

論 説

東京電力福島第一原子力発電所事故の遠因を探る

慈 道 裕 治

目 次

1. 課題の概観
 2. 産業技術としての原子炉
 3. 生産技術としての原子炉
 4. 原子力技術と情報
- おわりに

1. 課題の概観

本稿は、日本の原子力発電（以下、原発）の安全性に関する問題の所在を歴史的経緯において探求することを目指すものであるが、検討すべき要因は多岐にわたる。本稿では主として安全情報や環境汚染にかかわる情報がどのように扱われたか、また扱われるべきかについて、技術論の観点から検討しようとするものである。そのことを通して東京電力福島第一原子力発電所事故（3.11事故）の遠因を探究しようとするものである。その際、2000年代に入って生じる東電問題に端を発する一連の不祥事に注目し、日本の原発が順調に推移したとされる80年代前後から2000年代にかけての時期に重点を置いて本稿の課題を扱う。最初に70年代から2000年代にかけての原発の経緯を概観し、その上で本稿の課題を整理する。

(1) 技術導入から国産化へ（1966年～1997年）「世界トップ水準」との「自己評価」の形成¹⁾

日本の原子力発電は、アメリカの原子炉メーカーであるGE社とWH社との「ターンキー契約」方式によって、1966年に東京電力、関西電力が発電所建設に着手することで本格的な実用化への道を開始した。核燃料に関しては日米原子力協定（1968年）によって計画中及び計画予定中の原子炉に対する核燃料供給が保証され、原子炉技術および核燃料ともアメリカに依存する形で原子力発電は開始された。その後、原子炉機器部品の国産化、それに伴う技術改良、改良型原子炉の開発、次いで技術輸出に向けて国際化を目指すという戦後日本の産業技術が歩んだ特徴的パターンを示している。1975年資料によれば、国産比率は93%に達しているとき

1) 原子力産業の時代区分については、吉岡斉『新版原子力の社会史—その日本的展開—』では次の時代区分が示されている。第1期 戦時研究から禁止・休眠の時代（1939～53）、第2期 制度化と試行錯誤の時代（1954～65）、第3期 テイクオフと諸問題噴出の時代（1966～79）、第4期 安定成長と民営化の時代（1980～94）、第5期 事故・事件の続発と開発低迷の時代（1995～2010）、第6期 原子力開発利用斜陽化の時代（2011～）。

れている²⁾。BWR (沸騰水型原子炉) でみれば、第一次改良標準化計画 (1975 年から 1977 年)、第 2 次改良標準化計画 (1978 ~ 1980)、第 3 次改良標準化計画 (1981 ~ 1985) が進められ、第 3 次計画の中で「改良型 BWR」が開発され、東電柏崎発電所 6、7 号機で採用される。これらの改良標準化計画遂行の過程で、初期トラブルによる稼働率低迷の状態を脱し、1980 年代には 80% 前後の国際的にも高い稼働率を達成するようになる。

1980 年代には低い事故率と高い稼働率で国際的評価を高め、原子力産業会議等において「技術水準の国際的な高さ」を誇るに至っている。原子力産業会議副会長の宅間正男氏は 80 年代について次のように述べる³⁾。

「このため初期故障を一刻も早く克服し、軽水炉発電技術の安全性・信頼性を向上させ、国内自主技術としての定着が急がれることとなり、産・官・学挙げての協力の下に 1975 年から 1985 年にかけての 10 年間、3 次にわたって「軽水炉改良標準化計画」が展開された。この中で、従来米国技術に依存していた軽水炉にわが国の技術伝統や技術管理システムおよびわが国の研究・技術開発成果を適用して、いわば「日本の標準型軽水炉」へと育てていった。その成果が次第に、故障率低減、利用率向上、作業員線量減少などで世界トップレベルの運転実績となって表れ、さらに BWR (沸騰水型原子炉) ユーザー・メーカーの国際的な共同作業による改良型沸騰水炉 (ABWR) として結実し、世界最初の炉として東京電力の柏崎刈羽 6・7 号機 (各 136.5 万キロワット、1996、97 年運転開始) が建設されたのである。」

この時期は本稿の視点ではさらに二つの時期にわけることができる。その区分はおおよそであるが、1966 年から 1973 年頃とそれ以後である。技術導入による第一期の建設計画が実施され 1970 年に本格的な原子力発電が開始される。それにつづいて、計画中の原発の建設が続くと同時に、福島第二原子力発電所建設計画など日本的な集中立地が本格する。ところが、1971 年アメリカで実施された緊急炉心冷却装置 (ECCS) の実証実験が成功しなかったことなどで、原発の安全性への関心がたかまり、原発立地が困難な状況が生じてくる。1973 年には後述するように、福島第二原子力発電所の立地を巡って、初めての公聴会が開催されるに至る。このような状況を受けて、推進側の原子力産業会議でも、今後の原発の計画的推進への危惧が表明される。1973 年原子力産業会議年次総会の冒頭の「エネルギー危機の中の原子力開発」では安全性問題について次のように述べる⁴⁾。

「一昨年来、原子力発電所の安全性そのものについて、外国特にアメリカにおける出来事に刺激され、また大規模施設の集中に伴う環境への影響についての危惧が、地元住民の間から提

2) 「最近建設されている軽水炉プラントでは、総合計画、プラント設計、原子炉系、タービン、発電機などについてもほとんど国産品が採用され、国産比率は 93% に達している」、綿森力「軽水炉の自主技術確立上の問題点」『原子力工業』、21 巻 (1975 年) 10 号、26 ページ。

3) 宅間正男「わが国原子力発電の歩み」、放射線教育 Vol.9, No.1

4) 『第 21 回通常総会 原産の活動と計画』日本原子力産業会議、1973 年 5 月、2 ページ。

起されるに及んで、かなり全国的に原子力発電の大規模開発に対する批判的な動きとなって現われ、その結果、その立地の確保は、いままさに厳しい困難に直面している。……この点アメリカでの ECCS 欠陥問題や燃料破損事故といった軽水炉の安全設計に対する問題提起が大きく影響していることも事実だが、一面原子力発電そのものに、あらかじめ国としての新に長期的でかつ国民に信頼感を与える「ビジョン」の不足に、その原因があったことは否定できない。ここに、われわれは、自主技術開発の重要性をあらためて見直し、このような自戒の上に立って、我が国の将来エネルギーのホープとしての原子力開発に対し、問題点とその解決策を明示することによって国民のコンセンサスを今一度作り直す必要があると痛感する。」

(2) 国際的な安全規制の転換（1978年～1990年） 国際的潮流からの乖離

1978年のアメリカ TMI 原発事故と 1986年ソ連チェルノブイリ原発事故を契機として国際的には安全対策が質的転換を遂げる。設計時の想定を超えて事故が生じる可能性を考慮し、またヒューマンエラーを含む多重的な要因が複合的に関連することで重大事故にいたる可能性を考慮する方向に向かう。それを代表するのが「シビアアクシデント（過酷事故）」対策であり、原子炉のシステムに内在するリスクを多面的に評価し、重大事故にいたるのを防ぐ「アクシデント・マネジメント（AM）」体制を構築する方向に向かう。欧米諸国の過酷事故対策は TMI 事故後格段の前進を見ている。アメリカでは 1985年「過酷事故政策声明」が出され、個別プラントの確率論的安全評価を実施し、過酷事故に対するぜい弱性を発見するとともに改善が求められた。「格納容器性能改善プログラム」、「全交流電源喪失に関する規制」等が実施されている。NRC（原子力規制委員会）は「どこまで安全なら十分安全といえるか、How safe is safe enough?」を問い、1986年に、公衆に対する受容可能なリスクの定量的な抑制水準の声明を出し、炉心損傷頻度および早期大規模放出頻度の限度を定めた。フランスでは、1977年にはすでに許容できない影響を与える事象の発生確率を 10^{-6} /年以下に抑えることを定めた。フランス電力庁は原子炉の事故評価を行った結果、この基準が達成できないとして、リスク低減のための設備変更と手順書整備を要請した⁵⁾。

国際原子力安全機関（IAEA）は 1986年「チェルノブイリ事故の事故後検討会議の概要報告（INSAG-1）」を出し、「安全文化」の転換を呼びかけた⁶⁾。その後、1991年には「安全文化評価の視点」（INSAG-4）、1999年には品質保証のための安全マネジメントシステム（INSAG-13）、2005年には安全、品質、経済性、健康、環境等を総合的に管理する「総合マネジメントシステム」の提起と、随時、専門家による報告書を提出し、安全重視の組織文化構築を呼び掛けて

5) 西脇由弘「我が国のシビアアクシデント対策の変遷—原子力規制はどこで間違ったか—」『原子力 eye』、2012年9・10月号。

6) IAEA, International Nuclear Safety Advisory Group (INSAG)

いる。

1970 年代前後では、ECCS の信頼性実験など、安全措置上重要な機器類の機能性に関する議論が中心であったが、TMI 事故を契機として安全対策は、システム全体のリスク評価を行い、重大事故にいたるリスク要因の生起確率を大幅に低減させることで、実質的に事故をなくす対策へと進んでいる。そのための手法として「確率論的安全評価、Probabilistic Safety Assessment (PSA)」の手法が採用され、重大事故が生じる確率の低減化を図っている。欧米諸国はこれらの対策とともに安全研究を進め、1980 年代にほぼ一連の研究を終えている。ところがこの時期、日本では上述したように、日本の技術水準は高いと自己評価し、これらの対策において国際水準から大きく立ち遅れる。

(3) 事故・事件の多発 (1995 年～)

1990 年代中頃から、1995 年に起こった高速増殖炉「もんじゅ」事故、1999 年 JCO の核燃料処理工場での臨界事故と重大事故が発生するようになる。JCO 事故では、処理に当たった作業員が大量被ばくによって死亡し、東海村は住民に対して避難措置をとるに至った。2000 年代に入ると、2002 年の「東電問題」を契機に、各電力会社における事故や定期検査、自主検査時における報告の不備、点検漏れ、データの改ざんなどの実態が表面化する。2004 年には関西電力美浜 3 号機で蒸気配管破損事故が生じ 5 人が熱湯を浴び死亡する事故が起こっている。二次冷却水の流出事故であり、原子炉本体の事故ではないが炉心冷却系に影響を与える危険性はあった。こうした事態を受けて通産省原子力安全・保安院は原子力発電所の総点検を行った⁷⁾。2010 年には中国電力島根原発で 506 件の点検漏れ(その中には安全上重要な箇所も含まれていた)が発覚するなど、電力会社の安全対策の信頼性に疑問符が付く事件・事故(以下、「不備不正問題」)が多発した。その結果、長期に原子炉が停止し、原子力発電の稼働率は低迷することになる⁸⁾。

2002 年の「東電問題」とは、東京電力福島第一、第二、柏崎刈羽原子力発電所で 13 基の原子炉自主点検結果で発見された炉内のひび割れや工具の置き忘れなどの異常事象を政府の報告書に記載しなかった件について、点検に当たった GE インタナショナルの技術者が 2000 年に経産省に対して内部告発することで発覚した事件である。GE の証拠提示で全容が明らかになり、2002 年に公表された⁹⁾。東電の調査への非協力が問題となり歴代社長が引責辞任し、当該原子炉の長期の運転停止、プルサーマル実験(プルトニウムを燃料として利用する実験)の中止となった。さらに、福島第一原発で格納容器の密閉性検査において「格納容器漏えい率」デー

7) 経済産業省原子力安全・保安院「発電設備の総点検の評価と今後の対応について」、2007 年 5 月。

8) これに対して、アメリカでは 80 年代 60% 台であったが 200 年代には 90% 台へと上昇している。

9) 原子力安全・保安院「原子力発電所の検査・点検等の不正問題の概要」、2012 年 12 月。

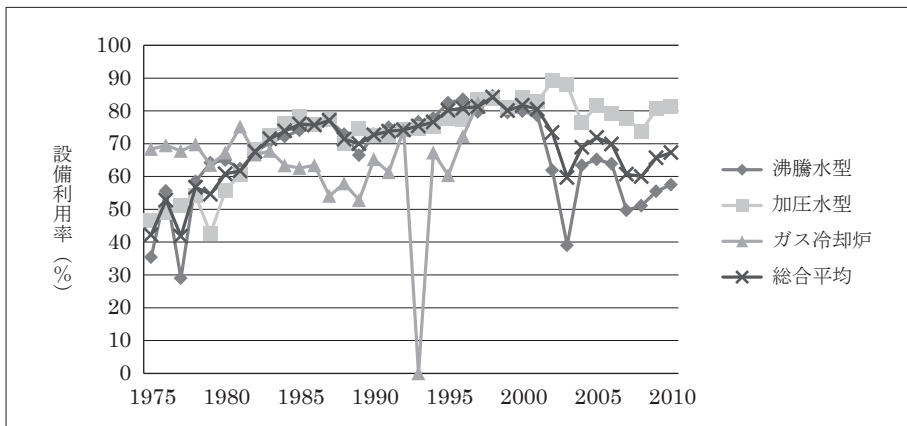
タの偽装が発覚している¹⁰⁾。

こうした事態を受けて、福島第一原発事故の直前に当たる2011年2月15日、日本原子力産業協会は「我が国原子力発電所稼働率低迷問題と今後の課題」を出し、60%台で低迷する稼働率では、①環境面・国民経済に多大な損害を及ぼし、②海外展開に悪影響を及ぼすとして次の点を課題とした¹¹⁾。その一つの柱として、産業界・事業者－規制者間の「相互信頼に基づくオープンな議論」を立て、「双方の問題認識と達成すべき目標を共有」し、「科学的・合理的判断を迫る」こと、第二の柱に、従来からの課題である立地地域住民・国民の「規制に対する信頼性向上と安心感の醸成」をあげている。

ここで注目すべき点は、国民との間の信頼性醸成の課題とともに、産業界・事業者と規制者との間の「相互信頼に基づくオープンな議論」を挙げていることである。80年代から90年代にかけて国際的に取り組まれた安全規制の新たな検証への取り組みで大幅に立ち遅れたことが、国民との信頼関係を構築できなかっただけでなく、推進当事者間での信頼関係にも齟齬をきたす事態を招いていたことを伺わせるものである。その背景には、本論で述べるところであるが、原発の重大事故にかかわるリスク要因を徹底して排除するための安全性研究と、それにもとづく改善措置の蓄積、その結果に基づいて原発の是非に関する評価を推進機関から独立して判断することのできる体制を築いてこなかった原子力行政の欠陥がある。本稿では背景にある問題を原子力行政の面から見るのではなく、生産技術としての原子炉の技術情報が有する社

図 原子力発電所炉型別設備利用率推移

出典 原子力安全基盤機構、原子力施設・運転管理年報（平成23年版）、P.36より作成



10) 「東京電力福島第一原子力発電所1号機において、平成3年および4年の定期検査における格納容器漏えい率検査において、不正な圧縮空気の格納容器内への注入などが行われた結果、検査が適正に行われなかったもの」、原子力安全保安部会2002年第12回資料「原子力発電所の検査点検等の不正問題概要」。この結果、1号機は1年間の運転停止となった。

11) 日本原子力産業協会「わが国の原子力発電所稼働率の低迷と今後の課題」、2011年2月15日。

会的特性を検討するところから不備不正問題に接近し、3.11 事故の遠因を探ることとする¹²⁾。

(4) 産業技術史からみた原発問題

日本の原発が技術導入にはじまり国産化への道をたどったことを見たが、技術導入＝安全対策の確立ではないことが歴史的に示されている¹³⁾。技術導入によって安全対策が付随することはなく、独自の対策によって安全性は得られるのであり、日本の安全対策の歴史的検証が必要である。

さらに、3.11 事故の探求に当たって、本稿の主要テーマではないが、1980 年代に国際水準から見てトップに達したとの評価を形成しながら、2000 年代に入って産業成長上の困難が表面化した点で、自動車産業やエレクトロニクス産業との傾向的類似性に筆者は注目している。産業成長上の傾向にかかわる直接的要因はそれぞれの産業に起因するものであろうが、時代的傾向における類似性にはさらに深い日本社会に共通する要因があることを推定させる。

(5) 核不拡散体制と原子炉技術

さらに付け加えると、核燃料再処理に伴うプルトニウムを始めとする核物質の管理問題は核不拡散条約のもとで国際管理のテーマであり、再処理問題は日米原子力協定の管理下であり同時に NPT の管理下にある。1968 年の日米原子力協定によって建設中・計画中、さらには予定されている国内原子炉への核燃料の供給が保障されることで本格化した日本の原子力産業はとりわけ NPT 問題を通して日米の政治的関係のもとにおかれることになる。さらに 1978 年の日本の NPT 批准を経て、1988 年に改定された日米原子力協定ではカーター政権の NPT 政策のもとでプルトニウム管理が重要な日米間及び国際政治的課題となった。それだけに日本国内におけるエネルギー政策及び安全性を徹底するには、独自に安全性を確保するための自主的な取り組みが重要であった。

(6) 技術システム移行論

一般論であるが、技術システムは何らかの限界点に達し新しいシステムへの移行を図る。生産と製品との間で市場を介して生じるサイクルについては Utterback の「ドミナントデザ

12) 筆者は「遠因」の検討に関して、推進側の研究に注目した。本稿では次の文献に注目する。西脇由弘「我が国のシビアアクシデント対策の変遷—原子力規制はどこで間違ったか—」『原子力 eye』、2012 年 9・10 月号。宮野廣（日本原子力学会標準委員会委員長）「原子力発電所の震災—事故の遠因とこれからの取り組み—」日本原子力学会「福島第一原子力発電事故に関する特別シンポジウム」資料、2011 年 9 月 11 日。

13) 技術導入と安全確保策とは別個のものであり、技術の導入・吸収・消化の過程で独自に確立を必要とするものであることは歴史的事例が示している。例えば、X 装置の導入と放射線障害事故の発生例、館野之男『放射線と人間』（岩波新書、1974 年）「4. 安全な放射量とは」参照。

イン論¹⁴⁾や Abernathy の「脱成熟論」¹⁵⁾がある。また公害・環境問題では「処理施設の内包化」による製法転換、原料転換を通じた技術システムの転換がある¹⁶⁾。「処理施設の内包化」とは過大化した処理施設を不必要とするような原料や製法へと転換することで汚染処理対策とともに生産性の向上を図るものである。これらは既存技術が市場的あるいは社会的に淘汰される（進化する）プロセスを述べたものである。原子力発電における軽水炉技術の一つの製法としてみると、後述するように安全性確保のために5層に及ぶ防護（深層防護）を必要とし、巨大な核燃料サイクル施設を必要とする。つまり、軽水炉はそのコア部分において安定性に欠け、かつ膨大な非生産的な後処理工程を必要とする技術システムである。かりに既存技術と同列にみれば原発技術はすでに製法転換がはかられていいはずのものであるが、安全で安定した製法として確立するために必要な装置・措置が巨大であり、国家的プロジェクトを必要とするために一端開始すると離脱するのが困難な技術になっている。システムそれ自体として安定性の高い高温ガス炉や熔融塩炉、核燃料サイクルが簡素化されるトリウムサイクルの利用などの代替案、さらには脱原発などの方策が提案されているが、原発にあっては移行障壁は極めて高く、国家的プロジェクトがかかわる巨大技術に関しては、技術の市場的淘汰や公害問題での社会的淘汰を超える政策選択のプロセスを必要としている。そこで問われるのが、本質的テーマである「安全性基準」あるいは「技術の社会的受容基準」に関する理論構築である。

(7) 本稿の課題

以上、技術論にかかわるいくつかの視点から 3.11 事故にいたる経緯に内在する解明すべきテーマを指摘した。本稿では、冒頭で述べたところであるが、1980 年代における国際的に高い水準にあるとの自己評価から 2000 年代における低迷状況に陥るところに、3.11 事故の遠因を探る重要なカギがあると考えこの点を重視した。本論で述べるところであるが、原子炉技術にあっては安全性が生産的機能と一体的であり、生産過程で生成する技術情報が狭義の生産性に寄与することにとどまらず、安全性構築のための社会的な情報としてシステム化すること（公開性）が必須の要件であるとの視点に立って、2000 年代の低迷が意味するところを解明することを試みる¹⁷⁾。そのテーマにそって、原子力発電における原子炉の技術論の構築を試みる。

14) James M. Utterback, *Mastering the Dynamics of Innovation*, Harvard Business School Press, 1994. 大津正和, 小川進訳『イノベーション・ダイナミクス』有斐閣, 1998.

15) William J. Abernathy, Kim B. Clark, Alan M. Kantrow, "Industrial Renaissance Producing a Competitive Future for America", Basic Books Inc., 1983. 邦訳, W. アバナシー, K. クラーク, A. カントロウ, 日本興業銀行産業調査部訳, 望月嘉幸監訳, 『インダストリアル・ルネサンス—脱成熟化時代へ』, TBS プリタニカ, 1984 年。

16) 佐伯康治編著『化学プロセスのクローズドシステム』工業調査会, 1979 年。

17) 吉岡斉は前掲書において、「原子力三原則」は政策論のガイドラインとして有効に機能してこなかったとして、「公開」原則については「企業の秘密保護の原則と抵触している」(79 ページ)としている。「三原則」はその成立過程が示すように著者も述べるところであるが、基礎科学や国立研究機関の理念をもとに提起さ

2. 産業技術としての原子炉

(1) 電力技術の特質

原子炉は発電所における下部システムであり商品としての電力生産の一機構である。その限りでは火力も原子力も違いはない。電圧や周波数が変動し安定性に欠けた時代を除けば、消費者にとって電力商品の価格は問題となっても品質を問うことはほとんどない。しかも日本の電力産業は地域独占的であり市場機能は働かない。そのために、放射能漏えい事故が生じない限り消費者が電力商品の生産過程に関心を持つことはほとんどない。自動車やエレクトロニクス産業など耐久消費財産業にあつては商品の品質と価格は絶えず消費者の批判の目にさらされており、価格と品質を巡る企業間競争も激しく、生産過程の解明は学術的にも広く深く進められてきた。しかし、原子力発電所における電力商品の生産過程は、原子力工学的な高度な専門的研究の対象ではあつても、技術論としての解明は本格的になされることは少なかった¹⁸⁾。原子炉の安全性については、肯定的であれ、批判的であれ、多くの場合原子炉工学的視点での解明や放射能の「許容基準」の評価に重点が置かれてきておりもとよりその重要性は言うまでもない。事故の解析や大規模地震（阪神淡路地震、中越沖地震等）の際の耐震設計基準の吟味、被害状況の解析などの蓄積が 3.11 事故の解明において重要な役割を果たしている。他方で、事後的議論ではあるが、3.11 事故のような大災害を事前に防ぐために原発の現状への社会的関心を持続的に維持し安全確保に向けて社会参加を促す社会的活動は欠かせないものであつて、それは専門的批判のみでは不十分である。本稿が扱う技術情報のネットワーク形成と社会における情報・コミュニケーション機能との連動など、情報社会にふさわしい市場的機能に代わる措置が必要である。

(2) 原子炉技術の特質

産業技術として原子炉を位置づけるとはどのようなことか。順序に特に意味はないが、第一には、生産から流通、消費からなる生産の社会的循環に位置付けて技術を考察することであり、第二に、原子炉装置の製造にかかわる産業連関的位置づけにおいて原子炉を考察することであり、第三には、原材料の生産から廃棄にいたる物質循環の過程に位置付けて考察することである。上に述べた電力商品の特質は第一の点に関することであり、第二の点は原子力産業業界内

れたものであり、原子力産業の進展に則して具体化が必要であつた。本稿では安全性にかかわる情報の「公開性」の意味を吟味する。

18) 発電所における電力と蒸気動力との関係については、社会的動力生産における電力の位置付けを巡って技術史分野での「動力史論争」がある。中村静治『技術論論争史 上』、青木書店、1975年、IX「技術の内的発達法則について」参照。拙稿「科学者に問われるもの—日本科学史学会技術史分科会・科学論技術論研究会合同研究会「原子力問題シンポジウム」から—」『季論 21』2012年夏号、78-92ページ。

部に属し、第三の点はいわゆる「核燃料サイクル」の課題である。社会的安全性の課題は、通常は商品の品質問題や環境汚染の問題であり、事の上しあしは別として従来型産業にあっては商品の普及に付随して問題となり、社会的成長とともにその位置づけが高まるという事後的段階的に扱われてきた。ところが原子力発電にあっては、後述するように安全性が原子炉の生産性の内的要因をなしており、特に放射能汚染の特質—汚染の広がり、許容基準に関する社会的受容を巡る困難さ、汚染地域の現状回復の困難さなど—のために、安全性要因が生産性を規定する技術的必然性をもっている。卑近な例では、先に述べたように安全性にかかわる事件、事故により長期に原子炉が停止され、稼働率が低迷するという事態が、日本では2000年代に発生している¹⁹⁾。安全性問題が生産性を制限しているのである。そのことが先に紹介した日本原子力協会の「原子力発電所稼働率問題」に示される危機意識をもたらしている。

(3) 情動的連関

一般的にみれば、消費財産業の場合、生産過程における技術的な情報は商品の品質・価格、需給関係などに付随して社会に流通する。時にはリコール問題や消費者センター等の品質検査などによって技術情報は批判的分析を通して高度化する可能性を持っている。また、企業経営において、製品や生産の革新など経営革新を進める上で技術情報は組織的に扱われる必須の情報である。そのことによって取引関係を通して技術情報のネットワークが構築される。情報の有効性は、技術情報の技術性によって決まるのではなくて、組織的な活用の仕方によって左右され、情報の組織外に広がるネットワークの有効性によって左右される。生産過程における技術情報は生産の手段的なハードウェアだけに限定されない。工程的な作業や管理的な作業を通して多くの経験的情報が蓄積される。しかしそれらはそれ自体として有効性を持つわけではない。情報の有効性が情報の「生産性」を示すとすれば、情報の生産性は組織に依存し、社会的な情報ネットワークに依存する²⁰⁾。

若干わき道にそれるが、この観点でクリステンセンの「イノベーション・ジレンマ」²¹⁾を解釈すれば、イノベーション・ジレンマとは、企業が構築するヴァリューネットワークに含まれる情報が成功時には生産的であったが、ネットワークの固定化とともに生産性が低下し、しか

19) 戒能一成「原子力発電所の稼働率・トラブル発生に関する日米比較分析」, 経済産業研究所, Discussion Paper Series 09-J-035, 2009年12月。日米間の稼働率の差の最大の要因は「予防・保全対策工事・不正問題」にあり、その原因は「トラブル」にあるとしている。29ページ。

20) 藤本隆弘『生産システムの進化論』有斐閣, 1998年, 著者は「情報システムとしての開発・生産・消費システム」を論じ、「一般に開発と生産で製品の競争力に貢献する要素として情報発信の効率（生産性）、受信の効率（納期）、そして製品に体化した情報の質（品質）の三つの次元で捉えることができる」とする。さらに競争力は「市場や消費空間でその製品が発する情報の束（メッセージ）が、消費者を魅きつけかつ満足させる度合いのこと」としている（32ページ）。電力の場合品質機能が働かず、原発の場合には安全性情報が上記情報にとって代わることになる。

21) Clayton M. Christensen, “The Innovator’s Dilemma”, Harper Collins Publishing, 2000.

も組織内に種々の形で存在する情報の流通・活用が既存のネットワーク内に限定され、新たなネットワーク形成が阻害されることで、新たな生産性を獲得し得ない状況に陥った状態ということになる。

ここで情動的連関を取り上げたのは、原子炉における工学的情報、運転作業に伴う経験的情報が狭義の生産性に寄与し得ているかどうかは、電力企業にとって重要なことであるが、生産性と表裏をなす安全性視点での情報の活用がどこまで行われているか、ここでいう情報の生産性（安全性視点での）を高めることができるか否かを解きたいからである。消費者との市場的ネットワークを持たず、狭義の品質批判も出ない産業において、社会的に開かれた情報ネットワークの構築はいかに可能か。安全性問題が企業内の狭い関心にとどまる限り、情報の生産性は高まらない。ここで問われているのは安全情報の生産性である。IAEA が 1980 年代から開始した「安全文化」の構築は、いかにして安全情報の生産性を高めることができるかというテーマへの組織的なアプローチ法の開拓と定着を目指すものである（後述）。日本の原子力業界が 80 年代に国際的にトップ水準と自己評価したのは、原子力発電の経済的な生産性（狭義の生産性）の高さに自己満足したものであって独自の安全性構築のテーマを軽視あるいは度外視した自己評価である。独自の安全性構築による新たな組織や社会的な情報ネットワークに依存した情報の生産性を社会的に形成された生産性（安全性を内包化した生産性）とすれば、両者間の乖離が問われている。そこには、90 年代から 2000 年代にかけて日本の成長産業に共通するテーマがあるのではないかというのが筆者のもう一つの関心事である。

3. 生産技術としての原子炉

(1) 生産機能と安全機能との一体性

原子炉技術を原子力発電所の生産過程における技術としてみると、熱生産炉の技術である。発電所における原子炉（軽水炉）は熱交換と冷却水の循環を通して発電装置と一体的に結合され、発電技術の一部を構成するが、原子炉自体は核反応を利用した熱生産炉である^{22), 23)}。軽水炉にあっては冷却水の循環を通して熱交換がおこなわれ、また核反応の安定制御がおこなわれている。原子核反応による熱生産では核反応の安定的維持機能は生産的機能であるとともに狭義の安全性機能でもあり、原子炉内での技術としてみれば安定制御は次のように成り立っている

22) 藤本陽一・依田洋「発電炉事故の災害評価」『原子力発電の安全性』原子力安全問題研究会編、岩波書店、1975 年、著者は次のように述べる。「原子力発電システムのもつポジティブな側面（条件）とともに、“原子力発電所周辺住民の安全”をおびやかすというネガティブな側面（条件）は、たがいに相補的かつ本質的条件を形成している」、52 ページ。

23) 1955 年当時、学会会議を中心に基礎科学としての原子核研究のあり方を議論している時期に、すでにその領域を越えて原子核工学的研究を必要とする原子炉の導入が政治的課題として提起されたことになる。1960 年代の中頃には実用炉の導入へと進むことになる。つまり「技術」として進行しつつある事態に、学会会議は「科学」の問題として対置したことになる。

る。①核反応における自己制御性（暴走しない反応領域の存在）、②原子炉装置内部において、核物質を閉じ込め安定的に熱エネルギーを取得し得るような自己制御性、③以上の自己制御性が破れた場合（冷却材喪失などの重大事故）、反応を止め、核物質を閉じ込め、冷却し続け冷温停止へと向かわせる自己制御性、④重大事故時において、運転系を含めて安定状態への収束を保障するマン・マシンシステムの存在が基本となる。いわば、高度の自己制御性を有する原子炉の装置体系に対して原子炉ごとの中央制御室による運転管理が行われ、発電所としての生産全体に対する技術的管理が行われている。

この基本システムは次のように構成されている。核反応現象や核反応下での材料物性的現象、熱力学的・流体力学的現象（対象的自然現象）を原子炉内の工学的過程として制御し得るように設計された原子炉装置類（労働手段）からなり、中央制御室における自動制御を基本として、人的に運転管理されているのが原子炉である。さらに発電所全体としての生産工程の技術的管理が行われる。原子炉技術は、原子炉とそれに付属する施設および中央制御系から成る労働手段の体系の中に工学的過程と対象的自然の過程が内包されており、集約的にいえば原子力発電所における熱生産としての原子炉系の労働手段の体系である。それを基盤にして運転及び技術的管理の系が成り立ち、そこに労働を通して多くの技術的情報が発生する。この点について、藤本陽一、依田洋は次のように述べる。「われわれの対象とする問題の構造は、①原子力発電システムの運転という人間の労働ないしは生産活動、②その結果引き起こされる物理的・化学的变化、そして③その物理的・化学的变化がもたらす社会的影響、とに分解できる」²⁴⁾。そこには後述するように安全性にかかわる多くの情報を含み、原子炉の安全性を確立するためには、これらの情報が生産性を高めるための独自に情報が組織される過程を必要とする。電力会社が安全管理確保の情報として系統的に蓄積し、作業工程への還元が行われる独自のシステムを有するか否かは安全対策上重要な点である。

他方で、これらの情報が社会的な観察過程で吸収され、企業内情報とは異なった観点で再組織されるとき、科学性の高い情報として、再び生産過程に還元される。このような技術情報の組織内還元と社会的還元のプロセスが原子力発電の場合いかなるものであったかを解明することは、原子力発電の評価そのものとは別に3.11事故の遠因を解明するために避けられない課題である。

(2) 安全機能の独自性 「過酷事故」対策と「深層防護」

安全性機能なしには生産的機能が意味をなさないという点で両者は一体的であるが、原子炉事故における冷却材喪失事故（LOCA）のような重大事故の場合、炉を冷温停止に移行させる

24) 藤本陽一、依田洋、前掲論文、52 ページ。

ための独自の装置と措置が必要となる。福島第一原発事故の場合、この独自の安全装置が、ある場合は起動しながら最終的には炉心溶融にまで至っており、生産時におけるシステムの技術的管理とはまったく事情を異にする状況下での管理が求められる。運転管理は基本的に自動化された装置技術に共通する計器運転であり、炉内で異常事態が発生しても計器が示す数値を通してしか状況は把握し得ない。そのために、過去の事故例が示すように異常時に操作ミスが発生する。しかしそれはミスというよりも確定的な状況把握ができないころから来る一種の試行錯誤であり避けられない面がある。そのような可能性を含めて、異常事態から正常状態へあるいは冷温停止に向けた短時間に確実に運用可能な安全管理（運転マニュアル）が求められるのである。生産時のシステム管理を「正常時システム管理」とすれば、いわば「異常時システム管理」が求められるのであり、通常の運転管理に付随する類のものではない。

そのことが明確にされるのが TMI 事故であり、チェルノブイリ事故であり、それに伴う安全措置の抜本的見直しが求められたのである。この時の見直しで特徴的な点は「過酷事故」の発生を想定し、「深層防護」の徹底を提起したことである。「過酷事故」とは、設計基準事象を大幅に超える事象であって、設計上考えられている設備や操作内では炉心の冷却や制御ができなくなり、その結果炉心の重大な損傷（溶融など）に至る事象であり、常識的な言い方をすれば「想定外事故」である。「想定外事故を想定すること」を安全措置に取りこむことを必須の課題としたのである²⁵⁾。さらに過酷事故対策として「深層防護（defense in depth）」に基づく対策を要請した。深層防護とは次の 5 層から成る異常及び事故対策である。

- ① 異常の発生防止 安全上余裕のある設計、誤操作などの防止、定期的検査による異常の発見。
- ② 異常の拡大防止 運転停止による異常の拡大を阻止する。
- ③ 事故の発生を想定し影響緩和のための設備の設置 放射性物質を冷やし、閉じ込めることと外部への影響を阻止する
- ④ アクシデントマネジメント 「冷やし」「閉じ込め」が破られる危険性が生じた場合（過酷事故）の影響を緩和する策
- ⑤ 防災対策 放射能が外部に放出される危険性が生じた場合の防災対策

以上の 5 層の防護の内 3 層までで異常事態を食い止めることができるとするのが設計時に想定された安全対策である。これを超える可能性を想定し、最終的には避難を含めた防災対策までを事前に整備する事を要請するのが深層防護の考え方である。ところが日本の電力業界にとって、設計で想定された事故対策への措置がなされ、それによって設置が認可され、設計通

25) たとえば、IAEA INSAGS3, 「19. 目標：原子力発電所内の事故を高い信頼性を持って防ぐこと；発電所の設計段階で考慮される全ての事故に対し、また、発生確率が極めて低い事故に対して、万一放射線影響が生じる場合は、それが重大なものではないことを確かめること；深刻な放射線影響を伴うようなシビアアクシデントの可能性は極めて小さいことを確認すること。」

り建設され管理されているから安全であると立地自治体や住民に説明し、また自らそれで安全としてきたことから、「過酷事故」対策を求められること自体が「想定外」であった。

(3) 日本における「過酷事故」対策

日本でも IAEA や欧米諸国の動向を受けて過酷事故対策に着手する。この点について、西脇由弘著「我が国のシビアアクシデント対策の変遷—原子力規制はどこで間違ったか—」をもとに対策状況を見ることにする²⁶⁾。著者は1979年に通産省に入省して以来一貫して資源エネルギー庁で原子力行政にあたってきており、電力事業体内部ではないが、推進体制の内部から見たシビアアクシデント対策の分析となっている。ここでの一つのポイントは、原子力行政が設計基準内事象と設計基準外事象との間に明確な境界を引いていた点である。その境界線は行政機構としては資源エネルギー庁と科学技術庁との間の境界である。その間で権限争いが生じ、境界をますます固める方向に向かうのである。TMI 事故後、原子力委員会の中の安全専門審査会に、「TMI 事故調査特別委員会」が設置され、1979年5月第一次報告が出され、次いで9月には52項目の改善点を含む第二次報告書が出される。ここで注目される点は、設計基準を超える領域については、研究課題として科学技術庁の所管とされたとして西脇は次のように述べる。

「安全研究は、炉規制の規制範囲を超える予算の調整を背景として、エネ庁では行いえないものとされていた。安全研究だけでなく、エネ庁が実施していた実証試験や確証試験なども、試験条件は設計基準内に限定されていた。TMI 事故は、設計基準事象を超え、炉心損傷に至ったものであり、もとより事故は、設計基準内とその外に分けて進展するものではない。エネ庁と科技庁の権限争議が TMI 事故の教訓を十分に生かしきれなかった原因の一つであるといわざるを得ない。エネ庁も、電気事業法による規制を行っていたことから、物が健全であれば安全であるという構造強度に偏った規制から脱却できず、機能性能に重点を置かないままでどまり、この傾向は現在まで続いている」²⁷⁾。

また次のような事情も指摘されている。規制の一貫化により、原子炉設置許可取消訴訟もエネ庁に所管され、折しも伊方発電所の訴訟が激しく争われており、安全研究をエネ庁が実施することは、炉規法の安全の考え方、すなわち設計基準内で安全を確保するという基本設計の思想を覆すことにつながるために、資源エネルギー庁は過酷事故対策を自らの領域とすることに消極的になるのである。

チェルノブイリ事故後の対策としては、通産省は1986年8月に「セイフティ21計画」を省議決定し、「過酷事故の原子炉の挙動に関する解析的研究、確率論的手法を用いた原子炉の

26) 西脇，前掲論文。

27) 西脇，2 ページ。

挙動研究」や緊急事故拡大予測システム、緊急時の運転マニュアル等の充実を挙げている。この時点で過酷事故対策研究は緊急事故拡大予測システムの構築等との関連でエネ庁所管となる。省議決定にもとづいて、エネ庁はチェルノブイル事故の地元説明会を全国各地で行い、「セーフティ 21」計画も併せて説明したが、「我が国ではシビアアクシデントは発生しない、と国は言っていたのに、何故その研究を行わなければならないのか」という反発が多く、大学等の研究者の中にも少なからずあり、順風の中で同計画が出発したわけではない。」と述べている²⁸⁾。世界の趨勢からの立ち遅れに対する認識は強まったが、実際には科技厅との連携のまさきなど、関連機関相互の連携は順調だったとは言えないことが指摘されている。また電力事業体にあっても、従来の電気事業法の規制枠内から出て新たな措置をとることに対する抵抗があったことがうかがえる。

4. 原子力技術と情報

(1) 技術情報の社会性

生産過程にかかわる情報はそれが技術的工学的なものであっても、情報を活用する組織や社会的ネットワークに依存して有効性(生産性)が左右されることはすでに述べた。それに加えて、原子力技術にかかわる技術情報を特徴づけるのが放射能事故・災害の有する科学的かつ歴史的な特殊性である。科学的面では、安全基準、いわゆる許容量基準が論争的であること、しかもその人体に関する統計的科学データが広島・長崎の被爆実態や原子炉事故による被爆データに基づいており、被害の追認的性格が強く、かつ科学データの蓄積過程に関する歴史評価がかかわって客観的であり得ないという歴史性を帯びていることである。

さらに安全性評価にかかわって特殊な事情を生んでいるのが原子力災害の特質にある。つまり重大事故の発生確率が極めて低いとされる一方で、一端事故・災害が起こった場合の被害が甚大であることである。そこから、重大事故を想定し生じうる被害を評価する研究あるいは災害評価への社会的な要望と事故発生が確率的に極めて小さいことを示そうとする確率論的安全評価が対立する関係におかれてきた。以下にその状況を見ることにする。

(2) 日本原子力産業会議「大型原子炉の事故の理論的可能性及び公衆損害に関する試算」報告 (1960年)²⁹⁾

この報告は科学技術庁が日本原子力産業協会の前身である日本原子力産業会議に委託して行われた事故被害に関する調査報告であり、その趣旨は次のように述べられている。

28) 西脇, 前掲, 3 ページ。

29) 以下の引用は原田裕史氏のウェブ上に掲載された報告分からのものである。<http://homepage3.nifty.com/h-harada/nonuke/lib/sisan/index.html>

「本調査の目的は、原子力平和利用に伴う災害評価についての基礎調査を行い、原子力災害補償の確立のための参考資料とすることにある。その第一段階として本調査は大型原子炉（とくに発電用大型原子炉）を想定し、種々の条件下における各規模の事故の起る可能性および第3者に及ぼす物的人的損害を理論的に解析評価したものである。」

この解析では、熱出力50万キロワット原子炉内の全放射能の5,000分の1が大気中に放出された場合（ガス状の放射性物質のすべてが格納容器内に放出され、それが随時容器外に漏れ出る場合）、数千人から1万人が要観察状態に置かれ、農産物被害が当時の金額で10億ないし200億円に及ぶと試算している。さらにこれの100倍程度の事故の場合には100名程度の死者、1,000人程度の障害者、100万人程度の要観察者が出るとしている。現在の原子炉は熱出力300万キロワット程度であるから、熱出力50万キロワットでは今では大型とは言えないこと、また、3・11事故での東電福島第一原発からの放出量はこれまでの報告では100分の1から500分の1とされおり上記の後者のケースに相当する。放出の仕方等に関する種々の過程のもとで試算ではあるが、大規模な被害が予測されている。この調査報告は、1961年衆議院「科学技術振興特別対策委員会」において「原子力損害の賠償に関する法律案」が審議された際に、被害算定の基礎資料として委員会事務局より被害額の大きな算定を除いて提出されている。

本報告で注目されるのは、一つは設計基準を超える最大事故を想定していることであり、1970年代以降本格的に議論されるようになる「過酷事故」を想定していることである。第二の点は、衆議院の特別委員会での試算を担当した田島英三氏の次の発言である³⁰⁾。

「それから、もう一つ、この報告書の価値といいますか、手前みそのようなことを申し上げて申しわけないのですが、ここにありますその数字自身は、仮定が動けばおそらく動くものであろう、ただし、これは日本として初めての試みでありますので、これをやることによりまして、あるいは大きな事故が起きたときにどういう点が問題になるかということが、かなり明らかになったということは、この作業をやりましたときの一つのメリットであります。」

つまり試算作業では事故が拡大し、大規模な被害を出すに至る過程を推定し、次々と安全策が破られていくプロセスの検証、安全策が機能しない可能性等々の検証が必要となる。それは事故の拡大という観点からの原子炉装置や発生プロセスの解析・評価作業でもある。このような解析作業と地域的特性を含めて被害の予測作業の蓄積の中で社会的に理解可能な安全性に関する評価法を構築し得るのである。つまり、被害算定作業は電力事業体内部における安全管理評価と立地地域における安全性評価とを繋げるために不可欠の作業である。この種の情報は環境影響に関するもので「環境情報」として位置づけることができる。ところが、被害想定は最大事故に対して行われるために、算定結果が公表された際の社会的影響を懸念して、試算しな

30) 1961年4月20「衆議院科学技術振興特別委員会議事録（第13号）」

いか試算しても公表されない³¹⁾。原子力に限定しなければ、環境情報は、1970年代にアメリカでは議会の政策論議のためにテクノロジーアセスメントの手法のなかで活用されている。種々のケースを想定して技術の影響評価を行うもので、技術の政策的選択を行う際の科学的データを提供するための手法として有効性を持っている。しかし、筆者の知る限り、日本において一定の仮定のもとで被害算額を試算した公的資料はこれが最初で最後である³²⁾。これ以後の公的な安全性議論は、1975年10月にアメリカNRC (US Nuclear Regulatory Commission) が行った試算 (WASH1400)、通称「ラスムッセン報告」にもとづく確率計算による原子炉の安全性評価が主流を占めるようになる。

(3) 東京電力福島第二発電所建設にかかわる『60人の証言』より

ここで地域的災害評価を求める側の動きをみることにする。1973年9月、原子力委員会は東京電力福島第二原子力発電所1号炉の建設にあたって初めての公聴会を開催する。公聴会開催を要請してきた「日本科学者会議」は公聴会に向けて関連する分野の専門家や地域住民から証言を募り、『60人の証言』として公表した³³⁾。その証言の一つとして、福島県双葉郡浪江町の住民は次のような証言文を提出している。

「重大事故が起こったときに安全上重要な役割を果たすべき機器類や弁類、ディーゼル発電機などは多くの故障を起こしているようですが、そのような機器類が働かなかつたら、事故はどのように拡大するのか不安でなりません。事故時のような悪い条件のときでも必要な機器が作動する保障は何でしょうか。またそのような技術的に起こると考えられる重大事故が発生したとき、農作物にどのような被害が出るかは、東電が提出している申請書添付書類には解析されていないようですが、これらの評価をきちんとやるよう求めます。・・・重大事故のときどの範囲にどの程度の汚染が生じ、農作物はどのくらいの期間にわたって社会的な規制を受けるのか。具体的な解析を示していただきたい。」³⁴⁾

この証言を3.11以後の時点で読めばあまりにもリアルであり無視すべからざる証言として評価されるであろう。しかし、1973年当時はそうではなかった。地域住民の生活価値的視点から発せられる情報(「生活価値的情報」)は主観的あるいは政治的なものとして安全性に関する

31) 本報告はその一部が衆議院特別委員会で取り上げられているにもかかわらず、科学技術庁はその存在を否定していたが、1973年に公表された。

32) 専門家による試算には、藤本陽一、依田洋、前掲論文。著者はアメリカAEC、原子力産業会議上記報告との比較検討を行っている。本論文によれば、原子力協会が1967年に「核分裂生成物の放出と移行」報告を出している。

33) 日本科学者会議編『東電福島第2原発公聴会 60人の証言』、「原発公聴会の民主化を要求する会」発行、1973年9月。

34) 同上、19ページ。

科学的論争から排除される傾向が強かった³⁵⁾。

(4) 確率論的安全評価

生活価値的情報と工学的情報とを関連づけ、「客観的に」安全評価を行う手法として確率論的安全評価法（PSA）が提起されるようになる。しかし、確率論的安全評価には原子炉工学的な安全評価のための手法と社会的安全性を評価するための手法の二つの面がある。筆者の見解では、前者は有効性があるが、後者は成り立たないと考える。公表されその後大きな影響を与える確率論的安全評価は1975年10月にアメリカNRC（US Nuclear Regulatory Commission）が行った試算（WASH1400）、通称「ラスムッセン報告」である。これを早い時期に日本に紹介しその重要性を主張したのとして都甲泰正著「原子力発電と安全性」がある³⁶⁾。著者は、原子力発電が開発当初より安全性を組み込み従来の技術に比して安全性重視で開発設計され運転されていること、その上で安全評価法としての確率論的評価法の重要性を論じているが、その前提に原子力発電の安全性議論の根底には政治的立場があり、政治的立場が安全性の評価を左右しているという。原発に批判的な政治的立場からは危険性ゼロを要求する「絶対的安全性」の考えが出されるが、現実の技術の採用は「社会的安全性」にもとづくものであり相対的であるとす。技術的には安全だが原発に対する社会的信頼性が高まらないのは政治の問題であるとする発想は2000年代の現在にいたるまで推進側の根底にあり³⁷⁾、この発想が安全性評価を創造的に発展させることを妨げていると筆者は考えるが、同様のことは批判する側も考える必要がある³⁸⁾。政治的対立は避けられないことであり、それが科学論争で決着するものではないが、双方が共通に議論し得る土俵としての「パブリックドメイン」（公共空間）を構成することは双方の努力で行うべきであり、「パブリックドメイン」の構成にとって科学が重要な役割を果たし得るのである³⁹⁾。

35) 生活価値的情報は生活が示す状況に依存しているのに対して、科学的情報は状況の複雑性を除去し純化した知識・データであり、科学的合理性で生活価値的情報を扱うことは適さない。科学的データを生活価値的状況への埋め戻し、変換作業が専門家には求められる。そのためには、生活価値的情報からあるいは生活的状況から出発する科学的考察が必要である。

36) 都甲泰正『原子力発電と安全性』『ジュリスト』No.580（1975.2.1）、19-23ページ。

37) 西脇由弘、前掲論文、「VII 原子力規制はどこで間違ったか」において、小さなトラブルも重視しその結果大きな事故が起きなかったことから、「原子力は技術ではなく政治である」との慢心を生んだとしている。7ページ。

38) 藤垣裕子『公共性と専門知－科学技術社会論の構築へ向けて－』、東京大学出版会、2003年。著者は「利害関係の調整というものが主に諸官庁、つまり行政の場に委ねられてきた日本では、科学技術と社会の接点で起こる問題や意思決定を、統治者－非統治者の対抗的権力関係に依拠したバタナリスティックな枠組みの中で解こうとする傾向が強い」（92ページ）と述べる。筆者は政治的関係が政策上の意思決定の関係に解消できるとは考えないが、政策的意思決定のための「公共空間」（藤垣）が必要との論には同意する。

39) 藤垣裕子、同上、著者は、食品の安全性や遺伝子組み換えなど科学にかかわる政策決定が専門家だけではできない時代における専門知と公共性との関係を問い、専門的な「境界領域」と社会的意思決定の際に求められる「境界領域」にはずれがあり、専門知はそのままでは社会的意思決定にかかわれないとする。あるい

技術の社会的受容を相対的に評価する上で「ラスムッセン報告」が提起する確率論的安全性評価論はアメリカ社会において安全性論議の共通の土俵を構築しようとするものと見られるが、次に示すように筆者は批判的である。

(5) 社会的安全性と確率論的评价

自動車のように社会がすでに受容している技術と比較して原子炉が安全であれば社会はそれを受け入れていいはずであるというのが社会的安全性に関する確率論的安全性評価である。よく出される例として、自動車の死亡確率（一人の死者が出る確率）は 3×10^{-5} / 年であるのに対して、100 原子炉の死亡確率は 10^{-9} / 年であり、3 桁から 4 桁ほど原子炉の危険度は低いとする議論である。原発事故で 1 人の死者が出た場合それに関連して多大な損害が発生するはずであり、自動車の死亡事故と比較することが成り立つのかが最初の疑問であり、関連被害を含めた評価にまで及んでいるのか否かを筆者は確認していない。さらに、この議論の背景には社会としての技術の受容は社会的利益と損失とのバランスによる評価であって、利益が損失を上回れば社会的に受容してよいとする考え方であるが、筆者が批判的にならざるを得ないのは、仮にこの考えを採用するにしても、利益－損失バランスの評価対象の設定それ自身が当然論争的にならざるを得ない点にある。対象設定を社会全体、原発立地地域、個人レベル等々によって評価は異なってくる。先の都甲論文でも原発立地の困難さとして、原発の公益性に対して立地地域住民に対する不利益が大きいため、公益と個人的不利益のアンバランス問題が生じるとしている。その解決策を公益性に関する「国民的コンセンサス」に求めるのであるが、結局は、安全性の相対的境界をどこに置くかという議論にならざるを得ない。

この点を自動車の社会的受容でみると、自動車を社会が受容している背景には、歴史的に時間をかけて構築されたものではあるが、「利益－損失」バランスが個人レベルでの「損失－損失補償」バランスに置き換えられている。つまり、事故による損失とその回復可能性・補償可能性の間のバランス問題として扱えるように制度化されていることである。また過失責任に対する法的制度も整備されている。その前提にはもちろん自動車の社会的有用性に関する社会的承認がある。しかし原発の重大事故の場合、被害の範囲、その回復可能性・補償可能性、責任の所在、いずれもが今回の 3.11 事故の現実が示すように不明であり、しかも本来起こってはいけない甚大な損失をもたらす事故にあっては「補償」の意味は通常事故の補償とは質的に異なる。つまるところ、そのような事故に対しては「絶対的安全性」に向けた努力の中で実質的

は「科学的合理性」がそのままでは「社会的合理性」になりえないとする。この論点からすれば、「パブリックドメイン」とは「公共空間」あるいは「社会的境界領域」であるとも言えるが、科学者相互の論争の場とすれば、異なる「専門的境界領域」を「社会的境界領域」へと拡張・変換する際に求められる知識ベースの共同領域ともいえる。

な安全性を確保する以外にないのである⁴⁰⁾、⁴¹⁾。

(6) 炉工学的安全性と確率論

原子炉の工学的安全性評価では事情は異なる。筆者はこの分野の専門ではないので、以下の議論は技術情報の有効性・生産性視点からのものである。工学的安全評価においてはこれまでのところ確率論的評価と決定論的安全評価（Deterministic Safety Assessment, DSA）の二つがあるが、日本では後者が主要であり、3.11事故の反省から確率論的安全解析を早期に取り入れるべきであったとする論が多くなっている。決定論的安全評価とは、設計基準をもとに重大事故につながる要因を設定し、それに関して安全評価を実施するものでハードウェア中心にならざる得ないことと重大事故にいたるリスク要因の選択が主観的になる弱点が指摘されている。また、リスク要因に関する思い込みから、定期検査や自主検査で発見された不具合を大した問題ではないとして報告しないといたる事態を生じさせ、不備隠しが社会問題化した場合に規制当局の責任転嫁の事業者への責任追及と重要な事態ではないとする事業者側の思い込みとが対立し両者間の不信感にまで発展しかねないのである。先に紹介した日本原子力産業協会の文書が言う電力事業体と規制当局間の「相互信頼に基づくオープンな議論」をあげざるを得なかった事情がそこに伺える⁴²⁾。

確率論的安全評価の場合には、種々のリスク要因を事故生成プロセスに位置付けつつ生起確率を評価し、重大事故にいたる可能性を検証する方法であり、リスク要因の設定における恣意性を排除することができる。また、定期検査等で見出された一見些細なひび割れ等の事象に関しても、この評価法によって、事業者相互、事業者と規制当局間でのオープンに議論する方法が提供される。ただし、計算法に不確定要素が多々あること、重大事故の生起確率をどこまで下げたら安全と言えるのか（How safe is safe enough? 「どこまで安全であれば十分か」）が問われることになり、これによる評価を絶対視することはもちろんできない。ヒューマンエラーがハードエラーに誘発されるなどリスク要因は複雑に交錯している。したがって、確率論的評価の意義は、リスク要因にかかわる安全措置が確実に相互に独立であることを検証しそれを保障する

40) 竹内啓『偶然とは何か—その積極の意味—』（岩波新書、2010年）、「もしそれが発生すれば莫大な損失が発生するような、絶対起こってはならない現象に対しては、大数の法則や期待値に基づく管理とは別の考え方が必要である」。なすべきことはこのような事故が「絶対起こらないようにすることであり、その上でこのようなことが起こる可能性を無視することである」、201-202ページ。

41) IAEA, INSAG-3では、大規模かつ早期の放射能放出にいたる可能性のある事故シーケンスを事実上排除し、格納容器の後期破損を伴うような過酷事故については、設計段階で十分な対策をとることで、防護対策が限定された地域、期間に限定されることを要請している（INSAG-3, 27）。

42) 宮野廣、前掲資料、遠因の一つに「事業者と規制者との対峙」をあげ、「トラブル」問題を解決する姿勢ではなく「攻める姿勢と防御する姿勢の対峙」となり「情報が公開されない方向に向かったのではないかと述べている。

ことを積み上げて重大事故にかかわる事象の生起確率を極めて低く抑えることにある⁴³⁾。異常事象の発生と伝搬シーケンス解析や事象の相互独立性の検証等から得られる炉工学的情報は異常時運転マニュアルや保守・点検マニュアル、組織間情報連携等の「生産組織の情報」へと再編されることで有効性を持つことができる。さらに生産組織の情報の事業者間共有や第三者的点検等のための情報ネットワークへの依存性によって情報の有効性(生産性)を高めることができる。

しかし、これらの情報が原子力行政の規制のための情報(制度的情報)にとどまる限りは形式化する恐れがある⁴⁴⁾。

これは内部要因に関してはあるが、外部要因に関しても基本的には同様のことが問われる。ところがこの点でも日本では現行で安全性は確保できているとの自縛が種々の検討作業に影響を与えている。たとえば外部電源喪失に関して、1993年、原子力安全保安部会の電源喪失に関するワーキング・グループが海外調査に基づく報告書「原子力発電所における電源喪失事象について」を出している。そこでの結論は、設計上十分な対策がなされていること、日本での電源喪失の発生頻度が諸外国に比して低いこと、生じた場合でも30分以内であれば原子炉の安全性は保証されているとして、設計方針の変更や既存施設に対する追加施策は必要ないとの結論になっている。偶発的トラブルによる運転停止(計画外スラム)率が諸外国に比して低いことから来る過信が根底にはある⁴⁵⁾。

しかし日本では設計基準の枠内でのハードウェア重視の安全評価に慣れ切っていた事態が2000年代の低迷を引き起こすことにつながったのである⁴⁶⁾。フランスでは、1977年に許容できない影響を与える事象の発生確率を 10^{-6} /年以下に抑えることを定め、電力庁が事故評価を行った結果この基準が達成できないとして、リスク低減のための設備変更と手順書整備を要請したことを先に紹介したが、このような判断には、炉工学的安全性の改善と確率評価との経験的積み重ねによる判断力の養成を必要とするだろう⁴⁷⁾。

43) 竹内啓、前掲書、「現実に極めて高度の安全性が保証されていたシステムが重大事故を起こしてしまった場合には、実は何重にも設けられていた安全システムが実際には互いに独立ではなく、共通の一つの要因によって同時に機能しなくなってしまう場合が多い。稀な、しかし起こってしまったら極めて重大な結果をもたらす事故を防ぐ最も重要なことは、「確率の乗法原理」が成り立つ条件を確保することである。」、208ページ。

44) 2013年10月31日付「日本経済新聞」は一面トップに「原発安全性に数値基準」との見出しで、日米両政府が「確率論的リスク評価」にもとづく統一基準を作る方針であることを報じている。すでに安全研究と基準作りで先行しているアメリカ基準を導入するだけに終われば抜本的改善にはならないだろう。

45) 「原子力発電所における全電源喪失について事象について」原子力施設事故・故障分析評価検討会・全電源喪失事象検討ワーキング・グループ、平成5年6月11日。

46) 宮野、前掲資料、著者は、ハードウェアがしっかりしていれば安全であるとするハードウェア偏重構造強度偏重が底流にあったことを強調している。

47) 戒能一成、前掲論文、アメリカの例であるが、沸騰水型について過去10年間で確実にトラブルを減らし稼働率を向上させ対策について、たとえば、「原子力運転協会による運転情報の共有・分析・評価、それにも

(7) 情報の知識基盤

以上のことを要約すると、原発に関する安全性にかかわる情報は次のように分類することができる。

- ① 生産組織の情報 ハードウェアに限定されない運転管理、全体的な技術管理にかかわる情報を含めて一般的には生産過程の内部から発する情報であり、すでに述べたように、組織的、社会的情報のネットワークによって情報の有効性（生産性）が左右される^{48), 49)} 2001年度原子力安全・保安部会第3回委員会資料「安全確保と研究」において、「安全に関する多様な研究の成果」、「形式知化された運転等の過去の経験・知見の蓄積」、「材料、故障、地震、ヒューマンエラー等のデータ」からなる「知識基盤」が重要な要素となるとしており、炉工学的情報を含む各種知識を「生産組織の情報」へと再編し、さらに社会的に活用可能な「知識基盤」の構成を図る必要がある。それはまた情報ネットワーク構築のテーマでもある。
- ② 制度的情報 設置認可や安全審査にかかわる情報であり、設定される基準によって選別された情報である。炉工学的情報を電力事業体間や規制当局との間で共有し標準化する上で重要な情報であるが、他方で形式化し、そのみに依存した場合、炉工学的情報のネットワーク形成を阻害する恐れがある⁵⁰⁾。
- ③ 環境情報 テクノロジーアセスメントにおいて欠かせない情報であり、社会的な利害対立者間でも共有し得る程度に条件設定の広さと多角的視点が求められる。
- ④ 生活価値的信息 地域等の生活圏が共有する価値に依存して形成される安全性にかかわる情報であり、地域的特殊性や多様性を有しており、特殊性・多様性を排除することなく扱う必要がある。また、例えば確率論の社会的適用条件の検証など、科学的知識の生活価値的視点での点検・再編もまた重要なテーマである。

これらの情報が単一の知識プラットフォーム上に構成されることは容易なことではなく、相互接続のための社会的な連携を必要としている。たとえば、IAEAがTMI事故以後提唱して

とづく運転改善指導」（30ページ）を挙げている。

48) 西脇由弘「運転管理段階規制の課題」『原子力eye』53(10), 22-25, 2007-10-00, 情報収集・活用と事故等への対応の在り方について「事故・トラブルや軽微事象及び保守情報を公開するのは、これらの情報を社会の公共財産とし安全性を維持・向上させるためである。このような観点から、事業者による事故・トラブルや保守情報の収集・分析、オーナーズグループへの集約、ニューシアでの公開という、情報の流れの確立と階層化に関して体系的な整理を行うべきである。その際、オーナーズグループの活動の非公開性と適正性と両立させるよう、適切に規制がチェックする等の規制側の関与を確保すべきである。」（3. 情報の収集・活用と事故への対応の在り方）

49) アメリカの例をみると、引用40が示すように、「原子力運転協会」の役割に加えて、事業者の内部情報が活用されるように規制改革が進められている。

50) 西脇、前掲論文、「法規制が確定するとそれが金科玉条となり、安全性向上や改善を図ることが容易でない文化状況」があったこと、また、安全委員会や審議会を多用し、規制を正当化する手段とされ、自らの責任で決定し公表する思考が低かった、という問題点を指摘している（7ページ）。

いる「安全文化」の構想の中には、品質保証を①企業内の品質管理、②企業内品質保証、③クォリティー・マネジメント、④環境・安全性・経済性などに関する利害関係者を含めて品質を総合的にマネジメントする各段階に分けて構築する構想を提唱している⁵¹⁾。

今後の技術はどのような技術であれ、社会システム性や環境依存性の強い技術であり、技術の選択、開発と制度化において政府の役割と社会的参加の役割が高まる。その際求められるのが「国民的理解と合意」であるが、そこで問われるのは「安全とはいかなる状態のことか」である。これに対する解答は工学的安全性や確率論では出ない。「技術の社会的受容基準」に関する経験と理論の両面からのアプローチが必要である。

お わ り に

本論では既存の軽水炉技術に対する評価は直接には触れていないしまた本稿の目的とはしていない。しかし、これまでの議論に付け加える形でその点に言及すると、基本は地域が放射能汚染によって避難を余儀なくさせる可能性を実質的に除去することにある。IAEA は設計段階で実質的に可能性を除去することを要請しつつ、地域的対策の必要性を極めて限定した範囲にとどめることとしている。ところが、2002 年問題で表面化した状況は、異常事象を実質的に排除するための不断の技術管理・点検・改善に関する組織体制に関して規制当局との関係を含めて抜本的な改善の必要性を示している。また 3.11 事故での炉心溶融にいたる経緯は、異常時における運転管理に関して、「止める・冷やす・閉じ込める」を維持し正常化に必要な機器・設備の作動条件や作動状態に関する習熟がおこなわれているとは考えられない状況を示している。この点で原発の生産過程の技術論的説明は重要なテーマである。さらに原発再稼働のために設定された条件は、ハードウェア中心のものであり、「物が健全であれば安全」の従来の規制を越えるものではない。3・11 の教訓は生かされてはいない。求めたいことは、各電力会社や規制機関が厳しい自己評価をすることであり、その自己評価に関して社会的評価を行うことである。

本研究は、科学研究費補助金基盤研究 (C)「日本の原子力発電史の領域・横断的研究」、立命館大学 BKC 社系研究機構研究所重点研究プログラム「日本の原子力発電に関する歴史的・多面的研究」の一環として行われたものである。研究メンバーからの助言、特に佐野正博明治大学教授から資料に関してご教示を得たことに謝意を表す。

51) 原子力安全基盤機構「原子力安全文化に関する国際機関、海外規制機関及び我が国の取り組みについて」(2008 年 9 月 10 日) より。