

話 題

OECD/NEA「核分裂生成物の収率と崩壊データ」 専門家会議に出席して

NAIG 吉田 正

一昨年の秋、BNLのR.E.Chrienから一通の手紙を受けとり、標記の会議の organization/program committeeのメンバーになるよう依頼された。これが発端である。委員会はアメリカの6人とフランス、イスラエル、イギリス、スウェーデン、日本の各1名の計11人から成り、約半年の間、コメントのやりとりとプログラムの推敲がくり返され、58年4月までに最終プログラムがほぼ確定した。日本からは、少なくとも一件レビューペーパーを出すことで話を進め、発表者としては原研安全工学部の田坂完二氏、又は核データセンターの松本純一郎氏をあてにしていた。しかし、両氏とも他の会議との重複や旅費の申請時期といった問題で行けそうにないということになり、急速発表の方も私に役が回ってきた。しかし、役が回って来たからといっても、私の所属する会社内部での理解と助力がなければ、日本からの出席者ゼロということになっていたわけで、会議が盛会で実り多かつただけに、感謝の意を表しておきたい。

アメリカ訪問は3年前の昭和56年以来2度目である。その時は、はじめてのアメリカという緊張と夏のフロリダの炎熱が時差ボケを助長し、疲労困憊した記憶がある。その後 Hanford Engineering Development Laboratoryのある Washington州 Richland を訪れ、おだやかな気候と落ついた町の雰囲気、そして何よりも Robert E. Schenter をはじめとする HEDL の人達のあたたかいもてなしで生気をとりもどした。そこで今回は Richland を最初の訪問地に選んだ。Richland では Cross Section Evaluation Working Groupの核分裂生成物の部門の chairmanである、上記の Bob Schenter や、光学・統計モデルコード HAUSER (日本の CASTHY に相当する)の作者 F.M. Mann, 核データから評価の数学的手法をカバーする F. Schmitz, 核融合炉用構造材の照射試験を行う Fusion Material Irradiation Test Facilityの建設のため奔走中の D.G. Doran といった人達と会った。折しも、F.M. Mannのカルフォルニア時代の師である Fowler がノーベル物理学賞を受けたとのニュースが入り、ひとしきり、この話題が食事の席をにぎわせたものである。

NEAの会議の開かれる Brookhaven は私は初めてで、その上日本を発つ前から、New Yorkからの交通の不便さについて聞かされていた。一計を案じ、Hanfordから同会議に出る Bob Schenter 達と途中で合流できないものかともちかけ、スケジュールを照合すると、何と Salt Lake City → New York間は同じ飛行機。これで一安心し、私は次の訪問地 Idaho Falls へ向った。田舎バスに羽根が生えたような commuter での旅を終え、4日後 Salt Lake City 空港のゲートで Bob Schen-

ter, Fred Mannと再会。Fred Mannが借りたHertzのレンタカーで激しい雨の中、BNL centerに着いたのは夜9時すぎであった。翌朝、ピックアップの白いバンを見のがし、30分ほど遅れて会場につく。まず、出席できなくなった東大炉の秋山雅胤氏にかわって、秋山氏—安教授の『14MeV中性子による ^{232}Th , $^{235,238}\text{U}$ の崩壊熱』のポスターのセッティングを行った。

昼食は米国人の business time であるようだ。夕食では比較的くつろいだ話題を選ぶが、昼食の席では仕事の話が主。この日は Los Alamos の D. Madland (長身でキューピーみたいな顔立ちの scientist), Oak Ridge の J.K. Dickens (崩壊熱の有名な測定をやった。陽気だが自己主張も強く、一人でしゃべりまくる) と同席。Madland は変形した光学ポテンシャルのパラメータ決定をやっているが、ガイドラインになる断面積データがなかなか無い。日本で 1.5~20 MeV 中性子で希土類とアクチニドの σ_t , σ_{el} , σ_{inel} を測定している人を知っていたら知らせしてほしいこと。また fission spectrum の測定, fission spectrum averaged cross section の測定をやっている人がいたらコンタクトしたいむねを述べ、私は日本に帰ってから核データセンターの人と連絡をとり事情をしらべてやることを約束した。午後、Bob Schenter に、夜の 8 時から decay heat の workshop をやるからお前も出ると言われる。Workshop に先立って、2 台の車に分乗して BNL site を出、20 分程行った所のレストランで夕食。同席者は、ヨーロッパでの崩壊熱研究の第一人者と言える英国の Alan Tobias。西独マインツのプロフェッサーで核化学の K.L. Kratz。彼は小柄だがドイツ人の典型のようなガンコな一面を持ち合わせている。いかにも英国の上流の出といった感じの Birmingham の D.R. Weaver。私には、言っていることが 2 割くらいしかわからないテキサスなまりの Talmadge England。同じ Los Alamos の D. Madland, Hanford の F.M. Mann。チョビヒゲをはやし、メガネどしに相手を見ながら話す。古典語学校の教頭といった感じの Winfrith の M.F. James。大柄だがよく気のつく Idaho の C.W. Reich, Bob Schenter に私の計 9 人であった。夜 8 時から上記メンバーに Oak Ridge の J.K. Dickens, Sweden は Studsvik の Prof. G. Rudstam, Saclay の Duchemin, GE-Knolls の Norman Francis, 5 年程前京大炉に滞在したことがあるという Mainz の H.O. Densclag, Idaho の R. Greenwood, 1970 年代まで非常によく引用された崩壊熱測定をやった英国の MacMahon を加え workshop が行われた。ここでの議論の基調は以下の諸点にまとめられよう。

- ^{239}Pu の Los Alamos のデータは、おそらく誤りである。
- ^{235}U の Oak Ridge のデータの r 線成分は大いに疑わしい。
- 総和計算と各核種ごとのデータから出発し残る不一致を解決して行くべきだ。
- 日本の計算 (JNDC ファイル + \bar{E}_β , \bar{E}_γ 理論値) の成功は完全に認めるが、なぜうまく行くかもっと深く見極める努力も必要だ。
- スペクトル計算をやって測定とくらべれば、残る不一致の解決に役立つ。日本もスペクトル計算 (特に r 線) をやってほしい。

○積分実験 (Los Alamos や Oak Ridge のような) はこれ以上やってもしょうがない。(但し長時間冷却や ^{235}U , ^{239}Pu 以外の核種については話は別)。

このあと workshop は二つの分科会 (ミクロスコピックな崩壊データのグループと崩壊熱そのものを検討するグループ) に分かれ、私は Dickens, Schenter, James, MacMahon, Duchemin, Rudstam と共に後者のグループに入り、Reich を chairman に選んだ。散会は10時をまわっていた。ここでの議事の進め方は、私にはなかなか印象的であったが、要領よく御紹介するのはなつかしうだし、先を急がせていただくことにする。

10月25日

この日は Saclay の高橋耕士氏の、ベータ崩壊の理論のレビューで始まった。マトリクスエレメント、結合定数、サムルールの説明から Gamow-Teller Giant Resonance の実験的検証 (1975年) をへて、collective は Δ 粒子-核子空孔状態の存在といった最新の話 (注1参照) までを application の人も解るように解説した。この高橋氏の招待講演は、プログラム委員として私が企画したもので、他の出席者からも評判を聞き、なかなか好評なので安心した。他にデンマーク Aarhus のプロフェッサー、P.G. Hansen の名も一時講演者の候補にあがっていたが、両氏の国際電話による調整等をへて、高橋氏に決ったとのことであった。次は高橋氏らベータ崩壊の大局的理論の古くからのライバルである Mainz の K.L. Kratz の測定のレビュー。ベータ強度関数の大局的理論の予言からのズレを強調した。午後は英国の James, 米国の Dickens の講演に引き続いて、報告者が 'Decay Heat Data Needs' と題する発表を行った。発表時間は50分が与えられていたが、45分ほどしかかからず、多少時間を残してしまった。講演の内容は、i) 崩壊熱計算の現状精度及び要求精度のまとめ、ii) 計算と測定の一一致の現状の評価、iii) 核種ごとの崩壊データの蓄積の現状、iv) 今後どのような測定を行うことで、崩壊熱予測精度をあげられるか、等から成る。またさらに、decay scheme から \bar{E}_β , \bar{E}_γ (崩壊あたりの放出エネルギー) を計算する際の問題 (吉田, 中嶋, J. Nucl. Sci. Technol. 18(1981)393) を克服する方法には、理論計算による方法と、従来とは異った手法による測定しかないことを結論し、後者の例としてスウェーデンの Studsvik グループの \bar{E}_β の直接測定が有望であることを述べた。

この日も食事のあと20時より、昨日に引きつづき workshop が行われ、今後当面の崩壊熱研究の方向を示唆する recommendation がまとめられた。これで散会という時、私は全員で写真を撮ろうと提案した。すると、Dickens だか Reich だかチャメツ気を出して、黒板に $E = mc^2$ と大きく、その前に全員ならんでカメラに収まったものである。Recommendation はフロッシングスに収められ、近いうちに刊行される。

10月26日

この日は delayed neutron 関係のセッションが続いたが、私は BNL の高橋博さんのおさそいに従

い、会議場から遠くない同氏のofficeをお訪ねした。高橋さんは、ミュオン触媒の核融合の話や加速器増殖の可能性につき、ていねいに、かつ、かなり熱っぽく説明して下さり、日本でも加速器増殖のことを、もう少し本気で考えて行くべきだと強く主張された。午後のセッションのあと、レセプションとバンケットがあり、Prof. K.L. Kratz、高橋耕士氏とMargot 夫人、LivermoreのR. A. Meyer といった人達と同席した。こういう席でアメリカ人とヨーロッパ人がよく話題に選ぶのは先祖の出身地の話。お互いの連帯感を確認し合う、格好の題材であるようだ。これは別の日だったが、Alan Tobiasが、『自分の祖先は現在ソ連領のリトクニアの出で、Tobiasという名はロンドンの電話帳にも5人しかのっていない』と言いだし、アメリカ勢も『俺の祖先はドイツから1800年代に渡って来たんだ』、『自分はポーランドだ』と、ひとしきりにぎやかに話が続いた。一人浮き上がってしまった私に気を使ったBob Schenter が『タダシ、お前の祖先が日本に渡って来てどれくらいになる』、と聞いてくれたので、『まあ、どう少なく見積っても1000年にはなるだろう』と答えた。私には、この『渡ってきた』という発想が面白く、他のメンバーにはそんな長く一つの国にいるというのが意外であったようだ。ちなみに、このAlan Tobias（英国、Berkeley Nuclear Laboratories）の名は日本の崩壊熱研究者の間でも良く知られ、1970年代初頭から多くの仕事があるので、かなりの年輩と思ひ込んでいたら、何と私より一つ年下とのこと。驚きを彼に伝えると『Bobも初めて会ったとき、同じことを言っていた』との返事であった。また、あれだけの仕事をしながら、崩壊熱に専心できる訳ではなく、従事率は30%がいいとのこと。イギリス病どこ吹く風の、productiveな仕事ぶりと言う他はない。

ここで、核分裂収率の評価についてのLos AlamosのTalmadge Englandの提案について述べておきたい。アメリカではGEのBen Riderが長いこと継続的な評価を行って来たが、最近Riderが引退し、仕事はLos AlamosとHanfordのグループに引きつがれた。ENDF/B-V1では34種の親核種について、50のデータセット（同じ核種でも入射中性子エネルギーが違くと別のセットになる）がエントリーされる。しかし、Los AlamosとHanfordの現有勢力（もちろんパートタイム）では手にあまる仕事だ。国際協力でやって行きたいと考えており、フランス（Jean Blachot以下のグループ）は協力を約束している。Englandのこの話については出発前に受け取った手紙で知っていたので、JNDCの松本、中嶋、五十嵐の諸氏と事前に相談し、会場では「日本では今のところ、本格的な核分裂収率の評価の計画が、残念なからぬ。限られたscopeでの協力をするのにやぶさかではないが、当面は部分的な協力しか出来ないだろう。」と答えておいた。しかし、中性子断面積ファイルの場合の経緯（JENDL開発着手、ENDF/Bの公開中断等）を思いかえすと、少し真剣に考えておかなければならない問題だろう。『いつまでも、有ると思うな親とアメリカ』である。

10月27日

最初の講演はD.Brennerの質量公式や質量測定のリビュー。BrennerはLiran-Zeldesの公式と、日本のUYAT公式(早大グループ: Uno, Yamada, Ando, Tachibana)の精度の良さを評価する発言をしたが、講演後の質疑でRudstam(スウェーデン)の質問に対し、『First choiceをあえてするならば、UYAT公式である』と答えていた。次の二報告は聞かず、ホールのラウンジでプロシーディングス用の原稿(40ページをこえる大部分なものとなってしまった)の最終チェックをし、事務局に提出した。午後は、全体のまとめのセッション(round table discussionとG. Rudstamによるsummary talk)があり、summary talkでは東大の崩壊熱測定や報告者らの計算、更に報告者の25日のreviewの内容が頻繁に引用され、努力のしがいがあったと大いに嬉しかった。(測定をしてくれた秋山さん有難う。測定データの後ろ楯てがあるということは大変な強みで、おかげで会議を通じずっと大きな顔をしていられました。)

全セッションが午後四時に終了したが、参加者は帰路を急がず、広いラウンジのあちこちに集まり、講演についてのディスカッションの続きや、今後の仕事の打合せを婉々と続け、人影が消える頃には五時をゆうにまわっていた。学会出席の目的の半分がこの種の情報交換活動にある、という欧米流のやり方を、今度も再確認した。それにしても、講演会場のホールに隣接して、黒板やソファ、ちょっとした作業スペースからコーヒーマーカーをそなえた広いラウンジがあるからこそ、こういうことが可能だという面もあり、日本の学会でも改善を望みたいものである。CEA-GrenobleのJ. Blacnot(フランスの崩壊熱研究の中心人物)、R.E. Schenter、それにLos Alamosからの一人(名を聞きのがした)と、計4人で夕食をとったが、Super Phenixが来年夏かおそくとも年内に臨界になると胸をはるBlacnotと、CRBR炉の予算が議会を通らず、これは大統領もはやひっくり返せないと失意をかくせないアメリカ勢の対比が印象に残った。

10月28日

この日は、会場の一ブロック先にあるNNDC(National Nuclear Data Center)見学のツアー(?)に加わる予定であったが、ここは前日の昼休みにBob Schenterにつれられて訪問してしまったので、予定を早め、午前中にシカゴに向う。ここで、高校以来20年からの友人、筑波大学の工藤博氏に合う。ANL east(chicago)はwestと違って所員(工藤氏はANLの金で来ている)と一緒になら特に問題なくサイトに入れるというので、氏の研究室へ案内してもらった。氏のテーマはプロトンを用いたchannelling^{注2)}でこれを用いて物質の表面構造等を調べている。実験に使うダイナミترون加速器の説明を受け、今Physical Review Lettersに投稿中の仕事について紹介してもらった。翌朝、工藤氏にO'Hareまで送ってもらいノースウェスト機で成田に向った。

注1) (p, n)反応の実験からGamow-Teller Giant Resonanceの存在が確認され、JNDC FP

崩壊データファイル作成時に使用したベータ崩壊の大局的理論も、その実験的裏づけを強固にした。しかし、確認された強度は、サムルール予測値の40%程度に止まり、その理由を、核内で核子が Δ 粒子と空孔に分極しているという仮定にむすびつけようとする説がある。但し、高橋氏自身はこの説には否定的であった。Gamow-Teller Giant Resonance については、 Δ -空孔分極も含め、物理学会誌 vol.37 (1982)664に総合的な解説がある。

注2) プロトンのような荷電粒子が、結晶格子列の間隙をめぐって、深く物質中に penetrate する現象で、物質構造の研究等に有力な手段を提供する。

Final Program

Specialists Meeting on Yields and Decay Data of Fission Product Nuclides
October 24-27, 1983
Brookhaven National Laboratory
Berkner Hall

All review talks are 50 minutes + 10 minutes discussion.

Sunday, October 23

1800-2200 Preregistration and Buffet: Brookhaven Center
Poster Preparation

Monday, October 24

0830 Poster Preparation

0930 Introduction

0945 1. Independent Fission Yield Evaluations H. O. Denschlag
(Mainz)

1045 2. Status of Fission Yield Measurements T. England
(Los Alamos)

Lunch

1300 3. Poster Discussion: "Yields"

1400 4. Systematics of Neutron-induced Fission Yields J. P. Blachot
(Grenoble)

1500 5. Determination and Correlation of Fast Reactor Fission Yield with Neutron Energy W. J. Maeck
(Idaho)

1600 6. Fission Yield Data for Dosimetry A. J. Fudge
(Harwell)

Evening: Workshops

Tuesday, October 25

- | | | | |
|------|-----|--|---------------------------|
| 0900 | 7. | Theories of Beta Strength Distribution in Nuclei | K. Takahashi
(Saclay) |
| 1000 | 8. | Measuring Beta-ray Strength Functions | K. L. Kratz
(Mainz) |
| 1100 | 9. | Poster Discussion: Beta and Gamma Decay Data | |
| | | Lunch | |
| 1400 | 10. | Problems in Decay Heat Measurement and Evaluation | M. F. James
(Winfrith) |
| 1500 | 11. | Microscopic Beta and Gamma Data for Decay Heat Needs | J. K. Dickens
(ORNL) |
| 1600 | 12. | Decay Heat Data Needs | T. Yoshida
(Japan) |
| 1830 | | Buffet, Berkner Hall
Workshops | |

Wednesday, October 26

- | | | | |
|------|-----|---|------------------------------|
| 0900 | 13. | Delayed Neutron Emission Probabilities | P. Reeder
(Pacific NW) |
| 1000 | 14. | Measuring Delayed Neutron Spectra -
A Comparison of Techniques | R. Greenwood
(Idaho) |
| 1100 | 15. | Poster Discussion: "Delayed Neutrons" | |
| | | Lunch | |
| 1400 | 16. | Calculating Delayed Neutron Spectra | F. Mann
(Hanford) |
| 1500 | 17. | Analytical Applications for Delayed Neutrons | G. Eccleston
(Los Alamos) |
| 1600 | 18. | Prompt Fission Neutron Spectra and
Average Prompt Neutron Multiplicities | D. Madland
(Los Alamos) |
| 1800 | | Reception, Berkner Hall | |
| 1900 | | Banquet | |

Thursday, October 27

- 0900 19. Nuclear Masses far from Stability D. Brenner
(Clark Univ.)
- 1000 20. Applications for Fission Product Data G. J. Mathews
to Problems in Stellar Nucleosynthesis (Livermore)
- 1100 21. Spins and Moments of Fission Product Nuclei C. Ekstrom
(CERN)
- Lunch
- 1400 22. Workshop Round Table
a. Fission Yields
b. Decay Heat
c. Delayed Neutron Applications
d. Microscopic Data for Modelling
- 1500 23. Meeting Summary G. Rudstam
(Studsvik)

Friday, October 28

Tours: TRISTAN, Data Center, Light Source