

NEDO プロジェクト開発成果の 社会的便益に関する研究

— 「NEDOインサイド製品」トップ70に関する考察 —

山下 勝*、萬木 慶子、木村 紀子、宍戸 沙夜香、吉田 朋央、一色 俊之、竹下 満

NEDOプロジェクトにより生み出された開発成果をコア技術として活用した製品やプロセスを「NEDOインサイド製品」と定義し、直近の売上、将来の売上見込等の売上効果、雇用創出効果、CO₂削減効果等について分析、試算を行ったところ、直近の売上は4.08兆円/2010年、2011～2020年までの将来の売上見込額は69.1兆円と試算された。また、2011年～20年までの雇用創出効果は、10.9～18.5万人/年、CO₂削減効果では、5,300万トン/年程度の削減効果があることが明らかとなった。さらに、2000年以降に開発された部材・部品、加工技術の成果が、最近の家電製品、コンピューター、自動車関連製品の中で数多く利用されていることを体系的に示すと共に、社会的便益が大きい事例としてリサイクルシステムの構築に、NEDOプロジェクトが大きく貢献していることを明らかにした。

キーワード: 追跡調査 国家プロジェクト、開発成果、インパクト評価、社会的便益

Research on social benefits resulting from NEDO projects

– Study of the top 70 NEDO Inside Products –

Masaru YAMASHITA*, Yoshiko YURUGI, Noriko KIMURA, Sayaka SHISHIDO
Tomonaga YOSHIDA, Toshiyuki ISSHIKI and Mitsuru TAKESHITA

“NEDO Inside Products” are defined as products or processes using core technologies resulting from NEDO research and development projects. In this study, we analyzed and estimated the benefits of NEDO Inside Products to society, including recent and forecasted product sales, job creation, and CO₂ emission reductions. Our analysis revealed that NEDO Inside Products sales in 2010 amounted to 4.08 trillion yen while projected sales from 2011 to 2020 are estimated to increase to 69.1 trillion yen. Job creation estimates between 2011 and 2020 range from 109 to 185 thousand people per year, and CO₂ emission reductions are estimated to be 53 million tons per year. Furthermore, in-depth and systematic analysis showed that many NEDO Inside Products developed after 1999, including components and manufacturing technologies, are being utilized in the latest electric home appliances, computers, and automotive products. Lastly, we found that NEDO projects have contributed significantly to the establishment of various types of recycling systems, as another example of the extensive benefit to society brought about by NEDO’s research and development projects.

Keywords: Follow-up monitoring, national project, development result, impact evaluation, gross social benefit

1 はじめに

日本では国費を利用した研究開発に関する経済性評価の事例研究は数多くあるものの、開発成果の費用対効果に関する評価では分析に必要な要因（成果の寄与率、生産原単位等）を精緻に決めることができないため、限定された条件のもとでの試算や感度分析に止まっている。塩谷らは原子力発電における発電コスト削減効果、環境負荷低減効果、生命リスク低減効果、エネルギーセキュリティ向上効果、資源枯渇抑制効果、燃料輸入削減といった効果を考慮し、投資対効果について分析している^[1]。また、柳沢らは、放射線を利用した製品に関する費用対効果につ

いて、装置費用、放射線量、製品の付加価値等に対する寄与率等を考慮して、さまざまな観点から試算している^[2]。木村らは、国家プロジェクトに関する経済性評価という観点から、熱エネルギー関連プロジェクトにおける省エネルギー効果について、定性的にインパクト効果を評価している^[3]。その他にも、公共政策の立場からさまざまな経済性評価や便益効果に関する報告が行われているが^{[4]-[10]}、いずれの報告も、開発成果の実用化への寄与率、販売単価、販売数の推移、マーケット市況の影響に関するさまざまなパラメーターの設定や変動要因について精緻さに欠け、ある一定の傾向を捕らえることに力点が置かれている。一方、

新エネルギー・産業技術総合開発機構 技術戦略研究センター 〒211-8554 川崎市幸区大宮町 1310 ミューザセントラルタワー 16 階
New Energy and Industrial Technology Development Organization, Technology Strategy Center 16Floor, MUZA Kawasaki Central Tower, 1310 Omiya-cho, Saiwai-ku, Kawasaki 212-8554, Japan * E-mail: yamashitamr@nedo.go.jp

Original manuscript received September 10, 2014, Revisions received December 26, 2014, Accepted January 5, 2015

米国エネルギー省の G.B. Jordan らは、公的 R&D プロジェクトによる再生可能エネルギー開発や省エネルギー開発について、経済性評価、エネルギー便益、環境便益、エネルギー安全保障便益等に関するコスト利潤を求める手法に関する精緻なガイドラインを作成しており、感度分析やライフサイクルにおける要因分析を含めたケーススタディーを行っている^[11]。

一方、NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構：New Energy and Industrial Technology Development Organization 以下 NEDO と記す。）で実施されているプロジェクトは、原資が税金で賄われているため、納税者である国民に対して、開発投資がどのように有効に還元されているのかを評価し、説明責任を果たすことが求められている。そのため、2009 年度から NEDO では、NEDO プロジェクトで生み出された開発成果をコア技術（実用化に際して、不可欠な技術であり、他に真似ができない革新的な技術：新規な機能発現技術、新規な摺合わせ技術、革新製造・処理技術、新規プロセス、高信頼性評価技術等）として製品やプロセスに活用されたものを「NEDO インサイド製品」と定義し、売上に対する開発成果の寄与率を 100 % と仮定して、直接の売上等の経済的なインパクトに関する試算を行ってきた^{[12]・[18]}。

この研究では、NEDO プロジェクトの中でも、特に、基礎・基盤的なプロジェクトおよび実用的に近いプロジェクトを通じて顕著な開発成果を上げ、大きな売上を上げている「NEDO インサイド 70 製品」に関する直接の売上、経済的誘発効果、技術的波及効果、および社会的便益（CO₂削減、省エネ効果、雇用創出）など社会へのインパクトについて調査、評価、分析した（図 1）。ここで、開発成果の実用化、事業化のためには、企業において、NEDO の R&D 投資の 10 倍以上の投資が必要であることは十分理解しているが、実際の投資額の情報を入手できないため、ここで考慮していない。しかし、この研究で取り上げる総合的なインパクトの手法は、これまで NEDO が投資した研究開発に対する開発成果を大まかに評価することで、今

後の研究開発の方向性の一助になることが期待でき、学術的、社会経済的、政策的に大変意義が大きいと考えられる。

2 「NEDO インサイド製品」候補の抽出

1980 年度から NEDO による研究開発プロジェクトはスタートし、年間 100 ～ 200 件以上を実施しており、これまでに約 3 兆円を超える開発予算を投入してきた。当初、その中から NEDO プロジェクトの開発成果が実用化し、売上に直接繋がっていることを見出すことは非常に困難であった。そこで、NEDO が発行した 20 年史、30 年史の中から、NEDO プロジェクトの開発成果が実用化に繋がっているだろうと思われる製品やプロセスを列挙し、過去のプレスリリース、企業等のホームページ、論文、NEDO の成果報告書、追跡調査のレポート等から候補製品に関する 1 次抽出を行った。さらに、プロジェクト参加者等へのアンケートやヒアリング等で 2 次抽出を行った。その後、外部専門家を交えて NEDO プロジェクトで得られた開発成果の実用化への貢献度、売上状況等を議論し、有望な「NEDO インサイド製品」候補を選定した。以下に選定のための構成要件を列挙する。

2.1 「NEDO インサイド製品」候補の選定方法

「NEDO インサイド製品」候補の選定に当たっては、直近売上が大きい、売上は小さいが社会的便益が特に大きい製品について、業界レポート、NEDO プロジェクト成果報告書、企業レポート等から対象となる候補製品を選定し、当時の NEDO プロジェクトに参加した企業に対してアンケート調査（現状および将来の売上、社会的便益）やインタビューを行った。関係各社から回答があった売上、社会的便益については、業界団体等へのヒアリングまたは専門家からなる委員会等で精査した。なお、十分なアンケート回答が得られなかった場合には、NEDO において、業界団体、民間調査機関の公表データから補完計算し、その結果について参加企業、業界団体等に確認等を得たうえで、採用した。以下に、具体的な調査方法、70 製品の選定方法について記す。

2.2 「NEDO インサイド製品」の対象

NEDO プロジェクトでは、大学・公的研究機関等の基礎研究において学術的に大きなインパクトが得られた研究成果を実用化したり、社会的に緊急課題が発生した場合の対応など、企業単独ではリスクが高く、解決できないようなハードルの高い社会的課題に対して産学官連携で実用化に向けた技術開発に取り組むことが多い。そのため、「NEDO インサイド製品」では、NEDO プロジェクトから生み出されたコア技術が、極めて高い開発目標の達成やノウハウが活用されている場合が多い。NEDO プロジェクト

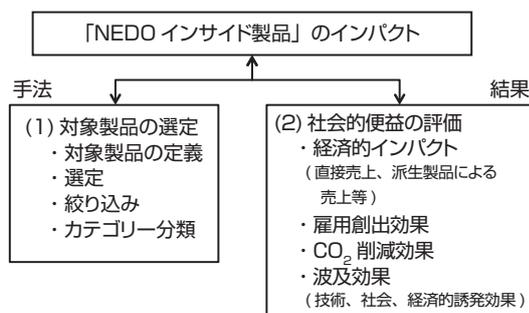


図 1 「NEDO インサイド製品」に関する選定手法と社会的便益に関する構成

で開発されたコア技術とは、産官学の連携によって開発され、実用化に際して、不可欠な革新技術のことであり、具体的には、高変換効率、高速分解、高速反応、超長寿命化、超軽量化、高耐久性、表面制御、省エネ化、高効率燃焼制御、高信頼性評価、相反機能発現等の実現が挙げられる。また、開発成果の寄与率を100%とした理由として、該当するおおよそすべての製品が、1) 中長期に渡って複数のプロジェクトに参加していた、2) 社内では取り上げ難いテーマで、資金獲得が難しい状況であった、3) 企業研究では難しい外部専門家等からのサポート、4) プロジェクトの開発成果がなかったら、実用化はなかったと思っている開発者の意思、5) 大切な時期に研究費を税金で賄ってもらったのだから、実用化するのは企業の義務、6) 寄与率は製品によって状況が異なり、企業自体も把握できていない、7) 実用化の時期は、プロジェクト成果の仕上がり次第に左右されており、事業化の段階は研究というよりノウハウ、自社製造の貢献であると捕らえた方が正しい等、いずれの製品も複数の理由があり、NEDO プロジェクトでの開発成果がなかったら到底、実用化はできなかつたであろうという仮定の下で、寄与率100%として試算することとした。これまでにNEDOプロジェクトから生まれた製品に関する売上については、断片的な情報しか明らかになっていなかった。そのため、最初に対象製品を分類するため、「NEDO インサイド製品」において、(i) 1,000 億円以上の直近単年度売上程度であれば、新規事業部の新設レベル、(ii) 100 億円以上 1,000 億円未満の直近売上程度であれば、新規製品の発売レベルであり、その他の候補製品として、(iii) 売上は小さいが、社会的便益が大きいと見込まれる製品として分類することにした。具体的な手順は下記のとおり。

2.3 「NEDOインサイド製品」の定義

「NEDO インサイド製品」候補製品を以下のとおり定義した。

- 1) プロジェクトの前段階、もしくは後段階に他の研究開発に参加しても、コア技術がNEDOプロジェクト期間中に開発され、上市・製品化に大きく寄与していれば対象とする。
- 2) プロジェクトに参加した大学・公的研究機関等によって開発された成果を、参加企業によって上市・製品化に利用していれば対象とする。
- 3) 企業への補助・助成事業、および導入・普及を目的とする『国際実証・連携事業』の開発成果は対象としない。
- 4) 調査研究事業による開発成果は対象としない。

2.4 企業へのアンケート項目

NEDO プロジェクトへ参加した企業へのアンケート項目としては、①製品名、②プロジェクト名、実施期間、投入

予算、③プロジェクトの成果概要、開発成果が「NEDO インサイド製品」のどこに使われているのか、④売上を上げている参加企業名、⑤参加企業ごとの5年間の累積売上、または業界全体の売上データ^{[19][23]}、⑥2010年における直近売上、2011～2020年の将来の売上見込額、⑦⑤、⑥の試算に使った根拠（公開データ、論文等）、⑧社会的便益（CO₂削減量、省エネ効果、雇用等）、⑨特許・論文、ノウハウ、他の製品への波及効果、受賞歴、その他重要な項目について事業社からの回答を得た。但し、アンケートで十分な回答が得られなかった場合には、NEDOにおいて⑩業界団体の公表データ、⑪公的機関、民間調査機関の公表データを用いて、⑫さらに不足するデータについては、上記の取得データから各種売上、社会的便益等について補完計算を行ったうえで、その結果について参加企業に確認して取得データとした^{[12][16]}。

2.5 「NEDOインサイド製品」に関する候補製品の絞り込み

「NEDO インサイド製品」候補製品の絞り込みについては、図2に示すように情報収集・抽出、1次絞り込み、2次絞り込み、情報確定の4段階で行った。情報収集・抽出の手段では、①追跡アンケート、追跡ヒアリング等、②特許、文献、業界誌、NEDO関連資料等、③プレスリリース、IRデータ、報道資料等、④プロジェクト参加者からの事例紹介、⑤業界キーパーソンからの事例紹介、による5つの方法で行ったが、いずれの方法にも長所と短所があり、一つの情報源で「NEDO インサイド製品」の母集団とすることは困難であった^[24]。①～④については確実にNEDOプロジェクトの実用化事例を抽出することができる一方、現在の市場動向は不明な場合が多かった。特に、開発年次が古い技術やニッチな市場であるほど、上市時点での情報があるのみで、その後の販売状況についての情報が得られない場合が多かった。一方、⑤については、市場投入に関する情報を効率的に得ることができる一方、開発当初にNEDOプロジェクトと、どのような形で関わった

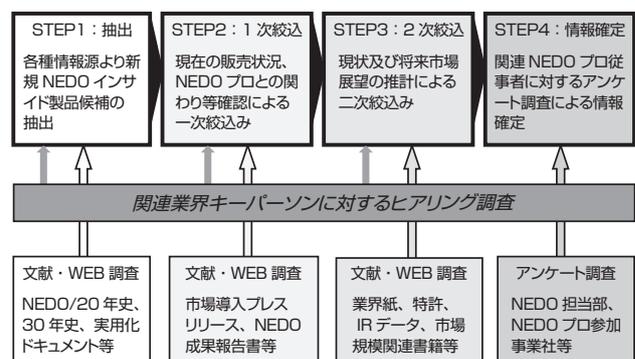


図2 「NEDOインサイド製品」に関する選定スキーム

表1 「NEDO インサイド 70 製品」に関するカテゴリー分類

指標	狙い	概要	効果	具体的な「NEDO インサイド製品」（製品 / 部品の順）
1. 【市場創出の先駆者】	数多くの新規市場創出を先導!	民間企業が1社ではできないようなリスクの高い革新的な技術開発を、中長期にわたり支援し、市場創出を実現する。	・市場創出 ・売上げ ・雇用効果	【12製品】・・・太陽光発電、ブルーレイディスク関連技術、家庭用ヒートポンプ給湯器、ガスタービン、風力発電、家庭用燃料電池、ロボット（産業用、動作支援等）、クリーンディーゼル乗用車、天然ガス自動車、超電導線材、移動体用蓄電池、高出力二次電池
2. 【国際競争力のプースター】	世界トップの技術で産業競争力の優位性を確保!	国際競争が激しい分野で、技術開発を加速されることで、我が国の産業競争力強化に資する。	・国際戦略 ・売上げ ・プレゼンス	【15製品】・・・高性能ストーカ炉、エキシマレーザー半導体装置、大型CAT-CVD装置、ターボ冷凍機、半導体評価技術装置、ピンチテクノロジーによる工場地域のエネルギー共有技術、高性能LED材料、ハードディスクドライブ、半導体不揮発性メモリ、積層DRAM、パワー半導体材料、宇宙用蓄電池、自動車用無段変速機、液晶ディスプレイ用偏光フィルム、電気二重層キャパシタ、電子チップ積層フィルム
3. 【幅広い分野の底上げ】	基盤技術開発で幅広い分野の技術の革新を後押し!	民間企業が単独で開発するには時間と費用のかかる材料開発や基盤技術開発に関する技術革新を促進する。	・産業基盤 ・社会インフラ ・学術波及	【8製品】・・・産業用中型発電機、鋳造シミュレーション、高機能・信頼性サーパ、樹脂部品用接着剤、金属ガラス、光触媒、高性能セラミックス、MEMS
4. 【環境・エネルギー問題解決への貢献】	高信頼性技術で環境・エネルギー問題の解決に貢献!	深刻化する環境・エネルギー問題（省エネ、新エネ、有害物質削減等）に対し、新しい技術開発によって環境配慮型の社会作り貢献する。	・規制対応 ・地球環境 ・省エネ ・快適便利	【16製品】・・・地熱発電、廃棄物発電、高性能工業炉、低公害ハイブリッドディーゼル車、省エネ型建機、産業用ヒートポンプ、待機電力型デジタル複写機、蓄熱輸送、次世代吸着式冷凍機、冷熱蓄熱システム、液中燃焼法フロン破壊、低燃費タイヤ、廃棄物固形燃料、サルファーフリー軽油、エコセメント、高性能・高機能真空断熱材
5. 【安全・安心・快適生活の実現】	多様な技術レパートリーで安全・安心・快適生活を実現	新しい技術の開発と、それを様々な用途に適用することで、国民の生活、世界の人々の生活をより安全・安心・快適にするように後押しする。	・安心安全 ・社会貢献 ・快適便利	【19製品】・・・ナノイ応用製品、4次元X線CT診断装置、バイオ研究顕微鏡、共焦点レーザー顕微鏡、極低温電子顕微鏡、短下肢装具、省エネ型大型ディスプレイ、ガソリンペーパー回収装置、ノンVOC塗装システム、糖鎖微量迅速解析システム、体脂肪計、双腕仕様機、活性汚泥法(MBR)用膜ユニット、高効率嫌気性生物処理(UASB等)、排ガス後処理システム、バイオレメディエーション、電子材料用絶縁材料、半導体製造用クリーニングガス、アスベスト代替ガasket

かに関する情報が得られない場合も多かった。NEDO プロジェクトとの関わりについては、NEDO 内データベース等で確認を行ったが、80年代など古いプロジェクトの開発成果については十分に情報が得られない場合もあった。そこで、実際には、①～⑤の情報を組み合わせながら、「NEDO インサイド製品」候補を抽出した^{[12][16]}。さらに、上記①～③によって1次絞り込みを行ったうえで、アンケート結果や④、⑤による有識者ヒアリング等の結果によって2次絞り込みを行い、外部専門家からなる委員会等において情報の確定を行って、最終的に「NEDO インサイド製品」としてトップ70製品を決定した。

「NEDO インサイド70製品」については、すでに報告した「NEDO インサイド50製品」^[24]における、その後の売上状況、同類製品（ロボット、パワー半導体等）の統合により、47製品に統合、再整理した。そのため、この研究では、新規製品として23製品を追加した。新規な候補製品の抽出では、NEDO プロジェクトの成果報告書やNEDO データベース検索等^[25]によりNEDO プロジェクトとの関わりを再度確認した。また、現在の市場導入状況については、当該事業社による市場関連プレスリリースや関連分野の専門誌による市場導入関連記事の検索等を行ったのち、過去5年間の累積売上、直近の売上、将来の売上見込額、社会的に大きな社会的便益が期待できる製品として、内部評価を行って、1次絞り込み154製品を決定した。さらに、2次絞り込みとして、定量評価、ヒアリング等を行いながら、

外部有識者等からなる委員会等で72製品に絞り込み、最終的に売上が多い上位70製品を決定した。

2.6 「NEDOインサイド製品」のカテゴリー分け

当初、NEDO プロジェクトの基本計画、および製品が有する特性と照らし合わせて、①市場の先駆者、②国際競争力、③基礎基盤による底上げ、④社会課題への対応で分類したが^{[12][16]}、NEDO のミッションから、④項が半数以上を占めていた。そこで、さらに④項について詳細な分析、検討を行ったところ、社会的な要請や身近な課題に分類することで、製品の特性が明らかになることが判り、「資源・エネルギー課題解決」、「安心・安全、快適生活の実現」と再分類することにした。その結果、「NEDO インサイド70製品」では、(1)市場創出の先駆者：12製品、(2)国際競争力のプースター：15製品、(3)幅広い分野の底上げ：8製品、(4)環境・エネルギー課題解決への貢献：16製品、(5)安全・安心・快適生活の実現：19製品、と5分類に再整理した(表1)。このカテゴリー分けで明らかのように、「NEDO インサイド製品」は、社会的な課題解決(CO₂削減、省エネ、新エネ、地球環境、有害物質削減、排ガス、生活関連、廃棄物、医療等)に関する製品やプロセスに関する開発が多く、売上は大きくないものの、規制対応、環境問題への対応、医療診断、福祉機器等社会的貢献が大きい製品が数多く含まれていることが明らかとなった。

2.7 「NEDOインサイド製品」に関する将来売上予測

「NEDO インサイド製品」の売上は、上市後の時間経過

に応じて変動する。多くの製品の場合、上市後は、小さな売上期間が数年経過した後、徐々に売上が伸びて、一定の売上を得た時点で成熟して売上の伸びが鈍化し、その後、一定期間を経て、最終的には減少傾向に至る。図3(A)に「NEDO インサイド製品」に関する売上のライフサイクル曲線を示す。「NEDO インサイド製品」には、製品寿命が太陽光発電のような30年近いものから、電子部品のような数年のものまで多様であった。そのため、製品の性質に応じて、売上カーブをどの程度のスピード感で描いていくのか、さまざまな観点から調査して、最適な寿命カーブを選択する必要があった。「NEDO インサイド製品」の売上効果を評価するため、過去5年間の累積売上、直近の売上、将来の売上見込額の3種類の売上进行を試算した。なお、将来の売上見込額は製品によって、図3の(B)、(C)、(D)にあるような推移で売上が変化することが想定される。図3-(B)は、今後一定期間、売上伸び率が前年を上回っていくと期待されている製品で、過去から2011年からの売上の伸び率で2020年まで伸びると想定して試算するケースである。図3-(C)は、業界、国等により売上金額が毎年一定額伸びていくと予想されている製品で、アンケートの企業回答に将来の売上見込額がある場合には、2011年から将来の当該年度までの伸び率で2020年まで伸びると想定して試算するケースである。図3-(D)は、製品寿命が短い、または、将来、売상을予想し難い製品で、2011年時点から売上の伸びはなく、毎年、同額の売上が続く想定して試算するケースである^{[13]-[18][24]}。なお、(E)、(X)、(Z)のような売上カーブを示す製品は、すでに売上がない、売上があっても極めて小さい、あるいは過去に売上はあったが、今はほとんどないものであり、今回の候補製品からは除外されている製品やプロセスである。

2.8 「NEDOインサイド製品」における成功要因について

「NEDO インサイド製品」において、成功に繋がった大きな要因として、1) 普段の研究に比べて、かなり多くのデータを取得できた、2) 大学との共同研究を通じて、メカニズムを解明して、信頼性向上、問題点の解決、研究方針の作成・変更、スケールアップ等に役立てた、3) 最初から実用化、成功できる技術として自信を持っていた、4) 長い間、心の中でアイデアを暖めていた、5) 他の研究者には真似できないノウハウ、武器を持っており、プロジェクトの中で磨いて活用した、6) マーケット情報は当てにならないと判っていたので、提案思考で共同研究先(ニーズ)と情報交換を行っていた、7) プロトタイプによる実証実験を行い、検証と改良の繰り返しにより、完成度を高め、事業部門との架け橋となった等、が開発者のアンケートやヒアリングから明らかとなった。その他の要因もあると考えられるが、今後の追跡調査で明らかにしていく必要がある。

3 「NEDOインサイド製品」のインパクト評価

3.1 「NEDOインサイド製品」の特長

「NEDO インサイド 70 製品」の中で、太陽光発電、風力発電、ガスタービン、家庭用ヒートポンプ給湯器、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems)、クリーン自動車等は1,000億円以上の直近売上があり、売上を順調に伸ばしているが、廃棄物発電、家庭用燃料電池等の100億円以上1,000億円未満の直近売上がある製品は、大方の導入が終わっている、または高コストのために期待されるほどの大きな売上の伸びはなかった。特に、大型の製造設備等に関する製品の売上は景気の動向に左右されやすく、一旦、導入すれば運用だけしか売上にカウントで

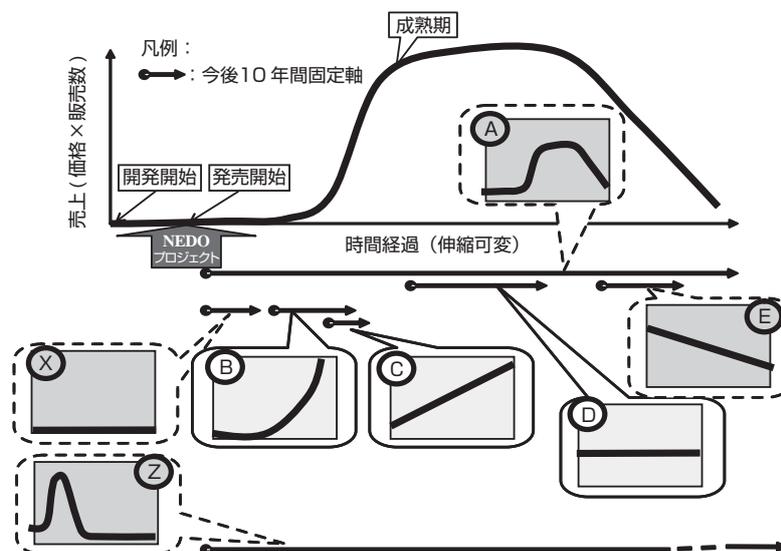


図3 「NEDO インサイド製品」に関する売上のライフサイクル

表 2 「NEDO インサイド 70 製品」の売上実績と将来の売上予測

(単位：億円)	NEDO 投入費用		売り上げ実績		将来の 売り上げ見通し (2011~20年の累積)
	単年度 平均研究開発費	累積 研究開発費	直近単年度 (2010年)	最近5年間 の累積	
太陽光発電	58	1,735	15,800	46,400	219,400
風力発電	4	85	2,600	7,300	41,100
ガスタービン	35	532	2,600	11,900	40,100
家庭用 HP 給湯器	12	154	3,400	16,000	38,500
家庭用燃料電池	49	880	120	300	11,600
ブルーレイ関連製品	12	61	5,100	14,500	51,500
半導体関連製品	35	280	500	1,700	65,000
MEMS	18	250	400	1,200	6,700
高性能セラミックス	5	123	100	110	10,500
高性能工業炉	11	80	20	400	1,100
廃棄物発電	10	100	200	1,500	2,500
水処理 (膜分離等)	19	118	400	1,300	6,000
バイオ顕微鏡	20	98	100	90	1,200
その他	—	1,913	9,460	40,100	196,000
合計	—	6,409	40,800	142,800	691,200

市場創出の先駆者 国際競争力のプースター 幅広い分野の底上げ 環境・エネルギー課題解決 安全・安心・快適な生活実現

「その他」：ロボット、大型ディスプレイ、廃棄物発電、真空断熱材、フロン破壊、HDドライブ、半導体製造技術、CNG自動車、エコセメント、MEMS、体脂肪計、半導体接着技術、ナノイー応用製品、X線CT診断装置、省エネ型建機、電子材料用絶縁材料、産業用ヒートポンプ、省エネ複写機、氷蓄熱システム、サルファーフリー軽油、糖鎖微量迅速解析システム、高機能・信頼性サーバー、超電導材料、ストーカー炉、光触媒等

きないビジネス特有の事情がある。一般的に、売上が大きい製品は、コモディティー化によって単価は急激に低下し、国内外での売上販売台数の増加等によって、ある程度の売上を確保、または拡大している。また、売上は小さいが社会的便益や産業競争力強化に大きく貢献している製品 (大幅なCO₂削減、コア部品として国際的なシェアが大きい等) は、社会的な課題解決 (環境問題、安心安全の確保、快適な生活等) に資する製品に多く含まれている。

3.2 「NEDOインサイド製品」における直接売上に関する評価

「NEDO インサイド 70 製品」に関する NEDO の投資金額、過去 5 年間の累積売上、直近売上、将来 10 年間の売上見込額を試算した結果を示す (表 2)。70 製品に関する研究開発累積費 6,409 億円に対して、直近売上実績：4.08 兆円、直近 5 年間の累積売上実績：14.28 兆円、2011～2020 年までの将来の売上見込額：約 69.1 兆円と試算された。なお、単独企業によって販売された製品に関する売上は、公表することが難しいために、複数社で同一製品を売上している場合は合算額を計算し、その他の単独企業が売上している製品は、「その他」の項にまとめて合算した^[19]。

NEDO プロジェクトの原資は国費であることから、「NEDO インサイド製品」に関する将来の税収見込み額や雇用創出効果についても試算を行った。これまでに「NEDO インサイド 70 製品」に対するプロジェクト投資額 6,409 億円、「NEDO インサイド 70 製品」に対する今後 10 年間の累積売上額は 69.1 兆円であり、税収を式 (1) で試算すると、1 兆 291 億円の税収見込みがあることが試算された。売上から得られる将来 10 年間の税収が、プロ

ジェクト投資額を超えることが明らかとなった。

○70製品に対する国費支出額累計は約6,409億円

○法人所得課税：約69.1兆円×3.66% (税引き前利益率^{用語1})
×40.69% (法人実効税率)
=約1兆291億円……… (1)

なお、NEDO はこれまでの 30 年間に約 3 兆円の研究開発投資を行ってきており、上記の結果から、売上に寄与した 6409 億円に対して、残りの約 2.36 兆円の投資は人材育成や技術的波及効果はあるものの、売上に直接寄与しているかは、現在のところ把握できていない。現状では、約 3 兆円の投資に対して、今後 10 年間で 69.1 兆円の売上が期待できるという結論に至った。そのため、売上に繋がらなかった約 2.36 兆円の投資がいかにか、その他の経済的なインパクトや社会的便益について寄与しているのかを検討することがさらに必要である。

3.3 雇用創出効果 (2010年、および2011～2020年の累計)

雇用創出効果については、直近売上と今後の累積売上予測額 (2011～2020年) をもとに、国内製造業の売上に対する人件費率と平均年収 (ともに 2004～2008 年度実績) から、それぞれ試算したところ、2010 年には年間 10.9 万人程度の雇用が創出され、2020 年までには年間 18.5 万人の雇用を生むことが明らかとなった (式 (2) および (3))。なお、実際には、同じ人材が継続的に雇用されることが想定されることから、2011 年以降は、約 7.6 万人の新規雇用が生み出されることに相当することになる (式 (4))。

○約4.08兆円×13.38% (売上高人件費率^{用語2}) ÷ 499万円

表3 「NEDO インサイド製品」に関する CO₂ 削減効果

カテゴリー	具体的な「NEDO インサイド製品」	CO ₂ 削減効果 ¹⁾ (トン-CO ₂ /年)
1. 市場創出の先駆者	【8 製品】・・・太陽光発電、家庭用ヒートポンプ給湯器、風力発電、家庭用燃料電池、移動体用蓄電池、ガスタービン、高出力二次電池、クリーンディーゼル乗用車	196,756,986
2. 国際競争力のプースター	【5 製品】・・・パワー半導体材料、ターボ冷凍機、自動車用無段変速機（ベルト CVD）、ピンチテクノロジーによる工場地域のエネルギー共有技術、高性能 LED 材料	37,443,907
3. 幅広い分野の底上げ	【1 製品】・・・産業用中型発電機	231,250
4. 環境・エネルギー問題解決への貢献	【14 製品】・・・廃棄物発電、高性能工業炉、低公害ハイブリッドディーゼル車、エコセメント、液中燃焼法フロン破壊、産業用ヒートポンプ、高性能・高機能真空断熱材、待機電力型デジタル複写機、サルファーフリー軽油、省エネ型建機、蓄熱輸送、地熱発電、廃棄物固形燃料、低燃費タイヤ	274,152,410
5. 安全・安心・快適生活の実現	【2 製品】・・・電子材料用絶縁材料、半導体製造用クリーニングガス	20,968,776
総計 (30 製品)		529,553,329

1) CO₂ 削減量は、2011～2020 年における機能発現、導入予測台数で、累積 CO₂ 削減量を試算

(平均収入) = 約10.9万人/年・・・・・・ (2)

○約69.1兆円×13.38 % (売上高人件費率^甲註2) ÷499万円

(平均収入) = 約185万人/10年・・・・・・ (3)

○18.5万人/年 (2011年以降の雇用増加分) -10.9万人/年 (2010年雇用) = 約7.6万人/年・・・・ (4)

3.4 「NEDOインサイド70製品」に関するCO₂削減効果

「NEDO インサイド 70 製品」のうち年間 100 万トンの CO₂ 削減効果が期待できる製品は 30 製品が該当するが、具体的には、太陽光発電、風力発電、家庭用ヒートポンプ、高効率ガスタービン、パワー半導体、LED 材料、廃棄物発電、フロン破壊、廃棄物固形燃料、半導体クリーンガス、高性能工業炉等であった。これらの製品による CO₂ 削減効果は、既存製品に置き換わった場合やフロン分解のように GWP (地球温暖化係数: Global Warming Potential) として CO₂ 換算で大きく温室効果ガスの削減に寄与する場合がある。いずれの場合も、事業社、業界団体等、あるいは NEDO が対象となる「NEDO インサイド製品」に置き換わることを前提とした試算を行ったうえで、専門家からなる委員会等において精査して、CO₂ 削減量を推定した^{[17][18]}。その結果、これらの製品やプロセスによる今後 10 年間における CO₂ 削減効果は約 5.30 億トン/10 年となった (表 3)。なお、2012 年度の国内の CO₂ 排出量は 13.43 億トン/年であることから、年間で換算すると 3.94 % の削減に寄与することが明らかとなった。

4 「NEDOインサイド製品」に関する経済的インパクト

産業連関表の活用により、「NEDO インサイド製品」に関するサプライチェーンの上流・下流に及ぼす経済的な誘発効果を推計することができる。しかし、経済的な誘発効果を推計することができる「NEDO インサイド製品」は慎重

に選定する必要がある。この研究で示す経済的インパクトとは、当該製品に関する「直接売上」、および製品製造により、新たに誘発される売上による「一次経済的誘発効果」および雇用売上による「二次経済的誘発効果」のことであり、下記のように定義した。

<経済的インパクトの定義>

- ・「直接売上」: 当該製品自体の売上額
- ・「一次経済的誘発効果」: 当該製品を製造するのに不可欠な川上側の部品・材料
- ・「二次経済的誘発効果」: 直接効果および一次誘発効果によって生じる雇用、消費

例えば、売上規模が小さく、産業連関表等の統計資料において存在感が非常に小さな製品は、推計上の誤差が大きくなり、誤った開発成果の広がり性を示すことになりかねない。このことを念頭に、具体的には、以下の条件を満たす製品やプロセスを試算対象とした。

4.1 経済的な誘発効果 (一次、二次) を推計対象とする要件

半導体産業や、自動車、エネルギー分野等では、複数の開発成果が活用されており、具体的には、素材、部品、製造装置、最終製品等、多岐にわたる。一方、一つの成果が及ぼす直接売上は限定的であり、当該産業における NEDO プロジェクトの開発成果の位置付け (部品、製造装置、機器、最終製品、代替製品等) は、直接売上と経済的な誘発効果の推計重複を防ぐためにも明確にしておく必要がある。以上から、本試算では「NEDO インサイド 70 製品」のうち、下記の経済的な誘発効果 (産業連関を活用した他産業での売上に関する波及効果) の推計対象とする条件を満たすものは表 4 に示す 20 製品が該当した。

- ・一定規模の売上があること (例えば、年間100億円以上)
- ・当該市場において一定程度普及・定着しており、経済的

な効果の広がりが期待できること

- ・既存製品・プロセスの付加価値向上ではなく、新規産業創出や革新的製品・プロセス変換が見込まれるもの
- ・統計上、製品・プロセスのカテゴリーにおいて一定の存在感を有していること

4.2 経済的な誘発効果に関する推計の検討

NEDO プロジェクトによる開発成果を活用した製品・プロセスは多岐にわたり、必ずしも同一の売上推計手法が適用できるとは限らない。そこで、「NEDO インサイド製品」の特性を整理したうえで、各々の製品やプロセスについてこの研究で推計すべき経済的誘発効果について検討した。下記に推計上の留意点と対応を記す。

①推計には産業連関表を用いるが産業連関表自体の調整は行わず、2005年版（全国108部門）を活用

②部品・素材と製造装置の位置付けの相違：

半導体産業分野におけるNEDOプロジェクトの開発成果については、素材や部品として市場に導入されているケースが多い。一方、製造装置で算出される経済的効果は製造装置（産業機械）の市場投入に係る直接売上である。そのため、半導体に関する推計では、素材・部品等の存在感が大きいことから、製造装置は直接売上（装置の売上）のみを検証し、素材・部品に関しては一次、二次の経済的誘発効果までを計上した。

③部品・素材と最終製品に係る誘発効果の重複：

自動車産業については、NEDOプロジェクトにおける開発成果が素材・部品、製造装置、最終製品（自動車）に活用されている。本試算では、自動車分野でNEDOプロジェクトが大きな役割を果たした最終製品（低公害ハイブリッドディーゼル車、クリーンディーゼル乗用車）のみを計上した。

④産業連関分析による二次誘発効果の取り扱い：

一次経済的誘発効果がサプライチェーン上の上流における経済効果を示す指標である一方、二次経済的誘発効果は、直接売上効果（NEDOプロジェクトによる開発成果を活用した製品、プロセスの売上）と一次経済的誘発効果によって生まれる雇用による消費を示す指標であり、特定産業への経済効果というよりも雇用拡大による経済の底上げという社会的効果として計上した。

⑤エネルギー分野における経済的効果の取り扱い：

蓄電池以外の各製品の共通点は、『エネルギーを生産する装置・機器』であり、再生可能エネルギーを供給するものと、従来エネルギーの省エネに繋がるものがある。特に、再生可能エネルギー関連装置（太陽光発電、風力発電、地熱発電）は、新規に市場を創出する製品群であり、サプライチェーンの上流市場に直接売上に及ぼした他

にも、売電収入の拡大、雇用の創出等多様な効果を発揮している。一方、再生可能エネルギー関連装置、ガスタービン、燃料電池は省エネ関連機器として既存の化石燃料の削減に繋がっている。

4.3 産業連関表分析における一次経済的誘発効果、二次経済的誘発効果の推算

「NEDO インサイド製品」製造に係わる産業への一次経済的誘発効果（産業連関による「NEDO インサイド製品」製造にかかる他産業での売上）については、太陽光発電であれば当該技術を用いたパネル製品の国内における売上に直接売上とし、そのパネル製品の生産に必要な中間製品ごとの需要額を産業連関表の中間投入係数等により推算し、それに自給率およびレオンチェフ逆行列を乗じることにより一次経済的誘発効果（生産誘発額）を推算した^[26]。さらに直接売上および一次経済的誘発効果から誘発される「雇用者所得増」を推算し、それに消費転換係数を乗じることにより「消費需要としての最終需要額」を推算した。それらの結果に「産業別民間消費支出」を乗じて産業別の消費需要額を推算し、それに自給率およびレオンチェフ逆行列を乗じることにより二次経済的誘発効果（産業連関による雇用拡大等に伴う効果額）を推算した。また、当該素材・部品が活用されている最終製品の市場規模については、NEDO が調査した産業系図の情報^{[27]、[30]}、および関係団体等の統計資料^[31]を活用して推算した。

4.4 半導体関連製品に関する一次経済的誘発効果と二次経済的誘発効果の推算

「NEDO インサイド製品」における半導体関連製品には半導体部品および半導体装置が含まれているが、4.2の②の理由から、対象となる半導体部品（半導体関連製品の中で一次、二次誘発効果が発生すると考えられる製品；携帯電話・スマートフォン、携帯ゲーム機、パソコン、ハードディスクドライブ装置、自動車等）に関する生産増加額は53,470（百万円／年）となった。それがすべて国内で供給されると仮定すると、直接売上は53,470（百万円／年）となる。それらの結果に投入係数（「部品（素材）」）を乗じて、直接売上から発生する中間投入財の生産額を37,936（百万円／年）と推算した。これらの中間投入財には海外から輸入されるものが含まれるため、各財の国内自給率を乗じて国内需要増加額（第1次）は32,331（百万円／年）と推算した。それらの結果に逆行列係数を乗じて、一次経済的誘発効果が64,133（百万円／年）と推算した。次に、直接売上からの雇用者所得増9,822（百万円／年）と一次経済的誘発効果からの雇用者所得増15,816（百万円／年）を足して雇用者所得誘発額（直接+第1次）を推算し、それに消費転換率と消費パターンを乗じて家計消費支出増加

額 17,972 (百万円 / 年) を推算した。ここで消費されるものには、海外から輸入されるものが含まれるため、それに各財の国内自給率を乗じたうえで、逆行列係数を乗じて二次経済的誘発効果を 27,410 (百万円 / 年) と推算した。同様に 2011 年～2020 年の累計経済効果の広がりについても推算した (図 4-1、4-2)。また、他の各産業についても同様の形で経済的効果として、直接売上、一次経済的誘発効果、および二次経済的誘発効果を推算した。

4.5 「NEDOインサイド製品」に関する一次誘発効果と二次誘発効果の推算

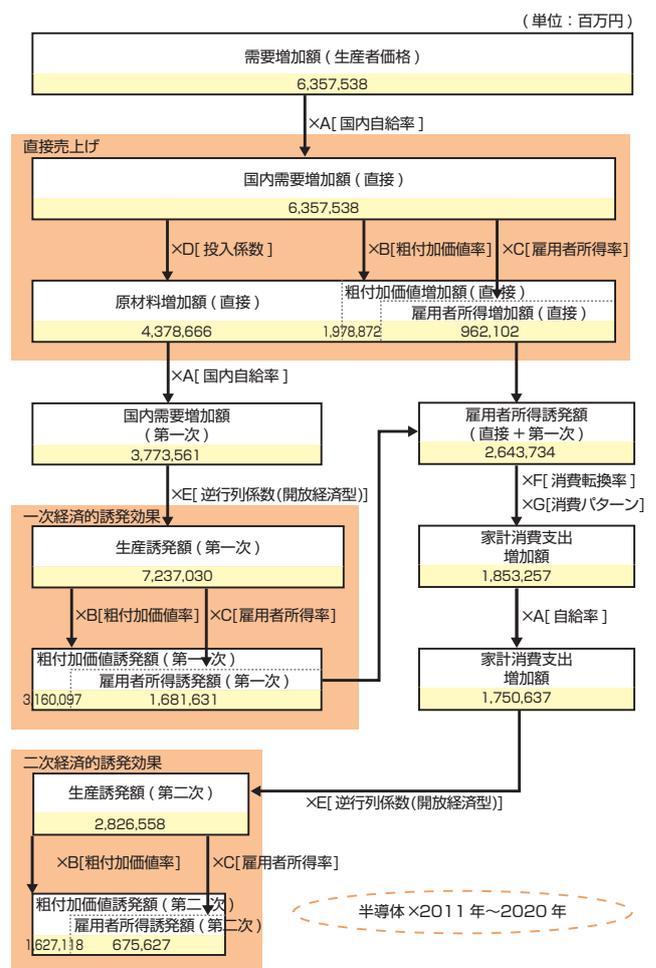
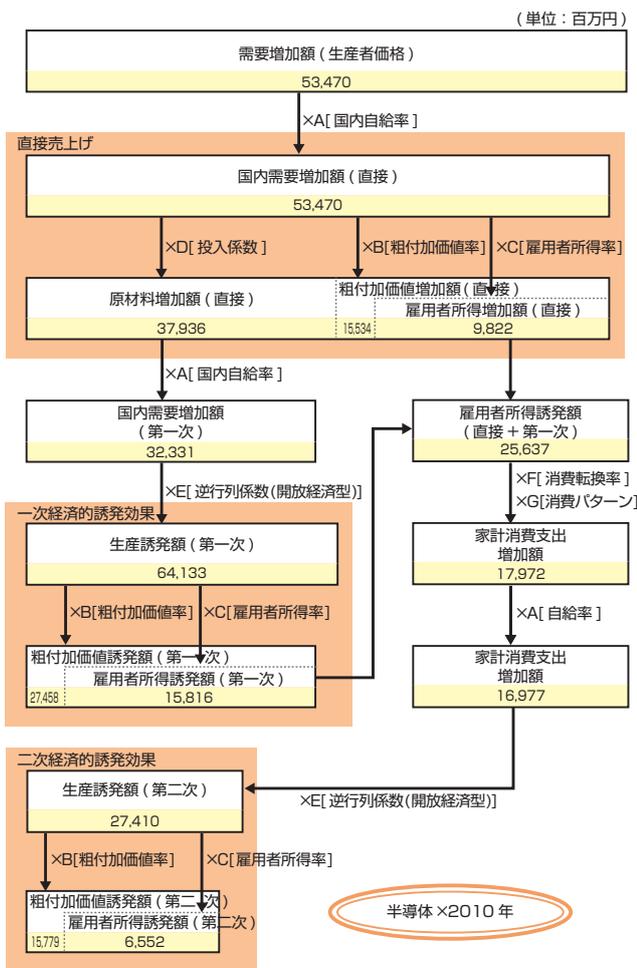
産業連関表の活用により、「NEDO インサイド製品」に関するサプライチェーンにおける上流・下流に及ぼす経済的誘発効果(一次、二次)を推計できる製品は 20 製品であり、具体的な産業分野としては、エネルギー、半導体、自動車、住宅に分類され 2011 年から 2020 年までの直接予想売上、経済的効果として、直接売上 (65.76 兆円)、一次経済的誘発効果 (62.1 兆円)、および二次経済的誘発効果 (24.76

兆円) を表 4 にまとめた。直接売上が大きいエネルギー関連製品が、経済的誘発効果でも大きいことが明らかとなった。なお、直接予想売上には、一次、二次誘発効果があるなしにかかわらず、すべての当該分野の製品予想売上を合算した。表 4 の結果から、エネルギーや住宅関連製品について二次経済的誘発効果(雇用への影響)の寄与が大きい理由は、他の製品に比べて、製造に伴う雇用以外に現地設置、運搬等に関与する雇用が上乘せられることによる。NEDO プロジェクトでは、製造業の雇用促進に繋がる研究開発が数多く行われているが、雇用効果の拡大を狙ったプロジェクトでは、現地設置、運搬等に関与する雇用まで広がるような製品開発として捕らえる必要がある。

5 「NEDOインサイド製品」に関する技術的波及効果

5.1 要素技術として技術的波及した「NEDOインサイド製品」

「NEDO インサイド製品」の中には、直接売上が少な



*需要増加額 (生産者価格) とは、一次誘発効果や二次誘発効果が発生する当該製品のための単年度売上げ及び将来売上げから試算

図 4-1 産業連関表を用いた経済波及効果フロー (半導体部品：2010 年)

図 4-2 産業連関表を用いた経済波及効果フロー (半導体部品：2011-20 年)

表4 「NEDO インサイド製品」に関する今後10年間の予想売上及び経済的誘発効果

(単位：億円)

分野	具体的な「NEDO インサイド製品」 ¹⁾	経済的な誘発効果(2011～2020年)		直接予想売上 ²⁾ (2011～2020年)
		一次誘発効果	二次誘発効果	
エネルギー	太陽光発電、風力発電、家庭用燃料電池、ガスタービン、廃棄物発電等	360,539	154,440	319,811
半導体	ダイボンド、MEMS、不揮発性メモリー、DRAM、電子材料用絶縁材料、パワー半導体材料等	72,370	28,266	72,058
自動車	製品：低公害ハイブリッドディーゼル車、クリーンディーゼル乗用車 部品：サルファーフリー軽油用脱硫触媒、サルファーフリー軽油	68,406	17,488	162,404
住宅	真空断熱材、家庭用燃料電池、家庭用ヒートポンプ等	119,670	47,358	103,358
	総計	620,985	247,552	657,632

1) 「NEDO インサイド 70 製品」のうち副次的誘発効果は 20 製品が該当

2) 一次、二次誘発効果があるなしにかかわらず、当該分野の全ての製品に関する総額を試算

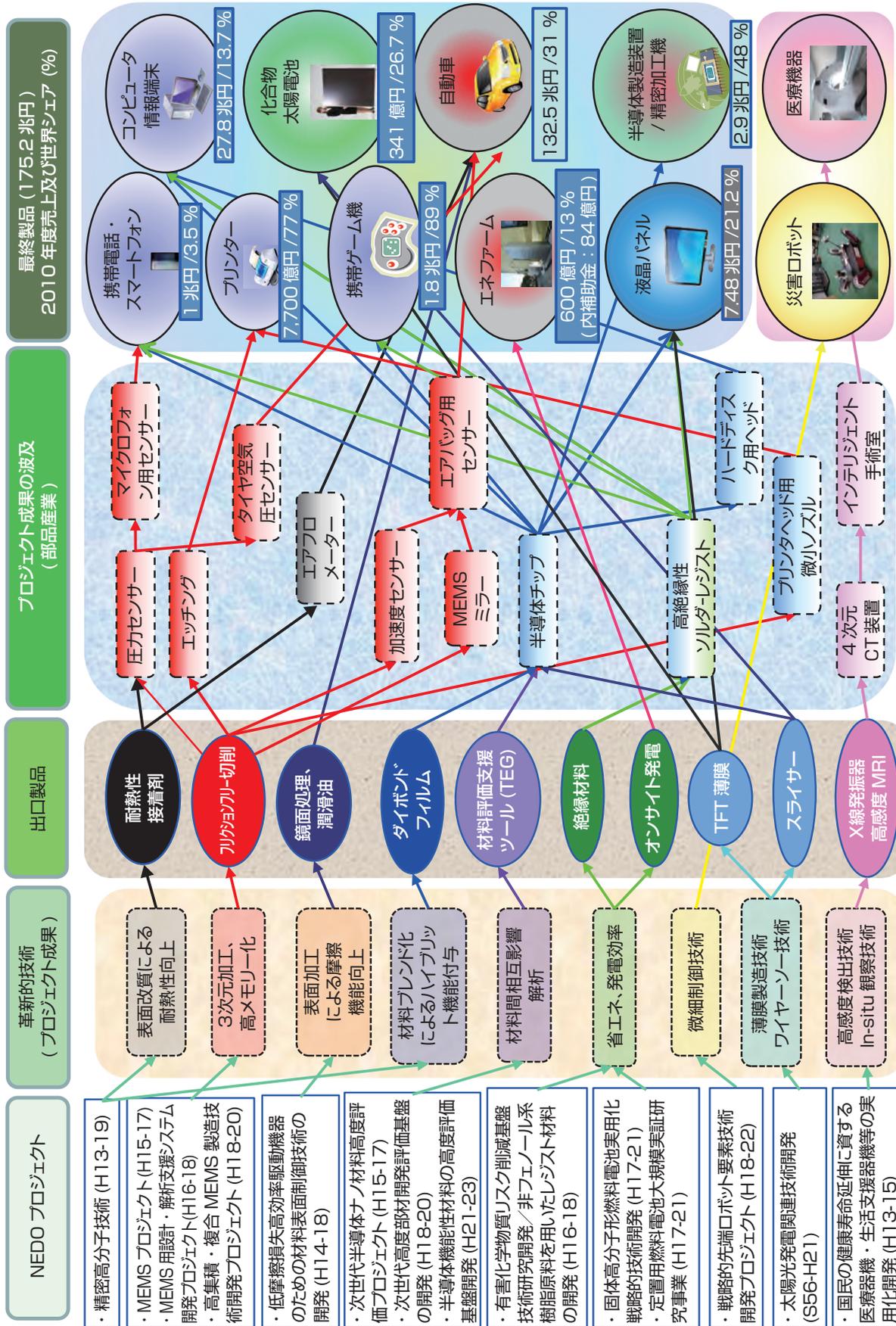
いものの、既存の製品の改良に大きく貢献した部品・部材、加工技術、中間製品がある。2000年以降に実施したNEDOプロジェクトから生まれた高機能な部品、加工プロセスの中で、技術的波及効果が大きかった「NEDO インサイド製品」に関するプロジェクトから製品への流れ、2010年度における国内売上および世界シェアを図5に示す。新エネルギーや環境関連のように開発期間が長い製品やプロセスに比べて、製品の寿命が短く、汎用性が高い高機能性部品や中間製品がさまざまな産業(自動車、コンピューター関連製品、家電等)への技術的波及効果となって急速に広がっている。各企業へのヒアリングでも、開発に費用と時間が掛かる革新的な大型装置やプロセス等の開発よりも、短期間で、開発費用が抑えられる高機能性部品や中間製品への研究開発へシフトしており、他の最終製品への技術的波及効果も大きいことが明らかとなった。その結果、関連する製品への売上効果は175.2兆円程度まで拡大していることが試算された^{[14][16][31]}。太陽光発電、ガスタービン、高性能工業炉、家庭用燃料電池等の最終製品は、売上が容易に試算することができるが、部品・部材、加工技術、中間製品等は、どのような最終製品に組み込まれているか、企業の研究者、業界団体等の有識者からのヒアリングやさまざまな情報ソース等によって推定することになる。例えば、NEDOプロジェクトにおいて開発された要素技術(MEMS、多層化フィルム、微細レーザー加工、In-Situ観察技術等)が後に、機能性中間製品(圧力センサー、加速度センサー、マイクロフォン等)の製造に寄与しており、さらにサプライチェーンの形でさまざまな最終製品(自動車、携帯電話、ゲーム機等)へと組み込まれていることが明らかとなった。また、「NEDO インサイド製品」に含まれる高性能中間製品の中には、他の「NEDO インサイド製品」との組み合わせによって、より高機能化、低コスト化、

省エネ化を実現し、国内の有力な基幹産業における重要な最終製品へと組み込まれていることが明らかとなった。

5.2 社会的便益が大きい「NEDOインサイド製品」

「NEDO インサイド製品」の中には、直接売上が少ないものの、社会的便益が大きい製品がある。特に、環境関連や省エネルギー関連製品については、CO₂削減やリサイクル(資源循環、埋め立て処分場の削減寄与)等が該当する。CO₂削減効果が大きな「NEDO インサイド製品」としては、フロン破壊プロセスがある。空調用のフロン冷媒を製造する段階で副生されるGWP(地球温暖化係数)が大きいHFC-23(トリフルオロメタン)を無害化できるプロセスが典型的な事例であり、国内に14基、海外で8基以上が稼働しており、国内では700万トンのCO₂換算/年削減に寄与しており、2010年には、COP3(京都議定書：気候変動枠組条約第3回締約国会議)の目標達成に大きく貢献した。

一方、社会システムの構築に大きく貢献した事例としてリサイクル技術の開発がある。NEDOプロジェクトの中で100テーマ以上の研究開発が行われ^{[16][18]}、その開発成果は、規制と相まって、我が国の廃棄物処分場の逼迫、有害物質の抑制、省資源といった社会的な課題の解決に大きく貢献した。図6に、リサイクル技術に関する技術体系を示す。リサイクルが十分でない時代には、空き瓶や新聞紙の回収、リユースが中心に行われていたが、NEDOプロジェクトの中でさまざまな材料や資源に関するリサイクル技術に関する基礎的、実用的な研究開発が行われ、技術の進展、処理能力の向上により、低コストが実現し、さまざまな廃棄物や半製品(混合物)へと波及し、リサイクル率向上へと繋がった。さらに、LCA(Life Cycle Assessment)やDfE(Design for Environment：環境配慮設計)などのソフト技術が発展することにより、のちにリサイクルしやすい製品の開発などソフト技術とハード技術の良い連鎖が起こることに繋がっ



*(第1期および第2期中計プロジェクトで、第2期中計中に確認された「NEDO インサイド製品」から作成)

図5 NEDO プロジェクトから生まれた革新的技術と中長期アウトカム (技術的波及効果)

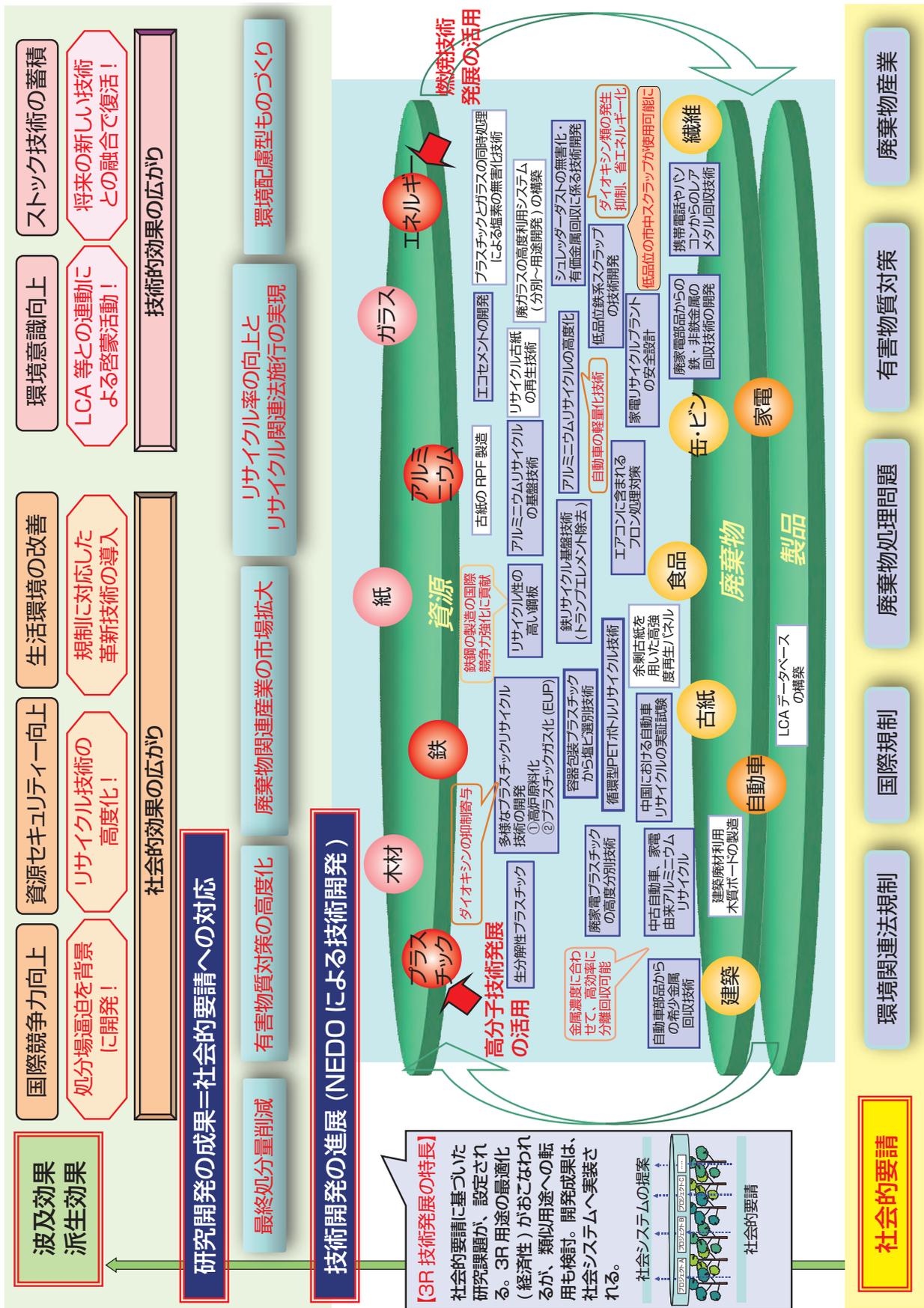


図6 「NEDOプロジェクト」とリサイクルシステムの関連

ていった。リサイクル技術の開発の中で、特に社会的便益が大きい事例として、“白物家電4製品（テレビ、クーラー、洗濯機、冷蔵庫）のリサイクルプラント”、“廃プラスチックの再資源化（高炉吹き込み、油化、RPF（Refuse Paper & Plastic Fuel：廃棄物固形燃料））”等がある。白物家電のリサイクルについては、自動車リサイクルとは異なり、製造事業社が自主的にリサイクルしなければいけないことが法律によって決められたため、業界が一体となって、経済的なリサイクルシステムを開発しなければならないことになった。そのため、それぞれの家電製造事業社が得意とする装置開発を担当、企業間の利害関係を乗り越えて、短期間で各社が最適な処理装置を開発し、その成果を実証、長時間連続運転を通じてシステム化させ、現在、国内で49箇所、年間処理量931千トンのリサイクルに大きく貢献していることが、事業社ヒアリングにより明らかとなった。この開発の中で、もっとも重要な要素技術は、“分別技術”であった。現在のリサイクルシステムが導入される以前は、自治体による廃棄物処分が行われていたため、廃製品の多くが裁断処理後、埋め立て処分されていたが、NEDOプロジェクトによって高度な分別技術が開発されたことにより、有用物の大部分を低コスト、効率的に回収することが可能となり、飛躍的にリサイクル率が向上することとなった。

一方、廃プラスチックの処理に関しては、当初、新しい技術が開発されるまでは埋め立て処分によって対応していたが、廃棄物処分場の逼迫、コスト高、燃焼に伴うダイオキシン発生の問題等、さまざまな社会問題を引き起こした。その後、LCAや精緻な経済性評価が行われることにより、サーマルリサイクルの形で熱エネルギー（一部は電気エネルギー）として回収することが、経済的に有利になることが明らかとなり、その後の処理では安全な焼却処理（排ガス処理）が行われるようになり、90%以上のリサイクル率（燃焼に伴う発電およびサーマルリサイクル）の向上に繋がっていった。一方、廃プラスチックの再資源化（油化等）については、法律の改定、ニーズのマッチング（素性が判った廃棄物、安定した廃棄物量、有償の引き取り手が存在する等）が十分対応できるケースについては、システムとして実用化できたが^{[16][18]}、多くの研究開発では、技術的には成功したものの、廃棄物が十分集まらない、人件費や輸送によるコスト高の問題で、多くの研究開発が中止、中断することになった。

1990年代にNEDOプロジェクトにおいて開発された装置やプロセスの開発においても、さまざまな失敗を繰り返しながらも、早期の実用化を目指して官民一体で研究開発に取り組んでいた。一方で、廃棄物のリサイクル処理費用を誰が負担するのか、という大きな社会問題が起きていた。その理由として、廃棄物処理にできる限り費用を掛けたくないとい

うのが世の中の大勢を占めており、研究開発ばかりでなく、リサイクルに対する強い意識転換が求められた。このような社会状況から、NEDOにはさまざまな情報が集まり、技術開発への戦略作りが行われたことで、新しい開発方針や他の研究開発へのヒントが獲得でき、無駄な研究開発を行わなくて済んだ等、当事者ばかりでなく、さまざまな開発者に対して良い影響（無駄な投資、時間、人材投入等）を与えていたことが、事業社ヒアリングから明らかとなっている。

6 「NEDOインサイド製品」拡充に向けた今後の課題

「NEDO インサイド製品」に関する調査、分析結果から、今後、該当製品の拡大に向けて、以下の課題が明らかとなった。いずれの観点も、この研究を行っている段階で、特に気になった観点と対策をまとめた^{[17][18]}。

(1) 「NEDO インサイド候補製品」の探索

NEDOが発足してから30年以上経過していることから、今回は開発成果が挙がっていると思われる過去のプロジェクトから生まれたと考えられる有望な製品やプロセスを任意に列挙して、文献調査、報告書の精査、関係者からのヒアリングなど、非効率な調査を行ってきた。これらの経験から、網羅的かつ効率的に「NEDO インサイド製品」を探索する手段として、NEDOが行っている追跡調査の最終回答（追跡調査6年経過時点）から、さらに5年、10年、20年と経過したすべてのプロジェクトに対して、現在の上市状況を確認するアンケート調査を実施する方法などが考えられる。また、NEDOプロジェクトの開発成果に関するデータベース構築、企業退職者へのヒアリング拡大など、開発成果の把握が拡大できる国レベルのシステムの整備が急がれる。

(2) 古いプロジェクトの開発成果に係る情報収集の困難さ

70～80年代に開発をスタートしたNEDOプロジェクトにおける古い開発成果については、当時のプロジェクトの位置付け、その後の製品市場導入までの動き、技術発展の経緯について、正確に情報収集することは非常に困難であった。対策としては、まずは、30年以上前の研究開発テーマに対する現状における市場の評価を確認する必要がある。そのうえで、当該分野のキーパーソンや、当時のプロジェクト担当者からヒアリングを行い、その結果を整理し、過去の“研究開発遺産”として記録し、今日の技術力の源泉がどのように育ってきたかを分析することが重要である^{[32][36]}。

(3) 売上推計に対する厳正な評価

今回、推計した市場規模・将来展望をもとに、NEDOプロジェクト参加者に対してアンケート調査を実施し、数値の確認・修正を行った。しかし、“どの範囲をNEDOインサイドと認識するか”に関しては個人差が生じてしまう。市場規模等の推計についてもNEDOが独自で実施すると範囲や手

法に都合が良い推計になってしまう可能性がある。今回のように、NEDO が厳格に試算、貢献度に関する評価をしたうえで、妥当性については、NEDO プロジェクト従事者ではなく、NEDO プロジェクトに関連した経緯を持つ学識経験者(例えば PL: Project Leader)、学会会長経験者) や業界団体関係者等に精査、チェックしてもらうことで厳密性を確保できる可能性が高い。

(4) 売上効果以外の効果に関する定量化の問題点

今回は、直近売上や将来売上見込額をもとに「NEDO インサイド製品」の絞り込みを行った。NEDO プロジェクトの開発成果には多様な効果があり、売上以上に評価すべき観点もある。例えば、生活の向上、幸福の実現等の視点から、評価を試みたが、直接的な売上に比べて、便益を同軸で評価することは個人差があるため難しく、売上と同じように比較ができる新たな手段を考える必要がある^[18]。定量化が難しい「NEDO インサイド製品」は、定性的に示すことも可能となるが、NEDO プロジェクトのように多分野、他企業の成果を整理しようとすると、総花的になってしまい、インパクト(効果、便益等)が薄らいでしまうことになる。分野別、カテゴリー別等にして、誰にでも判るように、過去の製品と比べる工夫など、提示の仕方を考える必要がある。

7 まとめ

「NEDO インサイド製品」について、NEDO プロジェクト参加者、業界団体等の関係者へのアンケート、ヒアリングを実施して、特に、経済的インパクト(売上、経済的誘発効果)が大きい、あるいは社会的貢献が大きい観点からトップ 70 製品を選定した。「NEDO インサイド製品」で取り上げられる製品については、市場での価格の低下、売上数の変動など、数年単位で大きく入れ替わっており、継続的に売上、

波及効果等を見直していく必要がある。いずれの製品も、NEDO プロジェクトが終了してから、各社において実用化、事業化のための研究開発、資本投資が継続的に行われてきた結果である。開発成果の実用化、事業化のためには、企業において、NEDO の R&D 投資の 10 倍以上の投資が必要であることは十分理解しているが、実際の投資額の情報を入手できないため、今回の試算では、実際の売上における事業投資に関しては、考慮していない。いずれの場合も革新的な研究開発に基づく実用化、製品化には、10 年、20 年以上の歳月を要することを忘れてはならない^[24]。このことは、長期的な研究投資により他が真似できないオンリーワンの技術を醸成するばかりでなく、普通の研究者をリーダー格まで成長させ、将来の先行投資に繋がることが多いということを意味している。

今回、NEDO プロジェクトの開発成果による売上への寄与率を 100 % という仮定の下で試算することで、最大値の売上、研究開発成果の寄与を示すことができた。また、開発成果の大まかな傾向、実用化にキーとなる観点(産官学連携の有効性、マネジメントの成功要因: 2.8 参照、規制対応、失敗の克服等)を知ることができた。さらに総合的なインパクトとして、売上以外に、経済的誘発効果、社会的便益(CO₂削減効果、省エネ効果、雇用創出効果)等を検討することにより、これまで NEDO が投入した開発投資に関する開発成果を大まかに評価することができた。

NEDO プロジェクトがスタートして、30 年、開発予算として約 3 兆円を投入している。今回の試算では、一部の有望な製品のみの上の実績で試算しており、試算対象製品以外のプロジェクトの中で得られた波及効果やノウハウの活用によるインパクト効果、社会的便益は、一切含まれていない。図 7 に、「NEDO インサイド製品」における経

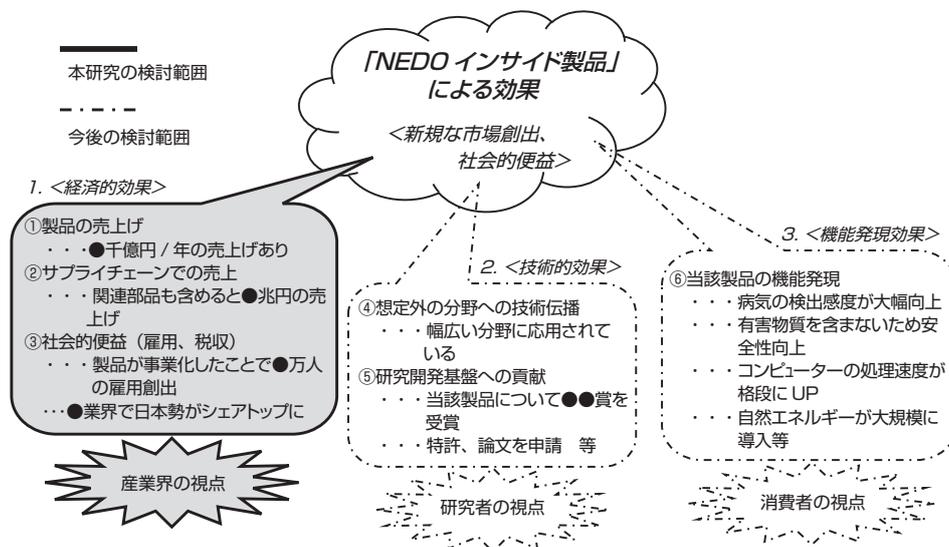


図 7 「NEDO インサイド製品」に関する波及効果

済的効果、技術的効果、機能発現効果のイメージを示す。産業界の視点は製品の売上や雇用創出等に伴う経済的効果であり、研究者の視点は論文投稿や特許出願、受賞歴等の技術的効果に期待している。一方、消費者の視点は生活向上、安心・安全といった社会的便益としての視점에重きが置かれている。この研究では、「NEDO インサイド製品」における経済的効果、社会的便益といった観点から、総合的なインパクト評価に取り組んだ。経済性についてはある程度の定量的な評価ができるものの、社会的便益に関しては、CO₂削減効果や雇用創出効果のように定量化できるものと、生活の向上や便利といった定量化が難しいものがある。今後は、生活の向上、社会インフラ、投資削減、利便性向上、安心・安全、健康保持等の機能発現について、追加的に調査を行いながら、本インパクト評価手法の改善を図っていく必要がある。また、NEDO インサイド製品に関する知的財産について調査中であり、まとめ次第、論文投稿する予定である。

謝辞

この研究を実施するにあたり、御園生誠東京大学名誉教授、三菱総合研究所（高島由布子主任研究員、土谷和之主任研究員、圓井道也研究員、今村治世研究員）、NEDO プロジェクトに参加した関係各社等から貴重なアドバイスを、サポートをいただいた。ここに、深く感謝申し上げます。

用語の説明

用語1：税引き前の利益率：財務省「法人企業統計」^[28]より、製造業における税引きの前当期純利益を売上高で除したものの（2004～2008年度実績の平均値）。また、開発費の投入に対する税収の試算（2011～2020年の累計）は税引き前の利益率（2004～2008年度実績：国内の製造業平均値）を用いて試算した。

用語2：売上高人件費率：財務省「法人企業統計」^[28]より製造業の値を算出したもの（2004～2008年度実績の平均値）。平均収入は、国税庁「民間給与実態調査」より製造業（化学工業、金属機械工業、繊維工業、その他の製造業を合計）の平均給与額を算出したもの（2004～2008年実績の平均値）。

参考文献

- [1] 塩谷洋樹, 安松直人, 篠田佳彦, 小野清: FBRサイクル研究開発に関する投資対効果評価手法の開発, *サイクル機構技報*, 16, 93-104 (2002).
- [2] 柳沢和章: 核エネルギーの持つ価値の評価, *研究計画学会講演要旨集*, 27, 2F26 (2012).
- [3] 木村幸: 国プロはどのように技術の実用化を生み出すのか - 熱エネルギー分野における省エネ技術開発プログラムの

- 事例分析 -, *電力中央研究所報告*, Y07040 (2008).
- [4] 中山智弘, 田中一宣: 研究開発投資の費用対効果の定量的検討: 重点4分野の比較と国際比較, *研究計画学会講演要旨集*: 2G13, 25, 848-852 (2010).
- [5] 長岡貞男, 江藤学, 内藤祐介, 塚田尚稔: NEDOプロジェクトから見たイノベーション過程, *経済研究*, 62 (3), 253-269 (2011).
- [6] 青島矢一, 松嶋一成, 江藤学: 公的支援R&Dの事業化成果: NEDO研究プロジェクトの追跡調査研究, *日本企業研究のフロンティア*, 有斐閣, 7, 73-87 (2011).
- [7] 松嶋一成: 公的支援による民間の研究開発活動への影響, *日本企業研究のフロンティア*, 7, 99-111 (2011).
- [8] 安永裕幸, 工藤祥裕: 政府研究開発プロジェクトの費用対効果分析手法に関する一考察: 電子・情報分野のNEDO研究開発プロジェクトにおける実例分析, *研究計画学会講演要旨集*, 19, 218-221 (2004).
- [9] K. Kohmoto, J. Yoshida and M. Kishioka: Research on cost-benefit analysis of additionality of public R&D investment: Japan's photovoltaic power R&D projects, *Research Evaluation*, 18 (5), 397-404 (2013).
- [10] 弓取修二, 矢野貴久, 若林節子, 幸本和明: 公的資金による研究開発プロジェクトのアウトカム調査手法に関する検討, *研究・技術計画学会講演要旨集*: 1C17, 21 (1) 127-130 (2006).
- [11] R. Ruegg and G. B. Jordan: Guide for Conducting Benefit-Cost Evaluation of Realized Impacts of Public R&D Programs, Revised working draft, U.S. Department of Energy, (2011), http://www1.eere.energy.gov/analysis/pdfs/eere_b-c_guide_2011.pdf, Accessed 2014-07-25.
- [12] 真鍋洋介, 山下勝, 宍戸沙夜香, 福井和生, 吉田准一, 吉村大輔, 竹下満: NEDOプロジェクトにおける費用対効果に関する一考察 - 「NEDOインサイド製品」に関する調査結果の概要 -, *研究・技術計画学会講演要旨集*: 2B15, 25, 391-394 (2010).
- [13] 萬木慶子, 山下勝, 竹下満: NEDOプロジェクトから生まれた「NEDOインサイド製品」に関する経済性効果と社会的便益に関する研究, *研究・技術計画学会講演要旨集*: 2F28, 27, 685-688 (2012).
- [14] 萬木慶子, 山下勝, 木村紀子, 竹下満: NEDOプロジェクトから生まれた「NEDOインサイド70製品」に関するインパクト評価に関する研究, *研究・技術計画学会講演要旨集*: 1E07, 28, 173-177 (2013).
- [15] NEDO: 身近なところにNEDO技術(NEDOインサイド製品), http://www.nedo.go.jp/shortcut_result.html, 閲覧日 2014-08-10.
- [16] 萬木慶子, 山下勝, 竹下満: 中長期NEDOプロジェクトから生み出されるNEDOインサイド製品に関する分析, *研究・技術計画学会講演要旨集*, 26, 790-793 (2011).
- [17] 三菱総合研究所: NEDOプロジェクトから生まれた製品、NEDOインサイドに関する俯瞰調査, *平成23年度成果報告書*, NEDO, (2014).
- [18] 三菱総合研究所: NEDOプロジェクトから生まれた製品、NEDOインサイドに関する体系化調査, *平成24年度成果報告書*, NEDO, (2013).
- [19] 内閣官房: コスト検証委員会報告書 (平成23年12月19日), <http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/npu/policy09/pdf/20111221/hokoku.pdf>, 閲覧日2014-08-10.
- [20] 経済産業省: 工業統計調査, <http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/kougyo/>, 閲覧日2014-08-10.
- [21] 環境省: 再生可能エネルギー普及に要する費用と普及がもたらす具体的な効果, https://funtoshare.env.go.jp/roadmap/media/h21_2/ref07.pdf, 閲覧日2014-08-25.
- [22] 経済産業省資源エネルギー庁省エネルギー・新エネルギー部: 第14回買取制度小委員会説明資料(平成23年度における太陽光発電買取価格について), <http://www.meti.go.jp/>

- committee/summary/0004601/013_02_00.pdf, 閲覧日2014-08-25.
- [23] 冷凍空調機器の国内出荷実績、冷凍空調機器の中期需給予測(日本冷凍空調工業会), <http://www.jraia.or.jp/statistic/index.html>, 閲覧日2014-08-25.
- [24] M. Yamashita, Y. Yurugi, S. Shishido, T. Yoshida and M. Takeshita: Impact evaluation of Japanese public investment to overcome market failure review of the top 50 NEDO Inside Products, *Research Evaluation*, 22 (5), 316-336 (2013).
- [25] NEDO成果報告書データベース: http://www.nedo.go.jp/library/database_index.html, 閲覧日2014-09-04.
- [26] NEDO: NEDOの取り組みの見える化に係る手法の調査:(1)客観的事実関係の整理によるNEDO取り組みの見える化(2)NEDOプロ成果活用製品・プロセスの売上推計による見える化, 平成25年度成果報告書, (2014).
- [27] 財務省: 法人企業統計, <http://www.mof.go.jp/pri/reference/ssc/>, 閲覧日2014-09-04.
- [28] 富士キメラ総研: 2011 MEMS関連市場総調査 (2010).
- [29] マイクロマシンセンター: 調査研究ミニレポート (2012), <http://mmc.la.coocan.jp/research/market/>, 閲覧日2014-09-04.
- [30] Yole Développement: Top 30 MEMS companies 2012 – Fast growing consumer markets continue to shake up MEMS sector, *MEMS industry report*, (2012).
- [31] 富士キメラ総研: 平成22年度産業技術調査事業「日本企業の国際競争力ポジションの定量的調査」, 経済産業省, (2011).
- [32] S. Shishido, M. Yamashita, J. Yoshida and M. Takeshita: Research on derivative effects created by Japanese national R&D projects, *Research Evaluation*, 21 (5), 344-353 (2012).
- [33] 資源総合システム: 太陽光発電システム及びその関連技術に係るアウトカム調査, 平成18年度成果報告書, NEDO, (2006).
- [34] NEDO編: 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).
- [35] 日本工業炉協会: 高性能工業炉に係るアウトカム調査報告書, NEDO, (2011).
- [36] NEDO: 国際エネルギー消費効率化等モデル事業, 成果報告書, http://www.nedo.go.jp/activities/AT1_00175.html, 閲覧日2014-09-04.

執筆者略歴

山下 勝 (やました まさる)

1991年東京大学大学院工学系研究科博士課程修了(工学博士)、同年4月同大工学部助手(工業物理化学)、1994年NEDO入構、水素・アルコール・バイオマス開発室、省エネルギー開発室、東京大学工学部助教授、大阪大学工学部 / 東邦大学理学部非常勤講師、環境技術開発室、評価部等を経て、技術戦略研究センター主任研究員。この論文では、NEDO インサイド製品候補の探索および体系化、経済性評価試算(売上、将来売上、派生売上等)、リサイクル技術の体系化事例研究の部分を担当。

萬木 慶子 (ゆるぎ よしこ)

1996年NEDO入構、太陽技術開発室、国連大学、NEDO パンク事務所、広報部、評価部等を経て、ロボット・機械システム部主査。この論文では、NEDO インサイド製品候補の探索および体系化、経済性評価試算(売上、将来売上等)、リサイクル技術の体系化に関する研究の部分を担当。

木村 紀子 (きむら のりこ)

1994年NEDO入構、アルコール事業本部、研究開発業務部、産業技術開発室、機械システム技術開発部、バイオテクノロジー・医療

技術開発部、評価部等を経て、ロボット・機械システム部主査。この論文では、NEDO インサイド製品候補に関する経済性評価試算(派生売上等)、リサイクル技術に関する事例研究の部分を担当。

宍戸 沙夜香 (ししど さやか)

2007年NEDO入構、燃料電池・水素技術開発部、評価部等を経て、スマートコミュニティ部主任。この論文では、NEDO インサイド製品候補(環境、エネルギー分野)の探索および経済性試算に関する研究を担当。

吉田 朋央 (よしだ ともなが)

2006年NEDO入構、ナノテクノロジー・材料技術開発部、企画調整部、総務企画部、評価部等を経て、プロジェクトマネジメント室主査(工学博士)。この論文では、NEDO インサイド製品候補(産業技術分野)の探索および経済性試算に関する研究を担当。

一色 俊之 (いっしき としゆき)

2010年NEDO入構、電子・情報技術開発部、電子・材料・ナノテクノロジー部を経て、評価部主任(理学博士)。この論文では、NEDO インサイド製品候補(産業技術分野)の探索および経済性試算に関する研究を担当。

竹下 満 (たけした みつる)

1984年3月広島大学理学部大学院化学専攻修了。同年NEDO入構、シドニー事務所長、材料・ナノテクノロジー室主任研究員、バイオテクノロジー・医療技術部統括研究員、評価部長を経て、プロジェクトマネジメント室長兼特命審議役。この論文では、NEDO インサイドに関する概念の提示、NEDO インサイド製品候補の探索、製品候補の試算に関する研究の部分を担当。

査読者との議論

コメント1 全体 (景山 晃: 産業技術総合研究所イノベーション推進本部、小林 直人: 早稲田大学研究戦略センター)

国の予算を投入した研究開発に対して費用対効果(投資効果)を算出し、公開することが社会的要請となっているが、その方法論が確立されていない中で、NEDO プロジェクトの中で実用化、製品化に成功し、大きな売上げを上げている70製品を抽出し、費用対効果を論じた貴重な論文である。特に、開発成果に関する効果については当該製品の売上効果だけでなく、経済的な誘発効果、雇用創出効果、他の技術への波及効果、CO₂排出削減効果等の社会的便益までを含めた総合的な解析と考察を行った結果が述べられている。また、NEDO インサイド製品の成功要因を抽出して示したことを含め、今後の国の研究開発政策・イノベーション政策に対して機知に富んだ示唆を与えることが期待でき極めて重要である。

議論1 論文の位置付け

コメント (鷲津 明由: 早稲田大学社会科学総合学術院)

科学技術予算の費用対効果を明示することが社会的要請となっている一方で、特定の予算が、どれだけの特定の具体的な成果に結び付いたのかを明らかにすることは一般的には難しい。しかし、この研究はNEDOという組織であればこそ可能であった調査研究の成果を踏まえてそれらを明らかにしており、貴重な学術的成果であると評価することができます。

コメント (景山 晃)

具体的にはNEDOの研究開発プロジェクトとして取り組んだテーマから70製品を抽出し、費用(投資)対効果を論じた貴重な論文です。特に、効果については当該製品の売上げ効果だけでなく、経済的な誘発・波及効果、雇用創出効果、CO₂の排出削減等の社会的便益までを含めた総合的な解析と考察を行った点に特長がありま

す。時間の経過や技術的波及効果の連関線が増えて複雑化し、調査・解析が難しくなるとは思います。従来、暗黙知とされていたことを形式知に変えていく努力（挑戦といってもよい）は、NEDO プロジェクトに関する説明責任として NEDO および産業界双方で不可欠なことですので、NEDO がリーダーシップを取って評価システムの一つとして定着していくことを期待します。さらに査読者との議論を経て、NEDO インサイド製品の成功要因を抽出して示したことは、今後の研究開発プロジェクトの運営マネジメントに重要な示唆を与えるもので、研究開発の方法論（Methodology）としても有益な論文と考えられます。

コメント（小林 直人）

この論文により研究開発への国の投資の有効性を検討する際の非常に有用な例示ができたものと思います。今後は、NEDO のプロジェクトを遂行するに際して、各推進主体が予め十分調査・蓄積するための方法論を用意しておくことが今後の国の研究開発政策・イノベーション政策にとって極めて重要だと思います。

コメント（鷲津 明由）

また、この研究は NEDO プロジェクトで開発された個別的科学技術が相互にどのように関連し、最終的にどのような製品に結実したかについて、その経路を詳しく追跡調査した結果がまとめられており、これはシンセシオロジーの分析課題に極めて合致していると考えます。

回答（山下 勝）

NEDO プロジェクトが国費を使っている限り開発成果を定量的に示すことがいかに重要かと考え、今回、その効用を示すきっかけになればと論文を投稿させていただきました。このような機会をいただき、関係者の方々には大変感謝する次第です。数年前にアメリカ評価学会で口頭発表した際、各国の専門家より高い評価をいただきましたので、昨年、アメリカ評価学会誌（Research Evaluation）に投稿いたしました。その後、改めて新しい角度から調査、研究を行ってオリジナル性の高い論文とし、シンセシオロジー誌に投稿させていただくことになりました。この度は、査読者の皆さま方の貴重なご意見を本投稿論文に反映させていただいたことで、NEDO インサイド製品の成功要因をある程度明確に抽出して示すことができ、完成度が高い論文に仕上がったと考えております。これまで、NEDO では、プロジェクト成果に関する外部への説明が定性的に留まっておりましたが、今回は、半定量的な評価や目に見えない成果を見せるなど、チャレンジングな検討を行って、完成度を高めることができました。

この論文のような活動は、中長期に渡って地道に続けていくことが重要であり、今後も、継続的に数値の見直しや新たな方向性を探っていくつつ、追跡調査を行っていくことが重要と改めて考えております。さらに、この論文の結果を活用して、NEDO 内におけるマネジメントの効率化が図れるシステムが構築できればと強く感じております。また、本調査の中では、新しい発見が見出すことが多々ありました。ぜひ、国内の多くの研究者の方々や経営者の方々に読んでいただき、NEDO プロジェクトや各企業、大学の研究開発でも成功するための新しいヒントや指針になるよう積極的に情報発信していこうと考えております。

議論2 論文の構成について

コメント（小林 直人）

この論文の目標は、「国費で賄われた NEDO プロジェクト開発成果の社会的便益の評価」だと思います。それに向けて大きな二つの要素が、(1)「NEDO インサイド製品」の抽出と、(2)「NEDO インサイド製品」の社会的便益評価、だと思います。また(1)のサブ要素として、「NEDO インサイド製品」の定義、選定方法、絞り込み等の方法論が、(2)のサブ要素として経済性評価、雇用創出効果の評価、CO₂削減効果評価、波及効果予測等が、あると思われます。こ

れらを構成図にして1章の末尾に示してこの研究における構成的考え方を明示してはいかがでしょうか。

回答（山下 勝）

大変貴重なアドバイスをありがとうございます。新たに1章の末尾に、この論文の全体が分かるイメージ図として図1を追加いたしました。

議論3 カテゴリー分類と産業連関分析について

質問・コメント（鷲津 明由）

製品の 카테고리 分類について既存の分類では不適であったため、新しい分類カテゴリーを定義しています。分類は分析の基礎となり、非常に重要と考えられますので、なぜ、このような分類に至ったのかをもう少し詳しく（先行文献等も参照しながら）論ずる必要があるように感じます。一般的にはイノベーションはプロダクトイノベーションとプロセスイノベーションに大別されます。多分前者は、今までにはない商品の出現と既存商品の改良に分けられるかもしれませんが。また後者は、製造装置のイノベーションと製品に体化される材料開発に分類されるかもしれません。こうした分類は、後のイノベーションがもたらす社会効果の性質の考察にもつながると思うので、ぜひ詳しく論じていただければと思います。

産業連関分析は直接効果に対する間接効果を計算するための手法として用いられており、この論文の使い方も産業連関のオーソドックスな使い方です。

しかし、産業連関表はその創始者である Leontief が指摘する通り、技術の変化を投入係数の変化としてとらえることにより、技術変化の効果を変換するための手法として考えられています。また最近では工学分野のライフサイクルアセスメントの分析手法にも応用され、環境影響や CO₂ の波及効果分析がなされるようになりました。せっかく産業連関分析をするならば、今後はぜひ、このような考察もお願いしたいというのが希望です。イノベーションが投入係数にどう反映されるのか、といった情報は一般にはなかなか手に行きませんが、NEDO という組織であればそれはできるはずです。今後の課題として、NEDO のプロジェクト評価事業の一環として、ぜひ、こうした展開の方向性について考えていただくことを希望します。また、なぜ、図4のような計算方法を選択したのか、既往文献等にも言及しながら、説明があった方がよいように思います。

回答（山下 勝）

貴重なご指摘をありがとうございます。この論文では NEDO インサイド製品が社会へ与えるインパクトを効果的に示す必要があると考えました。NEDO のミッションとして、環境・エネルギー、産業技術の強化といった観点で、国家プロジェクトを推進している立場から、前回の論文では、①市場の先駆者、②国際競争力、③基礎基盤による底上げ、④社会課題への対応と分類しましたが、NEDO の設立趣旨もあり、④項が半分以上を占めていました。そこで、各技術を精緻に分析したところ、社会的な要請と我々の身近な課題とにより分類する方が、わかりやすいと考え、外部専門家との意見交換を交えて、④項を「資源・エネルギー課題解決」と「安心安全、快適生活の実現」と再分類（合計5分類）することに致しました。この経緯を2.6に詳細に記載しました。

産業連関分析について今回の論文では、スペースの関係で記載することが難しいため、関係する詳細が出ている引用文献を4.3に追記いたしました。ご指摘の通り LCA 等では良く使われる手法ですが、今回、NEDO インサイド製品において、産業連関表からの誘発効果を試算するに当たっては、(1) 誘発効果を計算することができる製品とできない製品を区分すること、および、(2) 計算するための境界条件を十分吟味することの二つを中心に多角的に検討いたしました。その結果、産業連関表を使って誘発効果を計算しても問題ないものとして、B to B の製品が試算の対象となり、B to C の製品については、

産業間の誘発効果は殆どなく NEDO インサイド製品の売上だけが寄与するという前提のもとで試算いたしました。なお今後は、売上げばかりでなく、環境影響や CO₂ の波及効果分析についても産業連関表を活用して、便益、誘発効果を試算したいと考えております。

議論4 産学官連携とNEDOプロジェクトの寄与率について

質問・コメント（景山 晃、小林 直人、鷺津 明由）

NEDO プロジェクトで投入した研究開発費のほかに、当該プロジェクトに関して企業が自己負担している研究開発費があると思われまが、投資効率を見る場合にこの部分はどのように取り扱ったのですか。NEDO の研究開発成果の寄与率を 100 % とし、当初、その理由として、1) 該当する成果がなければ実用化が大幅に遅れた、または実現していない、2) 当該製品の多くが基礎・基盤から実証に向けた開発が行われた、3) 実用化に対する寄与率は製品によって異なり、厳密な立証に大きな困難が伴い精緻化できない等の理由を挙げています。東日本大震災の時に半導体の工場が被害を受け、世界中の自動車メーカーの操業を圧迫したように、どんな小さな部品であってもそれが欠ければ製品全体のサプライチェーンは成り立たないわけですから、寄与率 100 % の仮定は一つの見方を示していると思います。しかし、この仮定については評価が過大ではないかとの批判が起こることは必ずではないかと思えます。

研究開発の経営論では「死の谷」を越えても次には「ダーウィンの海」があるという議論があって関係者の間でかなり共有されており、特に企業ではダーウィンの海を越えることで初めて新製品・新事業にできると認識しています。また、「該当する成果がなければ実用化が大幅に遅れた、または実現していない」ことは事実（必要条件）であり、最も重要ですが、一方で企業が新事業・新製品として売上を実現するには相当な追加投資（注*）が必要となる（十分条件）ことを考えると、寄与率を 100 % とすることについての考察と論述が必要と思えます。

（注*）①技術の再現性、②収率・歩留りの向上検討、③スケールアップの検討と最適化、④マーケティング、⑤ユーザー企業との共同研究を含む緊密な連携、⑥品質保証体系の構築等

回答（山下 勝）

大変貴重なアドバイスをありがとうございます。ご指摘の点に関しては多くの研究者から同じご質問をいただいております。NEDO インサイドで取り上げられている製品は、開発者、関係団体、関連する研究者からの同意をいただいて、売上を出しております。その際、寄与率を 100 % としていますが、ほぼ全ての製品は、1) 中長期に渡って複数のプロジェクトに参加していた、2) 社内でも取り上げ難いテーマで、資金獲得が難しい状況であった、3) 企業研究では難しい外部専門家等からのサポート、4) プロジェクトの成果がなかったら、実用化はなかったと思っている開発者の意思、5) 大切な時期に研究費を税金で賄ってもらったのだから、実用化するのには企業の義務、6) 寄与率は製品によって状況が異なっており、企業自体も把握できていない、7) 実用化の時期は、プロジェクト成果の仕上がり次第に左右されており、事業化の段階は研究というよりノウハウ、自社製造の貢献であると捕らえた方が正しい等、いずれの製品も複数の理由があることから、寄与率 100 % として最大の効果（売上）を算出いたしました。従いまして、2.2 に「NEDO インサイド製品」の対象の項目を、上記の内容に追記して、差し替えることに致します。なお、7 章で「開発成果の実用化、事業化のためには、企業において NEDO の R&D 投資の 10 倍以上の投資が必要である」との記述を追加しました。

議論5 NEDOプロジェクトの研究開発費のとらえ方について

質問・コメント（鷺津 明由）

研究開発費用を考えるとときに常に問題になるのが、失敗した研究開発にかかった費用をどう評価するという事です。この研究では成功に繋がった開発プロジェクトを取り上げて成果を評価していますから、失敗の分の研究開発費用は含まれていないと考えられます。しか

し、失敗に終わった開発プロジェクトであっても図 5 のような技術の波及効果はあり、さらに「これではだめ」ということが分かったことも貴重な成果であり、それが成功のプロジェクトを生み出した要因でもあると考えられます。従って、この分も成功の成果の費用と考えられると思います。費用対効果の計算のうち、効果の方については寄与率 100 % の仮定のもとで最大効果を計算していますので、費用の方もこうした考察を念頭におき、少しふくらまして見せて感度分析を行うなどの工夫があってもいいのではないかと思います。

回答（山下 勝）

ご指摘の観点については、全くその通りだと考えております。NEDO は 30 年間に約 3 兆円の研究開発費を投入してきました。今回の NEDO インサイドで取り上げられた製品は、そのうちの 70 製品にすぎません。3.2 に示しますように、約 6400 億円が実用化し、売上を上げ、残り 2.34 兆円が失敗したことになります。これまでの NEDO の追跡調査からプロジェクト参加者の約 2 割が実用化、上市に至っていますが、そのなかで売上を上げているものとなると、さらに限定されてしまいます。しかし、失敗した研究者に関するアンケート結果から、ほぼ全ての研究者が、論文、特許、ノウハウ、人材育成、ネットワークを獲得したと回答されており、80 ~ 90 % の方々から、研究開発を行っている時には、いろいろ大変だったけれども大変満足度が高かったとの回答を得ています。しかし、このことを論文に書いても、自己満足や感覚的な評価となることから、この論文では極力、定量化したデータを提示したいと考えました。なお、直接的な売上ではないですが、雇用、CO₂ 削減効果、社会的二次効果、社会的便益（リサイクルによる資源循環、CO₂ 削減、環境対応等）等は数値で明らかにできるデータですので、これをさらに充実させていくことが先決かと考えました。

議論6 技術的波及効果について

コメント（鷺津 明由）

この論文で技術開発そのものに触れた図 5 と図 6 は面白いです。特に、目に見えない技術の波及効果は重要と思われるので、これらの図を分かりやすくするとともに、5 章の記述をもう少し丁寧に行うとよいと思います。

回答（山下 勝）

技術の波及効果についてはスペースの関係で、今回の論文ではエッセンスに止めておりますが、より分かりやすい表現に改善するため、5 章の記述を具体的な表現に致しました。特に最終パラグラフの記載は、技術的ばかりでなく、人材、周りへの影響について記載いたしました。また、図 6 に関しましては見え難いのご指摘を受け、簡略図に書き直しました。

議論7 成功要因と今後のプロジェクト運営への展開について

質問・コメント（小林 直人、景山 晃）

この論文の「NEDO インサイド製品」を選別・抽出に当り、そのような言わば「優等生」を生み出すためには、企業側・NEDO 側にどのような有効な取り組みがあったのか、あるいは市場環境がどのように有効に作用したかなどの分析もされていると思います。この論文では紙数が足りないと思いますが、そのエッセンスを第 2 章の末尾等で述べるとよいと思います。

また、成功例と失敗例を分析することで、投資効果を測る簡易かつ有用な評価法として完成させ、今後の研究開発プロジェクトの運営や評価に活用するのがよいと考えます。

回答（山下 勝）

対象となっている NEDO インサイド製品についてはアンケートばかりでなく、ほぼ全ての商品でヒアリングを行っています。一般的には、ニーズとシーズのマッチング、マーケットを捕らえていた等ばかりでなく、次の観点が、成功の大きな要因になっていました。1) 普段の研

究に比べて、かなり多くのデータを取得していた、2) 大学との共同研究とを通じて、メカニズムを解明して、信頼性向上、問題点の解決、研究方針の作成・変更、スケールアップ等に役立てた、3) 最初から実用化、成功できると技術に自信を持っていた、4) 長い間、心の中でアイデアを暖めていた、5) 他の研究者には真似できないノウハウ、武器を持っており、プロジェクトの中で磨いて活用した、6) マーケット情報は当てにならないと判っていたので、提案思考で共同研究先（ニーズ）と情報交換を行っていた、7) プロトタイプによる実証実験を行い、検証と改良の繰り返しにより、完成度を高め、事業部門との架け橋となった等、2.8に「NEDO インサイド製品における成功要因例」を設けて記載しました。

プロジェクト終了5年まで、プロジェクト単位で企業へのヒアリングとアンケート（ほぼ全員）を実施し、回帰分析等を使って成功事例や失敗事例について大まかな行動パターン分析をしています。その結果、失敗プロジェクトと成功プロジェクトに含まれる失敗の克服はかなり異なることが判っています。今回、査読者との議論の結果、NEDO インサイド製品の成功要因を抽出し、提示することができ、完成度が高い論文に仕上がったと考えております。この辺の要因分析の結果を共有して、NEDO 内のマネジメントに反映させるようにしています。また、これらの成果は、あるタイミングで論文に投稿する

予定です。

議論8 NEDOインサイド製品の知的財産について

コメント（景山 晃）

この論文では紙数の関係もあると思いますが、特許についての記述がありません。特許は研究開発の成果を守る手段として極めて重要です。NEDO インサイド製品 70 テーマについて、どの程度の特許でガードされているかを示すと、技術的効果の一部を表すことができ、かつ、日本発の技術の国際競争力を示す指標になると思います。数行程度の記述でもよいと思いますので、知的財産の重要性を視野に置いていることを示した方がよいと思います。

回答（山下 勝）

ご指摘のとおり特許は重要な成果です。現在、特許についてプロジェクトとの紐付け作業を行っている約3万件に限られますが、近々に共同研究者が学会発表や論文等で発表する予定です。そのため、この論文では7章のまとめに、「NEDO インサイド製品に関する知的財産について調査中であり、まとも次第、論文投稿する予定である」を追記することにしました。