

後継者育成

KEKにおける高校生実習受入への取り組み —ウインターサイエンスキャンプ報告—

柴田 恭*

KEK's Effort into Laboratory Teaching for High School Students —Winter Science Camp Report—

Kyo SHIBATA*

1. はじめに

2007年12月25日から27日にかけて高エネルギー加速器研究機構（以下 KEK）に於いて、高校生のためのウインターサイエンスキャンプが開催されました。サイエンスキャンプとは、独立行政法人 科学技術振興機構（以下 JST）が主催しているプログラムで、先進的な研究施設や実験装置がある研究現場で高校生（及び高等専門学校1～3年生）に実習に参加してもらい、第一線で活躍する研究者、技術者から直接講義や実習指導を受けることで、科学技術に対する興味・関心を高めてもらおうという取り組みです。取り扱う研究分野は、ライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材料、エネルギー、製造技術、（宇宙・海洋等の）フロンティア等と多岐にわたっており、それぞれの分野に於いて先進的な研究テーマに取り組んでいる大学、公的研究機関、民間企業が受入機関となり、年に3回（春、夏、冬）開催されています（サイエンスキャンプの詳細についてはホームページ <http://ppd.jsf.or.jp/camp/> を参考にして下さい）。KEK では、高校生等実習受入活動の一環として、06年度よりサイエンスキャンプに参加しており、本年度は2回目の受入となりました。

07年度 KEK では、「最先端の加速器による、素粒子から身近な物質までを探る研究を体験しよう！」というキャッチフレーズで参加者を募集したところ、定員（16名）の4倍以上となる70名からの応募がありました。応募書類の志望動機欄を読むと、どの生徒からも「絶対に KEK で実験をしたい!!」という意気込みがひしひしと伝わってくるので、その中から16

名を選び出すのはかなり難しい仕事でした（風邪で1人欠席したため、参加したのは15名となりました）。

キャンプの主なスケジュールは、以下の通りです。

1日目

開講式、講師紹介、ビデオによる機構紹介
施設見学ツアー
全体実習（霧箱作成）
懇親会

2日目

班別実習、実習のまとめ（発表資料製作）

3日目

班別実習の発表準備
発表会
機構長及び若手研究者による講義
閉講式

2日目の班別実習の内容は、KEKにある4つの研究所、施設がそれぞれの研究に深く関係するテーマに沿って考案したもので、

- 「素粒子」コース（素粒子原子核研究所）
ワイヤーチェンバーを作成し、宇宙から飛来する宇宙線の角度分布を測定する
- 「回折」コース（物質構造科学研究所）
光の回折現象を利用して、目に見えない細かなものを測定する（レーザーを用いて回折格子の構造を調べる）
- 「真空」コース（加速器研究施設）
2種類の電離真空計を用いて真空容器内の圧力測定を行い、真空計の仕組みや各真空計の特徴を調べる
- 「放射線」コース（共通基盤研究施設）

* 高エネルギー加速器研究機構 KEK
(E-mail: kyo.shibata@kek.jp)

様々な検出器を用いて、放射線の性質を調べられています。なお、各コースの定員は4名です。参加する生徒達は皆やる気満々ですので、あまり簡単な内容ではきっと物足りなく感じてしまうでしょう。しかしながら、あまり内容が難しすぎてもフォローできなくなってしまう、興味を無くしてしまいます。各コースとも、内容をどの程度のレベルに設定するかが大きな悩みでした。結果的に各コースの内容は、高校生が行うにはちょっと難しいもの(大学1-2年生レベル)になりました。ただ、志願してサイエンスキャンプに参加している生徒達には、そのぐらいのレベルで丁度よかったようでした(ただし、そのちょっと難しい実習内容を高校1年生にも理解してもら

うために、各コースの講師達にはかなりの苦勞と工夫が必要でした)。筆者は「真空」コースの実習を担当したので、以下では「真空」コースの実習を中心にサイエンスキャンプの報告をしたいと思います。

2. サイエンスキャンプ報告

1日目は13時にKEKに集合です。生徒は全国各地から参加しており、今回は鹿児島県から来た人もいました。つくば研究学園の外れにあるKEKまで一人でたどり着くのは、もしかしたらちょっとした冒険だったかもしれません。開校式、講師紹介、ビデオによる機構紹介の後、早速各研究施設の見学ツアーが行われました(図1)。KEKにある加速器の大半は、年末



図1 KEK施設見学ツアーの様子。放射光科学実験施設(PF)の実験ホール(上)とKEK Bファクトリー(下)。



図2 霧箱製作中

年始はメンテナンスのため運転をしていません。運転中はもちろん加速器に近づくことは出来ませんが、メンテナンス中ならば大丈夫です。生徒達には真空ダクトの直ぐ横まで来てもらい、研究者達による加速器や実験装置についての説明を聞いてもらいました。見学のコースは、放射光科学実験施設 (PF) (約 40 分)、Belle 測定器 (約 30 分)、KEK B ファクトリー (約 40 分) です。残念ながら私はツアーには参加できなかったのですが、生徒達は加速器等に非常に興味をひかれていたようで、質問も活発にしていたそうです。キャンプの初めに加速器や実験装置を見てもらうのは、加速器等に対するイメージをつかんでもらうのが目的でした。真空ダクトや電磁石、加速空洞等の我々にとっては極めて日常的な加速器コンポーネントも、高校生にとってはきっと全く馴染みのないものだったと思います。キャンプの初めにそれら実物を見て説明を受けることで、これからのキャンプ中に始終出てくるであろう加速器の話にも対応しやすくなったのではないのでしょうか。

1 日目の後半は、全員で霧箱の製作と放射線の観測です。ドライアイスとアルコールを使って霧箱を作り (図 2)、マントル (ランタンの芯) から出る放射線の観測を行いました。おそらく多くの生徒達にとっては、初めて放射線の存在を実感した瞬間だったと思います。熱心に霧箱を観察し、放射線の軌跡をスケッチします。観測が終わったら、次は結果の発表です。自分でスケッチした放射線の軌跡を皆に紹介しながら、気が付いたことを発表してもらいました。ここでは、研究を進める上でのモノづくりや観察の重要性を感じてもらうのが目的だったのですが、その目的はおおむね達成されていたように思います。

この日の夜は、自己紹介を交えた立食形式の懇親会



図3 班別実習の様子。「素粒子」コース (上) と「真空」コース (下, 手前)、「放射線」コース (下, 奥)

で、講師と生徒の交流が図られました。緊張のためか最初はあまり会話も弾まないようでしたが、懇親会が終る頃には少しは打ち解けてきたようでした。

2 日目は、班別実習です (図 3)。実習は朝 9 時から開始だったのですが、どのコースでも最初は簡単な講義をし、その後実験に移っていたようです。「真空」コースでも、まずは真空の定義や気体の状態方程式等の説明を行いました。ここでは、生徒達の物理知識の差が問題になってきます。今回の「真空」コースの参加者は 2 年生 2 人と 1 年生 2 人の計 4 人だったのですが、それぞれの学校で理科の授業の進展具合はばらばらです。1 年生で未だ物理の授業がない生徒もいれば、もう既に状態方程式を知っている生徒もいます。こちらとしては、既に学習している人にとっては何か新しい発見があるように、また、まだ物理をやっていない人にとっては出来るだけ分かりやすい講義を心がけたつもりですが、その試みが成功したかについてはあまり自信がありません。講義内容に何を盛り込むかというのも大きな問題です。「冬休みにわざわざ

KEK まで来てくれたやる気のある生徒を、がっかりさせる訳には行かないぞ。」と意気込んでしまい、つい盛り沢山にしてしまうという気持ちはきっと皆さんにも分っていただけたと思います。例えば電離真空計の仕組みの解説では、「ちょっと頑張ってもらって平均自由行程の説明も…」とってしまうのですが、そこはぐっと堪えておかないと生徒達を置いてきぼりにしてしまうようです。「色々なことを知っていれば、もっと実験が面白くなるのに」と思っていることなのですが、どこまで踏み込むかの境界線を引くのが非常に難しい点でした。また、真空コースのテキストでは、なるべく式は使わずに気体分子や圧力のイメージが捉えられるような内容になるように工夫しました。と言うのも、前年度のテキストでは式を多用していたのですが、その部分はとても不評だったからです。式を用いた厳密な説明も大切だと思ったのですが、図によるイメージ的な説明でないと、生徒達は拒絶反応を起こしてしまうようでした。実習内容は、シュルツゲージと B-A ゲージを用いて電離真空計で圧力を測定する仕組みを勉強するというものになりました。具体的な実験内容は以下の通りです。

1) 熱電子測定実験

電離真空計のフィラメントから放出される電子電流と、フィラメントに投入するパワーの関係を調べる

2) 衝突電離断面積測定実験

フィラメント放出された熱電子の加速電圧を変化させ、残留気体分子との衝突により発生したイオン電流を測定することで、衝突電離断面積の衝突電子エネルギー依存性を調べる

3) 2つの電離真空計による圧力測定

高真空用の B-A ゲージと低真空用のシュルツゲージを用いて様々な圧力下の真空容器内の圧力測定を行い、2つの真空計の構造による違いを調べる

それぞれの測定自体はそれ程難しいものではないので、実験は非常に上手く運び、2つの真空計による違いもはっきりと観測できました。ただ、「断面積」という概念は難しかったようで、この言葉が出来た時には、皆「???' という顔をしていました。実はこの反応は予想していたのですが、ここではわざとちょっと難しい話も加えてみました。訳の分からない事があった方が印象に残るかもしれないと思ったからです。近い将来に大学の講義等で「断面積」と再開した時に、「あっ、そう言えば高校時代に1度聞いたことがあるな。あの時は何だか分らなかったけど、そういう意味



図4 発表資料製作の様子

だったのか」と思ってもらえれば良いなと思っています。この時の生徒達の反応は様々で、分らない事にはあまり固執しないで先に進もうとする人もいれば、休み時間も難しい顔をして考えている人もいました（結局その人はサイエンスキャンプ中には理解できなかったようで、家に帰ってから質問のメールをくれました）。

どのコースも実験は16~17時ぐらいまでには終了したのですが、サイエンスキャンプの実習で本当に大変なのは実はこの後なのです。次の日の午前中に発表会があるので、その為の資料をパワーポイントで製作し、発表練習をしなければなりません（図4）。最近の高校生は家や学校でパソコンを使用しているようで、パソコンを全く使えないということはないのですが、それでも発表資料を作るのは一苦勞です。まずは自分達の頭の中を整理しなくてはなりません。と言うのも、実験中は色々なデータを取るだけで精一杯で、一体何の為にその測定を行っているのかが今ひとつ分っていない可能性が大だからです（状態方程式も知らなかった生徒が、いきなり電離真空計の実験をやっても完全にはフォロー出来ないのは当然なのですが、無理を承知で頑張ってもらいました）。それぞれの実験の意味を再確認し、他のグループの人たちに理解してもらうためにはどんな資料を用意しなくてはならないかを話し合います。先ほど述べたようにサイエンスキャンプで一番大変なのはこれからなのですが、一番有意義なものこのまとめの時間だと思います。実験の時には未だぎこちなかったグループ内のコミュニケーションも、次第にスムーズに、且つ活発になっていきます。資料作りや発表の役割分担が決まると、どうしたらお互いのパートが良くなるかについて意見を出し合います。各グループには2台のパソコンが貸し出され、二手に分かれて資料作りを行ったのです

が、不慣れな作業にはそれでも相当の時間がかかってしまいます。発表資料の第1版が出来上がった時には、時計の針は既に10時を回っていました。資料が出来たら次は発表練習です。高校生達には人前で発表をする機会は今まであまりなかったのでしょうか。練習とはいえ非常に緊張してしまい、皆しどろもどろです。当然第1版の資料と発表内容では不十分です。ここで再び話し合っ、どこを修正するべきかを決めていきます。この頃になると随分と打ち解けて遠慮も無くなってきたようで、いい意見が沢山出てきます。また、実習内容以外の普通の雑談も出来るようになってきました（真空グループは少し大人しい人が多く、仲良くなるまでちょっと時間がかかったようです）。発表資料の第2版はなんとか日付が変わる前に出来上がりました。後は自分のパートの発表を各自練習するだけです。その日は私もそこで御役御免とさせていただきます（周りには未だ発表資料作りが終わっていないグループもいて、担当の先生も一緒に頑張っていました。ご苦労様です）。

最終日の午前中は班別実習の発表会ですが、まずは1時間程度かけてグループ毎に最後の発表練習を行います。前日はしどろもどろだった発表も、見違えるほど分りやすく、スムーズになっていました。私にも経験がありますが、きっと昨晩は各自ベッドの中で何度も練習をしたのでしょう。これなら大丈夫です。他のグループの人たちにも実習内容が十分に伝わるでしょう。

発表会は10時からスタートとなりました（図5）。発表時間20分、質疑応答10分間という学会スタイルです。各グループとも、分りやすくなるように工夫された素晴らしい発表です。高校生らしくちょっとコミカルでくださった感じのスライドもあり、どのグループからも大変だったけど楽しかった様子が伝わってきます。ただ、我々にとっては十分に分りやすかった発表でも、やはり高校生達にとっては若干難しかったようです。質疑応答では、時々鋭い質問が出るものの、何を質問したらいいか分からないといった生徒達も多かったようでした。しかし、人の発表を聞いても理解できずディスカッションに参加できなかったとしても、それはそれでいい経験になったと思います。そのような生徒が次に発表をする際には、より聴衆の身になって分りやすく丁寧な資料を用意することができるようになっていないのでしょうか。

午後は講義の時間です。まずは、若手研究者2人による25分ずつの講義です。ここでは、「研究内容の紹介」等の難しい話はサラッと済ませてもらい、よ

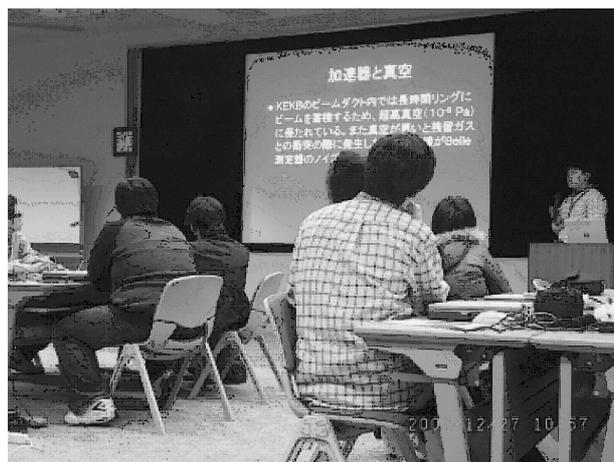


図5 班別実習の発表会



図6 鈴木機構長による講義

り生徒達に興味があると思われる「研究者になった経緯」や「研究者になる上で大切なこと」等についての話をしてもらいました。参加者の中には将来研究者に成りたいという生徒が沢山いたので、彼らには非常に参考になったと思います。続いて鈴木厚人機構長の講義です（図6）。生徒達のリクエストに答えて、内容はニュートリノのお話となりました。高校生向きにやさしく説明してもらえたので、きっと生徒達はそれぞれの学校で1番のニュートリノ通になっていることでしょう。（ただし、前日深夜まで及んだ頑張りから来る睡魔に敗れてしまった極少数の人達は、この限りではありませんが…）

以上でキャンプのプログラムはほぼ終了です。後は閉講式を残すのみとなりました。閉講式では、鈴木機構長から全参加者へ修了証の授与が行われました。その後、機構長の最後の挨拶があり、記念撮影（図7）の後、15時に全員解散となりました。しかし、高校生達は直ぐには帰らず、機構長の前に長い列を作って



図7 参加者全員による記念撮影

います。と言うのも、機構長が希望者の修了書に「未来の博士号」と一筆認めてくれるというサービスがあったからでした。未来の博士号を取得した高校生の中からは、近い将来きっと本物の博士が誕生するでしょう。

3. おわりに

KEKには生涯学習事業等実施検討委員会というのがあり、その下部組織である高校生等実習受入検討部会のメンバーが中心となってサイエンスキャンプの準備は進められました。実習のテキスト製作等の準備は数ヶ月前から始められています。また、財団法人日本科学技術振興財団 振興事業部のスタッフ及びその協力者である学校の先生達には、実習にご協力いただき、生徒達には非常に有効なアドバイスをしていただきました。宿舎や食事の手配、パンフレットの準備、主催者のJSTとの協議等の事務的な仕事は、KEK総務課企画室評価調査係が一手に引き受けてくれました。また、1日目の施設見学のツアーガイドをしてくれた研究者の方々、及び3日目に講義をしてくれた

講師の方々等、大勢のサポートのお陰で07年度のウインターサイエンスキャンプを無事に成功させることができました。この場を借りて皆様にお礼を申し上げます。ご協力どうもありがとうございました。

15名の高校生を3日間受け入れるのは、決して楽な仕事ではありません。キャンプ中の3日間は通常の研究活動は制限されてしまいますし、その他の日も準備に追われてしまいます。しかし、普段あまり接する機会のない高校生との触れ合いは新鮮で、楽しい仕事でもあります。また、高校生に分りやすい言葉で話を伝えることは、講師達にとってもいい勉強になりました。

今回この原稿を書くにあたり、ふと昨年度の参加者の為にKEKで用意したBBSを覗いてみると、「4年後には総研大の加速器科学専攻に進学したいと思います」というコメントが寄せられているのを発見しました。もしかしたら近い将来KEKで未来の博士号達と再会できる日が来るのかもしれませんが、その日を楽しみにしつつ、本報告をここで終らせていただきます。