

原発問題の技術的，社会的背景を考える

青柳輝和*

1 はじめに—原発問題をどのように考えるか

原発問題を考えていく場合，問題をどのように捉えるかがまず重要である。それは近代技術をどのように捉えるかという問題につながる。技術の捉え方には大別して3つの立場が考えられるが⁽¹⁾，この研究の中では技術と社会という両面からこの問題を眺めることにしたい。それは技術は社会の中で用いられて初めて技術となるのであり，社会は必要があるからこそ技術を求めるからである。技術は自然を対象とし自然の理に従った体系によって成り立っているが，それ単独では存在し得ない。技術は社会との相互作用の中で姿をあらわし，発展が許されていくのである。社会もまた技術の存在なしには成り立つことはできない。社会の存在は技術によって支えられ，その発展は技術の発展でもある。技術と社会の両面から問題を眺めることによってこそ技術の真の姿をとらえら得るのである。

2 原発の現われ

2-1 技術面からみた原発 核エネルギーの開発利用

核エネルギーの利用は，第二次大戦中に兵器として具体化したのが第一歩であった。大戦後原子炉からの核エネルギー利用の研究が進められ，1956年イギリスにおいて最初の原子力発電所が運転を開始することになった⁽²⁾。

核エネルギーが利用可能な存在としてわれわれの前に現われたことは，われわれに次のような認識を持たせることになった。ひとつは自然の可能性の再認識である。18世紀に始まる産業革命は，自然の中から石炭やそれに続く電力というエネルギー源を取り出すことによって，産業の飛躍的な発展を生み出したのだが⁽³⁾，更なるエネルギーの源が原子核という自然の存在の中に秘められていたのである。自然は無限ともいえる可能性を持つ，という進歩主義的観念がわれわれの認識を捉えることになった⁽⁴⁾。

いまひとつは，それまでは必ずしも明確に認識されてこなかった科学と技術の一体化という事態が広く知らしめられたことである。物理学の最先端の知見から強大な兵器という形で実現

*早稲田大学大学院社会科学研究所 博士後期課程2年

化し、その後無限のエネルギー源として喧伝されることになる核エネルギー利用技術が見出されたことは、科学は単に科学ではなく常に技術的可能性を秘めた存在として役立たせることができる、ということのをわれわれに強く印象付けることになった⁽⁵⁾。

プルトニウムと核燃料サイクル

核エネルギー技術の大きな特徴の一つはプルトニウムの存在である。自然界にほとんど存在しない元素であるプルトニウムの発見が核エネルギー技術の進展とその後の帰趨に深くかかわることになった。核エネルギーの原料となるウランは自然状態では分裂性の同位体は0.7%程度しか含まれておらず、ウラン分裂の過程で分裂しないウランがプルトニウムに転換するということが、核エネルギー利用の複合的な推進力となった⁽⁶⁾。

プルトニウムの存在は二つのことをもたらすことになった。ひとつはプルトニウムを取り出すためには原子炉が必要であり、大戦中の兵器の開発から戦後の原子力発電へ向けての橋渡しを可能にしたこと。もうひとつはウランの再利用である。燃え残ったウランがプルトニウムに転換し、そのプルトニウムが再び核分裂をするという核燃料のリサイクルの道が開かれることになる。一回きりの利用に比べて100倍もの利用が可能になるウラン再利用の道は、再処理、高速増殖炉といった新たな技術開発を組み込んで核燃料サイクルへと着想されていく。核燃料サイクルは原子力発電技術推進の大きな拠り所となっていくのである⁽⁷⁾。

電力網を中心とした周辺技術

原子力技術が定着するうで見逃してはならないのは周辺技術の存在である。核エネルギー

の平和利用が途につき始めた1940年代には、電力技術はほぼ確立されたものとなっており、電力網の整備によって都市を中心とした広い区域でエネルギー源として電力の供給を受けることが可能であった⁽⁸⁾。原子力技術は発電施設として電力網と接続することによりその社会的な位置を確保することができたといえる。

2-2 社会面からみた原発

エネルギーの供給

原子力発電が社会の中でこれほど大きなウエイトを占めるようになった要因はなんといってもそのエネルギーの供給能力にある。水力から石炭への転換が産業革命の動因の一つになったように、19世紀以降産業においてはエネルギーの存在はその活動の成否を左右するものとなり、利潤追求を柱とする産業資本主義の発達する中で生産の拡大を企図する産業にとってエネルギー源の確保は最も重要な問題の一つになっていった⁽⁹⁾。

他方、資本主義体制の進展は国家の存立を産業の盛衰と深く結びつけることになり、さらに国民生活の基盤としてのエネルギーの必要性が増大するにつれ、エネルギーを安定して確保することが国家政策の柱として位置付けられるようになる⁽¹⁰⁾。しかし産業革命以降主要なエネルギー資源として利用されてきた石油や石炭は国による偏りが大きく、またその量的な限界が危惧されていたことから、エネルギーの確保を目指す国家や産業にとって資源獲得の不均衡は大きな不安定要因でもあった⁽¹¹⁾。こうしたなかにあつて第二次大戦後核エネルギーの利用が新たな選択肢として立ち現れてきたことは国家や産業が原子力発電を強く推し進める必然性を提供

することになるのである。

国家主導の政策

原子力発電はこうしてエネルギー供給のひとつの柱になっていくのだが、その社会的な特徴のひとつは国家の関与の大きさ、あるいは国の政策に主導される形で原発の建設が進められてきたことにある。このことは電力技術が主に民間の発明家や民間企業の働きによって社会に定着していった経緯とは著しい対照をなしている⁰²。この原因を考えてみると二つのことが指摘できる。一つは上に述べたエネルギーの確保という点である。産業や民生におけるエネルギーの重要性が高まるにつれ、エネルギーをどのように調達するかは国の存続を左右する問題となってきたからである。

もう1点は核エネルギーの開発に関して国家の関与を決定づけることになった兵器の存在である。第二次大戦中のドイツに対する恐怖から開発が急がれ、日本に投下された二発の原子爆弾の威力は、第二次大戦後の米ソ対立の中で国家の存立に十分な危機感を抱かせるものであった。核は国家の生死を決定するものであり国家のコントロールのもとに置かなければならないものとなった。核は国家の規制のもとに置かれ、兵器の開発はもとより原料となるウラン、プルトニウムについても一貫して国家管理のもとで取り扱いがなされることになる⁰³。戦後に着手される核エネルギーの平和利用はこうした状況の中での取り組みであった。それは必然的に国家の手の中に置かれることになり、国家の政策として位置付けられていく。そしてそのことが今日提起されている原発問題の根幹のひとつをなしているといえるのである。

核兵器とのつながり

軍事利用から始まった核エネルギーの利用は、平時での具体的な利用が検討され始めたものの軍事利用と切り離すことのできないものであった。核爆弾以外での核エネルギーの利用は兵器の開発段階から既に構想されていた。上述したようにプルトニウム生産のためにはウランを使った原子炉が使われるのだが、軍事利用の段階では炉から発生する熱はそのまま外部に放出されていた⁰⁴。この熱を有効に使うのが戦後の平和利用の目的となる。

しかし技術開発はそう平坦ではなかった。それはひとつには戦後から始まった米ソ対立の中で開発の主眼は核兵器に向けられ、軍拡競争の中で資源や人材を平和利用に割く余力がなかったことである。この事態は軍拡競争が頂点に達するなかで、危機感を募らせたアイゼンハワーが1953年に行った核の平和利用を呼びかける国連演説まで続くことになる⁰⁵。

もう一点は原子炉が持つことになった発電とプルトニウム生産という二つの役割をどのように位置付けるかという開発手法の問題であった。今日でも技術の確立していない増殖炉方式への取り組みがアメリカでの発電技術開発の遅れにつながり、イギリスの後塵を拝することになったといわれている⁰⁶。こうした紆余曲折を経て核エネルギー利用技術は小規模ながら1956年に最初の発電を始めることになる。しかし、原子炉の運転には常に軍事利用の影が付きまとうことになる。

原子力発電所を作ることは核兵器開発の潜在力を持つことである。米ソ対立の緊張の中で核戦争の危機が叫ばれ、核廃絶が切実な訴えとして世界を捉えていた時代背景の中で、核兵器開

発の可能性を持つ原子力発電は国際関係を乱す要因となるものでもあった。アイゼンハワーの演説から核の規制に関する国際協議が進められることになり、その中で原子力発電にも一定の制約が課せられることになった。国際原子力機関 (IAEA) が1959年に作られ、核燃料の取り扱いについての国際的な規制が敷かれるようになるのである¹⁷⁾。

経済性の主張

原子力発電はこうして核兵器の存在と切り離せない関係を持ちながら建設が進められていくのだが、他方で事業の具体的な展開は主に民間企業の手で行われることになった¹⁸⁾。原発の受け皿となる電力事業は民間企業の手によって整備が進められ、原発稼動時には根幹となるシステムが既に出来上がっていたからである。出発点は国家の手にあり国家の主導によって始められた原子力発電であったが、具体的な事業を民間企業が担うことによって経済性の要因が無視できないものになってきた。

競争原理を柱とする市場経済の中では基本的に価格に代表される経済的な優位さによってその存在が認められる。原子力発電の発電コストも民間企業が担っていくからには市場の洗礼を受けなければならない¹⁹⁾。原子力発電が目指した道は大規模化であった。現在では世界で稼働中の原発のうち、発電能力100万KWクラスのもの過半数近くを占めるまでになっている²⁰⁾。1948年、アメリカで原子力発電開発計画の着手に当たって出された長期見通しでは、コストについての見通しはないに等しいものであった²¹⁾。30年後、アメリカの民間財団の委嘱によって出された報告では原子力発電のコスト面における有利さがはっきりと指摘されてい

た²²⁾。そしてそれは今も続く政府や電力会社の公的な立場になっている。

2-3 技術面と社会面の相互作用

原発の現われについて技術および社会の両面からみてきた。各々の面にみえる特徴は個々にあるものではなく、ひとつの現われが他の現われを生み出すといった相互に関係を持ちながら全体としての現われを形作っている。原子力発電の出発はいうまでもなく核エネルギーの発見とその利用にある。量子レベルにまで入り込んだ科学の最先端が物質の奥底に潜むエネルギーの可能性を見出したのである。しかし時代は戦争を始めようとしていた。原子の核の中に秘められたエネルギーはその巨大さゆえに科学者に恐怖を呼び起こし、戦争と向き合うことで恐怖の解消を図ろうとした²³⁾。意図は結実し2発の原子爆弾が作られ、その威力を広島と長崎で見せつけることになった。

原爆を作る過程は新しい物質を発見する過程へと繋がっていく。核の原料となるウランに含まれる核分裂性の物質はその含有率が非常に低く、濃縮技術の開発が必須のものであったが自然は別な道を用意してくれていた。核分裂をしないウランが核反応によって分裂性のプルトニウムに変わっていくのである。プルトニウムの発見はその後の核エネルギーの開発に大きな弾みを与えることになる。核兵器の開発では爆発方式の多様化と原料の潤沢化、原子力発電では核燃料サイクルの提唱である。プルトニウムの存在によって核エネルギー技術は柔軟性を持つものとして社会に受け入れられていく。

巨大なエネルギーの発見は産業の発展に伴ってエネルギーの必要性を増加させてきた社会に

とって貴重な選択肢の一つとなった。戦争は終わったものの戦後の米ソ対立の中で核兵器の重要性は益々高まっていたが、エネルギー源としての核の存在を見落とすことはできなかった。原子力発電技術の開発が進められ、核兵器との関連、エネルギー確保の重要性などの要因から技術開発を国家主導のもとに置くことになる。しかし、原子力発電は民間事業の形態を取ることになった。電力事業は民間の事業として既に確立されたものになっており、原子力エネルギーの利用が発電という形をとるのであれば民間事業に委ねるのが妥当ということになる。原子力発電はこうして経済性を視野に入れる必要が出てきた。経済性の主張は施設の大規模化へ向かうことになる。

原子力発電を技術面および社会面に分けてみていくと様々な要因があげられ、それらの要因が絡み合って全体を作り上げていることが分かる。技術は技術としての要因を持ち、ひとつの要因が次の要因を作り出して技術としての原子力発電を形成する。技術としての原子力発電はウランの中に潜在するエネルギーを見出し、プルトニウムの存在によって核燃料サイクルの広がりを持ち、既に確立されていた電力技術へと接続することによってその技術システムが作り上げられてきた。

社会の側も技術開発を促しながら原子力発電を受け入れるシステムを作ってきたといえるだろう。戦争と米ソ対立を背景とした核兵器の存在が大きな影を落としているとしても、エネルギーを必要とする社会の要求に従って原子力発電は進められてきた。国家の主導という要因があるとはいえ市場経済の中で発展してきた電力事業者に事業を委ねることで社会システムは作

られてきたのである。もちろん技術システムと社会システムは密接に関係し相互に作用しながら発展してきたといえるが、技術面、社会面と分けて見ることによって各々に働くシステム化の作用が見て取れるのである²⁴。

3 技術および社会面から見る 原発問題

3-1 技術面にみる原発問題

原子力発電の現われを技術面および社会面からみてきたのだが、原子力発電は大きな問題を抱えている。そうした問題がどのようなものであるのか、なぜそのような問題が生ずるのか、問題についても技術および社会の両面から探ってみた。

安全性

原発の安全性はこの技術の抱える最も大きな問題といえる。原子爆弾の破壊力から想定される原発事故時の被害の大きさは技術開発における安全性の確保が最優先の課題になるはずであった。しかし安全性は被害の大きさゆえに現実性を帯びることができなかった。技術の揺籃期にみられる事故と改良の相互作用は原発技術では機能しなかった²⁵。

1974年アメリカ原子力委員会がマサチューセッツ工科大学に委嘱して原発事故の可能性を検討したラスムッセン報告では、原発の重大事故が起こる確率を原子炉1基当り10億年に1回と見積もった²⁶。この報告書が事故の確率を計算した5年後、アメリカのスリーマイル島にある原子力発電所で原子炉が溶融する事故が起こった。さらに7年後の1986年、チェルノブイリで原子炉が爆発するのである。原子力発電所の安全神話は一挙に瓦解する。

スリーマイル島原発事故は1979年3月28日、冷却水を送る給水ポンプの停止から始まった。様々な不具合が重なりポンプの停止から3時間の間に原子炉の炉心が剥き出しになり、炉心の溶融が起こって核燃料の破損が生じ放射能が外部に漏れ出した。この事故の原因を調査した委員会の報告によると事故の要因として6つのことが挙げられている。6つのうち4つは人為的なミス、2つは機器の欠陥だとしている。スリーマイル事故ではあまりにも瑣末なミスを見逃したことが次々と運転員のミスを誘発したことで事故の人為的な要因が強調されやすいのだが、原発施設の持つ構造上の問題あるいは人為ミスを誘発する施設全体のあり方といったものまで検討の俎上に載せなければ真の原因はつかめないという声は強い²⁷⁾。

旧ソビエト連邦で起こったチェルノブイリ原発事故は史上最悪の人為事故として18年過ぎた現在に至ってもその影響が指摘される。1986年4月26日に起こったその事故は原子炉の大半が爆発で吹き飛ぶという激烈なものであった。ゴルバチョフのグラスノスチ政策によって幾分かの情報公開が行われ始めたとはいえ、いまだ鉄のカーテンに包まれたソ連での原発事故はその被害の全貌が明らかになるにはかなりの時間を要した。それが多くの人に放射線被爆の危険性を与えることになった。

事故はRBMK型と呼ばれるソ連が独自に開発した原発で生じた。通常運転ではなく低出力のもとで実験を行おうとしたのである。RBMK型原発は原子炉を運転しながら燃料の交換ができるといったメリットを持つ反面、低出力運転での不安定さが当初から懸念されていた。このときの運転ではあえてその状態に原発

を置くことになった。その年の8月にソ連がIAEAに出した報告書によると事故の原因は6項目における運転員の重大な規則違反だとしていた。すべては運転員の操作ミスであると。しかしソビエト連邦が崩壊することになる1991年に出された国家原子力安全監視委員会の報告では、事故の原因をまったく別なものとして特定している。事故は原子炉の実験中に起こったのではなく、実験終了後に通常運転に戻すために行った制御棒の一斉挿入によって炉が暴走してしまったことが原因だという。本来は炉を制御するはずの制御棒の構造が挿入時に炉の反応を高めてしまうものになっていたというのである²⁸⁾。

スリーマイル島原発事故であれチェルノブイリの事故であれ当初は人為的なミスが強調されていたのだが、原発の持つ構造的な問題が多くの人を危険に晒すことによって明らかになってきた。技術は本来失敗を繰り返すことによって技術として成熟していくものであるが、安全性が強調されなければならない原発技術は二重の意味で失敗を繰り返すことができない。2つの原発事故は技術の構造的欠陥を明らかにしたが、更なる問題を知るために原発事故を起こすことは建前上も実質上も許されていない。失敗から学ぶ体制を技術的にも社会的にも作ることができないのである。

プルトニウム利用と核燃料サイクルの停滯

核燃料サイクルの存在は原発技術推進の大きな柱であったが、その技術開発の見通しは決して明るいものではない。核燃料サイクルは原発の燃料となるウランを一回きりの使い捨てとはせず使用済みになったものを再度利用しようとするもので、再利用により投入された以上の

燃料を生み出すことが可能となる画期的とも言える技術構想であった。プルトニウムの発見がそうした技術を可能にすると考えられたのである。サイクルは使用済み核燃料を再処理して燃料となるウランとプルトニウムを取り出し、ウランはそのまま燃料として使い、プルトニウムはウランと混合してMOX燃料とし、既存の原発で燃焼させるかあるいは高速増殖炉用の燃料として燃焼させるものである。この技術により0.7%程度しか分裂性のウランを含まない天然ウランの利用効率が50~60%まで高まると見積もられている⁶³⁾。

では核燃料サイクル技術はなぜ難航しているのでしょうか。ひとつには高速増殖炉技術開発の困難さである。高速増殖炉はウランとプルトニウムを原料として発電と同時にウランからプルトニウムへの転換を効率よく行うことを目指しており、既存の軽水炉原発とは異なった構造の原子炉として開発が進められていた。しかし研究用として作られた原子炉での事故の頻発により、研究に着手していた7ヶ国のうち日本とインドを除くすべての国で増殖炉開発からの撤退が余儀なくされている⁶⁴⁾。

また軽水炉原発でMOX燃料を燃焼させるプルサーマル計画についても批判が出されている。既存の原発はウランを燃料とするように設計されており、均質なウラン燃料に対してMOX燃料は数種類のを混合するため、原子炉内での燃焼条件が変化し原子炉に損傷を与えるのではないかと危惧されているのである⁶⁵⁾。

さらに核燃料サイクルの要となる再処理についても問題が指摘できる。再処理は使用済み燃料からプルトニウムとウランを取り出す工程であ

るが、事故やプルトニウム利用の停滞、経済性の低下あるいは再処理に伴う廃棄物処分の難しさといった多くの問題を抱える。世界中で建設あるいは計画された再処理施設23ヶ所のうち2001年の段階で稼動している施設は10ヶ所に留まっており、稼動したもののその後閉鎖されたものが7ヶ所、建設中止が5ヶ所に上っている⁶⁶⁾。核燃料サイクル技術の開発は明らかに行き詰まっている。原発から発生するプルトニウムの処分という大きな課題を抱えているにもかかわらず核燃料の再利用は隘路を抱えて立ち往生しているのである。

核燃料サイクルの破綻はプルトニウムの処分に大きな影響を与えている。ウランの燃焼によって発生するプルトニウムは核兵器の原料として使えるため原発設置国に核開発の可能性を持たせる。幾分薄れたとはいえ、核拡散防止は核戦争の危機を回避したいという国際世論の一致した願いであるとともに、核保有国の独占体制を維持したいという政治的な思惑が絡んで国際政治の重要な課題となっている⁶⁷⁾。

核拡散は絶え間ない危険の渦の中にあり、プルトニウムの存在がその一端を担っているのである。高速増殖炉計画の破綻によってプルトニウムを既存の原発の燃料として利用するプルサーマル計画が一部の国で既の実施されているが、先に述べた技術的な問題とともに経済的な難点も指摘されている。既存原発でMOX燃料として利用するとしてもプルトニウムの量に制限があり、繰り返しの利用によって再処理が難しくなるなどプルトニウム抽出の費用に見合う発電効率が得られるかどうか疑問視されている⁶⁸⁾。プルトニウムの発見は原発技術に燃料枯渇を回避できる切り札を与えるかにみえたが、

実際にはプルトニウムの存在は原発技術の隘路として立ち上がるようになってきた。プルトニウムの有効な処分方法が探し出せなければ、この人工元素の発見が拭いきれない禍根となって将来世代に残されることになる。

放射性廃棄物の処分

放射性廃棄物の処分問題は安全性と並ぶ原発の大きな障害となっている。放射性廃棄物の最終的な処分方法として現在検討されているのは地層への埋め立てである。廃棄物から出る放射能が自然状態のレベルにまで減衰するには1万年程度の時間が必要とされており、その間での放射能の漏出を避けるためには、環境が安定し地震などの突発的な事態にほとんど影響を受けない地下数百メートルの岩盤への埋め立てがよいと言われている⁶⁹⁾。しかし現在のところ埋め立て処分地を具体的に選定した国はない⁶⁹⁾。

当面の処分方法として原発の敷地内か中間貯蔵施設と呼ばれる独立した施設に一時的に保管している状況である。高レベル廃棄物は使用済み燃料であればガラス固化体であれば数年から数十年間は高い発熱状態にあり、冷却するために地表に保管する必要がある⁶⁹⁾。そのため中間的な貯蔵施設は不可欠なのだが、長期の保管による容器の劣化や破損によって放射能が漏れるのを防ぐためには最終的な処分方法を別に検討しなければならない。

原発の廃棄物問題はこの最終処分の方法が決定していないことに集約される。地層への埋め立てという方法は検討されていても具体的な処分地はいまだ決められていない。理由はいくつか挙げられるが、最も大きな理由は処分先の安全評価の難しさである。処分地の安全を確保するために将来予測をするとしても、廃棄物が安

全なレベルになる1万年もの先の予測は実質的に不可能であろう。可能な範囲での予測、という手法が本当の安全評価に値するのかは社会的な問題になってしまう⁶⁹⁾。

廃棄物問題とはなにか。それは解決方法が見つからないこと、あるいは見つけれられないことである。原発から出る高レベル廃棄物は自然レベルの10億倍以上の放射線を放つ物質の集合体である。その廃棄物の処分方法が決まらないまま現在まで原発の運転は続けられてきた。そして廃棄物は蓄積してきた。一時的な貯蔵場所への保管も限界に達しようとしている⁶⁹⁾。現在検討が進められている地層処分については相変わらず候補地を決められない。ではこの問題をどのように解決することができるだろうか。

処分に関して超長期にわたる将来見通しを立てることは事実上不可能である。とすれば技術的に適正な解決策を得ることは難しい。できることは不確実な選択肢のどれを選ぶかという社会問題となる。なぜこうなるのだろうか。それはあまりにも自然のサイクルからかけ離れた廃棄物の存在にある。自然のレベルをはるかに超える放射線を人間の生活の射程を大幅に超える時間の中に置かなければならない。こうした究極ともいえる自然のサイクルからの逸脱が廃棄物問題の根本に横たわっている。

3-2 社会面にみる原発問題

ここでは社会問題として現われた原発の状況を3点に集約して取り上げる。これらの問題は何らかの形で相互に関係しあっており、一方が他方の原因になっていたり、互いに原因として作用を及ぼし合う関係であったりする。

事故

原子力施設の事故については、IAEAとOECDが提案する国際評価尺度で、レベル4以上のものを放射能が外部に漏れる事故とされており、最も深刻なレベル7の事故例としてチェルノブイリ原発事故があげられる。その他スリーマイル島原発事故はレベル5、1999年に東海村で起こったJCOでの臨界事故はレベル4に該当する⁴⁹⁾。放射能漏れ事故はこの他にも世界中で起きているが、事故の影響力という点ではスリーマイルとチェルノブイリが双璧であろう。

スリーマイル島原発事故は1979年にアメリカで起きた原子炉溶融事故であるが、事故での直接的な被害者は出ていない。しかし現在原発のほとんどを占める軽水炉型の事故であること、炉心溶融に至る典型とも言える事故の内容によってスリーマイル島事故は常に安全性の問題にかかわる議論の中で言及されてきた。

事故は4月28日の明け方に発生し、夕方の5時半になって一旦収束するのだが、2日後の30日の朝、大量の放射能が再度噴出したことから問題が大きくなった。事故当日の放射能漏れは原発から3分の1マイルのところまで1時間3ミリレントゲンが最大値であったのだが、30日には施設上空で1200ミリレムの放射能が検出されている⁴⁹⁾。

事故で放出された放射能は米原子力規制委員会の推定によると主に気体として出され、キセノン133、1300万キュリー、ヨウ素131が13キュリーなどとしている。これに基づく人体への影響として、周辺50マイルの住民が浴びた放射線量は3300人・レムで、個人の最大被曝は80ミリレム、これによるガン死者の推定数は1人程度

としている。これについては反論もあり放出放射能の見積もりの低さ、内部被曝の見落としなどを挙げ、被曝線量を63000人・レムと計算している例もある⁴⁹⁾。放射能の影響は4月19日に原発周辺の放射能レベルが自然状態の戻ったことを受けて一応収束とされたが、同年9月28日の米上院の調査報告で事故から継続した放射能漏洩の状況が明らかにされ、長期にわたる放射能汚染の実態が判明することになった⁴⁹⁾。

チェルノブイリ事故は史上最悪の原発事故として常に問題にされる。数多くの死者、撒き散らされた放射能の量、汚染に晒された人々の数の多さ、面積の広大さ、どれをとってもわれわれを不安に突き落とすに十分なものを持っている⁴⁹⁾。

この事故では炉内にあった放射性物質のうち3~4%が炉外に放出されたとみられ、その量は 10^7 キュリーを超えると見積もられている。放出された放射性物質は火災などによって発生した熱による上昇流に乗って上空1000m以上にまで達したと考えられ、汚染区域をはるか遠方にまで広げることになった。流出した汚染物質はヨーロッパのほとんど全域に及び、一方ではソ連を横断して日本からアメリカ西海岸へ、他方は北大西洋を横断してグリーンランドからアメリカ東海岸に達し、半月後にはアメリカ内陸で合流して北半球のほとんど全域が汚染されることになった。ただ汚染物質の大半はヨーロッパに降下し、特に北欧3国と東ヨーロッパの国々の汚染が深刻であった⁴⁹⁾。

事故の人的な被害も甚大であった。事故による直接の死者は、急性放射線障害で死亡した29名を含めて31名に達し、また現場にいた原発職員や消火などに当たった緊急要員のうち、全体で

203名が急性放射線障害と診断され、いずれも36時間以内に症状が現われている。事故があった原発の30km圏内から避難した住民は135,000人に上っているが、実際の避難が始まったのは事故から36時間のちであつたため、住民の被曝の危険性を高めることになった⁴⁶⁾。

避難住民の被曝については当時のソ連当局は外部被曝による集団線量を 1.6×10^6 人・レム（1人当り1.2レム）と評価している。急性放射線障害を受けたものはいなかったものの、将来的な影響として致死性ガン発生率の上昇が懸念され、その数値を避難住民全体で300人程度増加すると算出した。さらに内部被曝による致死性ガンの増加も他の機関によって指摘されている。この他広範に拡散した放射性物質による被曝によって、旧ソ連のヨーロッパ区域に住む住民7千5百万人の集団被曝線量は1986年で 8.6×10^6 人・レム（1人当り0.11レム）、50年間で 2.9×10^7 人・レムに達し、致死性のガンによる死亡者の増加は5千人以内と予測されている⁴⁷⁾。

チェルノブイリの事故は北半球全体を巻き込む地球規模のものであった。何らかの形で放射性物質の影響を受けた人はヨーロッパを中心に500万人に上るといわれており、原発事故の深刻さを多くの人に直接肌で感じさせるものになった。チェルノブイリ原発は旧ソ連の開発したRBMKと呼ばれる独自の型のもので、事故当時西側諸国では西側で主に使われている軽水炉型原発ではあのような事故は起こるはずがないとして事故を軽視する風潮もあった。しかしその後も事故は続き、原発ではないものの我が国の核燃料製造施設で1999年9月に起きた臨界事故は原子力に対する不安に追い討ちをかけることになった。原発の安全性は事故の深刻さが

理解されるほどに原発の存在を硬直化させ不安定なものにしていく。そこから様々な問題が生まれてくることになる。

経済性の乖離

原発の経済性も様々な議論を呼んでいる問題である。前章で議論したように国家の主導のもとに始められた原子力発電であったが、具体的な事業は民間企業が担うことになった。これは西側社会の市場経済の中ではあるべき体制であり、また電力事業が既に民間事業として確立されていた点からも当然な成り行きだったに違いない。市場経済のもとで民間の事業として成り立っていくためには経済的優位性は欠くことができない。配電網という先行投資の必要な電力事業は地域独占的傾向が強くなるとはいえ、市場経済体制の中で経済的優位を失うことは許されないはずであった。

経済的メリットを求めて進められたのが施設の大規模化であった。安全対策が何重にも求められる原子力発電所は大規模化によるメリットが他にも増して大きい。しかしそのことは先行投資の大きさとなつてはね返っている。軽水炉原発の建設費は現在1基4千億円程度とされている⁴⁸⁾。事業の安定している電力事業とはいえ先行投資の大きさは企業により事業の安定感を求めさせる。先行投資を確実に回収できる保証を必要とする。こうして電力企業は国家の庇護を求める⁴⁹⁾。

原子力発電はもともと国の政策として始められたものである。国家の必要上から事業が進められ、国家の制約の中で事業が進展してきた。こうした中では企業が国の庇護を求めるのに躊躇はないであろう。自由競争という市場経済のもとで国家と企業の持たれあいが成立する。こ

の中では市場経済は力を失って形骸化する。しかし事業を担当するのは市場経済を担っているはずの企業である。経済性は主張されなければならない。こうして発電コストの有利さが主張される⁵³。

火力や水力発電などと比較する発電コストの計算には不確定要因が大きい。火力は燃料費の変動が大きく、水力は既に建設が難しくなっている。原発のコスト計算で問題にされるのは再処理を含めた放射性廃棄物の処理費用と廃炉費用である。様々な計算結果が世に出されて論議される⁵⁴。拠って立つ位置によって計算結果は大きく異なる。そこにあるのは国と企業の持たれあいを背景とした不信感である。価格の有利性を判断する市場の力は作用せず、十分な議論がないまま低い発電コストを主張する国と企業の頑なな態度があるだけである。こうした形骸化が国家の介入と相乗して原発への不信感とつながっていくことになる。

核拡散

核拡散は原子力エネルギーの利用が核兵器から始まったことに由来する不可避の問題として原発について回る。ウランを使うにしろ、その生成物であるプルトニウムを利用するにしろいずれも核兵器を作る潜在能力を原発設置国に与える。核兵器を作る技術は既によく知られているが、核兵器を作るためにはウランあるいはプルトニウムを原料として使えるようにしなければならない。放射性同位体の含有率が低い天然ウランの場合は爆発を起こさせるためには同位体の含有率が少なくとも30%以上必要とされ⁵⁵、そのための濃縮技術が求められる。プルトニウムの場合にはウランを中性子照射によって転換させるため、原子炉とそこからプルトニウ

ムを取り出す抽出技術が必要となる。

原発で主に問題になるのは使用済み核燃料を再処理してプルトニウムを取り出す場合である。プルトニウムの場合同位体の組成はあまり問題にならないので、核兵器転用への目安はその量になる。IAEAの規定ではプルトニウム8kgがそのラインとされている⁵⁶。そしてこうした核開発の危険性に対処するため国内的にも国際的にも監視体制がとられてきた。平和共存を呼びかけた1953年のアイゼンハワー演説を契機として核の平和利用に道が開かれ、平和利用に伴う核開発の危険性を取り除くため国際的な監視機関が作られることになった。1959年に発足したIAEAは各国と協定を結び、保障措置と呼ばれる査察制度を柱として核開発を監視することになった。その後1970年に発効した核拡散防止条約によって条約加盟国は核兵器の移転や開発を行わない義務を負い、その証としてIAEAの保障措置を受けることが要求されている⁵⁴。

保障措置は兵器の開発機材と核関連物質の両面から行われる。条約締結国は2000年の段階で187ヶ国に上るが、IAEAとの協定締結国は134ヶ国に留まっており、条約の実効性が十分に担保されているとはいえない⁵⁵。核拡散防止への努力は全体的にも成果が十分とはいえず、条約未加盟のインドが1974年に核実験を行って6番目の核保有国になると、1993年には条約加盟国の南アフリカが加盟前の1970年代から80年代にかけて核兵器を開発したことを公表し、インドと敵対関係にあった未加盟国パキスタンが1995年に核実験を行うなど核拡散の動きが加速している⁵⁶。

国際条約とその検証手段を基礎にした核拡散

防止体制の存在にもかかわらず核拡散の動きが進行している背景の一つに、不平等条約と言われる核拡散防止条約の致命的な欠陥があるといわれているが、原発には核開発の危険性が常に潜在しており、核拡散の動きに合わせて国際的な規制がさらに強められていくのは必然であろう。プルトニウム抽出用として出発した原子炉には常に核開発の影がついて回る。核と原発の関係は原発に対する国家の関与を強いものにしてきたし、国際的な核拡散の流れのなかで国家の関与はさらに強められていく可能性が高い。そのことは原子力発電のあり方に大きな影を与え、見えない歪みをさらに拡大させる可能性を持つものである。

3-3 原発問題をもたらす二つの根本原因 失敗の許されない技術

原発が生じていると思われる問題を技術面と社会面に分けてみてきた。技術面から問題を見てみると、原発の技術的な特徴あるいは利点と思われた点すべてにおいて問題が生じていることが分かる。原子炉は巨大なエネルギーの発生場所である。発生する巨大なエネルギーを人工的に制御して利用できる形へ転換しようとする技術である。巨大なエネルギーは制御されなければならない。制御されないエネルギーの開放は多くの人命を危険に晒す。しかも長期にわたる疾病発症の危険性を与える。原子炉の安全性は核エネルギー利用技術における核心の一つである。では原子炉の安全性は確保されているだろうか。多重安全装置によって重大事故の発生確率は10億年に1回といわれた原発であったが、7年を隔てて2回の炉心溶融事故を起こした原発の安全性は揺らいでいる。

それでは事故を受けて原発は変わったのか。チェルノブイリ原発はソ連が独自に開発した原発だとして、現在世界の主流となっている軽水炉原発への技術的な影響は考慮されなかった。軽水炉原発の事故であるスリーマイルではその年の10月に事故に関する大統領委員会報告が出され、その中で技術的な改善箇所についての指摘がなされた⁶⁷⁾。6年後それまでの軽水炉を改良した原発が世に出たが、改良の中心は出力の向上に置かれていた。安全に関するいくつかの周辺的な改良は施されていたが、改良の目的は経済性の向上にあった⁶⁸⁾。スリーマイルは原発の安全性が脅かされたものとは基本的に見なしていなかった、あるいは見なすことができなかったといえるのかもしれない。

プルトニウムの利用を含めた核燃料サイクルの破綻も原発の抱える大きな壁である。プルトニウムの存在は原子力の平和利用に大きな夢を与えた。しかし核燃料サイクルは停滞した。プルトニウム利用の道が開けないのである。核燃料サイクルは高速増殖炉によるプルトニウム増殖が行われなければ、経済的にも資源保護と言う観点からも意味をなさないのである。しかし増殖炉技術は進展せずほとんど破綻しているといえるものだ。各国で作られた実験炉の多くで冷却材に用いられるナトリウムの漏洩事故が発生し、増殖炉の持つ技術的隘路が解決できないままほとんどの国で計画の放棄や停止に至っている。放棄に至った理由の一つに天然ウランの価格の安定という経済的な要因があるとしても、核燃料サイクルはもはや完成を望める技術でないことは明らかになった。

プルトニウムの利用に関して残された道は軽水炉でのウランとの混合による燃料化である

が、炉の問題とともに、再処理を行う必要がある上に燃料としての装荷率が低いため、経済的に不利だと言われている。プルトニウム利用の道は開けないまま撤退を迫られている。

プルトニウム利用技術が直面した壁の存在は原発の安全性や放射性廃棄物の問題と相乗して原発技術が持つ根本的な問題を明らかにすることになった。原発技術はいずれの面から見ても未成熟な技術である。原子炉の安全性はわれわれの信頼を得るに達していない。核拡散の危険性を持つプルトニウムの利用技術は破綻の淵にあり、一万年もの管理が求められる廃棄物の処分はほとんど手つかずである。では原発技術は成熟できるのだろうか。

技術は一般に失敗を繰り返しながら発達をしてきた。失敗を繰り返す中で社会に受け入れられる技術として成熟していくのである。原発技術は失敗が許されるであろうか。原発技術の失敗は外部に放射能を出さない、という前提の中で許されるのである。原発の多重防護施設の改善も放射能汚染を生じない事故の中で改善されてきた。炉心が崩壊する事故は想定され得ないのである。炉心の崩壊が許されない以上炉心の崩壊から技術的な欠陥を学ぶことはできないのである⁶⁹。唯一軽水炉の炉心溶融事故となったスリーマイルでは、事故原因の多くが人為ミスに転嫁され事故から技術的に学ぶという姿勢が十分ではなかった。これは後に議論する社会的な要因との相互作用と考えられるが、失敗が許されないという硬直した技術のあり方が原発技術の成長を阻害しているといえるのではないだろうか。

国家の過剰な介入

社会面を考えてみよう。社会面に現われた原

発の問題として事故、経済性の空洞化そして核拡散を挙げた。原発は事故を起こし、一度に500万にも及ぶ人たちの健康を危険に晒した。さらに長期にわたる影響の深刻さは他のどのような事故とも比べようのないものであり、原発に対する社会的な不安を十分根拠のあるものにしてしている。

経済性の空洞化は国家の関わりと相乗して進んだ。原発は核開発とエネルギーの確保という2つの要因から国の手で始められたものである。しかし電力事業に接続することになったことから事業の具体的な担い手は民間企業となった。市場経済のもとで事業が行われることになった。地域独占の性格が強い電力事業だが競争原理が作用しないわけではない。原発もコスト優位が主張されるようになる。コスト優位の武器は大規模化であった。規模のメリットを生かすために原発は100万KWを超えるものが作られるようになった。大規模化はまた先行投資の大規模化でもあった。1基4千億円に達する投資は先行きの安全性が必要であった。こうして企業は国の庇護を求めるようになる。国家から民間企業に引き渡された原子力発電事業は経済性を達成するために国の関わりをより強く求めるようになるのである。

核拡散は原発の宿痾のようなものであった。燃料となるウランともども原発から発生するプルトニウムには常に核開発の疑惑がついてまわる。原発は国家の関わりなしには始められないものであったが、原発の存在自体が国家の脅威と位置付けられてしまえば国家の関わりは終生拭えないものになる。国家の存続を左右するものとなった原発は、国家の手の中で身動きできないものとなっていく。

社会的に現われている原発問題として、事故、経済性、核拡散の3点を挙げたが、こうした問題の先には原発問題の根幹と思われる問題が横たわる。それは国家の過剰ともいえる介入である。あるいは潜在化された過剰である。原発は核兵器の開発と裏腹であるために国家の存続に関わり、事故の影響を回避するために国の強制力を必要とし、経済体制に適應するために経済性を演出する。いずれも国家の関わりを強めるものとして作用する。国家の関わりを過剰ならしめるものとして存在している。しかもその過剰さは経済性の名のもとに表面には現われてこない。

潜在化した過剰な国家の介入は国家の持つ機能を先鋭化させ、結果として生ずる歪みを覆い隠す。国家の執行機関である官僚機構は合理的な判断によって政策を進める。合理的な判断を行っているゆえに国は正しいのである。合理的な判断を行っているゆえに政策は進められるのである。下された決定は正しく、政策は進められるべきなのである。正しい理由はいくらでも見つけられる。現実には合理的決定に従うべきだ。こうして国の政策は進められる⁶⁹。原発は必要であり、エネルギーを確保することができ、少ない資源を有効に利用できる。経済的であり環境問題にも貢献できる。こうして国の政策は維持され、現実を取り残したまま頑なに進んでいくのである。

原発問題を生じているものは何か。様々な技術的、社会的問題の生じている状況の中で見えてくる問題の根幹は2つ、成熟し得ない原発技術の持つ根本的欠陥と国家の過剰介入がもたらす政策の硬直性である。

4 まとめにかえて—技術と社会の関係

技術は社会に用いられて初めて意味を持つものであるが、すでに技術を単純に適用できる状況ではなくなっている。技術の持つどのような性格が問題を生ずるのか、社会の側の問題は何か、あるいは技術と社会の相互作用の中にあるのか、そうしたものを正確に把握する必要がある。技術の中に発達の論理があり、社会の側に適用の論理がある。そして両者の相互作用が働き技術は社会の中に定着していく。そうしたものの持つ性格を理解せずに技術を働かせようとする、あるいは様々な作用の中で変化していく技術と社会の姿との対話を欠いてしまうこと、そういった有り様が技術問題を生じさせている根本態度といえるのではないだろうか。

〔投稿受理日2004.5.25/掲載決定日2004.6.10〕

注

- (1) 3つの立場とは、①技術には内在的な発展の論理があり、それに従って発展していくという技術決定論②技術は単なる道具であり、その発展は社会の有り様によって決められるという社会決定論③そのいずれにもとられない第三の道、である。以下を参照。M・ハイデガー『技術論』（小島威彦他訳 理想社 1965年）、Feenberg, Andrew "Critical Theory of Technology" Oxford University Press, 1991、加藤源太郎『科学的知識の社会構成主義に関する社会学的考察』（神戸大学博士論文 2001年）
- (2) 核エネルギー開発の歴史については次を参照。川上幸一『原子力の光と影』（電力新報社 1993年）11-28頁
- (3) D・S・ランダス『西ヨーロッパ工業史1』（石坂・富岡訳 みすず書房 1980年）100-117頁、中村 進『工業社会の史的展開』（晃洋書房 1987年）89-97頁。
- (4) ゾンバルトは近代技術の特性として自然の制約

- の開放をあげる。またアイデアは近代技術の持つ徴発性を指摘し、自然を役立つ存在として引き出そうとする近代のあり方を批判した。W・ゾンバルト『技術論』（阿閉吉男訳 科学技術工業社 1941年）31頁、前掲『技術論』31頁
- (5) 科学の技術化については次を参照。J・ハーバース『イデオロギーとしての技術と科学』（長谷川宏訳 紀伊国屋書店 1970年）63-70頁
- (6) 転換したプルトニウムは分裂性同位体の占める割合がウランに比べて飛躍的に高く、分裂がしやすいといった利点を持つ。鈴木篤之編『プルトニウム』（ERC出版 1994年）52-56頁
- (7) 藤家洋一・石井 保『核燃料サイクル』（ERC出版 2003年）68・74頁。
- (8) T・P・ヒューズ『電力の歴史』（市場泰男訳 平凡社 1996年）646頁
- (9) 産業とエネルギーの関係は次を参照。前掲『西ヨーロッパ工業史1』315-317頁
- (10) 松井賢一『エネルギー経済論』（日本工業新聞社 1975年）329-338頁
- (11) 1973年の石油危機にその典型が見られる。コモナーは再生不能資源の問題点を指摘する。B・コモナー『エネルギー』（松岡信夫訳 時事通信社 1977年）210頁
- (12) 前掲書『電力の歴史』では、電力システムの成立に果たしたエジソンの役割を詳しく述べている。34-72頁。全体的な見方については647頁
- (13)~(15) 前掲『原子力の光と影』、各々126-131頁、102頁、118・145頁
- (16) 第二次大戦後のイギリスの原子炉開発は、軍事研究と原子力発電に同じウエイトを置くことで、効率的な道を進むことができたといわれている。同上131-141頁
- (17)~(18) 同上、各々163頁、125頁
- (19) 電気は発電と送電施設が必要となるシステムだが、送電施設が整備されるとこれを保有する企業が地域を独占する可能性が高い。他方で技術革新や経営努力による競争の存在することが報告されている。前掲『電力の歴史』568-571頁
- (20) 原子力資料情報室編『原子力市民年鑑2002』（七つ森書館 2002年）271-274頁
- (21) 前掲『原子力の光と影』110-112頁
- (22) The Nuclear Energy Policy Study Group "Nuclear Power Issues and Choices: report of the Nuclear Energy Study Group" Ballinger Pub. Co., 1977, pp126
- (23) R・W・リード『戦争と科学者 良心のジレンマ』（ダイヤモンド社 1972年）106頁
- (24) 技術と社会のシステム化については次を参照。L・ウィナー『鯨と原子炉—高度技術社会の限界を求めて』（吉岡 斉・若松征男訳 紀伊国屋書店 2000年）77-104頁
- (25) Bijker, U.E. "Of Bicycle, Bakelite, and Bulbs: toward a theory of sociotechnical change" Cambridge, Mass: MIT Press, 1995, pp97-100
- (26) www005.upp.so-net.ne.jp
- (27) ラスムッセン報告では事故原因を単独事象とし、その確率の積によって事故の頻度を計算したが、スリーマイルでは連鎖的に原因と見られるものが発生している。大規模で複雑な施設では定常状態を逸脱すると予測を超える振る舞いが生ずると指摘する声がある。同上。スリーマイル島事故については以下を参照。高木仁三郎編『スリーマイル島原発事故の衝撃』（社会思想社 1980年）、日本物理学会編『原子力発電の諸問題』（東海大学出版会 1988年）
- (28) チェルノブイリ事故については以下を参照。原子力安全委員会・ソ連原子力発電所事故調査特別委員会『ソ連原子力発電所事故調査報告書』（1987年、以下『報告書』）、七沢 潔『原発事故を問う—チェルノブイリからもんじゅへ—』（岩波書店 1996年）
- (29) 前掲『核燃料サイクル』73-74頁
- (30) 前掲『原子力市民年鑑2002』177頁
- (31) 小山英之「MOX燃料は無理がありすぎる」（『世界』2000年4月号）。プルトニウム利用推進側も炉の改造の必要性を認めている。前掲『プルトニウム』170頁
- (32) 前掲『原子力市民年鑑2002』193頁
- (33) 石田裕貴夫『核拡散とプルトニウム』（朝日新聞社 1992年）12頁
- (34) 既存の軽水炉ではMOX燃料の装荷率は3分の1以下にする必要がある。前掲『プルトニウム』170頁
- (35) 徳山・鳥井・帆足・吉村『「原発ごみ」はどこへ』（電力新報社 2000年）21頁

- (36) 前掲『原子力市民年鑑2002』208頁
- (37) 土井和己『そこが知りたい 放射性廃棄物』(日刊工業新聞社 1993年) 76頁
- (38) 廃棄物問題の難しさは、どのような処分方法を取るにしても想像を超える長期間の管理が必要とされることである。多くの不確実な見通しのもとで事態を検討していかなばならず、技術的な面から適正な判断を下すことは不可能に近い。
- (39) 前掲『「原発ごみ」はどこへ』56頁
- (40) 前掲『原子力市民年鑑2002』217頁
- (41) 前掲『スリーマイル島原発事故の衝撃』14, 18頁。この事故で避難した人々は20万人に上るともいわれている。同、256頁。なお、この論文では放射能の単位は1989年の法令改正前のものを使用した。ちなみに放射線の公衆に関する法定被曝限度は全身被曝で0.1レム/1年(改正後1ミリシーベルト/1年)である。
- (42~43) 同上、各々154-155頁, 156頁
- (44) 事故の経緯: 事故を起こした原発は保守のために停止する予定で、その前に実験が組まれていた。事故前日の午前1時に開始された実験は午後11時半まで続けられたが、その後出力の異常に見舞われ、事故当日の午前1時24分頃2回の爆発が起こった。原子炉上部の構造物は破壊され、燃料は飛散、原子炉建屋の屋根も破壊された。爆発と同時に30ヶ所以上のところから火災が発生し、近くの市から消防隊が派遣され消火に当たった。鎮火の後放射性物質の飛散を防ぐため大量の砂や粘土が投下され、その後コンクリートおよび金属による炉全体の遮蔽工事が行われた。前掲『報告書』23-27頁
- (45~47) 同上、各々56-61頁, 88-89頁, 89-90頁
- (48) 発電能力100万KWクラスのもの。朝日新聞2004年2月23日付
- (49) 国家と産業の関わりについては次を参照。前掲『原子力の光と影』131-136頁。日本科学者会議編『地球環境問題と原子力』(リベルタ出版1991年) 104-111頁
- (50) 1999年の通産省の発表によれば、発電コストは原子力5.9円/KW、石炭火力6.4円、石油火力10.2円、LNG火力6.4円、水力13.6円である。朝日新聞2000年6月30日付
- (51) あるNGOによる試算では、原子力10.26~10.55円、水力9.62円、火力9.31円である。朝日新聞2000年6月19日付。電力業界は2003年、1999年の積算時には含まれていなかった原発の後処理費用を19兆円と試算した。朝日新聞2003年11月17日付
- (52) 前掲『核拡散とプルトニウム』28頁
- (53) 前掲『原子力市民年鑑2002』264頁
- (54) 前掲『核拡散とプルトニウム』13-14頁
- (55) 前掲『原子力市民年鑑2002』262頁
- (56) 兵器に使用された核物質は、インドは原発から抽出したプルトニウム。パキスタンの6回の地下核実験は濃縮ウランを使用。南アは6発のウラン弾、プルトニウム弾を所有と発表。前掲『核拡散とプルトニウム』54頁。www.jnc.go.jp/kaihatu/kaihatu/main-j.html
- (57) 前掲『地球環境問題と原子力』177頁
- (58) 前掲『スリーマイル島原発事故の衝撃』307-309頁
- (59) 高木は原発に関して、事故時の実験を行うことのできない実証不能の技術だという。『高木仁三郎 著作集 第1巻』(七つ森書館 2002年) 439-440頁
- (60) 官僚制については以下を参照。M・ウェーバー『官僚制』(阿閉吉男・脇圭平訳 恒星社厚生閣1987年)。佐藤慶幸『官僚制の社会学』(文眞堂1990年) 45-59頁