

## 究極のエネルギー源を求めて

環境エネルギー工学専攻 エネルギー量子工学コース  
重森研究室 博士後期課程1年 田中 大裕

### 1. はじめに

レーザーエネルギー工学領域（重森研究室）はレーザー科学研究所の HPS (High Pressure Science) グループと LFS (Laser Fusion System) の二つのグループが合わさった、環境エネルギー工学専攻の協力領域です。重森研究室ではレーザー核融合とその応用をキーワードに、レーザー核融合をはじめとする高エネルギー密度物理学及びレーザー核融合炉工学に関する研究を行っています。

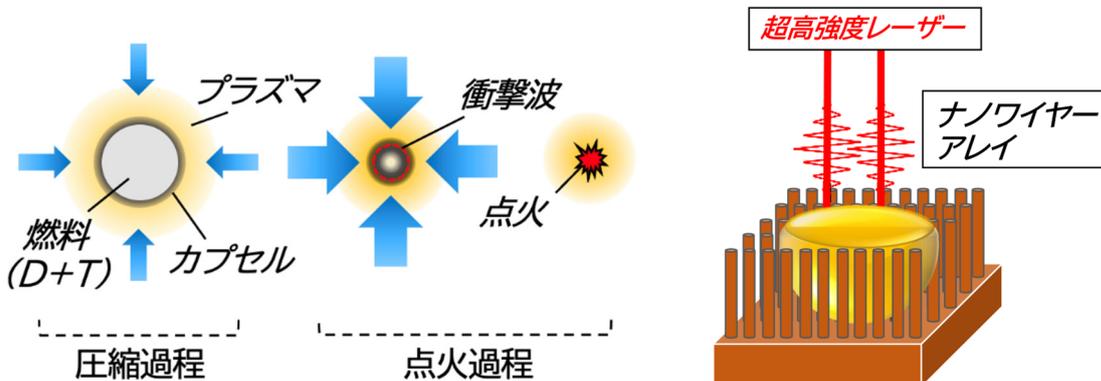
### 2. 研究内容

#### i. 高エネルギー密度物理学に関する研究

高エネルギー密度物理学とは、高強度レーザーによって生成された高温・高密度プラズマを研究対象とする学問です。重森研究室では高エネルギー密度物理学の代表といえるレーザー核融合、その中でも衝撃波点火核融合 (Shock Ignition) 方式の研究と、ナノワイヤーアレイと呼ばれるナノ構造を活用して超高エネルギー密度状態 (1 GBar, 100 TPa 以上) を生成する研究を行っています。

まず、衝撃波点火方式ではレーザー核融合の重要なプロセスである、燃料の圧縮と加熱を2段階に分けて実施します。圧縮過程では比較的低強度のレーザーを照射して燃料球を圧縮し、加熱過程では  $10^{15} \text{ W/cm}^2$  ほどの高強度レーザーを照射し、発生した衝撃波で燃料中心に超高エネルギー密度状態を生成し核融合点火を実現します。同方式は従来の中心点火方式や高速点火方式に比べて少ないエネルギーでの点火が目指せる、燃料や炉のデザインがシンプルである、といった利点が存在しています。重森研究室では衝撃波点火方式を念頭にしたレーザープラズマ相互作用の基礎実験などを行っています。

また、直径が数百ナノメートルのごく細いワイヤーが基盤面垂直に整列したナノワイヤーアレイと呼ばれる構造体へ超高強度レーザーを照射すると、ワイヤーの隙間にレーザーが浸透し効率的かつ大体積の超高エネルギー密度状態が生成可能なことが知られています。この超高エネルギー密度状態はレーザー核融合の炉心プラズマや恒星の中心に存在しており、同状態を効率よく生成できるようになれば、これらの研究分野の進展に大きく寄与することができます。重森研究室では理化学研究所の保有する X 線自由電子レーザー施設 SACLA を用いた超高速時間分解計測を通じて、ナノワイヤーアレイ中でのエネルギー輸送を解明し、効率的な超高エネルギー密度状態の生成条件を見出すことを目指しています。



衝撃波点火方式の概念図

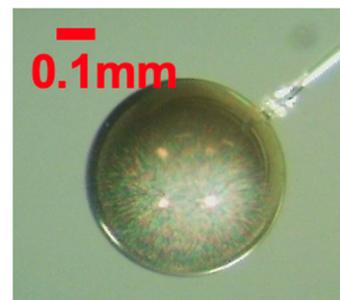
ナノワイヤーアレイにおける  
超高エネルギー密度状態形成

## ii. レーザー核融合炉工学に関する研究

将来的にレーザー核融合で発電を行う場合、核融合反応を起こし、そこからエネルギーを取り出すレーザー核融合炉が必要となります。重森研究室では、燃料となる重水素や三重水素の物性からレーザー核融合の燃料を封入する燃料カプセルの開発を行っています。

レーザー核融合や ITER に代表されるような磁場核融合で使用される燃料は、重水素と三重水素が想定されています。この燃料中の重水素と三重水素の均一性は非常に重要なパラメーターとなっています。そこで、重水素と三重水素の屈折率の違いに注目した、燃料中の重水素と三重水素の均一性や分布の計測を行っています。

また、燃料カプセルについてはダイヤモンドを用いた燃料カプセルを開発しています。レーザー核融合では燃料を均一に圧縮することが非常に重要です。ダイヤモンドは非常に硬い物質であり、レーザー照射初期に不均一な凹凸（レーザーインプリント）が形成されにくいいため、均一な圧縮が可能になります。そこで重森研究室では上記ダイヤモンドの特性に注目し、燃料カプセルへの応用を目指して産業技術総合研究所と協力して中空のダイヤモンドカプセルの開発・改良に取り組んでいます。



開発したダイヤモンドカプセルの光学顕微鏡像

## 3. 重森研究室の日常

重森研究室は大型レーザー施設（大阪大学レーザー科学研究所の激光 XII 号や理化学研究所の SACLA など）で実験を行っています。このような大型レーザー施設での実験は一人で行うことはまず不可能であり、研究室メンバーとの協力が不可欠になります。そのため実験に際しては、各々の研究テーマの垣根を越えて、チーム一丸となって取り組んでいます。

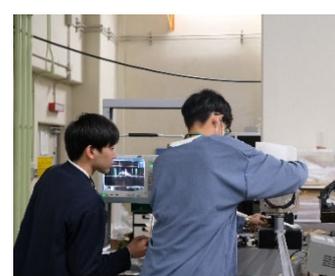
さらにアウトリーチ活動として、例年 10, 11 月ごろに大阪大学の SEEDS プログラムの一環で、高校生に「ハイパワーレーザーを見る・触る・操る」と題した体感学習を実施しています。体感学習では激光 XII 号の見学や、レーザーを使った実験を行ってもらいます。体感学習全体を通して、高校生の反応も良く、楽しんでくれているのかなと思います。特に毎年面白いものとしては、参加高校生に家からハイパワーレーザーで照射してみたいものを持参してもらい、それを実際にハイパワーレーザーで照射してみるという実験です。高校生らしい柔軟な発想や意外な結果などもあってか、一番盛り上がる実験です。



SACLA での実験準備の様子



レーザー研の見学ツアーに参加する高校生の皆さん



TA (重森研学生) のサポートの下、レーザーの調整を行う受講生

## 4. おわりに

ここまで重森研究室について簡単ではありますが紹介させていただきました。重森研究室ではレーザー核融合とその応用を中心に様々な研究を行なっています。重森研究室をもっと詳しく知りたい、という方は下記リンク先の研究室ホームページをご参照いただければと思います。

研究室 HP:

<https://www.ile.osaka-u.ac.jp/research/tm/index.html>



4 月に開催された重森教授宅での新人歓迎会の一コマ