

「理科と情報数理のセミナー」 物理分科会プログラム

大阪大学基礎工学部A棟4階403講義室（2005年12月10日）

1) a) 新しい物理教育への挑戦:「アドバンスング物理」と日本の物理教育

西川恭治(広島大学名誉教授) 13:00-13:30

b) 新しい物理教育の実践1:高校(?)での「アドバンスング物理」実践

笠 潤平(京都女子中・高校) 13:30-14:00

c) 新しい物理教育の実践2:高校での試み

小川雅史(嵯峨野高校) 14:00-14:30

休憩:14:30-14:50

2) a) 大学における新しい物理科学教育の一つの試み

ー 文科系向けの主題別教育科目「自然と放射能」での経験 ー

下田 正(阪大理学研究科) 14:50-15:20

b) 基礎工物性物理科学コースでのPBL(Problem Based Learning)実践報告

芦田昌明(阪大基礎工学研究科) 15:20-15:50

休憩:15:50-16:00

3) パネルディスカッション(60分) 16:00-17:00

司会: 筒井和幸(大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎)、

東島 清(阪大理学部物理)

懇親会 17:30-19:00 (buffet形式) 参加費 1,000円

理科と情報数理のセミナー物理分科会
2005 年 12 月 10 日
於大阪大学基礎工学部
「アドバンシング物理と日本の物理教育」
広島大学名誉教授 西川恭治

大学院博士課程カナダ留学時代（1959～61）

- ・ 博士課程でのスクーリング（約 10 単位）
内容：量子力学、電磁気学、統計力学など、日本の学部レベル
3 年後には、学位論文
- ・ 講義形式
学生中心、初歩的だが活発な質問と回答
- ・ Uhlenbeck Lectures : Condensation, Landau Damping
黒板の使用法
整然とした論理の組み立て

京大時代（1965～1971）

- ・ 素朴な質問は出ない
- ・ 学生は優秀、高尚な質問
- ・ Feynman Lectures : Quantum Mechanics
聴衆に語りかけるジェスチャーを交えた熱演

広島大学で（1971～1997）

- ・ 専門教育：学生のレベルとのミスマッチ
——板書について行けない——
しかし、マアマアの評価
- ・ 一般教育：物理学概論
行き当たりバッタリの授業
大好評
- ・ IT 化の時代の流れ
コンピューター・グラフィックスやビデオの活用に遅れ
「分かる」ということは？
応用力とは？

近大工学部で（1997～2002）

- ・ カルチャーショック
Why から How to へ
- ・ 学生の興味：
専門指向
新しい学問の進展（宇宙、地球など）

広島県物理教育研究推進会（1997～）

- ・ 高大連携を目指して
- ・ 理科離れ、新学習指導要領など
- ・ 小・中学校教師との連携
- ・ 小学校低学年は理科好き
- ・ 中学で理科嫌いになる（理屈が苦手？）
- ・ ネットワークの形成
- ・ 若者は、新しい学問の進展に敏感
- ・ 興味・関心を無視しては、授業は成り立たない

アドバンシング物理から学ぶ

- ・ 日常生活における物理→物理法則としての一般化
- ・ イラストの活用
- ・ 最先端物理へのいざない（宇宙、素粒子など）
- ・ 様々な応用例の紹介
- ・

日本では（私案）

- ・ 大学一般教養として活用できないか？
- ・ 専門教育は高学年（学部 3 年から大学院）へシフトできないか？
物理学科では、力学に始まる体系的物理教育
工学部では、それぞれの分野毎の応用物理教育
- ・ 参考：
物理系学科の卒業生の進路：
国立大学：教育・研究職は 4 分の 1 以下
修士卒でも 3 分の 1 以下
私立大学：15%以下
——社会に出て役に立つ教育を——

新しい物理教育の実践 1：高校での「アドバンシング物理」実践 笠 潤平（京都女子中・高校）

1 アドバンシング物理研究会

アドバンシング物理研究会（京都・和歌山）は、IoP（英国物理学会）が製作し 2000 年からイギリスで実施され始めた新しい A レベル物理コース「アドバンシング物理」の検討を行う研究会である。この研究会は、2001 年末に結成され、京都と和歌山の両地域で、高校・大学の教員を中心に活動しているが、その活動もまる 4 年になる。そこでわれわれの活動全体について紹介をしながら、この時点でこの活動から得られたことを個人的に振り返って見たい。

われわれの目指しているのは、同コースの、集団的な、**全面的かつ実践的な検討**である。**全面的**というのは、教科書だけでなく、教師用 CDROM の中に含まれている各章の趣旨、授業プラン、各活動（演示実験、生徒実験、コンピュータを用いた実習、教科書、各種の形態の問題、読み物など）および評価制度などをすべて検討していくという意味で、**実践的**というのは、必要な実験装置やソフトを実際に購入し、公開講座などを中心に生徒相手に実際に授業をしながら検討するという意味である。そして、その結果得たノウハウをもとに、参加教員の実際の授業や講義に生かすために、買い揃えた実験装置その他の教材を京都教育大学と和歌山大学教育学部に置き貸し出す体制を整えている。これらの活動は、京都教育大学（村田隆紀・谷口和成両先生）と和歌山大学教育学部（宮永健史・藤田利光両先生）の先生方のご尽力と、村田隆紀先生が代表者として申請してくださった科研費とに支えられている面が大きい。

この活動は、われわれの見解では、高校教師にとっておそらくもっとも役立つ新しい形での高大連携である。なぜなら、この活動は、高校教師にとって、（必要な教材の入手を含めて）新しいカリキュラムの研究を実践的にする場を提供していて、同時に授業の幅と物理教育に関わるものとしての視野を格段に広げる研修の機会ともなっているのである。その際、ありがたいのは自分たちがそのペースや内容を考える主体となっている点である。

2 これまでの検討分野

「アドバンシング物理」は、日本の高 2 と高 3 に相当する AS および A2 の 2 年間向けのコースで、合わせて 18 章（およびケース・スタディ）からなるが、われわれは、AS コースについては、第 7 章の「量子的振る舞い」を除けば、この 4 年間でだいたい検討を終わっている。とくに、AS 冒頭の第 1 章「イメージング」（画像処理）2 章「センサー」（センサー回路）3 章「信号を送る」（情報伝達の物理的基礎）、4 章「材料をテストする」・5 章「物質の内部を探る」と、AS の最後に位置して動力学を扱う 9 章「次の運動を計算する」については、毎年 8 月の公開講座を中核とした実践的な検討をおこなっている。また、その他にも A2 コースの 13 章・14 章の分子運動論と統計物理、15 章「電磁機械」などの検討を行っている。

これらの検討結果は、いくつかの具体的な授業プランや、投げ込み実験や授業の工夫などの形で、参加教員の各校の授業で直接役立っている。当日の報告では、新しい時代の要請に応える物理カリキュラムの内容についてそれらの検討から学んだことをいくつか述べたい。

3 物理カリキュラムの内容以外に「アドバンシング物理」の検討から学んだもの

物理の内容について学んだこと以外に報告したいのは、第1に授業や実験のあり方についてわれわれが影響を受けているという点である。われわれはいま、自分の従ってきた日本のこれまでの授業の仕方を相対化しつつあるように思う。また第2に、カリキュラム開発とはどういうものであるべきかということを考えはじめていることについても報告したい。あるべきカリキュラムの議論は、教える内容をめぐる論争で終わるべきではない。トピックとして取り上げる概念や法則だけでなく、探究の仕方とその楽しさも含めた物理学の方法についても教えることや、授業のオーガナイズの仕方を変えること、そして大学進学につながる評価体制を変えることを含めた議論をしなければ、本当に高校物理を変えることはできないだろう。

4 これからの課題について

われわれが来年度の活動の柱としているのは、新しいカリキュラムづくりである。私としては、部分的であれ、「アドバンシング物理」のカリキュラムづくりに学んだカリキュラムづくりを試みたいと考えている。たとえばいくつかのトピックについてのモジュールというようなものでよいから、そのトピックを教える目的、教え方、実験・実習の強調点、読み物などの教材、評価方法などを新しい観点で見直して、総合的に作る試みをしてみたいと思っている。

5 おわりに

来年8月には、IUPAP・ICPE（国際物理教育委員会）国際会議が20年ぶりに東京で開かれる予定で、その一つの焦点は高校物理のカリキュラムとなる。20年前に日本で開かれた国際会議は、ICPE会議としては異例の規模で高校教師が参加し、そこから日本の高校物理の活性化と国際化にはずみがついた。今回の国際会議もそのようなものにすることは可能である。そのとき必要なのは、海外の物理教育関係者とともに新しい時代の物理カリキュラムに必要なものは何か、それをどうしたら実現できるかを考えることだろう。現在、日本では高校までの理科カリキュラムをめぐる議論や動きがかつてなく盛んだが、それでも新しい時代にふさわしいカリキュラムについての根本的な議論は日本ではまだ不十分である。その一方で、ここ10年間のうちにこれまでの日本の物理教育の活性化を担ってきた世代の教員の定年退職にともなう、現役教員の大幅な入れ替えが起きることは必定である。私たちはそのような歴史的な展望も見据えながら、仕事をしていくべきだと思う。

新しい物理教育の実践 2：

ーサイエンスラボの取り組みと高大連携ー

小川 雅史（京都府立嵯峨野高等学校）

1. 社会人講師の活用

本校では平成 8 年度より大学の一線で活躍されている研究者や企業の研究者から講義を受けるという「社会人講師」制度をいち早く取り入れている。いわゆる専門学科の専門科目（理数物理、理数化学や理数生物など）において年間 1 回 1，2 年生の授業時で実施している。今では出張事業や出前授業など、名称の差こそあれ、多くの高等学校で実施されている。本校で始めた当初は大学に派遣をお願いしても多くの大学は窓口を持たず、講師個人への直接依頼しかその方策は無かった。インターネットメールがまだ普及していない時代であり、依頼の手紙をしたためてお願いしたものである。また講義は授業の一環として教科書の単元に即して実施しており、研究のトピックや最先端の話題を含むように依頼している。

2. 自然科学フィールドワーク

毎年、夏季休業中に京都こすもす科自然科学系統 1 年生 80 名が 1 泊 2 日のフィールドワークで大阪大学核物理研究センター等を訪問している。今年で 7 年目となる。核物理研究センターでは研究センター長による講義と施設の見学をさせていただいているが、当初は高校 1 年生では難しいのではないかと危惧したがわかりやすい講義と説明により、決して難しいことはなく、むしろ逆に、これからはじまる科学の世界への興味関心が高まり、最先端科学に触れる大変良い機会となっている。

3. 本校の理科教育

本校の京都こすもす科自然科学系統においては、3 年間を次のように位置づけている。

- 1 年次・・・興味関心を高め、科学を学ぶことへのモチベーションの向上を図る。
- 2 年次・・・物理、化学、生物の理科 3 教科を学ぶことを通して基礎学力の向上を図る。
- 3 年次・・・物理、化学、生物、(数学) において専門研究（主題研究）を行い、大学での学びへの接続を図る。

4. サイエンスラボの取り組み

自然科学系統の 1 年生 80 名が理科と数学の 8 つのラボに所属して活動している。活動は毎週木曜日の 7 限(15:40～)である。サイエンスラボとは、大学の研究室制にならない、学年・クラスの枠を取り払った集団で構成するものである。ここでは、研究の方法を獲得すると

共に、指導者が大きなテーマのもと、各自がテーマを設定し研究実験を行うものである。授業では伝えることの難しい研究の喜びや楽しみなどを実感し、興味関心を高めることをねらいとしている。

本来、自然科学の学習は自然の真理を垣間見、先人の偉業にふれ、知的好奇心を揺さぶる感動的な作業であり、研究活動は新たな発見、共同作業による連帯感など楽しみに溢れたものである。これらのよろこび・楽しみを実感させることで、「科学が好き」な生徒の育成が可能となる。従来、高等学校では、学年毎のクラス単位の授業を中心とした教育活動が実施されてきた。しかし大学・研究機関においての研究単位は「研究室」が中心であり、様々な学年の学生、様々な指導者が大きなテーマのもと、各自のテーマについて研究が行われている。このサイエンスラボでは、ゼミ、実験、日常会話など様々な場面を通して、級友や教員から自然な形で指導を受けることができる。またサイエンスラボに蓄積された知識・ノウハウなども、下の学年の生徒に受け継がれていく。その中には、授業では伝えることの難しい、科学研究の喜び・楽しみなども含まれている。また様々な分野で優秀な研究がなされるための環境として、複数の専門家同士が顔を合わせて、自由なディスカッションができる場の重要性が指摘されている。サイエンスラボでは、同級生・上級生・外部講師（大学院生）・教師などから常に知的刺激を受けることができ、生徒の創造性・独創性を高めるものと考ええる。それらの機能を取り入れ、高度な理数教育の実現に対する有効性を図ることを狙っている。同時に「独創性を生み出す場」の位置づけをし、研究するよろこびや研究の楽しさを高等学校年齢で体験させることもサイエンスラボのねらいの一つである。サイエンスラボを一つの単位としてパートナーとなる大学の研究室と連携を図ることで、指導助言、大学院生の派遣を受けるなど研究に幅が出る。サイエンスラボ単位で大学や各種研究機関や科学館へ出向いて指導助言を受けることにより研究を進める上で機動性が発揮されることも特徴である。指導助言内容は、実験に関する理論の指導を受けることや、疑問点の解明、実験方法の指導、実験結果の評価、実験機器のメンテナンスや実験の発展性についてなどである。これらの取組みを通し、単なる「興味付けの先端実験研究」から「実学的かつ発見的先端実験研究」への変貌を目指している。物理においては、SPP 事業を活用して、資金援助を受けながらパートナーとして京都大学大学院理学研究科物理学第二教室固体物理研究室（前野悦輝教授、松田祐司教授）と光物性研究室（田中耕一郎教授）と連携している。

また、ラボ教員の指導で文部科学省主催の「サイエンスキャンプ」や各大学の講座や各種学会・研究機関の実施する高校生向き講座への積極的参加を促し、全国の高校生との交流の機会を持たせることもできている。それらの取組みを通じて、自ら実験や研究に幅を持たせ、将来の学びのきっかけを掴むことを期待している。

発表の中では、物理分野のサイエンスラボ（小川ラボ）の具体的な取り組みとその成果について、生徒のレポートも紹介しながら報告するとともに、サイエンスラボの課題と今後の展望や発展性についても述べたい。

大学における新しい物理科学教育の一つの試み —文科系向けの主題別教育科目「自然と放射能」での経験— 下田 正（大阪大学大学院理学研究科）

1 このセミナーを企画するに至った動機

私は学部低学年の講義科目を担当するようになって20年を越えるが、満足のゆく授業が出来たと感じたことはほとんどない。最近目立つ傾向であるが、基礎学力が不足している上に学習意欲の乏しい学生が増えている一方、やる気十分でもっと高度なことを学びたいと目を輝かせる優秀な学生も昔から相変わらず10%弱程度は存在している。このように受講者の意欲や学力の差が広がっていることが、授業運営を難しくしている一因だと思う。他方、より良い授業を工夫する時間的・精神的ゆとりを持つことが困難な状況にこの10数年大学教員は置かれてきた。現在ますますその傾向が強くなっていると思う。私自身、授業の準備に時間をかけることは十分に出来ず、手詰まり感を強く持っている。同僚たちとの雑談からは、皆同じような悩みを抱えていることが感じられる。学ぶ意欲をどうやって引き出すのか、効果的な授業とはどのようなものなのかを知恵を出し合って見つけ出さなければならない時期に来ているのではないか、そのような意識から今回のセミナーが企画された。

セミナーの実行委員会で、私が担当している文系学部向け授業の話が出て、学ぶ意欲を引き出すことにある程度成功した例として紹介することになった次第である。理系学部向けの授業とは性格の異なる授業での実践例から何が学べるのか、今回のセミナーでの議論を通じて考えたいと思う。

2 文系学生を対象とした授業「自然と放射能」とのかかわり

私は、2年前に文系学部（文、法、経、人科）対象の主題別教育科目「自然放射能」を担当することとなった。それまで文系学部を担当した経験は全くないので、大いにとまどった。10年前に共通教育機構が発足した際、「全学出動体制」、「くさび形教育」などというキーワードを聞き、新しい時代の教養教育が始まったことを横目ではいたが、授業を担当していなければかかわりは薄く、まして学生達からは「くじ引きで割り振られる」ことへの強い不満を聞かされていたので、「主題別」の印象はあまりよくなかった。いざ当事者になってみて、覚悟はしていたものの大学教育実践センターから何らの指針が示される訳ではなく、重い腰を上げて授業計画を立て始めたのはシラバスを提出した頃（授業開始3ヶ月前）だった。幸いこの授業の内容は担当教員の裁量に完全に任されているため、「学ぶ意欲を引き出す」実験、いわば私のトレーニングの場と位置づけ、1年目は試行、2年目で問題点を修正、3年目で受講者の多くが満足する授業とするという計画を立てた。受講生は私のもくろみを知る由もない。

現在2年が経過したところであるが、意外なほど学生の反応は良い。「教養を学ぶことの意義に気づいた」、「高校の時にこのような授業を受けていれば自分は理系に進んだと思う」といったものに代表される、教養教育を肯定的にとらえる感想が多数寄せられたのには私自身驚いた。後述するように、この授業では学生一人一人の考えや感想を毎回書いて貰い、それに基づ

いて講義を用意した。このような学生達との対話を通じて、私は「学ぶとはどういうことなのか」をあらためて学んだ感が強い。多様な個性を持った学生達、非常に前向きな姿勢の学生達一人一人の言葉に触れることが出来た。このようなことを理系学部の授業で感じることはない。理系向け基礎科目では伝えなくてはならない知識の内容や範囲がはっきりしており、それを獲得させることが授業の大きな目標であり、あまり工夫する余地がないと感じる。しかし、工夫を積極的に考えるべきではないか、特に、大学初年度の授業では、シラバスの見直しを行ってでもゆとりのある授業運営を可能とすべきではないかと、文系向け授業を担当した後に考えるようになった。セミナーで皆さんの意見を伺えればありがたい。

3 「自然と放射能」での工夫

この授業のやり方、経験を紹介しよう。

まず、主題別教育科目の目的は、個々の知識や技術を学ぶことよりも「知ろうとすることの大切さを認識すること」にあると解釈した。特に、「自分は文系だ、難しいことはわからない、専門家に任せておけば良い」という昨今の風潮を少しでも打破したいと思った。「放射能」という言葉は知っているものの、具体的には何もわからないという学生が大多数である。この言葉には極めて専門的な語感がある。事実、受講者の多くは、「何故今さら理系科目をやらされなければならないのか」との不満やとまどいを授業登録の際に感じたようである。私の考えでは、「放射能」というキーワードはきっかけにすぎない、大切なのは自然の成り立ちや自然と社会のかかわりを眺めようとする意識の涵養である。そのため、1. まず自然を人間がどのように理解してきたのか、ギリシア時代から現在までの自然観を概説し、2. 放射線の基本的性質・特徴を自然の成り立ちの中で理解させ、3. それぞれの放射線が人体にどのような影響を与えるのかを概説し、4. 放射線がどのように生活に利用されているのか（核兵器も含めて）を知った上で、5. 放射線とどのように付き合っていくべきかを考えさせる、という流れとした。

理系向けの授業では細かなシラバスが決められている上に、成績提期限までに授業回数を規程通り確保することが難しく、いつも駆け足で授業をしているといった感がある。この授業は全く自由である。そこで、以下のような理系向け授業とは全く異なるやり方をとった。

- a. 毎回簡単な実験をして見せて（参加して貰って）、背後にある物理法則を解説する。「どんな実験が行われるのか毎回楽しみ」と言わしめるよう、簡単な装置だが意外な結果が得られるものを厳選。
- b. 放射線に関して自分は（世間は）いかに知らないかを、具体例をあげて解説し、「目からウロコ」的な意識変革を促す。例えば以下。
 - 放射能と放射線の区別もわからず「放射能漏れ」という言葉が氾濫している
おかしさ
 - 放射性物質について解説しているウェブページや新聞記事のデタラメさ
 - 夜間電力の消費先に困っている状況と原子力発電の仕組みの関係
 - 知的障害者に対する放射線照射による強制不妊手術
 - 無知から来る放射線関連事故例

○原爆小頭症患者の存在

○原爆開発の歴史

- c. 人間の自然認識の歴史に触れ、自然の美しさとともにそれを理解出来る人間の叡智のすばらしさを毎回強調する。特に、放射線の発見や極微の世界の法則の理解にかかわった先人達がなぜそう考えたのか、そういう人材を生み出した社会情勢はどうだったのかという、伝記的・歴史的エピソードをできる限り詳しく解説する。取り上げたのは、アイザック・ニュートン、マイケル・ファラデー、マリー・キュリー、アーネスト・ラザフォード、ニールス・ボーア、ヴェルナー・ハイゼンベルク、アルバート・アインシュタイン、リーゼ・マイトナー、ロザリンド・フランクリン、ロバート・オッペンハイマーなど。特に、困難な中で頑張り抜いた女性3名：キュリー、マイトナー、フランクリンを強調。
- d. 年代測定や医療への応用、エネルギー問題（原子力発電）、核兵器など、身近な問題を取り上げる。解説は入門的な範囲にとどめるが、資料は出来るだけ詳しいものを用意。
- e. 過去に放送された番組やビデオ教材などの映像資料を活用。
- f. 毎回、授業最後の10分間に授業の感想や質問や意見を書いて貰う。
- g. 授業で用いたパワーポイント画面のハードコピーを全員に配布。

項目 f、g の狙いは受講生との対話にある。1年目は120名の受講生があり、授業中に意見を聞いたり議論をするのは難しかった。質問を促してもなかなかしゃべろうとしないのは重々承知している。そこで、毎回の授業の終わりの10分間を使って、A5用紙に授業で感じた疑問や感想を自由に書いてもらい、次回の授業ではそれを反映させることにした。驚いたのは文章表現力の高さである。わずかの時間にポイントをついた文章をあやつれる文系学生の高さを認識した。何を学び取ったのか、どこがわからなかったのかを極めて積極的に書いてくれた。これに基づいて次週の授業を準備した。1年目は私自身の参考とするにとどめることが多く、2、3の意見を口頭で紹介した。2年目は160名にもなったが、提出されたものをテーマごとに分類して、そのまま紹介した。具体的にはパワーポイント画面に書き込み、それを読み上げながら私の評価も加えた。パワーポイント画面のハードコピーを全員に配布してある。複数の質問が寄せられた項目については、次回に解説を行った。質問だけでなく、「自分は高校で物理（あるいは地学）をとっていたのですぐに理解できたがとっていない人にはこんな風に説明しなとわからないだろう」といった助言も何度かあった。他の受講生の意見や感想に非常に強く反応し、受講生同士の間接的な議論になっていったのには驚いた。紹介した意見に対する賛同や反論、そんな風に考える人がいるという感動であったり、極めて饒舌である。最終回には、「この講義では他社の意見に触れる機会がとても多いですが、みんなの意見からその人の人柄や教養の深さを感じ取ることができました。」「授業では、たくさんの人の感想にふれ、改めて問題意識を持つことの大切さを実感し、ものごとに対して鈍感になってはいけなと強く思いました。」「先生から生徒への一方的な授業じゃない点が他と違いました。大学の授業なんだ、と感ずることができ、少し満足感を得ることができました。」といった感想が多く寄

せられた。

マリー・キュリーなどの自然の成り立ちを解明してきた人たちが、どうしてそのような活動に身を投じたのかといった社会的背景に触れ、科学記事を担当している文系出身の女性記者たちの言葉を紹介し、「文系の君たちこそ行政（官僚）、法曹、マスコミ界で活躍すべき『エリート』なのだ」と何度もアジったところ、「自分は他の大学を志望していたのだが、仕方なくここに来てしまった、エリートではない」と言った自嘲的意見や「自分はここに来てたくて来た、本当は偏差値はもっと高かったのと言っている人は不幸だ」、「エリートとは何をすべきかわかったような気がする、少しでもエリートの近づきたい」などの意見が百出し、後半では毎回の話題となった。

4 学生たちが学んだもの

15回のいささか盛りだくさんの授業では、非常に細かなことも扱った。 α 粒子と β 線が生体内に入った時、それぞれどんなことが起こるのか、1 kg のウランのかたまりと粉末（エアロゾル）化したウランから放出されるアルファ粒子の数はどのくらい違うのか、重水を用いる非濃縮型燃料の原子炉と身近にある軽水炉は何が違うのか、原子炉の事故はどのように進むか、といったことなどである。これらの詳細を理解することは求めてはいない。授業終了後、受講生にはレポートが課せられた。その課題は「高等学校を卒業したばかりの人を想定します。放射線とはどのようなものか、私達は放射線とどのようにつきあえば良いのか、あなたの考えをその人にわかりやすく伝えて下さい。その人は高等学校では物理を選択していません。わかりやすく、感動を与えるように説明しないと、すぐ居眠りを始めてしまいます。」というものである。放射線の種類や性質から説き起こし、様々な応用例や問題点を指摘した後、「放射線に無関心である態度が問題」と主張する、立派な「論文」が相当数あった。中には「私の頭ではここまでしか説明出来ませんが・・・」と前半は簡素に、後半では独自の主張を展開するものもあった。この授業を受けた結果、放射線について「何となく」といったレベルの理解をほとんどの受講生がしたと確信できる。何より、今まで知らなかった、知ろうとしなかったことが問題だと、多くの学生が考えるようになったことは成果であろう。

最終回の感想のいくつかを紹介しよう：「高校までで自分が切り捨ててきた分野を学ぶ機会が一年半でもあるという大学の制度がすばらしいと思う。教養なんて意味がないと思っていた私が恥ずかしく感じられる。」、「授業を受ける前と後では知識の幅がちがうのを実感出来る授業だった。大学に入ったら、様々な範囲に触れられると聞いていたが、自分のやる気一つで文系の学生であっても理科について学ぶ機会があるすばらしさを知った。」、「この授業は、何を学んだか、という結果よりも、これからの大学生活で、自分は何をどのように学んでいけば良いか、考えるきっかけとなった、スタート台としての意味が非常に大きかったと思います。」、「この授業をうけてから、僕は子供たちに何かを伝えたい仕事につきたいと強く思いました（特に教授職）。」、「私はこれまで、阪大生としての誇りに欠けていた、なんとなく生きていただけしたが、これからは誇りある阪大生として精進したいと思います。」

5 理系教育への教訓

この授業を担当して強く感じるのは、文系・理系と早くから分けることへの疑問である。冒頭に紹介した「高校の時にこのような授業を受けていれば自分は理系に進んだと思う」という意見を寄せた学生は何人もいる。数学や物理が良く分かっていると思わせる質問も目立った。読み・書き・話すという能力に優れた文系学生たちを見ると、こういう人たちが物理をやって欲しいと願いたくなる。広く基礎を学ぶべき高校時代に科目選択制をおくのは問題が多いと思う。

性格の異なると思われる理系向け基礎科目に、この授業の経験を生かせるだろうか。同時に担当している理系向け基礎科目でも、簡単な実験をやってみせたり、ガリレイやニュートンの考えたことをパワーポイントで紹介している。しかし、デモ実験に感動する声はほとんど上がらず、どこか冷めたような視線を感じる。「当たり前、以前に見たことがある」との無言のメッセージなのだろうか。しかし、彼らはうまく感情を表現出来ないでいるだけかも知れない。文系学生と同じように感想や意見を聞き出し、それに対してコメントをすれば、変わってくるのではないかという期待がある。ただ座ってノートを取るのではなく、文章を書き、話すという要素を理系向け基礎科目にも取り入れるべきだと思う。それには今のシラバスは盛りだくさん過ぎる。大学初年度の低学年教育、特に前期では、運動方程式の意味や、なぜ運動エネルギーは $1/2mv^2$ なのかといった、当たり前として受け入れていることに人類はどうやって到達したのか、その本質をじっくりと理解する授業であるべきだと思う。教養部にいた頃、故砂川重信先生が、物理の面白さはそこにあり、それを講義出来ない奴は失格だ、という意味のことをおっしゃっていたことを思い出す。

砂川先生のような、教育のプロ中のプロの集団がかつての教養部にはあった。新米教員がその集団から学んだことは大きかった。プロ集団を抱える組織がなくなった今、バーチャルな組織でも良いから、物理教育とは何かを問いかけ、研鑽を助ける集団が必要だと思う。

基礎工物性物理科学コースでのPBL(Problem Based Learning)実践報告

阪大院基礎工学研究科 芦田昌明

工学系の学科では、少人数に分かれて、協力しながら調査・議論・検討・設計・開発・発表等を行っていきいわゆる問題解決型の授業(Problem Based Learning 科目)が重要であると言われ、近年、かなりの大学で取り入れられるようになってきました。基礎工学部では、全国に先駆けて、全学科で平成12年度から実施しています。セミナーでは、物性物理科学コースの現状について、授業内容、発表会の様子、学生アンケートの結果等に基づいて報告させていただきます。

PBL誕生の具体的な経緯は以下の通りです。工学教育のカリキュラムを広い視野から見直すことを目的として、旧七帝大を含む8大学工学部を中心として平成8年度より3年間にわたり文部省からの予算援助のもと、「工学における教育プログラムに関する検討委員会」が設けられ、種々の検討が重ねられました。その結果、学生の創造性を育む目的で、学生が主体的にかかわることのできる科目を新設して各工学部が具体的に実施することになりました。基礎工学部では、工学教育プログラム実施検討委員会を設けて検討した結果、創成科目、デザイン科目、デザイン型科目、設計型科目、主体参加型科目、自己啓発型科目等色々な名前が考えられましたが、Problem Based Learning の頭文字をとって「基礎工学PBL」科目とすることになりました。その内容・実施方法は基本的目的に合致する範囲内で各コースにまかされており、物性物理科学コースでは、「基礎工学PBL(物性物理工学)」という名前で開講しています。学生には概ね好評で、授業時間数が足りないとの嬉しい指摘も多く受けています。授業の詳細は以下の通りです。

1. 対象:2年生後期

2. 単位:2単位、選択

3. 基本方針について

- ・当初は動機付けとなる講義を最初に(4、5回)行う(例えば、大講座の誰かが代表で1回ずつ行う)とされていたが、後に廃止。
- ・学生一人一人が自主的に考えあるいは手を動かして取り組むテーマを与え、ほとんどの時間(当初は7、8回)をかけて完成させる。
- ・テーマはあまり難しくなく(2年後期なので、電磁気学、量子力学、統計力学などの講義が始まったばかり)、実験とも関連したものが望ましい。こちらである程度の導入を行い、学生自身が問題を設定するのでもよい。
- ・最後に、プレゼンテーションの訓練を兼ねて発表会を行う。(2回程度)

以下では、これまでに取り上げられたテーマを列挙します。

平成12年度

1. センサーを用いた工作 発明コンペ
2. 光合成に学ぶ色素増感太陽電池の製作
3. レーザ光線と光の波動性
4. 光の速さを測ろう

5. 磁石と超伝導
6. 一極限のものさしー
7. ブラウン運動
8. 21世紀へ向けての問題探索
9. 身の回りで役立っている物理や物性を探そう

平成13年度(12年度の6. がなくなり、以下の2つが追加)

- ・リニアモーターカーを作る
- ・磁石で遊ぼう

平成14年度(13年度に始まった2テーマ以外は以下に入れ替え)

- ・MATHEMETICA による量子力学
- ・高圧物質合成を学ぶ
- ・仮想現実？ 簡単モデルによる模擬実験
- ・Linux による高速 Fortran 計算、汎用処理 システムの構築
- ・面白炭素工(考)房：御花炭からダイヤモンドまで
- ・光通信
- ・色素増感太陽電池の製作とその応用
- ・体脂肪計をだまそう

平成15年度

1. 荷電粒子系のシミュレーション
2. 光のアート
3. 真空を測る
4. Java を使って物理の教材やゲームを作ろう
5. 仮想現実？ 簡単モデルによる模擬実験
6. 半導体で作るガスセンサ
7. 面白炭素工(考)房 ー御花炭からダイヤモンドまでー
8. 光通信
9. 色素増感太陽電池の製作
10. 高圧物質合成を学ぶ
11. 体脂肪計をだまそう

平成16年度(15年度の1, 4, 5, 10 がなくなり、以下が追加)

- ・磁石と超伝導
- ・超伝導・超流動を見てみよう
- ・パーコレーションをシミュレーションしよう
- ・計算機で物質の高圧状態を調べる
- ・ナノカーボン材料の物性を探る ～ナノチューブ・フラーレンを中心に～
- ・光の諸性質を測る