

原爆投下——その歴史と科学者の葛藤

永宮正治 (高エネルギー加速器研究機構/理化学研究所仁科加速器研究センター nagamiya@post.kek.jp)

1. 序文

2024年春、オープンハイマーの映画が話題を呼んだ。しかし、マンハッタン計画以前に原爆がいかに研究されてきたか、その分が描かれていないことに気づいた。原爆投下以前の物語の一片を、私の20年弱の米国滞在中に学んだことも織り交ぜて、述べたい。また同年秋、日本被団協に対するノーベル平和賞という嬉しいニュースがあった。被爆された方の苦しみ的一片にも触れたい。

2. フェルミと中性子ビーム

20世紀初頭、原子核がどんな粒子から構成されており、また、人工的に新しい原子核を作ることができるのか、といった点が大きな研究課題であった。そのような中、1932年、英国のチャドウィックは陽子とほぼ同じ質量を持つ中性子の存在を確認し、原子核は陽子と中性子で構成されることが判明した。また、英国では、コッククロフトとウォルトンが粒子を加速する装置(加速器)を1932年に考案し、米国でも、ローレンスが同年にサイクロトロン加速器を製作し、特にサイクロトロンからは新元素が次々と発見された。

加速器は電場を利用するので、陽子や原子核といった電荷を持つ粒子を加速することが可能である。当時は、その方向に科学者の注目が集まった。一方、フェルミ(図1(右上))は電氣的には中性の「中性子ビーム」に注目し、当時としては難しい熱中性子実験を行った。この新たな試みが認められ、「中性子照射による新放射性元素の研究と熱中性子による原子核反応の発見」という功績で、フェルミは、1938年にノーベル賞を受賞する。ノーベル賞講演¹⁾の中にウラン(U)に照射して93, 94番元素を発見したという記録もあるが、この実験だけは間違っており、1940年、米国科学者により93, 94番元素のNp, Puがサイクロトロンで発見された。フェルミを知らない物理学者はいないと思うが、この功績で彼がノーベル賞を貰ったと知る人は多くない。また、この中性子実験が、その後の原爆に結び付くと予想した人は、誰もいなかった。

3. フェルミの米国への逃亡

フェルミはイタリア人である。しかし、1938年夏にイタリアで「人種保護法」が制定され、ユダヤ人はドイツと同様に、差別されることになった。

その直後の1938年9月4日、フェルミは、米国のコロンビア大学の物理学科長のピーグラムに手紙を書いた。図1

に示すように、「2年前にお誘いいただいたポジションについてですが、同じポジションでなくてもいいのですが、未だ可能性はありますでしょうか?」と尋ねた。フェルミの奥さんがユダヤ人だったからである。もちろん、即座に教授のポジションは用意された。その直後に、フェルミはノーベル賞を受賞することになり、ストックホルムから米国へと逃亡。1939年1月に、コロンビア大学教授となる。

ちなみに、私がコロンビア大学在任中の1990年初頭、ローレンツ、プランク、アインシュタイン、等多くの手紙が地下室で見つかり、フェルミからの手紙は4通もあった。これらは、T. D. Leeにより一冊の本にまとめられた。²⁾

4. 核分裂の発見から連鎖反応へ

ヨーロッパでは、フェルミの始めた中性子ビームの実験がドイツを中心に続けられ、中性子ビームをウラン(U)に照射する実験が続行された。1938年末、ドイツのハーンとシュトラスマンは、実験中に軽い質量の原子核片バリウム(Ba)を発見した。92番元素のUに比べてBaは56番元素と、あまりにも違い過ぎる。そこで、共同研究者のマイトナーに相談した。彼女と甥のフリッシュは、Baとクリプトン(Kr)に崩壊すると解析し、生物の「細胞分裂」に倣って、「核分裂」と命名した。具体的には、Uの中に0.7%含まれる ^{235}U に中性子を照射すると、 ^{144}Ba 、 ^{89}Kr の分裂片と3つの中性子が放出される。中性子は n と書かれるので、 $n + ^{235}\text{U}$ は $^{144}\text{Ba} + ^{89}\text{Kr} + 3n$ となり、左辺と右辺の質量差は約200 MeVとなる。紙を燃やすときのエネルギー



September 4th, 1938
Dear Professor Pegram,
you will probably remember, that, when I was at Columbia two years ago, you asked me, whether I would be willing to accept an appointment there.
I am writing now in order to inform you, that the reasons that I had then for refusing your offer do not exist any more.
I would greatly appreciate there fore if, in case that you should know of a similar opportunity for me at Columbia or somewhere else, you would let me know of it.
Thanking you in advance for what you will be able to do for me, I am with best greetings
Yours
Enrico Fermi

図1 フェルミ(右上)と、フェルミがコロンビア大学物理学科長ピーグラムに宛てた手紙(下)。²⁾

は一分子当たり数eVなので、約1億倍のエネルギーを生み出す。

このニュースを米国で聞いたフェルミは、早速、小さな炉を就任早々のコロンビア大学講内で作り、 ^{235}U による核分裂を確認した。当時、ハンガリー出身のユダヤ人、シラードがコロンビア大学で実験をしていた。彼は、核分裂反応で中性子が3つ放出されるなら、その中性子を再度使って ^{235}U に照射すれば、次の反応で9倍のエネルギーを生み、次々と反応を起こせば、ねずみ算的に莫大なエネルギー生産が可能ではないかと考えた。

1939年8月、シラードの要請でアインシュタインの手紙が大統領に送られた。その直後の1939年9月、ドイツ軍のポーランド侵攻により、第二次大戦が勃発した。しかし当時、アメリカは戦争状態になかった。天然ウランでは兵器利用には何100トンもの量が必要になり、船でしか運搬ができない。ルーズベルト大統領は、兵器開発は遠い将来であり、まず基礎研究を進めるべきだとして続行を認可し、手始めに6,000ドルを研究費として交付した。

その後フェルミとシラードは、世界初ともいえる原子炉「シカゴ・パイル」の製作に取り掛かった。42トンの天然ウラン、330トンの黒鉛ブロック、さらに、カドミウム(Cd)制御棒を用意した。綿密な計算が行われ、3年半後の1942年12月、歴史上初の連鎖反応臨界が達成された。

しかし、大半が ^{238}U の天然ウランのため、実は、プルトニウム(Pu)が大量発生する。その後のことになるが、この ^{239}Pu の核分裂性にも着目され、 ^{235}U と共に、マンハッタン計画に繋がっていくことになる。

5. 英国での動き

話は遡って、1939年頃の英国での動きを述べよう。核分裂研究に貢献したフリッシュは、パイエルス(後の物性物理学の大家)と2人で核分裂の強力な武器化に関する研究を始めた。シラードの提言やフランスの実験から2人は連鎖反応にも気づいていた。天然ウラン中に ^{235}U はわずかなので、それを「濃縮」し、 ^{235}U を100%近くまでにすれば、1kgもあれば飛行機で運べる強力な爆弾ができると考え、その報告書が1940年3月に出された。

その直後、この2人の提案をより科学的に検討するため、科学者によるMAUD委員会が結成され、検討が始まった。委員会報告は約1年後に提出されるが、その間、1940年9月のドイツ軍によるロンドン大空襲に始まり、英国の戦況は日毎に厳しくなった。空襲と財政の逼迫により英国内での大規模なウラン濃縮工場建設は難しくなってきた。

そのため、英国政府はこの委員会報告も含め、濃縮ウランを用いた原爆の小型化に関する情報を米国に伝えることにした。資金や工業力のある米国に原爆開発の共同開発を頼らざるを得なかった。米国は未だ戦争状態になかったが、1941年10-12月、英国の要請に従い原爆開発に踏み切った。直後の12月初頭に真珠湾攻撃が勃発し、米国も第二次世

界大戦に参戦することになる。米国参戦を心より待ち望んでいたチャーチルは、12月末から1942初頭にかけて米国のルーズベルト大統領を訪ね、秘密裏に計画を提案した。

6. マンハッタン計画

そしてついに、1942年8月、マンハッタン計画が発足した。軍のグローブスが全体の頭に任命され、科学者からはオープンハイマーが頭になった。そして、米国中南部のオークリッジで濃縮ウラン計画が、西海岸のハンフォードで、原子炉を用いてのプルトニウム生産が一気に加速し、 ^{235}U と ^{239}Pu 中心のマンハッタン計画が進んで行った。

^{235}U 爆弾は、簡単な「ガンパレル方式」という直線状方式で製作された。しかし ^{239}Pu 爆弾は、自発的核分裂を起こす ^{240}Pu が約20%も混入していたため、この方式ではうまくいかない。そのため、新たに「インブロージョン方式」と呼ばれる球状配置が採用された。球の表面からの爆風を1 μs の精度で球の中心に集める爆縮レンズが考案され、さらに ^{240}Pu 濃度も10%以下に下げられた。今の原爆は、ほぼこの方式を採用しているが、当時は不明な点が多く、「トリニティ実験」という実験が実施された。私のバークレー時代の先生の一人のセグレは「こんなに色や形の美しいものは初めて見た」と、この実験成功を私に語っておられた。

7. 米軍と日本

太平洋戦争勃発の1941年12月から1945年の原爆投下以前のことを、米軍の視点で、ごく短く書いておこう。1942年6月、有名なミッドウェイ海戦で日本海軍は粉々になった。しかし大本営の虚偽の報道もあり、戦闘がその後3年間も長引いた。その後、多くの戦闘や爆弾攻撃があったが、1945年に入ると、ハーバード大学の有機化学者・フィーザーによって開発されたナパーム弾が日本全土に投下され、大空襲が起こった。このナパーム弾は、人体や木材などに付着すると水をかけても消火ができないし、酸欠によって窒息死するという、恐ろしい爆弾であった。

当初はドイツ反撃を目的に作られた原爆であったが、1945年5月のドイツ降伏の前から、軍はドイツが原爆を持っていないことを知り、日本への原爆投下候補地の策を淡々と練っていた。³⁾当初は17の候補地が挙がったが、1945年6月末までには、それまでに爆弾攻撃のなかった、京都・広島・小倉・新潟にリストが絞られた。その後、スティムソン米国陸軍長官は、彼が二度訪れたことのある京都への投下に反対。戦後の日本との関係悪化も考慮し、リストから京都を外した。そのため、1945年7月には、広島・小倉・新潟、予備として、長崎が候補地となった。

8月6日、 ^{235}U 爆弾が広島に投下され、引き続き8月9日、 ^{239}Pu 爆弾が小倉に落とされる予定であったが、上空が曇っており、長崎に落とされた。米国政府では、さらに3つ目の東京用爆弾も検討されていたが、³⁾寸前の8月15日、日本が無条件降伏を受諾したので、この案は消えた。

8. 原爆投下前の科学者の葛藤

一方、マンハッタン計画に従事した科学者は、日本への原爆投下について、いかに考えていたのだろうか。マンハッタン計画に加わった米英の物理学者は、当初はナチス・ドイツに先行するため原爆開発を進めていた。しかし、ドイツが原爆を持たないことが判明した後の科学者は、複雑な思いがあったのではなかろうか。その一片を記す。

まず、マンハッタン計画の主翼を担っていたシカゴ大学冶金研究所が、軍のグローブスの要請を受け、1945年7月12日に150人の科学者アンケートを行った。⁴⁾ その結果は、日本への原爆投下反対が約40%もあった。

研究所一員のフランクは、量子論の基礎となる「フランク・ヘルツの実験」で知られた方であるが、1934年にドイツを追われ、米国に移住した。彼は、1945年6月に「原子爆弾の無警告使用に反対する」という長文の、実質的には日本への原爆投下反対のフランク・レポートを書いた。

また、1945年7月17日、連鎖反応確認のシラードや70名の学者は、大統領に手紙を書いた。「ドイツに対しては、原爆による攻撃は有効な手段となる可能性が非常に高いものだったが、日本に対しては、条件が詳細に公表されない限り、原爆攻撃は正当化され得ない。」と日本投下に懸念を表明した。しかしこの嘆願書は、軍のグローブスの反対に遭い、大統領に届けられなかった。

私がバークレーにいた頃、友人のヘンドリーからは、日本投下後、当時の若い物理学者の半数が、物理学から去ったと聞いた。これは誇張もあるが、当時の若い物理学者は、もちろん賛成者も多くいたであろうが、多くの科学者の中では、日本投下には複雑な思いがあったのではなかろうか。

9. 原爆投下時の科学者

これからは、原爆に伴ういくつかのエピソードを紹介したい。第一は、東大教授の嵯峨根遼吉にまつわる話である。1930年代初頭、ローレンス(図2(左))によるサイクロトロン発明の数年後、嵯峨根は30歳でローレンスの下で働いた。その後、後輩アルバレ(恐竜の隕石による絶滅の提唱等、多才な物理学者、図2(右))も加わり、仲間は実に和気あいあいと実験を進めていた。

戦争末期、アルバレとサーバー(この両先生とは、私も

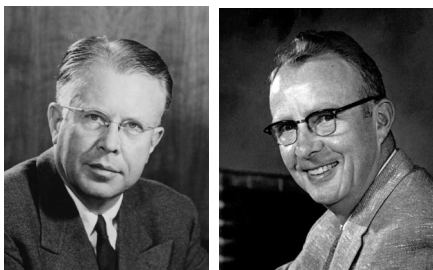


図2 ローレンス(左)とアルバレ(右)。

何回か話す機会があった)とモリソン(戦後、反原爆運動を進めた方)の3名は、嵯峨根に手紙を書いた。手紙の理由は「科学者以外にこの戦争を止める人はいない」と考えたからであった。当時は、交信手段がなかったので、手紙を原爆と共に落とすことにし、長崎で3本投下した。幸い、投下された手紙の一枚は、日本軍により発見され保管された。

しかし、嵯峨根に日本軍からの連絡があったのは戦後の数週間後であった。さらに、その2か月後に佐世保に手紙を取りに来るように言われた。佐世保では、破れた封筒に無造作に折り畳まれた紙片が、嵯峨根に渡された。

嵯峨根は、英文の手紙を貪るように読んだ。そして、それを日本語に訳した。嵯峨根自身の訳は文語調なので、⁵⁾ 読みやすいように現代風に訳したものを掲載する。

「嵯峨根教授へ：君が日本では高名な原子核物理学者であることを知って、この手紙を書いている。この戦争を続けるならば、日本国全体がいかに恐るべき事態を迎えるかは、君はよく分かっていると思う。(中略)我々は君に切望する。日本がなおも戦争を継続するならば、日本の全都市は壊滅してしまう。このことを貴国の指導者たちに伝えて欲しい。そして、生命の損失と空費を停止するために、君が全力を尽くしてほしい。我々科学者としては、優れた発見がこのように用いられることは、本当に残念で忍び難い。しかし、日本が即時降伏しないのなら、原子爆弾の雨は、ますます猛威を加えるであろう。そのことを確信せざるを得ない。1945年8月9日 君がアメリカ滞在中、科学研究の同僚であった3人の友より」

この中で、嵯峨根は、下線を付けた箇所を何回も読み返した。そして、共に研究生活をした友人を思い浮かべ、こう感じた。「我々が共に研究したその目的は、人類の福祉に貢献するためではなかったのか。友人として君と研究を共に進めた我々にとって、原爆投下は本意ではなかった。今となつては、原子爆弾の威力を知っている君が、全力を尽くすよう勧める他はない。それが、共に研究の道を進んできた3人の友の思いである。」と解釈した。そして、佐世保から東京に帰る道すがら、深い思いに耽った。送付人は書かれていなかったが、自分の後輩のアルバレ君ではないかとかすかに思った。ローレンスへの思いも募ってきた。

私は、この話を1970年代半ば過ぎにバークレーで知り、当時親しかった九州大学の磯矢彰さんに話した。磯矢さんはその頃、彼の恩師である嵯峨根遼吉記念文集を作っておられ、材料集めをしておられた。手紙の本文は、嵯峨根遼吉記念文集⁵⁾の最初に掲載されている。

科学研究は、好奇心が基となって始まる。しかし、それが人類の幸福や福祉に貢献するかどうかは、常に考えておかねばならない重要課題である。このエピソードを通じて、私はこのことを改めて深く思った。

このエピソードや、その後の2つのエピソードは、私の以前の記述⁶⁾と重なるところがあるが、改めて紹介したい。

10. 投下後の科学者の一例

私が30歳頃からパークレーに滞在した折、所属グループはセグレ・チェンバレングループで、直属の上司は、チェンバレン(図3(左))であった。彼と一緒に昼食を食べていた時の議論からパークレーでの私の最初の実験は始まったし、パークレーを離れても何度もお会いした。彼とは、原子力や原爆のことやマンハッタン計画に対し何度も話し、本稿に述べたことに対して、開眼させてくれた最初の人でもあった。2006年に亡くなられた折、追悼文も書かせていただいた。⁷⁾

彼は、マンハッタン計画にセグレの学生として加わった。しかし私が会った頃は、実験もしておられたが、種々の社会的活動をされており、特に反原爆運動の先鋒であった。ラジオで、毎週そのことを訴えておられた。そして私には、日本に原爆投下したことを、常に悔いておられた。

1988年、私がコロンビア大学にいた頃、彼から電話がかかってきた。講談社から招かれて日本に行くが、ぜひ広島を訪れてお詫びをしたい、という内容であった。1988年3月、講談社側の行動予定にはなかったが、広島を訪れて懺悔をし、献花をされた。「攻撃を受けた人々の痛みがよみがえってくる。過ちを繰り返してはいけない」と新聞記事に残されている。

彼は、私が会った頃から一貫して、原爆の日本投下を悔いていた米国人の一人であった。

11. 身近な被爆者

最後のエピソードは、身近な私の親戚関係の話になる。私の従妹に長康子さん(図3(右))という方が居られる。当時、広島に住んでおられ、14歳の多感な年齢の次女でもあった。家は、爆心地から3.5kmの所にあった。1945年8月6日、国民学校がお休みだったので、彼女は朝8時頃に起きた。幼い四女の小枝子さんを除いて、全員が広島に出ていた。洗顔後ピカッと光り、その後家は崩れ、慌てて防空壕に行った。それが、広島原爆であった。

康子さんの父は、広島市内で働いていたので、即死であった。長女は水を求めてしばらく生きてはいたが、翌日に亡くなった。母親は焼けただけ、何とか家まで帰ってきたが、その母親も翌日に亡くなった。学校に通っていた三女



図3 チェンバレン(左)と、長康子さん(右)。

の妹を探して、康子さんは学校まで異臭のするところを何駅も歩いて行った。しかし、学童600名は全員亡くなっていた。お兄さんは東京にいたので難を逃れたが、広島に残されたのは、康子さんと妹の小枝子さんの2人だけであった。私の父は、この姉妹を私たちの疎開先に引き取り、戦中戦後、しばらく私達と一緒に過ごした。

20歳の頃、康子さんはキリスト教に入り、最終的には、山口市で修道女となった。その後、私の従兄が「あなたが記録を残さないで、誰が残すのだ」と、経験を書くように強く薦めた。そのため、2006年に記録は残った。さらに、康子さんの友人が、体験記をスペイン語と英語に訳した。

しかし、晩年には大きな喜びもあった。2019年11月、ローマ教皇が広島を訪れ、康子さんは教皇との面会の一人に選ばれた。教皇が康子さんの元に来て、悲しみ深い表情で康子さんの頭を包み込み、撫でられた。38年ぶりのローマ教皇の広島訪問であり、修道院にいた康子さんにとって望外の喜びであったろう。新聞にも載った。

12. むすび

ここに述べた話は、1938年夏にフェルミが米国逃亡を始めてから1945年8月の原爆投下に至る、わずか7年間の話である。その短い期間に、こんなにも早く科学は進んだし、また、早く進み過ぎた。その速度に、今更のように驚くが、その一方、そんなに急速に進み過ぎたための科学の功罪も大きい。その中で、被害者はもちろん、複雑な苦しみを覚えた科学者も多かったのではなかろうか？

先にも述べたが、科学研究は、好奇心が基となって始まる。しかし、それが人類の幸福や福祉に貢献するかどうかは、常に考えておかねばならない重要課題である。

戦争は被害者のみならず加害者の心を、本人の意図とは関係なく踏みこむ。やはり、戦争や原爆の所持や投下はすべきでない。そのことを強く思う。

なお、本記述の詳細は文献8を参照していただきたい。

最後に、上記の3つのエピソードを、物理学会誌でもぜひ広めてほしいと励ましてくださった、岩波書店『科学』編集部の田中太郎氏に、心より感謝したい。

参考文献

- 1) E. Fermi, Nobel Lecture, Stockholm, 12 December (1938).
- 2) T. D. Lee, *Selected Papers and Letters of G. B. Pegram* (World Scientific, 1992).
- 3) A. Wellerstein, "Did the U.S. Plan to Drop More Than Two Atomic Bombs on Japan?," *Nat. Geog. Mag.* August 4 (2020).
- 4) J. S. Walker, *Prompt and Utter Destruction: Truman and the Use of Atomic Bombs Against Japan* (University of North Carolina Press, 1997, 2004) rev. ed.
- 5) 嵯峨根達吉記念文集 (1981).
- 6) 永宮正治, 科学 **90**, 1114 (2020).
- 7) J. Jaros, S. Nagamiya, and H. Steiner, *Physics Today* **59** (8), 70 (2006).
- 8) S. Nagamiya, *Eur. Phys. J. H* **51**, 3 (2026).

(2025年6月24日原稿受付)