

放射線の発見物語

●見えないものを追いかけた科学者たちの足跡



竹田かずき 東京・ウェブデザイナー

●はじめに

2011年3月11日に東日本大震災が起こって以来、落ち着いた日々が続いています。その中で、3月27日（日）に「地震・津波・原発・停電など 非常事態に対応するための緊急研究会」が開かれました（元々は東日本たのしい授業フェスティバルが行われる予定だったが、中止され、かわりに企画された研究会）。

その会に行く道中、私は一冊の本を読んでいました。それは板倉聖宣編『発明発見物語全集3 デモクリトスから素粒子まで：原子』（国土社、1964）です。この本をこのタイミングで手に入れたのは偶然ですが、少しめくってみて「アンリ・ベクレル」という人の名前が目にとまったことで「これを読みながら会に向かおう」と思ったのです。アンリ・ベクレル（1852～1908）という人の名前を聞いたのは初めてです。しかしここ数日「ベクレル」と

いう言葉を何度か耳にしていました。それは放射線を表す単位の1つです。ですから私はこの名前を見て、「きっとこの人は放射線研究に関わる人なのだ。そしてその業績から、彼の名前が放射線の単位になったに違いない」と思ったのです。

そうして読み進めていくと、原子の発見物語とともに、〈放射線の発見物語〉が見えてくるように感じました。今、「放射線」という言葉があふれていますが、その割に私は「なんとなく恐ろしい気がするなあ」「言葉はよく聞くけど、その実体はよく分かっていないなあ」という程度の理解しかありませんでした。しかし、この物語を読んでみて、「なるほど、放射線とはこんな風に発見されたのか。いろんな偶然がキッカケになったんだなあ！」と感動しました。そして、他の伝記をいくつも読んでいくと、もっとたくさんの〈発見〉に出会いました。「たくさんの仮説実験があったんだなあ！」と感激しただけでなく、「放射線を追いかけて、原子の中のことまでせまっていたのか〜！」と〈放射線〉だけに留まらない科学の発展に、とても驚きました。

そこで今回、年図を描きながら、放射線研究の黎明期のことを調べて、そのことをまとめてみることにしました。このようなお話は「今すぐ役立つ知識」というわけではありません。しかし、このようなかたちで放射線について学ぶということがあっていいのではないかと思います。放射線は、目にも見えず手にとることも出来ません。ですから「一体どんなものなのか」ということがつかみにくいのではないかと思います。そこで、科学者がどのように放射線に出会い、研究してきたかを知ることにより、〈見えないもの〉を追いかけた科学者たちと一緒に、感動的に

放射線に出会えるのではないかと思うのです。

また、実のところ、私はそのような〈社会的意義〉以上に「科学者の偶然の発見があり、それが何人もの人の新発見に結びつき、短期間にどんどん新しいことが積み重なる過程」が面白くて仕方なくもなってきました（裏表紙に年図をまとめてみました。合わせてご覧ください）。「〈放射線〉がいま話題だから」というだけでなく、10年後、20年後にも「こんな科学の発展があったんだ」ということが伝わればいいなと思っています。

●放射線ってなあに？

あなたは「放射線」とか「放射能」という言葉を知っていますか。「聞いたことはあるけれど、よく知らない」という人が多いかもしれません。

放射線は目に見えるのでしょうか。手にとれるものなのでしょうか。人工的に作られたのでしょうか、それとも自然に存在するのでしょうか。そもそも、放射線はいつどのようにして〈発見された〉のでしょうか。

実は、放射線は100年くらい前のヨーロッパで発見されました。また、その発見はその後幾人もの科学者たちの手によって発展していくことになりました。その発展の裏側にはどんな物語があったのでしょうか。「〈放射線〉の発見物語」を読みながら、放射線がどんなものなのか、その世界を一緒にのぞいてみませんか。

●世界を驚かせたX線の発見——レントゲン

1896年のはじめ、世界中の人たちはある新発見の話題でもち

きりでした。それは「X線」といって、1895年にドイツの科学者レントゲン（1845～1923）によって発見されたものです。X線は、自然光などの「光線」とは違い〈本や木の箱など通過してしまう。ただし鉛などは通過しにくい〉という性質がありました。X線が通過するのは本だけではありません。X線は人体も通過しました。しかも〈皮膚は通過し、骨は通過しにくい〉ため、その性質を利用して、生きた人間の骨を写真に収めることも出来たのです。



ヴィルヘルム・レントゲン
(1845～1923)

1895年 X線を発見
1901年 ノーベル
物理学賞受賞

「こんな不思議な現象があるなんて！」世界中の科学者たちはX線のことを知りたがりました。しかし、実はX線は発見者のレントゲンでさえ「この線の正体がなんであるか分からない〈未知のもの〉」だったのです。「X線」という名前も、数学で「未知数」を示す記号「X」にちなんで名づけられたものでした。

また、その一方で、科学者たちは「X線のように、今まで知られていない未知の線があるのではないか」ということも調べ出しました。中でもフランスの科学者ポアンカレ（1854～1912）は「〈X線〉は蛍光物質を光らせる性質がある。だとすれば、逆に蛍光や燐光から〈X線〉が出ていたりしないだろうか」と考えていました。「なるほど、もしかしたらそうかもしれないなあ」——ポアンカレの発想に刺激を受けた科学者たちは、蛍光物質を調べてみることにしました。すると、何人もの科学者から〈新発見〉が報告されるようになったのです。しかし、よくよく調べてみるとその多くは間違いでした。が、中には本当の〈新発見〉もありまし

た。それがフランスの科学者アンリ・ベクレル（1852～1908）の発見だったのです。

●曇天が生んだウラン線の発見——ベクレル

ベクレルは、祖父の代から続く科学者一家に生まれ、その3代にわたる研究の中には「燐光」に関するものがありました。ところで、「蛍光」とは「ある物質に光を当てたとき、その物質が発光する現象」ですが、燐光は「光を当てた後、その光を取り除いても発光が続く現象」です。ベクレルは燐光の中でも、特にウラン化合物の燐光が強いことを知っていました（ウランは鉛や水銀



アンリ・ベクレル
(1852～1908)

1896年 ウラン線発見
1903年 ノーベル
物理学賞受賞

よりもさらに重い金属原子で、いろいろな岩石に含まれています。日本でも岡山県と鳥取県の境にある人形峠や岐阜県南部がウランの産地として知られています）。

ベクレルは「このウラン化合物の燐光を調べてみよう」と、実験をしていました。その実験とはこういうものです。

「写真乾板を〈厚い黒い紙〉で包み、光が入らないようにする。これで自然の光によって感光しないはずだ。その上に、燐光を発するウラン化合物をしばらく置く。もし、燐光からX線が出ているのなら、写真乾板が感光するだろう」

さて、この実験結果はどうだったでしょう。写真乾板を現像してみると、写真乾板は感光していました。「思った通りだ！」実験はベクレルの予想通りの結果でした。嬉しくなったベクレルは、

さらに実験を続けようと準備をしました。しかし、実験をするためには、ウラン化合物に光を当てて、燐光するようにしなければいけません。しかし、なかなか晴天の日がやってきません。「まだ晴れないのかなあ」ベクレルはそわそわと空を見上げました。

しびれを切らしたベクレルは、念のため〈ウラン化合物を載せたままにしていた写真乾板〉を現像してみることにしました。このウラン化合物は光を当てていないのだから燐光を発していません。ですから、写真乾板は感光していないはずですが、現像された写真乾板は感光していたのです。「ええ！ これはいったいどういうことだ？」ベクレルは驚きました。「もしや、燐光は関係ないのだろうか？」そう考えて、ベクレルはさらに実験を重ねました。そしてついに、「写真乾板を感光させたものは、燐光とは関係ない。ウラン化合物自身が発している〈何か〉が感光させたのだ」ということを明らかにしたのです。1896年3月のことでした。

X線は〈真空にしたガラス管の中で放電させる〉ことで、発せられるものです。一方、この〈ウラン化合物から出ている何か〉は、外部から刺激を受けたり、人間がわざわざ何かの作用を加えなくても、ウラン化合物からひとりでも出ていたのです。彼はその後も実験を重ね、「これは、前年の大発見であるX線とはまた違うものようだ」という結論にたどり着きました。X線のことを調べていたはずが、新しい現象が見つかったのです！そして、彼はこの〈ウラン化合物から出ている何か〉を「ウラン線」と名づけました。

実はこの「ウラン線」こそ、X線と共に、現在「放射線」と呼

ばれているものの一種だったのです。しかし、「ウラン線の発見」は、当時の科学者たちの関心をあまり呼びませんでした。X線に比べウラン線は微弱なものでしたし、X線にしろうラン線にしろ、その実体はまだまだ解明されておらず、その本質や重要性が分かっていなかったのです。しかし、そんな中でもウラン線に目をつけ、さらに研究を深めた科学者がいました。それがフランスのマリー・キュリー（1867～1934）とその夫ピエール・キュリー（1859～1906）だったのです。

●〈放射能〉の発見——キュリー夫妻

マリー・キュリーは1867年にロシア帝国支配下のポーランドに生まれました。「マリー・キュリー」というのはフランスで結婚したあとの名前で、このころは「マリア・スクロドフスカ」といいました。彼女は15歳のとき女子高校を卒業しましたが、それ以上は行く学校がありませんでした。そのころのポーランドでは、大学は男子だけしか入学できなかったのです。しかし、姉がパリで結婚したことをキッカケに、1891年にフランスに留学することができました。そして1893年にパリ大学の物理学科を卒業して、1895年には理化学校の実験主任であった科学者ピエール・キュリーと結婚しました。ピエール・キュリーは彼女より8歳年上で、その頃すでに物理学者としていくつもの成果をあげて



マリー・キュリー
(1867～1934)

- 1898年 放射線を出す原子の性質を放射能と命名。新原子ポロニウム、ラジウムを発見
- 1903年 ノーベル物理学賞受賞
- 1911年 ノーベル化学賞受賞

いました。まだ大学を卒業したばかりのマリーにとって、ピエールは夫であるだけでなく、先生でもあったのです。

1897年9月にマリーは長女イレヌを出産しました。その後、博士論文のテーマを探っているとき、ベクレルのウラン線の研究に着目しました。

「このウラン線とは、一体どういうものなのだろう。とても興味深いわ。これを研究することで、自然の新しい世界が見えてくるんじゃないかしら」

そう考えたマリーは、まずはウラン化合物をいろいろな条件に置いて調べてみることにしました。熱したり冷ましたり色々な実験を繰り返し、「この性質は、外的要因によるものではなく、ウラン原子そのものの性質なのだ」ということを明らかにしました。そしてまた、「ウラン以外に、ウラン線を出す物質はないだろうか」と様々な物質を手当たり次第調べました。その結果、トリウム化合物も〈ウラン線を出す〉ことをつきとめたのです。

「〈ウラン線を出す性質〉は、ウランだけのものではなかったのね。それでは、このような〈放射する（四方八方へ広がる）線を出す能力〉のことを〈放射能〉（仏：radioactivité / 英：radioactivity）と呼ぶことにしましょう。この性質を調べていけば、きっと新しいことが見つかるわ！」

マリーはそうやって研究を続けていきました。

●見えないものを手掛かりに——新原子の発見

そんなある日、マリーは奇妙なことに気づきました。純粋なウランよりも、あるウラン化合物（ウランやほかの物質の混ぜこぜの

鉍物)の方が、4倍も強い放射能を示したのです。「なぜこの化合物は、こんなに強い放射能を示しているのだろうか。まさか測定器が壊れてるのかしら」——マリーは首を傾げました。しかし、測定器に不備はありませんでした。マリーは不思議に思いながらあれこれ調べていきました。そしてやがてこんな考えをもつようになりました。

「もしかして、このウラン化合物には〈ウランよりも強い放射能をもった、未知の原子〉が含まれているのではないかしら？ だとしたら〈この化合物の方が放射能が強い〉というのも納得できるわ」

今日では、原子が自然状態で何種類あるかとか、どんな性質があるかなどが詳しく分かっています。しかし、この時代には、まだ未発見の原子がいくつもありました。そこで、マリーは〈ウラン化合物に含まれているであろう新しい原子〉をつきとめることにしました。今度は1人だけの研究ではありません。夫ピエールもそれまでの自分の研究を^た措いて、2人で放射能のことを研究することにしました。この研究の手掛かりは放射能です。〈放射能の強さ〉をたよりに、岩石の中から新しい原子を探すことにしたのです。そして1898年に新原子ポロニウムをつきとめました。この名前は、マリーのふるさと「ポーランド」にちなんだものです。そして同年、さらに強い放射能をもつ新原子ラジウムをつきとめることにも成功しました。ラジウムとはラテン語の「radius (一点から発する光線、放射線)」に由来します。

●放射線の正体の解明へ——ラザフォード

それでは、結局この「ウランやトリウムから出る放射線」の正体は一体何なのでしょう。それを解明したのは、ニュージーランド出身のイギリス人科学者アーネスト・ラザフォード (1871～1937) です。

ラザフォードは、当時イギリスの植民地であったニュージーランドに生まれました。祖父がニュージーランドに移民していて、ラザフォードはその3代目に当たります。ニュージーランド大学まで進んだ彼は、24歳のときイギリス本国の大学の奨学生になりました。それは1895年、レントゲンがX線を発見した年のことです。

これまで見てきた通り、このころは「X線の発見」, 「ウラン線の発見」, そのウラン線の研究から「原子のもつ〈放射能〉という特性の発見」と、革命的な発見が相次いでいました。そんな中、ラザフォードはウラン線の研究をすることにしました。ウラン線にはどのような性質があるのか、その実体は何なのか、研究を続ける中で、ラザフォードはあることに気づきました。

「ウラン線に薄いアルミ箔を1枚ずつかざしていくと、ある厚みのところで、ウラン線の強さが変わるぞ。どうも〈アルミ箔を通りにくい線〉は電気的な性質が強く、〈アルミ箔を通りやすい線〉は電気的な性質が弱いみたいだ。もしかして、ウランからは2種類の異なるものが出ているのでは



E・ラザフォード
(1871～1937)

- 1899年 放射線には α 線と β 線の二種類あることを発見
- 1903年 放射線の正体が〈原子が壊れたときに飛び出す粒子〉であることを解明(ソディとの共同研究)
- 1908年 ノーベル化学賞受賞
- 1919年 原子の人工変換実験(窒素→酸素)に成功

ないか？」

ラザフォードはそう考えて、2種類の線にそれぞれ「 α 線」
「 β 線」と名前を付けました。 α 、 β というのは、科学のふるさとであるギリシアの文字で、英語の「a」、「b」にあたります。

*現在では、放射線は α 線、 β 線のほかに、 γ 線（電磁波）や中性子線があることが分かっています。

この研究の最中、ラザフォードはカナダの大学の教授になり、そこでさらにウラン線＝放射線の研究を進めました。しかし、依然として放射線には謎がたくさんありました。そもそも「放射線は何ものなのか。どこからやってきているのか」ということも分かっていなかったのです。

ラザフォードは、この問題にイギリス出身の化学者ソディ（1877～1956）と取り組みはじめました。ラザフォードは物理学者であったため、化学実験には協力者が必要だったのです。そしてある日、ラザフォードたちは不思議な現象に気づきました。〈ウランと同じように放射線を出す物質〉であるトリウムについて研究していたときのことです。「トリウム化合物に、ある化学処理をほどこすと〈放射線があまり出ないトリウム〉と〈放射線がたくさん出る、トリウム以外の物質〉に分かれる」というのです。この〈放射線がたくさん出る、トリウム以外の物質〉は仮に「トリウム X」と呼ばれました。

「トリウムの放射能が弱くなったぞ！ どうしてだろう。そして、このトリウム X とはなんだろうか。トリウムとどんな関係があるというのだろうか」

そんなことを考えていた矢先、この研究はすぐにまた大きな謎

にぶつかりました。研究の途中、クリスマス休暇をとっていたソディは、休暇明けの研究室で信じられないことを見つけたのです。休暇中、トリウムはそのままにしておいたはずでした。しかし「放射線があまり出なくなったはずのトリウムから、ふたたび多量の放射線が出てきている」ということに気づいたのです。

「これは一体どういうことだ!」ラザフォードとソディは顔を見合わせました。化学処理したトリウムから出る放射線量は、一度は少なくなっていたはずでした。しかし、何度実験しても、トリウムから出る放射線の量は徐々に元通りになっていくのです。

「なぜ放射線の量が回復するのだろうか? じゃあ、この〈放射能が元通り回復したトリウム〉に再び化学処理を行なうとどうなるのだろうか?」

ラザフォードたちは慎重に実験を重ねました。そして〈放射能を回復したトリウム〉が、もう一度〈放射線があまり出ないトリウム〉と〈トリウム X〉に分かれることを確かめたのです。

「なんて不思議な現象だ! 化学処理をしたトリウムにはもうトリウム X は混じっていないはずなのに、いつの間にかまたトリウム X が混じっているぞ!」

——ラザフォードたちは深まっていく謎の前に、興奮してきました。そして、この謎を解くために、トリウムとトリウム X の放射線の量について詳しく実験を重ね、1つの仮説にたどり着いたのです。

「もしかして、原子自身がほかの原子に変化しているのではないだろうか?」

●〈壊れる原子〉と放射線

実は、ラザフォードたちはこの研究の前に、もう1つ重大な現象を見つけていました。それは「トリウム化合物から〈放射能をもつ未知の気体の原子〉が出てくる」ということです。しかもその〈未知の気体の原子〉は、アルゴンやネオンなどと同じような気体で、他の原子と化合しない〈化学的に不活性な気体の原子〉でした。普通の原子は酸素その他の原子と化学反応を起こしてくっつきます。しかし〈化学的に不活性な原子〉は、〈ほかの原子と結合しない〉性質をもっていました。

「トリウム化合物から気体が出ていて、その気体が〈不活性な原子〉だって？ 〈不活性な原子〉はほかの原子と結合しないのに、なぜトリウム化合物から気体が出るんだ？ この気体はどこから来たんだ？」

ラザフォードたちはこんなことが気になっていたのです。そして、トリウムとトリウム X について実験を重ねるうちに、「トリウムではなく、トリウム X から〈不活性な原子〉が出てくる」ということをつきとめました。

*

「いつの間にか、トリウムの中に現れるトリウム X」,そして「トリウム X から出てくる〈不活性な原子〉」,この2つの不思議な現象を上手く説明するためには、「原子自身が変わる」とでも考えてみるよりほか仕方ありません。また、トリウムもトリウム X も〈不活性な原子〉も、すべて放射線を出していることが注目されます。もしも「原子自身が変わる」のであれば、この〈放射線が出ること〉と〈原子自身が変わること〉の間に関係があ

るのでしょうか。

*

ラザフォードたちはさらに研究を続け、ついに「放射線の一種である α 線は粒子である」ことをつきとめました。そこでさらに考えを深め、とうとう次のような考えに至ったのです。

「トリウム原子の一部が壊れて、そのカケラが放射線として外に出る。そうすると、元のトリウム原子がトリウム X 原子に変わってしまうんだ。同じように、トリウム X 原子も原子の一部が壊れて、そのカケラが放射線として外に出る。

そしてトリウム X 原子が〈不活性な原子〉に変わるんだ」

この考えは「放射性変化」という論文にまとめられました。1903年のことです。

放射性変化というこの考えは、それまでの〈科学の常識〉を大きく揺さぶるものでした。原子は英語では「atom」と言いますが、これは「これ以上は分けられないもの」という意味のギリシア語に由来します。それまで原子は「これ以上は分けられない。変化しないもの」と考えられていたのです。そのため、ラザフォードたちの〈発見〉を疑う人もいました。しかし、ラザフォードはさらにたくさんの実験を重ねていきました。そして1911年には「原子は、中心に〈プラスの電気をもった核〉があり、その周りを〈マイナスの電気をもった粒〉がいくつも回っている」ということをつきとめました。放射線は、〈原子の中心の核〉が壊れて、その中から外に飛び出してきたものだったのです。

放射線の研究の中で、ラザフォードはとうとう〈原子の構造〉まで解明したのでした。

*なお、このお話では「放射線」という言葉を概ね「原子が壊れたときに出るもの」に限定して使っています。「放射、つまり四方八方に発せられる線」という意味では、「原子が壊れたときに出るもの」に限定しない方がいいのですが、現在一般的には「原子が壊れたときに出る線」を「放射線」と呼ぶことが多いので、この用法に倣いました。

また本編の中では仮の名前として〈トリウム X〉と書かれていた原子も、今ではその正体が分かっています。トリウムの変化の1つは「トリウム→ラジウム（トリウム X）→ラドン（放射性的の不活性気体）→ポロニウム→…」という順序で起こり、そして最後は鉛に行きつきます。ウランも同じように崩壊して違う原子に変わっていきますが、やはり最後は鉛になります。あなたのそばにある鉛も、もしかしたらずっとずっと昔は、トリウムやウランだったのかも知れません。

●あとがき——見えないものを追いかけて

放射線は、目に見えなければ手にとることもできません。だから、「なんだかとっても恐ろしいもの」というイメージがあるのではないのでしょうか。しかし、自然の中には放射線を出す物質がもともと存在し、人類がそれを見つけたのはたった100年ほど前です。以後、科学者たちはこの〈見えないもの〉を追いかけて、たくさんの仮説実験を行い、ついには「これ以上は壊れないもの」と考えられていた原子の中身まで明らかにすることができました。

私はこの〈放射線研究の黎明期に起こった発見の連鎖〉を知ってとても驚きました。「原子が陽子と中性子、そして電子でできている」ということはなんとなく知っていました。ですが、それらの発見が放射線の研究を通じて分かったということだとは全く知りませんでした。いや、私はそもそも「原子が自然の状態で壊れることがある」ということさえ知らなかったのです。

また、その研究の過程に「見えないものを見る」ということがたくさんできたことにも感動しました。放射線は目に見えません。また、原子だって、原子の中だって、やっぱり目に見えませ

ん。でもいろんな手がかりを元に、想像し、仮説実験し、未知の世界を切り拓いていく——調べてみると、そんな科学者たちの努力の軌跡がたくさん交錯し合っていたのです。「見えないものが見えたとき、自然の新しい世界が見えたとき、科学者たちはどれほど感動しただろう！」——私はそう思って胸が高鳴りました。

しかし、今回私は単純に「感動」しただけではありません。本編では触れていませんが、放射線が発見されてから原子力の開発までがたった50年程度だということにも驚きました。また驚くと同時に、「原子力爆弾も、一連の研究の中から生まれたものだから〈とんでもない発見をしてしまった〉と言えるのかもしれない」と、複雑な気持ちになりました。しかし、そんなことを考えていると、ピエール・キュリーがノーベル賞受賞記念講演のときに残したこんな言葉に出会いました。

犯罪人の手にはいれば、ラジウムは、きわめて危険な物ともなりかねません。そのことに関連して、われわれは、いったい人間が自然の秘密を知ることによって利益があるのでしょうか、いったい人間は自然の秘密を知って善用することができるほど成熟しているのでしょうか、あるいはまた、このようなことを知ることは人間に有害なのではあるまいかと、いちおう疑ってみることができます。ノーベルの〔爆薬の〕諸発見こそは、この問題にとってもってこいの例であります。すなわち強力な爆薬は人間に感嘆すべき大事業を可能ならしめたのであります。一方これらの爆薬は、諸国民を戦争に引きずりこむような犯罪者の手にかかれば、恐ろしい破壊の手段ともなるのであります。が、わたしはノーベルと同じように、人間は新しい発見から、悪よりも、むしろより多くの善を引き出すであろうと信じる者のひとりであります。(マリー・キュリー著・渡辺慧訳『ピエール・キュリー伝』白水社、1959、7ペ)

これを読んで、私は「科学はときとして大変な事態を引き起こしてしまうけれど、それを乗り越えるのも科学だ」というような板倉聖宣さんの言葉を思い出しました（引用したいのですが、本が見つかりませんでした。ですので、もしかしたら違う意味合いかもしれません）。レントゲンやベクレルが「未知のもの」を見つけたとき、それがどんなものかは全く分かりませんでした。しかし、それを研究していく中で、自然界の謎が解き明かされ、ときに人びとに被害をもたらしたりしたこともありました。そこから放射線による治療法なども確立されてきました。「人間は新しい発見から、悪よりも、むしろより多くの善を引き出すであろう」——そう思うとなんだかとても前向きになりました。

このお話は、そんな科学の発展の素晴らしさ、おもしろさが伝わればよいと思いまとめたものです。放射線は人体に害をもたらすものですから、警戒する必要があります。しかし一方で、このようなお話から「放射線に親しむ」ということもあっていいのではないかと思っています。「得体の知れない怖いもの」ではなく、「私たち自身を作っている原子のお話の一つ」と感じていただければなによりです。

◆補足：「あとがき」にも書いた通り、このお話は、「科学にあまり興味のない人にも、科学の世界を知ってほしい、たのしんでほしい」と考え、大幅に省略した部分があります。J.J. トムソンの「電子の発見」やラザフォードの詳しい研究内容、「原子の中身」の話や放射線など、みんな入れればとても興味深いことではあると思ったのですが、視野が広がる一方、焦点が分からなくなり、

結果「科学の面白さ」が伝わりにくくなるのを危惧して、省略することにしました。これらを解説するにはまたさらに長い文章が必要のため、興味がある方は、典拠文献などを読んでいただくとよいかと思います。

最後に、今回のお話を書くにあたり、板倉聖宣さんをはじめ、多くの方から助言をいただきました。なかでも、とくに母・竹田美紀子（愛知）には、「若いころの大学での研究内容が素粒子（原子の中の粒）」だったということもあり、（最先端の知識でないと注釈をつけつつも）専門的な視点から助言してもらいました。この場を借りて、お礼を申し上げます。

〔典拠文献〕

- ・板倉聖宣編『発明発見物語全集3 デモクリトスから素粒子まで：原子』（国土社、1964）
- ・板倉聖宣編『元素の発明発見物語』（国土社、1985）
- ・T.J.トレン著・島原健三訳『自壊する原子 ラザフォードとソディの共同研究史』（三共出版、1982）
- ・アンドレード著・三輪光雄訳『ラザフォード 20世紀の錬金術師』（河出書房新社、1967）
- ・J.ローランド著・中村誠太郎ほか訳『ラザフォード —原子の開拓者—』（鱒書房、1956）
- ・J.L.ハイルブロン著・梨本治男訳『アーネスト・ラザフォード 原子の宇宙の核心へ』（大月書店、2009）
- ・藤本陽一『原子力への道を開いた人々』（さ・え・ら書房、1966）
- ・エーヴ・キュリー著・川口篤ほか訳『キュリー夫人伝』（白水社、1938）
- ・奥野久輝『キュリー夫人』（弘文堂、1950）
- ・W.Robert Nitske 著・山崎岐男訳『X線の発見者レントゲンの生涯』（考古堂書店、1989）
- ・板倉聖宣『科学者伝記小事典』（仮説社、2000）
- ・竹内均『現代物理学の扉を開いた人たち』（ニュートンプレス、2003）
- ・米山正信『物理のドレミファ4 原子と放射能』（黎明書房、1977）

