

第7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」

現状分析と改訂に向けたアクション検討

柏木 美恵子

統合イノベーション戦略2024

「**世界に先駆けた2030年代の発電実証の達成に向けて、必要な国の取組を含めた工程表を作成するなど、フュージョンエネルギーの早期実現を目指す**」に向けて、

これまでの取り組みについて、配布資料等（第6回、第7回）から分析すると共に、加速に向けて意見をまとめた。

現フュージョン・イノベーション戦略における進捗について、第6回、第7回資料等を用いて分析

例) フュージョン・イノベーション戦略

- 技術成熟度も記載したフュージョンエネルギーに関する技術マップ及び産業マップを作成し、経済安全保障の視点も踏まえて取り組むこと【内】

フュージョンインダストリーのサプライチェーンと担い手を整理し、民間企業の参画を促進するため、産業ニーズの見える化及び他分野への波及が期待される技術の見える化をする技術マップ及び産業マップを内閣府が作成する（図1：技術マップのイメージとしてQST¹³において作成）。

詳細は、別添にまとめました。

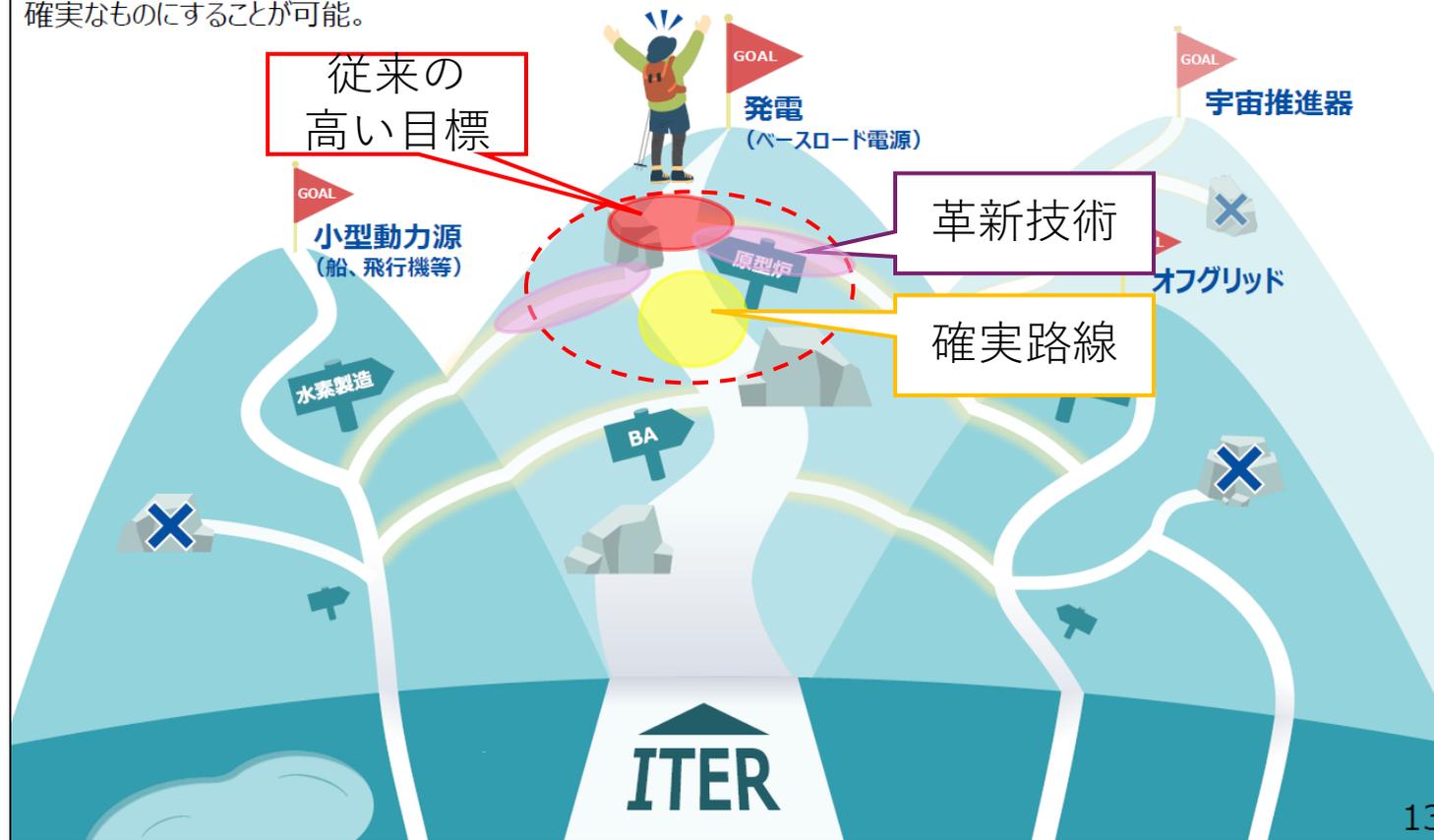
	フュージョン・イノベーション戦略の項目数	目標数	具体的な取組が、配布資料からは達成が未確認の数	未確認の理由分析
フュージョンインダストリーの育成戦略	8	10	4	うち2件は、核融合科学技術委員会 原型炉タスクフォース（以下、原型炉TF）で検討が進んでいる。
フュージョンテクノロジーの開発戦略	5	6	0	
フュージョンエネルギー・イノベーション戦略の推進体制等	6	9	7	全7件共に、核融合科学技術委員会、原型炉TFで検討が進んでいる。

2030年の 発電実証 に向けて

従来の高い目標を掲げた炉を目指し過ぎて世界に乗り遅れないよう、世界の動向を調査し、具体的な目標を決定する必要がある。
日本の強みは、JT-60SAがあること、ITERとJT-60SAを通じ、直ちにある程度の炉を建設開始できる技術を有していること。
スタートアップやムーンショットで**革新的技術**を期待しつつ、**确实技術に基づく路線を有効利用**することで、世界的に先駆けた2030年代発電実証を目指すなど。

ムーンショット型研究開発制度との協働がある場合

革新的な社会実装を目指す研究が先回りして成果を創出することで、ITER/BA/原型炉から発電へと続く道をより确实なものにすることが可能。



フュージョンインダストリーの育成戦略

戦略の項目	分析と意見
<p>産業の予見性を高めるため、発電実証時期を早期に明確化すること</p>	<p>現ムーンショットは<u>2050年実現からのバックキャスト</u>で課題設定されている。<u>2030年代目標とした場合</u>、現在最も進捗しているトカマク炉の早期実現と、革新的技術の育成、並びに2050年代のより高度な炉を目指す3本柱とするのか、<u>戦略を整理し、仕掛けの見直しが必要。</u></p> <p>仕掛け検討の1手段として、<u>今回のムーンショット応募内容を分析し</u>、今回の趣旨や予算規模に合わなかったものの、核融合への期待、シーズ、ニーズ、核融合を利用した提案等を分析し、2030年実現に貢献しうる技術、産業界へ広がる技術の抽出を行ってはどうか。</p>
<p>技術成熟度も記載したフュージョンエネルギーに関する技術マップ及び産業マップを作成し、経済安全保障の視点も踏まえて取り組むこと</p>	<p>R5年度以降、マップイメージからマップへの更新版は未確認。</p> <p>現マップイメージについて、<u>一般や産業界等パブリックコメ</u>を聞いて改訂してはどうか？</p> <p>その際、逆質問を受け付けて（この技術は核融合に使えるか、など）、<u>技術掘り起こしを図る等</u>、今後の加速を考える上で一つの有効手段ではないか。</p>
<p>（節ではないが、図2「社会実装に向けた研究開発や産業育成の考え方」）経済安全保障上、重要な領域を最優先に取り組み等の優先順位付けを行うべき</p>	<p>R6年の安全確保検討タスクフォースは、規制に関わるものであり、経済安全保障は議題に含まれていない。</p> <p>国際協力における知財や経済安全に関わる点であるため、どこで議論されるべきか、また国際間協議の場で何か進捗があれば、報告いただきたい。</p> <p><u>経済安全保障に関わる検討を、タスクフォースにするかどうか、等。</u></p>

フュージョンテクノロジーの育成戦略

戦略の項目	分析と意見
ITER計画/BA活動を通じて コア技術を獲得 すること	ITERの工程改訂があり、計画の大幅見直しが発生しているが、2035年の核融合運転開始に影響を与えない方向であり、トカマク建屋の閉止時期に大きな変更がない。そのため、各機器の調達は、遅れというより工程が密になっており、工程干渉を避けるため、精度よく工程を守って納品・組立することが求められている。予算措置が遅れない限りは、 <u>工学的なコア技術の獲得には大きな影響はないように思われるが、対ITERに対する戦略の再確認は必要。</u>
フュージョンエネルギーに関する 学術研究を引き続き推進 すること	<u>SBIRで2件の採用があったが、これらの核融合加速案へのフィードバックの有無、革新的技術創成の可能性（炉だけでなく、要素技術としても）を確認し、必要に応じて、アクションプラン改訂に反映いただけるとよいと考える。</u>
スタートアップを含めた民間企業等による新技術を取り込むことを念頭において 原型炉開発のアクションプランを推進 すること	第7回資料の戦略加速案に「QST、NIFS、ILE等のイノベーション拠点化“フュージョン版シリコンバレー創成”」と、さらに強化された文言となっている。原型炉TFで検討が進んでいるが、発電加速との整合性も確認頂くことになるかと考える。 また、ムーンショット的な技術革新創成においても、費用対効果を高めるため、共用施設の利用の提案型を検討するのはどうか。 また、共用施設利用については、既存プロジェクトから見て、予算的・人的な補強がしないと実現できないが、加速案と照合し、フォローアップや優先順位の確認等は必要と思われる。

フュージョンエネルギー・イノベーション戦略の推進体制等

O-1	フュージョン・イノベーション戦略の項目	目標を抜粋	R6.8時の進展 (第6回、第7回資料等から調査)
O-1	内閣府が政府の司令塔となり、関係省庁と一丸となって推進すること	内閣府（科学技術・イノベーション推進事務局）が政府の司令塔となり、フュージョンエネルギーの実用化というイノベーションの実現に向けて戦略を推進する。その際、変化する市場や研究の進展等に対応するため、EBPM15も活用しながら本戦略の定期的な改訂を行う	「統合イノベーション戦略2024」により、2030年代の発電実証の達成に向けた本戦略の改訂
O-2	原型炉開発に向けてQSTを中心に、アカデミアや民間企業を結集して技術開発を実施する体制、民間企業を育成する体制を構築すること	体制構築に向けた議論を令和5年度より開始	第30回、第34回原型炉TFにて、QSTの基盤整備案の検討報告。
O-3		まずはQSTを中心としつつ民間企業も参加する実施体制を構築するとともに、進展に応じて適切な体制し、民間企業を育成	同上。
O-4	QSTにITER計画/BA活動等で培った技術の伝承・開発や産業化、人材育成を見据えたフュージョンテクノロジー・イノベーション拠点を設立すること	市場獲得を目指し、QSTが保有する技術を早期に民間企業へ移転するため、研究開発から社会実装まで取り組むフュージョンテクノロジー・イノベーション拠点の早期設立を目指し、令和5年度から検討を開始	第30回原型炉TF資料に構想記載。 第33回原型炉TF資料にNIFSのフュージョンサイエンスビルズ構造の報告。 第36回核融合科学技術委員会でQST拠点化の報告。
O-5		民間企業と繋ぐ技術コーディネーターの設置	第30回原型炉TF資料に構想記載。 第36回核融合科学技術委員会でQST拠点化内で報告。
O-6		QSTが保有する施設・設備の民間企業への供用等	第30回、第34回原型炉TFにて、QSTの基盤整備案の検討報告。
O-7	将来のキャリアパスを明確化し、フュージョンエネルギーに携わる人材を産学官で計画的に育成すること	原子力分野等を含む産業界やアカデミアからの若手人材を、ITER計画やJT-60SA等の国内外の大型計画に対して派遣する取組を推進。キャリアパスにも配慮する。	第33回原型炉TF資料にて、QST、NIFSの取り組みについて報告。
O-8	国内大学等における人材育成を強化するとともに、他分野や他国から優秀な人材を獲得する取組を行うこと	核融合科学の学際化を進めて幅広い頭脳循環を実現することで、他分野や海外から人材を獲得する。複数大学からの学生や若手研究者、海外からの人材等が参加し、フュージョンエネルギーに関して俯瞰的に学習できる教育プログラムの提供に向けた検討を進める	ITER・BA活動の推進。 米・中・韓との二国間協力を推進。 G7プーリア首脳・サミット文書でG7作業部会設立。 日米・日欧共同プレス声明による連携強化。 第29回原型炉TFにて、人材育成方策を検討。
O-9	国民の理解を深めるアウトリーチ活動を実施すること	アウトリーチヘッドクォーター16の体制を強化し、フュージョンエネルギーへの国民理解を深める活動を推進	第33回原型炉TF資料にて、アウトリーチ活動案が報告。

(別添資料) 2024年8月20日 第7回有識者会議用添付資料(柏木)

No	フュージョン・イノベーション戦略の項目	担当	目標を抜粋	R6.8時の進展 (第6回、第7回資料等から調査) 青字は原型炉TF資料に記載分	未実施・進行中と 思われるもの	意見
フュージョンインダストリーの育成戦略						
I-1	フュージョンエネルギーの社会的位置づけを明確にすること	内(関係省庁)	社会的・経済的有用性やコスト目標等の検討を行う	・統合イノベーション戦略2024に体制強化が明記 ・経済財政運営と改革の基本方針2024に推進を明記 ・政府による「新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画2024年」に推進を明記	社会的・経済的有用性やコスト目標等のまとめ。	100%の発電炉を目指す、世界に乗り遅れる懸念がある。日本の強みは、JT-60SAがあること、ITERとJT-60SAを通じて、ある程度のサイズの炉を直ちに建設開始できる技術があること。スタートアップやムーンショットで革新的技術の発芽を期待しつつ、確実路線を有効的に利用すべきでは。(イメージ図あり)
I-2	産業の予見性を高めるため、発電実証時期を早期に明確化すること	文	海外市場の獲得を目指すこととともに	2024年4月の「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」で、世界的なサプライチェーン発展の支援、の推進を確認。	具体的な取組	産業協議会を通じた意見聴取や、国際連携における計画などがあれば報告いただきたい。
I-3		文	文部科学省の原型炉研究開発ロードマップを踏まえ、原型炉TFでは技術的に前倒し可能との見解。発電実証時期を出来るだけ早く明確化するとともに、研究開発の加速により原型炉を早期に実現	文・核融合TFにおける検討は進んでいると理解。		発電実証時期2050年から、2030年代目標とするための見直しが必要。 現ムーンショットは2050年実現からのバックキャストで課題設定されている。 2030年代目標とした場合、現在最も進捗しているトカマク炉の早期実現は進めつつ、革新的技術を期待する場合は、それなりの仕掛けが必要。 仕掛けの検討の1手段として、今回のムーンショット応募内容を整理し、今回の趣旨や予算規模に合わなかったものの、核融合への期待、シーズ、ニーズ、核融合を利用した提案等分析し、2030年実現に貢献しうる技術、産業界へ広がる技術の抽出を行ってはどうか。
I-4	技術成熟度も記載したフュージョンエネルギーに関する技術マップ及び産業マップを作成し、経済安全保障の視点も踏まえて取り組むこと	内	産業ニーズの見える化及び他分野への波及が期待される技術の見える化をする技術マップ及び産業マップの作成(技術マップのイメージは作成(QST))	R5年度以降、マップの更新版は未確認		現マップイメージについて、一般や産業界等パブリックコメを聞いて改訂してはどうか? その際、逆質問を受け付けて(この技術は核融合に使えるかどうかなど)、技術掘り起こしを図ることも今後の加速を考える上で一つの有効手段と考える。
I-5	(節ではないが、図2「社会実装に向けた研究開発や産業育成の考え方」) 経済安全保障上、重要な領域を最優先に取り組む等の優先順位付けを行うべき			「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」の6章(1)において、「フュージョンエネルギー(核融合エネルギー)の実現は、わが国の自律性の確保、産業振興を通じた国富の増大およびエネルギーを含む経済安全保障全般の強化に資することから、戦略、法制度、予算、人材面での強化が必要」と記載。		R6年の安全確保検討タスクフォースは、規制に関わるものであり、経済安全保障は議題に含まれていない。 国際協力における知財や経済安全に関わる点であるため、どこで議論されるべきか、また国際間協議の場で何か情報があれば、報告いただきたい。 必要に応じて、タスクフォースを立ち上げるなど。
I-6	フュージョンインダストリーの育成を目的とした場の設立	内(関係省庁)	一般社団法人核融合産業協議会(仮)の令和5年度設立を目指す	核融合産業協議会(J-Fusion)の設立(2024年3月)	(今回会議資料より抜粋) 今後、国内外の動向調査や技術の標準化活動、安全規制も含めた国への政策提言、国内外の機関と連携した人材育成等を実施する予定。	各社で、海外市場参入の可能性を検討できる、ニーズ情報やルート情報の共有などをしていただければいいのではないかと。
I-7		内(関係省庁)	アカデミアやQSTの参画による産学官連携も促進	「早期実現に向けた取組の加速」中、「QST、NIFS、ILE等のイノベーション拠点化(原型炉開発等に必要となる施設・設備群の整備・供用)」があり、これが該当すると思われる。詳細は、原型炉TFで検討が進んでいる。		第7回資料の戦略加速案に「QST、NIFS、ILE等のイノベーション拠点化“フュージョン版シリコンバレー創成”」と、さらに強化された文言となっている。原型炉TFで検討が進んでいるが、発電加速との整合性も確認頂くことになると考える。 また、ムーンショット的な技術革新創成においても、費用対効果を高めるため、共用施設の利用の提案型を検討するのはどうか。 また、共用施設利用については、既存プロジェクトから見て、予算的・人的な補強がしないと実現できないが、加速案と照らし、フォローアップや優先順位の確認等は必要と思われる。
I-8	スタートアップを含めた民間企業が保有する技術シーズと産業ニーズのギャップを埋める支援を行うこと	内、文	スタートアップへの支援については令和5年度から強化	SBIRフェーズ3基金(中小企業イノベーション創出推進)(4社採択)		追加があるのか、新規があるのかなどの次の計画の可能性を確認したい。有効的支援を考える上では、産業協議会等からの意見、海外の動向、技術・産業マップを製作する際の一般・産業界からのパブリックコメなどを参考にするとよいと考える。
I-9	安全規制に係る同志国間での議論に参画すること	文、外	Agile Nations(アジャイルネーションズ)14の枠組みの下で「国際的な核融合規制へのアプローチ」に関する議論を行うためのワーキンググループ等に参画し、令和5年度にはワーキンググループとしての議論をまとめる	2023年4月25日に第1回WGを開催以降、複数回、開催。 2023年10月、フュージョンエネルギー施設の規制枠組みをどのように構築するか共同勧告を発表		このような会合は、継続して行われ、各国での進捗等の情報交換、意見交換などが行われるのか、今後の計画や進捗見直しをお聞きたい。
I-10	安全確保の基本的な考え方を策定すること	内(関係省庁)	内閣府に、技術者や規制の専門家、一般市民を構成員とするタスクフォースを設置し、金銭的な考え方を検討、また規制を検討する体制の検討。	R6年度よりタスクフォース設置。R6年度内中に取り纏め予定。		

フュージョンテクノロジーの開発戦略						
T-1	ゲームチェンジャーとなりうる小型化・高度化等をはじめとする独創的な新興技術の支援策を強化すること	内、文	我が国においても未来の可能性を拓くイノベーションへの挑戦的な研究の支援の在り方に関する検討を令和5年度から開始する	R6.ムーンショットの公募開始。採択予定		I-3に意見を集約。
T-2	ITER計画/BA活動を通じてコア技術を獲得すること	文	フュージョンエネルギーに必要なコア技術を獲得するため、両活動を引き続き推進	R5.JT-60SAの初プラズマ		ITERの工程改訂があり、大幅な計画の見直しが発生しているが、2035年のDD運転を維持する方向で、トカマク建屋の閉止時期に大きな変更がないことから、各機器の調達には遅れというより、工程が密になっている。工程干渉を避けるため、工程を精度よく守って納品・組立することが求められている。予算措置が遅れない限りは、工学的なコア技術の獲得には大きな影響はないように思われるが、戦略の再確認は必要。
T-3	将来の原型炉開発を見据えた研究開発を加速すること	文	民間企業の更なる参画を促すための仕組みを導入するとともに原型炉の研究開発を推進	R6.ムーンショットの公募開始。採択予定。 第30回原型炉TFにて、現行スキームの改定案が議論。 第33回原型炉TFにてMEXTより基盤整備の検討報告。 第34回原型炉TFにて、QSTの基盤整備案の検討報告。		I-3に意見を集約。
T-4	フュージョンエネルギーに関する学術研究を引き続き推進すること	文	核融合が多様な技術の集合体であり、多くの未解決課題を持つがゆえのイノベーションの不確実性から、引き続き、幅広い分野の知的創造活動である学術研究を推進	ロードマップ2023計画に2件（NIFS、阪大レーザー研）		核融合加速戦略へのフィードバックの有無、革新的技術創成の可能性（炉だけでなく、要素技術としても）を確認し、必要に応じて、アクションプラン改訂に反映いただけたらとよいと考える。
T-5	スタートアップを含めた民間企業等による新技術を取り込むことを念頭において原型炉開発のアクションプランを推進すること	文	ITER計画等の研究成果を基に作成したアクションプランをベースにしつつ、早期実現やコストダウン等に貢献する新興技術や国際協力を柔軟に取り込む。	SBIRフェーズ3基金（中小企業イノベーション創出推進）（4社採択）		I-7に意見を集約
T-6			技術ロードマップを作成の上、ステージゲート方式を導入し、適切な進捗管理を行う			具体的な導入時期や導入に向けた準備について確認したい。
フュージョンエネルギー・イノベーション戦略の推進体制等						
O-1	内閣府が政府の司令塔となり、関係省庁と一丸となって推進すること	内（関係省庁）	内閣府（科学技術・イノベーション推進事務局）が政府の司令塔となり、フュージョンエネルギーの実用化というイノベーションの実現に向けて戦略を推進する。その際、変化する市場や研究の進展等に対応するため、EBPM15も活用しながら本戦略の定期的な改訂を行う	「統合イノベーション戦略2024」により、2030年代の発電実証の達成に向けた本戦略の改訂		
O-2	原型炉開発に向けてQSTを中心に、アカデミアや民間企業を結集して技術開発を実施する体制、民間企業を育成する体制を構築すること	文	体制構築に向けた議論を令和5年度より開始	第30回、第34回原型炉TFにて、QSTの基盤整備案の検討報告。		ここから以下、核融合科学技術委員会 原型炉TFでは議論や検討が進んでいるが、本会議中資料ではあまりフォローできなかった。これらについても、本会議でフォローしていく必要があると考える。
O-3			まずはQSTを中心としつつ民間企業も参加する実施体制を構築するとともに、進展に応じて適切な体制し、民間企業を育成	同上。		O-2と同様。
O-4	QSTにITER計画/BA活動等で培った技術の伝承・開発や産業化、人材育成を見据えたフュージョンテクノロジー・イノベーション拠点を設立すること	文	市場獲得を目指し、QSTが保有する技術を早期に民間企業へ移転するため、研究開発から社会実装まで取り組むフュージョンテクノロジー・イノベーション拠点の早期設立を目指し、令和5年度から検討を開始	第30回原型炉TF資料に構想記載。 第33回原型炉TF資料にNIFSのフュージョンサイエンスヒルズ構造の報告。 第36回核融合科学技術委員会でQST拠点化の報告。		O-2と同様。
O-5			民間企業と繋ぐ技術コーディネーターの設置	第30回原型炉TF資料に構想記載。 第36回核融合科学技術委員会でQST拠点化内で報告。		O-2と同様。
O-6			QSTが保有する施設・設備の民間企業への供用等	第30回、第34回原型炉TFにて、QSTの基盤整備案の検討報告。		QST内で1例発生したところ。
O-7	将来のキャリアパスを明確化し、フュージョンエネルギーに携わる人材を産学官で計画的に育成すること	文	原子力分野等を含む産業界やアカデミアからの若手人材を、ITER計画やJT-60SA等の国内外の大型計画に対して派遣する取組を推進。キャリアパスにも配慮する。	第33回原型炉TF資料にて、QST、NIFSの取り組みについて報告。		O-2と同様。
O-8	国内大学等における人材育成を強化するとともに、他分野や他国から優秀な人材を獲得する取組を行うこと	文	核融合科学の学際化を進めて幅広い頭脳循環を実現することで、他分野や海外から人材を獲得する。複数大学からの学生や若手研究者、海外からの人材等が参加し、フュージョンエネルギーに関して俯瞰的に学習できる教育プログラムの提供に向けた検討を進める	ITER・BA活動の推進。 米・中・韓との二国間協力を推進。 G7ブリーア首脳・サミット文書でG7作業部会設立。 日米・日欧共同プレス声明による連携強化 第33回原型炉TF資料にて、JIFSをはじめとする人材育成の進捗・案が報告。		第29回TFに、人材育成方策を検討した資料がある。これら検討のフォローアップや、取捨選択はTFで実施されるということでしょうか。
O-9	国民の理解を深めるアウトリーチ活動を実施すること	文	アウトリーチヘッドクォーター16の体制を強化し、フュージョンエネルギーへの国民理解を深める活動を推進	第33回原型炉TF資料にて、アウトリーチ活動案が報告。		核融合関連にニュース記事は、日々増加傾向。ただ、一般への浸透はまだ低いと感じている。