

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セッション

核融合におけるリスクとは何か？
— 定義・評価・語り方をめぐる多分野対話

(4) 規制当局としてまず確認したいリスク

(4) Overall risks that the regulatory side wishes to capture first

原子力規制庁 永瀬 文久

緒言

- 内閣府は、「フュージョンエネルギー・イノベーション戦略」(2023年4月)を踏まえ、『イノベーション政策強化推進のための有識者会議「核融合戦略」』の下に、タスクフォースを開催し(2024年3月～)、タスクフォース構成員の意見を踏まえ策定した「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」^[1]を、2025年3月に「核融合戦略」において決定。
- これに対応し、原子力規制委員会は、原型炉等の研究開発を進める事業者等から、開発状況や安全確保の考え方、今後の見通し等を公開の場で聴取することとし^[2]、フュージョン装置の開発を進める事業者等との意見交換会合においてまず確認する項目を明確化^[3]。
- これまでの原子力規制庁内での議論や事業者等から得た情報を基に、規制当局としてまず確認したいリスクについて私見をまとめる。

関連法令

- フュージョン装置への適用を検討すべき法律として、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」と「放射性同位元素等の規制に関する法律」(以下、RI法)がある。
- いずれの法律が適用されるか、これらの法律の中のどの規制が適用されるか、既存の規制を見直すのかは、規制対象となるフュージョン装置の規模、設計、材料等を踏まえた施設内及び周辺へのリスク等を考慮して決められる。
- ただし、現在規制の対象となっている実験装置の延長上であれば、RI法で十分対応可能ではないかと考えられる。
- RI法の目的は、放射線障害を防止し、及び特定放射性同位元素を防護して、公共の安全を確保することであることから、RI法を適用する場合、この目的に合致することを確認することが規制の原則となる。

RI法の対象と定義等

対象

- 放射性同位元素の使用、販売、賃貸、廃棄等
- 放射線発生装置の使用
- 「放射性同位元素」又は「放射線発生装置から発生した放射線」によって汚染された物(放射性汚染物)の廃棄 等

定義等

- 「放射線発生装置」とは、サイクロトロン、シンクロトロン等荷電粒子を加速することにより放射線を発生させる装置で政令で定めるもの
- (荷電粒子を加速することにより放射線を発生させる装置として指定する件(平成元年科学技術庁告示第4号)平成元年科学技術庁告示第4号) 変圧器型加速装置、マイクロトロン及びプラズマ発生装置(重水素とトリチウムとの核反応における臨界プラズマ条件を達成する能力をもつ装置であって、専ら重水素と重水素との核反応を行うものに限る。)
- 国内の重水素(DD)運転を行う装置(QSTのJT-60SA)については、RI法に基づく放射線発生装置として規制

「安全確保の基本的な考え方」^[1]から

規制のあり方に関する主な記載

「フュージョン装置は、現時点では研究開発段階にあることから、建設・運転実績のない新技術に対する実証性と安全評価を、的確かつ迅速に行うための規制手法・プロセスを科学的・合理的に検討する必要がある。そのために、… 行政は規制についてその検討状況にあわせてアジャイル(機敏)に対応していくことが適当であると考えられる。… また、フュージョン装置の形式や技術の多様性を踏まえ、…発生する放射線量や三重水素等の放射性物質の量といった**具体的要素のリスクの大きさに応じた規制を実施する「グレーデッドアプローチ(安全上の重要度に応じた規制上の取扱い)」**を適用することが適当である。」

「規制の検討に際しては、現行の規制関連法令における規制や手続の差異に加え、**フュージョン装置の規制に必要となる項目を踏まえた適用すべき法令等を丁寧に整理した上で検討する必要がある。**」

「**現存するフュージョン装置と同程度のリスクであれば、当面は、現行のRI法の対象として、RI法に基づく放射線防護の観点からの規制を継続することが適当と**考えられる。なお、その場合であっても、装置の形式や技術の多様性を考慮し、**個々のフュージョン装置において想定されるリスクが一様ではないことに留意した適用を検討する必要がある。**」

原子力規制庁における理解の状況 (検討を開始した時点)

- 以下について十分な情報がない。
 - 利用する反応(D-T、D-D、p-¹¹B等)
 - 閉じ込め方式(トカマク、ヘリカル、レーザー等)
 - 規模(トリチウム量、放射化物質質量、熱出力などのプラント規模等)
 - 設計(材料、閉じ込め容器、回収・増殖システム、冷却系、システム間の連結、放射性物質の分布、放射化物の取扱い、廃棄物の管理、遮蔽、安全対策、通常時の放出や作業員被ばく等)
 - 放射線リスク(起因事象、想定事故シナリオ、作業員被ばく、サイト外への影響(ソースターム、拡散、敷地境界線量)、評価手法や前提等)
 - それ以外のリスク(高電圧、高磁場、高圧、高温)

まず確認したいリスク(1/2)

国内では、核融合反応方式は「トカマク」、「ヘリカル」、「レーザー」等があるとともに、**規模や設計も多様**である。規制の枠組みや規制要件を検討するためには、開発が進められているフュージョン装置について情報を入手し分析を行いつつ、関連する規制やこれまでの規制経験に照らしながらフュージョン装置に対する規制を検討する上での**論点の整理**を行必要がある。

- 原子力規制庁は、放射性物質の量に基づくIAEAが設定した緊急事態準備に関する判断基準^[4,5]を用いて、既存の放射性同位元素等使用施設が敷地外の緊急防護措置を必要としない施設であり、放射性同位元素等の規制に関する法律の枠組みで対応できると整理した経験がある^[6]。フュージョン装置についてもまず同様の評価を行い、既存の使用施設との比較を行いたい。
- あくまで施設の規模感を確認するためのもの。サイト外の影響を判断するための考え方(寄与するトリチウムの量など)については議論が必要。

まず確認したいリスク(2/2)

- 放射性物質(トリチウムや放射化物)の量、形態及び分布、装置の設計(構造や構成、使用する材料、安全対策)、想定される内部及び外部ハザード、それによる事故シナリオと施設内や周辺への影響(放射性物質の拡散や被ばくを含む)等について、フュージョン装置の特徴(高電圧、高磁場、高圧等)を踏まえ確認したい。
- その上で、フュージョン装置に想定されるリスク(この時点では概略あるいは上限)及びそれらに対する対策を確認したい。
- なお、これらの確認すべき項目は、フュージョン装置の規模や設計によって変わるものであると考える。

関連するIAEA文書

- SF-1, “Fundamental Safety Principles”^[7]
 - GSR Part7, “Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency”^[4]
 - TECDOC-2076, “Experiences for Consideration in Fusion Power Plant Design Safety and Safety Assessment”^[8]
- ➡ 施設の安全性確保に関して事業者及び規制者が考えるべきこと、行うべきこと、評価手法やその項目及び範囲等が整理され、定められている。

IAEA-TECDOC-2076

EXPERIENCES FOR CONSIDERATION IN FUSION POWER PLANT DESIGN SAFETY AND SAFETY ASSESSMENT

【背景】 粒子加速器や原子力発電所などの原子力施設などの放射線源に関する既存の設計安全基準及びガイダンスは、一部の核融合用途には適切でない場合がある。したがって、IAEAは、核融合特有の設計と安全評価のための安全基準が必要かどうかを検討している。

【目的】 核融合発電所(FPP)と呼ばれる原型タイプ、実証炉または商業用核融合発電所の安全性にどのように対処したらいいかについての洞察を提供すること。

【主な内容】

第2章 フュージョン技術の概要と安全性に対する検討状況

2.4 安全性に関する特徴と検討状況

第3章 フュージョン発電プラントに関する安全性確保へのアプローチ

(NPP の設計要件と安全性評価基準の対象となる課題が FPP にどのように適用されるかについて説明)

3.1 基本的安全目的、原則及び安全に向けたアプローチ

3.2 安全機能と関連するシステム

3.3 想定起因事象と事故シナリオ

3.4 深層防護の適用

3.5 安全のためのその他の設計要求

3.6 設計における内部及び外部ハザードの検討

3.7 放射線防護

3.8 非放射線学的ハザードの検討

海外での検討

例えば

- 米国NRCにおける規制の枠組み検討・適用法とその条件、DOEが定めた安全要件など
 - 英国におけるリスク評価やそれに基づく規制の枠組みに関する判断
 - 欧州におけるDEMOを対象とした安全評価、独国におけるReFusプロジェクトでの検討
- ⇒ 我が国においても事業者及び規制側での検討の参考となる。
(ただし、国によって関連する法律や規則、規制の考え方、規制対象となる装置等に違いがある。)

参考文献

- [1] 「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」令和7年3月 イノベーション政策強化推進のための有識者会議「核融合戦略」 www8.cao.go.jp/cstp/fusion/anzenkakuho.pdf
- [2] 第65回原子力規制委員会 令和7年02月26日 資料3-1
<https://www.da.nra.go.jp/view/NRA100008351?contents=NRA100008351-004-004#pdf=NRA100008351-004-004>
- [3] 第15回原子力規制委員会 令和7年06月18日 資料4
<https://www.da.nra.go.jp/view/NRA100010843?contents=NRA100010843-004-011#pdf=NRA100010843-004-011>
- [4] IAEA Safety Standards Series GSR Part 7, “Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency”
- [5] IAEA Safety Standards Series No. GS-G-2.1, “Arrangements for Preparedness for a Nuclear or Radiological Emergency Safety Guide”
- [6] 原子力規制庁, 平成28年放射性同位元素使用施設等の規制に関する検討チーム
https://warp.da.ndl.go.jp/collections/info:ndljp/pid/12348280/www.nra.go.jp/disclosure/committee/yuushikisya/ri_shisetsu_kisei/2021.html
- [7] IAEA Safety Standards Series SF-1, “Safety Fundamentals”
- [8] IAEA TECDOC Series No. 2076, “Experiences for Consideration in Fusion Power Plant Design Safety and Safety Assessment”