

100-200 年前の授業記録や筆記で読み解く 科学教育史的新知見とその現代的再構成

小林昭三*1・興治文子*2

Email: kobayasiakizo@gmail.com

*1: 新潟大学教育学部

*2: 東京理科大学教育支援機構教職教育センター

◎Key Words

小川正孝口述の物理・化学筆記, 科学教育史的新知見, ICT 活用アクティブ・ラーニング

1. はじめに

2019 年はメンデレーフ周期律発見から 150 年であるが、その周期表に初めて日本名を留めかけた「よみがえるニッポニウム」の発見者である小川正孝に因んだアクティブ・ラーニング(AL)型科学教育^①をめぐる研究報告をする。「ニッポニウム原子番号 43 は周期表上で本来は別な場所に指定すべきだった。若し「レニウム原子番号 75」として登録していたら、実は日本初の偉業・大発見となった。小川の遺品中に、ニッポニウム試料・X線分光スペクトル乾板が残されレニウム新元素の LX 線が存在していた。これこそレニウムを世界最初に発見した動かぬ証拠だった。その証拠発見で、近年遂に小川レニウムの再確認・再評価が国際的にされた^②。

そして、奇遇にも、その小川正孝が静岡尋常中学校教員時代に口述した授業筆記・物理学筆記と化学筆記を、私たちは偶然に発見し所有しており、それが「静岡高等小学校生徒・田中宗一郎の物理学筆記・化学筆記」^③なのであった。その物理や化学の授業筆記を分析したところ、以下で報告するように、それは当時の世界トップ水準の物理学や化学のアクティブ・ラーニング(AL)型授業なのであった。

即ち、物理や化学において、小川は、実験的検証を常時に重視して、「予想・実験・検証」という AL 型授業の特色を有する授業実施を、明瞭に証拠付ける授業筆記だった。

更に、2019 年は新潟港開港 150 年にも当たるが、日本が鎖国を止めて世界に科学教育の扉を大きく開けてから 150 年となる。鎖国で世界から孤立した江戸時代の日本では、蘭学が微かに西洋科学の息吹を届けた程度であり、世界的科学の革新から孤立したとても厳しい実態であった。

1800 年初頭ごろからは、フランス・オランダ・ドイツ・イギリス他において、商人や医者や工場主やその他の成人向け科学啓蒙教育の世界的標準化が目覚しく進展を遂げていた。その一部が蘭学として日本に伝わった。しかし、江戸末期までには、日本と欧米との科学文明や技術文明の格差は著しく大きくなっていった。その格差の脅威(例えば下田のペリーの蒸気船)により、陰に陽に開国への圧力は強まり、幕末期には開国は不可避となった。その 200-100 年前以降の世界的な科学教育の源流を含む、江戸から明治期の科学教育史的な展開にも注目したい。ボイス・ハラタマ・小川は化学実験/医学用理化に役立つ物理化学授業を新展開した。

その強力な世界的な相互連関に於ける、明治期日本の科学教育の独特な発展過程を解き明かすことを試みる。そうした歴史的な調査分析を基に、更に、100-200 年前の授業筆記で読み解いた科学教育史的価値ある教材を、ICT・IoT 技術を駆使した現代的アクティブ・ラーニング型授業へと蘇えさせる現代的再構成の試みの幾つかも報告したい。

2. 周期律発見 150 年と小川正幸口述筆記

2.1 小川正孝の静岡尋常中学校赴任の前後について

静岡県の尋常中学校の教師時代は、彼の生涯に於いてどのように位置づくかに欠かせないので小川正孝(1865-1930)の略歴と主要な経歴についての年表を最初に列記しよう。

1865年: 松山藩江戸詰武士家に生誕。松山中学校首席卒業。

1881年: 第一高等学校前身の東京大学予備門に入学。

1889年: 帝国大学理科大学化学科の第一回卒業。

1889-1890年: 卒業後約1年間・初代化学科教授E.ダイヴァース(英国)に学ぶ。

1890-1896年(明治23-明治29): 静岡県尋常中学校に勤務。

1894(明治27)年: 官報に1894年5月6日・年俸960円を下賜(静岡県)とある。6年間ほど尋常中学校に勤務した証拠。

1896年(M29): 第一高等学校にてダイヴァースの無給助手。

1899年(M32): 帝国大学理科大学化学科教授。

小川正孝は、少年期に父を亡くし貧困を余儀なくされた。しかし、持ち前の忍耐と粘り強さや高い志により学業継続の意志を貫いた。松山中学校を首席卒業し、松山藩主の奨学金を得ることができた^④。東京大学予備門に入学して、東京帝国大学の化学科第1期生として卒業に至った。その後も、大変な努力で学業を継続した。卒業後の1年間は、無機化学のダイヴァース(英国)教授に学び続けた。松山藩の奨学金が途絶えた中で、静岡尋常中学校に勤務しながら無機化学研究者への道を歩み続ける選択をした。

その教員となった時期に於いて、如何なる化学や物理の授業を目指してどの様な授業をしたのか? 小川正孝口述を筆記した「静岡高等小学校生徒・田中宗一郎の物理学筆記・化学筆記」^⑤は、当時の小川の授業実態を解き明かせる第一級資料であり科学教育史的遺産である。全国的な筆記文書探索調査(新潟大矢田教授の古書情報)中に、小川の物理筆記や化学筆記を私達は幸運にも偶然に入手発見した^⑥。

その内容に入る前に、「よみがえるニッポニウム」発見者としての小川正孝の歩みはどの様だったか? 静岡尋常中後の小川は、どんなニッポニウム発見者だったかを辿ろう。

1904 年春に小川は英国のロンドン大学に留学する(官報・化学研究のため英・独に留学)。その 1904 年秋のノーベル化学賞受賞者となったウィリアム・ラムゼーの元で、直ぐに、トリウム鉱物中の新元素を探求する幸運にめぐり合う。

ラムゼーは、ヘリウム・アルゴン・キセノン・ラドンという希ガスの発見者であり(アルゴン発見でノーベル賞)、元素発見史の巨匠と云われる。太陽中の存在がスペクトル分析から

知られていたヘリウムを1895年にラムゼーは地球上で初めて閃ウラン鉱からヘリウムを分離してその生成に成功した。

更に、ウラン鉱中でアルファ崩壊として放出されたヘリウム元素があることを、ラムゼーはソディと共に突き止めた。従って、原子核の放射性崩壊の謎も明瞭に解き明かした。

そのラムゼーは1903年にセイロンから250 kgの大量なトリアナイト処理カス1.5 kgのトリウム鉱をもらい受け^②、その中の新元素を分析できないかと思案中だった。そこに、日本から無機化学分析の名手となっていた留学生の小川がラムゼーの元に来た。正にピタリのタイミングでトリアナイト鉱中の新元素分析に邁進する事になった。持ち前の無機分析の手腕と勤勉さや粘り強さを発揮し、1904年の年末迄には新元素物質の分離を実現した。1906年夏には蓄積したニッポニウムの試料と4.5 kgのトリアナイトを日本に持ち帰り研究を継続した。強いラムゼーの薦めもあり1908年にはニッポニウム発見をChemical News(英国誌)に発表した^③が追発見がなく幻となった。だが、遺品のLX分光線写真乾板の動かぬ証拠などが見つかり、ノダックらのレニウム発見17年前に、小川正孝のレニウム発見があったとして甦ったのである^④。

特記すべき朗報として、2017年11月末における森田浩介グループの成し遂げた日本初の113番元素ニホニウムの確定があげられよう。それは原子核同士の融合反応により人口的に合成した113番目の元素名が森田達の希望したニホニウムに決定した事で、3度目の正直と云える。最初が小川正孝で、2度目が仁科芳雄の93番目新元素だった。

小川正孝は1921(大正10)年に「似たる元素」という講演では、次のように「原子の進化」にまで言及した^⑤。「現代の化学の芽が吹きだしたのは、今(1921)から120-130年前の原子論のことで(ドルトンの原子論1803年)。その後、原子のこと・原子説というものが出てきてこの説がある程度まで発達した。1903年にラムゼーが、ラジウムの崩壊でヘリウムが出てくる等(アルファ線・ヘリウムの原子核)。原子量の大きなものから小さなものが出て変化する。トリウム(232)が6回ヘリウム(24)を出して、鉛(208)になる。普通の鉛は原子量が206。異なる質量数の同位元素があって、ある比で混じると原子質量が整数でない」として、原子の変化や質量が整数からずれる事実を正しく洞察した。更に「宇宙にて元素の進化がもたらされる・元素エボリューションがある^⑥」と話した(水素やヘリウムから重い元素になると)。1929にガモフ等は原子核反応(太陽エネルギー源でもある)と星の進化・元素の起源(原子核融合)の理論を発表した。これより8年前に小川は鋭い洞察力を示す講演をしていた。この会合では、更に、小川は何時もの様に化学実験を気軽に披露し、無類の化学実験家としての技量を見事に発揮した^⑦。

静岡での教員生活を生かした小川の著書・化学や物理分野の4教科書を列記し、その特色を概観して、締め括ろう。

- ① 1897年: 中学実験理化示教・小川正孝編・同文館
- ② 1902年: 化学中教科書・小川正孝編・敬業社
- ③ 1908年: 新體化学教科書・小川正孝編・開成館
- ④ 1910年: 新撰化学実験法・小川正孝編・開成館

①の中学実験理化示教は、次節で田中宗一郎の物理・化学筆記内容^⑧と比較対照されるが、その一致性と類似性は驚くほど明白になろう。静岡尋常中での教育活動に基づき理化示教(と略記する)が書かれた流れが浮かび上がる。

③の195頁に**緑礬**(ろくばん) 硫化鉄・ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ を取り上げている。これが筆記^⑨の「万有理学の科学的变化の例示

実験」とされるのは、小川が如何に印象深い実験を冒頭配置し演示するかの実例であり、とても興味深い事例である。

③の緒言では「理論化学が中等教育に輸入・この方面に傾きすぎる(電離説・化学平衡論等を弁ずれど硫酸の製法を知らぬ)・重要な理論を記するとともに、応用及び日用状に関する適当な材料を配置するに努めた・金属反応の部に色の変化・で生徒の興味と注意とを促さん」と強調した。更に、小川は、ラボアジエの質量保存則・ドルトンの原子論・メンデレーフ周期律等を基本的法則として重点化した近代化学の芽・近代化学の原点・近代的化学実験、等の教材を重視した教科書作りをした。

④は、③に伴わせる練習実験であり、日用物質で複雑な装置なしで実験するため小学校教員・師範学校生徒の実験に資するためとある。如何に実験を教育現場で重要視したかが読み取れる。②では「化学もその基礎を革新すべき時期で、化学と物理学の関係が親密となるを以て化学は物理学の知識を必要とすることが多くなる」としてラムゼーと痛切に味わった物理学知識を応用する意義を特別に強調した。

小川は化学者として実験を示して知識を得る方法が大道であると身に染みて心得ていたので、物理法則も実験を示して会得する事が大道・常道だと常に見做して授業をした!

2.2 田中宗一郎「物理・化学筆記」の物理学冒頭部分

物理筆記(理学士小川正孝口述)^⑩には、物理学と物質の定義という冒頭を実施する授業内容が次の様に書かれる。**物理学之定義**:物理学とは、宇宙間に存在する諸種の現象に就いての学ぶ学問を云う。例えば水の流れしが如き風の吹くが如き雨の降るが如き皆現象なり。**筆者がひら仮名に変更物質**:物質とは左の如き資格を有する物を云う。

第一 容積即ち大きさを有するもの。

第二 重さを有するもの。

第三 抵抗を生ずるもの。

第四 他物の伝えたる運動を他の運動に変ズルもの。

力:力とは物体の運動を生ぜしめ或は其(その)運動をとめしむる原因となるものを云う。

力に最要用(重要)なるもの四種あり。

第一 引力:引力とは諸物体を地球の中心に向かい引かれる力を云う 物に重量のあるは此(この)力の存するが故(に)して 人の地球上に生存して安全に歩行することを得るは又此(この)力の存するによるなり。

第二 密着力或は原子力:密着力とは物体の形状を保存するにひつようなる力にして 若し此(この)力なき時は、諸物体は悉く粉碎して塵埃となる可し。

第三 化合力或は分子力:化合力とは元素を結付くる力にして、若し此(この)力なき時は、諸物体は悉く元素に分解し日用的に必要な火水等もなきに至る可し。

第四 摩擦力:摩擦力とは物体と物体の間に生ずる運動を妨げる力にして、若し此(この)力なき時は、人の地上を歩行するに恰も氷上を行くがごとく、一たび進めば其運動は止まること能わざるに至るべし。

物理学(水学・気学・音響)筆記(筆記2と呼ぶ)^⑪には、次のように実験をとて重視する書き方が常になされている。

両筆記とも同様な物理学の定義だが、後者^⑫は物理と化学の**対比実験**を通して次の様により解りやすく説いている。

第一 万有理学:万有理学は一名を実験学と申して物理学と化学と生理学の総称なり。

第二 物理的的变化 化学的变化。

(試験1) コップの中に塩を入れて塩は溶けてしまいますけれども 塩は消えたのでは有りません。何故なれば味を見れば塩味を覚えます 今この水を再び乾かせばもとの塩となります。之を物理的的变化と云います。

(試験2) 試験管中に鉄くずを入れて、これに硫酸を注げば、鉄を溶せて緑色の液になります。これを前の試験の通り蒸発させれば、鉄は残らずして緑色の塊が残ります。此の者は「鉄でもなく硫酸でもなくこれを硫酸鉄と申します。緑礬(ろくばん)のことであります。之を化学的試験と云います。(新體化学教科書 195 頁 $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 例示・電離説や化学平衡説に偏せず、教師実験や金属化合物の色彩他の興味を引く。)(決定) 物理的試験は物体の性質に変わりを起こしませんが化学的試験は全く之を変じて新物体を生じます。この場合には、試験(実験)を基に、決定(結論)を述べるという授業展開法に特色がある。筆記2は、以後の全てで、試験→決定、という、AL型授業の特色を有する形式をとる。

2.3 物理・化学筆記⁽¹⁾の「物体の三種の形状」

物体の三種之形状(3態の事)を次のように記述している。第一 固体とは、鉄片木片の如く外力用いてその形状或いは大きさを変化せしむること能わざるものを言う。第二 液体とは、水の如く器に盛りしばその器の形状に依りて形状を変じ、表面は常に水平の位置を保つものを云う。第三 気体とは、定まりたる表面を有せず。また、定まりたる大きさを有せず。故にこれを保つ器の大小に拘わらず、常にそのうちに充満するものをいう。

通常、気体液体を総称して流体と云う。

以上の如く物体を三種に区別す、と雖も、この区別は常に判然とするものに非ず。

例令(たとえ)ば、水あめの如き物体は完全なる固体にも非ず、液体にも非ず、殆どその中間に位するが如し。

固体の有する特質は一定の容積及び一定の経常を保存す。しかれども液体は一定の容積すなわち大きさを有すれども形状は一定せず。

液体の性質 一定の容積、即ち大きさを有する。水の如き液体の分子は容易に動揺するを得るものなりと雖も、これを圧縮してその容積を減縮せんとするには至りて、いかなる方法もこれをなすこと能わざるなり。この説の疑ふべからざるは次の試験によって明らかなり。実験: 有底の一器を取り盛るに水をもってし、活栓を嵌(は)めこれを圧すべし。水の容量は重量の如何に大なるに拘わらず決して 図1 理化示教の水圧法則 縮小すること無かるべし。注目: 分子運動の記述だ!

圧力は四方に伝う。

今、ここにABなる2つの円筒あり。その大きさ等しくして、細き筒に相通じる時は、Aなる円筒の上に一貫目の重量を置くならば、Aの活栓はその地下にて下に圧さるが故に、円筒内の水はBなる活栓を上へ等しき力にて圧す。若しもAの円筒の大きさがBの円筒の大ききの2分の1なればAの上に置かれたる一貫目の力をBの円筒の2貫目の力にて圧す。

若し又、Aの円筒の大きさがBの円筒の大ききの3分の1なれば、Aの上に置かれたる一貫目の力を、Bの円筒の3貫目の力にて圧す。此の如く、Aの円筒の面積がBの円筒の面積の数千分の1なれば、Aの上に置かれた少量の力は、Bを其の数千倍の力にて上に圧す。この理を応用して、水圧器は種々の荷物の遠隔の地に運送するに便ならしむるために、荷物を圧搾して、容積を減小さらしむるに用(もち)ゆ。

図2 水の浮力: 理化示教図入り文章

図2に示したものは、物理筆記の浮力部分が後に書かれた理化示教でどう記述されたかを示す(よい一致が解る)。以後、水の常に水平の位置を求/水の浮力/比重/毛細管之引力/気体、へと続く。これも理化示教とほぼ一致する。

気体: 液体の圧力を有するが如く気体もまた圧力を有す。空気の如きは1平方英寸の表面を殆ど 15 英斤の重さに相応する力を持って圧す。斯くの如き大なる圧力を有する空気中にあって吾人の圧力を感じざる所以は人体中にも種種之液体気体等ありて内部の空気と相平均するが故なり。鉱山に昇り或は軽気球に乗りて、飛揚するときは往々吐血する是高き宙の空気は希薄にして圧力少なくなれを以て体中の圧力は外部の圧力と平均せんが為内部より圧する故なり。今排気器を用いて此の理を説明すべし(理科示教図対応) 護膜(ゴム)性の小球を排気鐘内に置き空気を汲みだすときは球は漸々膨張し遂に破裂するに至る。「マグデブルグ」半球と称する機械を以て験するを得。空気も亦物質なれば重量を有す。之を験するには密閉された器の重量を量り排気器を用いて空気を去り、再び其の重量を量れば先の重量と差あり。其差は即ち器内に充ちたる空気の重量なり。



図1 理化示教の水圧法則 縮小すること無かるべし。注目: 分子運動の記述だ!



図2 水の浮力: 理化示教図入り文章

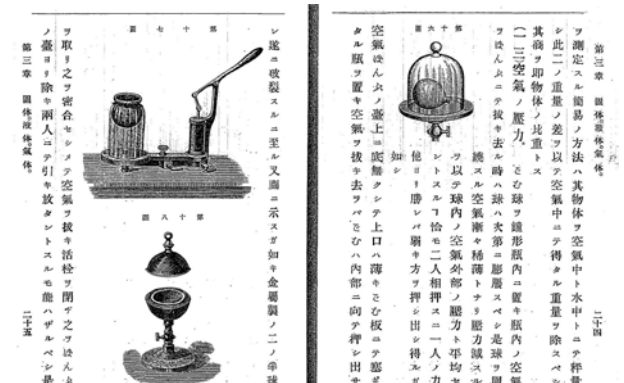


図3 理化示教24-25頁: 真空ポンプ関連実験図と解説 以上のように物理筆記の内容と理化示教の内容を比較すると図1, 2, 3のようにとてもよい対応や一致が見られる。

従って、物理筆記(理学士小川正孝口述)に書かれている内容は、その後、ほぼ同様に「中学実験理化示教教科書」の物理分野として著述されたようだ。その内容と見事な対応と一

致が見られる(図には典型例の幾つかを示した)。

3. 物理学 水学・気学・音響・筆記⁽¹⁾の記述

3.1 固体—液体—気体, の書き方と内容

前述した物理学の定義の次から固体液体気体について試験・決定という形式で筆記2は次の様に授業展開する。

第三 固体—液体—気体: 固体は多少硬くしてそれぞれ一定の形があります。液体には一定の形がありません。

所謂、液動物体ですから、若し固体で揃えた器に入れなければたちまち流れ出てしまいます。気体は又之を瓦斯體とも押し、水の熱に合せて、蒸散するは、即ち気体です。

(決定) 物体には固体と液体と期待の3状があります。例へば、石は固体で水は液体で空気は気体であります。物体は、大概、此(の)固液気の三状に変わる事が出来ます。水(個)水(液)となりうるから、また蒸気(気)となります。亜鉛は固体ですが、火にかければ液体になり、一層火を強くすれば、蒸気となります。

第四 液体の圧力: (試験) 今器中に水を盛り、その底下に穴を穿つと、水はまず孔から流れでます。これ液体に下圧力のある証拠であります。またこの器の側面に穴を穿つと水津は亦之から流れ出ます。これ側圧力ある証であります。

又、船を浮かべ、その底に孔を穿つときは、水が上へ出ます。これ上圧ある証であります。

第五 液体の其の高低による

事/試験/(決定)/(問)/(試験)/

液体の平均:・今/(決定)/(問)。 **図4 物理全志の水平図例**

第六 水準器: 皆さんは前の試験によって液体の面は常に平(たいら)かだという事がわかりましたでせう。⇒**筆記にはカッケンボス・物理全志の図4が描かれ同一内容である。**

第七 比重:物の比重を量る法/(決定)/(問)/(決定)。

第八 気性:気体の性質。(試験) 1, (試験) 2, (決定), (決定) (問い) 毛細管引力: (決定), (試験) (理由) (応用) 晴雨計の構造。 験圧器の功用: (一) 晴雨を知る事。(二) 地の高低を知る事: 排気鐘: 消防ポンプ: 軽気球。 音響/(試験)。 音波: 音の速力: 音の強弱。 等々。

以上の筆記2の内容は、『物理全志』(カッケンボスやガノ一の著書)に基づく教科書であり、特に、問・試験検証・法則というAL型物理授業の実態を示す。多くの筆記2の部分がこうした教科書にほぼ対応している。即ち、物理筆記の実験図の多くは、物理全志の図版とほぼ一致するものが描かれている。前節に示したのと同様に、その詳細な対応を提示できるのだが、本論考の紙幅がほぼ尽きたので省略する。

3.2 田中宗一郎の明治22-25年の授業筆記⁽¹⁾の全貌

静岡県志太益津郡高等小学校生徒の田中宗一郎が明治22~25年の在学中に受けた授業筆記を以下に列記する。

理科(有用之植物、物理)、推定明治22年4月筆記。

理科帳簿二号・植物の部・物理の部(槓杆・滑車)明治22年10月。3種の「てこ(滑車の物理が博物の授業)」

作文帳簿・漢字仮名交り文: 生徒~魚; 明治22年12月物理学筆記(M24年, 筆記1), 物理学: 水学・気学・音響(M24, 筆記2), 化学筆記(M24-25年, 筆記3): 小川正孝口述の筆記。 数理筆記(明治22.4月), 算術・市川鑛(はつ)一郎教授口述と算術規則(諸等分数) 第貳年期(明治23年4月)。

4. おわりに

1800年頃に仏・蘭・独・英他に於いて、商人・医者・工場主などの成人への科学啓蒙教育が進展を遂げ一部が蘭学(ボイス他)として日本に伝わる。明治期にはパーカー・スウィフトの窮理問答、カッケンボス・ガノー・スチュワート・ゲージ等の世界トップ級の教科書へと新展開し、AL型科学授業法の源流となり、100-200年前の欧米や日本にて大進展をみた。

特に「理科なる教科名」がスタートした明治20年代後も継続的に世界最高級に継続して挑戦した実態例を解明した。

明治20年代には更に中川謙二郎・後藤牧太・小川他の教科書によるAL型科学授業が展開された。その典型的な授業筆記例を以下に列挙して本論考のまとめ・しめ括りとする。

①新潟開港 150年に当たり、日本が鎖国を止め世界に科学教育の扉を開けて150年になる。鎖国中は蘭学だけが世界の科学教育情報を微かに伝えたが、鎖国日本の立ち遅れの窮状を認識させ、開国と文明開化を不可避にした1800年頃以後の欧米の成人教育だったボイス他の科学啓蒙書・蘭学書他の著しい進展状況を俯瞰できる。それ等はパーカー・ガノー・カッケンボス・スチュワート・ゲージ達の普通教育教科書の国際的な源流だった史実と理解できよう。

②メンデレーフ周期律 150年ということで、その周期表に名を刻みかけたニッポニウム発見者の小川正孝口述筆記「静岡高等小学校生徒田中の物理学化学筆記」を発見し、科学教育史的意義・価値を分析・報告した。更に、櫻井房記の物理学初歩を筆記した熊本第5高等中学校生徒の物理学筆記を分析し、明治20年代のカッケンボス・スチュワートの科学教育革新と日欧米の国際的交流下での新展開を解明した。

③木村家文書・村上高等小生徒の遠藤俊吉の物理学筆記・化学筆記・生理・理科(動物・金石)筆記(明治21-24年)は、実は、その生徒向け訓蒙教科書による授業筆記だった。以後、相次ぎ発見された明治20年代の4種類の高等学校の物理授業筆記、即ち永井玄真の『物理学筆記』(明治25-26年)、平野政一郎の『物理筆記』藤城時郎の『物理学筆記』、倉茂吾八の教育実習『諸教案』は明治22~26年に『小学校生徒用物理書』等が使われ筆記された確認だった⁽⁴⁾。

(4) 神戸発掘・長野県上伊那郡高等小の宇治橋正則の物理分野筆記はカッケンボス・スチュワート型の世界先端級教育が明治20年代も持続した実態を確認した。本論考で主題とした小川正孝の物理化学筆記⁽¹⁾は典型的実験検証型AL的物理である。欧米・日本でも実験検証は化学から物理に進むが、ボイス・ハラタマ・小川も化学実験⇒物理実験だった。

(5) 熊本中学校(明治27年に第五高等学校と改称)の櫻井房記教頭が教授した物理学初歩・第5高等中学生徒による筆記は、骨格はスチュワート物理書に基づき、それを上回る豊富な物理内容が含まれた。宇治橋正則の物理分野筆記と同様に開発主義的問・実験・検証型の力学に挑戦した⁽⁴⁾。特に、櫻井力学授業には差分・求積の思考実験も含んでいた。

謝辞: 本研究は JSPS 科研費 17K18617, 17K01022 及び 19H01711 の研究助成を受けたものです。

参考文献

- (1) 田中宗一郎・静岡高等小学校生徒・物理学筆記・化学筆記(小川正孝・静岡尋常中の口述・明治24-25年・小林研究室所蔵)。
- (2) 「化学史への招待」化学史学会編, pp.29-34(2019)。
- (3) 小川正孝著「似たる元素」『最新理科講演集』, 民友社(1921)。
- (4) 小林昭三・興治文『科学史研究』, 52巻, pp.200-210, 岩波(2013)。興治文子・小林昭三 同, pp.240-248, 岩波(2013)。