

小型分散電源用原子炉システムの開発

3) 月面・火星ミッションを想定した炉心の核熱評価

Small nuclear reactor for dispersed power systems

3) Nuclear-thermal analysis of the core for Luna and Mars surface missions

*吉田 大志¹, 木村 礼¹, 星野 邦雄¹, 和田 怜志¹, 兵藤 義浩¹, 西岡 佳朗¹

¹東芝

将来の月面・火星探査では、小型原子炉を熱源とした電源システムの利用が考えられている。この原子炉には、小型軽量ならびに高い自律制御性、臨界安全性、核セキュリティ性といった仕様が求められるため、分散電源用システムとしての要求条件を想定しながら開発を進めている。本発表では原子炉の温度制約を満たす核熱設計について発表を行う。

キーワード：小型炉，宇宙炉，熱電発電，自律制御，核熱連成，臨界安全，核セキュリティ

1. 緒言

月面や火星での国際宇宙探査では、電源としての原子炉の必要性が認識されている^[1]。2035年までの火星有人探査では電気出力 10-100kWe、運転期間 8 年以上が要求^[2]されており、炉心熱設計では発電側への熱輸送に係る原子炉の除熱性能確保が求められる。本発表ではこれらの条件を満たす炉心コンセプトに対して核熱解析を行い、除熱性能向上手法について論じる。

2. 熱的制限

宇宙環境利用の観点から原子炉の冷却には静的駆動のヒートパイプ(HP)を用い、熱中性子炉の減速材には水素化物(CaH_2)を用いることを想定している。しかしながら、 CaH_2 には水素が解離し臨界性が低下してしまう制限温度 800°Cが存在し、減速材の最高温度が温度制限となる。

3. 除熱性能向上手法の検討

除熱性能の改良として、(1) 発熱部である燃料から直接除熱し燃料と減速材を分離、(2) 高温領域(HP 間)から低温領域(HP 近傍)への熱輸送促進のため燃料周囲に高熱伝導率のベリリウム(Be)パスを配置、(3) 燃料濃縮度分布による炉心出力分布平坦化を実施した。本検討では、核計算で得られた出力分布を与えて CFD コードを用いて解析した。その結果を図 1 に示す。(a)では燃料域内の濃縮度が均一であり HP 間に高温領域が生じている。除熱改良手法(3)として熱的裕度のある HP 近傍で出力ピーキングが大きくなるように濃縮度を調整した結果が(b)である。(b)では炉心温度分布は平坦化され、

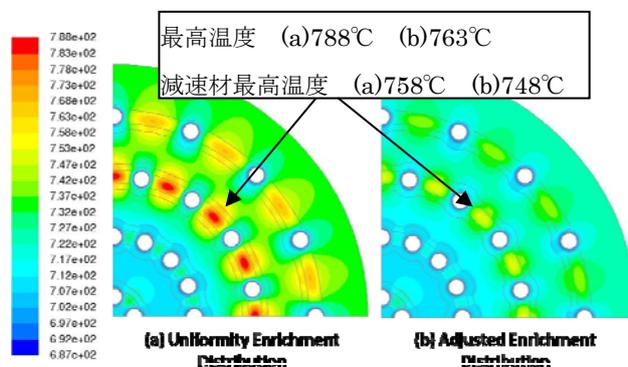


図 1. 温度分布

CaH_2 は燃料近傍の最高温度点において 748°Cであり熱的制限値 800°Cを満たしていることが確認できる。また、燃料周囲に Be を配置することで臨界性が向上することを確認した。

参考文献

[1] “ISECG Global Exploration Roadmap”, <http://www.globalspaceexploration.org>, 20 August, 2013.

[2] “NASA Technology Roadmaps TA3: Space Power and Energy Storage”, National Aeronautics and Space Administration (2015).

* Taishi Yoshida, Rei Kimura¹, Satoshi Wada¹, Kunio Hoshino¹, Yoshihiro Hyodo¹ and Yoshiro Nishioka¹

¹Toshiba Corporation