



## シグマ委員会 60 周年にあたって

### — 想い返すことごと —

元東京都市大学

吉田 正

[yoshida.gonneko@gmail.com](mailto:yoshida.gonneko@gmail.com)

シグマ委員会が創設されて今年で 60 年になるという。委員を辞してはや 10 年近い歳月が流れたが、つい最近まで筆者はシグマ委員会にその起源のある FP 崩壊データの仕事を、IAEA 専門家会議つながりで細々と続けていた。この暮の 20 日、長かったこの IAEA 活動を総括する総合論文が投稿され [1]、これで大きな区切りがついた。全てが終わってしまったという喪失感は大いだが、あっ、まだ本稿の締め切りが残っていると逆に少しほっとした気分になり新年を迎えたばかりである。この退任後の時期も含めて、シグマ委員会は筆者の職業人生を貫く柱であり続けた。シグマ委員会そのものの、あるいはそこから大きく派生していった NEA/WPEC あるいは IAEA のいくつかの委員会活動、それに学会活動や執筆といった仕事とそこから生まれた交友関係。これらを除いたら筆者の職業人生、更に言えば人生そのものも、もっとずっと寂しいものになっていたはずである。一方、私が主にやってきたのはこの FP 崩壊データであって、シグマ委員会活動の本流である中性子断面積には少ししか関わってこなかった。その分、本稿の視点もやや傍系からのものになるし、関わった期間の長さだけが取り柄で、創立 60 周年記念という晴れがましい機会にはいささか荷が重いと感じつつ書かせていただく。

年末に読んでいた新聞のコラムに、老人は昔話や自慢話を慎むべきである、とあった。自慢話はともかく昔話のほか私には書くことが無いので、この禁は破らせていただく。高校時代、友人が貸してくれたランダウ/ジューコフの「相対性理論入門」という啓蒙書に完全にはまった。超進学校とはいえその最底辺をウロウロしていたので、秀才たち、そして彼我の差を飽きるほど見ていた私には「物理学者」になろうなどという大望は抱きようがなかった。そこで考えたのが、物理学科に進んでとことん物理学を「楽しみ」、卒業の直前になったらよく考えて身の丈にあった就職をすればいい、という計画であった。そしてそれを実行した。高校卒業の年、折よく早稲田に物理学科が創設された。三科目入試の私立だったから入りやすいし、教養学部がないから一年目からすぐに目的の物理学科学

生になれる。二年生で解析力学を担当されたのが並木美喜雄先生で、先生は白墨を一本だけついで教室にやって来て 90 分間黒板に長い式をそらで (!) 書き続けて授業をこなし、何事もなかったように帰って行く。かっこよかった。変分原理、正準変換、ハミルトン・ヤコビ方程式、ポアソン括弧式等を何度も強調された。量子力学へと我々を導こうとしていたんだ、と今になってわかる。そのガリ版刷りのテキストはのちに丸善から刊行され、今でも大切に持っている。

同期には優秀な人たちがいて、後に原子力分野に進んだ友人も多い。Y 君たちとは二年生から Schiff の Quantum Mechanics を自主輪講したり、スプートニクの影響下でロシア語を勉強したりしたが、統計力学が大の苦手だった。物理学生失格である。三年生の頃だったか、その Y 君が突然学校に来なくなった。1～2ヶ月ほどして出てきた彼をつかまえて聞いたら、Feynman Lectures on Physics を読み始めたら面白くて止まらなくなり学校に行く暇がなかった、が彼の答えであった。時はまだ湯川(1949)、朝永(1965)のノーベル賞受賞に日本中が沸いていた物理学全盛の時代だった。卒論のため志望したのはベータ崩壊の権威であった山田勝美先生の研究室で、卒論では変分法でトリトンの結合エネルギーの計算を、修論では WKB 近似で自発核分裂半減期の計算をやった。先輩である高橋耕士さんの勧めもあったのにベータ崩壊の大局的理論をやらなかったことは今でも深く悔やんでいる。当時の筆者は勃興しつつあった原子力に惹かれ始めていたが、原子力におけるベータ崩壊の重要性を全く知らなかったのである。ともかく私にとっては人生で一番楽しい6年間であった。1971年、修士課程を終え三井/東芝系の原子力研究開発専業会社 NAIG に就職した。

我が国は 1960 年代に動力炉としてまず英国から黒鉛減速炭酸ガス冷却炉（コールドーホール改良炉）を導入したが(66年運開)、1970年代には米国から導入した軽水炉が支配的になりつつあり、一方で、先を見据えた高速増殖炉の自主開発が始まっていた。自主開発には基礎基盤の構築が何よりの前提となる。核計算コードと炉定数の整備がその第一ステップと目されて、原子炉3メーカーは各社別々に炉定数セットを独自開発していた。私が入社した NAIG では飯島俊吾、川合将義の両氏が NNS-5 セットを開発されていたが、お二人ともシグマ委員会の主要メンバーであった。NAIG で仕事を始めるとすぐ命じられた仕事にはシグマ委員会での活動が含まれており、今から考えるとそれは僥倖としか言いようがない。

当時の原子炉炉心計算は中性子エネルギーで離散化した多群拡散方程式にほぼ全てを依存しており、より高近似の輸送方程式計算は部分的にしか使われていなかった（一次元  $S_n$  計算、衝突確率法など）。これら多群方程式の各項の係数は炉定数あるいは核定数と呼ばれ、これは当然ながら核データから導出される。しかし、1970年代初頭の当時は高速炉用に 25 エネルギー群の群定数をマイクロな断面積データと比較しながら直接評価していた。ENDF/B 形式で核データが厳密に収納された我が国独自の評価済み核データライブラ

リーJENDL-1 が完成するのは 1977 年のこととなる。その後シグマ委員会は JENDL-2, -3, -3.2, -3.3, -4, そして一昨年暮に完成した JENDL-5 と着実に展開, 前進していった。その頃のシグマ委員会は日本原子力学会の「シグマ特別専門委員会」と日本原子力研究所（当時：現 JAEA；以下「原研」と略記）の「シグマ研究委員会」の総称である。両者の緊密な連携こそは、民間（会社）ボランティアの活力と大学の知恵、それに官（原研）の実動・行政能力を結びつけて、日本の核データをゼロから現在の高い水準にまで引き上げるのに実に効果的な役割を果たした。

NAIG 入社後、早々に行かされたのは内幸町の原研本部会議室での JENDL のための高速および共鳴領域の FP 中性子捕獲断面積評価のワーキンググループ（WG）会合であった。WG 作業の手始めは Gilbert・Cameron 型準位密度パラメータの決定で、しばらくすると月に何回か一泊二日で東海に行き、原研で作業するようにもなった。これは仕事と言うより大きな楽しみとなっていく。ある時、私が東海での作業を終えて東京に戻る車中で、1980～1985 年に両委員会の主査と委員長を兼任されていた原田吉之助原研物理部長（当時）にばったりとお会いした。そのとき原田さんが仰った「シグマ委員会は『咲く花の匂うがごとく今盛りなり』ですな～」の一言は今もあの頃を鮮やかに思い出させ、忘れることができない。日本経済の「失われた 30 年」がやってくるのはまだ先のことであった。

少し時間を遡るが、1979 年にスリーマイル島の炉心溶融事故が起き、その元凶である FP 崩壊熱への注目度がにわかに高まった。米国では原子力安全委員会が Oak Ridge と Los Alamos の両国立研究所や大学、民間へ重複・並行してサンプル照射実験を委託するとともに、崩壊熱総和計算のための最新の FP 崩壊データの ENDF/B への取り込みに着手していた。日本では原研の田坂完二さんが早くから FP 崩壊データライブラリーの作成に着手され、シグマ委員会は中嶋龍三さんをリーダーに崩壊熱評価ワーキンググループ（DHWG）を新設して田坂ライブラリーを基に独自の FP 崩壊データライブラリーの作成を目指した。しかし、出来上がった日・米・欧の新ライブラリーを用いた計算結果は、その全てが期待を完全に裏切るものであり、サンプル照射実験の再現性は各国既存のライブラリーを大幅に下回るものであった。シグマ委員会 DHWG では、山田勝美、高橋耕士ら早稲田グループの創始したベータ崩壊の大局的理論を援用することでこの困難を回避することに成功し [2]、当時緊密な協力関係にあった米国の ENDF/B-IV のデータを拡大・調整して得た核分裂収率データと併せて公開した（FP 崩壊データと収率データは崩壊熱総和計算に不可欠の二本柱である）。JNDC Nuclear Data Library of Fission Product [3]がそれだが、それはまだ JENDL とは切り離された別物であった。やがて改訂ごとに特殊目的ファイルとして JENDL の範疇に入り（JENDL/FPD-2000,同-2011）、JENDL-5 で初めて JENDL 本体の一部となる。なお、崩壊熱のサンプル照射実験では秋山雅胤さんの東大弥生炉での測定が重要で、2023 年の現在でも Oak Ridge の Kirk Dickens さん達の測定とともに最も頻繁に引用されている。

大局的理論による日本の成功は特に ENDF/B-V を開発中の米国の研究者から注目され、困難の原因とその克服をめぐって 1983 年に NEANDC 主催の "Specialists' Meeting on Yields and Decay Data of Fission Product Nuclides" が開催された。私もプログラム委員の一人だったので当時 Saclay におられた高橋耕士さんにも来ていただき、多くの実験家とともに、総和計算とサンプル照射実験の不一致の原因はいったい何なのか、なぜ大局的理論が有効に機能するのか、今後個々の短寿命 FP 核種に対してどのような測定が有効なのか等が詳細に議論された [4]。問題は主に  $\gamma\gamma$ -coincidence 測定に基づく短寿命核のレベルスキームそのものにあった。これを Pandemonium 問題と言う [5]。核物理実験上の大きな問題が、応用の分野での実験と理論の比較から誰の目にも明らかで姿を現したのである。大局的理論の大幅導入の成功は幸運だったとして、「これは当面の困難回避策であって、将来の評価済み核データライブラリーには新たな Pandemonium-free な測定手法で採られたデータに基づく FP 崩壊データが収納されるべきである」と私は考えていたが、その道は遠く長いものになった。

OECD/NEA(Nuclear Energy Agency)は核データ評価の国際協力を促進する目的で WPEC (Working Party on International Nuclear Data Evaluation Cooperation)を 1990 年に立ち上げており、原研核データセンター長だった菊池康之さんはその後、崩壊データや遅発中性子をやっている原研外の間人であるという希少価値だけで私をメンバーに加えてくださった。ちょっと横道に逸れるが、菊池さんは知識と英語力に優れ、WPEC 総会を CEA の Massimo Salvatores さんとの二人三脚で牛耳っていた。会議はいつもこの二人の議論を枠に進んでいた印象がある。

ベルギーの Antwerp での 2005 年 WPEC 総会で、私は Pandemonium 問題を解決するためのサブワーキンググループ立ち上げを提案し、これが了承された (SG25)。しかし WPEC に実験家を招致しない限り話は進まない。そうはいつでも WPEC には上部機関の承認を経ることなしに実験家を定期的長期に渡って招聘する権限はない。この窮地を救ってくれたのが IAEA からのオブザーバー Trkov さんであった。彼のおかげで、早くも同年 12 月にスペイン Valencia 大学の TAGS (Total Absorption Gamma-ray Spectroscopy) グループを招聘し、IAEA/NDS と NEA/WPEC の共催会合を Wien で行うことができた。爾後 2021 年まで数年おきに、IAEA 専門家会議のもとで TAGS 測定者とデータ享受者が膝突き合わせて議論を深めることができた (2021 年はリモート会議)。途中から Oak Ridge National Laboratory の TAGS グループもこれに加わり、多くの短寿命 FP 核のベータ崩壊データが採られ、関連する数十件のジャーナル論文がこれまでに出版されている。その総まとめと将来に向けての総合報告が、本稿冒頭で挙げさせていただいた文献 [1]であり、そこに上記経緯とその技術的内容を手短に纏めた。1970 年代末に提起された問題の一応の解決に 40 年以上を要したことになる。これらの新測定結果はほぼ全てが JENDL-5 はもちろん、JEFF3.3, ENDF/B-VIII に取り込まれた。シグマ委員会と欧米でほぼ同時に顕在化した問

題は 40 年を経てシグマ委員会に戻って来たわけである。

シグマ委員会創立 60 年、遅れて来た筆者にとっては 50 年。本稿でお名前を挙げさせて頂いた方々も、既に鬼籍に入られた方々の方が多くなってしまわれた。あるチベット仏教の高僧が語ったと聞く。「人の一生は短い。猫があくびをするあいだほどにも」と。定年後はや十年をすぎ、老妻と老猫 1 匹の猫まみれの生活も終盤に近づくいま、これは蓋し名言であり、若いころそれに思い至っていればと考える日々である。冒頭で「僥倖」と言う言葉を使ったがそれは、猫があくびをするあいだずっと、シグマ委員会と、そこから派生した世界と、今も続く交友関係の中で生きてこられたことに深く感謝しているがためである。既に故人となられた、山田先生、飯島さん、菊池さん、中嶋さん、田坂さん、それに、都市大、東工大千葉研究室、原研/JAEA、IAEA/NDC の皆さん、ほんとうにありがとうございました。

#### 参考文献

- [1] Nichols, A. *et al.*, <https://arxiv.org/abs/2212.10335>
- [2] Yoshida, T., Nakasima, R., *J. Nucl. Sci. Technol*, **18** (1981) 393
- [3] 田坂完二他, JAERI 1287 (1982), 日本原子力研究所
- [4] R.E. Chrien, T.W. Burrows (editors), Brookhaven National Laboratory, Upton, NY (USA); 24-27 October 1983; BNL-51778. Available from NTIS as DE85000967
- [5] Hardy, J.C. *et al.*, *Phys. Lett.*, **B71** (1977) 307