PR0217

原始地球における Geo-Reactor の成立性に関する中性子工学的解析

○大川友悠馬 [1]　高木直行 [1]
（[1] 東京都市大学）

1)　背景

本研究は、ウラニル錯イオン含水が還元雰囲気で沈殿しウラン濃縮を起こすはるか前、ようやく惑星分化が生じた 40 数億年前に地球深部で核分裂連鎖反応が生じ、地球原子炉「Geo-Reactor」が成立した可能性を調べるものである。U は CMB から核に溶けにくく、D" 層に濃集すると考えられている。そこで本研究では D" 層の高温高圧環境での、U とマントル物質の混合系について臨界性を解析した。

2)　方法

分化終了は地球誕生から 5 千万年以内と仮定し、U-235 同位体比は 45Ga 時点の 24.2%に設定した。検討した物質混合ケースは①『Fe』(Fe 100%)、②ポストペロブスカイト『ppv』(MgSiO3 100%)、D" 層における一般的な岩石組成である③『MIX』（CaSiO4 10%, (Mg,Fe)SiO3 75%, (Mg,Fe)O 15%）の 3 種類とした。また、数密度は表 1 に示す圧力 120GPa における密度と相対質量から算出した。『MIX』の Mg 数は 90 とし、鉄富化度による密度変化を考慮した。数値解析には輸送計算コード MVP を用いた。完全反射境界の球体系（直径 3m）とし無限体系を模擬して体系サイズを無視した。結晶構造と断面積の相関が小さいことから数密度のみを考慮した。

表 1　各物質の密度と相対質量

物質名	密度[g/cm^3]	相対質量[g/mol]
U	27.21	237.3231285
MgSiO3	5.1	100.3887651
CaSiO3	5.4	116.1617360
(Fe,Mg)SiO3	5.1	103.8581753
(Fe,Mg)O	5.1	43.77386674

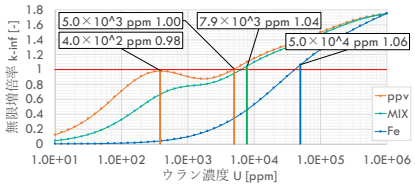

図 1　U 濃度と無限増倍率

3)　結果と考察

各ケースでの U 濃度と臨界性の関係を図 1 に示す。『Fe』では 5×10^4ppm、『MIX』では7.9×10^3ppmで臨界となる。『ppv』では5.0×10^3ppmを下回ると未臨界となるが、更に薄い4.0×10^2 ppm付近で再び臨界に近接した。また、『ppv』ケースにおける U 濃度ごとの中性子スペクトルを図 2 に示す。5.0×10^3ppm を下回る濃度で、図左側の熱群の割合が増加している。これは U 濃度の低下が良好な減速材である Mg を増加させるためである。『MIX』では Ca の中性子吸収が大きく、低濃度化による臨界性改善は『ppv』ほど顕著ではなかった。さらに、『ppv』ケースでは、2000K より低温になると4.0×10^2ppm付近の広い範囲で臨界となった（図 3）。これは D" 層より浅く低温な深度 1500km 付近ならば更に低濃度で臨界の可能性があり、逆に CMB に近い D" 層下部では 3000K を超えるため未臨界となることを示唆している。

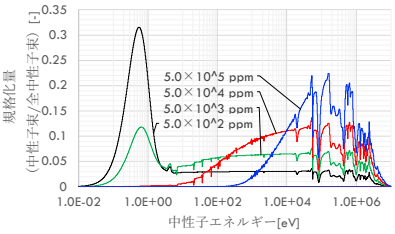

図 2　U 濃度と中性子スペクトル（『ppv』ケース）

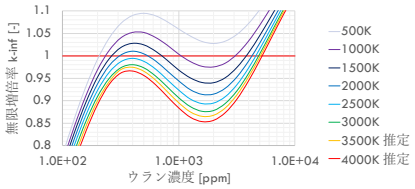

図 3　無限増倍率の温度依存性（『ppv』ケース）

4)　結言

本研究では地球誕生から 1 億年以内に下部マントル最下層の D" 層で『Geo-Reactor』が成立する可能性について、中性子工学的な臨界解析を行った。これにより『Geo-Reactor』が低濃度 U で成立する可能性を示唆した。今後は水分と燃焼を考慮した解析により長期動作が可能か検討する必要がある。

Neutronic analysis of the feasibility of Geo-Reactor in a proto-Earth period

*Y. Okawa[1], N. Takaki ([1]Tokyo City University.)