EJ51-1995-69

高中化學科環境教材概念分析與學生學習評量之研究

蔡長添　岳美群　蔡顯鑾

國立彰化師範大學　生物系

（投稿日期：83年12月14日，接受日期：84年3月13日）

摘要：本研究計劃，主要在於進行「高中化學科環境教材概念分析」，以及「高中生化學科環境概念學習成果評量」兩大部份。經內容分析研究結果，高中化學科課本中所含「環境概念」有 692個。經分析檢驗結果，獲得下列結論。

（一）環境教材的概念分析

1. 化學科的環境概念分布於基礎化學下冊、第一冊和第四冊，其中具有環境概念最多的課本，是基礎化學下冊。

2. 利用Q技術及概念圖分析，其環境概念可歸類為四大類目：

(A). 能源問題。

(B). 生態平衡的問題。

(C). 空氣及空氣污染的問題。

(D). 水及水污染的問題。

3. 據概念分析所得四大類目分別製作成四個概念圖，並作為命題之根據。

4. 化學科的環境概念在空氣污染和水污染的種類、原因、機制和影響上之探討，可說比其他教科書（如生物、地科、公民、地理等）要深入的多。

5. 化學科的環境教材的內容類別偏重在自然資源的非生物部分、和公害防治上，而社經衝擊則最少。綜合以上的討論，發現教材的編寫以空氣及空氣污染最好，水及水污染次之，能源問題和生態平衡較差；但事實上，由環境教材內容類別表可看出，化學科所偏重的公害防治上仍有許多項目付之闕如，例如：土壤肥沃、食品添加等。在下次重編教材時，這方面應該要多多加強。

（二）化學科環境教材的學習成果

1. 由概念分析製作而成的概念圖即本研究中測驗工具發展之依據。整個教材有多少環境概念（或生物概念）一目了然，而這些即我們教學目標的一部分，當然可據以設計教學活動。配合IRS分析法之分析更能協助我們瞭解學生的概念形成過程的概況。

2. 由學生答對率的探討可知, 高中一年級答對率僅佔4%, 而高年級(二、三年級)在答對率上較為領先佔92%（高二31%, 高三61%），表示學生的學習有隨年級增加而增加的趨勢。
3. 由IRS分析法的結果可知，空氣及空氣污染的知識結構層次性比較明顯，水及水污染則次之。能源問題和生態平衡的層次性較不明顯，能源問題的層次性最差。
4. 由各年級IRS分析的結果可知，概念層次性在能源問題與生態平衡上是二年級較佳。空氣及空氣的污染則是三年級較佳，水及水污染仍以二年級較佳，此可能與化學科環境教材集中在基礎理化下冊及化學科第一冊有關。
5. 因為目前的物理科幾乎沒有什麼環境教材，公害防治中屬物理範圍的噪音、放射線，應在重編教材時加入基礎理化中。另外，社經衝擊中科技的衝擊也應該在基礎理化中教授。整體而言，化學科的環境教材應跟上時代潮流，不斷將相關的最新環境資訊隨時加入教科書中，才不辜負教育的教化力量。

緒 論

一、問題背景及研究目的

決定環境教育成效的因素很多，教材為其中主要因素之一（毛連塭等, 民79），我國中小學教材中並無環境教育一科，環境概念均散布於各科目中，大部份在自然學科內，社會學科所含者較少；學者也認為環境教育應在所有的學科中配合進行，但在自然科教育中，更是重要（吳京一，民79）。高中自然科中的生物、地球科學已然分析完成，繼之為理化科的現況分析，由於理化科中物理科所含的環境概念幾乎付之闕如(蔡長添等，民82)，所以瞭解現行化學科中環境概念的分布及其架構，學生學習的狀況如何，值得吾人探討。教育心理學家奧斯貝（Ausubel）倡導有意義的學習，認為教材本身必需是有意義的，具有層次性和系統性才能達成有意義的學習。美國學者諾瓦克（Novak）也認為教師若事先對教材做概念圖（concept map）分析，較能有效促進學生的概念學習及有意義學習。

本研究的待答問題如下：

(1)高中化學教科書中所包含的環境概念有那些？各章節的分配情形為何？與環境教育的內容類別配合的情形如何？

(2)以概念圖分析高中化學科環境教材之架構。

(3)瞭解高中生學習的成果如何？各年級間有無差異？

(4)探討高中生在學習化學科環境教材時，其答題順序在不同年級間的差異為何？

二、名詞釋義

（一）、高中學生：

中部地區各公私立高級中學之在學學生。

（二）、環境概念：

依據汪靜明（民79）統合學者專家對環境概念之定義，可區分為下列四大項：

1. 生態學概念－生物個體、族群、群聚、生態系、生物圈、生態圈、生物地化循環、能量的流動、食物鏈與網、棲息環境、環境因子、限制因子、生態系生產力與容納量、生物間交互作用、生態區位、生態消長、生物多樣性、生態平衡、以及各類型生態系之結構、功能與特色。
2. 資源保育－自然資源的類型（再生性與非再生性）及特色、農林漁礦產資源、森林、河川、海岸與海洋之保留、野生動植物保育、稀有及瀕臨滅絕生物之復育、水土保持集水區與山坡地、河口與海埔地、自然災害、生態保育區、自然保護（留）區、景觀欣賞與保育、土地利用型態、礦產資源、糧食、資源管理、節約能源、棲地改善等。
3. 公害防治－空氣、水、固體廢棄物、噪音、放射性、熱能與電磁波、農化藥物、金屬等污染源類型及特色、危害性防制原則、環境毒物流動路徑、生物濃縮作用、環境品質監測、環境標準指標、環境保護檢驗、一般環境衛生管理、環境化學、環境工程等。
4. 環境衝擊－人口問題、都市問題、自然生態平衡、生活環境品質、環境法規、環境影響評估、環境鑑賞、環境倫理、環境經濟、環境規劃、環境決策、文化的衝擊、社經的衝擊、生態的衝擊、科技的衝擊等。

（三）、環境教育的內容

依據王鑫等（民76）在"環境保護教育理念架構之規劃報告"中指出我國環境教育的內容應包含下列各點：

A．自然資源

1. 生物（動物、植物、微生物等）：

生態系的觀念、自然保護區、國家公園、稀有及瀕臨絕滅的生物、再生性資源、森林、海岸、河川、野生動植物保育、生物容納量（carrying capacity）與生產力、及其他。

2. 非生物（大氣、水、土壤、地理、地形、地質、礦產景觀等）：

環境（太空、地球、地理）、自然作用、循環、土地資源及其利用、非再生性資源及其保育利用、能源、景觀資源、資源管理、環境規劃、容納量、自然災害、山坡地與海埔地、集水區的觀念、土壤肥力與土壤流失、及其他。

B．公害防治

空氣、水、固體廢棄物、噪音、放射性、食品添加物、農藥及有毒物質、及其他。

C．社經衝擊

人口、生活品質、社區發展、大眾傳播、國家發展與經濟成長、決策過程、都市化、環境倫理與價值觀、環境法規、環境經濟、科技的衝擊、文化與環境、科技管理（高科技、尖端科技與適切科技）、環境識覺、環境影響評估、及其他。

文獻探討

第一節　奧斯貝有意義的學習與教材的有意義性

一、有意義的學習

奧斯貝把學習分為背誦式學習（rote learning）及有意義的學習（meaningful learning）。背誦的學習發生於學習的教材本身與學習者的經驗無關，學習者只能任意的或逐字的將片斷的教材反覆複誦，藉以擁有新經驗，例如玩拼圖、走迷宮或記電話號碼、地址等。有意義的學習則是學習的教材與學習者過去

的經驗相關，學習者可以藉類化（assimilation）、調適（accommodation）來獲得新經驗（Piaget,1975；Linskie,1983；Novak,1977；Ausubel et al,1978；Wadsworth,1989）。前者所習得的經驗很容易忘記，所獲得的概念僅止於記憶，而無法應用來解決新問題（Okebuloka,1990）。後者則不然，除了能容易記住新概念之外，還能應用新概念來解決問題及獲得其他更多的新知識。而且，背誦學習所得到的概念是散佈於吾人的認知結構中，彼此間沒有關聯；而有意義的學習所得到的概念，則彼此聯結形成樹枝狀的網路，並且概念間會有主從、對等關係的層次性。

二、教材的有意義性

有意義的學習有兩個條件：一是有意義的學習情境（meaningful learning set）；另一是有意義的教材（meaningful material）（Ausubel et al,1978；Davis, 1983）。只有在同時具備這兩種條件時，有意義的學習才會真正發生。有意義的學習情境是指學生有學習新教材的準備及意願，並被喚起與新教材相關的舊有知識或經驗的狀況（Novak, 1977；Davis,1983）。而有意義的教材則指教材本身內容的排列組合以及架構具備有意義的傾向；也就是說，不僅教材所含的概念本身有意義，概念與概念間的組合方式也要有意義。一個學期所上的一門課、一門課中的一個單元、一個單元中的特殊概念、甚至一門課在不同年級的教材結構等，都應該先從廣泛的、簡略的、一般的先教起，再慢慢的教到特殊的、複雜的、精細的概念（Ausubel et al,1978）。

第二節　諾瓦克的概念圖及其應用

一、概念圖的涵義

諾瓦克在他的著作（A Theoery Of Education）中提到，早在1960年代的早期，他對奧斯貝有意義的學習中概念的角色之重要性，就深有同感。經過多年的深入鑽研及實驗數據的支持，他更確定奧斯貝的學習理論將是一有力的學習模式，會引導教育的走向（Novak, 1977）。在1970年代的早期，諾瓦克就利用晤談來研究概念的改變，因為資料過多處理不易，遂於1977發展出概念/命題架構

（concept/propositional frameworks），又在1979 將之更名為概念圖（concepmaps）(Novak,1990)。

概念圖在認知科學及科學教育的範疇中，具有豐富的理論基礎（Pankratius, 1990），它是一種概要的圖式設計，用來展現一組概念，而概念所代表的意義深藏於一個命題架構中。它可以幫助老師及學生來釐清學習單元中，他們必須注意的少數幾個關鍵概念（key ideas）。經過學習之後，概念圖更可用來作圖解式的摘要，而且概念圖有層次性（hierarchical）。繪製時，將比較一般性、總括性的大概念放在圖的最上方，其下再依序放置比較獨特、零碎的小概念，彼此間用連接語及箭頭，將之連成一樹枝狀的命題網，（方泰山 和 廖焜熙，民80；Novak, 1989）：

二、概念圖的功用

因為概念圖清楚明白的展現一個人所擁有的概念及命題，它的功用很多：學生可用來做後設學習（metalearning）、課文摘要，教師可用來檢查學生的迷思概念、瞭解學生概念改變的情形、設計晤談、科學課程的教學、教材大綱設計、課程設計等；其他如文學作品（小說、戲劇），實驗室的工作，視聽室或田野研究，報紙、雜誌、期刊的文章，甚至如研究計劃的撰寫等，都可應用概念圖來完成之（Novak, and Gowin, 1989; Novak, 1990）。所以，概念圖是一個很有用的研究工具（Novak, and Gowin, 1989; Novak, 1990; Schmid,1990；Wallace and Mintzes,1990)。

方法與步驟

第一節 研究樣本

一、化學教科書樣本

除基礎理化（上冊及下冊）兩本外，化學科還有第一冊、第二冊、第三冊及第四冊，總共有六本，其出版學年度為80及81學年度。

二、預試的學生樣本

抽取中等程度的學校一所（彰中），一、二、三年級各一班，共3班、124人，參與預試。

三、正式施測的學生樣本

依高中聯考的入學成績，抽取中等程度的學校一所（文華），一、二、三年級男、女生各一班，共六班，207人，參與施測。

第二節　研究工具

一、環境概念圖

根據我國現行高中化學教科書的內容，逐字閱讀每個章節，抽出與所定義之環境概念（汪靜明，民79）有關的敘述，製成化學科環境概念一覽表（表4-1、表4-2、表4-3、表4-4），再請指導教授、三位高中化學教師、一位環境教育專家作評分者信度，刪去不適合的概念，依據下列評分者信度的公式，計算可得評分者信度為0.86。

$$\text{信度}=\frac{\text{評分者人數}\times\text{平均相互同意度}}{1+【(\text{評分者人數}-1)\times\text{平均相互同意度}】}$$

再將環境概念中的關鍵概念(key concept）挑出，依Novak(1989）所提示的方法，將互有關聯的數個關鍵概念，連成一個網狀的概念圖(concept map），而得到數個大型的概念圖，依次為A圖：能源問題，B圖：生態平衡的問題，C圖：空氣及空氣污染，D圖：水及水污染。再請上述的評分者審核及修正，務使其能將課文內的環境概念都包含在內，並藉以達成專家效度。

二、環境概念試卷

參照上述的概念圖、就各種概念群，自行設計化學科"環境概念試卷"的評量工具一份：計有A（8題）、B（8題）、C（14題）、D（12題）四大題組，共42小題（含兩題篩選題，見附錄一）。所有試題均為四選一的單選題、每一大題隸屬一個上述的環境概念圖，每小題都在概念圖上佔有其分枝的位置，或在環境

概念一覽表中佔有位置。再邀請上述的環境教育專家、高中化學教師及主修化學教育的研究生共同對試卷問題進行討論，以便修正及審核。

第三節 研究程序

一、對化學教科書的環境教材做概念分析

（編製〝環境概念圖〞）

本研究首先參閱國內外的相關文獻及研究報告中所使用的內容分析法（余興全，民73；周昌弘，民80；蔡瑞麟，民79；Burrus-Bammel et al., 1988）及對環境教材內容的定義（汪靜明，民79），再以80及81學年度的化學教科書（共六本）為準，用Q技術（楊國樞等，民82）找出所屬環境概念中的關鍵概念，再依Novak and Gowin（1989）的方法建立四個不同類別的概念圖。然後參照此圖與環境教育專家、及高中化學科教師討論，並以所得意見進行修正，最後即以這些概念圖來表示對化學教科書所做的概念分析。

二、高中生化學科環境概念答題順序之探討

A.準備預試（編製〝環境概念試卷〞）

依據上述發展出的環境概念圖，參考各公私立高中的優良試題，設計出"環境概念試卷"，並請指導教授、環境教育專家、高中化學教師及主修化學的大學生共同審核和討論，以所得意見修改試題，而得到具表面效度（surface validity）及內容效度（contentvalidity）的試卷。

B.施行預試

隨機抽選中部地區中上程度的一所高中（彰中），一、二、三年級選修化學的各一班，每班約45名學生，共約135名。進行"環境概念試卷"的預試，學生的作答時間約為30分鐘。將所得之數據做初步的資料分析，藉以增刪、修改試題。

C.正式施測

預試結果，化學試卷的難易度在0.2與0.8之間者，有30題，佔71%，鑑別度大於0.25者有22題，佔52%，尚稱理想；且此試卷目的不在作成就測

驗，僅欲明瞭學生對環境教材內容的瞭解情形，因此未對預試題目做大幅度的修改，僅刪去二題，成為四大類、42小題（含兩題篩選題）的正式試卷。 正式施測時，樣本乃依高中入學考試成績中段抽選中部地區一所高中，一、二、三年級選修化學科的學生各兩班，每班約45名學生，共約270名，進行化學科"環境概念試卷"的正式施測，學生的作答時間與預試相去不多，亦約為30分鐘，再將施測結果攜回，剔除兩題篩選題錯誤的樣本後，用電腦統計及分析、比較之。

第四節　資料分析

1. 高中化學科環境教材的概念分析，用前述經過專家審核、修正之環境概念圖作為代表，因為這些概念圖乃由專家繪製及專家審核，且專家均經過概念圖繪製的練習，不同於一般學生所繪製的概念圖（生手圖），所以屬於專家圖。
2. 依王鑫等（民76）所規劃的環境教育內容，採評分者信度來判定化學科所含的環境教育內容有那些類別。
3. 比較各年級在每一小題的答對率,來瞭解各年級學習成果有何差別？
4. 根據化學科"環境概念試卷"的施測結果，利用IRS分析法來繪製一、二、三各年級學生試題之間的先後次序並編製環境概念順序圖，再藉此推測學生的環境概念形成過程。

第四章　結果與討論

一、 環境教材的內容、類別與概念分析

（一）·環境教材的內容與概念分析

依據第一章名詞釋義中對環境概念的定義，逐字閱讀基礎理化（上、下冊）、第1～4冊的物理和化學課本，抽出相關的敘述，得到化學科四大環境類目（表4-1、表4-2、表4-3、表4-4）。再將化學科環境概念中重要者劃線，代表關鍵概念，繼而將關鍵概念用前述Novak的概念圖技巧繪出如下四個化學科的概念圖：

表 4-1： 高中化學科環境概念一覽表(A): 能源問題

冊	章	節	頁	編碼	概念內容
基下	19	1	104	A1	所有的能量中,化學能是最重要的可儲存能量,而像熱能等則無法儲存。
				A2	目前我們實際所使用的能源主要為水力和化石燃料(包括石油和煤),而水力是依賴太陽熱能來維持的水循環而得來的,至於化石燃料的成因,是過去數億年來在地球表面靠植物的光合作用累積殘留下來的,也就是古代的輻射能以化學能的型態保存下來的東西。
			105	A3	所謂能源問題的發生,一方面是由於人類的需求增大,另一方面則是由於可供利用的能源有限,並且逐漸枯竭。地球上可供發電的水力資源都已大量開發利用,而埋藏在地下的化石燃料也急速地減少。
			105	A4	其一是開源,尋找替代能源,核能是其中的一個途徑,另外,可以考慮太陽能的有效利用。其二為節流,目前廣泛被採用的能源利用方式為:化學能(核能)→熱能→力學能(電能)。由於熱能具散逸性,將它轉換成另一種形態的能量時,其效率常低於50%,而大部分以廢熱的形態排放到環境中,如果能直接採取化學能→電能→力學能的方式,就提高了能源的有效利用,但目前這種轉換的技術問題及原料供應等仍待克服。

表 4-2：高中化學科環境概念一覽表(B): 生態平衡問題

冊	章	節	頁	編碼	概念內容
基下	19	2	106	B1	工業革命以前,人類的唯一能源是太陽能, 所有的生態平衡是建立在這個基礎上的。
				B2	在維持生態環境中太陽扮演著很重要的角色,其途徑如下: (1)水為媒介,藉水的蒸發和凝結過程來維持水在整個地球上的循環,從而調節溫度和濕度。

				(2)植物為媒介,以光合作用中所釋放出來的氧來調節空氣的成分,同時光合作用也把輻射能轉變為動物所能利用的化學能。
			B3	近年來世界各地都在進行工業化,原因是大量使用能源與資源,這些人為因素的加入,就破壞了建立在以太陽光合作用為基礎的生態平衡。
	3	107	B4	由於人類在過去兩世紀以來使用化石燃料,已逐漸改變既有的生態平衡.
	6	112	B5	光合作用是地球上最重要的,因為它,我們才得到食物,才有燃料可用,才有新鮮的氧氣以供呼吸。
		113	B6	自然界中碳以不同的姿態出現而構成碳循環,推動這個循環的原動力是太陽。
			B7	全球性的工業化把碳循環中的某一些環節破壞了,化石燃料的大量燃燒是其一,另一則為適應日益增加的人口,地球上的森林日益減少,以及海洋污染等,使光合作用的能力降低。
			B8	自然界依靠氮的循環來捕捉來自太陽的輻射能,提供我們所需的能源。也就是利用光合作用轉化得來的化學能,在生物體內就可以合成生命所需的物質---蛋白質。
		114	B9	現代社會中的公害,實際上是起因於工業化。
			B10	從碳循環可看出,只要外來因素的干擾不大,自然界本身具有再生的能力。人類為了生活水準的提高和日益增加的人口的需要,向自然界要求物質及能源不斷增加,其增加率超出了環境自我恢復的能力,最後吃虧的還是人類。
			B11	因此人類要開發大自然,必須要先了解支配它的規律,並遵循規律行事。
—	1	4 6	B12	隨著工業化的進展,環境污染問題會愈來愈嚴重,我們應該好好的利用既得的知識,在不破壞環境生態的條件下,提高工業生產,不可漫無限制地從大自然擷取東西,使得整個地球無法居住,吃虧的還是人類自己。
—	3	7 51	B13	接觸污染物的歷程相當重要,雖然生物體內的功能,可排除某些污染物,然而有的污染物可能積留體內,最後生病或死亡。
			B14	治本法應積極的控制污染源,近年來各國政府已定出各種法律管制各工廠、汽車的排放設備;科學家根據污染物的特性,提出廢氣處理法,並對接受者施予安全教育。

B15 治標法則應建立各種污染物的測定和分析，如在交通頻繁的地區，設置一座一氧化碳濃度顯示器，除了給人們一種警剔，並可為防治空氣污染的參考。

表 4-3：高中化學科環境概念一覽表(C)：空氣及空氣污染問題

冊	章	節	頁	編碼	概念內容
基下	19	3	107	C1	使用化石燃料最直接的後果是排放大量的二氧化碳到大氣中。
				C2	科學家已有明確的證據，顯示大氣中二氧化碳的濃度正逐年增高，這表示在地球表面進行光合作用的植物(主為原始森林及海藻類)，已漸漸來不及消除從大大小小工廠所排放出來過量的二氧化碳。
				C3	因為二氧化碳會吸收紅外光，而減少地球表面熱能的散逸，這個所謂的"溫室效應"會導致地面氣溫的上升人類的生產活動對局部地區的氣候有更為顯著的影響。由於工業生產較集中於大城市，因此能源的消耗也集中在此，通常大城市的溫度比其周圍地區要高，並在冬天較易產生煙霧。
		4	108	C4	石油和煤的不完全燃燒是一氧化碳來源之一，在都市中一氧化碳的主要來源是內燃機，因此車輛的管制是首要之務。一氧化碳有毒，故在大都市交通頻繁處都有警告設施。
				C5	二氧化硫的主要來源是煤和石油(前者所含的硫量較高)，它是具有刺激性的氣體，對氣管有害，約500ppm 即可致命。
				C6	曝露在二氧化硫的樹木會枯萎，農作物收成降低，對工廠廠房則造成腐蝕，二氧化硫在空氣中會與水作用形成亞硫酸，也可能會氧化成三氧化硫，並進而變成硫酸。
				C8	人們認為大型煉油廠與火力發電廠所排放的大量二氧化硫，是造成"酸雨"的主要原因之一。
				C9	消除二氧化硫的方法很多，例如把含有二氧化硫的氣體在排放前通入碳酸鈣，即可產生無毒的二氧化碳。
				C10	氧化氮包括三種，即N_2O, NO和NO_2，統稱NOx。
				C11	NO會與血紅素作用而阻礙氧在人體內的輸送。在空氣中NO很容易與O_2作用形成NO_2。吸入含有$NO_2$50-100 ppm的空氣，數分鐘可引起肺部的發

炎,如繼續呼吸2 至10日可致人於死。

109 C12 NOx的主要來源為內燃機,如內燃機的溫度愈高愈容易形成,為了提高效率,工程師們都想盡辦法提高內燃機或高溫爐的溫度,但這樣做就會造成更大的污染。在較污濁的都市空氣中,形成的NO很快與氧結合形成NO_2。所以有NOx污染的都市上空會呈現一片棕紅色。

C13 一般來說,NOx最後是以硝酸及亞硝酸形式與雨一起落下而自大氣中除去。

C14 NO也會催化大氣中臭氧的分解,並參與許多大氣化學反應。臭氧對太陽光中的紫外光有很強的吸收力,因此臭氧層的破壞是一件嚴重的事情。使用高溫爐的工廠,例如火力發電廠,都在設法改進火爐的燃燒方法以降低NOx污染,但最大的問題還是在擁塞滿街的汽車。如何在不降低引擎效率的前提下,減少NOx的產生確是一項大問題。

C15 大氣中浮游的微小顆粒(俗稱塵埃),也是污染空氣的重要項目。塵埃會影響視線,對呼吸系統產生影響。

110 C16 人為的塵埃,其表面往往附著一些有害的化合物,例如SO_2, NOx以及許多種類的碳氫化合物。

C17 我們所關心的是從汽車和煙囪所排放的,因不完全燃燒而引起的有機物.人為的有機化合物是造成大城市"煙霧"的主要原因,美國洛杉磯地區的煙霧舉世聞名。

C18 碳氫化合物本身並沒有很大的毒性,但它在空氣中會經過光化學反應而產生刺激性的氧化物,因此在工業國家對汽車排放出來的氣體管制特別嚴格。

C19 近年來又發現家庭及工業用的噴霧劑和冷媒,例如含氟、氯的碳氫化合物,在大氣中分解後,其分解產物逸散到高空,也能與臭氧發生作用。

113 C20 蛋白質是重要的含氮物質,某些植物(豆科植物)可從空氣中吸收氮而在根部合成蛋白質的基本成分胺基酸。

C21 自然界的含氮化合物主要來自植物的固氮活動,以及雷擊時放電反應所產生的簡單化合物。

C22 生物體的死亡直接關聯到氮的各種形態,但氮的自然循環也正由於工業

化而遭到干擾。最重要的是由於要提高農產品的收穫,現代農業中大量施用人工肥料,氮肥就是其中之一。利用哈柏法製氨,繼而轉換成其他氮肥,占整個氮固定的比例正逐年增加。另一因素即化石燃料的使用所引起的NOx。

— 1 4 6 C23 家庭裝冷氣或暖氣,汽車到處跑,直接或間接地消耗化石燃料,造成空氣中二氧化碳濃度的增高。而汽車內燃機所產生氮的氧化物(N_2O, NO, NO_2等),在大城市中造成嚴重的空氣污染。

— 3 4 44 C24 臭氧由陽光分解的速度若大於氧由紫外光反應生成臭氧的速率,則地表將遭到紫外光的侵襲。

7 49 C25 由於工業發達、工廠林立、交通方便,都市裡人口密集,公路上汽車充斥,污染物就以霧狀、煙狀或塵埃粒狀,進入大氣,造成所謂的空氣污染。

C26 有些空氣污染可立即感覺到,如對我們的眼睛、鼻子刺激而造成的視覺阻礙、呼吸困難,或對我們生活環境的改變;嚴重者可能是減低生物的壽命、惡化物質、腐蝕建築物等。

C27 空氣污染的程度取決於三個因素:污染源、大氣的轉移及接受物。

C28 污染源可分為五類:碳的氧化物(CO及CO_2)、硫的氧化物(SO_2及SO_3)、氮的氧化物(NO, N_2O及NO_2)、烴類、塵埃與浮游物。

C29 使用化石燃料所產生的物質為空氣污染物最主要的來源,如交通工具和工廠所用的石油及煤的不完全燃燒,可產生致命的一氧化碳。另外,燃燒的主產物二氧化碳,雖是大氣中一非常重要物質,但空氣中二氧化碳濃度的提高,可能引起的所謂"溫室效應",會提升地面的氣溫。

50 C30 發電設施所使用的煤和石油中的不純雜質,以及工業製造硫酸的工廠廢氣,為二氧化硫污染物的主源。

C31 二氧化硫可刺激動物的氣管,枯萎樹木,腐蝕房屋;其和空氣中的氧作用,生成三氧化硫,遇水生成硫酸,成為次級的污染物。一般在硫酸製造廠或大型煉油廠附近,如遇雨天常會下所謂"酸雨",其因在此。

C32 氮氧化物的主要來源是空氣在內燃機中反應,先形成NO排入大氣後很快與氧結合成NO_2,而NO_2擴散至高空對流層,吸收陽光的紫外線,進行光化學反應,形成所謂的"光煙霧",這就是我們可見到的氮的氧化物,在被污

					染的都市上空會呈現一片棕紅色的煙霧。
				C33	NO_2為紅棕色氣體，容易識別，對人體會造成相當大的危害，易引起肺炎。
				C34	NO毒性比NO_2稍小，會和臭氧層起反應而減少臭氧，造成臭氧層的危機。
				C35	空氣中的烴類最大來源為交通所用的燃料，石油煉製，或塑膠工業所用的溶劑(如苯)。
				C36	塵埃與浮游物，可能起因於自然現象，如飛沙走石；也可能由於人為的因素，如工廠或汽車所排放的煙霧，含有相當數量的微小顆粒。前者都為無害的無機物，如矽化合物、鹽類等，後者則不然，在它表面常附著如上所述的污染物，碳、氮和硫的氧化物及烴類。
四	14	1	37	C37	多種多氯烴是有效的殺蟲劑，不幸這些物質是"硬性"殺蟲劑，不易被微生物分解。
				C38	硬性殺蟲劑對野生生物，特別是鳥類和魚類構成持久性的傷害，故近年來農業上多氯化物殺蟲劑的濫用已受到嚴厲的非議。
				C39	滴滴梯(DDT)和六氯化苯曾廣用為殺蟲劑，但今已禁止使用。

表 4-4：高中化學科環境概念一覽表(D)：水及水污染問題

冊	章	節	頁	編碼	概念內容
基下	19	5	110	D1	很多工廠，包括火力發電和化學工廠，都要使用水來除去生產過程產生的熱，這些無用的熱(稱餘熱)隨著水排到河或海中，一座大型的核能發電廠所排放的餘熱，往往足以使河水或鄰近海域的水溫升高，雖僅升高一、二度，就可使附近生物的生態改變，此稱熱污染。
				D2	另一種污染是由於水直接參與化學反應所引起的，含有毒性的物質與水一同排出，導致種種禍患，通常稱為水污染。
			111	D3	水污染也有天然的因素，例如台灣省台南縣一帶的烏腳病，就是長期飲用含砷量高的井水所引起的。鎘的化學性質與鋅相似，廣泛使用在金屬表面處理，因此電鍍工廠如將廢液未經處理即行排放，就可能發生嚴重的後患。
				D4	鎘的毒性很大，急性中毒可導致高血壓、腎臟損傷及肌肉組織的破壞等

。日本曾發生過轟動一時的"痛痛病",就是鎘所引起的。

D5 鉛的主要來源為汽油中所加的抗震劑四乙基鉛,以及很多鉛製的器皿經過熔解過程而導入水中的。

D6 急性鉛中毒會引起腎臟和生殖功能的喪失,及中樞神經的傷害等。

D7 工業上最重要的是鹼氯生產,電解食鹽時通常用汞為陰極,汞污染問題由此而生,因此在先進國家已開始禁用汞極電解法。

D8 汞也廣泛用在農藥中,所以汞有許多途徑進入水中,在經過魚蝦等而進入我們的食物循環。1953-1960年間日本發生百餘件因食用含汞海鮮中毒的"水俣病"事件,乃以有機汞化合物的方式存在。

D9 從表面處理工廠排出氰酸離子為極毒物質,其他亞硝酸根和亞硫酸根等都會改變水中進行的氧化反應,而影響生態平衡。

112 D10 肥皂是長鏈脂肪酸鈉,使用之後排入河中易被細菌分解而消失。但合成清潔劑不易被細菌分解,往往造成河川污染,因其泡沫漂浮在水面而阻擾空氣溶入水中,造成水中生物缺氧而死亡。

D11 清潔劑中含有的磷酸鹽具有促進藻類快速繁衍的性質,池塘河川的水利常受妨礙外,尚構成棲息其中魚介類生存的威脅。

一 1 4 6 D12 化學畢竟只會轉換物質,不可能無中生有造出物質來,需要的原料和能源,當然要取自大自然,於是大規模的開採,使有限的資源逐漸枯竭,繼而破壞生態環境。

D13 生產過程中,免不了排放有害的氣體、液體或固體。例如火力發電廠,因燃燒石油和煤而放出大量的二氧化硫,造成"酸雨";其他如鹼氯工廠,以汞為陰極進行電解而造成河川的汞污染等。

D14 所述之光煙霧,其實就是以塵埃為核心所形成的。土壤中的某種微生物能耗用一氧化碳,雨能將空氣中的氮及硫氧化物洗去。如風的流動,也能沖散污染之氣體,但天然程序能處理的極為有限。

4 序 66 D15 自然水中,除雨水較為純淨外,其他之自然水皆溶有鹽類或其他雜質。

2 68 D16 水具有一些不尋常的物理性質,會深遠影響我們的生活環境。其比熱大,有助於防止地球表面溫度變動過大。海洋和湖泊,在白晝吸收太陽的熱量,在夜晚散放於大氣中,使得氣溫不會劇烈變化。

D17 保持地球溫度相當穩定的另外因素是水的汽化熱大，達到地球表面的太陽能，約有三分之一由海洋、湖泊、河川和冰原等的水所吸收，而引致蒸發。

D18 水的密度在4℃時達到最大值，因此水的密度大於冰。此性質對寒冷地區是很重要的，當氣溫下降時，湖面密度較大的水，以對流方式上浮。此過程循環進行，使溶氧和營氧素因而均勻分布於湖水中。在底層的水溫為4℃，能讓水中生物過冬而維持生命。

69 D19 無論在何地，深於1000公尺的海水溫度皆在0℃至4℃之間。

D20 水是一種優良的溶劑，生物體中的各種反應都是在水的環境中進行的，所以沒有水便沒有生命。

D21 水是一種重要的資源，建造水庫蓄水，以供家庭應用、灌溉用、工業用，和發電以供應電力。

3 D22 自然水是存在於自然界的水，如海水、河水、湖水、井水和雨水等未經處理過的水。

D23 雨水是淡水的主要來源，仍含有微量雜質，所以雨水仍不是純水

D24 一般情形，雨水是自然淨化的水，在很僻靜山區的泉水和溪水，尚維持其潔淨，可直接作為飲用水。但沿途流下，則逐漸受到污染，因此市區的水，如來自郊區河流，不經處理則不能飲用。

D25 水的處理方法，視其污染程度和使用目標而定。

70 D26 最簡單的方法是利用沉降作用，即將帶有泥漿的水靜置，使其澄清。

D27 只靠沉降作用無法除去所有懸浮物質，淤泥粒子過於微小，便不能用沉降法，此時可用凝聚法。此乃加入一種化合物，在水中產生膠質沉澱物，將懸浮粒子攜帶而一起沉降，常用的凝聚劑是鋁鹽，例如明礬。

D28 飲用水必須經過化學處理，除去致病的細菌。最常用的消毒劑是氯氣，因為氯能抑制細菌代謝所必需的酶活性，而殺死細菌。

D29 除氯氣外，尚有很多化學品可供作水的消毒劑。臭氧是一種逐漸普遍採用的消毒劑，比氯氣有效，能殺死更多病原菌和病毒，而且既無化學殘留物，又不產生不良味道和氣味。

D30 除去水中不良味道和氣味的方法，最常用的是將水通過盛有活性碳的過

濾床。活性碳是細粉型的碳，有具大的表面積，能吸附大量的各種雜質。

4 74 D31 由於下水道污水、工業廢水、農藥的使用等之增加，使得很多河川和湖泊受到嚴重污染，除臭味和不良味道外，污染物尚有各種毒害。有些物質是直接毒素，會毒死動植物，有機廢料包括家庭污水，是細菌的養分。

D32 細菌繁殖用掉水中的溶氧，引致大部分水生動物(魚、蝦)的死亡。

D33 大多數的水污染物是需氧廢料，其主要來源是家庭污水和工廠的有機廢水。這類污染物會引起細菌繁殖，是污水呈骯髒和臭味的主要原因。

D34 我們以測定生化需氧量來決定水中有機污染的程度，這是細菌在污水中分解廢料所消耗的氧之總量，需氧量越多，污染越嚴重。

75 D35 以化學方法氧化污水中所有的廢料所需的氧總量，稱為化學需氧量。

D36 清潔劑是一種主要的水污染物，其主要成分是烷苯磺酸鹽。其內R中碳原子所成的鏈可以是直鏈的，亦可以是分枝的。分枝的不能被細菌分解，直鏈的可被細菌分解，。

D37 若清潔劑中R是分枝的，必長久存於自然中，造成泡沫污染。由於合成清潔劑已漸漸改為直鏈烷苯磺酸鹽，泡沫污染問題因而減少。

D38 污水中常含有金屬，如汞、鎘、鉛、鉻、銅等，以及劇毒性氰化物、砷、農藥等。這些物質在水中，即使濃度很低也有毒性，對人體構成危害。

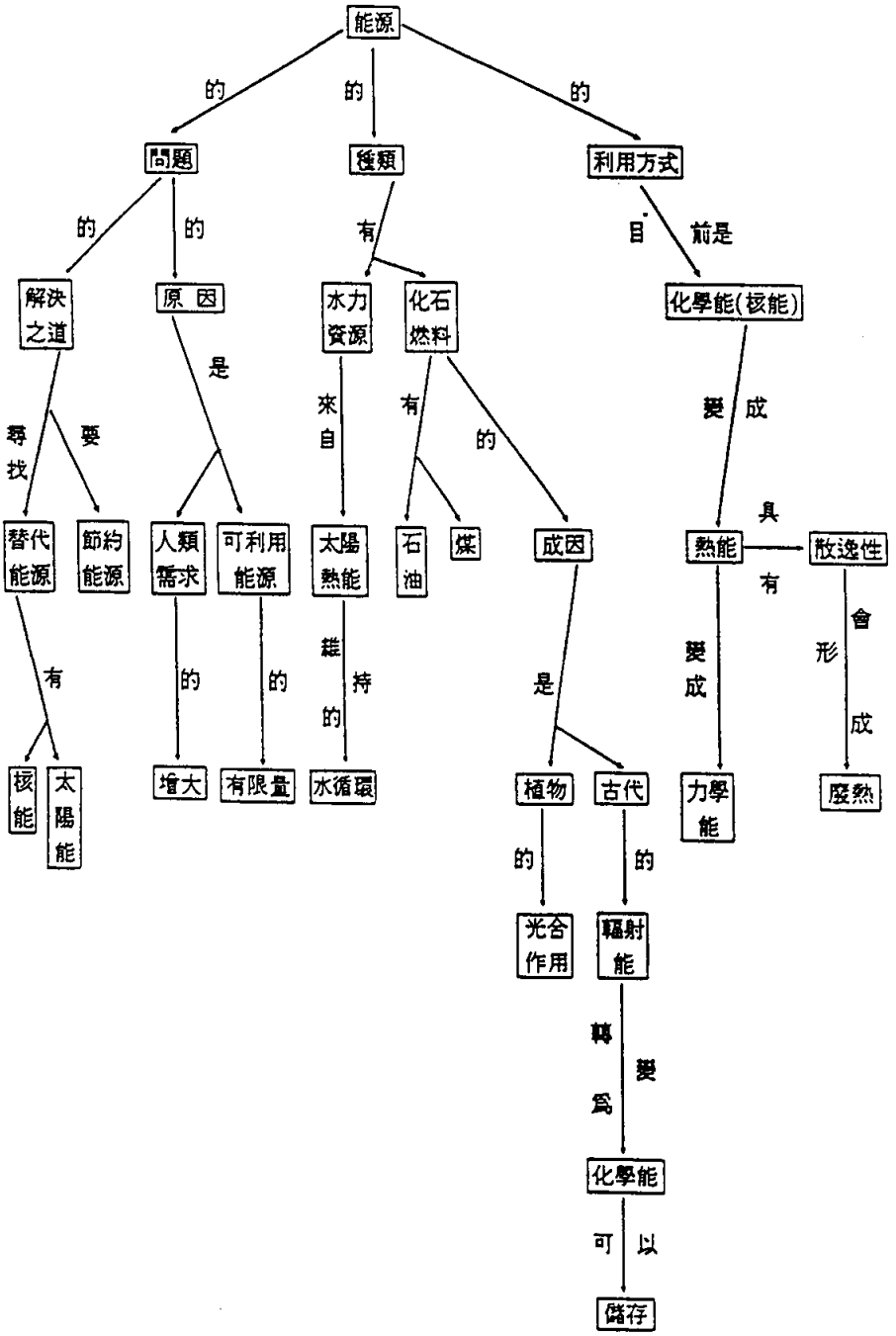
76 D39 水中污染物經藻類、浮游生物、小魚蝦、魚貝類等食物鏈的傳遞與累積，濃度增加，食用此等魚貝類，便對健康構成威脅。

D40 預防污染物進入水中，是水污染防治的最基本原則。每個國民應不製造污染，盡量保持環境淨潔，從事生產事業之廠商，在排放廢水之前，必須先行妥善處理。

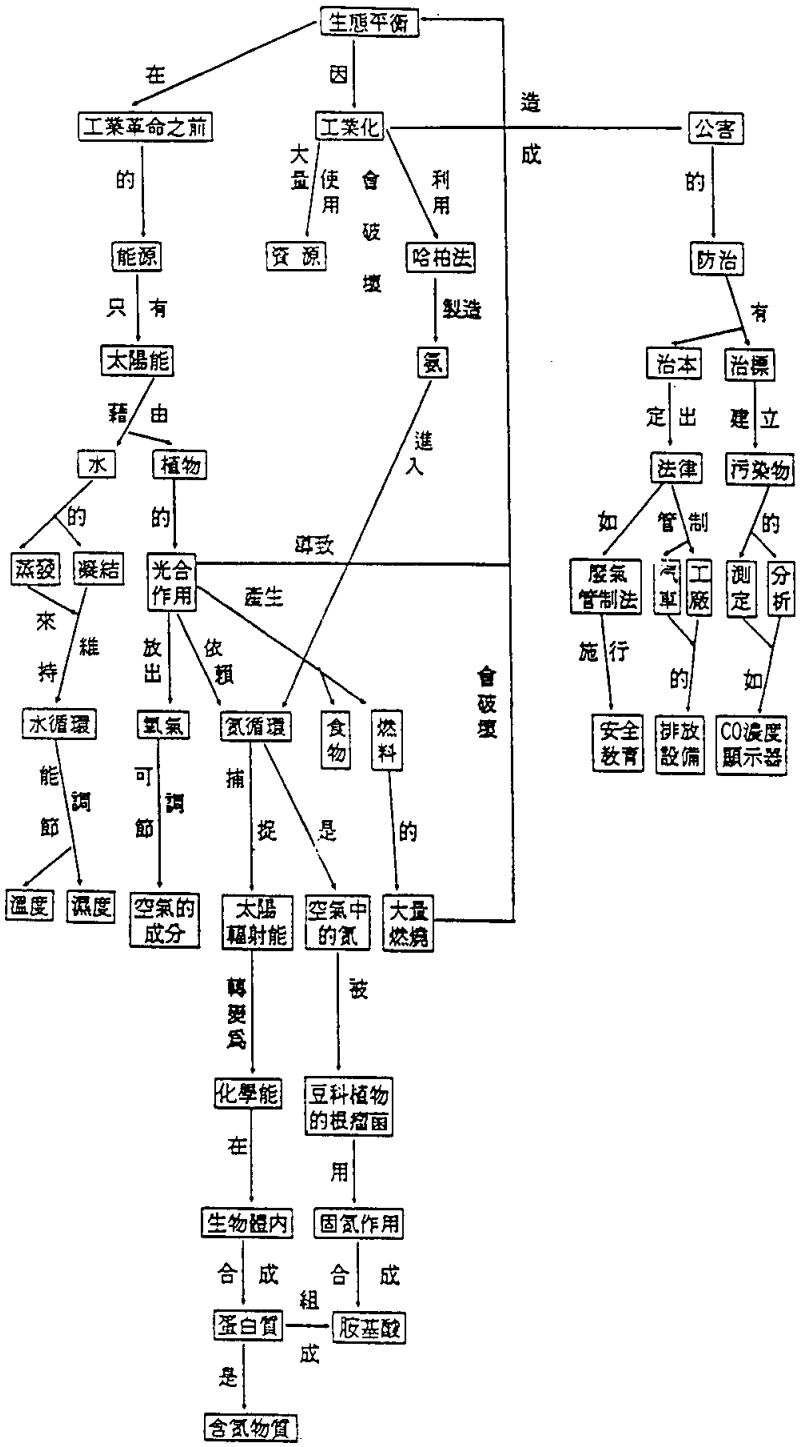
四 13 7 29 D41 由天然氣或石油所製造出之石化基本原料，可先製得中間原料，再從這些中間原料製得塑膠、橡膠、合成纖維、合成樹脂、及其他，如肥料、清潔劑、黏著劑等產品。

D42 上游工業，包括烯烴與芳香烴之製造，均由國營事業經營。中游工業由衍生品製造廠商所組成。塑膠、合成橡膠、合成纖維、合成清潔劑及其他石油化學產品則包括在下游工業中。

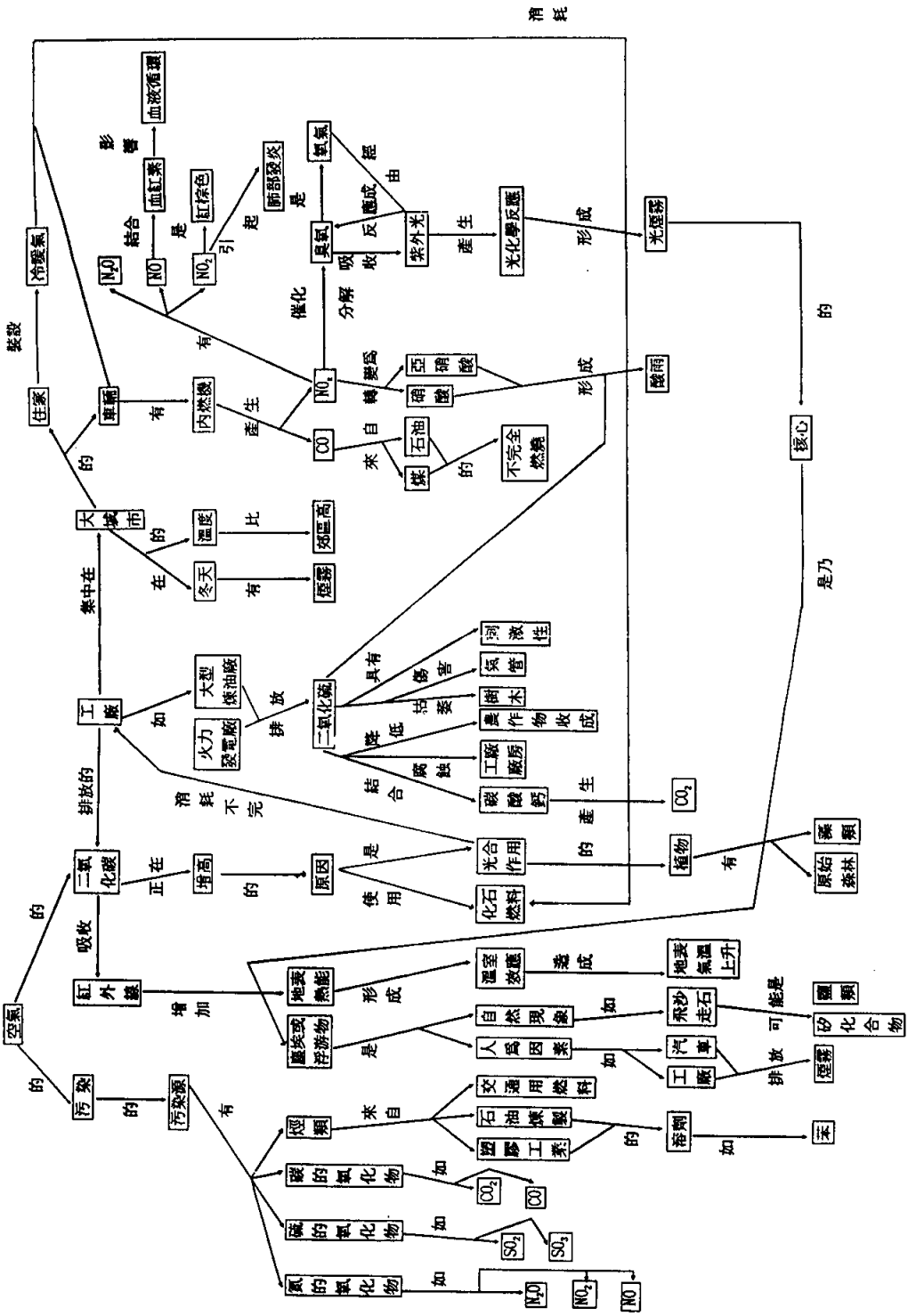
4 50 D43 清潔劑包括肥皂和合成清潔劑，肥皂是長鏈脂肪酸之鹼金屬鹽類，合成清潔劑則為長鏈醇類轉變製成之烷基硫酸鹽類。


能源
的
的
的
問題
種類
利用方式
的
的
有
目前是
解決之道
原因
水力資源
化石燃料
化學能(核能)
是
尋找
要
來自
有
的
變成
具有
替代能源
節約能源
人類需求
可利用能源
太陽熱能
石油
煤
成因
熱能
散逸性
有
會形成
的
的
維持的
是
變成
核能
太陽能
增大
有限量
水循環
植物
古代
力學能
廢熱
的
的
光合作用
輻射能
轉爲
變
化學能
可以
儲存

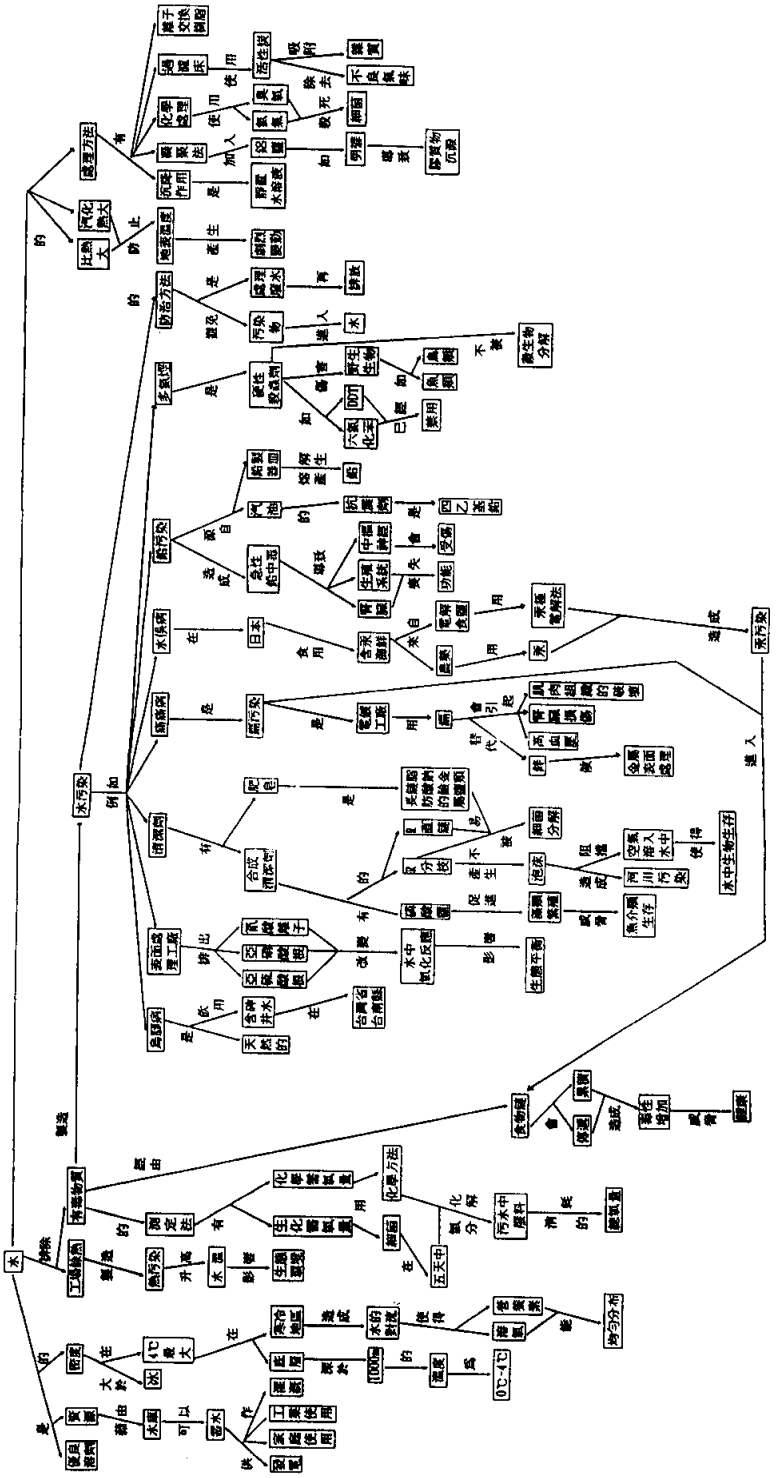
A圖：能源問題


生態平衡
在
因
造成
工業革命之前
工業化
公害
的
大量使用
會破壞
利用
的
能源
資源
哈柏法
防治
只有
製造
有
太陽能
氨
治本
治標
藉由
定出
建立
水
植物
進入
法律
污染物
的
的
如
管制
導致
蒸發
凝結
光合作用
廢氣管制法
汽車
工廠
測定
分析
產生
來
維持
放出
依賴
施行
的
如
水循環
氧氣
氮循環
食物
燃料
會破壞
安全教育
排放設備
CO濃度顯示器
能
調節
可
調節
捕
捉
是
的
溫度
濕度
空氣的成分
太陽輻射能
空氣中的氮
大量燃燒
轉變爲
被
化學能
豆科植物的根瘤菌
在
用
生物體內
固氮作用
合成
合成
組成
蛋白質
胺基酸
是
含氮物質

B圖：生態平衡問題


空氣
污染
污染源
紅外線
二氧化碳
工廠
大城市
住家
冷暖氣
車輛
內燃機
N_2O
NO
血紅素
血液循環
紅棕色
肺部發炎
NO_2
NO_x
CO
臭氧
氧氣
紫外光
光化學反應
光煙霧
酸雨
亞硝酸
硝酸
石油
煤
不完全燃燒
冬天
溫度
郊區高
煙霧
大型煉油廠
火力發電廠
二氧化硫
碳酸鈣
工廠廠房
農作物收成
樹木
氣管
刺激性
光合作用
化石燃料
植物
原始森林
溫室效應
地表熱能
塵埃或浮游物
自然現象
人爲因素
飛沙走石
汽車
工廠
砂化合物
煙霧
交通用燃料
石油煉製
塑膠工業
溶劑
碳的氧化物
硫的氧化物
氮的氧化物
CO_2
SO_2
SO_3
N_2O
NO_2
NO
核心
消耗
消耗不完
排放的
集中在
裝設
是乃
是
使用
正在
增加
形成
造成
地表氣溫上升
可能是
排放
如
有
的
產生
引起
結合
是
由
經
反應成
吸收
分解
催化
轉變爲
自來
來自
比
在
具有
傷害
枯萎
降低
腐蝕
結合
產生
形成
是

C圖：空氣及空氣污染



D圖：水及水污染

（二）環境教材的內容類別

依據王鑫等在民國76年的〞環境保護教育理念架構之規劃"報告中，指出我國環境教育的內容類別，再依前述所挑出的環境概念內容，視其有無包含者，列表於表4-5：

摘　要

表4-5．化學科環境教材內容類別表

			基上	基下	1	2	3	4		基上	基下	1	2	3	4
自然資源	生物	生態系的觀念 自然保護區 國家公園 稀有及瀕臨 滅絕的生物 再生性資源							森林 海岸 河川 野生動植物 保育 生物潛能 及生產力						
	非生物	環境(太空、地球、地理) 自然作用 循環 土地資源及利用 非再生性資源及 其保育利用 能源		＊ ＊ ＊ ＊	＊				景觀資源 資源管理 環境規劃 容納量 自然災害 山坡地與 海埔地 集水區的觀念 土壤肥力 與流失						
公害防治		空氣 水 固體廢棄物 噪音		＊ ＊	＊ ＊				放射性 食品添加物 農藥及有毒 物質		＊				＊
社經衝擊		人口 生活品質 社區發展 大衆傳播 國家發展與 經濟成長 決策過程 都市化 環境倫理與 價值觀							環境法規 環境經濟 科技的衝擊 文化與環境 科技管理 環境識覺 環境影響 評估		＊				

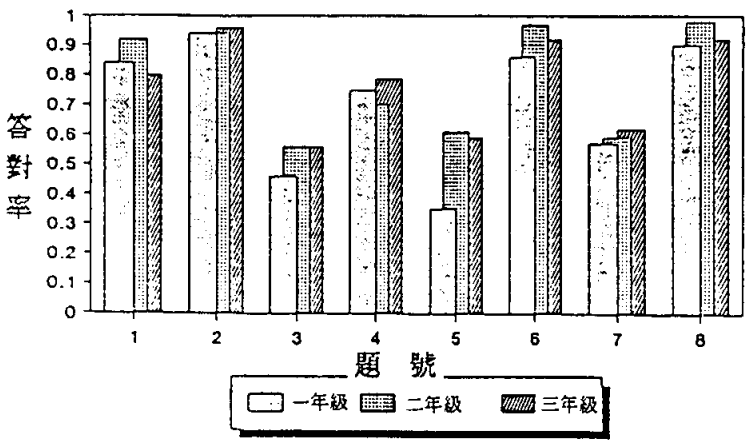
由表4-5可知，六本教科書中只有基礎理化下冊、第一冊和第四冊，共三本，含有環境概念。其中基礎理化下冊所包含的環境概念種類最多，其次為第一冊，再其次則為第四冊。由於學科導向的關係，化學教科書中相關的環境概念也僅止於非生物和公害防治兩大項，其他的則付之闕如。如果想要加強學生吸收的層面與深度，實有必要在重編教科書時增加這方面的教材內容。

二、高中生化學科環境概念學習成果評量

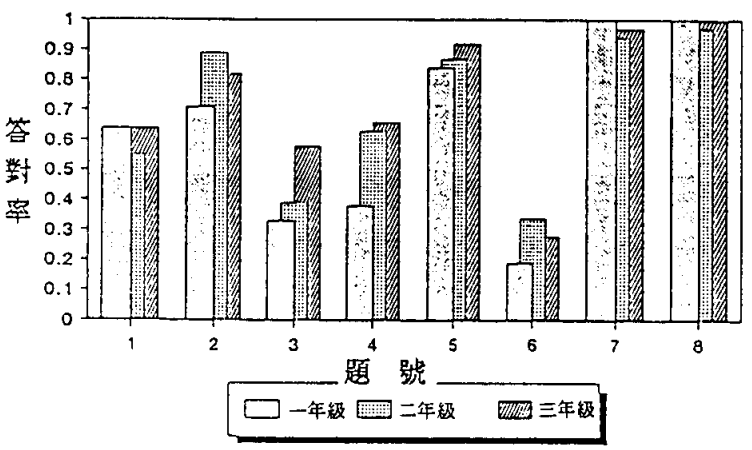
(一)、答對率的探討

下列圖形為一、二、三年級在各大題中每小題的答對率。

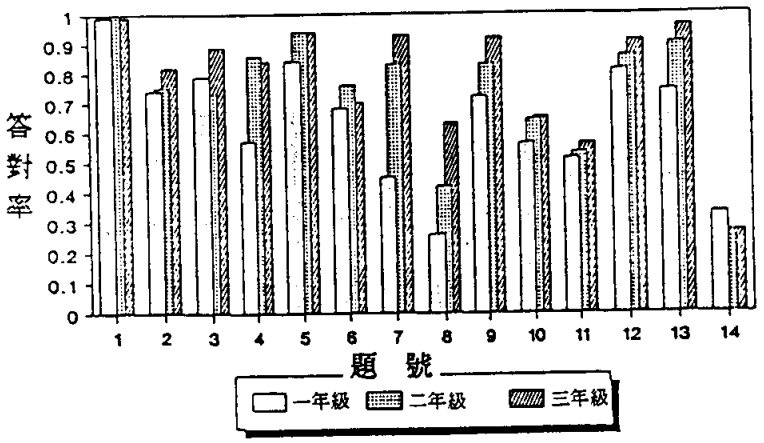
第一大題



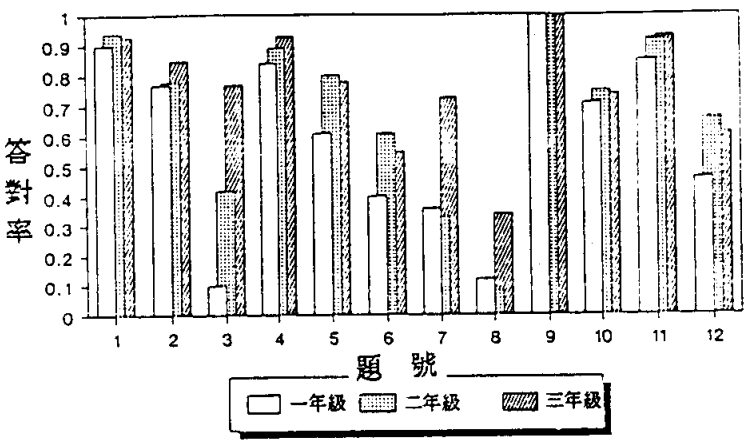
第二大題



第三大題



第四大題



二、高中生化學科環境概念學習成果評量

(一)、答對率的探討就上圖各年級的答對率逐題比較，其中答對率為

三年級領先者，有 26 題，佔全部的 61% 。

二年級領先者，有 13 題，佔全部的 31% 。

一年級領先者，有 2 題，佔全部的 4% 。

三年級由於所學內容最多最完整，答對率領先是可想而知的；但二年級的答對率會領先的原因，根據上述的環境教材內容類別表，可看出化學科環境概念絕大多數都出現在基礎理化下冊和第一冊，正好屬於二年級剛剛學完的部分，由於

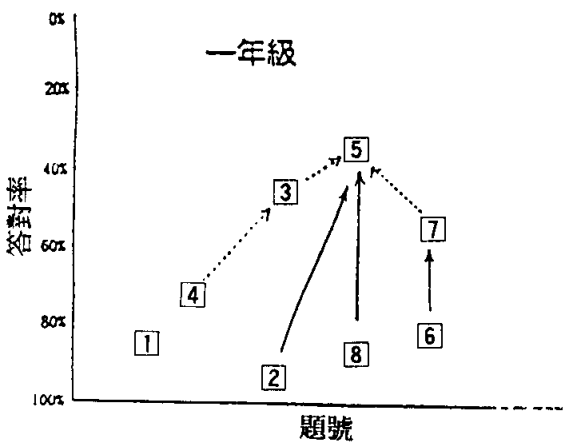
記憶猶新，答對率領先也是很正常的。所以，整體看來，高年級在答對率上領先的佔92%，表示學生的學習成果有隨年級增加而增加的趨勢。

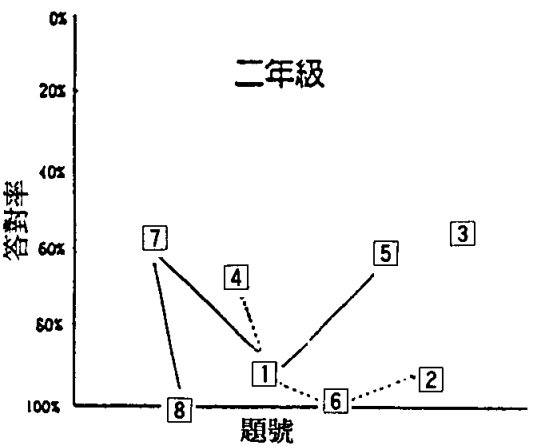
（二）、以IRS分析法來瞭解學生的答題先後順序

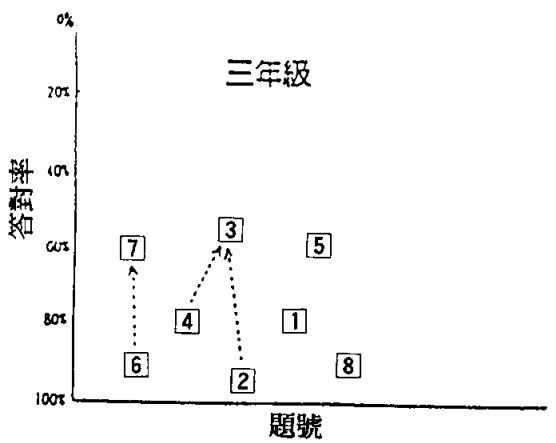
將學生測試之數據攜回，剔除篩選題錯誤的樣本後，以設計好的IRS程式軟體統計分析之，分別比較一、二、三年級的結果並分析如下:

第一大題：能源問題

下列圖形為IRS分析之結果，根據各題間的次序係數，凡是 次序係數 > 0.5 者，表示兩題間有顯著關係，圖形中用實線表示之；凡是 0.5 > 次序係數 >0.3 者，表示兩題稍有關係差異，圖形中用虛線表示之。（以下各圖情形均與此相同）

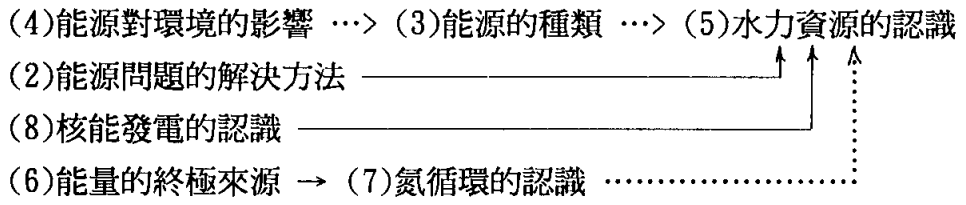




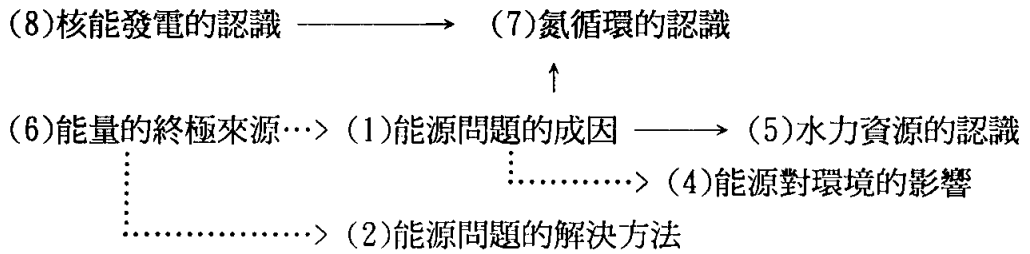


各題欲評量的主題如下：
1：能源問題的成因
2：能源問題的解決方法
3：能源的種類
4：能源對環境的影響
5：水力資源的認識
6：能量的終極來源
7：氮循環的認識
8：核能發電的認識

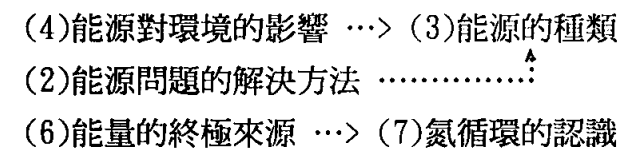
由圖中可知，高一學生答題之次序(顯著次序→，稍有次序⋯>)關係者如下:



由圖中可知，高二學生答題之次序(顯著次序→，稍有次序⋯»)關係如下:



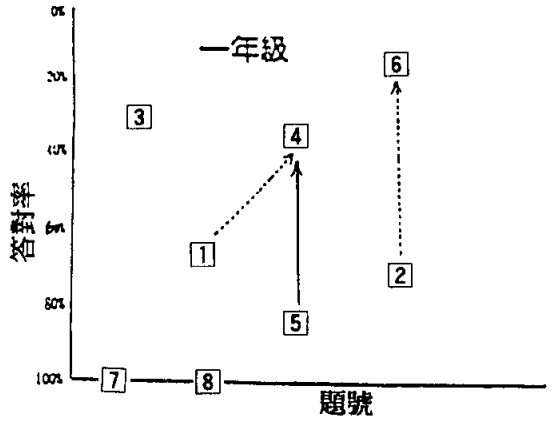
由圖中可知，高三學生答題之次序(顯著次序→，稍有次序⋯»)關係如下:

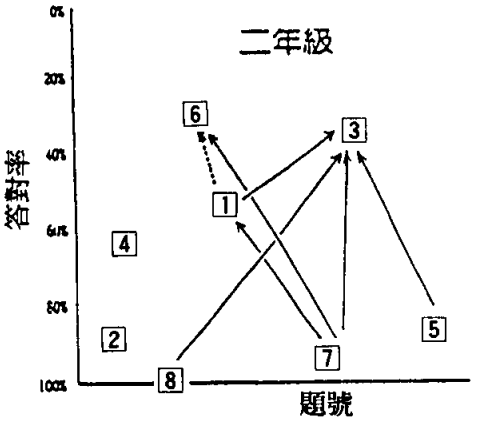


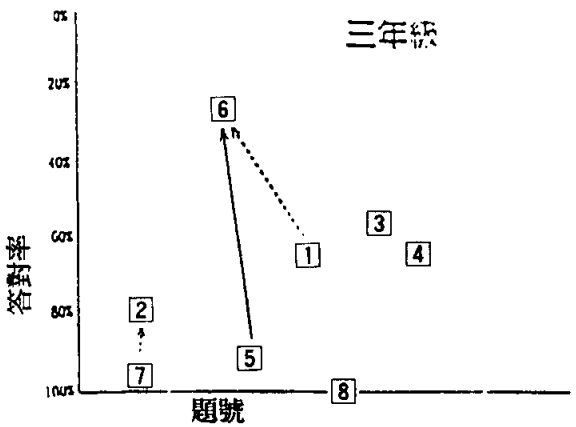
由結果可知，有關能源問題的答題次序，並不十分明顯，學生呈現的多為稍有次序者，顯著次序者為數不多，表示在有關能源問題的環境概念缺少明顯的隸屬關係。學生在學習時，可由任何一個熟悉的概念出發，並不需要從某一個特定的概念開始學習，才能繼續學會其他的概念。並且，僅一、二年級具有顯著次序的概念，可能與教材的教授時間有關，由上述之環境教材內容類別表可知，能源問題的教材僅出現在基礎理化下冊及第一冊，屬於一、二年級學習的範圍，離三年級較遠，所以三年級僅呈現稍有次序的概念。在顯著次序的概念中，水力資源的認識之前，學生已先具備核能發電的認識，這可能要歸功於這些年來社會大眾對推廣認識核能發電所做的努力。

第二大題：生態平衡

由圖中可知，高一學生答題之次序(顯著次序→，稍有次序⋯>)關係如下:



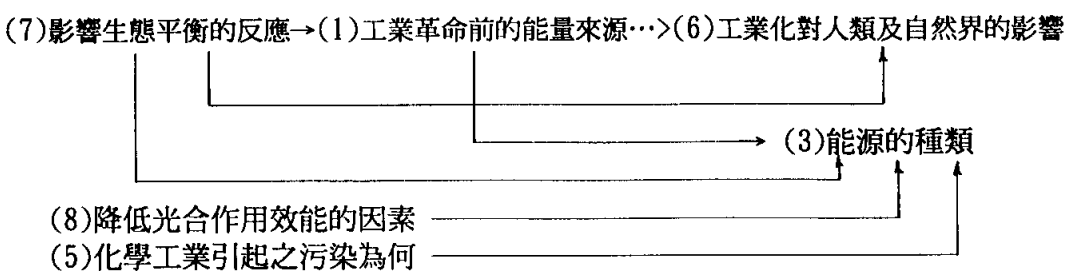




各題欲評量的主題如下：
1：工業革命前的能量來源
2：光合作用是生態平衡的基礎
3：光合作用的功能
4：防治公害的治本方法
5：化學工業引起之污染為何
6：工業化對人類及自然界的影響
7：與生態平衡相關的反應
8：降低光合作用效能的因素

(1)工業革命前的能量來源 …> (4)防治公害的治本之法
(5)化學工業引起之污染為何 ——↑
(2)光合作用是生態平衡的基礎 …> (6)工業化對人類及自然界的影響

由圖中可知，高二學生答題之次序(顯著次序→，稍有次序⋯⇢)關係如下：



由圖中可知，高三學生答題之次序(顯著次序→，稍有次序…>)如下:

(7)影響生態平衡的反應 …> (2)光合作用是生態平衡的基礎

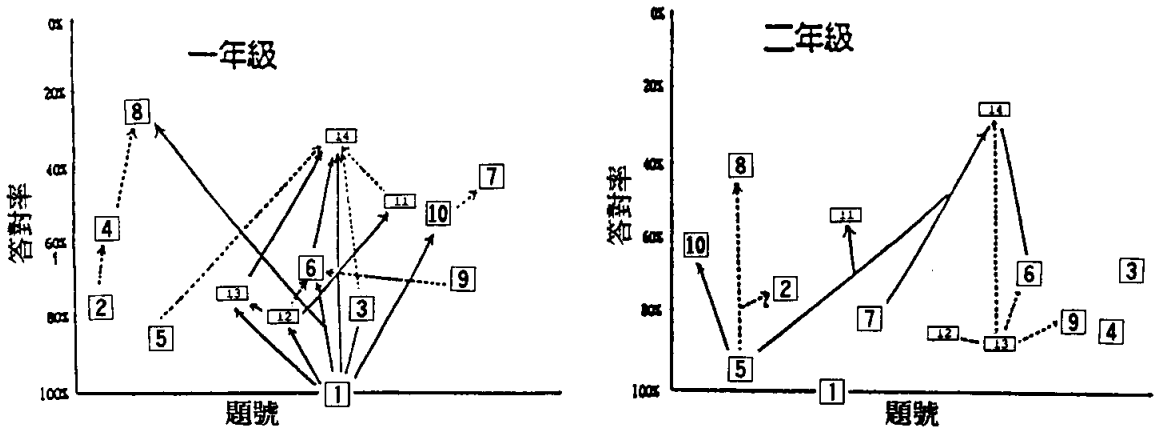
(5)化學工業引起之污染為何 → (6)工業化對人類及自然界的影響

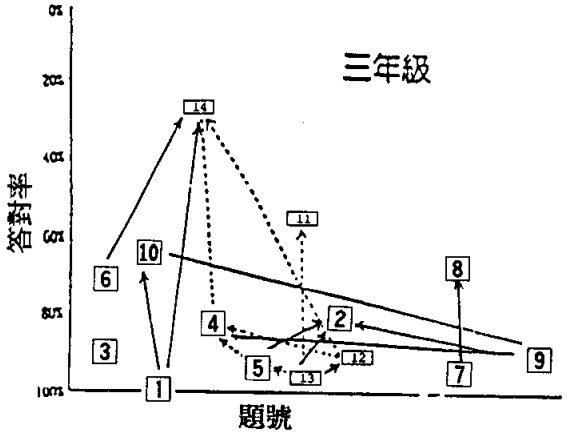
(1)工業革命前的能量來源 ……:

由結果可知，二年級的答題次序較為明顯，一、三年級較差，可能是二年級剛學完這些教材，記憶猶新之故。有關生態平衡的問題，在答題次序上的顯著差異較能源問題複雜些，三個年級中，要瞭解(6)工業化對人類及自然界的影響前，所具備的概念各不相同，顯示出不完全一致的現象。而答題次序較明顯的二年級，顯著差異的概念中，在瞭解(3)能源的種類前，已具備了數種不同的概念，分別是影響生態平衡的反應、工業革命前的能量來源、降低光合作用效能的因素和化學工業引起的污染為何等。其中，由題目的評量主題來看，僅(1)工業革命前的能量來源和(3)能源的種類有直接相關,顯示在瞭解能源種類的概念上,受許多其他非直接相關概念的影響,這可能與教材內容的編寫時,概念分析和教材的有意義性上需再加強有關。

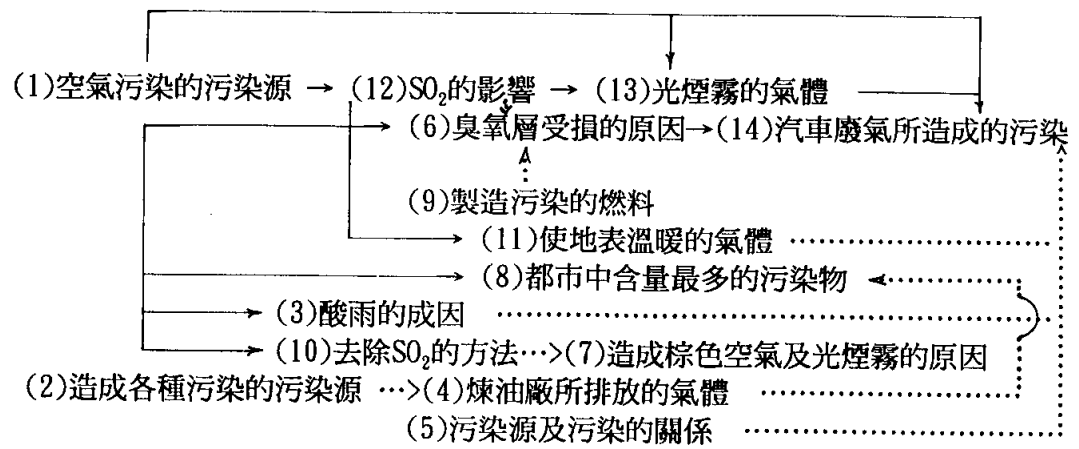
第三大題：空氣及空氣污染

由圖中可知，高一學生答題之次序(顯著次序→，稍有次序…>)關係如下:

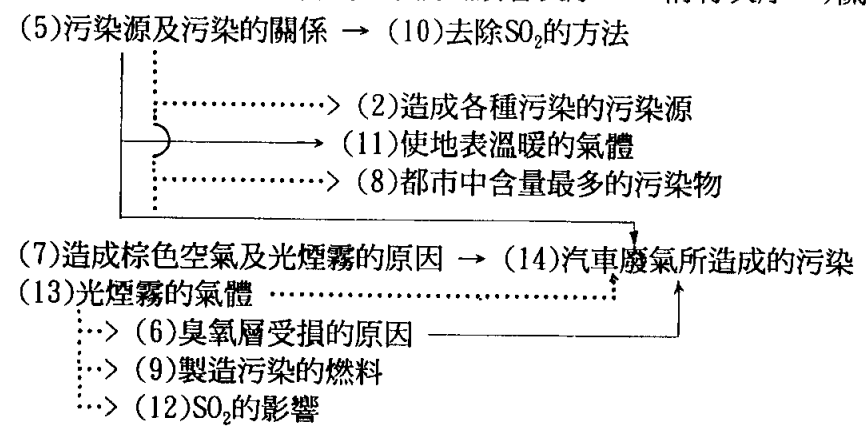




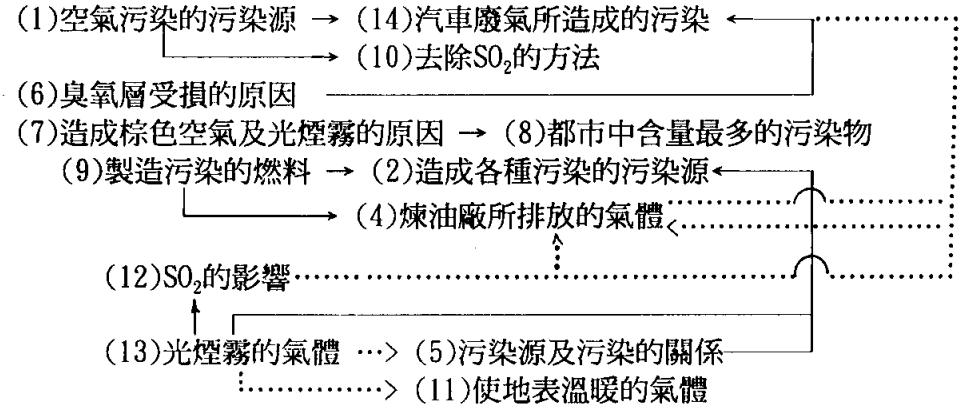
各題欲評量的主題如下：
1：空氣污染的污染源
2：造成各種污染的污染源
3：酸雨的成因
4：煉油廠所排放的氣體
5：污染源及污染的關係
6：臭氧層受損的原因
7：造成棕色空氣及光煙霧的原因
8：都市中含量最多的污染物
9：製造污染的燃料
10：去除SO_2的方法
11：使地表溫暖的氣體
12：SO_2的影響
13：光煙霧的氣體
14：汽車廢氣所造成的污染



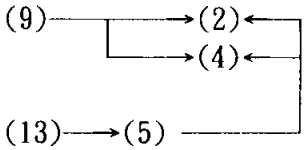
由圖中可知，高二學生答題之次序(顯著次序→，稍有次序⋯▸)關係如下：



由圖中可知，高三學生答題之次序(顯著次序→，稍有次序…)關係如下：

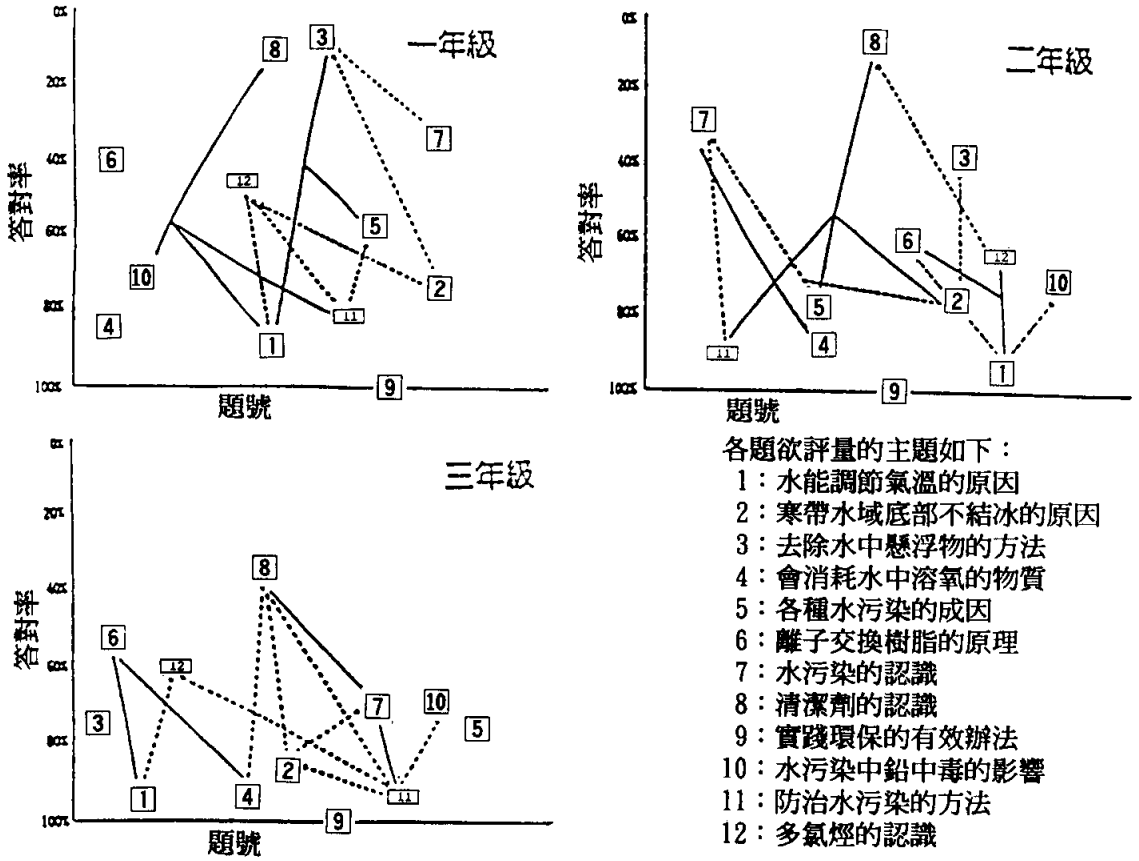


雖然這個部分的教材出現在基礎理化下冊及第一冊，三個年級中，以高三學生所具有的顯著差異最多最明顯，可見得高三學生的統合能力較佳。顯然，空氣及空氣污染的問題要較能源問題、生態平衡的問題更加複雜，學生不僅要瞭解空氣的組成和污染的現象，在瞭解造成污染的過程機制、背景原因以及所產生的各種不良影響上，所呈現的明顯次序相當的多，表示在空氣污染方面的環境概念是有明顯的隸屬關係。其中，有些題目僅呈現一個階層（題甲→題乙）的關係，例如：(7)→(8)。其中，從評量主題來看(12)SO_2等影響－(4)煉油廠所排放的氣體，較有具體的隸屬關係。這也顯示IRS分析法有時僅從題目的答對率來看各題間的答題次序性，是有一些不太完備的地方，但配合評量主題來分析，則可補其不足之處。另外，也有次序關係較複雜超過一個階層者，例如：(10)去除SO_2的方法含有污染源；(12)SO_2的影響；(2)造成各種污染的污染源包含有光煙霧、污染源和污染的關係、污染最少的燃料等概念；(14)汽車廢氣所造成的污染則可說是綜合了對污染源、SO_2的影響、分辨臭氧層受損的原因與其是否相關等概念的瞭解；(9)製造污染的燃料則是瞭解煉油廠排放的氣體、除SO_2的方法、造成各種污染的污染源等概念的基礎。其中階層最複雜的是



配合評量來看，都頗具意義，表示這部份教材內容的編寫尚屬不錯。

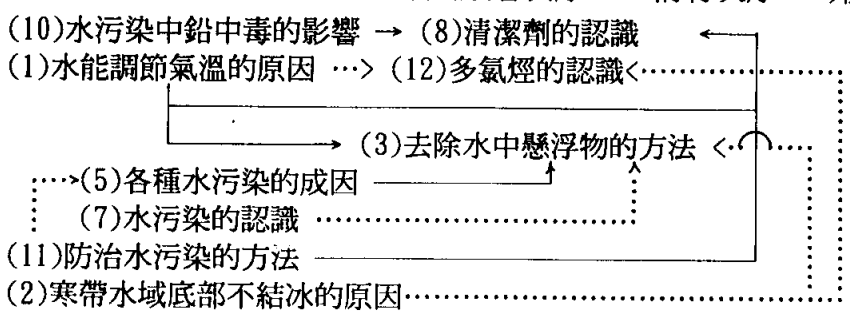
第四大題：水及水污染



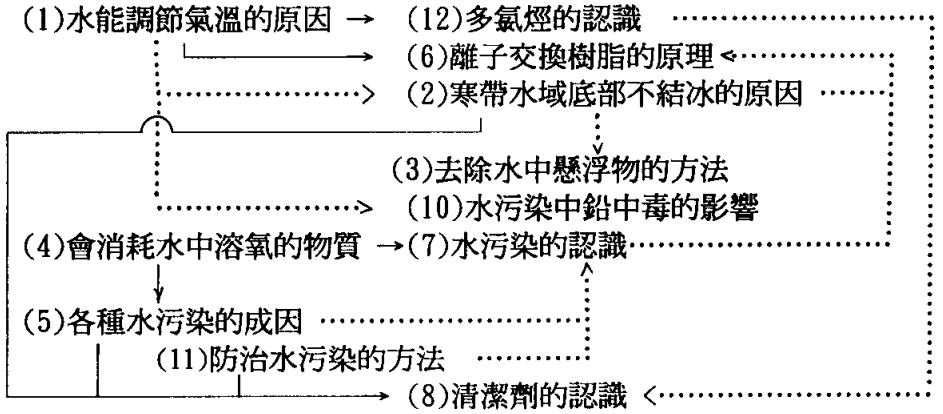
各題欲評量的主題如下：

1：水能調節氣溫的原因
2：寒帶水域底部不結冰的原因
3：去除水中懸浮物的方法
4：會消耗水中溶氧的物質
5：各種水污染的成因
6：離子交換樹脂的原理
7：水污染的認識
8：清潔劑的認識
9：實踐環保的有效辦法
10：水污染中鉛中毒的影響
11：防治水污染的方法
12：多氯烴的認識

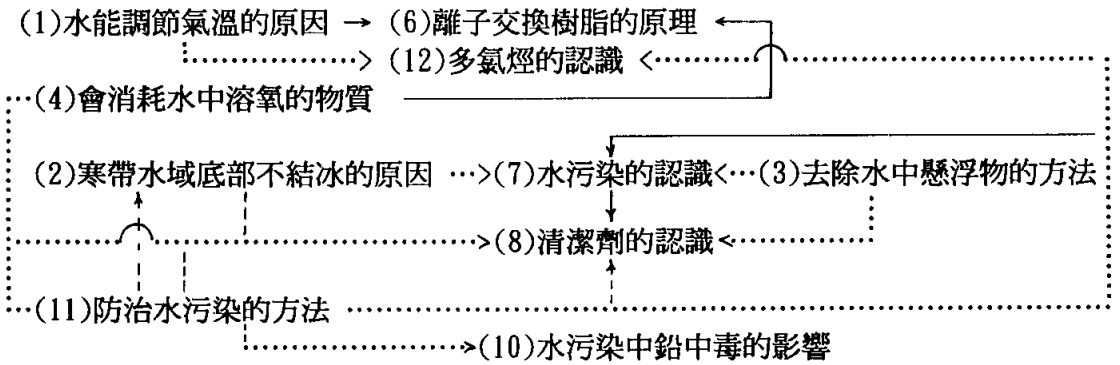
由圖中可知，高一學生答題之次序(顯著次序→，稍有次序⋯>)關係如下：



由圖中可知，高二學生答題之次序(顯著次序→，稍有次序…)關係如下:



由圖中可知，高三學生答題之次序(顯著次序→，稍有次序…)關係如下:



水及水污染的問題所呈現的明顯次序，雖未如第三大題(空氣及空氣污染)那樣的多，卻仍比能源問題、生態平衡要多許多。表示學生在瞭解水的組成和水污染的現象，認識水污染的過程機制、背景原因、不良影響上，亦有明顯的隸屬關係。其中一、二、三年級有顯著次序的關係之數目以二年級稍為多一點（一年級有5個、二年級有7 個、三年級有4 個），不過沒有三個年級所共同具有的，表示各年級間的差異頗大。若是統合顯著次序及稍有次序的數目，則以二年級領先（共15個），一年級（共11個）、三年級（共14個），可能是此教材在基礎理化下冊及第一冊較多之故。整體來看，有許多題目僅呈現稍有次序且僅含一個階層關係較複雜者，以二、三年級為例，並配合評量主題，有下列關係：

(8)要對清潔劑有正確的認識要先瞭解(11)防治水污染的方法、(5)水污染的成因、(12)多氯烴的認識、(7)水污染的認識、(4)會消耗水中容氧的物質等概念。

(11)防治水污染的方法則為瞭解(7)水污染、(8)清潔劑、(10)鉛中毒、(12)多氯烴等概念提供一些基礎理念。此部份的教材編寫雖不如空氣及空氣污染,但仍較能源問題和生態平衡為佳。

第五章　結論與建議

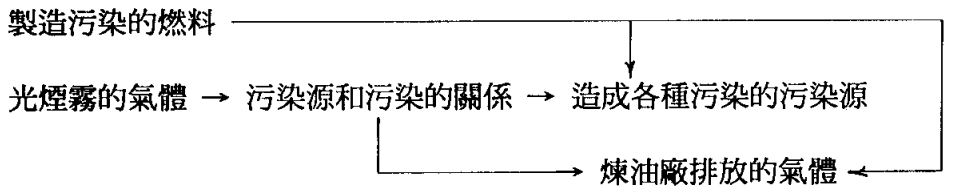
（一）環境教材的概念分析

1. 化學科的環境概念分布於基礎理化下冊、化學第一冊和第四冊，其中具有環境概念最多的課本，是基礎理化下冊。
2. 利用概念圖做概念分析時，將環境概念相關聯者集合一處，而得到
   A圖：能源問題(基礎理化下冊)
   B圖：生態平衡的問題(基礎理化下冊、第一冊)
   C圖：空氣及空氣污染的問題(基礎理化下冊、第一冊、第四冊)
   D圖：水及水污染的問題(基礎理化下冊、第一冊、第四冊)
3. 化學科的環境概念在探討空氣污染和水污染的種類、原因、機制和影響上，可說比其他教科書(如生物、地科、公民、地理等)要深入得多。
4. 化學科環境教材的內容類別偏重在自然資源的非生物部分、和公害防治上，而社經衝擊則最少。綜合以上的討論,發現教材的編寫以空氣及空氣污染最好,水及水污染次之,能源問題和生態平衡較差;但事實上,由環境教材內容類別表可看出,化學科所偏重的公害防治上仍有許多項目付之闕如,例如:土壤肥力、食物添加物等。在下次編教材時,這方面應該要多多加強。

（二）、化學科環境教材的學習成果

1. 由學生的答對率的探討可知,高年級在答對率上較領先，表示學生的學習有隨年級增加而增加的趨勢。
2. 由IRS分析法的結果可知,第三大題空氣及空氣污染的答題次序表現了明顯的隸屬關係,水及水污染則次之。能源問題和生態平衡的隸屬關係較不明顯,能源問題的隸屬關係最差。

3. 題目間次序關係最複雜者，是第三大題(空氣及空氣污染)的



4. 各年級IRS分析的結果可知，答題次序在能源問題和生態平衡問題上是二年級較佳。空氣及空氣的污染則是三年級較佳，水及水污染仍以二年級較佳，此與化學科環境教材集中在基礎理化下冊及第一冊有關。
5. 因為目前的物理科幾乎沒有什麼環境教材，公害防治中屬物理範圍的噪音、放射線，應在重編教材時加入基礎理化中。另外，社經衝擊中科技的衝擊也應該在基礎理化中教授。整體而言，化學科的環境教材應跟上時代潮流，不斷將相關的最新環境資訊隨時加入教科書中，才不辜負教育的教化力量。

誌　謝

本研究在工作進行中，承許多高中老師之協助與指導始得完成，特予致謝。同時，謹謝國家科學委員會經費上的支援（計劃編號 NSC-81-0421-S-018-501-2)

參考文獻

1. 毛連塭、鄧天德、陳源在、和陳淑卿等（民79）：台北縣、基隆市環境教育資源調查與研究。台北市立師院。行政院環境保護署。
2. 方泰山和廖焜熙（民80）：由命題的頭腦體操論化學概念分析。科學教育月刊，139:2-16。
3. 王鑫、呂光洋、周昌弘、晏涵文、郭允文、和楊國賜 等（民76）：環境保護教育理念架構之規劃報告。國科會科教處。
4. 汪靜明（民79）：環境教育資料庫之規劃與建立。行政院環境保護署。
5. 周昌弘 編(民80):台灣環境教育研究。中華民國第一屆環境教育學術研討會

。中央研究院植物研究所。

6. 余興全（民73）：國中教材及學生環境知識與態度之研究。台灣師大教育研究所論文。
7. 吳京一 譯（民79）：日本國中學環境教育的現狀與問題。環境教育季刊，7:2-7。
8. 楊國樞、文崇一、吳聰賢和李亦園（民82）：社會及行為科學研究法下冊。東華出版社。
9. 蔡長添、岳美群和蔡顯鑾（民82）：我國高中學生環境概念形成過程之研究。國科會：科學教育研究計報告。計劃編號 NSC 80-0421-S-018-501-Z。
10. 蔡瑞麟（民79）：現階段高中教材有關環境教育之內容分析。彰師大科學教育研究所碩士論文 。
11. Ausubel, D. P., Novak, J. D., and Hanesion, H. Y. (1978). Educational psychology: a congitive view (2nd ed). New York: Holt Rinehart an Winston.
12. Burrus-Bammel, L. L., Bammel, G., and Kopitsky, K. (1988). Content analysis: a technique for measuring attitudes expressed in enviromental education literature. Journal of enviromental education, 19(4), 32-37.
13. Davis, G. A. (1983). Educational psychology: theory and practice. Random house inc. New York.
14. Linskie, R. (1983). The learning process：theory and practice. University press of America inc. Lanham.
15. Novak, J. D.(1977). A theory of education. Cornell University press.
16. Novak, J. D. (1988). Learning science and the science of Learning. Studies in science education, 15, 77-101.
17. Novak, J. D., and Gowin D. B. (1989). Learning how to learn. Cambridge University Press.
18. Novak, J. D. (1990). Concept mapping: a useful tool for science education. Journal of research science teaching, 27(10), 937-949.
19. Okebuloka, P. A. (1990). Attaining meaningful learning of concepts in genetics and ecology: an xamination of the potency of the concept-mapping technique. Journal

of research in science teaching, 27(5), 493-504.

20. Pankratius, W. J. (1990). Building an organized knowledge base: concept mapping and achievement in secondary school physics. Journal of research in science teaching, 27(4), 315-333.
21. Piaget, J. (1975). The origins of intelligence in children. (6th ed). International Universities Press. New York.
22. Schmid, R. F. (1990). Concept mapping as an instructional strategy for high school biology. Journal of educational research, 84(2), 78-85.
23. Wadsworth, B. J. (1989). Piaget's theory of congitive and affective developement. (4th ed). Longman inc. New York.
24. Wallace, J. D. (1990). The concept map as a research tool: exploring conceptual change in Biology. Journal of research in science teaching, 27(10), 1033-1052.
25. 竹谷 誠(1980). IRSテスト構造りデフの構成法と活用 日本教育工學雜誌, 5, 93-103.

Studies on the Analysis and the Evaluation of Achievement of Student Learning of Environmental Concepts in Chemistry in Senior High School

Chang-Tien Tsai, Mei-Chun Yueh and Hsien-Chang Tsai

Department of Biology, National Changhua University of Education, Changhua, Taiwan, R.O.C.

Abstracts

This study is attempted to investigate the analysis and the evaluation of achievement of student learning of envirnomental concepts in chemistry of senior high school. As the results of content analysis, there are 692 concepts in all of the chemical textbooks of high school. The results are:

A. The analysis of environmental concepts of teaching materials in chemistry
   1. The most environmental concepts are distributed in the second book of basic physicochemisty, and the first and the fourth books of chemistry.
   2. According to Q-technique and the analysis of concept maps, all of the environmental concepts are categorized into 4 groups of concepts: energy, ecosystem balance, air and air pollution and water and water pollution.
   3. From these four categories, we can make four concept maps.
   4. It is better discussed about the kinds, causes, mechanisms, and effects in chemistry than those in the other text book (biology, earth science, civils and geography)
   5. The enviromental concepts in chemistry are about mainly inorganic resources and the preventation the public damages, as in a series of air and air pollution, water and water pollution, energy, and ecosystem balance.

B. The achievements of student learning of environmental concepts in chemistry.
   1. The concept maps of environmental concepts were used as a base to develop the test tool. In addition, the concept maps can also be used as a base to design

teaching activities. As combined with IRS analysis, it can help us to understand the processes of concept formation.

2. Accoording to the pass rates of answers, the 10 grade got 4%, then the 11, 31%; the 12, 61% . The results showed the higher the grades the higher the pass rates.
3. According to the IRS analysis, there are apparent good knowledge construrtion, as a series in air and air pollution, water and water pollution, energy, and eco-system balance.
4. As to the IRS analysis, there is a better hierarchy in air and air pollution, then, in energy, ecosystem balance, and water and water pollution.
5. The current physics textbooks, there is no any environmental teaching materials.

附錄一 正式施測試題與各題評量之概念內容

(註):測驗學生時，試題未含各題評量之概念內容

學校 _____ 年級 _____ 班別 _____

姓名 _____ 座號 _____ 性別 _____

各位同學您好：
1. 現在您手中的這份試卷，是國科會研究的試卷，想要瞭解您在高中化學教科書學到有關環境保護的知識。
2. 請各位同學靜下心來，儘量作答，但遇到完全不會的題目請不要任意猜選答案。
3. 全部題目爲 小題，均爲單選題，題目的出處分散在各冊化學教科書中。
4. 測驗時間爲 分鐘，謝謝您的合作。

第一大題：下列 8 題是有關能源問題的一些問題，請你依照題意的敍述，選擇一個最適當的答案。

( ) 1. 有關"能源問題"的敍述，下列何者正確？
(1) 能源不可重覆使用，是造成能源問題的主因
(2) 人類所使用的能源，大多爲水力資源
(3) 能源問題的起因，是人類的需求日益增加
(4) 地球上可利用的能源是取之不盡的
評量主題：能源問題的成因

( ) 2. 下列何者不是面對"能源問題"，所應有的態度？
(1) 節約使用各種
(2) 儘量使用替代能源
(3) 研究發展太陽能的使用方式
(4) 使用核能發電，便可解決能源問題
評量主題：能源問題的解決方法

( ) 3. 下列何者是目前地球上使用最多的能源？
(1) 核能
(2) 化石燃料
(3) 水力資源
(4) 地熱
評量主題：能源的種類

( ) 4. 使用下列何種能源是最容易導致環境污染？
(1) 水力資源
(2) 核能
(3) 太陽能
(4) 化石燃料
評量主題：能源對環境的影響

( ) 5. 有關"水力資源"的敍述，下列何者正確？
(1) 水循環是靠太陽熱能所維持的
(2) 不可重覆使用
(3) 水力發電的供電量很大
(4) 水力發電不會影響環境生態
評量主題：水力資源的認識

( ) 6. 對人類而言，所有能量的來源是
(1) 地球
(2) 月亮
(3) 石油
(4) 太陽
評量主題：能量的終極來源

( ) 7.下列何者不會影響氮循環？
(1)大量使用氮肥
(2)利用哈柏法製氨
(3)根瘤菌的固氮作用
(4)使用化石燃料產生NOx
評量主題：氮循環的認識

( ) 8.當今世界運用核能發電，最大的故慮是何種問題？
資金問題
原料問題
土地問題
安全問題
評量主題：核能發電的認識

第二大題：下列 8 題是有關生態平衡問題的一些問題，請你依照題意的敘述，選擇一個最適當的答案。

( ) 1.在工業革命之前，地球上所使用的能量來源是下列何者？
(1)核能
(2)電能
(3)太陽能
(4)放射能
評量主題：工業革命前的能量來源

( ) 2.地球上的生態平衡主要是以下列何項反應爲基礎的？
(1)光合作用
(2)呼吸作用
(3)發酵作用
(4)同化-異化作用
評量主題：光合作用是生態平衡的基礎

( ) 3.有關"光合作用"的敘述，下列何者不正確？
(1)可以更新空氣
(2)可以更新水質
(3)可以製造燃料
(4)可以製造食物
評量主題：光合作用的功能

( ) 4.下列何者是防治空氣污染的治本方法？
(1)設立CO濃度的顯示器
(2)對各種污染物做定量分析
(3)立法限制汽機車的廢氣排放標準
(4)設立標語告示牌
評量主題：防制公害的治本方法

( ) 5.下列何者不完全是化學工業所造成的環境污染？
(1)翡翠水庫水質優養化污染
(2)桃園蘆竹鄉鎘米污染
(3)火力發電廠所造成的酸雨污染
(4)化學工廠所造成的有機汞污染
評量主題：化學工業引起之污染爲何

( ) 6.下列何者是工業革命工業化後對自然界生態平衡的不良影響？
(1)利用哈柏法製造大量的氨而破壞氮循環
(2)破壞光合作用自然調節大氣中氧氣含量的功能，進而影響地表溫度
(3)重整地球上的生態並使之趨於新的平衡
(4)使用能源的同時亦會製造新的能源
評量主題：工業化對人類及自然界的影響

( ) 7.下列何者與生態平衡無關？
(1)光合作用
(2)氮循環
(3)碳循環
(4)光電效應
評量主題：與生態平衡相關的反應

( ) 6.下列何者會改變大氣中氧與二氧化碳的比例？
(1)使用化石燃料
(2)海洋的污染
(3)森林的減少
(4)以上皆是
篩選題

第三大題：下列 14 題是有關空氣及空氣污染的一些問題，請你依照題意的敘述，選擇一個最適當的答案。

( ) 1.下列何者不是造成空氣污染的污染源？
(1)SO_2
(2)CO
(3)NO_2
(4)O_3
評量主題：空氣污染的污染源

( ) 2.造成下列污染的污染源，何者不正確？
(1)CO會製造溫室效應
(2)NO_2會造成光煙霧
(3)NO會破壞臭氧層
(4)SO_2會使樹木及農作物枯萎
評量主題：造成各種污染的污染源

( ) 3.酸雨的形成與下列那種氣體無關？
(1)CO_2
(2)NO_2
(3)SO_2
(4)CH_4
評量主題：酸雨的成因

( ) 4.在大型煉油廠附近所落下的酸雨，主要含有下列何種污染物？
(1)NO
(2)SO_2
(3)N_2O
(4)CO
評量主題：煉油廠所排放的氣體

( ) 5.下列各組中之兩名詞，何組兩者之關聯性很小？
(1)光煙霧、二氧化氮
(2)氮固定、乾冰
(3)紫外線、臭氧層
(4)溫室效應、空氣中的CO_2
評量主題：污染源及污染的關係

( ) 6.據報載，南極上空的臭氧層有破洞，你認為是下列何種污染物所導致的？
(1)燃燒化石燃料，硫酸廠排放的硫氧化物
(2)汽車內燃機排放的二溴化鉛
(3)汽車內燃機排放的氮氧化物
(4)冰箱、冷氣機所使用的冷媒散逸於空中
評量主題：臭氧層受損的原因

( ) 7.棕色空氣或光化學煙霧主要與下列何者有關？
(1)燃燒垃圾的煙霧

⑵汽車的排氣
⑶水力發電廠
⑷大氣風暴
評量主題：造成棕色空氣及光煙霧的原因

(　) 8.在受污染的都市中，下列何種污染物的濃度通常最大？
⑴SO_2
⑵NO_2
⑶CH_4
⑷CO
評量主題：都市中含量最多的污染物

(　) 9.下列那一種燃料，在正常情形下產生的的污染物濃度最低？
⑴煤
⑵石油
⑶木材
⑷氫氣
評量主題：製造污染的燃料

(　) 10.SO_2可由下列何物化合後而去除？
⑴NaCl
⑵CO_2
⑶$CaCO_3$
⑷CO
評量主題：去除SO_2的方法

(　) 11.使地球表面氣溫保持在適當範圍適於生物生存的，應歸功於大氣中的什麼成分？
⑴氮氣
⑵氧氣
⑶二氧化碳
⑷氮氧化物
評量主題：使地表溫暖的氣體

(　) 12.下列何者不是SO_2的影響？
⑴腐蝕建築物
⑵產生光煙霧
⑶降低農作物的收成
⑷刺激呼吸道
評量主題：SO_2的影響

(　) 13.＂光煙霧＂是空氣中的塵埃吸附下列何種有毒氣體所造成的？
⑴CO
⑵CO_2
⑶NO_2
⑷SO_2
評量主題：光煙霧的氣體

(　) 14.汽油在引擎中燃燒所產生的廢氣　不會造成何種環境污染
⑴酸雨
⑵臭氧層破洞
⑶重金屬毒害
⑷產生窒息性氣體
評量主題：汽車廢氣所造成的污染

第四大題：下列 12　題是有關水及水污染的一些問題，請你依照題意的敘述，選擇一個最適當的答案。

(　) 1.海洋性氣候比大陸性氣候溫差變化小是因為
⑴水易汽化
⑵水的比重為1

⑶水的比熱大
⑷水的分子量小
評量主題：水能調節氣溫的原能

( ) 2.寒帶冬天水池底部不結冰的原因是
⑴水的比熱大
⑵水的汽化熱大
⑶水的沸點高
⑷4℃的水密度最大
評量主題：寒帶水域底部不結冰的原因

( ) 3.欲清除水中懸浮物質，最常用的凝聚劑是
⑴氯氣
⑵臭氧
⑶活性碳
⑷鋁鹽
評量主題：去除水中懸浮物的方法

( ) 4.下列化合物易使水中溶氧量減少者爲
⑴放射性物質
⑵冷煤
⑶有機廢料
⑷水銀
評量主題：消耗水中溶氧的物質

( ) 5.下列有關水污染的敘述，何者正確？
⑴水中鎘污染會造成水俣病
⑵水中汞污染會造成痛痛病
⑶墾丁南灣地區珊瑚白化的現象，已被證實爲放流水之熱污染所致
⑷在水中不被微生物分解的硬性殺蟲劑，其成分爲氟氯碳化合物
評量主題：各種水污染的成因

( ) 6.離子交換樹脂不能交換水中何物？
⑴H^+
⑵Na^+
⑶Ca^{+2}
⑷Mg^{+2}
評量主題：離子交換樹脂的原理

( ) 7.有關水污染的敘述，下列何者正確？
⑴鉛污染的程度常以C.O.D值表示其大小
⑵烏腳病的產生是因長期飲用含鉛的水所造成
⑶鎘污染可因電鍍工廠改用鋼來做金屬表面處理而改善
⑷水銀法電解食鹽水常造成汞污染
評量主題：水污染的認識

( ) 8.有關清潔劑的敘述，下列何者正確？
⑴肥皂是長鏈具分枝的脂肪酸鈉，易被細菌分解而消失
⑵直鏈的合成清潔劑，在水中易產生泡沫
⑶清潔劑常含有硫酸鹽，能促進藻類快速生長
⑷直鏈的　基硫酸鈉，可被細菌分解
評量主題：清潔劑的認識

( ) 9.爲了實踐環保，下列那一種作法最合理？
⑴使用高級汽油來替代二行程汽油
⑵不訂報紙而改看電視新聞
⑶上街自備購物袋
⑷全民吃素
篩選題

( ) 10.鉛中毒最容易傷害到
⑴中樞神經
⑵肺臟
⑶視力
⑷循環系統
評量主題：水污染中鉛中毒的影響

( ) 11.下列何者是防治水污染的最佳方法？
⑴工廠用水先經臭氧處理
⑵家庭禁用清潔劑以避免製造家庭廢水
⑶工廠廢水經處理後再排放
⑷自來水廠附設污水處理池
評量主題：防治水污染的方法

( ) 12.有關多氯烴的敘述，下列何者正確？
⑴並不傷害野生動物
⑵一般殺蟲劑皆含有之
⑶DDT不屬於多氯烴
⑷不易被微生物分解
評量主題：多氯烴的認識