

歴史上の科学者を教材化する試み

— 小学校教員志望学生の理科観をより豊かなものにするために —

Attempts to Make Historical Scientists into Teaching Materialization
— To Enrich the Scientific Perspective of Elementary Education Students —

山崎 益男

Masuo YAMAZAKI

キーワード：小学校教員志望学生 理科教育 理科観 科学者 科学史

1. はじめに

筆者は小学校理科指導に関する講義を担当している。知識・技能、授業設計、模擬授業の実施等を限られた時間の中で展開しているが、学生はよく頑張っており取り組んでいる。しかし、理科を苦手と感じている学生は少なくない。ミクロ、マクロの事象の見方と使い分け、領域固有の概念やイメージを持つことが理解に必須となることが多いからであろう。

それは慣れで解消される面が多々あるのであるが、履修教科の関係からその機会は得にくい状況である。しかし、だからと言って教員になれば、「理科は不得意なので」という言い訳もできない。児童が理科に好奇心をもって臨んでほしいように、学生には少しでも理科や科学になじんだ状態で現場に出てほしいと願っている。

そこで、講義の中に思考力や難解な計算からは少し離れたところで理科にアプローチできる視点を設定してみることにした。それが本稿で扱おうとしている「歴史上の科学者」というトピックである。目的は「科学になじむきっかけづくり」という点にあるので、スマホ世代の学生には、検索すればさらに次の検索が待っているような拡散的な知識との出会いが生じることになり、それまで知らなかった科学的な知識を主体的に、より深く学べる起点となるのではないかと考えた。

2. ねらい

理科への苦手意識の有無に関わらず、小学校教員志望学生に対して歴史上の科学者を扱うことには、次のようなメリットがあると考えられる。

- ・ 様々なメディアを介して科学者が紹介される機会は多く、親和性の高い題材である。
- ・ 科学者の生き方を調べることで、科学への親しみに変換できる可能性がある。
- ・ 科学者の業績を探究することで、科学史や有名な科学知識を獲得することができる。
- ・ 実際の理科授業で、単元に関連する科学者を紹介しようとする意欲が形成できる。

また、学習指導要領の道徳の章で述べられている指導計画の作成と内容の取扱いの3.配慮事項の内容として『(3) 先人の伝記、自然、伝統と文化、スポーツなどを題材とし、児童が感動を覚えるような魅力的な教材の開発や活用を通して、児童の発達の段階や特性等を考慮した創意工夫ある指導を行うこと』とあるが、科学者の生き方をベースにした道徳教材の可能性も生まれる。

さらに理科指導の実際場面においては、科学史的な側面から自然事象と人の関わりを説明できるようになるなど、指導力の向上に寄与するものと思われる。そこで本稿のねらいを以下のように設定することとした。

- (1) 小学校教員の素養としての適切な科学者のリスト化

(2) 学生がスムーズに受け入れられるような科学者教材の検討

なお、筆者が云う科学者とは主として「歴史上の科学者」を指しているが、現役の科学者もその範疇に想定していることから、この稿では「科学者」という用語を統一して用いることとする。

また、「6. 科学者のリストアップ」においてのみ、それぞれの科学者が活躍した時代の後先を読み取りやすくするため、生没年を併記することとした。

3. 学生の実態

筆者は初回の講義において学生に簡単な自己紹介をさせ、その中で「お気に入りの科学者」を紹介してもらっている。この4年間に学生から挙げた科学者を集計すると、ニュートン、エジソン、ガリレオ、野口英世、これにアインシュタイン、山中伸弥が続くという状況となる(表1)。名前が挙げた科学者は総勢25人に上るが、ニュートンがこれほどの人気なのは、力の単位、雑誌の名前、リンゴの逸話のせいだろうと思われる。また、ガリレオの名前が挙がるのは当然だろうが、コペルニクスやケプラーが挙がらないのはなぜか、エジソンは科学者なのか等の疑問もあるが、どの名前にも普遍的な名声があり、その成果は偉大なものばかりであることは間違いないところである。

一方で、どの程度学生に理解されているかといえば、科学者名が挙げたところで理由を尋ねると、ニュートンは万有引力、エジソンは電灯、ガリレオであれば望遠鏡、と半分程度の学生から表層的な回答が返ってくるだけで、知っているのは名前だけという印象だった。学生の情報源はテレビ番組、新聞記事、これまでの理科授業での紹介等であろうが、いずれにせよその背景には、現代社会で作られた科学史観の見立てが反映された結果があるように思われた。

ある年、唯一科学好きを自認する女子学生がいて、その学生がお気に入りに挙げた科学者はリサ・ランドールという理論物理学の女性

科学者だった。その学生は研究内容もそらんじており、おそらく知っている人はそれほど多くはない科学者と思われるが、興味があれば深く知ろうとする欲求が生じるよい例と思われた。しかし、この例のような科学好きな学生は極めて少数、というのが現実である。自己紹介の結果からは、ニュートン、エジソン、ガリレオ、アインシュタイン、山中伸弥の5名が記憶に残る科学者として認識されている実態が浮かび上がった。

お気に入り科学者	学生(人)
ニュートン	9
エジソン	7
ガリレオ	6
野口英世	6
アインシュタイン	4
山中伸弥	4
ホーキング	3
ライト兄弟	3
平賀源内	3
ダーウィン	2
M. キュリー	2
ダビンチ	2

表1 学生が自己紹介で挙げた科学者

4. 小学校教科書に載る科学者

小学校教科書(平成27年度版)に科学者がトピックで紹介されている。単元で扱われる内容の発展に貢献した科学者と業績を簡易に紹介しているに過ぎないが、未知の課題を解明する科学者という存在に気付かせようとする意図が感じられる。ただし、出版会社や都度の編集方針により恒常性のあるトピックとしては扱われていないようである。手元にある2社の教科書に掲載された科学者は次の通りであった。

[A社]

5 学年：ガリレオ・ガリレイ(振り子)

6 学年：ガリレオ・ガリレイ(科学の父)

大賀一郎(発芽の条件)

歴史上の科学者を教材化する試み

[B 社]

- 4 学年：アンペール（電流の実験）
屋井先蔵（量産乾電池の発明）
平賀源内（温度計）
- 5 学年：レーウェンフック（顕微鏡）
ロバート・フック（顕微鏡）
ウィリアム・スタージャン（電磁石）
ガリレオ・ガリレイ（振り子）
レオン・フーコー（振り子）
- 6 学年：ジョセフ・ブラッック（CO₂ の発見）
ダニエル・ラザフォード（N₂ の発見）
ジョセフ・プリーストリ（O₂ の発見）
マイケル・ファラデー（発電機）
小林誠（科学者の言葉）

小学校理科の単位には「振り子」が組まれているため、ガリレオの名前が出しやすい背景はあるが、両社共通して扱っている点に、改めてガリレオが歴史的意義をもつ科学者であることを再認識させられる。A 社は「科学の父」として紹介している。この中に学生から多く名前の挙がったニュートンの名前がないのは、ニュートンに関連する「物体の運動」が中学校の内容だからである。いずれにせよ単元の内容に応じた範囲で最小限に無理なく収められている印象であるが、日本発の世界初の発明として、液漏れしにくい乾電池を開発した屋井先蔵も紹介されており、身近なものに関連させようとする配慮が感じられる。

5. 科学者リストの選定方針

この稿で扱う科学者は、講義を前提としたものなので、ここでは 10 人程度の科学者を選定することとする。なぜ 10 人なのかというと、講義時間が限られ、多くの科学者名と事績を羅列するわけにはいかないからである。学生によく知られているとは思われない科学者名を挙げたところで、興味を引くどころか逆効果となることは容易に予想される。と言っても、どこまでが有名でどこからが有名でないのかも不明瞭なのだが、よく吟味しながらある程度名の通った科学者を中心にリストアップして学生に与えていくのが効果的ではないかと考えた。また、リスト化の最も基本的な条件を「時

代を変えた科学者」かどうかという点に置くこととした。

その次に、分野・領域、男女、時代区分の観点から、バランスを保ちながら選定するのが適当ではないかと思われる。まずは分野・領域であるが、歴史的にはその時代のトレンドというものがあり、おおよそ天文、物理、化学、素粒子物理、生命科学の順で発展してきたように思われる。それぞれの領域から、最低一人は選定しておきたい。

また、男女比については、科学だけに限らずどの分野でも近年まで女性の社会進出は圧倒的に制限されていたことから、女性科学者をリストアップすると人数は少なく、また 20 世紀以降に限られてしまうきらいがある。そこで、男女比を数値として設定できないものの何人かの女性科学者をリスト化する配慮をしていきたい。さらに、日本の科学技術の水準は高く、創造性あふれる研究には学ぶべき点が多いことから、日本人科学者にも光を当てていくこととする。

6. 科学者のリストアップ

講義に供する科学者を絞り込む前に、まずは候補者を幾分広めに挙げておくこととする。どの科学者もそれぞれがその分野、あるいは一時代の中における独立峰であり、誰が一番で、誰が誰よりも優れるとか比較できる問題ではないのだが、ここでは「時代を変えた科学者」「見方・考え方を変えた科学者」という基準で、本稿のねらいにふさわしい候補者を各分野ごとにあげてみようと思う。

(1) 天文の分野

科学の歴史は 17 世紀以降に、特に天文学で急発展を遂げる。それ以前の自然観は「万物は、土、水、空気、火からなる」という考え方に基づくものであり、なぜそうなのかという疑問を土、水、空気、火に結び付けてその理屈を考えなければならないという、不自由な知識体系だったのである。この考え方に対し、「なぜなのか」に対する答えを「現象の数量化により紐解いていくべきである」と旧来の考え方に風穴を空けたのがガリレオ・ガリレイ

(1564-1642) だった。測定を通して「なぜなのか」に対する回答を導こうとする手法は現代では当たり前のことであるが、まだ科学者という職業的地位が確立されていなかった当時としては、かなり画期的な主張であった。それまでの古典的科学(自然科学ではなく自然哲学と呼ばれた)から、実験科学への脱却を提唱した最初の人物ということから、時代を変えた最初の科学者はガリレオ・ガリレイであったといっていよいよだろろうと思われる。このような経緯から、ガリレオ・ガリレイは「科学の父」と呼ばれている。

ガリレオと並んで、科学革命の中心的役割を担ったのが、ニコラウス・コペルニクス(1473-1543)、ヨハネス・ケプラー(1571-1630)、アイザック・ニュートン(1642-1727)である。その名前から宇宙に関連する人物群を連想させるが、その通り17世紀以降望遠鏡の飛躍的な性能の向上により、宇宙への関心の高まりは現代の比ではなかったのである。現代であれば最先端の科学といえば量子力学・生命科学・宇宙・応用科学等、その対象領域はかなり広く一つの領域に特定できないが、当時は宇宙と錬金術が最先端だったのである。

ケプラーは師事したチコ・ブラーエの残したきわめて正確なデータをもとに惑星の運動に関する三法則をまとめた。これによりコペルニクスの地動説が誰もが容易に受け入れることのできる定説として確立されたのである。そのような経緯から「コペルニクス、ケプラーはセット」として時代を変えた科学者とみなすべきである。

次にアイザック・ニュートンであるが、生没年を見てわかる通り、偶然にもガリレオの没年にニュートンは生まれている。ニュートンは力学に関する基本法則や万有引力の法則、微積分の確立など、数学を駆使して中世と近世を分かち物理学の発展に寄与した。リンゴの落下から万有引力に気づいたとかの逸話や多方面にわたる天才性により有名であるが、果たして時代を変えたのか、という点ではコペルニクスほどではないように思われる。

(2) 化学の分野

「金って作れませんか?」は、中世から近世にかけてのヨーロッパにおいて長年のテーマだった。ニュートンでさえも錬金術に没頭したことが証明されている。この錬金術の延長線上に現代化学の基礎技術が多く考案されたのであるが、時代は変えられなかったということから、本稿で扱う科学者リストの対象とはならない研究領域である。

もう一つのテーマは「火って何ですか?」というものだった。現代でも小学生に「火って何だろう?」と問うてみれば、多様でユニークな意見が出されることだろう。17世紀頃のヨーロッパも同様に、物質はフロギストンというものを含んでおり、加熱されるとそれが空気中に放出されて炎となって見えるのだという説が大勢を占め、ほとんど常識的な認識となっていた。そこに実験結果を根拠とした燃焼の仕組み(酸素との結びつき)をアントワーヌ・ラヴォアジエ(1743-1794)が、リンや硫黄を燃焼させる実験を行って空気が吸収されたことから、燃焼のときに重量が増加する原因は、空気の成分が燃焼物と結合した結果であり、この時の反応が炎となって表れると結論付け、決してフロギストンが放出されているからではないことを発表した(1785)。今では質量保存の法則と呼ばれている化学反応の基本的な決まり事である。ラヴォアジエは、それまでの物質変化の定説を覆し実験を通して正しい真理を導こうとしたことから「近代化学の父」と呼ばれている。

(3) 医学の分野

アントニ・ファン・レーウェンフック(1632-1723)は、生涯500台の顕微鏡を作った。それまでもレンズを使った観察手段はあったのであるが、それらを格段にしのぐ性能を持ち、たくさんの観察、微小生物の発見を行っている。ガリレオの望遠鏡と同じく、道具がなければ見えないミクロの世界の探究方法を確立した意義は大きい。「微生物学の父」と呼ばれる所以である。このレーウェンフックが製作した顕微鏡はさらに改良され、生物学と医学の研究は広がりと深みを見せるようになったのである。

歴史上の科学者を教材化する試み

レーウェンフックから 200 年も後のことになるが、医学的領域で大きな変革を成し遂げたのが、ルイ・パスツール (1822-1895) である。彼は、病気は微生物 (細菌) に起因することを提唱し、低温殺菌法や予防接種ワクチンを開発した。彼の考え方は特に治療分野で多くの命を救うことになった。パスツールはコッホ (1843-1910) とともに微生物の研究を精力的に行い、コッホは結核菌、コレラ菌等を発見し、1905 年にノーベル賞を授与されている。パスツールはノーベル賞制定の 6 年前に亡くなっており、受賞対象とはなりえなかった。その後、科学研究の一つのトレンドとして細菌学が隆盛を極めることとなり、日本人でもペスト菌を発見した北里柴三郎や黄熱病の野口英世がノーベル賞候補に挙げたことがある。

(4) 量子物理学の分野

専門家ではないので大雑把に説明すると、量子とは原子が発生するエネルギーはいくつかの塊ごとに段階的に発散される (量子効果)、その一単位量のことである。古典的な力学に対して、最先端の科学分野といっても過言ではない量子物理学 (力学) は、原子核やその周りを回っている電子よりもさらにミクロの世界全般を対象とする物理学である。この研究分野はあまりにも難解で一般にはなじみがなく、ヒッグス粒子発見にノーベル賞、というニュースでその存在を知る程度で、ましてや筆者や本学の学生には無縁の世界である。しかし、名前が広く知られているところでアルベルト・アインシュタイン (1879-1955) は別格大本山的な存在であり、当然ある程度の知識を持っても何ら損になることはないであろうと思われる。できれば、量子論を創始したマックス・プランク (1858-1947)、ニールス・ボーア (1885-1962) なども候補として挙げるべきだろうが、小学校教員を志望する学生に受け入れる余裕はないだろうと思われる。

(5) 女性科学者

女性の社会進出、科学界進出が社会的常識として定着してきたのはほんの最近のことである。それまでは男女差別というものは当たり前のこととして世界中にはびこっていた。と

言うよりも、男女差別という概念自体さえ存在しなかった時代と考えられる。19 世紀後半のヨーロッパでは、女性が大学に通うこと自体があり得ないことだったが、その差別的待遇の中でひとときわ輝く女性科学者がマリー・キュリー (1867-1934) である。また、キュリーとは逆にその業績の大きさにもかかわらず光が当たらなかったリーゼ・マイトナー (1878-1968)、ロザリンド・フランクリン (1920-1958) の 2 人の科学者も強く印象に残る女性科学者である。

マリー・キュリーは誰もが知っていると思われる人物であり、ここで解説する必要もないのであるが、パリのソルボンヌ大学で学ぶ期間の苦学の逸話は多くの伝記で語り継がれている。研究の成果は放射能物質の発見であり、当時そのような物質のある事自体が知られていなかった中で、放射能を放出する物質ラジウムを純粹に精製したことは意義あるブレイクスルーである。余談ではあるが、マリー・キュリーはポーランドの人であり、前述のコペルニクスもポーランド人であることを合わせると、ポーランドという国の風土性にも別立てで調べてみたい欲求に駆られるところである。

次にリーゼ・マイトナーである。彼女は、核分裂に fission という語を与えた最初の科学者であることから、核分裂を発見した人物として知られている。人種問題からナチスからの迫害を受け、論文さえ持たずにスウェーデンに逃げ研究ができる状況ではなくなり、共同研究者のオットー・ハーンは単独で核分裂の論文発表を行い、その結果ハーンだけが 1946 年のノーベル賞を獲得するのである。これはあまりにも理不尽だという後世の評価が定着する中、その 50 年後の 1997 年、109 番元素にマイトナーの名にちなんだマイトネリウムの名が冠された話は有名である。

ロザリンド・フランクリンは、X 線を使って DNA の構造を一枚の写真にとらえた。しかしこの写真は、彼女ではなく、彼女の共同研究者によって DNA 二重らせん構造の提唱者とされるジェームズ・ワトソンとフランシス・クリックに提供され、偉大な論文の論拠として使用

されたのである。その結果、あろうことか、この写真を提供したモーリス・ウィルキンスとともに1962年のノーベル賞を受賞したのである。一つの事件としてとらえられている科学史の一つであるが、ロザリンド・フランクリンはワトソンとクリックの論文発表の翌1958年に亡くなっており、その顛末が一般に理解されるのはかなりたってからだった。

以上が個人的な記憶に残る3人の女性科学者であるが、本稿の下調べの過程で、「世界を変えた50人の女性科学者たち」(創元社)に接し、さらに興味深い科学者を多数認識するに至った。名前だけでも記しておこうと思う。ネッティー・スティーブンス(性染色体の発見)、エミー・ネーター(数学者)、セシリア・ペイン・ガポーシュキン(太陽の組成がヘリウムと水素であることを発見)、マリア・ゲッパート・メイヤー(同位体の発見)、ドロシー・ホジキン(ペニシリンの合成、ビタミンB₁₂の構造決定)、呉秀蘭(ヒッグス粒子の発見)。

(6) 日本人科学者

日本人で初のノーベル賞科学者となった湯川秀樹(1907-1981)は、戦後間もなくの1949年(昭和24年)に中間子を予測したことにより、ノーベル物理学賞を受賞した。物心ともに敗戦の後遺症が残る日本に希望の灯りをとす受賞となったという側面も見逃せない。この他にもたくさんの優秀な科学者がいるが、特に創意ある独自性という観点からは小柴晶俊(1926-)、山中伸弥(1962-)が光り輝く。

小柴晶俊は宇宙線ニュートリノを検出するために独自の観測施設スーパーカミオカンデを着想し、世界初の観測にも成功した。また、山中伸弥は人工多能性幹細胞(iPS細胞)を開発し、医学の新分野の基礎を確立した点に大きな意義がある。古いところでは、和算の高度な展開を見せた関孝和(?-1708)、黄熱病の発見等の努力家として知られる野口英世(1876-1928)も魅力的な人物である。

7. 科学者の絞り込み

以上、筆者の考えから時代を変えたと思わ

れる代表的な科学者の候補について縷々述べてきた。この中から、先述した候補者の条件である、時代を変えた科学者であること、各分野・時代区分のバランスを考慮すること、女性科学者、日本人科学者を入れること、という方針を考慮しながら科学者を選定した結果が次の10人である(生年順に記す)。

- (1) ニコラウス・コペルニクス
- (2) ガリレオ・ガリレイ
- (3) ヨハネス・ケプラー
- (4) アントワーヌ・ラヴォアジエ
- (5) ルイ・パスツール
- (6) マリー・キュリー
- (7) リーゼ・マイトナー
- (8) アルベルト・アインシュタイン
- (9) 湯川秀樹
- (10) 山中伸弥

講義で扱う科学者を10人に絞るということには、当初より無理があると予想していたが、やはり窮屈な選定になってしまった。この10人は、あくまでも筆者の個人的な科学史観から設定したものであり、人口に膾炙するような一般的な科学者の名前が欠けているのも事実である。例えば、学生に人気のあったニュートン、エジソンを無視してよいのか、野口英世の献身的な国際貢献の姿に光を当てなくてよいのか、生物学において「種の起源」を提唱したダーウィンはコペルニクスにも匹敵する科学者ではないか、レイチェル・カーソンも環境保護という観点では時代を変えた人物として扱われるべきではないのか、等である。疑問を挙げていけば枚挙にいとまがないだろう。そこで、「3 学生の実態から」において上位で支持された科学者を追加してリスト化することにより、より現実的な絞り込みになると考え、学生から支持された科学者で、かつ上記10人の科学者に名を連ねていない科学者4人に、小学校教科書でも紹介されているファラデーを追加することにした。ただし、エジソンは科学者というよりも実業家に近い側面が強く、科学者として扱ってよいものか逡巡したところではあるが、その発明品の圧倒的な多さから科学者と同列の人、と解釈した。

歴史上の科学者を教材化する試み

- (11) アイザック・ニュートン
- (12) マイケル・ファラデー
- (13) チャールズ・ダーウィン
- (14) トーマス・エジソン
- (15) 野口英世

8. 科学者の教材化

(1) 科学者プロフィール・メモ

理科を苦手を感じる学生に、興味を持たせながら科学者を伝えることは難しい。大切と思われる条件は、まずは情報を多く与えずに、軽い内容で、興味を引きそうな事柄に特化させた科学者を紹介するための資料を考えた。興味を持ちさえすれば、そのあとは学生個々の検索という探求作業に任せればよいと考えるからである。主体性への導火線のようなものである。

そこで、科学者名とその事績を平易に解説した「科学者プロフィール・メモ」の提供を教材化の第一歩として設定することとした。

図1に例示するカード形式の体裁で、A4判用紙に8人程度の科学者を掲載できる大きさとした。科学者名、生没年、出身国名、主な事績、逸話、今に伝わる格言等の言葉を記したものである。例示したマリー・キュリーの記事を見てわかる通り、内容を極端に簡略化し、また使う言葉にも与える印象が軽くなるような表現を用いるようにした。

この「科学者プロフィール・メモ」をベースとしながら、学生には次項に示す科学者の格言、理科室掲示物への科学者トピックの掲載等を教材として与え、科学者へのアプローチをより深めさせようと考えた。

(2) 科学者の格言

歴史上の科学者の格言を扱うことも、学生の理科観を育てるための仕掛けとして有効であろうと思われる。また、小学校現場においては、掲示物や授業で扱えるトピックとして役に立つ教材になるであろうと思われる。

次に示すのは、かつて筆者が感銘を受けた科学者の格言である。

- ・現実には常に公式からはみ出す(ファール)
- ・目の前の仕事に専念せよ。太陽光も一点に

マリー・キュリー 1867-1934 (ポーランド)

- ・放射線研究に取り組んだ女性物理学者。
- ・ラジウム、ポロニウムを発見した。
- ・ノーベル賞を物理と化学で受賞した唯一の人。

ポーランドでは女性は大学に入れなかったことから、パリ大学に留学した。生活に困窮し空腹で倒れることが何度もあったが、その中あらゆることに「不屈の精神」で頑張った。

【今に伝わる言葉】

偉大な発見は膨大な研究の積み重ねから生まれる果実のようなものだ。

図1 科学者プロフィール・メモ

集めなければ発火しない(ペル)

- ・雑草という名の草はない(牧野富太郎)
- ・第一原理、誰にも何事にも決して屈しない。(マリー・キュリー)
- ・一見して馬鹿げていないアイデアは見込みがない。(アインシュタイン)
- ・実験には二つの結果がある。もし結果が仮説を確認するものなら、君は何かを計測したことになる。もし結果が仮説に反していたら、君は何かを発見したことになる。(フェルミ)
- ・誰もが見ていながら、誰も気づかなかったことに気づく、研究とはそういうものだ。(ローレンツ)
- ・狭くとも、深くあれ。(ガウス)
- ・独創的なものは、はじめは少数派に決まっている。(湯川秀樹)
- ・偶然は準備のできていない人を助けない。(パスツール)

さすがに一流の科学者の言葉には、深みのある説得力を感じる。小学校授業においては、この格言から科学者の生き方や人となりへ話を発展させたほうが、内容的には小学生でも理解できるものなので、いきなり科学者の業績や生涯にふっていくよりも抵抗なく引き込めるように思われる。ただし、伝記等に見られる格言は、記者が注目を集めるために書いた

記事や弟子の後日談から独り歩きを始めたものも多いようなので、それを前提として扱うべきである。

筆者は講義の折り返し点で行う小テストで、前述の科学者の格言を提示した上で「児童に伝えたい格言づくり」を学生に課している。次にいくつかの回答例を挙げるが、例示した科学者の言葉をトレースしながらも自分の考えを上手に組み込んでいる印象を受ける。

- ・ WHYが一番の実験材料だ。
- ・ 一回の実験は十の仮説にも勝る。
- ・ 試してみなければ結果はわからない。
- ・ 己の限界を知ろうとするな。
- ・ 円には始まりも終わりもない。研究とはそういうものだ。
- ・ 反省することで前進する。
- ・ 経験に勝る財産はない。

科学の源泉は常に「好奇心」だという主張。仮説と実証の表裏一体性。科学の方法の基本原則。生徒指導的、人生訓的な言葉。児童に向けたメッセージであるから理科を離れても何ら問題はないのだが、むしろ科学者の条件で強く言われていることは、粘り強さ等の根性論的な素養であると言われていること。格言を作成させた後には、このようなコメントを学生に返すことが、この教材の大切なポイントであるにとらえている。作成させてみると、不思議とガリレオの時代に花開いた科学の方法の理念が浮かび上がり、小学生への指導に

適した内容が誘引されたのである。さらに、これを次の項で述べる理科室掲示物と組み合わせれば、さらに訴求力のある教材に仕上がっていくことが期待できる。

(3) 理科室掲示物

理科室経営の視点から、児童に理科への興味をもたせようとする方策のよい体験になると考え、学生に「理科室掲示物」の作成を課し、全講義が終了した後に提出させている。教師自作による掲示物は児童とのコミュニケーションの促進手段として、また科学への距離感を軽減させようとする点で有効であろうと考えている。製作にあたっての条件は下記のとおりであるが、この中に科学者を紹介する記事も入れさせ、学生が科学者を深く見つめ直すことのできる場面を設けた。

- ① 情操を育てる上で大切な教育環境の一つとなるよう、美しく、楽しく、ためになるものであること。
- ② 科学に関する内容であること。
- ③ 読みやすい文体とし、正しい日本語を使用すること。
- ④ A4 タテ判で製作すること。
- ⑤ 適度な量の図版を挿入すること。
- ⑥ 科学者紹介のトピック記事を必ず入れること。

学生が⑥の指示に従い、理科室掲示物に挿入した科学者名と掲示物のテーマは表 2 のようであった。テーマと科学者がリンクしていない例もあったが、掲示物にはテーマに関連さ

科学者名	件数	掲示物のテーマ例
ニュートン	6	空はなぜ青い、今月の星空、炎、リンゴの魅力、虹の正体
エジソン	6	白熱電球、すごいねエジソン、自由研究、砂糖と塩、電車
ガリレオ	6	ニュートン温度計、夏の星座、流星群、ガリレオ温度計、土星
コペルニクス	4	夏の空、地球、地動説、夏の星座
アインシュタイン	4	海、サメ、タツノオトシゴ、タイムトリップ
ダーウィン	3	残念な生き物、ダーウィンってどんな人、ひまわりの秘密
ブンゼン	2	花火、花火の色
フランクリン	2	雷への招待、松ぼっくり

表 2 理科室掲示物の作成で学生が取り上げた科学者のうち件数が複数あった科学者

なぜイカスミは食べるのに タコスミは食べないの？

★そもそもスミってなんのため？
敵から身を守るため。

💡イカの場合...
イカの敵はマゴロヤイルカ!! どちらも目が良いので追いかけてくる。
こんな時イカはスミを吐いて自らの分身を作り逃げるんだ。**イカの体**
マゴロヤイルカがそのスミを食べると、イカはいつのまにか逃げているんだ。

💡タコの場合...
タコの敵はワウバ!! タコ自体はばく泳げない...
そこで、煙幕(スミ)を作り、敵の目をくらめてそのスキに逃げ回るんだ。

★味にちがいはあるの？
スミ イカスミ... ネバネバ... タコスミ... サラサラ
うまみ成分 約3倍の差でタコスミがイカスミを圧倒!!

★実はタコスミのほうがいいのでは？
イカスミ すぐ取り出しやすい位置にある。
タコスミ 他の臓器にもぐりこんでいて、簡単に取れない...
味はおいしいけれど取り出しにくいんだ。

!! 結 論 !!
「タコスミは、イカスミにくらべて
取り出しにくいから」

最近からみかたにイカスミとタコスミのうまみ成分を比較したグラフ

成分	イカスミ	タコスミ
グルタミン酸	71.8	26.0
イノシン酸	8.7	10.6
コリン酸	70.0	20.0

フランス・クリック
DNAの二重らせん構造の発見者
イギリスの科学者
1962年にノーベル生理学・医学賞を受賞している
名言
「おどろくことに我々は自然の一部であるということが、どの教科書にもほとんど書かれていない」

8月 理科教育 ニコラス・コペルニクス 運動後は 塩分をとろう

💡塩分が必要な理由
夏は汗が沢山出るよね。汗には水分、塩分が含まれているよ。
実は僕たち人間の体は半分以上が水分でできているんだ。
だから汗で水分、塩分が外に出ていってしまうとしっかり取り
なさないといけないよ。

💡塩分をとるには？
塩分はローベートフックというよ。まぐろは「生きている細胞」をのりまに観察することのできる位相差顕微鏡を使って調べたんだ。
そして細胞の中は水分で満たれていることがわかったんだ。とてもおどろいたよ。

ローベートフック

暑い夏塩分と水分を取るの、熱中症予防にもつながるよ。

💡塩分とるのに いい食べ物
*ラーメンのスープ
*梅干し
*しょうゆ
*漬物
*生薑
*みそ汁
*スポーツドリンク

💡塩分をとる際に 気をつけること
塩分は熱中症予防やチカチカした時には取る必要があるよ。しかし必要以上にとりすぎるのは、高血圧症や糖尿病などの原因につながるよ。
とりすぎた場合は **カラカラ**をとろう
ほうれん草、かぼちゃ、アスパラガス、トマト、バナナ、キウイ、みかん

適度に塩分を取って楽しい夏休みにしましょう。

図2 理科室掲示物の作成例

せた科学者がわかりやすく紹介されているものが多くみられた(図2)。全体的に小学生にも十分理解できるように内容をかみくだいて説明しながら、学生が選んだ科学者については児童が気軽になじめるような配慮が感じられた。ニュートン、エジソン、ガリレオの「学生が選ぶ著名科学者御三家」がここでもぶれずに登場しているが、この他にも26人の多様な科学者が取り上げられていた。生物関係ではファール、ホーナー、クリック、フック、宇宙関係ではホイヘンス、ハッブル、電磁気関係ではベル、フレミング、モールズ等である。日本人を取り上げた記事は2件で、杉田玄白と野口英世だった。

いずれにせよ掲示物製作自体の体験ももちろん重要ではあるが、その製作過程に目を向ければ、学生は少なくとも一人の科学者のプロフィールに確実に接することとなるので、理科が苦手な学生も科学の領域に主体的にかかわった感覚や記憶が残るのではないかと考えられる。

9. まとめ

(1) 科学者のリスト

学生に伝えたい科学者を最終的には次のようにリスト化してみた(生年順)。基準は「時代を変えた」「従来の自然観を変えた」「人間の生活様式を変えた」等である。学生自身に調べ学習を主体的にさせたいということを考慮すれば、与える資料はごく少量のメモ程度の情報量がよいと考える。今後、学生の反応を集約し、さらに資料構成の改善点を検討していきたい。

- ①ニコラウス・コペルニクス(1473)
- ②ガリレオ・ガリレイ(1564)
- ③ヨハネス・ケプラー(1571)
- ④アイザック・ニュートン(1642)
- ⑤アントワヌ・ラヴォアジエ(1743)
- ⑥マイケル・ファラデー(1791)
- ⑦チャールズ・ダーウィン(1809)
- ⑧ルイ・パスツール(1822)
- ⑨トーマス・エジソン(1847)
- ⑩マリー・キュリー(1867)

- ⑪野口英世 (1876)
- ⑫リーゼ・マイトナー (1878)
- ⑬アルベルト・アインシュタイン (1879)
- ⑭湯川秀樹 (1907)
- ⑮山中伸弥 (1962)

(2) 科学者の教材化

科学者の格言は、短い言葉から該当科学者へのアプローチができるという点で、簡便な教材といえるだろう。ただし、本当に科学者本人が言った言葉なのかは確定値ではないものもある点に注意が必要である。

科学者の格言は簡便な教材といえる反面、科学者の業績を深く理解するというよりも、ただ単に名前を知る程度のアプローチである点は否めず、その先にある深い学びについては、さらに適切なフォローが必要であろうと思われる。

それに対して、理科室掲示物に掲載する科学者トピックは、分量的には多くはないものの、小学生向けにアレンジした言葉を用いて作成するので、その作業を通して業績に深く触れることが可能となる点で、本稿のねらいである「科学へのソフトランディング」に近い教材になるのではないかと考えられる。

10. おわりに

今回の科学者検討の試みの反省点は、当初10人に絞り込みたかったところ、絞り切れなかった点が第一に挙げられる。やはり学生の、特に理科に苦手意識をもつ学生の立場を考えれば、いくら簡略化した資料とはいえ少ないに越したことはないだろう。15人はやはり多いという印象である。

次に、科学者のリストを見ると、20世紀の科学者が手薄になっていることに気づく。科学が大発展を遂げさらに細分化され、「一体誰が何をしたのか」がつかみにくい時代になっているように感じられる。筆者の勉強不足によるところが大きいのであるが、20世紀の科学者が少なくなったことで、逆にわかりにくくならなかったという点では、かえってよかったのかもしれないと思える。

科学者リスト化のバリエーションについて

も、今後、物化生地の領域ごとに区分けしたリスト化や日本人科学者に限定したリスト化など、新たな設定条件を交えながら検討していきたい。観点を変えれば違った科学者の名前がリストアップされるであろうことを考えると、ポテンシャルの高い題材であると考えられるのである。

【参考文献】

- 文部科学省「小学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編」東洋館出版社（2017）
- 小山慶太「科学史人物事典－150のエピソードが語る天才たち－」中公新書（2013）
- Rachel Ignofsky・野中モモ子訳「世界を変えた50人の女性科学者たち」創元社（2018）
- 田中一郎「ガリレオ裁判」岩波新書（2015）
- 小山慶太「科学の歴史を旅してみよう－コペルニクスから現代まで－」NHK出版（2012）
- Harald Fritzsch、櫻山義夫訳「アインシュタイン vs ニュートン－曲がった時空をめぐる－」丸善（1999）
- 小山慶太「光と重力 ニュートンとアインシュタインが考えたこと－一般相対性理論とは何か－」講談社（2015）
- Charlotte Kerner、平野卿子訳「核分裂を発見した人－リーゼ・マイトナーの生涯－」晶文社（1990）
- Brenda Maddox、福岡伸一監訳・鹿田良介訳「ダークレディと呼ばれて－二重らせん発見とロザリンド・フランクリンの真実－」化学同人（2005）
- 小山慶太「神様はサイコロ遊びをしたか－宇宙論の歴史－」講談社（1997）
- J.P.McEvoy・Oscar Zarate、治部眞里訳「マンガ量子論入門－だれでもわかる現代物理－」講談社（2000）
- 東京地学協会「伊能忠敬の科学的業績」古今書院（1997）
- 鳴海 風「円周率の謎を追う－江戸の天才数学者・関孝和の生涯－」くもん出版（2016）
- 鳴海 風「算聖伝 関孝和の生涯」新人物往来社（2000）
- 北 篤「正伝野口英世」毎日新聞社（2004）

歴史上の科学者を教材化する試み

福田真人「北里柴三郎 一熱と誠があれば」
ミネルバ書房（2008）
岩男壽美子・原ひろ子「科学する心 日本
の女性科学者たち」日刊工業新聞社（2007）
池内 了「科学者と戦争」岩波新書（2016）
山崎 益男「小学校教員志望学生の科学への
関心を高めるための取り組みと課題」千葉
敬愛短期大学紀要第 39 号（2017）