

## レーザー核融合炉用液体金属ブランケットの燃料増殖性能に関する検討

Study on tritium breeding performance of various liquid metal breeders for laser inertial fusion reactors

\*内海 幹太<sup>1</sup>, 大宮 馨<sup>1</sup>, 近藤 正聡<sup>2</sup>

<sup>1</sup>東京工業大学工学院機械系, <sup>2</sup>東京工業大学科学技術創成研究院

トリチウム(T)生産に特化した核融合炉液体増殖ブランケットにおいて, 燃料増殖材である液体 LiPb の T 増殖に最適な Li 濃度を検討した. Li 濃度を 25 at%まで上昇させることで T 増殖率(TBR)を大きく改善できることがわかった. また, 固相温度の低い液体 LiGa などを使用したブランケットの TBR も評価した.

**キーワード:** レーザー核融合炉, トリチウム増殖率, 液体ブランケット, リチウム鉛合金, リチウムガリウム合金, リチウムインジウム合金

**1. 緒言** 核融合炉の実現に向けた研究開発が活発化する一方で, 燃料となるトリチウム(T)の資源量が限定的である. ブランケットの体積を十分に確保できるレーザー核融合炉は, 他の核融合炉方式と比較して T 増殖に適している. 従来の液体リチウム鉛合金(LiPb)ブランケットに関する設計や要素技術研究の多くは, 共晶組成である 16 at% 付近の Li 濃度の組成を対象に行われてきた [1]. ただし, T 増殖に特化した条件における LiPb の組成の最適化に関する研究は限定的である. 本研究の目的は, LiPb の Li 濃度を調整して T 増殖性能を限界まで上昇させたブランケット概念を検討することである. 一方で, 融点の低い液体増殖材を使用することで, ブランケット内の最高温度を一定としつつも, 系内の温度勾配を大きくすることが可能となり, 熱効率の上昇を図ることが可能である. そこで, 固相温度が低い液体リチウムガリウム合金(LiGa)や液体リチウムインジウム合金(LiIn)の燃料増殖性能も評価した.

**2. 中性子輸送計算** 本研究では, 中性子輸送コード Particle and Heavy Ion Transport code System (PHITS) ver.3.34 [2]を用いて, レーザー核融合炉体系のブランケットに対する中性子輸送計算を行った. 内径が 7 m の球形型のチャンバーを対象とし, 計算体系では, 液体壁(LiPb)を含む増殖ブランケット(低放射化フェライト鋼 10 at%均等混合)の外側に遮蔽材(50cm)を設置した. 燃料増殖材として LiPb を使用し, Li 濃度を 5%, 10%, 15%, 20%, 25% の 5 種類とした. Li 濃縮をしない条件で, LiPb ブランケットの T 増殖率(TBR)を評価した. この他, 融点が高い Li<sub>5</sub>Ga<sub>95</sub>(固相温度: 366K)や Li<sub>5</sub>In<sub>95</sub>(融点:429K)を使用したブランケットの TBR も評価した.

**3. 結果・考察** 図 1(a)に Li-Pb 合金の Li 濃度とローカル TBR の関係性を示す. Li 濃度を上昇させると TBR が上がることがわかった. 図 1(b)にブランケットの厚さとローカル TBR の関係性を示す. レーザーポートを除くブランケット被覆率はレーザーポートの直径が 1m でブランケットの厚さが 2m の場合は 94 %であるため, Li<sub>25</sub>Pb<sub>75</sub> ブランケットの TBR はこの被覆率を考慮しても 1.43 となることがわかった. また, ブランケットが薄い場合, 遮蔽の有無が TBR に大きな影響を与えることもわかった. LiGa および LiIn のブランケットにおいては, ブランケットの厚さを熱くしても TBR が 1 を超えることはないことが確認された.

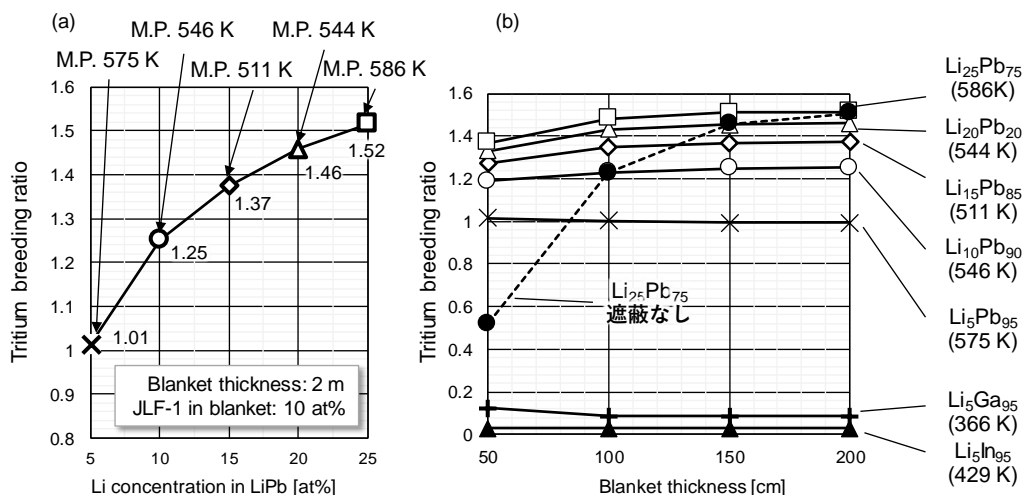


図 1 (a) LiPb ブランケットのローカル TBR と Li 濃度の関係性、  
(b) 各種ブランケットのローカル TBR とブランケット厚さの関係性

[1] T. Kulsartov et al., Fusion Eng. Des. 146 (2019) pp.1327-1320.

[2] T. Sato et al., J. Nucl. Sci. Technol. 61 1 (2024) pp.127-135.

\*Kanta Utsumi<sup>1</sup>, Kaoru Omiya<sup>1</sup> and Masatoshi Kondo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tokyo Institute of Technology