

1 結合エネルギー

原子核の構成物 1 つ 1 つの質量の和と原子核の質量は等しくなく、その差を結合エネルギー $B(Z, N)$ と呼ぶ。結合エネルギーは以下の式で表される。

$$B(Z, N) = (ZM_p + NM_n - M(Z, N))c^2 \quad (1)$$

ここで式の中に出てくる文字は

Z : 陽子数

N : 中性子数

M_p : 陽子の質量

M_n : 中性子の質量

$M(Z, N)$: 原子核の質量

である。

結合エネルギーは半経験公式であるヴァイツネッガーの質量公式

$$B(Z, N) = a_V A - a_S A^{2/3} - a_C \frac{Z^2}{A^{1/3}} - a_a \frac{(N - Z)^2}{4A} + \frac{\delta}{A^{1/2}} \quad (2)$$

でも表せる。この式は原子核を液滴として扱う液滴模型に基づいている。(2) 式右辺の第 1 項目から第 5 項目までそれぞれの項は体積項、表面項、クーロン項、非対称項、対結合エネルギー項と呼ばれる。

体積項は核子の数、体積に比例する項、表面項は表面付近にある核子の結合エネルギーに関する項、クーロン項は陽子間に働くクーロン斥力に関する項である。一般的に質量数が多い原子核の中性子は陽子より多くなる。それによって起こる陽子と中性子の非対称に関する項が非対称項である。陽子と中性子は同じ粒子と対結合しやすく、陽子数と中性子数が偶数と奇数の場合で結合エネルギーは異なる。その関係を考慮した項が対結合エネルギー項である。また (2) の係数は実験から以下のようになる。

$$a_V = 15.67 \text{MeV}$$

$$a_S = 17.23 \text{MeV}$$

$$a_C = 0.714 \text{MeV}$$

$$a_A = 93.15 \text{MeV}$$

$$\delta = \begin{cases} -11.2 \text{MeV}/c^2 & (Z, N \text{ が偶数}) \\ 0 \text{MeV}/c^2 & (A \text{ が奇数}) \\ 11.2 \text{MeV}/c^2 & (Z, N \text{ が奇数}) \end{cases}$$