

理科と関連した世界史授業の実践

野村 昌幸

はじめに

現在私が勤務している東京都立小山台高等学校は、品川区にあり、旧制東京府立第八中学校として創立された九〇年以上の歴史をもつ伝統校である。一学年八クラス編成で在籍数は、全校で約九六〇名である。運動会（体育祭とは呼ばない）を中心とする学校行事や班活動（部活動とは呼ばない）がさかんだが、定時制課程を併設しているため放課後の活動時間は短い。卒業生の進路は、毎年国公立大学と理科系関連学部に進学する者が多い点が特徴的である。

本校の教育課程において世界史Bは第二学年で必修二単位、日本史Bも必修二単位を併修させる。第三学年では世界史受験者を対象とした講義形式六単位、演習形式二単位（他の科目と

の関係でとらない生徒もいる）の最大八単位が設定されている。

一 他教科と関連した世界史授業

以前に勤務していた東京都立大泉学園高等学校（現在は都立大泉北高等学校と統合し、都立大泉桜高等学校）は、三つのコースで編成された普通科コース制の高校で、選択科目のなかに「国際理解」という学校独自の講座を設定していた。この講座は、地歴科と公民科の教員によるチームティーチング形式で授業をおこない、担当教員のペアは毎年交替した。複数の教員が協力した授業実践は、義務教育課程では多くの報告例がみられた。しかし、二四年前にこの授業を実施した当時は、高校ではまれな事例だった。この講座を担当して地歴科と公民科が連携した授業に対する違和感がなくなったことで、生徒に広い視

野で多様な価値観をもつことの重要性を提示でき、有意義であった。また、他教科の教員や大学の外国人留学生を招いた授業実践によって、開かれた雰囲気味わえたように思う。

現行の学習指導要領では地歴科・公民科間で関連・連携した授業実践の重要性が提示されている。私は世界史と他教科とを関連させた授業も可能であると継続的に考えてきた。このように考える理由は、英語科のリーディングや国語科の現代文で取り上げられる内容が多岐にわたっており、他教科の教員が世界史図説や教科書を借りてくることを経験したからである。一方、世界史の教科書に掲載される内容も広範囲にまたがっている。

私自身も化学の図説や英語のテキストを貸してもらったことがある。以前私は、二〇一〇年八月に東京都歴史教育研究会（都歴研）の授業研究研修会で英語・理科・音楽など他教科と関連させた実践例を、過去の大学入試問題や定期考査問題とともに発表した。

今回のレポートでは、その発表内容も引用しながら理科と世界史の関連性について紹介したい。理由は、SSH（スーパーサイエンスハイスクール）における世界史教員の立ち位置を考えたからである。SSHという特殊な学校以外でも、理系分野を志望する生徒に世界史をどのように教えるのかについては多くの教員が直面する課題だが、文系志望の生徒が大学入試で詳

細な科学史の問題に遭遇した場合の対処法も考慮せねばならない。少し古いが二〇〇九年実施の慶應義塾大学法学部の問題「感染症と治療法・予防法」などは、そのような例の一つとして挙げられよう。

私は、以前から都歴研の世界史委員として多くの先生方との年に出题された大学入試問題を調査・分析し、結果を『都歴研紀要』で報告してきた。この経験を通して感じたことや疑問をもとに入試問題について考えると、次のようなことがいえる。

- ①政治史ほどではないが、各大学で文化史が出题され、とくに人文科学系学部では、出题される機会が多い。

- ②現役の受験生は、文化史を学習する時間が少なく、教員も放課後や長期休業中の講習や補習のテーマ史で取り上げているが、限界がある。

- ③大学入試問題を分析し、傾向と対策にふれた参考書のなかで、自然科学史の問題に特化したものはほとんどみられない。

また、現在の世界史教育と理科との関連性をみてみると、以下のようになる。

- ①山川出版社の『世界史用語集』をみても理科と関連する用語は想像以上に多い。解説文まで含めるとさらに広範囲にわたる。それは、項目別に専門用語（法則など）・人物・金属・元素・物質・植物などに分類できる。

②数多くの出版社が新書を発行し、自然科学の専門家が一般向けにわかりやすく解説してくれる書物にふれる機会がふえた。このような書物は、歴史の教員も参考資料として使えるようになった。

そこで最初に、理科と関連した世界史Bの大学入試問題を取り上げ、傾向を分析する。次に入試問題でも頻出の一六世紀以降の科学史を授業に使えるようなたちで簡略に紹介したい。表1をみればわかるとおり、科学史の問題は難関大学を中心に頻繁に出題されているからである。

本レポートが今後の先生方の授業のヒントになれば幸いである。

二 理科と関連した世界史B大学入試問題

まず過去五年間（二〇一三年から一七年）の入試問題を分析し、いくつか代表例を選んでみたが（表一）、過去問は想像以上に多かった。一〇年間にまで広げるとさらに増加する。なお資料として旺文社『全国大学入試問題正解 世界史』と『全国大学入試問題正解地歴（追加掲載編）』を参考にした。

①全体的傾向

文化史の一環として数問出題される場合が多いが、大問すべてにおいて出題される場合は要注意である。

②頻出大学

国公立大学より私立大学の方が多い。関西学院大学・同志社大学・南山大学は、複数以上の学部で重複して出題されることが多い。過去五年間は、あまり出題されていないが、二〇一一年以前には慶應義塾大学でよく出され、とくに二〇〇八年、法学部で出題されたヘルツの電磁波、ソルヴェイのアンモニア・ソーダ法、ホイヘンスの光の波動説などの問題は、難問だった。

③出題される時代

科学革命以降の一七―一九世紀ヨーロッパが圧倒的に多い。

一七世紀ではニュートンの万有引力と力学、ハーヴェーの血液循環、ボイルの気体力学、ライプニッツやパスカルと数学との関連性などが出題されている。ケプラーの惑星三法則に比べ、コペルニクスやガリレイの事蹟は、あまり出題されていない。

一八世紀では、ジェンナーの種痘法、リンネの植物分類法、ラプラスの宇宙進化論、ラヴォアジエの燃焼理論と質量保存の法則が頻出といえる。

一九世紀の物理学・化学では、ファラデーの電磁誘導と電気分解、マイヤーとヘルムホルツのエネルギー保存の法則、レントゲンによるX線発見、ノーベルとダイナマイト、キュリー夫妻のラジウム発見などが頻出。病理学分野ではパストウールの発酵メカニズムや狂犬病予防接種、コッホの結核菌とコレラ菌

●2017年実施

同志社大（全）：17～20世紀までの科学・技術・自然界の法則に関する人名を選択肢から選ぶ空欄補充問題。

ガリレイ（望遠鏡・地動説・物体落下の法則）、ラヴォワジエ（質量保存の法則）、パスカル（人間は考える葦・数学の確率論の始祖・機械式計算機発明）、ライプニッツ（機械式計算機開発・単子論）、ニューコメン（炭鉱の地下水汲み上げ用蒸気機発明）、パストゥール（フランス細菌学者・腐敗の仕組み解明）、ファラデー（電磁誘導発見・電磁気学の基礎確立）、ベル（磁石式電話器発明）、エディソン（電球・発電機）、ノーベル（ダイナマイト）、ダイムラー（ガソリン自動車発明）

●2016年実施

東京外国語大：史料を使用しながら感染症のマラリアを考察させる問題。

摂南大（外・経済）：ヨーロッパ科学技術史上の人名（著作名）を記号で空欄補充させる問題。

ロジャー＝ベーコン（スコラ学者・フランチェスコ会・観察と実験重視）、コペルニクス（ポーランド・地動説）、ニュートン（万有引力の法則）、ボイル（近代科学の父・気体と圧力の関係）、ハーヴェー（血液循環発見）、リンネ（スウェーデン・植物分類学確立）、コッホ（結核菌やコレラ菌発見）、『種の起源』（ダーウィン、自然選択）、レントゲン（ドイツの物理学者・X線発見・1901年に最初のノーベル物理学賞受賞）

●2015年実施

西南学院大（経・国際文化）：17～20世紀までの科学に関する発見史について人名を選択させる問題。

ボイル（近代科学の父・気体と圧力の関係）、ニュートン（天体運動観察・万有引力の法則）、ラヴォワジエ（燃焼理論・質量保存の法則）、ハーヴェー（血液循環）、リンネ（スウェーデン・植物分類学）、ケプラー（3つの惑星運行法則発見）、ラブラース（カントの星雲論・宇宙進化論・数学確率論）、ファラデー（電磁誘導・電気分解）、メンデル（エンドウ豆の交配実験・遺伝の法則）、パストゥール（発酵メカニズム・狂犬病予防接種）、コッホ（結核菌とコレラ菌発見・細菌純粋培養と染色法・細菌学確立）、フレミング（ペニシリン・抗生物質）、キュリー夫妻（ラジウム）、アインシュタイン（相対性理論）

●2014年実施

和歌山大：銅・青銅・鉄・金などの金属史。

●2013年実施

東京女子大（現代教養）：ペスト、コレラ、インフルエンザ、天然痘などの感染症史。

表1 理科と関連した世界史B大学入試問題の代表例 人名（著作名）は解答例で、（ ）内はヒントとなる用語である。

発見。生物学ではダーウィンの『種の起源』と進化論、メンデルのエンドウ豆交配と遺伝の法則。科学技術分野ではモールスと電信機、ベルと電話器、マルコーニと無線電信、エディソンの電灯、ダイムラーのガソリン自動車などがよく出題されている。

二〇世紀は、意外に少なく、アインシュタインの相対性理論、フレミングのペニシリンと抗生物質、ワトソンとクリックによるDNA二重らせん構造の発見などが出題されている。

④その他の時代や地域

イスラーム文明では、インド数学の影響を受けたゼロの概念や十進法、ギリシア数学やローマ数字に比べ、位取り記数に便利なアラビア数字の発明などがとり上げられている。数学者では、フワリズミーによるアラビアの代数学や三角法が出題されている。また医学者・哲学者イブン・シーナー（ラテン名アヴィケンナ）の『医学典範』に注意が必要である。

古代ギリシアでは、イオニアの自然哲学者タレスと「万物の根源は水」という主張が、ピタゴラスやデモクリトスに比べて頻出である。また小アジア出身の「医学の父」ヒッポクラテスも必須である。ヘレニズム時代はエウクレイデス、エラトステネス、アリストアルコスらが出題されるが、アルキメデスと浮体の原理は、意外に出題されていない。ローマ時代では、プリニ

ウスの『博物誌』やプトレマイオスの『天文学大全』と天動説に注目する必要がある。

三 科学史上の人物からみた世界史

私は、日頃の授業で自然科学に関するエピソードを補足的に取り上げている。反応は、必修で全員受けている第二学年と世界史受験を控えた第三学年では、異なる。現在どの程度まで伝統が残っているか不明だが、本校には「小山台教養主義」という言葉がある。第二学年は、どのクラスも文系・理系の生徒が混在し、とくに授業と関連していない場合でも一般教養とうけとめているようだ。また素直な生徒が多く、ノート点検をしても各自で工夫をこらしている。私が授業をおこなう際に心がけていることは、次のような点である。

- ①時間は、五分以内とする。
- ②文化史に限定しない。
- ③大学入試問題にもふれる。
- ④教科書・用語集・副教材の図表に配慮する。
- ⑤ほかの世界史教員が着目しない内容にも積極的にふれる。
- ⑥日頃から自然科学的内容に注目し、専門書は無理でも概説書を読み、参考にする。
- ⑦時事的なことも取り上げる。二〇一五年のデング熱発生時に

は、ヒトスジシマカ、地球の温暖化と生態系の変化、熱帯性マラリアにふれた。また今年ヒアリが話題になった際、天敵昆虫の活用や防疫方法を取り上げた。

⑧中途半端に聞きかじった内容は取り上げない。とくに⑧には、注意を払っている。真面目な生徒ほど教えた教員の雑学話の内容を卒業後も記憶しているからである。

以下の文章では、時代ごとの自然科学の発達や特色を概観したのち、その時代に活躍した人物と業績例を授業にも使えるようなかたちでまとめた。まず一六世紀の科学からみていこう。

古代ギリシアの自然学は、自然科学の源流だが、今日の科学とは、異質なものと見える。その理由は、一六世紀までの自然現象をとらえる基本的な姿勢が近代以降と大きく異なるからである。それでは、科学革命を準備した要因、つまり一七世紀以降の科学が大発展を遂げた原動力とは、何だったのだろうか。その要因は、いくつか考えられる。一六―一七世紀に活躍したガリレイを例にあげてみたい。

①実験の重視。事実を見誤ることなく法則を導くための工夫が実験である。ガリレイの功績は、物体の落下現象に実験を取り入れ、新たな方法論の有用性を広く知らしめたことにある。

②職人と学者の融合。社会階層や身分意識は科学の発達を阻害

する大きな要因になっていた。材料や部品を用意し、用具を作ることは職人の仕事であった。学者は、手を汚す作業を低くみてそれに携わることを避けた。ガリレイは、必要な器具をみずから製作し、実験し、二つの身分階層の融合につながった。

③数学による理論の構築。物体落下のような動的变化をとまなう問題の解決には、従来の幾何学では限界があった。力学や運動論の確立には、既存の数学の借用ではなく、運動現象の記述に適応した微積分の導入が必要だった。

④古典的権威の排除。一六世紀までの自然学においては新発見や独創性の重視、研究業績の先取権に対する意識がみられない。プトレマイオスの天動説やアリストテレスの自然学のよい古典的理論に価値を置き、完成された体系を素直に継承することが学問であるとみなされていた。しかし、ガリレイは古典の受容から独創的発見の重視へと学問の価値観を変容させた点でも功績があった。

⑤情報の伝達。実験や数学を駆使して自然を研究する人々が増加すると、各地で関心を共有する同好者のサークルが形成され、研究成果の情報交換が図られるようになった。チャールズ二世時代に設立されたイギリス王立協会は、世界で初めて定期的に学術刊行誌を発行し、論文を掲載することで知識の

普及に貢献した。

ガリレイの後世への影響として、①先取権に対する意識、②実験の導入、③科学の普及があげられる。なおピサの斜塔の上から玉を落下させた有名な実験は、弟子の創作である。彼は望遠鏡を用いて天体観測の成果を初めてまとめた。また望遠鏡を、自分の工房で製作し、販売することまでしている。その後の宗教裁判で異端誓絶を強制されると表立って地動説を唱えられなくなり、目立たぬかたちで運動理論を展開した。

ガリレイのあとをうけた一七世紀の近代自然科学は、物理学から始まる。この時代を代表するニュートンは、数理化された体系でニュートン力学を確立し、これにより汎用性の高い法則を基盤とする理論体系が誕生した。また望遠鏡の改良は、人の視覚能力を高め、宇宙に目を向けさせることをうながした。

なおニュートンは、大蔵大臣の招きで造幣局監事に就任、以後ケンブリッジの学究生活から、政府高官に転身した。名誉職であったが、当時横行していた贋金造りの組織を摘発し、造幣局長官に昇進した。重要経済政策にも関与、イギリス経済史に名を残す実績をあげている。王立協会会長、国会議員をつとめ、アン女王からナイトの爵位を受けた。自己顕示欲も強く、ヴォルテールは『哲学書簡』のなかで「葬られたときも臣下に恩恵を施した王のようであった」と記している。

一八世紀は、化学が近代科学の基礎を築いた時代である。錬金術に根ざした物質観、元素観も変化した。背景として気体の研究によって水素や酸素が発見されたことがあげられる。古代ギリシア以来の水や空気が基本元素であるという考えが否定され、化合物で分解可能なことが明示された。この時代にニュートン力学は、大陸部を中心に移してさらに発展し、近代科学の模範となった。電気分野ではヴォルタ電池の発明が安定した電流を長時間継続して得ることを可能にした。こうして電磁波や電気分解による新元素発見という新たな手段が生まれた。また、革命期のフランスでは、技術者の養成を目的とした公共事業中央学校が創設され、のちにエコール・ポリテクニクと改称、科学技術の専門家を組織的に養成する教育機関になり、多くの人材を輩出した。

この時代を代表する科学者であるラヴォアジエの著作『化学原論』によって化学は錬金術から脱却し、近代科学としての第一歩を踏み出した。定量的実験を通じて元素とは科学的分析で到達できる究極の要素であり、それ以上分解できないことが提示された。やがてこれが一九世紀化学の発展につながる。彼は化学反応の前後でそれに関与した物質の総質量は等しいとする質量保存の法則の確立でも知られている。

一九世紀前半の科学では、種々の現象や作用を統一してとら

える枠組、概念が要求された。熱力学は電磁気学や光学とともに物理学の一分野として基礎を構築し、新たな元素の発見が相次いだ化学とともに近代科学をさらに発展させた。また従来の趣味、道楽的な科学研究から職業として社会に定着した専門家が生まれた。サイエンティストという用語がつけられたのもこの時代である。また産業革命をへて社会が科学に携わる専門家を必要とするようになったため、ヨーロッパ各地で科学教育を組織的におこない、専門家を養成し、社会に定着させる機関が創設された。

この時代に活躍したファラデーは電磁誘導や電気分解の法則の発見者で知られている。彼は貧困層出身で高等教育を受けず、製本屋に奉公した。『ブリタニカ百科事典』に載るガルヴァーニとヴォルタの電気実験に興味をもち、ロンドン王立研究所のデイヴィーによる市民対象公開実験（テーマは電気分解）に参加した。ファラデーはスケッチした実験ノートを製本後、デイヴィーに送付し、雑用係に採用された。現在も王立研究所は、一般市民を対象に科学を平易に解説する公開講座を開いている。一九世紀後半になると分光学の確立によって試料を熱して発光させ、分光器にかけて含まれる元素が識別できるようになった。ダーウィンの進化論、メンデルによる遺伝の法則発見によって生物学が近代科学の仲間入りをはたした。レントゲンのX

線発見をきっかけに、ベクレルによる放射線を出す能力（放射性）発見、キュリー夫妻のラジウム、ポロニウム発見がもたらされた。また放射性元素から三種の放射線（ α 線・ β 線・ γ 線）が放出されていることも明らかになった。一九世紀末のわずか五年間に大発見が相次ぎ、物理学は電子・原子・放射能などのミクロの世界の研究に突入する。これは古典物理学（ニュートン力学・電磁気学・熱力学）のもっていた限界をうち破った。

進化論で大きな影響を与えたダーウィンは、博物学者としてイギリス海軍のビーグル号に乗船、数多くの標本や観察記録を携えて帰国後『ビーグル号航海記』や『種の起源』を刊行した。ダーウィンは当初『種の起源』をじっくり構想を練ってから執筆する予定だったが、マレー半島で調査中の博物学者ウォレスから、ダーウィン学説と基本的に同じ内容の論文が送付されてきたため、急いでダイジェスト版を出すことになった。やがて進化論の提唱が宗教界、科学界に大反響を与えることになる。二〇世紀前半における物理学の関心は、古典物理学では解明できないミクロの世界に対応する新たな理論の構築へと移った。その基盤が、プランクの量子仮説に歴史的な意味づけを与えたアインシュタインの光子量子仮説である。また彼が発表した相対性理論は、時間・空間・質量の概念を根底から覆した。その後

一九二〇年代になると量子力学が確立、三〇年代には、原子核物理学が発展した。

アインシュタインの特殊相対性理論は、論文に引用文献がない完成形で出された。これにはニュートン力学と決別し、時間・空間概念を根底から覆そうとした彼の自覚が感じられる。のちに発表された一般相対性理論は、動力と見かけ上の力を完全に同等とみなし、二つの力が等価になると、静止している系の外に動力源が存在する場合と、加速度系との区別がつかないとする理論である。なお彼のノーベル物理学賞受賞の理由は、相対性理論ではなく、プランクの量子仮説を発展させた光量子仮説を中心とした理論物理学に対するものだった。

二〇世紀後半は、物理学の時代と形容できる。第二次世界大戦後、粒子加速器の高エネルギー・巨大化によってさらなる物質の分解が可能になった。ワトソンとクリックによるDNAの構造説明も物質科学上の成果といえる。手がかりは、撮影されたDNAのX線回折像^{かいせつ}であり、元来結晶構造（原子の規則的な立体配列）を調べる実験技術がDNAの二重らせん構造を説明することに役立っている。またハイテク成果を駆使した光学望遠鏡や電波望遠鏡を利用した宇宙光学が発展した。

ワトソンとクリックは、ロザリンド・フランクリンによって撮影されたDNAのX線回折写真などをデータとしてアデニン

とチミン、グアニンとシトシンの四つの塩基対がペアを作り、二組の塩基対がリン酸、糖からなるリボンを結びつけ、二重らせん構造が形成されているという画期的な発表をおこなった。

二一世紀の科学は、生命科学の時代といえる。二〇世紀末のクローン羊の誕生、二一世紀の凍結保存されたマウスのクローン誕生は絶滅種再生の可能性を提示した。ES細胞（胚性幹細胞）やiPS細胞（人工多能性幹細胞）の開発、ヒトゲノム（人間の遺伝子情報全体）完全解読は、食糧問題・医療・新薬開発などへの応用が期待される反面、生命を人工的に操作できる技術の発展が倫理面や安全面で難しい課題をかかえている。

現代を代表する日本の科学者として、山中伸弥と森田浩介をあげておこう。山中は、二〇〇六年にマウスの皮膚細胞に四種類の遺伝子を導入・培養し、ES細胞のようにさまざまな臓器や組織細胞に分化できるiPS細胞を世界で初めて作製した。翌年、人の皮膚細胞からも作製に成功している。今後、再生医療・新薬の開発・病気の原因や発症メカニズムの解明などの分野において期待されている。一二年にノーベル生理学・医学賞を受賞した。

森田は、埼玉県和光市の理科学研究所仁科加速器研究センターでグループディレクターをつとめた。彼はビスマスに亜鉛イオンを衝突させ、二〇〇四年に存在が確認されていなかった一

一三番元素 (Ut・ウンントリウム) の合成を確認した。二二年までに四〇〇兆回の衝突実験で三回成功。一五年一二月、IUPAC (国際純正・応用化学連盟) が新しい元素と認定した。これをうけて一三番元素は一六年六月「ニホニウム」と命名され、一月に最終確定した。アジアで初めて命名されたこの元素は、Nhと表記する。

おわりに

今年七月、私的な世界史研究会「同時代史の会」において「元素の歴史——科学と世界史の関連」というテーマの報告をおこなった。おもな内容は、元素説の歴史の変遷、人類が発見して利用した元素、元素名の由来などである。文部科学省は「一家に一枚シリーズ」の一環として元素周期表を発行している。数学科の教員は「素数と数列は美しい」という。私はメンデレーエフの周期表も美しいと思う。なお周期表は、周期表史というテーマで報告できるほど多くの歴史上の化学者が独自のものを作成している。元素は世界史との関連性で十分テーマとなりうる。

近年の理科と歴史をめぐる状況を概観すると、東京農工大学と東京外国語大学の連携、地震や津波のメカニズムの研究と歴史学との連携、炭素一四を利用した歴史学・考古学上の年代測

定法 (遺物の年代特定に科学的手法を導入) など学際的な新しい研究分野の増加がみられる。文系と理系の枠組みをこえて共同研究する必要性がある時代が到来したのではないかと考えている。

▼参考文献

- 池内了『科学者と戦争』(岩波新書、岩波書店、二〇一六年)
石井実監修『日本の昆虫の衰亡と保護』(北隆館、二〇一〇年)
小山慶太『科学史年表』(中公新書、中央公論新社、二〇一一年)
佐藤健太郎『世界史を変えた薬』(講談社現代新書、講談社、二〇一五年)
鈴木紀之『すごい進化——「一見すると不合理」の謎を解く』(中公新書、中央公論新社、二〇一七年)
モートン・マイヤーズ(小林力訳)『セレンディビティと近代医学——独創、偶然、発見の一〇〇年』(中公文庫、中央公論新社、二〇一五年)
(のむら まさゆき/東京都立小山台高等学校教諭)