

非平衡極限プラズマ全国共同連携ネットワーク研究計画

① 計画の概要

本計画は、世界的にトップレベルにある日本のプラズマ研究（乱流、光、機能の3分野）を「非平衡」の概念のもと融合しプラズマ学における日本の更なる国際的優位性と競争力を強化、プラズマ三分野の融合による新学術領域を創成する。自然認識と非平衡プラズマの「学理」を提示する。

本計画では研究を融合するための設備「非平衡極限プラズマプラットフォーム」を構築することが第一の目的である。ここでは、ミクロの世界から宇宙天体にいたる自然界に存在するプラズマの普遍性を探求し、「揺らぎ・構造・機能」の観点からその共通原理を求める。また、各分野の極限を追及した最先端研究を推進する。これにより10桁以上も異なるスケールのプラズマ研究の基礎となる計測・解析法共有のためのネットワークを促進する。また、三分野独自に開発してきた研究手法を互惠相補的に活用し、プラズマ学のみならず他分野にも役立つ新たな科学的手法に発展させる。さらに、これまでのプラズマ研究で培った理論・シミュレーション・実験の統合的方法を適用し、世界トップレベルの研究者の連携によってプラズマ科学の新領域を開拓する。

本計画は、九州大学を中核拠点とし、強力な国際的競争力を持つプラズマ研究機関が連携し推進する。プラズマ学の国際的統合拠点として既存の国際共同研究の枠組みを利用し日本のみならず頭脳循環を図りつつ、新領域を担う国際的人材を育成し国際キャリアパスを確立する。また、本計画は学会に広く認知され、物理学会領域2及びプラズマ核融合学会において「非平衡極限プラズマ」のセッションが、それぞれ2013年の分科会及びび年會より設立されるなどコミュニティーの支持をうけ、現在も活発な活動が続けられている。本計画はマスタープラン2011、2012、2014、2017及びロードマップ2011、2014の重点課題に選ばれた計画であり高い評価を得ている。

② 学術的な意義

プラズマは普遍的に存在し自然現象の理解には不可欠な物理学的対象である。さらに、自然の理解には「究極の物質」の探求とともに、素粒子から構成される自然がいかに発展して行くか、「流転する自然」の法則を知ることは人類古来のテーマである。後者はまさに本計画のキーワード「非平衡」の学理であり、その宝庫であるプラズマは格好の研究対象である。本計画で研究対象となる乱流、光、機能プラズマの密度や温度領域は10桁以上も異なり、そこでのプラズマの非平衡性の探究は、プラズマの構造形成とダイナミクスの原理的かつ普遍的な理解を提示するのみならず地磁気生成、惑星大気構造、ブラックホール周りの降着円盤など様々な天体現象解明の物理基盤を与えるなど「流転する自然」に対する学術基盤を提示する。本計画で得られる非平衡プラズマの学理は、近未来の最先端技術実現のための学術基盤も提供する。例えば、予算化され実施される乱流分野の研究において得られる極限プラズマ乱流の理解によって、超高温プラズマを制御し安全で経済的核融合炉を実現することが可能となる。

③ 実施機関と実施体制

現在、中核拠点である九大極限プラズマ研究連携センターは、大阪大学、東北大学、核融合科学研究所を主たる連携先としている。また、研究者ベースでは電気通信大学、金沢大学、名古屋大学とも共同研究を継続する。それぞれの役割を以下に示す。九大極限プラズマ研究連携センターは、中心拠点として本ネットワーク研究を推進する。阪大（工学部、レーザー研）は光プラズマ研究と乱流プラズマ研究の融合研究を実施する。東北大（工学部）は機能プラズマと乱流プラズマとの融合研究を推進する。核融合科学研究所は乱流プラズマの応用である核融合閉じ込め実験も推進する。そのほか、光プラズマ分野の連携先として、電通大（レーザー新世代研究センター）、機能プラズマの連携先として、金沢大（サステナブルエネルギー研究センター）、名大（工学部）の研究を推進する。なお、本連携ネットワーク研究ではクロスアポイントメントなどの人事システムも積極的に利用し研究者循環を図り融合研究、3分野の「知の循環」を促進する。また、プラズマ科学の新領域を担う若手を育成する。また、将来、マスタープラン2017にある計画全体が実現したときには、中核拠点には統括事務局を設置し、研究支援、運営事務、及び組織運営をプロジェクトディレクターの下に実施するとともに、全国共同機器利用、年次報告・評価、国際評価などの責任体制を支える。また、「研究連携統合委員会（仮称）」を置き融合研究を効率的に推進する。

④ 所要経費

現在、本大規模研究は科研費特別推進「統合観測システムで解き明かす乱流プラズマの構造形成原理と機能発現機構」総額（直接経費448,600千円）によって、中核となる乱流分野の一部が実施される。実施される計画はマスタープラン2017におい



図1. 非平衡極限プラズマ分野連携による学理の探求と波及効果

て提案された計画の試行版として推進する。一方、マスタープラン2017にて提案した大規模研究の本格的な実現を目指す。マスタープラン2017にて提示された内訳を以下に記す。

○マスタープラン2017の申請では10年間の総額119億円（設備費65億円 運営費54億円）。

○設備費：プラズマ乱流統合観測装置（30億円）、超高強度光場プラズマ生成観測装置（21億円）、プラズマ界面統合観測装置（13億円）、共用データ解析ネットワークシステム（1億円）。先進的新設備「非平衡極限プラズマプラットフォーム」の構築に使われる。

○運営費：運転経費（29億円）既存装置など共用や準備研究への活用経費（5億円）、学術研究員等人件費含む研究経費及び運営費（20億円）。

⑤ 進捗状況

科研費特別推進「統合観測システムで解き明かす乱流プラズマの構造形成原理と機能発現機構」においてプラズマ乱流統合観測システム（PLASMA Turbulence Observatory: PLATO）を製作中である。2017年より製作が始まり2019年に完成予定である。科研費そのものの実施期間は2021年度まで終了する。その終了後、PLATO装置はネットワーク計画の共同研究装置として位置付ける。

また、そのほか、乱流分野での共同研究装置として直線プラズマ乱流統合観測装置PANTAが運転されている。本計画は、現在の予算範囲内で実施されているPANTAおよびPLATOの研究の成果とコミュニティの議論を含め再検討したのち、マスタープラン2023に再提案する予定である。現時点では、マスタープラン2017に準拠した形で各拠点と調整を行いつつさらなる予算獲得と提案の実現を目指す。参考としてマスタープラン2017に示した概要の一部を以下に記す。

研究継続期間は10年間とする。最初の3年間では、「非平衡極限プラズマプラットフォーム」を立ち上げる。次の3年間には非平衡極限プラズマ実験・理論・シミュレーションの統合研究法により、「乱流・場・フォトン・粒子」を制御する観点から学理の大系化を目指す。非平衡極限プラズマの学理大系化を目指した研究を、既存実験拠点の強化、理論的・基盤的方法により推進する。後半の4年間において新学術分野を更に深化させ学理応用を展開し新機能物質創成を進め成果の社会還元を集中的に行う。

プラズマ乱流観測装置を建設し第3年度には実験を開始する。プラズマ界面統合観測装置は第2年度に完成し実験を開始する。超高強度光場プラズマ（重相プラズマ、新非平衡物質状態など）生成観測装置は、初年度より光場の超強度化を段階的に行い、重相状態など物質の新非平衡状態を創成しその動態精密計測を実施する。4年次以降はプラズマ諸相および乱流場・フォトン・場・粒子の制御により、新機能性物質、超高圧相物質や状態などの創成を目指す。2年ごとにアセスメントを行い最新の進展を繰り込んで計画を増強する。新学術分野創成、知の社会還元のための方策として「非平衡極限プラズマ国際会議（仮称）」や「学理に基づくプラズマ技術革新会議（仮称）」を開催する。

⑥ 社会的価値

現在の日本はノーベル賞の受賞者数に端的に表れているように、自然科学分野において世界的にも優位にある。究極の物質とともに物理解の根幹をなす「万物流転」の法則の確立を目指す本計画は、自然科学の最先端研究であり国民に誇りを与え文化的観点からも社会的価値が高い。一方で、プラズマの活用により、半導体素子製作にムーアの法則が継続し現在の豊かな情報化社会が実現しており、日本にはそれらを先導してきた実績がある。さらに、これからの技術であるフレキシブルデバイスやウェアブルデバイスなどの加工は対象を破壊することない非平衡プラズマの能力を持って初めて可能となる。エネルギー環境科学の観点からは、プラズマ乱流の理解や重相科学の進展は核融合炉システムの学問基盤を提示し、脱炭酸ガス社会へ駆動する大きな科学的意義を持っている。さらに、プラズマ学は、核融合、プロセスなどの既存の範囲を超えてスーパーダイヤモンドや金属水素などを始めとする新物質状態や新機能性新材料創成、さらに医療や農業などの生体系など多岐に渡って応用されている。さらに豊かで安全安心な近未来社会の実現に向けて、非平衡プラズマの研究は高い社会的価値を持つ。

⑦ 本計画に関する連絡先

藤澤 彰英（国立大学法人九州大学・極限プラズマ研究連携センター）

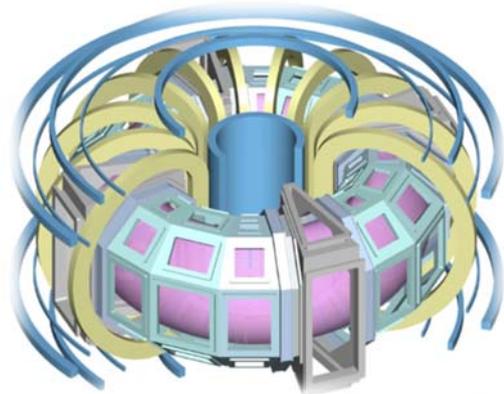


図2. 非平衡極限プラズマ分野連携による学理の探求と波及効果