

深宇宙探査用中性子推進エンジンの概念設計

Conceptual Design of a Neutron Propulsion Engine for Deep Space Exploration

*高木 直行¹, 増本 蒼¹, 西山 潤¹

¹東京都市大

原子炉から漏洩する高速中性子の反作用を推力とする中性子推進エンジンの概念検討を行った。

キーワード：深宇宙探査, 中性子推進, 高速中性子, 高速炉, 金属燃料, ミルフィーユ構造

1. 緒言

核熱推進方式の原子力ロケットは化学ロケットに比べて大きな比推力を有するが、原子炉の炉心寿命が年オーダーに対し、推進剤持続時間は数十分オーダーと短い。今後の深宇宙探査においては長時間推力を得ることのできる高効率推進エンジンが必要とされる。本研究では、超扁平型高速炉心から漏洩する高速中性子の反作用を推力とする「深宇宙探査用中性子推進エンジン」の概念設計を行い、その成立可能性を検討した。

2. 炉心概念

2-1. 設計目標

本エンジンは、地上からの打ち上げ時ではなく、地球周回軌道にある探査機を第1宇宙速度から地球重力圏を離脱するのに必要な第2宇宙速度まで加速する際に用いることを想定した。第1、第2宇宙速度の差分は3.29km/sであり、この加速に要する時間が炉心寿命以下となるよう、Pu富化度、燃料インベントリ、Be反射体厚さ、炉心総重量の最適化を図った。

2-2. 超扁平型高速炉心

炉心形状を極めて扁平化させ、原子炉下部に設けられた開口部から漏洩する中性子流を増大させるとともに、金属燃料Na冷却高速炉心とすることで漏洩中性子の運動量を高め推進力の増大を図った。炉心構成は、1cm厚の平板型Zr含有TRU金属燃料と同厚のNa冷却材が交互に層を成した（いわゆるミルフィーユ）構造とした。連続エネルギーモンテカルロコードMVPを用いて燃焼計算・推力評価を実施し、炉心開口部から放出される中性子束と中性子スペクトルを求め、中性子の放出角度と鉛直方向速度、運動量保存則より本エンジンの推力を算出した。

2-3. 炉心仕様最適化

サーベイ検討の結果、炉心の熱出力を250MWt、炉心高さ/直径比H/Dを0.1(=20cm/200cm)、Pu富化度32wt%、炉心上部と側面部のBe厚を5cmとすることで、漏洩中性子による推力が80mN、炉心全重量が6.2tonとなり、炉心寿命(7.8年)より短い7.4年で必要な速度を達成する見通しを得た。炉心開口面での最大中性子束は $2.2 \times 10^{14} [n/cm^2/sec]$ となり、本エンジンの推力は小さいながら、比推力(Specific impulse, Isp)は708,000[sec]と化学ロケットに比べ約3桁、核熱原子力ロケットやイオンエンジンに比べても約2桁大きな値を示した。

3. 結論

中性子推進法は電気推進法にもまして低推力/高Isp、長寿命の特性を持つ。今後工学的検討が必要である。

Sou Masumoto¹, Jun, Nishiyama and *Naoyuki Takaki¹

¹Tokyo City Univ.