

# EDUCATION

## 歴史をふり返る：実験の方法と面白さ

滋賀医科大学生理学講座

小山 なつ

世界中が突然、いつ終息するのかわからない新型コロナウイルス禍に巻き込まれたのは災難であるが、歴史を繙けば似たような状況はいくらでもある。1347年から1351年にかけてヨーロッパを襲った黒死病（ペスト）のパンデミックは史上最悪の規模であり、ヨーロッパの人口の3分の1が命を落としたとされる。14世紀の流行の後も多くの人々が黒死病によって命を落とし、1665年のロンドンでの流行は特に規模が大きかった。アイザック・ニュートン（Isaac Newton, 1643年～1727年）は、通っていたケンブリッジ大学が休校となり、実家に帰った2年の間に、リンゴが落ちるのを見て、万有引力の法則を発見したそうだ。

筆者はラッキー（？）なことに、講義の担当のほとんどが後期なので、早く大学が元に戻ることをただ祈っていました。講義はオンラインやオンデマンドで何とかかなりそうに思えましたが、果たして実習はどうすれば良いのだろうか、人ごとのように考えていました。話は変わりますが、筆者はかつて「痛み」に関する研究をしていたのですが、原点に戻って考えたいと思い、歴史について少し学びたいと思っていたところです。先ず、フォーカスを当てたのがアメリカの南北戦争でした。南北戦争は大規模農園を基礎とする南部諸州と、商工業が盛んな北部州との間で戦いが始まり、リンカーン大統領が奴隷解放宣言を発表した頃から、黒人奴隷の解放というデモクラシー擁護と社会変革への戦いへと性格を転換していった。初の総力戦であり、1861年から1865年のたったの5年間に約60万もの人々が犠牲になったとされる

「アメリカ史上最悪の内戦」であった。衛生状態も良くなかったため感染症による死者も多く、戦死は全体の30%程度であった。銃による負傷でも感染を恐れて、片っ端から手足が切断されていった。銃によって神経が損傷した負傷兵は「カウザルギー」と名づけられた耐えがたい痛みに苦しみ、手足を切断された兵士は「幻肢痛」に悩まされ、戦争が終わった後も心の痛みは癒されることがなかった。当時、日本は幕末の混乱の時代であったが、ヨーロッパではこの5年の間に発展していた科学が実った時であったようである。南北戦争勃発の前年にダーウインの「種の起源」が刊行され、勃発年には始祖鳥が発見され、ファラデーは「ロウソクの科学」のレクチャーをしていた。そして終結の年にはメンデルの「植物の交雑の研究」と、ベルナールの「実験医学序説」が出版された。ということで、誰もがかつては知っていたことだと思いますが、時代を遡り、南北戦争当時の実験に関する3つの著作について、浅くではあるが、さらってみたいと思いました。

クロード・ベルナール（Claude Bernard, 1813年～1878年）は、「恒常性の維持」を提唱したことや、肝臓のグリコーゲンの発見、膵液の消化作用の発見や、パスツールとともに低温殺菌法を考案したことで、多くの生理学会会員にとって、馴染みが深いと思われます。ベルナールはフランス東部ロヌ地方の小さな村のブドウ作り農家に生まれました。小さい頃から聡明であったが、あまり裕福ではなかったので、薬屋で奉公しながら、若い頃は演劇活動にはまっていた。劇作家になるためにパリに出たが、有名な文学評論家の奨めにより、



論について学んだことは、後のメンデルの研究に大きな影響を及ぼしていた。卒業後、再び代用教員をしながら、エンドウマメの交配実験を始めた。メンデルは修道院の庭で約1万ものエンドウマメの交配実験を繰り返し、約4万本の花と30万本のエンドウマメを綿密に観察した。メンデルは新しい品種を探すために交配を繰り返していたのだから、交雑によって新種が誕生する可能性と、その進化上の役割を考察する研究をしていたと言えるかもしれない。その成果を1865年にブルノ自然科学協会で発表し、「植物の交雑の研究」というタイトルの論文を研究会の紀要に掲載したが、機が熟しておらず、メンデルの研究はほとんど注目されなかった。その後メンデルは修道院長を引き継いだので、エンドウマメの交配実験を行ったのは、たった8年間だけであった。研究成果は存命中に日の目を見ることがなかったが、1900年になって偶然ドイツの植物学者であるカール・エーリヒ・コレンス(Carl Correns, 1864年~1933年)、オーストリアの遺伝学者であるエーリヒ・フォン・ツェルマク(Erich von Tschermak, 1871年~1962年)、オランダの植物学者であるユーゴー・ド・フリース(Hugo de Vries, 1848年~1935年)がばらばらに、メンデルの研究を再発見した。メンデルの論文には「メンデルの法則(Mendel's Laws)」だけではなく、「分離の法則(Law of segregation)」や「独立の法則(Law of independent assortment)」という用語も書かれていない。再発見後に、ウィリアム・ベイトソン(1861年~1926年)やトーマス・ハント・モーガン(1866~1945年)によって、いわゆる「メンデルの法則」が形作られた。ベイトソンはメンデルの「植物雑種の実験」を英訳し、「遺伝学(genetics)」や「対立遺伝子(allele)」という用語も作り出した。一つの遺伝子座に異なる遺伝子が共存する時、形質の現れやすい方は「dominant」、覆い隠される方は「recessive」と呼ぶが、これは優れているとか、劣っているということではない。メンデルは遺伝学者ではなく、物理を教える教師であり、論文は数学の問題を解くような感じである。実はメンデルの信奉者とも考えられる、統計学者のロナルド・フィッ

シャー(1890年~1962年)は、メンデルの実験結果の数値の比率があまりにも美しすぎたので、予想値に近くなるように改竄した可能性を初めは指摘していた。メンデル以前に、交配実験を行った研究も少なくないが、明確な法則性が見出されなかったのは雑種を含んでいたからであり、メンデルはエンドウマメを注意深く何代も観察して、純系を使ったことと、連鎖していない形質を選び、仮説を立てて交配実験を始めたことが勝因となり、現在「遺伝学の祖」と呼ばれるに至ったと考えられる。

マイケル・ファラデー(Michael Faraday, 1791年~1867年)は残念ながら生理学者ではなく、電磁気学および電気化学の分野に貢献した自然哲学者である。科学者の中には裕福な家に生まれた人も少なくないが、ここで紹介したベルナルの家も、メンデルの家も貧乏だった。ファラデーも製本職人の元で年季奉公をしながら、独学で化学を学んでいた。運良くハンフリー・デービー(1778年~1829年)の弟子になることができた。ファラデーは学歴もないのに、さまざまな業績をあげ、英国王立研究所の科学実験講座のクリスマス・レクチャーも行った。王立研究所のクリスマス・レクチャーは1825年に始まり、現在も続いているそうです。クリスマスシーズンに子供たちへのプレゼントとして開かれていたが、大人も楽しめるものである。ファラデーは何度もクリスマス・レクチャーの講師として招かれていて、1860年のクリスマスシーズンから、1861年の1月にわたってレクチャーされた6回連続の「ロウソクの科学の話」はファラデーの最後のレクチャーであった。900人もの席がある劇場のような円形のホールは1回目から満員であり、王侯貴族から一般市民までが集い、ファラデーの実演を交えながらの講演に聞き入っていた。最初のレクチャーでは、ファラデーは6本ものロウソクを持ってきていて、「ロウソクの身の上話」から始めたが、その中には開国直後の日本から届いた美しい和ロウソクも含まれていた。ファラデーが工夫して行ってきた実験の実演ではあり、丁寧な口調で質問をしながら、次々と実験を披露していった。レクチャーは、前回の復

習から始まり、話が途切れることなく進められていった。大がかりな装置を使った実験もあるが、多くは簡単な装置で、熱で温められた液体状のろうが毛細管現象で芯を上っていく説明をしたり、ろうソクから出る気体をシャボン玉や風船に集めたりしている。大気の成分の説明をしたり、酸素の中では炎が大きくなることや、アルコールでは幾つもの舌のような炎ができること、固体の鉄は燃えても炎を出さずに美しく燃えることなども実演している。水素は軽いので、水素を詰めた風船を上げる時には、天井のガス灯を移動させていた。ボルタの電池を使ったメッキの実験もしていた。結果が目で見えてわかる実験で、会場の興奮は途切れることがなかったことだろう。世界中で読まれている「ろうソクの科学 (The Chemical History

of a Candle)」はウィリアム・クルックス (William Crookes, 1832年～1919年) がファラデーのレクチャーを速記で書き留めて、編集したものである。日本生理学雑誌で、少年少女が読むような本を紹介することでお茶を濁すのは失礼だとお叱りを受けるかもしれませんが、ノーベル賞受賞者の大隅良典先生や吉野彰先生が科学の道を志すきっかけとなった名著のようです。このようなレクチャーがITやVRを駆使できる時代に、新しい形で発展し、教育に改革が起こることを望む次第です。また日本生理学会は100周年を迎えるのもそう遠くないので、日本の生理学者の貢献が現代風に紹介されることも楽しみにしたいと思います。そして第2のニュートンが生理学の分野で、どんな発見をするんだらうと思いを巡らせています。

「教育のページ」は学部学生、大学院生、ポスドク、教員などを対象に、生理学教育に関する取り組みや意見を紹介することを目的としています。原稿はWeb (日本生理学会ホームページ) 上にも掲載されます。皆様のご投稿をお待ちしています。投稿規程は [http://physiology.jp/magazine/contribution\\_rule/](http://physiology.jp/magazine/contribution_rule/) をご参照ください。