

論文

科学と技術を融合・一体化した教員養成カリキュラムの構築

Construction of Teacher Training Curriculum for Combining and Integrating Science and Technology

道法 浩孝 (高知大学教育学部)¹

蒲生 啓司 (高知大学教育学部)¹

Hiroataka DOHO¹ and Keiji GAMOH¹

¹ Faculty of Education, Kochi University

ABSTRACT

The complementarity and relationship of science and technology have deepened in recent years and science and technology has definitely formed our social infrastructure. Under these circumstances “science” and “technology” have been taught as independent subjects in Japanese school education. The implementation of education, which combine and integrate science and technology, might make it possible to develop the ability to apply the laws of nature to solve specific problems and to design and manufacture on the basis of scientific laws. In this study, we made an attempt to construct teacher training curriculum for students, which develop opportunities to integrate science and technology education, and to set up the curriculum to the teacher training curriculums. In the curriculum, the contents, which science and technology were combined and integrated, and the subjects, of which the contents and the teaching methods were integrally managed, were systematically configured. On the basis of the curriculum, we have developed teaching materials and considered the specific curriculums and some practical lessons, which were applied and continuously demonstrated. As a result, the applicability of the present curriculum and the usefulness for developing science and technology education in the future were suggested.

Key words: combining science and technology, literacy of science and technology, science and technology education, teacher training curriculum, development of teaching materials

I. はじめに

科学と技術の発展が著しい勢いで進行する今日、両者の関連性・相補的關係は深化する一方である。技術の進歩は、計測器・実験機器の開発・高性能化を促し、科学における新たな手法及び研究分野の開拓を可能にした。一方、科学の技術への導入により、技能の技術化や機械化が進展し、物質・エネルギーの高度な生産技術の確立及び高度情報通信技術の普及が実現している。

元来、哲学の一分野であった科学と職人の技芸とされた技術は、独自の発展を遂げてきた。しかしながら、産業革命を契機に両者の関係は相補的・一体的となり、相乗効果により著しい発展を遂げた¹⁾。鍛冶屋、大学付きの職工ら職人の経験的技能に基づく蒸気機関の発明は、熱及びエネルギーに関する研究の進展を促し、熱力学という新たな科学の分野を確立させた²⁾。温度計・空気ポンプ、顕微鏡等の実験機器の発明・改良は、化学の進展、生物学という新たな分野の確立を促した³⁾。また、20世紀初頭に生まれた量子力学・固体物理学は、半導体工学・電子回路技術の基盤となり、コンピュータとそのネットワークに代表される電子情報通信技術の飛躍的な進歩を実現している⁴⁾。現代社会を支えている諸技術の多くは、科学を基盤として成り立っている⁵⁾。

以上のように科学と技術が一体化し、科学技術として社会の基盤を形成している現状に対し、学校教育の場では、両者は理科、技術科（中学校技術・家庭技術分野をさす。以下、技術科と表記）とそれぞれ独立した教科、分野として存在している。科学と技術を融合・一体化した教育を実施することにより、自然の法則性を具体的な問題解決に応用する力、単なるものづくりではなく科学的法則に基づいて設計・製作を行う力等の育成が可能になり、学習者の興味・関心、思考力及び問題解決能力等の高揚が図れるものとする。学校教育における科学と技術の独立した教育カリキュラムが、学習者の知的好奇心の高揚、学習を通して習得した知識・技術の有用性の実感を阻害し、理科離れ、科学技術離れの一因となっているのではないかと考える。

そこで我々は、教員養成教育における科学と技術の融合・一体化を通して、上記課題への対応の先駆けとした。すなわち、両教科の融合・一体化による科学技術教育教員養成カリキュラムを構築し、「科学技術教育コース」として、新たに大学学部における教員養成課程への位置づけを実現した。本論文では、構築したカリキュラムについて詳述するとともに、カリキュラムに新設した科学と技術を融合し一体的に扱う授業科目について、検討・改善を継続的に実施している授業内容、授業実施のために開発した教材・教具、及び試行的実践とその結果を提示することを通して、科学教育、技術教育が抱える今日の課題に対し、新たな視点からのアプローチを示唆することを目的とする。

本研究に関連した先行研究として、東京大学附属中学校における「科学・技術科」の設置がある⁶⁾。ここでは、科学と技術の枠組みを維持しながらも両者の連携を図る教育が展開されている。また大谷は、1960年代における技術教育からの系統的な科学技術教育課程編成の動きについて、考察を行っている⁷⁾。さらに朝井は、技術教育と理科教育との間に密接な関連があることを指摘している⁸⁾。

一方近年アメリカ合衆国において、理数系教育の重視及びイノベーションの創出を掲げ、科学技術を構成する教科の連携を通して科学技術人材の育成を図るSTEM教育が注目され^{9),10),11)}、欧米諸国における科学教育改革に影響を与えている¹²⁾。熊野らは、このSTEM教育を科学技術ガバナンス形成のための教育としてわが国の科学教育に導入し実践を試みている¹³⁾。しかしながら上記の研究は、科学教育の視点から技術との接点を見出し連携を図ろうとするSTEM教育が対象となっている。大島らは技術に重点をおいたSTEM教育の教材開発を行っているが、中学校・高等学校の科学教育を対象としている¹⁴⁾。さらに大谷らは、科学技術リテラシー育成のための課題について、科学と技術の指導内容の関連性を認めながらも、固有性の側面からの課題を指摘している¹⁵⁾。

平成29年3月に告示された学習指導要領には、資質・能力を育むために子供の学びの経験を、どのようにデザインし、実施して、評価・改善を行うかを示すカリキュラム・マネジメントが中心的課題に位置付けられており¹⁶⁾、そのなかで、教育の目的や目標の実現に必要な教育の内容等を教科横断的な視点で組み立てていくことが指摘されている¹⁷⁾。

本研究は、これらの研究及び学習指導要領を踏まえ、科学技術という新たな枠組みのもとで、両者を一体的に捉えた教員養成教育を実施するものであり、科学と技術を融合・一体化した教育の、学校教育における普通教育段階への導入を視野に入れて展開するものである。

II. 科学と技術の関連性と両者を融合・一体化した教員養成の意義

1. 科学と技術の関連性

科学と技術の関連性・相補的關係を、中学校理科の単元及び技術科の内容に基づいて、その基礎となる学問領域とともに整理したものを表1に掲げる。

技術科は、現代社会で活用されている多様な技術を「A 材料と加工の技術」、「B 生物育成の技術」、「C エネルギー変換の技術」、「D 情報の技術」に整理し、内容構成されている。各内容の学習は、生活や社会を支える技術についての学習、技術による問題の解決（設計・計画、製作・制作・育成）、社会の発展と技術についての学習で構成さ

表1 科学と技術の関連性・相補的關係

中学校理科	科学	技術	中学校技術科
身近な物理現象 運動とエネルギー 運動の速さと向き 力と運動 力学的エネルギー	力学 熱力学 流体力学	機械運動学 材料力学 内燃機関工学	エネルギー変換に関する 技術(機械)
電流とその利用 回路と電流・電圧 電流・電圧と抵抗 電流と磁界	電磁気学 量子力学	電気工学 電子工学	エネルギー変換に関する 技術(電気)
身の回りの物質 化学変化と原子・分子 状態変化 物質の成り立ち	物理化学 無機化学 有機化学	材料学 材料加工学	材料と加工に関する技術 (木材・金属) 材料と加工に関する技術 (プラスチック)
植物の生活と種類 植物の体のつくりと働き 動物の生活と生物の変遷 動物の体のつくりと働き	植物学 動物学	農学 栽培学	生物育成に関する技術

れ、実践的・体験的な活動及び問題解決的な学習を通して展開される。

表1に示す通り、技術科を構成する4つの内容のうちAからCの3つの内容の多くは、理科における学習内容すなわち科学的な知識(自然の法則性)が基礎となり、それを応用して学習活動が展開される。理科の「運動とエネルギー」及び「電流とその利用」で学習する内容は、技術科の「機械・電気エネルギーの変換技術」に関する学習のベースとなっており、両者は相補的・一体的関係にある。技術科で用いる加工材料の特徴は、その原子・分子構造に関連付けられ、理科の化学分野での学習がベースとなる。さらに、生物分野での植物に関する学習内容が、水、光、温度等の適切な管理による計画的な作物栽培につながる。

表の内側に提示したそれらの基礎学問となる科学と技術の領域はより緊密な関係にあり、分野によっては同じ名称の領域やボーダレスな境界領域が存在する。例えば電磁気学は、科学と技術、物理学と電気工学の両分野に存在する学問であり、内容的な違いもほとんど存在しない。

また情報に関する技術については、技術科においては、現代社会の基盤となっている高度情報通信技術の内容及びその科学的な活用に視点を当てた学習、すなわち情報科学・情報技術についての学習が展開され、理科では情報技術を科学的探究活動のツールとして活用する。技術科で扱われる計測・制御技術は、自然の法則性を探るための実験の中核的手段に相当する。コンピュータシミュレーションは、実験・理論に次ぐ第3の科学といわれる計算科学の主要な手段として位置づけられている。

2. 科学と技術を融合・一体化した教員養成教育の意義

将来の科学技術教育を担う学生に対し、科学と技術を相互に融合・一体化した教員養成教育を実施することにより、双方の素養(科学技術リテラシー)を身につけさせること

が可能になる。すなわち、我々が開発・設置したカリキュラムを修了した学生は、自然の法則性の探求を目的とする理科教員としての素養と、自然界における客観的法則性の合目的適用によるもの(具体物、しくみ、情報)づくりを目的とする技術科教員としての素養の双方を習得することができる。これにより、科学と技術の総合的指導力に加えて、科学教育においては、ものづくり技術を応用した教材・教具開発力、技術教育においては、応用科学としてのものづくり指導力を有する教員の養成が可能になる。

III. 科学技術教育教員養成カリキュラム

前章での考察に基づき、科学と技術の関連性・相補的關係を整理・系統化し、理科と技術科双方の教育実践リーダーを養成するためのカリキュラム開発を行った。カリキュラムは、中学校理科と技術科の両教員免許状の取得を義務付け(いずれかの免許状は1種であること)、表2に掲げられるような構成になっている。

カリキュラムは、科学、技術の専門的内容及び教科指導法に関する科目、教職に関する専門科目、教育実習系科目等教員免許状取得に必要な授業科目に加えて、科学と技術を融合し一体的に扱う授業科目を、18単位新たに設定し、内容構成されている。新設科目においては、まず1・2年次に科学と技術を融合・一体化した自然観察、実験、ものづくり等の実践的・体験的な活動を主体とした内容構成の授業科目を設定し、科学技術に関する基礎的素養を身につけさせる。1年次に設定している授業科目「身近な自然の観察」は、土佐の豊かな自然環境をフィールドとする自然体験活動、自然観察を通して、自然観察に関する基礎的な知識・技術を豊かな体験活動に基づいて身につけさせるとともに、それを環境教育等と関連付けて教材化する視点を養うことをねらいとしている。2年次に設定している授業科目「実験とものづくり」は、ものづくりに関する基礎的知識・技術の習得を目的としており、木材・金属・プラスチックを利用した材料加工技術、及び電気・電子計測・回路製作に関する技術を、簡単な理科教材・教具の設計・製作を通して身につけさせる授業構成となっている。

3・4年次に設定している授業科目「科学技術教育総合演習」は、科学と技術において両者が相補的關係にある領域、基礎と応用の関係にあり一体化している領域及び共通する領域を整理・系統化し、科学と技術の関連性を教科専門の視点から追求・考察を行うとともに、両者を融合・一体化した教材・教具の開発及び授業研究を通じた学習指導法の構築を行う内容で構成している。さらに4年次には、ものづくり企業へのインターンシップを設定し、実践的指導力の定着を図る。なお新設科目のうち、身近な自然の観察Ⅰ・Ⅱ(4単位)及び実験とものづくりⅠ・Ⅱ(4単位)は、それぞれⅠ・Ⅱいずれかを2単位選択必修である。ま

表2 科学技術教育教員養成カリキュラム

年	教科・教職科目	科学と技術を融合した授業科目	実習系科目
1年	共通教育科目 基礎科目	身近な自然の観察Ⅰ・Ⅱ (土佐の自然環境(海, 川, 山), 博物館等をフィールドとした自然体感, 自然観察)	観察実習
2年	教科専門科目 教職専門科	実験とものづくりⅠ・Ⅱ (木材, 金属, プラスチックを用いた材料加工, 電気・電子回路の設計・製作, 実験機器の設計・製作, 実験と評価)	支援実習
3年 4年	教科専門科目 教職専門科目 専門演習	科学技術教育総合演習Ⅰ～Ⅳ(科学と技術の相補性の追求と教材化) Ⅰ 生物・飼育・栽培(生命と環境, 光合成と環境, 環境調節, 植物の栽培) Ⅱ 化学・材料加工学・電気工学(結晶格子, 材料の物性, 状態図, 材料加工) Ⅲ 物理・電気工学・機械工学(回路素子の特性, PC計測, 電子回路の設計・製作) Ⅳ 地学・化学・物理・情報工学(計算科学, 地震, 地球観測衛星技術)	教育実習
4年	卒業研究 教職実践演習	ものづくりインターンシップ(土佐のものづくり企業での科学技術研修)	応用実習

た科学技術教育総合演習はⅠからⅣすべて必修である。ものづくりインターンシップは選択科目である。これらの新設科目に加え、教員免許状取得に必要な科目、共通教育科目及び学部共通科目等合計149単位の取得により、カリキュラムを修了するようになっている。

以上のようなカリキュラムを通して、大学4年間を通して学生に対し育成する資質・能力として、『自然科学に対する深い認識と探究力』、『科学を応用して「もの」を創造する力』、『科学を応用して教材・教具を開発する力』、『応用科学としてのものづくり指導力』、『科学と技術の総合的指導力と授業実践力』の5項目を掲げ、科学と技術を一体的に指導できる教員を、系統的に養成するカリキュラム構成になっている。これらの5項目と、カリキュラムを構成している授業科目との関係を図1に掲げる。

IV. 科学技術教育教員養成カリキュラムに新設した科学と技術を融合・一体化した授業科目

本章では、開発した科学技術教育教員養成カリキュラムに新設した「科学と技術を融合・一体化した授業科目」における、2年次授業科目「実験とものづくり」と3・4年次

授業科目「科学技術教育総合演習」をとりあげ、検討・改善を行っている授業内容、授業での適用を視野に入れて開発した教材・教具、試行的実践事例について詳述する。

1. 2年次授業科目「実験とものづくり」

ものづくり技術を適用した教材・教具開発力の育成は、本カリキュラムの特徴的項目であり、理科・技術科両教科の諸単元・内容を対象として、教材・教具の開発(設計・製作)及びそれを活用した授業研究を課すカリキュラム構成になっている。授業科目「実験とものづくりⅠ・Ⅱ」は、ものづくりを学ぶ最初のステップに位置づけられており、表3に示すような、授業科目の主題と到達目標を掲げている。

表3に掲げるように、「実験とものづくりⅠ」では、木材、金属及びプラスチック等の構造材料を取り上げ、のこぎり、プラスチックカッタによる切断、かんなを用いた切削、塑性加工等、材料の特性に応じた手加工及び卓上ボール盤、旋盤、かんな盤等を用いた機械加工に関する基礎的技術を、簡単な理科教材・教具の設計・製作を通して習得する。

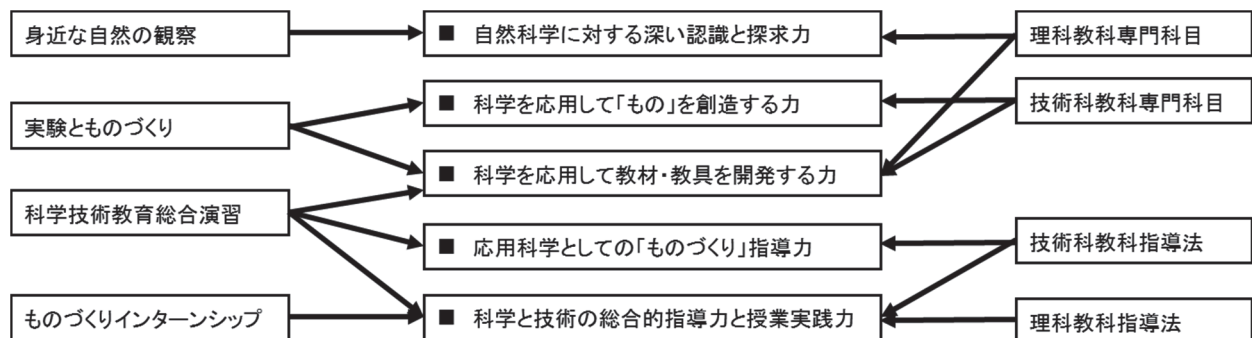


図1 大学4年間を通して学生に対し育成する資質・能力とカリキュラムを構成している授業科目との関係

表3 授業科目「実験とものづくり」の主題と到達目標

科目	授業科目の主題	到達目標
I	実験・実習を通して、木材、金属及びプラスチック等構造材料の基礎的な手加工・機械加工技術を習得するとともに、習得した技術を用いて理科教材・教具の開発を行う。	1. 手工具を用いて、木材、金属及びプラスチックの切断、切削、塑性加工等の基礎的な加工を行うことができる。
		2. 木工機械、工作機械を適切に扱い、木材、金属及びプラスチックの切断、切削等の加工を行うことができる。
		3. 木材、金属及びプラスチック等を、使用目的や条件を考慮して適切に加工し、簡単な理科教材・教具の設計・製作を行うことができる。
II	実験・実習を通して、電気計測及び電気・電子回路の設計・製作に関する基礎的な技術を習得するとともに、習得した技術を用いて理科教材・教具の開発を行う。	1. テスタ、オシロスコープ等の電気計器を適切に使用し、基礎的な電気・電子回路の実験を行うことができる。
		2. 簡単な電気・電子回路を、回路理論に基づいて設計し、基板の作成及びはんだづけを通して製作を行うことができる。
		3. 電気・電子回路の設計・製作技術を活用して、簡単な理科教材・教具の設計・製作を行うことができる。

「実験とものづくりII」では、電気計測及び電気・電子回路の設計・製作を取り上げる。電気回路・電子回路に関する基礎的な実験を通して、テスタ、オシロスコープ等の計測機の基礎的な使用法を身に付けたのち、プリント基板の設計・製作、はんだづけ等の電気・電子回路の設計・製作技術を理科教材・教具の設計・製作を通して習得する。

図2から図4に、本授業での適用を視野に入れて試作した教材・教具の例として、試験管立て、モノコードとスピーカユニット、整流子モータを掲げる。図2に掲げる試験管立ては、木材加工に関する基礎的な技術（機械加工を含む）の習得を目標として開発した教具であり、設計、木工機械を用いた材料取り、さしがね、のこぎり、かんなど及びげんこう等の手工具を用いた切断、切削、組み立ての工程を含んでいる。図に示す試験管立てはプロトタイプであり、受講学生にはこれを参考に使用目的・使用条件、構造、デザイン等の検討に基づいて設計を行わせ、製作後は、「マイ試験管立て」として、専門授業科目での化学実験及び理科の授業研究等に活用させる。

図3に掲げるモノコードとスピーカユニットは、中学校理科の単元「音の性質」において活用する教材・教具として開発した。教材・教具の製作工程には、木材、金属、プラスチック各材料の切断、切削（かんながけ、旋削等）、穴あけ、金属へのねじ切り、プラスチックの折り曲げ及びはんだづけ等の加工工程が含まれており、設計・製作を通して、材料加工、電気・電子回路製作に関する基礎的な技術に加えて、卓上ボール盤、丸のこ盤等の使用法及びねじ切り加工等応用的な加工技術の習得が可能である。表4にモノコードの製作に使用する工具・機器を掲げる。

図4に掲げる整流子モータは、プラスチック及び金属加工技術の習得とともに、設計を通して受講学生に、電磁気

現象に関する多様な科学的探究活動の設定が可能な教材である。電池の持つ化学的エネルギーを効率よく運動エネルギーに変換するために、回転子であるコイルの巻き方・巻き数、整流子の形状等を検討し、その結果を製作に反映させることが可能である。また、固定子である磁石の配置や数、電池の接続方法（直列・並列）を工夫することを通して、回転子に加わるトルクを決定する磁束密度・電流の設定を問題解決的に展開し、高性能なモータを開発するた

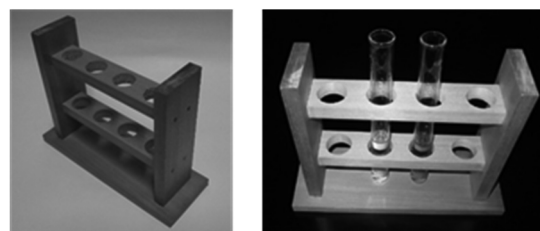


図2 試験管立て

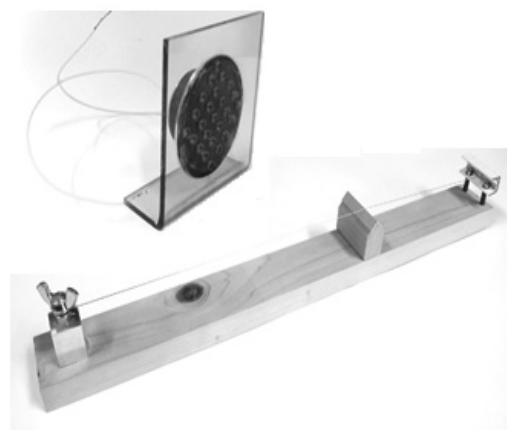


図3 モノコードとスピーカユニット

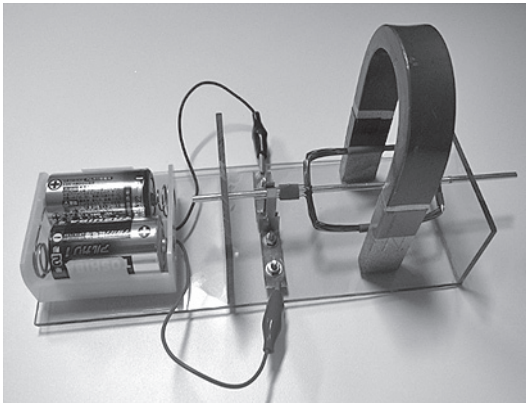


図4 整流子モータ

表4 モノコードの製作に使用する工具・機器

製作部分	使用工具・機器
土台	自動かん盤, 手押しかん盤, 丸のご盤, さしがね, 両刃のこぎり, かん, 卓上ボール盤
弦固定部	綱尺, けがき針, 弓のこ, タップ, 万力, 金工やすり, ドライバ, 卓上ボール盤
ことじ	さしがね, 綱尺, 両刃のこぎり, 弓のこ, かん

めの創意工夫の場を設定するとともに、電磁気現象における原理・法則に関する知識・理解の深化を図ることも可能である。図に掲げるモータは、ワニロクリップを通して直接電池を接続しているが、はんだづけによりスイッチを接続し、モータの ON/OFF を可能にしたり、電池の個数や直列・並列の接続方法を切り替える回路を付加したりすることを通して電気回路の設計・製作技術の基礎の習得を図ることも可能である。

2.3.4 年次授業科目「科学技術教育総合演習」

授業科目「科学技術教育総合演習」は、科学と技術が相補的・一体的関係にある具体的な領域として、科学を構成する4分野に基づいて「生物学と生物育成技術」、「化学と材料加工学」、「物理学と電気工学・機械工学」、「地学と情報技術」を設定し、科学に基づく技術、技術の成果の科学への利用（科学的探究活動への技術の応用）についての認識（知識・理解・技術）の深化・向上を、実験、実習（設計・製作）を通して図るとともに、それを教材化する力すなわち教材開発力・授業実践力を身に付けさせる授業構成となっている。科学技術教育総合演習の到達目標として、「科学と技術の関連性・相補的関係を指摘し、それを科学技術の視点から論述することができる。」、「学校教育における理科と技術科において関連する内容を融合・一体化した教材・教具を開発することができる。」、「開発した教材・

教具を適用した学習指導計画、学習指導案を作成し、模擬授業等の授業研究を行うことができる。」の3項目を設定している。

2.1 物理学と電気工学を融合・一体化した授業科目

「科学技術教育総合演習」における具体的な授業内容として、「マクロ・ミクロ双方の視点からの導電特性の考察」と「LED及びトランジスタ等を用いた電子回路の設計・製作」の融合・一体化を構想・検討した。授業の流れを、図5に掲げる。

授業では、まずPCを活用した自動計測装置（次節で詳述）を製作させる。次に、それを活用して抵抗、LED及びトランジスタ各素子の特性を定量的に計測し、その結果に基づいて、金属・半導体の導電特性と電圧・電流特性との関係、オームの法則、及び抵抗の直列接続・並列接続と合成抵抗との関係等についての考察を、量子論に基づくミクロな視点も加味して行わせる。

続いてLED及びトランジスタの電圧・電流特性の計測結果を直接用いてLED点灯回路及びトランジスタ増幅回路の設計とそれに基づく製作を行わせる。

以上のようにして、定量的実験データに基づく物理現象の考察と、その結果を直接用いた電子回路の設計・製作を通して、科学と技術の関連性・相補的関係についての専門的知識・技術の深化を図った後、中学校理科の「電流のはたらき」、「オームの法則」についての学習、及び技術科の電気回路の設計・製作学習等、科学教育、技術教育さらには科学技術教育への教材化についての検討を、授業研究を通して展開する。

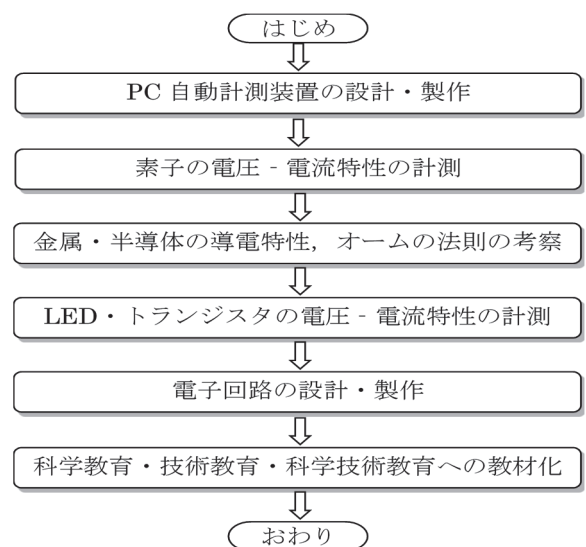


図5 物理学と電気・電子工学を融合・一体化したカリキュラムの展開

2.2 コンピュータを用いた自動計測装置の製作と活用

実験及び設計・製作学習にコンピュータによる計測・制御を導入すると、従来の学習環境では実現不可能であった詳細かつ高精度な定量的計測実験、それに基づく設計・シミュレーション学習及び多量かつ多様な実験データの収集による「データをして語らしめる」実験・探求学習が展開可能になる。すなわち、コンピュータによる計測・制御技術は、科学と技術の関連性・相補的關係を扱う上において有効な教材である。そこで、コンピュータを活用した電圧、電流、温度等の自動計測装置の製作とその活用の「科学技術教育総合演習」への導入を検討した。

図6に、自動計測装置を掲げる。自動計測装置は先行研究において、トランジスタ、LED等の電圧-電流特性の計測を目的として開発したものであり¹⁸⁾、PCによる3チャンネルのアナログ電圧自動計測機能を有している。この機能を活用して、抵抗、LED等の各種電気・電子回路素子の電圧-電流特性を計測することが可能である。図7に、自動計測装置を用いて抵抗、LED及びトランジスタの電圧-電流特性を計測した結果を掲げる。2つのチャンネルを利用して、素子に加わる電圧と流れる電流を計測し(計測回路に直列に接続した高精度抵抗に加わる電圧を計測しそれを電流に換算)、XY表示を通して電圧-電流特性曲線を

描画している。それぞれ1本の電圧-電流特性ごとに、1000組の電圧と電流を計測しており、計測に要する時間は30秒程度である。図8は、100Ωの固定抵抗を直列・並列に接続し、その電圧-電流特性を計測した結果である。図9は、計測したLEDの電圧-電流特性曲線上にLED点灯回路の負荷直線を描画し、保護抵抗の値を算出する過程、すなわちLED点灯回路の設計過程を表示している。前節で述べた物理学と電気・電子工学を融合・一体化した科学技術教育総合演習では、図7、図8及び図9に掲げるようなデータの取得、計測結果の分析、計測結果の利用を通して授業を展開する。

また、各チャンネル及び複数のチャンネルを通して入力される電圧の時系列変化(電圧-時間特性)の計測が可能である。さらに、温度、光、圧力、pH等のセンサを接続することにより多様な物理量の計測が可能である。図10に、開発した計測装置に温度センサを取り付け、水とアルコールの混合液を加熱したときの温度の時系列変化を自動計測している状況を、図11に計測結果を掲げる。混合液の温度を1秒間隔で計測し、グラフ表示した結果である。液体から気体への状態変化に伴う温度変化をリアルタイムで観測可能である。

計測したデータはテキストファイル形式で保存され、表

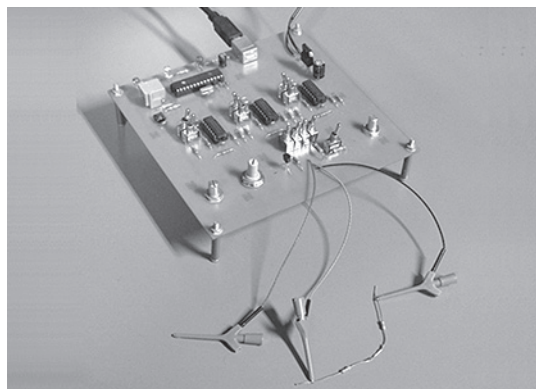


図6 電圧-電流特性自動計測装置

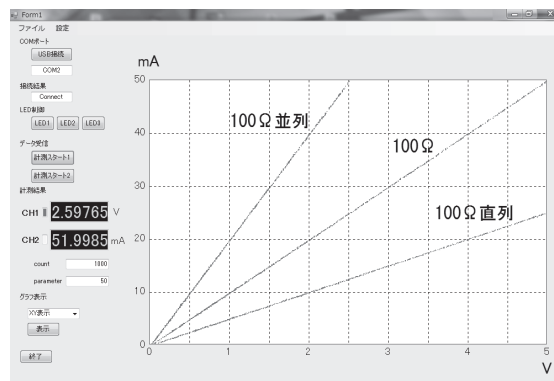


図8 合成抵抗の電圧-電流特性の計測結果

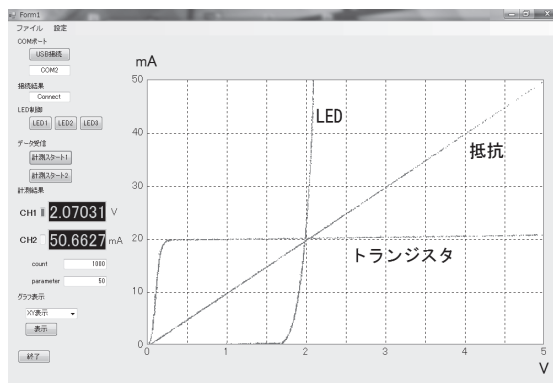


図7 抵抗、LED、トランジスタの電圧-電流特性

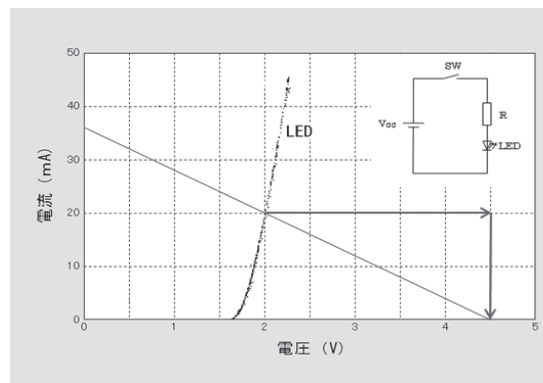


図9 LED点灯回路の設計過程

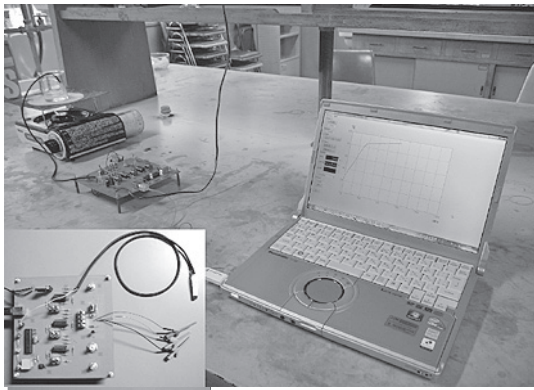


図10 温度の時系列変化の自動計測

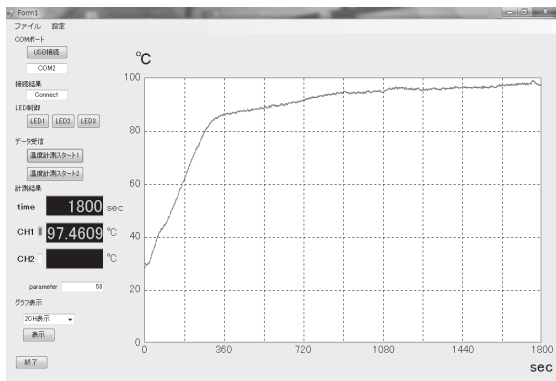


図11 水とアルコールの混合物を加熱したときの温度変化

計算ソフト等で読み込み、データ処理が可能である。本装置で計測したデータをデータベース化し、それを活用して多様な視点からの考察を行うことにより、膨大な定量的実験結果に基づく探究学習、設計・製作学習等の展開が可能である。上記は物理計測と化学計測の例であるが、目的や計測範囲に対応したセンサを接続することにより、生物学、地学における実験への適用も容易に可能であり、コンピュータを用いた計測の特徴である膨大なデータの効率的取得機能を生かした実験、及びその結果を用いた設計・製作等、科学と技術双方向の学習の効果的展開が期待される。

3. 開発した教材・教具を適用した理科授業研究の試行的実践

本科学技術教育教員養成カリキュラムの本格的実施に先立ち、試行的授業実践を行った。授業実践は、前章で提示したモノコードを適用した理科授業研究を、地域の中学校の協力を得て、モノコードの開発、学習指導計画、指導案の作成等授業設計、模擬授業、研究授業の実施という流れで実施した。中学校理科1年生の単元「音の性質」において、音の大小・高低と音源の振動すなわち弦の振幅・振動数との関係を理解することを目的とした授業を、モノコ

ードを用いた実験、結果の整理と考察を通した一般化という流れで実施した。教材の開発にあたっては、弦をはじくことで音がしっかり発生し、弦の振動を可視化しやすいものになるように工夫を行った。ものづくりに関する学習は中学校技術科以来である理科教員をめざす6人の学生を対象としたが、機械加工を含む材料加工の基礎技術を習得させ、4.5時間程度(3コマ)の授業時間で6器のモノコードを製作することができた。

中学校で実施した研究授業の様子を、図12及び図13に掲げる。生徒は、大学生が授業での活用を目的として製作した教材に、市販の教材とは異なる興味・関心を示し、弦をはじく強さを変更したり、はじく弦の長さを変更したりして、音の大小・高低と弦の振動との関係を観察し、結果をワークシートに記入していた。

本授業研究を受講した学生からは、「ものづくりの知識や技術が身につくとともに、理科の授業にも役立てられ、一層教科間のつながりが見えてきた」、「学習者が授業中に実験装置を自作するといった、ものづくり体験活動を取り入れた理科授業を組み立てられる」、「教師が自作した教材を授業で活用すると、学習者の意欲が高まりやすいのでは



図12 音の大小・高低と弦の振動との関係の観察

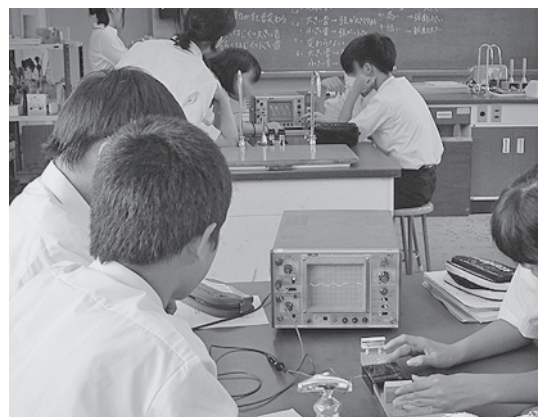


図13 オシロスコープによる弦の振動の観測

ないか)、「ものづくり学習を通して、ひとつひとつの作業を丁寧に行う大切さを学び、それは、日々の学習でも同じであるということに気付いた」等の感想が得られた。この結果は、試行的授業実践の本教員養成カリキュラムひいては本研究の目的への対応性、及び検討しているカリキュラムに対する一定の有用性を示唆するものであると考える。

V. おわりに

本研究では、現代社会における科学と技術の関連性・相補的關係を明らかにするとともに、両者を融合・一体化した教育の意義を提示し、それに基づく教員養成カリキュラム、すなわち科学技術リテラシーを有する教員養成カリキュラムを構築し、新たに教員養成教育への位置づけを実現した。構築したカリキュラムは、科学と技術を融合・一体化した科学技術の内容とその指導法を総合的に扱う授業科目を、系統的に配列したカリキュラム構成になっている。

開発したカリキュラムに基づき、具体的な授業内容の検討及び教材・教具の開発を行うとともに、試行的に授業実践を行った。その結果、開発した教材・教具を適用した科学と技術を融合・一体化した授業科目の効果的展開可能性を、具体的なカリキュラム案の提示を通して示唆することができた。また、本教育カリキュラムの試行的実践の結果から、検討しているカリキュラムに対する一定の有用性を示唆することができた。

科学と技術を融合・一体化した教科を普通教育に位置付け、科学技術離れ等の今日的課題に対応することをめざし、その最初のステップとして、指導者の科学技術リテラシーの向上、教育内容の充実を通じた教員養成段階における両者の融合を構想・実現した。現在本格的にスタートしている本カリキュラムの評価・分析を継続的に実施し、その工夫・改善及び有効性の検証を行っていきたい。

謝辞

本研究遂行にあたり、高知県長岡郡大豊町立大豊町中学校の校長・理科担当の先生方には、授業実践を行う機会を設定いただいた。記して感謝の意に代えたい。

また本研究は、平成 29 年度科学研究費補助金(基盤研究(B))研究番号 17H01981 の助成を受けて実施した。

文献

- 1) 佐々木力：科学論入門，岩波新書，pp.56-59 (2007)。
- 2) 山口栄一：死ぬまでに学びたい五つの物理学，筑摩書房，pp.56-63 (2014)。
- 3) 池内了：科学の考え方・学び方，岩波ジュニア新書，pp.104-105 (2009)。
- 4) 池内了：科学・技術と現代社会上，みすず書房，pp.88-89 (2014)。

- 5) 前掲 1)，pp.101-108 (2007)。
- 6) 有川 誠，本多満正，左巻健男：東京大学教育学部附属中等教育学校における「科学・技術」科の設置過程と技術分野のカリキュラムの検討，日本産業技術教育学会誌，第 44 巻，第 2 号，pp.99-108 (2002)。
- 7) 大谷忠：技術・家庭科成立時における理科教育と技術教育の系統的な科学技術教育の試み，科学教育研究，Vol.26，No.2，pp.113-120 (2002)。
- 8) 朝井英清：技術教育と科学教育の総合化を求めて—技術教育の立場からの提言—，日本科学教育学会第 8 回年会要旨集，pp.22-23 (1984)。
- 9) 千田有一：米国における科学技術人材育成戦略—科学，技術，工学，数学 (STEM) 分野卒業生の 100 万人増員計画—，科学技術動向 2013，p.133，17-26 (2013)。
- 10) 佐藤文隆：科学と人間，青土社，pp.140-145 (2013)。
- 11) 丸山恭司，磯崎哲夫，古賀信吉，三好美織，景山和也，渡辺健次：STEM 教育の展開可能性に関する研究，広島大学大学院教育学研究科共同研究プロジェクト報告書，13，pp.23-30 (2015)。
- 12) 大森康正・磯部征尊・寒川達也・山崎貞登：2014 年度実施のイングランドナショナルカリキュラム「Design and Technology」と「Computing」の改訂に関する STEM 教育運動の影響，日本産業技術教育学会誌，第 56 巻，第 4 号，pp.239-250 (2014)。
- 13) 熊野善介：科学技術ガバナンスの形成のための科学教育論の構築に関する基礎的研究，科学研究費補助金(基盤研究 B) 最終報告書 (2014)。
- 14) 大島まり，川越至桜，石井和之：大学と企業の協働によるアウトリーチ活動を基盤とした STEM 教育，科学教育研究，Vol.39，No.2，pp.59-66 (2015)。
- 15) 大谷忠，渡津光司：科学技術リテラシーを育成するための教育課程編成に関わる課題—技術科と理科における指導内容の比較を通して—，科学教育研究，Vol.39，No.2，pp.186-194 (2015)。
- 16) 文部科学省：中学校学習指導要領(平成 29 年告示) (2017)。
- 17) 松尾知明：未来を拓く資質・能力と新しい教育課程—求められる学びのカリキュラム・マネジメント—，学事出版，pp.11-12 (2016)。
- 18) 道法浩孝：科学技術教育における USB インターフェースを活用した計測・制御教材の開発，高知大学教育学部研究報告，第 69 号，pp.127-134 (2009)。

