

-社会と共に考える原子力安全-

Nuclear safety to think with the society

法政大学	宮野 廣	Hiroshi MIYANO	Member
東京都市大学	村松 健	Ken MURAMATSU	Non-Member
JAEA	高田 孝	Takashi TAKATA	Non-Member
三菱総研	松本 昌昭	Masaaki MATSUMOTO	Member

Nuclear reaction with enormous energy, as a rich source of energy that has been brought to the human race, have developed as a nuclear power. However, the nuclear power generation is intended to provide a basic inherent "radioactivity risk", the accident in Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant was allowed to elicit it. Design, operation, and must be addressed to ensure safety measures in accordance with the role in the disaster areas. Prevention of abnormal event occurs, the enforcement of the mitigation of the impact, and the occurrence of radioactive material release accident, is whether to be how to prevent damage mitigation. It is, is important in terms of raising the effectiveness of security measures through the risk assessment to confirm the sharing and the effect of each other. In particular, in a recent series of study, disaster prevention that we have not in most working up to this, further proposes a wide range of risk assessment, which was expanded to clean up after the accident. As a result, we hope that strength increases for the accident as nuclear safety and that accident is unlikely to occur.

Keywords: Nuclear Safety, Society Risk, Defence in depth (DID)

1. はじめに

平成23年3月11日、わが国における最大級のM9の東北地方太平洋沖地震が発生した。これにより北は三陸沖から南は銚子沖までの全長500km x 幅200kmもの地殻が数10mも動くという変動が発生し、未曾有の津波が東日本を襲い、多くの発電所が被災することとなった。福島第一原子力発電所には15mもの津波が押し寄せ、3つの原子炉の過酷事故というわが国初の事態となった。これは多くのことを考えさせるものであった。

直接的な原因は自然災害への配慮の不足と不十分な想定であった。一方、さらに深く要因を探ると、全ての自然災害の脅威に着目した対応では無かったこと、アクシデントマネジメントが不足していたこと、特に自然災害などの外的事象に対する設計基準を超えた事象に対するアクシデントマネジメントが全くできていなかったこと、新たな学術的な知見に対する対応の考え方や仕組みができていなかったこと、設備の機能に対するシステムとしての見方ができず、サポート機器である電源の喪失により重要な安全機能を全て失うと言う事態を想定できず、

緊急時の対応が全てできない状況を生んでしまったこと、緊急時の指揮や判断機能などの組織、体制ができず、効果的な対応策が取れなかったことなどが重要な要因としてあげられる。

多くの提案は実行され、原子力発電所の現在の自然災害に対する耐性、安全性は格段に向上し、規制の要求を満たし、再稼働には問題のないところまで至ったと言える。

原子力安全は単に発電所のもしくは事業者のためのものではなく、原子力安全の特殊性から、その安全は社会とともに考えなければならない。原子力安全の評価の要素は不確実性が高く、定量的に把握できていない因子が多い。自然災害のような現象が複雑で影響の特定が容易ではない事象、不確実性の高いシナリオ要因に対して、リスク評価を行い、シナリオを選択したり、安全策を選択したりすることが必要である。それは、設備の機能喪失を起さない、安全確保のためばかりではなく、万一の事故時の対応策の選択を判断することにも必要である。原子力発電所の安全確保が住民の安全を高めることを目的とすることから、防災の領域にリスク評価を適用することにより、住民一人一人のみならず社会としての、より安全性の高い対応策の選択が行われる。一つの原子力発電所とその地域住民の地域全体の安全が確保されるものとなる。

連絡先:宮野 廣、〒102-8160 東京都千代田区富士見
2-17-1、法政大学大学院デザイン工学研究科、
E-mail:hiroshi.miyano.77@hosei.gmail.com

2. 事故の経緯と課題

平成 23 年 3 月 11 日東北地方太平洋沖に発生したプレート境界地震により未曾有の津波が東日本を襲ったが、全ての原子力発電所は計画通りに停止した。しかし、その後、東京電力福島第一原子力発電所では、主要な機器、設備のほぼ全てがその機能を失う事態となり、大きな残留発熱を有する炉心燃料の冷却ができなくなってしまう。それにより、燃料は損傷し、格納容器などの隔離機能も熱により喪失する事態となり、大量の放射性物質を大気、および海洋に放出する事態となってしまった。それにより未だにこの事態は社会から受け入れられていない。なぜそのような放射性物質を大量に放出する原子力事故が発生してしまったのか。その主要な要因は、津波の想定が不十分であったことであり、事故への展開を止めるアクシデントマネジメント（AM）策が不十分であったということである。そこには、以下の 4 つの課題があげられる。

一つは、災害要因となる自然現象の原子力発電所への脅威を広く考えてこなかったことである。地震以外にはほとんど手を付けてこなかったことである。

二つ目には、新たに得られた知見の扱いを明確にしておらず、他分野の学会との連携も悪く、日進月歩の津波評価技術を適切に取り入れ、津波高さを見直すということができていなかったことである。日本原子力発電の東海第二発電所では、かろうじて防潮壁の工事が進められ、一部完成したことで大事には至らなかったことは幸いであった。

三つ目には、いわゆる安全系などの主要機器を支えるサポートシステムと言われる電源が、意外に安全系の機能を左右するほどに重要な役割を持っており、その電源の停止で安全系の機能がほとんどすべて失うことになってしまったことである。このようにシステムとしての機能の把握、評価が重要であることがわかった。

四つ目は、安全確保を何重にもした安全系の設備に頼ってしまい、それらの機能を全て失う事態には、十分な対応の手立てを持っていなかったということである。すなわち、真に必要な深層防護のレベル 4（第四層）の、想定外の事態への対応である。

これらの原子力発電所を造る、運用することに対する多くの課題が明確になり、個々には様々に対策が取られるようになった。

3. 残された課題、リスク評価の役割

福島第一事故以前の事故をみても、必ず設計上の問題が現れ、それは避けられない状況にある。常に見直す姿勢が必要である。過去の経緯を見ると、人間のミスなど、人に係わる部分での事故要因や不具合要因も多く、欧米では、既にリスク評価に取り組み、想定外事象に対しての安全性の確保に生かしている。先に示した課題への対応として新たに規制基準が整備された。新規制基準の多くは、設計要因への対応で、ほとんどが設備の対策であり、新規制基準はソフト面での対応では、十分な対策となっていない。このリスク評価への取り組みは、欧米では、既に TMI（スリーマイル島）事故以降、積極的に取り組み、様々な対策に生かしている。

深層防護の観点から、安全確保は、設計での対応、運用での対応、防災での対応と独立した安全確保策がとられている。それぞれの安全確保策は、リスク評価で位置づけられ、それぞれが役割を分担してリスクを効果的に下げる目的を果たしている。

リスクとは、被害の大きさと発生の確率を掛けたものとして現わされるが、被害の大きさを何にするか、それぞれの分野のリスクを同じ土俵で評価するには、同じものとしなければならない。物事には必ずリスクはあり、どの程度のリスクを受け入れ、選択をして行くかが重要な判断となる。安全の確保は、全体として低いリスクを確保することであり、どこまでリスクを許容し受け入れるかを決めて行かなければならない。原子力発電のリスクは言われてきたただけだが、今回の事故によりそれがどの程度のものか、の想像がつくリスクとなった。原子力のリスクは社会リスクである。社会としてどこまでの、どの程度のリスクを受け入れるかを決めなければならない。

安全規制は、主に設備による安全確保策の充実である。しかし、設備に頼る事故の防止策だけではなく、リスク低減策を設計、運用、防災のそれぞれの領域で適切に施策を施すことにより成り立たせることが、安全を確実にするために必要なことである。ハードウェアに頼り、絶対安全を確保するのではなく、運用でのソフトウェアを含め、防災まででリスクを少なくする安全策を確保することを社会とともに考え、適切な方策を選択していく。今、必要な

ことは、そのコンセンサス、方向性の理解と納得を得た対応とすることを選択できる仕組みを構築することである。その基盤がリスク評価である。

4. 防災へのリスク分析・評価の適用

これまでは、防災側から防災の領域にリスク評価を適用することはなく、原子力設備側からの一連の原子力安全評価（レベル3 PRA）としてリスク評価がなされてきた。そこで、防災にどのようにリスク評価を適用するか、を考える。

1) 一般防災へのリスク評価の適用

社会には様々な脅威、ハザードがある。地震や津波、火山の噴火、台風による豪雨など様々ある。これらの脅威、ハザードに対して、どのように避難計画ができているのか。一般防災においても、避難を確実にすることが求められる。リスク評価を適用することで、どのようにリスクが低減され、安全確保がなされるものか検討してみることもよいと考える。

一般防災では、ハザードによる脅威に対して、判断の指標に何をとりか、は一つの課題である。時間とともに変化し、避難の準備や避難の決定を判断する指標を定める必要がある。“避難の指示”などは時間との関係で、十分に退避、避難ができる時点で判断しなければならない。

避難の決定の後、避難の過程でどのようなハザード、脅威がもたらされるか、その予測と可能性を考える必要がある。事前に計画を立てる場合には、様々な選択肢のどれを選択するかにより、最終的なリスク値が変わることを把握した上での、防災計画の立案をおこなう。更に防災は、避難で終わるものではない、避難後の復旧や正常状態への回帰までをどのように進めるべきかの選択の判断にも、リスク評価を適用することは可能であり、有用である。

2) 一般防災と原子力防災のリスク評価の相違

リスク評価において一般防災と原子力防災は何が異なり、何が同じなのか。原子力防災におけるハザードは、一般防災の地震、津波、台風など同様に、住民に脅威をもたらすものである。それは、原子力発電所からの放射性物質の放出である。この場合にも、適切に指標を定めて避難をするかの判断を行うことも可能であるが、現在は、発電所からの放出、もしくは国の判断による避難の指示と同時に、ある領域の住民は避難をするとされている。防災の活動は、避難の起点が異なるだけで、避難の経路、避難時の条件などにより受けるリスク影響は異

なるが、その評価法は変わらない。

いずれの場合も、リスク評価を行うことにより、何をリスクと定義するか、受け入れられるリスクとはなにか、どのようにすればリスクを下げるができるのか、などを考えることと、それにより適切なリスク低減策を得ることができる。

原子力防災では、リスクを取る住民の地理的分布が広域になることから、社会リスクとしてどのように集約していくか、はこれからの課題であり、リスク値の活用の方法と合わせて、考えて行かなければならない。

3) 社会と共に取り組むリスク評価の重要性

原子力発電所も、地域も、自然災害は同様に受ける。その結果、原子力災害が複合的に発生する可能性もあり、地域社会は、これを複合事象として考えなければならない。これまで見てきた原子力発電所のリスク評価は、設備の損傷、炉心の損傷(CDF)、格納容器損傷(CFF)、に注力して取り組まれてきた。社会が受けるリスク評価であるレベル3 PRA(社会に与えるリスク評価)では、簡単なモデルでのリスク分析を行って高い安全性が確保されると言ってきた。しかし、原子力発電の事故にもたらされるリスクは、最後は地域社会、広域社会が共に受け入れて行かなければならないものである。その意味で、事故進展を原子力発電所の視点からの安全確保にとどめるのではなく、住民目線での取るべきリスクとは何か、それがどの程度のものか、などを含めて、社会が受け入れるリスクは原子力発電所を運用するもの、規制するものとともに、社会で考えて行かなければならない。防災までを考えたリスク評価に取り組み、これを総合して原子力安全を確保する取り組みとして行かなければならない。

5. 防災までを社会と共に考える

ハザード要因が複雑になってきており、社会全体でトータルとしてリスクを考え、リスクを低減する方策を取っていくことが、原子力安全の確保につながると考える。これまで、原子力界が取り組んできたリスク評価では、原子力発電所が中心であり、防災の領域は事故の発生で“単に逃げればよい”、“そのような事態になることは基本的にはない”として、避難するような事態では、大枠として大きな放射性物質の放出があった時に、放射線によりどの程度の数の人的被害が発生するかを把握することが提案されてきたただけであった。しかし、福島事故は、想定するほどの極端な事態にはならないことが示さ

れた一方、更に適切な対策を考えることが必要であると言うこと教訓も得た。住民目線での原子力安全と防災を考えることが必要であり、「なにがリスクなのか」、社会として共に考える」ことが重要であることが示された。その上で、誰が責任を持って、どのようにこれを実現していくべきか、それが、これからの重大な課題である。

原子力利用におけるリスク評価とは、防災までを考えて、リスクとは何か、シナリオをどのように考えるか、リスク評価をどのように使うのかなどを明確にして取り組むことである。これらの作業には、原子力の専門家やリスクの専門家ばかりではなく、もちろん、メーカーや電力、地方自治体、規制のステークホルダーに、地域住民や一般社会の人々も加わり、社会全体としての原子力の防災におけるリスクマネジメントに取り組むことが必要となる。

その接点が、防災へのリスク評価の取り込みである。

それにより、より効果的に原子力安全の確保、リスクの低減が実現できるものとする。

6. まとめ

リスク評価の重要性を理解し、社会に受け入れてもらうための方策を議論してきた。原子力界そのものにも、まだまだリスク評価の重要性を理解されない人達や集団がある。

リスク評価はなぜ重要なのか。

それは、「想定外」を少なくすることに役立つと考える。多くのシナリオを取り込むことで、知らないことを少なくして想定外を少なくすることに役立つものである。設計から、運用、防災までを一貫してリスク評価に取り組

むことで、判断を共通化し、定量的なリスク値を与え、重要な判断も客観的に行えるようになる。結果、適切な安全確保が可能となる。防災にリスクを取り込むことで、社会との対話を可能とし、原子力安全に社会が積極的に参画することになり、社会と共に、リスク評価の結果、安全目標の設定、不確実さ、分からないことを捉えること、などができ、判断の位置づけが共有される。なにがリスクなのか、どのようにリスクを低減するか、社会と共に考え取り組むことが有用と理解される。

物づくりから、運用、防災までの全体に、リスク評価を活用することで、どこに重点的に取り組むべきかを把握でき、効果的で適切な安全確保ができるものとする。

謝辞

本活動は、元東北大学総長の阿部博之名誉教授の提唱により始めた「原子力発電所過酷事故防止検討会」の活動の一環である。関係の方々の協働、支援に深く感謝する。

参考文献

- [1] 宮野 廣、村松 健、“原子力発電所が二度と過酷子を起ささないために”、原子力学会誌 ATOMS、Vol.58、No.6、2016、pp.356-361.
- [2] 齋藤伸三ほか、“原子力発電所が二度と過酷事故を起ささないために一國、原子力界は何をなすべきか”（第一分冊）科学技術国際交流センター.
- [3] 宮野 廣ほか、“防災までの共に考える原子力安全—原子力発電所が二度と過酷事故を起ささないために—”（第二分冊）科学技術国際交流センター

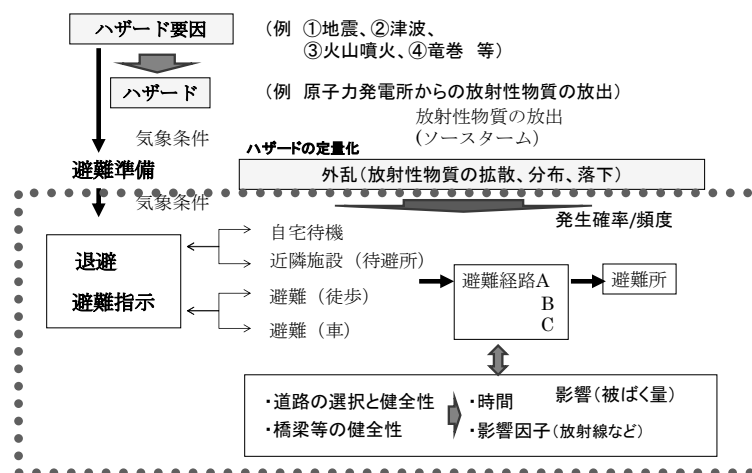


Fig. 1 原子力防災におけるハザードとリスク評価