

特 別 寄 稿

社会制度と原子力(その2)

*Social Institutions and Nuclear Energy-II**

オークリッジ連合大学特別名誉研究員
(元オークリッジ国立研究所長)

Alvin M. WEINBERG**

(動燃事業団・河田東海夫 訳)

本稿は戦後50年を記念して寄稿されたものである。

フィラデルフィアで開かれたAAAS会議** で初めて原子力をして「ファウストの取引」であるといつて以来20年が過ぎた⁽¹⁾。このスピーチで私は次のように述べた。

我々原子力屋は、社会と「ファウストの取引」を行った。我々は、触媒的原子炉、すなわち増殖炉で無限のエネルギー源をもたらした。短期的に見ても、我々は通常の非増殖型原子炉で化石燃料よりも安いエネルギーを提供している。しかもこのエネルギーは扱い方を間違えなければほとんど環境を汚すことがない。化石燃料の燃焼は炭酸ガスや窒化物、硫化物などを放出するが、原子力は廃熱とわずかな放射能を除いては原理的に環境汚染物を放出することがない。

その一方で、この魔法のエネルギー源と引替に我々が社会に求める対価は、「不寝番」のように一時も気を許すことのない警戒と永遠の存続を課せられた、これまでにない社会制度である。

こうした文章を私が記して以来、第1の原子力時代はその道程の大半を過ぎようとしている。日本や韓国、台湾、フランスなどではまだ何基かの原子炉の新規発注があるものの、米国では1976年以来、原子炉の発注は途絶えている。そしてロシアやヨーロッパの大半の国で、原子力は立ち往生の状態に至っている。我々は今、原子力技術と社会とが、原子力に関する「ファウストの取引」におけるそれぞれの役割をどこまで満たしてきたかを、より明確に判断できるところにきた。我々「原子力屋」は本当に無限で、安く、環境汚染を生じないエネルギー源を提供したのだろうか？そして社会は広範囲での原子力利用が要求する「不寝番」の警戒や安定性を示しえたのだろうか？もしこれらの質問への答えが「ノー」であるとすれば、1953年の米国化学会における会長スピーチでジェイムズ・コナント** が予言したように、原子力は結局のところ失敗に終わろうとしているのであろうか？それとも我々はまだ、核分裂がエネルギー源として永続的、かつ発展的に寄与できる第2の原子力時代の到来を期待しうるのであろうか？

第1の原子力時代における
技術の成功と失敗

第1期原子力時代は、次の2点で成功をおさめている。すなわち第1に、非増殖型の原子炉で経済的に優れた発電技術を達成したこと、そして第2に、増殖炉によって無限のエネルギー供給の可能性を実証したことである。

経 済 性

1990年初めの時点で、全体で約318ギガワット(GWe)の発電容量を持つ426基の原子炉が世界の発電網につながれている。更に、約79GWeの容量を

* 本稿は、本会「英文誌」(J. Nucl. Sci. Technol., Vol.32, No.11, p.1071~1080 (1995))の翻訳である。

** Distinguished Fellow, Oak Ridge Associated Universities, P. O. Box 117, Oak Ridge, Tennessee 37831-0117, USA.

** 1971年のAAAS(American Association for the Advancement of Science)会議で、ワインバーグ博士は原子核の発見者ラザフォード卿の生誕100年を記念してこの講演を行った。その講演内容を後に「サイエンス」誌(Vol.177, 1972年)上に「社会制度と原子力」というタイトルで発表した。本稿のタイトル「社会制度と原子力(その2)」はその20年後の続編という意味が込められている。(訳者注)

** コナントは1933年から約20年間にわたりハーバード大学総長を務め、戦時中はカーネギー研究所長のヴァネヴァー・ブッシュと共にマンハッタン計画立ち上げの中心的役割を果たした。戦後もAECの一般諮問委員会委員などを務め、原子力行政に貢献した。(訳者注)

持つ96基の原子炉が建設中であり、これを加えれば全体の発電容量は約400 GWeに達する。60%の稼働率で1 GWeの発電は0.05 quads/年の1次エネルギーを消費するから、世界全体の原子炉は約20 quadsの熱エネルギーを電気に変換したことになる。これは世界の1次エネルギーの約6%に相当する。これら世界の原子炉のうち、あるものは経済的に破綻を来しているものもあるが、大半は経済的に成功をおさめている。世界を平均してみれば、非増殖型の通常の原子炉に基づく原子力は、最も高い化石燃料(石油)よりは安価であり、場合によっては石炭よりも安くなっているケースすらある。

増殖炉

第1期原子力時代において、いくつかの大型液体金属冷却型高速炉と、軽水冷却の熱中性子増殖炉において「増殖」が実証された。例えばフランスの高速炉 PHENIX (250 MWe) では、実際に炉内で燃えたプルトニウム原子1個当たり1.13個の新たな Pu-239 原子が回収された。この種の高速炉における究極の燃料は普通のウランで、プルトニウムはそのリサイクルによってウランの燃焼を促進する、あたかも触媒のような役割を果たしている。したがって、通常の軽水炉では約2%しか燃やせない天然ウランを、高速炉では50%まで燃やすことができる。高速炉は、理論上はもとより、実際問題として、地球上の花崗岩中に存在するトリウムやウランから人類がすべての、そして無尽蔵のエネルギーを取り出すことを可能にする。「岩を燃やすこと」*は今や単なる理論上の可能性ではない。

永年、原子力開発の切り札と見なされていた増殖炉の実証が、(フランスの増殖炉計画を指揮した G. ヴェンドリ (G. Vendryes) 氏がその業績によって「フェルミ賞」と「日本賞」を受賞したものの)ほとんど無視されることになったのは何故であろうか? その一つの理由は、高速増殖炉があまりにも高くつくことにある。我々はウランの価格が相当高騰しなにかぎり、増殖炉は経済的に太刀打ちできないことに大分前から気付いている。ウランが大量にあり、

値段がたとえば15\$/kgと安く留まるかぎり、建設費の高い増殖炉は勝ち目がない。しかし、もしウランの価格が上昇すれば、やがて増殖炉は非増殖型の原子炉と競合できるようになるだろう。ただ、我々はいつそうなるかは明言できないのである。LMFBR は在来型の非増殖型軽水炉に比べて建設費が25%高いと仮定してみよう。LMFBR では、非増殖型軽水炉に比べウラン鉱石を1/25しか必要としないので、その建設費の割高はやがては燃料費の安さで取り戻せるはずである。こうした議論は、1,000 MWe の軽水炉の建設単価が \$400/kWe であった1972年当時にはなんとか説得力を持っていた。その当時、我々の評価では LMFBR の建設費は \$500/kWe であった。この \$100/kWe の差を埋めるためには、ウラン価格は恐らく \$75/kg (1971\$) まで上昇しなければならないと考えられるが、実際の現在の価格はおおよそ \$15/kg (1991\$) である。しかしながら1991年までに軽水炉の建設費は約5倍に上昇しており、LMFBR と軽水炉の建設費の差は、現在では約 \$500/kWe になっていると予想される。LMFBR が競合できるためのウラン価格はこの場合 \$500/kg 以上になってしまう。こうした価格であれば、海水から回収されるウランを通常の軽水炉で燃やすことで無限のエネルギー源とする可能性も出てくる。要するに、無限のエネルギー源としての LMFBR の夢はその建設費の高さゆえに色あせてしまっているのである。

この点、増殖炉は太陽エネルギーと似ている。原理的には無尽蔵で、燃料費が安いあるいはただであるが、建設費が高いという欠点を持っている。増殖炉や太陽エネルギー、あるいは核融合エネルギーなど、無尽蔵のエネルギー源については設備投資費が高いというのはやむを得ない欠点なのだろうか? いまは私はそうとは思わない。増殖炉については、技術が進展すれば建設費は下がると期待されている。更に、溶融塩増殖炉、または高温ガス冷却熱中性子増殖炉などの他の形式の増殖が、今主流の LMFBR よりも安いことがやがて証明されるかも知れない。

現在の原子炉の寿命の30年から40年に対し、増殖炉が100年あるいはそれ以上持つことが証明されれば、非常に長い目で見て建設費の高さはそれほど重要ではないのかも知れない。エネルギー生産設備は、一たんその原価償却が済んでしまうと、その後

* "Burning the rocks". ワインバーグ博士は1959年の *Physics Today* 誌 (Vol. 12, No. 11) 上に, "Energy As An Ultimate Raw Material Or - Problems of Burning The Sea And Burning The Rocks" というタイトルの論文を発表し, 超長期にわたるエネルギーの安定供給源としての核融合 (burning the sea) と増殖炉 (burning the rocks) の重要性を論じている。(訳者注)