

ペレット入射装置に関する情報交換会議事録

日時：平成 18 年 7 月 21 日(金) 10:00～15:00

場所：核融合科学研究所 研究棟 301 号室

出席者：丸山 (ITER International Team, Vacuum Vessel & Blanket Division)、
中村 (核融合科学研究所 ITER 連携研究部門主査)、坂本 (核融合科学研究所
プラズマ制御研究系)、芦川 (核融合科学研究所 ITER 連携研究部門)、
星野 (総合大学院大学博士課程)

1. 主旨説明 (中村)

最初に、今回の情報交換会についての主旨説明が中村からあった。ITER 国際チームでのペレット入射装置の検討において、パイプガン方式の重要性が認識されてきたので、ITER 国際チームの丸山氏から、核融合科学研究所で良好な運転実績のあるパイプガン方式のペレット入射装置の見学と情報収集をしたい旨の依頼があった。日本の極内チームの森氏 (日本原子力開発研究機構 ITER プロジェクトユニット ITER 計画管理グループ) と相談の上、核融合科学研究所と日本原子力開発研究機構との間で実施されている ITER 連携協力会合の一環として対応することになった旨の説明がなされた。

2. ITER 国際チームでの燃料供給システム設計 (丸山)

1) ITER 計画の全体のスケジュールについて

- ・ 10 月頃から ITER 機構として実質的な活動を開始する予定
- ・ Magnet, 真空容器 は先行して発注できるよう手続きを進めている
- ・ 2012 年トカマクアセンブリ開始, 2016 年ファーストプラズマの予定

2) 燃料供給システムについて

- ・ ITER での担当 ; 燃料供給 (ペレット含む), 炉内機器 (グロー含む)
 - ✓ 今回の交換会では, LHD におけるペレット装置に関する情報交換
- ・ ITER ではガスとペレットで燃料供給を実施

燃料供給設備の主要な機能

- ✓ ペレットによるプラズマ密度制御
 - ✓ 水素と重水素ガスの NBI と Diagnostics NB への供給
 - ✓ ELM コントロールのためのペレット入射
 - ✓ 不純物ガス (N₂, Ne, Ar) をダイバータ領域へ供給し、放射冷却促進
 - ✓ 輸送研究用の不純物ペレット入射
 - ✓ 不純物ガスの高速注入による Disruption mitigation(検討中)
 - ✓ Fusion power shutdown system(FPSS):Ne ガス注入による非常時のプラズマ停止(3 秒)
 - ✓ 壁コンディショニング用ガス供給
- ・ トリチウム燃料
 - ✓ トリチウムプラントから供給されるトリチウムガスの組成は、プラント側からの制限により 90%-T/10%-D

- ✓ ITER でのトリチウム保持制限;真空容器内 450g, 燃料サイクル内 450g, 貯蔵設備 450g
 - ✓ DT 運転シナリオでは重水素プラズマで立ち上げ、トリチウムリッチのペレットを入射して D/T 比を 1:1 に移行させる
 - ✓ D/T 比 1:1 の排気ガスをトリチウムプラントで処理し、高トリチウムに戻してプラズマに入射する
- ・プラズマへの燃料供給システム
- ✓ ガスパフ;上部ポートからプラズマ表面全体をスイープするように、ポロイダル方向に) 1 mの幅で入射する
 - ✓ ペレット入射装置;下部(ダイバータ)ポートに運転初期に 2 台、アップグレード後、最大 6 台(3 ポート x 2 台)を設置する
 - ✓ ガスマニホールド内に 6 系統のガス供給パイプ、中央にガス置換用のラインを設置する
 - ✓ 実機と同一の入射管形状を用いた R&D 結果、ITER で想定される最大ペレットサイズ(約 5mm)ではペレット速度が 300m/s 以上になるとペレットの健全性が損なわれることから、これがペレット入射速度の上限となる
 - ✓ プラズマの密度制御及び ELM 制御はダイバータポートの高磁場側(HFS)からのペレット入射がメイン。ただし、低密度の定常プラズマ運転では、HFS からペレットを入射した場合、粒子のドリフトによりプラズマ密度が上昇し、燃焼維持が困難になることから、低磁場側(LFS)からのペレット入射により ELM 制御できるように入射管を設置する
 - ✓ 遠心型入射装置の信頼性及びガス銃型の良好な運転実績を考慮して、ガス銃方式への設計変更を検討中
 - ✓ 大量に生成される Unusable ice (くり抜かれたペレットの余り)の処置についても検討する必要がある

3)ペレットワークショップ

ITER では、毎年ペレット入射装置、トリチウムプラント、真空排気設備、クライオ冷凍設備の専門家によるペレットワークショップを開催している。今後は、極内実施機関(原子力機構・森氏)を通してワークショップの開催を通知する。

3. LHD における連続ペレット入射装置(坂本)

- ・装置開発の背景と目的を含めて、LHD におけるペレット入射装置の開発経過について説明があった。
- ・定常ペレット入射装置については、固体水素の定常生成、固体水素ペレット射出特性及びペレットの射出制御性について説明があった。
- ・高密度プラズマの長時間維持実験についてはガスパフでは達成できない高密度領域での高閉じ込めプラズマの生成と長時間維持が達成されていることが示された。
- ・まとめとして以下の項目が示された。
 - ✓ 小型冷凍機を用いた連続ペレット入射装置を開発し、実験を開始
 - ✓ 10 Hz で 10,000 発以上の連続射出
 - ✓ 連続ペレット粒子供給によって、閉じ込め劣化を抑制しつつ高閉じ込め・高密度プラズ

マを準定常的に維持

- ✓ プラズマ周辺領域へ粒子デポジションさせ、密度分布の逆勾配に伴う拡散により中心粒子供給

・今後の開発課題としては、周辺デポジションによる中心粒子供給の適応範囲探索が上げられていた。

4. LHD 装置と連続ペレット入射装置の見学 (丸山、坂本)

LHD 本体室に設置されているスクリー式固体水素押し出し方式の連続ペレット入射装置の見学を行い、その実際の運転における装置特性について議論した。具体的な内容として、下記の事項が挙げられる。

- 1) 運転上、無駄になる水素の量およびその低減方法について：LHD の連続ペレット入射装置では、実験で必要となる最大の固体水素押し出し速度で運転し、余剰固体水素は蒸発させ、真空排気して廃棄している。この運転は容易に安定したペレット射出が可能である一方、廃棄している水素量が実際プラズマへ入射している水素量よりも多くなる。LHD では軽水素のみを使用しているために、特に問題とならないが、ITER での使用を考えた場合、トリチウムを使用するために余剰固体水素が極力出ないようにする必要があり、実時間での射出量に応じた固体水素生成速度での運転が必要となる。そのためにはスクリー回転数の実時間制御が課題である。
- 2) 固体水素ペレットの実時間サイズ制御について：ITER で実時間でのペレットサイズ変更を要求されている。Tore Supra では固体水素押し出しノズル部に可動楔を設けることによって固体水素ペレットサイズを変化させている。一方、LHD では固体水素押し出し速度と固体水素切断周波数の比を変えることによって、運転条件の変化のみでペレットサイズを変化させている。この方法は、ハードウェアを簡便化できるメリットがあるが、ペレットサイズや速度のバラつきが大きく、それに対する対処法が課題となる。
- 3) 固体水素ペレット加速ガスの消費量について：ペレット射出の安定性を考慮すると、遠心加速方式よりもパイプガン方式が優れているが、パイプガン方式では加速ガスの処理が必要であり、ITER においてパイプガン方式を採用した場合、トリチウムプラントの処理能力及びトリチウムインベントリの観点から、使用ガス量を極力少なくする必要がある。LHD の連続ペレット入射装置では使用する加速ガス量の最適化を行い、固体水素に含まれる粒子数よりも少ないガス量でペレット射出を行っている。加速ガスの使用量を抑制することによってペレット速度が制限されてしまうが、高磁場側入射を基本とし、高速ペレットを必要としない ITER では問題とならないと考えられる。

以上