

平成29年（ネ）第5558号 福島第一原発事故損害賠償請求控訴事件

被控訴人兼控訴人（一審原告） 遠藤 行雄 外

控訴人兼被控訴人（一審被告） 東京電力ホールディングス株式会社

被控訴人（一審被告） 国

第6 準備書面

（「長期評価を津波確率論的安全評価にとりこむ」ことは
「津波対策をしない」ことと同義である）

2018（平成30）年11月1日

東京高等裁判所第22民事部ろろ係 御中

一審原告ら訴訟代理人弁護士

福 武 公 子

同

中 丸 素 明

同

滝 沢 信

同

内 藤 潤

外

第1 はじめに

1 「津波確率論的安全評価」に関する一審被告国の主張

一審被告国は、2018（平成30）年9月28日付「第3準備書面」において、「確率論的安全評価は、その対象が内的事象なのか外的事象なのか、外的事象である場合、その対象が地震なのか津波なのか、はたまた航空機墜落であるのかなど、評価対象ごとに基礎となるデータの量や質、手法の成熟度が異なるため、評価結果の信頼性に疑義が呈されることもある」（4頁）とか、「津波PSAの手法は、本件事故時においてもなお、実際の施設への運用に不可欠なフラジリティデータ（津波の作用に対して建屋・機器が損傷（機能喪失）する度合いに関するデータ）の不足等の理由により知見として確立しておら」（10頁）なかったとか、「マイアミ論文のハザード曲線は、確率論的津波ハザード解析手法を適用した結果を示したものであるが、この手法は、学協会による民間規格が整備されていない状況下での研究途上のものである」（15～16頁）とか、「土木学会のロジックツリーは、なお検討課題が残されているものとされ、ここで実施された専門家アンケートが唯一無二の方法とはされなかった」（21～22頁）とか、「本件事故前における確率論的手法の知見の進展度合いとして、津波PSAは、第一段階の『参考情報としての活用』が可能となる段階にさえ至っておら」（26頁）ず、などと、津波PSAの問題点を認めながらも、なお、「保安院（国）は、平成13年1月の発足直後から、従来からの決定論的手法に依拠した規制活動を行う一方、確率論的手法により得られるリスク情報を規制活動に取り入れるため、制度的基盤及び知識基盤の整備を順次進めた」（6頁）、「一審被告国（保安院）が、『長期評価の見解』が公表された直後の平成14年8月、一審被告東電からヒアリングを実施し、…一審被告東電が『長期評価の見解』を決定論ではなく確率論において取り扱っていく方針であるとの報告を受けて了承」（1頁）した等と述べて、「それ自体が工学的に合理的であることはもとより、保安院の規制課題全体に対する取り組みと整合するものとして評価されるべきである」（32頁）と主張する。

2 確率論的安全評価と決定論的安全評価とでは決定的違いがある

理解の前提として、確率論的安全評価（P S A, Probabilistic Safety Assessment）と決定論的安全評価（Deterministic Safety Assessment）の違いについて述べる。

確率論的安全評価とは、原子力施設等で発生しうるあらゆる事故を対象として、その発生確率（Probability）あるいは発生頻度（Frequency）を定量評価し、加えて、発生時の影響（Consequence）を定量評価することにより、その積である危険度（Risk）がどの程度のものであり、施設の安全性がどの程度のものかを示す手法である。海外では、リスクに注目して、確率論的リスク評価（P R A, Probabilistic Risk Assessment）と言われていたが、日本に導入されたときに、「リスク」よりも「安全」の方が一般に理解されやすい（「リスク」という言葉を使いたくない。）という理由で、確率論的安全評価（P S A）の用語が使用されたと言われている。しかし、リスク評価が中心であるため、原子力規制委員会の新規制基準解釈などでは、P S Aではなく、P R Aを使用している。以下、P S AとP R Aは混在するが、同義として使用する。

確率論的津波ハザード解析（P T H A, Probabilistic Tsunami Hazard Analysis）とは、特定地点において、特定期間に、特定の津波水位を超過する確率を評価する手法である。津波水位の推定に関する各種の不確定性を系統的に処理し、解析結果は津波ハザード曲線（横軸に津波水位、縦軸に対数表示で超過確率）として表示される。

これに対し、規制庁が原子炉設置許可をする時には、まず設備自体を「安全設計審査指針」で審査し、設計基準事故（D B A, Design Basis Accident, 設計基準事象（D B E, Design basis Event）ともいう）が起きたと想定してその時に緊急炉心冷却装置（E C C S, Emergency Core Cooling System）等の工学的安全施設が働くと考え、施設や環境に対する影響を「安全評価審査指針」で定量評価する。設計基準事故は起きるものとして評価するから、決定論的安全評価と呼ばれるようになった。

3 確率論的安全評価は津波事象に対しては「ほぼ永久に研究段階」であるから、「長期評価の見解を決定論ではなく確率論に取り込む」ことは「津波対策をしない」ことと同義である

確率論的安全評価は、1975（昭和50）年にアメリカで公表されたWASH-1400（ラスムッセン報告）において報告され、その後さまざまな分野で研究が進んだ手法である。しかし、なお現在でも、型式のちがう原子炉間等の相対的評価やシステム改良前後の相対的評価には有意義であるが、炉心損傷確率それ自体の絶対的評価等は信頼性が欠けるとされている。とくに地震など自然現象に対する確率論的安全評価手法は未成熟である。まして、津波のように地震と比較しても更に発生頻度の少ない自然現象に対しては、たとえ研究を開始・継続しても「ほぼ永久に研究段階」にとどまるほかない分野である。従って、「『長期評価の見解』を確率論的安全評価に取り込む」ことは「津波対策をしない」ことと同義であり、「東電が『長期評価の見解』を決定論ではなく確率論において取り扱っていく方針であるとの報告を受けて了承した」と一審被告国が主張することは、本当に「保安院として（つまり、「国」として）了承した」といえるのかという疑問を横に置いたとしても、それは「東電が津波対策をとらないことを了承した」ことであり、「規制権限を行使しなかった」ことと同義である。

以下、第2において、WASH-1400が公表されるに至った状況を述べ、第3において、WASH-1400が採用した手法、その成果と問題点について述べる。第4で決定論的安全評価に言及する。第5で、スリーマイル島原発事故の概要とその後に確率論的安全評価研究の機運が高まった状況について述べる。そのうえで、第6で、日本における地震確率論的安全評価についてその手法と本質的な限界について述べ、第7で、津波確率論的安全評価の現状について述べ、第8で川原陳述書を利用した一審被告国の主張の誤りを述べ、第9で確率論的安全評価のもつ本質的な限界について述べ、第10で一審原告らの主張のまとめを行うこととする。

第2 「WASH-1400」が公表されるまでの状況

1 公衆損害額に関する試算が行われた

(1) 原子力事業者の懸念

1945(昭和20)年、第二次世界大戦が終了し、アイゼンハワー・アメリカ大統領は1953(昭和28)年に国連で「平和のための原子力 (Atoms for Peace)」宣言を行った。それを受けて、アメリカでは原子力発電所を建設しようとする民間事業者が現れた。しかし、核分裂反応を利用する技術であり、事故が起きた場合にはどのような損害が発生するのか、発生した場合、事業者は責任を負えるのか、が懸念された。

(2) アメリカにおける試算 (WASH-740)

アメリカ原子力委員会(United States Atomic Energy Commission, USAEC,あるいは単にAEC)は、核兵器と原子力利用促進に関する監督と原子力安全に関する監督等を行う組織であるが、ブルックヘブン原子力研究所に「公衆災害を伴う原子力発電所事故の研究」を依頼し、同研究所は1957(昭和32)年、「WASH-740」を発表した。15万キロワットの原子炉の冷却材が喪失するとともに全燃料が溶融し、格納容器が破壊され、内蔵された揮発性の放射性物質の約半分が放出されるとの仮定で事故の評価がなされた。結果は、人的損害と財産的損害が発生し、財産的損害だけでも、当時の金額で70億ドル(アメリカ政府の歳入の約10%)という膨大なものであった。

(3) 日本の原子力産業会議の試算

日本においても、科学技術庁(当時)は、原子力災害評価についての基礎調査を行い、原子力災害補償制度確立に向けて参考資料とするために、原子力産業会議に調査を委託し、原子力産業会議は、上記アメリカの解析方法を参考にして試算を行った。

そこでは、ウランを燃料とする熱出力50万キロワットの原子炉が海岸に設置され、原子炉から20キロメートルのところには人口10万人の都市、120キロメートルのところには人口600万人の都市があると仮定された。これは茨城県東海村にある日本原電・東海原子力発電所＝水戸市＝東京都にほぼ対応している。

放出される放射性物質の種類・量，気象条件などを変えて試算した結果，最大となる人的損害は数百名の死者，数千人の障害，100万人程度の要観察者であり，最大となる物的損害は，農業制限地域が幅20～30キロメートル，長さ1000キロメートルにも及び，損害額は1兆円以上と試算された。人命一人当たり85万円と評価するなど問題はあがるが，損害が莫大であることは分かる。

2 原子力産業を支える原子力損害賠償法が成立した

(1) アメリカにおけるプライス・アンダーソン法の成立

原子力事故が起きた場合に莫大な損害が発生することを知った保険会社は原発に保険を付することに難色を示した。そのため原子力発電所を建設運営しようとする民間事業者は，「巨額な賠償責任を負わされては，原子力事業は到底遂行できない」として政府に対して特別な制度をつくることを強く求めた。この声に答えて，WASH-740公表と同じ年の1957(昭和32)年に成立したのが，プライス・アンダーソン法(Price-Anderson Nuclear Industries Indemnity Act：原子力産業免責法)である。この制度は，事業者に対し，民間保険業界から得られる最大額である6000万ドルの保険付保を義務づけると共に，原子力事業者の責任を5.6億ドルに制限し，それを越える損害は政府との補償契約により国家が補償するという事業者免責法であった。

(2) 我が国の原子力損害賠償制度の成立

日本でも，1961(昭和36)年，原子力損害賠償法が定められ，同時に，政府と事業者とのあいだの補償契約を定めた原子力損害賠償補償契約に関する法律が制定された。

3 その後リスク評価が必要となり，WASH-1400が公表された

その頃，炉心溶融事故を防ぐために緊急炉心冷却装置(ECCS)が開発され，各原発に設置された。冷却材喪失事故(LOCA, Loss of Coolant Accident)が起きた際，燃料が溶融する前に緊急に炉心に水を注ぎ込み，炉心を冷やす装置である。1971(昭和46)年，有効性を確かめる模擬実験が行われた。電熱で過熱した模擬燃料で構

成された炉心に対し、ECCSから注水したところ、模擬燃料と接触した水は瞬時に水蒸気となって（100℃、1気圧で体積は1700倍となる）注がれる水を弾き飛ばし、炉心冷却に失敗した。それを見て、冷却材喪失事故が起きたとき、ECCSが働かなければ炉心溶融に至るので、炉心溶融の確率は高いのではないかとの疑問が出され、かつ、「原子力産業を過度に保護する」という批判が高まり、プライス・アンダーソン法を改訂する必要に迫られたアメリカ原子力委員会（AEC）はマサチューセッツ工科大学のラスムッセン教授に、原子炉にはどの程度のリスクがあるのかを評価する研究を委託した。70～80名の専門家と、ソフトウェアによる研究としては破格の数百万ドルの費用を投じ、1974（昭和49）年8月の中間報告公表を経て、アメリカ原子力委員会（AEC）から改組されたアメリカ原子力規制委員会（NRC, Nuclear Regulatory Commission）によって1975（昭和50）年10月に「原子炉安全性研究」（Reactor Safety Study, RSS, WASH-1400, ラスムッセン報告）は公表された。なお、ラスムッセンは、ガンマ線分光学など基礎的物理学の研究者であって、統計学や確率論的分析などの原子力安全分野とは無関係であったが、原子力関係業界紙に「大事故のリスクは大変小さく無視できるものである」との短文を掲載していた関係で推薦された人物である。

それを受けて、1975（昭和40）年、1原子炉あたり最大500万ドルの事業者間相互扶助制度が導入された。

第3 WASH-1400が採用した手法と問題点

1 「イベントツリー」手法はWASH-1400の核心である

(1) アメリカ原子力委員会（AEC）が1972（昭和47）年に命じたWASH-1400は、評価の目的にとって意味のあるシーケンスを選び出す「イベントツリー（Event Tree, 事故の樹）」手法を採用した。イベントツリーとは、例えば炉心損傷に至る冷却材喪失事故のシーケンスを、体系的に、かつ実際の作業が可能になるように、

できるだけ包絡的に選びだす手法である。起因事象としても、大口徑配管破断、中口径配管破断、小口径配管破断などと分類し、それぞれに対して、「配管が破断したか」→「電源は作動しているか」→「原子炉停止系は働いたか」→「非常用炉心冷却系は働いたか」→「放射能除去系は働いたか」→「格納容器は機能したか」などと、順次、枝分かれするイベントツリーを作り、それぞれの分岐点ごとに設計で期待している機能と性能を「発揮するか（YES）、しないか（NO）」で分岐を作るのである。（図1参照）

(2) WASH-1400は、格納容器にMARK-I型を用いた沸騰水型軽水炉（BWR）であるGE製ピーチ・ボトム原発2号機と加圧水型軽水炉（PWR）であるウェスチングハウス製のサリー原発1号機を直接の対象にしたが、コンピューターシミュレーション上は、沸騰水型軽水炉の事故については5つのタイプ、加圧水型軽水炉の事故については9つのタイプに分けて、それぞれの場合の事故発生の確率と災害の評価を行った。

2 「フォールトツリー」手法を採用したが、アメリカ航空宇宙局（NASA）では否定された手法であった。

(1) フォールトツリー（Fault Tree, 故障の樹）とは、一つの安全系の信頼性を計算するテクニックの一つである。その設備の故障した状態を「頂上事象」として、その故障が起こるためにはどのような故障が必要か考え、さらにその故障が起こるためにはどの故障が必要か、と次々に考えて行って、これ以上の基本的な構成要素の故障はないところまで原因を求め、論理ダイアグラムを作る。そしてそれぞれの故障確率からその系全体の故障確率を計算していくのである。

例えば、安全設備の電源喪失なら、安全設備には交流電源と直流電源の両方が必要なので、AND回路（片方でも喪失したらアウト）とし、交流電源喪失は外部電源喪失と内部電源喪失の両方が同時に失われたときにアウトであるからOR回路とする。どんどん原因を遡っていくと、ついには機器を構成する部品の故障、破損、あるいは人間の単純な誤操作ということまで行きつく。（図2参照）

(2) フォールトツリー手法は、もともとアメリカ航空宇宙局 (NASA) がアポロ計画の信頼性を評価するために開発した手法である。多くの部品を組み立てて大きな事業をやるために、ある一つの設備の成功率を決めて、それを細かくばらして部品に至るまで計算する。アポロの第四段ロケットエンジンの信頼度は99.99%、つまり失敗するのは1万分の1と計算された。そして個々の部品に品質要求を割り当てた。しかし、品質要求通りに部品はできない。数千回テストした結果、このエンジンが実際に達成した信頼度は96%、つまり失敗する確率は実に25分の1であることが分かった。NASAは、テストを重ねて起こった問題の原因を徹底的に調査し、一つ一つその弱点を克服することによって故障を減らす方法に変えた。フォールトツリー手法は1960年代初めには絶対評価の手法としては捨てられていたのである。

3 イベントツリー法は安全審査の対象ではなかった重大なケースを浮き彫りにした

ところで、イベントツリーを作ることによって、それまで安全審査の対象になっていなかったいくつかの重大なケースが浮き彫りにされた。加圧水型軽水炉 (PWR) の冷却材喪失事故では、これまでは喪失速度の速い大口径配管破断が炉心溶融に直結するものとして着目され、そのみが安全審査の対象とされてきたが、小口径配管破断による炉心溶融事故に至る確率は、大口径配管破断によるものに比べて実に30倍という値になった。これは従前の安全審査の有効性を疑わせる結果であった。

4 しかしイベントツリーにはブラウズフェリー原発火災事故は入っていなかった

WASH-1400の最終報告がでる前の1975 (昭和50) 年3月、アメリカ・アラバマ州・ブラウズフェリー原発で火災事故が発生した。集中ケーブル室で空気漏えいチェック用の蠟燭の火が機材の隙間に詰めてあったポリウレタンに引火し、可燃性のケーブル被覆材に燃え移り、壁を突き抜けて原子炉建屋のケーブルにも延焼した。多くの電線が焼失し、バルブ類が制御不能に陥り、ECCSの全システムを含む多数の機器が

作動不能になった。蒸発による冷却水の喪失が起こって、炉心溶融近くまで行った事故である。

WASH-1400の中間報告はこの事故経路をまったく予想していなかった。後に、こうした経路の事故確率を評価したところ、全炉心溶融確率の20%に達することがわかった。イベントツリーを作る場合、漏れがないこととダブリがないこと、つまり大切なシーケンスをすべて盛り込むことが必要不可欠であるが、いかにそれが困難であるかを示したのである。これは「完全性の問題」とよばれ、確率論的安全評価がもつ、本質的な問題の一つである。「完全性の問題」は後述する。

5 地震による炉心損傷確率は恣意的に低く評価された

(1) 地震発生確率を地震の少ないアメリカ東部のみで考慮した

原子力発電所の設備・機器に重大な損傷を引き起こしそれによって炉心溶融をもたらす要因として地震がある。地震が起こると共通要因故障も起きる。アメリカでは、太平洋に面した西海岸が地震多発地帯であり、東部では地震が少ない。しかしWASH-1400の中間報告では地震の発生確率を評価するのにロッキー山脈以東の東部しか考慮していない。また、本格的観測の歴史は浅いから地震の強さや発生頻度の確率的な評価は不可能であるにもかかわらず、地震発生頻度を簡単な数式で表した。最終報告書でもアメリカ西部に対する評価を、原発には十分な耐震性があることを理由として、避けた。

(2) 地震による機器故障率は低くされた

最終報告書では62のシステムを選び、150ガルの地盤加速度の地震に対する耐震性を調べた。加圧水型軽水炉の30のシステムでは、低圧注水系の制御、格納容器スプレイ・再循環系ポンプ、非常用ディーゼル発電機の燃料タンクなどの5項目は現在の設計では十分であることを証明できなかった。これらはいずれも炉心溶融を防ぐ切り札となる装置である。それにも関わらず、例えば200ガルの地震についてこれらの機器の破損確率を何の根拠もないまま0.001と決め、さらにこれらの機器のうち二つが同時に故障しない限り、炉心は損傷しないという仮定を設けた。

根拠のない過小評価であることは明らかである。

6 「絶対評価の数値は信用できない」と、アメリカ物理学会から宣告された

アメリカ物理学会・軽水炉安全性研究グループは、WASH-1400の中間報告が提出された時点で、以下のような疑問を表明した。

「ある事故を引き起こすような事柄が起こる確率を正確に数量化することは困難である。このような計算を行う前に、経験と研究によって多くの側面をよく理解することが必要である。重大事故の確率は小さいであろうが、その確率を数量化する研究は、原子炉安全性の分野内でこれまでになされてきたどのようなものよりも注意に値することである。われわれは、この問題に対して、最近のAEC原子炉安全性研究（WASH-1400）を独立に評価するほどの資料を持ち合わせていなかったが、イベントツリー、フォールトツリーの方法は、特に原子炉の異なった一連の挙動を比較することにおいて、原子炉系の相対的な長所短所を明らかにする点では有用であることを認める。しかし、このように非常に確率の小さいこの種の問題に関するわれわれの経験を基礎にすると、現在種々の分野について計算されている確率の絶対値をそのまま信ずることはできない」

（甲ハ80、「軽水炉の安全性」米国物理学会研究グループ報告、17頁、軽水炉安全性研究グループ著 小野周訳 1979.3.20 講談社）。

つまり、A型の原子炉とB型の原子炉とどちらが安全かという相対的評価のときには、事故を要因に分解して、一つ一つの要因の確率を経験的に求めて、また組み立てなおすという手法は役に立つけれども、絶対値、例えば、ある独立した一つの冷却材喪失時の炉心損傷確率を計算したとしても、その数字自体は、信用できないとしたのである。

7 最終報告書では事故発生確率は低く、災害評価も過小評価であった

WASH-1400が確率論的安全評価の最初の試みであったのは事実である。評価には

レベル1 炉心が重大な損傷を受ける確率を推定する

レベル2 格納容器の機能喪失の確率を推定する

レベル3 周辺公衆及び環境への影響を評価する

の3つのレベルがある。レベル1は、原子炉施設の設計上の安全対策の有効性、事故が設計範囲を超えてシビアアクシデントに至る可能性、施策の選定と有効性の評価を行うもので一番重要であるが、WASH-1400は、それを超えてレベル3に踏み込んだ。

最終報告書には12頁におよぶ「行政上の要約書」が添付されている。それによると、「100基の原子炉が稼働しても、炉心溶融事故発生の確率は1700年に1回しか起こらず、仮に起こったとしても、原子炉格納容器によって放射性物質が環境中に放出するのが防がれるため、周辺住民に影響があるのは10回に1回程度に過ぎない」とされた。その結果、「同じような100基の原子炉のグループを考えると、10人以上の死者が出る事故の可能性は1年につき3万分の1である。1000人以上の死者が出る事故の可能性は1年につき100万分の1である。面白いことに、この値は隕石が米国の人口密集地に落下して1000人の死者がでる確率と同程度である。」と記述され、図が掲げられている。(図3 参照)

しかし、ここで言われる「死者」は急性死者のみであり、晩発性がん死者は含まれていない。また、急性障害者・晩発性障害者・遺伝的障害は含まれていない。しかも、事故が起きた場合、2時間で半数が避難し、1日で全員が退避することになっている。これはどう考えても現実的ではない。立ち退けるかどうかは晩発性障害を評価する際には非常に大きな因子になるのであるから、上記仮定は過少評価の原因となっている。さらに財産損害・除染面積も過小評価となっている。

8 原子力規制委員会(NRC)も最終的にはWASH-1400を否定した。

(1) フォールトツリー法は、事故を分解して、例えば配管なら配管にひびが入ったときに、その事故を分解してどんな条件のときにどの程度壊れるか、部分的にわかっている部分を積み上げていく。確率を定量的に信頼度良く計算するにはデータが必要であるのに、現実にはデータ不足である。原子炉は非常に複雑であり、信頼できる統計を取り

うるほど経験がない。だから絶対値がだせるほど信頼できる確率計算は現在までの運転実績データからは不可能である。

(2) WASH-1400には次のような批判が寄せられていた。

①故障の形態及び事故シーケンスはほとんど無限にあるので、すべてを網羅することは不可能である。実際、ブラウنزフェリー原発のような重大事故が抜けている。

②それでも無理に論理化を強行しようとするれば、無数の根拠不明の切り捨てを行わざるをえない。寄与が少ないとして切り捨てられた事象を集めたら無視できないものになる。

③人的要因によるシステム故障確率の値には根拠がない。

④故障率データが不十分である。

⑤共通モード故障の評価が不十分である。とくに地震については問題が多い。

(3) WASH-1400に対する批判が強いために、原子力規制委員会(NRC)はアメリカ物理学会・軽水炉安全性研究グループ代表であるルイス教授を委員長とする再検討委員会を設置した。ルイスは、「(ブラウنزフェリーの火災のような事象が、WASH-1400で予測されていたかとの質問に対し)これは全く無益な質問であるが、WASH-1400をどう読んでみても、火災が重大な事故の発端となることが浮かんでこないという事実には照らせば、答えはノーである」とするなど、WASH-1400の技術的側面を痛烈に批判した。

原子力規制委員会(NRC)は、1978(昭和53)年、WASH-1400再検討委員会が出した「WASH-1400に欠陥がある」との報告(Risk Assessment Review Group to the US Nuclear Regulatory Commission)を公表し、「NRCは『安全性研究』の原子炉事故に関する総合リスクの数値的評価は信頼性があるとは思っていない」、「『行政上の要約書』部分については、明確なあるいは暗示的な、いかなる支持も撤回する」と述べて、WASH-1400については極めて強い否定的な見解を表明した。

9 小括

確率論的安全評価は、原子炉施設の異常や事故の発端となる事象（起因事象）の発生頻度、発生した事象の及ぼす影響を緩和する安全機能の喪失確率及び発生した事象の進展・影響の度合いを定量的に評価する方法である。たしかに、確率論的评价方法は、従来の方法では扱うことが出来なかった様々な起因事象（例えば冷却系配管のさまざまな破断形態など）も扱いうるし、確率が小さいからといって無条件に切り捨てられていた種々の安全装置不作動の場合も考慮することができ、多くの事故シーケンスをカバーできるという利点はある。しかし、原子炉停止系が働かない確率、高圧注水系が働かない確率等々の確率は、故障率データが少なく統計的に「確率」を計算できない。一般的に言って、「ある事象が起きる確率」は「ある事象」が多数起きてその結果が全て蓄積されて初めて意味を持つ。WASH-1400は「確率論的安全評価は信頼性工学と異なり、精密なデータは不要であって、確率が不定のものは、ある幅をもった分布を考えて処理し、その結果がある幅に入っていればよい」としているが、重要機器の故障率データは統計処理が出来るほど多くはない。また、故障率は初期には多く、その後は低下し、更に経年劣化で高くなることが一般的にみられる（一般には「バスタブ曲線」として知られている）が、それも考慮されていない。しかも、故障は一つ一つが独立して起きると仮定されているが、地震が発生して冷却材配管が破断したときに、他の機器も破損していたり、一つの機器の故障が他の機器の故障の原因となったりすることもしばしば起こりうる。従って計算の結果出された事故発生確率は、仮定の仕方でも何桁も数値が異なってくるのであり、信用性は低い。

(甲ハ81, 「欺瞞に満ちた安全宣伝の根拠～ラスムッセン報告をめぐる～」小出裕章, (原子力と安全性論争), 原子力技術研究会, 1983. 6. 25)

(甲ハ82, 「原発の安全上欠陥」 「①原子炉事故の発生確率について, 小林圭二, 小出裕章, 海老沢徹」 「②確率論的安全評価の問題点, 市川克樹, 荻野晃也」, 原子力技術研究会, 1979. 7. 10)

第4 「設計基準事故」評価が「決定論的」として取り扱われる理由

1 安全審査指針は規制のための基準である

我が国における原子力発電所に関する安全審査は、原子力安全委員会が定めた「安全審査指針」に基づいてなされている。基本的な指針としては、立地場所の適否を判断するための「原子炉立地審査指針」、設備ごとの安全性の判断の基準を定めた「安全設計審査指針」、事故などの際の安全性を確認する「安全評価に関する審査指針」、放射性物質の放出に関する基準を定める「施設周辺の線量目標値に関する指針」等がある。これ以外にも、地震時の耐震設計について定める「耐震設計審査指針」、「安全機能の重要度分類に関する審査指針」等がある。これらは規制のための基準である。

2 「事故」は「放射性物質放出の可能性のある事象」である。

(1) 原子力発電所のいくつかの構造物、系統及び機器 (Structure, System, Component, 一括して「SSC」と呼ばれる) は、定常運転の状態のみならず、これを越える異常状態においても、安全確保の観点から所定の機能を果たすことが「安全設計審査指針」において求められており、「安全評価審査指針」においては、設計方針の妥当性を評価するために、異常状態、すなわち「運転時の異常な過渡変化」及び「事故」について解析し、評価をおこなうことが求められている。

「運転時の異常な過渡変化」とは、「原子炉の運転中において、原子炉施設の寿命期間中に予想される機器の単一の故障もしくは誤動作又は運転員の単一の誤操作、及びこれらと類似の頻度で発生すると予想される外乱によって生ずる異常な状態にいたる事象」であり、「事故」とは「運転時の異常な過渡変化を越える事象であって、発生する頻度は希であるが、発生した場合は原子炉施設からの放射性物質の放出の可能性があり、原子炉施設の安全性を評価する観点から想定する必要がある事象」と定義されている。

(2) 「安全審査指針」においては、軽水炉において予想される代表的な「事故」として、一番目に、「原子炉冷却材の喪失又は炉心冷却状態の著しい変化」があげられている。

沸騰水型軽水炉（BWR）においては、これは①原子炉冷却材喪失事故、②原子炉冷却流量の喪失事故、③原子炉冷却材ポンプの軸固着事故と、細分化されている。①は地震などで配管等が破損して冷却材が流出し、炉心の冷却能力が喪失する事象であり、②は冷却材の流量が大幅に低下する事象であり、冷却材ポンプの全台の駆動電源が同時に喪失するという仮定が置かれている。

ただ、安全審査では、原子炉停止、炉心冷却及び放射能封じ込めの各基本的安全機能毎に、その機能遂行に必要な系統・機器の組み合わせに対する単一故障を仮定している。単一故障とは、例えば、一つの系統について複数ある設備の一つのみが壊れ、他は正常に働くとする仮定のことである。その結果、事故は収束する、とされている。

3 設計基準事故の「事故シーケンス」は「起きるもの」と仮定されている

(1) 一般にどんな異常や事故でも、まず、ことの発端となる出来事（起因事象）があり、それからさまざまな経過を経て、最終的にはある状態（収束状態）に落ち着く。起因事象から収束までの一連の事象のつながりを「事故シーケンス」という。一つの起因事象から無限の数の事故シーケンスが起こりうるが、原子力発電所の機器や系統の安全対策が、現実には発生する可能性のある異常や事故の広い範囲にわたって有効になるように、人工的に決められた事故シーケンスが「設計基準事故」である。評価する際に、前述した単一故障など、設計基準事故に対応する機器の故障を想定して計算する。

例えば、冷却材喪失事故のイベントツリーをつくり、分岐点ごとに単一故障の仮定などを置いて枝分かれのうちの一つの道筋を選択する方法である。起因事象として配管破断をとると、「配管が破断したか ⇒ YES」→「電源は作動しているか ⇒ YES」→「原子炉停止系は働いたか ⇒（単一故障の仮定を置いて）YES」→「非常用炉心冷却系は働いたか ⇒（単一故障の仮定を置いて）YES」→「放射能除去系は働いたか ⇒（単一故障の仮定を置いて）YES」→「格納容器は機能したか ⇒ YES」などとして一つの道筋を作るのである。

(2) このような評価方法は、想定した事象が起こりやすいのか起こりにくいのかにか

かわらず、その事象の発生を想定して安全評価を行うことから、「決定論的安全評価」あるいは「確定論的安全評価」と呼ばれるようになった。設計基準事故によって包絡される範囲は設計上の対策によって安全を確保すべき範囲、つまり設計の「責任範囲」である。設計基準事故によって包絡される範囲は、物理的に起こりうる全ての異常や事故を包含するものではない。地震などが起こったときには、多重性・多様性及び独立性を有していると考えられた機器・系統においても、全てが破損又は機能喪失したり、複数の系統で次々に機器が破損又は機能喪失したりすることが起こりうる。設計基準事故を越えて波及拡大する事故シーケンスをシビアアクシデントと呼ぶが、これは「設計の責任範囲」を越えたものである。

4 原子炉施設の安全規制においては決定論的安全評価が行われてきた

(1) 阿部清治氏は「決定論的安全評価は規制上のルールの一つ」という。

阿部清治氏はその意見書（丙ハ110）において、「決定論的安全評価では、『あらかじめ定められた幾つかの事象（想定事象）』が発生すると仮定して、（すなわち、各事象の発生する確率あるいは頻度の定量化はせずに、）各事象のもたらす影響を定量評価する。」「決定論的安全評価は、規制上のルールのひとつであり、安全審査では、あらかじめ定められた想定事象について、あらかじめ定めた手法でその影響を定量評価した結果を、あらかじめ定めた判断基準と比較して合否判定を行う。」「定量化の過程では、（ルールであるから）できるだけ不確実さが入り込まないようにする。そのため、定量化の方法にも判断基準にも大きな安全裕度を用意する。」（28頁）（下線は引用者。以下、特に断らなければ同じ。）と整理をしている。

また、原子炉施設の安全規制において決定論的安全評価が用いられている趣旨については、一審被告国も、安全確保の方法にはいずれも不確実さが含まれており、リスク及びその不確かさを完全に定量化することはできないという基本的な考え方に基づいて、設計の保守性を重視し、設計上の想定条件に対して裕度を確保することによって、想定を超える条件に対しても一定の頑強性が期待できるシステムを構築して、リスクを抑制

し、リスク及びその不確かさに対処するという観点から、「包絡的代表事象すなわち設計基準事象についての保守性を重視した決定論的安全評価が行われる」としている。

加えて、この点に関して、一審被告国は、政府事故調報告書（中間報告、平成23年12月26日）において、原子炉等規制法以下の原子炉施設の安全規制については、「規制当局においては、過去の原子炉設置許可処分取消訴訟等の行政訴訟において、決定論的な設計基準事象とその根拠を説明することによって、現行規制において安全は十分確保されていると説明していた。」（418頁）とされている。

耐震設計審査指針（丙ハ11）においても「基準地震動」という概念が用いられているように、自然現象などによる外部事象を含めて、決定論（確定論）に基づく安全規制が採用されてきたところであり、決定論（確定論）に基づいて設計基準事象を設定し、設計基準事象が発生することを確定的な前提としても原子炉施設の安全性が確保されることを求めるという規制が行われてきたところである。

（2）岡本孝司意見書（丙ロ92）は、津波の予見可能性（リスク）が認められる場合であっても、その精度・確度が低い場合は、工学的観点から地震動対策を優先して、津波対策を遅らせることも合理的であるとする（8～9頁）。

しかし、原子炉等規制法及び電気事業法等に基づく原子炉施設の安全性確保に関する法規制は、原子炉施設が巨大な危険性を抱えている特性に鑑み、決定論に基づいて設計基準となる事象を想定して、これに対する安全性確保措置を必ず確保することを設置及び運転の最低限の条件としているものであり、そのための安全性の最低の基準を定めているのが技術基準省令62号である。よって、同技術基準に反する状態であれば、経済産業大臣としては、無条件に行政指導、さらには技術基準適合命令を発して安全性を確保して、「深刻な災害が万が一にも起こらないようにする」という法の趣旨、目的を達することが求められるところである。

この決定論に基づく技術基準による安全規制に関しては、技術基準への適合性は無条件に確保されるべきものであり、原子力事業者が投資できる資金や人材等が有限であったとしても、又、他の安全上の要請がいくら重要であったとしても、対策の実施を猶予

して後回しにすることは許されないものである。

第5 スリーマイル島事故発生後に確率論的安全評価の研究は進展した

1 冷却材喪失事故とスリーマイル島事故

(1) 軽水炉における冷却材喪失事故の危険性

ア 原子力発電所において原子炉容器内の核燃料に内蔵されている放射性物質が一挙に外部に放出される事故は、大きく「出力暴走事故」と「冷却材喪失事故」の2つに分けられる。「出力暴走事故」は核分裂反応の制御に失敗した事故であり、典型例は、1986（昭和61）年に旧ソ連で起きたチェルノブイリ原発事故である。「冷却材喪失事故」は、冷却に失敗して炉心が溶ける事故であり、典型例は1979（昭和54）年にアメリカで起きたスリーマイル島原発事故と、2011（平成23）年に日本で起きた福島第一原発事故である。

イ 冷却材喪失事故は大きく分けて、①冷却材が配管から外部に漏れて炉心冷却能力が低下する事故、②冷却材の流量が減少して炉心冷却能力が低下する事故、の二つである。①は古い配管が腐食して穴があいたり、地震で配管や機器が破損したりする事象が起因事象となって起きる事故であり、②は冷却材を循環させるポンプが固着したり、ポンプを回転させる電源が喪失したりすることが起因事象となって起きる事故である。

(2) スリーマイル島原発事故の原因と経過

ア スリーマイル島原発2号炉は、電気出力96万キロワットの加圧水型軽水炉（PWR）であり、原子炉で加熱された水（一次冷却水）が一次系配管を通過して蒸気発生器に至り、そこで二次系の水を加熱して蒸気を作り、蒸気がタービンを回転して発電する仕組みとなっており、1978（昭和53）年に運転を開始したばかりであった。

一次系配管の高温側（原子炉から出る配管）と蒸気発生器の間に加圧器が取り付けられており、原子炉内の圧力をスプレーやヒーターを使って調整し、調整しきれない場合は、圧力逃し弁を開けて水（蒸気）を外部に逃して圧力を調整する。圧力逃し弁から流

出した蒸気は逃しタンクの冷水に吹き込まれて冷却されるが、逃しタンクの圧力が高くなった場合には、蒸気（または水）が格納容器内に放出される。格納容器は原子炉で事故が起きた際に放射性物質が外部に放出されるのを防ぐためにあり、平常運転時には建物と格納容器の間のアニュラス部（円管状空間）は1気圧よりも低い圧力となっている。格納容器の内圧が高くなれば、緊急炉心冷却装置（ECCS）などを作動する信号が出るようになっている。緊急炉心冷却装置としては、高圧注水系、蓄圧注水系と低圧注水系の3種類が備えられており、一次冷却系のどのような破断に対しても、安全性が確保されるように設計されている、とされていた。

イ 1979（昭和54）年3月28日、復水器につながる圧縮空気系に水が入ったことをきっかけとして、復水ポンプが止まり、蒸気発生器に二次系冷却水を送り込む二次給水ポンプが止まったため、タービンも直ちに停止した。しかし非常用給水弁が閉じたまま開かないため二次系冷却水は復旧されず、蒸気発生器における一次系冷却水の冷却が出来なくなり、一次系冷却水の温度が上がった。一次系の圧力が高くなったために、原子炉は停止し、加圧器逃し弁が開き、一次系蒸気を外部に放出した。燃料棒が過熱したために緊急炉心冷却装置が作動したが、水位計が振り切れてしまったために、運転員は「満水状態」と考えて緊急炉心冷却装置による注水を止めた。燃料棒は更に過熱し、原子炉内に蒸気が発生して水に泡が混じり、水を循環させる冷却材ポンプが異常振動を起こしたために運転員は冷却材ポンプを止めた。加圧器逃し弁が開きっぱなしになっていることに気づいた運転員が「閉」としたが、事故から3～4時間後には、主任技師が「非常事態宣言」を発する事態となり、原子力規制委員会（NRC）や州知事にも連絡が届いた。その頃、格納容器内では水素爆発が起き、スプレイが作動した。

放射能が外部に漏れたため、3月30日には州知事は「非常事態宣言」を発し、「8キロメートル以内の小学校閉鎖、女性・幼児の避難勧告」「16キロメートル以内の住民は屋内待機勧告」を発した。原子炉容器や格納容器からの水素抜き取り作業などの結果、水素爆発の危険は去り、4月9日には避難勧告が解除された。

2 シビアアクシデントを確率論で研究する機運が高まった

(1) 原子炉施設を設計する際に想定し、対策を立てる範囲を大きく超えた事故が現実には起こったことの衝撃は大きかった。アメリカやヨーロッパでは、「設計基準事故」がカバーする「設計の責任範囲」を超えた過酷事故（シビアアクシデント）は、どのような原因で、どのような経路を辿って炉心溶融事故となるのか、それはどの程度の確率で発生するのか、その対策はどのように立てるのか、を研究する機運が高まった。

(2) WASH-1400は、炉心溶融が起こり大量の放射性物質が放出される事故として、①大LOCA（冷却材喪失事故）、②中LOCA、③小LOCA、④圧力容器の破損、⑤ECCS弁の故障、⑥過渡現象の6種類に分類している。そして⑥が一番発生しやすいとしていた。スリーマイル島事故の発端である2次給水ポンプの故障はまさにそれであった。

こうして、事故のシナリオを分析する上で、イベントツリーを用いたWASH-1400の手法は、必要な修正を加えれば有効であることが明らかとなってきた。例えば、原子力規制委員会（NRC）が1990（平成2）年に公表した「シビアアクシデントのリスク：5基の米国発電プラントに対する評価」（NUREG-1150）では、「地震が発生して送電線の碍子が破壊される」→「外部電源が喪失する」→「非常用発電機が起動に失敗する」→「全電源が喪失する（SBO, Station Black Out）」→「炉心が損傷する」という事故シナリオが述べられている。起こりうるA事象とB事象の発生確率を比較して、事故進展の確率を計算する場合のように、相対的な確率の利用はかなり信頼がおけるとされたのである。

(3) しかし、ある地点での地震発生の絶対的確率を求めることは極めて難しく、不確定の幅が大きい。たとえばピーチボトム原発の場合、地震という外部要因による炉心損傷事故の確率は、使用する地震発生確率によって下記のとおり1炉心あたり25倍も違う。

《ケース1》ローレンスリバモア研究所の推計	7. 7×10 のマイナス5乗
《ケース2》アメリカ電力研究所の推計	3. 1×10 のマイナス6乗

(甲ハ83, 「シビアアクシデントの脅威」 舘野淳, 2012.12.1, 東洋書店, 53頁～)

第6 日本における地震の確率論的安全評価の手法と問題点

1 2006年改訂された耐震設計審査指針

アメリカでは、地震は西海岸に立地する原発を除いては、それほど大きな問題ではなく、地震発生確率推定の困難性もそれほど深刻には議論されてはいなかったが、地震が多発する日本においては地震対策は原子炉設置時点から大きな問題であった。

1995(平成7年)の阪神淡路大震災を経て、2006(平成18)年9月に耐震設計審査指針が改訂され、基本方針として下記が規定された(甲ロ6)。

「①耐震設計における地震動の策定について

耐震設計においては、「施設の供用期間中に極めてまれではあるが発生する可能性があり、施設に大きな影響を与えるおそれがあると想定することが適切な地震動」を適切に策定し、この地震動を前提とした耐震設計を行うことにより、地震に起因する外乱によって周辺の公衆に対し、著しい放射線被ばくのリスクを与えないようにすることを基本とすべきである。

②「残余のリスク」の存在について

地震学的見地からは、上記のように策定された地震動を上回る強さの地震動が生起する可能性は否定できない。このことは耐震設計用の地震動の策定において、「残余のリスク」(策定された地震動を上回る地震動の影響が施設に及ぶことにより、施設に重大な損傷事象が発生すること、施設から大量の放射性物質が放散される事象が発生すること、あるいはそれらの結果として周辺公衆に対して放射線被ばくによる災害を及ぼすことのリスク)が存在することを意味する。従って施設の設計にあたっては、策定された地震動を上回る地震動が生起する可能性に対して適切な考慮を払い、基本設計の段階のみならず、それ以降の段階も含めて、この「残余」のリスクの存在を十分認識しつつ、それを合理的に実行可能な限り小さくするための努力が払われるべきである。」

そして、基準地震動の策定にあたっては、後期更新世以降の活動が否定できない活断層も考慮することとされている。後期更新世は12万6000年前から1万1700年の範囲であるから、12万6000年前までの活断層を考慮しなければならないとされたのである。

2 「基準地震動」と「残余のリスク」の関係

(1) 地震動推定の困難さ

地震発生の原動力は、地球の表面を覆う岩盤（プレート）が押し寄せてくる力である。海洋プレートである太平洋プレートが陸側プレートであるユーラシアプレートに向かって押し寄せ、沈み込むところが日本海溝である。地震は、海洋プレート内部で起きる「海洋プレート内地震」、プレートとプレートの境界で起こる「プレート間地震」、沈み込んだプレートの上にある地殻の内部で起こる「内陸地殻内地震」のタイプがある。このうち、「海洋プレート内地震」については、更に、海溝軸付近ないしそのやや沖合で発生する「沈み込むプレート内地震」と、海溝軸付近から陸側で発生する「沈み込んだプレート内地震（スラブ地震）」の二つに分類される。

「震源を特定して策定する地震動」については、断層調査により活断層を見つけ、敷地に大きな影響を与える活断層を選定し、地震規模を推定し、断層モデル（震源断層面を選定し、ある一点の破壊開始面から次第に破壊し、揺れが伝わっていく様子を解析し、評価地点での地震動を求める手法）によって地震動を決定する。いくつかの地震動を計算して、将来起こる可能性がある地震動を「基準地震動 S_s 」として策定する。その後、原子炉建屋等の構造物を数値モデルで表し、基準地震動を受けた構造物がどのような挙動を示すかをシミュレーションすることになるので、基準地震動策定が合理的になされることが肝要である。

ところで、一般的に言って、物の破壊は「ばらつき」が大きい。金属でも破壊現象はばらつきが大きい。地殻の破壊現象はさらにばらつきが大きく、発生した地震が伝播していく過程でも、減衰するとは限らず増幅することもある。それほど地震動のばらつ

きは大きいのである。まして、地震は地下深くで起きる現象であり、直接断層面を観測することができない。詳細な地震データは強震計が発明されて以降数十年のデータしかない等の問題もある。瀨瀨一起氏（東京大学地震研究所）が岩波「科学」2012（平成24）年6月号で「地震という自然現象は本質的に複雑系の問題で、理論的に完全な予測をすることは原理的に不可能なところがあります。また、実験ができないので、過去の事象に学ぶしかない。ところが地震は低頻度で、学ぶべき過去のデータが少ない。私はこれを『三重苦』と言っています」と述べているように、基準地震動の策定には大きな誤差が存在する。「過小評価」が付きまとう分野である。

（2）「基準地震動」と「残余のリスク」の相関関係

基準地震動を見積もり、それを超過する地震を「残余のリスク」の範疇に入れているのだから、基準地震動を低く見積もれば見積もるほど、「残余のリスク」は大きく膨らむことになる。また、確率論的ハザード解析（ある地点またはある地域において、ある地震動を決めた場合、それを超える大きさの地震動が発生する確率（頻度）の関係を求める手法）をする場合も、断層モデルが計算の出発点になるので、断層モデルの的確性が課題である。

3 原子力安全委員会が安全審査に「残余のリスク」のための確率論的安全評価を「参照」としたのは2010（平成22）年末であった

（1）新耐震設計審査指針策定時に、残余のリスクについて、確率論に基づき定量的に求める手法の導入が議論されたが、採用には至らなかった。そこで原子力安全委員会は、新指針策定にあたり「定量的な評価を実施することは、将来の確率論的安全評価の安全規制への本格的導入の検討に活用する観点からも意義があることと考え、安全審査とは別に、行政庁において、『残余のリスク』に関する定量的な評価を実施することを当該原子炉設置者に求め、その結果を確認することが重要と考える」という要望を付け加えた。

（2）その要望に基づき、原子力安全・保安院は既設炉のバックチェックのあとに、残

余のリスクの評価を実施して報告するよう、指示した。

(3) その後、原子力安全委員会は、「安全審査の参考情報として」、「最新の知見に基づく確率論的地震ハザード解析による超過確率別スペクトル」を「参照」する、とした。これは耐震安全性評価特別委員会の「発電用原子炉施設の耐震安全性に関する安全審査の手引き」を原子力安全委員会として了承したものであるが、その日付は2010(平成22)12月20日と、本件事故のわずか3か月前であった。

(4) 津波については、一審被告国も「津波に対する安全評価においては、確率論的安全評価結果の『参照』を求めることが可能になるほどの知見の進展・確率には至」(18頁) っていなかった、と述べているのである。

4 地震確率論的安全評価の手法

(1) 前述したように、新耐震設計審査指針が出たあと、原子力安全・保安院は既設炉のバックチェックのあとに、「残余のリスク」の評価を実施して報告するよう、指示した。残余のリスクの評価結果をレビューするためには、既設炉の型式の代表的なプラントの地震確率論的安全評価モデルの整備、試解析による主要シーケンスの把握、同一の炉型における系統構成の違いが炉心損傷頻度に及ぼす影響の把握が必要となったのである。

地震確率論的安全評価については、日本原子力学会「原子力発電所の地震を起因とした確率論的安全評価実施基準2007」に記載されている。

(2) 地震の確率モデルと地震動の確率モデルの統合

地震確率論的安全評価は、発生する地震の位置、規模、時期に関する確率モデルと地震が発生した場合に生ずる地震動特性に関する確率モデルを統合して、特定の地点で特定の期間に特定の地震動特性が生ずる確率を決定するための方法であり、Cornell (1968) に始まっている。

(3) 活動域のモデル化では、①活断層帯で発生する地震や過去にプレート境界の同じ領域で繰り返し発生してきた大地震(海溝型地震)のように脅威となる地震の位置(断

層面) がほぼ特定できる場合, ②ある程度の範囲で発生することが予測できても予め位置を明確に特定することが困難な場合(背景的地震発生活動域)を区別することが一般的である。設定された活動域の中では, 地震活動度などの特性は一様と仮定される。

(4) 地震は, いつどこで起きるかはわからないので, 通常ポアソン過程でモデル化されている。ポアソン過程とは, ランダムに生起する事象を表す基本的な確率過程のことである。一方, ほとんど同じ間隔と規模をもって周期的に発生する地震である固有地震ではBPT分布(Brownian Passage Time 分布)や対数正規分布による更新過程が用いられている。

(5) 地震動の場合には経験式により地震動の強さを推定することになっている。この経験式が妥当かどうか, 平均的地震動を計算しただけではないか, 過小評価になっているのではないか, が大きな問題となっている。

これに対し, 津波の場合には, そもそも経験式から津波の高さを推定することは非常に困難である。なぜならば, 海底地形や海岸線の形状などの影響が非常に強いためである。

5 2種類の不確実性～「偶然的な不確実性」と「認識論的不確実性」の問題点

(1) 現在の地震確率論的安全評価では, 不確実性を, ①偶然的な不確実性(Aleatory Variability)と, ②認識論的不確実性(Epistemic Variability)に分けている。①は, 地震の規模, 断層破壊過程のばらつき, 地震動強さのばらつきのように, 現実に存在しているが, 現状では予測不可能と考えられるものであり, ②は, 活断層があるかないかという問題や発生するマグニチュード範囲などのように, 研究が進展すれば確定できるが現状では予測不可能とされているものである。

(2) 地震確率論的安全評価では, 「確率論的地震ハザード解析」を用いる。これは, ある地点またはある地域において, ある地震強さを決めた場合, それを超える大きさの地震が発生する確率(頻度)の関係を求める手法である。横軸に地震強さ, 縦軸に年超過確率を対数表示したグラフ(地震ハザード曲線)で表される。

①はハザード解析モデルの中で考慮されるのであり、1本の地震ハザード曲線の中で評価されるが、②はパラメータやモデル化自体に関する不確定性であって、地震ハザード曲線のばらつきとして評価される、とされている。

②については、論理的思考（ロジカルシンキング）に基づくロジックツリー手法が用いられており、判断が分かれる事項（分岐）に関して複数の選択肢あるいは連続的な確率分布が設定される、とする。

ロジックツリーに対する計算方法として、分岐の全組み合わせに対してハザード曲線を計算して統計処理する方法もあるが、膨大になってしまうのを避けるために、モンテカルロ手法により連続的分布の分岐を利用する方法も提案されている。モンテカルロ法とは、ランダム法とも呼ばれ、シミュレーションや数値計算を乱数（次に何がでるか分からない数）を用いて行う方法である。

(3) 「完全なロジックツリーを作ることかできるか?」「誰が回答するか?」

しかし、第一の問題は、ロジックツリーの作り方、つまり分岐の数とその内容である。理論的には広がりを考えて「漏れがないこと」と「ダブリがないこと」が求められる。

「漏れがないこと」というのは、大切なシーケンスをすべて取り込んだか、という問題であり、「完全性の問題」と言われている。前述したように、WASH-1400でブラウズフェリーの火災問題を取り込んでいなかったというのがWASH-1400に対する批判の一つであった。つまり、誰がロジックツリーを作るのか、完全性のあるロジックツリーを作ることができるのか、が大きな問題である。

第二の問題はロジックツリーの分岐ごとの確率を誰が与えるのかである。

主観的要素が入り込む余地が多く、客観性に乏しい。たとえ、確率の連続分布を考えたととしても、そのパラメータを採用した根拠が問題となる。

(4) 基準地震動は「過小評価」との批判を常に受けている。

そもそも、前述したように、「大地の状況は複雑で地下深く発生する地震の動きは地上からは見えない」、 「詳細な地震のデータは強震計が発明されて以降、特に日本では1995（平成7）年の兵庫県南部地震以降のものが主なデータである」、 「また破

壊の進展状況は無数にある」。そのため、基準地震動の策定にも大きな誤差が含まれ、常に過小評価であるとの批判を受けている。また、「残余のリスク」計算は、無限大に近い多変数関数でしか考えられない。

そのため、①偶然的な不確定性と、②認識論的不確実性に分けているが、研究が進めば②が減少するということはあるのではないかと、との批判がある。主観的要件を廃し、自然のもつ偶然性のみを考慮し、基準地震動を策定しなければならないが、それは人智を超えた要求である。

津波PRAにおけるロジックツリーの問題は更に大きいと、それについては後述する。

6 確率論的安全評価は、規制のための意思決定の手段であって、評価自体が目的ではない

(1) 確率論的安全評価の目的については、土木学会原子力土木委員会津波評価部会も、「確率論的ハザード解析は、不確定性の存在を前提としており、推定に関する各種の不確定性を処理し、工学的判断のための資料を提供するものであり、現時点での意思決定を行うための手段と考えられる。」と述べる。(丙ロ145、「確率論的津波ハザード解析の方法」平成23年9月 社団法人土木学会原子力土木委員会津波評価部会)。

これは、確率論的ハザード解析は、それ自体が目的ではなく、あくまでも、対策を建てるかどうかの意思決定及び規制の意思決定のための手段であることを明記しているのである。

(2) この点につき、阿部清治氏は意見書(丙ハ110)において、「確率論的安全評価(PSA)と決定論的安全評価の関係を端的に言えば、前者は知識ベース¹、後者は規制上のルールである。規制のルールは、原則として決定論的なものである。これに対して、PSAの結果は、そうした規制ルールの下で設計され運転されている施設が、どれほど

¹ 「(データ・ベースとの連想から生まれた語) 特定の問題を解決するのに必要な知識を体系的に集約したもの。」(広辞苑・第5版)

の安全レベルを有し、また、どこに弱点があるか、どこが過剰な規制になっているかを示すものである。こうした情報（リスク情報）はまた、効果的で効率的な規制ルールを考えるための知見にもなる。」（28頁）としている。

つまり、確率論的安全評価は、決定論的安全評価に基づいて確保されている安全性の程度を知識ベースで検証する機能が期待されるに留まるものであり、決定論的安全評価に基づく安全規制に代えて確率論的安全評価によって安全性の確保を行うことは、そもそもできるものではない。

そして、阿部清治氏の説明からも明らかなように、特定の事象について、これを安全規制の問題として決定論的安全評価において考慮に入れるか否かという判断と、その事象を知識ベースの問題として確率論的安全評価におけるハザード解析の一分岐に取り入れるか否かという判断は、まったく別個独立のものであり、「決定論において考慮する」という判断と「確率論の一分岐として取り入れる」という判断は、互いに相反するものではなく二者択一の関係に立つものでもない。よって、特定の事象について、「確率論の一分岐として取り入れる」としたこと自体によって、当該事象を「決定論において考慮する」ことの必要性が減殺される関係に立つものではない。一審被告国は、「長期評価」を「確率論の一分岐として取り入れる」としたこと自体によって、「長期評価」を決定論に基づく安全規制において考慮しなかった判断が正当化されるかのように主張するが、一審被告国の主張は、決定論と確率論の相互の関係を正しく踏まえたものとはいえない。

第7 津波確率論的安全評価の現状～「ほぼ永久に研究段階」にどどまるほかない

1 新耐震設計審査指針における「地震随件事象」の考え方

(1) 2006（平成18）年に耐震設計審査指針が改定され、その中で「地震随件事象に対する考慮」として、「施設の周辺斜面で地震時に想定しうる崩壊等によっても、施設の安全機能が重大な影響を受ける恐れがないこと」とともに、「施設の供用期間中に極めてまれではあるが発生する可能性がある」と想定することが適切な津波によっても、

施設の安全機能が重大な影響を受ける恐れがないこと」が規定された。前者は、背後に山塊がある場所を選択して原子炉施設を設置した場合には問題となるが、福島第一原発1～4号炉のように、高さ約35mの台地のうち、海に面した敷地部分を高さ10mまで削って作った地形では問題とはならない。

(2) 津波については、その書きぶりからすれば、地震動について活断層を12万6000年前までさかのぼって地盤等を調査して「基準地震動」を策定し、なお、それを上回る強さの地震動が生起する可能性を否定できないところから「残余のリスク」を考慮して施設を設計するよう求めたのと同様に、津波を10万年以上さかのぼって調査して「基準津波」を策定し、なお、それを上回る高さの津波が到来する「(津波に関する) 残余のリスク」を考慮して施設を設計するよう求めなければならないことになる。津波は、山崩れや火山爆発等によっても発生しうるが、地震に伴って発生することが最も懸念されるのであるから、地震と並行して上記のように考えるのが素直な考え方である。

ただし、同じ外部事象とは言っても、地震動の場合は、建物・系統・機器等が建設・設置されている敷地全体に地下から影響を与え、建物・系統・機器等それ自体を揺らすのであるから、耐震設計上、Sクラス、Bクラス、Cクラスと分類して耐震設計を行うことが求められる。これに対し、津波は敷地外部から襲うものであり、津波高さが一定程度以下であれば敷地はドライサイトとなり、建物・系統・機器等に何の影響も与えないが、ある一線を超えると敷地はウェットサイトとなり、建物・系統・機器等は浸水し、特に電気系統は被水に弱いので機能をすべて失うことになる。津波災害はクリフエッジ（断崖の先端の意味で、状況が大きく変わる限界のこと）災害の典型であるから、「基準津波」の設定にあたっては、「施設の供用期間中に極めてまれではあるが発生する可能性がある」と想定することが適切な津波」として、古文書等に記載されている既往津波を含み、10万年程度の間には発生すると想定される津波に余裕を加えて策定する必要がある。

2 基準津波策定に向けた動き

(1) 土木学会原子力土木委員会津波評価部会による「津波評価技術」

2002（平成14）年2月に公表された「原子力発電所の津波評価技術」は、津波の発生を想定し、その際の沿岸部での津波高さや到達時刻を求めるための津波シミュレーション解析手法を集大成したものである。シミュレーションは2段階に分かれ、第一段階は海底地殻変動計算であり、ついで津波伝播計算である。海底地殻変動計算においては、すべり量が一樣な矩形断層モデル（基準点の位置2，断層長さ，断層幅，走向，すべり量，すべり角2，断層面上縁深さの9つのパラメータで記述される）が一瞬に動き，初期海面変動量は断層運動による海底の上下変動量に等しいと仮定される。海底地形と沿岸部の海岸地形が与えられれば，津波伝播計算が行われる。津波の規模を決定するのは，地震の規模，震源域の水深，震源と評価地点の位置関係であるから，「波源モデル設定」が最大の問題となる。

津波評価技術においては，断層モデルの諸条件（パラメータ）を変化させた数値計算を複数行い（パラメータスタディ），設計想定津波を算出しているが，設計想定津波の確認を，既往津波の計算結果や痕跡高と比較しているものの，既往最大の津波という考えにとどまっており，「想定しうる最大規模の津波」を想定する立場にはなかった。また，既往津波としては文献等の調査に基づいて行われ，せいぜい500年前の既往津波しか考慮していない。

(2) 長期評価における「想定しうる最大規模の津波」の指摘

地震調査研究推進本部は2002（平成14）年7月，「三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価について」を発表した，この中では，三陸沖から房総沖の海溝寄りの領域内で，どこでもマグニチュード8クラスの津波地震が30年以内に20%の確率で発生しうることが指摘された。

(3) 「想定しうる最大規模の津波」の計算は2008（平成20）年まで先送りされた

長期評価が三陸沖から房総沖の海溝寄りの領域内で，どこでもマグニチュード8クラスの津波地震がおりうる，と指摘したのであるから，福島第一原発にいかなる津波が

来るかを、この領域内の最大の津波である明治三陸沖地震の波源モデルを使って、津波評価技術の手法で計算することが可能であったにもかかわらず、計算は2008（平成20）年まで行われなかった。一審被告東電が、長期評価に基づいて、1986年明治三陸地震の波源モデルを福島沖の日本海溝沿いにおき、津波評価技術の計算手法を用いて計算したところ、敷地南側でOP+15.7mの津波高さとなる結果を得たのは2008（平成20）年2月頃である。その後、1677年延宝房総沖地震の波源モデルを福島沖の日本海溝沿いにおき、津波評価技術の計算方法を用いて計算したところ、OP+13.6mの津波高さとなる結果を得た。

3 津波確率論的安全評価は「研究を進めておく必要がある」という程度のものだった

(1) 土木学会原子力土木委員会津波評価部会は、2002（平成14）年2月に「津波評価技術」を公表して、第1期の活動を終えた。その後、津波評価部会では、第2期（2003（平成15）年～）及び第3期（2007（平成19）年～）においては、いわゆる確率論的津波ハザード解析手法が審議されていた。しかし、その検討状況については、「確率論的評価は地震において先行研究の蓄積があり、津波についても研究を進めておく必要があるとの認識」のもとに、あくまで手法の研究が進められるという段階にとどまっていた。そして、2009（平成21）年6月に「確率論的津波ハザード解析の方法（案）」として中間的な取りまとめがなされた（丙口45・佐竹健治証人意見書27頁）が、「案」という留保が付されているように、原子炉施設の安全対策及び安全規制に用いることができないものではなかった

(2) 確率論的津波ハザード解析はリスク評価の第一段階にすぎない

確率論的津波ハザード解析とは、ある地点またはある地域において、ある津波高さを決めた場合、それを超える高さの津波が発生する確率（頻度）の関係を求める手法である。横軸に津波高さ、縦軸に年超過確率を対数表示したグラフ（津波ハザード曲線）で表される。地震については、前述したように、基準地震動を策定し、それを超える「残余のリスク」については、確率論的地震ハザード解析手法が使用されているので、津波

についても、基準津波を超えた津波につき、確率論的地震ハザード解析が参考として提案されたのである。但し、津波評価部会が報告書において自認している様に、「確率論的津波ハザード解析」は「確率論的地震ハザード解析」ほど一般的にはなっておらず、「研究してみる」という程度の段階に過ぎない。

また、津波確率論的安全評価は、①「津波ハザード評価」に、更に②「構造物・系統・機器の脆弱性（フラジリティ、fragility）評価」を加え、③「事故シーケンス評価」方法を確立して、それを組み合わせて実行することで行われる。②は、押し波による冠水による損傷モードと流砂による取水ピットの埋没や引き波による冷却水の不足などの損傷モードを考慮して機能喪失確率を算出するものである。それらはいずれも「研究してみる」という段階に過ぎない。

4 土木学会原子力土木委員会津波評価部会が考えた方法と問題点

(1) 地震では、活動域の位置と形状がわかっているならば、それにマグニチュードの分岐を与え、発生頻度の分岐を与え、地震動推定式の分布を与えれば、モンテカルロ手法で地震ハザード曲線ができる。背景的地震発生活動域では、地震数の分岐、最大マグニチュードの分岐、地震動推定式の分布を与えれば、同様に地震ハザード曲線ができる。

津波評価部会は「津波高を評価するにあたっては、中小地震では大きな津波が生じないので大地震のみを考える」こととして、まず、大地震のモデル化を考えた。①発生領域、②マグニチュード範囲、③平均発生間隔とばらつき、についてそれぞれ複数の分岐を考えた。③については、固有地震の発生間隔はBPT分布で考えた。BPT分布は、「プレート運動による定常的な応力蓄積過程において、着目する震源域付近での地震やスローイベントの発生などブラウン運動として表現される応力場の擾乱が加わる中で、応力蓄積が一定値に達し、断層が活動する（地震が発生する）」という物理過程（ブラウン緩和過程）を踏まえたモデルである。平均発生間隔がポアソンとして与えられる場合もデータ数で決まる標準偏差の評価にもとづいて、信頼期間を評価することが可能であるとされた。例えば、400年間で3個の地震が発生している場合、平均発生間隔の信

頼区間は68年～292年程度となる。この程度の範囲であれば、400年間という一つのサンプルで3個発生することが十分可能ということである。

(2) 津波高さの分布の評価を行った

次に、特定の位置に特定の規模の地震が発生した場合の津波高さの分布を推定する必要がある。津波評価部会では、津波評価技術では一様すべり矩形モデルを採用したが、強震動予測においてはアスペリティを考慮して滑り量が不均質なモデルも用いられているので、日本海溝北部地域と南海トラフ地域では両者を用いている。

(3) ロジックツリーの分岐の分類及び重みの設定法

津波評価部会は、発生頻度が極めて低い津波について、ハザード評価を行うときにロジックツリー法を用いた。分岐項目の一つに「判断の違いに基づく分岐で離散的な分岐とする」ものがあるが、これを「現時点での専門家集団の見解の分布」であるとして、簡便のために津波評価部会事務局が分岐案を作成し、一定数の「専門家」にヒアリングをして最終的な分岐と重み案を作り、2004（平成16）年と2008（平成20）年の2回、アンケート調査を行ったのである。

これは次に述べるように、非常に大きな問題点を含んでいた。

5 2004（平成16）年重みづけアンケートの実施と問題点

(1) 「認識論的不確定性」を取り込む科学的方法ではない

津波評価部会は、2004（平成16）年に1回、2008（平成20）年に1回、アンケート調査を行い、結果を公表している（甲口104）が、下記に述べるように、いずれも、津波評価部会委員・幹事が主たるアンケート回答者であり、外部専門家の数は5名と少ない。しかも、2つのアンケートでは分岐自体が異なっており、かつ、集計・公表方法も異なっている。とても「認識論的不確定性」を取り込む科学的方法とは考えられない。以下、詳述する。

(2) 津波評価部会委員・幹事が主たるアンケート回答者である。

津波評価部会では、2004（平成16）年、「認識論的不確定性に由来するロジック分岐の重みづけの妥当性を高めるためには、複数の専門家のご意見を集約することが必要であり、貴殿にも専門家の立場からご回答をお願いします」という目的を掲げて、36名に配布し、回収数35（回収率97%）の回答を得た。しかし、36名のうち、土木学会原子力土木委員会津波評価部会の委員及び幹事が31名を占め、外部専門家はわずか5名である。外部専門家の氏名は明らかにされていない。津波評価部会の学者（研究者）は、2001（平成13）年3月時点の名簿と2005（平成17）年9月の名簿を比較すると、主査：首藤伸夫氏、委員：磯部雅彦氏、今村文彦氏、河田恵昭氏、佐竹健治氏等、数名である。残りの委員は、電力中央研究所、九州電力、中国電力、中部電力、北陸電力、東北電力、北海道電力、東京電力等、電力関係者であり、委員兼幹事は電力中央研究所、事務局である幹事は電力中央研究所、東京電力、東電設計、三菱総合研究所など電力関係者が占めている。

（3）2004（平成16）年アンケートの分岐と重み付け統計結果

「津波ハザード解析では、超長期にわたる大地震の平均的な発生状況を推定することを基本とする。『超長期』とは、1万年オーダーの地質学的時間を想定している。」としたうえで、長期評価が示した「三陸沖～房総沖海溝寄りの津波地震活動域」に関するアンケートでは、活動域をJTT1（岩手沖～宮城北部沖）、JTT2（宮城中部沖～福島沖～茨城沖）、JTT3（房総沖）の3つに分けて、「この海域で超長期の間に津波マグニチュード8級の津波地震が発生する可能性についてうかがいます。現在の知見から見て次のいずれが適切か、重みでお答えください」と、ふたつの分岐を示してアンケートを実施し、集計している。集計の仕方は、「地震学者の比重を4倍とした全体加重平均」、「全体の単純平均」、「地震学者グループの平均」で、いずれもドント方式で0.05単位としている。

結果は下記のとおりである。

分岐	考え方	地震学者の比重 を4倍とした全 体加重平均	全体の単純平均	地震学者グルー プの平均
①	過去に発生例があるJT T1及びJT T3は活動 的だが、発生例のないJ T T2は活動的でない	0.50	0.60	0.35
②	J T T 1～J T T 3は一 体の活動域で、活動域内 のどこでも津波地震が発 生する	0.50	0.40	0.65

(4) 2004 (平成16) 年アンケート結果にはロジックツリーの問題点が如実に表れている。

ア 分岐が2個では「漏れ」があつて「完全性の問題」が表れている。

ここでは、JT T 2, つまり福島県沖では、マグニチュード8の津波地震が起きるか起きないかの二者択一となっている。後述するように、2008 (平成20) 年アンケート (丙ロ44) では、分岐は3つである。地震確率論的安全評価の項で述べたとおり、分岐に漏れがないこととダブリがないことが、「完全性の問題」を考える上で必須である。従つて、二つの分岐しかないアンケートでは信頼性に大きな問題がある。

イ アンケート回答者に立場によるバイアスがかかっている

地震学者グループでは、「区域内のどこでも起こる」が0.65であり、「福島県沖では活動的でない」が0.35である。ところが電力関係者を含めた単純平均では、逆転して「区域内のどこでも起こる」が0.40, 「福島県沖では活動的でない」が0.60となっている。数の上では、電力関係者が地震学者の2倍以上いるのであり、地震学者に4倍の比重を与えてようやく、0.50と0.50となっている。

これは、電力関係者のうち「J T T 2では活動的でない」と答えたものが大多数をしめたことを意味する。地震確率論的安全評価の項で述べたように、ロジックツリーを作った時に「誰が、どのような資料にもとづいて確率を与えるか」が問題となり、主観的要素が入り込む恐れがある。J T T 2における津波地震の活動性は、東北電力の女川原発、日本原電の東海第二原発、東電の福島第一原発、第二原発に大きな影響を与えるから、電力関係者にとっては、「津波地震は起きてほしくない」場所である。1万年という超長期の期間の津波発生の可能性に関するアンケートを前にして、「起きてほしくない」という願望に基づく「起きないだろう」という希望的観測が優勢となっていたと考えられる。このロジックツリーには、分岐と回答者の質と量のいずれについても、大きな疑問を持たざるを得ない。

6 2008（平成20）年重み付けアンケート

（1）津波評価部会では、4年経過した2008（平成20）年、再び、「認識論的不確定性に由来するロジック分岐の重みづけの妥当性を高めるためには、複数の専門家のご意見を集約することが必要であり、貴殿にも専門家の立場からご回答をお願いします」という目的を掲げて、39名に配布し、回収数34（回収率87%）の回答を得た。しかし、39名のうち、土木学会原子力土木委員会津波評価部会の委員及び幹事が34名を占め、外部専門家はわずか5名に過ぎない。誰であるかは公表されておらず、回答数34名のうち、外部専門家が何人であったのかも公表されていない。

（2）長期評価に示された「三陸沖北部から房総沖の海溝寄りのプレート間大地震（津波地震）」については、分岐は下記の3つとされた。

- ① 過去に発生例がある三陸沖（1611年、1896年の発生領域）と房総沖（1677年の発生領域）でのみ過去と同様の様式で津波地震が発生する。
- ② 活動域内のどこでも津波地震が発生するが、北部領域に比べ南部では滑り量が小さい（北部では1986モデル、南部では1677モデル）

③ 活動域内のどこでも津波地震（1896年タイプ）が発生し，南部でも北部と同程度の滑り量の津波地震が発生する（全領域で1896モデル）

(3) 集計結果は1つのみ公表された

2004（平成16）年集計では，地震学者に4倍の比重をつけ，「地震学者の比重を4倍とした全体加重平均」，「全体の単純平均」，「地震学者グループの平均」で，いずれもドント方式で0.05単位としている。この3つを公表した。ところが，2008（平成20）年集計では「震学者の比重を4倍とした全体加重平均」のみを公開し「全体の単純平均」，「地震学者グループの平均」を公開しなかった

結果は下記のとおりである。

分岐	考え方	重み（加重平均）
①	過去に発生例がある三陸沖（1611年，1896年の発生領域）と房総沖（1677年の発生領域）でのみ過去と同様の様式で津波地震が発生する。	0.40
②	活動域内のどこでも津波地震が発生するが，北部領域に比べ南部では滑り量が小さい（北部では1986モデル，南部では1677モデル）	0.35
③	活動域内のどこでも津波地震（1896年タイプ）が発生し，南部でも北部と同程度の滑り量の津波地震が発生する（全領域で1896モデル）	0.25

これによれば，JTT2には津波地震が発生しないとする意見が0.4，滑り量の大きさは別として，起きるとする意見が0.6となっている。

(4) 手法に対する批判

津波評価部会は，確率論的安全評価について4年間研究をしたと言いながら，そのアンケート内容について，分岐を2から3に増やし，結果の公表について，やり方を変えてしまった。地震学者と電力関係者の意見の相違については，2004（平成16）年

の公表では電力関係者にとって不都合があると考えた結果、2008（平成20）年のような仕方にしたのではないかとと思われるが、これでは、4年間の変化を読みとることが困難である。

根本的なところで言えば、2008（平成20）年のアンケート（丙ロ44）についてみると、前述したように、電気事業者に関連する委員が多数含まれている津波評価部会の委員がアンケートの対象者の多数を占めているうえに、委員の中には工学的知見は有するものの地震・津波についての理学的な知見を有しない者も含まれており、調査対象者の選定の合理性に疑義が生じうるものとなっている。

同部会の委員とは別に、5名の外部専門家を選び、アンケートを配布したとされている（1頁）。しかし、この5名がどのような基準で選ばれたかについては一切の説明がなされておらず、またこの5名がどのような地震学上の知見を有しているかについても、明らかにされていない。

また、アンケートには、各項目に関連し参照すべきとされる資料が付記されているが、例えば、三陸沖から房総沖の海溝寄りの津波地震の活動域（JTT）については、津波地震が三陸沖のみで発生するとの佐竹証人の論文の説明図、未凝固堆積物（付加体）の挙動に関する同証人の説明図、さらには日本海溝の南北で堆積物の状況が異なるとの鶴ほかの見解を基礎づける図のみが添付されており（21～22頁の図8～10）、他方で2002年「長期評価」に引用された図表・論文等の資料は添付されておらず、特定の見解に沿う資料のみが系統的に提供されているといわざるを得ないものであり、こうした資料の選択の適正さも検証されていない。

結局、津波評価部会が実施したアンケート結果は、そのアンケートの実施手法自体についても地震学者の集団的な検討を経ず、また、現実の実施に際しても、対象とすべき地震学者の選定、提供すべき共通資料の選択、さらには調査対象者のうちに地震学者と電力関係者が混在しているにもかかわらず、地震学者に限定した見解の検証もできないなど、信用性が乏しいものといわざるを得ないものである。

7 津波評価部会のロジックツリー・アンケートに対する批判

(1) 津波評価部会自身の見解

津波評価部会自身も、本件事故後に公表した「確率論的津波ハザード解析の方法（平成23年9月）（丙ロ145）」において、「アンケートなどにより重みをつけることが現実的」としながらも、「理想的には、目的を明確に把握した『事務局』のもとに『専門家グループ』を組織し、『分岐案の提示→意見の集約→分岐案の再提示→意見の再集約...』というプロセスを繰り返しながら分岐案を作成し、その分岐案に対する重みを組織した『専門家グループ』及びその他の『専門家』に対するアンケートに基づき設定するという手順が望ましいと考えられる。」と指摘するほか、ロジックツリーの重みづけの集計結果は「自然科学的な意味での正しさと直接関係しない」と述べている。

なお、この文脈は、一審被告国自身も第3準備書面21～22頁で引用しているところである。

(2) 日本原子力学会による批判

日本原子力学会も、本件事故後に公表した「日本原子力学会標準原子力発電所に対する津波を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準：2011」（丙ロ146）において、あらかじめ選定されたT I（技術的なまとめ役）が「専門家を一堂に集めて議論などを通じて、モデルの改善及び絞り込みを行い、コミュニティ分布を評価して、ロジックツリーを作成する」等の更なる信頼性、説明性を高めた専門家意見のばらつきの再現方法等を提案している。

なお、この文脈も、一審被告国自身も第3準備書面23頁で引用しているところである。

(3) 国会事故調査報告書（甲イ1・92頁）における指摘

国会事故調査報告書（甲イ1・92頁）においても、「多様な研究及び実務機関から専門家を選定するという、日本原子力学会が定めた手順（注・JNES〔原子力安全基盤機構〕担当者ヒアリング）から外れている。このようなアンケート結果を用いたリスク評価の数値は、信頼性が乏しく、少なくとも科学的ではない。」とされている。

(4) 酒井俊朗氏の見解

また、後述する「マイアミ論文」の著者の一人である酒井俊朗氏も、同論文における津波の確率論的安全評価の前提とされた、津波評価部会におけるロジックツリーの重み付けアンケート（甲ロ104）について、その意見書（丙ロ108）において次のとおり述べている。

「米国ではガイドラインが策定されており、「専門家の意見形成にあたっては、検討の初期段階で検討に用いる知見を関係者全員で確認したり、その地点のハザード曲線を評価する場合の重要検討事項は何かということに関係者全員で確認することなどをまず実施します。そののちに、分岐の重みを設定していく段階では、専門家同士が直接議論を実施する等を定めています。米国では、この実際の分岐を設定して重みを検討し最終的に確率論的ハザード曲線を得るという検討プロセスが、既往の検討例では、2年から4年程度の時間をかけて行われます。このようにして、専門家全体の意見分布を客観的に再現した重み付けが図られているのです。」

「では、当時の土木学会のアンケートによる重み付けはどうだったかといいますと、専門家が議論し合う形式ではなく、またアンケート回答者が認識する知見の共有化も実施していないものであり、その意味ではその結果は暫定的に取り扱われる性質のものであったと思います。」「専門家の意見形成という観点からすると、当時のアンケートによる重み付けは、専門家全体の意見分布を客観的に表したものとは言えず、信頼性は必ずしも高くはないものだったと思います」（9頁）。

8 「東電マイアミ論文」は「年超過確率」は「安全目標」を下回るとしたが、開発段階の「試論」にすぎない

(1) マイアミ論文とは

2006（平成18）年7月17日から20日にかけてアメリカ・フロリダ州マイアミにおいて、原子力工学国際学会が開催され、日本からは、前述した酒井俊朗氏ら一審被告東電・原子力技術品質安全部及び東電設計株式会社のメンバーが「日本における確

率論的津波ハザード解析法の開発」(マイアミ論文, 甲ロ24, 25)を発表した。ロジックツリーによる分岐は, 津波評価部会の2004(平成16)年アンケート方法に従って, 長期評価に示された「三陸沖北部から房総沖の海溝よりのプレート間大地震(津波地震)」については, 下記の2つの分岐にしている。

- ① モーメントマグニチュード8.0程度の津波地震が, 日本海溝沿いの3領域の全て(JTT1, JTT2, JTT3)で発生する。
- ② モーメントマグニチュード8.0程度の津波地震が, 日本海溝沿いの2領域のみ(JTT1とJTT3)で発生する

マイアミ論文は, 福島第一原発1号機においては, OP+10mを超える津波が発生する年超過確率は, 10のマイナス5乗を下回り, 10のマイナス6乗の間, つまり, 10万年から100万年に1回程度の超過確率であるとした。そして, 「性能目標」である炉心損傷頻度を下回っている, とした

(2) 「性能目標」について述べる。

原子力安全委員会安全目標専門部会は2003(平成15)年12月に「中間とりまとめ」を行った際に「定量的安全目標」として, ①原子力施設の事故に起因する放射線被ばくによる, 施設の敷地境界付近の公衆の個人の平均的急性死亡リスク, ②施設からある範囲の距離にある公衆の個人のがんによる平均死亡リスクは, それぞれ年あたり100万分の1程度を超えないように抑制されるべきとしており, 2006(平成18)年3月には, 安全目標案に対応する「性能目標」として, 下記を取りまとめていた。

指標値1	炉心損傷頻度	CDF	10のマイナス4乗/年程度
指標値2	格納容器機能喪失頻度	CFR	10のマイナス5乗/年程度
両方同時に満足すること			

ただし, いずれも原子力安全委員会決定とはなっておらず, 検討中だった。

そして, 酒井氏らは, 計算した津波ハザード確率は, 原子炉施設のシビアアクシデントの発生頻度の目安となる炉心損傷頻度(CDF)である10のマイナス4乗を下回っている, としたのである。

既に述べたように、確率論的安全安全評価は、内部事象のみを評価した場合でも、「絶対的な確率は信用できない」とされており、地震のような外部事象でも、極めて困難であり、まして、更に発生頻度の少ない津波における絶対的な確率は全く信用できない。事実、安全目標を検討する会議においても、安全目標の定量的指標が整備されておらず、また、津波ハザードの結果の大きな不確かさがあることが指摘されているところである。

マイアミ論文は、「津波ハザード曲線は、構造物解析やシステム解析の合理的な入力データである。」としつつも、「但し、構造物の脆弱性の推定法及びシステム解析の手順については現在開発されている途上である。著者らはまた、津波、津波ハザードを合理的に説明できるよう研究を続けている。確率論的ハザード解析は、地震ハザード解析において広く活用されているが、津波ハザードにはめったに使われない」としているのである。

(3) 酒井俊朗氏の意見

マイアミ論文の執筆者である酒井俊朗氏は、その意見書（丙ロ108）において、同論文の持つ意味について、次のとおり述べている。

すなわち、「津波評価部会では、津波に関する確率論的安全評価（PSA）の一部である津波ハザード評価の構築に関する研究が行われ」たが、「このような検討手法は・・・津波の評価に関しては国際的にも他では行われていないもの」（5頁）であったので、「平成18年7月にマイアミで行われた原子力工学国際会議において、その成果を発表することとなり、私を含む著者が、マイアミ論文を作成しました。マイアミ論文では、開発段階にある確率論的津波ハザード評価手法の適用性の確認と手法の改良を目的として、福島県の沿岸を一つのサンプルとして取り上げ、確率論的津波ハザード評価手法を試行的に実施した結果を著し」（5～6頁）ました、とする。

また、「研究の過程で、ロジックツリーの分岐の項目として、長期評価の見解を取り込むことに異論はありませんでした。」（6頁）、「土木学会津波評価部会の検討では、あくまでも手法の開発段階ということであり、重み付けを行うため、専門家のアンケートが実施されました。当時は、アンケートによる重み付けの結果に基づく評価に主眼をお

くいわゆる『地点の評価』ではなく、あくまでも『地点の評価』を可能とする『手法の構築』段階であり、その結果自体は暫定的なものと考えていました。」(同8頁)とする。

(4) マイアミ論文の結果によって「長期評価」を考慮する必要がないと判断された事実はない

ア 山口彰意見書(丙ロ108)が指摘する内容

なお、山口彰氏は、その意見書において、マイアミ論文の結果によって「長期評価」を考慮する必要がないことが示されたかのように述べている。

すなわち、2006(平成18)年7月のマイアミ論文は、「福島県沖でモーメントマグニチュード8.5の地震が起きることも分岐項目の一つとして取り上げた上で、研究途中の確率論的津波ハザード解析手法を用いて福島県沿岸における津波高さ及び年超過確率を試算するなどして、その結果、敷地高さであるO. P. +10メートルを超える津波が到来する年超過確率を 10^{-4} /年を下回ると試算しているとのことです。」(11～12頁)と述べる。ここで、山口彰氏は、伝聞情報によって意見を述べていることがわかる。

「外部事象の発生頻度に対し、フランジリティ(引用者注:正確にはフラジリティ)評価・・・を行い、最終的な炉心損傷頻度を算出することになります。ですから、確率論的リスク評価を行う場合、外部事象の発生頻度が 10^{-4} /年を下回っていた場合には、炉心損傷頻度はさらにこれを下回ることになります。」

「研究途上のものとはいえ、東京電力が津波についての確率論的リスク評価を行った結果、福島第一原子力発電所では、敷地高さを超える津波が到来する年超過確率が 10^{-4} /年との試算結果であったというのですから、津波を原因とする炉心損傷頻度もIAEAの安全目標や、平成18年の原子力安全委員会の性能目標案(10^{-4} /年。引用者注。)を満たすこととなりますので、当時の津波PRAを前提にしても、福島第一発電所の敷地高さを超える津波が到来するリスクというのは「Practically eliminated」(「物理的にありえないか、または、高い信頼性をもって極めて発生しにくいと考えられ、実質的に考慮から排除される状態」のこと。引用注)なリスクという

ことになるため、津波PRAをやっていたら本件事故が防げたのか、というと、決してそういうものでもないのです。」と述べる。

イ 山口意見書は専門的意見を述べる前提を欠いたものであり失当である

マイアミ論文は、その作成者である酒井俊朗氏自身が認めているように、その目的自体において、「開発段階にある確率論的津波ハザード評価手法の適用性の確認と手法の改良を目的として、福島県の沿岸を一つのサンプルとして取り上げ、確率論的津波ハザード評価手法を試行的に実施した」ものに過ぎず、アンケートによる重み付けの結果に基づいて特定の原子炉施設への影響を評価する「地点の評価」を目的とするものではなく、その結果自体は暫定的なものであるとしているところである。さらに、その評価の前提となる、ロジックツリーの重み付けのためのアンケート自体についても、信頼性は高くないとしているものである。山口彰氏自身、「ハザード評価の結果はもとより不確かさがあるうえ、本件事故前は、安全目標案やこれに対応する定量的目標である性能目標の規制上の位置づけが明確にされていなかったのですから、上記の数値から一義的に対策の可否に関する事業者判断、規制判断を導き出すことはできません」（丙口130、山口彰意見書（2）、13頁）と述べながらも、事業者や規制側が、マイアミ論文を信頼して対策を立てず、立てさせなかった判断を擁護する。る山口意見書は、二重三重に前提を欠くものである。

ウ なお、この点に関しては、国会事故調査報告書（甲イ1・92頁）においては、「確率論の恣意的な利用」の項で、次のように指摘する。

「土木学会の津波評価部会は、平成15（2003）年以降、津波の確率論的リスク評価に着手した。その成果をもとに、東電は福島第一原発の津波の危険性を計算した英文論文を発表している。この論文によると、福島第一原発に、「土木学会手法で想定したOP+5.7m以上の津波が到達する頻度は数千年に一回程度」であり、関係者によるヒアリングによれば、「まだ完成した手法ではないが、リスクレベルは高くないと認識していた」とのことである。東電はこの計算結果を、平成18（2006）年9月に安全委員会委員長に説明し、土木学会手法の想定を超える頻度は低いと説明している。

しかし津波の発生頻度は、当時の土木学会津波評価部会の委員・幹事31人と外部専門家5人へのアンケート調査をもとに算出している。31人中、津波の専門家でない電力会社の社員が約半数を占めていた。これは多様な研究及び実務機関から専門家を選定するという、日本原子力学会が定めた手順から外れている。このようなアンケート結果を用いたリスク評価の数値は、信頼性が乏しく、少なくとも科学的ではない。実際、JNES（原子力安全基盤機構）が本事故以前の地震学的な情報に基づいて、土木学会手法で算定される水位を超える津波が福島第一原発に押し寄せる頻度を計算したところ、約330年に1回程度となり、東電の計算より10倍以上大きくなっている。」²。

エ 福島地裁判決（甲イ34）の判示

なお、この点に関しては、2017（平成29）年10月10日福島地裁判決は、「マイアミ論文を含め、『長期評価』から想定される津波の発生頻度が設計上無視できるほど低いと認めるに足りる証拠はない。」（116頁）と判示しているところである。

結局、マイアミ論文は、開発段階における単なる試算にすぎず、「OP+10mを超える津波が発生する年超過確率は10万年から100万年に1回程度であり、炉心損傷頻度（CDF）である1万年の1回を下回っている」などとはとてもいえない。

9 各意見書も、津波確率論的安全評価は未確立だと述べている

（1）今村文彦氏の見解

今村文彦意見書（丙ロ100・23頁）においても、土木学会では「津波評価技術」策定後の第2期、第3期において、津波に関する確率論的安全評価の一部を構成する要素である「確率論的津波ハザード解析手法の研究・開発に取り組んでいました。しかし、津波はそもそも震源が海域になれば発生しないものであるうえ、基本的にマグニチュード7以上の大地震でしか発生しないことから、統計的に誠実さをもって頻度を論じることができないとの意見が多かったことなど、本件事故前、確率論的津波ハザード解析

² 「確率論的安全評価に基づく設計基準津波作成に関するJNESモデルとその検証 ー中間報告ー」
国会事故調査報告書【参考資料1.2.5】参照。

の手法は確立していませんでした。このことは、海外でも同様です。」とされている。

また、同意見書（12～13頁）においても、「当時（「津波評価技術」公表当時の意。引用注）、津波を原因事象とする確率論的安全評価（津波P S A）の手法は日本においても世界においても研究途上であり、地震P S Aとの比較においても相当不確実さが大きいことなどの理由から、確率論的津波ハザード解析の結果に基づいて設計津波の水位を求めることはできないと考えられていました。」

「（津波評価部会では）第二期以降に津波P S Aの研究を進めることとしていました。いずれにしても、日本においても世界においても、津波P S Aの手法が実用化されたのは本件事故後のことでした。」

「津波P S Aは、ハザード評価、フラジリティ（壊れやすさの意。引用注）評価、事故シーケンス解析の三段階から構成されますが、津波を原因とするP S Aのうちフラジリティ解析の手法は、J N E Sが2006（平成18）年にフラジリティに言及しつつ津波P S Aの基本的手法を論じた論文を公表し、その後も同手法の開発状況を公表したことがありましたが、それらを除くと、ほとんどまったくといっていいほど研究は進んでいなかったと思います。」

と述べている。

（2）佐竹健治氏の見解

佐竹健治意見書（丙ロ45・27頁）においても、一般論として「確率論的津波ハザード解析」（26～27頁）が、津波に関する確率論的安全評価の一要素に留まることを説明した上で、「津波評価部会では、2002（平成14）年2月に『津波評価技術』を公表した後、2002（平成14）年度から2005（平成17）年度にかけて、確率論的津波ハザード解析手法が審議されていた。その中間結果は2007（平成19）年6月に土木学会論文集に報告がなされたほか、2009（平成21）年3月には『確率論的津波ハザード解析の方法（案）』として取りまとめられている。」としている。

ただし、その研究の成熟度については、「確率論的津波ハザード解析手法は、2011（平成23）年に出版されたI A E A安全基準（IAEA Safety Standards）において、

『確率論的津波ハザード評価は、確率論的地震ハザード評価と同様な方法であるが、各国で実務としては適用されていない。確率論的アプローチを用いた津波ハザード評価の手法は提案されているが、標準的な評価手順はまだ開発されていない。』とされており、『津波評価技術』で提案された確定論的手法と比べて、実務への適用は遅れており、東北地方太平洋沖地震が発生した2011（平成23）年当時は、標準化された手法ではなかった。」と述べている。

（3）酒井俊朗氏の見解

前述したとおり、一審被告東電において津波に関する確率論的安全評価の研究を担当していた酒井俊朗氏は、その意見書（丙ロ108・10～11頁）で次のとおり述べる。

「津波に関するPSAは、津波ハザード評価、建屋・機器フラジリティ評価及び事故シーケンス評価の大きく3要素から構成されますが、その中では津波ハザード評価はかなり進展している部分であるといえます。ただし、津波ハザード評価は、津波に関するPSAの一部を構成する要素でしかありませんから、それが進展しているからといって津波に関するPSAが確立しているといえるわけではありません。」

「津波に関するPSAの検討状況はどうかといいますと、2017（平成29）年1月現在で確立した技術であるとはいいたくないと思います。」「国内はもとより世界的にみても、電力事業者で地震に関するPSAと同じレベルで津波に関するPSAを実施している原子力発電所は、現時点においてもありません。」（同10～11頁）

（4）山口彰氏の見解

山口彰氏も、その意見書（丙ハ108）において、「地震動における一連の知見の進展と異なり、津波については、地震と比べて発生事例自体も少ないし、被害を受けた経験も少なかったことから、確率論的なリスク評価手法を取り入れるために必要となる知見の進展が十分なものではありませんでした。」（10頁）、「津波PRAの手法も開発途上で確立していませんでした。」（11頁）

と述べている。

（5）首藤伸夫氏の見解

首藤伸夫氏は、その意見書（丙ロ105・22頁）において、津波の確率論的安全評価について「本件事故までにこれらの手法の研究開発を続けてきたものの、その確立に至る前に2011（平成23）年3月11日が来てしまいました。・・諸外国においても2011（平成23）年3月11日までに確率論に基づいた手法を確立させた国は存在しませんでした。」と述べている。

（6）一審被告東電の事故調査報告書における評価

一審被告東電自身が作成した福島原子力事故調査報告書（平成24年6月20日）でも、「津波の確率論的評価手法は、土木学会で2006（平成18）～2008（平成20）年度も引き続き検討・・・されており、今回の震災発生時点でも、津波の評価手法として用いられるまでには至っておらず、試行的な解析の域を出ていない」とされている。

第8 一審被告国の主張は根拠を書いており失当である。

1 川原陳述書は一審被告国の敷地高さを超える津波に対する予見義務の懈怠を積極的に裏付けるものである

（1）川原陳述書（丙ハ116）に基づく一審被告国の主張

一審被告国は、「長期評価」が公表された2002（平成14）年7月31日の直後の同年8月に、保安院は、「長期評価」は「理学的に否定できないレベルの知見」に留まるとして「確率論的安全評価の中で取り入れる判断をした」などと主張するに至った。そして、この主張を基礎づけるものとして、「長期評価」公表当時に保安院の原子力発電安全審査課の耐震班長として津波に対する安全規制を担当していた責任者である川原修司氏の陳述書を援用する。

具体的には、

「・土木学会手法に基づいて確定論的に検討するならば、福島～茨城沖には津波地震は想定しない

・ただし、電共研で実施する確率論（津波ハザード解析）では、そこで起こることを分岐として扱うことはできるのでそのように対応したい

との一審被告東電の報告に対して、保安院の野田「審査官」（正しくは権限を有しない係官に留まる。）が

「そうですか。分かりました。」

と回答したとされるメール記録に基づいて、「確率論的安全評価における津波ハザード解析の一つの分岐として取り扱う」との一審被告東電の方針を是認したとする。

そして、こうした被告国の対応は、当時の理学的・工学的知見に照らして合理的であると主張する。

（2）川原陳述書の信用性について

川原陳述書には、「長期評価」公表直後の関係者のやり取りを示すメールが資料として添付されている。この一連のメールは、一審被告東電の原子力技術部土木調査グループにおいて津波対策を担当していた担当者が、「長期評価」公表直後に、一審被告東電の社内の関係者及び他の電力会社の津波担当者との情報交換したメール、並びに「長期評価」について佐竹健治氏に照会した際のものである。

これに対して、川原修司氏の陳述書の本文をみても、川原氏は「今から15年以上前の出来事で、正直言って、明確な記憶があるものではなく」（4頁）と述べており、同氏は、ほとんど当時のことを記憶しておらず、もっぱら添付のメールと書面を見てのコメントに終始している。

また、同氏が陳述に際して参考にした資料は、上記の被告東電の担当者のメールに限られており、保安院自体の記録は、いっさい添付されておらず、川原氏の陳述に際しても言及がない（なお、2002（平成14）年当時に、保安院において、「長期評価」の取扱い自体についての公的な記録が、作成も保存もされていないことについては、参議院議員の国会質問に対する原子力規制委員会委員長答弁によって確認されている（甲ロ208））。

以上より、川原氏の陳述に係る本文部分については、ほとんど証拠価値はないと言わ

ざるを得ないのであり、証拠として価値があるのは、「長期評価」公表直後に被告東電の津波担当者が、保安院や佐竹健治氏と行ったやり取りを示す（直接証拠ともいうべき）添付のメールに限られる。

この添付のメールに基づいた場合、保安院が予見義務を尽くしていたとは到底言えない。

すなわち、同資料①（8月5日のメール）では、一審被告東電が「長期評価」公表前の早い段階から「長期評価」の想定に対し対応を検討していたこと、保安院から一審被告東電に対し「福島～茨城沖も津波地震を検討すべき」等と「長期評価」に基づいた津波シミュレーションを指示をしていること、これに対し一審被告東電がこの福島沖の津波地震想定計算について「40分くらい抵抗」したこと、保安院が自ら調査することなく「長期評価」に抵抗する一審被告東電に調査させるという本末転倒な対応を行っていること等が明らかになっており、同資料③、④、⑤による佐竹氏へのメールによる意見照会では、極めて短時間のうちに、ごく簡単な内容によるやり取りがなされているのみで、佐竹氏の回答も結局、あくまでも「長期評価」に基づいて日本海溝沿いで津波地震がどこでも起こりうるかどうかは、「よくわからない」との個人的見解を述べるにとどまることが明らかになっている。さらに、同資料⑥では、一審被告東電の担当者がこの佐竹氏の意見の重要な部分を省いて、さらに事実と異なる内容で口頭で保安院に報告していること、保安院がそれ以上の報告も求めず即座に報告を了承し、また自ら組織的に専門的な調査や検討した事実が全くないこと等が明らかになっているのである。

（3）保安院の対応は予見義務に反し規制庁の任務を放棄したに等しいこと

以上、川原陳述書に添付された一審被告東電担当者のメールの内容からは、保安院において、「長期評価」の津波地震の想定に対して、福島第一原発の津波防護に関して具体的な対策を基礎づけるものとしては考慮する必要はないと判断された過程が、原子炉施設の安全規制の任にあたる規制庁又は公務員の対応として、目に余るざさんなものであることが示されている。

以下、保安院の対応が著しく不合理であり、津波に対する予見義務及び結果回避義務

を果たしたものは到底評価できないことを整理する。

- ① 「津波評価技術」に基づく既往最大の想定で足り、福島県沖に津波地震を想定する必要はないと判断していた一審被告東電、保安院としても、一審被告国自身の機関である地震調査研究推進本部が、「長期評価」において「日本海溝寄りのどこでも津波地震が起り得る」との判断をした以上、その判断を基礎づける地震学上の知見の確認が必要なことは一審被告東電、保安院の共通認識であったこと（少なくとも、8月5日、6日の時点では、一審被告東電・保安院の双方にとって「宿題」であることは自覚されていた。）。
- ② 保安院は、自ら地震調査研究推進本部に「長期評価」を基礎づける知見の根拠の確認をすることもなく、被規制者である一審被告東電に対して、その根拠の確認を「宿題」とした（いわば警察官が交通規制の要否を自動車運転手に確認するようなものであり、規制権限を有する者が規制の要否を被規制者に確認するという本末転倒ぶりである。）。
- ③ 一審被告東電は、海溝型分科会の委員であった佐竹氏に、突然のメールで、個人的な意見照会を行い、佐竹氏はこれに対して、即座に個人的な見解を極めて短いメールで応答したにすぎないのであり、詳細な説明とは程遠く、地震調査研究推進本部における長時間、多数の専門家が議論を尽くし、分科会、部会、委員会という多層的な検討の場を経た判断とはその精粗に雲泥の差がある。
- ④ しかも、一審被告東電担当者は、佐竹氏が「長期評価」の判断の根拠として説明した重要な3点の指摘を脱落させて、かつ佐竹氏が「日本海溝寄りのどこでも津波地震が起り得る」という「長期評価」の結論自体に異論を述べたかのように誤った説明を行った。それも、他のテーマでのヒアリングの終了後の立ち話（口頭報告）に過ぎない。
- ⑤ 保安院側は、審査官でもない係官に留まる野田が、一審被告東電側の、重要部分を脱落させて、佐竹氏の異論部分を誤って伝えた口頭報告を聞いて、慎重な検討を経ることもなく「そうですか。分かりました。」として、「長期評価」を原子炉の津波に対

する安全規制において考慮しないという極めて重要な判断がなされた（一連の経過を見れば、より正しくは、「権限を有するものが正規の決定をした」とも評価できず、なし崩し的に規制対象としないという対応がとられるに至ったというに過ぎない。）。

- ⑥ しかも、「長期評価」を津波想定的基础にしないという判断プロセスを示す記録自体を保安院は保管しておらず、責任者である川原自身も記憶がなくなっており、かろうじて一審被告東電担当者が保管していたメールに沿って事実コメントをすることしかできないという状態である。

一審被告国は、保安院において、長期評価が公表された直後に、一審被告東電に対し、長期評価の見解を踏まえても安全性が確保されているか否かの説明を求めその結果、理学的に成熟性が低いため、直ちに規制に反映すべき知見ではないと判断したとして、あたかも予見義務を尽くしたかのような主張を行っているが、これは、上記メールの内容からすれば、黒を白というに等しいものである。

このことは、一審被告東電が2008（平成20）年3月に実施した他の電力会社との会合において、福島第一原発に対し「長期評価」の知見を取り入れざるを得ない状況にあるとした上で（この取り入れるとの意味は、決定論としてであり、確率論的評価が確立したからではない）、これまでの津波対応については「2002（平成14）年頃に国からの検討要請があり、結論を引き延ばしてきた経緯もある」として、率直に、前記の保安院に対する説明を結論の「引き延ばし」と評価していることから明らかであり、知見の成熟性や確率論的評価など関係なく、単に対策の先送りをすることで、予見義務の履行を怠ってきたことを自認していることから裏付けられるものである（甲ロ210）。

2 現実にも確率論的安全評価手法に基づく対策は一切なされていない

一審被告国は、「長期評価の見解」については、安全規制としての決定論的安全評価には取り入れず「確率論によって評価する」ことに合理性があったと主張するが、そもそも、（こうした方針を決定したとされる）「長期評価」公表の直後の時点（2002〔平

成14]年)はおろか、それから8年以上が経過した本件事故(2011[平成23]年)に至るまで、津波の確率論的安全評価は、手法の研究段階に留まっていたものである。

すなわち、津波に対して、確率論的安全評価の手法に基づいて、実際の防護措置や法規制が実施されるめどは全く立っていなかったのであり、「確率論によって評価する」という対応は、要するに、評価方法についての学術的・技術的な研究を進めるということの意味するに留まるのであり、およそ実効性ある安全対策を行ったといえるものではない。

以上より、「津波対策を確率論(安全評価手法)によって評価する」といっても、本件事故に至るまで、その手法自体の研究段階に留まっていたことからすれば、確率論的安全評価手法によって、津波に対する実際の防護措置や法規制が実施されるめどは全く立っていなかったのであり、「確率論で評価する」という対応は、要するに、何らの対応も行わない(具体的な防護措置や法規制に基づく安全対策を放棄する)というに等しいことを意味するものである³。

そして、現実にも確率論的安全評価手法に基づく対策は一切なされていない。

この点については、一審被告東電と日本原子力発電株式会社が、2008(平成16)年11月19日に耐震バックチェックへの対応について協議した情報連絡会において、一審被告東電側の津波対策担当者として出席した高尾誠氏は、自身が決定に関与した「確率論で取り扱う」という対応方針について、「これまで推本の震源領域(「長期評価」の津波地震の想定のこと。引用注)は、確立論^{ママ}で議論するということで説明してきているが、この扱いをどうするかが非常に悩ましい(確率論で評価することは実質評価しないということ)」と率直に報告している(甲口207)。

実際の経過に照らしても、「長期評価」を「確率論的手法の中に取り込む」とした一審

³ 東電事故調査報告書(乙イ2の1・20頁)では、「津波の確率論的評価手法は、土木学会で平成18～20年度も引き続き検討(貞観津波の波源もこの中で確率論的に扱われた)されており、今回の震災発生時点でも、津波の評価手法として用いられるまでには至っておらず、試行的な解析の域を出ていない」とされている。首藤意見書(丙口111・22頁も同旨)

被告東電も一審被告国も、「長期評価」の見解については、確率論的安全評価の津波ハザード解析の一分岐として扱ったことを除いては、「長期評価」に対しては一切の対策を講じることはなかったのである。こうした事実は、一審被告国が新たに展開するにいたった、『長期評価の見解』を確率論的安全評価の中で取り入れる判断をした」という主張が、安全性向上に向けての内実を伴わないものであることを、事実をもって証明しているものである。

3 「確率論的手法に取り込む」ことは安全性の確保に資するものではないこと

一審被告国は、保安院が、「長期評価の見解」を決定論的評価に基づく規制には取り入れず、確率論的手法の中に取り込むことにより、「長期評価の見解」が示すリスクの程度を踏まえた規制判断の参考とする対応としたことは、当時の理学的・工学的知見に照らして合理性を有していたと主張する。

しかし、一審被告国が追認した一審被告東電の対応は、既にみたように、第2期以降の津波評価部会において、津波の確率論的安全評価の手法の確立に向けての調査・研究に伴う確率論的津波ハザード研究の試行（その実例がマイアミ論文（甲ロ26, 27）である。）に際して、「長期評価」の見解を、ロジックツリーの重みづけのためのアンケートに際して一つの分岐として取り扱うということを意味するに過ぎない。

「長期評価」の津波地震の知見を手法確立のための試行的調査の「素材」に取り上げることは、将来に向けての確率論的安全評価の手法の確立の助けにはなるとしても、「長期評価」が示す「今後30年以内の発生確率は6%程度」という福島県沖の津波地震による福島第一原発のリスクを低減させる効果には直接には結び付かないものである。よって、「長期評価」の見解を確率論的手法に取り入れたとの一審被告国の主張は、経済産業大臣（保安院）の規制権限不行使の合理性を基礎づけるものとは到底評価されない。

第9 原子力規制委員会委員長も確率論的安全評価のもつ本質的限界を指摘する

1 「解析結果の不確定性」と「完全性の問題」は永久につきまとう

確率論的安全評価が本質的に持つ限界として、「解析結果の不確定性」と「完全性の問題」があることは前述したとおりである。この点に関し、佐藤一男氏と更田豊志氏の意見を以下に掲げておく

2 佐藤一男氏（元原子力安全委員会委員長）の意見

佐藤一男氏は、1957（昭和32）年に日本原子力研究所（現在は日本原子力研究開発機構）に入所し、理事等を経て、1993（平成5）年、原子力安全委員会委員となり、1998（平成10）年に原子力安全委員会委員長に就任した。佐藤一男氏は、1988（昭和63）年に発行した書籍「原子力の安全を考える」（甲ハ84）の中において、「確率の不確実さ」の項で、「確率論的評価の不確実性の原因の一つは使用しているデータの不確実性です。たとえば、ある機器が故障する確率は、同じ、あるいは類似した機器のこれまでの故障の統計などから推定されます。統計というものは、十分に大きなサンプル数がないと、統計誤差は原理的に避けられません。また、これらの統計に含まれる故障にしても、故障発生時の条件が同じかどうかの問題もあります」，「次に考えられる不確実性の原因は、取り扱っている現象そのものに対する、我々の知識が十分でないことによるものです。…例えばどろどろに融けた炉心と水が接触した時に、蒸気爆発が起こるかどうかは、解析の結果に大きな影響を与えます。この問題は、WASH-1400の頃から認識されてきたのですが、小規模な体系についてはかなり研究が進んできたものの、何十トンあるいはそれ以上というような大規模な体系では、まだ不確実性が残っています」と述べている（99～101頁）。また、「確率論的評価の完全性」の項では、「大切なシーケンスをすべて取り込んだか、という問題は、しばしば『完全性の問題』と呼ばれます。原子力発電所の総合的リスク評価の最初の試みであったWASH-1400のドラフトが公表されたのは1974年のことでした。ドラフトに対するコメントが締め切られる前に、ブラウズフェリー発電所で火災が発生しましたが、このような事象をドラフトでは正し

く取り上げていないのではないかという、かなり手厳しい批判がなされたものです。

…もう一つ実例をあげましょう。TMI事故の後で、アメリカの原子力規制委員会（NRC）の主導のもとにいくつかの原子力発電所のリスク評価がなされました。この時の評価は、解析の深さ、手法などが必ずしも統一がとれておらず、相互比較をしてもあまり意味のないものだったのですが、それでもある発電所の解析では、地震の際に制御室の天井が落ちこちるのが大きくリスクに寄与していたのに対し、他のある発電所では、地震等の外部事象は全く考慮していない解析もあつたりしました」と記載している（102～105頁）。

3 更田豊志氏（現・原子力規制委員会委員長）の就任記者会見での発言

上記指摘は1988（昭和63）年のものであるが、現在でも「解析結果の不確実性」と「完全性の問題」は、当然のことながら解決されていない。

更田豊志氏は、1987（昭和62）年に日本原子力研究所（現在は日本原子力研究開発機構）に入所し、同機構・安全研究センター副センター長等を経て、2012（平成24）9月19日、原子力規制委員会委員となり、2017（平成29）年9月22日に原子力規制委員会委員長（任期5年）に就任した機械物理工学者であるが、委員長就任時の記者会見で、「安全目標や安全性について積み残しと考えておられるのはどんなことか」との質問に対して、以下のように回答している（原子力規制委員会ホームページ・記者会見録より）。

「冒頭に安全目標の位置づけについてお話をしますけれども、おっしゃっている安全目標が数値的な、具体的な、定量的安全目標だと理解してよろしいですか。定量的な安全目標にしても、これを数値的に比較をして、○だとか、×だとか、△だとかつけるものでは、安全目標というものはそもそもそういったものではないですし、安全目標をそういうふうに応用している国は世界中にどこにもありません。安全目標は言葉どおり安全目標であつて、そこを目指して行うもの。定量的な安全目標は何と比較するかといえ

ば、当然、確率論的なリスク評価の結果と比較することになるわけですが、確率

論的リスク評価には二つの大きな忘れてはいけないことがあって、一つは不完全さ、もう一つは不確かさです。不完全さの方はあまり語られないのですけれども、ざっくり行ってしまうと、考えていないことは含まれない。人間が思いついていなかったような損傷モードであるとか、故障であるとか、ミスであるとかは、考慮に入っていないものは結果にあらわれてこない。こういった不完全さを確率論的リスク評価というのは、本質的に持っている。もう一つは、不確かさ。桁でちがうような不確かさはどうしてもつきまといまいます。確率論的リスク評価の結果と言っても、例えば、考慮していないものは入らないというのは、安全目標と、さて何を比較しようかといったときに、確率論的リスク評価の結果は、例えば、確率で考慮できていないハザードの結果は含むことはできません。現時点の技術で言えば、ランダム故障や人的な過誤、地震、ぎりぎり津波までであって、火山を定量的なリスク評価出来ているわけではない。さらに言えば、安全目標と比較する対象とするかしないかは別として人的な行為によるリスクは一切含まれていません。というのは、人的なものによるリスクは確率で表現しようがないからです。ですから、安全目標には、そういった意味では、山のように積み残しがあると言ってもいいです。むしろ確率論的リスク評価というものに山のような積み残しがあります。ただし安全目標のような議論は常に一定程度議論を続けていかなければならないというのは事実だと思っています。来年、再来年、5年以内にならぬと言った性格のものではないけれども、常に安全目標に対する議論を深めておくことはよいことだろうと思っています」

4 津波確率論的リスク評価はほぼ永久に研究途上である

更田氏は、「現時点の技術で言えば、ランダム故障や人的な過誤、地震、ぎりぎり津波まで」という。確かに、津波PRAについては、原子力学会の津波PRA学会標準は原子力規制委員会によるエンドースを受けており、これに基づき審査は行われている。しかしながら、既に何回も述べたとおり、外部事象の中でも、地震は発生頻度が低く、津波は更に発生頻度が少ない。津波PRAを行った場合でも、「完全性の問題」は永久

に残り、「不確実性」は解析結果の桁が違うほどのものとして付きまとう。

確率論的ハザード解析は、それ自体が目的ではなく、あくまでも、対策をたてるかどうかの意思決定及び規制の意思決定のための手段であるのに、「ほぼ永久に研究中」というのでは、対策をたてるための意思決定の手段とはならない。

第10 まとめ

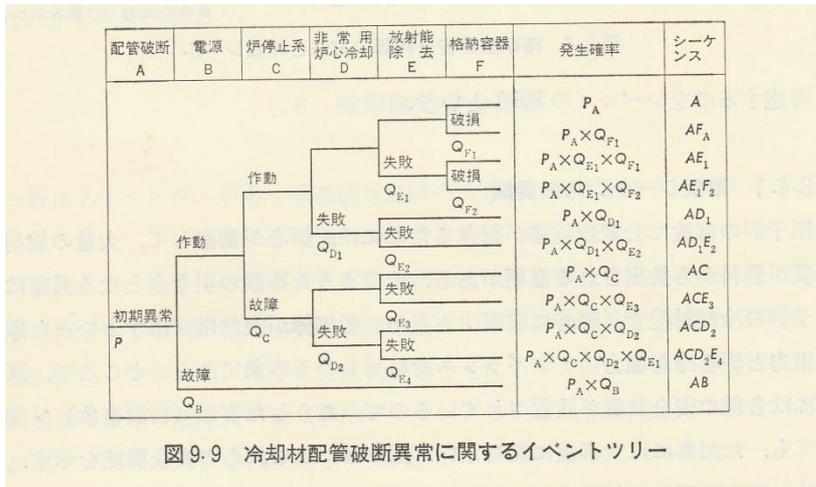
- 1 確率論的リスク評価は、炉心が重大な損傷を受ける確率を推定するために、できるだけ体系的・包括的に「起因事象」を分類し、それぞれに対して、「原子炉停止系は働いたか」→「非常用炉心冷却装置は働いたか」→「放射能除去系は働いたか」→「格納容器は機能したか」などと、順次、枝分かれするイベントツリーをつくり、それぞれの分岐で故障確率などを計算していく手法である。事故形態や事故シーケンスはほとんど無限にあり、考慮していないものは組み込まれないので「完全性の問題」は付きまとう。また、起因事象として自然現象を取り扱う場合、理論的な予想をすることは原理的に不可能である。とりわけ地震は低頻度で過去のデータが少ない。津波はもっと低頻度で更にデータが少ない。構造物・系統・機器の脆弱性（フラジリティ）を評価し損傷確率を表すにはデータが少ない。確率で考慮できていないものは含まれないので、確率論的リスク評価と言っても、やりかたによって桁が一桁も二桁も違う結果が出るのであり「不確実性」は本質的に付きまとう。
- 2 原子炉施設の安全規制においては、あらかじめ定められた設計基準事象を「おこるもの」として評価し、構造物・系統・機器が頑強であるかどうか、非常用炉心冷却装置のような工学的安全設備は期待通りに働くかどうか、を単一故障指針のもとで評価する。
- 3 地震調査研究推進本部が公表した「長期評価」をもとに計算した津波高さに対する津波対策を行うことは、計算した津波を、省令62号4条1項の想定すべき津波として「決定論的」に取扱うべき津波とすることを意味する。

「長期評価」の知見は、規制権限の行使を義務付ける程度に客観的かつ合理的根拠を有する知見であり、その信頼性を疑うべき事情は存在しない以上、一審被告国は、同省令62号4条1項に基づき規制権限を行使する義務（結果回避義務）を負っていたものである。

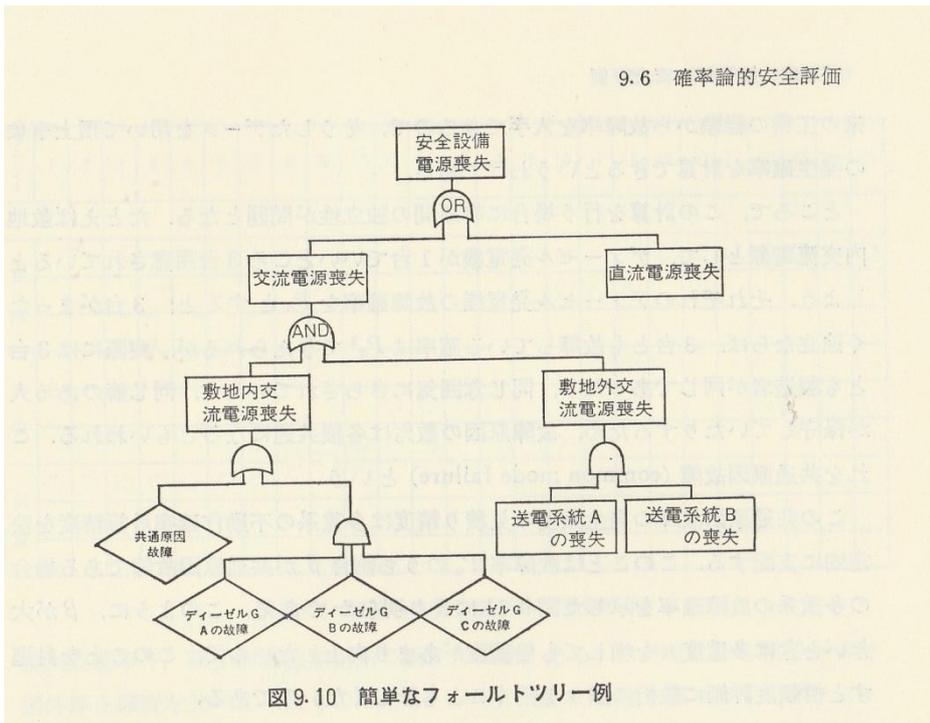
4 確率論的リスク評価は本質的に大きな問題を抱えていること、その手法が未だに未確立であり、ほぼ永久的に研究段階に留まるという状況からすれば、一審被告東電と東海第二原発を抱える日本原電が、2008（平成16）年11月19日に耐震バックチェックへの対応について協議した情報連絡会において、一審被告東電側の津波対策担当者として出席した高尾誠氏が、「確率論で取り扱う」という対応方針について、「確率論で評価するということは実質評価しないということ」と率直に報告している（甲ロ207）ように、「長期評価を確率論的安全評価に取り込む」ことは津波対策をしないことと同義となる。

5 一審被告国の主張は、長期評価が公表された当時から、津波の問題を安全規制の対象から除外し、実際に何らの対策も取っていなかったことを自認するものに他ならない。したがって、このような一審被告国の予見義務・回避義務の懈怠は、著しく合理性を欠くものと評価すべきものである。

以上

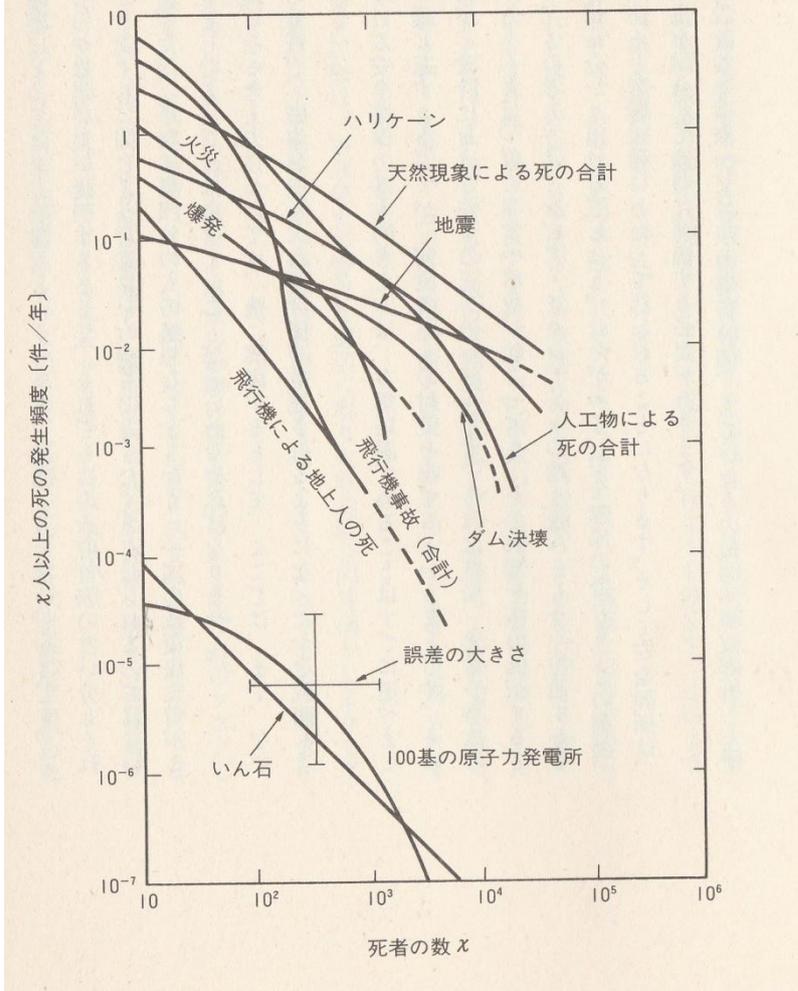


(図 1 イベントツリー)



(図 2 フォールトツリー)

原子力発電所のもたらすリスクと
社会に存在するほかのリスクとの比較—WASH-1400の評価結果



(図3 WASH-1400 の評価)