

Fast Reactor Spectrum Measurement and their Interpretation

(IAEA-138)

馬 場 護 (東北大工)

本書は70年10月にANLで開かれたspecialist meeting における報告と討論のsummaryである。"Interpretation" は、ほとんどが技術side からのものでありfast reactor spectrometry における種々のtechnique の現状と問題点のreview がなされている。meeting は proton recoil spectrometry, Time of Flight, Other Counters の3 session に分れているが、全体としてintercomparison によって、信頼性をcheckすることに注意が払われている。又 USAEC や UK, Cadarache から sensitivity analysis が報告され、LMFBR の設計で要求されるスペクトルの精度($\leq 5\%$)や核断面積 Set をcheckする観点からの Spectrometry の重要性が強調されている。そしてこのmeeting で、in Core およびbulk の spectrometry を通して、scattering matrix など断面積 Set の問題点が指摘されており、spectrometry の重要性を考えるうえで興味深い。以下各 Session の主な内容をひろってみる。

I. Proton recoil spectrometry

このSession では Bennet type および Benjamine type のカウンターを用いた in Core Spectrometry が中心であるが、内容は sophisticated かつ膨大で、この有力なtechnique に対する各国の熱意がうかがえる。このtechnique の目標は数keV~数MeV の範囲で分解能 $<10\%$ 、精度 $<5\%$ (Broom field)であるが、50keV~1MeV ではかなり良好な測定精度($\leq 10\%$)となってきたことが分る。測定の信頼度 checkのために異ったカウンターおよび他の方法(主にT-O-F)とのinter comparison が各地で行われ、おおむね5~10%での一致がみられている。現在の主要な問題点として

(1) response function (2) gas gain および energy calibration
(3) resolution があげられている。これらは gas の種類、カウンターの構造, impurity などを通して複雑にからみあっている。UKにおいてMonte Carlo 法を用いた応答の Simulation が行われているが実験との一致はまだ不十分である。又 G·R·TではT-O-Fを用い、response function, energy calibrationを同時に調べる試みがなされている。これにより単色中性子では不可能であった。低エネルギー中性子に対する応答の決定や

gas gain に関する Diethorn の式の check も可能になることが期待される。energy calibration に $\text{He}^3(n, p)$ 反応を使用すると recombination による波高低下が現われること、F の共鳴が calibration に好都合なこと、impurity が gas gain の nonlinearity をもたらすこと、が指摘されている。ガス圧が分解能に与える影響も具体的に UK や ANL から報告されている。counter 間の normalization, wall-end effect の評価は 5% 以内の精度が可能であり、測定における perturbation や heterogeneity も問題にならない。W 値や封入ガスの種類の問題では意見の一致はみられておらず今後の問題とされている。

II. Time-of-Flight spectrometry

UK, KFK, G·R·T などの報告を中心に議論がなされ ANL の ZPRM における T-O-F の計画やソ連における reactor および simple assembly における T-O-F の計画が紹介されている。reactor pulse を考慮した unholding により、測定上限を 10 MeV 近くまであげる努力が UK や G·R·T で行われている。neutron kinetics のエネルギー依存性など興味あるがやっかいな問題がからんでくる。他の technique との intercomparison でも 1 MeV 以下では error の範囲での一致がみられるが、実験誤差が 8~15% 程度であり、factor 2 程度の改善が必要である。re-entrant hole, heterogeneity (flux の cell averaging), subcriticality による補正、などは一応問題にならない (2~3%) ので detector (^6Li glass scinti が多い) efficiency のエネルギー依存性が最も重要な error source である。Monte Carlo 計算と実験値の一致もよくなく、 ^6Li の断面積のみならず、むしろ Si, O などの効果や多重散乱の影響が問題となっているようである。(G·R·T, UK) ソ連では He^3 カウンターを使う計画がある。 B^{10} -NaI detector, large methane counter, Mn-bath などを使った calibration が K·F·K, UK, G·R·T などで進められている。

III. Other counters

ここでは数 100 keV 以上の technique が中心となり、在来のもとともに、いくつかの目新しい方法も報告されている。

(i) double scintillator method (UK)

連続ビームを用いて T-O-F を行うために VERA で使用されている方法で、薄い scintillator で中性子を散乱させ、第 2 の scintillator との間で T-O-F を測定するものである。0.3~8 MeV の範囲で測定がおこなわれ、unholding 法とちがいは response function が不要である利点を有する。原理的に統計は上げにくい。

(ii) triton unholding method (UK)

$\text{Li}^6(n, \alpha)t$ 反応の t pulse を unhold し, 数 keV まで測定下限を下げた例である。この反応の角分布や断面積の不確定性が大きく, 500 keV 以下では 15 % 程度の測定誤差になる。CEN より 2次元 analyser を用いた測定の有効性が報告されている。

(iii) He^3 spectrometer (KFK, ORNL)

He^3 サンドイッチカウンターの改良として, He^3 ガスを 2 つの proportional counter として使用し, four fold coincidence によりバックグラウンドをのぞく方法である。SNEAK で 100 keV ~ 5 MeV のスペクトル測定が可能であった。

(iv) In Core Scintillator Method

core 内に scintillator を持ちこみスペクトルを測定する方法であるが, 応答の方向依存性が問題である。

その他 ORNL で行われた unholding 法 (FEROR) の check では, T-O-F に比較し sharp な共鳴の follow は不満足である。(全体の sharp の再現はよい。) これは ORNL のように shield を目的にする場合に問題になる可能性があるろう。 He^3 proportional Counter も有力なものと思われるが ORNL での sharp discrimination により, distart された波高分布をとりのぞく試みが紹介されている。