

現代技術に潜む不安要因

—原子力と鉄道と航空の事例分析—

桜井 淳

技術評論家

1 はじめに

現代社会は、新技術の商業利用にともない、新たな不安要因や社会リスクを生み出し、また、その解決のために、従来なかった研究手法、例えば、自然科学的方法論ばかりでなく、社会科学的方法論の併用による総合的問題解決法が提案されるに至っている (1) (2)。

市民の日常生活に影響を与える現代技術には、まず、身の回りのものから、薬品、医療、食品、住居環境、乗用車、インターネット等、さらに大きく見れば、原子力発電所、鉄道、航空機等にも及ぶ。最近では、市民の関心が、身近な存在の牛海綿状脳症 (Bovine Spongiform Encephalopathy; BSE) やウイルス汚染されたファイル共有ソフトの Winny に向けられている (3)。両者とも社会問題に進展している。

本稿では、筆者自身の研究や施設見学で知り得た現代技術についての、ほんの二、三の事例 (4-16) を中心に論理展開することにより、現代社会が抱えている問題点 (不安要因) をあぶり出してみたい。なお、筆者は、合理的安全規制派の立場での安全論を展開しており、反科学・反技術の立場や党派性の強い運動家とは、無縁の存在である。

2 現代技術の不安の源泉

これは、筆者の経験から言えることであるが、現代技術の不安の源泉は、全産業分野の技術や過去に発生した事故・故障を分析すれば、つぎのように体系化できる (6)。

(1) まだ基本的な現象が解明されないにもかかわらず商業技術として利用されていること、(2) システムの信頼性や材料の経年変化等については商業利用をしながら試験研究していること、(3) 市民がモルモットにされていること、(4) 技術基準の根拠が不明確であって事故・故障の度毎に変更されていること、(5) 材料の経年変化対策が不十分なこと、(6) 設計条件を定める時に発生確率で裾切りをしていること、(7) 偶発的事象の連鎖により想定事故を超える最大限の重大事故が発生していること等。

ここで個々の問題に対してもう少し詳細に補足しておこう。研究者は、商業化計画や企業戦略に奔走され、懸念すべき問題が解決されていないにもかかわらず、80%の完成度でも商業技術や商業製品に結び付けている。構造薬害等の社会問題はこのような社会構造の中で発生している。工学には、程度の差こそあれ、実際に使い込んで問題点の摘出や信頼性を確認する側面もあるが、1992年に営業運転を開始した300系車両を備えた新幹

線「のぞみ」においては、軽量化のために大量に利用したアルミニウム構造材の異種構造材による締結問題に対する認識と解決策がないまま、乗客をモルモット代わりにして営業運転しながら試験研究をしていた(8)(9)。

日本の産業技術に適用されている機械工学関係の技術基準は、米機械学会(American Society for Mechanical Engineers; ASME)の技術基準であり、それは主に欧米で発生した橋梁破壊事故や大型ボイラー爆発事故等とおして、多くの社会資産や人命の犠牲の上に塗り替えられてきた歴史を有しているものの、まだまだ問題を内包していると受け止めるべきであり、現に、原子力発電所の事故・故障の度毎に変更されている。

米国の安全管理の基本的な考え方は、重大事故に結び付く事象の管理には事前にきびしい検査を義務付けているものの、そうでないものには、トラブル処理型の対応をしている。しかし、日本の安全管理の考え方は、米国と異なり、予防保全型の対応であるため、米国の技術基準をそのまま日本に適用しても、そのまま社会の合意が得られない場合がある。原子力発電所の事故・故障の度毎に問題視されているのはASMEの後遺症と考えてもよいだろう。

一般論を展開すれば、エンジニアというのは、構造物を設計する時に、深い苦悩に陥る。設計条件を決定するため、考慮すべき事象を発生確率で裾切りして、安全性と経済性の妥協点を探しているためである。裾切りは、発生確率が一万分の一以下の場合もあれば、百万分の一以下か一千万分の一以下の場合もあり、ケースバイケースで処理している。

原子力発電所の原子炉格納容器の構造強度を決定するのに、大型航空機の衝突を想定していないのは、主要産業施設への墜落確率が一千万分の一以下であるためである。

これも一般論であるが、事故の時に、よくエンジニアが、「考えられない事故が発生した」とコメ

ントするが、もっとわかりやすい言葉で翻訳すれば、「考えたくないことが起こった」となり、裾切りした事象の顕在化の中での狼狽を隠蔽しているに過ぎない。発生確率が低いということは絶対に発生しないということではないのだ。

3 軽水炉技術の不安要因

米国で約半世紀前に開発された軽水炉(Light Water Reactor; LWR)は、世界の原子力発電を担える技術に成長し、現代技術の中では、成功した技術のひとつに位置付けられる。当初は、安全設計の根拠や材料の信頼性等が問題視されたが、1970年代に改善策が示され、さらに、1980-2000年にわたり、1970年代に運転を開始した第一世代の加圧水型原子炉(Pressurized Water Reactor; PWR)の蒸気発生器(Steam Generator; SG)や沸騰水型原子炉(Boiling Water Reactor; BWR)の炉心隔壁(Shroud)の取替えにより、システムに内在する脆弱性は克服されつつあり、残された主要な技術的問題は、材料の経年変化(Aging、いわゆる老朽化)対策に絞られている。

軽水炉の設計や安全審査では、1979年3月28日に発生したスリーマイルズ島原子力発電所2号機のような炉心溶融事故は、まったく考慮されておらず、明らかに想定外事象と位置付けられている。日本の安全審査でも炉心溶融は、想定せず、立地基準を満たすかどうかを判断するため、原子炉格納容器の中に想定した放射能のある割合が環境に放出されたとして、公衆の被曝評価がなされているに過ぎない。

米原子力委員会(US Atomic Energy Commission; AEC)が1975年に公表した「原子炉安全性研究(ラスムッセン報告)」(WASH-1400)は、米国で運転中の軽水炉に対して確率論的安全評価法により、巨大技術システムがたどる複雑な事故シーケンスと発生確率を示した。その手法をさらに発展させ、米国で運転中の代表的な軽水炉を例に採

り、より詳細な事故シーケンスと発生確率を明らかにしたものが原子力規制委員会（US Nuclear Regulatory Commission; NRC）によって1990年に公開されたNUREG-1150である。

日本でも原子力安全解析所で同様の手法により、運転中の軽水炉の解析をしており⁽¹⁰⁾、それによると、苛酷炉心損傷事故の発生確率は、百万分の一以下であり、その時に原子炉格納容器まで損傷する確率は、さらに一桁低く、一千万分の一以下と推定されている。よって、現実的には、環境に大量の放射能が放出されるような事故は、回避されると評価されているものの、それらの評価に利用した機器故障データの採取条件が十分な材料の経年変化まで包絡するものなのかどうか、明らかにされていない。

世界の軽水炉の中で設計寿命の40年を経過したものは、まだ、一基も存在せず、いわんや、20年間の寿命延長まで考慮した40-60年後に材料の経年変化に起因するどのような現象が生じ、深刻な事故に結び付くか、ある程度は推定できるものの、明確なことは何もわかっていない。筆者は、文献15以降の安全性研究を考慮すれば、これから実施されるプルサーマルには、不安要因はないと判断しているが、長期的視点において、材料の経年変化に起因する技術的問題に不安要因を見出している。これからきびしくなってくるだろう。

軽水炉による発電に長期的に依存するのであれば、最悪の場合、チェルノブイリ原子力発電所の反応度事故とは言わないが、スリーマイルズ島原子力発電所で発生した炉心溶融事故程度は、覚悟しておくべきだと警告したい。

4 鉄道技術の不安要因

JR民営化後の20年間に、約310名（2004年までの305名⁽¹⁷⁾）に最近の事故による死亡者も含む）の鉄道従事者（JR社員とJR下請・孫請社員）が労働災害で死亡している⁽¹⁸⁾。少なくとも一ヶ月

に1名の割合で死亡していることになる。日本のすべての産業分野を調査してみても、JRほど死亡者を生み出している分野はない。しかも驚くことに、死亡者の80-90%はJR下請・孫請社員であり、JR社員は10-20%に過ぎない。しかし、10-20%と言っても30-60名にも達し、とても許容できる数字ではない。JR民営化後、効率と経済性が追求され、危険な業務は下請・孫請会社に回されている。この問題にJR当局ばかりか、労働組合も沈黙している。鉄道の重大事故はこのような構造の中で発生した。

2005年4月25日に発生したJR西日本福知山線脱線・転覆事故⁽¹⁹⁾には、JR全体が抱えている問題点が凝縮されており、決して無関心でいるわけにはいかない。顕著な問題点とは、(1) 経済性優先、(2) 効率化優先、(3) 安全装置の増設と更新の後回し、(4) 運転士の過酷な勤務条件、(5) 労働組合弱体化にともない乗客や下請・孫請社員への無関心（切捨て）、(6) 車両の軽量化等。筆者は、(1) と (2) が悪いとは主張しておらず、安全を二の次にするバランス感覚と企業倫理の崩壊を問題にしているのである。

ここでは、筆者が文献8で問題提起し、2000年3月8日に発生した地下鉄日比谷線脱線事故⁽²⁰⁾でその危険性が証明され、福知山線脱線・転覆事故では、多くの死傷者を生み出す致命的問題となり、しかも、新幹線を中心に、全国の鉄道で導入されている軽量化車両⁽¹⁸⁾の問題について検討したい。

筆者は、単純に、車両にアルミニウムやステンレススチールを利用することが悪いと主張したことは一度もない。それらは、鉄製の車両と比較し、単位厚さの強度は劣るものの、同一強度を確保するにはより厚くすればよく、また、いくぶんの軽量化を図ることによって経済性を向上でき、長期的にも塗装の必要がないためにメンテナンスフリーで利用できる等、さまざまな利点がある。最も大きな問題は、新幹線や在来線の車両には、脱

線・転覆どころか、脱線すら想定した構造設計がなされていないことである(8)。

適切な構造設計がなされていたならば、福知山線脱線・転覆事故では、死傷者を半減できたかも知れない。半減できなくても、緩和できたに違いない。では適切な構造設計とはどのようなことなのか、ここで簡潔に補足しておこう。

乗客の生命を守るために、分厚い鉄製の車両にすればよいと考える人は、構造力学と安全工学を知らない人である。そのようなことをしたならば、かえって衝撃が大きくなり、死傷者を増加させるだけである。そのことは乗用車の構造設計を見ればよくわかる。乗用車の構造設計では、事前に正面衝突やオフセット衝突、さらに側面衝突の実験を行い、そのデータを基に、衝突時の運動エネルギーをうまく吸収させるように積極的に車体をつぶし、なおかつ、運転者や同乗者に致命的なダメージが加わらないようにしている。車両の構造設計も同様の考え方で成立する。そのためには、車両の外壁の厚さを変えるのではなく、骨格構造の最適設計を図ることである。

地下鉄日比谷線脱線事故は、軽量化車両の脆弱性を警告しており、大都市では、いつ同様の事故が発生しても不思議ではない状況に置かれている。軽量化車両の問題は、脱線・転覆時だけでなく、強風や突風での影響が大きく、事故原因やレール異常磨耗の要因にもつながる恐れがある(17)。

5 航空機技術の不安要因

日本の技術力や安全管理能力は優秀であると言われている。確かにそのような側面が強いものの、受け入れ難い脆弱性を内包していることも事実である。世界で発生していないような程度の低い国辱的な事故も発生している。1989年から今日までに発生した主な原子力事故がそうである。中でも1997年に発生した動燃の核燃料再処理工場附属施設火災・爆発事故と1999年に発生したJCO

の臨界事故(21)は、技術不在の中で発生したと言っても過言ではないだろう。

欧米と比較し、日本の新幹線・電車と航空機の運行時間は、世界で最も優れている。それらの事故・故障率は一桁も低い。しかし、それとは対照的に、福知山線脱線・転覆事故や日航ジャンボ機墜落事故のような大事故も発生している。世界で発生した大型航空機の墜落事故の確率は数十万分の一と推定されている。1970年代までに発生した航空機事故の原因は、技術欠陥が70%を占め、残り30%が人為ミスであったが、1980年代以降、その割合が逆転し、いまでは人為ミスが支配的要因となっている。人為ミスとは、パイロットによる操縦・操作ミス、管制ミス、整備ミス等(22-36)である。

日航ジャンボ機墜落事故から20年が経過した。世代が入れ替わり、その結果、当時の教訓が形骸化したかのように、過去一年間に、人為ミスによるトラブルの発生や事故・故障が激増している。致命的な大事故には至らないものの、中小数多くの出来事は、ハインリッヒの法則を引用するまでもなく、大事故の予兆と解釈すべきであって、深刻に受け止めねばならない。筆者は、世代の入れ替わりに加え、規制緩和による航空各社の過剰競争による歪みが無視できない要因に肥大化したと解釈している。

日本の産業構造の大きな特徴はピラミッド構造をなす下請化にある。航空界でも下請化はなされていたが、新規航空会社の参入等により、航空各社は過剰競争を強いられ、経済性を上げるには、人件費の削減だけでなく、下請化の拡大、さらに機体整備部門の下請任せ、さらに徹底させるため、人件費の安い中国やインドネシア等の海外航空会社に整備を丸投げするようになっている。それらの国の技術力や品質管理能力は、日本ほどではないため、また、安全管理に対する考え方の相違から、事故・故障の要因につながっている。このような傾向は、今後、ますます拡大して行くものと

推察される。

6 結論

本稿では、市民の日常生活において、無視できない影響を与える代表的な安全問題を取り挙げた。現代社会は「リスク社会」である。ベックは「危険社会」⁽³⁷⁾と命名している。市民は、このままの安全設計と安全規制に甘んじている限り、原子力発電所や新幹線・在来線や大型航空機において、偶発的な機器の不作動の連鎖にともなって引き起こされる大事故が発生することを覚悟しておかなければならないだろう。

安全とは、ひとたび事故が発生すれば、市民の生命が数百名も奪われるような商業技術（原子力発電所や新幹線・在来線や大型航空機）においては、たとえ発生確率が低くても、適正な工学的安全対策を備えておくことである。現代技術は、低確率事象を裾切りして構造物を設計しているため、大事故は不可避である。市民は、安全問題にもっと敏感でなければ、自身や仲間の命を救うことはできない。■

《参考文献》

- 1) 堀井秀之『問題解決のための「社会技術」一分野を超えた知の協働―』、中公新書（2004）
- 2) 堀井秀之編『安全安心のための社会技術』、東大出版会（2006）
- 3) 藤垣裕子編『科学技術社会論の技法』、東大出版会（2005）
- 4) 桜井 淳『原発の「老朽化対策」は十分か』、日刊工業新聞社（1990）
- 5) 桜井 淳『美浜原発事故―提起された問題―』、日刊工業新聞社（1991）
- 6) 桜井 淳『崩壊する巨大システム』、時事通信社（1992）

- 7) 桜井 淳『原発事故の科学』、日本評論社（1992）
- 8) 桜井 淳『新幹線「安全神話」が壊れる日』、講談社（1993）
- 9) 桜井 淳『新幹線が危ない!』、健友館（1994）
- 10) 桜井 淳『原発システム安全論』、日刊工業新聞社（1994）
- 11) 桜井 淳『旧ソ連型原発の危機が迫っている』、講談社（1994）
- 12) 桜井 淳『原発のどこが危険か』、朝日選書（1995）
- 13) 桜井 淳『ロシアの核が危ない!』、TBSブリタニカ（1995）
- 14) 桜井 淳『事故は語る―人為ミス論―』、日経BP社（2000）
- 15) 桜井 淳『プルサーマルの科学』、朝日選書（2001）
- 16) 桜井 淳『桜井 淳著作集』（全6冊、各500頁、これまでの単行本にすべて未収録な論文）、論創社（2004-2005）
- 17) ビデオ『レールは警告する!』、ビデオプレス（2005）
- 18) 桜井 淳ブログ「新・市民的危機管理入門」（<http://citizen-science.cocolog-nifty.com>）
- 19) 日経ものづくり編『重大事故の舞台裏―技術で解明する真の原因』p.47-64、日経BP社（2005）
- 20) 文献19のp.68-88
- 21) 文献19のp.196-203
- 22) 「朝日新聞」2005年3月18日付朝刊
- 23) 「朝日新聞」2005年6月1日付朝刊
- 24) 「朝日新聞」2005年6月15日付朝刊
- 25) 「朝日新聞」2005年6月16日付朝刊
- 26) 「朝日新聞」2005年8月3日付朝刊
- 27) 「朝日新聞」2005年8月13日付朝刊
- 28) 「朝日新聞」2005年9月27日付朝刊
- 29) 「朝日新聞」2005年10月7日付朝刊
- 30) 「朝日新聞」2005年10月31日付朝刊
- 31) 「朝日新聞」2005年11月3日付朝刊
- 32) 「朝日新聞」2005年12月2日付朝刊
- 33) 「朝日新聞」2006年1月9日付朝刊
- 34) 「朝日新聞」2006年2月11日付朝刊
- 35) 「朝日新聞」2006年3月24日付朝刊
- 36) 「朝日新聞」2006年4月7日付朝刊
- 37) ベック『危険社会』（翻訳版）、法政大学出版局（1998）