

## アフガニスタン女子教育支援のための 理科教育における測定誤差の概念

藤 枝 修 子

(お茶の水女子大学開発途上国女子教育協力センター)

森 義 仁

(お茶の水女子大学理学部化学教室)

井 上 京 子

(お茶の水女子大学理科教材開発グループ)

### 1. はじめに

かつては美しい都市カブールを中心に南アジアの雄として栄華を誇り、名門カブール大学では優秀な人材を輩出していたアフガニスタンであったが、ソ連侵攻に続く民族紛争やタリバン政権により過去四半世紀もの長い期間にわたり戦乱の中に置かれた。この間には地域的習慣も加わって、女子の学校教育、女性の社会的活動のみならず、外出や身なりに至るまで制約されていたと聞く(五女子大学コンソーシアム2002)。結果として女子や子どもへの教育は各家庭内で母親の役割になったが、混乱中の母親教育ゆえに、女子の識字率は極端に低下した。これらの情報が新聞やTVなどで報じられるなか、藤枝は2001年12月7～8日のCICE主催第5回国際教育協力フォーラムに長尾眞文教授のご好意により出席する機会が得られ、そのきっかけでアフガニスタン女子教育支援が始められた。日本からの女子教育支援プログラムが具体的に検討された(藤枝2002)。明治・大正期から女子高等教育を推進してきた5つの女子大学(あいいうえお順に、お茶の水女子大学、津田塾大学、東京女子大学、奈良女子大学、日本女子大学)がコンソーシアムを形成し、100年来の女子教育への経験とノウハウを生かして、一致協力すべく立ち上がった。ここでの女子教育支援は、初等・中等教育段階の女性

教員の資質向上と再教育を目的とした。その具体策は、教育現場の責任者であり、リーダーとしての女性校長、教員養成に直接かかわる教員養成大学の女性教員など、指導的女子教育者を対象とする支援であった。小学校4年生から高校までの学校教育は習慣上から男女別学で、女子クラスは女性教員が担当する。担当教員は戦火の中で教育を受ける機会がないまま今日を迎えていることが、支援対象を女性の教育指導者に限定した理由である(藤枝・内海2004)。

### 2. 女子教育支援における理科教育の意味

お茶の水女子大学は明治期以来の女子高等教育機関として今日を迎え、著者らはその中で理学部の一員として女子教育に関わってきた経緯から、アフガニスタンとは歴史、宗教、風俗習慣、社会的背景などすべての点で異なるものの、私たちが無理なく関係できそうな支援分野と内容は、自然科学分野、特に理科教育ではないかと考えた。その主な理由として次の2つをあげることができる。

はじめに、化学式や数式表現などは母国語に依存せず、世界共通の場で議論することができる。五女子大学コンソーシアムによるアフガニスタン女子教育支援プログラムにより、2003年1月にはじめて来日した研修員

が日本の高校教員とチーム・ティーチング (Team Teaching) により数学、化学の授業を行い、私たちに多くの示唆を与えた(五女子大学コンソーシアム 2003a)。

ついで、理科教育によって育成されるべき論理的思考の訓練が今特に求められる。家庭内ですべてのことに重要な役割と責任を持つ母親、その近未来の予備軍としての女子生徒たちは賢く自分で物事を考え、判断する能力が必要である。このような能力や資質が育てば、アフガニスタンの復興には最も能率がよい支援であり、アフガニスタンの人たちが自分たちの手で素晴らしい国を造ることができると私たちは期待している。

日本では、子どもは就学前から母親だけでなく家族の中でいろいろな経験や対話を重ねながら論理的思考の訓練を受け、続く学校教育や地域社会からも総力をあげた努力がはらわれている。しかも重要なことは、学習指導要領による全体計画の中で発達段階にあわせた教育が行われていることである。理科教育に限っていえば、アフガニスタンの女子教育支援の中で特に配慮しなければならないことは、平和な日本の恵まれた状況をアフガニスタンに押し付けることなく、現地の現状や実態に合わせた内容や形式を検討することが求められる。現地では、理科教科書の作成が進んでいると聞いているので、その内容に合わせた支援を進めるべきであると思っている。

### 3. 測定・計測における誤差の概念

理科教育分野だけでなく、専門分野としての化学、物理学、生物学、地学、薬学、工学、農学、医学、栄養学、建築学、宇宙開発などすべての実験系分野では、各種の物理量などを測定したり、計測することがデータ取得の基礎である。今後アフガニスタンの技術開発や産業がどのように進展しようとも、その研究者、技術者を養成する基礎は、やはりこれらの測定・計測にあると考えている。著者ら

の経験から、実験室、実験機器・器具などの準備がなく、実験体験のないアフガニスタンの女子教育を支援するのに不可欠なこととして、誤差の概念が必要と考えた。具体的には下記に記載するような楽しく参加できる実験テーマを選んだが、自然科学教育における実験の意味、実験施設の構成、自然系実験に共通する測定の意味、正確さと精度の視点を中心に置きたいと考えながら、物理量、物質変化などを目視的に扱うように考慮した。

### 4. 体験的実験の事例

#### (1) 質量測定と容量測定

どの理科実験室でも比較的安価な機器として共通にてんびん(天秤)は設置され、質量測定は可能であろう。ここでは、実験室で測定・計測の基本として有効数字の桁数が多く、5～7桁の実測値を簡単に取得する手段としててんびんを扱った。また機器の保守も簡単である。通常の化学実験では4～5桁の信頼性の高い実測値をえることがそれほど容易ではないからである。停電中でも精度の高い実測値がえられる化学てんびんの原理、電子てんびんを説明しながら、実際には感度0.01gの電子上皿てんびんを使用した。

体積測定ではメスフラスコ、ホールピペット、メスシリンダー、ピュレットなど化学実験室に常備する学生実験用ガラス製測容器を使用して正確さと精度を実習しながら説明した。フルスケールと測定誤差の関係、測定における定性的取り扱いと定量的取り扱いの違い、計測には必ず測定誤差が含まれること、繰り返し測定の意味、平均値や標準偏差の概念なども簡単な例で説明した。しかし、これらの扱いは、必ずしも化学実験よりも日常的にアフガニスタンでも体験する平易な実例の方が説得力はあった。

#### (2) 時計反応

一般的によく使われる演示実験例として時

計反応を用いた。酸化剤のヨウ素酸カリウムと還元剤の亜硫酸水素ナトリウム、指示薬のでんぷん溶液を混ぜて放置すると、ヨウ素でんぷん反応は容器内が均一的に色変化する。両物質の量的関係により変色の時間が異なり、見て楽しい実験である。物質の量的関係と変色時間を半定量的に扱うこともできる。また、温度も化学反応を支配する要素として加えることができる。

この実験はアフガニスタンで出前実験授業の実例に使うには難しいと思われるので、来日研修員への実験例とした。というのは、成田空港からカブール国際空港に至るまでの何回かの乗り継ぎの際、ヨウ素化合物はX線検知器で黒い影になり、詳細をダリー語などで問いただされ、いらぬ苦勞を伴うことが予想されたからである。

### (3) 塩水振動子

実験に必要な装置と材料は完全にアフガニスタンで入手でき、教師が手作りでできる実例である。装置は大小のペットボトル各1個(2リットルと100ミリリットル)の下半分をはさみで切って作る。塩はどこにでもあり、1M程度の水溶液を作る。小さい容器の底には加熱した待ち針を当てて、直径0.5~0.7ミリ程度の穴をあければ完成する。塩水振動子の現象は勘所をおさえた装置ができていけば比較的簡単に見られるが、その理由付けはいろいろな要因が関連し、複合領域科学の啓蒙書に説明されている(森・中田2000)。アフガニスタンからの来日研修員の先生方にこれらの現象を説明し、納得してもらうのはやや難しいので、楽しい体験学習に留めるのが懸命のようである。

来日研修員が作製した装置により振動を続けている現象を映像化し、現地のフォローアップセミナーで映したときは、来日研修員が来日できなかったセミナー参加者に自分の言葉で説明し、とても好評であった(五女子大学コンソーシアム2003b)。

### (4) 紅いも色素を用いた化学実験

数種類の無機物質をそれぞれ水溶液とし、紅いもフレークから水に抽出したアントシアニン系色素を指示薬として少量加えると、その溶液のpHに対応して色変化が見られる(五女子大学コンソーシアム2003b、石井・藤枝2004)。ここで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、硫酸水素カリウムを用いた。これら無機物質の選択には、あまり大きな意味はないが、持ち運びを考えて固体物質のみとし、塩酸は避けた。また、酢酸の代わりに食卓用レモン液を用いた。pH試験紙により各溶液のpHの概略値を求め、紅いも色素水溶液を少量加えると、明確な発色の色系列が見られた。

カブールの教員養成大学自然科学系教員・学生への体験セミナー、カブールの3つの高等学校での出前実験授業(生徒の代表2~4名による演示実験)、カブール大学からお茶の水女子大学への国費留学生(来日直後の教員)、都内理学部化学系2年生の女子学生にほぼ類似の実験を体験してもらい、実験方法や結果などを考察した。カブールでは実験用の水がないために、現地市販のミネラルウォーターで代用した。出発前に日本で予備実験を重ね、変色などには影響がないことを確認した。

温エタノールに抽出可能な材料を現地マーケットで入手して実験を試みたが、イスラム圏でのエタノールの調達には日本とは異質の大変な苦勞があった。

## 5. 測定誤差についての考察

学生実験用の化学実験室では、どこでも備えてあるような一般的なガラス製測定容器(メスフラスコ、ビュレットなど)、簡単な測定機器などは、それらが備えている測定精度を十分に発揮するには、それなりの気配りや適

正な取り扱いが必要である。測定誤差を議論するときには、これらの気配りや取り扱いが正しく行われていることが前提である。実験実習は、この前提をどのように発揮できるようにするか、練習と訓練の場でもある。如何に自動化された装置でも、それを使いこなすにはそれなりの対応が必要である。日本では子どものときから長い期間、体系的な学びの中で自然に習得するセンスとでも言うべきものを持っている。女子教育支援としてアフガニスタンで開催するセミナーや来日研修のプログラムなどでは、体系的な学校教育が行われてこなかったことにより、残念ながらそのセンスが薄弱なことが多く、トピックス的なポイントで学ぶことになる。一刻も速く、多数のポイントの集合から線、面、立体空間を作り出すための努力に手助けが必要である。

アフガニスタンの女子教育支援にはじめて関わったのは2002年1月であったが、それ以来、現地での視察・セミナー・出前実験授業、来日した教育指導者・校長・大学教員で構成する研修員および来日留学生などと直接に接触する中で、測定誤差、繰り返し測定の意味などに共通する概念について考えさせられることが何回もあった。アフガニスタンでの今までの学びでは、このような概念が無かったか、強調されないままであったことによると思われる。定性的な観察や、イエス・ノーのような二者択一の話題を扱っている限りは、それほど問題は起きてこない。定量的な扱いをするときに、一度測ったのに、どうして2回も3回も4回も測る必要があるのかとの質問をよく受ける。すでに測ったので、もうよいではないかと不満顔も見える。辛口の表現になることが許されるなら、理学部の何名かの留学生に関わった数名の教員たちは、本著者も含めて、経験談や問題点を持ち寄った意見交換会を何回か行って対策の議論を重ね、改善策を模索している。十分な説明をすれば、なんとか理解がえられるようになったとは思われるが。

同じ母集団に属する測定の意味、その測定を何回が行ったときの測定値のばらつき、平均値、標準偏差などを求める知恵は理解してもらおう努力が不可欠である。その事例は、必ずしも専門性の高いテーマではなく、共通に持つ日常的な経験から説明手段を求める必要があると思う。

五女子大学コンソーシアムでは女子教育支援の一環として実験を中心とする理科教育の現地セミナーを主にカブールで実施している(五女子大学コンソーシアム2006)。物理分野を担当した田中若代日本女子大学附属高校教諭と生物分野を担当した中道貞子奈良女子大学附属中等教育学校副校長は、現地での経験の中で異口同音に、繰り返し測定の意味、誤差の概念をどのように伝えればよいかの大きな問題をかかえている。特に田中若代氏は、現地セミナーにおいて定量的概念をどう扱うかに挑戦し、いろいろな試みを行っている(田中2004)。

## 6. おわりに

測定誤差の概念は理科教育の中でも受け入れられるのにそれ程簡単とも思われない。特に開発途上国支援を目的とする場合は、各国により教育事情や背景が異なるので、本稿で扱った内容もそれぞれの場で、それなりの工夫により解決策を見つけているのが現状であり、十分に満足ができるものではない。その意味からも今回の報告は、この測定誤差の概念に対する問題提起であり、今後に向けてより普遍性のある解決策を求める足がかりにしたいと考えている。

本稿の内容に関連して、内海成治大阪大学大学院教授、石井朋子お茶の水女子大学附属高等学校教諭には、いろいろのご協力とご指導をいただいた。この場をお借りして、衷心より感謝の意を表したい。

## 参考文献

- 石井朋子・藤枝修子(2004)「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」『お茶の水女子大学附属高等学校研究紀要』49巻, 7-15頁.
- 五女子大学コンソーシアム(2002)「アフガニスタン教育支援現地事前調査報告書」.
- 五女子大学コンソーシアム(2003a)「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」.
- 五女子大学コンソーシアム(2003b)「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」.
- 五女子大学コンソーシアム(2006)「アフガニスタンの指導的女子教育者のための研修 総括と評価 報告書」.
- 田中若代(2004)「アフガニスタン教育復興支援に関わって(JICA 専門家としての派遣報告)」『日本女子大学附属高等学校研究紀要』26号, 1-19頁.
- 藤枝修子(2002)「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に参加して」『お茶の水女子大学附属高等学校研究紀要』47巻, 1-16頁.
- 藤枝修子・内海成治(2004)「アフガニスタン女子教育支援 五女子大学コンソーシアムの取り組みと今後の課題」『国際教育協力論集』7巻2号, 81-88頁.
- 森 義仁・中田 聡(2000)「非線形現象 時空間に繰り広げられるドラマ」産業図書, 71-85頁.