

中小學教師用科學教學包的設計與開發

日本國立鳴門教育大學 大隅紀和 著
國立臺灣師範大學物理系 蘇賢錫 譯

不僅是科學教育的實驗器具，學校教育的大部分科目（teaching subject）之學習活動所使用的教材教具（educational/teaching material），其新設計開發的工作，可以分為下列三大過程。

- ① 教材教具的研究開發（Design and Development of Teaching Material）
- ② 小規模試驗與評量（Try-out and Evaluation in Small Scale）
- ③ 生產與普遍利用（Production and Disimination for All Sohool）

本文主要就科學教育的領域，簡單檢討這三個過程，並且介紹筆者所致力科學教育所使用的實驗器具與學習材料之研究開發的具體例子。

■ 1. 日本的現況

首先，簡單綜覽日本的現況。

在日本，上述三個過程中，①教材教具的研究開發與②小規模試驗與評量，由科學教育或教育工學（educational technology）的研究人員或專家來致力研究。其狀況與成果，在各種雜誌與學會會刊上發表，並且在研討會與學會報告。

這領域的研究活動，需要生產方面的思考與能力及技術，因而比其他教育研究領域較為不活潑。而且目前集中在這領域參加研究活動的研究人員與專家比較少。其理由很多，但是主要可參下列兩點。

1. 師資培養課程中，沒有實施專門性教育

指導人員與研究人員很少。在學科教育的領域，隨各學科的研究而作附帶處理的教育機關與大學很多。

2. 實驗器具與學習材料被認為應由廠商來製作

學校的絕大多數教師認為實驗器具與學習材料應該利用學校預算來購置，這種傾向頗強。師資培養課程的教育也反映在這裏。

至於開頭所舉的三個過程中，③生產與普遍利用，完全由教材製作企業來進行。

為了開發與生產符合學校方面的要求與需要，教材製作廠商與這領域的能幹教師與自然科學教育研究會（science teachers association）保持直接或間接關係。部分廠商用某種方式來購買教師的構想，或將對教材的設計與研究開發有才能的學校現任教師以短期顧

問的名義吸收爲其新血輪。

■ 2. 作爲研究領域的教材研究開發

其次，將檢討當科學教育或教育工學的研究活動來進行的教材之研究開發與小規模試驗及評量的過程。在日本，這種情況較少。

● 1. 研究人員在實驗器具研究開發的角色 (Role of Researcher on Design/ Development of Science Teaching Material)

爲了振興或革新科學教育，實驗器具的新設計或研究開發，極爲重要。致力於這領域的工作，其主要意義有下列三點。

(1) 予學校教師以好的刺激 (Stimulating of School Teacher)

在中小學指導科學 (science) 的教師，多半以自己中小學時代學習科學的經驗爲背景，極其依賴教科書或教學指引來指導學習。雖然實驗室有一般實驗器具，但是除了對科學的學習指導有特別興趣與關心的教師，或科學的專科教師 (science subject teacher) 以外，一般都不大加以利用，這是普遍的傾向。

爲這些不擅長於科學的指導之多數教師，①研究開發並且提供科學指導的較佳具體方法或具體器具。②因而爲了較佳的科學指導，予多數教師以好的刺激。③這個過程，希望不是以強迫的方式而是以教師自己發現的方法 (selfawareness approach) 來實現，至少應該以此爲目標。

具有這種機能與角色的，就是實驗器具研究開發的工作。

(2) 有關實驗器具與學習材料的資訊與資料之蒐集 (Collect Information/ Material on Science Teaching Material)

就這領域而言，有關實驗器具或學習材料的資訊與資料之蒐集是基本的工作。這種工作不但耗費時間與勞力，而且沒有報酬，但是必須踏踏實實耐心地去。做。

此外，資訊與資料的蒐集方法或加工方法也成爲研究課題。只是採用抄寫文獻的方法，那就不容易成爲有用的資料，尤其是圖形、插圖、照片、曲線圖表等具體的東西，必須加以整理，使成容易使用的簡潔二次資訊。

關於這一點，筆者曾經在國立教育研究所科學教育研究中心 (Center for Science Education, National Institute for Educational Research-NIER, Japan) 做過小規模的嘗試。

(3) 對最近將來的科學課程標準之改訂做貢獻 (Revising Course of Study in Near Future)

實驗器具或學習材料的設計或研究開發的最終目標是，最近的將來可能要改訂課程標準 (course of study) 時，提供有力的資料。科學與技術的進步與發展激烈的現代，科學教育的課程標準在社會上的角色也不得不改變。同時，由於社會的要求，課程標準的壽

命也逐漸縮短。

因此，新的科學實驗器具或學習材料的研究開發也必須指向未來的趨勢。將這一點弄清楚後，這領域的研究活動的角色一定增大，一定普受期待。

● 2. 實驗器具研究開發的規模與架構 (Framework on Design and Development Research)

這領域包括大大小小的各種活動，其實際狀況不大明確。

學校教師個人或數人一起進行的活動，應該意外地多，但是這些活動是否包含在研究活動，見仁見智。本文願意把這些極小規模活動也視作研究活動的一種型態。

要展開實驗器具的研究開發時，其架構的代表性要素是①人力規模，②主體性的所在，③研究期間，④預算的規模等，此處簡單討論這些要素。

(1) 人力規模

凡是展開研究活動時，決定性要素是人力 (man power)。①個人或數人的小組來進行，抑或②組織研究工作隊或研究機構來展開。隨著這人力規模的不同，研究活動的計畫也會改變。

日本似乎有意外多數的中小學教師，個人或以少數人的小組來自動進行研究。這件事可以以月刊雜誌的記事或學會的報告例來推測。這些研究活動各自發揮各自的機能與角色。然而，事實上其實際狀況無法明確掌握。

(2) 主體性的所在

個人或小組進行研究時，①多半是完全自動的研究活動。反之，②地域的行政團體 (例如地方的教育委員會) 或國家的要求之下所進行的研究活動，不能說完全沒有，卻是極少。

大學研究機構的研究人員自動組成研究組織，申請文部省的科學研究獎助金 (Grand in Aid for Science Research by Ministry of Education and Culture) 來進行研究活動，這種情形是有的，但是這不一定是常規。

(3) 研究期間 (term or period for research project)

研究期間全視個別的研究活動而定，沒有一定的期間。①臨時想到而進行的短期間活動較多。然而，獲得科學研究獎助金等時，②有時候要進行 2 ~ 3 年間的長期研究活動。

(4) 預算與經費的規模 (budget scale)

日本的實際情況是，許多研究活動在預算沒有受到任何保證的狀態之下進行。文部省的科學研究獎助金，中小學與高中教師也是獎助對象，但是實際申請的教師只占少數。

其餘是，地域教育委員會對地域教師自動研究小組的援助，以及校長個人籌款的研究活動。

因此，多數情況是①在極小規模或幾乎沒有經費的狀態之下進行，也可以說②預算與經費有保證的研究活動，僅仰賴於文部省的科學研究獎助金。

這樣看來就可明白，個人或少數人員小組的自動研究活動，多半在不太花費時間與經費的情形之下進行——這是日本的現況。

■ 3. 實驗器具的設計與研究開發之過程 (Process of Trial Production and Try-out by Educational Researcher)

仔細檢討起來，教材教具研究開發的實際過程，包括各種情況。同時，上面所提到的研究開發之規模與結構的要素，也有複雜的關係。於是，限定在研究人員以個人或小組的方式來進行研究的情況來作一般性區分，則如下列過程。

(1) 企畫與設計 (Planning and Design)

需要一段時間來溫習問題概念與構想，以及蒐集材料與調查資料，然後籌劃新的計畫。

(2) 試作作業 (Prototype Design/Trial Production)

開始做具體的作業，然後製作新實驗器具的原型。

(3) 試驗與修正 (Try-out/ Modification by Feedback Data)

檢查試作的原型，又實際以少數學生為對象來做試驗，再根據所得的資料來改良或修正。在進入下面階段之前，必須明確決定，是否進行，變更，或放棄本計畫。

(4) 真正實踐 (Utilization in Actual Classroom Activity)

實際用在班級實踐，蒐集學生的學習結果與指導教師的評語。實驗結果的數據，曲線圖表，觀察記錄等也要蒐集。

(5) 報告的書寫 (Paper for Document)

該實驗器具與材料的主要想法、開發與製作過程，試驗結果等，整理之後寫成報告。或許有或多多少少的差異，但是一般均循這些過程。

■ 4. 研究開發的一些例子 (Several Examples of Science Teaching Material)

這裏要介紹的科學教育用教材教具，不一定以使用在學生的學習活動為目的。反之，假設中小學教師為使用對象，其理由與企圖是，正如前面實驗器具的研究開發之角色所提到，目的在於製作實驗器具，以便予中小學教師以好的刺激。

下面介紹的例子，不一定是筆者獨創的開發例，但是多少與研究開發有關係。

(1) 乾電池與小燈泡 (Big Size of Battery and Bulb)

乾電池與小燈泡的巨大實物模型，容易做示範實驗來說明電路的構造。

(2) 水透鏡與實驗 (Water Lens)

直徑 20 ~ 30 公分的凸透鏡，使用透明塑膠布來裝水，作成透鏡。抽去水時或裝水一半使成平凸透鏡時，均可容易實驗。師生都因透鏡的巨大而吃驚，成為令人興奮的實驗。

(3) 以OHP為光源的透鏡實驗 (Optical Experiment by OHP Light)

用OHP當光源裝置的透鏡實驗，可在明亮的房間示範透鏡實驗。

(4) 真空泵的實驗 (Hand-operated Vacuum Device and Experiment)

有具有真空泵機能的小型裝置，裝上注射器，移動注射器的活塞來製造低真空狀態，可以做實驗來證明大氣壓的存在。

(5) 作用與反作用——環狀磁鐵實驗 (Two Ring-shaped Magnets)

使用直徑 10 公分的兩個環狀大磁鐵來做反作用的實驗。

(6) 磁場的觀察與記錄 (Observation and Record of Magnetic Field)

一根或兩根條形磁鐵或 U 形磁鐵，觀察並且記錄其所產生的磁場。讓各個學生保留其觀察結果當做作品。可以展開典型的參與性實驗觀察活動。

(7) 手搖發電機的實驗——馬達與發電機 (Hand Generator)

使用現成的手搖發電機來實驗馬達與發電機的關係。同時，由作用在手搖柄的力之大小來體驗能量與負荷 (load) 的關係。

(8) 電磁感應的實驗——夫來明左手定則 (Electromagnetic Induction)

做示範實驗來表示，磁場中的導線 (lead wire) 有電流通過時，作用在該導線的力之方向。這實驗也要有效利用手搖發電機。

(9) 力的平衡之實驗 (Simple Springs)

利用推挽式彈簧秤 (push-pull spring balance) 來做實驗，且用 OHP 來做二力及三力平衡的示範實驗。

(10) 水的電解實驗 (Electrolysis of Water)

使用小容器 (tiny container)，簡單地做水的電解。其特徵是，能夠反覆再三實驗，以及能用手搖發電機。

(11) 燃燒的實驗 (Experiment of Combustion)

在透明容器內燃燒木炭或鋼棉 (steel wool)，證明燃燒前後的質量不變——質量守恒定律。

(12) 太陽所形成的影子之移動 (Record of Shadows)

日本有春分、夏至、秋分、與冬至。這是製作錄影帶 (video tape) 的例子，記錄各時期物體由太陽所形成的影子之前端移動情形，能夠檢討映像教材的特色與實驗器具的搭配問題。

(13) 鯽魚體色變化的實驗 (Change of Fish Body Color)

使用生物的實驗例。準備透明容器、白色容器、與黑色容器，觀察裝在各容器內的鯽魚體色變化之情形，這時亦可利用錄影帶來提示畫面。

希望透過如上的例子之介紹，來檢討實驗器具的設計或研究所需的想法與態度。關於這領域的研究，筆者認為下列「LESSON」可視為關鍵語 (key word)。