

## ユニットテーマ提案書

### 1. ユニットテーマ

光駆動による物質調和過程の科学

### 2. 提案者（氏名・所属）

小林政弘 (NIFS)、中村浩章 (NIFS)、吉村信次 (NIFS)、後藤勇樹 (NIFS)、森高外征雄 (NIFS)、大坪瑤子 (NIFS)

### 3. テーマと研究内容の概要

弱電離プラズマでは、各粒子（物質）は光の吸収・放出を行い、さらには粒子間での結合/解離を通じてエネルギー・エントロピーのやり取りを行い、物質の状態を変化させる。このような光が駆動する過程は、物質の反応の制御・観測手段にも用いられてきた。これはプラズマ研究のみならず、物性研究、化学反応研究、生命科学といった幅広い自然科学分野で共通した動向といえる。本ユニットでは、**光によって駆動される化学反応・集団現象・物質創成過程を自然界における「調和」の形成ととらえ、光と物質（プラズマ、原子・分子、固体、ソフトマタ）の相互作用が物理学的・生命科学的な調和形成をもたらすメカニズムの統一的な理解を目指す。**具体的には、以下の研究課題に取り組む。

#### 1. 中性粒子とプラズマの非線形相互作用

- 1-1. 水素分子・プラズマ・壁相互作用による分子の回転・振動状態の化学反応（分子活性化再結合等）への影響の理解
- 1-2. プラズマ-中性粒子結合系の協奏的ダイナミクスによる構造形成の理解
- 1-3. 真空との相互作用に支配された高エネルギー天体プラズマ現象への応用

#### 2. 光によるプラズマ物性の制御・計測

- 2-1. Fano 効果によるプラズマの光学的厚さの制御
- 2-2. 誘導ラマン散乱、赤外線による分子の振動状態の制御
- 2-3. 偏光ビーム、光渦に代表されるトポロジカル光波と原子・イオンの相互作用
- 2-4. 宇宙プラズマ現象における偏光特性の解明

#### 3. プラズマ中での化学物質の形成・分解

- 3-1. 生体へのプラズマ照射による化学活性種生成
- 3-2. 宇宙環境プラズマへの光（円偏光、光渦）照射によるキラルアミノ酸の形成
- 3-3. NH<sub>3</sub>、CO<sub>2</sub> 等のプラズマ・光による分解

### 4. 位置づけ

周辺・ダイバータプラズマでは、輻射を伴った原子・分子過程が卓越するため、荷電粒子間のマクロな電磁相互作用に加えて、光の伝播による輻射輸送、原子・分子レベルのミクロな相互作用と状態遷移が組み合わされることによって集団現象が繰り広げられる。この現象は原型炉で予測され

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。

高密度なダイバータプラズマでより顕著になると考えられ、これまで本提案者たちは、本研究領域をけん引すべく取り組んできた。ここで培った「光とプラズマ」に対する知見を用い、化学反応や分子構造の制御、さらには、彩層・電離圏（弱電離プラズマ）や高エネルギー天体（輻射プラズマ）へと研究を展開する。この展開の先には、**宇宙空間における生命材料物質の形成メカニズム解明**にも手が届くものとする。このように、「光とプラズマ」の知見を活かし、異なる研究分野の根源にある法則性を探求することが本ユニットの独創的な点と考える。さらに、我々は、分子研 UVSOR グループ・光物性理論グループ・生命科学グループの多分野にまたがる共同研究関係も確立できている。これも本ユニットの“特長”と考える。

## 5. 研究の方法

**実験：**プラズマ源としてテーブルトップ装置（新設）、直線装置（HYPER-I、TPD-Sheet U、TPD-II など）、トーラス装置（低磁場 LHD など）を用いる。光源には、各波長領域のレーザーおよび分子研 UVSOR などを用いる。

**理論・シミュレーション：**(i)光と原子・分子の相互作用には量子力学理論、(ii)固体・生体原子分子の動的な振舞には分子動力学法、(iii)周辺/宇宙プラズマ研究には、ジャイロ運動論コードと相対論的 PIC シミュレーションを用いる。なお、プラズマシミュレータ、分子研スパコンなどを用いる。

### 各専門分野への所外からの協力：

放射光施設：加藤政博(広大・分子研),平義隆(分子研 UVSOR)

光と物質の相互作用の理論：Tomio Petrosky(UT Austin, USA),田中智(大府大),羽田野直道(東大)、坂和洋一（レーザー研）

生命科学：小林憲正(横国大),安永卓生(九工大)

## 6. 自己評価

### 1) 未来志向であること

- ・核融合炉環境下のダイバータプラズマは手付かずの研究領域である。
- ・プラズマのようなクーロン場における光と物質の相互作用が、生命材料物質の形成に及ぼす影響を明らかにすることは、生命の起源のみならず（未来に遭遇するかもしれない）地球外生命への理解にもつながる。

### 2) 目標を具体的に示していること

「3. テーマと研究内容の概要」にある具体的な研究課題。

### 3) 10年後に学术界に輝くテーマに育つこと

- ・光による核融合プラズマ物性の制御。
- ・光と物質の相互作用に着目することにより、核融合プラズマ、宇宙プラズマ、生命科学におけるミクロな原子・分子過程とマクロな集団現象における調和形成に共通の法則を探求する。

### 4) 多様な「個人のテーマ」を包摂できること

プラズマ・中性粒子の非線形相互作用、原子・分子過程、光、生命、天体プラズマ等のテーマを包摂。核融合研の実験装置の利用に加えて、分子研 UVSOR との共同研究の枠組みで、実験的にも幅広い研究テーマをカバーできる。