

重イオン慣性核融合燃料標的爆縮過程の数値解析のための  
イオンの熱伝導係数モデルの検討  
Study on ion thermal conduction model for numerical analysis of fuel target  
implosion process in heavy-ion inertial fusion

渡邊直人, 高橋一匡, 佐々木徹, 菊池崇志

Naoto WATANABE, Kazumasa TAKAHASHI, Toru SASAKI, Takashi KIKUCHI

長岡技術科学大学

Nagaoka University of Technology

重イオン慣性核融合の燃料ペレットの構造材であるアルミニウムなどの金属材料は爆縮過程で移流、熱伝導、輻射の3つの形態によってエネルギーを伝播する。その中でも、電子による熱伝導は高いエネルギーを持つ電子による先行加熱が発生する可能性があるため、より正確に計算する手法が検討されている。それに対し、イオンの熱伝導は、衝撃波現象に対し影響を与えないため爆縮計算コード内で省略されることも多く、爆縮過程に対する影響を調査した論文は少ない。

そこで本研究では、既存モデルを組み合わせたイオンの熱伝導係数を提案し、爆縮計算コードに組み込み、爆縮過程に対するイオンの熱伝導による影響を調査した。

今回、計算に使用した各種熱伝導モデルの計算式を以下に示す。

$$\kappa_i = 4.3 \times 10^{-12} T_i^{5/2} (\ln \Lambda)^{-1} M^{-1/2} Z^{-4} \quad (1)$$

$$\kappa_i = 2.43 \times 10^{-4} T_i^{3/4} \quad (2)$$

$$\kappa_i = 1.84 \times 10^{-10} T_i^{5/2} / \ln \Lambda \quad (3)$$

$$\kappa_i = 4.3 \times 10^{-12} T_i^{5/2} / (Z \ln \Lambda) \quad (4)$$

式(1)はChristiansenらが開発した爆縮計算コードMEDUSA<sup>[1]</sup>で使用された核融合プラズマを想定した熱伝導モデル、式(2),(3)はBeulensらのアークプラズマ解析コードで使用された重粒子の熱伝導を想定したモデル<sup>[2]</sup>、式(4)はSmithらのレーザープラズマ解析コードで使用されたアブレーションプラズマを想定したモデル<sup>[3]</sup>となっている。価数ZはSahaの電離式を解くことにより求めた。

Fig.1に各種モデルで計算したアルミニウム(Al)の固体密度におけるイオンの熱伝導率を示す。この結果より各モデルを比較すると低温部及び高温部で違いが出る結果となった。また、式(1)による熱伝導係数は低温時において熱伝導係数の値が発散してしまう結果となった。これは、価数Zが低温で極端に小さくなってしまいうためである。

本研究では、低温はNISTのデータベース、高温は式(1)のモデル、その中間を線形補間することにより、全温度領域に対応できるイオンの熱伝導モデルを提案した。本来であれば、低温での重粒子の熱輸送は中性粒子の熱流束も考慮してモデル化すべきだが、今回は簡易的にNISTのデータベース<sup>[4]</sup>を使用することによりモデル化した。NISTのデータベースは電子を含めたプラズマ全体の熱伝導係数であるため、NISTのデータベースを使用する際には電子による熱伝導を計算しないことにより、全体の熱伝導の妥当性を確保した。

講演では各種熱伝導モデルを組み込んだ爆縮計算コードによる計算結果について報告する。

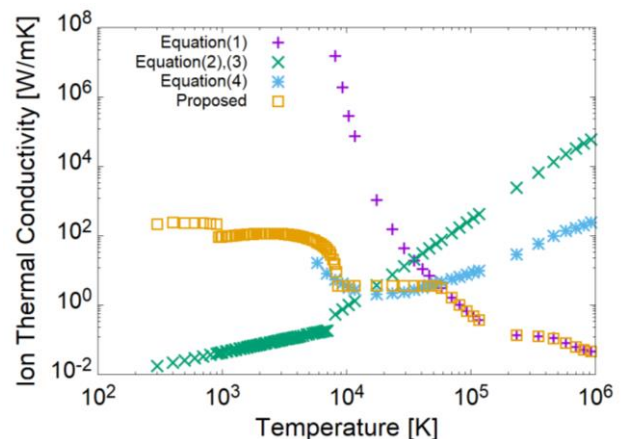


Fig.1 Al の固体密度でのイオン熱伝導係数

## 文 献

- [1] J. P. Christiansen, D. E. T. F. Ashby and K. V. Roberts, "MEDUSA a one-dimensional laser fusion code", *Comp. Phys. Comm.* 7, 271 (1974).
- [2] J. J. Beulens, D. Milojevic, D. C. Schram, and P. M. Vallinga, "A two - dimensional nonequilibrium model of cascaded arc plasma flows", *Physics of Fluids B: Plasma Physics* 3:9, 2548-2557. (1991)
- [3] K. A. Smith, "Shock wave as a probe of flux-limited thermal transport in laser-heated solids", University of British Columbia, (1997)
- [4] C. Y. Ho et al, "Thermal Conductivity of the Elements: A Comprehensive Review", *Journal of Physical and Chemical Reference Data*, Volume 3, Supplement No.1, (1974).