

アフガニスタン女子教育支援のための理科実験授業の試み

— 紅いも色素を用いた化学実験をおもな事例として —

石井 朋子・藤枝 修子*

1. はじめに—アフガニスタンになぜ女子教育支援が必要か

ソ連侵攻後の民族紛争中や、特にタリバン政権下のアフガニスタンでは、女子の学校教育、女性の社会的活動や外出も禁止されていた。そのため、女子の識字率も数%以下に低下した。男女の役割分担が明確なアフガニスタンでは、母親としての女性が子育てや教育に大きくかかわるため、判断能力を備えた賢い女性を育てることが、次世代の育成に不可欠である。さらに、アフガニスタンでは習慣的に女子クラスは女性教員が教鞭をとることから、女子教育支援の具体的な方針として、初等中等段階の女子教育、その教育を担う女性教員の資質向上、これら教員養成に携わる女子教育指導者の育成が急務であると考えている。

識字率向上への支援は日本にはできないが、論理的思考、先見性をもった判断能力の育成などは、理科教育によって培われる部分が多い。東京女子高等師範学校以来の理数科教育に歴史と経験、ノウハウを持つ本学にとっては、これらの支援は得意分野である。しかも、実地による教育研修には教育現場の役割が不可欠であり、附属学校園の存在は大きい意味がある。特に女子の高等学校の存在は、来日した女子教育指導者にとってこれ以上の好環境はないと言ってもよいであろう。

2001年12月に広島大学教育開発国際協力研究センターと文部科学省大臣官房国際課のお勧めで、開発途上国女子教育支援に本学が先導的に関与する提案を行った⁽¹⁾。2002年2月本田和子学長が4女子大学長（津田塾大学、東京女子大学、奈良女子大学、日本女子大学）に声をかけて「アフガニスタン女子教育のための女性教員研修プログラム策定検討委員会」を立ち上げ、3年計画による現行の方針を決定した。その後、5月に五女子大学コンソーシアムを形成し、各女子大学の特徴を生かした実質的な支援を開始した⁽²⁾。

2. アフガニスタンの理科教育—教育現場の実状について

20数年の長い戦乱により、小学校から大学までの教育機関すべてにおいて、校舎などの建物、設備、計測機器、模型や教育機材、ガラス器具や試薬などの消耗品類などに至るすべてが破壊された。参考資

*前附属高校長、現アフガニスタン担当特任教授

料や図書などの持ち出せるものはことごとく紛失しており、燃えるものは冬場に暖をとるために使われたと聞く。カルザイ暫定政権になり、日本を含むアジア西欧諸国からの公的・私的支援により、教科書類はまだ不十分ながら、ダリー語で書かれたものが一部の学校、一部の授業で使われている。補助教材としての掛図や元素周期表は1～2の教室でしか見られなかった。しかし、低学年から段階を踏みながら、じみちに積み重ねることが必要な実験の経験を踏まえた学習は、五女子大学の女子教育支援で小規模に行われているもの以外は残念ながらないようである。ただ幸いなことに、2002年度から小学校4年生用のダリー語による理科教科書作りがスタートし、順次学年進行で行われ始めている。目下のところ、初等中等教育において自然系・理科系分野の実験・自然観察を踏まえた系統的な基礎教育のカリキュラム作りが急務である。

3. 本研究の目的

実験設備のないアフガニスタンの教育現場で、しかも実験指導に経験のない理科教員が高校化学の実験を主体とする授業をどのように進めるか、どのような事前の準備や注意が必要か、本研究ではこれらの取り組み方・指導法を如何に伝えるかが目的である。来日した女子教育指導者（女性校長・女性大学教員）研修において日ア両国教員のTT（Team Teaching）による実地の授業体験、専門家派遣による現地フォローアップ研修⁽³⁾における現地教員との意見交換を行うことにより研究を進めた。すなわち、

- (1) 来日女子教育指導者への実験授業に対する予備的・基礎的注意
- (2) 来日女子教育指導者のTTによる事前準備と授業体験の実施
- (3) 現地フォローアップ研修による現地教員の体験的授業と意見交換

4. 具体的な実施内容

(1) 来日女子教育指導者への実験授業に対する予備的・基礎的注意

2003年2月10日と12日に本学共通講義棟3階化学実験室において、全員（参加者10名）が簡単な実習と実験に参加する体験学習を行った。

① 自然科学—理科教育になぜ実験が必要か？

実験法、測定法、機器化、実測値と理論値、誤差、アナログ量とデジタル量、自然科学における数値表現、コンピュータの発展と教育・理科教育への影響の簡単な事例説明に続き、浅本情報科学科助教授によるコンピュータの中では何が起きているのか、ハードウェアとソフトウェア、ネットワークの説明を行った。

② 一般的な実験施設の構成

揮発性物質などの試薬類の扱い、コンピュータやてんびんの扱いなどの具体例により、表1に示すような実験施設の構成を説明した。これは、実験施設のそれぞれの役割と意味を把握してもらい、さらに、アフガニスタンで実験施設の設計に関係する際に参考になるようにとの配慮も加えた。

表1 実験施設の構成

1. 実験室：実験台
ドラフト 試薬（揮発性物質、有毒物質など）、臭気試料など
収納庫 薬品庫（鍵をかけて管理）、試薬戸棚、器具戸棚
純水製造装置、廃液管理
2. 測定室：精密てんびん、測定機器、揮発性物質を扱わない測定
コンピュータなど
3. 準備室：管理者・教員の居室、参考図書、ビデオ・コンピュータなど
補助教材の保管と管理
4. その他：工作室、廃水処理施設、別棟薬品庫、RI実験室、ワークショップ

表2 実験指導者へのアドバイス

A. 事前準備

1. 使う器具、試薬などの基礎知識
2. 事前に実験のリハーサルをして、ポイント、注意事項を検討
3. 予期しない反応、現象を予測して、その対処法を考えておく

B. 怪我、事故の予防と対策

4. 実験室の出入り口は2ヶ所、ドアは開いておく
 5. できれば、複数の指導者が担当する
 6. 避難経路（非常口）の確認
 7. 溶液などをこぼしたときのために、実験台付近に、ぬらした雑巾を置く
 8. ガラス器具を使う実験室の床、実験台上を拭いた雑巾は、素手でしぼらない
 9. ゴーグル（プラスチックのめがね）の使用を勧める
 10. 救急箱を備えておく。もし、火傷をしたときは、直ちに冷水や氷で冷やし、油薬を塗り、程度によっては医務室へつれて行く
 11. 消火器を備える（有機物質を扱うところでは、種類も選ぶ）
 12. 気体、臭気などを発生するときは、換気扇をまわしたり、なければ窓を開けるなど、部屋の換気に注意
-

③ 実験指導者へのアドバイス

実験を担当する教員としては当然のこととして、表2に示すように、事前準備(A)と怪我・事故の予防と対策(B)に分けて簡単に説明した。

④ 自然系実験に共通する基礎的事項—「量る・測る」の実習—質量、体積・容量の測定

化学に限らず定量的測定が必要な関係分野を列挙した。質量測定は実験室レベルで簡単に0.1mgオーダーまで測定ができ、有効数字も確保できるため、有用な方法として説明した。標準物質、定性と定量、各種てんびん、分銅、風袋の扱いなどを演示した。

体積・容量測定ではガラス製測容器による液体測定を中心に、温度と体膨張との関係、質量測定との違い、測定精度と正確さの異なる体積計の特徴を演示しながら説明した。

このあと、2人1組で、ヨウ素酸塩—亜硫酸水素塩—でんぷん系時計反応の実験を行い、簡単な手作り教材の作製実習として塩水振動子の実験を行った。

(2) 来日女子教育指導者のTTによる事前準備と授業体験の実施

2003年2月20日に附属高校化学室において事前準備と意見交換を行い、21日に1年菊組の生徒が参加して実験の授業が行われた⁽⁴⁾。

① 実験テーマ—紅いもの色素とpHの関係

下記の項目などを記載した実験の説明用プリント（論文形式、報告書形式を踏まえて作成されている）を生徒へ配布した。実験・観察結果を記入する空白欄も作られている（なお、本稿では解説、注意点、化学式、英語説明などは省略した）。

目的：紅いも粉から色素を抽出する。この色素がpH（水素イオン濃度）によって変色することを種々の酸、塩基、塩の水溶液を使ってしらべる。また、pHメーターの使いかたを知り、各水溶液のpHをしらべてみる。

試薬：紅いも粉、塩酸、酢酸水溶液、水酸化ナトリウム水溶液、アンモニア水、塩化ナトリウム水溶液、酢酸ナトリウム水溶液、塩化アンモニウム水溶液、炭酸ナトリウム水溶液、炭酸水素ナトリウム水溶液（各水溶液の濃度は1 mol/l）、ポカリスエット。

器具：ビーカー、ガラス棒、ロート、ろ紙、試験管、pHメーター、綿棒、スポイト、葉さじ

方法：1) ビーカーに葉さじ1杯の紅いも粉を入れ、水30mlを加えてガラス棒でよくかきまぜたのち、ろ過し、ろ液を試験管に集める。

2) 上記の各水溶液とポカリスエットを試験管に数mlずつとり、pHメーターを使ってpHを測定する。

3) 2) の各水溶液に1) の色素溶液を1 mlずつ加え、色の変化を観察する。また、水溶液を測定したpHの小さい順に並べかえる。

このほかに、黒豆の色素は水へ抽出するが、赤キャベツ、紫玉ねぎ、赤かぶの色素は温アルコールで効率よく抽出されることのデモンストレーションも行われた。紅いもよりも赤キャベツを使ったときのほうが、きれいな色が観察されたと生徒たちは異口同音に感想を述べていた。

② 来日校長をまじえた事前準備と授業

事前準備として、実験の趣旨、pHメーターの使い方、反応溶液のpH測定、紅いも粉から抽出した赤紫色水溶液と反応溶液を混ぜたときの色変化の観察、pH値との関係、指導上の注意点、授業の進め方などについて詳細なりハーサルと意見交換を行った。

21日の授業では、化学を専門とする来日校長がグリー一語、別の校長が英訳しての授業であったが、聡明な本校生徒諸姉は、表4にまとめたような感想を残してくれた。生徒全員が自分で実験を進める授業はアフガニスタンでは経験がなく、想像できなかつたらしく、授業のはじめに少々もたつく場面もあった。TTとは言え、試薬の準備やpHメーターの調整、実験後の片付けなどはすべて石井教諭により行われた。役割分担がきちり守られているアフガニスタンでも、実験後の片付けは実験をした人でなければ、ガラス器具などに残る物質の化学的性質がわからないので、一連の作業として学校教育の中で行われなければならない部分である。

表3

実験10 紅いものの色素とpHの関係

実験日 月 日 共同実験者 _____
 1 年 組 番 氏 名 _____

結果・考察

- (1) 水溶液に用いた試薬を酸、塩基、塩のいずれかに分類しなさい。紅いものの色素を各水溶液に加えたときの色、pHメーカーでしらべた各水溶液のpHの値、pHの値からわかる各水溶液の液性をそれぞれまとめなさい。

	試薬の分類	色素の色	pHの値	水溶液の液性
塩酸 (HCl)				
酢酸 (CH ₃ COOH)				
水酸化ナトリウム (NaOH)				
アンモニア (NH ₃)				
塩化ナトリウム (NaCl)				
酢酸ナトリウム (CH ₃ COONa)				
塩化アンモニウム (NH ₄ Cl)				
炭酸ナトリウム (Na ₂ CO ₃)				
炭酸水素ナトリウム (NaHCO ₃)				
ポカリスエット				

- (2) 紅いものの色素の色とpHの関係を下の図にまとめなさい。

pH 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
 色

- (3) 考察(1)で塩に分類した試薬の生成する中和反応の反応式をかきなさい。

表4 授業を受けた生徒の感想から（本テーマに関係がある部分のみ）

-
- アフガンの先生の授業はとても新鮮で楽しかった。言葉は伝わらなくても身振り手振りの授業でよかった。また、このような機会があると楽しいと思う。
 - アフガニスタンの方は積極的だと思いましたが、実験がなくてどう化学を理解するのかと思いました。
 - アフガニスタンの先生は文字を横書き、でも右からだ化学とは関係ないことにもびっくりしました。化学の実験を通してアフガニスタンの方と交流を持って、いい経験になりました。
 - 一番後ろの席で、アフガンの人たちが真横にいたから緊張しました。はじめ、pHメーターの数字が0にならなくて困っていたら、アフガンの先生が助けてくれてうれしかったです。
 - 滅多にない経験ができて楽しかったです。グリー語を聞くのはもちろん初めてだし、英語で化学の授業を受けるのも初めてでした。すべての水溶液に色を付け終わったとき、突然アフガニスタンの先生に話しかけられ、水溶液の順番を並びかえられたときはびっくりしましたが、少しでも交流できた気がして嬉しかったです。
 - いつもとちがった講師の方で不思議な感じだったけど、新鮮でおもしろかった。通訳が英語だったので、部分部分しかわからなくて…、通訳さんが美人でした。ポカリスエットを向こうの字で書いたのにはビックリ、読めなかった。黒板も右から書いていて、びっくりした。
 - アフガニスタンの先生に教わるのはとても新鮮でした。グリー語は全く理解できなかったけれども、とても楽しかったです。
-

(3) 現地フォローアップ研修による現地教員の体験的授業と意見交換

JICA短期専門家派遣によるアフガニスタン女子教育支援現地フォローアップ研修において理科教育のセミナーを行った。2003年4月9日と10日はカブール教育大学の理系教員を対象に、教師教育として実験を伴う高校化学の授業をどう進めるかのセミナーを行った。次いで、高校への出前実験授業として12日にマリアンリセ、13日にラビアバルキ女子高校、14日にルフシャナ女子高校を訪問した。自分の手で実験をしたい生徒を募り、その生徒たちと掛け合いをしながら演示実験をしてもらった。

① 現地実験のための問題点と留意点

カブールで研修を行うためには、ガラス器具、試薬など必要なものをすべて日本から持参する必要がある。実験テーマは、附属高校で行ったものから本質的には変更していないが、税関の持ち物検査を問題なく通過するために、液体物質はすべてやめ、粉末物質のみとした。また、現地には電子天秤がないために、1回分の試薬を必要量の水に溶かせばよいように薬包紙に分包した。また、実験用のイオン交換水や蒸留水などがいないため、現地調達ミネラルウォーターを使うことにして、予備実験を行い、変色を確認した。

② 現地実験に用いた試薬、水、実験機材

持参した固体試薬は塩化アンモニウム、塩化ナトリウム、酢酸ナトリウム、炭酸ナトリウム、炭酸水素ナトリウム、亜硫酸水素ナトリウム、硫酸水素カリウムの各特級試薬およびレモン抽出液。水はカブール市内で市販するミネラルウォーター（パキスタン製）を現地調達した。pH測定用のメルク社製pH試験紙、紅いも粉、洗びん、ビーカー類、試験管と試験管立て、その他は持参した。

③ カブール教育大学でのセミナー

参加者は学部長、学科長クラスの教員10名、学生10名であった。(1)の予備的・基礎的事項の内容をここでも簡単に説明し、実験指導を行う際の注意点は力説した。そして、教師は必ず事前に実験を行い、操作の流れ、失敗例（ただし、失敗しない努力は必要としないが）、その対策などを検討しておく必要も述べた。試験管やビーカーなどの当たり前のガラス器具でも、実物を自分の手で持ったことに喜びを感じてもらえた。実験操作はごく基礎的なことからじっくり付き合いたい気持ちになった。pHに応じて、紅いも粉から抽出した色素の色が変化することに歓声があがった。色変化、試料物質の性質、化学式との関係などは、流石に専門家だけに自分たちでダリー語による議論に花が咲いていた。そして、実験をすれば本当にわかりやすいと、その有効性について意見が述べられ、自分たちもこのような授業を早くしたいとの希望が出された。

④ 女子高校への出前実験授業

出前実験授業の初日は4名の生徒を2人2組にして、実験台上にビーカー、試験管立てに試験管を並べるなどの準備をする。まず、ビーカー内で粉末試薬を溶かすデモを見せてから、各組で実際に溶かしてもらおう。物質によって溶け方や溶ける速さに違いがあることを観察する。pH試験紙でpH値を測定し、大きさの順にビーカーを並べる。次いで、少量ずつ試験管にとり、色素溶液を加えて混ぜた後、多彩な色変化を観察した。

化学担当の先生からは、使った器具と残りの試薬を置いて行って欲しいとせがまれた。日本からはかなり大量の機材を持参したが、学校を回ると減って行き、3つ目の学校では、2人1組の実験しかできなくなった。

5. 考 察

現地に向けて出発する前に、リハーサルを重ね、忘れ物がないように注意を払った。日本の理科実験室にはあって当然の機材や設備をすべて当てにせず、電気や給排水の設備がない普通の部屋で化学実験をする不自由さをどう解決するかが日アの問題を考える第一歩かも知れない。しかし、既存の装置は使わなくても、工夫ひとつで現地の生徒たちに感動を与えることは十分に可能であろう。つまり、現地にある素材を使って教材を作る工夫を日アの教師が一緒になって考える機会が今は最も必要かも知れない。

アフガニスタンの教員養成大学では、若い学生だけでなく、現職教員の再教育も同時に行っているのが、基礎的な実験機材と試薬、テキスト、参考書などを提供すれば、今まではメモだけで授業を行っていた教師たちも、実験による教育効果をすぐに体感してくれるであろう。そのような期待が肌で感じられた。

女子高校で出前実験授業を行ったとき、化学担当の教員は自分が指名されて、日本から持参した器具や試薬を使って生徒たちに演示実験をすることを期待していたと予想される。しかし、実際には希望す

る生徒たちに前に出て実験を手伝ってもらった。pHの値を測定するたびに、その様子を大きい声でクラス全員に知らせ、配布した説明用紙の該当位置に書き込んでいた。記入用紙はお茶大附属高校で配布されたものを踏襲した。紙が不足している国の子どもには、ノートに使える部分があることは、ちょっとした喜びでもある。そして、生徒から質問が来ると、演示実験をした生徒が元気に自信をもって答え、クラス全体に一体感が生まれたことは成功であったと考えている。

化学反応で見られる多彩な色変化に魅せられて化学が好きになった話はよく耳にするので、今回の事例のように、自然にある紅いもの色素を用いた色変化と化学的性質を題材にした実験は当を得ていたと自負している。アフガニスタンにおける理科教育のカリキュラムで、実験的課題をもっと多く、系統的に組み込めるようになるまでは、多少定性的取り扱いでも、見て楽しいカラー反応などを主体にしたデモンストレーションが効果的で、生徒に訴えるものが大きいと痛感した。本附属高校における実験の授業でも評判のよいテーマであったことと共通していた。

来日指導者から、始めのうちは教室がない、ノートがないなどの話題がすべてであったが、日本での研修が進むにつれて、教授法を教えて欲しいとの発言に変わった経験をもっている。現地では小学校から大学まで、教師が生徒と向き合った講義形式の授業場面にしか遭遇することができなかった。実験を取り込みながら、結果を生徒に話させ、みんなで原因や理由を考えながら進める授業も先生方には体験できたであろう。

今回は給排水設備のない理科室で実験のデモンストレーションを行ったため、反応溶液の残りは窓を開けて外に捨て、使ったガラス器具などはすべてホテルまで持ち帰って洗った。今後は廃液の始末も念頭におくべきである。公害問題や環境保全の問題がアフガニスタンでも遠くない先には起きてくるであろうから。

6. おわりに

五女子大学によるアフガニスタン女子教育支援は開始から2年を経過した。女性は国外研修に参加できる機会が少ないと聞くなかで、女性校長と女性大学教員の女子教育指導者を来日研修の対象とする本プログラムは現地で人気があり、教育現場への波及効果も極めて大きいようである。5つの女子大学が連携をはかりながら推進すること、現地との連絡が思うように取れないことなどから、なかなか難しい面もあるが、少なくとも研修内容や運営には系統性、継続性、柔軟な対応性に乏しい部分がある。理科教育の分野でも物理、生物、化学の連携も十分とは言えない状況にある。このような試行錯誤の段階から抜け出すには、まだまだ時間がかかるかもしれないが、現地で本当に求められている女子教育支援とは何かなどについて、日ア両国間のじみちな努力と長い目で見た協力が不可欠のように思われる。ただ一つ、確実に言えることは、アフガニスタンの女子教育が女子クラスを女性教員が教えることにより進められている限り、その女子教育支援として女子教育指導者の研修を推進するには、本附属高校の働きが必要であり、その意味と役割は大きいと考えている。

参考文献

- (1) 藤枝修子、お茶の水女子大学附属高等学校研究紀要、47、1-16 (2002)。
- (2) アフガニスタン女子教育のための女性教員研修プログラム策定検討委員会報告書 (2002年3月)；アフガニスタン教育支援現地事前調査報告書 (2002年10月)；アフガニスタン女子教育支援事前研修実施報告書 (2002年11月)；アフガニスタンの指導的女子教育者のための研修実施報告書 (2003年2月)。
- (3) JICA短期専門家派遣によるアフガニスタン女子教育支援現地フォローアップ研修実施報告書 (2003年4月)。
- (4) Shuko Fujieda, Tomoko Ishii, Kyoko Inoue, and Yoshihito Mori, *Natural Science Report of the Ochanomizu University*, 54, No. 2, 13-19 (2003)。