

近藤駿介

F B R 研究開発投資の適正水準について

1. はじめに

わが国においては高速増殖炉の研究開発にこれまで毎年約 800 億円程度の国費（「もんじゅ」の建設費を含む）が投じられてきており、今後ともこの研究開発を継続するとすれば引き続き毎年数百億円の投資がなされることになるが、これは適切な選択であろうか。研究開発投資水準はその利益や開発リスク、さらには内外情勢に対する政府の責任のあり方を踏まえて決定されるべきものであるが、例えば国の研究開発投資にしても科学技術会議の審議結果に基づく科学技術政策大綱や科学技術基本法を踏まえてはいるが、その水準は最終的には政治的選択の結果であるという以外に明快な答えはないようである。このところ政策論議の場で使われる説明は先進国との水準の比較であり、1994 年にこれが官民合わせて 13.6 兆円、G N P の 2.8% 程度で、このうち政府負担割合は 21% であるところ、これの政府負担割合を先進国並みに高めるべきということが長く主張されてきた。特定分野への研究開発投資、たとえばエネルギー分野についても、同会議の意見を入れてエネルギー研究開発基本計画が決定されてはいるが、この計画には方針が示されているのみで、各年の予算水準は精緻な費用効果の分析に基づいているというより、行政の積み上げた数字に基づき政治的に決定されている。

ただエネルギー研究開発投資については、それが成功して将来におけるエネルギー需給に一定の役割を果たす技術が生まれると想定すれば、その達成度（実現する供給価格と実現年度）や将来のエネルギー需要動向とその価格弾性、技術選択に対する様々な制約などをパラメータとして、エネルギー経済学の分野で開発されてきたエネルギー需給に係わる動学モデルを用いてその利益を予測することができる[1]。そこで、その利益と研究開発投資一般に期待される費用効果比をもとにすれば、これらの不確実さを踏まえた研究開発投資限度についてある程度定量的な議論が可能である。実際、環境影響評価報告で費用効果分析が求められている米国では、当然 F B R の研究開発投資についても、ラフなモデルに基づくものであるが、これが早い段階から評価されてきているし[2]、温室効果ガスの排出抑制手段の議論にもこうしたモデルが多用されている。山地達は最近、自ら整備した世界エネルギーモデル[3]に基づいて、F B R が将来において利用可能であることの世界規模の利益を予測し、この技術開発の意味あいを論じている[4]。本文はこの文献にある分析結果をもとに、F B R 研究開発に対する投資のあり方について簡単な検討を行っているものである。

2. FBR開発がもたらす利益

はじめに文献[4]を要約する。現在知られているウラン資源価格と資源量の関係に基づきウラン資源の累積消費量が増大するとともにウラン価格が上昇すると仮定すれば、FBRはウランの利用率が軽水炉と比べてはるかに大きい故に、その建設費が軽水炉の1.5倍であるとしても、原子力利用が継続すればいずれこれが主として利用されるようになるはずである。問題はいつそのような状況になるかであるが、これを上に述べた世界のエネルギー需給に関する動学モデル[3]により解析したところ、炭酸ガス放出制約の下では2050年以降にはこうしたFBRでも大きな供給力に成長してゆき、その開発利益は年率5%の割引率で現在価値換算しても世界全体で約280兆円に達する。また、開発が順調に推移せず軽水炉の2倍の建設費のFBRしか実現しない場合にはその利益は約160兆円と半減し、逆に軽水炉と変わらない建設費のプラントが実現するとすればその利益は440兆円に達すること、他方、炭酸ガス放出制約がない場合には低価格の石炭が引き続き大量に利用されるので原子力のシェアが大きくなり、FBRの開発利益はたとえ軽水炉並の建設費のプラントを実現できたとしても130兆円、軽水炉の1.5倍の建設費のプラントしか実現できない場合は17兆円に留まる。これらはこの技術開発のリスクの経済的側面を示していると同時に、21世紀のエネルギー技術選択の支配因子が、世界的に見れば、資源制約よりは環境制約にあることも示唆している。この解析結果、特に利益の大きさについては、Manne 達の研究[5]が米国において炭酸ガスの放出抑制のもたらす21世紀中のGNPへの影響を現在価値換算で約100兆円としていることと矛盾せず、またFBRの意義についてはKrakowskiの解析[6]と整合的なので、以下の議論のベースとして採用してよいと考える。

なお、ここで評価された炭酸ガス制約のある場合のFBR開発利用の利益は、これがもたらすエネルギー価格と同等の価格で同等の質の電力を供給できる他の非化石エネルギー技術の開発利益と翻訳して差し支えないから、これらの技術を並行して開発している場合、どれが採用されるかによってそれぞれの開発利益が大幅に変わることには注意する必要がある。この場合のそれぞれの技術開発利益は、どれか優位にたった技術がこの利益（以下Bと記す）を独占するとすれば、当該技術が優位に立つ確率をX%として上の値にX/100を乗じた期待値 $B \times X/100$ で与えられるとしてよい。現在既に原子力と太陽が共存しているように、将来においてもいくつかの技術の棲み分けが生じると考えることもできるが、その場合にはそれぞれのシェアで上の利益を分け合うことになるから、ある技術のシェアをX%とすればその技術の利益は $B \times X/100$ となり、結果的には上の場合と同じ式で計算できることになる。

また、この計算は現在価値への換算のための割引率を5%としているが、これにどんな値を使うかは経済学者の間で論議が絶えないところである[7]。政策分析においては市場利子率が好まれそれには多くの合理性が有るとしても、なお世代間の負担の問題等価値観に係わる論議がある。ここでは例えば、現在のように財政事情が悪い場合には未来の利益（損失）に対する関心がやや低くなっているはずであるから、これを7%にしたほうが多くの

社会選択を説明しやすいかもしれないとして、これを用いて再評価すると利益は上の 1/3 程度になる。

以上を要すれば、F B R の開発利益は開発成果のみならず将来社会における炭酸ガス制約の徹底度合、エネルギー需要の動向に依存する。この制限が行われつつも中位の需要予測が実現するとすれば、その利益は実現する性能により 160 兆円から 440 兆円の範囲に分布する。ただし競合技術が開発されている場合には、これを当該技術が比較優位に立つ確率（あるいはシェア）で他の技術開発と分け合うことになる。また、財政事情等から現在価値換算のための割引率を 7 % とすることが適当であるとすれば、これは 1/3 程度になる。

3. 開発投資限度

研究開発を将来の利益を求めてリスクを賭してなされる投資活動とみなせば、許される投資規模には期待される利益からくる限度があろう。企業活動においては、当然利益の期待値が大きく、さらに（効果/費用）比が大きい研究開発課題に重点をおいて投資が行われよう。民間では生産額の数 % から十数 % が研究開発投資に振り向けられていること [8]、これは様々な戦略的配慮から決定されていることが知られている。しかし、公共部門においては、外部性の故に民間企業が回収し得ない利益がある場合、あるいは利益回収時点が遠くて民間の視点では費用対効果がよくない場合に研究開発投資が行われ、民間が投資意欲をみせる利益回収期間の短い分野に対しては市場構造を歪めるから投資すべきでないといわれているが、この比の適切な値について検討された例を知らない。そこで、ここでは民間部門の研究開発投資に見られるこの比率の中央に相当する 10 を国の研究開発投資の利益に対する割合の限度とする。こうすると F B R については上の開発利益の 1/10 がその利益をもたらすのに許される総研究開発費用となる。

こうして総研究開発投資限度 p が決まると、毎年一定の金額を N 年間投資するときの合計金額の現在価値をこれに一致させて、毎年の投資限度 A 円がきまる。 $N=40$ 、 $i=5\%/年$ とした場合には、 A は総費用限度の約 5.8 %、 $i=7\%/年$ とした場合には A は総費用限度の約 7.5 % となる。

ところで、こうした未来技術の開発経費は誰が負担すべきなのであろうか。あるいは、わが国は世界各国とこれをどのように分担していくべきなのか。一つの考え方はこの利益の大部分は中国とかインドといった将来の大消費国が享受するに違いないので彼らが負担すべきとするものである。しかし、少なくとも現在は、彼らはわずかしき投資可能な状況にないし、開発が進まない場合に地球環境が劣化するとして、その責任は我々にもあることは自明である。一方、現在の G N P の大きさに応じてこれを負担するという考え方は、発生者負担の原則に類似していて一理あるし、途上国も時代の変遷に応じて責任を分かちあうことができるからである。そこで以下では世界の G N P にしめるわが国のその比率に基づきわが国の負担を全体の約 1/7 とすることにする。なおわが国の場合、エネルギーセ

セキュリティや技術のセキュリティへの配慮からすればもっと大きくとの議論があるかもしれないが、ここではそれを考慮していない。

以上により、わが国におけるFBR開発投資の限度が、将来炭酸ガス放出が制約される一方研究開発の結果実現するFBRの建設費が軽水炉の1.5倍になりそうなら2320億円／年、軽水炉と同等の建設費が実現できそうなら3650億円／年と計算できる。また、この時期においてFBRと太陽がそれぞれお互いに比較優位に立てる可能性がある、あるいはマーケットシェアが半々と予測されるならば、それぞれの技術に対する研究開発投資の限度額はこうした数字の半分となる。ここに求められた限度はまさしく概算に過ぎないが、取りあえずつぎのようなコメントは可能だろう。

(1) 現在のわが国官民が非化石燃料の研究開発に投じている約4600億円[9]という金額は、上の研究開発投資の年間限度額3650億円とあまり変わらない。これは上のモデルが前提としてきたように、わが国が将来のエネルギー需給に高い関心を抱いていることの反映であろう。

(2) その内訳が原子力に過大になっているとの批判がしばしばなされるが、これは、上のモデルに基づけば、それぞれが研究開発成功の暁に市場を独占する可能性あるいは市場におけるシェアについての政策担当者の予測を反映していると解される。

(3) 将来における原子力の非化石エネルギー供給に占めるシェアが50%（あるいはたとえば太陽との競争に勝つ確率が50%）との予測に基づく、軽水炉の1.5倍の建設費の高速増殖炉が実現する可能性が高いなら、現状のFBR研究開発投資額約800億円／年は限度の70%程度になっていて費用効果比から見て妥当な範囲にあるといえる。

(4) ただし、財政事情が厳しく人々が遠い将来よりも近い未来により高い関心を有しているとして割引率に7%を用いれば、シェアを50%とする想定の下ではFBRに対する投資限度は500～800億円／年となる。つまり、今後のFBR研究開発への投資規模は現状よりも抑制されるべきとされる可能性が高いことが示唆される。引き続き高い水準の投資を合理化するために研究開発計画を分節化して、より近未来に利益を生じせしめる可能性を追求することも考えられるが、世界的規模の代替案は現時点では実現可能性の点で見出しにくい。

4. 適正投資水準と研究開発計画

これまで求めてきたのは投資限度であり、この限度より少ない費用で同一の効果が期待できる開発対象については、そのことを踏まえた投資がなされるべきである。

また過去の研究開発投資によりすでに当該技術が相当の水準に達している場合には追加投

資がもたらす利益は小さくなるから、ここに技術の現状を踏まえて研究開発計画を最適化する必要性が生まれる。その結果、たとえば欧州のように今後の研究開発投資はすでにある経済性の実用プラントを設計できている場合には、この技術水準の維持に主眼がおかれ、追加的な研究開発投資は限定的なものになるであろう。

一方、わが国のように孤立して研究開発を進めてきて、現在この過程での最大の投資と言ってよい原型炉「もんじゅ」の建設を終えた段階にある場合には、これを運転し、様々な技術の確証を積み上げていくことが最も費用効果比の大きい活動となるので、今後限られた予算の中でも優先順位が高いものとするべきである。

なお、予算が制約される場合には費用・効果比の観点から基礎・基盤研究に重点を移すことが一般的であるが、合わせて民間との共同研究、国際共同研究を推進して資源の有効活用を図るべきである。

5. 結論

現行のFBR開発投資水準は、将来のエネルギー需要と資源・環境問題の予測に基づく利益、開発リスク、わが国の内外における役割分担からすれば、費用効果比の観点から法外なものではないことが示唆された。しかし同時に財政事情が厳しい期間においてはこの種の開発利益は大きいとその回収に長期を要する研究開発への投資は抑制されてしかるべきこと、したがって、今後はそうした制約を前提にこれまでの研究開発成果や国際共同作業による重複投資の排除の可能性も踏まえて研究開発計画の最適化を図る必要があることも理解された。なお、原子力委員会やエネルギー研究開発政策担当行政機関においては、このように研究開発計画を費用効果比に基づいて設計・評価することを制度化していくことが望ましい。

なおこの解析でえられた数字は、研究開発投資という未来への投資のあり方をめぐる政治的英知への入力の一つにすぎないと解されるべきで、一人歩きさせるべきものではない。

参考文献

- 1 例えば、Edmond and Reilly
- 2 USERDA：Final Environmental Statement, LMFBR Program, ERDA-1535(December 1975).
- 3 山地、藤井：グローバルエネルギー戦略、電力新報社（1995）。
- 4 藤野、山地：世界エネルギーモデルによるFBRの経済的価値の評価、日本原子力学会 1997 年 秋の大会予稿集 E 77 (1997).

- 5 Manne, A. S. and Richels, R. G.: Reducing U. S. CO₂ Emissions - The Value of Flexibility in Timing, Whit, J. C. (Edi): Global Energy Strategies: Living with Restricted Greenhouse gas Emissions, Plenum Press, New York, pp. 107-120 (1993).
- 6 Krakowsky, R. A. et al.: Nuclear Energy and Materials in the 21st century, IAEA-SM-346/101, International Symposium on Nuclear Fuel Cycle and Reactor Strategies: adjusting to new realities, Vienna, Austria, 3-6 June 1997
- 7 例えば、足立幸男：公共政策学入門 有斐閣、1994、第8章。
- 8 Kuebrich, J. P. : Funding Industrial R&D: Petroleum and Related Energy Industries, Smith, W. N. Meyer, E. G. and Hirsig, A. R. (Edi.) Industrial R&D Management : The Modern Issues, pp. 103-109 (1982).
- 9 科学技術白書平成8年度版、科学技術庁編（1996）。