

研究開発プロジェクトの技術・産業・社会へのインパクトに関する調査（追跡調査）における個別研究開発プロジェクトの追跡調査結果の概要

1．調査概要

工業技術院の産業科学技術研究開発制度、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）等の下で実施された研究開発プロジェクトを対象に、その研究開発活動や研究開発成果が産業・社会に及ぼした効果について調査、分析し、当該プロジェクトの経済・社会的意義を国民に分かりやすく説明するための資料とするとともに、今後の追跡調査のための手法を開発することを目的として、以下の調査研究を行った。このような追跡調査は今後開始される追跡評価を実施する際に必要となる。

これらのうち、(1)については、既に本文第6章「3．研究開発プロジェクトのインパクトについての追跡調査」において説明を行っているため説明は省くこととし、ここでは(2)について結果を概説する。

(1)追跡調査手法の調査・検討

海外で行われている追跡調査の手法について調査・検討を行い、それらの手法を参考としつつ、新たな追跡調査手法の枠組みを提示し、今後の追跡調査の手順を示した。

(2)個別の研究開発プロジェクトの追跡調査

5～10年前に終了した以下の3プロジェクトを対象に、上記で検討された調査手法の枠組みに従って各プロジェクトが技術・産業・社会に及ぼした影響について調査、分析を行った。主体的には、インタビュー及び文献による調査とこれに基づいた分析であり、インタビューは3プロジェクト合計で40名に対して実施した。

この結果、各プロジェクトが企業の製品化、研究開発、基盤技術及び基礎研究の各フェーズ並びに学術レベルに与えた波及効果を時系列に明らかにするとともに、各プロジェクトの技術波及効果、経済効果、研究開発力の向上効果及び国民生活・社会レベルの向上効果を整理した。

<調査対象プロジェクト>

プロジェクト名	制度	研 究 期 間	予算総額
細胞大量培養技術	次世代	昭和56～平成元年度	約 34 億円
科学技術用高速計算システム	大プロ	昭和56～平成元年度	約 175 億円
スーパーヒートポンプ エネルギー集積システム	ムーンライト	昭和59～平成4年度	約 100 億円

2. 個別の研究開発プロジェクトの追跡調査結果

5～10年前に終了した個別の3研究開発プロジェクトについて、各プロジェクトが企業の製品化、研究開発、基盤技術及び基礎研究の各フェーズ並びに学術レベルに与えた波及効果を時系列に明らかにするとともに（図2、4、6）、新たに提示した追跡調査の枠組みに沿って、各プロジェクトの技術波及効果を確定した上で、経済波及効果、研究開発力の向上効果及び国民生活・社会レベルの向上効果を整理した（図3、5、7）。

3プロジェクトの追跡調査から導き出せる結論は、以下のとおりである。

プロジェクトの実施により直接的に開発された製品の経済効果は、プロジェクト開始後の技術を巡る外部環境の変化等により、必ずしも大きなものとはなっていない。

しかし、いずれのプロジェクトも、間接的に多くの技術・経済波及効果を有し、基礎研究の促進等により産業全体の技術基盤の拡大に大きく寄与した。

また、産官交流による人材の育成、学会を通じた情報交換等により国全体としての研究開発力を向上させた。

さらに、新製品の普及等により国民生活の質の向上に寄与するとともに、省エネルギー等の新技術の開発によりエネルギー・環境問題の解決に貢献した。

細胞大量培養技術研究開発プロジェクト

< プロジェクトの概要 >

細胞大量培養技術研究開発プロジェクトは、昭和56年（1981年）から9年間、動物細胞大量培養による有用物質の効率的な生産を目的とし、具体的には「無血清順化細胞株育種」、「無血清培地開発」、「安定した培養方法・装置の開発」、「分離・精製技術開発」を研究開発項目として、民間企業5社からなる研究組合と微生物工業技術研究所により実施された。

< プロジェクトの成果及び波及効果 >

プロジェクトの成果

プロジェクトの直接の成果技術を活用して製品化されたものは、無血清培地（ASF培地）、子牛血清代替物使用培地（GIT培地）及び研究用細胞培養装置（コーン型灌流培養装置）があるが、その市場規模は現状では小さい。これは、プロジェクト開始後のDNA組換え技術の予想を超える進歩により、バイオ医薬品の製造技術としては一般的に微生物（大腸菌）利用が主体となり、動物細胞大量培養の利用は一部に限定されることになったこと、及び微生物培養と異なり、動物細胞培養は細胞の種類ごとに最適な培地や装置、条件を選定する必要があり、汎用的に製造プラントとして使える技術がプロジェクト成果として無かったことによると考えられる。

技術波及効果

プロジェクトの直接の成果技術である「無血清培地」が体内投与用抗体医薬品の開発

等に用いられ、患部のみに作用し副作用が少ないモノクローナル抗体医薬品の実用化に寄与した。また、「安定した培養方法や装置」に関する技術情報を参考にし、プロジェクト不参加企業がインターフェロン-、エリスロポエチン等の新薬の製造技術を動物細胞培養によって実用化した。さらに、プロジェクトを通じて蓄積された基盤技術としてのノウハウ・センスが有用物質探査技術（医薬検定技術）として用いられ、ハイ・スループット・スクリーニング装置の実用化へ至った。将来的には、動物細胞培養の環境制御や機能発現に関する技術の発展によりヒト細胞の培養等が可能になれば、それを医薬品として利用する細胞医療への展開も予想される。

研究開発力の向上効果

プロジェクト成果報告会や同プロジェクトをきっかけの1つとして設立された日本動物細胞工学会等を通じて、基盤技術としてのノウハウ・センスがプロジェクト不参加企業や学術レベルへ広がった。これにより、特殊技術として一部の研究機関のみで扱われていた動物細胞培養技術が一般化し、研究を行う企業や大学が増加した。また、この技術がハイスループット・スクリーニング装置の開発につながり、新薬探査の効率が大幅に向上した。さらに、プロジェクト参加企業では博士号を取得したり、大学の教授として転出したりする研究者もあり、産学の交流や研究者の質的向上がなされた。研究者数については、プロジェクト参加企業において細胞大量培養そのものの研究者はプロジェクト終了後に減少したものの、バイオ医薬分野での研究者や技術者は増加している。これに伴い、バイオ医薬品開発の研究予算は増加している。

結果的に、日本全体の動物細胞培養に関する研究レベルが向上し、この分野の研究開発が1980年代半ばには工業化のレベルに入った。また、プロジェクト終了時の1990年当時には、バイオ産業のこの分野における研究開発力が米国と同等のレベルに到達したと業界関係者は認識している。

経済効果

プロジェクトの実施により、動物細胞培養の重要性や将来性が認識され、動物細胞培養技術の研究に多くの企業が参入し、日本におけるバイオ研究のすそ野が広がった（動物細胞培養に関連する企業はプロジェクト開始当時3社程度であったが、現在では19社が動物細胞培養技術応用医薬品を生産するに至っている）。また、医薬品産業のみではなく、化学、食品等の異業種企業が動物細胞培養による医薬品製造を事業化した。

プロジェクトの成果として製品化された「無血清培地」、「研究用細胞培養装置」等に加え、動物細胞培養を用いて生産される医薬品、細胞培養装置、ハイ・スループット・スクリーニング装置等の日本における市場規模は、プロジェクト終了後10年間の累積で約80億円、生産誘発効果は約150億円と推計され、雇用創出は10年間累計で約1,000人と推計された。

国民生活・社会レベルの向上効果

細胞培養を用いて生産された医薬品により、癌、肝炎、急性心筋梗塞、腎性貧血等の病気の治療が可能となり、当該疾患を持つ患者の入院日数の短縮、治療費用の削減等の

効果が生まれた。また、将来的には、患者自身の細胞を培養し DNA を組み換えて体内に戻す等の遺伝子治療の実用化により、不治の病の治療法が確立される可能性もある。また、培養された臓器が移植に用いられる可能性もある。

図 - 参 - 2 細胞大量培養技術研究開発プロジェクトのバイオ産業への波及効果

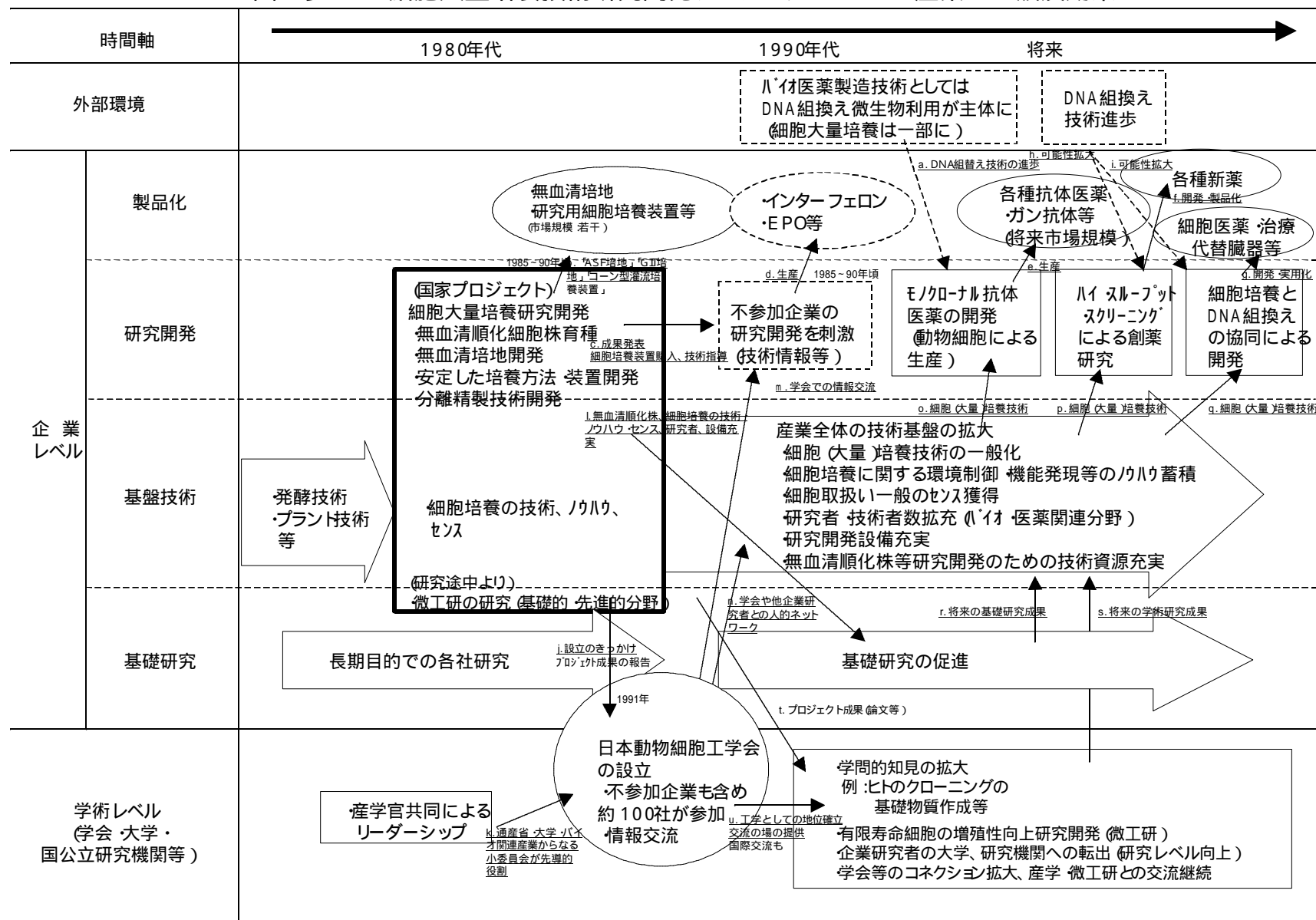
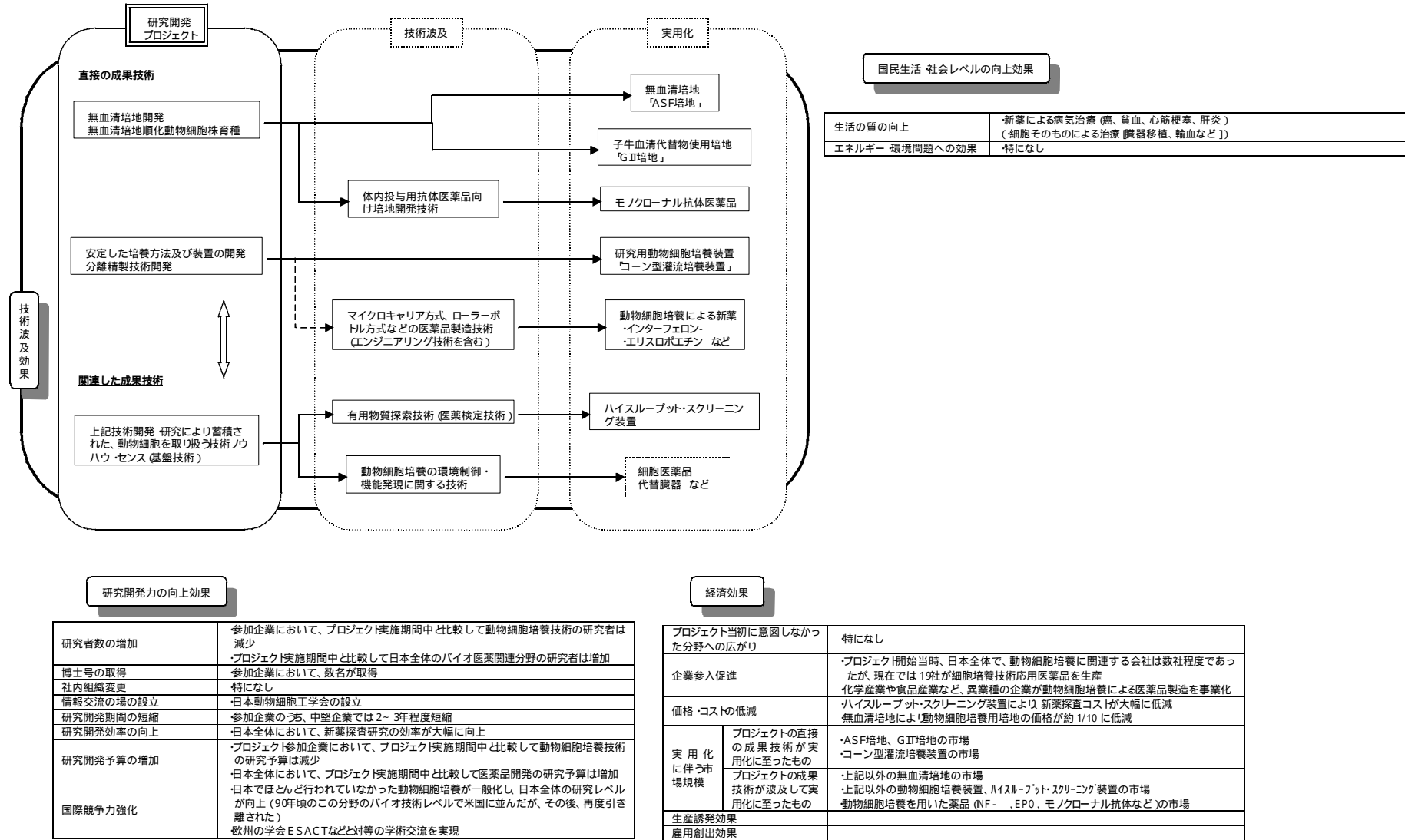


図 - 参 - 3 細胞大量培養技術研究開発プロジェクトの成果及び波及効果



科学技術用高速計算システム研究開発プロジェクト

< プロジェクトの概要 >

スーパーコンピュータ研究開発プロジェクトは、昭和 56 年（1981 年）から 9 年間、大規模な科学技術計算を高速に処理する高速計算システムの実用化に必要な技術を確認することを目指して行われた。具体的な構成要素として「高速素子の研究開発（ジョセフソン接合素子、化合物系素子：GaAs/HEMT）」、「並列処理方式の研究開発」、「総合システムの研究開発」からなる研究開発を、民間企業 6 社からなる研究組合及び電子技術総合研究所により実施した。

< プロジェクトの成果及び波及効果 >

プロジェクトの成果

プロジェクトの直接の成果技術を活用して製品化されたものは、電力や宇宙用等に専用に用いられるスーパーコンピュータがある。一方、シリコン系素子の技術進歩がプロジェクト当初の予想を超えて著しく、シリコン系 CMOS-IC の高速化・低価格化が進み、これを用いた並列処理タイプのスーパーコンピュータが実用化されることになり、プロジェクトで当初目的とされていた化合物系等の高速素子を用いたスーパーコンピュータの実用化はなされなかった。

技術波及効果

プロジェクトの直接の成果技術である「化合物系高速素子の開発」により、素子の製造技術が確立し、携帯電話用などの化合物系 IC の実用化へ寄与した。また、「ジョセフソン接合素子の開発」により、冷却技術や極低温からの信号取り出し技術が進歩し、オゾン層測定装置の実用化へつながった。さらに、「並列・分散処理アーキテクチャー開発」により、異種 IC 接合技術、並列処理に適したアルゴリズム構築技術及び素子の高密度実装技術が進歩した。これらがそれぞれ、携帯電話や計測器、サーバー用ミドルウェア及びネットワークシステムの実用化に寄与した。

なお、プロジェクトを通じて蓄積された並列処理に関するノウハウは、今日実用化されている超並列スーパーコンピュータにも活かされている。また、マイクロプロセッサ、ネットワークシステム等において並列処理は不可欠の技術となり、プロジェクトを通じて蓄積されたノウハウ及びセンスは広く活用されている。

研究開発力の向上効果

参加企業において、プロジェクトをきっかけの 1 つとして実用化された化合物系デバイス及び並列処理関連の研究者は増加している。また、化合物系デバイスの実用化に伴い、新たに事業部が設立された企業もあった。また、博士号を取得したり、大学の教授として転出するなど、産学の交流や研究者の質的向上がなされた。

参加企業において、プロジェクトを通じて得られた化合物系デバイスの研究用ラインが研究開発の効率を向上させた。また、参加企業のうち中堅企業においては、化合物系デバイスの製造技術で3～5年程度、並列処理技術で3年程度研究開発期間が短縮された。

これらにより、素子設計・製造及び並列処理に関わる基盤技術が獲得・蓄積され、ネットワークアーキテクチャーの分野で日米の技術格差が縮まるとともに、化合物系デバイスの分野で米国の技術進歩についていくことができた参加企業は認識している。

経済効果

プロジェクトにより、化合物系デバイスの製造技術等の基盤が確立されたが、このデバイスが携帯電話、光通信、衛星通信等の新たな市場のニーズに合致し、本プロジェクトが当初予期しなかった分野にまで技術や成果が広がった。また、このような市場変化を先取りする形でプロジェクトが実施されたため、参加企業以外にも化合物系デバイスの研究に本格参入し、それを事業化する企業が現れた。これらの成果として、化合物系ICの価格は1980年当時の1個1万円程度から100円程度まで100分の1程度に下がった。

プロジェクトの成果として製品化された「専用スーパーコンピューター」に加え、プロジェクトの成果技術が波及して実用化した化合物系デバイス、オゾン層測定装置、携帯電話、サーバー用ミドルウェア、超並列スーパーコンピューターなどの日本における市場規模は、プロジェクト終了後10年間の累積で約1,300億円、生産誘発効果は約2,900億円と推計され、雇用創出は10年間累計で約19,000人と推計された。

国民生活・社会レベルの向上効果

衛星からの画像を高速に処理することが可能となり、精度の高い天気予報を得られるようになる。また、化合物系デバイスが携帯電話に利用されることで、小型・軽量の端末を使うことが可能になり、電池が長持ちすることにより充電の手間を軽減した。また、専門技術であったネットワーク分散、並列処理等が一般のレベルにまで浸透し、インターネットが普及した。

一方、携帯電話の省電力化は、無駄なエネルギー需要を抑制した。また、オゾン層観測装置が実用化され、環境問題へも貢献した。

図 - 参 - 4 科学技術用高速計算システム研究開発プロジェクトの電子産業への波及効果

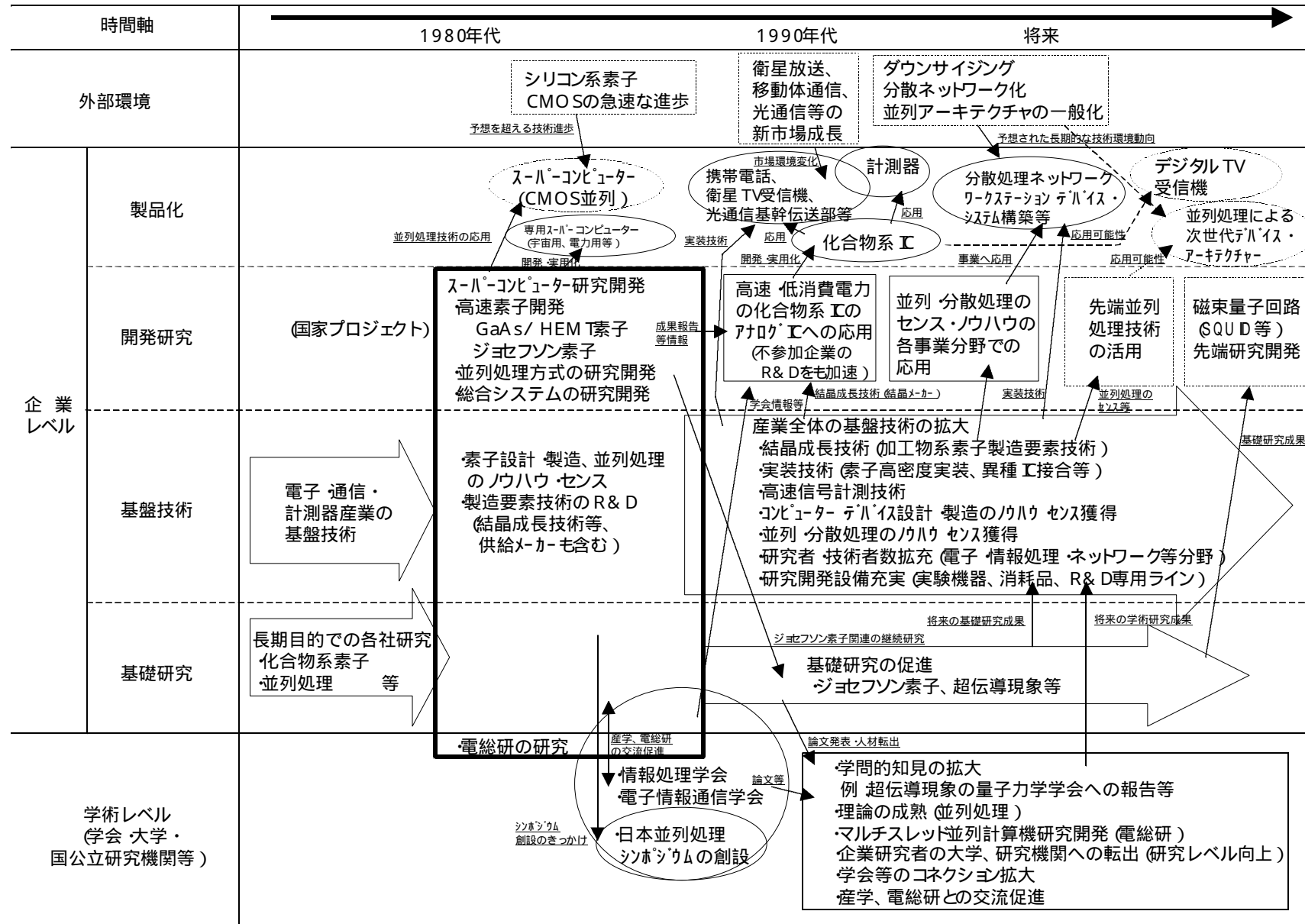
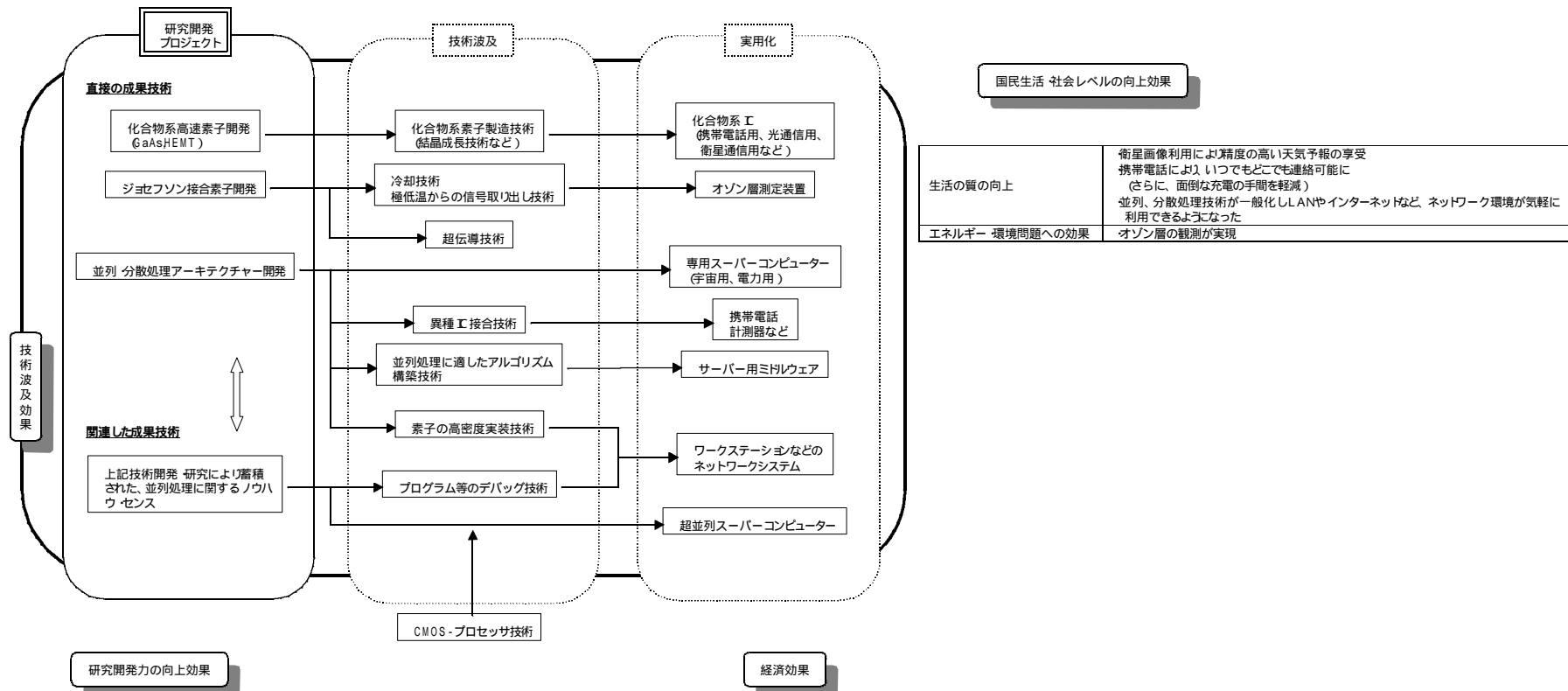


図 - 参 - 5 科学技術用高速計算システム研究開発プロジェクトの成果及び波及効果



研究者数の増加	参加企業において、プロジェクト実施期間中と比較して化合物系デバイスの研究者は増加 参加企業において、プロジェクト実施期間中と比較してジョセフソン接合素子の研究者は減少 参加企業において、プロジェクト実施期間中と比較して並列処理技術の研究者は増加
博士号の取得	参加企業において数名の取得
社内組織変更	参加企業において、化合物系デバイス事業部設立
情報交流の場の設立	プロジェクト成果の報告会
研究開発期間の短縮	参加企業のうち、中堅企業では並列処理技術で3年程度、化合物系デバイス製造技術で3～5年程度それぞれ短縮した
研究開発効率の向上	参加企業において、化合物系デバイス研究の専用ラインが特化したことで効率が向上
研究開発予算の増加	特になし
国際競争力強化	ネットワークアーキテクチャーの分野で、日米格差を縮めた 化合物系デバイスの分野で、米国に着いていった

プロジェクト当初に意図しなかった分野への広がり	化合物系デバイスが、携帯電話・光通信・衛星通信などの分野へ広がった
企業参入促進	化合物系デバイスの研究に本格参入し、事業化した企業あり
価格・コストの低減	化合物系ICの価格：1980年当時1個1万円程度から現在では100円程度
実用化に伴う市場規模	プロジェクトの直接の成果技術が実用化に至ったもの 専用スーパーコンピュータの市場
	プロジェクトの成果技術が波及して実用化に至ったもの 化合物系デバイスの市場 サーバー用ミドルウェア、ワークステーションなどのネットワークシステムの市場 オゾン層測定装置、高速信号計測器の市場 携帯電話の市場 超並列スーパーコンピュータの市場
生産誘発効果	
雇用創出効果	

スーパーヒートポンプエネルギー集積システム研究開発プロジェクト

< プロジェクトの概要 >

本研究開発プロジェクトは、昭和 59 年（1984 年）から 9 年間、夜間余剰電力を用い、エネルギーを高効率・高密度に増倍貯蔵して、昼間のエネルギー必要時に温熱あるいは冷熱として取り出すことにより、大型ビルの空調、大規模地域冷暖房、各種産業プロセス加熱等の大規模熱源として利用し、電力の負荷平準化に資することの出来るスーパーヒートポンプ・エネルギー集積システムを開発することを目標として行われたものである。具体的な構成要素として「超高性能圧縮式ヒートポンプ研究開発」「要素技術の研究開発（媒体・熱交換器・蒸発器）」「ケミカル蓄熱技術研究開発」「結合システムの研究開発」等の研究開発を、民間企業 17 社からなる研究組合と国立研究所（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、北海道工業技術研究所）により実施した。

なお、プロジェクトの途中より、地球環境問題対応の観点から、フロン（CFC）規制への対応も研究開発課題となった。

< プロジェクトの成果及び波及効果 >

プロジェクトの成果

プロジェクトの直接の成果技術を活用して製品化・実用化されたものとしては、東京都臨海部副都心、大阪南港、及び福岡ももちに導入されたスーパーヒートポンプ・エネルギー集積システム実用機がある。これは、プロジェクト当時予想されなかった原油価格の低下に伴うエネルギー価格の低迷やバブルの崩壊による不況の影響による地域熱供給プロジェクトの計画ペースダウンにより、当初の需要の見込みを大幅に下回るものとなっている（ビルオーナーが建物等のランニングコストよりイニシャルコストを重視する傾向が増大したことにもよる）。

また、ケミカル蓄熱技術による溶媒和蓄熱装置（2 台程度）やクラスレート蓄熱装置（10 台程度）が実用化・販売された。

技術波及効果

プロジェクトの実施により、ヒートポンプシステムや蓄熱装置に関わる幅広い基盤技術が獲得・蓄積された。具体的には、圧縮式冷凍機の多段圧縮技術、圧縮羽根形状等最適化技術、混合媒体技術等のヒートポンプに関わる技術、高温真空ろう付け技術等の汎用技術、クラスレート蓄熱や溶媒和反応に関する技術、基礎的なデータ蓄積等のケミカル蓄熱に関わる技術である。また、代替フロンガスの評価・提案に関わる冷媒特性評価技術、熱供給システム全体の設計・評価技術がある。

これらの技術をもとにして、以下の製品・サービス等が実用化した。まず、ヒートポンプに関わる技術が高効率ヒートポンプ熱源装置の実用化に寄与した。また、高温真空ろう付け技術を基礎として、燃料電池用のステンレス熱交換器が実用化された。さらに、

これを応用した化学プラント用のものも実用化されている。ケミカル蓄熱に関わる技術については、蓄積されたデータの利用等により現在では主流の蓄熱装置である氷蓄熱や吸収式冷凍機に応用されている。また、プロジェクト参加冷媒メーカーの代替フロンガスの評価・提案力（冷媒特性評価技術）が向上し、エアコンなどの混合冷媒の実用化に大いに寄与した。

研究開発力の向上効果

プロジェクトを通してゼネコンとプラントメーカー等の異業種交流が行われ、ゼネコン等の設備機器ユーザーに代替フロン対策の重要性を認識させ、代替フロン冷媒の利用を促進した。プロジェクトで混合媒体の実用化がなされたことに基づき、報告会や学会でも混合媒体の議論が活発化し理論が成熟し、上記のように実用化へ至った。

プロジェクト参加企業において、ステンレス熱交換器の実用化に伴い、その生産部門が創設された。また、プロジェクト参加のゼネコンにおいて、これまでハードとしての建築物の建設が中心であったが、プロジェクトで得られた技術・ノウハウを基礎としたエンジニアリング本部が組織として創設され、設備機器導入のコンサルティングサービスが事業化された。

プロジェクト実施により、参加企業においては高効率の熱源器の開発や代替フロンへの対応は2～3年程度短縮したと考えられる。また、熱源器の性能では世界一となった。

経済効果

プロジェクトの実施により、高効率エネルギー利用機器としてのスーパーヒートポンプやケミカル蓄熱装置の重要性は認識され、実用機が3プラント導入された。また、プロジェクトで開発されたステンレス熱交換器が燃料電池や化学プラント用に用いられた。また、その他、プロジェクトの成果として製品化された「溶媒和蓄熱装置」や「クラスレート蓄熱装置」などに加え、プロジェクトの成果技術が波及して製品化された「氷蓄熱装置」や「吸収式冷凍機」などの日本における市場規模は、プロジェクト終了後10年間の累積で約150億円、生産誘発効果は約310億円と推計され、雇用創出は10年間累計で約2,000人と推計された。

国民生活・社会レベルの向上効果

スーパーヒートポンププラントの導入は3カ所のみであったが、その他の蓄熱システムの普及などにより電力負荷平準化が実現した結果、発電設備等の効率利用が図られて電力料金値上げが抑制されることになる。また、業務用や産業用に高効率の熱源器が導入されることにより、省エネルギーが実現する。家庭においても、高効率の混合冷媒利用エアコンが普及することにより、冷暖房の省エネルギーが実現し、そのコスト削減も可能となる。

さらに、プロジェクトでフロン問題への取組がなされたことで、代替物への転換が早期に実現し、オゾン層破壊の抑制につながっている。

図 - 参 - 6 スーパーヒートポンプ・エネルギー集積システム研究開発プロジェクトの空調 熱供給等への波及効果

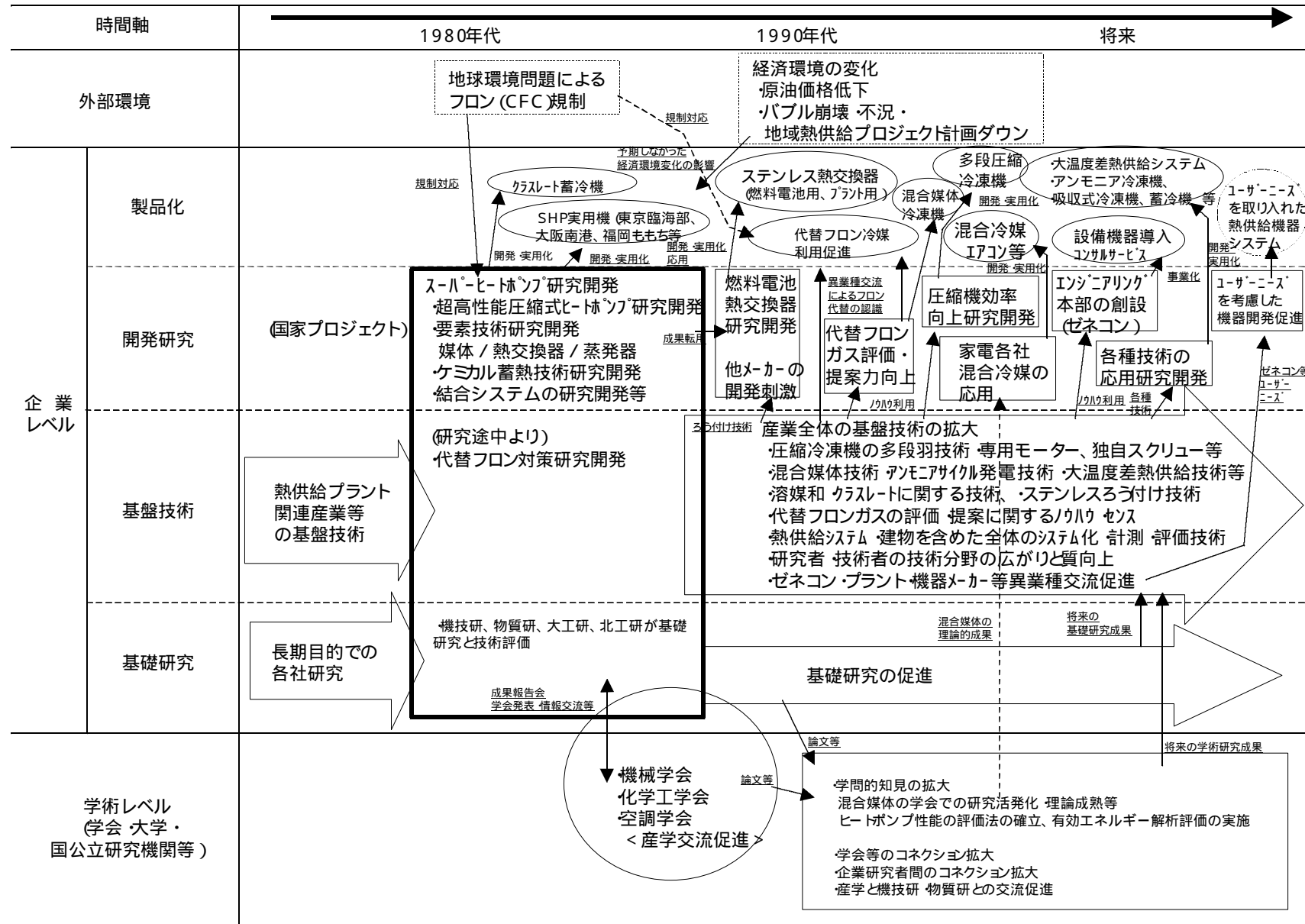


図 - 参 - 7 スーパーヒートポンプ・エネルギー集積システム研究開発プロジェクトの成果及び波及効果

