

科学・技術はどこまで信頼できるか

東京大学名誉教授、国際基督教大学名誉教授
東洋英和女学院大学学長

村上陽一郎



ご紹介いただきました村上です。こういう機会をいただいたことを大変光栄に存じております。大変微妙な問題も含んでいる今日のテーマですが、後半にご登壇くださる阿部先生は、実際に罹災者のお一人でもいらっしゃるかと承っておりますが、どうしても震災の問題をどう考えるかということがテーマになりましょう。私はあまり直接的に震災の話に深入りせず、多少外れるところもあるかもしれませんが、そのへんはお許しをいただきたいと存じます。ご紹介いただきましたように科学や技術の歴史と、現在の社会の中でのあり方を勉強してきた人間として、少しお話しさせていただきますように思います。

タイトルを「科学・技術はどこまで信頼できるか」としましたが、一方で震災、特に原子力発電所の事故をめぐって、その信頼が揺らいでいるという大前提が一つありますが、大震災によって、逆にむしろ技術の持つ有効性を改めて確認したという考え方もできないわけではないと思っています。

原子力発電所にしても、福島第一も含めて、いわゆるスクラムと呼ばれている自動停止機能はほぼすべての炉で果たされていたわけです。これは後でも触れますが、P波、つまり初期の地震が起こる最初の波ですが、その早期警戒装置も非常に見事な成果を示している。それが基本的にはあとで触れる新幹線ですが、特に関連路線で27の編成が200キロ以上で走っていたわけですが、すべてきちんと停止をしている。そのことを考えますと、少なくとも地震の揺れに対する技術的対応は、現在の日本においては世界的に見ても非常に優れた機能を果たしていると見てよい側面が、実はあるわけです。

メディアはなかなかそのへんのことを伝えてくれませんが、そういう側面もやはり私どもの認識の中に必要ではないかとは思っています。問題は津波への警戒も含めて、システムのソフト面であろうと考えていますが、そのへんのことも含めながら原理的な問題から少し考えてみたいと思います。

大震災

むしろ 技術の持つ有効性を示した？
少なくとも 地震の「揺れ」に対して
すべての原子炉は
スクラム(自動停止機能)を果たした
p波による早期警戒装置も 機能した
問題は
システムのソフト面(津波への警戒も含めて)

安全・安心と信頼

合理的なパターン
安全が 保証されて
安心が 生まれ
それが継続することで 信頼が得られる
しかし 実際には
ことは 必ずしも 合理的パターンでは？

「信頼できるか」という表題を立てましたので、信頼性について考えますと、ある科学・技術的で、合理的な判断の立場に立てば、安全が保証されていれば、そこに安心が生まれるはずだ、ということになります。そして、安心が継続することによって、そのシステムに対する信頼が得られていく。そのようなパターンで問題を分析することが可能であると考えています。しかし、世の中は、この合理的なパターンどおりにはなかなか動かないというのが、現在の状況を見ても言えるのではないか。なぜかということをし少し考えてみたいと思います。

安全とは

- safety save 生命を救うこと
健康であること

- salute も同じ語源から
相手の健康を問う = 挨拶、敬礼

- 安心に相当する英語は現在では見つからない

「安全」という言葉から分析を始めますと、安全という言葉に関して、たとえばヨーロッパ語、特に英語では二つの言葉が私どもの頭に浮かんできます。一つはsafety、形容詞はsafeです。これはsave、命を救うという言葉とも関連していますが、基本的には人間一人ひとりが健康であることに関連する言葉だったそうです。たとえばsaluteという言葉もありますが、これも同語源ですが、挨拶、あるいは軍隊では敬礼という意味です。相手の健康を問うということから挨拶という言葉になったと考えられます。つまり基本的にはこのsafetyという言葉に絡む安全は、人間の健康状態が安全であることと最も直接的に結びついていると考えられています。

一方、「安心」という日本語に対する英語は、和英辞典を引いてみても適切な英語に行き当たることが珍しく、なかなか見つかりません。

安全とは 2

- security 現在では
国家、企業、組織、家庭などが、
外敵から守られていること

- human security Amartya Sen, 緒方貞子らの
提唱で始まった
個人が不当、不正などから守られている

ところが、というのがその次の話ですが、安全にはもう一つの英語が思い浮かびます。それがsecurityです。この言葉は、現在では国家や企業、組織、家庭が、内的の場合（国家ではテロリズムなど）もありうるわけですが、多くは外的な敵の攻撃から守られていることが基本的な意味合いとして使われています。日米安全保障条約の略称は、Japan-US Security Treatyですが、そこで使われているsecurityがそうです。

securityの原義

sed = without cura = concern

つまり「気にかけないで済むこと」=安心！
「気にかけないで済みますこと」=油断
自惚れ
ヨーロッパの文脈では「気にかけない」こと
は むしろ 悪徳(特に近代では) M. Weber

最近になってアマルティア・セン、緒方貞子さんなどがおっしゃっているHuman Securityという言葉がありますが、これも個人が不当な扱い、あるいは不正な扱いから守られていることを主張するために使われる言葉になっています。ただ、securityの語源を探っていくと、ラテン語ですが、sedとcuraに分かれるそうです。そしてsedというのは、英語で言えばwithout、つまりそれなしでという意味で、curaはconcern、つまり気にかけることです。「気にかけることなしに」と

というのがもともとの意味だったことがわかります。気にかけないで済むということは、つまり安心していられるということですから、まさにsecurityという言葉が、実は日本語の安心にぴったりの英語だということになります。

先ほども申しましたように、いまは違います。しかし語源的に見ればそういうことになります。さらに言えばそれが行き過ぎると、油断と言う概念にもなります。つまり気にかけないで済ませていると、それは油断や自惚れという意味にもなるのだそうです。

古代ギリシャ・ローマでは

エピク羅斯 ataraxia
快樂の極

キケロ セネカら securus
心の静穏な状態

ところが、この気にかけないでいるということは、実は近代になって悪徳と考えられるようになりました。これはマックス・ウェーバーなどが典型的だといわれています。古代のギリシャ・ローマでは、むしろ気にかけないで済むことほどすばらしい状況はないのだと考えられました。よく快樂主義者だといわれるエピク羅斯は、別段人間の快樂を追求するという意味での快樂主義者ではなくて、エピク羅斯が最も重要な価値として尊んだのは、「アタラクシア」(ataraxia)という言葉です。これがエピク羅斯にとっては快樂の極致と考えられています。まさにこのアタラクシアは、心煩わされることなく静穏な心の状態を楽しむことで、先ほどのラテン語で言えばsedcuraと同じ意味です。それがローマ時代になるとラテン語になって、securusになるのですが、キケロ、セネカなどがsecurusという概念こそ人間にとって最も大切な状態であるという主張を重ねています。

旧約と新約

旧約では 平和で心豊かな状態
例えば『イザヤ書』32-17
正義は平和を生じ、正義の結ぶ実は永遠の
平安と信頼である
新約では イエスは 常に「目覚めていよ」と教える
『テサロニケ人への第一の書簡』 平和で安全だと思っているとき、突如滅びが襲う

ところが、たとえばキリスト教でもおもしろいことには、イエスは繰り返し、繰り返し「目覚めていなさい」と言い続けます。弟子たちにもさまざまな場面で言っています。安心している間に滅びが突然襲ってくるという警告をイエスは発し続けました。

プロテスタントでは

カルヴァン 確かな信仰とは、心配を生み出すものから手厚く守られているような、「心の平安」(securite)とは似ても似つかぬものである(『キリスト教綱要』)

ルター 「心の平安」(securitas)はサタンの最も危険な道具にほかならない

それがまさにプロテスタントに受け継がれていて、たとえばカルヴァンは、本当の意味での信仰は、心配を生み出すものから手厚く守られているような心の平安 (sécuritéという言葉が使われています) とは似ても似つかぬものである、つまり信仰というのは、安心してはいけないうのだと言っています。これはイエスの言葉に非常に忠実なカルヴァンの解釈です。ルターも同じようにsecuritasは、これはラテン語になっていますが、サタン、悪魔の最も危険な道具に他ならないという主張をしています。

それが先ほどのマックス・ウェーバーのような安心していられること、油断をしていることは悪徳である、つまり私たちは常に気を

現在では

1. 敵対するものに対して
自らの安全を確保する
防衛、警備、保安、防護など
2. リスクを逃れるための保証
担保、敷金、有価証券などの資産

張って、あらゆるものに対して防護の対策を講じなければならないのだということを言い続けなければならないという価値観になっている。これは、私は近代のヨーロッパの価値観だと思っていますが、ではなぜそうなるのか。現在では、セキュリティが、敵対するものに対して自らの安全を確保することを意味するとは、先ほど申し上げたとおりです。「目覚めている状態」こそが、セキュリティなのです。日本でもこの言葉をそのまま会社名にしている警備会社もあります。

安全とリスク

- リスクとは 断崖の迫った狭い水路を
船を操りながら抜ける
危険に敢えて挑戦する=risicare

人間の行為に伴う危険であること
人間によってある程度制御できる危険

それからもう一つは、リスクを免れるための保証という意味で担保、あるいは敷金、有価証券などの意味でもあります。証券会社は、実はsecurityという言葉が英語では使っています。そういう状況は、私はやはり近代の価値だと思うのです。それはなぜかということを考えてみるのに、「リスク」という言葉が一つのカギになると私は考えてきました。

「リスク」という言葉の本来の意味は、あえて人間が危険に挑戦する、断崖が両側から迫っているような狭い水路を、船を操りながらうまくすり抜けて向こう側に到達すること

がリスクという言葉の語源だったそうです。そこからrisicareというラテン語ができるのですが、あえて危険に人間が挑戦すること、つまりリスクというのは人間の行為に伴う危険であるということです。

それからもう一つ、そこから生まれてくる意味合いとして、人間によってある程度は制御できる、つまり自分で船をうまく操りながら向こうへ抜けていくことができれば、これはリスクを制御したこと、あえて危険を冒しながらそれを切り抜けたということになるわけですから、人間によってある程度は制御できる危険のことをリスクと呼ぶ。このリスクという言葉は、先ほどの安心ではありませんが、逆に日本語にはない言葉ですので、カタカナで私どもは使っています。

リスクという言葉は、実はヨーロッパでも本格的に使われ始めたのは18世紀以降です。先ほど申しましたように、それは目覚めていることへの刺激、つまり自分たちはいつもリスクにさらされている、だから目覚めていなければならない、それに対してハリネズミのように防御策を講じていなければならない。それがセキュリティという言葉になっていくわけですが、それは明らかに近代的な概念だと考えることができます。

リスクの特徴

- 18世紀以降ヨーロッパで使われ始めた
近代的概念 目覚めていることへの刺激
- 人間による制御可能性の増大と平行
- 人間の機能の社会制度への外化
- 天災からリスクへ act of God → risk
必然的危険ではなく 蓋然的
確率 probability

おもしろいのは、人間による制御可能性の増大と並行しているということです。これは科学・技術が次第に発展していき、いろいろな現象を人間がコントロールできるようになっていくに従って、リスクは増え

ていく。ちょっと変ですが、リスクは増えるのです。なぜかという科学・技術の発達が「天災をリスクに変える」からです。

天災がもたらす危険は、リスクではありません。天災という日本語にぴったりの英語は何か、ネイティブの人に相談したら教えてくれたのが、<Act of God>です。神の仕業、神の仕事、つまり神の手によるもの、日本語で言えば不可抗力に相当する言葉です。Act of Godという英語は、あとで調べてみたら、英語圏の法廷でしょっちゅう使われている言葉だそうで、まさに不可抗力に相当する英語だということになります。

不可抗力は、リスクではない。つまり神様の仕業で、人間は如何ともしがたい。それに対して何も防御できない。神の仕業は人間の力を超えているという場面では、それはリスクではないということになります。あくまでも人間がある程度は制御できる危険であるということが、リスクの定義の中に意味上含まれているのです。

たとえば小惑星計画がNASAにも、ヨーロッパにもありますが、小惑星計画というのは、小惑星が大気圏に突然突入してくる、特に太陽の影の中に入ってしまったら、突然出てくるのは比較的時間的な余裕が少ないそうですが、そういう小惑星が大気圏に突入して地球上に降ってきたときに、地球の歴史の中でそういう事態は何回も起こっているわけで、非常に大きな災厄をもたらすこともありました。恐竜が減びたのは、実はそうではなかったかという説がかなり有力です。

かつてはそれは、神の仕業であるから如何ともしがたいということであったわけですが、現在のNASA計画や、その他のヨーロッパでも行われている小惑星計画は、大気圏に突入する前に把握して、たとえば大気圏に打ち出した衛星から核兵器によって爆砕する、あるいはその軌道を変えさせることができるかもしれない、というのが小惑星計画と言われるものです。

そうなると、つまり小惑星が大気圏に突入

してくるということは、かつてはAct of Godだったわけですが、いまは、もしかしたら人間によって制御できるかもしれないということになりますので、これはリスクに早変わりをするわけです。つまり人間の制御能力が高まれば高まるほど、リスクは、実は増えるのです。これは非常に逆説的のように見えますが、あからさまな事実です。

もう一つの問題は、人間の機能が社会制度へ外化されている。外化というのは変な言葉ですが、たとえば私は東京の郊外に住んでいますが、かつて自分の家で集めた枯葉、落ち葉は自分の家でたき火をして焼くことができました。いまはたき火をすると市役所から電話がかかってきます。場合によっては消防署が飛んでくるので、家の庭で落ち葉を焚くこともできなくなりました。それは結局袋に入れて決められた日に市役所が収集してくれることに任せなければならない。ということは、つまり社会的な制度がさまざまな人間の機能を代行するようになってきているということが近代社会の持っている一つの特徴です。

そしてそのことは、言ってみれば社会的システムがもたらすリスクが非常に増えているということでもあります。それは自己の責任ではなくて、社会全体の責任としてのリスクが増えているということでもあります。そういう意味で近代社会、あるいは近現代社会はリスク社会であることは、そういうことを議論する人たちの一致した見解です。

必然的な危険もリスクにはなりません。たとえば私がいま75歳ですが、あと30年、いまの世の中ですから40年としましょう。40年たって生きていない、つまり死んでいるというのは、決してリスクではありません。これは必然的に必ず死んでいるわけです。しかしあと10年の間にがんで死ぬことはリスクです。必然的な危険、100%必ず起こる危険はリスクではない。したがって確率で表現されることがリスクに持つもう一つの特徴です。このことは、これからの議論にもかなり深刻な問題を投げかけてくれていると私は思っています。

リスクの認知

主観的要素(不安)を排除できない

逆比例の法則 時間・空間・心理的な
距離に反比例？

リスクの認知ですが、認知に関しては主観的な要素、特に不安が問題なのです。安全に対してはリスクが対応し、安心に対しては不安が対応すると言えると私は思っています。ここでは、リスクという概念を不安の源泉としてとらえたときに、そこに主観的な要素が入り込むことは排除できないと考えています。さて、リスク認知の逆比例の法則ですが、これは決して定量的な意味で申し上げるものではありません。ごくごくいい加減な、定性的な意味ですが、リスクの逆比例の法則と私が呼んでいるものがあります。それは時間や空間、心理的な距離にリスクの認知度は反比例するのではないかということです。

たとえば時間ですが、皆様お聞き及びと思いますが、環境問題に関しては世代間倫理という言葉があります。いま論じられているような環境問題は、いわゆる公害問題とは違って、いま現時点で直接その環境問題といわれるもので被害者が致命的な被害を受けている人がいるわけではない。あと10年、20年、30年、50年、100年たったあとの問題として環境問題が提起されているのが通常の場合です。温暖化にしてもそうですし、砂漠化はある程度現実には被害を受けている人がいるかもしれませんが、いわゆる地球環境問題と呼ばれているものは、基本的には未来の問題としてとらえられています。

ところが実際に倫理というのは、たとえばアフリカの一部で行われているような、子どもたちに対する非常に残虐な扱いなど、私たちが現実には倫理的に何らかのかたちで問題提起をしなければならない問題がたくさんあるのに、あと50年たって私たちが見るこ

のないような、会うことのないような未来の子孫たちにとって、倫理的に何らかの問題になるようなことに対応しなければならないのかという批判は、実は環境問題に根強く残っています。それに対して提起されたのが世代間倫理です。

つまり倫理とは、いまも言いましたように通常は隣人や、いま生きていて現実に不正を働かされている、あるいは苦しんでいる人たちとの間の私たちの倫理的考慮が問題になるはずですが、それだけではないのではないかと。われわれが会うことのない将来世代に対しても、われわれは倫理的責任を負わなければならない場面がありうるのではないかと。これはある意味では倫理の拡張であり、倫理を広げていく方向で現在議論されているものであるわけです。

そのときに、改めてもう一回逆説的なことを申し上げれば、そういう世代間倫理に対して、いや、でももっと緊急に、いま倫理的に問題にしなければならないことがたくさんあるのではないかと、そちらのほうが切実ではないのかという議論は、なかなか論破しにくいところがあります。これは時間というもの、自分たちにとってどれだけ未来であるか、その未来の時間が遠ければ遠いほど、その人たちに対するリスクの認識は薄れていくのではないかと、そういう傾向はわれわれの中にないだろうかということが時間に対する逆比例法則として私が考えていることです。

空間も当然あります。自分の家の隣に焼却炉ができたなら、これは私も含めてですが、皆さん非常に気になる。しかしそれが10キロ先だと、そのリスクの認識度はだいぶ薄れていくはずと。地球の裏側であれば、われわれはほとんどまったく意識をしません。空間的に距離が離れば、リスクの認知は減っていくのではないかと。

心理的な距離もあります。例えば、ある高名な大学者が、私にこうおっしゃったのです。「村上さん、私はね、最近家族の健康を考えて、家では禁煙しているのですよ」。そう

言われる、その方の指の間には、タバコが紫煙を棚引かせていました。やはり自分にとって親しい人、あるいは家族がリスクを受けるという場面と、心理的にはるかに離れた人の場合とで、どういうリスクを受けるかというリスクの認知度に、かなり影響するのは明らかかなようです。それは自然なことではないでしょうか。

そういう主観的なリスクの認知に関して働くさまざまな問題が、実はこれからの信頼の問題にも絡んでくると思いますが、リスクを管理するという立場から言いますと、二つの側面が考えられます。ごく原理的な問題です。リスクの生起確率を減少させること、これは先ほどから申し上げている天災Act of Godである限りは、その生起確率を減少させることは難しい。

リスクの管理

1. リスクの生起確率を減少させる
2. リスクが起こったときの被害事象を緩和する

これらの実現に最も頼りになるのは
社会的制度としての

科学・技術

地震が起こることを人間の手でコントロールすることは非常に難しい。火山が噴火する前に地中にたまったエネルギーをどこかでボーリングをして吐き出させることが可能かもしれませんし、先ほどの小惑星も大気圏に突入することを防ぐことが可能かもしれませんが、そうやって人間ができるかもしれないことはあるとしても、一般的に地震が起こること自体、あるいは台風が発生すること自体、またそれがどういう経路をたどってくるかについて、私たちはコントロールすることは大変難しい。したがって、その生起確率を減少させることはなかなか大変なことです。

リスクは、決して天然現象、自然現象だけではありません。ヒューマンファクター、人

間が過ちを犯すことによって生じるリスクはいくらでもあります。そちらは生起確率を減少させることが可能な世界です。

もう一つのリスク管理の中心的な課題は、それで何とかしてコントロールして、生起確率をできる限り減らそうとしても起こってしまうリスクに対しては、その被害事象をできる限り小さくすること、つまり天災の場合でも阪神・淡路大震災のときに6,000人を超える死者が出ましたが、実際に地震が起こること、これは先ほどから申し上げているようにAct of Godでしたが、しかしあのときに亡くなったかなりの数の方々は、まず建物で圧死して、それから消防車も入りにくいような小さな路地に非常に密集して建てられていた家々が倒れたうえに、火災を起こしたことによって亡くなった方が非常に多かったということがありました。

つまりこれは言ってみれば被害事象の中で、人間がコントロールできる要素であったことはおわかりのとおりです。そういう住居、あるいは住まい方を改良していくことは、明らかに人間の制御可能な場面です。そういう意味でリスクの生起確率を減少させることと、起こったときの被害事象を緩和させること、これらの実現に最も頼りになるのは、近現代社会では科学・技術をおいてほかにないはずで、私たちは科学・技術の成果を信頼する以外に、外化されて、さまざまな社会制度として成り立っているものから、たとえば住居の様式なども含めて、それらに対して警告を発したり、こういうほうが安全なシステムであるということを引きちんと提言したりすることができないのです。

ところが、先ほどからある程度申し上げているつもりですが、安全が保証されているからといって、それと完全に並行して不安が減少するかというと、事態は決してそうはいきません。それが私は安全と安心の非対称性、asymmetryと呼んでいるものです。

たとえば安全の保証度をいったいどこに置くのか。たとえば死者の数を問題にするのか、

安全の保証度と不安

安全の保証度と 安心の度合いの

非対称性

どこに基準を置くか

1. 死者の数 2. 故障の頻度 などなど
しかし 不安は それに連動しない

あるいは故障の頻度を問題にするのか、それぞれ立場によって、先ほどの主観ではありませんが、いろいろな安全の保証の基準があります。例えば死者の数を基準にしてみましょうか。私は3・11が起こる前にこういう表現を使っていました。原子力発電所で、原子力技術の直接的な被害を受けて亡くなった人は一人もいない。

原子力発電所で亡くなった方は何人もいらっしゃいます。建屋の中の高温・高圧の水蒸気を送るパイプが破断して、一挙に高温・高圧の水蒸気が建屋に充満して、それを受けて亡くなった方がおられました。あるいはある槽の掃除をしていて梯子から落ちて亡くなった作業員の方もいらっしゃいます。死者の数を数えていけば、原子力発電所で亡くなった方はかなりの数に上ります。

しかし原子力技術そのもの、たとえばJCOはまさにそうですが、そこで二人の方が亡くなりましたが、JCOの事故は、まさに原子力技術そのものの問題で亡くなっているわけです。でもあれは原子力発電所のサイトではなくて、燃料製造のサイトでした。それに比べて、ずいぶん少なくなったとはいえ、年間6,000人近くの死者を出し続けている自動車はいったい何なのかということを考えたときに、死者の数だけから考えた安全という見地からすれば、実は今回の福島でさえも、不謹慎な言い方になることをお許しいただきたいのですが、少なくとも死者は出ていません。チェルノブイリでは、直接に亡くなった方が33名だったという報告が、もっとも確か

らしいとされています。もちろん今回津波、倒壊で亡くなった方がいまの数で2万人弱ということになっているようです。

そういう状況の中で、何を基準にして安全を考えるのかということを取り上げたときに、さまざまな基準の立て方がある。したがって不安というのは、そういう基準の立て方にもいろいろな要素が絡まってくることによって起こります。

確率の持つく？>

確率は アンサンブル(集団)を前提にする
個々の事象は 起こるか 起こらないか
常に $<1, 0>$ である

千年に一回の津波が起こったのなら

ここ当分は 二度と起こらない

千年に一回の津波が 二度続けて起こる確率は
極端に少ないが 起こるときは起こる

もう一つの本質的な問題は、確率という概念です。確率は、数学の世界ではアンサンブルという言葉をよく使いますが、要するに集団を前提にして初めて成り立つ概念ということができます。個々の事象に関しては、起こるか、起こらないかで、起こる場合と起こらない場合を $1 \cdot 0$ で考える以外にないわけです。

これはあえて名前は申しませんが、原子力関係のIさんがあるところで語られたそうですが、1,000年に1回の津波が起こったのなら、ここ当分はあれだけの津波は起こらない。そう言われたブログが、非難で炎上したと承っています。確かに1,000年に1回の津波が起こったとすると、もう1度1,000年に1回の津波が起こるのは1,000年の2乗回ですが、それでも翌日にまた起こらないという絶対的保証は、確率の世界ではありません。つまり確率が少なくても起こる場面では起こるわけです。

このことが、実は確率ということにおいて

私たちがリスクを計算し、それに対して安全の保証度を上げていくという科学の、あるいは技術のやり方をやっていくうえで、非常に厄介な問題です。落語に、鶴は千年、亀は万年と言うけれども、昨日夜店で買った亀が、今日死んでしまった。それじゃあ、ちょうど万年目だったのだらうというくすぐりが使われることがあります、そういう確率をめぐる心理的な問題はなかなか払拭できない。

信頼もまた

信頼度を 科学・技術の世界で考えれば
システム全体の「信頼度」は
個々のサブ・システムの信頼度の関数
サブ・システムが直列の場合は 積
並列の場合は 信頼度の余事象の積の
余事象

ようやく信頼ということを語ることにしますが、信頼という概念も科学技術の世界、あるいは合理性の世界でいえば、これはごく簡単に算出できることになっています。リライアビリティという言葉で表現されますが、たとえばあるシステム全体の信頼度は、個々のサブシステム、より下位のシステムの信頼度の関数として通常計算されます。そのサブシステムが、いわゆる電気でいう直列的につながれていれば、それは個々のサブシステムの信頼度の積として取り上げることができます。

それからサブシステムが並列になっているときは、信頼度の余事象、1から信頼度を引いたものの積、全体を重ねていって、その積をとって、サブシステムの余事象の全体の余事象というかたちになるわけですが、定義することができます。これは多くの作業現場、あるいは企業などでもおそらくそうだと思いますが、そういう合理的な判断で信頼度を高めるために何をすべきかといったときに、一つひとつのサブシステムの信頼性を高めることと、それらをいかに直列と並列をうまく組み合わせることによって、全体のシステムの

信頼度をできる限り高めるために何ができるか、そういうパターンで物事を考えることができると考えられてきました。

個々のサブシステムの信頼度

正の数値としては
稼働率などの効率
負の数値としては
故障率 事故率 などなど

組織としては こうした枠組みで
信頼性を高める以外にない

では個々のサブシステムの信頼度は何で考えるかという、たとえば正の数値として考えたときには稼働率などです。一つひとつのサブシステムの稼働率が問題になる。あるいはマイナスの数値として考えたときには、故障率や事故率などが当然通常の作業現場における信頼度に絡んでくる一つの価値と考えていいと思います。したがって、改めて重ねて申し上げますが、全体のシステムとして考えたときは、こういう枠組みの中で全体の信頼性を高めるために何ができるかを一つひとつ分析していった結果として、信頼性を高めるということを実行してきているわけです。

新幹線の場合

中越地震(平成16年10月23日)の際
上越新幹線で一編成の車両が 営業運転中としては初めて 脱線したが 死者・負傷者は皆無であった(震央に近かったために「ユレダス」の条件が十分でなかった)
東日本大震災(平成23年3月11日)の際には 関係路線上の27編成が すべて安全に停止

最初にちょっと申し上げましたとおり、新幹線の場合は中越地震のときにご承知のとおり営業運転中の列車として初めて脱線しました。上越新幹線の長岡近辺のトンネルのとき

ろですが、幸いなことに死者も負傷者も出ませんでした。なぜ脱線したかということは、分析の結果として、列車の災害対策として、ユレダス（UrEDAS）というシステムを使っていますが、これはP波を使った早期地震警戒装置のJR版ですが、地震の中心部に比較的近かったために、ユレダスが機能する条件が不十分なかたちにならざるをえなかったということがありました。今回は、ご承知のとおり関係路線上の27編成すべてがこのユレダスのコントロールの結果として、安全に停止して1編成も、1両も脱線しなければ、もちろん負傷者や死者も出ませんでした。

こういう実績を、私はかなり技術の勝利として評価していいと考えていますが、そしてこういうことを実現するための運行システムが現在、ソフトの面でも非常によくできていると考えてよいと思っていますが、最初のスライドで申し上げましたとおり、地震の揺れに対する対応策については、新幹線の場合だけではなくて、たとえば建物の耐震装置の面から考えても、現在の建築基準はそういう耐震の信頼性に対してかなり明確な指示を出しています。もちろん現在の建築基準に合わない建物はたくさんありますし、古い小学校の建物がどこまで強化できるか、文科省も大変頭を痛めているところですが、そういう意味で考えると耐震性に関する技術的な対応は、日本ではかなり進んでいると考えてよいと思います。これは異論のある方もおありかと思いますが。

では原子力発電所に関してどうだったのかというと、阪神・淡路大震災のときに、すでに想定されていたエネルギー以上の揺れが、原子力発電所のサイトの中で観測された事例がいくつかありました。またそのあと起こったかなり大きな地震として、中越地震でも、やはり一番大きなダメージを受けたのは柏崎ですが、柏崎は1号機から7号機まで全部スクラムで止まりました。しかし建屋、その他は相当なダメージを受けました。そのときにも、やはり想定された以上のエネルギーを持

った揺れがいくつかの炉で観測されました。

それから直下型と断層との関係についても、かなり知見が積み重ねられていますし、いわゆる原子力発電所に関してもバックチェックというかたちで、それぞれのサイトの立地条件を改めて活断層との関係などで調査をし直し、それに対して補強策、ないしは対応策を重ねていくことが実際に行われつつあるという事態を指摘できると思います。

問題は津波でした。ただ不安や不信は、いま申し上げたような一つひとつの問題の信頼度、あるいはたとえばこういう新幹線の場合の技術に対する信頼性を非常に高めるような事例があっても、一般の人々の間にある不安や不信は、こういう合理的なパターンの外にあることが多いと言わざるをえません。

しかし

- 不安 あるいは 不信は
こうした 合理性の外にあることが多い
現在の事態における不信
1. 政府・行政の稚拙さ
 2. 専門家の(パニックを避けての)遠慮
 3. 組織上の問題(原子力安全・保安院)
 4. 科学・技術の不確定性

そのうちの原理的な問題の一つは、先ほど申し上げた確率の問題が絡んでいるのですが、現在私たちが直面している社会的不信の一つは、やはり当事者であった政府行政の対応の稚拙さにありました。これは残念ながらどうしても指摘せざるをえないことです。

もう一つは、たとえばメディアで解説に携わった専門家の人たちの、あえて遠慮という言葉で呼んでおきますが、これは政府の非常に強い指導があったと聞いていますが、パニックだけは起こさないようにと、これが最喫緊の考慮要件であったと言われていました。したがってテレビジョンなどで出てきた、いわゆる専門家の人たちの発言の歯切れの悪さ、あまりにも専門家として言うべきことを言っ

ていないという事態が、ウェブサイトですいぶん叩かれて、とうとうメディアから降ろされた専門家も何人かおられたようですが、そういうことがあって、当然言うべきこと、あるいは判断してあるはずのことが、あえて言えば口を封じられているという状況が、一方でどうしても指摘せざるをえない現象としてありました。

それから組織上の問題です。これは繰り返し議論されてきたことですが、原子力については内閣府にある原子力委員会が当初の原子力に関する内閣の責任体制の中心でした。そこで安全問題も扱っていたわけですが、安全問題は原子力委員会ではなくて、自立した、独立した委員会で行うべきであるという判断が途中で下り、原子力安全委員会が原子力委員会と併存するかたちで内閣府にできました。これはどちらも人事は国会人事です。つまり国会が承認しなければならぬ人事になっています。

ところがそのほかにもう一つ、ダブルチェックという言葉がずいぶん飛び交いましたが、経済産業省の資源エネルギー庁の中に原子力安全保安院がさらに創設され、そこで安全の問題をダブルチェックすることになりました。実際に原子力発電所のサイトに直接検査をする検査員など、現場を訪れてきちんとコントロールする役割を果たすような人々は、基本的にはこの安全保安院の中から派遣されることになりました。それぞれ学会、協会がありますが、その学協会が考えているような安全に対する基準をいかに現場にきちんと反映させるかということも含めて、原子力安全保安院が具体的な役割を果たすというマニフェストを与えられて発足しました。

しかし、いかんせん経済産業省が、どちらかといえば原子力政策を推進する立場にあることから言えば、その中にそういう組織が存在すること自体がそもそも原理的におかしいのではないかという指摘は、最初からあったわけです。今回の事故に関して、IAEAが派遣して事故の調査記録を出しましたが、その

中でもこの問題は指摘されています。この組織上の問題が信頼性に対する一つの問題として浮かび上がっていることはご承知のとおりです。

科学・技術の不確定性

例えば 放射線被害について

基準を明確に定めることができない

理由は データの不足

人間の個性

放射線検査 治療

自然放射能の多寡(土地、高度など)

しかし 受けないにこしたことはない？

もう一つポイントは、科学技術の不確定性と最近しばしば言われる問題です。科学の中の不確定性というと、どなたも量子力学の不確定性原理を思い浮かべられると思いますが、基本的にはここではそれは関係ありません。トランスサイエンスという別の言い方をされる人もいます。その不確定性とはどういうことかということ、たとえばいま非常に不安、不信の原因の一つとして、放射線被害についていったいどういう基準を立てればよいかという問題が議論されています。

当然のことながら、余分な放射線は受けずに越したことはない、と言われます。それはそうに違いありません。しかし私たちは自然放射線をいくらでも受けています。1万メートルの高度で、たとえば東京とアメリカの東海岸を10時間で横断すると、通常私たちが受けている自然被曝量から比べると非常に高い放射線を受けることになります。

あるいは、これはあまり公表してはいけなんでしょうか、さまざまな国の首都の自然放射線の度合いを調べた結果があって、外交問題になるから外務省がそれを公表しないでくれというタブーを設けたという話を聞きましたが、でも要するに東京と、某国の某首都を比べると、これは高度にもよりますが、大きな差が認められます。鉦脈に近いかどうか

も一つの条件になります。そういうことがあって、いま東京が通常、0.05ぐらいの被曝量で、これは安心だということになってはいますが、それよりは7倍とか10倍、あるいは15倍という線量を計測する土地はいくらでもあります。

そういうことから考えていくと、放射線の被曝量をいったいどこに基準を置いたらよいのかということに関して、必ずしも確定的なことが言えない。もちろんこれだけの被曝量があったら確実に命を落とすというようなことはわかっています。JCOの事故で亡くなったお二人の方は、まさにそれを経験した。またチェルノブイリで事故が起こった直後にすでに十数人が亡くなっているはずですが、そのときにもどれだけの被曝量があったかはわかってはいるはず。そういうデータはあります。

一方、たまたま私は16歳から22歳ぐらいまで肺疾患で毎月必ずX線の直接撮影か透視、透視というのは10分ぐらい浴び続けるわけですが、いまはたぶんX線の透視をお医者さんは絶対やらないと思いますが、私が若いころはいくらでもやっていました。要するに透視というのは、X線をずっと当てながら、その状態をスクリーンに映して、そこから得られる動画像を見ながら解析をしていくという方法です。それを毎月必ず1回、8年ぐらい続けたでしょうか。ですから私が浴びているX線の被曝量は、普通の方に比べれば、たぶん何百倍にもなると思います。広島におられて1週間そこで働いた方が、自分は資格から言えば被爆者の手帳をもらえるはずだけれども、もらわないと言って83歳で元気な方もいらっしゃいます。

こういう個人差も含めて、科学的に、あるいは技術も含めて、いったいどれだけのものを安全と呼べるのかということに関して、確定的な答えを出すことは非常に難しい状況の中にあることは確かです。そこで受けないに越したことはないというこの最後の問題が、一つポイントになります。

もう一つ、信頼ということであって

信頼は引き算

新幹線のような ベスト・プラクティス を
いくら並べても 安全の保証に対する信頼を
<足し算>することは難しい

一旦失われた信頼を 回復することは
大きな努力が必要である

ていただきたいことは、信頼は一種引き算だ、なかなか足し算にならないということです。先ほどから申し上げている新幹線のようなベスト・プラクティスがあったとしても、それをいくら並べても、だとしたらわれわれは科学やそれを使っている技術が、いま非常に信頼できるものだという足し算にはなかなか結びついてくれない。しかもいったん失われて、つまり引き算をされてしまった信頼性は、それを回復するためにはものすごく大きな努力と考慮が必要になってくるという事態の中で、いったいわれわれは何をすればいいのかということになります。

安心管理の可能性

preventive principle 予防原理
科学的な因果関係の把握を基礎に
リスク管理→把握できないときには
手を打たない? CBAによる優先順位

precautionary principle 転ばぬ先の杖原理
最悪のシナリオを予測して手を打つ

安心管理という変な言葉を使いましたが、安全管理という点からいえば、予防原則とも言うべきものが一つの原則としてありうることになります。科学的な因果関係の把握を基礎に、リスク管理をする。データが足りなくて把握できないときには、手を打たないという対応策まで合理的だといえる。なぜかという、そこにはどう考えてもCBA、Cost - Benefit - Analysis、つまりあることをやる

ために必要なコスト、それだけのコストをかけることによって得られる利益とをどうやって見積もるかという分析することです。それによって打つべき対応策の優先順位、プライオリティを決めていく。これが基本的には合理的なリスク管理の政策論であると通常言われています。

しかしこれで私たちは安心できるのかといったときに、先ほどから申し上げているさまざまな要素がからんで、私たちはそれによって安心を得るとは必ずしも言えないということがはっきりしています。

転ばぬ先の杖原理

環境問題などの国際協定などで採用

科学的な不確実性、複雑性
民間の知恵や常識の活用
社会的合理性
生活者の安心
emotiveな信頼の回復

そこでもう一つの原則として現れたのが、これはPrecautionary Principleという英語が使われますが、私は「転ばぬ先の杖原理」と呼んでいます。事前警戒原則と訳しておられる方が多いようです。これは環境問題などで先ほども申し上げました。いまではなくて将来、もし最悪のシナリオをたどったときに、われわれが見ることのないような将来の子孫に対して申し訳が立たないではないかということを考えるのが環境問題の世代間倫理だと申し上げましたが、まさに環境問題などでは、これはリオの環境サミットから始まるとよく言われますが、このPrecautionary Principleが一つの政策論として浮上ってきています。

これは言ってみれば科学技術的な因果関係で確実に言うことができない、それが先ほどから申し上げている不確実性の問題であり、場合によっては複雑性の問題でもあるわけで

すが、そのような場面で私たちはシナリオという言葉しか使えない。因果関係であれば、因果連鎖、いまAという原因があったら、しるべきプロセスをたどれば必ずXという結果が因果連鎖の中できちんと生じるだろう。これが科学や技術の世界ではほぼ確実に言える場合に使っていることです。

ところが不確実性がある、必ずしもそうとは言えないような場面では、因果連鎖という言葉が使えなくなりますので、私たちはそれをシナリオという言葉で呼ぶ以外になくなるわけです。いまAであるというところから、B、CをたどってXへ行くこともあるだろうし、XからYへ行って、それからCへ行く可能性もあるかもしれない。どういうプロセスをたどって、どういう結果にたどり着くのかということが、いくつかのシナリオとして書ける、あるいは書くことしかできないという状況の中では、私たちはその中の最悪のシナリオを想定して、それに対して対応策を講じておくべきではないか。

これは先ほど申し上げた予防原理による科学技術的な対応政策とは少しずれています。それを場合によっては社会的合理性と呼ぶこともあります。そういう合理性もまた一つの合理性ではないか。その中では、一般の人々が培ってきた常識、あるいはよく賢慮と言う言葉が使われることがあります。英語ではprudenceという言葉です。

アリストテレスまで遡ることができるので、アリストテレスはフロネシス(phronesis)というギリシャ語を使っていますが、必ずしも科学・技術の根拠をいま確実に持っているわけではないけれども、こうではないかという賢い慮りも動員しながら、ある程度対応していくという政策も、また取らなければならない。それが社会的な安心の回復につながり、ひいては信頼性を少しずつ、足し算はできないと申し上げましたが、それでもやはり私たちはいま足し算をやっていかなければいけない。ではその足し算をやるときに何をやるべきなのかといったときに、いま申し上げたよ

うなところまで視野に入れながら、一步一步進んでいく以外に道はないのではないかということを私なりのメッセージとしてお伝えして、拙いご報告のまとめとしたいと思います。ご清聴、ありがとうございました。