

原発 PSA（確率論的安全評価）の虚構*

Ver.2 2012/03/08

永井 宏幸

行政機関・専門家は、日本の原発は安全に設計されているので事故は絶対に起こらないし、確率論的安全評価によっても公衆の原発事故死亡確率は無視できると主張してきた。

◆「原子力発電はどれくらい安全か」,2005

「確率論的リスク評価手法を用いて、わが国の原子力発電所における配管破断、機器故障の実績および人間の作業ミスなどの実情を基にして炉心損傷頻度を評価している。そして炉心損傷事故の頻度は炉・年あたり 1×10^{-7} 以下と評価されている」

「炉心損傷事故によって最も高い放射線被ばくをするグループでも、リスクが自動車事故と同程度であるので、事故発生頻度を考えると、原子力発電所の安全性は自動車事故よりも一万倍以上安全であることになる」

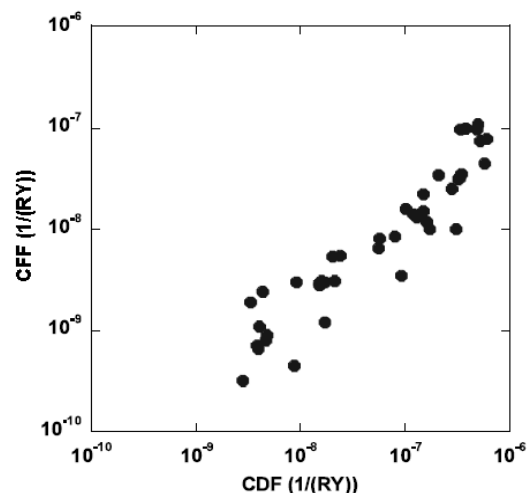
「過去に炉心損傷事故を起こした米国のスリー・マイル島原発、旧ソ連のチェルノブイリ原発はわが国の原子力発電所とは安全設計の異なるものであって、わが国の原子力発電所の炉心損傷事故頻度の参考になるものではない」

➤「原子力発電はどれくらい安全か」、村主進、原子力システムニュース Vol.15, No.4(2005.3)¹

◆「連載講座 軽水炉の確率論的安全評価(PSA)入門」,2006

「電気事業者が評価した日本の既設 52 基の炉心損傷頻度と格納容器破損頻度を第 6 図にまとめて示す」「日本の原子炉施設の炉心損傷頻度(CDF)は 10^{-6} /炉年よりも小さく、また、格納容器破損頻度(CFF)は 10^{-7} /炉年よりも小さい。これらは、欧米諸国の PSA と比べても小さい」

➤「連載講座 軽水炉の確率論的安全評価(PSA)入門第 5 回内的事象レベル 2PSA」,梶本光廣(原子力安全機構)、日本原子力学会, Vol.48, No.3, 2006.²



原子炉施設ごとの炉心損傷頻度とそれに対応する格納容器破損頻度

第 6 図 日本の既設52基の炉心損傷頻度および格納容器破損頻度

◆「原子力委員会長期計画策定会議第二分科会資料」,1999

「一般に我々は年間百万分の1程度のリスクになると気にしなくなると言われるが、それは自然災害や不慮の感電による死、動物による刺傷等のレベルである。(原研の研究によれば、)原子力発電所の炉心損傷の発生率は 10^{-4} から 10^{-6} の領域、

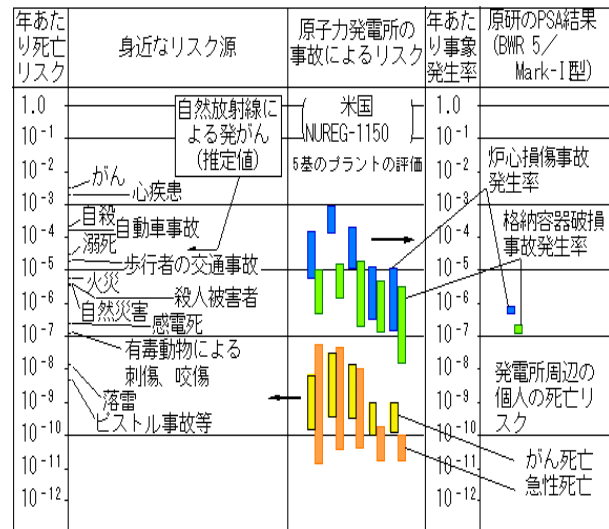
周辺公衆の死亡リスクは 10^{-7} より大幅に低い領域」にある、「リスク評価の結果は、評価に含まれない事象があること、解析モデルに不確実さがあること等を考慮して解釈する必要があるが、エネルギー源選択や安全に関する議論の材料

* ファイル所在 URL: <http://nova.phys.kyusan-u.ac.jp/~physics/siry069.pdf>

として利用し得る。これまでのリスク評価結果は、原子力のリスクが他の身近なリスク要因と比較して極めて小さいことを示している」

- 「リスク評価の現状」(日本原子力研究所原子力委員会 長期計画策定会議第二分科会) 飛岡利明、平成 11 年 10 月 22 日、11 月 17 日訂正³

1975 年、ラスムッセンらは、開発した PRA 解析法を用いて原発事故による国民の死亡確率は 50 億分の 1 であるとする結論を NRC に報告した。この結論と用いた方法論は多くの科学者の批判をわきおこした。とくに地震などによる外因による事故発生確率が小さいとしたことについて強い批判があった。



◆ ラスムッセン報告書・WASH-1400(1975 年)

米国の軽水型原発の事故被害をはじめて数値的に予測したものであった。予測には fault-tree/event-tree 分析法が採用されノードの分岐確率を部品の故障データベースと専門家の意見とで決めるという方法がとられた。この手法は PRA または PSA (確率論的安全評価) と呼ばれている。報告書は 3,000 ページにもものぼり専門家でもフォローをためらう長大なものだが、Executive Summary で 原発事故による米国民一人あたりの死亡確率が 2×10^{-10} / 年 となると予測値を明らかにした。

- wikipedia:wash-1400⁴
- Reactor safety study. An assessment of accident risks in U. S. commercial nuclear power plants. Executive summary: main report. [PWR and BWR]⁵

TABLE 1-1 AVERAGE RISK OF FATALITY BY VARIOUS CAUSES

Accident Type	Total Number	Individual Chance per Year
Motor Vehicle	55,791	1 in 4,000
Falls	17,827	1 in 10,000
Fires and Hot Substances	7,451	1 in 25,000
Drowning	6,181	1 in 30,000
Firearms	2,309	1 in 100,000
Air Travel	1,778	1 in 100,000
Falling Objects	1,271	1 in 160,000
Electrocution	1,148	1 in 160,000
Lightning	160	1 in 2,000,000
Tornadoes	91	1 in 2,500,000
Hurricanes	93	1 in 2,500,000
All Accidents	111,992	1 in 1,600
Nuclear Reactor Accidents (100 plants)	-	1 in 5,000,000,000

◆ WASH-1400 への批判(1975,1978 年)

APSもこれと同じ時期に原子炉の安全性について取り上げていた。Lewisを中心とする study group が設置され、同じ 1975 年に報告書が APS に提出、RMP に掲載されている。その論文では、ドラフト段階での WASH-1400 について、その死亡確率は事故発生後 24 時間の死亡に限って計算していること、common cause failure (地震などの外因による事故) について考慮されていないことなどを挙げて、信頼性に欠けることを指摘している。

米議会は研究者・専門家のヒアリングを行ない、NRC は Lewis らの専門家にピアレビューを依頼した。このレビュー委

員会は、1978 年に、WASH-1400 の予測値は誤差幅が WASH-1400 の主張するよりはるかに大きいものである、また、その Executive Summary は研究の内容を正しく反映するものになっておらず結果だけが誤用される恐れがあるとする報告書を NRC に提出した。また地震に関しては、「RSS が地震による炉心溶融リスクが小さいとする理由は、深刻な地震が原発立地場所で起きる確率が小さいことと、原発は地震のダメージを受けないように設計・建設がなされており、地震ストレスが原発事故を引き起こす確率が小さいことを挙げている」「(しかし) 地震の震源メカニズムとスペクトルについて十分わかっていない。地震の危険にもっと注目すべきである。とくに大地震が直近断層の点震源であると仮定するのは明らかな間違いである」ことを指摘している。NRC は 1979 年、これを受けて結局 WASH1400 の Executive Summary の支持を撤回した。

➤ Wikipedia:WASH-1400⁶

➤ Report to the American Physical Society by the study group on light-water reactor safety, Lewis et al., Rev. Mod. Phys. 47, S1-S123 (1975) ⁷

➤ Risk assessment review group report to the U.S. nuclear regulatory commission, Lewis,1978.⁸

こうした批判は日（米）の行政機関・専門家から無視または歪曲され、内的事象 PSA のみが「整備」されこれですべてを管理できるかのように行動した。

◆ 平成 2 年原子力白書(1990)

WASH-1400 は昭和 50 年 10 月に最終報告書となったが、多くの批判に応えるため、米国原子力規制委員会(NRC) は WASH-1400 を正しく理解する上での問題点などについてこれを再評価し、「ルイス報告」として昭和 53 年に発表した。そこでは、WASH-1400 の評価手法の骨格を認めた上、PSA の数量的評価の絶対値については不確定要素が多いが、事故の相対的評価に大きな意義があったとした。

➤ 平成 2 年原子力白書⁹

◆ 「原子力安全研究のあゆみ」、原子力安全研究協会理事長佐藤一男(2005)

「(NRC は) 1978 年 3 月には、WASH-1400 のいくつかの技術的問題点を理由として、確率論的安全評価に対して極めて否定的な政策声明を発表した。このような混乱に終止符を打たせたのが、この政策声明の 1 年後の 1979 年 3 月に発生したスリーマイルアイランド発電所の事故であった」

➤ 「放射線教育」Vol.9, No.1, p75-82, 2005.¹⁰

◆ 「リスク情報の活用分野と安全規制への影響に係る検討」、原子力安全基盤機構,(2006.6)

1978 年 9 月にルイスグループの報告(通称「ルイス報告」)が出され、その中では WASH-1400 の問題点を指摘しつつも、フォールトツリー／イベントツリー解析手法は有効であり、PRA 手法の利用を推奨したものであった。しかし、ルイス報告を受けた NRC は、WASH-1400 への支持を撤回するとして NRC 声明(1979 年 1 月)を公表したため、PRA 手法は有用ではないという誤解を公衆に与え、PRA 技術の開発と利用拡大の動きは一時後退することになった。

➤ 「リスク情報の活用分野と安全規制への影響に係る検討」、原子力安全基盤機構,2006 年 6 月¹¹

2005 年頃、新活断層の発見・チリ津波の経験などを契機に地震・津波に対する原発の安全対策の問題が裁判・国会などで取り上げられ、地震・津波対策を抜本的に見直すチャンスがあった。しかし電力会社・国の意向によって耐震設計審査指針のお座なりな改訂だけの結果に終わった。

2005 年 2 月、議院予算委員会公聴会で石橋克彦教授が巨大地震による原発事故の可能性を指摘し古いものから廃炉するよう強く警告した。

2006 年 3 月、金沢地裁は住民の志賀原発 2 号機の運転差し止めの訴えを認め、国側が敗訴した。「耐震設計に妥当性に欠けるところがないとは即断できない」「原告らの立証に対する被告の反証は成功していない」

2006 年 6 月、中国電力は島根原発 3 号炉の建設計画で周辺に大きな活断層はないとの調査結果を提出していたが、巨大活断層が存在することが独自の調査から明らかになった。原子力委員会の耐震指針検討分科会で石橋克彦委員が新事実を指針に反映させるべきであると主張したが取り上げられないため委員を辞任して抗議した。中国電力は 2008 年になってこの活断層の存在を認めた。

- 「原発訴訟」海渡雄一、岩波新書、2011
- NHK E テレ特集「シリーズ大震災発掘 第1回 埋もれた警告」,2011.12.11.¹²
- (再放送)NHK E テレ特集「シリーズ大震災発掘 第1回 埋もれた警告」2012.1.4(水)午前 1 時

◆ 耐震設計審査指針の改訂(2006 年 9 月)

原子力安全委員会は 2006 年に耐震設計審査指針のマイナーチェンジを行った。主な改定内容は

1. 活断層の活動性評価期間について、5 万年前以降としていたものを後期更新世(13~12 万年前)以降の活動が否定できないものに拡張し個別に評価する。
2. 経験式に基づく応答スペクトルを用いた評価手法に加え、シミュレーション評価法「断層モデル」を取り入れる。
3. マグニチュード 6.5 の直下地震を想定していたが、内陸地殻内の地震についてはより厳しい地震動を策定する。
4. 鉛直方向の地震動を一律水平方向の 2 分の 1 としていたが、個別に評価する。
5. 残余のリスク*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とするとともに、基準地震動に対する超過確率を安全審査において参照することを求めるなど、確率論的安全評価手法の導入に向けた取組みを進める。

* 残余のリスクは「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分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とのリスク」とされている。

- 「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」、2006 年 9 月 19 日 原子力安全委員会^{13, 14}

裁判官も「専門家」の証言を採用して安全性確保は十分であると判断した。

2007 年 10 月、静岡地裁判決は中部電力の主張を認め住民の運転差し止め請求を棄却した。中部電力側から班目春樹が全電源喪失の可能性を真剣に考える必要はないと証言した。

「非常用ディーゼル発電機2台が動かないという事例が発見された場合には、多分、保安院にも特別委員会ができて、この問題について真剣に考え出します。事例があったら教えてください」「ただ今みたいに抽象的に、あれも起こって、これも起こって、これも起こって、だから地震だったら大変なことになるんだからという、抽象的なことを言われた場合には、お答えのしようがありません」

➤ 静岡地裁証言記録¹⁵

静岡地方裁判所は住民訴えを退け地震に対する安全審査は十分であると判断した。(宮岡章裁判長・男澤聡子裁判官・戸室壮太郎裁判官)。現在高等裁判所に上訴中。

「(地震について)確かに、我々が知り得る歴史上の事象は限られており、安政東海地震又は宝永東海地震の歴史上の南海トラフ沿いのプレート境界型地震の中で最大の地震でない可能性を全く否定することまではできない」「しかし、このような抽象的な可能性の域を出ない巨大地震を国の施策上むやみに考慮することは避けなければならない」「全体として本件原子炉施設の安全性が確保されるのであれば、安全評価審査指針が定めるように、安全設計審査指針に基づいて別途設計上の考慮がされることを前提に、内部事象としての異常事態について単一故障の仮定による安全評価をするという方法をとることも、それ自体として不合理ではない。そして、原子炉施設においては、安全評価審査指針に基づく安全評価とは別に耐震設計審査指針等の基準を満たすことが要請され、その基準を満たしていれば安全上重要な施設が同時に複数故障するということはおおよそ考えられないのであるから、安全評価の過程においてまで地震発生を共通原因とした故障の仮定をする必要は認められず、内部事象としての異常事態について単一故障の仮定をすれば十分であると認められる。したがって、原告らが主張するようなシュラウドの分離、複数の再循環配管破断の同時発生、複数の主蒸気管の同時破断、停電時非常用ディーゼル発電機の2台同時起動失敗等の複数同時故障を想定する必要はない。」

➤ 「判決書」、「第8回証人尋問傍聴報告」、浜岡原発とめよう裁判の会¹⁶

政府・専門家は地震・津波 PSA をやってこなかった。35 年間・・・

◆ 「福島原子力発電所等の事故の発生・進展」(首相官邸文書)

「2003 年に行われた PSR の見直しの際に、他の実施項目は原子炉等規制法に基づく保安規定の要求事項とされたが、PSA は事業者の任意事項として残され、原子力規制行政機関によるレビューは実施されなくなった」「原子力規制行政機関は、原子炉のリスクが小さく維持されていることを国民に代わって検査し、説明する使命に鑑みれば、事業者に対して、それぞれのプラントのリスクを外部事象も含めて評価させ、それに基づく適切なアクシデントマネジメントの整備を強制し、これを最新の知見を踏まえて見直し、充実させるべきであった」

➤ 「IV. 福島原子力発電所等の事故の発生・進展」¹⁷

◆ 2008 年、IAEA 専門家が日本政府に地震対策を警告

・2008 年 12 月、IAEA の専門家が日本政府に、日本の原発の安全ルールは時代遅れで、激しい地震がくれば原発に深刻な問題を生じかねないと指摘した。「日本の地震の安全基準はこの 35 年間にたった三回しか見直されておらず、IAEA は現在これを再検証しているところだ」、「最近のいくつかの地震は一部の原発の設計基準を超えている」。しかし日本政府はこの警告に対応してこなかった。

➤ ウィキリークスが暴露した外交公電(米大使館から本国あて)¹⁸

しかし地震 PSA は意味を持つのか。その基礎となる地震ハザード評価は専門家の多数意見で決める仕組みになっている。確率論的安全評価をその原点にかえて検討すべきである。数値だけが独り歩きする危険性を指摘した Lewis らの WASH-1400 批判は今も生きている。

◆ 地震 PSA

➤ 「地震ハザード評価の現状と課題 3」、防災科学技術研究所¹⁹

➤ 「平成 21 年度 地震に係る確率論的安全評価の改良＝BWR の事故シーケンスの試解析」、原子力安全基盤機構 (2010.12)²⁰

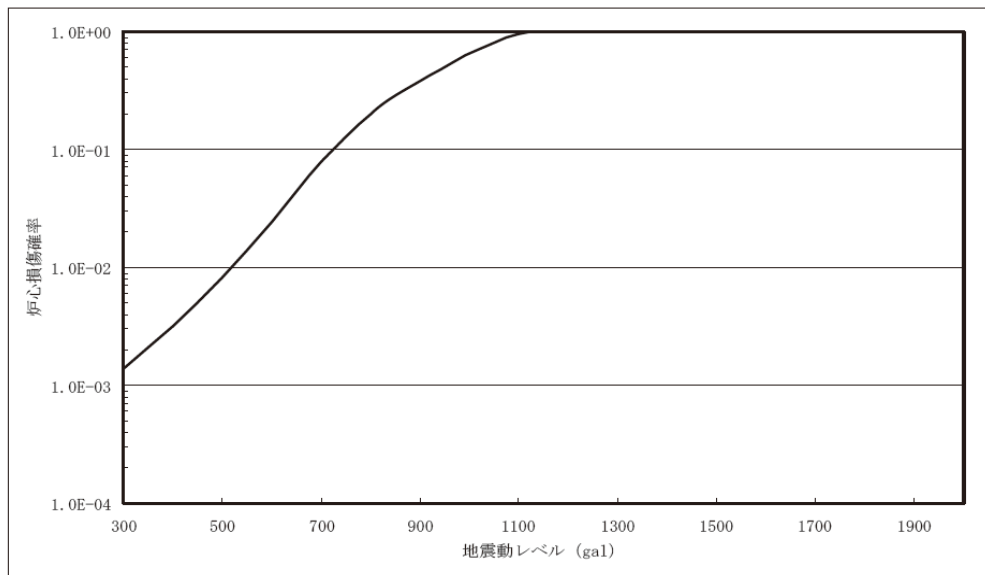


図 2.14 プラント損傷確率曲線 (BWR4、2000gal まで)

(注) 本試解析は、仮想的な地震ハザード及び fragility データに基づくものである。

1995 年 阪神大震災、神戸中央区大阪ガス 833gal

2007 年 新潟県中越沖地震 2,515.4gal, 柏崎刈羽原発事故.

2008 年 岩手・宮城内陸地震 (M7.2) 一関市内 上下動 3,866gal, 震源断層真上 4,022gal

➤ 以上の数値はネットの記事を参照。

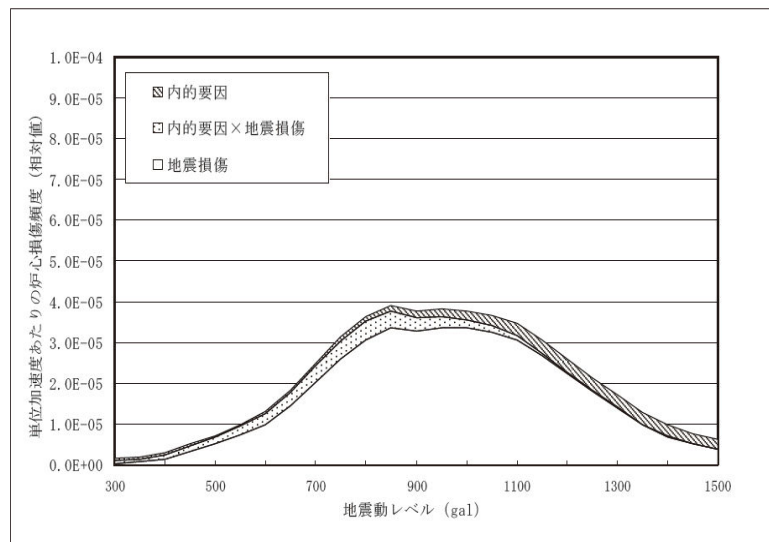


図 2.45 要因別の単位加速度あたりの炉心損傷頻度 (相対値)

(BWR4、サイト A、国内故障率、1500gal まで)

(注) 本試解析は、仮想的な地震ハザード及び fragility データに基づくものである。

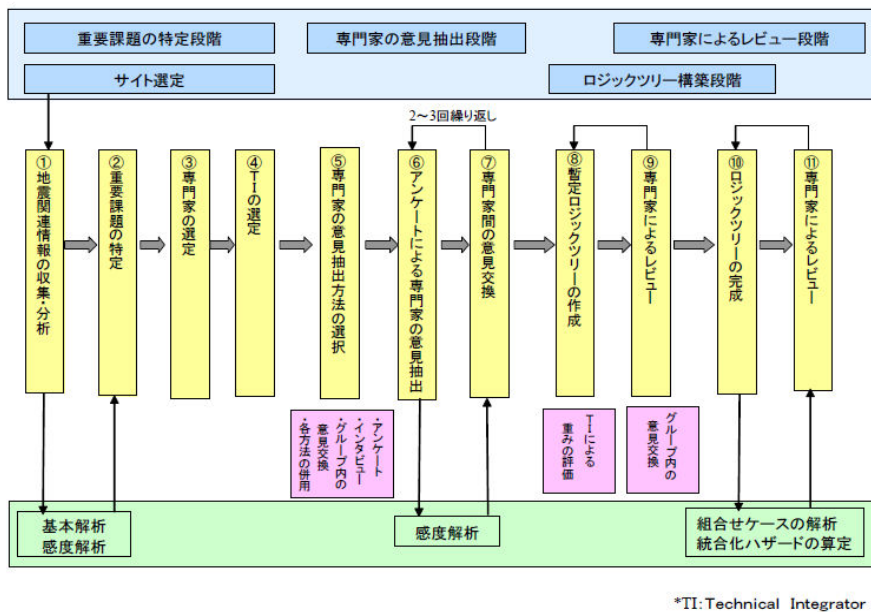


図 3.3.1 専門家意見の抽出・集約方法とロジックツリー作成手順

RCBA は金額をリスク比較の指標にとる。WASH-1400 では死亡者数を指標にした。安全評価の指標に何をとるかに
ついて欧米では活発な議論が起こっている。

◆「環境リスクと合理的意思決定—市民参加の哲学」、クリスティン・シュレーダー・フレッチェット

➤ 'Risk and Rationality', K.S. Shrader-Frechette, University of California Press, c1991 1991.²¹

リスク評価と政策決定に関し検討すべき課題を幅ひろく提示している。

- RCBA(Risk-Cost-Benefit Analysis)/PSA は科学であるか。
- Is the risk assessment Science, Objective or Subjective?
- Who makes the decision, Expert or Layperson?

◆ 小林 傳司(大阪大学コミュニケーションデザイン・センター)

第1回「英国 BSE 事件が問いかけるもの」

第2回「社会的意思決定はどう下すのか」

科学技術が不確実性を伴った見解しか出せないにもかかわらず、社会的に意思決定が求められるような「トランス・サイエンス」的状況について検討を行います。科学技術の専門家は「中立的」なのか？「科学に基づく判断」とはどういうことなのか？ 科学者に答えを求めても答えが分裂している場合、人々はどのような対応をすべきかを議論し、その上で、今回の福島第一原子力発電所事故で示された科学技術の不確実性をどのように理解すべきか、その課題は何かについて考えます。

第3回「想定外！？原発のリスクを考える」

『3月11日に立ち返った時、原子力発電所のリスク(地震、津波)はどこまで想定すべきだったのだろうか』。大震災および福島第一原発事故について第2回の講義で提示されたこの「問い」をもとに、「科学技術の不確実性」、「想定外」、「リスク」などをキーワードとした討議を行います。福島第一原発事故のリスクの要素を分析し、リスクマネジメントにどう繋げていくのかを探ります。

第4回「科学技術とどう向き合うべきか」

「国民的討議」とは具体的にはどのようなものなのか？ 国民・住民の意見はどうすれば反映させられるのか？ 現代社会の中で大きな役割を果たしている科学技術について、われわれはどのように関与していくべきか。大震災・原発事故を念頭に討議し、社会的意思決定の在り方を探ります。

➤ NHK「白熱教室」番組詳細²²

¹ <http://www.enup2.jp/newpage38.html>

² <http://wwwsoc.nii.ac.jp/aesj/publication/kiji/keisuiro/0608-35-42.pdf>

³ <http://www.aec.go.jp/jicst/NC/tyoki/bunka2/siryo2/siryo5.htm>

⁴ <http://en.wikipedia.org/wiki/WASH-1400>

⁵ http://www.osti.gov/energycitations/product.biblio.jsp?query_id=6&page=0&osti_id=7134131

⁶ <http://en.wikipedia.org/wiki/WASH-1400>

⁷ http://www.osti.gov/energycitations/product.biblio.jsp?query_id=6&page=0&osti_id=7134131

⁸ <http://www.osti.gov/bridge/servlets/purl/6489792-nii8Km/6489792.pdf>

⁹ <http://www.nsc.go.jp/hakusyo/H2/2-1-3.htm>

¹⁰ <http://www.enup2.jp/newpage41.html>

¹¹ <http://www.jnes.go.jp/content/000005997.pdf>

¹² <http://www.nhk.or.jp/etv21c/file/2011/1211.html>

¹³ <http://www.nsc.go.jp/shinsashishin/pdf/1/si004.pdf>

¹⁴ <http://www.atom.pref.fukui.jp/senmon/dai32kai/no1-1.pdf>

¹⁵ <http://cnic.jp/modules/news/article.php?storyid=558>

¹⁶ http://www.geocities.jp/ear_tn/

¹⁷ <http://www.kantei.go.jp/jp/topics/2011/pdf/04-accident.pdf>

¹⁸

<http://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/wikileaks/8384059/Japan-earthquake-Japan-warned-over-nuclear-plants-WikiLeaks-cables-show.html>

¹⁹ http://www.j-shis.bosai.go.jp/j-map/result/tn_258/html/pdf/3.pdf

²⁰ <http://www.jnes.go.jp/content/000117490.pdf>

²¹ <http://ark.cdlib.org/ark:/13030/ft3n39n8s1/>

²² <http://www.nhk.or.jp/hakunetsu/japan/lecture/111030.html>

追加(2012.3.8)

日本原子力学会・原子力教育・研究特別専門委員会は、「初等・中等教科書および学習指導要領におけるエネルギー・原子力の扱いに関する要望書(平成 17 年 8 月)」で、「中学校の理科で原子力の安全性について教える」の項目の中で次のような注文をつけた。

➤ 安全性を確率論的な数字で表したリスク評価では、例えば、我が国ではガンによる死亡が最も多くその年間死亡確率は約 2.5×10^{-3} (400 人に1人)、自殺、自動車事故による年間死亡確率は、それぞれ、約 2.5×10^{-4} (4,000 人に1人)、約 5×10^{-5} (20,000 人に1人)となっています。これらに比べて、原子力発電所のいろいろな事故の発生確率や事故の影響を評価した結果、年間死亡確率が 10^{-6} (百万人に1人)より十分小さいことが示されています。そこで、原子力施設の事故が起きる可能性を記載するだけでなく、原子力施設の安全性は高く、実際にはガン、自動車事故などよりもリスクが十分小さいことを併せて教えるべきであります。

これらの数値は WASH-1400 の方法を踏襲して得られたものであると思うが、この方法に数多くの問題があることはすでに述べたとおりである(たとえば地震などの外的原因によって重大事故が起こることはないとする)。ルイスレポートは、WASH-1400 が採用した前提を検証されことなく、計算結果だけが流布することの危険性を指摘した。米国規制当局が WASH-1400 の Executive Summary への支持を撤回した理由もここにあった。にもかかわらず、日本原子力学会が、その権威を利用して、「安全性を確率論的な数字で表したリスク評価」という一見「科学的」な言辞を用いて、児童に誤った理解を押しつけようとしていることは、恥すべき行為であるというほかない。