



Title	ペブルダイバータにおける燃料ガス排気のための高粒子束照射下での黒鉛の動的水素吸蔵に関する研究
Author(s)	松廣, 健二郎
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/43393
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 大阪大学の博士論文について

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏名	松廣健二郎
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第17038号
学位授与年月日	平成14年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科電子情報エネルギー工学専攻
学位論文名	ペブルダイバータにおける燃料ガス排気のための高粒子束照射下での黒鉛の動的水素吸蔵に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 西川 雅弘
	(副査) 教授 飯田 敏行 助教授 上田 良夫 教授 田中 和夫 教授 堀池 寛 教授 三間 圭興 教授 西原 功修 教授 朝日 一 教授 粟津 邦男

論文内容の要旨

本論文では高粒子束照射下での黒鉛の動的水素吸蔵・放出挙動を調べることによって、将来の高出力密度核融合炉に対応したダイバータシステムであるペブルダイバータにおける燃料ガス排気機能の評価を行なった。

ペブルダイバータにおける燃料ガス排気機能を評価するためには、ペブルが照射領域でプラズマとの相互作用により燃料粒子を注入された後、トリチウム、及び、ヘリウムを含む他の不純物の回収を行なうための脱ガス領域に達したときのプラズマ対向層の水素吸蔵量(過渡水素吸収量)、脱ガス領域の出口において残っているプラズマ対向層の水素吸蔵量(残留水素量)を知る必要があった。そこで、高粒子束水素ビーム照射後の過渡吸収・放出挙動の観測を行なった。

実験結果より、照射時の最高温度より昇温を行わない温度プロセスにおいても、ビーム照射によってペブルに注入された水素は照射中に同時放出されるのではなく、その一部が脱ガス領域を模擬した最高温度保持プロセス中に放出されることが分かった。その量は温度が高くなるに従い大きくなることが分かった。

照射中の最高温度973Kにおける脱ガス領域を模擬した最高温度保持プロセス中の水素放出量から、ペブルダイバータの燃料ガス排気能力を計算した。その結果、ITER(大半径8.1m)を想定した場合のペブルダイバータの燃料ガスガス排気能力は380Pa・m³/secに相当し、ITERの定常運転時に必要な燃料ガス供給量200Pa・m³/secより大きかった。

また、照射より5秒までの水素放出挙動、及び、最適な照射時最高温度を評価するために数値解析を行なった。数値解析には、黒鉛材料中の捕獲された水素、および、捕獲されておらず動き得る水素の質量平衡方程式により表されたモデルを用いて数値解析を行なった。その結果、実験で得られた放出量がほぼ実際に排気に用いることができる放出量にほぼ等しいことが分かった。そして、脱ガス領域を模擬した最高温度保持プロセス中に放出水素量は照射中の最高温度1100K付近で最大となった。このとき、ペブルの最適な大きさは黒鉛カーネルで約1.4mm、SiCカーネルで約1.2mmであることが分かった。

論文審査の結果の要旨

ダイバータ配位の磁場閉じ込め核融合炉においてはダイバータ板にプラズマからの熱、および、粒子が集中するため、その熱除去と損耗への対策が大きな課題となっている。このような問題に対し超高温工学講座ではダイバータプラズマ流に交差させるように多層被覆粒子を落下させることでプラズマからの高熱・高粒子束を受け止め、しかも、連続的に系外に除去可能な熱・粒子制御法であるペブルダイバータ概念を提案している。本研究では特にペブルダイバータの燃料ガス排気機能について評価することを目的に、高粒子束ビーム照射装置を用いて黒鉛材料に水素ビームを照射し、照射直後の水素放出挙動について調べている。本論文で得られた成果を要約すると以下のとおりである。

- (1)高粒子束ビーム照射下では、黒鉛材料に過渡的に多くの水素が吸蔵され、照射後に昇温を行なわず、一定温度に保つだけでも黒鉛材料から水素が放出されることを実験的に初めて示すとともに、その水素放出量は照射時最高温度が高くなるに従い大きくなり、照射時最高温度973Kにおいて、 $4 \times 10^{20} \text{ atoms/m}^2$ の放出量となることを明らかにしている。
- (2)最大の水素放出量より、ITER（大半径8.1m）を想定した場合の燃料ガス排気量は $380 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$ に相当し、この排気量はITERの定常運転時に必要な燃料ガス供給量 $200 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$ より大きいことから、ペブルダイバータシステムは十分な燃料ガス排気能力を持つ可能性があることを明らかにしている。
- (3)黒鉛材によるHe排気は既存のデータからは燃料ガス排気と両立しないことを示し、既存のTDSデータからHe排気のための表面層材料の候補としてはSiC、B₄Cなどがよいことを示している。
- (4)質量平衡方程式を用いた解析は実験で得られた高粒子束ビーム照射直後の水素放出挙動をよく記述しており、この解析より照射時最高温度保持プロセスでは、照射時最高温度は1100K付近が最適であることを明らかにしている。
- (5)ペブルダイバータシステムに使用するペブルの最適な大きさを排気に最適な表面温度、及び、ペブルの循環量を考慮して評価し、SiCカーネルで約1.2mm、黒鉛カーネルで約1.4mmであることを示している。

以上のように、本論文は、高粒子束水素ビーム照射下で黒鉛中に過渡的に飽和水素吸蔵量以上に水素が吸蔵される現象を実験的に初めて示したことは大きな成果である。この成果は核融合炉の粒子制御の分野に大きく寄与すると考えられる。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。