

## プラズマ波動加熱物理・システム研究(仮)

- 波動加熱はプラズマ点火と維持・制御の役割を担う.
- 本研究(ユニット)は, 生成されたプラズマにおける波動加熱と自己加熱の役割, プラズマの評価手法, 輸送モデル構築に関する研究テーマを掲げる.
- 自己燃焼プラズマと, その先まで見通せる予測可能な実験検証とモデル構築を目指す. 電子加熱が支配的となり,  $\alpha$  粒子加熱によるプラズマ維持は未知の領域.

## 研究の焦点

- 核融合プラズマの燃焼維持とデモ炉における加熱物理の探求.
- デモ炉物理の国際競争力の向上もある意味, その波及効果と考える.

# 核融合プラズマ: 核融合反応で発生した高エネルギーイオンによる自己加熱

- 核融合炉では  $\alpha$  粒子による自己燃焼シナリオが考えられている。

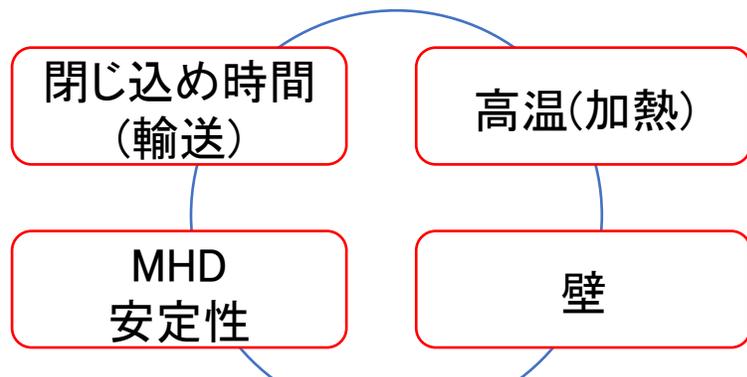


イオン温度  $T=10\text{keV}$

- パワーバランスから  $Q > 1$  の条件:

Alpha heating  $>$  thermal loss

$$n \tau_E > \frac{12 T}{E_\alpha \langle \sigma v \rangle}$$



核融合研究

$$Q \equiv \frac{P_{\alpha}}{P_h} \quad F_{\alpha} \equiv \frac{P_{\alpha}}{P_h + P_{\alpha}}$$

$\alpha$  粒子の加熱割合 (60SAはDD,  $Q_{DT}=0.2-0.5$ )

Q	Alpha heating fraction
1 (JET)	16%
10 (ITER)	66%
30 (DEMO)	85%
$\infty$	100%

Break even

Ignition  
Burning  
plasma regime

# 例えば

- 波動加熱(NBも)は
  - プラズマ点火
  - プラズマ維持・制御
  - 電流駆動
  - 不安定性の抑制(AE, NTM)
- プラズマと波の相互作用
- ミリ波・サブミリ波によるプラズマ診断(CECE, CTS)
  - コアプラズマにアクセス可能.
- 燃焼プラズマモデリング

外部電流駆動比率(ECCD+NBCD)

	External current drive fraction
JT-60SA	0.2-0.3
ITER	0.5
DEMO	0.2-0.3

従来の波動加熱モデルで説明可能か？

- バルクや高エネルギー粒子の存在
- 相対論的取り扱い.
- 電子加熱

燃焼プラズマ計測の実現

LHDに用いているジャイロトロンを有効利用し, ECHの研究を更に発展させられないかと考えた. リアクターグレードの装置(JT-60SA, W7-X, ITER)で波動加熱物理と自己燃焼プラズマ物理の研究を実施する.

JT-60SAで加熱, 計測用としてジャイロトロンを用いる. LHDのジャイロトロンに移設可能性の検討が必要である. また, ECHを利用したECEによる相関計測や協同トムソン散乱計測を用いた物理実験を実施したい. その中には解析手法と物理モデルの構築も含まれる.

大学の小型装置で小回りの利いた実験も視野に入れている.

# プラズマ機能創出

## 加熱は有効なknob

## 物理課題

## 物理の診える化

## 関連課題

核融合プラズマ

機能発現

プラズマの自発性と  
自立性を促す研究

ミリ波・サブミリ波・RF帯

既存

電子サイクロトロン帯  
物理

イオンサイクロトロン帯  
物理

JT-60SA  
W7-X  
ITER

高密度加熱  
高効率化

熱粒子輸送研究

定常電流駆動

定常研究

ミリ波加熱診断

加熱効率

モード変換

Parametric  
decay

新加熱

不安定モード  
励起

$\alpha$  粒子計測

光渦

ECR正・負イオン源

ITER, 加速器, プロセスプラズマ, 推進機など

ミリ波・サブミリ波  
コンポーネント

太陽風でAlfvenic  
fluctuationが観測

自己組織化, 高ベータ

2021

JT-60SA  
Operation 2, 3

2026

ITER first plasma

2031

2035

ITER DT

- リアクターグレードのプラズマを対象とした波動物理研究.
- 物理実験とモデリングの協業による予測精度の追求が必要.
- JT-60SAでのDD実験から, DTへの橋渡しができる学術基盤の構築.

# まとめ

---

- 本研究(ユニット)は, 生成された核融合プラズマにおける波動加熱, 電流駆動と自己加熱に関する研究テーマを掲げる. それに関連したプラズマの評価手法, 輸送モデル構築に関する研究も含む.
- ユニットは主テーマをメンバーで議論して決める. DD実験から, DTへの橋渡しができる学術基盤の構築する. 実験と理論で協力し, ユニット間の連携も視野に入れる必要がある.
- ユニットのメンバーはユニットの主テーマを担うとともに, 個別の焦点を持って研究を推進する.