

福島原発震災における残余のリスク

～リスク評価の妥当性とその帰結～

○加部隆史 (NPO 安全工学研究所)

Residual Risk at the Atomcatastrophy in Fukushima

~ Validity and it's consequences~

Takashi Kabe, NPO The Safety Engineering Laboratory

キーワード：機械安全, 危険源, リスク評価, 残余のリスク, 第三者機関, イノベーション

Keywords: safety of machinery, hazard, risk evaluation, residual risk, third party organization, innovation

1. はじめに

2011年3月に、日本という工業先進国で起きた国際原子力事象評価尺度(INES-図1参照)で最悪のレベル7の過酷事故(SA)が起き、国際社会に波紋を投げかけた。安全技術の砦が破られ、原子力発電所(以下原発)周辺住民は避難を余儀なくされ、一瞬のうちに憲法で保障される、安全かつ健康で文化的な最低限の生活が奪われた。放射性物質によるガン等の危害はこれから表面化してくる。半年以上経過しても、連日この過酷事故につき報道が絶えることはなく、安全が守られないと、安心することが出来ずに、実際これだけ社会への重大な影響を及ぼす事は、想像を絶するものがある。科学技術の進歩による巨大システムによる危険社会(U. Beck)の到来により、我々は現在未来への責任(H. Jonas)をどのように全うしてゆくかが、問われている。唯一の原発被爆国である日本は、広島と長崎の悲劇を乗り越え、54基の原発をつくり、福島原発震災では加害者となっている。本稿では、リスク評価と残余のリスクという概念からこの過酷事故を検証する。

2. 過酷事故(SA)は工学的に起りえない?

2.1 過酷事故(SA)

1978年のスリーマイル島の事故を経て、1986年のチェルノブイリ事故等の惨事から、これまで原子炉の多重防護によりSAは起きないとされていた事が現実となり、より一層のリスク低減の必要性が発生した。1970年代にアメリカでは、従来の決定論手法に加え、イベント・ツリーやフォールト・ツリーを活用し確率論によるリスクの定量評価手法として原子力発電所の確率的な安全評価(Probabilistic Safety Assessment: PSA)が開発された。これはリスク情報を活用した安全規制とも呼ばれる。

日本では、原子力学会が、残余のリスクを評価する手法として2007年に地震PSAの実施基準を策定し、安全目標として、炉心損傷頻度(CDF)は 10^{-4} /年で、格納容器破損頻度(CFF)は 10^{-5} /年という性能目標が設定されていた。この様に、工学的に従来の決定論手法と確率論手法の組合せによるリスク低減の体系化が整備されていたにも関わらず、福島原発では、全交流電源喪失(station black out: SBO)により、本来の原子炉の冷却機能が働かず、原子炉冷却水損出事故(loss of coolant accident: LOCA)となり、最悪の炉心損傷事故となった。すなわち、確率論による評価結果を、必ずしも決定論によるリスク低減に反映出来ていなかったという事となる。

日本ではSBOは「想定外」と発表された。アメリカ原子力規制委員会(NRC)は、数十年前からSBOのリスク分析を実施しており、こ

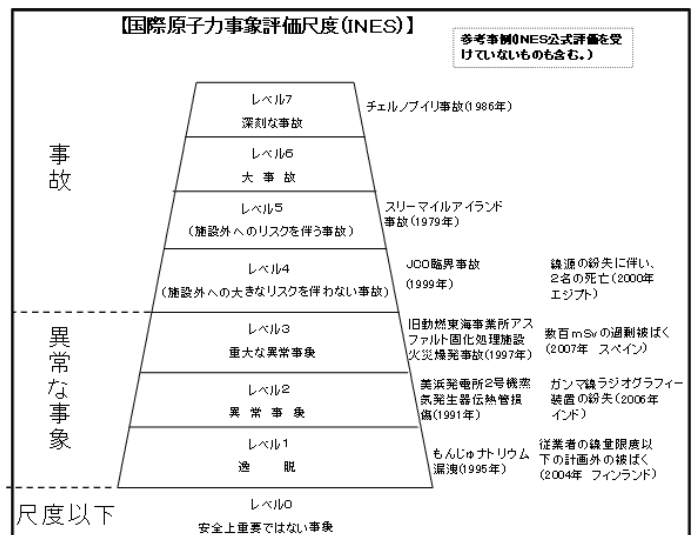


図1. INES (出展：文部科学省 HP)

れを規制対象としている(2011年3月31日付け朝日新聞：原発の全電源喪失、米は30年前に想定 安全規制に活用)。その後 NRC は SBO に伴うリスク分析報告書等を発表している。これらについては本文で引用は控えるが、国際原子力機関(IAEA)や NRC による多数の文献が存在する。科学および技術の水準(state of the art)としての SBO や LOCA, またその結果としてのメルトダウン(meltdown)そして、その因果関係により、人に危害をもたらす放射性物質の放出)をどうとらえるかが問われてくる。

2.2 アクシデント・マネジメント(AM)

1980年代の SA の惨事を基に、1990年代に世界的にアクシデント・マネジメント(AM) の整備が行われた。PSA 手法はアメリカでは1970年代から、ドイツ、イギリス、オランダ、韓国などでは1990年代からとりわけ新規プラントやプラント改造時に適用されている。日本では、シビアアクシデントは現実的に工学的に起こり得ないという見解があったが、更に安全性を高める意味から、1992年に原子力安全委員会が、発電用軽水型原子力施設におけるシビアアクシデント対策としてのアクシデントマネジメント(AM) を発表した。AM の内容は、実施体制－施設・設備の整備－知識ベース－通報連絡－教育・訓練等に亘り体系化された管理手法を通し安全性を高める事をねらいとしている。

しかしながら、日本においては SA の発生確率は、十分小さいので、規制措置は実施せず、各事業者が自主的に対応するという事になった。すなわち、CDF や CFF に関する性能目標は、法的な設計基準には反映されていなかったという事になる。

事故発生後間もなく、原子炉からのベントにより内部の圧力を逃がしたが、放射性物質は意図的に大気に放出された。SA を想定して原子炉設計をしている欧米諸国では、これをフィルタ機能等により放射性物質をそれなりに除去しているが、日本では SA は起こらないとの想定から、その対処はしておらず、内部の放射性物質は殆どそのまま大気放出された模様である。又、放射性物質が漏れる事を日本ではあまり想定していない為、事故直後に防護服も外国から急遽輸入した。日本で SA を想定しその予防策を講じる事をしていなかったからおきた事柄である。

1990年の原子力安全年報第3節では、< 現実にシビアアクシデントが起こるとは工学的に考えられない>、という記述がある。更に、我国の軽水炉型原子力発電所の安全規制においては、航空機墜落時とタービンミサイル事故に対しては、その事故により安全性を損なう確率が十分小さければ設計上の対策を必要としないとしている。この様に重要な工学的な根拠が、今回の SA においては全く妥当性を欠いていたという事になる。日本の科学技術の粋を集めた原発で、この様な判断が下され、工学者がその妥当性判断の決定過程においてどのように関与していたかは、重要な事柄である。

2.3 絶対安全と残余のリスク

日本では、原発は「絶対安全」であるという事から、これまで 54 基の原子炉が建設されてきた。1999年の JCO 事故をきっかけとして、安全神話は崩壊したと言われている。2000年の原子力安全白書のはしがきで、絶対安全はあり得ないと明記された。日本では SA を規制対象とはしないながらも、以下にのべる残余のリスク概念を導入した事により、工学的に可能ではない絶対安全・ゼロリスクから、本来であればここで決別したと考える事が可能である。しかしながら、福島原発震災において現在化した通り、日本の場合、そのリスク評価及びそれに基づくリスク低減の妥当性は別としてこれは原発は安全であるという結論ありきの仮説であったに過ぎない。

2006年に凡そ30年ぶりに改定された発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針が原子力安全委員会により発表された。その解説1、(2) 残余のリスクの存在について、リスク低減後の残留リスクである residual risk が示されている。

これによると、地震学的見地から、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ず、これは「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方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事のリスク)が存在することを意味する。したがって、施設の設計にあたってはこれらを十分配慮し、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、としている。

ここで合理的実行可能な限り小さくするという事は、国際放射線防護委員会(ICRP) が定める ALARA(As Low As Reasonably Achievable) 並びにイギリス安全衛生庁(HSE) が提唱した ALARP(As Low As Reasonably Practicable) の事を示している。ICRP は放射線被ばく線量の限度を示しており、日本の原子力発電所の放射線業務従事者の個人被ばく線量限度或いは規制値は100mSv/5年かつ50mSv/年となっている。2006年の指針には、残余のリスクの評価方法、例：有効な方法である PSA は明示されておらず、合理的に可能な限り小さくするための努力を払うべきであるという努力目標にとどまっている。

本来であればリスクベース社会では一般的な、危険源(hazard)からの演繹的な危害に至るリスクをそれなりに評価し、そのリスクが、社会が受容するレベル迄低減するというアプローチが必要とされてくる。今

回の事故は SBO が直接原因とされている為、これは国外の state of the art を参照しても「予見可能」であったと言える。又、それを踏まえて安全方策を事前実施していたならば、事故は「回避可能であったと言える。すなわち、リスクの高いところを<工学的にあり得ない>として切り捨ててしまったという、**残余のリスクの過小評価が致命的な結果を招いた。**

国は原発の安全基準を抜本的に見直すという発表を行っている。原発を推進する第一者である経済産業省が、同時に原発の安全性を検査する原子力安全・保安院を有するという利害関係の問題については、事故後、検査主体を第三者機関として分離する方向が、国から示された。事故発生後に、更に、今回対象となった福島第一原発を含め、それ以外の多くの原子炉が 30-40 年を経過しており、老朽化による設備の追加リスク増加を含めると、「再発防止策」は、包括的なリスク評価と本来の意味における第三者機関によるその妥当性とその検証が求められるはずである。因みに、国の安全基準を定めるところは、内閣府所轄の原子力安全委員会である。

3. 安全目標の課題

事業者としての電力会社は、国が定めた安全基準に則り、第三者と言われる原子力安全・保安院の審査を受けて原子力発電所を運転する。しかしながら、実際の危害や事故が発生した際には、いくら国が定めた基準を守っていたとしても、第一義的に事業者の責任が問われることになる。その際に、国の安全基準並びに state of the art を配慮していたかが、争点となってくる。

リスク(risk)は、危害の発生確率と被害の大きさの積から求められる。そして、発生確率が低い為設計の対策をしないという考えは、SA が発生し、多大な被害が発生している現在では、起きてしまった事故の予見可能性に対する一つの言い訳にしかならない。そして事業者は、確定的要因による事故及びその被害に対する責任を担う事になる。その責任とは、国の場合は行政的責任であり、事業者の場合は刑事的責任・民事的責任、更には社会的責任がある。事業者は、いくら国の安全基準に従い設備を開発・設計・製造・設置・保守し、国の安全審査を受けていたとしても、実際に危害や被害が発生した際には、その責任を全うせざるを得なくなってくる。その場合、工学的に state of the art を配慮していない場合は、責任を逃れる事は出来なくなる。

今回の過酷事故で、放射性物質による被ばくからガンの発生率が周辺住民や作業員では高まることが予想されるが、これは年月の流れを待つしかない。直近としては、避難を余儀なくされた数万人の避難住民、職場を奪われた漁業、農業、酪農並びに製造業やサービス業等に従事する人たちへの補償或いは賠償の金額が膨大な額に達すると見込まれている。

国が無過失責任制度として定めた原子力損害賠償責任保険の場合、1200 億円を上限の補償額としている為、今回の過酷事故では及び似つかない。反面、その額に収まる程度の事象や事故しか想定していなかったという事で、これもリスクの過小評価につながる。

どこまでリスク低減すれば良いかという事は、一方で安全技術、他方でその実現に係わる経済的な側面を配慮した合理性との均衡により判断される。いくら確率が小さくても、事故が起きれば、それは正当化されず、state of the art に基づく安全技術が適用されたか否かが本質的に問われる。

4. 危険と安全・安心

原発は安全だ、という安全の砦が崩壊した今、危険源並びにそれによる因果決定論で事故につながる危険を内蔵する科学技術による人工物に対しては、予防と補償・賠償の社会制度を根本から見直す必要性に迫られている。予防とは、この場合事前に設計段階で行う方策であり、その安全基準の見直しが急務とされる。補償・賠償は、実際に発生しうる事故とその損害を適正なリスク評価により見積もることが求められる。今回の事故では、両方の原則が、リスクの過小評価により、現実とはかなり乖離した結果を導いた。

原発は安全ではなく、人が制御できない核というものを扱い、その砦がくずれると、社会の安心が同時に崩壊することが認識された。放射能は直ちに健康に影響を及ぼさない、という表現も α 線による内部被曝を含め、かつ 10-20 年の先を見据えた表現と責任が伴うものかとなると、はなはだ疑わしい。今回の福島原発震災程、国の発表する情報とそれ以外の実態・事実・情報に非対称性が確認出来る事態は大変珍しい。多くの市民が、何を信じて良いのかわからない状況に置かれている。安全な原発というものが、現実とは異なり、それに付随する多くの工学的知見、経済的数値、そしてそれらを基に判断される社会制度を支える法規制の在り方そのものに、この情報非対称性の問題を投げかけている。

原子力は安全だという宣伝の基に、或いは原発リスクの過小評価により、折角の日本のものづくりの知恵が活用されない例が複数ある：

日本はロボット大国と言われていたが、福島原発に当初導入されたのはアメリカの軍事ロボットである。日本でも JCO 事故の後で、極限作業用ロボットが開発されたものの、日本では SA は現実として怒り得ないとして、無用の長物となり、それに投じられた税金が無駄に使われた。

太陽光発電パネルについて、SHARP は国際特許の過半数を有し、当初世界市場で独占状態であったが、国内で再生エネルギーを促進する社会制度が未発達であった為、市場が形成されず、間もなくドイツのベンチャー企業や、アメリカ、中国の企業に先を越されてしまった。

原発の使用済核燃料をどう処理するかは、世界的に未解決である。日本は、核保有国でないが、原発の使用済み燃料からはプルトニウムが抽出される為、これをどう説明するかが問われる。その為、国策として高速増殖炉の実現計画があるが、欧米原発先進国は高速増殖炉は技術的に実現できないとして、数十年にも亘る検証の結果、撤退しているにも関わらず、日本はこれを推進している。そして高速増殖炉もんじゅの稼働が大幅に遅れる事により、中間的にプルトニウムを MOX 燃料とするプルサーマル計画が動き始めた。この一連の核燃料サイクルを技術的・経済的側面から調べてみると、それを継続・実現する妥当性につき、多くの疑問がわいてくる。プルトニウムは、そもそも核兵器用として軍事目的で作られたもので、非常に有毒な重金属である。

電力事情は経済的側面であるが、放射性物質による影響での健康被害や避難住民が地元へ戻れないという人工物による不可逆性は余りにもその代償が高くなる。人の制御能力を超える危険を潜在する原発を、今回の福島原発震災という過酷事故を踏まえ、今後人々がそのリスクを受け入れるかが、今問われている。

5. おわりに

SA は工学的にあり得ないというリスクの過小評価の結果が、安全方策の不備につながり、多大な社会的影響を及ぼす結果となった。何故これを、日本の英知を結集した工学者達が回避することが出来なかったか、という問題提起が本稿の趣旨である。

更に、原発の発電単価にしても、ライフサイクルの観点からとらえる未実現の核燃料サイクルに係わる膨大な費用、今回の様な SA に係わる膨大な処理費用は含まれておらず、原発の発電コストは安いという神話も崩れた。世界のエネルギー供給の 2 割は再生可能エネルギーで賄われているが、日本の場合、原発はクリーンで、安くて、安全だという宣伝の基に、これらは促進されてこなかった。

ドイツやデンマークでは、エネルギー・デモクラシーという概念が定着し、脱原発を背景に、市民が自由化された送電権を使い、自己資金で風車を導入したり、自ら得た自然エネルギーを分配する為に、送電会社を設立したりしている。そしてこれら自然エネルギーは大きな設備投資が無くても、過疎地においても小規模で開始することが可能な社会制度が整備されている。そして、これらは投資の対象としても成立している。エネルギー・シフトを実践するとすると、エネルギー変革に係わる多方面での技術並びに、ソーシャル・イノベーションの実践の進化が問われて来る。福島原発震災が投げかけた問題は、非常に多岐にわたり、これからの継続的な議論が必要とされる。その論点を図 2. に示す事で本稿を閉じる事にする。

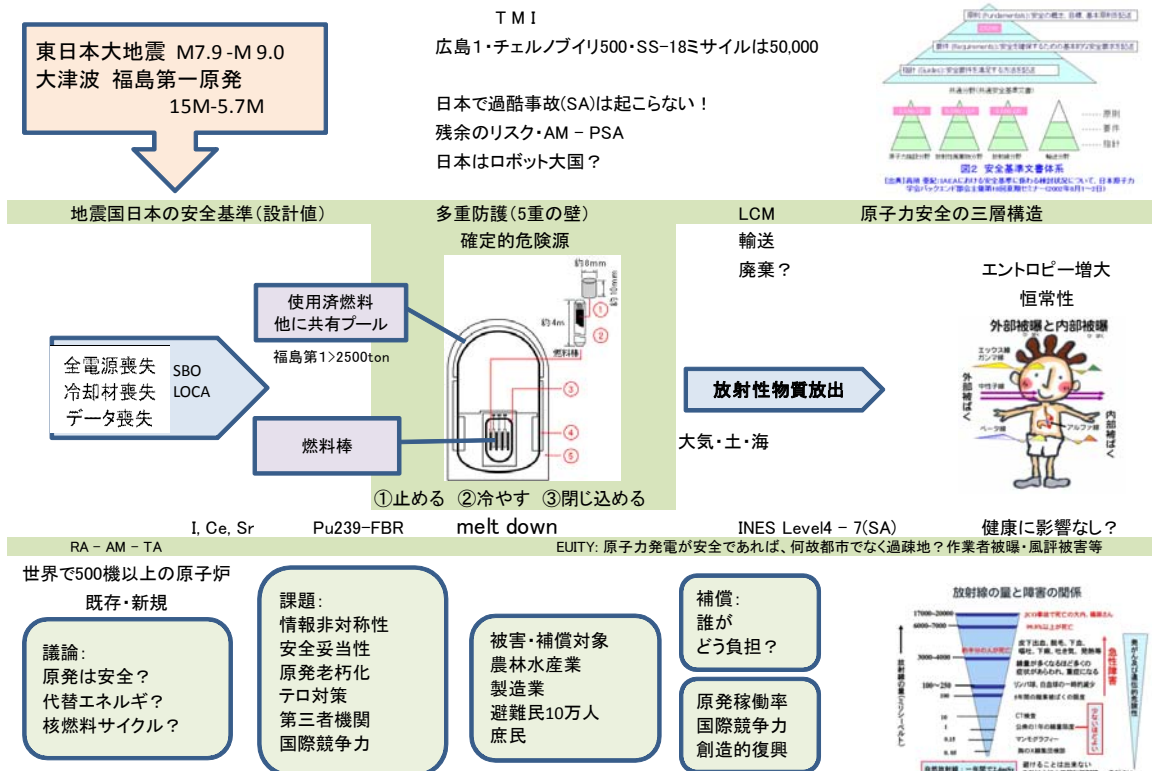


図 2. 福島原発震災に係わる論点