

目標10

**「2050年までに、フュージョンエネルギーの
多面的な活用により、地球環境と調和し、
資源制約から解放された活力ある社会を実現」**

プログラムの進捗について

戦略推進会議

(令和7年3月28日)

吉田 善章

(自然科学研究機構 核融合科学研究所 所長)

1. 目指す社会像

拡大する
エネルギーの需要

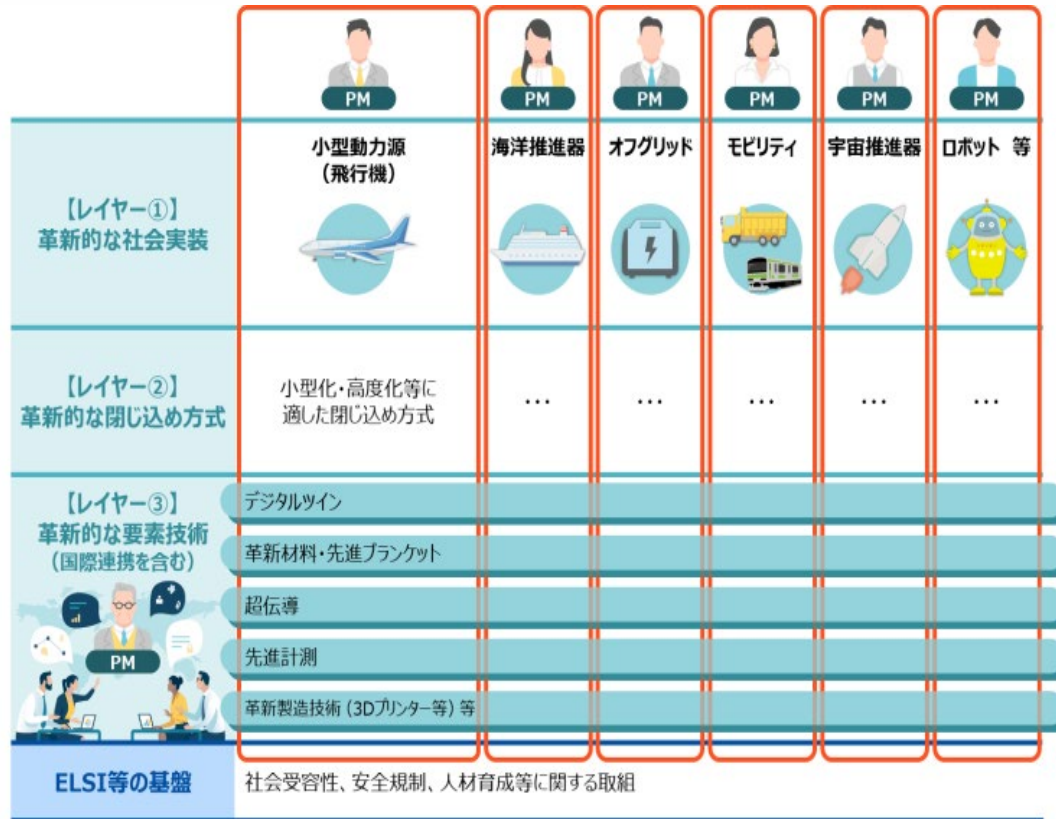
エネルギーの共有性・安定性
による地球平和

フュージョンエネルギー

生存圏の拡大

暮らし、産業の多様化

2. シナリオおよび克服すべき課題



レイヤー①: 革新的な社会実装

- ・フュージョンエネルギー技術の**社会生活への応用**。

フュージョンエネルギー以外にも荷電粒子や中性子利用、排熱エネルギー利用等。

レイヤー②: 革新的な核融合システム

- ・社会実装を可能とするフュージョンエネルギー**システムの具体化**。

磁場閉じ込め核融合にとらわれず、多様な革新的核融合システム等。

レイヤー③: 革新的な基盤要素技術

- ・核融合システムの**早期実現の鍵となる挑戦的要素技術の確立**。

核融合炉システムの早期実現に向けた革新技術や、大きな汎用性をもって他の技術分野に革新的な波及効果をもたらす破壊的イノベーション等。

核融合炉の早期実現に必要な
「経済性・信頼性・利便性」の解決策となり、
破壊的イノベーションを生み出す課題を提案

3. 国際動向とMS10マイルストーン

地域	プログラム	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2040	2050		
日本	ムーンショット10 プログラム	マイルストーン(3年目) ▲ マイルストーン(5年目) ▲ マイルストーン(10年目) ▲															
国際 協力	ITER(新ベースライン)	建設										総合試験	研究運転				
	IFMIF(中性子源) -DONES	設計・技術検証	建設					試験⇒研究運転									
日 本	JT-60SA	装置増強	研究運転(統合研究段階)										研究運転(拡大研究段階)				
	JA-DEMO(元計画)	概念設計・要素技術	工学設計・実規模規模技術開発										建設	運転			
	JA-DEMO(前倒計画) ※検討中	2030年代の発電実証を目指して検討中															
	レーザー	J-EPoCH 建設	研究運転・高性能化(1kJ・100Hz@2025⇒10kJ/100Hz@2030)										試験炉(HYPERION-T) ▲				
米 国	フュージョン エネルギー戦略2024	原型炉までの科学技術ギャップの解消・商用炉の準備・外部連携の活用							原型炉建設・運転			商用炉建設・運転					
	Commonwealth Fusion Systems	建設	▲小型炉(SPARC)稼働・研究運転 (Q>1)					ARC(20万kW級稼働)									
	TAE Technology (磁場反転配位：FRC)	C-2W/NORMAN試験				COPERNICS設計・建設				30-50万kW級稼働							
	Helion Energy (磁場反転配位：FRC)	建設	PORARIS試験・研究運転					▲5万級kW発電									
英国	英国政府の核融合戦略	▲21年：5つの候補地公表、規制に関する勧告、パブコメ公表						2040年までに原型炉の建設									
	Tokamak Energy (球状トカマク：S T)	▲23年：建設担うUKIFS社設立	ST-40試験				Demo4コイル試験				50万kW級稼働						
中国	Comprehensive Research Facility for Fusion Technology (CRAFT) 総合核融合研究施設	EAST研究運転										(中国版)原型炉 (CFETR) 建設・運用@2030年代				改造し原型炉 (発電炉)	
	BEST (トカマク試験炉)	試験炉 (BEST) 建設(JT-60SA同等)					▲27年までに運開					試験					
韓国	第4次核融合エネルギー 開発振興計画	KSTAR研究運転										核融合電力生産実証炉 ▲ (K-DEMO)					

出典：国際協力/日本

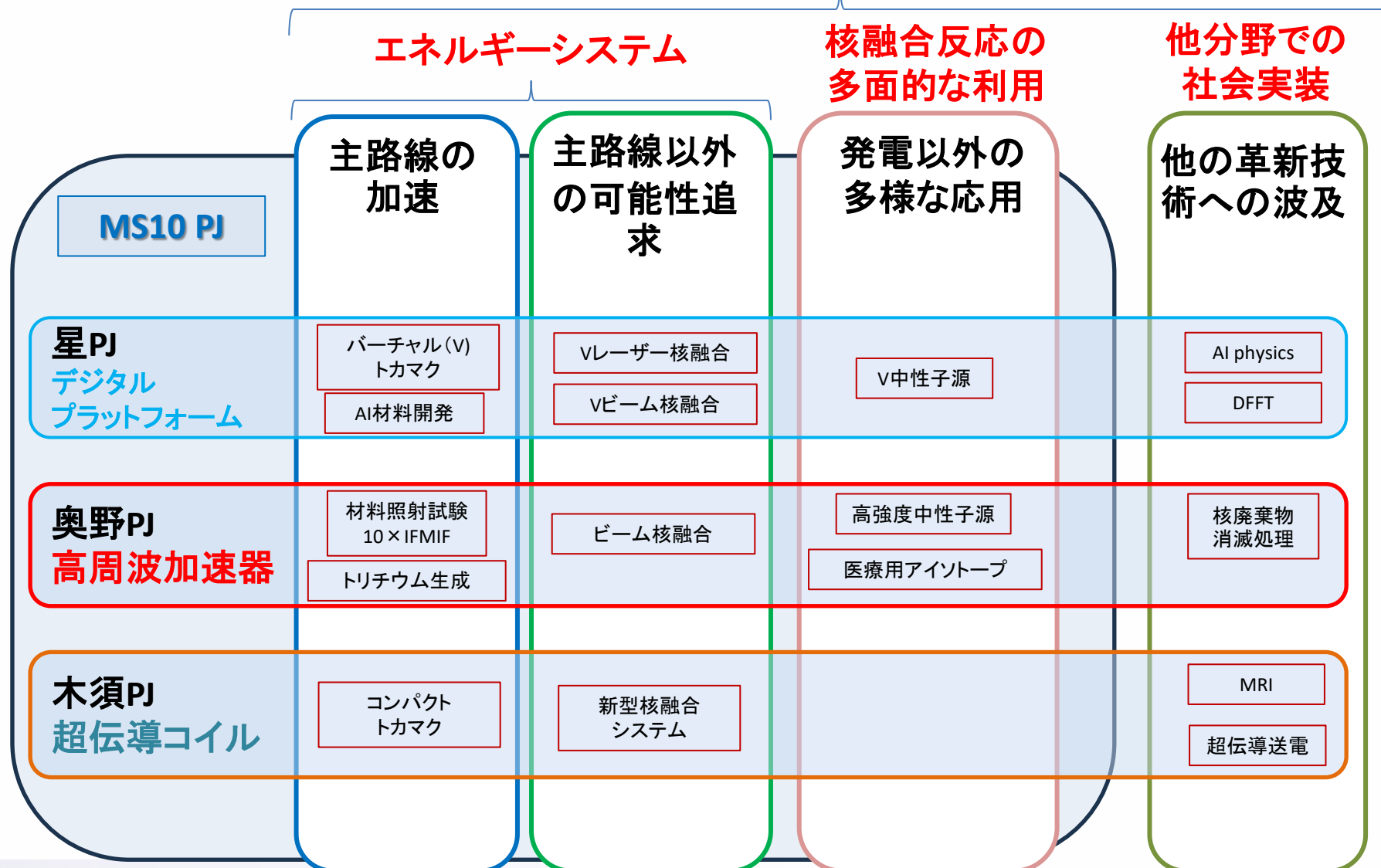
・内閣府/核融合戦略有識者会議/「原型炉開発ロードマップ」
 ・文部科学省/核融合科学技術委員会/「原型炉研究開発ロードマップの見直しに向けて」
 ・第37回エネルギー総合工学シンポジウム「フュージョンエネルギー・イノベーション戦略」
 ・第37回エネルギー総合工学シンポジウム「レーザーフュージョンエネルギー研究開発の現状と展望」

出典：海外

・<https://www.energy.gov/sites/default/files/2024-06/fusion-energy-strategy-2024.pdf>
 ・文部科学省/研究開発局/「文部科学省における核融合の挑戦的な研究の支援の在り方に関する検討状況について」
 ・第37回エネルギー総合工学シンポジウム「フュージョンエネルギー・イノベーション戦略」
 ・TAE: <https://tae.com/>, Commonwealth Fusion Systems: <https://cfs.energy/>, Helion Energy: <https://www.helionenergy.com/>
 ・Tokamak Energy: <https://tokamakenergy.com/>, CRAFT: <http://englab.hipp.cas.cn/Research/CRAFT/>
 ・IFMIF-DOSE: <https://ifmif-dones.es/>
 ・キャンボグローバル戦略研究所(中国BEST): <https://cigs.canon/uploads/2024/06/11b3c1e19f65bdc15966b70c6ca0d4d886c180.pdf>

4. スタートした3プロジェクトの位置づけ

MS10が生み出すイノベーション



5. プログラムの推進方針

期間中(5年間)のマネジメント方策

【研究開発方針】

- ・ **目的（2050年の未来像）の明確化**：①主路線（ITER→原型炉）の加速、②主路線以外の革新的方式、③発電以外の核融合反応の多様な応用、④他の革新技术への波及。
- ・ **勝ち筋を狙う統合戦略**：多岐に細分化した先端分野の動向を分析し、勝ち筋を見出すための「メタ研究」を実施する。学際的な共通課題を定式化し、win-winの分野間連携を構築する。
- ・ **学際化・ネットワーク化**：人材の「抱え込み」から「巻き込み」へパラダイム転換する。

【社会実装に向けた運営の方向性、国内外との連携を含む加速施策等】

- 従来の核融合コミュニティを超えた広い分野からの研究参画を促し、**学際的な研究開発チームを編成**。従来研究の延長線にない「破壊的イノベーション」を目指す。
- ポートフォリオの分析に基づき、**勝ち筋となる分野について「指定課題」を設定し、PMおよびPIの公募を行って、プログラムを強化**する。

令和6～7年度のマネジメントの実績および計画



- ✓ PD、SPD、アドバイザーとPMの間で積極的にコミュニケーションをとり、**戦略的に研究を推進**する。
- ✓ 目標全体としての効率的な研究開発のため、内部キックオフ会議や意見交換会、サイトビジット等を実施することで、**プロジェクト間での意思疎通や知識の共有を促進**する。

⇒2024年：意見交換会（4月）物理学会インフォーマルミーティング(9月)、プラズマ・核融合学会(11月)
2025年：キックオフミーティング(2月)、意見交換会（3月）、研究交流会(4月)など

6. 今後の予定（1）ムーンショットへの期待

※令和6年11月12日核融合科学技術委員会（第40回）資料より抜粋

【第1回公募】※ムーンショット目標10 フュージョンエネルギー国際ワークショップ(2024.1.31)

① 革新的な社会実装（ Big picture, Vision with Action）

既存の枠組みにとらわれない発想や革新的な要素技術をシステムとして統合、社会システム

② 挑戦的な研究開発（ Moonshot for Fusion Energy）

果敢な挑戦でありつつも明確な結論が導かれる客観性、方法論の妥当性、民間資金の導入

③ 仲間を集める（ If you want to go far, go together.）

世代を超えた研究開発、関連人材の巻き込み、技術の蓄積・連結、国際連携の促進



【第2回公募に向けて】※国家戦略の改定も見据え、検討

① 実証に向けた技術の統合（ Big picture, Vision with Action）

2030年代の発電実証の達成や、小型動力源等の多様な社会実装に向けた用途の実証

② マイルストーンの設定（ Moonshot for Fusion Energy）

一定の資金と期限を設定し、マイルストーンの達成状況に応じて絞り込み

③ FAと国研等との連携（ If you want to go far, go together.）

研究開発費に加え、共用施設・設備の使用料・共同研究費を合わせて措置

6. 今後の予定 (2) 大きな挑戦を支援する研究開発体制の構築

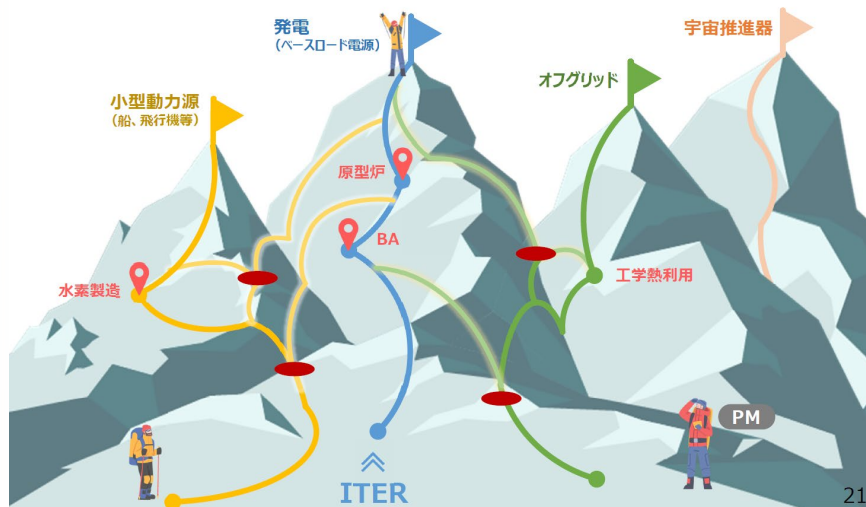
・ マイルストーン型

最も核心的かつ挑戦的な課題を設定し、それを最初の数年で突破することをマイルストーンにした研究計画を幅広く採択し、ステージゲート評価で選択と集中を進める

・ 中核的施設共同利用の強化

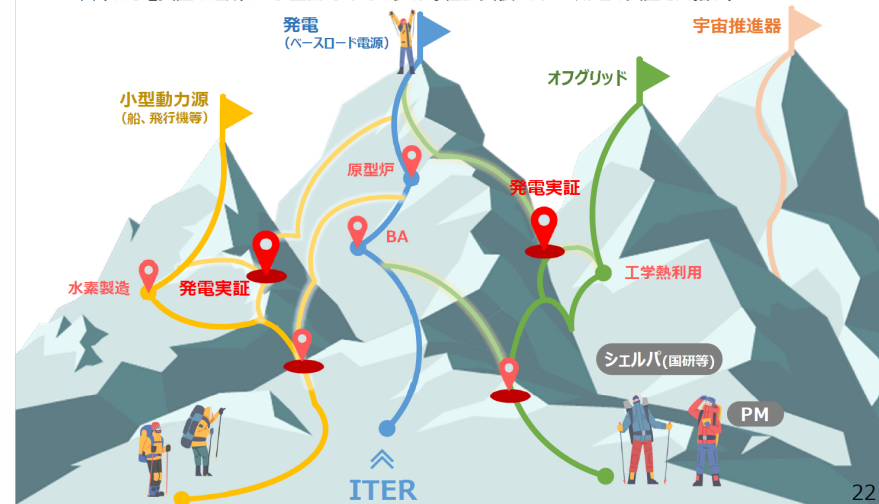
国内で共同利用できる施設やサポート体制を活用して効率化をはかり、マイルストーン達成を支援する

ムーンショット型研究開発制度において、国研等との連携がない 場合



ムーンショット型研究開発制度において、国研等との連携がある 場合

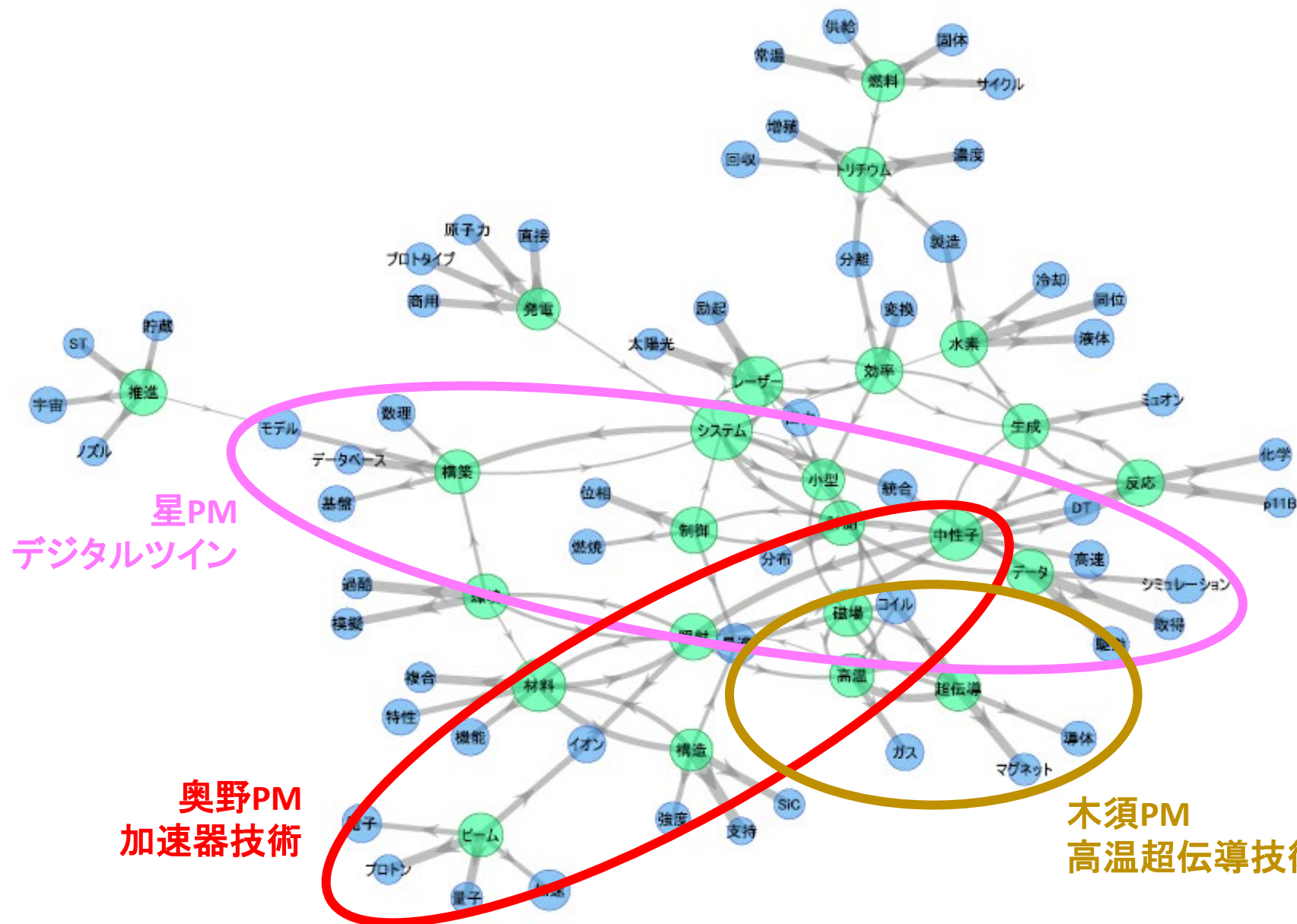
アカデミア・民間企業等からの幅広く活用される実証試験設備を優先して整備することにより、国研等との連携を促進し、2030年代の発電実証の達成や、小型動力源等の多様な社会実装に向けた用途の実証を目指す。



出典) 文部科学省 第41回 プラズマ・核融合学会 年会 S1-2

（以下、参考資料）

参考. 47提案の俯瞰図に対する3PMのキーワード



参考. 令和7年度の公募テーマ案 -ポートフォリオの充足-

Main issues

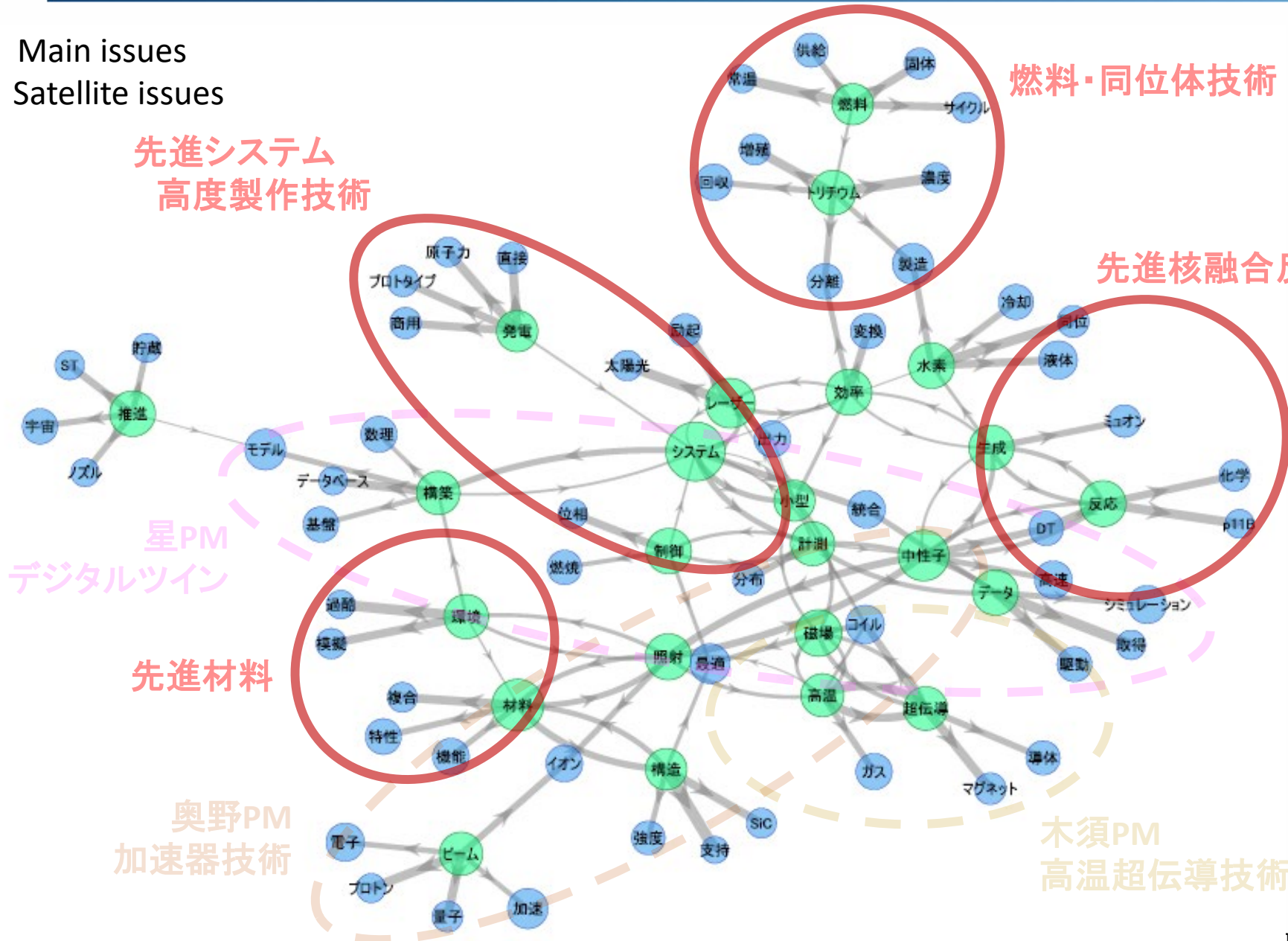
Satellite issues

先進システム
高度製作技術

燃料・同位体技術

先進核融合反応

先進材料



参考．プログラムのマイルストーン

ムーンショット目標10

2050年までに、フュージョンエネルギーの多面的な活用により、地球環境と調和し、資源制約から解放された活力ある社会を実現

<ターゲット>

- 2050年までに、様々な場面でフュージョンエネルギーが実装された社会システムを実現する。
- 2035年までに、電気エネルギーに限らない、多様なエネルギー源としての活用を実証する。
- 2035年までに、エネルギー源としての活用に加えて、核融合反応で生成される粒子の利用や要素技術等の多角的利用により、フュージョンエネルギーの応用を実証する。

10年目のマイルストーン

- 様々な挑戦的研究開発の成果を総合し、フュージョンエネルギー開発競争を勝ち抜くために、多様な核融合システムの開発に必要な信頼度が高い方法論や要素技術である**強力な「ツール」**を獲得する。
- その確かな「ツール」を**開発研究機関や民間企業へ引き継ぐ**ことで、2050年の未来像である「フュージョンエネルギーの多様な活用が人類の積極的な活動を支える世界」の実現を目指す。

5年目までに、**基盤技術（ハード及びソフト）の成立性と発展可能性を実証を**

3年目までに、**基盤要素技術の「科学技術的原理」を検証・確立を**

参考. 星プロジェクト 概要(1)

プロジェクト名

超次元状態エンジニアリングによる未来予測型デジタルシステム

PM

核融合科学研究所
星 健夫



プロジェクト概要

核融合エネルギーシステムの設計や性能試験を実現するために、複雑に絡み合った物理量をAI/データ駆動科学技術を用いてバーチャルラボラトリとしてデジタルプラットフォーム上に確立します。

これらの実現により、多様なフュージョンエネルギーシステムに対して大幅な製作コストを削減し、産業界の積極的な参入を可能とするデジタル・リアル協調開発を実現します。

プロジェクトのマイルストーン

10年目

- 最先端AI技術を実装したジェネリックラボおよび3種類(磁場閉じ込め核融合、レーザー核融合、中性子材料耐性)のバーチャルラボを完成します。

5年目

- バーチャルラボ上で得られたデータと実験で得られたデータを比較検証し、AI駆動科学やデータ同化等を用いて、高精度なバーチャルラボを最低1種類実現します。

3年目

- 国内外のプログラムやデータをモジュール化し、それらのモジュールを自在に組合すことで、磁場閉じ込め核融合、レーザー核融合、中性子材料耐性検証ができる3種類のバーチャルラボを構築します。

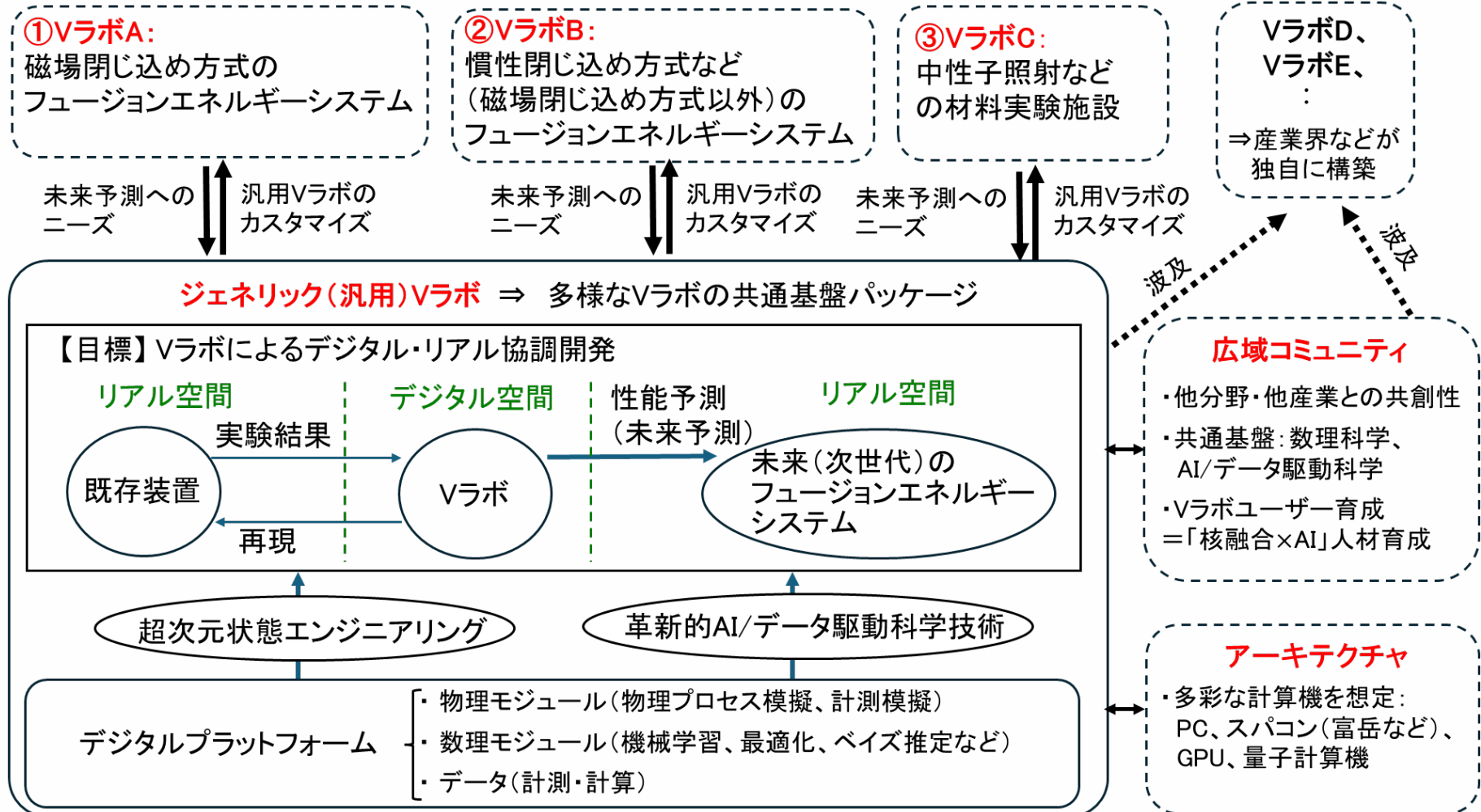
作り込みのポイント

- マイルストーンの明確化(目標値とその検証方法)、体制、予算精査
- 工学的アプローチへの早期取り組み、プロジェクト間の連携強化

参考. 星プロジェクト 概要(2)

プロジェクトの全体構成

----- ステージゲートで概要を決定



参考. 奥野プロジェクト 概要(1)

プロジェクト名

革新的加速技術による大強度中性子源と先進フュージョンシステムの開発

PM

国立研究開発法人理化学研究所
奥野広樹



プロジェクト概要

新たな加速器技術を核融合分野に展開することで、フュージョンエネルギー開発にパラダイムシフトを起こし、**加速器ビームの大強度化とコンパクト化を実現**します。

これらの実現により、**日常生活に共存し、高レベル放射性廃棄物を増やさず**に燃料を輸入に頼らず**自給できる社会**を確立し、人類未踏の空間における**活動拠点を拡大できる未来**の実現を目指します。

プロジェクトのマイルストーン

*ステージゲート

10年目

- 高エネルギーかつ高出力な重陽子線(1A, 400MeV)を実現する、**信頼性の高い加速器の設計図面を完成**させる。
- 効率よく中性子を発生させるための、**先進ビーム駆動核融合システムの基本設計を確立**する。

5年目

- 加速器のソース源であるイオン源から、**1Aの直流引き出し電流を実現**する。
- 中性子を発生させる**先進ビーム生成装置の設計図を完成**させる。

3年目

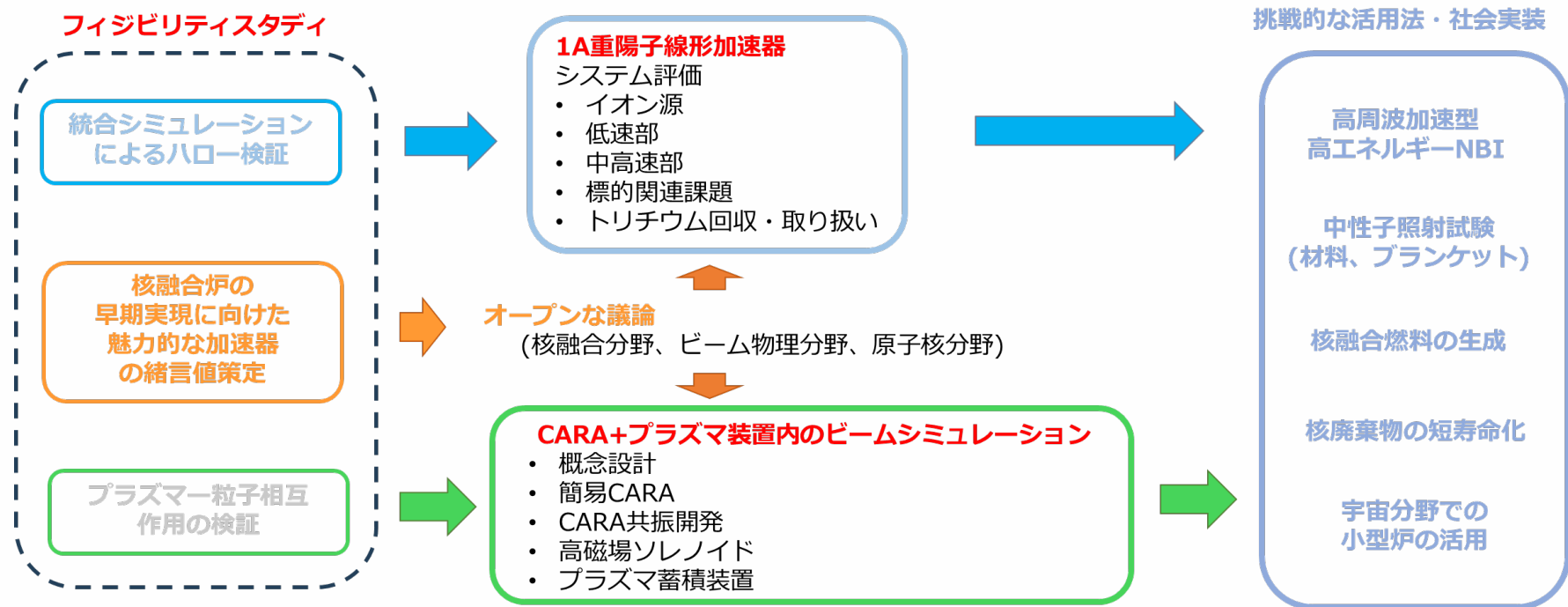
- 1A 加速器の主要機器概念の**成立性を技術的に検証**する。
*イオン源から最終加速部を含めた統合シミュレーションにより、**熱負荷等の成立性を証明**する。
- コンパクトで高効率な加速器の概念設計とそれに接続する**核融合システムの概念設計完成**する。
*ビームがプラズマ中を通過することにより、**中性子生成の効率が劣化しないことを検証**する。

作り込みのポイント

- マイルストーンの明確化(目標値とその検証方法)、体制、予算精査
- 工学的アプローチへの早期取り組み、プロジェクト間の連携強化

参考．奥野プロジェクト 概要(2)

プロジェクトの全体構成



核融合コミュニティとのフュージョンエネルギー研究及び活用に必要な諸元値の再精査・実現性の検討

参考. 木須プロジェクト 概要(1)

プロジェクト名

多様な革新的炉概念を実現する超伝導基盤技術

PM

九州大学 超伝導システム科学研究センター センター長
木須 隆暢



プロジェクト概要

革新的な高温超伝導線材の量産技術や、中性子照射耐性を有し、外乱に対しても安定で、運転に液体ヘリウムを必要としない超伝導マグネット技術を確立することで、核融合炉への高温超伝導の適用を早期に実現し、核融合炉の小型化や経済性の向上を図ります。そのために、40テスラ級の高温超伝導コイルならびに大容量導体を実証します。また、医療・モビリティなど核融合以外の分野への波及効果を促進し、日本の超伝導技術の国際的な優位性と人材育成を実現します。

プロジェクトのマイルストーン

10年目

- 高性能な高温超伝導線材の量産技術、超強磁場コイル技術、導体・コイル試験技術ならびに炉設計技術を統合し、多様な革新的炉概念の実現とフュージョンエネルギー以外の分野への応用を加速する超伝導基盤技術の確立します。

5年目

- AIを活用したスマート製造技術の実現による低コスト高温超伝導線材量産技術および40 T級超高磁場マグネットを実証し、小規模コイルを用いて巨大電磁力への耐性とクエンチ保護を可能とする高温超伝導コイル設計技術を確立します。

3年目

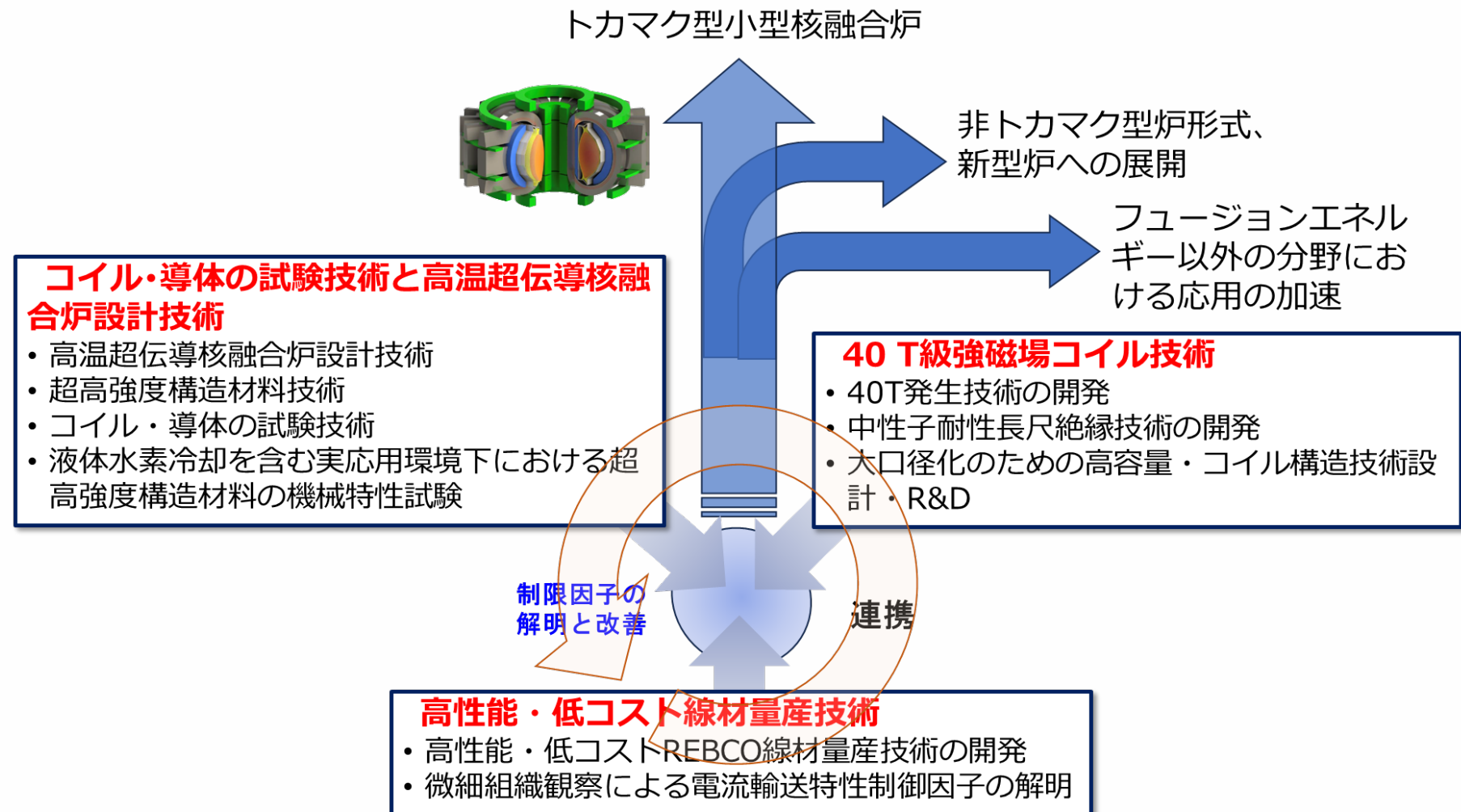
- プロセスインフォマティクスを用いた高温超伝導線材製造技術を確立します。
- 高温超伝導コイル実現に向けた中性子照射耐性をもつ無機絶縁コイルの試作、超高強度構造材料および溶接材料技術を確立します。

作り込みのポイント

- マイルストーンの明確化(目標値とその検証方法)、体制、予算精査
- 工学的アプローチへの早期取り組み、プロジェクト間の連携強化

参考. 木須プロジェクト 概要(2)

プロジェクトの全体構成



参考. フュージョン特許分析 (勝ち筋)

【特許スコア】 赤字がベンチャー企業、海外大学、又は外国機関

・TAE(米)、TOKAMAKE ENERGY(UK)、HEFEI(中)が高スコアの特許を出願済

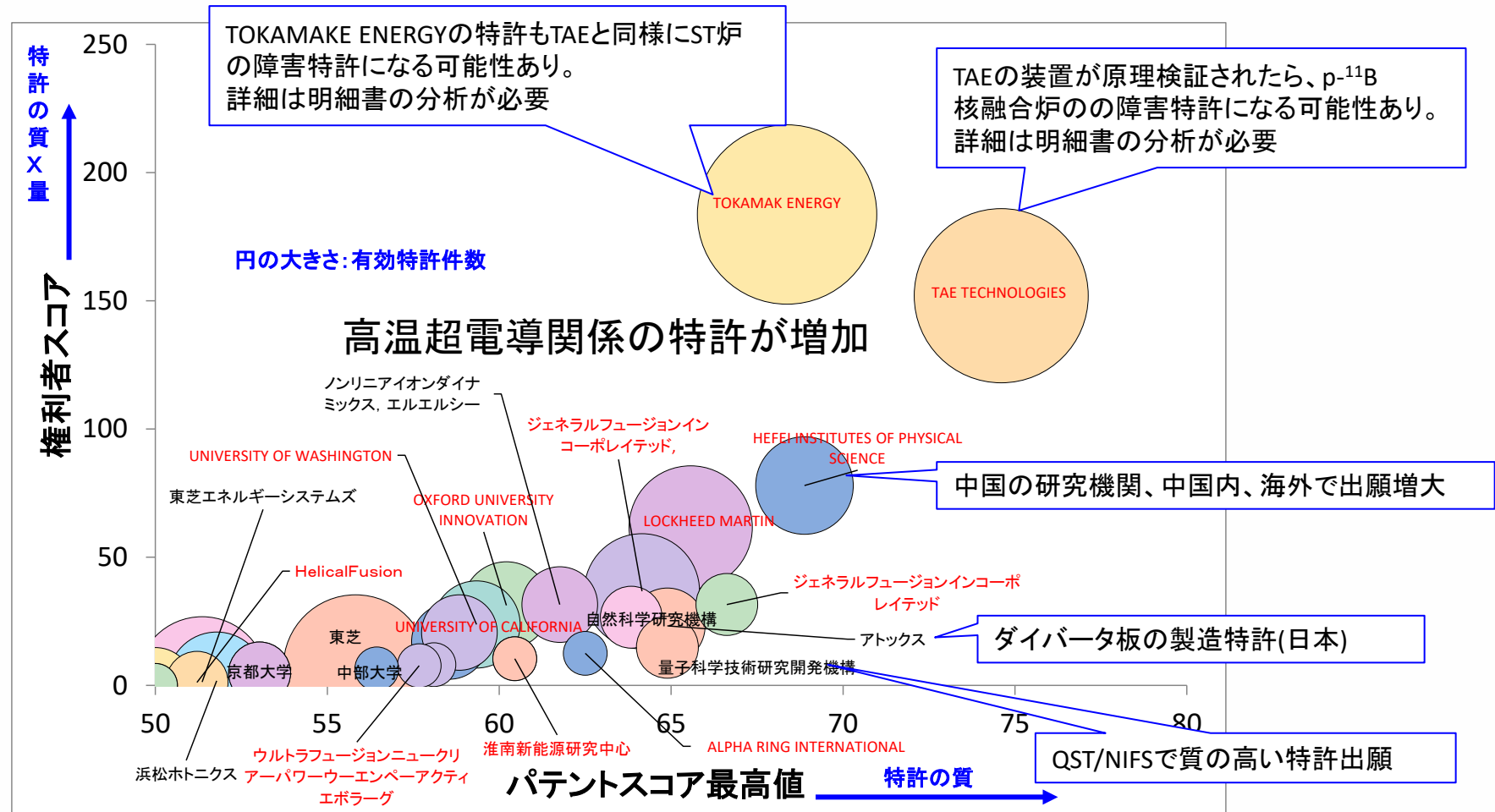
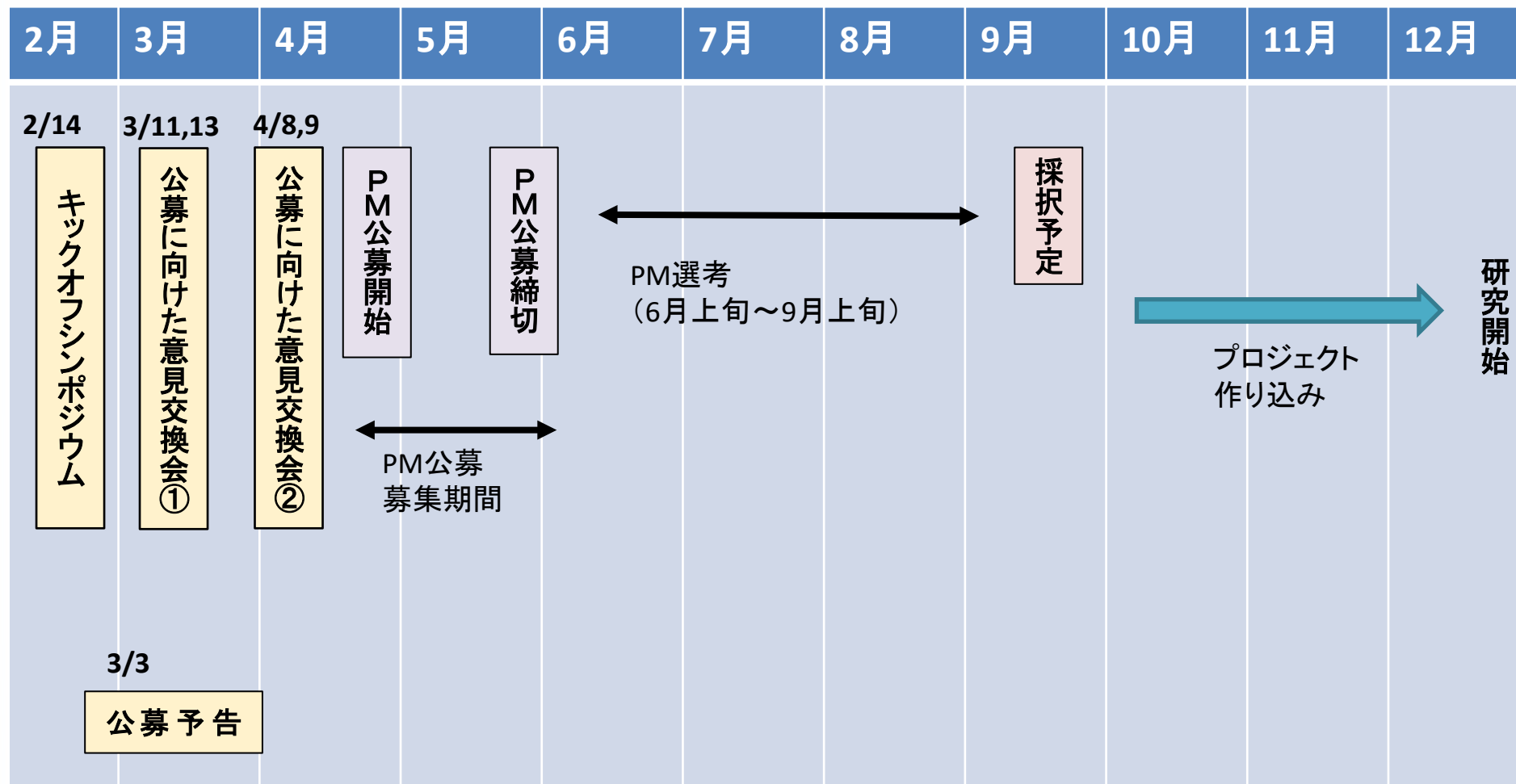


図5 権利者スコアとパテントスコア最高値を軸にとった特許スコアマップ

※(株)パテント・リザルトの特許分析ツール「Biz Cruncher」を用いてJSTにて作成

参考. 今後の予定 ポートフォリオの充足

公募スケジュールの予定



参考．アドバイザーボード

氏名	所属・役職	性別	セクター	備考(主な専門、委員会など)
安藤 晃	東北大学 教授	男性	大学	✓ プラズマ、核融合学 ✓ プラズマ核融合学会(会長)
上田 良夫	追手門学院大学 教授	男性	大学	✓ プラズマ応用工学、プラズマ材料相互作用 ✓ 文部科学省 核融合科学技術委員会(主査)
柏木 美恵子	量子科学技術研究開発機構 上席研究員	女性	国研等	✓ 加速器、プラズマ加熱 ✓ 文部科学省 核融合科学技術委員会(委員)
近藤 寛子	マトリクス K 代表	女性	産業界	✓ 安全規制、事業戦略 ✓ 内閣府 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(主査)
常田 佐久	千葉工業大学 教授	男性	大学	✓ X線望遠鏡、太陽フレア、宇宙望遠鏡
服部 健一	ヘリシティ X 代表	男性	産業界	✓ 核融合学、社会実装
森井 孝	京都光華女子大学 教授	男性	大学	✓ ナノテク・材料、生物分子化学
山崎 泰規	理化学研究所 上席研究員	男性	国研等	✓ 反物質、原子物理学
◎山田 弘司	東京大学 教授	男性	大学	✓ 核融合学、プラズマ科学
山田 道夫	京都大学 特任教授	男性	大学	✓ 流体・非線形力学 ✓ 目標8アドバイザー、JST-MS数理分科会委員

※「氏名」欄の「◎」はサブPD。