

2年生研究施設、博物館研修

研究開発の経緯

- (1) 4月10日 第1回SSH推進会議で事業計画と教員役割分担の提案と決定
- (2) 4月11日 第1回SSH実行委員会で研修日程(7月28日~31日)の提案
- (3) 4月中旬 旅行業者3社に研修の旅程表と代金見積書の作成依頼
研究施設や日本科学未来館に対する研修の問い合わせ開始
- (4) 5月1日 第2回SSH推進会議で、夏休みの学校行事の日程を熟慮した結果、研修日程を8月7日~9日に訂正
- (5) 5月上旬 文部科学省宇宙科学研究所と高エネルギー加速器研究機構に見学依頼書を送付
- (6) 5月下旬 訪問研究施設決定と各施設との研修内容の打ち合わせ開始
- (7) 6月上旬 学年会、運営委員会、職員会議で研修についての説明
研修参加希望生徒の募集開始と理科会との協力打ち合わせ
- (8) 6月中旬 参加希望生徒への説明会
分散研修の方法、ミーティング内容、生徒の研修レポート内容の検討
- (9) 6月26日~27日
2年生研究施設、博物館研修の下見
- (10) 7月上旬 参加生徒の決定と事前研修資料、職員用細案の作成、県へ開申提出
3回にわたる参加生徒に対する事前研修(研修目的の確認、日本科学未来館の研修ビデオ視聴による研修内容の確認、各施設への質問書の作成と送付)
参加生徒事前健康調査と健康診断
- (11) 7月8日 参加生徒の食費事前徴収についての保護者宛文書配布
- (12) 7月18日 引率教員打ち合わせ、研修レポート内容決定
- (13) 7月25日 参加生徒に対する事前指導(「研修のしおり」配布と日程など内容説明)
- (14) 8月6日 参加生徒に対する直前指導(団体行動、健康管理、研修の準備に対する注意)
- (15) 8月7日~9日
各研究施設や日本科学未来館で研修実施
個人レポートの作成と提出、班別レポートの作成、研修報告会の実施
- (16) 8月18日 事後指導(アンケート集計結果を含めた班別レポートの提出と各訪問施設への礼状の作成と送付)

研究開発の内容

- (1) 実施目的
 - ア 研究施設や博物館との連携を通じて、生徒に最先端の科学技術に触れさせ、科学を学ぶ楽しさや意欲を喚起する。
 - イ 研修内容を生徒にしっかりと把握させ、科学に対する問題意識を醸成するとともに自らの研究課題を発見させる。
 - ウ 見学や実習を通して、真理の追究に向け主体的に探求する態度を身につけさせる。
- (2) 実施日程
 - ア 8月7日(木)
 - (ア) 文部科学省宇宙科学研究所 13:00~15:30
 - (イ) 研修レポートの作成 21:00~22:00

イ 8月8日(金)

- (ア) 独立行政法人物質・材料研究機構ナノマテリアル研究所 9:00~11:10
- (イ) 分散研修
- a 文部科学省高エネルギー加速器研究機構 13:00~15:00
 - b 独立行政法人農業工学研究所 13:30~15:30
 - c 独立行政法人農業環境技術研究所 13:30~15:30
- (ウ) 研修報告会の準備ならびに研修のレポートの作成 17:00~18:00
- (エ) 研修報告会 20:00~21:30
- (オ) 研修レポートの作成 21:30~22:30

ウ 8月9日(土)

- (ア) 日本科学未来館 10:00~12:00
13:00~15:30

(3) 実施内容

ア 宇宙科学研究所

- (ア) 講義「太陽系小惑星探査」(惑星研究系助手 安部正真先生)と質疑応答
- (イ) 施設見学、説明と質疑応答
- a 研究センター棟深宇宙管制センター
 - b 特殊実験棟
 - c 飛翔体環境試験棟
 - d 構造機能試験棟

イ 物質・材料研究機構ナノマテリアル研究所

- (ア) 物質・材料研究機構の紹介とナノテク紹介ビデオ「ナーノの冒険」視聴
- (イ) 講義「ナノテクノロジーがもたらす未来」(所長 青野正和教授)と質疑応答
- (ウ) 講演「研究者としての仕事」(ナノ量子輸送グループディレクター 宇治進也先生、ナノキャラクタリゼーショングループ主任研究員 田中美代子先生)と質疑応答
- (エ) 施設見学、説明と質疑応答
- a 磁界実験棟強磁場施設
 - b ビーム実験棟超高压電子顕微鏡とインターネット電子顕微鏡

ウ 高エネルギー加速器研究機構

- (ア) 高エネルギー加速器研究機構の紹介ビデオ視聴
- (イ) 施設見学、説明と質疑応答
- a 放射光研究施設光源棟
 - b ニュートリノ振動実験前置検出器(写真右の説明者は偶然にも本校の卒業生であった)
 - c Bファクトリー筑波実験棟及び展示室



エ 農業工学研究所

- (ア) 講義「農業工学研究所の仕事」(水工部部長 宮本先生)
- (イ) 広域防災研究室見学
- (ウ) 水源施設水理研究室にて、クイズ形式によるダム実験と説明ならびに質疑応答(写真右)
- (エ) 水田整備研究室にて、ピオトープ実験水田、傾斜圃場、マグホワイトで固めた土壌の見学、説明と質疑応答
- (オ) 質問会



オ 農業環境研究所

(ア) 農業環境研究所の概要説明とビデオ視聴

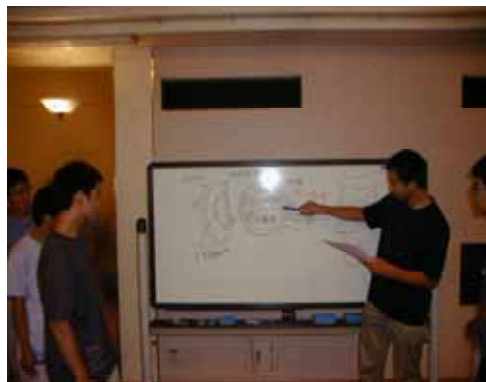
- (イ) 講義「遺伝子組み換え植物について」(環境化学分析センター 岡三徳先生)
- (ウ) 環境化学分析センターの前処理室、調製試料保管室、ダイオキシン分析機器、環境ホルモン分析機器の見学、説明
- (エ) 事前に提出した質問に対する解説(環境化学分析センター 駒田先生)

カ 研修報告会

生徒の視野を広め未来館での研修を充実させるために、未来館を除くすべての研修施設での研修内容を班別に報告することによって研修内容を共有化し、話し合いを通して各自の問題意識を深めることができた。会の司会、進行、記録は未来館班が担当した。

(ア) 研修報告(写真右)

研究施設研修を終え参加生徒がそれぞれ未来館での研修に備え研修のまとめができるように、各班の代表発表者に研修内容、研修の感想、研修によって新たに生じた疑問点などを白板を使いながら皆の前で発表させた。



(イ) 討論

班ごとの研修報告を聞いた生徒が、研修内容についての疑問点を質問したり、発表班の生徒と意見を交換したりして、研修内容に対する理解をお互いに深めさせた。

キ 日本科学未来館

- (ア) 興味あるテーマ展示への参加体験や展示解説員とのやりとり
- (イ) 研究棟見学ツアー

実施の効果とその評価

(1) 事業実施による成果

今回の研修では参加した生徒や教員の評価から以下の成果があったと考えられる。

- ア 科学的な態度の深まり
- イ 授業科目と先端研究分野の科学との関連性の把握
- ウ 「なぜ」という思考の連鎖の醸成
- エ チームワークの確立
- オ 情報の共有

(2) 事業内容全体の評価

ア 研修レポートによる参加生徒の評価

研究施設、博物館研修の成果を評価するために、A4の大きさ1枚の個人レポートと班別レポートを作成させた。個人レポートは研修日当日に書くように心がけさせた。また、班別レポートは、個人レポートが提出された後にそのまとめを行い、研修報告会など対外的に説明や発表ができるように作成させ、同時にアンケートの集計(表1~表5)も行なわせた。

(ア) 理解度は増したか(表1参照)

分かり易さの点では、農業工学研究所と日本科学未来館が突出し、高エネルギー加速器研究機構の評価が低かった。「私たちに対する問いかけとその正解を実験や実習を通して自分の目で確かめることができたので分かり易かった。」と生徒は述べている。また、研修内容が生徒の暮らす生活環境での日常的な経験ととても関わりが深い事柄について、親しみの持てる研究者や解説員から気兼ねなく説明を聞くことができ

たことが理解度に大きく寄与していることが分かった。

ただここで注意しなければならないのは、日本科学未来館は研修内容の点で高エネルギー加速器研究機構と同じように高度な内容であったが、分かり易さも大きかった点である。これは、上記の2番目の理由、すなわち日本科学未来館の展示解説員の存在が大きいことを物語っている。ある生徒は、「僕は今回1つの所に絞って深く見学しようと思ったので、海洋を探るコーナーで深く探究を行った。僕がバクテリアのことについて質問したら、展示解説員の方がとても丁寧に、さらにプラスして教えてくださいましたのがとても嬉しかった。」と書いている。

表1 分かりやすかったか？	非常にそう思う	そう思う	あまり思わない	全くそう思わない
宇宙科学研究所	12名(40%)	17名(57%)	1名(3%)	0名(0%)
ナノマテリアル研究所	3名(10%)	22名(73%)	5名(17%)	0名(0%)
高エネルギー加速器研究機構	1名(8%)	7名(54%)	4名(31%)	1名(8%)
農業工学研究所	6名(100%)	0名(0%)	0名(0%)	0名(0%)
農業環境技術研究所	4名(36%)	5名(45%)	2名(18%)	0名(0%)
日本科学未来館	25名(69%)	11名(31%)	0名(0%)	0名(0%)

(1) 面白さを実感したか(表2参照)

面白さの点でも農業工学研究所と日本科学未来館の評価が高いが、農業環境研究所やナノマテリアル研究所では他の研究機関と比べると生徒の興味を大きくは引きつけなかったようだ。

農業環境研究所を訪れた二人の生徒はそれぞれ、「講義を聞くまでは、特に理由もなく遺伝子組み換え食品を避けていたと思う。しかし、話を聞くと別に人体に害があるわけではないのだ・・・また、環境の保全の大切さと作物生産とのバランスの難しさを知ることができた。しかし、人生の指針と思うようなことは残念ながらなかった。」とか「私は今まで遺伝子組み換え食品を食べると体に害が及ぶと思っていて食べたことがなかったけれど害がないどころか体に良いということを知ったので今度食べてみようと思いました。でも新たに有害物質が生まれる可能性や蓄積することによって害が及ぶ可能性もないとは言えないらしいのでやはり不安が残ります。」と書いている。これらの生徒に代表されるように、研修内容が一般にあまり良いイメージがもたれていない事柄になると、研修によって誤解がなくなり理解は深まるが、面白さが広がるところまでは想像力が萎えてしまっていくようだ。

一方、ナノマテリアル研究所では、電子顕微鏡で見せていただく試料を事前に送っていたものの、研修当日にインターネット顕微鏡が不調であったため結局はその画像が見られなかったことが影響していると思われる。

表2 面白かったか？	非常にそう思う	そう思う	あまり思わない	全くそう思わない
宇宙科学研究所	18名(60%)	11名(37%)	1名(3%)	0名(0%)
ナノマテリアル研究所	12名(40%)	15名(50%)	3名(10%)	0名(0%)
高エネルギー加速器研究機構	9名(69%)	2名(15%)	2名(15%)	0名(0%)
農業工学研究所	6名(100%)	0名(0%)	0名(0%)	0名(0%)
農業環境技術研究所	3名(27%)	6名(55%)	2名(18%)	0名(0%)
日本科学未来館	31名(86%)	5名(14%)	0名(0%)	0名(0%)

(ウ) 探求心が刺激されたか(表3参照)

探究心については、面白い傾向が読み取れる。それは、グループや個人といった少人数で自分の興味関心に応じて受ける研修の方が、30名全員で受ける研修よりも探求心がより深まることである。

高エネルギー加速器研究機構を訪問したある生徒は、「今まで名前だけしか知らなかったニュートリノやチェレンコフ光が何なのかを知ったり、実際にどのような研究が行われているかを知ることができ、巨大な施設を目の前にしてとても意欲を高めることができた。施設が稼働中の時期に是非見てみたいと思った。放射光がレーザーよりも強い光だと知り、ミクロの世界の可能性がまだまだ残っていると感じた。さらに名前を知っているだけで詳しくは知らない中間子や反粒子についてもっと知りたいと思った。」と書いている。そして、事前研修では「加速した電子でどのような実験をするのか」と漠然としていた問題意識が、「どうして重金属に電子を当てると陽電子が出るのか」、「陽電子だけでなく、反物質全体は作れないのか」、「性能を保ったままで加速器を小さくすることは可能か」など新たに6つも疑問を事後報告書に書いてきている。

また、事前研修で超伝導のしくみがどのようになっているのか未来館で調べたいと書いていた生徒は、事後研修報告書で「僕は超伝導にすごく興味をもっていたので、まずは展示物の説明を読んだり、実験を見たりしました。それでもっと超伝導について調べたかったのでコンピューターで調べたりしました。そんなことをしていたら、インタープリター(展示解説員)の人から話しかけられ、そこでまたいろいろな質問をしました。」と報告し、「身の回りに超伝導体はあるのか」、「磁石と超伝導とは関係があるのか」、「超伝導は環境問題にやくだつのか」と新たな疑問を抱き超伝導に対する問題意識の裾野を広げてきている。

表3 もっと知りたいか?	非常にそう思う	そう思う	あまり思わない	全く思わない
宇宙科学研究所	17名(57%)	13名(43%)	0名(0%)	0名(0%)
ナノマテリアル研究所	14名(47%)	12名(40%)	4名(13%)	0名(0%)
高エネルギー加速器研究機構	11名(85%)	1名(8%)	1名(8%)	0名(0%)
農業工学研究所	5名(83%)	1名(17%)	0名(0%)	0名(0%)
農業環境技術研究所	5名(83%)	1名(17%)	0名(0%)	0名(0%)
日本科学未来館	29名(81%)	7名(19%)	0名(0%)	0名(0%)

(I) 研修内容は高度だったか(表4参照)

研修のレベルについては、高エネルギー加速器研究機構やナノマテリアル研究所の研修内容が生徒にとってはハイレベルであったようだ。その一方で、その他の研究機関では「あまり高度な内容とは思わない」と答えた生徒がそれぞれ2名~4名いた。すなわち、研修内容が高度であるということは、「何だかよく分からないものがあったが、なかなか面白かった。・・・すごいと思った。」ということであり、研修内容に関する事柄は地域の環境や学校の授業の中でよく見聞きしていて背景知識がある程度備わっているので、「見学の間にならぬ質問は、その場で聞いて分かったので具体的な疑問は今はありません。」ということのようだ。しかし、研修内容が高度であるとあまり思わない生徒でも全員が「もっと知りたい」と思っていることと、12名のうち6名が研修は「非常に分かりやすかった」、5名が「分かりやすかった」と答えたことから考えると、今回は研究機関の講義や説明が、生徒の興味をそこなわない程度にかなり高度なものであったことが分かる。

高度な研修内容の具体例は、枚挙に暇がないが、ニュートリノ、反粒子（反物質）、放射光、量子コンピューター、超高圧電子顕微鏡で見たキセノン格子、超伝導状態による「マイスナー効果とピン止め効果」、「オーファン受容体」など学校で学習していない科学の用語や概念が挙げられる。

表4 高度な内容だったか？	非常にそう思う	そう思う	あまり思わない	全く思わない
宇宙科学研究所	13名(43%)	13名(43%)	4名(13%)	0名(0%)
ナノマテリアル研究所	16名(53%)	14名(47%)	0名(0%)	0名(0%)
高エネルギー加速器研究機構	10名(77%)	3名(23%)	0名(0%)	0名(0%)
農業工学研究所	3名(50%)	0名(0%)	3名(50%)	0名(0%)
農業環境技術研究所	2名(18%)	7名(64%)	2名(18%)	0名(0%)
日本科学未来館	12名(33%)	21名(58%)	3名(8%)	0名(0%)

(オ) 研修を通して生徒の印象に残った内容（表5参照）

生徒の印象に残った内容の特質は、自分の今までの知識やイメージとは異なった目の前の映像や実験機器で示される情報、例えば、小惑星探査機はやぶさのサンプリング技術に見られるように、最先端技術という言葉からは思いもつかなかった基本的な発想や広範囲にわたる技術の応用だったり、反物質や超伝導のように日常の理解を超える科学的理論であったり、加速器や40T級ハイブリットマグネット、電波無響室のように想像を超える施設の規模や大きさなどである。

生徒にとって見るもの聞くもの大半が初めてのものばかりであっただけでなく、世界や日本で一つという「オンリーワン」の研究の世界に触れられたのも大きな刺激になった。例えば、宇宙科学研究所が打ち上げた小惑星探査機はやぶさにおけるイオンエンジンの本格的使用やナノマテリアル研究所の電子顕微鏡を応用した材料制御と構造解析の研究が上げられる。

生徒は、このようなさまざまな研修の中で、「生命の神秘さ」、「科学と数学との意外な関連性」、「研究者の苦悩とやりがい」、「人間と環境との関わり」、「基礎研究にかかる費用」などに強く心を動かされたようだ。

また、学校の授業との関連でいえば、ロボットASIMOのデモンストレーションやマグホワイトで固めた土のように実物を見たり、再現ダム実験や超音波診断装置の体験のように実験・実習による教育はとても影響力の大きなものであることが分かった。

さらに、クイズ形式で答を予測させていく授業形式や展示説明員のようにフィードバックを活かしたコミュニケーション重視の説明がどんなに大切であり、現場で実際に働いている研究員の方の本音の講演ほど効果のある進路指導はないことが分かった。

表5 印象に残ったこと(3つ)	最も	2番目に	3番目に
宇宙科学研究所	イオンエンジン	電波無響室	小惑星の講義
ナノマテリアル研究所	電子顕微鏡	研究者の講演	40T級ハイブリットマグネット
高エネルギー加速器研究機構	施設の大きさと広さ	放射光	反物質の概念
農業工学研究所	クイズ形式の再現ダム実験	マグ 初作で固めた土	ピオトープの見学
農業環境技術研究所	遺伝子組み換えの講義	ダイオキシン	実験分析機器
日本科学未来館	超伝導の働き	ASIMOのデモ	超音波診断装置

イ 引率教員の評価

(ア) 事前研修と事後研修の重要性

事前研修でインターネットや各研究施設から送られてきた資料などで学習し、生徒一人一人が研究の目的を明確に持ったことで研修中のレポート作成や研修報告会がスムーズに進行できた。

また、事前研修での各研究施設へ質問事項を前もって送付しておいたことでその熱心さが伝わり、特に少人数で訪れた研究施設は研究員の方に丁寧に解説していただき、その研究員の方の熱心さが今度は生徒に伝わりとても生徒の学習意欲を刺激した。ただ、その丁寧な対応のために予定の時間を超えることが多く、今後は移動距離の少ない余裕をもった研修にしていくのが望ましい。

(イ) 疑問に対するリアルタイムのフィードバックの必要性

研修内容に生徒が最も興味を深めることができたのは、生徒の疑問や質問に対し目の前の実験や実物、映像を通した解説で即座に答えが返ってくる時であった。これは、私たちの授業についても言えることで大いに学ぶべきことがらであった。

(ウ) 現実生活と結びついた実験や体験の重要性

生徒が最も科学に興味や好奇心を抱いたのは、ナノテクのような高度な最先端の科学理論そのものというより、日本科学未来館の各展示テーマのような現実生活への応用やつながりを通してであった。その意味で、高校生にはまず便利な機械や危険な物質などを通して生活の中での謎や不思議を発見させ、そのしくみや人間の知恵を生徒が学ぶ科学と結びつけていくことが大切であることが分かった。

(I) 進路指導としての研究員の講演

生徒が特に興味をもった講演は、分かりやすい最新の科学データや映像によるプレゼンテーションであり、また、実際の研究員による苦労と研究の喜びの入り交じった本音トークであったことは新しい発見であった。特に、大学、大学院ではどのような組織の中で学び研究員になることを決意し、現在の研究生活の中で家庭生活とどのように両立させているかのお話は、生徒の心を打つ本当の進路指導でもあった。というのは、事前研修の時から「自分の将来についてまだ明確でないのをはっきりさせたい。できるなら、博士や研究者の方々に自分はどんな学部に行ったらよいか相談にのってもらいたい」という意識の生徒が少なくなかったからである。

(オ) 自主研修時間と研修報告会開催の意義

生徒の宿泊場所がつくば市の中心部にあるビジネスホテルであり、連泊したこともあって、生徒は1人部屋で静かに集中して、その日のうちに研修報告書を書くことができた。

また、生徒が行った研修班が協力して行った研修報告会では、少ない時間を有効に使って概ね良い発表ができた。特に発表には、それを受けとめる相手があるということ意識できたのではないかと考える。また、研修内容を参加者が共有することができ、質疑応答の中でお互いの理解を深めていくことができることが意識できたと思われる。

研究開発実施上の問題点及び今後の研究開発の方向

(1) 指導方法について

今回の研修では、生徒に科学を学ぶ楽しさや意欲を喚起して真理の追究に向け主体的に探求する態度を身につけさせる点においてはかなり成果を収めたと言えるが、科学に対する問題意識を深め自らの研究課題を発見したかということと不十分であったことは否めない。それは、2泊3日で相模原市からつくば市まで移動し、生徒1人につき4施設を訪問するという欲張りな余裕のない計画に原因があったかもしれない。科学に対する幅広い興味づ

けが必要である高校1年生の時期から個人研究分野を確定することになる大学に至るまでの時期を考えると、高校2年生の時点では、もっと少ない施設で科学を掘り下げて考えさせたほうがよかったと思われる。ところが今回の研修のねらいは、マクロコスモスを概観する宇宙科学研究所とミクロコスモスの世界を意識させる物質・材料研究機構ナノマテリアル研究所を訪問することによって現代科学の全体の広がりをイメージさせ、その科学分野の広がりの中で、分散研修では自分の興味ある分野の研究に触れることにより刺激を受け、日本科学未来館ではそれをさらに深めて関連分野とのつながりを発見することによって自己の興味や関心ある科学分野に対し問題意識を深めさせていくことにあった。しかし実際は、日本科学未来館で生徒が学ぶことができる内容が多く、そこでさらに自分の科学に対する好奇心を強くし、個人の研究課題の発見まで到達するどころかさらに科学に対する興味や関心が広がっただけであった。

従って、来年度の2泊3日の研修では、日本科学未来館1カ所にしばって自分の関心を持っている科学分野に対する問題意識を実験や質問による学習体験で深め、研修から帰った後に受ける学校の授業の中で、関係研究機関への研修交流と飛び石づくりに研究開発を深めていくのが妥当であると考えます。

(2) 研究施設との連携について

事前研修において、各施設での生徒一人一人の研修目的を確認して研修に出かけたが、研究施設によっては研究内容が高度で非日常的な分野が多くあり、生徒が理解しづらい場面が見られた。また、研究施設の中には、見学のみで終わってしまった印象が強い施設が一部にあった。その理由として考えられるのは、研究施設との2、3回のやりとりと生徒が事前研修で作成した研修内容に関する質問項目の送付だけでは研究施設との打ち合わせが不十分であったことである。今回は初めての訪問なので、SSHの意義に対する理解をはじめ、研究施設に対する理解が不足していたことは否めない。来年度からの研修では、今回の研修報告の生徒の評価に基づいて訪問研究施設を絞り、SSH事業計画の中での研究施設、博物館研修の位置付けなど事前の打ち合わせをもっと密にしていかなければならない。さらに、生徒の礼状に添えられた質問に対する返答が学校の生徒に届いたように、研究施設との日常的な交流を今後積み重ねていかなければならない。