解説

原子力発電所が受けた震災 事故の真因とこれからを考える

法政大学 宮野 廣

膨大なエネルギーを持つ核反応は、人類にもたらされた豊かなエネルギー源として、原子力発電として発展させてきた。原子力発電のリスクというのは何か。「放射能リスク」を改めて認識させられたのである。福島第一原子力発電所の事故は、国、地方自治体、学术界、事業者(電力)、メーカなど全てのステークホルダーにおいて、原子力発電にかかわりを持つ人々が、その役割においてその責任の自覚が薄く「原子力安全」の本質に取り組んでこなかったことが第一の要因である。その反省に立って、事態の調査、分析、評価を行い、対応へ活かしていかなければならない。その上で、福島の後処理と原子力発電の安全確保への取組み方について、適切に運用する体制や仕組みを作ることが必要であり、国際社会と協働してこれに取り組むことが、これからの日本の復興、発展に結びつくものであると考える。

I. 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。これは、北は三陸沖から南は銚子沖までの全長500 km×幅200 kmもの地殻が数10 m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15 mもの津波が押し寄せ、わが国初の原子力発電所の原子力事故となった。この原子力発電所の事故は多くのことを考えさせるものであった。

何が、どのように起こったかについては、その概要は既に本学会誌で報告されている¹⁾。一方、詳しい事故の展開は、国の機関による調査、分析、評価がなされており、それに委ねたい。ここでは、これまでに得られた情報や活動の軌跡を分析して、個人的な経験を加味し、私たちは「なぜ、原子力事故を起こすことになってしまったのか」についての真因を組織や取組みの観点から考えてみたい。

II. 原子力発電のリスク

何事にもリスクはつきものである。膨大なエネルギーを持つことが実証された核反応を、人類にもたらされた豊かなエネルギー源として、私たちは原子力の平和利用に用いることを決め、原子力発電として発展させてきた。本来、核反応には様々なリスクを内在しており、原

子力発電にも同様のリスクがある。原子力発電のリスクで重要なものは「放射能リスク」であり、その安全管理は必要性を世界で共有し、IAEAとともに国として規制管理を行ってきた。

原子力発電の「放射能リスク」については広く想定し、十分に検討してきた。このリスクの回避が「原子力安全」であり、これに対する基本的考えが第1図に示す多重障壁や損傷防護の考え方である。

地震が起き、未曾有の津波が襲ったが、原子力発電所は計画通りに停止した。しかし、その後、残留熱を有する炉心燃料の冷却ができなくなり、燃料は損傷し、放射性物質を大気、海洋に放出する事態となってしまった。このような事態への対応が深層防護であり、単純に物理障壁を持つことではない。

では、なぜ今回のような事故が発生してしまったのか。その原因、真の要因を考え適切に対策していくことこそが重要なことと考える。

III. 責任とその対応

誰がどのように責任を持っていたのだろうか。役割としての責任を含めて「責任」ということを考えることも必要である。原子力発電はエネルギーセキュリティの一環、国策として推進してきたのである。安全確保は事業者の責任だけであろうか。一義的にはその責任は当然事業者にある。事業者は規則を守り、安全確保のための最大限の努力を払わなければならないのは言うまでもない。

しかし、一方、技術的には国の規制基準に従い、設計し、運用の手順を定め、安全審査を受け、更に原子力発

Root Causes of the Fukushima Accident and its Countermeasures : Hiroshi MIYANO.

(2011年 12月20日 受理)

第1図 物理障壁の多重防護の考え方と深層防護

電所の安全確保のための仕組み、規則に従って施工し、運用してきたのである。地震動の大きさ、最大津波の大きさの想定も、学术界、学会で議論し、すべての規制に携わってきた人、学識経験者や技術者の合意に基づき、その基準を定め、評価して定めたものである。だが、実際のそれは想定したよりはるかに大きなものであった。この巨大な津波をもたらした地震動の規模が、想定をはるかに超える地殻変動だったということであり、津波も計算の想定を大きく超えるものであった。その結果として原子力発電所が被災し、事故に至ったのである。

事故に至ったことの責任を、単純に一事業者に押しつけて、事をすませているものではない。国を筆頭として、地方自治体、学术界、事業者(電力)、メーカーなど全てのステークホルダーにおいて、原子力発電にかかわりを持つ人々が、その役割においてその責任を自覚することが第一であり、大切なことであると考えて。更に加えて、マスコミや国民がどのようにかかわってきたのか、考えてみることも必要であろう。

その反省に立って、事態の調査、分析、評価を行い、これからの対応へ活かしていかなければならない。その上で、原子力発電への取組み方を定める規制基準や様々な規則を見直して、適切に運用する体制や仕組みを作ることが必要である。

IV. 事故の真因

事故の認識とわが国での「原子力安全」の確保のための仕組みとその歴史を踏まえ、技術的な直接要因ではなく事故の真因となる注目点を以下に要約した。(各項のタイトルには、問題点と今後の進むべき方向を記した。)

1. 運転プラントに対する「原子力安全」の確保の視点の欠如—規制のハード偏重からシステム安全への脱却

わが国では“考え方”，概念を構築することよりも、物理・工学などの学術論理を正確に作り上げることに重きを置く傾向にある。すなわち、原子力発電の導入の経緯もあるが理解のしやすさもあり、構造強度偏重の規制が長く取られてきたのである。わが国の原子力発電設備は1970年代に米国から導入された。同時に、その健全性の確保として、設計建設における“ものづくり”実務の基本である構造強度の基準として、ASME(米国機械学会)規格、压力容器と配管の規格などが導入され重用されてきた。わが国はこの膨大な規格の習得と高度化に多くの資源を投入し貢献してきた。しかし、結果として、実機の安全問題への関心は少ないものとなったのではない。更に、国による「原子力品質」の確保の規制への踏み込みは、これに拍車をかけた。作業の細部にまでの品質管理を導入し、機器ごとに製品としては隔々まで健全性確保への気配りはできたが、書類の山を築くことに労力を費やすことになった。

一方、世界では米国のTMI事故や旧ソ連のチェルノブイリ事故の経験などから、様々にシビアアクシデント(SA)時の安全確保の対応をとってきた。第2図に示すように、米国では早くから確率論的安全評価の手法(PSA)に取り組み、TMI、チェルノブイリ以降、PSA研究の成果として、着々と様々な安全策の導入がなされてきた。わが国においては、SAへの対応としての実験や解析など多くの研究が進められてきたが、実炉でのSA対策(AM)の規制としての導入や確率論的安全評価への取組みは遅れ、結果として欧米で取られた各種の安

第2図 シビアアクシデントへの対応

全策の検討や採用からは、遠ざかってしまったことは否めない。

PSA については、耐震指針の改定においてようやく、万一の基準地震動を超える場合を想定しての対応において、安全評価の手段としてリスク評価を行うことが議論されたが、最終的には付録に「残余のリスク」を評価する」と自主的な処置となるに留まっている。

必要なことは、原子力発電所においてあらゆる条件を想定して、システムとして「原子力安全」を確保するために必要な機能はなにか、ということを明確にすることである。

2. 社会との連携での原子力安全確保の共有意識の欠如—目標の共有と監視の強化

規制組織を始め、地方自治体、マスコミの目が軽微なトラブルに集まり、例えば「報告が1時間遅れた」として社会問題化してしまうような傾向にあり、技術論ではなく政治的決着という判断が常態化している。その基盤となっているのが地方自治体と事業者との「安全協定」である。それにより、「安全」の上に「安心」を付加した、あたかも三重規制のような体系となってしまう、原子力発電所の「原子力安全」の確保という本質的な論点から大きく目をそらすことになっている。

一般に、安全の尺度として「計画外停止頻度」が用いられた。わが国ではこの計画外停止は極めて少なく、いつの間にか『絶対安全』の安全神話が形成されてしまった。

したがってリスク評価については、「安全なものをあえてリスクで評価する必要はない」との思いがどこかにあり、外部事象も含めて真剣にリスクを活用する土壌が形成されず、リスク評価が実炉の安全評価手法として規制に定着することはなかった。この安全神話の形成は、結果として構造健全性に直接結び付く子細なトラブルに論点が集まり、本質的な「原子力安全」の確保の議論をますます遠ざけることになってしまったのではないか。

原子力安全の確保の歴史の中で、規制と事業者の自主的行為が明確には区別されず、反対派や厳しいマスコミ、裁判への対応が重なったことで、規制庁も事業者も、お互いが「安全神話」をよりどころとしてしまい、国をあげて「原子力安全」に取り組む姿勢が欠如してしまったことが重大な要因の一つである。「原子力安全」の確保は規制機関も事業者も、自治体、住民、反対派も同じ目標を共有するものである。連携して最良の方法で「原子力安全」を達成することが望まれる。規制機関は事業者と一体となって安全確保を進めることが望まれる一方、安全確保がされていることを厳しく監視することが必要であり、目標を共有することとは異なるものであり、使い分けが重要である。

3. 規制基準の無謬性へのこだわりとリーダーシップの欠如—役割分担と責任の明確化

わが国では、一度定めた規制基準、指針の改定は容易には進まない状況にある。第3図に示すように、例えば

第3図 地震発生と基準の改訂の経緯

耐震評価指針の改定について10年以上の歳月を要していることがわかる。1995年に兵庫県南部地震の人口密集地帯での直下型の地震動を経験し、大きな地震動のデータを得たことで、翌年には1981年に制定された耐震指針の改定に着手した。それから10年の歳月を経てようやく、評価に用いる基準地震動の想定範囲の拡大や算定手法の見直し、先に述べた「残余のリスク」の導入など多くの改訂がなされた。運転プラントへの対応はバックチェックとして事業者の自主的な評価に留まっているが、現在もまだ順次進められているところである。このように、必要であるからこそ急ぎ改定に着手したものではあるが、わが国には一たん決めたことの改訂、改善が容易に進まない文化があると思われる。一度決めたことへのこだわり、決めたことは正しいという無謬性を求める意識が、多くの人々にある。そのことが、改定、改正、改革を妨げる要因となっているのではないかと考える。そこに責任ある強いリーダーシップが求められる。

最も重要な課題は、規制機関を含めて、それぞれの役割における責任や責任者が見えないことである。国では審議会を多用し、架空の法人(審議会)の決定として処理をする方法が取られており、誰が責任を持って決めたのか、わからない状況を作っている。審議会の委員も、自分の責任で決めているという自覚があるのか、見えてこない。規制機関ばかりではない、事業者、メーカ、下請け作業員、学会、学术界などそれぞれに役割を担っているはずであるが、「原子力安全」の確保という目標に対して、何を分担して、どのような責任を果たしているのか、明確ではないというところが、責任の所在が見えない所以であると考えられる。

このように見てくると、国、規制機関の役割としての責任は、どこにあるのだろうか。それと同様に、わが国の特殊性でもある不明確なメーカの責任はどこにあるのだろうか。役割分担としての責任の明確化を欠いたことは事実である。このことが、様々な取組みにおいて、判断し決めるリーダーシップの欠如を招いていることの要因でもあり、事故を防ぐことができなかった遠因ともなっているのではない。

原子力安全庁が新設されようと計画されているが、同時に、この原子力安全庁を含めて、産官学、学協会の全ての機関において「原子力安全」を確保するための役割分担とその関係、責任・責任者を明確にすることが必要であり、その議論に取り組むことが望まれる。

V. おわりに

わが国の原子力発電のハード、設備製造、設計建設の技術は世界一であることは、世界が認めるところである。世界の数少ない原子力発電プラントメーカのうち、3社もが日本のメーカであり、自動車産業以上に強力である。その部品の製造においても優秀であることはもちろんである。今や世界の原子力発電所建設のカギは、日本の製造工程に依存するとまで言われるくらいである。原子炉圧力容器など主要機器の製造の信頼性は世界一である。産業はそこまで進歩、発展してきた。一方、安全規制の面ではどうだろうか。エネルギー確保のための国策として、原子力発電の導入を決定した時点から、国を挙げて一丸となってその安全確保に厳しい目を向けなければならないにもかかわらず、常に争いの具に供されてきたと言える。そのために、ソフト面での、国民の理解を

「Fukushima International Project」

1. 国の主導により体制を構築

- ・東京電力と各研究機関(JAEAほか)で独立法人としての対策機関を立ち上げる。

2. 参加機関・・・5-10年間の運用と研究

- ・国、電力、メーカ、研究機関から参加者を募る。
(予算は国と東電で拠出)
- ・国際機関から参加者を募る。(各国から参加費を集める)

3. 規模・・・1000人、1000億円/年 10年規模

課題・・・各テーマで「チーム」を構築

工事チーム

- 設備の復旧・・・冷却の継続と管理
- 除染と管理・・・1-4号の囲うドームの建設、炉水、排水、屋外等の除染
- ロボット等取り扱い装置の開発

調査・研究チーム

- 燃料調査・管理と処分計画
- 事象分析評価
 - ・安全確保のガイドへの反映
 - ・対策の他のプラントへの展開

復興チーム

- 地域の環境調査および環境保全・復興

国内の協力体制
国際協力体制

で、実行する。

目標：貴重なデータを世界と共有することで、原子力安全の向上に役立てる。同時に、研究者社会を地元にする事と復興を国際社会と共に進めることで地元の活性化を図る。

(注) 本計画案は、概念を表すものとして事故当初に作成した。
定量的には詳細な検討が必要であることを合わせて注記する。

第4図 国際協力による福島回復プロジェクトの提案

得るというコンセンサスやコミュニケーションという点を含めて、「原子力安全」に対する考え方の、世界からの遅れは甚だしいものがある。国民全てが、真剣に本質的な「原子力安全」の確保に取り組んでこなかったことが、今回の事故の最大の要因といえるのではないだろうか。

まず最初に、私たち、原子力発電に携わってきた技術者、研究者がこれを反省し、胸襟を開いてここで述べてきた新たな取組みに身を投じていくことこそが必要と考える。

世界を視野に入れて、今こそ福島の教訓を活かし、第4図に示すような国際協力による福島第一原子力発電所の処理と地域の復興、そして「原子力安全」の確立への取組みを行うことが、世界一安全な原子力発電の実現を目指すわが国のなすべきことと考える。

アジアでの原子力発電所は建設計画も含めて、韓国では28基、中国では27基(計画では100基とも200基とも言われている)、インドでも31基であり、近々、世界では原子力発電所500基を超すであろう。

福島第一原子力発電所の事故は日本だけの経験ではない。私たちがこの経験を生かすことが、世界が求める原子力発電の「原子力安全」を確保するために必要なことである。世界がこの経験を共有し、生かして行かなければならないのであり、わが国は世界に対してそれに協力する責任を持つと考えるものである。

—参考資料—

- 1) 奈良林 直, 杉山憲一郎, 日本原子力学会誌 53(6), p 387-400(2011).

著者紹介

宮野 廣(みやの・ひろし)

法政大学, 日本原子力学会標準委員会
委員長

(専門分野/関心分野)システム安全・設計, 流動・振動, 耐震, 原子力発電, 規格基準