

# 安全・安心社会と設計基準及び残余のリスク ～福島原発震災 2011 (SDP2)

加部 隆史 (NPO 安全工学研究所)

## 1. はじめに

原子力の分野で、これまで最悪のチェルノブイリ事故と同じ、国際原子力事象評価尺度(INES)でレベル7に達した福島原発震災 2011 により、原子力の安全神話の科学的根拠は疑問視されてきた。

地震や津波という天災は人が制御できないという事で、一般的に理解されるが、原子力発電所は人工物であり、人工物の危険を処理する事は設計者の使命であり、その為に工学的な設計目標により事故を予防することが求められる。

中部電力浜岡原子力発電所(静岡県御前崎市)の運転差し止めを求めての住民訴訟では、当時東大教授だった班目春樹氏(現在原子力安全委員会委員長)は2007年に「(安全性を) 割り切らないと原発の設計はできない」と証言したが、福島第1原発の事故後、2011年に参議院予算委員会で発言を謝罪している。但しこれに関する web 新聞では、このたぐいの情報は数日後に削除される事に注視したい。安全性を割り切るという事は、リスク低減をどこまでやるかという定性的なリスク低減の安全目標の事であり、ここに科学的合理性と妥当性、それに社会的合意が本来伴うべき事である。

原子炉は事故の際、図1に示すような1. 止める2. 冷やす3. 閉込めるの安全原則や5重の壁等の多重防護による絶対安全が確保されていると説明されてきた。それでは何故この計り知れない危害が発生している過酷事故(severe accident: SA)が起きたのか、その設計基準は妥当であったかという考察を以下に行う事とする。

## 2. シビアアクシデント(SA)

1978年のスリーマイル島の事故及び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、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、諸外国に歩調を合わせて、炉心損傷頻度(CDF)は $10^{-4}$ /年、格納容器破損頻度(CFF)は $10^{-5}$ 年

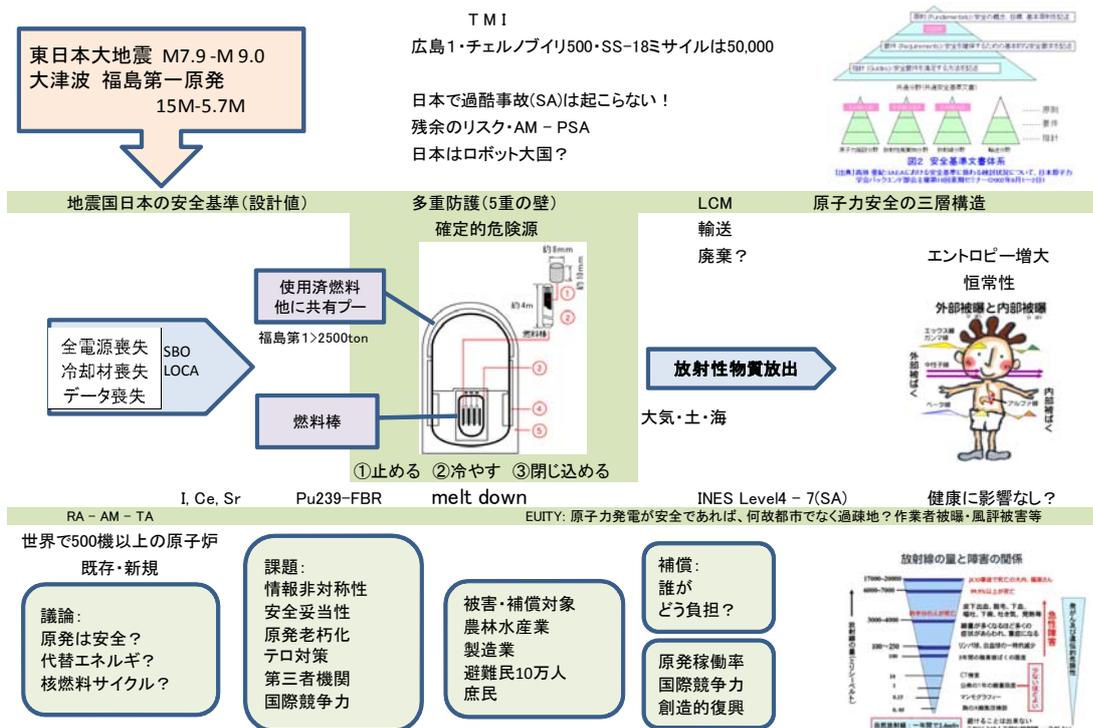


図1. 福島原発震災 2011 の課題

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していなかったという事となる。

日本ではSBOは「想定外」と発表されたが、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が、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。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。

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て安全性を高める事をねらいとしている。

しかしながら、SAの発生確率は十分小さいので、規制的措施は実施せず、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CFRの性能目標は、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。ロボット大国とされる日本が、アメリカから原発用ロボットを輸入した等は、全て日本でSAを想定しその予防策を講じるという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く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**。

日本ではSAを規制対象とはしないながらも、AMの考えを導入した事により、本来であれば絶対安全の安全神話からは決別したと考えられる。

### 3. 安全目標と残余のリスク

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I,(2)残余のリスクの存在についてにおいて、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。

更に原子力学会は、残余のリスクを評価する手法として2007年に地震PSA実施基準を策定し、安全目標として $10^{-6}$ /年・サイト程度以下、性能目標として炉心損傷頻度(CDF)は $10^{-4}$ /年、格納容器破損頻度(CFR)は $10^{-5}$ 年を示している。

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。

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、ここで決別したと考える事が可能である。

それ故、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。

#### 4. 地震と津波

因みに今回の福島第一原発事故直後の地震観測は、掲載産業省の2011年4月1日の記者発表によると、一部のプラントでは耐震設計においての基準地振動を上回ったものの、一部のプラントではそれを下回っており(412~489ガルの基準値に対し、実測値は200~550ガル)、地震の揺れを感知して緊急炉心停止装置が作動し、原子炉の停止は行われた。

それ故、耐震強度については、大方想定内であったと考えても差し支えないであろうが、2007年新潟県中越沖地震の際の柏崎刈羽原子力発電所での記録は、3号機タービン建屋1階で2058ガル(想定834gal)、地下3階で581ガル(想定239gal)、3号機原子炉建屋基礎で384ガル(想定193gal)を観測したとの発表もなされ、耐震設計時の基準加速度を上回っている。それ故、今後の安全性確保の為に、耐震基準の妥当性検証が重要となってくる。

津波については、土木学会による原子力発電所の津波評価技術(2002年)で示された手法に基づき、福島第一原発では5.7mと想定されていた。実際にはその凡そ3倍の津波波高により、今回のSAの直接原因とされるSBOが引き起こされたとみられる為、津波の評価手法とリスク低減方策は抜本的な見直しが必要とされて来る。過去に、今回の地震の震源地と近いところで発生した三陸沖地震では、38mを超える津波が観測されていた。5.7mと設定した科学的根拠は妥当であっただろうか？

地震学や地質学は不確実性を伴う学問分野であるが、最新の科学および技術の知見をもって、今回はその指針の内容が打ち砕かれ、大惨事へとつながっている。

この指針を策定した原子力土木委員会の名簿は学会のHPで公表されているが、原子力推進当事者が大部分を占めている。そこで、純粋な学術的議論の他に、経済性とのトレードオフを踏まえた意見が多

く出た事は推測可能であろう。

原子力損害賠償保険では、原子力損害の場合原子力事業者がその損害を賠償する事になっているが、その損害が以上に巨大な天災地変による場合は免責事項として規定されている。

これらの指針或いは基準の妥当性検証については、専門家以外はその専門性ゆえに判断しにくい面があるが、結果としてそれが役に立たなかった故、中立的な第三者機関の妥当性検証等が求められるべきであるとする。

#### 5. 不可解な偶然

地震の専門家で、元東京大学の松田時彦教授、元神戸大学の石橋克彦教授等が国の関連委員会の委員を引受けて活動はしたが、自らの研究成果を認められないという理由から委員を辞退している。又、元北海道大学で津波の専門家の島村英紀教授は罪をきされ逮捕された事がある。これら専門家の動向と科学的合理性或いはその妥当性の関連は如何なるものであろうか？

2011年4月30日放射線の専門家であり、内閣内閣官房参与を務めた東京大学の小佐古敏荘教授は、被ばく線量基準の決定過程に納得行かず、涙を流しながら記者会見で辞任を発表した。とりわけ子供に対する基準が研究者として納得できなかった為だ。

ひいては、何年も前から住民の反対運動から裁判となっていた、今後予測される東海大地震の震源地に立地する浜岡原発につき、2011年5月菅首相が福島原発震災の影響を配慮し、政治的判断により安全確保の観点から浜岡原発の停止を要請し、電力会社はこれを受け、浜岡原発の全原子炉は停止された。それでは、日本で50基以上建設された他の原子炉は安全かという疑問が生じると共に、これからその議論も必要となってくる。

#### 6. まとめ

以上の考察結果から、以下の論点が整理されてくる；

- 想定外という言葉が当初多用されたが、危険源を起因とするリスクについては、従来の決定論的安全確保が充分であるとして、SAのリスクは取るにたらない事により、設計上割り切っていた、或いは設計の対象外としていた。
- SAを想定したうえで、PSAでの評価を十分に設計へ反映し、発電所並びにその付帯施設を含め、AMに必要な検討と対処が望まれる。
- 事故の直接原因である津波によるSBOは想定外との事であったが、SBOはstate of the artであり、そ

れを配慮していなかったという事になる。

又 SBO を直接的原因とすると、従来の安全原則を見直すというよりも、地震・津波並びに PSA 手法を十分に想定した設計基準の再設定が必要という事になる。

- 津波評価技術の内容と適用は、とりわけ今回の事故をきっかけとして、公平・公正・透明性に基づき原子力発電所の津波波高の設定及びその妥当性につき再検討が必要とされる。
- 津波対策の際には、防波堤や電源設置場所等につき本質安全設計を極める必要がある。とりわけ、今回の SBO につながる直接原因のひとつとして、タービン建屋が浸水し SBO になったとの電力会社の説明があったが、タービン建屋は地下にあり、これが地上の更に高い場所に設置してあれば、津波の影響は回避できた可能性は存在する。
- その際、耐震設計基準で求める耐震強度の要求値は妥当であるか？
- 今回の福島原発事故を踏まえ、既存の原発については、とりわけ保守に関しリスクベースド・アプローチを十分に配慮する事が望まれる。
- 放射線限度値の設定は、これからも多くの議論が要求されるが、内部被ばくと外部被爆、原子力発電所での作業員、一般成人と子供及び婦人を配慮した限度の見直しと新たな設定が必要とされる。
- 原子力賠償保険の免責事項である、以上に巨大な天災地変の解釈は、設計基準並びに賠償責任の判断と連結している。

これから被災者の補償の問題が論点となってくる。短期的には、放射性物質放出による原発から 20-30Km 圏内の方々で、とりわけ農林水産業に従事して生活基盤をなく奪われたの方々、中長期的には放射線による被ばくを原因とする癌等の被害となる。

設計基準を元にした安全目標及び性能目標は、事故が起きたことにより、科学および技術の知見に基づき合理的かつ妥当性を有するかを基本として、抜本的な見直し・検討・新たな設計基準の設定が必要とされる。

現在進行中の福島第一原発の鎮静化の後に、強い放射性の中での危険を伴う廃炉作業が待ち受けている。そして、それが一段落しても、それではこれ以外の原子力発電所の安全性につき、個別の検証とその説明が必要になる。そして、使用済燃料プールに寝かしているだけでも崩壊熱を何年も出し続ける核廃棄物の処理をどうするかという危険源の処理問題もその後待ち構えている。

SDPI に記述した通り、今回の事故報道については、情報の非対称性が顕著である為、現代における

科学技術の社会との係わりから、中立的な報道の在り方も同時に問われてくる。

参考として、図2に各電力会社等により使われている原子力発電所の安全確保の仕組みを示す。この中の余裕のある安全設計に、SBO についてのリスク分析に基づくリスク低減が十分に配慮されていなかった事が今回の事故の要因である。

設計論の観点からは、想定可能なリスク分析を十分に行った上で、AM を踏まえた要求仕様の設定、リスク分析に基づきあらゆる危険源を配慮の上リスク評価を行う事がリスクベースド・アプローチのグローバルな傾向である。この設計のフロントローディングにより勿論のこと、後の危害の発生を予防し、それにより余分な事故対策や補償に伴う経済的損失を十分に回避可能であるという事になる。

又、トレンチに溜まった汚染水をロンドン条約の特例として海中放棄したが、これも安全設計又は AM の不十分さが要因であり、それにより国際的にも避難を受けた。

この様に、人工物に係わる事故の場合、その多くが設計の問題に起因する為、要求仕様の内容の高精度化、リスク分析と評価の徹底、残留リスク（残余のリスク）についての十分な説明等の大幅な改善が求められる。

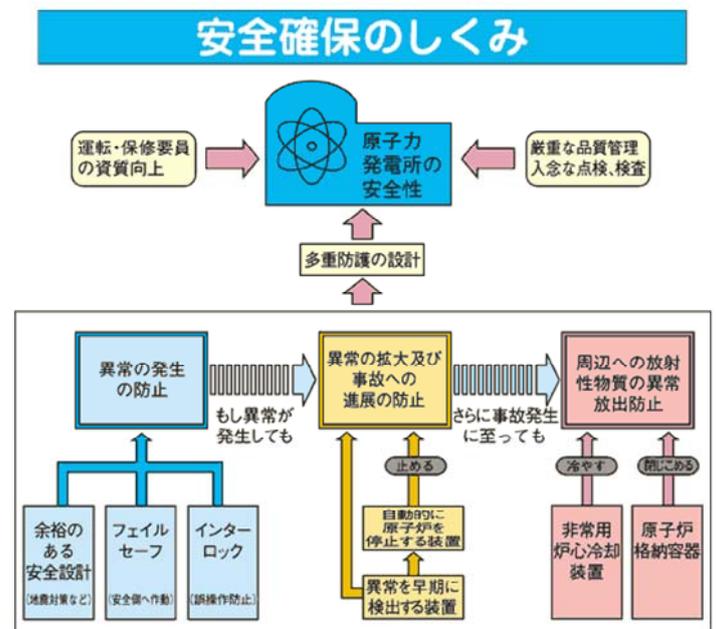


図2. 原子力発電所の安全確保の仕組み（四国電力 HP より引用）

(2011.05.18, [kabe@safetylabo.com](mailto:kabe@safetylabo.com))