# 天然放射能（天然に存在する放射性核種）

(1) 一次放射性核種

太陽系が作られた約 45 億年前から存在し，寿命が長いために放射性壊変によって消失せずに現在まで生き残っている核種.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ［例］ | $^{238}U$ | 半減期 | $4.468 \times 10^{9}$ 年 | 同位体存在度 99.27% |
| | $^{235}U$ | 半減期 | $7.038 \times 10^{8}$ 年 | 同位体存在度 0.720% |
| | $^{232}Th$ | 半減期 | $1.405 \times 10^{10}$ 年 | 同位体存在度 100% |
| | $^{40}K$ | 半減期 | $1.28 \times 10^{9}$ 年 | 同位体存在度 0.0117% |
| | $^{115}In$ | 半減期 | $4.4 \times 10^{14}$ 年 | 同位体存在度 95.7% |
| | $^{209}Bi$ | 半減期 | $1.9 \times 10^{19}$ 年 | 同位体存在度 100% |

(2) 二次放射性核種

一次放射性核種である $^{238}U$，$^{235}U$，$^{232}Th$ の娘核種．壊変系列を形成する.

(3) 誘導放射性核種

主として宇宙線との核反応により生成する核種．現在も，大気中で生成され続けている.

| | | | |
|---|---|---|---|
| ［例］ | $^{3}H$ | 半減期 | 12.33 年 |
| | $^{7}Be$ | 半減期 | 53.3 日 |
| | $^{14}C$ | 半減期 | $5.73 \times 10^{3}$ 年 |

## 放射性壊変

放射性壊変は原子核が自然に粒子や電磁波を放出して，別の原子核にかわる<u>統計的な</u>現象です．放射性壊変する原子核の数 $N$ は，時間 $t$ とともに以下の式に従って減少していきます．$N_0$ は $t$=0 のときの原子核の数です．

$$N = N_0 e^{-\lambda t} = N_0 (1/2)^{t/T_{1/2}}$$

壊変定数 $\lambda$： 単位時間当たりに壊変する原子核の数はその時存在する原子核の総数 $N$ に比例する．このときの比例定数．つまり，1 個の原子核が単位時間内に放射性壊変する確率．

壊変率 $A$： 単位時間当たりに放射性壊変する原子核の数．単位はベクレル(Bq)で，1 Bq は 1 秒間に 1 個の原子核が壊変することを示す．放射能の強度は通常，壊変率で示す．

$$A = \lambda N$$

半減期 $T_{1/2}$： 放射能が半分になるまでの時間．壊変率とのあいだに以下の関係がなりたつ．

$$\lambda \times T_{1/2} = \ln 2 \fallingdotseq 0.69315$$

平均寿命 $\tau$： $\lambda$ の逆数．放射能の強さが 1/e(≒0.3679)になるまでの時間に相当する．

*放射平衡*

放射性核種 A(親核種)が壊変して放射性核種 B(娘核種)になるときの，B の数($N_2$)の時間変化は以下のようになります．

$$N_2 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} N_{1,0}(e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}) + N_{2,0} e^{-\lambda_2 t}$$

A の壊変定数 $\lambda_1$ が B の壊変定数 $\lambda_2$ より小さいとき(つまり，A の半減期が B の半減期より長いとき)は，次のように取り扱うことができます．

(1)過渡平衡　$\lambda_1 < \lambda_2$

時間が十分に経過すると $e^{-\lambda_2 t}$ が無視できるので，次式がなりたつ．

$$N_2 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} N_1$$

どの時間でも $N_2/N_1$ 比が一定となり，A と B の放射能はともに親核種 A の半減期で減衰する．

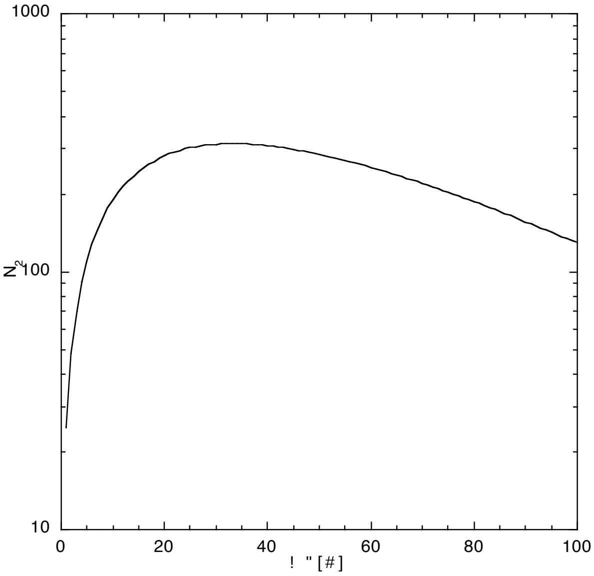
(2)永続平衡　$\lambda_1 << \lambda_2$

分母の $\lambda_1$ を無視できるので，次式がなりたつ．

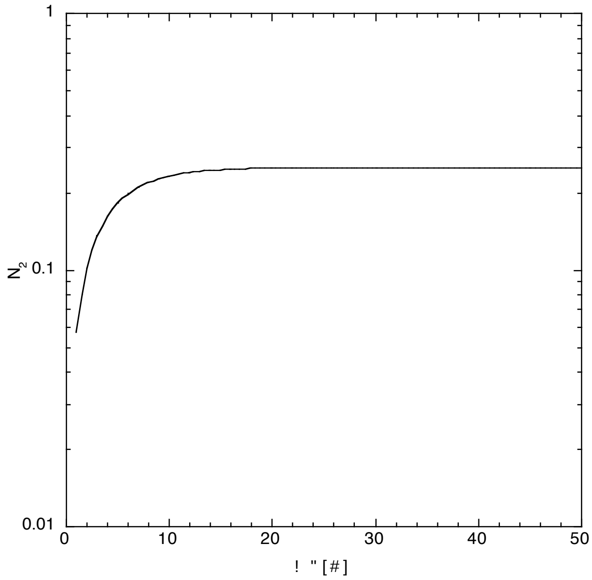
$$\lambda_1 N_1 = \lambda_2 N_2$$

親核種と娘核種の壊変率が等しくなる．

(i) A: $^{214}Pb$(27 分)　B: $^{214}Bi$ (20 分)




(ii) A: $^{90}Sr$ (29 年)　B: $^{90}Y$ (2.7 日)




ここで(i)(ii)ともに $N_{1,0}$=1000，$N_{2,0}$=0 とした