

# 核融合炉安全解析に向けた炉心部過渡解析に関する研究

東京大学新領域創成科学研究科 修士2年 筒井 俊樹 (小川雄一研究室)

## 1.はじめに

熱核融合炉を運転していくにあたって安全評価は重要なテーマである。熱核融合炉における安全解析・評価を目標としてITERで用いられたプラズマ過渡解析コードSAFALY[1]などを参考としたコードの構築を行う。炉内の周辺領域での不純物放射に着目し、周辺領域プラズマとしてSOL領域、ダイバータ領域に分割する2点モデルを組み込み周辺領域での相互作用を含む過渡解析を行う。

## 2.プラズマ・周囲構造物過渡解析コード

プラズマモデルでは各イオンと電子の密度を粒子バランス式と、イオンと電子の温度についてエネルギーバランス式を解くことによって求めている。例として重水素・三重水素が1:1の燃料イオンの粒子バランス式(2.1)とイオンのエネルギーバランス式(2.2)を載せる。

$$\frac{d}{dt}n_i = S_i - \frac{1}{2}f_p n_i^2 < \sigma v >_{DT} - \frac{n_i}{\tau_{pi}} \quad (2.1)$$

$$\frac{3}{2} \cdot \frac{d}{dt}(nT_i) = f_{ai}P_a + f_{auxi}P_{aux} - P_{ie} - \frac{3}{2} \cdot \frac{nT_i}{\tau_{Ei}} \quad (2.2)$$

伝熱モデルでは周囲構造物をプラズマからみた深さ方向に一次元の熱伝導方程式(2.3)を解く。境界条件としてプラズマからの熱と壁からの粒子の気化熱を反映した(2.4)と反対側で冷却管との熱伝達(2.5)によって与えた。

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \kappa \frac{\partial^2 T}{\partial X^2} \quad (2.3)$$

$$-\kappa \frac{\partial T}{\partial X} = \dot{q}_p - \dot{q}_{ev} \quad (2.4)$$

$$-\kappa \frac{\partial T}{\partial X} = \alpha(T - T_w) \quad (2.5)$$

伝熱モデルで導出された壁の表面温度T(K)を用いて浸食速度(m/s)が式(2.6)で表される。

$$\delta = \alpha_0 C \frac{1}{\sqrt{T}} \exp\left(-\frac{\Delta H}{\kappa T}\right) \quad (2.6)$$

浸食速度から算出される壁の粒子がプラズマに不純物として流入することによって壁とプラズマが相互作用を生じる。

## 3.周辺領域プラズマモデル

コアプラズマを包むSOL領域とX点からダイバータ板までのダイバータ(DIV)領域に分割する2点モデル[2]を組み込んだ。周辺領域モデルは①SOL-DIVでのエネルギーバランス、②SOL-DIVでの運動量バランス、③コアからの流入エネルギー

とダイバータ板への流出エネルギーのバランス、④コアからの流入、リサイクリングを含めた粒子バランスの4式から成り立っている。このうち③について(3.1)に示す。

$$(1 - f_{imp}^{div})q_{\perp}L_s = \gamma n_d T_d M_d C_s \Delta E \quad (3.1)$$

それらを統合し過渡解析を行った。通常時はArガスパフによって周辺プラズマ部での不純物放射損失を目的とした粒子制御が行われているとし、t=20sでガス供給が停止した異常事象シナリオを載せる。上から2番目の緑の線が不純物の放射損失比(0~1)を表し、アルゴンガスパフの停止によって0.2までおちた放射損失比が不純物の増加にとこなって0.5まで再び増加している。同時にコアのパワーバランスを崩すほどのタンゲステン放出されなかった。

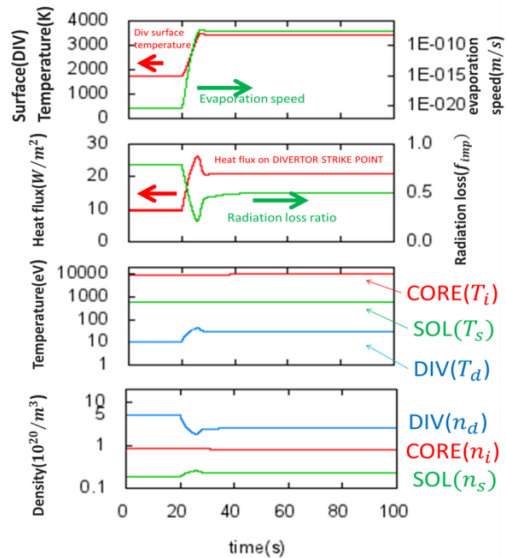


図1.ガスパフ停止シナリオにおける2点モデルを含む過渡解析

## 4.結論

核融合炉心部の過渡応答解析コードを立ち上げた。コアモデルに周辺領域のモデルをカップルすることによって壁から放出された不純物が周辺領域で放射によって壁への熱負荷を低減する現象を確認することができた。

### 参考文献

- [1]Honda, T., et al.: Safety analysis of plasma anomaly Events in Fusion Reactors, Journal of NUCLEAR SCIENCE and TECHNOLOGY, Vol. 34, No.3, p.229-239(1997)
- [2]R. Hiwatari, Simple Core-SOL-Divertor model and its application to operational space of HT-7U, Journal of Nuclear Materials 337-339(2005) ,386-390