

## 2017年度スワジランド国別研修「中等理科教育における授業実践能力向上」 (2017年8月28日～9月22日)

JICA Training on the Development of INSET Programs for Science Teachers in Secondary Schools in the Kingdom of Swaziland in 2017

寺島幸生, 武田清, 米澤義彦, 香西武

Yukio TERASHIMA, Kiyoshi TAKEDA, Yoshihiko YONEZAWA, Takeshi KOZAI

鳴門教育大学

Naruto University of Education

### 1. 研修の背景と目的

アフリカ大陸南部にあるスワジランド王国（以下、スワジランド）\*は、2016年から2018年までの3年間、国際協力機構 JICA の支援を得て、中等理科教育の改善に向けた現職教員研修強化学業 Strengthen INSET for secondary Science Education in Swaziland (SISSES) を実施してきた。スワジランドの中等理科教員の多くは、農学部出身であり、実用的な農業の知識、技能に通じていても、物理学や化学の知識や、実験・観察を取り入れた指導技法に課題を抱えている。このため、実験・観察を含む授業力強化の必要性が提言され、体系的な現職教員研修を実施するための支援が JICA に対して要請された。これを踏まえて、JICA は中等理科現職教員研修アドバイザーを現地に派遣し、現職研修モジュール教材の作成と各種研修の実施を支援してきた。その一環として、全国各地の現職教員の研修を担当するトレーナー教員を養成する全国的な研修 Training of Trainers (ToT) が2017年2月に実施され、第2回が2017年12月に実施された。この ToT 研修をより効果的に実施する目的から、国別研修「中等理科教育における授業実践能力向上」が JICA から鳴門教育大学に委託された。本研修には、現地のトレーナー教員に対して指導助言を行うスワジランド教育訓練省視学官、スワジランド大学教員、国立カリキュラムセンター職員が来日して参加した。研修員は、理科教育に係る課題を整理し、より質の高い現職研修教材の開発に取り組んだ。研修員は帰国後、研修成果を生かして研修教材を開発し、全国各地で研

修を実施している。

本稿では、この国別研修の概要を報告し、中等理科教育における授業実践能力向上に向けて実施した物理学、化学、生物学の各分野別研修の各内容について紹介する。

### 2. 研修の全体概要

#### (1) 研修名

2017年度スワジランド国別研修「中等理科教育における授業実践能力向上」

Training on the development of INSET programs for science teachers in secondary schools

#### (2) 鳴門教育大学での研修期間

2017年8月28日～同年9月22日

#### (3) 研修員構成および人数

以下のスワジランド教育訓練省のプロジェクト関係者計9名

教育訓練省 技術部門次官1名、視学官長1名の準高官2名(8月28日～9月3日の参加)、シニア視学官1名、州視学官3名(全国3州から各1名)、スワジランド大学理科センター講師2名、国家カリキュラムセンター 理科担当技官1名

#### (4) 研修の全体目標

理科教育に係る課題が整理され、質の高い理科現職研修教材の開発能力が強化される。

\* スワジランド王国の国名は、2018年4月19日に独立50年を記念して「Kingdom of Eswatini (エスワティニ王国)」と改称されたが、本報告は2017年の調査・研究に基づくものであり、旧国名のスワジランド王国をそのまま使用した。

(5) 成果

1. スワジランドの後期中等理科教育（11, 12 学年の物理, 化学, 生物）に係る課題が整理された.
2. 上記 1. を基に, 研修員の後期中等理科（11, 12 学年の物理, 化学, 生物）現職研修に係る教材を開発する能力が強化された.
3. 研修員が日本の理科教育の取り組みを説明できるようになった.

(6) 最終成果物

A. スワジランドの理科教育課題分析図, B. 学習指導計画（各教科 2 - 3 単元分）, C. 教員研修教材であるアクティビティシートおよび教員用指導書（各教科 2 - 3 単元分）, D. 国別研修概要・内容説明資料, E. 教員研修カリキュラムの改善提案書およびアクションプラン

(7) 研修日程（休日を除く）

- 8 月 28 日 オリエンテーション, ブリーフィング, 大学施設見学, インセプション・レポート①「スワジランドの理科教育の現状と課題」
- 8 月 29 日 インセプション・レポート②「中等理科現職教員アドバイザー案件の現状と課題」, 講義「日本の理科教育の概要, 変遷, 教員採用の現状」, 講義「時間割作成, 教員の校内研修について」
- 8 月 30 日 徳島県立総合教育センター訪問（講義「徳島県の教員研修, 理数教育について」, 高校理科の実験・観察の演習, 施設見学）
- 8 月 31 日 徳島県立鳴門高校訪問（日本の高校理科授業観察, 理科室見学, 文化祭・体育祭準備見学, 高校生との交流活動, 部活動の見学）
- 9 月 1 日 講義「日本の高校理科教育の概要と科目編成」, 「各科目（物理, 化学, 生物）の指導内容と方法」, 学長表敬（準高官 2 名）
- 9 月 2 日 社会教育施設（あすたむらんど徳島）の見学
- 9 月 4 日 スワジランドの理科教育課題分析, 本研修の重点課題単元の設定
- 9 月 5 ~ 8 日 物理学・化学・生物学の分野別研修「学習指導計画案 Teaching Plan, 教員研修教材 Activity Sheet, 教師用指導書 Teachers' Guide の作成」
- 9 月 11 日 鳴門教育大学附属中学校での教育実習見学, 講義「授業案作成, 教材開発の意義と注意点」
- 9 月 12 日 実験・観察教材の実演・体験（ケニス株式会社）

- 9 月 13, 14 日 徳島県立富岡西高等学校（以下, 富岡西高校とする.）での授業実践の準備と模擬授業
- 9 月 15 日 富岡西高校訪問（同校理数科クラスでの授業実践, 理科授業および施設見学, 同校生徒との交流活動）
- 9 月 16 日 富岡西高校での実践授業に関する授業研究会
- 9 月 19 日 教員研修カリキュラム改善書提案書作成
- 9 月 20 日 国別研修概要・内容説明資料の作成
- 9 月 21 日 アクションプランの作成
- 9 月 22 日 成果発表会, 評価会, 閉講式, 情報交換会

3. 分野別研修

スワジランドの中等教育の理科は, 物理と化学の内容で構成された Physical Science（物理科学）と, Biology（生物）の 2 科目からなるが, 実際の授業では, 物理, 化学, 生物の 3 科目として教えられている. 毎年, 中等教育の修了を認定するための国家試験 Swaziland General Certificate of Secondary Education (SGCSE) が実施される. 試験で問われる知識・技能は, 2 年毎に改訂・発行される SGCSE シラバス (Examinations Council of Swaziland, 2015a, 2015b) に明記されているが, その中身を学習するための公的な教科書は存在しない. そのため, 大半の教師が単元指導計画や指導案を作成することなく授業を行っており, シラバスに明記された学習内容の全てを計画的かつ体系的に指導できていない. これまでに実施された研修では, SGCSE において特に正答率が低い内容や, 教師が教えるのを苦手としている単元を重点課題として取り扱ってきた.

本研修では, 研修員が物理学, 化学, 生物学の各分野において課題とされる 2, 3 単元を抽出して, その単元の学習指導計画案, 教員研修教材および教師用指導書の原案を事前に作成した. 研修中には, これらの研修教材が現地でもより有用なものになるように, 研修員が実験・観察を試行し, 著者らの助言を踏まえて, 修正・改良を加えた. 取り扱った単元中から 1 コマ分の授業案を各分野で計画し, 富岡西高校理数科の生徒を対象に, 英語での授業を実践した. 当日の授業科目「テーマ」(学年) は, 物理「電磁石の性質」(2 年生), 化学「イオン性物質の命名と組成式」(1 年生), 生物「遺伝の規則性」(2 年生) であった. 授業の前日に, 他分野の研修員を生徒役として模擬授業を行い, 授業内容および指導方法を点検し修正した. また, 富岡西高校での授業後には, 各授業に対する授業研究会を行い, 研修中に作成した各種研修教材の有用性を検証し



図1 物理学分野の研修で実施した実験および授業の様子

左上：電磁石の予備実験を含む模擬授業，中央上：電磁誘導の実験，右上：ゼムクリップを用いた直流モーターの作製（協力：ケニス），左下：送電のしくみ，中央下：霧箱の作製と放射線飛跡の観察，右下：富岡西高校で実践した電磁石の性質に関する授業

た。以下では、分野別研修で取り扱った単元および実験・観察の内容、方法等について具体的に紹介する。

### (1) 物理学分野

物理学分野の研修には、州視学官1名とスワジランド大学教員1名の計2名が参加し、重点課題である「Electromagnetic Effects（電磁効果）」と「Atomic Physics（原子物理学）」の2単元を取り扱った。電磁効果の単元は、電磁石の性質、ファラデーの電磁誘導の法則、直流モーターの原理、変圧器、交流（送電のしくみ）などの学習内容で構成される。また、原子物理学の単元は、放射線（ $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 線）の実体と性質、放射性元素の崩壊と半減期、放射性物質の安全な取り扱いの各内容からなる。

物理の研修で取り扱った主な実験や授業の様子を図1に示す。電磁効果の単元については、研修教材に明記された実験を一通り試行して、実験方法の妥当性を検証し、その結果に基づいて、実験および学習活動の設定を改良した。例えば、電磁石の性質に関する授業では、当初は条件制御に不備がある実験が計画されていたが、電磁石の強度を決める主要因（コイルに流れる電流、コイルの巻き数、コイルの芯材）を各々独立に同定するための条件制御した実験へ修正し、磁力で付着するクリップの数により、電磁石の強度を定量的に比較できるように工夫した。この実験を取り入れた授業を、富岡西高校で実践し、開発した研修教材の有用性を検証した。直流モーターなど一部の実験については、ケニス株式会社から提供された実験・観察教材

の実演・体験の実習の中で実施した。

原子物理学の単元では、鳴門教育大学の栗田高明准教授の協力を得て、身近な素材を加工して簡易な霧箱を作製し、市販のラジウム線源から出る放射線（ $\alpha$ 線、 $\beta$ 線）の飛跡を観察する実験ワークショップを実施した。また、放射線計測器を用いて、線源からの距離や遮蔽物の種類を変えて放射線強度を測定する実験を行った。これらの実験は、現地で入手困難な機器を一部使用するため、生徒実験として現地の授業に導入することが難しい。このため、実験の様子を動画として撮影して利用し、放射線の性質を従前よりも実感を伴って教えることができるように、デジタルコンテンツを含む研修教材に改良した。

### (2) 化学分野

#### 1) 研修の目標

本邦研修においては、現地の ToT 研修で行う研修内容の検討とそのテキストの完成などを目標としている。化学分野で取り上げるテーマは Stoichiometry（化学量論）と Chemical Reactions（化学反応）とされた。両単元とも ToT 研修で使用するテキスト Activity Sheets と Teaching Plan の作成を目指している。

#### 2) 研修での活動内容

「化学量論」では化合物を構成する元素や、化学反応に関わる物質の量的関係を取り扱う。今回の研修では、化合物の結合比について取り上げており、物質が原子からできていること、原子は互いに整数比で結合



図2 化学分野の研修で実施した過マンガン酸カリウムとグリセリンの反応(左), マグネシウムと塩酸の反応(右)に関する各実験の様子

し合うことを理解させる。化学を粒子概念に基づいて定量的科学とするための基礎となる単元である。この単元では、座学に比してアクティビティは少なく、計算問題演習しか行わないことが多い。研修では、元素ごとに決まった原子価に合せて、全体の電荷が中性になるように陽イオンと陰イオンを組み合わせ、化合物を作っていく方法を説明するイオンモデルを使って説明する活動を取り入れた。このイオンモデルは、色画用紙を切って手作りしたもので、現場で作成できるよう Activity Sheets で作成方法を説明している。このモデルでは、裏面にマグネットシートが貼り付けられており、ステンレス板上で電気的中性物質が構成できるように工夫されている。生徒が試行錯誤を通じてロジックを理解できるように考えられており、現場での利用が期待される。富岡西高等学校の生徒に対する授業実践でも、イオンモデルを教具として用いた授業を試行した。

「化学反応」の単元については、基本的な内容は来日以前に概ね決まっていた。本邦研修では、取り上げられている実験を日本で試行し、その結果をふまえて記述を訂正していくこととした。予備実験の結果をふまえて本文を作成するのが本来あるべき手順であろうが、現地では試薬を含めた実験環境が手に入り難いことなどにより、実験を行わずに原案を作成してきている。主に定性的な酸化還元反応を中心として、速度論まで含めた実験を取り上げているが、現実にはできない操作の記述なども含まれている。本邦研修では「過マンガン酸カリウムとグリセリンの反応」、「マグネシウムと塩酸の反応」、「臭化銀の光還元」などを実施し、内容を検討した。研修生はいずれの実験も実際に経験したことがなく、純粹に思考実験によって原案を作っていたようである。「過マンガン酸カリウムとグリセリンの反応」は、過マンガン酸カリウムにグリセリン

を滴下すると、グリセリンが酸化され、激しく発熱し、最終的には炎を上げて燃える(図2左)。Activity Sheets においては、発熱反応の例として教員によるデモンストレーションとして示されている。「マグネシウムと塩酸の反応」は、塩酸とマグネシウムリボンおよび塩酸と粉末のマグネシウムの反応速度の違いを比較する実験である(図2右)。水素発生速度を両者で比較するため、電子天秤上で反応させ、質量の時間変化を記録する。反応が激しいので、質量の時間変化の測定は難しいと思われるが、試料形状の違いによる反応の激しさの変化が観察できる。「臭化銀の光還元」では、臭化銀沈殿をろ紙上に拡げておき、ハート型の紙を載せて日なたにおいて10分程度放置し、紙のおかれていなかった部分のみが黒変するのを観察した。これも、当初は塩化銀水溶液をろ紙に染みこませて乾燥させる、との記述になっていたが、塩化銀が水に難溶であること、かつて写真のフィルムに利用されていた臭化銀を利用することなどをアドバイスした。

### 3) 研修の成果と今後の課題・展望

本邦研修で作成した「化学量論」および「化学反応」の Activity は、現場でも行うことの可能な実験を取り上げようとしている。しかしながら、現場でやれることを優先しているためか、系統性がやや乏しい。高校レベルの化学は、学術的にはすでに確立された体系である。本邦研修の目的ではないが、化学全体を俯瞰したカリキュラム構成になっていると、教育目的を明確に示しやすくなると思われる。他方、今回の研修生の課題は、研修生自身の実験経験の少なさであろう。例えば、ハロゲン化銀が難溶性塩であることを知っていたとしても、それをどのようにして意図している実験に利用するか、イメージを持てていなかった。ろ紙に拡げるといのはごく簡単な方法であるが、そのや

り方に思い至らないのは経験不足によるであろう。さらに、予備実験をせずに研修での活動内容構成を考えていると思われる。実験を手軽に行う環境が整っていないことが、ちょっとした実験を行う心理的障害になっているのではないだろうか。開発途上国に共通の課題ともいえるが、スワジランドの場合、高等学校には、ある程度の実験機材や試薬が揃えられていることから、適切な投資とスワジランド大学との連携などにより、これらの課題をクリアできるのではないかとと思われる。

### (3) 生物学分野

今回の研修では、過去の SGCSE で出題された問題に関連して、研修生が事前に選択して学習指導案を作成していた2つの単元、「遺伝 Inheritance」および「恒常性と環境応答 Coordination and Response」について、それぞれの学習指導案 Teaching plan と教師用指導書 Teacher's guide の検討を行った。また、「遺伝」の単元については、富岡西高校での授業実践を行うため、日本の高校生向けの指導案についても検討を行った。

「遺伝」の単元は、①染色体、②体細胞分裂、③減数分裂、④一遺伝子雑種、⑤変異、⑥選択および⑦遺伝子工学および遺伝子操作、の7つの内容が含まれており (Examinations Council of Swaziland, 2015b)、それぞれに生徒の活動を行うように指示されているが、研修ではおもに「一遺伝子雑種」の活動内容について検討した。

「一遺伝子雑種」の学習では、ある対立形質を持った2つの系統のF2雑種において、親の形質が3:1の割合で現れることをモデル実験によって確認することが主な目的である。当初の授業案では、白と黒のビーズをそれぞれの遺伝子と仮定してその組合せを「形質」に置き換えるという活動であったが、白と黒のビーズの入手が簡単ではないとの意見があり、ビーズを硬貨に置き換えることにした。この場合、硬貨には表裏があるので、表側 Head を「優性遺伝子」、裏側 Tail を「劣性遺伝子」と仮定し、その組合せによって表現型が決まるような条件設定を行った。また、硬貨の表裏は当初は硬貨をトスによって決定することにして模擬授業を行ったが、この方法では表裏が決定するまでに時間がかかることが判明し、紙コップの中に2つの硬貨を入れて机上におく方法に変更した。このようにして作成した授業案および生徒の活動は、富岡西高校の2年生を対象とした授業でその有効性を検証した。

「恒常性と環境応答」では、①ホルモン (植物ホルモンを含む)、②屈性と走性、③ヒトの神経系、④恒常性の維持および⑤薬物 (医薬品を含む) について学

習することになっているが (Examinations Council of Swaziland, 2015b)、研修では①ホルモン (植物ホルモンを含む) と②屈性と走性、の活動内容について検討を行った。

①ホルモン (植物ホルモンを含む) については、スワジランドでは挿し木や挿し芽の発根促進剤がよく利用されており、比較的容易に入手できるとのことであったので、これを利用した活動を検討した。日本の高校生物の教科書では、カイワレダイコンの胚軸を利用した生徒実験が例示されているが、現地ではカイワレダイコンの種子の入手が困難であるので、入手の容易なインゲンマメ苗条の胚軸を材料とした実験に改変した。現地でも市販されている発根促進剤がどのような植物ホルモンを含んでいるのか不明であったので、実験計画法の概略を講義し、オーキシンの一種であるインドール酢酸 IAA を用いることとし、これに基づいた実験を考えるように助言を行った。

②屈性と走性については、比較的容易に実験を行うことができる「光屈性」と「重力屈性」について、どのような実験装置を作製すればよいかということを検討した。このうち、「光屈性」の実験装置については、研修生は段ボールの容器を用いて簡単に製作することができたが (図3)、「重力屈性」の装置は製作が困難であった。これは、「発芽種子を一定の湿度を保った密閉容器に置く」という「実験条件」の設定ができなかったためと考えられる。



図3 研修生が作製した「光屈性」を調べるための装置。植物材料は、現地で入手が容易なインゲンマメの苗条を使用した。

「恒常性と環境応答」の單元における生徒の活動では、実験の「条件設定」がきわめて重要である。しかし、研修生は観察実験を行った経験が乏しく、実験の内容が「知識」として記憶されていても、その具体的な方法を考えることが困難であるように思えた。したがって、教員養成の段階での実験観察を取り入れたカリキュラムの編成が不可欠であると思われる。

今回の研修では、日本の高校生物の教科書に例示されている実験・観察を、スワジランドで実施可能な形にアレンジするという方略をとったが、現地の高校に備え付けられている実験器具や、現地で入手可能な実験材料についての予備知識が十分でなく、これらを研修生に確認しながら器具や材料を設定していくという手段を選択せざるを得なかった。研修の効率を高める意味においては、現地の学校現場の事情を事前に把握しておく必要があることが不可欠であると思われる。

以上、生物分野における研修内容の概略を述べたが、スワジランドの学校教育はその内容が「卒業認定試験」に集約されており、「知識の記憶」に重点が置かれていると言っても過言ではない。そのため、学習内容が「卒業認定試験」の問題に縛られていると思われるので、今後「卒業認定試験」とは関係ない学習内容の設定が必要であろう。

#### 4. 研修の成果と今後の課題・展望

上記の各研修を概ね計画通り実施して、先に述べた各種最終成果物が完成し、研修目的に合致する成果を達成することができた。この主な理由として、研修員が理科教育に関する高い専門性と自国の教育改善への

強い熱意を持って各研修に意欲的に取り組んだこと、研修員、研修監理員、JICA 担当者および著者ら大学関係者の間で信頼関係が構築され、互いに協力できたことなどが挙げられる。今後の研修は未定であるが、同様の研修を計画・実施する場合、以下のことが主な課題として挙げられる。

- ・物理、化学、生物の分野別研修では、単発コーディネーターの追加配置を依頼し、指導者と研修員とがより円滑かつ正確に意思疎通できるようにする。
- ・研修対象とする重点単元をできるだけ早期に決定し、研修監理員が理科の内容を予習したり、大学で実験器具を準備したりする期間を確保できるようにする。
- ・実際に日本で実施されている現職研修に、研修員が見学、参加できるか検討する。
- ・教育委員会の指導主事や文部科学省の視学官、教科調査官と情報交換できる機会を模索する。

#### 謝辞

本研修にご協力いただいた徳島県立総合教育センター、鳴門高等学校、富岡西高等学校、ケニス株式会社、JICA 四国をはじめ関係者各位に心より感謝申し上げます。

#### 参考文献

- Examinations Council of Swaziland, SGCSE PHYSICAL SCIENCE Syllabus 6888, 2015a.
- Examinations Council of Swaziland, SGCSE BIOLOGY Syllabus 6884, 2015b.