

Title	核融合炉複雑環境を模擬した炉壁材料における水素同位体蓄積挙動の研究
Author(s)	濱地, 志憲
Citation	大阪大学, 2015, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.18910/52150">https://doi.org/10.18910/52150</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

## 論文内容の要旨

氏 名 ( 濱 地 志 憲 )

論文題名

核融合炉複雑環境を模擬した炉壁材料における水素同位体蓄積挙動の研究

## 論文内容の要旨

核融合炉において、炉壁材料へのトリチウム吸蔵はその安全面や燃料の生産と損失のバランスの観点から重要な研究課題となっている。本論文ではイオン照射による欠陥の生成や損耗した材料の再堆積層の形成が水素同位体吸蔵に与える影響を学術的に理解することを目的とし、核融合炉環境を模擬した実験室実験によってその特性を調べた。

本論文の第一章では核融合炉における水素同位体挙動研究の意義とその複雑性について解説し、本論文の目的と意義をまとめた。第二章では本研究に関わる物理現象の詳細をまとめた。第三章では本研究で用いたラマン分光法について解説した。第四章では本研究で用いた各実験の概要をまとめた。

第五章では、各種の実験で形成された炭素堆積層の結晶構造と水素同位体吸蔵特性の関係を調べた。その結果、堆積温度が堆積層の結晶構造に対して大きな影響を与えることを示し、また、堆積層内部での六員環構造の成長によって水素同位体吸蔵が阻害されている可能性があることがわかった。

第六章は、タングステン材料表面に形成されるナノ構造と呼ばれる繊維状構造が、炭素堆積に与える影響を調べた。その結果、イオン入射のある場合ではナノ構造に堆積促進効果があることが明らかとなった。加えて、ナノ構造上での堆積層の成長初期に、特有の結晶構造を持った堆積層が形成される事を明らかにした。また、ナノ構造上の堆積層では、加熱による堆積層からの水素同位体の放出特性や吸蔵量がナノ構造上の堆積層と平板上の堆積層の場合で異なることを示した。

第七章では、重水素、He、N、Arのプラズマに曝露してイオンを照射したタングステン材料を重水素とトリチウムの混合ガスに曝露し、吸蔵したトリチウムの分布から、内部に形成されたトラップサイトの分布を調べた。その結果、DやArを照射したタングステン材料に形成されるトラップサイトは特に最表面に集中しており、特にHeにおいては最表面だけでなくより深いサブ $\mu\text{m}$ オーダーの深さまでトラップサイトの形成が進行していることを明らかにした。

第八章では、炭素堆積層へのガスによる水素同位体の吸蔵特性を調べるために、炭素堆積層を重水素・トリチウム混合ガスに曝露し、トリチウムの追加的な吸蔵特性を調べた。その結果から炭素堆積層にはクラックやポアのような水素同位体の早い拡散パスが存在することが示唆された。また、追加的に吸蔵したトリチウムは、ガス曝露の温度より高い温度でも大部分が脱離せず残留することが明らかとなった。

第九章では、本研究で得られた知見を総括した。

本論文にまとめられた上記の研究は、どの結果もこれまで研究が十分に行われていなかった条件や手法を用いて行われており、核融合炉での炉壁材料への水素同位体吸蔵の評価を行う上で重要な知見、データを得ることができた。

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( 濱 地 志 憲 )			
	(職)	氏	名
論文審査担当者	主 査	教授	上田 良夫
	副 査	教授	田中 和夫
	副 査	教授	兒玉 了祐
	副 査	教授	飯田 敏行
	副 査	教授	村上 匡且
	副 査	教授	中井 光男

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、核融合炉複雑環境を模擬した炉壁材料における水素同位体蓄積挙動の研究に関する成果を記している。

第1章では核融合炉における水素同位体挙動研究の意義とその複雑性について解説し、本論文の目的と意義をまとめている。

第2章では本研究に関わる物理現象の詳細について、これまで得られた知見をまとめている。

第3章では本研究で炭素膜の構造解析に用いたラマン分光法について解説を行っている。

第4章では本研究で用いた実験装置（イオンビーム装置、マグネトロンスパッタリング装置、プラズマ生成装置、磁場閉じ込め装置、等）の概要をまとめている。

第5章では、各種の実験で形成された炭素堆積層の結晶構造と水素同位体吸蔵特性の関係を調べている。その結果、堆積温度が堆積層の結晶構造に対して大きな影響を与えることを示し、また、堆積層内部での六員環構造の成長によって水素同位体吸蔵が阻害されている可能性があることを指摘している。

第6章は、タングステン材料表面に形成されるナノ構造と呼ばれる繊維状構造が、炭素堆積に与える影響を調べている。その結果、イオン入射のある場合ではナノ構造に堆積促進効果があることを明らかにしている。加えて、ナノ構造上での堆積層の成長初期に、特有の結晶構造を持った堆積層が形成される事を明らかにしている。また、ナノ構造上の堆積層では、加熱による堆積層からの水素同位体の放出特性や吸蔵量がナノ構造上の堆積層と平板上の堆積層の場合で異なることを示している。

第7章では、重水素、He、N、Arのプラズマに曝露してイオンを照射したタングステン材料を重水素とトリチウムの混合ガスに曝露し、吸蔵したトリチウムの分布から、内部に形成されたトラップサイトの分布を調べている。その結果、DやArを照射したタングステン材料に形成されるトラップサイトは特に最表面に集中しており、特にHeにおいては最表面だけでなくより深いサブミクロンオーダーの深さまでトラップサイトの形成が進行していることを明らかにしている。

第8章では、炭素堆積層へのガスによる水素同位体の吸蔵特性を調べるために、炭素堆積層を重水素・トリチウム混合ガスに曝露し、トリチウムの追加的な吸蔵特性を調べている。その結果から炭素堆積層にはクラックやポアのような水素同位体の早い拡散パスが存在する可能性を示唆している。また、追加的に吸蔵したトリチウムは、ガス曝露の温度より高い温度でも大部分が脱離せず残留することが明らかとなっている。

第9章では、本論文のまとめであり、本研究で得られた知見を総括している。

本論文にまとめられた上記の研究は、どの結果もこれまで研究が十分に行われていなかった条件や手法を用いて行われており、核融合炉での炉壁材料への水素同位体吸蔵の評価を行う上で重要な知見、データを得ることができた。

以上のように、本論文はこれまでに十分研究が行われてこなかった核融合炉複雑環境における炉壁材料の水素同位体蓄積挙動を研究したものであり、十分な新規性と核融合研究への貢献が認められる。種々の実験環境で生成される炭素堆積膜の構造と水素同位体蓄積挙動に関して総合的知見を得たことと、トリチウムを利用した材料表面における水素同位体蓄積の新しい分析法を開発したことは、高く評価できる内容である。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。