

審査の結果の要旨

氏名 八木 重郎

本論文は、核融合工学分野で重要な材料である液体リチウムの使用に際して低減が必要となる不純物の水素同位体および窒素に対する低減に着目し、それらの回収のためのトラップ材料における水素や窒素の挙動を解明し、モデルの構築を行うことを目的としたもので、水素同位体および窒素のトラップ材料としてはそれぞれイットリウムと鉄チタン合金に焦点を当てており、全 6 章から構成されている。

第 1 章は序論であり、本研究の背景として核融合分野における液体リチウムの重要性、そして液体リチウム使用における水素同位体や窒素の低減の必要性、これまでの各不純物の低減に関する研究例を紹介し、解決すべき課題をまとめ、本研究の目的を述べている。本論文は、リチウム中での水素回収をその場観察するために水素同位体濃度センサーを開発しつつ、イットリウムによる水素回収を観察、また窒素の回収は組成を変えた鉄チタン合金を作製して窒素吸収の変化を測定し、水素、窒素ともに回収に対するモデルを構築して実際の大型リチウムループに対する提言・試算を行うことを目的としている。

第 2 章では、まず純鉄を透過壁材料として利用したリチウム中水素同位体濃度センサーの開発を行い、そのセンサーの定量性に関して軽水素、重水素およびトリチウムを利用した実験を行い、数十 wppm 以上のリチウム中水素濃度領域において十分な定量性を有することを確認している。そしてそのセンサーを利用してイットリウムによるリチウム中水素回収のその場観察を行い、高水素濃度領域ではイットリウム内での水素拡散を律速過程として回収が進行することを述べている。また、リチウム中に不純物窒素が存在することにより、イットリウムの水素回収が阻害されることを明らかにしている。

第 3 章では、濃度を変えた複数種の鉄チタン合金を作製し、それらを利用してリチウム中で窒素回収を行って、窒素回収特性が合金濃度に対して依存性を有することを述べている。そしてそこで示唆された合金の組織ごとの特性差を詳細に解明するため、アンモニアを含有したガス雰囲気での鉄チタン合金の窒素吸収特性および水素雰囲気での脱窒素特性を測定し、合金内部での窒素濃度に応じて窒素の拡散挙動に変化が生じることを示す結果を得ている。

第4章では、セルオートマトン法を利用し、第2章及び第3章で得られたイットリウムによる水素回収試験のモデル化、鉄チタン合金の窒素吸収挙動のモデル化を行っている。このモデルと実験データとの比較により、イットリウムによる水素回収において、イットリウム表面の窒素汚染が表面における水素吸収反応の効率を低下させることを明らかにしている。また既往研究のイットリウム-ニオブ合金中の水素拡散をモデルとし、セル条件の設定により複合組織内での拡散現象も再現できることを示し、鉄チタン合金による窒素吸収挙動の再現も可能であることを示している。

第5章は総合討論であり、実用的な視点から本研究により得られた知見をとらえ、特に大型リチウムループを備える IFMIF およびその工学実証ループにおける水素同位体モニターの利用、そして水素トラップおよび窒素トラップの運転パターンに対して提言を行うとともに、窒素トラップの長期挙動の予測を行っている。

第6章は結論であり、本研究を総括を行っている。

以上を要するに、本論文は液体リチウム用非金属不純物トラップ材に着目し、水素および窒素の回収挙動についての研究を行うとともに、リチウム用水素同位体モニターの開発を行ったものであり、IFMIF のリチウムループのみならず、核融合炉液体ブランケット増殖材としての液体リチウムの利用に際しても重要な、学術的かつ実用的基盤を提供しており、原子力・核融合工学の発展に貢献するところが少なくない。よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。