

物理教育の現状と問題点

江崎ひろみ*

Present status and problems in physics education

Hiromi Ezaki*

This study analyzes the present status and problems in physics education. The rate of taking physics in senior high schools has decreased from 90% to less than 20% over the last forty years. This decrease is mainly caused by the changes of the government course guidelines. In this paper, the meanings in study of physics in senior high schools are discussed once more and a guideline is proposed to overcome an aspect in the trend of physics education.

はじめに

“理科離れ”が言われるようになって久しい。青色発光ダイオードで日本人がノーベル物理学賞を独占したことは記憶に新しいが、化学や物理の分野で日本人のノーベル賞受賞者が相次いでも、理科の人気は一向に上向かないようである。毎年高校訪問で高校を訪れた際に、3年生の理系クラスの割合を質問しているが、おおよそこの高校でも理系クラスは2割程度、5、6クラスのうち1クラス程度のものである。本学でも、工学部であるにもかかわらず、高校で物理を履修していない学生が目立つようになって久しい。

高校での理科教育の現状について、教科書の採択率から履修率を調べてみると、指導要領改訂の度に履修率は低下し、最近では2割を切っていることがわかった。この低迷の理由はどこにあるか、さらに、そもそも物理を学ぶ意味は何か、などについて考察したい。

物理の履修率の現状

本学では新入生基礎調査の際に、高校での履修についてアンケートを実施している。図1は物理の履修率をアンケートに基づいてグラフにしたものである。ただし、2015年度は「物理 I」、「物理 II」ではなく、「基礎物理」、「物理」のデータである。グラフの下値が「物理 II」、上の値が「物理 I」を表す。「物理 I」を履修した学生は2009年度には53%にまで減少したが、最近では70%程度までに回復している。しかし、いまだ3割程度の学生が物理を全く履修せずに進学してきていることがわかる。これは本学の工学部にいわゆる文系の生徒が多数進学しているというよりも、おそらく高校での履修状況をそのまま反映しているものと考えられる。図2は新入生基礎調査の物理の平均点(16点満点)の推移を表したものである。2012年まで上下はあるが、平均点は全体として下降傾向にあったが、2012

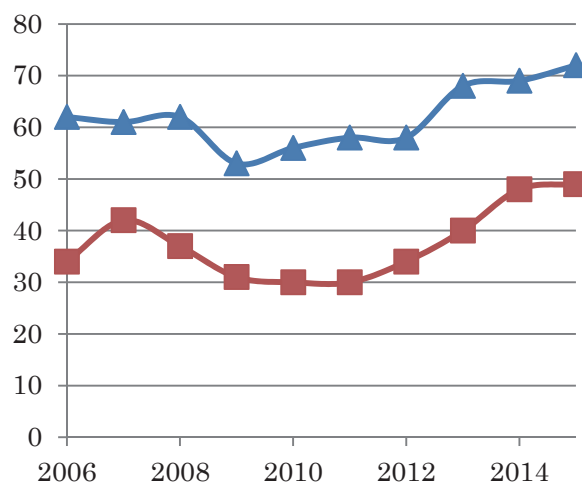


図1 本学新入生の物理の履修率の変化。楕軸は履修率、横軸は西暦年。青が「物理 I」、赤が「物理 II」の履修率を表す。

年からはっきり上昇している。上昇の原因は入学者全体に占める推薦入試の入学者の割合が減り、一般入試による入学者が増えたことによると考えられる。入試種別による入学者の理科の履修調査はないため、データの裏付けはないが、おそらく物理の履修率の増加と物理の基礎調査の平均点の上昇は、ともに一般入試による入学者による寄与が大きいと考えられる。基礎調査の入試区分別の得点分布をみると、一般入試による合格者とAO入試や推薦入試による合格者との得点の開きは非常に大きく、例えば、2015年度の数学の分布では、一般入試と指定校推薦入試とで分布のピーク値に10点近くの差が見られる(25点満点)。実際、推薦入試の面接において、受験者の履修歴を見ると、基礎物理のみしか履修していない生徒が多く見られた。図1の履修率の変化と図2の物理の平均点の推移が同様な変化を示していることも、一般入試による入学者の多くは

* 東京工芸大学工学部基礎教育研究センター 教授
2015年9月28日 受理

平均点の推移

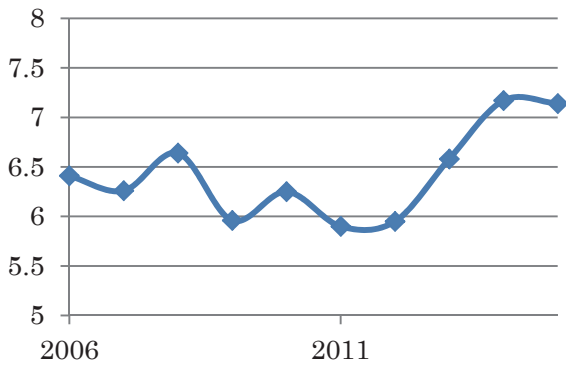


図2 基礎調査の物理の平均点の推移。縦軸は平均点、横軸は西暦年。

「物理」を履修していることを示唆している。2015年度の基礎調査の平均点が2014年度に比べてわずかに下がっているのは、2015年度の推薦入試やAO入試による入学者が2014年度に比べ増えたためと考えられる。

さて、一方、高校における物理の履修状況はどのようになっているだろうか。履修率のデータはないので、教科書の採択数から履修率を

$$(\text{物理の教科書の採択数}) \div (\text{全普通科高校生の人数} \div 3)$$

として求めたものが図3である。1970年から1990年までのデータは参考文献1)より引用した。「物理」の教科書とは、1970年は「物理A」と「物理B」、1975年と1980年は「物理I」と「物理II」、1985年と1990年は「物理」、1995年、2000年、2005年は「物理IB」と「物理II」、2010年は「物理I」と「物理II」を合わせたデータである。「理科総合」「基礎物理」などの科目は含まれていない。物理の履修率は1970年には90%以上で、ほぼすべての高校生が物理を履修していたが、1995年以降は20%を切るほどに低迷している。特に、1985年に一気に77%から34%に低下しているが、これは1982年に実施された学習指導要領の改訂により、それまでの必修が「基礎理科」および「物理」、「化学」、「生物」、「地学」のIのうち2科目であったのに対し、必修が「理科I」「理科II」のみでよくなったためと推察される。1994年には必修が2科目以上となったが、物理の履修率は低迷したままである。2000年のデータによると、このときの「物理IB」の選択者は30%であるのに対し、「化学IB」は69%、「生物IB」は64%であるので、多くの生徒が「化学」と「生物」を選択したことがわかる。さらに2003年からは「基礎理科」「理科総合A」「理科総合B」から2科目、4単位を取ればよく、「物理I」すら履修する必要はなくなった。2012年から実施された現行の学習指導要領では、「物理I、II」は「物理」と「物

理基礎」となり、必修は「科学と人間生活」を含む2科目、または基礎を付した科目を3科目となった。「科学と人間生活」はセンター試験科目からはずれたため、多くの高校では「化学基礎」と「生物基礎」を必修とし、「物理基礎」か「地学基礎」のどちらかを選択としているようである。文部科学省の資料によると、平成24年度の「物理基礎」の教科書の採択比率は19.4%、「化学基礎」は29.6%、「生物基礎」31.3%、「地学基礎」4.1%となっている。「物理基礎」、「化学基礎」、「生物基礎」の中でも「物理基礎」が一番低く、いわゆる文系の生徒は「物理基礎」も履修せずに高校を卒業していることがうかがえる。

履修率

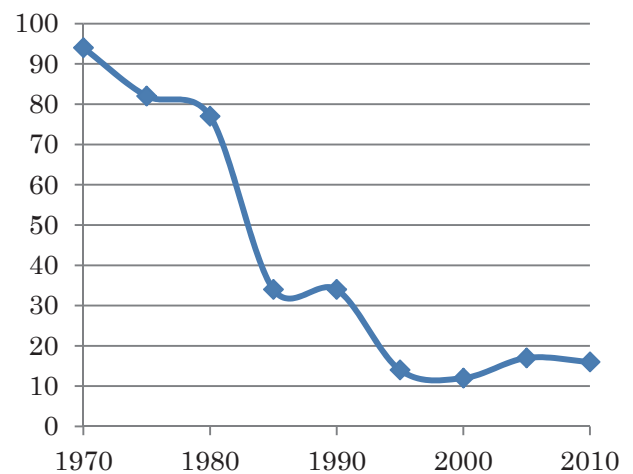


図3 高校における物理履修率の推移。縦軸は履修率、横軸は西暦年。

このように、学習指導要領が改訂される度に物理の履修率が低下している状況がわかる。最近では、やや持ち直しているが、それでも20%に満たない低さである。

物理を履修する意味

前節でみたように、学習指導要領が改訂され、理科科目に自由度が増す度に物理の履修率が低下していることがわかる。選択肢があると、生徒は「化学」や「生物」を選び、「物理」は敬遠されるというわけである。なぜ、「物理」は敬遠されるのだろうか。本学の学生に「物理」とはどういう科目か聞いてみると、暗記科目と答える学生が多い。物理は事柄を暗記し、公式を覚えればよいというのである。本学の物理学の授業でも、質問に来た学生に公式の意味を説明しようとする、この問題にはどの公式を使うかわかればそれで十分で、それ以上の説明は不要という態度を示されて驚くことが度々あった。これは高校における物理の学習の大部分が公式の暗記という形で行われているためと思われる。

公式暗記教育の典型ともいえるべきものが、高校の物理の参考書によく載っている「ハジキ方式」である(図4)。「き」は「距離」、「は」は「速さ」、「じ」は「時間」を意味する。例えば時間を求めるには、図の「じ」を隠すと「き/は」が残るので、「時間=距離÷速さ」となる。「距離」を求めるときは、「き」を隠すと「は」「じ」が残るので、「距離=速さ×時間」という具合である。

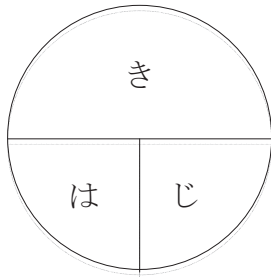


図4 「ハジキ方式」

著者が初めてこれを知ったのは、本学のメディア画像学科の渋谷真人先生からであるが、そのときは、このようなものが「公式」として存在すること自体驚きであった。先日、本学の学生が持っていた高校の参考書にこの「公式」を見つけ、未だにこのような「公式」が利用されていることに再度驚きを感じた。この図を覚えていれば、機械的に問題を解くことができ便利かもしれないし、教える方もこれを覚えればよいで終わらせられて便利かもしれない。しかし、「速さ」、「移動距離」、「時間」の意味を理解していれば、このような図に頼らずとも容易に答えは見いだせるはずであるし、見いだせるようにすることが教育の目標である。このような図は反って思考の妨げになるだけである。公式を覚えることは必要だが、意味がわかっていれば公式として覚える必要のない事柄まで公式化して教えることは問題である。結果、物理は公式暗記科目となってしまう。

高校の物理の教科書の記述をみても、「～を○○という」、「～とすると、次の式が成り立つ」という説明ばかりで、事柄の羅列、公式の羅列に終始している。教科書を読んでも公式や言葉の説明が出てくるだけで、物理の概念や意味はわからないし、それを理解させるという意図も感じられない。例えば、力学で運動を記述する際、今の教科書では「等速直線運動の場合はこうなる」「自由落下の場合はこうなる」「放物運動の場合は…」という具合だが、まずニュートンの運動法則があって、そこから統一的に理解できるように記述した方が物理という学問の考え方がよくわかるし、物理の面白さも伝わるのではなかろうか。そのようにすれば、個々の公式を暗記しなくても、運動方程式からすべての公式を導き出すことができることがわかるし、自由落下や放物運動などの個々の現象の本質が何かわかるであろう。教科書は法則や公式など、結果の羅列と

なっているが、法則や公式へ至る考え方こそが物理の本質であり、高校の物理であっても、可能な限りそれを教えることが結果として学習者にとって有意義な結果につながるものと考えられる。公式をただ暗記するだけの学習では、公式を忘れてしまえばそれで終わりであるが、考え方を習得していれば社会へ出ていろいろな局面で応用できるであろう。

そのような意味で、物理や数学は論理的、科学的な思考を訓練するために最適な科目である。理学部や工学部に進学しようとする生徒には専門科目の基礎として物理や数学は必須だが、そうでない生徒にも論理的、科学的思考のトレーニングとして必要な科目ではなかろうか。現在の高校では、理系、文系にコース分けされ、文系の生徒は数学や物理などを学ばなくなってしまうが、基礎的な学力、論理的な思考力を身につけさせるために、すべての生徒が数学や物理を3年間で学ぶべきだろう。高校生の段階で自分の適性を判断できる生徒はそう多くはない中において、高校レベルの数学や物理などはすべての生徒が学ぶべき基本的な内容であるにもかかわらず、高校で文系、理系に分けること自体に大きな疑問を感じる。

さらに、基礎的な物理の知識をもとに科学的、論理的に思考できることはすべての社会人に必要なスキルと考える。しかし、現代社会は科学技術が進みすぎていて、我々が日常使用するパソコン、携帯電話など多くの機器はその原理を知らずしてその恩恵に預ることを可能にしている。反面、その原理や技術はブラックボックス化がより一層進んでいるといえる。科学技術の機能的側面にのみ触れる姿勢にも利点はあるものの、原理をわかっていなくても科学技術を鵜呑みにする傾向を助長しかねない。無批判に科学技術を受け入れることは、科学を偽装した悪徳商法などにだまされやすくなる落とし穴もある。悪徳商法までいなくても、ちょっと考えるとおかしな科学的な説明やデータをもとに商品を宣伝している広告もときどき見受けられる。最近ではインターネットで様々な情報が簡単に手に入るが、その中には根拠やデータがなく、科学的におかしなものも多い。例えば、「体によい魔法の水」と言われたら多くの人は疑うであろうが、「クラスターが小さい特別な水なので、体に吸収されやすい」などと説明されたら、信じてしまう人もいるであろう。そのような怪しい商品や説明を批判的、客観的に判断するためにも、物理の知識とともに科学的、論理的な思考力が必要である。

今後の物理教育

では、今後の物理教育はどうあるべきであろうか。まず、高校レベルの物理はすべての生徒に必要な知識であるので、文系、理系を問わず、すべての生徒が3年間理科学目を履修すべきである。そのためには、「物理基礎」などの基礎科目はなくして、「物理」「化学」「生物」(+「地学」)のみにして、その内容を充実させることが必要である。その内容についても、現状のような項目羅列ではなく、生徒

に考え、理解させるための工夫が必要である。例えば、マサチューセッツ工科大学のウォルター・ルーウィン教授の物理の講義²⁾は日本でもテレビ放映されたのでご存知の方も多と思われるが、巨大な鉄の玉の振り子を自身の目の前から振らせて、振り子が戻ってきたときにつぶされないことを、身を持って示すなどの派手なパフォーマンスを用いて物理学を教えている。テレビの映像からは、学生が実際に目の前で行われるパフォーマンスに大きなインパクトを受けている様子がうかがえる。まず物理学に興味を持ってもらうためには、このような体験的な物理の授業も大切であろう。現代の子ども達は室内でのゲーム遊びなどが多く、屋外での遊びを通して物理法則を体感する機会は少なくなっていると思われる。だからこそ、授業の中で体験させることが必要であろう。そのような授業を展開させるためには、現在のように、教える学年と内容を限定するような学習指導要領に基づく授業では無理である。学習指導要領をもっと弾力化して、現場の教師の裁量で柔軟な授業展開ができることが必要である。

さらに、問題は高校だけにとどまらず、小学校、中学校の理科の改革が必要であろう。現在、小学校で理科が教えられるのは3学年からとなっている。1学年、2学年で理科がないため、中学で教えるべき内容が高校1年生へ繰り下ってきている。このことが高校理科教育を圧迫している。1学年、2学年でも理科を教え、身近な自然への興味や科学への興味を喚起させるようにすべきである。小学校で英語が導入されることにより他の教科時間が圧迫されているが、小学校では英語よりも国語や算数などの、いわゆる読み書きそろばんを重視すべきである。英語の発音ができたり、簡単な英会話ができたりすることよりも、まず小学校においては、論理的な思考力、計算力、文章能力を育成することが先であろう。理科も思考力を養うのに適した科目である。物事の原因は何か、どうしてそのような現象が起こるのか、一つの事項から他を推論することなど、論理的に思考する訓練を日常の現象を通して行うことができるであろう。

小学校から高校まで、実験や体験を取り入れた独創的な授業を展開するためには、指導者の育成やその教育も重要であろう。小学校では教員のほとんどは文系出身と考えられるため、理科が苦手で、そのような教員が理科嫌いの生徒と再生産しているという話を聞いたことがある。少し古いデータだが、科学技術振興機構が2012年6月に発表した「平成22年度の小学校理科教育実態調査」によると、教職経験年数5年未満の教員で、理科の指導が「得意」「やや得意」と肯定的に回答しているのは49%だそうである³⁾。理科専科教員の充実が強く望まれる。

理科離れを食い止めるには、学校での教育にとどまらず、地域社会で理科への関心を高める取り組みも必要であろう。国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)が開催する高校生を対象とした科学の甲子園⁴⁾や中学生を対象とした科学の甲子園ジュニア大会、NPO法人物理オリンピック日本委員会が主催する「物理チャレンジ」などの科学オ

リンピックなど、様々な取り組みが既に行われている。このような取り組みは大変意味があると思うが、これらのコンテストに参加する生徒はもともと科学に興味がある、いわゆる科学エリートであろう。エリートを育成することも大事だが、同時に広く子ども達に科学への興味を喚起する取り組みも必要である。例えば、世田谷区では「自分の責任で自由に遊ぶ」をモットーにした遊び場、プレーパークを設けている⁵⁾。ここでは、常駐のプレーリーダーや地域のボランティアのもとで、普通の公園ではなかなかすることができない焚き火や泥遊び、木登りなどを行うことができる。自然の中で自主的に遊び、工夫し、工作などをする体験から科学への興味は生まれてくるであろう。

最後に、大学入試の改革について触れておきたい。高校教育を変えるためには、大学入試を変えるべきという意見もある。高校教育は、受験がある以上、受験対策が中心になってしまうというわけである。文部科学省では、大学入試改革として、これまでの知識の再現を問うペーパーテストだけではなく、面接などを通して「人が人を選ぶ」個別選抜⁶⁾を実施すべきと提言している。本学では、ペーパーテストによる一般入試以外に推薦入試、AO入試で面接を行っているが、現状では面接時間は短く、受験生の多様な能力を面接時間内に判断することは困難である。個別選抜をいかに具体化するか、今後の課題である。

終わりに

科学がこれだけ発展した現代においても、いや、発展したからこそ、なお自然は未知に溢れていると言える。子どもは本来、好奇心に富んでいるものである。機会さえあれば、理科の面白さに目覚める子どもは多いであろう。インターネットで簡単に情報が得られる社会であるからこそ、リアルな体験がより価値あるものとなっているのである。学校と地域社会が多方面から様々な機会を設け、自然との接点が多くある社会、科学が身近である社会になることは、生徒達だけでなく、すべての人にとっても、より豊かな人生を送ることにつながるであろう。

参考文献

- 1) 江沢洋「理科が危ない」新曜社 2001年。
- 2) ウォルター・ルーウィン「これが物理学だ！」文藝春秋 2012年。
- 3) 教育新聞 <http://www.kyobun.co.jp/opinion/20130311.html>
- 4) 科学の甲子園 <http://koushien.jst.go.jp/koushien/>
- 5) <http://www.city.setagaya.lg.jp/shisetsu/1209/1295/d00014645.html>
- 6) http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo12/shiry_o/_icsFiles/afieldfile/2014/11/11/1353318_02_1.pdf