

話題・解説(そのⅢ)

Santa Fe 会議に参加して

本年5月に米国のSanta FeでInternational Conference on Nuclear Data for Basic and Applied Scienceが開催された。この会議に参加された3人の方々に、会議での話題やこの会議の雰囲気がわかるような話を気楽に書いていただくようお願いした。会議そのものの報文は何れ原子力学会誌で扱うことになると思われるので、ここでは会議での印象や会議開催中の非公式な会合等について触れていたゞくことをとくに注文させていただいた。

(編集委員会)

(1) 米国で受けた崩壊熱研究に関する印象

東大工・原施 秋山 雅胤

今年5月13日から17日までの5日間米国ニューメキシコ州の古都サンタフェで開催された「基礎及び応用科学のための核データ国際会議」への出席とその後のいくつかの研究所と大学訪問のため3週間米国に滞在した。この会議には約450名の参加者があり、日本からは23名の方が出席された。会議の内容については日本原子力学会誌等にどなたかが詳しく報告されるものと思われるので、ここでは会議中及びその後の研究所訪問により見聞した崩壊熱関係について述べる。

会議においては、崩壊熱関係の発表は招待講演の中で一部ふれられたのを除けば、西独マックスプランク研究所のJ. Metzinger, H. V. Klapdor 両氏の崩壊熱の新しい計算に関するものと筆者らの ^{238}U , ^{232}Th の崩壊熱の測定に関するものの2件が登録されていた。Klapdor 氏らの話は後述する理由から筆者や米国の崩壊熱関係者は非常に興味をもっていたが、残念ながら二人共不参加で、事務局の話では論文の提出もなかったとの事であった。従って、筆者らのポスターセッションでの発表が崩壊熱では唯一のものであった。筆者らの論文内容については予め米国の関係者には送ってあったこともあり、1時間のポスターセッションの間に見に来られた人は10人に満たなかった。その中の1人でORNLのR. W. Peelle氏とは前回のアントワープ会議で知り合った方であるが、その時の筆者の発表のうち ^{232}Th の γ 線崩壊熱の測定値が総和計算値と一致してなかったことを覚えておられ、今回の発表で不一致の原因が $^{232}\text{Th}(n, \gamma)$ 反応による ^{233}Th の崩壊に伴う影響が測定値に入っており、その影響を補正すると総和計算値と一致すること、さらに ^{238}U と ^{232}Th の β 線崩壊熱を新たに測定した事に大変興味を示された。また、日本の総和計算用核データであるJNDCファイルを用いた計算が実験値を良く再現することに感心されていた。たまたまとな

りでポスター発表していたLANLのT. R. England氏(ANS 5.1委員会のセクレタリー)に崩壊熱のANS new standardsを日本の成果を取り入れて改良すべきであると主張されていた。

Peelle氏から崩壊熱測定の後々の計画について質問されたので、^{240, 241, 242}Puの測定(これまで²⁴¹PuについてORNLのJ. K. Dickens氏らによる測定値はあるが、他は測定例なし)を計画し試料の購入についてORNLと交渉してきたが、高額のため断念せざるを得なかった旨答えると、ORNLに来た時(会議の後ORNLを訪問する予定であったので)試料をポケットにしのばせて持って帰ったらどうかと冗談話が出た。ところで、会議のサマリートークを述べたPeelle氏はアントソープ会議以後大きな成果があった7項目の1つに崩壊熱を取り上げ、筆者らの仕事を高く評価してくれた。

この他の会議中に話をした崩壊熱関係者は前述のLANLのEngland氏、同じLANLのR. J. Labauve氏、HEDLのR. E. Schenter氏らである。このうち崩壊熱についてよく話をしたのはEngland氏とであり、以下にそのうちのいくつかの話題について述べる。

(1) 崩壊熱についてのKlapdor氏のコメントについて

前述のKlapdor氏の崩壊熱に関するコメントがNucleonics Week (Vol. 25 No. 40 (1984))に掲載された。この中で、彼は彼らが行った高精度の崩壊熱計算によるとLWRの崩壊熱の値はこれまで採用されてきたANS standardsの値より10%小さく、従って何ら技術的改良を加えることなくLWRの炉出力を5%上げることができ、それによる経済的効果は莫大であると述べている。その根拠として、彼らが開発した β 崩壊の微視的理論に基づき計算された測定値の無い短寿命FP核種の平均崩壊エネルギーを用いた崩壊熱計算値はDickens氏らの実験値と良く一致していることを上げている。一方、ANS standardsはLANLのYarnell氏らの実験値に重きを置いて決められており、この実験値はDickens氏らの実験値よりおよそ8%大きい。

このコメントについて米国では重大な関心を示していた。つまり、二つの実験値間に差があるのは事実であるが、どちらの実験値が正しいかは未だ決着がついていない(むしろ、LANLの関係者はYarnell氏らの実験値が正しいと信じている)段階で計算値が一方の実験値と合ったことから上記のように結論づけるのは間違いであるとの主張である。西独崩壊熱コミュニティ(西独ではANS standardsを採用している)ではKlapdor氏のコメントを支持しない旨公表している。米国崩壊熱コミュニティとしても反論を公表すべく次回の会合(6月に開くとのこと)で議題として取り上げるとのことであった。この件につき日本の崩壊熱コミュニティの対応あるいは筆者の意見を尋ねられた。筆者の個人的意見として、Dickens氏らの実験値は筆者らの実験値と良く一致しており、フランス、イギリスの実験値も筆者らの実験値と合ってい

るがYarnell氏らの実験値との不一致の原因が究明されていないこと、また standards を決める際には実験誤差と計算に伴う誤差も考慮することが重要であり、Klapdor氏はそれらの点を考慮しておらず問題があることを主張した。England氏は筆者の意見に賛同し、彼らの次の会合で参考意見として取り上げたいと言っていた。また、Klapdor氏は別の所でJNDCファイルで採用している β 崩壊の大局理論は一種のmultiparameter fit であると決め付けている点に崩壊熱評価WGとしては納得できず、Klapdor氏へ質問状を出しているが明解な回答は得られていない。

このようにKlapdor氏の崩壊熱に対する考え方及び彼らの計算について大きな興味があり、今回の会議で彼と議論することを楽しみにしていたが残念ながら前述のように彼は欠席した。最近彼から送られてきたレポート（7月にサンディエゴで開催された原子力プラントに関する国際会議のプロシーディングスの原稿）はサンタフェ会議で発表する予定のものと同種の崩壊熱計算についてのものであった。私見になるが、彼の研究が崩壊熱関係者の間で大きな話題になっている時であるので、崩壊熱関係者が多数参加したサンタフェ会議に参加して議論に加わって欲しかったと思う。

(2) LANL, ORNL, 東大の実験値間の不一致

ANS standards を決める際に最も重視された実験値はLANLのYarnell氏らによるカロリメータ法を用いた実験値である。この実験では ^{233}U , ^{235}U , ^{239}Pu の3核種について 2×10^4 秒の照射時間に対する実験値として得られている。一方、ORNLのDickens氏らの実験と東大の筆者らの実験は β , γ 線スペクトル測定法によるものであり、瞬時照射崩壊熱として実験値が与えられている。測定核種はORNLは ^{235}U , ^{239}Pu , ^{241}Pu であり、東大は ^{233}U , ^{235}U , ^{238}U , ^{239}Pu , ^{232}Th である。 ^{235}U と ^{239}Pu の両実験値は ^{235}U の γ 線崩壊熱における冷却時間数100秒以上での不一致を除けば実験誤差の範囲で一致している。東大の瞬時照射条件の実験値をLANLの実験条件、つまり 2×10^4 秒照射の崩壊熱の値に換算して両実験値を比較し、またJNDCファイルを用いた総和計算値と比較すると、LANLの実験値には①核種間に規格化、つまり核分裂数の評価に伴う問題と②冷却時間数1000秒以内において数%東大の実験値及び総和計算値より大きな値を示す問題の2つの問題があることが推察できる。この件についてYarnell氏（LANLを停年退職され、現在LANLのコンサルタントをしている）に会って議論したいと思っていたが、会議の期間中ロスアラモスを不在にしているとのことで会えなかった。England氏を通じての彼の意見では数回の再測定を通して測定上の問題点を詳細に検討しており、実験値は正しいと確信しているとの事であった。England氏も彼の意見を強く支持していた。しかし、LANLの実験値と東大、ORNLの実験値間に存在

する不一致の原因を究明しなければならない点では意見が一致した。

²³⁵Uの γ 線崩壊熱における東大とORNLの実験値間に存在する不一致に決着をつける目的で、会議に出発する直前に熱中性子核分裂に対する測定を実施した。その結果は以前の東大における高速中性子核分裂に対する結果と実験誤差の範囲で一致した。このことよりORNLの実験値は低すぎるものがほぼ決定的であると思われる。この結果については米国の崩壊熱関係者は好意的に受け取っていた。しかし、この点について一方の実験者であるDickens氏と議論するため、ORNLを訪問する計画であったが不運にも会議終了日から突入したUnited Airlinesのパイロット組合のストライキに巻き込まれオークリッジ行きを断念せざるを得なくなったことは非常に残念であった。さらに、Dickens氏には彼らの実験値が米国内で軽んじられてきた点につき彼の見解を聞きたかった事もあり、またORNL訪問は筆者にとって初めての機会であった事もあり重々残念であった。

(3) ANS standardsの改定について

ANS standardsの決定において重視されたLANLの実験値が大きすぎるのではないかと
いう傍証がでそろってきた現在、ANS standardsの改定の可能性についての質問をした。

ANS standardsが1979年に決定されて以来米国での崩壊熱に関する予算は大巾にカットされ、当面全面的な見直しや改定は不可能であるとの事であった。ただし、²³⁸Uについては当時有効な実験値がなかったためENDF/B-Vを用いた総和計算値をstandardsとして採用しているため、今回の筆者らの実験値を基に評価し直しを行いたいとの事であった。

(4) ENDF/B-VのFP崩壊データについて

ENDF/B-Vの総和計算用FP崩壊データは“Pandemonium問題”を解決されていない状態にある。従って、高Q β 値を持つ核種についてはBETAコードあるいはGNASHコードを改良して計算し直す計画であるが、予算が無いため全体的な見直しは難しい状態にあるとの事である。従って、England氏個人としてはこれまで行って来たようにENDF/B-Vの平均崩壊エネルギーをJNDCファイルの値で置き換えたmodified ENDF/B-Vをこれからも使っていく、また是非共日本から β 崩壊の大局理論のコードを導入したいとの強い希望であった。さらに、崩壊熱の分野について、日米の協力をさらに密接にしたい事、またさらにヨーロッパも含めた国際協力を継続的に実施したいとの強い希望であった。これらの点については日本でも協力のための方策を検討する必要があると思われる。

以上がサンタフェに滞在中に米国崩壊熱関係者、特にEngland氏と話をしたうちの重要と思われる話題について述べた。会議終了した後、Sandia研究所、Lawrence Livermore研究所及びカリフォルニア大学バークレー分校を訪問した。SandiaとLLNLとは崩壊熱とは別の要件で訪問

したが、特にLLNLのJ. H. Pitts氏は以前安全性の研究をしていたとの事で筆者らの仕事に大変興味を示してくれた。また、最後に訪問したUCBのV. E. Schrock氏はANS 5.1委員会のchairmanをやられている方で、米国の崩壊熱研究の今後の計画を聞くことと、初めて会う方なので自己紹介も含めて筆者らの崩壊熱に関する結果等を説明し議論する目的で訪問した。サンタフェでEngland氏らと議論した事はEngland氏から電話でSchrock氏に伝わっており、また時間的制約もあって、全般的な話をするにとどまった。Schrock氏からも崩壊熱について国際協力を進めた旨の話があった。その点に関して、日本の崩壊熱関係者がANS meeting等に参加するために米国に来る際は是非共米国関係者の所を訪問し直面する話題について議論するようにしたらどうかとの話もあった。

以上、崩壊熱に関して米国で見聞してきたことを述べてきたが、会議に行く前に手紙でやり取りした事や今回の訪米で受けた印象は米国における崩壊熱研究は1979年にANS standardsが作成された時点で大よそ終了し、その後は少ない予算の中で細々と行なわれているという事である。従って、彼らは日本の崩壊熱研究に大きな期待をもっている印象を受けた。