

第1回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」
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検討タスクフォース

世界各国における核融合規制の状況

令和6年5月10日（金） 13:00 – 15:00

公益財団法人 原子力安全研究協会

0. はじめに: 2種類の核融合規制アプローチ

- 放射性同位体・放射性物質・放射線発生装置の規制枠組みを核融合装置に適用するアプローチ
 - 日本の「放射性同位元素等の規制に関する法律」のような考え方
 - 米国、英国、ドイツ、中国、韓国では既存核融合装置に対しこのアプローチを適用し規制を行っている
 - 米国と英国は将来の核融合発電炉に対してもこのアプローチを適用する方針
- 核分裂炉およびそこで使用される核原料物質や核燃料物質に対する規制枠組みを核融合装置に適用するアプローチ
 - 日本の「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」のような考え方
 - フランスでは実験炉ITERに対しこのアプローチにより規制対応中

各国の事例

- | | |
|------------------|-----------|
| 1. 米国 (スライド4枚) | pp. 4-7 |
| 2. 英国 (スライド3枚) | pp. 8-10 |
| 3. フランス (スライド1枚) | p. 11 |
| 4. ドイツ (スライド1枚) | p. 12 |
| 5. EU (スライド1枚) | p. 13 |
| 6. 中国 (スライド2枚) | pp. 14-15 |
| 7. 韓国 (スライド2枚) | pp. 16-17 |

1. 米国（1/4：これまでの核融合規制）

これまで核融合を明示的に対象とした規制が無かった

既存装置に
対する規制

「副生成物の国内許認可に関する包括的適用規則」*1
(連邦規則集第10編第30項 (10 CFR Part 30))

関連法規制

2005年エネルギー政策法*2

「粒子加速器とは、電磁相互作用を介して加速させることにより、原子や電子等荷電粒子に対して運動エネルギーを付与する装置のことである。」

“A particle accelerator is a device that imparts kinetic energy to subatomic particles by increasing their speed through electromagnetic interactions.”*3

10 CFR 30.4*4

「粒子加速器とは、電子、陽子、重陽子、またはその他の荷電粒子について真空において加速させる能力を持ち、かつ、その結果として生成される粒子状物質またはその他の放射線について通常1MeVを超えるエネルギーで媒質へと打ち込む能力を持ったあらゆる装置のことである。この定義において、加速器 [という文言] は同等の用語である。」

“Particle accelerator means any machine capable of accelerating electrons, protons, deuterons, or other charged particles in a vacuum and of discharging the resultant particulate or other radiation into a medium at energies usually in excess of 1 megaelectron volt. For purposes of this definition, accelerator is an equivalent term.”*5

参考：核融合炉と加速器の類似性

(NRCが開催したワークショップでの参考資料*6での解釈による)

「2005年エネルギー政策法」の観点での類似性

- 1) 運動エネルギー (kinetic energy) を与えること (温度を上昇させること)
- 2) 亜原子粒子 (プラズマ粒子) を使用すること
- 3) 電磁相互作用 (electromagnetic interactions) を通じて動作すること

「10 CFR 30.4」の観点での類似性

- 1) 粒子を加速させること (温度を上昇させること)
- 2) 荷電粒子 (charged particles) によって作動すること (イオンとプラズマの使用)
- 3) 真空において作動すること
- 4) 装置を作動させた結果として生成される粒子状物質 (the resultant particulate) をプラズマや [炉内の] 壁等の媒質 (medium) へと打ち込む (discharge) こと

*3 Requirements for Expanded Definition of Byproduct Material (Federal Register / Vol. 72, No. 189 / Monday, October 1, 2007)
<https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2007-10-01/pdf/07-4735.pdf>

*4 PART 30—RULES OF GENERAL APPLICABILITY TO DOMESTIC LICENSING OF BYPRODUCT MATERIAL § 30.4 Definitions.

*5 10 CFR 30.4
<https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/cfr/part030/part030-0004.html>

*6 <https://www.nrc.gov/docs/ML2102/ML21026A315.pdf>

*1 Rules of General Applicability to Domestic Licensing of Byproduct Material

*2 Energy Policy Act of 2005

1. 米国（2/4：核融合規制策定過程）

核融合を明示的に対象とした規制を策定する（1/2）

背景	「原子力技術革新・規制最新化法」（NEIMA）*1 2019年1月14日付で発効。商用先進炉施設（核融合炉を含む）を対象として含めるような形で、技術包括的（technology-inclusive）であるような規制枠組みを <u>2027年12月31日までに策定することを原子力規制委員会（NRC）に対して指示。</u>
規制の策定過程	「核融合エネルギーシステムの許認可および規制に関する選択肢」（SECY-23-0001）*2 選択肢1：使用施設アプローチ（utilization facility approach） 選択肢2：副生成物アプローチ（byproduct material approach） 選択肢3：ハイブリッド・アプローチ（hybrid approach）
推奨された選択肢	原子炉安全諮問委員会（ACRS）*3もNRCスタッフも長期的な技術包括性の観点から <u>ハイブリッド・アプローチ（選択肢3、右欄参照）を推奨。</u>

3つの選択肢（於SECY-23-0001）

選択肢1：使用施設アプローチ

核分裂を対象とした現行の規制である連邦規則集第10編第50項*4と第52項*5（10 CFR Parts 50 and 52）と策定中の第53項*6を適用する。

選択肢2：副生成物アプローチ

核融合に関連した機器〔に対して加速器〕を対象とした現行の規制である10 CFR Part 30を引き続き適用する。

選択肢3：ハイブリッド・アプローチ

使用施設アプローチと副生成物アプローチを組み合わせ適用する。即ち、規制対象についてある閾値までは副生成物アプローチを適用して、それ以上について使用施設アプローチを適用する。

*1 Nuclear Energy Innovation and Modernization Act

*2 Options for Licensing and Regulating Fusion Energy Systems（2023年1月3日発行）

*3 2022年10月21日付の書簡（letter report）。

*4 PART 50—DOMESTIC LICENSING OF PRODUCTION AND UTILIZATION FACILITIES

*5 PART 52—LICENSES, CERTIFICATIONS, AND APPROVALS FOR NUCLEAR POWER PLANTS

*6 現時点での仮標題：Part 53 – Risk Informed, Technology-Inclusive Regulatory Framework for Advanced Reactors

1. 米国（3/4：これからの核融合規制）

核融合を明示的に対象とした規制を策定する（2/2）

NRCの決定

2023年4月14日、NRCは、副生成物アプローチ（前述の選択肢2）をNRC委員が全員一致で採択したことを明らかにした。その上で、副生成物利用に関する既存の許認可手続きに基づいて核融合エネルギーシステム向けの規制枠組みを策定するようNRCスタッフに対して2023年4月13日付で指示した。

- 何故推奨されていたハイブリッド・アプローチ（前述の選択肢3）を採択しなかったかについては明示的な理由が記載されていない模様である。

規則文言案

「暫定的な規則文言案」*1

- 2023年10月から11月にかけて計3回の公聴会を開催。
- 核融合システムについての許認可手続きを策定するために既存の規則を一部改訂するにあたり開催。
 - 10 CFR 20「放射線に対する防護のための規準」*2
 - 10 CFR 30「副生成物の国内許認可に関する包括的適用規則」
 - 10 CFR 51「国内許認可及び関連規制機能に対する環境保護規則」*3

NUREG報告書

核物質の許認可に関する統合指針（NUREG 1556）*4
新たな巻（volume）を策定中。

*1 Preliminary Proposed Rule Language（2023年10月4日付連邦官報）
*2 PART 20—STANDARDS FOR PROTECTION AGAINST RADIATION
*3 PART 51—ENVIRONMENTAL PROTECTION REGULATIONS FOR DOMESTIC LICENSING AND RELATED REGULATORY FUNCTIONS
*4 Consolidated Guidance About Materials Licenses (NUREG-1556)
*5 GUIDANCE FOR A TECHNOLOGY-INCLUSIVE CONTENT-OF-APPLICATION METHODOLOGY TO INFORM THE LICENSING BASIS AND CONTENT OF APPLICATIONS FOR LICENSES, CERTIFICATIONS, AND APPROVALS FOR NON-LIGHT-WATER REACTORS

核融合規制策定の今後のスケジュール

許認可手続きに係る規則案
2024年9月13日にNRCへ送付
2025年3月14日に一般に公開

参考（核融合を対象としたものではないが・・・）
先進炉の許認可審査を対象とした新たな規制指針「規制指針1.253 (Revision 0)」*5

非軽水炉施設設計に係る「許認可審査最新化プロジェクト」（LMP：Licensing Modernization Project）手続きを活用した申請について、建設許可（construction permit）・運転認可（operating license）・一括認可（combined license）・設計認証の申請を対象とした最低限の要件を満たすことを確実なものとするを目的として、NRCによる許可・認可・認証・承認を取得するための申請において要求されている安全解析報告書について、その主要部分の内容の策定において利害関係者（interested parties）と申請予定者（prospective applicants）を補助するための指針を提示するものである。

許認可審査手続きを調整[して効率的なものとする]するとともに新規原子炉の許認可審査からの教訓を規制に組み込むように、連邦規則集第10編第50項と第52項（10 CFR Parts 50 and 52）を改訂するための「新たな」規則を策定中である。連邦規則集第10編第50項と第52項が改訂された場合には、それに合わせて「規制指針1.253 (Revision 0)」についても改訂が必要となる可能性がある。また、新たに設ける連邦規則集第10編第53項（10 CFR Part 53）として、原子力発電所の許認可審査について、実績／性能に基づき（performance-based）技術包括的（technology-inclusive）であるような規制枠組みを策定中である。そのためNRCは、連邦規則集第10編第53項を対象とした進行中の規則策定の一環として、「規制指針1.253 (Revision 0)」を改訂していく。

1. 米国（4/4：核融合装置の法的定義）

連邦政府：「核融合装置」を法的に定義

H.R. 5244
(下院2023年8月)
S.4151
(上院2024年4月)

「核融合法」(Fusion Energy Act) 案*1
「1954年原子力法」において核融合装置 (fusion energy machines) の定義を条項として追記すること等を目的とした法案。

NEIMAも修正へ

「1954年原子力法」への追記を行った後で、その追記での定義と同様に、NEIMAに対しても核融合装置についての定義を行う条項を追記するように修正を行う。

州政府：「核融合」を法的に定義

カリフォルニア州

議会法案1172「統合されたエネルギー政策報告：核融合」*2
2023年10月7日付で法として成立。カリフォルニア州は、核融合と従来の核分裂について、両者を根本的に異なるものとして法律上に正式に記述した米国における最初の州となった。

ノースカロライナ州

S.B. 678「クリーンエネルギー促進法案」*3
2023年10月24日付で法として成立。既存の法における「再生エネルギー」(renewable energy) という文言を「クリーンエネルギー」(clean energy) へと書き換え、「クリーンエネルギー」の定義において原子力を加えるものであり、原子力としては核分裂と核融合が含まれることとなった。

「1954年原子力法」に追記される「核融合装置」の定義 (H.R.5244、S.4151における文言の場合)

粒子加速器 (particle accelerator) であり、
1) 核融合プロセスを通じて原子核を他の元素へと転換させる能力を持ち、かつ、
2) 商業目的または工業目的のために、粒子・熱・その他の電磁放射線を含め、装置を稼働させた結果としての生成物 (resultant products) を直接的に捕捉し利用することができる能力を持つもの

Fusion energy machine.—The term ‘fusion energy machine’ means a particle accelerator that is capable of—

“(1) transforming atomic nuclei, through fusion processes, into other elements; and

“(2) directly capturing and using the resultant products, including particles, heat, and other electromagnetic radiation, for a commercial or industrial purpose.”.

*1 2023年8月18日付で米国下院に対して提出。

*2 Integrated energy policy report: fusion energy (Assembly Bill 1172)

*3 The Promote Clean Energy Bill (S.B. 678)

2. 英国（1/3：これまでの核融合規制）

これまで核融合を明示的に対象とした規制が無かった

既存装置に対する規制 米国と同様に、放射性物質・放射線発生装置を対象とした規制を核融合に対して適用

核融合関連施設に対する規制を所管する機関

環境面 環境庁（EA：Environmental Agency）
・「環境許可規則」*1

安全面 安全衛生庁（HSE：Health & Safety Executive）
・「1974年職場における保健安全法」*2
・「2010年職場における人工放射光管理規則」*3
・「2016年職場における電磁場管理規則」*4
・「電離放射線規則」*5
・「2019年放射線緊急事態準備および情報公開法」*6等

- *1 EPR：Environmental Permitting Regulation
- *2 Health and Safety at Work Act 1974
- *3 Control of Artificial Optical Radiation at Work Regulations 2010
- *4 Control of Electromagnetic Fields at Work Regulations 2016
- *5 Ionising Radiations Regulations (IRR17)
- *6 Radiation (Emergency Preparedness and Public Information) Regulations 2019 (REPP19)
- *7 1971 Nuclear Installations Regulations

英国において核融合関連施設は、原子力規制室（ONR）所管の「1971年原子力施設規則」*7による規制の対象ではない。

2. 英国（2/3：核融合規制策定過程）

核融合を明示的に対象とした規制を策定する

背景	<p>国家計画「エネルギー生成のための球状トカマク」*1 2040年代初頭までに核融合によるエネルギー供給を実現するための道筋をつけることを目標</p>
2021年6月	<p>核融合エネルギーに関する報告書*2 規制ホライゾンス評議会（RHC）*3が作成</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 核融合を対象とした<u>3つの規制アプローチ（右欄参照）</u>について比較検討 ➤ 核分裂を対象とした規制と同様の規制を核融合に対して適用すべきでない ➤ <u>現行の規制アプローチ（右欄の選択肢A）である安全衛生庁（HSE）と環境庁（EA）による規制を継続・発展させることを推奨</u>
2021年10月	<p>「核融合エネルギーに向かって：核融合エネルギーに関する規制枠組みについての英国政府による提案」*4</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ ビジネス・エネルギー・産業戦略省（BEIS）（当時）が作成 ➤ 2021年10月～12月にかけてパブリック・コンサルテーションを実施 ➤ 下記の論点等について意見募集 <ul style="list-style-type: none"> ❑ 職業上および公衆の健康と安全 ❑ 環境保護、計画同意（planning consent） ❑ 第三者責任 ❑ 放射性物質のセキュリティおよび保障措置 等

「エネルギー生成のための球状トカマク」（STEP）
STEPは、2040年代初頭までに核融合によるエネルギー供給を実現するための道筋をつけることを目標として、核融合研究の加速化に向けた選択肢、課題、およびその解決を追求するために英国原子力公社（UKAEA）が設置した国家計画である。

RHC作成の「核融合エネルギーに関する報告書」において比較検討された規制アプローチ

選択肢A
従来通り環境面についてEA、安全面についてHSEが規制を行う。

選択肢B
安全面についてONR、環境面についてはEAが規制を行う。

選択肢C
新たな規制者による核融合に特化した新たな規制アプローチを採用する。

-
- *1 STEP：Spherical Tokamak for Energy Production
 - *2 Regulatory Horizons Council: report on fusion energy regulation
 - *3 規制改革に関する諮問機関。
 - *4 Toward fusion energy: the UK government's proposals for a regulatory framework for fusion energy

2. 英国 (3/3 : 核融合施設の法的定義)

核融合を明示的に対象とした規制の策定方針

2022年6月	<p>「核融合エネルギーに向かって：政府による対応」 *1</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 将来の核融合エネルギー施設（英国政府によるSTEPプログラム、民間企業による核融合エネルギー施設の双方が対象）を対象とした規制は現行の規制機関であるEAおよびHSE、もしくは必要に応じて権限を委譲された機関が対応する方針。 ➤ 核融合エネルギー施設を原子力規制および許認可要件から除外するよう法律を改正する方針 ➤ 具体的には、<u>「エネルギー安全保障法案」 *2</u>を用いて<u>「1965年原子力施設法」 (NIA65) *3</u>を修正し、核融合エネルギー施設をNIA65に定められた規制・許認可要件から除外する。
---------	---

2023年10月	<p>政策文書「核融合エネルギーに向かって2023：英国核融合エネルギー戦略の次段階」 *4</p>
----------	---

英国政府：上述の規制策定方針により「核融合施設」を法的に定義

2023年10月	<p>「2023年エネルギー法」 *5が発効</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ この法によって英国は核融合規制（fusion regulation）を対象とした規定を行った世界初の国家となった。 ➤ 英国政府の説明：核融合についての規定が行われた他、効率的なエネルギーシステムを長期的な視野で実現すること、および、新しい入札プロセスを通じた競争市場モデルにより2050年までに消費者の光熱費を最大10億ポンド削減すること等に繋がる。
----------	---

「2023年エネルギー法」における「核融合施設」の規定

Fusion energy
 156 Fusion energy facilities: nuclear site licence not required

(1) Section 1 of the Nuclear Installations Act 1965 (restriction of certain nuclear installations to licensed sites) is amended as follows.

(2) After subsection (2) insert—
 “(2A) Subsection (1) does not apply to a fusion energy facility.

(2B) In subsection (2A), “fusion energy facility” means a site that is—

(a) used for the purpose of installing or operating any plant designed or adapted for the production of electrical energy or heat by fusion, and

(b) not also used for the purpose of installing or operating a nuclear reactor.”

*1 Towards fusion energy: government response
 *2 Energy Security Bill
 *3 Nuclear Installations Act (1965)
 *4 Towards fusion energy 2023: the next stage of the UK's fusion energy strategy
 *5 Energy Act 2023

3. フランス（これまでの核融合規制）

核融合を明示的に対象とした法規制は無い。今後の策定動向は不明。

国際熱核融合炉（ITER）に対する規制

核融合施設に対して法的拘束力を持つ法（*1）

- フランス国内法
- EU指令
- フランス政府による政令（décret）と省令（arrêté）
- 技術的規制の決定（technical regulatory decisions）*2
- 原子力安全機関（ASN）による個別決定（resolutions）

核融合施設に対して適用される国内法

- 労働法典（Labour Code）
- 公衆衛生法典（the Public Health Code）
- 環境法典（the Environmental Code）等

環境法典

第L.593-2条：原子力基本施設（INB）*3についての規定概要

- 核分裂を利用した原子炉、燃料サイクル施設、貯蔵施設、加速器、および大量の放射性核種を使用する全ての施設はINBとして定義される。
- INBとして分類される施設は、放射性核種のインベントリと放射能の大きさによって規定されるため、その対象は核分裂性物質のみを使用する施設に限定されない。

2007年5月11日付政令第2007-830号

27gを超えた量のトリチウムを保持する（contain）ことの認可を受けた施設は、INBとしての許認可を取得する必要がある（米国の「使用施設アプローチ」に相当）。

- ❑ ITERは、最大4kgのトリチウムを保持することの認可を受けている。
- ❑ そのため、環境法典に従いINBとしての認可を受けている。
- ❑ 政令第2012-1248号（2012年11月に発効）によりITERの建設を承認。
- ❑ 政令第2012-1248号はASNの諸決定（2013-DC-0379、2015-DC-0529、2017-DC-0601等）により実施。

→ITERに対する規制はASNが担当。

*1 ASNの指針（guides）とASN基本安全規則（ASN Fundamental Safety Rule）は核融合施設に対して法的拘束力を持たない。

*2 ASNによるまたはフランス政府の認可による決定。

*3 Installation Nucléaire de Base

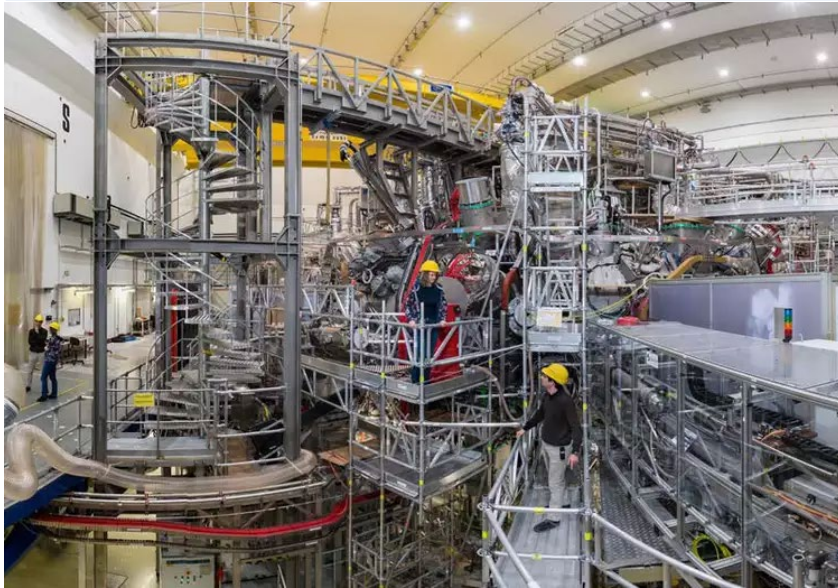
4. ドイツ（これまでの核融合規制）

核融合を明示的に対象とした法規制は無い。今後の策定動向は不明。

現行の原子力法

- ウランやプルトニウム等の核分裂性物質を使用する施設のみを対象としている。
- 核融合施設に対して適用することができない。

ヴェンデルシュタイン7-X (Wendelstein 7-X)
「放射線防護法」*¹により規制が行われている。



Wendelstein 7-X
(出典：Max Planck Institute)
<https://www.ipp.mpg.de/w7x>

放射線防護法（2018）の構成*²

全8章 218 条と 9 の附則から成る。

- 第1章「総則」
(第1条～第5条)
- 第2章「計画被ばく状況における放射線防護」
(第6条～第91条)
- 第3章「緊急時被ばく状況における放射線防護」
(第92条～第117条)
- 第4章「現存被ばく状況における放射線防護」
(第118条～第160条)
- 第5章「被ばく状況調査規定」
(第161条～第177条)
- 第6章「放射線防護法令による監督、行政手続」
(第178条～第183条)
- 第7章「行政官庁」
(第184条～第193条)
- 第8章「最終規定」
(第194条～第218条)

2018年12月5日には、全20条の「放射線防護法を更に刷新する法規命令」が公布され、第1条(Artikel)で新たな「放射線防護令」が定められた。その他、3つの法規命令の公布、15の法規命令の改正、施行日(大部分は2018年12月31日施行)、旧放射線防護令とレントゲン令の廃止が規定されている。

*¹ 「放射線防護法」(Radiation Protection Law)が制定される前は「放射線防護令」(Radiation Protection Ordinance)

*² 【ドイツ】放射線防護法の制定(主幹 海外立法情報調査室 泉 眞樹子、外国の立法 No.280-1 (2019.7) 国立国会図書館 調査及び立法考査局)を引用して作成。
https://dl.ndl.go.jp/view/download/digidepo_11302597_po_02800106.pdf?contentNo=1

5. EU（核融合法規制に対する考え方）

核融合を明示的に対象とした法規制に対する考え方

「核融合発電所を対象とした規制の選択肢の検討」（2021年6月）*

欧州委員会（EC：European Commission）が公表

内容

- 核融合に対する安全上の懸念に焦点
- 核融合施設と核分裂施設の違いについて比較検討
- 将来の核融合発電所を対象とした主な規制上の選択肢を考察

認識

- 核分裂と核融合の間で共通した安全上の諸側面があるとの認識。しかし同時に両者の間では本質的な違いが存在するとも認識。右欄の認識を参照。

見解（結論）

核分裂を対象とした規制を核融合に対して適用すると、

- 1) 人々と環境に対する核融合の安全上のリスクと釣り合わない。
- 2) 規制負担と核融合への投資に対して負の影響を与える。
- 3) 核融合発電所からのオフサイトへの放射性物質（主にトリチウム）の放出の可能性に対応できない。

核融合規制に求められること

- 4) 危険の可能性に対して首尾一貫し相応であるような規制アプローチ。
- 5) 技術開発の進展の度合いに対応可能な柔軟性と適応性。
- 6) 政治的・社会的な受容促進のために透明性。

左欄の詳細

認識

核分裂を利用した発電所においては、臨界を防止する必要と長寿命放射性核種の放出を抑える必要があり、それを踏まえた核分裂を対象とした規制枠組みは核融合に対して適用することが時としてできないことがあると指摘。

見解（結論）

- 1) 核融合に特有の安全側面のいくつかに対して取組むにあたっては、核分裂を念頭においた規制アプローチを採用した場合には過度に慎重な（conservative）ものとなり、人々と環境に対する安全上のリスクと釣り合わないものとなる。
- 2) 核融合に対して核分裂を念頭においた規制アプローチを適用すると、規制負担と〔核融合への〕投資に対して負の影響を与えることになりかねない。
- 3) 核融合発電所からのオフサイトへの放射性物質（主にトリチウム）の放出の可能性に対しては、照射施設（irradiation installations）として分類されている現在の核融合実験施設に対する規制とは異なる規制を課す必要がでてくるものと考えられる。
- 4) 将来の核融合発電所の安全上の懸念について、危険の可能性（hazard potential）に対して首尾一貫しており（consistent）かつ相応（proportionate）であるような規制アプローチを採用する必要がある。
- 5) 核融合を対象とした規制枠組みが持つべき性質として推奨されるのは、現在と将来の技術開発〔の進展の度合い〕に関連した高い不確実性に対して融通が利くような柔軟性と適応性である。
- 6) 政治的・社会的な受容を促進するために規制上の管理と許認可審査について透明性を持っていることである。

* Exploring regulatory options for fusion power plants

6. 中国（1/2：核融合規制の現状・今後）

	中国
背景	<p>DEMOとして中国核融合工学試験炉（CFETR）の2030年運用開始を目指す</p> <p>核融合装置数：運転中7基（トカマク6、逆ピンチ1）、建設中2基（ステラレータ1、トカマク1）、計画中2基（トカマク2）</p>
既存装置に対する規制	<p>核融合に特化した安全・許認可規則はない</p> <p>放射線装置として生態環境部（MEE）が監督</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 磁気閉じ込め核融合実験装置に対しMEEが放射線安全許認可証を発給 ➤ トリチウム使用時はRIの安全・防護に関する要求事項も満たす必要あり ➤ 根拠は2016年「磁気閉じ込め核融合実験装置の放射線安全管理に関する事項についての通知」（磁约束聚变实验装置辐射安全管理有关事项的通知）
今後の規制枠組み整備	<p>公開情報は見当たらず [2024年2月時点]</p> <p>アカデミアからは、CFETRが既存の核分裂炉向け規制枠組みに従うことは不可能として、核分裂炉/核融合炉の相違を分析し、既存規制枠組みの適合性に反映する必要ありとの指摘（Xinyuan Shen et al. 2019）</p>



CFETRの施設完成予想図
(出典: 中国科学院等离子体物理研究所)



生態環境部による通知の例

6. 中国（2/2：既存装置に対する規制の詳細）

既存核融合実験装置の規制

生態環境部（MEE）2016年「**磁気閉じ込め核融合実験装置の放射線安全管理に関する事項についての通知**」（磁约束聚变实验装置辐射安全管理有关事项的通知）

- MEEは「磁気閉じ込め核融合実験装置」はトカマク型・逆磁場ピンチ型・ステラレータ型の3種を指すと定義
- MEEが放射線安全許可証（辐射安全许可证）を発給
- MEE地方原子力・放射線安全監督局（地区核与辐射安全监督站）が日常的な監督責任を負う
- トリチウムを使用する場合は放射性同位体の安全・防護に関する要求事項も満たす必要あり

核融合実験装置規制の背景：放射線装置に対する規制

「**放射性同位元素および放射線装置安全・防護に関する条例**」（放射性同位素与射线装置安全和防护条例）

「**放射性同位元素および放射線装置安全許可管理に関する弁法**」（放射性同位素与射线装置安全许可管理办法）

「**放射線装置分類弁法**」（射线装置分类办法）

- 人体・環境に与える危害の程度に基づき放射線装置を分類

背景

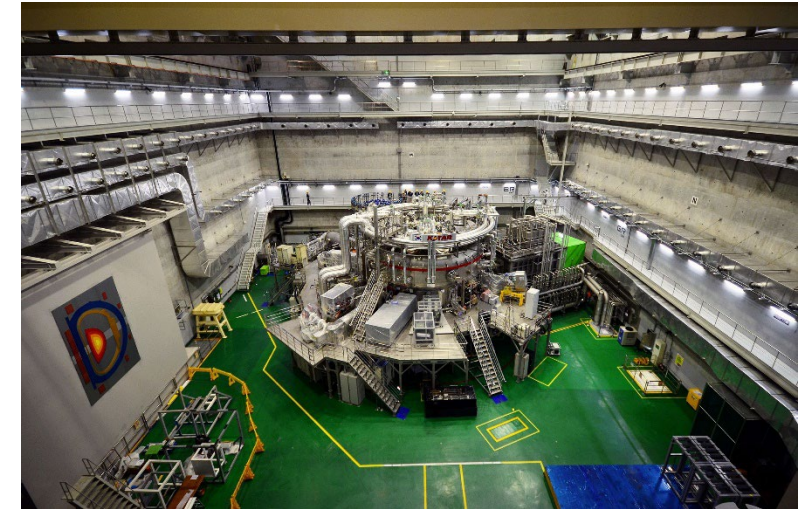
例：中国科学院等离子体物理研究所（ASIPP）のトカマク型核融合装置 EASTは、I類として分類される

装置種別	医療用	非医療用
I類	エネルギーが100MeV超、医療用加速器	RI製造する加速器、100MeV超の加速器
II類	放射線治療用X線・電子線型加速器、重粒子線治療用加速器、陽子線治療装置、PET用放射性医薬品製造用加速器、X線深部治療装置等	産業探傷用加速器、安全検査用加速器、照射装置用加速器、その他非医療用加速器、中性子発生装置、産業用X線CT装置等
III類	医療用X線CT装置、放射線診断用一般X線装置、X線撮影装置、放射線治療シミュレータ等	X線荷物検査装置、X線解析装置、動物医療用X線装置等

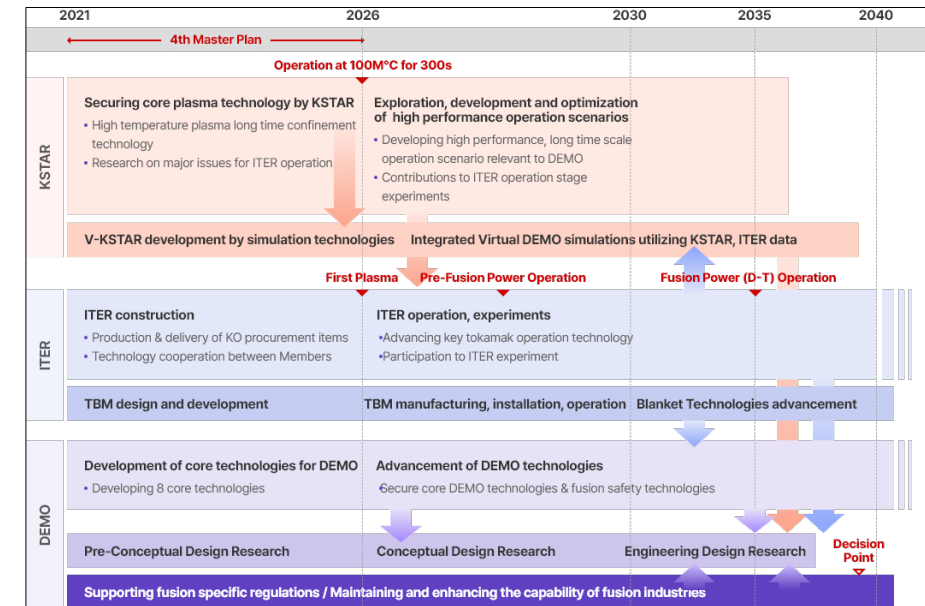
MEE「放射線装置分類弁法」に基づき作成

7. 韓国 (1/2)

	韓国
背景	<p>「核融合エネルギー基本計画」（最新は第4次2022～2026年）に沿って研究開発を推進、2050年頃の核融合発電実現が目標</p> <p>核融合装置数：運転中2基（トカマク2）、計画中1基（トカマク1）</p>
既存装置に対する規制	<p>核融合に特化した安全・許認可規則はない</p> <p>韓国核融合エネルギー研究院（KFE）のKSTARは放射線発生装置として許認可手続き済</p> <ul style="list-style-type: none"> 安全性検証に韓国原子力安全技術院（KINS）が関与 重水素核融合による中性子生成率に着目 許認可プロセスに7年間を要したことについて、核融合施設に対する適切な規制の欠如が原因との指摘
今後の規制枠組み整備	<p>DEMO開発と合わせて「核融合に固有の規制を支援」する方針</p> <ul style="list-style-type: none"> 核融合向け規制枠組みの検討に取り組む姿勢がうかがえる KFEシステム工学部門でDEMOの安全性・許認可上の考慮事項を研究中



KSTAR全景(出典: ITER Organization)



KFEが公開している核融合開発ロードマップには規制支援への言及がある(出典: 韓国核融合エネルギー研究院(KFE))

7. 韓国（2/2：KSTARに対する規制の例）

原子力安全法（Nuclear Safety Act）に基づき、発電装置ではなく**放射線発生装置として許可手続き**が行われる

- ▶ 重水素を使用するトカマク装置の特性に対応する必要があった
- ▶ 韓国原子力安全技術院（KINS）がKSTARの安全性を検証し認可発給を承認するための指示書群を作成
- ▶ 認可において重水素核融合による中性子生成率（neutron generation rate）が主要な要素として着目される
 - 1ショットあたり 1.5×10^{17} を超えないこと
 - 1年あたり 1.2×10^{20} を超えないこと

2000年に行政・技術的審査開始、2007年に認可発給

→核融合施設に対する適切な規制の欠如が時間を要した（7年）原因として指摘されている

参考文献

- 令和5年度平和利用確保調査 適時調査(5)「核融合の規制に関するアジア地域の取組について」
- 令和5年度平和利用確保調査 適時調査(6)「核融合の規制に関する米国、ヨーロッパ地域の取組について」
(文部科学省からの委託事業における調査報告書として「公益財団法人 原子力安全研究協会」が作成)
(本発表資料内の情報の出典となる参考文献に関する詳細は、上述の文書中にて全て掲載されている)
- 第3回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」配布資料5「核融合に関する規制について」<https://www8.cao.go.jp/cstp/fusion/3kai/siryo5.pdf>
- 泉 (2019) 「【ドイツ】放射線防護法の制定」外国の立法 No.280-1、国立国会図書館 調査及び立法考査局
https://dl.ndl.go.jp/view/download/digidepo_11302597_po_02800106.pdf?contentNo=1