

原子力学会炉物理部会・核データ部会企画セッション

(3) 安全管理・安全規制の最新動向を踏まえた核データ・炉物理研究の課題

(株) テプコシステムズ

佐治 悦郎

saji-etsurou@tepsys.co.jp

1. はじめに

昨年(2003年)の学会秋の大会において開催された核データ部会・炉物理部会の合同企画セッション「核データ・炉物理研究は、社会にいかに関わるべきか」のその後の展開については、同セッションの座長を拝命した縁もあって、それなりの当事者意識をもって見守り、折りに触れて話題提供を行ってきた。今回(2004年秋)の企画セッションにおいてお話しした内容は、それらをまとめたものであるが、著者の独断と偏見に近いところも多々あることをご容赦願いたい。

さて、「社会との係わり」の最も重要な視点のひとつは、安全確保の説明責任を果たすことであるとの認識に基づき、最近の安全確保・安全規制の動向のうち、「リスクの定量化」及び「規制基準の性能規定化と民間規格の活用」のふたつに着目し、それらを踏まえた核データ・炉物理研究の課題について考察した。

2. リスクの定量化について

確率論的安全評価(Probabilistic Safety Assessment: PSA)技術の成熟を背景に、安全管理・安全規制における定量的リスク情報の活用への期待が近年、急速に高まりつつある¹⁾。定量的リスク情報とは、原子力施設で過酷な事故(シビアアクシデント)が起こる確率やそれによって施設周辺の人々の生命が脅かされる確率、また施設を構成する構築物、系統及び機器の損傷、故障等がこれらのリスクにいかなる感度を有するかの指標のことをいい、これら进行评估する技術がPSAである。またPSAの発達は、「どれくらい安全なら十分安全といえるのか?(How safe is safe enough?)」という安全確保における根元的な問いに対して定量的な目標を設定することを意味あるものとした。こうした動きは主に米国で先行しており規制の合理化に貢献している。わが国でも、一般社会に受容された安全目標と定量的リスク情報を用いて、客観性、合理性、透明性の高い安全管理・安全規制を実現することを目指し、原子力安全委員会により、表1のような安全目標の案が提示され²⁾、また

「リスク情報を活用した原子力安全規制の導入の基本方針について」が取りまとめられている（平成 15 年 11 月 10 日原子力安全委員会決定）。こうした動きを受けて、規制行政庁や電気事業者等においては、具体的な導入に向けた検討が始まっている。

表 1 「中間とりまとめ」²⁾ における安全目標案

<ul style="list-style-type: none">● 定性的目標案 原子力利用活動に伴って放射線の放射や放射性物質の放散により公衆の健康被害が発生する可能性は、公衆の日常生活に伴う健康リスクを有意には増加させない水準に抑制されるべきである。● 定量的目標案 原子力施設の事故に起因する放射線被ばくによる、施設の敷地境界付近の公衆の個人の平均急性死亡リスクは、年あたり百万分の一程度を超えないように抑制されるべきである。 また、原子力施設の事故に起因する放射線被ばくによって生じうるがんによる、施設からある範囲の距離にある公衆の個人の平均死亡リスクは、年あたり百万分の一程度を超えないように抑制されるべきである。

3. 規制基準の性能規定化と民間規格の活用について

最新の技術的知見を速やかに規制に取り入れることを可能にするため、規制上の技術基準の性能規定化と民間規格の活用が進められようとしている³⁾。規制当局が定める基準は、要求される性能のみを規定し、それを実現するための具体的方法や仕様については、学協会などにおいて最新の知見を反映しつつ公正・透明なプロセスを経て制定される民間規格を積極的に活用しようとするものである。

性能規定の対極にあるのが仕様規定である。仕様規定の典型的な例としては、「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」（昭和 55 年通商産業省告示第 501 号）、いわゆる告示 501 号を挙げることができる。本技術基準は、原子炉施設を構成する様々な機器類の材料、構造等の仕様を事細かに規定したものであるが、その技術的内容が数年間にわたって改訂されていないこと、設計・建設時における設備の構造等を規定しているだけでなく、供用開始後も同じ構造等を維持するよう要求していること等の問題点が以前から認識されていた。そのため、本技術基準の性能規定化の作業及び日本機械学会が整備した民間規格の妥当性評価が現在、原子力安全・保安院において精力的に進められている⁴⁾。余談であるが、こうした動きが一昨年いわゆる東電問題をきっかけにクローズアップされたのは記憶に新しい。

4. 核データ・炉物理研究との関係

(1) リスクの定量化と核特性評価

先に述べたリスクの定量化手法である PSA は、周辺の公衆に被害が及ぶ可能性のある過酷な事故を炉心損傷、格納容器破損などと規定した上で、それらの発生確率を、機器の故障率や人的過誤率に基づいて評価しようとする方法であり、核データや炉物理との関係は表面上判りづらい。しかし、実際には、たとえば安全系機能の喪失の度合いと炉心損傷との定量的関係を明らかにするために、決定論的解析が行われており、そこには反応度制御系の特性や崩壊熱といった核データ・炉物理が介在するパラメータ（核特性）が、従来の安全評価で用いられているものと同様、安全裕度を見込んだ保守的な値として用いられている。

さて、リスクを定量的に評価するとは、そもそも確率論的な取り扱いを行うことに他ならない。しかし、上記の通り、PSA では、核特性については依然、決定論的な扱いであり、保守的な値を用いている。では、これを一歩進めて、核特性についても確率論的な扱いが可能であろうか。この問いに対し答えを用意し得るのが、CSAU（Code Scaling、Applicability and Uncertainty Evaluation Method、しばしば統計論的安全評価手法と呼ばれる）である。この方法では、安全系の機能については決定論的に与えつつ、過渡・事故事象の進展を統計的ばらつきを伴った最確評価（Best Estimate）で与えようとするものである。そこで用いられるパラメータには核特性を含め、統計的ばらつき情報としての不確かさの考慮が可能であり、核特性についてそうした情報を適切に供給するためには核データの共分散や炉物理計算における不確かさ評価が重要となってくる。更に PSA と CSAU を結合させ、種々の核特性の不確かさと炉心損傷確率といった定量化されたリスクとの関係の分析を進めることができれば、リスク低減の観点から評価精度を向上させるべき核特性が明らかとなり、新たな研究課題を提示することが期待できる。無論、そこまで壮大なことを考えるまでもなく、統計的意味を持った不確かさ評価が、CSAU を通じてその重要性を増してくることは明らかである。

(2) 不確かさ評価法の標準化

先に述べた規制上の技術基準においては、核特性は現状、どのように扱われているのであろうか。その例を表 2 に示すが、結論からいうと、核特性に関する限り、従来、規制基準は性能規定に留まっており、告示 501 号のような事細かな仕様は定められていない。

さて、このような性能要求を満たしていることを判定するために、核特性評価精度（不確かさの大きさ）が重要となるが、精度を左右する核データや炉物理計算手法を規定する法令や指針は存在しない*のであるから、原子炉を設計する側はそれらを自由に選んで

* ECCS 性能評価指針における崩壊熱データの規定は数少ない例外。但し、この場合も同指針に挙げられたデータ以外を排除するものではない。

よいことになり、反面、規制当局に対して精度に対する説明責任が生じることとなる。核データや炉物理計算手法は時代と共に進歩するものであり、新知見を取り入れれば精度の向上が期待できるが、一方、それらを用いて規制当局より許認可処分を受けるためには、その都度、新たな説明責任が発生することとなり、これが最新知見反映の阻害要因となっている。

表2 規制上の技術基準における核特性の取り扱いの例

- 原子炉反応度係数に対する要求の例
 - 安全設計審査指針 13. 原子炉の特性「炉心及びそれに関連する系統は、固有の出力抑制特性を有し、また、出力振動が生じてもそれを容易に制御できる設計であること。」
- 制御棒炉停止系に対する要求の例
 - 発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令(通商産業省令第62号)第23条2.「制御棒による制御系統は、通常運転時において制御棒が固着した場合においても、燃料許容損傷限界を超えることなく速やかに機能し、かつ、安全上必要な余裕をもって反応度変化を制御できる反応度抑制効果を有するものでなければならない。」

核特性精度、すなわち不確かさの与え方については、現状、予想される不確かさに安全裕度を加味し、枠取り値としての不確かさで与えるのが一般的であるが、前述したリスクの定量化の観点からは、統計的な意味を持ったもの、すなわち最確値のまわりの確率分布で与えることが必要である。こうした与え方は、たとえリスクの定量化に用いるためでなくとも、より客観的で合理性の高い与え方であり、従来の決定論的安全評価においても十分な安全裕度を有することに対する説明性の向上に役立つと考えられる。

そこで、核特性評価結果の不確かさをリスクの定量化への対応や説明性の向上の観点から、最確値のまわりの確率分布として規定し、その現状や評価方法を専門家間で検討した上で学会標準としてまとめれば、核特性評価精度を客観的、合理的に説明する際に、大いに役立つと考えられる。更に、それを規制側に承認してもらえれば、規制側への説明が容易になり、核データや計算手法に最新知見を反映し易くなる。

5. おわりに

安全確保レベルに関する社会への説明責任を果たすため、核特性評価精度の現状を適切に把握し、リスクの定量化に寄与し得る不確かさ評価方法を確立することを提案したい。そして、それを学会標準として制定し、規制側の承認取得を目指す。そうすれば、核データ・炉物理研究の最新知見をタイムリーに反映できるようになる。

最後に、昨年の企画セッションからの一年間の活動について著者なりに振り返ってみたい。何かいいわけじみた物言いで恐縮だが、本稿で述べた内容は著者の思いつきの域を出ていない。こうしたいわば荒削りの問題提起をメーリングリストを利用したインターネット上で行い、そこでの議論を通じて核データ・炉物理研究に携わる方々の問題意識を反映したものに洗練していければよいと当初、考えていたのであるが、残念ながらごく一部の方の反応しか得られず、荒削りのままの中間報告となってしまった。これについては、著者の不明を恥じるばかりであるが、そもそも昨年の企画セッションでなされた様々な提案についてもその後、議論が発展していくことがなかった事実を考え合わせると、今後、にわかに議論が活性化していくとの楽観的な見通しは立てづらい。昨年、今年と催された学会企画セッションそのものは会場を満員にする関心を得ていたのであるから「核データ・炉物理研究と社会の係わり」という命題が人々の興味を引いていないということはなさそうである。とすれば、メールを通じた議論の限界かとも思われるが、いずれにせよこのままの活動形態では、芳しい進展が得られないのではないかと懸念する。人々の積極的な参加が得られない状態で形だけ進めていっても、そこに投入される努力は砂漠に水を注ぐがごとく、何も実りも残さないのではないかと危惧する。もう一度、原点に戻り、どういった課題・活動形態が多くの人々の参加意欲を刺激するのか、またはその必要性について共通認識を得られるのか等について考える必要はないだろうか。事実を謙虚に受け止めるべきと著者は思うのだが、それはあまりに悲観的な見方であり、ネガティブに過ぎるといふご批判をいただくかもしれない。それを覚悟の上で敢えて一言述べさせていただいた。

参考文献

- 1) 「平成 15 年版原子力安全白書」（平成 16 年 4 月、原子力安全委員会）
- 2) 「安全目標に関する調査審議状況の中間とりまとめ」（平成 15 年 12 月、原子力安全委員会安全目標専門部会）
- 3) 「原子力発電施設の技術基準の性能規定化と民間規格の活用に向けて」（平成 14 年 7 月、総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会原子炉安全小委員会）
- 4) 例えば、「総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会原子炉安全小委員会性能規定化検討会（第 3 回）（平成 16 年 10 月 18 日開催）議事要旨」参照
<http://www.meti.go.jp/committee/summary/0002621/index.html>