

The Historical Change of Purposes of US High School Natural Philosophy and Physics in Textbooks in 1821 - 1930

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2020-04-01 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 荒谷, 航平 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00027217

【 論文 】

1821-1930年の米国ハイスクール用教科書に見られる 「自然哲学」及び「物理学」の目的の変遷

荒谷航平

愛知教育大学大学院・静岡大学大学院教育学研究科共同教科開発学専攻

要約

本研究の目的は、1821年～1930年の米国のハイスクール「自然哲学」(Natural Philosophy)と「物理学」(Physics)教科書の記述にもとづいて、「自然哲学」と「物理学」がどのような目的を掲げていったのかを明らかにすることである。本研究では、「自然哲学」と「物理学」の教科書計17冊を対象として、教科書の目標と力学領域の学習内容を分析した。その結果、第1期(1821年～1872年)の「自然哲学」は自然界を創造した神の意図を理解させること、第2期(1873年～1899年)の「物理学」は将来の専門家に物理学の法則や原理を実証的に理解させること、そして、第3期(1900年～1930年)の「物理学」は、将来の一般市民に対して、物理学の歴史を用いて、科学的知識と科学的思考力を身に付けさせることを目的としていたことが明らかになった。以上の結果と先行研究(荒谷・丹沢, 2019)との比較検討から、次の2点が指摘できた。1点目は、「自然哲学」と「物理学」を第1期と第2期を通してそれぞれの科目の変遷過程として分析する必要があることである。2点目は、「物理学」の目的が1950年代に至るまでに将来の一般市民の育成から、専門家の育成へと転換した理由を明らかにする必要があることである。

キーワード

米国, ハイスクール, 自然哲学, 物理教育, 目的

I. はじめに

荒谷・丹沢(2019)は、1821年～1930年のアメリカ合衆国(以降、米国とする)のハイスクール「物理学」¹⁾(Physics)の成立過程を、その前駆的科目である「自然哲学」(Natural Philosophy)に遡って3期間に分けて記述している。彼らによれば、第1期(1821年～1872年)は、「自然哲学」を設置する学校数が増加していった期間であり、この期間中の1863年に「物理学」が初めて誕生した。第2期(1873年～1899年)は、「物理学」の勃興期であり、「自然哲学」を設置する学校数が減少する一方で、「物理学」を設置する学校数が増加していった期間であると同時に、両科目が大学入学要件に認可されていった期間である。そして第3期(1900年～1930年)は、誕生以来必修科目であった「物理学」が選択科目に変更され、履修率が低下していく時期である。さらに、荒谷・丹沢(2019)は、これらの3期において、公的な報告書や書籍など²⁾で論じられた両科目の目的と目標³⁾の変遷を明らかにしている。すなわち、第1期の「自然哲学」では、自然に隠された神の意図を理解した一般市民の育成という目的が掲げられ、その目標として、自然哲学に対する興味関心の喚起と自然哲学の知識や応用の理解が目指されていた。第2期の「物理学」では、精密な測定を通じた将来の専門家及び一般市民の精神訓練(mental discipline)の目的が掲げられていた。そして、第3期の「物理学」では、物理学の歴史を理解し、科学的思考力を有

した一般市民の育成が目的に掲げられていた。このように、荒谷・丹沢(2019)によって「自然哲学」や「物理学」の目的や目標の変遷については明らかにされているが、これらの目的や目標について、第1期を除いて、教科書の目標や学習内容から検討されていない。

「自然哲学」及び「物理学」教科書⁴⁾の内容に関する先行研究には、例えば、Nietz(1966)やSpeidel(2018)が挙げられる。Nietz(1966)は、1808年～1879年の「自然哲学」教科書の学習内容の構成の変化を分析し、熱に関する学習内容の割合が増加した一方で、天文学に関する学習内容の割合が減少したことを明らかにした。他方で、Speidel(2018)は、1860年～1900年の「自然哲学」及び「物理学」教科書で実験活動が次第に取り扱われるようになったことを明らかにした。このように、「自然哲学」及び「物理学」教科書の内容は分析されてきたが、それらと両科目の目的との関係が検討されていない。

「物理学」の成立期において、どのような目標のもと、どのような学習内容が、どのように取り扱われていたのかについて明らかにすることで、「物理学」の成立期における目的の変遷についてより多角的に吟味することができる。そのことは、ひいては20世紀初頭以降から現在に至るまでの「物理学」の変遷についての理解を深めることにつながると考えられる。20世紀初頭以降に履修率を低下させていった「物理学」に着目することで、こ

れまで研究されてきた「生物学」の成立(日高, 2017)や「ゼネラルサイエンス」の成立(野上, 1994)とは異なった視点から、今後の理科系科目の開発や編成を検討するための基礎的な知見を提供できると期待される。

II. 目的と方法

本研究の目的は、1821年～1930年の米国のハイスクール「自然哲学」及び「物理学」の教科書の記述にもとづいて、「自然哲学」と「物理学」がどのような目的を掲げていったのかを明らかにすることである。

本研究では、次の3点について教科書の記述を分析した。1点目に、各教科書がどのような目標のもと執筆されたのかについて分析した。2点目に、各教科書でどのような学習内容が取り扱われているのかについて分析した。具体的には、まず各教科書の章立てから、前述の3期間において、学習内容の構成がどのように変遷していったのかを探った。次に、その結果を踏まえて、力学領域に着目して、その領域でどのような学習内容が取り扱われていたのかについて分析した。なお、本研究で力学領域に着目した理由はIVで詳述する。そして3点目に、2点目と同じく力学領域に着目して、その領域の内容がどのように取り扱われているのかについて明らかにした。最後に、以上の3点から「自然哲学」と「物理学」の目的について考察するとともに、それと荒谷・丹沢(2019)の明らかにした両科目の目的との整合性を比較検討した。

本研究が対象とした教科書は、1821年～1930年に発行された「自然哲学」教科書11冊と「物理学」教科書6冊の計17冊であった。これらの教科書は、Nietz(1966)、Meltzer and Otero(2015)、そしてOtero and Meltzer(2017)にもとづいて、当時広く使用されていたものを選定した。第1期では、Marcet(1820)、Olmsted(1833)、Comstock(1835)、Parker(1856)、Quackenbos(1860)、Cooley(1869)、Norton(1870)、Peck(1871)、そして、Steele(1871)の「自然哲学」教科書9冊を対象とした。第2期では、Wells(1873)とRolfé and Gillet(1874)の「自然哲学」教科書2冊と、Gage(1882)、Hall and Bergen(1891)、そして、Carhart and Chute(1892)の「物理学」教科書3冊、計5冊を対象とした。そして、第3期では、Millikan and Gale(1906)、Mann and Twiss(1910)、そして、Dull(1922)の「物理学」教科書3冊を対象とした。

III. 教科書の目標

ここでは、第1期から第3期の教科書の目標について、第1期から順に検討する。分析した教科書では、各章の目標は示されていないため、各教科書の序文(preface)に着目し、各教科書がどのような目標のもと執筆されたのかについて分析した。

1. 第1期の「自然哲学」教科書の目標

荒谷・丹沢(2019)は、教科書の序文を分析して、第1期の「自然哲学」の目標に、自然哲学に対する興味関心の喚起と自然哲学の知識や応用の理解が掲げられていたことを指摘している。そこで、本研究では、荒谷・丹沢(2019)で指摘されていない教科

書の目標に焦点を当てて分析することとした。その結果、第1期の「自然哲学」教科書の序文では、教科書の目標に関して、次の2点がみられた。1点目は、教科書の目標の一つに、公衆(public)を含めたハイスクールやアカデミーの生徒に対して、自然哲学の知識をわかりやすく説明することが掲げられていたことである。この目標について、Olmsted(1833)では、以下のように述べられていた。

一般的な読者と、私たちの学校とアカデミーにいる上級の生徒に対して、可能な限り簡約化し、わかりやすい形で、自然哲学の最も重要な実用的な成果を(演示なしで)示し、それらを自然とアート⁵⁾の両方の事象への多くの多様な応用によって例示することがこの著作の目標である。(p. iii)

上記のように、第1期の「自然哲学」教科書では、公衆を含めたハイスクールやアカデミーの生徒に対して、多様な応用を用いて、自然哲学の知識をわかりやすく説明することを目標としていたことがわかる。このような記述は、5冊の教科書(Comstock, 1835; Norton, 1870; Parker, 1856; Quackenbos, 1860; Steele, 1871)でも同様に見られた。

2点目は、教科書の目標の一つに、科学の進歩を反映して、最新の科学的知識を提示することが掲げられていたことである。例えば、Peck(1871)では、以下のように述べられていた。

科学的知識の急速な普及と有用なアーツ⁵⁾への応用の継続的に広がっている領域は、自然哲学の様々な分野についての新しく改善された教科書への需要を増大させている。(p. v)

上記の引用では、科学が進歩したことによって、「自然哲学」教科書を出版することが求められていたことが述べられている。このように、第1期の「自然哲学」教科書では、目標の一つに、科学の進歩を反映して、最新の科学的知識を提示することが掲げられていた。

以上の2点から、第1期の「自然哲学」教科書の目標は、公衆を含めた生徒に対して、多様な応用を用いながら、わかりやすく最新の自然哲学の知識を提示し、習得させることであったと考えられる。

2. 第2期の「自然哲学」及び「物理学」教科書の目標

ここでは「自然哲学」及び「物理学」教科書の目標をそれぞれ分析した。第2期の「自然哲学」教科書(Rolfé & Gillet, 1874; Wells, 1873)の序文では、第1期と同様に、一般的な例や応用例を用いて最新の自然哲学の知識を提示することが述べられていた。ただし、第2期の「自然哲学」教科書では、教科書の対象に関する記述は見られなかった。

第2期の「物理学」教科書の序文では、教科書の目標に関して、次の2点が述べられていた。1点目に、大学への進学者を主な対

象とすることが述べられていた。第2期の「物理学」教科書のうち、Hall and Bergen (1891) においてのみ、教科書の対象に関する記述が見られた。Hall and Bergen (1891) では、「筆者たちは、ハイスクールやアカデミーの一般的なニーズを念頭に置いて準備を進めてきたが、この本は、大学の課程を待ち望んでいない人たちにとっても、待ち望んでいる人たちにとっても役に立つだろうと考えている。」(p. v) と述べられていた。引用文中の「ハイスクールやアカデミーの一般的なニーズ」とは大学入学要件を満たした教科書であり、Hall and Bergen (1891) はハーバード大学の入学要件である“*Provisional List of Experiments in Elementary Physics for Admission to College*” (Harvard College, 1886) を満たすように設計されていた。このことから、Hall and Bergen (1891) の主な対象は、大学への進学者であったと考えられる。

2点目に、教科書の目標の一つに、物理学の原理と法則を論理的な順序で体系的に提示することや実験を用いて説明することが述べられていた。Carhart and Chute (1892) では、以下のように述べられていた。

この本の作成の目的は、法則と原理の明確な記述を定式化すること、それらを単純な実験と適切な問題の両方によって十分に説明すること、そして、生徒がすでに身に付けたものの助けと勢いを持って、主題から主題へと進むことができるように、トピックの論理的な順序と配列を述べることである。(p. iv)

上記より、Carhart and Chute (1892) では、物理学の法則や原理を論理的に配列し、実験と問題を用いながら説明することを述べていることがわかる。このような記述から、第2期の「物理学」教科書の目標の一つに、物理学の知識を体系的に提示することや実験を用いて説明することがあったと考えられる。

以上から、第2期の「自然哲学」教科書では、教科書の対象に関する記述は見られなかったものの、第1期と同様に、一般的な例や応用例を用いて最新の自然哲学の知識を提示し、習得させることが目標に掲げられていた。一方、「物理学」教科書では、主に大学進学者を対象に、物理学の原理と法則を論理的な順序で体系的に、または、実験を用いて説明し、習得させることが目標に掲げられていた。

3. 第3期の「物理学」教科書の目標

第3期の「物理学」教科書の序文では、教科書の目標に関して、次の2点が見られた。1点目に、教科書の目標の一つに、将来の市民を育成することが掲げられていた。Mann and Twiss (1910, p. vii) では、「物理学」において、物理学者の知るべき内容ではなく、すべての生徒が知るべき内容を取り扱う必要があることが述べられていた。このことから、第3期の教科書の目標の一つに、将来の市民の育成があったと推察される。

2点目に、教科書の目標の一つに、科学的知識の習得に加えて、科学的思考力を育成することが掲げられていた。Mann and Twiss

(1910) では、以下のように述べられている。

この教科書の両方の版に用いられている提示方法の基礎をなす基本的な原理は、ハイスクールにおける科学の学習は教科の知識と科学的思考力の訓練の両方を生徒が得るときにのみ正当化されるということである。…(中略) …主題の指導が物理学の初歩的な教授を支配してきたので、思考方法の訓練にはほとんど注意が払われてこなかった。(p. v)

上記の引用から、科学的知識の習得に加えて、これまで関心が向けられてこなかった科学的思考力の育成が目指されていたことがわかる。科学的思考力の育成については、Dull (1922, p. iii) でも、「物理学」が推論の能力の発達に最も適していることが述べられていた。他方で、Millikan and Gale (1906) では、「物理学の偉大な創始者16名の肖像画が人類や歴史についての関心を高めるために挿入されている。」(p. iv) と述べられており、物理学史を用いて人類や歴史についての関心を高めることが述べられていた。以上の記述を総合すると、第3期の「物理学」教科書では、物理学史を用いて、生徒興味関心を高めるとともに、科学的知識と科学的思考力を身に付けることが目指されていたと推察される。

以上の2点から、第3期の「物理学」教科書の目標は、将来の市民に対して、物理学史を用いながら、科学的知識と科学的思考力を身に付けさせることであったと考えられる。

以上からⅢを総括すると、第1期の「自然哲学」教科書の目標は、公衆を含めた生徒に対して、多様な応用を用いながら、わかりやすく最新の自然哲学の知識を習得させることであった。第2期の「物理学」教科書の目標は、主に大学進学者に対して、物理学の原理と法則を論理的な順序で体系的に、または、実験を用いて説明し、習得させることであった。そして、第3期の「物理学」教科書の目標は、将来の市民に対して、物理学史を用いながら科学的知識を習得させるとともに、科学的思考力を身に付けさせることであったと考えられる。

これらの目標から、第1期から第3期の教科書の目標について、次の3点が指摘できる。1点目は、第1期と第2期の「自然哲学」及び「物理学」教科書では、ともに科学的知識の習得が目指されていたことである。2点目は、第2期から第3期にかけて、「物理学」の目標が科学的知識や応用の習得だけでなく、科学的思考力の育成へと変化する傾向がみられたことである。そして3点目は、教科書の対象が第1期から第2期にかけて将来の市民から専門家へと変化した、さらに、第2期から第3期にかけて将来の専門家から市民へと変化する傾向が見られたことである。

IV. 教科書で取り扱われている学習内容

では次に、各教科書でどのような学習内容が取り扱われていたのかについてみていく。まず、各教科書の章立てから、学習内容の構成の変遷を分析した。次に、その結果を踏まえて力学領域

に着目し、その領域でどのような学習内容が取り扱われていたのかについて分析した。

1. 章立てに見られる学習内容の構成の変遷

まず各教科書の章立てに示された題名から、物体の性質、力学、熱、音、電磁気学、光学、天文学、そして、その他の8領域に分類した。次に、教科書ごとに各領域の頁数とその割合を算出した。そして、それらの結果を3期間で比較して、学習内容の構成の変遷を探った。なお、その他の領域に含めたのは、放射線、分子物理学、物理学の総まとめ、そして、単位や用語の定義であった。

分析の結果を図1に示した。なお、図1では、Marcet (1820) から Dull (1922) の17冊を左から時系列順に「期間 - アルファベット」で表記した。「自然哲学」教科書は小文字のアルファベットで、「物理学」教科書は大文字のアルファベットでそれぞれ表記した。具体的には、第1期では、Marcet (1820), Olmsted (1833), Comstock (1835), Parker (1856), Quackenbos (1860), Cooley (1869), Norton (1870), Peck (1871), そして、Steele (1871) を順に「1-a」「1-b」, 「1-c」, 「1-d」, 「1-e」, 「1-f」, 「1-g」, 「1-h」, 「1-i」, 「1-j」と表記した。第2期では、Wells (1873), Rolfe and Gillet (1874), Gage (1882), Hall and Bergen (1891), そして、Carhart and Chute (1892) を順に「2-j」, 「2-k」, 「2-A」, 「2-B」, そして、「2-C」と表記した。そして、第3期では、Millikan and Gale (1906), Mann and Twiss (1910), そして、Dull (1922) を順に「3-D」, 「3-E」, 「3-F」と表記した。

図1より、章立てに見られる学習内容の構成の変遷について、各期間の間の変化や「自然哲学」教科書と「物理学」教科書の違

いに着目すると、第3期では、第1期と第2期に見られなかった放射線や分子物理学に関する章(その他の領域)が取り扱われるようになったことが指摘できる。放射線や分子物理学に関する章は、本研究ではその他の領域に分類したが、第3期の「3-D」, 「3-E」, そして、「3-F」の3冊の教科書で取り扱われていた。

他方で、各期間の間の変化や「自然哲学」教科書と「物理学」教科書の違いではないものの、学習内容の変遷について、次の2点が指摘できる。1点目は、力学、音、電磁気学、そして、光学の領域は、3期間を通して一貫して取り扱われていることである。そのなかでも力学領域は、「2-C」, 「3-D」, そして、「3-F」の3冊を除く14冊で最も高い割合で取り扱われていた。これら3冊で最も高い割合を占めていた領域は、「2-C」と「3-F」では電磁気学領域、「3-D」では熱領域であり、二番目に高い割合を占めていた領域は、3冊ともに力学領域であった。

2点目は、1856年以降に熱領域が取り扱われるようになった一方で、1869年以降に天文学領域が取り扱われなくなったことである。熱領域は、「1-a」, 「1-b」, そして「1-c」の3冊で取り扱われていなかったが、1856年に出版された「1-d」以降の14冊すべての教科書で取り扱われていた。そして、天文学領域は、「1-b」を除いて「1-a」から「1-e」までの4冊の教科書で取り扱われていたが、1869年に出版された「1-f」以降の12冊すべての教科書では取り扱われていなかった。

以上より、章立てをみると、「自然哲学」及び「物理学」の教科書では、第3期の「物理学」教科書では、放射線や分子物理学に関する内容が取り扱われるようになっていた。他方で、熱や天

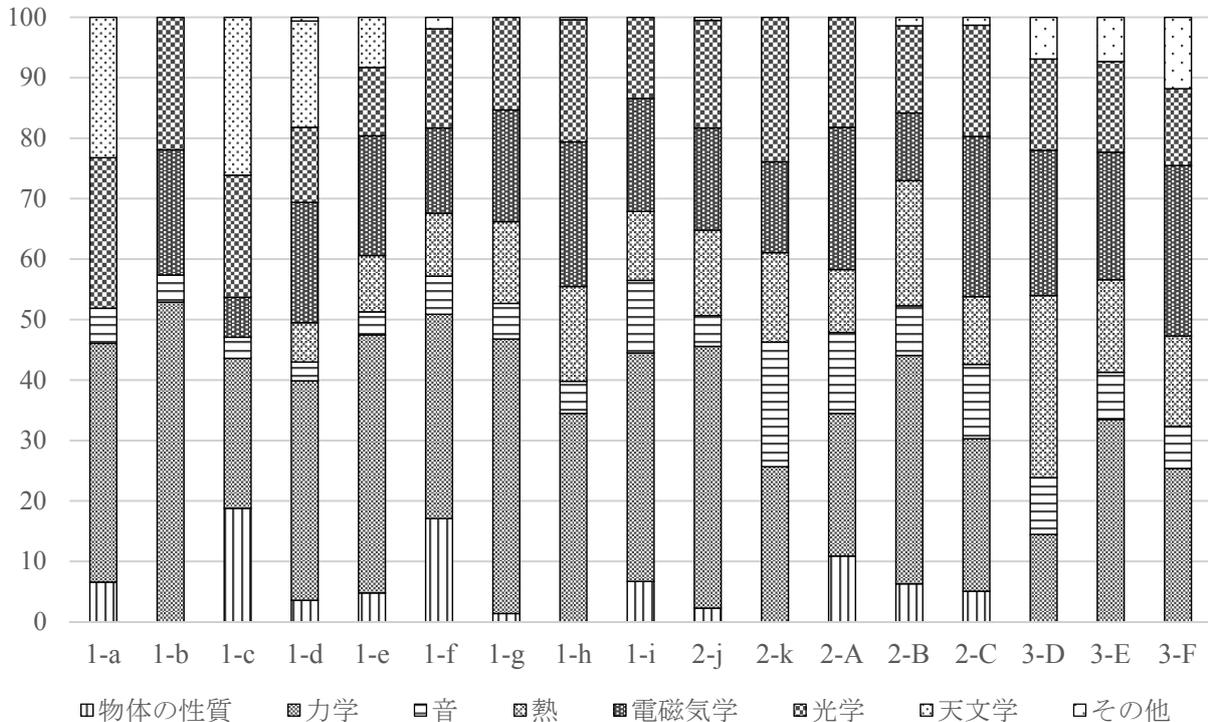


図1 教科書の章立てにもとづく学習内容の構成

文学などの領域の加除は見られたものの、力学などの領域が一貫して取り扱われていた。この結果は、前述した Nietzsche (1966) の結果と概ね符合するものであった。このように、3期間を通じて学習内容の構成に大きな変化を読み取ることはできなかった。しかしながら、IIIで指摘したように、第1期から第3期にかけて、教科書の対象が将来の市民から専門家、そしてまた市民へと変化する傾向が見られた。このことを踏まえれば、教科書で取り扱われる学習内容の全体の構成に大きな変化はなくとも、各領域内で取り扱われる学習内容やその取り扱われ方が変化した可能性が想定された。というのも、一般的に、育成を目指す人材像が将来の専門家と一般市民のどちらかであるかによって、ある学習内容をどのように取り扱うのかについて違いがみられるからである。そこで、本研究では、力学領域に着目して教科書の記述を分析することとした。ここで力学領域に着目するのは、この領域が3期間を通して一貫して取り扱われており、すべての教科書で他の領域に比べて高い割合で取り扱われていたためである。

2. 「自然哲学」及び「物理学」教科書で取り扱われている力学領域の学習内容

次に、力学領域に着目して、「自然哲学」及び「物理学」教科書で取り扱われている学習内容を教科書ごとに列挙し、各教科書を比較して、取り扱われている学習内容の変化を検討した。

その結果、第1期から第3期の「自然哲学」及び「物理学」教科書では、エネルギーに関する学習内容を除いて、力学領域で取り扱われる学習内容に大きな変化はみられなかった。エネルギーに関する学習内容は、第1期と第2期の「自然哲学」教科書では取り扱われていなかったが、第2期と第3期の「物理学」教科書で共通して取り扱われていた。エネルギーに関する学習内容以外の学習内容は、すべての教科書で一貫して取り扱われていた。一貫して取り扱われていた力学領域の学習内容は、大きく分けて固体、液体、そして、気体の力学であった。固体の力学では、力、運動、機械（てこ、ねじ、くさび、斜面、滑車、そして、車輪と車軸）等の学習内容が取り扱われていた。液体の力学では、水圧、浮力、液体の流速や流出量、波等の学習内容が取り扱われていた。そして、気体の力学では、大気圧と真空、ボイルの法則等の学習内容が取り扱われていた。

以上から、第1期から第3期のすべての教科書で大半の力学領域の学習内容は共通して取り扱われていたが、第2期と第3期の「物理学」教科書では、エネルギー概念が新たに追加されて取り扱われていた。

IVを総括すると、「自然哲学」及び「物理学」の教科書では、章立てをみると、熱や天文学などの領域の加除は見られたが、力学などの領域が一貫して取り扱われており、3期間を通じて学習内容の構成に大きな変化を読み取ることはできなかった。そこで力学領域に着目してみると、第1期から第3期のすべての教科書で大半の学習内容は共通して取り扱われていたが、第2期と第3期の「物理学」教科書では、エネルギー概念が新たに追加されて取り扱われていた。

以上の学習内容の変化は、19世紀における物理学の進歩と、「自然哲学」からの「天文学」(Astronomy)の独立によるものであったと考えられる。上述した学習内容の変化のうち、熱領域やエネルギー概念、放射線や分子物理学に関する学習内容が取り扱われるようになったのは、19世紀における物理学の進歩を反映したためであったと考えられる。19世紀における物理学の動向をみると、熱や電磁気学の領域の研究が進展し、エネルギーに関する法則などが発見されていった(小山, 2012)。さらに、19世紀末には、放射線や電子などの微視的な事物や現象についての研究が行われるようになった(Buchwald & Hong, 2003, p. 165)。そして、IIIでみられたように、第1期と第2期の「自然哲学」教科書の目標の一つに、科学の進歩を反映して、最新の科学的知識を提示することが掲げられていた。以上から、熱領域やエネルギー概念、放射線や分子物理学に関する学習内容が取り扱われるようになったのは、「自然哲学」及び「物理学」の目的の変化を反映したというよりも、19世紀における物理学の進歩を反映したものであったと考えられる。

他方で、1869年以降に出版された教科書において、天文学領域の学習内容が取り扱われなくなった一つの背景には、天文学領域の学習内容が「天文学」という独立した科目で取り扱われるようになったことがあったと考えられる。Stout (1921)は、北部中央の8州⁹⁾のハイスクールにおける設置科目を調査した。それらの結果から、「天文学」、「自然哲学」、そして「物理学」の設置率を算出して、次頁の図2に示した。図2をみると、「天文学」の各学校における設置率は、1866年～1870年に9割と最も高くなったが、その後低下していき、1900年には3割を下回った。このような傾向は、ニューヨーク州を調査した Miller (1922)の調査結果にも同様にみられた。この「天文学」が設置されるようになった時期と、「自然哲学」教科書で天文学領域が取り扱われなくなった時期は、概ね一致しており、天文学領域の学習内容は、独立した科目の「天文学」で学習することとなったのではないかと考えられる。実際に、「自然哲学」教科書の Wells (1873)では、「一方、(この教科書では、)自然哲学の教科書にしばしば含まれている天文学は、正当かつ適切に独立した専門書の主題を形成するものとして、除外されている。」(p. iv, 括弧内は筆者による補足)と述べられ、天文学領域の内容が「自然哲学」から独立した内容であるとみなされていた。Marché (2002)は、1900年～1920年に「天文学」が衰退していった理由として、「天文学」の教育的価値を支えていた精神訓練の理論が衰えたことと、「天文学」が大学入学要件に認可されず、中等カリキュラムに組み込まれなかったことを指摘している。しかし、1870年以降に、「天文学」の設置率が低下していくなかで、「自然哲学」及び「物理学」教科書において、天文学領域の学習内容が再び取り扱われることがなかった理由について、本研究では明らかにすることができなかった。

以上から、第1期から第3期にみられる学習内容の構成の変化は、19世紀における物理学の進歩と、「自然哲学」からの「天文学」の独立によるものであったと考えられ、第1期から第3期

の「自然哲学」及び「物理学」の目的の変化の反映はみられなかった。そこで、「自然哲学」と「物理学」の目的について検討するために、IVで明らかにした力学領域の学習内容がどのように取り扱われているのかについて分析することとした。

V. 力学領域の学習内容の取り扱われ方

「自然哲学」及び「物理学」教科書において、IVで明らかにした力学領域の学習内容がどのように取り扱われているのかについて分析した。

1. 第1期の「自然哲学」教科書

まず第1期からみていく。第1期の3冊 (Olmsted, 1833; Parker, 1856; Steele, 1871) の「自然哲学」教科書では、物質や惑星に関する学習内容が神による創造に関する記述とともに取り扱われていた。例えば、Steele (1871) では、結晶について、以下のよう

に述べられている。

このように自然の中で形成された結晶の美しい仕上がりと完成度は、最高のアート⁵⁾の出来栄を優に超越している。神は、美にみられる秩序で楽しませているのである。彼は、地球の暗い奥底で、彼の法則のゆっくりとしたプロセスによって、最も希少な宝石アメジスト、ルビー、そしてダイヤモンドを創り出した。(p. 38)

上記の引用では、神によって結晶が創られたことが述べられていることがわかる。このような物質や惑星の神による創造に関する記述は、3冊 (Olmsted, 1833; Parker, 1856; Steele, 1871) の

力学以外の物体の性質や電磁気学、音、光学、天文学の5領域でも同様にみられた。他の2冊 (Comstock, 1835; Marcet, 1820) においても、力学以外の領域で同様の記述がみられた。

以上より、第1期の「自然哲学」教科書では、力学領域の学習内容のうち、物質や惑星などの自然の事物や現象について神による創造に関する記述を用いて説明されていた。

2. 第2期の「自然哲学」及び「物理学」教科書

ここでは「自然哲学」教科書と「物理学」教科書における力学領域の学習内容の取り扱われ方をそれぞれ分析した。その結果、第2期の「自然哲学」教科書のうち Wells (1873) では、第1期と同様に、神に関する記述がみられた。例えば、Wells (1873, p. 22) では、神が重力、光、電気、そして、生命の原因であることが説明されていた。このことから、第2期の「自然哲学」教科書では、第1期と同様に、力学領域の学習内容が神による自然界の創造に関する説明を用いて取り扱われていた。

次に、第2期の「物理学」教科書では、力学領域の学習内容が実験や数式を用いて説明されていた。例えば、Hall and Bergen (1891) の力学領域では、大気圧の測定などの11の実験が設けられ、また、自由落下の法則などが数式を用いて説明されていた。このように、第2期の「物理学」教科書では、力学領域の学習内容が実験や数式を用いて説明されていた。

以上より、第2期の「自然哲学」教科書では、第1期と同様に、力学領域の学習内容が神による創造を用いて説明されていた。一方で、「物理学」教科書では、力学領域の学習内容が実験や数式を用いて説明されていた。このように、「自然哲学」教科書と

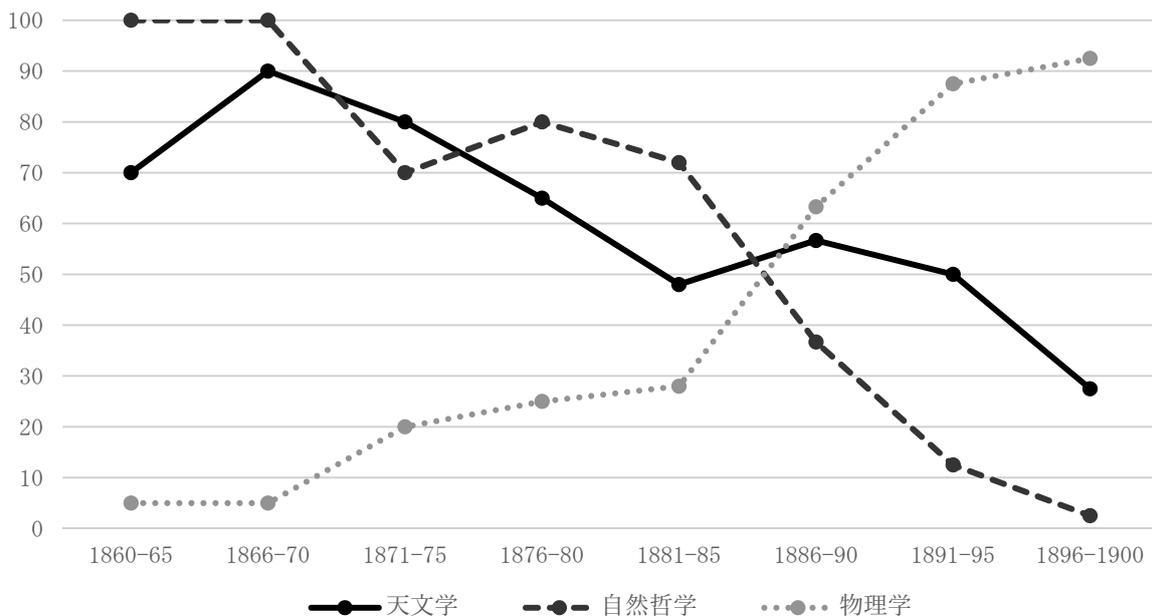


図2 北部中央8州における「天文学」、「自然哲学」、及び「物理学」の設置率
(出典: Stout, 1921, pp. 62-68, TABLE II-IXから筆者が作成)

「物理学」教科書で学習内容の取り扱い方に違いが見られた。

3. 第3期の「物理学」教科書

第3期の「物理学」教科書における力学領域の学習内容の取り扱い方について、次の2点が指摘できる。1点目は、日常生活に見られる運動を科学的に見る導入と、実験結果から公式を導出する学習順序がみられるとともに、節や章の終わりに現象の説明を求める問いが設定されていたことである。まず、第3期の「物理学」教科書では、日常にみられる運動を用いて、運動に関する章が導入されていた。例えば、Mann and Twiss (1910, p. 55) の第3章「運動」の導入では、列車内で座っている人の運動に関する3つの説明が示され、「どの説明が正しいだろうか？」(p. 55) と述べられていた。加えて、実験結果から公式を導出する学習順序がみられた。例えば、Millikan and Gale (1906, pp. 26-29) では、等加速度運動の一例として斜面上を転がる物体の運動が取り扱われていた。そこでは、まず斜面上の物体の移動距離や速度に関する実験の方法が紹介された後に、その実験結果が示され、そこから公式が導出されていた。さらに、節や章の終わりには、生徒に現象の説明を求める問い (Questions) が設定されていた。例えば、Dull (1922) では、「斜面上の球は、なぜ転がり落ちるのか？」(p. 103) という問いが設定されていた。以上から、第3期の「物理学」教科書では、導入や学習順序、問いを用いて、科学的に思考する場面が設定されていたことが指摘できる。

2点目は、第3期の「物理学」教科書では、物理学者の肖像画や業績が紹介され、それに関する問いが設定されるとともに、3冊で共通して真空と大気圧や物体の自由落下がその歴史を用いて説明されていたことである。Ⅲでみたように、Millikan and Gale (1906) では、物理学者の肖像画が取り扱われており、力学領域では、ガリレオ・ガリレイなど7名の肖像画が掲載され、その下にその人物の業績が紹介されていた。同様に、Dull (1922) においてもアルキメデスなど22名の物理学者などの肖像画と彼らの業績が紹介されていた。このように、第3期の「物理学」教科書では、物理学者の肖像画や業績が取り扱われていた。加えて、章末に設定されている問いには、「ガリレオとは誰か？彼の最も重要な発見は何か？」(Mann & Twiss, 1910, p. 52) などの問いが設定されていた。さらに、第3期の教科書では、3冊で共通して真空と大気圧や物体の自由落下がその歴史を用いて説明されていた。例えば、Mann and Twiss (1910, pp. 77-80) では、真空と大気圧の発見が次のように取り扱われていた。まず、アリストテレスによって、真空が存在しないことについて「自然は真空を嫌う」と説明されていたことが紹介されていた。その後、トリチェリの実験によって真空の存在が確かめられ、アリストテレスの説明が修正されたことが示されていた。さらに、トリチェリの実験を用いてパスカルの原理が導出されたことが示されていた。このように、第3期の「物理学」教科書では、自然現象に関する従来の説明が新たな実験によって修正されてきた過程が紹介されていた。以上より、第3期の「物理学」教科書では、力学領域の学習内容が物理学史を用いて説明されていたことが指摘できる。

以上の2点から、第3期の「物理学」教科書では、力学領域の学習内容は、科学的思考力を働かせるように取り扱われるとともに、物理学史を用いて説明されていた。

Vを総括すると、3期間の「自然哲学」及び「物理学」教科書において、力学領域の学習内容は、次のように取り扱われていた。第1期と第2期の「自然哲学」教科書では、力学領域の学習内容は物質や惑星の神による創造に関する記述を用いて取り扱われていた。一方で、第2期の「物理学」教科書では、力学領域の学習内容は実験や数式を用いて説明されていた。そして、第3期の「物理学」教科書では、力学領域の学習内容は、科学的思考力を働かせるように取り扱われるとともに、物理学史を用いて説明されていた。

以上より、第1期から第3期の「自然哲学」及び「物理学」教科書における力学領域の学習内容の取り扱い方について、次の2点が指摘できる。1点目は、第1期及び第2期の「自然哲学」教科書と第2期「物理学」教科書とは、力学領域の学習内容の取り扱い方が異なっていたことである。第1期と第2期の「自然哲学」教科書では、力学領域の学習内容が物質や惑星について神による創造に関する記述を用いて説明され、自然に神の意図が隠されているという宗教的な自然の見方が示されていた。その一方で、第2期の「物理学」教科書では、実験や数式を用いて力学領域の法則や原理が説明され、自然に規則性が存在するという科学的な自然の見方が示されていた。このように、第1期及び第2期の「自然哲学」及び第2期の「物理学」教科書では、力学領域の学習内容は、宗教的な自然の見方と科学的な自然の見方という異なる自然の見方にもとづいて取り扱われていたことが指摘できる。

2点目は、第2期と第3期の「物理学」教科書の目標が学習内容の取り扱い方に具体化されていたことである。第2期の「物理学」教科書では、力学領域の学習内容は、実験や数式を用いて説明されており、Ⅲで述べたような物理学の原理と法則を論理的な順序で体系的に、または、実験を用いて説明し、習得させるという目標が具体化されていたと考えられる。そして、第3期の「物理学」教科書では、力学領域の学習内容は、科学的思考力を働かせるように取り扱われるとともに、物理学史を用いて説明されており、Ⅲで述べたような物理学史を用いて、科学的知識と科学的思考力を身に付けさせるという目標が具体化されていたと考えられる。

VI. 考察

まずⅢ～Vの結果を総合して、教科書の目標、学習内容、そして、その取り扱い方から、「自然哲学」と「物理学」の目的を考察した。次に、その目的と、荒谷・丹沢 (2019) で明らかにされた「自然哲学」及び「物理学」の目的を比較検討した。

1. 教科書の目標と学習内容から読み取られる両科目の目的

まず第1期の「自然哲学」教科書の目標は、公衆を含めた生徒に対して、多様な応用を用いながら、わかりやすく最新の自然哲学の知識を提示することであった。他方で、第1期の「自然哲学」

教科書の学習内容は、力学領域の学習内容は物質や惑星の神による創造に関する記述を用いて取り扱われていた。このような「自然哲学」教科書の目標と学習内容の取り扱われ方は、第2期の「自然哲学」教科書においても同様であった。これらのことから、第1期と第2期の「自然哲学」の目的は、自然を創造した神の意図を理解した将来の市民を育成することであったと考えられる。日高(2017)によると、19世紀の「自然誌」(Natural History)においても宗教的な目的や目標が掲げられていた。日高(2017)の結果は、本研究の「自然哲学」の目的と目標に関する結果を支持すると考えられる。

次に、第2期の「物理学」教科書の目標は、大学進学者を主な対象として、物理学の原理と法則を論理的な順序で体系的に、または、実験を用いて説明することであった。この目標にもとづき、第2期の「物理学」教科書の学習内容は、実験や数式を用いて説明されていた。これらのことから、第2期の「物理学」の目的は、実験や数式を通して、大学進学者を対象に自然界を実証的に理解させることであったと考えられる。

そして、第3期の「物理学」教科書の目標は、将来の市民に対して、物理学史を用いて、科学的知識と科学的思考力を身に付けさせることであった。この目標にもとづき、力学領域の学習内容は、科学的思考力を働かせるように取り扱われるとともに、物理学史を用いて説明されていた。これらのことから、第3期の「物理学」の目的は、物理学の歴史を用いて、科学的知識と科学的思考力を有した将来の一般市民を育成することであったと考えられる。

2. 荒谷・丹沢(2019)との比較検討

1で述べた本研究の結果と荒谷・丹沢(2019)を比較すると、「自然哲学」と「物理学」の目的について、次の2点が指摘できる。1点目は、荒谷・丹沢(2019)の明らかにした第1期の「自然哲学」と第3期の「物理学」の目的は、それらの教科書においても具体化されていたことである。荒谷・丹沢(2019)は、第1期の「自然哲学」の目的が自然に隠された神の意図を理解した将来の一般市民の育成であり、第3期の「物理学」の目的が物理学の歴史を理解し、科学的思考力を有した一般市民の育成であったことを明らかにした。本研究の結果、教科書の目標と内容から読み取ることのできる第1期の「自然哲学」と第3期の「物理学」の目的は、荒谷・丹沢(2019)と符合するものであった。このことから、荒谷・丹沢(2019)の明らかにした第1期の「自然哲学」と第3期の「物理学」の目的は、教科書の目標と学習内容において具体化されていたと考えられる。

2点目は、第1期及び第3期とは異なり、第2期の「物理学」の目的については、本研究の結果と荒谷・丹沢(2019)の結果に違いが見られたことである。荒谷・丹沢(2019)は、当時公表された報告書(NEA, 1893; Wead, 1884)を分析して、2期の「物理学」の目的が精密な測定を通じた将来の専門家及び一般市民の精神訓練であったことを指摘した。他方で、本研究では、教科書の目標と学習内容から、第2期の「物理学」が将来の専門家に対

して、実験を通して精神訓練させるとともに、科学的知識や応用を理解させることを目指していたことが明らかになった。これらを比較すると、次の2つの違いが見られた。1つ目の違いは、報告書では将来の専門家と市民の両方の育成に関する目的が論じられていた一方で、「物理学」教科書では主に将来の専門家の育成を目標としていたことである。2つ目の違いは、報告書では精密な測定を通じた精神訓練の目的が論じられていた一方で、「物理学」教科書では実験を通じた精神訓練だけでなく、科学的知識やその応用の習得を目標としていたことである。

では、第2期の「物理学」の目的に関して、これらの違いが見られたのは、なぜだろうか。1つ目の違いが見られたのは、第2期において、第3期への準備として、報告書上で将来の一般市民の育成に関する目的が論じられていたためであると考えられる。荒谷・丹沢(2019)は、“*Report of the Committee on Secondary School Studies*”(NEA, 1893, 以降, NEA(1893)とする)において、全生徒による「物理学」の履修に関する記述がみられたことを指摘している。このNEA(1893)は、倉沢(1985)によれば、大学入学要件の統一と中等カリキュラムの整備を目的とした報告書であった。そのような報告書において、上記のような記述が見られたことは、第3期で盛んに論じられる将来の一般市民の育成に関する目的の萌芽であるとみなすことができるだろう。そして、2つ目の違いが見られたのは、第2期の報告書では、物理学の知識の習得よりも、「物理学」の精神訓練の価値がより強調されたためであると考えられる。倉沢(1985, p. 154)によれば、19世紀末の米国では、精神訓練の価値によって教科書の価値が決定され、科学系科目は軽視される状況にあった。その状況のなかで、「物理学」の価値を主張するために、物理学の知識の価値よりも、「物理学」の精神訓練の価値がより強調して論じられたと考えられる。

VII. おわりに

第1期及び第2期の「自然哲学」は宗教的な性格をもっていたのに対し、第2期の「物理学」は自然界を実証的に理解した将来の専門家の育成という性格をもっており、両科目の性格は異なっていた。このことを踏まえると、荒谷・丹沢(2019)は、大学入学要件への認可に着目して第1期と第2期を区分して、これらの期間の「自然哲学」と「物理学」の目的について分析したが、第1期と第2期を通して「自然哲学」と「物理学」をそれぞれ個別に分析する必要性が示唆された。そして、第3期の「物理学」は、物理学の実証的な側面に重点を置いた第2期の反省として、物理学の歴史を用いた一般市民に必要な科学的知識の習得と科学的思考力の育成を目指す科目として成立した。

今後の課題として、1950年代に至るまでに、「物理学」の目的が将来の一般市民の育成から、将来の専門家の育成へと転換した理由について明らかにすることが挙げられる。

註釈

- 1) 本研究では、学問と教科を区別するため、教科を指す際には括弧を付した。
- 2) 荒谷・丹沢 (2019) は、第2期と第3期の「物理学」の目的を当時の報告書 (例えば、NEA, 1893) や学術論文、書籍を用いて明らかにしたが、第1期の「自然哲学」の目的を分析する際には、史料が乏しかったため、教科書の序文を分析対象とした。
- 3) 本稿では、荒谷・丹沢 (2019) と同様に、堀 (1994) に従い、目的の用語を「最終的に到達したい状態として意図し行動を方向づけるもの」(p. 109)、目標の用語を「その目的を達成するために設定されたためあて」(p. 109) という意味で用いた。
- 4) Grant (2007, pp. 316-319) によれば、19世紀の科学者と自然哲学者の間では、「natural philosophy」、「physics」、そして、「science」の語は、同義語として用いられていた。本研究では、教科書名に「Natural Philosophy」を含むものを「自然哲学」教科書、「Physics」を含むものを「物理学」教科書として区別して分析した。
- 5) 『科学技術英和大辞典 (第2版)』(富井, 2004, p. 128) をみると、「art(s)」の用語には、技術、美術や芸術、教養科学などといった多様な意味がある。加えて、本研究対象の教科書である Parker (1856) では、「アートと科学 (science)」という用語は、常に適切に区別されて使用されているわけではない。一般的に、アートは、実践やパフォーマンスによって決まるものであるのに対し、科学は一般的な法則、または抽象的で思索的な原則の検討である。」(p. XV) と述べられている。これらのことから、本研究では、「art(s)」の用語の多様な意味を考慮して、訳出せずに「アート (ツ)」と表記することとした。
- 6) Stout (1921) は、アイオワ州、イリノイ州、インディアナ州、ウィスコンシン州、オハイオ州、カンザス州、ミシガン州、そしてミズーリ州の8州を調査した。

付記

本論文は、以下の研究発表に加筆と修正を加えたものである。荒谷航平・丹沢哲郎 (2019) 「1821-1930年の米国ハイスクール用教科書に見られる『自然哲学』及び『物理学』の目的—力学領域に着目して—」『日本科学教育学会年会論文要旨集』, 43, 618-619.

謝辞

本研究にあたり、静岡大学の丹沢哲郎教授に懇切丁寧なご指導を賜りました。記して謝意を示します。

引用文献

荒谷航平・丹沢哲郎 (2019) 「1821~1930年の米国におけるハイスクール『物理学』の目的の変遷」. 『科学教育研究』, 43(4),

323-332.

- Buchwald, J. Z. & Hong, S. (2003). *Six Physics*. Cahan, D. (Ed.). From Natural Philosophy to the Sciences: Writing the History of Nineteenth-Century Science. The University of Chicago Press.
- Carhart, H. S. & Chute, H. N. (1892). *The Elements of Physics*. Allyn and Bacon, Boston.
- Comstock, J. L. (1835). *A System of Natural Philosophy, 21st ed.* D. F. Robinson & Co., Hartford.
- Cooley, L. R. C. (1859). *A Text Book of Natural Philosophy*. Charles Scribner & Co., New York.
- Dull, C. E. (1922). *Essentials of Modern Physics*. Henry Holt, New York.
- Gage, A. P. (1882). *A Text-Book on the Elements of Physics for High Schools and Academies*. Ginn, Heath, and Co., Boston.
- Grant, E. (2007). *A history of natural philosophy: From the ancient world to the nineteenth century*. Cambridge University Press.
- Hall, E. H. & Bergen, J. Y. (1891). *A Textbook of Physics, Largely Experimental: On the Basis of the Harvard College "Descriptive List of Elementary Physical Experiments"*. Henry Holt, New York.
- Harvard College. (1886). *Provisional List of Experiments in Elementary Physics for Admission to College*. Harvard University, Cambridge, MA.
- 日高翼 (2017) 『米国ハイスクールにおける「生物学」の成立過程に関する研究：ヒトの身体の扱いに焦点を当てて』。(博士論文, 静岡大学).
- 堀哲夫 (1994) 『理科教育学とは何か』, 東洋館出版
- 小山慶太 (2012) 『エネルギーの科学史』, 河出書房新社
- 倉沢剛 (1985) 『米国カリキュラム研究史』, 風間書房.
- Mann, C. R. & Twiss, G. R. (1910). *Physics, revised edition*. Scott, Foresman, Chicago.
- Marcet, F. (1820). *Conversations on Natural Philosophy*. A. T. Goodrich, W. B. Gilley, and Charles Wiley & Co., New York.
- Marché, J. D. (2002). Mental Discipline, Curricular Reform, and the Decline of US Astronomy Education, 1893-1920. *Astronomy Education Review*, 1(1), 58-75.
- Meltzer, D. E. & Otero, V. K. (2015). A brief history of physics education in the United States. *American Journal of Physics*, 83(5), 447-458.
- Miller, G. F. (1922). *The Academy System of the State of New York*. J. B. Lyon Company, Printers, Albany.
- Millikan, R. A. & Gale, H. G. (1906). *A First Course in Physics*. Ginn and Co., Boston.
- National Education Association (NEA). (1893). *Report of the Committee on Secondary School Studies*. Government Printing Office, Washington.
- Nietz, J. A. (1966). *The Evolution of American Secondary School Textbooks*. Charles E. Tuttle Company, Vermont.
- 野上智行 (1994) 『アメリカ合衆国におけるゼネラルサイエン

スの成立過程の研究』, 風間書房.

Norton, S. A. (1870). *The Elements of Natural Philosophy*: Eclectic Education Series, Van Antwerp, Bragg & Co., Cincinnati.

Olmsted, D. (1833). *A Compendium of Natural Philosophy*: Hezekiah Howe and Co., New Haven.

Otero, V. K. & Meltzer, D. E. (2017). A Discipline-Specific Approach to the History of U.S. Science Education. *Journal of College Science Teaching*, 46(3), 34-39.

Parker, R. G. (1856). *A School Compendium of Natural and Experimental Philosophy*: A. S. Barnes & Co., New York.

Peck, W. G. (1871). *Introductory Course of Natural Philosophy for the Use of Schools and Academies, edited from Ganot's Popular Physics*. A. S. Barnes & Co., New York.

Quackenbos, G. P. (1860). *A Natural Philosophy*: D. Appleton and Company, New York.

Rolfé, W. J. & Gillet, J. A. (1874). *Natural Philosophy, For High schools and Academies*. Potter, Ainsworth, and Company, New York.

Speidel, M. G. (2018). *The Emergence of the Laboratory Method and the Displacement of Natural Philosophy by Physics in American*

High School Textbooks (1860-1900). (Doctoral dissertation, University of Hawai'i at Manoa).

Steele, J. D. (1871). *A Fourteen Weeks' Course in Natural Philosophy*: A.S. Barnes & Co., New York.

Stout, J. E. (1921). *The Development of High-School Curricula in the North Central States from 1860 to 1918*. The University of Chicago Press, Chicago.

富井篤 (編) (2004) 『科学技術英和大辞典 (第2版)』, オーム社

Wead, C. K. (1884). Aims and methods of teaching of physics (Circulars of information of the Bureau of Education, No. 7). Washington: Government printing office.

Wells, D. A. (1873). *Wells's Natural Philosophy; for the Use of Schools, Academies, and Private Students*. Ivison, Blakeman, Taylor, & Company, New York.

【連絡先 荒谷航平 E-mail: araya.kohei.18@shizuoka.ac.jp】

The Historical Change of Purposes of US High School Natural Philosophy and Physics in Textbooks in 1821 - 1930

Kohei ARAYA

*Cooperative Doctoral Course in Subject Development in the Graduate School of Education,
Aichi University of Education & Shizuoka University*

ABSTRACT

This study aims to clarify the purposes of Natural Philosophy and Physics by analyzing textbooks in high schools in the U.S. from 1821 to 1930. The authors analyzed 17 textbooks from the following two points: the goal of the textbook and learning content of the mechanics. As a result, the purposes of Natural Philosophy and Physics were as shown below:

1. to enhance the religious understanding of nature in Natural Philosophy in the first sub-period (1821-1872),
2. to understand the law and principle of mechanics empirically for the future specialists in the second sub-period (1873 -1899),
and
3. to develop the scientific knowledge and scientific thinking skills required as a future citizen through the history of physics in the third sub-period (1900-1930).

The above results and its comparison with the result of Araya and Tanzawa (2019) indicated the following two points. Firstly, the purposes of Natural Philosophy and Physics should be analyzed individually through the first and second sub-periods. Secondly, it is necessary to clarify the reason why the purpose of Physics changed from the preparation of future citizen to the specialist by the middle of the 20th century.

Keywords

United States of America, High School Physics, Natural Philosophy, Purpose