

第2節 理数教科のカリキュラム開発

1 物理

(1) ねらい

現象の観察から規則性を見いだす能力の育成を図るため、授業での実験を支援する汎用性のあるシステムの開発及びそのシステムを用いた授業の実践をねらいとした。

また、大学の研究者による講義により、三年間で大学の一般教養レベルの力を身に付けさせることをねらいとした。さらに、大学における実験により、生徒の科学的精神をより高めることをねらいとした。

(2) 実施概要

【高大連携】

< 授業との関連・発展型講義（放課後講義） >

S S H指定の初年度から今年度までの3年間で完結する講義と位置付けて実施してきた。特に、今年度は高校物理の授業では取り上げられていないが、高校生にも十分に興味のあるテーマで実施した。

【資料】3年間で実施した13講座。今年度は ~ の3講座を実施した。

剛体の回転運動	加藤 幾芳	教授（原子核理論）	H14.11.16	26人
摩擦	石川 健三	教授（素粒子論）	H14.11.23	25人
熱学入門	和田 宏	教授（統計物理学）	H14.11.30	35人
光と波	三品 具文	助教授（光物性）	H14.12.7	35人
宇宙物理学	羽部 朝男	助教授（宇宙物理）	H14.12.14	65人
物理学序章	根本 幸児	助教授（物性理論）	H15.9.20	15人
熱力学・量子力学	山本 昌司	教授（物性理論）	H15.9.27	16人
幾何光学	兼古 昇	助教授（宇宙物理）	H15.10.4	16人
超伝導、磁石の話	大川 房義	教授（物性理論）	H15.11.15	16人
素粒子の話	河本 昇	教授（素粒子論）	H15.12.6	15人
相対性理論 1	中山 隆一	助教授（素粒子論）	H16.10.2	18人
相対性理論 2	鈴木 久男	助教授（素粒子論）	H16.10.9	15人
力と場	大西 明	助教授（原子核理論）	H16.10.16	20人

注 右端は実施年月日と参加人数である

【担当講師による評価・意見】

＜北海道大学理学研究科物理学専攻 石川健三 教授＞

高大連携の一環として、スーパーサイエンスハイスクールが札幌北高校と北大理学部の間で3年間行われた。物理学科の教官は物理の講義や実験を行うと共に高校生を苫小牧におつれして電波望遠鏡を見学させた。これらの催し物に対して高校生がどのくらい楽しんだかは、高校側からの報告で知る事ができるだろう。ここでは、大学の教官が高校に出掛けて講義を行い、得たこと、知った事や持った印象等を中心に述べたい。

講義では、小さいクラスであったが高校生が一所懸命聴講するのに関心した。大学で日常の講義を行った時よりも、“ピリピリした雰囲気”で受講生に熱心さがあるように感じられた。その為、講義を行うのは結構楽しかった。講義後真剣な面持ちの高校生から質問を受け、つい自分の10代の頃を思いだした。若い人達にどのように答えると理解してもらえかが不明であるため、答えるのは難しかったが、何よりも真剣な眼の若い人に接するのは楽しかった。また、我々が高校レベルの物理を勉強し直す機会にもなった。その結果、昔勉強したことを考え直し、自分なりに新たな発見をしたような事もあった。講師の多くは、平常と異なる環境で講義を行うため、いつもより緊張していたようである。その為講師がいつも以上に敏感であったために、平常とは異なる印象を強くしたということかもしれない。

では、当初の目的である教育全般に刺激を与える等の好影響を与える事になっただろうか。大学の教官が最先端の内容を高校生に理解出来るように講義することから、“高校生に刺激を与え”さらに“理科に対する興味を喚起する”等が出来たならば、非常にうれしいがこの点どうであっただろうか。小さい講義にきた高校生は最初から物理に興味を持っていたので、やりやすく彼らを刺激することは出来たであろう。しかし、これと別に行われた大きな講演会では、多くの高校生の興味を惹き付けるところまでには至らなかったかも知れない気がする。

高校生の頃はいろいろ悩む事も多いはずだが（我々の頃はそうであったと自分では思っているが）、現在はどうか。高校生の考えていることが、昔と何か少し違うように感じた。その正体が何であるか不明だが、一つに、小学校やそれ以下の子供には“ぼうーとする”時間が必要だと思うが、最近は刺激がありすぎて“ぼうー”とする時間もなく、そのまま大きくなってしまったのかも知れない。

教育は長い時間をかけて判断すべきであり、今回のスーパーサイエンスですぐに見える効果があるか無いかそれほど気にすることは無いだろう。一見無駄に見えることが、後で重要な意味があるとわかることも多い。

<スーパーサイエンス・デモンストレーション（夏季体験実験）>

昨年度と同じ5つのテーマを設定した。昨年度は午前と午後どちらにも同じ5テーマずつを設定し、生徒は2テーマを選ぶことが出来るようにしていた。しかし、「内容がわかりにくい実験があった」という生徒の声を基に、今年度は次のように改善して実施した。

5テーマ中1テーマを選択し、午前中は実験に関わる講義、午後は実験・実習を行った。この形態で実施することで実験・実習が充実し、生徒の探究心や科学への関心が高まった。また、生徒の知識のバックボーンを広くしておくことも、大学での実験・実習の充実に効果が大きいと考え、本校教員が参加生徒に対して受講に必要な内容の事前講義を6回実施した。

参加生徒は高校での学習が将来の研究にどう関わっているのかを知るとともに実験・実習及び研究者から多くのことを感得し、科学研究に対する意識を高め、高校での学習動機と意欲を高めることが出来た。

将来理工学系に進み、科学者を志望する生徒への学習の動機付けに効果があるため、次年度はテーマ数を更に多く設定して実施したいと考えている。

【資料】テーマ（*は今年度担当講師、 は昨年度講師）

トンネル走査顕微鏡を用いた原子の観察

伊土 政幸	教授（高圧物理）
*野村 一成	教授（低次元電子物性）
*市村 晃一	助手（"）

レーザー光の世界

中原純一郎	教授（光物性）
*三品 具文	助教授（"）
*山本 夕可	助手（"）

極低温世界の不思議

*網塚 浩	助教授（強相関電子磁性）
*天谷 健一	助手（"）

ラジオ波の物理

*河本 充司	助教授（低温物理学）
*古川 裕次	助手（"）

生体とマイクロ波

*野寄 龍介	助教授（固体物性）
*桃野 直樹	助手（高圧物理）
補足	昨年度はH14.8.9に実施 29人参加 今年度はH15.8.7に実施 18人参加

【担当講師による評価・意見】

<北海道大学理学研究科物理学専攻 伊土政幸 教授>
実験テーマの選択に当たり、高校の学習指導要領の範囲内で修得する知識で一

定の理解が可能であり、かつ現代物理における最新のトピックスや先端の実験装置に触れ“知的好奇心を増長”するもの、“新鮮な驚き”を感じてもらえるようなものを取り上げた。また、視覚的にアピール性のあるものも取り入れた。

初年度は実験の直前に実験目的や実験装置の説明を行ったが、説明が不十分ということで、2年目は実験前に1コマの講義を入れた。これは高校側からの要請であったが、参加した生徒だけでなく、実験担当者にも好評であった。初年度実験担当者の一部からも、「予備知識が少ないと、実験が“単なる演示実験”、あるいは“見学会”となる傾向が強くなる」との指摘がされていた。担当した教員は生徒の予備知識量や興味を十分に把握できておらず、「実験テーマや説明の内容が適切か？」等の不安をもって実験指導や演示実験等に当たっていたが、説明や実験が進行するとともに、「生徒は積極的であり、実験に目を輝かしている様子がよく分った」、「興味は持ってもらえた」、「真面目に取り組んでくれたので好感が持てた」、「数日前に行った類似の公開講座の場合よりも生徒の反応がよかった」との印象を受け、安心した担当者が多かった。一方で生徒は「やや引っ込み思案」、「やや寡黙」と感じた担当者もいた。また、「予め生徒の習熟度や興味に関する情報をもっと仕入れておくべきだった」、「予め資料を配布しておき、実験開始前に質問を受けるような工夫が必要であった」と準備不足を反省する意見があった。また、「日常の勉学で得た知識と実験内容との差が大きすぎ、一部の生徒は“新鮮な驚き”というよりも、むしろ“戸惑い”を感じたのでは？」との不安をもった担当者もいた。

担当教員にとって、スーパーサイエンスハイスクールにおける高大連携の講座への参加は「そこで得た経験や情報は、大学での新入生に対する教育に生かせる」という点でも有意義であったと思われる。また、担当者全員が、スーパーサイエンスハイスクールに参加した高校生がますます物理に興味を持つようになり、その中から将来物理を研究する人材が育つことを期待していた。

< 苫小牧宇宙電波観測所の見学と講義・実習 >

北海道大学大学院理学研究科 苫小牧宇宙電波観測所

昨年度に続いて本観測所への見学を実施した。研究者から電波観測についての講義を受け、最新の観測機器（電波望遠鏡）を実際に操作することができた。生徒は科学に対する興味・関心を喚起し、研究者の姿をイメージ化することができ、生徒に大きな刺激を与えることができた。

昨年度は、未履修事項の干渉についてわかりづらい所があった生徒がいたため、今年度は午前中の講義で干渉について触れてもらうなどの工夫をした。また、昨年引き続き参加した生徒がいるため、機械操作の面で昨年行わなかった操作を取り入れたり、データ処理の面で昨年よりも複雑な処理を要するものを用意するなど、工夫を加えた講義・実習を行った。アシスタントも昨年に続いてのスタッフであったため、進行が円滑に行えた。

本見学により生徒は研究というものがどのように行われるのかを体験することがで

きた。また、科学の先端機材を操作できる環境で将来研究したいという夢を持った生徒もあり、科学者になるための動機付けに効果があった。

【担当講師による評価・意見】

<北海道大学理学研究科物理学専攻 羽部朝男 助教授>

スーパーサイエンスハイスクールにおける宇宙物理学に関する講義は、北大苫小牧研究林を会場とし、午前は宇宙電波観測に関する特別講義、午後は苫小牧11m電波望遠鏡を使った観測実習という内容で行った。緑が美しい林の中、高校生たちは、午前の講義は少し難しいところがあったようだが熱心に聞いており、午後の実習も楽しそうで、彼らに感銘を与えることが出来たようであった。実習を手伝ってくれた北大の大学院生たちは、高校生を前にずいぶん張り切って説明しており、これは彼らにとってもよい経験となった。今回の現地での講義と実習が、高校生たちが科学を志す契機になり、あるいは高校生活にとって良い思い出となればとても幸いだと思っている。我々としても、高校生を前にした講義や説明はとても新鮮であり、やってよかったと思っている。また機会があればいろいろ工夫してみたいこともいろいろできており、今後活かしていきたい。

【サイエンスアプローチ】

<全体講演>

1年生「科学技術と社会の関わり」

杉山 滋郎 教授(科学史)

2年生「宇宙・マクロと素粒子・ミクロ」

石川 健三 教授(素粒子論)

羽部 朝男 助教授(宇宙物理)

1年生は、高校理科の教科書の編集に携わったことがある杉山教授の『科学技術と社会の関わり』と題した講演を聴いた。理科が実社会とどのような関わりがあるかを科学者や技術者などにまつわる面白いエピソードや事件を通して考えていく内容の講演であった。生徒が提出したレポートのテーマには『科学者和社会性について』『科学と戦争の関わりについて』『国内における電化製品の歴史』『ノーベル賞の功罪』『エジソンと考える科学者和社会の関係』など、講演を聞いて視野を拡げ、調べ、まとめ上げたレポートが多かった。

2年生は、「宇宙・マクロと素粒子・ミクロ」と題した講演で、関心のある者、ない者によって興味に大きく差のあるテーマであり、講演された石川教授の感想(<授業との関連・発展型講義(放課後講義)>中の担当講師の評価・意見)の中にもそのことが触れられている。しかし、巨視的なものと微視的なものについての研究に携わ

っている二人の先生方の話から、生徒は自然界の現象が根本原理から派生していることを意識することができ、意義のある講演であった。

〈成果と課題〉

三年間でひとまとまりの物理講義シリーズ、S Aにおける講義、夏の実験・施設見学とそれに関わる講義等において、生徒は各講師の物理に対する熱い思いを目の当たりにすることが出来た。将来物理系の研究者を目指す生徒、物理関係の全国的なイベントに積極的に参加する生徒が現れるようになったといった成果があった。

S S H事業により高大間の意見交換の機会・交流の機会が増え、北海道大学と高校の教育活動について相互理解が深まったと考える。

<サイエンスアプローチ 物理コース>

2年生S Aの物理コースにおいては、「光が示す現象・自然の一端を知る130分間」を副題として、特に、「偏光」について取り上げた。青空と夕焼けの色、ハタラクキバチが餌のあった場所を太陽の位置から判定する方法（ミツバチの眼の原理）等について作業する時間を十分に確保して行うことができた。物理未履修者も選択しているため、広く自然の不思議や現象の一端を考えさせる機会とした。

教科書を超えた範囲にまで内容を広げたために準備等に時間がかかったが、教授法の工夫をし、未知の事項について専門書にあたり、同僚と学習を深めるなど、教員としての指導力の向上につながった。

〈成果と課題〉

サイエンスアプローチの授業で扱った「偏光」に特に興味を抱いた生徒がおり、自ら積極的に放課後を利用し、実験を重ねた。その成果を「偏光板によるセロファンの発色現象」という論文にまとめ、85ページに後述する日本物理学会のJr.セッションに提出したところ、学会で論文を発表するという栄誉を得た。

生徒の興味・関心を喚起し、自ら調べ研究しようとする姿勢を形成できたことは、大きな成果であると考えている。

【教材開発】

<データ処理システムの構築と運用>

～物理実験用ソフトの開発と導入～

法則性等を発見する能力の向上と物理現象

の理解に役立てることを目的とし、初年度予算で開発・導入した実験処理システムの機能強化を図った（システム概念図を次ページに掲載）。初年度のシステムでは、コンピュータ端末で入力した各班の実験データをサーバへ集約し、プロジェクターにより投影表示させると同時に、集約データを生徒に配信し、実験の物理現象について全員で考察させる機会を設けることができた。そのことにより、振り子の周期データをとっているところ

それまで授業時間内にできなかった生徒の考察・検討・発表が可能となった。

今年度は本システムを大きく改善し、実験の対象物をスライドとして記録すると、端末機器を用いてそのスライドから対象物の位置座標を取り出せるようにした。これにより、生徒が自分たちで法則等を発見したり、現象を考察したりすることが容易にできるようになった。

集約データを考察しているところ

【成果と課題】

初年度のシステムを用いた実験授業を外部に公開した。参加者からは「アナログな手段で得た結果を通信によって表示させ、そこから検討させるという方法は斬新」であり、「結果を集約させて検討させるのは、生徒の科学的精神を培う方法として非常によい方法だと思う」といった評価もあった。

ただ、申請の認可の時期の関係で開発が遅くなり、今年度は初年度の実験処理システムにより昨年度と同様に実験授業を実施した。新システムに対する評価は次年度行うことになった。

【参考資料】実験処理のシステム概念図