

実施主体の在り方について



内閣府
科学技術・イノベーション推進事務局



発電実証の実施主体の在り方について（案）

発電実証を行う実施主体として、以下が重要ではないか。

- **フュージョン発電実証プラントを建設・運用できる技術・ノウハウ・組織体制・資金力を有していること。**

- フュージョン発電実証プラントは、高度かつ大規模な技術体系であることから、必要な技術・ノウハウを有していることに加えて、全体を統合・調整できるシステムインテグレーション能力を有していることが必要ではないか。
- また、運転に伴い発生する放射化物（※）等の管理を含め、責任をもって確実に安全を確保することができる組織であることが必要ではないか。

※フュージョン反応に伴い発生する中性子の照射により放射能を帶びたもの。

- **実証のステージの進展に応じて、発電実証で獲得した技術やノウハウをその後の商用プラントの実現に活用できる者であること。**

- 例えば、発電実証の成果を用いて、商用プラントを建設・運用し発電事業を行う、という構想を有している企業が参画していることが必要ではないか。

実施主体の在り方に関する他分野及び諸外国等の事例

- ・ フュージョンエネルギー分野における実施主体
 - ・・・ 英国UKIFS (STEP)
米国CFS
ITER・BA技術推進委員会(2008年)で提案された体制
- ・ フュージョンエネルギー分野以外における実施主体
 - ・・・ 基幹口ケット H-IIA/B、H3
民間口ケット開発 (スペースワン、インターラテクノロジーズ)
リニア新幹線

フュージョンエネルギー分野における実施主体：英国UKIFS（STEP）

- UKIFSは、STEPプロジェクトの遂行を研究機関から産業界主導の体制へと移行するため、UKAEAの完全子会社として設立された機関。自らが研究開発・実装作業を行うのではなく、外部リソースの活用・統合機能に重きを置いている。また、安全確保を最重要視する姿勢が示されているが、具体的な対策は今後具体化されるものと考えられる。
- 現時点では、公的資金のみで運用しているが、将来的には外部資金の活用もスコープに入っている。
- プラント製作に注力しているため、電気事業者がこの統合実行チームに入っているという情報は見当たらない。

UKAEA（英国原子力公社）

- 公的機関。
- 資本は主に DESNZの予算

1954年	原子力エネルギーに関する法律に基づきUKAEA設立。
1990年代	組織の商業部門のスピナウトし、AEA Technology 社 (AEAテクノロジー) とし、原子力施設の廃止措置に注力。
2009年以降	廃止措置への直接関与を終了し、核融合研究に焦点を移す。
2019年	STEPプロジェクトの発表と概念設計への約2.2億ポンドの投資。
2019年～2024年	STEP 第1フェーズ（概念設計）
2022年	建設予定地を決定。

UKIFS

(UK Industrial Fusion Solutions Ltd.)

- 非上場株式会社
- 現状は政府出資だが、将来的には民間出資も想定

2023年	STEPプロジェクトの遂行を研究機関から産業界主導の体制へと移行するため、UKAEAの完全子会社として、UKIFSを設立。
-------	---

組織ミッション

費用対効果の高い英國制プロトタイプ発電所の設計、建設、および運営を主導することにより、商用フュージョン発電所を実現するために必要な能力を結集し、統合すること



出典)UKIFS Candidate RecruitmentPack (UKAEA)、英国プレスリリース、UKAEAサイト、STEP紹介サイト (<https://stepfusion.com/about/>) より作成

フュージョンエネルギー分野における実施主体：CFS(Commonwealth Fusion Systems)

- 米国のスタートアップ企業Commonwealth Fusion Systems (CFS) は、MITより分離する形で設立され、多額の資金調達を実現。
- 電力会社等による出資、電力購入契約がされているほか、研究技術でMITと連携し、事業化を目指す。

MIT / PSFC	
・私立大学	1976年 Plasma Fusion Center(PFC)設立
	2016年 核融合の商業化計画を検討開始

CFS	
・非上場株式会社	2018年 ● MIT/PSFCより分離する形でCFS設立。 ● イタリアのエネルギー会社Eniより約5,000万ドルの出資を受ける。
・民間資本 ※政府支援を受けている	2018年、2019年 Series Aとして約1.15億ドルの資金を調達。
	2020年 Series A2として約8,400万ドルを調達。
	2021年 ● MITと協力し、高温超電導磁石（HTS）による技術実証に成功。 ● Series BとしてSPARC建設等のため約18億ドルを調達。
	2022年 実証炉であるSPARCの組立開始。
	2023年 米国エネルギー省によるマイルストーンプログラムに選出。
	2024年 商用炉であるARCをバージニア州で建設する計画を発表。
	2025年 ● Google、EniがARCからの電力購入契約を締結。 ● Series B2として8億6,300万ドルの資金調達。
(2030年)	ARCの建設・稼働予定。

主要パートナー

• MIT / PSFC

CFSの設立母体であり、**技術・研究開発で連携**。

• Google

2021年より出資、2025年ARCからの**電力購入契約締結**。

• Eni

2018年より出資、2025年ARCからの**電力購入契約締結**。
2023年に戦略的枠組みを合意し、**技術面を含めて協力関係を構築**。

• Dominion Energy

バージニア州の電力会社であり、**土地とグリッド接続の支援**を提供。

• Type One Energy

CFSの高温超電導ケーブル技術を**磁石開発・製造に活用**。

- 2008年に核融合エネルギーフォーラム ITER・BA技術推進委員会において、原型炉の開発、建設体制として下記内容が議論、提案された。

<核融合エネルギーフォーラム ITER・BA技術推進委員会の提案>

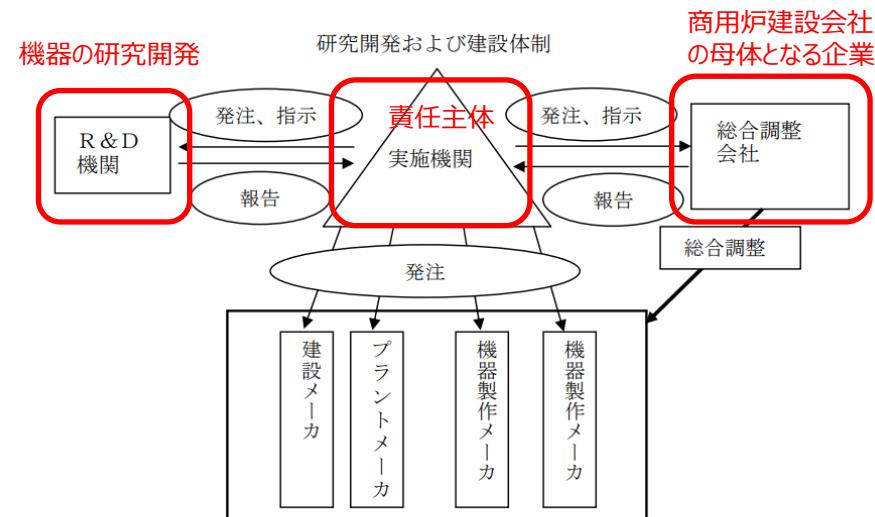
- 商用炉を民間が主体となり建設するためには、核融合炉建設に必要な全ての設計、製作技術の民間への継承が原型炉段階になされる必要。

● 核融合炉の技術分野は多岐にわたり、確実に技術継承するためにはOJT (On the Job Training) を考慮した体制を構築する必要があるが、その体制構築には相当の期間が必要。開発段階から徐々に立ち上げ、建設段階で最適な体制とする必要。

- 民間への技術継承の観点からは、原型炉一式の製作を請負う企業を定め、そこに全ての技術を集約させることが効率的だが、核融合の原型炉段階では機器製作に開発要素が残ることが想定されるため、開発責任まで民間企業（又は企業体）に負わせることは不適切。

● そのため、開発及び建設の責任主体となる「実施機関」を設ける。一方、次の商用炉建設会社の母体となる企業体（以下では「総合調整会社」と呼ぶ）を設立し、そこに実施機関から構造仕様作成及び総合調整業務を発注するという体制とすることが望ましいのではないか。

- 各機器の開発要素の解決責任は「実施機関」にあるとするものの、各機器の研究開発は「R&D 機関」が担当する。



フュージョンエネルギー分野における実施主体：基幹ロケット H-IIA/B、H3

- 我が国の基幹ロケットは、技術を確立する段階までは官が実施主体となっていた。官は民間事業者ではコントロールし得ない、大きなリスクを伴う開発・試験等を担うことで民間参入障壁を低減。
- 基幹ロケットの技術の確立以降（H-IIBロケット開発）では、開発資金の一部を民が負担、システム仕様等の民間からの提案、開発の請負契約化による結果責任の明確化により、民間の主体性や責任を重視した体制で開発。
- H3ロケットの開発は、開発当初から、民間事業者がロケット機体の開発から製造及び完成後の打ち上げサービスまでの全体を一元的に取りまとめる体制となっている。

宇宙開発事業団 (NASDA)

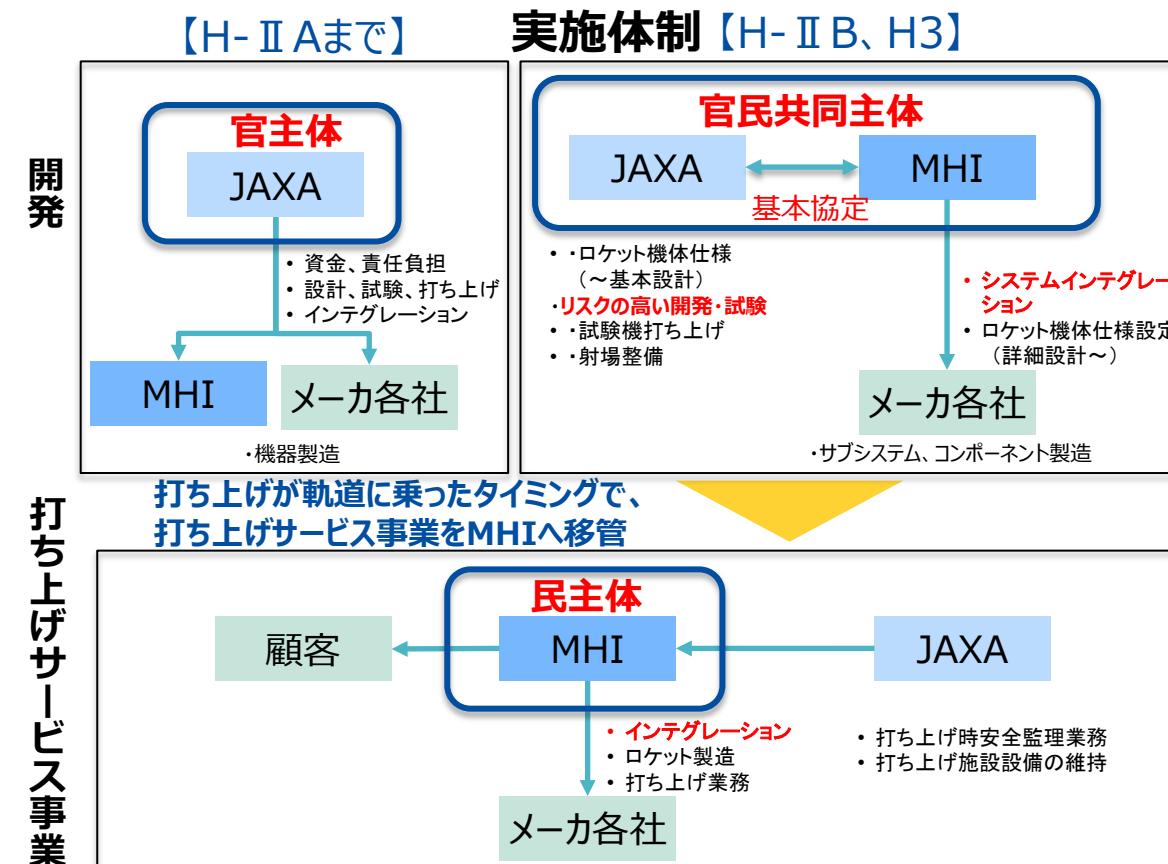
・特殊法人	1969年 宇宙開発事業団法に基づき宇宙開発事業団 (NASDA) 設立。
	~1999年 N-I、N-II、H-I、H-IIロケット開発・打ち上げ（MHIと共同で開発、製造はMHI担当）。
	2001年 H-II Aロケット1号機打ち上げ。

JAXA

・国立研究開発法人	2003年 宇宙科学研究所、航空宇宙技術研究所、宇宙開発事業団の3機関が統合し、独立行政法人宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 設立。
	2007年 H II -Aロケット12号機打ち上げ。

三菱重工業株式会社 (MHI)

・完全民間出資の上場株式会社	2007年 H-II Aロケットの打ち上げ事業をJAXAからMHIへ移管。
	2009年 JAXAとMHI共同開発のもと、H-II Bロケット初打ち上げ。
	2013年 H-II Bロケット3号機までの成功を踏まえ、打ち上げサービス事業をMHIへ移管。



出典) 革新的将来宇宙輸送システム実現に向けたロードマップ検討会第一回、JAXA「JAXAにおける宇宙輸送に関する取り組み」https://www.mext.go.jp/content/20201105-mxt_uchukai01-000012636_8.pdf、JAXA HP「JAXA沿革」「NASDA沿革」<https://www.jaxa.jp/about/history/>、MHI打ち上げサービス事業について、https://www.mhi.com/jp/products/space/launch_srv_place.html、NASDA「平成12事業年度財務諸表付属明細書」、JAXA「平成15事業年度財務諸表附属明細書」、MHI「アニュアルレビュー」、MHI「アニュアルレポート」より作成

フュージョンエネルギー分野における実施主体 ：民間ロケット開発（スペースワン）

- 近年のロケット開発においては、民間企業が主体的に開発～打ち上げサービス事業化に取り組んでいる。
- スペースワン株式会社は、ロケット技術をIHIエアロスペースが、電子機器をキヤノン電子が、射場等のインフラ整備を清水建設が、ファイナンス面のサポートを日本政策投資銀行が担う。機能を分担し、スペースワンがインテグレートすることで、効率的にロケット開発を行っている。
- 民間からの出資・融資の他、防衛省や文科省の補助事業によって開発資金を確保し、打ち上げ成功を目指す。

新小型ロケット開発企画株式会社

・民間出資※、非上場株式会社

2017年	キヤノン電子（株）、（株）IHIエアロスペース、清水建設（株）、（株）日本政策投資銀行の4社の出資によって、新小型ロケット開発企画（株）設立。小型ロケット打ち上げにかかる事業性を検証。
-------	--

スペースワン株式会社

・民間出資※の非上場株式会社

2018年	検証の結果、事業開発に着手することが十分可能かつ適当であると判断し、4社の増資を経て、スペースワン（株）を設立
2024年	3月、カイロス初号機打ち上げ、失敗 12月、カイロス2号機打ち上げ、失敗
2025年	5月、防衛省実証事業「多軌道観測実証衛星の打上げ」における、打ち上げ輸送サービスを受注（Space BDと共同参画） 8月、カイロス3号機の打ち上げ輸送サービス契約を複数顧客と締結（打ち上げ時期未定）

※日本政策投資銀行による出資が含まれており、完全な民間企業のみの出資だけで構成されているわけではない。

IHIエアロスペース

- ・出資（立ち上げ時）：10%
- ・担当領域：ロケット製造
- ロケット開発やシステムインテグレーションに関する知見・ノウハウを活用した、確実な開発の実現に寄与

実施体制

スペースワン

- ・実施、責任主体
- ・インテグレーション

・小型衛星用の宇宙輸送システムの開発、これを用いた宇宙輸送サービスの事業化、その他付随・関連する事業

キヤノン電子

- ・出資（立ち上げ時）：70%
- ・担当領域：電子機器
- 民生機器の量産やコスト削減の知見・ノウハウをロケットシステムに活用し、小型・高機能・低成本化に寄与

清水建設

- ・出資（立ち上げ時）：10%
- ・担当領域：射場建設・維持
- 宇宙輸送サービスに必要となる各種インフラ等に関する知見・ノウハウを活用し、射場の実現に寄与

資金調達実績

2023年	防衛省「アップステージ能力向上に関する研究」受託（85億円）
2024年	三井住友信託銀行、ニッセイ・キャピタルが運営するファンドから資金調達（出資および融資のみの累計調達額が200億円を超過） JR西日本イノベーションズ、オリックスから資金調達
2025年	文部科学省SBIRフェーズ3事業に採択 経済産業省「J-Startup」に選出

フュージョンエネルギー分野以外における実施主体 ：民間ロケット開発（スペースワン）



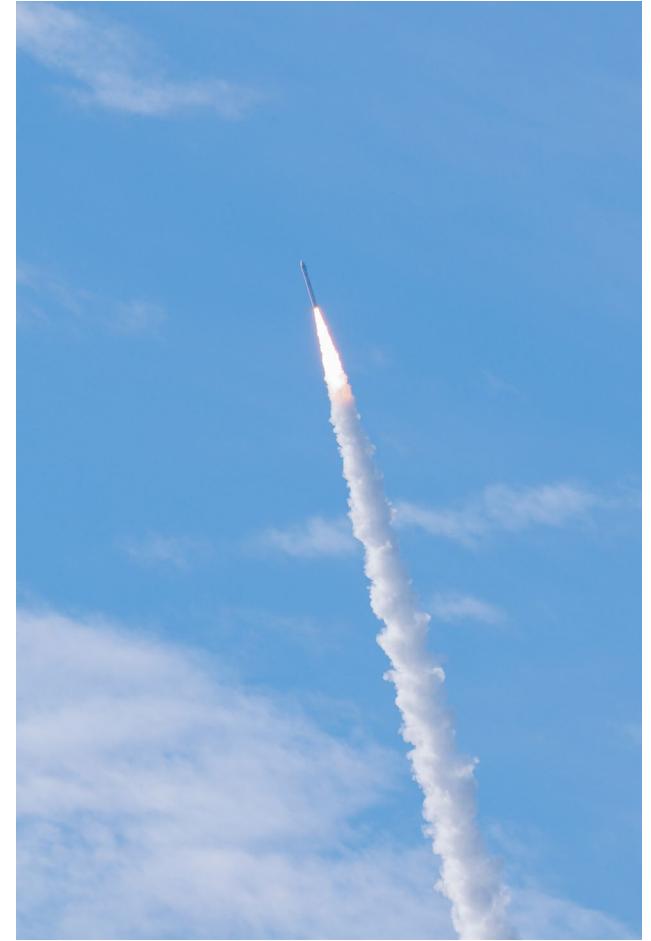
射点



地上試験用機体



カイロスロケット2号機打上げ



飛行するカイロス

出典) スペースワン株式会社提供

フュージョンエネルギー分野以外における実施主体 ：民間ロケット開発（インターラテクノロジズ）

- インターラテクノロジズは、小型人工衛星打上げロケットZEROを開発する民間企業で、ロケットエンジン等の主要コンポーネントの自社開発や高い設計内製率が特徴。2019年に観測ロケットMOMOで民間企業単独では初となる宇宙空間到達を達成。
- スタートアップとして投資ラウンドを設定し資金調達を実施する他、文部科学省SBIRフェーズ3や福島県の地域復興実用化開発等促進事業、宇宙戦略基金等、開発フェーズ高度化に伴い公的資金を活用。
- ウーブン・バイ・トヨタからのシリーズFでの70億円の出資および、トヨタ自動車を含めた3社でのモノづくりにおける業務提携を締結。自動車産業の生産技術やサプライチェーンを活用し、従来の宇宙業界では成し得なかった開発・製造体制の確立を目指している。

インターラテクノロジズ株式会社

・非上場株式会社

2013年	2005年から活動を始めた有志団体「なつのロケット団」を経て、インターラテクノロジズとして事業を開始。
2017年	観測ロケットMOMO初号機打ち上げ、部分的成功。
2018年	MOMO2号機打ち上げ、失敗。
2019年	MOMO3号機打ち上げ、国内民間企業単独として初の宇宙空間への到達。
2021年	MOMOが2機連続（6、7号機）で宇宙空間到達したことを受け、小型人工衛星打上げロケットZEROの開発に本格移行。
2023年	ZEROのエンジン燃焼器単体試験成功。民間ロケットとして世界で初めて燃料に液化バイオメタンを採用。
2025年	ZERO初号機の顧客が決定、トヨタ自動車、ウーブン・バイ・トヨタとモノづくりにおける業務提携を開始。

※2024年に国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）による出資が含まれており、完全な民間企業のみの出資だけで構成されているわけではない。なお、NICTの出資比率については公開情報からは把握できなかった。

実施における取組

ロケット事業と通信衛星事業による国内初の垂直統合ビジネスを目指す。メンバー数も300名（社員・業務委託・派遣を含む）を超える北海道大樹本社、東京支社、北海道帯広支社、東北支社（福島県）を含め4拠点で開発中。衛星事業では総務省研究委託や宇宙戦略基金を活用し研究開発が進捗。

ロケット事業

- ZEROは小型衛星を対象とした液体燃料ロケット。地球低軌道（LEO）に最大1トンを打ち上げられる能力を持ち、初号機打上げに向けて開発中。
- 北海道スペースポートの新たなロケット発射場LC1の優先打上げ事業者に採択。
- ZERO初号機は国内外の衛星7機が搭載決定。
- 文部科学省のSBIRフェーズ3にて採択。ステージゲート審査の結果、事業フェーズ2に進んだ3社のうちの1社。



資金調達実績

2023年	シリーズDラウンドとして、SBIインベストメント等から総額38億円を調達。文部科学省SBIRフェーズ3に採択、20億円交付。
2024年	シリーズEラウンドとして、総額39億円を調達。NTTドコモやりそな銀行からの融資等。文部科学省SBIRフェーズ3にて、新たに最大46.3億円の交付。福島県の地域復興実用化開発等促進事業に採択。総務省「電波資源拡大の研究開発」を受託、地上端末との高速衛星通信技術の確立を目指す。
2025年	シリーズFラウンドとして、ウーブン・バイ・トヨタから70億円、また三井住友銀行等から追加で89億円を調達。類型調達額は422億円（補助金やデットを含む）。人工衛星事業がJAXA「宇宙戦略基金」に採択。文部科学省SBIRフェーズ3で追加交付が決定、累計80.7億円。

フュージョンエネルギー分野以外における実施主体 ：民間ロケット開発（インターラテクノロジズ）



「ねじのロケット（観測ロケットMOMO7号機）」打上げ
(2021年7月3日、2度目の宇宙到達)



小型人工衛星打上げロケットZEROのイメージ



ZEROエンジン燃焼器単体試験



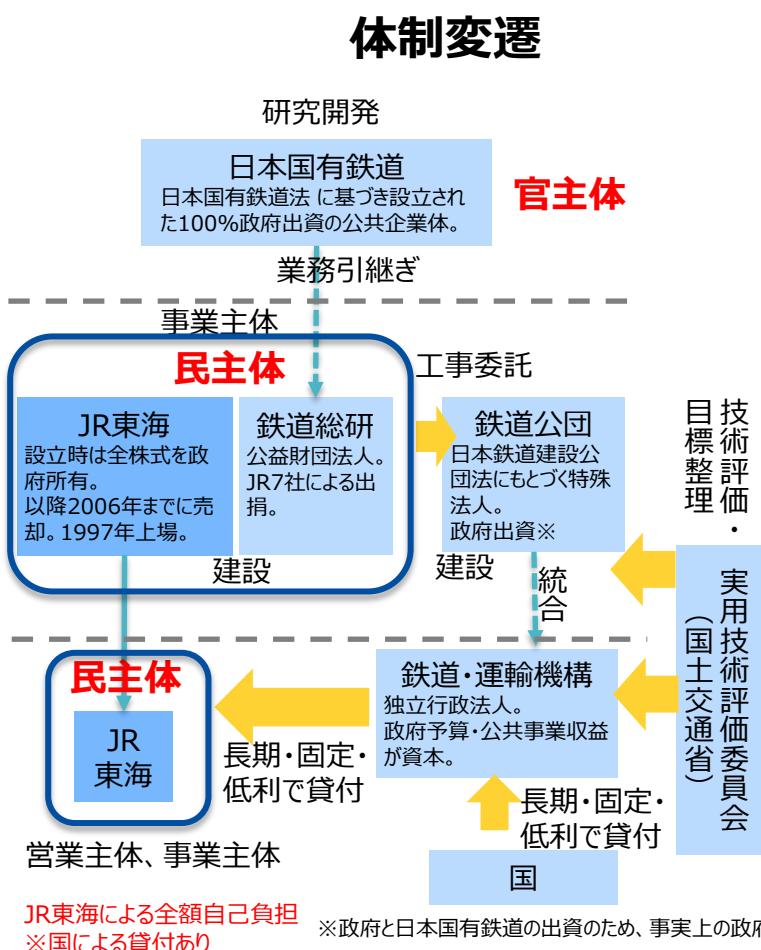
トヨタとロケットエンジンの製造や推進剤タンクの
新規工法開発等で連携

出典) インターステラテクノロジズ株式会社提供

フュージョンエネルギー分野における実施主体：リニア新幹線

- 従来の車輪とレールで走る新幹線車両から、先端技術である超電導磁石を用いることで、時速500km/hという高速での運輸を可能とするリニア中央新幹線の建設・営業主体として選定された機関。
 - 国鉄分割民営化以降は民間資金で対応し、建設が進んだ段階で東海旅客鉄道株式会社（JR東海）の自己負担を前提に、1社に事業主体を定めている。国は技術評価などのほか、補助金等ではなく貸付などによる支援を行っている。
 - また、輸送における安全確保も実施主体の業務となっている。

1962年	次世代の高速鉄道の開発開始。
1972年	超電導磁気浮上実験車の浮上走行に成功。
1977年	宮崎実験センター開設、以降、複数両、トンネル走行など各種試験を実施。



安全確保に向けた取り組み

安全は輸送業務の最大の使命

JR東海「安全綱領」より



人	<ul style="list-style-type: none"> ● 安全の確保に資する人事制度・人材育成 ● 教育訓練の体系の整備
しくみ	<ul style="list-style-type: none"> ● 輸送の安全の確保に向けた業務体制 ● 安全推進委員会 ● 安全のための各種活動
設備	<ul style="list-style-type: none"> ● 安全のための設備投資 ● 安全のための設備・取組み ● 踏切事故防止対策

出典) 鉄道総合研究所Webサイト (<https://www.rtri.or.jp/rd/maglev/history.html>)、鉄道・運輸機関Webサイト (<https://www.jrtt.go.jp/construction/achievement/linear-exam.html>)、JR東海「安全報告書2025」、JR東海「ファクトシート2025」、国土交通省超電導磁気浮上式鉄道実用技術評価委員会Webサイト (https://www.mlit.go.jp/tetudo/tetudo_fr1_000011.html)、遠山「民営化の概念と我が国におけるその実践の特徴 一国際比較の観点からー」(<https://www.i-repository.net/contents/outemiron/fr/102/102960503.pdf>)、JR東海Webサイト「[history](https://global.ejr-central.co.jp/en/company/about/history.html)」(<https://global.ejr-central.co.jp/en/company/about/history.html>)に作成