

太陽の内部で起こっている核融合反応は主として ${}^1_1\text{H} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^2_1\text{H} + e^+ + \nu_e$, ${}^2_1\text{H} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + \gamma$, ${}^3_2\text{He} + {}^3_2\text{He} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_1\text{H} + {}^1_1\text{H}$ という段階で起こる. その結果, 1kg の水素原子核が融合すると, 約 6.9g の質量が消滅して他の形のエネルギーになる.

1. これは何 J になるか計算せよ.
2. 太陽では毎秒 4×10^{26} J のエネルギーを放出している. これは毎秒何トンの質量が失われていることになるか計算せよ.

ただし, 光速度としては $c \approx 3.0 \times 10^8$ m/s を用いよ.

(解答例)

1. 相対論の質量・エネルギー等価 (転換) 公式を用いて

$$\begin{aligned} mc^2 &= 6.9 \times 10^{-3} \text{ kg} \times (3.0 \times 10^8 \text{ m/s})^2 \\ &= 6.9 \times (3.0)^2 \times 10^{16-3} \text{ m}^2\text{kg/s}^2 \\ &= 6.2 \times 10^{14} \text{ J}. \end{aligned} \tag{1}$$

(備考: 質量減少 6.9 g のうち, ニュートリノの運動エネルギーになる約 0.14 g 以外が太陽の放射エネルギーになる.)

2. 相対論の質量・エネルギー等価 (転換) 公式を用いて

$$\begin{aligned} E &= mc^2 \\ \rightarrow \frac{dE}{dt} &= \frac{dm}{dt}c^2 \\ \rightarrow \frac{dm}{dt} &= \frac{\frac{dE}{dt}}{c^2} = \frac{4 \times 10^{26} \text{ J/s}}{(3.0 \times 10^8 \text{ m/s})^2} \\ &= \frac{4}{(3.0)^2} \times 10^{26-16} \text{ kg/s} \\ &= 0.444 \times 10^{10} \text{ kg/s} \\ &= 444 \text{ 万トン/秒}. \end{aligned} \tag{2}$$

(備考: このように, 太陽は核融合によって莫大なエネルギーを発生しているが, 地球が受け取るのはその 1 億分の 1 以下であり, 約 100 億年もの間, エネルギーを生み出しつづけることができる.)