

玉蟲文一の理化教育

— 原子説の教授法を中心に —

遠藤 瑞己

1. はじめに

19世紀末、スヴァンテ・アレニウス (Svante August Arrhenius, 1859-1927) やヴィルヘルム・オストワルト (Wilhelm Friedrich Ostwald, 1853-1932) らの溶液に関する研究によって物理と化学の間に新たな分野、物理化学が誕生した¹。さらに 20 世紀初頭には物理学者らの貢献により原子の存在を示す証拠が積み重なり、元素や原子、分子といった化学の基本概念は物理学の観点から理解されるようになった²。こうして化学者と物理学者は互いの分野に精通する必要に迫られた。

同時期に、本邦では中等教育の段階から物理と化学を融合しようとする取り組みが実施されはじめていた。例えば 1888 年から尋常中学校の第 2 学年で実施された「理化示教」では、物理と化学を融合した教科書が用いられた³。一方、物理化学の研究者であった東北帝国大学理科大学の片山正夫 (1877-1961) は、1917 年に第 4、5 学年向けに物理と化学を融合した『中等理化教科書』を出版した⁴。その理念は現在の武蔵大学、武蔵高等学校・中学校の前身である 7 年制の旧制武蔵高等学校において、物理と化学を融合した「理化」という形で実践された⁵。この「理化」を担当したのが、片山の推薦で 1924 年に着任した玉蟲文一 (1898-1982)

¹ W. H. ブロック 著、大野誠、梅田淳、菊池好行 訳『化学の歴史 II』(朝倉書店、2006) : 278-279 頁。Harry C. Jones, *The Elements of Physical Chemistry* (Macmillan, 1902): v.

² 『化学の歴史 II』、364-382 頁。

³ 岡邦雄『唯物論と自然科学：第一評論集、再版』(叢文閣、1935) : 325-332 頁。三井澄雄「物理と化学を融合した理化教育の一つの試み —武蔵高等学校尋常科の理化教育—」『埼玉県立浦和工業高等学校紀要』第 7 号、31-44 頁 (1978) : 31 頁 (以下、「理化教育の試み」と略記)。

⁴ 片山正夫『中等理化教科書 上、訂正再版』(内田老鶴圃、1918)、序言 1 頁。

⁵ 三井「理化教育の試み」、32 頁。大坪秀二「旧制武蔵高校の理科教育 —教えを受けた生徒の立場から—」第 2 回玉蟲文一先生記念武蔵セミナー配布資料 (2000) : 1 頁 (以下、「旧制武蔵高校の理科教育」と略記)。セミナー配布資料は武蔵大学の薬袋佳孝氏にご寄贈いただいた。

であった⁶。

玉蟲の理化教育の概要については、玉蟲自身が1938年に出版した『初歩理化教科書』の内容も含めて既に三井によって論じられているが、その内容がどのような試行錯誤のもと形成されていったかという点については明らかになっていない⁷。そこで本稿では、物理と化学で教授法に顕著な差があった原子説に着目し、『初歩理化教科書』の前身となった教科書、およびその底本となった教科書との比較を通じて、玉蟲の理化教育の形成過程を検討することを目的とする。

2. 片山の理化教育用教科書

旧制武蔵高等学校で1922年の開校より理科教育を担当したのは博物学者の和田八重造(1870-1961)であった⁸。旧制武蔵高等学校は尋常科で4年間学んだ後、文理に分かれて3年間学ぶカリキュラムであった。尋常科における理科教育では、1年目は「人生ヲ中心トシタ科学全体 (Civic Science)」を主題に観察・思考を通じて日常と科学の密接な関係を理解することが目指された⁹。和田の考えでは、理科教育の導入部では生物・物理・化学などを細分化して教えるのではなく、相互に関連付けて総合的に教えるべきであった¹⁰。そのため、暗記教育よりも、身近な動植物や鉱物の観察・気象観測、そして農園作業・風あげ・模型飛行機の制作など、実験・観察を重視した経験主義的な教育に力点が置かれた¹¹。

尋常科第3、4学年は物理と化学を融合した「物理学及び化学」、いわゆる「理化」の授業を受けた¹²。具体的には、まず物理と化学に共通する基本的な測定を

⁶ 玉蟲文一『一化学者の回想』(中央公論社、1978): 31頁、124-125頁。

⁷ 三井「理化教育の試み」、32-42頁。

⁸ 『武蔵学園百年史 資料編』(根津育英会武蔵学園、2023): 写真館 014。和田重恭『「八重蔵物語」生涯篇』(2024): 96-105頁。

⁹ 『武蔵高等学校一覧』(1924): 29頁。三井「理化教育の試み」、32頁。

¹⁰ 「武蔵高等学校の理化教育」武蔵学園百年史 オンライン博物館 (<https://100nenshi.musashi.jp/Museum/Index/5aa9efa9-db6d-4d54-b54e-7d038b3e241e>)。

¹¹ 玉蟲は、科学は実験による経験と思考による論理の結合が不可欠であると考えていた。本稿では経験を重視する立場を経験主義、論理を重視する立場を論理主義と定義する。玉蟲「科学用語の定義について」『東京女子大学論集』第15巻、125-132頁(1964): 126-131頁。

¹² 大坪「旧制武蔵高校の理科教育」、1頁。

行い、物質とエネルギーの概念のもとに熱、光、電磁気、化学反応などを互いに関連付けることで、「経験ヨリ法則ニ到ル精密科学ノ経路ヲ明瞭ニシ、自然現象ノ意義ニ向ツテ研究心ト理解力トヲ発育セシメル」ことを目的としていた¹³。「理化」を担当した玉蟲は物理と化学を融合した教育方法を模索したが、その理念は和田だけでなく、玉蟲の指導教員であった片山の考えとも共鳴していた¹⁴。

物理化学者である片山は、研究だけでなく教育においても物理と化学を融合する必要性を主張していた。明治期以降、物理や化学は研究の進展している西洋から輸入する形で発展したが、両分野で中等教育における教育方針が大きく異なっていた¹⁵。例えば物理ではいち早く原子などの存在を認めた教授法が普及したが、化学においてはドイツの物理化学者オストワルトの影響が強く、原子をはじめとした仮説上の存在を認めない教授法が根強かった。例えば原子説を信奉していた櫻井錠二（1858-1939）は、以下のように中等教育には不要だと主張した。

甚だ無責任に原子説分子説を説立てて、生徒に誤解を与るよりも、寧ろ之を説かざるの優れるに若くは無るべし¹⁶

さらに櫻井の弟子である池田菊苗（1864-1936）は原子説について次のように言い切った。

初学者をして永く空想界に彷徨せしめ化学上の理論と事実との関係を正当に領解する能はざらしむるの弊ある¹⁷

さらに、西洋の書籍から翻訳された専門用語は物理と化学で異なる場合が多く、1880年代以降各学会を中心に訳語の統一事業が進められたものの、完全な統一には至っていなかった¹⁸。したがって片山は、中等教育においては教授法や専門用語

¹³ 『武蔵高等学校一覧』、30頁。

¹⁴ 平井正人「信濃教育会の「玉虫文庫」を訪ねて」『科学史・科学哲学』第25巻、56-66頁（2022）：60頁。

¹⁵ 片山「物理学と化学との中等教育に就て」『東洋学芸雑誌』第42巻、529-533頁（1926）：531-532頁。

¹⁶ 以下、引用中の旧字体は新字体に改める。櫻井錠二「近世化学教科書理学士大幸勇吉著」『東洋学芸雑誌』第15巻、47-48頁（1898）：48頁。

¹⁷ 池田菊苗『化学教科書 上巻』（金港堂、1894）、緒言2-3頁。

¹⁸ 遠藤瑞己「明治期の訳語選定事業における「翻訳の文化」—bondの訳語「価標」を例に一」『化学史研究』第51巻、189-203頁（2024）：192-193頁。

語を統一した形で、物理と化学とをまとめた形で教育すべきだと考えていた。

片山の考える融合教育の具体的な形は、1917年に出版した上下巻からなる『中等理化教科書』にあらわれている¹⁹。序言では以下のように述べている。

中等教育に於て物理学と化学とを融合して教授するは甚便益あること殆ど何人も承認するところなり。然れども未だ適當の教科書無きが為めに敢て之を試むる者を見ず。本書は此の要求に応ぜんが為めに編纂したるものにして、中等教育に多大の経験ある人士の意見をも商量して計画を立てたり²⁰

上巻は第4学年向けにかかれており、物理と化学の両学科に関する事項が互いに織り交ぜられていた。一方で第5学年に執筆された下巻は「第二巻 化学の下」と物理「第三巻 物理の下」に分けて執筆された。

物理と化学の融合という観点からは上巻が重要である。第一篇「諸論」では「観察と実験とを基として自然現象を研究する学科を総称して自然科学という」ことが述べられ、物理は物理的变化を、化学は化学的变化を考究する学科だと整理された²¹。そして両学科における測定の重要性に言及したのち、偶数篇（第二編「流体 酸素 水素」・第四篇「炭素 原子 分子」・第六篇「化学工業の主要元素」）では化学を、奇数篇（第三篇「熱」・第五篇「勢力」・第七篇「電気」）では物理を中心に扱った。

先に述べたように、片山が従来の教育法について問題視したのは、特に原子説などについて化学と物理の教授法に乖離があった点である。そこで片山は本書において原子や分子の存在を所与のものとして扱い、第四篇では炭素化合物における倍数比例の法則、気体反応の法則を紹介したのち、原子や分子について以下のように説明した。

総ての物質は分子と称する極めて小なる細粒の集まれるものなり。（中略）分子は更に小なる部分に分れ得べきものにして、分子を構成する最小部分を原子といふ。原子は一

¹⁹ 三井「理科教育の今と昔 — 「物理」と「化学」の融合の歴史から見た—」『化学と教育』第40巻、78-82頁（1992）：78-79頁（以下、「理科教育の今と昔」と略記）。

²⁰ 『中等理化教科書 上、訂正再版』、序言1頁。

²¹ 同書、2-4頁。

定の元素に就ては其の質量、性質一定なり。即ち単体の分子は同一の原子一個若しくは
数個より成り、化合物の分子は数種の原子より成る²²

原子の質量について、わざわざ「一定の元素に就いては」と断っているのは元素
概念において当時問題となっていた放射性元素の崩壊現象が念頭にあったと考え
られる²³。実際、下巻においてはウランやラジウムをはじめとして放射性元素に
ついてもしっかり扱われていた²⁴。このように、上巻は第 4 学年向けに執筆されなが
らも、理論的整合性を重視した論理主義的傾向が色濃く、学界の最新の動向も反
映された教科書であった。

片山の教科書が実際にどれだけ採用されたかどうかははっきりしない²⁵。しか
し片山はその後にも物理と化学をまとめて一学科として教えるべきだという方針を
堅持し続けた。そして 1926 年、片山は以下のように述べた。

此物理と化学を一科として教へる方法を具体的に実行したのは、自分の知つて居ると
ころでは武蔵高等学校が第一であると思はれる。(中略) 此の実験で物理と化学とを中等
教育と一緒に教へる事は不可能である。又は不成績であるといふ議論は成立たぬ様に思
はれる²⁶

当時、武蔵高等学校で物理と化学を融合した科目を担当していたのは玉蟲である。
玉蟲は片山の教科書は採用しなかったものの、片山の教授法、すなわち最初は物
理と化学を融合して教え、その後は物理と化学を分離して教える、というスタイ
ルは受け継いだ²⁷。

3. 玉蟲の理化教育の源流

旧制武蔵高等学校では、尋常科の物理、化学を分けて教授するのは最近の学問

²² 同書、131-132 頁。

²³ Jordi Cat, Nicholas W. Best, "Atomic number and isotopy before nuclear structure: multiple standards and evolving collaboration of chemistry and physics." *Foundations of Chemistry*, 25, 67-99 (2023) .

²⁴ 片山『中等理化教科書 下、訂正再版』(内田老鶴圃、1918) : 92-93 頁。

²⁵ 三井「理科教育の今と昔」、79 頁。

²⁶ 片山「物理学と化学との中等教育に就て」、533 頁。

²⁷ 大坪「旧制武蔵高校の理科教育」、1 頁。

の動向を踏まえると不適當であるとして、尋常科第3、4学年において両者を融合し、物理化学の専門家が教授することになった²⁸。物理化学者である片山のもとで液体の界面張力に関する研究に従事していた玉蟲は、1923年12月24日に来校した際、尋常科第3、4学年の「理化を総合的に教授し教案を作り見る」ことが言い渡された²⁹。玉蟲にとって片山の『中等理化教科書』は有力な指針ではあったものの、そのまま使用するのでは自分の勉強にならないと考え、独自の教案作りを開始した³⁰。

玉蟲の学生時代には日本語で書かれた教科書は少なく、英語やドイツ語で書かれた教科書が多かった³¹。当時は読むのに大変苦勞したようだが、良き入門書に数多く出会った。玉蟲が教案作り際に参考にした教科書は2冊あった³²。1つはオストワルトが執筆した化学の教科書 *Die Schule der Chemie* (第1巻1903年、第2巻1904年。以下、オストワルト教科書と略記) である³³。オストワルトは化学の基礎には物理化学があると考え、ドイツの農芸化学者ユリウス・アドルフ・シュテックハルト (Julius Adolph Stöckhardt, 1809-1886) が執筆した初学者向けの教科書を参考に、先生と学生の対話形式で執筆した³⁴。シュテックハルトと同様にはじめは物質の物理的性質の確認からはじまり、「13. 元素」で元素が登場したあとは各物質について簡単な紹介が続いた³⁵。いずれの章も、具体的な実験、

²⁸ 『武蔵高等学校六年史』(武蔵高等学校、1928)：9頁。

²⁹ 『一化学者の回想』、29-31頁。大坪 編『旧制武蔵高等学校記録編年史：大正11年～昭和24年』(武蔵学園記念室、2003)：20頁。

³⁰ 『一化学者の回想』、125-126頁。

³¹ 玉蟲「如何に外国の科学書を読むか」『武蔵』第45号、45-48頁(1931)：45頁。

³² 『一化学者の回想』、126頁。

³³ 玉蟲の同僚であった都築洋次郎(1903-1988)が1940年に翻訳版を刊行した。Wilhelm Ostwald, *Die Schule der Chemie: erste Einführung in die Chemie für Jedermann. Erster Teil* (Friedrich Vieweg und Sohn, 1903). *Zweiter Teil* (Friedrich Vieweg und Sohn, 1904) (以下、Erster Teil, Zweiter Teil と略記)。オストワルト 著、都築洋次郎 訳『化学の学校』(岩波書店、1940)。

³⁴ Ostwald, *Erster Teil* V-VII。

³⁵ シュテックハルト自身が1881年に執筆した教科書第19版と比較した。1900年に別の著者により第20版が執筆されているが、構成は大きく異なる。オストワルトが言及しているのは第19版以前の教科書だと思われる。J. A. Stöckhardt, *Die Schule der Chemie, oder, erster Unterricht in der Chemie, versinnlicht durch einfache Experimente. Neunzehnte verbesserte Auflage* (Friedrich

現象をもとに先生と学生が議論し、化学的な考え方を習得していくという点の特徴である。

オストワルト教科書の構成において興味深いのは第2巻である。従来の教授法では定量的な化学量論の導入が困難であった。オストワルト自身の考えでは、歴史上、化学量論の理論が深化するきっかけになったのは酸と塩基の中和反応に関する研究だった³⁶。さらに、中和反応は初学者にとっても比較的实验しやすい題材だった。そこで「1. 塩素。製法と性質」で登場した塩酸を例に、「3. 酸と塩基」では中和反応における化学量論関係に注意を向けさせ、「4. 化学元素」では当量概念に基づく考え方を導入した³⁷。続いて「5. 化合量」で、重さのある、それ以上分割できない小さな粒子として原子を登場させた³⁸。元素はドイツのマルク硬貨、フランスのフラン硬貨のような個々の価値を有する小さな断片からなるとしたうえで、硬貨の組み合わせを例に化合量と原子量の関係を説明し、倍数比例の法則や気体反応の法則の説明へつなげた。

原子説に批判的な立場をとったオストワルトは注意深く、原子量を説明したあとに以下のように対話させている。

生徒：それはすべて本当ですか？

先生：原子を見た人はまだいないし、個別にその重さを測った人もいないのです。したがって、原子の存在を仮定することは仮説 (I, 41) です。しかしそうすれば、化合量の法則の様々な応用を覚えるのが非常に楽になります。なぜなら、原子のイメージは非常に単純でわかりやすいからです³⁹

すなわち、オストワルトは教育において便利な概念として原子概念を導入していた。さらに「7. 原子説」では原子概念をより詳細に紹介しているが、オストワルトは原子説があくまで恣意的な仮定に基づくものであると注意を促している。

Vieweg und Sohn, 1881). Lassar-Cohn, *Zwanzigste Auflage* (Friedrich Vieweg und Sohn, 1900): V-VI.

³⁶ Ostwald, *Zweiter Teil*, V.

³⁷ 同書, pp. 2, 11-24.

³⁸ 同書, pp. 24-30.

³⁹ 同書, p. 28.

生徒：では、原子は自然法則と同じくらい確実なものということですね？

先生：まったくそうではありません。自然法則は、原子説のように恣意的な仮定に基づくものではなく、測定可能かつ実証可能な量的関係を表現するものです⁴⁰

オストワルトにとって、重要であったのは自然法則が測定可能かつ実証可能であることであった。同書には、教育は測定、実証を通じて行われるべきであるという、彼自身の経験主義的な考えが如実に表れていた。

玉蟲は、教育の精神においてこのオストワルト教科書を超えるものはないと断言し、物理と化学が見事に融合されていると評した⁴¹。ただ一方で、仮説を忌避するあまり分子や原子といった重要な概念までも避けるという点については、最新の学術動向を鑑みて改めなければならないとも指摘した。原子説、分子説を中等教育において導入するののかという点が、玉蟲の理化教育における課題となった。

一方、玉蟲が参考にした物理の教科書は、アメリカの物理学者ロバート・ミリカン (Robert Andrews Millikan, 1868-1953) およびヘンリー・ゲイル (Henry Gordon Gale, 1874-1942) が共同で執筆した教科書 *A First Course in Physics* (1906年)。以下、ミリカン・ゲイル教科書と略記) だった⁴²。彼らは従来の高等学校における物理教育が、大学における物理教育の圧縮版、もしくは工学への導入という傾向を有していたことを問題視していた。そこでミリカン・ゲイル教科書では、小規模校でも実施可能な演示実験を通じて生徒の理解している言葉で現実の物理世界の「なぜ」「どのように」を単純かつ直接的に提示することを目的としていた⁴³。

ミリカン・ゲイル教科書では生徒が日常接している現象が多く扱われていた。例えば「第 16 章 誘導電流」では電話が、「第 18 章 楽音の性質」では音階や楽器が、「第 20 章 像の形成」ではカメラや望遠鏡が、「第 21 章 色の現象」では虹が取り上げられた。また、物理の教科書でありながら化学に分類される題材も扱われた。例えば「第 6 章 分子間力」では溶液と結晶化、気体の溶解が、「第

⁴⁰ 同書、p. 42.

⁴¹ 玉蟲「中等理化学教授の一実験」『東洋学芸雑誌』第 42 巻、678-686 頁 (1926) : 683-684 頁。

⁴² 『一化学者の回想』、126 頁。

⁴³ Robert Andrews Millikan, Henry Gordon Gale, *A First Course in Physics* (Ginn & Company, 1906): iii.

14章「移動する電気」では電池が、「第15章 電流の効果」では電気分解が取り上げられた。玉蟲にとって、中等教育において化学と物理の融合教育を目指すにあたり大変参考になる先行事例であったであろう。ミリカン・ゲイル教科書においてもオストワルト教科書と同様に、実験を通じて現象を物理的に思考する点に重きが置かれていた。そのため同書においても当時実証の難しかった原子説は「確立された教義というよりは、科学界で権威ある者たちによって提唱された非常に興味深い仮説として捉えるべきである」と説明された⁴⁴。したがって、オストワルトの化学における教授法とミリカン、ゲイルらの物理における教授法はともに経験主義的な傾向を共有しており、親和性が極めて高かったといえる。

4. 玉蟲の理化教育用教科書

玉蟲は、片山の『中等理化教科書』を念頭に置きつつ、化学はオストワルト教科書、物理はミリカン・ゲイル教科書をもとに独自のプリントを作成し、それを製本した仮の教科書に基づいて授業を行った⁴⁵。教科書づくりにおいて問題となったのは、「教材を如何に選択し如何に之を配列するか」という点であった⁴⁶。1926年当時に用いていた教科書（以下、1926年教科書と略記）の構成は、東洋学芸雑誌に玉蟲が紹介したところによれば以下の通りである。

1. 序
2. 物質
3. 溶液
4. 融解又は凝固
5. 蒸発及び沸騰
6. 物質の三態
7. 測定
8. 密度及び比重
9. 空気
10. 気体の一般性
11. 蒸気の呈する圧力
12. 液体内の圧力
13. 燃焼
14. 酸素
15. 化合物及成分
16. 化学元素
17. 水の分解
18. 炭素
19. 炭素の簡単な化合物
20. 化学変化の諸法則
21. 分子及び原子
22. 分子運動及び分子力
23. ハロゲン元素
24. 硫黄
25. 窒素
26. 燐
27. 珪素
28. 硼素
29. 炭とその性質
30. 熱の伝達
31. ヒ素、アンチモニウム、及び蒼鉛
32. ソヂウム及びポッタシウム
33. 酸及び塩基
34. カルシウム、マグネシウム及び亜鉛
35. アルミニウム
36. 鉄
37. 錫、鉛、マンガン、ニツケル、クロム
38. 銅
39. 電気の性質

⁴⁴ 同書, p. 474.

⁴⁵ 『一化学者の回想』、126頁。大坪「旧制武蔵高校の理科教育」、1頁。

⁴⁶ 玉蟲「中等理化学教授の一実験」、679頁。

40. 電気解離の説 41. 原子価 42. 銀及び化合物 43. 金、白金、水銀及び其等の化合物 44. 主なる金属イオンの検出実験 45. 金属元素総括 46. 元素の週期律 47. 炭素化合物の化学 48. 砂糖、澱粉、アルコール、アルデヒド、有機酸、エステル、脂肪、蛋白 49. 前項に関する定性実験 50. 生物体内に於ける化学的合成及び分解 51. エネルギーの源泉としての太陽 52. 力 53. 力と運動 54. 仕事と機械 55. 仕事と熱 56. 波動 57. 音の性質 58. 光の性質とその伝達 59. 光学器械 60. 光の分析 61. 磁気 62. 電気及電流 63. 電流の作用 64. 感応電流 65. 眼に見えぬ輻射線⁴⁷

随所には生徒に課すべき実験、観察、鉱山見学のような実地見学が明示されており、和田のような経験主義的な教授法も採用されていた。一方で、化学と物理が融合されていた『中等理化教科書』の上巻と比較すると、玉蟲の1926年教科書では前半と後半で化学と物理がやや分離した構成となっていた。玉蟲によれば、教科書の構成は『中等理化教科書』を参考にしたとのことであった。

上記の課程の配列はその主意に於て片山博士の旧著中等理化教科書——本書に於て同博士の所説が実際に組立てられた——に負ふ所が甚だ多い、即ち課程の前半に於ては物質の一般性と特殊性とを交錯せしめ同時に熱、電気による物質の変化を融合して進み、後半に於てはエネルギー種の変移立場より主として物理学的な事項を説明したのである⁴⁸

しかし実際には『中等理化教科書』の構成と異なる部分も多く、化学を中心に扱った前半はオストワルト教科書、物理を中心に扱った後半はミリカン・ゲイル教科書の影響もみられる。構成上の内容の順序が明らかに類似していると思われる部分としては、化学を扱った前半については2-8、13-16、23-26はオストワルト教科書と、9-12、18-22は『中等理化教科書』との類似が挙げられる。一方で物理を扱う後半については、前半ほど顕著ではないものの、52-55についてはミリカン・ゲイル教科書、56-65については『中等理化教科書』と構成上の順序が類似している。

⁴⁷ 同書、679-683頁。

⁴⁸ 同書、683頁。

教科書の構成において玉蟲が苦心したのは、経験主義的な教育法では導入が困難な抽象概念の扱いである⁴⁹。特に玉蟲は原子説、分子説の教授方法について以下のように考えていた。

しかし仮説の意義といふようなことは初学者に徹底しない。従てむしろ一面には単に概念的に、平易なる論理に於て、分子式乃至化学式に至る経路を示し、——如何にして分子量、原子量を決定するか等の事項は屢く保留しても差支あるまい——又他面には物理学に於て所謂分子的現象として説明する事項を伴はしめ、よつて原子説、分子説が単に抽象的の概念のみに止まらず物質の実際的な機構を裏書するものとして経験的に基礎づけられる辺の消息を知らしむることが適當ではないかと思ふ⁵⁰

そこで 1926 年教科書ではオストワルト教科書にみられたような酸と塩基の中和現象から当量を導入し、仮説としての原子を紹介するといった経路は取らず、片山のように炭素化合物の倍数比例の法則、気体反応の法則を説明したあとに原子説、分子説を導入するという手順を採用した。したがって 1926 年教科書における抽象概念の導入について、玉蟲は片山のような理論的整合性を優先する論理主義をとりつつ、補助的にオストワルトのような実験や観察を優先する経験主義を採用していたと考えられる。

玉蟲はその後も理化教育における教科書を改訂し続けた。1931 年に使用されていた教科書（以下、1931 年教科書と略記）が武蔵学園記念室に所蔵されていたため、その内容をここに紹介する⁵¹。1931 年教科書は「化学 其一」「化学 其二」「物理」から構成されている。「化学 其一」は以下の通りである。

1. 物質
2. 性質
3. 物質と混合物
4. 溶液
5. 融解と凝固
6. 蒸発と沸騰
7. 測定
8. 密度
9. 物質の三態
10. 燃焼
12. 酸素
13. 化合物と成分
14. 元素
15. 軽金属

挿入：固体について 液体について

16. 重金属
17. 酸素（続）
18. 水素
19. 爆鳴気
20. 水と氷
21. 水蒸気
22. オ

⁴⁹ 同書、685 頁。

⁵⁰ 同書、684 頁。

⁵¹ 『化学・物理講義（尋常科）昭和六・七年』中村俊文氏寄贈、武蔵学園記念室所蔵。

ゾーン 過酸化水素 23. 窒素 24. 空気 25. 炭素 26. 一酸化炭素 27. 二酸化炭素
28. 塩素 製法と性質 29. 酸とアルカリ 30. 酸及びアルカリの当量 31. 化合量
31. 倍数比例の定律 32. 気体反応の定律 33. 原子説、分子説 34. 化学式 35. 電気
分解 36. 酸類 37. 塩 38. 塩素の酸素化合物 39. 臭素 40. 沃素 41. 弗化水素
HF 及び弗素 F₂ 42. 硫黄 43. 硫化水素 44. 硫黄の酸化物⁵²

続く「化学 其二」は以下の通りである。

1. 簡単な窒素の化合物 2. 燐 3. 珪素 Si、及硼素 B 1. 石油及炭化水素 5. 燃料 6.
炭水化物 7. アルコール類 8. アルコールより直接得られる化合物 9. 脂肪及び油
(油脂) 10. タンニン及び蛋白質 11. コールタールの蒸溜物⁵³

1926 年教科書と異なり、化学の構成はオストワルト教科書と酷似している⁵⁴。例
えば 1927 年に改訂されたオストワルト教科書と比較すると、1931 年教科書では
固体、液体に関する挿入を除き「19. 爆鳴気」まで同じであり、「20. 水と氷」で
はオストワルト教科書で分かれていた「水」と「氷」がまとめられ、「21. 水蒸気」
のあとには原著に無かった「22. オゾン 過酸化水素」が追加されている⁵⁵。続
く「23. 窒素」から「32. 気体反応の定律」まではオストワルト教科書にはあった
「27. 二酸化炭素」のあとの「太陽」、「28. 塩素 製法と性質」のあとの「塩素と
水」が省略されたほかは同じ順序で項目が並んでいる。次にオストワルト教科書
には無かった「33. 原子説、分子説」「34. 化学式」が加えられたのち、「35. 酸類」
から「44. 硫黄の酸化物」までは順序の前後はありつつもほぼ同じであった。

⁵² 11 は抜け番。31 は「化合量」と「倍数比例の定律」があり、11 を飛ばしたことによるミスの調整だと考えられる。「34. 化学式」と「35. 電気分解」の間には「実験第 9. 固体比熱測定」や「実験第 10. 蒸発及露点」があったが、ここでは省略した。

⁵³ 「石油及炭化水素」の番号は 4 であるべきところ、1 と誤って書かれている。頁番号から判断すると、以前の「化学 其二」は「石油及炭化水素」からはじまっていたのかもしれない。11 以後は、「表 2. 主要なる金属元素一覧」「表 3. 主要金属産額」「表 4. 金属の主なる産出状態」「表 5. 主なる合金」のあと、「金属の製出法 (冶金)」「金属の性質」「ナトリウム, Na」「カリウム K」、マグネシウムの記述を含む「カルシウム Ca」、「アルミニウム Al」「亜鉛 Zn」「鉄 Fe」「鉛, Pb」「銅 Cu」「銀 Ag 金 Au」「水銀 Hg」が続く。

⁵⁴ 酷似しているのは構成であり、対話形式はとっていない。

⁵⁵ 1927 年に改訂されたオストワルト教科書と比較した。Wilhelm Ostwald, *Die Schule der Chemie: Erste Einführung in die Chemie für Jedermann. Unveränderter Abdruck der vierten verbesserten Auflage* (Friedrich Vieweg und Sohn, 1927).

1927年に改訂されたオストワルト教科書では、初版第2巻で原子説の理論の詳細を検討した「7. 原子説」が削除されている。一方で原子についての対話自体は、様々な実験証拠から原子の存在が広く受け入れられたことを背景に、初版から変更が加えられた。

生徒：それはすべて本当ですか？

先生：原子を見た人はまだいないし、個別にその重さを測った人もいないのです。しかし、様々な観察によって原子の存在が極めて可能性の高いものとなっているので、科学的には原子の存在を確信できます⁵⁶

一方で、玉蟲の用いた1931年教科書では「33. 原子説、分子説」が独立して立項されている⁵⁷。まず、原子がはじめて明示される「31. 化合量」では以下のように説明された。

如何なる元素も原子 (Atom) 呼ばれる小粒子より成つてゐる。そして同一元素の原子は互に相等しい。例へば硫黄の原子は互に相等しく水銀の原子も又酸素の原子も互に同じものである⁵⁸

「33. 原子説、分子説」ではさらに以下のように説明された。

物質は無限に分割し得るか否かはギリシヤの哲人が既に論じた問題であるが、19世紀に至り (1803) 英人ダルトンは、各物質の構成要素は、原子であると仮定し、之により定比例の定律と倍数比例の定律を満足に説明した。併しこの原子説は原子の不可分割性を仮定し乍ら化合物の最小粒子にも原子なる名称を与へる矛盾あり、且気体反応の定律を説明する事が出来なかつた。

1811年、伊人アボガドロは分子説を提出して化学上の定律を完全に説明した。之によると

- (1) 単体又は化合物は各々其の特有性を有する最小粒子より成つてゐる。之を分子 (Molecule) と云ひ更に成分元素の原子より成る。
- (2) 同物質の分子は其組成、性質は同じである。

⁵⁶ 同書、p. 187.

⁵⁷ 『化学・物理講義 (尋常科) 昭和六・七年』、化学其一 100-103 頁。

⁵⁸ 同書、化学其一 95 頁。

(3) 総ての気体は同温同圧の下では同体積中に同数の分子を含む（アボガドロの仮説）
此の仮説は種々の重要な結論を生み又種々の実験により確証せられ、19世紀以後に於ける化学の進歩非常に促した⁵⁹

このように、玉蟲はジョン・ドルトン（John Dalton, 1766-1844）の問題点を指摘し、アメデオ・アヴォガドロ（Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro, 1776-1856）の理論についても、3番目のいわゆる「アヴォガドロの仮説」だけでなく、その他についても詳述した。これは、ギリシャの哲学者の提唱した原子概念がドルトンによってその科学的意義と実験の基礎を獲得し、アヴォガドロがこの原子説と化学変化の諸法則と調和させるため分子説を提唱し、近代化学量論の基礎を築いたとする玉蟲の歴史認識を反映していた⁶⁰。原子の存在は中等教育において実施可能な実験では実証が困難である。そこで玉蟲は、過去の化学者の思考過程を追体験させることで、原子という基礎的な概念の導入を試みたのだと考えられる。

玉蟲は後年、20世紀に発展した原子説を化学における経験主義と論理主義を調和するモデルだと考え、元素や原子のような化学における基礎的な概念の形成過程にこそ、「科学方法論に関する重要な問題が内在している」と主張した⁶¹。彼は以下のように述べている。

しかし、昨日までの経験に新たな視界を提供するのは、想像力であり、仮説である。思考モデルによる仮説がなければ、新たな実験は生まれ出ない。このような経験と思考との相互作用の下で、はじめて自然研究は進展するのである⁶²

1931年教科書において歴史を重視した新たなアプローチ、すなわち歴史的方法を導入し、ドルトンからアヴォガドロに至る理論の変遷を詳述したのは、そうした基礎的な概念の形成過程を通じて科学の本質に触れさせる意図があったのかもし

⁵⁹ 同書、化学其一 100-101頁。

⁶⁰ 玉蟲「分子の実在性に就いて」『東洋学芸雑誌』第41巻、9-18頁（1925年）：9頁。

⁶¹ 玉蟲「科学用語の定義について」、129-130頁。

⁶² 同書、131頁。

れない⁶³。しかしながら、初学者にとってこうした理論の詳細を説明することが原子および分子概念の導入として効果的であったかどうかは疑問が残る。これについては次節で扱う。

一方で、1931年教科書における物理については、「第一章 力及び運動」はミリカン・ゲイル教科書の第2章、「第二章 仕事と機械エネルギー」は第8章、「第三章 仕事と熱エネルギー」は第9章、「第四章 磁気」は第12章、「第五章 電気」は第13章から第16章、「第六章 音響」は第17章から第18章、「第七章 光」は第19章から第21章に対応していた。このように、物理については、1926年教科書と比べて1931年教科書はミリカン・ゲイル教科書により酷似していた。

以上のように、1931年教科書は1926年教科書に比べて経験主義的傾向の強い教科書であり、論理主義色の強い片山の教科書から離れ、経験主義を重視するオストワルト教科書、そしてミリカン・ゲイル教科書を基に編集されていた。両者とも実験を重視する教授法、化学と物理の垣根を感じさせない題材選び、原子説に対する姿勢、という点で共通しており、化学と物理の融合教育を目指す旧制武蔵高等学校における理化教育と親和性の高いものであった。一方で、原子の存在は最先端の科学実験においては実証されていたものの、中等教育で実施可能な実験環境では、その存在を確認することが困難であった。そこで玉蟲は原子、分子をめぐる理論の変遷を題材とし、化学者の思考過程を追体験させることで原子の概念を導入するという歴史的方法を導入した。こうして玉蟲は、実験と歴史を織り交ぜた文理融合型の理化教育を模索していった。

5. 『初歩理化教育書』における歴史的方法

座学で用いられる教材は、先に紹介したようにプリントを製本した仮の教科書が用いられていた。一方で実験書については、1932年に校内用の『理化実験書』が出版されていた。初版は発見されていないが、増訂版にあたる1934年に出版さ

⁶³ 「歴史的方法」という語は後年、玉蟲自身が用いている。玉蟲『科学と一般教育』（岩波書店、1952）：108-119頁。

れた実験用教科書『理化実験書』が武蔵高等学校中学校に所蔵されていたため、その内容をここに紹介する⁶⁴。

1. ブンゼン灯 (Bunsen burner) 及び炎の構造 2. 物質の性質 3. 濾過及び蒸溜 4. 長さ、体積及び密度の測定 5. 寒暖計の二基点の検査 6. アルキメデスの原理及び固体の比重 7. 液体の比重の測定 8. 瓦斯及び水道の圧力 9. 酸素 10. 水素の製法と性質 11. 融解熱の測定 12. 固体比熱測定 13. 固体の膨張 14. 蒸発及び露点 15. 炭素及び無水炭酸 16. 塩素及び塩化水素 17. 酸、塩基、中和及び塩 18. 炎色反応及び硼砂球の反応 19. 硬水及び軟水 20. 金属及び其の化合物に関する実験 (其一) 21. 金属及び其の化合物に関する実験 (其二) 22. 有機物質に関する簡単な実験 (其一) 23. 有機物質に関する簡単な実験 (其二) 24. 電池の製作 25. オームの法則附ホイストン橋に依る抵抗の測定 26. 電流の熱作用 27. 感応電流 28. 音響に関する実験 29. 反射の法則 30. 屈折の実験 31. レンズの焦点距離及び虫眼鏡の倍率測定
実験課題は1926年教科書で生徒に課すべき実験として挙げられたものが多く、順序も概ね一致している。1937年に出版された『理化実験書』ではさらに実験が追加され、実験課題数は50にのぼった⁶⁵。

玉蟲は先に出版されていた理化実験書との併用を目的として、同僚であった鈴木桃太郎 (1901-1992)、都築洋次郎 (1903-1988) らの協力を得て、1938年に校内用の教科書『初歩理科教科書』を出版した⁶⁶。理化教育のノウハウが蓄積していく過程で、化学と物理の完全な融合は困難であることが明らかになりつつあった。そこで上巻は物理と化学の融合教育を具体化し、下巻は第一篇、第二篇に分け、それぞれ物理と化学を扱った⁶⁷。上巻では物質の性質、形態、及び変化に関する一般的な知識を教授することを目的とし、物理における物性論、熱学、静力

⁶⁴ 武蔵高等学校 編『理化実験書』(武蔵高等学校、1934)、武蔵高等学校中学校所蔵。

⁶⁵ 武蔵高等学校 編『理化実験書』(武蔵高等学校、1937)、武蔵高等学校中学校所蔵。

⁶⁶ 上巻のみ、武蔵高等学校中学校に所蔵されていた。三井によれば化学は都築が、物理は玉蟲が執筆したとのことであるが、後述のように序言で玉蟲が同書の構成に対する意図を明確に語っている点から、化学においても玉蟲の理化教育観が十分に反映されたものと考えられる。三井「理化教育の試み」、38頁。『一化学者の回想』、126頁。

⁶⁷ 武蔵高等学校 編『初歩理化教科書 上巻』(武蔵高等学校、1938年)、武蔵高等学校中学校所蔵、序言1-4頁。

学を叙述したのち、化学的現象の記述が続いた。一方で下巻では、物理は磁気、電気、音響、光、そして運動・仕事を、化学は無機物質や有機物質の各論を扱った。玉蟲は「一般的法則を述べる為に普通に経験されない事項に迄触れることは初歩教育に於て望ましいこと」とは考えられないとして、「生徒をして多くの事実や概念を定義として教へ込む」のではなく、「具体的現象に対する観察及び思索の方法を学ばしめる」ことが目的とされ、「実験供覧」、すなわち演示実験の指示も随所に記入された⁶⁸。これは、旧制武蔵高等学校創立時から理科教育に携わった和田の姿勢とも重なるものである。「教授事項を専ら実験によつて示しうるものに限定」するため、例えば一般的法則である元素の周期律は「普通に経験されない事項」として言及されなかった。

化学と物理を融合した上巻では、まず目次に続く序説において理化が「物理学 (Physics) 及び化学 (Chemistry) の意味」であって、物理は「自然現象 (Natural phenomena) が如何にして生起するかを説明せんとする学問」であり、化学は「物質を研究する学問」と説明されている⁶⁹。玉蟲はここで、物理や化学の知識はすべて、「我々の実際の経験に基いたものでなければならない」と注意を喚起している⁷⁰。そこで上巻では、具体的な現象、実験を例に挙げながら、物質に関わる現象の綿密な観察や実験を基礎として、物質の性質、形態、及び変化を考察する形で記述された。

具体的に、上巻における構成は以下の通りである。

1. 物質と性質
2. 測定
3. 重量と密度
4. 混合物、純粋物及び溶液
5. 融解と凝固
6. 蒸発と沸騰
7. 物質の比熱
8. 物質の形態
9. 固体の性質
10. 粘性と表面張力
11. 液圧
12. 液体内の浮力
13. 大気の圧力
14. 気圧及び液圧に関する応用
15. 温度に依る物体の膨脹
16. 大気中の水蒸気
17. 燃焼
18. 酸素
19. 化合物と成分
20. 元素
21. 水素及び爆鳴ガス
22. 水の組成
23. 炭素
24. 無水炭酸又は二酸化炭素
25. 一酸化炭素及び倍数比例の法則
26. 分子の实在
27. 分子・原子説と化学変

⁶⁸ 同書、序言 4-5 頁。

⁶⁹ 『初歩理化教科書 上巻』、1-2 頁。

⁷⁰ 同書、5 頁。

化 28. 塩素 29. 酸と塩基 30. 塩化水素 酸の作り方 31. 電気分解 32. 塩の構成
33. 硫黄 34. 亜硫酸及び硫酸 35. 窒素の化合物⁷¹

1931年教科書と比較すると、化学と物理の融合が進められている点が特徴である。内容面では、「9. 固体の性質」「10. 粘性と表面張力」など、挿入箇所も含めておおよそ1931年教科書に対応している。一方で、3、7、11-16は1937年版の『理化実験書』に対応していた。したがって、『初歩理化教科書』は1931年教科書を基本として、1937年版の『理化実験書』とも対応させる形で編集されたと考えられる。

さて、1931年教科書において特徴的であったのは原子説の扱いであった。先に述べたように、1931年教科書においては「化学 其一」の後半、「31. 化合量」で原子がはじめて登場した。一方で『初歩理化教科書』においては比較的早い「8. 物質の形態」で登場した。

物質は凡て眼に見えぬ程の微小な粒子の集合したものであるといふ考は既に古くギリシヤの哲学者達の思想の中にあつたもので、所謂原子説といふのがそれである。この説が漸次に発展して来て今日の物質観の根底をなすに到つた。今日物質を組立てると考へられる微粒子は原子 (Atom) 又は分子 (Molecule) と呼ばれる⁷²

そして原子は、固体・液体・気体の物質の三態を説明するものとして用いられた。

実際に物質の取り得る三つの形態即ち固、液、気、の三態——之を物質の三態と呼ぶ——は原子又は分子の離合集散の種々なる状態によつて成立するといふ説明は極めて確実に又合理的に多くの事実と調和するのである⁷³

物質の三態の説明には、必ずしも原子や分子といった概念を導入する必要はなく、

⁷¹ 三井によれば、下巻の構成は次の通りである。第1篇は第1章 磁気、第2章 電気、第3章 音響、第4章 光、第5章 力及び運動、第6章 仕事と機械エネルギー、第7章 仕事と熱エネルギー。第2篇は第1章 重金属、第2章 軽金属、第3章 珪素及び炭素。三井「理化教育の試み」、39-40頁。

⁷² 『初歩理化教科書 上巻』、35頁。

⁷³ 『初歩理化教科書 上巻』、36頁。

1931年教科書のように単なる微小な粒子を用いた説明で十分である⁷⁴。しかし『初歩理化教科書』で早期に原子や分子といった抽象概念を導入したのは、おそらく玉蟲が「今日物質観の根底」をなすこれらの概念を学習の初期の段階から学ばせたかったからだと考えられる。「26. 分子の実在」では、気体や液体の拡散実験を通じて分子の実在を生徒が実感させようとした⁷⁵。厳密には分子の実在を実証したことにはならないものの、拡散を説明するためのわかりやすいモデルとして分子概念が用いられた。玉蟲は、仮説としての原子や分子は、気体分子運動論から溶液中のブラウン運動によって経験的に裏付けられたと考えていた⁷⁶。したがって、玉蟲が物質の三態や気体・液体の拡散現象において原子や分子といった抽象概念を導入したのは、物質の三態や気体・液体の拡散現象という具体的現象の観察を通じて、生徒にこうした存在を体験させようとしたからだと考えられる。

しかし実際には、物質の三態や気体・液体の拡散現象で体験されるのは分子の存在であり、原子の存在を実験によって体験させることは難しい。そこで「27. 分子・原子説と化学変化」では、原子や分子の存在を仮定することによってどのように化学変化を解釈できるかという問題について、以下のように説明された。

此問題は初学者には中々理解し難いけれども、この際余り詳しいことには立ち入ることが出来ないから、唯結論的なことで今後の学習に必要なものを簡潔に記すことにする⁷⁷ 1931年教科書では原子説、分子説の説明の際に歴史的方法が採用され、ドルトンの原子説についての問題点を指摘し、アヴォガドロの理論の詳細に立ち入ることで原子、分子概念の理論的發展について詳述していた。しかしながら、やはりこうした議論は初学者にとっては理解が困難だったのであろう。『初歩理化教科書』では歴史的方法は影を潜め、原子は以下のように説明された。

さて分子は更により微小なる原子 (Atom、此語はギリシヤ語にて不可分の意) なるも

⁷⁴ 1931年教科書において物質の三態は「物質の微細なる粒子の集合の状態の現れ」であると説明されており、原子や分子といった概念は導入されていなかった。『化学・物理講義 (尋常科) 昭和六・七年』、化学其一 27 頁。

⁷⁵ 同書、122-125 頁。

⁷⁶ 玉蟲「分子の実在性に就いて」、10-17 頁。

⁷⁷ 同書、125 頁。

のが幾個か結合したものと考へられる。(中略) 原子は最早之を機械的にも化学的にも分割することは出来ない⁷⁸

序言では『初歩理化教科書』の方針として、「事実や概念を定義として教へ込む」のではなく、「具体的現象に対する観察及び思索の方法を学ばしめる」ことが掲げられていた⁷⁹。しかし原子概念についてはこの方針を放棄し、定義の簡潔な説明にとどまった⁸⁰。

原子、分子概念の導入に歴史的方法を採用するという選択肢を断念した理由として、科学教育において歴史を効果的に取り扱うことの難しさが考えられる。後年、玉蟲は科学教育において歴史を取り扱うことについて、以下のように述べている。

科学教育において、歴史的方法を導入することの意義については原則的に、おそらく何人も原則的に疑いをもたないであろう。(中略) しかし、科学教育に歴史的方法を取り入れることは、必ずしも科学史そのものを扱うことを意味するものではない。その方法は実際にいろいろな形をとりうるものである。(中略) 科学教育において歴史的方法をとり入れること自体についてあまり問題はないが、どんな形にこれを適用すれば効果的であるかという点に問題があると思われる⁸¹

玉蟲は原子説の導入に歴史的題材を扱うことにおいても、「どんな形にこれを適用すれば効果的であるか」悩んでいたのであろう。結果として、玉蟲は原子説・分子説については歴史的方法の採用を断念した。

一方で原子説、分子説以外の部分では、随所に歴史に目を向けさせる仕掛けが施された。玉蟲は冒頭の序言で次のように述べている。

又重要な発見及び発明に就ては貢献者の名を記し、時にその発見の経路に関する挿話を加へた。之は生徒をして事の結果を徒らに平面的のみに観察する弊より逃れしめて學術

⁷⁸ 同書、125-126 頁。

⁷⁹ 同書、序言 4 頁。

⁸⁰ また、分子説におけるアヴォガドロの理論については 3 つあるうちのいわゆる「アヴォガドロの仮説」、すなわち「凡て気体は同温及び同圧の下に於て測られた同体積中には同数の分子を含む」のみが紹介され、歴史的観点からの説明はされなかった。同書、126 頁。

⁸¹ 『科学と一般教育』、108-109 頁。

の真の価値を知らしめる教育上の願望によつたものである⁸²

発見者の名が記された箇所は枚挙に暇がないが、発見の経路に関する挿話としては、例えば、「13. 大気の圧力」では過去の真空に関する仮説や実際に行われた大気圧の実験、「18. 酸素」ではハンフリー・デイヴィ (Humphry Davy, 1778-1829) による安全ランプの開発、「22. 水の組成」では水の重量組成についての研究史、「31. 電気分解」ではマイケル・ファラデー (Michael Faraday, 1791-1867) によるイオンの命名などが扱われた⁸³。巻末には科学史上の重要な貢献をした科学者の名と業績が年表としてまとめられた⁸⁴。

また、『初歩理化教科書』では「一方に於て授業の実際効果を挙げ他方に於て生徒の独習に資する為」に各章の途中や末尾に問題が掲載されたが、なかには化学史を取り扱った問題もあった⁸⁵。例えば「18. 酸素」ではローソクの燃焼実験の紹介後に、

十八世紀の末頃まで物質の燃焼に就いてフロヂストン説 (Phlogiston theory) と云ふ学説が一般に信じられてゐた。之に依ると燃焼する物質 (X) からフロヂストン (Φ) が抜出ると灰 (C) が残ると云ふのである。式で示すと、 $X - \Phi = C$ 。この式の矛盾を上記の実験の結果より指摘せよ⁸⁶

という問題が、一方「20. 元素」では、

古代より近世に至る迄の物質元素の概念の変遷について調べよ⁸⁷

という問題が出題されている。科学教育における歴史的方法について、玉蟲は後年、クレメント・ヘンショウ (Clement Long Henshaw, 1906-1991) がコルゲート大学で熱素説を題材に実施した教育を以下のように紹介した。

また、「何故に大気は高空において冷くなるか」という問題と関連して熱の熱素説 (Caloric Theory) に対する考察が課せられる。すなわち、この方法においては、歴史

⁸² 『初歩理化教科書 上巻』、序言 5 頁。

⁸³ 『初歩理化教科書 上巻』、58-62 頁、88-89 頁、108 頁、149 頁。

⁸⁴ 同書、183 頁。

⁸⁵ 同書、序言 5 頁。

⁸⁶ 同書、83 頁。

⁸⁷ 同書、98 頁。

的材料をそのままの形として用いるのではなく、むしろそれを現実に学生が経験し、興味をもって知ろうとする問題の討究において自然的に要求されるものとして用いるのである。(中略) 或る問題の歴史を学ぶことは、その問題のいっそう広い理解をもたらし、過去の学者の知的活動に対する尊敬の心を植え付ける。それはまた今日の科学の進歩に対するいっそうすぐれた展望を与える⁸⁸

このように玉蟲は、問題演習として歴史的題材を扱うことが、科学教育における歴史的な方法として効果的だと考えていた。先に挙げた問題のうち、特にフロギストン説については、ジェイムス・コナント (James Bryant Conant, 1893-1978) の「事例の歴史の研究が、一般人のため科学教育として適切である」という主張を踏まえて玉蟲が以下のように述べている⁸⁹。

一つの中心問題についての一連の科学的事件の中には、現実に使われた科学の戦術と戦略——例えば新しい技術の影響、実験操作の困難、対照実験がもつ意味、実験から得られる新しい概念に対する評価というようなことがらが、くりかえし示されるのである。しかも、このような科学における戦術と戦略を理解することは、一般人の科学に対する理解を向上させる上において重要であり、かつ適切であるというのがコナントの主張するところに他ならない⁹⁰

問題演習として歴史的題材を扱ったのは、生徒に科学の戦術と戦略を理解させ、科学に対する理解を向上させ、学術の真の価値を知らしめるためであった。

玉蟲は確かに、原子説、分子説の導入に歴史的な方法を採用することは断念した。しかし一方で、挿話として歴史的題材を紹介する、あるいは問題演習として歴史的題材に主体的に取り組みせることによって、科学的事項の広い理解、過去の学者の知的活動、そして科学の本質、すなわち、自然科学の原動力となる経験と思考との相互作用に目を向けさせようとしていた。

⁸⁸ 『科学と一般教育』、116-117 頁。

⁸⁹ 同書、111 頁。

⁹⁰ 同書、133-134 頁。

6. おわりに

化学と物理がより密接に重なっていた20世紀初頭において、旧制武蔵高等学校では化学と物理を融合した理化教育が実施されていた。理化教育を担当した玉蟲にとって課題であったのは、最先端の物理学研究では存在が確実視されるようになったものの、初学者向けの実験では存在の確認が難しい原子や分子といった化学の基本となる抽象概念を、中等教育においてどのように導入するかという点であった。実験、観察を重視した経験主義的なアプローチでは導入の難しい抽象概念について、玉蟲は歴史的題材を活用するアプローチ、すなわち歴史的方法を採用した文理融合型の教育法を模索した。結果として、原子説や分子説の教授においては歴史的方法の採用は断念されたが、1938年に出版された『初歩理化教科書』では挿話、問題演習などの形で随所に歴史的題材が活用された。玉蟲にとって、科学の本質とは経験と思考との相互作用であり、歴史はその相互作用の軌跡を追体験できる絶好の題材であった。玉蟲の科学史・化学史への関心はその後も継続し、東京大学での教養学科の設置における科学史・科学哲学コースの提案、そして日本科学史学会における化学史分科会の設置と独立といった活動へとつながっていった⁹¹。

7. 謝辞

本研究は、2025年度「武蔵大学学長裁量経費〈研究分野〉」の助成を受けて実施されました。本研究の遂行にあたり、貴重な史料を閲覧させてくださった武蔵学園記念室の井上俊一氏、武蔵大学の薬袋佳孝氏、武蔵高等学校中学校の巻出健太郎氏に深く御礼申し上げます。

⁹¹ 『一化学者の回想』、160頁。玉蟲「創刊に際して」『化学史研究』第1号、1頁（1974）。