

Title	核融合境界層プラズマにおける不純物輸送に関する研究
Sub Title	Study of impurity transport in boundary plasma of fusion device
Author	星野, 一生(Hoshino, Kazuo)
Publisher	慶應義塾大学
Publication year	2019
Jtitle	学事振興資金研究成果実績報告書 (2018.)
JaLC DOI	
Abstract	<p>核融合エネルギーの実用化に向けて、炉心プラズマを取り巻く境界層プラズマにおける不純物輸送過程の理解とその制御手法の確立は必須の課題である。特に、核融合炉の内壁材料候補であるタングステン、プラズマによる損耗が少ない一方、少量でも不純物として炉心プラズマに混入すると、放射によりプラズマを冷却し、核融合反応の持続を阻害してしまうため、その制御が重要となる。従来は、軽不純物を対象として旋回中心の軌道のみを追跡する旋回中心近似モデルが開発されてきた。しかし、タングstenは質量が大きく旋回半径も大きいため、旋回効果が重要となる可能性がある。そこで本研究では、旋回中心近似モデルとLarmor旋回運動を含め運動方程式を直接解く完全軌道追跡モデルの解析結果を比較し、タングsten不純物の旋回運動効果等について明らかにすることを目的とした。</p> <p>解析の結果、完全軌道追跡モデルにおいて、プラズマのスパッタリングにより発生したタングsten不純物が電離後最初の旋回運動で即座に壁に堆積する現象が確認された。このような現象はprompt re-depositionと呼ばれ、従来から指摘されており理論モデルも提案されていた。しかし、完全軌道追跡モデルと旋回中心近似モデルの比較から、理論モデルでは考慮が難しい多価電離過程や背景プラズマとの摩擦力、シースと呼ばれる壁近傍の電場構造の影響が重要であることが分かった。</p> <p>壁から離れた境界層領域においては、完全軌道追跡モデルを用いた解析から、背景プラズマとのクーロン衝突に起因する拡散と磁気ドリフトにより、タングsten不純物が炉心プラズマへと侵入していく傾向が明らかになった。</p> <p>今後は、境界層領域における不純物輸送についてより詳細な解析を進め、その制御手法の確立を目指す。</p> <p>In future fusion reactors, the tungsten is the most candidate material for the inner wall because of the high melting temperature, the low erosion rate, the low fuel (tritium) retention etc. The inner wall is sputtered by the fuel plasma, and then it becomes the impurity. The radiation of the tungsten impurity may cool the core plasma strongly even if small amount of the tungsten impurity penetrates into the core. Therefore, understanding the tungsten impurity transport process is one of essential issues for the practical application of the fusion energy. Effects of the Larmor gyro-motion may become important for the tungsten transport because the mass and the Larmor radius is large compared with other impurity species, such as carbon, neon, argon etc. In this study, effects of the Larmor gyro-motion on the tungsten impurity transport have been analyzed by numerical simulation using two models: (a) a guiding center approximation and (b) full trace of the impurity trajectory including the Larmor gyro-motion.</p> <p>Near the wall, it was observed in the full trace model that the generated tungsten is promptly deposited during the first gyro-motion after the ionization (so-called prompt re-deposition). Comparison of the results by both models showed that the multi-step ionization and the Coulomb collision with the background plasma play an important role for the prompt re-deposition.</p> <p>In the boundary plasma, the result of the full trace model showed that the tungsten impurity penetrates by the magnetic drift and the diffusion due to the Coulomb collision with the background plasma.</p>
Notes	
Genre	Research Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=2018000005-20180296

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

研究代表者	所属	理工学部	職名	准教授	補助額	300 (A) 千円
	氏名	星野 一生	氏名 (英語)	Kazuo Hoshino		
研究課題 (日本語)						
核融合境界層プラズマにおける不純物輸送に関する研究						
研究課題 (英訳)						
Study of Impurity Transport in Boundary Plasma of Fusion Device						
1. 研究成果実績の概要						
<p>核融合エネルギーの実用化に向けて、炉心プラズマを取り巻く境界層プラズマにおける不純物輸送過程の理解とその制御手法の確立は必須の課題である。特に、核融合炉の内壁材料候補であるタングステンは、プラズマによる損耗が少ない一方、少量でも不純物として炉心プラズマに混入すると、放射によりプラズマを冷却し、核融合反応の持続を阻害してしまうため、その制御が重要となる。従来は、軽不純物を対象として旋回中心の軌道のみを追跡する旋回中心近似モデルが開発されてきた。しかし、タングstenは質量が大きく旋回半径も大きいいため、旋回効果が重要となる可能性がある。そこで本研究では、旋回中心近似モデルとLarmor 旋回運動を含め運動方程式を直接解く完全軌道追跡モデルの解析結果を比較し、タングsten不純物の旋回運動効果等について明らかにすることを目的とした。</p> <p>解析の結果、完全軌道追跡モデルにおいて、プラズマのスパッタリングにより発生したタングsten不純物が電離後最初の旋回運動で即座に壁に堆積する現象が確認された。このような現象は prompt re-deposition と呼ばれ、従来から指摘されており理論モデルも提案されていた。しかし、完全軌道追跡モデルと旋回中心近似モデルの比較から、理論モデルでは考慮が難しい多価電離過程や背景プラズマとの摩擦力、シースと呼ばれる壁近傍の電場構造の影響が重要であることが分かった。</p> <p>壁から離れた境界層領域においては、完全軌道追跡モデルを用いた解析から、背景プラズマとのクーロン衝突に起因する拡散と磁気ドリフトにより、タングsten不純物が炉心プラズマへと侵入していく傾向が明らかになった。</p> <p>今後は、境界層領域における不純物輸送についてより詳細な解析を進め、その制御手法の確立を目指す。</p>						
2. 研究成果実績の概要 (英訳)						
<p>In future fusion reactors, the tungsten is the most candidate material for the inner wall because of the high melting temperature, the low erosion rate, the low fuel (tritium) retention etc. The inner wall is sputtered by the fuel plasma, and then it becomes the impurity. The radiation of the tungsten impurity may cool the core plasma strongly even if small amount of the tungsten impurity penetrates into the core. Therefore, understanding the tungsten impurity transport process is one of essential issues for the practical application of the fusion energy. Effects of the Larmor gyro-motion may become important for the tungsten transport because the mass and the Larmor radius is large compared with other impurity species, such as carbon, neon, argon etc. In this study, effects of the Larmor gyro-motion on the tungsten impurity transport have been analyzed by numerical simulation using two models: (a) a guiding center approximation and (b) full trace of the impurity trajectory including the Larmor gyro-motion.</p> <p>Near the wall, it was observed in the full trace model that the generated tungsten is promptly deposited during the first gyro-motion after the ionization (so-called prompt re-deposition). Comparison of the results by both models showed that the multi-step ionization and the Coulomb collision with the background plasma play an important role for the prompt re-deposition.</p> <p>In the boundary plasma, the result of the full trace model showed that the tungsten impurity penetrates by the magnetic drift and the diffusion due to the Coulomb collision with the background plasma.</p>						
3. 本研究課題に関する発表						
発表者氏名 (著者・講演者)	発表課題名 (著書名・演題)	発表学術誌名 (著書発行所・講演学会)	学術誌発行年月 (著書発行年月・講演年月)			
釜田慎也、星野一生、矢本昌平、林伸彦、畑山明聖	SOL 領域でのタングsten不純物の旋回運動が輸送に与える影響	第 35 回プラズマ・核融合学会年会	2018 年 12 月			