

会議のトピックス (III)

International Workshop on Compound Nuclear Reaction and Related Topics

Los Alamos National Laboratory

河野 俊彦

kawano@lanl.gov

岩元 大樹

iwamotoh@nucl.kyushu-u.ac.jp

1. はじめに

2004 年 1 月、California の Monterey の海岸にある Asilomar という場所で、代理反応 (surrogate reaction) に関するワークショップが、LLNL 主催で開かれました。これは LLNL の研究プロジェクトに直接関連したワークショップでしたが、このプロジェクトが一区切りしたのを機に、もう一度ワークショップを開こうという話が持ち上がりました。今回は範囲をさらに広げて「複合核反応」のワークショップ CNR*2007 (compound Nuclear Reactions and Related Topics, 2007) とし、LLNL と LANL 共催となりました。

会合は 2007 年 10 月 22 日から 5 日間、世界的な観光地でもある California の Yosemite にて開かれました。複合核と言えば、1936 年に N. Bohr がそのアイデアを出して既に 70 年以上経過しています。今さらワークショップを開いてまで研究する「ネタ」があるのかという疑問が無きにしもあらずでしたが、蓋を開けてみればヨーロッパ、アジアからの参加者を含む 55 名が集まり、活発な議論が繰り広げられました。

実は場所を策定するにあたり幾つかの候補地が挙がっていたのですが、Yosemite の Tenaya Lodge はリゾートホテル、コストがかかりすぎるという理由で敬遠されていました。その他の候補地はどこも LLNL からほど近い場所ばかり。でも改めて調べてみると、Fresno 空港は小さいながらも主要ハブ空港からの接続が良く、しかも空港からロッジまで車で 1 時間ちょっとの距離です。それほど足の便が悪くないじゃないかと言う事で、開催候補地が一気に Yosemite に傾きました。国際会議を開くにあたっては、やはり場所の魅力というのは重要ポイントですね。2005 年の加速器利用会議 (AccApp05) が Venezia、ND2007 が Nice、PHYSOR08 が Interlaken 等々。

参加者はアメリカからが最も多く、8 割を越えます。有名な国際会議シリーズでもない

ので、これは仕方のない所。準位密度や γ 線強度関数の測定を活発に行っている Oslo 大学、代理反応実験の Bordeaux 大学、Hartree-Fock 計算の CEA、日本からは九大、韓国からは KAERI の核データグループからの参加がありました。MPI の Weidenmüller 教授の参加が伝えられた時は、少々驚きもしました。

会議場となった Tenaya Lodge は、Yosemite 国立公園の入り口に位置する高級リゾートホテル。ホテルは森に囲まれ、会議の合間、林の中を散策することができます。値段もそれ相応ですが、国立研究所主催の会議では、いわゆる government rate というのが利用できるの、こんなホテルでも一泊\$130 ほどで泊まれるのが利点です。

2. 会議概要

会議の Web Site (<http://cnr07.llnl.gov/>) にアブストラクト集が置かれていますので詳細はそちらに譲ります。ここでは幾つかのトピックスについて、独善的な判断で紹介します。

複合核のワークショップということで、最初に Weidenmüller 氏が統計理論の講演を行いました。複合核理論の提唱からランダム行列理論に至る、複合核模型の歴史が述べられ、大変興味深いものでした。Weidenmüller 氏には前平衡に関する講演も依頼しており、量子力学的な前平衡理論の基礎となるアイデアが紹介されました。面白かったのが「古典的な理論は話さない」と言って励起子模型やカスケード計算を一切端折ったこと。量子力学以外に興味はないと、暗に言っているようです。その一方で、FKK, TUL, NWY の one-step は基本的に全く同じと言い切ってしまうのにも驚きました。NWY の "Y" である吉田氏は、one-step でも平均の意味が違ふと常々言っていたのを思い出します。

準位密度と γ 線強度関数の話題としては、Oslo 大学での一連の実験が注目を集めていました。励起された核から放出される γ 線のカスケードを拾い、そのデータから準位密度と γ 線強度関数を推定するというもので、数種類の核種について、準位密度の測定値が報告されました。一方、殻模型モンテカルロを用いた厳密な準位密度計算の報告もあり、準位密度パラメータという、適当に調整して断面積を実験値に合わせられる重宝な調節可能パラメータを失いつつあります。

γ 線強度関数で最近話題になっているのが、低エネルギー領域での強度関数の振る舞い。Kopecky-Uhl 型の強度関数を用いると、 γ 線のエネルギーが零に近づくにつれ一定値に漸近します。これが増加するのではないかという実験結果がいくつか出されています。ただ、核種によって増加したり一定だったり、はっきりとした傾向は見られていないようなので、今後さらに多くのデータが取られる事を期待します。

中性子入射反応実験を行う代わりに α 粒子などを用いた核反応実験を行い、それを理論計算で補正して中性子断面積に焼き直すのが代理反応の手法。このセッションでは、理論計算から見た手法の実現性検討がまずあり、実際の実験結果が幾つか出されていま

した。核分裂断面積はそれなりに精度良く推定可能になってきているようです。

前平衡関連の発表では、FKK の 1 step MSD を用いたデータ解析の発表が 2 件。いずれも 30MeV 以下の低エネルギー領域で、調節パラメータフリーな微視的前平衡過程計算も可能になりつつあるようです。高エネルギーになると多段階過程やクラスター放出など、まだまだ未解決の問題が多いようです。核の 1p-1h 励起状態を RPA で求め、それら全てに対する大規模なチャンネル結合計算を行って光学ポテンシャルを計算する試みも行われています。

複合核反応あるいは直接過程で励起される状態の違いは主にスピン分布ですが、これは代理反応の手法で問題になります。これに関する考察も幾つかの発表でなされました。Los Alamos の DANCE のように全ての捕獲 γ 線を検出できる実験では、捕獲状態から γ 線を何個放出して基底状態へ遷移するかという情報も得られます。これから共鳴のスピンを推定する手法も提案されており、今後、 γ 線放出のような微視的な情報を積み上げてマクロな量を推定する手法が重要になってきます。

核反応理論として一番話題になるのが、核分裂反応に関するもの。核分裂に関する基本的な理論は相変わらず古いままで、断面積を精度よく予測する手法は確立されていません。しかし最近では変形核に対する Hartree-Fock 計算が積極的に行われるようになってきており、より微視的な核分裂理論の構築がフランスを中心に試みられています。断面積に結びつくにはまだ時間がかかりそうですが、着実に前進しているようです。

原子核反応の研究は、核データ利用と切り離せません。核データが主にエネルギー開発の分野でどのように評価され利用されるかという講演の他、実際の評価として W, Ti データの報告がありました。また、核データのもう一つの大口ユーザである天体物理関連の講演も幾つかあり、既に十分と思われがちな核データライブラリが、応用分野によってはまだ不十分であることを認識させられます。

今回の会議ではパネルディスカッションのセッションが設けられ、複合核反応に関する現状や問題点などが議論されました。こういう企画は個々の問題のショーケースに終わりがちですが、理論計算の裏付けにはどのような実験が必要かなど、実験と理論両グループからの活発な議論が続く 2 時間となりました。ちなみにパネリストは、Kerman, Wilhelmy, Dietrich, Weidenmüller それに若手代表で Talou。年齢差は 30 以上あったでしょうか。

3. 所感

前平衡や核分裂、準位密度の理論など、全ての新しい方向が微視的記述に基づいたものになりつつあります。核データ評価という立場からは、こういうコストのかかる計算はやや「使いづらい」のですが、この流れは止まりそうにありません。もちろん GNASH のような統計模型に Hartree-Fock 計算を組み合わせるのはあまり効率的とは言えません

が、巨視的なシステマティックスに対して微視的理論での裏付けがあれば、核データ評価の精度を高めることが可能です。

今回の参加者の年齢層は薄く広く広がり、下は博士課程学生から上はおそらく 80 歳に手が届きそうな年齢。上の世代からは「若い世代が、活発に原子核の研究を続けていることに安心した」との声も出ました。30 代 40 代の研究者が積極的に議論できる場があるということは、70 年の歴史のある複合核もまだまだ終わってないということです。

* * * * *

ご存知の方も多いと思いますが、ワークショップの開催地となった Yosemite 国立公園は、California 州東部を南北に走るシエラネバダ山脈に位置します。会場である Tenaya Lodge は、文字通り木目が美しいロッジ風の豪華な建物で、大学院の一学生が宿泊するにはもったいないほどの立派なものでした。

実は筆者（岩元）は、LANL 核データ研究夏期国際交流の一環で、10 月初旬から Los Alamos（標高 2250m）に滞在していたのですが、このワークショップの期間中、ひと時ではありましたが、山岳地帯特有の乾燥した Los Alamos の気候から開放され、Yosemite の澄んだ空気と潤いを十分に満喫することができました。

さらに会場のロケーションだけでなく、Tenaya Lodge 内の食事もまた（うんざりするほど）豪華なものでした。味に関しては申し分ないのですが、顎が外れそうなほど厚いハンバーガー、大量のフレンチポテト、丸ごと 1 個のりんご、等々、メニューに出てくるもの全てがビッグサイズで、日本の食事に慣れ親しんでいた筆者にとって、ここでの食事は衝撃的でした。外で軽めの食事で済まそうと思っても、Tenaya Lodge は Yosemite 国立公園のうっそうとした森林の中にありますので、もちろん、近くにそういったレストラン街や店はなく、ワークショップ期間中は毎日、嫌でもここでの豪華な食事をする羽目になりました。

ワークショップ3日目のエクスカージョンでは、Yosemite 国立公園内をシャトルバスで周回し、セコイアの森林、氷河地点展望台（図1）、Yosemite 峡谷を観光しました。世界遺産というだけあって、そのどれもが雄大な自然を体感できる素晴らしいものでした。中



図1 氷河地点展望台

でも、氷河地点展望台は特に印象的でした。氷河によって侵食された峡谷、澄み切った空に生えるシエラの山々を一望に収めることができ、壮大な大自然をこの展望台で体感することができました。残念なことに、楽しみにしていた Yosemite の滝は、切り立った崖に大量の水の流れた跡と思われるものが見られただけで、見るも哀しい状況でした（図 2）。現地でもらったパンフレット（日本語）によると、雪解け時期の 5、6 月が Yosemite の滝の見ごろだそうです。Yosemite の滝を見に当地を訪れるときは、その時期を目掛けて来ることをお勧めします。ただ、紅葉を楽しむには 10 月が最もよく、特に Yosemite 峡谷の風景は、そのどれもが画になるような素晴らしいものでした（図 3）。なお、Yosemite 国立公園は日本人観光客が多らしく、日本語付きの看板が所々に見られました。

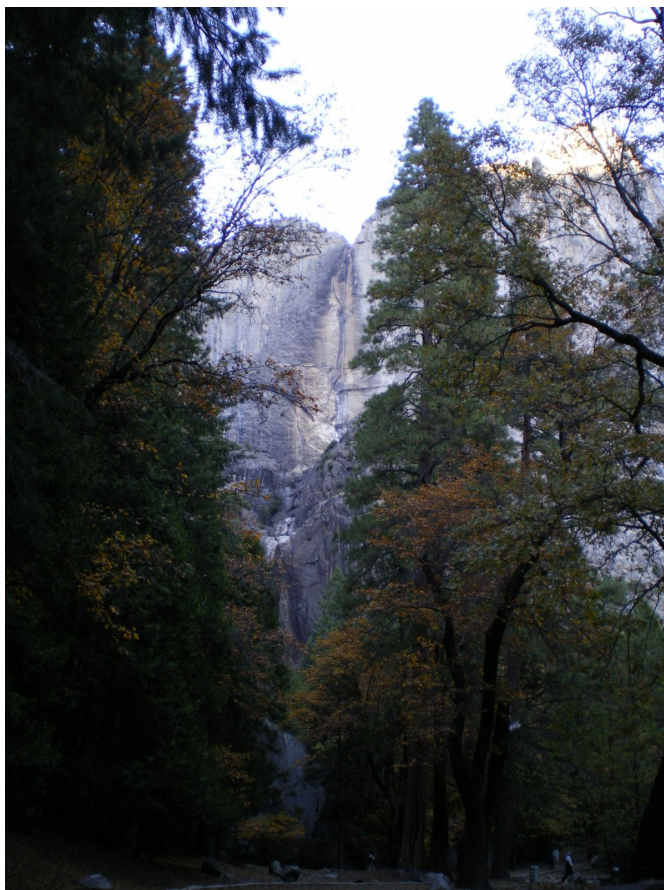


図 2 Yosemite の滝

ワークショップ期間中、California 州南部で大規模な山火事が発生し、現地へ向かうときは多少の不安を感じていましたが、実際ここ Yosemite に滞在してみると、その気配は全く感じられず、平穏で充実した時を過ごすことができました。

最後に、ワークショップ会場に Yosemite を選んで下さった方々、そしてワークショップの参加を快く勧めて下さり、このような素晴らしい機会を与えて下さった河野俊彦氏に感謝いたします。



図 3 Yosemite の溪谷