

安全思想を定量的で合理的な考え方で統一的に再構築

氏田 博士^{*1}

Rebuild the safety concept in a quantitative and rational thinking manner

Hiroshi UJITA^{*1}

Abstract - After March 11, 2011 Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident, policy remains undetermined already four years, and then many problems have been arisen. It is the responsibility for Japan as the accident occurred to transmit to the world nuclear field about the conclusions based on the sufficient discussions about the various safety issues. For Japan to continue the technical nation, it is important to have the independent technological development capacity as industrial technology strategy and to raise the level of regulation to be able to export, as the set of the design and operation.

Keywords : safety concept, PRA, RIR, safety goal, risk benefit and cost benefit

1. はじめに

今回の東京電力福島第一原子力発電所事故（福島事故）を受け、全原子力発電所が停止したまま4年が経過したが、再起動の動きは遅々としている。これは新安全基準やその評価主体や評価基準が不明確なことによる。新安全基準に対応して電力会社は様々なハード対策を実施してきたが、果たしてそれは効果的なのかあるいは過剰なのではないか、に明確に回答がないまま対策が進んでいる。

我が国の安全思想は、安全想定（事象の定義）・安全設計（ハードウェア）・安全運用（ソフトウェア）・安全社会システム（制度設計）より構成されるが、事故の反省に立ち安全思想を定量的で合理的な考え方で統一的に再構築することが望まれる。本来、確率論的リスク評価（PRA）とリスクベネフィット解析は、我が国の原子力発電の再起動を順調に進めるうえで不可欠なものである。

2. 想定外対応を統合した安全思想の再構築

3. 11の福島事故における、複合巨大災害の発生による被害とその対応を見ると、以下のような想定外事象の課題が抽出できる。

1) レアイベントをどこまで考慮すべきか（安全想定の問題）

これまで安全学においては緊急時対応まで含めて議論はしてきたが、「想定外」の観点は少なかった（十分想定し準備しておくことこそ、安全学の目標そのものだから）と言える。現実的な安全課題の解決には、「想定外」をどのように安全想定に取り込むかを十分に考察することが重要である。

2) 想定外事象に対しハードでどこまで対応すべきか、できるのか（安全設計の問題）

安全設計思想の観点では、従来の「止める・冷やす・閉じ込める」の原則が実態にそぐわないことが明らかになった。決定論的な安全評価における設計基準事故のいわゆる LOCA（冷却材喪失事故）を前提とした原則では、放射性物質を閉じ込める機能が重要であることは疑いない。しかし、今回のような LOPA（電源喪失事故）では、逆に冷やす機能の有効性が疑われる事態では早めに圧力を開放し熱を抄出する方が事象の拡大を防ぎえる場合もあることが、明確になってきた。このことは、PRA では従来から言われてきたことではあるが、これが安全設計思想として十分に議論されていなかったといえる。今回の事故を契機に、事象に応じた安全原則に見直すべきである。

3) 想定外事象における人間や組織の対応をどこまで期待できるのか（安全運用の問題）

安全設計思想の基本原則が深層防護であることは論をまたないが、実運用の間に深層防護の誤謬により安全文化の劣化から組織事故に至る連鎖が多くみられる。特に、緊急時対応の能力を如何に開発しそしてそれを通常時に維持していくかは難しいが重要な課題である。

4) レアイベントに対して国家としてどこまで対応すべきか（安全社会システムの問題）

従来から指摘されてきたことだが、いわゆる国民営化の在り方、リスク論に基づく安全規制への方向転換、セイフティネットとしての保険や国家補償の課題などが明らかとなった。これを契機に、一原子力分野の問題としてではなく、日本の規制の体系とシステムの抜本的な見直しが必要である。そうしなければ本当の安全は実現できない。

*1: キヤノングローバル戦略研究所

*1: The Canon Institute for Global Studies

3. PRAの実施方策の日米比較

日本と米国は、安全評価の基本は確定論的な評価であったが、米国の原子力規制局（NRC）はリスクベースの確率論的手法に基づく規制（RIR, Risk-Informed Regulation）に95年に移行すると宣言した。日本は確率論的手法こそ導入したが、規制への反映は行われていない。3.11を契機に確率論的な規制への移行が強く望まれる。

NRCは、1990年代にRIRを導入し、経済合理性に基づく規制の合理化を実現した。その際、NRCと産業界側の原子力発電運転協会（INPO）や原子力産業協会（NEI）と独立性を保ちつつも協調を図った。このため、規制・電力の規制書類作成の作業量が低減し、さらにテストメンテナンス項目が大幅削減した。これにより、電力の自由度が向上しまた安全意識も向上した。

3.11の地震や津波に相当するいわゆる災害に対する個別プラントの外的事象のPRAも、「個別プラント外的事象評価（IPEEE）」プロジェクトとして全プラントで実施された。

以上のように米国では、リスク認識に基づきPRAの実用化とそれをういた真の安全追求が実現しているといえる。

一方日本において、PRAの導入実態は形式的な状態に止まっていた。安全評価は、確定論を堅持し、PRAは補足的役割のままであり、恣意的な規制が続いていた。また、保安院と電力の敵対性は以前から続いているが、その一方で原子力安全・保安院（保安院）の実力が伴わないため電力への依存性と癒着性は高いという矛盾を抱えていた。相互依存の体質と言えるであろう。米国のNRCに相当する組織は原子力規制庁、INPOに相当する組織は原子力安全推進協会（JANSI）が対応するよう見えるが、その実力と独立性は比較できるレベルにはない。このため、規制側もそして特に電力側の書類作成量やQA業務の煩雑化による作業量は膨大である。そしてその実態は、些末な数字イジリであり、本質安全の議論はない、と言うより本当の安全を考える時間的また精神的な余裕はなかった。

外的事象としては、福島第一の津波PRA実施があるが、評価のみで反映した気配はない。

以上のように日本では、リスク認識がないためPRAはあくまでご参考でありその結果を反映する枠組みはなく、書類上の形式的安全に止まっていた。

この日本のPRAの状況は、一つには日本人の安全に対する意識（金太郎飴的発想、言霊意識）の問題である。すなわち、言葉遊びに終始して安全問題を本質的に考えないことである。今回の3.11はRIRへの転換するための再

チャレンジの絶好の機会（保安院発足時の安全意識への回帰するチャンス）にとらえるべきである。そのためには、何故できなかったかを、原子力界全体の問題として歴史的経緯を分析し、その対策を徹底した議論に基づき明確化し文書として残すことが大切である。

もう一つには、国産産業界を含めた原子力産業としての、推進-規制-電力-メーカーの「制度設計の問題」（メーカーの製造責任の不在）である。解決策としては、型式認定（メーカー）とサイト評価（電力）を明確に切り分けることである。すなわち、NRC方式の導入することである。いずれにしてもメーカーは海外展開のために、米国NRCなど各国において型式認定は必須であるから、受け入れは容易であろう。そのためにもまず規制側でRIRへの移行を宣言し、そして安全目標とPRA実施基準とを導入すべきである。

4. 安全目標の設定

安全目標とは、科学技術利用における国および事業者の安全確保の使命に対し、科学技術利用に伴うリスクの抑制の程度を表すものである^[1]。リスクと安全目標の関係を、英国の例で図1に示す^[2]。安全は社会的な価値の問題であるため、そのシステムが許容できるか否かはリスク（図では事故の発生頻度）の大きさで決定される。例えば千年に1回くらい頻繁に事故が起きるシステムは無条件に受け入れられないであろう。この値を安全限度（Safety Limit）と呼ぶ。一方で百万年に1回くらいに頻度が少なければ、社会から広く受け入れ可能であると考えられる。これを安全目標（Safety Goal）と呼び、多くの国が技術システムの受け入れ目標として定めている。この目標の設定に当たっては、システムの効用（ベネフィット）がリスクを上回るから多くの人々に受け入れられるので、当然のことながらリスクベネフィット解析を前提としている。その間のレベルは、ALARP（合理的に達成可能な限り低減する）領域と呼ばれ、リスク低減効果（ベネフィット）とそれにかかるコストとのトレードオフを分析するコストベネフィット解析により、対策の有無を検討することが大切である。

安全目標を設定する目的は、安全に関わる国の判断の基礎を与え、事業者の達成すべき安全のレベルを公衆の認識できる尺度で示すことである。安全目標の設定により、次の利益が期待される。

- ・国の行うリスク管理に、透明性・予見性・整合性を与え、合理的で整合のとれた安全確保措置の体系の構築に資する。
- ・これにより、産業界・事業者のリスク管理の効果的な実施、技術開発を促進する。
- ・共通の尺度を用いて公衆と対話することにより、目指すべき安全のレベルに関する認識の共有に資する。

国は、国民のために確保する安全水準を適切な水準にするべく規制活動を行うことになる。したがって安全目標は、国が規制活動において選択する、安全水準を示すものである。一方、事業者においては、これを上回る水準の達成する方法として、リスク削減に関するコストベネフィット解析等の考え方を活用することが考えられる。

5. コストベネフィット解析とリスクベネフィット解析

コストベネフィット解析とは、「リスクマネジメントの段階でいくつかのリスクの削減策が提案された場合、必要に応じ選ばれた削減策の評価を行うための手法であり、企業や、場合によっては行政当局も、リスク削減策を実施するための必要な経費と、実施に伴い得られるベネフィット（削減されたリスクに伴うすべての便益）とを評価し比較する手法」である。

一方で、リスクベネフィット解析とは、「ある活動から得られる経済的便益と環境や安全へのリスクとを計量比較する手法」である。実際のリスクベネフィット解析では、様々な代替案を議論することになるので、コストベネフィット解析も適用されることが多い。安全限度や安全目標の設定においてはシステムの持つベネフィットを考慮して定まることになるので、リスクベネフィット解析に基づいて検討される。

中西は、環境問題を考える時の手がかりとして、リスクベネフィット解析の観点から図2に示すように環境影響と経済性（環境保全に要する費用）の2軸で考えることを提案している^[3]。環境問題も安全問題も対策をすればコストがかかると思われているが、実は経済性と安全性・環境特性とが両立する世界（第1象限）が存在する。例えば、安全問題では高信頼性設計が、環境問題では高効率化や省エネが、それに相当する。もちろん、両方も成立しない世界はありえない（第3象限）。第2象限と第4象限はコストベネフィット領域で、例えば地球温暖化問題で言えば、京都プロトコルは第4象限に相当し、先進国はその過去におけるCO₂排出の責任からも経済能力や技術能力からしても、たとえコストがかかっても温暖化対策をすべきであると考えられている。ただしむやみに実施するのではなく、コストとリスクのトレードオフで、安いコストで有効な効果がある対策のみを実施することになる。これに対し、第2象限の途上国ではこれからの成長を阻害しないように、少しの排出量で大きなエネルギーを得られるのであればそれを許容しようという領域である。第2象限は、発展途上国が考慮すべき領域であり右上ほど望ましく、第4象限は先進国が考慮すべき領域でありこれもまた右上ほど望ましい。

安全の問題では、この図の横軸を安全性向上にかける費用に読み替えれば同様な議論が成り立つ^[4]。常識的には安全対策はコストの増大要因になると信じられており、

安全性と経済性（生産性）はトレードオフの関係にある。すなわち、安全性を優先して安全方策にコストをかければ、事故による損害を減らせるかもしれないが、生産性が落ちてトータルコストは上昇してしまう。逆に、生産性を優先して安全方策のコストを抑えれば、事故による損害が増すことになる。したがって、両者のトレードオフ点を探すことになる。それには、可能な限りのリスク算定を行い、リスクの大小による優先順位に基づいて安全方策を施すことになる。さらにいえば、状況は環境問題とまったく同一であり、第四象限の安全方策はトレードオフに基づき実施すべきであるが、究極的には第1象限の経済性と安全性の両立を目指す努力が最も望まれる。

6. 制度設計への提言

- ✓ 何故福島事故を防げなかったかを、原子力界全体の問題として歴史的経緯を分析すべき
- ✓ 福島事故を受け、規制や具体的な設計改善の前に、我が国の安全思想を再構築することが望まれる。その際、事象想定、設計（ハード）、運用（組織、人）、基準や規制の問題など多様な視点で検討すべき
- ✓ システムを合理的に評価できるリスクベネフィット解析方法を検討し、他のエネルギー産業との比較で、合理的な安全対策のレベルを検討すべき^[5]
- ✓ 現状の外部事象の追加による悪くなる方向のみのPRAは無意味、対策の有効性も含めた合理的で統一的なPRAを当初から実施すべき
- ✓ 短期・中期・長期に分けた計画的な規制方針を出すべき
- ✓ 国産業界を含めた原子力産業としての「制度設計」の問題ととらえ全体設計すべき
 - 推進・規制と電力とメーカ（製造責任の明確化）の整合性と協調が必要
 - 型式認定（メーカ）とサイト評価（電力）（NRC方式の導入）へ
 - まず規制のRIRへの移行を宣言し（規制の合理化；保安院発足時への回帰）（合理的設計と管理）、PRA実施基準と安全目標を導入すべき
- ✓ NRCと協調して安全思想を再構築し、IAEAと協調して世界へ発信すべき

参考文献

- [1] 原子力安全委員会：「安全目標の姿に関する検討の方向性について」中間報告、2003年。
- [2] 英国の安全目標の基本的考え方 UKHSE: Health and Safety Executive, 1992.
- [3] 中西、水の環境戦略（岩波新書）1994.
- [4] 氏田博士：ヒューマンエラーと安全設計、特集「品質危機とヒューマン・ファクタ～未然防止の基

本と実際～」、品質管理誌、2001年9月号。

- [5] 氏田博士：合理的なリスクベネフィットの議論に基づく原子力の課題の評価、日本原子力学会 2014年秋の大会、2014年9月、京都大学。

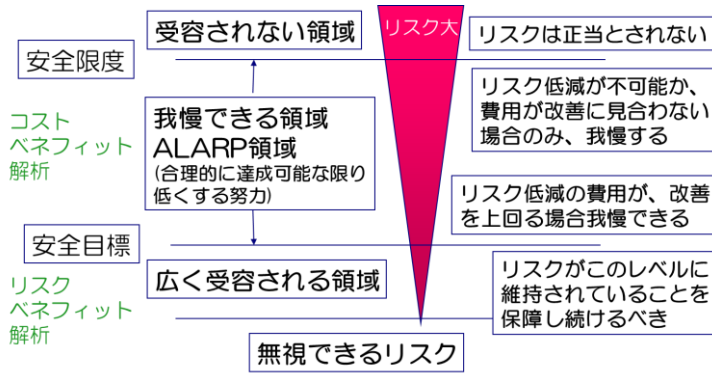


図1 英国の安全目標の基本的考え方^[2]

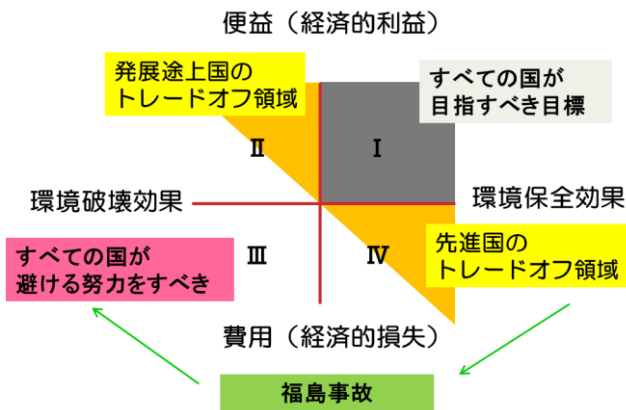


図2 リスクベネフィット解析に基づく環境保全と経済性の関係(中西,1994 改変)^[3]