

Cross-Section at 14.0 MeV of the $^{93}\text{Nb}(n, 2n) ^{92}\text{Nb}$
 Reaction, and its Relevance Fusion
 Reactor Technology

S. BLOW (Harwell)

J. Nucl. Energy 29, 9 (1972)

神田 幸 則(九大工)

^{93}Nb (自然存在比, 100%) は核融合炉の真空壁材料として有力候補の一つになっている。一般に, $(n, 2n)$ の断面積は少数の例外を除いて放射化法で測定されている。 $^{93}\text{Nb}(n, 2n)$ の残留核はアイソマーの ^{93m}Nb (半減期 10.16 日) と基底状態の ^{93g}Nb (半減期 370 年以上, または 10^7 年ともいわれる) とであり, 基底状態へ崩壊する断面積は放射化法では測定できない。上述の少数の例外は大型液体シンチレーターによって核分裂の ν を測定するのと全く同様の方法で $(n, 2n)$ 反応で放出される 2 個の中性子を検出することによって行われた。最近, Mather ら¹⁾ はこの方法で $^{93}\text{Nb}(n, 2n) ^{92}\text{Nb}$ の断面積を $E_n=14\text{MeV}$ で $1500 \pm 150 \text{mb}$ と測定している。このほか最近, Paulsen ら²⁾ は ^{93}Nb と 16.8 MeV 中性子との反応から放出される中性子スペクトルを同様に ^{59}Co からのスペクトルと比較して, $^{59}\text{Co}(n, 2n)$ の断面積を標準として $1380 \text{mb} (\pm 13\%)$ の結果を得た。なお, ^{92g}Nb と ^{92m}Nb のエネルギー差は (d, t) および (p, d) から 135 keV と求められている。

上述の実験値で精度の点は別として一応 $^{93}\text{Nb}(n, 2n)$ の全断面積は求められたが, 放出される γ 線のスペクトルも核融合炉にとって重要で, 本文献はその方面から表題の問題に近づく試みをしている。

著者の目的の一つは実験値の多い $^{93}\text{Nb}(n, 2n) ^{92m}\text{Nb}$ の断面積から $(n, 2n)$ の全断面積を見積ることであり, これは ^{92m}Nb と ^{92g}Nb の生成比, いわゆるアイソマー比を計算することに等しい。この種の計算で一番あまいのは, 中性子放出後形成された残留核の励起状態から γ 線放出によって崩壊する過程でアイソマーと基底状態の 2 状態に分かれる割合をどのように計算するかにある。著者は (n, γ) からの γ 線スペクトルを求めるために提案された Troubet koy³⁾ の方法に従った。これは連続および不連続の励起エネルギー準位を与えて双極遷移のみの仮定で γ 線遷移を数えあげる方法で, 特に (n, γ) に限らなく, $(n, n' \gamma)$ ($n, n' n' \gamma$) でもよい。連続エネルギー準位は $\rho(E) = B \exp[2(aE)]^{1/2}$ で表わし, パラメータ B と a は Drake ら⁴⁾ による $^{93}\text{Nb}(n, n' \gamma)$ からの γ 線スペクトルの実験値と上の方法で求められた計算結果との比較から求めた。 $a = 1.8 \text{MeV}^{-1}$, $B = 2.0 \times 10^{-4}$ を得ている。このパラメータを使って同様の

計算を2段階重ねれば $(n, 2n)$ 後の γ 線遷移を計算できる。この方法の (n, γ) , $(n, n' \gamma)$, $(n, n', n' \gamma)$ への適用性および上の2パラメータ決定に伴う不確かさの結果への影響はaから10%, Bから0.2%以下と見積られた。結果は ^{92}gNb 生成の $^{92\text{m}}\text{Nb}$ 生成に対する比が1.5と与えられる。

この計算には両状態のスピンIが関与する。 ^{92}gNb は $I=7$ とも5とも与えられている。上の結果は $I=7$ に対してであり、 $I=5$ とすれば1.9となる。結局、14 MeVで $^{93}\text{Nb}(n, 2n)$ $^{92\text{m}}\text{Nb}$ に対する実験値440 mbから $^{93}\text{Nb}(n, 2n)$ の全断面積は1100 mbまたは1300 mbと求められた。これはMatherら¹⁾およびPaulsenら²⁾の実験値と合うし、Luら⁵⁾の $(n, 2n)$ 断面積の実験値による内挿値、および簡単な半経験式によるPaulsen⁶⁾の計算とも合う。

ENDF/BやUKNDLには $(n, 2n)$ は440 mb, (n, n') が1520 mbと与えられているので、むしろ値を逆転させなければならない。このために、これらデータファイルの値に基づき核融合炉の計算に影響があらわれる。ここで得られた結果を使用すると、中性子増倍が10~30%増加, T増殖が15%増加, No真空壁中の γ 線による発熱(γ 線による発熱は全発熱の92%を占める)は25%減少, NoからZrへの核変換(^{92}gNb が増加し $^{92}\text{gNb}(n, n')$ $^{92\text{m}}\text{Nb}$ で $^{92\text{m}}\text{Nb}$ から ^{92}Zr への崩壊量増加)は50%増加する。

参考文献

- 1) Mather D. and Batchelor R. (1970) 著者への私信
- 2) Paulsen A. and Widera R. (1970) *Z. Phys.* 238, 23.
- 3) Troubetkoy E.S. (1961) *Phys. Rev.* 122, 212.
- 4) Drake D.M., Hopkins J.C. and Young C.S. (1970) *Nucl. Sci. Engng* 40, 294.
- 5) Lu W.D., Ranakumar N. and Fink R.W. (1970) *Phys. Rev.* C1, 350.
- 6) Paulsen S. (1967) *Nucl. Data.* A3, 327.