

(論文内容の要旨)

本論文は、核融合炉ブランケット温度条件下のセラミック材料における照射効果の解明に資することを目的として、ブランケット候補材からのトリチウム回収実験とともに、いくつかの代表的なセラミック材料を用いてイオンビーム照射下のin-situ発光測定や照射後のESR測定を行い、セラミック材料における照射欠陥の生成と反応について検討した結果をまとめたものであって、6章からなっている。

第1章は序論であり、まず研究の背景として、核融合炉の燃料であるトリチウムの増殖を担うブランケット材については、増殖性能や安全性能の観点からいくつかのセラミック材料が候補とされ、データベースの整備が進められているが、特にブランケット温度条件下のセラミック材料における照射効果については不明の部分が少なくないことを述べ、続いて本論文の研究目的と構成について記述している。

第2章では、ブランケット候補材としてのセラミック材料においては、トリチウムの回収性能に照射効果が見られる可能性があることに着目して、特に珪酸リチウムについて、中性子照射を行い、照射後の試料を用いてトリチウムの回収実験を行った結果を述べている。実験においては、試料の温度やトリチウム回収用のガスの成分を制御するとともに、トリチウムを水(H₂O)成分と水素(H₂)成分に区別して、それぞれの回収速度を測定しており、その結果、照射後の試料から回収されるトリチウムのH₂O成分の収率が中性子の照射量に依存して増加すること、その依存性は珪酸リチウムの種類、即ちオルト珪酸リチウムとメタ珪酸リチウムによって異なることなどを見出し、珪酸リチウムからのトリチウムの回収性能に照射効果が見られることを示した。また、トリチウムの回収速度の解析においては、拡散律速と一次反応律速の2成分を考慮する必要があること、特に拡散律速の成分について照射量への依存性が見られることなどを見出し、中性子照射によってセラミック材料内に生成した照射欠陥の影響によるものであることを明らかにした。

第3章では、核融合炉ブランケット温度条件下のセラミック材料における照射効果の解明に当たっては、照射欠陥の動的な挙動の測定が不可欠であることに着目して、イオンビーム照射下のin-situ発光測定法を用いることとし、ブランケット候補材としての珪酸リチウムや、代表的なセラミック材料としてのシリカについて測定を行った結果を述べている。測定においては、リチウムの核反応による α 線の効果を見るためにも、加速器で加速されたヘリウムイオンや水素イオンを用いて、照射下の試料から発生する光の強度やスペクトルを測定

しており、その結果、発光の強度やスペクトルの解析を行うことによって照射欠陥の生成と反応に関する知見が得られることを示した。即ち、照射欠陥からの発光を区別して測定することによって、個々の照射欠陥の生成と反応について、そのメカニズムを明らかにするとともに、反応速度パラメータを求めた。

第4章では、前章に引き続いて、イオンビーム照射下のin-situ発光測定法を、他のセラミック材料としてのアルミナやサファイアに適用した結果を述べている。測定においては、発光強度の温度依存性を測定するとともに、異なる温度での発光強度の経時変化を測定しており、その結果、照射欠陥の反応としては、再結合反応とともに、照射量によっては照射欠陥の集合体（クラスター）が生成する可能性があることを明らかにした。また、解析においては、照射欠陥の生成量をシミュレーションによって推定し、その結果を用いて照射欠陥の反応速度パラメータを求めた。

第5章では、照射効果の解明に当たっては、照射欠陥の生成と反応に関する定量的な測定が不可欠であることに着目して、いくつかの代表的なセラミック材料についてESR測定を行った結果を述べている。測定においては、中性子やイオンビームで照射されたシリカガラスと石英を用いて、熱アニールによる照射欠陥濃度の変化を測定しており、その結果、中性子やイオンビームで照射したセラミック材料においては照射量（dpa）に依存して各種の照射欠陥が生成すること、dpaが大きくなると照射欠陥のクラスターが成長することなどを明らかにした。また、一部の照射欠陥については、比較的低温の領域においてもその反応が進行することを見出したことから、等温アニールの結果を解析してこれらの反応の速度パラメータを求めるとともに、これらの反応においては酸素原子の拡散が重要であることを指摘した。

第6章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、核融合炉ブランケット温度条件下のセラミック材料における照射効果について、そのメカニズムの解明に資することを目標に研究した成果についてまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. ブランケット候補材としてのセラミック材料においては、そのトリチウムの回収性能に照射効果が見られる可能性があることに着目して、特に珪酸リチウムについて、中性子照射を行い、照射後の試料を用いてトリチウムの回収性能実験を行った。その結果、照射後の試料から回収されるトリチウムのHT成分の収率が中性子の照射量に依存すること、その依存性は珪酸リチウムの種類、即ちオルト珪酸リチウムとメタ珪酸リチウムによって異なることなどを明らかにした。

2. 核融合炉ブランケット温度条件下のセラミック材料における照射効果の解明に当たっては、照射欠陥の動的な測定が不可欠であることに着目して、イオンビーム照射下の in-situ 発光測定法を用いることとし、ブランケット候補材としての珪酸リチウムや、代表的なセラミック材料としてのシリカおよびアルミナについて測定を行った。その結果、得られたデータからブランケット温度条件下の照射欠陥の生成と反応について、そのメカニズムを明らかにするとともに、反応速度パラメータを求めた。

3. 照射効果の解明に当たっては、照射欠陥の生成と反応に関する定量的な測定が不可欠であることに着目して、いくつかの代表的なセラミック材料について ESR 測定を行った。その結果、中性子やイオンビームで照射したセラミック材料においては照射量 (dpa) に依存して各種の照射欠陥が生成すること、dpa が大きくなると照射欠陥のクラスターが成長すること、照射欠陥の反応においては酸素原子の拡散が重要であることなどを明らかにした。

以上要するに、本論文は、核融合炉ブランケット温度条件下のセラミック材料における照射効果について新たな知見を得るとともに、実用条件下の照射効果についてその評価に必要なデータを提供したものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成21年2月2日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。