

|                     |                                                                                                                                             |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Title</b>        | 基盤的NEDOプロジェクトにおける波及効果に関する考察：超臨界流体技術の開発                                                                                                      |
| <b>Author(s)</b>    | 穴戸，沙夜香；山下，勝；竹下，満                                                                                                                            |
| <b>Citation</b>     | 年次学術大会講演要旨集，26：794-797                                                                                                                      |
| <b>Issue Date</b>   | 2011-10-15                                                                                                                                  |
| <b>Type</b>         | Conference Paper                                                                                                                            |
| <b>Text version</b> | publisher                                                                                                                                   |
| <b>URL</b>          | <a href="http://hdl.handle.net/10119/10235">http://hdl.handle.net/10119/10235</a>                                                           |
| <b>Rights</b>       | 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. |
| <b>Description</b>  | 一般講演要旨                                                                                                                                      |

# 基盤的 NEDO プロジェクトにおける波及効果に関する考察 ～超臨界流体技術の開発～

○宍戸沙夜香，山下勝，竹下満(新エネルギー・産業技術総合開発機構)

## 1. はじめに

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(以下、NEDO と記す)では、平成 16 年度からプロジェクト終了 5 年間における実用化の実施状況、該当する製品の売上げ、技術の波及効果等に関する追跡調査を実施しており、その結果をプロジェクトマネジメントの改善へフィードバックする試みを行っている。これまでの追跡調査から、プロジェクトから生み出される直接的な効果としては論文の投稿、特許の獲得、製品、プロセス等の売上げがあり、これらの情報は、実施者へのアンケートやヒアリング等により、ほぼ定量的に捉える事が可能となっている一方、波及効果の把握については、プロジェクトとは無関係な製品の開発への適応、人材育成、ノウハウ、知財等による活用など、個別の事象の中に埋もれる要素が多いことから、全容を正確に捉える事は難しいことが明らかとなっている。

本研究では、1990 年後半から基礎基盤的な研究開発として実施された「超臨界流体利用プロジェクト」を例に、プロジェクト開始時の動機、関連するプロジェクトとの連携、プロジェクトで開発された基盤技術がその後の研究開発にどのように影響を与えて行ったのか？といった観点から調査し、プロジェクトから生み出される波及効果(スピルオーバー効果の発生状況)について、考察を行った。特にプロジェクトの成果から生まれた基盤技術が、他の研究開発、製品開発(NEDO プロジェクト以外も含む)へどのように活用されていったのか、他の研究開発のスピードアップへ如何に寄与したか等、これら関連性を明らかにすることで、今後のプロジェクトにおける技術伝播のさせ方、人材の活用、予測が難しい経済性評価、便益等を定性的に捉えるための方策について検討を行った。

## 2. 研究開発における波及効果：

一般的に研究開発から生まれる成果には、直接的な効果（製品サービス等の売上げ）とそれ以外の間接的な成果に分類され、ここでは波及効果とは後者に分類されるものとする。これらはプロジェクト当初は予期していない部分も多いことから、プロジェクトからの因果関係を捉える事が難しい。

研究開発から生み出される波及効果には①製品の機能発現（例：CO<sub>2</sub>削減、快適性向上、環境対応、法令遵守 etc…）、②売上げによる経済社会的な効果（例：雇用創出、税収、日本企業のシェア拡大、プレゼンス向上 etc…）、③他の産業への経済効果（産業連関分析による企業連携）、④研究開発基盤への貢献（例：人的交

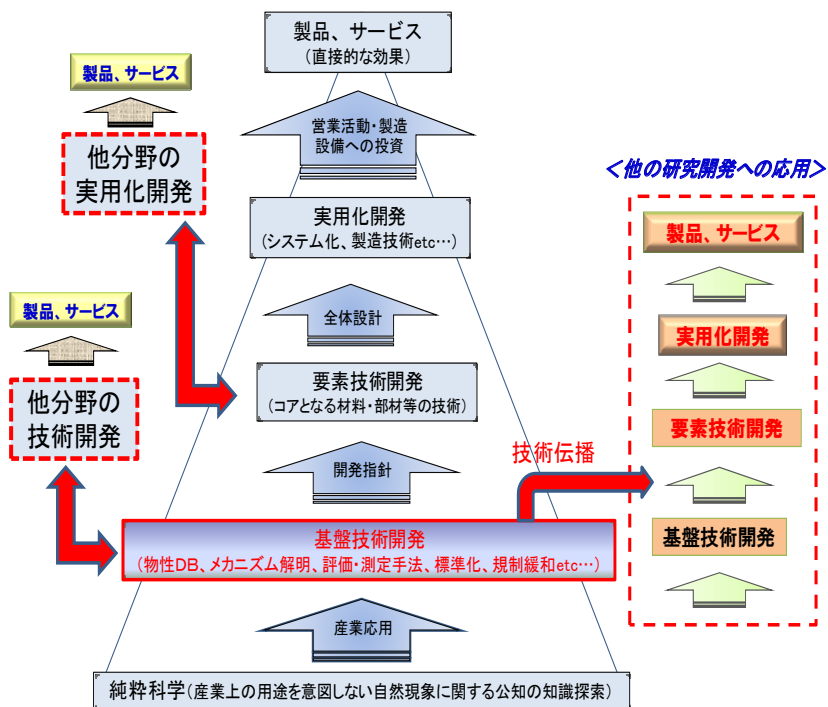


図1. 技術伝播による波及効果の考え方

流、人材育成、論文や報告書、公開用データベースなど技術の公知化、購入設備 etc…）、⑤技術の伝播による想定外のサービス・製品がある。①～③については、直接的な成果と強い関連があるが、④、⑤は、技術の伝播によって生み出された新しい技術、製品、人材育成等であって波及効果特有のものである。これらについては、ある程度の関連性を定性的に捉える事ができる場合があるものの、定量的に捉えようとすると、開発成果がどのように適応したのか？ 寄与率をどのように評価すればよいのか？ といった問題を解決する必要がある。図1に、基盤的な技術開発を実施した場合の研究開発の流れと技術伝播による波及効果の考え方を示す。一般的に、大学における学術研究では、論文投稿や新規テーマの発掘が研究成果の主体になるのに対し、企業が実施している実用化研究では、既存製品に関する品質向上、歩留まり向上、性能改良といった売上げに直結する実用的な開発と周辺特許やノウハウの獲得といった将来の企業戦略上重要な研究開発があり、限定された範囲になってしまう。一方 NEDO が実施しているようなハイリスク、長期間の開発期間を有する研究開発(特に、基盤研究)では、産官学の研究者が多数参加しているため、実用化に資する要素技術開発が数多くの生まれ、広く成果が社会に情報開示されることから、プロジェクト終了後に、研究開発で得られた成果等が直接的には関係しない研究開発や製品に技術伝播しやすいことが明らかになった。特に、基礎基盤的なプロジェクトで開発された革新的なプロセスで得られたノウハウや新しいメカニズムの解明などは、当該分野だけでなく他の分野への技術伝播が起こりやすく、プロジェクト内外の研究者がいち早く情報を得ることで、短期間に他の製品への転用、適応できた例が数多く存在することが追跡調査から明らかとなった。

### 3. 超臨界流体技術における開発事例：

#### 3-1) 超臨界流体技術に関する開発動向

超臨界流体(supercritical fluid)とは、水、CO<sub>2</sub>、メタノール等の気体が臨界点をこえる高温、高圧下になると、気体でありながら、液体のような挙動を示す現象であり、気体の拡散性と液体の溶解性を持つことが知られている。表1に、超臨界流体に関する国内外の研究開発の流れを示す。超臨界流体は 1880 年代にフランスで発見されてから、ボイラー、発電、カフェイン抽出、石炭液化など、さまざまな技術の中で利用されてきた。国内における超臨界流体の本格的な研究としては、通産省(当時)によりアルコール濃縮プロセスの開発等がスタートし、1990 年代になると、文部省(当時)が科学研究費補助金(科研費)によって、超臨界流体に関する重点領域研究をスタートさせ、基本的

な物理化学データの収集等、基礎的な研究を行った。その頃、アメリカなどでは、原子力発電所から排出される廃棄物などの減容化や化学兵器の無害化プロセスを確立し、それに追随するように、国内では PCB やダイオキシンなどの環境問題がクローズアップされたことから、NEDO ではこれらの有害物質を無害化するため、超臨界水を用いた世界トップレベルの実用化プロセスの研究開発をスタートさせた。

|             |                      | H3   | H4   | H5   | H6   | H7   | H8   | H9   | H10  | H11  | H12  | H13  | H14  | H15           | H16  | H17  | H18  | H19  | H20  | H21  | H22         |
|-------------|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------------|------|------|------|------|------|------|-------------|
|             | 1980年代               | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003          | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010        |
| 超臨界クロマトグラフィ | 基本技術確立<br>(農業、医薬品分析) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |      |      |      |      |      |      | 米国大手ベンチャー買収 |
| 食品加工、医薬品製造  | 抽出(デカフェ、香料・脂肪分等)     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 晶析による微粉化(医薬品) |      |      |      |      |      |      |             |
| 化学プラント      | アルコール濃縮              |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |      |      |      |      |      |      |             |
| エネルギー       | 石炭液化                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |      |      |      |      |      |      |             |
| 反応場：基礎技術開発  |                      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |      |      |      |      |      |      |             |
|             |                      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |      |      |      |      |      |      |             |
| 有害物質分解      |                      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |      |      |      |      |      |      |             |
|             |                      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |      |      |      |      |      |      |             |
| 洗浄、乾燥       |                      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |      |      |      |      |      |      |             |
|             |                      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |      |      |      |      |      |      |             |
| ドライクリーニング   |                      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |      |      |      |      |      |      |             |
|             |                      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |      |      |      |      |      |      |             |
| 断熱材         |                      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |      |      |      |      |      |      |             |
|             |                      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |      |      |      |      |      |      |             |
| ブラ射出成形      |                      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |      |      |      |      |      |      |             |
|             |                      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |      |      |      |      |      |      |             |
| 塗装          |                      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |      |      |      |      |      |      |             |
|             |                      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |      |      |      |      |      |      |             |

表1. 国内外における超臨界流体に関する研究開発の動向(一部)

※水色はNEDOプロジェクト

| 実施主体    | 企業(自社研究)                                        |                                                         | 大学(科研費)                                                      | NEDOプロジェクト                                                       |                                                                                    |
|---------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 実施時期    | 1980年代～2000年頃                                   | 2000年以降                                                 | 1980年代～2000年頃                                                | 1995～2005年                                                       | 2000年以降                                                                            |
|         | シーズプッシュ                                         | ニーズプル                                                   | 学術研究                                                         | 基盤研究                                                             | 発展期                                                                                |
| 研究開発    | ・アルコール濃縮<br>・脂肪酸、香料抽出<br>・分析(クロマトグラフィ)<br>・石炭液化 | ・高分子系薬剤の微粉化(晶析)装置<br>・プラスチック射出成形<br>・表面加工、着色、無電解めっき     | ・物性推算<br>・反応データ<br>・反応工学                                     | ・新規有機合成<br>・エネルギー、成型加工<br>・代替洗浄剤、リサイクル<br>・超臨界データベース             | ・非VOC塗装<br>・非溶剤洗浄<br>・微粒子合成(電子材料)<br>・バイオマス利用                                      |
| 研究開発の狙い | ・「超臨界」というシーズありきで進めている感<br>・米国等の技術導入による実証研究      | ・社会的ニーズ(ノンフロン、微細加工、薬剤の高分子化等)の顕在化<br>・既に確立された物理現象による応用展開 | ・高温高圧における新しい物性推算法に関するパラメータの収集<br>・反応メカニズム、プロセスダイナミクスに関する基礎研究 | ・基盤技術としてのDB構築<br>・新しい分析手法の確立<br>・産学官による新しい分野の開拓                  | ・流体MEMSを利用したミキシング技術の確立<br>・マイクロ反応場における高圧反応への展開<br>・社会的ニーズ(ノンフロン、バイオマス、VOC削減など)の顕在化 |
| マネジメント  | ・トライアンドエラーによるプラント設計<br>・または装置導入とカスタマイズ          | ・垂直連携による性能向上<br>・明確な出口イメージ(細かなカスタマイズ)                   | ・国内の有力大学による分担研究<br>・世界初のデータ取得                                | ・集中研を設置<br>・産学官連携により実施<br>・PL、SPLを設置しながら効率的に実施<br>・DBを産総研のHPで公開中 | ・明確な出口イメージ<br>・産学連携による開発スピードアップ<br>・新参画者による実用化<br>・他の先進技術との組み合わせによる新規テーマ発掘         |

表2. 企業、大学、NEDO で実施された超臨界流体関連プロジェクトの比較

一方、1990年代の中頃から連続プロセス、コスト、材料腐食、新規な合成反応への展開等、新たな方向性が学会等で議論され始め、これらの課題を解決するために、産学官が結集して1997年から実用化に貢献する先導研究として「超臨界流体利用技術先導研究開発」が3年程度実施され、それを受けて、2000年から本格的な実用化基盤技術開発「超臨界流体利用環境負荷低減技術研究開発」<sup>1)</sup>がスタートし、2005年まで行われた。その後、これらの研究開発成果が、様々な分野の研究や製品開発に波及、技術伝播し、広く活用されていることが関係者のヒアリングから明らかとなった。表2に、超臨界流体技術に関する企業、大学、NEDOで行われてきた研究開発に関する概要を纏めた。2000年以降、企業独自の研究開発やNEDOの他のプロジェクトでの研究開発が活発に行われるようになっており、基盤技術の確立が、新製品、革新プロセス、製品改良に対して大きな影響を与えていることが明らかとなった。

### 3-2) 超臨界流体技術における波及効果：

2000年度からスタートした「超臨界流体利用環境負荷低減技術研究開発」(図2)では、新たな技術ニーズを見出す理念のもと、それまでに活発に開発されていた超臨界水による有害物質の無害化や超臨界CO<sub>2</sub>による食品成分の抽出等以外のニーズを発掘するため、東北大学を開発拠点として、産学官協同で実用化基盤技術開発が行われた。プロジェクト以前の超臨界流体技術に対する一般的な評価は、連続処理ができない、材料腐食が大きい、プロセスコストが高いなどの問題点を有し、限定された適応に限られていた。

そのためNEDOプロジェクトでは超臨界流体の利用を促進する目的から、革新的なプロセス

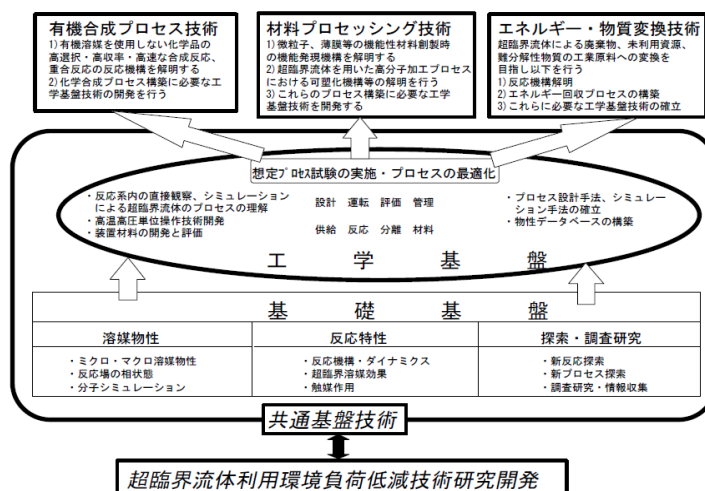


図2. 「超臨界流体利用技術研究開発」における研究課題



の開発、反応メカニズムの  
 解明と併せて、世界初の  
 超臨界データベースを確  
 立する大きな目標を掲げ  
 た。プロジェクトでは、溶媒  
 特性、反応特性、材料特  
 性、プロセスシミュレータ  
 ー、モデル反応(有機合成、発  
 泡、リサイクル、溶剤抽出  
 等)における反応データを  
 整理し、プロジェクト終了  
 後の研究開発を継続的に  
 できるような仕組み(産総  
 研でのデータベース運用)  
 を構築していた。

2005 年にプロジェクト

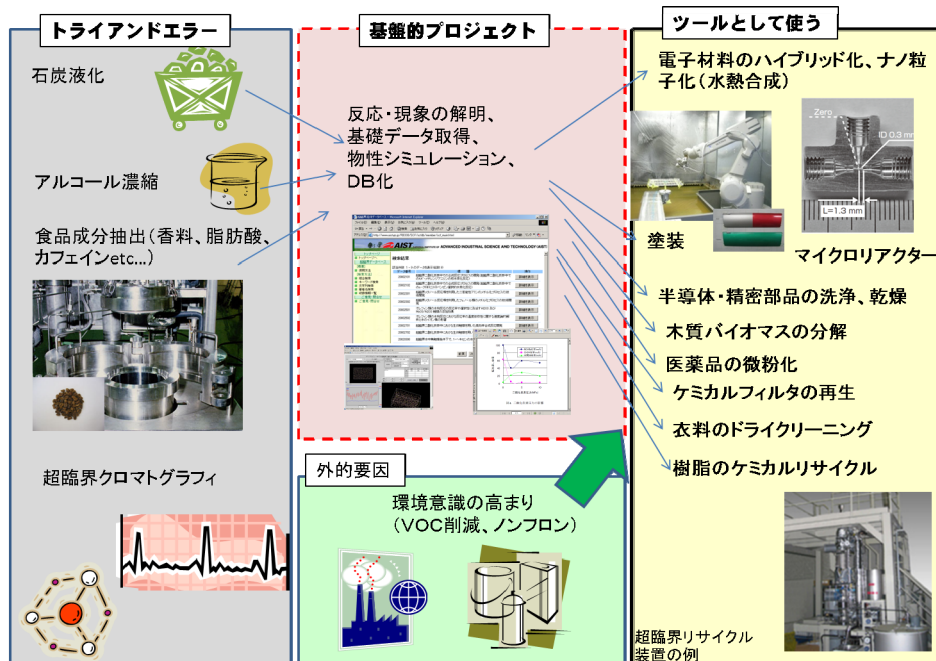


図3. 「超臨界流体技術から生み出された波及効果

が終了してからも、超臨界流体技術に関する技術開発をやったことがない企業から「CO<sub>2</sub> 超臨界塗装」、「CO<sub>2</sub> 超臨界洗浄」、「マイクロリアクターによる微粒子合成(電子部品用材料、医薬品原体等)」などの新しい実用化技術が生み出されている。また、2000 年以降、年間数百件の特許が出願されており、このような波及効果がどうして急速に実現したのか? プロジェクトリーダー経験者や当該分野のキーパーソンからヒアリングしたところ、(1)NEDO プロジェクトにおける基盤的な反応データの収集、精緻なデータベースの確立、(2)現象の可視化、反応メカニズムの解明、(3)材料選択、低コスト化、(4)連続プロセスの確立により、新参の研究者への技術ノウハウの伝播が急速に進み、これまでにない新しい分野での発展が短期的かつ効率的に行われるようになってきたことが明らかとなってきた(図3)。中でも、異業種間連携を行ううえで、超臨界技術に熟知したキーパーソンの参加は、過去の開発経験を生かしたノウハウを活用でき、研究開発の効率化(短縮、重点化等)に多大な寄与、影響を与えていることが明らかとなった。また、環境意識の高まりなどの外的要因によって水、CO<sub>2</sub> を反応媒体として用いるニーズが高まったことも実用化を後押しする要因として大きいことが明らかとなった。

#### 4. まとめ

NEDO がこれまで実施してきた(単一)企業への追跡調査では、個別テーマから生み出される波及効果について調べても、断片的に情報が得られているにすぎなかった。国費を使った研究開発は、複数の研究機関によって産業競争力強化に資する目的があるため、単一の企業の開発では生み出されないような波及効果が発生される可能性も大きく、開発者からも大きな期待が寄せられている。今回の研究から明らかのように、基盤的な実用化研究開発では、多種多様な波及効果が起きやすい。今後、波及効果が大きかったプロジェクトに関する事例研究を数多く調査、整理することで、波及効果に結びつきやすい技術伝播はどのような要件を満たしていれば良いか? 等を明確にできれば、これまでにない産業競争力の拡大につながるプロジェクトの運営が可能になり、投資対効果も大きくなることが期待できる。

#### 【文献】

1) 「超臨界流体利用技術先導研究開発」事後評価報告書(平成 18 年 2 月 新エネルギー・産業技術総合開発機構)