

これからの理科教育

The Future Science Education

中丸久一

桐蔭横浜大学工学部

(2004年2月28日 受理)

1 序論

学習指導要領が改正され、中学校は2年を経過し、高等学校は最初の1年を経過した。本稿では高校生を受け入れる大学の立場から、現代の理科教育の概観を見つめ、今後の理科教育の行き先を考えてみたい。

戦後、学習指導要領がたびたび改正されている。改正には、その都度社会的に要請があるものである。戦後の学習指導要領を理科・特に物理の立場からその変遷を眺めて、理科教育が時代とどのようにかわってきたかを考えてみたい。また、今回の改正の問題点にも触れてみる。次に、今後の理科教育はどのように行えばよいか経験を踏まえて述べてみる。^{1) 2) 3) 4)}

2 戦後の高等学校理科変遷⁶⁾

- 1 昭和23年1月(1948)「高等学校の学習指導要領(試案)」
 - 1.1 「物理」、「化学」、「生物」、「地学」のうち1科目5単位を選択(1科目5単位必修)
- 2 昭和26年7月(1951)「高等学校の学習指導要領・理科編(試案)」

- 3 昭和28年(1953)「理科教育振興法施行令」
 - 3.1 設備、備品の整備・充実
- 4 昭和31年(1956)「高等学校の学習指導要領・理科編」改訂
 - 4.1 各科目とも3単位のコースと5単位のコースを設け、2科目が必修(2科目6単位あるいは10単位必修)
 - 4.2 この指導要領で教育を受けた人は、平成16年4月1日現在57歳～63歳になっている。
- 5 昭和35年(1960)「高等学校の学習指導要領」改訂
 - 5.1 昭和38年以降に高等学校に第1年生として入学した生徒に係る教育課程から適用
 - 5.2 昭和22年4月2日生まれ以降の生徒に適用。
 - 5.3 この指導要領で教育を受けた人は、平成16年4月1日現在47歳～56歳になっている。
 - 5.4 「物理A」で3単位または「物理B」で5単位、「化学A」で3単位または「化学B」で4単位、「生物」4単位、「地学」2単位を設け、4科目が必修。(4科目15あるいは12単位必修)
- 6 昭和45年10月(1970)「高等学校の学習指導要領」改訂

- 6.1 昭和48年(1973)以降に高等学校に第1年生として入学した生徒に係る教育課程から適用
 - 6.2 昭和32年4月2日生まれ以降の生徒に適用。
 - 6.3 この指導要領で教育を受けた人は、平成16年4月1日現在38歳～46歳になっている。
 - 6.4 「基礎理科」6単位または「物理Ⅰ」・「化学Ⅰ」・「生物Ⅰ」・「地学Ⅰ」(各3単位)のうち2科目6単位を選択必修。「物理Ⅱ」・「化学Ⅱ」・「生物Ⅱ」・「地学Ⅱ」(各3単位)を選択。
 - 7 昭和53年8月(1978)「高等学校の学習指導要領」改訂
 - 7.1 昭和57年4月1日以降に高等学校に第1年生として入学した生徒に係る教育課程から適用。
 - 7.2 昭和41年4月2日生まれ以降の生徒に適用。
 - 7.3 この指導要領で教育を受けた人は、平成16年4月1日現在26歳～37歳になっている。
 - 7.4 「理科Ⅰ」4単位(必修)、「理科Ⅱ」2単位、「物理」・「化学」・「生物」・「地学」(各4単位)(必修は「理科Ⅰ」4単位のみ)
 - 8 平成元年3月(1989)「高等学校の学習指導要領」改訂
 - 8.1 平成6年4月1日以降に高等学校に第1年生として入学した生徒に係る教育課程から適用
 - 8.2 昭和53年4月2日生まれ以降の生徒に適用。
 - 8.3 この指導要領で教育を受けた人は、平成16年4月1日現在17歳～25歳になっている。
 - 8.4 「総合理科」4単位、「物理1A」・「化学1A」・「生物1A」・「地学1A」(各2単位)、「物理1B」・「化学1B」・「生物1B」・「地学1B」(各4単位)の13の選択科目
 - 9 平成11年3月(1999)「高等学校の学習指導要領」改訂
 - 9.1 平成15年4月1日以降に高等学校に第1年生として入学した生徒に係る教育課程から適用
 - 9.2 昭和63年4月2日生まれ以降の生徒に適用。
 - 9.3 この指導要領で教育を受けている人は、平成16年4月1日現在16歳以下である。
 - 9.4 科目は「理科基礎」・「理科総合A」・「理科総合B」(各2単位)、「物理Ⅰ」・「化学Ⅰ」・「生物Ⅰ」・「地学Ⅰ」(各3単位)、「物理Ⅱ」・「化学Ⅱ」・「生物Ⅱ」・「地学Ⅱ」(各3単位)の計11科目
 - 9.5 「理科基礎」・「理科総合A」・「理科総合B」・「物理Ⅰ」・「化学Ⅰ」・「生物Ⅰ」・「地学Ⅰ」のうち2科目必修だが、「理科基礎」・「理科総合A」・「理科総合B」のうち1科目以上は履修する。
 - 9.6 「物理Ⅱ」・「化学Ⅱ」・「生物Ⅱ」・「地学Ⅱ」(各3単位)は選択
 - 9.7 組み合わせとして、(理科基礎・理科総合A)、(理科基礎・理科総合B)、(理科総合A・理科総合B)、(理科基礎・〇〇Ⅰ)の4通り、(理科総合A・〇〇Ⅰ)の4通り、(理科総合B・〇〇Ⅰ)の4通りが考えられる。(〇〇には、物理、化学、生物、地学が入る)結局、考えられる必修の組み合わせは15通りと大きくなっている。
- 次に時代の変遷にともない必修科目がどのように推移しているか見てみる。
- 必修科目の変遷
- | | |
|-------------|-----|
| 昭和23年(1948) | 1科目 |
| 昭和31年(1956) | 2科目 |
| 昭和35年(1960) | 4科目 |
| 昭和38年より実施 | |

昭和45年(1970) 2科目(基礎理科と他の4科目から)

昭和48年より実施

昭和53年(1978) 1科目(理科I)

昭和57年より実施

平成元年(1989) 必修科目なし

平成6年より実施

平成11年(1999) 2科目(理科基礎・総合理科A・総合理科Bより1科目以上)

平成15年より実施

必修科目ははじめ1科目であったものが、時代の要求のために次第に増え、昭和35年の改定の時には4科目になった。そのため、消化不良に陥る傾向が強くなり、次の昭和45年の改定では2科目となった。それでも、すべての科目を履修すべきという主張は残り、理科4科目の内容を取り入れた基礎理科が新設された。しかしながら、4科目を教えることは、教員の負担が大ききことなどの理由により、基礎理科を取り入れた高校は少なく、教科書を出版する会社も4社ほどであった。続く昭和53年の改定では、4科目すべてを含んだ理科Iが必修となり、すべての高校生が履修することになった⁹⁾。この理科Iは高校の現場に不評のため、前回の平成元年の改定では必修科目がなくなり、すべて選択となった。この時期、理科離れ特に物理離れが大きくなり、選択制と重なり物理は敬遠される傾向がますます強くなってきた。高校時代に物理に関する教育をまったく受けない高校生が増大することになった。本大学においても、物理を履修していない学生が多く入学することになり、履修度別のクラス編成を行うこととし、現在に至っている¹⁾。今回の改訂において、何らかの形で物理を履修する機会が増えたことは評価されることである。しかし、物理離れを食い止めるまでには至らないことが予想される。

今回の改訂では、旧来中学で扱っていた項目のうち、いくつかが高校に移った。物理に関しては、物理Iに中学で行っていた項目が移り、物理Iで行っていた項目が物理IIに

移ったことである。旧来の物理I・物理IIの時間数は、それぞれ4、2であったものが、物理I・物理IIでは3、3となり、そう時間数は変わらないものの、内容が中学から移行分だけ増加しているので、実質的には時間数は減少しているとみてよい。そのため物理IIの(3)電子と(4)原子核のうち「生徒の興味・関心等に応じていずれかを選択することができる⁷⁾」ことになった。生徒の興味等で選択することは難しく、学校側で決めることになる。2項目とも取ることは、中高一貫校では可能であるので、この差がさらに広がることも予想される。大学入試に関しては、物理教育学会から、各大学にその項目を入試範囲から除くようにという要請も出ている。大学側がこの要請を受け入れると、今度は高校がその項目を教えないことになり、さらに学力はつかないことになる。そういった学生が平成18年度(2006)に入学してくる。いわゆるこれが2006年問題とされるものである。

次に、選択必修科目の問題である。必修科目として3科目のうちから1科目以上を選択する問題である。私も、1科目よりも2科目、2科目よりも3科目の履修の方がよいと思っている。幅広い人間を育てるには、科目数が多い方がよいと思っている。しかしながら、科目数が多すぎるのである。3科目のうちから1科目以上、それに物理I・化学I・生物I・地学Iの中から、0から1科目選択するとなると、その組み合わせが15通りになる。この15通りの他に「〇〇II」がある。大学入試を考えると、各大学は物理であれば、「物理I」と「物理II」の出題を考えていると思う。化学、生物、地学も同様であろう。15通りにさらに「物理II」、「化学II」、「生物II」、「地学II」の授業を取れば、組み合わせは60通りになるのである。(実際のところはその授業項目から「理科総合A」は「物理I」「化学I」との組み合わせになることが多く、「理科総合B」は「生物I」「地学I」との組み合わせになることが多いと思われるので、その半分ぐらいなると思われる)このやりくりで高校で

は大変な労力を使うはずである。

他の教科を見てみると、いずれも必修科目があるが理科ほど多様化していない。しかし、理科との兼ね合いを考えると、生徒の選択の組み合わせは増大し途方もない数字になってしまう。はたして、高等学校学習指導要領解説改定の要点にある「生徒の能力・適正・興味・関心等の多様化に伴い、理科の履修においても生徒の実態に応じた弾力的な教育課程の編成、内容の取り扱いができるようにすることが必要である。このため、国民として必要とされる基礎的・基本的な内容については、全ての生徒に何らかの形で履修させるように配慮した上で、履修科目の選択幅を広げるようにする。・・・」⁹⁾の選択幅について、生徒の最善の選択ができるかどうか疑問である。

このように選択幅を広げた要因として、生徒の理科離れが根底にあることがうかがえる。何とか、生徒に自分自身に適した選択ができるようにと、苦心惨憺の様子がうかがえる。しかしながら、はたして、生徒自身が、能力・適正・興味・関心を真に把握しているのか疑問である。人間は学んだのち、能力・適正・興味・関心がつくのではないかなと思う。また、このような組み合わせは教育現場に多くの負担が掛かってしまうのではないかなとも思う。

こういったことを踏まえて、我々大学側では進学してくる学生に、その時点で最良の教育をしなくてはならない。本大学で現在行っている理科教育・物理教育と、これから行おうとしている教育について述べていきたい。

3 科目の内容

今回の改訂で特に目に付くことは、自然の探求という言葉である。さらにエネルギーがつく項目は基礎理科にも理科総合Aにも出てくる。現在の社会問題として自然とエネルギー問題は避けて通ることのできない問題である。この問題に触れておくことはこれからの将来を考えると当然のことと思う。これは

高く評価したい。しかしながら、エネルギーと仕事の概念を真に理解するには、力の概念が必要である。この力の記述が1ページ程度の教科書では物足りない感じがする。物理Iではきちんと扱っているので、問題ないかもしれないが、物理Iを選択しない生徒にとっては、エネルギーだけが強調された内容になっている。力の概念をきちんと理解した上でエネルギーを扱うことが系統的な教育であったので、少々不思議に感じている。概念よりも現実を優先した形になっている。

物理Iは日常生活を重視する「生活と電気」から始め、電気が最初に学ぶ項目となっている。これは、今までの物理教育の概念から見ると大変変わったやり方と思う。旧来は、力とは何かということから始め、それを電気にも当てはめてきたものである。今回は概念がないまま、電気を導入している。身の回りの生活としての物理現象を優先させた教育方法である。

昭和35年の改定のときも、力から始めなかった。そのときは、光の反射と屈折から始めたが、これは、力の概念を知らずして学ぶことができる内容だったので、今回とは少々異なる感じがする。

今回の学習指導要領の改訂は、多くの関係者の要望をそのまま受け入れる形になっている。

1. 研究者の養成の立場から→仮説の設定、実験の計画、実験による検証、実験データの分析・解釈、法則性の発見などの探求の方法を習得させる。
2. 大学の授業の担当の立場から→1科目ではなく幅広く履修して欲しいということで、必修選択3科目から1科目以上の履修を義務付ける。
3. 企業の立場から→時代の進展に即応できるような柔軟な思考力や新しい進歩を生み出す創造的な能力の育成³⁾。
4. 自然環境を守る立場から→「理科基礎」の目標である「科学と人間生活とのかかわり」。

このように、いろいろな立場の人からの要望をそのまま受け入れ、それを制度化している。その要望はそれぞれもったなことであるが、あまりにも欲張りすぎたため、教育現場が攪乱していると思える。

4 理科教育で何をすればよいか

現在の大学生に不足していることは何か。その問いに、まず出てくるのが学力の低下である。では、その学力とは何かが問われる。学力とは⁸⁾

1. 今まで学んできた知識としての学力
2. 学んでいこうとする学力

確かに、現在の若者の知識としての学力は低下している。しかし、これはいた仕方ないものである。教える時間が減少してきたのだから当然である。それよりも心配なのは、学び取っていこうという気持ちとしての学力である。考えようとしないう姿勢である。これは、幼年期から20歳になるまでの間、与えられるものは全て与えられてきた家庭環境によるものと思える。授業に関しても、教員が教えること以外は学ぼうとしないう。計算も筆算は苦手である。ボタンひとつで答えの電卓を多用する。時には、 100×0.1 を電卓で行う者もある。この傾向は6年ぐらい前から始まっている。電卓が正確無比であり、筆算は不確かだという意識があるらしい。

私は計算尺が懐かしい。計算尺が電卓に取って換わられたのは昭和50年代の初めである。いまや、我々が親しんだヘンミ製の計算尺は博物館行くだそうだ。しかしながら、この計算尺こそ近代技術を生んだ代物であると確信している。私は、昭和40年代の後半工場勤務の経験があるが、そこでは、生産ラインの社員も、品質管理の社員も、一様に計算尺を駆使していた。製品のチェックにノギスやマイクロメータとともに使っていたものである。工場勤務の人で使えない人はほとんどいなかったと記憶している。

マイクロメータで製品の長さを測り、それ

を5等分する場合、すぐに計算できたものである。例えば、長さが15.8 mmであったとする。これを6等分する。いま、手元にある計算尺で計算すると、2.64 mmとでる。この計算を電卓で現代の学生に計算させると、2.6333 mmと答えを出してくる。さらに、私の答えは不確かであると真顔で答える。電卓で計算し、しかも桁数が多いから正確だと主張する。ボタンを押し、ディジタルで出てくるのだから正確と確信しているのである。現代の学生はボタンとディジタルの敬虔な信者となっている。

学力の低下は、電卓の出現とダブっている。ということは、計算尺の衰退とも一致している。この計算尺こそ、近代文明を進歩させた立役者であるのだが、今は、もう出番はないと楽隠居している。私は、今一度舞台に立ってくれることを懇願する。この役者、シンプルでありながら、対数に関しての造詣も深く、有効数字に関して熟知している。計算力の不足が嘆かれている現在、計算力を付けるのにも適しているはずである。残念ながら、今は製造中止ということである。だが、幸い図1に示すような円形の計算尺があった。私は、この計算尺を授業や実験で使ってみよう

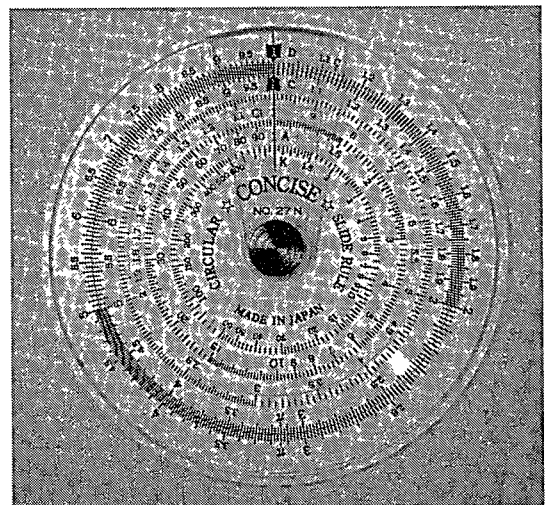


図1 円形計算尺（コンササイズ社の好意による）

思っている。その成果は改めて発表してみたいと思っている。

学ぶ学力が不足しているのは、周囲の大人があるいは社会が、子どもが社会を学ぶ必要がない社会にしてしまったからである。ゆとり教育が子どもたちから「ゆとり」を奪ったという意見があるが、まさにそのとおりである。ゆとりの時間に子どもは塾に行き、テレビに興じる。そこからは、自ら、社会の一員としての存在を奪うことになる。昔の子どもは、親や周囲の人から何かしら用事を任せられたものである。大抵の子どもはそれを喜んでしなかった。そこで考えたものである。用事を早く終わりにし、遊ぶにはどうしたらよいか。お使いにしてもそうである。片道1 kmの道をどのくらいの速さで行けば、どのくらいの時間がかかり、往復ではどのくらいの時間にかかる。そういったことを道々考えて、仕事を早く終わらせようとしたものである。いまは、それがまったくないとはいわないが、減少しているのではないかと思う。

漢字を教えるのに小学生に制限があり、読める字は必ず書けることが義務付けられている。この字は読めるのだが、実際は書けないという字が大人になっても多い。いや、年齢が上がるにつれてそういった字が多くなるのが一般的である。理科の場合も同じで自分では順序良く説明できないし、その計算もできない。だからといって知ってはいけないということではない。むしろ知りたいなという物理現象があるものである。「こま」がまさにそれである。小学校から高等学校までの教科書には「こま」はでてこない。「こま」を考えるうえで「角運動量」の概念は必要であるが、現今の高校では取り扱わないことになっている。「自転車」に乗ったり、「こま」を廻したりする事は日常よく行われている作業でありながら、一向に「自転車」や「こま」が倒れない現象はでてこない。それよりも、人間が日常生活では絶対に目にすることがない原子の構造について説明したがる傾向がある。今後のエネルギー問題を考えたとき原子力発電

は必要であり、原子力の安全性に関してからも原子の構造は万人が知らなくてはならない項目である。が、「こま」や「自転車」がどうして倒れないかという疑問は子供のころから多くの人が持ち続けている疑問である。原子の構造は、中心に原子核があり、それは陽子と中性子からなり、原子核の周りには電子が回っている、という説明で一応の説明がつき、学ぶものも詳細はともかく納得する。

一方、「角運動量」の説明は難しい。しかしながら、自転車の車輪を持ってきて回してみれば、すぐに感覚でわかる⁴⁾。この感覚は小学生でもわかる。私も小学生を対象とした理科教室で実際に試みたところ、小学生たちは我先にと車輪を回してその感覚を楽しんでいた。付き添いの父母も夢中になったものである。この感覚が大事である。感覚・五感で感じるものに関して人間は無条件で納得する。この感覚こそが大事である。理論や計算は、その後ゆっくり学べばよい。説明できるもの意外は扱ってはいけないというのはどうもおかしい。

この角運動量を、高等学校での項目に入れた時期があった。昭和45年(1970)の高等学校学習指導要領で扱われ、教科書の項目にもある。これが問題だったのである。角運動量を理論的に扱うには高校生の理解力、数学力では無理があった。結局、消化不良となり、昭和53年(1978)の次の学習指導要領の改訂では消えてしまい現在に至っている。この1978年の改定は消化不良の反省から、「ゆとり」の教育が生まれたのである。消化できないものはカットしようとして生まれたものである。全部をカットするのではなく、言葉として、概念としては残しておくべきだったと思う。理解できないものは、すべてカットという姿勢はよくなかったと思う。漢字にしても同様である。最初は、漢字を読めればよい。読めるようになってから、ゆっくり書けるようになるように訓練すればよいのである。その漢字がはじめて出てきたとき、読み方と、書き方が同時にできなくてはいけないという

のでは少々了見が狭い感じがする。読めるだけの漢字があってもよいのではと思う。もう一度戻るが、角運動量にしても、理論はわからないが、現象に関して知っていてもよいのだと思う。まったく扱わないのでは、毎日乗っている自転車にも申し訳ない感じがするのではないかと思う。難しい理論はあまり教える「ゆとり」に反するというのが項目として取り扱わない原因と思えるが「ゆとり」とは決して学ばないということではないと思う。

5 教える側として留意しておくこと

今一度、指導要領の変遷を見てみたい。そこには改定された指導要領が実施されたとき学んだ人の現在の年齢を記した。たとえば、昭和35年の改定のときに学んだ人は、現在47歳から57歳の年齢である。その人が教員となって大学生に授業を行う場合、特別に理科教育・物理教育を専門としていない立場であると、どうしても自分が学んだときのカリキュラムを意識することになる。その結果、「どうしてこんなことがわからないのだ、高校で学んだはずだ」となってしまうことがある。「ああ、学力不足だ」と嘆いてしまうのである。学生は実際学んでいないことが多いのである。38歳から46歳の教員は角運動量を高校時代に学んでいる。現在大学に入学してくる学生は、角運動量という言葉聞いていないということを教員は意識しておかなければならない。

6 結論

今後理科教育を行っていくうえでの、指導方法を自戒の念をもって記述したつもりである。結局のところ、学習指導要領が理科を教育するのではなく、教育するのは教員であり、生身の人間である。教員の全人格を、自分自身の生き様を学生生徒に見てもらうことに他ならない。学習指導要領が如何変わろうとも、教員は学生生徒の立場になって何が最善であ

るか、考えていかなければならないと思う。

学生生徒に理科を教えることは、学習指導要領がどのように変わろうとも、それに振り回されてはならないという意識を持たなくてはならない。

大学の理科・物理教育は大学だけで成り立つものではなく、絶えず高校での教育を意識しておかなければならないことである。それゆえ、高校と大学は内容においてのみならず、意識においてもその垣根を取り外さなければならない。これは、大学の教育内容を低くするというのではなく、意識の交流を図ることである。

参考文献

1. 中丸久一, 物理未履修に対する工学部における物理教育, 応用物理教育24 31-34 (2000)
 2. 中丸久一, 童話・イソップ物語-を題材とした物理教育の試み, 桐蔭論叢 10 54-58(2003)
 3. 中丸久一, 体験で知る物理, 応用物理学会・第15回物理教育に関するシンポジウム予稿集 37-38(2003)
 4. 中丸久一, 演示実験による物理教育, 第51回応用物理学会春季大会29a-P 8-12(2004)
 5. 高等学校学習指導要領, 昭和35年(1960)、昭和45年(1970)、昭和53年(1978)、平成3年(1989)、平成11年(1999)
 6. 松田良一、正木晴彦編, 日本の理科教育があぶない 83(1998)
 7. 高等学校学習指導要領, 80平成11年(1999)
 8. 高等学校学習指導要領解説・理科編、平成11年12月、文部省 5 (1999)
 9. 上野健爾、大野晋, 学力があぶない, 岩波書店 78(2001)
- 以下の書物にも負うところが多い
10. 大学の物理教育, 日本物理学会 (1999) ~ (2003)
 11. 物理教育, 日本物理教育学会(1999) ~ (2003)
 12. 応用物理教育, 応用物理学会(1999) ~ (2003)