

放射性廃棄物の核変換処理を目的とした核融合炉溶融塩ブランケット成立性検討 (2) 分子動力学法を用いた Flinabe の熱物性評価

Feasibility study of molten salt blanket system for transmutation of radioactive wastes

(2) Evaluation of the heat transfer properties of Flinabe using molecular dynamics simulations

* 宍戸 博紀¹, 古館 佑樹¹, 遊佐 訓孝¹, 橋爪 秀利¹, 石井 良樹², 大鳥 範和²

¹東北大学, ²新潟大学

自己増殖型液体ブランケットの候補材である Flinabe について, 第 1 壁冷却および放射性廃棄物の核変換処理時に発生する核発熱除熱の可能性を検討するために, 分子動力学法を用いた数値解析から Flinabe の熱物性値評価を実施した。

キーワード: 核融合炉, 液体ブランケット, 溶融塩, Flinabe, 分子動力学法

1. 背景

使用済み核燃料中に含まれるマイナーアクチノイド (MA) の核変換処理において, 核融合炉は有効なシステムであると考えられる。核融合ブランケットシステムは溶融塩による自己冷却型増殖方式がこれまでに提案されている。上記システムへ MA を装荷することで, 核変換により生じる核発熱の除去ならびに燃料トリチウムの増殖等を溶融塩のみで担うことができ, システムを簡易化することが期待できる。この溶融塩の中でも融点が比較的小さいことから Flinabe (LiF-NaF-BeF₂) が近年注目されているものの^[1], Flinabe の熱物性値はほとんど明らかにされていない。Be の毒性などから実験測定が容易でない Flinabe に対して, 本研究では分子動力学法 (Molecular Dynamics; MD) を用いて数値解析評価を実施する。

2. 解析手法

溶融塩中のイオン間に働く相互作用を表すモデルには Polarizable Ion Model^[2] を用いた。本研究では物性値の実験データが揃う従来候補の Flibe (LiF-BeF₂) において計算し, 評価手法の妥当性を担保するとともに, 同様の手法で Flinabe について計算し熱伝達特性評価を実施した。シミュレーションセルにおけるイオン数はそれぞれ約 450 個とした。イオン数, 圧力, 温度一定の MD 計算から定圧比熱, さらにイオン数, 体積, 温度一定の MD 計算から Green-Kubo の公式に従って粘性, および熱伝導率を評価した。そして, 以上の各物性値からプラントル数 (Pr) を以って各溶融塩の熱物性を比較評価した。

3. 解析結果

図 1 に各溶融塩に対するプラントル数の結果を示す。図より, Flinabe は Flibe よりも融点が低く温度余裕度は大きくできるものの, 融点付近の低温度では Pr が Flibe の 5 倍ほど大きい結果となった。冷却材としての Flinabe 使用には, 今後詳細な伝熱設計検討が必要である。

参考文献

[1] A. Sagara et al., Fusion Eng. Des. 89, (2014).

[2] P. A. Madden et al., Chem. Soc. Rev. 25, (1996).

*Hiroki Shishido¹, Yuki Furudate¹, Noritaka Yusa¹, Hidetoshi Hashizume¹, Yoshiki Ishii² and Norikazu Ohtori²

¹Tohoku Univ., ²Niigata Univ.

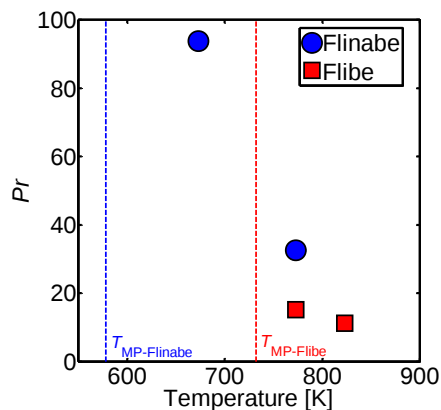


図 1 溶融塩の Pr 温度依存性