

原子力の教育と研究はどうあるべきか —福島原発事故の反省を出発点として—

井野博満*

1. ま え が き

ここでは、「原子力の教育と研究」を広く取り、原子力工学分野の教育・研究と限定せず、大学での一般教養やさらには中・高教育での原子力分野についてのリテラシーも含めて考えることとしたい。

原子力という一つの学問分野および産業分野が、これから衰退してゆくのか、さらなる興隆へ向かうのか、あるいは、どのような質的転換を遂げるのか、その見方によって、本稿のテーマに対する答えも違ってくる。なるべく客観的な資料をもとに議論を展開したいと思うが、筆者の原子力に対する見方や主張も入らざるを得ない。どういう考えの誰が書いてもそうなるということをご了解の上、お読みいただきたい。

2. 現状をどうみるか

「原子力」という言葉を広くとって、原子核反応(核分裂や核嬗変)の応用分野にとらえれば、その分野が衰退し消滅することは考えられない。19世紀末のベクレルやマリー・キュリーの放射能の発見から始まって、ハーンとマイトナーによる核分裂の発見(1938年)によって到来した原子力の時代は、その中身こそ変容することがあっても、消え去ることはないだろう。医用・産業用のアイソトープの利用は深く根を下しているし、原子炉を用いての科学研究もさまざま行われている。しかし、「原子力発電」という核エネルギーの電力への応用分野は、大きな曲がり角に来ている。特に、東京電力福島第一原子力発電所事故(以下、福島原発事故という)という大災難に見舞われた日本では、原子力発電(以下、原発という)についての人びとの認識は確実に変わった。2030年の電力生産に占める原発比率を0%、15%、20-25%という3つの選択肢を示して政府が実施した14都市での意見聴取会では、およそ70%が原発ゼロの意見だった。また、約8万9千件のパブリックコメントでは、90%弱が0%を求めていた。

こういう結果を反映して政府の「革新的エネルギー・環境

戦略」では、「30年代に原発ゼロを可能とするよう、あらゆる政策資源を投入する」として、「40年廃炉の厳格適用」、「原子力規制委員会が安全を確認したもののみ再稼働」、「新增設はしない」という3原則を提示した。従来の原発推進の方針が大きく転換されつつある。再生可能エネルギー買い取り制度の発足(2012年7月1日)などによる自然エネルギー利用推進の機運や、省エネルギー意識の浸透、日本の人口減少によるエネルギー消費の縮小予測など、脱原発に向かう客観的条件は整いつつあると考えられる。

とは言え、脱原発の方向へすんなり進むかどうかは分からない。長期的に見て合理的な選択がなされるとは限らないからである。従来の価値観や産業構造の慣性(inertia)は軽視できず、経団連(一般社団法人日本経済団体連合会)などの財界や原発立地自治体からの強い反対がある。また、アメリカも自国の原発産業の利害や核戦略の観点から懸念を表明し圧力をかけ、エネルギー・環境会議が決めた上記30年代脱原発方針の閣議決定が見送られるなど、政権の方針はぐらついた。(本稿脱稿後に行われた衆議院議員選挙において、脱原発に否定的な自民党が政権復帰したことは、さらにその懸念を強めることになった。)脱原発へ向かうかどうかの社会的綱引きにおいて、脱原発は難しいと綱から手を放す人が増えれば脱原発の実現は遅れるであろう。

3. 原子力の教育と研究をどう変えるべきなのか

さて、「原子力の教育と研究」というテーマで問題を考えてみると、何が重要なのであろうか。原子力発電の今後については、このように情勢が混とんとしており、人によりまったく異なる予測あるいは将来像が語られている。今後原子力発電がどのような形になるにしても、「原子力の教育と研究」において変わらず重要な中身があるし、一方、状況によって重点が変わってくることも当然であろう。

日本において、新規の原発が建設されなくなり、原発輸出もなくなれば、現在の原子力工学関連学科のカリキュラムは大幅に変わらざるを得ないであろう。運転や整備、安全管理

* 東京大学名誉教授(〒194-0041 町田市玉川学園7-15-5)

Views on the Education and Research of Nuclear Power—From the Experience of Severe Accident of Fukushima Nuclear Power Plant—; Hiromitsu Ino (Professor Emeritus, The University of Tokyo, Tokyo)

Keywords: Fukushima nuclear accident, nuclear education, nuclear engineering, radioactive waste, trans-science, low level radioactive exposure
2012年11月26日受理

のために原発についての基礎的知識や実際の知識が必要であることに変わりはない。しかし、重点は、今後否応なしに寿命を迎える古い原発の廃炉技術や廃棄物処理技術が中心的研究・教育の課題となろう。すでに、1960年代建設の原発の廃炉が欧米で進行しており巨大ビジネスになりつつある。1970年代建設の原発を18基抱える日本でも近く避けて通れない重要課題である。加えて、崩壊した福島第一原発の廃炉という難題に直面している。

事態は、公害防止技術の研究・開発のスタート時点に似ている。当初は、そういう後始末技術は魅力ある研究分野とは写らなかったが、その社会的必要性からの意識変革によって、最先端の技術革新が行われた。とは言え、原発の後始末技術を社会的にやりがいのある仕事と考える意識の高い学生が集まるかどうか、心もとない。福島原発現場で、被ばく限度の50ミリシーベルトを超えてしまう作業員が多数生じるなどして、登録作業員の数が半数以下に減り8,000人しか集まらないという現状を聞くにつけ、それが杞憂とは思えない。そういう事態になるかならないか、それは、一に、教育に携わる大学教師の側の姿勢・使命感によると考える。

安全性を高めた第3+世代、あるいは第4世代のパッシブ原子炉を設計・開発してゆくという課題を設定し、今後の研究・教育の柱にするという期待を原子力工学関係者が抱くであろうことは想像に難くない。その方が学生にも研究者にも魅力的に写る。とは言え、原子力発電という技術がどのようなものなのかという根本的な問いかけなしに、そのような新技術に期待して原子力発電を続けて良いのかどうか。福島原発事故を引き起こしたことの責任と反省に立って、根本から原子力のありかたを考えてゆかねばならない。

4. 福島原発事故の反省

原子力を積極的に推進してきた人たちからは、どのような反省の言葉や行動があったであろうか。福島事故直後の早い時期に、田中俊一(現在、規制委員会委員長)が中心になって16人の著名な原子力研究者が「福島原発事故についての緊急建言」を発表した⁽¹⁾。その冒頭には、「原子力の平和利用を先頭だて進めて来た者として、今回の事故を極めて遺憾に思うと同時に国民に深く陳謝します。」と述べられている。ただし、そのような事態を招いた原子力推進体制についての問題点の指摘や改善提案は記載されていない。国の「耐震設計審査指針」改訂作業(2006年)の中心になった入倉孝次郎(京大名誉教授)は、「地震学の研究者の一人として、非常に申し訳なく思う。津波評価が正しくなかったことは事実。」「想定以上のことが起こっても安全なように設計されねばならない。それが原発の「設計思想」のはずだ。何があっても大丈夫って言ってきたのがうそだった。」と踏み込んだ発言をした⁽²⁾。これらの発言が、新たにスタートした原子力規制委員会での新しい基準作りに反映されることを願うが、現時点ではまだその方向性は十分明らかではない。

原子力推進の中心になってきた人たちがその反省を生かし

て新しい組織に変えようとする努力をしているかどうか。私が委員として参加した原子力安全・保安院の二つの意見聴取会での委員の発言や保安院の対応をみると、そういう気持ち共有されているとはとても思えなかった。特に、原発の中性子照射脆化の問題を議論した「高経年化意見聴取会」では、照射脆化予測式の基礎となるミクロ反応速度式のなかに物理的に正しくない項(拡散係数の2乗の項)があることを指摘したのに対し、それがまったく受け入れられなかったという驚くべき事態を経験した。本稿では触れないが、幸い、小岩昌宏(京大名誉教授)が詳しい論稿を執筆されているのでご覧いただきたい⁽³⁾。

このような旧態依然の構造がそのまま残っている一方、福島原発事故の反省に立って、原子力規制のあり方に変化が生じているのも確かである。2012年9月に発足した原子力規制委員会のもとに作られた「破碎帯の調査に関する有識者会合」には、今まで軽視されてきた変動地形学の専門家が複数起用されて、新しい知見に基づいて原発立地での厳しい活断層評価がなされつつある。また、「新安全基準検討チーム」でも、設計の根本的欠陥に踏み込まないという不十分さはあるが、事業者寄りの現状追認の規制を改めようという動きがみられる。例えば、シビアアクシデント対策として、電源車・消防車といった可搬施設だけでなく、恒施設として炉心注水装置や格納容器スプレー、フィルター付きベント装置、第2制御室などの設置が「新安全基準骨子案」では求められることになった。古い原発についても最新知見にもとづいて適否のバックフィットが求められている。これらの安全対策を厳格に実施することが信頼回復の第一歩であり、それが難しい原発は廃炉にするという選択がなされるべきである。

5. 放射性廃棄物処理の問題

さて、原子力発電が抱える問題は、事故被害の甚大さだけではない。使用済み核燃料の廃棄物処理という大難問がある。今年(2012年)の9月に、日本学術会議は内閣府原子力委員会の諮問に応じて、「高レベル放射性廃棄物の処分に関する検討委員会」で議論を進め、従来の廃棄物処理政策を根本から見直すべきことを提言した⁽⁴⁾。その内容を要約すれば次のとおりである。

まず、高レベル放射性廃棄物の最終処分をめぐる、社会的合意形成が極度に困難な理由として、

- (1) エネルギー政策・原子力政策における社会的合意の欠如のまま、高レベル放射性廃棄物の最終処分地選定への合意形成を求めるという転倒した手続き、
- (2) 原子力発電による受益追求に伴う、超長期間にわたる放射性の汚染発生可能性への対処の必要性、
- (3) 受益圏と受苦圏の分離、

の3つを挙げる。その上で、以下の6つを提言している。

- (1) 高レベル放射性廃棄物の処分に関する政策の抜本的見直し

これまでの高レベル放射性廃棄物処分に関する政策は、2000年以降、NUMO(原子力発電環境整備機構)をその担当者として進められてきたが、基本的な考え方と施策方針の見直しが不可欠である。これまでの政策枠組みが、各地で反対に遭い、行き詰まっているのは、説明の仕方の不十分さというレベルの要因に由来するのではなく、より根源的な次元の問題に由来することを認識する必要がある。

(2) 科学・技術的能力の限界の認識と科学的自律性の確保

地層処分をNUMOに委託して実行しようとしているわが国の政策枠組みが行き詰まりを示している第一の理由は、超長期にわたる安全性と危険性の問題に対処するに当たっての、現時点での科学的知見の限界である。自律性のある科学者集団(認識共同体)による、専門的で独立性を備え、疑問や批判の提出に対して開かれた討論の場を確保する必要がある。

(3) 暫定保管および総量管理を柱とした政策枠組みの再構築

これまでの政策枠組みが行き詰まりを示している第二の理由は、原子力政策に関する大局的方針についての国民的合意が欠如したまま、最終処分地選定という個別的な問題が先行して扱われてきたことである。高レベル放射性廃棄物の暫定保管と総量管理の2つを柱に政策枠組みを再構築することが不可欠である。

(4) 負担の公平性に対する説得力ある政策決定手続きの必要性

これまでの政策枠組みが行き詰まりを示している第三の理由は、従来の政策枠組みが想定している廃棄物処分方式では、受益圏と受苦圏が分離するという不公平な状況をもたらすことにある。この不公平な状況に由来する批判と不満に対して、電源三法交付金など金銭的便益提供という政策手段により処理しようとするのは、適切でない。

(5) 討論の場の設置による多段階合意形成の手続きの必要性

政策決定手続きの改善のためには、広範な国民の間での問題認識の共有が必要であり、多段階の合意形成の手続きを工夫する必要がある。この手続きにより、従来の原子力発電に欠落していた大局的政策についての合意形成から個別的な課題である高レベル放射性廃棄物の処分地の選定についての合意形成へという適切な手続きを経ることが可能となる。

(6) 問題解決には長期的な粘り強い取り組みが必要であることへの認識

高レベル放射性廃棄物の処分問題は、問題の性質からみて、時間をかけた粘り強い取組みを覚悟することが必要であり、限られたステークホルダーの間での合意を軸に合意形成を進め、これに当該地域への経済的な支援を組み合わせたといった手法は、かえって問題解決過程を紛糾させ、行き詰まりを生む結果になることを再確認しておく必要がある。また、長期的な取組みとして、学校教育の中で次世代を担う若者の間でも認識を高めていく努力が求められる。

高レベル放射性廃棄物処理の問題は、社会的な合意抜きに解決が不可能な課題である。学会会議の提言をくわしく引用したのは、市民生活と密接にかかわり、かつ、安全性についての科学的判断が困難な課題について、科学者と市民・行政

との対話がいかなる性質のものであるかについて、先見的方法論を提示しているからである。われわれが1970年代において、公害問題の根本的解決は発生源で止めるしかないことを認識したように、放射性廃棄物についても発生源(原発)を止めて、その排出量を限定することによってはじめて、地層処分の引き受け手が現れ、問題解決への糸口ができるのではなからうか。

6. 大学での教育と研究

では、具体的に教育現場はどうすべきなのか。さまざまな課題が突きつけられている大学での「原子力」の教育は、工業技術としての原子力の専門教育だけではなく、市民社会の中で原子力がどういう存在であるかについて、より広い視野で考えさせるものでなければならない。それ以外に原子力分野の信頼回復の道はない。

黒田光太郎(名城大学教授)は、原子力工学の専門的教育は学部レベルでなく、大学院レベルで行うべきで、学部ではより広い観点で原子力と限定しない教育カリキュラムで教育すべきではないかと論じ、「理系学部の横断的な大学院レベルでの原子力研究教育組織」という構想が東大原子力工学科設立時に一つの案として検討されたことを紹介されている⁽⁵⁾。それによれば、当時発足したばかりの原子力委員会参加であった山形昌夫東大教授(船舶工学)は、「学生は工学部においてそれぞれが属する既存の関係学科、たとえば応用物理、機械、電気、応用化学、冶金などの学科において専門学術を習得し、その基礎に立つ応用として、大学院において原子力工学を専攻する」という構想を提唱されている。それを参考として、黒田は、「学部教育では基礎科学とともに原子力のELSI(倫理的、法的、社会的問題)を学んで、原子力の安全性が人類生存のために重要だと自覚した学生が、主に大学院レベルで原子力工学を学ぶ教育体制がつくれぬだろうか。」と述べ、さらに、「高校卒業レベルで工学の専門分野を選ぶ、現在の工学教育は「人類生存のための工学」の教育体制としてはふさわしくない。…「3・11」を経験して、原子力工学に限らず、すべての工学分野で基礎科学と科学・技術のELSIを学部教育の中心にすえた教育の再編が求められ、教養教育と基礎科学教育を重視した学部教育の改革を必要としている。」と論じておられる。筆者もこの意見に賛成である。

7. トランスサイエンスの問題

「トランスサイエンス」という考え方は、教育と研究のあり方に密接にかかわっている。「トランスサイエンス」(trans-science)という概念は、アメリカの核科学者でオウリッジ研究所所長だったワインバーグ(Alvin Weinberg)によってはじめて提起された。今から40年も前の1972年のことである⁽⁶⁾。しかし、理工学の専門家の間ではほとんど知られてこなかった。分子生物学者であり、科学の社会的役割について優れた研究をされた柴谷篤弘が、いち早くその重要性

に着目した⁽⁷⁾が、その問題意識は科学と社会の関係に関心をもつ少数の研究者以外には共有されなかった。

柴谷によれば、トランスサイエンスとは、「科学的に定義できるが科学的に回答の出せないものを扱う領域」のことである。氏が例としてあげているのは、低線量被曝における発がん率の確定の問題や原子力発電所の事故確率の推定である。「原子炉事故の起こる率は非常に低いと言っても、それを正確に推定するには、実際に多数の原子炉を建造してそれを長期間(たとえば一万年間)運転してみて、その結果をみる必要がある[†]。これは実際に原子力発電を大規模に実施することにほかならず、しかもその目的のためにこそ、安全に関するデータを必要としているのである。そのデータを出すには、データなしに原子力の大規模な運営にふみ切らねばならぬ、というのでは、科学的な解答にならない。」(同書 p165) そういう矛盾にもかかわらず、今もって、原発の安全基準・設計基準は、不確かな確率論的評価を参照して、めったに起こらないとされる事象を切り捨て、「工学的判断」の名のもとに決められているのである。

柴谷が挙げているもう一つの例である低線量被曝の問題は、まさに福島の人たちが苦しんでいる問題であり、われわれが直面している社会的課題である。ハツカネズミの自然突然変異率を2倍にする放射線量が30レントゲン(300ミリグレイ、300ミリシーベルトに相当)であるとき、線量と突然変異率が正比例関係にあるとして、150ミリレントゲン(1.5ミリグレイ)での変異率を実験的に証明するには80億頭のハツカネズミが必要となり、この問題に科学的な解答を与えることはできないと、柴谷は論ずる。

ICRP(国際放射線防護委員会)は、どのように微量な放射線量であってもDNAを傷つけるのがんを発症する危険があるという事実を認めたとうえで、100ミリシーベルト以下での発がん率は、がん線量20シーベルト/人に比例すると想定している。ハツカネズミの例のように、人間でもたぶん1ミリシーベルト付近は統計データ上からも発がん率を示すことができないトランスサイエンス領域ということになる。では、このことを科学者はどのように人びとに説明するのが良いのだろうか。

文部科学省作成の『放射線副読本』⁽⁸⁾がある。「一度に100ミリシーベルト以下の放射線を人体が受けた場合、放射線だけを原因としてがんなどの病気になったという明確な証拠はありません。しかし、がんなどの病気は、色々な原因が重なって起こることもあるため放射線を受ける量はできるだけ少なくすることが大切です。」(小学校用副読本 p12, 中学用も同じ)という説明は妥当だろうか。事実を述べているように見えるが、「明確な証拠はありません」という表現で、100ミリシーベルト以下でのがん発生を否定する印象を与えている⁽⁹⁾。類似の発言が行政担当者や学者たちから福島での被災

者に向けてさまざまになされ、不信感を生じたと言われている。少なくとも、「100ミリシーベルト以下でのがんの正確な発症率は分らないが、微量の放射線でもその危険性があるので」の一文を補い、「放射線を受ける量はできるだけ少なくすることが大切です」に続けるべきであろう。

ICRPの基準や考え方自体が、原子力産業に配慮したもので、放射線被害の過小評価をしているという批判がなされている⁽¹⁰⁾⁻⁽¹²⁾。とくに、欧州放射線リスク委員会(ECRR)⁽¹²⁾が、低線量被曝領域の健康影響についてのICRPの方法論を批判しているのは注目される。対照群との厳密な比較を要求する正統的な統計的手法から外れた被害の報告例を非科学的として排除する結果、例えばチェルノブイリや核実験場付近での被害を見えにくくしているという。ICRPのモデルは、高線量、急性、外部被ばくにはしか適用できない物理モデルであり、それに対して、低線量、慢性、内部被ばくには、機構論的疫学モデルで考えなければならないとしている(同書第3章)。その当否は、今後の調査・研究の進展に待たねばならないだろうが、疫学的調査や放射線と人体との相互作用の研究が進みつつある中で、低線量被ばく問題を、確率論的に「トランスサイエンス」事象だと安易に考えてしまう弊から脱却する新しい方法論を提示しているのではなかろうか。

8. 工学的判断とは？

原発の安全性(危険性)や放射線被曝の危険性において、今問題になっているのは、事故あるいは被害が有るとも無いとも確実に言えないグレーゾーンでの話である。しかもそれが市民の生活を脅かすおそれがある問題だということである。

これは、科学者や専門家だけでは答えが出せない、市民あるいは社会が判断すべき問題である。そのときに、科学者や専門家が果たすべき役割は、事実を調べ、それを客観的に公正な立場で人びとに伝え、判断の素材として提供することである。得られた科学的知見を前にして安全か危険か、あるいはどの程度危険か、専門家の意見は分かれるであろう。その議論のやり取りを聞いて、市民(具体的には地域の関係者や被災者など)が判断してゆくというプロセスが大事である。専門家が一つの結論を出してそれを市民に正しいものとして伝えるというやり方は、「白」か「黒」か正しいことの絶対性が保証されていない「グレーゾーン」の問題には百害あって一利なしである。

そのときに専門家は、自分の立場にとらわれた意見を述べてはならない。(自分の利害を念頭に置くなどは論外である。)⁽¹³⁾「工学的判断」という装いのもて、(原子力に限らず)事業者の立場を代弁することがいかに多かったか。テクノロジー「アセスメント」でなく(意図した結論に)「アワズメント」だとしばしば揶揄されてきたゆえんである。しかも、自分の判断は、科学的事実に基づいた客観的なものだと主張する。だが、工学において専門家と呼ばれる人たちの多くは、「物を作る立場」に身を置いている。一般市民、つまり、「物を作られる立場」からすれば、別の価値観があり、その乖離

[†] この柴谷の論稿が書かれた1970年代の初め以降、40年という短期間に、スリーマイル、チェルノブイリ、福島と5つの原子炉が重大事故を起こしたので、原発の事故確率は想定よりはるかに高かった。

