

2025 年秋 フォローアップセミナー 概要

2025 年 10 月 30 日 東京大学本郷キャンパス工学部 2 号館 213 号講義室

講演内容(敬称略)

エネルギーシステムリスクの考え方：小西啓之(京都フュージョンリアリング)

核融合炉におけるトリチウムは、定常運転時にキログラム単位のインベントリーを持ち、放出量をゼロにできないため能動的管理が必須である。トリチウム放出は法令および地元協定により濃度・総量で規制され、被ばく量(Sv)で評価されるが、検出可能量と健康影響の差は極めて大きい。環境中のトリチウム移行はコンパートメントモデルで記述され、主に経口摂取による被ばくが支配的である。低線量放射線のリスクは確率論的安全論の限界とヒトのリスク認識のギャップにより社会的課題となり、風評被害やリスク分担の不公平も問題視される。核融合トリチウムの環境放出は過去の重水炉経験と同等とみなされ、長期的かつ多数の影響を考慮した管理が求められる。

核融合炉の潜在的リスクの現状整理と今後の検討の視点：林巧(核融合炉の潜在リスクと評価手法専門研究委員会)

核融合炉の潜在的リスクは既存の核融合実験炉や原型炉の検討を通じて再確認されている。日本政府はフュージョンエネルギーを新産業として位置づけ、内閣府にタスクフォースを設置し安全確保の基本的考え方を検討している。研究専門委員会では、核融合炉の安全や安心のあり方、評価手法について議論し、安全指針の提示を目的としている。既設施設(JT-60、TPL、ITER)ではトリチウム管理や異常時の多重閉じ込め概念が重要視されている。諸外国の規制事例では、核融合炉のリスクは小さいと評価されている。日本の原型炉 JA DEMO では、放射線障害防止を目指し、事故時の公衆被ばく線量は設計基準を十分下回ると確認されている。今後は民間企業の核融合装置調査や社会的受容性の検討、安全評価方法の改善が課題である。

〈質疑応答〉

核融合炉のトリチウム放出の長期的影響について質問があり、既存の原子炉と比較して問題は限定的であり、地球規模での循環シミュレーションも行っていると回答があった。トリチウムの安全区分(RIPP)に関する検討状況については、区分 2 までの議論が進行中であり、盗取リスクは低いと説明された。リスク評価の方法論に関する疑問に対しては、工学的評価と一般説明の二重性を強調した。また、放射化物処理については管理可能なレベルであるとの回答があ

った。リスクシナリオの整理や安全設計の重要性が指摘され、炉型やリスク評価に応じた段階的議論の必要性が述べられた。

講演内容(敬称略)

・ 軽水炉の安全確保からみた核融合炉：宮田 浩一(JANUS)

核融合炉の事故による主としてトリチウムによる影響は軽水炉には様々な放射性核種があることから、比較すると桁違いに小さいものである。リスクは影響度と事故発生頻度の積で定義される。核融合炉の炉心の放射エネルギーや崩壊熱は軽水炉に比べて極めて低く、事故進展性も小さいため、軽水炉のような詳細な事故進展評価の必要性は低い。頻度の評価手法としては確率論的評価が有効であるが、核融合炉には運転経験がないため評価は暫定的かつ保守的にならざるを得ない。制度設計は軽水炉の規制を参考にしつつ、核融合炉特有のリスク特性を踏まえたリスク評価を基盤とすべきである。安全設備や緊急対応は軽水炉ほど多重・多様である必要はなく、現実的なリスクに応じた設計が求められる。

〈質疑応答〉

進展性の考え方をトリチウムの化学形態の変化として捉えたらどうかとの質問があり、先に言及した比較評価ではトリチウムの化学形態を影響の大きいトリチウム水 100%to 保守的に評価していること、実際のガス状トリチウムからトリチウム水への変化は限定的との回答があった。さらに進展性決定論的に効果的な設備の重要度設定をすべきではとのコメントがあった。また、冷却系の破損などによる圧力上昇の可能性を指摘し、単純に「進展性がない」と断定するのは疑問との質問があったが、冷却材放出によるエネルギーは一過性で軽水炉の崩壊熱のように放出が継続し蓄積するようなことはないとの回答があった。また、他講演者より、核融合炉を駆動するための入力も含め、stored energy という観点からは増大するものではなく、重大な影響はないとの補足がなされ、さらに、核融合炉では軽水炉のような崩壊熱の蓄積などによって最終的に水素爆発が起きることはなく、基本的な安全方針としてトリチウムの放出をどう考えるかだと強調されていた。

講演内容(敬称略)

・ フュージョンエネルギーの実現に向けた安全確保の基本的な考え方：澤田明宏
(内閣府)

フュージョンエネルギーは、核融合反応による発生する次世代のクリーンエネルギーである。日本は2023年に初の国家戦略「フュージョンエネルギー・イノベーション戦略」を策定し、2030年代の発電実証を目指している。安全確保の基本的な考え方は、放射線障害の防止やリスク評価・管理を原則とし、科学的かつ合理的な規制をアジャイル(機敏)に適用する。現行法ではフュージョン装置は放射線発生装置としてRI法の規制対象で、原子炉等規制法の対象外である。今後は国際協調を活用し、政府と事業者が連携して安全確保の枠組みを早期整備が求められている。

・ 規制当局としてまず確認したいリスク：永瀬文久(原子力規制庁)

核融合装置の規制に関しては、現時点で研究開発段階にあるため、科学的かつ合理的な規制手法の検討が必要である。放射性物質の量や放射線量に応じたグレーデッドアプローチを適用することが適当である。関連法令は主にRI法で、放射線障害防止と公共の安全確保を目的とし、現存する実験装置の延長であれば対応可能である。規制当局は、装置の規模、設計、放射性物質の分布や事故シナリオなど多様なリスクを確認する必要がある。IAEAの安全基準や海外の事例も参考にし、国内実情に即した規制枠組みの整備が求められている。

<質疑応答>

核融合装置の法的整備や事故評価の扱い、リスクに応じた規制の必要性について質問があり、現状の開発状況を踏まえても非現実的ではなく合理的かつ社会的に納得できる規制設定を目指し、リスクに応じた柔軟かつ合理的な規制が検討されるべきと回答した。

核融合が将来的技術としてエネルギー政策に位置づけられ、議論が始まっていることを共有。燃料サイクルの法的適用について質問があり、他の登壇者から、プラント全体で燃料サイクルを一体的に管理し、安全設計もそれを踏まえていることや、燃料管理の特徴を補足し、トリチウムの取扱いと安全評価の重要性に関する発言があった。

講演内容(敬称略)

・ 科学のリスクとまだ見ぬ科学のリスク：奥本素子(北海道大学)

科学技術コミュニケーションとは、研究開始前の民主的対話から社会実装における倫理的・社会的・法的整備までを含む活動である。科学の責任は内部責任、外部責任、法的責任、道義的責任、後ろ向き責任、前向き責任に分類される。リスクは発生可能性と確率の知識の有無によりリスク、曖昧性、不確実性、無知に分けられる。トランスサイエンスは科学で答えられない課題を指し、ポストノーマルサイエンスは不確実性と利害関係が高い問題に多様なステークホルダーの集合知で対応する科学である。社会的意思決定には熟議型民主主義が重要である。

〈質疑応答〉

抽選型会議の導入可能性について質問があり、財政負担が大きいことがネックであると回答があった。国家予算規模であれば負担は許容範囲であるが、市民参加による決定は柔軟性を欠き、世代間責任の問題もあると指摘した。複雑なシステムでは専門知識が断片化し、「無知のリスク」と統合知の重要性が説明された。これらを踏まえ、市民参加の制度設計と専門知識の統合が今後の課題であると共有された。

総合討論

1. はじめに

本パネル討論は「核融合におけるリスクとは何か」をテーマに、リスクの定義、評価、社会への伝え方を中心に討論が行われた。討論には核融合開発の最前線の専門家、規制当局、学術関係者が参加し、多様な視点から意見交換がなされた。

6つのプレゼンテーションの内容を踏まえつつ、5つのテーマ(リスクの定義、技術的・事業的側面、社会的受容、規制のあり方など)に分けて議論を進めた。

2. リスクの定義

リスクを技術的側面だけでなく、資金調達や事業継続の観点も含む広義の概念として捉え、量的に評価し説明することで投資家や地域社会との合意形成を図る必要がある。これが成立しなければ事業は成り立たず、原子力やメガソーラーの事例のように、規制当局や地元自治体との協議と合意形成が重要となる。リスクは明確に定量化・取引可能であり、社会的に認められたリスクのみが事業推進の基盤になる。また、国の政策的バックアップが不可欠である現状を示し、核融合事業も同様の支援を期待する。

3. 技術的リスクと社会受容の課題

技術的なリスクとしては、放射性物質の安全管理が大きな課題と指摘。トリチウムなどの放射性物質をいかに閉じ込め、外部影響を防ぐかが重要であり、管理体制や設計の信頼性が求められる。一方、技術的リスクだけでなく、社会が新技術をどのように受け入れるかも大きなリスクの一つと認識。社会的受容は技術の進展と並行して進めるべき課題であり、単なる技術的安全確保を超えた包括的なアプローチが必要である。

4. 社会科学的視点と情報共有の重要性

人文社会科学の立場からリスクの不確実性や無知の問題を強調。科学的知見が十分に揃っていない現状で、様々な情報源やシナリオを統合し、メタデータセットを作成することが社会科学の役割である。また、SNSなど現代の情報環境では、インフルエンサーの発言が世論を大きく動かすこともあり、科学的知見の透明かつ地道な開示とコミュニケーションの継続が、過度な恐怖や誤解を避け、冷静な議論を促す鍵となる。

5. 段階的規制の必要性和合理性

核融合炉の安全規制に関しては段階的(フェーズド)アプローチが合理的である。海外の例として、米国のパイプロダクト法やフランスのITER規制を例に、一度に全てを規制するのではなく、技術の進展に応じた段階的に規制を強化していく必要がある。多様な核融合炉設計を考

慮し、共通部分と個別部分を区別し、大きさや形状で分類して規制の枠組みを作るべきである。過剰な保守性や非現実的な条件設定は避け、合理的な判断が求められる。

6. 説明責任と情報公開の現状

説明責任を長期的視点で捉える必要がある。かつては行政の情報が閉鎖的であったが、現在は SNS などを活用し積極的に情報公開が進んでいる。一方で、情報の壁が完全になくなっておらず、さらに透明性向上が求められる。科学的知見の共有や国際連携も重要であり、学会や規制当局の協力による継続的な情報発信が信頼構築に繋がる。討論では、リスクの多面的理解と社会的受容のための透明性ある情報共有、正直な説明責任の重要である。リスクは技術的問題にとどまらず、社会的・経済的側面も含む複合的課題であるとの認識が共有された。

会場からは以下のコメントがあった

- 核融合事業推進では、想定外の事象発生時の説明責任や対応責任の所在が不明確な点を問題視。国際的な契約や地域社会との協定で、事象発生後の責任負担をどう定めるかが課題であり、明確なルール作りが必要と指摘した。
- 核融合事業の最大の目的は安定的な電力供給であり、そのためにスクの把握と管理が不可欠である。現状の報告書などでリスク目標の明確さに疑問を呈し、リスクの捉え方と事業目標の整合性についてさらなる議論を求めた。
- 世界の核融合産業化の動向に触れ、日本が遅れるリスクを懸念。産業界、学会、行政、規制庁、事業者が連携してリスクを共有し、産業化を加速する必要がある。
- 説明責任は一時的なものではなく長期的に継続されるべきであり、社会的な合意形成に向けて情報の透明性を高めることが不可欠である

7. 総括

核融合に関するリスクは技術的安全性、事業リスク、社会的受容の3つの側面で捉え、総合的に管理・説明していく必要があることを確認。科学的知見の蓄積と共有、段階的規制の導入、地域社会や投資家との対話を通じた合意形成が今後の鍵であり、引き続き多様な専門家とステークホルダーが協力して課題に取り組むことの重要性を強調して討論を締めくくった。