

第6章

原子力開発の歴史から学ぶこと

井口 春和

iguchi@nifs.ac.jp

核融合科学研究所

ワークショップ「原子力と社会」は原子力エネルギー利用の現状について問題点を分析することが目的ではない。原子力開発を1つの題材として、その歴史と未来への展望を議論することを通して科学と社会の関係のあるべき姿を考えることにある。それは21世紀社会における科学者の役割を考えることにも繋がると考えている。このノートはワークショップを通して、また関連する活動の中で出会った様々な人との議論を通して、筆者なりに「原子力開発の歴史に学ぶこと」をまとめてみたものである。したがって原子力の専門家による解説でもなく、また社会学者による分析でもない。冒頭の作業の経過を記録した個人的覚書とも呼ぶべきものである。

6.1 はじめに

過去20数年間、制御核融合をめざす高温プラズマの研究に携わってきた筆者にとって、原子力は非専門分野というわけではない。むしろ身内という意識が強い。しかし身近にいながら、かつて夢の科学技術といわれて多くの研究者を引きつけた原子力が、今まるで厄介者のように言われるゆえんは何なのか明快な答えを持ち合わせていなかった。確かにチェルノブイリによって、一旦事故が起きた場合の原子力の恐ろしさを世界中の人が知ることになったことは大きい。たび重なる不祥事は原子力界をうさんくさく感じさせたことであろう。しかし日本の原子力発電所はそれなりの信頼を得てきたはずだし、実際、50基を越える発電炉を運転しながらそこで直接人命に関わる事故が起きたことはない。開業以来40年近くになりながら、

乗客に1人の死者も出していない新幹線技術にも匹敵する。一方で、我々は毎年1万人近く of 交通事故死者を出す自動車技術と共存しているのである。放射線についても今や医療現場では欠くことのできない技術として受け入れられている。それにもかかわらず、人々が一定のリスクを認識した上でやはり原子力エネルギーは必要であるというコンセンサスを得るに至っていない。

このワークショップでは、半世紀の年月を経た原子力エネルギー開発において何が問題だったのか、今後の展望を開くことは可能か、できる限り客観的に評価してみたいと考えた。その作業を通して、科学技術創造立国の名の下に大きな期待が寄せられている他の科学技術分野に対しても様々な教訓を導きうるのではないかと。

6.2 ワークショップの経緯

「歴史から学ぶべきことは、人間は歴史から何も学ばないということである」とは、しばしば逆説的に指摘されることであるが、それは歴史から学ぶということがいかに難しいかを示唆している。近代科学技術の発展はガリレオ、ニュートンに時代にまでさかのぼれば歴史と呼ぶべき時間の経過があるが、人類の歴史から比べれば遙かに短い。まして20世紀後半に飛躍的に発展した現代科学技術を歴史という観点で眺めることは一握りの科学史家の学問的興味でしかなかった。

しかし、吉岡氏は「現在史」という新しい概念を導入し、科学技術の発展過程を歴史評価するというアプローチによって、現代社会を構成するシステムとしての科学技術を分析・評価する手法を提示した^[1-2]。これにより、氏自身が現在及び未来に向けて科学技術のあり方に関する批判的政策提言者として重要な役割をはたすことになった。今回のワークショップにおいても、「歴史評価」の対象として原子力開発の問題点を鋭く指摘した。

一方傍島氏は、原子力を推進する側において、世界のエネルギー需要動向を考えたとき、どうしても原子力エネルギーが必要であることを様々な資料に基づいて結論した。その上で、原子力に対する逆風の現状を分析し、人々が原子力を受け入れるためには信頼と安心が必要であり、これまでの政策や関係者の対応がそれを裏切り続けてきたことを率直に反省すべきであると指摘した。そして、信頼と安心を得るためにはいかに対処すべきかについて論じた^[3]。

さて、2つの講演とワークショップの議論を通して明らかになってきたことを以下の手順でまとめてみたい。はじめに、これまでの日本の原子力開発の論理を検証する。次に、一括して原子力と総称されるものの中身を3つに分けて、それぞれにつ

いて歴史的経緯を含む現状認識について述べる。その過程で浮かび上がった問題点を4つの視点から考察し、最後に「原子力開発の歴史に学ぶこと」としてまとめる。原子力を全体として見ると様々な要素が絡み合っており、議論がわかりにくいことが多い。2つの詳細な講演記録があるにも関わらず、多少乱暴だがあえて短くまとめることを試みるのはそれなりの意味があるのではないかと思っている。

6.3 原子力開発の論理

日本における原子力開発のスタートに際し、日本学術会議は、「民主」「自主」「公開」という原子力平和利用三原則を発表し[1954年]、軍事研究とは一切関わらないことを内外にアピールした。その精神は後に原子力基本法[1955年]に取り入れられることになった。

以来日本における原子力開発は、少なくとも建前上は、平和利用に徹するという方針が国となっている。(もちろん冷戦の世界構造の中で常に政治との関わりは否定しがたく、ワークショップにおける議論の中でも「ホンネ」として軍事的技術保持の要素がなかったとはいえないとの指摘があった。それを除いては正確な分析・評価はできないことも一面の真理ではある。しかし、ホンネの部分が記録に残されることはほとんどなく、「政策論は建前でしか議論のしようがない」という吉岡氏の主張にも説得力があり、とりあえずここではとりあげないことにする。)

平和利用の原子力開発の論理として、エネルギー資源に乏しい日本においては国産エネルギーの開発が悲願である点が強調されてきた。その中身は、

- (1) 資源枯渇論
- (2) エネルギーセキュリティ論

の2点に集約できる。現在我々が頼っているエネルギーの大半は化石燃料によるものであり化石燃料はいずれなくなる。1970年代の石油危機に直面して人々の脳裏に深く刻み込まれたのが資源枯渇論である。エネルギーセキュリティ論は、エネルギー資源をあまりに石油に頼りすぎていること、しかも大部分を政治情勢の不安定な中東の石油に頼っていることによる国の安全保障の危うさに基づくものである。実際、石油危機はサウジアラビアの国家戦略に端を発しており、その後のOPECの行動も石油資源を国家利益のために外交手段として利用したものである。このような世界情勢にあつて、日本としては国産エネルギーとしての原子力開発が必須であるというのがその論旨である。石油資源を求めて東南アジアに進出した太平洋戦争の

歴史的トラウマが消しがたく存在する。

原子力開発の歴史において、かつては(1)、(2)の論理が社会に対する主要な説明であった。とりわけ石油危機の時代背景にあつては(1)が強調された。原子力開発についても、通常の軽水炉では燃えないウラン 238 をプルトニウムに変換して新たな燃料とする高速増殖炉/核燃料サイクルの考え方が政策の中心となった。天然ウラン中にはわずか 0.7%しかないウラン 235 を燃料とする軽水炉だけではウラン資源も石油と大差なく、寿命数十年と推定されていたからである。

しかしながら、かつて 40 年といわれた石油の寿命は、30 年を経過した今も 40 年程度と推定されている。石油の寿命はいずれ尽きることは確かであろうが、天然ガスや石炭も含めた化石燃料総体で考えれば、少なくとも今世紀中に資源枯渇論が現実のものになる可能性はほとんどないというのが現在では一般的な認識である。こうして資源枯渇論が説得力を失った近年では、地球温暖化を引き起こす二酸化炭素を排出しないエネルギー源であること、すなわち、

(3) 環境適合エネルギー論

が重要な論理とされるようになってきた[4]。プラント建設に当たっては二酸化炭素の排出をゼロにするわけにはいかないが、燃料そのものからは排出されず、全体として二酸化炭素排出量は化石燃料に比べればはるかに少ないというのがその根拠である。

このように開発論理を変えつつも、日本の高速増殖炉/核燃料サイクルを柱とする原子力政策は一貫して変わっていない(もっとも、2000 年の原子力長期計画において高速増殖炉実証炉計画が白紙に戻されたことは変化の兆しと見ることもできる)。

6.4 現状認識

(1) 軽水炉

現在ほとんどの原子力発電所で採用されている原子炉は軽水炉である。天然ウラン中には 0.7%しかないウラン 235 の濃度を 5%程度にまで濃縮して原子炉の中で連鎖反応を継続させる。炉心で 3 年程度燃やした使用済み燃料には、ウラン 235 が核分裂してできた放射性廃棄物と、ウラン 238 が中性子を吸収して生じたわずかな量のプルトニウム 239 が存在する。ちなみに発生したプルトニウムの一部は再び核分裂反応を起こし発電エネルギーの一部を担っている。このように軽水炉はすでに

実用化された技術であるが、天然ウランのわずか1%足らずしか利用していないことになる。そのままではウラン資源も石油同様に枯渇の恐れがある。

ところが、日本原子力研究所では海水中のウランを効率的に採取する方法を開発し、実用化の目途がたちつつある。陸のウランに比べれば採取コストは数倍以上高くなると見込まれるが、元々原子力発電所の全コストの中で占める燃料費の割合は小さく、海水ウランを使っても電気料金への跳ね返りは数%程度という見積りもある[5]。そうすると、ウラン 238 を利用しなくとも資源枯渇の心配はほとんどなくなる。使用済み燃料は再処理せず直接廃棄する、いわゆるワンスルー方式も選択肢に入ってくる。米国をはじめとして多くの国がこの方式に転換し、深地層埋設処理の研究を進めている。遠い将来の再利用も念頭にあると言われる。しかし現在の状況は、陸のウランさえだぶつき気味で、本格的な海水ウラン採取の必要性はまだまだ先のことと考えられている。

軽水炉の問題点は、他のエネルギー源と比較した経済性評価の不確かさであろう。日本では放射性廃棄物処理の方法が未だ決まらず、したがってその処理コストを正確に見積もることができない。原子力エネルギーの経済性を批判されるゆえんである。

(2) 軽水炉+核燃料サイクル

核燃料サイクルはウラン資源の有効利用が目的であるが、詳しく見れば2種類ある。一般には、軽水炉サイクルと高速増殖炉サイクルと呼ばれている[6]。軽水炉サイクルでは、使用済み燃料の再処理によってプルトニウム 239 と未使用ウランを取り出す。抽出したプルトニウムはウラン・プルトニウム混合燃料 (Mixed Oxide = MOX) として高速増殖炉の燃料とする。現在原子力発電所で議論されているプルサーマルは、MOX 燃料を軽水炉で燃やそうとするものであるが、もともとの核燃料サイクルの考え方ではない[5]。余剰プルトニウムを消費することが主たる目的である。再処理によって手に入れたプルトニウムは長崎型原爆の材料であり、一方で核拡散防止の国際的約束のために日本では余剰プルトニウムを持たないことを国の政策としているからである。

軽水炉に一定量のプルトニウムを加えるので炉心の燃焼条件が変わり、制御が若干難しくなると言われている。プルサーマル計画は、イギリスの再処理工場におけるデータ改ざんや東京電力の原子力発電所安全審査におけるごまかしなどの不祥事により、原発立地の自治体から受け入れを拒否されてしまった。

廃棄方法が決まらないままプルトニウムが増え続けければ、国際的約束に従って原子力発電所を止めざるを得ない事態も想定される。

(3) 高速増殖炉+核燃料サイクル

高速増殖炉サイクルは、軽水炉ではほとんど燃えないウラン 238 を高速中性子を用いてプルトニウムに変換することによって燃料を増殖する高速増殖炉のための使用済み燃料再処理を目的とする。通常核燃料サイクルといえば高速増殖炉サイクルを指す。日本は石油危機の時代に法律まで作って国が核燃料サイクルを推進することを決めた。これによってウラン資源の寿命は飛躍的に延びるとされてきた。高速増殖炉では初期に充填した燃料と同じだけのプルトニウムを生産する炉心増倍時間（ダブリングタイム）が 20 年程度以内でないと実用的な意味を持たないと言われている。ところが、技術上および安全上の理由で現在採用されている酸化燃料では、ダブリングタイムが 80 年以上になってしまう [5]。つまり高速増殖炉の原型炉として建設された「もんじゅ」は始めから増殖炉としての論理を失っていたことになる。唯一残された技術開発は液体ナトリウム循環を使った発電システムであったが、その液体ナトリウムが漏れるという事故を起こし、それ以来再稼働できない状況にある。

米国では、1977 年にカーター大統領が核不拡散政策を発表し、数年のうちに民生用核燃料サイクルと高速増殖炉開発計画から撤退した。軍事用研究を保持したままの政策転換には核保有国のエゴが見え隠れするが、核燃料サイクルに期待したほどの経済性がないことがわかってきたことが、その理由とされる。1990 年代初頭には、イギリス、続いてドイツが撤退を決め、原子力大国フランスまでが、やはり経済性を理由に実証炉スーパーフェニックスからの撤退を決めた。

以上の認識に基づいて、これまでの原子力開発で何が問題であったのか、4つの視点に分けて考えてみたい。

6.5 原子力の何が問題であったか

(1) 開発論理の問題

かつては資源枯渇論が開発論理の中心であったが、今やほとんど説得力を持たない。今は二酸化炭素の排出が少なく環境適合性が高いという論理が主流になってい

る。液体ナトリウム漏洩事故を起こした「もんじゅ」を再開できない最大の理由は、始めから増殖炉としての論理性を失っていたからではないだろうか。プルサーマル計画も実はプルトニウム処理の苦肉の策であり、ウラン燃料の有効利用が真の目的ではない。資源枯渇論に基づいた核燃料サイクル路線を維持するかぎり、結局余剰プルトニウムの問題で原子力発電そのものが袋小路に陥るおそれがある。原子力発電の経済性についても、放射性廃棄物処理の方策が決まらない限りコストの見積もりも不明確で、全体として他のエネルギー源と対等に比較できない状況にある。

(2) 推進体制の問題

高速増殖炉の実験炉「常陽」は原子力研究所で設計研究が行われ、原子力に夢を持った大学の研究者も参加する機会があった[8]。ところが、原型炉「もんじゅ」になると、設計段階から動力炉・核燃料開発事業団という事業体に移され、官僚的な運営と民間会社も含めた下請け構造によって、研究と言うより決められた事業を遂行するだけの組織になってしまったと言われている。それ以後大学の研究者が参加することも、大学の先進的な研究が生かされるチャンネルも失われた。国策・民営といわれる推進体制も、官民の癒着によって責任体制が不明確になりがちである。当初3,500億円とされた建設コストは実際には6,900億円かかり、政府は電力会社に3,000億円の寄付を押しつけたと言われている。また、原子力発電所の安全審査をする原子力安全・保安院が原子力を推進する官庁である経済産業省に所属していることも体制上の問題である。JCOにおける臨界事故ももとをたどればこのような体制上の問題に行き着くのではないだろうか。

このような体制はまた、「民主」「自主」「公開」とされた原子力界全体に、いつの間にか問題を内輪で処理し隠すという体質がまん延して行くことにも繋がった。「もんじゅ」のナトリウム漏洩事故、東海アスファルト固化施設の爆発事故では、事故の内容よりも組織の隠す体質が批判され、動燃体質という言葉まで生まれたほどである。その後動燃は核燃料サイクル機構として再出発し、今後更に原子力研究所との統合が予定される等、今大きな変革のチャンスを迎えているとも言える(様々な不祥事に対する国民的批判を経て、現在漸くにして情報公開が進みつつある。政府の審議会内容もインターネットを通して公開されるようになった。何事も一部の専門家だけで秘密裏に進めるというかつての体質は改善されつつあるようにみえる)。

(3) 政策決定の問題

原子力推進の論理が変遷する中で、日本だけは現在までも核燃料サイクル政策を一貫して変えていない。日本ではこれらの議論は政府内の審議会で行われるのがふつうで、利害関係を持たない独立した専門家による分析とはほど遠く、何か問題が起きて世論に抗しきれない限り政策も制度も転換できないのが実状である。実際、昔の政策決定が長期に渡って効力を発揮し、現在の政策の選択肢を著しく狭めている例は事欠かない。米国では政権交代に伴って政府官僚も大幅に入れ替わるため、政策転換が柔軟に行われる。また、独立系のシンクタンクも多く存在する。1977年にカーター大統領の諮問を受けて民生用の核燃料サイクルの見直しを提言したのはこのような機関であったという。長期的視野に立った一貫性のある政策を遂行する観点で日本の制度がすぐれていると主張する向きもあるが、良い政策は継続すればよいのであって、常に見直しの議論がなされることが望ましい姿である。

(4) 研究倫理の問題

日本における原子力研究は「民主」「自主」「公開」の原則を原点として進められてきたはずであるが、原子力が大型プロジェクトとしてしか成り立たない研究体制化のなかで、その内実を失ってきたのではないだろうか。国策として作られた直轄研究所で研究の方向性が規定されることはある程度やむを得ない。また、実際に原子力研究の現場に携わってきた多くの科学者・技術者がどのような立場に置かれていたか部外者にはわからない。しかし、科学者あるいは研究者は真理の前に敬虔でなければならず、そこにある事実を直視しなければならない。それが組織の論理によって曲げられるようなことがあってはならない。研究者としての個の確立が求められる。「民主」「自主」「公開」の原則は、単に軍事研究との決別を宣言したのではなく、科学の研究に携わる姿勢を示したものであるはずである。

とはいえ、すべて研究者個人の問題に帰してしまうのは正しくない。実際に夢を持って直轄研に参加したものの、失望して大学に戻ったという研究者の声を漏れ聞くことがある。むしろ外に開かれた太いチャンネルをシステムとして備えることが、大型プロジェクト研究において倫理観に基づく研究者の自由を保証する重要な要素ではないだろうか。

5.6 原子力開発の歴史から学ぶこと

以上の議論を項目としてまとめる。

- (1) 軽水炉は50基以上が稼働し、電力の3分の1を担っている。
- (2) 動力炉研究の大部分を動燃に移された原研において海水ウランの採取というブレイクスルーを生み出した。
- (3) 増殖比が小さく高速増殖炉の論理性を欠くまま原型炉「もんじゅ」計画を走らせた。
- (4) 国策・民営の体制で官民の癒着と軋轢が生まれ、責任体制があいまいになった。
- (5) 研究段階の技術でありながら開発を事業体に一極集中させ、原研や大学の研究が生かされる道を閉ざした。
- (6) 放射性廃棄物および余剰プルトニウムの処理策を見いだせないまま、世界中でほとんど放棄した高速増殖炉/核燃料サイクルを堅持している。
- (7) 事故隠しやデータ改ざんを繰り返し、本来の安全問題と関わりのない部分で原子力不信を招いた。

この中で、(1)と(2)は光の部分であり、(3) - (7)が陰の部分である。これら項目のいくつかは他の科学技術分野にとっても普遍性を持つ教訓を含んでいるのではないかと思う。とりわけ、数千億円以上の巨費を要するITER計画を柱として新たな段階に進もうとしている核融合研究にとって、核分裂原子力と同じ轍を踏まないためにはどのような配慮が必要か、他山の石とすべきことは多い。他の例をあげれば、米国における大型加速器SSCが中止に追い込まれた経緯の中で、事業体が官僚組織化し研究者との意志疎通に齟齬を生じたという体制上の問題が指摘されていることは上記項目と通じるところがあり興味深い[7]。

【参考文献】

ワークショップの議論の他に以下の文献を参考にした。

- 1) 吉岡 斉、「歴史的転換期をどう読むか」(4回連載)、岩波「科学」、Nov. 2001
～Feb. 2002.
- 2) 吉岡 斉、「原子力の社会史」朝日新聞社、1999.
- 3) 傍島 眞、「原子力はなにが問題か」ERC 出版、1999.
- 4) 井口春和、「エネルギー開発における認識論的転換」総合研究大学院大学共同研究論文集「科学と社会 2000」、2001.
- 5) 平岡 徹、「我国の高速増殖炉開発の歴史に見る原子力政策」(非売品).
- 6) 桜井 淳、「プルサーマルの科学」朝日選書、2001.
- 7) 平田光司、高岩義信、「SSC-巨大実験の科学」岩波講座「科学/技術と人間」第2巻、1999.

また、このワークショップ以外の会合における議論で参考になったものとして

- 8) 鈴木達治郎、「我が国のプルトニウム利用政策- 技術社会学的分析と提言」、
- 9) 「年報科学・技術・社会」創刊 10 周年記念ワークショップ (主催: 松本三和夫)、
東京大学、2002 年 12 月 15 日.

研究会概要

日 時：2002年10月29日（火）午後1時～5時

場 所：蔵前工業会館（東京・港区）

講 師：

吉岡 齊(九州大学大学院)

傍島 眞(日本原子力研究所)

コーディネイト：

井口 春和(核融合科学研究所)

参加者：※所属は研究会当時のものです

平田 光司(総研大教育研究交流センター)

柳本 武美(総研大統計科学専攻・統計数理研究所)

笹尾 真実子(東北大学工学研究科)

磯部 琇三(総研大光科学専攻・国立天文台)

高岩 義信(総研大素粒子原子核専攻・高エネルギー加速器研究機構)

保坂 直紀(読売新聞科学部)

今井 直子(総研大教育研究交流センター)

藪田 ひかる(産業技術総合研究所 環境管理研究部門)

浜田 真悟

島村 英紀(北海道大学地震火山研究観測センター)

中島 貴子

小川 雄一(東京大学 高温プラズマ研究センター)

江尻 晶(東京大学 新領域創成科学)

飯尾 俊二(東京工業大学 原子炉工学研究所)

鳥井 弘之(東京工業大学 原子炉工学研究所)

田島 輝彦(核融合科学研究所 研究・企画情報センター)

難波 忠清(核融合科学研究所 研究・企画情報センター)

澤田 哲生(東京工業大学 原子炉工学研究所)