

ユニットテーマ提案書

1. ユニットテーマ

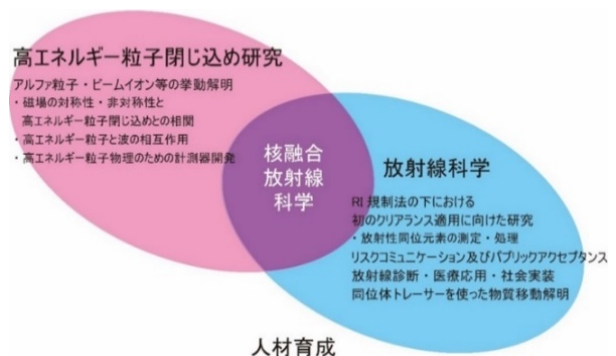
高エネルギー粒子閉じ込め・放射線科学

2. 提案者（氏名・所属）

小川国大(NIFS)、田中将裕(NIFS)、磯部光孝(NIFS)、長壁正樹(NIFS)、神尾修治(NIFS)、佐瀬卓也(NIFS)、石川正男(QST)、落合謙太郎(QST)、村田勲(大阪大)、松山成男(東北大)、栗田直幸(名大/ISEE)、赤田尚史(弘前大/IREM)、阪間稔(徳島大)、S. A. Bozhenkov(IPP)、W. W. Heidbrink(UCI)、S. Sangaroon(Maharakham Univ.)、J. Jo(KFE)、G. Q. Zhong(ASIPP)

3. テーマと研究内容の概要

ITER のアルファ粒子閉じ込めの事前予測を高い精度で行うことを目標とし、対称性を問わない高エネルギー粒子(EP)閉じ込め性能に係る理解・評価の普遍化、及び速度空間における EP 閉じ込めの定量性の向上を図る。加えて、核融合研究で培った放射線計測及びビーム技術の拡大発展と異分野展開を通じて当該技術の社会実装を目指す。



4. 位置づけ

核燃焼プラズマ研究の扉が開かれつつある今、ITER の重水素実験或いは重水素—三重水素実験に向け、核融合炉実現に向けて最大の課題の一つであるアルファ粒子閉じ込めについて、高い精度で予測することが求められている。そこで特に、対称性・保存量と EP 閉じ込めの定量化、波動と EP の相互作用理解の高度化について取り組む。本ユニットで開発した計測器を用いて、核融合技術の拡大発展及び放射線科学への展開を図る。これまで培った LHD 重水素実験実施のための環境放射線測定技術を拡張し、将来の核融合炉から管理放出されるトリチウムの環境挙動を予測する。近年、大気圏と水圏とを対象としたトリチウム輸送研究は盛んに行われているが、大気圏と生物圏とを対象とした研究は、観測データが少なく、十分な研究がなされていない。EP 閉じ込め研究・放射線科学全体を通して、核燃焼プラズマ研究時代に活躍出来る人材の育成を行う。本ユニットは核燃焼プラズマに向けた EP 物理と放射線科学を二つの焦点に持つ唯一のユニットである。本課題は、これまで実施してきた国内共同研究及び国際学術交流協定等に基づき構築した国際共同研究に立脚しており、実現可能性が高く、直ぐに着手できるという点で優位性がある。

5. 研究の方法

EP 閉じ込め研究については、これまで国際学術交流協定等に基づき構築した、ドイツ、米国、タイ、韓国、及び中国等との国際共同研究を基軸としたヘリカル・トカマクをプラットフォームとして活動する。対称性・保存量と EP 閉じ込め性能の定量化においては、対称性・保存量の弱い LHD から対称性・保存量の強い JT-60SA 及び EAST を包括するモデルを構築する。JT-60SA では、JT-60U に

2 ページ以内で記述し、10.5pt・行間1行を使用してください。青字の注意書きは削除してください。

おける軸対称性の破れに伴う顕著な EP 損失の経験を踏まえ、より良い対称性を持つ配位が構築されている。対称性の程度が可変の準軸対称ステラレータ CFQS、また LHD とは異なる磁場構造を有する W7-X を活用することにより、対称性を問わない EP 閉じ込め性能の普遍化を行い、ITER でのアルファ粒子閉じ込め予測精度を高める。EP 閉じ込め、特に EP 励起 MHD 不安定性との相互作用に係る理解の精度を高めるには、EP の空間及び速度分布関数両方の情報が必須であるが、これまで速度分布については、専ら数値シミュレーションに依存している状況であった。近年、中性子エネルギースペクトル及び高速イオン荷電交換分光計測技術が発達し、速度空間分布の実計測が可能となりつつある。チャレンジングな速度分布計測を開発し、それを用いた実験を行うことで EP 閉じ込めの定量性の向上及び EP 励起 MHD 不安定性との相互作用に係る理解の深化を図る。特に、ITER で懸念されるアルヴェン固有モードの励起メカニズム及びその回避シナリオについて、トカマクと LHD で現れる異なるギャップを包含する CFQS 及び W7-X を主プラットフォームとし、環状プラズマ閉じ込め装置の統合的モデルを構築する。加えて、現状、世界的に見てもほぼ未着手と言ってよいプラズマ乱流と EP 閉じ込めの相関に係る研究に着手する。LHD におけるフィッシュンチェンバー開発及び運用の経験から、ITER のマイクロフィッシュンチェンバー用信号処理ユニットの設計の妥当性を評価し、最終設計レビューに反映する。また、現地でのコミッショニング試験について担当する。核燃焼プラズマ実験が始まろうとしている一方で、中性子源設備の減少・枯渇が世界的に大きな問題となっている。これまでの中性子計測器の経験を基に、QST の IFMIF 原型加速器、大阪大学の OKTAVIAN 等をプラットフォームとして、A-FNS から発生する高速中性子の情報を正確に測定可能な高精度・高分解能測定システム的设计検討を行う。また、東北大学高速中性子実験室の中性子発生加速器をプラットフォームとして放射線診断等に広く適用可能な、中性子測定システムの開発を行う。放射性同位元素の測定・処理の観点から、RI 規制法の下において初となる大型ヘリカル装置(LHD)のクリアランス適用に向けた研究を行う。米国 TAE technologies 社と共同で、中性子発生がほとんど無い、陽子ビームを用いた先進的な核融合反応($p-^{11}\text{B}$)による先進核融合炉実現に係る検討を行う。LHD 重水素実験で生成されるトリチウムを対象とした環境測定技術を発展し、多様な同位体の挙動を調べることで、地球環境における物質循環と環境生物への影響を調べ、将来の核融合炉から管理放出されるトリチウム挙動を予測する。放射線科学を進めるに当たっては、放射能測定機器、同位体測定機器、分析機器、試料前処理機器、及び加速器質量分析計を必要とする。加速器質量分析計については、重イオンビームプローブ装置の改造を行うことで環境レベルのトリチウムを測定できる世界初の分析プラットフォーム整備に挑戦し、大気/生物試料の多数・直接分析を行い、地球環境における水素同位体の移動現象と環境生物影響の解明を目指す。高度で多様な技術や、広域の観測・研究ネットワークが必要であるが、これまで構築した大学・研究機関との共同研究体制を基に実施する。

6. 自己評価

- 1) 未来志向であること 約10年先の核燃焼プラズマ研究時代を見据えている。
- 2) 目標を具体的に示していること 具体的な目標を設定している。
- 3) 10年後に学術界に輝くテーマに育つこと 特に波-粒子相互作用は一般的な物理であり、本ユニットで得られた成果は、一般化が可能であると考ええる。
- 4) 多様な「個人のテーマ」を包摂できること 多様なテーマを包摂している。