

宇宙線から原子力、 がんの世界へ



田ノ岡 宏
Tanooka Hiroshi

1. 放射線との出会い

和歌山県田辺市 1931 年生まれ、海辺の町で育った。母子家庭だった。南方熊楠の家が近所で、町では大変偉い人だと言われていたがどこが偉いのかよく分からなかった。自宅の庭や自然を観察対照にして *Nature* 誌の常連投稿者だった熊楠の全貌は巨大過ぎる。少年時代、鳩山道夫著「原子の話」を読み、アルファ線ベータ線ガンマ線の不思議な言葉の響きに心を奪われた。理科教室の陰極線で回る羽車を見て放射線の存在を実感したが日常生活から遠くにあるものと思っていた。理科はあまり得意ではなく、田辺中学・高校では文系の北山茂夫先生（歴史学者、後、立命館大教授）、回天特攻隊から復員したばかりの上山春平先生（哲学者、後、京大教授）方の影響を強く受けた。

2. 名古屋大学、乗鞍岳宇宙線

名古屋大学へ入って、教養課程の物理の成績は不可だったのに物理学科を志望して指導教官にあきれたが、物理教室にはそのような学生を受け入れてくれる大らかさがあった。理論物理で秀才揃いの E 研は坂田昌一教授が率いられていた。私は H 研を志望した。ドイツ語 *Hoehen Strahlen* の H をとったという H 研は関戸弥太郎教授が宇宙線望遠鏡で宇宙線の起源、三浦功助教授（後、東大核研教授、筑波大副学長）が宇宙線による核反応で原子核の構造を探る研究、これに原子核乾板グループが加わって、理研仁科研究室の精神的伝統を継ぐ研究室だった。私は三浦グループの末端に加えられた。

宇宙線は高い山へ上ると空気に遮られず増大する。これを利用して、乗鞍岳東大宇宙線観測所に霧箱を持ち上げ巨大な電磁石の中に入れ核反応を捉え

る写真をひたすら撮影した。全国各地からの研究者が来ていて楽しい共同生活だった。その傍ら名大航空医学研究所からラットを預かった。当時発がん物質と疑われたバターイエローを餌に混ぜており、宇宙線や高山の影響を調べるため、がん研究の初めての手伝いであった。医師の方々は豪快で、焚き火で裸踊りをして下着を全部火に投げこんだ話が残っている。冬山の交代は鈴蘭小屋から 1 人で 7 時間かけて吹雪の中を歩くこともあったが、晴れた日は目の前に槍、穂高など山々の絶景があった。私の修士論文は「海拔 2,800m における宇宙線陽子線成分の運動量スペクトラムの測定」だった。

3. 日本原子力研究所保健物理部

1956 年、日本原子力研究所に採用され、山の生活から急に都会へ出て、新橋の旧東電ビルの本部に着任し第 4 研究部（保健物理）に配属された。部長は東大を退官された木村健二郎先生が兼任され直接の監督は柿原幸二氏（東京ニュークリアサービス社創始者）で、若手は古田悠氏、沼宮内弼雄氏（後、保健物理部長）、学生服の赤石準氏が既におられた。柿原さんは、高橋嘉右氏（後、高エネルギー研教授）がチンピラ会と名付けた新入職員の会に「おれも仲間に入れろ」と言われて飲み会によく加わられた。私は先輩の村主進氏（後、東海研副所長、原発技術機構理事）の指導で個人被ばく線量測定用のフィルムバッジの設計に加わった。原研は熱気に溢れていた。

4. アメリカ ロチェスター大学、エール大学

保健物理部に青木敏男部長が就任されて間もなく、突然アメリカニューヨーク州のロチェスター大学へ留学の話を受けた。ロチェスター大学は、マン

ハッタン計画で Atomic Energy Project が医歯学部に着せられ、放射線の生体影響部門の研究を担っていた。私はこの保健物理修士課程 1 年コースに 1957 年夏に入った。英語が分からず、急スピードで進む放射線防護を主体とした講義、実習について行くのがやっとだったが親切な友人たちに助けられた。一方、大学本部側の物理教室には日本物理学会から推薦された優秀な若者が院生として大勢おり、ノーベル物理学賞の小柴昌俊氏も私の直前までおられた。大久保進氏（後、同大学教授）、山内泰二氏（後、フェルミ研究所物理部門長）、後藤和男氏（後、バージニア工科大学教授）崎田文二氏（後、ニューヨーク市立大学特任教授）らに大きな刺激を受け、博士課程で徹底的に修行することを勧められ、幸い原研の許可を得ることができた。身元引受人になってくださったのは J.B.Hursh 教授（当時准教授）でウラン鉱山夫の骨に含まれるウラニウムの測定をしておられ、私を実験助手にしてくださいました。

1 年終了後、西海岸のバークレイで開かれた保健物理学会年會に全員参加した。私は床に穴の空いた 51 年シボレーを運転して、1 人でアメリカ大陸を横断した。ロッキー山脈を越えられるかどうか、飛行機で先に行った級友は賭けをして待っていてくれた。最後にニューヨーク市に近いブルックヘヴン研究所で実習があり、そこでは原子炉から取り出したばかりのパイプを、200 mSv 被ばく線量に達するまで鋸で切る実習などした。

ロチェスターの博士課程では Radiation Biology と Biophysics のコースがあったが私は後者を選んだ。はじめは、臨床系の医学生と一緒に生化学、生理学を学び、物理教室で量子力学、生物教室で遺伝学の単位をとる。猛烈なしごき方で 1 週毎に試験があり、成績分布表が張り出された。私はいつもビリだったが、ある時難関だった生化学で突然トップになり、その次にはまたもとのビリに戻るトンネル効果をやって友人が増えた。図書室は夜 12 時閉館で、同時に食堂が開き夜食を食べる。その後さらにビールを飲みに行くという、忙しいが楽しい日々だった。その頃放医研で国際訓練コースが計画されて、J. N. Stannard 教授が日本に招かれた。高速道の無い当時、帝国ホテルから放医研まで自動車ですて送迎され閉口し千葉のホテルに移してもらったと回想記にある。L. Hempelman 教授のもとでは、三羽鳥とされる岡田重文氏（後、東

大教授）、G. Gerber 夫妻（後、EURATOM）、K. Altman 氏がおられた。当時岡田先生は永久ビザ取得のために英国へ一時出ておられ、いまに愉快的な日本人が帰ってくるぞと噂されていた。そこには紺野邦夫先生（後、昭和大学理事長）が既におられ、大変お世話になった。

生物教室では発生学の H. Holtfreter 教授が初対面の私に顕微鏡を覗かせて、細胞の中で勢いよく廻っている粒子に働く力を説明せよと言われた。電磁力と答えたが、これは ATP ポンプだったようだ。更に A. M. Campbell 助教授（後、スタンフォード大学教授）を紹介してくださいまして、私はバクテリオファージ実験を教わった。学位論文開始の審査会では、M. Kaplon 教授にニュートリノの生物に対する作用は何かと質問された。私は困って、そのような論文は見ることがないと答えると、見ることがないから尋ねるのだと言われた。あとで β 崩壊の逆反応から計算した電離度では、ゼロではないが生物影響が出る線量にはとても達しないという答えを送ると丁寧な返事を頂いた。

ファージの陽子線照射には物理教室の後藤和男氏が夜中まで 240MeV サイクロトロンを操作してくださいましたが、よくも 1 人の留学生のためにこんな自由を許してもらえたか、今でも感謝している。ファージ照射実験は J. D. Watson の学位論文もそうだよと弟子だった Campbell 教授が教えてくれた。数年前、Watson 教授に放射線の研究がその後の DNA 構造解明にどのように影響したか、わが国の放射線生物研究誌に寄稿してほしいと手紙を書いたら、Lea の標的理論は自分にとってバイブルであったと返事を頂いた。

1962 年春に学位を受け、コロラドの Radiation Research の学会に出席した。初対面の井口道生氏（アルゴンヌ研究所）が、日本人は無口なので必ず 1 つは質問しようと言われ約束した。たまたまエール大学の P. Howard-Flanders 教授に挨拶すると、学位論文を見せるように言われ、次の日朝食によばれてポストドクで来ないかと誘いを受けた。私は目のくらむ思いですぐ飛びつきたかったが日本へ帰る約束もあるので悩んでいる間にそのポストは消えた。それでも行きたいと言うと F. Hutchinson 教授を紹介してくださいました。原研からは叱られたが、大学側では不問にしてくれた。エールでの研究テーマは枯草菌胞子の放射線抵抗性で、DNA の放射線感受性と細胞の感受性が一致すれば DNA が放射線細胞死の標

的であることを証明できる。苦労したが、1年後にやっと実験結果が出始めた。教授は私の滞在期間を延長するよう、そしてロンドンのキングスカレッジに先に行っているから実験結果を持って寄るように言われた。こうして論文はロンドンで検討し、その後再びドイツのカーlsruエの核物理学研究所で教授に会って仕上げた。ケネディ大統領暗殺の報はそこで聞いた。後年、突然変異率も熱回復するという論文を *Science* (1978) に発表した時には、10年の宿題を解決したと大変喜んでくださった。Evidence for Physical Repair of DNA の問題は今なお残されている。

5. 原研復職, 国立がんセンターへ

1964年に帰国し東海村の原研に復職した。牧野直文保健物理部長のもとで個人被ばく管理班長を命じられたが、このグループは気分が結束していても気持ちがよかった。この経験は、後に国立がんセンターへ移ってからRI施設整備のために大変役立った。その頃、国立遺伝研田島弥太郎先生らの主催された線量率効果日米シンポジウムが大磯で開かれ、ここで、アメリカでお会いした菅原務先生(京大教授)、近藤宗平先生(阪大教授)武部啓氏(後、京大教授)に再会した。寺島東洋三氏(後、放医研所長)、賀田恒夫氏(当時理研、後、遺伝研部長)、佐渡敏彦氏(当時遺伝研、後、放医研副所長)らにも初めてお会いして、私には日本の学会への窓口となった。

たまたま、ロチェスター知り合いの柄川順氏(後、帝京大学教授)、川添豊氏(後、名古屋市立大学薬学部長)のおられる国立がんセンターを訪ねると、梅垣洋一郎放射線治療部長、発足するばかりの放射線研究部松平寛通部長に紹介されて、ここに移るお誘いを受けた。原研では生物実験ができなかったので、私はその決心をした。研究所長の中原和郎先生にお会いすると、いかにも科学者らしいスピリットを感じた。それもその筈、先生はロックフェラー研究所で野口英世と同じように研鑽を積まれた方で、低線量放射線による免疫力増強、今でいえばホルミシス効果を既に1920年代にMurphyらと発表しておられた(佐渡敏彦著「放射線と免疫・ストレス・がん」医療科学社)。先生は毎朝必ず動物室に入られこの習慣は総長になっても続けられた。また若い

者の議論に、廊下で黒板を前にして1時間も付き合ってくださいったことがあった。御遺言のような言葉で、「がんを治療したければ、まずマウスの自家がんを治してみよ」と言われたが、この言葉は今でも大きな重みを持っている。後年私は、自家がんは移植がんとは違い放射線で消滅させても再発してくるのを実感した。岡田先生に紹介された杉村隆先生(当時生化学部長、後、所長、総長)にお会いすると、とても早いレスポンスの方で気持ちがよかった。移ってすぐに夜の勉強会に入れて頂いた。InputとOutputがはっきりしていて中身がBlack Boxというがん研究の世界は魅力的だった。松平先生は病院から ^{90}Sr - ^{90}Y の平板小線源を借り出してくださいって、これを元にマウスの放射線発がん実験を始めた。当時ラット皮膚発がんできれいな線量効果関係がニューヨーク大学から報告されていたが、マウスは照射後1年待っても発がんしない。中原先生の勧められた星野博先生(当時慶応大学生理学)の協力で発がん剤4NQOと組み合わせて初めてがんができた。そんな時大津山彰氏(現産業医大教授)が加わって驚嘆すべき忍耐力で週3回の β 線照射を1年以上続け、遂に100%発がんさせることができた。1回当たりの線量を段々に上げるとゼロから急激に発がんする、いわゆる閾値現象がみられ、この結果は次々と米国*Radiation Research*誌に発表された。このがんにはがん抑制遺伝子p53の変異が多く、その1つを取り出して正常マウスに入れると発がん率が上り、更にその変異p53を抑制するとがんが自爆して治癒した。がんの正体が分かれば遺伝子治療ができることを定年後に実感した(*Cancer Gene Therapy*, 2010)。

1960年末、大学紛争で勢いのよい若者ががんセンターへ移ってきた。無給研究員として待遇したが研究の活性化にもつながった。旧海軍軍医学校の古い建物から新築の研究所に移る時には各階にRI使用室が設計されてRIが使い易くなった。7階の放射線研究部の向いがウイルス部で、下遠野邦忠先生(後、京大ウイルス研究所長)方に分子生物学の手法を教わることもできた。

直感的には放射線は化学発がん剤と比べ発がん作用は弱い。ならばこれを定量的に証明せよ。がんができるかできないか、ぎりぎりの線量を文献から求め線量率の関数として表すと、原爆のような超高線量率と環境放射線に近い低線量率の発がんリスクの

間には同じ線量でも 16.5 倍の差があるという答えを得た (*Int. J. Rad. Biol.* 2011 ほか)。過剰なリスク評価が、過剰な対価を強いられている現状を指摘したかったのだが、近藤宗平先生はもっと積極的にホルミシスの立場から放射線怖がり過ぎの風潮に警告をされた。しかしこのような考え方は未だに ICRP 勧告を含めて放射線防護指針に取り入れられていない。後年、東海村 JCO 事故を報道した方から、自分は JCO の上空を飛んだが被ばくは大丈夫だろうかと思われ、報道陣自体が放射線を心配し過ぎていることを痛感した。このことは原発事故の報道にも通じる。

班研究の初期では、がん病理の小田嶋班、分子生物の柴谷班、放射線生物の近藤班に入れて頂いたが、このお蔭で多くの知己を得ることができた。後年、厚生省の α 放射性トリトラスト肝癌の調査班、これは森武三郎先生（当時放医研）が主としてされたもので、町並陸生先生（当時東大教授）、福本学先生（当時東北大教授）、石川雄一先生（現がん研副所長）方との強力な連携があった。 α 放射能に関連して鳥取県三朝ラドン泉地域でのがん死亡率調査が行われ、御船政明先生（岡山大学）の集められた資料を祖父江友孝氏（現阪大教授）の疫学指導で解析した。 α 線の線量率効果は現在でも宿題であるが、極低線量率では効果があると思う。これは将来の宇宙旅行には重要な問題となろう。また X 染色体不活化によるモザイク体細胞マウスを用い、班員各々が得意とするがんを調べ、がんが 1 個の体細胞に由来することを明らかにした。

学会として印象に残るのは 1979 年第 6 回国際放射線研究会議で、御園生圭介先生を会長とし、岡田重文先生、今村昌先生、坂本澄彦先生らと夜な夜な東大赤門前で打ち合わせた。秀吉という赤提灯だったので秀吉会と呼んだ。1988 年には日本放射線影響学会会長を拝命し文科省科研費削減問題で学会員が一致団結して対策を練ったことは強く印象に残る。菅原務先生の御支援で毎年行われた放射線生物琵琶湖シンポジウムは若者の切磋琢磨の場所でも楽しい雰囲気だった。近藤宗平先生は東京へ来られるたびにお寄りくださり絶えず新しいニュースと刺激を頂いた。「分子放射線生物学」は最高の名著であると思う。

がんセンターに長年勤めたお蔭で病院へ入院され

た方々に身近にお話を伺う機会が多くあった。アメリカに残って成功した友人たちも、胃は日本人のままなので胃がんが多い。崎田文二氏（1974 年仁科賞受賞）に、アメリカで立派な仕事をしたというのが何が立派なのかと聞くと、湯川博士の場の理論が点だったのを自分は線にした、と禅問答のような答えが戻ってきた。私をニューヨーク空港で見送ってくださった永谷邦夫氏（後、東大核研教授）も一旦元気になられていたのに亡くなられて残念だった。遡ると、山崎文男先生はガウン姿のままよく実験室へ訪ねてこられ、三宅泰雄先生、猿橋勝子先生には第五福竜丸のお話を伺った。元上司の坂岸昇吉氏、宮永一郎氏の昔語りもお聞きした。森一久氏（当時原産副会長）は原子力創成期の話をよく聞かせてくださった。

6. 定年後

1993 年定年後は電力中央研究所研究顧問として岡本尚武氏、石田健二氏にお世話になり、原研時代顔見知りだった苦米地頭氏と机を並べた。放医研から来られた山田武氏と協力して低線量率発がん実験に加わった。服部楨男理事の支援によって、低線量影響を中心にしたシンポジウムが何度も開かれた。超満員となった津田ホールでのシンポジウム (1994) は原子力資料室高木仁三郎氏も加わられて異色の会だった。放射線影響協会では理事長熊取敏之先生の御配慮で非常勤理事を勤め現在に至る。放医研では、客員として巽絃一氏（当時生物学部長）のお世話になり、よく整備された動物室で、国立がんセンター落谷孝広氏（現分子細胞治療分野長）の援助で作った貴重な遺伝子改変マウスを増やし実験することができた。現在は再びがんセンターへ戻って南方熊楠の肖像がかけられている落谷研究室で、若い人たちに交じって実験をしている。ここには米寿をとくに超えられた遠藤英也先生（元九大生体防護研究所長）もよく研究討論にお見えになる。長く研究生生活を続けることができたのを幸せに思う。

私の経歴は変則的で若い方の参考にならないかも知れないが、仕事に失敗しても我慢して頑張れば必ず神様が褒めてくださることを申し伝えたい。

（元国立がんセンター研究所放射線研究部長、現在客員）