解説

原子力安全について思うこと

東京電力(株)福島第一原子力発電所の事故に関連して

元・原子力安全委員会委員 小山田 修

本稿では、2011年3月11日に発生した原子力発電所の事故に関して、原子力発電所敷地内の事象について、反省すべき点を中心に記す。

I. 専門家への信頼の失墜と回復

本来は、①専門家間の、少なくともある程度正しい共通認識が基本として存在し、②それを専門外の方たちへ伝達する工夫がなされ、③それによって専門外の方たちの理解が進む、というのが望ましい構図と思われる。今回の原子力発電所の事故では、基本になる①の段階に不十分なことが多かったのではないかと、という反省がある。以下に、いくつかの例を示す。

- (1) 自然力(津波高さ)の想定に問題があり、さらに想定を超えた場合の対応の準備の不十分さのために、原子炉事故を発生させてしまったこと。あるいは、決められた手順等についての日ごろの順守状況から、「日本において、原子炉事故が発生する可能性は相当に低い」と思い込み、結果として事故防止の備えが不十分であったこと。
- (2) 日本近傍におけるマグニチュード9クラスの規模の地震発生(地震動は原子炉事故の発生要因とは考えられないが)、あるいは今回の規模の津波の襲来を、専門家集団の代表的意見として予測し、国の防災対策に反映することができなかったこと。
- (3) 炉心溶融後の水素爆発を予測できなかったこと。
(1979年の米国 TMI 事故において、格納容器内で水素燃焼が発生したことは認識されていたが、シビアアクシデント時における BWR 原子炉格納容器の外側における水素燃焼の可能性の言及は、事故前にフィンランドと米国の2件の研究があったものの、これらの研究が大きく取り上げられた形跡はなく、今回の事故において生じた激烈な爆発現象は、原子力に携わっていた技術者の共通認識にはなかったように思われる。これは、原子炉安全の研究がシビアアクシデントを防ぐための範囲に注力し、シビアアクシデントが実際に発生した場合の事象の進展まで

研究を掘げられなかったことが要因と考えられるが、事故事象の進展の予測という、専門家が最も高い知見を持ち、頼られるべき時点で適切な予測ができなかったということは、深く反省すべきことと考える。)

- (4) 低放射線被ばくによる健康への影響について、多くの異なる意見が表明されていること。

(本件については、長く研究に従事されてきた専門家の間での見解はおおむね一致したものとなっている点が、上記(1)(2)(3)とは異なると思われるが、その見解から大きく離れた意見についての情報が多数出されており、避難を余儀なくされた方たち、心配している人たちにとって、今なお深刻な問題を生じていると思われる。)

専門家への信頼の回復は容易なことではないが、専門家が信頼されない社会は混迷を続ける。専門家としては、今回の事故事象の検討の継続、安全対策の策定、現状の知見の確立、意見の発信を、粘り強く続けることが重要であると思われる。

例えば、原子炉圧力容器および原子炉格納容器の損傷状況、現状の核燃料物質の所在場所、等に関して未解明のことが多く残されている。また、2号機の原子炉建屋が水素爆発を免れたのは、1号機の爆発による影響でブローアウトパネルが開いたためではないか、という説明を見かけるが、ブローアウトパネルは原子炉建屋の天井からかなり低い位置に設置されており、その上方には相当多くの空間があるためブローアウトパネルの開放だけで爆発を防げたのか、天井部分に別の開口の存在がなかったか、あるいは蓄積された気体の成分の評価等を行うことも必要であると思われる。また、事故前まで、原子炉格納容器の構造面の挙動研究に関しては、設計条件以下で機能を全うできることの確立に注力され、設計条件を超えたあとに機能喪失(原子炉格納容器の場合は放射性物質の漏えい)がどの段階で生じるのかについて行われた検討は十分とはいえず、温度、圧力をともに考慮

Several Concerns on Nuclear Safety ; From experiences of TEPCO Fukushima Daiichi Accident : Osamu OYAMADA.
(2013年 3月3日 受理)

した挙動の検討を急ぐことが必要であると思われる。

Ⅱ. 計画外停止率の低さと原子炉安全に対する頑健性

日本では従来、計画外停止率が世界各国と比べて相当に低い水準を維持してきたことをもって、技術力の高さを示すものと見なしてきた。しかしながら、計画外停止率が低いことと原子力発電所の安全性の高さが同一ではないことは、明瞭に認識されなければならないと考える。自然による外力が穏やかな状態における計画外停止率が低いとしても、そのことは、自然による外力がまれな頻度で極めて大きくなった際に、原子力発電所を安全な状態に停止できることを意味するものではない。

計画外停止率の低下の努力は、発電機能の維持を目的としたほかに、原子力発電所の計画外停止が、たとえ安全性に直接関係のない事象によるものであっても周辺住民に対して不安を与えること等の理由により強化されてきたものと思われるが、考えようによっては、計画外停止率の低さが緊急時の非常用機器作動のための経験を少なくしていた可能性も含めて、評価していく必要があると思われる。

原子力発電所の安全性については、異常事態が発生したときに、それが外部への放射性物質の放出につながる事故に拡大することを防ぐことが重要であり、事業者の努力も、規制側の業務も、その点に最大限の注力が必要である。

Ⅲ. 高経年化対策

日本においては、高経年化対策として、構造物・電線などの材料の経年変化の研究に多くの努力が払われてきた。応力腐食割れ対策、配管内の流れによる減肉の対策、温度変動による疲労損傷の防止など、多くの分野で日本は世界をリードする成果をあげてきた。また、研究の結果の実際のプラントへの適用としても、予防保全工事を多く行ってきた実績がある。

しかしながら、高経年化問題は、材料の経年変化の対応だけではなく、自然外力条件の絶えざる見直しや、初期プラントにのみ用いられている安全系システムの実際的な使用感覚の涵養等を含めた、より広範な観点から強化していくべきと思われる。

ここで、原子力発電所の供用期間についての米国の考え方を記しておく。

米国では当初、供用期間を40年と定めていたが、この期間は、1954年当時、化石燃料を使用する発電所の償却(amortization)期間が40年であったので、それを適用したものであり、構造物の経年変化等の技術的観点あるいは安全性から定められたものではないことが、米国 NRC (Nuclear Regulatory Commission) の資料 Short History of Nuclear Regulation, 1946~2009 に記されている。1980

年代に NRC は供用期間の延長について慎重に検討した結果、安全確保に関する最新の確認を行うことで最長20年の供用期間延長を認可できると結論付けた。2013年2月の NRC 報告では、米国の104基の原子力発電所のうち73基について60年の運転認可が与えられ、うち17基はすでに40年を超えた運転に入っており、そのほか15基について NRC が審議中、13基について申請予定、と記されている。

Ⅳ. 継続的改善の重要性

今回の事故は、米国 TMI 事故やソ連のチェルノブイリ事故のように、“機器の故障の放置”、“計器の値の解釈の誤り”、“安全に十分配慮しなかったプラント性能の調査”等が原因となって発生したものではない。社内あるいは規制当局に認可された業務規則を守ること、昨日まで行ってきた仕事を今日もそのまま行うことでは、事故を防げなかったことは、明瞭に認識されるべきことと思われる。思い込み等を払拭し、安全性向上についての不断の見直し、絶えざる改善が重要である。

今回の事故に際して、発電所の人員は懸命の努力をしたと思われる。例えば、電源喪失後、早い段階で原子炉への注入ラインを新たに組みあげる手立てを講じたことが、事故のさらなる悪化を食い止めたと考えられる。そのほか、構内のモニタリングポストが停電のために計測できなくなったことに対応して、3月11日午後5時から、機能を失ったモニタリングポストの場所を巡回するモニタリングカーを走らせたことにより逐次記録された放射線量のデータは、後に事象推移の検討等に際して貴重なデータとなった。

これらの努力にも関わらず、事故の発生が防げなかったことは根本的な反省点であり、特異事象の発生の前に、装置の準備、対応の訓練が重要であることを示すものである。

Ⅴ. 規制当局者の技術力向上

規制機関にとって重要なことのひとつは、規制にあたる個々の人員の技術力の向上である。原子炉安全とは何か、原子炉安全の向上につなげる行為とは何か、をよりよく理解できるように、常に能力の向上を図ることが必要である。

参考として留意すべき国外の機関として、米国の原子力規制当局(NRC)がある。NRC は、米国の政府機関に関する Best Places to Work (「働き甲斐のある職場」) という評価システムにおいて、2009年、2010年の2年間続けて最高評価を得ている。評価の内容は、職員の能力育成、管理者の組織運営能力、チームワークほか、多様な項目から成り立っている。NRC の職員の相当多くが、NRC に長く勤続する。長く規制業務に従事しながら、現場経験等を含む研さんによって高い技術力を身に着け

た専門家が多数いて、そのような専門家たちが、規制のための研究、規制規格の作成を自ら行い、また、各原子力発電所個別の安全対策向上の監視などを行っている。(規制規格には、NRC 外の学識経験者の意見も、必要に応じて反映する仕組みを設けている。)

このような NRC の今日の姿は、発足時からそうだったのではない。特に、1979年の TMI 原子力発電所事故後、原子力発電に対する米国民の批判は強く、NRC も事業者も、原子力施設の安全確保の対応で多くの試行錯誤が続いた。原子力発電の最初の時代を担った世代が退職時期を迎えたこと、TMI 事故直後に原子力分野の学生数が急減したことなどによる知識・技術の伝承不足の懸念は、深刻な課題となった。

対応として、米国では大学教育等への息の長い施策を行うことによって、新しい世代の原子力分野への参加が進められ、現在は原子力分野の学生数は TMI 事故前よりはるかに多くなっている。特に働く職場としての評価の高い NRC へは、年々新しい優秀な人材が入ってきているとされている。(ときおり、「米国の場合は、海軍の原子力潜水艦や原子力空母の出身者が多数、民生用の原子力分野に移ってきていて、それは NRC 内でもかなりの数に上り、これによって原子力の人材が確保されている。一方、日本には同様な軍関係からの人材供給がないという根本的な差異がある。」との推論を耳にするが、これについては、NRC のコミッショナーから、「NRC の活動における海軍出身者の寄与は確かにあるが、それは限定的なもので、原子力発電所の安全確保のための人材としては大学で原子力を学んで直接 NRC に入ってきた人たちの寄与が大きい。」という説明を受けている。)

Ⅵ. 関係者間の議論の継続

原子力安全のための努力は、さまざまな領域で行われる必要がある。規制側における規制要件の見直しだけでなく、学会等における検討、事業者・産業界における検討などが繰り返され、それらが互いに補完しあいながら、進められるべきものである。

国外において産業界が中心となって作成されてきた規格の代表例が、米国の ASME (American Society of Mechanical Engineers) の Boiler and Pressure Vessel Code Section III で、これは1963年に原子力発電所に用いる機械設備の構造規格として発行されて以来、規制機関にも認められて使用されてきている。また、米国内のみならず、日本を含む世界の多くの国に、さまざまな形態で取り入れられている。

ASME では、福島原子力発電所の事故を受けて、元 NRC 委員長の Diaz 博士を長とするタスクフォース

を設けて検討を進め、原子力安全の新たな取り組みの提案として、2012年6月に Forging a New Nuclear Safety Construct を発表した。これをもとに、2012年12月にワシントンでワークショップを開催し、世界各国の産業界、規制組織等の参加を得て、今後の進め方について討論が行われた。その場には、昨年7月に就任した NRC のマクファーレン現委員長も出席し、産業界における安全向上努力の重要性などを含めたスピーチをした。

毎年4回開かれる ASME の Boiler and Pressure Vessel Code の改訂検討会議には、NRC から多くの参加者があり規制当局としての意見を述べ、また十数ページにわたる NRC の活動状況説明書が配布される。

規制側と事業者の関係のあり方、原子炉安全に関する社会からの受容については、元 NRC 委員長 Diaz 博士が ANS 2012 Winter Meeting における講演で説明された以下の内容が、示唆に富んでいると思われる。

- ・ On “acceptability” of safety, U.S. Appeals Court ruled in 1987, “The level of adequate protection need not, and almost certainly will not, be the level of zero risk.”
- ・ The reality is that there is no such thing as zero risk, and for all technologies, including nuclear, a certain level of risk is/should be acceptable to society.
- ・ There has to be a defined, fair, visible CONTRACT between regulators and operators, with accountability by and for all, that considers internal and external events and extends the protection to severe rare events.

Ⅶ. むすび

東京電力(株)福島第一原子力発電所の事故が、今なお多くの人に避難を余儀なくさせていること等は、まことに心苦しい思いがあるが、原子力は、エネルギーの利用だけでなく、医療の診断技術やがん治療、工業用検査など、日本にとって欠かせない。したがって、原子力分野の研究を続けること、人材の育成を続けることは大切である。

著者紹介

小山田 修(おやまだ・おさむ)
元・原子力安全委員会委員
(専門分野/関心分野)原子力発電所用機器
の構造設計、強度設計用規格