

天災がもたらした教訓と課題

辻本 誠

理大科学フォーラム 29(3), 2-6, 2012-03、東京理科大学

筆者は、30年前から火災安全に関する授業で、原子力発電所の仕組み、安全思想を取り上げ、専ら原子力発電反対の立場を明言してきた。しかし、社会に対しては何ら具体的な行動をとってこなかったことを、震災以来、猛省する日々であり、本稿の筆者としてはふさわしくないとと思う。

ただこの間、30年ほどの筆者の歴史と判断を語ることは、これから続く人たちの失敗を防ぐ参考になると判断し、現時点でまとめてみた。一部に混乱が残るが、ご容赦願いたい。

以下の三節、自らの体験をきっかけに、これを展開する形で話を進める。

1. 歴史の再考とこれへの国民反応の違い

周知の話を繰り返すことになるが、米国で原子力発電所が一般的になる過程で、以下のような歴史がある。まず、米国では初の原子力発電所の稼働を前に、1957年、原子力委員会(AEC)が「大型原子力発電所の重大事故の理論的可能性と影響」(WASH-740)という報告書で、最大規模の事故で死者3400人、被害額70億ドルを明らかにしている。この結果を最初に問題にしたのは、原子力発電の事業者である電力会社である。電力会社としては賠償責任に厳しい米国で、最大規模事故に対応することは困難であり、原子力発電を国として推進すべき、というのであれば、ある規模以上の事故については国が賠償責任を負う必要があると主張し、同年「原子力事故の際の事業者の責任は、5億ドルを上限とする有限責任」とするプライス・アンダーソン法が成立している。

さらに、この法律を審議する過程で、最大事故の規模が国民に明らかとなり、原子力発電に対する反対運動が活発化する。そこで、登場したのが、アクセプタブルリスクのスター(Starr)教授(UCLA)とWASH-1400のラスムッセン教授(MIT)である。

アクセプタブルリスクの考え方は、1969年、スター教授がScience, Vol. 165で発表したもので、特定の行動(たとえば自動車の運転、航空機の利用、農業用トラクターの運転)における、さらされる人・時間当たりの死亡率の年次変化に注目し、それらの死亡率は特定の行動もしくは技術が社会へ受け入れられる過程で次第に減少するものの、ある一定のレベルに漸近し、それ以降下がらなくなるという事実から、これがリスクの受忍限界(アクセプタブルリスク)であるというものである。言ってしまうと、どんなに大きな事故を起こす特定の行動もしくは技術であっても、その確率が微小であれば、確率論的にアクセプタブルなリスクレベルが存在する、とするものである。

このように社会活動に伴うリスクにはアクセプタブルなレベルが存在するという考え方を援用し、ラスムッセン教授は、Fault Tree, Event Treeなどの確率論的リスク評価法を用いて、WASH-1400で『100基の原子力発電所に起因するリスクレベルは、隕石落下によるリスクと同程度、また自然災害全体によるリスクの1/100程度であると推定された。よっ

て、原子力発電所に起因するリスクの増加は受忍範囲内である。』¹⁾という結論を導いている。

さて、ここまでの経緯は、よく知られたもので、筆者も授業ネタで1980年代から使っているが、反省すべきはこの米国の動きを受けた日本の状況について勉強していなかったことである。震災直後、プライス・アンダーソン法と同様の法律は、と検索すると、1961年6月に「原子力損害の賠償に関する法律」が制定されている。さらに、「政府は1960年、日本で最初の商業用原発・東海発電所の運転開始に先立って、日本原子力産業会議に原発事故に伴う損害額を試算させていた。1973年になって公表された報告書によると、被害が最も大きくなるケースでは、損害額は3兆7300億円、当時の国家予算の2.2倍に上った。(今中哲二、京大)」(泊 次郎、脱原発への道しるべ、UP, November2011)という事実も明らかにされている。

ここで筆者が問題にしたいのは、事故想定について隠された事実があったことではなく、日米で、全く同じ経緯で同じ内容の法律が成立しているのに、日本ではそのことに国民が気付かず、反対運動の中心的課題になっていないことである^{註1)}。この差が、米国では大規模事故につながるシステムの故障率を問題にし、その低減を図るアクセプタブルリスクへの展開につながるのに対し、日本では『故障率は考えなくてもいいほど小さい』で思考停止して、これが安全神話の形成につながる一因となった。

この節では、自らの代表者が行う立法行為に国民がほとんど関心を持たない点を、まず第一の課題として指摘したい。

2. 自前の判断基準を持つ

再び、筆者の個人的な経験で申し訳ないが、原子力発電の安全問題にかかわる出会いから始めよう。昨年、師である斎藤平蔵先生(東京大学名誉教授、1979-89年に東京理科大学理工学部の教授)の遺品を整理していて、ファイルの中にあった日立電線のパンフで、大学院生だったころ、35年前の研究室での情景がはっきりと浮かんできた。

この時期、米国のブラウンズフェリー原子力発電所で、1975年に火災があり、電線がひどく延焼し、安全設備や機能が影響を受けたこともあって、その事故の報告とこの種の事故に対応するため、電線の束からの出火を減らし、かつ電線を燃えにくくする塗料を新しく開発したという話だったと思う。電線に電気が通れば、わずかではあるが抵抗に伴う発熱があり、これが束になると温度が上がって発火するので、熱伝導率の高い不燃の塗料を塗るというものであった。生意気な院生だった筆者は、可能性の問題をいうなら、信頼性を語るべきで、この塗料を塗れば安全だとする判断基準はどうやって決めるのか、と質問したところ、「アメリカがこれで安全だと言っているから、安全なんだ」と答えられ、愕然とした覚えがある。

この話題から問題としたいのは、何をもって安全とするかの判断基準についてである。「米国の基準に従えば安全だ」というのは論外としても、案外この点を突き詰めて、論議したものは少ない。

筆者の専門に近い耐震基準の分野では、どんな地震が起こっても耐えられる建物を作ることは（「どんな地震が起こっても」を明確にできないこともあって）技術的にも経済的にも困難なので、確率論を用いて、500年再現期待値の地震動（統計的に500年間に少なくとも一度は起こると考えられる最大の地震動）で建築物が崩壊しない（結果として生命安全が保たれる）を謳っている。一方、今までの日本の耐震基準改訂の歴史を見る限り、大きな地震で被害が出るたびに毎回、要求水準を強化して、結局のところ、その時までには遭遇した最大規模の地震では崩壊しないようにする、というのが現状である。この原理に忠実に従って、一般には知らない人も多いのではと思うが、阪神淡路大震災(1995)では、当時の最新の基準に従った建築物にはほとんど被害がなかったため、基準の要求水準は改訂されていない。阪神淡路大震災以降、構造分野の努力は、被害の多かった1981年以前に建てられた建築物に耐震補強をして、「500年再現期待の地震動」では崩壊しないように建物全体の耐震強度を底上げすることであった。

ところで、東日本大震災(2011)は、地震の規模が日本近辺では有史以来最大ということ、再現期間が500年をはるかに超えるのに、建築物の構造的被害はほとんど無かった。今回の地震を受けて耐震基準がどうなるかは、これからの議論だが、少なくとも確率論的アプローチは、前述のように、その時々々の基準のレベルを説明しているだけで、納得できる安全のレベルを指定していたわけではない。

結局のところ、日本では原子力発電所だろうが、超高層ビルだろうが、判断基準について、突き詰めた議論をしておらず、現状でできるだけのことをして、これを経済的限界と称し、確率論で現状の建物の強度を表現して、崩壊はめったに起こらないから大丈夫と言っているに過ぎない。筆者は、この方法論を建築物に適用する範囲では、それほど問題ないと思っている。言い方は悪いが、たとえ大規模なビルが地震で崩壊しても、ビルとその周辺に危害と危険が及ぶだけで、結果は想像できる範囲である。多くの場合、その時、そのケースで精一杯の努力がされていれば、人々は事故の最大規模で、選択の可否を判断しているように思う。1000人乗りの航空機は、過去に計画はされ、技術も開発されたが、一瞬に奪われる命の多さも影響してか、実現されていない。

ここまで整理してくると、案外、判断基準は簡単である。最大で判断するか、確率論で期待値に持っていくか、のどちらをとるかと言われれば、「確率論も安全性を向上させるための議論には使うが、最大が許容できないレベルになるものは選択しない」が、今の小生の判断基準である^{註2)}。

どんなに確率が低くても、機械はいつかは壊れるなり、使い方のミスが起こるので、原子力発電所のように想定される最大事故の被害が、人間にとっても地球にとっても、桁外れの規模になるものは作らない、という判断が望ましい。

節の初めに戻って、私たちは日本の原子力発電所は、米国と同じ判断基準で作られているように思っているが、日本には同じサイトに7基も原子炉があるところがあるが、米国では最大で3基である。ここでも起こりうる最大事故を意識しているか、絶対に起こらな

いという前提に立つかの違いが見える。確率論的に扱くと、原子炉が連続的に事故を起こす可能性は天文学的に小さいので、サイトに原子炉が3つでも7つでもリスクの大きさにはほとんど影響しないため、確率論的判断基準では、サイト内の原子炉の数はどんどん増えても許容されてしまう。米国は、いかにも確率論で意思決定しているように見えて、前節の経緯で、議論もしっかりしていることから、最大規模の事故も常に意識していて、これがサイト内の原子炉の数を抑えているのだろう。

本節では、真似する相手の本質のところをよく勉強することと、自前の判断基準を持つことの重要性が指摘できる。

3. 「故障しない」から「故障が見える」へ。

またまた筆者の専門からスタートする話で申し訳ない。建築設備のうち、火災を防ぐ設備（感知器、スプリンクラー、防火戸）の信頼性を研究している関係で、エレベータの事故などを扱う国土交通省社会制度整備審議会の建築物等事故・災害対策部会の委員を数年前から務めている。

エレベータの機構に精通しているわけではないが、2011年7月26日、日本で初めての重大事故がエレベータで起こった。ネットによれば、東京メトロ有楽町線平和台駅のエレベータでかごを吊っている3本のワイヤーが全部破断し、乗っていた女性がけがをした事故である。ワイヤーが3本全部切れたことで、かごは落下したが、これを感知してブレーキをかける安全装置が作動して、かごは緊急停止した。エレベータは三菱電機製で月2回定期点検を受けており、直前の点検では異常は報告されていなかったという。

エレベータの荷重とワイヤーの強さについての教科書的説明では、かごと乗客の荷重を支えるには、ワイヤーは1本でも十分すぎるだけの安全率を有するとされ、3本が同時に切れることは確率論的にはほぼ無いに等しいと言われてきた。だからこそ、この事故が日本で初めての出来事になったとも言えるが、問題は、事故の前に月2回の定期点検が行われ、その際に事故の予兆が発見されていないことである。普通、ワイヤーはそれを構成する撚り線が解けたり、一部切れてまくれ上がるのを視認できることで、強度低下を定期点検で発見できる。この事故の異常さは、定期点検が正しく行われていたことを前提に、この故障の予兆が発見されなかったこと、並びに、仮に予兆が看過されていたとしてもワイヤー3本が同時に強度をその設計値の何分の一かに減じて破断したことの2点である。前者について、筆者は長年、定期点検の報告の仕方の問題があると指摘してきたが、この指摘していた点が強く影響したと考えられる。（後者については、本稿の範囲外と判断。註3を参照されたい）多くの場合、定期点検の報告書には、点検する各項目について、正常か故障かの二択しか選択肢が無い。この結果、公に保管されることを意識して、報告書は故障していないことを記述するだけのものになってしまい、現状が良好な状態にあるか、故障の前兆が目立ってきて注意すべき状態かの見分けがつかない。筆者は、今は故障と扱わなくとも良いが、しばらくすると異常になる可能性のある段階で注視は必要、というレベ

ルを報告の選択肢に入れてもらうよう、審議会で何度も主張し、幾つかの項目で正常、要注意、故障の三段階で報告できるよう、僅かな前進を果たしているが、委員の大半は、「要注意と故障の差が分からない」「要注意なら故障でしょ」という反応だった。以下は、拙書のあとがきの引用だが、機械は故障するという事実の認識と、これを事前に見えるようにする努力が求められる。

『書き残したことで、一番、気がかりなのは「機械は故障する」という事実に対する認識の低下である。このところ、世の中にあるものは故障率が随分と下がってきたので、利用者はこれが故障したらどうなるか、について想像するのを止めてしまったように見える。

昔の車はエンジンが一度でかからないことが多かった、電気屋さんでは客の目の前で電球が点くことを確認してから売っていた、などと学生に説明しても、皆、実感がわかない顔をしている。この「安全は何もしなくても保証されるだろう」という人間側の錯覚と、どんなに確率は低くても故障は必ず起こるといふ科学的事実をどう調整するかが残された研究課題と考えている。(火災の科学、中公新書ラクレ、2011)』

さて、「故障が見える」をどう実現するか、である。エレベータの例で言えば、そのパーツごとの故障の歴史を明示すること(月2回の点検結果の時系列上の提示)、が、まず、方法論として考えられる。「どれだけの期間、故障しないで運転したか」ではなく、「運転を支えるために、どれだけ故障し、それを修復したか」が見えれば、故障にどう対応すべきか、冷静な議論が可能になる。一方、この方法論が一般的に採られない理由は、故障を記録すると、その結果だけが強調されて、故障、即、不良のレッテルを貼られるからだろう。同時に、故障率の上限(改善すべき状態にある、と判断すべき条件)を定められない点も採用が困難な理由である。

情報化社会の長所は、繰り返す大量の情報の蓄積が容易なことであり、今後の定期点検では繰り返した点検結果の中で、わずかな回数の故障を、それが非常に低い確率で起こっていることも含めて、明示する方向に向かうことがまず、第一であろう。そして、故障率の上限については、まずは現状の努力の範囲の数字を入れて運用すればいい。ただし、そうすると現状維持が判断基準になるので、もうひと工夫が必要である。筆者は30年前に航空機、鉄道、自動車、建築物の安全設計の専門家による、安全基準のシンポジウムを開催した。その中で、特に印象的だったのは、米国海軍の航空機事故に対する安全基準で、単純に発着回数あたりの事故率を「去年よりは良くしよう」というものであった(MIL-F-8785C)。まずは現状からスタートして、次第に信頼性を向上させ、かつ後戻りは許さない姿勢というのは、技術の基本であり、この原点を、過去には無かった豊かな情報環境(膨大な故障もしくは点検情報を一瞬で処理できる)を駆使して実現することが求められる。

4. まとめに変えて

- ・最大事故を想定し、結果が許容できないものは選択しない。

- ・深く考えて、判断基準を選択する。
- ・点検をしたら故障率を公開し、その低減を毎年、実現する。(できない場合はそのシステムを捨てる)

以上が、この稿で述べたことである。最後に蛇足として、TMI (スリーマイルアイランド) に 1983 年と 1999 年の二度、訪問しての報告。初回は 1979 年のメルトダウン事故を受けての単なる物見遊山。道に迷いながら、川沿いに TMI の冷却塔が浮かび上がって感激したのに続いて、発電所の対岸に TMI 事故を説明する Visitor Center があり、放射能環境のモニタリングとその値を表示している懐の深さ (情報開示の徹底) に驚いた。二回目の訪問は、事故から 20 年も経ったので、さすがに Visitor Center もさびれているだろうし、閉館しているのでは、と想像したが、展示内容は新しいものになり、地域の環境問題にも言及していた。やはり、本場は強く、たくましい。我々が、今回の事故をどこまで Visitor Center で公開できるかが、未来の安全を左右する鍵になるだろう。

註 1)

電子政府の国会会議録検索システムで法案を審議した「衆議院科学技術振興対策特別委員会 1961 年 4 月 26 日」を検索すると、基本的な議論は、我妻栄東京大学名誉教授が、「極めてまれに起こる災害に対して、被害者を救うための法律である」ことを切々と説明する審議が続き、委員会全体の審議が推進する立場である。50 億円を自賠償の上限とする点については、計算根拠を明らかにせよ、という質問はあるが、前年の日本原子力産業会議の試算結果は、話題になっていない。朝日新聞データベース「聞蔵」での検索でも、4 月 26 日から一週間に、建設反対の記事はない。原発反対の記事が散見されるのは、1970 年代に入ってからである。

註 2)

蛇足だが、筆者の判断基準では、伝染病に関するバイオ研究施設で、最大事故として地球上の生物の全滅が想定される場合、研究施設が存在が認められるか、という話になる。この場合、施設が存在は、別のケースでは生物の全滅を救う知識を創出する可能性もあり、もたらす利益の可能性との比較が、判断に加わることになる。

註 3)

この事故を技術者の集まりで話題にしていたところ、ワイヤーが精度よく作られていれば 3 本が同時に終局強度を迎えることはあり得るのでは、という指摘を受けた。この発言は、安全を設計するという立場からは、驚きであった。仮にそのような可能性があれば、設計時にそのような事態が起こらないように、例えばワイヤーの強度をわずかに変える工夫が安全設計の基本だからである。その意味で、設計と点検の乖離も起こっているのではと危惧している。