

技術開発プロジェクトの国家支援と成果： 企業と政府の戦略的意図

FUKUSHIMA, Eishi / 福島, 英史

(出版者 / Publisher)

法政大学経営学会

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

The Hosei journal of business / 経営志林

(巻 / Volume)

47

(号 / Number)

3

(開始ページ / Start Page)

11

(終了ページ / End Page)

32

(発行年 / Year)

2010-10

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00009267>

〔論文〕

技術開発プロジェクトの国家支援と成果
—企業と政府の戦略的意図

福 島 英 史

1. はじめに

本論文が取り扱うのは、国家が支援する技術開発プロジェクトについて、期待通りの成果はなかったと評される状況が、しばしば起こりうるのはなぜか、という問題である。特に、プロジェクトに参加する主体の戦略的意図に注目してある種のメカニズムが成立する可能性について考える。

政府は財政・金融政策や各種規制を通じて民間企業が行う研究開発活動に間接的な影響を与えう一方、技術開発プロジェクトの主導・助成を通じてより直接的にその研究開発活動を促進する政策プログラムを持つ。本稿が注目する後者について日本でも、鉱工業技術研究組合制度や大型工業技術研究開発制度、電子計算機開発促進制度、新エネルギー技術研究開発制度、次世代産業基盤技術研究開発制度などこれまでに、政府が支援する多数の技術開発が行われたことが知られている¹⁾。このような技術開発は多くの場合、リスクが高く民間だけでは開発に難があるものの、社会的に重要性が認められるプロジェクトであるとされ、政府が関与しながら複数の企業が参加する共同研究開発として行われてきた。

民間企業が行う研究開発活動について何らかの形で政府が支援することの必要性については、技術という情報財が公共財の性質を持つためにその生産について市場の失敗が生じると説明されてきた²⁾。民間だけでは研究開発活動について過小投資になる可能性が高いことが、政府による技術開発活動支援の論拠とされてきた。こうした伝統的見方は近年では単純に過ぎるとされ、科学技術者のトレーニングや人的ネットワ

ークの形成など政府支援技術開発プロジェクトのより広範な成果に目を向けるべきであるなど、その理論的根拠について修正あるいは拡張が論じられている³⁾。

他方、実証面では、政府による民間技術開発の支援活動の成果や有効性について様々な研究が行われてきたものの、明確な合意に到達しているとは言い難い。たとえば政府支援に伴う公的な研究開発費支出が、民間の研究開発投資を補完するのか、あるいは代替するかについて、これまでの実証研究では対立する結果が出されており、どちらともいえないという⁴⁾。政府による支援よりもむしろエネルギー価格の上昇といったマクロ的な環境要因の変化が、企業の技術開発を促進するといった見解もある。また日本の超 LSI 技術研究組合のように成功事例としてあげられるものもある一方⁵⁾、実際にはごく一部の成果が他をカバーしているものの大多数は経済的・社会的成果をほとんど生んでいない、といった主張もなされる⁶⁾。過去の日本の政府支援技術開発プロジェクトのいくつかが一定の成果をあげたとする見解もある一方⁷⁾、実務家の感覚レベルでは政府報告書とは違って政府支援プロジェクトは有効な成果を上げているとは言い難いと論じられることもある⁸⁾。

政府が支援する技術開発プロジェクトが十分な成果を上げないと評されるのは、いったいなぜだろうか。本稿では、しばしば指摘される政府それ自体の資源配分の非効率性ではなく、プロジェクトに参加する主体の戦略的意図に注目する。思考の材料として用いるのは、1970年代から90年代にかけて各国で進められた NaS 電池⁹⁾を中心とする電力貯蔵電池技術の開発事例である。欧米での開発活動とともに、特に日本の大

型省エネルギー技術研究開発制度（通称ムーンライト計画）¹⁰下で行われた電力貯蔵電池開発プロジェクトについてみる。国家が支援する技術開発プロジェクトの成果に関しては多くの場合、政策としての有効性・妥当性を問うことを基本姿勢とするため、政府の意図と事後的な結果の関係が強調される。しかし、政府の政策的な意図と同様にプロジェクトへ参加する企業の側にももちろん戦略的な意図があり、事後的な結果はその合成によって生じている。実用水準の技術開発を目指すプロジェクトであっても、企業は自らが将来営むことを構想する事業にとって有効な基礎的知識を単に獲得しようと考えたり、本命よりもむしろ次善と考える技術について政府プロジェクトで開発することを望んだりする可能性がある。本稿の基本的な姿勢は、これまで明るみに出なかった証拠を発掘して正確な史実を明らかにすると言うよりは、プロジェクトにおいて当事者達が直面しうるある種のジレンマについて仮説的な議論を展開することにある。以下では、政府の技術開発支援に関わる既存研究について、市場および政府の失敗の観点からレビューし、各主体の戦略的な意図に注目した説明の可能性を考える。次に電力貯蔵電池技術の開発事例について歴史的に俯瞰し、これを材料に政府支援技術開発プロジェクトの成果が期待通りではなかったと評される状況が生じうる経路について議論することにしよう。

2. 政府の技術開発支援に関わる論考：市場の失敗と政府の失敗

技術開発を政府が支援することの論拠は、伝統的には研究開発活動への資源配分に関する市場の失敗であった¹¹。たとえば Nelson, 1959によれば、基礎研究から得られる社会的利益は明らかであるにもかかわらず、それが大きな外部経済を生むため、私的利益機会の誘因のみでは、社会的に望ましい水準の投資が基礎研究になされない。生み出された科学知識は事業上の実践にすぐに利用できるような特許にすることが難しく、むしろ実践的で特許化可能な他の研究プロジェクトの重要なインプットになりうる。基

礎研究はしばしば、自身が占有できず他者がただ乗り可能な知識を生み出すため、市場に任せていては十分な投資が行われない¹²。政府のような非営利の機関が相応に担うことが必要になるというのである。

Arrow, 1962も同様の観点を論じている。Arrowによれば、研究開発活動は本質的に公共財の性質を持った情報あるいは知識の生産活動であり、自由主義経済では過小投資が起きると予想される。まず研究開発活動には高い不確実性とリスクが伴うものの、保険をはじめとする社会的取り決めではリスクのシフトに関して限界がある。次に研究開発活動の結果生み出される情報は、その性質から際立って低いコストで再生産できるため、生産者による占有可能性が低い。特許をはじめとする法的保護は占有を可能にしてくれるものの、その保護にはやはり限界がある。逆に研究開発主体がその経済的利益の独占に成功する場合には、理想的な資源配分状況に比べて、情報の過少利用が生じる。さらに、情報は生産物であると同時に生産要素でもあるため、利用による収穫逓増がある。最初に情報を生み出すよりも後にこれを利用した生産活動を行うほうがより大きな価値を生む。これら要因を考慮すれば、研究開発活動とくに基礎研究に近い活動に関して、社会的に投資が過小になる。したがって、研究開発活動への最適な資源配分のためには、必ずしも損益規準だけに支配されない、政府あるいは他の主体の関与が必要であるという。

ただし近年では、こうした伝統的観点は一面では説得的であるものの、単純に過ぎると論じられている。たとえば Nelson & Langrois, 1983によれば、一国の研究開発費支出と生産性の成長の間には、かつて強い結びつきがあると考えられていたものの、実証研究によればこの関係には疑問がある。国家が介入して研究開発投資を増やすことの正当性は強固とはいえない。また現代では各国が互いに他国で生じた技術アイデアから恩恵を受けているのだとすれば、各国が技術フロンティアを共有すればよいという考え方が生じうる¹³。さらに現実世界では、特許で守られた競合企業の技術に伍するために、

企業が競合企業と重複するような技術開発投資を行うケースが観察される。であれば、研究開発活動が情報財の生産活動であるがゆえに必然的に過小投資になると言えるのか、疑問が生じる。伝統的見方の想定とは違って、技術的知識は特定の個人や制度的ネットワークに埋め込まれておりその伝達と活用には実際には高いコストがかかることが考えられる¹⁴⁾。このコストを考えれば技術的知識には公共財というよりは占有可能な私有財が多く含まれると思われる¹⁵⁾。ただし、研究開発の公的支援がもたらす便益について従来よりも広くとらえ直す必要があることも主張されている。たとえば、広く社会的に利用可能な知識ストックや新しい器具が生まれたり、科学者・技術者がトレーニングを積むことができたりすること、あるいは人的ネットワークの形成を通じて社会的相互作用が活発化するなどである¹⁶⁾。

一方、研究開発活動への資源配分に関して市場が失敗する可能性があるのだとしても、政府もまた失敗する可能性があることと議論されることもある。たとえば Demsetz, 1969は、Arrow, 1962が現実には有り難いような理想的な状況 (Demsetzの言葉では nirvana) と市場メカニズムを比較しており、市場と国家の正しい比較制度分析になっていないと論じている。Demsetz によれば、市場メカニズムがうまく機能しないからといって、政府がうまく機能するか検討し、結果を比較しないと、本当に後者がいいとは言えない。市場は研究開発活動に伴う高いリスクにうまく対処できないというが、政府もまた市場参加者とちがっていつもリスク中立的であるとはいえない。政府が支援するプロジェクトの技術的な成功は、政治的成功を達成するという大きな重荷を負っており、政府がリスク回避的になるケースが考えられる。たとえば多数の職員の解雇につながるような優れた郵便サービスの革新は、技術的・経済的に可能であっても、政府はやりたがらないという。Demsetz は政府の方が民間企業よりも、リスク回避的になることがあり得ると主張している¹⁷⁾。

政府がリスク回避的になりうるという論点は、政治的な理由から支援対象となるプロジェクト

あるいは開発テーマが選ばれるという問題として論じられている。もし政府がリスク回避的であれば、政府が支援せずとも企業が行う過小投資の恐れが無いプロジェクトに政府が支援するという本末転倒な結果が生じうる¹⁸⁾。民間だけでは負いがたいほどリスクが高いプロジェクトを政府が支援するのだとすれば、その成功率は必ずしも高くは無いかもかもしれない。プロジェクトが失敗した場合に被りうる非難を政府が恐れるとすれば、政府は成功確率が高いプロジェクトを支援することになり、それは当該支援が無くとも企業が行うようなプロジェクトでありうる。見かけ上成功したように見せるための政治的圧力かかるならば、成功確率が高いプロジェクトの実現へロビー活動が行われやすい。政治的に好まれるのは、幅広い世論支持が得られるとともに比較的短期間で成果が出そうなプロジェクトで、いったんプロジェクトが開始されるとそれを支える組織の存続そのものが目的化することがあるという¹⁹⁾。

政府が本来期待されるのとは異なる対象を支援しうるため研究開発の過小投資を解決しない可能性があるという問題は、一般に政府支援プロジェクトが必ずしも成功しないと議論される問題と表裏の関係にあるといえるのかもしれない。すなわち本来政府の支援を必要とするプロジェクトは莫大な資金が必要であったり、技術的難度が際立って高かったりするのだとすれば、その成功確率が低いのは、政府の支援をもってしてもなお技術的・資金的な困難を解決できないからだとする見解があり得る。リスクが高いものを扱っているのだから、成功確率が低いのは当たり前で、仕方がないことだ、という考え方である。あるいはそもそも、達成すべきと考えられる成果変数にブレがあり、そのために同じ事例が当事者からは成果があったと主張される一方、他者からはしばしば失敗と評される可能性もある。技術開発の政府支援にかかわる伝統的な考え方は相対的に基礎研究を強調しているものの、基礎研究への支援プロジェクトであれば、特許や商品、事業のような目立った形では成果は現れにくいであろう。これに対して国が特定のプロジェクトに投資をしているのだと

いう観点からすれば、明確に認識可能な目立った成果を求めがちである。

ただしこのような事情とは別に、そもそも政府それ自体が抱える問題がプロジェクトの非効率化を招くという主張もこれまでになされている。政治プロセスによるバイアスのほかに、政府が技術・需要両面で企業に比べて必要な知識・熟練を欠いていることや、政府の硬直的で集権的な意思決定ルールが効率的なプロジェクト運営を阻みうることなどが指摘されている²⁰⁾。政府が特定の開発テーマへの支援を通じて民間の技術開発活動に関与しても、政府それ自体が抱える事情によって、市場同様に適切な資源配分に失敗することがあると論じられているのである。

本稿では、政府の政治プロセスによるバイアスや政府組織の非効率性といった問題とはやや異なる観点から、政府が支援する技術開発プロジェクトの問題を考えたい。政府とプロジェクト参加企業の戦略的意図およびその相互作用について考える。このような観点から、政府が支援する技術開発プロジェクトについて考える研究がこれまでもないわけではない。たとえば Keck, 1988はゲーム理論を利用し、企業が政府に対して持つ情報優位性がホワイト・エレファント (white elephants) と呼ばれる無用の政府支援技術プロジェクトを生みだし、維持させるメカニズムを描いている²¹⁾。しばしば指摘される政府組織それ自体がもつ構造的な欠陥ではなく、各主体の合理的な意図と行為から、企業あるいは産業界にとっても政府にとっても次善の結果が生じることを示す秀逸な研究である。Keck によれば、政府支援技術プロジェクトに参加する企業が、当該プロジェクトの社会的価値が低いと確信していたとしても、その確信を政府や一般社会に明かすことは彼らの関心事ではない。否定的な情報によってプロジェクトが廃止されれば、企業はプロジェクト下で本来得られたはずの利益を得ることはできなくなる。そもそもプロジェクトの無用性について政府を説得できるとは限らず、場合によっては自社だけが退出を迫られる危険性がある。政府がプロジェクトへの否定的な見解について報酬を与え

ることにすればこうした企業は情報を開示するかもしれない。しかし、その報酬が企業にとって本来得られた利益を下回ればこの限りではない。対価を得るためだけに悪質な情報を供する企業もありうることから、政府もこうした報酬に対して慎重にならざるを得ない。結果、企業は技術の無用性について、意見表明をしないことを意思決定する可能性が高くなる。こうして政府プロジェクトは動き始め、ホワイト・エレファントを作り出すことを運命づけられるというのである。旧西独の高速増殖炉開発プログラムでは、Keck が描いたようなメカニズムが観察されたという。

本稿が取り扱うのは無用な技術開発プロジェクトが組成されるのはなぜかという問題ではないものの、Keck 同様に政府組織それ自体がもちうる欠陥ではなく、各主体の戦略的意図と相互作用に注目する。以下では、1970年代から90年代にかけて各国で進められた NaS 電池を中心とする電力貯蔵電池技術の開発事例について、欧米での活動とともに日本のムーンライト計画下で行われたプロジェクトについてみる。電力貯蔵電池についてはこれまで複数の技術方式が検討され、開発が進められてきた²²⁾。このうち実用化の後事業化までいたっているものに NaS 電池、実用化水準とされているものにレドックスフロー電池、実用化を目指して近年急速に開発が進んでいるものにリチウム・イオン電池などがある。興味深いことに実用水準にある前二者の電池は、政府が支援する新型電池電力貯蔵システム開発プロジェクトにおいて開発が進められた電池である一方、その実用化を実現しているのは同プロジェクトに不参加の東京電力と日本ガイシ、あるいは他タイプの電池開発で参加していた関西電力と住友電気工業である。いったいなぜ、国が支援するプロジェクトで開発を行っていた当事者ではない企業群がその実用化を担い、プロジェクト参加企業がこれを担うことがなかったのであろうか。本稿では特にこの問題の後半について、プロジェクトに参加する主体の戦略的意図に注目してある種のメカニズムが成立する可能性を考えたい。また、後のディスカッションにおいて、これからみるよう

なメカニズムが他の政府支援プロジェクトにおいて同様に生起していた可能性に言及する。

3. NaS 電池を中心とする電力貯蔵電池技術の開発

NaS 電池を中心とする電力貯蔵電池技術は、日米欧を中心に各国政府の支援をうけて1970年代頃から活発に開発活動が行われてきた。電力貯蔵電池の開発において想定されていた主用途は、電力負荷の平準化および電気自動車の実現であった。産業発展によって産業・生活両面で電気機器の利用が増えるにつれて、昼夜間・季節間の電力需要格差は拡大する。このように時間によって電力負荷が分散すれば、停電を招かないために最大需要に合わせた発電設備が必要になり、社会として非効率的な電力利用となる。これに対して、電力を貯蔵することができれば、電力負荷は平準化できる。ところが当時、大容量の電力を貯蔵する手段が事実上、揚水発電に限られており、この揚水発電は建設費用や時間、電力損失等の点で課題があると考えられていた。そこで電力の損失が比較的低く、小型で需要地近くに設置することが可能な電力貯蔵用電池の開発が模索されたのであった。いわば揚水発電の代替手段としての電力貯蔵電池である。一方、電気自動車についても、その実現が要請される社会的な事情が背景としてあった。2010年の現在においても自動車のエンジンはガソリン駆動が主流であるものの、将来的な石油資源の枯渇可能性については当時から懸念されており、また二度の石油危機が石油への依存を減らした生活基盤の実現という目標を後押ししていた。公害をはじめとする環境負荷の軽減という事情もあったであろう。いわばガソリン自動車の代替手段としての電気自動車であった。

やがて日本ガイシらによって事業化される NaS 電池の開発は、1967年米フォード社による基本原理の発見と発表²³⁾を端緒に、日米欧を中心に急速に活発化していった。結果的にそのプロジェクトのほとんどが頓挫しているものの、各国政府の支援下で進められることになる。米国、欧州、日本の順に、各国での開発活動につ

いてみていこう。

3-1. 米国における研究開発活動

1980年代初頭までに、もっとも活発に電力貯蔵用の新型電池開発がすすめられたのが米国であった。エネルギー省 (DOE: Department of Energy) は、1970年代から80年代にかけて行われた国家プロジェクト「電気化学エネルギー研究プロジェクト」(Research Project for Electrochemistry Energy Storage) の下で、電力負荷平準化と電気自動車、および太陽光発電の3用途を念頭においた新型電池の研究開発をすすめていた²⁴⁾。DOE は、電力負荷平準化用および電気自動車用電池として、環境負荷がなく10年程度の耐久性を持つことを開発目標にしていた。また DOE は、新型電池の経済性について1 kWh²⁵⁾あたり40米ドルの導入コストを目標としていたものの、これは1980年代半ばにおいてほとんど達成不可能な値であったという²⁶⁾。DOE が掲げた開発目標の詳細は、表1に示してある。

表1. 米 DOE が掲げた新型電池の目標性能

変数	負荷平準化 (LL)	電気自動車 (EV)
コスト	\$40/kWh (1978\$)	\$40/kWh (1978\$)
寿命サイクル	2000	800
寿命期間	10年	3~10年
エネルギー効率	70%	50%
エネルギー密度	なし	140Wh/kg, 200Wh/l
電力密度		
ピーク (15秒)	なし	200W/kg
継続		70W/kg
典型的設置サイズ	200M Wh	30-50k Wh
充放電サイクル (時間)	放電4-10時間 充電4-7時間	放電2-4時間 充電1-6時間
環境インパクト	ゼロ	ゼロ

出所) 岩淵・木村, 1980, p.9から引用。ただし原典は、Birk & Smith, 1979。

DOE のプロジェクトでは、1981年から電池を電力系統と接続して運用する実証試験が開始されるようになる。DOE と米電力研究所 (EPRI: Electric Power Research Institute) は、まず米 PSE & G 社 (Public Service Electric & Gas) と共同で1700万ドルを出資し、ニュージャージー州に BEST (Battery Energy Storage Test) 施設を建設した。BEST 施設では、1982年に C & D Batteries 社²⁷⁾が製造した1800 kWh の鉛蓄電池、

翌83年にEDA社 (Energy Development Associates)²⁸⁾が製造した500 kWhの亜鉛塩素電池について、実証試験が行われた²⁹⁾。1985年頃には、NaS電池と亜鉛臭素電池の実証試験も行われる計画であった³⁰⁾。米国では、このほかにリチウム-硫化鉄電池やレドックスフロー電池の研究開発も行われていた³¹⁾。以下では、NaS電池の研究開発をみておこう。

米企業によるNaS電池開発はDOEやEPRIを中心とする政府の支援下で行われていた。米国の新型電池開発に対する政府補助金は他地域に比して大きく、1980年代初頭まで増加を続けたという³²⁾。たとえば、DOE・EPRI両者による1979年の電池開発研究費3850万ドルのうち、新型電池開発費は2410万ドルで、NaS電池開発には1130万ドル(当時のレートで約22億円)が割り当てられている。これに対して英国政府によるNaS電池開発の補助金は、1975~78年の4年間で200万ポンド(当時のレートで約10億円)、1979~1982年の4年間で190万ポンドであった。

米国における主なNaS電池開発主体は、3つあげることができる。フォード社と、GE社 (General Electric)、ダウ・ケミカル社 (DOW Chemical) である。

まず、フォード社は1960年代初頭に始まる独自の開発活動に加え、1973年から1985年まで米政府からNaS電池の開発を受託している³³⁾。フォード社における開発活動は、1979年までFord Motor社において行われ、これ以降はFACC社 (Ford Aerospace & Communications) を中心とする両社の共同体制になっている。また、NaS電池の電解質となる β アルミナは、セラミックの研究開発企業セラマテック社 (Ceramatec) がフォード社に納めていた。

フォード社が自動車を主力事業としていたことから、想定された主用途は電気自動車であった。1982年には、100 kWhのNaS電池を試作して電気自動車に搭載する試験のデモンストレーションが行われている³⁴⁾。ただし、米政府からの開発委託契約の下で電力負荷平準化向けも開発されており、開発の重心はやがて電気自動車から電力負荷平準化へと移っていくことになる。NaS電池は危険物の液体ナトリウムを利用する

ので、高速走行に伴って応力が加わる自動車では安全性確保に難があったためであるという³⁵⁾。フォード社は、セラマテック社と共同でベータ・パワー社 (Beta Power) を設立し、電力負荷平準化用NaS電池の開発をすすめていった³⁶⁾。

フォード社は20年間余の開発活動を経て、1985年頃には独BBC社 (Brown Boveri & Cie)³⁷⁾と並んでもっとも高い成果をあげているといわれていた。ところが、DOEとの契約が終了するのにもなって開発体制は大幅に縮小され、これ以降NaS電池から撤退していくことになる³⁸⁾。ただし、同社が設立したベータ・パワー社は、1990年代半ばまでNaS電池開発を継続することになる英CSPL社に買収されている。

次にGE社は、同社の在仏子会社CGE社 (Compagnie Générale d'Électricité) と共同で1976年からNaS電池の開発を行っている。GE社はEPRIによる資金援助の下で電力負荷平準化用のNaS電池開発をすすめ、1985年までにBEST施設に5 MWhシステムを建設することが目標とされていた³⁹⁾。GE社は1980年、英CSPL社 (Chloride Silent Power Limited)⁴⁰⁾との共同開発体制に移行し、20 kWhモジュール電池の開発を行っている。しかし、1984年にはフォード社同様NaS電池から撤退している⁴¹⁾。

ダウ社も、DOEおよびEPRIによる支援の下で、1978年から電力負荷平準化用のNaS電池開発に従事しており⁴²⁾、1985年までにBEST施設に10 MWhシステムを建設することが目標とされている。しかし、1984年にはGE社同様に開発体制を大幅に縮小している⁴³⁾。

米企業によるNaS電池開発は、1980年代半ば頃に終息したように思われる。ただし、フォード社とGE社の開発成果はそれぞれ、ベータ・パワー社の買収および共同開発活動を通じて、英CSPL社に継承されていったようである。後にみるようにCSPL社は、米政府から委託をうけて、NaS電池開発を1990年代半ばまで継続している。

3-2. 欧州における研究開発活動

欧州では相対的に電力負荷率が高かったため、米国に比して負荷平準化用電池電力貯蔵システ

ムに関する関心は高くなかったという⁴⁴⁾。しかし、長期的なエネルギー戦略の観点から電気自動車に対しては早くから注目されていたため、NaS電池の開発は主に電気自動車用として行われていた。ここでは、1990年代後半までNaS電池の開発が継続された英CSPL社および独BBC社についてみておく。両社とも企業体制の変更を経た20余年間の開発過程を通じて高い技術成果をあげていたものの、事業化にはいたっていない。

1970年代初頭、英国では当初3つの開発主体がそれぞれNaS電池の開発に従事していた⁴⁵⁾。英交通省 (Department of Transport) の支援を受けたBritish Railwayと、英エネルギー省 (Department of Energy) の支援を受けたUKAEA (英国原子力公社: UK Atomic Energy Authority) のハーウェル (Harwell) 原子力研究所、英産業省 (Department of Industry) の支援を受けた電池メーカー・クロライド社 (Chloride) である。やがて英政府による後押しのもとで3主体は、NaS電池の共同開発企業CSPL社を設立し、開発努力を集約することになる。

CSPL社は、英政府機関である電力協議会研究所 (ECRC: Electricity Council Research Center) から補助金を受けて電気自動車用NaS電池の開発をすすめ、1980年代初頭には世界最大規模の製造・試験設備をもち、最も実用化に近い水準に到達した開発主体と評されるようになる⁴⁶⁾。ただし、英産業省から受託した電気自動車の開発が難航するなどNaS電池開発は容易ではなく、1984年にはBritish Railwayが撤退している⁴⁷⁾。

CSPL社の開発が頓挫する危機を救ったのは、1985年に米DOEから受託したNaS電池開発の契約であった⁴⁸⁾。DOEは1981年から米サンディア国立研究所 (Sandia National Laboratory) を実施主体として、「バッテリー技術の開発試験調査」 (ETD: Exploratory Battery Technology Development and Testing) プロジェクトを開始しており、それまでフォード社に委託していたNaS電池開発をCSPL社に委託することになった。ETD下のNaS電池開発は、DOEが1991年に開始した「ナトリウム硫黄電池技術による定置型エネルギー

貯蔵プログラム」 (Sodium Sulfur Battery Engineering for Stationary Energy Storage Program) に引き継がれ、CSPL社が開発した電気自動車用NaS電池は、電力負荷平準化用に応用されていくことになる⁴⁹⁾。

ところが、1990年の英国電力自由化を機に状況は再び変わり始める。クロライド社を含む英国電力業界はCSPL社の開発支援を中止し、SPL社 (Silent Power Limited) に改名した同社は1992年、独エネルギー企業RWEに売却された。さらに、3年後の1995年にはRWEがSPL社の売却を決定することになる。結局、DOEとの契約期間満了とともに、買い手企業が見つからないまま、1996年にCSPL社は解散した。20年余におよぶ同社のNaS電池開発は幕を閉じることになった。

次に、CSPL社と並ぶ長期間にわたってNaS電池の開発を続けたのが独BBC社である。BBC社では1970年代から西独連邦政府の支援を受けながら開発が行われている。当初は電力負荷平準化用途も念頭にいられたものの、主に電気自動車用途向けに開発が進んだ⁵⁰⁾。同社の開発は1980年代にはいるといっそう活発化していくことになる。投資額の増大とともに100名規模の技術者が投入された結果、早々に電気自動車への搭載実験が行われるなど、1980年代半ばにはもっとも高い技術水準をもつ企業の1つであったという⁵¹⁾。

BBC社は1987年、NaS電池の研究開発合弁企業・ナステクを日本ガイシと設立することに合意している。この合弁企業を通じた技術交流・技術移転が、日本ガイシによる電力負荷平準化用NaS電池開発に大きな影響を及ぼすことになったという⁵²⁾。

BBC社は1988年、スウェーデンの重電企業アセア社 (Asea) と合併し、ABB社として再出発したものの、NaS電池の開発は継続されている。1992年4月の電気自動車走行試験では、1度の充電で547.2キロの走行が可能ことが確認され、技術的なめどがついたとして2年後の量産開始を発表している⁵³⁾。この発表によれば、同社のNaS電池はフォルクスワーゲン社 (Volkswagen) と、BMW社、フォード社の3社に採用が内定し

ていた。マンハイム工場において当面年4万台を、90年代末には年10万台を生産する計画であった。ABB 社ではこの1992年までの20年間に約1億2000万ドルが NaS 電池開発に投じられたという。ところが、この計画は実現にはいたらず、ABB 社は1996年に同社の事業再編成を理由として NaS 電池開発から撤退することになる⁵⁴⁾。

3-3. 電気自動車開発の大型プロジェクトとムーンライト計画

日本では、主に国が支援する2つの研究開発プロジェクトにおいて、NaS 電池を含む電力貯蔵用電池の開発がすすめられてきた。電気自動車とこれに搭載する電池の開発を目指した1970年代の「電気自動車の研究開発大型プロジェクト」、および1980年代から90年代初頭に様々な省エネルギー技術開発を目指した「ムーンライト計画」である。これらプロジェクトは、国が複数の企業に開発を委託する形ですすめられ、それぞれ電気自動車の走行試験と1000 kW 級パイロットプラントの実証試験という成果をあげたことが知られている。ただし、プロジェクトにおいて開発活動を遂行した参加企業がこれを事業化することはなかった。1970年代の電気自動車用電池開発は、技術的な問題と電気自動車のインフラ整備の問題および石油価格の安定が実用化の障害になっていた。1980年代のムーンライト計画における電力貯蔵用電池は、導入の経済性に加えて耐久性・安全性が課題として残され、実用化にはまだ時間がかかると認識された。続く1990年代に行われた国家プロジェクト「ニューサンシャイン計画」では NaS 電池の代わりに、次世代電池として期待されるリチウム・イオン電池が、家庭向け電力負荷平準化および電気自動車用に開発されることになった。ムーンライト計画の新型電池電力貯蔵システム開発が終了した1990年代に、引き続き開発対象とされた電池を積極的に事業化へ向けて開発し続けた主体は、むしろ同計画に参加しなかった主体であった。同計画に参加せず独自開発をすすめた東京電力・日本ガイシの NaS 電池の共同プロジェクトおよび、関西電力・住友電気工業

のレドックスフロー電池の共同プロジェクトである。

日本における NaS 電池開発は、早期から各企業で基礎研究が始められていたものの、1971年度から1976年度にかけて通産省が主導した「電気自動車の研究開発大型プロジェクト」において本格化することになる⁵⁵⁾。大型プロジェクト制度とは、1966年から日本政府がすすめた「大型研究技術開発制度」の別称である。研究開発に多額の資金と長期間、大きなリスクを要するものの、国民経済にとって重要かつ緊急に必要なとされる大型工業技術について、国が資金負担と開発体制の確立を担おうとする制度であった⁵⁶⁾。電気自動車の研究開発大型プロジェクトでは、5年間で約50億円を投じ、電気自動車用の新型電池と車体、制御装置、充電方式等利用システムを開発することが計画された。プロジェクトの参加企業は、トヨタ自動車や日産自動車などの自動車メーカーと日立化成などの材料メーカー、湯浅電池、日本電池、新神戸電機などの電池メーカーである⁵⁷⁾。

大型プロジェクトの開発テーマに電気自動車選ばれたのは、電気自動車がガソリン自動車に比べて次のような長所を持つと考えられたからであった。まず、排出ガスを出さず騒音水準も低いため、自動車公害が抑制される。次に、深夜余剰電力の有効利用が考えられるうえ、この電力を生み出すための資源として将来的な枯渇が心配される石油に依存しない。このほかに、耐用年数の長さや保守の容易さについても期待されていたものの、電気自動車の基本的な意義は、ガソリン車を代替することで達成される公害の抑制やエネルギー需給のコントロールといった社会的ニーズの充足にあると考えられていた。

ガソリン車の将来的な代替に必要な工業技術開発という位置づけのもとで、最高時速70~80キロメートル以上、一充電あたり走行距離130~200キロメートルといった開発目標が、電気自動車開発プロジェクトでは定められた。乗用車やトラック、路線バスなどの実験車に搭載される電池として開発が行われたのは、3種の改良型鉛蓄電池と NaS 電池を含む4種の新型電池であった⁵⁸⁾。

電気自動車の大型プロジェクトは、当時の技術水準からすればきわめて高い目標をもつ挑戦的なプロジェクトであったこともあり、新型電池およびこれを搭載した電気自動車が広く流通することはなかった。技術的な問題に加えて、充電のインフラ整備など電池の保守で生じる問題やオイルショック後の石油価格安定といった事情も、電気自動車の実用化を困難にしていたという⁵⁹⁾。ただし、同プロジェクトが終了する1977年3月までに、成果として実験車の走行試験が行われている。NaS 電池に注目すれば、開発を担当していた湯浅電池は同年に30kW モジュールを開発し、これを搭載したミニバンの走行が行われた⁶⁰⁾。

電気自動車の大型プロジェクトに代わって、NaS 電池開発の大きな推進母体になったのが、ムーンライト計画の名称で知られる「大型省エネルギー技術研究開発制度」であった。日本では1970年代に迎えた2度の石油危機を背景として、2つの大型技術開発計画が発足している⁶¹⁾。1974年に発足した「サンシャイン計画」（新エネルギー技術研究開発計画の通称）と、1978年に発足したムーンライト計画である。サンシャイン計画が石油代替エネルギーの開発を目指したのに対して、ムーンライト計画ではエネルギーの転換効率・利用効率の向上が目指されていた。両計画は通産省工業技術院が推進し、新エネルギー総合開発機構（NEDO: New Energy and Industrial Technology Development Organization）⁶²⁾を実施主体として、産学組織に実際の開発が委託された。ムーンライト計画の1つとして1980年から開始されたのが「新型電池電力貯蔵システム」開発プロジェクトである⁶³⁾。

新型電池電力貯蔵システムのプロジェクトは、電力負荷平準化を目的に揚水発電の代替を目指すものであった。通産省工業技術院ムーンライト計画推進室によれば、同プロジェクトの開始には2つの背景があった⁶⁴⁾。1つは、電力需要の日間格差拡大と季節変動によって発電設備の年負荷率が当時低下を続けていたことである。もう1つは、電力負荷調整技術の中でも、新型電池は高い経済性を期待することができ、効率的な設備計画・系統運用に資すると考えられた

ことである。

プロジェクトでは、負荷平準化を行う電力貯蔵システムの開発資金として1980年度から90年度までの11年間に170億円を投じることが計画された⁶⁵⁾。到達目標は、電力貯蔵システムが揚水発電と同等の性能を発揮する「実用になる」水準であった。すなわち表2に示されるように、総合エネルギー効率70%以上、および耐用年数10年を満たすことなどである。実用にあたっては性能ばかりではなく、経済性についても揚水発電と同等以上であることが前提とされ、そのために都市または近郊の変電所に設置することが考えられていた。

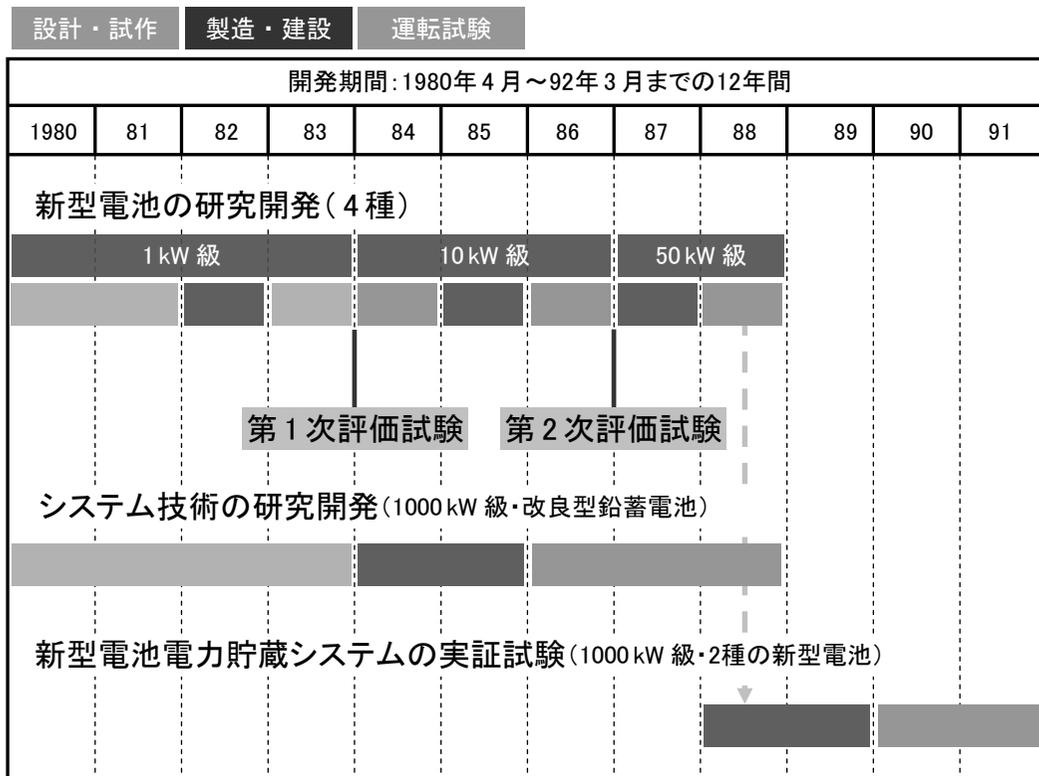
表2. 通産省工業技術院が掲げた新型電池の目標性能

項目	目標
出力	1000kW 級
基準充放電時間	8時間充電, 8時間放電
総合エネルギー効率	70%以上 (交流入出力端)
寿命	充放電サイクル1500回以上 (耐用年数10年)
環境対策	すべての環境基準 (法令) を満足する
以下, 将来の実用における前提	
経済性	揚水発電と同等以上
設置場所	都市内または都市近傍設置可能
設置面積	変電所用地と同等以下

出所) 新村, 1983の表1 (p.10) から一部修正して引用。

新型電池電力貯蔵システムのプロジェクトでは新型電池およびこれを電力系統に接続するシステム技術の研究開発と、パイロットプラントの試作運転研究が行われた。開発対象となった4種の新型電池および NEDO からの開発委託先企業はそれぞれ次の通りである。NaS 電池は湯浅電池および日本特殊陶業、亜鉛塩素電池は古河電気工業、亜鉛臭素電池は明電舎、レドックスフロー電池は三井造船が、それぞれ開発を担当している⁶⁶⁾。ただし、システム技術の開発には改良型鉛蓄電池が利用され、この鉛蓄電池を日本電池が供給、試験施設を関西電力が提供し、解析を東芝が行っている⁶⁷⁾。新型電池電力貯蔵システムのプロジェクトは、結果的に1年間延長され、概ね図1のようなスケジュールですすめられた。

図1. 新型電池電力貯蔵システム・プロジェクトのスケジュール



出所) 新村, 1983の図1 (p.10) および次の2次資料を参考に作成。日本経済新聞 (1986年3月31日; 1988年3月18日; 1989年3月13日; 1990年11月30日), 日経産業新聞 (1983年5月10日; 1986年4月18日; 1986年10月17日; 1987年3月5日; 1987年5月29日; 1988年3月24日; 1989年6月14日; 1990年4月3日)。

1980年度から、新型電池の研究開発とシステム技術の研究開発が始まり、その成果をもとに88年度から1000 kW 級パイロットプラントの建設と実証試験が行われた。まず単電池が開発され、続いてこれを集合させた1 kW, 10 kW, 50 kW 級モジュール電池の開発と運転試験が行われた。モジュール電池の性能評価試験は、1983年度に1 kW 級、86年度に10 kW 級と2度行われた。その結果、NaS 電池と亜鉛臭素電池の2つに絞って1000 kW 級パイロットプラントを建設することが工業技術院において1987年4月に決定された⁶⁹⁾。

約500世帯の一般家庭電力需要に相当する1000 kW 級パイロットプラントは、20個の50 kW 級モジュール電池から構成されており、電力会社の変電所を試験所として設置された。亜鉛臭素電池のプラントは九州電力今宿電力貯蔵試験

所に、NaS 電池のプラントは関西電力巽電力貯蔵試験所におかれている。両プラントは、貯蔵に伴う電力損失を30%以下に抑えることを目標として、プロジェクトが終了する1992年3月まで実証試験が行われた⁶⁹⁾。

ムーンライト計画における新型電池電力貯蔵システム開発プロジェクトは、1000 kW 級プラントの実証試験という成果をあげたものの、実用化には耐久性とともにコスト面で大きな課題を残すことになる。新型電池電力貯蔵システムの導入コストは、1 kW あたり約170～200万円と、揚水発電所の1 kW あたり30万円を大きく超えていた⁷⁰⁾。このため、1992年度からムーンライト計画の後継研究を数年間行うことが電力業界に要請された⁷¹⁾。12億円の研究費を投じた電力業界の共同研究では、100 kW 級の NaS 電池と亜鉛臭素電池について、充放電効率を改善し、

1996年度までに導入コストを3分の1へ低減させることが目標とされた。2000年頃の実用化を念頭に設定された1 kW あたり導入コストは、NaS 電池が約70万円、亜鉛臭素電池が約50万円である。この共同研究は1995年まで続けられた⁷²⁾。

ムーンライト計画を推進した通産省工業技術院がこの1990年代初頭に描いていた新型電力貯蔵システム普及のシナリオは次のようなものであった⁷³⁾。まず「導入期間」にあたる1990年代は、前半に離島発電設備および小規模需要家において試用し、後半にこれらと小規模変電所(配電用)向けに積極的な導入を図る。この導入期間に、1 kW あたり導入コストを30~50万円まで漸減する。続く2000年からの「普及期間」では、離島発電設備の20%および需要家契約電力の10%、配電用変電所の8%、一次変電所の4%に設置することを目指す。この普及期間には、1 kW あたり導入コストは揚水発電のそれを下回り、2005年までに20万円台前半に、2006年以降は10万円台後半に低下することが期待されている。ただし電力業界では、当時の新型電力貯蔵システムはまだ信頼性に欠けているうえ、離島では電力消費量が少ないので利点が小さいことなどを理由に、同システムの導入に消極的であったという⁷⁴⁾。

このような事情を背景に、国が次世代の電力貯蔵用電池として注目したのは、リチウム・イオン電池であった。NaS 電池の開発が長期化する背後で、1990年代には高いエネルギー密度を持つリチウム・イオン電池が注目されるようになっていた。通産省工業技術院は1992年度から、サンシャイン計画とムーンライト計画を統合した「エネルギー・環境領域総合技術開発推進計画」(通称、ニューサンシャイン計画)を開始し、新たに「分散型電池電力貯蔵技術開発」プロジェクトが設置された。プロジェクトには、2001年度までの10年間に約166億円が投じられることになる。

分散型電池電力貯蔵のプロジェクトでは、ムーンライト計画で考えられたような電力供給側の負荷平準化に代わって、一般家庭など需要側で「分散」して負荷平準化を行うことが意図された⁷⁵⁾。このプロジェクトは、湯浅電池や日本

電池、三菱電機、日立製作所、松下電池工業、デンソーなどの企業12社と電力中央研究所から構成される「リチウム電池電力貯蔵技術研究組合」(LIBES)に開発を委託することになった。2種類のリチウム・イオン電池について開発がすすめられた。一般家庭への設置を想定した「定置型」と電気自動車への搭載を想定した「移動体用」である。同プロジェクトは NaS 電池に比べ体積あたり3~4倍のエネルギーを蓄えられることを目標の1つにしていたものの、NaS 電池そのものの開発が行われることはなかった。

ムーンライト計画の新型電池電力貯蔵システム開発が終了した1990年代に、引き続き積極的な NaS 電池活発を続けたのは、同計画に参加せず独自開発をすすめた東京電力・日本ガイシのプロジェクトであった。また、レドックスフロー電池についても、長期にわたって開発が継続されたのは、ムーンライト計画下でこれを担当した三井造船ではなく、同計画と離れて独自に開発することを選んだ関西電力・住友電気工業の共同研究体制であった⁷⁶⁾。欧米では CSPL 社やABB 社が1990年代に入っても開発を続け、国内でも電力業界がムーンライト計画の後継研究を行ったものの、どちらも90年代半ばに事実上終了している。1968年から NaS 電池の研究を始め、2つの国家プロジェクトで同電池の開発を担当した湯浅電池は、1986年に量産を計画するなど活発な活動を続けていた⁷⁷⁾。しかし1990年代にはいると、電力業界共同研究において NaS 電池の開発を継続させる一方、ニューサンシャイン計画ではリチウム・イオン電池による電力貯蔵を目指している⁷⁸⁾。

4. 事例の解釈

1970年代から各国で進められた政府主導による電力貯蔵用電池の実用化について、もしうまくいかなかったと解釈するならば、その原因は何であっただろうか。直接的な原因として考えやすいのは、まず欧米でも日本でも各プロジェクトの終了および時間の経過に伴って政府支援が縮小していったことであろう。次に、開発活動が長期にわたることに伴う環境の変化である。

事例中の英国をはじめとして近年世界で進展した電力の自由化が技術開発活動に大きな影響を与える一方、ABBのような有力な開発主体もやがて経営状況を改善するためのリストラチャリングが必要になり開発を中止している。時間の経過とともにリチウム・イオン電池のような有望な代替技術も登場することになる。また、国のフレームの外側で新型電力貯蔵用電池の実用化をめざして開発活動を続けた日本ガイシや住友電気工業の側からすれば、プロジェクト参加企業の当該技術開発活動に対するコミットメントが十分ではなかった、あるいは政府プロジェクト自体そうしたコミットメントが可能なフレームになっていなかったとする見解もあり得るかもしれない。

ただし、政府も、そのプロジェクトへの参加企業も事情の変化に対して合理的な判断をしたにすぎないという見解もあり得ないではない。時間の経過ともなう事情の変化が技術開発活動継続の障害になったのだとしても、それ自体彼らの行動の直接的な結果として生じるものとはいいきれない。各主体の行動は彼らを取り巻く環境変化に一定の影響を与えたであろうものの、その影響の程度が決定的であったかは定かではない。やがて有望な代替技術が社会に登場したのだとすれば、むしろ投資対象をそちらへ切り替えることが合理的である場合もあろう。時間の経過とともに技術進歩や競争圧力の上昇等の要因によって揚水発電の建設維持コストが低下すれば、新型電池による揚水代替の社会的ニーズも低下する。プロジェクトに参加する民間企業は、本業・他事業のあり方を含む固有の事情について、企業全体の視点から考えることが合理的である。技術の実用化を目指してプロジェクトを発足させた政府も、(プロジェクト外の)民間企業で開発が進んだのであれば、もはや税金を投入する支援は必要がなく手を引いただけでありうる。実用水準達成前であっても、政府支援を必要とせずにやがて実用化が見込まれる開発主体の登場をもって初期目標が達成されたという判断すらあり得るかもしれない。

もしプロジェクトに問題があったとすれば、少なくとも事後的には、当該技術開発に関して

そもそも政府が支援することなく、民間企業のみで実用水準まで開発が進んだ可能性があるという点である。Nas 電池の商業化へ至る日本ガイシらと政府プロジェクトの間に技術知識の移転・スピルオーバーはほとんどなかった⁷⁹⁾。民間のみで開発が進んだのだとすれば、同じ開発テーマに対して国と民間の重複投資があったことになる⁸⁰⁾。また、そもそもプロジェクト参加企業にどれほどの関連技術が残されたのかが不明であるといえるかもしれない。ムーンライト計画下でレドックスフロー電池開発を担当した三井造船は、そこで炭素繊維の基礎技術を習得し後にビタミンC計測器の開発に応用している⁸¹⁾。これに例示されるように、もちろん何らかの形では政府支援プロジェクトは社会に知的資産を残していると思われる。ただし、企業の意図はどうあれ、そこにプロジェクトを進めた政府の意図があったかは定かではない。そもそも、国のプロジェクトに参加する企業は、ある用途に向けて複数の代替技術があると認識した場合、本命と考える技術を自前で開発し、むしろ本命ではないと考える技術についてプロジェクト下で開発しようとする意図を持つかもしれない。企業の政府支援プロジェクトへの参加態度が将来の事業展開に役立つ何らかの技術蓄積あるいはリスク分散のための代替技術開発にあるという可能性である。企業がこのような意図をもって国のプロジェクトに参加することにも利点がありえるため、必ずしもネガティブな結果のみが生じるわけではない。ただし、民間だけでは達成困難な技術の実用化が政府プロジェクトの目的であるとするならば、それがこのプロジェクトを通じて達成されるとは言い難い場合が想定される。この点について、以下である種のジレンマを伴うメカニズムが発現する可能性を考えたい。

5. ディスカッション

以上の電力貯蔵技術の事例を踏まえ、政府支援プロジェクト参加主体の戦略的意図に注目しながら、この種のプロジェクトがかかえうるジレンマについて議論してみよう。論ずるのはプ

プロジェクトがかかえるジレンマに関する仮説的なメカニズムである。技術開発の政府支援プロジェクトに関わる既存研究では、プロジェクト参加企業が政府支援に甘えて十分な効率化努力をしなかったり、自身は十分な技術知識をプロジェクトに公開しない一方で他社からの知識獲得には懸命になるような機会主義的行動をとったりすることがあると指摘される一方、1990年代半ばまでの日本企業は概ねそのような傾向にないと論じられている⁸²⁾。ただしこうした見解が妥当であるとしてもなお、政府プロジェクトへの参加企業は、政府の思惑とは異なる戦略的意図を持って行動する可能性がある。

政府支援研究開発プロジェクトが、ある技術を実用水準まで開発することを目指しているとしよう。当該技術が実用化すれば、社会的に望ましい結果が得られると考えられるものの、その実現には多大なリスクとコストが存在しうるが故に、民間だけでは到達しがたいと想定される。だから、政府は自ら出資し、技術開発を主導することによって、当該技術の実用化を実現しようとするようになる。

政府支援プロジェクトの開発テーマが、基礎に近い技術開発よりも実用水準の技術開発へとぶれやすいのには、政府がテーマ設定について抱えるジレンマが関係していると考えられる。本来、政府の支援を必要とするのは、実用化までの道のりが際立って遠いと考えられる基礎寄りの技術である。しかしそのような技術の開発プロジェクトはまさに政府支援を必要とするがゆえに、そもそも成功する確率が高いとは言いがたいと想定される⁸³⁾。一方、税金を投入し、国を挙げて開発に挑むのであるから、プロジェクトの成果は一般に対してある程度ははっきりとした形で認識できることが望ましい。民主主義国家であれば、資源動員には相応の正当性が必要とされるのである。つまりプロジェクトの「成功」を願うならば、実際には基礎よりも実用水準に達したという明確な成果が確認できる応用寄りのテーマを選ぶのが望ましいことになる。支援の必要性和見込まれる成果の間で、政府は開発テーマの選定についてジレンマを持ちうるのである。

もし政府支援プロジェクトの開発テーマが、実用化を見据えた応用段階のものであるならば、プロジェクトへの参加企業は、実用化後の事業化を見据えて行動することになる。つまり企業側にとっては、将来の事業化を見据えた上で、どの技術が有望であるのか、またその判断が付きにくい場合には、候補となり得るどの技術に自ら投資し、他のどの技術について政府プロジェクトの下で開発するのか、という問題に直面するような状況が生じる。

政府は、社会にとって有益であるものの開発が困難な技術について、実用水準、すなわち事業化の前段階までを助成・主導する形で協調して開発し、事業化と事業化後という残りのプロセスについては企業間の自由競争でよい、という意図をもつであろう。ところが、企業側の意図を組み込んで考えれば、必ずしもそうはならない可能性がある。

もし仮に、プロジェクトへの参加企業がプロジェクトの成功、すなわち技術の実用化について懐疑的であったり、あるいはそもそも開発テーマが基礎寄りであり実用化は遠い未来のことであると認識していたりするならば、このプロジェクトに大きな投資をする可能性は低くなる。事業化への道筋が見えない限り、他の事業でも利用できそうな「何かに使えそうな」周縁的な技術知識の習得や技術者の訓練、交流、政府とのパイプの保持などがプロジェクト参加への主目的になり得る。遠い未来の出来事の評価には、それなりの時間割りが行われるから高いコミットメントがえられない可能性がある。もっとも先の未来であっても有望な事業になり得ると判断されれば、それなりの投資をした上で将来に備えた技術蓄積が行われる。

一方、参加企業がプロジェクトを通じた技術の実用化について相応の展望を持っているならば、これを実現するための複数の代替的な要素技術の1つを開発する場として、プロジェクトに参加するであろう。ただし事業化までを見据えるならば、当該企業が本命と考える要素技術ではなく、むしろ次善と考える要素技術について、プロジェクト下で開発を望むことが考えられる。事業化につながる本命技術には自社とし

て可能な限りの資源投入を行う一方、本命がものにならなかった場合の保険として、政府の支援を利用しながら次善技術について開発を行うのである。本命技術は、投入資源の問題だけではなく、事業化までを考えるならば、政府プロジェクトのしがらみがなく自由に使える方がよい。このため、プロジェクト下で支援を受けて開発するよりも自前で開発することが好ましいと考える。場合によっては、政府プロジェクト下では本命技術の事業化を補完する二次的な知識、周知的なスキルが獲得できればよいと考えるかもしれない。プロジェクトを通じた技術の実用化についてある程度の確信を持っていたとしても、それが自社の本来の事業基盤とは遠い距離にあって自社で手がける可能性が低いと考えられる場合にも、周辺技術の習得や技術者教育が成果として期待されるであろう。

本命技術について政府プロジェクト下で開発を進めるよりも自前で開発を行う、という意味決定をした場合、技術開発に関するリスクや必要資金の大きさが問題になり得る。社会的ニーズは高いものの早期の実現が難しい大型の技術開発について、政府支援が必要とされると論じられた所以である。ただし、技術開発のリスクや必要資金が大きいために特定技術への過小投資という市場の失敗が生じるとしても、この開発活動について他企業と戦略的提携を組織する、という別の選択肢を企業自らのイニシアティブでとることがありうる。Nelson, 1959は大規模技術開発に伴うリスク削減の一つの手段として、資金力に余裕をもつ大企業が実施するマルチ・プロジェクトの可能性を論じたものの、政府が関与しない形での複数企業の連携による共同開発もあり得る。もちろん、このような複数企業による共同開発という手段を講じてもお、当事者達のみではリスクや資金を負担しきれないケースもあり得るであろう。しかし、政府が音頭をとらなくとも、企業のみで意図と行動で共同開発は行われうるし、本稿の事例における住友電工と関西電力、日本ガイシと東京電力のようにそうした行動は世の中でもよく見られるのではないだろうか。

1990年代前半頃までの日本企業は、政府支援

プロジェクトでは技術の周知的知識の獲得や技術者の訓練を求める傾向にあるとする既存研究の指摘の背後には、自らが本命と考える技術を自前で開発するというスタンスがあると言えるかもしれない。多くの場合当時の日本企業の政府支援プロジェクトへの参加のインセンティブは、競争力強化ではなく、自社で得にくい知識や研究開発成果の補完、技術者の訓練等であり⁸⁴⁾、開発対象が応用段階に近い場合には海外から喫緊の脅威がない限り積極的に参加しようとしなかったという⁸⁵⁾。このような日本企業の政府プロジェクトへの参加態度によって、欧米の論者がたびたび論じる効率化努力や情報共有に関わる機会主義的行動が生じがたかったと指摘されている。換言すれば、事業化を見据え本命として開発する技術については政府プロジェクトに頼ることなく自前で開発しようとする一方、政府プロジェクトにおいては将来の事業化を見据えた開発活動よりも、なんらかの技術蓄積あるいは次善と考える技術の開発を行う可能性がある。

政府と企業がこれまで述べてきたような意図の下で行動するならば、どのような事態が生じうるであろうか。政府プロジェクトでの開発活動をベースに後に事業化を目指すというよりも、他の技術蓄積あるいは本命ではない技術の開発を意図するのだとすれば、そもそも政府プロジェクトには、プロジェクトで開発される技術の実用化に関して高い水準のコミットメントを持ち、そのための先端的な開発力がある企業が参加することが見込みがたくなる。むしろ、当該技術および周辺領域について「これから」技術蓄積を進めたいケースや、プロジェクトで担当する技術を企業自らが選択可能な場合には、次善のコミットメントしか持たずに技術的なリスク分散をしたいというケースにおいて、企業は参加意欲を持つであろう。もしこのようなケースがある政府支援プロジェクトの大勢を占めるとすれば、当該プロジェクトは本来達成できた水準までパフォーマンスを向上させることが難しくなる可能性がある。

1980年代から1990年代半ばにかけて行われたムーンライト計画下の電力貯蔵用電池開発プロ

プロジェクトでは、電池の4つの技術方式を分けて、それぞれに開発担当企業が決められている。史実は明らかではないが、仮に上の想定とは違い企業は自ら担当する技術方式を決められなかったのだとすると、企業側としてはますます本来は本命とは考えていない技術の開発に従事していたことになる。徳田、1995によれば、ムーンライト計画下でNaS電池開発試験に従事していた関西電力は、同計画とは別に独自に各種新型電池の評価を行った結果、レドックスフロー電池が揚水発電所に競合できる本命技術であると判断している。そのため1985年から、ムーンライト計画とは別に、住友電気工業と同電池の共同研究開発を開始したのであった。この開発活動は、少なくとも2005年時点まで実用化を目指して実証試験が継続されている⁸⁶⁾。また2つの政府支援プロジェクトを通じてNaS電池開発に従事した湯浅電池は、やがて一方でNaS電池の開発も継続しながら、リチウム・イオン電池開発に注力するようになった⁸⁷⁾。同社はほかにも旧来技術である鉛蓄電池の改良や、ポリマー電池、燃料電池、ニッケル水素電池の開発にも積極的であった⁸⁸⁾。

もちろん電力貯蔵電池開発の事例には固有の事情や不明確な点もあり、ここで議論したメカニズムによって細部まで解釈できるわけではない。たとえば、ムーンライト計画の新型電力貯蔵電池開発プロジェクトにおいて参加企業間ほどの程度情報の交流があったといえるか明らかではない。政府支援プロジェクトの例外的な成功例と評される超LSI技術研究組合では、日本の政府支援プロジェクトとしては例外的に自前の研究所を持っていたことによって、参加企業間の「競争と協調」を通じた情報交流があったことが知られている⁸⁹⁾。一方それ以外の政府支援プロジェクトのほとんどはこのような仕組みを持っていなかったという⁹⁰⁾。ムーンライト計画の新型電力貯蔵電池開発がメーカー1社につき1電池技術で、各電池技術間の優劣を競うスキームであったことを合わせて考えれば、参加各社の間にそれほどの情報交流はなく「競争」がもっぱら強調されたゆえに、技術交流の結果得られたであろう成果が出ていない可能性もあ

る。このような点は、むしろプロジェクトの組織体制のあり方に帰せられる問題である。

しかしその一方、ここで論じてきたメカニズムは日本の他の政府支援技術プロジェクトにおいても観察されるといえるかもしれない。たとえば、ムーンライト計画では1978年から10年間にわたって高効率ガスタービン開発プロジェクトが行われているものの、その後実用化されるのはプロジェクトが開発対象としたレヒートサイクル方式ではなかった。国のプロジェクトでの開発経験がガスタービンに関する要素技術力の向上につながったとされる一方、同プロジェクトに参加した三菱重工は、1980年からこれとは別に東北電力と独自の共同研究開発プロジェクトを開始しており、見込み顧客をとまなうこの共同研究開発プロジェクトが同社のガスタービン事業で重要な役割を果たしたという⁹¹⁾。また日本の大型プロジェクト制度下における脱硫技術開発プロジェクトを詳細に検討した伊藤、2005によれば、後に実用化され、普及することになるのは、プロジェクトが開発対象にした乾式ではなく、湿式と呼ばれる技術方式であった。プロジェクトでは1969年に乾式のパイロットプラント建設と運転という成果を得たものの、その後電力業界に引き継ぎが要請された乾式は様々なトラブルを克服できず、1970年代に入ると実用化が断念されることになる。同時期に大きく普及した湿式の製品市場をリードしていたのは、乾式で政府プロジェクトに参加していた三菱重工と日立であった。企業の技術者は、政府プロジェクトに関わっているときからすでに「湿式の方が乾式よりも見込みがあるという感触を得て」おり、大手メーカーは複数ありえた排煙脱硝技術の本命を見極めていたという⁹²⁾。このような例示の目的は政府支援技術プロジェクトの無用性を示すことではもちろんなく、各主体がプロジェクトへの参加にあたってもつ戦略的意図とありうる帰結を考えることにある。実際、脱硫技術の政府プロジェクトは、硫酸化物排出規制強化の方向を明確にするとともに、企業の脱硫技術開発を活性化させたことも指摘されている。

さらに本稿で論じたプロセスの結果として、

企業間の技術力格差が縮小して社会の平均的な技術水準が向上し、全体として技術的リスクを下げると考えることもできないわけではない⁹³⁾。それゆえ、このような技術開発の政府支援を無駄であると単純に評することはできない⁹⁴⁾。さらに、産業の主要なプレーヤーの技術力格差が減少した結果、当該産業の競争圧力が増して効率化が進み、結果として社会的厚生が増すという考え方もあり得る。政府が自律開発可能な企業をプロジェクトから排除して全体的な技術力を底上げし、事後的な競争圧力を高めて全体的な効率性向上を狙う、というシナリオである。このような考え方に従うならば、政府プロジェクトの成果として、参加企業による技術の実用化、事業化およびその結果としての経済的インパクトのみを考えることの意味が減退する。むしろ政府支援プロジェクトの実施によって、外部から明確に観察できなかったとしても企業の技術蓄積が進みえたこと、および企業の技術開発ポートフォリオが多様化しえたことについて成果として問うことになる。

6. おわりに

本稿では、国家が支援する技術開発プロジェクトについて期待通りの成果はなかったと評される状況がしばしば起こりうるのはなぜか、という問題についてプロジェクト参加主体の戦略的意図に注目して考えてきた。電力貯蔵技術開発の事例を思考の材料として考えられたメカニズムは、次のようなものであった。政府は、実用化すれば社会的に望ましい結果が得られるものの、民間だけでは到達しがたいと想定される技術開発を支援しようとする。事業化の前段階までについて支援し、その後のプロセスについてはプロジェクトで技術蓄積を進めた企業間の自由競争でよい、という意図をもちうる。これに対して企業は、プロジェクトを通じた技術の実用化について懐疑的であったり、当該技術の直接的な利用が現在の事業基盤とは離れていると考えたりする場合、事業化への道筋よりも周辺的な知識習得や技術者の訓練、交流を意図してプロジェクトに参加しうる。一方、政府支

援プロジェクトを通じた技術の実用化について相応の展望が見込まれる場合、企業は事業化を見据えて本命と考える技術は政府に頼ることなく自前で開発を試み、政府プロジェクトではむしろなんらかの技術蓄積あるいは次善と考える技術の開発を行う可能性がある。そうなれば、政府プロジェクト外の企業群が実用化と事業化を担ったり、政府プロジェクト参加企業がプロジェクト終了と間をおかず当該技術開発活動から退出したり、政府プロジェクト参加企業が並行して進める独自プロジェクトを通じて実用化と事業化を達成したりする事態が生じる。その結果、政府支援技術プロジェクトは期待されたほどの成果を上げることはなかった、と評されるような状況になる。

ただしこのようなプロセスが生じるとしても、それは技術開発への政府支援に意味がないと主張するものではない。政府と企業の戦略的意図の合成を通じて政府支援プロジェクトをベースとした特定技術の実用化という所期の目的とは異なる結果が生じる可能性を、政府支援プロジェクトがかかえるジレンマとして論じているのである。この観点からすれば、政府が支援する技術開発プロジェクトは、一般に当該技術の実用化への貢献度に応じて評価されるものの、より広い観点から評価しようと考えられる。このようなプロジェクトの実施が、多くの技術開発活動が直面する代替的な技術選択とこれにともなう開発リスクの分散、および開発主体の平均的な技術力の向上に資することが考えられる。参加企業には、開発対象の技術を含む技術カテゴリーについて様々な要素技術の直接的な蓄積が行われるであろうし、他の技術カテゴリーで利用可能な社会的に有用な知識の蓄積が行われることもあるであろう。また政府の研究開発支援に関わる近年の研究が指摘するように、政府支援プロジェクトは技術者のトレーニングや人的ネットワークの構築に役だったり企業に技術開発の焦点と正当性を与えたりすることももちろんある⁹⁵⁾。政府支援技術開発プロジェクトは、その技術的難度やリスクの大きさ等から意図した通りの成果を得るのが困難である一方、意図する成果に関する認識についても各主体に

よってズレがありえ、その評価にあたっては注意深い思慮が必要であると思われる。

本稿は政府支援技術開発プロジェクトの必要性そのものについて論じてこなかった一方、それが果たす役割については再考の余地があることを含意している。社会的なインパクトの観点から、技術開発について実用化のみならずその普及までも含むイノベーションとしてとらえ直すならば、イノベーション・プロセス全体の中で政府支援の役割をとらえ直すことも必要であると言えるかもしれない。既存研究では研究開発活動について市場が失敗しうる一方、政府も失敗しうるということが論じられてきた。いわゆる「小さな政府」を指向するならば、研究開発から製品市場の生成・発展までのプロセス全体にわたって市場任せとして政府関与は最小化することになる。しかし大学や国立研究所が基礎研究について一定の役割を果たすことについては、各国で相応の合意があるように思われる。また、現代社会の技術およびその応用製品について国防技術からのスピルオーバーを基礎とするものが少なくないことが知られている。近年では環境関連技術を典型に、各国では技術開発そのものよりも開発済み技術の普及策に力を入れるケースも見られる。現代におけるイノベーション・プロセスのボトルネックがどこにあるのかをあらためて考察し、このプロセスにおける政府の役割を見直す必要があるように思われる。

〔注〕

- 1) 技術研究組合を中心とする日本の政府支援技術開発プロジェクトの歴史については、たとえば以下が詳しい。後藤・若杉, 1984; 若杉, 1986; Sakakibara, 1997; Branstetter & Sakakibara, 2002.
- 2) Arrow, 1962; Nelson, 1959.
- 3) Mowery, 1995; Salter & Martin, 2001.
- 4) David et al., 2000.
- 5) 今井, 1984; 榊原, 1986; 中村・渋谷, 1995.
- 6) Scherer & Harhoff, 2000; National Research Council, 2001; 木村他, 2007.
- 7) Mowery, 1995.
- 8) たとえば、「国プロ再生計画」『日経エレクトロニクス』, pp. 83-107, 2007年1月1日.
- 9) ナトリウム-硫黄電池 (Natrium-Sulfur) 電池の

略。正極にナトリウム (natrium あるいは sodium)、負極に硫黄 (sulfur) を用いた電力貯蔵用電池で、東京電力と日本ガイシによって2002年に世界で初めて事業化された。

- 10) 1978年から1993年に実施の政府支援技術開発プロジェクトで、2度のオイルショックを背景に、エネルギーの転換効率・利用効率の向上が目指された。
- 11) Nelson, 1959; Arrow, 1962.
- 12) Nelson は基礎研究への投資が過小になる要因として外部経済の問題のみならず、以下2つも指摘している。第1に、基礎研究の実施からその成果が市場価値を持つまでのタイムラグである。第2に、投資に対して十分な市場価値を生まれないかもしれないという不確実性とそのリスクを負担する能力である。
- 13) Rosenberg, 1982.
- 14) Cohen & Levinthal, 1989; Rosenberg, 1990; Pavitt, 1998.
- 15) Mowery, 1995. ただし、Nelson, 1959や Arrow, 1962が研究開発活動の中でも基礎研究に重きを置いて立論していたことを考えればこの点は直接的な問題にはならないと言えるかもしれない。
- 16) Salter & Martin, 2001.
- 17) 実は Arrow も、政府の資源配分には一定のバイアスがありうることを認識しており、研究開発活動への過小投資を補償する代替的方法を模索する必要があると訴えている (Arrow, 1962, p.624).
- 18) David et al., 2000; Lerner, 2002.
- 19) Cohen & Noll, 1991.
- 20) Keck, 1988; 中村・渋谷, 1995; Genus, 1997; 船橋ほか, 2001.
- 21) ホワイト・エレファントは、その価値に比して途方もない出費を必要とするものを指す慣用語である。かつてシヤムの国王が飼育に非常に金がかかる白象を嫌いな家臣に贈り破産させた故事に基づくという (小学館, 1993『ランダムハウス英語大辞典』第2版).
- 22) 電池以外に、フライホイール、圧縮空気貯蔵、超伝導磁気エネルギー貯蔵など他の電力貯蔵技術も開発が進んでいる。
- 23) Yao & Kummer, 1967および Weber & Kummer, 1967, Kummer & Weber, 1968.
- 24) 中原, 1983. これ以外にも、ライトパターソン空軍基地 (Wright-Patterson Air Force Base) が宇宙開発用として、リチウム硫黄電池とともに NaS 電池開発を検討している (二又・高橋, 1986).
- 25) 電力量の単位「キロワット時」を示す。1 kWh であれば、1キロワットの電力を1時間出力できる。

- 26) 以下, 特にことわらない限り「ドル」は米ドルを示し, デフレートを伴わないその時点での貨幣価値のままである. NaS 電池開発に従事する各国企業の同電池コスト評価については, 二又・高橋, 1986が詳しい.
- 27) Allied 社のバッテリー子会社.
- 28) Gulf & Western と Occidental Petroleum の合弁会社で電池開発の専門メーカー.
- 29) 日経産業新聞 (1983年5月10日).
- 30) 中原, 1983.
- 31) 亜鉛臭素電池は Exxon Research & Engineering, レドックスフロー電池は NASA Lewis Research Center においてそれぞれ開発が行われていた.
- 32) 岩淵・木村, 1980および中原, 1983.
- 33) Ford Aerospace & Communications, 1985. フォード社は, 1973年から米国立科学財団 (NSF: National Science Foundation) に, 1982年から人工衛星への搭載研究のため米空軍 (U.S. Air Force) に資金援助を受けている. また, 1975年から米エネルギー研究開発庁 (ERDA: Energy Research and Development Administration) と, 1977年に ERDA が DOE に統合されてからは, DOE と NaS 電池の開発受託契約を結んでいる. 岩淵・木村, 1980によれば, フォードの NaS 電池開発に対する DOE からの補助金額は1978年に360万ドル, 1979年には480万ドルであった.
- 34) 中原, 1983, 二又・高橋, 1986.
- 35) 日経産業新聞 (1982年10月21日).
- 36) セラマテック社の web ページ (http://www.ceramatec.com/companyinfo/comp_history.php) によれば, 同社は1976年に米ユタ大学からおこった研究開発請負企業でイオン伝導性セラミックス分野の技術開発をてがけている. ベータ・パワー社の設立後に NaS 電池開発から撤退したという. 同社は1989年にノルウェーの非鉄金属メーカー・エルケム社 (Elkem) に買収された後, 2000年にマネジメント・バイアウトで独立している.
- 37) 1988年にスウェーデンの重電企業アセア社 (Asea) と合併し, ABB 社 (Asea Brown Boveri) になる. 以後, 時期に応じて BBC 社および ABB 社という呼称を互換的に用いる.
- 38) 二又・高橋, 1986.
- 39) 岩淵・木村, 1980によれば, GE の NaS 電池開発に対する EPRI からの補助金額は1976~78年の3年間に300万ドル, 1979~82年の4年間に1500万ドルであった.
- 40) 1992年から独 RWE 傘下に入り, SPL 社 (Silent Power Limited) になる.
- 41) 中原, 1983, 二又・高橋, 1986. 日経産業新聞 (1980年12月23日) によれば, GE 社と CSPL 社が共同開発体制をとるまでの間に NaS 電池開発へ投じた資金は, およそ2000万ポンド (当時のレートで105億円余) であった.
- 42) 岩淵・木村, 1980によれば, ダウ社の NaS 電池開発に対する米政府補助金額は, EPRI から1978年に100万ドル, DOE から1979年に200万ドルであった.
- 43) ダウ社の撤退時期は把握することができなかった. 二又・高橋, 1986によれば, 1980年代前半のダウ社では電解質として β アルミナの代わりにガラスファイバーを使用した NaS 電池も検討されていたようである. 1985年以降, ダウ社の NaS 電池開発体制に言及した2次資料をみつけない.
- 44) 岩淵・木村, 1980, 中原, 1983. ただし, 独 BEWAG 社 (Burgenländische Elektrizitätswirtschafts-Aktiengesellschaft) は旧来の鉛蓄電池による電力貯蔵システムを1980年代に開発している. また, 電気自動車用電池として NaS 電池の他に, 独ファルタ社 (Varta) がリチウム-硫化鉄電池を, ジーメンス社 (Siemens) がレドックスフロー電池の研究開発を行っている.
- 45) CSPL 社における NaS 電池開発については主に Hamer, 1996に基づいている.
- 46) 中原, 1983.
- 47) 二又・高橋, 1986.
- 48) DOE と同社の契約金額は, 1985年から90年までについて270万ドル, 1991年から96年までについて410万ドルであった (Hamer, 1996; Koenig and Rasmussen, 1996).
- 49) Koenig & Rasmussen, 1996および Braithwaite & Koenig, 1993.
- 50) 岩淵・木村, 1980, 日経産業新聞 (1996年5月9日).
- 51) 中原, 1983および二又・高橋, 1986.
- 52) 東京電力および日本ガイシへの筆者のインタビュー (2007年2月9日; 2007年2月21日) 調査に基づく.
- 53) 日本経済新聞 (1991年6月20日; 1992年6月13日).
- 54) 2006年2月21日に行われた日本ガイシ・東京電力へのインタビューによる.
- 55) 同プロジェクトに参加した湯浅電池はこれに先んじて1968年から基礎研究を始めているほか, 豊田中央研究所や日本電池においても同プロジェクトとは別に基礎研究が行われている (Chiku et al., 1975; 岩淵・木村, 1980). また, 日本特殊陶業では1970年代に NaS 電池の電解質になる β アルミナの大規模成型を試みている (日経産業新聞, 1978年10月3日).
- 56) 工業技術院, 1974. 以下, 「電気自動車の研究開発大型プロジェクト」については主として同文献

をもとに記述している。

- 57) 湯浅電池は1992年にユアサコーポレーションに社名を変更, 2004年には日本電池と合併し, 現在はジーエス・ユアサになっている。混乱を避けるため, 以下では湯浅電池と記述する。
- 58) 3種の改良型鉛蓄電池についてはおのおの, 多層正極型, 多孔シート電極型, 循環式薄型多層構造鉛電池であった。開発対象となった新型電池は, 鉛蓄電池よりも理論エネルギー密度が高く, 安価な材料で製作可能な電池であった。開発対象の新型電池は, NaS 電池のほか, 電解液固定式および電解液循環式の亜鉛-空気電池, 鉄-空気電池, 鉄-ニッケル電池であった (工業技術院, 1974; 石川, 1998)。
- 59) 石川, 1998. 電池保守の問題は, (NaS 電池をのぞく) 新型電池が密閉型ではなく開放型であったことから生じていたという。ただし, 同プロジェクトの成果を利用しながら, 電池として旧来の鉛蓄電池やニッケル・カドミウム電池を使った電気自動車は, 工場内や配達用など一部用途向けに数千台供されたという (日経産業新聞, 1993年5月7日)。なお, 電気自動車の大型プロジェクトの終了後, その趣意を受け継ぐ財団法人日本電動車輛協会が設立され, 電気自動車の普及促進が図られたという (岩淵・木村, 1980)。
- 60) このモジュール電池は, NAS 単電池を630本集合させたもので, 1キログラムあたり98ワット時のエネルギー密度を持っていたという (岩淵・木村, 1980; 日経産業新聞, 1977年4月8日)。
- 61) 新エネルギー・産業技術総合開発機構, 2005。
- 62) 現在の「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構」。ムーンライト計画・サンシャイン計画の実施を主要事業として1980年に発足している。
- 63) ムーンライト計画の下ですすめられた他の開発プロジェクトには次のようなものがある。廃熱利用技術システム (1976~81年度), 電磁流体発電 (1976~83年度), 高効率ガスタービン (1978~87年度), 汎用スターリングエンジン (1982~87年度), スーパーヒートポンプエネルギー集積システム (1984~92年度), 燃料電池発電技術 (1981~2000年度), セラミックガスタービン (1988~98年度), 超電導電力応用技術 (1988~99年度)。ただし, 燃料電池発電技術およびセラミックガスタービン, 超電導電力応用技術の3つは, 1993年開始の「ニューサンシャイン計画」に引き継がれている。
- 64) 大高, 1987. 中略は筆者による。
- 65) 大高, 1987および日本経済新聞 (1983年9月19日)。
- 66) NaS 電池については, β アルミナ管を日本特殊陶業が提供し, 湯浅電池がこれを利用した電池を開発している。またレドックスフロー電池については, 1983年の1 kW 級開発までを工業技術院電子技術総合研究所が担当し, 1984年から三井造船がこれを引き継いでいる。亜鉛塩素電池の動作原理およびムーンライト計画下の開発状況詳細については, 藤井, 1983を参照。亜鉛臭素電池の動作原理およびムーンライト計画下の開発状況詳細については, 金指, 1983を参照。明電舎では, 1975年からエネルギー関連テーマの1つとして同電池の基礎研究に着手していたという。
- 67) 改良型鉛蓄電池の詳細については, 野之口, 1983を参照。また鉛蓄電池によるシステム試験の詳細については, 清水・横田, 1983を参照。
- 68) 日本経済新聞 (1987年4月9日)。
- 69) 日経産業新聞 (1989年6月14日), 日本経済新聞 (1987年5月22日)。
- 70) 新エネルギー・産業技術総合開発機構, 1992および日本経済新聞 (1989年3月13日; 1990年11月30日)。
- 71) 日経産業新聞 (1992年3月9日; 1992年4月3日; 1992年5月11日)。
- 72) 東京電力・日本ガイシ, 2006によれば, ムーンライト計画の開発を引き継いだ電力業界共同研究のNaS 電池システムは1998年に関西電力に納入されている。
- 73) 新エネルギー・産業技術総合開発機構, 1992および日経産業新聞 (1992年5月11日)。
- 74) 日経産業新聞 (1992年4月3日)。
- 75) 新エネルギー・産業技術総合開発機構・産業技術総合研究所, 2002および日経産業新聞 (1992年4月7日; 1992年12月18日; 1996年5月9日)。
- 76) 徳田, 1995。
- 77) 岩淵・木村, 1980および日経産業新聞 (1985年10月1日; 1986年3月18日; 1989年11月17日)。
- 78) 湯浅電池のNaS 電池開発・事業化からの撤退は事実として明確ではない。ムーンライト計画の「新型電池電力貯蔵システム」プロジェクト終了後, 同社のNaS 電池開発について触れた新聞雑誌記事はほとんどみることがなかった。ただし日経産業新聞 (2000年2月29日) によれば, 同社はNaS 電池を風力・太陽光発電と組み合わせる非常用電源や夜間の照明などに使うハイブリッド型電源システムを同年に開発している。したがって少なくとも2000年までは, 規模が縮小されたとしても, 同社において何らかの形でNaS 電池の開発が継続されていたと考えることはできる。
- 79) 筆者のインタビュー調査 (2007年2月9日; 2007年2月21日) に基づく。
- 80) 国のプロジェクトが, これに参加しない企業の

技術開発活動のよき競争相手となった結果、効率化努力が促された、という説明の経路もあり得ないではない。ただし、期間が長期にわたり、相応の資源投入を必要とする技術開発活動であれば、そもそも企業内において十分な効率化圧力が働いていると思われる。

- 81) 日経産業新聞 (1992年8月14日)。
- 82) Arrow, 1962; Keck, 1988; Griliches, 1995; 榊原, 1995; Sakakibara, 1997.
- 83) Lerner, 2002; 伊藤, 2005.
- 84) 若杉, 1986; 榊原, 1995; Sakakibara, 1997.
- 85) 宮田, 1997.
- 86) 上野, 2005.
- 87) 日経産業新聞 (1990年7月28日; 1990年12月19日; 1993年3月16日; 1998年10月7日; 2000年4月21日)。
- 88) 日経産業新聞 (1989年7月18日; 1994年5月16日; 1995年2月12日; 1996年4月14日; 1998年8月3日; 1999年3月24日; 2001年9月26日; 2001年11月7日; 2004年12月24日; 2005年11月8日)。
- 89) 榊原, 1986; 権, 1993.
- 90) 今井, 1984; 中村・渋谷, 1995.
- 91) 岩淵, 1986; 木村他, 2007.
- 92) 伊藤, 2005; 藤井, 2002.
- 93) 後藤, 1993.
- 94) Mowery, 1995.
- 95) Mowery, 1995; Salter & Martin, 2001.

〔参考文献〕

- Arrow, K. J. 1962. Economic welfare and the allocation of resources for invention. *The rate and direction of inventive activity*. Princeton University Press: 609-625.
- Birk, J.R., K. Klunder. J.C. Smith. 1979. Super batteries: A progress report. *IEEE Spectrum*, 16 (3), March: 49-55.
- Braithwaite, J.W., A.A. Koenig. 1993. Development of the sodium/sulfur battery technology for utility applications. Technical report presented at *International Conference on Batteries for Energy Storage (Berlin, Germany, 29 Sep - 1 Oct)*, Sandia National Laboratory.
- Branstetter, Lee G., Mariko Sakakibara. 2002. When do research consortia work well and why? Evidence from Japanese panel data. *The American Economic Review*, 92 (1): 143-159.
- Chiku, T., T. Kogiso, K. Kojima. T. Yoshida., assigns to Toyota Central Research and Development Labs. 1975. Sodium-sulfur storage battery. *United States Patent*, No. 3883367.
- Cohen W.M., D.A. Levinthal. 1990. Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly* 35: 128-152.
- Cohen Linda R., Roger G. Noll. 1991. *The technology pork barrel*. Brookings Institution, Washington, D.C.
- David, Paul A., Bronwyn H. Hall, Andrew A. Toole. 2000. Is public R&D a complement or substitute for private R&D? A review of the econometric evidence. *Research Policy*, 29: 497-529.
- Demsetz, H. 1969. Information and efficiency: Another viewpoint. *Journal of Law and Economics*, 12, April: 1-22.
- 藤井美文. 2002. 「公害防止技術開発と産業組織」, 寺尾忠能・大塚健司編『開発と環境の政策過程とダイナミズム』アジア経済研究所: 79-106.
- 藤井康次. 1983. 「新形電池電力貯蔵システム III. 新形電池の開発状況 第2章 亜鉛-塩素電池」『電気学会雑誌』103 (8) : 777-779.
- 船橋晴俊・角一典・湯浅洋一・水澤弘光. 2001. 『政府の失敗の社会学—整備新幹線建設と旧国鉄長期債務問題』ハーベスト社.
- 二又政之・高橋祥夫. 1986. 「電気自動車用電池の開発状況 6. ナトリウム-硫黄電池」『大阪工業技術研究所季報』37 (3) : 255-270.
- Genus, Audley. 1997. Managing large-scale technology and inter-organizational relations: The case of the channel tunnel. *Research Policy*, 26: 169-189.
- 後藤晃. 1993. 『日本の技術革新と産業組織』東京大学出版会.
- 後藤晃・若杉隆平. 1984. 「技術政策」, 小宮隆太郎・奥野正寛・鈴木興太郎編『日本の産業政策』東京大学出版会: 159-180.
- Griliches, Z. 1995. R&D and productivity: Econometric results and measurement issues. Paul Stoneman ed., *The handbook of economics of innovation and technological change*. Oxford, Blackwell: 52-89.
- Hamer, Mick. 1996. Germans pull plug on Britain's batteries. *New Scientist*, 2032, 01 June: 6.
- 今井賢一. 1984. 「技術革新からみた最近の産業政策」, 小宮隆太郎・奥野正寛・鈴木興太郎編『日本の産業政策』東京大学出版会: 181-204.
- 石川博. 1998. 「総論: 開発が進む二次電池」『エネルギー・資源』19 (3) : 213-215.
- 伊藤康. 2005. 「環境技術開発に対する助成措置の役割」, 寺尾忠能・大塚健司編『アジアにおける環境政策と社会』アジア経済研究所: 243-272.
- 岩淵明男. 1986. 『三菱重工急浮上戦略: ハイテク武装で変身する基幹企業の全容』。TBSブリタニカ.
- 岩淵純允・木村修造. 1980. 「ナトリウム-硫黄電池の

- 開発現状と将来』『硫酸と工業』33(5): 91-103.
- 金指元憲. 1983. 「新形電池電力貯蔵システム III. 新形電池の開発状況 第3章 亜鉛-臭素電池」『電気学会雑誌』103(8): 780-782.
- Keck O. 1988. A theory of white elephants: Asymmetric information in government support for technology. *Research Policy*, 17: 187-201.
- 木村宰・小澤由行・杉山大志. 2007. 「政府エネルギー技術開発プロジェクトの分析」『電力中央研究所報告』, Y06019: 1-40.
- Koenig A., J. Rasmussen. 1996. *Sodium/Sulfur battery engineering for stationary energy storage-final report (Sandia National Laboratory Contractor Report)*, SAND96-1062, April.
- 権奇哲. 1993. 「共同研究開発のマネジメント: 競争と協調による情報提示の促進」『一橋論叢』, 110(5): 97-113.
- 工業技術院. 1974. 『電気自動車の研究開発: 大型プロジェクト制度による研究開発を中心として』日本産業技術振興協会.
- Kummer J.T., N. Weber, assignors to Ford Motor Company. 1968. Battery having a molten alkali metal anode and a molten sulfur cathode. *United States Patent*, No. 3413150.
- Lerner, Josh. 2002. When bureaucrats meet entrepreneurs: The design of effective 'public venture capital' programmes. *The Economic Journal*, 112(477): F73-F84.
- 宮田由紀夫. 1997. 『共同研究開発と産業政策』勁草書房.
- Mowery, David. 1995. The practice of technology policy. *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, P. Stoneman ed., Blackwell, Oxford: 513-557.
- 中原堅司. 1983. 「新形電池電力貯蔵システム I. 開発戦略と特性 第2章 開発の現況」『電気学会雑誌』103(8): 759-760.
- 中村吉明・渋谷稔. 1995. 「日本の技術政策—第五世代コンピュータの研究開発を通じて」『通商産業研究所研究シリーズ』, 26: 1-80.
- National Research Council. 2001. *Energy research at DOE: Was it worth it?* National Academy Press, Washington, D.C.
- Nelson, R. 1959. The simple economics of basic scientific research. *Journal of Political Economy*, 67: 297-306.
- Nelson, R., R.N. Langlois. 1983. Industrial innovation policy: Lessons from American history. *Science*, 219, February: 814-818.
- 新村明. 1983. 「新形電池電力貯蔵システム I. 開発戦略と特性 第1章 ムーンライト計画における新型電池電力貯蔵システム」『電気学会雑誌』103(8): 757-758.
- 野之口正雄. 1983. 「新形電池電力貯蔵システム II. システムの開発 第3章 改良型鉛電池」『電気学会雑誌』103(8): 771-773.
- 大高英司. 1987. 「電力貯蔵用新型電池の開発の現状と今後の課題 I. 電力貯蔵用新型電池の研究開発計画」『電気学会雑誌』107(8): 785-787.
- Pavitt, K. 1998. The social shaping of the national science base. *Research Policy*, 27: 793-805.
- Rosenberg, Nathan. 1982. *Inside the black box: Technology and economics*. Cambridge University Press, New York.
- Rosenberg, Nathan. 1990. Why do firms do basic research (with their own money)? *Research Policy*, 19: 165-174.
- 榊原清則. 1986. 「共同研究開発の組織とマネジメント: 超 LSI 技術研究組合のケース」, 今井賢一編『イノベーションと組織』東洋経済新報社: 287-314.
- 榊原清則. 1995. 『日本企業の研究開発マネジメント』千倉書房.
- Sakakibara, Mariko. 1997. Evaluating government-sponsored R&D consortia in Japan: Who benefits and how? *Research Policy*, 26: 447-473.
- Salter, Ammon J., Ben R. Martin. 2001. The economic benefits of publicly funded basic research: a critical review. *Research Policy*, 30: 509-532.
- Scherer, F.M. Dietmar Harhoff. 2000. Technology policy for a world of skew-distributed outcomes. *Research Policy*, 29: 559-566.
- 清水雅之・横田俊一. 1983. 「新形電池電力貯蔵システム II. システムの開発 第2章 システム構成とシステム試験」『電気学会雑誌』103(8): 767-770.
- 新エネルギー・産業技術総合開発機構. 1992. 『新型電池電力貯蔵システム導入普及調査(エネルギー総合工学研究所委託)新エネルギー・産業技術総合開発機構平成2年度調査報告書』, NEDO-P9026, 3月.
- 新エネルギー・産業技術総合開発機構. 2005. 『新エネルギーガイドブック2005』新エネルギー・産業技術総合開発機構.
- 新エネルギー・産業技術総合開発機構・産業技術総合研究所. 2002. 『分散型電池電力貯蔵技術開発 事後評価報告書』新エネルギー・産業技術総合開発機構.
- 徳田信幸. 1995. 「レドックスフロー(RF)電池」『OHM』82(7): 38-42.
- 東京電力・日本ガイシ. 2006. 『電力貯蔵用ナトリウム-硫黄電池の開発と実用化—一橋大学イノベーション研究センター講演会資料(2006年9月12日)』東

京電力・日本ガイシ.

上野清隆. 2005. 「小容量レドックスフロー電池の実証実験」『R&D News Kansai』関西電力, 1月, 424: 18-19.

若杉隆平. 1986. 『技術革新と研究開発の経済分析—日本の企業行動と産業政策』東洋経済新報社.

Weber N., J.T. Kummer. 1967. Sodium-sulfur secondary batteries. *Proceedings of the 21st Annual. Power Sources Conference*, 21.

Yao Y.F., J.T. Kummer. 1967. Ion exchange properties of and rates of ionic diffusion in beta-alumina. *Journal of Inorganic Nuclear Chemistry*, 29.