

VI. Double Energy, Single Time-of-Flight Measurements
of Fission Fragments in Thermal-Neutron-Induced
Fission of U^{235}

Mary Derengowski and E. Melkonian (Columbia Univ.)

U. S. A. E. C. Contract AT(30-1)-GEN-72

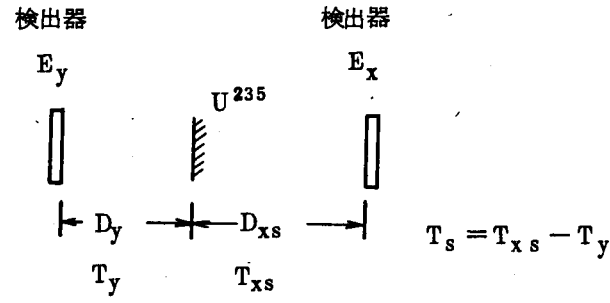
瑞慶覧 篤 (日立)

U^{235} の熱中性子による核分裂に関して、中性子放出前および放出後の分裂片の質量分布と、平均中性子放出数を測定した。この実験の特徴は、検出器の位置をかえて同じ実験をくりかえし、得られた2組の実験データをたぐみに利用して、他の同時計測実験などよりすぐれた質量分解能を得ている点である。この論文には、実験計画、エレクトロニクス、データ解析法についてもかなり詳細に述べてある。ここでは要点だけを述べる。

実験方法

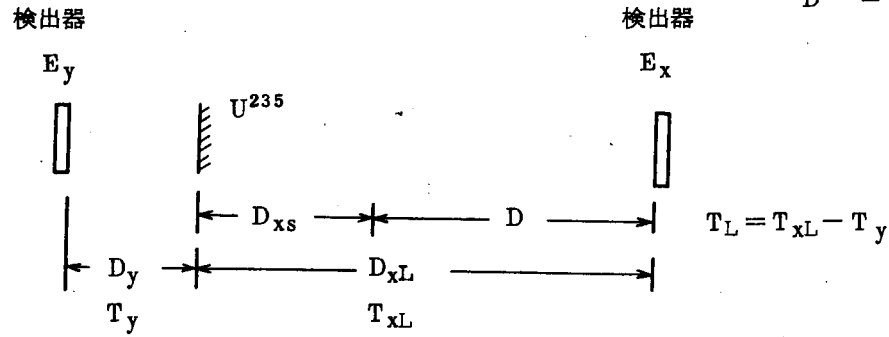
2個のS. S. D. (solid state detector) の間に $100 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ のニッケル箔に $30 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ の U^{235} をバックグランドしたサンプルを配置し、それを熱中性子束で照射した。2個の

飛行距離が短い実験



- $D_y = 12.4 \text{ cm}$
- $D_{xs} = 13.0 \text{ cm}$
- $D_{xL} = 113.0 \text{ cm}$
- $D = 100 \text{ cm}$

飛行距離が長い実験



$$T_L - T_s = T_{xL} - T_{xs} = T$$

$$D = D_{xL} - D_{xs}$$

$$M = 2 E_x \left(\frac{T}{D} \right)^2$$

図1 実験配置図

S. S. D. からの波高と、1対の分裂片が両側の S. S. D. に到達する時間差を測定した。測定データは磁気テープに記録して、データ解析に活用された。

図 1 に示したように、S. S. D. をサンプルの両側にほぼ等距離に配置した場合、一方の S. S. D. を 1 m ひきはなした場合の 2 通りの実験を行なった。2 通りの実験から得られた飛行時間の差は、ひきはなされた S. S. D. へ向う分裂片の速度と、移動距離のみに依存する。2 通りの実験で分裂片の波高のちがいによつて時間測定のタイミングのちがいを生ずるが、両方の実験で波高がきわめて同じものどうしの時間差を取れば、波高依存性はなくなる。

データ解析

A. 中性子放出後の分裂片質量

波高 X と分裂片のエネルギー E の関係は Schmitt の質量依存の公式、

$$E = (a + a'M) \cdot X + b + b \cdot M \quad (1)$$

で与えられる。ここで a , a' , b , b' は定数である。分裂片の質量 M はつきに述べるくりかえし (iteration) 法で求めた。

まず、飛行距離の短い実験からえられる一方の分裂片のエネルギーを x 軸に、他方のそれを y 軸に対応づけ、 $x-y$ 平面を 1 MeV 巾のエネルギー格子に分割したものを考える。質量 M を仮定すると、波高 X から (1) 式によつてエネルギー E が決まり、平均飛行時間も決まる。これを飛行距離が長い実験からえられる飛行時間から差し引いた時間差 T は、一方の分裂片が飛行距離 $L (= 1m)$ を飛ぶのに要する時間である。したがつて、中性子放出後の分裂片の質量 M は、

$$M = 2E \cdot \left(\frac{T}{L}\right)^2 \quad (2)$$

で与えられる。この関係を満足する質量 M をさがす。

B. 中性子放出前の分裂片質量と中性子放出数

中性子を放出する以前の分裂片の質量は運動量保存則を使うと、

$$M_1 = A \cdot \frac{V_2}{V_1 + V_2} \quad (3)$$

で与えられる。A は分裂核の質量、 V_1 , V_2 は中性子放出前の分裂片 1, 2 の速度である。

中性子がもち去る運動量を無視すると、(3) 式の V_1 , V_2 は中性子放出後の速度で近似できる。

本実験では分裂片 1 の速度と両方の分裂片のエネルギーをおさえてあるので、いわゆる“反転法”によつて他方の速度も計算できる。

まず、飛行距離の長い実験でえられたデータをA、と同じ方法でエネルギー-平面上に分類して、各格子内での平均飛行時間を求めておく。

したがって、各測定データはエネルギー E_x 、 E_y と飛行時間差 T_1 を対応づけられる。エネルギー点 (E_x, E_y) の反転 (E_y, E_x) は質量が $A - M_1$ の分裂片が同じ飛行距離を飛ぶ場合に相等する。したがって、点 (E_y, E_x) の飛行時間差は他方の分裂片の時間差である。中性子放出前の質量 M_1 は、

$$M_1 = 236 \frac{T_1}{T_1 + T_2}$$

で与えられる。ここで求めた中性子放出前の分裂片の質量とAで求めた分裂片の質量の差は中性子放出数を与える。

結果と検討

図2は中性子放出前、および、中性子放出後の分裂片の質量分布である。質量が110から125 amu 辺で0になつてゐるのは、反転したエネルギー点 (E_y, E_x) に1個以上のデータが存在しないデータをすてたためである。この測定結果はclosed shellによる微細構造をはつきりと示している点で貴重なデータである。

図3は中性子放出数を分裂片質量の関数として示したものである。本実験は全般的にMaslin 達 (Phy. Rev. 164, 1520, 1967) のデータと一致しているが、132amu の double magic numberのところでは大きくちがつている。本実験によると、中性子放出は認められない。

図4は中性子放出数を全運動エネルギーの関数として示してある。約150 MeV以上の直線領域では、11 MeVあたり1個の中性子を放出することを示している。ところがMaslin 達の結果によると約18 MeVあたり1個の中性子を放出する。このちがいを説明するために、中性子放出エネルギーを計算して、両方の実験結果と比較した。計算はCameron の質量公式を用いて作成された、全放出エネルギーと中性子結合エネルギーをまとめてあるMilton (UCRL-9883) の表を用いた。これらと比較した図5によると、本実験の結果は150 MeV以上で計算値と比較的よく一致している。これから著者は本実験の値は妥当であると主張している。

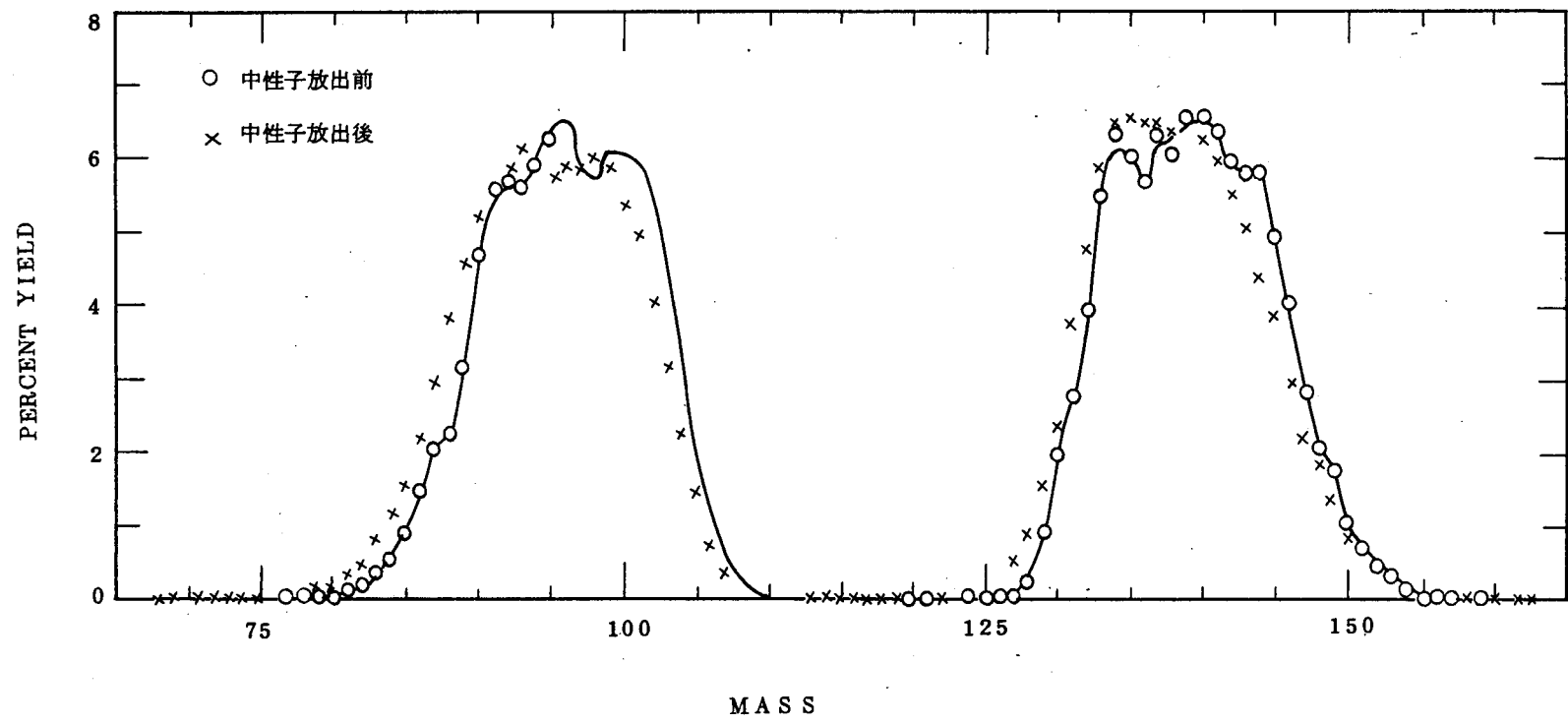


図2 パーセント・マス・イールド曲線

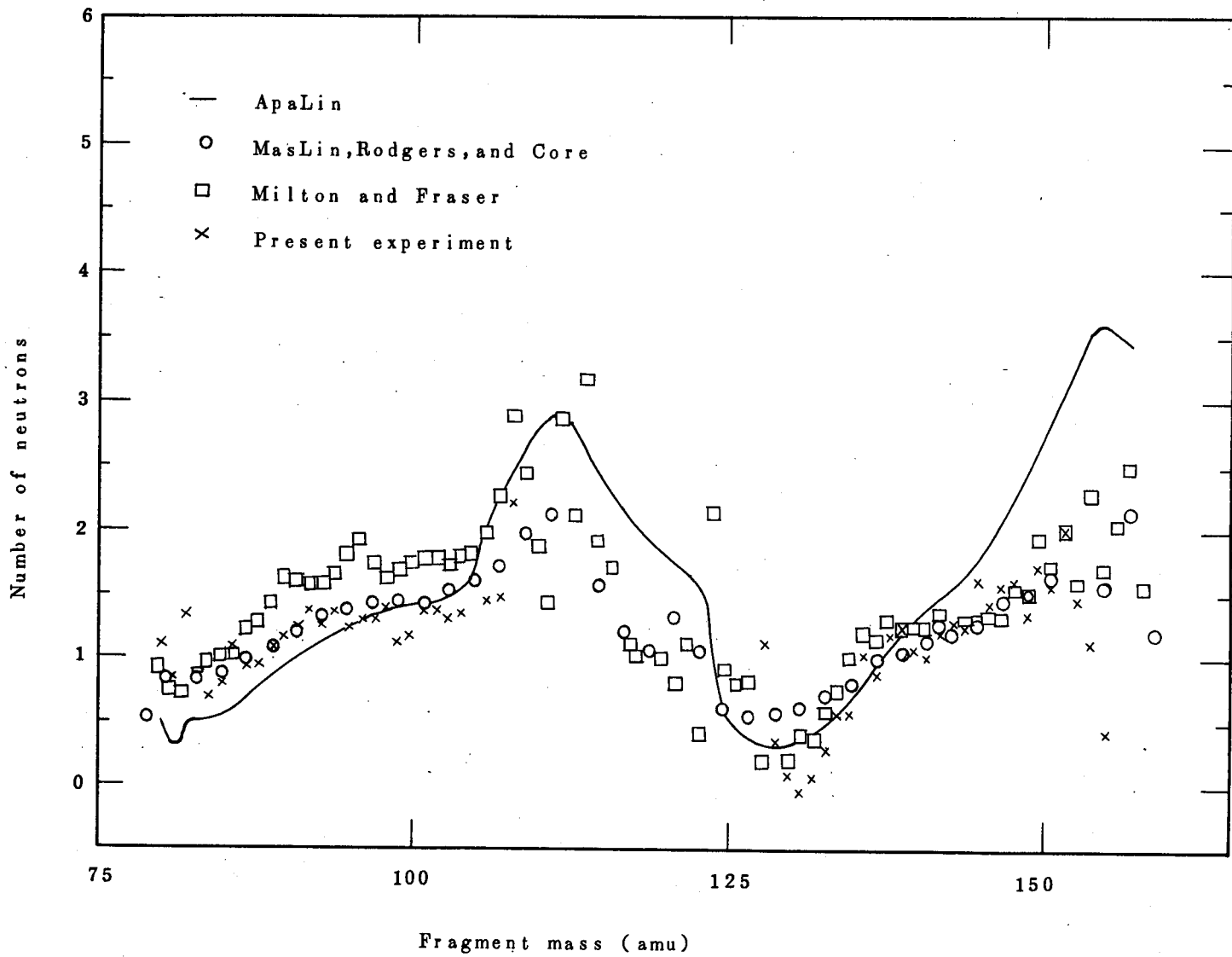


图3 中性子放出数

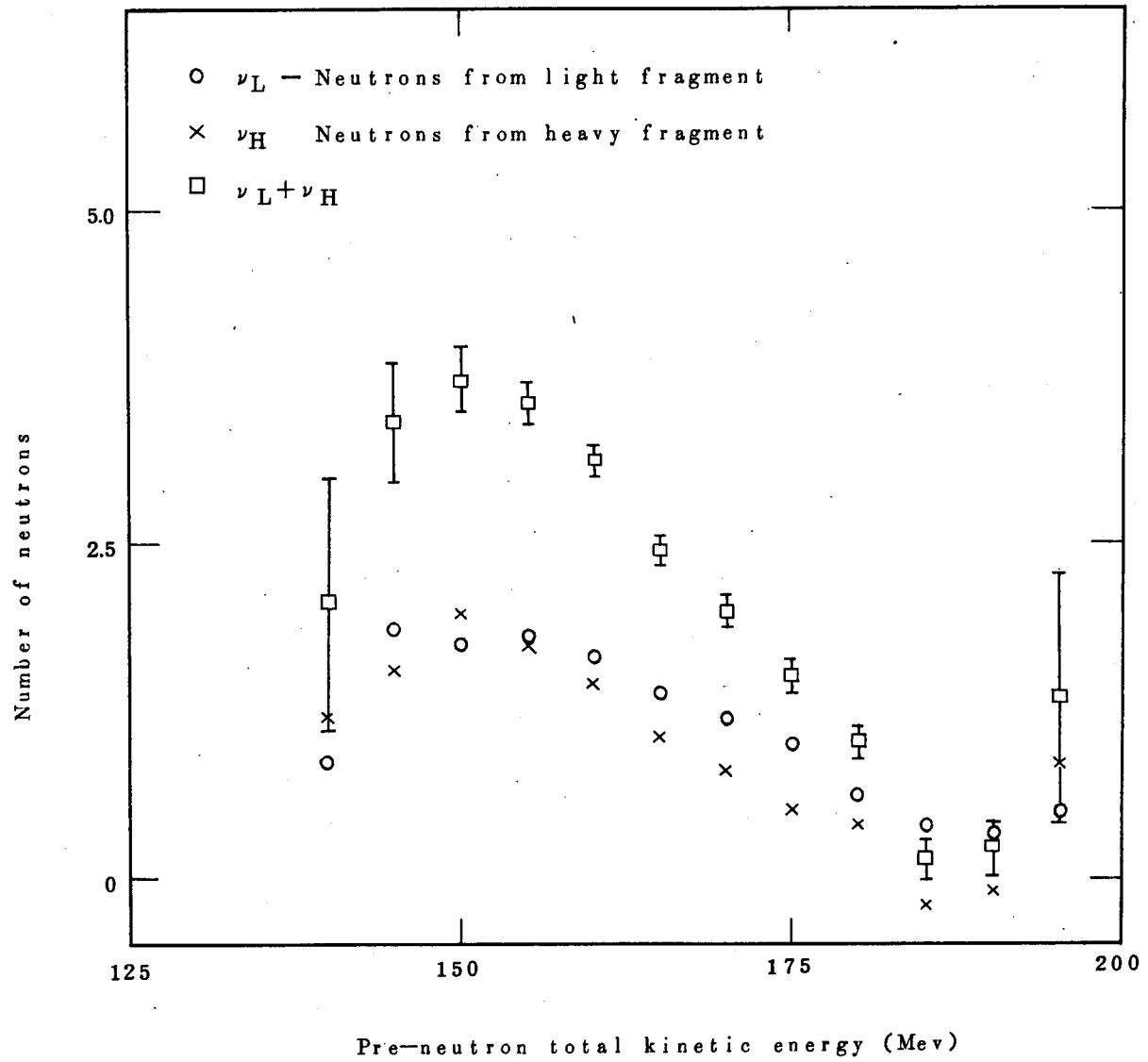


図4 中性子放出数のエネルギー依存性

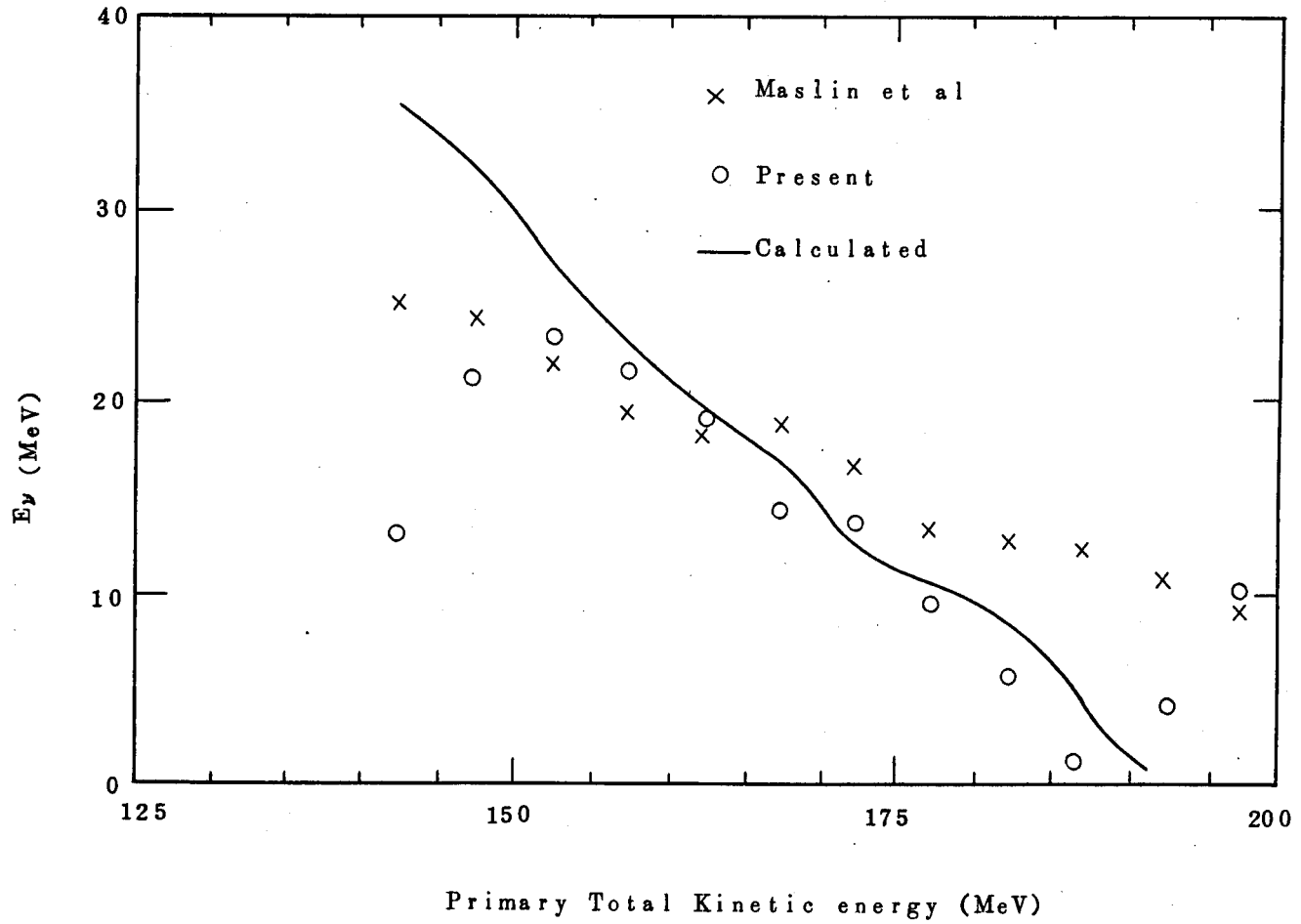


図5 中性子放出エネルギー