

自然科学の体系的理解を備えた 小学校教員養成の提案

—自然科学4分野と「ものづくり」とを必修に—

重 松 公 司*・八 木 一 正*

(2007年12月7日受理)

1. 理科嫌いの教員志望学生

電気伝導と熱伝導との間に強い相関がある¹⁾。電気と熱とのキャリアが同一（自由電子）であることがこの相関の原因と知れば、子どもたちのこれらの物性理解は高まるだろう。

さらに、電気を通さないけれど、熱を良く伝える例外的物質があることを教えれば、子どもたちの理解は、さらに先の疑問へと発展する。たとえば、ダイヤモンドは、絶縁体（希に、半導体）でありながら、その比類無き硬さのもたらす大きなフォノン伝導（量子化された格子振動による熱伝導）により、常温で、銀・銅をしのぐ最高の熱伝導を示す。

ダイヤモンドを実験に用いることは不可能だけれど、コランダム（アルミナの単結晶。通称、サファイヤ。低温で最高の熱伝導を示し、常温でも大きな熱伝導を示す）の棒を用いて、熱伝導の比較実験は可能だろう。電気伝導の比較実験とあわせれば、子どもたちの物性理解の水準は、飛躍的に高まるだろう。

電気伝導と熱伝導のように、小学校理科には、子どもたちの理解の発展を期待できる物性の相関があるにもかかわらず、その相関の提示は実行されない。

一方、電気伝導（電気を通すかどうか）と磁性（磁石にくっつくかどうか）とに全く相関がないのに、双方の性質の一覧表を作って、これらの物性をあわせて教える小学校教員がいる。こういう小学校教員の背後に、「例えば、“どういうものは電気を通しますか、どういうものは磁石につきますか”という電気伝導性と磁性の比較の場面もあるはずで、まずは気づきの場面として必要なことではないだろうか」という教員養成学部教員（本稿査読者）の誤った認識さえある²⁾。

子どもたちに、電気を通す鉄片と、電気を通さない鉄錆とが、ともに、磁石にくっつくことを示すことの方が重要だ。「電気を通すものには、磁石にくっつくものと、磁石にくっつかないものがあります」などと教えることは、子どもたちの物質理解発展の妨げとなり、有害無益である。

このように、物理学分野でいえば、相互に関連する物性の理解を欠く教員、自然科学全体でいえば、物質や生命の性質の相互関連の理解を欠く、すなわち自然科学の体系的理解を欠く小

* 岩手大学教育学部

学校教員は、子どもたちの物質や生命の性質の相互関連の理解を妨げる。そのうえ、これらの教員は、自然科学の基礎・基本を含んでいないと批判されている学習指導要領にも批判的に対応できないし、子どもたちの望ましい物質観獲得をめざす対応もできない。こうして、自然科学の体系的理解を欠く小学校教員の後押しで、自然の階層性や各階層の法則間の理解を欠く子どもたちは、自らの「理科離れ」を加速する。

筆者らのこうした心配を裏書きする小学校教員を取り巻く状況が、最近もある。団塊世代の大量退職で、採用倍率が2倍前後に低下した大都市圏の小学校教員は、算数・理科が苦手との指摘がある³⁾。94年、筆者の一人も同様の指摘をした⁴⁾。教員の理解不足が子どもたちの理解を妨げるという負の再生産は、現在も、拡大している。

この拡大再生産の端緒である教員の理解不足の原因は、高校教育・教員養成学部教育と、大学経営と学生志向との変化にある。

高校教育の原因は、理科の科目選択制の拡大に尽きると言っても過言ではない。高等学校学習指導要領は、72年度まで、物理・化学・生物・地学の4科目を必修としていた。その後、4次にわたる改訂（99年告示・03年実施が最新）の結果、総合科目を履修していれば、理科1科目履修で高校卒業可能まで、高校理科教育は削減された。この削減は、教員養成学部学生の高校物理の履修率38%（全体51%）、物理が「好き」という学生17%（同23%）と、教員養成学部学生の物理未履修・物理嫌いを生み出した⁵⁾。

教員養成学部教育の原因は、文部科学省の教員養成政策の変化から生じた。まず、88年と99年の教育職員免許法改定で、教員養成課程に占める教職科目が増やされ、逆に、教科の内容に関する科目が実質的に削減された⁶⁾。次に、98-00年の3年間、教員養成課程の入学定員の三分の一（約5千人）が削減された。削減定員の一部は、新課程（教員免許取得を卒業要件としない「ゼロ免課程」）に振り向けられた。教員削減と新課程設置の負担とにより、教員養成学部の教育力は低下した⁷⁾。

高校・学部の教育課程の原因に加え、大学運営や学生自身への市場原理主義・競争至上主義の浸透も無視できない。国立大学法人の役員（理事）に、学生を「お客様」と呼ぶ人がいる⁸⁾。学生は、講義という「商品」を購入する消費者（「お客様」）ではない。学生は、講義の価値（商品として、購入すべきかどうか）を判断できない⁹⁾。彼らは、自らの社会観・自然観・価値観確立のため、講義を聴いて学ぶ。しかし、「この講義の単位を取れば、何の資格が取れるのか？」そんな動機で、多くの学生は大学で学んでいる。

そんな学生の状況のもと、筆者らは、自然科学を体系的に理解する小学校教員養成を目標に、物理学教育の改善の努力を続けてきた。その成果の一例として、筆者の一人が担当する物理学分野の実験をした小学校教員をめざす学生に、想定を越えるプラスの側面があったことを報告し、小学校教員養成での自然科学教育の充実策を提起したい。

2. 小学校教員養成の物理学実験

岩手大学でも、教育職員免許法改定に伴い、2000年、小学校の教科「理科」の内容に関する専門科目の必修単位数は、2から1に削減された。新科目「小学校理科A」1単位（同B、1単位は選択科目）は、ガイダンスと物理学・化学・生物学・地学の各分野の実験3回で構成される。高校で物理を（ときには、化学も）学ばない多くの小学校教員コースの学生にとって、

「小学校理科A」のわずか3回・270分の物理学分野の実験は、最初で最後の物理学履修の場である。

筆者の一人は、06年から、「小学校理科A」を担当し、実験指示書を作成した¹⁰⁾。その執筆方針は、次の3点である。いずれも、自らの測定値の処理と評価とを通じ、物理法則を直接反映する単位系の理解を始め、ごく初歩の物理学の体系的理解を得るように配慮されている。

- 1) 学生が測定した物理量から、様々な物性を算出させ、物質の本質の定量的把握と単位系の理解とをめざす、
- 2) データブックとして「理科年表」を用い、学生の測定値とプロのそれらとを比較させ、自らの測定の信頼性（のなさ）を検討させる、
- 3) 難易度の異なる設問（課題）を設け、課題の達成目標を明白に、かつ、少し高く設定する。

この指示書を用いて、06年度、小学校教員免許取得をめざす学生130名（前期56名、後期74名。男子51名、女子79名）が実験した。

3. レポートから見えてくること

ほとんどの学生が、実験レポート3報を提出した（レポート数は、表1参照）。彼らは自然科学の実験レポートに不馴れで、レポートの平均紙数は、予想（A 4版3-4頁）より多かった（第1課題：5.1頁、第2課題：9.4頁、第3課題：8.4頁）。

3.1 成績と学生の難易評価との乖離

レポートの成績評価基準を実験指示書に明記した。必答設問に答えればC、高度な選択設問の一部に答えればB、選択設問のほとんどに答えればA評価である。後述するレポートの「感想・要望」にある学生の難易判断と成績評価分布（図1）とは、正反対になった。なお、D評価のレポートを再提出させるので、「D後C、D後B」評価がある。

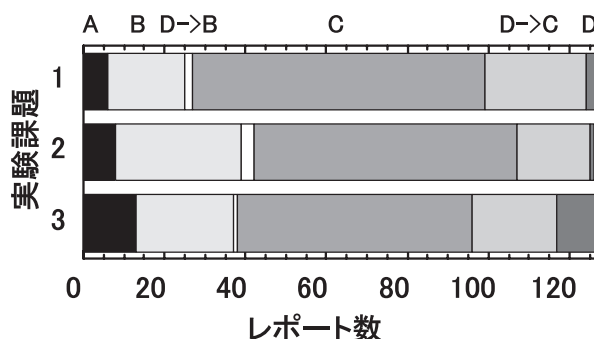


図1 実験レポートの実験課題別成績評価分布

学生は、重力加速度測定の第3課題を最も難しく、次に、電気伝導の温度依存性の第2課題を難しく、密度測定に基づく原子構造の第1課題を最も易しいと感じていた。計算は大変だけれど「理科年表」を調べれば設問に解答できる第3課題は、不十分な計算のためD評価が多いけれど、A評価も最も多い。逆に、資料を調べても選択設問に答えにくい第1課題は、最もC評価が多い。

3.2 学生の測定技術

第1課題で、学生は、直方体 (Fe) と丸棒 (Al) の寸法を外測マイクロメータ・副尺付キャリパで測定し、それらの算出された体積で、電子天秤で測定する質量を除して、密度を計算する。次に、「理科年表」の「単体の密度」のデータと照合し、試料元素を特定する。いずれの測定値も有効数字4桁なので、密度の誤差を0.1%以下に押さえられると期待した。ところが、学生の測定値はばらつき (図2)、期待どおりの誤差に測定値を収められた学生は3割に満たなかった。

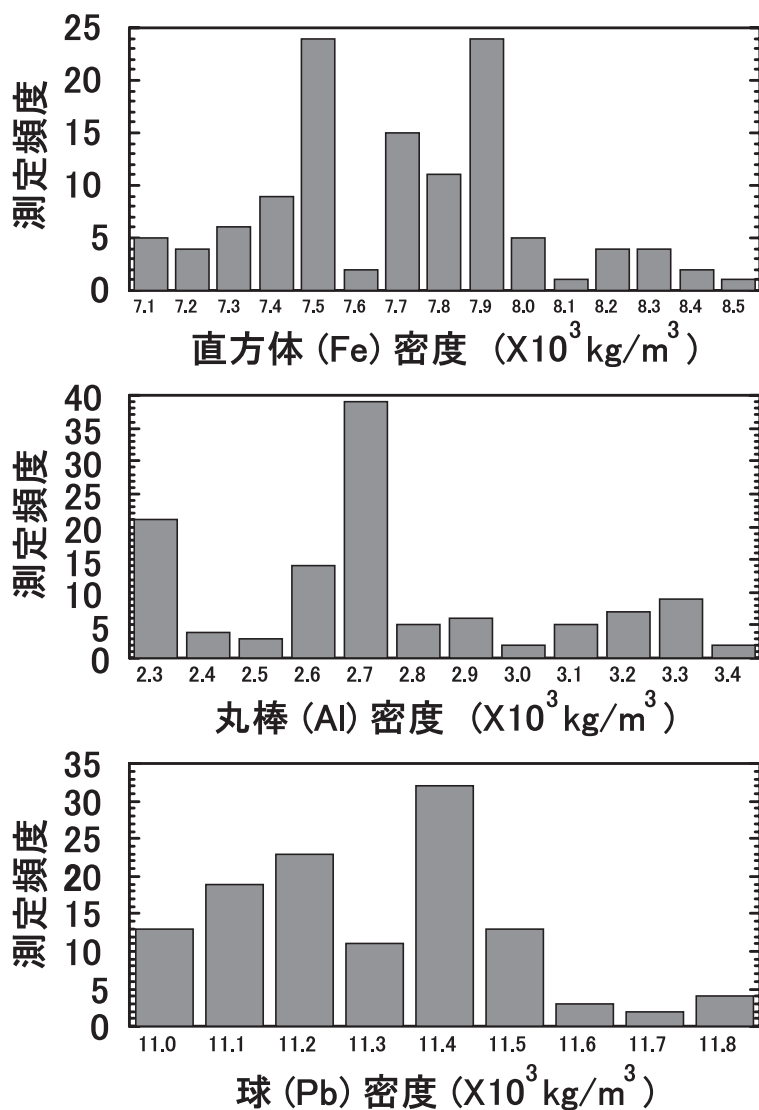


図2 実験課題1 (物質の密度) レポートの金属試料の密度測定値分布

密度測定値を小数点以下第2位で四捨五入し、測定頻度を計数した。なお、「理科年表」掲載の金属試料密度は、Fe: $7.874 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, Al: $2.6989 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, Pb: $11.35 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ (いずれも20℃での値)。

浮力測定から体積を算出する、つまり、寸法測定を行わない球（Pb）の密度測定値のばらつきが最も小さいことから、学生の寸法測定技術の問題が浮かび上がる。この原因は、測定経験がまったく無いことである。マイクロメータを力一杯締めるなど、常識はずれの行動が多く見られた。

第3課題でも、測定技術の問題が目立った。同課題で、学生は、振り子の長さ（ L ）と周期（ T ）から、重力加速度（ g ）を算出する。振れの角を10度に固定し、長さの異なる3種の振り子の周期を、ストップウォッチで10周期、20周期、100周期分と3回測定する。学生は、誤差が最小の測定値を選ぶよう指示されている。振り子の長さ測定でも周期測定でも、誤差を1%以下にできると期待し、周期を自乗するから、重力加速度の誤差を3%以下に押さえられると予想した。しかし、重力加速度の測定値は、第1課題より大きくばらついた（図3）。

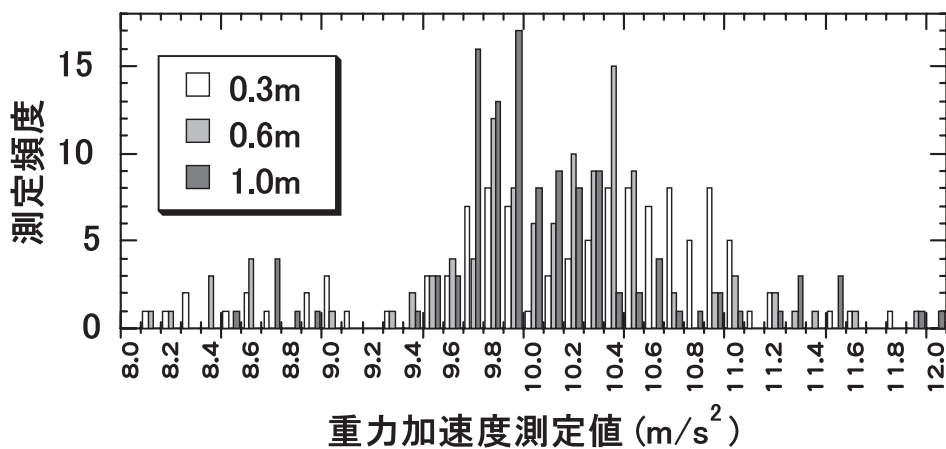


図3 実験課題3（重力加速度）レポートの単振り子の長さ（0.3m, 0.6m, 1.0m）別の重力加速度測定値分布

重力加速度測定値を小数点以下第2位で四捨五入し、測定頻度を計数した

短い振り子による測定値のばらつきが大きい。振り子の半周期を一周期とし約4倍の重力加速度を算出した学生が5%いたことを考慮しても、学生の時間・寸法測定に問題がある。1m程度の長さ測定も、正確に回数を数える周期測定も、経験不足により、学生たちの測定は正確さを欠く。

第2課題で、学生は、マンガニン線・白熱電球・炭素電球に流れる電流と印加電圧の相関（実質的に、電気抵抗の温度特性）を測定し、金属・半導体の電気伝導機構を学ぶ（炭素電球の黒鉛フィラメントは、半導体ではなく半金属。高校物理で、半金属を扱わないので、この課題では黒鉛を半導体とみなす）。ここでも、マンガニン線の電気抵抗・直径測定値と既知の体積抵抗率とから算出した同線の長さとその実長とは、大きく食い違うことが多かった。その主な原因は、マイクロメータによる大きな線径測定誤差である。

3.3 「感想・要望」に見る学生の評価

今後の改善のため、学生に「感想・要望」を求めた。成績評価と無関係としたこともあって、8割近くのレポートに、「感想・要望」が、10数字から数百字まで、字数も内容も様々に寄せ

られた。

その内容から、「感想・要望」を次の8タイプに分類した。小学校にこんな難しい課題は不要と批判する「不平型」、危険な操作をしたので注意したいという「安全型」、勉強不足課題が数多くあると後悔する「課題列挙型」、実験が難しかったと率直に報告する「苦戦型」、これだけ理解できたと学習成果を誇る「成果列挙型」、こんなことを知って驚いたという「驚愕型」、多くを学べて良かったという「有意義型」、自分の無知を悟り一層の学習を決意する「決意表明型」。

これらの8タイプのうち、「安全型」と「成果列挙型」から「決意表明型」までの5タイプは、「小学校理科A」物理学分野を有意義と評価している。表1から、「有意義」と評価する学生は6割に達し、多くの学生が積極的に課題に取り組んだ。この積極性は、「感想・要望」の成績評価別分布（表1）からも見える。「成果列挙型」から「決意表明型」に向かって、A評価の割合が増加している。

表1 実験報告に記述された「感想・要望」の実験課題別・成績評価別分布

感想の タイプ	総数	課題 1	課題 2	課題 3	評価 A	評価 B	評価 D→B	評価 C	評価 D→C	評価 D
不平型	4	1	1	2	0	3	0	1	0	0
安全型	6	1	4	1	0	2	0	4	0	0
課題列挙型	13	7	1	5	0	0	1	8	4	0
苦戦型	107	31	42	34	3	16	4	62	18	4
成果列挙型	53	18	20	15	3	11	0	32	6	1
驚愕型	35	17	6	12	4	8	0	16	7	0
有意義型	68	28	21	19	10	16	0	32	9	1
決意表明型	8	2	3	3	5	2	0	1	0	0
感想総数	294	105	98	91	25	58	5	156	44	6
報告総数	380	127	126	127	27	74	6	195	64	14

一方、「感想・要望」の三分の一を「苦戦型」が占め、その75%はC評価である。必答設問のみに答えた学生の多くは、難しいと書く余裕しかなかった。特に、「苦戦型」は、第2課題に多い。これは、小・中学校で経験した電流・電圧測定回路の配線を迷わず行えた学生が皆無だったためである。

ところで、「驚愕型」の典型例を読んで、驚愕する読者がいるかもしれない。中学校で自由落下を教えないし、小学校で、成果が上がらないと、単位系学習を大幅削減したので、学生が自由落下の法則や単位系の確立に驚くのは不思議ではない。数年前、「小学生の4割は、天動説を信じている」というニュースが話題になった。「重いものほど速く落ちる」というガリレオの「新科学対話」（1638年）以前の誤りを信じる大学生もいる。さらに、10の乗数を含む数値の四則演算も、学生たちはおぼつかない。多くの学生は、小数点の後に10数個の0を並べて計算する。その結果、「小数点の位置だったりがわからなくな（ママ）」る。

以下に、「感想・要望」の8タイプの典型例を示す（各「感想・要望」冒頭の括弧に、課題番号と成績評価を示す）。

<不平型>

(1, B) (前略) 文系にとって、この設問を解くのは至難の業だった。余りにも課題が高度すぎるのではないかと思った。実験自体は良いが、設問に関しては、小学校教育に本当に必要なのか疑問だった。専門分野にのめりこみすぎているので、もう少し一般的な設問を用意してほしい。

<安全型>

(2, C) (前略) 私たちの班は、実験1)で単巻変圧器の摺動子を反時計まわりに限界まで回しておくところを、班員が時計回りに回してしまい、マンガニン線にものすごい電圧がかかってしまった。その時、マンガニン線が真っ赤になり、下の木製の台が焦げてしまい本当に危なかった。手を触れていなくて本当に良かったと思った。電圧をかける時など何か機械に動作を加える際には一言皆にかけてから実験を行うべきだと思った。理科の実験は、よく読んで慎重に行うべきだと感じた今回の実験だった。この経験を将来も忘れないようにしたい。

<課題列举型>

(3, C) 今回の実験、レポート作成が3つの実験の中で一番難しかったです。 $\sin\theta$ を使ったり、計算をしたり、物理そのものの知識・理解の他に、数学もできないといけななと感じました。

パソコンで調べていく中で、“緯度が違うと物の重さが違うくなる(ママ)”というものを見つけ、少し見てみると、はかりと物を持って沖縄に行った実験がのっていました、実験の結果は、本当に軽くなっていて、驚きました。

3回の実験を通して、小学校からの理科の授業・学習を内容をちゃんと理解しないで、単語や形をただ暗記してただけで、実際に実験をやってみるとあまり役に立たないことがわかりました。どの教科でも言えることだと思いますが、なぜそうなるのかどういつながりがあるのかわかれば、様々なことが分かるということを感じました。

<苦戦型>

(1, D→C) 私は高校時代物理を学ばなかったもので、今回の実験はすべてが初めてで、大変でした。特にノギスの使い方が全く分からずとても苦戦しました。しかし、今回物理を学ぶことが人生で最初で最後であると思うので、少しでも何か新しい発見があれば良いかなと思っています。

(2, B) 聞いたことのない言葉ばかりで、課題を理解するために、予習の時間をかなりかけてやったのだが、実際に配線するときも苦勞した。設問を理解するのにかなりの時間がかかり、難しかった。

物理についての知識は、ほとんど皆無だったので、今回の3回の実験で、少しでも知識を身に付けられたかなと思う。

(3, C) 正直言って、今回のレポートはかなり難しかったです。実験・測定の時点ですでに分らなくなっていたので、設問については、かなり悩みました。特に、有効数字や公式に数値を入れての計算など、細かい計算が苦手なので苦戦しました。実験の途中でミスがあったのか、実験(その1)だけ数値が大きくズレてしまったので、最後の実験では、予習をしっかりと、順序よく実験を進めたいです。

<成果列举型>

(2,C) 私は苦手意識から物理という身構えてしまうところがあるのだが、今回の電気抵抗の実験を行い、このレポートを書く中で、これまでより深く電気が流れる仕組みについて理解し、身近に感じる事ができたように思う。金属と半導体の電気伝導機構を電子の遷移を踏まえて体積抵抗率、温度依存性と関連づけて学ぶと、小学校の理科が子どもに何を教えようとしているのかが見えてくるように感じる。小学校の理科において、子どもたちは物質には電気を通すものと通さないものがあるということを認識するところから始まり、電気のはたらきを調べ、そして電流の働きを追究していく。子どものこのような学びの道筋を示す者として、教師はその土台となる知識を身に付けておく必要があると強く感じた。

<驚愕型>

(3,C) 今まででは物の落ちる速さという重さが関係すると思っていたので、それはほとんど関係ないと知って驚きました。また、地球のどの地点で行われたかによって実験の結果に違いがでるというのを意識したことがなかったので、違いを知ることができて良かったです。

(1,D→C) 小学校で体積の計算を、中学校で密度の計算を学んできて、計算はわかっているけど、単位が決まっているのは知らなくておどろいた。

また、単位換算する時に、小数点の位置だったりわからなくなってしまったところがあったので、もう一度しっかり勉強しようと思った。

今回の実験で、密度がわかると、物質が特定されるということが自分ではとてもおもしろかった。

<有意義型>

(1,B) 3回目の物理レポートが完成した！今回はこれまでの経験からか、実験もレポート作成もスムーズに行うことができた。考察では、数値から考えをめぐらせ、解答できたと思う。高校の時に学習した原子の構造を見直す良い機会となった。忘れていた部分が多かったため、復習したいと思う。物理のレポートは本当に苦労したが、自分の力でやり遂げることができて満足している。このレポートによって鍛えられた精神面を、これからの学習に活かしていきたいと思う。物理の分野は未履修のため、毛嫌いしていたが、とても興味深い学問であることを知れて、本当に良かった！

(3,C) 物理学分野は難しかった。しかし、教える立場となった時には、「知らない」、「わからない」と言っている場合ではないので、とにかく自分で勉強しなければならないと思いました。自分の勉強不足を痛感した物理学実験でしたが、わからないなりに、いろいろ調べて、わからないことがわかると、うれしい気持ちになりました。もし、理科を難しいと感じている子がいたのなら、このわかってうれしい気持ちが味わえるように指導できたらいいと思いました。

<決意表明型>

(1,B)(前略) わたしは子どもたちに教えるときに深く考える手助けのできるような教師になりたいと、ただ漠然と考えていましたが、私自身の無知さに愕然としてしまいます。生徒と同じ目線に立てる教師はとても大切ですが、それだけではなく生徒と同じ目線に立ち、生徒がどのようなことを考えているのかを理解し、その考えていることをワンランク

上に高めるためには、生徒と同じ理解の具合ではいけないと心から思います。自分のためにも、将来私が教え、育てるかもしれない生徒のためにも私自身の知識を蓄えなければいけないと思いました。

(2,A) 今回だけではなく3回の実験を通してつくづく感じたのは、本当に何も知らないんだなということだった。文系だから、物理や化学は別にできなくてもいいと感じていたくらいだった。今まで理科をおもしろいとか、好きだと感じたことがないのは、できなくてわからなかったからだと思う。けれど今回、すごく大変だったけど、問題を一つずつ解決していくことによって理科っておもしろいなと感じるようになっていった。教える先生が理科嫌いでは生徒も好きにはならないと思う。まず理科を嫌がらないこと、そして教えられるだけの正しい知識はつけなければいけないと強く考えた。

(2,A)「物質の電気抵抗」の実験をして、事前に実験課題を読んではいったものの、いざ装置を目の前にすると配線の仕方すら分からず、全くもって知識・学習不足だと痛感した。レポートでは例のように高校の物理の復習レベルから入り、恥ずかしながら半導体、絶縁体などを改めて学習した。今までどれだけやってきていなかったかということがよく分かりよかったと思う。私自身、今回の物理によって今までやってこなかったことに夢中になって取り組むことができた気がする。はじめは何一つ分からなかったが、中途半端にするのがとても悔しくなった。C評価では満足できない！と、自分自身をふるいたてて、分からないなりに頑張ったと思う。この機会を無駄にせぬよう、高校の頃の物理の教科書などを買って、今後も学習していきたいと思った。このたった3回の実験とレポートが私に、様々なことを考えさせてくれた。分かる面白さを実感できたからである。仲間と深夜までレポートを作成するために学校で頑張ったことも、きっと忘れられないであろう。

4. 小学校教員養成で「ものづくり実習」を

今回の試みで、「小学校理科A」受講学生の6割が、物理学分野の実験を有意義と評価した。特に、「有意義型」・「決意表明型」の2型が、「感想・要望」の4分の1を占めたことは特筆に値する。これらの「感想・要望」は、次の3点の特徴を示す。自らの知識不足を認識していること。不足していた知識を自らの努力で得たこと。自ら得た知識を基に、課題を理解できた喜びを感じたこと。自ら分かる喜びを感じたことのない学生が、教員となって、子どもたちに分かる喜びを導けるはずがない。筆者らの課題は、少なくとも、4分の1の学生に分かる喜びを提供した。

これらの評価は、筆者らの予想を上回る。自らの測定値の処理と評価とを通じ、ごく初歩の物理学の体系的理解を得ることを目指した筆者らの試みは、小学校教員をめざす学生の真摯な対応で、十分とは言えないけれど、今後に期待を持つことのできる成果と言える。

しかし、今後の期待を確実にするには、基礎自然科学の他の分野（化学・地学・生物学の）教育の充実だけでは不足する。というのは、学生の寸法や時間の測定がもっと正確なら、前述の学生の有意義評価の割合は、もっと増加していたと思うからだ。

「理科年表」の測定値に近い値を得た学生は、自らの測定操作に自信を持ち、課題達成の充実感を得ている。例えば、重力加速度の課題で、地球の質量・半径と万有引力定数とから算出する理想的重力加速度と、「理科年表」の精密な実測値とに近い値を測定値に得た学生は、万

有引力と地球の質量分布への深い理解を示した。物質の密度の課題でも、正確な密度測定値を得た学生の満足度は大きい。

そこで、物理的思考を助ける「ものづくり実習」にも、学生のこの測定技術の改善を期待したい。

また、小学校教員による、子どもを主体的に、かつ、創造的に育てる「ものづくり」の指導にも、この「ものづくり実習」が活かされることを期待したい。

さらに、「ものづくり実習」は、物理学以外の自然科学3分野の学習にも、良い影響を与えることが期待できる。なぜなら、「ものづくり実習」の素材は、元をたどれば、天然の物質で、それらの性質の理解抜きに、「ものづくり」を進められない。我々は、「ものづくり実習」に、測定技術の改善以外に、多くの効果を期待できる。

5. 我々は何をすべきか

自然科学教育と「ものづくり」との重要性の指摘が、すでにある¹¹⁾。つくりたいものを設計し、図面を描き、正確に採寸し部品を作り、組み立てる経験が大切だ。「ものづくり」は、正確な測定を促す。

ところが、91年、学部教育課程の大綱化が実施され、岩手大学を含め多くの大学で、初年次の教養教育は、講義を自由に選択するカルチャーセンターと化した。高校理科・社会科の科目選択で多くの学ばない分野のある学生は、講義選択の価値観を持ってない。そんな学生に、カルチャーセンターでの主体的学びを期待するのには無理がある。

少なくとも、小学校教員をめざす学生に、自然科学4分科の講義と実験に加え、「ものづくり実習」も必修にする必要がある。

ここで、これらの講義・実験を、単に、高校理科の課外補習にすると困難が生じる。06年後期、岩手大学は、教育担当理事の主導の下、現職高校教員を招いて、物理・化学・数学の課外の補習「理系基礎の学習支援講座」を開講した。大量宣伝の結果、開講時、物理で最多の19名、全体で30名の学生が受講した（岩手大学の学部学生総数は約5300名）。学生にもプライドがあるし、多くの学生に課外講義出席の時間的余裕はなく、この種の自由参加の試みへの参加を期待できないのが実状である。

一方、教員養成学部で、「実践的指導力」の涵養のため、教育スキルを主な内容とする教科教育法の講義重視が強まっている。こんな逆風のある教員養成学部でこそ、基礎自然科学と「ものづくり実習」との必修化が不可欠だ。

まず、講義内容を特定されない「実践的科目」を「ものづくり実習」とする。次に、初年次学生の教養教育を、自然科学・人文社会科学・数学・語学などの基礎科目のみとし、すべて、必修にする（現在のカルチャーセンター科目は、後年次学生の自由選択科目とすればよい）。これら新設の講義で、自然科学の体系的理解という課題達成の喜びをはじめ、望ましい社会観・人間観までを、学生が得ることが重要だ。

さらに、これらの対策は、小学校教員養成課程ばかりか、多くの自然科学系学部には、でも有効だろう。ほとんどの学生は、高校で履修しない、あるいは、大学受験科目でない理科の科目を、中学校理科のレベルまで忘れた、つまり、「できた」けれど、「わかっていなかった」という状態なのだから。その結果、自然科学系学部には、主に、物理学・数学の学習が破綻し、

中途退学に追い込まれる学生が多い。自然科学系学部教員と教育学部の自然科学・技術系教員とが共同で、基礎自然科学ともの作り実習とを担当できれば、充実した教育で、大学全体の学生の理解の向上と中途退学の減少とを期待できる。

「分かる喜び」と「分からないことが、まだたくさんある驚き」とを学びの原点として確保する限り、学生を厳しく鍛えても、彼らが大きく成長してくれることに、我々は確信を持つべきである。

引用文献・注

- 1) 金属の電気伝導と熱伝導との物性は、自由電子濃度に強く依存し、金属元素間で見事な比例関係にある。また、絶縁体（誘電体）・半導体のそれらは、バンドギャップに依存し、同様の比例関係にある。
- 2) 固体の電気伝導機構は、バンド構造の価電子帯と伝導帯とに重なりのある金属・半金属（重なりの部分の電子が、自由電子）と、重なりのない絶縁体（誘電体）・半導体とに大別できる（価電子帯と伝導帯との隙間がバンドギャップ）。さらに、温度上昇により電気伝導が低下する金属と、逆に、上昇する半金属とに細分できる。また、バンドギャップの広い絶縁体（誘電体）と、逆に、狭い半導体とに細分できる（したがって、絶縁体（誘電体）と半導体とに質的な差異はない。いずれも、温度上昇に伴い、価電子帯から禁制帯を飛び越えて伝導帯に自由電子が励起され、電気伝導が急上昇する）。

一方、磁性とは、外部磁場を印加したとき、物質に生じる磁気モーメント（磁化）の応答である。外部磁場の100万分の一程度の順方向の磁化しか生じない物質を常磁性体（Al など、多数の元素）、外部磁場の100万分の一程度の逆方向の磁化を生ずる物質を反磁性体（Cu など少数の元素）、外部磁場の100万倍程度の順方向の大きな磁化を生ずる物質を強磁性体と呼ぶ（他に、少数の反強磁性体、フェリ磁性体などがある）。強磁性を示す元素は、遷移元素と呼ばれる Fe, Ni, Co と、ランタン系列の Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm の 6 元素とに限られる。

これらの元素には、強磁性の元となる4-8個の3d電子または4f電子があり、それらの電子が、これら元素の原子を微小な磁石のように振る舞わせる（「自発磁化」と呼ぶ。外部磁場を印加しなくても、強磁性の原子が持つ磁気モーメント）。この微小な磁石の磁化の方向が外部磁場によって揃い、外部磁場よりはるかに大きな磁化を示す（その結果、磁石にくっつく）。

このように、磁性は、原子の内在的性質であって、固体という集合体の性質とは無関係である。強磁性の金属原子は、単体の金属（電気を通す）であっても、酸素と化合し酸化物（一般に、絶縁体で、電気を通さない）であっても、強磁性を示す（磁石にくっつく）。

- 3) 朝日新聞社「採用倍率でわかる 小学校は地方がいい」AERA 20 (12) (2007年3月12日) 36-38。
- 4) 重松公司、駒林邦男「拡大再生産される『理科離れ』」科学朝日54 (11) (1994) 102-107。
- 5) ベネッセ教育研究開発センター「経済産業省委託調査 進路選択に関する振返り調査—大学生を対象として」ベネッセ (2005年11月)。
- 6) 三輪定宣「91年度科研費研究成果報告書 新教育職員免許法の下における教員養成カリキュラムに関する総合的調査研究」千葉大学 (1992年3月)。
- 7) 千葉昌弘「教育系大学・学部の学生定員削減問題と教員養成教育の将来」大学進学研究19 (3) (1997) 30-34。
- 8) 池本龍二「座右の銘は『15戦9勝をもって良しとす』」岩手大学通報450号 (2007年1月) 1。

- 9) 内田樹「下流志向 学ばない子どもたち 働かない若者たち」講談社（2007年1月）。
- 10) 次の URI で閲覧可。<http://hdl.handle.net/10140/150>
- 11) 日本学会議第4部「第4部報告 科学・技術を文化として見る気風を醸成するために」日本学会議（2005年6月23日）。