利用課題名　Li 添加型先進トリチウム増殖材料の開発

英文利用課題名　Development of an advanced breeding material added with Li

寺井　隆幸[1)]　　向井　啓祐[2)]
Takayuki TERAI　　Keisuke MUKAI

[1)]東京大学大学院工学系研究科附属総合研究機構
[2)]東京大学大学院工学系研究科原子力国際専攻

（概要）
チタン酸リチウム（Li_2TiO_3）は核融合原型炉(DEMO 炉)計画のブランケットに装荷する、トリチウム増殖材として最も有望な材料である。固体増殖材は核融合ブランケット内で、中性子照射を受けることになり、核的燃焼や蒸発に伴う Li の損失が生じる。Li 損失によって増殖材ペブル内の Li 含有量が低下するため、時間経過と共にトリチウムの生産能力が低下すると予測されている。

これまでの研究では、運転環境下で予想される Li 損失を補う、Li 過剰チタン酸リチウム(Li/Ti > 2.0)の合成に成功し、化学的安定性や熱機械特性において標準組成のものと異なる特性を持つことを明らかにした。本研究ではレーザーフラッシュ法により、様々な Li 含有量を有する Li 過剰チタン酸リチウムの熱拡散率を測定した。

キーワード：核融合、先進トリチウム増殖材料、ITER

（1 行あける）

１．目的

核融合ブランケット内では時間経過と共に固体増殖材中の Li 原子密度が低下するため、Li 過剰チタン酸リチウムは長期使用可能な点で有望視されている。この固体増殖材の導入を検討する上で、高温における Li 過剰チタン酸リチウムの熱機械的特性や化学的な安定性に関する知見を収集する必要がある。これまでの研究で標準組成のチタン酸リチウムと Li 過剰チタン酸リチウムで熱化学的な特性が異なることが報告されているが、実際に Li/Ti 比と熱拡散率の関係は明らかにされていない。また、得られた熱拡散率から熱伝導率を求め、増殖材ペブルが重点されたブランケットの温度分布および応力分布を計算する意味でも、Li 過剰チタン酸リチウムの熱拡散率を求める必要がある。本研究ではレーザーフラッシュ法により、Li 存在比が異なる Li 過剰チタン酸リチウムの熱拡散率を測定し、ペレット密度、チタン酸リチウムの Li/Ti 比と熱伝導率の関係性を明らかにすることを研究目的とする。

２．方法

始発原料の中和反応（脱水反応）を利用する中和合成法によって、様々な Li/Ti 比を有するチタン酸リチウムを合成した[1]。始発原料として、水酸化リチウム一水和物とメタチタン酸を使用した。標準組成の Li_2TiO_3 を合成する場合は始発原料の粉末はモル比で 2：1 となるように、Li/Ti 比（混合時）2+x の Li 過剰

メタチタン酸リチウムを合成する場合には始発原料を(2+x)：1 となるように秤量し、プラスチック容器中でこれらの粉末を回転混合した。得られたスラリー状試料を乾燥し、直径 10mm 厚さ 20mm のペレット状に成型して電気炉内で 1200℃の熱処理を行った。焼結によって得られた、始発原料混合時の Li/Ti 比が 2.0、2.2、2.3 となるチタン酸リチウムをそれぞれ L100、L110、L115 とし、測定試料とした。レーザーフラッシュ法装置を用いて、室温から 900℃までの熱拡散率を測定した。１測定温度あたり３回の測定を行い、100℃ピッチで 10 温度レベルでの測定で計 30 回のレーザ光照射を行った。

３．研究成果

試料は焼結により収縮した。熱処理を行う前の直径を d_0, 熱処理後の直径を d とすると、Li/Ti=2.0 で規格化された収縮率 d/d_0 は Li/Ti が高いほどペレットの収縮率は大きいことが確認された。また、これらのペレットの破断面の SEM 分析を行った結果、Li/Ti の高い試料では粒成長が促進されていることが観測された。すなわち、原料粉末も熱処理条件も同一であることを考慮すると、Li/Ti 比が大きいほど焼結性が向上することが言える。

これらの試料の X 線回折試験を行った結果、L100 と L110 の回折位置は Li_2TiO_3 の Peak Diffraction File の回折位置[2]に帰属した。しかしながら、L115 となる Li 過剰メタチタン酸リチウムからは第二相となる、Li_4TiO_4 [3]のピークが確認された。従って、単一相での熱拡散率比較を行うために、メタチタン酸リチウム L100(Li/Ti=2.0)と Li 過剰メタチタン酸リチウム L110 の比較を行った。

４．結論・考察

Li/Ti 比が異なる単一相 Li_2TiO_3（L100、L110）の熱拡散率は 300～1173K の温度範囲を 100K 刻みで、3 回ずつ測定された。いずれの試料の熱拡散率も、800K 以下の低温域では、いわゆる Umklapp process に相当する温度上昇にともなう減少があり、より高温域では、フォトン輻射の増大により一定、あるいは増大した。ここで注目すべきは、測定されたすべての温度で L110 の熱拡散率は L100 のそれよりも大きいことである。L110 の大きな熱拡散率は、中性子核融合反応で生成した熱エネルギーを、ブランケット材料を通して冷却剤に効率よく伝えるうえで好ましい特性である。この違いに影響を与えた因子としては、Li_2TiO_3 と Li 過剰組成の結晶粒径、焼結密度、物質固有の熱特性の差が考えられる。L110 のフォトンの散乱中心となる格子欠陥の密度が大きいので、その熱拡散率は L100 よりも小さいと推定される。したがって、この熱拡散率の差は、物質固有の熱拡散率の違いではなく微細構造の違いに起因すると考えられるが、より詳細には現在 検討中である。

５．引用（参照）文献等

[1] T. Hoshino, T. Kobayashi, M. Nashimoto, H. Kawamura, T. Terai, T. Yamawaki, 208 Y. Takahashi, J. Ceram. Soc. Jpn. 112 (2004) S354–S357
[2] PDF#33–0831, PDF–Card, Material Data Inc.
[3] PDF#26-1197, PDF–Card, Material Data Inc.