

原子力規制委員会の更田です。

一昨年、この ATENA フォーラムで『原子力規制委員会は、産業界が原子力エネルギー協議会 ATENA を設けたことを歓迎し、強く期待している。』と申し上げ、リスク情報活用、緊急時活動レベル、安全性向上評価などについて ATENA への期待についてお話ししました。今回は、ずっととりとめのない話になりますが、原子力規制委員会で、私があれこれ考えていることについて幾つか御紹介したいと思います。

#### 【大きな不確かさ】

東京電力・福島第一原子力発電所事故の発生を受け、原子力規制委員会が最も強化したのが地震や津波といった自然の脅威に対する備えと、重大事故等対策、すなわちシビアアクシデント対策です。

自然ハザードについては、どこまでのことに設計で対処すべきなのか、その線引きは非常に難しいですし、様々な不確かさを考慮する必要があります。

一方、シビアアクシデント対策は、工学的な安全対策として最も後段、出番が後ろの方のもので、異常が拡大し、建設時の設計基準で想定していた事故の範囲を超え、大きく進展、拡大してしまっからの状態に対処しようとするものです。このような極限とも言える状態への道筋は非常に多様かつ複雑で、対処しようとする状態に大きな不確かさが存在します。当然ながら、対策の効果の不確かさも大きなものとなります。

特定重大事故等対処施設、特重施設、これはテロやシビアアクシデントへの強力な備えで、事故は必ず起き、必ず拡大する、シビアアクシデントは起きるという前提に

立って、この施設の機能、性能を考えたわけですが、一方、この施設の出番が必要となる確率は極めて小さく、また、出番がきたときの状態の想定には大きな不確かさがあります。

さて、このような大きな不確かさを伴う状態に対する新たな安全対策を整備する、新たに資源を投入するという、この判断はどのように行っていくのが良いのでしょうか。安全対策は規制要求のかたちで実現しても、事業者の自主的な判断で実現しても、正しく対策がとられている限り、その効果に変わりがあるわけではありませんが、事業の収益に責任を負う事業者トップの方々にとって、大きな不確かさを伴う対策への投資についての判断やその説明というのは極めて難しいことだろうと思います。それでは、事業遂行上の要素に囚われることなく、安全のことだけを考える規制当局が判断し、要求というかたちをとるのが正しいのか。設計で備えておくべき状態を可能な限り特定し、その状態に対してどこまでの対策が必要なのかについて説明責任を負っていることには規制側も変わりはなく、後段の対策における大きな不確かさの存在についてあれこれ考え続けています。

## 【リスク情報活用と CCF】

ここで話は変わって、リスク情報の活用についてです。Risk-informed and Performance-based Regulation と言われて久しく、米国原子力規制委員会 USNRC が軽水炉に対する確率論的リスク評価 PRA の適用について記した Regulatory Guide 1.174 を発行してから約 20 年が経ちました。さらに米国ではここ数年、非軽水炉に議論が及び、この議論では原子力エネルギー協会 NEI が発行した NEI 18-04 というレポートを USNRC がエンドースするかたちで Regulatory Guide 1.233 に至っています。

日本と米国とでは、自然ハザードが与える脅威のレベルが著しく異なることもあって、リスク情報活用の困難さにはかなりの隔たりがあるとは言えるものの、PRA が極め

て有益なツールであることに変わりはありません。我が国の原子力産業界もリスク情報に基づく意思決定 RIDM の導入を謳っています。

しかし、これはリスク情報に限った話ではありませんが、極めて重要なのは、ある情報に基づいて判断や議論を行う者には、その情報に対する理解、リテラシーが要求されます。その情報の質、情報が得られたプロセス、情報の前提となっている条件、限界について、一定の理解を持つことがその情報を正しく使う上で不可欠となります。

リスク情報を活用する上で致命的に重要なことは、技術の現状、到達点や、その限界に対する認識ではないでしょうか。不確かさの存在、何が欠けているのか、何が考慮されていないのかといったことに対する正しい理解です。

私たちが現在、検査において利用している PRA は、内的 PRA、ランダム PRA のレベル 1 と呼んでいるもので、機器の偶発的な故障や人的ミスによって炉心が損傷する確率を与えます。これは地震や津波といった特定の誘因によって起こる機器の故障や破損を扱っているものではありません。

このランダム PRA は、機器は確率的に故障する、人は確率的にミスをするという前提から始まっていて、故障やミスの原因は見えていません。検査では故障に至るような不都合が見つかったとき、このランダム PRA を使えば、その機器が故障したときの影響度、重要度がわかります。一方で、ランダム PRA では原因をみているわけではないので、A 系の故障に繋がる不備があったとき、その不備は B 系にとっても脅威であったのかといった、共通要因故障に関する工学的洞察が別途、必要になります。多重故障をもたらす要因には地震、津波といった自然の脅威だけでなく様々なものがあり、海外の事例には、DG(ディーゼル発電機)の組み立てマニュアルの不備というのもあります。マニュアルに間違いがあったため、DG を分解して組み立て直すたびに故障が起きました。マニュアルの間違いが共通要因となって複数の DG が壊れたのです。

少なくとも現在までのところ、確率論的リスク評価はすべてのリスクを把握し、情報として与えるものでは決してありません。レベル 1 PRA は炉心損傷確率を与えますが、人に及ぶリスクを求めるには、格納容器破損確率を与えるレベル 1.5、ソースタームを与えるレベル 2、健康や環境への影響を与えるレベル 3 が続く必要があります。また、偶発的な機器の故障と人的ミスを考慮するランダム PRA に加えて、地震、津波、火山活動、火災といった特定の誘因が与えるリスクは別途、それぞれの特定誘因 PRA が、さらにその前提としてそれぞれの特定誘因の発生確率と強度を与える確率論的ハザード評価が必要となります。また、テロなどは、その発生確率及び強度を定量化することに大きな困難があります。

確率論的リスク評価 PRA は、機器の相対的な重要度を知ったり、事故の進展、拡大についての理解を深めたり、とにかく事故を考え、議論を進める上で極めて有用な道具ですので、全てが揃わないと使えないというものでは決してなく、使えるものから使っていくという姿勢は重要です。しかし、判断や議論の場に供されるリスク情報は、どのような仮定の下でどのように得られたものなのか、常に明確にしていなければなりません。

## 【新技術の導入】

次に、新しい技術、より安全性に優れた技術の導入を促すことは規制の重要な役割の一つです。このところ IAEA や OECD/NEA といった国際機関でも、SMR が盛んに話題に登っています。原子力規制委員会も SMR など革新炉の導入に伴う規制上のアプローチの変化について、国際的な議論に参加し、一定の関心を向けています。SMR を巡る議論は、例えば、原子力施設の運用者 Operator ではなく、機器を供給する製造者 Vendor に対する規制の必要性などについて考えることを促します。また、多数のモジュールが工場生産され、サイトに置かれる SMR に対して、安全上の責任は Operator のみに帰するのか、それとも一定の責任は Vendor に帰するのか、これは

規制当局でよりも、むしろ産業界で先に議論されるべきことかも知れません。さらに、革新炉に関しては HALEU、5%を超える初期濃縮度の燃料や、高密度ペレットの導入なども海外では議論が盛んですが、これらの新技術はフロントエンド、バックエンドのあり方と関連しており、議論の内容は極めて多様なものとなっています。

SMR については国内に具体的な計画があるわけではありませんが、一方、既設炉の安全性向上に大きな効果が期待される ATF、事故耐性燃料の開発についてはさらに強い関心を持っています。私はもともと規制支援のために事故時の燃料挙動の研究を行い、新型燃料や高燃焼度燃料が実用化されるにあたって、何をどこまで確認すべきかを探ってきましたので、既設炉の安全性向上に繋がる事故耐性燃料 ATF の開発、実用化について、規制当局がこれをどうやったら促すことができるのかを考えています。

例えば新しい被覆管材料についてですが、シビアアクシデント時、炉心溶融に至る過程では被覆管の酸化に伴う反応熱が大きな役割を果たします。原子炉停止後、冷却が十分でないと残留熱によって燃料温度は上昇しますが、ある程度の温度以上に達すると被覆管の酸化反応が急激に進み、反応熱で燃料棒は溶け始めます。このため、酸化しにくい、急激な酸化反応が進みにくい被覆管は、事故の対応に時間的な余裕を与えてくれることとなります。もちろん、水素爆発を防止するという観点からも、被覆管の酸化反応抑制は大きな意味を持っています。

被覆管には反応性の低さだけでなく、優れた中性子経済や強度、しなやかさ、加工や溶接のしやすさが求められることもあり、その開発には、コールド試験、試験炉でのクーポン照射、短尺燃料の照射、実用炉での少数本の先行照射、集合体先行照射と、非常に多くの段階を経た開発、実用化が進められていました。しかし、事故条件下で優れた性能を発揮する燃料の導入による安全上のメリットを考えれば、その実用化に至るまでのプロセスは技術の内容にあわせて合理化、効率化されるべきだと考えています。

## 【おわりに】

本日は『規制機関と原子力産業界の信頼関係の構築に向けて』と題するパネルディスカッションが予定されていると伺っています。規制機関と原子力産業界との信頼関係は、規制機関、原子力産業界、それぞれに対する社会の信頼があってはじめて構築できるものであるようにも思います。地に落ちた社会からの信頼を少しでも回復するうえで、いずれの個人、組織にとっても原点と考えられるべきは東京電力・福島第一原子力発電所事故だと思えます。原子力規制庁の幹部もパネルに加えていただき、たいへん重要なテーマですので、実りある議論を期待しております。

以上をもって御挨拶とします。ありがとうございました。