

小・中学生のための理科教育実践研究

— 実験教室「紅葉の秘密」を通して —

照井啓介^{*1}・武井隆明^{*1}・菊地洋一^{*1}・伊藤康夫^{*2}・黒田聡美^{*1}
高橋 治^{*3}・中村悟史^{*4}・村上 祐^{*1}

(2000年11月9日 受理)

Keisuke TERUI, Takaaki TAKEI, Yoichi KIKUCHI, Yasuo ITO, Satomi KURODA,
Osamu TAKAHASHI, Satoshi NAKAMURA and Tasuku MURAKAMI

A Research on the Teaching of Natural Science for School Children
and Junior High School Students

— Through the Practice of an Experimental Class 'Mystery in Turning-red' —

はじめに

日本の教育界・産業界等で「若者の理科離れ」が言われて久しい。¹⁻³⁾ この間、自然科学系各学会では、小・中・高の学校教育現場における理科教育の在り方や理科教員の養成問題などに多くの警告ないしは提言がなされてきた。^{4,5)} 最近でも、雑誌「科学」は「なぜ、(自然科学を)学ぶのか」を2号にわたって特集し、日本の教育行政で何が問題か、「理科離れ」にどう立ち向かうかなどを論じているほか、世界の教育水準からみた日本の科学教育のあるべき姿を提言している。⁶⁾ また、総理大臣諮問機関「科学技術会議」も、1994(平成6)年12月に「科学技術系人材の確保に関する基本指針について」を答申している。この中で、「我が国にとって次代の科学技術を担う人材の確保に努めることが急務」、「若者の科学技術に対する興味や関心を育んでいくことが大切」との観点に立ち、「小・中・高校における探求活動や実践活動を重視した理科教育等の充実」、「大学・高専における理工系教育の魅力向上」などについて関係機関の積極的な取り組みを求めている。その方策として「科学技術を身近にとらえ考えるための多様な機会の提供」および「学校教育における創造的探求心の育成」を挙げ、具体的には「自然とふれあう機会の重視(自然は生きた理科教室であり、良き教師)」、「家庭への期待(科学技術についての親子の語らいのた

*1 岩手大学教育学部理科教育

*2 遠野高校 教諭(現職院生)

*3 岩手大学教育学部附属中学校 教諭

*4 区界高原少年自然の家 指導主事(現緑が丘小学校 教諭)

めに)」、「探求活動や実践活動の重視(知識偏重型の教育の克服と主体的な学習活動の重視)」および「自然や科学技術にふれる機会の拡大(百聞は一見に如かず)」などを提言している。一方では、生涯学習審議会も答申「生活体験・自然体験が日本の子どもの心をはぐくむ『青少年の[生きる力]をはぐくむ地域社会の環境の充実方策について』」(1999年4月中間まとめ, 6月答申)において、子どもたちを心豊かに育てていく環境整備の一環を大学などの高等教育機関が担うことを求めている。おそらくこれらを受けた形で、文部省は1999年度から「大学等有する教育機能や施設を広く地域社会に開放し、地域の子どもの多彩な活動を体験できる機会を提供する」ことを目的として、「大学等地域開放特別事業(大学子ども開放プラン)」を立ち上げた。

言うまでもなく、初等教育における理科教育は「自然に親しみ、自然現象に関心をもつ」ことから始まる。小・中学生の「理科離れ」に対処する第一歩は、単に理科の知識のみを与えるのではなく、まず子どもたちのすぐ身の回りの自然現象・科学的事物に興味を持たせること、それがどうして起こるのか考えさせ探究する心を育てることである。小学校の学習指導要領にも、理科の教育目標として「自然に親しみ、見通しをもって観察、実験を行い、問題解決の能力と自然を愛する心情を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を図り、科学的な見方や考え方を養う。」と述べられている。中学校理科における教育目標もほぼ同様に表現されている。

以上のような観点から、今回、著者らが中心となって上記「大学等地域開放特別事業」に参画し、最も身近な自然現象のひとつである「紅葉」をテーマとして実験教室「紅葉の秘密」を実施した。本報告は、この実験教室「紅葉の秘密」を総括するとともに、大学がこのような形で小・中学生向けの理科教育を進める上での「生きた教訓」を得ることを目的として、今回参加した小・中学生、保護者および実験補助学生・院生からのアンケートを解析したものである。

1. 実施体制

この事業は、岩手大学教育学部理科教育講座の主催として、生物および化学の有志教員を中心に計画した。しかし、主対象が小・中学生であることから、附属小学校および附属中学校を主催者に加え、その理科教員の協力を得ることとした。また、県教育委員会および市教育委員会を通して県内の教育関連施設にも協力を呼びかけた。その結果、県立総合教育センター(花巻)と区界高原少年自然の家からも協力を得ることができ、それぞれ教員を派遣していただいた。このようなスタッフで、事業内容および実験内容の検討を進め、実験の手引き書を作成した。また実施期日については、「紅葉」というテーマおよび盛岡の気候を考慮して10月末とした(実施日は1999年10月23日(土))。一方、小・中学生に安全に実験してもらうために、教育実習経験を積んだ生物教室と化学教室所属の4年次学生および大学院生に補助指導員として協力してもらった。これは、似たような企画で、参加者が気楽に話し合える学生を配置したことが好結果を生んだという経験にも基づいている。⁷⁾ この事業の宣伝および参加者募集のために、カラーポスター(A3大)とカラーパンフレット(A4大)を作成し、市教育委員会を通して市内の全小・中学校に配布した。また、子供科学館および少年自然の家にもパンフレットをおいて来訪者へ知らせることとし

た。これとは別に、市民情報誌にも掲載した。

2. 実験とアンケート

2. 1 実験課題と目的

今回は、「秋になるとなぜ葉は赤くなったり、黄色になったりするのだろうか。そんな紅葉の秘密を実験で確かめてみよう。」という趣旨で、実験教室「紅葉の秘密」を企画・実施した。日本は四季の移り変わりがはっきりしていると言われる。なかでも、紅葉する木の葉の春から秋までの色の変化はそれを象徴するものである。日本には「紅葉の名所」があちこちにあり、見ごろになるとテレビで放映されることが多い。しかも、「紅葉」という現象は家の庭でもよく見られる。したがって、この身近にある自然現象を初等・中等教育における理科教育の中に位置づけることは、おおいに意義あることと思われる。また、視覚は五感のなかでも最も使いやすい感覚であり、鮮やかな色変化を伴う「紅葉」は「なぜだろう」という注意・関心を喚起しやすい格好の教材といえる。

実験の内容や程度を設定するに当たってまず考慮する必要があるのは、参加者が小学1年生から中学2年生までの児童・生徒、および保護者（特に小学校低学年生の父母、引率の教員）まで非常に広い年齢層にわたっていることである。この文部省の事業の対象は小・中学生とその保護者である。上記「科学技術会議」答申中に述べられているように、「科学技術を身近にとらえ考えるための多様な機会の提供」の具体的方策として、「自然とふれあう機会の重視」と並んで「家庭への期待（科学技術についての親子の語らいのために）」が挙げられていることを受けたものであろう。実際の参加者は5年生を中心に小学校高学年生が多数であったので、そこに焦点を当て、小学4～6年生で理解できる内容・程度を目指した。また小学校低学年でも操作でき興味が持てるような作業を加えるとともに、実験操作をイラストで示した。一方で、中学生向けの説明をも随所に入れるよう試みた。詳細な実験内容・操作については、末尾に添付した参考資料（当日配布した実験説明書）を参照されたい。

一連の作業・実験操作および目的の概略は次の通りである。

- (1) 大学構内でいろいろな色の葉を集める。

実験に使う材料を自分たちの手で集めてくることで、今回のテーマをより身近な問題としてとらえ感じることができる。

- (2) 赤、青、黄色の絵の具を使って、各自が集めてきた葉の色を再現させる。

葉にはいろいろな色素がそれぞれ違った混合比で混じっている。3原色（赤、青、黄色）の絵の具を使って実際の葉の色を再現することで、緑色、黄色および赤色の葉の色がこれらの色の混じったものであることを予想させ、混ぜ具合で微妙に色に変化することを気づかせる。

- (3) 葉をすりつぶし、葉の色のもと（色素）を取り出す（抽出）。

- (4) 抽出した色素を分ける（クロマトグラフィー）。

操作の(3)と(4)で葉のなかに混じって存在している色素を取り出し、分ける。この操作により、(2)で予想したことが実際に確かめられ、葉にはいろいろな色素が含まれていること、および色の異なる葉にはそれらの色素が異なる割合で含まれていることがわかる。ここま

で、緑色だった葉が赤や黄色に紅葉するのは、含まれている色素の量に変化するからであるということが理解できるはずである。

(5) 赤い色素の化学変化を調べる。

赤く紅葉する葉の色のもととなる赤い色素は、初めから葉のなかにあるのではなく、秋になってから葉のなかで合成されるものである。その化学変化を調べる操作で、赤い色素の性質について理解を深めてもらうことを目的とした。

2. 2 実施要領

当日のタイムスケジュールは次の通りであった。

- ・午前10時開会

- ・学部長挨拶

- ・最初の説明 (20分)

実験の目的や概要を説明した後、木の葉を集めるときの注意をした。

- ・葉っぱの収集 (30分)

補助指導員の引率のもとで、教育学部2号館周辺～自然観察園付近で各グループごとに、紅葉していない緑の葉、紅葉している赤および黄色の葉を集めてきた。

- ・操作(2) (30分)

集めてきた葉を色ごとに並べ、絵の具を混ぜ合わせてできるだけ葉の色に近い色を再現した。

- ・昼食休憩 (1時間)

- ・操作(3)～(5) (2時間30分)

操作ごとに一定の時間を開けて説明し、それにしたがって実験を進めた。ただし、進行の速いグループと遅いグループがあったので、補助指導員の指示のもとで臨機応変に対応した。また、2時間30分という長時間の実験中には休憩が必要であるが、進行に差があるので各グループごとに休憩することとした。

- ・まとめの説明 (30分)

葉の色の原因、および紅葉する仕組みを解説したカラーコピーを参加者に1枚ずつ配布し、OHPで説明した。また、落葉する仕組みを、顕微鏡にCCDカメラを接続し投影した葉柄の断面像を併用して説明した。

- ・アンケート記入 (30分)

最後にアンケートに記入させた。アンケートに記入させることで実験内容を思い出してもらうとともに、自分たちの理解の程度を再確認させることができる。

- ・午後4時終了

2. 3 参加者とアンケート

この事業への当初の応募者は盛岡市内の小学生21名、中学生8名、保護者12名（父母10名、引率教員2名）であったが、当日中学生3名が欠席した。参加した生徒の学年別は、小学生の1年1名、2年2名、3年2名、4年4名、5年9名、6年3名、および中学生の1年2名、2年3名であった。アンケート調査は、これらの参加者全員にお願いした。なお、生徒用と保護者用ではアンケート項目が少し異なる。また、各グループごとに張り

付けた指導補助学生・院生(計12名)にも、指導した観点からのアンケートをお願いした。前回の経験⁷⁾から、アンケート記入のための時間を長め(30分)に取ったので、自由記述の項目にもよく答えていた。

3. アンケートの結果

3.1 小・中学生(26名)

(1) 理科が好きかどうか、その理由。

①大好き 14名、②少し好き 12名、③少し嫌い④嫌いは 0名。

小・中学生全員が好きと答えた。

その理由の大半は、「実験が楽しい」「実験が好き」であった。

(2) 参加した理由(複数回答可)。

①「紅葉の秘密」を調べてみたかった 17名、②大学に興味があった、大学で実験をしたかった 8名、③お父さん、お母さんにすすめられた 5名、④先生にすすめられた 6名。⑤友達に誘われた 1名。

中学生に、②と④を挙げた生徒が多かった。

(3) 実験を理解したか。

①よくわかった 17名、②だいたいわかった 6名、③少しわかった 3名、④あまりわからなかった 0名。小学低学年に②と③が多かった。

実験が楽しかったか。

①とても楽しかった 24名、②まあまあ楽しかった 2名、③あまり楽しくなかった④つまらなかったは 0名。

(4) 紅葉の秘密を理解したか。

①よくわかった 13名、②だいたいわかった 9名、③少しわかった 1名、④あまりわからなかった 3名。

小学1～3年生は全員②と④で、その他にも②を挙げた生徒が多少いた。

(5) 他に調べたいこと。

花について 3名、電気はなぜ起こるか 3名、雪について 2名、針葉樹はなぜ紅葉、落葉しないのか 2名など。

(6) 感想および意見

上記(3)および(4)の質問に対する答えと符合して、「楽しかった、おもしろかった、良くわかった」という感想が多かった。また「また参加したい、別の実験をしてみたい。」と書いた生徒は6名いた。

その他では

- ・とてもわかりやすく、楽しく教えてもらいとてもいい一日でした。(小4)
- ・今日の勉強を一人勉強にまとめたり自由研究にまとめたい。(小5)
- ・今学校で森や林、森林のことを勉強しているのでとてもためになった。(小5)
- ・葉の色が落ちるなんてびっくりした。(小5)
- ・スタッフの人がいろいろ教えてくれてよかった。(小6)
- ・実験を交えて行なっていったのでよくわかった。(中2)

- ・今まで紅葉を見て楽しんでいただけで、紅葉するのは「寒いから」だけの理由だと思っていたが、今日は科学の面から見て、糖があると赤くなるということや、葉緑素が分解すると緑色がなくなってしまうということもよくわかった。実験も使ったことのない薬品を使って葉の色を取り出すなど、楽しいことも沢山ありました。自分でも葉について調べていきたいと思います。(中2)
- ・いつもはただ単にきれいだと思うだけだった紅葉でしたが、実は紅葉には様々な条件が重なってようやくできることが初めてわかりました。(中2)
- ・実験は中学校と違ってとてもレベルが高く本格的なものでした。でも進行はスムーズで、とても子どもにわかりやすいもので驚きました。(中2)
- ・色素を取り出す実験で、葉の水分とともに色も吸い出す方法を知ることができました。この方法をほかにも役立てたいと思います。(中2)
- ・色を分ける実験がはやく終わったので、水性ペン、葉の色に近い絵の具なども試してみたところ、きれいに分かれました。この方法ではいつも同じ色が上まであがるのはなぜだろうという疑問を持ちました。(中2)

3. 2 保護者 (12名)

(1) 子供の教育上「理科」に期待すること。

- ・自然の仕組み・力・不思議さを知ってほしい。 5名
- ・自分で考え調べる、思考力・探究心の育成に必要。 5名

これ以外では「自分の体に悪影響を及ぼすようなもの(遺伝子組み替え食品、放射線、添加物等)にきちんとした知識を年代に応じて持つてほしい。」が1名。

(2) 今回のテーマ「紅葉」について。

- ・季節・時期的に良く合っていた。 6名
- ・身近な題材で良かった。 5名
- ・面白かった、楽しかった。 4名。

具体的には

- ・身近な不思議を題材として、色の変化がなぜ起こるのかを実験を通して学習でき、自然科学への興味が高まる大変良いテーマでした。
- ・葉を集めるところからスタートし、赤、黄、緑の葉に色素が含まれていること、絵の具で彩色するときと同じように赤であっても、黄が含まれていることなど、色で確かめられる実験はわかりやすかった。
- ・子供なりに紅くなる葉、黄色になる葉等に興味を持ちどんな実験をするのか楽しみにしていました。親も知らないことがわかって楽しかった。
- ・いつも何気なく見ている紅葉の別の一面を楽しみました。
- ・おもしろかった。四季のなかで紅葉はいつも身近にあったのに、なぜということあまり感じずに過ぎていたことでしたので。

(3) 他に取り上げてほしい題材。

環境問題 2名、雪および窓にできる氷の結晶 2名、身近な水について、ミクロの世界、化石による地質学習、落葉樹と針葉樹、水中の微生物 各1名。

(4) 感想、意見、要望等。

- ・葉っぱの色がこんなに微妙なのだと改めて考えさせられました。
- ・とても短く感じた数時間でした。実験の面白いところだけやらせていただき、娘も理科の実験好きになったようです。
- ・子供たちと一緒に実験を楽しめたことは、とてもよかったと思います。なぜ葉が赤くなるのか、糖の移動ができなくなったから・・・というのがよくわかりました。
- ・子供と親が一緒になって、協力しあい成果を確認できる企画としてよいと思う。
- ・スタッフの皆さんが大変親切で感謝します。小・中学生の学習意欲を高める大変良い企画と思います。
- ・参加した子は、「ああ、面白かった、みんなも来ればよかったのに、来年もやるなら来よう」と満足感、成就感をもてたことがよかった。大学生の方々、スタッフの方々と実験を通してふれ合えたことも大変いい経験になりました。できれば、学生さんたちのボランティア実験教室が学校で開けたら・・・と夢を持ちました。(小学校教員)
- ・時間的に長いと思っていたが、このくらいの時間は必要なですね。難しそうだと少々緊張していたが、準備をよくしていただいて、学生さんにも手際良くおしえていただいて、楽しく終えることができました。
- ・とても楽しく勉強になりましたので今後もこのような企画を期待したい。できれば、小学高学年と低学年に分けて理解しやすくしていただければ、もう少し詳しいお話しも聞けたのかもしれない。
- ・とても丁寧に教えていただきました。子供が全体的にどれくらい理解できたか楽しみです。実験は積極的に自分から行なっていましたので後で詳しく復習しようと思いました。自由研究になるので、夏休みに行なってもらえばとてもうれしいのですが・・・。
- ・まだ小3ですので、内容についていけるか心配でしたが、とても楽しみにして参加しました。実験も先生方や学生さん皆さんのおかげで楽しかった。年に何回かあればうれしい。

3. 3 指導補助学生・院生 (12名)

(1) 実験指導上、良かった点、難しかった点。

- ・親と子とどちらに対して説明したらいいかわからなかった。少し難しい説明は、私→親→子という流れで、親が子供にやさしく説明してくれたので助かった。
- ・子ども2人(小5, 中1)と父親という班を担当したが、父親はあえて必要なかった気がする。親がいなければ兄弟でもっと積極的に協力し合ったのではないか。
- ・子どもの反応が小さくて、本当にわかっているのか判断しにくかった。
- ・2つの家族を担当したので、遅れている方へ掛かり切りになってしまった。
- ・クロマトろ紙にキャピラリーで色素をつけるのが子どもには難しかった。
- ・使ったことのない器具に多少戸惑っていたが、説明して使わせてみると、面白そうに取り組んでいた。
- ・最初の葉をすりつぶすところでは、子どもではちょっと無理で、結局親が全部すりつぶして大変そうだった。
- ・赤い色素にNaOHを加えたとき緑色になって、熱するとその色が消えた理由を説明するのが難しかった。

- ・手際が良く、実験もうまくいった。(3人)
 - ・保護者が本気になってしまったためか、速く全部終わってしまい、時間が余った。
 - ・葉っぱの収集時間(30分)は短かったかもしれない。楽しそうに集めている子どもたちをどこでやめさせるか難しかった。
 - ・大学構内での葉っぱ集めの最中、その他のものに興味を引かれている感があったので、その時間を長くしてはと思った。
- (2) 参加者の反応など。
- ・どうしてこうなるのという質問ではなく、実験の仕方についての質問ばかりだった。
 - ・小1の女子は実験内容は理解していないものの、実験を楽しんでいるようだった。
 - ・子供たち(小4, 6)にあまり驚きや喜びが感じられず残念だった。子供より親の方が真剣になっていたようだ。
 - ・色素がクロマトで分かれたという現象を喜んでいた。
 - ・最後の実験で、青くなることにみんな驚いていた。
 - ・子どもらしい好奇心で何でも興味を持って取り組んでいた。(小2)
 - ・最後の赤色の葉の実験では、どうして色が変わるのかと言うことに興味を示していた。
 - ・母親は、何でも子どもたち(小2, 5)にやらせて見るという態度で臨んでいたらしい。
 - ・保護者も熱心に取り組んでいた。(3人)
 - ・クロマトの実験で、色素をはっきりと観察することができて、すごいという驚きを示していた。
- (3) 今回の企画についての意見、感想など。
- ・ある程度は知識がないと課題を追究できず、面白くないのでは。
 - ・小学生に対してはわかりやすい助言が多数必要。
 - ・結構手際が良かったので、もう少し課題があってもよかったのでは。(小5, 中1担当)
 - ・器具、薬品、会場設営、実験書についてはかなり良かった。
 - ・時間が余ったので、所々に遊びの時間を入れても良かったのでは。(小5担当)
 - ・小・中学生対象なら、教育実習を終えた4年、院生の企画で行っても良かったと思う。大学の先生からは技術支援をお願いし、現場の先生からは意見をいただいて。
 - ・実験のそれぞれの現象は鮮明に記憶に残るだろう。しかし、3つの実験の流れや、実験そのものの中身はわからないのではないか。紅葉の秘密が果たしてわかったのか、疑問である。
 - ・広く世間一般の人に対して実験教室という名目で大学開放をするのであれば、今回のテーマはいささか専門的だったのではないか。
 - ・企画は現場の先生方、専門的な知識やアドバイスの提供は大学の先生方、という役割分担の方が面白いものができるのではないか。
 - ・スタッフの中に小・中学校の先生がいらしたのだから、実験内容などについても小・中学校の先生方を中心に考えていけばよかったのではないか。
 - ・葉には様々な色素が含まれているということを実験を通して知るという内容は、大変興味を引く企画だったと思うが、一つ一つの実験がどういう意味を持っているかについては、自分自身もっと勉強してわかりやすく説明する必要があったかもしれない。

- ・内容が小学生にとって難しくなかったかどうか。
 - ・小学生には少し難しいのではないか。特に、実験書の解説が不親切だと感じた。
- (4) 指導補助員として参加したことへの感想など。
- ・親子に教えるという経験は滅多にできないので、非常に自分にとってはプラスになった。
 - ・教育実習では見られない面を見れたと思う。小・中学校で、もっと自然科学に触れられる場をつくるべきと思った。
 - ・実験をする当事者ではなく、教える立場でもなく微妙な存在だったので、迷う場面もあった。しかし、勉強になってよかった。
 - ・一応教育学部生として教育実習などで教えることの難しさや楽しさを経験しているので、今回の企画はとても考えさせられたし、自分の糧にもなった。
 - ・小学生を相手に実験の指導なんて、教育実習以来で楽しかった。また、自分なりに頑張れたのでよかった。
 - ・教育実習以来久しぶりに子どもたちと接し、緊張した。
 - ・楽しかった。子どもたちが楽しそうにしていたのでよかった。
 - ・今回初めて小学生と一緒に実験することができ、中学生とは違った楽しさや難しさを経験できました。大変だったけど、参加してよかった。

4. アンケートの解析と考察

4. 1 テーマについて

この実験教室に参加した理由として、小・中学生26名中17名が「紅葉の秘密を調べてみたかった」を挙げている。また、他に調べたいこととして「花について」、「電気はなぜ起こるか」や「雪・氷について」などに複数希望があった。このように、小・中学生はごく身近なことに興味関心があることが明白であり、今回のテーマがこのような子供たちの興味に合致していたと考えられる。

また、多くの保護者等には「季節、時期的によく合ったテーマであった」と好評であった。身の回りの題材のなかでも、季節感の強いものはその季節に学習することが、興味関心を引くため、および学習効果を上げるため、さらに有効であると考えられる。例えば、今回の参加者は、後日家のまわりの紅葉を見て、この実験教室および学習内容を思い出してくれるであろう。その繰り返しによって知識は子どもたちに定着されと考えられる。さらに、このような経験は、教室を離れた場面での「自然を見る目」を養うきっかけになる。時期をはずした学習では、その効果はあまり期待できない。

季節の変化は、本来我々のまわりの自然現象であり、しかも我々の生活感に密着している。したがって、季節を強く感じさせる教材は、学習者の興味関心を引く理科教育の教材として重要であると考えられる。今回のアンケート結果はこのことを支持している。今回取り上げた「紅葉」以外でも、季節感の強いテーマとして、例えば、初夏から初秋にかけての「花の（色、種類）について」、あるいは盛岡という地域性をも考慮した冬の「雪と氷（の結晶）」などが考えられる。

さらに、実験が楽しかったと答えた小・中学生が大半であったことから、簡単な実験を

主体とした今回の「実験教室」は評価されるべきテーマであったと思われる。一方、保護者からは、取り上げてもらいたいテーマとして「環境問題」が挙げられた。身近な問題には違いないが、いろいろな要因が複雑に絡み合っているということが、環境問題の本質でもある。これを小・中学生にわかりやすく、また簡単な実験で確かめられるようなテーマにすることは難しく、今後の研究課題としたい。

4. 2 実験内容が理解されたか

「実験がよくわかった」は小・中学生26名中17名であったが、小学校低学年には「大体わかった」、「少しわかった」が多かった。「実験が楽しかった」と答えたのは24名であることを考慮すると、実験をすることは楽しいが、内容的に小学校低学年には少し難しかったといえる。このことは、指導を補助してくれた学生・院性のアンケートにも明らかに現われている。2. 1で述べたように、今回は小学4～6年生の参加が多数を占めたので、彼らにわかる実験としたつもりである。アンケートを見る限り、この狙いは達成できたものと考えられる。それでも小学1年から中学2年までという、発達段階が大きく異なる子供たちを一度に指導する困難さを感じざるを得ない。ただし、絵の具を使った作業や色素の分離実験は、実際の葉っぱの色にはいろいろな色が混じっているということを小学校低学年にも理解させ得たのではないか。また、補助指導員のアンケートにあるように、学校で使ったことのない器具で初め戸惑っていても、説明をすれば興味を持って取り組むようである。

4. 3 「紅葉」の仕組みが理解されたか

今回のメインテーマである「紅葉の秘密」を、子供たちおよび保護者たちが理解したかどうかは重要な点である。小・中学生では半数だけが「よくわかった」と答えている。実験の最後に紅葉の仕組みを解説したカラープリントを配布し、それをOHPを併用して説明したにもかかわらず、「実験が楽しかった」と「実験がよくわかった」に比べてさらに少数になった。なかでも小学1～3年で「よくわかった」と答えたのは皆無であった。一方、保護者の方はおおむね理解しているようであった。

次の3つのことを理解してはじめて「紅葉の秘密」を理解したことになる。

- ①緑色の葉には葉緑素（クロロフィル）と黄色素のカロチン等が混在しているが、葉緑素の方が多いため緑色に見える。
- ②秋になり、葉緑素が分解して黄色素だけが残ると、黄色に変わる。
- ③赤色になる葉では、葉緑素が分解するとともに赤色素のアントシアニンが新しく合成される。しかもこの反応には糖の移動が関係している。

小学校低学年にこれらすべての理解を求めても無理なことで、アンケートの結果はこれを忠実に反映している。しかし、小学校高学年以上には、色素などの詳しい点はともかくとして、この仕組みはほぼ理解されたようである。したがって、当初の目的は十分達成されたものと考えられる。特に、中2ともなると、「よくわかった」というだけではなく、ここで行なった実験を「他にも応用してみたい」、「絵の具の色を分けてみて、新しい疑問が出てきた」など、これをきっかけとしてさらに探究する姿勢がみられた。

4. 4 今回の企画について

小・中学生から「楽しかった、面白かった」、「また参加したい、別の実験をしてみたい」という感想が多かったことから、今回の企画は「子どもたちのすぐ身の回りの自然現象に興味を持たせ、探求する心を育てる」のに適切であったと評価できる。保護者のアンケートからも好評だったことをうかがうことができ、さらに親子で参加することの意義をも認めている。ただし、親子で参加する場合、子どもの学年によって親の関わり方に注意する必要があることが、補助指導員から指摘されている。子どもが小学校高学年以上であれば、親は少し控えめに子どものすることをながめている態度が、子どもの自主性を育てるために望ましいであろう。

実験内容については、色に関係する部分（色素の分離、変色反応）に特に関心が集まっているようである。予想されたことではあるが、小・中学生に自然科学へ強く興味を持ってもらうために、あるいは実験に積極的に参加してもらうために、「色」を取り入れた実験が重要であるということを再認識できた。

不登校の生徒と一緒に参加した教師から「立场上、子どもに久しぶりに『授業』および『実験』を体験させることができ、よかった。」という感想が寄せられた。今回の実験教室が、その生徒の不登校にまつわる問題解決の何らかのきっかけになればと願うと同時に、教室外で行われるこのような企画がそのような生徒の興味を引き、気持ちを高めるのに役立つ可能性をもっていることを示唆している。

補助指導学生・院生の多くから、「小・中学校の先生あるいは実習を終えた学生・院生が主体となって企画した方が良かったのではないか。」という率直な意見が出されている。彼らには実際に児童・生徒に接して実験を指導してみて、「実験内容や紅葉の仕組みが児童・生徒によく理解してもらえなかったのではないか。」という思いがあるのであろう。そして、この原因が「小・中学生の現状をよく知らない大学教員が主体となって企画したこと」にあると考えているようである。実験の記述や説明に多少工夫を要する点があることは認めるにせよ、このような意見はこの企画の主旨・目的を理解していないことに起因すると考えられる。

今回の事業は大学開放事業の一環として企画されたもので、大学が主体として取り組むべきものであり、その目的は「地域の子どもたちが多彩な活動を体験できる機会を提供する」ことである。大学の設備を利用した学習そのものが小・中学生に刺激を与えることを目的としており、参加の動機として「大学に興味があった、大学で実験をしたかった」をあげた小・中学生の期待に応えるものである。また、この種の事業には、次のような効果も期待される。同じ教材で小・中学生に教えようとする場合、大学の教員と小・中学校の教員とでその教材の取り上げ方や発想が異なることが十分考えられる。その場合、大学教員の考え方が、小・中学生には新鮮に映る可能性がある。すなわち、小・中学校における普段の教育とは異なる今回のような特別な教育活動が、子どもたちの学習意欲をさらに向上させるのに役立つものと考えられる。

もちろん、大学が企画する場合においても、参加した小・中学生が楽しみながら一定の知識を習得し、達成感を持てるようなものにしなければならない。そのために、小・中学校の先生方の協力を求めることは自然であろう。今回の企画においても、1. で述べたように、準備段階から小・中学校の教員の協力を得て、実施計画および実験内容をつくって

きたのである。小・中学生および保護者のアンケートに見るとおり、今回の企画は大変好評であって目的を十分に果たしたと評価できる。

このような趣旨・目的を、学生・院生にもっと徹底させるべきであった。そうすれば、学生・院生の指導ぶりも若干違ったものになり、彼等自身新たな側面を見いだすことができたかもしれない。ただし、今回の彼らの指導が丁寧で評判が良かったことは、保護者等のアンケートから知ることができる。また、学生・院生から、教育実習および子どもの教育との関連で、自分自身この企画に参加してよかったという感想が多く寄せられている。教育学部教員が主体となって行うこのような企画における、大学生に対する別の意味での教育的役割を特に強調しておきたい。

おわりに

雑誌「科学」に掲載された「特集 なぜ、(自然科学を)学ぶのか」の中で、笠 耐氏は「教育学部や教員養成大学の教師に今必要なのは、諸外国における教育の実態をその背景となる社会の歴史や思想を研究して、それらを参考にし、学びながら、みずから地域の小学校から大学までの教師たちを支援する実質的な協力関係を確立して、地域社会における科学教育に貢献することではなかろうか。」と述べている。⁸⁾教育学部の教員にとって非常に耳の痛い話であるが、今回の企画は笠氏の趣旨に沿っていると言えないこともない。笠氏の意見にはいろいろな異論・反論があると思われるが、教育学部の教員は、小学校から大学(?)までの教師を支援し、地域の科学教育に貢献すべき役割を期待されているのは確かなことであろう。

上に述べてきたように、今回の実験教室「紅葉の秘密」は成功したといえることができる。また、今後の類似した企画のモデルケースともなりうる内容を多く含んでいると考えられる。それはそれとして、参加人数を考慮するならば、今回の企画で本当に文部省が意図する「地域の子どもたちが多彩な活動を体験できる機会」を提供できたといえるのであろうか。少数のごく限られた参加者には提供できたとしても、大多数の子どもたちには無縁なことにすぎない。地域の大多数の子どもたちを対象とするなら、四六時中このような事業を実施していかなければならない。現在教育学部教員に求められている「地域教育への貢献」はそのようなことなのか、それとも笠氏の言う「地域の小学校から大学までの教師たちを支援する実質的な協力関係を確立」することなのか。残された課題も多い。

謝 辞

この企画を進めるにあたり、なにかとご協力をいただいた高田伍郎教育学部研究支援係長と、実施計画から当日の指導までご協力いただいた加藤 良(教育学部附属小学校)および小野寺俊哉(県立総合教育センター)の両先生に深くお礼申し上げる。また、実験準備や実験指導にお手伝いいただいた教育学部理科生物・化学の4年生と院生諸君、およびアンケートに答えていただいた参加者すべての方々に感謝する。

文 献

- 1) 「科学技術白書」1993年版。
- 2) 「特集 理数離れする若者たち」, 日本の科学者, 30巻4号 (1995)。
- 3) 「特集 日本の技術の危機を考える」, 賃金と社会保障, No 1153 (1995)。
- 4) 「理科教育の再生を訴える」 日本物理学会, 応用物理学会, 日本物理教育学会 (3 会長連名), 1994年4月12日。
- 5) 「次世紀へ向けての化学教育の課題」 日本化学会会長, 1994年8月26日。
- 6) 「特集 なぜ, (自然科学を) 学ぶのか」, 科学, 70巻, No 10, 11 (2000)。
- 7) 伊勢國男, 武井隆明, 村上 祐, 「高校生を化学に引きつける実験の研究」, 岩手大学教育学部附属教育実践研究指導センター研究紀要, 2, 1 (1992)。
- 8) 笠 耐, 「世界は日本の物理教育をどうみているか」, 科学, 70巻, No 10, 839 (2000)。

資料（当日の説明書）

実験教室「紅葉の秘密」

～ 実験のすすめ方 ～

【1】この実験では、皆さんが大学の構内で拾い集めてきた木の葉を使います。
実験材料として下に出てあるものを各班で集めてきてほしいと思います。

緑色の葉 20枚くらい （同じ木のものがいいね！）

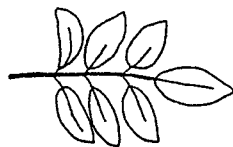
黄色の葉 20枚くらい （同じ木のものがいいね！）

赤色の葉 20枚くらい （同じ木のものがいいね！）

自分のお気に入りの木の葉も拾って来てください。

さあ、今からスタッフと一緒に 木の葉をひろいに行きましょう。
きれいな緑の葉が見つからないときはスタッフに相談して下さい。
きれいな色の葉を「拾って」集めることができれば、一番いいです。
枝を折らないように注意しましょう。葉に届かないときはスタッフにたのんで下さい。

《注意》ふれるとかぶれて、かゆくなったり
する木もあるので注意しよう。
人によっても違います。ウルシなどです。
心配なときは、一緒に行くスタッフに聞いてみて下さい。



ウルシの木の枝先の
葉の付きかたは、
だいたい上の図のよ
うな形になっています。
はだがふれないよう
に注意しましょう。

〔今日の約束〕

「紅葉」のときは「紅」と書きますが、葉の色のときは、「赤色の葉」と書きます。

【2】集めてきた葉をテーブルの上にならべてみましょう。
このとき、葉の色の似ているものを近くにおきましょう。

【3】ならべた葉の中から、緑、赤、黄色のできるだけきれいな色の葉を選びましょう。緑、赤、黄色の葉の色を絵の具で紙にかいてみましょう。葉ではなくその一番きれいな部分の色だけかきましょう。どの色の絵の具を混ぜたか、できた色の下に書いておきましょう。この紙はまたあとで使います。

実験 赤色の葉、黄色の葉、緑色の葉からそれぞれの色のもと(色素と言う)を取り出して調べてみよう

【注意】

薬品は、口に入れてはいけません。手や顔などの皮膚についたと思ったら、すぐに水で洗い流して下さい。また、必ずスタッフに話して下さい。

衣服に付いたときには、すぐに濡れたティッシュペーパーなどで拭くことをお勧めします。

【実験1】 葉の色素を取り出してみよう

それでは、まず赤い葉から始めましょう。

《色素のとり出し方》

- ①すり鉢に、赤色の木の葉を5枚ぐらい、ちぎって入れましょう。

●緑の葉や黄色い葉を混ぜないで！

- ②すり鉢に薬品Aを薬さじで5はい入れましょう。

- ③木の葉をすりこぎですりつぶします。

●葉も薬品も、なるべくこぼさないように！

- ④次に、薬品Bを駒込ピペットで10 ml とり、すり鉢に入れて、すりこぎで、かるく、ゆっくりとかき混ぜましょう。薬品Bは、もともと無色透明なので、色がついたら成功！



〔注意と説明〕

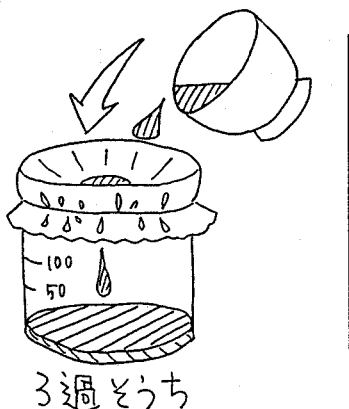
身の回りのさまざまな物には、色がついています。その色のもとになっているものを色素といいます。

薬品Aの正体は「無水硫酸ナトリウム」で、葉の中にあつた水を吸い取らせるために使います。

薬品Bはアセトンです。引火性があるので火気厳禁！
においのある蒸気が出ますが見えません。あまりすわないように！

- ⑤右図のような簡単なろ過装置でろ過して、液だけを集めましょう。ビーカーの「赤色の液」をシャーレに移しましょう。シャーレのふたに班の番号と「赤色の液」と書いたラベルをはってください。

この「赤色の液」はあとで使います。



次に、黄色と緑色の葉からも、色素を取り出しましょう。

材料の葉の色がちがうだけで、取り出し方は、赤色の木の葉と全部同じですが、まず、すり鉢を洗ってね！

【別の色の葉から色素を取り出すときは】

- ①すり鉢をよく洗って水をきり、水をふき取って乾かします。
- ②すりこぎは新しいものに変えてください。

それぞれの液の入ったシャーレに、班の番号と「黄色の液」と「緑色の液」のラベルをはりましょう。

【想像してみよう】 緑色の葉、黄色の葉、赤色の葉から取り出したものには、どんな色のものが入っているのでしょうか。絵の具の作業から想像してみましょう。 ここで、皆さんのなかの誰かに聞いてみますよ。

【実験2】 次に、赤色の液、緑色の液、黄色の液をクロマトグラフィーという方法で分けてみましょう。

①右図のように、細長い紙の端から 3 cm くらいのところに鉛筆で薄く線をひきます。同じものを 3 つ準備しましょう。

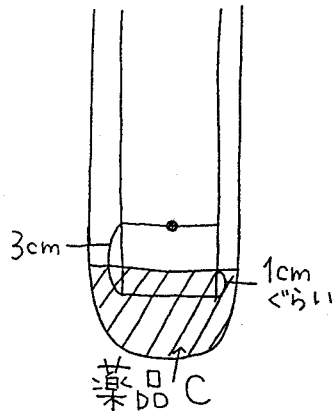
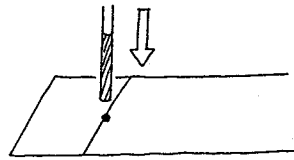
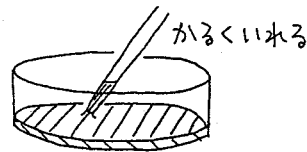
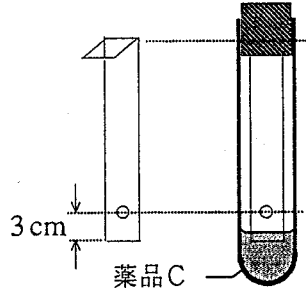
次からの作業も 3 つ分やりましょう。

②シャーレの中の「赤色の液」「緑色の液」「黄色の液」が乾いていたら、駒込ピペットで薬品 B を 1 ~ 2 ml たしてとかしみましょう。

③細いガラス管の端を抽出液に少し入れ、ろ紙の 3 cm の線の中央に垂直に、軽く触れるようにしましょう。色が濃くなるまで繰り返します。1 回ごとに乾かしましょう。

④ 3 本の太い試験管には薬品 C を入れてあります。「赤色の液」「緑色の液」「黄色の液」とラベルをつけて下さい。

⑤入れたときに、図のように、ろ紙の端を折って長さを調節して入れてください。入れたら動かさないようにして観察しましょう。



〔注意と説明〕

細いガラス管をキャピラリーともよぶ。

薬品 C はトルエンです。

吸い込みすぎると体によくないので、薬品 B のときと同じように、注意しましょう。

顔を遠ざけて作業しよう。

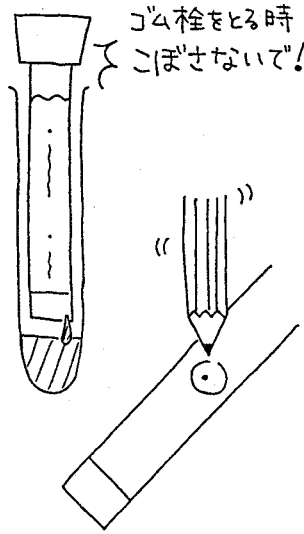
ゴム栓には切り込みが入っている。ここにろ紙をささむ。

薬品 C の入っていない、空の試験管に入れてみてもよい。

3 cm

⑥しばらくして薬品C（色素ではありません）が上の方にいったら、ゴム栓を取って、ろ紙をはずします。太い試験管にはゴム栓をつけてふたをしておきます。ろ紙を手に持って乾かし、JKワイプの上にならべましょう。

⑦ろ紙が乾燥したら、一つずつ色素の範囲を鉛筆で縁取り、何色か書きましょう。



この色は2、3日くらいで消えてしまいます。

【実験3】 赤色と緑色が混じった葉や赤色の葉から、赤い色素をたくさん取り出してみよう。

赤い色素の性質は、緑色や黄色の色素とはかなり違うので、薬品Dを使う方がたくさん取り出せます。

①赤色の葉を5枚くらい、ちぎって三角フラスコに入れます。

②薬品Dを入れ、軽くふって液を葉になじませる。

③そのまま置いておくと、葉から赤い色素がしみ出てきます。

④三角フラスコの赤色の液を、5 ml 駒込ピペットで細い試験管に取ります。

⑤今使った駒込ピペットを、水で軽くすすぎ、したたり落ちる水をきります。



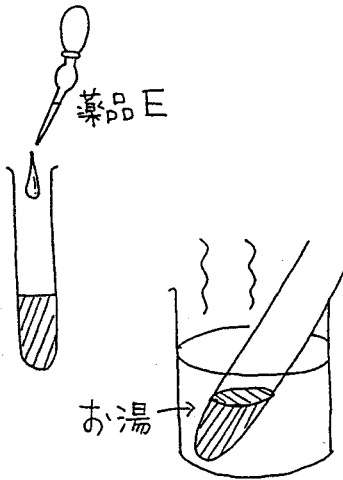
【注意と説明】

薬品Dは

1 mol/l 塩酸 1 ml
+ メタノール 25 ml
です。

⑥この駒込ピペットで、薬品Eを1 ml 試験管に加えましょう。

⑦右図のように加熱しましょう。そのときの色を記録しておきましょう。



薬品Eは1 mol/l水酸化ナトリウム水溶液です。この試薬は目にはいると危険です。顔を遠ざけて扱しましょう。