

学生証番号 \_\_\_\_\_

氏名 \_\_\_\_\_

地球の熱源について、以下の問に答えよ。ただし計算には、末尾の表の数値を用いよ。その際、% とは  $10^{-2}$  (100 分の 1)、ppm (parts per million) とは  $10^{-6}$  (100 万分の 1) の意味であることに留意せよ。

1. 表 1 に示された 2 種類の岩石 1 kg あたりの発熱量を計算により求めよ。

[答] 平均的大陸地殻とコンドライト隕石の発熱量をそれぞれ  $H_{\text{大陸}}$  [W/kg] および  $H_{\text{隕石}}$  [W/kg] と書くと

$$H_{\text{大陸}} = \underbrace{1.42 \times 10^{-6} \times 9.81 \times 10^{-5} \text{ [W/kg]}}_{\text{U による分}} + \underbrace{5.6 \times 10^{-6} \times 2.64 \times 10^{-5} \text{ [W/kg]}}_{\text{Th による分}} + \underbrace{1.43 \times 10^{-2} \times 3.48 \times 10^{-9} \text{ [W/kg]}}_{\text{K による分}} \simeq 3.37 \times 10^{-10} \text{ [W/kg]}$$

$$H_{\text{隕石}} = 0.008 \times 10^{-6} \times 9.81 \times 10^{-5} \text{ [W/kg]} + 0.029 \times 10^{-6} \times 2.64 \times 10^{-5} \text{ [W/kg]} + 0.056 \times 10^{-2} \times 3.48 \times 10^{-9} \text{ [W/kg]} \simeq 3.50 \times 10^{-12} \text{ [W/kg]}$$

2. 地球の表面が厚さ 30 km の平均的大陸地殻でおおわれている仮想的な状態を考える。この地殻の内部で発生した熱量が全て地表面から出ていくと仮定した場合、単位面積あたりの熱流量はいくらになるか。ただし簡単のため、地球の曲率の影響は無視してよいものとし、大陸地殻の密度  $\rho_{\text{大陸}} = 2.7 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  として計算せよ。

[答] 地球の表面積を  $S$  [m<sup>2</sup>]、求める熱流量を  $q$  [W/m<sup>2</sup>] とかくと、

$$\underbrace{q \times S}_{\text{地表面から出ていく熱}} = \underbrace{\rho_{\text{大陸}} \times H_{\text{大陸}}}_{\text{単位体積あたりの発熱量}} \times \underbrace{3 \times 10^4 \text{ [m]} \times S}_{\text{地殻の体積}}$$

という関係があるはずである。これより、 $q$  は以下のように求められる。

$$q = \rho_{\text{大陸}} \times H_{\text{大陸}} \times 3 \times 10^4 \text{ [m]} \simeq 2.73 \times 10^{-2} \text{ [W/m}^2\text{]}$$

すなわち地表面全体が (放射性元素を極めて豊富に含んだ) 大陸地殻から構成されていたとしても、それによる発熱量は地殻熱流量のうちの約 27 mW/m<sup>2</sup> 分しか寄与しない。言い換えれば、現在の地殻熱流量約 87 mW/m<sup>2</sup> の大部分はやはり地殻より深くにあるマントルからきたものだということになる。

表 1: 岩石中に含まれる放射性元素の量

岩石	含有量		
	U (ppm)	Th (ppm)	K (%)
平均的大陸地殻	1.42	5.6	1.43
コンドライト隕石	0.008	0.029	0.056

表 2: 放射性元素の発熱量

元素	発熱量 [W/kg]
U	$9.81 \times 10^{-5}$
Th	$2.64 \times 10^{-5}$
K	$3.48 \times 10^{-9}$