

第2回高エネルギー核データ専門家会議

日本原子力研究所
深堀 智生、岸田 則生

1. はじめに

1991年の第1回に引き続き、第2回高エネルギー核データ専門家会議が、1995年1月26日と27日の両日、日本原子力研究所東海研究所において、62名の専門家の出席のもとに開催された。数 GeV までの入射エネルギーにおける高エネルギー核データは、放射性廃棄物処理のためのスポレーション中性子源、加速器の遮蔽設計、医療用放射性同位元素製造、放射線治療、宇宙空間での宇宙飛行士や装置への宇宙線の影響の研究、宇宙物理学などの多岐にわたる分野から必要とされている。第1回専門家会議の後、わが国では評価及び理論的研究の進展及びその結果の集積があり、諸外国での高エネルギー核データ評価活動も盛んになってきた。このような状況を受け、プログラム委員会では、高エネルギー核データの評価済ファイルを整備するという視点に立って、高エネルギー核反応断面積計算理論の進展、評価の現状と問題点、微分・積分測定データ、高エネルギー核データ利用の4つをメインテーマとして選び、ほぼ均等に講演題目を割り振った。講演題目と講演者はすべて実行委員会で決定し、一般公募は行わなかった。講演時間は前回一時間ずつで行ったところ、易しい話から始めてもらえるので、良く分かったと好評だったので、前回通りとした。

本報告では、専門家会議において発表されたトピックスについて概要をレビューし、簡単な総括を行う。末尾に第2回高エネルギー核データ専門家会議のプログラムを掲載しておく。発表論文及び詳細な議論については、近々 JAERI-Conf として報文集が発行される予定であるので、これを参考にして頂きたい。

2. 理 論

半古典的歪曲波 (Semiclassical Distorted Wave: SCDW) モデルの最近の進展の話題を中心に統計的多段階直接反応の半古典的アプローチについての講演が渡辺幸信氏(九大)からなされた。従来の歪曲波 Born 近似 (DWBA) の手法を統計的多段階直接反応過程に拡張し、前平衡過程のうち2段階放出過程までについて closed-form により定式化に成功している。また、これを用いて、65 ~ 200 MeV の陽子入射-核子放出反応について実験値及び他の理論との比較を行った。前方角の過大評価、後方角の過小評価

が若干残るものの、全体的によい一致を示している。今後の改良が期待される。

続いて、原子核はハドロン多体系であり、その時間変化が核反応に対応するという立場から、核反応を多ハドロン系の時空間における輸送現象と見なし、微視的シミュレーションの手法で記述する一つの試みとして知られている量子論的分子動力学法（QMD）の最近の進展に関して丸山敏毅氏（原研）が講演した。核データ評価にも応用するための高エネルギー（数 GeV）側への拡張として、相対論的効果を考慮し、 π 中間子及び核子の励起状態に関する情報を格納したバージョンを作成した。また、重イオンの核融合反応領域に代表される比較的低エネルギー側への拡張として、波束幅に当たる量を時間とともに可変にすることにより、クラスター構造など多くの現象が再現できるようになったことなどが報告された。今後発展の期待される分野である。更に詳しく内容を知りたい方は、本号の解説記事に同氏が投稿されているので、そちらを参照されたい。

3. 評 価

評価セッションの最初として中原康明氏（原研）が従来の高エネルギー核子入射核データ計算コードを核子・中間子輸送コード NMTC を共通の祖先としている核内カスケード（+前平衡過程）+蒸発過程としてモデル化したコード、前平衡過程+蒸発・核分裂の組み合わせを基本とした解析型コード、QMD を基本とするコードに分類し、その問題点をレビューした。核断面積、核半径、核内核子空間分布、中間子発生データベース、核物質中での陽子、中性子、中間子の質量とサイズ等に関する問題点の指摘があった。

次に、高田弘氏（原研）から NEA/NSC 中高エネルギー核データに対する国際コード比較について結果及びそのフォローアップについて報告された。NEA/NSC が中高エネルギー領域の核反応計算に利用できるコードの特徴、精度を把握する目的で、 ^{90}Zr 、 ^{208}Pb の 25 MeV ~ 1.6 GeV の陽子入射に対する反応断面積、陽子・中性子生成率、エネルギー-角度二重微分断面積に関するベンチマーク計算を主催し、現状の計算精度は二重微分断面積についてファクター 2、微分断面積については 30 %であることがわかった。今後、核種生成、高エネルギー核分裂反応、中間子生成、クラスター放出についてのベンチマークが進められる予定である。

続いて、10 MeV から 1 GeV のエネルギー領域におけるアクチノイドの中性子及び陽子入射反応断面積の計算について V.A.Konshin 氏（原研）の講演があった。STAPRE、GNASH、CASCADE コードを用いた数 MeV から数 GeV のエネルギー範囲にわたった計算のレビューでアクチノイドに関する種々の断面積が系統的に良く再現できることが示された。ただし、同じ様な図が次から次へ出されたので、詳細に検討することが難し

かった。

評価セッションの最後に、筆者が JENDL 高エネルギーファイルのための核データ評価の現状について、20 ～ 50 MeV 及び 50 ～ 1000 MeV の同位体生成断面積におけるシグマ委員会でのベンチマークテスト、ファイルのフォーマット等に関する検討を含めて報告した。上述の NEA/NSC のベンチマークと合わせて検討すると、現状では、同位体生成断面積には前平衡過程系のコードが、二重微分断面積にはシミュレーション系のコードが適しているといえる。シグマ委員会での評価済中高エネルギーファイルは、エネルギー領域によって2つのフェーズに分けて作成されることになっており、第1フェーズでは 50 MeV までの中性子及び陽子入射データ評価を従来型の手法を拡張することにより行い、第2フェーズでは、上述の研究の進展をふまえて、数 GeV のエネルギー領域までファイルを拡張する予定である。更に、光核反応データや材料損傷解析の基礎となる一次弾き出し原子 (PKA) /ケルマ因子ファイルの作成も計画されている。

4. 実 験

まず最初に、CYRIC、TIARA 及び理研サイクロトロンにおいて加速器遮蔽研究グループが行っている 20 MeV 以上のエネルギーの最近の中性子実験のレビューを中村尚司氏 (東北大) が行った。これら施設を総合した 20 ～ 135 MeV の中性子場を用いて検出器の較正、放射化断面積の測定、二次粒子スペクトルの測定、鉄及びコンクリートの中性子透過実験等を行っている。

続いて、KEK における高エネルギー陽子を用いた一連の、中性子及び π 中間子の二重微分断面積の測定 (石橋健二氏 (九大)) 及び厚い鉛ターゲットからの中性子スペクトルの測定 (明午伸一郎氏 (原研)) についての講演がそれぞれ行われた。入射陽子エネルギーは、二重微分断面積に関しては 0.8、1.5、3.0 GeV、厚いターゲットからの中性子スペクトルに関しては 0.5、1.5 GeV である。

これら実験について、精度に関して改良の余地はあるものの、国産の実験データを提供するものとして大きな期待がかけられている。また、双方の実験のカバーしていないエネルギー領域 (200 ～ 500 MeV) に関する今後の進展が待たれる。

5. 利 用

高エネルギー核データの利用に関して、それぞれ加速器、宇宙開発、医学利用の観点からの3件の講演があった。

大強度陽子加速器とその応用に関して原研の陽子工学センター構想について、大強度陽子加速器の開発から陽子ビームの利用法に至るまでの概略が田中俊一氏 (原研) から

報告された。大石晃嗣氏（清水建設）からは、夢のある月面基地構想に関するレビューとこれに関連した宇宙放射線遮蔽の問題点についての講演があった。高エネルギー重イオンを用いた放射線治療についての金井達明氏（放医研）の講演では、最近始まった放医研 HIMAC を用いた医療照射に関する技術的な視点からの概要が報告された。

6. まとめ

以下に、今回の専門家会議に関するプログラム委員会の反省及び総括を記して、まとめとしたい。

- 1) プログラムの割り振りが第1回と同様に、理論、評価、実験、利用で発表タイトルに似通っていたが、内容的には前回より洗練され、高エネルギー核データ評価に対する認識が、よりはっきりしてきたような印象を得た。しかし、講演題目だけみると第一回と余りかわりばえのしないのも確かなので、もし第3回をやるならば公募講演を考慮した方が、意外なテーマが出てくるかもしれない。特に、利用者サイドの講演テーマの選択にはもう少し考慮の余地が残っているように感じた。
- 2) 発表時間を全て1時間としたため、十分に説明及び質疑応答が出来た。ただし、質問時間を15分としたが、講演によっては少し持て余し気味だったかも知れない。
- 3) 参加者が前回の50名を超え、62名であったため、会場が狭かったようである。しかし、あまり大きな会議にする予定ではなかったので、予想外の参加者があったと考えられる。
- 4) 今回の会議で、核内カスケードモデルの問題点やQMDモデルを実際の評価に使用する場合の困難さ（計算時間）が明らかになるなど、会議内容も成熟してきたので、次回からは、ワークショップ形式にして現在考え得る最高の核内カスケードモデルの仕様を作成する等を考えてみるのも良いと思われる。

謝 辞

お忙しい中報告ををして頂いた各発表者の方々及び参加者の皆様に感謝の意を表します。プログラム委員会及び核データセンターの皆さんには会議の運営に当たって大変お世話になりました。心より感謝いたします。

第2回高エネルギー核データ専門家会議プログラム

日 時： 1995 年 1 月 26 日（木）～ 27 日（金）

場 所： 日本原子力研究所 東海研究所 第 5 会議室

1 月 26 日（木）

9:55 - 10:00 開会の辞 (原研) 吉田 弘幸

10:00 - 12:00 1. 理 論 座長： (CRC 総研) 岸田 則生

1.1 Luo-Kawai の理論の進展 (九大) 渡辺 幸信

1.2 QMD 理論の進展 (原研) 丸山 敏毅

13:00 - 15:00 2. 評 価 (1) 座長： (九大) 石橋 健二

2.1 高エネルギー核子入射反応シミュレーションの問題点 (原研) 中原 康明

2.2 NEANSC / 国際コード比較の現状 (原研) 高田 弘

15:30 - 17:30 3. 評 価 (2) 座長： (九大) 渡辺 幸信

3.1 JENDL 高エネルギーファイルの現状 (原研) 深堀 智生

3.2 高エネルギー核分裂の計算 (原研) V Konshin

1 月 27 日（金）

9:00 - 12:00 4. 実 験 座長： (東北大) 馬場 護

4.1 TIARA に於ける実験のレビュー (東北大) 中村 尚司

4.2 KEK に於ける陽子入射二重微分断面積の測定 (九大) 石橋 健二

4.3 0.5 及び 15 GeV 陽子による鉛体系の実験 (原研) 明午 伸一郎

13:00 - 15:00 5. 利 用 (1) 座長： (原研) 千葉 敏

5.1 陽子工学センター構想について (原研) 田中 俊一

5.2 月面基地 (清水建設) 大石 晃嗣

15:15 - 16:15 6. 利 用 (2) 座長： (理研) 上養 義朋

6.1 高エネルギー核データの医学利用について (放医研) 金井 達明

16:15 - 16:20 閉会の辞 (原研) 菊池 康之