

わが国を産融国にするには？

京都大学・KF 小西哲之

資料1
核融合戦略有識者会議
令和5年1月30日

資源輸入に頼る現代→国産原型炉？

核融合を輸出産業にすれば

エネルギーだけ自給？

廃棄物蓄積

製品輸出

二酸化炭素
排出

資源を輸入

燃料を輸入

代金

供給途絶の危険

新しい国内産業の育成

技術セキュリティ

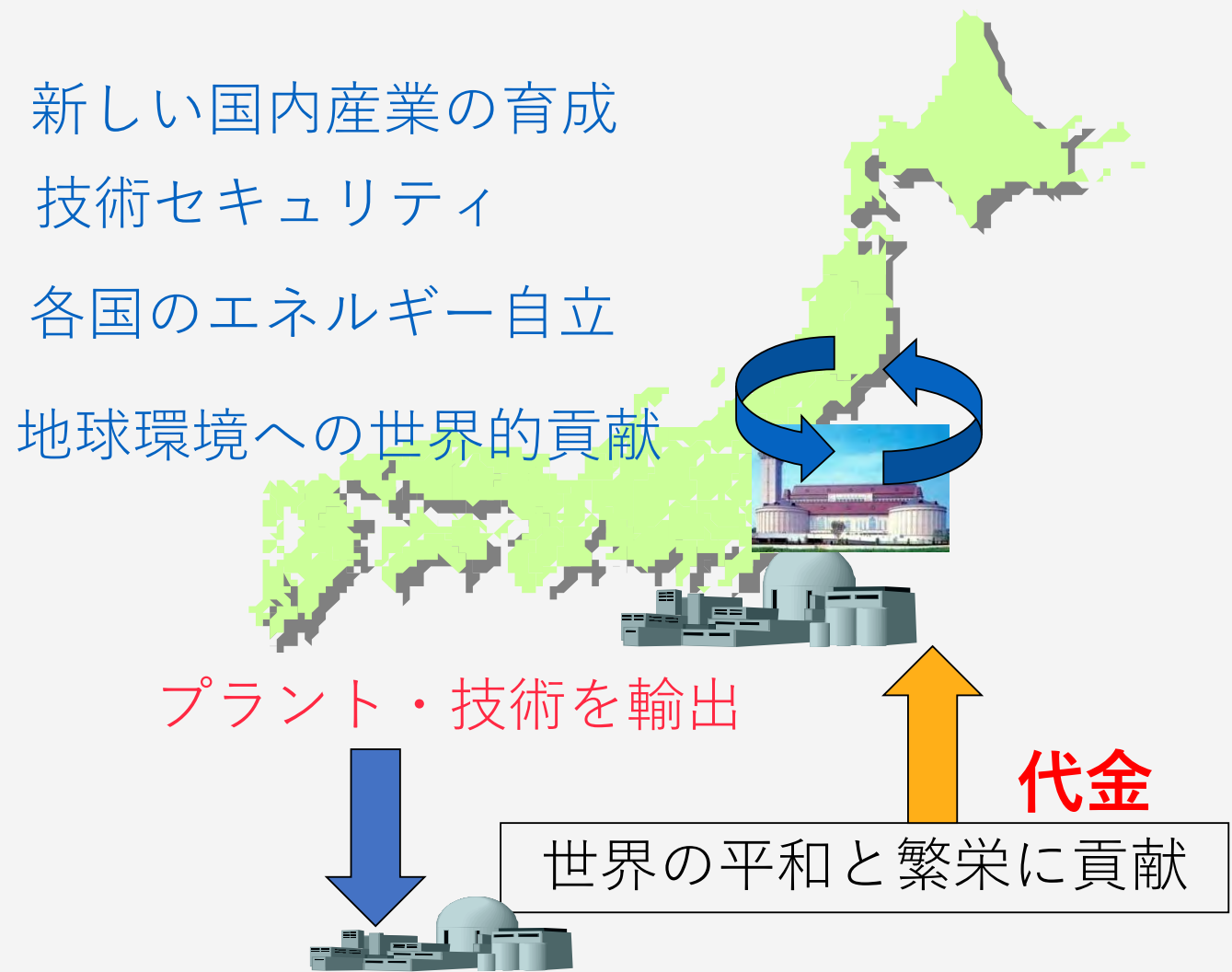
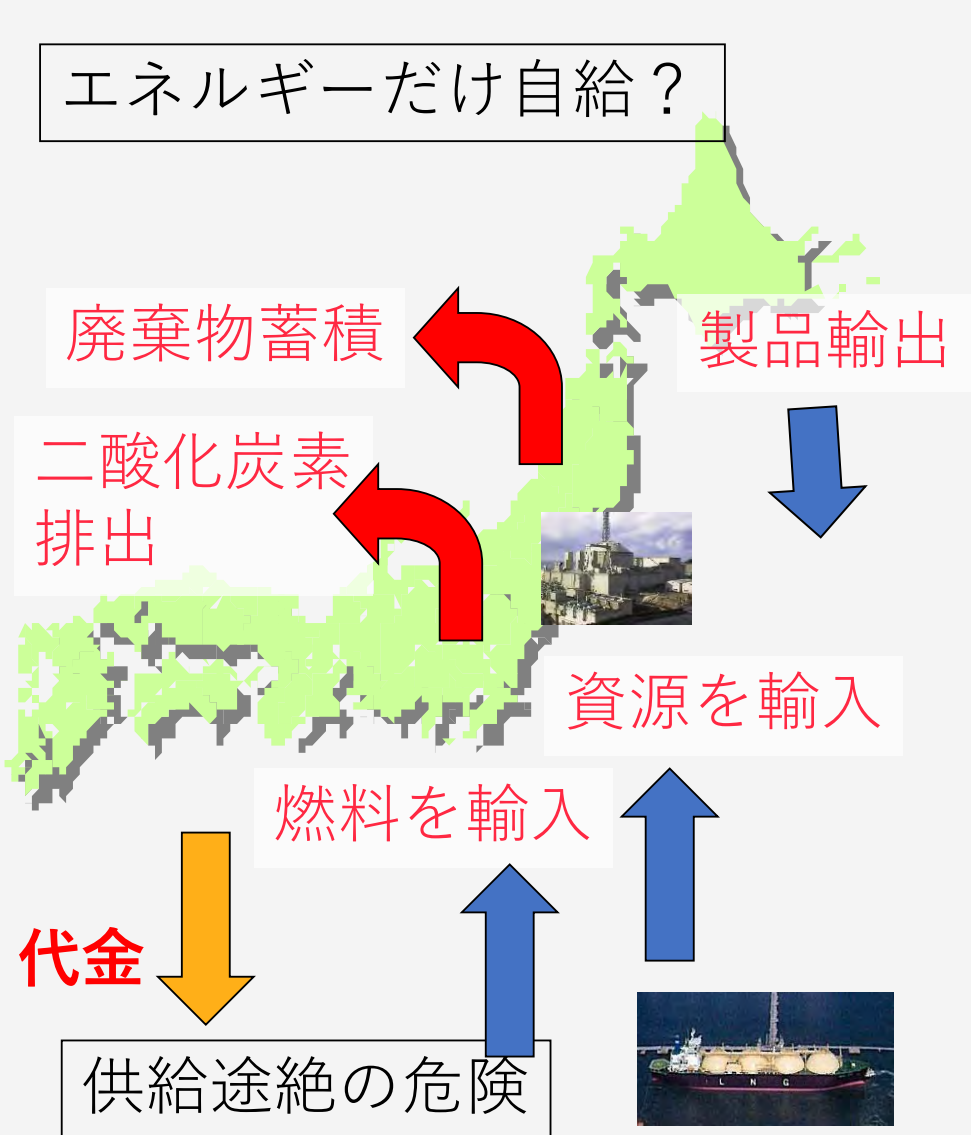
各国のエネルギー自立

地球環境への世界的貢献

プラント・技術を輸出

代金

世界の平和と繁栄に貢献



核融合の実現に足りない「装置」は？

○**意思決定**。「建設しよう」と意思決定する主体。

- ・コンセンサスやピアレビュー、全会一致では決まらない
- ・「やろう」という意思を共有する人たちが実行できる



SUの発生

○**資金**。経済的に核融合プラントを成立させるメカニズム。

- ・需要の発掘と商流の開拓(電力市場は飽和しつつある)
- ・発電で(少なくとも当初は)黒字になる見込みはない



SUの成長

○**人員と知識、経験**

- ・プロジェクトを実行する強力な組織とその人員。
- ・急速に人数を確保し機動的に組織化する主体。
- ・蓄積された知識、技能の継承と伝達、教育



SUの運営

○**産業技術**

- ・モノを作り、売る「**サプライチェーン**」
- ・情報力。需要と供給のマッチングとビジネス開発。
- ・**イノベーション**。今、公的研究機関も大企業も保守的



SUの事業

足りないのは主に社会的技術？

スタートアップ企業の機能と役割 “市場と事業の開拓”

○情報収集、分析と決断

- ・現在、最新技術情報の半分が民間にある(学会研究機関では収集力不足)
- ・市場、資金、企業間情報が特に重要
- ・情報はビジネスセンスで分析しなければ使えない

「総合商社機能」

○資金

- ・資金を集め、管理運用する機能。
- ・ニーズの発掘-公的資金、私的資産それぞれの目的

投資対象としてのSU

○人員と知識、経験

- ・SUは急速に成長し機動的に組織化。
- ・蓄積された知識、技能の継承と伝達、教育

人材流動のプラットフォーム

○産業技術

- ・モノを作り、売る「サプライチェーン」「商流」の構築、「すりあわせ」
- ・イノベーション。既存技術の組み合わせではできない

モノづくり発ビジネスモデル開拓

核融合開発の新展開

1. 海外では開発主体は民間シフト

- ・米英中心にスタートアップが興隆
- ・核融合装置市場が出現
- ・公的計画、民間ともにプラズマ物理中心
- ・遅れているのはエネルギー変換利用技術

2. わが国の状況

- ・公的機関の研究、大企業の製造技術は世界レベル
- ・原子力産業を中心に、国際市場への展開意欲は低い
- ・ものづくり産業は、ITER後の需要減を危惧
- ・知識、経験、技術の高齢化、継続困難が発生中

民間を中心とした機会が目の前にある

- ・ すりあわせ再び
- ・ 個別技術でなく、システムとして我が国の産業として構築が可能な機会

資料

中間的整理論点に対する民間視点からの提言

我が国として捉えるべき
核融合産業の特性

核融合エネルギー変換は

- 化石資源、原子力燃料によらない、装置技術である
- 資源ナショナリズムからサプライチェーンが要
- 装置技術サプライチェーン=生きた市場で戦い、維持・成長することが必要

核融合産業の
育成戦略

世界的にイノベーション機能は「ベンチャー企業」が負う

- サイエンス的に正しい公的技術基盤は重要
- 一方で、革新技術が民間から市場を席卷する可能性がある

核融合技術の
開発戦略

既存の優位性のあるサプライチェーンを生かし、活かすためには進行形の開発競争に参入する必要がある

- 我が国が押さえうる事業・技術的にまとまりのある領域は

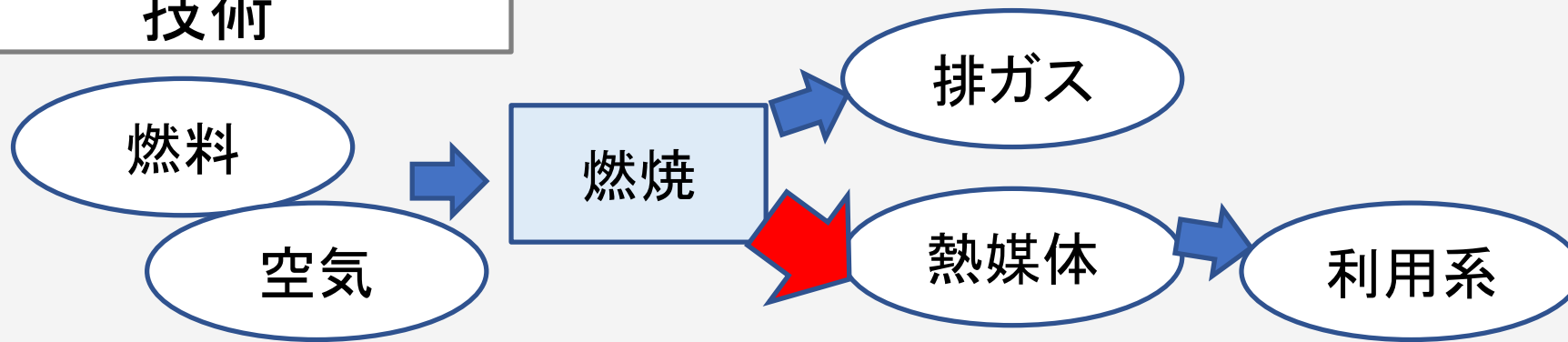
核融合戦略の
推進体制等

- 民間主導の市場において、野生的な市場と事業の開拓を行うのはスタートアップの役割
- 民の開発参加・加速を促す環境と公の国家間連携支援

有識者会議中間まとめ

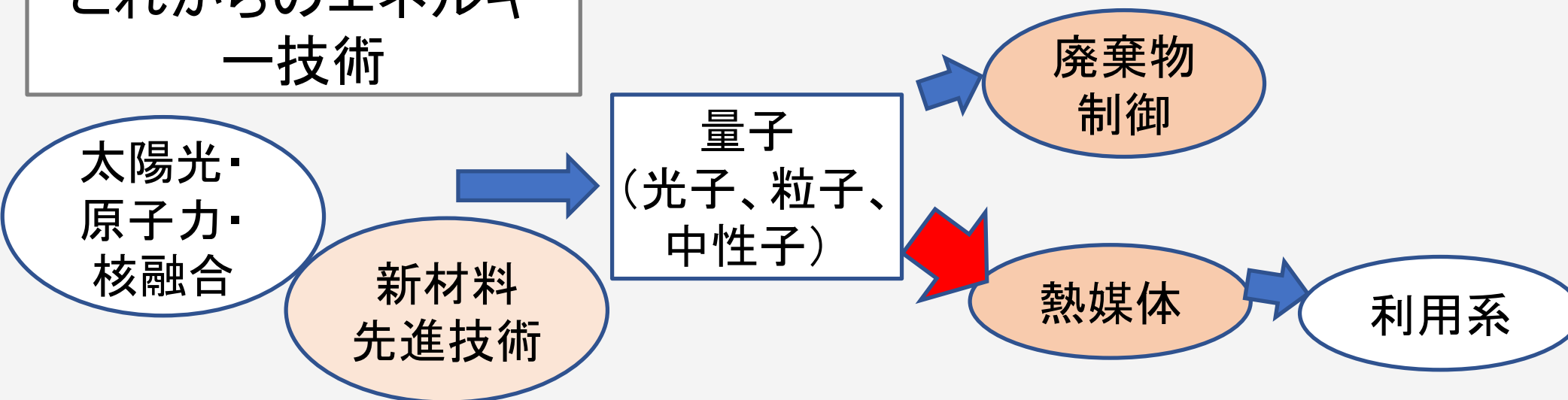
化石燃料中心のエネルギー技術との違い

従来のエネルギー技術



エネルギー変換に大きな違い→イノベーション

これからのエネルギー技術



エネルギー変換技術の新展開とスタートアップ

GXのためのイノベーションの必要性

1. 低炭素エネルギーは「先進エネルギー変換技術」を要求
 - ・燃焼によらない
 - ・これまでにない熱伝達
 - ・量子、粒子、波動、運動エネルギーの変換
 - ・物質制御、廃棄物制御
2. 世界的にイノベーションの機能は「ベンチャー企業」が負っている
 - ・公的計画は基礎研究志向
 - ・大企業は保守的技術選好
 - ・スタートアップは積極的にリスクを取って先進技術に挑戦
3. エネルギー産業の展開
 - ・世界市場の転換が進展
 - ・エネルギーセキュリティへの懸念

エネルギー市場の変化

資源ナショナリズムからサプライチェーン技術へ

1. 資産価値は資源から技術へ

- ・エネルギーは化石資源から技術で生み出すものへ
- ・資源より炭素排出削減が重要
- ・効率と利便性は先進技術のたまもの
- ・エネルギーサプライチェーンの複雑化

エネルギーは新技術が作る

2. 「ものづくり技術」のチャンスと危機

- ・新素材、高度加工技術はわが国産業のお家芸
- ・エネルギー技術は世界基準、世界市場
- ・先進技術にはガラパゴス化の危機が付随
- ・世界基準は市場シェア、規格と規制が作る

セキュリティは新技術が守る

技術はサプライチェーンが基盤

中間的整理論点に対する民間視点からの提言

我が国として捉えるべき
核融合産業の特性

核融合エネルギー変換は

- 化石資源、原子力燃料によらない、装置技術である
- 資源ナショナリズムからサプライチェーンが要
- 装置技術サプライチェーン=生きた市場で戦い、維持・成長することが必要

核融合産業の
育成戦略

世界的にイノベーション機能は「ベンチャー企業」が負う

- サイエンス的に正しい公的技術基盤は重要
- 一方で、革新技術が民間から市場を席卷する可能性がある

核融合技術の
開発戦略

既存の優位性のあるサプライチェーンを生かし、活かすためには進行形の開発競争に参入する必要がある

- 我が国が押さえうる事業・技術的にまとまりのある領域は

核融合戦略の
推進体制等

- 民間主導の市場において、野生的な市場と事業の開拓を行うのはスタートアップの役割
- 民の開発参加・加速を促す環境と公の国家間連携支援

有識者会議中間まとめ

核融合プラント技術の構成

社会実装・ビジネスモデル

資金、バリューチェーン

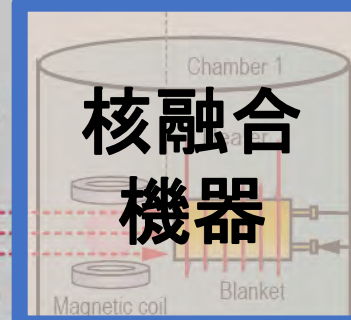
エネルギー利用プラント

運転、メンテ、定検

プラズマ加熱制御



核融合機器



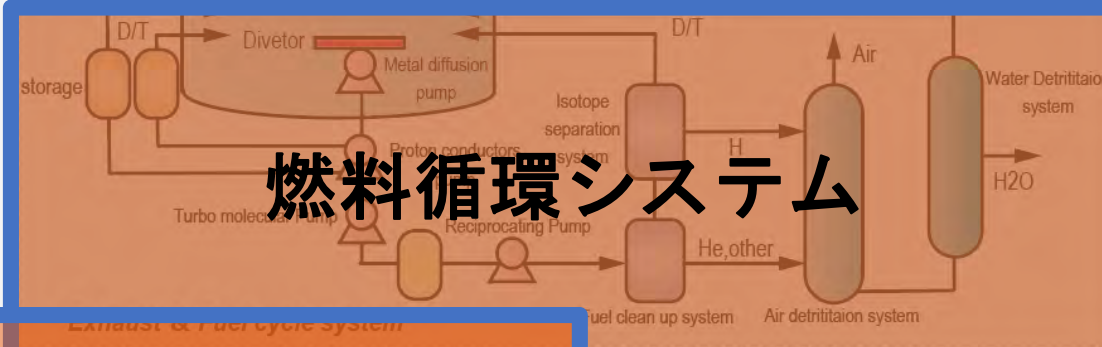
エネルギー変換

熱交換

熱媒体循環プラント



燃料循環システム



安全設備
環境インターフェース
廃棄物処理

ポンプ、補器類

サプライチェーン

中間的整理論点に対する民間視点からの提言

我が国として捉えるべき
核融合産業の特性

核融合エネルギー変換は

- 化石資源、原子力燃料によらない、装置技術である
- 資源ナショナリズムからサプライチェーンが要
- 装置技術サプライチェーン=生きた市場で戦い、維持・成長することが必要

核融合産業の
育成戦略

世界的にイノベーション機能は「ベンチャー企業」が負う

- サイエンス的に正しい公的技術基盤は重要
- 一方で、革新技術が民間から市場を席卷する可能性がある

核融合技術の
開発戦略

既存の優位性のあるサプライチェーンを生かし、活かすためには進行形の開発競争に参入する必要がある

- 我が国が押さえうる事業・技術的にまとまりのある領域は

核融合戦略の
推進体制等

- 民間主導の市場において、野生的な市場と事業の開拓を行うのはスタートアップの役割
- 民の開発参加・加速を促す環境と公の国家間連携支援

有識者会議中間まとめ

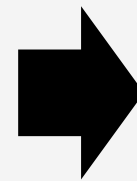
技術課題への挑戦

1. 高周波技術

- ・公的機関、大企業の育成したITER技術
- ・物質によらないエネルギー伝送系
- ・センシティブな技術
- ・高度なサプライチェーン

2. 高温エネルギー変換

- ・燃焼によらない高効率エネルギー変換
- ・核融合、先進原子力共通の利用系技術
- ・わが国新材料、先進加工技術の市場可能性
- ・国際的な開発競争に共通の弱点



今、世界の核融合計画が気付き始めている！

- ・ ほぼすべてがプラズマの開発に注力
- ・ 資金とヒトを集めても核融合「装置」はできない
- ・ 日本の核融合「装置」の技術はよく知られている
- ・ 核融合「装置」こそが核融合エネルギーの本体

中間的整理論点に対する民間視点からの提言

我が国として捉えるべき
核融合産業の特性

核融合エネルギー変換は

- 化石資源、原子力燃料によらない、装置技術である
- 資源ナショナリズムからサプライチェーンが要
- 装置技術サプライチェーン=生きた市場で戦い、維持・成長することが必要

核融合産業の
育成戦略

世界的にイノベーション機能は「ベンチャー企業」が負う

- サイエンス的に正しい公的技術基盤は重要
- 一方で、革新技術が民間から市場を席卷する可能性がある

核融合技術の
開発戦略

既存の優位性のあるサプライチェーンを生かし、活かすためには進行形の開発競争に参入する必要がある

- 我が国が押さえうる事業・技術的にまとまりのある領域は

核融合戦略の
推進体制等

- 民間主導の市場において、野生的な市場と事業の開拓を行うのはスタートアップの役割
- 民の開発参加・加速を促す環境と公の国家間連携支援

有識者会議中間まとめ

国家間競争とグローバル民間競争の融合

海外では、既に民間競争の動きに同調する形で、民間の産業導入を促す環境（開発環境や技術移転）や国がエンドースする形での産業誘導が進んでいる

UK: UKAEAやThe Fusion Clusterによる
産業誘致やネットワーク構築



US: DOEによるPPP*,
民間団体FIA、FPAによる連携



Fusion Power Associates

PPP*: Public Private Partnership

民間を主役とする新たな国際協力の枠組みが発生している

まとめ

核融合産業の育成戦略

- ・イノベーション技術はグローバル競争
- ・国家的な戦略の見定めとは別にSUも開拓する

核融合技術の開発戦略

- ・加速市場への参加は必須
- ・エネルギー変換技術がプラットフォーム機会

核融合戦略の推進体制等

- ・SUが市場・事業開拓
- ・SUの競争に規制・開発環境など公的支援

1. 国家の事業としての核融合

- ・「**エネルギーとして開発**」という確固たる政策
- ・「わが国の**主要産業**」として育成する決断
- ・学術 (ITER-原型炉と) との**2路線**

2. プラットフォーム技術を支える資金と予算

- ・**リスク性開発**を促す補助
- ・公的資金の投資対象としてのリスク性事業

3. スタートアップ支援として

- ・シードではなく、ユニコーン以上になるときの障壁
⇒「**死の谷**」**克服**のための行政支援
- ・規制緩和⇔柔軟な核融合規制の制定
- ・民間参入/開発加速を促す**開発環境・施設の提供**

4. 国際協力と協調・協業

- ・信頼できる国家間の協力プラットフォームとエンドース機能

まとめ 2 : わが国を産融国にするために

民間から核融合産業を育てる

- モノづくり産業からの再構築
- イノベーションへの果敢なチャレンジ
- 総合商社的ビジネス開発力の育成
- 情報収集、分析、決断主体の育成
- 人材育成・流動、技術蓄積

「公」の役割

- 「学術としての核融合」の着実な積み上げ
- 研究開発アセットの民間開放
- リスク性開発への支援
- スタートアップエコシステム
- 国際協調、競争の環境づくり
- 法整備、規制基準制定と緩和

