

(α, n) 反応データ・サブワーキング・グループ

(住原工) 松延廣幸

(α, n) 反応データ・サブワーキング・グループ (簡単な為、以下では本SWGと略す) は特殊目的核データ・ワーキング・グループの中のサブグループとしてS63年4月に発足した。本SWGの作業目的は名前の通り、(α, n) 反応に関するデータ (断面積、角度分布、中性子収率、中性子エネルギー・スペクトル等) を評価・整備し、ファイル化してユーザーに提供する事である。(α, n) 反応データの整備に関しては、JENDL-3完成後の作業テーマの一つとして、Post JENDL-3検討小委員会およびJENDL特殊目的核データ・ファイル検討小委員会で採り上げられ、且つ核種生成量評価ワーキング・グループ・リーダーの内藤倭孝氏 (原研) からも強い要望が出された事が発足の動機である。本SWGのメンバーは下記*の8名である。

現在、(α, n) 反応に関するデータの主たるユーザーは核燃料サイクルの分野の人達で、使用済燃料中に蓄積されたTRUから放出される α 線による中性子の発生を、輸送、貯蔵、再処理、再加工、と云った工程の遮蔽設計および臨界安全設計で考慮する必要からデータが要求されている。TRUから放出される α 線のエネルギーは4~7MeVの領域に集中しており、核燃料サイクルのみを対象にすれば、このエネルギー範囲でデータを整備すれば良いのであるが、本SWGでは将来要求されるであろう大型加速器 (既に建設が進んでいる加速器もあるが) の遮蔽用データも念頭に置いて、閾エネルギーから15MeV迄の領域で、評価、整備する事とした。

次に本SWGの作業形態に就いて述べると、(α, n) 反応に関する測定データを収集し、計算コードを用いて解析し、評価値を決定すると云った実作業は、住原工が核データ・センターから外注計算の形で受注して実施し、その途中経過 (作業進捗状況) を本SWGの会合で報告し、メンバーの人達に検討、討議してもらい、その結果のコメントを次のステップで活かすようにして作業を進めた。又、会合では上記検討の他にデータのファイル化迄の過程で問題となると考えられる事項に就て検討した。この検討事項に就ては後で述べる。評価すべき核種 (中性子放出核) に就ては、内藤氏より核データ・センターに要望を出してもらい、それに従ってS62年度は ^{17}O , ^{18}O , ^{nat}O , ^{12}C , ^{13}C および ^{nat}C の4核種、2元素、S63年度は

* (α, n) SWGメンバー:

飯島俊吾、村田徹、吉田正 (NAIG)、大沢孝明 (近畿大)、中川庸雄 (原研)、
八谷雅典、山室信弘 (データ工学)、松延廣幸 (住原工)

${}^6\text{Li}$, ${}^7\text{Li}$, ${}^{\text{nat}}\text{Li}$, ${}^{10}\text{B}$, ${}^{11}\text{B}$, ${}^{\text{nat}}\text{B}$, ${}^{23}\text{Na}$, ${}^{28}\text{Si}$, ${}^{29}\text{Si}$, ${}^{30}\text{Si}$ および ${}^{\text{nat}}\text{Si}$ の8核種、4元素に就て評価作業を行った。

測定データの現状、評価手法、および評価結果に就て簡単に述べると、 (α, n) 反応全断面積の測定データはどの核種も乏しく、上記の核種では多くて5, 6件で、 ${}^{28}\text{Si}$ に就ては皆無である。又、測定データには '80年代の新しいものも2, 3はあるが、概して '60年代および '50年代の古いものが多い。評価手法としては、これらの測定データの中から各核種毎に、最も信頼性が高いと思われるデータを選択し、このデータをglobalに再現するOMP (光学模型パラメータ) を見つける為にELIESE-3コードでパラメータのサーチ計算を行い、得られた最適OMP (と云っても与えられた制限時間内での結果であるが) で計算した結果を以て評価値とする事とした。しかし、 (α, n) 反応に於ては、15 MeV以下の領域は総べて共鳴領域であり、globalな形を再現すると云っても中々、容易ではない。そこで光学模型による計算ではどうしても再現出来ない領域は、本SWGメンバーのコメントに従って測定データそのものを評価値として採る事にした。次に中性子収率に関する測定データは3件しかないが年代は '79, '82, '83年で比較的新しい。又中性子エネルギー・スペクトルに関する測定データは '83年のJacobs and Liskien (ANE 10, 541)のデータ唯1件しかない。 α 粒子の入射エネルギーは4.0, 4.5, 5.0, 5.5 MeVの4点、測定された元素の中で、今回の評価元素と合致するものはB, C, O, Siの4元素で、LiおよびNaは無い。断面積の評価結果から、中性子収率(Y_n)を求めるにはZieglerのstopping power(Sp)の評価式を用いて

$$Y_n(E\alpha) = \int_0^{E\alpha} \left\{ \frac{\sigma_{\alpha n}(E)}{Sp(E)} \right\} dE \quad \text{を数値積分で求めた。又エネルギー・スペクトルを求める}$$

には、この中性子収率とELIESE-3の計算結果から得られるLegendre展開係数(B_l)とを入力としてORIGEN-JRコードを使用して算出した。計算結果を測定データと比較すると中性子収率、エネルギー・スペクトル共に満足出来る結果も2, 3あるが、大きくずれるケースの方が多い。この大きくずれるケースの中には、断面積と中性子収率の測定データの間大きなdiscrepancyを示すものが可成り含まれている。これらの評価結果の一部をFig.1, Fig.3, Fig.4に示す。

本SWGの会合は昨年、7月21日、10月20日、12月13日の3回開催されたが、各会合に於て上記の評価作業に就て検討する以外に、最終的にファイル化する迄の過程に於て考えておかねばならない、或いは解決しておかねばならない問題に就ても討議したり、解説をしてもらったりした。その主な事項を下に記載する。尚、これは必ずしも会合の時間的順序にはなっていない。

1. (α, n) 反応に関するOMPの調査

大沢委員が調査された資料を今回の作業で参考にさせて頂いた。

2. 荷電粒子核データの文献リストの入手

飯島委員に入手に就て仲介の労をとって頂いたが、これは未だ実現していない。

3. ファイル化する場合のフォーマットの問題

ENDF/B-VおよびB-VIの何れのフォーマットでも格納可能であるが、最終的にはB-VIのフォーマットがbetterであろうとの説明を中川委員にして頂いた。

4. 混合物体系の中性子収率

混合物から成る体系の中性子収率を各単体の中性子収率および原子数密度から求める方法(式の導出)に就て、飯島委員に解説して頂いた。

5. EGNASHコードによる解析

$^{51}\text{V}(\alpha, n)^{54}\text{Mn}$ 反応および $\text{Ni}(\alpha, p)^{61}\text{Cu}$ 反応をEGNASHコードで解析した結果(断面積およびthick target yield)に就て山室委員より報告並びに解説して頂いた。両反応共測定データを良く再現しており、今後は、特に (α, α') 以外の競争過程が入ってくる場合にはEGNASHを使用する必要がある。

6. Thick targetによる (α, n) neutron energy spectrum

厚いターゲットによる (α, n) 反応で放出される中性子のエネルギー・スペクトルを、kinematicsおよび変数変換に基いて求める計算方法およびその式の導出に就て飯島委員に解説して頂いた。

7. 共鳴理論に基づく (α, n) 反応断面積の解析

$^{13}\text{C}(\alpha, n)^{16}\text{O}$ 反応の断面積を2.0~5.5 MeVの領域で共鳴理論(single particle formula)を用いて解析した結果に就いて村田委員に報告並びに解説して頂いた。解析結果は測定データを極めて忠実に再現しており、本来共鳴理論を使用するのが適切であると思うが、 Γ_n , Γ_α , Γ_γ のような共鳴パラメータから決定するとなると、その労力は大変なものである。又、測定データの無い領域はどうするのかも問題である。この解析結果をFig.2に示す。

以上、過去1年間の本SWGの活動状況を簡単に御紹介したが、本SWGはS63年度3月末を以て発展的に解散する事となり、平成元年度からは荷電粒子核データ・ワーキング・グループとしてスタートする事になった。関心がお有りの諸兄には是非積極的に参加して頂きたいと切望している次第です。

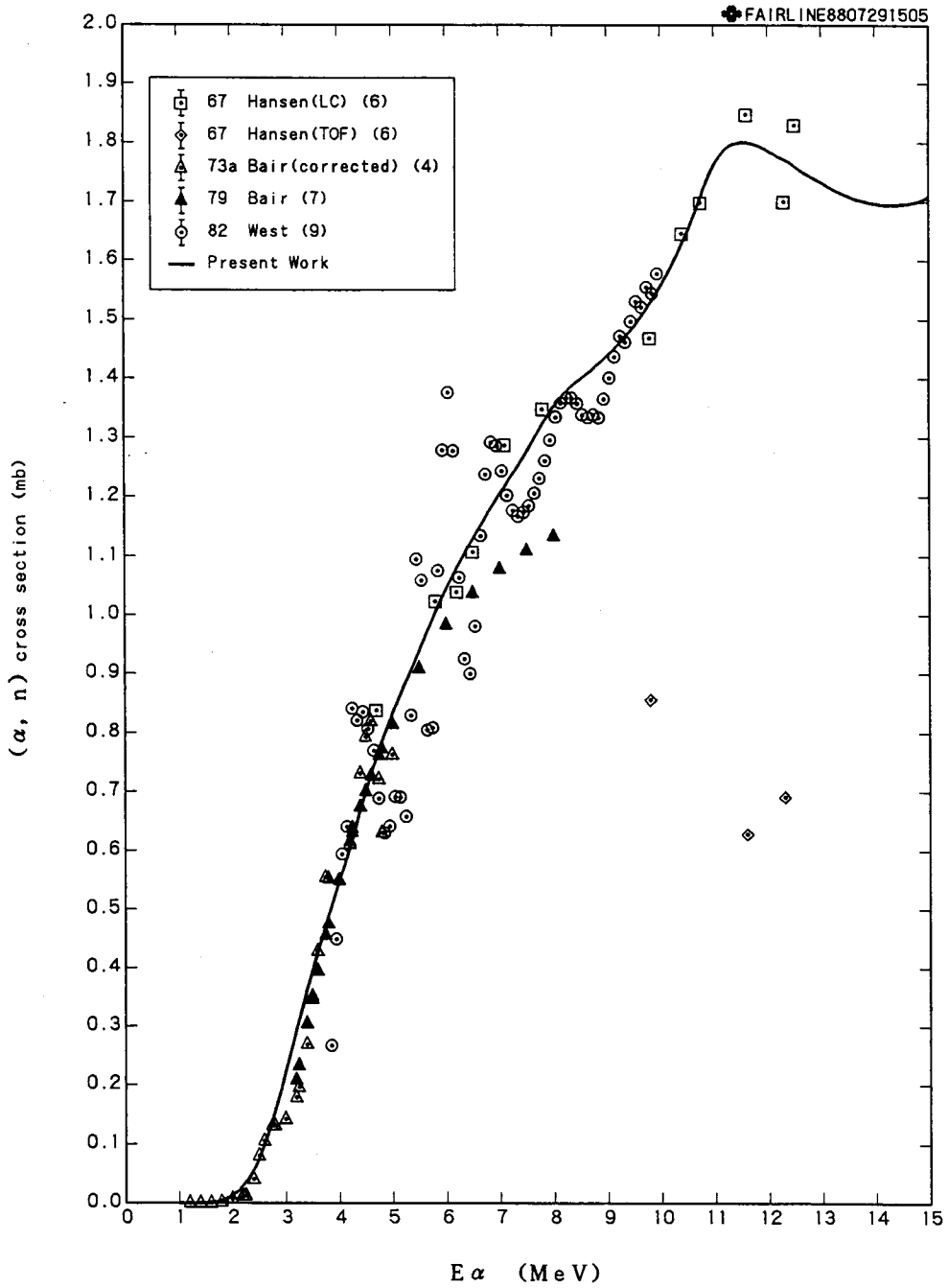


Fig.1 (α, n) Reaction Cross Section of ^{nat}O

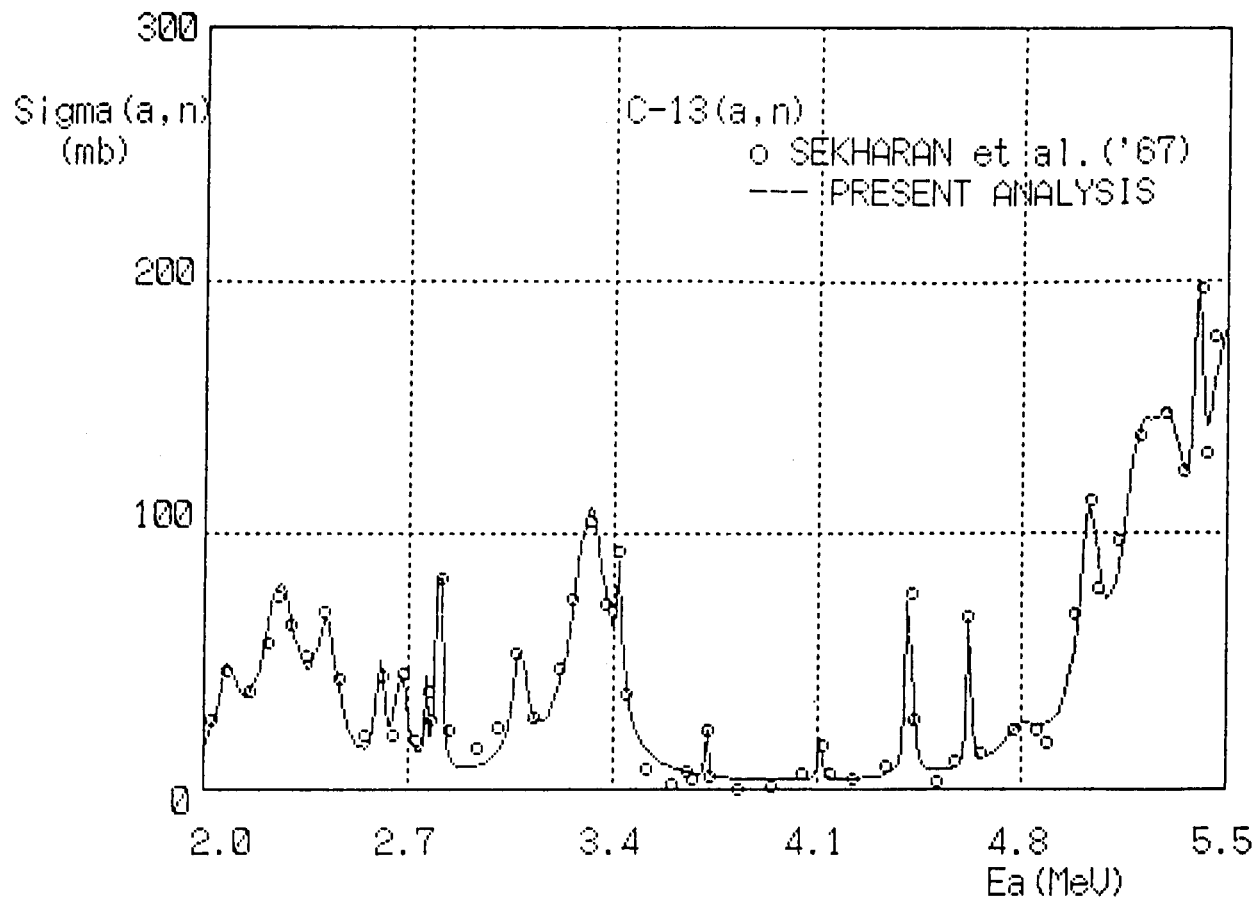


Fig.2 (α, n) Reaction Cross Section of ^{13}C Calculated on the Basis of the Resonance Theory (Presented by T. Murata)

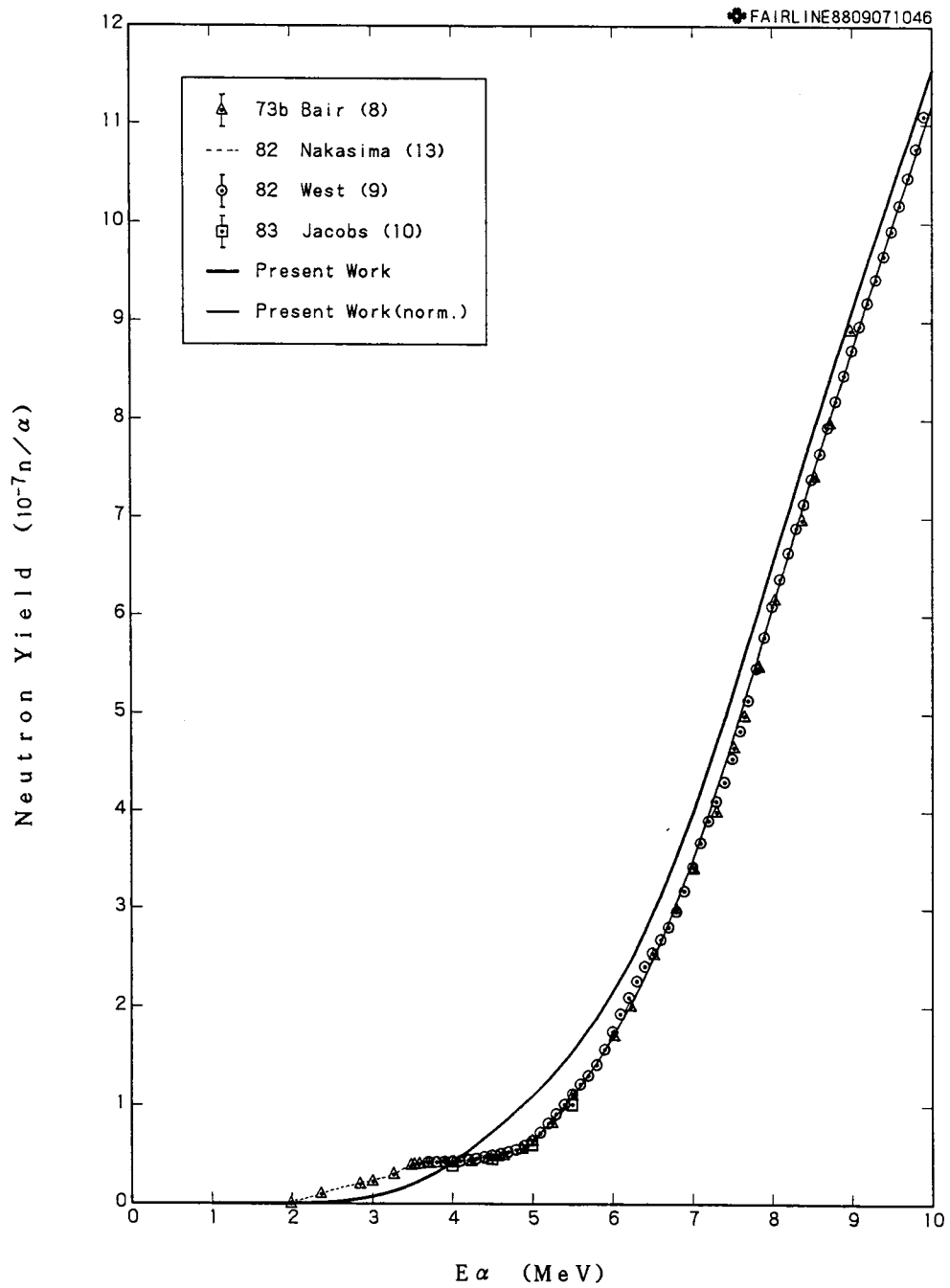


Fig.3 Neutron Yields in Carbon

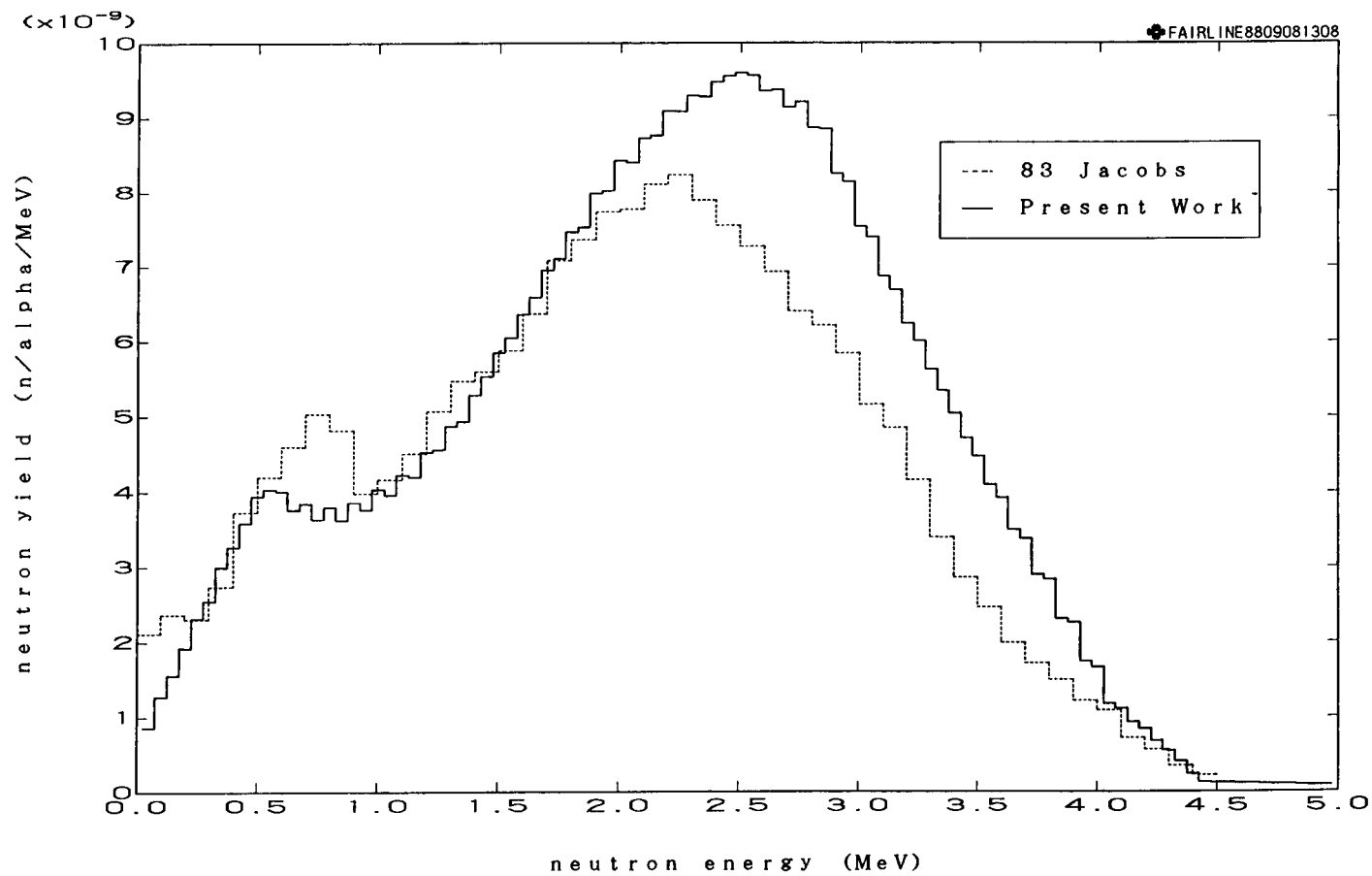


Fig.4 Neutron Energy Spectrum for Uranium Oxide at Incident Alpha Particle Energy = 5.5 MeV