

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(第9回)議事要旨

I. 日時 : 令和7年2月10日(月)10:00~12:00

II. 場所 : オンライン会議

III. 出席者 : (敬称略)

タスクフォース構成員

天谷 政樹	日本原子力研究開発機構 原子力安全・防災研究所 安全研究センター センター長
遠藤 典子	早稲田大学 研究院 教授
近藤 寛子(主査)	合同会社マトリクスK 代表
田内 広	茨城大学 理工学研究科(理学野)生物科学領域 教授
寺井 隆幸(主査代理)	東京大学 名誉教授/エネルギー総合工学研究所 理事長
富岡 義博	電気事業連合会 理事
中村 博文	量子科学技術研究開発機構 六ヶ所フュージョン エネルギー研究所核融合炉システム研究開発部 次長
根井 寿規	政策研究大学院大学 名誉教授・客員教授
波多野雄治	東北大学大学院工学研究科量子エネルギー工学専攻 教授
福家 賢	東芝エネルギーシステムズ株式会社 パワーシステム企画部 部長代理

政府関係者

川上 大輔	内閣府 科学技術・イノベーション推進事務局 審議官
馬場 大輔	内閣府 科学技術・イノベーション推進事務局 参事官
丸山 文恵	外務省 軍縮不拡散・科学部 国際科学協力室長
清浦 隆	文部科学省 大臣官房審議官(研究開発局担当)
多田 克行	資源エネルギー庁 電力・ガス事業部原子力政策課 原子力基盤室長
湯本 正樹	経済産業省イノベーション・環境局 イノベーション政策課 研究開発専門職
永森 一暢	環境省 大臣官房総合政策課環境研究技術室 室長補佐
上谷 聡太	原子力規制庁 放射線規制部門 総括補佐

IV. 議事

1. 開会
2. 議事
(1)安全確保の基本的な考え方について
3. 閉会

V. 配布資料

資料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について(内閣府)

【非公開】

VI. 議事概要

(1) 安全確保の基本的な考え方について

事務局の馬場参事官より資料1に基づき説明

<主な質疑>

○富岡委員

「1. はじめに」の最後から2行目の定義について、「放出されるエネルギー(フュージョンエネルギー)を利用する装置」の「利用する」は、何か使って役立てるというニュアンスがあるように思える。今の実験装置等は放出されるエネルギーを熱や電気に変えているだけなので、まだ「役立てる」という段階には至っていないと思う。このため、「放出されるエネルギー(フュージョンエネルギー)を利用する装置」に今の実験装置等が入らないということになりかねないと思われるが、いかがか。

●馬場参事官

先日の骨子での議論での、研究目的も含めて「利用する」に入れてはどうかという意見を基に記載した。

○富岡委員

今回、改めて見ると「利用する」と書くと「役立てる」というニュアンスが入っているように思えて、実験装置等が外されるということになると思うと、そもそもの趣旨が違ってくることを見落としていた。

○田内委員

富岡委員の指摘は、確かにそう思う。下の脚注にあるアメリカの例は、「使用する」と書いてある。「使う」ということであれば全てが含まれると思うので、表現は変えた方がよいと思う。

○波多野委員

賛成だが、核反応を起こす装置等は加速器も含めて核反応を分析に利用するので、あまり広義に取られ過ぎないように定義にする必要がある。

「利用する装置とそのための研究開発装置」の方が、単にエネルギーを発生させるというよりは縛りがあると思う。

○近藤主査

どのくらい使うかを明確にするか、それとも「使用する」にとどめるか、という2案がある。具体化が可能であればそのように書けばよいが、複雑になる側面もある。大事なポイントではあるが、ほかの論点もあるので、一旦ホールドし、最後に議論を再開する。

○福家委員

「2. フュージョンエネルギーの安全上の特徴」について、「固有の安全性」が、燃料の供給や電源を停止することによって反応が停止する等になっている。例えば、石油ファンヒーターも燃料がなくなれば止まり、電源を落とせば止まる。

「固有の安全性」というと原子力の受動的安全性のようなものをイメージすると思うので、ここでいう「固有の安全性」とは少し異なっているように思う。あえて「固有」という必要はないのではないか。

●馬場参事官

今後、公衆に安全が誤解されたり強調されたりするということを危惧するのであれば、「固有」を削除しても意味は通じると思う。核融合を水素、重水素、三重水素のみに限定するような記載を修正した経緯から、今の指摘を踏まえて「固有」ということを限定しなくても良いかもしれない。

○近藤主査

「固有」という表現を外すということについて、特に異論がなければ福家委員の意見を採用したいと思う。

○天谷委員

「3. 現在の法体系におけるフュージョン装置の取扱」(1)の一番下の段落の表現について、「基本法上、核融合反応は原子力に含まれる」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ていないという記載になっている。「基本法上、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ていない」とは書かれていないと思う。

●馬場参事官

冒頭に「基本法上」の記載があるため、どこからどこまでが引用なのか分かりづらいと思われる。修文を事務局で考えたいと思う。

○天谷委員

4ページ一番下の段落について、現行の炉規法は「基本法上の原子炉の運転は核燃料物質の使用」と記載しているが、これは核燃料物質の使用のみであり、核原料物質は入らないことになる。核燃料物質等と記載するのか、条文に合わせると説明不足と感じた。

●馬場参事官

誤植等も含めて確認し、修文する。

○天谷委員

「4. 国内における過去の検討」6ページ目の下から3行目の「なお、JT60-SA・・・設けている」について、その前の文章は現行のRI法は平常時の放射線防護を達成すれば十分に防護できることが書かれているのに対して、JT60-SA以降の文章は自主的な基準を設けているという流れになっている。つまり、RI法をさらに厳しくすべきであるというようにも読めるが、どうか。

●馬場参事官

本部分については逆説、順接、また背景等について具体的なことを記したわけではなく、JT60-SAの事実をニュートラルに示したかった。文脈に関係なければ、なお書き以下を削除するという考え方もあるが、大事なポイントなので、接続詞も含めて少し考える必要があると思う。

○富岡委員

どのような趣旨で自主的な基準を設けていたのか、また、他のトリチウム発生装置は昔の科学技術庁で基準を設けていたようなので、どのような思想があるのかということは今後の規制当局が考えなければならぬことだと思うので、事実関係としては残した方が良いと思う。

○近藤主査

かねてより耐震性、建築基準法の適合等の議論があった。事実を整理するという一方で、誤った解釈をされてしまう側面もあり得る説明になっているような気がする。安全協定が必ず必要であるというような捉え方も違うと感じる。規制を満足した上で、更に自主的な取組例を挙げていると思うので、事務局で事実を整理しながら記載方法を工夫するというのでいかがか。

●馬場参事官

富岡委員の指摘も踏まえて残す方向にしたい。また、天谷委員の指摘のとおり「ただし」や「しかし」等の接続詞について、文脈上の整理をした上で修正、修文を考えたいと思う。

○中村委員

先程のJT60-SAの表現について、例えば、富岡委員の発言のようにトリチウム施設については旧科技厅の内規で耐震を考慮する指針のようなものがあるが、この場合は核融合関連装置と核融合装置に限定して、トリチウム施設は考えないということによろしいか。

●馬場参事官

この部分については、フュージョン装置を念頭に記載している。核融合については、トリチウムや三重水素についても留意すべきであるということをおもひ書きしているが、明示的に三重水素の検討を一部除外しているという趣旨ではなく、過去のJT60-SAを例示している。

今の指摘は、TPL等も書いた方が良くないかという確認でよろしいか。

○中村委員

TPLについては、本タスクフォースでヒアリングしておらず、原子力学会のリスク委員会の中間報告でのトリチウムの事例報告程度だった。このため、それを本報告書に取り込むべきか悩ましい。

●馬場参事官

前回の議論時にも本件についての意見等があり、三重水素については今後の学会の検討も含め、例えば明確な線引きが可能になったら記載するというように記憶している。そのため、TPL等はまだ本タスクフォースで議論し切れてない部分なので、「6. 今後の検討」に委ねても良いのかと考える。

○天谷委員

「5. 検討にあたっての基本的な考え方(2) 科学的・合理的なアプローチ」の参考の枠の上にある今回追記した「また」の段落について、多重防護というよりは深層防護だと思う。恐らくDefense in depthの意味だと思うが、その用語だとすれば、個人的には深層防護の方が一般的ではないかと思う。

○近藤主査

以前、天谷委員が早退された回に議論があり、深層防護が言葉の定義ではなく、原子力用語で使用する5層でイメージしてしまう場合もあり、一部のコミュニティでは別の定義となって誤解を招きかねないという意見があった。様々な産業で使用している考え方や用語があり、多重防護や多層防護等の用語も含めて考えると、今回は深層防護ではない、ということで多重防護を採用している。

○波多野委員

「6. 今後検討すべき課題(1)法的な枠組み」について、原型炉が持続的な核融合反応を起こす能力を有さないという定義になっている。京都フュージョニアリングが提案しているFAST程度の施設であれば運転期間も短くこの定義に当てはまると思うが、QSTの原型炉はかなりの量の核融合反応を起こす想定だと認識しており、原型炉の開発に枠をかけてしまう気がするが、いかがか。

●馬場参事官

パイロットプラントはもちろん、原型炉の具体的な設計やリスクに応じて変更を考えていくべきものだと思う。原型炉の最終段階まで考慮すると持続的だと言える余地は十分にあると思うので、どこまで含むかについては正しく書いた方が良くないかと思った。

○中村委員

現在、想定している原型炉の最終形は、まずITERと同レベルのパルス炉を造り、それから段階的にアップグレードするように設計を変更している。本報告書の原案にも初期の原型炉という表現があったような気がするが、初期のステップワンと呼ばれているレベルのパルス炉はRI法の枠内で、それからアップデートしていくにつれて規制が少しずつ強化されていくというイメージであった。

○波多野委員

そうであれば、「原型炉」に「初期の」を付け加えれば良いと思う。また、原型炉の設計も時間とともに変わっていく可能性があるため、ここで原型炉と定義するのなら何かリファレンスのようなものをつけても良いと思う。

○近藤主査

確かに枕詞をつけていくと複雑になってしまうので、参照にするというやり方もあるかもしれない。いずれにしてもこのままだと違った解釈をされかねないので、適切に修正したいと思う。

○天谷委員

「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」について、政府解釈が示されているということだが、この政府解釈の出典を注記して分かりやすくした方が良いと思った。

また、その下の方の「① 原子力基本法上の位置付け」の2段落目の「基本法に明確に位置づけるべきか否か、検討する必要がある」について、この表現からは、明確に位置づけないという選択肢があり得るのかという疑問を持ってしまった。何かしら位置づける必要があるのではないか。

最後に、「(ii)当面の対応」について「現存するフュージョン装置」と記載しているが、本報告書の最初の定義では「エネルギーを利用する装置」と読めるので、そうすると現存するフュージョン装置は存在しないのではないかと思う。ここの段落だけ「現存する」という言葉があり違和感があるので、フュージョン装置の定義を含めて検討し直した方が良いと思う。

●馬場参事官

まず、政府解釈については、参考を追記する等の対応を考えたいと思う。

次の基本法に明確に位置づけるという部分についても修正案を頂戴しているので、それをベースに修正を考えたいと思う。

最後のフュージョン装置については、今のJT60-SA等を念頭に記載しているが、その範囲が若干分かりづらくなってしまっているという指摘もあり、この後、議論頂きたいと思う。

○近藤主査

フュージョン装置が、現存の装置なのか、将来的な装置を指しているのか、あるいは両者なのか、いろいろな解釈が可能なので、整理することが重要だと思われる。

○富岡委員

「(ii)当面の対応」の「このため、技術的検証の結果」という箇所について、「技術的検証の結果」はそのすぐ後の「同程度のリスクであれば」の箇所にかかるという趣旨か。つまり、現存するフュージョン装置と同程度のリスクと技術的に評価されるのであれば、という趣旨で良いか。

解釈によっては、「技術的検証の結果」が最後の「相当と考えられる」という箇所にかかり、この「技術的検証」の結果が今回のタスクフォースで行ったことを技術的検証としている読み方にもなりかねない。

●馬場参事官

誤解が生じないように修正したいと思う。

○波多野委員

「(3) 知見の蓄積に根差した安全確保」の最後の部分について、原子炉からの放射性廃棄物がガラス固化体に処理する高レベル放射性廃棄物以外は全て低レベル放射性廃棄物だとすると、「高レベル放射性廃棄物は発生せず」との記載により全部低レベル放射性廃棄物になる。それがトレンチなのかピットなのかという違いはあると思うが、最後に必要な期間、クーリングした上で低レベル放射性廃棄物として処理すること等が考えられるという部分と、矛盾しているように思える。クリアランスしてしまうということなのか。高レベル放射性廃棄物は発生せずといった時点で全部低レベル放射性廃棄物という定義にはなると思うので、文言の調整が必要かと思う。

●馬場参事官

事務局でも少し考えたいと思う。もし、アイデアがあれば教えていただければありがたい。原子炉等規制法では高レベル放射性廃棄物以外は低レベル放射性廃棄物で処理するという他の何か追記した方が良いという趣旨か。

○波多野委員

最後の「低レベル放射性廃棄物として処理すること等」というのが余計かもしれない。低レベルで放射性廃棄物の放射能を減衰させて低レベル廃棄物として処理するという文章になる危険がある。例えば、十分冷却した後にフュージョンの材料として再利用する、クリアランスレベルを通過できるものは一般の廃棄物として処分する、あるいはトレンチ処分を目指す等の表現があると思う。

●馬場参事官

事務局で修文を考えたいと思う。

○中村委員

原子力学会の委員会関連の「装置運用中の三重水素の排出に加え、全量放出を含む三重水素の漏えいに起因するリスク・ハザード等を想定し」という部分について、「全量放出を含む」は書き過ぎだと思う。確かに委員会で議論しているが、まだ議論の途中であり、この評価が妥当かという結論は出てないので、削除願いたい。

○近藤主査

中村委員、置き換える表現はあるか。

○中村委員

「全量放出」ではなく、「大量放出」等だと思う。

○田内委員

全量放出となると、いきなり環境中濃度が2倍になり得るので、ここは説明が必要だと思う。

次の行にある「一般公衆及び従事者の被ばく防護の観点から」という部分に、被ばく防護の説明が必要だと思う。全量放出は社会的に受容できないと思うので、もし、「全量放出」を残すのであれば、全量放出を防ぐための三重水素の閉じ込めに留意すること等の表現が必要になると思う。

○近藤主査

修文したいと思う。

○天谷委員

今の部分の「一般公衆及び従事者の被ばく防護の観点」について、どれぐらいの量の三重水素が放出されるかということに起因すると思う。全量放出しないように設計はするものの、例えば、全量放出を想定して、被ばく防護の記載の後に環境への影響についても記載した方が良いかと思う。

●馬場参事官

三重水素の部分は一般公衆が気になる部分なので、誤解が生じないように正しく記載したいと思う。天谷委員が提案された環境への配慮についての追記、「全量」及び「大量」の用語について、事務局でも修文を考えたいと思う。

○波多野委員

「全量」の前段の装置運用中について、例えば、通常運転中の三重水素の排出に加え、事故時や異常時の放出を想定し、被ばく防止の観点から閉じ込めに留意して設計するという一方で、全量放出を防ぐということも含まれるのではないかと思う。

●馬場参事官

意見を踏まえて、「全量」や「大量」の表現は社会的受容性がないように思う。通常時のみならず事故時、異常時でもしっかりと管理するという趣旨は重要だと思うので、今の指摘を踏まえて修文したいと思う。

先为天谷委員からのコメントであるが、学会だけではなく関連学会という表現に修正したいと思う。

○天谷委員

このページの2段落目の「フュージョン装置は・・・重要である」について違和感がある。「装置は、・・・照射損傷が発生するという表現の箇所について、材料に照射損傷が発生し、それが安全性に影響を及ぼすだろうということだと思いが、解釈しにくい。

●馬場参事官

修正案として、「フュージョン装置の形式によっては従来の原子炉の中で高エネルギーの中性子が内部で発生する。使用材料のこのような環境下における変化を把握するとともに、使用に適した材料の研究開発を進める上で照射試験などを通じた」という意見を頂いているので、こちらをベースに正確に記載したいと思う。

○中村委員

「(4)セキュリティと不拡散」の「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、これはIAEAの保障措置適用外を国内で適用するのか、それともIAEAが保障措置の範囲を広げるのか、国内だけなのか、それとも現状の輸出管理なのか、この辺はどうなるのか。

●馬場参事官

IAEAのFusion Key Elementsのレポートでは、今後さらなる検討が必要であると記載している部分になる。このため、段落を「また」以下3段落目を分けているが、基本的にはIAEAのレポートに基づいた記載になっているので、上の2段落目に付加する形で、あくまでもIAEAの検討状況であることを分かりやすく示したいと思う。今現在、国内で独自に検討することにはなっていないので、最後の段落のとおりIAEA、諸外国の対応などを備えた検討を行う必要があるというような理解で記載している。

○近藤主査

最初の「フュージョン装置」の定義について、今までの議論を振り返って改めて御意見を頂きたい。

●馬場参事官

本報告書においては、フュージョン装置自体は現状の装置及び将来の装置を含めたものとして捉えている。フュージョン装置がどの時点のものか分からない場合は、「将来の」という形容詞を付加している。今後の原子力基本法などに規定するときには、さらに正確に記載する必要があるのではないかと考えている。

「現状利用する」という言葉がエネルギーとして発電に利用する、使用する等に解釈されるのは決して本意ではなく、研究目的に使用するという部分も含まれると考えている。利用する装置、使用する装置、または使用・利用する装置等になるのではないかと考えている。

○波多野委員

例えば、材料中の重水素やトリチウムを分析するときは、重水素はヘリウム-3を照射して核融合反応させ、量は少ないが放出するアルファ粒子等を計測して、材料中の水素分布を測る。このような分析は、当然フュージョン装置から外れるが、きちんと外れる定義であってほしい。

○寺井主査代理

例えば、「研究開発の目的が将来のエネルギー利用であることを想定した使用・利用する装置であること」なのだと思うが、現状の加速器の例は除外するとするとそのような感じになる。

○近藤主査

将来を見据えた言葉を付け足すと加速器との差別化ができるということだが、いかがか。

いろいろな観点から考察した方が良いと思うので、一旦、持ち帰り、再度、定義させていただきたい。

大枠だと現在対象外の装置が含まれてしまうという懸念があることが分かった。しかし、あまり長い定義は分かりにくくなってしまうという可能性があるため、ここに全て記載するのか、細かい定義を注釈にするのか検討したいと思う。

○寺井主査代理

フュージョン装置をどう定義するかは、極めて重要な事項だと思う。

これまではプラズマ発生装置という定義になっていた。例えば、JT60-SAをフュージョン装置の中のプラズマ発生装置であると考えなのか。JT60-SAのように臨界プラズマの条件近傍までには至らない、いわゆる大学にあるような小型のプラズマ発生装置、これをフュージョン装置と考えるか。この辺を整理して、それに見合うような定義にしなければならないと思う。

●馬場参事官

事務局で、主査及び主査代理と相談する。大学にある小型の発生装置も含めたプラズマ発生装置が対象であると認識しているが、将来的に今後の装置も包含するように定義したいと思う。ただし、その対象が誤解されないように留意したいと思う。

○近藤主査

資料については議論継続中であり、本日の資料についてもいろいろなコメントを頂いたので、現時点では審議の内容等は公表しないことが適当だと考えているため非公表にしたいと思う。

この後は、有識者会議に報告、意見募集がある。頂いた意見等については事務局と調整しながら委員の皆様にも相談させていただきたいと思う。その際は、改めて協力いただきたい。

●馬場参事官

本日頂いた指摘については、主査及び主査代理と相談した上で、2月20日の核融合戦略有識者会議に報告したいと考えている。細かな修正については、一任いただければありがたいと思う。

その後の意見募集や核融合戦略有識者会議での意見については、委員の皆さまにもEメール等で相談をしたいと思う。委員の皆さまもどのような意見があるのかという関心があると思うので共有したいと思う。

また、事務局では、社会的受容性を高める観点で学会や審議会等も活用しながら報告、相談、説明していきたいと考えている。

この後、ブリーフィングを予定しているが、主査からの説明のとおり、本日の資料については誤植も含めて重要な部分の修正も含まれるので、非公開扱いで対応したいと思う。

核融合戦略有識者会議においては、本タスクフォースへの関心が高く、議事要旨及び意見募集を掲載してほしいという声があった。議事要旨については、事務手続の遅れにより委員の皆さまに十分に確認できていない部分がある。今後も作業を進めて、2月20日の有識者会議、その後の意見募集に間に合わせたいので、確認いただきたい。

最終的には、国家戦略有識者会議のクレジットで安全確保の考え方をまとめることになるが、来年度以降も学会、事業者、スタートアップ、QST等も含めて本件を進めていく必要があると思う。その際に、場合によっては、再度、先生方をお願いすることもあるかもしれないので、その際は引き続きの指導をお願いしたい。

●川上審議官

フュージョンは、人類が化石燃料に頼らない安全なエネルギーを手に入れるということで、非常に重要な取組であり、有識者会議からは最も重要な要素として本タスクフォースを設置してこれまで検討してきた。このように皆様の頭を突き合わせることで、最終形に近い形の提言が出来上がったということは素晴らしいことだと思う。本当に感謝する。

報告書にあるとおり、フュージョンはアジャイルにこれからフィードバックを入れながら検討を続けていくことになるので、ぜひ今後も引き続き協力をお願いしたいと思う。

※ 本議事要旨については議論の経緯を認識いただくため、審議内容を公表することが適当であるとの主査判断により公表することとした。

以上