

## V 惑星科学

以下の3問(V-1, V-2, V-3)のすべてに解答せよ。

V-1 原始太陽系星雲に存在している固体微粒子から最終的に惑星が形成されるまでの一連の過程の中で、現在十分に解明されていないと考えられる過程を一つ取りあげ、その過程の必然性と問題点を400字程度で論述せよ。

V-2 星は力学平衡状態にある星間雲の重力収縮により形成される。力学平衡にある等温ガスの塊がある種の揺らぎによって重力収縮に転じるためには、その質量  $M$  は Jeans 質量  $M_J$  より大きくなければならない。温度  $T$ 、平均密度  $\rho$ 、平均分子量  $\mu$  のガスの塊にたいする Jeans 質量は

$$M_J = 1.2 \times 10^5 M_\odot \left( \frac{T}{100 \text{ K}} \right)^{3/2} \left( \frac{\rho}{10^{-21} \text{ kg m}^{-3}} \right)^{-1/2} \left( \frac{1}{\mu} \right)^{3/2}$$

で、また自由落下時間  $t_{ff}$  は

$$t_{ff} = 6.7 \times 10^7 \text{ yr} \left( \frac{\rho}{10^{-21} \text{ kg m}^{-3}} \right)^{-1/2}$$

であたえられる。収縮する星間雲の質量は星の質量に比べて非常に大きい。実際に星が形成される際には、星間雲が収縮する過程で分裂収縮を繰り返して星程度の質量になる。分裂したガスの塊は球対称で、収縮により解放された重力エネルギーの熱化のタイムスケールは重力収縮のタイムスケールに比べて十分に短く、重力収縮する際に解放される平均の重力エネルギーが表面から放出される黒体輻射エネルギー程度になった時点で収縮が終わるとして、形成される星の母体であるガス球の下限質量を推定せよ。計算に際しては、太陽質量を  $M_\odot = 2.0 \times 10^{30} \text{ kg}$ 、重力定数を  $G = 6.8 \times 10^{-11} \text{ N m}^{-2} \text{ kg}^{-2}$ 、ステファン-ボルツマン定数を  $\sigma = 5.7 \times 10^{-8} \text{ J s}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ 、平均分子量を  $\mu = 1$ 、ガス温度を  $T = 1000 \text{ K}$  とせよ。

V-3 パイオニアビーナスによる金星大気の詳細観測は、大気の主成分は二酸化炭素であり、金星表面で 735K、92気圧を示していた。また、金星表面での大気温度は昼夜の変化がなく全球的に一定であった。以下の問題1~4のすべてに答えよ。ただし、ボルツマン定数は  $1.38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$ 、陽子の質量は  $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ 、金星表面での重力は地球の90%、金星半径は6000 kmとする。

問題1 金星表面付近では金星の重力と気圧の鉛直分布が釣り合っている。スケールハイトを用いて気圧の高度変化を表す静水圧方程式を示せ。

問題2 金星大気的全質量を求めよ。

問題3 高度200km付近での温度を200Kとして脱出速度を求めよ。さらに、脱出速度と気体分子運動の最も確からしい速さとの比であるエスケープパラメータを水素原子について求め、水素原子は金星の重力に束縛されているかどうか、簡潔に述べよ。

問題4 金星表面での大気温度は昼夜の変化がなく全球的に一定である理由について述べよ。