

『崩壊熱予測のためのデータ専門家会議』 とヨーロッパの印象

NAIG 吉田 正

1. はじめに

原子炉崩壊熱研究の歴史は古いが、1970年代初頭は大きな転換点であった。軽水炉の冷却材喪失事故に対処する非常用炉心冷却装置(ECCS)との関連で、崩壊熱基準の抜本的な見直しが求められたからである。その結果、米国ではオークリッジ、ロスアラモスを中心に多くの測定が行われる一方、崩壊熱総和計算の為にFP崩壊データライブラリーの充実に努力が払われた。欧州、日本もこれに続いた。このような成果の中から、解決された問題、残された問題をきっちり整理し、次のステップへの方向づけをしたのが1983年にBNLで開かれた『核分裂生成物の収率と崩壊データに関する専門家会議』であった。このBNL会議と、特に米国での崩壊熱研究予算の削減が、日米欧の研究者の横の連帯をはぐくむきっかけとなった。今回、スウェーデンのStudsvikでウプサラ大学のG. Rudstam教授をホスト役に開かれたNEACRP/NEANDC共催の『崩壊熱予測データに関する専門家会議』(1987年9月7~10日)はこのような経緯の延長上にある。

2. スウェーデン

スウェーデンへの日本からの最短ルートはフィンエアのヘルシンキ直行便を利用する方法である。次善の策が、ロンドン又はパリへの直行便。しかしこの場合、ロンドン・パリとストックホルム間は約3時間の長旅となり、スウェーデンがヨーロッパ中央からいかに遠く離れているかを、図らずも実感することになる。高度を下げた機窓から目に入ってくるのは、岩石質の荒れ野がはてしなく広がる寂しげな風景であった。『この国は全体が大きな石ころの上に乗っているんだ』という田坂さん(原研)の感想が要を得ていた。

スウェーデンは十七、八世紀に欧州有数の大国であった時代を経験しているが、ロシアの興隆とプロシヤの台頭により、スカンジナビアの小半島国家としての地位に甘んじることを余儀なくされる。その後今日まで何とか、時としては薄氷を踏む思いで、その中立政策を維持して来た。この国に足をふみ入ると、バルト海の後方に立つ巨人ロシア(この場合ソ連より、ロシアと言う方がどうも適切に響く)の存在を、意識の外に置くことができなくなる。チェルノブイリ原発の事故を最初に察知してこれを西側に伝えたのがスウェーデンであった。ああ、ロシアとスウェーデンはそんなにも近かったのかと、改めて地図を開いてみたのは私だけではないまい。話が前後するが、会議3日目の夕刻(といっても日はまだ高い)、出席者全員が近くのNykoepingの町まで、約1時間半のボートの旅に招待された。バルト海に面した多島海は複雑に入りくみ、海は湖のように静まりかえって平和そのもののように見えた。だが、切るよ

うに冷たい大気をボートの船先で受けながら、NEAデータバンクのC. Nordborg氏はこの多島海の現実を語ってくれた。日本にも知己の多いNordborg氏は、スウェーデン南部の文化都市ヨーテボリの出身。兵役を海軍で過した同氏は警備艇に乗り組んで、ここよりやや北方のボスニア湾の多島海をくまなく廻ったと言う。ボスニア湾からバルト海にかけての多島海は時としてロシアの潜水艦の領海侵入事件の舞台となる。最も有名なのが1981年の事件で、ソ連のウイスキー型原子力潜水艦がバルト海側の多島海内岩礁に座礁し、『ウイスキーオンザロック事件』として日本の新聞にも写真入りで報道されていた。両国間の重大な外交問題に発展した同事件の後も、同様な侵入事件は跡を絶たないらしい。ボートの旅の後のバンケットでも、OSIRIS（オンライン同位体分離装置）見学後一同で崖の上から、まるで『松島』のような多島海の絶景を眺めた時も、『ロシアの潜水艦』は多くの人の口の端に上った。しかし、スウェーデンは文化的に西側世界に強く結びついてはいるものの、中立国である。『アメリカの巡航ミサイルでも、領空を侵したらスウェーデンはこれを撃墜する』との政府声明が2～3年前に日本の新聞でも報道されていたと記憶する。外交上の老獪なバランス感覚である。

3. シュトゥツビーク研究所

今回の会議のホスト役は、G. Rudstam教授の率いるThe Studsvik Neutron Research Laboratoryのグループだ。同研究所はストックホルムの北にある古都Uppsalaのウブサラ大学の付置研究所となっている。東海にある東大の研究施設のような関係だ。ここには、昔からFP領域の短寿命核（nuclei far off stability）の半減期、核分裂収率、スペクトルの測定の実績の厚いオンライン同位体分離装置OSIRISがあり、現在も活発に活動している。1980年頃、例のニュートリノ振動に関連して、FPニュートリノの高エネルギー成分を決定する目的から、一連のベータスペクトル測定に手を染めた。その際のデータが、崩壊熱総和計算のキーパラメータの一つである個々のFP核種の平均放出ベータ線エネルギー E_{β} の決定に使えることから、崩壊熱の分野に積極的な関心を持ち始め、今回の国際会議の開催へとつながった。シュトゥツビークは、首都ストックホルムから急行に乗り南下すること一時間半、更に車かバスで25キロの多島海につき出た半島の先にある。先程のウブサラとは首都をはさんで南北に200キロくらい離れ、二つの町を掛け持ちするのは案ではないらしい。研究所の附近にはほとんど何もなく、IAEAのLammer氏が『土曜、日曜は研究所は休みで、ホテルの食堂も守衛所の傍の売店も閉ってしまいます。従って週末をここで生き長らえたいなら、今のうちから食料を備蓄しておくか、そうでないなら早々にストックホルムのホテルにでも待避して下さい』とユーモアまじりに宣言した時には、一同啞然。シュトゥツビーク的环境を要約するエピソードであった。

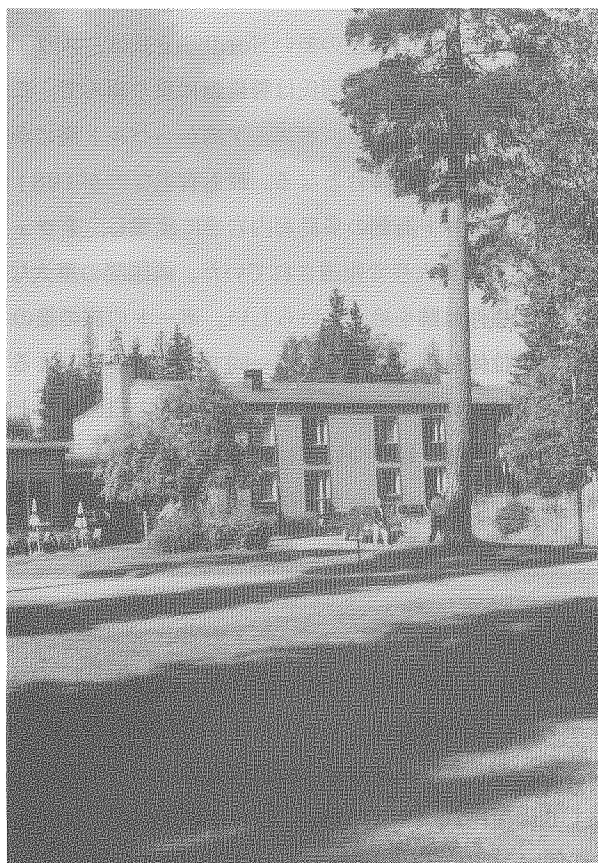


写真1 会議の会場となった Studsvik Hotel

4. 会 議

第1日目は Rudstam の簡単なイントロダクションのあと、数十年にわたり米国の核分裂収率評価を一手に引き受けてきた、元GEのB. Rider氏（有名なRider-MeekのRider）が米国での収率評価ということで報告した。同氏はGE退職後もロスアラモス研究所のコンサルタントとして、自宅のパソコンをロスアラモスの大型機と接続し、T. R. England氏やワシントン大学の老大家A. C. Wahl先生と連絡を取りながら評価を続けている。ハッピーリタイアメントとライフワークの見事な両立である（表1参照）。

午後は筆者が座長を勤め“Nuclear Decay Data”ということで、米、仏、日、スウェーデンから4件の発表があった。原研の片倉氏がJNDC-FP崩壊データライブラリーについて発表を行うと、『JNDCライブラリーは千核種以上のデータを収納しているが、崩壊熱計算には600～700核種で十分ではないか』との質問が出た。常に最前列に陣取った田坂氏が『我

表1 米国における核分裂収率評価の経緯 (Rider 氏の論文より)

EVALUATION	PRE-ENDF	ENDF/B-IV	ENDF/B-V	ENDF/B-VI
Report NEDO- Year	12154 1972	12154-1 1974	12154-2E 1978	12154-3F 1987
Nuclides	10	10	20	50
Cum. Yields	YES	YES	YES	YES
Ind. Yields	NO	YES	YES	YES
Isomer Ratios	NO	NO	YES	YES
Odd-even Pairing	NO	YES	YES	YES
Delayed Neutron	NO	NO	YES	YES
Charge Balance	NO	YES	YES	YES
Ternary Fission	NO	NO	YES	YES
References	812	956	1119	1371
Input values	6000	12400	18000	28400
Final yields	11000	22000	44000	110000

私のファイルの応用目的は、何も崩壊熱計算だけに限られないのだ』とコメントすると、米国の J. K. Dickens 氏、すかさず『そう、彼らはトヨタを作る時にも使っているんだ』と来た。セッションの最後に Rudstam 教授が先程の E_p の測定について報告を行った。この extensive かつ注意深い測定は、今後の研究の一つの行き方を示唆するものとして全員から好意的に受け入れられた。(シグマ委員会の崩壊熱評価WGは、彼らのデータを詳細に調査・検討していく予定にしている。)

2日目は、遅発中性子と崩壊熱積分測定のセッション。個々のFP毎の崩壊データの測定、いわば微分測定に対して、照射された fissile サンプルからのエネルギー放出をトータルに測定する方法が積分測定である。東大弥生炉の秋山氏の測定、オークリッジの J. K. Dickens 氏の測定等、それに今回の会議で新たに加わったウプサラ大学の P. I. Johansson 氏の測定はみなこの積分測定である。

3日目は動力炉への応用ということで、英、米、仏から5件の発表があった。ウェスティングハウスの K. Shure 氏(写真2)は崩壊熱の Shure の式で有名な人。OHP 無しだが示唆的で含蓄のある発表をした。年の功ということだろうか。他のメンバーからも “You’ve started decay heat just after the fission!” と敬意を表されていた。



写真2 米国の総和計算の大御所 T. R. England 氏夫妻と Shure の式で有名なウェスティングハウスの Shure 氏。彼は「写真を取りたいが」の声に「シュアー！」と大声で答えてくれた。

今回の会議では日本の成果は完全に定着し、スウェーデンの活動が新たな脚光をあげ始めた。当面、我々としてはスウェーデンの成果をウォッチしながら、崩壊熱予測誤差の評価と、今のところまだ日本しか有効な理論計算手段を持たないスペクトル計算の分野に力を注ぐことになるだろう。

5. 出席者たち

ロスアラモスの T. R. England 氏は米国の崩壊熱計算、核分裂収率評価活動の中心人物である。我々の WG とはもう、十年近くコンタクトを保っており、今回も片倉さんを中心に十分な情報交換を行った。米国では DOE が予算面で渋くなって来ており、従って米国一国でクローズした研究を行うことが難しくなって久しい。そこで日本、ヨーロッパと協力して横の連帯を保ちながら研究を継続して行きたいというのが、彼の明確なポリシーとなっている。

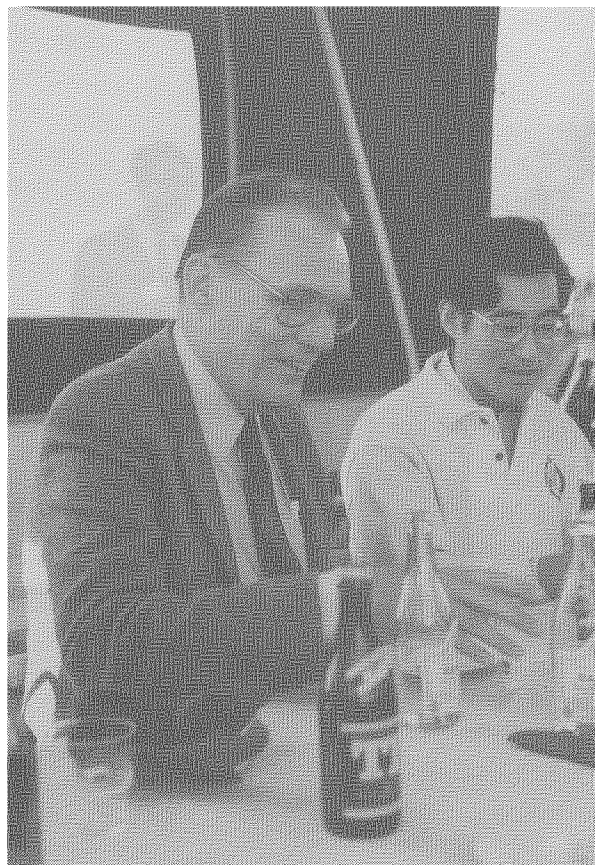


写真3 原研の片倉氏と談笑する Reich-Moore の多準位公式で有名な C. W. Reich 氏。

シュトゥツビークのEva Lund女史はがっちりした体格のスウェーデン版肝っ玉母さんといった感じの人。当然口が立ち、chemical physicsとphysical chemistryがどう違うか、などを論じて会席の中心人物となる。ルント女史はスウェーデン南端の大学町ルントの出身。二つのルントの関係を話題にしていると（実はこれが全く無関係）、向いの席にいたDickens氏が割り込んで来た。『ルントの出身ですか。実は妹の旦那がスウェーデン人で、ルントのそばの××とか言う村で生まれている』。『××村。良く知っていますよ。何という御名前？』、という具合になり、スウェーデンに親戚は居ないわ、英語は覚つかないわの私は瞬時に会話からほうり出された。独り、やはりアメリカとヨーロッパはグルなんだと結論し、ワインをガブ飲みした。

中国核データセンター（中国核数据中心！）のZhang Dongmin君（写真4）は、地味で訥訥とした年長のサイエンティストという中国のステレオタイプとは全く別の人種。国際都市上

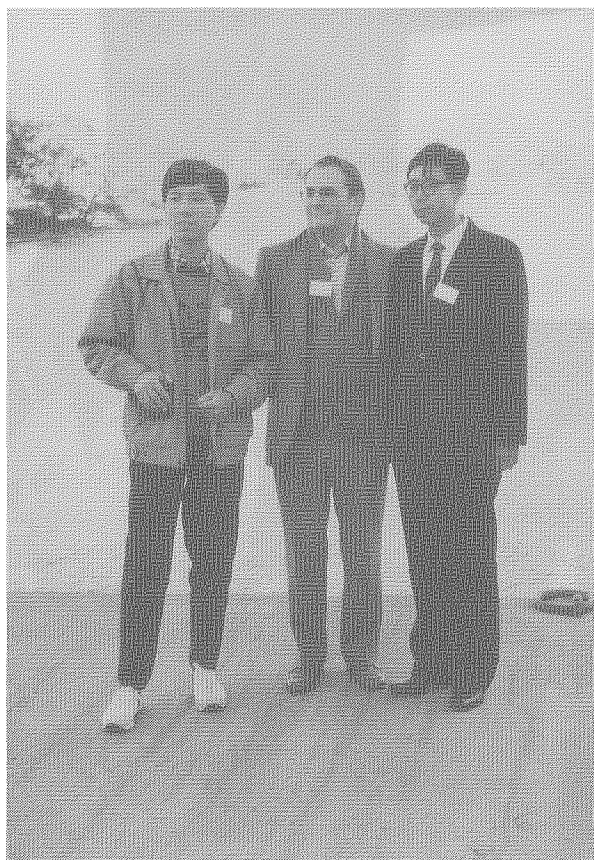


写真4 オークリッジのJ. K. Dickens氏をかこんで、中国の新旧両世代の2人。左が中国の新人類Zhang Dongmin君。

海の出身ということもあろうが、カラーシャツを着こなし、だれとでも話をし、遠くからでもニコニコして手を振って来る。中国にもついに新人類が出現したらしい。

今回の会議には、崩壊熱の分野の主だった顔ぶれがほとんど集まった。それ丈に、米国 HEDL の R. E. Schenter, 英国 CEGB の Alan Tobias, そして日本の秋山雅胤の 3 氏の不在が却って際立ち、やはり寂しかった。

6. 余記；パリ

帰路、中継地であるパリに立ち寄った。安宿の多いラテン区にしてはそう安くない、古びた小ホテルに夜遅く到着して部屋の扉を開けた瞬間、突然、もう 20 年近く前この町を初めて訪れた時の記憶が蘇った。それは、部屋にかすかに立ちこめた、すえたようなカビ臭いにおいであった。これが私のパリの第一印象だった訳で、我ながら犬みたいだ。東京が、特に私にとっては故郷でもある。その外周部が 20 年 30 年前の痕跡すら止めないままでに変貌してしまっているのに比べれば、パリは何も変わっていないように見えた。せいぜい人通りと車が増え、ファーストフードのネオンがやけに目立ち、公園や道路の区画が以前より整然とした界隈があるのに気づいたくらいだ。ここでは、時は何物も洗い流すことなく、確実に、全てを蓄積しながらゆっくりと進んでいく。BNL の会議で日本やアメリカの動きを傍観しているように見えたヨーロッパ勢が、今回の会議では全く前と同じような顔をしながら、着実な成果を出し始めた。彼らの活動は、米国ほどには研究予算投下の動向に左右されない。従って、いろいろな問題をかかえながらも、しっかりと成果を蓄積しながら今後も活動を続けて行くにちがいない。彼らとて、あの途轍もないノートルダムの大伽藍を 200 年かけて作り上げた人々の精神的な子孫たちなのだから。ホテル近くのカフェから眺めたノートルダムは、照明光を浴びて夜空に浮び上り、ひととき見事だった。彼らはまた、文明を自分達の独占物のように定義することのできる西欧人の片割れでもあるのだ。

『文明は、エネルギーや意志や創造力以上のあるものを意味します。つまり、初期ヴァイキングには到達できませんでしたが、すでにそのころ（7～8 世紀）西ヨーロッパに再び現れ始めていたあるものを意味するのです。それをどう定義したものでしょうか。そう、ごく簡単に言えば、一種の永続感なのです。（K. Clark, Civilization, 邦訳 p.19）』。パリの町で私もまた気宇壮大となった。

補記）会議出席の報告が変じて、散漫な印象記になってしまいました。「炉物理の研究」（36号）に、会議中心に報告をまとめましたので、それに逸じて御容謝下さい。