

原発のリスク経済分析

「安全神話」から「想定外の事象」まで

酒井泰弘

Yasuhiro Sakai

滋賀大学 / 名誉教授

大阪大空襲65周年とチェルノブイリ25周年

本稿には、「原発のリスク経済分析」という、風変わりだがタイムリーなタイトルが付けられている。個人史を紐解けば、私自身とリスクとの関わり方は根深く、かつ複雑に入り組んでいる。最初に脳裏に浮かぶことは、今から遙か65年前、1945年(昭和20年)3月14日深夜から15日未明にかけての「大阪大空襲」の記憶である。この数列「45・3・14」は、私にとっていわば「人生の原点」を構成しているのだ。大阪大空襲のことは、松本清張(1909～1992)の名作『砂の器』の中で雄弁に叙述されている。

「いつの空襲？」

「それが終戦間際の、昭和20年3月14日でしたな。B29が大編隊で来りましたな。焼夷弾の雨ですわ。アメリカはんも、もうちょっと待ってくればったら、この辺も助かりましたやろ」

「相当、人が死んだんだらうな？」

「へえ、そら何千人という人ですわ」

私の父親はもともと江戸っ子であり、八丁堀界限に住んでいたと聞いている。先代の一家は1923年(大正12年)9月1日、かの「関東大震災」によって居住空間を一挙に消失し、その後に転がるようにして上方の天王寺村(現在の大阪市南部)にはるばる引っ越してきた。たしかに、地震は如何ともし難い「天災」であり、無力な人間はそれを甘受せ

ざるを得ないかもしれない。ところが、戦争や空襲は「人災」であり、それによって蒙った精神的被害は時の流れによって消え去ることが無い。否、人災の痛みは加齢とともに益々倍加するような気がするのだ。リスクと不確実性の研究を繰り返している私の感慨を述べれば、それは次のように総括されるだろう。

「天災は、忘れた頃に繰り返しやって来る。人災は、忘れない内に繰り返しやって来る」

記録によると、大阪大空襲は上記のものを含めて35回程度あり、何と終戦日の前日の1945年8月14日にも、低空飛行のB29から「最後のおみやげ」が投下されたという。父親は関東大震災の天災にはあるいは我慢したかもしれないが、大阪大空襲の人災には形容し難い怒りを覚えたことだろうと思う。私自身、この年齢になっても、突然の空襲警報、B29の飛来と焼夷弾投下、一面の火の海と逃げ惑う人々、焼け野原と茫然自失の住民などの一連の光景は、何度も何度も思い出しては憤怒の感情が込み上げてくるのを禁じ得ないのだ¹⁾。

それから65年の光陰が流れた。去る2011年3月11日、関東大震災を遥かに凌ぐ「東日本大震災」が起り、原子力村フクシマの地獄絵がこの世に現出した。高さ15メートルにおよぶ津波のために、海沿いの福島第一原子力発電所の建家が吹っ飛び、空中及び海中への大量の放射能漏れが発生した。放射能汚染事故のレベルとしては「レベル7」ということで、アメリカの「スリーマイル島原発事故」を凌ぎ、旧ソ連の「チェルノブイリ原発事故」(1986年4月26日)に肉迫するものだ。2011年4月2日付けの英字新聞*The Japan Times*は、特約の

*Observer*誌による記念記事を紹介している。そのタイトルと出だしの文章は、次のようにまことに刺激的である。

チェルノブイリ25周年—放射能汚染の光景
(*Chernobyl 25 years on: a poisoned landscape*)

日本は原発事故の危機に直面している現時点において、ロビン・マックイ記者は1986年チェルノブイリ格納容器爆発の現地に戻る。爆発地に残るのは、ただ放射能汚染の土壌、住民の居住地放棄および沼沢の汚染だけである。

このように、直近の「フクシマ原発危機」(Fukushima nuclear plant crisis)を知った名物記者ロビン・マックイは、25年前に勃発した「原発事故の原点」ともいえるチェルノブイリを再訪問し、一面全体をカバーするルポ記事を克明に執筆しているのだ。それによれば、チェルノブイリ事故は次のように一括される。

世界最悪の原発事故伝説 (*Legacy of world's worst nuclear disaster*)

○チェルノブイリの格納容器は、RBMKとして知られる原発施設の一つであった。1986年に稼動していた17基の中で、今なお稼動中なのは11基だけである(その全てが旧ソ連領内にあるのだ)。8基の新設計画がすべて放棄され、現在稼動中の11基も閉鎖するようとの国際的圧力が掛かっている。

○チェルノブイリから放出された放射能量は、ヒロシマ原爆の放出量の400倍に相当していた。放

1) 寺田寅彦は、科学者としての冷静な頭脳と、人間としての温かい心情とを併せ持つ稀代の文筆家であった。寅彦自身は文字通り「天災は忘れた頃にやって来る」と述べていないらしいが、それに近い言葉として次のようなものがある。「文明が進むほど天災による損害の程度も累進する傾向があるという事実を十分に自覚して、

そして平生からそれに対する防禦策を講じなければならぬはずであるのに、それが一向にできていないのはどういうわけであるか。その主たる原因は、畢竟そういう天災がきわめてまれにしか起こらないで、ちょうど人間が前車の転覆を忘れたところにそろそろ降車を引き出すようになるからであろう」(「天災と国防」、1934年)。

射能拡散範囲は、スペインとポルトガルを除くヨーロッパ全域に及ぶものであった。

○この原発事故の費用総額は、ウクライナとベラルーシ両国の国家予算を根底から揺るがしている。1998年において、ウクライナが既に投じた事故処理費用総額は累計1兆3百億ドルに達しており、ベラルーシの費用総額はその年だけで3千5百億ドルになるだろうと予測された。広大な周辺農地が廃墟と化した。

○イギリス、特に湖水地方および北ウェールズの農場の一部については、チェルノブイリからの放射能落下のために、土地使用と放牧上の制限措置が続行されている。

○科学者の試算によれば、チェルノブイリ地域の放射能汚染はこれから48,000年間続くであろう。ただし、同地域での人間の居住安全性については、約600年経過すれば再び確保されるだろう。

「安全神話」と「想定外の事故」

—リスク分析軽視の傾向

上述したチェルノブイリの原発事故は、決して地震や津波などによるものではない。それはむしろ、人為的な操作ミスに基づく格納容器の爆破によるものだ。つまり、「天災」(natural disaster)ではなく、れっきとした「人災」(man-made disaster)だと言えよう。

これに対して、25年後の2011年3月11日に発生した福島沖のマグニチュード9.0の大地震と、直後の高さ15メートルの大津波とは、確かに自然の猛威による天災かもしれない。だが、大津波による原発施設の機能停止および放射線漏れは、一部の人間の驕りとモラルハザードによる人災ではないだろうか。いわゆる「東日本大震災」には、地震、津

波および放射能という三つのファクターが介在している。前二者は天災だろうが、残りのものはヒューマン・ファクターという名の人災であるのだ。世界一流の英文雑誌(2011)〔*Newsweek*, April 18, 2011〕は、「日本は果たして、どれだけのトラウマに耐えうるのか?」(How much trauma can Japan take)という巻頭記事を掲載した。その記事は、次のような文章から始まっているのが印象的である。

「日本がまず直面したのは、三つの苦難である。この1億2千7百万人の国は、有史以来最大の地震の一つに見舞われ、その後に仰天するほど破壊的な津波に襲われた。これら二つの自然災害の結合の結果は、北日本の沿岸部の村町の徹底的破壊であった。もし今回の災害がこの二つだけで終わっておればと思うのだが、事実はそうではなかったのだ。地震と津波という致命的結合によって、防波堤が突破され、日本で最も古い原発の一つが損傷したとき、かの核の悪夢が始まったのだ。現時点において、悪夢はなおも続いており、明確な終わりの出口すら見えていない」

なるほど天災は恐ろしい。一つの天災よりも、二つの天災のほうが恐ろしい。地震と津波という死の組み合わせだけで災害の程度が収まっておれば、忍耐強い日本人ならあるいは耐え忍ぶことができるかもしれない。もっと問題なのは、原発事故という悪夢的人災がそれに加味されたことだ。

日本社会においては長らく、「原発は安全な施設だ、絶対安全な設備だ!」という「安全神話」(the myth of absolute safety)が成立していたようだ。官界においても、実業界においても、学界においても、マスコミ界においても、その大勢は「原

発は安全」という神話によって支配されていた。確かに、原発の危険性を早くから指摘する良心的な研究者たちは一部に存在したが、彼らは「異端分子」としての待遇を受けるに留まっていた。アインシュタインや湯川秀樹などの著名な学者による平和運動・反核運動は、世界の一部のマスコミの注目を浴びたかもしれないが、現実の影響力はごく限られていたと言えよう²⁾。

安全神話が成り立つかぎり、原発とは、普通貯金や定期預金のごとき「安全財」(safe good)とみなされる。100%の安全性、絶対安全性が保証されるかぎり、そのような財は「リスクや不確実性の経済分析」(the economics of risk and uncertainty)の主たる研究対象とはなりえない。この結果、日本の学界において、原発のリスク分析がややもすれば低調だったことは否めない事実である。

ところが、現実にはマグニチュード9.0の地震が発生し、「想定外」の大津波によるチェルノブイリ級の原因事故が発生した。海岸線に直面する福島第一原発付近の防潮堤はたかだか5メートルということだから、6メートルを超える大津波は「想定外の事象」(unthinkable events)なのだろうか。後に建設された第二原発は10メートルの小高い土地にあり、5メートルの防波堤と相まって大津波からの直接的影響を免れることができた。想定の内外を分ける境界線が5メートルという科学的根拠は、全く薄弱といわざるを得ないのだ。

こうした「想定外の事故」が事後的に喧伝されるかぎり、原発はリスク分析の対象外に置かれることになってしまう。リスク研究においては、不確実性の程度に差こそあれ、全ての事象が、人間の想定範囲内に入るのだ。火山活動然り、バブル崩壊然り、そして原発事故も然りなのだ。事前的に

は、「安全神話」が広く流行され、リスク研究が疎かになっていた。事後的には、「想定外の事故」が当然かのように宣伝され、ここでもリスク分析軽視の傾向が存在するのだ。リスク研究者としては、「安全神話」から「想定外の事故」へというような極端な視点移動は、むしろ健全な研究促進を妨げるものではないかと恐れている。フランク・ナイトの「不確実性」、ケインズの「アニマル・スピリッツ」や、シャックルの「サプライズ」の理論さえも、わがリスク経済学の立派な研究対象になることを忘れてはならないのだ³⁾。

本稿の目的は、原発に関する従来のリスク経済分析の問題点と課題を抽出することである。もっと平易に言えば、リスク経済学の長い歴史に照らしてみても、喫緊の原発問題をどのように取り扱うことが可能であったのか、そこに分析上の限界があったのかどうか、また限界の克服のために我々が何をなすべきかについて、出来るかぎり鳥瞰的かつ批判的に検討することである。ただ、時間と紙面の制約もあり、本稿は一つの試論の域を大幅に出るものでないことを予め断っておきたい。

II 経済学におけるリスクと不確実性の取り扱い

1: リスク観の今昔

従来の経済学および隣接分野において、リスクや不確実性がどのように取り扱われてきたかを吟味したい。まず、リスク経済学の背景事情についてであるが、リスク観の今昔から話を切り出すのが好都合であると考え。

恐ろしいものを示す昔からの言葉として、次のようなものがある。

2) 原発のリスクを早くから警告していた少数派の学者としては、高木仁三郎(1981,2000)と小出裕明(2011)の二名を特記しておきたい。

3) 従来のリスク研究については、一連の拙著、酒井泰弘(1982、91、96、2006、10)を参照されたい。とくに、近著(2010)の中で、ナイトの「不確実性」やケインズの「アニマル・スピリッツ」が詳しく議論されている。

「地震、雷、火事、親父」

これが伝統的な「昔のリスク観」である。地震や雷は、古来、人々が恐怖感を持ち、逃げ出したい気持ちにさせるものであったようだ。とりわけ、地震は古今東西、最も恐れられた「自然リスク」であったと言える。日本は「地震列島」であり、人々の生活は地震とともにあると言っても決して過言ではないのだ。大小様々な規模を勘定に入れれば、地震が日本国中、何時でも何処でも生起している。それでも、人々の魂を震え上がらせるような巨大地震は、稀にしか発生しない。

2011年3月11日に発生した「東日本大震災」は、マグニチュード9の巨大地震であり、世界史上でも有数の規模であった。日本の東部、とりわけ三陸海岸から房総半島までの太平洋岸の地域は壊滅的な被害を受けた。しかも、今回の大地震は大津波を伴っただけでなく、原発破壊と放射能拡散という大惨事を招来したのである。

火事の中には、地震・落雷・火砕流などに伴う「自然リスク」と、放火・失火などのような「社会リスク」の二種類がある。「火事と喧嘩と江戸の華」というように、江戸の人々の生活は、火事の発生を知らせる半鐘の音とともにあった。私が子供のころには、「ネコを蹴っても、コタツを蹴るな!」と叫びながら、近所の人とともに夜回りをするのが慣例だった。

昔の日本は家父長制であり、家長すなわち親父の権限が強かった。しつげに厳しい親父が「雷を落とす」ことも珍しいことではなかった。小中学校においては、学校の親父、つまり教諭の中には、生徒を廊下や運動場に長時間立たせたり、平手打ちを食わせるような「暴力教師」も存在した。今なら「パワハラ」や「セクハラ」に近い行為も、「生徒指導」の一貫として許容されていたのだろうか。現在

日本においては、家庭の父親は「優しいパパ」となり、昔のような「厳しい親父」の面影は全く存在しない。現時点において、社会のヒエラルキーの中で最も権力を持ち、庶民から畏敬される親父とは、やはり「お上」、つまり「役人、官僚」の類であろう。キャリアの官僚は、一見柔らかな物腰であり、丁寧な言葉を巧みに使う処世術を身に付けているが、情報入手と権限行使の量が他の追随を許すものでなく、一般の人々にとって相当に怖い存在であろう⁴⁾。

それから時代は大きく変化した。「地震、雷、火事、官僚（役所の親父）」は、依然として人々から畏怖されるものであるが、「今のリスク観」をもっと端的に表わす言葉は、次の如くであろう。

「放射能、温暖化、公害、エイズ」

なるほど放射能は自然界に存在するものであるが、その程度の自然放射能は人間の日常生活に支障を来たすものではない。1945年8月、広島と長崎への原爆投下以来、膨大な放射能の放出が、潜在的に人類の滅亡に関係するものとなってきているのだ。いわゆる「原子力の平和利用」という名目のもとで1950年代以降、原子力発電所が先進国を初めとする世界各地で建造されてきた。原発は安全度が高いと宣伝されているが、人間の作った機械であるかぎり事故発生が避けられるものでなく、「100%安全な原発」の建設は夢のまた夢であろう。

私のリスク研究史を紐解くならば、1980年代以降の過去30年間、上述の「今のリスク観」を書き続け、その中で「放射能」を現代の最も恐ろしいリスクと位置づけてきた。今回の東日本大震災に伴う福島原発事故と放射能拡散の惨状を見るにつけ、私の考え方が基本的に間違っていなかったことを示していよう。「地震や津波があっても、放射能さえなければなあ!」というのが、普通の人々の偽

4) 日本の官僚の凄さと影響力については、最近のベストセラー・古賀茂明(2011)を読めば一目瞭然であろう。戦後の日本政治は、議員内閣制というより官僚内閣制に近いものだったと言える。

らざる心情ではなかろうか。確かに、地震や津波は恐ろしく、大きな災害をもたらすかもしれない。だが、原発事故と放射能放出は、空間的にも時間的にも、次元が全く異なる「破局的事態」を発生させるのだ。

温暖化、公害、エイズなども今日の問題であり、その重要性はますます増大してくるものと思われる。しかも、地球温暖化と原発とは微妙に関連する問題ではあるが、本稿ではこれ以上の深入りはしないことにする。

さて、私が30年前に執筆した著作『不確実性の経済学』(1982年)は、この分野における日本で最初の書物と評価され、経済学界からも比較的に好意的な反応を頂戴した。望外の幸運であったと言える。でも、2011年の時点において、上記の拙著を謙虚に読み返してみると、まだまだ不満の残る箇所が少なくない。第一の不満は、リスクと不確実性との区別が十分でないことだ。第二の不満は、第一と関連することだが、リスクの大小などの「量的問題」に終始しており、「リスクの質」の問題が等閑視されていることだ。「恐ろしいリスク」や「未知のリスク」などの主観的・心理的な側面が十二分に議論されていない。そして、第三の大きな不満は—本稿の主題と大いに関係するのだが—原発のリスクがほとんど無視されていることだ。

最後の不満点は、何も拙著に限ることはないようだ。碩学アローの記念碑的著作『リスク負担理論に関する論文集』(*Essays in the Theory of Risk-Bearing*, 1970)を今読み返しても、原発の「ゲ」の字が一箇所も出てこない感じである。また、上記の拙著出版の後に、私と同世代の俊秀ダイヤモンドとロスチャイルドの二人が編集した論文集『経済学における不確実性』(*Uncertainty in Economics*,

1978)を隈なく眺めても、「原発」とか「放射能」という類の言葉は見当たらないようだ。

要するに、1970年代以来すでに40年の歳月が流れているが、欧米のリスク経済学文献に限るかぎり、原発への言及は軽視ないし無視されてきているのが、主流派の理論経済学界の悲しき実情である。ただし、環境経済学という隣接応用分野まで視野を広げてみると、原発とエネルギーの問題が一なお不十分であったとはいえ—傍系的に議論されてきたことを指摘しておく⁵⁾。

私自身について言えば、1980年代以降の著作の中で、環境経済やエネルギー問題との絡みにおいて、原発や放射能のことをそれなりに議論してきたつもりだ。ただ、現時点で謙虚に振り返ってみると、まだまだ力量不足で至らないことが多かったことが悔やまれてならない。日本の学界では—ほんの少数派であれ—鋭い原発批判家が存在していたことを考えると、経済学者としての良心が少々痛むことは間違いないのだ。本稿執筆の動機の中には、その埋め合わせというか、いささか贖罪の気持ちも籠っていることを告白しておきたいと思う。

2: リスクの定義と内容

リスクとは何であろうか。これには、通常の「古い定義」と、経済学の最近動向を踏まえた「新しい定義」の二種類とがある。まず、伝統的な古い定義を与えておくと、次のようである⁶⁾。

リスクとは、人間の生活維持や社会経済活動にとって「望ましくない事象」の発生する不確実性の程度、および結果の大きさの程度を表わす。リスクが大きいとは、望ましくないものの蓋然性や生起確率が大きいことや、物質的・精神的災害が大きいことを意味する。

5) 筆者は1960年代後半から70年代前半まで長らく、アメリカの大学で大学院生となり、後に教師の職をも務めてきた。この間残念ながら、内外の主流の理論経済学の学界においては、原発問題への言及がほとんどなかった。

ただ、その問題が、日本の環境経済学の分野において室田武(1990)や大島堅一(2010)など、一部の優秀な研究者たちによって、綿密に議論されてきたことは特筆に値する。

6) リスクの定義の詳細な議論については、酒井泰弘(2006, 10)を参照して欲しい。

図表1 リスクのタイプと具体例

タイプ	具体例
自然リスク	地震、雷、山火事 津波、台風、黄砂 放射能、地球温暖化、赤潮
社会リスク	倒産、失業、不良債権 公害、産業廃棄物、拉致 交通事故、万引、戦争
特定リスク	スポーツ選手の骨折・負傷 歌手・俳優の声帯損傷 旅行中の盗難・病気
モラルリスク	職務怠慢、過剰投薬、贈収賄 詐欺、株価操作、粉飾決算 情報秘匿、フリーライダー

(出所) 筆者が作成

リスクには、実に色々な種類が存在する。私は従来、図表1のごとく、四種類のリスクに大別して考察を進めてきた。

第一のリスクは「自然リスク」である。今回の東日本大震災に即して言えば、マグニチュード9の大震災や、それに随伴した高さ15メートル近くの大津波は、こうした自然リスクの最たるものだ。なるほど、放射能そのものは自然界にもあり、自然リスクに属すると見做される、福島原発事故による放射能汚染は「天災」というよりは、むしろ「人災」に近いものであろう。

第二のリスクは「社会リスク」である。その典型例は倒産、公害、戦争などであるが、今回の原発事故は（まことに残念ながら）東電や政府の不手際による社会リスクに近いものである。もし当局のリスクマネジメントがもっと適切で手際のよいものであったならば、水素爆発や格納器破壊というような最悪事態は防止できたのではなかろうかと悔やまれてならない。

第三のリスクは「特定リスク」である。これは例えば、特定国の海外旅行をするときに受けるかもしれない盗難や病気などのリスクなどである。三陸沖に位置する福島原発も、太平洋の地震地帯にわざわざ建設という地域リスクの性格を完全に免れるものではないだろう。

第四のリスクは「モラルリスク」である。現代人は倫理的に弱い傾向があり、職務怠慢、詐欺、情報秘匿や株価操作などの誘惑がある。今回の原発事故に関しても、事前には「絶対安全の神話」を作り、事後においては「想定外の事象」として責任逃れを図ることは、モラルハザードの甚だ大きいことを示している。

東北大震災の内容とその後の展開を考慮すれば、第一の自然リスクに最も関係しているものの、第二、第三や第四のリスクにも多少とも関わっている。巨大地震や津波の発生は一メルトダウンや放射能汚染、さらには当局の遅い対応を通じて一当該リスクの規模と範囲を著しく増幅させるものである。

3: リスクの「量」と「質」

上述のリスクの定義は、どちらかと言うと「理系的」である。リスクを狭く計量的にとらえる傾向が強い。つまり、リスクを「望ましくない事象」のみに関係づけ、被害の範囲や数量および生起確率を客観的に確定できるものと考えているふしがある。

これに対して、「文系」で取り扱うリスクには繰り返し可能でないものが多く、いわゆる「大数の法則」が成立しづらい事情があるのだ。その上、人間は他の生物と異なって、「夢やロマンを追う」不思議な生き物である。例えば、「たとえ危険を冒しても、かっこよく生きる」とか、「空気を読んで判断する」といった心情や行動は、人間に特有なものであろう。「リスクの量」(the quantity of risk) だけでなく、「リスクの質」(the quality of risk) まで取り扱うためには、リスクの古い定義だけでは十分でないように思える。そこで、私は近年、次のようなリスクの「新しい定義」を唱導している。

リスクとは、一つの行為から出る結果が一つに限らず、一般に複数個の結果が生まれることを意味する。これら複数個の結果の中で、実際にどの結果が生じるのかは、その際の状態や条件によりけりである。

リスクは人間の生活維持や社会経済に対して、プラスとマイナスの両側面を持っている。リスクが

大きいとは、複数の結果の間の変動幅や範囲が広大であるか、各結果自体の規模やレベルが大きいかのいずれかである。

世間では、「安全、安心」と一括することが多いようだ。だが、厳密に言うならば、安全と安心とは同じではないのだ。一方において、「100%の安全」という言葉が教えるように、安全とは「理系的なリスク」に対するものであり、計量可能なリスクをゼロ%まで低減することが「絶対安全」に繋がる。他方において、安心とは「文系的なリスク」に対応する言葉であり、客観的な確率計算よりは、むしろ人間の心情に訴える響きが強い。

「安全」(safety) の反対語が「危険」(hazard, danger) である。これに対して、「安心」(security) の反対語は「不安」(anxiety, fear) なのである。原発のリスクは本来、地震や津波の発生確率のような計量可能なものに限定すべきではない。放射能の不安を取り除くためには、地域住民からの信頼感を得ることが不可欠なのである。

4: リスクと不確実性

リスクの量と質の問題に微妙に関係するのが、リスクと「不確実性」(uncertainty) の相違をどのように考えるのか、ということである。

ナイト(Frank Knight)は遥か90年前の1921年、名著『リスク、不確実性および利潤』(*Risk, Uncertainty and Profit*)の中で、次のように述べていた⁷⁾。

「不確実性は、リスクという慣用語とは、ある意味で異なる用語と考えなければならない。だが、両者を正しく分離することはこれまでなかったのだ」

⁷⁾ ナイトやケインズの所説に関しては、酒井泰弘(2010)第6章を参照されたい。

端的に言えば、ナイト以前のリスクは「理系のリスク」であったと言える。明日の降雨リスクも、自動車事故のリスクも、「二つのサイコロを転がして、目の合計が7である確率」というリスクも、全て同じ次元の客観的リスクとして把握されていた。ここでは、事象が繰り返し出来て測定可能であり、したがって確率計算も可能であることが前提されていたわけである。

ところが、人間が直面する「文系のリスク」は性質がもっと微妙であり、単純な繰り返しが不可能であるか、そもそも測定不可能なものが多いのだ。ナイトが力説したごとく、資本主義企業のダイナミズムを下支えする企業家とは、確率計算が不可能な「真の不確実性」(true uncertainty) に直面しながら、それでも敢えて突き進むだけの「やる気」、精気、「アニマル・スピリッツ」(animal spirits) を持つ人間のことである。企業家はもし成功すれば特別の成功報酬を獲得できるだろうが、もし失敗すれば全責任を負わなければならない。

現代日本の社長像を見ると、残念ながら、その多くは政府の役人のようであり、真の意味でのアニマル・スピリッツを持っているとは言いがたい。この点は、今回の原発事故を起こした東電トップの役員たちについても同様であろう。実際のところ、「小社は国策企業ですので、最後の保証までは負いかねます。その保証は中央政府、つまり国民の税金から御願ひします」と言わんばかりの「逃げの姿勢」からは、ナイト流の不確実性に直面する「勇猛果敢な人間像」が全く見えてこないのだ。

20世紀最大の経済学者J.M.ケインズ(J. M. Keynes) も一恐らくナイトとは独立に一人間活動におけるアニマル・スピリッツの役割に注目していた。例えば、その主著『一般理論』(1936年)の中で、次のような注目すべき文章を残しているのだ。

われわれの決意の大部分は、アニマル・スピリッツ(animal spirits) —不活動よりむしろ活動を欲する自生的衝動の結果—としてのみ行われるものであって、数量的確率を乗じた数量的利益の加重平均の結果として行われるものではない

各電力会社は地域独占であることに関係して、その操業が自動的に利益を生む仕組みになっている。実際のところ、電力料金は、必要経費に一定のマークアップ率を乗じたものとして決定される。「損を覚悟で、前進あるのみ」というような果敢なアニマル・スピリッツは、そこでは消え失せてしまっているのだ。いわゆる「原子力村」と揶揄されている利益共同体の中で、「全て横並び、慣例に従う」という「お役所仕事」が定着していたかのように思われるのは、まことに残念至極の至りである。

5: 恐ろしいリスクと未知のリスク

ナイト流の不確実性概念と微妙に関係するのだが、現代心理学で時に言及される「リスクの質」の問題である。そのような問題の中で重要なのは、「恐ろしいリスク」(dreadful risk) と「未知のリスク」(unknown risk) の二つであろう。この点は、量的側面を専ら重視する現代経済学において「やや不得意な分野」であるだけに、一段と注意を喚起しておきたい。

心理学が教える所によれば、多くの人間は、ひどく恐怖感を与えるようなスケール甚大な「恐ろしいリスク」に直面すると、損得勘定を忘れて「ただひたすら逃げ出したい」気持ちに襲われる。いわゆる「君子、危うきに近寄らず」という感情である。

人間はさらに、これまで経験したことのないものや、得体の知れないような「未知のリスク」に対して

も、独特のストレスを感じるようである。例えば、異国で知らない道をドライブすると、緊張のために顔が脂汗で一杯になることがある。道路地図やカーナビなど、情報の有無がモノを言うのは、まさにこういう状況においてである。

有名な心理学者スロビックの研究(1987年)をもとに、恐ろしいリスクと未知のリスクの具体例を列記すれば、図表2のごとくである⁸⁾。

これによると、色々なリスクが四種類に分類可能である。最も大変なリスクは、左上方の矩形内に位置するリスクであり、恐ろしいリスクと未知のリスクの程度が共に大きいものである。今回問題の原発事故は、紛れもなくこの範疇に入る巨大リスクである。人々の多くは放射能関連のリスクを「見えざる恐ろしい敵」と見なしている。

これと対照的な立場に立つのが、右下方の矩形内のリスクであり、気楽な既知のリスクと考えている。例えば、自動車や喫煙などは、人々日常軽視しがちの「軽いリスク」のようだ。

この両者以外のリスクは、左下方や右上方の矩形の中に位置している。一方において、飛行機事故やピストルは、未知ではないが、恐ろしいリスクではある。他方において、台所のオープンやカフェインなどの薬は、恐ろしくないものの、中身のハッキリしないリスクであろう。個人的なことであるが、高血圧に悩む筆者は毎日、内容のよく分からない降圧剤を飲むという、未知のリスクに直面している。

以上のことを簡単にまとめておこう。わが経済学におけるリスクと不確実性の取り扱いの中で、「原発リスク」の問題はいささか「強持ての感じ」で議論されてきたようである。私自身は放射能リスクを「今のリスク観」の筆頭の位置に置くとともに、「自然リスク」の中の重要ファクターと捉えてきた。だが、

図表2 恐ろしいリスクと未知のリスク
—リスクの「質」を考える—

リスクの「質」		恐ろしいリスク	
		大きい	小さい
未知のリスク	大きい	原発 放射性廃棄物 DNA技術 人工衛星事故	オープン マイクロウェーブ カフェイン アスピリン
	小さい	飛行機事故 天然ガス爆発 炭坑事故 ピストル	自転車 喫煙 飲酒 町の散歩

(出所) スロビック(1987)を参考に、筆者が作成

⁸⁾ リスクの心理分析については、日本リスク研究学会編(2006)大いに参考になる。

正直に言って、これは「幾分突出した立場」なのであって、これまでの経済学界の多くの人々によって必ずしも共有されて来なかった。2011年3月11日の福島原発事故の発生によって、学界の事情が一変し、原発問題が経済学のメジャーな問題の一つになるだろうと期待している。

原発リスクに関するかぎり、リスクとは「望ましくない事象」という、伝統的なリスクの定義がおおむね妥当するようである。ただし、原発は基本的に「理系のリスク」に属するものの、人の一生において何度も経験できる種類のものではない。それは人間社会のモラルにも深く関係する「文系のリスク」の側面も持っている。この点においては、リスクとは「一つの行為から、状態次第によって複数個の結果が出てくる事象」という、より一般的な新しいリスクの定義も活用できそうである。

原発リスクは、リスクと量と質の問題に微妙に関係している。それは機械的に計量可能な「狭義のリスク」というよりは、計量化が一般に困難で、人間の心理に密接に関係する「ナイト流の不確実性」の側面を多く持っている。また、現代心理学で言うところの「恐ろしいリスク」であり、「未知のリスク」の範疇にも属している。もっと具体的に言えば、筆者自身も深く関わってきたリスク経済学が当該の「原発リスク」に対して、果たしてどこまで処理可能であったのか、また将来の研究課題が残っているのかどうかなど、解かれるべき喫緊の課題が多いと感じる。この点については、節を改めて詳しく吟味していこうと思う。

1: 従来の理論的枠組みと期待効用理論

2011年3月11日の東日本大震災は、単に「大地震、大津波、原発災害」というトリレンマを日本社会に招来しただけではない。それはまさに、リスク経済学を含めてリスク科学のあり方全般に対して、衝撃的な大激震を惹き起している。俗流的表現を用いれば、リスク研究者の顔面が硬直し、真っ青になってしまっている有様なのだ。

以下ではまず、私の専門であるリスク経済学を中心にして、従来の理論的枠組みを概観しよう。そして、その枠組みが現在の原発リスク問題の解明に対して、果たしてどれほどの有効性を持つのかを考究してみよう。

リスク経済学において重宝されるのは、図表3のごとき「利得表」(pay-off matrix) である。ある主体(個人または機関)が選択可能な「行為」が $a_1, \dots, a_i, \dots, a_m$ と m 個あり、生起可能な「状態」が $s_1, \dots, s_j, \dots, s_n$ と n 個存在すると想定されている。もしこの主体が行為 a_i を選択し、かつ状態 s_j が生起

図表3 リスクと利得行列

リスク		状 態				
		s_1	...	s_j	...	s_n
行 為	a_1	x_{11}	...	x_{1j}	...	x_{1n}
	\vdots	\vdots		\vdots		\vdots
	a_i	x_{i1}	...	x_{ij}	...	x_{in}
	\vdots	\vdots		\vdots		\vdots
	a_m	x_{m1}	...	x_{mj}	...	x_{mn}
確率		p_1	...	p_j	...	p_n

(出所) 筆者が作成

するならば、その場合に利得可能な利得は x_{ij} である。そして、状態 j の「生起確率」が特定化でき、それが p_j であると仮定されている。

現在のリスクの経済分析において一番支配的な理論は、ダニエル・ベルヌーイに始まる「期待効用理論」(expected utility theory)である。いま、任意の行為 a_i がもたらす利得の期待効用水準を次のように書く。

$$\begin{aligned} EU_i &= \sum_j p_j U(x_{ij}) \\ &= p_1 U(x_{i1}) + \dots + p_j U(x_{ij}) \\ &\quad + \dots + p_n U(x_{in}) \end{aligned}$$

すると、「期待効用基準」とは、「これら $EU_1, \dots, EU_i, \dots, EU_m$ 中の最大値に対応する行為、つまり次式に対応する行為を選択せよ」という基準である。

$$\text{Max}_i EU_i = \text{Max}_i \sum_j p_j U(x_{ij})$$

そして、かかる基準に基づいて構築されるリスク決定理論が期待効用理論なのである。

さて、今回の大震災・原発事故は「想定外の事象」であり、原発関係者の人知をはるかに超える「天災」であったと言う。もしこれが真実であるならば、「マグニチュード9」級の巨大地震が三陸海岸沖に発生することは、状態のベクトル $(s_1, \dots, s_j, \dots, s_n)$ の中に含まれていないということなのだろうか。また、原発のメルトダウンという最悪事象も、人知の想定を超える「最悪事象」であるのだろうか。

実は皮肉な話だが、この種の設問自体が、リスク研究者を自負する筆者にとって想定外のことなのである。というのは、すべからずリスク研究に際

しては、「考えられる全ての事象」を網羅的に、しかも事前に想定して然るべきリスク評価を行い、適切なリスク対策をとっておくのが至極当然の話だからである。いわゆる「想定外の事象」を想定しておくことは、リスク研究者にとって自殺行為に等しいことだと言える。

思うに、原発事故を想定外の事象というとき、ここには当然のように前提されていた事柄がある。その事柄とは、「原発は絶対安全である、100%安全である」という「安全神話」なのである。さらには、「原発は最も安上がりの発電方式である」という「安上がり神話」も醸成されていたようだ。このような幾つかの神話は、原子力の平和利用を推進する「楽観派」の人々によって宣伝されていた。そして、平和利用という名前は、一般の人々にも快く響く美名であり、原発に関する楽観主義の空気が学界やマスコミ界に流れていたと言えよう。

他方において、安全神話を信じず、「原発のウソ」を一貫して告発してきた一部の研究者たちもいた。ただ、正直なところ、こういう慎重派の人々の声は小さく、マスコミによっても無視ないし軽視されてきたことも、悲しき事実である⁹⁾。

本稿の主題は原発のリスク経済分析である。ここでは学問的公平性の立場から、楽観派と慎重派という二つの考え方を理論化し、両者間の対立点をできるだけ鮮明にしたいと考える。そのことを通じて、従来のリスク分析において主流を形成する期待効用理論の限界が明らかになるだろう。さらには、期待効用理論の更なる一般化の試みや、リスクを超える「不確実性からのアプローチ」の有用性についても言及する予定である。

ただ、本題に入る前に、話の順序として、従来の理論的枠組みが最も有効だと思われる「資産選

9) これら一部の慎重派の中には、高木仁三郎氏(1981, 86, 2000)、小出裕明氏(2011)等がおられたが、最近に至るまで決して大きな声とはならなかった。2011年の福島原発事故以来、慎重派の音量が一見大きくなった感じがするが、

底流にある楽観派の地声を未だ圧倒するまでに至っていないようである。

択問題」について、一応の総括をしておくことが必要であるように思われる。その後で始めて、資産選択の枠組みを無批判的に原発に適用する場合、どのような難点が発生するかを明らかに出来るだろうと信じる。要するに、全てのことは、時と場合によりけりなのだ。原発の問題はそれ自体興味ある問題であるだけに、既存の分析の機械的適用だけで満足するわけに行かない。原発のことは、原発をして語らしめよ！

2: 資産選択問題—安全資産か危険資産か

リスクの経済分析において標準的な問題が、幾つか存在する。そのような問題の一つが、トービンやマーコヴィッツによって発展させられた「資産選

択問題」である。その基本的な枠組みは、図表4のようである。

ある人が手持ちの資産を色々な形態に分散保有しようとする意図している。ここでは、左のパネル(B)が示すように、「現金」、「債券」および「株式」の三形態のみが想定されている。世界の状態としては「好況」と「不況」の二つがあり、各状態の生起可能性が50%-50%であるとしよう。

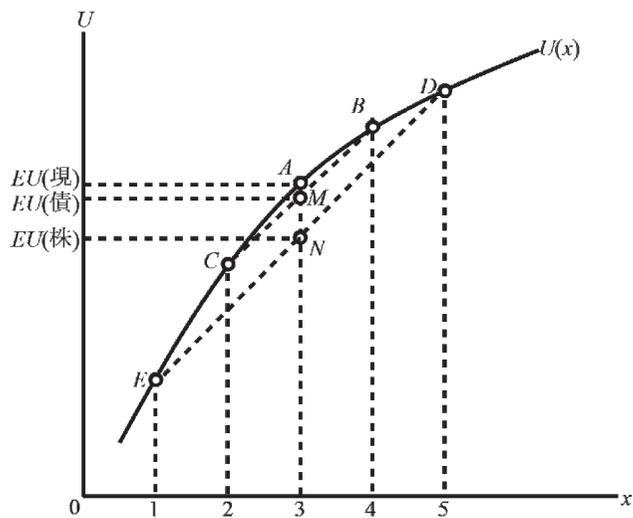
これら3資産の中で、現金が最も安全な資産であり、好不況にかかわらず常に3単位の利得を常に保証する(ここで単位は1万円でも、10万円でも、100万円でもよい)。他の二つの資産の利得の平均値は現金と同じく3単位であるが、利得のばらつきがお互いに異なる。債券はやや危険な資産であり、

図表4 資産選択とリスク回避

(A) 現金か債券か株式か

リスク		状態	
		好況	不況
資産保有	現金	3	3
	債券	4	2
	株式	5	1
確率		1/2	1/2

(B) リスク回避と凹曲線



(出所)筆者が作成

好況ならば4単位、不況ならば2単位の利得をもたらす。株式は最も危険な資産であり、好況時には5単位の利得を生むが、不況時には1単位の利得しか生まない。

当該個人がリスク回避者であれば、その効用曲線は一右のパネル (B) によって表わせられる用に一下に凹なる曲線となる。同じ垂直線上にある3点 A、M および N については、一番上に点 A があり、その下に順次 M と N が来る。このことより、次の大小関係の成立は明らかであろう。

$$EU(\text{現}) > EU(\text{債}) > EU(\text{株})$$

ただし、上式において、EU(現)、EU(債)、EU(株)とはそれぞれ現金、債券、株式の保有が約束する期待利得レベルを表示する。

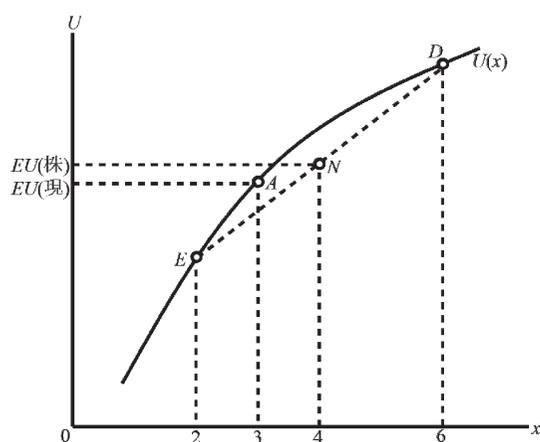
当然の話であるが、「もし期待値が同じであり、各状態の生起確率が同じである」という前提条件があれば、ばらつきの小さい現金が最も選好される。したがって、危険資産の株式が安全資産の現金より選好されるためには、前提条件の少なくとも一つが破られることが必要となる。

3: 株式保有への誘因を考える

簡単化のために、「現金か、それとも株式か」という二者択一問題を考察する。もし平均値が同じであれば、現金のほうが断然有利となるので、敢えて株式保有を促す二つの誘因を導入しよう。第1の誘因は、得失のバランスをプラスの方に大きく、マイナスの方に小さく傾けることによって提供される。図表5の左のパネル(A)が示すように、株式保有は好況時にはプラス3単位で計6単位の大利得

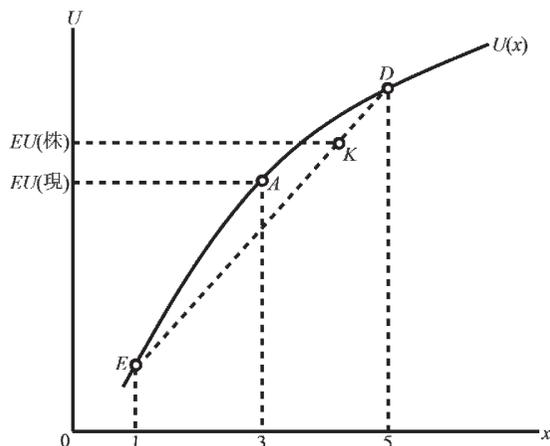
図表5 株式保有への誘因

(A) 利益は大きく、損失は小さく



(出所)筆者が作成

(B) プラスの確率は大きく



を生み出すが、不況時にはマイナス1単位で計2単位の小損失しかもたらさないと仮定する。もし当該個人の効用曲線が図表5のようであれば、点Nが点Aの上方に位置し、EU(株)の値はEU(現)の値を上回る。したがって、株式保有は現金より大きな期待効用をもたらすことになる。

第2の誘因は、好不況の確率を五分五分とせず、好況確率を大きく、不況確率を小さく振ることによって与えられる。右のパネル(B)においては、プラスの場合の確率を80%、マイナスの場合の確率を20%と大きく傾斜させてある。したがって、線分DE上において、点Kは点Dに非常に近い位置にある(正確には、線分DKの長さは線分KEの長さの4分の1である)。図から明らかなように、点Kは点Aより上方にあり、株式は現金より選好されることになる。

以上に見たように、リスク資産である株式が安全資産より選考されるためには、株式保有が持つ「特別の誘引」が存在しなければならない。その誘引の第一がプラスの利益量へのバイアスであり、第二がプラスの確率へのバイアスである。その種の株式は優良株と言われ、一般の人氣が高い。もちろん、全ての株式が優良であるという保証はなく、「素人が手を出して火傷をする」というような劣悪株が数多く存在するのだ。要するに、「株はみずもの」であり、現金に比してリスクの大きい買い物である。

IV 原発の分析と枠組みの拡大

1: 原発は安全で安上がりか—二つの見解

ここで、本稿の主題、つまり原発のリスク経済分析に戻ろう。問題の核心は、資産選択問題の分析

のために有効であった期待効用理論が、原発問題の解明のためにもなお有効であり続けるのかどうか、換言すれば、理論的枠組みを今や拡大する必要性があるのかどうかである。

まず、従来の期待効用理論を無批判的に借用する場合から始めよう。この理論の出発点となるのは、上記の図表3によって示されるような利得行列である。単純化のために、ある地域に発電所を建設するとして、火力発電所と原発のいずれが妥当であるかが問われているとしよう。直ぐに分かるように、利得行列の特定化自体が、原発の場合には大問題となっているのだ。

世間に流布されている神話の一つは、「原発は安全で安上がりの設備だ」というものだ。「絶対安全神話」があるかぎり、原発の事故事態はそもそも想定されえない。さらに、原発について更に良いことには、「発電のコスト」が非常に低いという。これが原発の「楽天派」の見解であり、従来の日本の政治風土の中では支配的な考え方であった。これに対して、原発は絶対安全ではないし、発電コストも決して安価ではない、という「慎重派」の考え方がある。慎重派は数の上では少数であったものの、アカデミックな分析による議論として決して無視できないものであった。

今回の福島原発事故によって、安全神話は崩壊したように見えるが、もうひとつの「安上がりの神話」のほうはなかなか強靱で、依然としてそれなりの影響力を保持しているかのようである。そこで、本稿では科学的議論を進めるために、楽天派と慎重派という二つの異なる見解を定式化し、慎重に比較検討していきたいと思う。

両派の比較検討作業の出発点として、発電コストの計算結果の相違を取り上げたい。去る2003

年12月、電気事業連合会は「モデル試算による各電源の発電コスト比較」を公表した。これが楽天派の公式見解であり、以後繰り返し各電力会社や政府当局によって引用され、学界やマスコミ界においても支配的な考え方であった。それを筆者なりに書き直すと、図表6の左半分のようになる。ここでは、1時間1キロワットの電力を得るために何円の費用が要するか、というコストが綿密に計算されている。石炭火力では5.7円、LNG火力では6.2円、石油火力では10.7円であり、これら三つが火力発電の発電コストを構成する。これに対して、原発の発電コストは5.3円と非常に低価格であり、経済的に最も有利な発電方式である。

このような公式見解は強靱であるが、それに反旗を掲げる「慎重派」の学者の計算結果も存在する。その代表格は、立命館大学教授・大島堅一氏の研究書『再生可能エネルギーの政治経済学』（2010年3月）であり、そのエッセンスが図表6の右半分によって示される。大島氏によると、石炭・LNG（液化天然ガス）・石油の全てを含めた火力の発電コストが9.8円であるのに対して、原発の発電コストは何と10.7円の高価さである。つまり、電気事業連合会の公式見解に比してほぼ2倍のコストが必要だという。大島氏は1970年から2007年までの直接的な発電費用の上に、原発開発を推進するための地方交付金や、使用済み核燃料の再処理費用などの間接的コストも加えて計算してある。

ただし、この大島氏の計算結果の中にも、今回のような実際の事故時の補償費用などの天文学的なコストは計算されていないことに留意する必要がある。このようなことを斟酌すると、原発の発電コストの全貌は未だ藪の中であり、今後の綿密な研究が大いに待たれる所である。

図表6 発電コスト—火力と原発

(単位は円/kWh)

発電所		電気事業連合会 (楽観派)	大島堅一 (慎重派)
火力	石炭	5.7	9.8
	LNG	6.2	
	石油	10.7	
原発		5.3	10.7

(出所) 電気事業連合会(2003)や大島堅一(2010)をまとめる形で、筆者が表として作成

2: 心理的ファクターの作用

— 利得行列や確率への影響

火力か原発かの選択を行う場合には、資産選択のケースとは異なり、単なる損得勘定や確率計算だけでは非常に不十分のようである。当局による損得のデータの開示が不透明であるし、サイコロ転がしのごとき客観的確率が確立されているわけではないのだ。人々の心理因子や信頼感といった「非経済的ファクター」の介在が無視できない。

そこで、楽観派と慎重派という二つの立場に立って、心理ファクターの効果を考慮しつつ、当面の発電選択問題をモデル化すると、図表7のようになる。

左のパネル(A)は楽観派の見解をモデル化している。火力発電の利得レベルは、もし無事故であれば2単位、もし事故が起こればマイナス1単位の利得(つまり1単位の損失)が出てくると想定されている。火力の場合には、事故発生確率が p であると仮定し、そこでは特別な心理ファクターは作用しないものとする。

楽観派によれば、原発は「安価で安全な設備」である。経済的に有利な発電方式は、火力に比し

て倍増の4単位の利得を保証する。確かに、事故発生時にはマイナス2単位の利得(つまり2単位の損失)をもらすだろうが、こういう事故自体が発生する確率は限りなくゼロに近い。否それどころか、心理ファクターとしての「絶対安全神話」が人々の心を支配する限り、原発の事故率 q はゼロと見做すことが許されよう。

これに対して、慎重派の見解はどうだろうか。気を付けなければならないことは、慎重派の人々の意見にも一定の幅があり、いわゆる「原発即時廃止論」から「原発暫時縮小論」まで色々包含するということだ。ここでは「反原発」か「脱原発か」というイデオロギー上の争いを避けて、原発に慎重な態度をとる人々の拠って立つ「共通土壌」らしいものを提示することにする。

図表7の右のパネル(B)を眺めよう。火力の利得レベルは、慎重派においても左の(A)の場合と全く変わらない。つまり、(2, -1) という利得ベクトルは前と同じであるし、事故率 p も変わらず、特別な心理ファクターも存在していない。だが、原発の損得計算や事故率の取り扱いになると、この慎

図表7 原発の心理ファクター

(A) 楽観派

発電	利得(確率)		心理ファクター
	無事故	事故	
火力	$\begin{matrix} 2 \\ (1-p) \end{matrix}$	$\begin{matrix} -1 \\ (p) \end{matrix}$	なし
原発	$\begin{matrix} 4 \\ (1-q) \end{matrix}$	$\begin{matrix} -2 \\ (q) \end{matrix}$	安全神話 (q はゼロ)

(B) 慎重派

発電	利得(確率)		心理ファクター
	無事故	事故	
火力	$\begin{matrix} 2 \\ (1-p) \end{matrix}$	$\begin{matrix} -1 \\ (p) \end{matrix}$	なし
原発	$\begin{matrix} 2 \\ (1-q) \end{matrix}$	$\begin{matrix} -(4+a) \\ (q) \end{matrix}$	未知で怖い

(出所)筆者が作成

重派は前の楽観派とは見方が異なる。第一に、慎重派の意見によると、原発が必ずしも安価な代物とは言えず、火力発電よりむしろ高価である可能性すらある。ここでは図示の便宜上、無事故の場合の原発の利得が2単位で、火力の場合と同じであると想定する（もしそれが2単位以下であれば、以下の議論はますます強化されるだろう）。第二に、もし事故が発生した場合の被害額は尋常のものでなく、想像を絶するほどの巨額に上るかもしれない。分析の便宜上、ここでは事故時の原発の被害額が4単位をはるかに超える金額であるとして、比喩的に $-(4+a)$ という数値を当てておこう（ギリシャ文字 a の使用には、単純な計量が困難な「謎の値」という思いが込められている）。さらに、原発に伴う心理ファクターとは、慎重派の人々の心の中では、「未知で、かつ怖いリスク」に対処するときに発生する独特のものである。

上記のように、原発の心理ファクターは、楽観派と慎重派の人々の間では大きく異なる。なるほど、これまでの期待効用理論は、資産選択のごとき標準的問題に対しては有効に適用できた。ところが、原発の場合には、データの不透明性、事故被害の測定困難性、「臭いものには蓋をする」という独自の心理ファクターの存在など、独自の事情が山積しているのだ。この結果、単なる期待効用理論の枠組みを超える何ものか、少なくとも期待効用理論の一般化ということが、我々の重要な研究課題として浮かび上がってくる。

3: 枠組みの一般化—期待効用理論の拡張

原発問題の見解には、大きく分けて楽観派と慎重派の二つがある。両派の相違を生む根本原因は、他ならぬ心理ファクターの存在である。安全神話

を素直に信じるかどうか、それとも未知で怖いリスクを相当に考慮するかどうか。以下では、我々の分析を一步進めるために、期待効用理論の拡張工事に取り掛かろう。

一般化理論においては、効用関数 U は1変数 x だけの関数ではなく、変数 x およびシフトパラメータ β の関数とみなされる。したがって、 $U=U(x;\beta)$ と書ける。人間の抱く恐怖感（あるいは高揚感）は、効用曲線 U を下方（あるいは上方）にシフトさせるだろう。さらに、リスクの頻度評価にあたっては、客観的確率 p そのものではなく、何らかのフィルターを通じた主観的加重値 $\omega(p)$ の方がむしろ問題となる。例えば、未知で怖い原発リスクの場合には、住民たちは当局の公式見解の事故率を鵜呑みにしないから、加重値 $\omega(p)$ が単なる p の値より高くなる傾向があるだろう。他方、絶対安全神話が成立するかぎり、事故率 p はゼロに限りなく近いもの、否ゼロそのものだと信じがちであろう。

このような一般化された期待効用理論は、カーネマン＝トヴァスキー（1979）の「プロスペクト理論」（prospect theory）よりも更に一般的になっていることに注意されたい。というのは、彼らにあっては「確率のフィルター加重」の導入に留まっていたにすぎないが、筆者にあっては「効用曲線のシフト」までも広く考慮に入れているからである¹⁰。

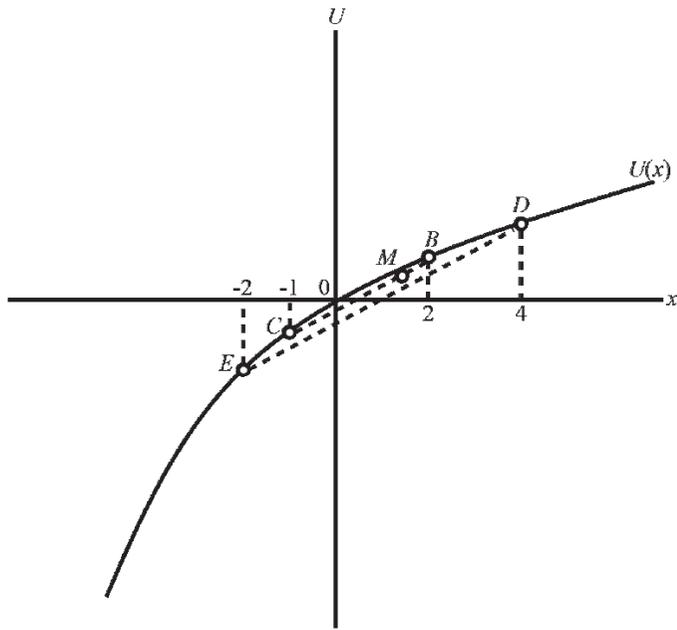
さて、新しい一般化理論によれば、火力発電および原発に対する楽観派の「加重評価」（weighted value）のレベルは、それぞれ次のようになる。

$$\begin{aligned} WV(\text{火力}) &= \omega(1-p) U(2; \beta) \\ &\quad + \omega(p) U(-1; \beta) \\ WV(\text{原発}) &= \omega^*(1-q) U(4; \beta^*) \\ &\quad + \omega^*(q) U(-2; \beta^*) \end{aligned}$$

10 私自身による「一般化された期待効用理論」（generalized expected theory）は既に酒井泰弘（2003）の中で本稿の形で展開しており、Regional Science Association International、Society for Risk Analysis、日本地域学会、日本リスク研究学会など、内外の色々な学会や

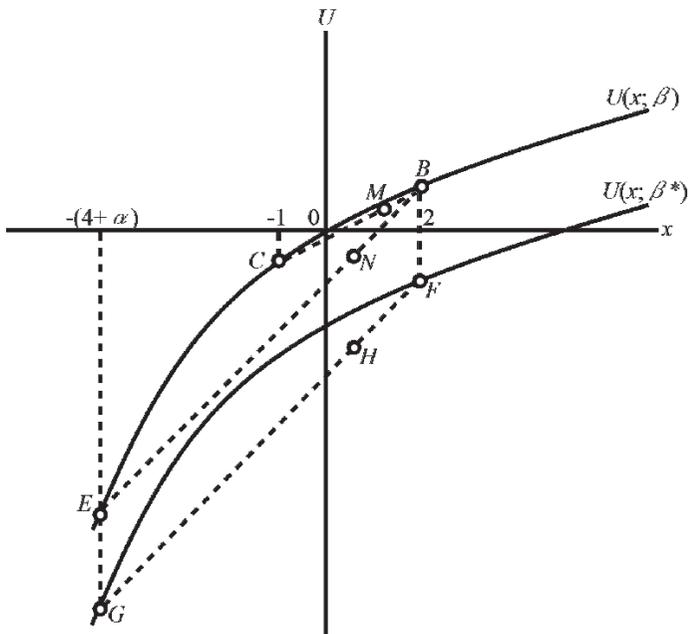
ワークショップにおいて論議を重ねてきた。だが、精緻化や実証化の作業はまだ道半ばに過ぎず、今後の一層の発展が待望されるところである。

図表8 楽天派の考え方



(出所) 筆者が作成

図表9 慎重派の考え方



(出所) 筆者が作成

図表8は、前の図表7のパネル(A)に見られる「楽観派」の見解を図示する。このような図示が可能となるためには、一般化された期待効用理論がもちろん前提されている。一方において、火力の事故率 p は、図示の便宜上多めにとって20%として、評価のフィルターを経ても20%のままであると想定している。他方において、楽観派は原発の絶対神話を信じるから、原発の事故率 q のフィルター値はゼロ、つまり $\omega(q)=0$ と考えてもよい。

さらに、楽観派の立場においては、火力においても原発においても、効用関数に関しては、心理ファクターの作用が特別に働かないとする。このことから、楽観派の場合には、線分 BC 上の中点 M が火力発電の加重評価値、線分 DE の端点 D が原発の加重評価値を示す。明らかにこのことは、端点 D が中点 M より上方に位置するから、原発は火力発電に比して安上がりで効率的であることを示す。かくして、楽観派によると、原発は「安全で安価なお買い得品」として評価されることになる。

次に、慎重派の見解を一般化理論に基づいて定式化すると、次のようである。

$$\begin{aligned} WV(\text{火力}) &= \omega(1-p) U(2; \beta) \\ &\quad + \omega(p) U(-1; \beta) \\ WV(\text{原発}) &= \omega^*(1-q) U(2; \beta^*) \\ &\quad + \omega^*(q) U(-(4+\alpha); \beta^*) \end{aligned}$$

図表9は、以前の図表7のパネル(B)「慎重派」の考え方を図示する。この図表9は前の図表8より複雑であり、楽観派より物事を深く慎重に考えることを教える。ただし、火力発電に関しては、慎重派にあっても楽観派の見解とほぼ同じと考えてよからう。火力発電の事故率は評価フィルターを通

じて維持され、効用関数も心理的に動揺することなく、おおむね安定的であると看做される。ここまでは、慎重派の考え方にユニークなものがあるわけではない。したがって、慎重派による火力発電の加重評価値は、効用曲線 $U(x; \beta)$ の線分 BC の上の点 M によって示される。

慎重派の見解のユニークさが顕示されるのは、原発をどう評価するかという点においてである。原発の加重評価値は、無事故のときは火力のときと同じく点 B であるとしても、事故発生時の被害額は甚大なものとなり—たとえ効用曲線が安定的であるとしても—線分 BE 上の点 N によって表示されよう。安全神話がもはや成り立たないので、事故率 q は以前のようにゼロに近い値ではなく、火力発電の事故率 p を上回る可能性すらあるのだ。しかも、もし慎重派の人々の原発への恐怖心は並大抵のものでなく、安定性を失った効用曲線が $U(x; \beta^*)$ の位置まで下方シフトするならば、その場合には加重評価値はもはや点 N ではなく、もっと下方の点 H によって示されよう。点 N と点 H はいずれも第4次象限にあるので、 WV (原発)のレベルはマイナスである。つまり、原発導入の価値がマイナスとなる可能性がこれによって示されている。

要するに、原発のリスク経済分析は、原理的に困難なものを含んでいる。まず、人々の原発への態度は、楽観派と慎重派によって決定的に異なる。次に、効用関数のシフト可能性があり、公式見解の効率性や事故率の信頼性の問題も忘れてはならないのである。

4: 確率に頼らない発電プロジェクトの選定 —不確実性下の意思決定

最後に残された課題として、確率に頼らない発

電プロジェクトの選定問題、つまり不確実性下の発電選定問題に少し言及しておきたいと思う。

リスクの「量」と「質」の区別という難題がある。従来のリスク経済研究のほとんどは、リスクの量的側面のみを取り扱ってきた。例えば、利得の多寡、効用の大小、確率の計算、リスクの回避度などの技術的な議論は、リスクの大小が測定できることを前提していた。ところが、原発の問題に関しては、そのリスクの多くは未知であり、しかも恐ろしいものである。

まず、発電単価についてすらも、未知で不透明な部分が多く、情報が国民の間で均等に配分されているとは言えない。また、原発事故が発生した場合、その被害総額が将来にわたって一体どれだけに上るのか、いつ収束するのか、次世代や他地域に及ぼす影響はどうか、などについて不確定なことが余りにも多すぎる。

安全神話がいまや崩壊した以上、事故率がゼロという想定はもはや許されない。リスクの「質」ということが問題になるかぎり、我々は時には「確率に頼らない発電プロジェクトの選定」の問題を真剣に取り組まなければならない。これは、ナイト流に解釈するならば、リスクとは区別された意味での「不確実性下の意思決定」の問題に関わるだろう。

当該のリスクと利得行列に対しては、通例の確率計算ができず、伝統的な期待効用理論もそのままでは適用できないだろう。例えば、以前の図表3においては、最下段の確率ベクトル $(p_1, \dots, p_j, \dots, p_n)$ からの援用が原理的に土台無理なのである。

現時点で利用可能な基準のひとつは、「各行為について最悪の事態を想定し、その最悪事態の出来るだけの底上げを図るような行為を選定せ

よ」という「マクシミン基準」(maxmin rule) である。これは平たくいうと、「最悪の中で最もましなものを選ぶ」という慎重な見方に立脚している¹¹⁾。

いま前の図表3において、次式に示すように、各行為 ai について最悪の利得を N_i としよう。

$$N_i = \text{Min}_j (x_{i1}, \dots, x_{ij}, \dots, x_{in})$$

すると、次のような最大値 ($\text{Max}_i N_i$) に対応するような行為が「不確実性下のベストの行為」として選定されるわけである。

$$\text{Max}_i N_i = \text{Max}_i \text{Min}_j x_{ij}$$

もっと具体的に議論するために、前の図表7の二つの具体例に戻ろう。ここでは、発電所方式として、火力がよいか、それとも原発がよいか、という選定が俎上に上っている。不確実性下の意思決定ということだから、付随する各確率は全く問題にされない。

左の「楽観派」の見解によれば、火力の利得は事故時に最悪となって (-1) であり、原発の利得も同じく事故時で (-2) である。これら (-1) と (-2) はともにマイナス値であるが、 (-1) のほうが「よりましな数値」である。したがって、マクシミン基準によれば、火力のほうが原発よりベターな方式である。同様な推論は、右の「慎重派」の見解にももちろん妥当するはずだ。実際のところ、火力については事故時の利得 (-1) が最悪であり、原発についても事故時の利得 $(-(4+a))$ がはるかに最悪である。二つの数値に中では (-1) のほうが「遥かにましな数値」であるので、火力は原発より優れた方式であるということになる。

¹¹⁾ マクシミン基準やその他の基準を含む、不確実性下の意思決定の諸問題については、酒井泰弘(2003)が綿密な議論を展開している。

以上の推論の正しさは、マクシミン基準の妥当性に全面的に依存している。人によっては、これは余りにも防御的で、言わば「石橋を叩いて渡る」というような基準だ、と言うかもしれない。ただし、原子力や放射能の問題になると、そのリスクの次元が自動車や飛行機の類ではないことも確かである。

確率に頼らない発電プロジェクトの選定問題は、人間生活の根本的なあり方に関わる重大問題である。ある地域の電力需要を満たすために、他の地域に原発を作ることの合理性はどこまで保証されているのだろうか。また、現在世代の生活水準の向上のために、将来世代への負担移転することの合理性はどこまで許容可能なのだろうか。

原発の問題は、やはり未知で恐ろしいリスクという難題を内包している。これは現段階の研究レベルをいささか超えており、将来の重大課題として残っている。その課題が解決されるまでは、「君子、危うきに近寄らず」という態度をとるのが、先人からの英知なのであろう。

V | 安全神話や想定外を乗り越えて —おわりに

1: 辿りきて未だ山麓—升田名人の言葉

「新手一生」を標榜し実践してきた稀代の将棋名人・升田幸三の言葉に、次のようなものがある。

「辿りきて未だ山麓」

私はこの世に生を授かってから古希の年齢に至るまで、世の中のことや自然環境のことを色々思索してきた。経済学の研究は50年、リスク研究に限っても40年以上の歳月が流れた。でも、今回の東日本大震災を経験して、私自身、恥じ入ることしきりである。というのは、リスク研究の現在のレベ

ルは、形式的には過去より進歩しているように見えるかもしれないが、内容的には「辿りきて未だ山麓」にしか過ぎないように感じられるからである。このような感慨が心の奥から出てくる以上、リスク経済研究の現状は相当に深刻であると言わざるをえないと思う。

2: 我ら、働かんかな!—ファール言葉

上記のような感情は、何も私だけに限ることはなさそうだ。否、それはリスク研究者の間でかなり浸透しているようである。私が敬愛してやまないリスク研究者の一人に、池田三郎氏がおられる。同氏と私とは、不思議な縁で結ばれているのだ。同じ年齢で、ともに大阪の府立高校出身で、関西の国立大学へと進学した。卒業後はしばらく別々の人生を歩んでいたが、新構想の筑波学園都市で再会を果たし、同じ大学で同じリスク研究を行い、前後して日本リスク学会会長職を務めた。この畏友・池田氏が最近の学会誌(2011年春号)の中で、「想定外はリスク分析の枠外か」というタイトルの巻頭言を執筆された。その中で、次の一文が私の眼を引き付けたのである。

「それぞれの専門領域で部分的な知見が少なからずあったに関わらず、何故「想定外」であったのか。事実が明らかになった後のいわゆる後付けの説明は提供されてはいるが、何故それが無視され続けてきたのか、当該の学問領域を超えて、特に、社会・人文科学的側面からの考察は、今後の重要な検証の課題となろう」

私も、池田氏の意見に賛成である。何故に原発の「安全神話」が生まれ信じられてきたのか、何故

に原発事故が「想定外」の事象として軽く処理されようとしてきたのか。本稿は、社会・人文領域的側面からの一考察であるが、十分満足できるレベルだとは到底思われない。

池田氏も私も同年齢だから、ともに古希を迎えている。だが、大震災を経験した今日、「いまや定年で引退生活だ!」という風にのんびり安閑とした気持ちにはなれない。かのファーブルの名著『昆虫記』の最後の文章が教えるように、「我ら、働かんかな!」なのである。

【付記】

本稿の成るについては、平成23年度科学研究費補助金(研究代表者:多和田眞・名古屋大学教授)「食品にみる国際間取引の非対称情報下での東アジア貿易とリスク対応のための経済分析」(基盤研究(A) 課題番号21243023)から、部分的に研究援助を頂戴している。資料収集や図表作成の作業については、田島正士氏(滋賀大学大学院経済学研究科博士後期課程)からの御協力を頂くことができた。深く御礼を申し上げたいと思う。

参考文献

- ◎電気事業連合会(2003)／「モデル試算による各電源の発電コスト比較」／原子力発電四季報、第26号(2004)に掲載。
- ◎Gale, R. P. and Hauser, T. (1988) / *FINAL WARNING; The Legacy of Cheernobyl* / Warner Books./ ゲイル、R. P.、ハウザー、T.、吉本晋一郎訳(1988)／『チェルノブイリー—アメリカ人医師の体験』上下2巻／岩波新書。
- ◎広瀬隆(2011)／『原発震災の真実』／朝日新書。
- ◎Kahneman, D. and Tversky, A. (1979) / Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk, / *Econometrica*, Vol.47.

- ◎飯島宗一、豊田利幸、牧二郎編著(1984)／『核廃絶は可能か』／岩波新書。
- ◎池田三郎(2011)／「「想定外」は「リスク分析」の枠外か?—極低頻度・巨大複合災害へのリスク分析の展開にむけて」／『日本リスク研究学会誌』21巻1号、巻頭言。
- ◎池田三郎、酒井泰弘、多和田眞編著(2004)／『リスク、環境および経済』／勁草書房。
- ◎石橋克彦編(2011)／『原発を終わらせる』／岩波新書。
- ◎伊東光晴(2011)／「経済学からみた原子力発電」／『世界』8月号／岩波書店。
- ◎古賀茂明(2011)／『日本中枢の崩壊』／講談社。
- ◎小出裕明(2011)／『原発のウソ』／扶桑社新書。
- ◎日本リスク研究学会編(2006)／『増補改訂版 リスク学事典』／阪急コミュニケーションズ。
- ◎大島堅一(2010)／『再生可能エネルギーの政治経済学』／東洋経済新報社。
- ◎酒井泰弘(1982)／『不確実性の経済学』／有斐閣。
- ◎酒井泰弘(1991)／『リスクと情報—新しい経済学』／勁草書房。
- ◎酒井泰弘(1996)／『リスクの経済学—情報と社会風土』／有斐閣。
- ◎酒井泰弘(2003)／「環境リスクマネジメント」／吉田文和・北島能房編『環境の評価とマネジメント』(岩波講座、環境経済・政策学第8巻)／岩波書店、第8章として所収。
- ◎酒井泰弘(2006)／『リスク社会を見る目』／岩波書店。
- ◎酒井泰弘(2010)／『リスクの経済思想』／ミネルヴァ書房。
- ◎橋木俊詔、長谷部恭男、今田高俊、益永茂樹編(2007)／『リスク学とは何か』／岩波書店。
- ◎高木仁三郎(1981)／『プルトニウムの悲劇』／岩波新書。
- ◎高木仁三郎(1986)／『原発事故—日本では?』／岩波ブックレット。
- ◎高木仁三郎(2000)／『原発事故はなぜくりかえすのか』／岩波新書。
- ◎武谷三男編(1976)／『原子力発電』／岩波新書。

- ◎田中三彦(1990)／『原発はなぜ危険か
一元設計技師の証言』／岩波新書。
- ◎寺田寅彦(1934)／「天災と国防」、『経済往来』
(後に、科学随筆全集第1巻、『物理学者の心』、
学生社、1961年に再所収)。
- ◎英文新聞(2011) / *The Japan Times*, April 2.
- ◎英文雑誌(2011) / *TIME*, March 14.
- ◎英文雑誌(2011) / *The Economist*, March 18th-25th.
- ◎英文雑誌(2011) / 'Too much trauma:
Another massive earthquake shook Japan last week.
How much can one nation take?' /
Newsweek, April 18, 2011.
- ◎週刊誌(2011)／『日経ビジネス』4月4日号。
- ◎週刊誌(2011)／『週間現代』
4月23日号、5月7日・14日合併号、5月21日号。
- ◎週刊誌(2011)／『サンデー毎日』4月24日号、5月22日号。
- ◎週刊誌(2011)／『朝日ジャーナル』臨時増刊号(6月5日号)。
- ◎週刊誌(2011)／『週間東洋経済』6月11日号。
- ◎月刊誌(2011)／『世界』4月～9月号。

A Risk-Economic Analysis of Nuclear Power Generation:

**From “the Myth of Absolute Safety” to
“the Occurrence of Unthinkable Events”**

Yasuhiro Sakai

This paper deals with a risk-economic analysis of nuclear power generation, a very timely yet rather neglected area in the economics profession.

As a recent issue of *The Economist* noticed, there are some natural disasters that may change history and the Great East Japan Earthquake could presumably be one. The magnitude-nine earthquake and several aftershocks were followed by big tsunamis which wiped out whole towns, and unfortunately by nuclear meltdowns. The economic and psychological consequences of Japan's catastrophe were so grave and wide-spread, thus calling for careful reexamination of the economics of risk and uncertainty.

In historical perspective, the concept of risk is old and new. In old days, the phrase such as “earthquake, thunder, fire, and angry father” represented the most fearful items in people's mind. In modern times, however, men became more concerned about a series of new items “radioactivity, global warming, pollution, and AIDS.”

It is Daniel Bernoulli, a mathematical genius of the 18th century, who first introduced the expected utility theory into people's decision making under risk. Although a great deal of applications have been done in many areas since then, I believe that the most recent nuclear meltdown of Japan casted serious doubt over the general validity of existing risk theories. It

is high time for us to establish a new comprehensive approach by taking account of psychological, sociological, cultural, and historical factors.

