

私のRI 歴書



ウラン研究から年代測定まで

木越 邦彦

Kigoshi Kunihiko

(学習院大学名誉教授)

【今回は特別にインタビュー形式での掲載です*】

木越邦彦先生（1919年7月生まれ、現在94歳）は日本における放射化学や年代測定研究の草分けであり、地球化学の分野においても重要な研究成果を発表されてきました。ここでは、戦時中のウランの研究や仁科研究室の様子、学習院大学での¹⁴C測定法の開発などについて、昔を振り返っていただきました。研究内容は論文や著書で発表されているので、ここでは、当時の研究環境や研究の経緯などについてお尋ねいたしました（脚注は聞き手*が後から補足した説明です）。

1. 木村研から仁科研（理研）へ

——東大では木村健二郎*¹先生の研究室でしたが、なぜ理研の仁科芳雄*²先生のところで卒業研究をなさったのですか？

木村先生と仁科先生は同時期にヨーロッパに留学しており、同じ研究所*³にいたこともあった。そのため、2人は親しく、一緒に仕事をしていた。仁科先生は物理屋だったので化学的なことは木村先生に相談していたのだろう。理研の仁科研究室の人数は10人くらいだったかな？ 化学出身は私くらいだったと思う。その当時の仁科研にはいろいろな人たちが集まって

いて、とても楽しかった。政治家のような医者であった武見太郎もその1人。彼は吉田茂とも繋がっており、仁科先生はその点もかっていたのかもしれない。

——卒業研究のテーマは？

小型加速器を使ってウランに中性子を当て、できてくるものを調べる研究を行った。ウランが分裂した後どんなことが起きているのか？ 日本だけではなく、海外の研究者も加速器を利用して研究していた。仁科研では、実際に中性子をウランに当てて分裂させ、できてくるものを化学分離して調べた。速い中性子と遅い中性子では、結果が違う。世界中で加速器を持っている所では、大体やっていたと思う。しかし、戦争が始まったので外国の情報がなくなってしまった*⁴。

学徒出陣になったので、普通だったら翌年3月卒業だったが、1942年9月に卒業した。卒

*聞き手：木越研究室出身の村松康行（学習院大教授）、脇田宏（東大名誉教授）、古宇田光（東大物性研プロジェクトマネージャー）、秋光正子（学習院大非常勤講師）。なお、インタビューは2013年4月27日及び6月8日に行い、文章にまとめた。紙面の都合で、割愛した部分も多い。

*¹ 木村健二郎氏（1896～1988年）東京大学教授。

*² 仁科芳雄氏（1890～1951年）理化学研究所所長。

*³ デンマークのニールス・ボーア研究所。

*⁴ 卒業研究は1942年4月からであったが、その前年12月に日米が開戦。

業研究は半年間しかやっていない。

——卒業後はどうされたのですか？

卒業と同時に赤紙が来て、航空隊に招集された。初日、上半身裸で検査を受けた。100人以上、大勢集まっていた。「結核にかかったことのある人間は手を上げる」と言われ、かかっていない場合は、ハンコを背中に押される。次に、「家族に結核は？」と聞かれて、いない場合はハンコを押す。そういうことで、入隊した。これはしょうがないと思っていたら、夜中に呼び出されて、「精密検査をする」といわれ、「なんか病気はないか」と問われたので、「痔がある」と答えた。すると、「こりゃだめだ、使い物にならない」……と言われ、不合格。一晩航空隊に泊まって、翌日、守衛所に立ち寄ったら「痔が悪くて帰るのか」とよほど歩行困難と思われ、門の外まで心配して付き添ってくれた。入隊していたら命はなかった。仁科先生か武見さんの口利きがあったのかもしれない。そんなわけで、一晩で理研に帰り研究を続けた。

2. 仁科研における戦時中のウラン研究

——理研に戻ってからウランの研究を続けたわけですね？

核分裂が起こるということは分かっていたが、分裂したときに放出される中性子の数によっては、連鎖反応が起こり得る。連鎖反応が起こるとすごいエネルギーになる。そこらへんのこと Science 誌や Nature 誌の論文に出始めたところで戦争が起きて、外国からの情報が入ってこなくなった。そのころの状況は、核分裂で中性子がどのくらい出ると連鎖反応になるのが問題。そのためには²³⁵Uを濃縮しなければどうにもならない。そこで、ウランをガスにして²³⁵Uを濃縮することを考えていた。六フッ化ウランしかウランはガスで存在しないので、それを作ることになった。

——仁科研の雰囲気はどうでしたか？

自由で活発な雰囲気だった。いろいろな人たちが集まって、みんなそれぞれあだ名で呼んで

いた。仁科先生と話していて同僚を本名で呼ぶと先生はしばらく考えて、「ああゲタヤか」といった。研究員の竹内柁^{*5}さんのことである。名前は柁目の柁であり、柁目の木材は下駄に使っていたので、ゲタヤ（下駄屋）というなあだ名になった。山崎文男^{*6}さんのあだ名は“どんちゃん”。新聞漫画からきている。杉本朝雄^{*7}さんは“げじ”。真空装置の漏れをロウを溶かした液で修繕するとき、塗る刷毛の毛が装置のあちこちに付き“げじげじ”みたいだとみんながあだ名をつけた。

竹内柁さんとは一緒にずいぶん無茶苦茶な実験もやった。るつぽにアルミニウムの粉末を入れて、液体酸素をかけてから火をつけて、“ボカン”と爆発させたこともあった。また、直径2mの大きな発電機から、直流の電流100Aを取り出し、こんな（10cm位）太い炭素の棒を、2人でくっつけてアークを飛ばして、「すげーやー、なかなか消えない」といったこともやった。突然、大電流が流れると、モーターと発電機がショックを受けるらしい。後で「あの発電機大丈夫かな？」と思って見に行くと、修理しているなんてことがあった（笑）。

——原爆を作るという目的で研究を行っていたのでしょうか？

仁科先生の本心は分からないが、私は爆弾を作るというよりエネルギーの可能性として考えた。その質量が失われるとエネルギーになるので、新しい燃料として使える。また、核分裂を調べることはサイエンスとしても面白い。

——そのころは六フッ化ウランを作る技術はあったのでしょうか？

六フッ化ウランの化合物が存在するという事は分かっていた。合成の論文というのはいり、それを読んだが、そんなに簡単にできるも

^{*5} 竹内柁氏（1911～2001年）横浜国立大教授。

^{*6} 山崎文男氏（1907～1981年）（財）放射線安全技術センター理事長、日本アイソトープ協会常務理事。

^{*7} 杉本朝雄氏（1911～1966年）住友原子力工業（株）顧問。

のではなかった。フッ素を発生させるのも最初は苦勞した。酸性フッ化ナトリウム (NaF・HF) を熔融電解する方法を試みたが、出てくるのは酸素や水素。そのうち少量含まれる水が電解されていることが分かり、一晚通電しておくとう水の電解が終わりフッ素ガスが出るようになった。また、ウランとフッ素を反応させる容器の材質を何にするかもいろいろと検討した。意外にマグネシウムが良いことが分かった。マグネシウムで容器を作りフッ素を入れると表面にフッ化物ができ、それ以上浸食されない。無茶苦茶実験を行っているんなものを試していた(笑)。

六フッ化ウランはできるようになったが、戦火も激しくなってきた。東京は危なくなつたので、1945年3月に六フッ化ウラン製造のグループは山形に疎開した。山形高校(今の山形大学)で実験を続け、その理科実験室で六フッ化ウランを作っていた。できたものを東京に送ったこともあったように思う。

—ウランの濃縮はどのように行ったのですか？

六フッ化ウランを熱拡散法で濃縮する計画だった。濃縮法は私ではなく、竹内証さんが担当した。装置はある程度出来上がったが、²³⁵Uを濃縮すべく六フッ化ウランを銅の二重管の中を拡散させたが、銅と反応してしまったり、冷えて固体になったりしてなかなかうまくいかなかったようだ。そのうち空襲がひどくなり、理研の実験室が燃えて装置の製造はうやむやになった。

—戦時中、ウランはどこから手に入れていたのでしょうか？

どこで取れたものか分からないが硝酸ウラニルやウランの酸化物は試薬として理研で手に入った。戦争の時、ウランをドイツからUボートで運ぶということを仁科先生から聞いたことがある。私の一番上の兄が、駐在武官でその当時ドイツにいた。日本からの電信でウランを送ってくれという指示が来たようだ。Uボートに

載せたが結局日本には届かなかった。

—終戦直後は何をされていたのでしょうか？

敗戦で研究ができる状態ではなかった。進駐軍がほうぼうの研究所を空っぽにして、その後を理研に任せた。そういう所の留守番をやらされて面白くなかった。軍が置いていった真空管等を、実験道具としていたこともあった。

終戦から数か月経ったころ、突然理研に進駐軍のブルドーザーが入ってきた。サイクロトロンを取り壊し作業が5日間続き、装置は持ち去られ、東京湾に捨てられてしまった(写真1)。サイクロトロンは終戦直後に来日した米国情報調査団の推薦で使用が認められていた。しかし、軍人の目からすると原子核の研究は全て原爆製造に繋がるように見えたのであろう。その後、米国の科学者たちから、進駐軍が行ったことは無益で愚劣なことであるとの声明文が出された*8。



写真1 仁科研究室にあったサイクロトロン
戦後、アメリカ軍により取り壊された。原爆製造とは関係ないことを説明する仁科先生(仁科記念財団提供)

*8 この時のことは「破壊された仁科サイクロトロン」(証言の日本史6, 学習研究社, 1982)に木越先生が体験を詳しく書いている。

3. 仁科研から気象研，学習院大へ， そして¹⁴C 研究

——気象研に移動（1946年9月）した理由は
何だったのでしょうか？

僕の同級生が気象研に就職していて、三宅泰雄^{*9}先生に頼んで呼び寄せてくれた。大体、気象研は物理学者が多い。そこで、化学者である三宅さんは珍しい存在だった。気象と化学とのつながりみたいな仕事をやっていた。三宅さんは面白く、一緒に仕事をした。そのうち、どういうわけか分からないが気象研の物理屋さんが僕の就職先を探してくれた。それで学習院大へ行くことになった。学習院大には木村健二郎先生と東大の化学で同級であった井上敏先生がいらした。

——¹⁴Cの年代測定を始めたきっかけは、何だったのでしょうか？

始めは外国で行われ始めた¹⁴C研究についていろいろな雑誌で紹介していた。そのころは情報が少なかったので、いつのまにか専門家としてのレッテルを張られた。

¹⁴Cを使って、年代測定をするというのはリビーが始めて行った。シカゴに年代測定機を売り出す会社があった。文部省の補助金を受け“エイジ・データミネーションマシン（年代測定機）”という売り物の装置を輸入した（1956年）。届いたのはいいが、測定機の部品だけで、シールド（遮蔽体）関係の部材が何にもなかった。鉄板も入手が困難な時代だったので、実業家に鉄板を寄付してもらった。皆からのもらい物で測定器ができた。

——測定機だけでなく試料の処理法を確立するのも大変だったと思いますが……。

購入した装置では、サンプルをフリーのカーボンにし、それを検出部に塗って測定する方法であった。しかし、これには特に利点はないの

で最初から気体（アセチレン）にして測る方法を考えた。アメリカから買ったカウンターはそのままではまったく使い物にならなかった。装置は全部ばらばらにして部品を取り出して別の装置やカウンターを作るのに活用した。当時は電気回路の部品で日本では手に入らなかったものが多くあったので大変役に立った。それで装置もどうにか動くようになってきたが、シカゴ大学に行くことになり、中断した。

4. シカゴ大

——1957年から2年間シカゴ大に留学されましたが、どんな研究をしたのですか？

シカゴ大に行ったのは学習院大に移って7年経ったころ、シカゴ大のターケビッチさんの研究室の研究員になった。当時、放射化分析が行われ始めたばかりであった。この研究室では隕石中の重い元素（Ba, Hg, Pb, Uなど）を分析した。隕石自体がまだあまり研究されていない頃だったが、シカゴ大にはいろいろな隕石のコレクションがあった。これぞという隕石を大きな棒でたたいて砕き、かけらを取り出して、原子炉に入れて、放射化分析を行った。

——シカゴパイルと呼ばれていた原子炉はあったのでしょうか？

シカゴパイル1号はフェルミがシカゴ大に作ったグラファイト型の原子炉だった。フェルミが実験を行った研究室が僕のいた所のすぐ横、フットボール場にあった。僕がシカゴにいった前の年にフェルミは亡くなった。残念ながらフェルミにはお会いしていない。そんな年ではなかったのに^{*10}。

僕が放射化分析を行ったのはアルゴンヌ国立研究所にあった原子炉だった。そこに行って試料に中性子を照射してもらって、ラボに持ち帰り、放射化分析をした^{*11}。半減期の関係でよ

^{*10} E. フェルミは53歳でがんのため死亡。

^{*11} Reed, Kigoshi & Turkevich, *Geochem. Cosmochem. Acta*, **20**, 122-140 (1960) は、その後の隕石や月の石の成因を調べる研究の先駆けとなった。

^{*9} 三宅康雄氏（1908～1990年）気象研究所地球化学研究部長，日本学術会議会員。

く徹夜で測定を続けたためか毎月のように歯が抜けた。

5. 年代測定の研究

——シカゴ大から戻ってから年代測定を再開されたのですね？

シカゴ大から学習院大の研究室に手紙で連絡して標準サンプルを作るなどの準備を助手の富倉芳雄君にしてもらった。帰国した後、 ^{14}C を本格的に測り始めた。アメリカ製の装置はシカゴ大に行く前に大改造をしており、炭素をアセチレンガスにして測る方法も順調に動き始めた。結局年代測定に使うカウンターは自分でこしらえた^{*12} (写真2)。

——国内だけでなく外国の試料もたくさん測っておられましたか……。

^{14}C の測定ができるのは、アメリカ本土には幾つもあったが太平洋の周りでは学習院大だけだった。オーストラリアでは測るところがなかったのでだいぶ引き受けたなー。アメリカからもちょくちょく依頼が来た。2001年までの間に合計約2万件以上の年代測定を行った^{*13}。

——屋久杉の年輪を使った ^{14}C の変動を調べる研究は、気候変動研究の先駆けだと思いますが……。

小田稔さん(当時、東大原子核研究所教授)と一緒に過去の宇宙線の変動を調べるため、屋久杉に注目した。始めは超新星の爆発の影響が見られれば良いと思った。屋久杉の切り株3つを屋久島から入手した。そのうち伐採年代が分かっている1つ(樹齢約2,000年)を使った。年輪をむくのが大変だが、美術大学出身のオタマちゃん(守永珠子さん)が、小刀で丹念にむいてくれた。年輪の ^{14}C の測定結果から過去



写真2 学習院大学年代測定室に設置されていた手作りの ^{14}C 測定装置
厚い鉄の板で外部の放射線を極力遮蔽し測定する

2,000年位の太陽活動の変動パターンが分かった。

——イオニウム年代測定法^{*14}や ^{234}Th のリコイルを用いた方法^{*15}などユニークな研究をされましたが、その発想は？

そんな大したことは考えていないよ。私は思いつきで仕事をしていることが多い。思いつきで仕事をした友人にファイヤーマンというのがいて、面白い研究をしているので好きだった。興味が近かった。あることを専門的に考えているというのではなく、ある着想で何かの研究を行うというタイプ。大体いつもぼろぼろの背広を着て、よたよた歩いてくる。ずいぶんむかしから学会で知っていたが、学習院大を訪れた時はだいぶ太って立派な恰好をしていた。しかし、翌年に亡くなってしまい、残念だった^{*16}。

^{*12} その後、カウンターだけでなく分析操作の一部を自動化し、制御用のエレクトロニクスも手製で作成。

^{*13} 約2万件の測定結果はデータベースとして保存されており、学習院大理学部ホームページから閲覧できる。http://www.gakushuin.ac.jp/univ/sci/top/nendai_data/

^{*14} Kigoshi, K., Ionium dating of igneous rocks, *Science*, **156**, 932-934 (1967)

^{*15} Kigoshi, K., Alpha-recoil thorium-234: dissolution into water and the uranium-234/uranium-238 disequilibrium in nature, *Science*, **173**, 47-48 (1971)

^{*16} E.L. Fireman (1922~1990年) スミソニアン天体物理観測所研究者。隕石・月の石の年代学やニュートリノの研究で多数の業績がある。同氏の教授 J.A. Wheeler (理論物理) は Niels Bohr のところに留学していた。

6. その他, 雑感

——後半は熱力学第2法則に関する実験にも取り組まれて、論文が90歳を過ぎてからドイツの学術誌に掲載されましたが……。

熱力学第2法則には原理の最初の段階でおかしいところがある。熱平衡にある系ではいたるところ等温になっているが、「重力」があると圧力も密度も不均一になるはずである。また、電解質溶液では重力があるとイオン濃度の分布ができ、新しい電場ができるはずである。温度は均一と教科書に書いてあるが、その根拠はあまり明確ではないようだ。重力場では熱力学第2法則は成り立たないのではないか。論理的にこのことははっきりさせておく必要がある。根拠は実験事実でなければならない(写真3)^{*17}。

その研究が何かに役立つというよりも「真理」が大切。役立つというのは、難しくて、何が役立つかわからないからな。

——ノーベル賞受賞者であるリビーとユーリーの両先生とも親しくされていらっしゃいましたが……。

リビーとユーリーは、会って話をしている時間は同じくらいだが、2人はかなり違うタイプ。リビーは打ち解けて世間話をするような人ではないが、自然科学の手法を人文科学の中に入れ、考古学者と自然科学者の協力関係を作り出すのに貢献した。一方、ユーリーとは打ち解けて雑談をよくした。東京に来ると、たいいて連絡をくれた。彼は、うんと気さくな人^{*18}。

——先生が考える教育とは？

教育ねえ……、まともに考えてはいなかったな。最近の教育では「原理的なこと」を考えな



写真3 重力場における熱力学の実験中(2001年2月)

くなっているようだ。例えば、蓋の付いたコップの中にハエが入っている。ハエが空間に飛び立ったらコップの重さは変化するか？ 蓋を取って、ハエがどの程度飛び立っていくと、影響がなくなるのか？ など。原理的なことを真面目に、自由に考えてみようとする教育を実施すべきだね。

——福島第一原子力発電所事故に関連して、原子力は危険な技術とっていましたか？

新しいエネルギーの発見という意義は大きいと思う。あれはねー、今どこにあるかわからないけれど、シカゴ大のフェルミが中心になって作った最初の原子炉の跡にプレートがあって、「人間が第2の火を発見した場所である」というようなことが書かれている。

しかし、便利さを獲得すると必ず付随して新たに困ったことが生ずるものだ。火の取り扱いが難しい。サルは火を使えないね……。



木越研究室のトレードマーク

^{*17} いろいろなユニークな実験を行い、予想を裏付ける結果が得られている。その一部は *Z. Naturforschung*, **66a**, 123-133 (2001) に掲載された。

^{*18} W.F. Libby (1908~1980年)¹⁴Cによる年代測定法を開発した功績によりノーベル化学賞受賞。
H.C. Urey (1893~1981年) 重水素発見の功績によりノーベル化学賞受賞。