



科学に対する深い興味の喚起を促す小・中学生向け
実験・観察プログラムの開発と実践：
拓北・あいの里地区地域連携事業「土曜講座」

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2008-05-21 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 田口, 哲, 並川, 寛司, 岡村, 聡, 森田, みゆき メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.32150/00005473

科学に対する深い興味の喚起を促す小・中学生向け
実験・観察プログラムの開発と実践：
拓北・あいの里地区地域連携事業「土曜講座」

田口 哲・並川 寛司・岡村 聡・森田みゆき

北海道教育大学札幌校

Development and Practice of a Laboratory Program Stirring up Elementary and Junior High School Student's Interest in Science; Cooperative Project between Hokkaido Univ. of Edu. Sapporo and Takuhoku-Ainosato Area "Saturday Course"

TAGUCHI Satoshi, NAMIKAWA Kanji, OKAMURA Satoshi and MORITA Miyuki

Sapporo Campus, Hokkaido University of Education

概 要

北海道教育大学札幌校の教員有志とその指導学生が、2002年度より3年間継続して行ってきた拓北・あいの里地区地域連携事業「土曜講座」について報告する。このプロジェクトでは、この地区の小・中学生を主たる対象に、理系の教科専門の教員とその指導学生が中心となって科学実験・観察講座を実施してきた。プロジェクトの目的は、(1) 教職を志す学生が児童・生徒の実態を理解する、(2) 学校5日制のもと、児童・生徒が充実した週末を過ごす場を提供するとともに、科学に対する興味を喚起する機会とする、(3) 大学教員と学生が講座のための教材研究を通じ、大学で学ぶ専門的な内容を、小中学校の教科内容と関連づけて学ぶ機会とする、の3点である。

本報告では、プロジェクトの概要と、実施した数多くの講座の中から、連続講座「光と色」のプログラム開発と実践について述べる。

緒 言

国立大学の法人化に伴い、大学の役割の一つとして地域貢献がこれまで以上に強く意識されるようになってきており、全国的にも種々の事業が活発に行なわれている。北海道教育大学でも、北海道教育委員会・札幌市教育委員会との間で北海道地域教育連携推進協議会が作られるなど、地域教

育に関する各種事業が展開されている。著者らが所属する北海道教育大学札幌校では、独自の事業として、「あいの里教育フォーラム」を5年前から毎年開催している。このフォーラムは、大学と札幌市北区拓北・あいの里地区の地域住民ならびに小・中・高等学校が互いに協力する形で行われ、その結果、大学と地域や学校の連携が深まりつつある。

このような背景のもと、著者らは、大学で行っている教育研究の成果を指導学生と一緒に地域の小・中学生に還元するプロジェクト「土曜講座」を2002年度より立ち上げた。

このプロジェクトを企画した理由は次の三点である。一点目は、教職を志す学生が児童・生徒の実態を理解する機会の一つとする、というものである。2001年11月に文部省の調査研究協力者会議「今後の国立の教員養成系大学学部在り方について－国立の教員養成系大学学部の在り方に関する懇談会－」の報告¹⁾が出て以降、開放性の教員養成制度のもと教員養成系大学がその独自性を発揮することが求められ、その一つとして「実践力のある教員」の養成が課題としてあげられている。2006年度に実施される予定である本学のキャンパス再編・カリキュラム改革においても、この「実践力のある教員」の養成が一つのキーワードとなっている。著者らは、実践力のある教員の養成は、児童生徒が学校でその大部分を過ごす「教科の授業」の教科内容に関する学生の専門的力量(内容の深い理解)に裏打ちされていなければならないと考えている。そこで、学生たちが普段大学で学んでいる専門分野に通ずる内容を、学生たち自身が教材や教授法を工夫して可能な限り分かりやすく教えるという経験を通して児童・生徒の実態を理解することは、実践力のある教員の養成に資すると考えた。

二点目は、学校5日制のもと、児童・生徒が充実した週末を過ごす場を提供するとともに、科学に対する興味を喚起する機会とする、というものである。国際教育到達度評価学会(IEA)の国際数学・理科教育動向調査の2003年調査(TIMSS 2003)²⁾によると、日本の中学2年生の学校外での1日の過ごし方のうち、宿題をする時間は調査46カ国中最も短く、テレビやビデオを見る時間は調査46カ国中最も長いという結果が出ている。この調査では、小学4年生についても同様の結果が出ている。したがって、学校5日制によるせつかくの「ゆとり」の時間が、テレビ等を見るために消費される時間になってしまっていることが危惧

される。このような状況のもと、児童・生徒を週末に受け入れる地域環境として、大学で行う科学講座もその選択肢の一つとなりうると考えた。

三点目は、大学教員と学生が本講座のための教材研究を通じ、大学で学ぶ専門的な内容を、小中学校の教科内容と関連づけて学ぶ機会とする、という理由である。先述の報告¹⁾では、「教科専門科目担当教員は、他の学部と同じような専門性を志向するのではなく、学校現場で教科を教えるための実力を身に付けさせるためにはどうすべきかという、教員養成独自の目的に沿って教科専門の立場から取り組むことが求められる」と述べられている。そこでの議論が妥当なものであったかどうかは別として、教員養成を主たる目的とする本学の教科専門担当の教員や学生が、大学で学ぶ専門的内容と小中学校の教科内容との関係を理解すること自体は有益なことであろう。後に述べるように、本講座は、大学で行う科学講座として、小中学校の教科で学ぶ内容をそのまま行うのではなく、比較的レベルの高い内容を教材や教授法の工夫によりできるだけ分かりやすく教えることで、科学の面白さを児童・生徒に伝えるという方針のもと企画されている。教材を検討するにあたり、児童・生徒の学校での既習事項と本講座内容との関係を必然的に検討せざるを得ない。

これまでに企画された土曜講座は、2002年度は11講座、2003年度は21講座、2004年度は11講座にのぼる。2002年度と2003年度については、本学の「教育研究改革・改善プロジェクト」(いわゆる学長裁量経費)として、2004年度は本学の「フレンドシップ事業」として本プロジェクトは展開された。初年度は自然科学系の講座を中心に企画されたが、現在では、様々な分野の教員を擁する教育大学の特徴を生かし、美術や音楽といった内容の講座も企画されるに至っている。また講師は、本学教員や学生たちだけでなく、高等学校教員や技術士の方たちにも依頼し、様々な視点からの講座を企画してきた。

本報告では、本プロジェクトの概要と、数多くの講座の中から連続講座「光と色」のプログラム

開発と実践について述べる。

表1 2004年度土曜講座プログラム一覧

プロジェクトの概要

本プロジェクトを円滑に実施するため、(1) 企画委員会、(2) 運営委員会の2組織を設けた。

企画委員会は、著者らに副学長（札幌校担当）と附属札幌小・中学校の教員を加えた7名程度で組織した。この委員会の役割は、講座の実施主体であり、具体的にはプログラムのテーマ、対象学年、講師の決定と依頼、実施日時と会場決定と設営、講座当日の運営などにあたった。日程の決定にあたっては、学校や地区の行事との重複がないように、あらかじめ行事についての情報を入手しておく必要があった。

運営委員会は、拓北・あいの里地区の各小・中・高等学校に教員1名の選出を依頼し組織された。この委員会では、企画委員会から提案された講座内容とその実施について助言を行うと共に、所属する学校での広報活動および参加者のとりまとめを行った。年度当初と年度末に、企画委員会の委員も加えて運営委員会を行い、年間計画の説明とプロジェクトの反省、次年度のプロジェクトの打ち合わせ等を行った。プロジェクトの成功には、各講座の内容が重要なのは言うまでもないが、プロジェクトの広報と参加者のとりまとめの点から、企画委員会と運営委員会との間の意思疎通もそれと同程度に重要であった。

月	実施日	対象	時間	会場	プログラム・タイトル	定員
6	26	小5・6年生	10:00~12:00	札幌校 生物学生実験室	あいの里の生きもの調べI 探してみよう・調べてみよう！上のの！むし。	20名
7	3	小5・6年生	10:00~12:00	札幌校 福移湿地	あいの里の生きもの調べII 後踏福移湿地の生きもの	20名
7	10	小5・6年生	10:00~12:00 14:00~16:00	札幌校 金属造形演習室	金属を溶かせ！-君は溶けた金属をみたことがあるかな？-	20名
7	24	小5・6年生	10:00~12:00	札幌校 生物学生実験室	梅の観察作り	16名
7	7	小5・6年生	10:00~12:00	札幌校 生物学生実験室	あいの里の生きもの調べIII 水の中の小さな生きもの	20名
8	12	中学生 高校生	10:00~12:00	札幌校 化学学生実験室	物質から出る光の不思議	20名
9	11	中学生 高校生	10:00~12:00	札幌校 337実験室	色素の合成にチャレンジ	20名
10	9	中学生 高校生	10:00~12:00	札幌校 生物学生実験室	視覚の不思議	20名
10	9	中学生 高校生	10:00~12:00	札幌校 化学学生実験室	気物の色と光	20名
11	6	中学生 高校生	10:00~12:00	札幌校 生物学生実験室	植物の色と光	20名
1	22	小5・6年生 中学生	13:00~15:00	札幌校講堂	おしゃべりコンサート	20名

プログラム実施の流れは以下の通りである。受講希望者の予定を立てやすくするため、年度当初に、各学校に土曜講座の年度計画とプログラムの具体的内容が書かれた冊子を配布した。更に2004年度は、初めての試みとして各学級に掲示するためのポスターも作成した（図1）。表1に2004年度のプログラム一覧を示す。受講生の募集は四期に分けて行ない、各期の初め（申込書の大学への提出締め切り10日程前）に、講座の概要が書かれた申込書を企画委員会で作成し、それを各学校の運営委員に配布して児童・生徒への配布と広報を依頼した。受講者は各学級担任を通して運営委員に申込書を提出し、運営委員が一括してファクシミリで申込書を大学の企画委員宛に送付した。その後、各講座の1週間程度前に、受講者への案内を企画委員から運営委員に送付し、それは各学級担任を通して受講者に配布された。

プログラムの開発と実践

本報告では、紙面の都合上、これまで実施された講座のうち連続講座「光と色」のプログラムの具体的内容について述べる。

北海道教育大学札幌校には、教育学部の強みとして、様々な学問領域の教員が日常的に交流できる環境がある。その強みを生かし、一つのテーマ



図1 土曜講座ポスター

で筋を通しつつもそのテーマを多角的に追求する連続講座を企画した。それが、この連続講座「光と色」である。

光、そして物質が光を吸収した結果として私たち人間が認識する色は、あまりに当たり前に見えるものであり普段は取り立てて考えることはない。しかし、よく考えてみると、生物は光がないと生きて行けないし、色は私たちの生活に様々な点から役に立っている。このように身近な「光と色」は、子供達に興味を持ってもらえるテーマではないかと考えた。この連続講座「光と色」は、色々な角度からこのテーマを追求する計4回のプログラムとして企画された。

1回目の講座では、「調べてみよう！物質から出る光の不思議」と題して、光とは何か、なぜものには色がついて見えるのかを追求した。2回目の講座では、「色素の合成にチャレンジ」と題して、色素(オレンジII)の化学合成を子供達が体験し、その色素を用いて布の染色を行なってみた。3回目の講座では、「鉱物の光と色」と題して、偏光プリズムを使って光の性質を学ぶと共に、偏光顕微鏡を用いて鉱物の同定ができることを学んだ。最終回は、「植物の同化ア・ラ・カルトー植物の色と光」と題して、植物からの色素の抽出と分離、そして色素による吸収スペクトルの観察を通して、光合成について学んだ。

「光とは何か」というその本質を理解するには、大学レベルの電磁気学を学び電磁波とは何であるかを理解する必要がある。もちろん中学生にそれを要求するのは無理があるし、それはこの講座の目的ではない。一方で、レベルを極端に落とした内容の講座では大学で行なう意味がない。そこで、各講座は、学生たちが普段大学で学んでいる専門分野に通ずる内容を、可能な限り分かりやすく学生たち自身が教材や教授法を工夫して中学生に教えることで、科学の面白さを伝え興味を持ってもらうという方針のもとに企画された。

各講座の内容

1 調べてみよう！物質から出る光の不思議

場所

札幌校研究棟2階・化学学生実験室

募集人数

中学生20名

指導担当

化学分野学生(3・4年次)ならびに田口 哲

講座の概要

本講座は、家庭用の照明として利用される蛍光灯の仕組みや、花火で綺麗な色のついた光が見えるといった現象の仕組みを、化学の視点(原子の視点)から体験的に学ぶプログラムである。本学学生の指導により子供たち自身が簡易分光器を作成し、それを用いて蛍光灯の光やナトリウムの炎色光を分光し、そのスペクトルを観察する。さらに、金属塩の溶けた色々な水溶液の光の吸収について簡単な実験を行い、溶液に色がついて見える原因と炎色反応で光に色がついて見える原因との違いについて考えてみる。光や色の本質に迫る体験をすることで、科学の面白さを知ってもらうことが本講座の目的である。

試薬・材料・実験器具

▶講座全体

◇コンピュータ・液晶プロジェクタ・スクリーン

▶分光器作成

◇カッター・下敷き・セロテープ・糊・鉛筆・消しゴム・方眼紙(型紙)・厚手の黒画用紙・定規・プラ板(2.5cm×11cm)・ホログラフィーフィルム(2.5cm×11cm)

▶白熱灯・蛍光灯・殺菌灯・ナトリウム灯のスペクトル観察

◇白熱灯・殺菌灯・蛍光灯・ナトリウム灯・直視分光器

▶炎色反応の観察

◇塩化ナトリウム、塩化リチウム、塩化カリウム、塩化カルシウム、塩化バリウム、塩化銅

の各メタノール溶液・蒸発皿・駒込ピペット・皿用トンゲ（蒸発皿挟み）・チャッカマン（点火用）・CCDカメラ接続用分光器・CCDカメラ・スタンド・コンピュータ

➤金属塩溶液の光の吸収

◇硫酸銅五水和物水溶液（青色）・硝酸ニッケル水溶液（緑色）・ニクロム酸カリウム水溶液（赤色）・レーザーポインター（赤）

講座内容

導入：光って何だろう？（10分）

(1) 指導担当学生が、光（電磁波）とは何かについて中学生に理解できるレベルで説明する。

ポケット分光器を作ろう（20分）

(2) 指導担当学生がポケット分光器（簡易分光器）の作り方³⁾を説明し（図2），子供たちが分光器を作成する。

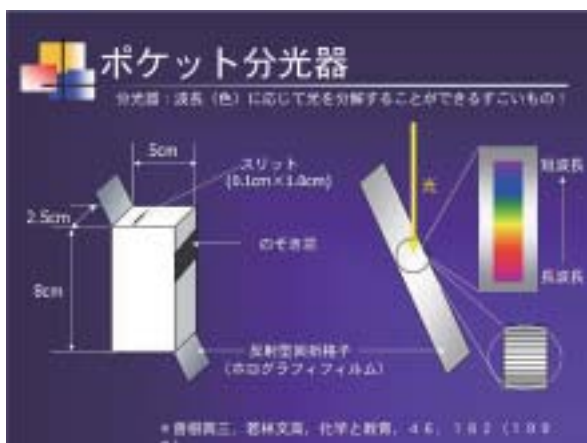


図2 ポケット分光器作成の説明スライド

- 型紙から分光器の箱を切り出す方法を説明する。黒画用紙に型紙用方眼紙を張る。カッターを使って型紙を切り出す。
- 反射型回折格子の作成方法を説明する。
 - プラ板に回折格子（ホログラフィーフィルム⁴⁾）を各自貼らせる。
 - セロテープを使って型紙の端を張り合わせ箱を作成し、回折格子を挿入する（写真1）。



写真1 ポケット分光器と回折格子

作った分光器で白熱灯・蛍光灯・殺菌灯・ナトリウムランプの光を見てみよう（20分）

(3) 作成した分光器で白熱灯・蛍光灯・殺菌灯・ナトリウム灯の光を子供たちが観察する（写真2）。このとき、スペクトルの見え方の違いに気づかせるように指導する（図3）。また、市販の直視分光器を使ってスペクトルの観察も行う。



写真2 自作した分光器でのスペクトル観察

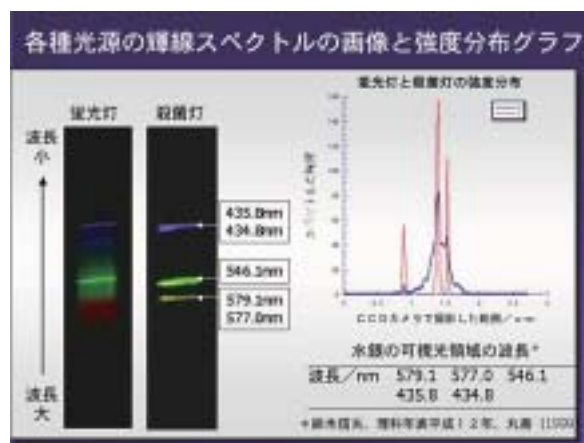


図3 蛍光灯と殺菌灯のスペクトルの比較

- 白熱灯では帯スペクトルのみが見える。
- 蛍光灯では帯スペクトルに水銀原子による輝線スペクトルが重なって見える。
- 殺菌灯では水銀原子による輝線スペクトルのみが見える。
- ナトリウム灯では、ナトリウム原子による一本の輝線スペクトルが見える。

スペクトルの解説を聞いてみよう (15分)

- (4) 指導担当学生がスペクトルの解説をする。パワーポイントのアニメーションを使って中学生用に分かりやすく説明する。
- 孤立した原子から出る光のスペクトルは「線」になる。
 - 原子が集まった物質から出る光のスペクトルは「帯」になる。
 - 上記2点から蛍光灯の仕組みを説明する。

炎色反応の光も分光器で調べてみよう (20分)

- (5) 子供たちが色々な金属塩溶液の炎色反応を観察する。
- 初めに暗幕を引いて実験室を暗くする。
 - 先に述べた金属塩の各メタノール溶液を蒸発皿に入れ、チャッカマンで点火する。しばらくすると各金属に固有の発光が観察できる。炎色光が見え難いときは、 tong を使って蒸発皿を軽く前後に揺する(大きく揺るとメタノールが飛び出して危険なので注意する)。ここでの操作は危険を伴うので指導者が行う。
 - 指導担当学生がナトリウムの炎色反応による光を分光器で分光し、子供たちがスペクトルを観察する⁵⁾。炎色反応の光のスペクトルを分光器を使って子供たちが直接観察するのは、炎に接近しなければならないので危険が伴う。そこで、次のようにしてスペクトル観察を行う(写真3)。
 - 教師用実験台にシステム(分光器・CCDカメラ・コンピュータ・液晶プロジェクタ)を前もって設置しておく。
 - 蒸発皿に塩化ナトリウムのメタノール溶液を入れ点火し、自作分光器の光入射ス



写真3 炎色反応のスペクトル観察

リットを炎に向ける。分光器のスペクトル覗き窓にコンピュータに接続したCCDカメラを設置し、ナトリウムの輝線スペクトルをコンピュータに接続した液晶プロジェクタでスクリーンに大きく映し出す。

- 観察結果で気のついたことを子供たちに尋ねる。→ナトリウム灯のスペクトルと同じ。

スペクトルの解説を聞いてみよう (15分)

- (6) 指導担当学生がスペクトルの解説をする。パワーポイントのアニメーションを使って中学生用に分かりやすく説明する。

溶液の色の秘密を調べてみよう (15分)

- (7) 子供たちが金属塩溶液の光の吸収について調べる。子供にレーザーポインターを渡し、硫酸銅水溶液(青色)・硝酸ニッケル水溶液(緑色)・ニクロム酸カリウム水溶液(赤色)にレーザーポインターの赤色光を照射させ、赤色光が通過するかどうかを確認させる。
- 硫酸銅水溶液(青色)は赤色光を吸収してしまう。
 - 硝酸ニッケル水溶液(緑色)も赤色光を吸収してしまう。
 - ニクロム酸カリウム水溶液(赤色)は赤色光を吸収しない。
- (8) 白色光とは何か、真っ黒に見えるとはどういうことかを、指導担当学生が解説する。
- 光の三原色(赤・緑・青)を全部混ぜれば

色はつかない（白色光）。真っ黒とは、全ての色の光が物質に吸収されてしまうことである。

- なぜ、硫酸銅水溶液は青色に、硝酸ニッケル水溶液は緑色に、ニクロム酸カリウム水溶液には赤色に見えるのか子供たちに考えさせる。

(9) 講座全体のまとめを行う。

2 色素の合成にチャレンジ

場所

札幌校研究棟 5 階・534 実験室

募集人数

中学生 20 名

指導担当

地域環境教育課程学生（3 年次）、家政教育専修院生（大学院 1 年次）ならびに森田みゆき

講座の概要

本講座は、色素で着色した身の回りのものに着目し、実際に色素を合成⁶⁾し、色素の性質を利用して染色するしくみ⁷⁾を化学的視点から体験的に学ぶプログラムである。本学学生の指導により生徒自身が色素を合成し、それをを用いて布を染色する。染色では色素の化学的性質による染着特性を確認する簡単な実験を行い考えてみる。合成の過程での突然の発色反応や染色のしくみを知る体験をすることで、科学の面白さを知ってもらうことが本講座の目的である。

試薬・材料・実験器具

▶色素（オレンジ II）の合成

- ◇スルファニル酸 4.3g・無水炭酸ナトリウム 1.5-6g・濃塩酸 5 ml・亜硝酸ナトリウム 1.8g・β-ナフトール 3.6g・水酸化ナトリウム 1.3g・ガラス棒・温度計・ビーカー・バット・氷・駒込ピペット・スパーテル・天秤

▶オレンジ II を用いたナイロン布の染色

- ◇今回合成した Orange II（酸性染料）・ナイロン布（羊毛や絹でも良い）・酢酸・硫酸ナ

トリウム・三角フラスコ・スパーテル・駒込ピペット・ガラス棒・温度計・電気コンロ・軍手・ピンセット・ビーカー

資料・ワークシート

実際に合成色素を用いた食品（菓子など）・実験の手順や確認事項記入のためのワークシート

講座内容

導入：色素って何だろう？何に使われているのかな？（10分）

- (1) 指導担当学生が、まず、身近にある様々な着色物質についてサンプルで説明し、色素の合成について中学生に理解できるレベルで説明する。

ジアゾ化反応（10分）

- (2) 指導担当学生がジアゾ化反応の前の反応溶液を事前に準備して、ワークシート（図 4）をもとに色素（オレンジ II）の合成の仕方⁶⁾を説明し、子供たちが反応液を混合してジアゾ化（図 5）を行う。

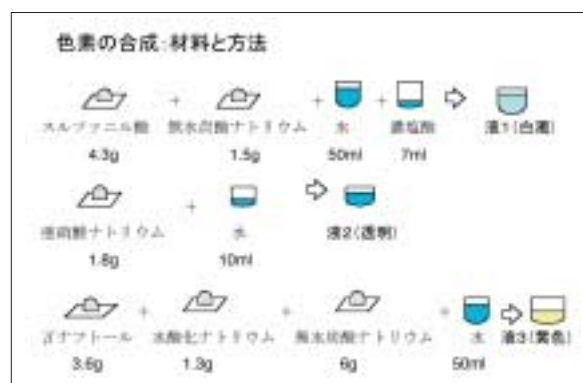


図 4 ワークシート（抜粋）：色素の合成作業手順

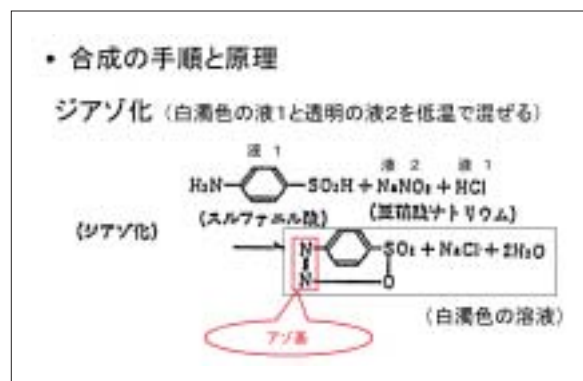


図 5 ジアゾ化反応

- 準備段階から、反応溶液の温度は厳密管理する必要がある。
- 毒劇物を原料試薬として用いるので、反応の要点が分かるように、ジアゾ化とカップリングの前まで、事前に試薬の調製を行っておく。

ジアゾ化反応溶液と3液でカップリング反応 (15分)

(3) ジアゾ化反応溶液と3液を混合してカップリング反応を行う。

このとき、液混合直後起こる劇的な色の変化を観察するために、駒込ピペットでゆっくり滴下するように指導する (図6)。

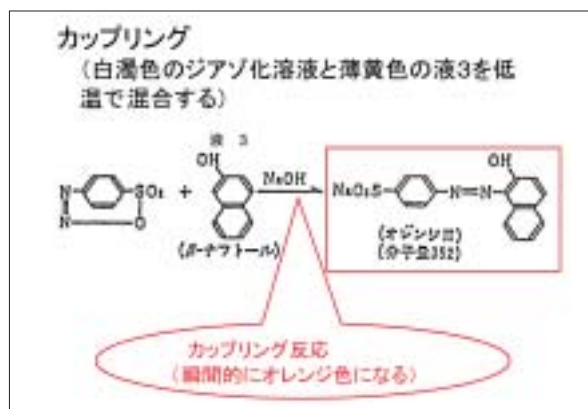


図6 カップリング反応

- 反応液の温度を10℃以下に保つように指導学生は温度の管理を行う。
- (生徒の予想される反応) 駒込ピペットで1滴滴下すると瞬時に滴下箇所溶液の色がオレンジ色になり、強い興味を持つ。くり返し、色の変化を楽しむ。

色素の合成実験をまとめよう (5分)

- 参加した生徒は、(2)と(3)の反応の過程は反応液の色の変化を中心に観察し、以下のワークシートに記入する。

① []

液1をかき混ぜながら、液2を静かに滴下する。ただし、温度が15℃を超えないように注意!その後、約10分放置する。

— POINT! 色はどうなったかな? —

液1 () と液2 () を合わせると _____ になった。

② []

①をこまごめピペットで何滴か液3に滴下する。ただし、温度が15℃を超えないように注意!

— POINT! 色はどうなったかな? —

① () と液3 () を合わせた瞬間 _____ になった。

図7 ワークシート (抜粋)

オレンジIIを用いて布を染めてみよう (25分)

- (4) 自分で合成した色素を用いて布を染める。
- 最初に実験の手順および注意事項を指導学生がワークシートをもとに説明する。
 - 90℃に加温して染色するので、突沸、火傷に注意する。
 - 生徒は1種類(標準条件)の染色を行うため、指導学生が対照実験の染色を同時に行う。染色実験終了後の考察で対照条件との比較を行う。
 - 染色中の溶液の色の変化及び布の色の変化に気づかせる。

染色条件

色素(オレンジII)：適量(対繊維3-5%)
 酢酸：5-10%の染色浴になるように調製
 染色浴(水)：100ml
 布：ナイロン布(羊毛、絹でも良い) 2g
 染色温度：室温から90℃
 染色時間：15分

染色の手順

- 1 布に対して50倍の容積の染料(オレンジII)溶液を90℃まで加熱する。
- 2 丸めたナイロンを入れる。
- 3 ガラス棒で布を広げながら15分染色す

る。

- 4 染色後、布を取り出し、3 回水洗する。
- 5 染色布を風乾する。

- 色素の濃度と染色浴（水）の量は布の重さに対して調製すると再現性のある結果が得られる。
- オレンジⅡが酸性条件下でポリアミド系繊維とイオン結合するため、酢酸を加えて酸性染色浴を調製する。
- むら染めにならないように、布をあらかじめ水でぬらして染料溶液に入れると良い。
- 高温の染色浴に布を入れると突沸する。突沸を防ぐため、加温する前に、あらかじめ沸石を入れると良い。
- 均一に染めるため、時々ガラス棒で搅拌すると良い（写真4）。



写真4 染色実験の様子

染色した布の色の濃さを比較しよう（15分）

- (5) 取り出した2種のナイロン布の染まり方の違い及び染色溶液の色の違いに気づかせる。
 - （予想される発表内容）自分が染色した方が布の色が濃い。自分が染色した方が溶液の色が薄い。
 - ここでは、2種の染色条件（酢酸の有無）による比較を行っている。
 - ポリアミド系以外の繊維を用いると、繊維（高分子）の性質も考えることができる。
- (6) 2種の染色溶液をもちいたことによる結果の違いから、この原因について考えさせる。

- （予想される発表内容）染料溶液の濃さが違う。

- 染料溶液に入っているものが違う。

- (7) 指導担当学生がワークシートを用いて、色素で布を染色するしくみを中学生用に分かりやすく説明する。

- 染色溶液中の酢酸の有無について知らせる。

- 布の染色についてのしくみを解説する。

- (8) 染色溶液中の酢酸の有無による染着性の違いについて知る。

- 酸性染料で染色を行う際、酢酸を加えて溶液を酸性にする必要があることがわかる。

- イオン結合による布の染色のしくみを知る。

オレンジⅡの染色のしくみをまとめよう（10分）

- (9) ワークシートを用いて、色素とは何か、染色とはどういうことかを、確認する。

- 酸性染料の特色を確認する。

- 実生活で多く用いられていることを知る。

- 染色は自分でも簡単に行えることを知り、今日の感想をワークシートに記入する。

- (10) 講座全体のまとめを行う。

3 鉍物の光と色

場所

札幌校研究棟3階・地学学生実験室

募集人数

中学生20名

指導担当

地学分野学生（4年次）ならびに岡村 聡

講座の概要

本講座では、偏光プリズムを使うことによって、光の性質や鉍物の光学的性質を知ることができることを学ぶ。鉍物を通して見た文字が二重に見える様子、鉍物の色が偏光プリズムを通してみると変化の様子などを観察し、鉍物と光の関係、鉍物を同定する方法について学ぶ。さらに、偏光プリズムが日常生活の様々な場で利用されているこ

とを知ってもらい、より身近な科学のおもしろさを体験してもらうことをねらいとしている。

材料・実験器具

▶ 講座全体

◇コンピュータ・液晶プロジェクタ・スクリーン
・資料提示装置・ディスプレイモニター

▶ 偏光プリズムと光の関係

◇偏光シート2枚（片方には、通す光の振動方向の矢印が印してある）・偏光プリズムと光の振動の模型

▶ 鉱物と光の関係

◇OHPシート・ペン・大型透明方解石・偏光入りサングラス・カメラ用偏光フィルター

▶ 鉱物プレパラートの観察

◇偏光顕微鏡・火山灰の鉱物プレパラート

▶ 鉱物の判定

◇火山灰鉱物の鑑定一覧表

講座内容

導入：鉱物って何だろう？（10分）

(1) 指導担当学生が、知っている鉱物名を上げてもらいながら、鉱物とは何かを説明する(写真5)。

- 鉱物とは、天然の物質のうち物理的・化学的に均一な無機物をさし、そのうち規則正しい平面で取り囲まれた形態をもつものが結晶、そうでないのが非結晶（ガラス）。



写真5 鉱物とは？

光って何だろう？（10分）

(2) 指導担当学生が、光の波動模型や図を用い

ながら、光が電磁波の一種であることを中学生に理解できるレベルで解説する。

- 光は直進するが、波の動き（振動）をしている。
- 自然光は、様々な方向に振動する光の集合である。
- 波長と色の関係、波長が長い方が赤い色、短い方が青い色になる。

偏光プリズムを使って光の性質について確認してみよう（20分）

(3) 指導担当学生が、偏光プリズムの機能について、偏光プリズム入りサングラス・カメラ用フィルターを使い説明し、子供たちが、2枚の偏光シートを回転することによって光がどう変化するかを試してもらう(写真6)。

- 反射光は、偏光プリズムを通して見ると、プリズムの回転によって明暗が生じる。自然光は、2つの偏光プリズムを直交に重ねて見ると暗黒になる。これらの観察から、偏光プリズムは、一方向の振動方向を持つ光を通過させること、反射光は反射面に平行な振動方向を持つ光であることが理解される。



写真6 偏光シートで光の変化を観察

鉱物と光との関係を考えてみよう（20分）

(4) 指導担当学生が、透明方解石を使って、鉱物を通して見る光がどうなるかを説明し、子供たちに体験してもらう。

- 指導担当学生が、方解石を通して見える像が二重になることをモニターを使って演示する（写真7）。
- 方解石の上で偏光シートを回すと、片方の像が消える。さらに回転していくと、もう一方の像が消える。子供たちにも実際にそのことを確かめさせる。



写真7 方解石結晶の観察

(5) 子どもたちが、偏光シートの機能から二重に見える光の振動方向について考える。

- 鉱物（光学的異方体）中では、2つの直交する振動方向の光に分かれる（複屈折）。一方、ガラスなど光学的等方体の場合は、複屈折が生じない。

偏光顕微鏡の特徴をさぐろう（20分）

(6) 指導担当学生が、生物顕微鏡と比べながら、偏光顕微鏡（写真8）の特徴⁸⁾について説明する。

- ステージの上と下に偏光プリズムが互いに直交にセットされており、上方ニコル（偏光プリズム）は取り外しができる。
- 下方ニコル（偏光プリズム）を通して観察した場合、鉱物の色、形の特徴を調べることができる。さらにステージを回転させると鉱物の色の变化（多色性）を確認できる。
- 上下両方のニコルを通して観察すると、暗黒になるが、ステージを回転させると、鉱物特有の色（干渉色）がついて見えるようになる。

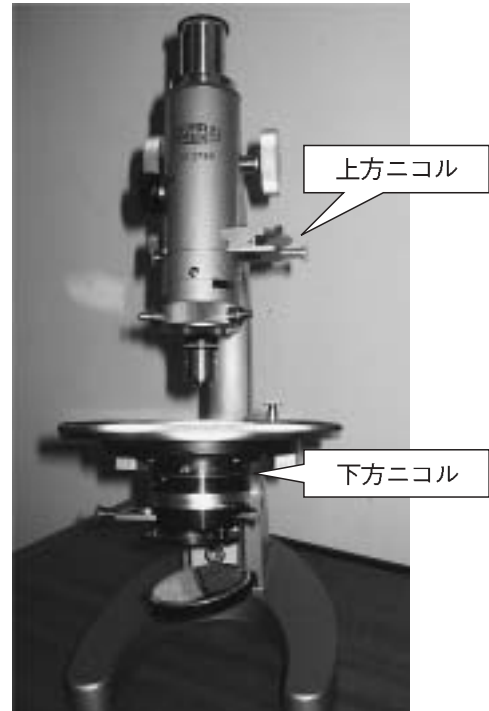


写真8 偏光顕微鏡

偏光顕微鏡を使って、鉱物を観察してみよう（30分）

(7) 以上のことをふまえ、子どもたちは各自、鉱物プレパラートを観察し、鉱物の鑑定表を参考にして鉱物を判定してみる（写真9）⁹⁾。



写真9 鉱物の観察・判定

- 下方ニコルのみでの観察
 - ◇無色透明なものがある。
 - ◇真っ黒なもの（金属鉱物）がある。

- ◇様々な形態の鉱物がある。
- ◇色が変わるものがある(多色性の有無)。
- 上下ニコルを使用した時の観察
 - ◇つねに消光するもの(光学的等方体、ガラス)と、定期的に消光するもの(光学的異方体)がある。
 - ◇干渉色の異なるものがある。
 - ◇消光角が異なるものがある。

鉱物鑑定に使われる諸性質

○多色性

光学的異方体では、2つの光がそれぞれ異なる光の吸収を示す場合がある。下方ニコルによって偏光された光を使って、それぞれの光の吸収の違い(色の違い)を確認できる。

○消光と消光角

上下ニコルで観察したときに、暗黒になる状態を消光という。結晶の形態に着目し、結晶の長軸方向(C軸)が上下ニコルの光の振動方向に一致しときに消光することを直消光、一致しないときに消光することを、斜消光という。

○干渉色

上下ニコルで観察したとき、2つの光の速さの違いによって位相差が生じその光の干渉によって種々の色を呈する。干渉色は、複屈折(2つの光の屈折率の差)の大きさと光の通過する距離(鉱物の厚さ)によって異なる。

4 植物の同化ア・ラ・カルトー植物の色と光一

場所

札幌校研究棟1階・生物学生実験室

募集人数

中・高校生20名

指導担当

生物分野学生(3年次)ならびに新井博仁(北海道石狩翔陽高等学校)・並川寛司

講座の概要

本講座は、植物の最も基本的な代謝機能である光合成の仕組みを、植物に含まれる色素の役割に

注目して体験的に学ぶプログラムである。本学学生の指導により、生徒たち自身が実験操作を行い、植物に含まれている色素の違いと植物体の色との関係、さらに海に生活する藻類の生態との関連について考えてみる。植物の色と光について実験しながら体験的に学ぶことで、生物学の面白さや生物の多様性を知ってもらうことが本講座のねらいである。

試薬・材料・実験器具

▶講座全体

◇コンピュータ・液晶プロジェクタ・スクリーン

▶光合成色素の抽出と薄層クロマトグラフィー

◇石油エーテル・アセトン・粉末シリカゲル・ジエチルエーテル・パストールピペット・乳鉢・乳棒・TLCシート*・蓋つき試験管・試験管立て

*板に薄いシリカゲルの粉末を塗りつけたものの、シリカゲルはいろいろな物質を吸着しやすい物質なので、このプレートの上に生物の抽出液を滴下すると、抽出液中の物質がシリカゲルに吸着する。

◇シロツメクサの葉(緑色植物)、褐藻類(市販のワカメ)、紅藻類(市販の海苔)

▶簡易分光器の作成

◇カッター・下敷き・セロテープ・方眼紙(型紙)・定規・ゴム管・スポンジ・ホログラフィーフィルム(1cm×1cm)・白熱灯

▶事前の準備

◇当日の朝(実験を行う約3時間前)、石油エーテルとアセトンを6.5:3.5の割合に混ぜ(展開液)、蓋つき試験管の底から10mmくらいの深さまでこの液を入れ、蓋をしっかりと閉じておく。

◇TLCシートを100×10mmに切断し、切断したものの下端から20mmのところ、鉛筆で薄く横に線を引いておく。

◇簡易分光器を受講者分作成しておく。

講座内容

導入：光合成とは何か（10分）

- (1) 指導担当学生が、光合成の過程について中学生に理解できるレベルで説明する。その際、太陽光が様々な色（波長）の光からできていることに気づかせる。

光合成色素を溶かしだしてみよう（60分）

- (2) 指導担当学生が実験の手順を説明し、生徒が光合成色素の抽出、TLCシートへの色素の吸着などの実験を行う。

- シロツメクサの葉0.6gを粉末シリカゲル1.5gとともに乳鉢に入れ、乳棒で葉の形がなくなるまですりつぶす。

- できた粉末0.4gをガラス瓶に入れて、ジエチルエーテル※1ml（足りない場合はさらに1ml）を加えて蓋をし、10回くらい強く振る。

※ジエチルエーテルは有害なのでドラフト内で操作すること。

- ガラス瓶の中の上部に緑色の層（抽出液）が分離したら（図8左参照）、パストゥールピペットで抽出液を吸い込み、その先を上で準備したTLCシートに引いた線の中央（原点と呼ぶ）に押しつけ、TLCシートに抽出液をしみ込ませる。この時できるスポットは、直径が4mm以下になるようにする（ピペットで吸いすぎないようにする）。スポットが乾いたら同じ操作を5回から10回繰り返す（図8右参照）。

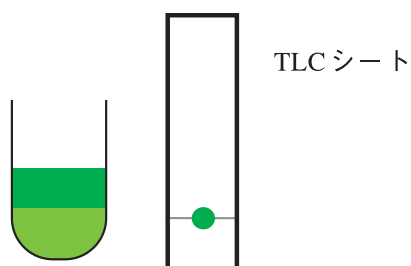


図8 抽出液とTLCシートへのスポット

- TLCシートを上準備した蓋つき試験管の中にゆっくりと入れ、しっかり蓋をして色素を分離する。約15から20分で展開液が



写真10 TLCシート上の色素の展開

TLCシートの上端までしみ上がるので、すぐに取り出し、透明なシールを上から貼った後、各色素の最も濃くなっている部分にサインペンなどで印をつける。

- 同様の操作を、ワカメ（褐藻類）やノリ（紅藻類）で繰り返す。

- 原点から各色素中央までの長さをはかり、用意していたデータシートに書き込み、展開液がしみ上がった長さで割って、各色素のRf値※を求める。

※Rf値＝ある物質（色）の移動した距離 ÷ 展開溶媒の移動した距離（ここでは80mm）。

- 色素によってしみ上がっていく長さが違うことの原因（薄層クロマトグラフィーの原理）を分かりやすく説明する。

- 求められたRf値と資料から、3つの植物で抽出された色素は、シロツメクサ（緑色植物）ではクロロフィルaとb、褐藻類（ワカメ）ではクロロフィルa、c、キサントフィル、紅藻類（海苔）ではクロロフィルa、フィコビルリンであることを確認する。

光合成色素の吸収スペクトルの観察（30分）

- (3) 指導担当学生が実験の手順を説明し、予め作成していた簡易分光器で、3種類の植物から抽出した色素の吸収スペクトルを観察する。以下の方法は高桑（2001）によって提案されたものである¹⁰⁾。

- シロツメクサの葉0.6gをカミソリで細か

くきざんだ後、粉末シリカゲルを1.5gとともに乳鉢に入れ、乳棒で葉の形がなくなるまですりつぶす。できた粉末0.2gをガラス瓶に入れて4mlのジエチルエーテルを加えてよく振る。この操作はすばやく行うこと。

- 試験管の上部に緑色の層（抽出液）が分離したら、パストゥールピペットを用いて静かに抽出液を2ml吸い取り、試験管に入れる。
- 抽出液を入れた試験管に水4mlを加える。下層が透明な水、上層が緑色の抽出液となる。
- 試験管を簡易分光器に立て、光源から光を当てて（白熱灯）スペクトルを観察する（図9参照）。

※水の層と抽出液の層を通ったスペクトル比較して観察するので、2つの層の境目がスペクトルの幅の中央くらいになるように液量を調整する。

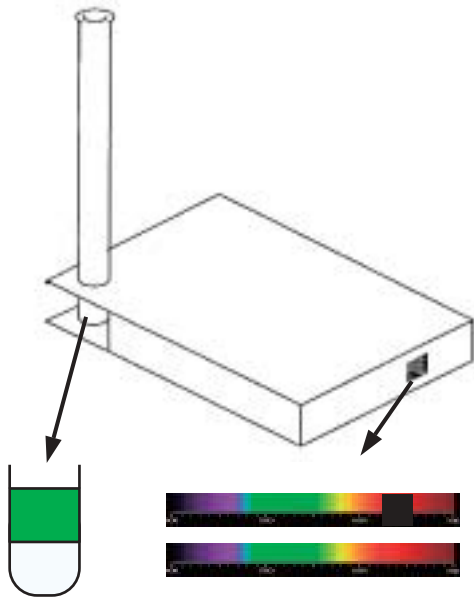


図9 簡易分光器とスペクトルの観察例。シロツメクサ（緑色植物）の抽出液である緑色の部分を通ってきた光のスペクトルを見ると、赤い部分の光が吸収されて黒くなっていることが分かる。

まとめ—海藻の色と生態—（20分）

- (4) 指導学生が実験結果から分かったそれぞれの植物の持つ色素とそれが吸収する光の色、そしてこれら植物が分布する場所（生態）について、中学生に分かりやすく説明する。
- シロツメクサや緑藻植物はクロロフィル a, b を持ち、赤と紫色の光を吸収している。
 - 褐藻植物（コンブ・ワカメ）はクロロフィル a, c, キサントフィルをもち、青～緑色の光を吸収している。
 - 紅藻植物（海苔）は、クロロフィル a とフィコピリンを持ち、青～緑色の光を吸収している。
 - 緑藻植物は海の浅いところに生育するが、褐藻植物や紅藻植物は緑藻植物よりも深いところに生育する。
 - 海の浅いところには赤い光が多い。しかし、海水（赤い色の光を吸収）や海水中に浮かぶ粒子（紫の光を吸収）のために、深いところに届く光は青色や緑色の光である。
 - これらの説明をスライド使って行った後、生徒に褐藻植物や紅藻植物がなぜ海の深いところに分布しているのか考えさせる。
- (5) 講座全体のまとめを行う。

実践を通しての成果と課題

以上、開発したプログラムの一例について述べた。土曜講座全体の受講者数は、2002年度は122名、2003年度は118名、2004年度は83名であった。さらに、同伴した父兄や教員も講座と一緒に参加した講座もあった。

プロジェクトの目的の一点目、「教職を志す学生が児童・生徒の実態を理解する」については、本講座の講師として参加した学生による指導体験報告の記述¹¹⁾から検討する。学生からは、

- どの子も土壌生物と地球環境とのかかわりについて、私達大学生以上にするどい視点を持ち、深く理解していることに驚かされました。

- 現在、小学生でもメディアから多くの知識が得られる。しかし、それは一種の仮想現実のようなものであって、自分自身の体験により習得したものではない。土曜講座は、この子供たちが習得している情報を体験に変え、子供に立体的な知識を持たせることができるのではないかと感じられた。

といった感想が示され、このプロジェクトの目的の第一点目について肯定的反応がうかがえた。

プロジェクトの目的の二点目、「学校5日制のもと、児童・生徒が充実した週末を過ごす場を提供するとともに、科学に対する興味を喚起する」については、2002年度の講座に参加した全受講者（122名）に対してのアンケート結果¹¹⁾から検討する。アンケートの「今日の講座は楽しかったですか」という質問については、72%が「大変楽しかった」、26%が「楽しかった」と答えている。また、「今日の講座を受けて理科が好きになりましたか」という質問項目には、52%が「前から好きだったが、さらに好きになった」、23%が「前はあまり好きではなかったが、好きになった」と回答している。これらアンケート結果から、第二の目的もほぼ達成されたと考えている。また、小学生の時に土曜講座を受講した子供が、中学生になってからも講座に積極的に参加し続ける例もあり、理科が好きなお子が増えたとレベルの高い内容を学びたいという欲求に答える役割もある程度果たしていると考えられる。

プロジェクトの目的の三点目、「大学教員と学生が講座のための教材研究を通じ、大学で学ぶ専門的な内容を、小中学校の教科内容と関連づけて学ぶ機会とする」についても、例えば次に示す学生による指導体験報告の記述¹¹⁾、

- 私も、理科を専攻するものとして、自らの好奇心や探究心を大切に、学ぶことに積極的にならねばならない、そうなりたい、と学ばされました。
- 私は、その二つの講座に、子供への指導という形で参加した。火山灰も化石も私には人に教えるほどの知識はなく、まったくの素人で

あった。事前に勉強の機会があり、そこで知識を得ようと必死になったが、それでもまだ不安が残った。……案の定、理科好きの子供たちから、難しい質問を沢山受けた。私が答えたことと言えば、「あのお兄さんに聞いてごらん」など、答えてくれそうな先生や先輩を紹介することくらいだった。子供と一緒に質問にいき、一緒に学んだ。

に見られるように、何れの学生も教材研究を通して子供たちへ知識を伝える時に必要な専門知識の重要性に気づき、その難しさを記している。これは、我々教科専門の教員が学生に伝えたかったことであるとともに、教員養成に責任を持つ北海道教育大学として軽視してはならないことであると考える。

我々は、3年間このプロジェクトを続けてきたが、それは地域の学校の協力によるところが大きい。また、年間を通して講座を開催するための我々の事務量は少なくない。普段の教育研究を行ないながら継続的にこの講座を行っていくには、いたずらに規模拡大を図るのではなく、今まで築き上げた地域や学校との協力関係を基に地道に講座を続けて行く必要がある。また、小学生向けの講座に比べて中学生向けの講座の参加人数が少ないという課題もある。中学生向けの講座に受講者をさらに集める工夫を考えるとともに、小学生向けのプログラムの充実も考える必要があると思われる。

参考文献と注

- 1) 今後の国立の教員養成系大学学部の在り方について
- 国立の教員養成系大学学部の在り方に関する懇談会
- (報告)
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/koutou/005/toushin/011101.htm
- 2) 国際数学・理科教育動向調査の2003年調査 (TIMSS2003, 国際教育到達度評価学会 (IEA)) 国際調査結果報告 (速報), 国立教育政策研究所, 10 (2004)
- 3) 曾根興三, 若林文高, 化学と教育 46, 182 (1998)
- 4) ホログラフィーフィルムは「ホロオーロラ」という商品名で東急ハンズなどで購入できる。

- 5) 田口 哲, 渡辺 勤, 化学と教育, 50, 329 (2002)
- 6) 化学実験事典, 赤堀, 木村監修, 講談社, 664 (1989)
: 合成染料の化学, 小西, 黒木, 槇書店, 162 (1992)
- 7) 染色概説, 矢部, 林, 光生館, 20, 142 (1985) : 染色, 近藤監修, 東京電気大学出版局, 98 (1988)
- 8) 黒田 吉益・諏訪 兼位, 偏光顕微鏡と岩石鉱物 [第2版], 158 (1983)
- 9) 地学団体研究会, 新版 火山灰分析の手びき, 56 (2001)
- 10) 高桑 純, 吸収スペクトル観察のための簡易分光器. 北海道理科教育センター研究紀要, 13, 42-45 (2001)
- 11) 2002年度教育研究改革・改善プロジェクト報告書 拓北・あいの里地区地域連携事業「土曜講座」, 北海道教育大学札幌校「土曜講座」企画委員会, 10-21 (2003)

(田口 哲: 札幌校助教授)

(並川 寛司: 札幌校助教授)

(岡村 聡: 札幌校教授)

(森田みゆき: 札幌校教授)