

Title	地球温暖化防止に向けた公的研究開発投資の役割についての検討 : NEDO省エネ技術開発プログラムの事例分析からの示唆
Author(s)	木村, 宰
Citation	年次学術大会講演要旨集, 23: 495-498
Issue Date	2008-10-12
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/7609
Rights	本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management.
Description	一般講演要旨

2 A 1 3

地球温暖化防止に向けた公的研究開発投資の役割についての検討 ～NEDO 省エネ技術開発プログラムの事例分析からの示唆

○木村 宰（電力中央研究所）

1. はじめに

温暖化防止に向けて、省エネルギー技術開発を加速させる必要が高まっている。このための政策措置として公的研究開発投資が期待されているが、実際には公的研究開発投資はどのような役割を果たし得るのだろうか。さまざまな議論はあるものの、実証的な分析は限られている¹⁾。低炭素社会に向けた政府施策が強化される中で、その施策の一つとしての公的研究開発投資にはどのような効果が期待できるのか、実証的に再検討しておくことが重要と思われる。

そこで本稿では、NEDO 技術開発プログラムを事例として「実用化」に注目し、1) 実施された研究開発テーマに対する追跡調査を行い、どの程度が実用化に成功したかを明らかにするとともに、2) 実用化事例に対する実用化プロセスの分析を行い、実用化における成功要因を明らかにする。これらの分析を通じて、公的研究開発投資が省エネ技術開発の加速化に対して果たしうる役割について検討する。

2. 対象プロジェクトの概要

本稿では、以下に示す2プロジェクトを事例とする。これらは、1980～90年代に実施された代表的な熱エネルギー分野の省エネ技術開発プロジェクトである。具体的な開発テーマを表1、表2に示す。

2.1 スーパーヒートポンププロジェクト

正式な事業名は「スーパーヒートポンプ・エネルギー蓄積システム技術開発プロジェクト」であり、1985年度から1992年度まで、予算総額109億円にて実施された。空調エネルギー需要の増大と電力ピークの先鋭化を背景として、超高性能なヒートポンプ技術を開発するとともに高効率・高密度な蓄熱システムを開発することで、省エネルギーと電力負荷平準化に資することを目的としたものである^{2, 3)}。

表1 スーパーヒートポンププロジェクトの開発テーマ

① 超高性能圧縮式ヒートポンプ
(S-1) 高効率型温熱専用
(S-2) 高効率型冷温兼用
(S-3) 高温出力型低温熱源用
(S-4) 高温出力型高温熱源用
② 媒体
(S-5) 新作動媒体用基礎特性および高温出力用熱媒体（非アルコール系）
(S-6) 新作動媒体用基礎特性および高温出力用熱媒体（アルコール系）
③ 要素機器
(S-7) ステンレス製プレートフィン型熱交換器
(S-8) EHD 熱交換器
(S-9) 混合媒体用蒸発器
④ ケミカル蓄熱技術
(S-10) クラスレート反応利用技術（低温蓄熱）
(S-11) 溶質混合水和反応利用技術（低温蓄熱）
(S-12) 水和反応利用技術（高温蓄熱）
(S-13) アンモニア錯体利用技術（高温蓄熱）
(S-14) 溶媒和反応利用技術（高温蓄熱）
(S-15) メタセシス反応技術
⑤ 結合システム
(S-16) SHP 民生用結合システム
(S-17) SHP 産業用結合システム

注) S-1, S-2, ... は通し番号として筆者が付与。

表2 エコ・エネ都市プロジェクトの開発テーマ

① 未利用エネルギーの回収・変換技術
(E-1) 製鉄所水砕スラグ製造設備からの熱回収利用技術
(E-2) 化学プラントでの排熱改質・回収システム
(E-3) 水素吸蔵合金を用いた LNG 冷熱利用技術
(E-4) 低カロリー排ガスをを用いた熱発電システム
(E-5) 低温排熱利用熱発電システム
(E-6) 排ガス等からの排熱回収システム
② エネルギーの輸送・貯蔵技術
(E-7) メタノール反応を用いた長距離熱輸送システム
(E-8) 水素吸蔵合金を用いた長距離熱輸送システム
(E-9) 水素吸蔵合金を用いた高効率ヒートポンプ技術
(E-10) 真空断熱熱輸送配管システム
(E-11) 高密度熱輸送に利用する界面活性剤
(E-12) 高密度潜熱輸送技術
③ エネルギーの供給・利用技術
(E-13) 多種燃料対応ヒートポンプによる熱供給システム
(E-14) 圧縮・吸収式ハイブリッド型熱利用システム
(E-15) 氷温発生・排熱利用吸収式冷房システム
(E-16) 双方向熱サイフォンヒートパイプ
④ 環境負荷低減技術
(E-17) 省電力自然冷媒利用ヒートポンプシステム
⑤ 周辺要素技術
(E-18) 汚濁流体の流量計測技術
(E-19) マイクロスフェアを用いた冷熱供給システム

注) E-1, E-2, ... は通し番号として筆者が付与。

2.2 エコ・エネ都市プロジェクト

正式な事業名は「広域エネルギーネットワークシステム技術開発プロジェクト」であり、1993～2000年度、予算総額 91 億円にて実施された。都市と周辺産業施設におけるエネルギー回収・変換・輸送・貯蔵・利用等の各分野における技術的なブレークスルーを図り、エネルギー利用効率と環境適合性を大幅に高めた都市社会の構築を推進することを目的としたものである⁴⁾。

3. 実用化動向の追跡調査

3.1 調査方法

公的研究開発プロジェクトからの直接的な実用化の有無を調査した。まず当該プロジェクトに中心的に関与した研究者および技術者への聞き取り調査および文献調査を通じて、実用化の見込みがある開発項目をスクリーニングした上で、電話調査または訪問調査を実施した。

なお、国プロの目的は直接的な実用化・商業化だけでなく、基礎研究の推進や人材育成、技術基盤形成、民間の技術開発の加速化なども含まれているため、実用化のみを国プロの成果として捉えることは適切でないが、新たな省エネ技術として実用化されたものに限定して調査する。なお、「実用化」とは「他組織への製品の納入」まで事業化された段階を指し、実証機や自社導入は実用化と考えない。

3.2 調査結果

結果を表 3 に示す。2 プロジェクトに含まれる 36 の開発テーマのうち、少なくとも 7 テーマが何らかの実用化を生み出しており、1 テーマが実用化に向けた後継プロジェクトの段階にあった。以下に事例の概要を述べる。これより、実用化が確認されたテーマのほとんどは数件～10 件程度の導入に留まっており、今後の普及拡大の見込みが大きい技術は 3 つ程度（S-2、S-7、E-12）であることがわかる。

この調査結果を、研究開発と製品化・事業化の間にあるとされる「死の谷」、また事業化から成長事業に至るまでにあるとされる「ダーウィンの海」という概念⁵⁾を用いて整理すると、図 1 のようになる。

(S-1) 超高性能圧縮式ヒートポンプ（高効率型温熱専用）： 圧縮機・冷凍機等のメーカーである E 社が担当した。プロジェクトでは 2,400kW のパイロットプラントを開発し、COP8 の開発目標を達成した。この開発成果を用いた高効率ヒートポンプは、地域冷暖房用として東京臨海副都心などに数台が導入された。ただし、高いイニシャルコストと地域冷暖房事業の伸び悩みのため、導入件数は増えていない。また、混合媒体や多段圧縮機などの要素開発の成果は、E 社が開発する他の冷凍機等にも活用された。

(S-2) 超高性能圧縮式ヒートポンプ（高効率型冷温兼用） （※4.2 節にて実用化プロセスを詳述）

(S-7) ステンレス製プレートフィン型熱交換器： 産業用機械メーカーである S 社が担当、ステンレス製の高性能かつコンパクトなプレートフィン型熱交換器を開発した。S 社は従来からアルミニウム製の真空ロウ付け技術によるプレートフィン型熱交換器を自社開発していたが、当プロジェクトにおいてアモルファス Ni ろう材の研究を進め、耐熱性・耐食性に優れたステンレス製熱交換器を実用化した。

表 3 2 つの国プロから実用化に至った事例

開発テーマ	実用化の状況
(S-1) 超高性能圧縮式ヒートポンプ （高効率型温熱専用）	地域冷暖房用の高効率ヒートポンプとして、東京臨海副都心等で数台～10 台程度導入。
(S-2) 超高性能圧縮式ヒートポンプ （高効率型冷温兼用）	電力各社との共同開発を経て、高効率ヒートポンプとして商品化。後継機種も開発し、既に数 100 台を販売（2008 年 3 月現在）。
(S-7) ステンレス製プレートフィン型熱交換器	高温真空ロウ付け技術によるステンレス熱交換器を実用化（燃料電池用等）
(S-11) クラスレート反応利用技術（冷温蓄熱）	クラスレート蓄冷装置実用化（10 台）、その他既存の氷蓄熱等へ技術応用。
(E-8) 水素吸蔵合金による長距離熱輸送システム	マイクロガスタービン用熱回収システムとして実用化、7 台程度を納入。
(E-12) 高密度潜熱輸送技術の研究開発	水と物スラリ蓄熱空調システムとして実用化、2007 年までに 7 件が導入、20 件程度が具体的に導入検討中。
(E-15) 氷温発生・排熱利用吸収式冷房システム	実用化した（ただし 2004 年 11 月の 14 台目の納入で最後）
<参考：実用化プロセスにある事例>	
(E-2) 化学プラントでの排熱改質・回収システム	NEDO の後継プロジェクトにて実証プラント建設、実用化開発が進行中。

（出典：筆者による追跡調査に基づく）

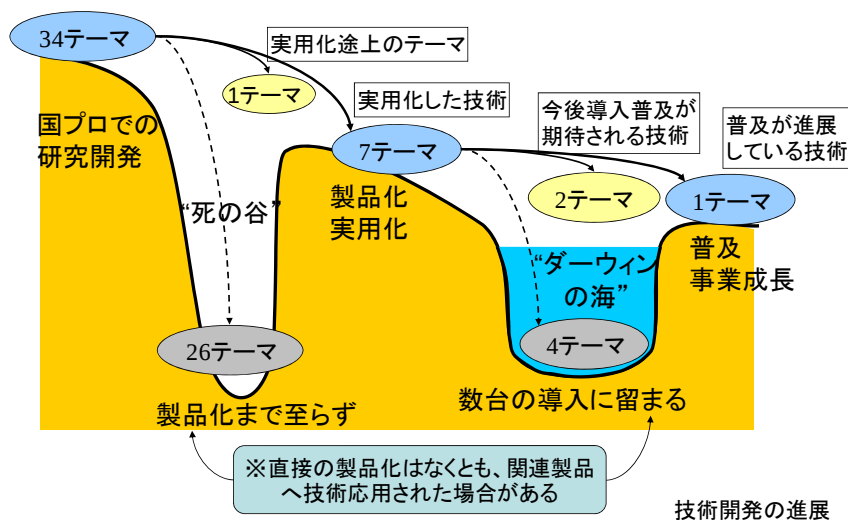


図1 対象とした NEDO プロからの実用化状況の整理

これにより、燃料電池用などプレートフィン型熱交換器の用途を拡大した。

(S-11) クラスレート反応利用技術による冷温蓄熱： 重工業メーカーM社が担当、クラスレートの生成反応を利用した蓄冷技術を開発し、熱回収率90%の開発目標をパイロットプラントにおいて達成した。M社はここで開発した技術を基に、クラスレート蓄冷技術を実用化・販売（10台）した。またM社が開発している氷蓄熱システムへも応用した。

(E-8) 水素吸蔵合金を用いた長距離熱輸送システム： 鉄鋼メーカーN社が参加、水素吸蔵合金の熱反応を利用して排熱を回収・輸送することを目的とし、80～150℃の排熱を回収して高圧水素により輸送する熱輸送効率70%を有するシステムを開発した。この技術は、マイクロガスタービンの排熱回収システムとしてこれまでに7基採用され工場内熱輸送に用いられている。一方、省エネ効果が大きいと考えられた中長距離の熱輸送システムは、水素配管に係る法規制の問題等により実用化されていない。

(E-12) 高密度潜熱輸送技術の研究開発：（※4.2節にて実用化プロセスを詳述）

(E-15) 氷温発生・排熱利用吸収式冷房システム： 総合電機メーカーH社が担当、従来の吸収式冷凍機では困難であった排熱利用での氷温以下の冷熱供給を目的とした吸収式冷凍機を開発した。その後3年の自社開発を経て、2000年に食品プロセス冷却用として1号機を納入した。以降2004年までにESCO等を通じて14台を納入したが、その後は納入実績が伸びていない。

(E-2) 化学プラントでの排熱改質・回収システム： 産業装置メーカーのR社ほか2社が参加した。蒸留塔の排熱の回収・利用を目的として、排熱温度150℃以下で20%以上の省エネルギー性を有する内部熱交換型蒸留塔を開発した。プロジェクト後、後継のNEDOプロジェクトにて100%補助を受けてパイロットプラントを建設し、高い省エネ性を持つことを実証した。さらに2006年からは、NEDOから一部補助を受けた3年間のプロジェクトで実用化研究を実施している。

4. 実用化プロセスの事例分析

今後も市場拡大の見込みが大きい事例として、スーパーヒートポンププロジェクトの(S-2)から実用化された高効率スクリュチャーと、エコ・エネ都市プロジェクトの(E-12)から実用化された水和物スラリー蓄熱空調システムの2事例を選び、それぞれの実用化プロセスを分析した。

4.1 高効率スクリュチャー実用化の事例

金属製品・圧縮機等のメーカーであるK社は、スーパーヒートポンププロジェクトに1985年から参加し、超高性能圧縮式ヒートポンプ（高効率型冷温兼用）の開発を担当した。プロジェクトでは1,200kW級のパイロットプラントを開発し、冷房運転時でCOP7、暖房運転時でCOP6の開発目標を達成した。

プロジェクト終了時、K社ではこの技術が実用化する見込みはほとんどないと考えられていた。しかし終了後の1993年から、フォローアップの実証機開発に電力会社C社が乗り出した。C社は同プロジェクトには参加していなかったが、電力有効利用のための重要技術と捉え、K社と実証機開発に取り組んだ。この実証機開発は1995年に完了したが、この時点では設置スペースの大きさと高いコストから実用化は望めない状況であった。しかしちょうどこの頃、水族館の温度調節システムや新設空港の地域冷暖房システムとしての引き合いがあったことから、それらへの納入に向けた開発を継続した。

この開発は、1990年代に入って普及し始めたプレート型熱交換器の採用などによって、省スペース化と低コスト化を達成し、1999年に高効率ヒートポンプとして販売が開始された。そして大手半導体メーカー工場や大規模ホテルへの採用を皮切りに実績を重ね、2004年までに約50台が販売された。これらの販売実績と開発経験を踏まえ、K社は3社の電力会社との共同開発を開始、さらに低コスト化・小型化・インバータ化した機種を2003年に商品化した。これは中容量の高効率ヒートポンプとして高い評価を得て、これまでに数100台の販売実績をあげている。またK社と電力3社は、これをさらに空冷式のヒートポンプへも展開し、国の高効率空調機器への導入補助金を得て、販売台数を伸ばしている。

4.2 水和物スラリ蓄熱空調システム実用化の事例

鉄鋼系エンジニアリング会社であるJ社は、エコ・エネ都市プロジェクトに参加し、空調システムにおける熱媒体の搬送動力低減を目的とした高い熱密度を有する潜熱媒体の研究開発を1997年から開始した。この時点では実用化の目処はほとんどなく、プロジェクトの100%補助によって開発着手が可能になった。J社は、ここで水和物スラリの開発と基礎的特性把握を実施するとともに、実負荷実験装置により省エネ性・実用性を確認した。

その後、2001年度から2003年度までNEDOの「エネルギー使用合理化技術戦略的開発事業」（補助率50%）にて開発を継続し、設計・制御・実用化技術の開発を実施した。またこの中で、汎用品利用などによって低コスト化を進めた。

J社は実用化研究の推進と平行して営業活動も行い、2004年には大手建設会社の都内新築ビルに採用された。これを皮切りとして同社は本格営業を開始し、自社ビル導入を含めてこれまでに9件の導入実績をあげている（予定のものも含む）。導入においては、経済性向上のためNEDOによる導入補助金（住宅・建築物高効率エネルギーシステム導入促進事業）も重要な役割を果たしている。

4.3 2つの実用化事例に共通する要因

以上2つの実用化事例では、下記のような共通点が見られた。

- (1) 実施企業にとってリスクの高い研究テーマであり、所内リソースだけでは研究開発の実施が困難であったが、公的研究開発プロジェクトによって初期の研究開発の遂行が可能となった。
- (2) 最初のプロジェクト終了後、社外からの研究開発支援（後続のNEDOプロまたは電力会社との共同研究）の存在によって、実用化開発が可能となった。本稿の2事例では、研究開発着手から最初の製品納入までに7年および15年を要しており、継続的な開発支援がなければ実用化は困難であった。
- (3) 当該技術に高い価値を見出すユーザーを見つけ出したことで、初期の納入実績をつくり、その後市場を広げるきっかけとすることができた。また初期市場形成においては、政府による導入促進補助金も重要な役割を果たした。

5. まとめ

以上の事例分析より、省エネ分野における公的研究開発投資について以下の示唆が得られた。

- (1) 公的研究開発プロジェクトは、野心的でリスクの高い研究テーマを設定するため、決して全てが成功するわけではないが、確率は低くとも重要な実用化技術を生み出しうる。ただし、研究開発からある程度の普及を見るまでには、10年といった長期を要することにも留意すべきである。
- (2) 1つの公的研究開発プロジェクトだけで実用化に至ることは困難であり、プロジェクト終了後も継続的な研究開発支援を講じる必要がある。特に、後継の実用化プロジェクトが重要である。
- (3) 実用化開発においては、早い段階で適合市場・ユーザーを見つけ出し、ニッチマーケットをつくることが肝要である。ここでは導入補助金などによる政策支援も重要な役割を果たす。

参考文献

- 1) 木村幸他；政府エネルギー技術開発プロジェクトの分析，電力中央研究所研究報告 Y06019，(2007)。
- 2) NEDO；スーパーヒートポンプ・エネルギー集積システム8年間の研究開発の成果，(1993)。
- 3) 三菱総合研究所；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，平成10年度通商産業省工業技術院委託調査，(1999)。
- 4) 省エネルギーセンター；広域エネルギー利用ネットワークシステム 技術開発委員会資料，(2001)。
- 5) Wessener, Charles; Public/Private Partnerships for Innovation, Presentation at OECD Workshop, U.S. National Academy of Sciences, (2001)。