



米国ロスアラモス国立研究所での博士研究員を終えて

(財) 核物質管理センター

渡邊 健人

twatanabe@jmcc.or.jp

1. はじめに

ロスアラモス国立研究所（以下、「LANL」という）での2年間の博士研究員の契約を終え2010年11月、日本に帰国した。LANLで最初に執筆した論文[1]を核データ部会奨励賞に選んで頂いた。その論文の解説記事を依頼されたのだが、勝手に記事の内容を変更させて頂き、核データ評価の研究分野において今後活躍が期待される学生のためにいくつかメッセージを残すことにした。

参考のため経歴を簡単に述べておく。私は、九州大学大学院に在籍し、石橋健二教授の下、高エネルギー中性子スペクトロメトリを研究分野とし、高エネルギー中性子入射中性子放出反応の測定や厚い遮蔽体に対する中性子透過に係る実験を行った。また、同大学院在籍中にLANLの原子核理論グループにおける中性子直接捕獲断面積の理論計算コード[2]の開発にも携った。卒業後、九州大学の学術研究員として8ヵ月間、炭素に対する180 MeV中性子入射軽イオン生成収量測定のデータ解析プログラムの構築に従事した。その後、LANLの博士研究員として、核分裂生成物に対する中性子反応平均断面積の評価と陽子直接捕獲断面積の理論計算を行った。現在は、原子力の平和利用を担保する仕事に携わっている。

2. 大きな方向転換

LANLで、最初に取り組んだテーマは、Prompt Fission Product（以下、「PFP」という）に対する中性子反応の平均断面積の評価であった。この平均断面積は、30年ほど前に既に評価されている[3]。当時の評価手法において、平均を求めるに当たり考慮したPFPの数が少ないこと、使用された汎用原子核反応計算コードが古いことがインセンティブとなりこの研究テーマに取り組んだ。

PFPP は中性子過剰で不安定であり、標的として用いて断面積測定を実施することができない。そのため、個々の核種に対する核反応断面積は理論計算に頼ることになる。理論計算には、汎用原子核反応計算コード (EMPIRE、TALYS、GNASH、及び CoH) を利用した。各種計算コードで求めた平均的断面積を比較した結果を考察するため、コードのマニュアルやテキストを開いて核反応理論について勉強したり、ソースコードを読んだりした。

この研究テーマに取り組むことは私にとって、実験系から理論系への大きな方向転換であった。方向転換のデメリットは、業績をあげるまでに時間がかかることである。何の武器ももっていない分野への方向転換はよく考えてから実行する必要がある。大学院生のときにこれから研究者として戦っていく中で武器となるようなスキルを身に付けて、それを活かしながらキャリアを積み重ねることが理想であろう。



写真 1 週末はよくサイクリングを楽しんだ (右が筆者)

3. 基礎物理の重要性

核データ評価という研究分野は原子核構造論と原子核反応論と密接に関連している。原子核物理に基づいた理論計算が核データとなるからだ。私が LANL で二番目に取り組んだテーマは、中重核に対する陽子の直接捕獲反応の理論計算であった。スキーム力を用いたハートリー・フォック近似 (以下、「SHF 近似」と言う) で標的核を記述する (対相関は BCS 理論で考慮)。そして、入射陽子が捕獲される一粒子軌道とそのスペクトロスコピック因子が求まる。直接過程での捕獲反応を考えているので、断面積は、入射歪曲波が E1 電気遷移によって標的核中の空いている一粒子状態へ遷移する確率を計算して得られる。

核子の直接捕獲反応の理論の定式化は今からおよそ 50 年前に Brown 氏[4]によってなさ

れている。また、SHF 近似で原子核を記述することも Vautherin 氏と Brink 氏[5]によっておよそ 40 年前になされている。SHF 近似で求めた核内一粒子状態波動関数を初めて直接捕獲反応の計算に応用したことがこの研究テーマの新しい点である。核構造計算において強力なツールである SHF 近似を応用することで、幅広い領域の核種に対して妥当な直接捕獲断面積を計算することができる。

この研究を進めるに当たり、「原子核構造論」(池田清美・高田健次郎著)や「原子核反応論」(吉田思郎・河合光路著)を開いた。読み進めようとするのだがなかなか前へは進まなかった。その理由は、量子力学の基礎が身に付いていないためであった。今思えば、当然のことにように思うのだが、自分でそれに気がつくのには時間がかかった。それからは、学部で受講した量子力学の講義で使っていた「量子力学 I・II」(坂井典佑著)を読み直したり、「量子力学 I・II」(小出昭一郎著)や「現代の量子力学上・下巻」(J.J. サクライ著)を新たに読んだりした。ハートリー・フォック近似、角運動量の合成、対称性、第二量子化等について知識を習得すると、核構造のテキストを読み進めることができそうだと感じた。

野球、サッカー、バスケットボール等、全てのスポーツには基礎的な動作があり、それを体に覚えさせるまで何回も繰り返す。基礎を習得せずに発展はないし、まして試合で活躍することはできない。原子核の構造論や反応論を活用した核データ評価活動を行うには、量子力学等の基礎物理科目を習得し、しっかりと基礎物理のセンスを身に付けておくことが大事であると思う。これは、実験を専門とする学生にとっても同様である。原子核物理の構築に資する意義ある実験手法を考案するには、理論家並みに理論に精通しておく必要がある。

インターネットで検索すればバイブルとされるテキストの情報は手に入る。指導教官に尋ねれば良本を推薦してくれるだろう。量子力学に関して言えば、「現代の量子力学」は外せないだろう。修士課程の夏休みに研究室で有志を集めて自主セミナーを開催し、2 週間で読破してみるのはどうだろう。

4. 具体的な業績審査基準

LANL の博士研究員は大きく 2 つに分けることができる。

- ① Postdoctoral Fellow研究所が持つ予算で給料が支払われ雇用される。
- ② Postdoctoral Research AssociateFellow には選ばれなかったが、研究所の各研究グループの裁量によって雇用される。

ひとつ目に挙げた Postdoctoral Fellow に選ばれるための一つの審査基準は、業績リストに挙げる論文のインパクトファクターの総計が 100 以上であることらしい。インパクトファクターは、同じ研究分野の雑誌同士を相対的に比較する際に役立つ、雑誌の影響度を表す指標である。核データ評価に関連する専門誌はいくつかあるが、インパクトファク

ターはおおよそ 0.5 から 3 程度である。

ここで述べたいのは、業績審査を行うための具体的な審査基準が存在するという事である。従って博士課程に進学する学生は、戦略的に業績を積み重ねて置く必要がある。できるだけ多くの論文を執筆しようと誰もが思うだろう。ここから更に一步踏み込み、論文を何本執筆し、研究予算をどれだけ獲得し、どのような賞を獲得する必要があるのかを把握し、具体的な目標を設定して努力する必要がある。日本学術振興会特別研究員に採用されて得られる研究奨励金は獲得予算になるので、書類作成説明会に参加した上で応募するとよい。

また、博士研究員にアプライする際に誰もが受けるであろう審査基準は、学部 4 年時に研究室を選択するときにも利用できることを述べておきたい。研究体制がしっかり整えられた研究室に配属されたいと誰もが望むと思う。研究体制を知るには、研究室のホームページにアクセスし、論文発表状況を見ればよい。その論文の質を知るには、インパクトファクターを調べればよい。各研究室の年度毎のインパクトファクターの総計を比較すれば、研究室のレベルを客観的に評価できる。インパクトファクターは、研究室選びの一つの判断材料にできる。

5. 就職活動

博士研究員は業績をあげながら就職活動を行う。公募にアプライするときに参考になりそうなことを記しておく。

最初から公募されているテーマに完全に合致する人はいないと思ってよい。公募テーマの中に今まで取り組んで来たものがあり、その点を活かしながら自分の能力を広げてゆくストーリーを描く。A4 紙 1 枚程度の研究計画書が求められた場合、これは、受験者の抱負が聞きたいのであって採用後の具体的な研究計画を書く必要はないと思われる。今までの研究経歴を簡潔に述べ、自分の強みを明確に主張する。その強みを活かしてこんなことに挑戦してみたいと抱負を書く。業績審査（面接試験）を受ける場合、発表資料作りは現在の研究主体でよい。ただ、自分の能力や経験と公募テーマとの接点を見つけてアピールする必要がある。その接点から自分の能力や経験を活かして、新しい切り口で研究をしていくという前向きな姿勢を可能な限り書き込む。業績審査は、7 から 8 割が自分の業績、残りが今後の研究展望（過去の実績を絡めてこんな事をしたいという説明）という配分にする。公募を出した研究グループが欲しい人材と応募者の専門・希望がマッチしていることを判断されると思われる。

6. まとめ

以上、私が経験してきたことの中で役立ちそうなものを後学へのメッセージとして述べた。要約すると、

- ① 大学院生のときに誰にもできない計算等のスキルを身に付けてそれを活かしながらキャリアを積むこと、
- ② 基礎物理はしっかり習得し研究者としての基礎を固めること、
- ③ 戦略的に業績を積み重ねること、

である。面白いことは自分で見つけて、以上述べたことを参考にしながら、精力的に研究に従事して欲しい。

7. 最後に

「門をたたけ。そうすれば開けてもらえるだろう。」という聖句が新約聖書にある。私がノックした門を開け、中に迎え入れてくださった LANL の河野俊彦氏はじめ応用原子核理論グループの方々、T2 グループのグループリーダー Joe Carlson 氏、副リーダー Gerry Hale 氏に感謝の意を表する。ノーベル物理学賞受賞者がかつて研究に従事していたグループで働くことができたことは一生の誇りである。



写真 2 LANL 滞在中後半は、Peter Moller 氏のゲストルームを間借りした。
写真は、Peter の家庭菜園で収穫した有機野菜。インスタントラーメンの具材となる。

参考文献

- [1] T. Watanabe, T. Kawano, M.B. Chadwick, R.O. Nelson, S. Hilaire, E. Bauge, and P. Dossantos-Uzarralde, *J. Nucl. Sci. Technol*, **47**, 470 (2010).
- [2] L. Bonneau, T. Kawano, T. Watanabe, and S. Chiba, *Phys. Rev. C* **75**, 054618 (2007).
- [3] D. G. Foster and Jr., E.D. Arthur, LA-9168-MS, Los Alamos National Laboratory (1982).
- [4] G. E. Brown, *Nucl. Phys.*, **57**, 339 (1964).
- [5] D. Vautherin and D.M. Brink, *Phys. Rev. C* **5**, 626 (1972).