

DRP/MFNF 714/69

EXAMEN CRITIQUE DES DONNEES
SUR LA REACTION $^{103}\text{Rh}(n, n')^{103}\text{Rh}^m$

by

P. RIBON

$^{103}\text{Rh}(n, n')^{103}\text{Rh}^m$ 反応に関する核データの評価

河原崎 雄紀 (日本原子力研究所)

Rhodium-103 に対する中性子の非弾性散乱の核データは、炉物理の立場から重要なものであるが、現時点において $^{103}\text{Rh}(n, n')^{103}\text{Rh}^m$ 反応について、多くの人達が種々の方法で測定しているが、得られたデータが全て一致した値を示している訳ではない。したがって、この反応に關与する資料を集め、 ^{103}Rh の準位構造図について、次に $^{103}\text{Rh}(n, n')^{103}\text{Rh}^m$ の断面積について、そして最後に得られたデータの値の間に、測定法に依存して、どのような関係があるかを調べた。

^{103}Rh の準位構造図を Fig. 1 に示す。

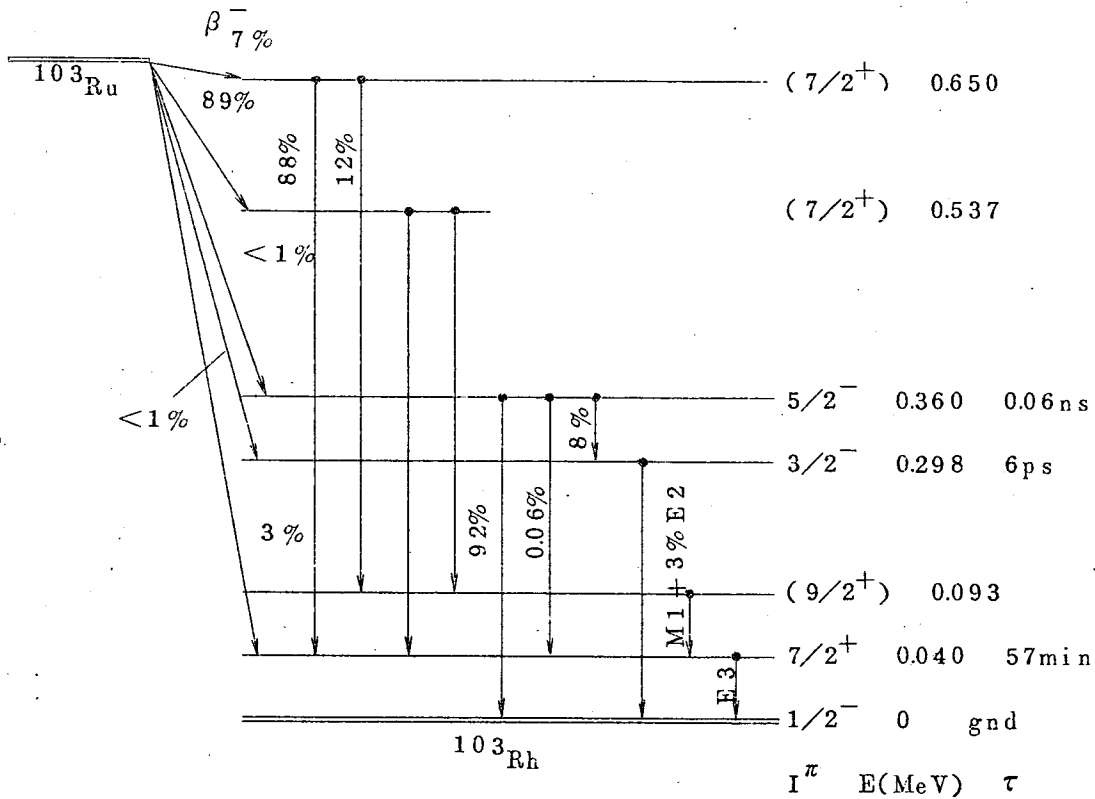


Fig. 1 ^{103}Rh の準位構造・崩壊図

Fig. 1に見る通り、40 keVの準位を直接的に励起しようとしても、それには、大きい角運動量を持ち込み、かつ パリティを変えなければならないことがわかる。

1例として、“P”中性子を捕獲して、“d”を放出するような場合が挙げられる。次には、より高い準位から、この準位に遷移する場合があるが、撰択則から

- 1) 入射エネルギー 300 keV 以下では、非弾性散乱断面積は小さく、したがって40keVの準安定準位生成への寄与は小さい。
- 2) 300~600 keV の範囲では $5/2^-$ の準位からの寄与が考えられて、全断面積に対するこの準位(40 keV)生成の断面積の比は、それほど小さくはない。
- 3) 600 keV 以上では、生成の断面積はずつと大きくなる、と考えられる。

準安定準位からの放射線の検出

40 keVの準安定準位から基底状態への遷移はE3であつて、これは強く内部電子に変換する。そして、K, L, M …… 殻からの電子エネルギーは、それぞれ、39, 37, 17, …… keVである。その他にK変換の20 keV, L変換の約3 keVのX線に変るものや、17または19 keVのK-電子放射によるLまたはMのAuger電子などに変るものがある。したがって、遷移強度の測定も、X線を、または電子を対象にするかの方法に分けられて、後者の場合、自己吸収が重大な影響を与える。その他、変換電子とAuger電子の同時測定もあるが、多くの実験者は、20 keVのX線を測っている。

40 keV 準位のデータの値

- 1) エネルギー; 39.6~40.4 keV の間の値があるが、ここでは、40.0 keV を採用する。
- 2) 寿命; 56.0~57.5 分があるが、次の値をとる。

$$\tau = 56.8 \pm 0.2 \text{ min}$$

- 3) 内部電子変換係数; α ; 大体500であるが、250という値もあり、一方理論値は1000 以上である。
- 4) K殻電子のX(K)線への変換係数; 表1(C. E. Roos の報告による)

測定者	測定値
I. Backhurst	0.801
R. J. Stephenson	0.77
C. E. Roos	0.779
C. E. Roos	0.786 ± 0.015

表 1.

5) $K/(K+L+M)$ の値 (K殻の変換数nに対する他の殻での変換数の比)と40 keV 準位からの1遷移当りの20 keV X線の数; 表2.

測定者	年代	$K/(K+L+M)$	遷移当りの20keV X線の数
Kondaiah	1950	0.167 ± 0.07	0.130 ± 0.031
Cork et al	1951	0.09 ± 0.04	0.07 ± 0.03
De Raad et al	1954		0.0805 ± 0.005
Avignon et al	1955	0.083 ± 0.01	0.065 ± 0.008
Drabkin	1955	0.136 ± 0.015	0.106 ± 0.012
Vuorinen	1966	0.099 ± 0.010	0.077 ± 0.0046
		0.093 ± 0.010	0.725 ± 0.007
Bresemi et al	1967	0.0898 ± 0.0050	0.0700 ± 0.0035

表 2.

この表で, Bresemi と Vuorinen の値は一致している。Avignon の実際の値は, $K/(K+L)=0.083 \pm 0.01$ である。Kondaiah と Drabkin の値は, 共に大きく, 測定において Auger 電子と K 電子間の混同によるものだろう。Vuorinen は2つの値を出しているが, 互に異なつた方法による値である。

1遷移当りの20 keV X線の数については, 全部の平均値は, 0.0748 ± 0.0022 であるが, Kondaiah と Drabkin のデータを除くと 0.0735 ± 0.0022 であるから, こゝでは 0.074 ± 0.003 を採用する。

$^{103}\text{Rh}(n, n')^{103}\text{Rh}^m$ の断面積の評価

年代順に測定例を調べると, 次のようになる。

- 1) 1957年 Rothman et al. は, 早い中性子の $^{103}\text{Rh}(n, n')$ の実験を, 小さい NaI 結晶検出器を用いて行つているが, 40 keV の準位については値を与えていない。
- 2) 1963年, R. Beauge は, 前の値を用いて, 準安定準位の生成断面積を計算している。1967年に Kohler と Knopf, 2 MeV に対して $\sigma_{n, n'}(^{103}\text{Rh}^m) = 0.8 \text{ barn}$ を出している。

1959年に Howerton, 1960年に MacHyder の値について R. Beauge の報告がある。また, 1960年に Jones と Garvey の測定がある。Trebilcock は ^{103}Rh の利用について(その際 2.5 MeV で, 770 mb の値をとつている)貢献している。

1963年頃, E. W. Vogt と W. G. Cross は, 2.6~14 MeV 間で K-X線を利用して測定を行い, 遷移当りの X線数として, 0.08 ± 0.005 なる値を出しているが, これ

は後程 0.074 と改められた。この修正は 9% の断面積増大に当る。この値から Roy は 3 MeV 以下の断面積の計算を行つている。

- 3) 1964年に Fahrman, 1966年に Zijp は, 検出体としての一般的な問題を調べ それまでに得られたデータを整理した。1964年 Beckurts と Wirtz の断面積のカーブが Beauge によつて, そのエネルギー範囲が拡張された。
- 4) 1965年 Nagel と Aten は $^{103}\text{Rh}(n, n')$ について 14.2 MeV で絶対測定を行つた。 $\tau(^{103}\text{Rh}^m)$ として 56 min の値を出し, $^{103}\text{Ru} \rightarrow ^{103}\text{Rh}^m$ の関係から 20 keV の X線の変換係数を求めている。この際 $^{103}\text{Ru} \rightarrow ^{103}\text{Rh}^m$ への遷移は 100%, Ru の寿命は 40日としている。
 また, 約 20 keV X線中の Rh の割合が, $89.50 \pm 0.5\%$ とし, 14.2 MeV 中性子照射で, $^{56}\text{Fe}(n, p)^{56}\text{Mn}(118 \pm 8 \text{ mb})$ と $^{65}\text{Cu}(n, 2n)^{64}\text{Cu}(920 \pm 80 \text{ mb})$ と比較して $\sigma_{n, n'}(^{103}\text{Rh}^m) = 508 \pm 50 \text{ mb}$ の値を得ている。
- 5) 1967年 Kohler と Knopf は, 軽水炉の炉心表面の中性子に対する断面積を決定して、その値が中性子スペクトルに強く依存することを示している。方法は Nagel と Aten の方法と同じで、断面積の値は、Vogt と Cross のカーブより 27% 位小さくなつている。
- 6) 1968年, J. P. Butler と D. C. Santry は, $^{32}\text{S}(n, p)$ 反応基にして long counter を較正し, 中性子束強度の測定方法を発表している。その結果は Roy の値と比較して, 500 keV で 12%, 800 keV で 80%, 1~4 MeV 間で 40% 大きく, 8 MeV で 2倍となつている。
- 7) 1967年 Kimura は, ^{103}Ru で効率較正をした薄い NaI を用いて測定し, これまでの値とよく一致する結果を出している。

以上をまとめて, 核分裂時の中性子スペクトルを

$$n(E) dE = 0.4527 e^{-E/0.965} \text{sh} \sqrt{2.29 E}$$

として, 表3のような核分裂中性子に対する平均の断面積 $\langle \sigma_m \rangle$ が得られる。

Kohler と Knopf 実験値	403 ± 40 mb
Roy のカーブからの計算値	520 mb
Butler と Santry のカーブからの計算値	710 mb

表 3.

以上の検討から、 $\langle \sigma_m \rangle$ については Butler と Santry の値 $\langle \sigma_m \rangle = 710 \text{ mb}$ が良さ
そうな値と思われるが、 $\sigma_m(E)$ については、これだけのデータから推奨出来る値を提示すること
は困難であるが、次に述べるものが、妥当と考えられる。

- 1) 300 keV 以下では Butler と Santry の値
- 2) 300 keV から 1.0 MeV 間では、Roy のカーブ
- 3) 1.4 MeV までの延長には、Butler と Santry と Vogt と Cross
の点を用いる。

参照文献リスト、測定の特徴表(年代別、エネルギー範囲、利用した反応、束強度測子の種類、比
較の時の標準反応、得た値の種類、その他)と σ (barn) とエネルギー E_n のグラフの3件は、
省いてある。