

放射線・原子力の安全を求めて



小佐古敏荘
Kosako Toshiso

1. はじめに

筆者は、1949年に広島県安芸郡府中町で生まれた。府中町は広島原爆の爆心から約2.5km位で、原爆の話は多く聞いた。中学の数学の先生は背中に大きな火傷の跡、ガラス片を内包したケロイドもあった。原爆投下後、水を求めて逃れ、多くの方が川岸で息絶えた話等、幼少のころから聞いていた。広島市内には6河川が流れているが、長くそれぞれの土手から遺骨が出てきた。何人かの被爆生存者は、広島・比治山の進駐米軍下の原爆傷害調査委員会 (Atomic Bomb Casualty Commission, ABCC) の調査に行ったが、ほとんどの人はその調査目的 (原爆放射線の人体影響を調べる) を正確には知らなかったと思う。

2. 科学技術の成長する時代

1955 (昭和30) 年代は、戦後の混乱期を抜け高度経済成長、科学技術の急進展の時代となった。テレビ、冷蔵庫、洗濯機の「三種の神器」が急速に普及し、鉄腕アトム (小型原子炉が動力) のテレビ番組に夢中だった。ソ連の初の人工衛星 (スプートニク号) に驚き、その後、毎年、人工衛星の記録が伸び、核実験の競争が始まった時代であった。1956-57年には、東京大学原子核研究所 (東大・核研)、(国研) 日本原子力研究開発機構 (原研)、(国研) 放射線医学総合研究所 (放医研)、原子力三法、国際原子力機関 (IAEA)、科学技術庁、JRR-1、日本原子力発電 (株) (日本原電) 等がスタートし、その後1965 (昭和40) 年代以降に大きく進展した。

その時代に広島で小中高校を過ごし、1968年、私立修道高校を卒業、科学技術方面へと、同年東京大学理科I類に入学した。まさしく科学技術のイノベーションに若者が引き付けられた形であった。

3. 大学時代—駒場から本郷へ

1968-69年は、東大は混乱の渦中であった。学生・院生と大学当局の間で医学部学生処分問題や大学の民主化等の課題をめぐり、争われていた。この運動は従前の学生運動を引き継ぎ、国内の大学に拡散した。これは仏、米、中、等、世界中の同時期の「学生の反乱」の一環で、古い時代から新しい時代への脱皮のプロセスでもあった。

当時は、東大・駒場でも、教員も含めたクラス討論が広く行われ、大学、学問の在り方、社会との係わり、自分達の社会での役割等々、様々な議論や活動があった。大学の混乱は深刻で、1969年の東大入試は中止となった。しかし、同年の安田講堂の学生と機動隊の“攻防”の後、沈静化、分裂化した。

当時の議論と考え方 (社会との係わり、技術者倫理等) は、現在の原子力・放射線安全の議論にも通じていると思う。一例は、「利害関係者の意思決定過程への包含」 (Stakeholder Involvement in Decision Making Procedure) 等の考え方である。

この中で、駒場から本郷の専門学科への進学を選択せねばならなかった。当時、私のいた東大・三鷹寮の先輩の宇多村元昭さん (後に、(株)日立製作所を経て東京工業大学原子炉工学研究所特任教授) からの勧めもあり、物理、電気、機械他の総合工学が必要な原子力工学科への進学を決めた。将来の進路決定に良き友人は大切だ!と思う。

4. 専門課程での研究のスタート

原子力工学科での講義内容は期待通りで、原子力、核物理、電気、機械、応用計測、材料、生物影響等々バラエティに富んだ魅力的なものであった。本郷でのRI、放射線、原子力の実習以外に、東海村の原

研との共同研究を通じて大型設備にも接した。当時は新しい分野を開拓するんだという気概に満ちていた。原研の「夏季・修士学生・実習の制度」がスタートし（筆者らが1期生）、全国から集まった当時の仲間は現在でも付き合いがある。因みに、筆者は原研FCAに配属、中村知夫さんに劣化U体系（劣化Uの金属棒により構成される数tの立方体）への中性子パルス実験を教えていただいた。

卒業論文の所属研究室は、関口晃教授の放射線計測研究室であった。研究室は関口教授、中澤正治助手の中性子計測グループと長谷川賢一助教授の電子回路のグループに分かれていた。筆者は卒論、修論、博論はこの研究室の所属であった。1971-72年当時はまだ本格的な商用の原子力発電所も少なく、大学では専ら基礎研究を行っていた。卒論は「鉛減速型中性子スペクトロメーターを用いた高速炉用核燃料内模擬中性子スペクトル場の研究」であった。Pu核燃料を模擬したタンゲステンを用いての、加速器のパルス実験による中性子断面積評価実験で、面倒見のいい有能な指導者である中澤先生に手取り足取り、研究の基礎を御教授いただいた。

5. 原子力研究の成熟期に向けて

修士課程の頃には、東大の高速中性子源炉「やよい」（東海村）の建設も終わり、1971年に臨界となった。修論は「中性子スペクトルの標準化に関する研究」で、高速炉の炉心の中性子の測定（放射化箔、BF₃、³He、NE213、反跳陽子比例計数管、TOF等々）や、それらと関連した高速炉炉心スペクトルの解析表示をテーマとした。また、博士課程の頃には、高速増殖実験炉（常陽炉）の建設が始まり、1977年に臨界、東大での研究もこれら実機を視野に入れたものになっていった。

この頃の研究生生活は東京本郷と、東海村（東大炉と隣接する原研）との二重生活であった。常磐線（上野－東海）は、急行列車が日に数本、夕方7-8時には上りの普通列車も終電だった。しかし、当時は、村の人や原研の研究者も、筆者ら学生に好意的、親切で、楽しい雰囲気だった。

原研、動力炉・核燃料開発事業団（動燃）と東大との共同研究もあり、研究資金・環境は抜群で、早朝から夜遅くまで毎日実験準備・実験ができただけ

でなく、大型計算機も（当時は有料）十二分に使用でき、研究三昧の日々だった。東大原子炉では若林宏明助教授にご指導いただき、原研の一級の研究者にも教えていただいた。これらは後の筆者の研究生生活の大きな基礎となった。

博士課程では、研究室の“職員”としての仕事も増えた。1974年9月、原子力船「むつ」の初航海時に中性子線漏洩事故が起き、大きな社会問題になった。政府は放射線遮蔽研究の強化策を示し、(財)原子力安全研究協会を通じ「中性子線ストリーミングの研究」の委託研究を決定、関口教授がこれを受託された。筆者はこの研究に“準職員”として取り組むことになり、実験、計算評価、委員会議事録作成、報告書と忙しい日々を過ごした。結果、遮蔽分野の研究者や原安協の職員の方々とも深い知り合いになった。

博士論文は学生時代の研究成果の集大成で、「Spectral Characterization of Fast Reactor Neutron Field」の題で1977年に学位を取得した。

6. 職業としての放射線・原子力安全研究

博士課程修了後の1977年、東京田無の東大・核研に選考の後、助手として採用された。中村尚司助教授と筆者とで、加速器放射線防護・放射線管理室の担当であった。核研（1956年発足）は、理学・物理系の全国共同利用研究所で、朝永振一郎、小柴昌俊、益川敏英等のノーベル賞学者を輩出していた。

核研は、工学系と異なり、運用形態、議論の自由闊達さ等、筆者にとっては随分新鮮であった。田無には、核研：低エネルギー部（核物理）、高エネルギー部（素粒子物理）、理論部、共通部以外に、宇宙線研究所が同居していた。これらの部門を超えた自由な雰囲気溢れ、上下の隔てなく自由な議論により研究を進めるやり方は、その後の筆者の研究生生活でも大いに参考になり役立った。

中村先生には、高エネルギー物理、遮蔽等、色々教えていただいた。研究環境は、サイクロトロン、電子シンクロトロン、計算機センター、図書館等があるが、すべて24時間営業で、思う存分研究がすすめられ、筆者の生涯の研究活動の中でも最も充実した時期であった。この頃の研究テーマは、高エネルギー加速器の放射線遮蔽・保健物理、スカイシャイン、減速材型中性子検出器の開発等であった。

ところが、1980年5月、核研の共同利用者の不始末で²⁵²Cfの環境汚染事故が発生、新聞にも大きく報道された。放管は事故片付けの中核を担い、この収束に大いに奮闘した。事故の顛末はRADIOISOTOPES, 30, 352-359 (1981)に纏めている。この事故の苦い経験から「放射線安全は片手間で行うものではなく、研究活動の基礎をなす重要な仕事である」と改めて自省し、この後、筆者は安全研究を研究の中心に据えた。研究の方向性に大きな影響を与えた事故であった。

7. 原子力施設の管理責任者として

1982年、関口教授より口添えがあり、人事選考の後、東大本郷の原子力研究総合センターに助教授として赴任した。ここでは13人の技術者を擁する共用設備管理部門主任として、学内（医、理、工、農、薬、教養等）の生物、医学、物理、化学、工学、原子力分野の学内共同利用設備の企画運用、管理を担当した。そこでの大きな事業としては、タンデム型バン・デ・グラフ加速器の改修を有馬朗人教授等の助力を得て完成した。他にも、小型ペレトロンの新規導入、セシウム、コバルトの照射装置の運用等々を行った。

8. 日米広島・長崎の原爆線量再評価委員会

1976-78年、ローレンスリバモア国立研究所 (LLNL) から、従前の広島・長崎の原爆中性子線量評価についての疑問が示され、米国放射線審議会、米国アカデミー等において原爆線量再評価の必要性が提起され、日米合同の委員会が組織された。米国は米国アカデミー (NAS) の下、LLNL, LANL, ORNL, SAIC等が参画、日本側は田島英三委員長の下、放射線影響研究所 (RERF)、広島大学原爆放射線医学研究所、長崎大学原爆後障害医療研究所、放射線医学研究所、東大等が参画した。日米の多数回の作業会合の結果はDS-86 (Dosimetry System) (1986)、DS-02 (2002)の2冊の広島・長崎原爆線量再評価報告書として纏められた。筆者も、主要メンバーとしてこの日・米委員会に参画し、米国側と大いに渡り合った。若い筆者には、米国側の「研究に対する理念」、「プロジェクトの運用」は、日本側より随分重厚だと実感した

のである。日本側は、主として広島・長崎の残留放射能の実測値の提供で貢献したが、プロジェクト全体を俯瞰しての組み立ては、米国側が数枚上手で、その理念と哲学に大いに勉強させられた。

DS-86, DS-02の線量評価結果は、広島・長崎の被爆者の疫学データと組み合わせ、放射線の人体影響の基礎データとしてUNSCEAR, ICRP等々に供給され、放射線作業員の放射線防護システムの変更等に反映されていった。例えば、1990年のICRP勧告 (ICRP60) では、放射線作業員の基本線量限度が、50 mSv/年から、20 mSv/年 (5年平均) へと変更になった。

9. 原子力船「むつ」後の放射線遮蔽研究

1974年の原子力船「むつ」の中性子放射線漏れ事故の後、筆者らも東大炉「やよい」を用いて、大掛かりな遮蔽実験を行った (中性子遮蔽, バルク, ストリーミング実験)。前述の原安協の委託研究でも実験研究を進めたが、この実験の数値解析に三井造船チームと共に、国内で初の大掛かりなモンテカルロ計算を行った。しかし、当時の放射線遮蔽は、解析的な近似式等による評価が中心で、「相当な計算時間を必要とするモンテカルロ計算は実用に供されることはない」というのが、委員会の大方の専門家の意見で、この計算を進めることに賛成してもらえなかった。筆者の見解では、ストリーミング現象の問題点はモンテカルロ計算による詳細な検討が必要であること、また、コンピュータの計算速度の進歩は大きく期待でき、今後、実用的な遮蔽評価にも使えるようになると思った。委員長の関口 晃東大教授 (筆者の指導教官) の支持を得てこれを実行できた。相当な時間と努力を重ね、東大やよい炉での実験結果と突き合わせて、様々な知見を得た。モンテカルロ計算の遮蔽研究への適用性、有効性を実証し、従前の遮蔽評価に新しい地平を切り開いたのではないかと考えている。これらの知見は後に、高速実験炉「常陽」や、高速増殖原型炉「もんじゅ」の遮蔽設計に反映されていった。

10. 国際活動・ロシアとの安全研究での交流

1986年のチェルノブイリ原発事故後、日本対外

文化協会・東海大学松前達郎総長の肝いりで、ロシア人研究者の受け入れを要請され、計6名のロシア人研究者を10年余にわたって小佐古研究室に受け入れた。彼らとの共同研究を通じ、事故後のチェルノブイリ原発の現地調査、ロシア原子力省他の研究機関との交流を20年近く続けた。1年おきに「日露放射線安全シンポジウム」を日露交互で、計6回開催した。チェルノブイリの原発の状況、ロシア原子力の状況に関する知見を得て、大規模原子炉事故時の原子力・放射線安全の研究を深めたのである。

11. 国際交流・アジア地区の原子力安全

原子力委員会、文部科学省は2000年に、従前組織(ICNCA)をアジア原子力協力フォーラム(FNCA)に改組し、日、濠、中、インドネシア、韓、マレーシア、フィリピン、タイ、ベトナム(当初参加国)にバングラディシュ、カザフスタン、モンゴルを加えた12か国で、原子力平和利用(研究炉、農業利用、医療等)の協力・推進を進めている。筆者は、放射性廃棄物管理・放射線防護の分野の主査を務め、約20年間にわたり様々なプロジェクトを担当したが、アジアの多様な人材、各国の異なる状況下での議論の取纏めは苦勞が絶えなかった。成果は「使用済み線源の安全」、「TENORMの現状」、「廃止措置とクリアランス」、「原子力・放射線の緊急時対応」、「放射線安全」、「放射性廃棄物」等の英文報告書に纏めた。

12. 日本保健物理学会とAOARP

2005年、日本保健物理学会・会長に就任。計3期6年間会長を務め、学会の一般社団法人化等の組織改革を進めた。他にも「放射線防護基準の標準化」委員会、若い学生会員の「学友会」等を新たに設立した。年次大会も、東京大会で分野別指定演者発表形式の採用、岡山県人形峠での大会開催等、特徴ある年次大会を開催した。また、中国、韓国との学会ベースの国際交流も深めた。

2011年にはAOARP(アジア・オセアニア放射線防護学会)の会長に就任、東京・船堀にて約500名の国際会議(AOICRP-3)を開催。多くの海外参加者を得、英国の*Rad.Prot.Dosimetry*誌Vol.146(2011)に論文集を纏め出版した。

13. 原子力専攻(専門職大学院)

2006年、新しい試みとして、原子力専攻(専門職大学院)が設立された。東海大学の工学部原子力研究施設(東大炉)と本郷の原子力研究総合センターを統合し、新たに原子力専攻(専門職大学院)の機能を加えた。岡 芳明教授を中心に、斑目春樹教授、上坂 充教授らと共に、総合学問である原子力の中核人材の養成を、社会人学生を中心とした修士課程で、少人数(15名)の実務教育で行う構想である。隣接する原研からも、多くの協力を得た。修了者には国家試験の原子炉主任技術者、核燃料取扱主任者試験の主要部分が免除される。専攻設立後、10年以上が経過、原子力界で卒業生が多く活躍している。講義教材として、オーム社から原子力教科書シリーズが刊行され、筆者は「放射線遮蔽」、「放射線安全学」を担当・執筆した。

教授に昇任した後、やよい炉の原子炉本部長も兼務した。原子炉の保守管理、官庁の各種検査、原子炉等共同利用の運用、セキュリティ体制の強化等々を行った。これらの管理業務は十数名の様々な個性を持つ技術者との協同作業であるが、年配の斎藤勲助手が実務に明るく、全体を上手く纏め、大きな力を発揮してくれた。残念なことに、彼は定年間近に病気で亡くなった。

14. 国際放射線防護委員会(ICRP)での活動

話は、若干前後するが、広島・長崎の日米原爆爆量再評作業の際、田島英三、重松逸造先生の推薦の後、1993年、44歳でICRP第4委員会委員に就任、その後12年間(3期)活動を続けた。

当初は、欧米との実力差に苦勞したが、じきに中核メンバーとして議論ができた。D.Beninson, A.J.Gonzalez, J.Valentin, A.D.Wrixon, D.Cool, A.Sugier, Z.Pan, K.R.Kase, J.Lochardらとの議論は楽しく、大いに放射線防護原則の知見を深めることができた。ICRP Publ.75(作業者の防護原則)、Publ.76(潜在被曝の応用)、Publ.77(放射性廃棄物の原則)、Publ.81(長寿命放射性廃棄物の原則)、Publ.82(公衆の長期被曝の原則)、Publ.101(代表的個人、最適化)の勧告の策定に携わった。これらは最終的にPubl.103(2007年ICRP主勧告)に纏められていった。

15. 国内の安全関連法令, 基準類の策定]

学問的な議論, ICRP 勧告, IAEA での議論等を, 国内の安全関連法令, 基準策定に反映することは, 思いのほか難しい。その策定に際しては規制当局, 事業者の利害関係のみならず, 諮問委員会での多様な意見, 公衆, 政治, メディアからのコメントを含めた中での議論を経て, 調和的な纏めが求められる。時として, 玉虫色の纏めや, 日本独自(ガラパゴス的な)の決定がされる。そのような場合には, 長く不整合な状態に現場は苦しめられることとなる。まさにトップの見識が求められる。筆者も, 政府関係, 民間関係での放射線安全, 原子力安全の委員会活動を求められた。原子力安全委員会, 原子力委員会, 放射線審議会等以外にも, 原研, 動燃, RI 協会, 原安協, 分析センター, 海生研, 原安技センター, 原文振等々の民間の委員会においても, 放射線安全, 原子力安全に関する様々な検討を続けた。

特に, 国際調和を念頭に, IAEA の4つの安全基準体系:原子炉安全(NUSCC), 輸送安全(TRNASCC), 放射線安全(RASCC), 放射性廃棄物安全(WASCC)と国内との関連に注力し, WASCC, RASCC については, 国内委員会委員長として, IAEA への議論参加, 国内議論へこれらの反映等に, 10年くらいの間務めた。

主査等として筆者の関与した主なものは「再処理, 濃縮, 加工施設の設工認の技術基準」, 「自然起源放射性物質取扱の指針」, 「航空機乗務員の被曝管理指針」, 「放射性廃棄物の処分基準」, 「クリアランスレベルの導入」, 「障害防止法の47年ぶりの大幅改訂」等々であった。

16. 小佐古研究室の人々

研究室は年次を経て成長していったが, メンバーは, 杉浦紳之, 飯本武志助手等の職員以外, 多くの多様な学生諸君により構成された。外国人も, タイ, ベトナム, 米国, フランス, ロシア等々から受け入れた。また, 社会人, 東京理科大学の外部研究生も在籍した。博士論文の指導は, 橋本周(JAEA):線量評価法, 嶋田和真(JAEA):中性子線量評価, 鈴木ちひろ(規制庁):中性子スカイシャイン, 小川達彦(JAEA):高エネルギー放射線物理, 谷幸太

郎(放医研):内部被ばく評価, 藤通有希(電中研):水晶体の放射線影響, 萩野晴之(電中研):クリアランス, 近江正(原電):防護の最適化, 西脇由弘(東大):原子力法体系, トアン・トラン・ノック(ベトナム原子力委員会):放射線標準, の諸氏の博士論文主査を務めた。研究室の人々の潜在的な能力を引き出せるように努めた。

17. 福島第一原子力発電所事故について

この分野での最大のインパクトは, 2011年3月11日に起きた東日本大震災と東京電力福島第一原子力発電所事故であろう。この事故をどう評価し, どう総括すべきか?その廃止措置等は未だ進行中である。筆者は, 当時, 内閣官房参与として, ある部分事故対応に関与したが, 大規模原子炉事故後の対応に関する筆者らの研究の知見は, 多くは生かされなかった。この点, 忸怩たるものがある。この総括は別の機会に預けることとする。

チェルノブイリ事故後, 混乱の中でベレストロイカ(建て直し, 改革), グラスノスチ(情報公開)が言われ, その後, ソ連邦が崩壊したことを見ると, ここでも改めて原子力・放射線安全の改革・再構築や, 公衆, メディア, 政治を含めた情報公開の議論が必要であることが分かる。

福島事故後, 原子力は人々の信頼を失い, 小休止となっている。今後は「歴史を忘れることなく自らを省みるべし!」, 「忌憚のない自由闊達な議論が研究を活性化する!」ことを忘れず, 再度人々の信頼を得て前に進めるよう, 我々が努めていかなければならないであろう。

研究紹介の形では記事が中途半端になると考え, 私とRI・放射線との遍歴, 軌跡を中心に纏めました。参考いただければ幸いです。

この「私のRI歴史」の中で, お名前を書き記すことのできなかった多くの方々にも, 筆者の「歴史」の中で, ご指導, ご協力を頂きました。ここに謝意を表します。

(東京大学名誉教授)

*所属, 肩書等は当時のものです。敬称は省略とさせていただきます。