

|              |                                                                                                                                             |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Title        | 公的資金による研究開発プロジェクトのアウトカムの定量的把握手法に関する検討(技術進歩の経済分析(1), 一般講演, 第22回年次学術大会)                                                                       |
| Author(s)    | 幸本, 和明; 北川, 勉; 矢野, 貴久; 若林, 節子                                                                                                               |
| Citation     | 年次学術大会講演要旨集, 22: 250-253                                                                                                                    |
| Issue Date   | 2007-10-27                                                                                                                                  |
| Type         | Conference Paper                                                                                                                            |
| Text version | publisher                                                                                                                                   |
| URL          | <a href="http://hdl.handle.net/10119/7257">http://hdl.handle.net/10119/7257</a>                                                             |
| 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                                                                                                                                      |

## 公的資金による研究開発プロジェクトのアウトカムの 定量的把握手法に関する検討

○幸本和明, 北川勉, 矢野貴久, 若林節子(NEDO)

### 1. 緒言

公的資金を原資とする研究開発プロジェクトにおいては、プロジェクトのアウトプットのみならず、アウトカムを示すことが求められている。プロジェクトのアウトカムを適切に示すためには、アウトカムの対象となるもの(例えば市場規模)の全体を示すのではなく、プロジェクトの実施による効果を特定する必要がある。筆者らは、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」という。)が過去に実施した研究開発プロジェクトを例に、アウトカムの定量的把握を試みた。その結果及び課題について報告する。

### 2. 調査方法

筆者らは、NEDOが過去に実施した「高性能工業炉の開発」プロジェクトに係るアウトプットを抽出するとともに、これらのアウトプットがもたらしたアウトカムを調査した。当該調査の実施にあたっては、一部を社団法人日本工業炉協会に委託して実施するとともに、同協会に設置した有識者による委員会での審議を経つつ、同協会会員企業 79 社に対するアンケート調査、高性能工業炉メーカー及びユーザー14 社に対するヒアリング調査、文献調査等を行った。この調査結果に基づき、アウトカムの中から定量的分析が可能な項目を抽出し、定量的把握手法についての検討を行うとともに、実際に算定を試みた。そして、これらの検討結果から、今後の課題等の分析を行った。

### 3. 結果及び考察

#### (1)「高性能工業炉の開発」に係るアウトプット及びアウトカム

##### ① プロジェクトの概要

「高性能工業炉の開発」は、NEDOが通商産業省(当時)からの補助金を原資に、社団法人日本工業炉協会他、工業炉メーカー等に委託して実施したもので、期間は、1993年から1999年までの7年間、総額は約80億円である。

##### ② プロジェクトのアウトプット

高性能工業炉とは、リジェネレイティブバーナ(以下「リジェネバーナ」という。)に高温空気燃焼技術を組み合わせたものである。リジェネバーナとは、セラミックスの蓄熱体を内蔵したバーナ2台を1セットとして配置し、一方のバーナが燃焼している時は他方のバーナにおいて排気及び蓄熱を行い、蓄熱後に燃焼と排気を切替えることに

よって、効率良く排熱回収を行うバーナのことである。しかしながら、リジェネバーナは、高温空気を燃焼に用いることから、火炎の温度が高くなり過ぎ、NO<sub>x</sub>を多く発生させてしまうという課題があった。

そこで、プロジェクトでは、30%以上の省エネルギーとNO<sub>x</sub>の大幅な低減という相反する課題を解決するための研究開発が行われた。その結果、酸素濃度を極端に低くした高温の燃焼用空気と燃料を高速で炉内に吹き込み、大量の炉内ガスを巻き込みながら燃焼させることによって、大幅なNO<sub>x</sub>低減と火炎温度分布の平坦化を実現することができた。これがプロジェクトのアウトプットである「高温空気燃焼技術」である。

##### ③ プロジェクトのアウトカム

プロジェクトにおいて開発された高温空気燃焼技術は高性能工業炉として実用化され、次に示すような社会・経済等に対して様々な効果を及ぼしている。

##### (i) 実用化への進展状況

鉄鋼業において、圧延の前工程で必要となる加熱炉や最終工程で必要となる熱処理炉に適用されている。また、アルミニウム業においても、アルミニウムの溶解炉に適用されている。2005年度時点における高性能工業炉の累計設置基数は推定668基となっている。

##### (ii) 経済・産業への貢献

2005年度における高性能工業炉の売上は推定122億円で、これは同年における燃焼炉の売上の約3割を占めている。

##### (iii) エネルギー・環境への貢献

高性能工業炉によるエネルギー使用量の削減量は、2005年度1年間で、原油換算で推定33.5万キロリットル、またCO<sub>2</sub>削減量は、推定83.7万トンと試算された。

##### (iv) 技術的波及効果

高性能工業炉の開発の技術的成果は、「高温空気燃焼制御技術の研究開発(1999年～2003年)」等の研究開発プロジェクトの実施につながっている。

#### (2)アウトカムの定量的把握について

上記のとおり、高性能工業炉の開発は、社会・経済等に対して様々な効果をもたらしていることが判明した。しかしながら、これら効果は、高性能工業炉の売上等を単純に集計しただけであって、プロジェクトの実施による効果を特定して示しているわけではない。すなわちプロジ

プロジェクトによる効果を算定するためには、プロジェクトを実施した場合とプロジェクトを実施しなかった場合の差分を測定する必要がある。そこで筆者らは、上記に留意しつつ、高性能工業炉の開発がもたらしたアウトカムの定量化を行い、さらに経済効果分析を試みた。

## ① 経済効果分析の対象について

プロジェクトの経済効果分析を行うためには、様々な社会・経済等への効果を貨幣価値に換算する必要がある。一般的に、有形物については貨幣価値換算が容易であるのに対して、無形物については貨幣価値換算が困難であることが多く、かつ貨幣価値換算することによって、かえって価値を分からなくさせることがある。したがって、筆者らは、上記のアウトカムの中でも、高性能工業炉の売上、エネルギー使用量の削減量及びCO<sub>2</sub>削減量を対象に経済的效果を算定した。

## ② 経済効果の算定方法について

筆者らは、以下の手順により、高性能工業炉の開発に係る経済効果分析を行った。まず、プロジェクトを実施した場合(実際のケース)について、高性能工業炉の実際の設置基数から、高性能工業炉の累計及び単年の設置基数のモデル化を行った。そして、このモデル式及びアンケート結果から、高性能工業炉の開発を実施しなかった場合における高性能工業炉の累計及び単年の設置基数のモデル化を試みた。そして、これら高性能工業炉の設置基数に関するモデル式から、当該プロジェクトを実施した場合と実施しなかった場合それぞれにおける高性能工業炉の売上高、エネルギー使用量の削減量、CO<sub>2</sub>削減量を算定した。以下に具体的な手順を示す。

### (i) 累計設置基数のモデル化について

筆者らは、設置基数のモデル化にあたり、新製品の普及モデルとして一般的に用いられているロジスティック曲線を適用した。ロジスティック曲線の微分形及び積分形は、それぞれ次の(1)式及び(2)式で表すことができる。

$$\frac{dN(t)}{dt} = rN(t) \left(1 - \frac{N(t)}{N_{\max}}\right) \quad \dots (1)$$

$$N(t) = \frac{N_{\max}}{1 + \frac{N_{\max} - N_0}{N_0} e^{-r(t-t_0)}} \quad \dots (2)$$

t: 時間(西暦年度)

N(t): 時間 t における高性能工業炉の累計設置基数

N<sub>max</sub>: 高性能工業炉の最大設置基数

t<sub>0</sub>: 高性能工業炉が最初に設置された時期

N<sub>0</sub>: t<sub>0</sub> における設置基数

r: 係数

過去の調査<sup>[2]</sup>において、高性能工業炉の潜在的な設置可能基数は、アンケート調査(回答率 36.5%)において、4628 基であることが判明している。そこで、本調査では、この調査の結果から、回答率を加味して、潜在的な設置基数、すなわち最大設置基数 N<sub>max</sub> を 10000 基と設定し

た。また、高性能工業炉が最初に設置された時期 t<sub>0</sub> を欧州においてリジェネバーナが実用化されたといわれている 1980 年とし、その時の設置基数 N<sub>0</sub> を 1 とした。これらの数値を(2)式に代入すると、次の(3)式が得られる。

$$N(t) = \frac{10000}{1 + 9999e^{-r(t-1980)}} \quad \dots (3)$$

この(3)式について、実際の高性能工業炉の累計設置基数から Microsoft Excel のソルバー機能を活用し、最小二乗法から、r を決定した。この結果から、高性能工業炉の累計設置基数は、(4)式により表すことができる。

<プロジェクトを実施した場合における累計設置基数に関するモデル>

$$N(t) = \frac{10000}{1 + 9999e^{-0.268(t-1980)}} \quad \dots (4)$$

続いて、高性能工業炉の開発を実施しなかった場合におけるモデルを検討した。プロジェクトを実施しなかった場合、(2)式のロジスティック関数に与える影響としては、高性能工業炉の導入時期 t<sub>0</sub> が遅くなる、係数 r が小さくなるといった効果が想定される。本来、プロジェクトを実施しなかった場合において、r にどのような影響を及ぼすかについては、十分検討すべきであるが、現時点では、この r を推定するにあたって十分な根拠がないため、筆者らは、r への影響はないものとした。したがって、筆者らは、工業炉の開発を実施しなかった場合は、t<sub>0</sub> へのみ影響を与えるものとし、プロジェクトを実施しなかった場合における普及モデルを作成することとした。プロジェクトを実施しなかった場合における高性能工業炉の開発の遅延期間は、高性能工業炉メーカーに対するアンケート調査(n=16)において、中央値が 3.5 年(中央値からカウントして、回答の半数が含まれる範囲は 2.5 年～4.5 年)であることが判明している。したがって、プロジェクトを実施しなかった場合、高性能工業炉の開発が 3.5 年遅れていると考え、高性能工業炉の累計設置基数に関するモデルは、次の(5)式によって表すことができる。

<プロジェクトを実施しなかった場合における累計設置基数に関するモデル>

$$N(t) = \frac{10000}{1 + 9999e^{-0.268(t-3.5-1980)}} \quad \dots (5)$$

高性能工業炉の実際の累計設置基数、プロジェクトを実施した場合のモデル(4)及びプロジェクトを実施しなかった場合のモデル(5)をグラフに表現すると、図 1 のとおりとなる。

### (ii) 単年の設置基数のモデル化について

単年の設置基数は、当該年における累計設置基数から前年までの累計設置基数を引いたものと考えられる。したがって、単年の設置基数 n(t) は、次の(6)式で表すことができる。

$$n(t) = \frac{10000}{1 + 9999e^{-r(t-1-1980)}} - \frac{10000}{1 + 9999e^{-r(t-1-1980)}} \cdots (6)$$

この(6)式について、累計設置基数と同様に、最小二乗法から、 $r$  を決定した。この結果から、高性能工業炉の単年の設置基数は、(7)式により表すことができる。

<プロジェクトを実施した場合における単年設置基数に関するモデル>

$$n(t) = \frac{10000}{1 + 9999e^{-0.256(t-1-1980)}} - \frac{10000}{1 + 9999e^{-0.256(t-1-1980)}} \cdots (7)$$

続いて、プロジェクトを実施しなかった場合におけるモデルを検討した。累計設置基数におけるモデルと同様、プロジェクトを実施しなかった場合、高性能工業炉の開発が 3.5 年遅れていると考えると、高性能工業炉の開発を実施しなかった場合における単年の設置基数に関するモデルは、(8)式により表すことができる。

<プロジェクトを実施しなかった場合における単年設置基数に関するモデル>

$$n(t) = \frac{10000}{1 + 9999e^{-0.256(t-3.5-1980)}} - \frac{10000}{1 + 9999e^{-0.256(t-1-3.5-1980)}} \cdots (8)$$

高性能工業炉の実際の単年設置基数、プロジェクトを実施した場合のモデル(7)及びプロジェクトを実施しなかった場合のモデル(8)をグラフに表現すると、図 2 のとおりとなる。実測値とモデル式の誤差の原因は、「高性能工業炉フィールドテスト事業」や「エネルギー使用合理化事業者支援事業」等の制度移行に伴うものや景気動向が影響しているものと考えられる。

### (iii) 経済効果の算定

#### (a) 高性能工業炉の売上

プロジェクトを実施した場合における単年の設置基数のモデル(7)とプロジェクトを実施しなかった場合のモデル(8)のそれぞれについて、設置基数に高性能工業炉の単価を乗ずることによって、高性能工業炉の売上を算定した。高性能工業炉の単価については、学習効果により、生産量が増加するに伴って減少することが見込まれ、実際にヒアリングにおいても低コスト化が進んでいることが判明しているが、設置基数と売上高の関係からは、この傾向が見られなかった。これは、高性能工業炉といっても、炉の規模や用途が異なると価格も異なるためであると考えられる。したがって、本調査では高性能工業炉の単価は、過去の累計の設置基数と、累計売上高から設定した。

#### (b) エネルギー使用量の削減効果

高性能工業炉を実際に使用する場合は、都市ガス、重油、コークス炉ガス等であり、本来、エネルギー使用量の削減効果を算定するにあたっては、それぞれの場合毎に貨幣価値換算を行う必要がある。しかしながら、これらについて公表されている結果がないため、本調査では、高性能工業炉のエネルギー使用量の削減量

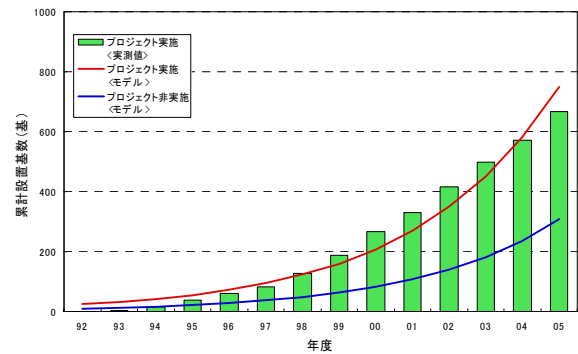


図 1 高性能工業炉の累計設置基数

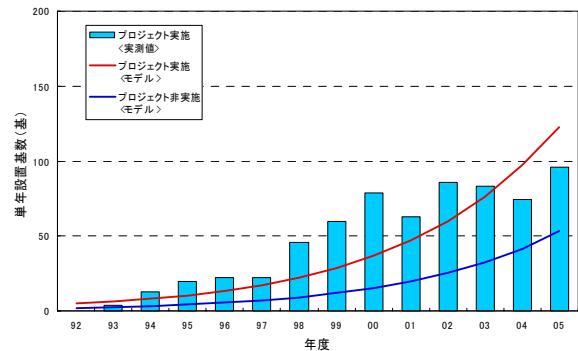


図 2 高性能工業炉単年設置基数

を原油量に換算したものに原油の単価を乗じることによって算定した。

具体的には、まず、高性能工業炉による 2005 年度における原油削減量(33.5 万キロリットル/年)と累計設置基数(668 基)から、炉 1 基あたりの年間原油削減量を算定した。エネルギー使用量の削減効果は、累計の高性能工業炉設置基数によって推計できる。そこで、プロジェクトを実施した場合の累計設置基数(4)とプロジェクトを実施しなかった場合の累計設置基数(5)のそれぞれについて、各年の累計設置基数に炉 1 基あたりの原油削減量を乗ずることによって、各年の原油削減量を算定した。これに、各年毎の原油の輸入 CIF 価格<sup>[4]</sup>を乗じることによって、各年毎のエネルギー使用量の削減効果を貨幣価値換算した。

#### (c) CO<sub>2</sub> 削減効果

CO<sub>2</sub> 削減効果についてもエネルギー使用量の削減効果と同様に、まず、高性能工業炉による 2005 年度における CO<sub>2</sub> 削減量(83.7 万トン/年)と累計設置基数(668 基)から、炉 1 基あたりの年間 CO<sub>2</sub> 削減量を算定した。CO<sub>2</sub> 削減効果もエネルギー使用量削減効果と同様に、累計の高性能工業炉設置基数によって推計できる。そこで、プロジェクトを実施した場合の累計設置基数(4)とプロジェクトを実施しなかった場合の累計設置基数(5)のそれぞれについて、各年の累計設置基数に炉 1 基あたりの CO<sub>2</sub> 削減量を乗ずることによって、各年の CO<sub>2</sub> 削減量を算定した。CO<sub>2</sub> の単価は、自主参加型国内排出量取引制度(第 1 期)<sup>[5]</sup>における平均取引単価(1,212 円/t-CO<sub>2</sub>)を全ての年にわたり適用することとした。そして、各年毎に CO<sub>2</sub> 削減量と CO<sub>2</sub> の単価を乗ずることによって、

CO<sub>2</sub>削減効果を貨幣価値換算した。

#### (d) プロジェクト実施に係る費用

経済効果分析にあたっては、プロジェクトの実施に係る費用を算定する必要がある。費用の対象は、NEDO が高性能工業炉に関して支出した費用とし、具体的には、研究開発を実施した「高性能工業炉の開発」、高性能工業炉の実証研究を行った「高性能工業炉フィールドテスト事業(FT 事業)」、導入支援事業である「エネルギー使用合理化事業者支援事業(事業者支援事業)」とした。なお、事業者支援事業に関しては、高性能工業炉のみの補助金交付額を公表していないため、高性能工業炉の交付決定件数に高性能工業炉の単価及び補助率を乗じたものを、高性能工業炉に関する補助金交付額とした。

### ③ 経済効果の結果及び分析

上記の方法により経済効果を算定した結果を図 3 に示す。図 3 では、2000 年頃から経済効果が大きくなっており、経済効果の内訳は、高性能工業炉の売上によるものが最も大きく、エネルギー使用量の削減効果によるものが続いて大きいことが分かった。特に、ここ数年、エネルギー使用量の削減効果が大きくなっている要因は、高性能工業炉の売上は、単年の設置基数が影響するのに対し、エネルギー使用量の削減効果は、累計設置基数が影響するためであると考えられる。今後においては、この累計効果に加え、最近の原油価格の高騰や、京都議定書の約束期間が迫っていること鑑みると、エネルギー使用量の削減効果や CO<sub>2</sub>削減効果の経済価値がさらに増大していくものと考えられる。また、NEDO プロジェクトにおける費用と経済効果の分析結果を表 1 に示す。その結果、高性能工業炉に関する NEDO の費用は 183 億円であるのに対して、NEDO プロジェクトによる経済効果は 495 億円となり、NET の経済効果は、312 億円となった。この結果から、NEDO が費用負担した以上の経済効果が生み出されていると考えられる。

#### (3) 今後の課題

本調査では、高性能工業炉の開発に係るアウトカムを把握し、さらに経済効果分析を行った。本調査手法における課題は、第一に、筆者らは、普及モデルとしてロジスティック曲線を適用したが、Bass モデル等他のモデルについても比較検証する必要があると考えられる。第二に、プロジェクトがなかった場合の効果を開発の遅延効果としたが、これ以外の影響を考える必要がある。第三にプロジェクトがなかった場合の遅延効果は、アンケート調査により把握したが、今回行ったアンケート調査では、回答者によって遅延期間のバラツキが大きい結果となった。このバラツキに対する分析とそれを踏まえた上でのプロジェクトがなかった場合のモデルを考える必要がある。

### 4. 結言

筆者らは、公的資金を原資とする研究開発プロジェクトの例として、「高性能工業炉の開発」について、アウトカ

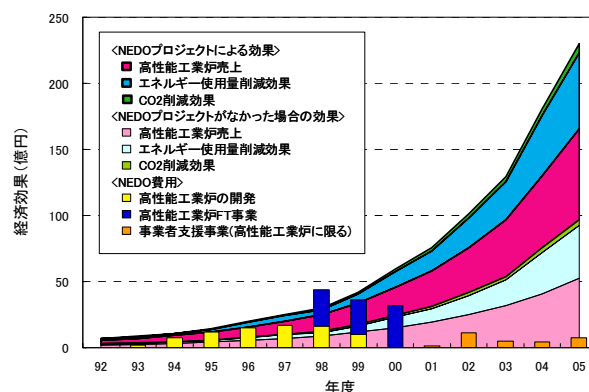


図 3 経済効果の経時変化

表 1 経済効果分析の結果(2005 年度までの実績)

| 項 目                                                                             | 金額(億円)                        |
|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| ① NEDO プロジェクト費用<br>(高性能工業炉の開発)<br>(FT 事業及び事業者支援事業)                              | 183<br>(77)<br>(106)          |
| ② NEDO プロジェクトによる経済効果<br>(高性能工業炉の売上)<br>(エネルギー使用量削減効果)<br>(CO <sub>2</sub> 削減効果) | 495<br>(284)<br>(185)<br>(26) |
| ③ プロジェクトを実施しなかった場合の経済効果                                                         | 350                           |
| ④ NET 経済効果(②-①)                                                                 | 312                           |

※金額は、割引率を1%とし、1992年時点の正味価値に換算した

※本表は、一定の仮説や条件の下で推計したものであって、絶対的なものではなく、また組織としての見解を示したものでもない。

ムの全体像を把握した。そして、経済効果分析を行うにあたり、アウトカムの中でもプロジェクトの実施による効果分を特定するために、高性能工業炉の累積及び単年の設置基数をロジスティック曲線の考え方を適用することによりモデル化した。そして、プロジェクトを実施しなかった場合の効果を、高性能工業炉の開発の遅延期間からモデル化した。続いて、設置基数から、経済効果(高性能工業炉の売上、エネルギー使用量削減効果、CO<sub>2</sub>削減効果)を算定した。これらの結果から経済効果分析を行ったところ、高性能工業炉の開発は、NEDO が費用負担した以上の経済効果を生み出していることが分かった。一方、特にプロジェクトを実施しなかった場合におけるモデルの考え方については、今後の課題である。

最後に、本調査は、研究開発プロジェクトの経済効果把握手法の高度化を目的に、高性能工業炉の開発を例に一定の仮説や条件の下で推計を行ったものである。したがって、本調査に示した経済効果等は絶対的なものではなく、組織としての見解を示したのではないことをご了承いただきたい。

#### 【参考文献】

- [1] 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、高性能工業炉に係るアウトカム調査 調査報告書、平成 19 年 3 月
- [2] 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、エネルギー使用合理化事業者支援事業(調査研究事業) 高性能工業炉に係る導入可能性調査、平成 17 年 3 月
- [3] 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、研究開発プロジェクト等の評価手法に関する調査報告書、平成 14 年 3 月
- [4] EDMC 編、EDMC エネルギー・経済統計要覧 06、2006 年 2 月 15 日
- [5] 環境省、自主参加型国内排出量取引制度(第 1 期)の排出削減実績と取引結果について、平成 19 年 9 月 11 日