



Title	グラファイトのイオン照射による表面損傷及び重水素・ヘリウム放出挙動に関する研究
Author(s)	渥美, 寿雄
Citation	大阪大学, 1989, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/147">https://hdl.handle.net/11094/147</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏名・(本籍)	あつ	み	ひさ	お
	渥	美	寿	雄
学位の種類	工	学	博	士
学位記番号	第	8 6 8 2		号
学位授与の日付	平成元年	3 月	24 日	
学位授与の要件	工学研究科原子力工学専攻 学位規則第5条第1項該当			
学位論文題目	グラファイトのイオン照射による表面損傷及び重水素・ヘリウム放出挙動に関する研究			
論文審査委員	(主査) 教授 三宅 正宣			
	教授 岡田 東一	教授 関谷 全	教授 山本 忠史	
	教授 住田 健二			

## 論文内容の要旨

本論文は、核融合炉第一壁候補材料である黒鉛材について、特に問題となるイオン照射による損傷と、注入イオン種の熱放出挙動、及び水素の吸放出挙動について行われた研究結果を取りまとめたもので、本文8章及び付録より構成されている。

第1章は緒論で、核融合研究の現状と第一壁材料に課せられる条件についてまとめ、本研究の位置付けと目的を明らかにしている。

第2章では、本研究において対象とした4種類の黒鉛材（等方性黒鉛2試料、シート状黒鉛、ガラス状炭素）について、X線回折法、ビッカース硬度測定、偏光顕微鏡観察、走査型電子顕微鏡観察等を行い、特に結晶学的構造を中心にこれらの黒鉛材の特性の評価を行っている。

第3章では、4種類の黒鉛材に20 keVの $D_2^+$ イオンを照射した場合の表面損傷について研究し、その表面変形が特に照射による体積変化、応力蓄積により生じること、プリズム面配向性の強い黒鉛粒子では表面変形が著しいこと等を明らかにしている。

第4章では、20 keV  $He^+$ イオンによる黒鉛材の表面損傷について研究し、 $D_2^+$ イオン照射に比べて大きな表面隆起が形成されることを示すとともに、その変形のプロセスは、主としてヘリウムバブルの形成に影響を受けているものと推定している。さらに基底面配向性の強いシート状黒鉛では剥離による著しい損傷を受けることを示している。

第5章では、 $D_2^+$ イオン照射した黒鉛からの $D_2$ 及び $CD_4$ の放出挙動について研究し、その放出挙動が黒鉛材の種類により殆ど差がないことを示し、また、その放出機構について、 $D_2$ は再結合律速と拡散律速の重ね合わせで、 $CD_4$ は脱離律速のモデルで表されること、及び $D_2$ 、 $CD_4$ の放出速度を記述する

式を与えている。

第6章では、 $\text{He}^+$  イオン照射した黒鉛からの  $\text{He}$  の放出挙動について研究し、その放出機構が比較的低線量照射の場合には拡散律速で表され、高線量の場合は照射に伴うトラップサイトの成長により脱離律速に変わることを示している。

第7章では、高温で重水素ガスに接触させた等方性黒鉛試料について、重水素溶解度の測定と放出挙動の測定を実施し、溶解挙動については、Sievert's 則に従うことを見だし、放出挙動については黒鉛粒界及び粒内の拡散律速モデルにより記述できることを示している。

第8章では、本研究で得られた知見を要約するとともに、黒鉛材の核融合炉への適用に対する今後の課題について述べている。

付録では、本研究で用いた放出挙動の解析法について詳述している。

## 論文の審査結果の要旨

核融合炉心材料は、核融合反応によってもたらされる過酷な環境で使用されるもので、これに適合できる炉心材料の開発は核融合炉実現の成否を握る大きな課題の1つである。これに対し、黒鉛材は、現在、最も有望な炉心材料とされ、各種の核融合実験装置においてその使用が進められてきている。本論文は、黒鉛材の炉心材料としての特性を評価する基礎として、核融合炉心環境に置かれた黒鉛材について、特に問題となる軽イオン照射による損傷と注入イオン種の熱放出挙動、及び、燃料の水素成分の熱吸収・放出挙動について研究した結果をまとめたもので、その主要な成果は以下の通りである。

まず、研究材料としては、黒鉛材の特性がそれらの原材料や製法等により著しく異なる点を考慮し、特性に特徴のある黒鉛材として等方性黒鉛、シート状黒鉛、及び、ガラス状炭素を選び、それらの基本的な特性と炉心材料としての具体的な特性評価を行っている。

次に、これらの材料の軽イオン照射による損傷については、 $20\text{ KeV}$  の  $\text{D}_2^+$  イオンと  $\text{He}^+$  イオンそれぞれによる表面照射損傷について検討し、

- (1)  $\text{D}_2^+$  イオン照射については、それによる体積変化と応力蓄積により顕著な表面変形が生じること、及び、この変形が材料中の黒鉛粒子の配向性に著しく依存すること、
- (2)  $\text{He}^+$  イオン照射については、 $\text{D}_2^+$  イオン照射に比べてより大きな表面隆起が生じ、これは主としてヘリウム気泡の形成に起因すると推定されることなどを明らかにしている。

更に、黒鉛に照射により注入されたイオン種の熱放出挙動については、

- (1)  $\text{D}_2^+$  イオンを照射した場合の  $\text{D}_2$  及び  $\text{CD}_4$  の照射後の熱放出挙動は黒鉛材の種類により殆ど差がないが、放出機構としては、 $\text{D}_2$  は再結合-拡散律速過程、 $\text{CD}_4$  は脱離律速過程の各モデルによって解析されること、
- (2)  $\text{He}^+$  イオンを照射した場合の  $\text{He}$  の熱放出機構は照射線量の増加に伴って、その律速過程が拡散過程から脱離過程に変わることを明らかにしている。

加えて、黒鉛材の重水素の熱吸収・放出挙動について検討し、等方性黒鉛材の重水素溶解度を測定するとともに、溶解重水素の熱放出挙動がその黒鉛材中の拡散律速過程により解析できることを示し、核融合炉燃料成分と黒鉛材の重要な相互作用に関する有用な知見を得ている。

このように本論文は、核融合炉炉心材料としての黒鉛材の挙動の評価に必要な基礎的データと知見を集積してその解析、検討を行っているもので、核融合炉材料の開発の上で極めて有用な材料科学的知見を与えるもので、原子力材料学並びに核融合炉工学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。