

宇宙科学 第3回 2009年4月30日

太陽は緩やかな星だろうか？
太陽の原子炉は
どうして暴走しないのか？

今井 裕

(理学部物理科学科宇宙情報講座)

参考文献

- シリーズ 現代の天文学

(岡村定矩ほか編・日本評論社)

第1巻 人類の住む宇宙

- 3.2 私たちの原子核ワールド
- 3.4 星の一生と重元素の起原
- 3.5 超新星爆発と爆発的な元素合成
- 4.1 母なる星：太陽

第7巻 恒星 第10巻 太陽

- ウィキペディア

(<http://ja.wikipedia.org/wiki/>)

原子炉ってなに？

原子力エネルギー
を産み出す高温炉

原子核の分裂または合体
核分裂／核融合

質量がエネルギーに替わる！

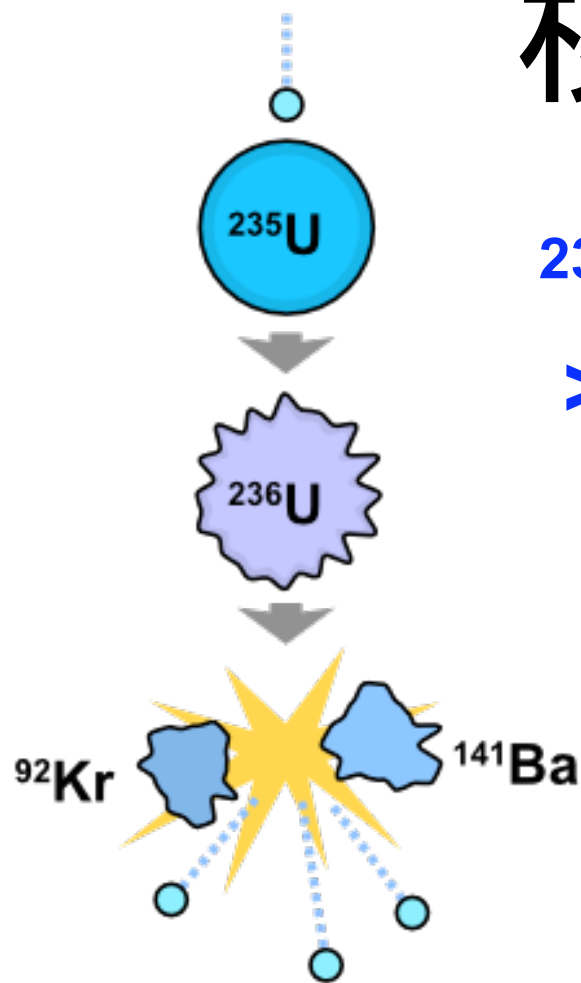
相対性理論 (アルバート・アインシュタイン)

$$E=mc^2$$

$C = 3.0 \times 10^5$ km/s (光速)

単位質量当たりのエネルギー
発生率が非常に大きい

ウラン235 (^{235}U)による 核分裂反応



^{235}U と中性子1個の質量

> ^{92}Kr , ^{141}Ba と中性子3個の質量

質量の差分が
エネルギーに
変換され解放

図： ウィキペディアより

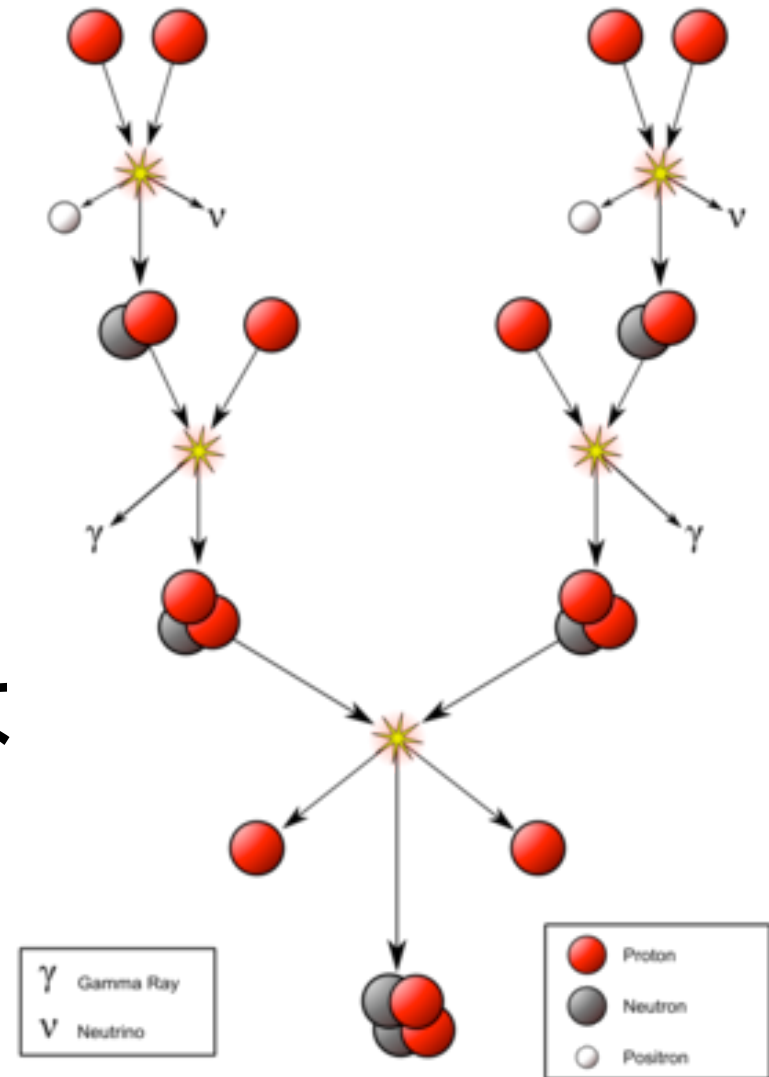
太陽の元素組成(質量比)

- **水素** **73.46 %**
- ヘリウム 24.85 %
- 酸素 0.77 %
- 炭素 0.29 %
- 鉄 0.16 %
- ネオン 0.12 %
- 窒素 0.09 % **その他 0.26 %**

水素による核融合反応

- 水素原子核(=陽子)
同士の合体:
p-pチェーン
- 単位質量当たりの
エネルギー発生率は
核分裂よりも大きい

図: ウィキペディアより



クーロン力

$$F_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{|r_1 - r_2|^2}$$

q_1, q_2 : 電荷 r_1, r_2 : 位置ベクトル
 ϵ_0 : 真空中誘電率 (定数)

同じ符号の電荷を持つ
粒子同士では反発するはず
反発力に逆らって
勢い良く接近する必要がある

太陽の中心＝核融合炉

- 静水圧平衡：
太陽中心に近いほど高圧・高密度
- 理想気体：
高い圧力＝高い温度 (**1500万 K(ケルビン)**)
- 非常に高い温度
＝非常に大きい原子核の運動エネルギー
- 水素原子核(=陽子)同士が近づく
さらに強い相互作用(核力)が働き
陽子同士がくっつく

太陽の核融合炉は吹っ飛ばない！

- 毎秒 430万トンの質量を $3.8 \times 10^{26} \text{W}$ のエネルギー(水素爆弾10億発分)に変換
- 吹っ飛ばそうとしても
(超スローモーションで考えると)....
 - 広がった分密度が下がり温度も下がる
 - 核融合が止まる
 - 重力によって再び押し潰されそうになる
 - 再び圧力と温度が上がり、核融合が活発になる
- 自己重力によって作り出される圧力と核融合が作り出す圧力とが常に(圧力や温度がほとんど変化せず)釣り合っている

太陽の運命（約50億年後）

—第10回講義予告編—

- 中心付近の水素が尽きる（ヘリウムがたまる）
- 重力で潰されそうになるが、
1億Kでヘリウムの核融合反応が始まる
- しかし 3500万年程度でヘリウムも尽きる
 - 炭素・酸素を主成分とする芯ができる
 - 明るさは太陽の数1000倍に達している
 - 星外層のガスを吹き飛ばしている
- 芯だけを残して燃え尽きる（**白色矮星**になる）