

秋田大学における基礎物理学実験改革の試み

佐々木厚, 菊池一志, 谷口智行, 寺田紀夫

概要 1998年4月の秋田大学の全学的改革と連動して, 理系学部の基礎物理学実験を改革した。実験期間の大幅な縮小を受けて, 定性理解を目的とした実験項目を増やすなど, 教育上の負荷の軽減を図った。1998年度前期における実施の結果, 改革時に設定した目標は概ね達成されており, 学生にとって楽しさが復権している傾向があることが分かった。

I はじめに

1) 大学物理教育を取り巻く状況

1-1) 大学の大量化

日本の多くの大学で, 物理教育が果たすべき役割について検討が進められている^{1)~8)}。大学における物理教育は, 教養教育, 基礎教育とも, 高校までの学習と, さらに大学の教育理念と結びついたものとして設定されなければならない。しかし, 大学を取り巻く社会の変化は急である。大学・短大進学率は1959年度を境に10%を越えたが, 2005年度には50%を越えると予想されている⁹⁾。これが, 若者の価値観の多様化および少子化の中で進行していく。18歳人口の減少は少なくとも2010年代後半までは継続する。学校教育における諸相の変化は大きい。物理分野に対する意識が教育の諸段階でどのように形成されていくかについては, 大学教育の視点のみならず, 社会の発展との関連でも注視していかなければならない。

1-2) 入学前学習歴の多様化

小・中・高における指導内容の自由度は, 最近では指導要領改訂とともに増やされている^{10), 11)}。国際教育到達度評価委員会 (IEA) による1983年の調査では, 理科学習において, 日本の小中学生が知識, 理解, 応用のすべての分野で世界のトップレベルにあり, 分散も小さくいわば粒がそろっていることが指摘されている^{12), 13), 14)}。しかし, 高校生の調査によると, 日本の上位グループの成績は世界のトップレベルであるが, 全体としては分散が大きく, 高校間格差が大きい。1997年度から, 現行指導要領の下で学習してきた学生が大学に入学している。大学は, 高校における指導上の自由度の増加により, 入学者の学習内容や到達レベルの多様化が引き起こされることを認識しなければならない。

1-3) 理数離れと大学

IEA による1983年の調査ですでに, 日本の中学生の数学と理科の学習において, 認知的領域 (知識・理解・応用) におけるレベルと情意的領域 (関心・態度) におけるレベルとの乖離が大きいこと, 中学生が学ぶ喜びを感じ得ない状況にあることが指摘されている¹⁴⁾。IEA の1994~1995年の調査でもこの傾向は同じである¹⁵⁾。また, 数学や理科でよい成績をとるため大切なこととして「教科書やノートの内容を覚えること」に肯定的に回答した生徒 (中学2年)

の割合は、国際平均が61%および70%であるのに対して、日本の場合、それぞれ92%および97%ときわめて高い。このように数学と理科の学習方法に対しても、日本の中学生の意識は他国と際だった違いを見せている。日本における現象を「知的営み離れ」が「理科離れ」とし顕在化しているに過ぎないと指摘する見方もある¹⁶⁾。そうであるなら、理数系諸学部は、教育体系と社会との最終的な接点で「知的営み離れ」と格闘していると言える。

1-4) 入学者選抜方法の多様化

日本においては、高校教育までの学習歴の多様化に対応し、大学は入学者選抜方法を多様化している。イギリスでは、理系学部が本来文系に進む学生を受け入れているとの警告も見られる¹⁷⁾。日本でも同様の状況が発生する可能性は否定できない。IEAの調査では将来理科を使った職業に就きたいと答えた生徒の割合は、世界平均が67%であるのに対し日本は20%であった¹⁵⁾。この点でも日本は、他の国と同じ集団を形成していない。1990年度における日本の国公私立の理系大学・学部（理工農医歯）の入学定員は全定員の28.3%であった¹⁸⁾（薬学部と看護系を加えると30.4%）。大学教育の「ユニバーサル化」、高校までの「理数離れ」、大学入試における「輪切り現象」が結びついていくと、今後、理系学部への「理科の嫌いな」学生の進出が、構造的に起こっていくことが懸念される。しかし彼らは、素養として「非理系」なのではなく、状態として仮性「反理系状態」にあるだけかも知れない。入学の時点で仮性「反理系状態」にあるにせよ、彼らを真性「理系状態」にすることは、大学の責務である。物理教育学会の調査によると、高校教師の72.8%が、高校での物理教育が大学受験問題の出題内容に影響されていると答えている¹⁰⁾。大学は入学者の質の多様化（往々にして学力の低下）に悩み、高校は大学の入学選抜の実際に悩む。事象は靴ひものように絡んでいる。

2) 秋田大学における理系学部基礎物理学実験の改革

2-1) 改革の可逆性・不可逆性

大学の教育研究の改革は、世界的拡がりでの個別学問分野の進展、学際的な教育研究への期待の増大という、大学本来の役割と結びついた内的必然性を動機として進められなければならない。これは大学の本質に関わることである。改革を目指すときは、不易なるものと改変すべきものを意識するのみならず、可逆なるものと不可逆なるものを見据えて進めなければならない。とりわけ、教育研究組織を改革する場合、この視点は重要である。

2-2) 秋田大学における一般教育改革の経緯

大学設置基準の大綱化を契機に多くの大学での一般教育を見直した。結果として多くの大学で「教養部」を廃止した。これは不可逆な改革として捉えることが適切である。秋田大学におもいても、1998年4月より、これまでの「総合基礎教育」という名称および枠組みを「教養基礎教育」と改めた。「総合基礎教育」自体は、大綱化を受けて1992年に「一般教育」の改革として設置した教育体系であった。秋田大学においては、1952年以来、一般教育は教育学部（1949年、学芸学部として発足。1967年に教育学部と名称変更）において担当してきた。「総合基礎教育」への改革は「教員組織は変えない」ことを前提にしたものであった。今回の改革は、専門教育における一貫教育の実現、教養教育および基礎教育における全学出動方式の実現が、改革の動機である。さらに、教育学部から教育文化学部への改組、鉱山学部から工学資源学部への改組、医学部における医科学情報学講座の設置と、全学改革が連動したものであり、一般教育教官の定員の移動が行われた。

2-3)改革における復元力

これまで、鉾山学部および医学部の一般教育物理学については、実験も含め教育学部内の一研究室が全責任を持って担当していた。すなわち実施組織として研究室という実体が存在した。この度の改革では基本教員組織を廃止し、担当教員制に移行した。教員組織上、不可逆な改革である。全学の論議の中では「無責任体制の出現」を危惧する意見も存在した。この危惧は払拭されたわけではない。フィードバック機能を制度として設けておかなければ、エントロピーは増大し、理念はやがて風化する。このような機能のあり方については、常に検討を加えつつ運営されなければならない。さらに改革においては、改革自体の妥当性が評価されなければならない。不可逆な改革の場合、そのみが復元力の保証となる。

2-4)指導担当者の視点

大学において理系学部基礎物理学実験を改革する場合、入学前の理科学習における問題状況を踏まえなければならない。秋田大学の今回の改革では、全学改革の枠組みという制約の中で、大学における物理教育の理念をいかに実現するかが問われた。しかし問題の根は深い。一大学における対応では、対症療法的側面から逃れることは難しい。学部全体の教育体系として得たもの捨てた（失った）ものは何か、学生の立場として得たもの失ったものは何か、担当者として得たもの失ったものは何か。これらについては、それぞれの眼から評価されることが望ましい。さらに教育体系それ自体の評価については、客観性の保証が得られるように評価方法において工夫が求められる。本論文は、工学資源学部の「基礎物理学実験」について、第Ⅰ期（4月～9月）における実施結果を踏まえた、改革初年度における指導担当者の視点からの検討である。

Ⅱ 理系学部基礎物理実験改革の検討経緯

1) 検討の環境、検討課題および検討の視点

改革の具体的検討は、1997年度から本格化した。全学の改革審議の中で、従来の「基礎物理学実験」は、医学部については「基礎科学実験」の「物理分野」として再編し、工学資源学部については「基礎物理学実験」として、実施内容・方法について改変する方向が示された。全学の改革に伴って教育学部に所属する5人の教員と2人の技術職員が、工学資源学部へ移ることが定められた。教育内容の設定などの具体的作業は、移動予定の教育学部所属者7名（以下、改革実務担当者という）が各学部と連絡を取りながら進めた。以下に、検討課題および検討の視点を列挙する。

1. 授業（実験）の教育目的を定めること。
2. 単位数の変更に対応し、13項目から7項目へと実験項目を精選すること。
3. 教員の配置を含め、工学資源学部として実行可能であるような立案をすること。
4. 担当教員が固定されなくなるので、負担をできるだけ軽くするような配慮すること。
5. 装置や設備の準備・維持管理が、予算的にも人員の面でもサポート可能であること。

これまでは物理実験法（1単位）と基礎物理学実験（1単位）を、セットにして履修させ単位認定する方式であった。検討の結果、実験項目を7項目準備し、1項目に7班まで（1班は学生2名）配置することにより、最大クラス規模98名まで、実施可能であるとの結論を得た。実験項目の設定においては、以下の点に配慮した。

1. 高校時代における履修および入学生の学力の多様化に対応する。
2. 時間割の関係上、半期全体を通した教育ではなくなるため、定性的理解、装置や器具

に対する慣れを目的とした実験項目の割合を増やす。

実験項目は、気柱の共鳴による音速の測定、分光器によるスペクトル分析、オシロスコープの操作および整流回路等の観察、水の比熱の測定、電球の抵抗の測定、Ewingの装置によるYoung率の測定、導体平板内における等電位線の測定とした。ノギス、マイクロメーターの使用に関しては、これまでは学期のはじめに測定原理を含めて理解させ、その上で個別の実験に使用させてきたが、実験期間が短縮されたことを考慮し、デジタルのものに変え簡略化した。

2) 担当学会議の設置と教育目的の設定

基礎物理学実験の実施にあたっては、教育目的について共通理解を深めること、またクラスごとの単位認定までの指導・担当責任体制を確立することが必要であった。実験では事前に、器具・装置の整備、実験室における配置、実験要項の執筆・作成を済ましておかなければならない。このような実務作業の担当責任も不明確のままであった。予算措置に対する担当責任・手順も明確にしなければならない。これらを考慮して、実施初年度の1998年4月に担当者間で「基礎物理学実験担当者会議」を設けることを申し合わせた。担当者会議の共通認識として、教育目的を以下のように設定した。

1. 物理量の測定方法を体験し、また器具や装置の使い方に慣れる。
2. 基本的な物理法則について実験を通して理解を深める。
3. データ処理の基本的手法を身につける。
4. 報告書の作成に慣れる。

Ⅲ 実施結果の概要

1) 受講生の状況

1-1) 高校での物理の履修状況

1994年度より、学期の開始時に全受講生に対する記名アンケートを実施しており、また、実験期間の終わりには無記名アンケートを実施している¹⁹⁾。本論文では、これらのアンケートおよび実施担当者の意見をもとに、1998年度第I期（以下、前期と言う）における実施結果を中

表1 工学資源学部基礎物理学実験受講生数および高校での物理の履修状況

	クラス名	受講生	物理履修率 (%)	理科で好きな科目(複数回答, %)				物理授業興味あった (%)
				物理	化学	生物	地学	
前期	地球資源学科	68	76	34	39	13	43	42
	環境物質工学科	87	84	42	55	9	9	46
	材料工学科	61	89	43	54	3	5	41
	前期計(平均)	216	83	40	50	9	19	43
後期	機械工学科	81	99	95	16	9	4	63
	土木環境工学科	62	94	77	21	3	16	53
	電気電子工学科	86	95	83	16	9	5	66
	後期計(平均)	229	96	86	17	7	7	61

注1: 「理科で好きな科目」は、受講生に対する割合。

注2: 「物理授業に興味あった」は、物理履修者に対する割合。

心に、一部、第Ⅱ期（以下、後期と言う）の受講生の状況も合わせて検討する。1998年度から情報工学科が基礎物理実験を選択科目としたが、受講生数は6名（受講率12%）と激減している。以下、統計的取り扱いでの混乱を避けるため、情報工学科は除いて検討する。1998年度のクラスごとの受講生数は表1の通りである。

1-2) クラス分け

実験クラスを割り振るに当たって、後期に「物理系学科」、前期に「それ以外の学科」を配置した。改革実務担当者の判断による分類である。表1には、高校での物理の履修状況なども示した。ただし、現行指導要項になってから（1997年度入学者以降）の物理の中の科目名（物理ⅠA等）は調査していない。物理の平均の履修率は前期が83%、後期が96%であり、後期が上回っている。前後期全体では90%である。一方、高校時代に理科で好きだった科目として物理をあげた割合は、前期が平均40%、後期が平均86%である。この差は、比率の等質性に関するカイ2乗検定において、限界水準（P値、両側検定における外側確率）が 10^{-6} 以下であり、きわめて大きな有意差である。これにより「物理系学科」「それ以外の学科」の区分が学生の意識と整合していることが分かる。後期について見ると、物理を好きと答えた学生の、高校での物理履修者に占める割合は89%である。これは「好き」という意味での「歩留まり」である。しかし表1に見られるように、高校時代に物理を履修した者で授業に興味を持って参加した割合は、それに比べて少なく、後期の平均で61%である。物理に対する学生の内面的な志向が、授業によって必ずしも十分には汲み上げられていない様子がうかがわれる。

1-3) 理科の「好き」の度合いによる学科の比較

高校における物理以外の科目の履修状況については、化学が好きであると答えた割合は、前期平均が50%、後期平均が17%である。数値の大小は物理と逆である。この差も、物理の場合と同様に限界水準は 10^{-6} 以下であり、差は大きい。物理と化学について、前期学生の中で「好き」の度合いを比べると、前述のように物理が40%、化学が50%であるが、有意差はない。前期の学生は物理も化学も同じ程度に好きであることがわかる。複数回答は10ポイント程度であるので、前期の学生は主に物理が好きな学生と主に化学が好きな学生で多数を占めていることになる。後期の学生について物理の「好き」の度合いと化学の「好き」の度合いを比べると、それぞれ86%と17%であり、限界水準は 10^{-6} をはるかに下回り、きわめて大きな有意差である。すなわち後期の学生は物理にきわめて強い志向を持っているだけでなく、化学に対して強く距離を置いた集団であることがわかる。

また、表1に見られるように、地球資源学科の学生の地学に対する「好き」の度合いは高く、両者の差は、限界水準が0.6%で有意である。地球資源学科は、学科の名称は異なるにせよ鉾山学部時代から地学の好きな学生を集めている。学部名称変更に伴う改組によっても、その傾向は変わっていない。

高校での物理の履修率、物理の授業への取り組み姿勢および理科の科目における「好き」の度合いは、地学に限らず改組前と基本的に同じである¹⁹⁾。「理数離れ」の影響については、さらに得意・不得意の意識、学力の点からも観察し、検討を加える必要がある。

1-4) 高校における物理実験体験の状況

実験項目を定めるに当たって、改革実務担当者の中で、実験時間内に終了できるよう、学生に適正負荷をかけた実験にすることが意識された。担当教員制に変更になるため、100名規模

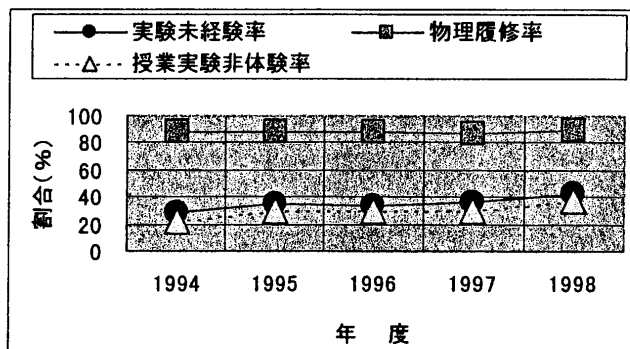
の実験では、学生が時間内に終了できることは、指導上の困難を持ち込まないためにも必要である。

図1に、高校時代における物理の履修状況の推移を示した。図1において実験未経験率と物理履修率は、全受講生に占める割合であり、授業実験非体験率は、物理履修者の中での授業実験（自ら実験を行う）を体験しなかった者の割合である。物理の履修率はほぼ一定で、平均88%である。今のところ、指導要領の改訂に伴っての顕著な変化は見られない²⁰⁾。しかし、高校物理の中で実験を体験しなかった者の割合は増加傾向にある。高校間格差を含め、受講生の高校時代の物理の学習環境が変化しているものと見られる。実験未経験者の受講生に占める割合は、1994年の28%から1998年の43%へと増加している。この二つの年度の差は、有意水準0.1%で有意である。この期間、1997年度から、高等学校において現行指導要領により学習した学生が入学している。大学入試センター試験も変更され、また、入学者選抜の方法も多様化している。クラスの40%強が実験未経験者であることは、実験項目を設定する際に、学生にとり過重負担とならないよう、十分配慮する必要があることを示している。1980年代後半は、日本の大学・短大進学率がほぼ37%で安定した時期であった⁹⁾。しかしこの期間、秋田大学における理系学部（鉱山学部、医学部）の基礎物理学実験の終了率（与えられた時間内に終了した学生の割合）は、同じ実験項目でありながら70%台からほぼ30%へ、急激に下降した²¹⁾。この期間、1986年に指導要領の改訂がなされている。改革実務担当者で基礎物理学実験の枠組みを定める際に、受講生の高校における理科履修の多様化、学力の多様化を考慮したのは、過去の事例と1997年度までの受講生の変化を見た上でのことである。

1-5)高校における実験項目

高校における物理実験を巡っては、指導要領、高校の教育方針、予算措置、大学入試がからんでいると考えられる。高校において体験した実験項目を図2に示す。体験した項目は気柱の共鳴からBridgeを用いた電気抵抗の測定まで、1994年度から1997年度の間と1998年度で、ほぼ同じ順位で並んでいる。実験には、器具や装置の整備が必要であり、高校においても、急激な変更は不可能であろう。高校時代に実験した者の中では、平均の実験項目数は約3であり、一定している。なお医学部学生の場合、実

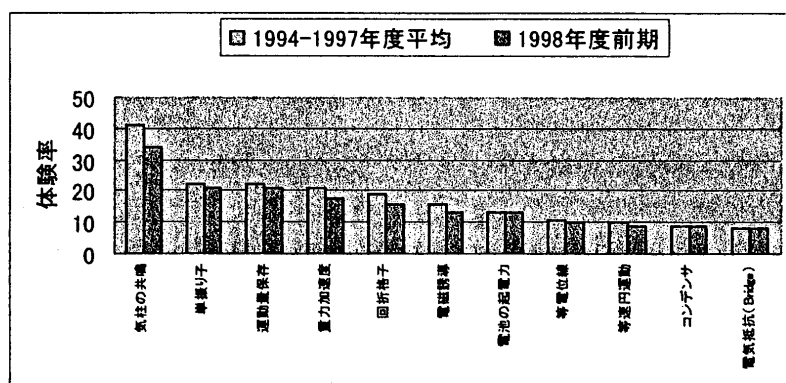
図1 高校時代における物理の履修状況の推移



注1：実験未経験率と物理履修率は、全受講生に占める割合。

注2：授業実験非体験率は、物理履修者の中で授業実験（自ら実験を行う）を体験しなかった者の割合。

図2 高校において体験した実験項目



注：体験率は、体験した者の受講生に対する割合である。

験体験者の平均の実験項目数は約3.5であり、ほぼ一定している。現行の学習指導要領では「探求活動」や「課題実験」が示されているが、高校教師の1/3が、実施不可能と考えている¹⁰⁾。短期的な、しかも一大学の調査で一般的な結論を出すことは控えなければならないが、秋田大学においては、医学部も含めて、高校時代の実験を体験した者の中での平均実験項目数に、指導要領改訂前後で差はない。すなわち、実験が軽視されるようになった傾向も、実験が重要視されるようになった傾向も、現時点では顕著でない。

秋田大学における改革後の基礎物理学実験では、気柱の共鳴と等電位線を採用したが、特に気柱の共鳴は1/3以上の受講生が体験済みであり、受講生の反応を見守る必要がある。

2) 実験の終了の状況

1クラスの実験指導は、教員2名、技術職員2名の計4名で担当している。後期からはティーチング・アシスタントも本格導入しているが、本論文では前期についてのみ述べる。授業時間は12時50分から16時までの3時間10分(190分)である。3クラスのうちの環境物質工学において、班ごとに終了の時刻を調べた。終了の様子を図3に示す。

図3 第2週と第7週の終了時間分布

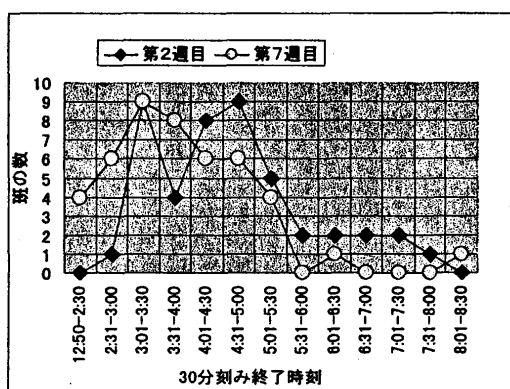


図4 各週ごとの実験に要した時間

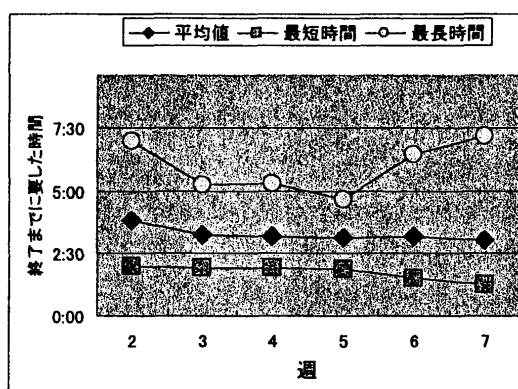


図3に見られるように、第2週に比べて第7週は、早く終了する班が増え、また分散が小さくなっている。実験に習熟していった様子がわかる。図4には、各週ごとの実験に要した時間について、クラス平均値、最短時間、最長時間を示した。平均時間の短縮の度合いはわずかである。全期間を通しての平均の実験時間は3時間16分である。最長時間はどの週においても水の比熱の実験である。平均値の短縮が見えないのは、この実験が経常的に時間のかかる実験であったことが影響している。5～7時間を要した班もあるが、攪拌が不十分であったり、実験中の変化も含めて水の質量測定の意味を理解しないで実験するなど、粗雑な実験態度によるものが主な原因である。この実験ではデータ処理の手順が他の実験項目に比べて多く、データ処理に手間取る学生も少なからず見られた。全体的に見て、時間内に終了するよう実験項目を整備したことが、概ね達成されていることがわかる。

3) 基礎物理学実験に対する学生の受講後の意識

3-1) 終了時アンケート

受講期間終了時無記名アンケートは、実験全般についての部分と達成度についての学生自身の自己評価部分からなる。アンケートは選択肢方式をとっているが、各設問ごとに自由記載欄も設けている。本論文では、実験全般についての部分をもとに述べる。

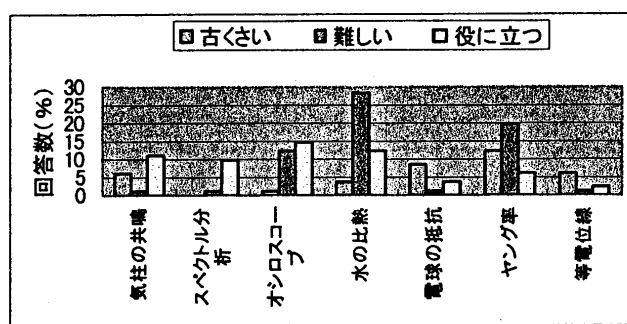
3-2)実験に要した時間について

アンケートによる前期クラス平均で51%の者が時間内にほとんど終了したと回答し、39%の者が半分くらいの項目は終了したと回答している。これは環境物質工学科に対する終了時間のデータと合っている。終了できなかった理由の多い順に例示すると（比較のため、かっこ内に1996年度の電気電子工学科のデータを示す）、測定がうまくいかない30%（29%）、計算に手間取った21%（16%）、実験方法が理解できない17%（27%）となっている。同じ理由がトップグループを形成しているが、順序は異なっている。また、定性理解に主眼をおいた実験項目の割合を増やしたことで、ノギスやマイクロメータをデジタルのものに変えたことなどが効いていると思われる。定量的データ処理を少なくしたにもかかわらず計算に手間取った割合が多いのは、「物理系以外」の学科の学生の特質による可能性がある。

3-3)実験項目について

「古くさい」、「難しい」、「役に立つ」というキーワードに対して、実験項目名を自由記載方式で調べた（環境物質工学科）。結果を図5に示す。回答数は多くなく、調査としては感度が鈍い。回答率とは、受講生数に対する回答数の割合である。水の比熱をはじめ、時間のかかった実験は難しかったと判断している。気柱の共鳴、スペクトル分析、オシロスコープ、水の比熱が、「役に立つ」として、10%台の支持を得ている。スペクトル分析では、Calibration Curveの作成を行わせている。自由記載の感想も含めると、きれいであったこととCalibration Curveという概念との出会いが、図5のような評価のもとになっていると思われる。気柱の共鳴と等電位線では、高校時代に体験した者が入っている。しかし、図5に見られるように、実験項目に対して、必ずしも強い批判を示しているわけではない。各実験項目には自由記載で意見を求めているが、気柱の共鳴に対してほとんどが「他の実験グループの音がうるさい」という、実験環境に対するものであった。とはいえ、気柱の共鳴、電球の抵抗、ヤング率、等電位線については、若干ながら「古くさい」との意見がある。指導内容および指導方法の整備を進める必要があると考えられる。

図5 実験項目に対する感想



Calibration Curveの作成を行わせている。自由記載の感想も含めると、きれいであったこととCalibration Curveという概念との出会いが、図5のような評価のもとになっていると思われる。気柱の共鳴と等電位線では、高校時代に体験した者が入っている。しかし、図5に見られるように、実験項目に対して、必ずしも強い批判を示しているわけではない。各実験項目には自由記載で意見を求めているが、気柱の共鳴に対してほとんどが「他の実験グループの音がうるさい」という、実験環境に対するものであった。とはいえ、気柱の共鳴、電球の抵抗、ヤング率、等電位線については、若干ながら「古くさい」との意見がある。指導内容および指導方法の整備を進める必要があると考えられる。

3-4)レポートに関する感想

実験終了後、次週までの間にレポートを提出させている。報告書の作成に慣れさせることも、教育目的の一つである。しかし、改革に当たっての鉱山学部内の検討の結果、レポートの返却は必ずしも行わないことになった。レポートについての指導は、このため各クラスの担当教員の判断に委ねられている。クラスによっては特に問題のあるレポートについて個別に口頭指導を施し、再提出させている。

図6 レポートについての感想

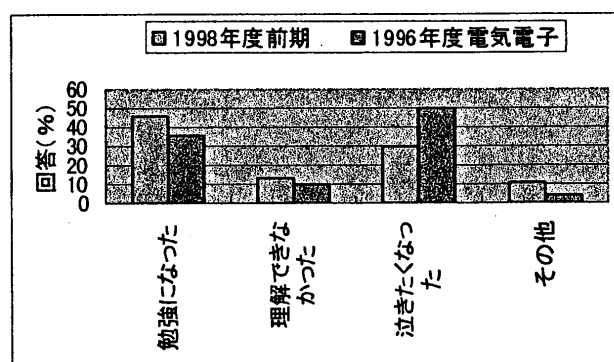
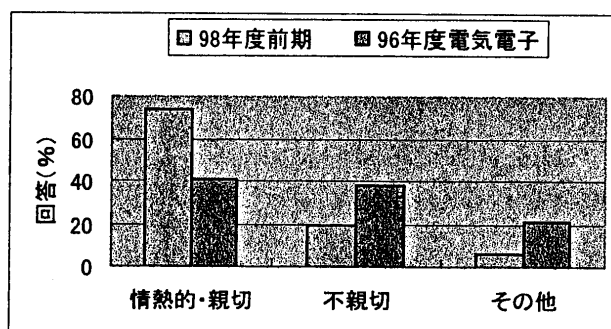


図6に、レポートについての学生の感想を示した。1996年度の電気電子と比較して、「泣きたくなかった」学生の割合は減少し、「勉強になった」学生の割合は増加している。度数分布の年度の差は、限界水準1.8%で有意である。1997年度までは添削の上返却し、さらに必要に応じて口頭指導を加えていた。「泣きたくなかった」学生が50%も存在したのは、そのようなことが背景になっている。レポートを通しての教員と学生の関わりが薄くなったにも関わらず「勉強になった」と回答した学生が増加したのは、選択肢方式のアンケートの特質を反映したものと考えられ、必ずしも受けた教育内容の水準を反映しているとは限らない。

3-5) スタッフの対応

スタッフの対応についての学生の評価は図7の通りであった。アンケートには選択肢「情熱的」と「親切」があるが、図7には、合わせたものを示してある。比較のために1996年度の電気電子工学のアンケート結果も示した。かつて41%の学生しか「情熱的・親切」と評価しなかったものが、74%がそのように回答している。二つの度数分布の差は、限界水準0.11%で有意である。

図7 スタッフの対応



注：選択肢「情熱的」と「親切」については、合わせたものを示してある。

3-6) 受講後の総合的な感想

受講後の総合的な感想について3項目の設問によって調べた。それぞれ、(1)興味を感じた(1. 非常に感じた, 2. 特に感じなかった, 3. 全然おもしろくなかった), (2)有意義であった(1. 非常に有意義であった, 2. 普通, 3. 時間の無駄だった), (3)楽しかった(1. 非常に楽しかった, 2. 普通, 3. イヤだった)である。ここではそれぞれの設問の回答を(1. 肯定的, 2. 普通, 3. 否定的)として取り扱う。また、比較対象として1996年度電気電子工学科のデータを用いる。

図8 「興味を感じた」に対する回答

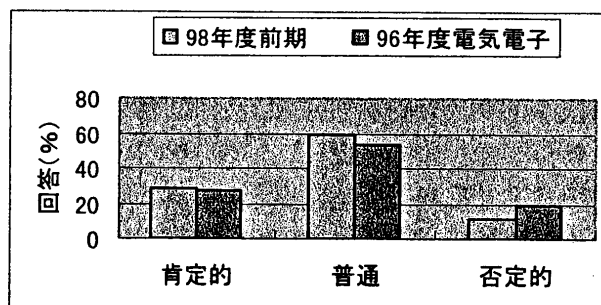


図8に「興味を感じた」に対する回答を示す。29%の受講生が肯定的に答えている。否定的な回答は12%に留まっており、学生はそれなりに「参加した」と思われる。1996年度の方が、わずかに肯定的な方向にずれているが、年度の差は必ずしも有意ではない。

図9に「有意義だった」に対する回答を示す。1996年度電気電子工学科で否定的な回答が13%であったものが、1998年度前期全体では9%に減少しており、肯定的な回答が15%から26%へ増加している。しかし、ここでも年度による差は必ずしも有意ではない。

図10に「楽しかった」に対する回答を示す。否定的な回答(イヤだった)は1996年度電気電子工学科が47%、1998年度前期が30%と、大きな違いを見せている。また、肯定的な回答(非常に楽しかった)も、1%から11%へと増えている。度数分布の差は、限界水準0.2%で有意である。かつて例外的に楽しいと感じた学生がいたとすれば、いまは集団でそのような学生が存在すると言える。

図9 「有意義だった」に対する回答

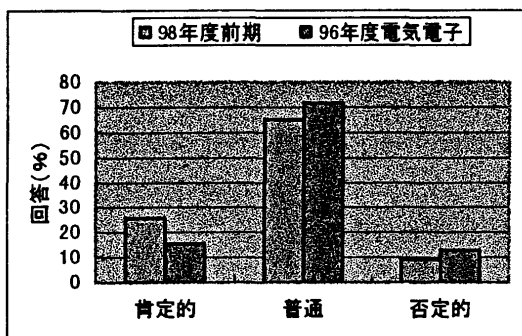
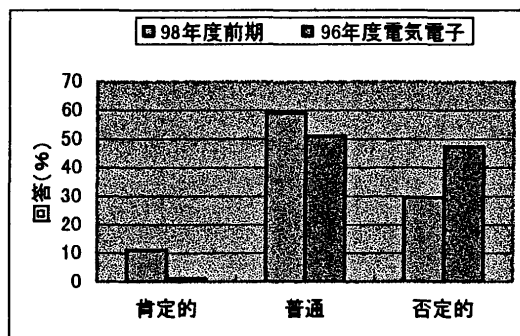


図10 「楽しかった」に対する回答



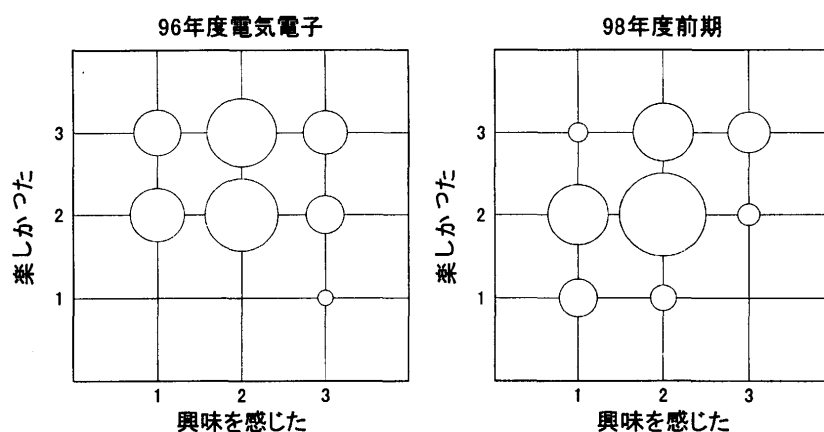
3-7) 楽しさの復権

「興味を感じた」,
「有意義だった」, 「楽しかった」, は, 相互に関連した意識であると考えられる。図11に「興味を感じた-楽しかった」の散布図を示した。質問は1~3の選択方式あり, 間隔尺度として捉えるにはやや弱点があるが,

Pearson の相関係数を求めると, 1996年度

電気電子工学科の場合0.03でありゼロとみなすことができる。一方, 1998年度前期の相関係数は0.48であり, 相関は有意である。両者の差は大きい。仮に変数を名義尺度として捉えCramer の関連係数で比較すると, 1998年度電気電子工学科が0.18であるのに対し, 1998年度前期は0.36と, 関連の度合いが増えている。相互に関連した変数であるならば有意な相関(関連)の存在が期待される。実際, 1996年度電気電子工学科, 1998年度前期とも「興味を感じた-有意義だった」においては, Pearson の相関係数はそれぞれ0.50, 0.53であり, ともに有意な相関が存在する。また, 双方の相関係数に有意差はなく, 言うなれば相関は安定している。図11の二つの散布図をKolmogorov-Smirnov検定により比較すると, 限界水準は1%であり, 違いは有意である。このように, 1996年度電気電子の「興味を感じた-楽しかった」では「楽しかった」において縮退しており, 今回の改革で縮退が解けたことが分かる。「有意義だった-楽しかった」の組み合わせでも各種数値の違いはわずかであり, 状況は同じである。このように, 学生の心理的負担が軽減され, わずかではあるが「楽しさ」が復権したと見ることができる。

図11 「興味を感じた-楽しかった」の散布図



注: 1は肯定的, 2は普通, 3は否定的回答を表す。

IV まとめ

大学の物理教育は、高校までの学習状況と大学の教育目的が整合した状態で進められなければならない。骨組みとなるカリキュラム、教員の指導、学生の勉学の努力が合わさってはじめて、良好な教育が可能になる。カリキュラムについては教育改革を通して整備が進められ、教員の指導についてはシラバスの作成を通して改革が進んでいるが、学生の学力、態度については様々な現実がある^{8), 22)}。物理教育の改革に対して「楽しい」というキーワードが散見される^{2), 8)}。IEAの調査におけるシンガポールのように「理科は難しいが楽しい」と捉えている中学生も存在する¹⁵⁾。一方で、日本においては中学の物理分野の学習をきっかけに「理科嫌い」が発生しているのも現実である¹¹⁾。

いま、物理教育には「楽しさ」の復権が必要である。「楽しい」とは大道芸的なおもしろさではなく²⁾、科学への探求心、実験を通しての発見、考えることの喜びに支えられたものである。そこには努力が必要である。基礎物理学実験は努力の場の一つである。しかしながら実験を経験したことのない学生が40%を越える段階では、適正負荷について見極めることが大切になる。過大な負荷は必ずしも教育効果を上げない。

一方、1年次前期の実験の場合、本来の教育目的のほかに「動機付け教育」あるいは「入学した学部に対するなじみ教育」としての側面も持たされているとも言える。秋田大学の改革の枠組みにより与えられた条件の下での変更であり、実施であったが、実験における学生の状況およびアンケート結果を見ると、基礎物理学実験の教育目的、教育内容の設定において、ねらいがある程度適切であったと見受けられる。

評価においては得たものと失ったものについての、冷静な観察が必要である。原・他¹⁾は、物理学が理系諸科学の基盤としての役割を果たしていることを考慮し、大学理系の物理の基礎教育における最低限の目安として、講義 {週1回90分×1学期} × 4, 標準8単位, 実験 {週1回180分×1学期} × 1, 標準2単位 という基準を提案している。彼らは実験については、予習、レポート作成も考慮して、講義と同じ基準で単位を認めるべきであるとの提案もしている。このような枠組みが確保できない場合、当然のことながら、捨てるべきものが出てくる。秋田大学における今回の基礎物理学実験の改革は、実験時間の大幅な短縮の下で行われた。それに合わせて、定性的取り扱いを主眼とした実験を増やした。器具そのものも、初等的知識で取り扱えるようにした。また、定量計算、多変数の取り扱いの度合いを弱めたため、実験から結果を出すまでのステップ数が少なくなった。データ処理における緊張状態が短くなり、論理的迷路に迷い込む度合いも減った。データの精度や有効数字、誤差の伝搬に注意を払わなければならない度合いも減少した。さらに言えば、これらにより、終了のチェック（実験のプロセス、データ処理、データ解釈に関して、学生と指導担当者が3～5分間面談する）が、心理的に緩く感じるようになったであろう。当然、レポートで書くべき分量も減少した。加えて、レポートを添削して返さなくなったため、レポート作成を通しての訓練からも、その心理的重圧からも解放された。これらを代償に、彼らはゆとりをもって実験ができるようになった。学生が、かちえた勉学意欲によって、専門教育において自らを一層鍛えることを期待したい。大学は一貫教育のカリキュラムにおいて、そのような勉学を保証するよう、引き続いた努力を進めることが望まれる。

指導担当者の側で見ると、上記全体を通して指導上の負担が軽減された。さらに、今年度から指導担当者の絶対数が約2倍に増え、新しい血も加わり、一人あたりの負担も軽減された。これらによって学生へのゆとりができた。この点については、指導担当者も学生も、恩恵をこうむったと言える。学生は指導担当者を以前よりも情熱的・親切と感じるようになっている。

一方、指導担当者の話し合いでは、レポートを添削しなくなったことにより、レポートの書き方に向上が見られないばかりか、むしろ粗悪化する学生の存在も感じられるとの意見が多く出されている。改革後の教育は始まったばかりである。今後とも、教育の質の向上のために、経験を積み重ねつつ、改善努力と研究を継続していくことが必要である。

謝辞 本論文を執筆するに当たって、基礎物理学実験で実施しているアンケートのデータを使用しました。これは基礎物理学実験担当者会議の各位のご理解によっています。また、秋田大学教育文化学部の藤田静作氏には、国際教育到達度評価委員会に関連した資料について、懇切な指導をいただきました。これらの諸氏には、あつく御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 原康夫・他 「大学における物理の基礎教育」 文部省科学研究費補助金総合研究（A）中間報告書 1992年6月
- 2) 阿部龍蔵・他 「大学初年級向け物理学教材モジュールの開発と評価」 文部省科学研究費補助金総合研究（A）中間報告書 1995年2月
- 3) 岡島茂樹・他 「大学の物理実験室－中部大学の場合」 大学の物理教育 95－1, 95年3月, PP.15－20
- 4) 柏村昌平 「全学担当形式による基礎物理学教育－名古屋大学の教養部改革－」 大学の物理教育 95－3, 95年11月, PP.3－6
- 5) 滝沢俊治・他 「自主的学習態度の確立をめざす群馬大学方式」 大学の物理教育 95－2, 95年7月, PP.14－19
- 6) 近桂一郎 「早稲田大学理工学部の”理工学基礎実験”」 大学の物理教育 95－2, 95年7月, PP.22－26
- 7) 飯尾勝矩・他 「東京工業大学の基礎物理学実験」 大学の物理教育 95－3, 95年11月, PP.14－18
- 8) 小舘香椎子 「日本女子大理学部の物理実験教育」 大学の物理教育 97－3, 97年11月, PP.33－37
- 9) 関根秀和, 佐藤東洋士 「シンポジウムⅡ『これからの学士教育・準学士教育』を司会して」 大学教育学会誌 20－1, 98年5月, PP.57－59
- 10) 金城啓一 「高校物理の現状と今後について」 物理教育 44－4, 96年4月, PP.476－480
- 11) 川村康文 「中学校新課程で学んだ高校生の小・中学校理科の学習実態と問題点」 物理教育 45－4, 97年4月, PP.213－217
- 12) Malcom J. ROSIER and Jhon P. Keeves "The IEA Study of Science I: Science Education and Curricula in Twenty-Three Countries" 1991, International Studies in Educational Achivement vol.8, Pergamon Press
- 13) Jhon P. Keeves "The IEA Study of Science: Changes in Science Education and Achivement: 1970 to 1984 "International Studies in Educational Achivement vol.10, 1992, Pergamon Press
- 14) 藤田静作 「国際比較からみた日本の子供の学力の特質と問題点」 習問教育情報 462, 95年11月, PP.32－37
- 15) 国立教育研究所編 「中学校の数学教育・理科教育の国際比較－第3回国際数学・理科

教育調査報告―」 97年4月，東洋館出版社

- 16) 風間晴子 「国際比較から見た日本の『知的営み』の危機」 大学の物理教育 98-2, 98年2月, PP.4-16
- 17) ロビン・ダンバー (松浦俊輔訳) 「科学がきらわれる理由」 97年6月, 青土社
- 18) 高等教育研究会編 「大学の多様な発展を目指してII」 91年6月, ぎょうせい
- 19) 谷口智行, 菊池一志 「物理学実験アンケートから」 98年度秋田大学教育学部技術部技術発表会資料 98年3月
- 20) 林正人・他 「新入生の高等学校における物理履修の割合およびその理解度」 大学教育学会誌 20-2, 98年11月, PP.160-164
- 21) 寺田紀夫 「学生実験の終了状況について」 物理教育 39-3, 91年3月, P.161
- 22) 金城啓一 「1996年アンケート結果報告(1)-大学からの意見-」 物理教育 44-3, 98年3月, PP.364-368