

原子力安全のひろば

Safety & Dialog

2004
春
vol.6

CONTENTS

[特集] 「安全」を考える

- | | | | |
|-----------------------------|----|-----------------------------|----|
| ● 「変わる世界、変わる安全」..... | 3 | ● 航空の安全..... | 20 |
| ● 欠かせない原子力の手続き的安全性..... | 5 | ● いま医療の現場で始まっていること..... | 22 |
| ● 原子力安全シンポジウムでのパネル討論..... | 8 | ● リスク情報を活用した新しい原子力安全規制..... | 24 |
| ● リスクとどうつき合うか..... | 14 | ● 地震となまずの話..... | 26 |
| ● エネルギー・セキュリティからみた「安全」..... | 16 | ● 03年度に起きた事故や故障は13件..... | 29 |
| ● 安全と安心を考える - 化学の視点から..... | 18 | ● [安全を探る] リスク認識と予防原則..... | 30 |



特集 安全を

「人は生活を営む上で、いろいろな願望を抱いております。その中で最も基本的な願いのひとつは、安らかに生を営み、そして終えること、即ち一生を安全に送ることでしょう。この願望に衝き動かされて人はいろいろな活動を致しますし、仕組みや道具や装置を工夫して活用します。『文明』と呼ばれるものの相当な部分は、古来、このような工夫の成果の集合であるとも考えられます。『国』という仕組みは文明の所産の典型的なもののひとつですが、近代国家の最も重要な機能と責務は、人々の安全への願望を保証することにあります。国が何につけても安全規制に責任を有することが求められる根元はこのことに依ると思います」。

原子力安全委員会では、安全文化をめぐって意見交換するために、2001年夏から全国の原子力施設を訪問してきた。その結果をとりまとめた報告書の中で、松浦祥次郎委員長はこう述べて、安全がみんなの願いであることと、その願いをかなえるための世の中のしくみを説明した。

安全とは何か。

世の中のしくみはどんどん複雑になり、高度化している。変化のスピードも、速くなっている。安全と深い関わりをもつリスクも、多様化している。

そんな中で、私たちはそれらのリスクへの対処を、常に迫られている。つまり、リスクを適切に認識し、上手につきあい、抑えていくことが、現代の文明では必要になっている。

今号では安全について、さまざまな分野からの専門家に語っていただいた。

ここではまず、平成16年2月に原子力安全委員会が、東京国際フォーラムで開催した「安全」をテーマとする原子力安全シンポジウムのあらましを紹介する。続いて各界の専門家から、「安全」について語っていただいた内容を紹介する。

考える

「安全」を
考える1

基調講演
1

原子力安全委員会は2月7日、東京国際フォーラムにおいて、「私たちの安全」をテーマに原子力安全シンポジウムを開いた。この会合は、安全委員会が全国各地で開催している公開シンポジウムの一環として実施しているもの。平成12年8月に東海村で開催したのが始まりで、今回は10回目にあたる。当日の会場には152人が詰めかけた。

会合では日本学術会議会長の黒川清氏と安全委員会の鈴木篤之委員が基調講演。続くパネル討論では、食品や防災などの専門家が、それぞれが考える「安全」についての考え方を紹介し、各分野に共通する安全の概念や、科学的知見と政策決定のあり方などについて議論した。

「変わる世界、変わる安全」

日本学術会議会長 黒川 清

科学技術の進歩が、世の中を変える

今から400年前、徳川氏が江戸に幕府を開き、その後鎖国をした。当時の世界は、大航海に入った時代だった。150年前にペリーが来て、国を開いた。100年前にはライト兄弟が、初めて飛行機を飛ばした。その飛行は、わずか12秒間だったが、その66年後に、人が月の上に立った。

50年前にDNAの二重らせん構造がわかった。今はヒトの遺伝子の塩基配列までわかっている。この進歩からすると、そのうち長生きできる遺伝子を持っている人の産み分けさえもできるようになるかもしれない。それでいいのか。科学技術はどんどん進んでいく。さまざまなできごとや変化を、安全や安心という視点から、どうとらえていくか。



これまでの10年、これからの10年

1945年以後にできた冷戦の枠組みが、91年にソ連邦の崩壊とともになくなった。そして95年頃までの日本は、ジャパン・アズ・ナンバーワンと言われ、「政産官の鉄のトライアングル」が疑問ももたれずに、みんなが奇跡的な復興を遂げた国だと思っていた。そのモデルの崩壊のサインが、95年にあった。その年の1月に、神戸で大震災が起きた。その1年前に、カリフォルニアのノースリッジ地震で、高速道路が倒れた。その時に日本の関係者たちは、日本の高速道路はあれぐらいの地震では倒れないと言っていた。それをみんな、信じていた。

翌年。神戸で地震が起きて、高速道路が崩壊した。工事に手抜きがあることもわかった。技術は優れていたが、そこには驕（おご）り、慢心がなかったか。

それ以後にJCOの臨界事故があり、日本ハムや雪印、東電の不祥事があり、新幹線のトンネルの壁が数多く落ちた。技術立国の神話が崩れた。そして3月にオウム事件が起きた。これは教育システムの崩壊、荒廃を象徴する事件だったのである。

95年に、国費を投入する住專問題が起きた時、みんなは大騒ぎした。しかし今度、「りそな」に、それを上回る2兆円を投入する話に、みんなはほとんど無関心だった。日本の金融は、大丈夫だろうか。どうしてこんなことになってしまったのか。

日本はGDPが世界で2番目だが、借金が多い。そして世界で一番の長寿国だ。ならばこれからは、医療等の社会基盤構造や産業構造はいやでも変わらざるをえない。



今の日本が世界を席捲しているのは、何か。一つはアニメ。これは人の心をつかんでいる。二つ目がゲームソフト、そして三つ目がカラオケだ。これを見ると、日本がだんだん、カッコいい国になってきたことがわかる。また環境にやさしいハイブリッドカーは、日本の自動車メーカーの独壇場だ。このように日本は、ソフトパワーと特化していかなければならない技術分野がある。日本がこれから特化すべきコアコンピテンス（中核となる能力、資産）は何だろうか。そして日本はこれから、どんな安全を追求するのか。

今世紀後半に、世界人口は90億人になる

ひるがえって世界に目を転じれば、21世紀の課題は人口問題と環境問題だ。20世紀の初め、世界の人口はたった16億人だった。今は63億人いる。あと50年たつと、90億人になるという。これは食料問題を引き起こす。中国はかつて、米の輸出国だったが、肉食が普及し、今や米の輸入国だ。中国のエネルギー需要は伸びる。それが環境問題を引き起こす。汚染された大気や海洋が、日本にも影響を及ぼす。そんな中でアジアの日本は、どのような食料やエネルギー政策をとっていくのか。

一方で日本は今、とても豊かになった。35年前は、テレビやクルマ、冷蔵庫がほしかった。今は何がほしいだろうか。あまり欲しいものがなくなった。何がほしいのか。それは安全や安心なのか。それを考えてほしい。そして、それを反映するのが政治だ。

豊かになった今、みんなには、社会意識が芽生えてきた。社会的認識の高まりにより、社会にコミットしたい雰囲気が高まっている。それがNPOだ。

今まで政府がやっていた医療や教育などといった社会基盤の形成に、NPOがでてくる。政府や企業という私的セクターとは別の、第3の基軸になっていく。彼らとの会話を増やしていくことで、政策の選択肢がふえていく。例えばNPOに国のお金を委託していくのも、方法のひとつだろう。

他方で世界では、情報と交通が広がっている。裕福な人と貧しい人とが混在しているありさまが、途上国の人たちにも、わかるようになる。南北問題である。そこに欲求不満がたまっていく。それがテロに結びつく。

これから、人口が急増し、成長していくアジアでの日本は、食料やエネルギー、環境などの政策を、どう決めていくか。それを決めるのは役所ではない。それはあなたたち一人一人なのだ。



黒川清氏

UCLA医学部教授、東大医学部教授を経て、東海大医学部長、総合医学研究所長。現在は日本学会議会議長として、日本の学術研究のあり方などについて積極的に発言している。

「安全」を考える1

基調講演
2

欠かせない原子力の手続き的安全性

原子力安全委員会委員 鈴木 篤之

わが国の原子力では、最近、いろいろな事故や事案が続いており、安全に関する社会的
不安感を増幅してきている。原子力安全には、放射能や放射線による原子力災害を防止す
るという実体的安全性と、その実体的安全性の確保が実際にどのように図られているかを
社会に対して説明するという手続き的安全性とがある。ここでは、後者の手続き的安全性
の、原子力安全に係わる社会的不安を払拭していく上での重要性について述べる。

最近の原子力事故・故障と事案

平成12年から昨15年の4年間にわたるわが国の事
故・故障データをみると、合計66件が国に報告されて
いる。

これらの実体的安全性への影響の程度に関し、国
際原子力事故故障評価尺度（INES）で測ると、レベ
ル7から1までの内、レベル1相当が1件で、残りの65
件はすべてレベル以下であり、実体的安全性にはほ
とんど影響がないものと評価されている。因みに、
レベル1は2001年の水素燃焼による浜岡1号機の配管
破断事故である。

INESでは、影響度の大きい順にレベル7から4まで
を「事故」と呼んでいる。それは敷地外の一般公衆
への影響、すなわち実体的安全性の程度にもとづい
ている。レベル3から1までは、施設内での従業員被
ばくとともに、災害防止の観点から装備されている
多重防護に係る設備機能の異常の程度に着目して分
類されている。専門的には、レベル3は「重大な異常」、
レベル2は「異常」、レベル1は「運転制限範囲からの
逸脱」と言う。

これによれば、最近4年間のわが国の事故・故障は
「運転制限範囲からの逸脱」が1件であった。その他
の65件は、評価尺度以下の「レベル0」が58件、安全
評価上の対象にならない「対象外の事象」が8件であ
り、実体的安全性の観点からは大きな事象は発生し
ていない。にもかかわらず、実際には、社会に対し
て大きな不安感を与えている。それは何故か？この
点を考えてみたい。

第1に、国への報告事象範囲は実体的安全性の観点
ばかりでは決められていないことに留意する必要が
ある。たとえば、わが国では、原子炉が運転中に停
止された場合には、その原因が軽微な事象によるこ
とが明らかな場合でも原則としてすべて国へ報告す
ることになっている。すなわち、国への報告範囲は
実体的安全性の観点に対して常に広めになるように
決められており、このため、「安全、安全と言うわり
には、事故・故障の数が多い」という印象を人々に与
えているかもしれない。

しかし、国への報告範囲如何とは別に、情報はで
きるだけ開示されるべきであり、それはまさに手続
きの安全性の重要性に関連している。情報の開示範
囲が実体的安全性に比べ広すぎるからと言って開示
範囲を狭めることは、手続き的安全性の観点から推
奨されない。

第2に、事故・故障の原因を見てみよう。筆者の分
類によれば、66件の内、約70%に当たる47件は、応
力腐食割れや経年劣化などの機械的要因が主な原因
で、誤操作などの人的要因が直接的原因と考えられ
るものは約10%の7件であった。原子力発電所の機器
設備は機械類であるから、年とともに何らかの故障
などが発生することは避けられない。機械的要因に
起因する事故・故障は今後とも発生するものと考えて
おくべきであろう。このことが十分に周知されるよ
うに社会に対し説明しておくことが重要であり、そ
れも手続き的安全性の一種である。

第3に、事故・故障件数に関し過去10年程度の統計
をみると、数年前までは多いときは年間30件も報告
されている年があるのに比べ、最近はその半分程度



鈴木篤之氏

東大大学院工学系研究科
教授などを経て、現職。
専門は核燃料サイクル工学。

でむしろ少なくなっている点である。これは明らかに多くの人が受けている印象とは一致しないであろう。それは、最近の事案のように、過去の事実が後になって明らかになった場合には、1件あたりの事象をいつの時点のものか見なすが簡単ではなく、事故・故障の統計にそのまま追加することが難しいという事情と関連している。

仮に、最近の事案に関し、それが原子炉ごとに明らかになった時点でそれぞれ1件の事象が発生したものとして件数を勘定してみると、平成14年と15年の2年間に29件が追加的に発生したことになり、このため、事故や故障を起こせばかりいとの印象を多くの人に与えている。また、それら29件はすべて応力腐食割れが原因であった。

この事実からわれわれは次の2つの重要な教訓を得る。一つは、機械的劣化などの不可避免的な事象が事故・故障の発生要因として支配的であり、そのような事象は今後とも発生が予想され、その場合にも実体的安全性に影響しないことに関し手続き的安全性の観点からの評価が重要なこと、もう一つは、実体的安全性の上からは軽微な事象であることが明らかである場合にもその事実が外部からの申告などにより事後的に明らかになった場合には、いわゆる情報隠しと受け取られかねず社会的信頼感を著しく損なうおそれがあり、手続き的安全性においては情報開示の時機や内容がとくに重要という点である。

前者の評価については、今回、新たに安全な運転維持にかかる技術基準が策定され、その点の手続き的安全性は一步前進した。ただし、今回策定された基準は安全運転に係る判断基準の一部であって、す

べてではない。安全目標の議論などを進めつつその体系化を図っていくことが今後の課題である。

後者についても、内部申告制度の整備など、その点に関する手続き的安全性の向上に向けた努力がなされつつある。しかしながら、この点は、日本的社会の仕組みと関連するところもあるようにも見受けられ、一層の粘り強い取り組みが求められている。

手続き的安全性の自律化

手続き的安全性とは、いわば説明責任であるが、実体的安全性を対外的に単にわかりやすく説明することでも、広報活動において情報公開を徹底すればいいというものでもない。手続き的安全性を追及することが、すなわち実体的安全性の確保をより確実かつ強固なものにするように、原子力の安全確保の仕組みの中に内部的に組み込まれている必要がある。なぜならば、手続き的安全性が必要になる背景に個々人の心がけや精神論では解決し得ない社会現象があるからである。

その社会現象は情報の非対称性として説明されることが多い。すなわち、情報の送り手と受け手の間では情報に偏りがあることは社会的に避けられず、その存在を前提に社会的制度は設計されなければならないとされる。情報の非対称性が原因で、モラルハザードなどの社会的問題が起きる。その場合には、非対称性をできるだけ軽減する制度や仕組みが必要であって、個々人の自覚や心がけにばかり期待しても本来的な解決は難しいことを教えている。

この制度や仕組みが原子力の手続き的安全性と大いに関連している、と私は考えている。たとえば、規制を受ける事業者と規制行政庁の間にも、当然のことながら、情報の非対称性は存在するのであり、それを前提に制度や仕組みが設計されなければならない。規制は法律にもとづく行為であり、その点から規制に必要な情報はすべて規制者に提供されなければならない。しかし、なお、非対称性は残ると考えるべきで、規制者が手続き的安全性の主役にはなりえない。手続き的安全性もまた実体的安全性とともに、その第一義的責任は事業者にあることが社会的に広く理解されている必要がある。

この見地からは、手続き的安全性の主役である事業

者において、それを確保する仕組みが組織内に自律的に組み込まれていなければならないことになる。これを手続き的安全性の自律化と呼ぼう。手続き的安全性の自律化を促す方法として考えられている手法は、情報開示による安全確保と品質保証による安全確保である。

情報開示による取り組みもいろいろすでに進んできている。たとえば、事故・故障以下のトラブル情報を含む開示範囲の拡大化、環境データのケーブルネットワーク化、定期検査状況のライブ映像化、事故・故障情報等の集中管理公開による情報の共有化など、いわゆる情報公開は一昔前にくらべ格段に進んでいる。

しかし、このような取り組みには、その透明性の維持向上が恒常的に図れるような仕組みが用意されるべきであり、環境データについても環境放出後だけでなくその手前の上流側データもできるだけ開示することや、個人的判断にできるだけ依存しないような情報開示の自動化システムを構築するなどにより透明度を一層向上させる仕組みが望まれる。

品質保証についてもまた、現在、そのために保安規定を大幅に見直すなどの取り組みが進行中である。その成果は、しかし、実施してみたらはじめて明らかになるもので、その有効性に関する評価はそれまで待たなければならない。と同時に、完璧な品質保証はありえないことを念頭にその取り組みを恒常的に維持向上させる仕組みを内部に組み込んでおかなければならない。

その点で、ISO(国際標準化機構)で推奨されている手法が、PDCA(計画・実行・評価・改善)サイクルによる自己点検である。このようなサイクルの実施にあたっては、その日常的な恒常化とともに、組織の縦の責任分担を明確化する階層化と内部および外部監査による客観化が重要である。

手続き的安全性を通じた実体的安全性の強化を図る上でさらに重要な点は、事故やトラブル情報にこそ貴重なノウハウが隠されているのであり、それを知的資産として知能化する仕組みである。集中管理による情報の共有化はその点で有益と考えられるものの、共有化というよりも競争による切磋琢磨がむしろその仕組みの実効性に大いに関連していることを考慮すべきだ。

原子力安全というと、多重障壁や多重防護(深層防護)による技術的(実体的)安全性ばかりが強調されやすいが、強固で立派な施設ばかりでなく、むしろ、それを設計・建設・運転・管理・規制する人や制度がその基本である。

それは、個々人の心がけと同時に、社会的仕組みや考え方に大いに依存している。技術の習熟度が低い時代には専門家や国の判断、とくにその「開明性」がもっぱら頼りにされていた。しかし、技術的習熟度が高くかつ高度な民主主義社会の時代においては、国民の「声」が常に届く仕組みが必要であり、それが手続き的安全性の基本である。





第10回原子力安全シンポジウム

原子力安全シンポジウムの後半は、さまざまな分野の専門家が、パネル討論を行った。ファシリテーターを務める南山大学の小林傳司氏が、「安全の問題の多義性を明らかにしたい」と問題を提起。これを受けて国立精神・神経研究センター神経研究所部長の金子清俊氏がまず、牛海綿状脳症（BSE）の問題をとりあげてこう述べた。

「6千万人におきる結果を予測することはできない」

「BSEの事件以降、日本では安全のために、全頭検査をするようになった。そこには予防原則、慎重の原則、疑わしきは罰するという原則がある。

しかし、日米欧の基準は食い違っている。日本は症状が出た牛のみならず、症状が出ない牛も含めて積極的にスクリーニングを行うという全頭検査体制をとっているが、欧州は生後24～30ヶ月齢以上の牛に全頭検査を行っている。それに対し米国、カナダは、あくまでも受動的スクリーニング、つまり主に神経症状の出た牛のみを検査している。

また、感染防止のさらに重要な要素として、いわゆる特定危険部位（SRM）の除去があげられる。これに関して米国からは30ヶ月齢以上のSRMを除去するとの追加対策が発表されたが、欧州では12ヶ月齢以上、また日本ではすべての月齢の牛のSRMを除去している。

日本では安心を確保するために、2001年10月から全頭検査を行うようになった。とはいえ、それから2

年たった今は、世界的な基準とやや乖離があるのではないかという懸念が生じている」

「一方、安全を確保する上では、科学的根拠が重要だと言われる。しかし、その科学的根拠には、限界がある。

例えば英国では、1986年に初めて、BSEに感染した牛を見つけた。その時に英国政府は、数百匹オーダーのねずみにBSEの脳をうつ実験をした。しかし1匹も発症しなかった。この結果を、BSEは人に感染しないという根拠にし、それをもとにした政策を実行した。けれども1996年に、人に感染したことがわかる。英国の人口は6000万人。そこでの発症頻度は、数百万人に



金子清俊氏

国立精神・神経センター神経研究所疾病研究第7部長。プリオン研究の権威。「食の安全」という観点からBSE研究に取り組んでいる。

一人でしかない。100匹のネズミで、6000万人におきるアウトカム（結果）を予測することはできない。科学には、限界がある。それは今も同じだ」

「食の安全は、BSEに限らない。SARSや鳥インフルエンザ、鯉のヘルペスなどいろんなものがある。そこでは地球全体を考えた取り組みが必要だし、人と獣の間で感染するかどうかという立場からの対策も重要になる」

「防災対策は地域ぐるみで」

続いて神戸大学の室崎益輝教授が、都市防災をテーマにこう発言した。

「都市災害とは、都市の存在が関わって起きるものをいう。都市防災は、そういった災害を減らすことをねらいとしている。かつてはそれを災害と防災というキーワードで説明したり対応したりしていたが、95年の阪神大震災以降は危機と安全というキーワードで、問題をとらえるようになってきた。犯罪のような社会的なリスクを考えると、都市の問題は、セキュリティやセーフティという概念で対応しなければならない。

また個人よりも、コミュニティや地域社会、企業、国家などの組織の安全を確保して、それによって構成員の安全を確保しようという発想へと転換しつつある。一人ひとりの命を守ることは当然重要だが、震災後の状況を見れば、地域社会そのものが安全でなければ、個人の暮らしが守れないことが明らかになってきた。従来は生命の安全に重心があったが、組織体や地域社会という、命の外堀も考えなければならない」

「また災害には、まれにしか起きない低頻度のものがある。例えば建物内での火災死亡事故では、住宅の中で起きた火災で亡くなる人がとても多い。逆にデパートやホテル、劇場のような所での火災で亡くなる人はとても少ない。ところが国民のニーズは、デパ

ートや劇場を安全にすることへのものが多く、それらの施設には厳しい規制がかかっている。けれども、逆に死亡者が多い住宅に対しては、火災の面で全く規制がかかっていない。何十年に1回くらい、デパートのようなところで火災事故が起きて数十人亡くなったりすると、そんな施設の方が危険だと思われる。そうしたみんなの安全や安心の意識レベルを変えていかなければならない」

「原子力安全の基本は、放射線障害防止」

原子力安全委員会からは、環境医学とリスク管理を専門とする松原純子・委員長代理が、「安全と安心」を切り口に、原子力発電所の安全対策をこう述べる。

「安全とは、危険の少ない状態や物であり、危険を最少にするための十分な手だてを施した状態のことだ。そこでは客観的な確率や期待値で評価することができる。一方で安心とは、個人の危険に対する気持ちや認識であり、主観的な心配度が関係する」

「なお原子力発電所にはばく大な放射性物質があり、そこから大きなエネルギーを発生する能力もっている。そのために施設では、さまざまな安全上の対策や工夫がこらされている。そこでの安全とは、基本的には放射線障害防止である。

その安全対策としては、まず放射線に対しては遮蔽を設け、放射性物質を多重の障壁で閉じ込めている。また原子炉の安全は、核分裂連鎖反応の制御を確実にするために、異常時には止める。それから冷やす。そして放射性物質が外にでないように閉じ込めることが、肝心かなめである。施設の設置について原子力安全委員会が安全審査指針を設け、原子力安全・保安院とダブルチェックし、運転時も政府が厳しい規制を実施している。

また多重防護とは、事故の発生防止、早期検出と拡大防止、そして万一事故が起きた時は、その影響を緩和するよ



室崎益輝氏

神戸大学都市安全研究センター教授。防災研究の第一人者。阪神淡路大震災の後、防災の課題について被災地から積極的に発言し続けている。



うな何重もの対策のことで、それぞれの段階で何重にも最善の安全対策を講じておくことだ。さらに各段階での対策が失敗したとしても、それに備えた緊急時の災害訓練をしておく。こうした堅固なしくみを整えておくことが、安心につながる」

「放射線被ばくについては、人々に恐れのおちがある。しかしながら、例えば1ミリシーベルト被ばくしたとしても、それによって発ガンが増加する確率はほとんどないといってよい。こういった問題について、専門家や国はできるだけやさしく、人々に説明する必要がある」

「これまでの科学、いわゆるノーマルサイエンスは、客観的現実の追究が主眼で、専門家からの立場のものだ。これに対しポスト・ノーマルサイエンスは、公衆や関係者との対話の中で、全体的な文脈に応じた現実的問題解決を志向するものだ。これからの社会は、とくに安全などの判断については、一般の人々と対話して政策決定をしなければならない」

「属性で変るリスク認知」

ジャーナリストの立場から参加したのが、東嶋和子氏。「死因事典」などの著書で知られる同氏は、リスク比較から説き起こす。

「私はピーナッツバターが好物だ。しかしこれには、アフラトキシンというかび毒が含まれている。平均的な米国人の場合だと、その毒によって1万人に2.2人くらい亡くなる計算になる。

魚にだって、ダイオキシンや水銀が含まれることがある。けれども魚には、心臓疾患を防ぐメリットもある。私たちが行う活動には、必ずリスクがある。私たちはそれらを、いつもメリット、デメリットを天秤にかけている。

けれども原子力や遺伝子操作組み換え食品になると、そういう思考回路がなぜかブツンと切れてしまう」



松原純子氏

東大助教授、横浜市立大学教授を経て、原子力安全委員会委員（2004年4月まで）。専門は環境医学、リスク管理。

「ここに20の項目がある。原発、自動車、ピストル、たばこ、オートバイ、お酒、飛行機、警察活動、殺虫剤（農薬）、外科手術、水泳、アルコール、発電（火力、水力など）、自転車、鉄道、消防、登山、スキー、ワクチン、食品保存剤がそれだ。さて、ここにあげた項目のうち、どれが最もリスクが高いだろうか？

これを調べたのが、スロピックだ。彼の研究によると、この質問に対し、婦人有権者団体の人のリスク認知は原発が最も高く、自動車、ピストル、たばこ、オートバイと続いた。大学生だと原発、ピストル、たばこ、殺虫剤、自動車の順。さらに会社員だとピストル、オートバイ、自動車、たばこ、お酒の順になる。

なお、死亡数からいうと、最も高いのがたばこだ。ついでお酒、自動車、ピストル、発電となる。

スロピックの分析によると、ビジネスマンや専門家はその事象が起こる確率と結果の大きさの積という、リスクの期待値で判断する傾向があるという。ところが大学生や女性などの一般市民は、破滅的なリスクや未知のリスクに対しては、リスクを高く見積もる傾向がある」

「人間はさまざまな理由で死ぬ。10万人あたりだと、年間で240人ががんで亡くなり、心疾患120人、脳血管疾患100人と続く。

また人は、100%死ぬ。だから実際は、そのことがなければ全うしたはずの寿命がどれだけ短くなるかということが、より実際的なリスクの尺度となる。それは損失余命と呼ばれる。例えばがんの場合、もしがんが撲滅されたら、男だと4年、女だと3年寿命が延びる。3人に1人ががんで死ぬとすると、男の場合の4年を3倍して、アバウトにがんの1死亡による損失余命は約12年と計算できる。

この損失余命の尺度を使えば、さまざまなリスクを比べることができる。例えばハーバード大学のリ

スク解析センターでは、医療や交通安全、労働環境、居住環境、自然環境といった分野で実際に行われた政策を、損失余命という尺度で横断的に比較することを試みている。その結果をみれば、どの対策が費用対効果に優れているかが評価できる。

このように異なる分野のものを横断的にリスク評価することができれば、例えば市民は、何にもっと注意を払い、何を不安に思う必要がないかがわかる。また税金にしても、どこにもっと使ってほしいという目安がわかる。こういう評価のツールがあれば、政治に市民が参加することができやすくなる。

原子力は特別視されることがある。しかし、そういう横断的にリスク評価できるツールがあれば、それでいろいろなリスクを比べられる。市民やメディアは、ハードウェア的な安全には関われない。けれどもソフトウェア的な手続き的安全に参加していくことに、NPOやメディアの役割があると思う」

「安全は視点に依存するか」

パネリストの発言が一巡したところで、パネル討論に入る。最初に小林氏が、こう切り出す。(文中、敬称略)

小林「領域が変わると、安全というものは、その意味合いが変わるのだろうか。安全とは本当に、客観的なものなのだろうか。例えばそれは、死亡率などといった限定的なものなのではないだろうか。つまり安全が客観的だというのは、条件付きのものなのではなからうか。安全を定義しようとしても、安全は視点に依存するのではないだろうか」

鈴木「モノをつくる立場からすると、何か具体的な数値を決めないと作れない。例えばクルマにしても、日本の車の方がアメリカの車より故障が少ないし、信頼できるという。それはデータなり、客観的な数字だと思う。もちろん、客観的な数字が安全性



わこ
東嶋和子氏

サイエンス・ジャーナリスト。「フォーラム・エネルギーを考える」メンバー。「いのち」をキーワードに、科学技術と社会とのかかわりを追いかけている。

のすべてを表しているわけではない。けれども、そういう尺度がないと、具体的にモノが作れない。科学的な議論もしにくい。ここでテーマになっている安全は、そんな狭い意味ではなく、人が判断する安全とは何なんだろうということだと思う。それは安心と言い換えることができるかもしれない」

室崎「何を守るかということにもよる。人命に限定すると、50年前と今ということなら、がんや交通事故などを例にすると、死亡リスクの期待値のような客観的な指標をもとに比較することができる。ただし、その客観的指標が、みんなの求めている安全や安

心とは乖離しているということはある。また安全は、現在わかっている知をもとにした、ある前提条件のもとで考えたものでしかない」

金子「工業製品を作るのなら、例えば何ミクロンなどというような計算が成り立つ場合があるだろうが、食品の場合は、確率計算や信頼性といったものを、いったいどこまで追求できるだろうか。それらはあいまいだと思う。判断のもとになる安全基準そのものが、だせる領域とだせない領域とがあると思う」

黒川「個人が飛行機事故にあう確率はとても小さい。個人が200年乗り続けるとまず、事故には出会わないというところまで、安全水準は達している。車だって、かなり安全になってきている。けれども乱暴な運転をすれば、事故を起こす。だから、安全を広く指標化することは難しい。年間1万人が交通事故死している」

小林「物理学では、大数法則で押し通すことができる。確率的に起こることがいかに低い事象でも、それが明日起こったとしても、それは法則を犯したことにならない。しかし公共政策は、そうはいかない。例えば原子力発電所の事故のように、まれにしかおこらない低確率事象への対応について、どう考



えるか。また人々の不安感についてはどうか」

阪神大震災では、メンテ不足で家屋が倒壊した

室崎「建築物については構造計算上、安全だといえることができる。ただしそれは、ちゃんと設計通りつくられていることと、メンテナンスしていることが必要になる。阪神大震災でたくさんの家屋が壊れたが、そこにはメンテナンスが関係していた。みんな大掃除をしなくなり、メンテナンスの文化を失っていたことが、家屋倒壊を招いた大きな原因だった」

小林「確率論的な議論と、個人の選択との結びつけ方については、どうか」

東嶋「抗がん剤をうつことを考えると、抗がん剤Aは70%の人に効き、抗がん剤Bは80%の人に効くといわれることがある。けれども、私にとってはそれより、私の体にあう方がほしい。また抗がん剤Aと抗がん剤Bのメリット、デメリットの両方が提示されていて、数字の根拠となるものも示してほしい。そうすれば、個人の選択がしやすくなる」

小林「公衆衛生の問題だと、かつては強制だった予防接種を、自己選択にするという方法がある。ワクチン接種にはリスクがある。だからこのワクチンをうつか、うたないかは、あなたの決定だと言われると、困る。公共政策はある程度、パターンリスティック（父権主義）でやっていかなければならないと思う。そんなことを全部、個人の選択という形で負荷をかけていいのか。その意味で、確率論を踏まえた公共政策の議論と、個人の行動の場面をつなぐのは、やっかいなことだと思う。また安全には、客観的な側面がある。けれどもBSEの時に日米欧で対応が異なったように、こういう問題に科学技術が明確に答えることは難しい。日本では牛の全数検査をやり、結果としてはよかった。未知の場合、保守的な対応が合理的になると思う」

金子「その通りだ。なお牛肉の場合、日米欧のトリプル・スタンダードを統一しないと、日本には豪州以外から牛肉が入らなくなる。こうした問題には常にベネフィットが関わる。こんな状況を、みんながこれから、がまんできるだろうか。これを機会に、安全について、みんなでいろんなことを横断的に議論していくことになればと思う」

松原「新しく未知の問題の場合、予防原則が大切だ。逆に放射線の影響のような古くからの問題は、

柔軟な再チェックと一般の人々を交えた再検討が必要だと思う」

会場参加者A「確率のデータベースについての話を聞いた。私は60歳代後半だが、今は死ぬことより、寝たきりのような状態になってずっと長生きすることの方が心配だ。リスクを考える時も、さまざまな基準がある。原子力も、死亡リスクだけではなく、いろいろなことを総合的に幅広く考えていただきたい」

東嶋「健康で長生きが一番だろうが、寝たきりになるぐらいなら、早く死んだ方がいいと思う人もいるかもしれない。化学物質リスク管理研究センターでは、5万種類ほどの化学物質について、例えばそれが頭痛をもたらすなどの影響をもたらさないかということを調べている。そのようなQOL（Quality of Life = 生活の質）の低下を指標に入れて比べるということも試みられている。このQOLで評価するのも方法だと思う」

会場参加者B「リスクはベネフィットといっしょに考えなければならないと思う。ただリスクだけを比べても意味がない。例えばタバコは、吸わない人にはデメリットしかないが、吸う人にはそれなりの幸福感というメリットがある。だからこれくらいのリスクはいいやということになる。原子力でも、それを嫌悪する人とベネフィットを感じている人とは、同じ数字のリスクでも、その受け止め方が違う。結局は政策や世論を踏まえて、誰かが判断するしかない」

小林「話はリスク・コミュニケーションに関わってきた。原子力業界では原子力のリスクの数値が低いということでみんなを説得しようということをしてきて、失敗してきた。他分野から、原子力ヘアドバイスははないか」

金子「BSEの経験から言うと、データや評価を全部、同じ送り手が発信すると、本当かなと思われる。それを第三者的に評価することが大事だ」

室崎「クルマは飛行機より危険だが、みんな利用している。クルマにはメリットがあるからだ。またそこでは、代替手段があるかどうかに関わる。エネルギーの場合、原子力でなければならぬのか。あるいはエネルギーを減らしていけば、何とかなるんじゃないかと思われる。私もそこがよく、理解できていない。また対策の容易性、コスト面の評価

もした上で、比較することが必要だ」

東嶋「数字をだすことは大切だ。さらにそれを、どう伝えていくか。そこでは、NPOやメディアのような第三者的な人たちが活躍するべきだと思う。しかし、私も含めてそれができていないことを反省している。なおクルマや病院やタバコのリスクに、私たちは日常さらされている。しかし原子力施設には、一般の人はあまり行ったことがない。数字だけでなく、その現場や、それに携わっている人にも会ってほしい」

会場参加者C「確率論は信用できず、それでは説得できないと言われたように聞こえた。

科学的な解析では、確率論的なリスク分析になる。きわめて起こりにくい現象は、検証そのものが難しい。先日あった別の会合でも、ジャーナリストの方が、確率論だけではだめだと言われた。しかし、それ以外に、リスクを評価するものがあるのかわからないのか。リスクもベネフィットも、広い範囲からの解析をふまえて、ある目的のためによりリスクの少ない選択肢は何かということで、ものごとは判断していかなければならない。

またメディアは、かなり安全だと思われるもので、安心ではないと言っていることがある。それは本来のメディアの役割ではないと思うが」

小林「それについては、私が答える。確率論的評価は無意味ではない。アメリカのワインバーグという物理学者は今から30年以上も前に、こんなことを言っている。

原子力の安全を考えると、こんな事故はまず起こらないだろうという低確率の事象の問題がある。その時に専門家の間では、それが起きる確率が低いと



ただし
小林傳司氏

南山大学人文学部教授。科学技術社会論学会理事・前会長。「遺伝子組換え農作物に関するコンセンサス会議」の運営に中心的役割を果たした。

いうことに関しては、合意できる。しかし、その低確率事象にどういう対応をとるべきかという問題になると、科学者の間では合意できないと言った。こうした対応について、科学に内在的な論理は答えられない。それを決めるのは専門家ではなく、科学技術のスポンサーである国民だ。だからその国民が関与して、それでももっと安全策をやれといわれれば、専門家からみて過重だと思っても、その対応をやらなければならないというのが、彼の主張だ。

またメディアには、危険性を強調したがる側面がある。しかし、私たちにはボディがある。安全だと言われても、

こわいものはこわいということがある。私はヘビがきらいだ。たぶん毒ヘビでもなければ、私はヘビより大きいし、勝つと思う。けれども私は、ヘビがでたら逃げろ。不合理だと言われても、私にはボディがあり、感情がある。それは、しょうがない部分でもある。

総括する。安全という概念が、ある意味で客観的な側面を持っているということが確認できた。しかしそれは、領域や文化によって微妙にその理解の仕方が変わる成分も含まれているということについては、共通理解ができたのではないと思う。

また世の中には、科学的な概念だけで決められない部分がある。それはリスク・コミュニケーションなどを通じての幅広い議論を、どこかでやらなくてはいいけない。そこでは、科学的なデータベースによって議論できる部分があるのだということも忘れてはならない」

(文責：原子力安全委員会事務局)



リスクとどうつき合うか

甲子園大学学長 木下富雄

リスク社会に生きる現代人

現代はリスクの時代である。国際的なレベルでいえば戦争やテロ、SARS、BSEなどに始まって、国内的には自然災害、経済不況、凶悪犯罪など、リスクは数え上げれば切りがない。それに加え身近にもリスクは山ほどあるわけで、失業、家庭不和、大病、子供の非行など、自分だけは大丈夫と言い切れる人は滅多にいないのではないのか。

もちろんリスクそのものは昔からあった。戦争も自然災害も病気も、確かに現代特有のものではない。ただ、科学技術の非常な発展によって、昔は思いもしなかったリスクが急速に増えていることも事実である。原子力技術もその一つであろう。私たちはこのリスクに囲まれた社会の中で、どのように生きていくかが問われているのである。

ゼロリスクはあり得ない

科学技術の急速な発展によって、私たちは非常な便益を得た。自動車しかり、インターネットしかり、医療技術しかりである。しかしその盾の半面として、それらの技術にはかならずリスクが含まれている。例外はない。例えば自動車もあの便利さの背後に、年間1万人近い人を殺す「走る凶器」の側面を持っているの

である。

科学技術を促進する立場にいる人、例えば政府や企業は無謬（むびゅう）主義の立場から、これまで「事故は絶対に起こらない」と言明することが多かった。逆に反対する立場の人は「ゼロリスク」を求めることが多かった。気持ちは理解するが、どちらもあり得ないことを主張しているわけで、これでは生産的な議論にならない。

どこまでのリスクなら辛抱するか

科学技術にリスクは付き物だとしたら、問題はどこまでのリスクなら受容するかということであろう。この際考慮すべきことが二つあり、一つは技術のもたらす便益の大きさ、もう一つはリスク低減にかかるコストである。リスクと便益、ないしはリスクとコストをトレードオフしてどの程度メリットが残るかにより、その技術を受け入れるかどうかが決められる。また特に原子力の場合には、経済的視点からだけではなく、エネルギー安保の観点からも評価しなければならないという問題がある。

これまでの経験法則によると、10のマイナス4乗以上のリスクがある技術は危険なものとして国民から受け入れられないことが多いのに対し、10のマイナス6乗以下のリスクは受容されることが多い。ただこ

の受容水準は技術の特性（例えば発生する災害を個人で統制できるか）、デモグラフィック特性（例えば性別、年齢）、文化特性（例えば日本とアメリカ）などによってかなり変動するので、国民の合意形成を得るのには大きな努力を必要とする。

なにごとにもほどほどに

何度もういう通りあらゆる科学技術にはリスクが付き物であるが、これらのリスクはまた相互依存的である。一つのリスクが他のリスクによって相殺されることもあれば、逆に相乗的に働くこともある。つまりリスクは、全体としてシステムを作っているのである。だとすれば、リスクマネジメントの立場から考えるリスク回避の有効な道の一つは、リスクを分散させることである。

このことは、食品のリスクを考えれば分かりやすい。いくら美味しいからといって、またいくら栄養がよいからといって、一つの食品だけを敵のように食べれば、かならずと言ってもよいほど病気になるだろう。健康に大切なのは、万遍なくいろいろの食品を食べること、つまりリスク分散なのである。貝原益軒の教えは現代でも生きている。

同じことはエネルギーについても言えるわけであって、水力、火力、原子力など多様なエネルギー源を確保することは、リスク分散の立場からして当然の政策といえよう。ただ効率という視点から見れば、分散は集中に比して効率が悪いわけで、そのバランスが常に問われることになる。

自分だけでリスクとの付き合い方は決められない

リスクとの付き合い方に関して、自分でリスクとの接し方をコントロールできるものとできないものがある。例えばロッククライミングや食べ物の嗜好品は、危険だと思えば自分から避けられればよいし、またそれが可能である。ところが地震や食品添加物の場合はもともと危険が見えにくいし、見えたとしても避ける手段に乏しい。原子力発電も後者のタイプ

であろう。

後者のタイプのリスクの場合、自己責任でそれを回避することは困難であるから、そのリスクマネジメントは、他者に依存しなければならない。そこから出てくるのが信頼性の概念である。

キーワードは信頼性

信頼を持つことのできる相手が安全を保障した場合、われわれは通常、それを信用してリスク管理を相手に委ねる。ところがこれまでの調査によると、科学技術の推進側である行政、政治家、企業に対する国民の信頼は低い。では国民は、一体誰を頼りにリスクに対応すればよいのか。

この回答は困難であるが、少なくとも行政、政治家、企業、それに国民を含めたリスクのステークホルダー（利害関係者）たちが、あらゆる機会を通じてリスク情報を公開し共有し合うこと、それを通じて相互の意思疎通を図ることがまず出発点となろう。具体的には、リスクコミュニケーション、stakeholder dialogue（利害関係者による対話）、citizen jury（市民陪審）、コンセンサス会議などの手法を用いて、問題を共考することが必要なのではないかと。キーワードは、結局、信頼性なのである。



木下富雄氏

京都大学総合人間学部長などを経て、現職。日本社会心理学会元理事長であり、日本リスク研究学会元会長。著書は「科学技術と人間の共生・リスクコミュニケーションの思想と技術」など。

エネルギー セキュリティから みた「安全」

筑波大学教授 内山洋司

日本のエネルギーセキュリティ

日本は主要エネルギーの大部分を海外からの輸入に依存しており、輸入エネルギーの安定供給を確保し国民生活の安全を保障することは、国の当然にして極めて重要な任務である。エネルギーセキュリティに対する脅威は、おおそ短期的脅威と中長期的脅威とに分けることができる。短期的脅威とは、輸入エネルギーの不意の供給削減・中断であり、数ヶ月からせいぜい数年間継続するものである。これに対し、中長期的脅威とはエネルギー資源の枯渇であり、数十年以上に及び継続しうるものである。

エネルギー資源の枯渇については、世界の原油生産量が過去数十年で北米地域と旧ソ連地域を除き増加傾向にあるなど、現在までのところ、日本のエネルギーセキュリティに対する深刻な脅威となるには至っていない。一方、輸入エネルギーの不意の供給削減・中断については、原油の先物取引による価格高騰、日本と中東を結ぶシーレーン海域の紛争の脅威、2001年9月に発生した対米同時多発テロとその報復による中東諸国への影響など、輸入燃料の供給途絶に至るような不

安要因が増大しつつある。

過去における石油供給の脅威

日本への原油輸入の八割以上を占める中東地域は、政治的に非常に不安定な地域であり、過去においても、第四次中東戦争に伴う第一次石油危機によって、日本国内は輸入原油中断の危機という極めて重大な事態に直面し、国内経済はその後長期にわたって混乱を余儀なくされた。その後も、イラン革命とイラン・イラク戦争に伴う第二次石油危機、イラクのクウェート侵攻に伴う湾岸戦争、それに米国によるイラク攻撃が続き、その度に、日本はその小さからぬ余波を受けてきた。

第一次石油危機は、その発端となったのが第四次中東戦争であり、これはイスラエル対エジプト・シリアの戦争であったが、イスラエル、エジプト、シリアはいずれも日本に対する主要な原油輸出国ではなく、また、第四次中東戦争勃発後に中東産油諸国による原油価格の大幅な引上げと非友好国への原油供給削減が実施されたものの、当時の日本と中東諸国の関係は比較的安定していた。したがって、第一次石油危機において日本に対する原油供給削減・中断の恐れはなく、実際に、第一次石油危機期における原油輸入は量的に最も安定していたにも拘わらず、戦後日本が直面した初めてのエネルギー危機ということもあり、国内に混乱が広まり、また日本政府が強力な総需要抑制政策と金融引締めという誤った対応を取ったため、国内の経済活動はその後長期にわたって停滞した。

第二次石油危機は、イラン革命とそれに引き続くイラン・イラク戦争が発端となって発生した。中東産油国は、第一次石油危機の際と同様に段階的に原油価格の引き上げを実施した。イラン革命とイラン・イラク戦争の当事国であるイランは、当時日本の第二の原油輸入先であった。イランからの原油供給が中断したことで、日本の原油輸入は量的に不安定性を増し、輸入額は原油価格の高騰と相俟って最も不安定になり変動した。しかし、日本国内では、第一次石油危機で得られた教訓を生かし、比較的冷静な対処が取られ、国内の混乱は避けられた。

湾岸戦争は、イラクがクウェートに侵攻したことによって発生した事態であり、当時日本の主要な原油輸入先であったイランとクウェートからの原油供給が中断したことにより、日本の原油輸入は量的な不安定性が高まった。しかし、事態に伴う原油価格の高騰が短期でかつ小規模に終わったため、額的に



内山洋司氏

電力中央研究所を経て現職。
専門は技術評価、ライフサイクル評価、エネルギーリスク分析。

は安定していた。国内においても、湾岸戦争に伴うエネルギー問題はさほど深刻視されなかった。

日本のエネルギー輸入に対する脅威は、政治的・軍事的要因に基づくものだけではなくなってきた。原油が他の製品と同じように先物市場で取引されるようになってから、原油価格が国際市場の動向によって大きく変動する恐れが出てきている。1999年以降の原油価格の高騰は、消費国の在庫放出とOPEC諸国の生産調整が原因で国際市場において需給逼迫が生じたことによる。

1999年以降の原油価格高騰は、当時の原油価格低迷状況に危機感を持った中東産油国が、中東以外の産油国と共同で減産を実施したことにより発生した事態であった。しかし二度にわたる石油危機や湾岸戦争と異なり、事態の原因となったのが政治的・軍事的要因に基づくものではないため、日本と産油諸国との原油取引は平常的に行われ、日本の原油輸入は額的に最も安定しており、量的にも安定していた。

エネルギーセキュリティからみた安全の確保

エネルギーセキュリティの向上とは、不測の事態に陥ったときの被害をできるだけ小さくするために、事前に対策を講じることになる。それは、国外と国内の対策に大きく分けることができる。

石油について過去の供給を調べて見ると、供給量の補完は中東諸国内では一部見られたが、産油国からの輸入量の変動は小さく、比較的安定に供給されていたといえる。これは、平常時から産油国と親密な交渉によって信頼関係を強くしていたことが大きかったのではないかと考えられる。しかし、輸入額をみると短期的な脅威によって大きな影響を受けている。石油価格は国際市場で連動するために、供給地域の分散化によって経済的な被害を回避するのは難しくなっていると判断できる。

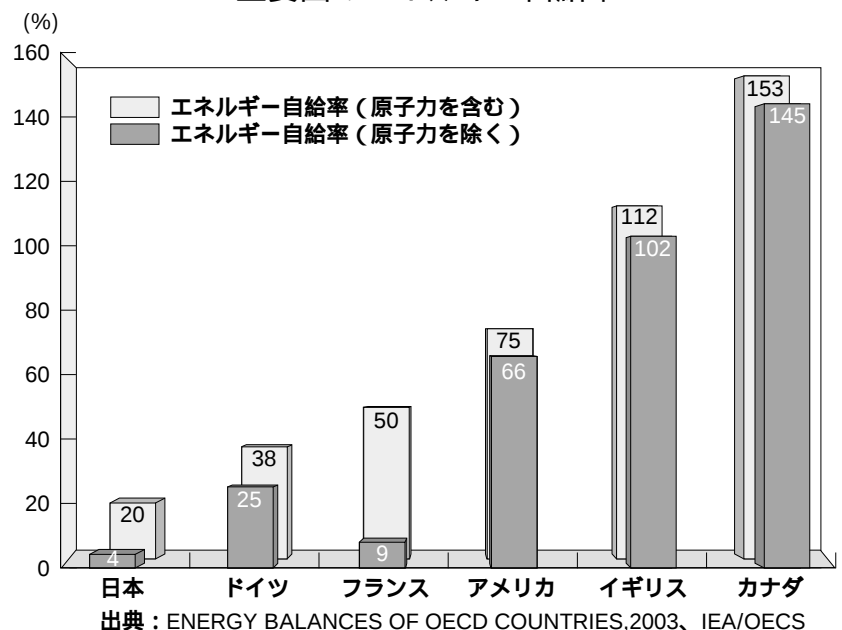
燃料の多様化も危機回避には大きな効果があるものと思われる。しかし、実際には短期的な脅威に対して石炭、LNG、原子力は石油の補完的な役割を果たしていない。これは自動車の燃料を他のエネルギーですぐに代替できない、また代替エネルギー施設の建設に時間がかかることなどが主な理由である。燃料の多様化

は石油の依存度を下げる重要な政策であるが、将来のエネルギー情勢を考慮して長期的な視点から取り組むべき課題である。

国内で石油備蓄の整備やエネルギー有効利用を推進していくことも、セキュリティを高める重要な対策である。石油の供給が途絶されたとき、備蓄があれば産業活動や人々の生活に与える被害は小さくなる。無駄なエネルギー消費を少なくする高効率のエネルギー技術開発は輸入量の削減につながる。

20世紀末までは先進国であるOECD諸国を中心にエネルギーセキュリティ対策はとられてきた。21世紀に入り、中国を始めとするアジア地域の経済発展に伴うエネルギー需要が増大している。需要が増大する電力や輸送燃料には、石油や天然ガスが優先的に利用されていくと考えられる。21世紀は世界全体でエネルギーセキュリティを考えていく時代になる。エネルギーセキュリティは基本的には原子力発電など発電コストに占める資本費の比率が高い技術によって確保されるということを忘れてはならない。エネルギー需要の伸び悩みと自由化の進展で多くの企業が短期的な経営思考になっているが、そういった企業活動にセキュリティを高める長期的な政策をどのように取り入れることができるかが課題となっている。

主要国のエネルギー自給率



安全と安心を考える

— 化学の視点から —

化学品安全管理研究所所長 大島輝夫

はじめに

人間をはじめ世の中に存在するありとあらゆる物は、全て化学物質から成り立っている。

その中には天然物もあれば、医薬、農薬、プラスチックなどのような合成化学物質もあり、ダイオキシンのように物の焼却の際にも生成する非意図的の生成物もある。これらの化学物質のなかで現在の我々の生活にとって合成化学物質は無くってはならない物となっているが、天然物も含めどんな化学物質でも使用方法を誤れば、人の健康や環境に有害である。

例えば食塩は人の生命に無くってはならない物であることは言うまでも無いが、取りすぎると健康に有害であり、もっと取りすぎれば死ぬこともある。また毒性には色々な種類があり、ふぐ毒の様にすぐに毒性が現れる急性毒性もあれば、ベンゼンの様に長期にわたって体内に入るときに現れる発がん性のような長期毒性もある。世の中に流通している合成化学物質の数は10万以上、日本では5万～6万と言われているが、これ

らの化学物質の現時点での安全性を確認し、便益を享受しながら安心して使用することが望まれる。

現在使用されている大多数の化学物質は安心して用いてよいが、非常に多数の化学物質があり、また多くの毒性の種類があり、環境ホルモンのように新しく取り上げられる問題もあるので、現在国際機関、各国、産業界などが協力して、使用状況などから必要と思われる毒性試験を実施し、その結果と実際のばく露状況から、リスクアセスメントを行い、化学物質が安全・安心して用いられるように努力しているのが現状である。

リスクアセスメント、リスクマネージメント

米国議会の指令に基づいて、NAS(米国科学アカデミー：National Academy of Science)はFDA(米国食品医薬品局：Food and Drug Administration)と契約し、“公衆衛生へのリスクアセスメントのための制度上の方策について”の報告書を1983年に発表した。

この報告により今日のリスクアセスメント、リスクマネージメントの基本的な考え方が確立したと言ってよい。その内容の主要な点は、リスク、ハザード、リスクアセスメント、リスクマネージメントを明確に定義し、更に当時は区別して考えなかったリスクアセスメントとリスクマネージメントとを分離して考える事にした点である。また化学物質のリスクアセスメントのプロセスを明確にした。

リスク：人、環境、財産などに、潜在的な危害や好ましくない影響が現れる確率。リスクを日本語では



大島輝夫氏

化学品安全管理研究所所長、日本リスク研究学会理事。専門は化学物質のリスク管理、リスクコミュニケーション、内外の化学物質規制の比較などで、学会発表多数あり。

リスクとそのまま使うことが多いが、危険度と訳すこともある。一部には危険と訳しているのを見かけるが、これは適当ではない。

ハザード：人、環境、財産などに対して危害（harm）を及ぼす恐れのある行為または現象。原因の一つ。ハザードの大きさは、その影響の程度と危害を受ける人数など、発生するかもしれない危害の程度である。ハザードは日本語では適当な訳がなく、ハザードとそのまま使うこともあるが、危険要因、危害要因、危険有害性などと訳されている。リスクとハザードの意味の違いを明確に区別する必要がある。

リスクアセスメント：ハザードへのばく露から生ずる恐れのある危害の影響について科学的に評価すること。リスクアセスメントの結果には悪影響の推定発生率など不確実性をともない幅がある。この結果をどのように受け止めるかは、その人の価値観による。

リスクアセスメントのプロセスとしてNASの報告は、1) ハザードの特定、2) 量 - 反応評価（定量的評価）、3) ばく露評価、4) リスクの総合判定、を提案している。これにより、 $\text{リスク} = \text{ハザード} \times \text{ばく露量}$ の考え方がはっきりしたと言って良い。

リスクマネジメント：リスクアセスメントの結果に基づいて政治的、社会的、経済的、技術的影響も評価して、色々な選択肢の中から規制などの対策を立てる。この際リスクー便益の評価なども行なわれる。リスクアセスメントの科学的評価結果がそのまま規制値、基準値とならないことがあることを理解する必要がある。

最近ではリスクマネジメントの最初の段階から、利害関係者が関与することは、適切かつ費用効果の

良いリスク管理の意思決定を行い、適切に実施するために決定的に重要であるとされている。

このNASの報告のリスクアセスメントとリスクマネジメントとを分離して考える事およびリスクアセスメントのプロセスは、今日、国際機関においても広く行なわれている。

安全、安心、リスクコミュニケーション

安全はリスクアセスメントの結果であるが、科学的に評価して安全であると市民に言っても、それが受け入れられるとは限らない。安心はリスクマネジメントの結果を市民が受容することにより生まれるが、それにはリスクコミュニケーションの果たす役割が大きい。またリスクマネジメントを実施するに当たって、上に述べた最初の段階からの利害関係者の関与も必要である。

リスクコミュニケーションは、個人、集団、組織間の情報および意見の相互交換プロセスであって情報の一方通行、説得ではない。リスクコミュニケーションにとって日頃から相互の信頼関係を作ることが必要であり、また利害関係者にリスクに対する便益を理解して貰うことが必要である。どのような場合でも何でも反対、ゼロリスクを主張する人はいるが、大多数の人と信頼関係があれば、ゼロリスクを主張する人の意見に賛成しないだろう。

日本の会社のリスクコミュニケーションは、工場周辺の町内会を対象として行うことが多いが、米国の化学工場は市民社会の各層の代表と定期的（例えば月1回）に会合をもち（CAP制度）、平常から信頼関係の樹立に努めると共に、化学物質に対する理解を深める努力をしている。これは化学業界に限らず、日本の産業界の参考になると思われる。

航空の安全

宇宙航空研究開発機構 野田文夫

1903年の12月19日に米国キティホークで、ライト兄弟が人類史上はじめての動力飛行に成功してから100年が経過したばかりであるが、航空機はこの1世紀に著しい進歩を遂げた。

今や日本だけでも、年間約1億1400万人、世界中合わせると年間約15億9500万人の人が航空機を利用している。2002年末時点で運航している世界の主要なジェット輸送機は約1万2500機余りあるが、機数は年々増加しており、航空による輸送量はアジア太平洋地区で年率約5%の高い伸び率で増加し続けている。

かつて航空運賃は非常に高価で航空機の利用者は限られていたが、機材の大型化や効率化によって運賃の上昇が抑えられ、今では航空機は誰でも利用できる大衆の足となっている。このように普及している航空機であるがその陰には関係者の航空機の安全性向上に対する弛まぬ努力があった。

航空機の安全性レベル

図1は、ボーイング社が調べた1959年から2002年までの間で、全世界（ロシアを除く）の3トン以上の民間のジェット機における事故率と死亡者数を示している。事故は機体の全損事故あるいは死亡者があった事故である。1960年代に事故率は著しく改善され、近年は100万回出発当たり1.2件(1998年)から1.5件(1990年)程度となっている。

この数値は一人の人が毎日1回飛行機に乗ったとしても事故に遭う確率は1800年から2300年に1回程度であることを示している。

死亡者数をみると、2002年で約560人であった。(図1参照)

他の交通機関との比較

一方、他の交通機関である自動車による事故死亡者を見ると、日本においては、2003年には85万件の事故が起こり、死亡者数は7700人であった。

自動車の先進国である米国では年間約600万件の事故が起こり、4万1000人が死亡、300万人以上が負傷しているとのことである。米国1カ国の自動車による1年間の死者数だけで、ライト兄弟の初飛行以来100年間の航空機事故による死亡者数全体を上回る。

宇宙輸送機関を見ると、有人宇宙輸送機関であるスペースシャトルを例にとると、今まで113回の飛行を行い、2回の事故を起こしているので、事故率は2/113と非常に高

く、現状では宇宙の輸送機関の事故率は航空機の10倍以上と言える。

こうしてみると、20世紀の初頭生まれた飛行機は安全な乗り物の地位を築いている。しかしながら、今の事故率を維持したとしても、航空機数が増加しているため、事故件数は増加することになり、航空に対する信頼が揺らいでいくことになる。そのため、事故率を下げるためのさらなる努力が不可欠である。

航空機事故の原因

近年の航空機事故の原因についてボーイング社がまとめた結果を図2に示す。1993年から2002年までの10年間で、全世界（ロシアを除く）の3トン以上の民間のジェット機における全損事故の事故原因を分類したものである。運航乗務員(Flight Crew)が67%で最も多くを占め、続いて機体(Airplane)、天候(Weather)、その他(Misc./Other)、整備(Maintenance)、

Accident Rates and Fatalities by Year
All Accidents - Worldwide Commercial Jet Fleet -1959 through 2002

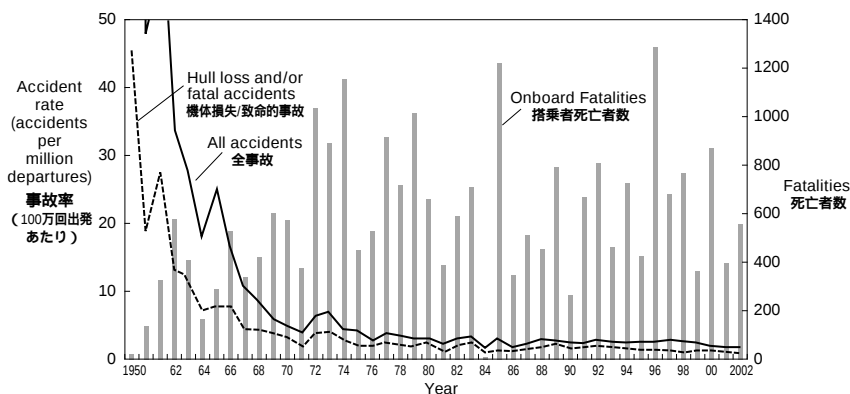


図1 航空機事故率（ボーイング社資料に日本語訳を追加）

空港/管制(Airport/ATC)と続いている。このように、近年は機材関係の信頼性が向上したのに対して、人間によるいわゆるヒューマンファクタによる事故の割合が相対的に多くなっている。(図2参照)

航空安全を向上させる技術

航空機事故率を下げるためには、これらの原因を詳細に分析し対策をとることはもちろん、危険を予測して事故が起こる前に事前に対策をとることが重要なのは原子力の場合と同様である。このため、得られる技術は最大限利用するが、航空安全を向上させる新たな技術の開発を積極的に進めていく必要があり、関係研究機関の使命は大きい。

JAXAでの航空安全に係わる技術研究

航空宇宙技術研究所(NAL)は1994年度より、航空安全・環境適合技術に関する研究(ASET)と称する研究所の横断的研究組織により、航空安全と環境適合性の向上のための研究開発を実施してきた。NALは2003年10月に宇宙開発事業団及び宇宙科学研究所と統合し、宇宙航空研究開発機構(JAXA)となったが、航空科学技術委員会が、航空科学技術に関連して、新機構が取り組むべき研究開発の推進方策についての報告書をまとめている。

その中で、航空安全向上に関する技術に関して、具体的に取り組むべき当面の重点技術課題として以

下をあげている。

— 社会からの要請に応える研究開発 —

国産航空機開発に貢献する研究開発

- ・安全性の向上に寄与する技術：事故時の乗員乗客の保護を目的とした衝撃吸収構造の設計技術などの研究開発

安全運航に貢献する研究開発

- ・ヒューマンファクタに係る事故の防止に寄与する技術：人間の特性を考慮した乗員訓練手法及び機器の設計手法、ヒューマンエラーの発生メカニズムの解明及びその防止に関する研究
- ・航空輸送需要の増大に対応する技術：GPS等人工衛星からの情報を利用した飛行技術など、航空機を高精度・高密度に飛行させるためのアビオニクス(航空電子機器)及び利用方法に関する技術
- ・乱気流に係る事故の防止に寄与する技術：乱気流時に機内の被害を防ぐための技術、晴天乱気流などの風の乱れを機上で検出する技術
- 安心・安全な社会の実現に資する航空科学技術の研究開発
- ・国民の健康や生活の質の向上に資する技術：救急医療、消防・救難、コモーター用等のヘリコプタの利用を拡大するための全天候飛行技術及び低騒音化技術

これらの推進方策を受けてJAXAでは、航空安全技術に取り組む専門組織として航空安全技術開発センターを組織し、今まで以上に社会ニーズに合った、航空安全技術の研究を進めていこうとしている。

Accidents by Primary Cause*

Hull Loss - Worldwide Commercial Jet Fleet - 1993 through 2002

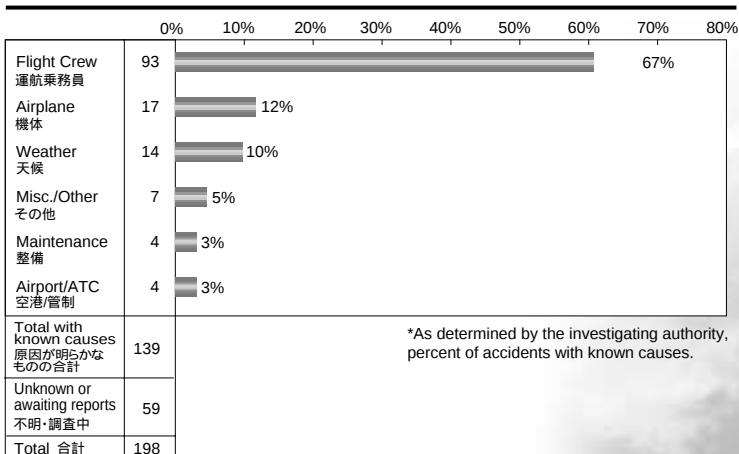


図2 航空機事故の原因(ボーイング社資料に日本語訳を追加)



野田文夫氏

宇宙航空研究開発機構総合技術研究本部航空安全技術開発センター ヒューマンファクタチームリーダー

いま医療の現場で「患者参加の事故防止」 始まっていること という視点

九州大学大学院医学研究院助教授 鮎澤 純子

「患者参加の事故防止」という視点

いま日本の医療の現場でかつてない事故防止・安全管理の取り組みが続いている。医療の現場はもとより、国を挙げての、行政、学会、医療関連団体、そして企業も連携した取り組みが少しずつかたちになり、第三者機関による医療事故事例の全国的な収集・分析活動が始まるなど、日本の医療安全管理体制が構築されつつある。そしてそのなかで、いまあらためて注目されているのが、事故防止・安全管理における他ならぬ患者自身の役割である。

アメリカの現場からの提言

——「To Err is Human (邦題：人は誰でも間違える)」から
「To Err is Human (邦題：人は誰でも間違える)」は1999年11月に医学研究所 (Institute of Medicine) から発表された、アメリカの医療事故とその防止に関する報告書である¹⁾。過去に発表された医療事故に関する調査結果から、「少なくとも毎年4万4千人の米国人が医療過誤で亡くなっていることになる」とし、「少なくとも見積もっても、医療過誤による死亡者数は死亡順位の8番目に位置する。この医療過誤による年間死亡者数は、自動車事故(4万3458人)、乳がん(4万2297人)、エイズ(1万6516人)による死亡者数を上回る」という具合に随所に具体的な数字を示している同報告書は、発表直後から大きな話題となり、アメリカでは「5年以内に医療過誤を50%近く減らす」という目標を掲げた国を挙げての取り組みが始まった。

そしてその報告書のなかで事故防止の提言としてまとめられているのが「医療機関が安全システムを設計するときの原則」(表)である。同報告書は「チーム医療を構成するメンバーは医療従事者だけではない。そのチーム医療を構成するのは、治療担当者、患者、それに医療技術である。可能なかぎり、患者を医療提供プロセスの一員として参画させるべきなのである」とし、「結果の共有」ではなく「結果に至る選択・決定のプロセスの共有」の重要性を説き、患者を「多くの病院、診療所、その他の医療の現場でほとんど活用されないままになっている重要な資源は患者である」と明確に位置づけ、「原則3：有効なチーム機能の強化」のなかに「安全設計と医療プロセスに患者を参加させる」という患者参加の視点を織り込んだのである。

そして現場で始まっていること ——「手を洗いましたか？」

こうした「患者参加の事故防止」という視点は、単なる提言にとどまらず、いまアメリカの医療の現場で具体的な取り組みとして展開されている。

「20 Tips to Help to Prevent Medical Errors(医療事故を防ぐための20のヒント)」は、アメリカの公的研究機関であるAHRQ(Agency for Healthcare Research and Quality)が、同報告書の発表後、2000年2月に「患者向けのヒント」として発表したものである²⁾。「医療事故を防ぐために、あなたにできるもっとも重要なことは、あなた自身が医療チームの一員として積極的に参加することです」から始まり、「入院しているときは、あなたに直接接することになる職員に手を洗ったかどうか尋ねることを考えてみましょう - 手洗いは院内感染を防ぐ重要な方法の一つです。しかし、未だ徹底されていません。最近の研究では、患者が医療関係者に手を洗ったかどうか尋ねることによって、職員はより頻繁に手を洗い、より石鹸を使用するようになることがわかっています」という具合に、「具体的な参加の方法を示していること」とともに、「科学的な根拠に基づいたものを示していること」も注目しておきたい。

「患者参加の事故防止」でめざすもの ——「対話」「共有」「納得」「信頼」

手洗いを励行させ院内感染を減らすことができることはそれでひとつの成果である。患者が医療プロセスに参加することで、医療の現場は患者により開かれたものとなる。患者の視点、いうなれば「外の視点」が、「重要な方法の一つであるにもかかわらず未だ徹底されていない」ことを改善し、ひいては医療の現場を変えていくこともめざしたい。しかし「患者参加の事故防止」でめざすものは、まだほかにもある。

いま医療の現場の深刻な問題になっているのが「患者」と「医療従事者」における認識の相違、そしてそれぞれの「期待」と「現実」の相違である。事故防止・安全管理においても「期待される事故防止」と「実現可能な事故防止」の相違がある。また「患者が考える安全」と「医療従事者が考える安全」にも相違がある。まずはそうした「相違」を認識し、その差を

埋めていかなければならない。

しかし、ここで必要なのは「一方的な情報の収集」でもないし「正解探しとその発表」でもない。「患者の期待」と「医療従事者にとっての現実」があるように「医療従事者の期待」と「患者にとっての現実」もあることに気付くとき、必要なのは「対話」であり「共有」であることに気付くことになる。そしてその「対話」と「共有」を続けていくことこそが、「納得」と「信頼」を得るためのプロセスに他ならないことにも気付くことになる。であればこそ、患者が「医療提供プロセスの一員として参画」し「結果に至る選択・決定のプロセスを共有」する「患者参加の事故防止」は、単なる事故防止のみならず、そうした患者と医療従事者が「対話」と「共有」を続けていく手段としても寄与することになるはずである。

そして「医療における安全」の議論へ

めざすのは、まだ続く。「結果に至る選択・決定のプロセスを共有」しながら医療の現場に向き合う「患者参加の事故防止」は、患者と医療従事者がともに医療の現場の「安全」を考える機会、さらにはその「安全」と向き合う「向き合い方」を考える機会ともなるはずである。

医療の現場の「安全水準」や「安全目標」をどのように考えればいいのか。そもそも「医療における

安全」とは何か。これから議論していかなければならないことに気付くことになる。そしてまたあらためて医療の現場を振りかえったとき、さまざまな疾患を抱えた人たちが集まり、さまざまな医療機器、医薬品に囲まれている医療の現場は、実は危険な要因の多い現場であることに気付くことになる。医療の現場というのは、本来危険な現場を不断の努力で安全な現場にしようとしているのである。そうした現場の安全をより確実なものにするためには、医療チームの一員として、患者にも「安全な医療を受ける」という受動的な姿勢ではなく、「安全な医療をしていく」という能動的な姿勢への変化、すなわち「安全な医療を共に創りあげていく」という意識の変化が求められることになる。

「患者参加の事故防止」はこれから始まり「対話」と「共有」のなかで続けていくべき「医療における安全」についての議論につながっていく。そして、まさにその議論への「患者参加」が求められていくことになるのはいうまでもない。

参考文献

- 1) 米国医療の質委員会・医学研究所：「人は誰でも間違える - より安全な医療システムを目指して」、日本評論社、2000
- 2) Agency for Healthcare Research and Quality : 20 Tips to Help to Prevent Medical Errors, Patient Fact Sheet, AHRQ Publication No.00- PO38, Rockville, MD., 2000
<http://www.ahrq.gov/consumer/20tips.htm>

医療機関が安全システムを設計するときの原則

原則1: リーダーシップの構築

- ・患者の安全を医療機関の最優先目標にする
- ・患者の安全は全従事者の責任とする
- ・安全に関する役割を明確にし、安全管理に期待目標を設定する
- ・エラーの分析とシステムの再設計に人的、経済的資源を投入する
- ・安全に問題のある医療従事者を特定し、対応できる効果的なメカニズムを開発する

原則2: 人間が持つ限界に配慮したシステム設計

- ・安全に配慮した職務設定
- ・記憶への依存をやめる
- ・制約と強制の機能を活用する
- ・人的監視への依存をやめる
- ・重要プロセスは簡素化する
- ・作業プロセスを標準化する

原則3: 有効なチーム機能の強化

- ・チームで働く人々をチーム・トレーニングする
- ・安全設計と医療プロセスに患者を参加させる

原則4: 不測の事態に備える

- ・事前のアプローチ: 安全を脅かす医療プロセスを検討し、事故が起こる前にシステムを再設計する
- ・修復システムの設計
- ・正確でタイムリーな情報へのアクセスを向上する

原則5: 学習を支援する環境

- ・可能な限りシミュレーションを活用する
- ・エラーと危険な状態の発生に関する報告を奨励する
- ・エラーを報告しても制裁がとまなわないことを保証する
- ・組織序列にとらわれない自由なコミュニケーションが行われる職場文化を育成する
- ・フィードバック・メカニズムからの実行とエラーからの学習



鮎澤純子氏

東京理科大学薬学部卒業、薬剤師として大学病院に勤務の後、東京海上メディカルサービス入社、Beth Israel Medical Centerへの出向を経て、2001年より現職。

出典: 米国医療の質委員会・医学研究所: 人は誰でも間違える - より安全な医療システムを目指して、P201-223

リスク情報を活用した新しい原子力安全規制について

●はじめに

日常、私たちは自分の身に降りかかってくるかもしれない大小さまざまな潜在的な不利益、すなわち「リスク」と隣り合わせの生活をしている。そして、それらに対する備えとして、例えば、天気予報を見て傘を持って出たり、事故に備えて保険をかけたりといった対処を行っているのである。そのようにリスクという概念は、私たちにとって決して目新しいものではない。

「リスク情報を活用した新しい原子力安全規制について」という本稿のタイトルをご覧になった読者はまず、「リスク情報の活用」がなぜ「新しい安全規制」なのか？という素朴な疑問を抱かれたのではないだろうか。まずはそれに答えることから始めてみたい。

●リスク情報とは？

従来の安全規制が、リスク情報を「活用」してきたかどうかはともかく、公衆に災害を及ぼすような大事故（このような事故を以下、過酷事故という。）のリスクを無視し得るくらいに小さくするという目標を常に念頭におきながら行われてきたことはいうまでもない。そのために十分な安全余裕を持った設計をすることや安全装置を多重化することなどいろいろな要求を課してきた。

では、「無視し得るほど」とは、いったいどれくらいの小ささなのだろうか？

この問いに答えようとするのが、近年目覚ましい発展を遂げているリスク評価技術である。これは、過酷事故への芽となり得るトラブルの発生頻度や、トラブルを事故へと拡大させないように本来働くべき安全装置が故障して働かない確率などの統計データを用いて、過酷事故が起こる発生確率を定量的に評価しようとする技術で、これによって、事故のリスクを「目に見えるもの」にすることが可能になってきた。こうした技術は、発電用軽水炉における長年の運転経験に基づくさまざまな知見やデータの蓄積に裏打ちされて発達してきたものであり、いまや同型炉においては実用可能なレベルに達している。

こうしたリスク評価技術は、過酷事故の発生確率を評価すると同時に、施設の系統・機器等のトラブルや故障が、どの程度、事故の発生確率に寄与する

のかを定量的に評価することも可能にした。リスク情報とは、これら事故の発生確率や系統・機器等の事故への寄与の度合いを確率論的な方法によって定量的に評価した情報のことをいう。この情報を安全規制の考え方や方法に取り入れていこうとするのが、「リスク情報を活用した安全規制」であり、主に米国で発達してきた新しい安全規制の在り方である。

●どのようにリスク情報を活用するのか？

先に述べた通り、リスク情報は統計的な情報に依存しており、必然的に不確かさを伴っている。したがって、規制の判断をリスク情報だけに頼るのは危険であり、決定論的な考え方や工学的判断を補完するものとしてリスク情報を用いるのが妥当である。

実際に運転されている施設の過酷事故の発生確率（以下、事故リスクという）評価結果を利用する方法としては、まず、その評価結果が十分に小さく抑制されているかどうかをみて従来の規制の具体的な仕組みの妥当性をチェックする方法が考えられる。但し、その場合には、「十分小さく抑制されているかどうか」を判断する基準が必要である。そのために現在、当委員会では安全目標専門部会を組織して「安全目標」の策定に取り組んでいる。昨年12月にまとめられた同部会の「中間とりまとめ」においては、原子力施設の事故に起因する施設周辺の公衆に対する死亡リスクに対して、抑制すべき水準が示された。今後、この死亡リスクでみた安全目標を、上で述べたような使い方が可能な施設の事故リスクと関連付けるため、同部会において検討が進められていく予定である。

一方、安全目標がなくてもリスク情報が活用可能な方法として、例えば、系統・機器等の検査の仕組みを事故リスクへの相対的寄与度によって決定する方法が考えられる。この方法では、事故リスクの評価結果の絶対値を問題にするのではなく、寄与の相対的な大きさ、例えば、ある機器が壊れると事故リスクが何倍になるか？といった情報を用いて、リスクへの寄与度の大きい系統・機器等を特定し、それらを重点的に検査するなどが考えられる。リスク評価結果の絶対値が持つ不確かさや安全目標の実用化までに解決すべき課題等を考慮すれば、リスク情報を活用した規制の第一段階として、こうした方法の

具体化を検討するのが適当と思われる。

● リスク情報活用の意義

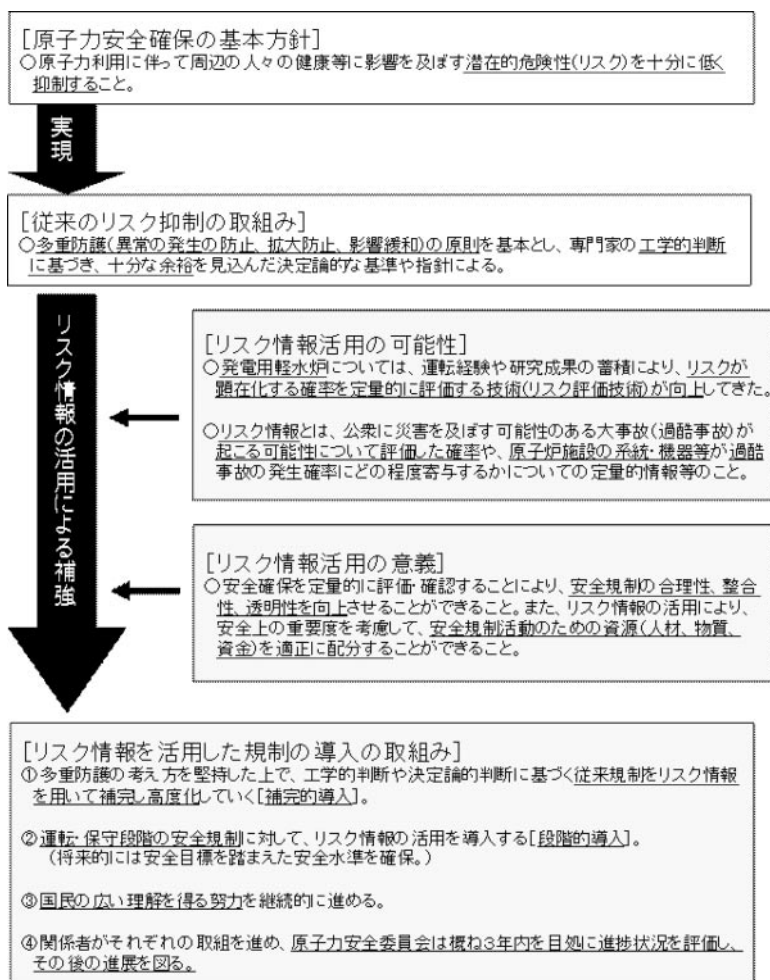
以上述べたように、信頼できるリスク情報に基づいて、系統・機器等の検査対象を定めたり、従来の規制の仕組みの妥当性をチェックし必要に応じて改善したりすることにより、規制の合理性の向上が期待できる。また、そのことによって、なぜそういう規制を行うのかということの説明がし易くなり、規制判断の根拠の客観性も向上することから、一般の人々にとってより分かり易く透明性の高い規制とすることができると考えている。国の規制が事業者の安全確保を確実なものとしていることを、リスク抑制の観点から分かり易く説明して社会の理解を促し、安心感の醸成につなげていきたい。

一方、少し異なった観点として、国の規制活動のための資源（人材、物資、資金）の適正配分への寄与を挙げることができる。税金で賄われる規制資源は、国民の限りある共有財産であり、有効に活用することが重要であるが、それらをさまざまな異常事象や関連する系統・機器等のリスクへの寄与度を考慮して適正に配分することにより、規制活動をより効果的・効率的なものとすることができると考えられる。

● 導入の具体化に向けて

リスク情報を活用した安全規制は、原則として、あらゆる原子力施設に適用可能である。しかしながら、リスク評価技術の発展が発電用軽水炉施設の豊富な運転経験に立脚していることを考慮に入れば、まずは、同施設における導入の検討から始めるのが適当と考えられる。具体的な導入のあり方については、今後、実際に規制を司る行政庁を中心として検討されていくことになるが、その際には、リスク評価手法やそのために必要な機器故障率データベースなどリスク情報の評価プロセスについて、信頼性や透明性を確保していく必要があり、そのために事業者や関係学協会の努力が期待される。また、当委員

リスク情報を活用した原子力安全規制への取組み



会としても、安全目標の活用に係る検討や、リスク情報を活用した規制に関する社会の理解促進のための活動等を行っていきたいと考えている。

原子力安全委員会は、わが国において、リスク情報を活用した安全規制の導入を推進するため、当委員会としての基本的考え方を「リスク情報を活用した原子力安全規制の導入の基本方針について」ととりまとめ、意見公募を経て昨年11月10日に委員会決定として公表した。それを受けて、現在、規制行政庁である原子力安全・保安院において具体的な検討が開始されている。

審査指針課 佐治悦郎



図：昔の地震なまず

東京大学地震研究所蔵資料

地震といえはなまず。地震はなまずが地面の中で暴れるからおきる。そのような昔の人の考え方をおかしいと笑う人が多いが本当だろうか？

ある日、新聞に「地震なまず」を見つけてびっくりした。新島・神津島付近の群発地震の大きさと場所をプロットした図がなまずの体そっくりで、二つの目までついている。現代の地震観測によって地震なまずの形がはっきりととらえられていた。以前から、大きな地震の後の余震分布図を見てなまずに似ているとは思っていたが、これほど江戸時代のなまず絵にそっくりなのは初めてだ。

やっぱり地震の正体は「なまず」なんだ、地震のエネルギーを放出する部分は「なまず」のように大きな体積を有していることを昔の人の鋭い感覚が実感としてとらえ、それを「なまず」という形で表現していたのかと感心させられる。

地震は断層で起きる。地球のプレート運動により岩盤に蓄えられたひずみエネルギーを断層がすべて解消するときに地震が起きる。このような現代的な説明は地震を規則的な物理現象のように錯覚させるが、地震を「なまず」としてとらえれば、なまず

が暴れるのだからと、地震の気まぐれさを納得しやすい。

地震で断層に生じるくいちがい断層面全体にわたって一瞬に出来るのではなく、破壊面に沿ってくいちがいが秒速3km弱の速度で広がっていくこと、くいちがいの大きさは大きいところや小さいところがあることなどは、なまずが暴れるときは、体全体に力を伝えなければならないし、体全体を同じように動かすのではなく、尻尾を強く振ったり、頭を強く振ったりするので地面の揺れ方も強いところやそうでないところが生じることがわかる。

そのようななまずの体の強く振るところを、最近の地震学では断層のアスペリティーが強いところと呼んで、エネルギー放出の大きい場所として区別している。しかし、地震は断層で起きるが、断層はなまずではない。断層はなまずが潜むところであり、断層に潜んでいたなまずが暴れて地震を起こし、どこかへ行ってしまえばしばらくなまずは戻ってこない。日本海溝沿いのようにプレート境界の断層はなまずが潜む場所が限られており、いつも同じ場所に潜むが、内陸の断層は数多くてどれに潜んでいる

かは、なまずの住環境をよく調べないとわからない。近代の地震学は1880年代初め、明治初期のお雇い外国人教師の作った振り子式の地震計による地震観測から始まり、1960年代になると、長周期地震計の実用化、世界的な地震観測網の充実、プレート・テクトニクス理論の登場、大型コンピュータの普及などにより、地震波の伝播特性についての詳細な知識が飛躍的に増加し、遠方の観測からでも震源の幾何学的性質や震源の大きさといった物理的性質が定量的に得られるようになった。

しかし、地震の正体は本当に地震観測記録だけで十分にわかるのか。なまずの正体をよくわかるには、なまずの体を直接触って調べない限り難しい。

昔から、怖いものは地震、雷、火事、おやじと、正体がわからないものほど怖がられ、地震は一番怖いものとされてきた。おやじは、正体がすぐにわれ、いまでは、ほとんど怖がられない。しかし、おやじでさえ、自分が親父になってみると実は正体がよくわかっていなかったなと思うように、近代の地震学で地震の正体に関する知識が増えるほど地震の正体の奥が深いことがわかる。地震なまずは地下深くにいるため、その体にさわることは困難でなかなかなまずの正体を解明することは難しい。

なまずが暴れたときのエネルギーは、地盤の震動を記録し、それから逆算して地盤を動かすのに使われたエネルギーの大きさを把握し、それをマグニチュードで表している。一方、建造物を破壊する地震のエネルギーは、墓石の転倒や建造物の被害から推定しており、その大きさを震度で表している。

マグニチュードはなまずの体の大きさに関する尺度で遠方の地震観測記録から決められるが、なまずの体が大きくても遠くで暴れていたたり、スロー・アースクエイクやサイレント・アースクエイクのように暴れ方のおとなしい地震では震度は小さくなる。

震度はなまずの暴れ方に関する尺度で、なまずの暴れ方をよく知るには震源近くの記録が重要となる。なまずが暴れるときの破壊エネルギーは、大きさだけでなく、姿、形も大切で、現在は、破壊エネルギーの姿、形に関係が深い断層のすべりエネルギー放出時間関数や断層各部のすべり時間関数を遠方の地震記録から求めている。

しかし、震源に近いほどきいてくる暴れ方の微妙な違いの影響は、遠方の記録には伝わってこないた

め、できるだけ震源に近いところで観測することが望ましい。兵庫県南部地震以後、日本の地震観測網はかなり密に整備されてきているので、震源近くの観測記録が増え地震の正体の解明に役立てられることが期待される。

なまずといえは小学1年生の頃、学校からの帰り道、稲を植えたばかりの田圃の中にナマズがじっとしているのを見つけ、胸をドキドキさせながら、そっと近寄りざばっと手を突っ込んで捕まえたことがある。初めて捕まえたナマズ、大きなお兄ちゃんにしか捕まえられないあこがれのナマズを捕まえて、得意になって家に帰ったことが、懐かしく思い出される。そのなまずが、地震に関係しており、地震の研究が地球の内部構造に関する物理的解明に大いに役立っているとは、その当時は思いもよらなかった。

審査指針課 今野孝昭



車 「あわや、パンク寸前」

私は車が趣味で、休日は必ず車の運転をする。先日、とある車関係の店に行った際に、タイヤの溝が減っていて、パンク寸前との指摘を受け、あわててタイヤを交換した。溝が減っているのでそろそろ換え時かなとは気にしていたものの、まだ走れる、まだ走れると交換を先延ばしにしていたのだ。指摘を受けた時は、すでにタイヤのワイヤ（タイヤの溝が減って、タイヤの中に埋められている「ワイヤ」が見え始めるとパンクの危険あり。）が見えていて危険な状態であった。高速走行中にパンクを起したら大変な事態になっていただろう。そうなる前に店員のチェックにより、新しいタイヤに交換することができた。そのチェックとは、その店として義務化していたわけではなく、その店員の機転で念のために確認したものである。オイル交換をすると、サービスとしてそのようなチェックをしている店もあるかと思うが、この時の状況は、その店員の機転であり、安全に対する姿勢の表れであった。（私には足りなかったが……。）

原子力施設においても、現場の作業において、マニュアルで決められたことだけではなく、現場作業者の機転による安全確保策を行うことにより、トラブルをより防ぐことができるのではないかと思う。もちろんそのような機転をきかせるには、現場作業者の知識や経験、安全文化の醸成が必要になると思われる。

現在、原子力安全委員会においても、現場が安全確保の最前線という認識のもと、安全文化の醸成について力を注いでいる。また、原子力事業者の技術的能力を審査する際の指針についても議論を行っているところである。

組織が職種・職位に応じて必要な知識、技能、心構えを有する人材を確保すること、それぞれの職位にある個人がその責務を十分果たすこと、個人、ひいては組織が安全文化のもとに業務を遂行すること、異常時、緊急時にも対応できるようにすることを通して達成される、原子力安全を確保するのに必要となる能力及びそのための仕組みの総体

審査指針課 日高伴紀

黄 「食べられないケーキなんだ」

「イエローケーキって、何か知ってるかい？」

小学5年生の授業中での担任の先生のコトバに、教室はざわめく。

「いえろう・けえき…お菓子かなあ」などとのんびりと考えている頭で、視聴覚室へ移動して、原発に関するスライドが流され、話題の「イエローケーキ」も目にする事になり、教室では「なあんだ」の落胆の声。スライド上映が終わると、核燃料のペレットの模型が教室内に回覧されていく。

今思えば、その担任教師は、世の中のこと全てが正しい訳ではなく、疑ってみることも必要だというようなことが言いたかったのかもしれないが、10歳ぐらいの私の頭には、原発に対する危険な印象が強烈に残った。

原子力関係にも携わる行政官庁に就職をして、その後、その担任の先生に同窓会で会う機会があり、その時の授業の感想と就職について報告したが「（行政庁に勤めることに対して）偉くなったな」と皮肉ともとれる祝福のコトバをいただいたのは意外だった。

就職してから2年目に、新潟の柏崎原子力発電所の原子炉が動く前に出張に行ったので、炉の中に入れたのが印象的だった。それからいくつかの原子力施設を見る機会を得た。残念ながら技術的なことはあまり知識として残ってはいないが、いろんな面で考えるところはあり、あの時の授業が偏った視点でとらえていたと、今では考えられるようになった。小さいころに教わった知識は、生徒に強い印象を与えたとしみじみ感じた。

総務課 齊藤 美智子





原子力発電所で03年度に起きた事故や故障は13件

1基あたりの件数は減少傾向

昨年4月から今年3月までに電力会社の原子力発電所で起きた事故や故障は、13件だったことがわかった。この件数は、原子炉等規制法などにもとづいて報告されたもの。国際原子力機関（IAEA）と経済協力開発機構・原子力機関（OECD/NEA）が定めた国際的なトラブル評価尺度（INES）によると、13件の評価は、レベル0マイナスが12件、評価対象外が1件となっている（暫定評価を含む）。

なお原子力発電所における1年1基あたりの事故・故障の報告件数は、1980年代初めには3件程度あったものの、その後は徐々に低下。この数年は0.5

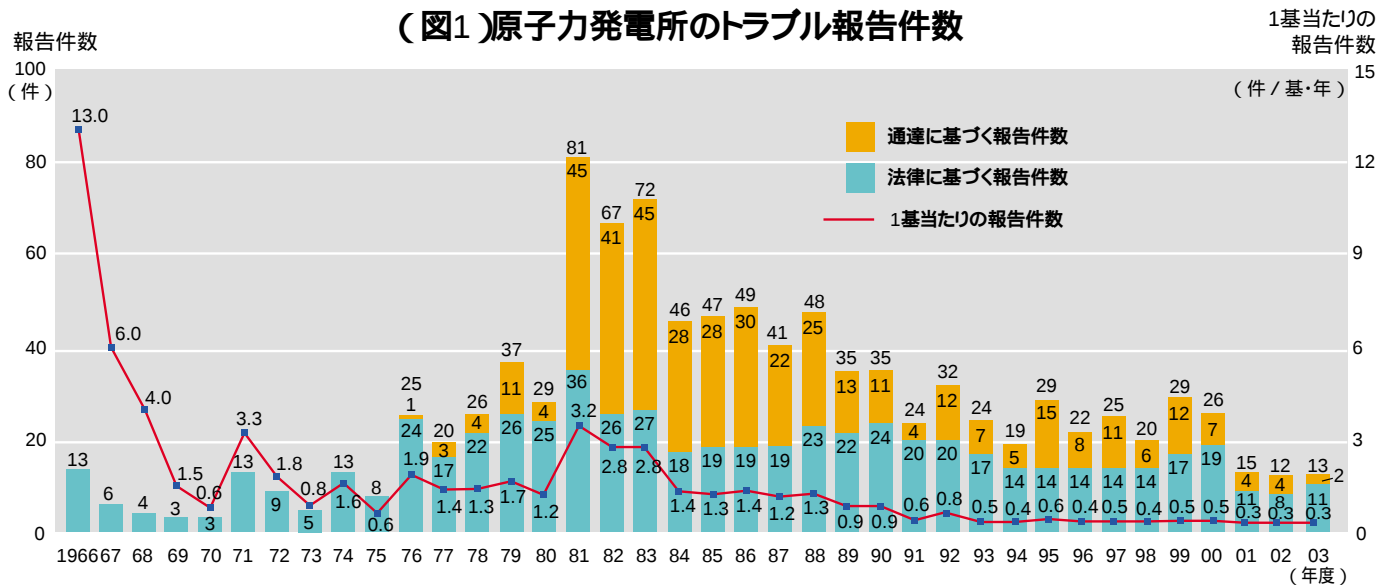
件程度で推移しており、2003年度は0.3件となっている。（図1）

また2001年（暦年）の計画外停止頻度は同0.1回で、米国の1.2回やフランスの2.9回に比べ、はるかに低い水準が続いている。（図2）

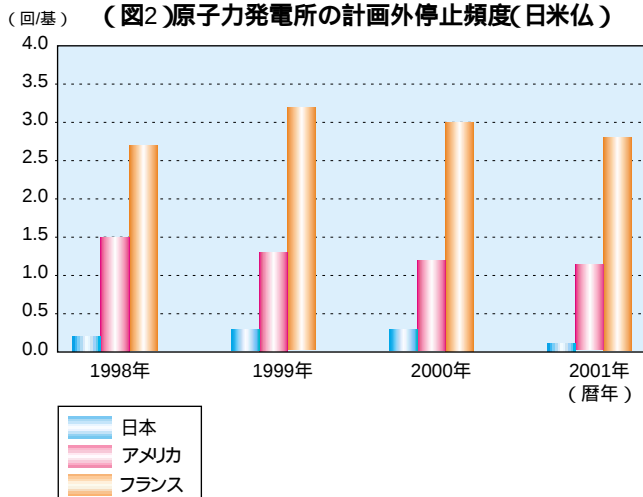
一方、2001年（暦年）の設備利用率は81.0%と80%を超える水準を維持したが、米国はさらに高い水準となっている。（図3）

なお、昨年10月の報告基準の改正に伴い、通達に基づく報告は廃止され、法令に基づく報告に一本化された。

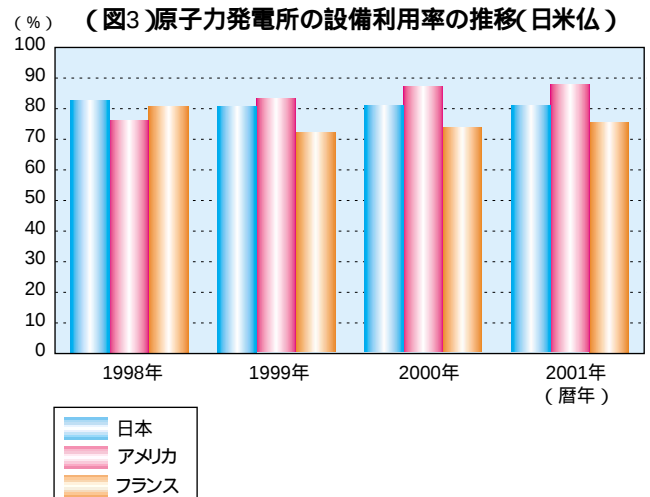
（図1）原子力発電所のトラブル報告件数



（図2）原子力発電所の計画外停止頻度(日米仏)



（図3）原子力発電所の設備利用率の推移(日米仏)





安全を探る リスク認識と予防原則

原子力安全委員会委員長 松浦祥次郎

このシリーズの1回目で、「安全を探してみても、安全は見つからない。見つかるのは、障害や災害をもたらす可能性、即ちリスクであり、「安全」とはリスクの程度を気にかける必要が無い程低い状況のことではないか」というようなことを述べました。安全をこのように考えることについては、あまり異論は無いと思います。しかし、直ちに指摘されるのは、「気にかかるリスクの程度は、誰が、何を、どういう状況のもとにおいて気にかけるかによって大きく異なる可能性がある」との問題です。リスクがゼロであれば確かに誰も気にかける必要がありませ

んが、現実の世界ではリスクがゼロというのはいりえないことです。ここから、いろいろと議論が起こります。

何かものを作ったり、利用したり、とにかく何かの活動をしなると、たいていの場合、それに伴う何らかのリスクが生じます。逆に時には、何かの活動を中止すると、そのためにリスクが生じることもあるでしょう。その活動に直接関与する人、その活動から何らかの利益を得る人にとっては、活動の有無と、それに伴うリスクと便益を比較して、リスクの程度がどのくらいに抑制されれば、まずまず受

け入れることが出来るかバランスを考え、納得して、活動に関与することとなります。リスクを非現実的なまで低くするために、不合理と考えられるほど大きい努力や出費を払おうとはしません。

リスクを負う人と、便益を得る人が同一の場合は、リスクと便益とのバランスが常識的に成立するのが一般的です。たとえば、東京近辺の交通事情を考えて見ますと、警視庁管内の交通事故による負傷者は毎日およそ200～300人ほどと報告されています。この数字に基づいて計算しますと、東京に住む人が平均寿命までの間に交通事故による傷害を受けるリスクは相当高いレベルになることが分かります。それにも拘らず、そのレベルを決定的に低減させようとの社会的運動は起こらず、人々はこの状況に懸念を持ちながらも、リスクと便益のバランスに納得し、状況を受け入れていると考えられます。

このような受容状況が出来上がるまでには、問題になるリスクについて人々の認識が相当に深まる必要があります。リスクが実際に障害・災害として現実化したとき、それはどのような状況をもたらすのか、その影響範囲はどのくらいか、障害・災害に対する回復や補償はどうなるか、リスクの現実化に対して自分はどれくらい防止や回避の能力を発揮できるか等など。これらの問題について事情がはっきりしてきますと、それに応じてリスクと便益のバランスが、ある程度のところで受容されるようになってきます。交通事情に対する社会的受容はその典型的な例だといえるでしょう。

しかし、人々の全ての活動について妥当な社会的受容が常に成り立つわけではありません。その活動に関与する人や便益を受ける人とそのためにリスクを負う人とが異なる場合は、当然ながら問題の解決は非常に難しくなります。このような場合には、その活動の社会的な意味や重要性に対する理解を得ることと共に、リスクを負うことに対する補償や、リスクが現実化した場合の損害賠償などについて確実な対応が必要になります。

特に困難なのは、リスクの態様が十分に把握できないような場合です。例えば、リスクが現実化する可能性がゼロではないが極めて低く、正確に評価することが困難であるとか、リスクが現実化する過程を定性的には推測できるが、機構が十分に解っていないとかの場合です。この場合のもっとも簡明で確実な対応は「リスクがゼロでなく、その態様が不明の場合は活動を実施しない」ことです。これは、しばしば「予防原則」と呼ばれる考え方です。

予防原則に似た対処の仕方は、昔から「触らぬ神に祟^{たた}りなし」といわれているやり方でしょう。「よくは分からないが、なんとなく危なそうなものには触れないでおこう」というのは、確かによけいな危険を避ける人間の知恵といえます。このような対応が「予防原則」との概念で改めて現代社会で強調されるようになってきたのは、科学・技術の発展に伴い、人間活動の範囲、影響が拡大され、各種の公害や、環境破壊に見られるように、これまでは存在するとは考えられなかったようなリスクが顕在化し、時として大きい被害を社会

や自然環境にもたらす可能性を否定できなくなったためだと思います。

予防原則の考え方は安全確保の対策を検証し、その弱点を見出すために重要な手段であると考えます。注意すべきは、予防原則において、「リスクがゼロでないなら」という部分を絶対視したり、リスクの機構の理解の程度を極度に微細で複雑な程度にまで過度の要求をしたりすることです。人間活動に絶対は所詮望めませんし、人知にはいくら進歩がなされても限りがあります。予防原則を絶対的なレベルで満足させようとすれば、おそらくほとんどの人間活動は否定されざるを得なくなります。そうなれば、活動の停止に伴う大きいリスクを負うことになりかねません。

したがって、予防原則に合理的に合意できる条件を付加した「条件付予防原則」とも考えられるものを、安全確保の施策に適用するのが現実的と考えます。たとえば、原子力利用で問題となる放射線のリスクの抑制については、「自然の変動範囲内のレベルの放射線によるリスクは、人間の進化の途上でそれへの適応が獲得されていると理解できるので、自然のリスクレベルに有意な影響を及ぼさないような程度に人為的放射線によるリスクを抑制する」というような判断が具体的な「条件付予防原則」であると考えます。

このような考え方について社会の中で対話を進め、合意が得られるように図る必要があると思います。



原子力安全のひろば

Safety&Dialog 2004年春号(不定期刊)

——ご意見などは下記までお寄せ下さい。——

TEL 03-3581-9919 FAX 03-3581-9835

ホームページ <http://www.nsc.go.jp/>

原子力安全委員会

〒100-8970 東京都千代田区霞が関3-1-1中央合同庁舎4号館

本誌は再生紙を使用しています。