

各國STS課程教材評介(二)

—英國SATIS計畫

魏明通

國立臺灣師範大學科學教育中心

一、緒 論

英國科學教育協會(The Association for Science Education)在1970年代後期開始為第六級(six form)學生推出 SIS(Science in Society) 及 SISCOON(Science in a Social Context)計畫⁽¹⁾ 並受各界廣泛使用後, 自1984年開始, 為中小學較大範圍學生使用的“社會中的科學與技術”(Science and Technology in Society, 簡稱SATIS)計畫, 將STS教育從高三到大一年齡往下紮根, 推廣到8歲的小學學生。根據其教師指引⁽²⁾, SATIS計畫的理念為:

- (一) 科學不限定於學校的實驗室, 無論在身邊、遠離的地方, 世界上到處科學都存在。
- (二) 科學具有人性的一面。
- (三) 幫助學生發展關心科學、技術與社會間的相互關係。
- (四) 認識科學與技術給予社會有好的一面與壞的一面。
- (五) 認知產業與其經濟基礎、產業的作用及產業在創造財富所扮演的角色。
- (六) 充分考慮技術活動對環境的影響, 必須盡量減小環境破壞。
- (七) 發展必須慎重利用天然資源的概念。
- (八) 科學並不是孤立的研究領域而與地理、經濟、歷史等其他領域有密切關係的。
- (九) 在實際生活中所下的決定, 往往根據矛盾的、不足夠的資料, 因此所做的決定往往含有妥協成分而不限於正確的。
- (十) 幫助學生進行討論做為事實根據的各種事象, 聽別人意見後才下決定。
- (十一) 幫助學生於科學的關連上, 將自己的意見跟別人討論。
- (十二) 給予學生有練習閱讀、收集與分析資料、檢索資料、解決問題、扮演角色、傳達等特定技術的機會。

二、SATIS 模組教材評介

SATIS 教材均以模組教材方式呈現，到目前為止已完成約三百二十模組教材，這些模組教材在取材時不但考慮到學理上的科學概念外特別留意使用下列三種題材：

1. 與日常生活及實際社會有相關的。
2. 採用科學史上的歷史人物與其發明、發現。
3. 贊成與反對論兼存，答案不限於一個的。

現就各年級使用的 SATIS 模組教材，以年齡順序簡單介紹。

(一) SATIS 8~14⁽³⁾

在 SATIS 教材中最後開發(1992 開始)的是 SATIS 8~14，為小學至中學前期學生所編輯的科學、技術於社會的模組教材。到目前為止已有約一百模組教材發行，其中 Box 1 以 8 到 10 歲兒童為使用對象；Box 2 即以 10 到 12 歲學生為使用對象；Box 3 即以 12 到 14 歲學生為使用對象。

現就 Box 3 中較有特色的模組教材，簡單介紹：

1. 岩 鹽

了解岩鹽的各種利用，與尿素比較防水的效應。計量及實施岩鹽的分析並做報告。

2. 紙尿布

比較市售紙尿布的優點及缺點，思考消費量的成長及其原因，試驗吸水力。

3. 鋼 鐵

調查並列舉家庭中的金屬。以壁報展示鐵的合金及其特性，鋼鐵的性質及其變化，鐵的表面處理，產業革命與鐵，防銹等五主題。

4. 銅

檢討家庭中所用的金屬，調查銅與其合金的特性。對於生活中的銅從各種觀點調查並報告。檢討世界各國對銅的使用情況。

5. 電池的能力

列舉電池的種類。實驗製作馬鈴薯電池。檢討單三電池的種類與其特性。實驗測量可樂電池的電壓。從電流、價錢等檢討電池。現將此一模組教材較詳細介紹內容與教法：

單元名稱 電池的能力

第一節 介紹電池

提示 10 種電池的照片，問學生下列三個問題，以個人或小組在兩分鐘範圍回答。

問題 1 組成這些電池的是什麼東西？

問題 2 這些電池各有什麼不同？試分類它們。

問題 3 我們為什麼需要多種的電池？

第二節 馬鈴薯也可做電池

準備兩個馬鈴薯各插進鋅片與銅片。使用液晶表示的錶、電壓計、小燈泡等接連於一個馬鈴薯電池或串聯的兩個馬鈴薯電池，觀察小燈泡的點亮、測量電壓並記錄結果。根據記錄回答一些問題。理解電池的原理、原電池 (Primary cell) 及蓄電池 (Secondary cell)。

第三節 單三電池

家庭活動：剪取報紙雜誌的廣告照片或圖畫帶到學校並調查單三電池用於那些儀器或裝置。

將一些單三電池分類為鹼電池、充電式電池、高性能乾電池、標準乾電池。調查這些電池的價錢、有無含水銀、容量、電流強度、保存時間與電壓的關係等資料並列舉各電池的優點與缺點。進一步檢討收音機、玩具、閃光燈等所需要的電流情況，選擇最適當的電池。

第四節

計算每一種電池消耗一安培小時電力所需要的價錢，推定那一種電池最經濟。對於充電式電池進行調查其電壓或可充電次數。對於其他電池即調查保存時間與電壓的關係。

從第 1 至 4 節的教學，使學生理解電池的化學，並將這些電池的知識能夠活用於日常生活中，同時兼顧經濟的觀點與環保的觀點。

SATIS 8~14 的教材均如上例一般，以兒童在家庭常見的事物為主題，從科學及技術方面來探討，使兒童正確理解科學、技術與社會的關係。

(二) SATIS 14~16⁽⁴⁾

SATIS 14~16 為 SATIS 教材中最早開發 (1984~1991)，為中學生所準備的 STS 教材。以英國科學教育協會的 SATIS 教材本身來講，原發行的 SATIS 教材都指此一套為中學生所預備的教材，惟因與其他 SATIS (8~14, 16~19) 教材區別起見，後來在 SATIS 後面加 14~16。到目前為止，SATIS 14~16 教材分 12 部，每一部含 10 模組教材。每一模組教材中含教師用的教學指引與學生用作業單 (Worksheet)，作業單能夠切開烤貝使用。一模組教材的教學時間通常為兩小時，惟根據學習內容或活動，有的需要加家庭作業。對於每一部中各模組教材的順序沒有一

定的序列，教師根據教學需要可選用。每一模組教材的教學指引中均列有教學目標、內容、方法、背景知識及具體的問題、發展學習等項目。

現就 SATIS 14 ~ 16 中較有特色的模組教材介紹於後：

1. 大氣污染

根據空氣中一氧化碳、二氧化硫、氮的氧化物的含量資料分析其生成原因並回答問題。

2. 試管嬰孩

收集有關不孕的問題與試管內受精技術的資料，討論試管受精與生命倫理問題。

3. 鋁的再利用

調查家庭所消耗的鋁量。討論製造鋁金屬所需的電力及經費。回答並討論鋁的再利用問題。

4. 玻 璃

閱讀有關製造玻璃與其再利用的資料並回答教師所提的問題。示範實驗：玻璃的製造。

5. 肥料的生產

閱讀有關肥料的種類、製造方法及肥料與環境問題等的資料並回答教師所提出的問題。實驗：製造硫酸銨肥料及其檢驗。

6. 加氟自來水

閱讀蛀牙與飲水中加氟化鈉的資料，討論公共的水源中以人為加氟的問題。

7. DDT 與瘧疾

討論 DDT 的優點與問題點。從瘧疾、寄生蟲、食物鏈、生態系平衡及預防疾病等觀點討論禁止使用 DDT 問題。

8. 水污染的迷思

從實驗報告的資料分析與河川中魚類死亡的事實，檢討水污染問題並回答教師所提的問題。

9. 那些是制酸劑？

從數種市售腸胃藥的標籤所表示，做成分的調查並比較其價錢。實驗：實驗比較各藥片的制酸效果並回答問題。

10. 化學探查礦脈

從各流域河水中之含鐵量分析結果顯示於地圖方式模擬鐵礦石的礦脈調查。實驗：

試樣溶液中加硫氰化鉀溶液，從顏色的變化判斷溶液中的含鐵量。

SATIS 14～16 模組教材的另一個特色為透過科學史的歷史人物及其發現來學習科學外，檢討科學家的社會責任等問題。現舉數例介紹。

單元名稱：佛利茲·哈柏故事

哈柏 (Fritz Haber) 是德國科學家，他在1908年發明空氣中氮的固定方法（即將空氣中的氮與氫氣反應生成氨），使他在1918年獲得諾貝爾獎。第一次世界大戰時，德國被各國封鎖海外交通，可是因哈柏法的發明，德國的氮肥和炸藥的原料不虞匱乏而且開發了第一次世界大戰所用的毒氣。在本模組教材中將哈柏的榮耀及失意的生涯以約4000字的文章介紹，特別提哈柏夫人為抗議兵器開發而自殺，哈柏為戰後德國復興所做的貢獻，獲諾貝爾獎，被納粹迫放國外及在瑞士的客死等其生涯故事。學生閱讀後回答並討論下列問題。

問題1 什麼叫做氮的固定？為什麼重要？

問題2 哈柏的研究中貢獻人類的是什麼？對人類有害的是什麼？

問題3 氨不但可用於製造肥料，亦可用於製造火藥，你覺得怎樣？

問題4 科學家進行研究時是否需要考慮到研究成果如何被應用而來研究？

問題5 哈柏是否需要另一種不同的行動？

問題6 試列舉研究成果被用於破壞方面的其他科學家之例。

在哈柏氨合成法之教學後進行以上的閱讀、討論及回答問題的教學時，學生不但可得化學知識，而且可瞭解科學的發現與發明可用於有益或有害的地方，同時認識科學家對社會的責任及影響力。因此本模組教材為 STS 課程中極為理想之教材。

單元名稱：派京的毛斐染料

閱讀威廉·派京 (William Perkin) 的生涯故事。派京於15歲時就學於皇家化學學校，於1856年18歲時在合成奎寧 (Quinine) 實驗時偶然在黑色反應生成物中發現含有紫色物質即毛斐 (Mauveine) 染料。派京知道此一偶然的發現具有商業價值後組織公司大量生產並繼續研究，製得更多其他染料如茜素 (alizarin) 而致富後，從經營退出專門從事學術研究。讀後討論並回答下列問題。

問題1 為什麼合成染料的發現很重要？

問題2 為什麼德國比英國合成染料產業發展的快？

問題3 毛斐染料從苯胺合成而苯胺從煤渣可得。今日市售染料或藥品等化學產品的主要原料是什麼？

問題 4 派京在實驗中偶然發現毛茛染料，試舉出在科學上尚有那些偶然發現的例。

實驗部分：製作派京的毛茛染料

使用六個圖表示合成毛茛染料的過程。合成毛茛染料後，調查棉、絲、耐綸、羊毛、聚酯等布料的染色難易度並回答下列問題：

問題 1 合成實驗所得的黑色生成物，是否能產生紫色染料？如果你是派京時想到了嗎？

問題 2 大規模製造的困難在那裡？工廠中怎樣過濾？怎樣可再利用酒精？

在有機化學苯胺的教學裡，進行以上模組教材的教學時，可證實科學發現時人性化的一面，瞭解染料產業的發展對社會的影響並檢討從實驗室規模移到產業化時的問題點，使學習更為充實。

單元名稱：水壩問題

從電力需求與水力發電引導水壩問題。環境衝擊評價（Environment Impact Assessment，簡寫 EIA）觀點評價建設水壩對環境的影響即由生態學者、社會學者、政治家、土地利用的專家等不同立場做 EIA 之評估，最後由政治家（能源部長）下決定是否建水壩。

水壩設置地點的考慮：熱帶雨林（減少的趨勢）、沙漠（增加的趨勢）、峽谷（減少的趨勢）。

地理的背景，上流居民遷移問題，水壩建設與瘧疾產生的問題（使用農藥、捕食蚊蟲的天敵之利用），水壩建設所引起土地利用的改變及土壤的侵蝕；水壩建設對野生動物飲用水的影響；對下游流域漁民的影響。

將學生分為數組就以上從各種觀點來收集資料並互相討論水壩設置的各種優點及缺點，從事下決定的觀點與注意點。

(三) SATIS 16～19⁽⁵⁾

SATIS 16～19 為 1990 到 1992 年之間所開發，為高級中學後期（相當於我國高二至大學一年級）所準備的 STS 模組教材。整套教材分四大篇（File 1～4）共有一百模組教材。英國到 16 歲以上時學生志願大致已訂，例如選修化學課程的學生可視為將來志願並從事與化學有關的職業的，因此所準備的模組教材除化學學術領域外，強調化學應用之另一面，即與社會、產業及環境問題間的相關關係。

現就 SATIS 16～19 中較有特色的模組教材介紹於後：

1. 染料

使用染料對於各種纖維進行染色實驗與色層分析實驗。供給各種染料的資料卡，參考實驗結果檢討什麼物質着色於纖維等問題。

2. 阿司匹靈

閱讀阿司匹靈發現的歷史後調查阿司匹靈攝取後在體內所起的變化，阿司匹靈功效的原理。

3. 事故或放火

根據法院對放火嫌疑的個案所進行的科學調查來討論一件火災為事故或放火。主要的科學調查為使用氣體層析技術。由討論可了解司法人員、保險公司及技術專家對某一事件的各種看法及處理方式。

4. 氯系漂白劑

以滴定法分析市售氯系漂白劑的稀溶液並與標籤所表示的內容比較。了解濃的氯系漂白劑溶液甚至可殺滅肺炎病毒。

5. 酒精

從閱讀各種資料表示乙醇可做為人類未來的燃料，以石油生產國問題、環境的影響、汽車引擎技術問題、自碳水化合物製造乙醇的技術、糧食供應及農業上經濟觀點等辯論而決定是非。

現舉例介紹 SATIS 16～19 具特色的模組教材。

單元名稱：佛利昂氣問題

密特利·托馬司 (Thomas Midgley) 於 1930 年發現無色無毒不燃性二氟二氯甲烷 (CCl_2F_2) 氣體可代替氨氣用於冷媒後多數氟化物氣體廣用於冷媒、熱媒、溶媒及噴霧劑。本單元根據數種烷系烴、氯烷、氟烷等的沸點、價格、毒性、化學反應性、可燃性等資料，討論設計適當的冷媒並瞭解佛利昂氣的歷史。其次檢討佛利昂 (Flon, 即二氯二氟甲烷) 為適切而易得的化合物並佛利昂氣如何破壞臭氧層的問題，進一步從現在使用的氟化物氣體與代替物的資料討論選擇未來最適切的化合物。最後從英國政府決定逐步禁止使用佛利昂氣到全面禁為止的政策，辯論贊成或否與其影響。

如此學生不但可學習佛利昂氣體的化學結構與化學鍵結，了解分子化合物的特性，由討論及分析資料可得政治背景、經濟觀點及環境等問題。

三、結 論

英國 ASE 因為前面已有 SIS 及 SISCON 兩計畫的寶貴經驗，較後推出的 SATIS 計畫為相當完美的 STS 教育教材，如在緒論曾提，本計畫的特色在於：

(一) 重視科學與生活的相關關係。使學生在畢業後能夠用科學的方法、態度、知識及解問題方法來處理與科學密切相關之今日社會問題，因此在教材中含蓋很多 STS 相關的具體例。

(二) 導入引起爭論性論題。今日社會上有很多因科學、技術而引起的爭論性論題（例如核能發電、捷運與噪音、遺傳工學、公害等），使學生根據科學知識、方法及態度從辯論中思考優點及缺點做為下決定的基礎。根據這些問題的教學，學生可具更廣闊的視野處理社會問題。

(三) 多樣而彈性的教學方法。SATIS 沒有一定的教學方法。學生以閱讀、討論為中心展開調查、實驗、分析資料、解決問題、模擬、扮演角色等各種學習活動來學習。

在目前我國中小學的科學課程均使用國定本及統一版的教科書環境下，以模組教材為主的 SATIS 能不能適用於我國中小學，相信是大家都關心的。當然於聯考制度下，教師與家長均以統一教科書為學生學習的主要對象。惟在沒有升學歷力的國小高年級學生，SATIS 8~14 為很好的補充教材。在國民中學自願升學班學生及 85 學年即將實施的新國民中學課程標準中所列的教師彈性使用時間（充實或補救教學使用的），SATIS 14~16 的模組教材，應可發揮其功效。進一步希望新課程標準實施時，我國無論國小、國中或高中的科學課程均能將 STS 教育的理念出現於教材中。

參考文獻

1. 魏明通，1994,3，各國 STS 課程教材評介(一)，英國 SIS 及 SISCON 計畫，科學教育，168，pp. 2-9
2. ASE, 1988, Science and Technology in Society, SATIS General Guide for Teachers, The Association for Science Education.
3. ASE, 1992~1993. SATIS 8~14, Box 2, Box 3. ASE, London.
4. ASE, 1986~1991, SATIS 14~16, Vol 1~12. ASE, London.
5. ASE, 1990~1992, SATIS 16~19, File 1~4. ASE, London.