

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成23年 6月 7日現在

機関番号：51101

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011～2012

課題番号：23700961

研究課題名（和文） エネルギー概念と粒子概念を結びつける教材の開発

研究課題名（英文） Development of teaching materials linking the concept of energy and particles for science education

研究代表者

濱田 栄作（HAMADA EISAKU）

八戸工業高等専門学校・総合科学科・准教授

研究者番号：20413718

研究成果の概要（和文）：新学習指導要領「理科」では、「エネルギー」「粒子」「生命」「地球」を科学の基本的概念の柱に据え、小・中・高を通じた内容の構造化が図られている。小・中学校では、これらの四概念は子どもたちの発達段階に合わせて、相互に学習され、それぞれの概念の結びつきが意識されているが、高等学校では、依然として物理、化学などの既存科目で構成されており、各概念を相互的に学習する機会が少ないのが現状である。本研究では、高等学校の理科において、「エネルギー」概念と「粒子」概念を結びつけた学習が可能となる教材の開発に取り組んだ。

研究成果の概要（英文）：In the new course of study, four concepts (energy, particle, life, earth) are considered as the main pillar of science. Each concept is mutually linked at the junior high school and elementary school. On the other hand, in the science of high school level, there is no opportunity to learn these concepts bilaterally. In this study, teaching materials for learning as "energy" and "particle" concept of high school level has been developed.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：理科教育

科研費の分科・細目：科学教育

キーワード：科学教育，エネルギー・粒子概念

1. 研究開始当初の背景

新学習指導要領「理科」では、「エネルギー」「粒子」「生命」「地球」を科学の基本的概念の柱として、小・中・高等学校を通じた内容の構造化が図られ、小・中学校では、子どもたちの発達段階に合わせて授業が実施されている。高等学校についても、科学的な概念の一層の定着化を図るために、小・中・高を通じた円滑な接続が求められている。し

かしながら、今回の高等学校の新学習指導要領では、「エネルギー」→「物理」，「粒子」→「化学」，「生命」→「生物」，「地球」→「地理」のように、従来通りの教科に分類（図1）され、予想される履修状況を考慮すると、幾つかの限られた概念のみの定着になることが危惧される。

一方で、今回の高等学校に新設された科目「科学と人間生活」は、科学技術の発展によ

り生活が豊かになったことを理解することで、科学的な見方や考え方を養い、自然や科学に関する興味・関心を高めることを目的としている。そのために、物理、化学、生物、地学の各領域から、科学と人間生活とのかかわりの深いテーマを取り上げ、観察・実験を通して自然や科学技術について理解することを目指している。これにより、小・中学校で構造化した「エネルギー」「粒子」「生命」「地球」の概念を、相互的に学習することが可能になり、科学における各分野の関連性を強く意識した学習が期待される。また、身近な科学に触れることで、理科学習に対する意欲の低下を防ぐことも期待されることから、各概念を相互に理解できる教材の開発が急務である。

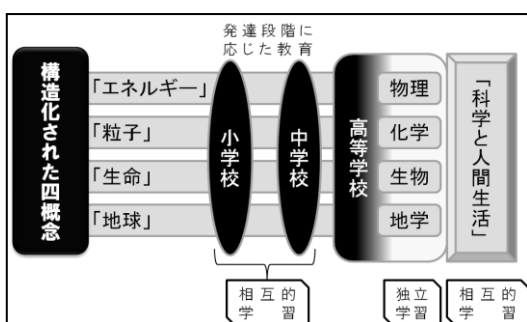


図1 構造化された四概念

2. 研究の目的

小・中学校で系統的に構造化された「エネルギー」「粒子」「生命」「地球」の四概念を、高等学校においても円滑に引き継ぐためには、それぞれの概念が相互的に結びつく教材が必要となる。

本研究では、高等学校の理科の履修状況を把握するとともに、電磁気と原子・分子の分野に関する科学知識について視覚的に現象を認識でき、「エネルギー」概念と「粒子」概念を結びつけた学習を可能にする教材を開発する。

3. 研究の方法

本研究を遂行するにあたり、以下について調査・研究を実施した。

(1) 高等学校理科の教育課程と現状

高等学校理科の学習指導要領では、10科目（「科学と人間生活」、「物理基礎」、「化学基礎」、「生物基礎」、「地学基礎」、「物理」、「化学」、「生物」、「地学」及び「理科課題研究」）が設定されている。必修要件としては、「科学と人間生活」、「物理基礎」、「化学基礎」、「生物基礎」及び「地学基礎」のうちから2科目（うち1科目は「科学と人間生活」を含む。）又は「物理基礎」、「化学基礎」、「生物基礎」

及び「地学基礎」から3科目を選択して履修することになっており、新設の科目である「科学と人間生活」への期待が感じられる。そこで、「科学と人間生活」の各教科書の内容や採択率、また高校における履修状況に関する報告等を調査した。

(2) 教材開発

本研究では、「エネルギー」「粒子」「生命」「地球」概念のうち、「エネルギー」と「粒子」概念に着目した。電磁気現象や原子・分子の微小レベルの科学は、現代のわたしたちの生活に大きく寄与している。それにもかかわらず、視覚的認識が困難であるため、知識の積み上げにより科学概念を構築しなければならない。このような作業が苦手な生徒にとっては、理解と関心が高まらない分野となっている。

そこで、電磁気（「エネルギー」と原子・分子の構造（「粒子」）に関する実験を通して、それぞれの概念を結びつける実験教材を開発した。開発に際しては、CGやアニメーションではなく、実体験、特に視覚による現象の確認を重視した。

4. 研究成果

本研究の成果を以下に述べる。

(1) 高等学校理科の教育課程と現状

教科書「科学と人間生活」（東京書籍，実教出版，啓林館，数研出版，第一学習社）について、内容を調査した。何れも、生徒の関心意欲を高める工夫が見られ、日常生活と科学のつながりを意識した内容となっている。しかしながら、各教科書とも、学習指導要領に倣い、四概念は分けられたままの構成となっており、相互的に学習を意図した形態とはなっていない。そのため、各概念を相互的に学習し、知識を定着させるには、さらなる工夫が必要と思われる。もちろん、同一の教科の中で、四概念が網羅されているので、教師の工夫次第では、各概念を相互にリンクさせた授業展開もおおいに期待できるものである。

文部科学省によると「科学と人間生活」の平成24年度採択比率は、約16%（平成24年6月）にとどまっている。施行1年目であるため、次年度の2年次から新規に履修することも、僅かながら予想されるが、旧課程の「理科基礎」、「理科総合A」、「理科総合B」に比べ、採択率は減少していることは明らかである。

この最大の要因として、大学入試制度が大きく関与していると思われる。大学入試センターは、現行の学習指導要領で学んだ生徒が受験する平成27年度からのセンター試験において、「科学と人間生活」を出題科目に含

まないと発表した。センターは、『当該科目を出題した場合、大学入試センター試験が科目本来の設定趣旨を歪めるおそれや、高等学校における教育内容に大きな影響を与える可能性があることから、出題しないこととし、・・・』(平成24年7月24日)と表明しているが、必修科目に指定された科目「科学と人間生活」が、生徒の進路に反映されないという、矛盾を抱えている。このような現状は、各高校における教育課程に多大な影響を及ぼしていると思われる。大学進学を進路先とする多くの普通科高校では、基礎を付した科目から3科目を選択(例えば、「化学基礎」「物理基礎」「生物基礎」)する教育課程を展開しており、「科学と人間生活」を開設するのは、専門学科を擁する一部の高校にとどまっている。

科学的リテラシーの向上を目指すための要となる教科が、入試制度の影響でその効果を発揮できないという現状は、今後改善すべき重要な課題と考える。

(2) 教材開発

電磁気と原子・分子の分野について、視覚的に現象を確認でき、「エネルギー」概念と「粒子」概念を結びつけた学習が可能になる教材を開発した(図2)。

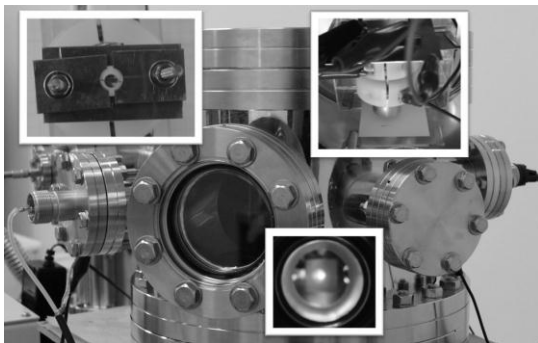


図2 装置外観

荷電粒子には、生徒にとっても馴染みがあり、比較的得やすい電子を対象とした。また、視覚的に観察するために、真空の観察チャンパー内で、電子発生とその運動を制御するシステムを開発した。これらのシステムについては、生徒が積極的に関与できるように、自作可能な部品を多く取り入れている。

電子源には、市販の白熱電球を意識した、タングステンフィラメント(100 V-6 W, Nilaco社製)を使用し、このフィラメントに電流を流し、得られる熱放出電子を利用している。これにより、抵抗体と電流による発熱・発光現象、さらに熱電子放出について学ぶことができる。また、発展的な課題として仕事関数についても学習が可能となる。

熱電子放出で得られた電子は、静電場により加速し(～数百 eV)、輸送される。輸送に

ついては、荷電粒子の振る舞い(運動)からエネルギー概念を学習するために、シンプルな静電場による輸送としている。なお、レンズによる収束については、学習範囲を超える内容なので、本教材では、スリットでビーム径を絞り、輸送している。

荷電粒子の観察には、当初、マイクロチャンネルプレートを検討したが、価格的に高価である事と、高真空度を必要とするため、教育現場には馴染まないと判断した。そこで、本教材では、安価な蛍光板による粒子観察を試みた。

蛍光板には、電子線回折用の蛍光板付きスクリーン(ASH-4-1, AVC社製)と、比較的安価に購入できる蛍光表示管用の蛍光体印刷基板(P15-G3 (ZnO:Zn)基板, 発光ピーク505nm, 基材外形60×60×t2(ソーダライムガラス), ITO範囲50×50, 蛍光体範囲45×45 mm, シアイテクノ社製)を用い、いずれについても、800 keV以上の入射エネルギーで電子を確認できた。

本教材については、以下の教育的効果が期待されるものである。

- ① 電極の印加電圧を変えることで、エネルギーを自由に設定でき、エネルギー概念を学習可能
- ② 生徒自身による電子銃フィラメントの作製を通して、熱放出等の電子物性に関する導入教材として利用可能
- ③ 電場(将来的には磁場)中における荷電粒子の振る舞いを学習可能

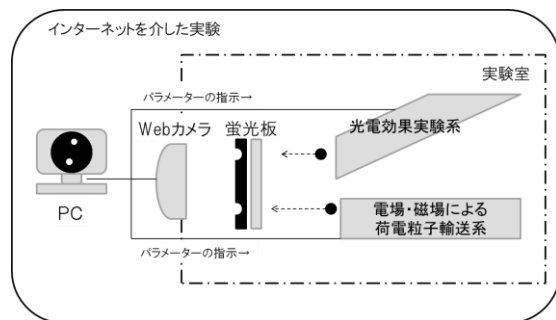


図3 今後の展開

上述のシステムに、アインシュタインの光量子仮説の学習が可能となる教材として、光電子観察システムの追加を試みた。

光源には、紫外光(240 nm, 5.166 eV)を利用し、ターゲットには、荷電粒子の輸送とシステムを共有するため、金網状($\phi 0.03 \times 100 \times 100$ mm)のタングステンを採用した。紫外光のエネルギーとタングステンの仕事関数(4.5 eV)を考慮すると、ターゲットから光電子が放出していると予想されるが、発生する光電子数と観察に用いた蛍光板でのシンチレーション光が非常に微弱なため、肉眼で観察することはできなかった。今後、当

初、荷電粒子の観察に予定していたマイクロチャンネルプレートへの導入や、スピンサリスコープでの観察法等を応用し、光電子の可視化に取り組む予定である。

また、本教材が、校内のみではなく、校外からも利用できるように、システムをインターネットに接続し、電場等を Web 上で調整可能にし、電磁場等による荷電粒子の運動の影響をリアルタイムで観察 (Web カメラ) できるようにし、本教材の利用者拡大を図る予定である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

濱田栄作, 紫外線教育教材の開発と放射線教育へのアプローチ, 日本理科教育学会 第 62 回全国大会発表論文集, 査読無, 2012, 430

[学会発表] (計 1 件)

濱田栄作, 紫外線教育教材の開発と放射線教育へのアプローチ, 日本理科教育学会 第 62 回全国大会, 2012 年 8 月 11・12 日, 鹿児島大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

濱田 栄作 (HAMADA EISAKU)

八戸工業高等専門学校・総合科学科・准教授

研究者番号: 20413718

(2) 研究分担者

無し

(3) 連携研究者

無し