Y. Hamakawa, "Glow Discharged Produced Amorphous Silicon Solar Cells", Surface Science Vol. 86, 1979.

¹¹ 与謝野馨氏を座長とするアモルファス議員懇談会は、超党派的に議員を集め、アモルファスの重要性を展開。サンシャイン計画推進本部では連日会議が行われ、慎重派は結晶系が冷遇されること危惧、推進派は結晶系の限界を主張。結局、前述の懇談会など内外のプレッシャーや、1980年のNEDO設立要求の目玉として「アモルファス」を研究テーマとして採用

¹² 田中一宜氏(電総研)、広瀬全考氏(広島大学)、清水立生氏(金沢大学)らが中心となり開催された「アモルファス物質の物性と応用」セミナー(アモルファス・セミナー)では、夕方のディスカッションでワインが振舞われるなどアットホームな雰囲気でありながら、技術に関しては上下関係なく激しく議論

¹³ お互いにそれぞれの知識を提供しあう関係が存在

3) これまでの開発対象

材料ならびにセル構造の低コスト化と大面積化（1974～1990年）

多結晶、薄膜多結晶、アモルファスなどを対象

近年は、低コスト化、高効率化を目指したスタック型¹⁴に移行

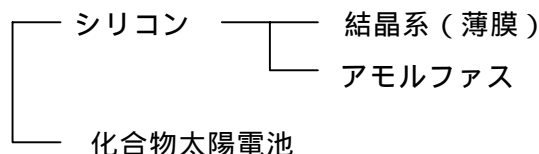


図2 太陽電池の種類

(4) 開発組織の運営と達成手段

1) 開発組織の変遷

スタート当初（1974年度～）

イ) 研究開発官が中心のマネジメント

NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）設立（1980年度～）

イ) 研究開発官のサポートの充実

ロ) 研究開発の実行・管理の着実な実施

ハ) 研究開発官・太陽技術開発室が中心のマネジメント

池袋（NEDOの所在地）に行く手間の発生

PVTEC（太陽光発電技術研究組合）設立（1990年度～）

イ) マネジメントのスムーズ化

ロ) 予算要求のスムーズ化

ハ) 競争と協調の「場」

二) 研究開発官・太陽技術開発室・PVTEC専務理事が中心のマネジメント

ただし、PVTEC設立前後で大きな技術的成果の違いはなかったが、設立によりスムーズなマネジメント（予算要求等）が実施

2) 具体的な委託先

当初（1974年度）

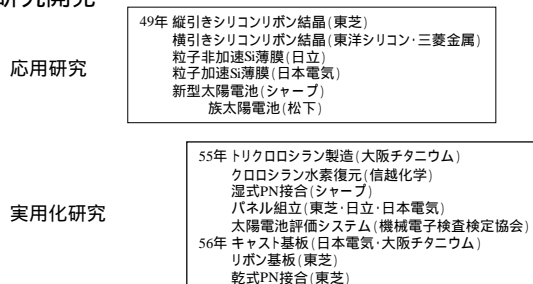
東芝、東洋シリコン、日立製作所、NEC、シャープ、松下電器産業

現在（2000年度）

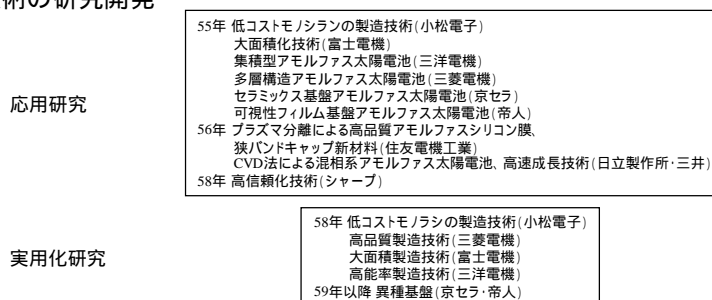
¹⁴ 結晶系半導体とヘテロ接合されたアモルファス半導体の結晶系単結晶セルに、アモルファス半導体よりなるアモルファス単位セルを積層することで、アモルファス半導体セルが短波長側の光を吸収し、結晶系単位セルが長波長側の光を吸収でき、コストはアモルファス並み、効率は単結晶より高いという、低コスト化・高効率化へ向けての次世代型太陽電池

旭硝子、アネルバ、エア・ウォーター、シャープ、沖電気工業、鹿島建設、鐘淵化学工業、キヤノン、京セラ、クボタ、三洋電機、ジャパンエナジー、昭和シェル石油、住友電気工業、ソニー、ナショナル住宅産業、日本板硝子、日本製鋼所、日立製作所、日立電線、富士電機総合研究所、松下電器産業、松下電工、松下電池工業、三井化学、三菱重工、三菱電機、YKK、YKKアーキテクチュラルプロダクツ、財団法人電力中央研究所、財団法人日本品質保証機構例) 松下電池工業は専門部署(PV研究開発センター)をつくり、20名程度を動員

結晶型太陽電池製造技術の研究開発



アモルファス太陽電池製造技術の研究開発



システム技術の研究開発

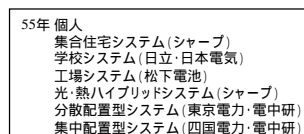


図3 委託先企業

3) 太陽電池における特徴

プロジェクトにおいて多元的に大学を委託先に選定(アモルファス半導体研究を担当)

大学は文部省下の組織であるため、それまでは大学の委託研究はレアケース¹⁵ 文部省と通産省が利害関係を気にしては研究開発の発展を阻害

¹⁵ それまでは、大学の委託研究はレアケースであり、それ以前では、サンシャイン計画における佐賀大学(海洋温度差発電)、山形大学(石炭の液化技術)など数例

しかし、アモルファスに関しては、応用物理学会などにおける人のつながりが強
 (「アモルファス・ファミリー」ともいえる集団を形成)
 利害関係を超えた研究開発のために、大学へ委託
 その際、応用物理学会におけるつながりが大学の委託先に影響¹⁶

表 1 アモルファス太陽電池技術開発テーマ一覧 (1981 年度)

テーマ	委託先
多層構造アモルファス太陽電池の研究開発	三洋電機
集積型アモルファス太陽電池の開発	三洋電機
セラミックを基盤とするアモルファス太陽電池の研究	京セラ
アモルファス太陽電池の面積化技術の研究開発	富士電機
可撓性フィルムを基板とするアモルファス太陽電池の研究開発	帝人
低コストモノシラン製造法の研究開発	小松電子
プラズマ分離による高品質アモルファスシリコン膜生膜技術の研究開発	住友電工
CVD 法による混相系アモルファス太陽電池の研究開発	日立・三井東圧
アモルファスシリコンの局所構造の研究	東京大学
アモルファスシリコンの電子状態の光学的研究	大阪大学
アモルファスシリコンの電子状態の理論的研究	京都大学
アモルファスシリコンの欠陥密度の研究	広島大学
アモルファスシリコンの界面の研究	東京工業大学
アモルファスシリコン系材料の研究	金沢大学

(5) リーダーシップ

1) 技術面

- 濱川 圭弘 氏 (大阪大学): アモルファス太陽電池の研究開発
 田中 一宣 氏 (電子技術総合研究所): アモルファス太陽電池の研究開発
 桑野 幸徳 氏 (三洋電機): アモルファス電池の事業化
 木村 謙次郎 氏 (シャープ 京セラ): シャープ・ジャパンソーラーエナジー・
 京セラで活躍

2) 技術面以外

- 井植 敏 氏 (三洋電機): PVTEC 理事長として長年活躍
 稲盛 和夫 氏 (京セラ): 太陽電池の研究を継続的に実施
 田中 一宣 氏 (電子技術総合研究所): 大学に直接研究委託を積極的に推進

¹⁶ 大阪大学の濱川圭弘氏、広島大学の広瀬全考氏、金沢大学の清水立生氏などもアモルファス・ファミリーのメンバー

(6) 成果

1) 政策的成果

日本の太陽電池産業育成に成功（1999年度生産見込額 572.9億円、2000年度生産予測額 708.0億円）

ニューサンシャイン計画に参加したシャープ、京セラ・三洋電機が世界的に高シェア（1999年に世界の41.8%）を獲得

半導体関連の技術ストック蓄積に貢献

生産量拡大による学習効果の蓄積の重要性

好循環メカニズム構築（好循環メカニズムが功奏）

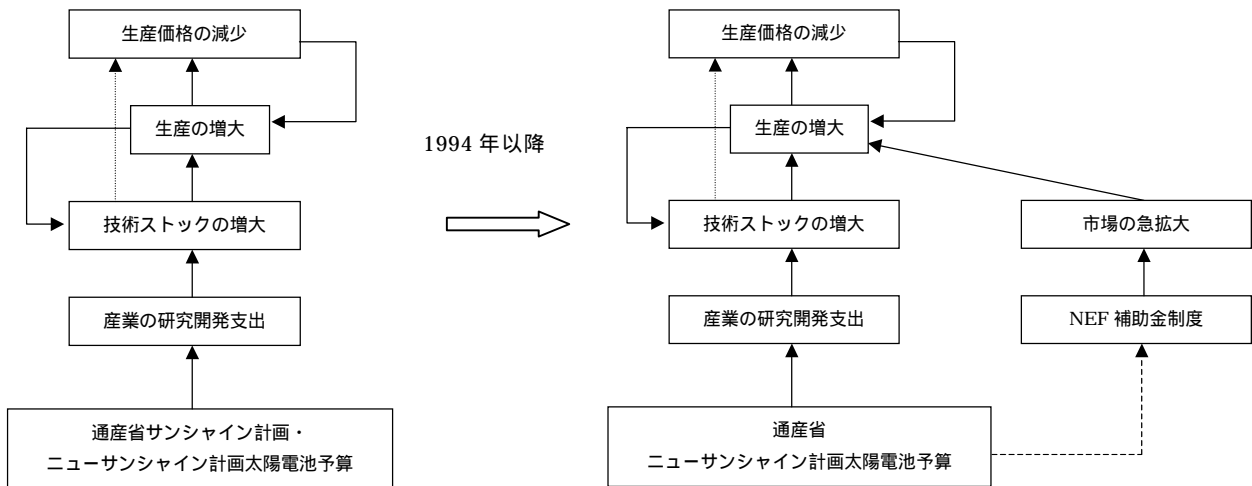


図4 好循環メカニズム

新エネルギー源として政策（「新エネルギー導入大綱」）に利用

2) 技術的成果

太陽電池製造コスト削減

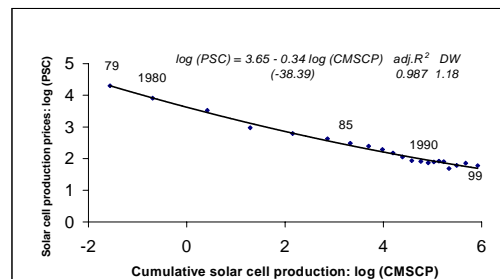
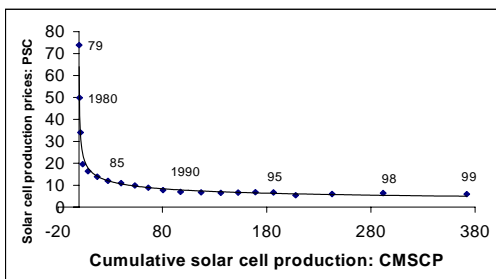


図5 日本の太陽電池の生産量と価格の推移（1979～1999）

太陽電池の高効率化を実現

2000 年度

単結晶セル効率 17% (13%) ()内 1982 年

多結晶セル効率 14.5% (8.8%) ()内 1982 年

アモルファス 8~9% (6.4%) ()内 1984 年

半導体関連技術が向上

イ) 薄膜技術の確立

例) シャープの LCD (Liquid Crystal Display) 開発

松下電池では CdTe (テルル化カドミウム) の薄膜技術を確立 (撤退するため技術の応用は未定)

スピルオーバー効果

イ) プロジェクト参加者内でのスピルオーバー効果

* 特にアモルファス関係では、研究者間の関係が強いため研究成果のスピルオーバー効果が大きい

ロ) プロジェクトに参加した太陽電池製造メーカーがプロジェクト不参加メーカー (製造装置、素材など) との共同研究をすることによるスピルオーバー効果

製造装置メーカーの薄膜製造技術 (プラズマ CVD 装置など) が進歩

TFT (Thin Film Transistor) 液晶などへ波及

予期せぬ発見 (偶然の科学的発見)

イ) 微結晶シリコンの発見

3) 産業・市場成果

太陽電池市場における日本企業の競争優位確立

生産の急拡大による商業化の実現

1994 年度から始まった新エネルギー財団の補助金が貢献

RITE (地球環境産業技術研究機構) などの設備に導入

4) 課題

政策的な課題

イ) 近年の政府主導研究開発コンソーシアムの社会へのスピルオーバー効果低下と同様に、PVTEC も目立った成果の低下が懸念

技術的な課題

イ) 大面積で高性能・低コストの実現

太陽電池固有の問題

ロ) アモルファス太陽電池における光劣化を抑える技術の未確立

物理学者は現象の解明に力を注ぐため、普及のために何が必要なのかという視点がやや不足

ハ) 周辺機器のコストパフォーマンスが低

その他の課題

イ) 補助金に過度依存の市場

- ・ 94年に始まった NEF の補助金により市場が急拡大

ロ) 大学における課題

- ・ 高変換効率重視の研究開発に専念
- ・ 国立研究所、民間企業と比較して低い研究費のため、研究が不十分

参考文献

- [1] Y. Hamakawa, "Photovoltaic Power," Scientific American, Vol. 256, No. 4, 76-83, 1987.
- [2] H. Okamoto, Y. Nitta, T. Adachi and Y. Hamakawa, "Glow Discharged Produced Amorphous Silicon Solar Cells," Surface Science Vol. 86, 486-491, 1979
- [3] C. Watanabe, "Japanese Industrial Science & Technology Policy at a Turning Point," Intl. Conference on Understanding Government R&D Investment Decisions, 1994.
- [4] C. Watanabe, "Identification of the Role of Renewable Energy," Renewable Energy, Vol. 6, No. 3, 1995.
- [5] C. Watanabe, "Systems Option for Sustainable Development," IEA CERT 18th Meeting, 1998.
- [6] 桑野幸徳、『太陽電池を使いこなす』、講談社、1992.
- [7] 産業構造審議会編、『70年代の通商産業政策』、通商産業省、1971.
- [8] 島本実、「ナショナルプロジェクトの制度設計 サンシャイン計画と太陽光発電産業の生成」、一橋大学大学院商学研究科博士論文、1998.
- [9] 通商産業省工業技術院サンシャイン計画推進本部、『サンシャイン計画 10年の歩み』、サンシャイン計画 10周年記念事業推進懇談会、1984.
- [10] 通商産業省編、『ニューサンシャイン計画ハンドブック』、財団法人通商産業調査会、1993.
- [11] 濱川圭弘、「太陽エネルギー発電 - アメリカにみる将来の計画の話題から - 」、エレクトロニクス、9月号、1167-1175 (1973).
- [12] 濱川 圭弘、「太陽エネルギー変換と半導体の役割(1)」、電子材料、4月号、125-130, 1974.
- [13] 濱川圭弘、「太陽エネルギー変換と半導体の役割(2)」、電子材料、5月号、133-137, 1974.
- [14] 濱川圭弘、「アモルファス Si 太陽電池」、固体物理、Vol. 14、No. 10、641-649,

1979.

- [15] 濱川圭弘、「太陽光発電 最近の進歩と地球環境問題への新しい役割」、平成4年度日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会講演論文集（1992 Renewable Energy Congress Award 受賞記念講演）、61-92、1992
- [16] 濱川圭弘先生退官記念事業会、『濱川圭弘教授退官記念業績集 1958-1996』、濱川圭弘先生退官記念事業会、1996.
- [17] 濱川 圭弘、『太陽光発電 最新の技術とシステム』、シーエムシー、2000.

26. 廃熱利用技術システム

(1976-81 年度(当初計画 79 年度) : 研究開発費総額 40 億円(当初計画 30 億円))
(東京工業大学 渡辺千仞研究室)
(平成11年度調査プロジェクト)

(1) 背景

1973年秋の第1次危機を機に、世界の石油需給は急激に逼迫化していった。欧米諸国においては、エネルギーの自給自足体制の確立を狙いとした強力な省エネルギー政策が提案され、実施され始めており、主要先進国中最も脆弱なエネルギー供給構造となっている我が国でも、石油依存度を低下させ、エネルギーセキュリティの確保を図る検討がなされた。

通商産業省は、1974年度から新エネルギー技術開発、クリーンエネルギーの長期的安定供給に資するため、供給面からの対策としてサンシャイン計画を発足させた。需要面からの対策として、総合的な省エネルギー技術開発推進の重要性が認識された。

1970年当時、全鉱工業部門がエネルギー消費の大半を占めていた。これらで消費されるエネルギーの約半分は、回収しても採算が合わないという理由から、廃熱として無造作に排出されていた。製鉄所・工場からの排熱公害について、住民から国会議員に陳情があり、通商産業省産業政策局が廃熱回収要素技術についての調査を開始した。

1972年度から、工業地域での従来技術水準を基礎とした熱総合利用調査研究が(財)熱管理協会により開始された。その結果が「地域廃熱利用技術システム研究調査」として報告され、工場廃熱という中低温領域のエネルギー回収が注目された。冷凍用技術や吸収冷温水器技術をヒートポンプに適用すれば、省エネルギーに利用できるという理論はあったが、実証例は世界的にもなかった。

大きな廃熱源であった製鉄所を対象に、1976年度から廃熱回収技術についてのフィジビリティスタディが行われ、本格的な研究開発が1977年度から開始された。

第1次石油危機の混乱が沈静化し、石油価格が低下し始めたことなどから、大型プロジェクトの一環として開始された。1976年度は基礎的な調査研究、1977年度、78年度は部分試験や基本的なリサイクル試験等の基礎研究を実施していた。「省エネルギー技術研究開発制度(通称ムーンライト計画)」が1978年度から発足し、本プロジェクトもその内に吸収された。

1978年に第2次石油危機が起こると、本プロジェクト開発技術の早期実用化が求められ、予算の増加、開発期間の延長が行われた。

(2) 目標設定

製鉄所をモデルとしたフィジビリティスタディ(1976年度)と、参加企業の公募の結果から、初代研究開発官、初代研究開発専門職、当時の工業技術院化学技術研究所の部長、課長がテーマを選定した。

各要素技術が独立に有効に働き得るので、要素技術を個別に委託することが効率的と

考え、実際の何分の1かのスケールで実証するように受託企業に指示した。

プロジェクトへの参加は公募制としていたが、1年前のフィジビリティスタディに参加していないと到底計画の提出は不可能であった。

詳細目標設定は担当企業が策定した。大型プロジェクトに初めて参加した企業は、即実用化できる可能性のある研究開発を行い、参加経験豊富な大企業は、実用化を目指しながらも将来に結びつく基礎研究に委託費をまわす傾向がみられた。

資源有限、エネルギー高価格時代の到来に世論が騒然とする中、国家として早急にエネルギー有効活用対策に取り組む必要があり、従来関連技術をヒートポンプに適用できるという理論はあったものの実証例はなく、商品化のため企業が単独で資金を投入するには高リスクであった。

廃熱回収効率向上技術は、システムとして組みこむことができ、膨大な排出・廃熱量による産業公害防止に資すると同時に、回収エネルギーを民生部門あるいは公共部門の様々な用途に使用できる可能性があり、効率の良い社会・産業構造の構築に大きく貢献することが期待できるなど、国家プロジェクトとして妥当であった。

本プロジェクトは省エネルギーを強力に推進する施策を下支えする技術的根拠として位置づけられ、その技術を実証し、実用化することが強く求められた使命達成型であった。

各企業の既存技術を利用するという意味では、時代の要請というニーズもあった。

理論的には知られていたが、実用化した実績がない技術が多く、開発ステージではフロントランナ型であったといえる。

政策階層性としては、石油依存度の低下によるエネルギーセキュリティの確保 エネルギーの有効活用 製鉄所・工場からの排熱の有効活用 廃熱利用技術システムの開発となり、エネルギー政策が技術的課題に翻訳されている。

また、エネルギー確保のため、サンシャイン計画による石油代替エネルギー開発、ムーンライト計画による省エネルギー技術開発が推進されており、ほかにも原子力開発等が推進されており、プログラム多元性はあったといえる。

要素技術ごとに独立し、研究開発が制約を受けず、技術が進むべき方向へ研究を進めることができた。

1978年に第2次石油危機が発生し、本プロジェクト開発技術の早期実用化が求められ、予算が30億円から40億円へ増加、開発期間も2年延長されたことから、目標設定の弾力性は確保されていたと考えられる。

人的流動性については、本プロジェクトが要素技術ごとに独立した研究開発体制をとっていたため、受託企業間の流動性はなかった。

(3) 開発対象の設定

本プロジェクトは、製鉄所・工場等から排出される固体顕熱・排ガス・温排水等の多様な工場廃熱を効率的に回収利用する技術開発を行うことを目標として、熱回収、熱交換、熱輸送、熱貯蔵技術の4分野において各種要素技術を開発すると共に、これらの技術を総合した廃熱利用トータルシステムの研究及び設計を行うこととされていた。

(4) 開発組織の運営及び達成手段の設定

プロジェクトの概要は以下のとおりである。

- 1) 期間：1976年から6年間（当初は準大型プロジェクトとして発足し、1978年度からムーンライト計画に引き継がれた）
- 2) 研究開発費総額：約40億円（当初計画約30億円）
- 3) 形式：民間企業、国立研究所への委託
- 4) 具体的参加組織

研究項目		研究実施機関
ヒートポンプ	圧縮式ヒートポンプによる熱回収技術の研究開発	日立造船（株） （株）前川製作所
	吸収式ヒートポンプによる熱回収技術の研究開発	東京三洋電機（株） 三洋電機空調設備（株）
ヒートパイプ	耐食性ヒートパイプを用いた移動層式熱交換器の研究開発	（株）神戸製作所
	高能率小型回転式熱交換器の研究開発	（株）荏原製作所 古河電気工業（株）
	低温用ヒートパイプの研究開発	機械技術研究所
	工業炉からの熱回収技術の研究開発	公害資源研究所
直接接触	廃熱を利用した高压ガス発生技術の研究開発	（株）日立製作所
	直接接触交換による温廃水からの熱回収技術の研究開発	化学技術研究所
	乾式消化法を用いたコークスの固体顕熱回収技術の研究開発	三菱重工業（株） 東邦ガス（株）
	高温ガス熱交換器の研究開発	機械技術研究所
熱貯蔵	化学エネルギーを利用した熱輸送熱貯蔵技術の研究開発	化学技術研究所
	蓄氷システム	三洋電機空調設備（株）
サーモサイフォン	サーモサイフォンによる熱水輸送技術の研究開発	日本鋼管（株）
	サーモサイフォンによる熱水輸送技術の研究開発	化学技術研究所

トータルシステム	トータルシステムの研究開発	(財)省エネルギーセンター
----------	---------------	---------------

本プロジェクトの運営については、1976年度は、(社)日本鉄鋼連盟、通商産業省通商産業局製鉄課、工業技術院化学技術研究所を中心に、廃熱量の特に大きかった製鉄所をモデルにフィジビリティスタディを行った。その後、公募制をとり、それぞれの要素技術について委託先を選定した。

研究開発項目が多岐にわたり、研究開発を効果的に推進する観点から、産業技術審議会省エネルギー技術開発部会廃熱利用分科会において広く学会、報道機関、産業界の有識者の意見を採り入れたほか、大型省エネルギー技術研究開発推進会議が工業技術院、学識経験者及び研究担当機関・企業により組織され、その下部に企画ワーキンググループ、熱回収ワーキンググループ及び熱輸送・熱貯蔵ワーキンググループが置かれ、研究開発の進捗状況を把握すると共に研究の推進、運営の方法を検討する場とした。

技術研究組合はなく、受託企業での持ち帰り型であったため、企業間の人的流動性はほとんどなかったが、社内ノウハウの外部への流出を心配することなく取り組めた。

大型プロジェクトへの参加経験の乏しかった企業が国立研究所と非公式な打合せを頻繁に実施し、即実用化の可能性のある研究開発を行っていた。一方で参加経験豊富な大企業は、実用化を目指しながらも海外論文の調査等、将来に結びつく基礎研究をも実施しており、実用化の意欲が不足との感じを受けた。

また、トータルシステムの研究開発は、1976-78年度は(社)日本鉄鋼連盟が、以降は(財)省エネルギーセンタが実施した。

大学との連携は、分科会、ワーキンググループでアドバイスをもらう程度であった。

(5) リーダーシップ

前半は、研究開発専門職の白田勝利氏(1976.10-78.1)が研究開発体制の整備、予算配分等で、後半は、研究開発官付の志村武彦氏(1980.11-83.3)と工業技術院化学技術研究所の秋谷鷹二氏が、技術面から本プロジェクト全体を把握し、研究開発官と企業側の担当者をコーディネートした。

(6) 成果

公開特許数について、試験研究所(41件特許、3件実用新案)民間委託先(48件特許、13件実用新案)。ノウハウ量193件(ヒートポンプ86件、ヒートパイプ48件、直接接触熱交換器52件、サーモサイフォンによる熱輸送技術17件)。特にヒートポンプ技術の件数が多く、熱心な研究開発が行われたことが窺える(1985年1月18日時点)。

特に圧縮式、吸収式ヒートポンプ技術については当時世界最高水準を達成した。

- 1) システムとして機能することを実証。
- 2) 高価であった最新のパソコン(オリベッティ)を導入し、いろいろな条件(サイズ、温度)でシミュレーションが容易に可能に。
- 3) 日立造船(株)、(株)前川製作所が開発した圧縮式ヒートポンプは、国内外の化学工場等で39基以上採用。冷媒のシール技術等はその後様々な製品に転用可能。

- 4) 三洋電機(株)は湯西川温泉等にヒートポンプをプロジェクト期間の1977年に販売するなど、早期から成果あり。ムーンライト室もこれを支援。
- 5) 三洋電機(株)の吸収式ヒートポンプも国内外の製紙工場、繊維工場、化学工場等の製造業を始め、事務所ビル、ホテル、スポーツセンタ、オフィスビル、旅館等の多様な施設に設置され、スウェーデン、デンマーク、中国等で地域冷暖房、工場の熱源用として採用されている。(99基以上設置)
- 6) プロジェクト以降、IEAのヒートポンププログラムで我が国の研究が注目された。
- 7) ヒートポンプ技術に対する自信。(株)前川製作所は本プロジェクトに参加し技術を切り開き、その後の会社発展につながったとの認識あり。
- 8) 特許検索より、(株)前川製作所は、ヒートポンプ分野について現在も引き続き活発な研究開発を行っていることが判明している。

ヒートポンプ以外は直接的な実用化は進まなかったが、(株)荏原製作所の小型回転式熱交換器はブリヂストンと古河電気工業(株)に、(株)日立製作所の高圧ガス発生技術は、セメント工場の廃熱からの電力回収(3,000KW)に使用されている。

多くの参加企業が、本プロジェクトでの開発技術を見直す動きがあり、この分野の長期的波及効果については特許検索等を使い、更に詳細な調査が必要と思われる。

金属水素化物については、知見の蓄積がは図られ、電気自動車の水素貯蔵等に展開されている。

蓄氷サイクルについては、電力、ガスを中心に、ビルの空調に氷蓄熱技術が使用されている。蓄氷サイクル技術開発への取組は本プロジェクトが初であり、これが発展した可能性もある。

さらに、本プロジェクトの圧縮式ヒートポンプ技術と、化学反応を用いた温熱用冷熱用ケミカル蓄熱技術が次世代技術として提案され、スーパーヒートポンプ(SHP)計画(1984-1991)で採用されている。

政策的効果としては、企業の取組を誘発し、本プロジェクトの早い段階での成功はその後の省エネルギー政策を下支えする役割を果たした。かつ行政指導、法律規制の基準値を設定し、厳しくしていく上での技術的根拠となり、企業が更なる省エネルギー技術開発に取り組む仕組みができた。

27. 高効率ガスタービン

(1976-87年度：研究開発費総額260億円)
(政策研究大学院大学 丹羽富士雄研究室)
(平成11年度調査プロジェクト)

(1) 背景

1973年の第1次石油危機を契機に、地球資源の有限性と近い将来の国際エネルギー情勢の緊迫化に対して強い危機意識が生まれた。特にエネルギー資源に乏しい我が国では、省エネルギーをこのような困難な課題を克服する主要な政策の1つとして位置づけた。高効率ガスタービンの開発は技術面で省エネルギー政策に大きく貢献するものであり、1976年から大型プロジェクトの候補として検討されていた。1978年にエネルギーの有効利用を推進する目的でムーンライト計画が発足した。高効率ガスタービンの研究開発は、ムーンライト計画の目的と合致するものであり、その中核として計画の中に組み込まれた。

省エネルギー技術開発の目標の1つは、熱機関の熱効率を向上させることである。1970年代、石油、石炭等の一次エネルギーを電気エネルギーに転換する主要な発電用熱機関は蒸気タービンであった。1970年代半ばにおいて、その発電効率は最新の火力発電所でも高位発熱量基準(HHV: High Heat Value)で約40%であった。複合発電システムでも43%(HHV)程度であり、これが技術的限界であるとされていた。しかし、ガスタービンの入口ガス温度を1,300 ~ 1,400 に高めれば、複合発電システムの総合熱効率を50%(HHV)以上に高めることが可能であった。さらに、回収された廃熱を集中冷暖房や鋳工業プロセスなどへの熱供給に利用すれば、省エネルギー効果は極めて大きくなる。このようなカスケード的なエネルギー供給システムを確立するため、高効率ガスタービンの研究開発への期待は大きかった。

(2) 目標設定

本プロジェクトの目標は、「10万kW級の複合発電システムで総合熱効率55%(低位発熱量基準、LHV = Low Heat Valueで)を実現するために、中核となる高効率ガスタービンを開発する」ことである。この目標を達成する開発対象は2つの部分から構成されていた。第1は言うまでもなく総合熱効率55%を達成する高効率ガスタービンである。第2は入口温度1,500 を目指した次の段階の要素技術の開発であり、耐超高温材料や部品の開発、環境保全対策技術の開発及び最適エネルギー供給システム技術の確立である。中でも主要な開発対象は耐超高温の材料開発であった。第1の成果が第2の主要な要素技術と位置づけられることはいうまでもない。プロジェクトの内容が二部構成になっていた点で本プロジェクトは特異である。

本プロジェクトは、まず国レベルの困難な問題の解決に貢献するものであること、総合熱効率55%を達成できる高効率タービンを1社で開発することは資金的に過重であり、失敗した時のリスクが過大であったこと、レヒートシステムなど斬新な技術を採用

していたこと、更に次の段階の入口温度1,500 を目指した要素技術の開発は挑戦的であったこと、などから、国家プロジェクトとして妥当であったといえる。本プロジェクトの性格は国家問題の解決への貢献が要請されている点で使命達成型である。また、複合型発電システムにおいて世界最高の熱効率の実現を目指したという点でフロントランナ型といえる。

政策の階層性とプログラムの多元性を検討するために多少詳細に政策目標を層別すれば、

- 1) 深刻なエネルギー問題への対処、
- 2) 省エネルギー、
- 3) エネルギー供給システムの総合効率の向上、
- 4) 発電用熱機関（ガスタービン）の熱効率向上、
- 5) 要素技術の開発と総合化、

となる。当時国を挙げて対処しなければならないと考えられた第1) 層の政策目標を達成するために、様々な下位政策目標があった。本プロジェクトの省エネルギーの他にも、化石エネルギーからの燃料源転換、石油産出国との外交関係の良好化等幅広い政策があった。これは第2) 層の政策多元性が高いことを示すものである。第3) 層でも、エネルギーの2次転換面ばかりでなく、輸送から最終需要面まで、また技術面ばかりでなく使用者の意識面まで、熱のカスケード利用等それらを総合化する面までと、様々な対策が考えられ、政策多元性は高かった。第4) 層は技術的な対応にほぼ限られるものの、熱機関とその関連技術の種類だけ可能性はある。しかし、当時の電力化率が30%前後であることを考えると、発電用ガスタービンの高効率化はその上位目標3) の達成に貢献する可能性がもっとも高いものであった、と考えられる。すなわち、第4) 層の政策多元性はあるものの、貢献度から限られるものになった。なお、55%の総合熱効率や1,500の入口温度の設定等技術目標の多元性では、幅は狭いものの、別の数値に設定する可能性はあった、と考えられる。第4) 層で総合熱効率や入口温度を決定した後では、第5) 層での個別の技術的対応は様々にあるものの、技術的手段の多元性はそれほど大きくなかった（数は多いが大きな影響を与えるようなものは少ない）。燃焼機の素材をセラミックスにするか金属にするかが、大きなものであった程度である。需要表現という点では、先に述べた第一開発対象は第4) 層に属するものであり、明解で実現可能性の高い需要表現であった、或いはそのような表現が可能であったといえる。一方、第2開発対象は第1のものより高位の第3) 層に属しており、また次の世代の開発を目指したこともあり、その需要表現は第1のものに比較して、明解ではなかったといえる。

シーズかニーズかという点では、社会的な省エネルギーへの強い要請や、電力会社のニーズによって目標設定を出力10万kW級にした点で、ニーズプル型であった。しかし、ガスタービンに関して高度な技術の蓄積があった点ではシーズプッシュ型の性格もあった。重厚な技術シーズでニーズプル目標を実現したという点で需要表現の高い目標設定であったといえる。

(3) 開発対象の設定

前述のように開発対象は、「10万kW級の複合発電システムで総合熱効率55%(LHV)を実現するための中核となる高効率ガスタービン」である。同時にこのように高い総合熱効率を達成するためには入口温度は1,400 でなければならないと考えられた。本プロジェクトの研究開発は、普通次のような5つの研究項目が挙げられる。すなわち、

- 1) 超高温耐熱部材の研究開発：耐熱合金及びセラミックスなどの高温強度特性を改善し、タービン入口温度の高温化を図る。
- 2) ガスタービン要素技術の研究開発：各要素の効率を高めると共に、耐久性、信頼性の向上を図る。
- 3) 高効率ガスタービンの試作運転研究。
- 4) 環境保全実証調査：パイロットプラントのNO_x、騒音、振動等を測定し、環境保全機器の性能評価を行う。
- 5) 最適トータルエネルギー供給システムの検討：ガスタービンの運転データに基づいて、複合発電システムの検討、評価を行うと共に、地域冷暖房とのトータルエネルギー供給システムの検討を行う。

言うまでもなく3)及び4)に直接利用された2)の要素開発が本プロジェクトの第一開発対象であり、それ以外は第二開発対象である。前述のように、第二開発対象の中核は耐高温耐熱部材の研究開発であった。

第一開発対象のガスタービン試作運転研究は2段階で構成されている。第1段階の目標はタービン入口温度1,300、発電容量10万kW級のレヒートガスタービンのパイロットプラントを完成させ、試運転及び実証運転を発電所構内で行うことであった。なお、組み合わせる蒸気タービンは実績のある現技術レベルのものを想定し、複合発電システムとしての総合熱効率50%(LHV)を実証するとした。第2段階の目標は、本プロジェクトで行われる基礎的及び実用化研究の成果を取り入れて、高効率化のためにもっとも重要でしかも技術的に困難なタービン、燃焼器等の高温高圧部を設計しプロトタイププラントを試作し、高温高速タービン試験装置で効率、耐久性及び信頼性等を実証することであった。具体的には、1,400の入口温度でシステムが運転され、55%(LHV)の総合熱効率が達成されることを確認することであった。

(4) 開発の組織と運営及び達成手段の設定

本プロジェクトは国立試験研究所と民間企業の協力のもとで研究開発が遂行された。大学の協力が少ないことが特徴である。民間の製造企業14社が高効率ガスタービン技術研究組合を設立して、役割を分担して開発に取り組んだ。発電設備としての運転研究のために電力会社も参加した。

具体的には、実機プラントの設計、製作、組立及び試運転を高効率ガスタービン技術研究組合(旭硝子、石川島播磨重工業、川崎重工業、京セラ、神戸製鋼所、大同特殊鋼、電力中央研究所、東芝、日本碍子、日立金属、日立製作所、三井造船、三菱金属、三菱重工業)が行った。

実証運転及び環境保全実証調査は10電力会社を代表して東京電力が行った。

研究では、基礎的な面を国立研究機関（機械技術研究所、名古屋工業技術試験所、大阪工業技術試験所、九州工業技術試験所、航空宇宙技術研究所、金属材料技術研究所）が行い、実用化の面を高効率ガスタービン技術研究組合が行った。研究項目の中では高効率ガスタービンの試作運転研究がプロジェクトの根幹をなすものである。担当は、石川島播磨重工、川崎重工、東芝、日立製作所、三井造船、三菱重工のタービン6社であった。中でも三菱重工はパイロットプラントの取りまとめと運転、ロータの高圧タービン翼の開発、高温高速タービン試験（HTDU）本体の製作と運転、高圧燃焼試験を担当して、中核的な役割を担った。

前述のように、目標を達成する開発対象は二つあった。しかし、研究開発費の大部分は第一開発目標の高効率ガスタービンに費消されている。

なお、持ち帰り型か集中型かという点では、パイロットプラントの設計は、1978年10月に設計室が設置され、タービン6社から技術者36名が派遣され集中して行われた（集中型）。設計後のハードの製作は各社持ち帰りで行った（持ち帰り型）が、その後の試運転はパイロットでもプロトタイプでも集中型であった。それ以外の研究は役割を分担した上での持ち帰り型であった。

本プロジェクトの運営に当たってはそのトラブル処理に注目しなければならない。パイロットプラントの試作運転研究段階で、負荷試験において高圧圧縮機後段翼の損傷等のトラブルが数回発生し、計画の延期を余儀なくされている。その都度担当の三菱重工を中心に関係者がトラブルの発生原因の究明に努力し、その結果を以降の開発に反映させている。言うまでもなく、トラブル発生はないに越したことはない。しかし、先端的な技術の開発おけるこのようなトラブル発生はむしろ当然であり、技術の熟成に貢献するものである。その意味で、主担当の三菱重工が研究開発のために相当の資源を負担したことは国家プロジェクトとして不適切であり、ムーンライト計画全体としてそのような場合の手当てを用意しておく必要があったと考えられる。

研究項目ごとの担当を以下に示す。

- 1) 超高温耐熱部材の研究開発
 - ・ 耐熱合金部品の研究開発：金属材料技術研究所、高効率ガスタービン技術研究組合
 - ・ 耐熱セラミックス部品の研究開発：名古屋工業技術試験所、大阪工業技術試験所、九州工業技術試験所、高効率ガスタービン技術研究組合
- 2) ガスタービン要素技術の研究開発：航空宇宙技術研究所、機械技術研究所、高効率ガスタービン技術研究組合
- 3) 高効率ガスタービンの試作運転研究
 - ・ パイロットプラント：高効率ガスタービン技術研究組合、東京電力
 - ・ プロトタイププラント：高効率ガスタービン技術研究組合
- 4) 環境保全実証調査：東京電力
- 5) 最適トータルエネルギー供給システムの検討：高効率ガスタービン技術研究組合

(5) リーダーシップ

1977年12月にプロジェクトの立ち上げを行った岩田誠二氏が初代研究開発官となり、本プロジェクトを担当した。当時岩田氏は大型プロジェクトの航空機用ジェットエンジンプロジェクトの研究開発官を担当しており、最初は兼任であった。終了時の研究開発官は山岸喜一郎氏であった。技術面では航空宇宙技術研究所の松木正勝氏がリーダーシップを執り、理論面では東京大学の八田桂三氏が中心的な働きをした。本プロジェクトの中核である(c)高効率ガスタービンの試作運転研究は、三菱重工が中心的な役割を担い、同社の竹矢一雄氏(袖ヶ浦試験所所長代理・運営委員会理事)が実質的なプロジェクトリーダーであった。このプロジェクトの根幹は高効率ガスタービンの開発であり、その中核を担ったのは三菱重工業である。レヒートシステムを提案したこと、同社が当時タービン全システムに関して唯一の国産企業であったこと、企業を超えて幅広いヒューマンネットワークを構築していたことなどにより、PI (Principal Investigator) の役割を同社の竹矢一雄氏が果たした。

(6) 成果

本研究は当初大型プロジェクトとして計画されたものの、ムーンライト計画のフラッグシップ的な研究になった。その意味で期待は大きかった。約10年に及ぶ研究開発で、当初目標とした10万kW級での総合熱効率55%を達成できる高効率タービンの基幹要素技術を開発し実証した。その点で期待に応える成果をあげたといえる。この成果を基に、ムーンライト計画の一環でセラミックガスタービンのプロジェクトが立ち上がり、その後のガスタービン研究開発の発展に多大な貢献をした。材料開発面では、本プロジェクトは我が国初の本格的な材料開発プロジェクトという性格(第二開発対象の中核として)を合わせ持つものであり、次世代産業基盤技術研究開発制度を生むきっかけとなった。また、本プロジェクトで中核的な役割を担った三菱重工業は、パイロットプラントでのトラブル処理等にも多大な努力を払い、その結果国際的に1,500 のガスタービン入り口温度をGEと争う唯一のガスタービンメーカに成長した。

主に技術研究組合関係で実施した研究開発成果の主なものを以下に列挙する。

1) 材料技術

金属材料ではNi基合金、コーティング技術を開発した。耐熱セラミック材料では繊維強化セラミックス及びサイアロンを開発し、評価技術を開発した。

2) ガスタービン要素技術

燃焼器では50気圧を超える高圧燃焼器、1,300~1,400 に耐え得る燃焼器、低酸素濃度に対応できる再燃焼器を開発した。熱交換器技術では(パイロットプラント)水噴霧直接冷却法で温度低下を図り、所定の性能を満足する成果を上げた。その他タービン技術に関して、パイロットプラントの設計製作段階で、種々の検討を行い、設計や製作に反映させた。

3) 高効率ガスタービンの試作運転研究

高温高速タービン試験装置（HTDU）では全部で3次の試験を実施した。第1次試験はパイロットプラントを事前検証した。第2次試験では、熱遮蔽コーティング静翼、4種類の材質による動翼、3種類の冷却方式、2種類の燃焼器等を様々に組み合わせ、計測技術を確立した。第3次試験では、入口温度1,400 のプロトタイププラントを検証するための要素試験法を確立した。

パイロットプラントの試作運転研究の工場試運転で、無負荷での起動特性を確認し、起動制御方式を確立した。その後、東京電力袖ヶ浦火力発電所構内で実施した現地試運転・実証運転で、最大出力9.3kW、圧縮機出口圧力41.7kg/cm²、タービン入口温度1,300 で100時間の連続運転を実現した。それにより、複合発電として最大51.7%（LHV）の総合熱効率が達成できることを確認した。なお、総着火回数は131回、発電電力量は累計約1,800万kWh、運転時間は合計約400時間であった。

プロトタイププラントは、本プロジェクトの最終目標として設定されたタービン入口温度1,400 、複合発電としての総合熱効率55%（LHV）を実現するガスタービンの高圧タービン部である。第3次HTDU試験で試作高圧タービン部が所定の機能を果たしたことを実証をした。

4) 最適トータルエネルギー供給システム

複合発電サイクルとして、ガスタービン及び廃熱回収ボイラ各6台、蒸気タービン1台から成る100万kW級のプラントを想定し、このシステムを熱併給発電として利用する場合の平均総合熱利用率を向上させるための諸条件を明らかにし、熱供給発電の効率の考え方を整理した。

28. 汎用スターリングエンジン

(1982-87年度：研究開発費総額 84 億円(当初計画 100 億円))

(北陸先端科学技術大学院大学 亀岡秋男研究室)

(平成 12 年度調査プロジェクト)

(1) 背景

第 2 次大戦後の各国の繁栄を支えてきた豊富・低廉な石油の時代は 1973 年以降の 2 度にわたる石油危機により一変し、世界はエネルギー供給の不安定化・高価格化の時代に向かっていった。その約 10 年の間に、原油価格は 3 ドル/バーレルから 34 ドル/バーレルまでに跳ね上がり、世界的なインフレを招くと共に、各国がインフレ抑制のための引締め政策を採用したことによって、深刻な景気の低迷をもたらした。

このような状況下において、通商産業省では、省エネルギー技術の研究開発を総合的に推進する手段として、1978 年度から省エネルギー技術の研究開発を国家プロジェクトとして取り上げることが目的とする「省エネルギー技術研究開発制度(ムーンライト計画)」を創設した。そして、ムーンライト計画の一環である大型省エネルギー技術開発の 1 テーマとして、「汎用スターリングエンジンの研究開発」が、民生・運輸部門における動力源の省エネルギー化の実現を狙いとして 1982 年から 6 年間の計画で開始された。

我が国におけるスターリングエンジンの開発は本プロジェクト開始以前において、各セクターで活発化してきていた。欧米企業の性能にまで到達するケースが存在しなかった中、運輸省のプロジェクト(1976~1980 年)及びアイシン精機(株)によるスターリングサイクル冷凍機の開発(~1979 年)の 2 件において、欧米の水準に割合近い要素技術が達成されていた⁽¹⁾。一方、通商産行省では、ムーンライト計画の一環である先導的基盤的省エネルギー技術研究開発の 1 テーマとして、通商産業省工業技術院機械技術研究所による調査研究「スターリングエンジンの研究」が 1977 年~1981 年の間実施された。

1982 年に本プロジェクトが開始されるまでのプロセスには、通商産業省とそれまでに開発が先行していたアイシン精機(株)の間で相互に歩み寄る形で大型国家プロジェクト立上げのためのやり取りが行われていたようである。

(2) 目標設定

当時の社会的ニーズとして、民生・運輸部門における動力源の省エネルギー化の要望が高く、熱効率の高い新しい動力変換技術の開発を進めることが急務であるとされた⁽²⁾。そのニーズに適合する技術として、スターリングエンジンが挙げられ、大型省エネルギー技術開発に適したテーマであるとする通商産業省の方針とプロジェクト参

加企業それぞれの方針とが合致し、本プロジェクトが発足するに至った。

省エネルギー化の促進を図るための研究開発テーマとしてスターリングエンジンが選択された理由は、スターリングエンジンの原理から考えて高い熱効率を持つエンジンの製品化を期待できる、という点にあった。また、国家プロジェクトとしての妥当性は、省エネルギーを目的とした技術開発であり民間企業には市場原理に基づく研究開発実施インセンティブが期待し難い、という点にあった。

本プロジェクトは1982年度から87年までの6年間実施された。1982年度からの3年間で当初の開発目標達成の可能性、及び後半の3年間に解決すべき課題の検討を行い、その検討結果に従って、1987年までの残り3年間で実用化に向けた研究開発を行った。

本プロジェクトは並行開発の形で競争を促す体制をとった。3kW級の開発で2社、30kW級で2社、合計4社の提案する設計方式が採用された。その理由について、3kW級と30kW級ではサイズが異なることから、製品化を視野に入れた際の用途が異なるため、3kW級で1方式、30kW級で1方式、合計2方式の実用化の目処をつけることが最終的に必要であるとされた。それぞれのサイズのエンジンについて、各々異なる2通りの方式が選ばれており、どちらが将来的に有望であるのかについて、当初は判断することが不可能であったためとされている。

目標設定については、あまり弾力性はなかったといえる。3kW級と30kW級双方とも、中間段階でそれぞれ将来的に有望な1つの方式に絞り込むことが可能であったと考えられる。実際に、中間評価の段階で4方式を2方式に絞り実用化・製品化に向けた重点投資を図る、とする考えも研究開発官より出されたが、目標数値達成のために4社の競争と協調が行われる雰囲気の中で、それはなされなかった。開発基本計画作成の段階で4つのエンジンの方式それぞれについて、各性能の数値目標が非常に明確に提示されたため、最終的に、参加企業4社が性能の目標数値を達成することを最優先される結果となり、目標の弾力性が損なわれることになったと考えることができる。結果的には、4方式を2方式に絞り、実用化・製品化に向けた重点投資を図る、とする当初の計画に沿った目標の修正は行われなかった。また、2度の石油危機に伴って上昇した原油価格は、プロジェクト開始の年である1982年に最高額を記録した後は、本プロジェクトの期間中一貫して下がり続けたため、石油代替及び省エネルギー化の促進を行う緊急的な必要性が低下していった。民生・運輸部門等における動力源の在来技術である電動機・ディーゼルエンジン・ガソリンエンジンなどを利用するコストが下がっていく中で、スターリングエンジンを用いた製品に期待できる市場競争力が低下していったと判断することもできる。しかし、実用化・製品化を急ぐための対処等、それに伴う目標の修正も特に行われていない。

(3) 開発対象の設定

本プロジェクトでは、「スターリングエンジンの要素技術の開発」と「冷暖房用ヒートポンプ用エンジン及び小型動力源の利用システム実用化を目的とした開発」という2つの技術目標が設定された。

スターリングエンジンの用途設定について、冷暖房機器及び発電機（小型動力源の主な用途）に見出しており、また、要素技術の確立によって以下のものへの適用が考えられていた。例えば、大気利用の融雪システム、冷凍冷蔵倉庫用システム、グリーンハウスなどである。

研究開発を行ったエンジンの設計方式と利用システム、及び担当企業は下記の表のとおりである⁽³⁾。

エンジンの設計方式と利用システム	担当企業
3 kW 級単筒ディスプレイサ式エンジン（NS03M） 及び冷暖房給湯システム	三菱電機（株）
3 kW 級 2 ピストン式エンジン（NS03T）及び冷暖房 給湯システム	（株）東芝
30kW 級ダブルアクティング回転斜板式エンジン （NS30A）及び業務用冷暖房給湯システム	アイシン精機（株）
30kW 級ダブルアクティングクランク式エンジン （NS30S）及び小型動力システム	三洋電機（株）

(4) 開発の組織と運営及び達成手段の設定

本プロジェクトの運営に当たっては、参加企業4社の間に競合と協力が共にあったといえる。開発するエンジンの設計方式は少しずつ異なっていたが、4社はスターリングエンジンの開発で基本的には競争していた。4社中、アイシン精機（株）が技術面で先行していたので、開発の初期においては他の3社を技術的にサポートしていく形がとられ、初期は協調路線であったといえる。そして、3社がアイシン精機（株）の技術レベルに追いつくに従って、4社の競争路線に移行していき、中間評価に向けては目標数値の達成度に関して競争が行われた。しかし、定期的に行われる情報連絡会や実験室の相互訪問が行われる中で、ある程度の情報の共有は最終審査時まで行われ続けた。

開発方式は「持ち帰り型」の体制が採用された。4社の並行開発、持ち帰り型の体制がとられ、4社が集まる機会として、通常の情報連絡会が月1回、年度の中間評価と最終評価における集まりが半年に1回、予算期の集まりが1、2週間に1回、そして全体の中間評価・最終評価が1回ずつ、という頻度で行われた。

各社の競争促進が行われたことについて、次に2点が挙げられる。1点目について、本プロジェクトは、要素技術開発と実用化開発に分けて考えることができ、4社とも

共通する要素技術の開発を行っている。そこで、4社の並行開発の形で競争を促す体制がとられた。2点目について、機械技術研究所により行われた中間評価の際、筑波の試験所に、各社が試作したエンジンを持ちこむ形がとられた。調査員が各社に派遣される場合には、ある程度の馴れ合い状態に陥り、評価の公正さ・厳正さが損なわれることが危惧される。本プロジェクトでは国立研究所の試験所に各社が持ち込む形がとられたことで、いわば「第三者評価」が実現され、評価の公正さと厳正さが確保され、各社の研究開発努力と競争を促進したといえる。

プロジェクトの外部関係者に関しては、リーディングカンパニであるアイシン精機（株）の内部では、本プロジェクトとは別途社内プロジェクトが並行して行われ、スターリングエンジン・スターリングサイクル冷凍機の研究開発に関して、オーナー経営者が、市場投入 NO.1 を目指すべく、一番の推進役であったことを注記しておきたい。

(5) リーダーシップ

立上げ期に担当した研究開発官（西田希敏氏、岡部武尚氏）が、テーマアップ、研究開発計画、予算要求、本プロジェクト発足までの間、推進役を務めている。そして、開発が開始した後のリーダーは、企業サイドでは、リーディングカンパニであるアイシン精機（株）の現場の中心人物であった近藤正氏が特に他社への技術的協力においてリードしていた。国立研究所では、機械技術研究所の山下巖氏が、技術の向上に大きく貢献することになった中間評価・最終評価に関係して、リード役を務めた。

(6) 成果

公開特許数について、国立研究所（21件特許、4件実用新案）、民間受託先（126件特許、41件実用新案）⁽⁴⁾。（1988年8月25日時点。）

そして、スターリングエンジンの要素技術のレベルでは世界最高水準に達し、この技術分野への多大な貢献がなされるに至った。同時に、このエンジンを用いた空調機・発電機の実用化に至った。

しかし、市場投入に向けては、「高信頼性の確立」及び「低コスト化」が大きな課題として残された。

得られたノウハウに関して、次のような技術蓄積がなされている。

- 1) 要素技術を共有するスターリングサイクル冷凍機（アイシン精機（株）1985年発売開始）の製品開発に、本プロジェクトで蓄積されたノウハウが生かされていること。
- 2) スターリングエンジンを構成する要素技術（熱交換器技術、シール技術、燃焼技術、など）を身に付けた技術者が、その後、全く別の研究開発において個々の要素技術のノウハウをもって活躍していること（アイシン精機（株））。

また、人的ネットワークが構築され、以下の効果を生み出すきっかけとなった。

- 1) 技術情報のやり取りが行われる場として、本プロジェクトの参加者が中心となって、日本機械学会内にスターリングサイクル機器研究会が創設されたこと。
- 2) 本プロジェクトに評価の立場で参加したガス会社2社（東京ガス（株）、大阪ガス（株））とアイシン精機（株）は共同プロジェクトを発足させ、ガスエンジンヒートポンプ空調機の製品開発が行われ、現在3社において、ビジネスとして成立していること。
- 3) 日本機械学会内におけるスターリングサイクル機器研究会の人的なつながりをきっかけとして、企業から大学への人的流動・移動が実現していること。例えば、本プロジェクトに参加した（株）東芝の2人の研究者、坂本守善氏と香川澄氏はそれぞれ東京都立大学及び防衛大学に転職している。

参考文献

- [1] 通商産業省工業技術院ムーンライト計画推進室ムーンライト計画 10周年記念事業推進委員会監修、ムーンライト計画 10年の歩み、財団法人日本産業技術振興協会発行、pp.247-253、1989
- [2] 通商産業省工業技術院ムーンライト計画推進室ムーンライト計画 10周年記念事業推進委員会監修、ムーンライト計画 10年の歩み、財団法人日本産業技術振興協会発行、pp.205-206、1989
- [3] 通商産業省工業技術院ムーンライト計画推進室ムーンライト計画 10周年記念事業推進委員会監修、ムーンライト計画 10年の歩み、財団法人日本産業技術振興協会発行、p.208、1989
- [4] 通商産業省工業技術院ムーンライト計画推進室ムーンライト計画 10周年記念事業推進委員会監修、ムーンライト計画 10年の歩み、財団法人日本産業技術振興協会発行、pp.593-604、1989