

高エネルギー大強度陽子ビームが拓く核子エンジニアリング社会

① ビジョンの概要

数十年先の未来社会に向けて、2050年カーボンニュートラル達成、Society5.0の実現、自動運転等のロボティクスの活用、AI・IoT・ビッグデータ等のデジタル技術の活用、高度な医療サービスの提供等が不可欠である。そこで本施設計画では、J-PARCの陽子ビームと中性子を最大限活用した「核子エンジニアリング」により、こうした未来社会を実現するための様々な工学的課題解決を目指す。

② ビジョンの内容

高エネルギー加速器は、歴史的に主に素粒子・原子核物理の研究に利用されてきた。高エネルギー加速器の大強度化により、その応用分野は基礎研究から応用研究、そして今や工学的な利用を通じた産業応用にまで発展するに至った。高エネルギー加速器は、未来に向けて我々の現実社会を豊かにするために不可欠なツールになったと言える。数十年先の未来社会に向けて、2050年カーボンニュートラル達成、サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させた Society5.0 の実現、自動運転等のロボティクスの活用、AI・IoT・ビッグデータなどのデジタル技術の活用、高度な医療サービスの提供等が不可欠である。そこで本施設計画では、J-PARCの陽子ビームを最大限活用し、こうした未来社会を実現するための様々な工学的課題解決を目指すことをビジョンとして掲げる。

J-PARC では 2008 年以來、3つの加速器で加速した陽子ビームを3つの実験施設に供給し、各種研究開発を行っている。しかし現在の J-PARC では、本来加速可能な陽子のうち、ビーム電流にしてその半分しか利用していない。そこで本施設計画では、未活用であった残り半分の陽子ビームを利用する。陽子ビームを標的に入射して中性子を生成し、陽子と中性子、つまり原子核を構成する核子を主に工学応用に利用することを主目的とし、新たに「核子エンジニアリング」の分野を開拓する。具体的な応用として現在、(1)材料照射、(2)半導体ソフトエラー試験、(3)RI 製造、(4)陽子ビーム利用の4形態を考えている。

今や出力が MW クラスの高エネルギー大強度加速器施設は世界に一定数存在するが、それら施設は全て学術研究を主目的とすると言ってよい。その中で本施設は、世界に先駆け、高エネルギー大強度加速器で得られる陽子ビームと中性子を工学応用する、核子エンジニアリングを主目的として掲げる施設である。核子エンジニアリングにより、未来社会実現に向けた現実社会の諸課題の解決を目指す。

③ 学術研究構想の名称

大強度加速器 J-PARC を活用した核子エンジニアリング施設計画

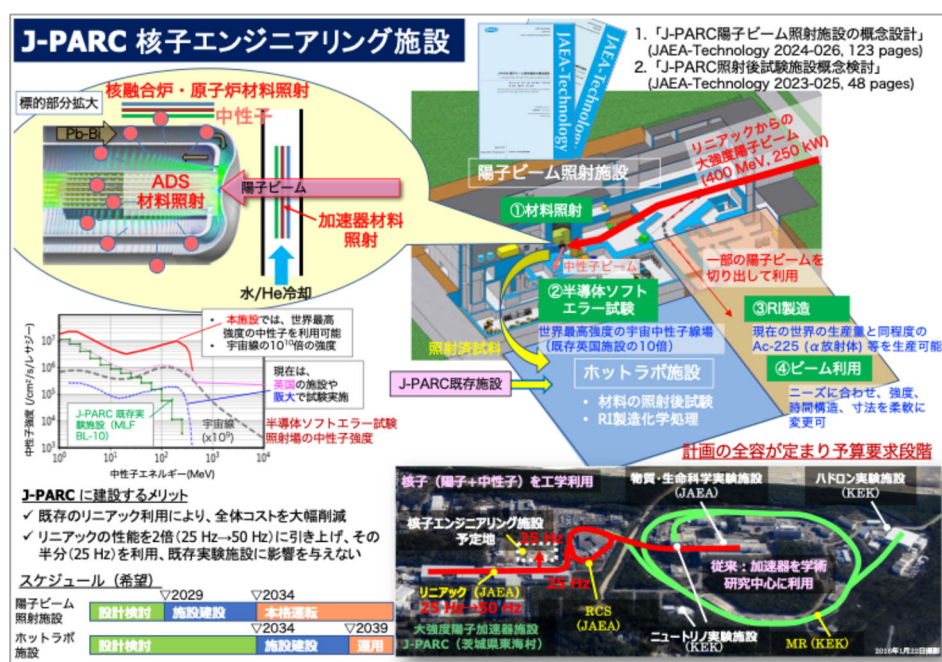


図1 J-PARCを活用した核子エンジニアリング施設計画の概要

④ 学術研究構想の概要

本施設計画では、J-PARC の性能を 2 倍（50Hz）に引き上げ、既存実験施設への 25Hz のビーム供給を維持しつつ、残り 25Hz の陽子ビームを活用する。リニアックで加速されたパルス陽子ビームを直接利用する、またビームを標的に入射して生成する 2 次中性子を利用することにより、幅広いニーズに対応する実験施設を提案するものである。施設には放射化した試料を取扱うためのホットセルを設置する。

⑤ 学術的な意義

本施設計画では、残されたリニアックのビームを最大限に活用し、次に示す多様な陽子ビーム利用のニーズに応える実験施設を提案するものである。

（１）高エネルギー加速器施設の大強度化、原子力エネルギーの活用促進や、核融合炉・加速器駆動核変換システム（ADS）等の新たな原子力システム開発の主要課題の 1 つが、材料の放射線損傷である。一方、世界の材料照射環境は縮小傾向である。そこで、上記分野の材料照射が可能な施設とし、J-PARC の安定・効率的な運転や原子力エネルギー活用による地球環境保全に貢献する。

（２）Society5.0 の実現に向けて、半導体デバイスの利用が急増する中、宇宙線に含まれる中性子が地上において半導体デバイスを誤作動させるソフトエラー問題が深刻化している。ソフトエラー耐性評価には、現在国内では阪大 RCNP の加速器等が利用されているが、ビームタイムや強度が十分ではない。そこで世界最高強度の常時利用可能な白色中性子場を構築し、ソフトエラー試験に活用する。

（３）近年、Ac-225 等の α 放射体を利用したがん治療薬の開発が欧米を中心に進んでいるが、国内では治験に必要な供給体制は無い。最近原子力機構では、試験研究炉「常陽」において Ac-225 を製造する検討を開始したが、炉の停止期間には供給が停止する。そこで本提案では、高エネルギー陽子ビームにより Ac-225 を製造する。また、JRR-3 製造量と同程度の Mo-99 を製造する。「常陽」・JRR-3 と本施設で停止期間をずらすことにより、年間を通じたシームレスな供給体制を構築する。

（４）宇宙探査機器の開発では、宇宙空間を飛び交う主に陽子による機器への影響評価が必須である。また陽子ビームには、核物理研究等のニーズもある。そこで、大強度陽子ビームから陽子ビームを切り出し、その強度、エネルギー、時間構造を柔軟に調整してユーザーに供給し、これらニーズに応える。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

今や出力が MW クラスの高エネルギー大強度加速器施設は世界に一定数存在するが、それら施設は全て学術研究を主目的としている。その中で本施設は、世界に先駆け、高エネルギー大強度加速器で得られる陽子ビームと中性子を工学応用する、核子エンジニアリングを最優先に指向した施設である。

⑦ 社会的価値

本施設計画は、核子エンジニアリングにより高エネルギー大強度陽子ビームを直接的に社会的価値創成に活かすものである。原子力材料照射による既存原子炉の運転期間延長、次世代革新炉導入や、ADS による放射性廃棄物の負担軽減により原子力エネルギーへの理解とその活用が促進され、2050 年カーボンニュートラルに貢献する。加速器材料照射による J-PARC 等大型加速器施設の安定・効率的な運転への貢献、また各種陽子ビーム利用により、これら施設で展開される基礎物理、物質・生命科学、宇宙探査等の基礎科学研究や産業応用が加速し、未来社会の実現に貢献する。半導体ソフトエラー試験によりソフトエラーに強い半導体デバイスやシステムの開発が加速し、Society5.0 の実現、自動運転等のロボティクス機器やデジタル技術活用に必要な機器の信頼性向上に貢献する。RI 製造により、これまでにない α 放射体を始めとする医薬品の開発が進み、高度な医療サービスの提供に繋がる。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画・スケジュール＞ 最速の場合のスケジュールを図 1 左下に示す。

＜実施機関と実施体制＞ 原子力機構が主体的な実施機関となって推進する。また、実験施設のユーザーコミュニティの支援及び様々な研究機関、大学、産業界等との個別の協力関係を強化して推進する。

＜総経費＞ 建設費総額：400 億円（うち、陽子ビーム照射施設 250 億円、ホットセル施設 150 億円）

運営費：年間 10～20 億円（ただし、ある程度の収入を得ることが可能）

⑨ 連絡先

前川 藤夫（原子力機構）