

太陽の内部で起こっている核融合反応は主として、 ${}_1^1\text{H} + {}_1^1\text{H} \rightarrow {}_1^2\text{H} + \text{e}^+ + \nu_{\text{e}}$, ${}_1^2\text{H} + {}_1^1\text{H} \rightarrow {}_2^3\text{He} + \gamma$, ${}_2^3\text{He} + {}_2^3\text{He} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_1^1\text{H} + {}_1^1\text{H}$ 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 Joule になるか計算せよ。
2. 太陽では毎秒 4×10^{26} Joule 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 $c \cong 3.0 \times 10^8 \text{m/s}$ 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

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

(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

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

(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。)