

## 第1章

# 科学における社会リテラシーの将来

平田 光司

hirata@soken.ac.jp

総合研究大学院大学葉山高等研究センター 教授

### プロフィール

本講義シリーズの立案者・責任者。専門は理論物理学、加速器のビーム力学および科学技術社会論(STS)。著書『加速器とビームの物理』(岩波講座「物理の世界」)では、シミュレーションの必要性を説明するのにかこつけて、SSCで起きた問題を論じ、物理の本にSTSのことを書いた。編集部で断られると思っていたら「これはこれで面白い」と言われ、世の中は変わりつつあることを実感した。科学の教科書にSTS的な記述が載っているほうが当然、というような時代が来ないとも限らない、と楽しみにしている。

### はじめに／講義の問題意識とポイント

「リテラシー」という言葉は比較的良好に耳にするだろう。簡単に言えば、読み書き能力のことだ。たとえば、情報リテラシーと言えば、コンピュータやネットワークにある程度の知識があり、危険な側面も理解した上で、有効な活用ができる能力と考えられる。「社会リテラシー」は社会に関する知識と理解力であり、「科学における社会リテラシー」は科学者や科学コミュニティが社会をよく理解し、社会と共存していける能力を意味している。この講義は湘南レクチャーの3回シリーズで構成されており、今回はその最終回にあたる。

科学や技術は社会の中にあるものだが、両者（3者という立場もあるが）の関係の研究するのが科学技術社会論(STS=science, technology & society/studies)である。そして、科学技術の側から社会をとらえる見方を中心にしたものが「科学における社会リテラシー」である。社会の側から科学技術をとらえると「社会における科学リテラシー」になる。STSは学会もできてい

#### 4 第I部 科学原論

るが、まだ学問分野として確立しているとは言えない。これからこの学問分野を充実させていかなければならない。

科学から見た STS の柱として私が考えたものは3つあるが、今回の講義におけるそれぞれの概要とねらいは以下のように整理できる。

##### ①科学原論

科学についての基本的な考え方を整理するのに役立つ知識。第1回は科学社会学(松本三和夫)、第2回は科学哲学(金森修)を取り上げた。今回は科学史(杉山滋郎)を取り上げる。さらに、人類学、哲学、統計学などの観点から科学を対象とするものとして、ジェンダー(小川真理子)、疫学(津田敏秀)、科学人類学(S.Traweek)などが挙げられる。われわれ科学者の側から見れば、科学が社会の中に置かれている状況を理解するために、こうした人文社会科学系の成果を利用しているとも言える。

##### ②科学政策

予算措置や意思決定システムなど国の科学政策について知ること、科学にとってきわめて重要である。今回は、知的財産権(隅蔵康一)と核融合開発(井口春和)をテーマに取り上げ、科学政策との関わりを考える。

##### ③科学コミュニケーション

最近、科学と社会をつなぐコミュニケーションの重要性が指摘されている。もともと科学技術は社会と遊離して存在するわけではないのでコミュニケーションがあるのは当然だが、これまでは知識が正しく伝わっていないという意味でディスコミュニケーションの傾向が強かった。今回は、科学コミュニケーションの技法(林衛、横山広美)を通じて、科学コミュニケーターに必要な素養、知識などについて学んでいく。また、マスメディアで科学がどう捉えられているか、というテーマに関して白楽先生に講義をお願いした。

以上をふまえた上で、私の今回の講義では「科学における社会リテラシーの将来」と題して、原子核物理学にかかわる科学史と科学政策に関わるテーマについて話していきたい。

## 1. 歴史的な理解のために

### 1.1. 原子力と高エネルギー物理学の差はなぜ生じたか

核物理には、応用の1つとしての原子力と、発展形態の1つとしての高エネルギー物理学の2本の柱がある。

日本における原子力の現状についてはだいたい理解されていると思うが、簡単に説明しておく、現在、日本の電力の約40%が原子力によってまかなわれている。一方、放射性廃棄物の処理法についても目算がたっていないし、将来計画として的高速増殖炉の開発もなかなか進んでいない。こうした現状から反対派が増えてきている。

それに対して、高エネルギー物理学については、日本で開発したKEKBという加速器は、競争相手のスタンフォード大学をはるかに凌ぎ世界のトップレベルにある。その他、小柴先生がノーベル賞を受賞したニュートリノ物理学も含め、日本の高エネルギー物理学は世界のトップと言っても過言ではない。

原子力と高エネルギー物理学は学問分野としては非常に近いにもかかわらず、なぜこのように違ってきたのか、またその原因はどこにあるのか。これは歴史的な観点からとらえていかなければ理解できない。何事も現在の状態だけで判断することは難しく、歴史的な理解がなければ物事の多くは分からない。その1つの例として、核物理の問題を考えてみたいと思う。

### 1.2. 世界における核物理の歴史

まず核物理の歴史を概観してみよう。核物理の始まりは、おおむね19世紀の終わりとされている。1896年、ベクレルによって放射能が発見された。これは、ウランの鉱石を写真乾板の上に置き現像したら、そこが感光していた

ところから偶然発見されたものと言われている。普通の人なら、フィルムの不良として見逃すところを、ベクレルが注目して大発見につながったというのが一般的な理解である<sup>1</sup>。ところが科学史研究者の西尾成子先生(日大名誉教授)の本<sup>2</sup>を読むと、ベクレルは蛍光の研究をしていたので、発見は偶然ではなかったと論証している。科学史の威力はすごい。

こうして19世紀末に放射能が発見された後、電子の発見などが続き、1911年にはラザフォードが有名な実験で原子核を発見する。これにより、中心の原子核の周りを電子が回っているという原子モデルがうちたてられた<sup>3</sup>。同じ頃量子物理学も勃興し、1913年にボーアが原子構造論を提唱している。これらの成果を通じて、原子の外側についてはほぼ解明できた。さらに原子核の内側については、1919年にラザフォードがアルファ線を原子核に照射する実験により、核分裂を発見した。それまでは原子核は不変であることが化学の基礎になっていたが、実は原子も変化することが分かったのである。この後は、原子核の構造の研究が中心課題となってくる。

1938年、ドイツ人のオットー・ハーンとリーゼ・マイトナーは、中性子をウランにぶつけたら、ウランの原子核が真っ二つに分裂して中性子が出てくることを発見した。核分裂そのものはラザフォードがすでに発見しているので、この発見はそれほど驚きではないと思うかもしれないが、実は、大変な驚きだった。

原子核がほぼ真っ二つに分裂すれば大きなエネルギーが(自由中性子の運動エネルギーとして)解放されることは、当時でも知られており、この実験結果を知った瞬間、すべての物理学者はただちに、この現象が爆弾に使える可能性を理解したようだ。原子核がもつ核エネルギーが中性子の運動エネルギーとして放出され、それが別の原子核を真っ二つに分裂させ……という連鎖反応の可能性が生じるからである。瞬時に大量の中性子が発生するため、

---

1 たとえば、レーダーマン・シュラム著、平田、清水訳『クォークから宇宙へ』東京化学同人(1993)。

2 西尾成子『こうして始まった20世紀の物理学』掌華房(1997)。

3 これも西尾先生(同上)によると、原子核の構造をはっきり示したのはボーアによる量子力学的理解だった。

そのエネルギーを熱に変えれば強力なエネルギー源になり、爆弾の製造も可能になる。リーゼ・マイトナーはユダヤ人の女性科学者であり、当時はナチスがすでにかなり台頭していたので、その後国外に脱出するが、その際、ドイツ人をはじめ各国の科学者が、彼女の脱出に協力したという大変ドラマチックな逸話がある<sup>4</sup>。

1939年には、すでにアインシュタインが米大統領に、ドイツが強力な爆弾を製造する前にアメリカでも開発すべきであるという手紙を書いている。1941年、V.ブッシュが研究開発局長に就任すると同時に、原爆製造の具体的な計画に着手する。1942年になると、コンプトンがシカゴ大学で原子炉を作り、連鎖反応を起こす実験を成功させた。

ここで、簡単に原子炉と原爆の原理について触れておく。ウランには<sup>238</sup>Uと<sup>235</sup>Uの2種類がある。両者は陽子の数は同じだが、中性子の数が違う。天然ウランはほとんど<sup>238</sup>Uであり、<sup>235</sup>Uは0.7%しか存在しないが、これが連鎖反応を起こす。天然ウランだけでは<sup>235</sup>Uが少なすぎて連鎖反応は起きないので、天然ウランから<sup>235</sup>Uを濃縮しなければならない。その濃縮度は、通常の原子炉で数%、核兵器の場合は数10%程度と言われている。<sup>238</sup>Uも<sup>235</sup>Uも同じウランのため、化学的性質はほとんど同じで、質量だけが少し違う。これをどう分離するかは非常に難しい問題である。日本も原爆を開発しようとして、結局、濃縮の過程でつまづいたと言われている<sup>5</sup>。

原子炉の原理を簡単に説明しておこう。炉の中に、濃縮ウランを大量に入れ、そこに中性子を照射して核分裂を起こして中性子を出させ、それがまた別のウランを核分裂させるという連鎖反応を繰り返すが、そのままでは爆発してしまうので、中性子を吸収するための制御棒を入れておき、それを徐々に引き上げながらちょうどいい状態(臨界状態)を構成する。シカゴ大学はこの方式で、理論的には予見されていた連鎖反応を初めて実証した。これが

---

4 これは西尾成子『現代物理学の父ニールス・ボーア』(中公新書、1993)に詳しい。オットー・ハーンはノーベル賞を受賞したが、リーゼ・マイトナーは無視された。この事情は小川真理子先生の講義でもふれられた。

5 そもそも真面目に研究してなかった、という疑いが濃い。たとえば、吉岡齊『原子力の社会史』朝日新聞社(1999)。

実証されれば、原爆が製造可能なのはほぼ自明である。

またここで大事なのは、中性子が $^{238}\text{U}$ にあたると（ネプチウムを経て）プルトニウムという物質ができることだ。さらにこのプルトニウム自身も $^{235}\text{U}$ と同様に連鎖反応を起こすことだ。これも原爆・原子炉の材料となる。濃縮ウラン中には大量の $^{238}\text{U}$ があるので、原子炉を動かしているかぎり、自然にプルトニウムがたまっていき、じゃまものであった $^{238}\text{U}$ がどんどんプルトニウムに変わっていく。プルトニウムを取り出して別に利用すれば、原子炉もできるし爆弾もできることになる。実際にアメリカは両方で原爆を作り、ウラン型は広島（8月6日）で、プルトニウム型は長崎（8月9日）で使われた。

このように、原子炉と原子爆弾とは切っても切れない関係がある。濃縮ウランを使って原子力発電を行うと自然にプルトニウムがたまり、それを使えば爆弾ができることになる。北朝鮮の軽水炉製造問題で諸外国が神経質になっているのは、この理由からに他ならない。このプルトニウムの処理をめぐる査察を受け入れるかどうかの問題も生じている。ともかく、原子炉を作るとプルトニウムが自然発生することは、基礎的な知識としておさえておいてほしい。

第二次世界大戦中の1943年には、ロスアラモス研究所では物理学者のオッペンハイマー所長のもと、ウラン型とプルトニウム型爆弾が製造された。ウラン型のほうは、ウランの濃縮が進めばそれを蓄積していけばいいので比較的簡単である。ウラン型爆弾は砲撃法と呼ばれる方式であった。ウランの塊を2つ用意しておいて、大砲の砲弾のようにして、一方を他方に打ち込み、臨界量を越えさせて爆発させるものである。

プルトニウム型は、ウラン型のようにはいかなかった。プルトニウムもウラン同様、原子炉の中で作っていくが、 $^{239}\text{P}$ だけできていけばいいところを、一部中性子を吸収して $^{240}\text{P}$ が不純物として入ってくる。そして、 $^{240}\text{P}$ は自然に（放っておいても）中性子を放出する。その中性子は砲弾より速いので、砲撃法を使うと、プルトニウムが臨界量に達する以前に、その中性子のために早期爆発を起こしてしまうという問題に遭遇した。 $^{239}\text{P}$ と $^{240}\text{P}$ を分離する

のは<sup>238</sup>Uと<sup>235</sup>Uを分離するより難しい。これが大問題であり、ほとんどあきらめかかっていたが、衝撃波を使うアイデアにより解決された。これは、プルトニウムを詰め込んだ球体の容器の周囲にセットした火薬を同時に爆発させることによって、高速の衝撃波を作り、それが中心のプルトニウムを圧縮させることで臨界状態にする方式で、早期爆発が起こらないようにしたものである。衝撃波は砲弾より速い。

しかしそのためには非常に複雑な計算が必要であり、ちょうど同じ頃発達してきたIBMのパンチカード式計算機が、またIBMのマークI計算機が活用された。コンピュータが本格的に使われたのは、これが初めてだった。ここではフォン・ノイマンの貢献が非常に大きかった<sup>6</sup>。当時、プルトニウムは非常に貴重であり、むだな実験はできなかったため、理論計算だけで一発勝負するしかなかった。つまり原爆の開発を契機に現代のコンピュータが発達し、それに貢献したのがフォン・ノイマンだったという図式になる<sup>7</sup>。

ウラン型爆弾はうまく働くことはほぼ明らかだったが、プルトニウム型爆弾については1回だけ実験せざるをえなかった。幸か不幸か、このプルトニウム型爆弾の実験は大成功をおさめた。原爆そのものは許しがたいが、マンハッタン計画のあり方は、研究体制という意味では大きなイノベーションだった。国内外から優秀な研究者を集め、彼らにそれぞれ任務を与え、研究、提案させるシステムを作った。これは組織的な研究の最初であり、大型科学プロジェクトの原型、しかももっとも成功した例となった。

後にノーベル物理学賞を受賞したファインマンもこの計画に参画したが、原子核分野の権威と日常的に活発な議論をするなど、非常に刺激的な毎日楽しく過ごしたと回想しており、大学以上に自由な学問的環境が作られていたことが分かる。当時個々の物理学者が原爆に対してどういう思いをもっていたかはなかなか分からないが、ファインマンの本を読むと、核実験の成功

6 フォン・ノイマンはその後も、計算機の開発と軍事研究を平行しておこなっている。佐々木力『二十世紀数学思想』岩波書店(2001)。

7 核実験停止条約によって、現在では核実験はできないが、高性能のコンピュータによるシミュレーションによって核開発ができるようになっている。コンピュータの性能は国防と強くむすびついている。

を見た科学者が「何というものを作ってしまったのか」と後悔し話し合う場面がある。原子爆弾は、科学の力でいったん作られてしまったものは、科学者の手を離れて使われてしまうことの象徴的な事例だろう。

### 1.3. 原子力の平和利用政策への転換

アメリカ政府は、戦後の対ソ連関係を有利に進めるために、強力な武器を所有していることを誇示する必要があった。実際アメリカは原爆の知識を独占し、ソ連に対して圧倒的な優位に立った。しかし1949年には、ソ連も原爆を製造する。新しいアイデアを試す場合には、やってみたら実現不能であることがわかるという場合もあり、大きなリスクを背負うものだが、一度それが可能であることが実証されると、ほかの人が同じことをするのは簡単であるという例でもある。

ソ連の原爆に対抗して、アメリカは水爆の製造に踏み切る。これは核融合の原理を応用したものである。1952年、アメリカの水爆実験とイギリスの原爆実験が行われた。当時、朝鮮戦争が勃発しており、核爆弾の使用是非が議論されている。核爆弾の使用により世界が終焉するという悲観的な認識が支配的になった時代でもあった。また1954年には、アメリカの水爆実験のために、日本の漁船、第五福竜丸の乗組員が放射線被爆するという事件も起こった。

アメリカは世界的に原爆開発は拡大するだろうとの予測に達し、1955年に、原子力の平和利用と国際管理へと政策転換する。原子力の使用は発電のような平和利用に限り、アメリカが中心になって国際的に管理し、それに従う限り原子力の利用をむしろ援助する、という政策である。これによって、比較的容易に原子力を導入することが可能となった。アメリカは濃縮ウランの提供にも応じ、他の国が独自にウラン濃縮の施設を作らないような政策をとった。しかしその後も、核はしだいに拡散し、現在、アメリカ、イギリス、フランス、ソ連、中国、インド、パキスタンなどが核武装している。

1963年、部分的核実験停止条約が締結され、大気圏、宇宙空間、水中での核実験が禁止された。これは世界平和に向けた画期的なイベントとされている。



るが、そこで起こったことは、地下核実験が行われるようになったということである。

その後も核拡散にはなかなか歯止めがかからず、1968年には、核拡散防止条約(NPT)が締結される。これは条約を批准した国は国際原子力機関(IAEA)の査察を受け入れるというもので、大半の国はこの条約に署名している。査察を受け入れている限り徹底して管理されているので、濃縮ウランが紛失するというような事態は生じない。北朝鮮はこの査察を受け入れるかどうかをめぐって紛糾している。査察を受け入れれば、核兵器はそう容易には製造できなくなる。日本にはすでに、もし核武装すれば核の超大国になれるほど膨大な量のプルトニウムが蓄積されているが、核拡散防止条約に加盟し査察を受け入れているので、日本が核武装するという疑いはもたれていない(と思われる)。

このように世界の流れは、世界を滅亡させるほどの核兵器が存在する状況に至っている。原子核物理は世界の政治構造にかかわるところまで大発展してしまった、と言えるだろう。

## 2. 日本における核物理の状況

### 2.1. 戦後における核物理研究の経緯

次に、日本における核物理の状況について述べよう。日本は、戦後しばらく占領状態が続き、原子力発電やロケットの開発はおろか、アカデミックな核物理の研究も許されず、わずかに理論物理のみ許されていたという時代が続いた。1952年にサンフランシスコ講和条約が締結され、ようやく日本は主権国家として独立し、核物理及び原子力の研究も解禁された。

そもそも日本の核物理には比較的長い伝統があり、戦前にはアメリカに次いで多くのサイクロトロンを所有するほどの核物理大国であった。研究費も、当時としては突出する予算を与えられていた<sup>8</sup>。終戦直後に、そのサイクロト

8 広重徹『科学と歴史』第5章「日本における核物理学の発展」、みすず書房(1965)。

ロンは破壊され、東京湾と大阪湾に沈められるという事態も生じている<sup>9</sup>。戦後、空白の時代からのスタートにあたり、力を発揮したのは学会であった。当時の学会は、戦後民主主義の波に乗り、戦前の反省をふまえて“学者の国会”と呼ばれ、さまざまな科学政策を議論して決定していた。

核物理については戦前からいろいろなグループが存在していた。東京では理化学研究所、関西では大阪大学、京都大学などが中心になり、サイクロトロンも再建も行われた。そして、もっと世界的レベルの研究をするために、1955年に東京大学に原子核研究所が設置された。これは東大の附置研究所であるとともに、初の全国共同利用研究所であった。すなわち、同大学にある加速器を東大だけではなく全国の大学の研究者にも開放するものであり、実質的には核物理学のコミュニティの共有財産というスタンスで作られたものであった。

ちなみに、当時の矢内原東大総長はこのシステムに反対した。なぜか。それは大学の自治に矛盾するからという理由であった。大学自治は、教授会がすべての権限をもって意思決定するところに成立している。しかし、その中の1つの研究所が全国の研究者の意思を反映することになると、大学の自治の精神に反することになる。非常に難しい問題であったが、矢内原総長のいろいろな条件を満足するよう<sup>10</sup>、大学自治と両立するような折衷案が提案された。具体的には、核物理学研究所の教授会は、全国の核物理コミュニティの意見を尊重するが、実際にはその意見を東大内部の教授会で追認・決定するというかたちで、形式上、大学の自治を守ったのである。

---

9 これは進駐軍 (GHQ) の暴挙として描かれることが多いが、サイクロトロンと原爆の関係には深いものがあり、一概に無知な軍人の暴挙とも言えない。

10 矢内原原則と呼ばれる。戦前にも国策科学の推進のための附置研究所があり、大学の自治を脅かした。参照、阿曾沼明裕「戦後国立大学における研究所の展開」年報 科学・技術・社会 第4巻1 (1995)。戦後の共同利用の附置研に対して、大きな抵抗があった理由のひとつはここにあると思われる。実は、もうひとつの矢内原原則と呼ばれるものがあるが、原子力予算を大学に直接交付しないというものである (吉岡齊、前掲書)。これも、膨大な原子力予算にとりこまれることによって、大学の自治が脅かされるのを防ぐためのものと考えられる。これによって、原子力と大学の関係が希薄になったことは否めない。

国立大学が法人化した今日では“大学の自治”は死語となったが、戦前の大学は国家の統制により大学の自治が侵害され、それによって軍国主義化が進んだという反省のもとに、戦後は大学の自治をきわめて尊重するようになっていたのである。しかし大学の自治を尊重しすぎると、大学共同利用研の発展性はなかつただろう。大学共同利用研は全国のコミュニティの共有財産であるから、意思決定は全国のコミュニティで行う。しかも非常に民主的な運営を行い、所長選出、研究内容などもここで決めていた。全国の研究者コミュニティにおける自由競争を保障したわけだ。全国共同利用研は、世界的にも特殊な形態である。この制度は定着し、次々と共同利用研が誕生し、すぐれた成果をあげてきた。日本でなぜこの制度が成功したかよく分からないが、日本の風土にマッチしていたのは事実だ<sup>11</sup>。

原子核研究所では最初にサイクロトロンを作り、その後、電子シンクロトロンを作ったが、この過程を通じて、核物理学コミュニティ全体のレベルを向上させた。特に、ここで培われた人脈は、その後の加速器物理学に大きな役割を果たし、後の指導的人材はここで養成された。

## 2.2. 原子力研究の歴史的経緯

一方、原子力はまるで違う筋道をたどった。原子力についても学術会議を中心にさまざまな議論が交わされていた。開発にあたっては、基礎から独力で行うという意見や、既存のものを輸入、改良して利用するという意見、また核武装につながるのに関わるべきでないという意見に分かれた。戦後のこの時期においては、戦前への反省から、軍事利用につながる可能性のある研究には大きな抵抗があった。

1955年は、アメリカが原子力の平和利用に踏み切った年であるが、学術会議はその動きについてはあまり察知していなかった。当時、若手議員だった

---

11 日本におけるビッグサイエンスと共同利用研の成立は、科学史として非常に重要なテーマである。総研大では、これに関する研究プロジェクトが進行中である：「大学共同利用機関の歴史」(大学共同利用機関の成立に関する歴史資料の蒐集とわが国における巨大科学の成立史に関する研究)。

中曽根元首相のグループは、アメリカに視察に行くなどしてこの動きをつかみ、議員立法でいわゆる原子力予算を強引に成立させた。つまり学者があれこれ議論している間に、政治家が法律を作ってしまったわけだ。当然学術会議は反対するが、政府の受け入れるところではなかった。これ以降、物理学者と政治家の間に亀裂が生じ、物理学者は原子力に対して常に反発し、批判的な立場をとるようになった。科学者も原子力については自分たちが専門家なのだから、自分たちでなんでも決定できると思っていたようで、政治の動きにうとく、悠長な議論をしていたところに問題はあつた。つまり社会リテラシーがなかったと言える。

この後、1955 年には原子力研究所(原研)が設立された。予算が成立した以上研究する必要がある、そのための研究所を作つたのである。これが受け皿となつてアメリカから濃縮ウランを受け入れるようになった。引き続き 1956 年には、科学技術庁も創設され、以後、原子力開発の中心的な省庁となつた。

原子力研究所で実際に働いたのは、一部の物理学者、工学系研究者と技術系の役人であり、彼らが中心となつて研究体制を築き上げた。しかし行政主導の研究所であるため、意思決定が完全にトップダウンであつた。しかもトップは科学知識に乏しい役人が就任する傾向があるなどの問題もあつた。当時はまだ社会にも原子力に対する夢があつたため、優秀な新卒学生をはじめ人材も集めることができたが、とにかくアメリカの技術を導入して早く立ち上げようという基本方針で、研究者が働く環境ではなかつたと言われている。また、労働組合が力を持ち、しばしばストライキを行うなど、さまざまな運営上の問題も抱えていた。

1967 年になると、動燃(動力炉核燃料開発事業団)が発足し、高速増殖炉開発の主体となつた。高速増殖炉は、原子炉が作られた当初から原理的には知られていたもので、「役に立たない」 $^{238}\text{U}$  を有効利用する技術として、特にウラン資源の少ない日本がエネルギー的に自立するために期待され、国策として開発が決定されていた。プルトニウムとウランを一緒に燃やすと、 $^{238}\text{U}$  がプルトニウムに転換するが、通常の原子炉より高速の中性子を利用することで効率がよくなり、もとあつたプルトニウムより多量のプルトニウムが得ら

れるというものである。「夢の原子炉」とも言われた。学問的にも非常におもしろいため、原子力研究所の若手の優秀な研究者は増殖炉研究に携わっていた。しかし、自分たちで開発しようと思っていたところ、動燃に主体が移ってしまったことになる。

動燃は最初の実験炉として「常陽」を開発した。組織としては動燃が行ったが、実際は原研に残っていた一部の優秀な研究者によって開発が行われた。その後、実証炉として「もんじゅ」が建設されたが、「常陽」から「もんじゅ」へ移行する段階で、完全に知識が断絶してしまう。「常陽」は発電しないが、「もんじゅ」は発電するので電力業界が関与することになり、物理学者は必要とされなかったのである<sup>12</sup>。「常陽」で基本的な設計を担当した研究者には、細かい問題点まで分かっていたが、そのノウハウは伝わらず、アメリカなどの外部の情報に基づいて「もんじゅ」が新しく製造された。それだけが原因かどうかは分からないが、動燃はその後、ナトリウム火災事故、JCO 事故<sup>13</sup>など、重大な失敗を繰り返し、また高速増殖炉の実現予想時期もどんどん先送りされている。今後まだ50年くらい実用化できないのではないかとさえ言われており、まったく進歩のない状態にとどまっている。

しかし、なにしろ国策であるがゆえに、政府は増殖炉の計画を推進しているが、今後どのようになるか不明だ。私は必ずしも反原発主義者ではないが、このような研究の進め方、予算のかけ方などを見る限り問題があると思う。

## 2.3. 高エネルギー物理学と原子力の格差の理由

原子核研究所は共同利用研として活躍したが、さらに世界的なレベルの研究を行うためには大学の附置研では無理ということになり、1971年に、高エ

---

12 この趣旨の能澤正雄氏のインタビューの一部が平田「日本の原子力開発体制がはらむ問題—任務遂行における探究心」科学(岩波書店) Vol. 75, 1067(2005)に採録されている。なお、本講義の一部は同文献の内容と重なっている。

13 JCO 事故そのものは、動燃によって注文された燃料加工を行う工場が起こしたものであるが、動燃の責任はまぬがれない。たとえば、以下参照：平田光司「JCO 臨界事故とその対応に見る原子力開発体制の問題点」、JCO 臨界事故総合評価会議『JCO 臨界事故と日本の原子力行政』七つ森書館、277-281 (2000)。

エネルギー物理学研究所がつくばに設立された。これは大学附置ではなく、初の全国大学共同利用研究機関であり、全国の大学研究者コミュニティによって運営されている。原子核研究所で養成された研究者が中心になって、1976年には12 GeV陽子加速器が開発された。1986年にはトリスタンが完成し、この時点で日本の高エネルギー物理学は世界最高レベルにまで追いついた。さらに1998年には、世界最強のKEKBが開発された<sup>14</sup>。

このように、世界にも例のない装置を開発できる技術を蓄積してきたが、それを可能にしたのは、大学共同利用機関というオープンなシステムとそこでの競争システムであったと言えよう。また、内部での相互批判も活発に行われたことも成功の要因であろう。一番重要なのは人材の養成であるが、加速器の建設にあたっては、そのノウハウが蓄積され、次代に継承されてきたのである。

以上のように、歴史的観点から核物理学の歴史をたどってみると、いろいろなことが分かる。

まず、日本の原子力も世界の核拡散の流れで理解すべきだということだ。原子力の平和利用という考え方も、米ソの冷戦構造の中で、アメリカが政策として採用し、それに乗って戦後の日本の原子力開発が行われてきた。しかし、研究を体制化する上で、日本の原子力は制度的な問題を抱えてしまっている。もう手遅れかもしれないが、今変えなければ絶望的な状況になると思う。

原子力研究に関わってきた研究者の間には、いくら努力しても報われないという不満が多いが、高エネルギー物理学においては、よいアイデアは採用され、最善のものをめざすシステムが機能していた。高エネルギー物理学は共同利用研というシステムを使って、非常にうまく推移してきた。

このように、原子力と高エネルギー物理学に関する科学政策、研究体制の

---

14 総研大ジャーナル第2号の特集記事「世界最強の加速器 KEKB の挑戦」(2002)。これは <http://www-kekb.kek.jp/Publication/Sokendai/sokendai.pdf> からダウンロードできる。

間には歴史的な違いあり、両者に大きな差がついてしまった理由も歴史的な経緯を知らなければ納得できるだろう。現在を理解するためには、歴史的な理解は大変重要であるということである。

なお、日本の高エネルギー物理学は、ほとんど何も無い、戦後の廃墟の中から、世界の一流へと発展したが、より新しい実験プロジェクトにはさらに巨額の資金を要するようになってきていて、この面からの見直しが必要とされていることは押さえておかなければならない。

原子力の場合には、社会的需要にこたえるべく、政府主導で予算を投入し研究を進めようとしたが、研究者の数、学問的準備などが十分に無いところでトップダウンで強引に開発を進めることには無理があり、研究者の探究心を生かすことができなかった。一方、研究者のボトムアップを組織化した高エネルギー物理学は、学問としては成功したものの、好奇心の追求の中で大型化し、社会の支持を失いかねない状況になっている。社会的要請にこたえらるとともに、研究者の探究心を生かすような研究体制が望まれているのではないかと思う。

## 〈質疑応答〉

### ■核物理と原子力の二項対立的比較をめぐって

—— 近年、KEK が原研と結びつくようになった理由は何か。またどちらが先に言い出したのか。

平田 詳細は私には分からない。推測すれば、高エネルギー物理学に対する社会的な支持が以前より低下している状況が背景として考えられる。KEKBは物理学にとっては重要ではあるが、社会、特に産業界から見れば、専門家にしか分からないような非常に細かい、役に立たないことを研究しており、そういう研究に対して予算が出にくくなっている。高エネルギー物理学としては、実用的なものも同時に考えざるをえな

い。そうなると、原研が考えている中性子物理や核廃棄物処理プロジェクトのような、もう少し役に立ちそうな分野と連携していかなければならないという発想が根本にあるのではないか。この協力がうまくいくためには、原研もいつまでも昔のままの状態ではいられない。原研がKEK化してくれればいいが、逆になつては元も子もない。

—— 核物理研究と原子力について、一方が悪くて一方が良いという二元論的な解釈に違和感を覚えた。高エネルギー物理学に問題点はないのか。たとえば実験施設の建設に際して、住民の批判も出てくるだろう。また、高エネルギー物理学に事故のリスクはないのか。装備、機械などを使うことによる不確実性からのリスクはあるのではないかと感じた。

**平田** 高エネルギー物理学の説明はあまりしなかったが、いわゆる放射能もれのような事故は考えられない。つまり原発と比べて使っている放射線の数がまったく違うから、まかり間違ってもJCOのように深刻な人身事故はありえない。もちろん厳重な制御はしているが。そういう意味で、原発の立地とはかなり違う。周囲への脅威はそれほど問題にならない。ただし、現在、原研との協力で作っているJPARCはちょっと違う。あれは非常に放射線が強い加速器のため、最悪のミスオペレーションをすれば、トンネル内に二度と入れないくらいの影響は出るだろう。そういう意味では、これまでの高エネルギー物理学とは違うところに踏み出していると言える。

なお、話をわかりやすくするためにそのように説明したが、私は高エネルギー物理学と原子力を単純に比較したわけではない。原子力は国策のため、国際的枠組み、安全性など非常に規制が強い。その中で、新しいデータは論文にも書けない状況もある。そういうデメリットは当然あることは認めなければならない。

また、もちろん高エネルギー物理学にも問題がないわけではない。最後にも指摘したが、多額な予算を必要とするようになってしまった。将来計画としては、1兆円規模の加速器も計画されている。今の日本



でそれほど巨額を使っているのかという議論は当然ある。1950年くらいまでの核物理は、兵器との関連も強かったので、平和的な研究とはいえ、最終的には軍備に役立つなどの言い訳ができた。しかし現在は、原子核を作る陽子を作るクォークの内部構造などの研究になっていて、それでは兵器も作れない。兵器にも使えないものを何に使うかという見方もある。もちろん学問はそれだけではないが、高エネルギー物理学の人は、何の役にも立たない研究になぜ予算をつけるのかという疑問にきちんと答える必要がある。

私は、高エネルギー物理学も規模の拡大により研究が発展してきたと思っている。つまり、戦艦大和方式だ。それは既存の技術のスケールアップによって達成してきた。それはそれなりに高度な方式ではあるが、戦艦大和方式の発想を転換させて、ゼロ戦のように小さいけれど強いものがあるはずだという認識で開発を進めたほうがいい。ただしそれを開発するには、10年では無理で、20年、30年かかると思う。しかしそれでも、より安い加速方式を考えるべきだろう。個人的には、急いでスケールアップしていく必要はないと思う。しばらくは禁欲して、もう少しスローダウンした新加速方式の研究をすべきと考えている<sup>15</sup>。いずれにしても、歴史的に見ると、両者の研究方法、研究体制に差があるのは明らかな事実であり、それが現状につながっているのではないかということを説明したかった。

## ■原子力行政と共同利用研方式について

— それでは原子力行政は、最初にどう進めればよかったか。

平田 共同利用研を作ることだと思う。

— それは、高エネルギー物理学は現状評価するとうまくいったということだと思うが、原子力行政はどこがどうまずかったのかをある程度開

15 平田光司「大型装置純粋科学試論」年報科学技術社会、第7巻(1999)。

陳する必要がある。

**平田** 今回は原子力行政のうち、実際に発電している軽水炉については触れず、高速増殖炉一本に絞って話をした。夢の原子炉、夢の加速器を開発するにはどうあるべきかについては言えるが、原子力行政全般についてここで議論するには時間が足りない。

—— しかし、それで共同利用方式がよかったという結論にはならないのではないか。研究することと実際に原子力発電することとは違う。研究に重点をおけば共同利用方式がいいのかもしれないが、実際に発電所を建設をする際とは違うと思う。

**平田** 高速増殖炉の開発は、研究である。私は、実地的な開発をする上でも、基礎研究がいかに重要かということ指摘したかった。高速増殖炉については、その点が欠落していると思う。実際に発電している軽水炉に研究が必要ないか、といえ、そんなことはないと思うが、ちょっと別の問題だろう。

—— しかし、中曽根時代に共同利用研を作って基礎からしたほうがいいのか、そうでなかったほうがよかったのかについては、相当議論が分かれるところだろう。

**平田** それはそうだと思う。私の意見は、その時点で大学の研究者が参加し、成果を生かせる共同利用の体制ができていれば状況は違っていただということだ。高速増殖炉に限らず、最先端のものを開発するにあたっては、研究体制の設計が非常に重要であることは疑いをまたないだろう。たしかに後追いではあるかもしれないが。

—— 共同利用研で高速増殖炉を開発したら、どこがどう変わっていたと思うか。

**平田** まず全国の主要な大学に、高速増殖炉の研究プロジェクトがあり、活発な研究会が展開されていたはずだ。そして、いろいろな方式が提案

され、その中での議論を通じてサイエンティフィックな議論の中で開発の方針が決められていただろう。そういうプロセスがとれたはずだ。しかし実際には、どこで誰がどう決められたのか分からないまま、パラメーターなどが決められるというような流れで物事が進んでいった、と聞いている。つまり、意思決定に研究者の意見が反映されていない。だから、せっかくの有用な知的資源が活用されていないことになる。そういう仕組みを改善しなければ、増殖炉に限らず、新しい開発、イノベーションはできないのではないか。そこが大きな問題だろう。

—— 水爆や原爆の基礎原理が発見されてから数年後に実用化されたという指摘があったのだから、システムの議論をするのであれば、差異についても触れてほしい。そうしなければ、必ずしも共同利用研がいいということにはならない。

**平田** マンハッタン計画のありかたについて触れたが、あれは軍事利用なので共同利用研というわけにはいかない。しかし国内外の有能な人材をたくさん集めて、うまく組織した。それもいわゆるトップダウンではなく、研究者の自発的な研究ができる運営システムを考えた。トップダウンのトップが良かったとも言える。それがマンハッタン計画成功のかなり大きな要因だと思う。ボトムアップを重視するという点で、共同利用研方式とかなり似ている。高速増殖炉についても、優秀な人材を集めて、同じようなシステムが作られるのであればいいかもしれないが、それでも共同利用研と比べれば能率はあまりよくないだろう。やはり研究においては、研究者の自発性を発揮させることが重要なことで、それが生かされるシステムであることが大事だろう。