

Title	核融合炉環境下における先進タングステン材料の水素同位体照射効果の研究
Author(s)	大宅, 諒
Citation	大阪大学, 2017, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/61716
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 (大 宅 諒)

論文題名

核融合炉環境下における先進タングステン材料の水素同位体照射効果の研究

論文内容の要旨

磁場閉じ込め方式の核融合発電において、「核融合炉の長期的・安定的な運転」を実証するために、プラズマ対向材料として適性の高い先進タングステン材料が開発されている。TFGR-W (Toughened, Fine-Grained Recrystallized Tungsten) は、優れた機械的特性を示すことから、プラズマ対向材料として使用されることが検討されている。しかし、その水素同位体照射効果については明らかになっていない。

そこで、本研究では、TFGR-Wの水素同位体照射効果を実験的に調べ、その基礎的な知見を得ることを目的とした。また、TFGR-Wを実験炉や原型炉のプラズマ対向材料として使用した場合の評価について、水素同位体照射効果の観点から検討することも目的とした。

第1章では、序論として本研究の背景と目的について述べた。第2章では、従来のタングステン材料やTFGR-Wの材料特性について述べた。第3章では、タングステンの水素同位体照射効果の理論と先行研究についてまとめた。第4章では、試料や照射装置、分析装置の概要について述べた。

第5章では、TFGR-Wの水素同位体吸蔵特性について述べた。そこでは、TFGR-Wの重水素吸蔵量は純タングステンより多いということが示された。TFGR-Wをプラズマ対向材料として使用した場合も、トリチウム蓄積量が大きくなると予想されるが、安全面で問題になる可能性は低いと考えられる。

第6章では、TFGR-Wの表面形態変化について述べた。そこでは、TFGR-Wでも、純タングステンと同様に、表面にブリスタの発生を確認した。そのため、プラズマ対向材料として使用する場合も、ブリスタの発生に注意する必要がある。また、粒界強化処理を施した材料の方が、表面形態変化を低減できる点で優位である、という評価を行った。

第7章で、TFGR-Wの表面溶融・損耗挙動について述べた。そこでは、TFGR-Wを過渡的な高熱負荷に曝すと、表面は溶融し粗い凝固層を形成することが分かった。そのため、そのような高い熱負荷を受ける場所での使用は避けるべきである、という評価を行った。また、表面が溶融しなくても、添加物の損耗に注意する必要がある。

第8章では、本研究の総括を述べた。

本研究により、TFGR-Wを実験炉や原型炉のプラズマ対向材料として使用した場合、トリチウム蓄積量は許容範囲内であることや、表面形態変化を低減するための方策を示した。しかし、表面の溶融・損耗には注意する必要があり、それを避けられるプラズマ条件であれば、十分使用可能な材料であるということが分かった。更に、TFGR-Wの特長である優れた機械的特性を考慮に入れれば、「核融合炉の長期的・安定的な運転」を実証するために、プラズマ対向材料として非常に有用な材料であるということを示した。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (大宅 諒)		
	(職)	氏 名
論文審査担当者	主 査	教授 上田 良夫
	副 査	教授 兒玉 了祐
	副 査	准教授 加藤 裕史
	副 査	教授 村上 匡且
	副 査	教授 吉村 政志

論文審査の結果の要旨

本論文は、磁場閉じ込め核融合炉のダイバータに先進タングステン材料 (TFGR-W) を使用した場合のプラズマ照射影響について、トリチウム蓄積と高熱負荷影響の視点から研究を行った内容を記している。

第1章では、序論として核融合炉におけるダイバータ材料研究の現状と課題を述べ、それを受けた本研究の目的と意義をまとめている。

第2章では、従来のタングステン材料や、熱機械的特性を向上させた微結晶粒タングステンTFGR-Wの材料特性について述べている。

第3章では、タングステンの水素同位体照射効果の理論と先行研究についてまとめている。

第4章では、研究において使用した試料の詳細や、実験で使用したプラズマ照射装置や分析装置の概要について述べている。

第5章では、TFGR-Wの水素同位体吸蔵特性について述べている。ここでは、TFGR-Wの重水素吸蔵量は従来のタングステン材料より多いということが示されている。ただ、TFGR-Wをプラズマ対向材料として使用した場合は、従来のタングステン材料に比べて、トリチウム蓄積量が大きくなると予想されるが、安全面で問題になる可能性は低いと考えられることが述べられている。

第6章では、TFGR-Wの表面形態変化について述べている。ここでは、TFGR-Wでも、従来のタングステン材料と同様に、表面にプリスタの発生を確認している。そのため、プラズマ対向材料として使用する場合も、プリスタの発生に注意する必要があることを指摘した。また、粒界強化処理を施した材料の方が、表面形態変化を低減できる点で優位である、という指摘を行っている。

第7章では、TFGR-Wの表面溶融・損耗挙動について述べている。ここでは、TFGR-Wを過渡的な高熱負荷に曝した場合に、表面が溶融し粗い凝固層を形成する現象について説明されている。このため、高い熱負荷を受ける場所での使用は避けるべきである、という実際の使用条件に係わる指摘を行っている。また、表面が溶融しなくても、添加物の損耗に注意する必要がある点も指摘している。

第8章は、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では、これまで十分に研究が行われていなかった核融合炉で想定される環境下において、系統的なデータを取得すると共に、その現象の解明とモデリング、及びそれらに基づくトリチウム蓄積量の評価を行い、核融合炉壁材料としてのTFGR-Wの適用性を評価する際の重要な知見やデータを得ている。

以上のように、本論文では、TFGR-W をプラズマ対向材料として使用した場合の、トリチウム蓄積量と高熱負荷応答の観点からの新たな研究成果を示している。これにより、TFGR-W をプラズマ対向材料として使用した場合の材料中のトリチウム挙動や高熱負荷応答に関する学術的な理解が深まると共に、今後の核融合炉設計に資する重要な成果を得ている。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。