

J A E R I - M
89-129

N E A N D C (J) - 141 / U
I N D C (J P N) - 128 / L

放射化断面積データファイル作成（I）

1989年9月

山室 信弘^{*}・飯島 俊吾^{**}

JAERI-M レポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。

入手の問合せは、日本原子力研究所技術情報部情報資料課（〒319-11茨城県那珂郡東海村）
あて、お申しこしください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-11茨城
県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費領布をおこなっております。

JAERI-M reports are issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Information Division, Department
of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun,
Ibaraki-ken 319-11, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 1989

編集兼発行 日本原子力研究所
印 刷 日立高速印刷株式会社

放射化断面積データファイル作成 (I)

日本原子力研究所東海研究所物理部
山室 信弘*・飯島 俊吾**

(1989年8月30日受理)

原子炉や核融合炉での中性子照射に伴う放射性核種生成の評価を行うため、放射化断面積データファイルの整備が必要であり、最終的には2,000種類以上の放射化断面積データが収納される予定である。そのために放射化断面積データファイルの作成作業が1987年度より開始されているが、今年度はその作業の一部として、NiからWに至る14元素を対象に中性子断面積の評価と整備が行われた。中性子エネルギーは 10^{-5} eVから20MeVの範囲が扱われている。

本報告書では、まず簡易入力核断面積システム(SINCRoS)による計算方法と結果の検討を述べ、次にJENDL-3Tから断面積を採用した場合の処理方法を述べる。計算結果は実験データと比較され結果の有用性が示されている。放射化断面積データファイルとしては、ENDF/B形式におけるファイル8,9および10が用いられ、計算結果がこれらのファイル形式に従ってディスクに収められた。

本報告書は、日本原子力研究所との昭和63年度契約ならびにシグマ研究委員会で行われた成果をまとめたものである。

東海研究所：〒319-11 茨城県那珂郡東海村白方字白根2-4

* 核データ工学

** 日本原子力事業総合研究所

Activation Cross Section Data File (I)

Nobuhiro YAMAMURO* and Shungo IIJIMA**

Department of Physics
Tokai Research Establishment
Japan Atomic Energy Research Institute
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received August 30, 1989)

To evaluate the radioisotope productions due to the neutron irradiation in fission or fusion reactors, the data for the activation cross sections ought to be provided. It is planning to file more than 2000 activation cross sections at final. In the current year, the neutron cross sections for 14 elements from Ni to W have been calculated and evaluated in the energy range 10^{-5} to 20 MeV.

The calculations with a simplified-input nuclear cross section calculation system SINCROS were described, and another method of evaluation which is consistent with the JENDL-3 were also mentioned. The results of cross section calculation are in good agreement with experimental data and they were stored in the file 8, 9 and 10 of ENDF/B format.

Keywords : Radioisotope, Activation, Neutron Cross Section,
SINCROS, ENDF/B

This work has been performed under the Research-in-Trust in 1988 fiscal year from Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI).

* Data Engineering, Inc.

** NAIG Nuclear Research Laboratory, Nippon Atomic Industry Group CO., Ltd.

目 次

1. 序 文	1
2. 計算・評価の方法	2
3. 結果の検討	5
3.1 Cu, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Ta の断面積	5
3.2 Ni, Eu, Gd, W の断面積	45
4. 理論計算に使用した J C L と放射化断面積のファイル化	68
4.1 理論計算に用いた J C L と入力及び出力データ	68
4.2 放射化断面積のファイル化	74
4.3 ファイル 8, 9, 10 の格納形式	77
5. む す び	78
謝 辞	78
参 考 文 献	79
付 錄 放射化反応リスト	80

Contents

1. Introduction	1
2. Method of calculation and evaluation for activation cross section	2
3. Examination of results	5
3.1 Cross sections for Cu, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, In, Sn, Sb and Ta	5
3.2 Cross sections for Ni, Eu, Gd and W	45
4. JCL for a nuclear model calculation and production of file for activation cross sections	68
4.1 JCL, input and output data for nuclear model calculations	68
4.2 Production of file for activation cross sections	74
4.3 Format of files 8, 9 and 10	77
5. Summary	78
Acknowledgments	78
References	79
Appendix list of activation reactions	80

1. 序 文

原子炉及び核融合炉における中性子照射に伴って生ずる、放射性核種生成の評価を行うため、放射化断面積データファイルの整備が進められている。今年度は、この整備作業の一環として14元素に対する放射化断面積の評価が行われた。

対象となった元素は Ni, Cu, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Eu, Gd, Ta, Wであり、これらの元素のすべての安定同位体を標的として、中性子反応により放射化されて生ずる核種の生成断面積を計算した。一部の核種では長半減期の放射性核種に限ったものもある。また、生成核種の中には、ほとんど総ての核異性体を含んでいる。入射中性子エネルギーは 10^{-5} eV から 20 MeV まである。

中性子断面積の理論計算には、主に簡易入力核断面積計算システム第Ⅱ版 (S INCROS-II) が用いられた。計算の結果は実験データと比較され、計算結果の信頼性が検討された。

この計算システムは核異性体生成断面積が直接計算され、表示される点で本作業に極めて有用なものであった。核異性体生成のない核種又は核異性体生成反応の重要度の低い核種については、JENDL-3¹⁾ より直接放射化断面積を引用したものもある。

以下第2章では放射化断面積の計算と評価の方法、第3章では実験データとの比較による結果の検討を述べる。また、第4章で理論計算に使用したJCLと入力データ及びファイル化の方法を挙げ、第5章に本作業を終ってのむすびを述べる。

2. 計算・評価の方法

JENDL特殊目的ファイルの一つとして、放射化断面積ファイルの作成が進められているが、本年度も昨年度に引き続き、14元素の中性子反応で生ずる放射化断面積の計算が実施された。

放射化断面積の中には多くの核異性体生成断面積が含まれており、そのため以下に述べるように核断面積計算プログラムに改良が加えられ、精度の高い計算結果を求めることが目標とされた。本章では先ず計算・評価の方法のうち主にSINCROS-IIについて述べる。計算の方法は対象元素により差違があるが、ここでは14元素中の多くの核種の計算に当たり用いられた方法を概観する。

中性子反応によって生ずる放射化断面積の数は数千反応に及ぶ、これら多数の反応断面積を精度よく求めるためには、核断面積計算に際し詳細計算コードの使用法の簡素化をはかる必要がある。そのため1987年以来簡易入力核断面積計算システムの開発が進められ、その第1版(SINCROS-I)については報告が行われている。²⁾この第1版は、既に公開されいくつかのグループによって利用されており、今回の計算に際しても用いられた。しかし、本年度は上述14元素中の10元素の計算では、SINCROS-Iの改良版であるSINCROS-IIが採用されている。

SINCROS-II^{*}の構成をFig.2.1に挙げる。SINCROS-IIがSINCROS-Iと比べ改良された主な点は次の2つである。

- (1) ELIESE³⁾-GNASH⁴⁾結合プログラム(EGNASH)が(a)入力パラメータがさらに少数となり、(b)中性子及び陽子光学ポテンシャルがそれぞれ2種類内蔵されて選択ができるようになり、(c)必要な入力を行えば核異性体生成断面積が直接表示されることなどである。今後このプログラムをEGNASH2と略称する。
- (2) EGNASH2の計算結果は従来のファイル44のみでなくFig.2.1に見るようファイル10, 12, 14などが必要に応じて保存される。このうちファイル10は計算された各エネルギー点ごとに粒子ならびにガンマ線の放出スペクトルが含まれている。現在その結果の一部は14MeV中性子によるDDXの実験データとの比較などに用いられているが、近い将来ケルマ因子などの計算に利用する予定である。

ファイル12は反応断面積の一覧で、核異性体生成断面積を含む。このファイルを処理してENDF/Bフォーマットで放射化断面積を収納するファイル10を直接作成できるプログラムXTOB10を開発し本作業に用いた。

ファイル14はCASTHYコード⁵⁾用の入力データが出力される。CASTHYによる(n, r), (n, n')反応などの検討が必要の場合利用できる。

ファイル44は従来のものでGAMFILコード⁶⁾によるENDF/Bの一般ファイルが作成できるのは変わらない。

*) SINCROS-IIの詳細については別に報告の予定である。

JENDL-3¹⁾ ファイルは、ようやく編集を終え間もなく公開される。
そこで核異性体断面積を含まない核種や、核異性体断面積の系統性が見出しうるものでは
JENDL-3 の結果をそのまま利用できる。今回の評価で反応の全断面積を JENDL-3 より
とり、核異性体生成を GNASH 計算から求めた比から求めたものがある。従ってその評価・計
算の方法は改めて述べる必要はないと思われる。

このような計算・評価の方法の違いは後に述べるデータのファイル化の場合にも、その処理
法の違いとなってくる。今回はこれらの間の統一をとらず、それぞれの元素ごとに適当と思わ
れる方法を採用した。

第3章でこれらの計算結果の検討を述べるが、そのうち3.1に挙げた元素は SINCROS-II
によって計算したものであり、3.2のものは JENDL-3 の結果を利用してまとめたものであ
る。

S I N C R O S - II

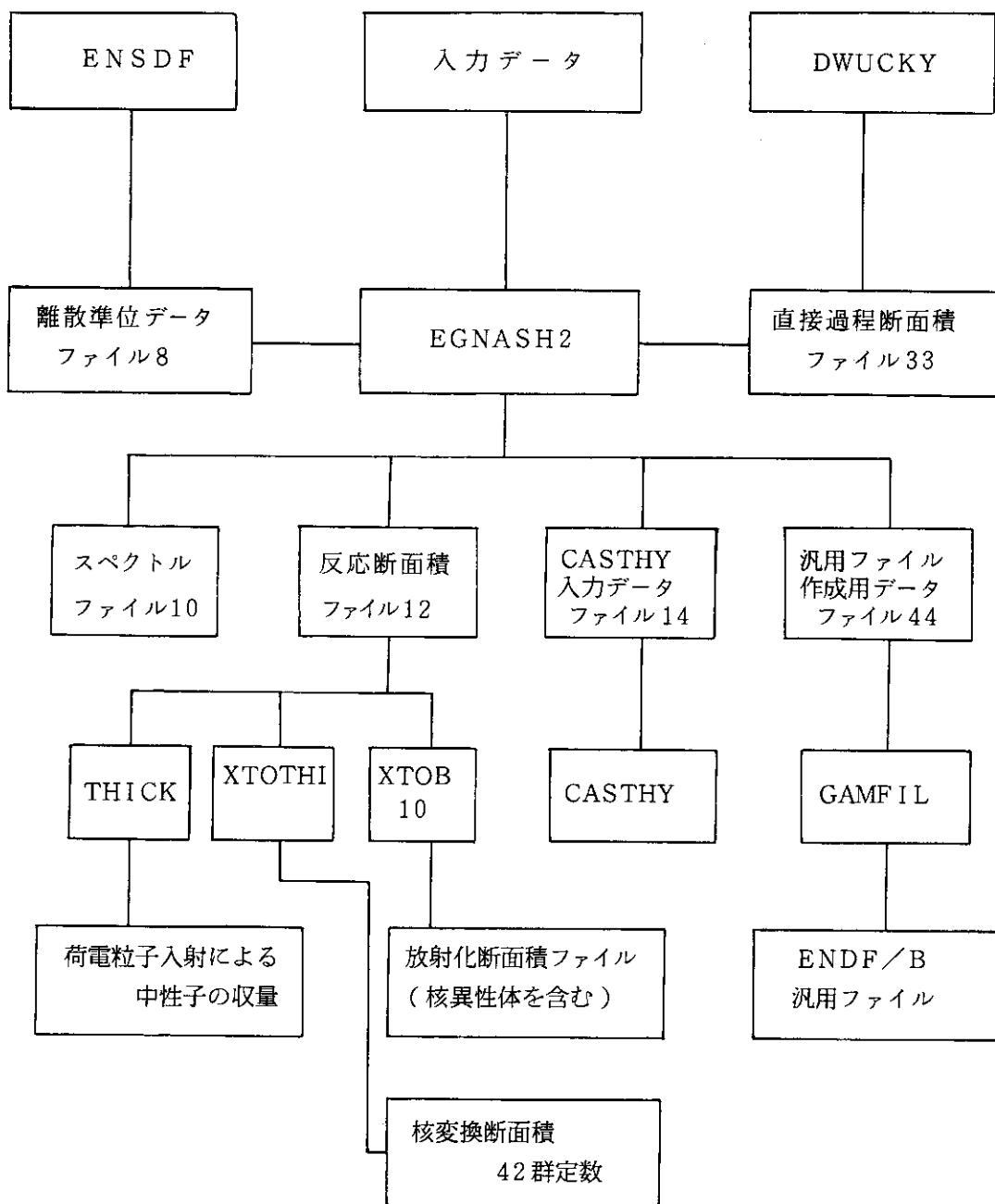


Fig. 2.1 Composition of SINCROS-II

3. 結果の検討

計算の方法は第2章でも述べた通り、簡易入力核断面積計算システム第II版(SINCROS-II)によって行ったものと、GNASHコード⁴⁾による核異性体生成比の計算と、JENDL-3¹⁾に含まれるそれぞれの反応の全断面積を用いて行ったものとに分類される。そこで第3章でもまず3.1でSINCROS-IIでの計算結果を検討し、つづいて3.2でJENDL-3から引用して行った方法の結果を検討する。

3.1 Cu, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Ta の断面積

ここで述べようとしている10元素の場合、SINCROS-IIを用い、核異性体生成断面積を含む多くの放射化断面積を計算し、直接実験結果との比較を行なっている。SINCROS-IIではTable. 3.1.1のような核異性体に関するデータがあれば、これにより生成核種と準位の番号を知り、これを入力することによって核異性体生成断面積の励起関数が直ちに与えられる。第4章でこのような入力及び出力形式について述べる。以下元素ごとに計算結果と実験データとの比較・検討について主要な点を与える。

3.1.1 Cu の断面積

⁶³Cu 及び ⁶⁵Cu の (n, α) 反応によってそれぞれ ⁶⁰Co (5.3年) 及び ⁶²Co (1.5分) を生ずるが、⁶⁰Co と ⁶²Co には核異性体がある。そこでこれらの核異性生成断面積も含む反応断面積の計算を行ない、基底状態生成断面積と区別して表示したのがFig. 3.1.1 及び 2 に示されている。従来の計算では基底状態及び核異性体生成を合計した (n, α) 反応の全断面積のみ与えられていた。今回は実験データと対応させる場合にも、これらの状態ごとの生成量と比較することができる。

⁶⁰Co 及び ⁶²Co の核異性体生成データとしては加藤らの実験がある。⁷⁾ 実験結果はまだ予備的なものであるが、計算値との一致は概ね良好である。⁶³Cu (n, α) 反応の全断面積に関する Paulsen⁸⁾ の実験は 10 MeV 付近で計算よりかなり高い値を与えている。Winkle⁹⁾ の実験値から考えても、再測定が必要なものと判断し、計算結果の修正は実行していない。

3.1.2 Zr の断面積

Zr の同位体 ^{90,91,92,94,96}Zr に対する計算のうち、主なものについて Fig. 3.1.3 から 11 までに示してある。

⁹⁰Zr ($n, 2n$) ⁸⁹Zr では全断面積及び核異性体生成断面積で実験データと比較されている。全断面積の 14~15 MeV で計算値がやや低いが、この計算によって ⁸⁹Zr の基底状態 (78.4 時間) の生成断面積が直接与えられている。⁹⁰Zr (n, p) ⁹⁰Y では Ikeda らの核異性体生成断面積 (3.19 時間) の実験データ¹⁰⁾との一致が良好のところから、より長半減期の基底状態 (64.0

時間)の生成断面積の計算値の信頼性が高いものと考えられる。このような例は、 $^{91}\text{Zr}(n, p)$ ^{91}Y , $^{91}\text{Zr}(n, np)$ ^{90}Y など多数あり、S INCROS-IIによる計算法の特徴の一つであり、従来の方法に比し格段の長所を持つものと言える。

基底状態生成のみを対象とする、 $^{92}\text{Zr}(n, p)$ ^{92}Y (3.54時間), $^{94}\text{Zr}(n, p)$ ^{94}Y (18.7m), $^{94}\text{Zr}(n, \alpha)$ ^{91}Sr (9.5時間)などについても実験との一致が良好なことは、Fig. 3.1.8, 10, 11に見る通りである。

S INCROSの計算ではすべて生成量を与えているので、例えば $^{92}\text{Zr}(n, np)$ ^{91}Y の断面積の中には $^{92}\text{Zr}(n, d)$ ^{91}Y も含まれている。このような2粒子放出を含む反応断面積の場合はFig. 3.1.9に示すように実験との不一致を示す例も見られる。これらの例については今後検討を要すると考えているが、断面積の絶対値が小さいことでもあり、差し当り実験値に規格化することはすべて見送っている。

3.1.3 Nb の断面積

Fig. 3.1.12 及び 13 に $^{93}\text{Nb}(n, 2n)$ ^{92}Nb 及び $^{93}\text{Nb}(n, \alpha)$ ^{90}Y 反応断面積の計算値と実験データとの比較を示した。 $^{93}\text{Nb}(n, 2n)$ の全断面積ではしきい値から 12 MeVまで Frehaut¹¹⁾ の結果との一致がやや悪い。Frehaut が 1975 年 Washington Conference に発表した論文中の数値¹²⁾は計算との一致が良いのであるが、1980 年に改めて示したものでは数値が低くなったといきさつがある。断面積の副標準値としても使われる $^{93}\text{Nb}(n, 2n)$ ^{92m}Nb 反応の結果は全般的に実験値との一致は良い。

$^{93}\text{Nb}(n, \alpha)$ ^{90}Y では実験とやや異なるエネルギー依存性を示す。ただ核異性体生成断面積では、15 MeV付近での Ikeda らのデータ¹⁰⁾に一致している。

3.1.4 Mo の断面積

すべての同位体について放射化断面積が与えられているが、そのうち実験データが比較的新しく求められているものについて Fig. 3.1.14 から 26まで数多く計算結果が示されている。Mo の場合も Ikeda ら¹⁰⁾によって求められた 13~15 MeV での値が多く引用されている。

Fig. 3.1.15 の $^{92}\text{Mo}(n, p)$ ^{92}Nb , Fig. 3.1.16 の $^{92}\text{Mo}(n, \alpha)$ ^{89}Zr ,
 Fig. 3.1.17 の $^{95}\text{Mo}(n, p)$ ^{95}Nb , Fig. 3.1.18 の $^{96}\text{Mo}(n, p)$ ^{96}Nb ,
 Fig. 3.1.19 の $^{96}\text{Mo}(n, np)$ ^{95}Nb , Fig. 3.1.20 の $^{97}\text{Mo}(n, p)$ ^{97}Nb ,
 Fig. 3.1.21 の $^{97}\text{Mo}(n, np)$ ^{96}Nb , Fig. 3.1.22 の $^{98}\text{Mo}(n, p)$ ^{98}Nb ,
 Fig. 3.1.23 の $^{98}\text{Mo}(n, np)$ ^{97}Nb , Fig. 3.1.24 の $^{98}\text{Mo}(n, \alpha)$ ^{95}Zr ,
 Fig. 3.1.25 の $^{100}\text{Mo}(n, 2n)$ ^{99}Mo , Fig. 3.1.26 の $^{100}\text{Mo}(n, \alpha)$ ^{97}Zr ,

などほとんどすべての同位体に及んでおり、これらの反応にかかわる核種の準位密度パラメータなどの決定に重要な寄与をしている。その結果として計算と実験の一一致は(n, np)反応などを除けば、極めて良好である。これらの図中には核異性体生成と基底状態生成とが必要な場合すべて区別して実験データと比較されていることに注意してほしい。

Fig. 3.1.14 に示した $^{92}\text{Mo}(n, 2n)$ ^{91}Mo の断面積には興味ある結果の一つが与えられている。図で見る通り $^{92}\text{Mo}(n, 2n)$ 反応の全断面積ではかなり傾向の異なる実験データが与えら

れているが、計算ではそのうち低い値を与えているAbboud¹³⁾らの結果と一致することを示している。

3.1.5 Ag の断面積

Agの計算のうち実験データとの比較が、Fig. 3.1.27から30までに与えられている。Table 3.1.1に示されているようにこの質量領域では核異性体生成反応はますますその数を加えており、半減期の短いものも加えれば¹⁰⁷Agにも¹⁰⁹Agにもそれぞれ7種の反応がある。実験データは14 MeV付近を除くと、量・質とも劣っている。従って図で見るよう計算との間にまずまずの一致は見られるものの、判断の難かしいものもある。

3.1.6 Cd の断面積

Cdには質量数106, 108, 110, 111, 112, 113, 114, 116の8同位体があり、核異性体生成反応は合計28反応に及ぶ。その内容はTable. 3.1.1に詳しい。計算と実験との比較はFig. 3.1.31から37に示してある。Fig. 3.1.31では¹⁰⁶Cd(n, 2n)¹⁰⁵Cd反応断面積が⁹²Mo(n, 2n)⁹¹Mo反応の場合と同じように低い値を与える実験値を支持していることがわかる。(n, 2n)断面積の実験が時々過大な値を与える原因が何にあるのか調べてみると面白い。Fig. 3.1.32の¹⁰⁶Cd(n, p)¹⁰⁶Agの場合、実験データとの一致は非常に悪い。再検討を要すると思うが、直ちに実験が正しいとの判断もできない。その他の図示の反応では両者の一致はおおよそ良好である。実験データが少ないか、無いために比較の結果が示されていない多くの反応があるのは言うまでもないが、計算は一貫した整合性を保っており、大きな誤りはないものと考えている。

3.1.7 In の断面積

¹¹³Inと¹¹⁵Inの反応でも12の核異性体生成反応が含まれる。与えられている実験データが少ないが、14 MeV付近における実験値は計算に際し参照されている。両同位体に対する(n, 2n)反応のみ、Fig. 3.1.38及び39で実験データとの比較が示されている。¹¹⁵Inでは(n, 2n)反応による核異性体生成断面積の実験の中には、計算値よりかなり低い値を示すものがある。これも実験の内容など検討すべきものの一つである。

3.1.8 Sn の断面積

Snは質量数112, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 124と10同位体があり、諸元素中同位体数は最大である。そのため、これらの核種の中性子反応は多数あり、この中に核異性体生成反応もTable 3.1.1に挙げたもので48に達する。ただし、中には残留核が安定な核の場合も含まれ、放射化断面積の計算の対象にならないものもあるが、計算では全反応を同時に扱うことが必要であり、結果としてすべての反応断面積が与えられている。結果はFig. 3.1.40から51までのなかで、実験データと比較されている。ここでもIkedaら¹⁰⁾の実験結果がしばしば引用されており、計算での準位密度パラメータなどの決定に利用されている。しかし、中にはFig. 3.1.42に示すように¹¹⁴Sn(n, p)^{114m}In反応断面積では計算と実験とのエネルギー依

存性が反対になるものがある。また、 $^{120}\text{Sn}(n, \alpha)^{117}\text{Cd}$ 反応の場合には基底状態生成(2.49h)と核異性体生成(3.36h)の断面積が実験では核異性体生成の方がやや大きいのに、計算では逆になるなど検討を要する興味ある結果もある(Fig. 3.1.49, 50)。さらに二つの核異性体生成が同時に生ずる $^{116}\text{Sn}(n, p)^{116}\text{In}$ 反応などの場合には計算は二つの核異性体生成を別々に扱い、合計して実験値と比較されている(Fig. 3.1.43 及び 46)。Fig. 3.1.51 では $^{124}\text{Sn}(n, 2n)^{123}\text{Sn}$ の計算が示されているが、半減期40分の核異性体生成断面積が Ikeda らの実験データ¹⁰⁾と非常に良い一致を示すところから、長半減期(129.2d)の基底状態生成断面積の計算結果の信頼性はかなり高いものと判断できる。

3.1.9 Sb の断面積

Fig. 3.1.52 及び 53 で二つの同位体 ^{121}Sb と ^{123}Sb の(n, 2n)反応の結果を示す。 $^{121}\text{Sb}(n, 2n)$ での基底状態生成断面積では 16 MeV 以上で計算値が高くなり、長半減期(5.76d)の核異性体生成断面積が全般に低いなど検討すべき事項が残されている。(n, 2n)反応以外では参照すべき実験データが少ない。この元素でも核異性生成反応は 13 反応あり、すべて計算結果が与えられている。

3.1.10 Ta の断面積

Fig. 3.1.54 及び 55 に(n, 2n)及び(n, p)反応の結果について実験データと比較されている。 ^{181}Ta の基底状態と核異性体のスピンの値は文献によって異なる場合があるが、ここでは ENSDF の示すように基底状態のスピンを 1^+ 、核異性体状態を 9^- とした。Prestwood¹⁴⁾, Bormann¹⁵⁾, Ikeda¹⁰⁾ はいずれも 1^+ 状態を核異性体として実験結果を発表しているが、ここではこれを基底状態生成断面積として取扱い計算と比較している。一致の程度は Ikeda のデータがやや高い値を示すのを除き、良好である。(n, 2n) 全断面積では 10 MeV 付近で Frehant¹⁶⁾との差違がある。(n, 3n) 断面積も実験との一致は良い。(n, p) 反応の場合、計算値はやや低いようである。

Table 3.1.1 Table of Isomer States

Nuclide	Reaction	Level No.	Isomer State			Ground State	
			E_x (MeV)	$T_{1/2}$	J	$T_{1/2}$	J
^{27}Al	$(n, 2n)^{26}\text{Al}$	2	0.2284	6.34s	0^+	7.2E05y	5^+
^{45}Sc	$(n, 2n)^{44}\text{Sc}$	5	0.2712	58.6h	6^+	3.93h	2^+
^{54}Fe	$(n, 2n)^{53}\text{Fe}$	(21)	3.0407	2.58m	$19/2^-$	8.51m	$7/2^-$
	$(n, t)^{52}\text{Mn}$	2	0.3777	21.1m	2^+	5.59d	6^+
^{59}Co	$(n, \gamma)^{60}\text{Co}$	2	0.0586	10.48m	2^+	5.272y	5^+
	$(n, 2n)^{58}\text{Co}$	2	0.0249	9.1h	5^+	70.91d	2^+
^{58}Ni	$(n, p)^{58}\text{Co}$	2	(see above)				
^{60}Ni	$(n, p)^{60}\text{Co}$	2	(see above)				
^{61}Ni	$(n, np)^{60}\text{Co}$	2	(see above)				
^{62}Ni	$(n, p)^{62}\text{Co}$	2	0.022	13.9m	5^+	1.50m	2^+
^{63}Cu	$(n, \alpha)^{60}\text{Co}$	2	(see above)				
	$(n, 2n\alpha)^{58}\text{Co}$	2	(see above)				
^{65}Cu	$(n, \alpha)^{62}\text{Co}$	2	(see above)				
	$(n, 2n\alpha)^{60}\text{Co}$	2	(see above)				
^{68}Zn	$(n, \gamma)^{69}\text{Zn}$	2	0.4387	13.8h	$9/2^+$	57m	$1/2^-$
	$(n, p)^{68}\text{Cu}$	4	0.7216	3.8m	6^-	31s	1^+
^{70}Zn	$(n, \gamma)^{71}\text{Zn}$	2	0.157	3.97h	$9/2^+$	2.4m	$1/2^-$
	$(n, 2n)^{69}\text{Zn}$	2	(see above)				
	$(n, p)^{70}\text{Cu}$	3	0.140	46s	4^-	5s	1^+

Table 3.1.1 (Continued)

Nuclide	Reaction	Level No.	Isomer E _x (MeV)	State			Ground State	
				T _{1/2}	J	T _{1/2}	J	
⁹⁰ Zr	(n,n') ⁹⁰ Zr	4	2.319	0.809s	5 ⁻	sta.	0 ⁺	
	(n,2n) ⁸⁹ Zr	2	0.5878	4.18m	1/2 ⁻	78.4h	9/2 ⁺	
	(n,p) ⁹⁰ Y	3	0.6820	3.19h	7 ⁺	64.0h	2 ⁻	
	(n,np) ⁸⁹ Y	2	0.9092	15.7s	9/2 ⁺	sta.	1/2 ⁻	
	(n, α) ⁸⁷ Sr	2	0.3884	2.80h	1/2 ⁻	sta.	9/2 ⁺	
⁹¹ Zr	(n,2n) ⁹⁰ Zr	4	(see above)					
	(n,p) ⁹¹ Y	2	0.5556	49.7m	9/2 ⁺	58.5d	1/2 ⁻	
	(n,np) ⁹⁰ Y	3	(see above)					
⁹² Zr	(n,np) ⁹¹ Y	2	(see above)					
⁹³ Nb	(n,r) ⁹⁴ Nb	2	0.04095	6.26m	3 ⁺	2.0E04y	6 ⁺	
	(n,n') ⁹³ Nb	2	0.03082	15.8y	1/2 ⁻	sta.	9/2 ⁺	
	(n,2n) ⁹² Nb	2	0.1355	10.13d	2 ⁺	3.7E07y	7 ⁺	
	(n,3n) ⁹¹ Nb	2	0.1045	62d	1/2 ⁻	7.0E02y	9/2 ⁺	
	(n, α) ⁹⁰ Y	3	(see above)					
	(n,n α) ⁸⁹ Y	2	(see above)					
⁹⁴ Nb	(n,r) ⁹⁵ Nb	2	0.2357	3.61d	1/2 ⁻	34.98d	9/2 ⁺	
⁹² Mo	(n,r) ⁹³ Mo	(13)	2.4252	6.9h	21/2 ⁺	3.5E03y	5/2 ⁺	
	(n,2n) ⁹¹ Mo	2	0.6530	65s	1/2 ⁻	15.5m	9/2 ⁺	
	(n,p) ⁹² Nb	2	(see above)					
	(n,np) ⁹¹ Nb	2	(see above)					
	(n, α) ⁸⁹ Zr	2	(see above)					
⁹⁴ Mo	(n,2n) ⁹³ Mo	(13)	(see above)					
	(n,p) ⁹⁴ Nb	2	(see above)					
⁹⁵ Mo	(n,p) ⁹⁵ Nb	2	(see above)					
	(n,np) ⁹⁴ Nb	2	(see above)					
⁹⁶ Mo	(n,np) ⁹⁵ Nb	2	(see above)					
⁹⁷ Mo	(n,p) ⁹⁷ Nb	2	0.7434	54s	1/2 ⁻	73.6m	9/2 ⁺	

Table 3.1.1 (Continued)

Nuclide	Reaction	Level No.	E _x (MeV)	Isomer State		Ground State	
				T _{1/2}	J	T _{1/2}	J
⁹⁸ Mo	(n,p) ⁹⁸ Nb	2	0.084	51m	5 ⁺	2.8s	1 ⁺
	(n,np) ⁹⁷ Nb	2	0.7434	54s	1/2 ⁻	73.6m	9/2 ⁺
¹⁰⁰ Mo	(n,np) ⁹⁹ Nb	2	0.3653	2.6m	1/2 ⁻	15s	9/2 ⁺
	(n,2np) ⁹⁸ Nb	2	(see above)				
¹⁰⁷ Ag	(n,r) ¹⁰⁸ Ag	3	0.10947	1.3E02y	6 ⁺	2.42s	1 ⁺
	(n,n') ¹⁰⁷ Ag	2	0.0931	44.2s	7/2 ⁺	sta.	1/2 ⁻
	(n,2n) ¹⁰⁶ Ag	2	0.08963	8.5d	6 ⁺	24.0m	1 ⁺
	(n,p) ¹⁰⁷ Pd	3	0.2149	20.9s	11/2 ⁻	6.5E06y	5/2 ⁺
	(n, α) ¹⁰⁴ Rh	4	0.12896	4.36m	5 ⁺	41.8s	1 ⁺
	(n,n α) ¹⁰³ Rh	2	0.03975	56.12m	7/2 ⁺	sta.	1/2 ⁻
¹⁰⁹ Ag	(n,r) ¹¹⁰ Ag	3	0.1176	249.8d	6 ⁺	24.6s	1 ⁺
	(n,n') ¹⁰⁹ Ag	2	0.08803	39.8s	7/2 ⁺	sta.	1/2 ⁻
	(n,2n) ¹⁰⁸ Ag	3	(see above)				
	(n,p) ¹⁰⁹ Pd	3	0.1890	4.68m	11/2 ⁻	13.43h	5/2 ⁺
	(n, α) ¹⁰⁶ Rh	2	0.14	2.18h	6 ⁺	29.8s	1 ⁺
	(n,n α) ¹⁰⁵ Rh	2	0.12978	45s	1/2 ⁻	35.4h	7/2 ⁺

Table 3.1.1 (Continued)

Nuclide	Reaction	Level No.	Isomer	State	Ground State		
			E_x (MeV)	$T_{1/2}$	J	$T_{1/2}$	J
^{106}Cd	(n,p) ^{106}Ag	2	0.08963	8.5d	6^+	24.0m	1^+
	(n,np) ^{105}Ag	2	0.02547	7.23m	$7/2^+$	41.3d	$1/2^-$
^{108}Cd	(n,p) ^{108}Ag	3	0.10947	1.3E02y	6^+	2.42m	1^+
	(n,np) ^{107}Ag	2	0.0931	44.2s	$7/2^+$	sta.	$1/2^-$
^{110}Cd	(n,r) ^{111}Cd	4	0.3962	48.6m	$11/2^-$	sta.	$1/2^+$
	(n,p) ^{110}Ag	3	0.1176	249.8d	6^+	24.6s	1^+
	(n,np) ^{109}Ag	2	0.08803	39.8s	$7/2^+$	sta.	$1/2^-$
	(n, α) ^{107}Pd	3	0.2149	20.9s	$11/2^-$	6.5E06y	$5/2^+$
^{111}Cd	(n,n') ^{111}Cd	4	(see above)				
	(n,p) ^{111}Ag	2	0.05982	64.8s	$7/2^+$	7.47d	$1/2^-$
	(n,np) ^{110}Ag	3	(see above)				
	(n,n α) ^{107}Pd	3	(see above)				
^{112}Cd	(n,r) ^{113}Cd	2	0.2636	14.1y	$11/2^-$	9.0E15y	$1/2^+$
	(n,2n) ^{111}Cd	4	(see above)				
	(n,np) ^{111}Ag	2	(see above)				
	(n, α) ^{109}Pd	3	0.18899	4.69m	$11/2^-$	13.43y	$5/2^+$
^{113}Cd	(n,n') ^{113}Cd	2	(see above)				
	(n,p) ^{113}Ag	2	0.0432	68.7s	$7/2^+$	5.3h	$1/2^-$
	(n,n α) ^{109}Pd	3	(see above)				
^{114}Cd	(n,r) ^{115}Cd	2	0.181	44.6d	$11/2^-$	53.5h	$1/2^+$
	(n,2n) ^{113}Cd	2	(see above)				
	(n,np) ^{113}Ag	2	(see above)				
	(n, α) ^{111}Pd	3	0.1722	5.5h	$11/2^-$	22m	$5/2^+$
^{116}Cd	(n,r) ^{117}Cd	3	0.1364	3.36h	$11/2^-$	2.49h	$1/2^+$
	(n,2n) ^{115}Cd	2	(see above)				
	(n,p) ^{116}Ag	2	0.081	10.4s	()	2.68m	()
	(n,np) ^{115}Ag	2	()	18.0s	$7/2^+$	20m	$1/2^-$
	(n, α) ^{113}Pd	2	()	89.0s	()	98s	()

Table 3.1.1 (Continued)

Nuclide	Reaction	Level No.	Isomer E _x (MeV)	State T _{1/2}	Ground State		
					J	T _{1/2}	J
¹¹³ In	(n, r) ¹¹⁴ In	2	0.1903	49.51d	5 ⁺	71.9s	1 ⁺
	(n, n') ¹¹³ In	2	0.3917	1.6851h	1/2 ⁻	sta.	9/2 ⁺
	(n, 2n) ¹¹² In	2	0.1565	20.9m	4 ⁺	14.4m	1 ⁺
	(n, p) ¹¹³ Cd	2	0.2636	14.1y	11/2 ⁻	9.0E15y	1/2 ⁺
	(n, α) ¹¹⁰ Ag	3	0.1176	249.8d	6 ⁺	24.6s	1 ⁺
	(n, nα) ¹⁰⁹ Ag	2	0.08803	39.8s	7/2 ⁺	sta.	1/2 ⁻
¹¹⁵ In	(n, r) ¹¹⁶ In	5	0.2897	2.18s	8 ⁻	14.1s	1 ⁺
		2	0.1273	54.15m	5 ⁺		
	(n, n') ¹¹⁵ In	2	0.3362	4.486h	1/2 ⁻	sta.	9/2 ⁺
	(n, 2n) ¹¹⁴ In	2	(see above)				
	(n, p) ¹¹⁵ Cd	2	0.181	44.6d	11/2 ⁻	53.5h	1/2 ⁺
	(n, nα) ¹¹¹ Ag	2	0.05982	64.8s	7/2 ⁺	7.47d	1/2 ⁻

Table 3.1.1 (Continued)

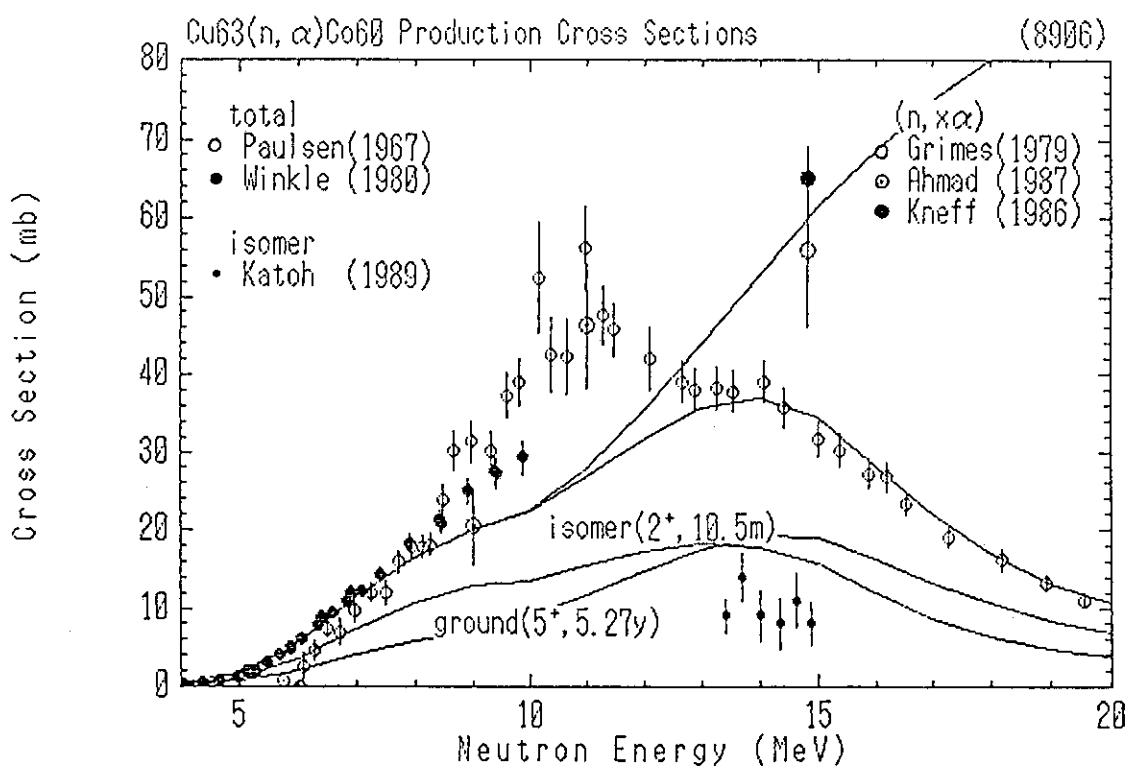
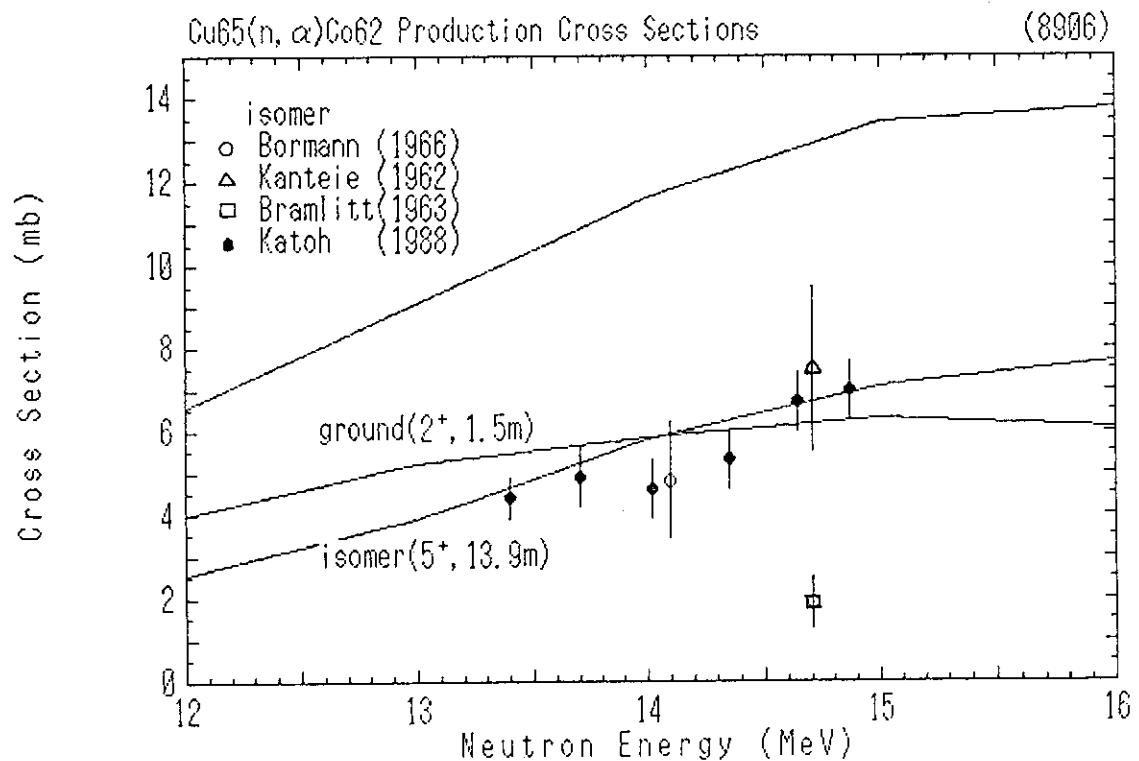
Nuclide	Reaction	Isomer Level No.	Ex (MeV)	State T _{1/2}	Ground State		
					J	T _{1/2}	J
¹¹² Sn	(n,γ) ¹¹³ Sn	2	0.0774	21.4m	7/2 ⁺	115.1d	1/2 ⁺
	(n,p) ¹¹² In	2	0.1565	20.9m	4 ⁺	14.4m	1 ⁺
	(n,np) ¹¹¹ In	2	0.5368	7.7m	1/2 ⁻	2.806d	9/2 ⁺
¹¹⁴ Sn	(n,2n) ¹¹³ Sn	2	(see above)				
	(n,p) ¹¹⁴ In	2	0.1903	49.51d	5 ⁺	71.9s	1 ⁺
	(n,np) ¹¹³ In	2	0.3917	1.658h	1/2 ⁻	sta.	9/2 ⁺
	(n,α) ¹¹¹ Cd	4	0.3962	48.6m	11/2 ⁻	sta.	1/2 ⁺
¹¹⁵ Sn	(n,p) ¹¹⁵ In	2	0.3362	4.486h	1/2 ⁻	sta.	9/2 ⁺
	(n,np) ¹¹⁴ In	2	(see above)				
	(n,nα) ¹¹¹ Cd	4	(see above)				
¹¹⁶ Sn	(n,γ) ¹¹⁷ Sn	3	0.3146	13.6d	11/2 ⁻	sta.	1/2 ⁺
	(n,p) ¹¹⁶ In	5	0.2897	2.18s	8 ⁻	14.1s	1 ⁺
		2	0.1273	54.15m	5 ⁺		
	(n,np) ¹¹⁵ In	2	(see above)				
	(n,α) ¹¹³ Cd	2	0.2636	14.1y	11/2 ⁻	sta.	1/2 ⁺
¹¹⁷ Sn	(n,n') ¹¹⁷ Sn	3	(see above)				
	(n,p) ¹¹⁷ In	2	0.3153	116.5m	1/2 ⁻	43.1m	9/2 ⁺
	(n,np) ¹¹⁶ In	5	(see above)				
		2	(see above)				
	(n,nα) ¹¹³ Cd	2	(see above)				
¹¹⁸ Sn	(n,γ) ¹¹⁹ Sn	3	0.0895	293d	11/2 ⁻	sta.	1/2 ⁺
	(n,2n) ¹¹⁷ Sn	3	(see above)				
	(n,p) ¹¹⁸ In	4	0.20	8.5s	8 ⁻	5.0s	1 ⁺
		2	0.060	4.45m	5 ⁺		
	(n,np) ¹¹⁷ In	2	(see above)				
	(n,α) ¹¹⁵ Cd	2	0.181	44.6d	11/2 ⁻	53.5h	1/2 ⁺
¹¹⁹ Sn	(n,n') ¹¹⁹ Sn	3	(see above)				
	(n,p) ¹¹⁹ In	2	0.3114	18.0m	1/2 ⁻	2.4m	9/2 ⁺
	(n,np) ¹¹⁸ In	4	(see above)				
		2	(see above)				
	(n,nα) ¹¹⁵ Cd	2	(see above)				

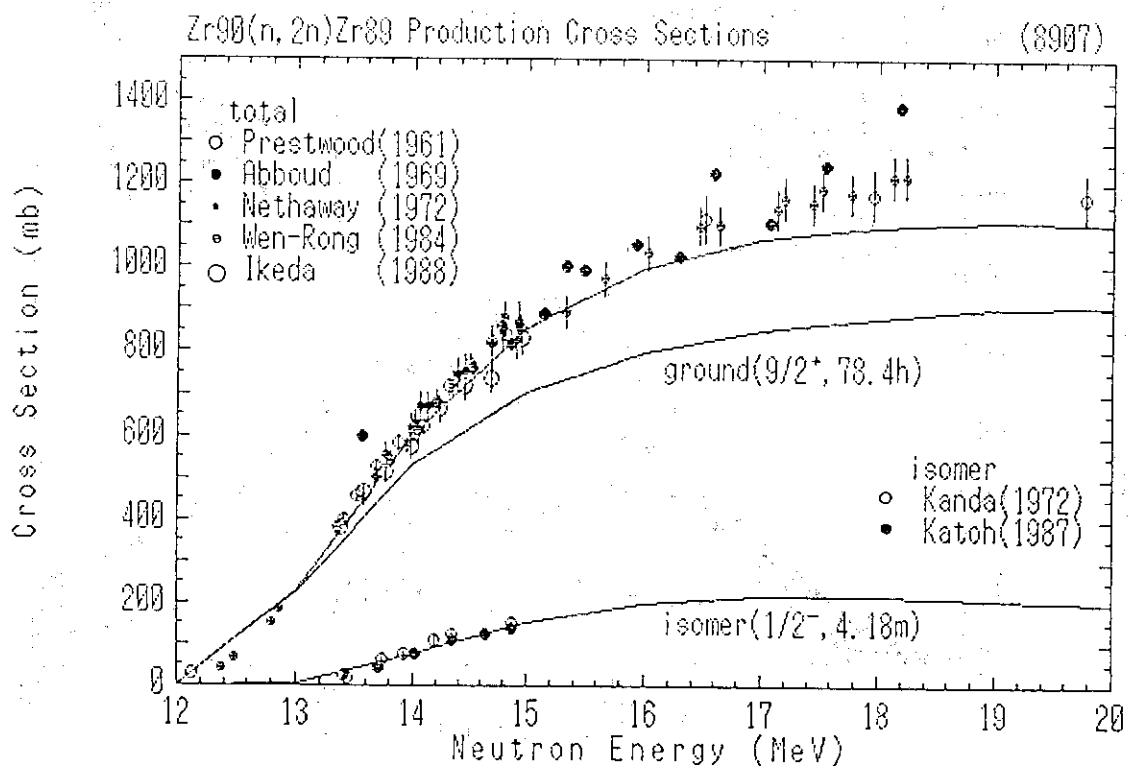
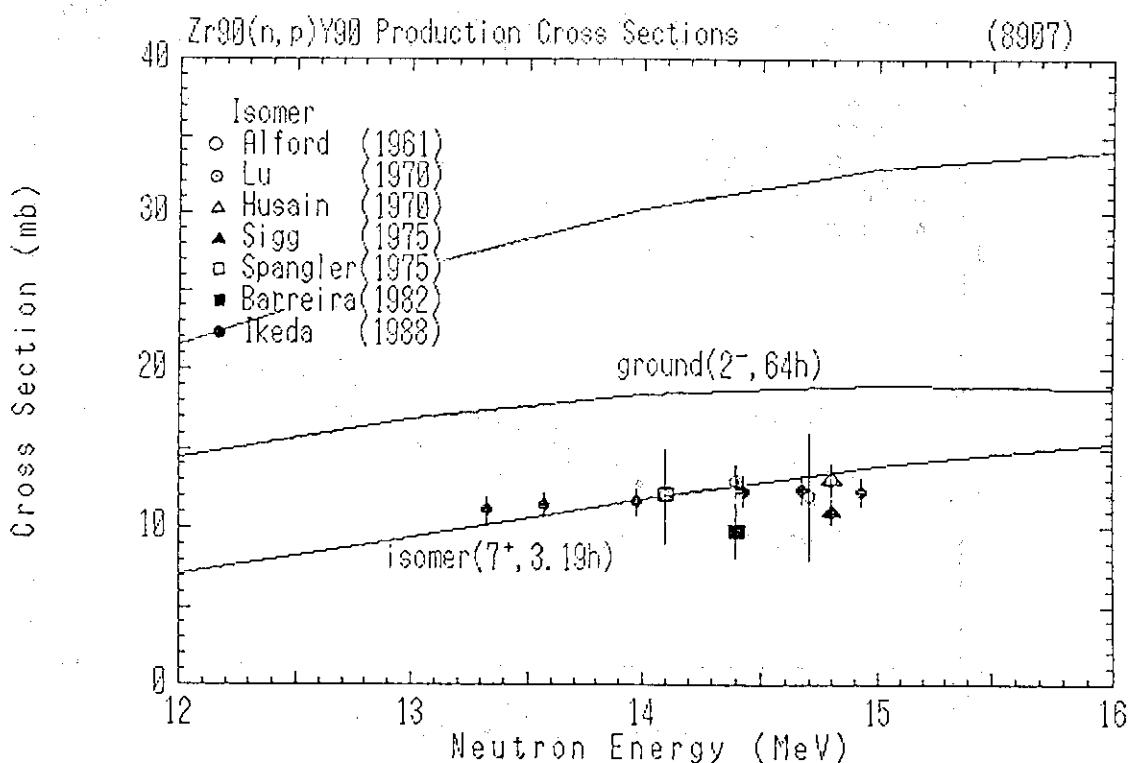
Table 3.1.1 (Continued)

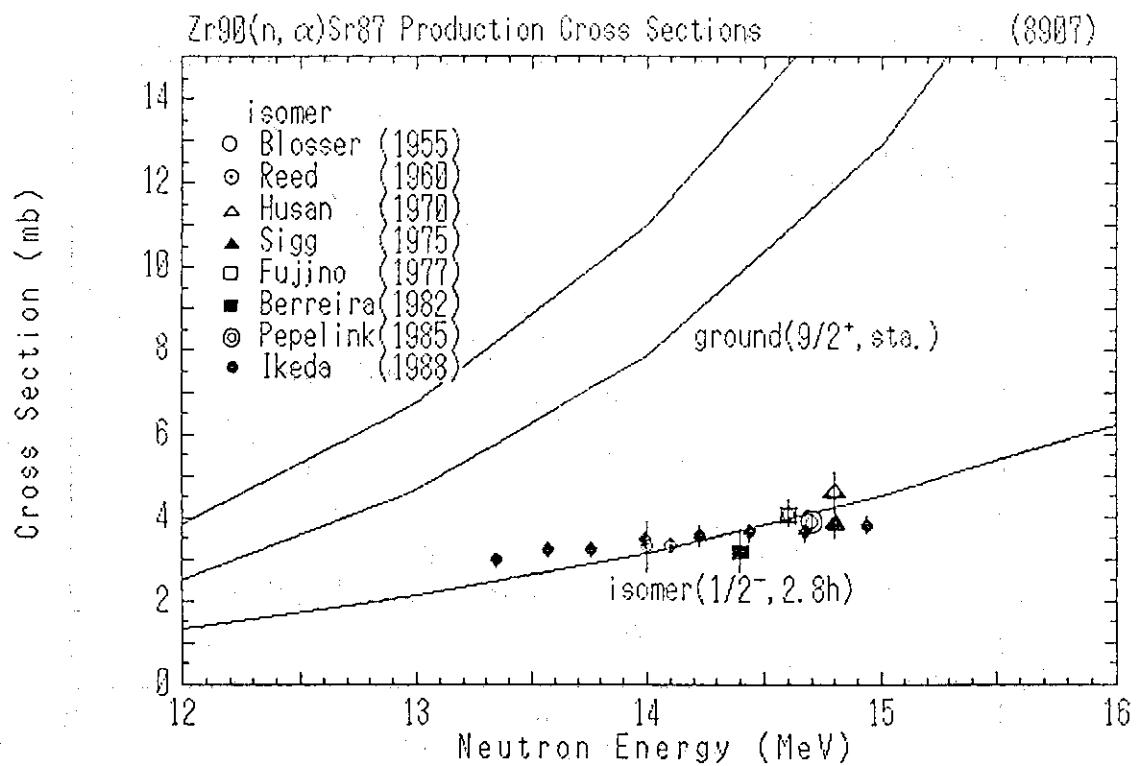
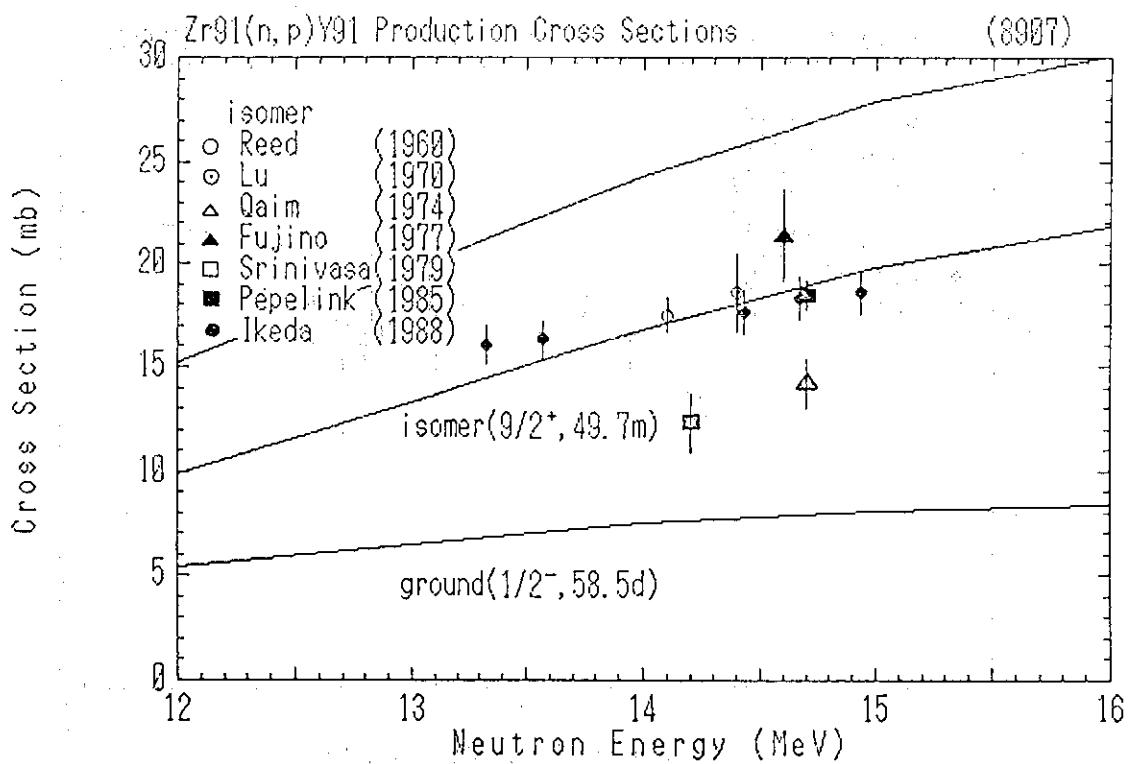
Nuclide	Reaction	Isomer State			Ground State		
		Level No.	E _x (MeV)	T _{1/2}	J	T _{1/2}	J
¹²⁰ Sn	(n,γ) ¹²¹ Sn	2	0.0063	55y	11/2 ⁻	27.0h	3/2 ⁺
	(n,2n) ¹¹⁹ Sn	3	0.0895	293d	11/2 ⁻	sta.	1/2 ⁺
	(n,p) ¹²⁰ In	3	()	47.3s	8 ⁻	3.08s	1 ⁺
		2	()	46.2s	5 ⁺		
	(n,np) ¹¹⁹ In	2	0.3114	18.0m	1/2 ⁻	2.4m	9/2 ⁺
	(n,α) ¹¹⁷ Cd	3	0.1364	3.36h	11/2 ⁻	2.49h	1/2 ⁺
¹²² Sn	(n,γ) ¹²³ Sn	2	0.0246	40.08m	3/2 ⁺	129.2d	11/2 ⁻
	(n,2n) ¹²¹ Sn	2	(see above)				
	(n,p) ¹²² In	5	0.220	10.8s	8 ⁻	1.5s	1 ⁺
		2	()	10.3s	4 ⁺		
	(n,np) ¹²¹ In	2	0.3136	3.88m	1/2 ⁻	23s	9/2 ⁺
	(n,α) ¹¹⁹ Cd	3	0.1465	2.20m	11/2 ⁻	2.69m	1/2 ⁺
¹²⁴ Sn	(n,γ) ¹²⁵ Sn	2	0.0275	9.52m	3/2 ⁺	9.63d	11/2 ⁻
	(n,2n) ¹²³ Sn	2	(see above)				
	(n,p) ¹²⁴ In	5	0.190	2.4s	8 ⁻	3.2s	3 ⁺
	(n,np) ¹²³ In	2	0.320	47.8m	1/2 ⁻	6.0s	9/2 ⁺
	(n,α) ¹²¹ Cd	2	()	4.8s	()	13.5s	()

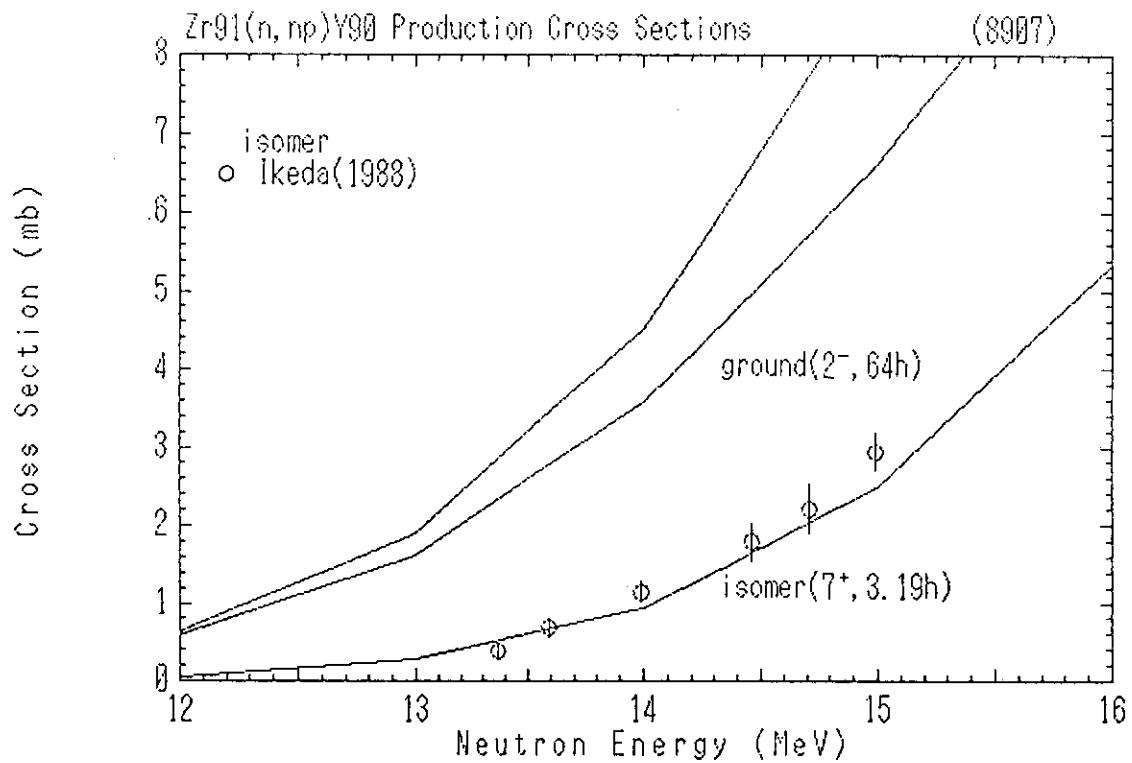
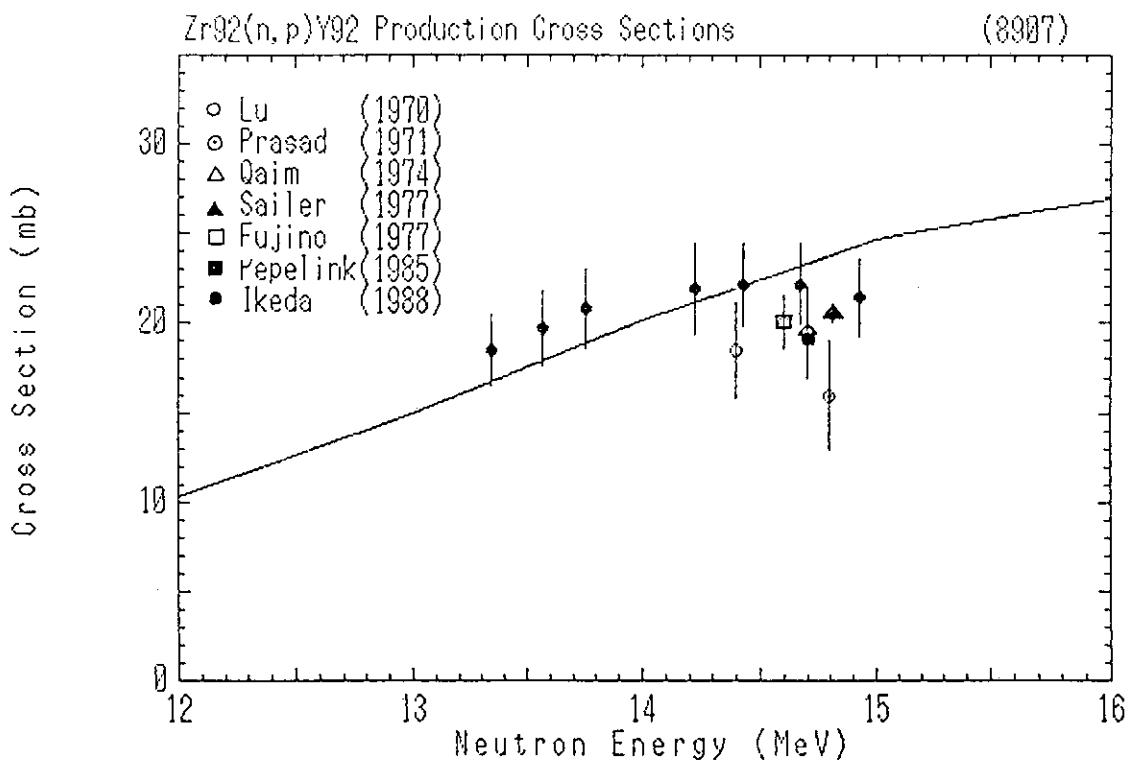
Table 3.1.1 (Continued)

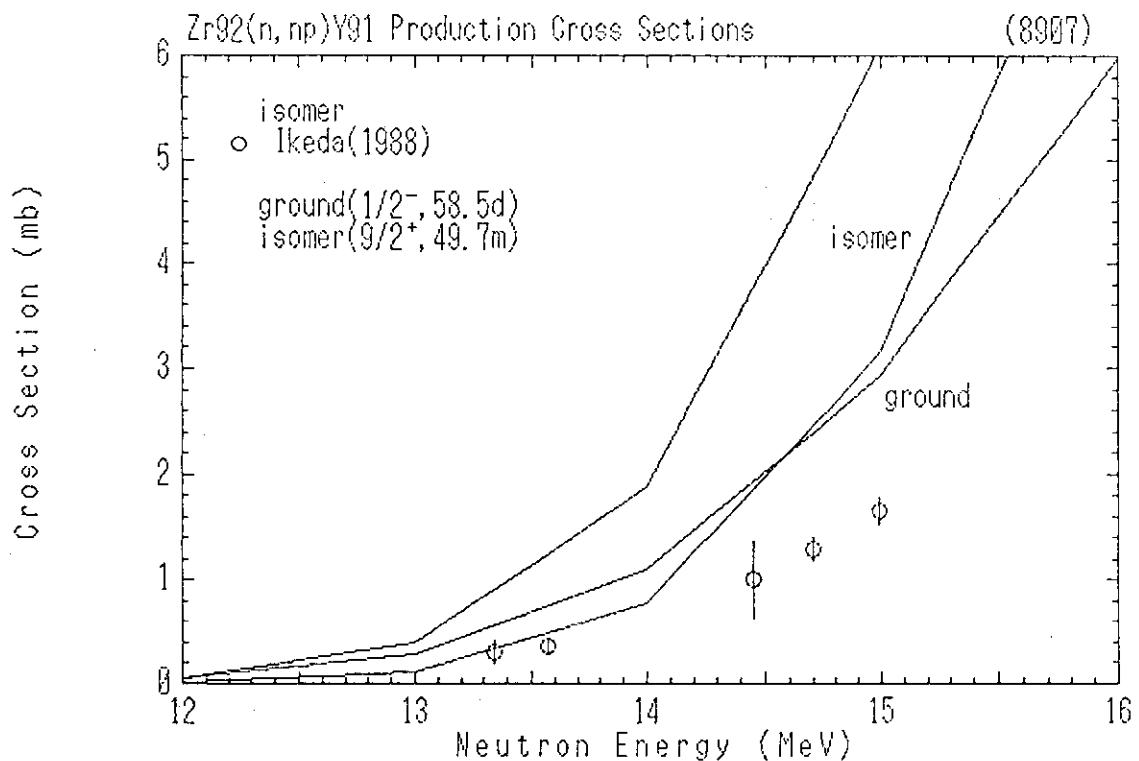
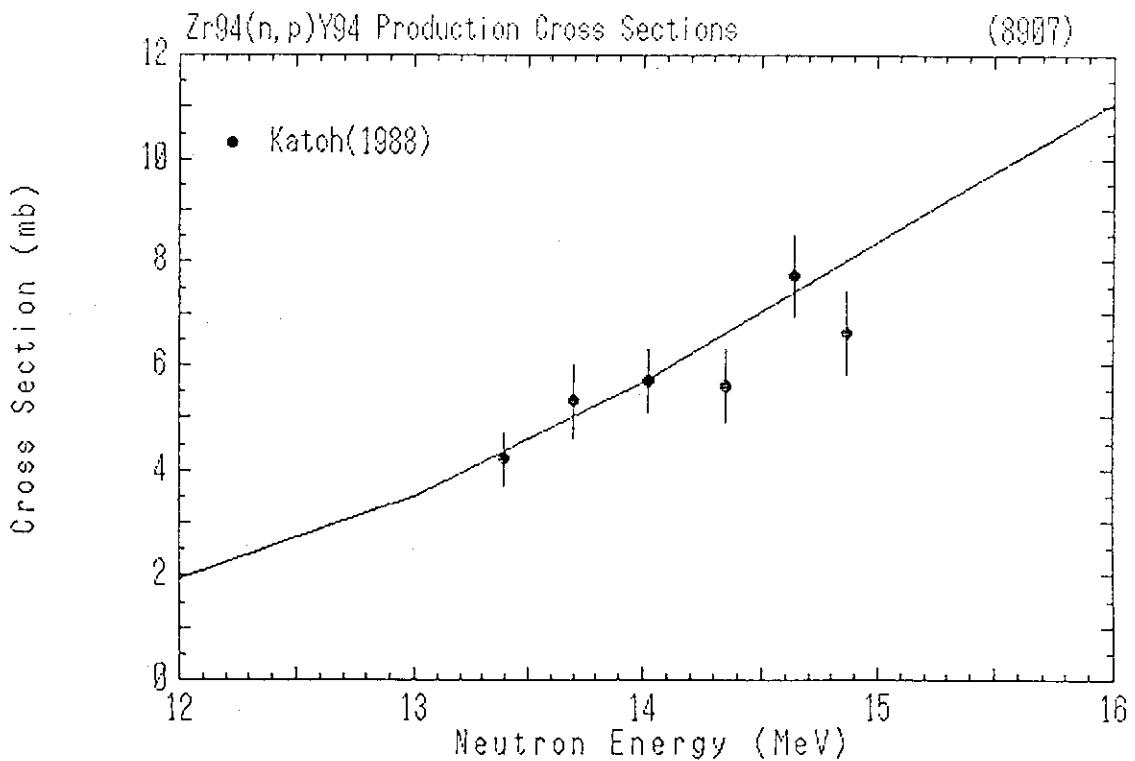
Nuclide	Reaction	Level No.	Isomer	State	Ground State		
			E _x (MeV)	T _{1/2}	J	T _{1/2}	J
¹²¹ Sb	(n,γ) ¹²² Sb	6	0.16356	4.21m	8 ⁻	2.71d	2 ⁻
	(n,2n) ¹²⁰ Sb	2	()	5.76d	8 ⁻	15.9m	1 ⁺
	(n,p) ¹²¹ Sn	2	0.0063	55y	11/2 ⁻	27.0h	3/2 ⁺
	(n,α) ¹¹⁸ In	4	0.20	8.5s	8 ⁻	5.0s	1 ⁺
		2	0.060	4.45m	5 ⁺		
	(n,nα) ¹¹⁷ In	2	0.3153	116.5m	1/2 ⁻	43.1m	9/2 ⁺
¹²³ Sb	(n,γ) ¹²⁴ Sb	2	0.0109	93s	5 ⁺	60.2d	3 ⁻
		3	0.03685	20.2m	8 ⁻		
	(n,2n) ¹²² Sb	6	(see above)				
	(n,p) ¹²³ Sn	2	0.0246	40.08m	3/2 ⁺	129.2d	11/2 ⁻
	(n,α) ¹²⁰ In	3	()	47.3s	8 ⁻	3.08s	1 ⁺
		2	()	46.2s	5 ⁺		
¹⁸⁰ Ta	(n,α) ¹⁷⁷ Lu	()	0.97015	160d	23/2 ⁻	6.71d	7/2 ⁺
	(n,γ) ¹⁸² Ta	(25)	0.5197	15.9m	10 ⁻	114.5d	3 ⁻
¹⁸¹ Ta	(n,2n) ¹⁸⁰ Ta	3	0.0753	1.2E+15y	9 ⁻	8.15h	1 ⁺
	(n,α) ¹⁷⁸ Lu	3	0.30	22.7m	9 ⁻	28.5m	1 ⁺

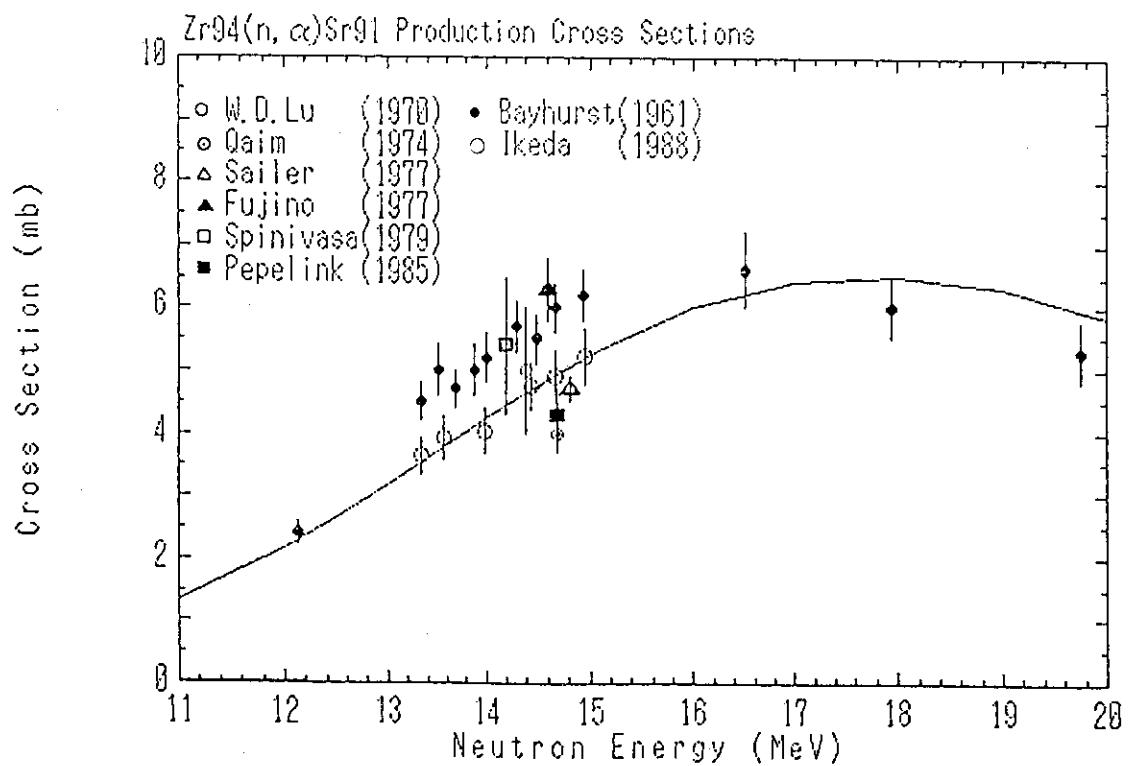
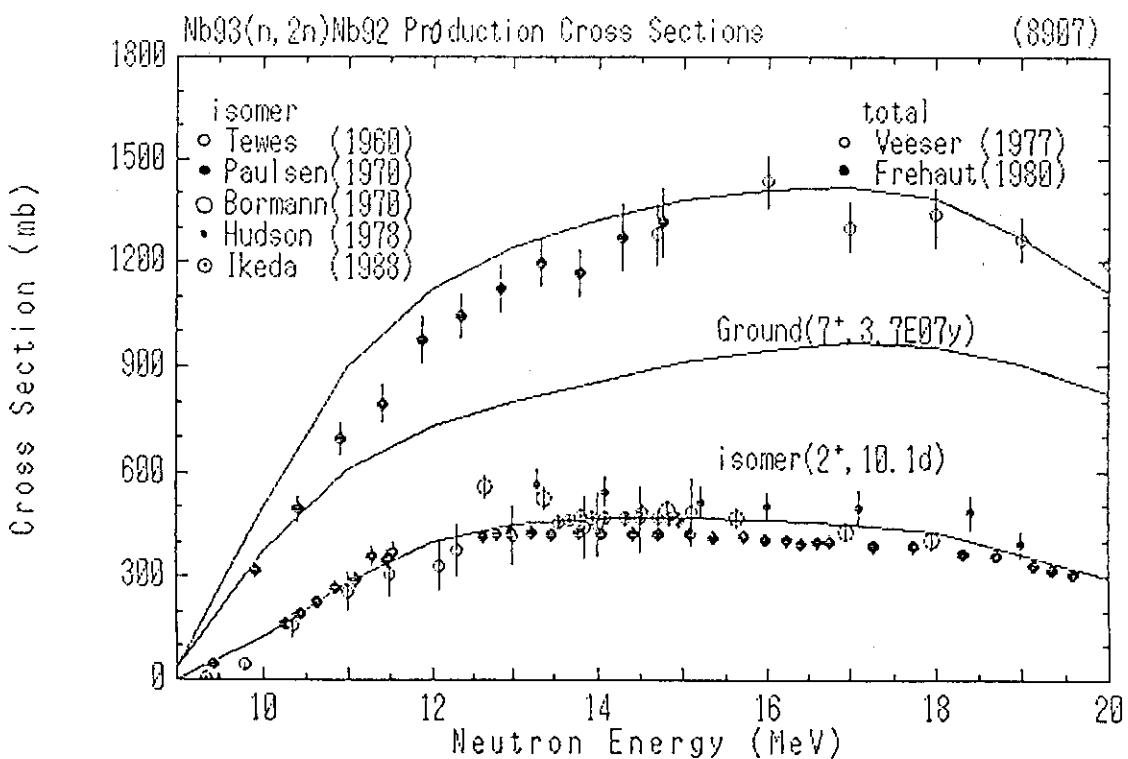
Fig. 3.1.1 $^{63}\text{Cu}(n, \alpha)^{60}\text{Co}$ Production Cross Sections.Fig. 3.1.2 $^{65}\text{Cu}(n, \alpha)^{62}\text{Co}$ Production Cross Sections.

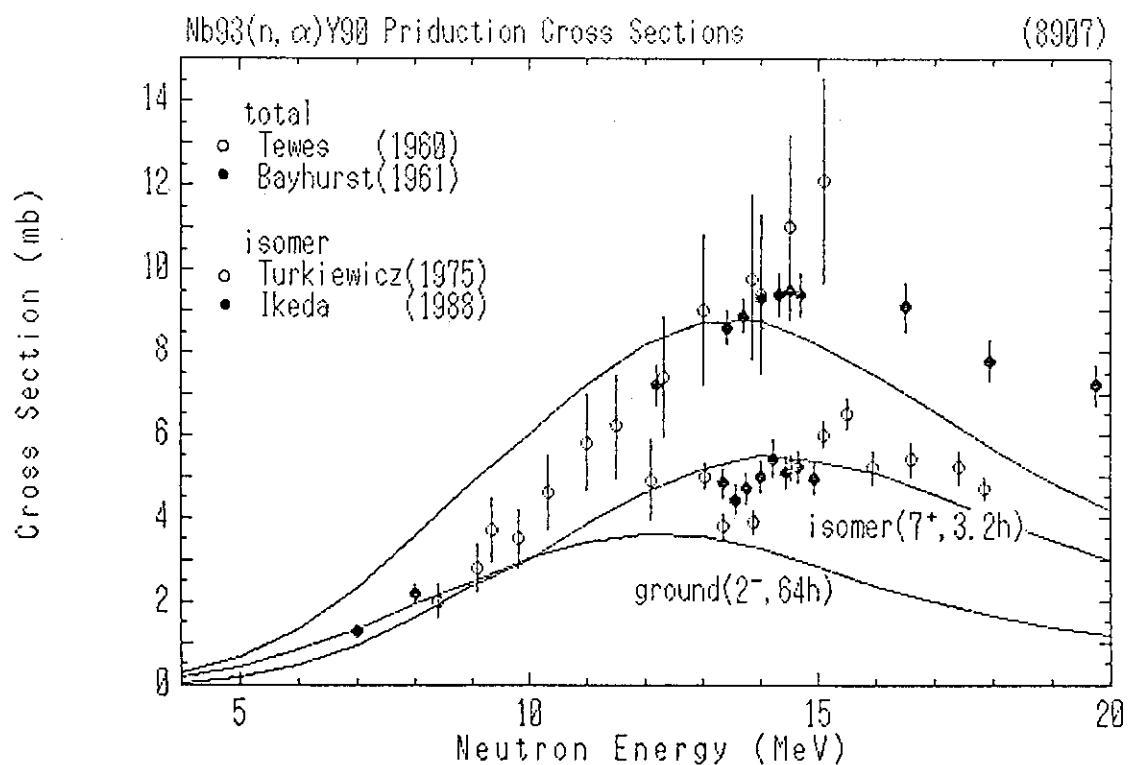
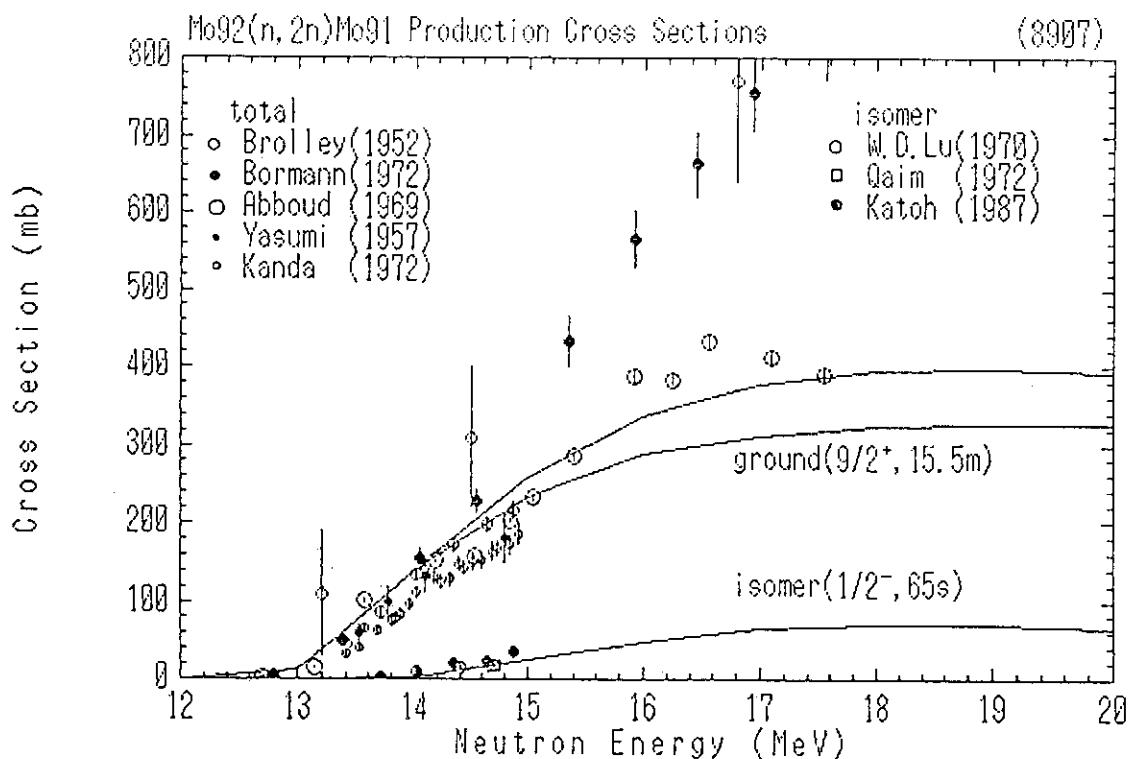
Fig. 3.1.3 $^{90}\text{Zr}(n, 2n)^{89}\text{Zr}$ Production Cross Sections.Fig. 3.1.4 $^{90}\text{Zr}(n, p)^{90}\text{Y}$ Production Cross Sections.

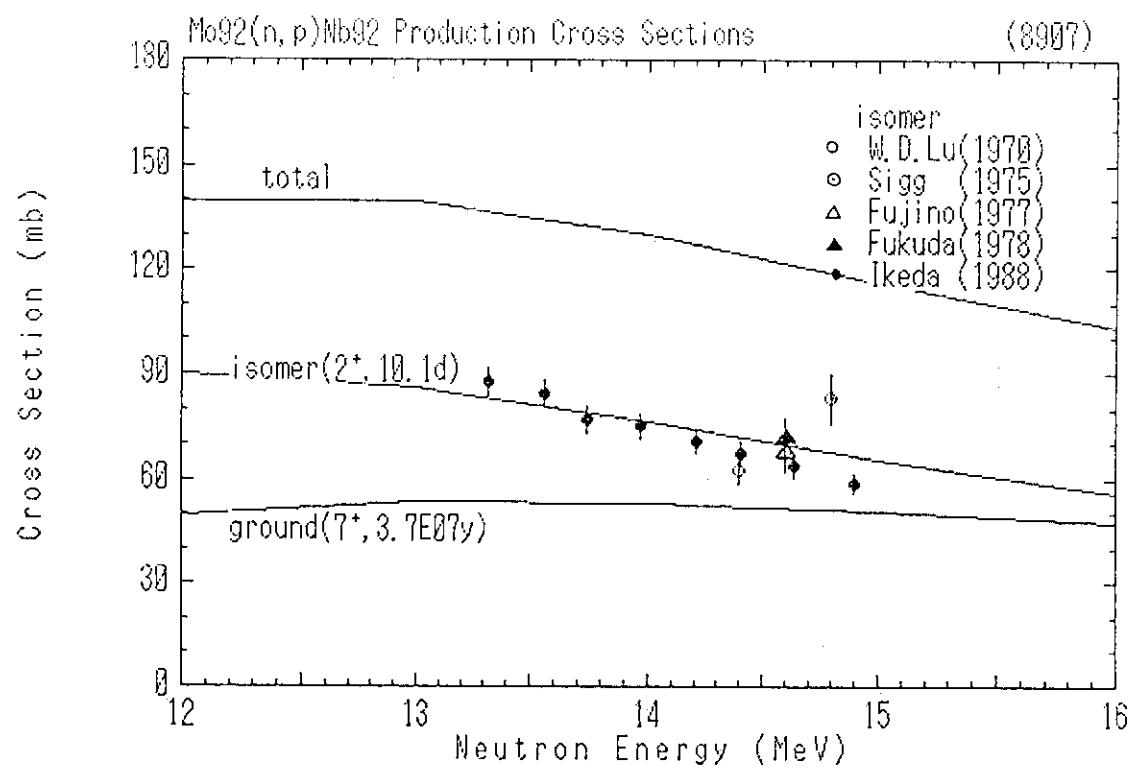
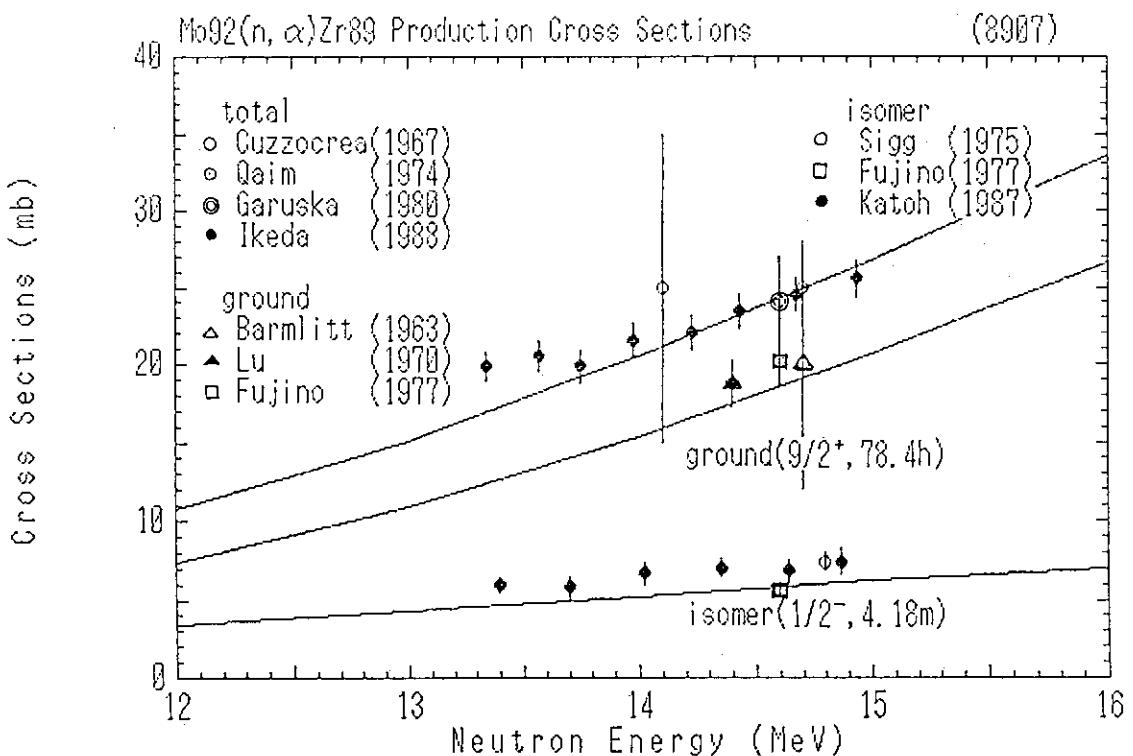
Fig. 3.1.5 $^{90}\text{Zr}(n,\alpha)^{87}\text{Sr}$ Production Cross Sections.Fig. 3.1.6 $^{91}\text{Zr}(n,p)^{91}\text{Y}$ Production Cross Sections.

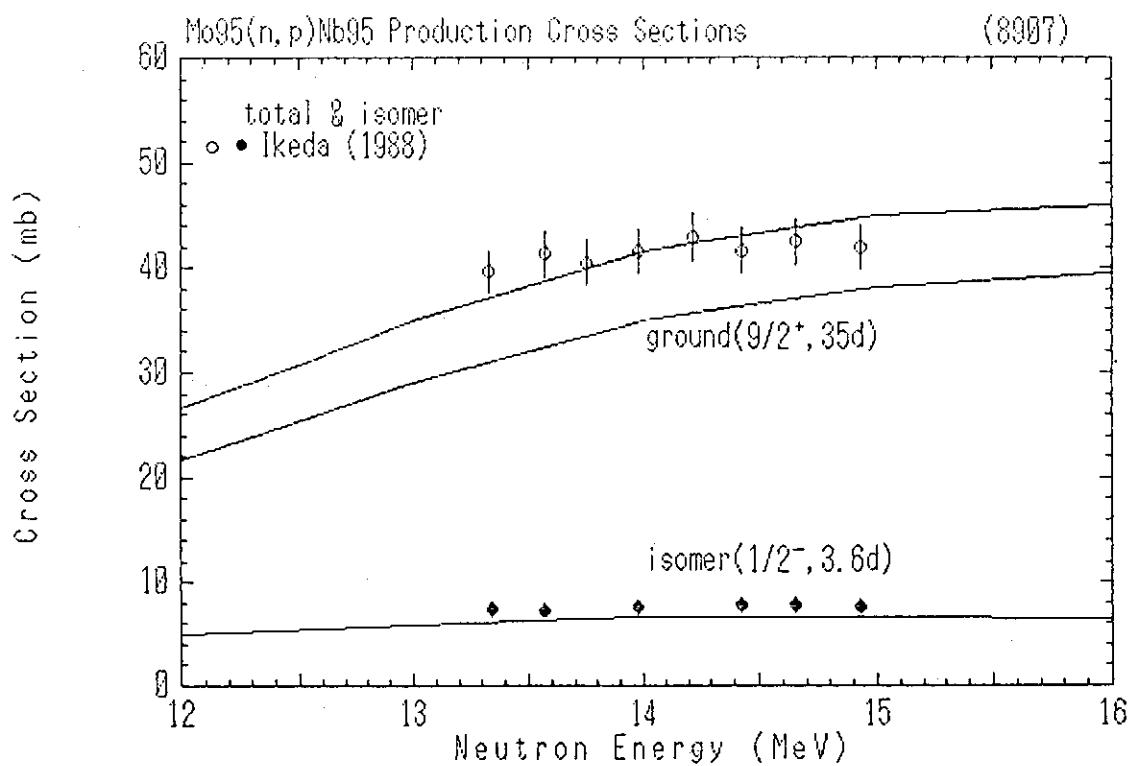
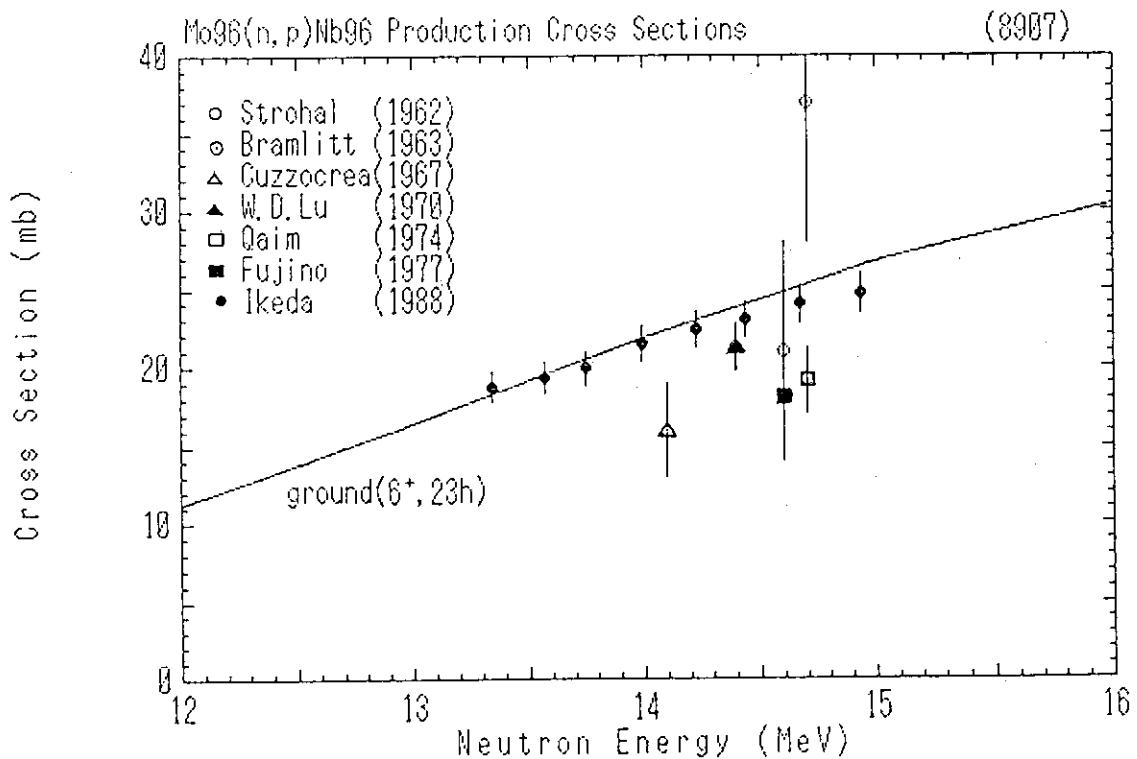
Fig. 3.1.7 $^{91}\text{Zr}(n, n'p)^{90}\text{Y}$ Production Cross Sections.Fig. 3.1.8 $^{92}\text{Zr}(n, p)^{92}\text{Y}$ Production Cross Sections.

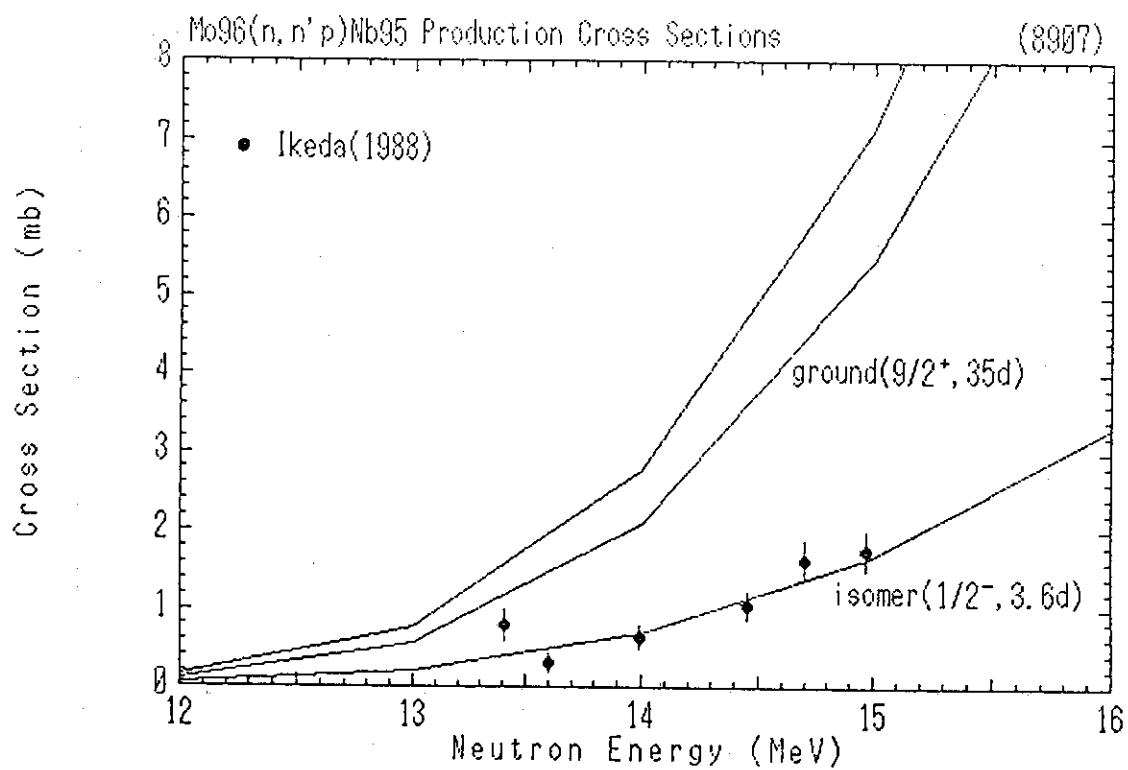
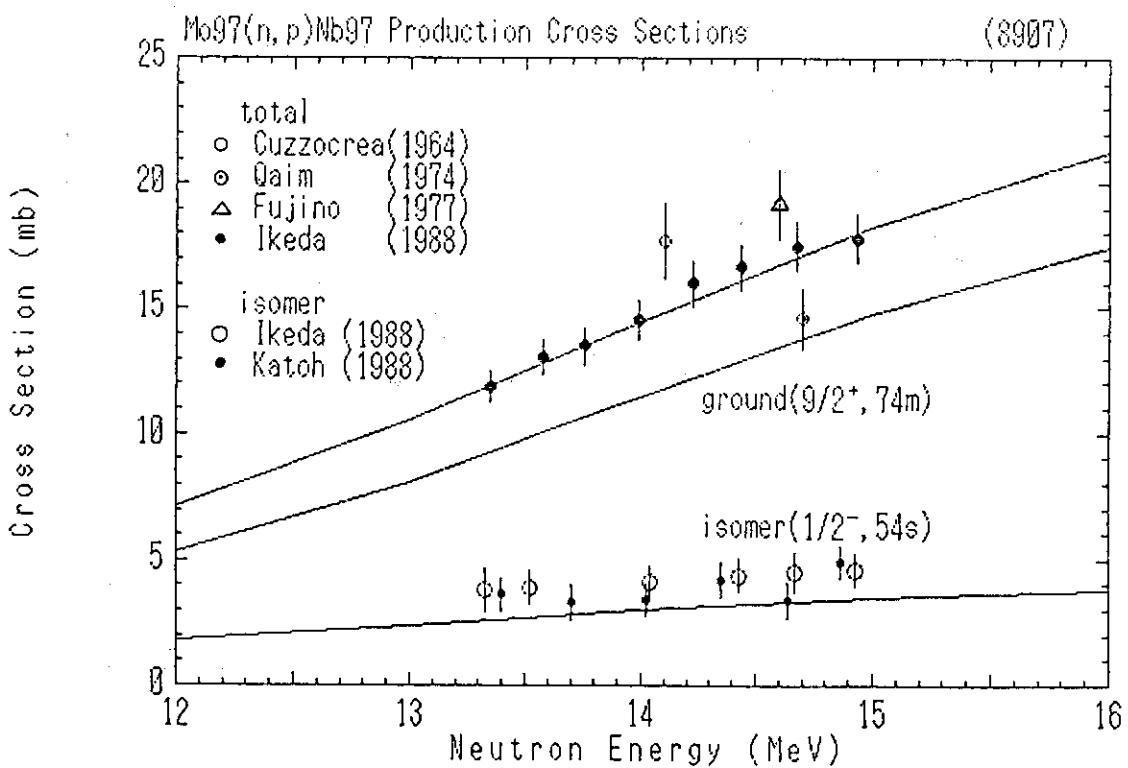
Fig. 3.1.9 $^{92}\text{Zr}(n,n'p)^{91}\text{Y}$ Production Cross Sections.Fig. 3.1.10 $^{94}\text{Zr}(n,p)^{94}\text{Y}$ Production Cross Sections.

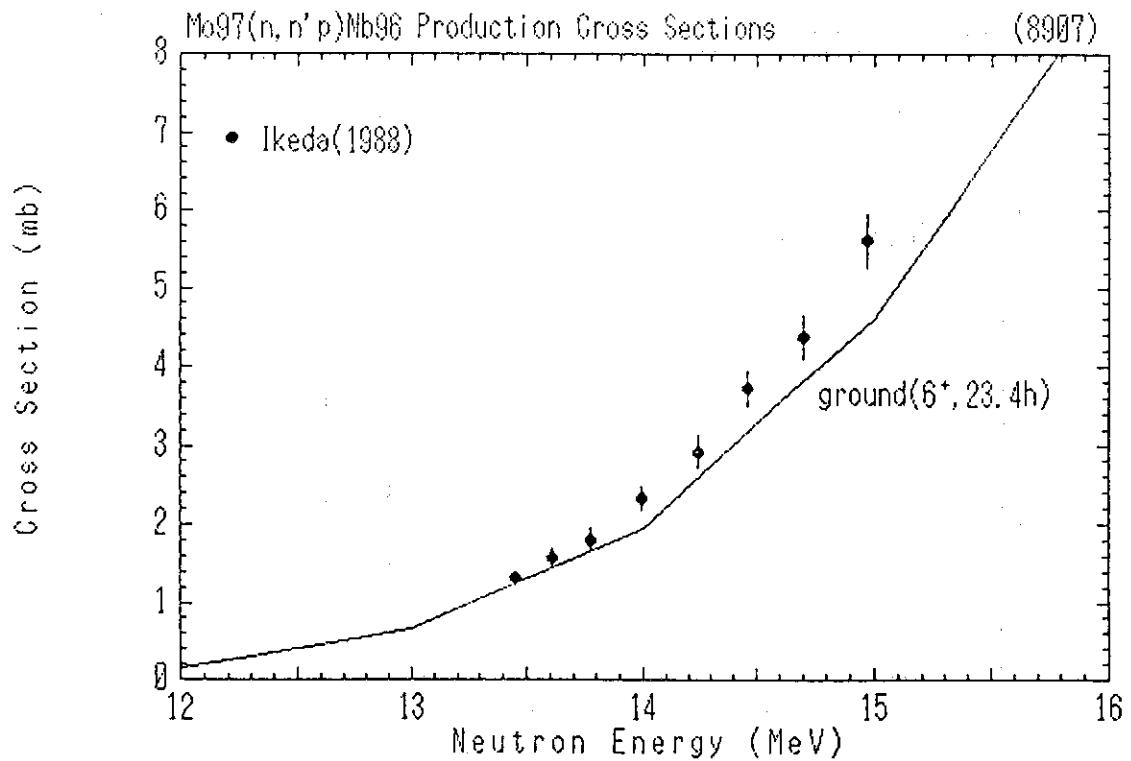
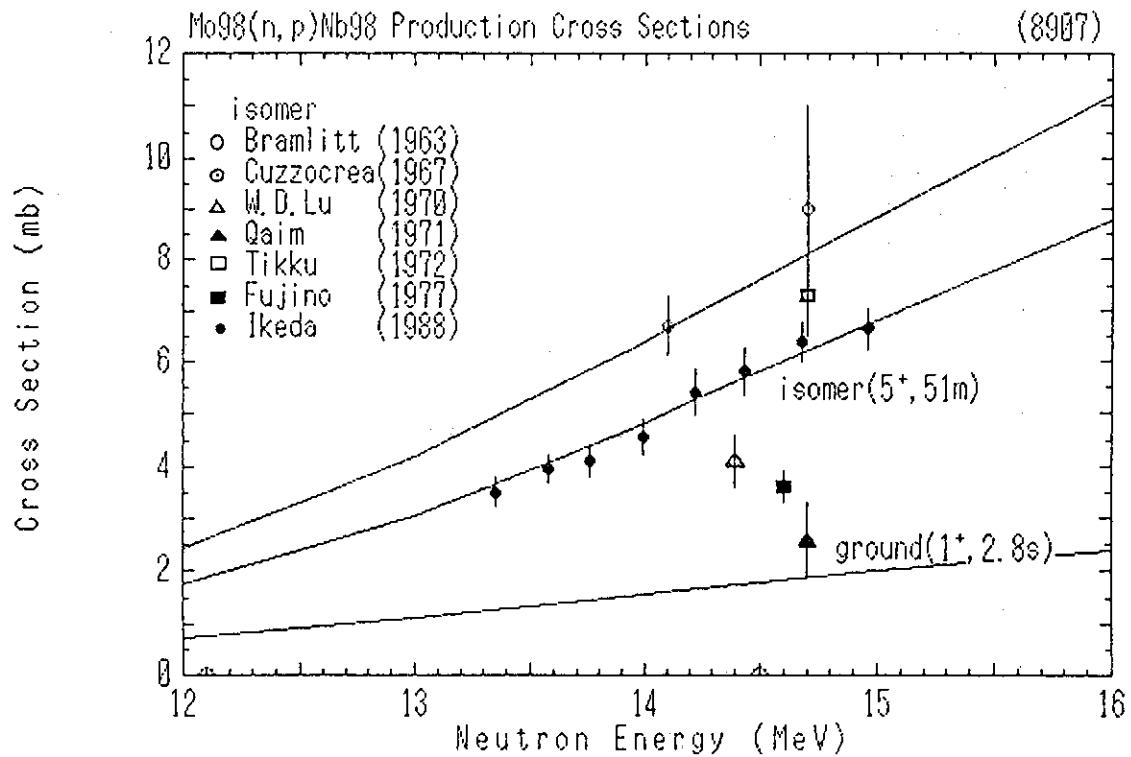
Fig. 3.1.11 $^{94}\text{Zr}(n,\alpha)^{91}\text{Sr}$ Production Cross Sections.Fig. 3.1.12 $^{93}\text{Nb}(n, 2n)^{92}\text{Nb}$ Production Cross Sections.

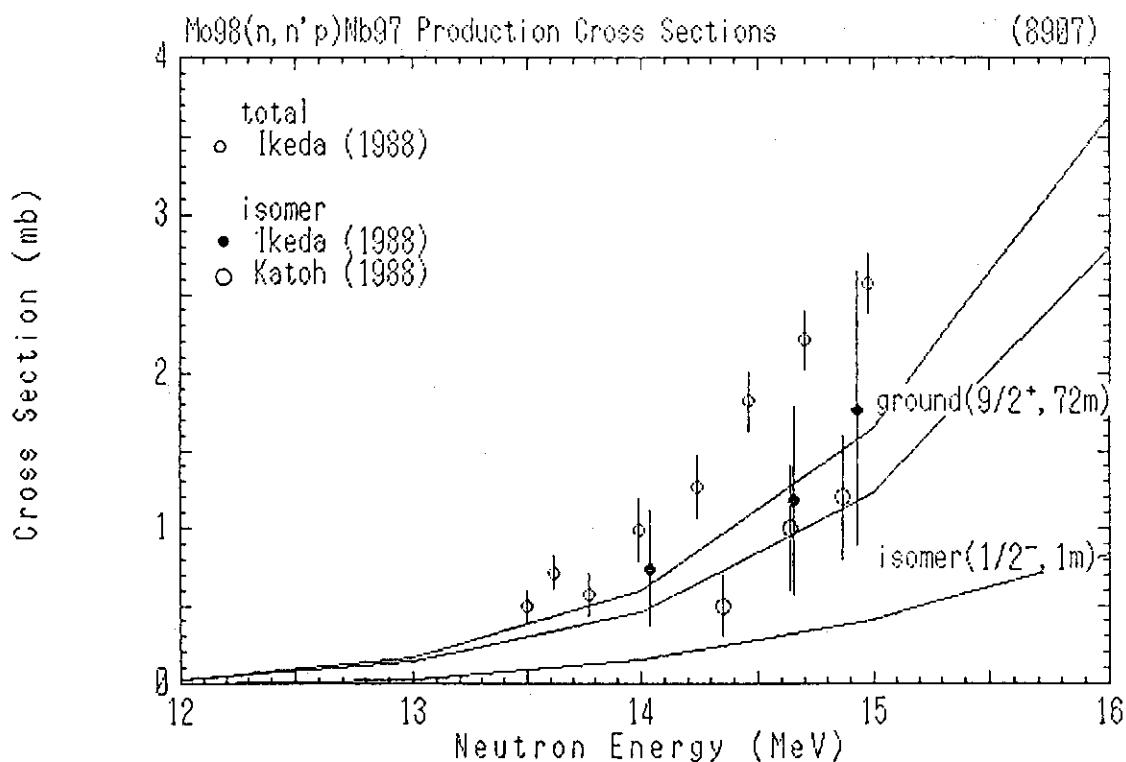
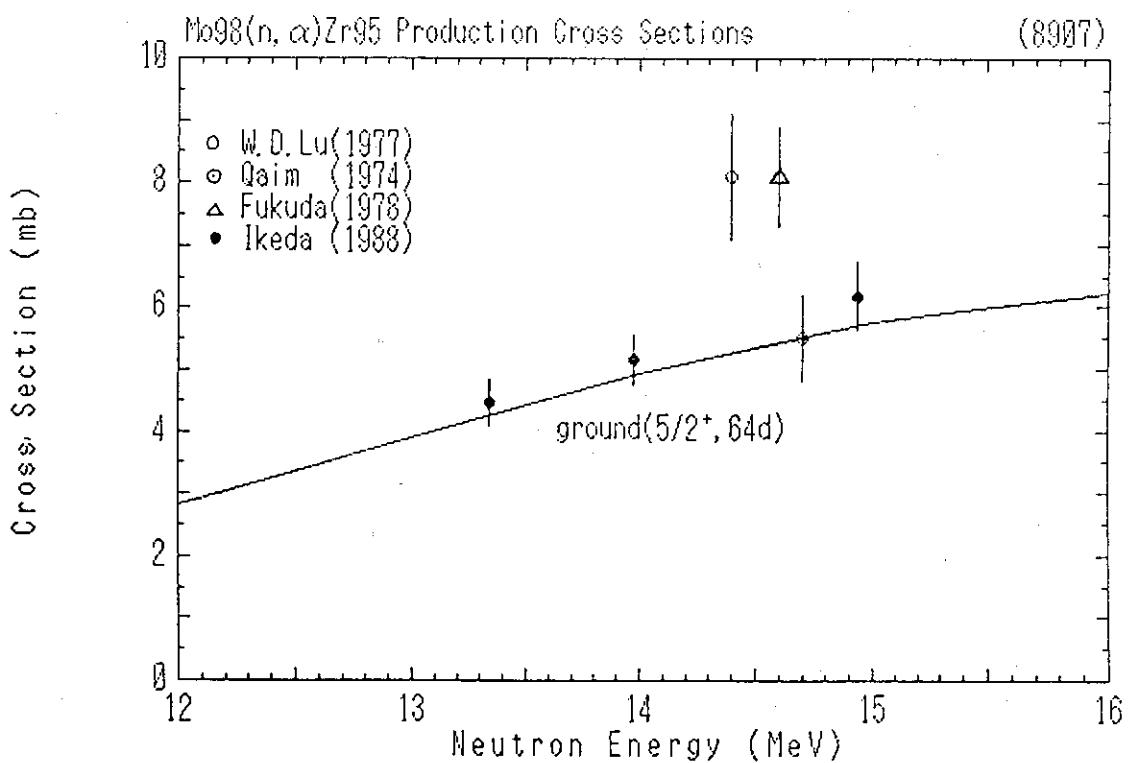
Fig. 3.1.13 $^{93}\text{Nb}(\text{n}, \alpha)^{90}\text{Y}$ Production Cross Sections.Fig. 3.1.14 $^{92}\text{Mo}(\text{n}, 2\text{n})^{91}\text{Mo}$ Production Cross Sections.

Fig. 3.1.15 $^{92}\text{Mo}(n, p)^{92}\text{Nb}$ Production Cross Sections.Fig. 3.1.16 $^{92}\text{Mo}(n, \alpha)^{89}\text{Zr}$ Production Cross Sections.

Fig. 3.1.17 $^{95}\text{Mo}(\text{n}, \text{p})^{95}\text{Nb}$ Production Cross Sections.Fig. 3.1.18 $^{96}\text{Mo}(\text{n}, \text{p})^{96}\text{Nb}$ Production Cross Sections.

Fig. 3.1.19 $^{96}\text{Mo}(\text{n}, \text{n}'\text{p})^{95}\text{Nb}$ Production Cross Sections.Fig. 3.1.20 $^{97}\text{Mo}(\text{n}, \text{p})^{97}\text{Nb}$ Production Cross Sections.

Fig. 3.1.21 $^{97}\text{Mo}(\text{n}, \text{n}'\text{p})^{96}\text{Nb}$ Production Cross Sections.Fig. 3.1.22 $^{98}\text{Mo}(\text{n}, \text{p})^{98}\text{Nb}$ Production Cross Sections.

Fig. 3.1.23 $^{98}\text{Mo}(n, n' p)^{97}\text{Nb}$ Production Cross Sections.Fig. 3.1.24 $^{98}\text{Mo}(n, \alpha)^{95}\text{Zr}$ Production Cross Sections.

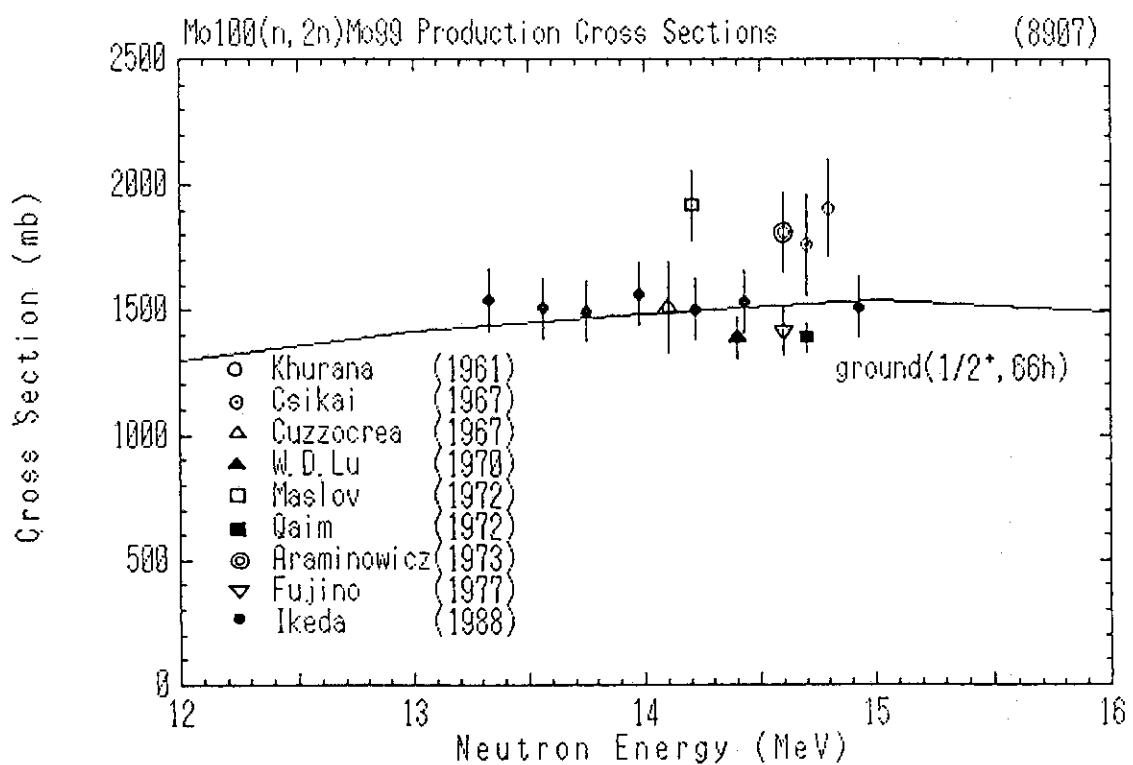
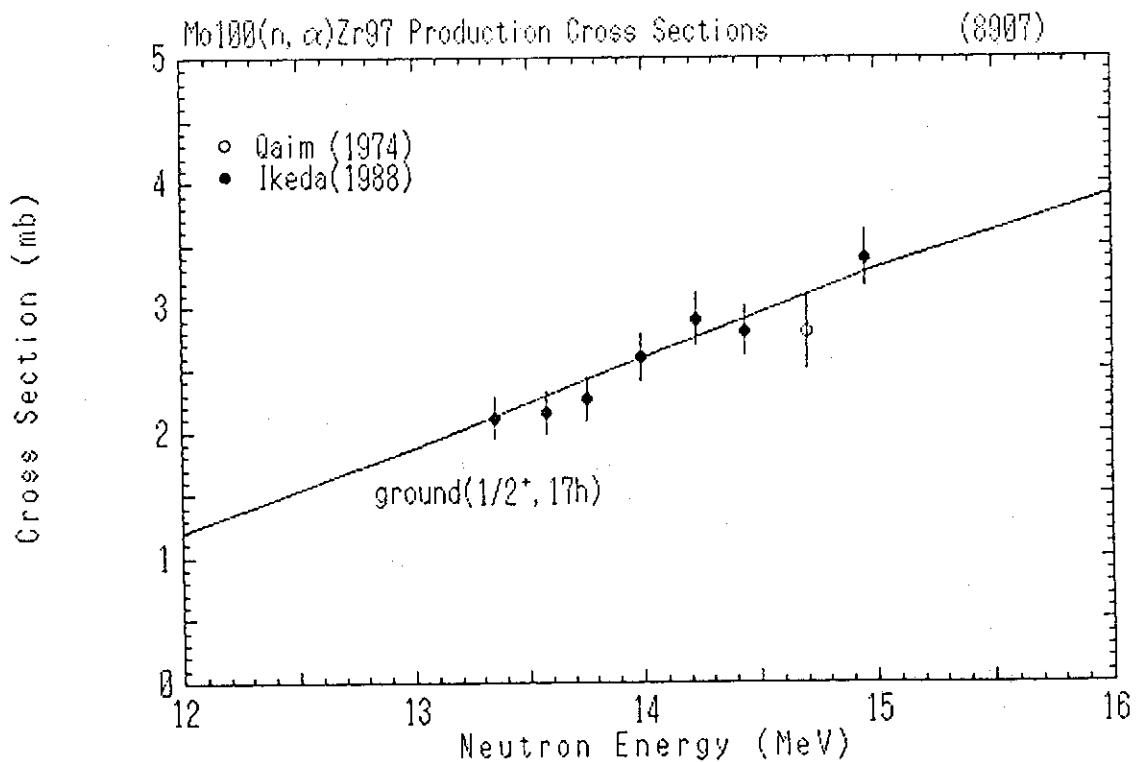
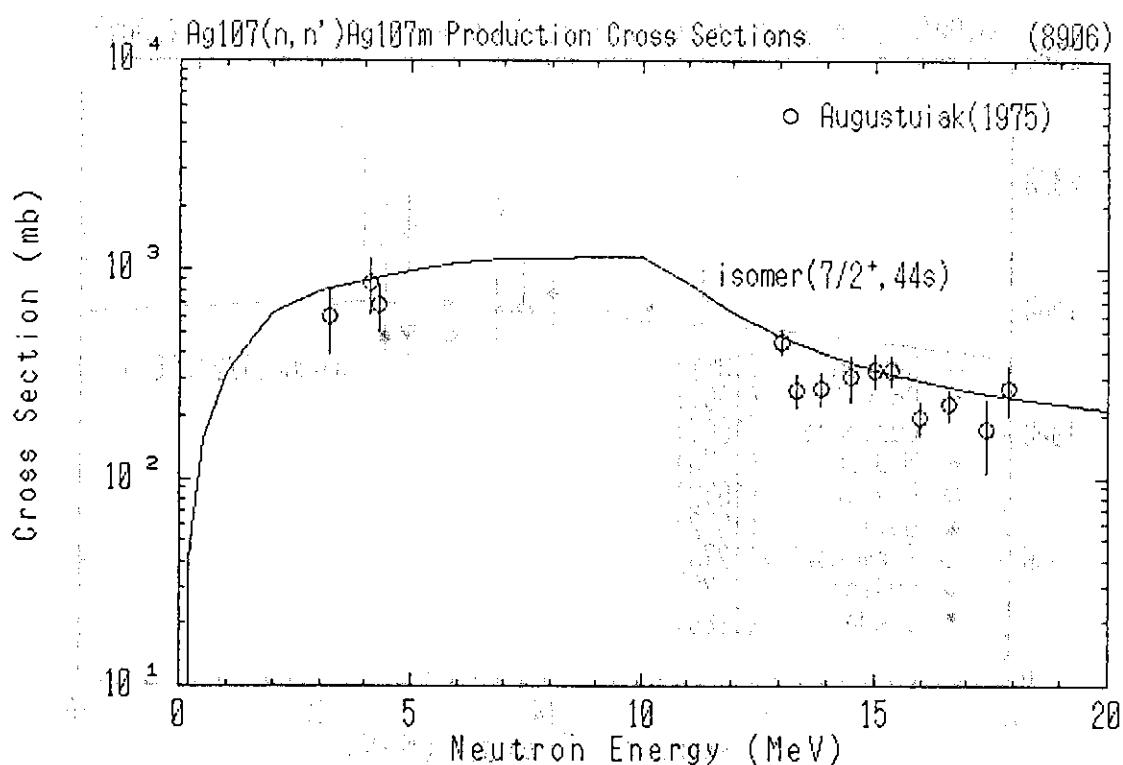
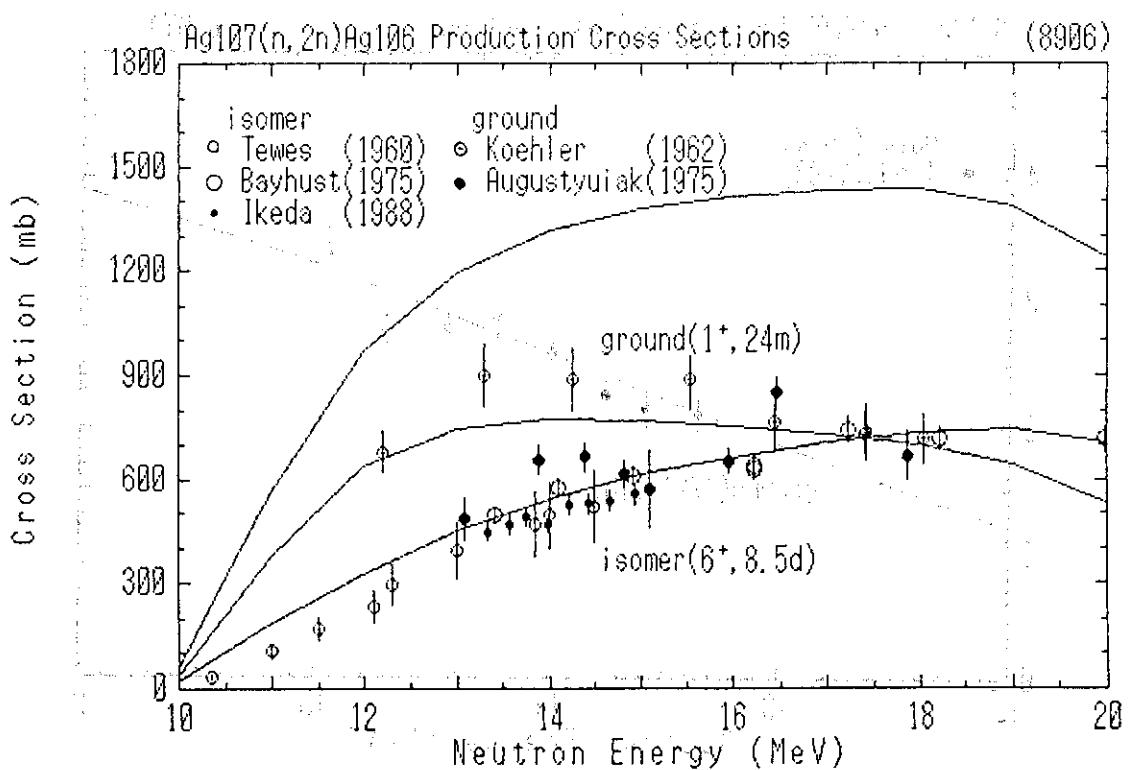
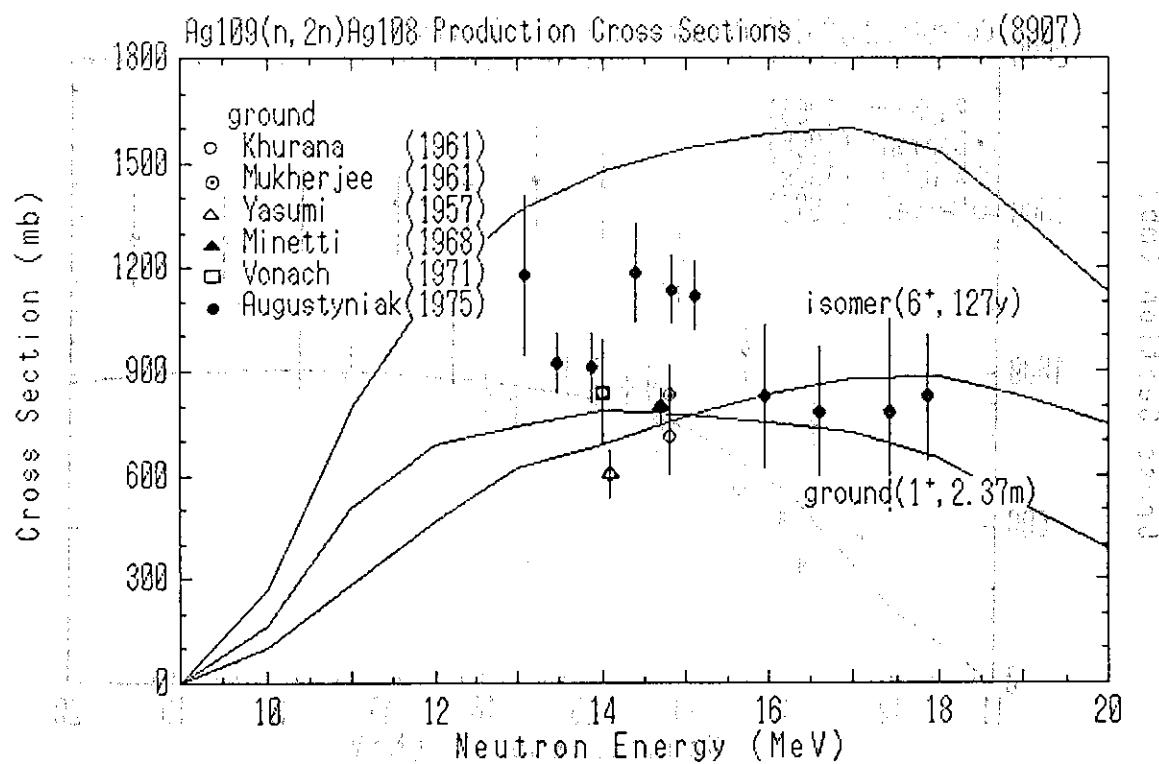
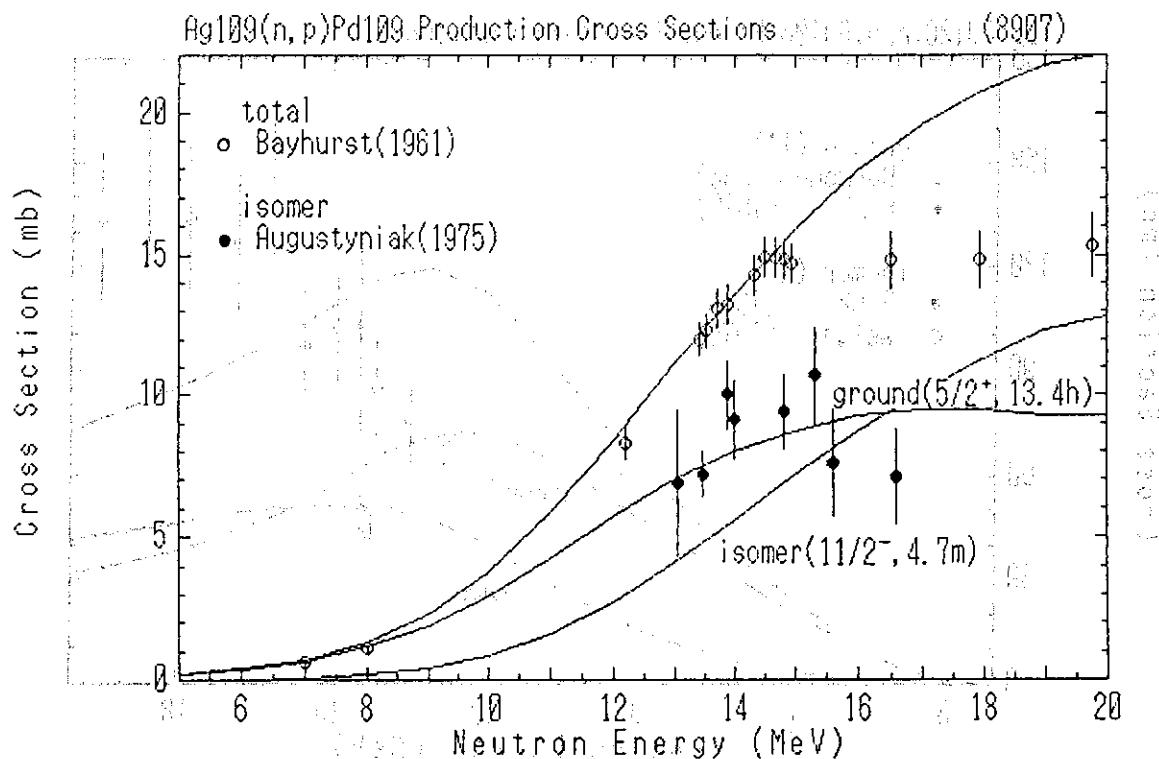
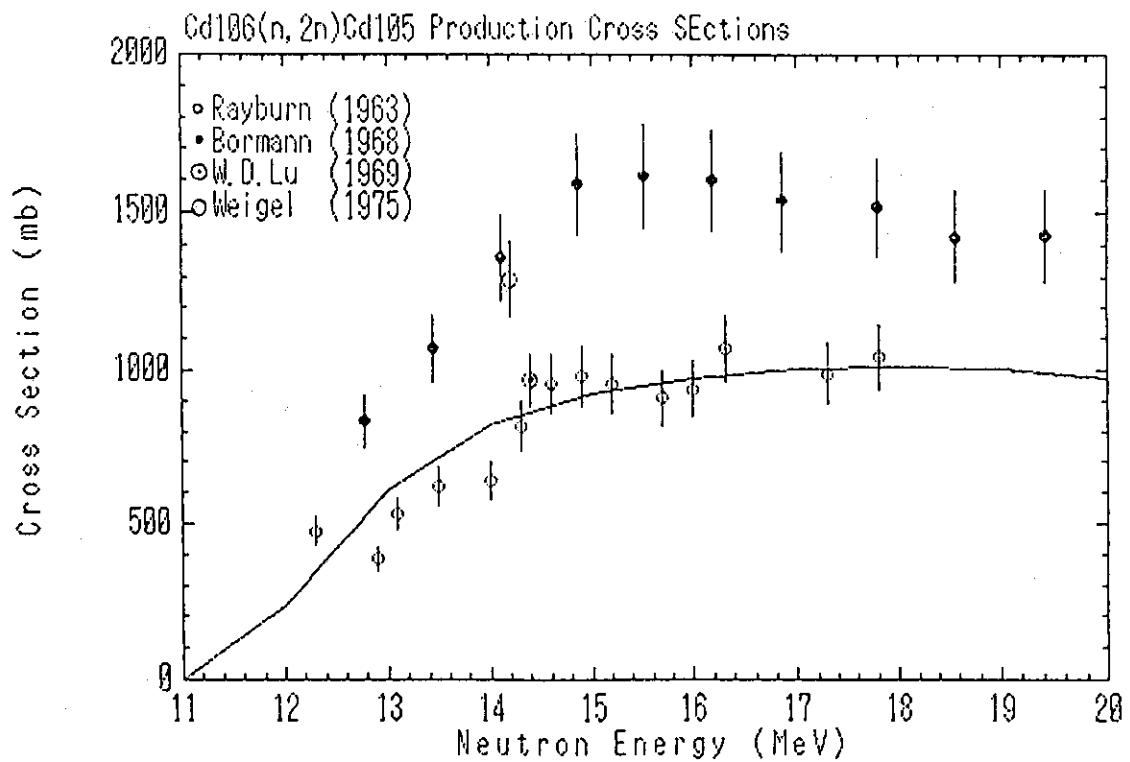
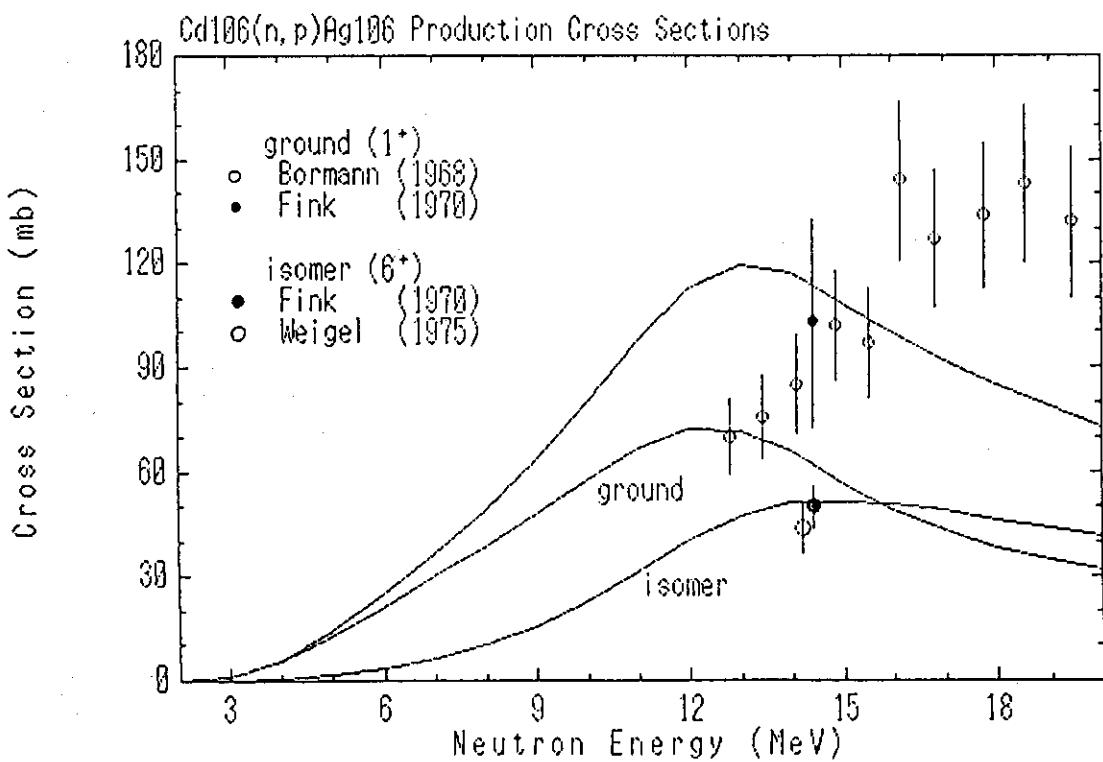


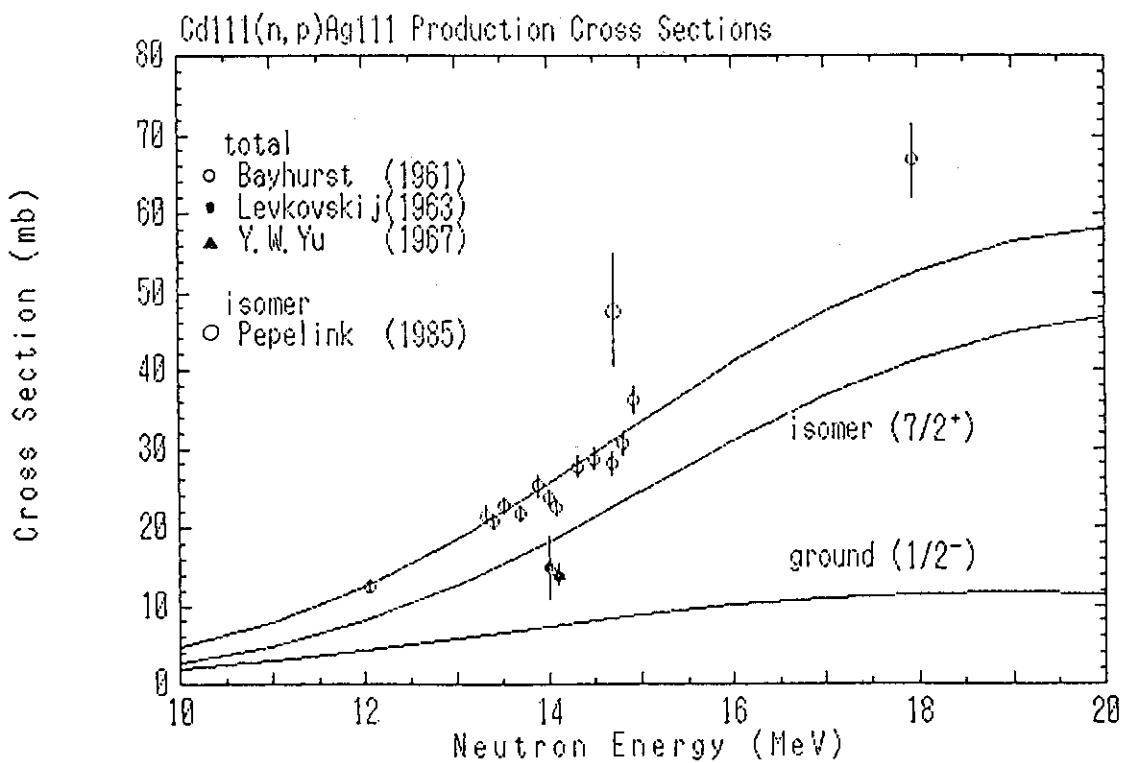
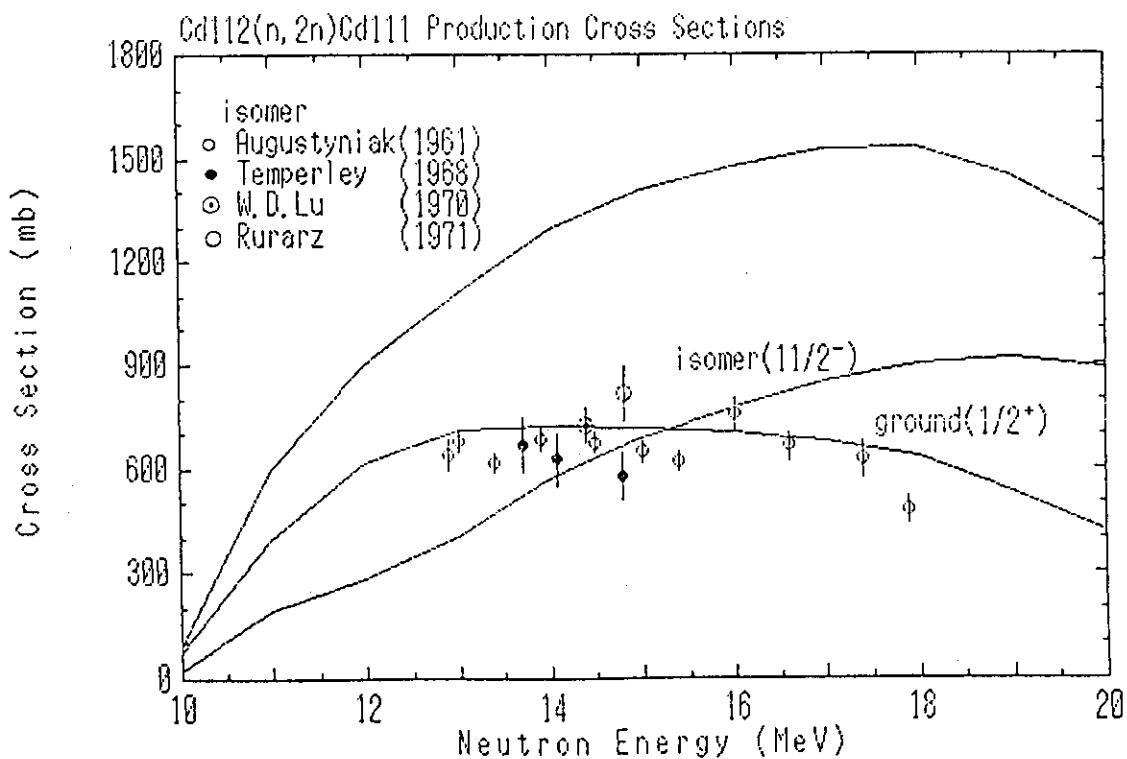
Fig. 3.1.25 100Mo(n, 2n)99Mo Production Cross Sections.

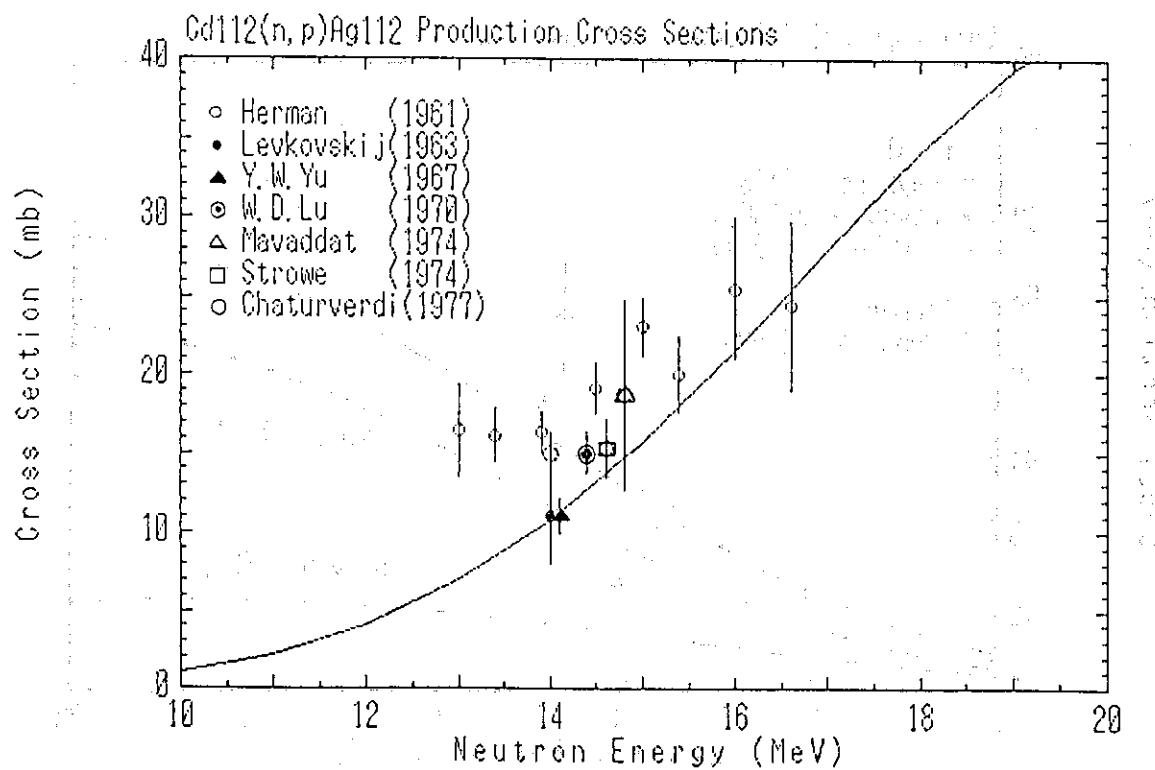
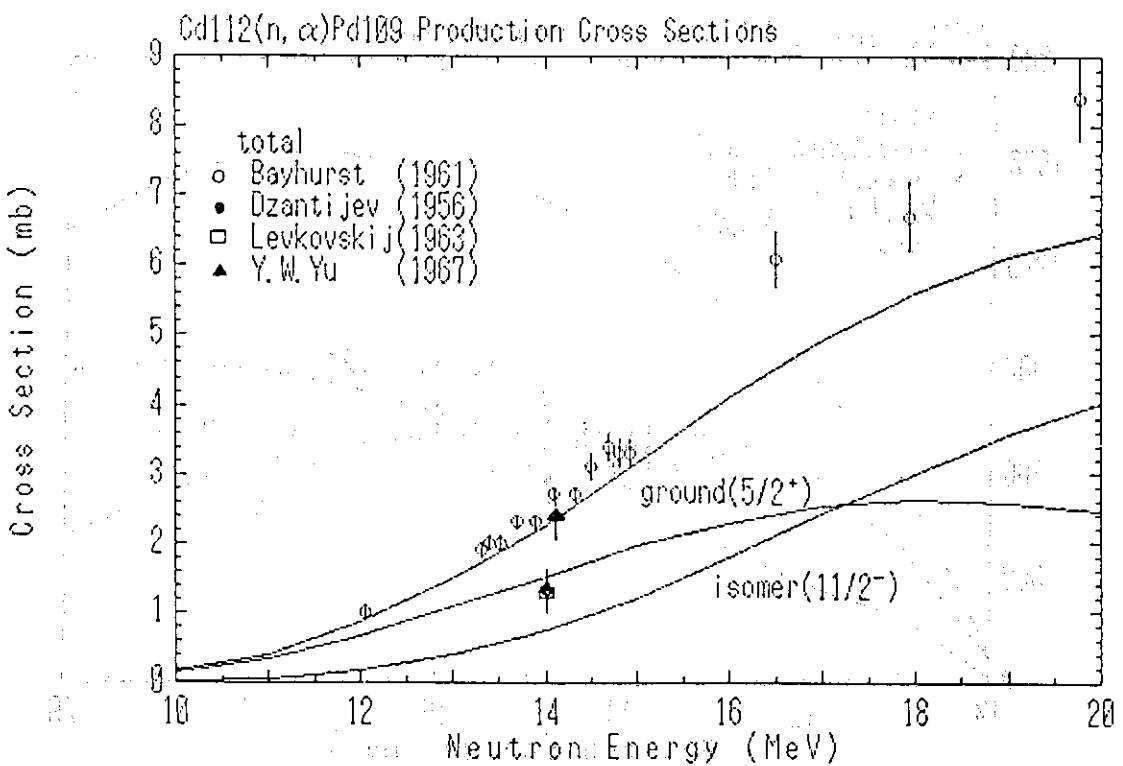
Fig. 3.1.26 100Mo(n, α)97Zr Production Cross Sections.

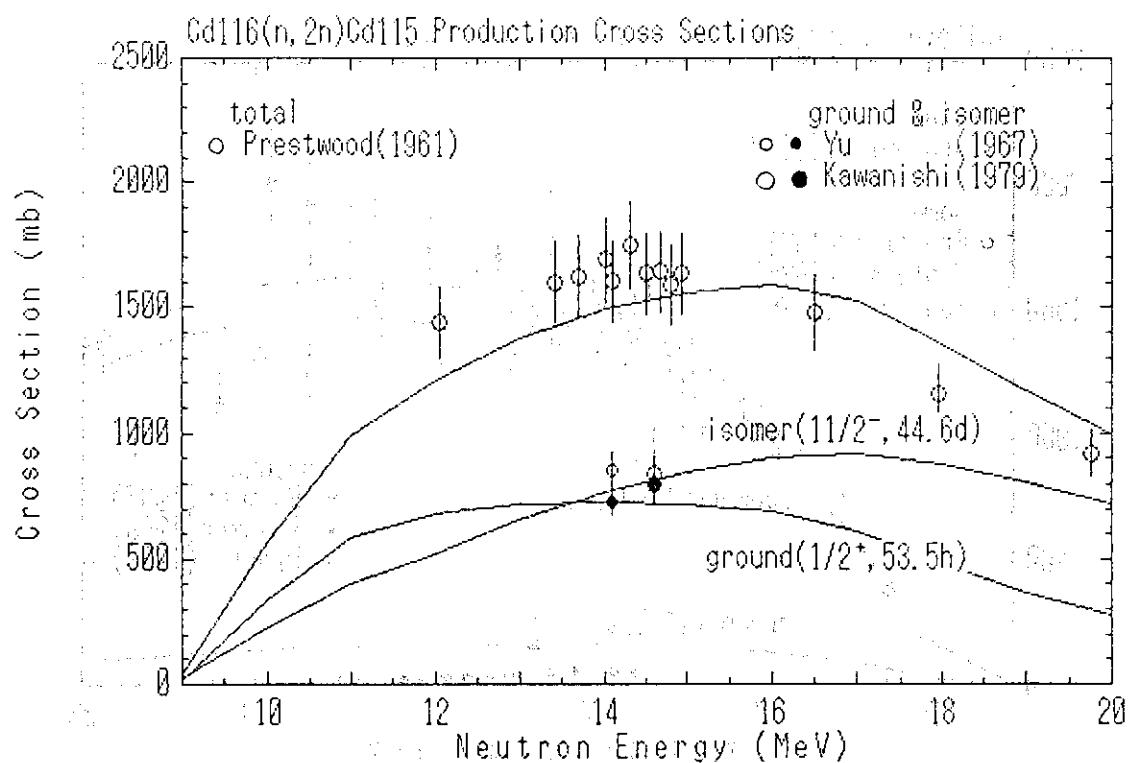
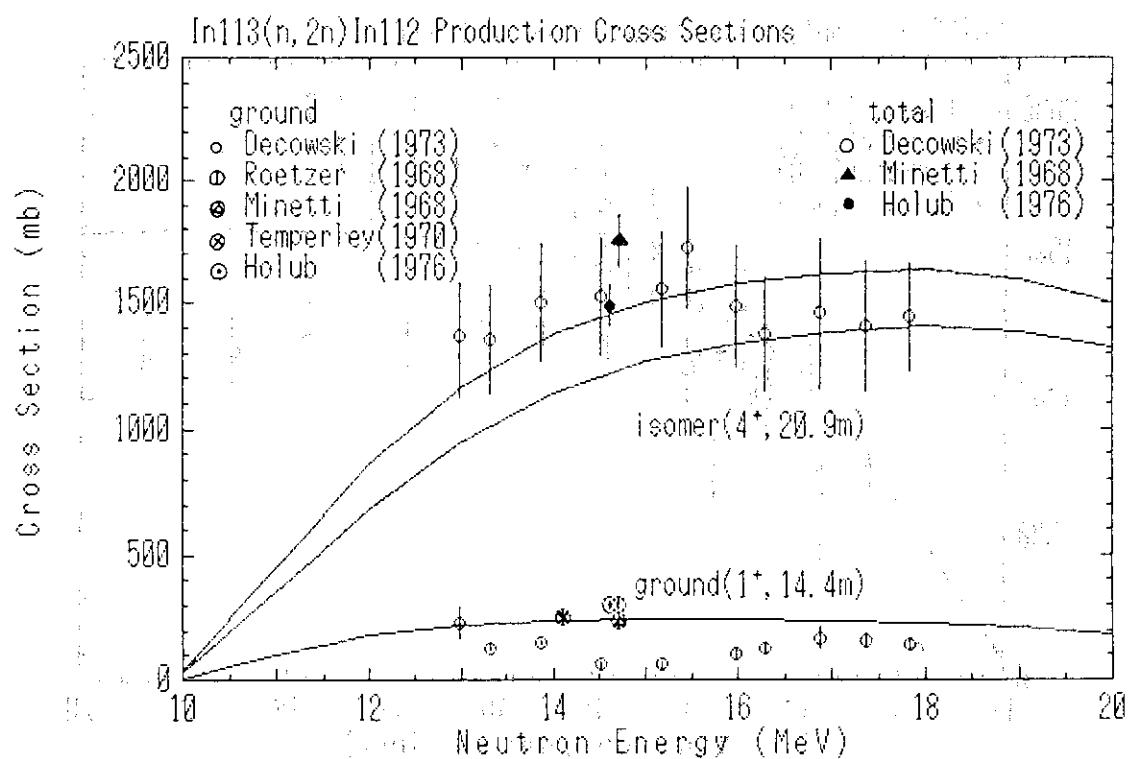
Fig. 3.1.27 $^{107}\text{Ag}(n, n')$ ^{107m}Ag Production Cross Sections.Fig. 3.1.28 $^{107}\text{Ag}(n, 2n)$ ^{106}Ag Production Cross Sections.

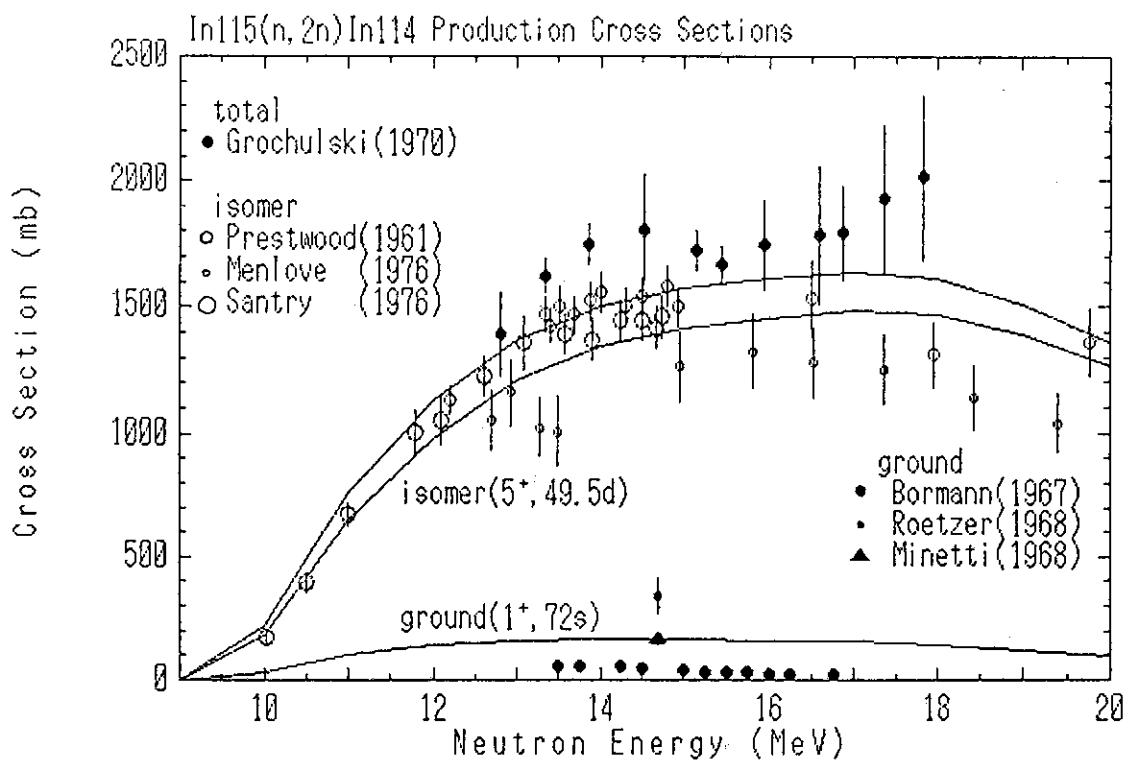
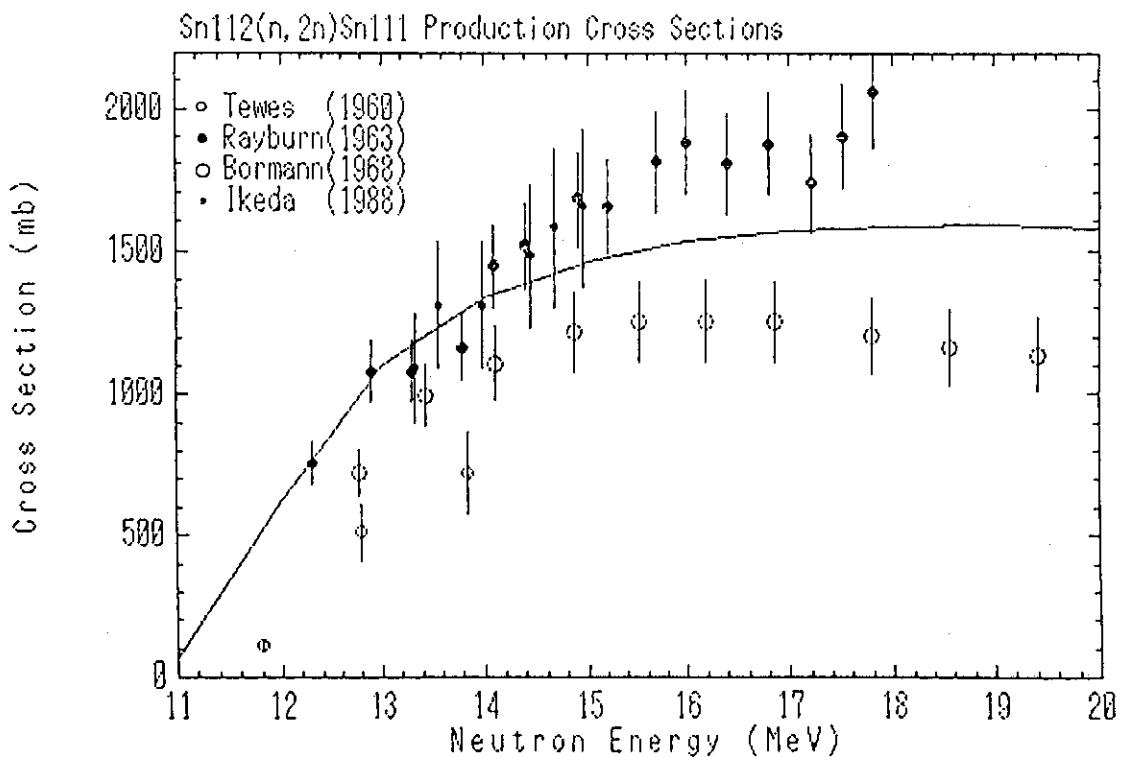
Fig. 3.1.29. $^{109}\text{Ag}(n, 2n)^{108}\text{Ag}$ Production Cross Sections.Fig. 3.1.30. $^{109}\text{Ag}(n, p)^{109}\text{Pd}$ Production Cross Sections.

Fig. 3.1.31 $^{106}\text{Cd}(n, 2n)^{105}\text{Cd}$ Production Cross Sections.Fig. 3.1.32 $^{106}\text{Cd}(n, p)^{106}\text{Ag}$ Production Cross Sections.

Fig. 3.1.33 $^{111}\text{Cd}(\text{n}, \text{p})^{111}\text{Ag}$ Production Cross Sections.Fig. 3.1.34 $^{112}\text{Cd}(\text{n}, 2\text{n})^{111}\text{Cd}$ Production Cross Sections.

Fig. 3.1.35. $^{112}\text{Cd}(n, p)^{112}\text{Ag}$ Production Cross Sections.Fig. 3.1.36. $^{112}\text{Cd}(n, \alpha)^{109}\text{Pd}$ Production Cross Sections.

Fig. 3.1.37 Cd¹¹⁶(n, 2n) Cd¹¹⁵ Production Cross Sections.Fig. 3.1.38 In¹¹³(n, 2n) In¹¹² Production Cross Sections.

Fig. 3.1.39 In₁₁₅(n, 2n)In₁₁₄ Production Cross Sections.Fig. 3.1.40 Sn₁₁₂(n, 2n)Sn₁₁₁ Production Cross Sections.

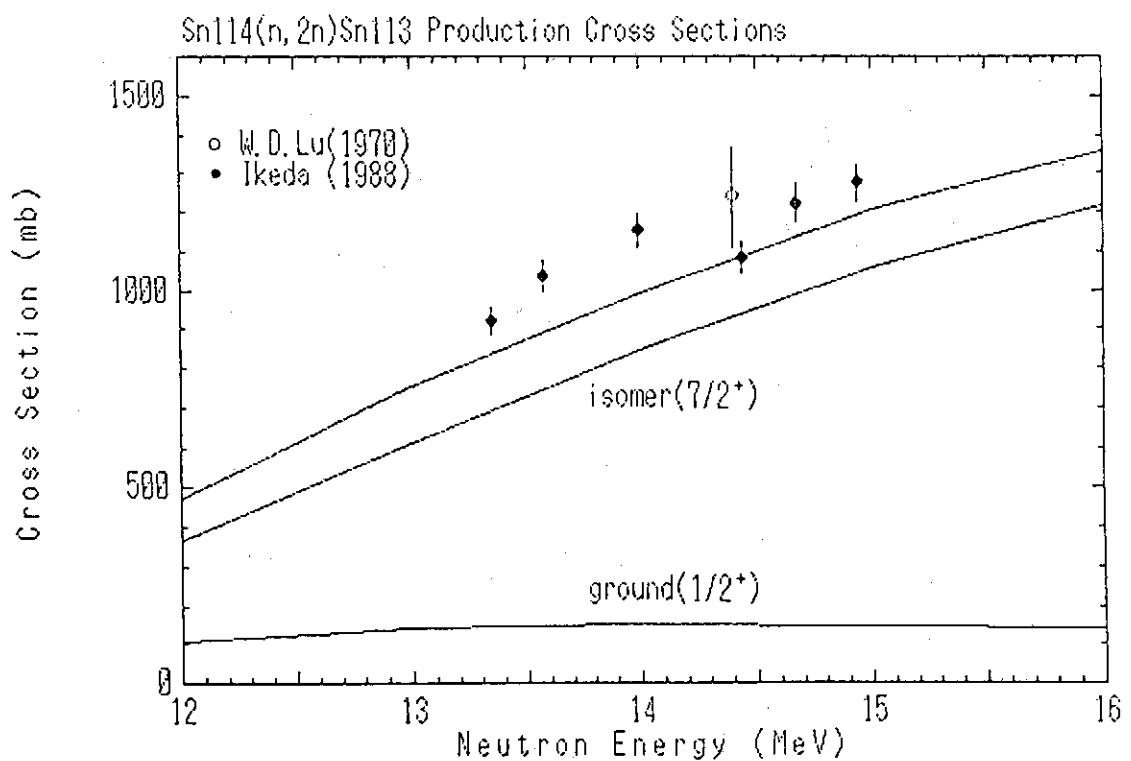


Fig. 3.1.41 114Sn(n, 2n)113Sn Production Cross Sections.

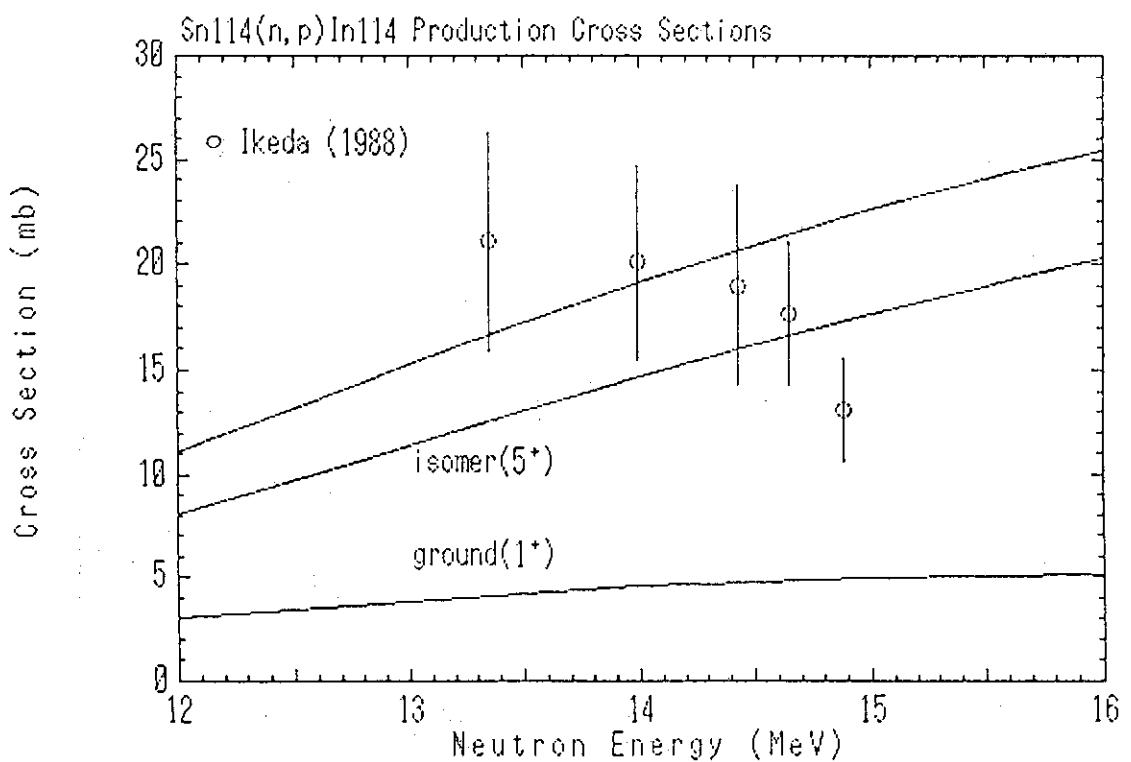
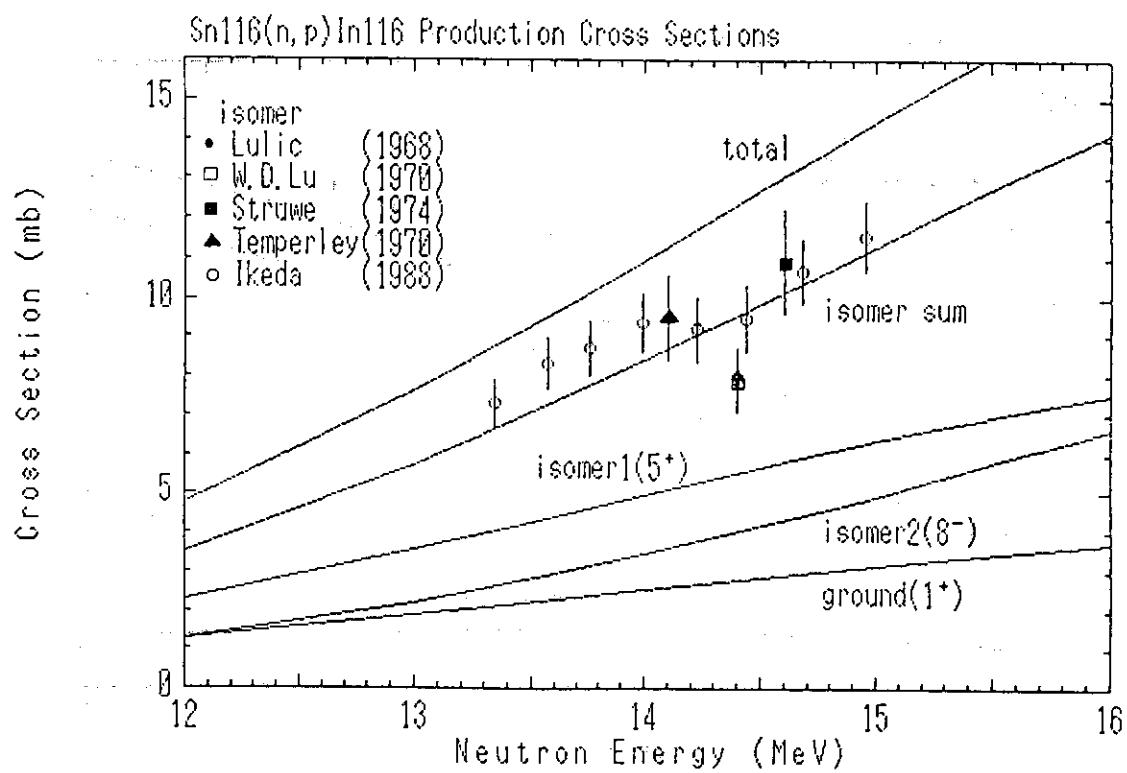
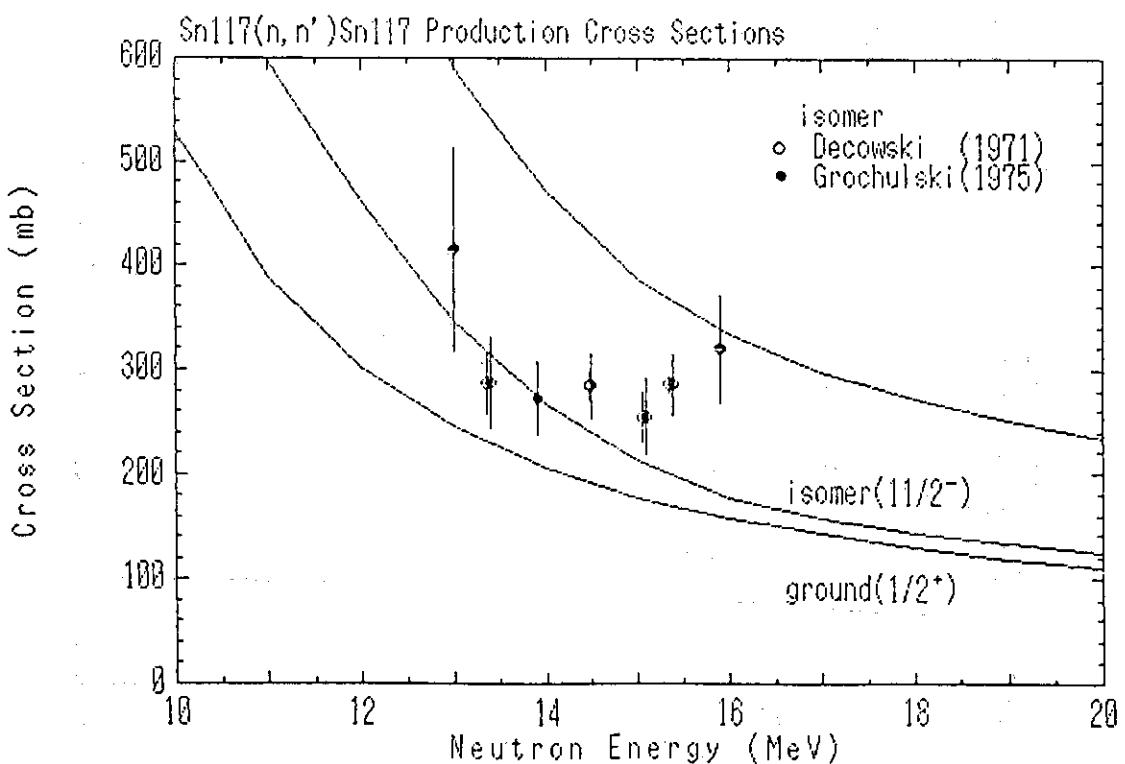
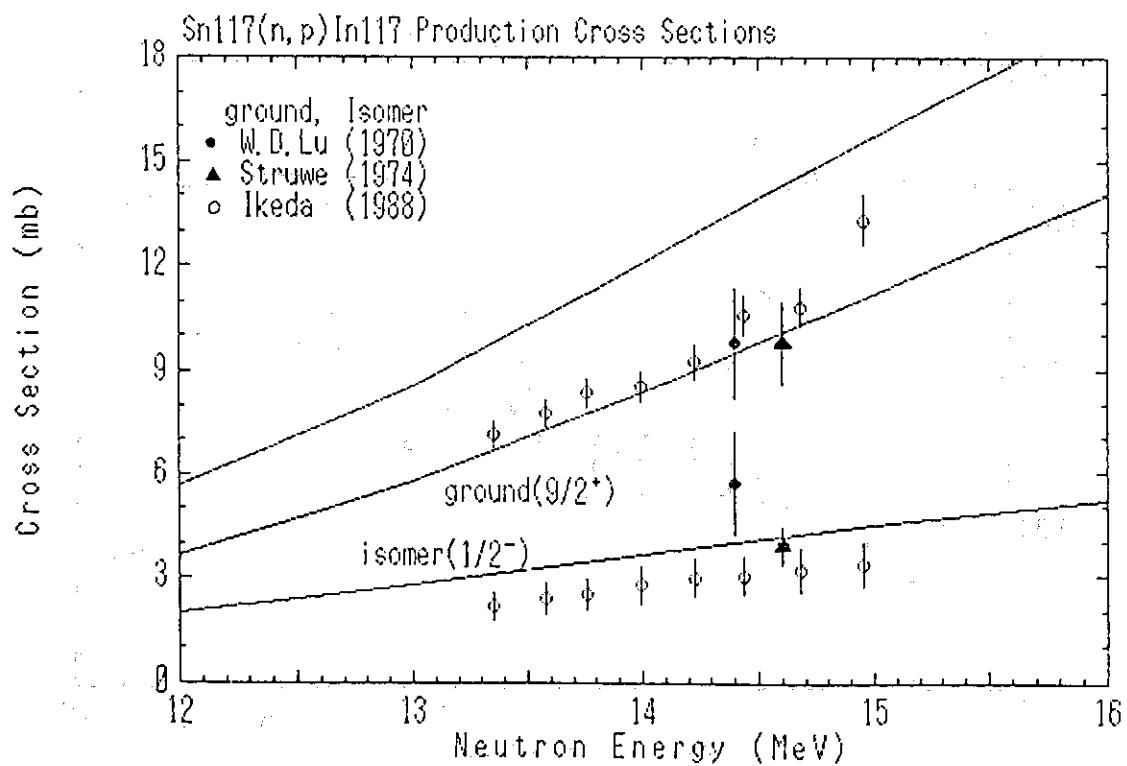
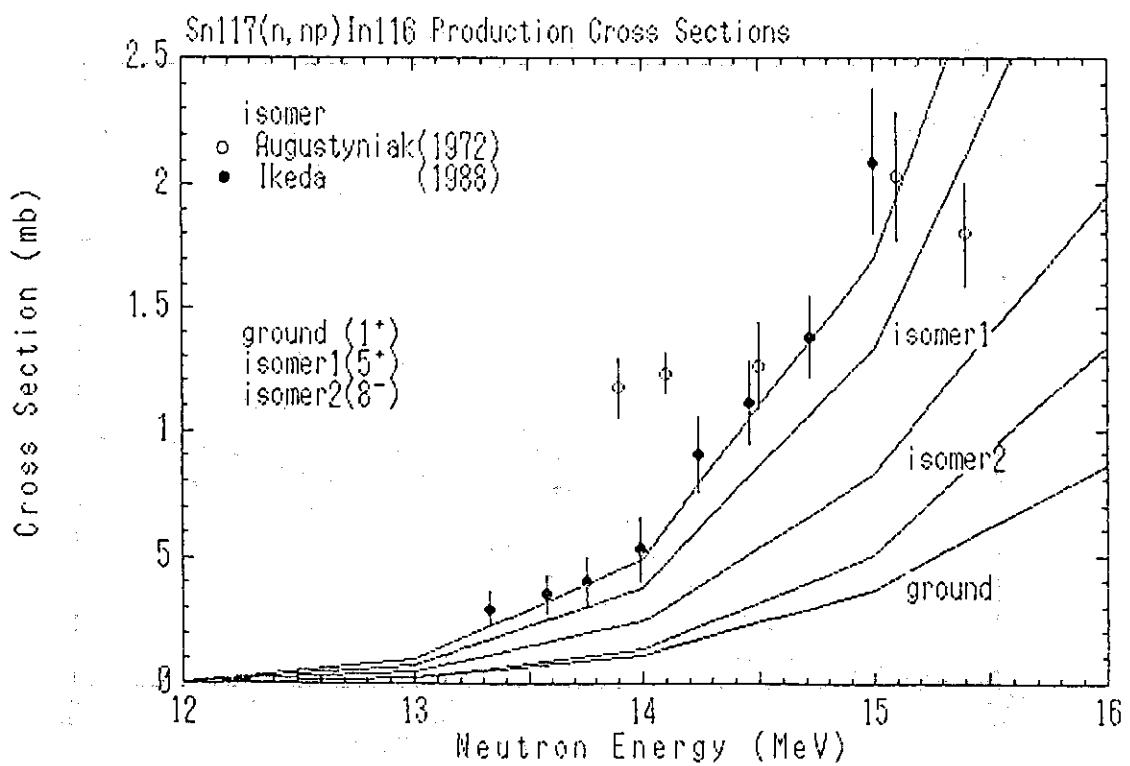


Fig. 3.1.42 114Sn(n, p)114In Production Cross Sections.

Fig. 3.1.43 $^{116}\text{Sn}(n, p)^{116}\text{In}$ Production Cross Sections.Fig. 3.1.44 $^{117}\text{Sn}(n, n')^{117}\text{Sn}$ Production Cross Sections.

Fig. 3.1.45 $^{117}\text{Sn}(n, p)^{117}\text{In}$ Production Cross Sections.Fig. 3.1.46 $^{117}\text{Sn}(n, n'p)^{116}\text{In}$ Production Cross Sections.

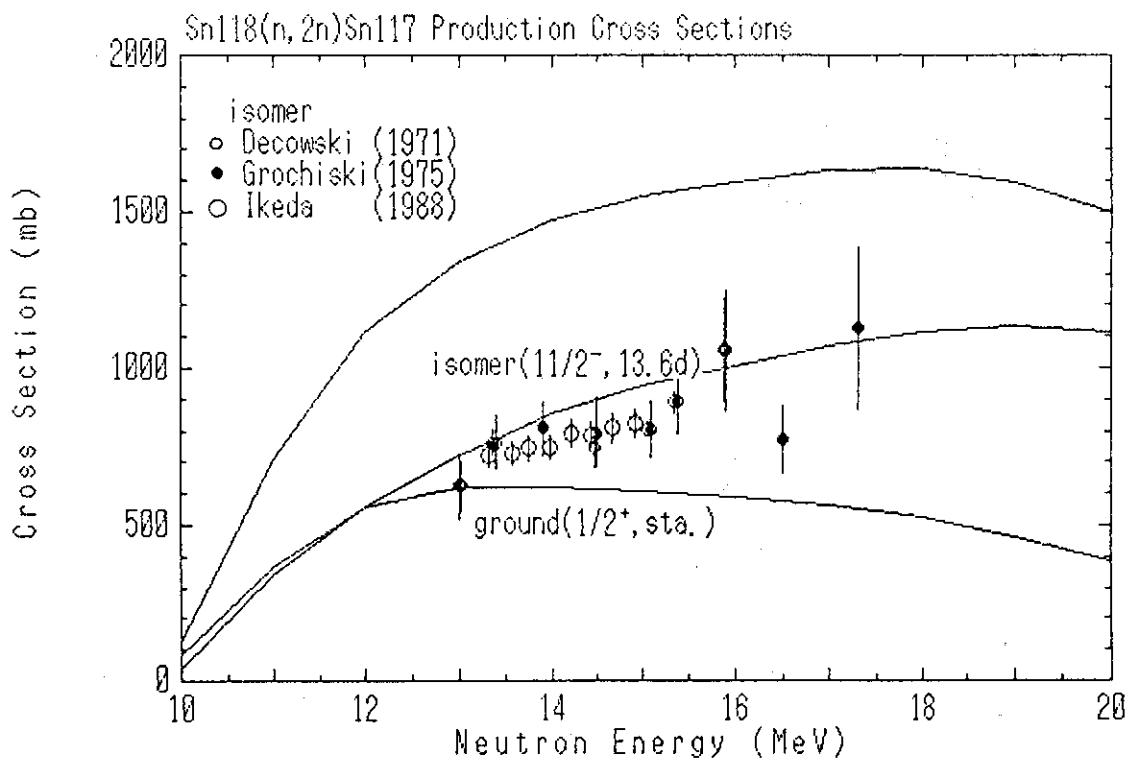
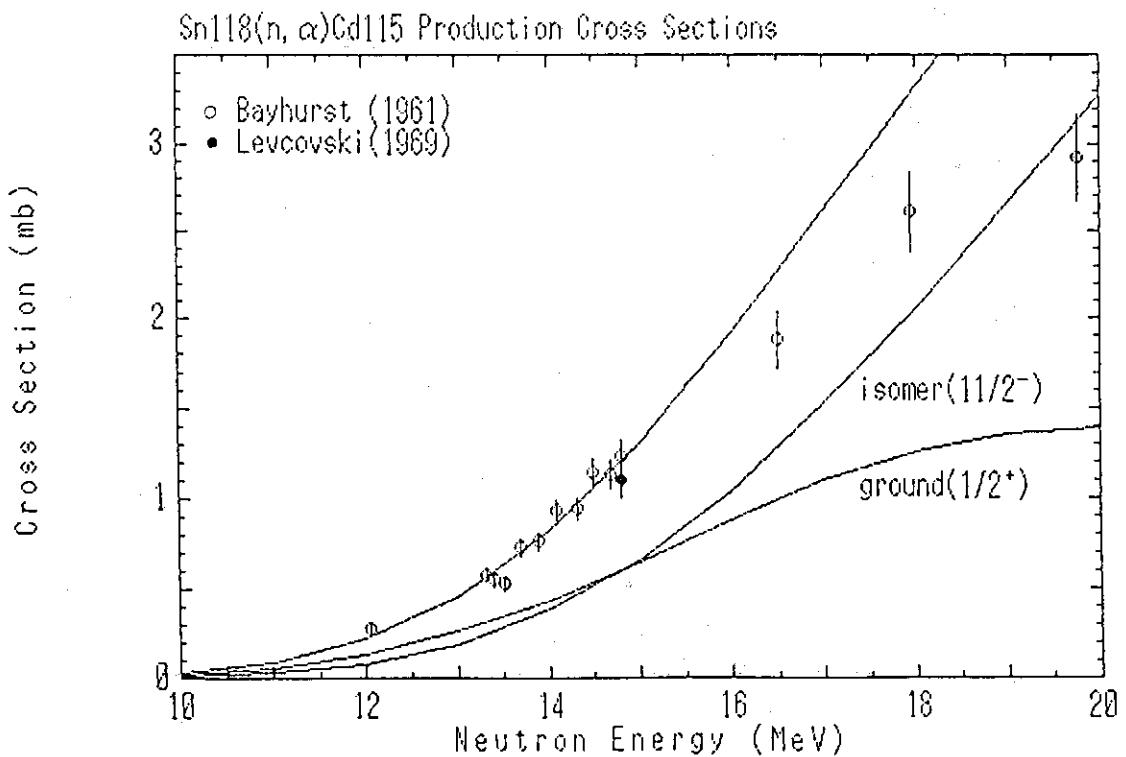
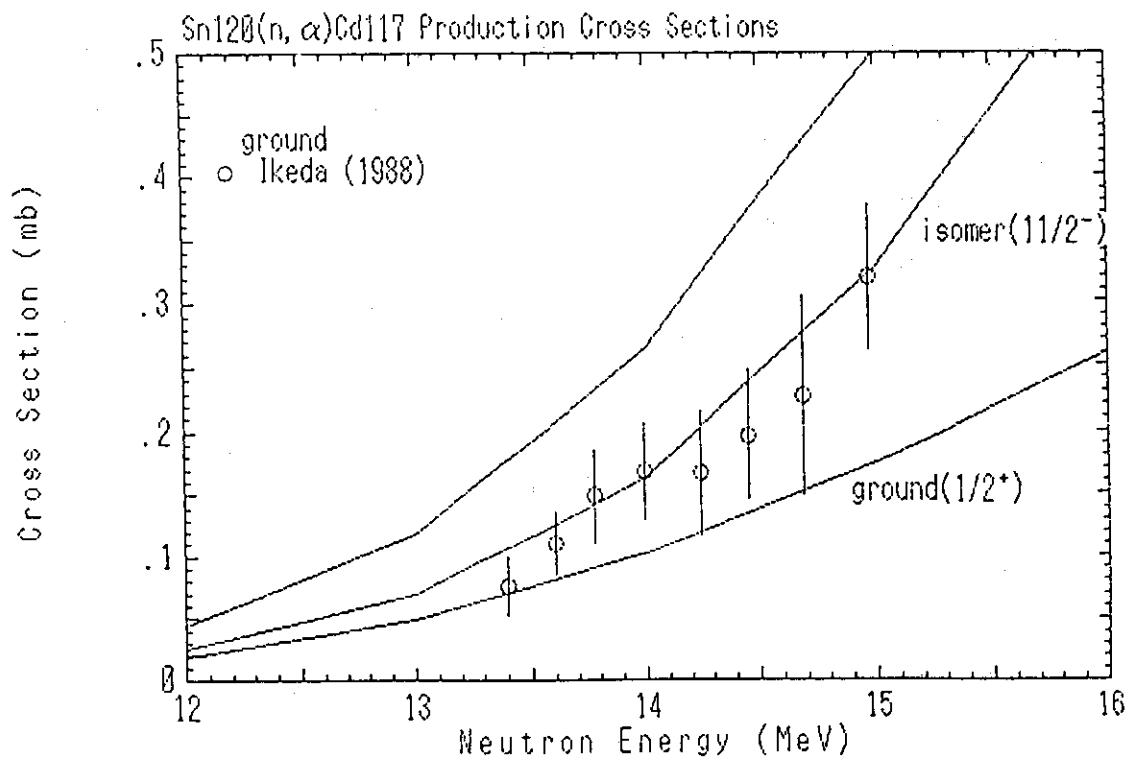
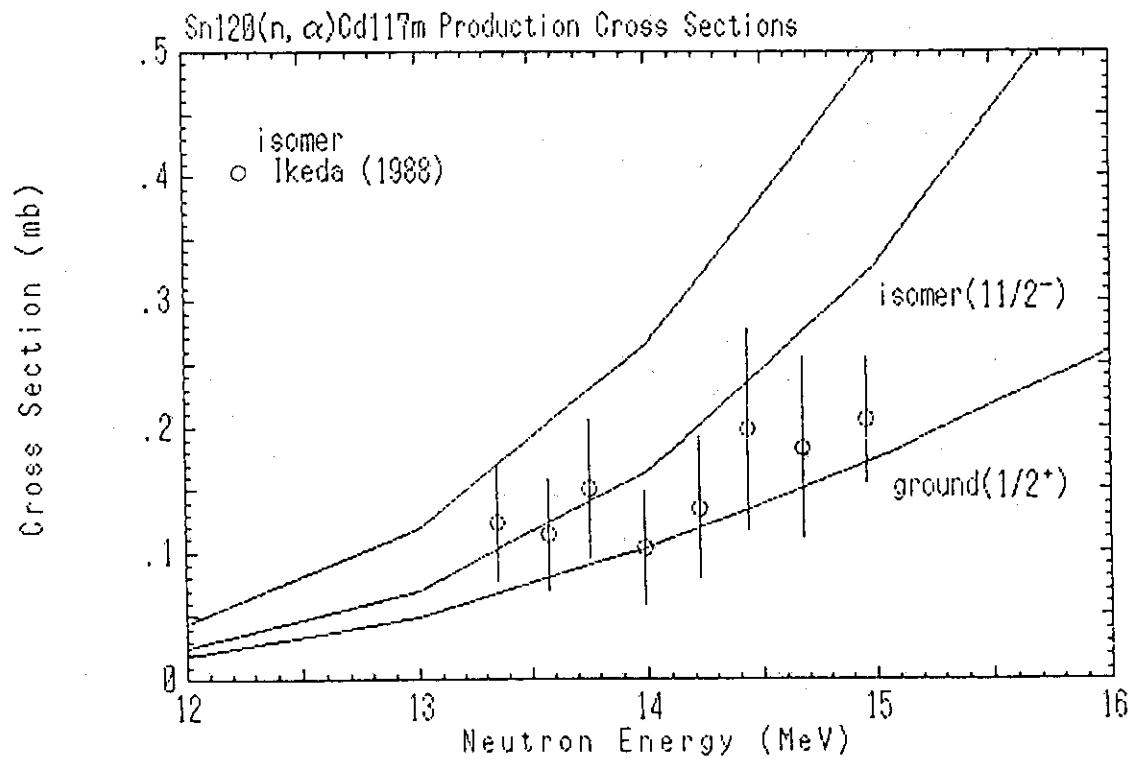


Fig. 3.1.47 118Sn(n, 2n)117Sn Production Cross Sections.

Fig. 3.1.48 118Sn(n, α)115Cd Production Cross Sections.

Fig. 3.1.49 120Sn(n, α)117Cd Production Cross Sections.Fig. 3.1.50 120Sn(n, α)117mCd Production Cross Sections.

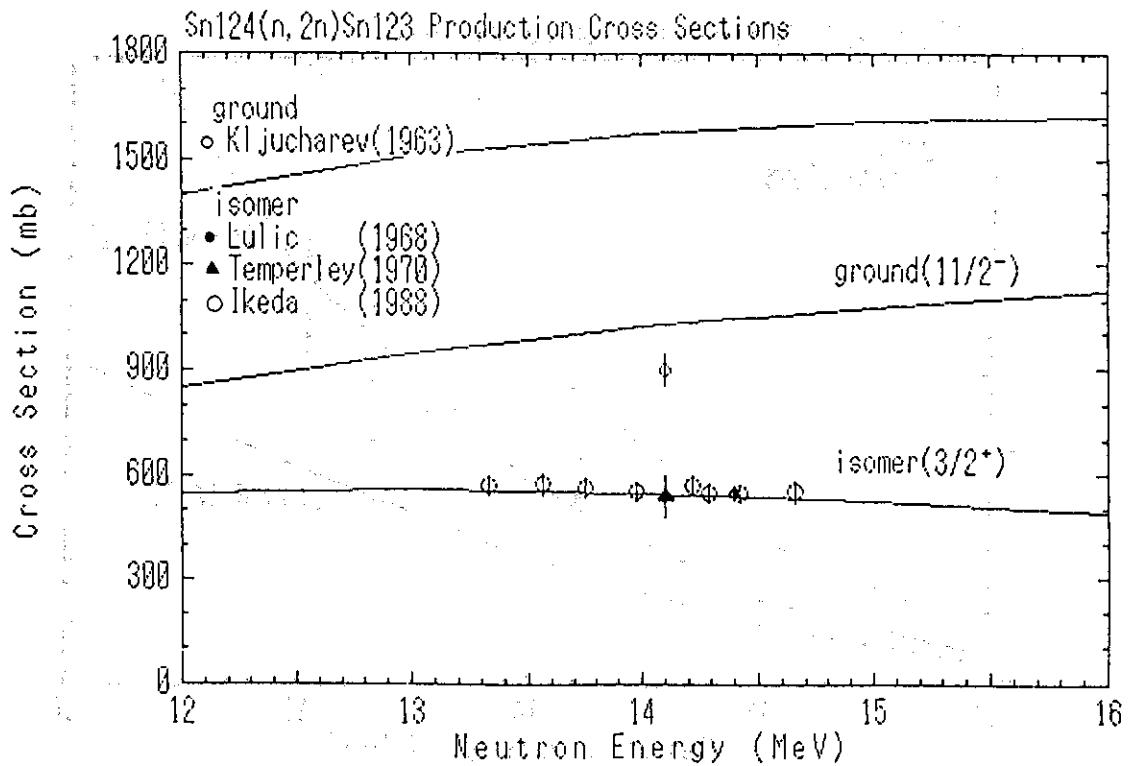


Fig. 3.1.51 124Sn(n, 2n)123Sn Production Cross Sections.

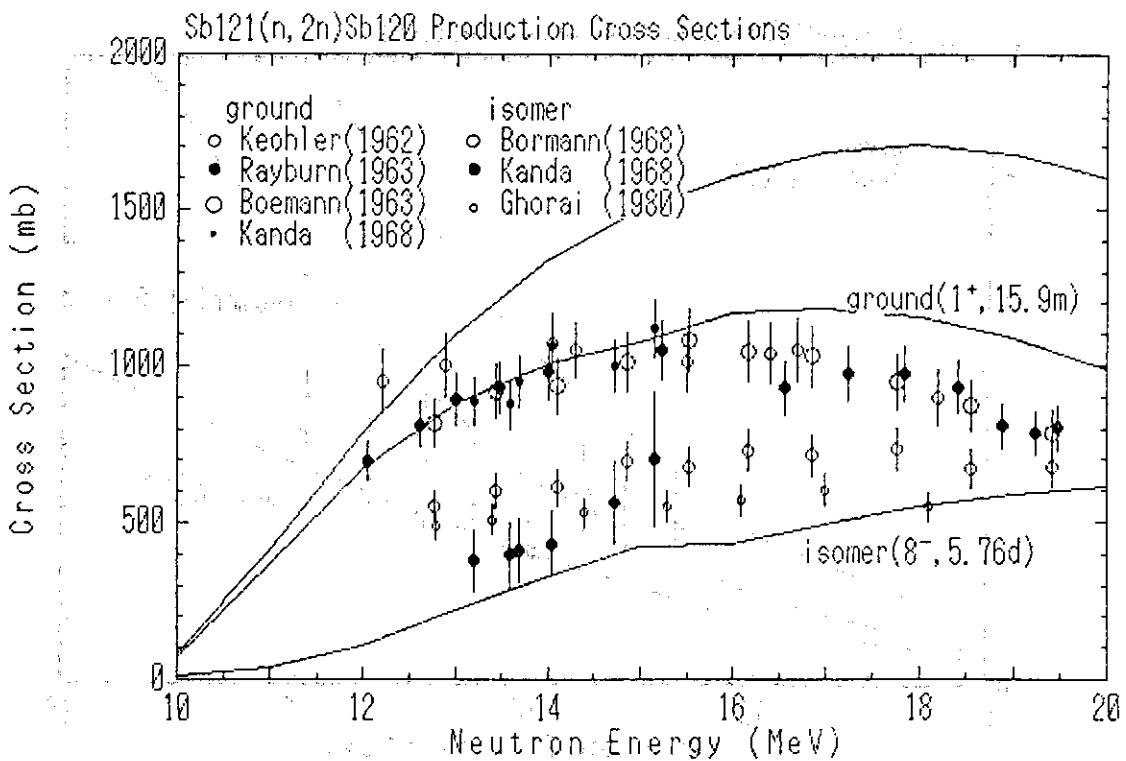
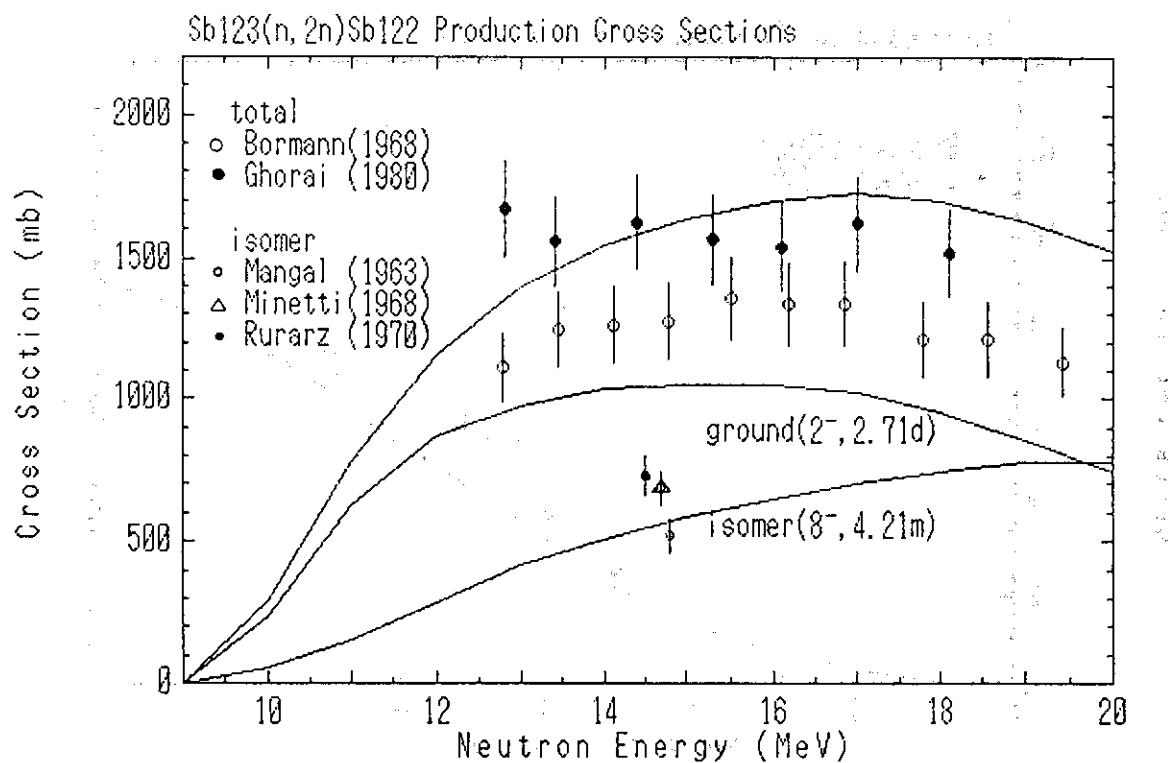
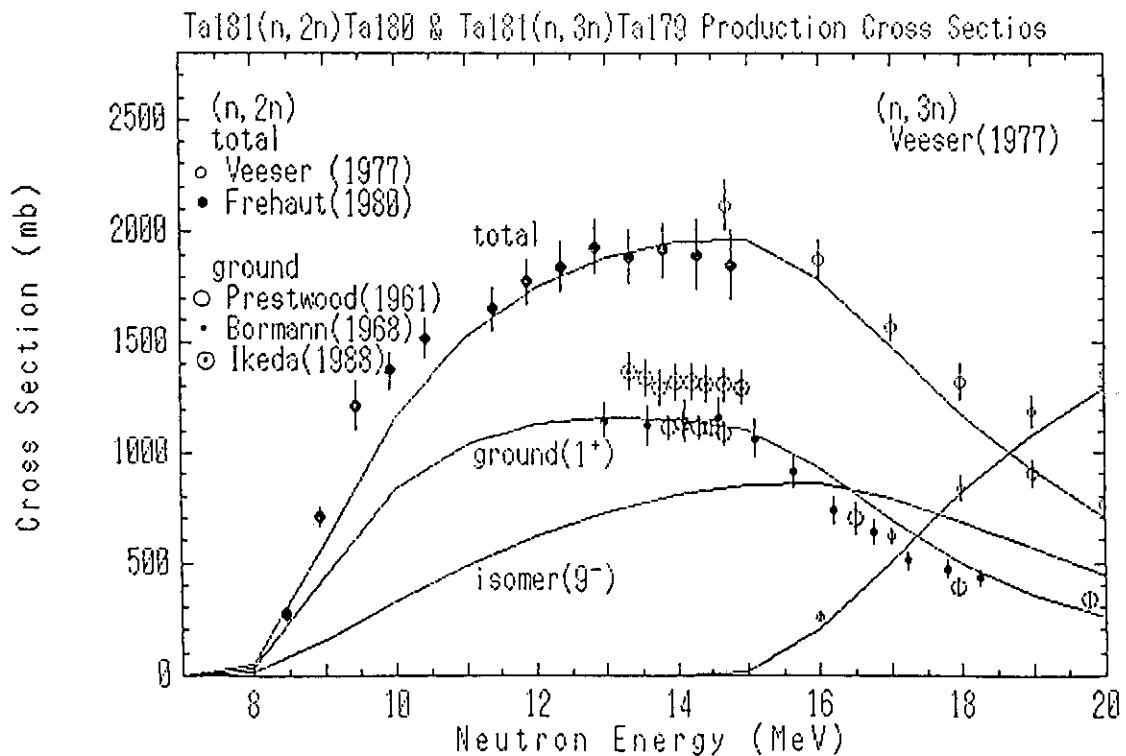
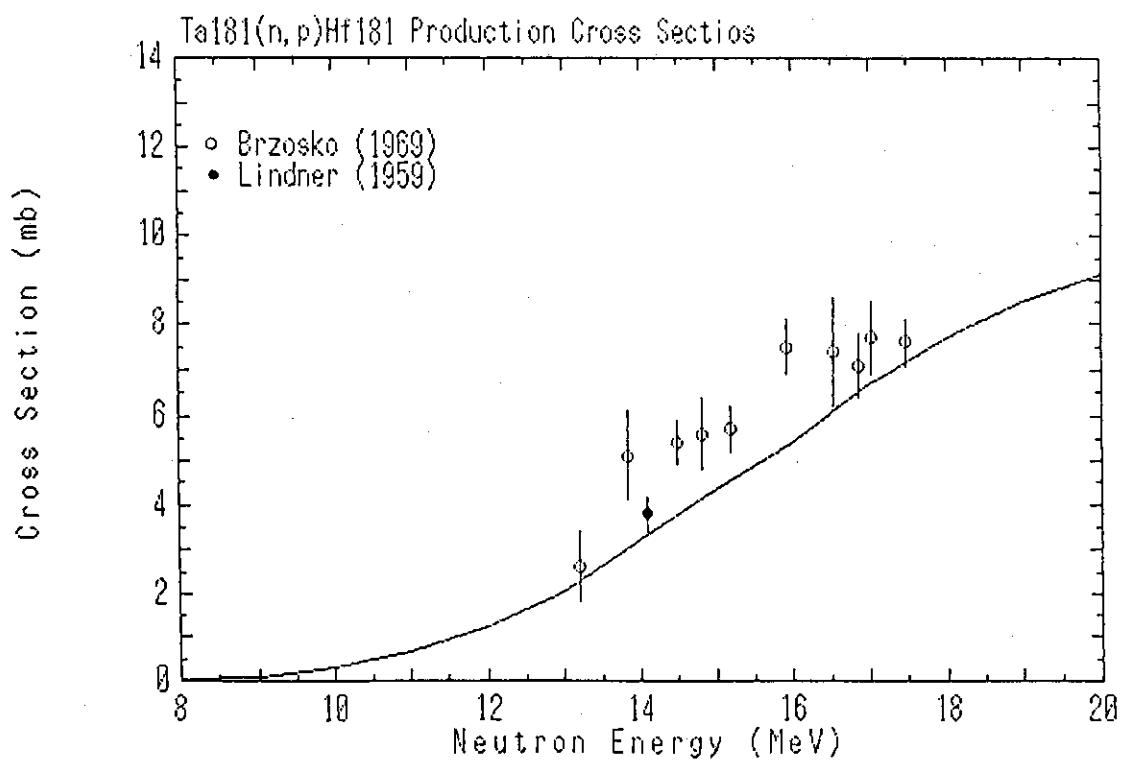


Fig. 3.1.52 121Sb(n, 2n)120Sb Production Cross Sections.

Fig. 3.1.53 $^{123}\text{Sb}(n, 2n)^{122}\text{Sb}$ Production Cross Sections.Fig. 3.1.54 $^{181}\text{Ta}(n, 2n)^{180}\text{Ta}$ and $^{181}\text{Ta}(n, 3n)^{179}\text{Ta}$ Production Cross Sections.

Fig. 3.1.55 $^{181}\text{Ta}(\text{n},\text{p})^{181}\text{Hf}$ Production Cross Sections.

3.2 Ni, Eu, Gd, Wの断面積

3.2.1 Ni 断面積の評価

Ni-58, -60, -61, -62, -64を対象とする。Niの中性子反応による生成放射性核種は大変多い。Isomer生成反応及び1d以上放射性核種生成反応は下表のようである。

Ni-58 (n, r)	Ni-59 (7.63×10^4 y)	Ni-61 (n, d)	Co-60 (5.37 y)
(n, p)	Co-58 (9.92 h, 70.8 d)	(n, np)	Co-60 (10.5 m, 5.37 y)
(n, d)	Co-57 (272 d)	(n, 2p)	Fe-60 (1.53×10^6 y)
(n, T)	Co-56 (77.1 d)	Ni-62 (n, r)	Ni-63 (102 y)
(n, α)	Fe-55 (2.78 y)	(n, T)	Co-60 (5.37 y)
(n, 2n)	Ni-57 (1.49 d)	(n, α)	Fe-59 (44.5 d)
(n, np)	Co-57 (272 d)	(n, np)	Co-62 m (13.9 m)
(n, nd)	Co-56 (77.1 d)	Ni-64 (n, 2n)	Ni-63 (102 y)
Ni-60 (n, p)	Co-60 (10.5 m, 5.37 y)	(n, n α)	Fe-60 (1.53×10^6 y)
(n, T)	Co-58 (70.8 d)		
(n, 2n)	Ni-59 (7.63×10^4 y)		
(n, 2p)	Fe-59 (44.5 d)		

表において、たとえばCo-58(9.92h, 70.8d)の第1の9.92hがisomerを示す。Ni-58(n, p), Ni-58(n, 2n), Ni-60(n, p)はドシメトリー用断面積でもある。

断面積値はisomer比以外はすべてJENDL-3値を採用した。Isomer生成比meta/(ground+meta)はGNASHコードで計算し、ファイル8, ファイル9に格納した。

Ni-58(n, p) Co-58m, Ni-60(n, p) Co-60m, Ni-61(n, np) Co-60m, Ni-62(n, p) Co-62mについてのIsomer生成比m/(m+g)及び $\sigma(g+m)$, $\sigma(m)$ 断面積をTable 3.2.1(a), (b), (c), (d)に掲げる。

3.2.2 Eu 断面積の評価

Eu-151, Eu-153を対象とする。問題とする中性子反応は下記のものである。

Eu-151 (n, r)	Eu-152 (96 m, 9.3 h, 13 y)	Eu-153 (n, r)	Eu-154 (46.1 m, 8.2 y)
(n, p)	Sm-151 (93 y)	(n, p)	Sm-153 (46.7 h)
(n, α)	Pm-148 (41.3 d, 5.37 d)	(n, α)	Pm-150 (2.69 h)
(n, 2n)	Eu-150 (36.4 y, 12.6 h)	(n, 2n)	Eu-152 (96 m, 9.3 h, 13 y)
(n, 3n)	Eu-149 (93.1 d)	(n, n α)	Pm-149 (53.1 h)
(n, n α)	Pm-147 (2.623 y)		
(n, 2p)	Pm-150 (2.69 h)		

上記の他の反応では安定核あるいは20m以下の短寿命核だけが生成される。Isomer生成以外はJENDL-3の値を採用した。Isomeric cross sectionについてはGNASHで計算し、isomer/ground比を求め、ファイル8, 9に格納した。計算は浅見氏が用いた入力データ(GNASH 1978)を殆どそのまま用いたが、今回はSINCROSを使用したので入力を

変更した。また、中性子透過係数ファイルを読み込めない事態が起つたので、SINCROSに built-inされている光学ポテンシャルを用いた。

Isomerについて、Eu-151(n,r) Eu-152m₂(96m), Eu-153(n,r) Eu-154m(46m), Eu-153(n,2n) Eu-152m₂(96m)の生成断面積は計算していない。これらの isomer level は高い励起レベルであり計算可能ではあるが半減期が短いのでここでは扱わなかった。

Isomer生成断面積 Eu-151(n,r) Eu-152m(9.3h), Eu-151(n, α) Pm-148(41.3d), Eu-151(n,2n) Eu-150m(36.4y), Eu-153(n,2n) Eu-152m(9.3h) をそれぞれ Table 3.2.2 (a)~(d)に掲げる。他の主な放射化反応断面積を Fig. 3.2.1(a)~(g)に掲げる。

3.2.3 Gd 断面積の評価

Gd-152, -154, -155, -156, -157, -158, -156 を対象とする。放射化反応は次のものである。

Gd-152(n,r) Gd-153(241.6d) Gd-157(n,p) Eu-157(15.15h)

(n,p) Eu-152(96m, 9.3h, 13y) (n,d) Eu-156(15.2d)

(n,2n) Gd-151(120d) (n,np) Eu-156(15.2d)

(n,3n) Gd-150(1.8x106y) (n,n α) Sm-153(46.7h)

(n,2p) Sm-151(93y) (n,2p) Sm-156(9.4h)

Gd-154(n,p) Eu-154(46m, 8.2y) Gd-158(n,r) Gd-159(18.6h)

(n, α) Sm-151(93y) (n,p) Eu-158(45.9m)

(n,2n) Gd-153(241.6d) (n,d) Eu-157(15.15h)

(n,2p) Sm-153(46.7h) (n,np) Eu-157(15.15h)

Gd-155(n,p) Eu-155(4.76y) Gd-160(n,2n) Gd-159(18.6h)

(n,d) Eu-154(46m, 8.2y) (n,n α) Sm-156(9.4h)

(n,np) Eu-154(46m, 8.2y)

(n,3n) Gd-153(241.6d)

(n,n α) Sm-151(93y)

Gd-156(n,p) Eu-156(15.2d) Gd-160(n,2n) Gd-159(18.6h)

(n, α) Sm-153(46.7h) (n,d) Eu-155(4.76y)

(n,np) Eu-155(4.76y) (n,2p) Sm-155(22.2m)

Gd 断面積は FP 核データ WG での評価結果をそのまま採用する。Isomer 生成は Eu-152, Eu-154 生成だけであるが、いずれも半減期が短かく、また、断面積が小さいのでここでは扱わなかった。従って、放射化断面積は JENDL ファイル 2, 3 データで表される。主な放射化反応断面積を Fig. 3.2.2.(a)~(f)に掲げる。

3.2.4 W の断面積
activation cross sections の計算は、GNASH コードを用いて JENDL-3 の W デ

ータの評価と consistent な方法によって行った。OMP, レベルスキーム等のデータも全く同じものを使用した。

対象とした核反応は下記の通りである。標的核 ^{180}W についての核反応は JENDL-3 での評価と同様に、 ^{180}W の存在比が非常に小さい(0.13%)ことから無視した。

評価値はすべて、 multiplicity として File 9 の形でファイル化し、対応する JENDL-3 のファイル 2, 3 のデータとともにまとめてある。

$^{182}\text{W}(\text{n}, \gamma)$	$^{183\text{m}}\text{W}(5.3\text{s})$
$^{182}\text{W}(\text{n}, 2\text{n})$	$^{181}\text{W}(121.2\text{d})$
$^{182}\text{W}(\text{n}, \text{p})$	$^{182\text{g}}\text{Ta}(115\text{d}), ^{182\text{m}1}\text{Ta}(0.28\text{s}), ^{182\text{m}2}\text{Ta}(15.8\text{m})$
$^{182}\text{W}(\text{n}, \alpha)$	$^{179\text{m}1}\text{Hf}(18.7\text{s}), ^{179\text{m}2}\text{Hf}(25.1\text{d})$
$^{182}\text{W}(\text{n}, \text{n'}, \alpha)$	$^{178\text{m}}\text{Hf}(4.0\text{s})$
$^{183}\text{W}(\text{n}, \text{n'})$	$^{183}\text{W}(5.3\text{s})$
$^{183}\text{W}(\text{n}, 3\text{n})$	$^{181}\text{W}(121.2\text{d})$
$^{183}\text{W}(\text{n}, \text{p})$	$^{183}\text{Ta}(5.1\text{d})$
$^{183}\text{W}(\text{n}, \alpha)$	$^{180\text{m}}\text{Hf}(5.5\text{h}), ^{182\text{g}}\text{Ta}(115\text{d}), ^{182\text{m}1}\text{Ta}(0.28\text{s}), ^{182\text{m}2}\text{Ta}(15.8\text{m})$
$^{183}\text{W}(\text{n}, \text{n'}, \text{p})$	$^{179\text{m}1}\text{Hf}(18.7\text{s}), ^{179\text{m}2}\text{Hf}(25.1\text{d})$
$^{184}\text{W}(\text{n}, \gamma)$	$^{185\text{m}}\text{W}(1.66\text{m}), ^{185\text{g}}\text{W}(75.1\text{d})$
$^{184}\text{W}(\text{n}, 2\text{n})$	$^{183\text{m}}\text{W}(5.3\text{s})$
$^{184}\text{W}(\text{n}, \text{p})$	$^{184}\text{Ta}(8.7\text{h})$
$^{184}\text{W}(\text{n}, \alpha)$	$^{181}\text{Hf}(42.4\text{d})$
$^{184}\text{W}(\text{n}, \text{n'}, \text{p})$	$^{183}\text{Ta}(5.1\text{d})$
$^{184}\text{W}(\text{n}, \text{n'}, \alpha)$	$^{180\text{m}}\text{Hf}(5.5\text{h})$
$^{186}\text{W}(\text{n}, \gamma)$	$^{187}\text{W}(23.9\text{h})$
$^{186}\text{W}(\text{n}, 2\text{n})$	$^{185\text{m}}\text{W}(1.66\text{m}), ^{185\text{g}}\text{W}(75.1\text{d})$
$^{186}\text{W}(\text{n}, \text{p})$	$^{186}\text{Ta}(10.5\text{m})$
$^{186}\text{W}(\text{n}, \alpha)$	$^{183}\text{Hf}(64\text{m})$
$^{186}\text{W}(\text{n}, \text{n'}, \text{p})$	$^{185}\text{Ta}(49\text{m})$
$^{186}\text{W}(\text{n}, \text{n'}, \alpha)$	$^{182\text{m}}\text{Hf}(62\text{m})$

W核種の放射化断面積の実験データは非常に少なく、計算値と比較できるものは極く小数である。その中で、W核種としてとくに重要な(n-2n)反応について、 ^{184}W と ^{186}W との核異性体準位への反応断面積の計算値と実験値との比較図をFig. 3.2.3(a), (b)に示した。

Table 3.2.1(a) NI-58(N.P)CO-58M Cross Section (b)

 $Q = +0.402 \text{ MeV}$

EN(MEV)	M/(G+M)	SIG(G+M)	SIG(META)
.5	0.000	+0.00E+00	+0.00E+00
1	0.146	+9.00E-04	+1.31E-04
1.5	0.207	+1.34E-02	+2.77E-03
2	0.177	+4.00E-02	+7.07E-03
3	0.174	+1.88E-01	+3.27E-02
4	0.211	+3.54E-01	+7.47E-02
5	0.225	+4.40E-01	+9.88E-02
6	0.234	+5.60E-01	+1.31E-01
7	0.248	+5.70E-01	+1.41E-01
8	0.261	+5.80E-01	+1.51E-01
9	0.274	+5.70E-01	+1.56E-01
10	0.287	+5.60E-01	+1.61E-01
11	0.303	+5.40E-01	+1.63E-01
12	0.317	+5.20E-01	+1.65E-01
13	0.330	+4.70E-01	+1.55E-01
14	0.346	+4.00E-01	+1.38E-01
15	0.354	+3.40E-01	+1.21E-01
16	0.363	+2.90E-01	+1.05E-01
17	0.367	+2.50E-01	+9.16E-02
18	0.370	+2.25E-01	+8.32E-02
19	0.369	+2.15E-01	+7.94E-02
20	0.368	+2.10E-01	+7.73E-02

NI-58G : 2+(70.8D) BETA+
 NI-58M : 5+(9.21H, 24.89KEV) IT

Table 3.2.1(b) NI-60(N.P)CO-60M Cross Section (b)

Q = -2.020 MEV

EN(MEV)	M/(G+M)	SIG(G+M)	SIG(META)
3	0.000	+0.00E+00	+0.00E+00
4	0.755	+9.90E-04	+7.47E-04
5	0.712	+9.00E-03	+6.41E-03
6	0.719	+3.00E-02	+2.16E-02
7	0.719	+6.10E-02	+4.38E-02
8	0.701	+9.00E-02	+6.31E-02
9	0.686	+1.35E-01	+9.26E-02
10	0.651	+1.49E-01	+9.70E-02
11	0.623	+1.49E-01	+9.28E-02
12	0.594	+1.46E-01	+8.67E-02
13	0.566	+1.40E-01	+7.92E-02
14	0.538	+1.23E-01	+6.62E-02
15	0.510	+1.09E-01	+5.55E-02
16	0.489	+9.20E-02	+4.50E-02
17	0.475	+8.20E-02	+3.89E-02
18	0.460	+7.20E-02	+3.31E-02
19	0.452	+6.50E-02	+2.94E-02
20	0.443	+6.00E-02	+2.66E-02

CO-60G : 5+(5.27Y) BETA-
 CO-60M : 2+(58.6KEV, 10.5M) IT

Table 3.2.1(c) NI-61(N.NP)CO-60M Cross Section (b)

Q(NP)=-9.852 MEV, Q(ND)=-7.634 MEV

EN(MEV)	M/(G+M)	SIG(G+M)	SIG(META)
8	0.000	+0.00E+00	+0.00E+00
9	0.377	+0.00E+00	+0.00E+00
10	0.441	+0.00E+00	+0.00E+00
11	0.513	+7.10E-05	+3.64E-05
12	0.485	+6.21E-04	+3.01E-04
13	0.382	+4.04E-04	+1.54E-04
14	0.392	+1.68E-02	+6.59E-03
15	0.428	+4.15E-02	+1.77E-02
16	0.451	+7.49E-02	+3.38E-02
17	0.465	+1.10E-01	+5.10E-02
18	0.469	+1.43E-01	+6.72E-02
19	0.461	+1.74E-01	+8.03E-02
20	0.454	+2.01E-01	+9.12E-02

CO-60G : 5+(5.27Y) BETA-

CO-60M : 2+(58.6 KEV, 10.5M)

IT

Table 3.2.1(d) NI-62(N.P)CO-62M Cross Section (b)

Q = -4.459 MEV

EN(MEV)	M/(G+M)	SIG(G+M)	SIG(META)
5	0.000	+0.00E+00	+0.00E+00
6	0.249	+1.28E-07	+3.19E-08
7	0.269	+1.54E-04	+4.14E-05
8	0.306	+1.39E-03	+4.25E-04
9	0.347	+4.32E-03	+1.50E-03
10	0.359	+8.02E-03	+2.88E-03
11	0.372	+1.20E-02	+4.46E-03
12	0.389	+1.64E-02	+6.39E-03
13	0.406	+2.17E-02	+8.82E-03
14	0.425	+2.80E-02	+1.19E-02
15	0.444	+3.25E-02	+1.44E-02
16	0.464	+3.29E-02	+1.53E-02
17	0.481	+3.03E-02	+1.46E-02
18	0.495	+2.73E-02	+1.35E-02
19	0.509	+2.48E-02	+1.26E-02
20	0.523	+2.30E-02	+1.20E-02

CO-62G : 2+(1.50M) BETA-

CO-62M : 5+(22 KEV, 13.9M) BETA-

Table 3.2.2(a) EU-151(N.G)EU-152M Cross Section (b)

Q = -4.459 MEV

EN(MEV)	M/(G+M)	SIG(G+M)	SIG(META)
2.53E-08	0.318	+0.00E+00	+0.00E+00
.05	0.325	+0.00E+00	+0.00E+00
.1	0.324	+1.70E+00	+5.51E-01
.2	0.306	+1.37E+00	+4.19E-01
.3	0.289	+1.03E+00	+2.97E-01
1	0.264	+4.05E-01	+1.07E-01
2	0.259	+1.95E-01	+5.05E-02
3	0.251	+1.03E-01	+2.59E-02
4	0.247	+4.42E-02	+1.09E-02
5	0.241	+1.61E-02	+3.88E-03
6	0.233	+5.10E-03	+1.19E-03
7	0.227	+1.78E-03	+4.04E-04

EU-152G : 3-(13Y) BETA-(27%), EC(73%)

EU-152M : 0-(48.5 KEV, 9.3H) BETA-(76%), EC(24%)

Table 3.2.2(b) EU-151(N.A)PM-148M Cross Section (b)

Q = +7.873 MEV

EN(MEV)	M/(G+M)	SIG(G+M)	SIG(META)
2.53E-08	0.136	+3.13E-06	+4.25E-07
.05	0.015	+1.28E-10	+1.95E-12
.1	0.144	+4.00E-08	+5.75E-09
.2	0.134	+6.18E-08	+8.28E-09
.3	0.099	+9.54E-08	+9.48E-09
1	0.237	+2.00E-06	+4.75E-07
2	0.312	+2.59E-05	+8.07E-06
3	0.332	+6.49E-05	+2.15E-05
4	0.348	+1.47E-04	+5.10E-05
5	0.353	+2.61E-04	+9.20E-05
6	0.370	+4.17E-04	+1.54E-04
7	0.358	+6.89E-04	+2.47E-04
8	0.363	+1.25E-03	+4.54E-04
9	0.371	+2.23E-03	+8.27E-04
10	0.379	+3.95E-03	+1.50E-03
11	0.388	+5.44E-03	+2.11E-03
12	0.398	+6.83E-03	+2.72E-03
13	0.409	+8.03E-03	+3.29E-03
14	0.419	+8.88E-03	+3.72E-03
15	0.427	+9.35E-03	+4.00E-03
16	0.434	+9.41E-03	+4.09E-03
18	0.447	+8.69E-03	+3.88E-03
20	0.456	+7.41E-03	+3.38E-03

PM-148G : 1-(5.37D) BETA-

PM-148M : 6-(137.2KEV, 41.3D) BETA-(95%), IT(5%)

Table 3.2.2(c) EU-151(N,2N)EU-150M Cross Section (b)

Q = -7.961 MEV

EN(MEV)	M/(G+M)	SIG(G+M)	SIG(META)
8	0.000	+0.00E+00	+0.00E+00
9	0.427	+2.40E-01	+1.03E-01
10	0.384	+7.47E-01	+2.87E-01
11	0.339	+1.26E+00	+4.26E-01
12	0.311	+1.57E+00	+4.88E-01
13	0.287	+1.66E+00	+4.77E-01
14	0.269	+1.71E+00	+4.60E-01
15	0.253	+1.73E+00	+4.38E-01
16	0.233	+1.71E+00	+3.99E-01
18	0.167	+1.52E+00	+2.54E-01
20	0.133	+6.83E-01	+9.10E-02

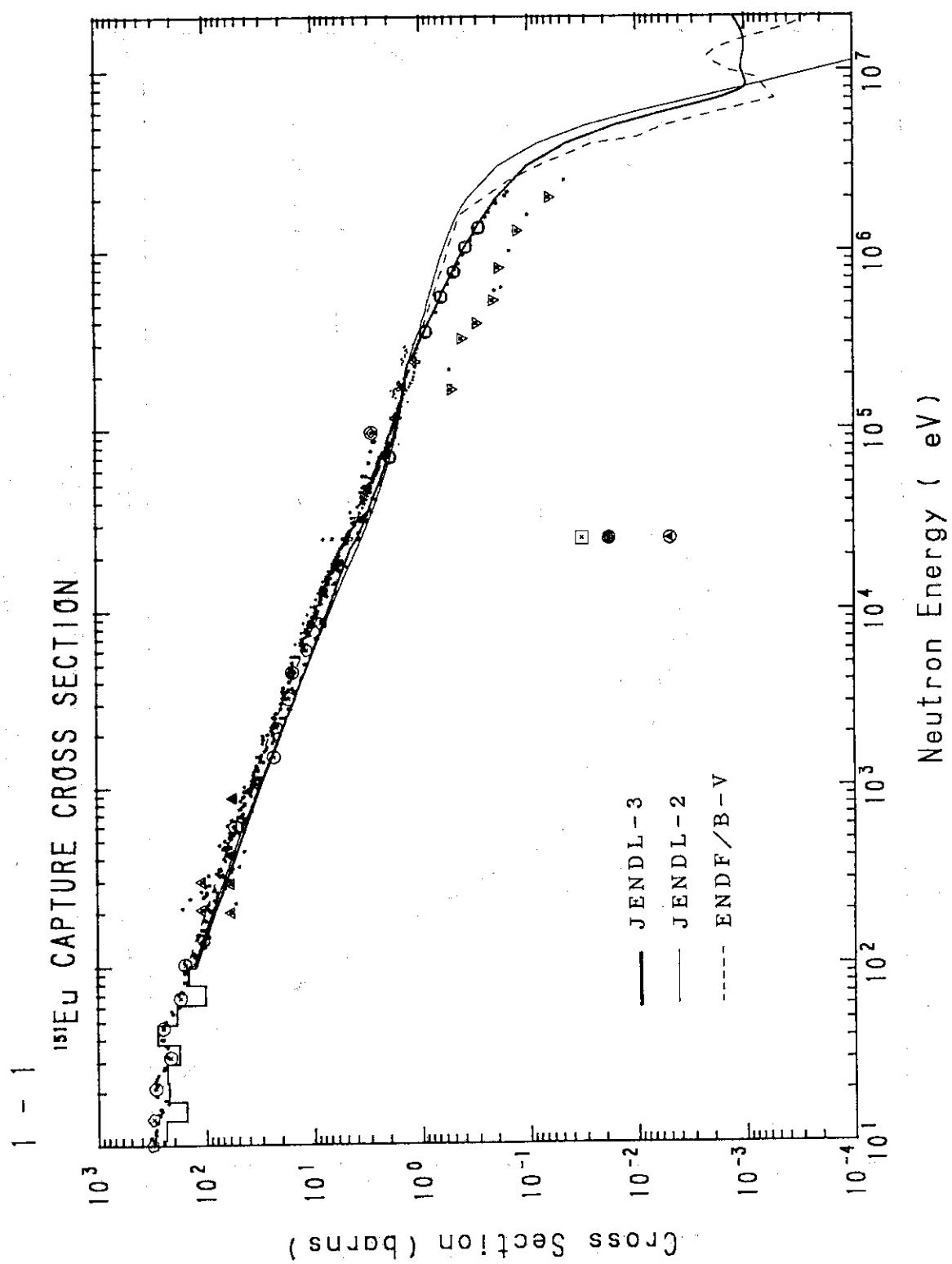
EU-150G : 0- (12.6H) BETA-(89%), EC(11%)
EU-150M : 4- (nearly 0 KEV, 36.4Y) EC(100%)

Table 3.2.2(d) EU-153(N,2N)EU-152M Cross Section (b)

Q = -8.544 MEV

EN(MEV)	M/(G+M)	SIG(G+M)	SIG(META)
8	0.000	+0.00E+00	+0.00E+00
9	0.255	+2.93E-02	+7.48E-03
10	0.249	+4.44E-01	+1.11E-01
11	0.242	+1.02E+00	+2.46E-01
12	0.237	+1.43E+00	+3.39E-01
13	0.233	+1.67E+00	+3.89E-01
14	0.231	+1.82E+00	+4.19E-01
15	0.229	+1.91E+00	+4.38E-01
16	0.226	+1.98E+00	+4.49E-01
18	0.217	+1.82E+00	+3.94E-01
20	0.212	+1.36E+00	+2.89E-01

EU-152G : 3- (13.6Y), BETA-(27%), EC(73%)
EU-152M : 0- (48.5KEV, 9.3H), BETA-(76%), EC(24%)

Fig. 3.2.1(a) Eu-151(n, γ) Cross Section.

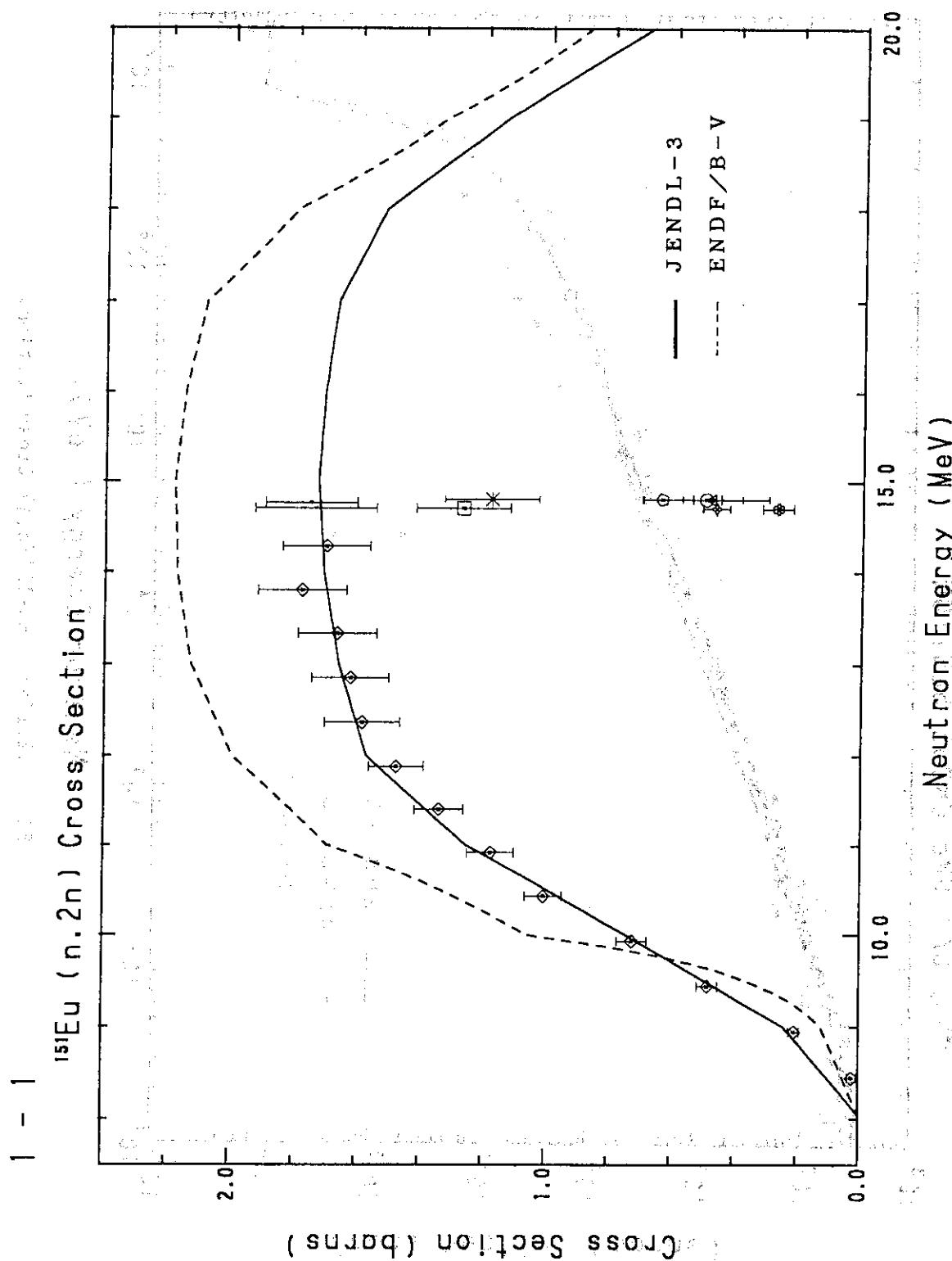
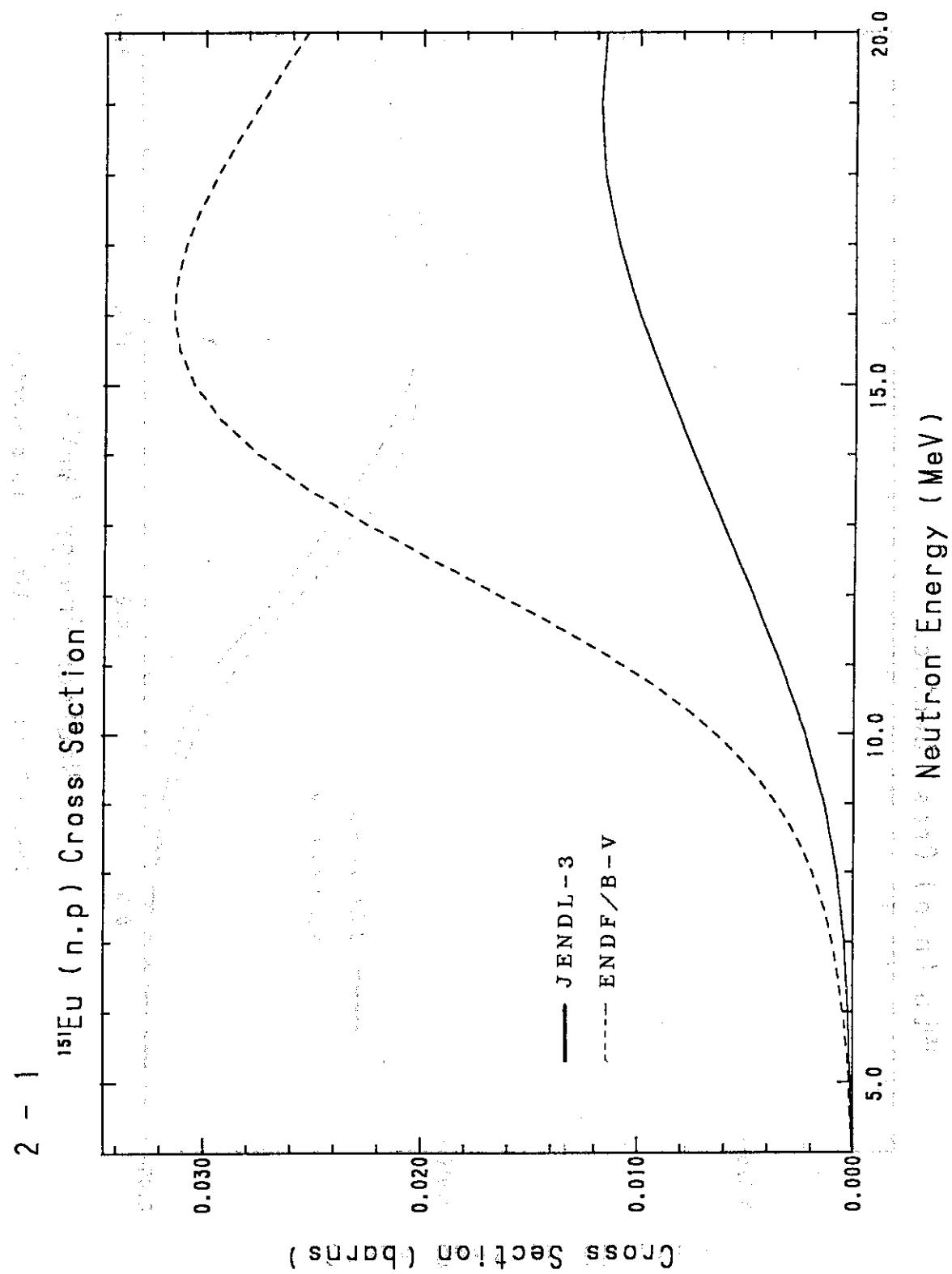


Fig. 3.2.1(b) $\text{Eu}^{151}(n,2n)$ Cross Section.

Fig. 3.2.1(c) $\text{Eu-151}(n,p)$ Cross Section.

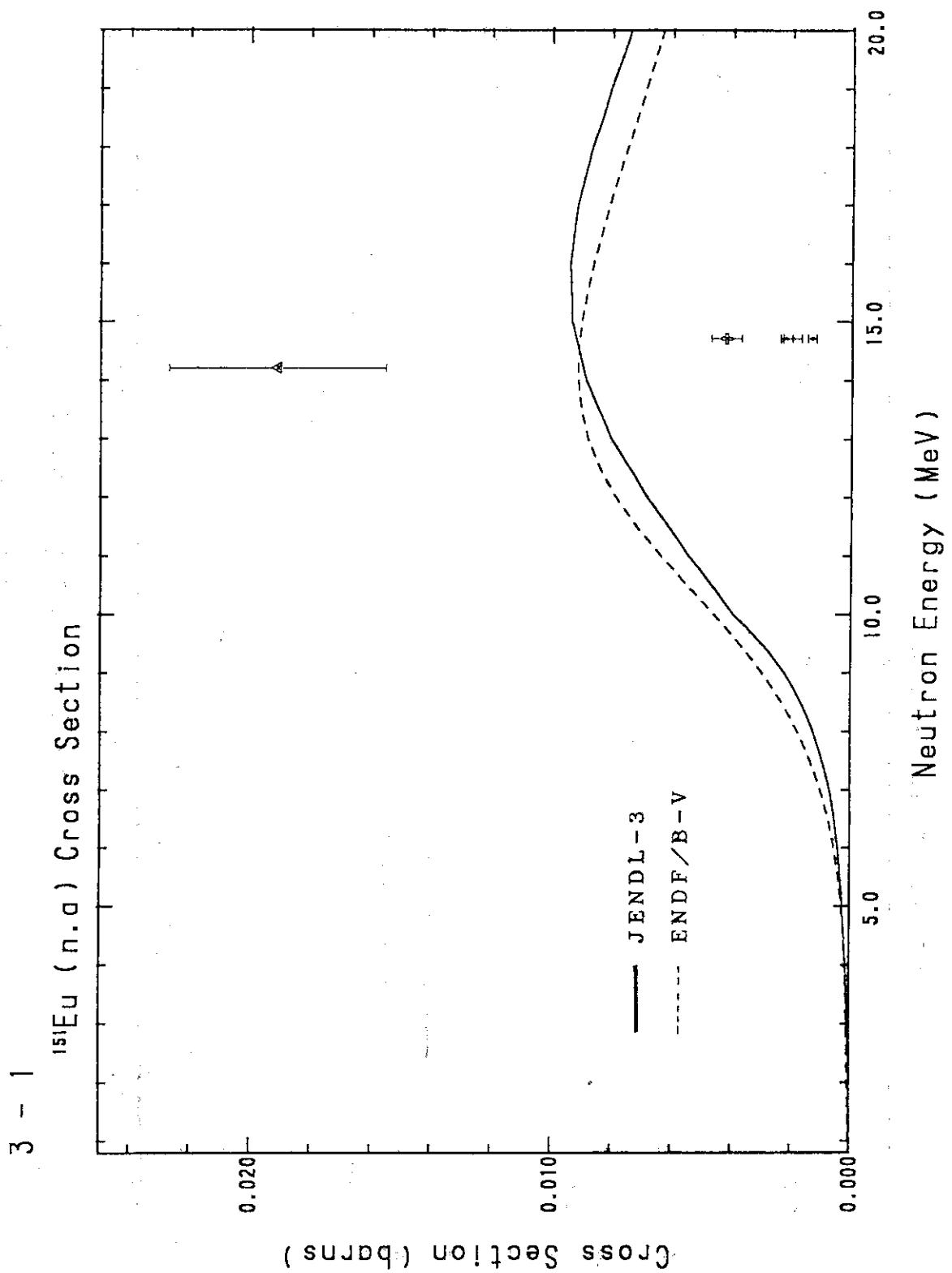
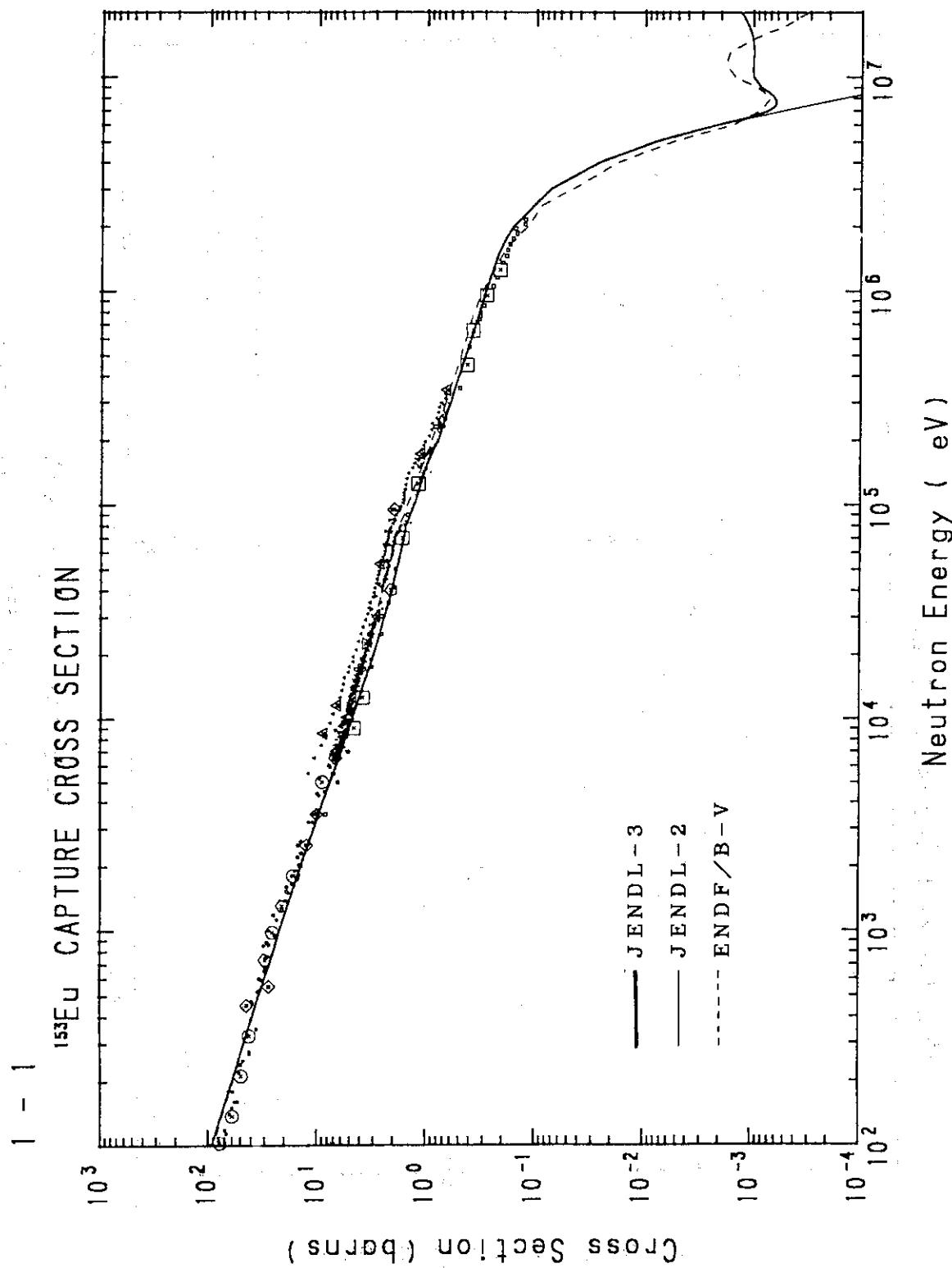


Fig. 3.2.1(d) $\text{Eu-151}(n,\alpha)$ Cross Section.

Fig. 3.2.1(e) Eu-153(n, γ) Cross Section.

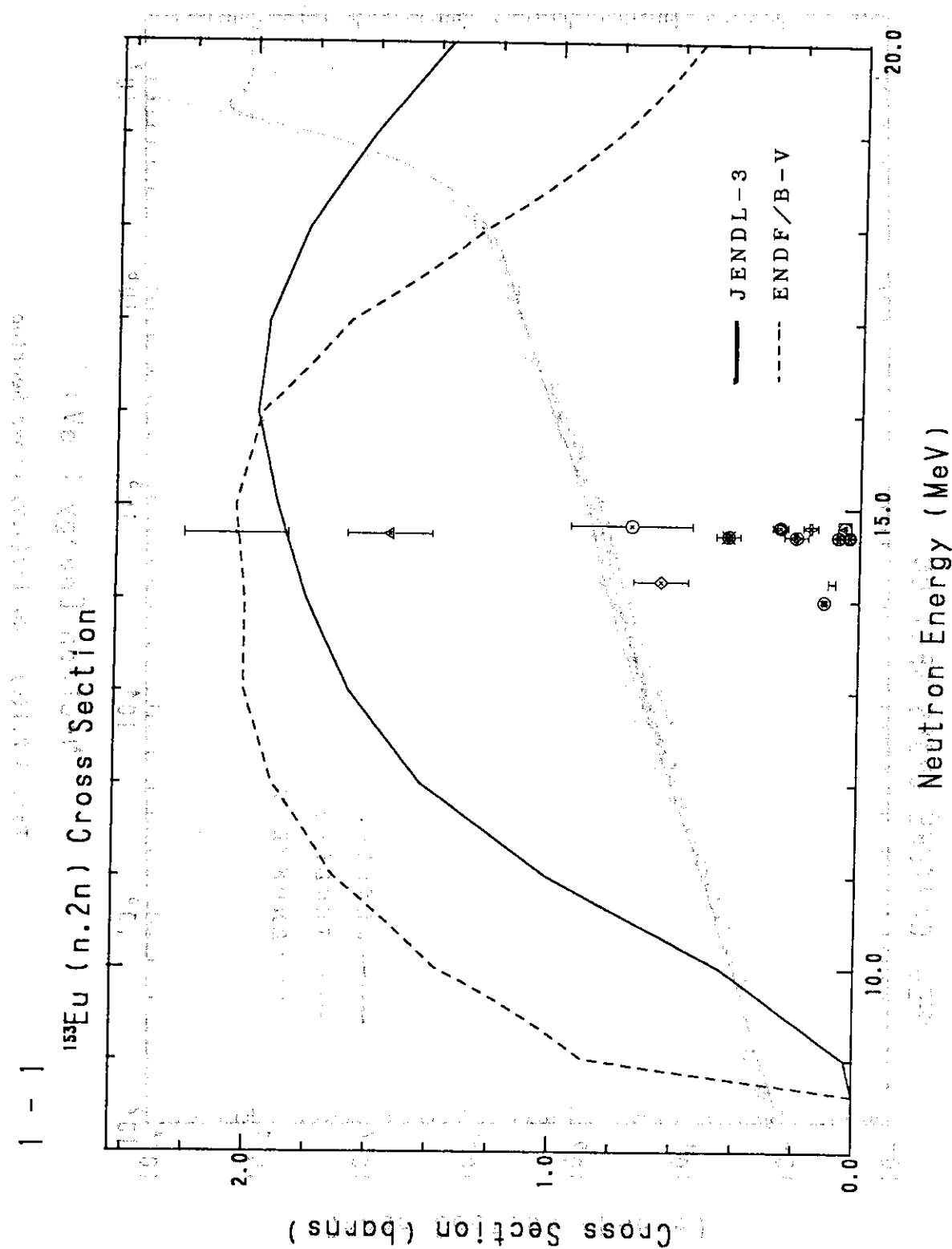


Fig. 3.2.1(f) $\text{Eu}-153(n,2n)$ Cross Section.

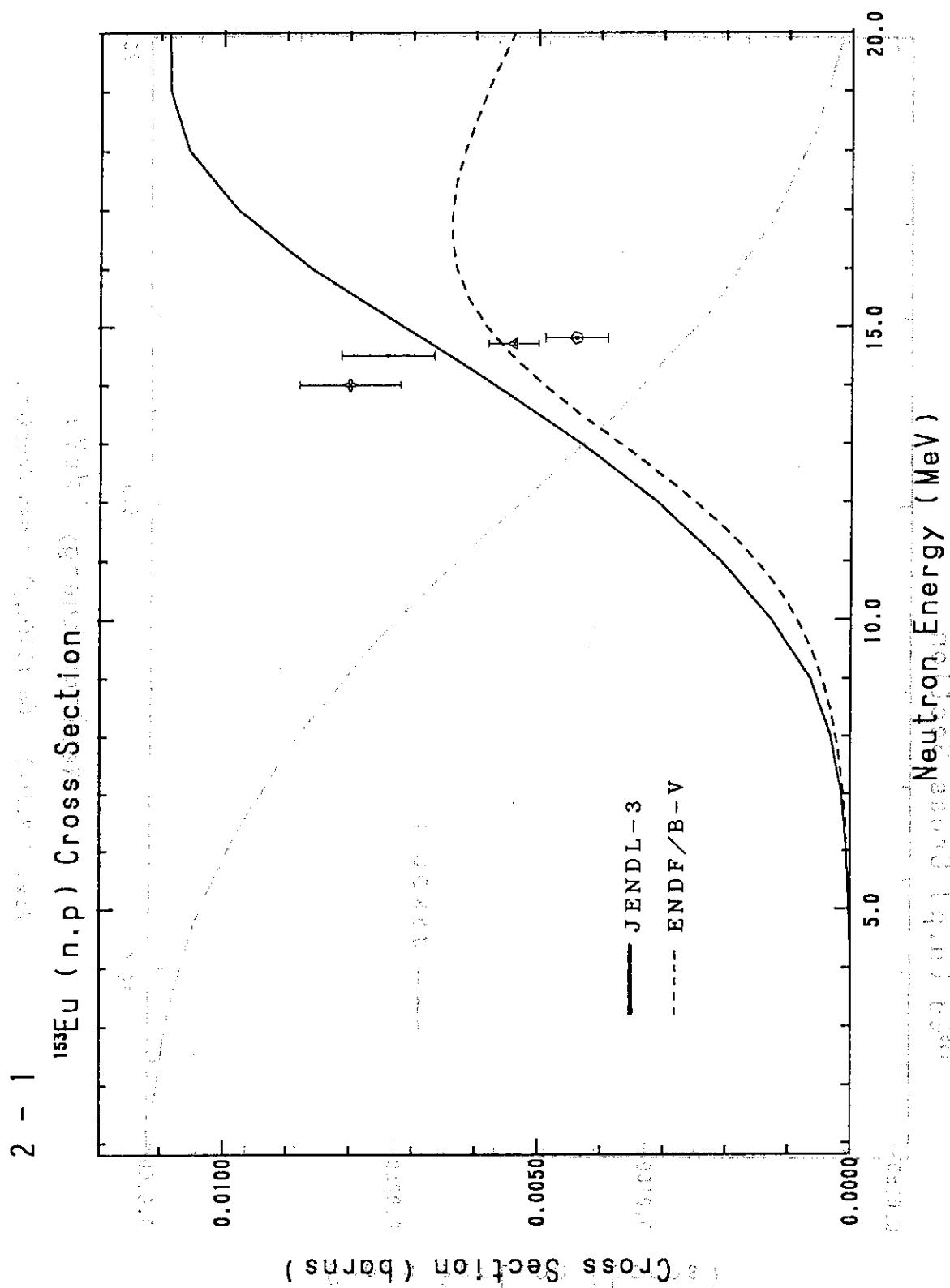


Fig. 3.2.1(g) $\text{Eu-153}(\text{n},\text{p})$ Cross Section.

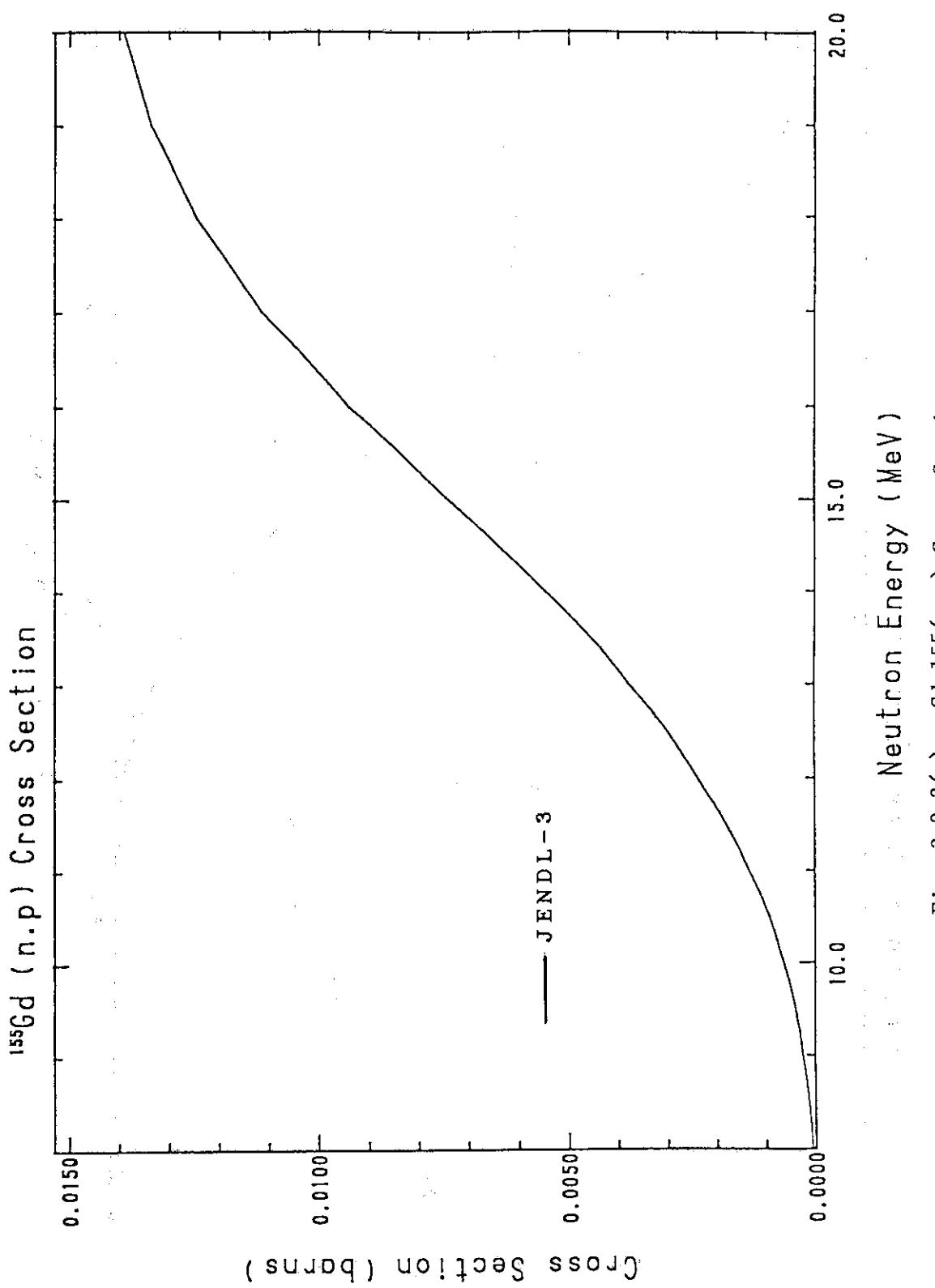


Fig. 3.2.2(a) $\text{Gd-155}(\text{n},\text{p})$ Cross Section.

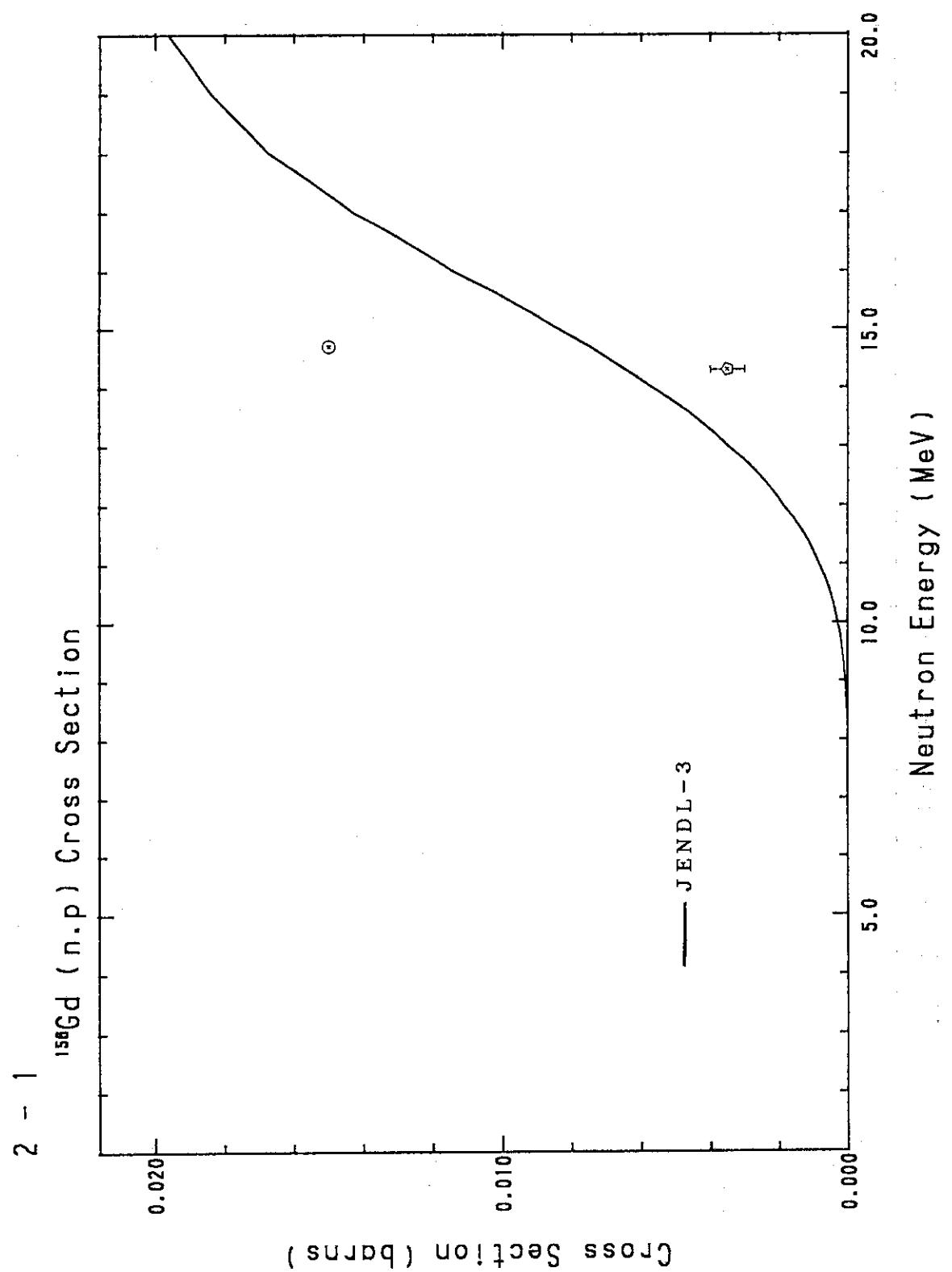


Fig. 3.2.2(b) Gd-156(n,p) Cross Section.

3 - 1 ^{156}Gd (n,α) Cross Section Data for JENDL-3

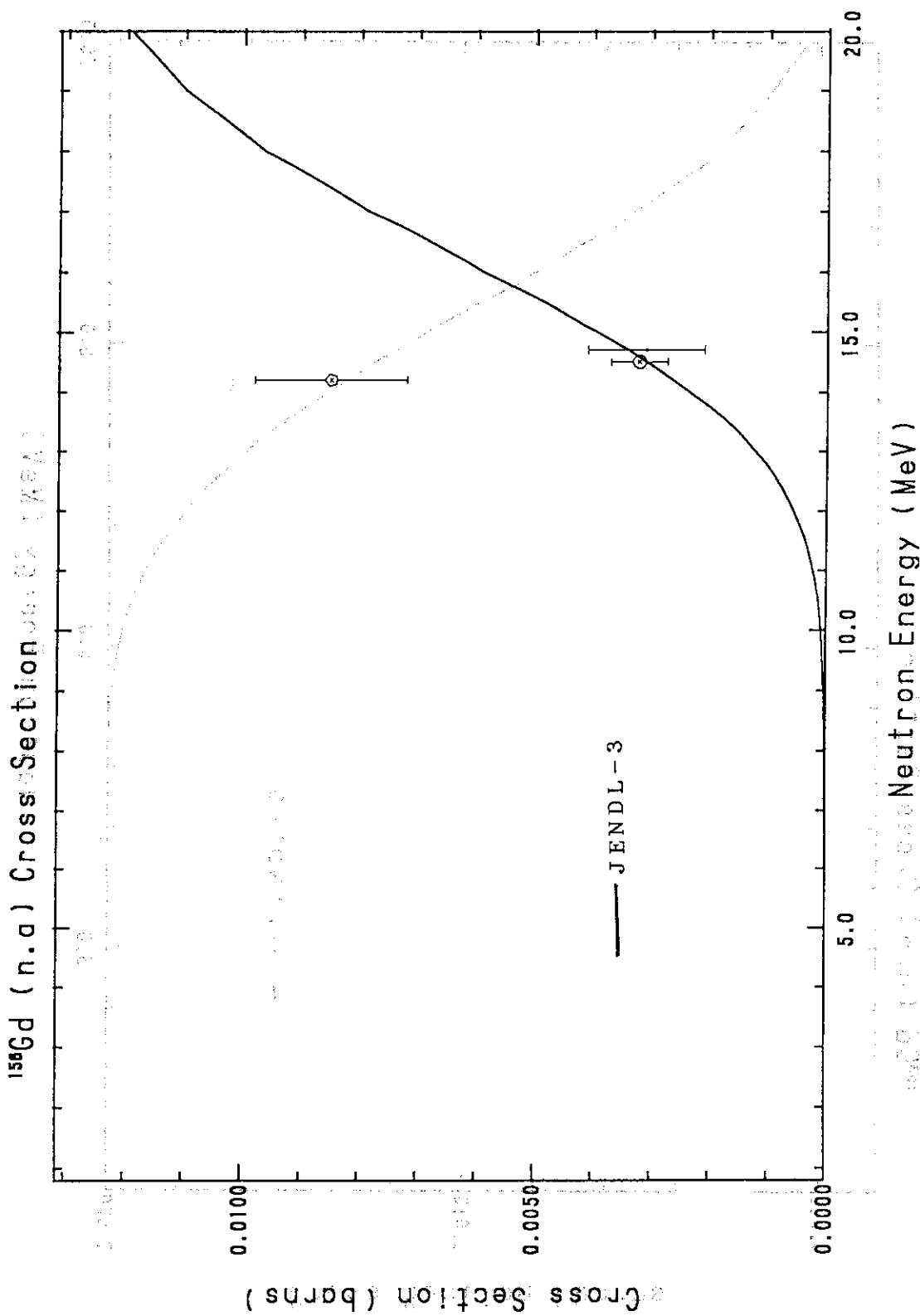


Fig. 3.2.2(c) $\text{Gd-156}(n,\alpha)$ Cross Section.

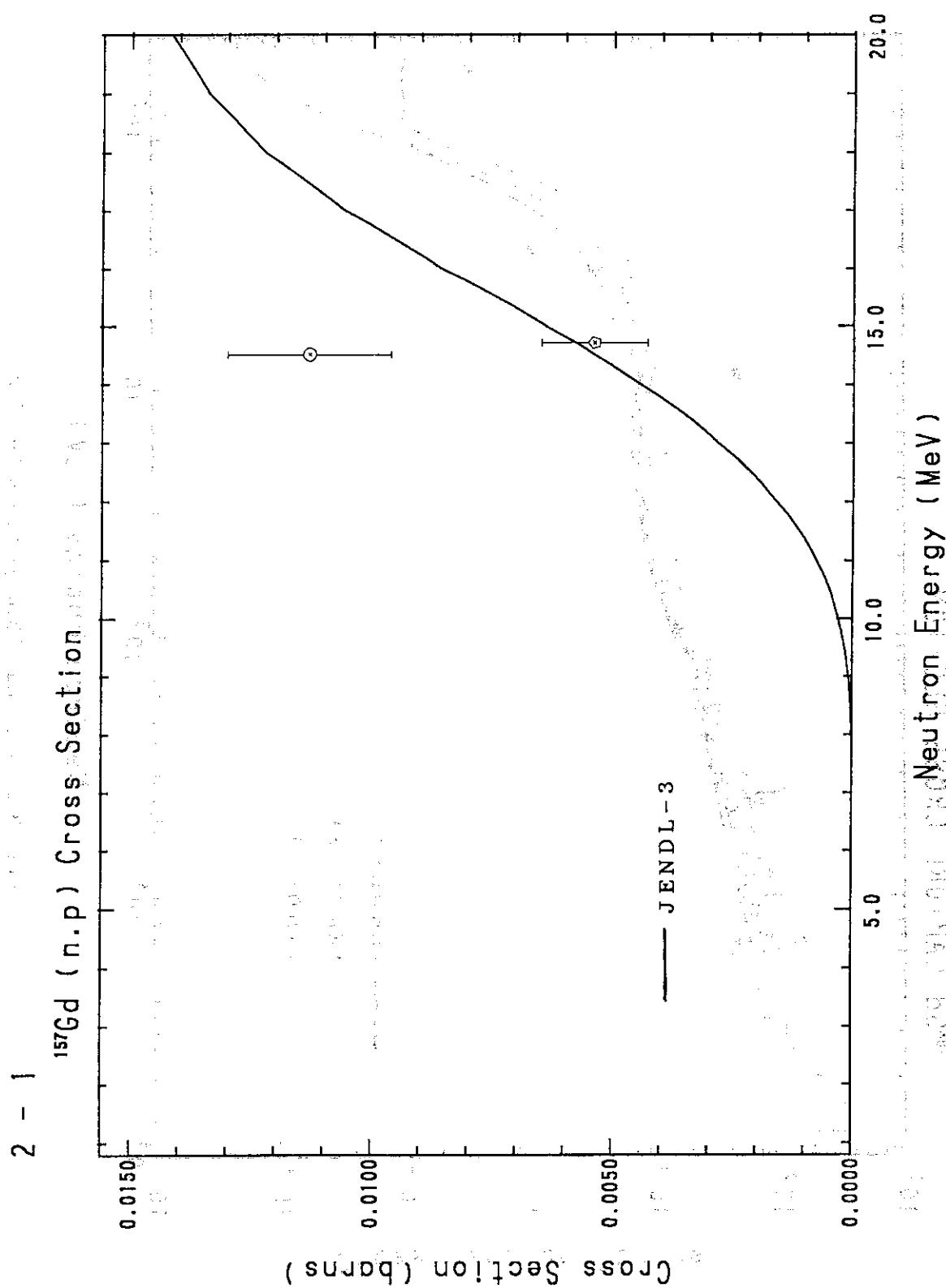
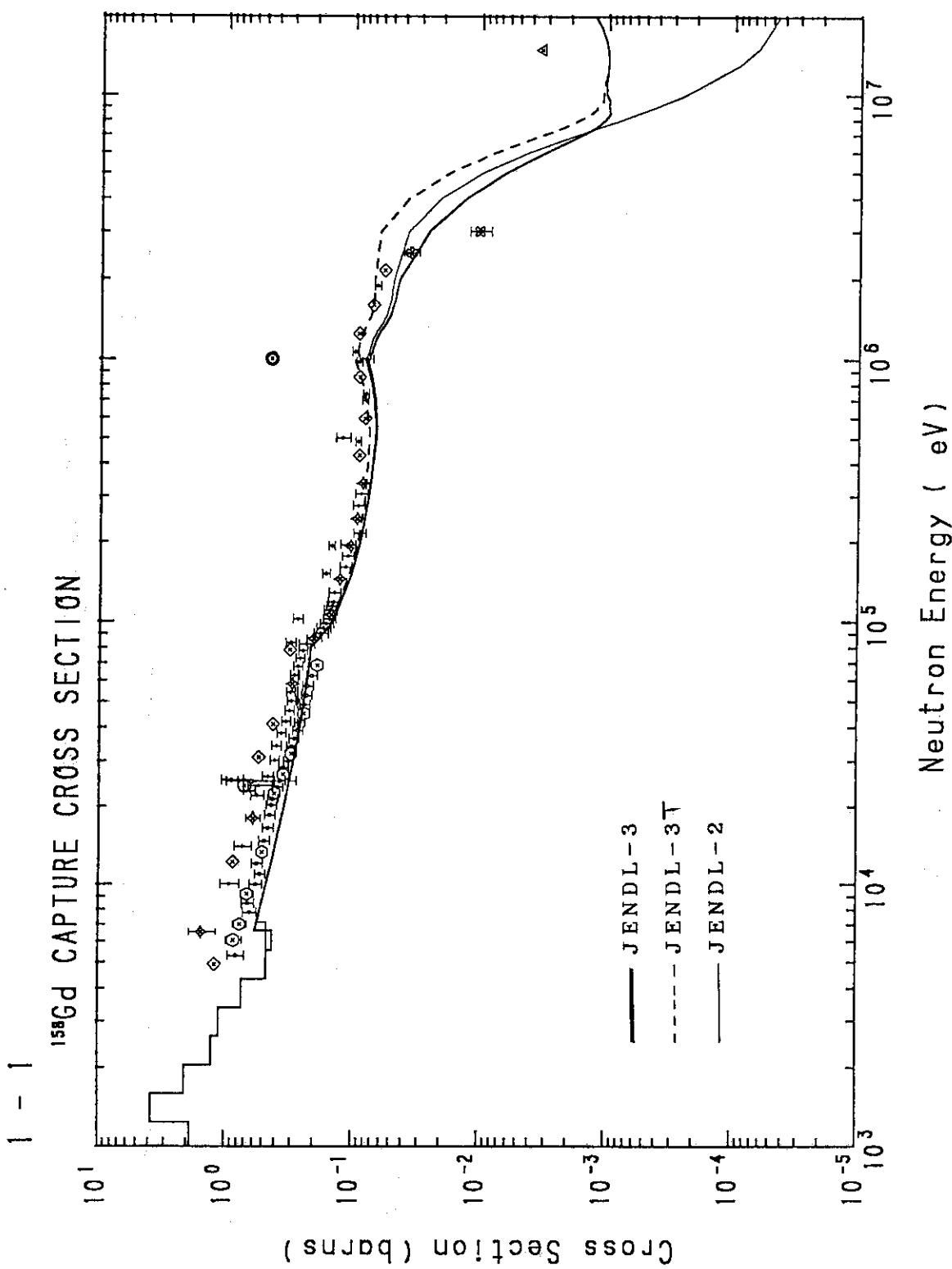
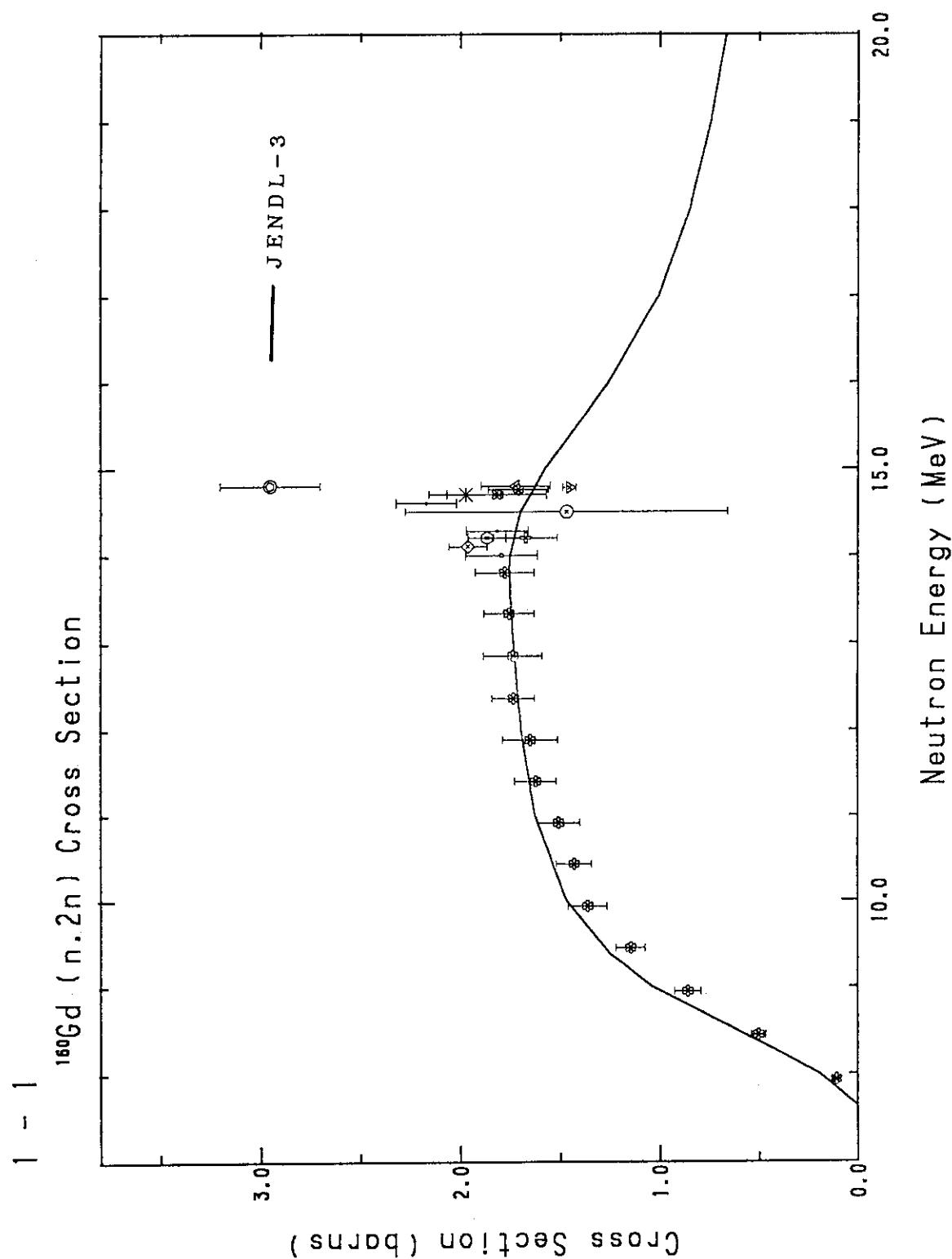


Fig. 3.2.2(d) Gd-157(n,p) Cross Section.

Fig. 3.2.2(e) Gd-158(n,γ) Cross Section.

Fig. 3.2.2(f) $\text{Gd-160}(n,2n)$ Cross section.

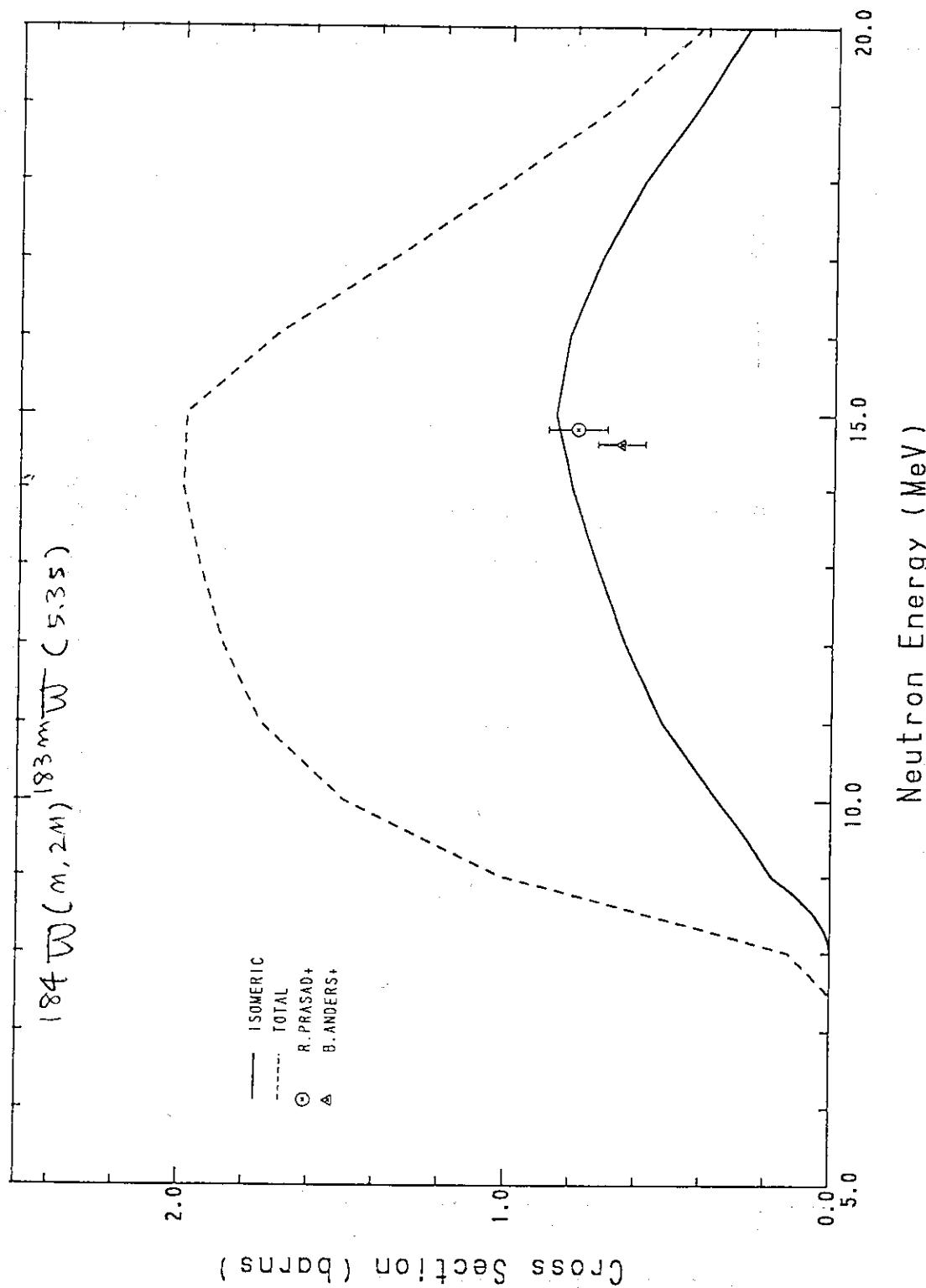


Fig. 3.2.3(a) The isomeric cross section of the $^{184}\text{W}(n,2n)$ reaction.
The evaluated data are compared with the experimental ones and the evaluated total ($n,2n$) cross sections.

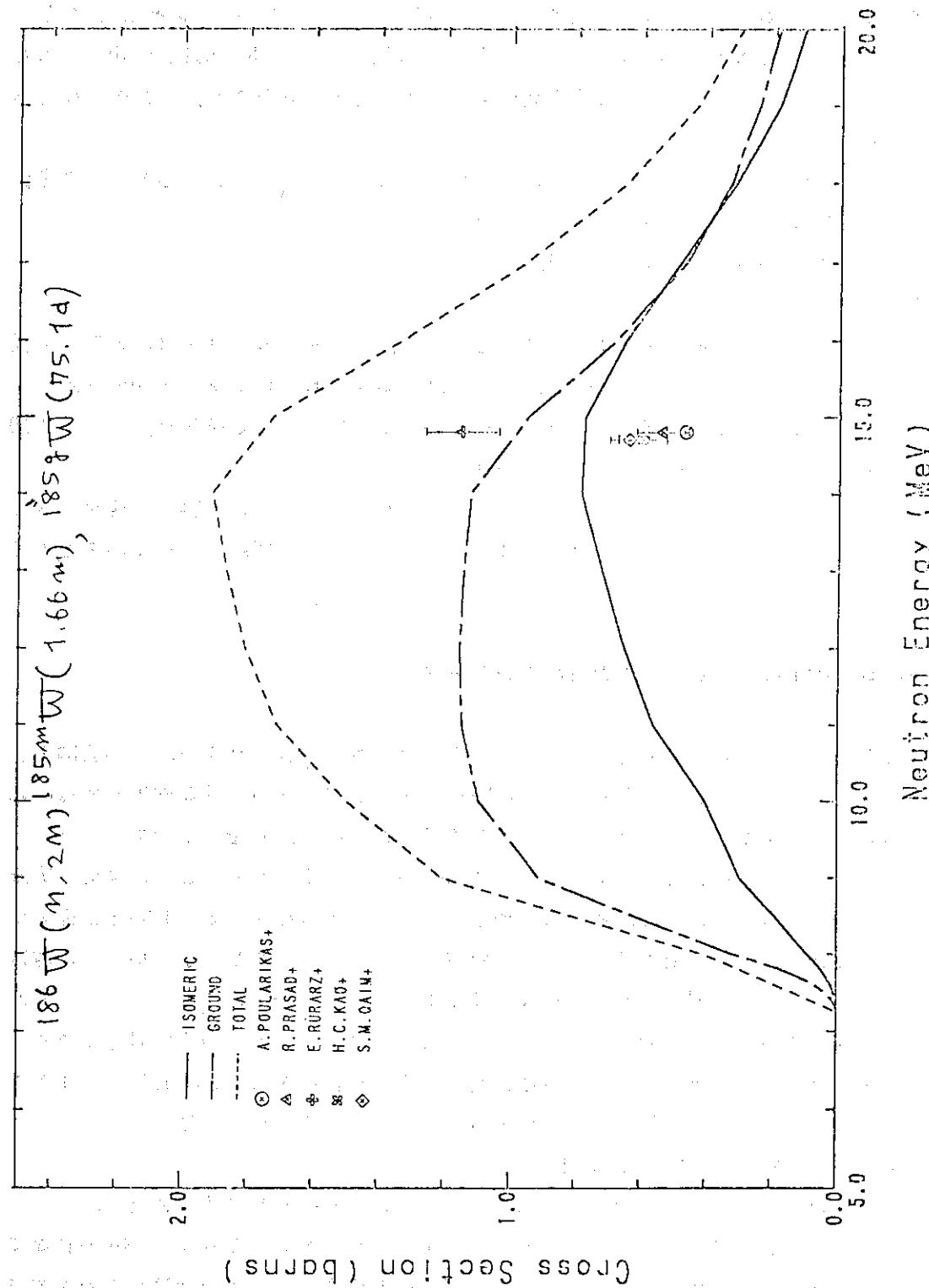


Fig. 3.2.3(b) The isomeric cross section of the $^{186}\text{W}(n,2n)$ reaction. The evaluated data are compared with the experimental ones and the evaluated total (n , $2n$) cross sections.

4. 理論計算に使用した J C Lと放射化断面積のファイル化

核異性体生成を含む放射化断面積は、既に述べたように JENDL-3 を基本としてまとめたものと、ELIESE-GNASH 結合プログラム (EGANSH 又は EGNASH2)を用いて新たに計算したものとがある。従って、それらの数値をファイル化する場合にも、それぞれ異なる過程が必要である。

本章では先ずEGANSH2 を実行するときの、J C Lと入力データならびに出力データを例示する。その他の核種に対する入力データの大部分は

'J 2608. YAMAMURO. CNTL'

の中に収容されている。

次にENDF/Bでの放射化断面積は4.3で述べるように、ファイル8, 9又は10の形式に従うことになっている。そこで、今回、EGANSH2 の計算結果を直ちにファイル10の形式に変換できるコードを開発し、EGNASH2 で計算された場合は(n, γ)反応を除き、ファイル10を作成した。4.2では、その概要と結果の例を挙げる。

4.3ではファイル8, 9, 10の格納形式を述べ、それぞれのファイルの内容や関連が述べられている。そして今回ファイル化されたどの核種が何れのファイルを使用してあるかまとめている。

4.1 理論計算に使用した J C Lと入力及び出力データ

EGNASHのためのJ C Lは標準化されたものが作られており、SINCROS-Iの公開とともに広範に用いられている。しかし今回、SINCROS-IIの改良に伴い、計算結果を各種の応用分野で使いやすくするための自動処理コードの整備方針に従い、Fig.2.1でも示したいくつかのファイルの追加が行われた。そのためTable 4.1.1に示すようにJ C Lの変更を実施した。FT10, FT12, FT14 などが新たに追加されたファイル処理を示す。FT08は従来から用いられている低エネルギー離散準位データを収納しているファイル8を示すが、この離散準位データの整備も一段と進展し、約250核種に及ぶ準位データが一つのファイル(ファイル名 GLVL)に入っており、50核種の計算のすべてにこの一つのファイルのみで対応できる。

FT33も従来通り、DWUCKYによる直接過程断面積の計算結果をEGANSHに入力するものであるが、DWUCKYによる計算も既に50核種以上行なわれ、そのデータは

'J 2608. YAMAMURO. DIR'

に収納保存されている。そして、このJ C LによってEGANSHの計算に使用される。

Table 4.1.2には、EGANSH2 のための入力データの一例を示す。これは ^{124}Sn の計算に対するもので核種数は10、エネルギー点は10keVから20MeVまでの25点の計算がこの入力で実行される。M780での計算時間は2分47秒、核種によっては同じ条件で5分を要するものがある。もちろん、質量数の増加とともに増し、Taでは10分に達する。

入力の5行目の0.007は100keVにおける(n, γ)断面積を7mbに規格化するよう指示するもので、5%以内で実現される。最終行の入力は核異性体準位を指示するもので、例えば50125 2は $^{124}\text{Sn}(n, \gamma) ^{125}\text{Sn}$ 反応ができる第2準位(第1励起準位)が核異性体であることを示し、その結果、この準位の生成断面積が出力され、ファイルに収容される。

Table 4.1.3 が ^{124}Sn の中性子反応の反応断面積の計算結果を示すもので、ファイル12の内容を示す。先ず反応断面積一覧が与えられ、つづいて基底状態生成断面積と、入力最終行で指示された4個の核異性体生成断面積が示されている。

Table 4.1.1 JCL for EGNASH2

```

    -INC JUSER7264,SEQ=100:400
T.5 1.3 C.5 W.3 SPR
    -INC JUSER7264,SEQ=500:500
// EXEC FORT77,SO=J2608.SINCR0S,A='ELM(EGNASH2),NUM,NOPRINT',
// *          8='AUTODBL(DBLPAD),
// /* EXEC LKED77
// /* EXEC 60
// EXEC LMG0,LM=j7264.EGNASH2
// //FT02F001 DD DSN=&&FT02,UNIT=V10,SPACE=(TRK,(60,10)),DCB=(DSORG=PS)
// //FT09F001 DD DSN=&&FT09,UNIT=V10,SPACE=(TRK,(60,10)),DCB=(DSORG=PS)
// /* FT10F001 DD DSN=&&FT10,UNIT=V10,SPACE=(TRK,(60,10)),DCB=(DSORG=PS)
// //FT10F001 DD DSN=j7264.SN124NS1.DATA,UNIT=TSSWK,
// /* DISP=(NEW,CATLG,CATLG),SPACE=(TRK,(10,5),RLSE),
// DCB=(DSORG=PS,LRECL=132,BLKSIZE=11484,RECFM=FB)
// //FT11F001 DD DSN=&&FT11,UNIT=V10,SPACE=(TRK,(60,10)),DCB=(DSORG=PS)
// /* FT12F001 DD DSN=&&FT12,UNIT=V10,SPACE=(TRK,(60,10)),DCB=(DSORG=PS)
// //FT12F001 DD DSN=j7264.SN124NX1.DATA,UNIT=TSSWK,
// /* DISP=(NEW,CATLG,CATLG),SPACE=(TRK,(10,5),RLSE),
// DCB=(DSORG=PS,LRECL=132,BLKSIZE=11484,RECFM=FB)
// //FT13F001 DD DSN=j2608.GNASHLIB.DATA,DISP=SHR,UNIT=(,,IN)
// //FT14F001 DD DSN=&&FT14,UNIT=V10,SPACE=(TRK,(60,10)),DCB=(DSORG=PS)
// EXPAND DISK,DDN=FT27F001
// EXPAND DISK,DDN=FT28F001
// //FT08F001 DD DSN=j2608.YAMAMURO.CNTL(GLVL),DISP=SHR,LABEL=(,,IN)
// //FT33F001 DD DSN=j2608.YAMAMURO.DIR(SN124DIR),DISP=SHR,LABEL=(,,IN)
// //FT43F001 DD DSN=&&FT43,UNIT=V10,SPACE=(TRK,(60,10)),DCB=(DSORG=PS)
// //FT44F001 DD DSN=&&FT44,UNIT=V10,SPACE=(TRK,(60,10)),DCB=(DSORG=PS)
// //FT44F001 DD DSN=j7264.SN124GM1.DATA,UNIT=TSSWK,
// /* DISP=(NEW,CATLG,CATLG),SPACE=(TRK,(30,10),RLSE),
// DCB=(DSORG=PS,LRECL=80,BLKSIZE=11440,RECFM=FB)
// /* SYSIN DD *
    -INC SN124N2
    -INC JUSER7264,SEQ=600:700

HIGHEST SEVERITY CODE=00
STATISTICS: HIGHEST SEVERITY CODE=00

```

Table 4.1.2 Input format of EGNASH2

SN-124 + NEUTRON REACTION ELIESE-GNASH JOINT PROGRAM (EGNASH2)
 1989 02 29 N. YAMAMURO

	10	0	11	0	0	1	2	0	4
	1.	50124.		0.5		1.2			
	0.007								
25									
0.01	0.03		0.1		0.2		0.5		1.0
4.0	5.0		6.0		7.0		8.0		9.0
12.0	13.0		14.0		15.0		16.0		17.0
20.0									18.0
50125.	5.								19.0
50124.	4.								
50123.	4.								
50122.	1.								
49124.	2.								
49123.	2.								
49122.	1.								
48121.	2.								
48120.	2.								
48119.	1.								
0.									
0.									
50125	2	50123	2	49124	5	49123	2		

HIGHEST SEVERITY CODE=00
 STATISTICS: HIGHEST SEVERITY CODE=00

Table 4.1.3 Output of EGNASH2

SN-1124 + NEUTRON REACTION ELIESS-EFLASH JOINT PROGRAM (EGNASH2)										
R E A C T I O N		C R O S S S E C T I O N S			G-ABO					
ENERGY(MEV)	COMPOUND	PRODUCTSUM	DIRECT	PREEQUATE	NEUTRON	PROTON	DEUTERON	ALPHA	GAMMA	
1.00D+02	2.429D+03	2.429D+03	0.0	0.0	2.405D+03	0.0	0.0	0.0	3.289D+01	2.887
3.00D+02	1.844D+03	1.844D+03	0.0	0.0	1.833D+03	0.0	0.0	0.0	1.365D+01	1.721
1.00D+01	1.606D+03	1.606D+03	0.0	0.0	1.599D+02	0.0	0.0	0.0	8.548D+00	8.009
2.00D+01	1.472D+03	1.472D+03	0.0	0.0	1.466D+03	0.0	0.0	0.0	7.571D+00	7.228
5.00D+01	1.261D+03	1.261D+03	0.0	0.0	1.256D+03	0.0	0.0	0.0	6.093D+00	5.859
1.00D+00	1.238D+03	1.238D+03	0.0	0.0	1.230D+03	0.0	0.0	0.0	8.354D+00	8.106
2.00D+00	1.352D+03	1.351D+03	8.027D+01	0.0	1.346D+03	0.0	0.0	0.0	8.215D+02	8.114
3.00D+00	1.201D+03	1.201D+03	1.589D+02	6.858D+01	1.497D+03	0.0	0.0	0.0	2.541D+03	2.323
4.00D+00	1.813D+03	1.813D+03	2.285D+02	1.525D+00	1.810D+03	0.0	0.0	0.0	6.219D+03	3.712
5.00D+00	1.894D+03	1.894D+03	2.716D+02	2.809D+00	1.892D+03	0.0	0.0	0.0	5.309D+03	4.648
6.00D+00	1.809D+03	1.809D+03	2.722D+02	4.517D+00	1.806D+03	0.0	0.0	0.0	5.712D+03	4.899
7.00D+00	1.765D+03	1.765D+03	2.438D+02	6.557D+00	1.763D+03	0.0	0.0	0.0	6.197D+03	5.310
8.00D+00	1.796D+03	1.796D+03	2.122D+02	8.799D+00	1.794D+03	9.171D+10	0.0	0.0	3.762D+09	6.983D+03
9.00D+00	1.881D+03	1.881D+03	1.881D+02	1.114D+01	1.961D+03	3.367D+06	0.0	0.0	9.072D+08	7.623D+03
1.00D+01	1.984D+03	1.984D+03	1.652D+02	1.343D+01	2.695D+03	3.199D+04	0.0	0.0	5.487D+03	4.473
1.10D+01	1.995D+03	1.995D+03	1.992D+02	1.499D+01	3.183D+03	6.236D+03	1.564D+15	4.798D+06	4.139D+05	3.182
1.20D+01	1.990D+03	1.990D+03	1.366D+02	1.806D+01	3.389D+03	4.975D+03	1.387D+08	2.848D+04	5.869D+03	2.915
1.30D+01	1.971D+03	1.971D+03	1.254D+02	2.034D+01	3.480D+03	2.196D+01	2.332D+05	1.084D+03	3.951D+03	2.982
1.40D+01	1.957D+03	1.957D+03	1.145D+02	2.259D+01	3.528D+03	6.707D+01	1.668D+03	4.426D+03	4.205D+03	3.209
1.50D+01	1.945D+03	1.945D+03	1.062D+02	2.472D+01	3.552D+03	1.595D+00	2.488D+02	1.629D+02	4.546D+03	3.510
1.60D+01	1.946D+03	1.946D+03	1.935D+01	2.7000D+01	3.604D+03	2.215D+00	1.133D+01	4.855D+02	4.903D+03	3.815
1.70D+01	1.940D+03	1.940D+03	9.338D+00	2.936D+01	5.718D+03	5.718D+00	4.729D+01	5.139D+01	5.170D+03	4.033
1.80D+01	1.980D+03	1.979D+03	8.833D+01	3.168D+01	3.897D+03	9.334D+00	1.074D+00	2.24D+01	5.383D+03	4.148
1.90D+01	1.993D+03	1.993D+03	8.387D+01	3.386D+01	4.125D+03	1.412D+01	1.925D+00	3.872D+01	5.517D+03	4.205
2.00D+01	1.992D+03	1.992D+03	7.983D+01	3.588D+01	2.000D+01	2.059D+00	6.078D+01	5.779D+03	4.266	
GROUND STATE PRODUCTION CROSS SECTIONS (MB)										
ENERGY(MEV)	50125	50124	50123	50122	49124	49123	49122	48121	48120	481
1.00D-02	4.685D-02	2.405D+03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3.00D-02	2.308D-01	1.833D+03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.00D-01	5.558D-01	1.593D+03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.00D-01	4.125D-01	1.466D+03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5.00D-01	5.646D-01	1.256D+03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.00D+00	2.000D+00	1.230D+03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.00D+00	1.771D+00	1.346D+03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3.00D+00	1.320D+00	1.497D+03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4.00D+00	1.341D+00	1.810D+03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5.00D+00	1.108D+00	1.892D+03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6.00D+00	8.170D-01	1.804D+03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.048D-13	0.0
7.00D+00	5.974D-01	1.763D+03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.860D-11	0.0
8.00D+00	4.519D-01	1.793D+03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.299D-04	1.963D-08
9.00D+00	3.513D-01	1.799D+03	4.852D+01	0.0	9.406D-10	0.0	0.0	0.0	2.055D-03	7.016D-07
1.00D+01	2.711D-01	1.799D+03	4.703D+02	0.0	3.066D-04	0.0	0.0	0.0	6.144D-08	0.0
1.10D+01	2.065D-01	8.050D+02	7.346D+02	0.0	6.106D-03	1.662D-15	0.0	0.0	2.784D-05	2.366D-13
1.20D+01	1.595D-01	5.895D+02	8.519D+02	0.0	4.810D-02	1.185D-08	0.0	0.0	1.416D-04	1.556D-10
1.30D+01	1.272D-01	4.607D+02	9.477D+02	0.0	2.092D-01	2.337D-05	0.0	0.0	5.299D-04	1.963D-08
1.40D+01	1.054D-01	3.831D+02	1.022D+03	0.0	6.224D-01	1.430D-03	0.0	0.0	2.055D-03	7.016D-07
1.50D+01	8.900D-02	3.353D+02	1.080D+03	6.376D-01	1.436D+00	1.789D-02	0.0	0.0	7.448D-03	1.128D-05
1.60D+01	7.830D-02	3.028D+02	1.128D+03	2.127D+01	2.800D+00	9.604D-02	0.0	0.0	2.055D-02	2.238D-04
1.70D+01	6.988D-02	2.810D+02	1.158D+03	9.211D+01	4.744D+01	3.276D-01	0.0	0.0	4.359D-02	1.570D-03
1.80D+01	6.285D-02	2.637D+02	1.130D+03	2.235D+02	7.263D+00	8.734D-01	0.0	0.0	7.433D-02	5.512D-03
1.90D+01	5.717D-02	2.446D+02	1.042D+03	4.168D+02	1.011D+01	1.957D+00	0.0	0.0	1.142D-01	1.714D-02

Table 4.1.3 (Continued)

ENERGY (MEV)	50125	50123	49125	49123
2.000D+01	5.2180-02	2.3080P-2	9.0040D+02	6.2950D+02
3.000D+01	2.4470-01	0.0	0.0	0.0
4.000D+01	1.0350D+01	0.0	0.0	0.0
5.000D+01	6.5580D+00	0.0	0.0	0.0
6.000D+01	5.9620D+00	0.0	0.0	0.0
7.000D+01	4.6930D+00	0.0	0.0	0.0
8.000D+00	5.6070D+00	0.0	0.0	0.0
9.000D+00	3.6600D+00	0.0	0.0	0.0
1.000D+00	2.0680D+00	0.0	0.0	0.0
1.100D+01	1.5920D+00	0.0	0.0	0.0
1.200D+01	1.1950D+00	0.0	0.0	0.0
1.300D+01	9.0820D-01	0.0	0.0	0.0
1.400D+01	7.4870D-01	0.0	0.0	0.0
1.500D+01	6.3110D-01	0.0	1.153D-12	0.0
1.600D+01	5.3450D-01	3.242D+01	8.360D-09	0.0
1.700D+01	4.5850D-01	2.6090D+02	3.280D-06	0.0
1.800D+01	3.8970D-01	4.5000D+02	1.300D-04	0.0
1.900D+01	3.2950D-01	5.4760D+02	1.640D-03	1.731D-11
2.000D+01	2.7970D-01	5.6210D+02	1.030D-02	9.4910-07
2.100D+01	2.4060D-01	5.4990D+02	4.810D-02	2.387D-04
2.200D+01	2.0990D-01	5.2740D+02	1.580D-01	6.8830-03
2.300D+01	1.8600D-01	4.8920D+02	4.100D-01	5.1800-02
2.400D+01	1.6720D-01	4.2240D+02	9.104D-01	2.005D-01
2.500D+01	1.5210D-01	3.4480D+02	1.7800D+00	4.9110-01
2.600D+01	1.3910D-01	2.7210D+02	3.030D+00	9.3890-01
2.700D+01	1.2720D-01	2.0860D+02	4.641D+00	1.5730D+00

4.2 放射化断面積のファイル

4.3で解説されるように、ENDF/Bではファイル8, 9ならびに10を用いて放射化断面積をファイルに収容する。多数の計算結果を処理するためには、EGANSHの出力を直ちにファイル10の形式に変換できるプログラムのあることが望ましい。そこで今回、PC9801で処理可能なMS-FORTRANによる'XTOB10'コードを開発した。本コードによればEGNASH2のファイル12に収容されている、Table.4.3で示したようなデータからBフォーマットのファイル10形式のものが作成できる。

Table.4.2.1は'XTOB10'コードの一部を示す。また、Table.4.2.2はこのコードによって作られたファイル10での¹²⁴Snの部分を示す。核反応によって生成された核種が安定核の場合はプログラムによってファイルが作られないようになっているため、ここに出力されるものはすべて放射化される場合に限られている。CuからTaまでの10元素の処理にPC-9801で約15分を要し、その結果、314反応がファイルに収められた。

Table 4.2.1 Program for compilation of ENDF/B file 10

```

C PROGRAM XTOB10.FOR           PROGRAMMED BY N.YAMAMURO 1989-3-3
C
C RADIOACTIVE CROSS SECTION DATA FILE 10 IN B-FORMAT EDITED DIRECTLY
C FROM EGNASH OUTPUT
C
C DIMENSION MA(12),MB(12),MAT(3),IZA(10),IMZA(10),NBT(3),E0(3),
*      INTP(3),EN(51),EM(51),XSEC(51,10),XMEC(51,10)
C      DIMENSION IOZA(78),ILNO(78),EXI(78),ISZA(76),ITZA(23)
C
C CHARACTER COM*A139
C
C DATA MF,NO,NC,NR,LIS,ZZ/10,0,51,1,0,0./
C DATA MAT(1),NBT(2),NBT(3),INTP/4,0,0,2,0,0/
C DATA MA /1,2,3,2005,2006,1002,1003,2003,0,1001,2004,2002/
C DATA MB /4,16,17,22,24,28,32,45,102,103,107,111/
C DATA UMAS /931.5016/
C DATA SMAS,PMAS,DMAS,AMAS/1.008665,1.007825,2.014102,4.002603/
C DATA NIO,NIS,NIT /78,76,23/
C
C DATA ISZA/
C 1 25055,26054,26056,26057,26058,27059,28058,28060,28061,28062,
C 2 28064,29063,29065,30064,30066,30067,30068,30070,
C 3 38084,38086,38088,40091,40092,40094,40096,42092,42094,42095,
C 4 42096,42097,42098,42100,46102,46104,46105,46106,46108,46110,
C 5 48106,48108,48110,48112,48114,48116,50112,50114,50115,50116,
C 6 50118,50120,50122,50124,51121,51123,
C 7 54124,54126,54128,54130,54132,54134,54136,55133,56130,56132,
C 8 56134,56138,
C 9 70168,70170,70171,70172,70173,70174,71175,72174,72176,73181/
C
C DATA ITZA/
C 1 38087,39089,40090,41093,45103,47107,47109,48111,48113,49113,
C 2 49115,50117,50119,
C 3 54129,54131,56135,56136,56137,
C 4 70176,72177,72178,72179,72180/
C
C DATA IOZA /
C 1 13026,21044,25052,26053,27058,27060,27062,29068,29070,30069,
C 2 30071,
C 3 38087,39089,39090,39091,40089,41091,41092,41093,41094,41095,
C 4 41097,41098,41099,42091,42093,
C 5 45103,45104,45105,45106,46107,46109,46111,47105,47106,47107,
C 6 47108,47109,47110,47111,47113,47115,47116,48111,48113,48115,
C 7 48117,49111,49112,49113,49114,49115,49116,49116,49117,49118,
C 8 49118,49119,49120,49121,49122,49122,49123,49124,50113,
C 9 50117,50119,50121,50123,50125,51120,51122,51124,51124,
A 71178,73180,73182/
C
C DATA EXI /
C 1 .2284,.2712,.3777,3.041,.0249,.0586,.0220,.7216,.1400,.4387,
C 2 .1570,
C 3 .3884,.9092,.6820,.5556,.5878,.1045,.1355,.0308,.0410,.2357,
C 4 .7434,.0840,.3653,.6530,2.425,
C 5 .0398,.1290,.1298,.1400,.2149,.1890,.1722,.0255,.0896,.0931,
C 6 .1095,.0880,.1176,.0598,.0432,.1000,.0810,.3962,.2636,.1810,
C 7 .1364,.5368,.1565,.3917,.1903,.3362,.1273,.2897,.3153,.0600,
C 8 .2000,.3114,.1000,.2000,.3136,.0100,.2200,.3200,.1900,.0774,
C 9 .3146,.0895,.0063,.0246,.0275,.0010,.1636,.0109,.0369,

```

Table 4.2.2 ENDF/B file 10(^{124}Sn)

E = J2608.YAMAMURO.DATA	DATE	89/03/15(WEDNESDAY)	T1	19:00:54	PAGE 0045 *VVVAP0*
1.1000E+07	4.5400E+01	1.2000E+07	5.4760E-01	1.3000E+07	5.4210E-01450010 16
1.4000E+07	5.4990E+01	1.5000E+07	5.2740E-01	1.6000E+07	CUTAB10
1.7000E+07	4.2210E+01	1.8000E+07	3.4280E-01	1.9000E+07	CUTAB10
2.0000E+07	2.0800E+01	2.0000E+07	4.9780E-05	2.7210E-01450010 16	
-0.0000E+00	-0.0000E+00	0	0	0	CUTAB10
5.0124E+04	1.2284E+02	0	0	0	CUTAB10
-0.0000E+00	-6.7657E+06	0	0	1	CUTAB10
11	2			11450010 22	CUTAB10
6.8207E+06	.0000E+00	1.1000E+07	2.36660E-16	1.2000E+07	1.5260E-13450010 22
1.3000E+07	1.9630E-11	1.4000E+07	7.0160E-10	1.5000E+07	CUTAB10
1.6000E+07	2.2380E-07	1.7000E+07	1.5700E-06	1.8000E+07	CUTAB10
1.9000E+07	1.7140E-05	2.0000E+07	4.9780E-05	5.5120E-08450010 22	
-0.0000E+00	-0.0000E+00	0	0	4.50010 22	CUTAB10
5.0124E+04	1.2284E+02	0	0	0	CUTAB10
-0.0000E+00	-1.4519E+07	0	0	1	CUTAB10
14	2			0450010 24	CUTAB10
1.4637E+07	.0000E+00	1.9000E+07	3.7650E-17	2.0000E+07	4.5370E-13450010 24
1.0000E+00	.0000E+00	0	0	0	CUTAB10
5.0124E+04	1.2284E+02	0	0	2	CUTAB10
-0.0000E+00	-9.8713E+06	0	0	1	CUTAB10
11	2			3450010 24	CUTAB10
9.9517E+06	.0000E+00	1.1000E+07	1.6620E-18	1.2000E+07	1.1850E-11450010 22
1.3000E+07	2.3370E-08	1.4000E+07	1.4300E-06	1.5000E+07	CUTAB10
1.6000E+07	9.6040E-05	1.7000E+07	3.2760E-04	1.8000E+07	CUTAB10
1.9000E+07	1.9570E-03	2.0000E+07	3.8460E-03	8.7340E-04450010 22	
-0.0000E+00	1.0191E+07	0	0	4.50010 22	CUTAB10
10	2			0450010 28	CUTAB10
1.02774E+07	.0000E+00	1.2000E+07	1.7310E-14	1.3000E+07	9.4910E-10450010 28
1.4000E+07	2.3870E-07	1.5000E+07	6.8830E-06	1.6000E+07	CUTAB10
1.7000E+07	2.0030E-04	1.8000E+07	4.9110E-04	1.9000E+07	CUTAB10
2.0000E+07	1.5770E-03			9.3890E-04450010 28	CUTAB10
-0.0000E+00	-0.0000E+00	0	0	0	CUTAB10
5.0124E+04	1.2284E+02	0	0	1	CUTAB10
-0.0000E+00	-1.8122E+07	0	0	1	CUTAB10
14	2			2450010 32	CUTAB10
1.8270E+07	.0000E+00	2.0000E+07	3.2540E-11		CUTAB10
-0.0000E+00	-0.0000E+00	0	0	0	CUTAB10
5.0124E+04	1.2284E+02	0	0	2	CUTAB10
-0.0000E+00	-6.6164E+06	0	0	1	CUTAB10
14	2			14450010103	CUTAB10
6.6703E+06	.0000E+00	8.0000E+06	9.4060E-13	9.0000E+06	3.3590E-09450010103
1.0000E+07	3.0660E-07	1.1000E+07	6.1060E-06	1.2000E+07	CUTAB10
1.3000E+07	2.0920E-04	1.4000E+07	6.2260E-04	1.5000E+07	CUTAB10
1.6000E+07	2.8000E-03	1.7000E+07	4.7440E-03	1.8000E+07	CUTAB10
1.9000E+07	1.0110E-02	2.0000E+07	1.2900E-02	1.2630E-03450010103	
-0.0000E+00	-6.8064E+06	0	0	1	CUTAB10
14	2			14450010103	CUTAB10
6.8618E+06	.0000E+00	8.0000E+06	1.1530E-15	9.0000E+06	8.3660E-12450010103
1.0000E+07	3.2820E-09	1.1000E+07	1.3010E-07	1.2000E+07	CUTAB10
1.3000E+07	1.0390E-05	1.4000E+07	4.8120E-05	1.5000E+07	CUTAB10
1.6000E+07	4.1080E-04	1.7000E+07	9.1040E-04	1.8000E+07	CUTAB10
1.9000E+07	3.0320E-03	2.0000E+07	4.6410E-03	1.7800E+07	CUTAB10
-0.0000E+00	-0.0000E+00	0	0	0	CUTAB10
5.0124E+04	1.2284E+02	0	0	1	CUTAB10
-0.0000E+00	-1.7554E+06	0	0	1	CUTAB10
14	2			16450010107	CUTAB10
E = J2608.YAMAMURO.DATA	DATE	89/03/15(WEDNESDAY)		TIME 19:00:54 PAGE 0045	

4.3 ファイル8, 9, 10の格納形式

前章で述べた放射化断面積データは、 ENDF/B-V フォーマットのファイル8, 9, 10の形式に準じて、 原研の大型計算機 FACOM-M780, 又は 4.2 で述べた ' XTOB10 ' コードを用いてファイル化を行った。

ファイル8では、 本来、 放射性核の崩壊データ及び核分裂生成物の収率データが扱われるが、 放射化核反応での生成核（残留核）の半減期・アイソマー等のデータならびに放射化断面積データの格納方式の指定（ $N\phi$ 因子）が与えられる。 すなわち、 放射化断面積データがファイル9又は10に与えられている（ $N\phi=0$ ）か、 否（ $N\phi=1$ ）かを各MTNo毎に指定する。 $N\phi=1$ の場合は、 該当するMTNoのFile 3のデータがそのまま放射化断面積となることを示す。

ファイル9では multiplicity が与えられて、 ファイル3のデータとの積が放射化断面積となる。

ファイル10では、 放射化断面積そのものが与えられるが、 ファイル9とファイル10とで重複の無いことが必要である。

先に述べた放射化断面積データのファイル化に当たっては、 核種によって次のような形式が採られた。 なお、 2)と3)の場合には関連するMTNoのファイル2及び3のデータとともにファイル化を行ってある。

- 1) ファイル9, 10を使用した核種： Cu, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Ta
- 2) ファイル8, 9を使用した核種： Ni, Eu, Gd
- 3) ファイル9のみを使用した核種： W

5. む す び

原子炉及び核融合炉における中性子照射に伴って生ずる放射性核種の生成を評価するためには、放射化断面積データファイルの整備が必要である。本報告に述べられた「放射化断面積データファイル作成」は昨年度に引き続き、上記の趣旨に基いて進められた作業の一つである。

放射化断面積データは核異性体も含む、放射化核種の生成量を内容とするもので、核反応断面積の計算・評価とはその目標に若干の違いがある。このため従来のGNASHコードのみを使用していては出力結果の処理が大へん繁雑になることが避けられない。そこで本年度も昨年より継続してELIESE-GNASH結合プログラムの改良を進めつつ、放射化断面積の計算を実施し、効率の良いデータ処理を目指した。さらに本年度は放射化断面積を収容するENDF/Bフォーマットのファイル形式が定まったことから、このファイル化のための作業も実施された。これらファイル化のために新たに開発されたコードも含む、簡易入力核断面積計算システムをSINCROS-IIと呼んで本報告の中でもその名称が用いられている。

本年度の作業でも、計算結果をNESTOR-2などからとられた実験データとの比較を行ないながら計算システムの中で用いられる諸パラメータの系統性を貫くことを基本としてきた。これは計算のデータ予測性を高める上で有効と考えている。これとは別にJENDL-3の汎用ファイルとの統一性を尊重した評価を行ったものもある。

放射化断面積の数は極めて多く米、欧ではその数4000～8000という。従って、われわれの作業も緒についたところと考えられる。しかし、過去2か年の作業によって計算・評価の方法にかなり見透しを持つことができ、その質的内容も他に比して優るといえども劣ることはない。また、ファイル化の経験も持つことができた。こうしてその数よりも質において先進の米、欧にある同種データファイルに十分比肩しうる放射化断面積データファイルの誕生が期待できるものと思われる。

謝 辞

本作業の実行にあたって、原研物理部核データセンターの中川庸雄、成田 孟、柴田恵一、深堀智生の諸氏には、計算機の使用、測定データの検索・提供等の面で大変御助力を頂いた。また、JENDL-3編集グループの方々からは、JENDL-3ファイルの提供を受けた。また、原子力データセンターの浅見哲夫氏には、タンクスステンの断面積の計算と評価についてご協力をいただいた。ここに上記の方々に謝意を表明する。

原子炉及び核融合炉における中性子照射に伴って生ずる放射性核種の生成を評価するためには、放射化断面積データファイルの整備が必要である。本報告に述べられた「放射化断面積データファイル作成」は昨年度に引き続き、上記の趣旨に基いて進められた作業の一つである。

原子炉及び核融合炉における中性子照射に伴って生ずる放射性核種の生成を評価するためには、放射化断面積データファイルの整備が必要である。本報告に述べられた「放射化断面積データファイル作成」は昨年度に引き続き、上記の趣旨に基いて進められた作業の一つである。

放射化断面積データは核異性体も含む、放射化核種の生成量を内容とするもので、核反応断面積の計算・評価とはその目標に若干の違いがある。このため従来のGNASHコードのみを使用していては出力結果の処理が大へん繁雑になることが避けられない。そこで本年度も昨年より継続してELIESE-GNASH結合プログラムの改良を進めつつ、放射化断面積の計算を実施し、効率の良いデータ処理を目指した。さらに本年度は放射化断面積を収容するENDF/Bフォーマットのファイル形式が定まったことから、このファイル化のための作業も実施された。これらファイル化のために新たに開発されたコードも含む、簡易入力核断面積計算システムをSINCROS-IIと呼んで本報告の中でもその名称が用いられている。

本年度の作業でも、計算結果をNESTOR-2などからとられた実験データとの比較を行ないながら計算システムの中で用いられる諸パラメータの系統性を貫くことを基本としてきた。これは計算のデータ予測性を高める上で有効と考えている。これとは別にJENDL-3の汎用ファイルとの統一性を尊重した評価を行ったものもある。

放射化断面積の数は極めて多く、欧ではその数4000～8000という。従って、われわれの作業も緒についたところと考えられる。しかし、過去2か年の作業によって計算・評価の方法にかなり見透しを持つことができ、その質的内容も他に比して優るといえども劣ることはない。また、ファイル化の経験も持つことができた。こうしてその数よりも質において先進の米、欧にある同種データファイルに十分比肩しうる放射化断面積データファイルの誕生が期待できるものと思われる。

謝 辞

本作業の実行にあたって、原研物理部核データセンターの中川庸雄、成田 孟、柴田恵一、深堀智生の諸氏には、計算機の使用、測定データの検索・提供等の面で大変御助力を頂いた。また、JENDL-3編集グループの方々からは、JENDL-3ファイルの提供を受けた。また、原子力データセンターの浅見哲夫氏には、タンクスチレンの断面積の計算と評価についてご協力をいただいた。ここに上記の方々に謝意を表明する。

参 考 文 献

- 1) JAERI Nuclear Data Center: "JENDL-3", Private communication, (1989).
- 2) N.Yamamoto, "A Nuclear Cross Section Calculation System with Simplified Input-Format Version I", (SINCROS-I), JAERI-M 88-140 (1988) (in Japanese).
- 3) S.Igarashi, "Program ELIESE-3; Program for Calculation of the Nuclear Cross Section by Using Local and Non-Local Optical Models and Statistical Model", JAERI 1224 (1972).
- 4) P.G.Young and E.D.Arthur, "GNASH: A Preequilibrium, Statistical Nuclear-Model Code for Calculation of Cross Sections and Emission Spectra". LA-6947 (1977).
- 5) S.Igarashi, J.Nucl. Sci. Technol., 12, 67 (1975).
- 6) K.Hida, "GAMFIL: "A Computer Program for Generating Photon Production Nuclear Data File", JAERI-M 86-150 (1986) (in Japanese).
- 7) T.Katoh, K.Kawade, and H.Yamamoto, "Measurement of Activation Cross Sections", JAERI-M 89-083 (1989) (in Japanese).
- 8) A.Paulsen, Nukleonik, 10, 91 (1967).
- 9) G.Winkle, D.L.Smith, and J.W.Meadows, Nucl. Sci. Eng., 76, 30 (1980).
- 10) Y.Ikeda, C.Konno, K.Oishi, T.Nakamura, H.Miyade, K.Kawade, H.Yamamoto, and T.Katoh, "Activation Cross Section Measurements for Fusion Reactor Structural Materials at Neutron Energy from 13.3 to 15.0 MeV Using FNS Facility", JAERI 1312 (1988).
- 11) J.Frehaut, Accesion No. 20416 12, EXFOR (1980).
- 12) J.Frehaut and G.Mosinski, "Measurement of (n,2n) and (n,3n) cross sections for Incident Energy between 6 and 15 MeV", NBS Special Publication 425, p.855 (1975).
- 13) A.Abboud, Nucl. Phys., A132, 42 (1969).
- 14) R.J.Prestwood, Phys. Rev., 121, 1438 (1961).
- 15) M.Bormann, Nucl. Phys., A115, 309 (1968).
- 16) J.Frehaut, Accesion No.20416 16, EXFOR (1980).

付 錄 放射化反応リスト

放射化断面積データファイルは核融合炉で特に要望されているが、勿論、軽水炉、高速炉の構造材料の放射化も現実的な問題である。放射化反応の数は非常に多く、元素及び生成核の半減期による何等かの選択が必要である。ここでは、0-20 MeVの中性子による原子炉材料の放射能評価を目的として反応を選択し、反応リストを作成した。このリストは選択基準についても再考を要する点があるが、今後の反応リストの完成のために以下に記す。

反応の選択の優先度に関して次の基準を設けた。

(1) 反応のしきい値は 18 MeV 以下とし、反応の種類は、

(n, γ) , $(n, n')m$, $(n, 3n)$, (n, p) , (n, α) , (n, d) , (n, t) , (n, h) , (n, np) ,
 $(n, n\alpha)$, (n, nd) , (n, nt) , $(n, 2p)$

に限定する。

(2) 現在考えられている原子炉材料及びその中の不純物の安定元素核だけを対象とする。従って、FP は対象としない。ドシメトリー、検出器用の反応はそれが材料放射化反応である場合には含める。

原子炉材料中の主元素及び不純物の元素を Table A.1 に掲げる。これに基づく対象元素の優先度を Table A.2 に示す。

(3) 生成核の半減期は、1 d 以上のものに高い優先度を置く。

原子炉施設での作業時の被曝、廃棄物処分などの短期、中期、長期の時間スケールごとに異なる半減期の核が対象になる。現在の発電炉では対象となる事項は、

a. 定常運転

冷却材からの放射能発生が主なので反応は限定され、半減期数時間以下の放射性核種が対象となる。

b. 保守、定期点検

炉停止後、数日後の定期点検中の被曝を問題にするので 1 d 程度以上の核種を問題とする。LWR では Co-60 に対する相対値で考える。

c. 原子炉解体

運転終了から 5 年後に解体を開始したさいの作業時の被曝を問題とする。

半減期 1 y 程度以上の核種を対象とする。

d. 廃棄物の長期処分

半減期 10 y 以上の核種が対象である。Co-60 はもう問題にしなくて良い。

e. 通常或は緊急停止後の崩壊熱は通常の原子炉では FP によるものであるが、核融合炉では Mn-56 (2.85 h) が強いベータ線を放出し崩壊熱としての発熱の主成分となる。

以上の理由で特別の反応以外では半減期 1 d 以上の放射化生成反応の優先度が高い。

Table A.3 は Table A.2 の優先度 1, 2 の元素について、半減期 1 d 以上の反応をリストしたものであり、約 750 反応を含んでいる。この表は BABYDAD コードにより原研、中川庸

雄氏が計算し、それをここで再編集したものである。コードのデータベースは、isomerを含む半減期はENSDFから採り、反応のQ値はWapstra-Bos及び宇野、山田、安藤の質量公式を用いている。

Table A.3 はまだ完全ではなく今後修正、追加を要する。それらは

1. $(n, n')m$ 反応が含まれていない。
2. 娘核は短寿命であるがその崩壊によって長い寿命の孫核が生成する場合がかなりある。
例えば、 $Fe-54(n, 2n)Fe-53$ ($8.51m$) , $Mn-53(3.7 \times 10^6 y)$ などである。この種類の短寿命、長寿命核のリストを Table A.4 に掲げる。
3. 娘核が長寿命で且つ中性子断面積が大きい場合はさらに中性子反応によって放射性の孫核を生成するので断面積ファイルに長寿命娘との反応も含める必要がある。
4. 積分的なベンチマーク計算によって、重要核種を更に限定する必要がある。

Table A.1 Major and Minor Elements of Reactor Materials

Material	Major Elements	Impurity Elements
Zircaloy	Zr	Sn, Nb, Cr, Fe, Ni, C, Hf, Pb, O, Si, Ta, W
SUS	Cr, Fe, Ni, Mn	C, N, O, Al, Si, P, S, Ti, Co, Cu, Nb, Mo, Sn, W
Magnox	Mg	Al, Be, Zr, Mn
Al-alloy	Al	Mg, Si, Ti, Cr, Mn, Fe, Cu, Zn
Concrete	H, C, O, Si, Ca, Ba	Na, Mg, Al, P, S, K, Fe, Sr, Sm, Eu

Control material :

B, C, Ag, Cd, In, Hf, Gd

Others : Ar(FBR cover gas), Ga, Ge, As(flux monitor), Sb(neutron source)

Fusion Reactor Materials (including potential materials)

Major elements : H, He, Li, Be, B, C, N, O, F, Al, Si, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Sn, Ba, W, Pb

Minor elements : Zr, Nb, Mo, Pd, Ag, Cd, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Hf, Ta, Re, Os, Ir, Bi

Table A.2 Requirement Priorities of Material Activation Cross Sections

Z/NUC PRIOR.	Z/NUC PRIOR				
1 H	1	18 AR	1	35 BR	-
2 HE	2	19 K	2	36 KR	-
3 LI	1	20 CA	1	37 RB	-
4 BE	1	21 SC	-	38 SR	2
5 B	1	22 TI	1	39 Y	2
6 C	1	23 V	1	40 ZR	1
7 N	1	24 CR	1	41 NB	1
8 O	1	25 MN	1	42 MO	1
9 F	2	26 FE	1	43 TC	-
10 NE	-	27 CO	1	44 RU	-
11 NA	1	28 NI	1	45 RH	-
12 MG	2	29 CU	1	46 PD	2
13 AL	1	30 ZU	2	47 AG	1
14 SI	1	31 GA	2	48 CD	1
15 P	2	32 GE	2	49 IN	1
16 S	2	33 AS	2	50 SN	1
17 CL	2	34 SE	-	51 SB	1
				68 ER	2
				69 TM	2
				70 YB	-
				71 LU	-
				72 HF	1
				73 TA	1
				74 W	1
				75 RE	1
				76 OS	2
				77 IR	2
				78 PT	-
				79 AU	-
				80 HG	-
				81 TL	-
				82 PB	1
				83 BI	1

*) Based on the discussions at Nuclear Data Center, JAERI, Aug., 1988

Table A.3 Activation Reactions for Important Materials ($T > 1 \text{ d}$)

TARGET	REACTION	DAUGHTER	HALF-LIFE	Q-VALUE	THRESHOLD
1-H - 2	(N:G)	1-H - 3	+1.26E+01Y	+6.258E+00	+0.000E+00
2-HE - 3	(N:P)	1-H - 3	+1.26E+01Y	+7.640E-01	+0.000E+00
3-LI - 6	(N:A)	1-H - 3	+1.26E+01Y	+4.787E+00	+0.000E+00
3-LI - 7	(N:N,A)	1-H - 3	+1.26E+01Y	-2.463E+00	+3.287E+00
4-BE - 9	(N:G)	4-BE - 10	+1.63E+06Y	+6.812E+00	+0.000E+00
5-B - 10	(N:P)	4-BE - 10	+1.63E+06Y	+2.265E-01	+0.000E+00
5-B - 11	(N:D)	4-BE - 10	+1.63E+06Y	-9.003E+00	+9.909E+00
5-B - 11	(N:N,P)	4-BE - 10	+1.63E+06Y	-1.123E+01	+1.236E+01
6-C - 13	(N:G)	6-C - 14	+5.83E+03Y	+8.177E+00	+0.000E+00
6-C - 13	(N:A)	4-BE - 10	+1.63E+06Y	-3.832E+00	+4.218E+00
7-N - 14	(N:P)	6-C - 14	+5.83E+03Y	+6.263E-01	+0.000E+00
7-N - 15	(N:D)	6-C - 14	+5.83E+03Y	-7.974E+00	+8.548E+00
7-N - 15	(N:N,P)	6-C - 14	+5.83E+03Y	-1.021E+01	+1.094E+01
8-O - 16	(N:H)	6-C - 14	+5.83E+03Y	-1.462E+01	+1.567E+01
8-O - 17	(N:A)	6-C - 14	+5.83E+03Y	+1.832E+00	+0.000E+00
8-O - 18	(N:N,A)	6-C - 14	+5.83E+03Y	-6.227E+00	+6.676E+00
11-NA - 23	(N:2N)	11-NA - 22	+2.65E+00Y	-1.241E+01	+1.298E+01
12-MG - 24	(N:T)	11-NA - 22	+2.65E+00Y	-1.562E+01	+1.634E+01
13-AL - 27	(N:2N)	13-AL - 26	+7.33E+05Y	-1.305E+01	+1.356E+01
14-SI - 28	(N:T)	13-AL - 26	+7.33E+05Y	-1.616E+01	+1.679E+01
15-P - 31	(N:G)	15-P - 32	+1.43E+01D	+7.929E+00	+0.000E+00
16-S - 32	(N:P)	15-P - 32	+1.43E+01D	-9.257E-01	+9.549E-01
16-S - 33	(N:P)	15-P - 33	+2.53E+01D	+5.383E-01	+0.000E+00
16-S - 33	(N:D)	15-P - 32	+1.43E+01D	-7.350E+00	+7.582E+00
16-S - 33	(N:N,P)	15-P - 32	+1.43E+01D	-9.568E+00	+9.869E+00
16-S - 33	(N:2P)	14-SI - 32	+3.36E+02Y	-8.999E+00	+9.283E+00
16-S - 34	(N:G)	16-S - 35	+8.75E+01D	+6.991E+00	+0.000E+00
16-S - 34	(N:D)	15-P - 33	+2.53E+01D	-8.658E+00	+8.923E+00
16-S - 34	(N:T)	15-P - 32	+1.43E+01D	-1.250E+01	+1.289E+01
16-S - 34	(N:H)	14-SI - 32	+3.36E+02Y	-1.269E+01	+1.309E+01
16-S - 34	(N:N,P)	15-P - 33	+2.53E+01D	-1.088E+01	+1.121E+01
16-S - 36	(N:2N)	16-S - 35	+8.75E+01D	-9.880E+00	+1.017E+01
16-S - 36	(N:N,A)	14-SI - 32	+3.36E+02Y	-8.999E+00	+9.283E+00
17-CL - 35	(N:G)	17-CL - 36	+3.06E+05Y	+8.583E+00	+0.000E+00
17-CL - 35	(N:P)	16-S - 35	+8.75E+01D	+6.236E-01	+0.000E+00

Table A.3 (Continued)

TARGET	REACTION	DAUGHTER	HALF-LIFE	Q-VALUE	THRESHOLD
17-CL-	35 (N:H)	15-P - 33	+2.53E+01D	-9.539E+00	+9.831E+00
17-CL-	35 (N:A)	15-P - 32	+1.43E+01D	+9.363E-01	+0.000E+00
17-CL-	37 (N:T)	16-S - 35	+8.75E+01D	-9.781E+00	+1.006E+01
17-CL-	37 (N:2N)	17-CL- 36	+3.06E+05Y	-1.029E+01	+1.058E+01
17-CL-	37 (N:N,D)	16-S - 35	+8.75E+01D	-1.603E+01	+1.650E+01
17-CL-	37 (N:N,A)	15-P - 33	+2.53E+01D	-7.848E+00	+8.088E+00
18-AR-	36 (N:G)	18-AR- 37	+3.50E+01D	+8.796E+00	+0.000E+00
18-AR-	36 (N:P)	17-CL- 36	+3.06E+05Y	+9.772E-02	+0.000E+00
18-AR-	36 (N:2P)	16-S - 35	+8.75E+01D	-7.876E+00	+8.103E+00
18-AR-	38 (N:G)	18-AR- 39	+2.74E+02Y	+6.593E+00	+0.000E+00
18-AR-	38 (N:T)	17-CL- 36	+3.06E+05Y	-1.205E+01	+1.239E+01
18-AR-	38 (N:A)	16-S - 35	+8.75E+01D	-2.150E-01	+2.212E-01
18-AR-	38 (N:2N)	18-AR- 37	+3.50E+01D	-1.183E+01	+1.215E+01
18-AR-	40 (N:2N)	18-AR- 39	+2.74E+02Y	-9.866E+00	+1.012E+01
19-K -	39 (N:P)	18-AR- 39	+2.74E+02Y	+2.256E-01	+0.000E+00
19-K -	39 (N:T)	18-AR- 37	+3.50E+01D	-9.724E+00	+9.989E+00
19-K -	39 (N:A)	17-CL- 36	+3.06E+05Y	+1.377E+00	+0.000E+00
19-K -	39 (N:N,D)	18-AR- 37	+3.50E+01D	-1.598E+01	+1.641E+01
19-K -	40 (N:D)	18-AR- 39	+2.74E+02Y	-5.360E+00	+5.499E+00
19-K -	40 (N:N,P)	18-AR- 39	+2.74E+02Y	-7.578E+00	+7.774E+00
19-K -	40 (N:N,A)	17-CL- 36	+3.06E+05Y	-6.426E+00	+6.607E+00
19-K -	41 (N:T)	18-AR- 39	+2.74E+02Y	-9.184E+00	+9.421E+00
19-K -	41 (N:N,D)	18-AR- 39	+2.74E+02Y	-1.544E+01	+1.584E+01
20-CA-	40 (N:G)	20-CA- 41	+1.05E+05Y	+8.370E+00	+0.000E+00
20-CA-	40 (N:A)	18-AR- 37	+3.50E+01D	+1.761E+00	+0.000E+00
20-CA-	40 (N:2P)	18-AR- 39	+2.74E+02Y	-8.104E+00	+8.313E+00
20-CA-	42 (N:A)	18-AR- 39	+2.74E+02Y	+3.536E-01	+0.000E+00
20-CA-	42 (N:2N)	20-CA- 41	+1.05E+05Y	-1.146E+01	+1.174E+01
20-CA-	43 (N:N,A)	18-AR- 39	+2.74E+02Y	-7.592E+00	+7.788E+00
20-CA-	43 (N:2P)	18-AR- 42	+3.35E+01Y	-1.049E+01	+1.074E+01
20-CA-	44 (N:G)	20-CA- 45	+1.64E+02D	+7.418E+00	+0.000E+00
20-CA-	44 (N:H)	18-AR- 42	+3.35E+01Y	-1.390E+01	+1.424E+01
20-CA-	46 (N:G)	20-CA- 47	+4.54E+00D	+7.290E+00	+0.000E+00
20-CA-	46 (N:2N)	20-CA- 45	+1.64E+02D	-1.038E+01	+1.061E+01
20-CA-	46 (N:N,A)	18-AR- 42	+3.35E+01Y	-1.113E+01	+1.140E+01
20-CA-	48 (N:2N)	20-CA- 47	+4.54E+00D	-9.923E+00	+1.014E+01
21-SC-	45 (N:G)	21-SC- 46	+8.38E+01D	+8.754E+00	+0.000E+00
21-SC-	45 (N:P)	20-CA- 45	+1.64E+02D	+5.383E-01	+0.000E+00
21-SC-	45 (N:2N)	21-SC- 44M	+2.44E+00D	-1.159E+01	+1.185E+01
22-TI-	46 (N:P)	21-SC- 46	+8.38E+01D	-1.579E+00	+1.614E+00
22-TI-	46 (N:T)	21-SC- 44M	+2.44E+00D	-1.345E+01	+1.376E+01
22-TI-	46 (N:2P)	20-CA- 45	+1.64E+02D	-9.809E+00	+1.003E+01
22-TI-	47 (N:P)	21-SC- 47	+3.35E+00D	+1.830E-01	+0.000E+00
22-TI-	47 (N:D)	21-SC- 46	+8.38E+01D	-8.246E+00	+8.427E+00
22-TI-	47 (N:H)	20-CA- 45	+1.64E+02D	-1.097E+01	+1.122E+01
22-TI-	47 (N:N,P)	21-SC- 46	+8.38E+01D	-1.046E+01	+1.069E+01

Table A.3 (Continued)

TARGET	REACTION	DAUGHTER	HALF-LIFE	Q-VALUE	THRESHOLD
22-TI-	48 (N:P)	21-SC- 48	+1.82E+00D	-3.200E+00	+3.267E+00
22-TI-	48 (N:D)	21-SC- 47	+3.35E+00D	-9.226E+00	+9.425E+00
22-TI-	48 (N:T)	21-SC- 46	+8.38E+01D	-1.360E+01	+1.390E+01
22-TI-	48 (N:A)	20-CA- 45	+1.64E+02D	-2.020E+00	+2.065E+00
22-TI-	48 (N:N,P)	21-SC- 47	+3.35E+00D	-1.144E+01	+1.169E+01
22-TI-	48 (N:2P)	20-CA- 47	+4.54E+00D	-1.264E+01	+1.291E+01
22-TI-	49 (N:D)	21-SC- 48	+1.82E+00D	-9.127E+00	+9.319E+00
22-TI-	49 (N:T)	21-SC- 47	+3.35E+00D	-1.110E+01	+1.134E+01
22-TI-	49 (N:H)	20-CA- 47	+4.54E+00D	-1.306E+01	+1.334E+01
22-TI-	49 (N:N,P)	21-SC- 48	+1.82E+00D	-1.134E+01	+1.158E+01
22-TI-	49 (N:N,D)	21-SC- 47	+3.35E+00D	-1.736E+01	+1.773E+01
22-TI-	49 (N:N,A)	20-CA- 45	+1.64E+02D	-1.016E+01	+1.039E+01
22-TI-	50 (N:T)	21-SC- 48	+1.82E+00D	-1.380E+01	+1.409E+01
22-TI-	50 (N:A)	20-CA- 47	+4.54E+00D	-3.427E+00	+3.501E+00
23-V -	50 (N:H)	21-SC- 48	+1.82E+00D	-1.157E+01	+1.182E+01
23-V -	50 (N:A)	21-SC- 47	+3.35E+00D	+7.658E-01	+0.000E+00
23-V -	50 (N:2N)	23-V - 49	+3.30E+02D	-9.312E+00	+9.504E+00
23-V -	50 (N:N,A)	21-SC- 46	+8.38E+01D	-9.880E+00	+1.010E+01
23-V -	51 (N:A)	21-SC- 48	+1.82E+00D	-2.049E+00	+2.092E+00
23-V -	51 (N:N,A)	21-SC- 47	+3.35E+00D	-1.029E+01	+1.051E+01
24-CR-	50 (N:G)	24-CR- 51	+2.77E+01D	+9.265E+00	+0.000E+00
24-CR-	50 (N:D)	23-V - 49	+3.30E+02D	-7.350E+00	+7.502E+00
24-CR-	50 (N:T)	23-V - 48	+1.60E+01D	-1.265E+01	+1.292E+01
24-CR-	50 (N:N,P)	23-V - 49	+3.30E+02D	-9.568E+00	+9.765E+00
24-CR-	52 (N:2N)	24-CR- 51	+2.77E+01D	-1.203E+01	+1.226E+01
25-MN-	55 (N:2N)	25-MN- 54	+3.12E+02D	-1.022E+01	+1.041E+01
26-FE-	54 (N:G)	26-FE- 55	+2.78E+00Y	+9.294E+00	+0.000E+00
26-FE-	54 (N:P)	25-MN- 54	+3.12E+02D	+9.772E-02	+0.000E+00
26-FE-	54 (N:D)	25-MN- 53	+3.81E+06Y	-6.625E+00	+6.752E+00
26-FE-	54 (N:T)	25-MN- 52	+5.59E+00D	-1.241E+01	+1.265E+01
26-FE-	54 (N:A)	24-CR- 51	+2.77E+01D	+8.510E-01	+0.000E+00
26-FE-	54 (N:N,P)	25-MN- 53	+3.81E+06Y	-8.843E+00	+9.011E+00
26-FE-	56 (N:T)	25-MN- 54	+3.12E+02D	-1.191E+01	+1.214E+01
26-FE-	56 (N:2N)	26-FE- 55	+2.78E+00Y	-1.119E+01	+1.139E+01
26-FE-	58 (N:G)	26-FE- 59	+4.45E+01D	+6.579E+00	+0.000E+00
27-CO-	59 (N:G)	27-CO- 60	+5.37E+00Y	+7.503E+00	+0.000E+00
27-CO-	59 (N:P)	26-FE- 59	+4.45E+01D	-7.693E-01	+7.825E-01
27-CO-	59 (N:2N)	27-CO- 58	+7.08E+01D	-1.043E+01	+1.062E+01
28-NI-	58 (N:G)	28-NI- 59	+7.63E+04Y	+8.995E+00	+0.000E+00
28-NI-	58 (N:P)	27-CO- 58	+7.08E+01D	+4.104E-01	+0.000E+00
28-NI-	58 (N:D)	27-CO- 57	+2.72E+02D	-5.943E+00	+6.048E+00
28-NI-	58 (N:T)	27-CO- 56	+7.71E+01D	-1.106E+01	+1.126E+01
28-NI-	58 (N:A)	26-FE- 55	+2.78E+00Y	+2.898E+00	+0.000E+00
28-NI-	58 (N:2N)	28-NI- 57	+1.49E+00D	-1.220E+01	+1.241E+01
28-NI-	58 (N:N,P)	27-CO- 57	+2.72E+02D	-8.160E+00	+8.305E+00

Table A.3 (Continued)

TARGET	REACTION	DAUGHTER	HALF-LIFE	Q-VALUE	THRESHOLD
28-NI-	58 (N:N,D)	27-CO-	56 +7.71E+01D	-1.731E+01	+1.763E+01
28-NI-	60 (N:P)	27-CO-	60 +5.37E+00Y	-2.020E+00	+2.054E+00
28-NI-	60 (N:T)	27-CO-	58 +7.08E+01D	-1.149E+01	+1.169E+01
28-NI-	60 (N:2N)	28-NI-	59 +7.63E+04Y	-1.137E+01	+1.157E+01
28-NI-	60 (N:2P)	26-FE-	59 +4.45E+01D	-1.031E+01	+1.048E+01
28-NI-	61 (N:D)	27-CO-	60 +5.37E+00Y	-7.634E+00	+7.763E+00
28-NI-	61 (N:H)	26-FE-	59 +4.45E+01D	-1.042E+01	+1.060E+01
28-NI-	61 (N:N,P)	27-CO-	60 +5.37E+00Y	-9.852E+00	+1.002E+01
28-NI-	61 (N:2P)	26-FE-	60 +1.53E+06Y	-9.283E+00	+9.439E+00
28-NI-	62 (N:G)	28-NI-	63 +1.02E+02Y	+6.849E+00	+0.000E+00
28-NI-	62 (N:T)	27-CO-	60 +5.37E+00Y	-1.196E+01	+1.216E+01
28-NI-	62 (N:H)	26-FE-	60 +1.53E+06Y	-1.215E+01	+1.236E+01
28-NI-	62 (N:A)	26-FE-	59 +4.45E+01D	-4.282E-01	+4.355E-01
28-NI-	64 (N:2N)	28-NI-	63 +1.02E+02Y	-9.639E+00	+9.793E+00
28-NI-	64 (N:N,A)	26-FE-	60 +1.53E+06Y	-8.075E+00	+8.211E+00
29-CU-	63 (N:P)	28-NI-	63 +1.02E+02Y	+7.373E-01	+0.000E+00
29-CU-	63 (N:A)	27-CO-	60 +5.37E+00Y	+1.732E+00	+0.000E+00
29-CU-	65 (N:T)	28-NI-	63 +1.02E+02Y	-8.615E+00	+8.753E+00
29-CU-	65 (N:N,D)	28-NI-	63 +1.02E+02Y	-1.487E+01	+1.511E+01
30-ZN-	64 (N:G)	30-ZN-	65 +2.44E+02D	+7.986E+00	+0.000E+00
30-ZN-	64 (N:2P)	28-NI-	63 +1.02E+02Y	-6.981E+00	+7.093E+00
30-ZN-	66 (N:A)	28-NI-	63 +1.02E+02Y	+2.272E+00	+0.000E+00
30-ZN-	66 (N:2N)	30-ZN-	65 +2.44E+02D	-1.105E+01	+1.122E+01
30-ZN-	67 (N:P)	29-CU-	67 +2.58E+00D	+2.256E-01	+0.000E+00
30-ZN-	67 (N:N,A)	28-NI-	63 +1.02E+02Y	-4.778E+00	+4.854E+00
30-ZN-	67 (N:2P)	28-NI-	66 +2.28E+00D	-8.359E+00	+8.487E+00
30-ZN-	68 (N:D)	29-CU-	67 +2.58E+00D	-7.762E+00	+7.879E+00
30-ZN-	68 (N:H)	28-NI-	66 +2.28E+00D	-1.085E+01	+1.101E+01
30-ZN-	68 (N:N,P)	29-CU-	67 +2.58E+00D	-9.980E+00	+1.013E+01
30-ZN-	70 (N:N,T)	29-CU-	67 +2.58E+00D	-1.719E+01	+1.745E+01
30-ZN-	70 (N:N,A)	28-NI-	66 +2.28E+00D	-5.957E+00	+6.048E+00
31-GA-	69 (N:H)	29-CU-	67 +2.58E+00D	-8.871E+00	+9.005E+00
31-GA-	71 (N:N,A)	29-CU-	67 +2.58E+00D	-5.247E+00	+5.326E+00
32-GE-	70 (N:G)	32-GE-	71 +1.14E+01D	+7.418E+00	+0.000E+00
32-GE-	70 (N:2N)	32-GE-	69 +1.63E+00D	-1.153E+01	+1.170E+01
32-GE-	72 (N:2N)	32-GE-	71 +1.14E+01D	-1.073E+01	+1.089E+01
32-GE-	73 (N:2P)	30-ZN-	72 +1.94E+00D	-9.653E+00	+9.788E+00
32-GE-	73 (N:3N)	32-GE-	71 +1.14E+01D	-1.751E+01	+1.776E+01
32-GE-	74 (N:H)	30-ZN-	72 +1.94E+00D	-1.214E+01	+1.231E+01
32-GE-	76 (N:N,A)	30-ZN-	72 +1.94E+00D	-7.492E+00	+7.597E+00
33-AS-	75 (N:G)	33-AS-	76 +1.10E+00D	+7.332E+00	+0.000E+00
33-AS-	75 (N:2N)	33-AS-	74 +1.78E+01D	-1.024E+01	+1.038E+01

Table A.3 (Continued)

TARGET	REACTION	DAUGHTER	HALF-LIFE	Q-VALUE	THRESHOLD
38-SR-	84 (N:G)	38-SR- 85	+6.48E+01D	+8.526E+00	+0.000E+00
38-SR-	84 (N:P)	37-RB- 84	+3.29E+01D	-1.013E-01	+1.025E-01
38-SR-	84 (N:D)	37-RB- 83	+8.62E+01D	-6.711E+00	+6.792E+00
38-SR-	84 (N:A)	36-KR- 81	+2.17E+05Y	+2.727E+00	+0.000E+00
38-SR-	84 (N:2N)	38-SR- 83	+1.35E+00D	-1.197E+01	+1.212E+01
38-SR-	84 (N:N,P)	37-RB- 83	+8.62E+01D	-8.928E+00	+9.037E+00
38-SR-	86 (N:P)	37-RB- 86	+1.87E+01D	-9.683E-01	+9.797E-01
38-SR-	86 (N:T)	37-RB- 84	+3.29E+01D	-1.163E+01	+1.177E+01
38-SR-	86 (N:2N)	38-SR- 85	+6.48E+01D	-1.147E+01	+1.161E+01
38-SR-	86 (N:2P)	36-KR- 85	+1.09E+01Y	-9.539E+00	+9.652E+00
38-SR-	87 (N:D)	37-RB- 86	+1.87E+01D	-7.180E+00	+7.264E+00
38-SR-	87 (N:H)	36-KR- 85	+1.09E+01Y	-1.025E+01	+1.037E+01
38-SR-	87 (N:N,P)	37-RB- 86	+1.87E+01D	-9.397E+00	+9.507E+00
38-SR-	88 (N:G)	38-SR- 89	+5.05E+01D	+6.366E+00	+0.000E+00
38-SR-	88 (N:T)	37-RB- 86	+1.87E+01D	-1.203E+01	+1.217E+01
38-SR-	88 (N:A)	36-KR- 85	+1.09E+01Y	-7.835E-01	+7.928E-01
39-Y -	89 (N:G)	39-Y - 90	+2.67E+00D	+6.863E+00	+0.000E+00
39-Y -	89 (N:P)	38-SR- 89	+5.05E+01D	-6.982E-01	+7.062E-01
39-Y -	89 (N:A)	37-RB- 86	+1.87E+01D	+7.089E-01	+0.000E+00
39-Y -	89 (N:2N)	39-Y - 88	+1.07E+02D	-1.146E+01	+1.159E+01
40-ZR-	90 (N:P)	39-Y - 90	+2.67E+00D	-1.494E+00	+1.511E+00
40-ZR-	90 (N:T)	39-Y - 88	+1.07E+02D	-1.134E+01	+1.147E+01
40-ZR-	90 (N:2N)	40-ZR- 89	+3.27E+00D	-1.197E+01	+1.211E+01
40-ZR-	90 (N:N,D)	39-Y - 88	+1.07E+02D	-1.760E+01	+1.780E+01
40-ZR-	90 (N:2P)	38-SR- 89	+5.05E+01D	-9.070E+00	+9.173E+00
40-ZR-	91 (N:P)	39-Y - 91	+5.85E+01D	-7.409E-01	+7.491E-01
40-ZR-	91 (N:D)	39-Y - 90	+2.67E+00D	-6.469E+00	+6.542E+00
40-ZR-	91 (N:H)	38-SR- 89	+5.05E+01D	-8.544E+00	+8.641E+00
40-ZR-	91 (N:N,P)	39-Y - 90	+2.67E+00D	-8.686E+00	+8.784E+00
40-ZR-	91 (N:2P)	38-SR- 90	+2.96E+01Y	-8.459E+00	+8.554E+00
40-ZR-	92 (N:G)	40-ZR- 93	+1.56E+06Y	+6.735E+00	+0.000E+00
40-ZR-	92 (N:D)	39-Y - 91	+5.85E+01D	-7.165E+00	+7.245E+00
40-ZR-	92 (N:T)	39-Y - 90	+2.67E+00D	-8.843E+00	+8.942E+00
40-ZR-	92 (N:H)	38-SR- 90	+2.96E+01Y	-9.383E+00	+9.488E+00
40-ZR-	92 (N:A)	38-SR- 89	+5.05E+01D	+3.395E+00	+0.000E+00
40-ZR-	92 (N:N,P)	39-Y - 91	+5.85E+01D	-9.383E+00	+9.487E+00
40-ZR-	92 (N:N,D)	39-Y - 90	+2.67E+00D	-1.510E+01	+1.527E+01
40-ZR-	94 (N:G)	40-ZR- 95	+6.40E+01D	+6.465E+00	+0.000E+00
40-ZR-	94 (N:2N)	40-ZR- 93	+1.56E+06Y	-8.203E+00	+8.292E+00
40-ZR-	94 (N:N,T)	39-Y - 91	+5.85E+01D	-1.585E+01	+1.603E+01
40-ZR-	94 (N:N,A)	38-SR- 90	+2.96E+01Y	-3.754E+00	+3.796E+00
40-ZR-	96 (N:2N)	40-ZR- 95	+6.40E+01D	-7.848E+00	+7.931E+00
41-NB-	93 (N:G)	41-NB- 94	+2.07E+04Y	+7.233E+00	+0.000E+00
41-NB-	93 (N:P)	40-ZR- 93	+1.56E+06Y	+7.089E-01	+0.000E+00
41-NB-	93 (N:H)	39-Y - 91	+5.85E+01D	-7.706E+00	+7.791E+00
41-NB-	93 (N:A)	39-Y - 90	+2.67E+00D	+4.930E+00	+0.000E+00
41-NB-	93 (N:2N)	41-NB- 92	+3.56E+07Y	-8.814E+00	+8.911E+00

Table A.3 (Continued)

TARGET	REACTION	DAUGHTER	HALF-LIFE	Q-VALUE	THRESHOLD
41-NB-	93 (N:2N)	41-NB- 92M	+1.02E+01D	-8.956E+00	+9.055E+00
41-NB-	93 (N:3N)	41-NB- 91	+1.02E+04Y	-1.670E+01	+1.689E+01
41-NB-	93 (N:3N)	41-NB- 91M	+6.20E+01D	-1.680E+01	+1.699E+01
42-MO-	92 (N:G)	42-MO- 93	+3.56E+03Y	+8.072E+00	+0.000E+00
42-MO-	92 (N:P)	41-NB- 92	+3.56E+07Y	+4.388E-01	+0.000E+00
42-MO-	92 (N:P)	41-NB- 92M	+1.02E+01D	+2.967E-01	+0.000E+00
42-MO-	92 (N:D)	41-NB- 91	+1.02E+04Y	-5.232E+00	+5.290E+00
42-MO-	92 (N:D)	41-NB- 91M	+6.20E+01D	-5.332E+00	+5.391E+00
42-MO-	92 (N:A)	40-ZR- 89	+3.27E+00D	+3.708E+00	+0.000E+00
42-MO-	92 (N:N,P)	41-NB- 91	+1.02E+04Y	-7.450E+00	+7.532E+00
42-MO-	92 (N:N,P)	41-NB- 91M	+6.20E+01D	-7.549E+00	+7.633E+00
42-MO-	92 (N:N,A)	40-ZR- 88	+8.34E+01D	-5.602E+00	+5.666E+00
42-MO-	94 (N:P)	41-NB- 94	+2.07E+04Y	-1.253E+00	+1.266E+00
42-MO-	94 (N:T)	41-NB- 92	+3.56E+07Y	-8.828E+00	+8.925E+00
42-MO-	94 (N:T)	41-NB- 92M	+1.02E+01D	-8.971E+00	+9.069E+00
42-MO-	94 (N:2N)	42-MO- 93	+3.56E+03Y	-9.667E+00	+9.772E+00
42-MO-	94 (N:N,D)	41-NB- 92	+3.56E+07Y	-1.508E+01	+1.525E+01
42-MO-	94 (N:N,D)	41-NB- 92M	+1.02E+01D	-1.522E+01	+1.539E+01
42-MO-	94 (N:N,T)	41-NB- 91	+1.02E+04Y	-1.672E+01	+1.690E+01
42-MO-	94 (N:N,T)	41-NB- 91M	+6.20E+01D	-1.682E+01	+1.700E+01
42-MO-	94 (N:2P)	40-ZR- 93	+1.56E+06Y	-7.791E+00	+7.875E+00
42-MO-	95 (N:P)	41-NB- 95	+3.50E+01D	-1.439E-01	+1.454E-01
42-MO-	95 (N:P)	41-NB- 95M	+3.61E+00D	-3.713E-01	+3.753E-01
42-MO-	95 (N:D)	41-NB- 94	+2.07E+04Y	-6.412E+00	+6.481E+00
42-MO-	95 (N:H)	40-ZR- 93	+1.56E+06Y	-7.450E+00	+7.531E+00
42-MO-	95 (N:N,P)	41-NB- 94	+2.07E+04Y	-8.629E+00	+8.722E+00
42-MO-	95 (N:N,T)	41-NB- 92	+3.56E+07Y	-1.621E+01	+1.638E+01
42-MO-	95 (N:N,T)	41-NB- 92M	+1.02E+01D	-1.635E+01	+1.653E+01
42-MO-	95 (N:3N)	42-MO- 93	+3.56E+03Y	-1.704E+01	+1.723E+01
42-MO-	96 (N:D)	41-NB- 95	+3.50E+01D	-7.080E+00	+7.155E+00
42-MO-	96 (N:D)	41-NB- 95M	+3.61E+00D	-7.308E+00	+7.385E+00
42-MO-	96 (N:T)	41-NB- 94	+2.07E+04Y	-9.297E+00	+9.397E+00
42-MO-	96 (N:A)	40-ZR- 93	+1.56E+06Y	+3.978E+00	+0.000E+00
42-MO-	96 (N:N,P)	41-NB- 95	+3.50E+01D	-9.297E+00	+9.396E+00
42-MO-	96 (N:N,P)	41-NB- 95M	+3.61E+00D	-9.525E+00	+9.626E+00
42-MO-	96 (N:N,D)	41-NB- 94	+2.07E+04Y	-1.555E+01	+1.572E+01
42-MO-	96 (N:2P)	40-ZR- 95	+6.40E+01D	-9.639E+00	+9.741E+00
42-MO-	97 (N:T)	41-NB- 95	+3.50E+01D	-7.634E+00	+7.716E+00
42-MO-	97 (N:T)	41-NB- 95M	+3.61E+00D	-7.862E+00	+7.945E+00
42-MO-	97 (N:H)	40-ZR- 95	+6.40E+01D	-8.743E+00	+8.836E+00
42-MO-	97 (N:N,D)	41-NB- 95	+3.50E+01D	-1.389E+01	+1.404E+01
42-MO-	97 (N:N,D)	41-NB- 95M	+3.61E+00D	-1.412E+01	+1.427E+01
42-MO-	97 (N:N,T)	41-NB- 94	+2.07E+04Y	-1.612E+01	+1.629E+01
42-MO-	97 (N:N,A)	40-ZR- 93	+1.56E+06Y	-2.844E+00	+2.875E+00
42-MO-	98 (N:G)	42-MO- 99	+2.75E+00D	+5.925E+00	+0.000E+00
42-MO-	98 (N:A)	40-ZR- 95	+6.40E+01D	+3.196E+00	+0.000E+00
42-MO-	98 (N:N,T)	41-NB- 95	+3.50E+01D	-1.628E+01	+1.645E+01
42-MO-	98 (N:N,T)	41-NB- 95M	+3.61E+00D	-1.650E+01	+1.668E+01
42-MO-100	(N:2N)	42-MO- 99	+2.75E+00D	-8.274E+00	+8.358E+00
46-PD-102	(N:G)	46-PD-103	+1.70E+01D	+7.631E+00	+0.000E+00

Table A.3 (Continued)

TARGET	REACTION	DAUGHTER	HALF-LIFE	Q-VALUE	THRESHOLD
46-PD-102	(N:P)	45-RH-102	+2.95E+00Y	-3.429E-01	+3.463E-01
46-PD-102	(N:P)	45-RH-102M	+2.07E+02D	-4.140E-01	+4.181E-01
46-PD-102	(N:D)	45-RH-101	+3.36E+00Y	-5.573E+00	+5.629E+00
46-PD-102	(N:D)	45-RH-101M	+4.34E+00D	-5.730E+00	+5.787E+00
46-PD-102	(N:N,P)	45-RH-101	+3.36E+00Y	-7.791E+00	+7.869E+00
46-PD-102	(N:N,P)	45-RH-101M	+4.34E+00D	-7.947E+00	+8.027E+00
46-PD-102	(N:N,T)	45-RH-99	+1.61E+01D	-1.734E+01	+1.752E+01
46-PD-104	(N:T)	45-RH-102	+2.95E+00Y	-9.482E+00	+9.576E+00
46-PD-104	(N:T)	45-RH-102M	+2.07E+02D	-9.553E+00	+9.648E+00
46-PD-104	(N:2N)	46-PD-103	+1.70E+01D	-9.980E+00	+1.008E+01
46-PD-104	(N:N,D)	45-RH-102	+2.95E+00Y	-1.574E+01	+1.589E+01
46-PD-104	(N:N,D)	45-RH-102M	+2.07E+02D	-1.581E+01	+1.596E+01
46-PD-104	(N:N,T)	45-RH-101	+3.36E+00Y	-1.693E+01	+1.710E+01
46-PD-104	(N:N,T)	45-RH-101M	+4.34E+00D	-1.709E+01	+1.726E+01
46-PD-104	(N:2P)	44-RU-103	+3.93E+01D	-8.629E+00	+8.714E+00
46-PD-105	(N:P)	45-RH-105	+1.47E+00D	+2.399E-01	+0.000E+00
46-PD-105	(N:H)	44-RU-103	+3.93E+01D	-8.004E+00	+8.082E+00
46-PD-105	(N:N,T)	45-RH-102	+2.95E+00Y	-1.657E+01	+1.674E+01
46-PD-105	(N:N,T)	45-RH-102M	+2.07E+02D	-1.665E+01	+1.681E+01
46-PD-105	(N:3N)	46-PD-103	+1.70E+01D	-1.707E+01	+1.724E+01
46-PD-106	(N:G)	46-PD-107	+6.62E+06Y	+6.536E+00	+0.000E+00
46-PD-106	(N:D)	45-RH-105	+1.47E+00D	-7.109E+00	+7.177E+00
46-PD-106	(N:A)	44-RU-103	+3.93E+01D	+3.012E+00	+0.000E+00
46-PD-106	(N:N,P)	45-RH-105	+1.47E+00D	-9.326E+00	+9.416E+00
46-PD-108	(N:H)	44-RU-106	+1.04E+00Y	-1.005E+01	+1.015E+01
46-PD-108	(N:2N)	46-PD-107	+6.62E+06Y	-9.212E+00	+9.299E+00
46-PD-108	(N:N,T)	45-RH-105	+1.47E+00D	-1.660E+01	+1.676E+01
46-PD-110	(N:N,A)	44-RU-106	+1.04E+00Y	-4.422E+00	+4.464E+00
47-AG-107	(N:P)	46-PD-107	+6.62E+06Y	+7.658E-01	+0.000E+00
47-AG-107	(N:H)	45-RH-105	+1.47E+00D	-7.393E+00	+7.464E+00
47-AG-107	(N:2N)	47-AG-106M	+8.46E+00D	-9.624E+00	+9.716E+00
47-AG-107	(N:3N)	47-AG-105	+4.13E+01D	-1.746E+01	+1.762E+01
47-AG-109	(N:G)	47-AG-110M	+2.50E+02D	+6.679E+00	+0.000E+00
47-AG-109	(N:T)	46-PD-107	+6.62E+06Y	-7.222E+00	+7.290E+00
47-AG-109	(N:N,D)	46-PD-107	+6.62E+06Y	-1.348E+01	+1.360E+01
47-AG-109	(N:N,A)	45-RH-105	+1.47E+00D	-3.285E+00	+3.317E+00
48-CD-106	(N:P)	47-AG-106M	+8.46E+00D	+4.957E-01	+0.000E+00
48-CD-106	(N:D)	47-AG-105	+4.13E+01D	-5.119E+00	+5.168E+00
48-CD-106	(N:A)	46-PD-103	+1.70E+01D	+5.996E+00	+0.000E+00
48-CD-106	(N:N,P)	47-AG-105	+4.13E+01D	-7.336E+00	+7.407E+00
48-CD-108	(N:G)	48-CD-109	+1.29E+00Y	+7.361E+00	+0.000E+00
48-CD-108	(N:T)	47-AG-106M	+8.46E+00D	-9.283E+00	+9.372E+00
48-CD-108	(N:N,D)	47-AG-106M	+8.46E+00D	-1.554E+01	+1.569E+01
48-CD-108	(N:N,T)	47-AG-105	+4.13E+01D	-1.711E+01	+1.728E+01
48-CD-108	(N:2P)	46-PD-107	+6.62E+06Y	-7.379E+00	+7.448E+00
48-CD-110	(N:P)	47-AG-110M	+2.50E+02D	-2.219E+00	+2.239E+00
48-CD-110	(N:A)	46-PD-107	+6.62E+06Y	+3.680E+00	+0.000E+00
48-CD-110	(N:2N)	48-CD-109	+1.29E+00Y	-9.866E+00	+9.957E+00
48-CD-111	(N:P)	47-AG-111	+7.45E+00D	-2.292E-01	+2.313E-01

Table A.3 (Continued)

TARGET	REACTION	DAUGHTER	HALF-LIFE	Q-VALUE	THRESHOLD
48-CD-111	(N:D)	47-AG-110M	+2.50E+02D	-6.981E+00	+7.045E+00
48-CD-111	(N:N,P)	47-AG-110M	+2.50E+02D	-9.198E+00	+9.282E+00
48-CD-111	(N:N,A)	46-PD-107	+6.62E+06Y	-3.299E+00	+3.330E+00
48-CD-111	(N:3N)	48-CD-109	+1.29E+00Y	-1.684E+01	+1.700E+01
48-CD-112	(N:D)	47-AG-111	+7.45E+00D	-7.407E+00	+7.474E+00
48-CD-112	(N:T)	47-AG-110M	+2.50E+02D	-1.011E+01	+1.020E+01
48-CD-112	(N:N,P)	47-AG-111	+7.45E+00D	-9.624E+00	+9.712E+00
48-CD-112	(N:N,D)	47-AG-110M	+2.50E+02D	-1.636E+01	+1.651E+01
48-CD-113	(N:T)	47-AG-111	+7.45E+00D	-7.691E+00	+7.761E+00
48-CD-113	(N:N,D)	47-AG-111	+7.45E+00D	-1.395E+01	+1.407E+01
48-CD-113	(N:N,T)	47-AG-110M	+2.50E+02D	-1.666E+01	+1.681E+01
48-CD-114	(N:G)	48-CD-115	+2.23E+00D	+6.138E+00	+0.000E+00
48-CD-114	(N:G)	48-CD-115M	+4.46E+01D	+5.968E+00	+0.000E+00
48-CD-114	(N:N,T)	47-AG-111	+7.45E+00D	-1.673E+01	+1.688E+01
48-CD-116	(N:2N)	48-CD-115	+2.23E+00D	-8.686E+00	+8.763E+00
48-CD-116	(N:2N)	48-CD-115M	+4.46E+01D	-8.857E+00	+8.935E+00
49-IN-113	(N:G)	49-IN-114M	+4.95E+01D	+7.091E+00	+0.000E+00
49-IN-113	(N:H)	47-AG-111	+7.45E+00D	-7.990E+00	+8.062E+00
49-IN-113	(N:A)	47-AG-110M	+2.50E+02D	+3.623E+00	+0.000E+00
49-IN-113	(N:3N)	49-IN-111	+2.83E+00D	-1.710E+01	+1.726E+01
49-IN-115	(N:P)	48-CD-115	+2.23E+00D	-6.556E-01	+6.614E-01
49-IN-115	(N:P)	48-CD-115M	+4.46E+01D	-8.262E-01	+8.334E-01
49-IN-115	(N:2N)	49-IN-114M	+4.95E+01D	-9.212E+00	+9.294E+00
49-IN-115	(N:N,A)	47-AG-111	+7.45E+00D	-3.726E+00	+3.760E+00
50-SN-112	(N:G)	50-SN-113	+1.15E+02D	+7.745E+00	+0.000E+00
50-SN-112	(N:D)	49-IN-111	+2.83E+00D	-5.318E+00	+5.366E+00
50-SN-112	(N:A)	48-CD-109	+1.29E+00Y	+5.542E+00	+0.000E+00
50-SN-112	(N:N,P)	49-IN-111	+2.83E+00D	-7.535E+00	+7.603E+00
50-SN-114	(N:P)	49-IN-114M	+4.95E+01D	-1.380E+00	+1.393E+00
50-SN-114	(N:2N)	50-SN-113	+1.15E+02D	-1.029E+01	+1.038E+01
50-SN-114	(N:N,T)	49-IN-111	+2.83E+00D	-1.710E+01	+1.726E+01
50-SN-115	(N:D)	49-IN-114M	+4.95E+01D	-6.711E+00	+6.770E+00
50-SN-115	(N:N,P)	49-IN-114M	+4.95E+01D	-8.928E+00	+9.007E+00
50-SN-115	(N:3N)	50-SN-113	+1.15E+02D	-1.784E+01	+1.800E+01
50-SN-116	(N:T)	49-IN-114M	+4.95E+01D	-1.001E+01	+1.010E+01
50-SN-116	(N:N,D)	49-IN-114M	+4.95E+01D	-1.626E+01	+1.641E+01
50-SN-116	(N:2P)	48-CD-115	+2.23E+00D	-9.937E+00	+1.002E+01
50-SN-116	(N:2P)	48-CD-115M	+4.46E+01D	-1.011E+01	+1.020E+01
50-SN-117	(N:H)	48-CD-115	+2.23E+00D	-9.170E+00	+9.250E+00
50-SN-117	(N:H)	48-CD-115M	+4.46E+01D	-9.340E+00	+9.422E+00
50-SN-117	(N:N,T)	49-IN-114M	+4.95E+01D	-1.696E+01	+1.711E+01
50-SN-118	(N:A)	48-CD-115	+2.23E+00D	+2.088E+00	+0.000E+00
50-SN-118	(N:A)	48-CD-115M	+4.46E+01D	+1.917E+00	+0.000E+00
50-SN-119	(N:N,A)	48-CD-115	+2.23E+00D	-4.394E+00	+4.432E+00
50-SN-119	(N:N,A)	48-CD-115M	+4.46E+01D	-4.564E+00	+4.604E+00
50-SN-120	(N:G)	50-SN-121	+1.13E+00D	+6.167E+00	+0.000E+00
50-SN-120	(N:G)	50-SN-121M	+5.60E+01Y	+6.167E+00	+0.000E+00
50-SN-122	(N:G)	50-SN-123	+1.29E+02D	+5.939E+00	+0.000E+00
50-SN-122	(N:2N)	50-SN-121	+1.13E+00D	-8.814E+00	+8.888E+00

Table A.3 (Continued)

TARGET	REACTION	DAUGHTER	HALF-LIFE	Q-VALUE	THRESHOLD
50-SN-122	(N:2N)	50-SN-121M	+5.60E+01Y	-8.814E+00	+8.888E+00
50-SN-124	(N:G)	50-SN-125	+9.64E+00D	+5.726E+00	+0.000E+00
50-SN-124	(N:2N)	50-SN-123	+1.29E+02D	-8.487E+00	+8.557E+00
51-SB-121	(N:G)	51-SB-122	+2.70E+00D	+6.807E+00	+0.000E+00
51-SB-121	(N:P)	50-SN-121	+1.13E+00D	+3.962E-01	+0.000E+00
51-SB-121	(N:P)	50-SN-121M	+5.60E+01Y	+3.962E-01	+0.000E+00
51-SB-121	(N:2N)	51-SB-120M	+5.76E+00D	-9.241E+00	+9.318E+00
51-SB-121	(N:3N)	51-SB-119	+1.59E+00D	-1.625E+01	+1.639E+01
51-SB-123	(N:G)	51-SB-124	+6.02E+01D	+6.480E+00	+0.000E+00
51-SB-123	(N:P)	50-SN-123	+1.29E+02D	-5.987E-01	+6.037E-01
51-SB-123	(N:T)	50-SN-121	+1.13E+00D	-6.881E+00	+6.939E+00
51-SB-123	(N:T)	50-SN-121M	+5.60E+01Y	-6.881E+00	+6.939E+00
51-SB-123	(N:2N)	51-SB-122	+2.70E+00D	-8.942E+00	+9.016E+00
51-SB-123	(N:N,D)	50-SN-121	+1.13E+00D	-1.314E+01	+1.324E+01
51-SB-123	(N:N,D)	50-SN-121M	+5.60E+01Y	-1.314E+01	+1.324E+01
56-BA-130	(N:G)	56-BA-131	+1.18E+01D	+7.489E+00	+0.000E+00
56-BA-130	(N:D)	55-CS-129	+1.34E+00D	-4.806E+00	+4.844E+00
56-BA-130	(N:A)	54-XE-127	+3.64E+01D	+6.664E+00	+0.000E+00
56-BA-130	(N:N,P)	55-CS-129	+1.34E+00D	-7.023E+00	+7.078E+00
56-BA-132	(N:G)	56-BA-133	+1.07E+01Y	+7.176E+00	+0.000E+00
56-BA-132	(N:G)	56-BA-133M	+1.62E+00D	+6.892E+00	+0.000E+00
56-BA-132	(N:P)	55-CS-132	+6.48E+00D	-4.850E-01	+4.887E-01
56-BA-132	(N:D)	55-CS-131	+9.69E+00D	-5.460E+00	+5.502E+00
56-BA-132	(N:2N)	56-BA-131	+1.18E+01D	-9.795E+00	+9.870E+00
56-BA-132	(N:N,P)	55-CS-131	+9.69E+00D	-7.677E+00	+7.736E+00
56-BA-132	(N:N,T)	55-CS-129	+1.34E+00D	-1.584E+01	+1.596E+01
56-BA-134	(N:P)	55-CS-134	+2.10E+00Y	-1.267E+00	+1.276E+00
56-BA-134	(N:T)	55-CS-132	+6.48E+00D	-8.658E+00	+8.724E+00
56-BA-134	(N:2N)	56-BA-133	+1.07E+01Y	-9.468E+00	+9.540E+00
56-BA-134	(N:2N)	56-BA-133M	+1.62E+00D	-9.752E+00	+9.826E+00
56-BA-134	(N:N,D)	55-CS-132	+6.48E+00D	-1.491E+01	+1.503E+01
56-BA-134	(N:N,T)	55-CS-131	+9.69E+00D	-1.585E+01	+1.597E+01
56-BA-134	(N:2P)	54-XE-133	+5.24E+00D	-7.805E+00	+7.864E+00
56-BA-134	(N:2P)	54-XE-133M	+2.19E+00D	-8.032E+00	+8.093E+00
56-BA-135	(N:P)	55-CS-135	+2.34E+06Y	+5.810E-01	+0.000E+00
56-BA-135	(N:D)	55-CS-134	+2.10E+00Y	-6.028E+00	+6.074E+00
56-BA-135	(N:H)	54-XE-133	+5.24E+00D	-7.066E+00	+7.120E+00
56-BA-135	(N:H)	54-XE-133M	+2.19E+00D	-7.293E+00	+7.349E+00
56-BA-135	(N:N,P)	55-CS-134	+2.10E+00Y	-8.246E+00	+8.308E+00
56-BA-135	(N:N,T)	55-CS-132	+6.48E+00D	-1.564E+01	+1.576E+01
56-BA-135	(N:3N)	56-BA-133	+1.07E+01Y	-1.645E+01	+1.657E+01
56-BA-135	(N:3N)	56-BA-133M	+1.62E+00D	-1.673E+01	+1.686E+01
56-BA-136	(N:P)	55-CS-136	+1.32E+01D	-1.750E+00	+1.763E+00
56-BA-136	(N:D)	55-CS-135	+2.34E+06Y	-6.298E+00	+6.345E+00
56-BA-136	(N:T)	55-CS-134	+2.10E+00Y	-8.857E+00	+8.924E+00
56-BA-136	(N:A)	54-XE-133	+5.24E+00D	+4.419E+00	+0.000E+00
56-BA-136	(N:A)	54-XE-133M	+2.19E+00D	+4.191E+00	+0.000E+00
56-BA-136	(N:N,P)	55-CS-135	+2.34E+06Y	-8.516E+00	+8.579E+00
56-BA-136	(N:N,D)	55-CS-134	+2.10E+00Y	-1.511E+01	+1.522E+01

Table A.3 (Continued)

TARGET	REACTION	DAUGHTER	HALF-LIFE	Q-VALUE	THRESHOLD
56-BA-137	(N:P)	55-CS-137	+3.05E+01Y	-3.855E-01	+3.884E-01
56-BA-137	(N:D)	55-CS-136	+1.32E+01D	-6.441E+00	+6.488E+00
56-BA-137	(N:T)	55-CS-135	+2.34E+06Y	-6.938E+00	+6.990E+00
56-BA-137	(N:N,P)	55-CS-136	+1.32E+01D	-8.658E+00	+8.722E+00
56-BA-137	(N:N,D)	55-CS-135	+2.34E+06Y	-1.319E+01	+1.329E+01
56-BA-137	(N:N,T)	55-CS-134	+2.10E+00Y	-1.576E+01	+1.588E+01
56-BA-137	(N:N,A)	54-XE-133	+5.24E+00D	-2.489E+00	+2.508E+00
56-BA-137	(N:N,A)	54-XE-133M	+2.19E+00D	-2.717E+00	+2.737E+00
56-BA-138	(N:D)	55-CS-137	+3.05E+01Y	-6.782E+00	+6.832E+00
56-BA-138	(N:T)	55-CS-136	+1.32E+01D	-8.786E+00	+8.851E+00
56-BA-138	(N:N,P)	55-CS-137	+3.05E+01Y	-8.999E+00	+9.065E+00
56-BA-138	(N:N,D)	55-CS-136	+1.32E+01D	-1.504E+01	+1.515E+01
56-BA-138	(N:N,T)	55-CS-135	+2.34E+06Y	-1.555E+01	+1.567E+01
62-SM-144	(N:G)	62-SM-145	+3.40E+02D	+6.764E+00	+0.000E+00
62-SM-144	(N:P)	61-PM-144	+1.01E+00Y	+2.541E-01	+0.000E+00
62-SM-144	(N:D)	61-PM-143	+2.65E+02D	-4.067E+00	+4.096E+00
62-SM-144	(N:N,P)	61-PM-143	+2.65E+02D	-6.284E+00	+6.329E+00
62-SM-144	(N:N,A)	60-ND-140	+3.37E+00D	-1.581E-01	+1.593E-01
62-SM-146	(N:P)	61-PM-146	+5.63E+00Y	-7.409E-01	+7.460E-01
62-SM-146	(N:D)	61-PM-145	+1.80E+01Y	-4.778E+00	+4.811E+00
62-SM-146	(N:T)	61-PM-144	+1.01E+00Y	-6.426E+00	+6.471E+00
62-SM-146	(N:2N)	62-SM-145	+3.40E+02D	-8.388E+00	+8.446E+00
62-SM-146	(N:N,P)	61-PM-145	+1.80E+01Y	-6.995E+00	+7.044E+00
62-SM-146	(N:N,D)	61-PM-144	+1.01E+00Y	-1.268E+01	+1.277E+01
62-SM-146	(N:N,T)	61-PM-143	+2.65E+02D	-1.296E+01	+1.306E+01
62-SM-147	(N:P)	61-PM-147	+2.67E+00Y	+5.668E-01	+0.000E+00
62-SM-147	(N:D)	61-PM-146	+5.63E+00Y	-4.877E+00	+4.911E+00
62-SM-147	(N:T)	61-PM-145	+1.80E+01Y	-4.863E+00	+4.897E+00
62-SM-147	(N:2N)	62-SM-146	+1.05E+08Y	-6.341E+00	+6.385E+00
62-SM-147	(N:N,P)	61-PM-146	+5.63E+00Y	-7.094E+00	+7.143E+00
62-SM-147	(N:N,D)	61-PM-145	+1.80E+01Y	-1.112E+01	+1.119E+01
62-SM-147	(N:N,T)	61-PM-144	+1.01E+00Y	-1.278E+01	+1.287E+01
62-SM-147	(N:3N)	62-SM-145	+3.40E+02D	-1.474E+01	+1.484E+01
62-SM-148	(N:P)	61-PM-148	+5.37E+00D	-1.665E+00	+1.676E+00
62-SM-148	(N:P)	61-PM-148M	+4.13E+01D	-1.807E+00	+1.819E+00
62-SM-148	(N:D)	61-PM-147	+2.67E+00Y	-5.360E+00	+5.397E+00
62-SM-148	(N:T)	61-PM-146	+5.63E+00Y	-6.753E+00	+6.800E+00
62-SM-148	(N:N,P)	61-PM-147	+2.67E+00Y	-7.578E+00	+7.630E+00
62-SM-148	(N:N,D)	61-PM-146	+5.63E+00Y	-1.301E+01	+1.310E+01
62-SM-148	(N:N,T)	61-PM-145	+1.80E+01Y	-1.301E+01	+1.310E+01
62-SM-148	(N:2P)	60-ND-147	+1.10E+01D	-7.691E+00	+7.744E+00
62-SM-148	(N:3N)	62-SM-146	+1.05E+08Y	-1.449E+01	+1.459E+01
62-SM-149	(N:P)	61-PM-149	+2.21E+00D	-2.718E-01	+2.737E-01
62-SM-149	(N:D)	61-PM-148	+5.37E+00D	-5.318E+00	+5.354E+00
62-SM-149	(N:D)	61-PM-148M	+4.13E+01D	-5.460E+00	+5.497E+00
62-SM-149	(N:T)	61-PM-147	+2.67E+00Y	-4.962E+00	+4.996E+00
62-SM-149	(N:H)	60-ND-147	+1.10E+01D	-5.844E+00	+5.884E+00
62-SM-149	(N:N,P)	61-PM-148	+5.37E+00D	-7.535E+00	+7.586E+00
62-SM-149	(N:N,P)	61-PM-148M	+4.13E+01D	-7.677E+00	+7.729E+00
62-SM-149	(N:N,D)	61-PM-147	+2.67E+00Y	-1.122E+01	+1.129E+01

Table A.3 (Continued)

TARGET	REACTION	DAUGHTER	HALF-LIFE	Q-VALUE	THRESHOLD
62-SM-149	(N:N,T)	61-PM-146	+5.63E+00Y	-1.262E+01	+1.271E+01
62-SM-150	(N:G)	62-SM-151	+9.16E+01Y	+5.598E+00	+0.000E+00
62-SM-150	(N:D)	61-PM-149	+2.21E+00D	-6.043E+00	+6.083E+00
62-SM-150	(N:T)	61-PM-148	+5.37E+00D	-7.037E+00	+7.085E+00
62-SM-150	(N:T)	61-PM-148M	+4.13E+01D	-7.180E+00	+7.229E+00
62-SM-150	(N:A)	60-ND-147	+1.10E+01D	+6.750E+00	+0.000E+00
62-SM-150	(N:N,P)	61-PM-149	+2.21E+00D	-8.260E+00	+8.316E+00
62-SM-150	(N:N,D)	61-PM-148	+5.37E+00D	-1.329E+01	+1.338E+01
62-SM-150	(N:N,D)	61-PM-148M	+4.13E+01D	-1.343E+01	+1.353E+01
62-SM-150	(N:N,T)	61-PM-147	+2.67E+00Y	-1.295E+01	+1.304E+01
62-SM-152	(N:G)	62-SM-153	+1.95E+00D	+5.868E+00	+0.000E+00
62-SM-152	(N:D)	61-PM-151	+1.18E+00D	-6.426E+00	+6.469E+00
62-SM-152	(N:2N)	62-SM-151	+9.16E+01Y	-8.246E+00	+8.301E+00
62-SM-152	(N:N,P)	61-PM-151	+1.18E+00D	-8.644E+00	+8.701E+00
62-SM-152	(N:N,T)	61-PM-149	+2.21E+00D	-1.363E+01	+1.372E+01
62-SM-154	(N:2N)	62-SM-153	+1.95E+00D	-7.961E+00	+8.014E+00
62-SM-154	(N:N,T)	61-PM-151	+1.18E+00D	-1.400E+01	+1.410E+01
63-EU-151	(N:G)	63-EU-152	+1.36E+01Y	+6.295E+00	+0.000E+00
63-EU-151	(N:P)	62-SM-151	+9.16E+01Y	+7.089E-01	+0.000E+00
63-EU-151	(N:H)	61-PM-149	+2.21E+00D	-5.446E+00	+5.482E+00
63-EU-151	(N:A)	61-PM-148	+5.37E+00D	+7.873E+00	+0.000E+00
63-EU-151	(N:A)	61-PM-148M	+4.13E+01D	+7.730E+00	+0.000E+00
63-EU-151	(N:2N)	63-EU-150	+3.64E+01Y	-7.961E+00	+8.015E+00
63-EU-151	(N:N,A)	61-PM-147	+2.67E+00Y	+1.960E+00	+0.000E+00
63-EU-151	(N:3N)	63-EU-149	+9.31E+01D	-1.436E+01	+1.445E+01
63-EU-153	(N:G)	63-EU-154	+8.75E+00Y	+6.437E+00	+0.000E+00
63-EU-153	(N:P)	62-SM-153	+1.95E+00D	-1.599E-02	+1.610E-02
63-EU-153	(N:T)	62-SM-151	+9.16E+01Y	-5.659E+00	+5.697E+00
63-EU-153	(N:H)	61-PM-151	+1.18E+00D	-6.824E+00	+6.870E+00
63-EU-153	(N:2N)	63-EU-152	+1.36E+01Y	-8.544E+00	+8.601E+00
63-EU-153	(N:N,D)	62-SM-151	+9.16E+01Y	-1.191E+01	+1.199E+01
63-EU-153	(N:N,A)	61-PM-149	+2.21E+00D	+2.825E-01	+0.000E+00
64-GD-152	(N:G)	64-GD-153	+2.42E+02D	+6.494E+00	+0.000E+00
64-GD-152	(N:P)	63-EU-152	+1.36E+01Y	-1.025E+00	+1.032E+00
64-GD-152	(N:T)	63-EU-150	+3.64E+01Y	-6.810E+00	+6.856E+00
64-GD-152	(N:2N)	64-GD-151	+1.20E+02D	-8.587E+00	+8.644E+00
64-GD-152	(N:N,D)	63-EU-150	+3.64E+01Y	-1.306E+01	+1.315E+01
64-GD-152	(N:N,T)	63-EU-149	+9.31E+01D	-1.321E+01	+1.330E+01
64-GD-152	(N:2P)	62-SM-151	+9.16E+01Y	-6.625E+00	+6.670E+00
64-GD-152	(N:3N)	64-GD-150	+1.82E+06Y	-1.507E+01	+1.517E+01
64-GD-154	(N:P)	63-EU-154	+8.75E+00Y	-1.182E+00	+1.189E+00
64-GD-154	(N:T)	63-EU-152	+1.36E+01Y	-7.691E+00	+7.742E+00
64-GD-154	(N:A)	62-SM-151	+9.16E+01Y	+6.522E+00	+0.000E+00
64-GD-154	(N:2N)	64-GD-153	+2.42E+02D	-8.644E+00	+8.701E+00
64-GD-154	(N:N,D)	63-EU-152	+1.36E+01Y	-1.395E+01	+1.404E+01
64-GD-154	(N:2P)	62-SM-153	+1.95E+00D	-7.649E+00	+7.699E+00
64-GD-155	(N:P)	63-EU-155	+4.76E+00Y	+5.526E-01	+0.000E+00
64-GD-155	(N:D)	63-EU-154	+8.75E+00Y	-5.403E+00	+5.438E+00
64-GD-155	(N:H)	62-SM-153	+1.95E+00D	-6.369E+00	+6.411E+00

Table A.3 (Continued)

TARGET	REACTION	DAUGHTER	HALF-LIFE	Q-VALUE	THRESHOLD
64-GD-155	(N:N,P)	63-EU-154	+8.75E+00Y	-7.620E+00	+7.670E+00
64-GD-155	(N:N,T)	63-EU-152	+1.36E+01Y	-1.413E+01	+1.422E+01
64-GD-155	(N:N,A)	62-SM-151	+9.16E+01Y	+8.350E-02	+0.000E+00
64-GD-155	(N:3N)	64-GD-153	+2.42E+02D	-1.508E+01	+1.518E+01
64-GD-156	(N:P)	63-EU-156	+1.52E+01D	-1.665E+00	+1.676E+00
64-GD-156	(N:D)	63-EU-155	+4.76E+00Y	-5.772E+00	+5.810E+00
64-GD-156	(N:T)	63-EU-154	+8.75E+00Y	-7.677E+00	+7.727E+00
64-GD-156	(N:A)	62-SM-153	+1.95E+00D	+5.669E+00	+0.000E+00
64-GD-156	(N:N,P)	63-EU-155	+4.76E+00Y	-7.990E+00	+8.042E+00
64-GD-156	(N:N,D)	63-EU-154	+8.75E+00Y	-1.393E+01	+1.402E+01
64-GD-157	(N:D)	63-EU-156	+1.52E+01D	-5.801E+00	+5.838E+00
64-GD-157	(N:T)	63-EU-155	+4.76E+00Y	-5.858E+00	+5.896E+00
64-GD-157	(N:N,P)	63-EU-156	+1.52E+01D	-8.018E+00	+8.070E+00
64-GD-157	(N:N,D)	63-EU-155	+4.76E+00Y	-1.211E+01	+1.219E+01
64-GD-157	(N:N,T)	63-EU-154	+8.75E+00Y	-1.403E+01	+1.412E+01
64-GD-157	(N:N,A)	62-SM-153	+1.95E+00D	-6.840E-01	+6.885E-01
64-GD-158	(N:T)	63-EU-156	+1.52E+01D	-7.478E+00	+7.526E+00
64-GD-158	(N:N,D)	63-EU-156	+1.52E+01D	-1.373E+01	+1.382E+01
64-GD-158	(N:N,T)	63-EU-155	+4.76E+00Y	-1.380E+01	+1.389E+01
65-TB-159	(N:G)	65-TB-160	+7.23E+01D	+6.366E+00	+0.000E+00
65-TB-159	(N:A)	63-EU-156	+1.52E+01D	+6.195E+00	+0.000E+00
65-TB-159	(N:2N)	65-TB-158	+1.53E+02Y	-8.132E+00	+8.184E+00
65-TB-159	(N:N,A)	63-EU-155	+4.76E+00Y	-1.297E-01	+1.305E-01
65-TB-159	(N:3N)	65-TB-157	+1.53E+02Y	-1.491E+01	+1.501E+01
66-DY-156	(N:P)	65-TB-156	+5.35E+00D	+3.678E-01	+0.000E+00
66-DY-156	(N:P)	65-TB-156M	+1.02E+00D	+3.251E-01	+0.000E+00
66-DY-156	(N:D)	65-TB-155	+5.32E+00D	-4.323E+00	+4.351E+00
66-DY-156	(N:A)	64-GD-153	+2.42E+02D	+8.256E+00	+0.000E+00
66-DY-156	(N:N,P)	65-TB-155	+5.32E+00D	-6.540E+00	+6.583E+00
66-DY-156	(N:N,T)	65-TB-153	+2.34E+00D	-1.413E+01	+1.422E+01
66-DY-156	(N:3N)	66-DY-154	+3.05E+06Y	-1.626E+01	+1.637E+01
66-DY-158	(N:G)	66-DY-159	+1.44E+02D	+6.835E+00	+0.000E+00
66-DY-158	(N:P)	65-TB-158	+1.53E+02Y	-1.439E-01	+1.448E-01
66-DY-158	(N:D)	65-TB-157	+1.53E+02Y	-4.706E+00	+4.737E+00
66-DY-158	(N:T)	65-TB-156	+5.35E+00D	-7.180E+00	+7.226E+00
66-DY-158	(N:T)	65-TB-156M	+1.02E+00D	-7.222E+00	+7.269E+00
66-DY-158	(N:N,P)	65-TB-157	+1.53E+02Y	-6.924E+00	+6.968E+00
66-DY-158	(N:N,D)	65-TB-156	+5.35E+00D	-1.343E+01	+1.352E+01
66-DY-158	(N:N,D)	65-TB-156M	+1.02E+00D	-1.348E+01	+1.356E+01
66-DY-158	(N:N,T)	65-TB-155	+5.32E+00D	-1.409E+01	+1.418E+01
66-DY-160	(N:P)	65-TB-160	+7.23E+01D	-1.039E+00	+1.046E+00
66-DY-160	(N:T)	65-TB-158	+1.53E+02Y	-7.066E+00	+7.111E+00
66-DY-160	(N:2N)	66-DY-159	+1.44E+02D	-8.558E+00	+8.613E+00
66-DY-160	(N:N,D)	65-TB-158	+1.53E+02Y	-1.332E+01	+1.341E+01
66-DY-160	(N:N,T)	65-TB-157	+1.53E+02Y	-1.385E+01	+1.393E+01
66-DY-161	(N:P)	65-TB-161	+6.90E+00D	+1.972E-01	+0.000E+00
66-DY-161	(N:D)	65-TB-160	+7.23E+01D	-5.289E+00	+5.323E+00
66-DY-161	(N:N,P)	65-TB-160	+7.23E+01D	-7.507E+00	+7.554E+00
66-DY-161	(N:N,T)	65-TB-158	+1.53E+02Y	-1.353E+01	+1.362E+01

Table A.3 (Continued)

TARGET	REACTION	DAUGHTER	HALF-LIFE	Q-VALUE	THRESHOLD
66-DY-161	(N:3N)	66-DY-159	+1.44E+02D	-1.503E+01	+1.512E+01
66-DY-162	(N:D)	65-TB-161	+6.90E+00D	-5.772E+00	+5.809E+00
66-DY-162	(N:T)	65-TB-160	+7.23E+01D	-7.208E+00	+7.254E+00
66-DY-162	(N:N,P)	65-TB-161	+6.90E+00D	-7.990E+00	+8.040E+00
66-DY-162	(N:N,D)	65-TB-160	+7.23E+01D	-1.346E+01	+1.355E+01
66-DY-163	(N:T)	65-TB-161	+6.90E+00D	-5.787E+00	+5.823E+00
66-DY-163	(N:N,D)	65-TB-161	+6.90E+00D	-1.204E+01	+1.212E+01
66-DY-163	(N:N,T)	65-TB-160	+7.23E+01D	-1.349E+01	+1.358E+01
66-DY-164	(N:N,T)	65-TB-161	+6.90E+00D	-1.345E+01	+1.353E+01
67-HO-165	(N:G)	67-HO-166	+1.12E+00D	+6.252E+00	+0.000E+00
67-HO-165	(N:G)	67-HO-166M	+1.22E+03Y	+6.238E+00	+0.000E+00
67-HO-165	(N:N,A)	65-TB-161	+6.90E+00D	+1.546E-01	+0.000E+00
67-HO-165	(N:3N)	67-HO-163	+3.36E+01Y	-1.464E+01	+1.473E+01
68-ER-162	(N:A)	66-DY-159	+1.44E+02D	+8.484E+00	+0.000E+00
68-ER-162	(N:3N)	68-ER-160	+1.19E+00D	-1.642E+01	+1.652E+01
68-ER-164	(N:D)	67-HO-163	+3.36E+01Y	-4.621E+00	+4.650E+00
68-ER-164	(N:N,P)	67-HO-163	+3.36E+01Y	-6.839E+00	+6.881E+00
68-ER-166	(N:P)	67-HO-166	+1.12E+00D	-1.054E+00	+1.060E+00
68-ER-166	(N:P)	67-HO-166M	+1.22E+03Y	-1.068E+00	+1.074E+00
68-ER-166	(N:N,T)	67-HO-163	+3.36E+01Y	-1.348E+01	+1.356E+01
68-ER-167	(N:D)	67-HO-166	+1.12E+00D	-5.275E+00	+5.307E+00
68-ER-167	(N:D)	67-HO-166M	+1.22E+03Y	-5.289E+00	+5.321E+00
68-ER-167	(N:N,P)	67-HO-166	+1.12E+00D	-7.492E+00	+7.538E+00
68-ER-167	(N:N,P)	67-HO-166M	+1.22E+03Y	-7.507E+00	+7.552E+00
68-ER-167	(N:2P)	66-DY-166	+3.40E+00D	-7.194E+00	+7.238E+00
68-ER-168	(N:G)	68-ER-169	+9.40E+00D	+5.996E+00	+0.000E+00
68-ER-168	(N:T)	67-HO-166	+1.12E+00D	-6.782E+00	+6.823E+00
68-ER-168	(N:T)	67-HO-166M	+1.22E+03Y	-6.796E+00	+6.837E+00
68-ER-168	(N:H)	66-DY-166	+3.40E+00D	-7.251E+00	+7.295E+00
68-ER-168	(N:N,D)	67-HO-166	+1.12E+00D	-1.304E+01	+1.311E+01
68-ER-168	(N:N,D)	67-HO-166M	+1.22E+03Y	-1.305E+01	+1.313E+01
68-ER-170	(N:2N)	68-ER-169	+9.40E+00D	-7.251E+00	+7.294E+00
68-ER-170	(N:N,A)	66-DY-166	+3.40E+00D	+6.929E-02	+0.000E+00
69-TM-169	(N:G)	69-TM-170	+1.29E+02D	+6.593E+00	+0.000E+00
69-TM-169	(N:P)	68-ER-169	+9.40E+00D	+4.388E-01	+0.000E+00
69-TM-169	(N:A)	67-HO-166	+1.12E+00D	+7.460E+00	+0.000E+00
69-TM-169	(N:A)	67-HO-166M	+1.22E+03Y	+7.446E+00	+0.000E+00
69-TM-169	(N:2N)	69-TM-168	+9.31E+01D	-8.018E+00	+8.066E+00
69-TM-169	(N:3N)	69-TM-167	+9.24E+00D	-1.487E+01	+1.496E+01
72-HF-174	(N:G)	72-HF-175	+7.00E+01D	+6.792E+00	+0.000E+00
72-HF-174	(N:P)	71-LU-174	+3.37E+00Y	+5.383E-01	+0.000E+00
72-HF-174	(N:P)	71-LU-174M	+1.42E+02D	+3.678E-01	+0.000E+00
72-HF-174	(N:D)	71-LU-173	+1.39E+00Y	-4.010E+00	+4.033E+00
72-HF-174	(N:T)	71-LU-172	+6.70E+00D	-5.971E+00	+6.007E+00
72-HF-174	(N:2N)	72-HF-173	+1.00E+00D	-8.615E+00	+8.665E+00
72-HF-174	(N:N,P)	71-LU-173	+1.39E+00Y	-6.227E+00	+6.264E+00
72-HF-174	(N:N,D)	71-LU-172	+6.70E+00D	-1.223E+01	+1.230E+01

Table A.3 (Continued)

TARGET	REACTION	DAUGHTER	HALF-LIFE	Q-VALUE	THRESHOLD
72-HF-174	(N:N,T)	71-LU-171	+8.24E+00D	-1.294E+01	+1.301E+01
72-HF-174	(N:3N)	72-HF-172	+1.90E+00Y	-1.562E+01	+1.571E+01
72-HF-176	(N:T)	71-LU-174	+3.37E+00Y	-5.872E+00	+5.906E+00
72-HF-176	(N:T)	71-LU-174M	+1.42E+02D	-6.043E+00	+6.078E+00
72-HF-176	(N:2N)	72-HF-175	+7.00E+01D	-8.089E+00	+8.136E+00
72-HF-176	(N:N,D)	71-LU-174	+3.37E+00Y	-1.213E+01	+1.220E+01
72-HF-176	(N:N,D)	71-LU-174M	+1.42E+02D	-1.230E+01	+1.237E+01
72-HF-176	(N:N,T)	71-LU-173	+1.39E+00Y	-1.264E+01	+1.271E+01
72-HF-176	(N:2P)	70-YB-175	+4.19E+00D	-6.384E+00	+6.420E+00
72-HF-177	(N:P)	71-LU-177	+6.71E+00D	+2.967E-01	+0.000E+00
72-HF-177	(N:P)	71-LU-177M	+1.61E+02D	-6.698E-01	+6.736E-01
72-HF-177	(N:H)	70-YB-175	+4.19E+00D	-5.048E+00	+5.077E+00
72-HF-177	(N:N,T)	71-LU-174	+3.37E+00Y	-1.225E+01	+1.232E+01
72-HF-177	(N:N,T)	71-LU-174M	+1.42E+02D	-1.242E+01	+1.250E+01
72-HF-177	(N:3N)	72-HF-175	+7.00E+01D	-1.447E+01	+1.455E+01
72-HF-178	(N:D)	71-LU-177	+6.71E+00D	-5.119E+00	+5.148E+00
72-HF-178	(N:D)	71-LU-177M	+1.61E+02D	-6.085E+00	+6.120E+00
72-HF-178	(N:A)	70-YB-175	+4.19E+00D	+7.901E+00	+0.000E+00
72-HF-178	(N:N,P)	71-LU-177	+6.71E+00D	-7.336E+00	+7.378E+00
72-HF-178	(N:N,P)	71-LU-177M	+1.61E+02D	-8.303E+00	+8.350E+00
72-HF-179	(N:T)	71-LU-177	+6.71E+00D	-4.948E+00	+4.976E+00
72-HF-179	(N:T)	71-LU-177M	+1.61E+02D	-5.915E+00	+5.948E+00
72-HF-179	(N:N,D)	71-LU-177	+6.71E+00D	-1.120E+01	+1.127E+01
72-HF-179	(N:N,D)	71-LU-177M	+1.61E+02D	-1.217E+01	+1.224E+01
72-HF-179	(N:N,A)	70-YB-175	+4.19E+00D	+1.803E+00	+0.000E+00
72-HF-180	(N:G)	72-HF-181	+4.24E+01D	+5.698E+00	+0.000E+00
72-HF-180	(N:N,T)	71-LU-177	+6.71E+00D	-1.234E+01	+1.241E+01
72-HF-180	(N:N,T)	71-LU-177M	+1.61E+02D	-1.331E+01	+1.338E+01
73-TA-180M	(N:A)	71-LU-177	+6.71E+00D	+9.194E+00	+0.000E+00
73-TA-180M	(N:A)	71-LU-177M	+1.61E+02D	+8.228E+00	+0.000E+00
73-TA-180M	(N:2N)	73-TA-179	+1.85E+00Y	-6.554E+00	+6.591E+00
73-TA-181	(N:G)	73-TA-182	+1.15E+02D	+6.067E+00	+0.000E+00
73-TA-181	(N:P)	72-HF-181	+4.24E+01D	-2.150E-01	+2.162E-01
73-TA-181	(N:N,A)	71-LU-177	+6.71E+00D	+1.548E+00	+0.000E+00
73-TA-181	(N:N,A)	71-LU-177M	+1.61E+02D	+5.810E-01	+0.000E+00
73-TA-181	(N:3N)	73-TA-179	+1.85E+00Y	-1.420E+01	+1.428E+01
74-W -180	(N:G)	74-W -181	+1.21E+02D	+6.679E+00	+0.000E+00
74-W -180	(N:D)	73-TA-179	+1.85E+00Y	-4.337E+00	+4.361E+00
74-W -180	(N:N,P)	73-TA-179	+1.85E+00Y	-6.554E+00	+6.591E+00
74-W -180	(N:N,T)	73-TA-177	+2.36E+00D	-1.285E+01	+1.292E+01
74-W -180	(N:3N)	74-W -178	+2.17E+01D	-1.532E+01	+1.541E+01
74-W -182	(N:P)	73-TA-182	+1.15E+02D	-1.025E+00	+1.031E+00
74-W -182	(N:2N)	74-W -181	+1.21E+02D	-8.061E+00	+8.106E+00
74-W -182	(N:N,T)	73-TA-179	+1.85E+00Y	-1.282E+01	+1.289E+01
74-W -182	(N:2P)	72-HF-181	+4.24E+01D	-7.322E+00	+7.363E+00
74-W -183	(N:P)	73-TA-183	+5.10E+00D	-2.718E-01	+2.733E-01
74-W -183	(N:D)	73-TA-182	+1.15E+02D	-4.991E+00	+5.018E+00
74-W -183	(N:H)	72-HF-181	+4.24E+01D	-5.787E+00	+5.819E+00
74-W -183	(N:N,P)	73-TA-182	+1.15E+02D	-7.208E+00	+7.248E+00

Table A.3 (Continued)

TARGET	REACTION	DAUGHTER	HALF-LIFE	Q-VALUE	THRESHOLD
74-W -183	(N:3N)	74-W -181	+1.21E+02D	-1.424E+01	+1.432E+01
74-W -184	(N:G)	74-W -185	+7.51E+01D	+5.755E+00	+0.000E+00
74-W -184	(N:D)	73-TA-183	+5.10E+00D	-5.474E+00	+5.504E+00
74-W -184	(N:T)	73-TA-182	+1.15E+02D	-6.142E+00	+6.176E+00
74-W -184	(N:A)	72-HF-181	+4.24E+01D	+7.375E+00	+0.000E+00
74-W -184	(N:N,P)	73-TA-183	+5.10E+00D	-7.691E+00	+7.734E+00
74-W -184	(N:N,D)	73-TA-182	+1.15E+02D	-1.240E+01	+1.246E+01
74-W -186	(N:2N)	74-W -185	+7.51E+01D	-7.180E+00	+7.219E+00
74-W -186	(N:N,T)	73-TA-183	+5.10E+00D	-1.215E+01	+1.222E+01
75-RE-185	(N:G)	75-RE-186	+3.78E+00D	+6.181E+00	+0.000E+00
75-RE-185	(N:G)	75-RE-186M	+2.04E+05Y	+6.039E+00	+0.000E+00
75-RE-185	(N:P)	74-W -185	+7.51E+01D	+3.678E-01	+0.000E+00
75-RE-185	(N:H)	73-TA-183	+5.10E+00D	-5.375E+00	+5.404E+00
75-RE-185	(N:A)	73-TA-182	+1.15E+02D	+8.271E+00	+0.000E+00
75-RE-185	(N:2N)	75-RE-184	+3.80E+01D	-7.663E+00	+7.705E+00
75-RE-185	(N:2N)	75-RE-184M	+1.65E+02D	-7.862E+00	+7.905E+00
75-RE-185	(N:3N)	75-RE-183	+2.92E+00D	-1.414E+01	+1.422E+01
75-RE-187	(N:T)	74-W -185	+7.51E+01D	-4.692E+00	+4.718E+00
75-RE-187	(N:2N)	75-RE-186	+3.78E+00D	-7.350E+00	+7.390E+00
75-RE-187	(N:2N)	75-RE-186M	+2.04E+05Y	-7.492E+00	+7.533E+00
75-RE-187	(N:N,D)	74-W -185	+7.51E+01D	-1.095E+01	+1.101E+01
75-RE-187	(N:N,A)	73-TA-183	+5.10E+00D	+1.661E+00	+0.000E+00
76-OS-184	(N:G)	76-OS-185	+9.36E+01D	+6.622E+00	+0.000E+00
76-OS-184	(N:P)	75-RE-184	+3.80E+01D	+7.515E-01	+0.000E+00
76-OS-184	(N:P)	75-RE-184M	+1.65E+02D	+5.526E-01	+0.000E+00
76-OS-184	(N:D)	75-RE-183	+2.92E+00D	-3.513E+00	+3.532E+00
76-OS-184	(N:T)	75-RE-182	+2.67E+00D	-5.673E+00	+5.704E+00
76-OS-184	(N:A)	74-W -181	+1.21E+02D	+9.649E+00	+0.000E+00
76-OS-184	(N:N,P)	75-RE-183	+2.92E+00D	-5.730E+00	+5.761E+00
76-OS-184	(N:N,D)	75-RE-182	+2.67E+00D	-1.193E+01	+1.199E+01
76-OS-186	(N:P)	75-RE-186	+3.78E+00D	-2.860E-01	+2.876E-01
76-OS-186	(N:P)	75-RE-186M	+2.04E+05Y	-4.282E-01	+4.305E-01
76-OS-186	(N:T)	75-RE-184	+3.80E+01D	-5.659E+00	+5.690E+00
76-OS-186	(N:T)	75-RE-184M	+1.65E+02D	-5.858E+00	+5.890E+00
76-OS-186	(N:2N)	76-OS-185	+9.36E+01D	-8.260E+00	+8.305E+00
76-OS-186	(N:N,D)	75-RE-184	+3.80E+01D	-1.191E+01	+1.198E+01
76-OS-186	(N:N,D)	75-RE-184M	+1.65E+02D	-1.211E+01	+1.218E+01
76-OS-186	(N:N,T)	75-RE-183	+2.92E+00D	-1.214E+01	+1.221E+01
76-OS-186	(N:2P)	74-W -185	+7.51E+01D	-6.114E+00	+6.147E+00
76-OS-187	(N:D)	75-RE-186	+3.78E+00D	-4.365E+00	+4.389E+00
76-OS-187	(N:D)	75-RE-186M	+2.04E+05Y	-4.507E+00	+4.532E+00
76-OS-187	(N:H)	74-W -185	+7.51E+01D	-4.692E+00	+4.718E+00
76-OS-187	(N:N,P)	75-RE-186	+3.78E+00D	-6.583E+00	+6.618E+00
76-OS-187	(N:N,P)	75-RE-186M	+2.04E+05Y	-6.725E+00	+6.761E+00
76-OS-187	(N:N,T)	75-RE-184	+3.80E+01D	-1.196E+01	+1.202E+01
76-OS-187	(N:N,T)	75-RE-184M	+1.65E+02D	-1.215E+01	+1.222E+01
76-OS-187	(N:3N)	76-OS-185	+9.36E+01D	-1.456E+01	+1.464E+01
76-OS-188	(N:T)	75-RE-186	+3.78E+00D	-6.085E+00	+6.118E+00
76-OS-188	(N:T)	75-RE-186M	+2.04E+05Y	-6.227E+00	+6.261E+00

Table A.3 (Continued)

TARGET	REACTION	DAUGHTER	HALF-LIFE	Q-VALUE	THRESHOLD
76-OS-188	(N:A)	74-W -185	+7.51E+01D	+7.901E+00	+0.000E+00
76-OS-188	(N:N,D)	75-RE-186	+3.78E+00D	-1.234E+01	+1.241E+01
76-OS-188	(N:N,D)	75-RE-186M	+2.04E+05Y	-1.248E+01	+1.255E+01
76-OS-189	(N:P)	75-RE-189	+1.01E+00D	-2.150E-01	+2.161E-01
76-OS-189	(N:N,T)	75-RE-186	+3.78E+00D	-1.201E+01	+1.208E+01
76-OS-189	(N:N,T)	75-RE-186M	+2.04E+05Y	-1.215E+01	+1.222E+01
76-OS-189	(N:N,A)	74-W -185	+7.51E+01D	+1.974E+00	+0.000E+00
76-OS-189	(N:2P)	74-W -188	+6.94E+01D	-6.824E+00	+6.861E+00
76-OS-190	(N:G)	76-OS-191	+1.54E+01D	+5.769E+00	+0.000E+00
76-OS-190	(N:D)	75-RE-189	+1.01E+00D	-5.787E+00	+5.818E+00
76-OS-190	(N:H)	74-W -188	+6.94E+01D	-6.895E+00	+6.932E+00
76-OS-190	(N:N,P)	75-RE-189	+1.01E+00D	-8.004E+00	+8.047E+00
76-OS-192	(N:G)	76-OS-193	+1.27E+00D	+5.584E+00	+0.000E+00
76-OS-192	(N:2N)	76-OS-191	+1.54E+01D	-7.535E+00	+7.575E+00
76-OS-192	(N:N,T)	75-RE-189	+1.01E+00D	-1.284E+01	+1.291E+01
76-OS-192	(N:N,A)	74-W -188	+6.94E+01D	+3.678E-01	+0.000E+00
77-IR-191	(N:G)	77-IR-192	+7.38E+01D	+6.210E+00	+0.000E+00
77-IR-191	(N:G)	77-IR-192N	+2.45E+02Y	+6.053E+00	+0.000E+00
77-IR-191	(N:P)	76-OS-191	+1.54E+01D	+4.957E-01	+0.000E+00
77-IR-191	(N:H)	75-RE-189	+1.01E+00D	-5.573E+00	+5.603E+00
77-IR-191	(N:2N)	77-IR-190	+1.18E+01D	-8.047E+00	+8.089E+00
77-IR-191	(N:3N)	77-IR-189	+1.32E+01D	-1.434E+01	+1.442E+01
77-IR-193	(N:P)	76-OS-193	+1.27E+00D	-3.429E-01	+3.447E-01
77-IR-193	(N:T)	76-OS-191	+1.54E+01D	-4.991E+00	+5.017E+00
77-IR-193	(N:2N)	77-IR-192	+7.38E+01D	-7.748E+00	+7.789E+00
77-IR-193	(N:2N)	77-IR-192N	+2.45E+02Y	-7.905E+00	+7.946E+00
77-IR-193	(N:N,D)	76-OS-191	+1.54E+01D	-1.124E+01	+1.130E+01
77-IR-193	(N:N,A)	75-RE-189	+1.01E+00D	+1.036E+00	+0.000E+00
82-PB-204	(N:G)	82-PB-205	+1.55E+07Y	+6.721E+00	+0.000E+00
82-PB-204	(N:P)	81-TL-204	+3.85E+00Y	+2.665E-02	+0.000E+00
82-PB-204	(N:T)	81-TL-202	+1.22E+01D	-6.000E+00	+6.030E+00
82-PB-204	(N:2N)	82-PB-203	+2.16E+00D	-8.388E+00	+8.429E+00
82-PB-204	(N:N,D)	81-TL-202	+1.22E+01D	-1.225E+01	+1.232E+01
82-PB-204	(N:N,T)	81-TL-201	+3.04E+00D	-1.288E+01	+1.294E+01
82-PB-204	(N:2P)	80-HG-203	+4.66E+01D	-6.341E+00	+6.373E+00
82-PB-204	(N:3N)	82-PB-202	+5.34E+04Y	-1.531E+01	+1.539E+01
82-PB-206	(N:T)	81-TL-204	+3.85E+00Y	-6.313E+00	+6.344E+00
82-PB-206	(N:A)	80-HG-203	+4.66E+01D	+7.133E+00	+0.000E+00
82-PB-206	(N:2N)	82-PB-205	+1.55E+07Y	-8.089E+00	+8.129E+00
82-PB-206	(N:N,D)	81-TL-204	+3.85E+00Y	-1.257E+01	+1.263E+01
82-PB-207	(N:N,T)	81-TL-204	+3.85E+00Y	-1.305E+01	+1.311E+01
82-PB-207	(N:N,A)	80-HG-203	+4.66E+01D	+3.962E-01	+0.000E+00
82-PB-207	(N:3N)	82-PB-205	+1.55E+07Y	-1.483E+01	+1.490E+01
83-BI-209	(N:G)	83-BI-210	+5.01E+00D	+4.603E+00	+0.000E+00
83-BI-209	(N:G)	83-BI-210M	+3.05E+06Y	+4.333E+00	+0.000E+00
83-BI-209	(N:2N)	83-BI-208	+3.75E+05Y	-7.450E+00	+7.486E+00