

人の縁と運に恵まれ、何とか過ごした半世紀



梶野 良穂
Hino Yoshio

はじめに

日本アイソトープ協会より「私の RI 歴書」の原稿を依頼された際、協会は 2021 年 5 月で 70 周年を迎えたとの話があり、何と自分と同じ古希かと不思議な縁を感じ、浅学非才の身で恥ずかしながら、敢えて自分の半世紀を振り返ることとした。

さて、筆者は 1951 年 10 月 26 日に宮城県の仙台市で生まれた。この 10 月 26 日は、たまたまではあるが 1956 年に日本が IAEA に参加し、更に 1963 年に東海村の JPDR が初めて原子力発電に成功した日であることから、翌 1964 年に「原子力の日」とされている。当時中学 1 年であった筆者は、何となく自分の誕生日を祝ってくれた気がして、嬉しかったことを記憶している。ついでながら、1964 年は前回の東京オリンピックが開催された年であり、10 月 26 日は閉会式が行われた日でもあった。中学は仙台二中、高校は仙台二高で、自宅通学のまま東北大へと進学した。

1. 大学時代 (RI との出会い)

大学は工学部の原子核工学科に入った。選択理由は、やはり誕生日が記念日に重なったことと、原子力に関する漠然とした期待感であった。入学後の 2 年間は青葉山の麓にある教養学部での授業であったが、70 年安保の真最中で、色とりどりのヘルメットが教養学部の教室を占拠しており、実験棟も破壊され、満足な講義は受けられなかった。結局、ノン

ポリの自分はパチンコと麻雀の日々であった。2 年間遊び惚けた後、漸く青葉山の学部授業で、電磁気や量子力学等の基礎や、ラマーシュの「原子炉の初等理論」の原文読み合わせ等の専門的授業と、学生実験では $^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}$ 分離で β 線を測定する等の初歩的な RI 実験を経験した。思えば、この辺りが最初の RI との出会いである。

学部 4 年になると研究室に配属され、筆者は相山一典教授の放射線計測研究室を選択した。当時、相山研には核物理の古田島久哉助教授、炉雑音解析の北村正晴助手（東北大名誉教授、現在(株)テムス研究所所長）はじめ、スポーツに熱心な院生（サッカーの山本徹さん、野球の篠塚勉さん等）が居られ、活気あふれる研究室であった。

東北大の原子核工学科には、臨界未満実験装置とそれに付属するコッククロフト型加速器があり、筆者はこの加速器を用いた $\text{T}(\text{d},\text{n})\alpha$ 反応で発生する 14 MeV 中性子の測定に関する研究に取り組んだ。当時、発生する α 線をプラスチックシンチの薄板を光電管に張り付けて測定していたが、よりエネルギー分解能に優れた Si 表面障壁型検出器への置換えを試みた。n 型の Si 結晶をニッケルメッキし、その一面を削り出して酸化させ、p 型にすることで、p-n 接合を作る単純な仕組みであるが、接合部保護のエポキシ接着剤の塗り方や、p 型の表面に金を蒸着し、電極を取り付ける等、結構細かい作業が必要であった。メッキの手順や電極の取り付け等のノウハウは、隣の百田研の神田一隆助手に手ほどきいただいた。また、 α エネルギー校正用に ^{210}Pb 溶液に銀

線を浸し、 ^{210}Po を吸着させて α 線源も自作した。このSi表面障壁型検出器を用いて、 $T(d,n)\alpha$ で発生する α 粒子に対応する14 MeV中性子のビームプロファイル測定を行い、それらをまとめて卒論とした。

梶山研では、研究以外のスポーツや飲み会も活発で、あまりに楽しくて、大学院への進学を決めた。今にして思えば、この好い加減な判断が後の人生を大きく狂わせた？と言える。当時は高度成長期の絶頂期で、4年で就職を希望した者は5月の連休明けには就職先が決まる、いわゆる「青田刈り」の世界であった。しかし世の中甘くなく、進学を決めた年の秋に第1次オイルショックが起こり、翌年の掲示板に貼られていた募集案内は「公務員試験」と「東工大の大学院募集」の2件のみという寂しさであった。このオイルショックの影響は結構続き、就職状況は修士修了の2年後もあまり改善されなかった。それでも、優秀な同期は何とか就職を果たしたが、当時、原子核工学科に高速中性子実験室(FNL)が設置され、新しい加速器(ダイナミトロン)が導入されたことも重なり、筆者は更に博士課程に進学することにした。(もっとも、研究室では「労働力」として博士課程の大学院生を求めているタイミングでもあった。)

大学院では当時重要性を増していた、高速中性子の反応に伴い放出される γ 線の生成断面積の測定に取り組んだ。修士課程では、随伴 α 粒子との同時測定を試み、14 MeV中性子の γ 線生成断面積を、引き続き博士課程では、動き始めたダイナミトロンを用いた高速中性子の $(n,x\gamma)$ 反応断面積の測定に取り組んだ。新設のダイナミトロンは、高電圧を保持するため、加速管やイオンソースは SF_6 を加圧したタンクに入っており、イオンソースの修理等で頻繁にタンクを開く必要があった。しかも当時のダイナミトロンのタンクは、数十本のボルトナットで締める方式であったため、タンクの開閉には学生・院生に集合がかり、巨大な電動レンチを抱える勤労奉仕を強いられた。そのようなダイナミトロンのメンテナンスを一手に引き受けておられたのが、核理研から引き抜かれた阿部勇技官で、ダイナミトロンの電気系からイオンソース電極のバリウムコーティングまで、実に多才な活躍をされていた。阿部さんはその後高エネ研に移籍され、筑波でも何度かお世話になったが、才子早世で、50代で亡くなられた

のは誠に残念であった。

ダイナミトロンではトリチウムの汚染を防ぐため、トリチウムターゲットは使用禁止であった。そこで、中性子の収率を上げるため D_2 ガスターゲットや金属リチウムターゲット、更には実用には至らなかったが、篠塚氏のアイデアによる氷結重水回転ターゲット等、様々な中性子発生ターゲットとパルスビームのピックアップシステムの試作等、面白い経験ができた。更に、 $(n,x\gamma)$ 反応断面積の測定のため、大容量のGe検出器が必要であったが、極めて高価であったため、原研の阪井英次氏の論文を参考に、山本氏と共に自作を試み、有効体積約 70 cm^3 のGe検出器と遮蔽体を組み上げた。もともと、この $(n,x\gamma)$ 反応断面積の測定研究は、梶山教授と山本氏がFNL建設の目標課題の1つとして開始したものであるが、漸くデータが出始めた頃に山本氏の博士課程の年限が来てしまい、筆者が棚ボタ式に結果をまとめて、1979年に米国テネシー州のKnoxvilleで開催された会議で報告した。この会議の帰路、ニューヨークのロングアイランドにあるブルックヘブン国立研究所を訪ね、近くにあったORTECのGe検出器製造工場を見学させてもらった。数十のGe結晶がLiのドリフト中で、ずらりと並んだ容器の中で、温度を一定に保つためのノルマルペンタンが沸騰している様はまさに壮観で、これはかなわないと実感した。

2. ドイツ留学

何とか、博士課程を終了したものの、オイルショックの傷はまだ癒えておらず、就職先は見つからなかった。仕方なく、学術振興会の奨励研究員として、引き続き梶山研に所属していたが、奨励研究員は2年が限度で、この先どうしたものかと思案していた時、西ドイツのカーlsruエ原子核研究所(Kernforschungszentrum Karlsruhe, KfK)でポストドクを探しているから行って見ないか？との話が原研の塚田甲子男先生より紹介された。聞いてみると、かなりの給料がもらえるようで、2つ返事で応募した。当時、西ドイツでは核破砕反応を利用した強力な中性子源の建設計画があり、そのために核破砕反応で得られる中性子の総数と角度分布、及びエネルギースペクトルを測定するプロジェクトであった。KfK

のチームリーダーは Siegfried Cierjaks という南ドイツ出身の小柄な人物で、米国からの Howe Steive (ロス・アラモスで核破碎の研究をしていた。その後、ロケットの推進研究に転進) と、ドイツの博士課程の大学院生、そして筆者の4名のチームであった。KfK には加速器がなかったため、実験はスイスの国立原子核研究所 (SIN, 現在はポール・シェラー研究所: PSI) とフランスのサックレイ (Saclay) 研究所の加速器を用いて行われた。中性子の測定は、東北大で使っていたと同じ NE-213 液体シンチレータで、波形弁別で $n\text{-}\gamma$ の分離を試みた。しかし、中性子のエネルギーが高く、2 インチ程度のシンチでは中性子に弾き出された陽子が突き抜けてしまい、突き抜けた成分は立ち上がりの波形が γ 線の立ち上がりと重なってしまうため、 $n\text{-}\gamma$ 波形弁別ができない。そこで、ターゲットに入る陽子ビームパルスを極薄のプラスチックシンチでトリガーをかけ、発生する中性子を1インチ厚の NE-213 及び10インチ長の大型の NE-213 とのトリプルコインシデンスで中性子の数とエネルギー測定を実施した。ターゲットは、劣化ウランの小ブロック (5×5×10 cm のサイズで、ニッケルメッキが施されていた) を最大で3段6列程度に積み上げたもので、最初に3段1列からスタートし、順次列を増やして中性子の増倍率を含めた総発生数を実際に測定した。Saclay では、加速器を有料で借りていたため十分な冷却時間が取れず、ビーム停止後直ぐに次の列を積みに行かされた。1GeV の陽子ビームで照射されたばかりのウランブロックに触ると物理的な熱を感じる状態で、まさに突撃部隊要員として雇われている感じであった。

KfK のプロジェクトは結局2年で終了し、これからどうしたものかと考えていたところに、つくばの電総研で放射線計測の研究者を探しているとの話があり、早速コンタクトしたところ、面接をするので帰国せよとの話。当時は結構航空運賃は高く、Cierjaks に相談したところ、「それは良い話だ! 任せておけ」と、KfK とかけ合っただけで最初の面接の交通費を支給してくれた。更に、KfK との契約が年末までであったため、電総研に採用される4月までの3か月をユーリッヒ (Jülich) 研究所に押し込んでくれた。

3. 電総研における研究

都合2回の面接を経て奇跡的に採用され、電総研の量子放射部・放射線計測研究室に配属された。研究室は X・ γ 線標準と放射能標準のグループに分かれており、筆者は放射能グループに属した。丁度、由良治氏が翌年定年の予定であったため、由良さんの担当されておられた放射性ガスと液体シンチレーションカウンタの引継ぎが当面の課題であった。放射性ガスは ^3H や ^{14}C で標識したメタンや ^{85}Kr と ^{133}Xe 等で、液シンは ^3H と ^{14}C 等で標識された有機溶液の測定であった。放射性ガス用には、長さの異なる通気型の比例計数管を3~5本連結してガスを循環させ、比例計数管の端効果を連立方程式で求めることを可能にしたもので、そのガスの一部を取り出して PWR のガスモニタに用いられる 1.5L の通気型電離箱を校正する仕組みになっていた。一方液シンのバイアルは、デンデン太鼓を思わせるドラム型の特殊な形状で、対向して配置された2本の光電管の間に密着させることにより集光効率を上げる特殊な構造であった。液シンサンプルは、このガラス製のドラム型バイアルに試料とシンチレータを入れ、上部を熔封するのだが、トルエン系の試料の場合、ガラスを熔封する途中で火が入り、先端が黒く焦げてしまい、なかなか綺麗な熔封試料ができずに苦労した。

放射性ガスや有機溶液以外の、電総研が維持していた放射能標準の大部分は、 $4\pi\beta\text{-}\gamma$ 同時測定による値付けが行われていた。こちらは、当時室長の河田燕氏 (その後、成蹊大学工学部長、日本アイソトープ協会常務理事を歴任) が担当されており、線源作成から測定までの一連の作業を実地に教えていただいた。まずは線源作成のための薄膜作りで、薄膜用の VYNS (塩化ビニルと酢酸ビニルの共重合体) をシクロヘキサンに溶解し、その溶液にスライドガラスの端を浸し、これを水盤の水の表面に触れると、スルスルと膜が広がってゆく。その膜を真鍮の薄板で作った円形のリングを並べたものですくい上げ、乾燥後 VYNS 膜の両面に金を真空蒸着してでき上がりである。この薄膜の上に、線源溶液を数十 mg 滴下秤量し、乾燥させて測定用の線源ができ上がる。入所当時、アロカのキュリーメータの校正を共同研究の形で実施しており、色々な核種の絶対測定を実

地に見学させていただいた。

その後しばらくは河田さんと一緒に国際比較のための絶対測定等を行った。当時、世界各国の放射能標準の整合性をチェックするため、主としてフランスにある国際度量衡局（BIPM）の主催による国際比較が、いろいろな核種について行われ、電総研はこれにほぼ毎回参加し、非常に良い結果を得ていた。また、これらの国際比較の結果を具現化するため、BIPMでは専用ガラスサンプルに規定量の γ 線放出核種溶液を封入して送ると、それを加圧型電離箱で測定し、その出力をBIPMの持つ ^{226}Ra 密封標準線源の出力と比較し公表する「国際放射能測定照合システム」（International Reference System: SIR）が機能していた。電総研に入所してからの約10年間は、このような国際比較対応や、たまに来る依頼試験等で必要な時にSIRに線源を送付するだけの、のんびりと過ごせた時期であった。しかし平穏な日々は長続きせず、ある日、河田さんが成蹊大学に移られることになり、放射能標準担当は筆者のみとなった。放射能の標準は線源を媒介として供給されているため、必要の都度絶対測定を行うが、いきなり新人の担当者が付けた値では信頼性が得られない厳しい現実と直面した。そこで、自分の値付けの確かさを確認する目的で、標準供給用に絶対測定を行う都度、せっせと線源サンプルをBIPMのSIRに送付した。また、原液に余裕があるときは、アジア各国の標準機関にも線源を送付し、電総研を中心としたアジア地域の国際比較も実施した。その際、放射性物質の輸入手続きや発送費用等、RI協会の中村吉秀氏には「おんぶにだっこ」で大変お世話になった。自分の信頼性を得るための国際比較であったが、これが後々、我が国とアジア地域の放射能標準の整合性表明に大いに役に立った。

4. 電総研から産総研へ

2001年4月に電総研を含め、工業技術院内の15の研究所と計量教習所が統合・再編され、独立行政法人産業技術総合研究所（産総研）が発足した。産総研では、これまでの研究所の枠を取り外し、電総研で標準を担当していたグループは、計測標準研究部門に再編された。一方、経産省の本省にも知的基盤課が新設され、標準研究と標準トレーサビリティ

体系の整備にかなりの予算が注ぎ込まれた。これに伴い、国家標準を具現化するための「特定標準器」、「特定二次標準器」等の機器整備が行われ、人員も補充することができた。その反面、標準トレーサビリティ維持のための技術マニュアル整備等、筆者のあまり得意ではない要求が生じたが、RI協会の山田崇裕氏（現在、近畿大学准教授）に助けていただき、何とか計量法校正事業者登録制度（JCSS）における放射能関係の技術的要求事項を取りまとめた。その際、放射能標準のトレーサビリティ体系を確実にするため、BIPMと同様の加圧型電離箱と長半減期の γ 密封線源の組み合わせで、 γ 線放出核種について pA/MBq の単位で値付けを行った。BIPMでは ^{226}Ra （半減期1,600年）の密封線源を使用していたが、Raの場合、 α 線を放出し続けるため線源の内圧が上がり、長期安定性の観点から ^{222}Rn のリークによる汚染や一時的な出力変動が懸念される。そこで、 β 核種で ^{226}Ra と同じ程度の γ 線を放出する $^{166\text{m}}\text{Ho}$ （半減期1,200年）に着目し、これの密封線源の作成を試みた。とは言え、産総研にもRI協会にもそのような線源を作成する技術はなく、当時原研のRI製造部の山林尚道部長に相談し、線源の作成を引き受けていただいた。線源は HoCl_3 の原液を安定な Ho_2O_3 の粉末とし、ステンレス容器にアルミナ粉末と共に充填・密閉し、蓋をレーザー溶接後更にステンのカバー容器に入れて同様にレーザー溶接したもので、2重封じの頑健な密封線源ができた。その際、産総研が購入した $^{166\text{m}}\text{Ho}$ の原液のみでは十分な強度で必要数の線源ができないことから、当時アイソトープ製造部に保管してあったストックの $^{166\text{m}}\text{Ho}$ を追加いただけた。この線源を山田氏の設計で取扱いやすいキャリングフォルダに装着し、これを産総研と原研、RI協会そしてBIPMに寄贈し、参照用 γ 線源として使用してもらうこととした。この線源とキャリングフォルダを図1に示す。安定な密封線源の作成に並行して、加圧型電離箱と電流計、そして面線源用の 2π マルチワイヤーカウンタを産総研とRI協会ですれぞれ同じものを設置し、放射能のトレーサビリティ体系を確かなものとすることができた。



図1 $^{166\text{m}}\text{Ho}$ の2重密封線源(左端)と線源ケース(左2番目)、遮蔽付きキャリングフォルダー(右円筒)

5. 放射能標準と国際貢献

放射線・放射能の標準に関し、BIPMの放射線諮問委員会(CCRI)が隔年に開催され、それに合わせて国際放射能計測委員会(ICRM)が開催されていた。産総研に再編された頃より、標準の国際的整合性が厳しく求められるようになり、CCRIでも国際比較の手順や実施項目等が盛んに議論されるようになった。特に、各国が最高校正能力(CMC)を、不確かさを含めて一覧表として公表することとなり、そのCMCの確かさを証明するための国際比較が必要となった。幸い、電総研の頃から、せっせと国際比較に励んでいたおかげで、産総研はほとんど問題無く、放射能標準についてのCMC登録ができた。

一方、ICRMでは放射能測定技術に関する研究報告が行われ、筆者にとっては事務的な手続きを議論するCCRIよりも、このICRMの方が面白かった。放射能の研究はマイナーな分野で隔年の開催であったが固定メンバーが多く、かえって多くの親しい顔見知りができた。我が国からは、電総研ループ(成蹊大に移られた河田教授は指導学生を国際会議に連れてきてくださり、また成蹊大学の箱根寮で研究会を開催される等、電総研+成蹊大のグループとなっていた)の他、名古屋大学の森千鶴夫教授や宮原洋助教授、原研の源河次雄氏らが毎回参加され、それぞれの研究を発表されていた。中でも源河氏は、大規模な放射能線源を発熱量で測定するカロリメータの開発というユニークな研究をされ、ICRMの副会長をされておられた。その後任という訳でもないが、

筆者は2001年から副会長、そして2005年から2009年までICRMの会長を務めさせていただいた。会長職として、これと言った功績もなかったが、2011年(東日本大震災の発生した年)の秋に、筑波でICRM'2011を開催することができた。

これらの活動と並行して、国際電気標準会議(IEC)の放射線防護機器分科会(TC45)の日本代表委員をされておられた、東大の中沢正治先生が急逝されたため、ピンチヒッターとして2003年より、国内委員会委員長を引き受けさせられた。引き受けて間もなく、TC45分科会を日本で開くことを求められた。IEC/TC45は、ほぼ1年半毎に参加国持ち回りで参加費を取らずに開催している。日本で開催するということは、会場費やレセプション等の費用を工面しなくてはならない。TC45の国内事務局をしていた日本電気計測器工業会の高橋義雄氏と電気事業連合会を訪ね、電力各社からの寄付をお願いした。更に、東芝、日立、三菱重工等の原子炉メーカーやアロカ(現在、日立製作所)、富士電機、三菱電機、千代田テクノル等の防護・測定機器関連の各社からも寄付をいただき、2009年9月にパシフィコ横浜を会場としてIEC/TC45横浜会議を開催した。これらの会議が無事開催できた裏には、東芝から産総研に移籍してくれた柚木彰氏の活躍が大きく、あらためて感謝したい。

終わりに

考えてみれば、学生実験の $^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}$ 分離でRIと出会ってから、あっという間の半世紀であるが、本当に幸いにも「人の縁」と「運」に恵まれて、ここまで何とかやって来ることができた。放射能標準についても、一時は「一人標準」となり、今後どうなるのかと心配したが、産総研に再編され、標準の維持に予算が付いた。そのときに作成した $^{166\text{m}}\text{Ho}$ の線源には、若干の ^{152}Eu と ^{154}Eu の不純物が含まれていたが、既に作成してから15年を過ぎ、その影響は0.1%以下となっている。今後はより安定した標準線源として γ 線核種の目安を与えてくれると期待している。今となっては、到底作成できない線源であり、当時、快く作成を引きつけて下さった原研の山林尚道氏とアイソトープ製造部の皆様に、あらためて感謝したい。また、2009年のIEC/TC45

横浜会議は、幸いにも震災前であったおかげで、何とか必要な資金が集まり、パシフィコ横浜を会議場として開催できた。一方、ICRM'2011は、震災直後で、国内の研究者は超多忙のため、90%以上が海外からの参加者であったが、ユーロ建てで参加費を得られたことと円安が重なり、これも何とか無事に切り抜けることができた。尚、ICRM'2011のバンケットは筑波山のホテルで開催したが、あいにく台風の直撃と重なり、暴風雨を押して筑波山に行き、帰りには台風一過の星空が見えたことも印象に残ってい

る。更に、その夜に震度4程度の地震のおまけがあり、外国からの参加者は「台風と地震の両方を経験した!」とかえって好評であった。

思い出話は尽きず、まだまだ多くの方々のお名前が抜けているが、最後にこのコラムを書く機会を与えて下さったRI協会と*Isotope News*編集委員会、そして読者の皆様に感謝し、私のRI歴書としたい。

(産総研分析計測標準研究部門名誉リサーチャー、
(株)千代田テクノル大洗研究所アドバイザー)