

福島第一事故の教訓への取り組み

鈴木篤之

福島第一発電所の事故は一つの根本的な問題を提起した。即ち、科学や技術は、特に、発生確率は低い起きたときに甚大な被害をもたらすような深刻な事故の避けがたい発生を未然に防止できるのだろうか、という問題である。この問題は、スリーマイル島やチェルノブイリの事故のはるか以前にアルビン・ワインバーグ (Alvin Weinberg) が指摘した超科学 (トランス・サイエンス) に関わる永年に亘る難題を想起させる。本稿の目的は、ワインバーグの論点をも再考し、今回の事故の原因の背景にある社会技術的あるいは人間行動的な側面に焦点を当てながら、本事故を論考することにある。とりわけ情報の非対称性に伴う人間行動に関わるリスクに対する取り組み、コミュニケーション行動を伴う合理的合意の形成化、また外部環境との相互作用を通じた手続き的合理性の追求、などのリスクマネジメントにおける意思決定プロセスへの行動科学的手法に学びながら、この難題に対処するための革新的な方法を探求する。要すれば、本稿は、安全性への取り組みに関する日本の国としての進め方が国内そして海外の関連する分野との双方向のコミュニケーションに基づくものとして変容していくことの必要性が事故によって浮かび上がってきたことについて論じている。

キーワード: 福島第一事故; リスクコミュニケーション; 超科学 (トランス・サイエンス)

1. 序論—福島第一事故の教訓

東京電力株式会社 (TEPCO) 福島第一原子力発電所の事故は、基本的には、過去日本で観測された最大の地震である東日本大震災 (東北地方太平洋沖地震、M9.0) による巨大津波によって引き起こされた。津波は、2011年3月11日 (3.11) に、北日本の東海岸を襲った。それにより発生した事故により、損壊した福島第一発電所の1号機から4号機及び周辺の地域を最終的に安全な状態にするために、事故のクリーンアップに気の遠くなるような長い作業を余儀なくされている。

事故の余波の中、国内外から、原因や教訓に関するたくさんの有益な提案や勧告が寄せられ⁽¹⁻⁵⁾、原子力発電プラント (NPP) の安全性がすべての国において広範囲に再検証されている。例えば米国では、原子力規制委員会 (USNRC) が、同委員会の特別チームによる

事故数か月後の報告書⁽⁶⁾が提案したいくつかの短期的措置を実行した。日本においては、これまでに多数の調査委員会の報告書⁽⁷⁻¹⁰⁾が発表され、新設の規制当局が、これら多くの報告書に示されている勧告も参考にして、2013年7月に新規制基準を公布した。⁽¹¹⁾

しかしながら、世界の原子炉事故の歴史に見られる、繰り返し発生するという根源性に留意すると、特に、事故の原因にある社会技術的側面、すなわち、事故の原因が、沢山のいろいろな層（個人、組織、国家）における社会もしくは人間行動上の相互作用に関係しているという側面に対して深く考察することが必要である。こういった側面は過去の原子炉の事故においても、その原因を作った基本的な要因として多かれ少かれ取り上げられてきた。しかしそれでも、そういった側面にどういう改革が必要なのか、それを明らかにして達成していこうという努力は、技術的な対策の改革のそれに比べ十分とは言えない。本稿は、社会技術的側面と人間行動的な側面に主要な焦点を当て、このような事故の再発を防ぐために考え得る方法を論ずるものである。

筆者の見解では、多くの異なる層における人間の行動は、情報社会に広く見られ、社会問題の源のひとつと言われている、いわゆる情報の非対称性と密接に関連している。本稿の目的の一つは、情報の非対称性への取り組みを中心に、事故の再発を防ぐ方法を探求することである。

1.1. なぜ福島第一の1号機～4号機のみが脆弱だったのか？

福島第一の事故は基本的な問題を提起している。即ち、原子炉とは、3.11津波のような規模の極端な自然災害に対して十分な防護を講じつつ、発電を行うことが技術的に達成できるものなのか、ということである。筆者の答えは、「Yes」である。

同じ日本の東北地方の海岸に立地されている他の原子力発電プラントは、これだけの大規模自然災害でも乗り越えることができることを立証した。¹ それらの原子力発電所では、2011年3月11日、福島第一を襲った津波とほぼ同時に、同規模の津波の襲来を受けたにもかかわらず、最終的に安全が維持された。この事実は、あれだけの大きさの津波から原子炉を守るための技術的措置が有効であったことを如実に示している。

この実際の体験から学ぶ最も貴重な教訓の一つは、あのような危機的な状況下における電源確保の決定的重要性である。

そこで問題となるのは、何故、福島第一の1～4号機の非常用電源系は浸水に対してかくも脆弱だったのか、という点である。これに関する多くの説明の中で最も注目に値するのは、冗長性、特に非常用給電系の多様性に関わる深層防護にほとんど考慮が払われていなかった、という点である。

1号機から4号機では、バックアップ発電機を含むすべての非常用ディーゼル発電機及びその開閉所が地下の低層階に設置されていたため、浸水に対して全く無防備であった。そこには、この共通原因故障に対する工学的な防護策は何も講じられていなかった。

対して、福島第一の5号機と6号機では、5基の非常用発電機のうちの1基が水冷でなく

空冷で、しかも開閉所とともに高層階に設置されていた。この唯一高層階設置の空冷発電機が浸水の後も稼動可能であった。まさにそのおかげで、原子炉運転員は 5 号機と 6 号機の安全を上手に確保できたのである。² この経験は、多様な給電系などの冗長性が基本的に重要であることを、共通原因故障を防ぐ意味で、改めて強調している。

¹該当する原子力プラントは、東北電力の女川 1～3 号機、福島第一発電所の 5 号機と 6 号機、福島第二発電所の 1～4 号機、日本原子力発電の東海 2 号機である。北日本の東海岸には全部で 14 基の原子炉が設置されているが、今回の津波で破損に至ったのは福島第一の 1～4 号機のみである。他の 10 基の原子炉が無事であった理由は明白で、あるものは辛うじてという状況でもあり、プラントごとにその手段が異なりはすれ、どれも給電が確保されたことがこれら 10 基の原子炉の安全が確保された理由である。女川発電所のケースでは、原子炉設備の設置基盤が津波の到達点よりわずか 1 メートルではあったものの高い位置にあったため、すべての原子炉の非常用ディーゼル発電機の機能は維持された。

²原子炉の作業員は、たった 1 つの発電機から 2 つの原子炉に十分な交流電気を送るために接続を交差させて送電を続け、原子炉を安全に停止状態に導いた。運転員が直面した状況はきわめて深刻だった。彼らは暗闇の中、使用できる計器や制御措置が限られた条件下で、がれきをかきわけて作業しなければならなかった。文献 6 の p.9 を参照。

1.2. 希少頻度・甚大被害の自然現象にどのように対応するか

さらに次のような問が質される。設計基準事象としてはどの程度の大きさの津波を想定すればよいのか？ 以下に述べるように、3.11 津波は明らかに設計基準に包含されているべきであった。しかしそれでもなお、過酷な自然現象は原子炉安全の観点からどのように扱われるべきかという基本的な問題は残る。これは、次の長年の問題に関係する。すなわち、希少頻度・甚大被害のリスクを考慮した場合、どの程度安全なら十分安全と言えるのか、という疑問である。この基本的な疑問を提起した先駆者の一人がアルビン・ワインバーグ (Alvin Weinberg) ⁽¹²⁾であった。彼は超科学 (トランス・サイエンス) ³ という考えを提唱し、超科学的問題の代表例として原子炉の過酷事故を考えた。

このような超科学的な側面への特別な考察がなければ、福島第一事故は、その再発防止のために、何が事故を起こしたのかのという事故原因の本質を社会が学ぶ機会となる、画期的な事象とはなり得ない。本稿は、そのような考察への試みである。

この悲惨な事故の本質について学ぼうとするときに、まず検討されるべきは、何故日本はこのような基本的な問題を適切に取り扱うことができなかつたのか、という疑問である。それに対する技術的な理由は、事故調査委員会の報告書に述べられているように、主として、海外の原子力プラントでの科学的な知見や過去の経験の学習と安全上の意思決定への反映に失敗したからである。事故原因の超科学的側面とのつながり、言い換えると事故の社会技術的あるいは人間行動的な側面、という視点に立つと、事故に関する更なる掘り下げの必要性が見えてくる。従って、以下においては、事故のそのような側面を考究する。それには、事故の繰り返しを防ぐための手法について、一行動科学理論の助けも借りて一そのような側面を扱う可能な手法に関する議論も行う。

³1972年にアルビン・ワインバーグはよく知られた「Science and Trans-science (科学と超科学)」⁽¹²⁾と題された論文を発表した。その中で彼はこう書いている。「科学若しくは技術と社会との間の相互作用の過程で生まれる問題の多くは、科学に質問はできるが、なお科学では答えられない回答を求めている。私はこれらの問題に対して trans-scientific (超科学的) という名称を提案する。」彼の超科学的問題の代表例の一つが、破滅的な原子炉事故のような、極めて起こりそうにない事象の発生確率である。

2. 社会技術的な難題

2.1. 極限的な自然現象への新たな科学的知見の反映

ここで、例えば、西暦 869 年に今回同様日本の北東沿岸部を襲った貞観地震 (M8.0-8.5) に伴う同規模の津波が福島第一原子力発電所の設計には考慮されていなかった⁴ように、日本は何故巨大津波の科学史的記録からの十分な学び取りに失敗したのか考えてみよう。

1960 年代初頭、東京電力が福島第一原子力発電所の設計を始めた当時には、貞観津波を含む歴史上の巨大津波の発生を示唆する科学的に立証された地質的指標は、発電所の周辺にはなかった。従って、この原子力発電所の設計で想定された考え得る最大の津波の高さは 1960 年のチリ地震津波の時に同地点で観測された海面からわずか 3 メートルというものであった。しかしながら、実際には、原子炉建屋は、1 号機から 4 号機が海拔 10 メートル、5 号機と 6 号機は海拔 13 メートルに建設された。

日本で津波に対する安全要件を最初に規定したのは、1970 年に策定された「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針」であった。この指針では、津波は考慮すべき自然現象の一つとされ、過去の記録から想定される最大の津波の力に対抗しうる能力が求められた。福島第一の津波に対する安全設計が指針に準拠していることは、その後規制当局によって再確認された。この事実は、津波の潜在的リスクに関する安全性の考慮が 1960 年代及び 70 年代にはまだ成熟していなかったことを暗に示している。

⁴1970 年代後半、福島第一サイトの北 2、3 百キロ離れた、東北電力の女川原子力発電所の設計では、所有者たる東北電力が、女川海岸が津波襲来地区であることがよく知られていたので、貞観規模の最大津波を想定して、プラント設備を海拔約 15 メートルにするよう保守的に決めた。

2.1.1. 日本の地震学の目覚ましい進展

6,500 名余の犠牲者を数えた 1995 年の阪神淡路大地震 (M7.3) の後、日本は、考え得る地震と津波のリスク評価のために、地震活動に関する全国規模の地質調査研究を実施する国家プロジェクトを立ちあげた。以来、非常に多くの新たな科学的知見を伴う目覚ましい進捗が得られている。

この進捗を受け、東京電力も津波の来襲を含む地震に対する原子炉の安全性を再評価する研究を行った。実際、同社は、事故発生前、可能性のある最大津波はプラントの設置高

さをはるかに超える場合のあることを示す予備的試算結果を得ていた。⁽¹³⁾⁵

このような予備的な検討を受けて東京電力は一連の措置を講じた。特に、(1) この情報を一般に公開するのではなく、規制当局の反応を探るため、規制当局の限られたメンバーとのみ内々に情報共有することを決め、(2) 福島サイトを将来襲う可能性のある津波による影響を分析する科学的手法の研究を日本土木学会に委託し、(3) 更なる検討を深める社内検討チームを発足させた。⁶

⁵2002年2月、日本土木学会が可能性のある津波の規模の評価計算手法について新しい勧告を発表した後、東京電力は福島第一サイトへの津波襲来に対し、本来の海面上3mという想定を5.4m-5.7mに引き上げる再評価をし、防御策を強化する対策を講じた。このときまでに福島第一沖の海洋底の断層を震源とする津波の発生に関する科学的な情報は何ら寄せられていない。3.11の津波は、その一部が福島第一沖にまで達する長さ500kmの断層が突如動き、その地震によって引き起こされたものである。他方、1995年の地震以降立ち上がった国家プロジェクトの進捗報告書は、2002年7月に、福島第一サイトの沖を含む日本海溝沿いのいかなるところに於いてもM8.2クラスの地震が発生する可能性があるという見解を述べていた。その見解に加え、2000年以降になると、貞観津波は福島地域にも浸水をもたらしていたとする科学研究がいくつか出始めた。もっともこれらは科学的な常識として広く流布されたものとは言えず、新たな情報の一部といった程度であった。2006年には、原子炉耐震安全指針が原子力安全委員会(NSC)の手で改定された。この中で新たに追加されたのが、原子炉安全に対する地震による津波の影響の再評価であった。2008年に東京電力は、福島第一サイトの社内再評価を行い、地震による断層によって引き起こされる津波を仮定した場合、可能性のある最大到達浸水面は、実際の原子炉建屋の海拔10mをはるかに上回る16mに達することを明らかにした。これは、サイトの浸水に対する安全を強化するために全面的対策を講じる義務があった可能性を示唆したものである。

⁶東京電力の報告書(13)pp27-33参照。

2.1.2. 十分な進展がなかったことの組織的理由

しかしながら、上記の対応は全く不十分であった。その理由として考えられることの一つとして、この当時東京電力はより緊急性の高い原子力関連問題を抱えていたことが挙げられる。それは、柏崎刈羽原子力発電所の耐震安全性の再評価であった。ここでは2007年の中越沖地震(M6.8)により、7基の原子炉の安全性にはわずかな影響しか及ばなかったものの、原子炉建屋は設計基準をはるかに超える大地震動に見舞われた。その地震以来東京電力は耐震安全の広範囲に渡る再評価に着手し、規制当局から原子炉の運転再開の承認を得るため、この再評価は最優先課題になっていた。実際、運転は2010年まで再開されなかった。

新たな科学的知見の反映に失敗、ないしは知見から積極的に何か学ぼうとする自発性が欠如していたことに関しては、東京電力自身による2013年の自主調査報告書⁽¹⁴⁾の中で、その根本的な理由として、次の要素が、根本原因解析により浮かび上がった、と報告した。

- (1) 安全意識の欠如、
- (2) 能力の不十分さ、

(3) 公衆や規制当局との対話能力不足

具体的に論ずると、先ず第1に、この会社の原子力部門は津波に対する安全性に対して自信過剰になっていた。原子力部門は、あれほど深刻な浸水が発電所を襲うことはほとんど起きえないと勝手に思い込んでいた。つまり、この原子力発電所が貞観規模の津波に抗し得る能力を有していると推定するには、過去の科学情報の信頼性が必ずしも十分ではなかったにも拘らず、それを信じ、最近の科学的な観察に留意すれば、貞観規模の津波が1,000年に1度の頻度で発生するという予測がなされているという事実を無視してしまった。⁷

第2に、この部門は原子力発電所に対する巨大津波の潜在的影響の科学的な評価を自身が率先して行う能力に欠けていた。その代り、日本土木学会のような外部機関にほとんど頼ってしまった。

そして3番目、この部門の関心は、巨大津波の後の原子炉の安全性よりも、津波の潜在的なリスクが世の中に知れることで、近隣の自治体や一般公衆からの信頼が揺らぐことの方に向いていた。

ここで注意しておくべきことは、津波の安全に対する会社の決定は東京電力の経営トップではなく、この部門の専権事項になっていたということである。それは、設計基準よりはるかに大きな津波の襲来の影響は会社の将来にとって致命的なリスクとなる可能性があったにも拘らず、この問題が際立って原子力特有の問題であったため、部門内で対処すべき主題であると経営トップにより認識されていたのである。

⁷ 北日本の東海岸の津波の潜在的危険性を評価する国家プロジェクトに用いられた方法は、最近の400年の間のみで系統的に得られた測定結果に基づいたものであった。それより以前の情報が限られていたためである。しかしながら、最近の研究の科学的な結論を調べてみると、貞観規模の津波が1,000年に1度の頻度で発生していたことは明らかで、安全評価の設計基準シナリオとして再仮定する必要性を示唆していたことになる。

2.1.3. 政府の無謬性

以上の東京電力の状況に加えて、日本の規制当局の側にも、もう一つの社会技術的な問題が存在する。それは、おしなべて、規制当局も新たな科学的な知見を率先して反映させることに消極的であるということである。伝統的に日本の規制は、原子力であろうがなかろうが、政府の決定はいつ下されたものでも絶対に正しいとする、いわゆる政府の無謬性という因習に立脚している。米国原子力学会(ANS)の委員会報告書⁸は、日本の規制体系は分析によってより手続によって進められていると見られる、と書いているほどで、それは、手続きが、多くの場合、お上は間違わないという考えを守るために存在しているという伝統と深く結びついている。

津波により想定されるリスクについて、2006年の国会の委員会における質問に対し、規制当局は、たとえ浸水規模が設計基準を超えたとしても予め策定されたアクシデントマネジメント用運転マニュアルに従っていれば原子炉の安全は確保し得る、との見解を明らか

にした。この見解は、基本的に、政府の無謬性因習に沿っているが、津波に対する原子炉の安全性を高めるための追加的措置を許認可取得者に命令する必要はない、と暗に言っているようなものであった。⁽¹⁵⁾ これにより、アクシデントマネジメントでは対処不能なほどに、大規模浸水によって壊滅的で悲惨な損害をもたらされる可能性があるということが無視された。このような日本文化の伝統的な特性は何百年にもわたり醸成されてきたものなので、この問題がさほど遠くない将来に克服されるとは考え難い。

従って、決定的な難題の一つは、過去の政府の判断と矛盾する新たな科学的知見が出てきたときでも、日本の規制がお上は間違えないという考えから完全には脱却しえないという想定の下で、如何に原子炉の安全を維持し、継続的に改善していくかということである。

⁸ ANS (4) の p.28 を参照

2.2. 海外の原子炉事故のリスクから学ぶ教訓

2.2.1. 1999年のルブレイエ (La Blayais) 発電所の洪水事象

言及されるべきもう一つの難問は、何故東京電力は海外の原子力プラントの事故あるいは事象の経験からの教訓を得ることに失敗したのか、ということである。1999年12月にフランス南西部の河口に位置するルブレイエ原子力発電所において、氾濫により設計基準をはるかに超える洪水による浸水という過酷事象が発生した。幸いなことにいくつかのポンプと発電機は損傷を免れ、運転を続けることができたので、プラントの安全は維持された。しかしながら、この事象から得られた教訓は、福島第一発電所の洪水～浸水のリスクに類似したリスクがフランスの規制当局と電力会社により特定されたことであった⁽¹⁶⁾。すなわち、

- (1) ポンプ設備の浸水または大量の土砂の来襲による給水機能の喪失、
- (2) 開閉所の水没によるサイト外の給電機能の喪失、
- (3) 安全にとって重要な設備の洪水による機能喪失、
- (4) サイトが長期にわたって孤立することによる不都合、特に当直運転員の救援、非常発電設備の給油、可搬式非常用物資の運び入れ、が不可能になる。

福島第一プラントが直面した壊滅的な状況はもっとひどかったと思われるが、しかしもし、これらのリスクのいくつかでも東京電力や日本の規制当局が深刻に認識していたとしたら、福島第一が受けた被害はもっと小さいもので済んだであろうことは疑いない。

2.2.2. 事故管理と緊急事態への備え

より広範には、1979年のスリーマイル島 (TMI) と 1986年のチェルノブイリの両事故から得られた教訓を反映し、総合的な原子炉安全性強化を目指して、数多くの過酷事故へ

の対応策が国際的に実施された。が、しかし日本においては、他の国々に比べ、この教訓の学習は徹底したものにはならなかった。

これら事故の長年に渡る亘る論議の結論として、国際原子力機関（IAEA）は、それまでの3層から成る深層防護の概念（異常・故障の発生防止、異常・故障の事故への拡大防止、事故の影響緩和）に、さらに設計基準事故を超える事故の管理と緊急事態への備えの2層を加えて深層防護の概念をより深化させる必要があるとの勧告を加盟国に行った。⁽¹⁷⁾ しながら、日本はこの改善を採用することをためらった。

なぜかと言うと、これは同時に社会技術的なことでもあるからである。とりわけ、日本の産業界と規制当局は、TMI やチェルノブイリのような過酷事故は、両件とも内部的理由すなわち主として人的要因によって引き起こされたものと簡単に片づけ、日本の原子力界は自分たちの人的能力を過信していたのである。

非積極であった理由はもう一つある。日本の原子力発電所は人が居住しているところに建設されてきたにもかかわらず、近隣住民あるいは地方自治体に対して、緊急避難を伴うような過酷事故は絶対に起きない、との殺し文句の説得が歴史的になされてきた。実際問題として、海外のもっと人口の少ないサイトならまだしも、より難しい避難手順を緊急事態に履行することは、容易なことではない。このようなことから、規制当局と許認可所得者は、アクシデントマネジメントは規制という観点からは不要とし、許認可所得者が自発的に実施を提案する、という折衷案に落ち着いたのである。

2.2.3. 主体的な反映がなされなかった更なる理由—内部合意型社会

そのような妥協を必要とした根本的な理由は、日本が内部合意型社会であるという特殊性に根ざしているためかもしれない。言い換えると、原子力発電所を建て運転するという合意は、中央政府・地方自治体・電力会社の間で非常に微妙な政治社会的バランスの上に形成されていた。もし、いったんバランスが崩れると、通常、次の合意を再形成するのに非常に長い時間が必要になる。

例えば、何らかの安全上の理由で原子炉を止めなければならないとする。その場合、電力会社が地方自治体そして規制当局の両方から再稼働の許可を得るためにはしばしば長い時間がかかる。多くの場合、技術的な問題は大きなことでなく、内部での合意を再構築するのに時間がかかるのである。このような状況ゆえに、電力会社はしばしば、海外の経験の教訓を真剣かつ緊急に学ぶ必要性はないとの論を張った。

このようなこの国特有の理由により、日本は、諸外国の経験を主体的に反映させることに異常な程消極的であり、そしてこのことが、大なり小なり、新たな科学的知見から主体的に学ばない姿勢に通じることも事実である。

実際、2013年の報告書⁽¹⁸⁾の中で、東京電力はこの点を明白に認識しており、このことを十分なリスクコミュニケーションの不足と説明している。さらに、リスクを公表した結果、規制当局や地元自治体から原子炉の停止を余儀なくされるような過剰な対策が求められる

ことが想定されるような状態、そのような「思考停止状態」から脱却するアクションプランも描いている。この点に関するリスクコミュニケーションに抜本的な改善がなされない限り、日本は、新たな科学的知見や海外での経験を主体的に反映させるような変革を実現することはできないであろう。

2.2.4. 2001年の9.11後の米国原子力規制委員会 (USNRC) の対応

もう一つ、日本が見逃がした海外での事故対策の経験事例がある。それは、2001年9月11日のテロリスト攻撃の後、USNRCが取った対策である。USNRCは、原子炉認可取得者に対して、火災や爆発によりプラントの広い区域が喪失した場合でも、炉心の冷却、閉じ込め、使用済み燃料プールの冷却機能が維持または回復できるような指針と戦略を策定し、その実行を求めた。⁹ この要求には可搬式の追加電源と追加給水源も含まれていた。

対テロリストを想定したセキュリティに関わるということから、この対策は、2003年ごろ、USNRCから日本の規制当局に極秘裏に紹介されたと報じられている。もしこれが真剣に実行されていたら、福島第一の事故はあそこまで深刻ではなかったかもしれない。しかし残念ながらそうはならなかった。おそらく、あれほど深刻なテロリスト攻撃の日本での可能性について規制当局が楽観的に判断したためであろう。

⁹ U.S.NRC,⁽⁶⁾ p.47 参照

2.3. 安全文化の強化

深刻な原子炉事象や事故が起きる度、安全文化の強化の必要性が叫ばれるが、福島第一の場合も例外ではない。

安全文化の概念は、1986年のチェルノブイリ事故の教訓として、1991年IAEAによって提案された。その定義は、『原子力施設の安全性の問題が、すべてに優先するものとして、その重要性にふさわしい注意が払われていること』が確立されている組織と個人における特性や姿勢の統合』としている。⁽¹⁹⁾

今回の事故で、東京電力の安全文化の不十分さが、何故あそこまで露呈してしまったのか、という疑問が湧く。皮肉にも、その疑問に対する答えはIAEAの報告書の中に書かれている。第1に、IAEAは、最も陥りやすい危険性・パターンについて、次のように警告している。最大の危険性とは、例えば、文化とは単に「いつもみんなで行っているやり方」とか「基本的な価値観」とか「単なる慣行」といったようなものであると、考えがちな過度の単純化だとしている。¹⁰ 安全文化の定義は精神主義とか道徳主義であるように見えることから、常に過度に単純化される危険性があり、日本の電力会社の認識は、不幸にもこのパターンにはまってしまった。

第2にIAEAは、人々に対する見方は、人々が組織の中でどのように扱われるかということに影響されうると言っている。例えば規律に欠け利己的な人と見られれば、彼らはい

ろんな管理下に置かれるであろう。もし自己啓発を通して潜在的能力を実現することに興味があり、頼りになるような人々だと見なされると、もっと柔軟に管理されて、より大きな責任を引き受けるようになるかもしれない。¹¹ しかしながら、日本の組織的状況下では、作業員の能力は、そのように比較的高いと見られているものの、安全文化の問題は適切に認識されてこなかった。それどころか、安全文化の醸成に経営トップは強いリーダーシップを発揮せず、分かりやすい定義もしないまま、どのくらいの責任があるのかについて、必要以上に人々の自由裁量に任せてしまった。

結局、安全文化を有効なものにするための強化策には、単なる精神的な要件だけでなく、何らかの制度的な措置が必要である。この問題については後段で触れる。

¹⁰IAEA,(19)p.3

¹¹IAEA,(19)p.14

2.4. 規制の強化

2.4.1. 規制の独立

当然のことながら、福島第一事故後には、日本の原子力規制体系の抜本的な改革を望む声が大いに高まった。2012年9月、原子力規制委員会（NRA）と呼ばれる規制機関が独立した規制当局として設立された。

事故の前、日本の規制当局としての原子力安全・保安院（NISA）は、原子力産業を推進する役割を担っていた経済産業省（METI）の傘下にあった。

このような規制の非独立性は、これこそ事故の最大要因の一つだとして数多くの批判に晒された。事故の調査に当たった国会の調査委員会報告書の主たるメッセージは、例えば、事故は主として、日本固有の規制の脆弱さ、即ち規制が許認可所得者に支配されていることに由来している、というものである。¹²

事故の前の2007年、IAEAが統合的原子力安全規制評価サービス（IRRS）⁽²⁰⁾の一環で日本に対して行った調査では、METIという推進省庁に属する原子力安全・保安院の弱点に言及し、原子力規制に関する責任の所在の絡み合った状況と原子力安全・保安院と原子力安全委員会（NSC）の役割を明確にする必要のあることを具体的に指摘していた。¹³

そこで、次に疑問となるのは、何故日本ではそのような特殊な規制体制が長い間続いてきたのかということである。

先ず、歴史的にも世界的にも、原子力の規制機関は推進組織の一部として共通的に作られてきたということがある。例えば米国では、原子力委員会が長年に亘り原子力産業の推進と規制の両方を担当した。これにはいくつか理由が考えられる。一つには、その政治的な側面により、政府主導でなかったら原子力技術の進展も叶わなかったであろうという点であり、他方では、政府内では技術的な専門知識が欠如していたので、産業界からの実質的な支援が無かったら規制も不可能であったであろう、という点である。

2.4.2. 規制機関の能力

しかしもっと重要だと思われることは、政府内における人的財源的資源に限りがあるということから、独立性とは自己充足性と解釈すれば、独立した規制当局がその能力を高め維持していくことは困難ではなかろうかという点である。この能力をいかに確保・維持・開発していくかの問題についてはブランフォードとメイが論文⁽²¹⁾の中で「強力で有能、かつ独立した規制当局の必要性は多くの国にとってそう認識されていても簡単に実現できてはいないし、今日まで、どこの国も実際に可能になっているとは必ずしも言えない。特に能力に見合う資源に恵まれた独立機関のみが事業者との継続した緊張に向き合える。」と活写している。

この見解は、規制の独立性の問題は能力の問題と併せて取り扱われる必要のあることを指摘している。民生利用目的の原子力プログラムだけでなく国防目的もある一部の有力核保有国はこの点で優位性があるかもしれない。例えば米国では、国防プログラムの人材が規制当局や産業部門にしばしば登用され、その結果、能力と独立性の両立性を可能にしている。日本は、そのような双目的の国ではないが、最も進んだ民生利用原子力国の一つとして、うまくやればこの問題をそれ自身で解決していくことができる国である。しかしながら、新規原子力参入国のほとんどにとって、これを達成する唯一の道は、国際的な支援の提供のみである。

¹² 福島原子力発電所事故調査委員会（国会事故調）最終報告書⁽⁷⁾、第5章参照

¹³ 原子力安全委員会（NSC）は、許認可権限のない諮問機関で、その役割は、原子力安全・保安院（NISA）が原子炉の建設許可を認可するというような安全上重要な問題に対して、NISAの評価結果を照合確認することである。このような使命を持つNSCは、かつてNISAの評価結果を再評価するための耐震安全指針類を定めていた。実際この指針類は、NISAが許認可取得者の評価結果を再評価するためにも使われていた。IAEA/IRRSは、NISAが第一の規制当局として、自らの指針類を定めるべきであるとして、この事実を指摘した。

2.5. 指揮統括系統

福島第一事故への対応の過程で日本の指揮統括系統が多くの面で国内外の批判に晒された。曰く、危機管理体制内部での責任の定義が不明瞭、情報開示が不十分、等々。

実際、指揮統括系統は混乱に陥っていた。あのような前代未聞の緊急事態に直面すれば政府や東京電力のだれもがすっかり混乱し、より重要な緊急措置の必要が次から次へと出てくる中で、ある者は予め定められた権限以上のことをやろうとしたし、またある者は自身の責任を全うできなかった。

この種の状況下での責任は、過去に策定された危機管理計画では想定されていなかった。しかし、その欠如が、あのような極端に破局的な状況でこそ履行されるべきであった指揮統括の仕組みを混乱させたのである。

また、事故の対応から明らかになった問題に、迅速性を取るか正確さを取るか、という情報提供に伴うジレンマの問題があった。福島第一事故では、このジレンマのどちらを取るかの決定者は日本政府のスポークスマンである当時の内閣官房長官であった。そして彼は明らかに正確さに重きを置いた。

政府の正確さ第一主義によって、測定や計算によって推定される環境中の放射エネルギーや冷却材の喪失からの時間経過により科学的に推定される炉心燃料の損傷の度合いといった情報は、タイムリーに提供されるというものでなくなってしまった。なぜなら政府が考える十分な正確性をもった事実関係の確認のためにはきわめて長時間を要したためである。結果として、関連情報の提供の遅滞により、公衆はその提供される情報に信用を失うことになっていった。

事故から見えてきたもう一つ明白に脆弱であったことは、政府と事業者（東京電力）との間に適切なコミュニケーションが欠けていたことである。そして、コミュニケーションを適切かつ実際に機能させるためにどういう規定を設けるべきか、それを改めて検討する必要性を提起した。

米国原子力学会（ANS）の報告書¹⁴は事故に関する社会的文脈の観点から、この点について興味深い観察を行っている。それはこう述べている。「我々が今日の段階で知るところでは、政府機関やメディアから迅速な情報提供の要求が次から次へと出てくるまただ中で、これが、不適切な危機管理や日本のカルチャー、そして時には単純な翻訳ミス、こういったものすべてが複雑に関連した結果だということだ。」

米国原子力学会の報告書は、次のような正鵠を射る点も指摘している：「それ（日本政府が既定の原子力危機管理手順を採用しないことを選択した理由）は、東京電力に対する広範な不信感、そして分析よりも手続きを重んじてきた日本の規制体系に対する国民による信頼性の低さといった、日本的な特殊性によって決まったと考えられる。」¹⁵

上述の通り、この問題は、多岐の要因と相互に関連しており、指揮統括系統だけでなく、規制を含む全ての系の総合的問題として再考する必要があることを示唆している。

¹⁴ANS,(4)p.27 参照

¹⁵ANS,(4)p.28 参照

3. 人間行動科学の管理問題

3.1. 事業者の安全向上に向けた不断の自主的活動の管理

上述した社会技術的または人間行動的な難問には横断的な共通問題が存在する。その問題とは、原子力安全に向けた不断の改善を実行する事業者の自主的活動が極めて重要であるという点である。今回の事故が明らかにした日本の経営システムの脆弱性は、企業内の誰が巨大津波の脅威に対し安全を確保する責任を持つのかとか、原子力安全を保証する上

での経営トップの役割は何かとか、事業者と規制当局の責任は何が違うのか、といった安全を担保するための責任の所在の曖昧さである。

3.1.1. 原子力安全を担保する第一義的責任に関する行動

原子力安全を担保する基本原則の一つは、第一義的責任が事業者にある点である。日本の原子力産業が何より最初によく考えなければいけないことは、第一義的責任が事業者にあるとするこの原則が何にも優先する大前提である点である。これは、行動計画を実際に策定して実施する、そしてとりわけ、通常の運転作業とは別な取り組みとして原子力安全の不断の改善を追求する、という意味である。

これが既に実施されていれば、新たな科学的知見や海外の経験が無視されることはなかったであろう。深刻な原子力事故が発生する度に、原子力産業で不適切な行動が繰り返し露顕していたことを考えると、事業者が有効で責任ある安全管理を確立することは真に挑戦的な課題である。新たな科学的知見と海外の経験に応じて、適切で画期的な行動が計画され、実施される必要がある。

まず第一に、経営トップの、継続的安全向上に向けた自主的な努力に関する自らの方針への深い責任の下で、社内の安全文化の醸成・維持に関わる管理システムが再構築されなければならない。しかしながら、既述の通り、安全文化の概念とは「いつもみんなで作ってる」とか、「単なる慣行」などのように過度に単純化されたり、精神主義の一種として片づけられる傾向がある。これを防ぐためには、新たな社会技術的な取り組みが必要である。

3.1.2 個人または自主組織のレベル

個人のレベルでは、もし経営層に評価されれば、おそらく改善策の提案、実行そして維持といったことが推進されるであろう。これは品質管理で一般的に利用されている方法である。

歴史的に日本の産業は、著名な米国人科学者のデミング（W. Edwards Deming）から品質管理の理論を学んだ。そして彼の熱心な指導のおかげで、日本の産業は高品質でコスト効率の高い製品の製造において圧倒的な成功を収めた。デミングは、日本では、個人による独自の貢献に対して褒賞されることがなく、また個人間の競争も奨励されていないことに気づき、熱心に説いたことの一つが、褒賞システムの有効性であった。⁽²²⁾ 福島第一事故の教訓を学ぶ上で、個人または自主組織レベルで原子力安全の強化に取り組む行動計画の作成に当たっては、デミングの提案を改めて考察すべきである。

さらに、いくつかの具体的措置が講じられるべきである。日本のようなあら探し社会では、過ちやミスがたとえ小さくても、一それが原子力の安全文化に関係する場合は特に一公衆や規制当局によりしばしば誇張される。そういう社会では、従来慣行を踏襲するのではなく、最良策を確実に実行しさらに改善する対策に加え、安全文化のこの側面に取り組むための何らかの対策が具体的に検討されるべきである。

例えば、原子炉を運転するに当たって、コンピュータ化された知識管理ツールを使用した、自己組織化された照合確認システムは、品質管理面でのヒューマン・エラーの発生低減に役立つであろうし、フライトレコーダ・システムのような非常に信頼性の高い追認性を備えた運転データの記録・保管システムもデータの改ざんを最小化するのに有効であろう。

産業企業内での不適切な情報の取扱いを巡るスキャンダルとして、これまで度々見られてきたように、例えば、一原子炉の運転管理システムのような複雑なシステム内には、その複雑性ゆえに改ざんが見過ごされるリスクが必ず存在する。基本的に、このリスクは、各レベル間に必然的に存在するいわゆる情報の非対称性に関係するのだが、この点については以下で考察する。

3.1.3 組織または制度のレベル

安全文化に関する組織的レベルにおける制度的取決めに限れば、米国の実践からいくつかの優れた事例を学び取ることができる。

例えば、米国原子力規制委員会（USNRC）は、安全運転実績指標を用いた、いわゆる原子炉監視プロセスを導入し、安全運転実績に基づいた規制を実施している。この指標は、許認可取得者に安全運転実績の尺度を提供し、適切な許認可取得者の行動を奨励するとともに、問題のある計画を特定する。そして NRC の検査は、安全運転実績指標に関するその評価報告書によって決まる仕組みとなっている。その結果、この規制は、許認可取得者に対し、独自の改善に向けた努力で高い安全運転実績が達成できるよう、動機付けることに効果的である。このように、安全文化を醸成し維持するための実体のある利益を提供する制度的取決めは、安全文化の管理システムをできる限り強固にするために重要な役割を果たす。

米国では、原子力発電協会（Institute of Nuclear Power Operations; INPO）によっても、制度的な優れた動機付けがなされている。同協会は、TMI 事故を調査したケメニー（Kemeny）委員会報告書⁽²³⁾の勧告を受け、米国の原子力発電業界が 1979 年に設立した。資金は全て米国の原子力産業が出資している。⁽²⁴⁾

INPO は運転上の卓越性を促進する目的で設立され、それを通じて、公開する部分と非公開にする部分を均衡させる独自のシステムを確立した。具体的には、INPO は、実際のサイトでプラント評価を行い、優れたところと安全性の要改善分野の両方を特定する。この評価結果は、他のプラントの情報共有に使用されるが、一般公開はされない。一方、全ての小事故（インシデント）を含む実際の安全運転実績の結果は公開され、電力会社が全面的に出資する組織としての説明責任の履行も果たしている。

INPO の非公開性を懸念する批判も一部にはあるが、この特徴あるシステムは、電力会社が安全確保の第一義的責任を負うとの堅い決意の下、自由な批判と誤解を恐れぬ迅速な行動を保証するよう設計され、機能してきた。⁽²⁵⁾¹⁶

自主的規制機関的役割を担う INPO の目覚ましい成果を考慮し、日本の電力業界は、福島第一事故の後、INPO の理念を踏襲して、日本原子力安全推進協会（JANSI）という名の新組織を設立した。⁽²⁶⁾ 特に事業者に適切な安全文化を維持するための具体的かつ実質を伴う便益を提供するという面で、この新組織が INPO に似た役割を果たすことが期待される。

しかし、これは必ずしも、JANSI が INPO のコピーでよいと言っているものではない。TMI 事故以前、「孤立した島」あるいは「独立した大荘園」と皮肉られたように個別に行動していた米国の原子力産業から脱却し、原子力発電の事業に係る道義集団として発足したのが INPO であった。¹⁷ 反対に、原子力も持つ日本の発電会社は、電気事業連合会という相互依存的組織を保持し、強力に結束したコミュニティを維持している。したがって、JANSI の枠組を利用するにあたっては、安全強化に向けた各社の自主行動を奨励するため、企業の独立性がむしろ尊重されるべきである。

新たな科学的知見と海外の経験を学ぶことに関しても、各企業は、個々のプラント毎に、この自主的学習の効果を解析するための定期的な安全評価システムを必要とする。福島第一事故以前にもこの種の定期安全評価システムは日本に導入されていたが、このシステムは明らかにうまく機能しなかった。

その理由も、やはり社会技術的なものである。既述の通り、かつての内部合意第一社会では、審査結果を公開する場合、規制当局と公衆及び地方自治も含めた関係に議論を呼ぶような影響を最小に留めたいという思惑の方が、安全性向上の意欲に勝っていたのである。

新しくかつ原子力安全と無関係でない科学的知見や経験を迅速に反映するための定期安全評価が極めて重要な役割を果たすことを考えると、JANSI には、このような社会技術的欠陥の再発を防止する先導役を果たすことが期待される。

¹⁶1993年3月、最高裁は、INPOの文書を公開するよう求めたラルフネイダー（Ralph Nader）の9年に及ぶ法廷闘争に終止符を打った。最高裁は、INPOの内密主義こそ、原子力反対派を最も悩ませる問題だという主張を認めたものの、事実上、内密主義的やり方を支持した。Rees, ⁽²⁵⁾ p. 118、及び Blanford と May, ⁽²¹⁾ p. 32 参照。

¹⁷Rees, ⁽²⁵⁾ pp. 41-43 参照。

3.1.4. 深刻だった 2002 年のデイビスベッセ発電所の事象

そうは言っても、第三者機関に過ぎない INPO や JANSI の影響力には限界がある。例えば、INPO の大きな支援にも拘わらず、2002 年 2 月、米国のデイビスベッセ原子力発電所で深刻な事象が発生した。原子炉容器の上蓋の劣化がかなり深刻に進行した状態で見つかり、一部の腐食部分では、一次系の圧力バウンダリが薄い内側ライナーのステンレス製の内張りだけで保たれている状態であった。⁽²⁷⁾ 調査の結果、何年も前から多くの腐食の兆候が観察されていたにもかかわらず、安全対策は何ら講じられておらず、なにがしかの運転データの隠ぺいも行われていたことが明らかになった。おそらく安全よりも発電の継続が

優先されたためであろう。¹⁸

このように、INPOのような仕組みは外部からの支援は提供するが、優れた安全文化を醸成し維持するためには、何らかの自発的な促進のための別な追加措置が必要である。例えば、安全文化の維持に役立つ先端情報技術を活用した高機能情報処理システムが検討されるべきである。

¹⁸ Blandford と May, ⁽²¹⁾ p. 19 参照。

3.2. 規制の管理

3.2.1. 強力な規制当局を望む公衆の強い要望

事故後、より強力な規制を望む切なる要求が、日本国民から湧き上がっている。日本国民、すなわち、政治家、マスメディア及び一般公衆は、原子力安全は、事業者の安全性向上への自主的な努力ではなく、主として規制によって保証されるべきだという点で意見が一致している。この要求に応え、新しい規制機関である原子力規制委員会（NRA）の委員長は、新機関は世界で最も強力な規制機関を目指すという声明を発表した。⁽²⁸⁾ 実際、この規制当局は、世界中のどの国よりも厳しい安全要件を決定しようとしている。最強の規制当局を目指す動きは、過度に指令的な規制をもたらすだけでなく、原子力安全の高いレベルを保証するために確立されてきた国際的制度への公衆の信頼を損ねかねないという世界的な懸念をも引き起こしている。⁽²⁹⁾¹⁹

¹⁹ 福島事故後、世界中の原子力産業は、最新の状況展開の伝達のされ方に苛立ちを募らせている。問題の中心にあるのは、東京電力と日本の原子力規制委員会が、2013年末に見つかった貯蔵タンクからの漏洩の重大さについて報告した際の、国際原子力事象評価尺度（INES）の使用法である。世界原子力協会（WNA）のアーネッタ・ライジング（Agneta Rising）総裁は、「我々は日本で、原子力事象がコミュニケーション災害に変貌していくのを見ている。」と不満を述べ、次のように続けた。「INES 尺度の誤った適用と解釈は、原子力安全への適用において尺度自体に誇張の中心的役割を担わせている。」世界原子力協会は、原子力規制委員会は IAEA から「等級を頻繁に変更することは、実際の状況を明確に伝える上で妨げになる」と忠告されたと述べている。しかるにこれは、タンク漏洩のニュースが報道された際、実際に起きていたことであった。最終的に漏洩は INES 尺度のレベル 3、「重大な異常事象」に分類された。⁽²⁹⁾

3.2.2. TMI 後の米国の原子力安全の変容

強力な規制当局を求める公衆の強い要望という論点に応えるためには、日本は、米国の経験、なかんずく TMI 事故後にどう変わったかという経験に学ぶべきである。米国における TMI 後の原子力安全保証システムの歴史は、ジョーゼフ・リーズ（Joseph Rees）が見事に描いている。⁽²⁵⁾

米国の原子力安全保証システムは、TMI 事故後、リスク情報を活用し、安全運転実績に

基づく規制に支えられながら、産業内の自主的な改善努力により、徐々に変容していった。しかしながら、今日の成熟したレベルに至るまでには、やってみて分かる式の経験は何度も積み重ね、長い時間がかかっている。

日本の旧規制当局であった原子力安全・保安院（NISA）も、過去何年も前に、リスク情報を活用し、安全運転実績に基づく規制の概念を導入する手法を採用したことがあった。しかし、この手法は、事業者側の自主的な改善努力に十分基づくものではなかったため、事業者による自主的な安全強化策の奨励という意味ではほとんど効果がなかった。新しい規制当局である原子力規制委員会が採用している手法も原子力安全・保安院の手法に類似しているように見える。なぜなら、同委員会は、規制は産業に対し常に勝っていなければならないという国民の思い込みとも言える意識に異を唱えようとする意図がほとんどないからである。

米国での変容に長い歴史があったことに留意すると、日本は、リーズが「協議主義的規制」と評すところの、事業者側と規制当局が十分に協調した現在の米国の規制システムと同一レベルにまで成熟するよう、常にシステムを変容させ続けていく忍耐強さを持たなければならないだろう。

原子力規制委員会による、地質学的活断層が潜在的震源であるかどうかの審査手法には、好転への兆しが少し見られる。事故後に寄せられた強い批判に応じて、その手法は、原子炉の安全に影響を及ぼすかどうかの前に、地質学的評価に付随する全ての不確実性は最も保守的に扱われなければならないというきわめて厳格なところを目指している。原子力規制委員会はあたかも「絶対的安全性」のようなものを追及しているかのように見えるが、それは地質学的な活断層の評価という観点からのみである。原子力規制委員会の審査手法について論じ合う多数の公開会合が繰り返し開かれている。然るに、原子力規制委員会は、きわめて緩慢ではあるが、公開会合で提案された様々な科学的見解を反映し、より科学的に妥当な手法へと少しずつ移行しているように見える。

これは忍耐を強いる長期的なプロセスだが、特に、公衆が厳格な規制を強く要求している場合、事故から学んだ規制に関係する教訓の社会技術的側面を解決するには長期化は避けられまい。このプロセスの重要な要素は、その透明性である。このケースに限れば、原子力規制委員会の審議の過程はそれなりの追跡性も備わって公衆に公開されている。

3.2.3. 規制を改善するための自主的行動

如何に規制の能力を維持・向上させ、許認可所得者による規制の「とりこ」にならないようにするか、これはもちろん最も重要な課題の一つである。筆者が原子力安全委員会の委員長を務めていたときに、当時の規制当局であった原子力安全・保安院との情報交換のためにいろんな会合を開催したが、追跡性を備えた透明性のある会合での意見交換というプロセスは、規制の適性の改善に有効であると認識した。それは規制担当者が自身の能力を実際に示す良い機会となるためである。

加えて、独善に陥るのを避けるために必要なときには、規制担当者に、現場の作業や産業界で開発された新技術を調査させたり、協議主義的規制の一環として、最高度の透明性のある訓練プログラムに参加させたり、そういう機会を与えなければならない。

当然ながら、規制当局が科学的に最も合理的な規制を達成しなければならないとすれば、規制手法を進化させるためにどのような努力をするかということも避けて通れない。最も有効な方法の一つは、事業者及び／または製造メーカが、規制当局に対して、進化させるための新たな考え方を、最大の透明性の下で、積極的に提案することである。例えば、米国原子力規制委員会が主催する産業界と公衆を交えた年次規制情報交換会議は、この点に関して非常に理に適っていると思われる。

次に、規制を管理する上で非常に重要なのは、規制の適切性についてどのように説得力のある議論をするかという点である。この目的のためには、安全裕度に関する事業者の自主評価の必要性がますます高まっている。異常な自然事象に関しては、米国原子力規制委員会は、各許認可取得者に対し、個別プラント評価を要請し（1988年）、その後、個別プラントの外的事象評価を要請した（1992年）。そして筆者が理解する限りでは、これらは安全性の改善に大きく貢献した。⁽³⁰⁾

安全性の限界かどうかを調査する、いわゆるストレステストの実際の実施への機運が欧州全域で高まったのは福島第一事故後だが、フランスでは、1991年のラブレイエ発電所の深刻な事象からの教訓を踏まえ、福島事故の発生前に安全裕度を審査する概念が導入された。⁽³¹⁾

残念ながら、日本では安全裕度を審査するという慣行は、福島巨大津波による共通原因故障という脅威への対策の動機付けとして間に合うようには行われていなかった。

また、規制当局は、事業者の安全性の不断の改善に向けた自主的行動を奨励すべきである。この文脈で、安全運転実績に基づいた規制と定期的な相互評価が実施されるべきである。

最後に、規制当局が規制のとりこにならないよう、規制当局がどのように新たな知識を開発し、新たな科学的知見に学ぶかも大きな教訓の一つである。原子力安全委員会の委員長を務めた筆者の個人的経験から言うと、それには、科学の領域で客観的な議論を促し、事業者に自らのコストで自ら意思決定できるようにし、さらに、学習プロセスの透明性と説明責任を保証するような、特別な制度的取決めが必要である。これは情報の非対称性の問題に関係するが、この点については以下で述べる。

3.3. 情報の非対称性の管理

安全性の継続的改善に向けた事業者の自主的行動の管理と規制の管理に影響を与える基本的な問題が存在する。それは、いわゆる情報の非対称性である。

3.3.1. 情報の非対称性に起因する社会的問題

情報の非対称性とは、情報の提供者と要求者の間に存在する情報の量と質の不均衡を意味する。通常、情報の提供者は要求者よりも圧倒的に優位にある。多くの市場において販売者の方が購入者よりも製品の品質についてより多くの情報を持っているのと同様である。人間行動科学において、情報の非対称性は多くの社会問題を引き起こしていると認識されており、この問題をいかに扱うかが、ますます重要な案件となっている。例えば、2001年のノーベル経済学賞は、3名の著名な科学者に贈られたが、それは特に、情報の非対称性に関係する行動経済学における傑出した業績に対するものであった。それは、情報の非対称性が本質的に存在する市場ではどのようなことが起こるか、また、情報をより多く持つ業者と少ない情報しか持たない業者は、市場での結果を改善させるために何ができるか、といった基本的な問題を研究し、結果を改善させるためにはいくつかの制度的取決めが必要であろうことを明かにしたものであった。⁽³²⁾

原子力安全はこの種の考察の好例である。なぜなら福島第一事故で白日の下にさらされた通り、事故の原因は、産業界、規制当局、そして一般公衆の間の情報の非対称性に深く根ざしたコミュニケーションの問題に密接に関係していたからである。

3.3.2. 公衆が参加することの優位性

アルビン・ワインバーグは、科学者と非科学者の間の情報の非対称性の問題を取り上げ、超科学の問題には公衆が参加することが大切であると論じた。²⁰

情報の非対称性が存在する市場においても公衆が参加することが有効であることが実証されている。端的な話、中古車市場では、車を売る方は、どんな価格であっても、高品質の車より低品質の車を売る方に熱心になる。買う方もそれを予測し、市場に提供されるのは低品質の車ではないかと疑う。この理に適った疑いにより価格が下がり、それがさらに高品質の車の販売者を落胆させ、彼らがどんどん市場を去ることにより、市場にはもっぱら低品質の車だけが残る。この種の品質低下の傾向は逆選択（逆選抜、逆淘汰）と呼ばれる。⁽³³⁾

しかし、インターネットの車のオークションの市場では、値付けの適切な見積もりをするのに必要な情報量が圧倒的に増えることから、販売者と購入者の間の疑心が著しく緩和され、この逆選択の問題はかなりの程度解決される。この緩和において重要な要素となるのは、やはり情報の透明性である。

このように、透明性は、単に信頼性の構築に有効だけでなく、実際に情報の非対称性に起因する問題の解決に重要な役割を果たしうる。安全性の不断の改善に向けた自主行動の管理において透明性が必要なことは、この意味合いで理解されなければならない。そして、事故の教訓を学ぶ上で他のすべてに優先して、このことが強調されなければならない。

次に、発生確率は低い影響の大きいリスクに関する問題としてワインバーグが定義した、超科学の問題を、具体的にどのように扱うべきか、考察しよう。

筆者が原子力安全委員会に従事した2001年から2010年までの間、最も論争的になった問題は、原子炉耐震安全指針の改訂であった。これは、2001年当時、1995年の阪神淡路大震災から5年が経過し、また、一般公衆の強い要求があったにもかかわらず、指針の改訂が進んでいなかったためである。これほどの長い遅延の大きな理由は、原子力賛成派や反対派の、科学者を含めた人々の間で、どの程度の大きさの地震を設計基準事象として考慮すべきか、合意ができていなかったことにある。ワインバーグが指摘した通り、この問題には超科学的側面が含まれていて、きわめて希な自然事象の発生頻度の推定には大きな不確実性が付随するため、科学だけで決定することはほとんど不可能であろう。

²⁰ Weinberg, (20) p. 220参照。

3.3.3. コミュニケーション的行動

そこで、原子力安全委員会は、審議の方針として、委員に原子力反対派の科学者が含まれ、委員会の会合は完全に公衆に公開されるようにし、更に、委員会は結論を急ぐのではなく、科学者が合意するまで忍耐強く待つようにした。その結果、さらに5年を要したが、原子力安全委員会は、原子炉安全の視点から、発生確率は低いが大きな影響をもたらす自然事象の超科学的問題の扱いについて種々の意見を持つ科学者間の合意を形成して、審議を成功裏に完了させた。審議の過程で、公聴会やインターネットを通じ、科学者以外の人から様々な意見が多数寄せられたが、委員会は、それらの意見に一つ一つ根気よく回答した。

これは、日本の政府機関が、審議のために100回もの公開の会合を開き、可能な限り多くのステークホルダーのコメントに回答して、超科学的問題に関する結論を下した最初の試みだった。これによって、この方法が超科学的問題などの難題について合意を形成する現実的な方法の一つであると認識された。この方法は、合理的な合意形成を目的として強制されない自由なコミュニケーションの場を利用する、例えば、ユルゲン・ハーバマス (Jurgen Habermas) が提唱した⁽³⁴⁾、公共圏のコミュニケーション的行為の有効性の認識と重なる。

しかしながら、この方法が、超科学的問題に関するいかなる議論からでも合意を引き出すのに常に有効であるかと言えば、そうとも限らない。むしろ、ある種の問題に関しては、おそらく合意に至るまでの時間が長すぎて、実際の実施には有効でないかもしれない。

実際問題として、原子力安全委員会の審議が行われていた頃、非常に地震の起きやすい地域にある中部電力の浜岡原子力発電所に関して、耐震安全性が不十分だとする訴訟が起こされた。中部電力の側からすると、改訂指針がもっと早く規定されていれば、改訂指針の規定を満たし、耐震安全性の強化に向けた何らかの具体的措置を講じることができたかもしれないから、その方が望ましかっただろう。ただしそれは無理であった。しかしながら、原子力安全委員会の会議における議論は完全に公開されていたため、どの電力会社も、将来決定される改訂要件について自らが望む点も仮定しながら、独自に暫定的評価を実施

できたため、例えば、設計基準地震動に関する改訂要件についてのある程度の予備的推定は、一定の妥当な範囲内で可能であった。事実、中部電力は、主として、耐震安全性の強化に向けた同社独自の自主行動のお蔭で、勝訴した。⁽³⁵⁾

3.3.4 より情報量の多い当事者の行動

情報の非対称性の問題は、指揮統括系統にも関係する。行動科学理論によれば、指揮統括系統は、情報の非対称性の存在を仮定して、設計・運用がなされなければならないとされている。3.11の非常事態時の失態は、この種の仮定が不足していたことに起因するもので、これは、原子力安全は主に運転事業者ではなく、政府によって保証されなければならないとする、日本特有の、日本の公衆の思い違いと深く関連している。

それゆえ、公衆に誤解を正す必要があることを説得し続ける努力に加え、最も重要なことは、日本の産業界がケメニー（Kemeny）報告の勧告の一つをもう一度思い出し、最大限の努力を以ってそれを追求すべきであるという点である。該当する勧告とは、一今や国際的な共通理解となっているのだが一次の、第一義的基本原則である：「発電プラントの安全運転の責任と説明責任は、事故時のプラント管理を含め、いかなる状況においても許認可取得者が負わなければならない。従って、当然、許認可取得者はこの責任を全うできるほどに有能であることが保証される必要がある。この能力の保証のために・・・政府[規制]機関は、許認可取得者のための組織と管理に関する常に高い標準を策定し、実践させなければならない。」²¹

1979年のTMI事故以来続く日本の長期にわたる内向きの歴史を見てみると、これは非常に難題である。しかし、より情報量が多い当事者としての事業者は、公衆の考え方とは別に、いろいろな場を利用して、その能力を率先して実証すべきであり、たとえ長い期間がかかろうとも、一般公衆に彼らの考え方を見直すよう働きかけることはおそらく意味のあることであろう。それが実現すれば、3.11の非常事態で明らかになった指揮統括系統の弱点の大半は解決されるであろう。

²¹ 大統領委員会, (23) pp. 63-64参照。

3.4 手順の合理性の管理

アルビン・ワインバーグは、超科学問題の考察に当たり、科学者だけの見解に頼りすぎることから来る限界を認識するよう主張した。ハーバート・サイモン（Herbert Simon）の独創性に富んだ研究では、同様の考え方が、社会科学者の立場から、より精緻かつより広義に描かれている⁽³⁶⁾。

3.4.1. 外的環境との相互作用

サイモンは、「自らの知的能力による知的システムに基づく外部環境（その実体的合理性）への順応性は、知識と計算を通して、その適切な適応行動（その手続き的合理性）を見出す能力によって制限される。」と書いている。²² サイモンの理論によれば、内部環境と外部環境との間には、情報の非対称性を伴う、避けられない相互作用が存在していて、それゆえ大事なことは、より適切な決定を下すために役立つ何らかの知的手法を開発して、手続き的合理性を強化することである。

ここで、手続き的合理性に関しての重要な要素は、その実体的な合理性の限界に適応するためには、ある種の特別な配慮が必要であることを認識しつつ、その外部環境と接することである。これをワインバーグの超科学に当てはめると、科学者は、彼らが超科学の問題を解決する能力の限界に適応するための特別な配慮をしながら、非科学者や一般公衆全般と相互作用する必要があるという意味になる。

この点について、ワインバーグは、科学ができることは超科学という共和国にある種の科学的法制に基づく知的な見方を注入する以外はあまりないと述べている。²³ しかしながら、超科学的問題への対処の必要性の高まりを見ると、より積極的な関与が必要のように思われる。言い換えれば、特に重要なのは、ある種の知的な見方の注入だけではなく、公衆の関与を促し、それにより超科学的問題に関する合意を形成するような知的な戦略を開発すること、もしくは、例えば、「過酷事故対策において、継続的な安全性向上に向けた不断の自主行動はどの程度実施すべきか」のような超科学的問題の解決に向けた積極的な相互作用を通じ、外部環境に対する何らかの適切な戦略的方法を見つけることである。

3.4.2. 手続き的合理性の考え得る手段

ハーバート・サイモン（Herbert Simon）は、コンピュータサイエンスでチューリング賞を、また経済科学でノーベル賞を受賞した並はずれて高名な科学者である。彼は、適切な適応行動、すなわち、手続き的合理性を見出すのに人工知能が有効ではないか、というアイデアを考え付いた。

サイモンのアイデアを参考にすると、ヒューマン・エラーの低減のためにコンピュータ化された知識管理ツールを用いた自己組織化型照合確認システムと、既述したような改ざんの最小化のためのデータ記録・保管システムは、ある種の手続き的合理性の手段と解釈すべきである。これらのシステムは、内部環境（企業）と外部環境（公衆）との間の情報の非対称性により起こりうる疑念を軽減するために有効である。であっても、それらは、外部環境と直接的にはなく、間接的に相互作用するよう設計される。

積極的な相互作用にもっと直接的な方法は、例えば、個々のプラントの安全性能に関する米国原子力発電協会（INPO）の等級付けや、安全性能実績に基づく規制システムを基盤とする安全性の継続的改善に向けた不断の自主行動を奨励することである。特にINPOの等級付けは、この種の手法にきわめて適している。なぜならその結果が、原子力発電保険会

社（Nuclear Electric Insures Ltd.）の保険料の査定に反映される仕組みになっているからである。この原子力発電保険会社とは、事故でプラントが停止した場合に代替エネルギーのコストを払うことになる個々の原子力発電会社を保護し、それにより、TMIの親会社にとって大打撃となった財政負担の二の舞を防ぐ目的で設立されたものである。²⁴

このシステムは米国では効果的に導入された。日本では、考慮中か、もしくは考慮外である。この種の手法の必要性に関する意識の不十分さは、日本人が、超科学的問題の分野における科学的手法の最近の進歩を十分認識していないからである。日本人がこれらの考え方の有効性を認識した暁には、直面する原子力安全問題の管理に革新的な変化がもたらされることが期待される。

²⁴ Rees, (25) pp. 93-94参照。

4. 結論的所感—事故の不可避性の管理

原子炉事故及びトラブルの歴史を振り返ると、深刻な、あるいは深刻一歩手前の事故／事象は、少なくとも10年に1度は発生しており、原因も同じことが繰り返し指摘されている。²⁵ これらの事故原因の本質的なところが繰り返されているので、人々は、深刻な事故の不可避性を懸念するのである。

福島第一事故に関し、チャールス・ペロー（Charles Perrow）⁽³⁷⁾ は、以下の特徴を挙げて、そのような不可避性について具体的な警告を発した。

- (1) 規制が能力を欠いていることと被規制側による「規制のとりこ」、
- (2) 事故が起こるかもしれないという警告を単なる妨害工作とみなす姿勢、
- (3) 複雑な組織が織りなす多くの非線形システムの特性、
- (4) 我々に付きまとう平凡な組織的ミスと、常に完全とは言えないあるいは論争中の知識。

本稿で既述した通り、これらの特徴は、情報の非対称性に関連しており、福島第一事故の原因としても正鵠を射ている。そして間違いなく、これらの特徴に対処するための良く考え抜かれた行動計画なしには、教訓もほとんど役に立たないであろう。本稿の目的は、この不可避性を管理するための計画の策定を助勢することである。

重大事故に直面する度に原子力産業がどのように行動してきたかも、大なり小なり同じで、次の2つの対策を別々に実施してきた。(1) 多くの場合は規制の強化を含む、安全性強化に向けた、技術的または科学的な適応、および(2) いわゆる安全文化に重点を置いた社会的または制度的取決めの再検討。

しかし、筆者は、我々がこれまで採ってきた手法が再発防止のために十分だとは考えていない。原子力事故が、きわめて深く人間の行動に関係し、高度に複雑な特性を持つこと

を考慮すると、我々は、対策が、バラバラにではなく、相関しながら講じられていることが分かるような革新的な方法を模索すべきである。

言い換えれば、社会的または制度的取決めは、安全性の不断の改善に向けた自主的努力を強化するために必要である一方で、いわゆる情報の非対称性により弱められる傾向がある。この問題を克服するには、透明性を伴うコミュニケーション行動と自主的な規制システムが特に有効となるような、そういう手続き的合理性の追求に特化した取決めが策定されなければならない。

これこそが、福島第一事故を契機として、全世界の原子力の将来に突き付けられている難題である。

²⁵ 例えば、(1) 技術的未熟さに起因するウィンズケールでの過酷事故 (1957 年、英国)、(2) ヒューマン・エラーと不適切なマン・マシンインターフェースに起因するスリーマイルアイランドでの過酷事故 (1979 年、米国)、(3) 組織の不十分な安全文化に起因するチェルノブイリの過酷事故 (1986 年、USSR)、(4) 設計基準を超える洪水に起因するラブレイエでの深刻な事象 (1999 年、フランス)、(5) 新たな科学的知見の不反映、と指標の隠ぺいに起因するデビスベッセでの深刻な事象 (2002 年、米国)、(6) 不十分な安全文化に起因するフォルシュマークでの深刻一步手前の事象 (2006 年、スウェーデン)、(7) 設計基準を超える地震に起因する柏崎刈羽での深刻一步手前の事象 (2007 年、日本)、(8) 設計基準を超えた津波と新たな科学的知見の不反映に起因する福島第一での過酷事故 (2011 年、日本)。

謝辞

本稿は、2013年10月28日に、カリフォルニア大学バークレー校、原子力工学部のセミナーで行った筆者のスピーチに基づくもので、スピーチを聴いたワーナー・ノース (Warner North) とロバート・バドニッツ (Robert Budnitz) が論文にするよう勧めてくれた。両氏には、原稿の改良と整理に多大な協力をいただいた。筆者は、両氏と、セミナーを主催したカール・フォン・バイバー (Karl van Bibber) とジョンホン・アーン (Joonhong Ahn) に深謝する。

加えて、筆者は、特に次の論文からの評価できないほどの貴重な情報に心から感謝する：2012年の米国原子力学会委員会報告書、*福島第一の特に事故の社会的背景の綿密な説明*；エドワード・ブランフォード (Edward Blandford) とマイケル・メイ (Michael May) による2012年の米国芸術科学アカデミーの報告書、*「教訓」から学んだ教訓：事故及び未然事故後の原子力安全の進化*；そしてジョーゼフ・リーズ (Joseph Rees) の1994年の著作、*お互いが人質：スリーマイルアイランド事故後の原子力安全の変容*。

さらに、建設的かつ有益な意見を下さり、批評していただいた匿名の方々、及び日本における原子力安全問題の管理と研究を筆者とともに経験して下さった数々の専門家、特に入倉孝次郎、川上博人、スーザン・ピケット (Susan Pickett)、山内喜明の各氏に心から感謝する。

参考文献

1. IAEA 日本政府代表部「原子力安全に関する IAEA 閣僚会議に対する日本国政府の報告書－東京電力福島原子力発電所の事故について－」（2011 年 6 月 7 日）「IAEA に対する日本国政府の追加報告書－東京電力福島原子力発電所の事故について－（第 2 報）」東京、2011 年 9 月
2. IAEA 「東日本大震災及び津波による福島第一原子力発電所の事故に関する IAEA 国際専門家調査団」調査報告書、ウィーン、2011 年 6 月 16 日
3. OECD/原子力機関 (NEA) 「福島第一原子力発電所事故 OECD/NEA 原子力安全の対応と教訓」パリ、2013 年
4. 米国原子力学会 (ANS) 「福島第一:ANS 委員会報告書」イリノイ州ラグランジュ、2012 年 3 月、2012 年 6 月に改訂
5. 米国機械工学会 (ASME) 「新たな原子力構造物の鍛造:日本の原子力発電所事故を受けて設置された ASME 会長直属のタスクフォースによる報告書」ニューヨーク、2012 年 6 月
6. 米国 NRC 「21 世紀における原子炉安全性強化のための勧告:福島第一原子力発電所事故からの洞察に関する短期タスクフォースの評価」メリーランド州ロックビル、2011 年 7 月 12 日
7. 日本国会東京電力福島原子力発電所事故調査委員会「最終報告書」東京、2012 年 7 月 5 日、<http://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/3856371/naic.go.jp/en/>で英訳版が入手可能
8. 政府調査委員会「東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会報告」東京、2012 年 7 月 23 日、<http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/icanps/eng/final-report.html>で英訳版が入手可能
9. 日本再建イニシアチブ財団「福島原発事故独立検証委員会」最終報告書
<http://www.ratical.org/radiation/Fukushima/IotFDNArpt.html>で要約の英訳版が入手可能
10. 東京電力株式会社「福島原子力事故調査報告書（中間報告書）」東京、2011 年 12 月 2 日、http://www.tepco.co.jp/en/press/corp-com/release/betu11_e/images/111202e14.pdfで英訳版が入手可能
11. 原子力規制委員会「商業用原子力発電炉に係る新規制基準」、東京、2013 年 7 月 8 日、http://www.nsr.go.jp/english/e_news/data/13/0912.pdfで英訳が入手可能
12. A・ワインバーグ「科学と超科学」ミネルヴァ、1972 年 10(2):209-222
13. 東京電力株式会社「福島原子力事故調査最終報告書」、東京、2012 年 6 月、
http://www.tepco.co.jp/en/press/corp-com/release/betu12_e/images/120620e0104.pdfで英訳が入手可能
14. 東京電力株式会社「福島原子力事故の総括及び原子力安全改革プラン」、東京、2013 年 3 月 29 日、

- http://www.tepco.co.jp/en/press/corp-com/release/betu13_e/images/130329e0801.pdf
で入手可能
15. 日本国会「第164回国会衆議院予算委員会第七分科会」速記議事録、東京、2006年3月1日、<http://kokkai.ndl.go.jp/SENTAKU/syugiin/164/0037/16403010037002c.html>
で日本語版のみ入手可能（2014年6月4日に確認）
 16. フランス原子力安全局「フランスの原子力施設の補足的な安全評価」2011年12月11日
 17. IAEA 国際原子力安全諮問グループ「原子力安全の深層防護」INSAG-10；1996年
 18. 東京電力株式会社プレゼンテーション資料「福島原子力事故の総括及び原子力安全改革プラン」、東京、2013年3月29日、
http://www.tepco.co.jp/en/press/corp-com/release/betu13_e/images/130329e0802.pdf
で入手可能（2014年6月4日に確認）
 19. IAEA「原子力施設における安全文化、安全文化向上のための指針」
IAEA-TECDOC-1329、2002年12月
 20. IAEA「日本への総合規制評価サービス（IRRS）」IAEA-NSNI-IRRS-2007/01、2007年6月
 21. E・ブランフォード、M・メイ『『教訓』から学んだ教訓：事故及び未然事故後の原子力安全性の進化』アメリカ芸術科学アカデミー、アメリカアカデミーの出版物より選択、2012年
 22. R・アカヨ「デミング博士：日本に品質管理を教えたアメリカ人」ニューヨーク、サイモン&シュスター、1991年
 23. 大統領諮問委員会「スリー・マイル・アイランド事故に関する大統領委員会報告－変化の必要性：TMIの遺産」ワシントンDC、1979年10月、
http://www.threemileisland.org/virtual_museum/pdfs/188.pdfで入手可能
 24. INPO（原子力発電協会）<http://www.inpo.info/AboutUs.htm>（2014年6月4日に確認）
 25. J・リーズ「お互いが人質－スリーマイルアイランド以降の原子力安全の変化」シカゴ及びロンドン、シカゴ大学出版局、1994年
 26. 原子力安全推進協会（JANSI）<http://www.genanshin.jp/english/index.html>（2014年6月4日に確認）
 27. 米国NRC「デイビスベッセ原子炉容器蓋の腐食。タスクフォースが得た教訓の報告書」メリーランド州ロックビル、2002年、
<http://www.nrc.gov/reactors/operating/ops-experience/vessel-head-degradation/lessons-learned/lltf-report.html>
 28. 日本原子力規制委員会（NRA）http://www.nsr.go.jp/english/e_nra/（2014年6月4日に確認）
 29. 世界原子力協会「状況が原子力事象のコミュニケーションの鍵」ロンドン、2013年8

- 月 29 日、<http://www.world-nuclear.org/WNA/About-the-WNA/Announcements/>で入手可能
30. 米国 NRC「個別プラント調査プログラム：原子炉安全とプラント性能の視点から」1997 年 12 月、NUREG-1560、及び「外部事象の個別プラント調査で得られた展望」2000 年 4 月、NUREG-174
31. ヨーロッパの原子力発電所に対する「ストレステスト」
<http://www.nuclear-stress-tests.eu/en/the-enreg-specifications/part-2/recommendation-no-1.html> で入手可能
32. ノーベル財団 2001 年ノーベル経済学賞のサマリー、
http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/economic-sciences/laureates/2001/で入手可能（2014 年 6 月 4 日に確認）
33. ノーベル財団「2001 年経済学賞授賞式スピーチ」
http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/economic-sciences/laureates/2001/presentation-speech.html で入手可能（2014 年 6 月 4 日に確認）
34. S. Szczelkum「コミュニケーション的行動理論のサマリー」2003 年 8 月 8 日、
<http://csudh.edu/dearhabermas/publsbm01.htm> で入手可能（2014 年 6 月 4 日に確認）
35. 中部電力株式会社
http://www.chuden.co.jp/energy/hamaoka/hama_pickup/trial/index.html で入手可能（日本語版のみ）、世界原子力ニュース
<http://www.world-nuclear-news.org/newsarticle.aspx?id=14292&LangType=2057> で入手可能（要約のみ）（2014 年 6 月 4 日に確認）
36. H・サイモン「人工物の科学」第 3 版、ロンドン、MIT 出版、1999 年
37. C・ペロー「福島と事故の不可避性：原子力科学者会報 2011 年」：67（6）：44-52