

日本高級中學教學法的新嘗試： 橫斷性課程之學習-以生物科為例-

吳京一

國立臺灣師範大學 生物系

壹、前言

去年(86)10月18日至22日,第七屆中日科學教育研討會在臺灣師範大學舉行。會中恩藤教授演講"Implementation of cross curricular study at upper secondary school"(恩藤1997a),吸引了不少教授的注意與興趣,筆者亦其中之一。同年12月間,筆者有機會赴日參加第12屆中日核能安全會議,會中也有這方面的論文發表(藤井1997),其內容係以在日本高級中學作了能源與環境有關科目的橫斷性課程之學習(Cross curricular study, CCS)之教學,得了有些高中教師們的共鳴與肯定,認為這種教學法在學生課業上,有甚好的影響。會後,筆者經恩藤教授介紹,有機會到曾試辦CCS的八所高級中學中的兩所高級中學訪視,並與曾參與CCS的老師作一小時半之面談後,認為值得介紹給我國教育界同仁作參考。

『CCS在小學容易成功,因為在小學裏,一般以一位教師擔任很多科目,較能容易掌握他所教的各科裏可以連繫的事項,而隨時可以授課,但在高中,因每科目有專任老師擔任,且各科目間的內容差距相當大,很少有橫的連繫。因此這種CCS教學確實不易實行,這種教學方法,需要花相當多的準備時間,但從教學結果來看,學生之收穫多、反應亦極佳』;筆者訪問過的學校教師及教務主任,異口同聲地如此告訴筆者。

實際上,CCS早已在英國的幾所高中試辦過(恩藤1997b)。恩藤發現英國人所講的CCS中的"cross"之意義不但已超越「交叉」或「橫斷」,更指各科間的連關。英國高級中學所用之CCS,其內容是從各科目中找出共同有關之學習內容,使相互連關。舉例來說,英國之課程標準(National curriculum)中已規定『環境教育』應由所有科目來推動,但實際上以「地理科」為環境教育之骨幹科目再加以CCS,即以有關「科學」及「技術」等科目協助「地理」科之環境教育內容。例如:談到「酸雨」時,學生在「科學」科,以實驗方法,了解水溶液之酸鹼度(pH),然後在「地理」科,學生得知酸雨在英國及世界各地的為害狀況,最後在「技術」科裏要學減少酸雨為害之方法。如此,英國高級中學所實施之CCS是在傳統的教學與學習範圍內,導入有關連性之其他科目內容,以期提高學生統合性理解力及判斷的教學方法;換句話說,在各科目教學目標不變之條件下,將各課程之共

同內容連關起來而已，而不是改變或改革各課程之內容與結構。

因 CCS 包含至少要有兩科目以上，若要實施 CCS，要連繫複數科目是困難重重；即應如何連繫 (linkage) 各科目？，那一種科目之學習為優先 (priority)？應如何安排？各科連繫之前後時間 (timing) 等較複雜的問題會陸續產生。為解決這些問題，擔任同年級或同一班的複數科目之教師必須聚在一起開會，討論連繫問題，才能順利地舉辦。

貳、CCS 之實際經驗-- (以生物與其他科目為例) -

筆者參觀了兩所高中：一為東京都立山崎高等學校，其 CCS 內容以能源與環境之南北相差為主題，把「政治、經濟」科、「物理」科、「化學」科連繫；另一所高中是東京都立新宿高等學校 (本文簡稱新宿高中)，以「生物」科的「生活廢水與其淨化」為主題試辦 CCS。以下先以新宿高中為例，說明 CCS 教學。

新宿高中的 CCS 教學對象為高三文科學生 (相當於我國第一類組)，而 CCS 上課時間共有 4 小時。

1. 指導目標與 CCS

(1) 指導目標

- a. 使學生能夠說出生活廢水對生態系物質在循環上之影響，並能說明生物對水質淨化作用之貢獻。
- b. 以地球村之觀念為基礎，說明開發中國家正待解決的水環境及水資源之問題，也舉例說明國際合作之意義。

(2) CCS

- a. 水資源的問題是包括家庭、地域、國家、以及地球上的任何地方，是討論環境問題最適合的問題。
- b. 已唸完高中「自然科學」後，學生能用科學的眼光來觀察並實驗「水」；同時在「政治、經濟」科裏以政治、經濟、國際關係的立場來說明「水」與環境的問題。

新宿高中要試辦 CCS 的三個月前，擔任生物科、化學科、政治及經濟科之三位教師，就開幾次小組討論來決定上課時間、課程內容、以及 CCS 實施之方式。最後內容以一年級生物科 (3 學分) 及三年級選修生物科 (2 學分) 的課本內容為骨幹，其他「化學」、「政治、經濟」科目即配合「生物」授課。

2. 科目及其內容

學習主要項目	生物	化學	政治、經濟
1.生態系 2.活性污泥 3.COD 測定 4.自來水 5.世界的水資源	<ul style="list-style-type: none"> • 生態系內之物質循環 • 自然界之淨化作用 	<ul style="list-style-type: none"> • 有機物濃度之測定 • 氧化、還原 	<ul style="list-style-type: none"> • 自來水公司 • 南北差異與國際合作

3. CCS 實施狀況

實施時間：分四次試辦

1. 平成 8 年（1996 年）11 月 26 日（星期二）13：55~14：45（第 6 堂課）。
2. 同年 11 月 29 日（星期五）13：55~14：45（第 6 堂課）。
3. 同年 12 月 3 日（星期二）13：55~14：45（第 6 堂課）。
4. 同年 12 月 6 日（星期五）13：55~14：45（第 6 堂課）。

對象：高中三年級（文科） 41 名。

課題：生活廢水的水質汙濁及其淨化。

- (1). 河川之淨化能力及生活廢水中之有機化合物/有機化合物之測定法（內容：生物 I B/化學 I B）。
- (2). 下水道水處理法及活性污泥中，微生物之作用（內容：生物 I B）。
- (3). 活性污泥處理水中有機化合物量的測定及與各試驗水之比較（COD 之測定）（內容：化學 I B）。
- (4). 都市生活和水（內容：政治、經濟）

擔任教師：降幡 高志（生物科）、歌川 晶子（化學科）、

太田正行（政治、經濟科）

4. 教師指導學生時要注意：試辦 CCS 時的注意事項如下：

- (1) 將採用分組方式，並研究使每分組成員之能夠主動互相學習、互相協助以增加學習效果之指導方法。（三科分別研究）
- (2) 當利用東京都自來水公司製作的小冊子作為學習資料時，儘可能使學生了解「水」的一切，與生活上的重要關係。（政治、經濟科）

- (3) 決定使用下水道處理廠的污泥作為觀察、實驗之材料，如此可提高學生對水質之關心。（生物科）
- (4) 未實施 CCS 前，教師應參閱有關文獻後，預先畫出學生用「簡易圖鑑」，提供學生觀察並鑑定污泥種類時之用。（生物科）
- (5) 使學生會使用比色板，做測定 COD（化學氧氣需求量）之實驗。（化學科）
- (6) 要學生帶眼罩遮眼之情形下，親自試飲自來水與礦泉水，分別說出其異同點。利用礦泉水公司所提供之資料，討論身體內水分之消耗及其機制。（生物科）
- (7) 以開發中國家之水資源與環境問題為主題，討論開發中國家特有的問題，並與日本比較檢討。（政治、經濟科）
- (8) 要學生各自寫出並發表一篇有關保持水資源的小論文，互相討論其內容（班活動）。

5. CCS 試辦之實況

第 1/4 堂課：11 月 26 日（星期二） 內容：生物/化學

河川淨化能力與生活廢水中之有機化合物/有機化合物測定法

	指導內容	學習活動	備考
提示主題 (10分鐘)	<ul style="list-style-type: none"> • 生態系內之物質循環。 • 都市水之利用。 	<ul style="list-style-type: none"> • 生態系內之碳、氮循環；人類生活與碳、氮循環。 • 取水至排水的路徑是如何。 • 取水口與排水口的水應該是一樣清潔才好。 	
展開活動 (30分鐘)	<ul style="list-style-type: none"> • 生活廢水 • 自然界淨化作用之機制 • 有機化合物濃度之測定 	<ul style="list-style-type: none"> • 舉出身邊可能引起水質污染的原因及其可能含有的物質。如果這些物質由工廠等直接排出（沒有溶解在水裏）的話，對身體有何影響。 • 了解河川的淨化作用能力之界限及淨化作用之機制（有機物之分解成無機鹽；除去無機鹽類之作用）。 • 學習過錳酸鉀、葡萄糖的「簡易有機物濃度測定法」。 • 學習氧化、還原反應，過錳酸鉀反應與溶液之顏色，了解簡易法就可以分辨有機物之濃度。 • 學習葡萄糖標準液之製法。 	<ul style="list-style-type: none"> • 自來水局資料
整理 (10分鐘)	<ul style="list-style-type: none"> • 生活廢水處理 • 廢水處理實驗 	<ul style="list-style-type: none"> • 生活廢水有機物之去除是可以利用微生物之呼吸作用。 • 下次實驗內容之了解。 	

第 2/4 堂課：11 月 29 日（星期五）內容：生物/化學

-下水道水處理法、活性污泥中微生物的作用-

	指導內容	學習活動	備考
誘導 (10分鐘)	<ul style="list-style-type: none"> • 活性污泥法。 	<ul style="list-style-type: none"> • 學習去除水中有機化合物，淨化水質的處理方法。 	
展開活動 (30分鐘)	<p>實習</p> <ul style="list-style-type: none"> • 模擬下水道的水之淨化作用。 • 活性污泥中生物之觀察。 	<ul style="list-style-type: none"> • 每班分 4 組，分別處理 A~D 四瓶內之模擬下水道水。 <ul style="list-style-type: none"> A 瓶：模擬下水道水+活性污泥（通氣）。 B 瓶：模擬下水道水+水（通氣）。 C 瓶：模擬下水道水+活性污泥（靜置）。 D 瓶：模擬下水道水+水（靜置）。 • 用顯微鏡觀察活性污泥，觀察並畫圖細菌、原生動物、輪蟲等的外部形態等。 	<ul style="list-style-type: none"> • 模擬下水道水是拉麵汁。
整理 (10分鐘)	<ul style="list-style-type: none"> • 淨化實驗。 • 活性污泥之特徵。 	<ul style="list-style-type: none"> • 學習測定上記 A~D 瓶及另外已冷凍的 A~D 瓶內所含的有機物總量的方法。 • 了解活性污泥本身也有食物鏈，它也是一生態系。構成活性污泥的生物如果愈多愈複雜，但其食物鏈是愈安定，且淨化能力亦愈有效。只有靠活性污泥是無法去除無機鹽類。 	

第 3/4 堂課：12 月 3 日（星期二）（COD 之測定） 內容：化學

活性污泥處理水之有機化合物之測定與各試驗水的比較

	指導內容	學習活動	備考
誘導 (10分鐘)	<ul style="list-style-type: none"> • 試料之觀察。 	<ul style="list-style-type: none"> • 注意模擬下水道水的顏色混濁之程度、臭氣之有無等，被驗試料各方面之變化。 • 活性污泥通氣的有無會不會影響試料之性質。 	

(續)

	指導內容	學習活動	備考
展開活動 (30分鐘)	<ul style="list-style-type: none"> 簡易有機物濃度測定法。 	<ul style="list-style-type: none"> 觀察解凍後的模擬下水道水和 A~D 之試料與標準液比色來決定有機物大約濃度。 <ol style="list-style-type: none"> 用 pipette 取試料 2 mL，入於試管內。 加 6 mol/L 之 NaOH 溶液 2 滴後，充分振盪。 再加 2g/L KMnO₄ 液 1 滴後再振盪。 與標準液比色，然後換算為葡萄糖量，決定其濃度（8 分鐘後）。 那種試料中的有機物最少？說出其理由。 如有化學 pack test 箱，順便測定 N 及 P 等元素。 	用的時間不要太多，以免再發生變化。
整理 (10分鐘)	<ul style="list-style-type: none"> 簡易有機物測定與 COD。 	<ul style="list-style-type: none"> 學習水質 COD 測定法，並討論與簡易有機物濃度測定法之差異及其有效性。 	

第 4/4 堂課：12 月 6 日（星期五）內容：生物/政治、經濟

-都市生活與用水-

	指導內容	學習活動	備考
誘導 (10分鐘)	<ul style="list-style-type: none"> 可口的水。 	<ul style="list-style-type: none"> 要學生說出最近礦泉水消費量急激增加之背景及原因。 自來水中之氣味是起因於水中加氯。為什麼要加氯？是否污染所致？ 	<ul style="list-style-type: none"> 自來水與礦泉水之比較。
展開活動 (30分鐘)	<ul style="list-style-type: none"> 自來水。 	<ul style="list-style-type: none"> 閱讀自來水局之資料，了解水質基本標準。 熟知水源至各家庭自來水之路徑，防止水源污染的人類活動。 自來水廠淨水場之處理是治標。 改善河川或地下水質是治本。 開發中國家在確保水質之技術，是相當困難，因此需要先進國家之技術援助。 日常生活上對改善水質之各種方法有哪些？ <ol style="list-style-type: none"> 節水之方法。 儘量不排出污染的生活廢水。 	<ul style="list-style-type: none"> 自來水局資料。 國立環境教育研究所之資料。
整理 (10分鐘)	<ul style="list-style-type: none"> 討論家庭廢水之問卷調查結果。 	<ul style="list-style-type: none"> 教師利用問卷調查資料表（試辦 CCS 前，教師已自動收集）要學生討論家庭內可以做到的水質改善方法，或應該採取的手段，然後在班上寫文章發表自己的意見。 	

在這種教學裏，教師希望學生能夠說出：

(1)學生每天過的生活情況對自然環境的影響。(2)『微生物對水質之淨化作用有很大的貢獻，但消耗去水中氧氣亦是微生物之所為』，如此使學生對微生物有正確的認識。(3)能夠更進一步的了解生態系以及回想起化學課(二年級)已修完的實驗。(4)要使自來水可口、能喝，應注意那些事情？

參、評鑑事項

1. 學生有無了解活性污泥是由微生物(細菌、原生生物、輪蟲等)所構成。
2. 在簡易有機物濃度測定實驗，學生是否了解各種處理水之用途及其理由，能否可在報告書上詳細說明。
3. 學到世界水資源之情況後，學生能否建議開發中國家的確保水資源之方法(或策略)。
4. 學生能否說出如何使自來水變可口的自來水？
5. 學生有無養成節省用水或反污染水質的態度。

肆、學生對 CCS 之反應

受課學生對 CCS 教學法有許多反應與感想，下面舉幾個例子：

1. 要淨化水質，知道活性污泥中微生物之重要性。
2. 開發中國家之用水相當受限制，生活也辛苦，與日本相差很多；我們要在日常生活中，應該有節省水資源之觀念。
3. 我們在無意中浪費很多自來水，經過這次實習才知道自來水的來龍去脈。自來水通到家庭來的實在不易，我們實在不應該再浪費水。
4. 做實驗才知道微生物的水質淨化作用，實驗很有意義。
5. 這次共有 4 堂課，很有趣，獲益不少。在課堂中我們是自發的上課及觀察。
6. 我們常喝礦泉水，因為自來水並不好喝。經過這次實驗才知道自來水不好喝的原因是因為我們要過舒適的生活所必須，用水之後所產生之生活廢水所引起的。
7. 在第 2/4~3/4 堂課之模擬下水道水中之 C 瓶，覺得特別臭，現在已經知道 C 瓶內之活性污泥因沒有氧氣而死掉後所引起的。
8. 經過這次實驗，我會深入考慮我們的環境問題。

伍、教師對 CCS 之檢討

參加本次 CCS 試辦之教員有贊否兩面即：

1. 準備時間不足，教師間之連絡並不易、也不夠緊密，但因 CCS 教學法異於傳統的教學方

法，學生覺得很新鮮也有上課興趣。環境科學不僅是知識之理解，還要養成具有保育環境之態度為目標，在過去，只注入知識的教學法是不易達到這目標，在這 CCS 即以「生物」及「化學」之實驗、觀察為中心；學生親自動手、親自觀察來學習「水」與環境。學生之眼光不但在日本國內，而能夠看到國外是相當不錯的。

2. 這次之 CCS 主要是以選修「生物」科為中心，而化學科為輔。如果 CCS 要推展到一般科目上，須由各方面的看法來解決一問題。這種 CCS 形式如果能在必修課目，以全體學生為對象實施，定會更有意義，能達到每科之目標。
3. 過去沒有試辦 CCS，因此這次似還缺少各種必需之條件與檢討。雖然在形式上是最新，但實驗內容方面，還不及過去傳統式實驗那麼充實。

陸、結語

平成 8 年（1996）8 月，日本教育課程審議會受文部省中央教育審議會之諮詢與委託，對各級學校（含幼稚園、小學、中學、高中及盲啞學校等）之教育課程基本準則作一總結性的檢討。集合幾次之臨時報告，在平成 9 年 11 月間作成中間報告。其中間報告中對「各階段的教育課程之編輯及教學時數之組成」項目，已決定要求各級學校「培育能夠應付國際化、資訊化以及社會變遷的素質及能力的學生。欲達到這目的，應學生持有超越各科目間之橫斷性、總合性學習之時間（節數）」（課程審議會 1997）。這改變了過去課程標準基本方向之提案，今年有可能在國會被通過認可之趨勢，並將在 2003 年起實施。

日本之 CCS，實際上已在 1994 即有人注意到。在東京都內，十一所高中二十五位教師（包括公民、地理、歷史、家庭、英文科教師）分別研究並訂 CCS 用課程。在不改現行高等學校學習指導要領（相當於我國的高級中學課程標準）之條件下，大部份教師以「能源與環境」為例，花兩年時間研擬了課程。在 1996 年，已在七所高中試辦過 CCS。不過開始試辦 CCS，大多數學校中因複數科目之間無法滿意的連繫，最後除三所高級中學相當成功（本報告之新宿高中亦是其中之一例）外，其他學校試辦 CCS 並不理想（恩藤 1997b）。

據新宿高中去年五月一日的統計，全校共有十九班，（一年級 6 班，二年級 6 班，三年級 7 班），升學至各大專院校之升學率亦相當不錯，大約每年有 70~75% 的學生可以進入大學或專科學校。該校比其他高中率先試辦 CCS，也許欲突破這 70%~75% 的水準，能夠再提高其升學率，但由教師本身對 CCS 有抗拒心理，在高級中學今年（民 87 年）年初，筆者僅聞該校欲再辦 CCS，但至今未聞舉行，因此推行與展開 CCS 教學似有相當的困難。

（下轉 39 頁）