

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 (案)

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」

目 次

1. はじめに
2. フュージョンエネルギーの安全上の特徴
3. 現在の法体系におけるフュージョン装置の取扱い
 - (1) 原子力基本法上の位置付け
 - (2) 規制関連法令上の位置付け
4. 国内における過去の検討
5. 安全確保の基本的な考え方
 - (1) 安全確保の原則
 - (2) 科学的・合理的なアプローチ
 - (3) 安全確保の枠組みに係る早期の検討
 - (4) 国際協調の場の活用
6. 今後検討すべき課題
 - (1) 法的な枠組み
 - (2) 安全確保の枠組みを検討する体制
 - (3) 知見の蓄積
 - (4) セキュリティと不拡散

1. はじめに

フュージョンエネルギーは、我が国のエネルギー問題や環境問題を解決することが期待されるだけでなく、地球規模で人類の持続可能な発展を可能とし、我が国が人類社会に大きく貢献できる科学技術である。「フュージョンエネルギー・イノベーション戦略」（令和5年4月14日統合イノベーション戦略推進会議決定）を踏まえ、社会的受容性を高めながらフュージョンエネルギーの実用化を進めていくためには、新たな産業としての育成、発電実証等の技術的実証や経済的実現性を確認するために建設される原型炉の開発の促進も念頭に、フュージョン装置の安全確保に係る検討を進める必要がある。

検討に当たっては、国家戦略を起点とし、国内における現在の法体系や過去の検討も踏まえながら、今後の技術の進展も考慮し、安全確保の取組が社会的に受容されるものであること、フュージョンエネルギーの特徴に見合った科学的に合理的なものであることが重要である。また、検討を早期に行い、安全確保のために必要となる事項の安全規制への反映とともに、事業の予見性を高め、民間企業の参画やイノベーションを促進すること、国際協調の場を活用すること、関連学会や産業協議会等のステークホルダー間で協働して検討することといった観点に留意する必要がある。

以上を踏まえ、フュージョン装置の安全規制の検討に向けて、その前提となる指針として、「安全確保の基本的な考え方」を策定する。なお、今般、基本的考え方の策定に当たっては、「フュージョン装置」とは「軽い原子核同士が融合して別の原子核に変わる際に放出されるエネルギー（フュージョンエネルギー）を使用する装置¹」をいうこととし、将来想定される炉型、出力、放射性物質の量等が多様であることも念頭に、具体的な形式を限定せずに検討する。

¹ トカマク型超伝導プラズマ実験装置「JT-60SA」や大型レーザー実験装置「激光 XII 号」等の現存する核融合実験装置に加え、将来の原型炉やパイロットプラントを指すこととする。なお、米国では、「1954 年原子力法」におけるフュージョン装置の定義として、「(1)フュージョンプロセスを通じて原子核を他の元素に変換し、かつ、(2)粒子、熱、その他の電磁放射線を含む生成物を直接捕獲し、使用すること」とされている。

2. フュージョンエネルギーの安全上の特徴

フュージョンエネルギーは、軽い原子核同士が融合して別の原子核に変わる際に放出されるエネルギーであり、太陽や星を輝かせるエネルギーでもある。反応のために必要な燃料としては、放射性物質である三重水素を取り扱うことが想定される。また、反応の際に放射線（中性子線）が発生し、それにより装置内部の物質や装置構造物等の放射化という事象が発生するという特徴がある。一方、核融合反応は、必要な燃料を外部から供給し、さらに温度・圧力等の条件を外部から整えたときにのみ起こりうるものであり、核分裂のような連鎖反応は発生せず、燃料の供給や電源を停止することにより反応が停止する等の安全性の特徴を有している。

そのため、フュージョン装置の安全規制の検討に向けて考慮すべき想定される危険性としては、放射線の発生、三重水素や放射化ダスト等の放射性物質を装置に内蔵することに加え、これらの放射性物質を内蔵する装置・設備等に対して核融合反応等に伴う熱や磁氣的・機械的・化学的エネルギー等により荷重が作用し、放射性物質の閉じ込め機能が失われること、使用後の装置・設備等が放射化すること等が想定される。

3. 現在の法体系におけるフュージョン装置の取扱

(1) 原子力基本法上の位置付け

原子力基本法（昭和 30 年法律第 186 号）（以下「基本法」という。）上、核融合反応及びフュージョン装置についての規定は存在しないが、同法第 3 条第 1 号において、「原子力」とは「原子核変換の過程において原子核から放出されるすべての種類のエネルギー」と規定されており、この原子核変換には、核分裂反応だけでなく、核融合反応も含まれると解されるため、基本法上の「原子力」に核融合反応は含まれる。

また、「核燃料物質」について、同条第 2 号及び核燃料物質、核原料物質、原子炉及び放射線の定義に関する政令（昭和 32 年政令第 325 号）第 1 条²において、フュージョン装置に使用される三重水素は対象とされていないことから、基本法上の核燃料物質に三重水素は該当しない。加えて、基本法上の「原子炉」については、同法第 3 条第 4 号において「核燃料物質を燃料として使用する装置」とされており、三重水素が核燃料物質の定義に該当しないため、フュージョン装置は基本法上の「原子炉」には該当しない。

上記のとおり、核融合反応は「原子力」には含まれるのに対し、フュージョン装置は三重水素が「核燃料物質」に該当しないことから「原子炉」には含まれない。

² 基本法上の「核燃料物質」

- 一 ウラン二三五のウラン二三八に対する比率が天然の混合率であるウラン及びその化合物
- 二 ウラン二三五のウラン二三八に対する比率が天然の混合率に達しないウラン及びその化合物
- 三 トリウム及びその化合物
- 四 前三号の物質の一又は二以上を含む物質で原子炉において燃料として使用できるもの
- 五 ウラン二三五のウラン二三八に対する比率が天然の混合率をこえるウラン及びその化合物
- 六 プルトニウム及びその化合物
- 七 ウラン二三三及びその化合物
- 八 前三号の物質の一又は二以上を含む物質

（２）規制関連法令上の位置付け

基本法に則り、規制関連法令として、原子炉等による災害の防止や核燃料物質の防護によって公共の安全を図るために必要な規制や国際規制物資の使用等に関する規制について定める核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（昭和 32 年法律第 166 号）（以下「原子炉等規制法」という。）と、放射線障害の防止のための放射性同位元素や放射線発生装置の使用等に関する規制や特定放射性同位元素の防護について定める放射性同位元素等の規制に関する法律（昭和 32 年法律第 167 号）（以下「RI 法」という。）が存在する。原子炉等規制法と RI 法は、法目的の違いを踏まえ、対象とする物質や規制方法が異なる。

原子炉等規制法の目的は、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の利用が平和の目的に限られることを確保するとともに、原子力施設において重大な事故が生じた場合に放射性物質が異常な水準で当該原子力施設を設置する工場又は事業所の外へ放出されることその他の核原料物質、核燃料物質及び原子炉による災害を防止し、及び核燃料物質を防護して、公共の安全を図るために、製錬、加工、貯蔵、再処理及び廃棄の事業並びに原子炉の設置及び運転等に関し、大規模な自然災害及びテロリズムその他の犯罪行為の発生も想定した必要な規制を行うほか、原子力の研究、開発及び利用に関する条約その他の国際約束を実施するために、国際規制物資の使用等に関する必要な規制を行い、もつて国民の生命、健康及び財産の保護、環境の保全並びに我が国の安全保障に資すること」とされている。

一方、RI 法の目的は、「放射性同位元素の使用、販売、賃貸、廃棄その他の取扱い、放射線発生装置の使用及び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の廃棄その他の取扱いを規制することにより、これらによる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」とされている。

現行の原子炉等規制法は、基本法上の原子炉の運転や核原料物質及び核燃料物質の利用等を規制対象としているため、基本法上の原子炉や核原料物質及び核燃料物質の定義に該当しないフュージョン装置に関しては、規制の対象外となっている。

また、現行の RI 法は放射性同位元素の使用や放射線発生装置の使用等を規制対象としており、フュージョン装置についても、燃料として三重水素を使用し、放射線を発生することが想定されることから、規制対象になり得る。

実際に、これまで量子科学技術研究開発機構（QST）のトカマク型超伝導プラズマ実験装置 JT-60SA、核融合科学研究所（NIFS）の大型ヘリカル装置（LHD）等国内の主要なフュージョン装置の中には、持続的な核融合反応を起こす能力を有しないことが明らかであること等から、RI 法上に基づく放射線発生装置の一種の「プラズマ発生装置」として、規制対象となっている。将来のフュージョン装置についても、放射線を発生させることに加え、放射線による障害の防止の観点から必要な安全確保策やそれを担保する規制の在り方を検討することが必要である。

4. 国内における過去の検討

過去には、我が国に国際熱核融合実験炉（以下「ITER」という。）が立地される場合を念頭に、ITER の潜在的危険性に鑑み、「ITER 施設の安全確保の基本的考え方について（平成 12 年 7 月科学技術庁原子炉安全技術顧問会報告書）」「ITER の安全確保について（平成 13 年 8 月原子力安全委員会決定）」「ITER の安全規制のあり方について（平成 14 年 6 月原子力安全委員会決定）」「ITER の安全確保について（平成 15 年 11 月文部科学省 ITER 安全規制検討会）」が取りまとめられている。

「ITER の安全確保について（平成 15 年 11 月文部科学省 ITER 安全規制検討会）」においては、主要な安全要件は、次のとおりとしている。

- ①平常時において環境中に放出される放射性物質及び施設から放出される放射線に対して、公衆及び従事者に対する放射線防護が適切になされること。
- ②ITER の特徴を考慮して、放射性物質を内蔵する設備等の構造強度等を確保することにより、設備等からの放射性物質の漏えい等の事故の発生防止が適切に図られること。
- ③排気設備等により周辺環境への放出濃度を周辺住民の放射線防護上安全な範囲に抑える等、事故の影響緩和が適切になされること。

今後想定される原型炉や国内スタートアップが構想するパイロットプラントの安全確保に当たっては、上記の ITER 誘致時のような国内における過去の議論も踏まえて検討することが有用であるものの、ITER 誘致時の検討からは既に 20 年以上が経過しており、リスク評価の高度化や、フュージョン装置の規制に対する社会の関心の高まりといった状況の変化も踏まえて検討する必要がある。

現行の RI 法では、通常運転時の放射線発生装置から発生する放射線量、事業所境界での線量及び事業所境界から排出される放射性同位元素放出濃度等が使用許可に係る主な審査内容であり、事業者には危険時の措置を講じることが義務付けられているものの、原子炉等規制法のような耐震化等による事故の発生防止措置や、原子力災害対策特別措置法に基づき行われているような事故発生時の緊急時対応の策定は求められていない。例えば、建屋の耐震性については、原子炉とは異なり、建築基準法に適合していれば、それ以上の要求はない。これは、

現在の国内のフュージョン装置を含む放射線発生装置は、事故時を想定してもなお、外部放出される放射性物質の総量に問題がないこと、運転中の放射化物は、総じて構造材の中に含まれており、容易に飛散するものではないことから、現行の RI 法に則った規制により、平常時の放射線の防護を十分に達成すれば足りるという考えに基づくものである。ただし、国内のフュージョン装置の中には、自然災害への備えや設備の保全等の観点から、自主的な対策³を講じるものもある。

³ JT-60SA では、茨城県原子力安全協定において、安全対策として自然災害に対する対策を講じるほか、建屋及び装置の保護の観点から、耐震に係る自主的な基準を設けている。

5. 安全確保の基本的な考え方

(1) 安全確保の原則

フュージョン装置の安全確保の検討に向けて考慮すべき想定される危険性としては、先に述べたとおり、放射線の発生、放射性物質を装置に内蔵すること、放射性物質の閉じ込め機能が失われること等である。

フュージョン装置は、放射線を発生し、または放射性物質を内蔵する場合があることから、従前の放射線防護の原則を踏まえた安全確保の取組が求められる。国際放射線防護委員会（ICRP）は、2007 年勧告において、人の健康を防護することと、環境を防護することを目的としており、放射線防護の三原則として「正当化」「防護の最適化」「線量限度の適用」を挙げている。

将来のフュージョン装置についても、一般公衆及び従事者の放射線障害の防止を原則とし、その想定されるリスクに応じて、通常運転時及び事故時における人々と環境への放射線リスクを評価・管理することが重要である。また、放射線を発生し、または放射性物質を内蔵する場合には、社会的・経済的な要因も考慮に入れながら、被ばく線量を合理的に達成できる限り低減すること（ALARA）が必要である。

(2) 科学的・合理的なアプローチ

我が国の原型炉や国内スタートアップが構想するパイロットプラントをはじめとする将来の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。そのためには、研究開発を進める事業者は、想定されるリスクに関する知見や設計の熟度に係る新たな知見や技術の進展に応じて、追加的に必要な安全確保の取組を装置の研究開発とあわせてデザインし、データや実績に基づいて適宜改善していくことが必要であり、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、安全性に関する研究、実証試験等は必要に応じて、規制当局を含めて関係機関がデータやコードを共有する等の連携方策を検討することも重要である。

また、フュージョン装置の形式や技術の多様性を踏まえ、原型炉や国内スタートアップを含む多様な主体が研究開発段階で様々な機器を実装することが可能となるよう、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。なお、フュージョン装置では、多重防護のアプローチを採用し、異常の発生防止から影響緩和までを設計上考慮する必要がある。

（参考）諸外国における検討状況

英国においては、パブリックセクター、産業、アカデミアやその他の関係者との協議等を実施しながら規制の枠組みについて検討を進め、2022 年 6 月、フュージョンに係る規制として、放射性物質・放射線発生装置を対象とした規制を適用する現在の規制アプローチを継続することを決定した。また、2023 年 10 月、「2023 年エネルギー法」が成立し、「1965 年原子力施設法」をフュージョンエネルギー施設（Fusion Energy Facilities）の許認可の要件としては適用しないことを明確化する規定が設けられ、いわゆる核分裂炉とは異なる規制を実施することとしている。また、米国においては、2023 年 4 月、米国原子力規制委員会（NRC）が、現在の副生成物の規制枠組みを基にしてフュージョンエネルギーシステムを認可及び規制する枠組みを構築すること及び将来的なフュージョンエネルギー施設の設計が現在想定している施設の設計よりも危険であると判断される場合には、とるべき対応案と併せて NRC に報告することを NRC スタッフに指示している。

（３）安全確保の枠組みに係る早期の検討

現在、世界各国で多様な方式によるフュージョンエネルギーの実現に向けた取組が進展しており、今後数年間で、パイロットプラントや原型炉の建設が行われる可能性がある。このような動きに合わせ、予見性を高め、民間企業の参画やイノベーションを促進する観点から、安全確保の枠組みの整備が急速に進められている。

例えば米国では、「原子力エネルギー革新・近代化法(NEIMA)」に基づき、2027年末までに、フュージョン装置を含む、商用革新原子炉を対象とする技術包括的な規制の枠組みを構築することを、NRC に対して要求している。NRC では、フュージョンに関わる技術の多様性を踏まえ、放射性災害の特定を図る等、関係者の関与の下、規制の枠組みの具体化を進めている。

我が国のスタートアップ等が構想するフュージョン装置も多種多様であるが、設計初期の段階から、必要な安全対策に取り組むことが重要である。具体的には、2030 年代の技術実証・発電実証を目指し、2030 年頃にパイロットプラントの建設の開始を計画するスタートアップも存在する。今後のサイト選定や建設及び許認可等に要する期間等を考慮し、許認可手続きを含め、関係者の関与等の行政側の対応を検討していくことが必要であり、例えば、研究開発を進める事業者がその過程で対象とする装置の概念や考慮すべき安全上のリスク等がある程度整理された段階等から、規制当局と安全確保の在り方について対話をする等、早期の検討が不可欠となる。

（４）国際協調の場の活用

科学的に合理的な安全確保の取組を実施し、また、その考え方に係る社会的受容性を向上させるためには、G7 や IAEA 等の国際的な枠組みを通じた世界各国との連携を図る等、国際協調の場を活用することが重要である。

2023 年 10 月には、Agile Nations Fusion Energy WG（メンバー：英国、日本、カナダ／オブザーバー：シンガポール、バーレーン）として共同勧告を発表し、透明性を保ち、イノベーションを促進しながら、リスクに見合った、人々と環境に対する適切な保護を維持する規制枠組みを策定すること等を掲げている。

G7 の枠組みにおいては、2024 年 6 月にイタリア・プーリアで開催された、G7 プーリア・サミットの成果文書（G7 プーリア首脳コミュニケ）において「フュージョンの規制に対する一貫したアプローチに向けて取り組む」ことが盛り込まれている。

IAEA においても、加盟国間での共通のアプローチと一貫した意思決定により、設計者が管轄区域をまたいだ申請等のプロセスが効率化されると指摘している。異なる規制アプローチが適用される場合でも、共通の立場を共有することで、各国の規制当局が知識と経験を共有できることから、国際的な規制当局間の協力が有益であると指摘している。

多国間協力だけでなく、二国間協力も重要である。例えば、2024 年 4 月には、文部科学省と米国エネルギー省の間で「フュージョンエネルギーの実証と商業化を加速する戦略的パートナーシップに関する共同声明」を発表し、規制に関する国際的な協調の促進を含む戦略的な活動を推進することとしている。

今後も、規制当局も含め、このような国際的な枠組みを積極的に活用することで、国際的に協調した安全確保の取組を検討していくことが重要である。併せて、ITER 計画や BA（幅広いアプローチ）活動等、我が国が参画する国際的なプロジェクトにおいて得られる安全確保に関する知見について、最大限に活用することも有効である。

6. 今後検討すべき課題

(1) 法的な枠組み

(i) フュージョン装置の法的位置付けや規制体系

国際的にフュージョンエネルギーの早期実現を目指すため、フュージョンエネルギーの定義を法的に位置付け、規制の在り方を明確化しようとする動きがある。例えば、英国では、放射性物質・放射線発生装置を対象とした規制をフュージョンに対して適用する旨を国内法に規定し、米国では、原子力法にフュージョン装置を位置付け、フュージョン装置の定義を明確にした。このように、国際的な潮流に鑑み、国内外の原型炉開発や産業化を目指すスタートアップ等の検討状況も踏まえ、我が国においても、フュージョン装置の法的な位置付けを検討することが必要である。

我が国においては、フュージョンエネルギーは、基本法の規定上、現行の原子炉等規制法の対象にはならないとの政府解釈⁴が示されており、この解釈の更なる深化を図るためにも、具体的には、以下について整理する必要があると考えられる。

① 原子力基本法上の位置付け

基本法の法目的は「原子力の研究、開発及び利用を推進することによつて、将来におけるエネルギー資源を確保し、並びに学術の進歩、産業の振興及び地球温暖化の防止を図り、もつて人類社会の福祉と国民生活の水準向上とに寄与する」こととされている。

現状、核融合反応自体は解釈上「原子力」に含まれるとされているものの、フュージョン装置は明確に規定されているわけではないため、基本法を鑑み、今後研究・開発・利用が一層進展していくことが予想されるフュージョン装置について、基本法にどのように位置付けるべきか検討する必要がある。

⁴ 「新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画 2024 年改訂版」（令和 6 年 6 月 21 日閣議決定）

② 規制が必要となる項目・規制体系

原子炉等規制法と RI 法は法目的の違い等を背景とし、対象とする放射性物質や規制方法、手続が異なる。例えば、原子炉等規制法では、建築基準法を超える基準地震動や基準津波を独自に想定して安全性の評価・審査が実施される一方、RI 法では建築基準法を超える耐震性の基準はない。また、手続面でいえば、RI 法には原子炉等規制法に規定されている設計及び工事の計画の認可等の手続が規定されていない。安全規制以外の規制項目としては、原子炉等規制法では事業者の経理的基盤要件を設けているが、RI 法には規定がない。

そのため、まずは、研究開発を進める事業者においてフュージョン装置の概念や考慮すべき安全上のリスク等がある程度整理された段階で、フュージョン装置の特徴を十分に考慮して、安全確保のために規制が必要となる項目を整理する必要がある。また、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。

(ii) 当面の対応

原型炉や国内スタートアップが構想するパイロットプラントに関しては、持続的な核融合反応を起こす能力を有すること等も想定されることから、将来的には規制の法体系の在り方も含めて検討する必要がある。しかしながら、これを待たずに新たなフュージョン装置が建設される際には、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。具体的には、ITER の安全確保についての過去の検討や、JT-60SA 等の実験装置が従前自主的に実施してきた安全確保に係る取組等も参考にしながら、放射性物質インベントリの増加、燃料の輸送・保管・処理、廃棄物処分のカテゴリーと量、一部の部品の能動的冷却の必要性等の要素を考慮に入れた上で、具体的なリスクの大きさに応じて、事故の発生防止や影響緩和に係る安全確保の取組を規制に反映させる必要がある。

(参考) 諸外国における検討状況

英国では、放射性物質・放射線発生装置を対象とした規制をフュージョンに対して適用する現在の規制アプローチを継続することを、「2023 年エネルギー法」に規定した。米国では、2024 年 7 月に発効した「ADVANCE 法 2024」により、「1954 年原子力法」にフュージョン装置 (fusion machine) が定義され、フュージョン装置を使用して放射化したものは、粒子加速器 (particle accelerator)) を使用して放射化したものと同様に、「副生成物 (byproduct material) フレームワーク」により規制されることを明確化した。

(2) 安全確保の枠組みを検討する体制

技術の進展や国際的な動向も踏まえつつ、フュージョン装置の科学的・合理的な規制を検討するに当たって、規制官庁も含めた政府の体制を強化することが不可欠である。また、推進と規制の分離を図りつつ、政府と事業主体等が継続的に情報共有・対話を行う場も必要である。フュージョン装置の技術開発の状況や最新の知見、国際動向を共有し、研究開発を進める事業者がその過程で装置の概念や考慮すべき安全上のリスク等のある程度整理した段階で、想定される具体的な影響を評価するとともに、必要となる行政や関係者の関与や安全確保の取組を検討する等、政府と事業主体等のステークホルダーの積極的な協働を促す仕組みを設けることが求められる。特にフュージョン装置の規制を運用する際には、実施された規制の有効性や適用状況を継続的にフィードバックして改善するアジャイルな仕組みが重要になる。関係者はもとより、広く国民に対しても情報共有を適切に行うことで、議論の透明性を確保し、社会的に受容されるようなものとすることが求められる。

(3) 知見の蓄積

フュージョン装置は研究開発段階であり、将来のフュージョン装置の安全確保の検討に当たっては、ITER 誘致時の議論に加え、新たな知見の獲得の観点から、開発を進める事業者と規制当局の双方が安全性に関する知見の収集や研究を推進する必要がある。特に、フュージョン装置の特徴を踏まえ、具体的なリスク・ハザードの観点から検討することが求められる。

将来のフュージョン装置では、三重水素を多量に取り扱うことが想定されることから、三重水素の取扱に係る技術の向上に加え、国際協力による知見の獲得を含め、研究の更なる推進が必要である。通常運転時の三重水素の排出に加え、事故時の大量放出を含む三重水素の漏洩に起因する影響等を想定し、一般公衆及び従事者の被ばくの防護や環境への放射線リスクの観点から三重水素の閉じ込めに留意して設計がなされる必要がある。関連学会等の議論や国際動向も踏まえたリスク評価手法を早期に確立することが重要である。

フュージョン装置の形式によっては、従来の原子炉に比べ、高エネルギーの中性子による照射損傷が発生するため、今後使用が想定される低放射化材料や照射試験等を通じた知見の蓄積が必要である。このため、安全確保の枠組みに係る検討と並行して、高エネルギー中性子の照射環境下での材料の特性影響に関する研究開発を推進し、最新の知見を共有・活用することが重要である。

また、核融合反応に伴い発生する廃棄物は、既存の核分裂炉の場合のような高レベル放射性廃棄物は発生しないことから、地層処分が必要になるとは予想されていない。一方で、三重水素や放射化ダスト等で運転期間中に汚染した機器や、中性子により放射化して高線量となった機器が相当量発生することが想定される。このことから、必要な期間、保管・管理し、十分に放射能を減衰させた上で低レベル放射性廃棄物として処理することを含めた対応が考えられ、今後、関連学会等による検討結果も踏まえ、所要の対応が必要である。

（４）セキュリティと不拡散

輸出管理の観点では、国内では、外国為替及び外国貿易管理法（昭和 24 年法律第 228 号）に基づく輸出貿易管理令（昭和 24 年法律第 378 号）において、「トリチウム又は重水素と重水素との核反応による静電加速型の中性子発生装置」、「トリチウム、トリチウム化合物又はトリチウム混合物」及び「トリチウムの製造、回収若しくは貯蔵に用いられる装置又はトリチウムの製造に用いられる装置の部分品」の輸出に関しては、経済産業省令で定める手続きに従い、当該許可の申請をしなければならないとしている。

IAEA「Fusion Key Elements」では、フュージョン装置に係る安全規制やセキュリティは、連鎖反応が起きず、即時に停止するといった固有の安全性を考慮し、そのリスクに見合うものである必要があることを指摘している。今後の検討の進展に伴い、設計や規制監督を通じて放射性物質の拡散リスクの低減を図ることの重要性も指摘している。また、事業者は三重水素等の物質、解析コード等の特定の技術に関する現行の核輸出管理体制に注意を払うことが必要である。なお、核燃料物質を処理、使用または生産しないフュージョン装置については、IAEA は、必要な場合を除き、保障措置を適用しておらず、今後、保障措置の範囲をフュージョン装置により広く適用すべきかどうかについては、設計の状況等に応じて、更なる検討が必要であるとしている。

フュージョン装置に係るセキュリティや不拡散に係る取組についても、今後諸外国の対応等も踏まえた検討を行う必要がある。