

「教育臨床総合研究11 2012研究」

先端化学材料を用いた台湾の小学校における理科授業実践

Practice of Science Classes at a Primary School in Taiwan by Utilizing Advanced Chemical Materials

西山 桂* 秋友 浩紀**
Katsura Nishiyama Hiroki Akitomo
徳田 啓佑** 渡邊 圭一**
Keisuke Tokuda Keiichi Watanabe
湛 濠銘***
and Haoming Chan

要 旨

台湾新北市の小学校にて発光材料を題材とした理科の研究授業を実施した。紙幣や郵便切手などの身近な素材に紫外線を照射することにより、その材料特有の発光を確認した。この技術は偽造防止等に役立てられている。今回の研究授業は、台湾の児童にとって生活に役立つ先端科学を身近に感じさせるとともに、科学・技術教育の普遍性を認識させることにつながる。また本学教育学研究科の大学院生に対して、海外での授業実践を経験させるという成果を得た。

We demonstrated a special class of science in a primary school in New Taipei City, Taiwan. We irradiated UV light on commodities using inks emitting in the visible wavelength region, like banknotes and postal stamps. This technology is applied for the prevention of forgery. The special lecture we gave in this work made Taiwanese pupils feel familiar with advanced science and technology, and recognize universality of basic sciences. This occasion also trained our graduate students in terms of international practices of school education.

本研究團隊在台灣新北市的一所小學裡，以發光材料為主題進行自然科學領域的教學觀摩。教學活動當中，從紙鈔或者郵票這些身邊常接觸的物品，透過紫外線照射後反射出平常肉眼看不見的防偽圖樣之教學內容，認識這些具防偽功能的發光性材料之運用方式，台灣的學童也藉此感受到先端科技其實就普遍運用在生活周遭。另外，此教學觀摩活動對本大學教育學院碩士班研究生而言，也是一次體驗海外教學實務的寶貴經驗。

〔キーワード〕

紫外線発光材料，日常生活と先端科学，国際理解・国際協力，海外での授業実践

* 島根大学教育学部自然環境教育講座准教授
** 島根大学大学院教育学研究科教育内容開発専攻自然系教育コース大学院生
*** 台湾新北市板橋區重慶國民小學專任教師

I 緒言

自然科学系の教育実践においては、当該校周辺の自然環境を最大限に活かした教材化など地域に根ざした視点が重要であるとともに、自然科学に特有のグローバルな普遍性を認識させる取り組みを並行して行うことが必要である。教員養成系の本学部においても、例えば環境寺子屋において松江市内の田園や斐伊川河口を教材として使用し植物観察を行うことで、教員志望の学生に対して山陰地域の自然に着目しながら生物学基礎を学修させるプログラムが用意されている。¹⁾あるいは、島根県内を流域とする河川から岩石を採集し、それに含まれる鉱物を濃縮・分析して化学物質や材料に関する理解を深めるといった活動もある。¹⁾その一方で、自然科学が有する普遍性を学生に修得させるとともに、国境をたやすく飛び越えてグローバル化する先端科学・技術論を学修させる機会は非常に少ない。

そこで本研究では、台湾の小学校において先端材料を使用した理科授業を実践することで、本学学生に自然科学の普遍性を体験させるとともに、自然科学・技術と人間の関わりを素材とした国際理解を促すことを目的とする。

II 台湾渡航事業概要

1. 派遣の概要

本学の報告者の台湾渡航は、財団法人交流協会による「平成23年度若手研究者交流事業（短期グループ派遣）」の一環として実現したものであり、必要な渡航費や滞在費等もこの事業から支弁された。この事業の概要は以下の通りである。

表1 「平成23年度若手研究者交流事業（短期グループ派遣）」事業概要

研究課題	レアアースをナノ空間制御したレーザー発光体の開発と先端ナノ材料の初等中等理科教材への展開
派遣日程	平成23年10月2日（日）～10月8日（土）
参加者	西山 桂（准教授）・秋友浩紀（M2）・徳田啓佑（M1）・渡邊圭一（M1）
研究受入機関	国立交通大学・国立清華大学・新北市板橋区重慶国民小学
研究目的	<p>(1) レアアース（希土類）発光体を、ナノ空間で同じ方向に揃えて並べることによって、「強く光る」「カラフルに光る」レーザー媒質を開発する。</p> <p>(2) 先端ナノ材料を、初等・中等学校（小、中、高等学校）における理科教材として展開する。</p> <p>以上の目的を達成するため、台湾を代表するナノ科学・レーザー科学の拠点である研究機関を訪問して意見交換を行うとともに、国際ワークショップを開催してお互いの研究成果に関する議論を深める。また参加者は教育学部に所属し理科教育開発にも携わっているため、台湾の初等・中等教育機関に出向いて先端ナノ材料を応用した研究授業を行うとともに、児童生徒が先端科学と触れあう機会を提供する。</p>

本事業は、西山らが開発している希土類レーザー発光媒質のナノ構造化・集積化を推進することを目的のひとつとして実施されたものである。国立交通大学や国立精華大学は、ナノ科学やレーザー科学に関して台湾を代表する研究機関として著名であり、本研究科の大学院生の先端科学に関する理解を深めさせることにつながる。一方台湾の小学校における理科の実践授業を通じて、理科教材の普遍性に関して修得させるとともに、大学院生に国際的な教育事情をも学ばせることができる。

2. 台湾における教育事情

台湾における初等中等教育は6-3-3制が採用され、6歳から始まる国民小学（6年）、国民中学（3年）、そして高級中学（3年）等へと続いている。²⁾ このうち国民小学と国民中学は義務教育である。さらに高等教育として大学（4年）等が設置されているなど、教育システムの根幹については日本との類似点も多い。そこで日本の理科授業において使用する教材や授業スタイルを参考にしながら台湾において実践する場合、現地の事情に合わせて大幅に改編する必要性が小さいという事情もある。特に今回は科学・技術教育の普遍性について本研究科大学院生に対する教育実践でもある。そこで理科教材の普遍性を最大限に活かすという面において、台湾は授業実践地として最適な国・地域のひとつであると考えられる。

III 授業実践記録

1. 授業実施校の概要

今回授業を行った新北市板橋区重慶国民小学は台湾の首都・台北市に隣接しており、新北市は台北のベッドタウンとして近年の発展が著しい。また台北の中心部から地下鉄で20分程度と、交通の便も極めてよい。当校は民国79年（1990年）に当時の「板橋市第17所國小」として開校し、行政機構の改編等を経て現在の名称となった。小学校の他に幼稚園も併設しており、幼稚園58名、小学生1,804名、合計1,862名の幼児・児童が在籍している大都市近郊型のマンモス校である。小学校3年から6年までは1学年11クラスを誇っている。教職員数は合計128名であり、教員115名のうち35名（30%）が「研究所」修了、すなわち日本の制度でいうと修士課程修了に対応し、質の高い教育を目指していることも特徴のひとつである。また当校は約27,000平方メートルの校地に鉄筋5階建ての校舎、全天候型グラウンドを備えるとともに、室内型温水プールの設備を有しており1年を通して水泳の授業が実施されているなど、施設設備面でもかなり充実した陣容となっている。

このように授業実施校は典型的な都市立地校であると考えられ、IT産業の強豪国として知られる台湾の都市的な教育条件をよく備えている。今回我々が目的としているような、科学・技術の普遍性を確かめる授業展開にはふさわしい環境といえる。

2. 授業の位置づけと内容

今回実施した授業の概要は以下の通りである。

表2 台湾の小学校における理科学研究授業の概要

日時	平成23年10月7日（金）
対象	5年生児童 31名
授業題名	（中国語）自然科学観摩教學「肉眼看不到的光」 （日本語訳）理科学研究授業「目に見えない光」
内容	<p>(1) 導入 — 日本及び島根大学の紹介 — 日本の位置、主要データ（首都、人口、使用言語、通貨等）の日台比較 島根県松江市及び島根大学の紹介 本学教育学部附属小学校・中学校の授業風景紹介</p> <p>(2) 研究授業 光の波長と色（紫外線～可視光線～赤外線） 身の回りの素材において、紫外線を照射により発光するものを提示（日本及び台湾の紙幣、パスポート、配達された郵便物など） 光の波長を変換する材料として、島根大学で合成した化学物質を提示総論（目に見えない光の利用方法、科学・技術と日常生活との関わり）</p> <p>(3) 国際交流と授業まとめ 折り紙（折り鶴）の実演 授業アンケート</p>
授業スタイル	講義（Microsoft PowerPoint使用）と演示実験、折り紙実演を併用

以下、それぞれの項目に関して詳細を述べる。

（1）導入—日本及び島根大学の紹介—

地理的に近い日本と台湾は歴史的にも深いつながりを有するとともに、近年でもIT産業等に代表される経済的な交流が非常に活発である。台湾では、市内に日系資本の自動車・電気製品店、飲食店や雑貨店等も非常に多く見られ、日本が身近な外国のひとつとして認知されているであろうことが伺える。今回の導入部分で、「日本に行ったことがあるか」と問いかけたところ約5名（16%）の者が渡航経験ありと答えた。その行き先は、東京、京都、北海道等であった。

授業では、まず日本列島における松江市の位置を示したのち、本学部が教員養成学部であり学生が将来初等・中等学校の教師を目指していることや、附属学校における授業風景を紹介した。

（2）研究授業

1) 光の種類的基础

まず、白色光を分光した写真を示し光の色を示した。ここでは、日本で一般的に用いられている虹の7色（紫・藍・青・緑・黄・橙・紅（赤））が台湾でもそのまま使用されていることを確認したのち、これら7色を提示した。次に、赤色からたどって紫色の外側、逆に紫色からたどって赤色の外側にはそれぞれ目に見えない光があること、中国語では「紫外線」「紅外（赤外）線」とそれぞれ呼ばれていることを示した。

2) 化学物質を用いた波長変換の演示実験

また、ある種類の化学物質、すなわち波長変換材料を使用すれば「目に見えない光」から「目に見える光」に変換することが可能であることを伝えるとともに、演示実験を行った。身の回りにある素材に紫外線を照射し、素材中に含まれる物質を介在することによって可視光領域にて発光させることで、紫外線から可視光線への波長変換が目視により体験できる。まず、台湾や日本の紙幣やパスポート、クレジットカード等に紫外線を照射した場合、これらの素材の一部が発光することを確認した。例えば、100台湾元札（約280円）は紫外線によって鮮やかなオレンジ色の発光が見られる。これらは偽造防止技術の一環として紫外線発光インク等が使用されていることによるものである。また、配達された郵便物に紫外線を当てると不可視インクで印字されたバーコードが浮かび上がるのが確認でき、配達業務に使用されていることを確認した。

次に、著者らが島根大学において開発した化学発光材料（図1）に紫外線を照射して発光を確認した。これらの化合物の名称は、bis(1,10-phenanthroline) terbium (Ⅲ) ($\text{Tb}(\text{phen})_2$) 及びbis(1,10-phenanthroline) europium (Ⅲ) ($\text{Eu}(\text{phen})_2$) である。両者の化合物は、希土類-有機ハイブリッド錯体の化学構造を有している。すなわち紫外線によって有機化合物の部分が励起されたのち希土類にエネルギー移動が起こり、希土類特有のシャープな発光線が見られる。これらの発光体は中心の希土類を変化させることにより発光波長を変化させることが可能であるという、従来材料にはない特徴を有している。

上述のように今回の授業では、まず身の回りの素材において使用されている紫外線発光材料を提示して児童の関心を引きつけたあと、その発光原理を演示実験により再現してみせるという「謎解き」の形式で行ったところに特徴がある。

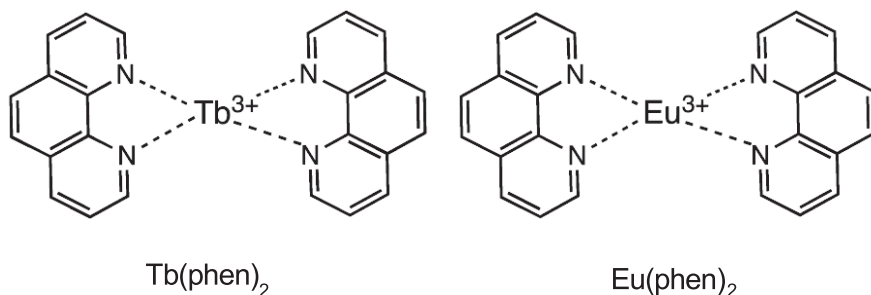


図1. 演示実験で使用した希土類-有機ハイブリッド発光体。

著者らの研究室で合成した化学発光材料。

3) 振り返り

図2に、今回の授業で使用した総論のスライドを示す。和訳は「目に見えない光の使い方：偽造防止、普段は目に見えないが必要な場合だけ見えるもの」「私たち島根大学においても、このような化学材料を開発しています」「科学・技術は、世界各地においてどこでも同じように使えます。台湾も日本も力を合わせて、科学・技術をさらに発展させましょう。私たちの住んでいる世の中が、いっそうよくなります」となる。科学・技術は国境を越え、普遍性を有していることを訴えかける内容となっている。

総而言之

- 看不見の光之用途
 - 偽造防止
 - 平常看不到、有需要才使用的光
- 我們島根大學正在開發這種化學材料。
- 科学・技術在世界各地都是相同的。
在台灣、日本、努力共同研究。
進一步發展新科技、讓大家居住的世界更美好。



図2. 研究授業で使用した「まとめ」のスライド 図3. 研究授業終了後、授業者と児童の様子

(3) 国際交流と授業まとめ

授業の最後に、千代紙を使って折り鶴製作を実演するとともに、予め人数分を用意していた折り鶴を児童に配布し記念とした。千代紙は日本の伝統を紹介する身近な素材の代表例であるとともに、折り紙という手技は日本の「ものづくり」の源流のひとつである。発光材料の授業では科学・技術の普遍性を強調してきたが、一方では地域の文化に根ざした技術の一端を示すことにした。このように講義や演示実験、実演が終了して授業者と児童と（がすっかり打ち解けたところで、図3のように記念撮影を行った。最後に、授業の感想等をアンケートにより集計した。

IV 結果と考察

(1) 台湾の理科関連教科における本研究授業の位置づけ：理科授業の内容構成

台湾の義務教育においては、政府の教育部による検定教科書を使用した授業が実施されている。理科を含む教科に対応しているのが「自然與生活科技」であり、直訳すると「自然と生活科技」、すなわち「理科と、生活における科学・技術」の意となる。表3には当校で使用している出版会社「康軒文教事業」の本教科の5、6年次における単元名を示すとともに、比較として日本で使用されている小学理科教科書の単元名も示した。

表3から明らかなように、理科授業の内容構成のうち物質科学分野と生命・地球科学分野ともに6年上巻までは日本の教科内容とほぼ対応した形を取っている。一方、6年下巻では、日常生活の中に息づく技術や、社会と最先端科学との関わりを日本以上に強く意識させる内容となっている。ITやエレクトロニクスを始め先端技術産業の振興に注力している台湾の教育方針の一端を感じさせる内容構成となっている。

このように位置づけられている理科の内容構成の中で、5年生に対して実施した今回の研究授業は、発光体を通じて日常生活の中に根付く先端科学を十二分に意識させる結果となった。しかも、6年次で実施される科学技術基礎論への橋渡しとなるタイミングとしても活用できた。

表 3. 小学校教科書「自然與生活科技」(台湾) 及び「理科」(日本) における単元名称比較 (康軒文教事業社版)

教科		「自然與生活科技」(台湾)		「理科」(日本)
出版社		康軒文教事業社版		東京書籍
学年	分冊	単元名 (中国語原文)	単元名 (参考和訳)	単元名
5	上	太陽的觀測 植物世界面面觀 空氣與燃燒 力與運動	太陽の觀察 植物世界のパノラマ 空氣と燃燒 力と運動	天氣の變化 植物の發芽と生長 魚のたんじょう 花から実へ 台風と天氣の變化 流れる水の働き
	下	美麗的星空 植物世界面面觀 熱的傳播與保温 聲音與樂器	美しい星空 動物世界のパノラマ 熱の伝搬と本 音声と樂器	ふりこのきまり 人のたんじょう 物のとけ方 電流がうみ出す力
6	上	天氣的變化 大地的奧秘 水溶液 電磁作用	天氣の變化 地球の謎 水溶液 電氣と磁氣の作用	物の燃え方と空氣 動物のからだのはたらき 植物のからだのはたらき 生き物のくらしと環境 太陽と月の形 大地のつくりと變化
	下	生活中的力 簡單機械 生物、環境、與資源	生活の中の力 機械の基礎 生物・環境と天然資源	てこのはたらき 水よう液の性質とはたらき 電氣とわたしたちのくらし 人と環境

(2) 授業アンケート

今回行った研究授業の最後に、児童に対して授業の感想を問いかけるアンケートを行った。アンケートは日本語・中国語の両方を併記する形とした。表 4 にはアンケート原文とともに回答を示す。

設問 1 及び 2 について、「今回の授業が大変おもしろい」「光科学・光技術に大変興味が持てた」との回答が実に 9 割程度に達している。日常的に使用している紙幣や郵便物といった素材が、紫外線による発光機能を有しているという意外性、また、発色という現象自体が神秘的で児童を引き付ける力があるものと考えられる。設問 3 では、目に見えない光の意外性について言及している回答が 9 割程度と非常に多い。その一方、授業の導入部分で展開した日本と台湾との国情の違いや、日本の豊かな自然環境・歴史的遺産についての印象を掲げる者も 1 割程度いた (回答例 C, D)。今回の授業は日本と台湾の比較が主な目的ではなく、科学・技術の普遍性をもって外国で授業を展開することに注力したので、所期の目的が十二分に達成されたことがアンケート結果からも読み取れる。

表 4-1. 研究授業アンケート原文

民國100年（日本 平成23年）10月 7 日

授業アンケート（上課意見調査表）

日本・国立大学法人島根大学
西山 桂

1. 今日の授業はおもしろかったですか。ひとつ選んで、○で囲ってください。
（今天上課內容有趣嗎？請選擇其中一個選項畫○）

A. 大変おもしろい（非常有趣）
B. おもしろい（有趣）
C. あまりおもしろくない（不怎麼有趣）
D. まったくおもしろくない（非常不有趣）

2. 光を使った科学や、材料について興味が持てましたか。ひとつ選んで、○で囲ってください。（光線和材料的相關科學知識有興趣嗎？請選擇其中一個選項畫○）

A. 大変興味が持てた（非常有興趣）
B. 少し興味が持てた（有點興趣）
C. あまり興味が持てなかった（不怎麼有興趣）
D. まったく興味が持てなかった（完全沒興趣）

3. 今日の授業の感想を、自由に書いてください。（關於今天的上課內容有什麼感想，請自由發揮寫下來）

今回、台湾・新北市重慶國小的皆さんといっしょに勉強できてうれしいです。また、皆さんとお会いしたいです。では！（這次在台灣能和新北市重慶國小的各位一同學習感到高興，希望後會有期！）

表 4-2. 研究授業アンケート回答結果

設問番号	回答
1	A. 93.5% B. 6.5% C. 0% D. 0%

2	<p>A. 87.1%</p> <p>B. 12.9%</p> <p>C. 0%</p> <p>D. 0%</p>	
3 *	<p>回答原文*</p> <p>A： 這次的上課讓我發現其實生活周活用遭有許多看不見的光、但是這些光並不是看不見、而是需要用某種器材才能看得見、例如鈔票所發出的光、那是為了不讓人偽造。這次的實驗不但讓我嘆為觀止、也讓我獲益良多、希望下次您們還可以來臺灣玩！</p> <p>B： 以前我都不知道原來有看不見的光、但是上完教授的這一課我就知道原來有我們的生活有這一些看不見的光。</p> <p>C： 今天的上課內容不僅就我了解日本與臺灣的不同、也讓我學到「看不見的光」有什麼特性、上課內容非常的有趣、增加我許多知識、我非常喜歡今天日本老師的上課內容、希望以後還有機會、讓我學到更多知識。</p> <p>D： 我覺得這位教授非常的親切、也在上課時努力的說中文讓我們聽得懂、不僅介紹了日本的許多地方、也讓大家了解了紫外線的神奇、最後還送我們精心、製作的紙鶴、讓我感覺十分心慰、對於這一次的教學、使我覺得很高興、希望教授下次還有機會再來、讓台湾人了解科技的神奇。</p>	<p>日本語訳</p> <p>今回の授業によって、私たちの生活には目に見えない光が多く使用されていることが分かりました。人間の目には見えない光でも、機械を使用すれば目に見えることができるので、例えばお札の偽造防止技術に役立てることができます。今回の実験で多くのことを学びました。また台湾に来てください！</p> <p>授業を受けるまでは「目に見えない光」というものがあることを知りませんでした。先生の授業によって、私たちの生活には目に見えない光がたくさん使われていることを知りました。</p> <p>今日の授業内容によって日本と台湾のそれぞれの国の違いが分かったとともに、「目に見えない光」の特徴を勉強しました。授業内容はとてもおもしろく、知識が深まりました。日本から来た先生が授業をしてくださってうれしいです。次の機会があれば、また多くのことを教えてください。</p> <p>先生方は非常に親切で、中国語を使って授業をしてくれたので私たちも授業内容が聞き取れました。また先生方は日本にはいくつもの地方があること、紫外線の不思議を解説してくれました。最後には折り鶴をととても注意深く作っていただきました。また次の機会に来ていただいて、科学技術の不思議さを教えてもらいたいです。</p>

* 順不同。回答A~Dのタグ付けは著者による。

V 結語

今回の研究授業によって、台湾の児童には特に科学・技術の普遍性を強く印象づけることができた。すなわち科学の基本的な指導原理は国や地域の偏りが少なく、少なくとも先進工業国である台湾や日本の現行教育制度のもとでは児童の科学・技術に対する興味や関心が似通っていることが臨床的にも明らかにされた。その一方で、理科教育課程や教科内容構成の一層の充実のためには、当該国の特性、あるいは当該校の地域に根ざした教材作りや教育プロセスの開発も併せて重要である。科学・技術のグローバルな普遍性を伝えるとともに、その地域特有の自然や素材を活用した教育とのバランスが求められる。また今回の授業実践を経験した本研究科の大学院生には、将来的に理科授業の国際展開をも可能にするような授業構築力を身につける端緒になったと考えられる。

今回の台湾の小学校での授業実践においては、主たる授業者（西山）と実施校対応教員（湛）とが授業進行の詳細や使用言語（中国語）について事前に綿密な打合せを行った。児童への一般的な内容伝達や日常的な意思疎通に関してはこの手法で十分に対応可能であったと考えられる。しかし理科に関する専門用語のうち、台湾の教育制度において規定・定義されている固有の表現や言い回しについては、今回の準備で十分であるとはいえない。今後国際授業を実践する場合、専門用語や教育用語を実施国の教育課程において規定されている内容に合致させることがさらなる検討課題となろう。

謝辞

今回の研究を行うにあたり、授業体制の支援をいただいた台湾新北市板橋区重慶國民小學・王秀燕校長及び当校関係各位に御礼申し上げます。台湾への渡航費や滞在費は、財団法人交流協会「平成23年度若手研究者交流事業（短期グループ派遣）」の援助を得た。台湾で演示実験に使用した化学材料は、島根大学プロジェクト研究推進機構・萌芽研究部門「島根地域の自然界に学んだ有機－無機ハイブリッド発光ナノ材料の創製」（平成22-23年度，研究代表者：西山桂）授業の一環として合成した。また当材料の合成手法に関して自然環境教育講座・原田 聖 特任講師の援助を得た。

参考文献

- 1) 環境寺子屋平成23年度事業成果報告書, 島根大学教育学部.
- 2) 文部科学省 中央教育審議会 初等中等教育分科会 教育課程部会 外国語専門部会 (第9回) 議事録・配付資料 [参考資料4-3] 附1:台湾の学校教育制度等 (2005).