

日本原子力学会 2025 年秋の大会
原子力安全部会・核融合工学部会 合同企画セッション
核融合におけるリスクとは何か？一定義・評価・語り方をめぐる多分野対話

1.日時

2025 年 9 月 10 日 13:00~14:30

2.場所

日本原子力学会 2025 年秋の大会 K 会場

3.参加者

座長

近藤寛子(マトリクス K)

登壇者

小西 哲之 (京都フュージョニアリング)

宮田 浩一 (日本エヌユーエス)

澤田 和宏 (内閣府)

永瀬 文久 (規制庁)

奥本 素子 (北大)

林 巧(QST/ATOX)、クロストーク

会場参加者

200 名程度

4.概要

注：原子力学会の講演であるため、組織を代表するものではなく、いずれも個人の見解。

(1)小西氏

- ・リスク評価については、オンサイトだけでなく、オフサイトまで含めて行う必要。
- ・トリチウムを主とする放射性物質の管理について、社会に対してしっかりとした説明を行う必要がある。
- ・トリチウムは天然に存在しているが、核融合炉施設を作るとそれが増える可能性があること、検出可能量と健康影響が出るレベルの差が大きい点が留意事項。
- ・外部性の概念を広く捉える必要がある。リスク評価手法としては、PRA の限界に留意しつつ、放射線影響については経路影響分析が重要。

- ・通常運転において、トリチウムは主として一次系（燃料系）-2次系（冷却水等）のトリチウム閉じ込めと除去システムを通して環境に放出される。わずかな漏洩や透過は炉室→建屋→外部の順番に移行。これは、炉型には大きく依存しない。
- ・事故時については、配管の破断とそれに伴うトリチウム放出が発生するが、通常時と同じく炉室→建屋→外部の順番に除去系を通して移行する。
- ・敷地外に出たトリチウムの環境移行については、コンパートメントモデルによる評価手法は確立していて、これにより放出量と被ばくの関係が計算される。
- ・トリチウム水は環境中で同位体希釈がおこることに留意。水素のトリチウムはほとんど生体に影響しない。
- ・事故時の被ばく線量は mSv 単位であり、軽水炉とはレベルが違う。トリチウムが全量放出されると 100mSv レベルにはなるかもしれないが、そういう事故シナリオがあり得るかどうかの問題。
- ・リスクは、確率の大小にかかわらず、ハザードそのものの大きさに認識する人もいる。フュージョンは原発よりハザードは小さい。しかし核融合施設の立地に伴い避難の必要な事態は考えにくい、実際問題として、環境中のトリチウム濃度が上昇することがあれば、被ばくは問題でなくとも受容性が低下するのではないか。

(2)宮田氏

- ・原子力安全の目的は、人と環境を放射線の影響から防護すること。
- ・リスクは影響、頻度、シナリオのリスクトリプレットで見る必要がある。これは核融合炉も同じ。
- ・事故影響を何で表すか。軽水炉だと敷地境界線量、CDF、CFR などがあるが、核融合炉は？結局のところ、健康影響、環境影響でリスクを評価することには変わりはないと思われる。
- ・事故シナリオのうち、発生頻度は詳細設計がないと評価できないか？恐らくそうではなく、概略評価は出来るはず。
- ・原子炉と異なり、核融合炉は事故進展性が小さい。軽水炉は炉心にインベントリが集中しているが、核融合炉では、インベントリが分散している。従って、インベントリが多いところを同定して、その部分の健全性を確認する必要がある。
- ・原子炉は、多種多様な放射性物質が対象となる。核融合炉はトリチウムが主体であり、放射化物もあるものの、種類は少ない。
- ・軽水炉は崩壊熱除去ができないと炉心損傷に至る。核融合炉は崩壊熱小さいため、事故進展性が小さく事故シナリオが全く異なる。
- ・頻度評価については、故障率、人的過誤割合などが必要。核融合炉はこれらのデータがない。しかし、簡略評価はできるかも。この辺の取り扱いが難しい。
- ・放射性物質が全量放出の場合でも、核融合炉は軽水炉に比べて影響は3桁程度低い。

- ・深層防護をどう実装するか。軽水炉は防止-緩和が複数あり手厚い。核融合炉の真空容器については、閉じ込めという緩和機能に加えて異常発生防止の機能も有しており、運転継続の観点から必然的に信頼性を高くするものと考えられる。
- ・外部事象、特に航空機落下はどう考える？
- ・特定重大事故対処施設などは不要ではないか。
- ・廃炉までのライフサイクルを通じて軽水炉のインフラとの関係を明確化しておく必要がある。
- ・リスク評価について、全体像の整理が必要。その上で、リスクトリプレットを明確化する取り組みが必要。

(3)永瀬氏

- ・規制の思いとして、リスクを理解(understand)するというより、しっかり”capture”したい。
- ・現時点で考えられている実験装置の延長線上であれば、RI法で規制。炉規法で規制にはならない。RI法は、放射線障害を防止することが目的。
- ・JT-60SAについては、RI法として規制。
- ・内閣府の安全の考え方として、機動的な規制、グレーデッドアプローチなどのキーワードが出てきている。装置によりリスクのレベルやプロファイルが全く異なる点が難しい。
- ・さしあたって、核融合装置とは、どの程度の規模のものか、特にインベントリや廃棄物などの物量感を確認したい。
- ・放射線リスクに関しては、評価の前提や評価手法などが重要。
- ・IAEAの敷地外緊急事態準備に関する判断基準をまず用いることが考えられる。敷地外の防護措置を必要とするかどうかととりあえずのポイントであるが、サイト外の影響を判断するための評価手法や考え方については、議論が必要。
- ・IAEAの文書、特にSF-1、GSR Part7、Tecdod-2076などをベースにした安全性の議論から始めると分かりやすく説明性が高まるのではないか。
- ・海外での取り組みについても、状況を聴取している状況。

(4)澤田氏

- ・内閣府での安全確保の基本的な考え方については、今後建設されるであろうものを主として対象としている。
- ・核融合炉では、放射線の発生、放射化ダスト、放射性物質の閉じ込め機能、構造材の放射化などが主要なリスク要因。
- ・核融合も原子力基本法の対象になることは前提。JT-60SAについてはRI装置として規制。今後建設されるものについても、放射線障害防止の観点から検討する必要あり。
- ・ITER誘致時の安全確保の考え方が参考になるかもという議論もあったが、その後、特に1F事故以降のリスク評価技術の進展も考える必要あり。

- ・科学的・合理的なアプローチが重要。規制はアジャイルに、追加的に行うのが望ましいのではないか。
- ・2030年代に発電実証を行うことを想定すると、安全に関する枠組みは早期に検討する必要がある。
- ・国際協調も重要。国際的な核融合関係の検討チームができています。
- ・核融合装置の概念がある程度整理された時点で、法律的な検討も行なっていく必要があるかも。将来的には、規制法体系の再検討もあり得るが、当面はRI法での規制を想定。
- ・安全性に関する知見の蓄積、リスク評価手法の開発などに着実に取り組む必要あり。

(5)奥本氏

- ・社会で考えなければいけないこと、科学者が考えられることは違う。
- ・技術が実装される前から技術のあり方について社会と対話するなどの動きがある。
- ・科学技術については、いくつかの責任が伴う。内部責任：不正をしない。外部責任：社会にどう実装されるか・社会がどう影響されるか。法的責任：後ろ向き責任（過去）と前向き責任（未来）。
- ・前向き責任：予測できるところと、そうでないところがある。
- ・発生確率の予測と影響の予測の組み合わせで四つの象限がある。発生確率や影響が十分にわかっていないものについては、「無知」という領域になる。これは予測が難しい領域であり、トランスサイエンスの領域。
- ・ポストノーマルサイエンス：利害関係者が多く、影響と不確かさの大きい領域。この領域は社会に開いて検討していく必要がある。多くの集合知によってより妥当な結論を見出していくために、拡張された参加モデルが必要。
- ・科学でルール化できるところとそうでないところの仕分けが重要。

(6)林氏

- ・今回の企画セッションでは、安全確保について、色々な観点から考え方を提示いただいた。
- ・核融合の特徴的な論点は何か？それを考えて行くと、核融合のリスクとは何か？という問いに行き着く。
- ・トリチウムはそれ自体の危険性は他の放射性物質に比べて小さいが、核融合炉施設ではインベントリが多いところもある。また施設内でインベントリが分散しており、化学的な形態も異なっている。この辺が難しいところ。
- ・軽水炉に比べるとリスクが小さいとはいえ、それをどう扱っていくかが課題。

(7)質疑応答

- ・PIRT (追記 Phenomena Identification and Ranking Table)を作る必要があるのでは？オンサイトの評価だけで良いのか？

→外部事象の扱いが難しい。(以下は関連した永瀬の発言) 小さな施設であればオンサイトの評価だけいいかもしれないが、大きな施設であればオフサイトについても検討が必要になるかもしれない。

・ 炉規法と RI 法の二重規制にならないか? 特に耐震設計など

→→ご指摘のように、RI 法だと耐震が十分考慮されないので、大きな施設であればどうするか、という議論をしているところ。

・ スカイシャインは問題にならないか。

→RI 法でも見ている問題ではあるが、個々の課題について議論をしていない。内部での被ばく、外部影響についてしっかり見ていく。

・ 核融合がまだ全体像の見えないリスクとして、これまでの規制のモデルが使えるのか?

→グローバルなルールをまず定めた上でローカルなルールを議論する。現時点では、こういう核融合炉であれば、という前提の元で話をする必要がある。

→立地点付近の皆さんと合意して進めることが重要。福島第一の大きな反省の一つ。