

審査の結果の要旨

氏名 Tianyong Luo (羅 天勇)

核融合エネルギーは、資源問題が少ないこと、高レベル放射性廃棄物の発生がないこと、およびプルトニウムなどの核不拡散上の問題が少ないことのために将来のエネルギー源の候補と考えられている。核融合炉が実現されるためには、プラズマ炉心性能の向上とともに、発電ブランケットの研究開発が必須である。固体ブランケットではリチウム酸化物がトリチウム増殖材料として考えられている。ブランケットでは中性子との反応によって生成されたトリチウムを滞留時間を少なくして回収する必要がある。このとき、中性子の照射によって様々な欠陥が生じ、トリチウムの存在状態や放出速度はこれら欠陥との相互作用によって影響される。本研究の目的は、様々な三元系リチウム酸化物について、 D_2^+ の照射後の重水素の存在状態と加熱放出挙動の測定から、欠陥存在下での水素同位体の存在状態、放出挙動を明らかにすることを目的とする。また、様々な三元系リチウム酸化物について、存在状態と放出挙動を体系的に明らかにする試みを行うことも目的としている。

本論分は7章で構成されている。

第1章は研究の背景と目的が書かれている。

第2章は実験方法について説明している。この研究で用いた実験手法は $3keVD_2^+$ を試料に照射した後、O-Dの存在状態を拡散反射型(粉末試料)あるいは透過型(単結晶試料) FTIR で観察することと、照射後加熱放出(TDS)による化学種(HD, D_2 , HDO, D_2O)毎の放出速度の測定である。実験した三元系リチウム酸化物は、 $LiAlO_2$, Li_2TiO_3 , Li_2SiO_3 , Li_4SiO_4 , $LiNbO_3$ および $LiTaO_3$ である。

第3章は三元系リチウム酸化物における多種類 O-D 存在状態について記述している。 $LiAlO_2$ について FTIR での観察によると3種類のO-D(OD_α , OD_β , OD_γ)が観察された。それらは、それぞれ、表面OD、Li空孔あるいはAl空孔に影響されたOD、および格子間に存在する D^+ によるODと帰属されている。さらに、 Li_2TiO_3 , $LiTaO_3$ の FTIR によるOD観察結果についても説明している。また、結晶構造が同じである、 $LiNbO_3$ と $LiTaO_3$ の FTIR 結果の比較から、観察された OD_β に相当する2つのピークのうち高波数側の振動はNbあるいはTa空孔に影響されたODであることが明らかにされた。

第4章は三元系リチウム酸化物からの重水素放出挙動について記述している。一般にHD, D_2 という分子状と、HDO, D_2O という水蒸気状の化学形に分けられることが分かり、単結晶の場合には、分子状のもの割合が大きいことが示されている。また、 $LiAlO_2$, Li_2TiO_3 では水蒸気の化学形での放出が分子状での放出に比してより高温で観察されるのに対して、 Li_4SiO_4 , Li_2SiO_3 では分子状での放出が水蒸気よりも高温で生じるという観察結果が報告されている。

第 5 章は存在状態と放出挙動との相関について記述している。まず、重水素の放出挙動は表面に吸着されたことによって生じる OH に影響されることおよび HDO の放出は表面における OH と OD の再結合反応によることが示されている。また、D₂, HD の放出温度は ESR ピークの消滅温度と強い相関があるという興味深い結果が示されている。さらに、加熱放出時における、OD_β の FTIR 吸収強度の増加から、OD としてでなく別の化学形 (D⁰, D)での存在が示されている。また、加熱時の FTIR 吸収の変化と TDS 結果を詳細に比較検討することによって OD として存在する重水素の一部は D₂ として放出するという結論も示されている。また、放出される重水素の様々な化学形は主に、酸素イオンや不対電子の存在などという表面化学環境に主に起因することを示している。

第 6 章においては、実験で使用した様々な三元系リチウム酸化物(Li_xM_yO_z)について重水素の存在状態や放出挙動を体系的に説明することの第 1 歩の検討結果が示されている。ここでは、Li 置換型 OD の振動数と存在割合、放出化学形の割合 (分子形、水蒸気形) および放出温度 (分子形、水蒸気形) と、M の原子番号、M の電荷数、M の電気陰性度及び酸素濃度との相関について調べている。この相関性の研究は今後、三元系リチウム酸化物を体系的に研究していく際に有効であることが示されている。

第 7 章は結論である。

以上、本研究は、核融合炉固体増殖材料である三元系リチウム酸化物についてトリチウム回収挙動解明の基礎として高エネルギーで照射した重水素の存在状態と放出挙動について多くの有用な知見を与えており、システム量子工学、特に核融合工学への貢献は小さくない。

よって本論分は博士 (工学) の学位請求論文として合格と認められる。