科學教育學刊
2002, 第十卷第一期, 59-86

Chinese Journal of Science Education
2002, 10(1), 59-86

「有素養」或「無素養」？—解讀非科學主修大學生對三項全球性環境問題之敘述表徵

靳知勤
東海大學教育研究所暨教育學程中心

（投稿日期：民國 90 年 11 月 5 日，接受日期：91 年 1 月 7 日）

摘要：本研究以一群非科學主修之大學生（N=43）為對象，令其針對溫室效應、臭氧層破壞及酸雨等三項全球性環境問題，以撰文之方式蒐集其成因之認知。本研究並運用(1)敘述之結構分析，(2)發展量化評分標準，以及(3)事後確認性訪談等方式，藉以綜評其相關議題之科學素養程度。研究結果顯示：受試者整體在三項環境問題的得分與總分相較屬於偏低的情況；對於三項問題的得分間有顯著差異發生。在所敘述的內容方面，有較多的受試者在溫室效應有整體概念架構偏離的現象（N=17）；其模式為「臭氧層破壞以致紫外線射入地表量增多，使得地球溫度上升」。在酸雨問題上則有「地面水受污染後，經蒸發作用進入大氣中形成酸雨」的說法，惟人數並不多（N=2）；另有一位受試者認係「臭氧層破壞使酸雨在大氣中形成後降下所致」。相形之下，則無人在臭氧層破壞敘述中有整體概念架構偏離的現象。此外受試者在回答三項問題時，均呈現出以「糢糊概括性之不確定詞彙」取代專有之關鍵名詞的現象。在提出特定的關鍵詞時，雖指陳出正確的項目，但卻又附帶加述若干錯誤的項目。至於空氣污染、工業及汽機車所產生的廢氣在三項問題中均廣泛的被提及。本研究中亦報導受試者在三項環境問題中所顯現的迷思概念。本文末了並綜評受試者對三項全球性環境問題的呈現概況，僅符合 Bybee 界定「名義科學素養」的程度。亦即「知曉一個名詞或主題屬於科學範疇的一部份，對於該名詞或主題的解答中，學習者試圖與科學及技學的相關概念發生關聯，但其對該名詞或主題的相關了解中則顯現出迷思概念」之定義。據此，對於非科學主修學生科學素養之提升顯為當務之急，本研究乃列舉實務與未來研究之可行方向以供參考。

關鍵詞：非科學主修大學生、科學素養、臭氧層破壞、溫室效應、酸雨。

壹、緒言

近年內，教育社群益發重視學習者透過讀、寫、討論等方式，就社會所發生之重要議題，與他人從事有效的溝通(Wellington & Osborne, 2000, p.4-5)。而早期對於以閱讀與寫作做為教育目的所養成的基本能力，即被定義為所謂的「素養」(Literacy)；舉凡能夠幫助個人藉由各種形式的語言–諸如聽、說、讀、寫等四方面–與他人從事有效的互動，即稱此人具備了基本的素養(Barton,1994)。然而在晚近十數年間，許多與素養有關的語詞例如：環境素養(Environmental literacy)、電腦素養(Computer literacy)、技學素養(Technological literacy)、經濟素養(Economic literacy)、政治素養(Political literacy)等等紛紛見諸於專業或日常的討論中。而「科學素養」(Scientific literacy)一詞也不過是許多論及素養有關的面向之一。那為甚麼有所謂的「科學素養」一詞的出現呢？實在是緣自近代科學文明使然，人們於日常生活中乃須就與科學相關的主題與他人從事溝通，接收訊息，或是以此等資訊為基礎，在生活中從事思考、判斷、以解決問題及做有效的決策等(Jenkins, 1999; Patronis & Spiliotopoulou, 1999)。它反映出在科學所主導的時代中，吾人究應如何看待學習需求與能力指標的課題。

一、研究目的與問題

本研究有鑒於在現今科技時代中，一般民眾具備科學素養的重要性，乃試圖以特定環境性問題為標的，以非科學主修之大學生為對象，令其藉文字撰寫之表達方式，探究其對該等問題認知的內涵。其實，因科技及資訊發展日新月異，個人對其生活中若干特定議題的同步了解與及時更新，已成為確保個人做為一個有效接受資訊公民(Informed citizen)所須的要件，以及持續發展其科學素養的重要因素之一。

在本研究中供受試者撰寫問題成因的三項全球性環境問題為(1)溫室效應、(2)臭氧層破壞和(3)酸雨問題。研究過程中藉發展多元的評量指標，例如(1)概念項目與類別分析，(2)文詞結構分析，以及(3)內容計量評分等方式，對所蒐集的資料，進行比對分析、分類與計分，並輔以事後訪談的方式，解答下列四項問題：

(一)受試者在三項全球性環境問題敘述間的得分有何不同？

(二)受試者在三項全球性環境問題敘述中呈現了哪些概念項目？

(三)受試者針對三項全球性環境問題所呈現的概念項目中，有哪些迷思概念？以及

(四)受試者對三項全球性環境問題所呈現的科學素養程度為何？

由上述問題的解答，將有助於吾人對於非自然科學主修學生之環境相關問題認知有所了解，藉此衡酌綜評其有關科學素養之程度，並期提供科學教育學者在從事全民科學素養提昇規畫中，一項有效的參考資訊。

二、何謂科學素養？

近年來，許多科學教育學者將科學素養的提昇視做科學教育的首要目標（教育部, 2001; AAAS, 1989; Bybee, 1997, p.64; Cajas, 1999; Cross, 1999; Cross & Price, 1999; National Research Council, 1995)。然而科教學者對於科學素養的內涵認定究竟為何？以及經由何種策略與途徑達成此一目標？則有頗紛歧的界定與看法。然以吾人身為教育社群之一份子，值此以提昇全民素養為職志之際，更應對此構念予以探析，藉此乃可進而尋求未來從事具體實踐之南針(Kyle, 1995)。而從科學教育學者試圖分別從歷史沿革(DeBoer, 2000)、概念分析(Laugksch, 2000)以及未來發展(Hurd, 1998)等方

向來從事科學素養內涵的探討的傾向，可以得知科學素養的概念非但具有時代演進的意義，且與社會的價值與生活文化的型態息息相關。簡言之，當吾人在考量有關科學素養的議題時，實須兼顧承先啟後、以及學習者在未來社會中的適應與發展問題。以下列舉若干文獻中有關科學素養的定義，以供參考：

(一)Durant (1993)曾將科學素養簡單的定義為「一般大眾對科學相關事物所須了解的程度」。這個定義看似簡單明瞭，但是何謂一個人所須了解之與科學相關的事物？以及所探討的對象–亦即一般大眾所指為何？這兩個問題的確又讓科學素養的範疇顯得通泛而不明確。

(二)Science for All Americans 的定義(AAAS, 1989)

未來公民所需之科學素養意指民眾應具備以下的各項能力：

1.對自然世界的了解；
2.認識自然界的歧異與一致性；
3.了解重要的科學概念與原則；
4.明瞭科學、數學及技學之間相互依存的方式；
5.知道科學、數學及技學是人類活動的一環，對人類有其正面影響，亦有其弱點；
6.具備科學性思考的能力；
7.運用科學知識及思考方式於個人或社會的目的。

(三)Miller 提出科學素養包括的三個面向

Miller (1983)強調科學素養應視當代的情境加以定義，並認為須包括(1)對科學過程及方法的了解，換言之即「科學的本質」之面向；(2)了解重要的科學名詞與概念，換言之即「科學的知識」之面向；以及(3)「覺知科學與技學對社會的影響」之面向。

(四)Shamos (1995)指出科學素養包含三種形式—

1.文化性科學素養(Cultural scientific literacy)：個人對於社會溝通歷程中所常用到的科學相關用詞能有基本的認識；這就好比是一組供社會大眾所共同使用及分享的知識系統，民眾能閱讀報紙及雜誌、與選任的代表溝通、或是能與公眾議題的辯論內容同步。
2.功能性科學素養(Functional scientific literacy)：個人對於科學相關的用詞非僅能夠閱讀，且能以此與他人進行口頭的對話及文字的表達。與前項不同的是本項功能更進一步的要求個體的主動作為。
3.真實性科學素養(True scientific literacy)：個人對於科學社群所從事的工作其本質有所認識；與前兩項相比，這個項目被認為更難達成，但對於科學的發展卻有重要的影響。

(五)Bybee (1997)在其所撰《Achieving scientific literacy: From purposes to practices》一書中，對科學素養有如下的分類：

1.名義性科學素養(Nominal scientific literacy)：學習者知道一個名詞或主題屬於科學範疇的一部份，對於該名詞或主題的解答中，學習者試圖與科學及技學的相關概念發生關聯，但其對該名詞或主題的相關了解中則顯現出迷思概念。在其所呈現的認知結構中，所用到的名詞及概念間的相互關係以及所可接受的科學性定義，數目較少且傾向於通俗而易懂的面向。
2.功能性科學素養(Functional scientific

literacy)：與前述 Shamos (1995)所指之功能性科學素養一致，亦即學習者對於科學與技學相關議題的詞彙能夠精確及適切的運用。但他們對於科學概念(Scientific concepts)、原理(Principles)、法則(Laws)、學說(Theories)以及科學探究過程及技能，了解不深。

3.概念與過程科學素養(Conceptual and procedural scientific literacy)：係指學習者發展出科學整體性的及針對各個特定科學領域的概念認知結構；以及認識科學探究的過程與技學的設計等。

4.多面向科學素養(Multidimensional scientific literacy)：除了前述對科學概念、過程技能等的認識之外，並延伸觀察觸角至科學及技學的哲學性、歷史性、以及社會性的面向。

(六)我國「國民中小學九年一貫課程暫行綱要」中的說法

我國「國民中小學九年一貫課程暫行綱要」(教育部, 2001)於民國九十年一月頒佈。在其中的「自然與生活科技」學習領域中，明定提昇國民科學素養為科學教育的首要目標。其中也將素養定義為「蘊涵於內即為知識、見解與觀念，表現於外即為能力、技術與態度。」 並揭櫫其課程目標為：

1.培養探索科學興趣與熱忱，並養成主動學習的習慣。

2.學習科學與技術的探究方法及其基本知能，並能應用所學於當前和未來的生活。

3.培養愛護環境、珍惜資源及尊重生命的態度。

4.培養與人溝通表達、團隊合作以及和諧相處的能力。

5.培養獨立思考、解決問題的能力，並激發創造潛能。

6.察覺和試探人與科技的互動關係。

同時也指出透過自然科學學習應達成1)過程技能，2)科學與技術認知，3)科學本質，4)科技的發展，5)科學態度，6)思考智能，7)科學應用，8)設計與製作等各面向之能力。

三、科學素養的測量

有關科學素養的測量可循量性與質性兩種取向為之。舉例來說，在量性研究方面，Durant, Evans 和 Thomas (1989)曾發展出針對一般民眾的問卷從事全國性的科學素養程度調查。Laugksch 和 Spargo (1996)則依據 Science for All Americans (AAAS, 1989)的界定，以及 Miller (1983)對科學素養的看法，發展出一份 110 題的基本科學素養問卷(Test of Basic Scientific Literacy)。這 110 題中包括了(1)科學本質，(2)科學內容，以及(3)科學與技學對社會的影響。科學內容的部份又包括了物質科學、生命科學、地球與太空科學、與健康相關的科學等面向。而其主要是以高中畢業生為施測對象，以檢視學校教育對於科學素養養成的成效。他們並建議：此問卷亦可用於其他具有不同興趣或是經特殊訓練及工作背景的成人。以此等成果回饋如何改進諸如學校教育、成人繼續學習、以及社會教育資源提供等之政策制定(Laugksch & Spargo, 1996)。由該問卷所包含的面向，不難得知科學素養的基本構念為何。

然而除了上述從量的取向測量科學素養的程度外，亦可從社會文化性取向(Socio-cultural approach)，亦即質性研究法的探究，進行科學素養的評測。若採行此一取向，則有別於前述整體性觀點觀察的考量，另亦可從個別性事件的認識加以判斷(Anderson & Holland, 1997; Bybee, 1997; Laugksch, 2000)。後者因採質性研

究法，因此乃能提供較豐富的呈現資訊與其背後情境脈絡相關的訊息。惟比起整體性量的取向能以選擇大量的樣本施測，呈現整體群體的程度，質的取向所提供的結果，相對上乃著重於對個別性事件相關的概念提供較深入且結構性的分析。

貳、研究方法

本研究根據前述 Bybee (1997)有關科學素養類別中之「名義性科學素養」與「功能性科學素養」兩項為基礎，試圖以特定科學性問題為標的，探究受試者個人透過寫作表達對該等問題認知的內涵及方式。如前所述，因科技及資訊發展之日新月異，個人對其生活中若干特定議題的同步了解與及時更新，實為確保個人科學素養持續發展的重要因素之一。

本研究有鑒於特定事件及問題對於個人科學素養的維持與更新具有重要的影響意義，是乃選擇三項全球性環境問題–溫室效應、臭氧層破壞、和酸雨問題–形成一個題組，以非自然科學主修之大學生為對象，探討其相關的了解程度以及呈現該等問題的方式等。此三項問題足以構成一個題組，乃是因其均環繞於全球性觀點之框架中，且涉及在大氣中發生變化的機制。研究者於研究過程中，採用令受試者寫作之方式蒐集資料，並在本研究中發展多元的評量指標，例如(1)概念項目與類別分析，(2)文詞結構分析，以及(3)內容計量評分等方式，藉該等多元指標所顯現的結果，相互比對，並輔以事後訪談的方式，試圖了解受試者對於三項問題以及綜觀全球性問題之相關認知現況。

一、為甚麼選擇環境問題呢？

本研究選擇環境問題實因人類必須依賴環境維生，環境與人類社會發生互動，人類活動影響環境，相對的環境也對人類行為產生引導或限制其發展的制約現象。而社會與環境間的相互影響經常是具有科學的背景與意義，在探討科技時代人類社會與科學活動間的關係時，環境問題因其具備之科學內涵及與社會間的相互作用，是乃為最足以反應出人們這方面經驗的範疇(Cheek, 1994; Rubba, 1987; Rye & Rubba, 2000)！Hurd (1998, p.412)曾建議學校課程中可以融入 27 項相關主題，藉以養成未來公民的能力。前五項為：

1.健康（生物的、行為的、社會的、環境的）
2.健康（健康與安全，有效的生物系統）
3.自我認識（人性、人的本質）
4.環境（生態的、社會的、與文化的相互影響）
5.溝通系統（來源、過程、與訊息的利用）

其中，以環境為核心探究生物間、社會間及文化間相互作用的相關議題即列居其間。環境議題在啟發學習者動機上的重要性，可見一斑(Durant, Evans & Thomas, 1992; Henderson & Wellington, 1998)。

二、為何選擇全球性環境問題呢？

至於本研究又為何選擇全球性環境問題呢？–以全球為範疇的環境問題不若發生於生活周邊的環境問題一般，具有感官直接接受刺激，繼而引起個體覺知的效果。因其發生原因及其對於人類與環境的影響，並非人們所能直接窺得的，該等問題具有宏觀的作用機制，因此若以 STS 議題選擇的標準來看，其發展的階段確較適合具有較高階思考能力及資訊蒐集能力的學習者從事發展性的學習(Robinson & Kaleta, 1999; Rye & Rubba, 2000)。雖然如此，但以建立「我們只有一個地球」的環境教育基本理念的共識而言，全球性環境問題對於整合世界人類從事環境保護使命，乃是相形重要且無從規避的。尤其是美國地球科學教育學者 Mayer (1997)曾以「地球系統」為核心概念，

表1：受試大學生之主修分佈（N=43）

系別	人數	系別	人數	系別	人數	系別	人數
中文系	6	哲學系	2	數學系	6	大學生	35
外文系	1	政治系	1	國貿系	3	碩士生	7
日文系	4	社會系	6	企管系	4	博士生	1
音樂系	4	經濟系	2	會計系	2		
美術系	1	法律系	1				

揭示培養學生具備全球性宏觀之科學素養(Global scientific literacy)的能力。而在此努力的進程中，全球性環境問題的引入，實屬重要之媒介。是以本研究選擇全球性環境問題，檢視受試者的相關認知，乃是回應科學教育突顯對全球性環境問題認知的必要性與迫切性。此外，選擇其中之三項問題，則是著眼於此三者間發生機制及影響之同質性；足以透過針對一組相關議題的探索，獲得相近且能印證比對的研究資訊。

三、為甚麼選擇非自然科主修大學生？

環境教育已是全民的共識，它是一種全民教育、終身教育、科際整合教育、及價值教育（楊冠政, p41-43., 1998）。倘若一般大學生對於本研究所擇定之三項環境問題有整體性的認識，至少在日常生活中接觸到相關資訊時，能夠理解，並以此為基礎，透過寫作與交談等不同的語言方式，和社會中的不同管道及不同領域的人士進行溝通。藉此，至少期待未來公民能夠符合 Shamos (1995)所定義「功能性科學素養」的內涵。

以自然科學為主修的學生在其所修習之課程中，具有較多獲得建立對環境正確的認知與態度的機會與內涵。然由本研究所選定之三項問題的重要性及其全面涵蓋性之本質觀之，在學校階段較少接觸自然課程的非自然科學主修學生，雖少有類似的學習機會，但協助其達成具備基本科學素養的要求，對於他們做為一位能夠理性判斷並從事妥善決策公民身份的目標，是並無二致的。故此，本研究乃以非自然科學主修之大學生為對象，藉以檢視非主修學生之認知與表徵方式。咸信透過對非科學主修者現況之了解，能有助於規畫更合宜的課程，以彌補 Snow (1956)所指社會長久以來因兩種文化(The two cultures)間所生鴻溝的弊病。

四、資料蒐集與分析

(一)資料蒐集

本研究基於探討素養之理念，乃採質性研究的途徑，針對特定議題進行科學素養的評測。本研究參照 Wellington 和 Osborne (2000)所建議之運用語言形式中的寫作方式做為蒐集研究資訊的基本工具，以中部某綜合性大學修習教育學程之 43 位非自然科學主修學生為對象（表 1），集合於一共同時間中，令其以撰寫敘述(Narrative)的方式，分別針對三項全球性環境問題–溫室效應、臭氧層破壞及酸雨問題–撰寫個別的成因。

(二)敘述之結構分析

本研究首先依質性資料分析的方式（Miles & Huberman, 1994）將受試者針對三項全球性環境問題所表達的敘述中之各段重點予以編碼(Coding)，一方面藉歸納與比對，將相近的概念加以歸納成相同的的類別。

從上述逐句分析所得之概念項目中，研究者並檢視受試者使用名詞的正確性，及其在整體意義表徵上位置的適切性。並解析受試者在

表2：溫室效應敘述之評分標準

得分別	評　定　指　標
1分	・近年來，隨著工業成長及人口增加，人類大量使用煤、石油、天然氣等石化原料，導致地球溫度的上升。
1分	・敘述中包括溫室效應氣體的項目，例如：二氧化碳、水蒸氣、甲烷、氟氯碳化物、氧化亞氮、及臭氧等。其中以二氧化碳為最重要的溫室效應氣體。
1分	・這些溫室效應氣體吸收來自地球表面所釋放的長波輻射，再反射回地面，藉以保留太陽所釋放的能量，並維持地表的溫度。

表3：臭氧層破壞敘述之評分標準

得分別	評　定　指　標
1分	・由於人類活動大量的使用冰箱、冷媒、機械去污劑、滅火器噴霧劑等物品使得臭氧層受到破壞。
0.5分	・大氣的平流層中，臭氧含量豐富，形成一臭氧層。
0.5分	・臭氧層阻絕大量由太陽所放出的紫外光輻射，避免地球上的生物受到危害。
1分	・其中的氟氯碳化物成份與臭氧層中的臭氧產生化學反應，使得臭氧濃度逐漸減少。

表4：酸雨問題敘述之評分標準

得分別	評　定　指　標
1分	・因人類大量使用石化燃料，例如在工業或汽機車所排放的廢氣，或自然物質如火山噴發物，使雨水形成酸雨，並造成環境的危害。
1分	・指出這些物質包括：一氧化碳、二氧化硫、硝化物及懸浮物等。經化學反應在大氣中，產生硫酸、硝酸等酸性物質之機轉。
0.5分	・指出酸雨的衡量標準為在pH值低於5.5的濕沉降。
0.5分	・對於森林、農作物、建築物等造成危害。

呈現某項概念或功能時所使用的語詞是否明確，是否為替代性或不明確的語詞。本研究從上述文句敘述的解析過程，乃歸納出哪些概念項目具有迷思，以提供研究者整理出受試者所呈現出來的誤用名詞。

本研究亦依據受試者所撰敘述之邏輯所形成的型式(Pattern)予以分析。此所謂之型式乃是由逐句敘述間所建立的前後推衍及依存關係所形成。依照前述對每一文句之意義編碼，由各個編碼間的串聯組合，乃能窺見一個由受試者透過寫作歷程所建構的敘述組成型式(Pattern)。繼之，研究者並將每位受試者個人的敘述組成型式予以串聯，形成以個別環境問題為主的「概念路徑圖」。此般「概念路徑圖」象徵著由該群受試者針對特定問題所呈現的概念涵蓋狀態，提供吾人了解受試者整體對此等全球性環境問題之知識架構概況。其中有關誤用及代稱名詞的部分在本研究結果的圖示中將以陰影襯底之字樣呈現，以利讀者閱讀。

(三)針對各項問題內容評分

本研究針對受試者之三項全球性環境問題的敘述，另亦以評分方式檢定之。評分標準建立之過程，係由研究者先針對三項全球性環境問題分別蒐集相關的資訊，予以彙整後，以精

簡敘述之方式表之。此等敘述再交由相關領域之專家審查，確認其正確性之後，並由研究者與其共同討論，將整段敘述列舉數項所應呈現的重點，依據此等項目個別之重要程度，給予 0.5 至 1 不等之配分。

受試者在某項敘述中所呈現之內容，分別依其重要性、正確性、及完整性給予該部份之全部或部份之分數。舉例來說，就溫室效應之成因而言，若受試者答出二氧化碳為最重要的溫室效應氣體，雖未寫出其它個別的氣體，仍可得到該項配分之全部分數 1 分；但若未答二氧化碳，卻答出水蒸氣、甲烷、氟氯碳化物、氧化亞氮、及臭氧等中之若干項，則給予折衷之分數，亦即 0.5 分。但若未提及上述中之任一項，則本部份未得分。本研究對三項全球性環境問題之評分標準建構如表 2, 3, 4，各題之滿分均同為 3 分。

為了確保本研究中針對敘述評分的可靠度 (Accountability)，本研究除了建立上述評分標準之外，並由兩位研究人員根據此標準，分別逐一針對各受試者所撰寫的各題敘述進行評分。當評分完成後，兩位研究者再針對所給予評分中發生落差的部份，交換意見並說明所持之理由，透過充份的討論，兩人獲致對該項給分的共識。由於每項評分均經過充分的討論與溝通，對產生差異的部份做更深入的思索，如此足以消除原先各評分者所可能具有的偏見，而使評分更具可靠性。

(四)事後訪談

本研究為深入了解受試者對於三項全球性環境問題所做文字敘述表徵的意義，乃就受試者撰寫敘述中須要確認說明的部份，藉訪談令其陳述相關的觀念及見解，以期使研究者能夠更明確的了解受試者在文字敘述中所要表達的意涵。

(五)研究限制

本研究旨在藉受試者透過文句敘述表達之寫作方式，一則檢視其敘述表徵中的相關科學性用詞之正確性及妥適性，另則窺其所呈現整體結構之邏輯性。本研究試圖從受試者寫作途徑之是否有效溝通，做為研究觀察之主軸。由於 Bybee (1997)所定義之名義性、功能性、概念與過程、及多面向科學素養乃呈一線性分佈現象（圖 1）。本研究所設定之研究目的及所使用的方法均以達成界定受試者名義性與功能性科學素養為目的。至於牽涉有關科學過程技能、科學本質、及科學哲學的、歷史的及社會的面向，則因考量探究面向的聚焦程度，故在研究工具命題中未加涵蓋，本研究乃不做這方面的推論。

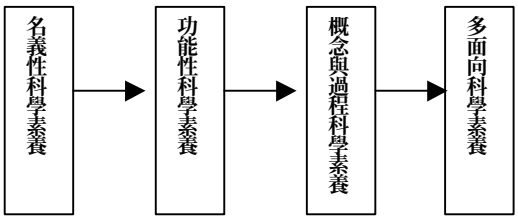


圖 1：各項科學素養線性分佈現象圖

肆、研究結果

一、受試者在三項全球性環境問題得分間之比較

在受試者三項全球性環境問題的得分之間，呈現出絕大多數的受試者的得分均落在 1.5 分以下的現象 (表 5)。所有的 43 位受試者中，只有一位在溫室效應項目得到 3 分，至於其它兩項問題則無人滿分。受試者在溫室效應、臭氧層破壞及酸雨問題的得分眾數分別為 0, 1.5 及 1 分。得 0 分者以溫室效應的 16 人最高，遠超過臭氧層破壞的 1 人及酸雨問題的 3 人。探究其原因則知在溫室效應問題上得 0 分的這 16 位受試者中，有 13 位係將臭氧層破壞誤為溫室效應的成因，使得敘述的整體架構偏離正

表5：受試者對三項全球性環境問題的得分分佈(N=43)

問題 / 分數	溫室效應	臭氧層破壞	酸雨問題
0	16	1	3
0.5	7	8	8
1.0	8	12	19
1.5	6	14	9
2.0	5	5	3
2.5	0	3	1
3.0	1	0	0

表6：受試者對三項全球性環境問題得分總和之分佈 (N=43)

分 數	人 數
0.0	1
0.5	0
1.0	0
1.5	5
2.0	6
2.5	5
3.0	7
3.5	7
4.0	3
4.5	6
5.0	0
5.5	2
6.0	0
6.5	1
7.0	0
7.5	0

確的概念。有關該迷思概念之陳述將於後文中呈現。

本研究將每位受試者對三項全球性環境問題的得分予以加總後，得到如表 6 之人數分佈。最高分為 6.5 分，但僅有 1 人。總分之眾數為 3 及 3.5 分，各有 7 位受試者得到此一分數。再次說明這些非自然科學主修的大學生在

表7：受試者對三項全球性環境問題的平均與變異數

環境問題	人數	總和	平均	變異數
溫室效應	43	33.5	0.78	0.62
臭氧層破壞	43	54.5	1.27	0.36
酸雨問題	43	45.0	1.05	0.30

這三項全球性環境問題的得分普遍偏低。既使是三項加總後，也顯現出有超過一半（N=24）的受試者在滿分之 9 分中，只得到三分之一亦即 3 分以下的分數。

表 7 中的結果顯示溫室效應的得分平均在三項問題中最低（X = 0.78），得 0 分的人數較多，對此項問題的整體平均造成影響。至於臭氧層破壞與酸雨問題的平均則分別為 1.27 和 1.05，雖然都超過 1 分，但以滿分 3 分的標準衡量，確屬偏低。比起其它兩項環境問題的得分，受試者在溫室效應的得分變異數較大，顯示出受試者在這項問題上的得分有較大的離散現象。

受試者在三項全球性環境問題的得分以單因子變異數分析之後，得到表 8 的結果。顯示三項環境問題的得分間有顯著差異。接續以薛費法(Scheffe method)予以事後比較，發現三項問題在臭氧層破壞與溫室效應間的得分有顯著的差異存在。換言之，即受試者的臭氧層破壞的得分顯著高於在溫室效應問題上的得分。

二、受試者在溫室效應敘述的表徵方式

(一)有相當比例的受試者(N=17)將臭氧層破壞誤為溫室效應的導因

在 43 位受試者中，計有 16 位直接在其敘述中，將臭氧層破壞誤為大氣溫室效應的肇因；另有 1 位則以「**大氣結構受到影響**」表之(#16)(圖 2, 3)。這 17 位中共有 8 人僅陳述臭氧層破壞此項原因，而未說明是否有其它的因素與臭氧層破壞有關（圖 2）。以下列舉若干具有此類迷思的敘述內容，以供佐證：

表8：受試者對三項全球性環境問題得分之單因子變異數分析

變源	SS	自由度	MS	F	P-值	臨界值
組間	5.14	2	2.57	6.03	0.003	3.07
組內	53.73	126	0.43			
總和	58.88	128				

事後比較：臭氧層破壞＞溫室效應 $p < 0.05$

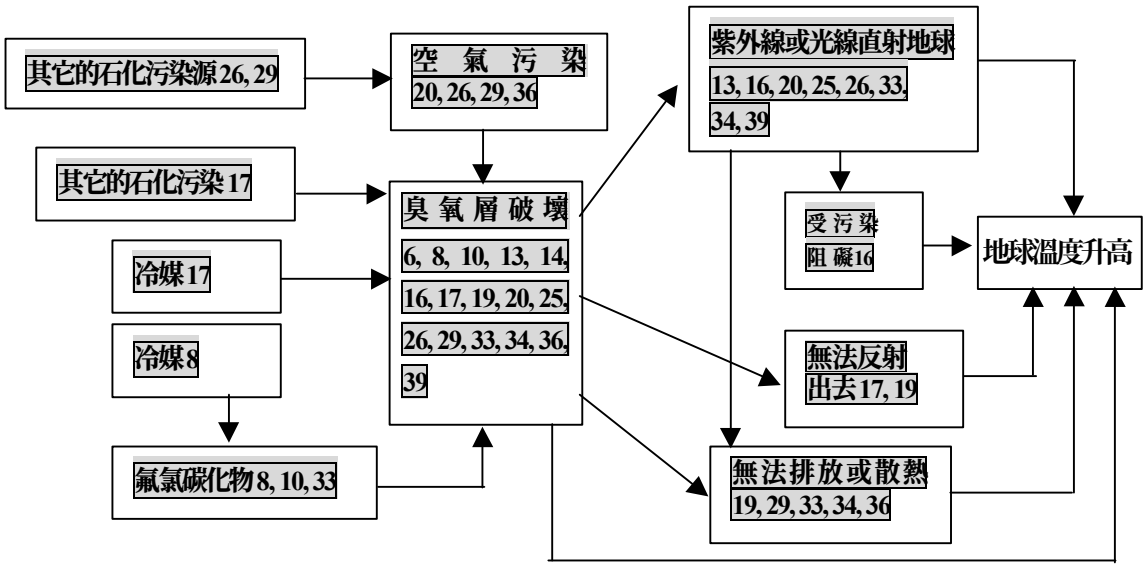


圖 2：以臭氧層破壞為溫室效應成因之概念路徑圖

□由於臭氧層遭破壞即地球的保護層破了一個小洞，使得全球溫度年年增高愈來愈熱。(#6)

□溫室效應在於人類對於地球各方面的破壞，影響了地球生態環境的平衡，最大的原因在臭氧層的破壞，使得太陽光的紫外線射入地球時，進得來卻出不去，於是大量的熱便留在地球內部，使得地球的溫度提高，便造成了所謂的溫室效應 (#19)

□溫室效應是指大氣層的結構受到破壞，使得太陽照射的溫度散不出去 ...(#16)

在這 17 位受試者中有 3 位同時也提及氟氯碳化物使得臭氧層破壞，並因此而導致溫室效應：

□臭氧層組織由於人類大量使用氟氯碳化物(CFC)造成破洞，以致陽光直接射入地表，過多的熱無法散出，溫度也一年一年的增加 (#33)

□溫室效應之主要來源是在於臭氧層的破壞，臭氧層的破壞可能來自於國人大量使用氟氯碳化物 (#10)

□由於人們使用氟氯碳化物的製品，如冷媒、電池、冰箱，會造成臭氧層的破壞，導致地球溫度上昇，造成溫室效應 (#8)

前兩位並未說明氟氯碳化物來自何處，但#8則提及使用冷媒等用品，會產生氟氯碳化物，進而使臭氧層遭到破壞。另則有一位(#17)提出臭氧層破壞與冷媒有關，但並未述及氟氯碳化物。

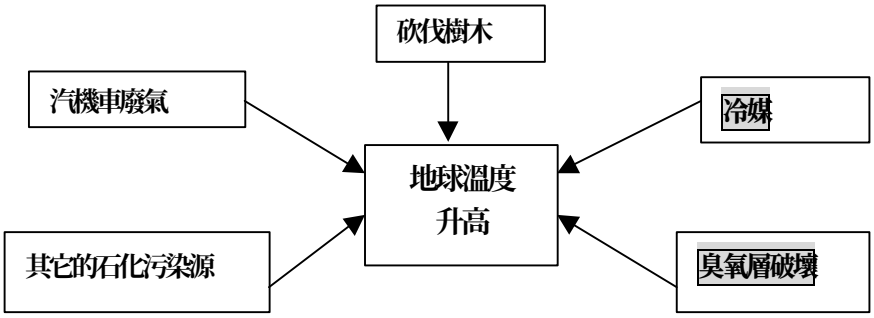


圖 3：第 42 號受試者對溫室效應成因之概念路徑圖

此外，#42 受試者在敘述中非但指出汽機車排放的廢氣、冷媒的使用，她還提到熱帶雨林的砍伐等因素會導致大氣溫室效應（圖 3）。

□溫室效應肇因於環境大量的破壞，比如臭氧層的破壞、熱帶雨林的砍伐、高樓林立、電器、冷媒、使用汽機車等等，使地球氣溫上升 (#42)

雖然這些因素有些確與溫室效應有關，但經訪談得知此受試者並無溫室效應氣體的概念，驗證在敘述中她雖也包括了熱帶雨林的砍伐、電器、冷媒、汽機車排放物等等，然只是將這些因素加以堆砌，並未陳述彼此間及其與溫室效應間的影響關係。尤其是受試者指出臭氧層破壞，並將其指為導致地球溫度升高的機制之一，這顯露出她的思考模式並不是以溫室效應氣體的影響為主軸。

另有 4 位僅只簡單的陳述臭氧層破壞與空氣污染有關：

□因空氣污染，使得臭氧層破壞，地表散熱功能減少，全球平均溫度逐漸上升 (#36)

□空氣污染導致臭氧層破壞，光線直射地球，故使全球溫度升高 (#20)

如前所述，在溫室效應一題中有 16 位受試者得到 0 分。這 16 位受試者中，有 13 位係因將臭氧層破壞誤為溫室效應的成因，而使得敘述的整體架構偏離正確的概念，且在敘述中未能包含其它正確的項目，以致沒有獲得任何分數。

(二)以臭氧層做為溫室效應導因的受試者，多將紫外線或光線直射地球以致熱量無法排散，解釋為造成地球溫度增高的機制

如前所述，共計有 17 位受試者提及臭氧層或大氣層破壞為溫室效應的導因。如圖 2 和圖 3 所示，在這 17 位受試者中，有 5 位(#6, 8, 10, 14, 42)並未指出臭氧層的破壞是經由何種過程使得地球的溫度上升。其他 12 位中有 8 位認為因臭氧層破壞以致紫外線或光線直射地球表面，乃使地球溫度升高。另有 2 位指出係因光線無法反射所致，認為無法排放熱量的有 5 位。至於這 17 位受試者中，均無一人將臭氧層破壞與二氧化碳此一因素並陳。雖然亦有人(#17, 26, 29, 42)在其陳述中包含其它石化污染源項目，但卻都沒將石化燃料燃燒後所生之氣體如何扮演保持熱量的機制予以說明。

(三)僅 16 位明確指出二氧化碳與溫室效應有關，其中絕多受試者亦認為紫外線或光線直射地球以致熱量無法排散，是造成地球溫度增高的機制

圖 4 顯示 16 位提及 CO_2 與溫室效應的生成有關的受試者中，對於如何導致氣溫上升有不同的陳述。比方說，有 10 位受試者提到二氧化碳籠罩著地球，使之猶如在溫室中一般。

以下列舉其中兩位受試者的說法：

□CO_2 的增加，使它成為像溫室一樣籠罩著地球表面；如此熱空氣無法散開，溫度也就越來越高了。(#5)

□溫室效應是因為我們生活種種如汽機車的廢氣 工廠燃燒等所排放的 CO_2 過多，造成地球被籠罩於此，類似溫室的效果(因為溫度會升高)。(#12)

另有 3 位受試者(#4, 18, 31)認為二氧化碳具有阻礙的作用，當陽光照射地球時，受到過多的二氧化碳阻擋，致使熱無法反射出大氣層，而使地球的溫度上升：

□人類所製造的氣體，如二氧化碳在空氣中造成太陽光照射在地球上，無法將大部份的射線反射回去 (#4)

□熱量進得來出不去；此效應的產生大部份是人為所造成的，例如煤、石油、天然氣燃燒所排放的二氧化碳等阻擋熱氣散出大氣層，造成地球的持續發燒 (#18)

在 16 位提出二氧化碳會導致溫室效應的受試者中，正確的指出二氧化碳分子特性與造成溫室效應間的關聯性者僅有 3 位，他們的說法分別為：

□適度的 CO_2 濃度可以維持溫度 (#4)

□CO_2 會吸熱 (#23, 24)

其中#23, 24 等 2 位受試者從人類大量砍伐樹木致使二氧化碳的量無法因植物所行的光合作用維持平衡，做為二氧化碳致生地球溫度上升的原因：

□由於人類大量的砍伐樹木，造成樹木無法行光合作用，使 CO_2 的量減少，致使 CO_2 的量超過平均值。當太陽光照射入地球時，CO_2 就會將紅外線吸收，致使溫度上升 (#23)

□由於大量的砍伐樹木，使得原本樹木可以排放 CO_2 的量大量減少，空氣中的 CO_2 量乃大幅升高，因為 CO_2 會吸收熱量，因此也使得地球的溫度提高了 (#24)

大多數受試者以熱量無法排出或進得來出不去說明地表溫度升高的機制。在敘述中提到 CO_2 的 16 位及 4 位提及溫室效應氣體的受試者中，僅有包含將砍伐樹木導致 CO_2 量增加的 #23, 24，兩位之外，尚有#37, 38 及 43 指出該氣體能吸收長波輻射或熱量，並反射回到地面，使地表的溫度維持的整體機制：

□溫室效應就是指熱氣進得來出不去使得大氣中某些氣體（溫室效應氣體）吸收地表的輻射後再折射回地面，造成地球溫度上升 (#38)

但是絕大多數的受試者係以「熱進得來（大氣層）但出不去」說明地球溫度的上升：

□地球上因日照、焚燒及各式人類活動造成的熱氣，無法排放或冷卻，而聚集在地球表面，使得地球宛如一個超大溫室氣溫日漸上升 (#15)

□CO_2 的增加，使它成為像溫室一樣籠罩著地球表面；如此熱空氣無法散開，溫度也就越來越高了 (#5)

□熱量進得來出不去；此效應的產生大部份是人為所造成的，例如煤、石油、天然氣燃燒所排放的二氧化碳等阻擋熱氣散出大氣層，造成地球的持續發燒 (#18)

至於並未提到 CO_2 或溫室效應氣體的 25 位受試者中，也有 10 位持類似的理由，其中提到臭氧層破壞為導因的 16 位受試者中佔了 5 位。

(四)受試者中有 4 位提及溫室效應氣體，另有 4 人指冷媒為溫室效應之導因

有 4 位(11, 37, 38, 43)受試者直接以溫室效應氣體一詞說明導致溫室效應的原因（圖 4），他們陳述這些氣體之所以導致溫室效應的機制如下：

□溫室效應氣體增加(#11)

□溫室效應氣體可以保持地表溫度(#37, 38)

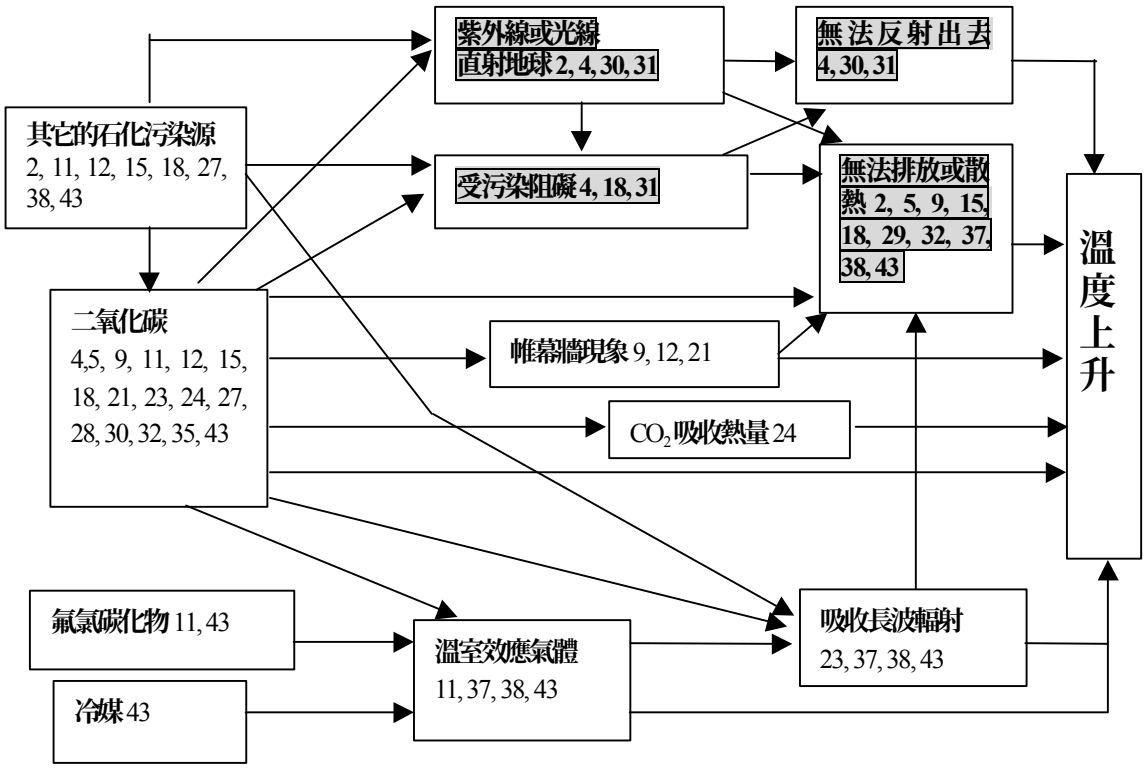


圖 4：提及二氧化碳之受試者所指後續相關機制之概念路徑圖

□溫室效應氣體可以吸收長波輻射後反射至地表，藉此防止地表溫度的散失 (#37)

□溫室效應氣體造成地球暖化 (#43)

這 4 位中有#37 及#38 等 2 位受試者僅提到溫室效應氣體這個名詞，但未列舉項目。另 2 位則舉例說出溫室效應氣體所包括的項目；其中的一位(#43)完整的列舉出所有的項目名稱(圖 5)：

□溫室效應氣體雖然可保持地表溫度，卻也是地球暖化的禍首；因為大量的煤、石油、天然氣燃燒排放的二氧化碳；冷媒、噴霧劑等產品中有的氟氯碳化物；另外甲烷、氮氧化物、臭氧等氣體在大氣中的濃度急遽增加 (#43)

由這段敘述中這位同學將氟氯碳化物與其它各式各樣的溫室效應氣體並陳，可以判斷他應是明確的知曉氟氯碳化物與溫室效應現象間的關係。而透過訪談，他提及氟氯碳化物與其它他所列出的氣體都有對地球的暖化現象有所影響；但並未將之與臭氧層破壞發生關聯：

這些溫室效應氣體在大氣中增加，加速破壞大氣調節地球溫度的能力，阻擋熱量散出大氣層，使地球產生溫室效應 (#43)

此外，#11 雖列出溫室效應氣體的項目，但僅包括二氧化碳及氟氯碳化物等兩項（圖 5）。她的敘述並未將溫室效應氣體與臭氧層破壞發生關聯，經訪談確知其對於氟氯碳化物做為溫室效應氣體之一的認識。這個現象與前述也提到氟氯碳化物的受試者相較，顯然其他受試者雖然提到氟氯碳化物，但他（她）們並無氟氯

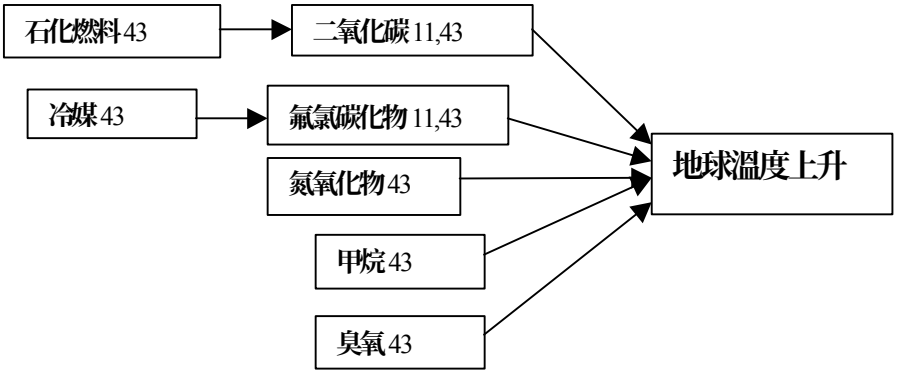


圖 5：11, 43 號受試者針對溫室效應成因敘述中呈現之概念路徑圖

碳化物是溫室效應氣體的認知，其思維模式仍是循將之與臭氧層破壞相關聯的途徑行之。

與此類似的例子也發生在敘述中所指出的冷媒(8, 17, 42, 43)（見圖 2, 3, 4）。冷媒的使用雖也產生氟氯碳化物，屬於溫室效應氣體之一；但從事後訪談的結果得知，除完整提出溫室效應氣體各項目的#43 之外，其他 3 位的思考方向也是朝向因使用冷媒會破壞臭氧層而導致溫室效應現象。雖然他們提到冷媒，但並無氟氯碳化物即屬溫室效應氣體之認知，對於氟氯碳化物本身也具有吸收長波輻射作用的事實並不明瞭。

(五)有 4 位受試者以玻璃牆所產生的效果類比溫室效應，另有相當比例的受試者由地球溫度上升，引伸南極冰山因溶解以致海平面上升

雖然本研究係以溫室效應一詞令受試者撰寫敘述，但由其所撰敘述的內容得知全部 43 位受試者均知曉溫室效應的現象與地球暖化同義。有 4 位受試者以汽車玻璃或玻璃牆，來類比地球溫室效應的現象。其中有 3 位指出二氧化碳滯留所形成的保熱效果，猶如帷幕一般：

□由於二氧化碳在空氣中的滯留，類似形成了一面玻璃牆，使地球的溫度持續上昇，也進而會溶化南北極的冰山使海水位上升 (#21)

然而另一位受試者雖然以汽車玻璃所致生的保熱效果來類比，但他並未明確的指出二氧化碳在此現象中所扮演的角色，反而誤認為溫室效應係大氣層結構受到破壞，以致太陽光的熱量積聚所產生的效果。

□大氣層的結構受到破壞，使得太陽照射的溫度排不出去，被包圍起來，有如汽車的玻璃一般將熱氣輻射鎖在車子中(#16)

這個說法基本上是與前文中述及若干受試者誤以為溫室效應乃肇因於臭氧層破壞的狀況，是如出一轍的。

此外，有 36 位受試者在敘述中直接指出地球的溫度上升，其中的 17 位由這個結論繼續引伸，提及位在兩極的冰山會因而溶解。這 17 人中，又有 11 位指出這會導致海平面上升，使得許多和現有海平面接近的地區將會被淹沒，有些島國可能就整個不復存在。受試者認為：「若這個現象持續發展，將會危及人類的生存。」綜合以上的邏輯可以簡化如圖 6。

三、受試者在臭氧層破壞敘述的表徵方式

就本項環境問題，研究者分別從受試學生對於(一)與臭氧發生反應的物質 –氟氯碳化物，

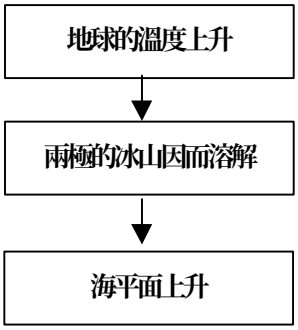


圖 6：受試者對地球溫室效應引發的後續影響之概念路徑圖

(二)何種製品會產生氟氯碳化物 –換言之即其來源，以及(三)臭氧層破壞會對地球環境造成哪些影響等三方面的回答加以探討：

(一)僅有 18 人正確的指出臭氧層破壞的成因來自氟氯碳化物，但其中又能正確陳述其來源者更只有 8 人

破壞臭氧層的罪魁禍首是氟氯碳化物！由於人類活動大量的使用冰箱、冷媒、機械去污劑、滅火器、噴霧劑等物品，其中的氟氯碳化物成份與臭氧層中的臭氧產生化學反應，使得臭氧濃度逐漸減少，於是使得臭氧層受到破壞。但受試者是否知道氟氯碳化物的角色呢？他（她）們能否正確的指出其來源呢？由本研究中受試者在臭氧層破壞一題的撰述，可以窺知一二：

如圖 7 所示，在提及氟氯碳化物的 18 人中，有 6 人只指出氟氯碳化物會破壞臭氧層，但未提及此物質因何而來(#8, 10, 11, 18, 40, 43)：

- 臭氧層因大氣中受氟氯碳化物的嚴重影響，而導致 O_2 與 O_3 的不平衡 (#11)
- 氟氯碳化物的使用會使得原本具有保護作用的臭氧層中的臭氧與之中和而降低臭氧量造成臭氧層有破洞 (#8)

至於提及氟氯碳化物，且述及此物質之正確來源的有 8 人(#21, 23, 33, 42, 12, 16, 6, 38)：

- 我們大量的使用一些破壞臭氧層的物質，例如氟氯碳化物其使用在冷媒、冷氣方面 (#21)
- 因氟氯碳化物所致，因為此化學物質穩定性高、安全、不助燃、不易起化學反應等，所以被使用在冰箱、冷氣機、電腦產品等 (#38)

然而雖提及氟氯碳化物，但誤指其來源為工業或汽機車所排放之廢氣所導致的有 2 位(#26, 15)：

- 工廠製造產品的過程中會排放氟氯碳化物，造成連續與臭氧發生反應(#26)

至於在述及此物質來源時交雜著正確及錯誤項目的也有 2 位(#37, 17)：

- 大量含有氟氯碳化物的產品，如冷媒、噴霧劑等產品的使用，及煤、石油、天然氣燃燒所排放的二氧化碳，使得臭氧層破洞 (#37)
- 冷媒、天然氣產生 CO_2，冷媒、噴霧氣產生氟氯碳化物，及甲烷、燃燒石化原料的氟氯碳化物等氣體，在大氣中濃度增加，破壞大氣自動調節氣溫的功能，也破壞了大氣層 (#17)

對於這 18 位提及氟氯碳化物的受試者而言，雖然在氟氯碳化物的來源上或未答、或將正確與錯誤的項目並陳，但在做為與臭氧產生化學反應的物質上並未有雜入諸如二氧化碳、一氧化碳、一氧化硫、DDT、戴奧辛等項目的現象。

(二)受試者在有關臭氧層破壞成因的陳述中(1)夾雜正確及錯誤的(2 人)、(2)呈現出錯誤的(11 人)、(3)以代稱(4 人)、或(4)完全未呈現出(12 人)中間媒介的項目

本節標題中所指中間媒介項目是指人類的活動所生成的何種物質會使臭氧層受到破壞。如前所述，有 18 位受試者在敘述中指出氟氯碳化物會破壞臭氧層，其中有 2 位（#17, 37）

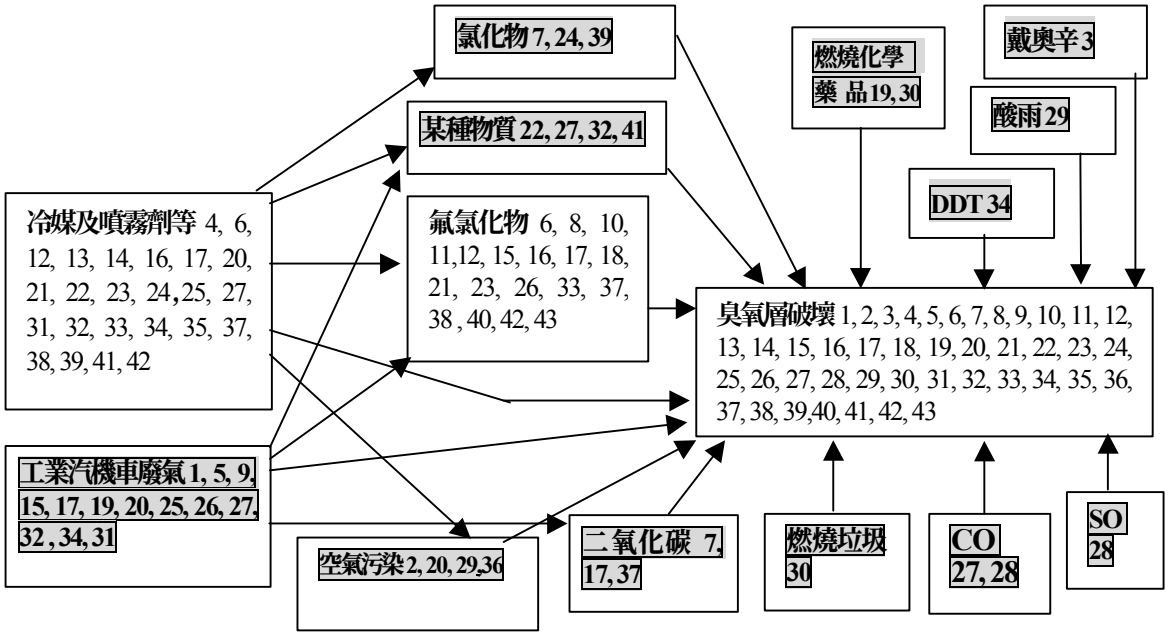


圖 7：受試者對臭氧層破壞之概念路徑圖

同時也答二氧化碳亦有破壞的作用（圖 7）；換言之，這兩位受試者在敘述中同時夾雜正確及錯誤的中間媒介項目。

有 11 位受試者則舉出氟氯碳化物以外的各式中介項目，很明顯的這些都是錯誤的答案。其項目名稱（7 項）及人次（13 人次）為「氯化物 (3 人, #7, 24, 39)、二氧化碳 (3 人, #7, 17, 37)、一氧化碳 (2 人, #27, 28)、化學藥品 (2 人, # 19, 30)、一氧化硫 (1 人, #28)、DDT (1 人, #34)、戴奧辛 (1 人, # 3) 等等」：

- □一氧化碳及一氧化硫的產生，增加的影響破壞大氣層中的臭氧層 (#28)
- □人類所排放的廢氣中有破壞臭氧層的氣體，譬如殺蟲用的 DDT 或是冰箱的冷媒等 (#34)
- □由於在冰箱中的冷媒或工業中大量使用，會產生氯化物的原料，這類氯化物會分解臭氧造成臭氧層的破壞 (#24)
- □因戴奧辛的大量排放，致使大氣層之臭氧遭受破壞 (#3)
- □臭氧層中的臭氧和其它氣體如二氧化碳和氯化物結合，產生化學作用使臭氧被稀釋 (#7)

此外，有 4 位(#22, 27, 32, 41)無法正確的說出氟氯碳化物是中介物質，只能以會破壞臭氧層的「某種物質」之類的說法稱之：

- □工廠產生的廢氣，一氧化碳濃度太高及泡沫髮膠的擠壓式容器中的物質，及冷媒破壞臭氧層 (#27)
- □因為使用了含破壞臭氧層的化學物質 (忘了名稱) 的用品，例如冷媒、定型液 (#22)
- □工廠的興盛，開車子或工廠排放廢棄物，以及冷氣所排放出來的某種物質造成臭氧層的破壞 (#32)

然由這幾位受試者的陳述尚可得見：來源與中介項目間出現交錯並陳的複雜化現象。譬如說：#27 及#32 同時呈現工業及汽機車排放的廢氣及使用冷氣中所含的某種物質；似乎顯

現受試者對相關環境問題並不能明確辨別，受試者通常將所知的相關資訊交叉的運用在撰寫敘述之上。

(三)有 16 位受試者指出空氣污染及工業、汽機車廢氣的使用與臭氧層的破壞有關

43 位受試者中有 24 人正確的指出冷媒、定型液、泡沫髮膠等日常用品的使用與臭氧層的破壞有關；但是在敘述中說到與空氣受污染有關的有 16 人，其中包括泛以空氣污染稱之，以及直指工業或汽機車所排放的廢氣兩大項（圖 7）：

(1)臭氧層破壞因空氣污染所致

□空氣的污染使空氣中的有害物質，破壞了地球外層臭氧結構 (#20)

□臭氧層破壞源於空氣污染 (#36)

(2)臭氧層破壞因工業及汽機車廢氣所致

□工廠的髒空氣、汽機車排放的廢氣，造成大氣層中的某些物質受到破壞 (#1)

□因工業上所釋放的氣體，使大氣中的臭氧分解 (#5)

□臭氧與工業生產過程中產生的某種氣體結合而破壞掉 (#9)

□臭氧層的破壞在於人類大量的燃燒垃圾及化學藥品，尤其是工廠所焚燒的廢氣，如果裡面含有氣體的成份，和臭氧層中的臭氧結合後，便對臭氧層中的比例造成影響 (#19)

□工廠產生的廢氣，一氧化碳濃度太高及泡沫髮膠的擠壓式容器中的物質，及冷媒破壞臭氧層 (#27)

□工廠的興盛 開車子或工廠排放廢棄物，以及冷氣所排放出來的某種物質造成臭氧層的破壞 (#32)

在這 16 位指出工業及汽機車廢氣為臭氧層破壞來源的受試者中，有 7 位同時在其敘述中也提到冷媒及噴霧劑等用品的使用。

(四)中間的反應機制

在撰寫臭氧層破壞的原因時，真正的涉及中間機制的人並不多(N=18) (# 3, 5, 7, 8, 9, 11, 12, 15, 19, 20, 23, 24, 26, 27, 33, 38, 40, 41)（圖 8）。在 18 位指出氟氯碳化物為中介物質的受試者中，提及其發生後續機制的也只有 9 位(#8, 11, 12, 15, 23, 26, 33, 38, 40)，至於其餘 9 位受試者只是將其因果關係簡化為：

氟氯碳化物 → 臭氧層破壞

#3, 5, 9, 20,並未提到氟氯碳化物，但在敘述中直指臭氧被破壞或減少以及與臭氧結合等項：

與臭氧結合→臭氧被破壞及減少→臭氧層破壞

在所有受試者中只有#40 提到平流層，其所指之中間機制為：

氟氯碳化物→進入平流層→與臭氧結合→臭氧被破壞及減少→臭氧層破壞

換言之，乃指氟氯碳化物進入平流層後，與其中之臭氧結合，發生作用而使其含量減少，造成臭氧層的破壞。但這位受試者並未將氟氯碳化物進入大氣後如何與臭氧結合的機制予以說明。

至於#38 則以光解作用說明，此作用係指氟氯碳化物在平流層中受紫外線照射後，分解產生氯原子，氯原子再與臭氧反應，而使臭氧分解消失。但#38 在敘述中僅大略的指出氟氯碳化物與臭氧結合發生光解作用，致使臭氧還原成為氧，臭氧量因而減少：

氟氯碳化物→與臭氧發生光解作用→使臭氧還原成氧→臭氧減少→臭氧層破壞

在這些提到中間機制的受試者中，以提及「臭氧被破壞或減少」的最多，計有 12 人；至於「與臭氧結合」者則居次，有 11 人。其餘的項目均在 1 至 2 人之譜，非但屬於極少數，且

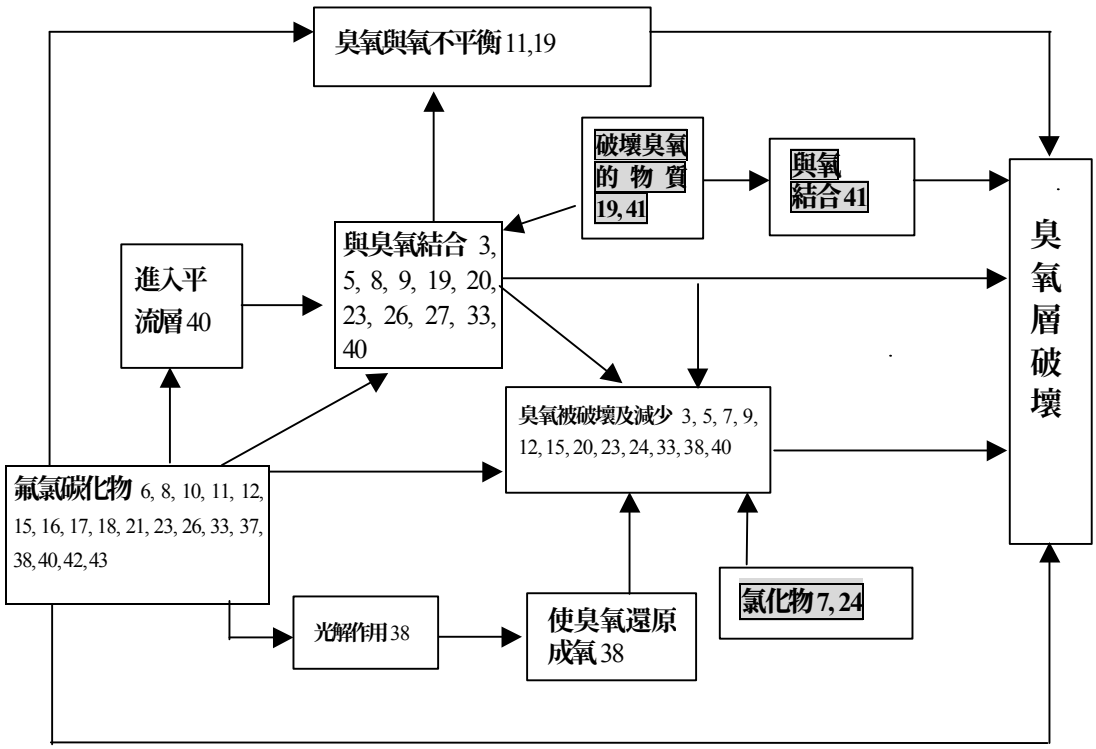


圖 8：受試者對造成臭氧層破壞其中間機制之概念路徑圖

其概念為迷思的項目。例如：有認為「氯化物」為臭氧破壞之禍首者(#7, 24)；有無法說出破壞臭氧層為氟氯碳化物，而以「破壞臭氧的物質」代稱者(#19, 41)；亦有稱「與氧結合，乃使臭層破壞」者(#41)。

(五)臭氧層破壞對人類及地球環境的影響一受試者的看法

在所有 43 位受試者中，計有 23 位從臭氧層破壞此一結果繼續陳述其造成的後續影響(圖 9)。從中得知他們針對臭氧層破壞的主要思維路徑為：

> 因臭氧層破壞導致陽光或紫外線直射地球；隨之，使得動植物受到傷害，以及人類的基因病變及皮膚癌。

此外，其它較少出現的看法及人次則有：造成溫室效應 (3 人，#4, 36, 42)、兩極冰山溶解 2 人(#15,30)、生態平衡失調(2 人，#14,17)、聖嬰現象(1 人，#30)以及反聖嬰現象(1 人，#30) 。其中僅#30 一人提及聖嬰現象以及反聖嬰現象。

> □臭氧層回復的速度不及破壞的速度，造成了太陽所照射的紫外線無法反射回去，所以這幾年來南北極大陸的冰層遞減，且聖嬰現象、反聖嬰現象的怪天氣發生。(#30)

惟與前文中曾述及的：許多受試者指出臭氧層破壞會導致溫室效應的說法，在他（她）們回答臭氧層的成因及影響一題時，僅有 3 位指出臭氧層破壞會導致溫室效應的發生。這兩者間之落差值得吾人在後續研究時探討。

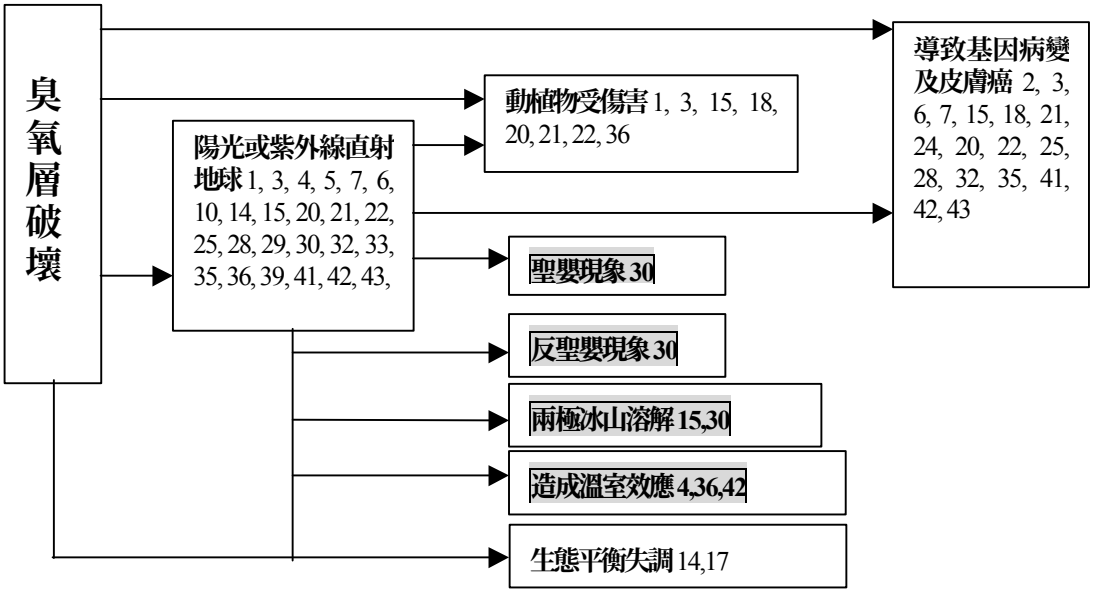


圖 9：受試者對臭氧層破壞造成後續影響之概念路徑圖

四、受試者在酸雨問題敘述的表徵方式

(一)有過半數受試者(N=24)指出工廠及汽機車產生的廢氣是導致酸雨的來源；被提及的物質包括硫化物(N=11)、硝化物(N=4)、二氧化碳(N=3)和氯化物(N=1)等；進入大氣後經與水蒸氣(N=13)、雨水(N=6)、雲層(N=5)結合形成酸性雨

圖 10 所示為受試者對酸雨成因及中介物質之相關概念路徑圖；其中有過半數的受試者指出工廠及汽機車是酸雨的來源。其它排放硫化物(#5, 19, 21, 23, 24, 27, 30, 32, 38, 40, 41)、硝化物、氮化物(#16, 32, 38, 41)則各有 11 及 4 位。但另有受試者提到工廠、汽機車廢氣中含有氯化物(#30)，或籠統的說是排放出酸性物質(#2, 6, 14, 15, 18, 34)，甚至受試者泛以排放出「某種物質」(#12, 26)稱之。此外有 2 位受試者認為酸雨係因焚燒垃圾生成懸浮粒子所致(#8, 42)。另有 3 人在敘述中提到二氧化碳(#7, 28, 40)是造成酸雨的原因之一。並沒有受試者正確的說出石化燃料所生的一氧化碳是導致酸雨的原因之一。值得一提的是所有的受試者均朝廢氣排放所導致的結果發揮，對於在一般臺灣民眾未曾在生活經驗中經歷過的火山噴發物，則無人答之。

酸雨形成的現象可以分為「雨除作用」與「雨刷作用」。前者意謂發生在高雲層內的現象，亦即污染物在雨滴形成之初就被吸附，降雨時直接伴隨著雨滴降下。至於雨沖作用則是雨滴在降落的過程中，將下層大氣中的污染物沖刷到地面上所致。就上述各項中介物質進入大氣之後續反應，受試者的陳述方向包括：與水蒸氣結合 (13 位，#2, 13, 15, 16, 18, 20, 22, 30, 32, 34, 38, 39, 42)，和雨結合(6 位，#8, 12, 14, 16, 27, 35)，與雲層結合(5 位，#3, 7, 20, 31, 37)。顯然在這三種看法中，與水蒸氣結合是不正確的；至於後二者雖未詳述酸雨究竟是在高雲層或是降雨過程中發生的，但至少符合酸雨的形成是因污染物與水滴吸附所致的基本觀念（圖 11)。

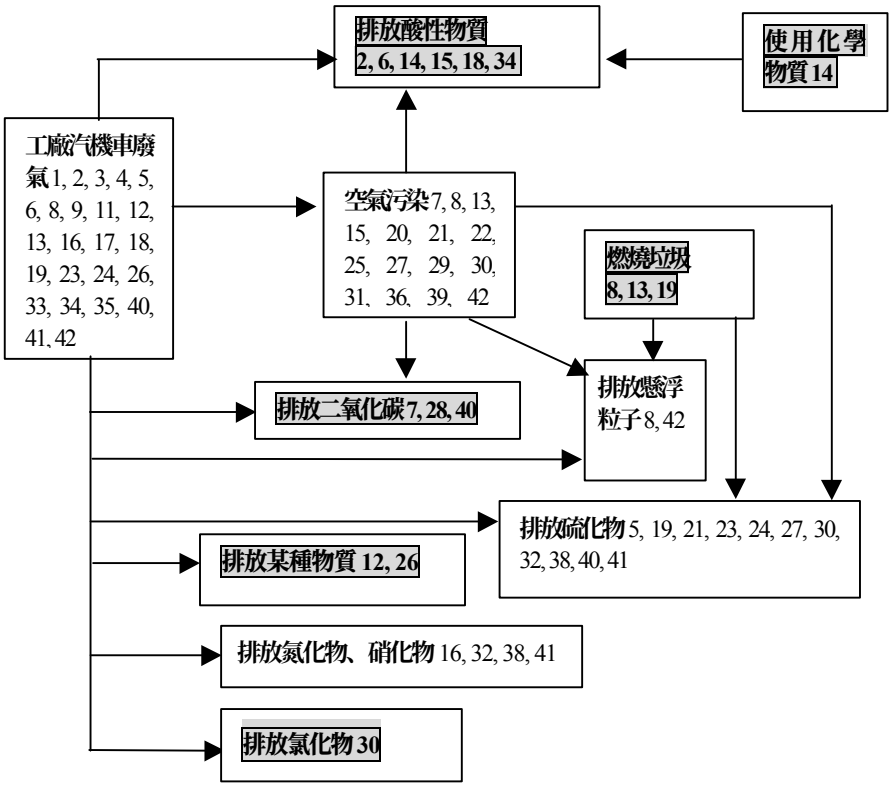


圖 10：受試者對酸雨成因及中介物質之概念路徑圖

至於在敘述中呈現 pH 值概念的只有 2 位:一位正確的指出酸雨的pH值小於5.5(#6), 另一位則粗略的指酸雨為pH< 7 (#3)。

(二)兩位受試者指酸雨係水污染經水循環過程之蒸發作用進入空氣中，再降雨至地面所致；另有一人認為酸雨係因臭氧層破壞所致

在敘述酸雨形成的原因時，僅少數的受試者提及與水有關的項目，例如海洋污染(#18)及水污染(22, 29)等兩項。其中#29 係堆砌式的將各種原因列舉，而無明確的邏輯結構用以說明水污染與酸雨形成間的關係。相對的#18 和#22 則認為海域或水污染的狀況，會經過蒸發作用，或謂水循環的過程，排放出酸性的物質，在空中集雨後降下，乃形成酸雨：

水污染(或海洋污染) → 經水循環中之蒸發作用 → 形成污染之水蒸氣 → 降下酸性雨

□因科技發展造成水污染，如此經水循環集雨滴於天空，再落下時便為酸雨 (#22)

這兩位受試者認為污染是在地面上的水中先已存在之後，透過蒸發作用這些污染的成份進入大氣中，乃與水蒸氣結合形成酸雨。另有一位在受試者(#10)認為酸雨是因臭氧層的破壞以至於讓酸雨在大氣中先生成而後降下所致。其敘述之結構可予以簡化如下：

臭氧層破壞 → 紫外線射入地表量增加 → 導致酸雨在大氣中形成

(三)受試者對酸雨對生物及環境影響的看法

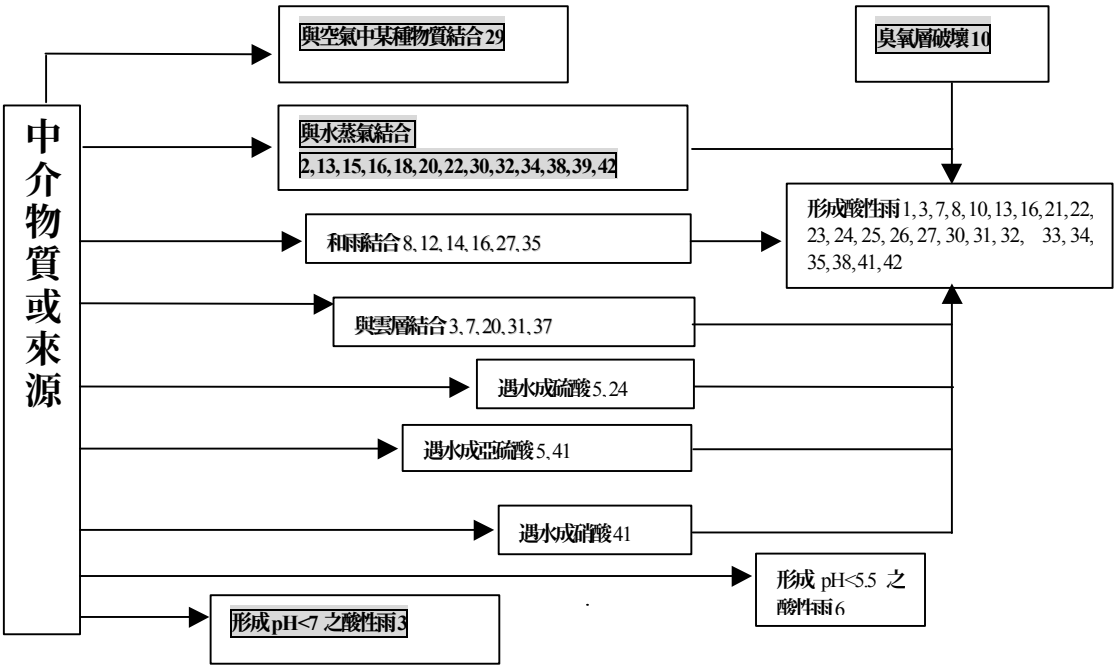


圖 11：受試者針對導致酸雨之中介物質所生後續機制之概念路徑圖

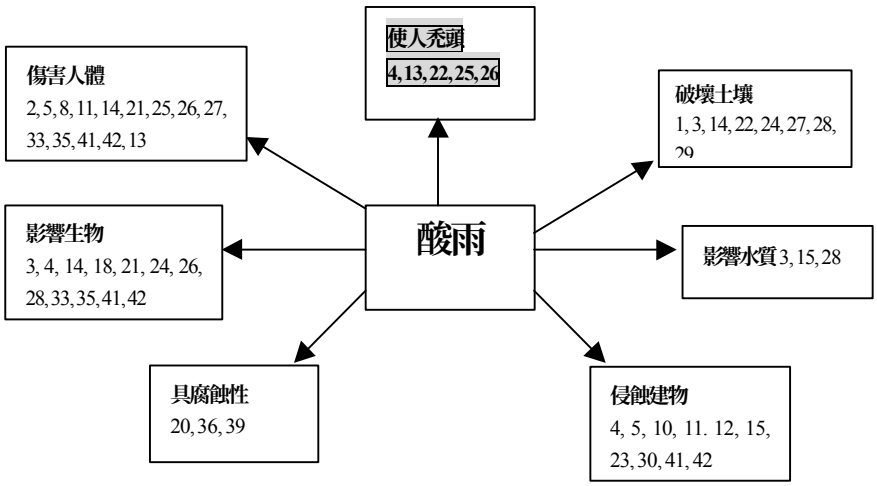


圖 12：受試者針對酸雨敘述中呈現之後續影響概念路徑圖

受試者中有 30 人提到酸雨對人類或環境所造成的影響。其中最多的意見(N=14)直指酸雨會傷害人體，另有 12 人則指出動植物會受到酸雨的傷害，侵蝕建物則居第三位(N=10)。其餘被受試者提及的影響項目包括破壞土壤(N=8)、使人禿頭(N=5)、影響水質(N=3)。也有 3 位受試者只是單純的陳述酸雨是具有腐蝕性的。

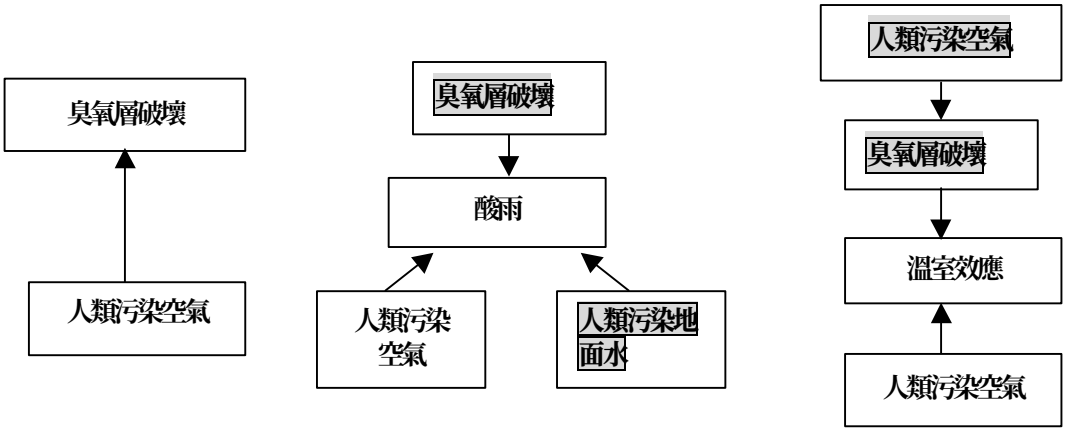


圖 13：(A)臭氧層破壞(B)酸雨(C)溫室效應等三項問題的思考路徑

肆、討論與建議

一、受試者對三項全球性環境問題敘述表徵的比較

經比較本研究受試者對三項全球性環境問題的敘述後，發現呈現出完整正確架構的受試者不多。絕大多數受試者在其敘述中，都呈現出或多或少的迷思概念。這可從各題量化計分的結果中，絕少受試者獲得滿分的事實中得到驗證。受試者們在三項環境問題中所呈現的迷思概念的程度可以歸納為以下三大類型：

(一)迷思概念來自於整體認知架構偏離常態科學的現象以針對溫室效應的成因最多

有些受試者們在透過撰寫方式說明各項全球性環境問題的成因與影響中，顯現出整體認知架構偏離常態科學說法的現象。此一現象以發生在對溫室效應的解釋最為普遍，有 13 位受試者誤以為溫室效應乃因臭氧層破壞所致。這也導致了受試者在本項問題中得到 0 分的人數遠高過其他兩項問題；而全體受試者在溫室效應問題的得分，在三項問題中也屬最低的一項，而且其變異數也較大。這項概念結構的偏離，在國外學者的相關研究中也獲得類似的結果 (Dove, 1996; Francis, Boyes, Qualter & Stanisstreet, 1993; Rye, Rubba, Wiesenmayer, 1997)。

至於在酸雨問題上顯現出偏離常態科學架構的受試者只有 3 位，其中兩位受試者係以水循環中地面水受污染後，經蒸發作用進入大氣後形成具污染性的酸雨，來解釋酸雨形成的過程。另一位則認為係因臭氧層破壞，使得雨在空氣中變成酸性，而後降下乃成為酸雨。

與前述兩項問題相較，受試者們在臭氧層破壞一項中並無此類整體認知架構偏差的現象。或許是因：臭氧層本身即已存在於大氣之中，談到臭氧層破壞，受試者能以既存的「臭氧層」為本體思考它如何受到破壞的問題。因之受試者從人類所生的污染物質，釋入空氣中，進而發生破壞臭氧的機制建構一系列線性的思考模式（圖 13-A）。顯然受試者認為臭氧層是在大氣中的一個氣層，臭氧是屬於此氣層中的成份，故而乃合理的認為臭氧層是固定存在的、受影響的目標。換言之，臭氧層破壞的問題標的性較為明確，在地球上人類活動所生的污染釋入大氣方才影響高空中的臭氧層。

反觀酸雨問題係以「雨」之受污染與否為本體，受試者意欲探究酸雨的成因乃朝原先正常的雨何以成為酸雨從事思索。若解析酸雨此一概念所包含的「導致酸性物質產生的前身物質」以及「雨水」等這兩項因素，當受試者在思考時，極有可能因其將污染水的過程發生在水蒸發之前或之後，而產生兩種不同的敘述邏輯。大多數受試者仍如臭氧層受破壞的思考模式一般，以人類活動所生的污染釋入大氣中，使雨變成酸雨所致。但另有 2 人則認為係在地面上已被污染的水蒸發之後，將污染一同帶入大氣中所致。一人則以臭氧層的破壞以至於讓酸雨在大氣中先生成而後降下所致（圖 13-B）。

至於對大氣溫室效應因何產生，受試者無疑的都朝地球溫度升高的方向思考。就此，臭氧層破壞顯然對受試者的相關概念具有相當的干擾作用。臭氧層變得稀薄使紫外線穿透量增加雖然是個事實，但有相當比例的受試者卻將此現象導引至因光線進入地球的量增多後致使溫度上升（圖 13-C）。

以上有關酸雨及溫室效應偏差的思考模式雖符合邏輯的推衍，但卻與常態科學的說法完全的背離。顯然在思考邏輯中之目標界定上，臭氧層比酸雨及溫室效應要明確的多；也因此才會有一些受試者在解釋後兩項環境問題時，會陳述出不同的邏輯來。

(二)回答三項問題時均呈現出：以糢糊概括性之不確定詞彙取代專有之關鍵名詞的現象

根據本文表 2, 3, 4 中的基本敘述所示：

回答溫室效應問題所可涉及的專有名詞主要可包括─煤、石油、天然氣、石化原料、溫室效應氣體、二氧化碳、水蒸氣、甲烷、氟氯碳化物、氧化亞氮、臭氧、長波輻射、保留能量、維持地表溫度等等。回答臭氧層破壞方面則主要包括─冷媒、機械去污劑、滅火器噴霧劑、平流層、臭氧、臭氧層、阻絕紫外光輻射、避免生物受危害、氟氯碳化物、與臭氧產生化學反應、臭氧濃度減少。回答酸雨問題時則可能包括─石化燃料、工業或汽機車所排放的廢氣、火山噴發物、造成環境危害、一氧化碳、二氧化硫、硝化物、懸浮物、大氣中產生硫酸、硝酸、pH 值低於 5.5、濕沉降、危害森林、農作物、建築物等等詞彙。

然而本研究也發現受試者對三項問題的敘述均出現「糢糊概括」的現象。比方說在有關溫室效應成因的陳述中，出現了「燃燒物質所致、因化學物品所致、有毒氣體所致」等類的說法。這類受試者以概括性的語詞如物質、化學物品、有毒氣體來代替明確之溫室效應氣體的內涵。受試者以含糊的方式予以代稱，顯露出他（她）們大概知道這個議題的歸屬範疇，但當要做精確性的表徵時卻發生語彙不足或不深入的現象。

類似此種現象發現在臭氧層破壞問題上的概括性名詞則有：「破壞臭氧層的物質、有毒化學氣體所致、燃燒化學物質、某種物質所致、廢氣與空氣中之臭氧結合、大氣層中某些物質受破壞」等等。在酸雨問題上則有：「有些物質、化學物質、與某些物質結合」等等。至於其它屬於概括性且不精確的說法尚包括酸雨的定義應為 pH＜5.5 的酸沉降，但有受試者則以為酸性的雨（亦即 pH＜7）就是所謂的酸雨。

(三)在三項問題的敘述中，均出現當提出特定的關鍵詞時，雖指陳正確的項目，但卻又附帶加述若干錯誤的項目

從受試者回答三項問題時得知，完全涵蓋正確答案的人僅居全體中之相對少數。有些受試者雖然在敘述中包括了正確的項目，但是卻又將其它與環境議題相近的概念或項目牽涉其中，使得敘述中同時包含了正確及錯誤的部份。譬如說：在陳述導致臭氧層破壞的物質時，知道氟氯碳化物，但卻又附帶加述其它工廠或

汽機車所產生的廢氣、燃燒有毒的物質等等。可見該等受試者在概念的界定範圍上仍有不確定的現象存在。這個現象似乎顯示受試者的相關訊息並不貧乏，他們有基本的能力判知所涵蓋的項目是從屬於同一大領域內的事物；但在較小概念範圍內被要求從事更精緻化的區辨時，便產生無法明確辨別的現象。

(四)空氣污染、工業及汽機車所產生的廢氣在三項問題中均廣泛的被提及

如前項討論中所述，受試者通常將所知的相關資訊交叉的運用在撰寫敘述之上。由於本研究所揭示的三項全球性環境問題，均發生大氣中的反應機制，因此受試者對其來源皆無疑義的直指人類的活動。但究竟是何種活動產生如此這般的後續反應呢？就須要學習者個人先將活動所產生的廢物究竟為何釐清之後，再去探究此物質在大氣發生了哪些後續的反應，方才造成該項環境問題的形成。然而從受試者對三項問題的回答可知，空氣污染、工業及汽機車所產生的廢氣等被普遍的引述。這個現象可說是與前述「當在界定概念範圍時，存有不確定的現象」如出一轍。

比方說，當談及酸雨問題的成因時，有 24 位受試者提到工廠及汽機車廢氣，但真正列舉二氧化硫或氮氧化物的只佔相當少數。值得一提的是在本研究中亦無一人精確的指出一氧化碳與酸雨間的關係，這與 Dove (1996)針對職前教師的研究結果不同。在本研究中倒是有受試者誤以二氧化碳代替了一氧化碳的位置，惟事實上二氧化碳並不是導致酸雨的原因。

至於針對臭氧層破壞而言，一般的非科學主修學生知道這是因人類所造成的某種空氣污染所致，一點也不為過。但他們如能更精確的知道這所謂的空氣污染是來自於氟氯碳化物的話，於是更能有助於他們區辨三項問題成因及影響的不同處。否則概括性的將這些涉及大氣層的全球性環境問題，都與空氣污染、工業及汽機車所產生的廢氣等相關聯，將造成學生本身觀念上的混雜，這並不利於他們從事更深層的探究與判斷。

二、屬乎「名義性科學素養」的程度 — 從受試者對三項全球性環境問題的敘述綜評之

從本研究中各受試者對於三項全球性環境問題所撰寫的敘述觀之，可知除極少數受試者外，他們多能依據這三項問題所屬範疇的特質撰寫。實言之，這些非科學主修的大學生雖然不具深入的認知，但他們從這三項問題之中文用詞如「溫室效應」、「臭氧層破壞」以及「酸雨」的字面本身，即能便易的掌握其所洩露出的大致範疇與意旨。而以其對此般核心概念的認識，與其所已具備但不盡周延的相關知識，配合上他們所擁有的邏輯觀念，大部份受試者也足堪寫出一番合乎邏輯但卻呈現出多處不正確說法的內容。這種敘述看起來似乎切中大致的方向，但卻也顯得不夠明確。如果大學生們以此般的認知為基礎溝通相關概念，將出現大家都知道所談話題屬於哪個範疇，但卻不能以更精確的名詞來交換意見的限制。依本研究中之此群大學生所顯示出的現象判讀：他們對於相關議題的詞彙不能精確及適切的了解與運用，無疑的並不符「功能性科學素養」的標準；惟其應屬 Bybee (1997)所言四階段科學素養中之末 –亦即「名義性科學素養」的程度。

三、以提升非科學主修學生科學素養之建議代結語

如前文中所示，以全民為對象的科學教育目標是當前各國教育革新中的共識。惟於學校教育中，針對非科學主修學生之科學素養是否可得？有哪些策略可以提升未來公民的科學素養？從本研究中非科學主修大學生所呈現對三項全球性環境問題的陳述，可以窺知其科學素

養的程度仍有提升的空間。

(一)對提升非科學主修學生科學素養的建議

1.以學校中正式之科學課程、通識課程及生活環境中之潛在課程為途徑，提供科學及環境議題的相關內容。使非科學主修學生能藉正式管道及生活體驗之雙管齊下，將所學習的知識與實際生活相互印證。

2.在教學與宣導中，強化學生認識提升科學素養的重要性；期使學生藉了解科學、技學與社會間的相互影響，明瞭學習科學的意義與目的。

3.提供多元化學習途徑：例如學校正式課程（包括通識教育課程）、正式社團活動及非正式之潛在課程（社團活動、服務團隊、讀書會、參訪活動等）的學習機會。以結構化或主題融入的方式，提供主修科學、技學與人文學科學生間的對話與互動機會。

4.積極了解學生的學習需要、先備知識、學習特質、學習策略。

5.就科學學習的概念或主題建構如概念圖般的圖示邏輯關係，藉標定關鍵詞與中介關連性之因素，以做為學生學習的基礎。

6.在從事正式或潛在性的教學活動中，提供生活化的資訊。將科學相關知識以主題呈現的方式予以通俗化，由淺顯易懂、深入淺出的內容設計，以利科學素養的普及化。

7.在專業師資養成的過程中，尤須加強對科學教育目標信念與策略方法的養成。使教師們非但能以化約亦能以統整的觀點審視科學之美。針對不同程度及需求的學生，施以彈性而變通的教材與教法。

(二)對提升非科學主修學生科學素養相關研究的建議

本文末了對於未來提升非科學主修學生科學素養的研究方向，建議如下：

1.在宏觀面向上，以「非科學主修學生科學素養現況之量化研究」了解整體程度。

2.以社會文化取向，進行「非科學主修學生對特定議題了解之研究」。

3.從事「非科學主修學生對科學或環境概念的心智模式研究」，以了解其對相關概念之解釋機制。

4.藉「非科學主修學生學習科學課程特性的研究」，提供科學學習過程中有關學習者之資訊。

5.以「促進非科學主修學生學習科學或環境概念改變之研究」，探究學習者學習相關概念中之改變機制。

6.進行「大學通識課程中科學課程規畫的研究」，以配合非科學主修大學生之學習需求。

7.承上項，對於所規畫之課程從事「非科學主修大學生學習科學通識課程的成效研究」，藉以評量其效益。

8.大學通識課程之師資之獲得與養成不易，可規畫「大學科學通識課程師資養成的研究」，探討因應之道。

9.在學習材料與教學方法方面，可進行「非科學主修學生學習科學之教材與教法研究」。

10.可從事「非科學主修學生之高中與大學間科學通識學習銜接之研究」，藉以了解並統整學習者之先前經驗與課程。

11.進行「大學與其它社會資源結合以利非科學主修學生學習之研究」及「非正式學習機會對提升科學素養

之研究」，以強化學生正式與非正式學習機會與資源獲得的規畫與整合。

12.以「科學傳播媒介對非科學主修學生影響的研究」，探究傳播媒體對非科學主修及一般大眾相關資訊了解的影響機制。

本文藉考查一般非科學主修之大學生對於三項全球性環境問題之認知，配合 Bybee 對科學素養階層的定義，綜評受試者了解議題的特性及其相關程度。由於非科學主修學生佔在學學生過半以上之比例，未來在各領域之生涯規畫及個人日常生活中亦須對科學相關資訊與影響有所了解。顯然科學素養目標之達成對於個人、社會及國家的發展均極重要；本文藉社會文化取向之探究提供現況資訊，進而列舉提升科學素養之道以及未來可繼續發展之研究，期能對我國全民科學素養之提升有所助益。

誌　　謝

本研究係由國科會經費補助(NSC89-2511-S-029-001)，研究過程中，劉冠任先生及段曉林教授提供協助，並經審稿委員悉心斧正，在此特致謝忱。

參考文獻

1. 教育部（2001）：國民中小學九年一貫課程(第一學習階段)暫行綱要。台北市：教育部。
2. 楊冠政（1998）：環境教育。台北市：國立編譯館。
3. AAAS (1989). *Project 2061*. Science for All American. New York: Oxford University Press.
4. Anderson, C. W., & Holland, J. D. (1997). Canonical and sociocultural approach to research and reform in science education: The story of Juan and his group. *Eelementary School Review, 97*(4), 359-383.
5. Barton, D. (1994). *Literacy: An introduction to the ecology of written language*. Cambridge, MA: Blackwell.
6. Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy--From purposes to practices*. Portsmouth, NH, USA: Heinemann.
7. Cajas, F. (1999). Public understanding of science: using technology to enhance school science in everyday life. *International Journal of Science Education, 21*(7), 765-773.
8. Cheek, D. W. (1994). *Trends and dilemmas in science, technology and society education within k-12 schools in the United States*. ED: 381429.
9. Cross, R. T. (1999). The public understanding of science: implication for education. *International Journal of Science Education, 21*(7), 699-702.
10. Cross, R.T., & Price, R.F. (1999). The responsibility of science and the public understanding of science. *International Journal of Science Education, 21*(7), 775-785.
11. DeBoer, G. E. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching, 37*(6), 582-601.
12. Dove, J. (1996). Student teacher undrsatanding of the greenhouse effect, ozone layer depletion and acid rain. *Environmental Education Research, 2*(1), 89-100.
13. Durant, J. R. (1993). *What is scientific literacy*? In J. R. Durant & J. Gregory (Eds.), Science and Culture in Europe (pp. 129-137). London: Science Museum.
14. Durant, J. R., Evans, G. A., & Thomas, G. P. (1989). *The public understanding of science. Nature,340*(6),11-14.
15. Durant, J. R., Evans, G., A., & Thomas, G. P.

(1992). Public understanding of science in Britain: the role of medicine in the popular representation of science. *Public Understanding of Science, 1*, 161-182.

16. Francis, C., Boyes, E., Qualter, A., & Stanisstreet, M. (1993). Ideas of elemetary students about reducing the "greenhouse effect". *Science Education,77*(4),375-392.
17. Henderson, J., & Wellington, J. (1998). Lowering the language barrier in learning and teaching science. *School Science Review, 79*(288), 35-45.
18. Hurd, P. DeH. (1998). Scientific literacy: New minds for a changing world. *Science Education, 82*, 407-416.
19. Jenkins, E. W. (1999). School science, citizenship and the public understanding of science. *International Journal of Science Education, 21*(7), 703-710.
20. Kyle, W. C. (1995). Scientific literacy: How many lost generations can we afford? *Journal of Research in Science Teaching, 32*(9), 895-896.
21. Laugksch, R. C. (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. *Science Education, 84*, 71-94.
22. Laugksch, R. C., & Spargo, P.E. (1996). Construction of a paper-and-pencil test of basic scientific literacy based on selected literacy goals recommended by the American Association for the Advancement of Science. *Public Understanding of Science, 5*, 331-359.
23. Mayer, V. J. (1997). Global scientific literacy: An earth system view. *Journal of Research in Science Teaching, 34*(2), 101-106.
24. Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis*. Thousand Oaks, CA, USA: Sage Publication.
25. Miller, J. D. (1983). Scientific literacy: A conceptual and empirical review. *Daedalus*, *112*(2), 29-48.
26. National Research Council (1995). *National Science Education Standards.* Alexandria, Virginia, USA: National Academic Press.
27. Patronis, T., & Spiliotopoulou, V. (1999). Students' argumentation in decision-making on a socio-scientific issue: implications for action. *International Journal of Science Education, 21*(7), 745-754.
28. Robinson, M., & Kaleta, P. (1999). Global environment priorities of secondary students in Zabrze, Poland. *International Journal of Science Education, 21*(5), 499-514.
29. Rubba, P. A. (1987). Recommended competencies for STS education in grade 7-12. *The High School Journal,* 145-150.
30. Rye, J. A., & Rubba, P. A. (2000). *Student understanding of global warming implications for STS education beyond 2000*. In Kumar, D. D., & Chubin, D.E. (Eds.) Science, Technology, and Society. A sourcebook on research and practice. New York, USA: Kluwer.
31. Rye, J. A., Rubba, P. A., & Wiesenmayer, R. L. (1997). An investigation of middle school students' alternative conceptions of global warming. *International Journal of Science Education,19*(5), 527-551.
32. Shamos, M. H. (1995). *The myth of scientific literacy*. New Brunswick, NJ, USA: Rutgers University Press.
33. Snow, C. P. (1956). New Statesman and Nation, 52, 413-414.
34. Wellington, J., & Osborne, J. (2000). *Language and literacy in science education.* U.K.: Open University Press.

Scientific Literacy or Not? —Non-science College Students' Understandings About Greenhouse Effect, Ozone Layer Depletion, and Acid Rain

Chi-Chin Chin

Graduate Institute of Education and Center of Teacher Education, Tunghai University

Abstract

This study used a writing strategy to collect data on the understandings of greenhouse effect, ozone layer depletion, and acid rain from a group of non-science majors in college (N = 43). Qualitative methods such as the establishment of a coding system, and formation of rating criteria were adopted for analyzing the narratives. This study also used follow-up interviews to assure correct interpretatiion of meaning provided by respondents. The results revealed that the understandings of respondents about three global environmental issues was low if compared with desired responses. Statistical data also showed that respondents' mean score on ozone layer depeletion was significantly higher than that on greenhouse effect. There were several misconceptions noted on three issues. More respondents (N = 17) presented a misleading framework. They said: "Greenhouse effect was caused by the extra UV light approaching the earth due to the ozone layer depletion." Only two students indicated the surface water was contaminated first, and then such water evaporvated to become acid rain in the atmosphere. Another kind of misleading framework was that ozone layer depletion made the rain acidified (N = 1). Comparatively, there was no misleading framework showed by the respondents about ozone layer depletion. Moreover, respondents usually used ambiguous words as substitute for special terms with which they were not sure familiar. When using some correct items, they, unfortunately, added some other incorrect ones. Furthermore, air pollution and the gases expelled by factories and vehicles were looked as common causes of the three environmental issues. If judged according to Bybee's definition of scientific literacy, the respondents' level of understanding about these three global environmental issues is on the level of nominal scientific literacy. Therefore, this study suggests several educational strategies and future research to improve scientific literacy of non-science students.

Key words: Non-science College Students, Scientific Literacy, Ozone Layer Depletion, Greenhouse Effect, Acid Rain.