月面電源用高性能ヒートパイプ冷却小型原子炉の検討

Investigation of a high performance heat-pipe cooled miniature nuclear reactor for lunar power application

*松本菜摘 [1]，　Nguyen Thi Dung[1]，本多 倫也 [1]，越後 鷹続 [1]，岡垣 昌樹 [1]，　Van Rooijen Willem F.G.[1]
[1] 福井大学

抄録

現在宇宙開発が進み、月面で充分なエネルギーを得るための電源が求められている。本研究では月面で使用する 2000kW 級の超小型電源用原子炉の炉心設計を行い、核特性と質量について検討した。提案する原子炉はヒートパイプ冷却に基づく超小型高速炉であり、燃料として高濃縮窒化ウランと低濃縮窒化ウランを利用し炉心体積は数百リットル程度である。

キーワード：月面用原子炉，小型高速炉，核設計，ヒートパイプ冷却体型

1. 緒言　月面で人類が生活を行うためには安定した電力供給が必要不可欠である。今回は月面での生活を行う研究段階として 10 人程度の人間が簡単な実験を行いながら 1 ヶ月月面に滞在する状況を想定し、ロケットで運べる重さ・大きさでありながら十分な電力を供給できる原子炉を考え、宇宙空間で用いるのに最も適した原子炉の構造を検討した。

2. 解析　本研究の原子炉は電気出力が 2000kW の高速炉であり、冷却体系として Na ヒートパイプ、放熱系にラジエーター、発電体系にスターリングエンジンを用いた。ヒートパイプの熱効率や構造材の性質は[1]、[2]を参考に設定した。冷却材には Na を用いており、炉心温度 1200℃と非常に高くなることから高温に耐えられるよう燃料に窒化ウラン、構造材にグラファイトを選択した。炉心は図 1 のような六角体系であり、燃料棒は 1 本 1 本がヒートパイプを燃料で囲うような構造になっている。また燃料に高濃縮ウランと低濃縮窒化ウランを用いた場合について比較し、より効率の良い燃料について検討した。

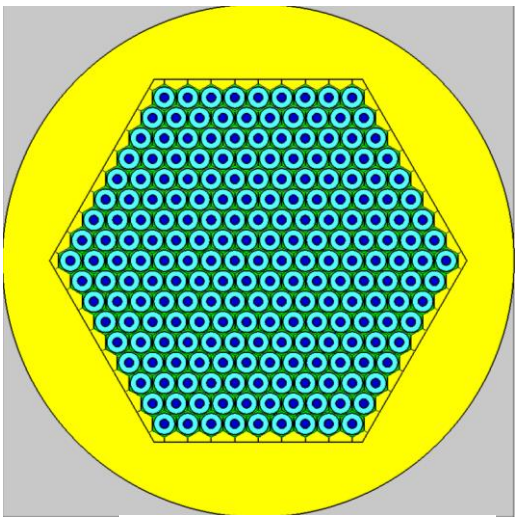

図 1　炉心構造

3. 結論

表 1　炉心仕様

	実行増倍率 (keff)	ウラン濃縮率 (%)	炉心半径 (cm)	炉心高さ (cm)	燃料とヒートパイプの合計質量(kg)
高濃縮窒化ウラン	1.077	93	13	40	130
低濃縮窒化ウラン	1.074	19	21	60	1320

表 1 に高濃縮窒化ウランと低濃縮窒化ウランを用いた場合の炉心特性と大きさについて示す。この結果から高濃縮窒化ウランを用いた場合の方が小型で軽い原子炉となるため月面への輸送に関しては高濃縮窒化ウランの方が優れていると言える。また低濃縮窒化ウランは熱中性子炉に変更する必要があると考えられる。

参考文献

[1] Mohamed S. El-Genk, Jean-Michel P. Tournier (2011), “Uses of liquid-metal and water heat pipes in space reactor power systems”, Fronitiers in Heat Pipes (FHP), 2, 013002

[2] 野村紀男、羽賀一男、片岡一、清野裕、大坪章、「月面原子動力プラントの検討」，PNC-TN9410-93-154，1993 年 8 月

*Matsumoto Natsumi[1] , Dung Thi Nguyen[1], Michiya Honda[1], Takatsugu Echigo[1], Masaki Okagaki[1] and Willem F.G. van Rooijen[1]
[1]University of Fukui