

核融合原型炉における第一壁の表面熱負荷解析 The analysis of the surface heat load on the Demo first wall

三善悠矢, 高瀬治彦, 日渡良爾, 星野一生, 朝倉伸幸, 染谷洋二, 原型炉設計合同特別チーム

YUYA Miyoshi, HARUHIKO Takase, RYOJI Hiwatari, KAZUO Hoshino, NOBUYUKI Asakura, YUJI Someya, Joint Special Design Team for Fusion Demo

原子力機構, 原型炉設計合同特別チーム
JAEA, Joint Special Design Team for Fusion Demo

1. 背景

核融合原型炉概念設計においてブランケット設計は最も重要な課題の一つであり、ブランケットの必要除熱量の検討のためには第一壁の熱負荷解析が必要となる。

第一壁への熱負荷は、中性子による負荷、放射による負荷、イオン熱流束による負荷といった定常的な熱負荷と、ELMやディスラプション時における熱負荷といった非定常的な熱負荷の2つに分けられる。本研究では定常的な熱負荷について、中でも主としてイオン熱流束による負荷について取り扱う。

2. イオン熱流束解析

コアプラズマより、スクレイプオフ層(SOL)へ流れる熱量 P_{SOL} [MW]は以下の式で記述される。

$$P_{SOL} = P_{\alpha} + P_{add} - P_{rad} \quad (1)$$

ここで P_{α} , P_{add} , P_{rad} は α 粒子加熱、追加加熱、コア部での放射熱を表している。SOLへと流れる熱流束 $q_{||}$ [MW/m²]は、最外殻磁気面からの外側水平面上の半径方向距離 δ [m]を用いて以下のように記述できる[1]。

$$q_{||} = q_{||main} + q_{||near} \quad (2)$$

$$= q_{||0main} e^{-\delta/\lambda_{qmain}} + q_{||0near} e^{-\delta/\lambda_{qnear}} \quad (3)$$

$$P_{||0main} = \frac{P_{SOL}}{4\pi R_{wall} (\lambda_{qmain} + R_q \lambda_{qnear})} \left(\frac{B_p}{B_t} \right) \quad (4)$$

$$R_q = q_{||0near} / q_{||0main} \quad (4)$$

ここで R_{wall} は水平面における第一壁の大半径、 B_p , B_t はそれぞれポロイダル、トロイダル磁場である。 $q_{||}$ を用いれば、第一壁へ入射するイオン熱流束 q_{dep} [MW/m²]は以下のように見積もれる[2]。

$$q_{dep} \approx q_{||} \left(\frac{B_p}{B_t} \right) \sin \theta \quad (5)$$

ここで θ は磁力線と第一壁のなす角度である。 $P_{SOL}=294$ MW, $\lambda_{q/main}=30$ mm, $\lambda_{q/near}=4$ mm、SOL部における放射は無く、 P_{SOL} は全てイオン熱流束として壁へと入射するものとし、これらの式と平衡解析を元にイオン熱流束分布を見積もった結果を図1に載せる。下部及び上部ヌル点近傍においてイオン熱流束が大きくなる傾向が見られた他、図には記載していないが水平面においてイオン熱流束は0.1MW/m²以下と小さくなる傾向が見られた。

年会においては P_{SOL} や減衰長、第一壁形状を変えた場合における第一壁熱負荷分布の変化について解析を行い、発表を行う。

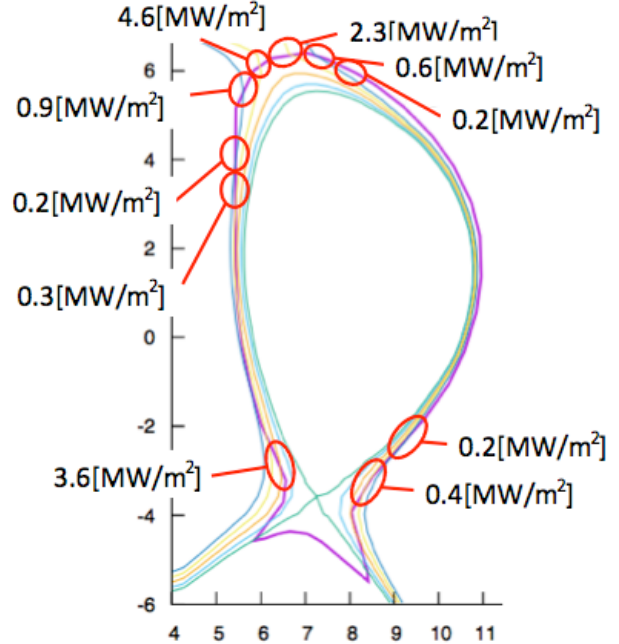


図 1 イオン熱流束による熱負荷分布

Reference

- [1] M. Kocan, *et al.* Nucl Fusion **55** 033019 (16pp) (2015)
- [2] Peter Stangeby, Nucl Fusion **51** 033008 (16pp) (2011)