

放射能発見における写真の役割 (上)

レントゲン線とベクレル線

中 崎 昌 雄

はじめに

1. Röntgen X線発見 (1895) まで
2. 1895年11月8日夜「X線」発見
3. 1895年までの真空放電研究
4. 速報「新しい種類の放射線について」(1895年12月28日)
5. 1895年12月28日「速報」に対する反響
6. X線研究「第2報」(1896年3月9日)「第3報」(1897年3月10日)
7. X線発見に関する「作り話」と発見の「ニアミス」
8. 1901年第1回ノーベル物理学賞受賞とRöntgenの晩年

付 録

1. W. C. Röntgen「新しい種類の放射線について」(1895) (翻訳)

(続く)

はじめに

Röntgen (Wilhelm Conrad Röntgen, 1845–1923) が彼の言う「X線」(X-Strahlen) を発見したのは彼自身の証言によると、1895年11月8日(金曜日)の夜である。

暗室で実験していて、黒紙に包んだ放電管に電流を通じたとき、近くにおいてあった蛍光板のうえに奇妙な影が走るのを見た。

昨年(1995年)はちょうど、この「X線発見」100年に当たると言うので、この発見に関して多くの記念講演会が催され論説も多く発表された。

このX線の発見は「思いがけない (accidental) 偶然による」発見として、「セレンディピティー」(serendipity) の典型的な例として取り上げられることが多い。「セレンディピティー」は240年ほど前に Horace Walpole (1717–97)⁽¹⁾ が創作した言葉である。長く使う人がなかったが、ここ20年ほどの間に「思いがけない偶然による」発見、発明を表現する便利な

言葉として、多用されるようになった⁽²⁾⁽³⁾。

Walpole は 1715 年にイギリス首相になった Robert Walpole (1676-1745)⁽⁴⁾ の息子で、ケンブリッジ大学卒業後フランス、イタリアに遊学してゴシック時代に関心を抱き、自分でもゴシック様式の城を築いて、そこに住むと言った趣味人であった。「オックスフォード英語辞典」⁽⁵⁾ によると、彼が友人 Horace Mann (1701-86)⁽⁶⁾ に 1754 年 1 月 28 日付けで書いた手紙に次のようにある。

「この発見はほとんど私が『セレンディピティー』と名付けている種類の物です。」(this discovery, indeed, is almost that kind which I call “Serendipity”)

Walpole はこの言葉をペルシャ起源の物語「Three Princes of Serendip」から作った。この物語は 1557 年イタリア語に訳され、さらにこれが 1719 年フランス語に訳されたものを Walpole が読んだらしい。「Serendip」はセイロン(スリランカ)のアラビア語「Sarandib」の訛った形である。物語の中の「セイロンの 3 人の王子たちは」Walpole の表現によると、次のような好運に恵まれたらしい。

「いつも自分たちが探してもいない物を、偶然と聡明さによって発見しました。」(alwlays making discoveries by accidents and sagacity of things they were not inquest of)

科学上の「セレンディピティー」には必ずと言っていいほど、誤った「伝説」が付きまどっている。写真の方で挙げるなら Daguerre による銀板写真の水銀蒸気現像の発見である⁽⁷⁾⁽⁸⁾。Röntgen「X 線」発見もこの例に漏れない。たとえば天野 清「量子力学史」には「1895 年の末、放電管の近くに放置された写真フィルムの曇りにヒントを得て新しい放射線を発見した」とある⁽⁹⁾。

あとで説明するように、この写真乾板のカブリからとする「伝説」は誤りであるが、X 線発見の衝撃的ニュースを迅速に世間に弘める上ではもちろん、それに続く放射線研究において写真術の果たした役割の大きさは、どんなに強調しても強調し過ぎることはあるまい。Lummar-Gehricke 干渉分光器で知られた O. Lummar (1860-1925) は、1896 年初頭 Röntgen から送ってきた速報「新しい種類の放射線について」を読んだときの印象

を次のように語っている⁽¹⁰⁾。

「数日まえにレントゲン教授から送ってきた速報『新しい種類の放射線について』を読んで、まるでお伽話を読んでいるとしか思えませんでした。もちろん著者の名前と、その厳密な検証はすぐにその錯覚を追い払ってしまいました。写真は白黒にプリントされていて、木箱の中の分銅を撮り、生きた人間の骨を乾板の上にまるで魔法のように撮っているのです。この現実の写真だけが、これは事実なのだといびとに告げてくれました。新しい物理学上の発見が初めて不完全に新聞に報じられると、これらはふつう疑いの眼で受け取られ、狂人の幻想とか冗談のトリックと受けとられて、もっと真面目な雑誌などには取り上げられません。そして心霊学者からは4次元の顕現などと宣伝されるのです。」

このように「現実の写真」だけが、X線発見をお伽話ではないと納得させたのである。中でもRöntgen夫人の手の骨の写真は衝撃的であった⁽⁶⁶⁾。この「生きた人間の骨」の写真がなければ、X線発見のニュースはあのような電撃的な速さで地球の隅々まで届くことはなかったであろう。

同じように1896年1月早そう、手の骨の写真を見せられたHenri Becquerel (1852-1908)は放電管が蛍光を放つところから、蛍光物質も同じような放射線を出すのではないかと考えて、手元にあった蛍光性の硫酸ウラニルカリウム結晶を使って実験を始めた。Becquerelは予想される放射線を検出するのに始めから写真乾板を利用した。そして4ヵ月の実験の末に、5月になってから彼の発見した新しい放射線は蛍光とは関係なく、ウラン元素そのものから自然に放射されるのを確かめた。この自然放射能の発見がCurie夫妻やRutherfordなどを原子壊変、同位体の発見から原子核その物の探求にまで導き、これが現在の「原子力時代」につながるのはい言うまでもない。

この私の小論ではRöntgenのX線研究と、Becquerelの自然放射能発見に焦点を絞って、この分野における写真の役割について眺めてみることにする。

1. Röntgen X線発見 (1895) まで⁽¹¹⁾⁽¹²⁾

Röntgenはドイツ人織物商Friedrich Conrad Röntgenとオランダ人

Charlotte Constanze Frowein の間の一人息子として 1845 年 3 月 27 日 ドイツ Lennep に生まれた。ここは刃物で有名な Solingen 市の近くで現在は Remscheid 市の 1 部になっている。Röntgen 3 歳のとき両親はオランダ Appeldoorn 市に移住したから、彼は初等教育をオランダで受けることになった。しかし卒業間際になって、教師に悪戯した友人の名前を明かさなかったのを理由に、正式の卒業が許されなかった。このため正規のギムナジウムへの進学ができなくなり、オランダはもちろんドイツでの大学進学の道が閉ざされた。Röntgen は 1862 年 (16 歳) から 2 年半オランダ Utrecht 工業学校へ進み、ここで進学の道を探したところスイス Zürich 市連邦工科大学 (Eidgenössische Technische Hochschule; E. T. H.) 機械工学科へ入学することができた。1869 年ここで博士号をとったが、この大学で物理学を教えていた August Kundt (1839-94) に感化されて機械工学を捨てて物理学研究に志望をかえた。この Kundt は音速度の測定に使う「Kundt の実験」で有名なあの Kundt である。彼は 1868 年から連邦工科大学の物理学教授になっていた。

1870 年に Kundt 教授がエントロピーで有名な熱力学の R. Clausius (1822-88) の後任として Würzburg 大学に転任したので、助手に採用してもらい Würzburg に移った。Kundt の後任として連邦工科大学の物理学教授となったのは「物理実験教本」(1870) で知られた F. Kohlrausch (1840-1910) である。1872 年に Röntgen は Anna Bertha Ludwig と結婚した。彼女は 6 歳年上で Zürich 時代からの付き合いであった。2 人の間には子供が恵まれず 1887 年になってから夫人の姪を養女に迎えた。

結婚の年 Kundt がこんどは Strasbourg 大学に移ったので、Röntgen は私講師の助手としてこれに従った。Strasbourg 市は普仏戦争 (1870) の結果、新しくドイツ領になっていたのである。Kundt と同じ時期に有機化学者 Adolf von Baeyer (1835-1917) もベルリン「職業学校」(Gewerbe-Institut) からこの大学に転任してきた。Emil Fischer (1852-1919) は Bonn 大学で A. Kekulé (1829-96) の講義を聞いていたが、彼が従兄弟の Otto を誘って Baeyer 研究室で博士論文を仕上げようと Strasbourg へやって来たのもこのころである⁽¹³⁾。

Röntgen はこのころから独立して実験できるようになった。しかし実

験装置などはほとんど手作りしなければならなかった。この工作には彼の機械工学出身が役立った。Röntgen は社交が下手で講義が嫌いであった。1901 年第 1 回ノーベル物理学賞の受賞に当たって記念講演を断わったほどである。また実験には助手の手を借りなかった。1875 年から 1 年ほど Hohenheim 農業学校の教授になったことがあったが、ほとんど実験研究ができないと言うので、翌年に今度は助教授として Strasbourg 大学に帰った。Strasbourg 大学には通算 6 年ほどいて、この間に研究論文を 15 編を発表した。内容は Kundt の弟子らしく精密な物性定数の測定に関する物が多く、液体や固体の圧縮率、気体の旋光度など地味ではあるが緻密で、Röntgen ならではの仕事として評価された。彼はこれらの業績で有名になり、1879 年 (34 歳) になって始めて Giessen 大学の物理正教授として迎えられた。Giessen 大学には 9 年いて、この間に 18 報を出した。このころの仕事は Kerr 効果、結晶のピエゾ電気、ピロ電気など光と電気に関する物が多い。1888 年になって長く Strasbourg 大学にいた Kundt がベルリン大学に移ることになり、この後任に Würzburg 大学にいた Kohlrausch が選ばれた。Würzburg 大学では Kohlrausch の後任として、以前この大学に助手としていたことがあり、現在ではその精密な物性研究で知られるようになった Röntgen を迎えることにした。Würzburg 大学には Röntgen が赴任する 3 年前の 1885 年に、Emil Fischer が立体化学で有名な J. Wislicenus (1835-92) の後任として赴任していた。Röntgen は着任 6 年あとの 1894 年に学長に推挙された。Fischer は Würzburg 大学に 7 年いて、この間にノーベル化学賞 (1902) の対象となる「ブドウ糖の全合成」(1890) に成功した。1892 年に Fischer が A. W. Hofmann (1818-92) の後任としてベルリン大学へ移ったので、Würzburg 大学では Fischer の後任にハイデルベルグ大学の V. Meyer (1848-97) を選び、この折衝に学長 Röntgen がハイデルベルグへ赴いたが、この交渉は成功しなかった⁽¹⁴⁾。

Röntgen の着任 1888 年と Fischer の転任 1892 年のあいだの 4 年間、2 人は同じ Würzburg 大学にいたことになるが、Fischer 自伝「わが思い出より」の中には当時の Röntgen については何も書いてない。X 線発見のまえのことで、社交嫌いの Röntgen は大学でもそう目立った存在では

なかった違いない。

Röntgen は 1900 年にミュンヘン大学に移るまで Würzburg に 12 年間いることになるが、これが彼の人生でもっとも充実し幸福だった時期と言えるだろう。この 12 年間に Röntgen は 18 報の研究報告を出した。このうち始めの 15 報は圧力下の液体、固体の物性変化に関するもので、最後の 3 報 (1895-98) だけが「X 線発見」に関するものである。

2. 1895 年 11 月 8 日夜「X 線」発見

Röntgen は放電管の実験を 1895 年 10 月末から始め、この年の暮れも迫った 12 月 28 日に「速報」報告を Würzburg「物理学医学会」(Würzburger Physikalisch Medicinisch Gesellschaft) に提出するまでの 8 週間を、いつものように自分一人で実験室に立てこもって仕事をした。2 人の助手も年末に印刷された「速報」を読んで始めて教授が何をしていたかを知ったほどである。この間 Röntgen は実験室で寝泊まりし、食事もここに運ばせたと言う。そして 11 月 8 日金曜日の晩「助手たちが帰ってしまった実験室で奇妙な現象を観察した。」このときの興奮を親友の動物学教授 Theodor Boveri (1862-1915) にだけ次のように語っている⁽¹⁵⁾。

「私は大変に興味のある何かを発見した。しかし、この私の観察が正しいかどうかを、まだ知らない。」

Röntgen は自分の X 線発見の経過の細かいことについては誰にも語らなかったから、それらは「速報」から推察する他ない。ただ次に紹介する「McClure's Magazine」誌の H. J. W. Dam 記者の会見記は発見から 3 ヶ月ほどの記事で、そのころの雰囲気や僅かながら伝えているように思える⁽¹⁶⁾。Dam 記者は Würzburg 市で大学物理実験室の所在を聞いたら、町の人が Röntgen 教授を「Renken」と発音したと言っている。物理実験室の建物は「Pleicher」広場に面した 3 階建てで、1 階が半地下、3 階は Röntgen の住居になっていた。Röntgen 教授が実験室を案内してくれたが、それはアメリカやイギリスの施設と較べて質素であった⁽¹⁷⁾。

「レントゲン教授はまるで爽やかな突風のように急いで入ってきました。彼は背が高くスラッとして、しなやかな感じで、全身の感じがその熱心さとエネルギーを物語るようでした。着ているのは地味な背広で、その

長い暗色の髪はまるで彼自身の活力によって永遠に電気ショックに掛けられたように頭から突っ立っていました。声は大きくて響きがあり早口でした。総じて言えば明らかに男らしい男なのです。なにか彼を魅きつける謎を追いかけると、それをトコトンまで追いかけて止まないでしょう。眼は親切そうですが、よく動き、突き刺すようでした。訪問者に応対するより Crookes 管を見る方がよいのにと思っているに違いありません。また、このところ訪問者たちが彼の貴重な時間を奪っているのです。私との会見には予約が取ってありましたから、彼の対応は親切で丁寧でした。彼は自分の母国語の他にフランス語を上手にシャベリ、英語はふつうの物と違って科学的にシャベリました。得意、不得意の違いはあっても、この3つは私の守備範囲でしたので、会話はその場の都合にしたがって、いわば国際的にチャンポンで進みました。

私は言いました『さて教授、発見の歴史を教えてくださいませんか。』

『歴史なんかありませんよ』と彼は言いました。

『私は長い間 Hertz や Lenard が研究した真空管からの陰極線の問題に興味を持っておりました。そして私は彼らや他の人びとの研究を、大いに興味を持ってずっと注目してしまして、時間ができたらすぐに自分でも仕事をしてみようと決心しておりました。その時が去年の10月にやって来たのです。数日間、仕事をして、そして何か新しい物を発見したのです。』

『その日はいつですか。』

『11月8日です。』

『それでその発見とは？』

『私は Crookes 管を黒いボール紙でカバーして実験をしました。シアノ白金酸バリウム紙が机の上にあります。管に電気を通じているとき、その紙の上に奇妙な暗い線を見たのです。』

『それは何でしたか？』

『ふつうの言葉で言えば光が当たった時にだけ現れる現象です。しかし管からは光は出ておりません。なぜなら管のカバーは今まで知られているどんな光も通さない物でしたから。電気アークの光も通しません。』

『それで、どう思われましたか？』

『私は何も思いませんでした。ただ研究しただけです。状況から外から来ているとも思えませんでしたから、作用は管から出ているに違いないと思われました。試してみても数分後にはそのとおりと分かりました。紙の上に作用を現す光線は管から出ていたのです。距離を次第に大きくして、2メートルにまで離しましたが光りました。最初はある種の不可視光線のようなものでした。確かに新しく、いままで発表されていない物でした。』

私は尋ねました。

『始めて生身の人間の骨の写真を撮ったのはどこですか？』

彼は誘導コイルのおいてある部屋に案内しながら『ここです』と言い、机を指さしました。その上には少し小さな低い木机というより、大きさも形も木の椅子のような机が載っていました。それは2フィート角で黒く塗ってありました。

『どのようにして初めての手の写真を撮ったのですか？』

教授は窓際の戸棚へいきました。その中には黒紙で包んだガラス感光板で数枚ありました。彼は Crookes 管をこの机の下におきました。これは底から数インチ離れていました。彼は自分の手を平にこの机の上におき、その手の上にガラス乾板を軽く載せました。』

Dam 記者が見学したころは、すでに「第 2 報」(3月9日)が印刷されていたころで、実験室の様子は発見当時とかなり違っていた。Dam 記者の記事によると部屋の中には4×4フィートで高さ6フィートのスズ張り(本当は亜鉛板)の暗室が設けられていて、この壁に径18インチのアルミニウム窓(厚さ1mm)が開けられていた。

Crookes 管は暗室の外に、この窓から5インチのところに据えられ、Dam 記者は彼の言うスズ張り暗室の中でアルミニウム窓から4インチのところにおかれた蛍光板を眺めたのである。

3. 1895年までの真空放電研究

Dam 記者が語るところによると、Röntgen は研究を始めた動機として「私は長く Hertz や Lenard が研究した真空管からの陰極線の問題に興味を持っておりました」と言っている。次にこの Röntgen 「X 線」発見まで

の真空放電の研究史を簡単にまとめておこう。

ある距離を隔てた陽極と陰極に高電圧をかけると、両極の間に電気火花がとぶ現象は古くから知られていた。この電極の間の空気をポンプで排気して減圧にしたら、電気火花はどうなるであろうか。この問題を始めて組織的に研究したのが Michael Faraday (1791-1867) である (1838)。彼が利用できた空気ポンプはまだ性能が悪くて、たかだか 1mmHg の減圧しか達成できなかったであろう。この程度の減圧でもすでに電気火花はとばなくなり、真空管の両極の間に鱗状の光の帯が出現して輝いた。Faraday はこのときすでに陰極側の陰光と陽極側の陽光の間に現れるいわゆる「ファラデー暗黒部」を観察している⁽¹⁸⁾。この研究をさらに低圧下で行ったのが Bonn 大学物理学教授 J. Plücker (1801-68)⁽¹⁹⁾ である。彼はもともと数学者であったが、友人 Faraday の影響でこの方面を手掛けたらしい。このころ Bonn 大学に理化学機器を納めていた H. Geissler (1815-79) が天才的なガラス技術者だったのもこの研究に都合がよかった。彼の名前は現在でも気体スペクトル分析に使う毛細管を備えた「ガイスラー管」に残っている。Geissler は水銀真空ポンプを改良して高真空を作ることができた。Plücker はこの「ガイスラー管」を使っていろんな気体の真空放電を調べ、気体が固有の色彩の光を放つことを知った (1855)。これは Bunsen-Kirchhoff スペクトル分析 (1859) より早い⁽²⁰⁾。Plücker はまた気圧を 0.01mmHg 程度にすると、陰極に対面するガラス壁が蛍光を放つこと、真空管に外から磁石を近づけると、この蛍光の場所が移動することなどを確かめた (1858)。Plücker はやがて物理実験をやめて、数学分野にもどったが、彼の後を継いで真空放電の研究をしたのが J. W. Hittorf (1824-1914) である⁽²¹⁾。Hittorf は Bonn 大学の Plücker のところで博士論文を仕上げたあと Münster 大学物理学教授となり、ここでした電気分解のイオン移動速度 (輸率) の研究で名前をあげた (1853-59)。彼が Plücker と共同で真空放電の研究を始めたのが 1865 年である。この研究は 1884 年ころまで続けられた。Hittorf は Plücker の発見した磁場の影響を追試したが、彼自身の発見になる面白い現象は、陽極の背後のガラス壁に陽極の影が投射される事実である。おそらく陰極から何かが放射されるが、これが陽極に妨げられてガラス壁に届かず、蛍光が出なくてそこが

影となったのである。また陰極と陰光の間の光らない部分「ヒットルフ暗部」が、圧力が下がるに連れて広くなり、しまいには陰光、陽光ともに消えてしまうことも観察した。

このような真空放電の研究をさらに進めて、この現象をいわば「見せ物」のように一般に知らせたのが William Crookes (1832-1919) である⁽²²⁾。Crookes は裕福なロンドン洋服商の息子で、このころイギリス王室が後援して創設した「王立化学学校」(Royal College of Chemistry) に 1848 年入学し、成績がよいのでドイツから来ていた Hofmann 教授の助手にすぐにしてもらった (1850-54)。写真にはそのころから興味をもち、その写真技術を買われて 1854 年オックスフォード Radcliff 天文台の気象部の主任に採用された。この年、同じ「王立化学学校」の卒業生の J. Spiller と共同でコロジオン湿板を湿ったままで保存する方法を開発して報告している⁽²³⁾。Crookes はまたこの年の 12 月 20 日、写真史で有名な「Talbot-Laroche」写真裁判に先生の Hofmann などと一緒に Talbot 側の証人として証言台に立った⁽²⁴⁾。

Crookes は思い付きのよい実験技術に長けた男で、生涯にわたって化学、物理の区別なく面白そうな分野に頭を突っ込んで人目を引いた。1856 年からは独立して、自宅に設備の整った実験室を設け、ここで企業のコンサルタントや自分の発明の実用化に努め成功した。さらに注目すべきは 1859 年から科学週刊誌「Chemical News」を創刊し、1919 年に死亡するまで 40 年ものあいだ、その編集を自分一人で引き受けたことであろう。

Crookes の真空放電の仕事は 1874 年ころから始まっている。その動機になったのが彼自身の手になる新元素「タリウム」の発見である (1861)。Crookes は先生の Hofmann から硫酸工場のセレンを含む残渣をもらっていた。実験でテルルが必要になったので、この残渣の中に含まれているかも知れないと考えて、前年に発表された Bunsen-Kirchhof スペクトル分析にかけたところ、緑色に輝く輝線を与える新元素タリウムを発見したのである⁽²⁵⁾。

1873 年になって、このタリウムの原子量を調べる目的で定量分析をはじめた。このとき精密に重量をはかるのには、浮力のない真空中で秤量したほうが良いと考えた。実験してみると真空中で天秤が不規則な運動をす

るのに気がついた。この原因を追求した結果、光を当てると羽車が回転する有名な「ラジオメーター」(radiometer)を発明した(1875)。Crookesはこの研究で習得した真空技術を利用して真空放電の研究を始めた。彼はHittorfの研究について何も知らなかったようである。

初期の成果でよく知られているのは「羽車真空管の実験」であろう。陽極と陰極の間のレールに雲母かアルミニウム箔で作った軽い羽車をおくと、羽車は回転しながら陰極側から陽極側に向かって動いた。また陽極をアルミニウム製の十字架にすると、蛍光を放つ背後のガラス壁に十字架の黒い陰影が投射された。またHittorfとは独立に磁石による偏奇も発見した。これらの結果からCrookesは陰極から何か特殊な微粒子が飛び出すのではないかと考えて、これをFaradayにならって「radiant matter」と呼んだ。また今まで知られていない特殊な状態だと言うので「物質の第4状態」(fourth physical state)と呼んだりした。

Crookesはその思い付きの良さと財力に物を言わせて、多くの奇抜な形をした放電管を作った。これらは1879年8月Sheffield市「英国科学振興会」会場で披露され、これが科学雑誌「Nature」1879年、8-9月号に載った⁽²⁶⁾。また自分の週刊誌「Chem. News」誌にも1891年、1月から3月にかけて多くの挿絵入りでこれらを紹介した⁽²⁷⁾。

Crookesは67歳になってからも自分で化学実験をして、市販のウランを精製するとウランはその放射能を失い、放射能は彼の言う「ウランX」に移ることを発見してRutherford-Soddyの原子壊変説に先鞭をつけた(1899)。この実験には彼の得意とする写真術を巧みに利用している⁽²⁸⁾。さらに71歳(1903)になって閃亜鉛鉱(硫化亜鉛)を使った「spinthariscopie」(spintharis, 閃光)を発明した。これは「シンチレーション・カウンター」として α 粒子を1個1個数えるのに威力を発揮した。Rutherford-Geiger-Marsden(1909)がこの装置を使って金箔による α 粒子の散乱実験をし、その結果から電荷が狭い空間に押し込められている原子核という考えに導かれたのは、よく知られたところである⁽²⁹⁾。

イギリスでCrookesが真空放電の仕事をはじめたころ、ドイツでもPostdam天文台のE. Goldstein(1850-1930)⁽³⁰⁾が独自の研究を始めていた。彼はHittorfと同じように陽極の背後に陰影のできることを発見した

が、この陰極から放射されるらしい放射線 (Strahlen) に「陰極線」(Kathodenstrahlen) という名前をつけた。Goldstein はまた陰極線が陰極面から直角に出ることを知り、陰極面を凹面にしてこの放射線を焦点に集めるのに成功した (1876)。このあと 1886 年になってから穴を開けた陰極を作って、別の放射線がこの穴 (Kanal) を通ることを確かめて、これを「Kanalstrahlen」と呼んだ。現在で言う「陽極線」である。この研究はあとで J. J. Thomson (1856-1940)⁽³¹⁾ が引継ぎ、これが F. W. Aston (1877-1945) の質量分光器 (1919) の完成にまでつながる⁽³²⁾。

Plücker が 1868 年に死亡したので、Bonn 大学ではその後任として Würzburg 大学の Clausius を呼んだ。Clausius はこの大学で 19 年教えた。彼が 1888 年に死亡して、その後任に H. Hertz (1857-94) が迎えられた⁽³³⁾。Hertz はすでに前任地 Karlsruhe 大学物理学教授のとき、Maxwell が予言した電磁波の存在を証明する有名な研究を完成していた (1888)⁽³⁴⁾。Hertz は新任の Bonn 大学で新しい仕事を始めるに当たって、同じ大学にいた Plücker がまえに研究し、現在ではイギリスで Crookes が華やかにその成果を宣伝している真空放電の研究に手を着けることにした。着任すぐの 1891 年 4 月から、それまでいろんな大学を渡り歩いていた P. Lenard (1862-1947)⁽³⁵⁾ を助手に採用して、彼にその仕事をやらせることにした。1892 年になって彼らは、陰極線が放電管の中で薄いアルミニウム箔を通り抜けることを発見した。Lenard はガラス放電管の一方の壁を金属板にして、これに径 1.7mm の穴をあけ、この穴を 0.0026mm のアルミニウム箔で覆った。いわゆる「レーナルト窓」(Lenard Fenster) である。この薄い金属窓は減圧に耐え、彼はこの窓をとおして陰極線を放電管の外に取り出すのに成功した。外に出た「レーナルト線」(Lenard Strahlen) は空気中で微光を放ち 8cm ほどまで届いた。これは蛍光板を使うともっと明瞭に見ることができた。

実験を始めてすぐの 1894 年正月に Hertz が死んだので、Lenard は先生の Hertz の業績を 3 冊の全集にまとめた。

現在の言葉で言うと陰極線は電子の流れであるが、Hertz らは物質粒子が金属板を通り抜けることなどあり得ないと考えて、これを電磁波の一種と考えた。Maxwell ですら彼の「電磁気学要論」第 3 版 (1892) の中で

「電気の粒子」(molecules of electricity) など「全くありそうもない」(extremely improbable) と公言していた⁽³⁶⁾。

1895年になって Würzburg 大学の Röntgen が、陰極線の研究を始めるから送って欲しいというので、Lenard は自分の考案した確実に作動する「レーナルト管」を送ってやった。その好意に対して Röntgen の速報「新しい種類の放射線について」には、それに対する謝辞がないと言うので Lenard が怒った。もちろん先を越された悔しさがあるのは間違いない。Lenard は生涯「X-Strahlen」とか「Röntgen-Strahlen」を使わず、これを「高周波放射線」と呼んだ。

Lenard はあと 1902 年に光電効果を研究し、1905 年になって陰極線を主とする業績が認められて第 5 回ノーベル物理学賞を与えられた。Röntgen のが第 1 回であるから、そんなに遅くはない。Lenard は狂的なドイツ民族至上主義者で、先生の Hertz や Einstein がユダヤ人の血を引くと言うので「Hertz 力学」(1894)、Einstein 「特殊相対性理論」(1905) などをユダヤ的発想だと攻撃した。この傾向は 1918 年第 1 次世界大戦におけるドイツ帝国の敗北で余計に強くなり、純粋アリアン民族的な独自の物理学を構築すると言う構想で 4 巻本「Deutsche Physik」(1934-37) を刊行した。彼の運動には Stark 効果の研究で 1913 年ノーベル物理学賞をとった J. Stark (1874-1957)⁽³⁷⁾ も加わった。ナチス党に入党した Lenard は第 2 次世界大戦後の 1945 年 (83 歳) に投獄され、出獄を許されてすぐの 1947 年に死亡した。

4. 速報「新しい種類の放射線について」(1895 年 12 月 28 日)

Röntgen は 1895 年 10 月末から 8 週間にわたっての自分の研究成果に「新しい種類の放射線について」(Ueber eine neue Art von Strahlen) と表題をつけて、これを「速報」(vorläufige Mitteilung) の形で 12 月 28 日 Würzburg 「物理学医学会」会長に届けた。本来なら印刷は口頭発表が済んでからするのが正式であるが、ちょうどクリスマス休暇で例会はないし、内容が内容であるからすぐに印刷にかけられた。

Röntgen は報告の別刷に証拠の写真をつけて、これを 1 月早そう代表的な物理学者のもとへ届けた。写真は Lummar が書いているように、分

銅箱や生きた人間の手の骨だけでなく、他に金属のケースに入ったコンパス（羅針盤）、透過度測定に使ったスズ箔を重ねた物などがあった⁽¹⁰⁾。これらの中で、もっとも人びとを驚かしたのが、Röntgen 夫人の人差指に指輪をはめた手の X 線写真であったのは言うまでもない。これは原稿提出のすぐまえ 1895 年 12 月 22 日に撮影された物である。

たちまち物理学以外の方面でも大評判となり、別刷注文が殺到したので大学では「Stahelsche」印刷所に依頼してパンフレットを作った。これは 1 月中に発売されたが、すぐに 5 版まで刷られ、そのころには英語、フランス語、イタリア語、ロシア語版までが揃っていた。

速報はすぐに英語訳が 1 月 14 日ロンドン「Nature」誌、1 月 24 日「Electrician」誌、2 月 14 日アメリカ「Science」誌に、フランス語訳は 2 月 8 日になって「L'Eclairage Electrique」誌に掲載された。

現在では Würzburg 「物理学医学会」誌の入手は困難であるが、Röntgen が X 線研究「第 3 報」を 2 年あとの 1897 年 5 月に「Ann. Phys.」誌に出したのを機会に、この雑誌が「物理学医学会」誌に掲載された「速報」「第 2 報」を「第 3 報」と一緒にして印刷したので比較的目に触れやすくなっている⁽³⁸⁾。このとき「速報」は「第 1 報」と書かれ、欄外に便宜を計ってくれた「Ann. Phys.」誌に対する Röntgen の謝辞が掲載された。

この「速報」の全訳が「付録 1」である⁽³⁹⁾。内容は 17 章にわけてある。Röntgen がこの章の順番どおりに実験を進めたかどうかは分からないが、大体は研究進行の時間軸にあわせて記述していると考えてよかろう。

Röntgen はおそらく始め Lenard から送ってきたアルミニウム窓を備えた「レーナルト管」を使って、管から外に出た陰極線を検出してみたであろう。この放電管は管全体が弱い微光に満たされるので、外へ出た陰極線を見やすくするために、アルミニウム窓を残して全体を黒紙で覆ったと思われる。このあとは Röntgen の「ヒラメキ」である。アルミニウム窓のない「Hittorf 管」や「Crookes 管」からも、陰極線に似たものが出るのではないかと思って試してみた。ミュンヘン「ドイツ自然科学博物館」(Deutsche Museum) に保存されている彼が使った当時の器具の写真を見ると、このときの「Hittorf 管」はガラス球でその北極と赤道上の 1 点に白金電極を備えている⁽⁴⁰⁾。「Crookes 管」の方はやや長い卵形ガラス球で、そ

の尖った端に広い面積の白金陰極があり、太い方の下方に白金陽極がついている。管は 0.001 mmHg 程度の真空にしたのであろう。陰陽両極を Ruhmkorff 誘導コイルに接続して放電させた。「速報」には実験の細かいデータが記載されていないが、おそらく 20K ボルト程度の電圧にしたと推定される。すると陰極から、現在の言葉を使えば電子が飛び出して、白金陽極と衝突して白金の核外電子をはじき出す。核に近い K 殻電子、L 殻電子の空いた場所を外からの電子が埋めるときに、0.5Å 程度の波長の電磁波を放射する。これが白金の特性 X 線である⁽⁴⁾。

これはあとの Bohr 理論 (1913) による解釈であるから、もちろん Röntgen はこんなことは知らない。

「Crookes 管」を放電させると管全体が弱い微光を放つから、管から出るかも知れない陰極線に似たものを検出しやすくするために、Röntgen は管全体を黒紙で覆った。そして実験室全体を暗くして誘導コイルからの電流を流した。このとき彼は Dam 記者に語ったように、机の上にあった陰極線検出用のシアノ白金酸バリウムを塗った蛍光板のうえに、「奇妙な暗い線」の走るのを見た。おそらく、まだ暗さに馴れない眼の隅で見たからこう見えたので、本当は誘導コイルからの断続電流にあわせて蛍光スクリーン上の蛍光が揺らいで見えたのであろう。黒紙を通過して、しかも 1 m 先まで届く陰極線はあり得ない。

これは別の「放射線」(Strahlen) である。

発見は Dam 記者に告げているように 1895 年 11 月 8 日の夜のことであった。Röntgen は次にこの新しい放射線がどこまで届くかを試したであろう。また黒紙を通過するなら本も通過するかも知れないと考え、これを試してから金属板へと進んだ。ここまでは検出に蛍光板を使っていたが、やがて蛍光板を黒紙に包んだ写真乾板にかえ、12 月 22 日になって夫人の手の骨の写真を撮った。

「速報」の詳しい内容については「付録 1」を読んでもらえばよいのであるが、次に章 (§) を追ってその内容を簡単に紹介してみる。

§ 1. 黒紙で包んだ「レーナルト管」「Hittorf 管」「Crookes 管」などの真空放電管を使って新しい放射線が発見された事情を簡単に告げている。装置の近くにおいたシアノ白金酸バリウム (テトラシアノ白金 (II) 酸バリ

ウム; $\text{BaPt}(\text{CN})_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) を塗った紙が放電のたびに光るので気が付いた。蛍光薬の塗ってない面に当てても光るし 2m 離れても光った。

§2. この蛍光をおこす「主体」(Agens) の透過性は大きい。1000 ページの本, トランプ包, 木材などの繊維質をたやすく通過する。厚さ 15mm のアルミニウム板でも少し弱められるが通過する。ここで始めて Röntgen はこの「主体」を「放射線」(Strahlen) と呼び, 欄外ではこれを他の光線, 放射線と区別するために「X 線」(X-Strahlen) と呼ぶことを提案している。ガラスを通過するが鉛を含んだクラウン・ガラスは通りにくい。

X 線は筋肉もとおる。

「手を放電装置とスクリーンの間におくと, 少しだけ暗い手の影の中に, ずっと暗い手の骨の影が見える。」

金属では銅, 銀, 鉛, 金, 白金を試した。5mm の鉛板を通過できないから, この性質は X 線の遮断に便利に使える。鉛の化合物である鉛白 (酸化鉛) も X 線をとおさない。これは他の重金属の化合物でも同じである。

§3. 物質に対する透過性はその比重に反比例するようである。

§4. ここで始めて写真の利用が説明される。

「厚さと透過度の関係をざっと調べるのに, 私は写真感光板 (photographische Platte) の一部にスズ箔を階段状に重ね, その写真撮影 (photographische Aufnahmen) を利用した (§6. を見よ)。」

§5. 白金, 鉛, 亜鉛, アルミニウムについて透過度と比重との関係を示す表がある。

§6. X 線はシアノ白金酸バリウム以外のいろんな物質から蛍光を出させる。カルシウム燐光体, ウラン・ガラス, 方解石, 岩塩などである。しかし検出にもっとも便利で確実なのは写真の利用である。

「いろんな意味でとくに大切なのは写真乾板 (photographische Trockenplatten) が X 線に対して敏感であるという事実である。これによってたやすく誤りを締め出し多くの現象が確認できる。私は蛍光スクリーン上で眼でみた重要な発見のどれも, できる限り写真撮影でチェックすることにした。」

黒紙に包んだり撮り枠にいれた乾板が使用できるから, 明るいところで実験できて便利である。しかし黒紙や撮り枠を通過するこの性質のために,

これらを放電装置の近くにながく放置してはいけない。写真作用は X 線その物より、2 次的に発生する蛍光によるのかも知れない。また X 線を眼に当てても何も感じない。

§ 7. 屈折されるかどうかを調べるのに、雲母板で頂角 30° のプリズムを作り、この中に水、二硫化炭素をいれて試験した。検出には蛍光板、写真乾板を使ったが偏りはほとんど認められなかった。硬化ゴム、アルミニウムで作ったプリズムでもはっきり分からなかった。

§ 8. 反射されるかどうかの試験には写真乾板を使った。磨いた白金、鉛、亜鉛、アルミニウム板の小片を感光面に並べ、X 線をその裏のガラス面から当てた。現像すると陰画の上で白金、鉛、亜鉛のところが地の部分より濃く写っていた。ところがアルミニウム板のところではこの作用が認められなかった。だから少なくとも白金、鉛、亜鉛では反射されたようである。

§ 9. 方解石と水晶について、結晶軸とそれに直交する方向での透過度を調べたが、差は出なかった。

§ 10. X 線は陰極線より空気中を遠くまで届く (約 2m)。100mm, 200mm のところで X 線による蛍光の明るさを比較したら、これが距離の 2 乗に反比例した。

§ 11. 大きな磁場をかけても X 線の偏りは認められなかった。陰極線には偏りが認められる。これが両者の大きな差である。しかし陰極線の中にも曲げにくい物があるから、磁場に対する作用で両者を区別するのはまだ明確とは言えない。

§ 12. Röntgen は放電管の中の陰極線を磁石で曲げると、X 線が別のところから発生するのを観察して次のように言う。

「もっともよく蛍光を出す放電管の壁の場所が、あるゆる方向に拡がる X 線の主発生点である。すなわち X 線は多くの研究者の言う陰極線 (Kathodenstrahlen) がガラス壁と衝突する場所から発生するのである。磁石で放電管の中の陰極線を曲げると、X 線が別の場所から発生するのが分かる。すなわち、また陰極線の新しい終点からである。」「以上から私は X 線は陰極線と同じでない結論する。X 線は放電管の壁のところで陰極線から発生するのである。」

陰極線の当たるガラス壁は蛍光を放ち、ここから X 線が発生する。この

Röntgen の結論に従って Becquerel は蛍光物質が X 線を出すかも知れないと考えて、自分がかって研究した蛍光性の硫酸ウラニルカリウム複塩の結晶を使って実験を始めた。実験の結果は Röntgen の発表から 2 ヶ月半も経ってない 2 月 24 日、フランス科学学士院で読まれた⁽⁴²⁾。

§ 13. 放電管で陰極線を厚さ 2mm アルミニウム窓に当てても、ここから X 線が発生した。

§ 14. X 線に「線」(Strahlen) と言う名前を与えたが、X 線はこの名のおり光線と同じように直進して影をつくる。これは写真乾板で撮ることができる。

「手の骨の影、木枠に巻かれた被覆針金の影、小箱に入れた分銅の影、その磁針がまったく金属枠に囲まれている羅針盤の影、X 線でその不均一性が分かる金属片の影など。」

この他に実験室のドアの写真も撮った⁽⁴³⁾。実験ノートによるとこれは 1895 年 11 月 22 日に撮られている。ドアは木製であるのに陰画に黒い線が写っていた。調べてみるとこれはドアに塗ってあったペンキの中の鉛白によるものと判明した。

これらの写真の中でもっとも有名なのが、12 月 22 日に撮られた Röntgen 夫人の人差指に指輪をはめた手の X 線写真である⁽⁶⁵⁾。しかし、この時の露出については記録がなくて分からない。ただ 1896 年初頭 Hamburg 大学物理教室で Voller 教授の手を撮った写真が残っていて、これを撮ったとき放電管と撮り枠の距離が 15cm で、露出が 20 分だったらしい⁽⁴⁴⁾。これから考えると Röntgen 夫人のときも、10 分から 20 分程度の露出ではなかったかと推定される。

Röntgen は X 線の直進性を証明するのに、黒紙で覆った放電管のピンホール写真を撮って見た。これは「微かとはいえ明らかに正確に撮れていた。

§ 15. X 線における干渉現象の実験には結果が出ていない。

§ 16. 静電気の影響については始めたばかりで結論を得ていない。

§ 17. この最後の章で Röntgen は X 線の本質に関して考察している。その強い蛍光作用、写真乾板に対する化学作用から、ある種の紫外線ではなかろうかと考えられるが、この推定はいろんな証拠から否定される。ふつ

うの光はエーテルの横振動と考えられている。しかし中にはエーテルの縦振動もあるかも知れない。これが X 線である可能性もある。

そして Röntgen はこの速報を次の提言で締めくくっている。

「新しい放射線である X 線は、このエーテルの縦振動による物と見なされないであろうか？ 私は研究のあいだに次第にこの考えに信をおくに至ったので、その証明には今後の裏付けが必要なのは十分に心得てはいるが、あえてここにこの推測を表明することを告白するものである。

1895 年 12 月：Würzburg 大学物理学教室」

5. 1895 年 12 月 28 日「速報」に対する反響

Röntgen の「速報」とそれに付けられた証拠写真が、全世界に巻き起こした波紋の大きさとその伝播の速さは今では伝説となっている。

すでに引用した Lummar が見た写真は 1896 年 1 月 4 日ベルリン物理学学会 50 周年記念祭に E. Warburg (1846-1931) が会場に展示した物である。Röntgen の恩師ベルリン大学教授 Kundt はすでに 2 年前に死亡していたが、Warburg は Kundt と組んで水銀蒸気が単原子気体であることを発見していた。1931 年ノーベル生理・医学賞を授けられた Otto Warburg (1883-1970) はこの Warburg の息子である⁽⁴⁵⁾。50 周年記念祭のときの会長は気象学者 W. Bezold (1837-1907) であったが、彼は会場の片隅に展示してあった X 線写真を見なかったらしい。そのため彼は記念講演の中で Röntgen の新発見には触れなかった。Bezold はあとで、もし知っていたら別の挨拶の仕方があったと悔やんだそうである⁽⁴⁶⁾。2 週間後の 1 月 13 日 Röntgen は同じベルリンで今度はドイツ皇帝 Wilhelm 2 世 (1859-1941) の前で実演してみせた。

そして 1 月 23 日になって始めて、延びのびになっていた Würzburg 「物理学医学会」での発表を行った。この夕方の講演では多くの X 線写真を展示し、また蛍光板を使っていろんな演示実験を行ってみせた。その中で、の圧巻は医学部の著名な解剖学教授 R. A. Kölliker (1817-1905) の手の骨の写真をその場で撮って聴衆に見せた実験であろう⁽⁴⁷⁾。Fischer 自伝「わが思い出より」の中には Kölliker 教授が医学部の看板教授で「並外れて美しい人で、彫刻のようなその顔、白い巻き毛、俊敏その物のように輝

く瞳」を持っていたと書いてある⁽⁴⁸⁾。Kölliker 教授の友人にミュンヘン大学比較解剖学教授 K. T. H. Siebold (1804-85) がいる。この Siebold は長崎出島へやって来た F. Siebold (1796-1866) の従兄弟である。オランダ軍医として長崎へ来るまえ Siebold は、1820 年この Würzburg 大学医学部を卒業していた⁽⁴⁹⁾。

Kölliker は自分の手の骨の写真を見せられて、これは自分の 48 年間の大学生活の中でもっとも感激的な瞬間だと言ったと伝えられている。彼は Röntgen の偉業を称えて聴衆とともに「フレー」を 3 回叫んだ。Kölliker は彼の祝辞を Röntgen によって発見されたこの光線を、これからは「レントゲン線」(Röntgen-Strahlen) を呼ぼうという提案で結んだ。この提案が拍手で賛成されたのは言うまでもない。Röntgen の講演嫌いは知られていて、この時の講演が大衆を前にしての彼の最初にして最後の講演とすることになっている。このあと 3 月になってからの Dam 記者の会見記事についてはすでに述べた。

このころになると世界中いたるところの物理実験室で、X 線撮影の追試が行われ、その結果が報告された。Glasser 「レントゲン線の歴史」の中には 1896 年 1 年の間だけに発表された 1044 報もの「学術的な報告」の表題が収録されている⁽⁵⁰⁾。この他に世界各地で催された多くの講演会、実演会にいたってはその数が知れないし、新聞、雑誌に載った紹介記事、漫画などの数ははるかにこれを上回っているに違いない。

「生身の人間」の骨が透けて見えると言うのであるから、一大センセーションを巻き起こし「卑猥な」漫画のネタになるのは避けられなかった。「X 線防護下着」が売り出され、アメリカでは「劇場での X 線オペラグラスの使用禁止」市条例 (トレントン市, 1896 年 2 月 9 日) まで発令される騒ぎとなった⁽⁵¹⁾。

X 線騒ぎは日本でも例外ではない。騒ぎの 1896 年は日清戦争が勝利に終わった次の年、明治 29 年である。

新聞報道は別として X 線発見を日本で最初に学術的に紹介したのは「東洋学芸雑誌」第 13 巻, 第 174 号である⁽⁵²⁾。「レントゲン氏ノ大発見」と題する小文がこれで、著者は第一高等学校教授 理学博士 水野敏之丞であった。この雑誌の発行が明治 29 年 3 月 25 日であるから日本での紹介

は意外に早く、Röntgen「速報」発表から3ヵ月ほどしか経っていない。当時の科学書の習慣に従って送り仮名には片仮名が使われている。3ページの中に発見の大要だけが簡単に説明されているが、その中で人目を引いたのは開巻第1ページ全体を占める薬指に指輪をはめた手の骨の写真石版であった。

X線は「X放散線」と訳されている。始めに「クルークス管」の構造が絵入りで説明され、あと「第一」から「第十」にわたって、その驚くべき透過性についての説明が続く。縦書きである。

「氏ハ上述『シャン化バリウム白金』紙ヲ以テ此 X 放散線ニ就キ其物理学上ノ性質ヲ研究シタリシニ左ノ甚ダ面白キ且ツ頗ル有益ナル事実ヲ発見シタリ。」

ほぼ「速報」の線に従って説明されているが、術語に「Cathode Ray」など英語が使っているのを見ると、あるいは英訳を参考にしたのかも知れない。

「第九。X放散線ノ性質ニ於テ就中最モ驚クベキ事ハ其肉体ヲ通過スル事ナリ。」

水野は第一高等学校で山口理学士と高島三浦とともに人間の手や魚の骨肉をX線で撮って鮮明な写真を得たと書いている。しかし、これらが印刷に間に合わなかったので「不本意ながら」ベルリン留学中の長岡半太郎(1865-1950)理学博士が送ってきた写真を石版刷りに使った。

同じ号の「雑録」欄には長岡からの短い報告も紹介されている。

「骨ノ破碎シタル部分ヲ撮影スルトキハ切開セズシテ負傷ノ模様タダチニ明瞭ナルベシ。是等ノ発見ハ実ニ人類ニ取り容易ナラザル恩徳ヲ与フベシ。」

日本でX線撮影を試みたのは水野たちばかりではない。水野の言うところによると、理科大学物理学教授 山川健次郎(1854-1913)理学博士、鶴田理学士も極めて鮮明な像を得たそうである。

この水野の解説は手の骨のX線写真とともに、パンフレット(定価4銭)として売り出されたようで、その広告が4月25日発行の次号、第175号の巻末に出ている。

第175号にはまた5ページにわたって高等師範学校教授 後藤牧太

「レントゲン氏ノ放射線」が掲載されている。このあと「東洋学芸雑誌」の「雑報」欄にいろいろな X 線に関する記事が載せられることになった。たとえば「レントゲン氏放散線ガ植物ノ幼芽ニオケル反応」などである。

4 ヶ月あとの明治 2 年 7 月 9 日京都府教育会では会員の啓蒙のために、第三高等学校教授 村岡範為馳 (1853-1929) 理学博士を招いて X 線について講演してもらった。教育会ではあとでこの講演を図版 22 をつけた 36 ページの小冊子「レントゲン氏 X 放射線の話」(縦書き)として定価 40 銭で頒布した。この小冊子は 1956 年になって島津製作所から複製本が出た。島津製作所は X 線装置の製造販売で利益を挙げていて、大正 14 年 (1925) から毎年 Röntgen の命日 2 月 10 日に「レントゲン祭」を催していたが、その第 33 回祭を記念して複製本を作ったのだそうである。

村岡は大学南校で物理学を学んだあと、明治 11 年 (1878) Strasbourg 大学に留学して Kundt に音響学を学んだ。村岡はそのころまだ私講師だった Röntgen の講義を聞いたと言っている。Röntgen がすぐに 1879 年から Giessen 大学に移ったから講義は半年間だけだったそうである。

村岡の講演は掛図を用いた本格的なもので、波動の横振動、縦振動の説明から Maxwell の光の電磁波説におよび、放電管の説明と蛍光板による「X 放射線」の発見へと進む。「クルクス管」は先ほどドイツから笠原医学士が持って帰ったのがあるが、第三高等学校にある誘導コイルは強力でないから実験ができなくて、これらは展示するだけである。

その代わり村岡は帝国大学の山川、鶴田氏や第一高等学校の川口、水野氏の撮影した X 線写真を見せた。鞘に入った小刀は刃身だけが写り、鉛筆も芯だけが写っている。このあと村岡は X 線がエーテルの縦振動かも知れないという Röntgen の説を紹介し、X 線の応用、放電管を使わない X 線の発生についてかなりのページを割いている。放電管を使わない X 線の発生は当時の流行の話題だったのである。

最後にこの小冊子のなかで村岡はこの年、1896 年 2 月 24 日フランス科学学士院で Becquerel が報告したウラン化合物からの新しい放射線について、次のように述べている⁽⁴²⁾。

「佛蘭西ベッケレルと云う人が面白い事を発現しました。ユラニウムと云う薬の化合物が放射するフルオレスセンス光は色々の物体を通す事

が、丁度 X 放射線の様だと云う事です。」

6. X 線研究「第 2 報」(1896 年 3 月 9 日)「第 3 報」(1897 年 3 月 10 日)

Röntgen は 1896 年 3 月 9 日になって、「速報」を出してから 3 ヶ月間の新しい研究成果をまとめ、これを「第 2 報」として Würzburg「物理学医学会」に投稿した⁽³⁹⁾。表題は「速報」と同じである。「第 2 報」は「速報」に続く補足的なものと言うので、章の番号も引き継いで第 18 章から始まり第 21 章で終わる。「第 2 報」もすぐに「Stahelsche」印刷所からパンフレットの形で出版された。

次のその内容を簡単に説明しよう。

§ 18. この章がもっとも長く、これだけで全体の半分を占めている。ここでは主として X 線による帯電体の放電現象が報告される。すでに Lenard は陰極線による放電現象を報告していたから、その延長として Röntgen は X 線でも同じ効果が現れるかどうかを実験したのである。始めに Dam 記者が会見記で述べている亜鉛板で作った暗室の説明がある。暗室の外に放電管をおいて X 線だけがアルミニウム窓から入るようにしてある。放電は X 線に照射された空気が原因であることを Röntgen は確かめた。

この研究はすぐ同じ 1896 年にケンブリッジ大学キャヴェンディッシュ (Cavendish) 研究所教授 J. J. Thomson (1856-1940) によって取り上げられた⁽³¹⁾。Thomson はちょうどロンドン万国博覧会記念奨学金でニュージーランドから留学してきた E. Rutherford (1871-1937) にこれを実験させた⁽⁵³⁾。Thomson は放電現象にイオン説をとっていて、X 線によって陽イオンと陰イオンの対が発生するのだと考えていた。

Rutherford はやがて X 線を紫外線にかえ、1898 年モントリオール McGill 大学に移ってからは、ウランやトリウムからの放射線による放電の研究を進めた。

§ 19. Ruhmkorff 誘導コイルと放電管を直接に繋がらないで、中間に Tesla コイルを入れた方が安定した X 線が得られる。

§ 20. 「速報」§ 13 で X 線は陰極線がアルミニウム窓に当たっても発生すると述べたが、白金線に当たった方がより強力な X 線が発生する。アルミニウム陰極を凹面にして、その焦点に角度 45° 傾けた白金の陽極板を備え

た放電管を作って成功した。

§ 21. 上の装置では陽極から X 線が発生する。しかし Röntgen は次のような奇妙な結論を出している。「発生する X 線の強度は、X 線の発生する場所が陽極か陰極かに関係しない。」

「第 3 報」は Röntgen の X 線研究の最後で、「第 2 報」からほぼ 1 年あとの 1897 年 3 月 10 日に「Ann. Phys. Chem.」誌に投稿された⁽³⁹⁾。これはまた Röntgen の Würzburg 大学物理研究室時代の最後の研究報告となっている。プロシア科学学士院で読まれたためか、表題も新しく「X 線の性質についての新しい観察」(Weitere Beobachtungen über die Eigenschaften der X-Strahlen) となっている。そして章分けも前報に続かないで、新しく § 1 から始まり § 11 で終わる。

始めに欄外で Röntgen は、この研究に使われた放電管が「第 2 報」§ 20 で説明した形式の物であると断わり、この大部分を無償で提供してくれた「Geiner & Friedrichs」社(チューリンゲン県, Stützerbach)に謝辞を述べている。

「第 3 報」も「第 2 報」に続いて装置の改良、補足的な実験、観察などを雑多に集めたものである。たとえば放電管の真空度やそれにかける電圧が、発生する X 線の性質におよぼす影響などである。ただ第 9 章では次のように言っている。

§ 9. (a) 放電管から放射される放射線は、透過性や強度の違う放射線の混合物である。

(b) この放射線の混合の割合は、本質的に放電時間の長さに支配される。

(c) 物質が好んで吸収する放射線は物質によって違う。

また X 線と陰極線とは蛍光、写真、帯電体に対する効果など共通点が多いが、根本的に違う点もあるとして、これについて多くの例証を挙げている。X 線が電磁波かどうかはその干渉現象を調べれば明かとなる。そして Röntgen の X 線研究報告の最後となる「第 3 報」は次の言葉で締めくくられている。

§ 11. 「X 線に関する私の研究の最初から、私は何度もこの放射線の干渉現象を捕まえるのに努力してきた。狭いスリットなどを使って私は数

回にわたって干渉現象らしいものを観察したり、実験条件を変えて干渉像の正しさを証明しようとしたが、その度に失敗した。そして時としてはこの現象が干渉とは全く別に発生するのを、直接的に証明できたことさえある。私は私を満足させるに十分な確実さで、X線における干渉の存在を証拠づける実験をまだ行っていない。」

Röntgen は Würzburg 大学に 12 年いて、1900 年からミュンヘン大学物理教室に移った。彼がここに在職中の 1912 年、同じ物理教室の私講師 Max von Laue (1879–1960) が結晶格子を回折格子の代わりに使って、X線の干渉による回折像を写真に撮るのに成功した⁽⁵⁴⁾。

Röntgen の「第 3 報」から実に 15 年あとのことである。

X線研究最後のこの「第 3 報」でも、Röntgen は自分が発見した新しい放射線と呼ぶのに「X-Strahlen」を使っている。Würzburg 大学「物理学医学会」での Kölliker の「Röntgen-Strahlen」と呼ぼうと言う提案はもっともな提案であり、そのころやっと統一を見たドイツ民族の愛国心に訴えるところもあったので、ドイツでは次第に「Röntgen-Strahlen」が用いられるようになった。「X-Strahlen」は英訳では「X-rays」となっている。その内にイギリスやアメリカでも、Röntgen の功績を称えて「roentgen rays」と呼ぶべきだとする意見が出始めた。また 1896 年 1 月 27 日 Jean Perrin (1870–1942) がフランス科学学士院で読んだ報告でも「rayons de Röntgen」となっている⁽⁵⁵⁾。

ただ「Röntgen」を正確に発音するのはイギリス人やフランス人には難しい。現に Dam 記者は「Röntgen」をドイツ人が発音すると「Renken」に聞こえたと言っている。それに「Röntgen-Strahlen」では長いというので、ドイツでも次第に「X-Strahlen」にもどってきた。Röntgen が「X」を使ったのは始め、この放射線の正体が不明だったからである。それが波長の短い電磁波であると判明したのであるから、いまでは疑問の意味を持つ「X」を使う理由がなくなっている。しかし短くて発音しやすいという利点から、現在でも相変わらず「X線」(X-Strahlen, X-rays) と呼ぶのがふつうになっている。

7. X 線発見の関する「作り話」と発見の「ニアミス」

「セレンディピティー」的「思いがけない」発見、発明には、かならずと言ってよいほど、それに纏わる「作り話」「伝説」が付きまとう。どうしてこんな「思いがけない」ことが発見されたのかと、人びとが疑問を持つのは当然である。それへの解答として自然発生的にいかにも本当らしい「作り話」が、はじめは単なる「噂ばなし」ぐらいに創作されるのだろう。

これが人から人へと伝わるうちに「伝説」になる。この「伝説」の方が「説明しようもない」偶然の発見、発明の話より筋がとおって面白いから、やがてこの方が「実話」として固定してしまう。

X 線発見もこの例外ではない。

社交嫌いで自分を語るものが少なく、助手を使わないでいつも単独で実験した「神秘的」な Röntgen 教授のことだから、余計に伝説が発生しやすかったのであろう。

いかにも「ありそうな」伝説の 1 つはすでに説明した天野 清「量子力学史」に出て来る写真乾板のカブリからの発見とする説である⁽⁹⁾。ただ同じ写真乾板を種にしても、次に紹介する T. S. Middleton による伝説の方が物語としてはずっと面白い⁽⁵⁶⁾。Middleton は発見のあった 1895 年 Würzburg 大学にアメリカから留学していたのだそうである。彼は X 線の発見を Röntgen 自身のいう 11 月 8 日より、6 ヶ月も早い 4 月 30 日のことだとする。Röntgen はこの日「Hittorf 管」を黒紙に包み、蛍光スクリーンを使って実験していた。途中で呼び出されたので放電管を本の上において実験室から外に出た。この本のページの間に Röntgen は葉（しおり）の代わりに平たい鍵を差し込んでいて、しかも本の下には乾板を入れた撮り枠まであったと言うのである。実験室へ帰ってきた Röntgen は放電管への電流を切り、その日の午後その撮り枠に入れてあった乾板で趣味の写真を撮った。あとで現像してみると陰画の 1 枚に鍵の影が写っていた。これが発見の切っ掛けだと言うのである。話としては面白いが、あまりにも偶然が重なっていて「眉つば物」である。そもそも熟練した実験物理学者が撮り枠の上に本を載せ、そのまた上に放電管をおいて、これに高電圧の電流を流し放しにすることなどあり得ないであろう。この話はアメリカ起源でアメリカ以外では流布しなかったようである。

同じころ Middleton の他にアメリカ人 C. Nootnagle も Würzburg 大学に留学していたと言う。Nootnagle の言うところによると Röntgen は彼を含む少人数の学生に発見の話をしてくれた。Röntgen は夜の研究室で実験していて、机の上の紙が闇の中で光るのに気が付いた。始めは誘導コイルの電気火花の反射かと思ったが、良くみるとこの紙の上にシアン化白金酸溶液で書かれた「A」と言う文字であった⁽⁵⁷⁾。実験用の蛍光板なら全面に蛍光剤を塗るのが本当なのに、なぜわざわざ「A」などと書いたのかなど疑わしい点が多い。これもアメリカ人の語る話である。文字「A」はアメリカ作家 N. Hawthorne 「The Scarlet Letter」(1850) に出て来る主人公の胸に書かれた緋文字「A」からヒントを得たのかも知れない。

Röntgen は 1895 年 10 月陰極線の実験を始めたときのことを次のように言っている。「私は長い間 Hertz や Lenard が研究した真空管からの陰極線の問題に興味を持っておりました。」

このころはまた、Crookes が「見せ物」のような多くの奇妙な形の放電管を発表し、放電現象を「物質の第 4 状態」など唱えていたから、どこの物理実験室でも「Hittorf 管」や「Crookes 管」を備えていて研究でなくても演示実験くらいは学生にして見せていたであろう。すると X 線発見の「ニアミス」が 1 や 2 あってもおかしくない。

Röntgen X 線「速報」の 2 ヶ月後アメリカ科学雑誌「Science」1896 年 2 月 14 日号にペンシルベニア大学 A. W. Goodspeed の記事が出た⁽⁵⁸⁾。かれは X 線発見の 6 年前、1890 年 2 月 22 日に友人 W. N. Jennings と一緒に電気火花の写真などを撮った。そのあと撮り枠を実験台においたまま、その実験台の上に「Crookes 管」を取り出して Jennings に放電実験をして見せた。翌日 Jennings がやってきて、昨日の乾板を現像したら電気火花の他に球が弾けたような像が、2 つも写っていると告げてその陰画を見せた。奇妙だが説明がつかないので、陰画はそのままに放置しておいた。6 年あと X 線発見が告げられたので、忘れていた陰画を取り出して点検し、以前と同じような条件で実験してみると、また同じような 2 つの球が写った。

それで Goodspeed は講義で次のように言ったのだと言う。

「本当に発見をしたした訳ではないので、優先権を主張するつもりはあ

りません。しかし皆さん次のことは覚えておいて下さい。6年まえのある日、ペンシルベニア大学物理実験室で陰極線による世界最初の写真が撮影されたのです。」

「Crookes 管」の発明者 Crookes についても、別に彼がそう主張している訳ではないが、次のような話が伝えられている。X線発見の16年もまえの1879年ころである。Crookes は凹面をもつ陰極と白金陽極を備えた「Crookes 管」で実験していて、近くにおかれた写真感光板にカブリが出るのに気が付いた。あるときは不良品だと思って、1包全部を製造元へ送り返したことまであったそうである。これが本当ならカブリの原因はおそらくX線である。これに類したことは他の実験室でも十分にあったと考えてよいだろう。Lenard は1906年ノーベル物理学賞受賞講演（1906）で次のように告白している⁽⁵⁹⁾。

「本当のことを言えば、私も説明に苦しむ現象をいろいろ経験しておりましたが、あとで詳しく実験するつもりでそのままにしておきました。これは電磁波によるに違いないも思える効果でしたが、間に合いませんでした。」

Lenard はアルミニウム窓から外に取り出した陰極線（レーナルト線）の検出に「ペンタデチール-p-トリルケトン」($\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{CO}(\text{CH}_2)_{14}\text{CH}_3$)を塗った蛍光板を使っていた。これは陰極線には感じるがX線には感じない。Röntgen はたまたまX線を感じるシアノ白金酸バリウム蛍光板を使っていたので、X線の発見に導かれたのではないかとされている。

8. 1901年第1回ノーベル物理学賞受賞と Röntgen の晩年

Röntgen はX線発見で有名となり、発見の5年あと1900年にミュンヘン大学物理学教授として招かれて物理学教室の主任となった。そして次の年1901年「X線の発見」に対してノーベル物理学賞が与えられた。ノーベル賞は20世紀の最初の年から始まったから彼のが第1回物理学賞である。X線があとで各方面におよぼした影響の大きさから考えて、第1回を飾るにふさわしい業績と人物に出会ったノーベル賞選考委員は好運であったと言ふべきであろう。ちなみにこの時に第1回ノーベル生理・医学賞は「血清治療とくにジフテリアに対する研究」に対してドイツ人 E. V. Behring

(1854-1917) に与えられた。そして化学賞をもらったのはオランダ人化学者 J. Van't Hoff (1852-1911) である。彼の受賞業績「化学熱力学の法則および溶液の浸透圧の発見」は、一般人にはピンとこなかったであろう。化学者仲間でも Van't Hoff は弱冠 22 歳のとき発表した「炭素原子価 4 面体説」の方がよく知られている⁽⁶⁰⁾。ただし、同じ考えがほとんど同じ時期にフランス人 J. A. Le Bel (1847-1930) のよっても発表されたから、Van't Hoff のあとの仕事のほうが授賞の対象に選ばれたのであろう。第 2 回ノーベル化学賞は 4 年間ほど Röntgen と同じ Würzburg 大学にいたベルリン大学化学教授 Fischer の「糖およびプリン誘導体の合成」に対して授けられた⁽⁶¹⁾。

Röntgen は 1900 年から 1920 年退職までの 20 年ミュンヘン大学に勤めていたが、この間に僅か 7 報しか報告を書かなかった。しかも、これは X 線に関係なく主として結晶のピエゾ電気、ピロ電気に関する実験研究であった。大学の運営など管理事務的な仕事が多くて、研究に時間が割けなかったのが寡作の原因とされている。この 20 年は Röntgen の 55 歳から 75 歳の時期にあたる。助手や学生を指導して仕事をするより、自分一人での実験を好んだ Röntgen のことであるから、実験をするのには体力的にも限界がきていたと見るべきであろう。彼は Dam 記者が会見記で言っているように頑健で、ミュンヘン郊外 Weilheim に別荘を持っていて、山歩きなど戸外スポーツを好んだ。

Röntgen の Strasbourg 時代にしばらく一緒だった Baeyer は Röntgen のミュンヘン大学着任の 25 年もまえに J. Liebig (1803-73) の後任として、この大学の化学教授に迎えられていた。この Baeyer がノーベル化学賞をもらったのが 1905 年であるから、弟子の Fischer より 3 年遅い。Baeyer は 1915 年 (80 歳) まで化学教室で教えていたが、この年退職してあとをベルリン「Wilhelm 皇帝研究所」にいた R. Willstätter (1872-1942) に譲った⁽⁶²⁾。Willstätter は自伝「わが思い出より」の中で Röntgen の印象を次のように語っている⁽⁶³⁾。

「Wilhelm Conrad Röntgen は私より 27 歳年上でしたから、私は偉い人に対するいつもの癖で始めは自意識過剰の気味でした。しかし幸いに私に対する彼の態度は、思いがけず温情に溢れ友情とまで言えるように

なりました。彼をときどき私の家にまで招待できたのも嬉しいことでした。別に言葉に出したりしようとも思いませんでしたが、私は Röntgen の真面目さ、気取りのなさ、率直さ、気の配り、そして穏やかな性格を尊敬しておりました。私は今でも彼の手紙をいくつか持っておりますが、その中で私がベルリンにいたころ書かれた手紙があり、これらには大変に温かい気持ちが込められています。彼の筆跡は性格そのままです。彼は顔一面の髭で男の中の男のようでしたし、ベルリンでは 20 年もまえから彼の銅像がポツダム橋を飾っておりましたが、彼の声は弱く筆跡はひどく優雅でデリケートその物でした。私が大学でもっともよく彼と会ったのは医学生試験のときでした。医学生基礎科学の前期試験では聖人も彼の前では正気を失ったでしょう。Röntgen が短気で、イライラし、怒り、ジリジリして激怒したのを見たことがあります。彼は試験官として評判がよくありませんでした。残念ながら Röntgen の最後は悲惨でした。彼はガンを患い 1923 年 2 月に死亡いたしました。』

Baeyer は 1915 年、Fischer は 1919 年、Röntgen は 1923 年に死亡するが、彼らの晩年はかならずしも平穏ではなかった。1914 年に第 1 次世界大戦が始まり、1918 年になって敗戦と、ドイツ帝国の解体でやっと戦争が終わった。敗戦国を襲った精神的荒廃とインフレーションが彼らを苦しめた。とくに南部のミュンヘンでは共産党と右翼ドイツ労働党の抗争で世情と政治が不安定であった⁽⁶⁴⁾。追い打ちを掛けられるように Röntgen は 1919 年妻を失っている。そして Willstätter が言うようにガンを患い 1923 年 2 月 10 日に死亡した。78 歳であった。

その Willstätter もミュンヘン大学に 8 年ただけで、1924 年になってから辞職することになった。もともと彼はミュンヘン大学で学位をとったのだが (1894)、そのころ Baeyer は老齢を理由に学生の指導を断わっていた。しかし Willstätter は学生時代から特別に優秀で目立った存在だったから、Baeyer に目をかけられていた。しかも Willstätter は 1915 年に「植物色素とくにクロロフィルに関する研究」でノーベル化学賞をもらっていたから、Baeyer の後任には最適の人物であった。この彼が仕事盛りの 52 歳で大学を辞めたのには理由がある。鉱物学教授 P. H. Groth (1843-1927) の後任に彼が推薦した、Oslo 大学の V. M. Golds-

chmidt (1888–1947) がユダヤ人だという理由で却下されたからである。自分もユダヤ人だった Willstätter は憤激して抗議のために辞職した。あと 15 年間電話だけで私設研究所の研究指導をしたが、第 2 次世界大戦が避けられそうにないので、1939 年 3 月スイスに亡命し、3 年後の 1942 年に Locarno 湖畔の家で死亡した。

この「写真史シリーズ」論考を書くにあたって、いつものように大阪帝国大学理学部化学科 小竹研究室の先輩 大庭成一博士、富士写真フイルム株式会社 富士宮研究所 安達慶一、武田薬品工業株式会社 創薬第 3 研究所 青野哲也の諸氏に大変お世話になった。また文献の収集では、大阪大学附属図書館 参考係 今井義雄、永田敏恭、東田葉子、中京大学附属図書館 参考係 清水守男、田中良明の諸氏から多大の援助を賜った。この機会にこれらの皆様に厚く感謝の意を表する次第である。

付 録 1

W. C. Röntgen 「新しい種類の放射線について」(1895) (翻訳)

W. C. Röntgen “Ueber eine neue Art von Strahlen”

Sitzungsberichte der Würzburger Physikalisch–Medicinisch Gessellschaft,
1895, pp. 132–41.

Ann. Phys. Chem., **64**, 1 (1898)

1. Hittorf 真空管や十分に真空にした Lenard 管, Crookes 管などこれに類した装置に、大きめの Ruhmkorff 誘導コイルを接続して放電させ、これらの真空管は黒く塗った薄いボール紙でつくった筒でかなりピッタリと包んでおく。すると完全に暗くした部屋の中で、この装置の近くにおいたシアノ白金酸バリウム (中崎注: テトラシアノ白金 (II) 酸バリウム, $\text{BaPt}(\text{CN})_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) を塗った紙スクリーンが放電のたびに明るく輝き蛍光を放つのが観察される。これは紙スクリーンを塗った側または反対側のどちらを放電装置に向けても同じである。この蛍光は装置から 2m 離れても認められる。またこの蛍光の原因は放電装置から発生していて、他のどの回路からも生じていないのはすぐに確かめられる。

2. まず、この現象で驚くべきことは、強い蛍光を引き起こす主体 (Agens) が、太陽光の可視光線、紫外線や放電火花も通さない黒いボール紙筒を通過することである。そこで、当然ながらすぐに他の物質もこの性

質をもつかどうかを調べた。すると、すぐに全ての物質がこれを通過させることが分かったが、その度合にひどく差がある。次に例を挙げよう。紙は通過させやすい(原注1)。

約1000ページの製本された本の後でも、蛍光スクリーンがなおかなり輝くのを私は認めた。黒印刷インキはさほど障害にならない。2包のランプ・カードの後ろでも蛍光を放つが、装置とスクリーンの間におかれた数枚のカードでは眼でほとんど変化が認められない。同じようにスズ箔1枚ではほとんど変化がないが、数枚を重ねて始めてスクリーンにその影が認められる。厚い木材も通過させる。2-3cmの縦の板はほんの僅か吸収するだけである。約15mmアルミニウム板はその作用をかなり弱めるものの、蛍光を完全に消すにいたらない。数cmの硬質ゴム板(中崎注: 硫化ゴム)もこの放射線(Strahlen)を通す(原注2)。

厚さが同じガラス板では、それが鉛を含むか(クラウン・ガラス)含まないかによって違う。前者は後者よりずっと通さない。手を放電装置とスクリーンの間におくと、少しだけ暗い手の影の中に、ずっと暗い手の骨の影が見える。雲母容器に入れた水、二硫化炭素その他の液体も非常によく通す。水素は空気よりよく通すはずだが、これはまだ調べていない。銅、銀、鉛、金、白金板も厚さが薄いときに限り、その後で蛍光がなお明らかに認められる。0.2mm白金板はなお通すが、銀、銅はもっと厚くする必要がある。1.5mm鉛板はほとんど通さないから、このためこの性質はよく利用された。20×20mm角の木片で1面だけを鉛白で白く塗ったものは、これを装置とスクリーンの間におくとき、おき方によって効果が違う。X線が塗った面と平行に通るときはほとんど作用がないが、これが塗料を通過するときは暗い影を落とす。金属と同じく、その塩にもそれが固体であれ溶液であれ、透過度は同じ順序である。

3. 上のような実験結果から次の結論が導ける。物質の透過度は厚さが同じなら、本質的にその比重に左右される。その他の性質はこれとはとても比較にならないほどである。しかし比重だけが要因でないのは次の実験から分かる。私はほとんど同じ厚さのガラス、アルミニウム、方解石、水晶の板でその透過度を測ってみた。これらの比重はほぼ同じであるが、方解石だけが明らかに他の物より透過度が低いのが分かった。方解石以外の

物質はほぼ同じ作用を示した。しかもガラスと比較して方解石がとくに強く蛍光を放つのは認められなかった (6. を見よ)。

4. 厚くすると全ての物質は通さなくなる。厚さと透過度との関係をざっと調べるのに、私は写真感光板 (photographische Platte) の一部にスズ箔を階段状に重ね、その写真撮影 (photographische Aufnahmen) を利用した (6. を見よ)。適当な光度計が手に入ったらこの光度測定をするつもりである。

5. 白金、鉛、亜鉛、アルミニウムをロールにかけて、ほとんど同じ透過度を示す薄板にした。次の表には、その厚さ (mm) と、その白金に対する比、および比重が示されている。これらの値から次のことが分かる。厚さと比重の積が同じでも金属の透過度は同じにはならない。透過度はこの積の減少よりずっと大きく増加する。

	厚さ (mm)	厚さの比	比重
白金	0.018	1	21.5
鉛	0.05	3	11.3
亜鉛	0.10	6	7.1
アルミニウム	3.5	200	2.6

6. X線の眼に見える作用はシアノ白金酸バリウムの蛍光だけではない。まず他の物質も蛍光を放つことを指摘しておこう。

リン光体としてよく知られたカルシウム化合物、ウラン・ガラス、ふつうのガラス、方解石、岩塩などである。いろんな意味でとくに大切なのは写真乾板 (photographische Trockenplatten) がX線に対して敏感であるという事実である。これによってたやすく誤りを締め出し多くの現象が確認できる。私は蛍光スクリーン上で眼でみた重要な発見のどれも、できる限り写真撮影でチェックすることにした。薄い木、紙、スズ箔に妨げられず通過できるこの放射線の性質のお蔭で、撮り枠や紙枠に入れた写真感光板によって明るいところで写真撮影が可能となる。反対にこの性質のために、ボール紙や紙で作ったふつうのカバーの中に保存してあるだけの未現像の感光板は、放電装置の近くにながく放置してはいけないのである。この写真感光板の銀塩に対する化学作用が直接にX線によるものかどうかの疑問がおこる。この作用は上にみたように、ガラス板やおそらくゼラ

チン層で発生する蛍光によるのかも知れない。「フィルム」(中崎注: セルロイド・フィルム) はガラス乾板と同じように使えるであろう。X 線にはまた熱効果があるのかも知れないが、まだ実験的に証明してない。しかし、この性質はありそうに思える。なぜなら蛍光現象で X 線の性質が変わるのは確かであり、当たった X 線の全部がそのまま物質から出ることはないだろうからである。眼の網膜は X 線に対して感じない。眼を放電装置に密着させても何も感じない。おそらく上の実験から分かるように、眼の中の媒体は X 線に対して全く透明に違いないからである。

7. いろんな厚さの各種の物質の透過度を調べたあとで、私は X 線がプリズムを通過するときどうなるかを調べることにした。屈折するかしないかである。頂角約 30 度の雲母プリズムに入れた水、二硫化炭素の実験では、蛍光スクリーンや写真乾板の上でほとんど偏りが認められなかった。比較のために光線(中崎注: 可視光線)の屈折を同じ条件で調べた。屈折した像は乾板の上でそれぞれ 10mm と 20mm 屈折しない像から離れていた。頂角約 30 度の硬化ゴム、アルミニウム・プリズムで撮った写真像からは屈折が認められたように思う。しかし事柄はひどく不確実で、屈折がたとえあっても、非常に小さくて上記の物質について X 線の屈折率はたかだか 1.05 であろう。このとき蛍光スクリーン上では屈折が全く認められなかった。もっと比重の大きい金属プリズムによる実験ではまだ確実な結果を得ていない。これは透過度が低くて通過する X 線の強度が小さくなるからである。事態がこのようになったが、X 線が 1 つの媒体から別の媒体に移るときに曲げられるかどうかという設問の重要性を考慮に入れると、この問題をプリズム以外の方法で研究するのが大いに望ましいだろう。物質の微粉を十分な層にすると、これは光線をあまり通さず、屈折と反射で分散してしまう。さて X 線はその物質が粉体でも固体でも、重量さえ同じなら同じ透過度を示すから、屈折もふつうの反射も認められるほどには起こらないことが分かる。実験は微粉にした岩塩、電解で作った銀粉、そして化学でよく使う亜鉛末で行った。結果はどの場合も粉体と固体の間で、蛍光スクリーン法によっても写真乾板法によっても、透過度の差が認められなかった。

以上の結果から X 線がレンズで集められないのは明らかであり、実際

に硬質ゴムやガラスの大きなレンズは無効であった。また丸い棒の影は縁のところより中央の方が暗いし、管の材料より透過性の大きい物質を詰めた管では、中央の方が縁より影が明るい。

8. 以上の実験から X 線の反射問題について、調べた限りの物質では X 線の正規の反射はとても認められないと判明する。次に説明しようとする別の実験も同じ結果を与える。ただしこの観察はちょっと見ると反対の結果を示すように見える。私は写真感光板を黒紙で包んで光線から保護し、ガラス側を放電装置に向けて X 線に露出した。

感光膜は端の方まで磨いた白金、鉛、亜鉛、アルミニウム板で星状に(中崎注: おそらく放射状に)覆った。現像したネガを見ると白金、鉛とくに亜鉛の下の黒化は他のところより濃かった。ただしアルミニウムでは何の作用も認められなかった。このことから上記の 3 金属は X 線を反射しているように見える。ただし、このより濃い黒化には他の原因も考えられる。これを確実にするために、次の実験では私は感光膜と金属板の間に薄いアルミニウム箔を挟んでみた。これは紫外線を通さないが X 線を非常によく通す。この実験でも本質的に同じ結果が得られたから、上記の金属における X 線の反射は証明されたと言える。

この事実と粉体と固体が同じ透過度を示すこと、および最後の実験が示すように粗面の物質と磨かれた物質が X 線に対して同じ透過度を示すことを考え合わせると、すでに述べたように X 線の正規の反射はおこらないが、X 線は光線が濁った媒体 (trüben Medien) に対すると同じように行動するのだと言う結論に達する。

また私は 1 つの媒体から別の媒体に移るときに屈折を観察しなかったから、X 線はあたかも全ての物質の中を同じ速度で通過するように見える。これは空間に充満し物質粒子を取り巻く媒体 (中崎注: エーテル) の中でも同じであろう。この物質粒子が X 線の通過を妨げるが、これはその物質が密であればそれだけ大きい。

9. その結果、物質の中の粒子の配置がその透過性に影響するかも知れない。たとえば同じ厚さの方解石でも、X 線が軸と平行にまたは直交して通過するに従って透過性が違うかも知れない。方解石と水晶についての実験では負の結果を示した。

10. よく知られているように Lenard は薄いアルミニウム箔を通過させた陰極線 (Kathodenstrahlen) に関する見事な実験から次の結論を出した。この放射線はエーテル中の現象で全ての物体の中を拡散して通過する。私の X 線についても同じように言えるだろう。Lenard は最近の実験でいろんな物質の陰極線に対する吸収率を測ったが、これは放電管の中の気体の真空度 (Verdünnung) により 1cm あたり 4.10, 3.40, 3.10 と変わった。放電距離で測った放電電圧から推定すると、私の実験では稀に少し小さいか大きくなることはあっても、ほとんど同じ真空度を使っていた。空気中で放電装置から約 100mm と約 200mm 離れたスクリーン上の蛍光の光度を L. Weber 光度計 (これしかなかったので) で測定して比較してみた。その結果よく一致した 3 つの実測値から、これらが放電装置と蛍光板の距離の 2 乗に反比例するを知った。

このようにして空気は通過する X 線を陰極線よりずっと小さな割合でしか吸収しないのである。この結果は蛍光が放電装置から 2m 離れてもなお認められると言う上の観察とよく一致する。一般に他の物質も空気と同じように作用する。すなわち、これらは X 線に対して陰極線より大きな透過性を示すのである。

11. さらに陰極線と X 線の顕著な差はつぎの事実にある。私は非常に大きな磁界をかけて X 線を磁石で曲げようと苦労したが、これには成功しなかった。現在までのところ磁石で曲げられるのが陰極線の特徴とされている。もっとも Hertz と Lenard が観察しているように陰極線にはいろんな種類がある。これらは「そのリン光現象、吸収率および磁石による偏りで区別される」のである。しかし彼らが調べた限り、いずれにも磁石による偏りはかなり認められたから、もっと確りした根拠が出ない限りこの区別 (Characteristicum, 中崎注: X 線と陰極線の区別) が否定されるとは思わない。

12. この目的のために特に工夫された実験から次のことは確かである。もっともよく蛍光を出す放電管の壁の場所が、あるゆる方向に拡がる X 線の主発生点である。すなわち X 線は多くの研究者の言う陰極線がガラス壁と衝突する場所から発生するのである。磁石で放電管の中の陰極線を曲げると、X 線が別の場所から発生するのが分かる。すなわち、また陰極

線の新しい終点からである。この事実からもまた、曲げることのできない X 線はガラス壁から抜け出ただけとか、単なる反射した陰極線などではあり得ない。放電管の外部ガラスの大きな比重は、Lenard の言うように顕著な偏り (中崎注: 磁石による) の差を説明するとは思えない。

以上から私は X 線は陰極線と同じでない結論する。X 線は放電管の壁のところで陰極線から発生するのである。

13. X 線の発生はガラスからだけではない。私は厚さ 2mm のアルミニウム板で閉じた装置で実験したが、この金属からも発生した。他の金属についても後で実験したいと思っている。

14. 放電管の壁から発生するこの因子に「放射線」(Strahlen) という名前を与えた理由の 1 つは、装置と蛍光スクリーン (または写真乾板) の間に多少とも透過性の物質をおいたときに、非常に規則正しい影が発生することにある。この発生は時として大変に面白いものであるが、私はこの種の投影像を多く観察し一部ではあるが写真を撮影した。私は一方に放電装置をおいた部屋と、他方に写真乾板をおいた部屋を隔てるドアの輪郭の影の写真を持っている。その他、手の骨の影、木枠に巻かれた被覆針金の影、小箱に入れた分銅の影、その磁針がまったく金属枠に囲まれている羅針盤の影、X 線でその不均一性が分かる金属片の影など。また X 線の直線的な伝播性をさらに証明するピンホール写真がある。これは黒紙で包んだ放電管を撮った物で、その像は微かとはいえ明らかに正確に撮れている。

15. X 線の干渉現象についていろいろ試みたが、残念ながら結果を得てはいない。おそらく強度が小さいためであろう。

16. 静電気が X 線になにか影響をおよぼすかを確かめる実験は、始めたばかりでまだ完成していない。

17. X 線が陰極線であり得ないとすると、X 線の本質は何かという疑問が生まれる。すると、おそらくその強い蛍光および化学作用から、まず紫外線ではないかと考えるだろう。だが、すぐに手ごわい反論に出くわす。もし X 線がある紫外線だとすると、この光は次の性質を持たねばならない。

a) 空気から水、二硫化炭素、アルミニウム、岩塩、ガラス、亜鉛などに入るときになんら見るべき屈折を受けないこと。

- b) 上記の物質から見るべきほど正規に反射されないこと。
- c) ふつうの手段で偏光されないこと。
- d) その吸収が物質の比重その他の性質に影響されないこと。

すなわち、この紫外線（中崎注：X線の属する）は、いままで知られた赤外、可視、紫外線とはまったく別の行動をするものと仮定しなければならない。しかし、こうは結論できないので私は別の説明を探した。

この新しい放射線と光線の類似性の1つは、少なくとも両方の放射線に共通して影ができることと、蛍光と化学作用にあると思える。さて人間は長いあいだ光の横振動の他に、エーテルの縦振動があるかも知れないと考えてきたが、これは多くの物理学者によって存在するに違いないと信じられている。その存在はまだ明確に証明されていないし、その性質も実験的に研究されてはいない。新しい放射線であるX線は、このエーテルの縦振動による物と見なされないであろうか？

私は研究のあいだに次第にこの考えに信をおくに至ったので、その証明には今後の裏付けが必要なのは十分に心得てはいるが、あえてここにこの推測を表明することを告白するものである。

1895年12月：Würzburg 大学物理学教室

原 注

(原注1) 物質の通過させやすさ、すなわち「透過度」(Durchlässigkeit)を私は次のように定義した。その物質に接しておかれた蛍光スクリーンの明るさと、同じ条件でその物質をおかないときのスクリーンの明るさの比。

(原注2) 簡単のために「放射線」(Strahlen)と呼びたい。他の放射線と区別するときは「X線」(X-Strahlen)を使うことにする。

文 献 と 注

- (1) *Dictionary of National Biography* (以下に「DNB」と略す) 20, 627.
- (2) G. シャピロ著, 新海暢一訳「創造的発見と偶然—科学におけるセレンディピティー」東京化学同人, 1993年12月. この本の表題が「A Skelton in the Darkroom」で、第1章が「暗室における骸骨—X線の発見」となっている。この表題が英語の慣用句「a skelton in the cupboard」(他人に知られたくない一家の秘密)を踏まえているのは言うまでもない。
- (3) R. M. ロバーツ著, 安藤喬志訳「セレンディピティー—思いがけない発見・発明のドラマ」化学同人, 1993年10月. この本の第21章が「X線, 放射線そして核分裂」に当てられている。

- (4) 「DNB」20, 635. 彼は痛風を病んでいて, この治療薬の研究から近代化学の父とされる Joseph Black (1728-1799) が彼の画期的な石灰の研究を始めた。J. G. クラウザー著, 鎮目恭夫訳「産業革命期の科学者たち」岩波書店, 昭和 39 年 10 月, p. 11.
- (5) *Oxford English Dictionary*, 2nd ed., 15, 5 (1989). 英語辞書の中には「セイロンの 3 人の王子」物語を Walpole の書いた物としている。 *Webster's Dictionary of English Language*, 1977, p. 1656.
- (6) 「DNB」12, 926.
- (7) 中崎昌雄「『ダゲレオタイプとジオラマ』—手法の歴史とその実際—『ダゲレオタイプ教本』解説と翻訳 (上)」中京大学「教養論叢」第 32 巻, 第 2 号 (通巻 95 号) 493 (1991)
- (8) 文献(3)第 10 章「ダゲールと写真の発明」(p. 66) には, 相変わらずこの誤った「伝説」がまことしやかに説明されている。
- (9) 天野 清「量子力学史」(自然選書) 中央公論社, 昭和 48 年 10 月, p. 73. 天野は九州大学に 3 年間いたあと, 1935 年 4 月東京に帰るとき「貨車 1 台分におよぶ書物」を持って帰ったと言う。X 線発見に関する誤伝はこの膨大な蔵書のどれの中にあっただけであろうか。
- (10) Otto Glasser, *Wilhelm Conrad Röntgen and the Early History of the Roentgen Rays* (以下に「レントゲン線の歴史」と略す) Thomas, Springfield, Illinois, 1934, p. 29. このドイツ語原本は次である。Otto Glasser, *Wilhelm Conrad Röntgen und die Geschichte der Röntgen Strahlen*, Berlin, 1931.
- (11) Röntgen の生涯とその業績についての要領のよい記載は次にある。 *Dictionary of Scientific Biography* (以下に「DSB」と略す) 12, 529.
- (12) 「レントゲン線の歴史」 pp. 52-198 には Margret Boveri による詳しい「回想記」がある。作家, 編集者 Boveri は Röntgen と親しかった Würzburg 大学動物学教授 Theodor Boveri (1862-1915) の娘である。なお通俗的ではあるが Röntgen 伝記として次の本が参考になるかも知れない。F. L. ネーエル著, 常木実訳「レントゲン」天然社, 昭和 17 年 12 月。
- (13) フィッシャー著, 桑田訳「一化学者の思い出」(以下に「フィッシャー自伝」と略す) 平凡社, 昭和 18 年 11 月, p. 94.
- (14) R. Meyer, *Victor Meyer*, Akademische Verlag, Leipzig, 1917, p. 270; 桑田智「ヴィクトル・マイヤーおもかげ」広川書店, 昭和 38 年 1 月, p. 172.
- (15) 「レントゲン線の歴史」 p. 3.
- (16) 「レントゲン線の歴史」 p. 6.
- (17) 「レントゲン線の歴史」 p. 7. ここには物理教室の建物, 実験室, 実験装置などの写真も多く掲載されている。
- (18) 矢島祐利「ファラデー」(岩波新書) 岩波書店, 昭和 15 年 7 月, p. 107.
- (19) 「DSB」11, 44.

- (20) 中崎昌雄「初期スペクトル分析法を開拓した人びと」中京大学「教養論叢」第35巻, 第1号(通巻106号)(以下に中崎「初期スペクトル分析法」と略す) 117 (1994)
- (21) 「DSB」6, 438.
- (22) 「DSB」5, 474; 「DNB」1912-1921, p. 136; *J. Chem. Soc.*, 117, 444 (1920); W. A. Tilden, *Famous Chemists*, G. Routledge & Sons, Ltd., London, 1921, p. 259.
- (23) 中崎昌雄「コロジオン湿板からゼラチン乾板へー写真感光材の進化」中京大学「教養論叢」第33巻, 第1号(通巻98号) 56 (1992)
- (24) 中崎昌雄「Talbot 写真裁判と化学者たちーA. W. Hofmann ロンドン時代」中京大学「教養論叢」第31巻, 第2号(通巻91号) 548 (1990)
- (25) 中崎「初期スペクトル分析法」p. 156.
- (26) *Nature*, 1879年8月28日, 9月4日号.
- (27) *Chem. News*, 1891年1月30日-3月6日号; D. M. Knight ed., *Classical Scientific Papers-Chemistry, 2nd. Ser.*, American Elsevier Pub. Inc., New York, 1970, p. 89.
- (28) *Proc. Roy. Soc.*, 66, 409 (1899-1900); 次にその全文が再録されている。A. Romer ed., *The Discovery of Radioactivity and Transmutation* (以下にローマー「放射能」と略す) Dover Pub. Inc., New York, 1964, p. 70.
- (29) *Proc. Roy. Soc.*, 82, 495 (1909); アンドレード著, 三輪光雄訳「ラザフォード」(以下に「ラザフォード伝」と略す)(現代の科学)河出書房, 1967年9月, p. 146.
- (30) 「DSB」5, 458.
- (31) トムソン著, 伏見康治訳「J. J. トムソン」(以下に「トムソン伝」と略す)(現代の科学)河出書房, 1969年4月, p. 120.
- (32) 「DSB」1, 320.
- (33) 「DSB」6, 340.
- (34) H. Hertz, *Electric Waves*, Dover Pub. Inc., New York, 1962.
- (35) 「DSB」68, 180.
- (36) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Vol. 4, Macmillan, London, 1964, p. 930.
- (37) 「DSB」12, 13.
- (38) *Ann. Phys. Chem.*, 64, 1 (1898)
- (39) 「レントゲン線の歴史」に英訳がある; 「第1報」p. 47, 「第2報」p. 216, 「第3報」p. 401. 「第1報」「第2報」の日本語訳は次にある。物理学史研究刊行会編「放射能」(物理学古典叢書, 第7巻)(以下に古典叢書「放射能」と略す)東海大学出版会, 1970, pp. 3-16.
- (40) 「レントゲン線の歴史」図版1, p. 2.

- (41) 「物理実験学」第9巻「原子物理学(下)」河出書房, 昭和14年7月, p. 125.
- (42) *Compt. rend.*, **122**, 420 (1896); 日本語訳は次にある。古典叢書「放射能」p. 37.
- (43) 「レントゲン線の歴史」図版15, p. 48.
- (44) 「レントゲン線の歴史」p. 38. このときのX線写真は図版11, p. 33.
- (45) H. クレーブス著, 丸山訳「オットー・ワールブルグ」(科学ライブラリー) 岩波書店, 1982年6月.
- (46) 「レントゲン線の歴史」p. 30.
- (47) このときの写真は次にある。「レントゲン線の歴史」図版17, p. 50.
- (48) 「フィッシャー自伝」p. 224.
- (49) 板沢武雄「シーボルト」(人物叢書) 吉川弘文館, 昭和63年4月, p. 4.
- (50) 「レントゲン線の歴史」pp. 422-479.
- (51) 「レントゲン線の歴史」pp. 41-46.
- (52) この開巻第1ページの写真は次にある。小山慶太「漱石の見た物理学」(中公新書) 中央公論社, 1991年12月, p. 67.
- (53) *Phil. Mag.*, (5) **42**, 392 (1896); 日本語訳は次にある。古典叢書「放射能」p. 17.
- (54) 「DSB」**8**, 50; 日本化学会編「化学の原典」第3巻「構造化学」(以下に化学の原典「構造化学」と略す) 東京大学出版会, 1974年11月, p. 1.
- (55) *Compt. rend.*, **122**, 186 (1896)
- (56) 「レントゲン線の歴史」p. 14.
- (57) 「レントゲン線の歴史」p. 15; *Popular Science Monthly*, 1908年12月号.
- (58) このX線写真は次にある。「レントゲン線の歴史」図版50, p. 223.
- (59) 「レントゲン線の歴史」p. 224.
- (60) 日本化学会編「化学の原典」第11巻「有機立体化学」(以下に化学の原典「有機立体化学」と略す) 東京大学出版会, 1975年4月.
- (61) 中崎昌雄, 化学, **15**, 917 (1960)
- (62) 「DSB」**14**, 411.
- (63) R. Willstätter, *From My Life*, W. A. Benjamin Inc., New York, 1965, p. 300.
- (64) W. L. Shirer, *The Rise and Fall of the Third Reich*, Pan Books Ltd., London, 1967, p. 46.
- (65) 「レントゲン線の歴史」図版7, p. 25; 図版39, p. 130.