

話 題 (VI)

中国における核データ活動

(原 研) 菊 池 康 之、中 川 庸 雄

1. はじめに

科学技術庁が行っている近隣諸国との研究者交流制度の一環として、核データに関する研究を行っている中国の研究所や大学を訪れる機会を得た。この制度で日本原子力研究所に数ヶ月間滞在して母国に帰るアジア諸国の研究者が増えている。我々の原研核データセンターにも既に中国からは2名、そのほかの国から3名の研究者が来て核データ評価やベンチマークテストをしていった。しかし、この制度のもとで日本から中国へ行ったのは、核データに関しては、我々が始めてである。今回の訪問は平成2年3月4日～19日の2週間と短期間ではあったが、次に述べる通り、北京、西安、成都、上海の4市、2研究所、4大学を訪れることができた。

中国が核データ評価の研究を始めたのは、中国原子能研究院に中国核データセンター(CNDC)を設けた1975年からである。日本では日本独自の評価済み核データライブラリーJENDL-1の編集が本格化している時であった。この時同時に中国国内での協力体制としてChinese Nuclear Data Coordination Network(CNDCN)を組織した。日本のシグマ委員会に相当する。

彼等は中国独自の評価済み核データライブラリーCENDL-1の作成を始め、1984年頃に完成させた。しかし、このライブラリーは36核種のデータしか収納していないし、一部の核では、1 keV以下の低エネルギー領域の評価が十分でないなどの問題があった。

その後、中国は1984年にIAEAの加盟国となり、ENDF/B(米国)や我々のJENDLも入手できるようになった。CNDCNも当初より拡大され、現在では、表2に示した通り16の研究所や大学がそれに参加している。また、1986年には中国核データ委員会(CCND:China Committee of Nuclear Data)を編成した。これには約30名の委員が参加している。しかし、広い中国のこと、会合を開くのは困難らしく、今年の5月に開く会合が第2回目だそうだ。

現在は、CENDL-2の作成を行っている。CENDL-2には表1に示した52核種のデータを収録する予定である。エネルギー領域も熱中性子領域から20MeVまでを完全にカバーする本格的な核データライブラリーである。3月までに17核種の評価を終了している。終了しているのは主に、CENDL-2で新たに追加した核種のデータであり、残り核種は、CENDL-1の再評価が主な作業である。従って、残り作業が少ないのでCENDL-2は来年1991年には完成させたい意向である。CENDL-2は、ENDF-4フォーマットで編集される。このフォーマットは現在では古いフォーマットであるが、炉定数作成用コードをENDF-4フォーマットベースで整備したため、このフォーマットの使用を強いられているらしい。

2. 中国原子能研究院核データセンター (IAE/CNDC) (北京)

北京とは言っても北京市からは南西の方向へ車で30~40分走った所に原子能研究院がある。途中、蘆溝橋の近くを通過して行く。全くのいなか町で、回りは田や畑にかこまれた所だ。3月は春がやっと近づいて来たと言った時期で、畑の麦を除いてはほとんど緑が見られない。研究院のほとんどの職員は自転車で数分の所にあるアパートに住んでいる。我々はその“招待所”に泊まった。職員は、毎朝夕と昼食時に、自転車で職場とアパートの間を往復している。私(中川)も自転車を借りて、招待所から通勤した。回りに畑を見ながら、何十台もの自転車に混じって走っていると、今、まさに中国の大地の上にいるのだと実感できた。原子能研究院のある町からさらに南西に車で20分程行くとあの北京原人で有名な周口店に着く。CNDCで車を出してくれたので、周口店に行き、原人の骨が見つかった洞穴などを見学した。

さて、CNDCは中国における核データ活動の中心機関である。蔡敦九所長を中心に総勢約35名のスタッフがおり、1) 評価・編集、2) 計算・理論、3) 炉定数作成・ベンチマークテスト、4) 核データおよびプログラムライブラリーサービスの4つのグループに別れている。CENDLのための評価とその編集作業は1)と4)のグループが行っている。

CNDCNの評価担当者が評価したデータはここに集められ、ENDFフォーマットで編集される。我々が原研核データセンターでJENDLの編集を行ったのと全く同じである。

計算・理論のグループは核データ計算用のコード開発を行っている。理論計算コードは、外国からはあまり入手しておらず、CNDCが独自にコードの開発を行っているようだ。光学模型パラメータ決定用コードAUJPや光学模型による断面積計算コードMUP-2、Unified Model コードUNIFYなどが作られている。また、共分散データの評価についてもかなり検討が進められている。しかし、残念ながら、CENDL-2には共分散データは入らないとのこと。

炉定数作成グループは、ENDF-4フォーマットから炉定数を作成し、ベンチマークテストをするシステムの整備を行っている。

CENDL-2のためのこれらの活動の他に、CNDCでは核構造、崩壊データ、核分裂生成物収率データ、ドシメトリデータ、荷電粒子データ、原子分子データ、等にも手を伸ばしており、かなり幅広い分野の作業を行っているようだ。

計算機は、最近IAEAから貸与されたVAX-2を使用している。これには約10台程の端末が付いている。また、原子能研究院の計算センターにはCYBER825がある。炉定数グループは、VAXだけではなくCYBERも使用しているらしかった。なお、CYBER825の方は近く機種変更の予定があるらしい。

3. 応用物理・計算数学研究所 (IAPCM) (北京)

IAPCMでは Applied Nuclear Physics and Particle Transport Division を訪ねた。ここには30名程度のスタッフがおり、核データに関しては、理論コードの開発やデータの評価

を行っている。CENDLのためには、Ni, Cu, Si, O, Beのデータを評価している。しかし、どちらかと言うと、理論コード開発の方が主であると感じた。さらに、炉定数作成用コードの開発も行っていて、NGCPS (Neutron Group Constants Processing System) を完成させた。AMPX-II、NJOYなど外国のコードも入手し、整備している。

計算機は、IBM4341、4348、FACOM-M160、M180、CYBER等が使えるが、部ではVAXを使っているとのことだった。

原子分子データの分野では、CRAAMD (Chinese Research Association for Atomic and Molecular Data) を組織して活動している。これには、IAPCMを始め9つの大学等の研究機関が参加している。原子分子データの計算、測定、収集、評価済み原子分子データライブラリーの作成等が主な目的だそうだ。

4. 北京大学・重イオン物理研究所 (北京)

ここは、菊池のみが訪問した。北京大学は、1898年設立の名門大学で、人文科学及び基礎自然科学を中心としている。重イオン物理研究所は、50人のスタッフがおり、6.5MVタンデムV.d.Gと4.5MV V.d.Gを有する。ただしこのタンデムは、Oxford 大学から譲られた中古品である。また、4.5MV V.d.Gは1980年に当研究所で設計され、1982年には上海の工場で完成していたが、北京市内の建設ラッシュのあおりを受け、収容する建屋ができず6年間も工場に放置され、その間に陳腐化してしまったと担当者は嘆いていた。

核データ部門は10人で実験と評価を行っている。ここの唐国有教授は、CENDL-2の²³⁹Uの評価を行っており、NEACRP/NEANDCの核データ評価国際協力(本誌、話題(V))にオブザーバーとして参加を強く希望するのでその方向で調整することとした。

5. 西北大学 (西安)

ここも菊池のみが訪問した。西安は昔の長安であり、周、秦、前漢、唐の都で、近郊には秦始皇帝陵、兵馬俑発掘跡、乾陵を始めとする唐の諸陵等があり、まさに中国の考古学的宝庫である。また市中心部は明時代の城壁を再築して城壁都市となっている。

西北大学は1912年に創立された陝西省でも有数の総合大学で特に人文及び自然科学の基礎に優れている。物理部は86人のスタッフと400人の学生、30人の大学院生から成る。CNDCNの一員としての活動は、以前は張高有教授のもと5人で2π中間子交換の理論を担当していたが、1988年の張教授の死去に伴い、米国への留学等で離れていき、現在は今回対応してくれた孫秀泉助教授1人となっている。現在DWUCK-4により、中性子非弾性散乱の計算を行っているが、VAX-8350への書換えに苦勞しており、日本のDWUCKの経験者とのコンタクトを望んでいる。

当初の予定では、西北大学を月曜日に訪問し、火曜日には成都へ移動する予定であったが、中国到着後に予定していた航空便が旅客が少なすぎるとの理由でキャンセルされ、火水と西安

に足止めされた。西安は上述の様な観光都市なので退屈はしなかったが、成都での予定の変更を余儀なくされ、木曜日に本当に便が出るのか等かなり不安であった。中国の国内旅行はかなり柔軟で余裕を持ったスケジュールにしておかないと危険である。

6. 四川大学（成都）

北京から南西へ直線距離で約1500kmの所に成都がある。ここは三国時代の蜀の首都であり、現在は、四川省の中心都市である。比較的工業化の進んだ所で、新しい体育館や大きな病院があったりして町の中も活気があった。北京と比べると暖かい所なので、すでに春の花が咲きそろっており、町の回りの畑では菜の花が満開だった。

成都も自転車道が道路にあふれていた。道路は、片側2車線になっており、一本は車用、もう一本は自転車用のレーンである。しかし、自転車が車のレーンに入って来たり、信号を無視して走っているの車のドライバーは絶え間なくクラクションを鳴らしている。その音が町中にあふれ、実に騒然とした雰囲気であった。

成都は、工場の設備や技術を日本から導入している関係で、日本人が多い所だそう。我々が訪ねた四川大学には日本人の学生が17名おり、我々が泊まった外国人用の寮では日本語の話声が頻繁に聞こえた。大学の外国語講座では英語に次いで日本語の受講生が多いこと、常時日本語のラジオ放送があることを通訳してくれた許氏が教えてくれた。

四川大学では、Institute of Nuclear Science and Technology の中性子物理研究室が曹建華教授中心にして核データ評価を行っており、CND CNの中ではIAE/CNDCに次いで核データ活動が活発である。1976年ごろから評価作業を始め、CENDL-1では4核種（Al, Fe, W, Pb）の評価を担当した。当初5人の評価者がいたが、徐々に増えて一時は15人ももの研究者が核データ評価にたずさわったこともあったとのことである。しかし、その後、大部分の人は実験の方に移ってしまい、現在は核データ評価をしている人は3人だけになってしまった。この3人でCENDL-2に格納する構造材核種の評価を行っている。上記4核種の他、Ni, Cu, V, Cr, Nb, Zr, ^{127}I , ^{152}Sm , ^{155}Gd が担当核種である。なお、評価者の1人、馬氏は、NEACRP/NEANDCの核データ評価国際協力に興味を示し、サブグループ1にオブザーバーとして参加したと言っていた。

実験では、2.5MV V.d.Gを用いた原子分子関係の仕事が多いが、中性子関係では、10~100 keV 付近の中性子捕獲断面積の測定をV.d.Gで行っている。また400 keVの Cockcroft-Walton型加速器を用いて中性子の弾性・非弾性散乱、DDX、(n,2n)反応断面積などの測定を行っている。

計算機はFACOM-M340があるらしいが、主に各研究室にあるパソコンを使って仕事をしているようだった。

7. 復旦大学（上海）

成都から中国西南航空会社の古めかしいB707で上海に飛んだ。上海飛行場では、復旦大学の呉治華教授が出むかえてくれた。復旦大学の原子核科学系では、彼を中心とする5名程のグループが核データ関係の仕事をしている。データ評価は主に呉教授が行い、他の人たちは核データの理論的研究に携わっている。CENDL-2に収納するデータでは、5核種(Na, Hf, Cd, In, Ag)のデータ評価を行っている。

我々が復旦大学を訪ねたのは土曜日だった。午前中にJENDL-3の話を中心に日本の様子を伝え、彼らからは、上記の情報を得た。午後は、呉教授が上海市内を案内してくれた。上海は高層ビルが立つ一角が有ったり、ネオンサインが有るなど我々が訪ねた都市の中では若干雰囲気の違った都市だった。

8. むすび

今回の訪問で、中国の核データ活動の一端を見ることができた。訪問前は、CENDL-2に関する情報は全く無く、CENDL-1以後の計画が不明だったが、今回、その現状を知ることができた。昨年の天安門事件にも屈せず、着実に成果を上げて来ている。また、彼らは、外国との情報交換を強く望んでいる。特に、北京以外の地で、その傾向が強い。研究者交流制度、不定期的な文献情報交換、核データ研究会、等々、日中間の核データに関する情報交換、協力の可能性は増えている。

最後に、我々を招待してくれたIAE/CNDC、IAPCMさらに、公私共に我々の面倒を見てくれた訪問先の方々に、誌面をかりて感謝する次第である。

表1 CENDL-2に評価値を収納予定の核種

H, D, T, ³ He, ⁴ He, ⁶ Li, ⁷ Li, ⁹ Be, ¹⁰ B, ¹¹ B, ¹⁴ N,
¹⁶ O, ¹⁹ F, ²³ Na, Mg, ²⁷ Al, Si, P, S, Cl, ⁴⁰ Ar, K,
Ca, Ti, V, Cr, ⁵⁵ Mn, Fe, ⁵⁹ Co, Ni, Cu, Zn, Zr,
⁹³ Nb, Mo, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Hf, Ta, W, ¹⁹⁷ Au,
Pb, ²³⁵ U, ²³⁸ U, ²³⁹ Pu, ²⁴⁰ Pu, ²⁴¹ Am, ²⁴⁹ Bk, ²⁴⁹ Cf

表2 CND CN参加機関

機 関	所在地	主 な 作 業 内 容	スタッフ概数
中国原子能研究院 核データセンター	北 京	測定、理論計算、評価、CENDL編集、炉定 数作成、ベンチマークテスト	35
応用物理・計算数 学研究所	北 京	評価、計算、ベンチマークテスト	5
北京大学	北 京	測定、評価(Ca, ^{238}U)、核分裂・CC理論	4
清華大学	北 京	測定($\sigma_{n,n}$)、評価(Be,B)	1
北京師範大学	北 京	ガンマ線生成データの測定	2
四川大学	成 都	測定(捕獲,散乱,CPND*)、評価(構造材)	8
復旦大学	上 海	測定(放射化断面積)、評価(In,Ag,Cd)、 計算(軽核)	3
上海原子核研究所	上 海	測定、評価(CPND,NSDD**)、理論	1
南京大学	南 京	測定、評価(K,Zn,Moの捕獲)	1
吉林大学	長 春	測定(崩壊)、評価(NSDD)、理論(軽核)	4
南開大学	天 津	理論、コード開発	3
蘭州大学	蘭 州	測定、評価(Ti,Ta)、理論	2
武漢大学	武 漢	理論(多体問題、DWBA)、評価(FP)	2
鄭州大学	鄭 州	理論(ガンマ線生成データ)	1
広西大学	桂 林	理論(共鳴)	2
西北大学	西 安	理論(直接過程)	1