

GIS 融入環境議題的拼圖式合作學習 環境對高中生決策能力和 水資源概念的影響

陳柏宇¹、許瑛珺^{1,2*}、吳慧珍¹、許瑋琇¹

¹ 國立臺灣師範大學地球科學系

² 國立臺灣師範大學科學教育研究所

* yshsu@ntnu.edu.tw

(投稿日期：2011.1.13；修正日期：2011.5.3；接受日期：2011.7.14)

摘要

本研究以單組前後測的實驗研究法探討學生於水資源課程後，其決策能力與水資源相關概念的改變情形。研究對象為來自新北市某三所高中一年級的 32 位參加科學營學生，研究工具為水資源課程、學習單、水資源相關概念測驗、決策能力測驗。結果顯示，課程前後學生的決策能力和水資源相關概念有顯著進步。拼圖式合作學習可讓學生透過專家小組討論後回到原小組分享，而能利用水資源相關的地質、氣候、生態保育概念作決策；而運用地理資訊系統軟體(My World GIS)導入環境議題的學習，可有效管理和呈現數據資料，讓學生依據自定的判準進行評估時，能迅速取得適當的資料來作決策。未來對複雜環境議題的學習，建議採行拼圖式合作學習的策略，以提升學生進行決策的效能。

關鍵字：地理資訊系統、決策能力、拼圖式合作學習、環境議題教學

壹、緒論

在我國普通高級中學 98 基礎地球科學課程綱要的課程目標中提到，地球科學課程須培養學生的核心能力為：「(1)學生能在日常生活中活用地球科學的知識和方法。(2)學生能運用分析和探究的能力，找出問題並試著解答。(3)學生能發展出解決地球科學問題的能力。(4)學生能主動關心和珍惜地球環境 (教育部，2008，頁 275)。」再者，科學教育白皮書中提到，科學教育應該包含「(1)科學探究能力與科學過程技能的訓練，這包含了許多科學的技能，包含假設、實驗、推論、思考...等方面的能力。(2)科學知識的理解，這包含科學社群在人類歷史發展過程中，所研究討論而產生之事以及對自然界的理解。(3)科學態度，這包含自然界的運轉、運作、發展、變化所獲得的規律 (教育部，2003，頁 1-2)。」因此在設計課程時，需培養學生針對相關議題進行知識理解與探究，同時給予學生相關資料進行歸納和推理的機會，使其了解整個自然界的法則與其因果關係。

在九年一貫課程中，提出了六大議題，分別是資訊教育、環境教育、兩性教育、人權教育、生涯發展教育和家政教育，而且九年一貫課程中，非常注重科目的整合，企圖將傳統的分科課程改為較少的科目，因此，環境教育的教學方式，絕對不是只單單侷限在某一個領域裡(張子超，2005)。所以設計環境議題時，不只涵蓋單科目的知識，而是讓學生透過課程，學到綜合議題相關的知識來作決策的能力。故本研究設計課程時，除了地球科學的相關知識外，也包含了生態保育、人文地理等相關的知識內容，並以水資源議題為課程的主軸，讓學生可以學習融合各科目相關知識來討論該議題的重要考量和採取立場。

水資源是現代相當重視的議題，可是並不是所有學生都知道水資源的取得是需要花費許多心力方可完成，在現代生活中，自來水一開就可以得到水源，因此設計這個教學活動，也希望學生可以透過這次的教學，理解到要找尋一個取水地點，是需要考慮很多因素，進而珍惜水資源，以達到九年一貫課程強調知識、技能的傳授，以及對環境產生關懷的情意。

環境議題通常所涉及的問題往往都很複雜(Pata & Sarapuu, 2001)，且進行環境議題決策時，要考慮許多面向。在課程進行時，為了讓學生更容易找尋自己所需要的資料，可以透過地理資訊系統(Geography Information System, GIS)的功能組織化管理和呈現資料。教師可先將學生可能會使用的圖層放入系統中，學生可隨時根據自己的需求查詢相關圖層，並可作多圖層疊加來審視多個資料間

的關係。本研究的水資源課程以環境議題出發，讓學生可以應用多種觀測資料(real data)在空間的分布作決策，因此將地理資訊系統融入課程中。

此外，由於水資源議題所涉及的相關概念較為複雜，所以學生必須具備水資源的相關概念才有能力進行相關決策，為了讓學生順利獲得水資源相關概念，本研究透過拼圖式合作學習的閱讀過程讓學生獲得相關概念。綜上所述，本研究研發地理資訊系統融入水資源課程，並透過拼圖式合作學習的過程，來增進學生水資源相關概念的成長和作決策的能力。具體研究問題如下：

- 一、學生於水資源課程前後的決策能力之改變情形為何？
- 二、學生於課程前後的水資源相關概念變化情形為何？
- 三、學生進行水資源相關議題時的決策表現？

貳、文獻評析

一、決策能力

決策(decision)在字意上有兩個意思，第一是在複雜的情境下找出應該採用的方法，另一個是當一位執行者發現問題時，試著找出問題所在並改善之。狹義的說，這個字的意思也有「選擇」(choice)的意思，當一個決策者在作決定時，分析周圍狀態，並選出一個適當的執行方法(Easton, 1976)。若需作決策的問題過於廣泛，決策者很難一眼就找出問題的核心，而先要運用一些策略縮小問題核心(Gagné, Yekovich, & Yekovich, 1993)。例如：先將可能的選擇(options)列出來，再從這些可能的選擇中選出最有效、最佳的方案(Easton, 1976)。一般而言，面對問題時很難直接找到最好的方法，只能先收集資料，列出所有可能的解決方式和答案，再依據一些判準(criteria)進行評估，最後選擇較適合的解決方式和答案。若是可以進一步對所做的選擇進行優點和缺點評估，以及嘗試提出補救措施，則能夠經歷完整的決策過程和發展出面對問題所需的決策能力。

由此可知，決策理論(decision making)與問題解決(problem solving)之間存在關聯性，Dewey (1910)認為問題的出現在於面對困難的時候(引自王如玉，1997)，而字典中對問題一詞的解釋為「需討論、解決有疑問待解決的事」(周何總、邱德修，1987，頁 389)。通常在解決問題時，有些問題難以用一個統一的標準作判斷，必須收集更多訊息作整體的判斷，因此有時候在問題解決的相關文獻

中，也會包括決策理論。例如：Pokras (1994)將問題解決的過程分成以下階段：(1)認識問題(problem recognition)、(2)定義問題(problem labeling)、(3)分析問題原因(problem-cause analysis)、(4)選擇解決方式(optional solutions)、(5)作決策(decision making)、(6)執行(implementation)。美國學者 D'Zurilla 與 Goldfried (1971)將解決問題的程序分成五步驟：(1)認識問題：亦即辨認問題，瞭解問題的情境；(2)界定問題：即認清問題所在；(3)想出解決方案：當問題被確認後，解題者盡可能想出各種可能的解決方案；(4)作決策：本步驟主要在評估上階段所提出的各種解決方案，評估其利弊得失，除選擇其中最佳者外，並須進一步規畫該最佳方案之執行細節；(5)付諸實現：將上一階段所規畫之執行內容付諸實現，並檢討執行後成效，必要時可重回第一階段。另外，Ausubel 與 Robinson (1969)將問題解決階段分成了四個步驟，第一個步驟是確定解決這個問題所需要的知識。第二步驟是將問題的條件與自己的背景知識作連結。第三步驟是讓學生了解已知條件與目標之後設法完成目標。第四個步驟是檢視推理的過程是否有瑕疵。

為了能進一步比較問題解決與決策的步驟之差異，依據 Chang (1996)綜合有關問題解決與決策的文獻，區分問題解決與決策過程為準備期、實施期與評估期的三階段(引自王如玉，1997)，分別比較 Pokras (1994)所提的問題解決過程與 Grünig 和 Kühn (2005)以及 Ratcliffe (1997)所提的決策流程間的異同(參閱表 1)。表 1 顯示在決策的過程中必須先訂立判準，並收集與判準有關的科學知識、觀測數據或證據，評估各方案的優缺點後作決定，最後則會評估並改善方案或補救方法；然而，問題解決的流程則不強調訂立判準和提出改善方案或補救方法。綜上所述，作決策的歷程較著重在判準的建立，依據判準對所有可能方案所呈現出的證據或資料進行評估，並斟酌優缺點和可能補救方法後作出最佳的決定。

表 1 問題解決與決策的比較

	問題解決 (Pokras, 1994)	決策 (Grünig & Kühn, 2005)	決策 (Ratcliffe, 1997)
準備期	認識問題	發現問題	
	定義問題	分析問題	
	分析問題原因	聚焦到兩個可行方案	列出可能方案
實行期	選擇解決方式	訂出標準	發展判準
	作決策	決定實行方案的順序	收集資訊
	執行	確定選擇	評估優缺點 選擇方案
評估期		再次檢視結果並作最後 決定	評估

然而，在現今快速變化的環境，許多問題的變化都是非常快速，況且問題的選擇往往不只一種，所以如何在眾多選擇中選出一個適當的解決方案是一項挑戰(Grünig & Kühn, 2005)。因此，對學生決策能力的培養不容小覷。Tallman 與 Gray (1990)指出，一般而言，會用到決策的過程是因為有些資料較難以被分析或有多個選擇。增進學生決策能力的方法有很多，例如：Pata、Lehtinen 與 Sarapuu (2006)曾經針對鷹架式教學法協助學生作決策。另外，Barnes 與 Miller (1989)為能增進學生的決策能力，引導學生從生活中會遇到的事情進行作決定的歷程。Stefanou、Perencevich、DiCintio 與 Turner (2004)的研究結果更指出，如果想要增加學生的決策能力，有一個方法就是讓學生參與決策過程，但是要避免學生經歷像 Cohen、March 與 Olsen (1972) 所提到的垃圾桶模式(garbage can model)，只是隨便選用數個未經評估的方案。因此，Kolkman、Kok 和 Veen (2005)建議，決策過程如循環般，先透過找出較適合的選擇，為了找出適合的選擇，必須先收集相關資料作分析並訂出標準，來來回回再訂出標準、分析資料和評估選擇間作合理判斷，才能在複雜情境中作出適當的決策。

Decrop (2006)綜合決策理論相關的文獻，將決策理論的沿革分成以下五個階段：(1)SEU理論：Neumann與Morgenstern於1944年在個體經濟學以及Edwards於1954年在心理學所發表的研究，此時的決策理論主要是根基於主觀上期望發生的功效(subjective expected utility, SEU)，且都是著重於付出與獲得之間的比例。但是SEU理論卻出現了瓶頸，原因就是人們需要花更多的心思去判斷某些

複雜的理論；(2)期望理論(prospect theory)：此理論是Kahneman和Tversky在1979年所提出，認為作決策就是設法避免風險與獲得最好的結果，但因人的記憶力無法一次判斷那麼多東西，所以要有些初步的分類，協助決策者判斷，期望理論雖然增加了一些可能性，但是仍然無法將決策理論作完整的詮釋(Bell, 1982)；(3)依據邏輯推理作決策：此階段的決策能力不像前兩階段只是單純的根據自己所想的方法做選擇，而是經過邏輯思考和推理後所做出的選擇，亦即將一些有關連的內容進行邏輯推理與分析後作選擇(Simon, 1955)，但缺點是作決策者須具備足夠的專業能力和知識；(4)依據判準作決策：此階段的決策理論，必須要有一個選擇的標準，根據標準再去判斷事情，才能與問題緊密結合(Grünig & Kühn, 2005)；(5)以「後現代主義」觀點作決策：後現代主義學者認為這個世界是複雜、渾沌且有限的，故沒有絕對的真理，當面對每一件事情時，都必須經由多面向的評估後才能作出決策。

近年來，已有研究運用決策理論於教育上，例如：Thompson 等人在2001年出版的《Decision-making in planning and teaching》一書中曾經針對老師在指導學生應如何計畫與決策的過程，並依據成果發展出 IDEAL 模式(參閱表2)來協助教師制訂教學計畫，此模式分成五階段，分別是(1)確認問題(identifying the challenge)：確認問題時，教師須協助學生掌握何人涉及於問題中的哪些事情；(2)定義問題(defining)：教師須引導學生瞭解問題所涉及的相關概念後，才能幫助他們適切地界定問題的內容和範圍；(3)檢視(exploring alternative)：教師須隨時檢視自己的教學計畫，依需要調整教學內容或進行補救教學；(4)按計畫行動(acting on the plan)：教師盡可能依事前的規劃，進行教學；(5)回顧(looking at the results)：教師可參考學生的回饋進行教學的反思。此外，Ratcliffe (1997)在科學課室實驗研究中，將決策過程融入議題式的課程活動設計，其使用的決策步驟為：(1)列出問題可能的方案；(2)發展適合的判準；(3)收集判準相關訊息或證據；(4)評估與判準相關的優缺點；(5)選擇方案；(6)評估改善方案。

表 2 IDEAL 模式表(整理自 Thompson 等人, 2001)

階段	敘述
I 確認問題	老師指導學生確認問題時，必須注重兩個關鍵，分別是「何人」(someone)與「何事」(something)，當學生掌握這兩個關鍵，方能準確的確認問題。
D 定義問題	進行作決策課程前，教師提出該問題涉及的層面，並清楚介紹相關的重要概念，以幫助學生學習。
E 檢視	進行作決策課程過程，教師須時時檢視自己的教學計畫是否合宜，並試著調整與補救教學。
A 按計畫行動	當新手教師進行教學時，可按照計畫進行教學；而有經驗的教師，雖然對於教學計畫十分熟悉，但還是要時常檢視自己是否有遺漏的部分。
L 回顧	教師要根據學生給予的回饋或其他方式，回顧自己的教學歷程。

在各個決策理論中，雖在細節的地方略有不同，但是基本上原理都差不多，本研究的決策理論主要參考 Grünig 與 Kühn (2005)以及 Easton (1976)的理論，將決策分成以下流程：(1)發現問題(discovery the decision problem)：當遇到問題時，第一步要根據已知的背景知識分析當前的處境，經由發現和分析問題的狀況，可以幫助未來更明確界定問題(Grünig & Kühn, 2005)；(2)分析問題(analysing the decision problem)：將問題涉及的層面作釐清，依重要性和迫切性規劃所採行的應對方式，讓我們更有效的處理問題(Grünig & Kühn, 2005)；(3)訂出標準(define the decision criteria)：訂出合理的標準，作為判斷時的依據，若希望訂定的標準能快速的作判斷，最好在判斷時只作符合與不符合的判斷(Easton, 1976)。針對每個標準最好只評估單一的可能變項，且該變項與所需要決定的議題間具緊密關聯性。有時可將標準設定在一個允許範圍，方便方案或選擇的判斷(Grünig & Kühn, 2005)；(4)聚焦到兩個可行方案(developing at last two options)：提出兩個可行的方案(Grünig & Kühn, 2005)；(5)決定實行方案的順序(examining how to determine the consequences and if necessary drawing up possible scenarios)：經過審慎檢視方案後，將每個方案或選擇的差異和優劣分類列出，決策時可先將某些不適宜的選擇剔除在外，再排列出實行方案的優劣順序(Grünig & Kühn, 2005)；(6)確定選擇(determining the consequences of the

options)：經過綜合所有標準判斷的結果，選出最適合的方案或選擇後，針對該方案的可行性再次確認，尤其所選出的方案須符合科學依據(Easton, 1976)；(7) 再次檢視結果並作最後決定(establishing the overall consequences of the options and making the final decision)：綜合評估所作決策是否有不確定因素，必要時重新評估一次(Grünig & Kühn, 2005)。

Decrop (2006)歸納影響學生作決策的因素主要可分成以下兩種：(1)以社會心理學的角度來看：包含了社會中的團體、社會階級、人際間的因素等。一個人獲取知識的方法，主要是從外界接受刺激，再轉變成自己的知識與技能，外界刺激包含了環境、參與的團體成員內人與人之間的互動等(Gagné et al., 1993)。所以，影響一個人作決策的因素可以從三個方面來看，分別是感覺、注意、解釋，感覺就是從外界環境來的刺激對人所造成的影響，注意就是一個人受到刺激後將受到的刺激變成自己的長期記憶，解釋就是將這些所受到的訊息經過自己的解釋後變成自己的思考、推理模式(Decrop, 2006)。(2)以個人特質的因素來看：包含了動機、人格、生活模式、情感等，這些個人的因素，反映出一個人的思考模式與方向，對於這些內在的因素，也是影響決策模式的因素(Decrop, 2006)。思維指的是內在認知活動的歷程，個人運用存在長期記憶中的訊息，重新予以組織統整，從交錯的複雜關係中，重新獲取知識。每個人面對問題時，都會有不同的思維，思維包含聚斂思維(convergent thinking)與擴散思維(divergent thinking)，聚斂思維指的是當面對問題時，習慣縮小問題的範圍；擴散思維指的是嘗試各種不同的方法，來解決問題(張春興，2004)。

根據上述影響學生作決策的因素，許多研究者建議營造合作學習環境來培養學生的決策能力(Baumberger, 2005; Chasek, 1997; Pata & Sarapuu, 2001)，因為合作學習可讓學生透過討論彼此交換意見，來獲得環境議題中複雜且多面向的知識內容和不同角度的觀點。例如：Harwell (1998)針對南佛羅里達州保護生態的議題進行分析，發現所需要考慮的因素涵蓋人類發展的面向、原始自然生態的面向等。Policansky (1998)也針對美國西北部的的水資源進行研究，開發當地的水資源時需考慮因素有：生態因素、經濟因素等。本研究所設計的環境議題需要考慮的因素也很多，故採行 Aronson、Blaney、Stephan、Skies 與 Snapp (1978)所提出的拼圖法 II (Jigsaw II)，先將學生分成專業小組進行相關知識的閱讀與討論，然後學生回到原始小組進行決策。

二、針對環境議題進行合作學習

合作學習理論自 70 年代以來備受關注，應用於教育上有多種方式，例如：Slavin 於 1978 年倡議的小組成就區分法(student team achievement division, STAD)(引自 Slavin, 1995)、由 DeVries 與 Edwards 於 1978 年倡議的小組遊戲競賽法(TGT)、由 Aronson 等人於 1978 年所創的拼圖法第二代(Jigsaw II)、由 Slavin 於 1985 年所提出的小組協力教學法(team assisted instruction, TAI)(引自 Slavin, 1995)、由 Kagan 於 1994 年所創的協同合作法(CO-OP CO-OP)、由 Johnson 和 Johnson 於 1987 年所發展的共同學習法(learning together, L.T.)等。

其中拼圖法二代合作學習的進行方式是先將每個小組作異質分組後，每位小組成員選擇不同研究主題，小組成員依據研究主題聚集在「專家組」，經由討論來精熟該主題的相關概念，再回到原小組中分享自己在專家組所學，最適合複雜的環境議題學習。因為拼圖式合作學習可以讓每位專精於不同領域知識的學生，經由討論的方式分享給其他成員，讓彼此獲得環境議題中複雜且多面向的知識內容和不同角度的觀點(Kam-wing, 2004; Pata & Sarapuu, 2001)，是有效的獲得知識途徑(Artut & Tarim, 2007)。學生透過拼圖式合作學習來閱讀與討論教師所提供的參考書籍和線上資源等，而具備了對環境議題作決策時所需的背景知識後，才能訂出較適當的判準和作出明智的決定。所以，拼圖式合作學習法可以讓學生針對某一個主題進行更深入的研究，適合於本研究的環境議題學習環境。

因此，本研究在課程設計中分成地質、氣候與生態等三個專家小組進行討論，以讓每位同學專精所負責的領域知識。之後，學生回到原小組後，針對討論過程中涉及與其所負責的領域知識相關的概念或者相關疑問時，該位同學將成為其他小組成員諮詢對象，負責分享相關概念給小組其他成員。這種學習方式可避免每位同學必須負責過多概念導致學習無法專精，所提出的意見較難以深入，而導致遇到相關疑問時依據不正確的知識進行討論。整體而言，透過拼圖式合作學習引導學生在複雜情境下學習環境議題，優點包括：(1)學生透過拼圖式合作學習可讓每位小組成員有不同的專長，再經由討論過程讓每位同學獲得相關概念。(2)合作學習討論的過程，可彌補學生因閱讀能力不同所造成的影響。(3)拼圖式合作學習讓小組進行決策時可考慮問題的多個面向，進而協助小組進行較適當的決策。

三、環境議題教學相關研究

綜觀國內外環境議題教學的相關研究，可以分成課程設計取向和具體成效評估兩個面向來討論。環境議題教學的教學模組設計上，大多採「議題中心」的介入性研究，再輔以「科學、科技、社會(STS)」(林樹聲，2005；黃萬居、黃詩惠、楊宇婷，2008；陳怡靜，2004)、「論證」(黃志豪、劉惠元，2006；Grace, 2009; Kolstø, 2006; Oulton, Dillon, & Grace, 2004)、「問題解決」(柯華葳，1994；張俊彥、程上修，2000；Dahlgren & Öberg, 2001)、「環境行動」(許世璋，2003；Knapp & Barrie, 2001)等課程設計取向來發展教學活動。經由介入性研究後，檢視環境議題教學的主要成效，包括：增進學生成為地球村一分子所需的素養(多面向的批判思考、問題解決能力、作出明智的決定、永續發展的視野和態度等)(林樹聲，2005；黃志豪、劉惠元，2006；張俊彥、程上修，2000；Grace, 2009; Kolstø, 2006; Oulton, Dillon, & Grace, 2004)、以及改變其對環境保育的態度和行動的採取(許世璋，2003；劉潔心、晏涵文，1997)。此外，莊英慧、熊召弟、耿筱曾與甘漢銑(2000)曾針對國小孩童的水資源保育知識、水資源保育知識來源、水資源保育態度與水資源保育行為等進行調查，發現孩童水資源保育知識的主要來源為大眾傳播媒體。媒體報導在內容正確性常有疑慮，在正規的教育體系中應有更多水資源和環境議題相關的教學。由以上相關文獻的回顧，發現多數環境議題教學的研究對象為國小生，較少針對高中生設計環境相關的教學活動。因此，本研究配合普通高級中學98基礎地球科學課程綱要中強調培養學生能夠主動關心和珍惜地球環境，針對水資源議題研發課程，期能培養未來公民的環境素養。

四、GIS 融入環境議題教學

Liu 與 Zhu (2008)認為 GIS 在學習地理環境議題上，可以提供一個將圖形、文字等組織在一起的資料系統，所以在學校教師可以透過地理資訊系統的教學讓學生學到更多相關知識。為了要更有效的發揮地理資訊系統在環境議題上的應用，應該發展更多以 GIS 作為學習工具的探究課程，來幫助學生學習。Stylinski 與 Smith (2006)嘗試將許多自然與環境科學的內容透過 GIS 融入教學中，學生檢視 GIS 呈現資料的過程，察覺到影響環境的因素在時空上的分布情形，進而增進學生對科學與環境的重視。林聰武(1996)也提出，透過 GIS 將龐大的教學資

料放入電腦中，學生可以透過不斷的查詢與分析資料，獲得問題的解答，符合做中學的學習方式，並可提高學生的學習興趣，如此使地理與環境知識生活化，可提升學生的生活技能，若輔以發現式與遊戲的方式來進行教學，更能提升學生的學習興趣以達到學習的效益。

美國西北大學 2005 年所出版的《Investigations In Environmental Science》一書中，將水資源、再生能源、水庫等環境議題，發展出一套 GIS 的教學模組，透過地理資訊系統同時將圖形與文字的特色合併在一起，學生可以更清楚地將所收集到的訊息作整合，有效地完成學習任務(Zahm, 2005)。後續研究發現 GIS 的課程教學可增進學生自然科學相關的知識內容及科學探究能力，讓學生上網搜尋與氣候、溫度等相關的資料，並且輸入 GIS 系統中，讓學生自己決定欲找尋的資料項目和分析方法，此學習歷程可培養學生進行科學探究的方法(Radinsky, Alamar, Leimberer, Rodriguez, & Trigueros, 2005)。而 Edelson (1998) 研究發現，許多初學者面對較為複雜的科學問題無法順利學習科學內容，原因就是科學或者環境相關的議題，往往都以數字或符號等抽象方式表現，所以初學者面對這些數字符號，並無法理解內容。若能透過視覺工具，將這些數據轉化為圖形或影像的方式，可為初學者搭起資料和科學意義間的橋樑，進而協助學生探討複雜的科學現象。

本研究所使用的地理資訊系統軟體為美國西北大學所開發之 MyWorld GIS 軟體，本軟體是一套允許教師自行開發課程的教學軟體，教師可以根據自己的需求，將特定的資料、圖片、數據直接匯入 GIS 系統，並且根據課程需求，隨時進行運算、疊加等功能。學生操作軟體時，可依據自己本身的需求，將資料轉換成自己所需的形式，也可以將 GPS 所收集的資料，直接匯入 MyWorld GIS 系統中。此外，學生可以根據自己所需要的進行數個圖層疊加，必要時可針對資料作進一步分析，例如繪圖與運算。這些資料展示和分析的強大功能，能讓學生依據自己的假說進行驗證，有助於釐清想法並進行證據導向的推理。

參、研究方法

本研究採用單組前後測設計的實驗研究法，研究對象為臺北地區社區高中一年級 32 位學生，為配合 2009 年 2 月該校高中職社區化之「青少年科學家」系列所進行為期 4 天，每日 2~3 小時的課程活動，共計 4 個課程，總時數為 11

小時，故所有參與學生均為自願參加。參與學生在國中階段皆修過九年級自然與生活科技之地球科學課程，具有地球科學基本知識，其中大部分的學生高一上學期已修過高一基礎地球科學課程，但是因該課程屬於上、下學期對開，因此其中有 11 位學生沒有修過該課程，學生的入學成績國中基本學力測驗的 PR 值約為 80。

原參加本課程人數有 35 人，扣除未全程參加的學生，有效樣本數為 32 人(男生 15 人，女生 17 人)。將學生分為 12 組，每組學生共用一台電腦，方便同組學生互相討論。合作學習過程採用拼圖法第二代(Jigsaw II)的合作學習模式，以學生國中基本學力測驗的數學與自然成績之和為依據，將學生進行異質分組，並盡量避免不同組間的差異。此外，教室中可無線上網，學生可以透過無線網路上網查詢資料，且在教室前方設有各小組的排行榜，讓小組了解自己組和其他組的表現情形，激發努力達成學習任務的動力。

一、研究流程

於正式進行教學實驗前，已針對本課程進行前導性測試，發現高中生對於學習 My World GIS 軟體的介面操作無困難。本研究課程主要分成四個，分別是「興建鐵道」、「水庫」、「再生能源」和「水資源」課程，前三個課程活動主要為訓練課程，希冀學生在正式教學實驗前皆學會 My World GIS 的軟體，同時亦將作決策的流程分步驟讓學生學習作決策的流程。課程的第一日實施「水資源相關概念測驗前測」(30分鐘)與「決策能力測驗前測」(30分鐘)，再實施90分鐘的興建鐵道的 My World GIS 軟體的介面操作和決策流程的訓練課程。第二日進行3小時的水庫單元活動，其主要內容為訓練學生從書籍或觀測資料歸納判準。第三日的教學活動單元為再生能源，訓練學生能從 My World GIS 收集觀測資料與作決定的評估。第四日進入3小時的 GIS 融入環境議題-水資源課程，包括1節的拼圖式合作學習和2節的作決策學習任務(決定取水口地點)，最後實施「水資源相關概念測驗後測」(30分鐘)與「決策能力測驗後測」(30分鐘)。課程實施期間，教室周圍設有三台攝影機，兩台拍攝焦點組學生上課情形，一台拍攝教師和全班上課情形，以作為研究者了解課程實施情形的參考。

二、GIS 融入環境議題課程

本課程為能達成教育部公布之99年地球科學課程綱要中的教學目標和學生所需的核能能力(教育部, 2008), 針對普通高級中學選修科目「基礎地球科學」課程綱要中的「日常生活與地球環境」主題設計「水資源」課程, 課程內容選取涵蓋九年級、高一和高二科學課程中與環境相關概念。讓學生應用課程中所教予的知識, 對環境議題進行分析以找出最適當的方案, 呼應課程綱要中希望學生能分析、探究, 並且解決地球科學問題。

研發環境議題課程時, 參考美國西北大學所出版的《Investigations In Environmental Science》, 以臺灣本土的案例作為教學依據。課程所需資料大多來自於政府公布的相關數據, 其中人口、產業等數據, 來自各縣市政府與鄉鎮市公所網站, 農業數據來自農委會的統計資訊, 地質數據來自中央地質調查所, 水污染數據來自經濟部水利署的統計資料, 地震與氣候相關資料則來自中央氣象局網站, 因此課程所使用的資料, 皆為政府所公布之統計資訊, 所使用資料具高可信度。採用 My World GIS 作為輔助教學軟體, 該軟體可提供相關地理資訊, 並可由課程設計者建立教學所需之相關資料。附錄一將 My World GIS 的功能與如何應用在課程整理成表格, 並舉例說明。學生進行水資源課程, 運用 My World GIS 的功能協助學生查詢資料與作決策, 許多統計資訊經 My World GIS 整合後, 將原本不同型態的訊息同時出現在 My World GIS 介面上, 將有助於學生整合資料與作決策。

設計課程時, 針對初次學習作決策的學生, 讓學生參與決策過程來學習決策能力(Stefanou, Perencevich, DiCintio, & Turner, 2004), 所以本研究從文獻中歸納出關鍵的決策步驟, 再據此設計學習活動。強調決策過程中判準的正確性是為了避免學生經歷像 Cohen、March 與 Olsen (1972) 所提到的垃圾桶模式, 只是隨便選用數個未經評估的方案。所以整體課程架構主要參考 Grünig 與 Kühn (2005)以及 Easton (1976)的決策理論研發, 但是希望學生在特定主題進行探討, 所以本課程直接給予問題—決定取水口地點所在, 學生無須自行發現問題, 故將決策階段稍作修改如表 3 所示, 詳細課程流程參閱圖 1。此外, 因為選擇取水口主要牽涉到地質、氣候和生態等問題, 因此學生須透過拼圖式合作學習來熟悉水資源相關知識。課程進行中提供學生水資源相關的參考書籍和網站資料, 分成地質組、氣候組和生態保育組等專家小組來對該主題作深入研究。各專家

組學生主要探討的知識領域如下：

1. 地質組：建造水利工程時，地質的穩定度極為重要，考慮的因子包括斷層、岩層特性、土石流的機率、山崩的可能等多項地質因素，地質組的學生要學會如何在一個安全的環境下建造水利工程。
2. 氣候組：水利建設最好是建造在水源豐沛的地區，氣候因子的考量包括降水特性、氣象災害、水文特性等。氣候組的學生要學會選擇最佳的氣候條件的地點。
3. 生態保育組：由於建設工程，免不了會破壞自然生態，而現有的人口分布和產業狀態也可能使取水地點遭受污染，所以生態保育組的學生要學會避免污染的威脅和對環境的破壞。

之後，學生回到原始小組綜合各專家的意見，訂出判斷地點的判準、依據訂出的判準檢視各地點、根據檢視的結果選出兩個預選地點、將入選地點的優缺點列出並進行比較、選出決定的地點。當學生完成分組的討論與作決策後，教師引導學生進行大班分享和各組學生相互給予回饋。

表 3 課程與決策理論的對應表

學習單步驟	學生活動	理論依據
知識分享	學生根據從專家組學習到的知識內容，分析學習單中的問題	分析問題
釐清判準	學生綜合各專家組的意見，訂出判斷地點的判準	訂出判準
依據判準檢視資料	依據訂出的判準檢視各地點的資料 根據檢視的結果，選出兩個入選地點	聚焦到兩個可行方案
比較入選地點的優缺點	將入選地點的優缺點列出，並進行比較 選出決定的地點	決定實行方案的順序 確定選擇 再次檢視結果並作最後決定

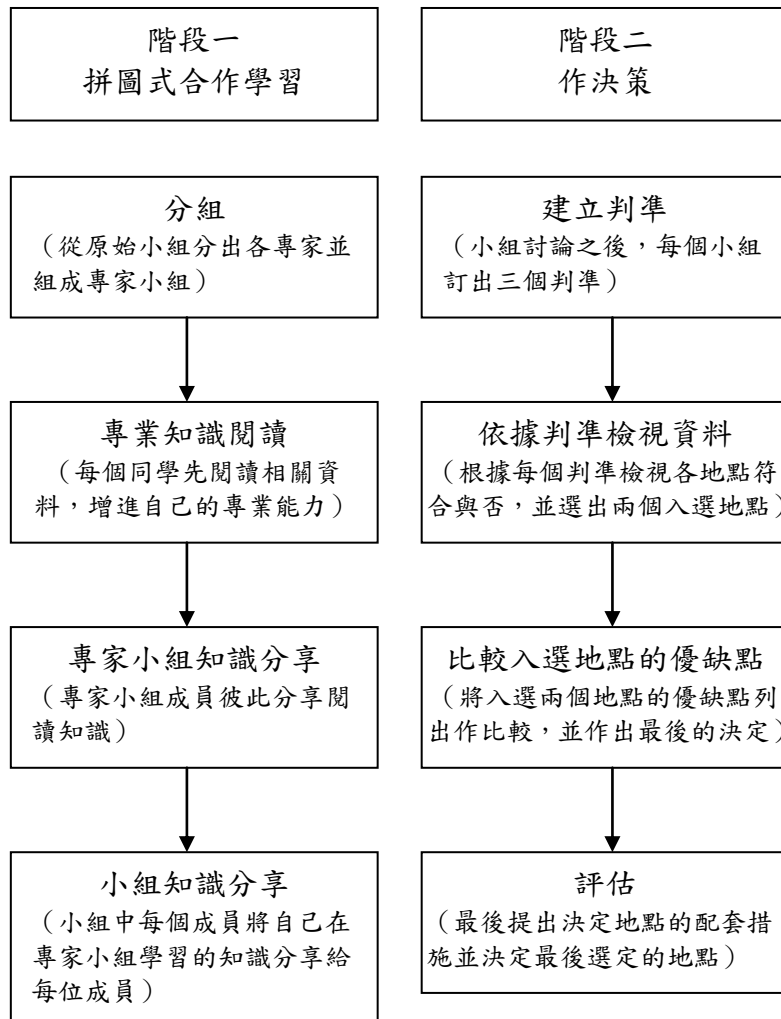


圖 1 水資源課程活動流程

三、研究工具

配合研究目的，研發的工具包括：水資源相關概念測驗和決策能力測驗等兩項紙筆測驗。水資源概念測驗的目的是希望能了解學生對於尋找取水地點會使用到地質、氣候、水文等相關概念的理解程度，參考各版本的教科書內容，並依據雙向明細表設計 28 題單選題，雙向明細表中的評測目標乃參考大學入學

考試中心命題規準的評測目標。當題目編製好之後，請高雄市某高中教師進行專家審查，再進行預試，預試的對象為新北市某高中一個班與臺北市某高中兩個班，共 90 位學生進行預試，扣除無效樣本(繳交空白卷或超過 10 題未作答)後總共有 79 份有效樣本，根據有效樣本所計算出來的 KR21 值為 .80，並且針對每一個題目進行難度、鑑別度的分析。將鑑別度過低的題目進行修正，共有 5 題需要經過修正，將太容易的第 1 題刪除，修正第 6 題為優氧化現象的深入陳述，將第 8 題修改為原因的探討，修改第 16、18 題的圖示。因此，正式定稿的測驗題數為 27 題(雙向明細表修訂為表 4，試題參閱附錄二)。

為了能夠了解學生在學習本課程前後決策能力的改變，以興建日本本州與北海道之間海底隧道為主題設計決策能力測驗(參閱附錄三)。陳述興建海底隧道的目的，且提供三個可能的路線選擇和相關資料，讓學生根據資料判斷哪條路線是最佳的選擇。故將測驗分成兩階段進行：(1)學生閱讀興建海底隧道的目的和背景資料。(2)學生提出判準並陳述理由。

四、資料分析

分析學生在決策能力測驗的填答內容時，乃依據表 5 的評分標準。該評分標準是參考 Grünig & Kühn (2005)提出的決策能力，包括：「訂出判準(判斷標準的認定、正確性)」、「評估(評估資料與判準的吻合度，以及風險所在)」和「決定(提出有科學依據的決定或方案)」等三項能力，表 5 中列舉出學生在決策能力測驗的填答內容作為評分參考。而學生作答的評分標準經由教授、博碩士班研究生多次開會反覆討論後訂立，再經由兩位科學教育研究相關研究所的碩班研究生進行評分，計算 Kappa 互評者信度，所得測驗中各題的互評者信度範圍從 .48 到 .94(.48 是因為學生成績過於集中所致)，平均為 .81。依據 Kundel 與 Polansky (2003)提出，Kappa 值超過 .6 即達可接受的互評者信度。本研究中學生決策能力測驗得分的後續統計分析，是經兩位評分者討論後達共識的分數。

本研究中各組學生於課堂中填寫的學習單，以小組為單位進行分析，作為比較各組學生於課堂上決策表現情形的依據。依表 5 的評分標準，由兩位評分者對各組的學習單填答內容進行評分，此兩位評分者皆是從事科學教育研究的碩班研究生。以 Kappa 進行互評者信度計算，得出平均互評者信度為 .86，為可接受的互評者信度(Kundel & Polansky, 2003)。本研究中學生學習單的決策能力表現為經兩位評分者討論後達共識的分數，後續統計分析採用此分數。

表 4 水資源概念雙向明細表

測驗目標	概念	水資源的使用	天然災害	水資源相關的自然和人文環境
測驗考生基本的知識能力	知道重要的科學名詞和定義	知道造成水庫優養化的原因(5*)	知道地震規模的意義(20) 了解防治山崩災害的方法(22)	知道沉積岩的種類(21)
	了解基本的科學現象、規則、學說、定律	知道水庫的功用(1)	理解臺灣位處板塊交界處，岩層受力形成逆斷層(19)	了解臺灣冬季雨量受東北季風影響(3) 知道褶皺形成原因(23)
	能看出數據、式子或圖形的意義			判斷順向坡坡陡造成山崩(8)
測驗考生應用科學資料和圖表的能力	能選用適當的資料	判斷河流坡度與流速(12)	判斷天氣圖的天氣現象(10) 判斷地形圖的方位(13)	指出都市化造成水文歷線的改變(25)
	能由數據找出規則或關係		計算水庫蓄水面積(14)	判斷地形圖中河流的流向(17)
	能由圖表看出明顯的特性	由圖表看出南部地區冬季少雨(2)	依據地形圖判斷可能發生的天然災害(8、15)	歸納水庫興建後減少下游沉積(4) 知道都市化影響地表逕流量增加(26)
	根據圖表作結論			理解地形圖等高線密集處是地形較陡的地方(16) 知道水庫建在河流上游時會造成下流的河水流速變慢(6)
測驗考生的推理能力	根據事實作合理的推斷	從圖表中判斷易發生水患原因(27)	判斷順向坡坡陡造成山崩(8) 判斷地形圖的方位(13)	理解臺灣位處板塊交界處，岩層受力形成逆斷層(19) 判斷都市化造成水文歷線的改變(25)

*為題號

表 5 決策能力測驗評分標準

決策能力	構念	題目來源	題目來源	決策測驗學生作答逐字稿的舉例說明
訂出判準	判斷標準的認定	第 1 題判準部分	2 分：所提判準符合問題的因 素且有可量化標準	遠離斷層 5 公里以外
			1 分：所提判準符合問題的因 素但無可量化標準	斷層
	判斷理由的正確性	第 1 題理由部分	0 分：所提判準無法符合問題	建造難度
			2 分：所提出的理由合理，且推 論造成的影響正確	有斷層線通過，亦因地震發生而 造成隧道損害
評估	資料與判準的吻合度	第 2 題地點與寫出理由	1 分：所提出的理由合理，但推 論造成的影響不正確	藉由了解海底地表之深度進而 判斷地表間的落差
			0 分：理由錯誤	有良好的條件
			2 分：正確勾選符合判準的地 點且提出正確理由	以坡度平緩為判準，僅通過 100m 的等高線
	風險評估	第 3 題配套措施	1 分：正確勾選符合判準的地 點，但無提出理由或理由 不正確	以深度為判準，提出不符合的原 因為盆地不適合
			0 分：勾選地點未符合判準或 未填答	未填答
			2 分：有考慮配套措施，且配套 措施是合理且可行的	岩石種類雖一致但要有防崩塌 的措施，以免人員傷亡
決定	科學依據的決定	第 4 題優勢	1 分：有考慮配套措施，但有些 配套措施是有瑕疵的(不 可行、不有效、無法立即 解決)	斷層在附近，需建造逃生出口及 避震雷達
			0 分：未針對缺點提出解決方 案或無配套	避免侵蝕
			1 分：每個符合科學依據的優 勢給予一分	地形平緩坡度變化小、遠離斷層
			0 分：不符合科學依據	功能性較大

肆、研究結果與討論

一、課程後學生的學習成效

(一) 學生於水資源課程前後的決策能力之改變情形

為了解學生透過水資源課程後，學生的決策能力是否有顯著差異，將學生決策能力測驗前測與後測得分經加權後(因為各項能力的題目數量不同，為避免因為題目數量不同而影響統計結果，所以每個能力各佔總分的 33%，並訂每一項能力滿分為 60 分)。經常態檢定，前測的常態檢定 p 值為 .18，後測的常態檢定 p 值為 .03，所以決定將 p 值標準改為 .01，經過 t 考驗分析後，將總分以成對樣本 t 考驗進行分析，發現學生的前測與後測有顯著差異，如表 6。

表 6 決策能力測驗前後測 t 考驗

	平均	標準差	T	P	$E.S.$
前測	76.31	32.58	9.90	.000**	2.83
後測	135.28	20.86			

** $p < .01$

學生於課程前後在「能訂出正確的判準」、「評估」、「決定」三項決策能力的成績，經檢驗發現資料分布為非常態，所以使用魏氏考驗(Wilcoxon-Mann-Whitney U test)進行考驗，結果顯示學生在「能訂出正確的判準」、「評估」、「決定」三項的決策能力前後測皆有顯著進步(參閱表 7)。

表 7 學生在各階段決策能力表現情形

	前測		後測		魏氏考驗	
	平均數	標準差	平均數	標準差	Z	P
能訂出正確判準	40.78	16.17	54.38	10.76	-3.77	.00**
評估	29.91	19.76	51.84	9.25	-4.38	.00**
決定	5.63	12.49	29.06	12.01	-4.72	.00**

** $p < .01$

決策能力測驗的分析結果顯示，學生在水資源課程前所提出的判準與問題無關，或是所提的判準與問題有關但未有清楚的判斷依據(例如：判準中提到的因素未包含作決策時的判斷條件，或是未含有作決策時參考的數值範圍)。經由課程的學習後，多數學生能提出與問題相關的判準，或是進一步在判準中清楚描述決策時的判斷條件或參考的數值範圍。例如：學生 0121 於決策能力測驗前測中提出的判準為地質、斷層和深度，但於決策能力測驗後測中提出的判準為遠離斷層帶、坡度平緩和隧道長度短。學生 0022 於決策能力測驗前測中提出的判準為「海底地表起伏及深度和海底地質」，而於決策能力測驗後測中提出的判準為「是否有斷層通過、海底深度與坡度要小、所在地的地質儘可能避免頁岩層易鬆動之處(例如：泥沙)。」總而言之，在課程實施前學生雖能提出與問題相關的因素但無法提出可作為判斷依據的判準(例如：有無此因素，或是作決策時可以參考影響因素的數值範圍等)。而透過課程的教學後，學生在訂定判準的能力已提升至能提出符合問題而且具有作決策時能據以判斷的條件或參考範圍之判準。

分析學生於課程前後在決策能力測驗中的評估能力表現，顯示學生大抵能依據提出的判準檢視測驗中所提供的 3 條興建海底隧道可能路徑資料的符合度。然而在前測中，學生較無法提出判準與資料符合與否的理由，但經課程教學後，在後測表現多數能說明勾選的理由，以學生 007 為例，該名學生的判準依據為「坡度變化不大」，於決策能力測驗前測中未寫出理由，但是後測的填答對於判準與資料符合與否的理由陳述相當明確，為：「A 路線不符合，理由為通過 300m 小山丘；B 路線符合，等高線中顯示最高處僅為 100m；C 路線符合，僅通過 100m 和 200m 高度，且等高線間間距大。」由上述資料顯示，學生在課程前雖可以依據判準來

判斷是否各路線符合需求，但卻無法說明選取的原因，在課程後能提出含有判斷的條件或參考範圍的判準來作為檢視判準與資料符合度的依據，並且能提出明確的理由。

分析學生於課程前後在決策能力測驗中的決定能力表現後，發現部分學生在前、後測雖決定興建日本本州與北海道之間海底隧道的路線皆相同，但關於所決定的路線具備優勢的陳述於前後測有所差異，後測的填答內容較能依據證據作出科學性的陳述。以學生 0072 為例，該名學生於前測決定 C 路線來興建海底隧道，所寫出的優勢為「砂岩地形(此為錯誤概念)」；而在後測仍然決定 C 路線來興建海底隧道，所寫出的優勢為「長度適中、地形平緩坡度變化小、遠離斷層」。

(二) 學生於課程前後的水資源相關概念變化情形

為了探討學生在課程後水資源相關概念的改變情形，將學生前測與後測的水資源相關概念測驗的總分以成對樣本 t 考驗進行分析，資料經檢驗符合常態分布，使用成對 t 進行考驗後，發現學生的前後測具有顯著進步(參閱表 8)。顯示本研究所研發的 GIS 融入拼圖式合作學習的課程設計，除了能增進學生的決策能力，也能提升學生對水資源相關概念的理解。

表 8 水資源相關概念前後測 t 考驗

	平均	標準差	t	P	$E.S.$
前測	20.78	3.16	5.96	.00*	0.43
後測	22.13	3.27			

* $p < .05$

二、學生在水資源相關議題的決策表現

學生於課堂中填寫的學習單的學習任務為「在各專家小組討論結束之後，請各位同學回到原始小組，小組的任務就是統籌集合各專家的意見後，依據判準和資料來決定取水口的設置地點。」，分析各組學習單的內容以了解各組學生在 GIS 融入環境議題的合作學習環境中決策能力的表現情形。結果發現(參閱表 9)，學生「訂出判準」與「評估」之間的得分有顯著正相關，表示各組學生若能訂出與問題關聯高的判準，則較能判斷資料與判準的吻合度以及作合理

的風險評估。為了探討學生學習單中在「訂出判準」與「決定」表現的相關，以統計的相關考驗進行分析(參閱表10)。結果發現學生訂出判準與決定的兩項表現有顯著正相關，表示如果學生能夠訂出與問題關連高的正確判準，則較能作出有科學依據的決定。以下以第7組學生學習單的逐字稿來舉例說明「好的判準引導學生作出較好的評估和決定」。

提出的判準：距離斷層帶遠、坡度小、距離污染源小

評估過程：依據距離斷層遠近、距離污染源遠近、坡度來評估 5 個取水地點，最終決定 A、C 兩地作決定，而因 C 地坡度較 A 地大，故選擇 A 地

評估 A 地點

- a.優點：距斷層遠、坡度小、汙染程度小
- b.缺點：上游具耕地
- c.配套措施：需監控水質

評估 C 地點

- a.優點：距斷層遠、汙染程度小
- b.缺點：上游具耕地、坡度較 A 大
- c.配套措施：需監控水質

表 9 訂出判準與評估的相關考驗

	訂出判準	評估
訂出判準	1	.87**
評估	.87**	1

* $p < .01$

表 10 訂出判準與決定的相關考驗

	訂出正確的判準	決定
訂出正確的判準	1	.85**
決定	.85**	1

** $p < .01$

三、綜合討論

決策相關文獻建議，要作出好的決策必須先進行適當選擇，要進行適當選擇必須先有正確的判斷標準，要有正確的判斷標準則必須有周詳的考慮，要有周詳的考慮則必須先具備充足的背景知識(Grünig & Kühn, 2005; Kolkman et al., 2005; Thompson, 2001)。如此的決策過程中每個階段間彼此環環相扣，而且缺一不可。因此，本研究將決策過程的每個階段設計於學習活動中，且讓學生先透過拼圖式合作學習讓學生具備不同領域的背景知識，以促進小組討論的過程找出適當的判準和進行決策。

研究結果顯示，學生在「訂出判準」後測成績的表現有顯著進步，表示學生完成水資源課程後，對於作決策時所考慮的因素和面向更加完整，且能夠提出更適當的判準作為進行評估與決定的依據。而且，學生在課程前無法訂出適當的判準且考慮的面向也較為不足，也無法作出正確的決策；但是在課程之後，學生不但具備「訂出正確判準」的能力，而且在其他決策能力的表現也有顯著進步。

比較學生水資源相關概念前後測的成績，發現透過拼圖式合作學習學生的水資源相關概念有顯著進步，顯示本課程有助於學生學習水資源相關概念。誠如 Kolkman 等人(2005)所認為的學生在複雜情境中可藉由成員間彼此分享而獲得各種心智模型(mental models)，尤其是透過拼圖式合作學習，讓學生可以分享彼此學習相關的概念和經驗，進而增進其概念的學習(Kam-wing, 2004; Pata & Sarapuu, 2001)。未來設計課程時若課程主題涵蓋多個領域，可分成數個與課程相關的領域知識讓學生分組進行研讀後再作分享，以強化合作學習的效益，故建議複雜環境議題相關課程設計可使用拼圖式合作學習。

本研究依據分析決策能力測驗評分標準分析課堂中各組學生所寫的學習單，研究結果發現，在學習單中「訂出正確判準」的階段表現較好的組別，表示其作決策前的考量較為周詳，且訂出的判準較為適當，其在「評估」與「決策」階段的表現也會比較好。尤其在判斷理由正確性與風險評估間有顯著的正相關，表示學生若能提出較適當的理由，將有助於其在「決策」階段的風險評估與作決定。呼應 Chasek (1997)、Kolkman 等人(2005)以及 Pata 與 Sarapuu (2001)的觀點，決策者考慮的面向越周詳，越有助於訂出適切的判準和明智的決定。因此，學生在環境議題的合作學習過程，可以經由與其他同學討論的過程獲得更多不同面向的觀點，而作出較佳的決定。

Kolkman 等人在 2005 年的研究認為，學生學習作決策時應該讓學生依據決策理論一步一步往前，經由循序漸進的方式教學，學生才能作出較適當的選擇。本研究在學習單的設計上，雖然沒有直接告知學生決策理論的順序，但是學習單的設計順序則是依據決策理論的順序設計。這種方式先引導學生分析問題之後再進行評估與決定，有助於引導學生按部就班完成每一個步驟。未來研究可比較引導式的課程設計(本研究研發的課程)和開放式的課程設計(只提供情境和學習任務，學生自行完成作決策的過程)對學生決策能力上的影響。

過去環境議題相關文獻中大多強調介入性課程對學生在批判思考、問題解決能力、作出明智的決定、對環境保育的態度和行動的採取等的整體進步情形(林樹聲, 2005; 張俊彥、程上修, 2000; 許世璋, 2003; 黃志豪、劉惠元, 2006; 劉潔心、晏涵文, 1997; Grace, 2009; Kolstø, 2006; Oulton, Dillon, & Grace, 2004), 較少探討引導學生針對環境議題進行決策時所經歷的決策步驟和決策表現。本研究研發的模組旨在引導學生從訂定判準、檢視和評估資料到作決策的學習歷程，嘗試培養學生針對環境議題以客觀和科學方法來作決定，對學習成效的評估上不僅整體評估課程前後的學習成效，亦分析學生的學習單來了解學生如何在複雜的環境議題情境下進行決策以及在不同決策步驟的表現之間的關聯所在，試圖釐清學生在不同決策步驟的表現如何相互影響。

伍、結論與建議

本研究的課程設計是希望學生透過拼圖式合作學習，學習如何在複雜的環境議題中作決策，課程進行中學生必須研讀與討論環境議題的相關概念，並於水資源議題中將所學習的概念運用在作決策的過程。此課程強調提供必要的引導，讓學生根據自己的背景知識作出適當的判準後，再依據判準檢視資料並判斷各地點的合適與否，最後作出最佳的決定和評估所作決定的優劣。研究結果發現，參與課程的學生經由拼圖式合作學習獲得相關概念後，其決策能力有顯著進步。進一步分析學習單發現，學生的課堂學習單呈現出越完整的考慮因素和判準者，其評估與判斷的得分同樣會比較高。亦即能夠訂出較完整判準的小組，在選擇地點與評估地點的判斷上也較為完整，較能作出有科學依據的決定。

此外，本研究透過拼圖式合作學習引導學生在複雜情境下學習環境議題，顯示參與課程的學生透過拼圖式合作學習可讓專家小組成員回到原始小組時，

經由討論的過程讓同組成員獲得環境議題所涉及的相關概念，進而能夠讓小組進行決策時可綜合考慮問題所涉及的數個面向後作成較適當的決策。本研究經由單組前後測研究設計所得到的研究發現，雖無法與傳統教學比較學習成效，但是在量化和質性資料相輔相成下，可以顯示學生參與 GIS 融入環境議題課程的拼圖式合作學習過程中如何發展出決策能力和概念理解。因此，建議未來設計環境議題相關課程時，若課程主題涵蓋多個領域，可將課程依據領域的不同，先讓學生使用拼圖式合作學習分別進行研讀後，再針對議題進行討論和探索，以增進學習效益。

參考文獻

- 王如玉(1997)。問題解決教學模組對高一學生學習影響之初探(未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學，臺北市。
- 林樹聲(2005)。通識教育中科學課程之環境議題單元設計與教學建議—以全球暖化議題為例。《南華通識教育研究》，2(2)，27-42。
- 林聰武(1996)。利用地理資訊系統製作地理性電腦輔助教學系統。《教育資料與研究》，13，63-70。
- 周何總、邱德修(1987)。《國語活用詞典》。臺北市：五南書局。
- 柯華葳(1994)。問題解決教學模式及其在環境教育上的應用。《科學教育學刊》，2(1)，1-37。
- 張子超(2005)。九年一貫課程環境教育能力指標的涵義與架構。《教育研究月刊》，139，5-15。
- 張俊彥、程上修(2000)。在地球科學課融入創造性問題解決及合作學習策略之初探研究。《科學教育學刊》，8(3)，251-272。
- 張春興(2004)。《教育心理學》。臺北市：東華書局股份有限公司。
- 莊英慧、熊召弟、耿筱曾、甘漢銑(2000)。臺北縣國小六年級學童水的知識理解、水資源保育態度與行為之相關研究。《環境教育學刊》，7，55-80。
- 教育部(2003)。《科學教育白皮書》。2009年5月20日，取自：
http://www.nioerar.edu.tw/education/edu_whitebook.jsp。
- 教育部(2008)。《基礎地球科學課程綱要》。臺北市：教育部。
- 許世璋(2003)。大學環境教育課程對於環境行動與其它環境素養變項之成效分


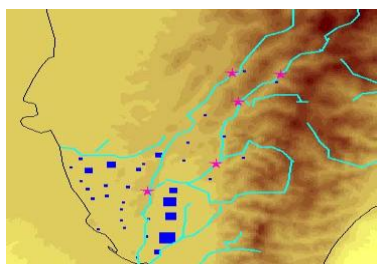

- 析。科學教育學刊，11(1)，97-119。
- 陳怡靜(2004)。STS 理念之教學對國小學童學習溫室效應之影響(未出版之碩士論文)。國立彰化師範大學，彰化市。
- 黃志豪、劉惠元(2006)。以議題中心教學法之結構性爭論模式進行環境議題教學之初探。科學教育研究與發展季刊，43，1-25。
- 黃萬居、黃詩惠、楊宇婷(2008)。運用 STS 教學將環境教育融入國小生活課程之研究。環境教育學刊，9，19-36。
- 劉潔心、晏涵文(1997)。師範院校環境教育界入研究-著重師院學生負責任環境行為及相關因素之成效分析。載於八十六年度環境教育研討會論文彙編(頁49-84)，高雄市。
- Aronson, E., Blaney, N., Stephan, C., Skies, J., & Snapp, M. (1978). *The jigsaw classroom*. Beverly Hills, CA: Sage Publications.
- Artut, P. D., & Tarim, K. (2007). The effectiveness of Jigsaw II on prospective elementary school teachers. *Asia-Pacific Journal of Teacher Education*, 35, 129-141.
- Ausubel, D. P., & Robinson, F. G. (1969). *School learning: An introduction to educational psychology*. New York, NY: Holt, Rinehart and Winston.
- Barnes, D. L., & Miller, K. (1989). *The decision-making skillbook*. Portland, ME: J. Weston Walch.
- Baumberger, H. M. (2005). Cooperative learning and case study: Does the combination improve students' perception of problem-solving and decision making skills? *Nurse Education Today*, 25, 238-246.
- Bell, D. E. (1982). Regret in decision making under uncertainty. *Operations Research*, 30, 961-981.
- Chang, C. Y. (1996). *The effect of a problem-solving based instructional model on the achievement and alternative frameworks of ninth grade earth science students in Taiwan*. Unpublished doctoral dissertation, The University of Texas at Austin, Austin, Texas.
- Chasek, P. (1997). A comparative analysis of multilateral environmental negotiations. *Group Decision and Negotiation*, 6, 437-461.
- Cohen, M. D., March, J. G., & Olsen, J. P. (1972). A garbage can model of organizational choice. *Administrative Science Quarterly*, 17, 1-25.

- Dahlgren, M. A., & Öberg, G. (2001). Questioning to learn and learning to question: Structure and function of problem-based learning scenarios in environmental science education. *Higher Education, 41*(3), 263-282.
- Decrop, A. (2006). *Vacation decision making*. Cambridge, MA: CABI.
- DeVries, D. L., & Edwards, K. J. (1978). Bicultural learning teams and race relations in the classroom: Fourfield experiments using Teams-Games-Tournament. *Journal of Educational Psychology, 70*(3), 356-362.
- Dewey, J. D. (1910). *How we think*. Boston: D. C. Heath.
- D’Zurilla, T. J., & Goldfried, M. R. (1971). Problem solving and behavior modification. *Journal of Abnormal Psychology, 78*, 107-126.
- Easton, A. (1976). *Decision making : A short course in problem solving for professionals*. New York, NY: Wiley.
- Edelson, D. C. (1998). Visualization for learners: A framework for adapting scientists' tools. *Computers & Geosciences, 24*, 607-616.
- Edwards, W. (1954). The theory of decision making. *Psychological Bulletin, 41*, 380-417.
- Gagné, E. D., Yekovich, C. W., & Yekovich, F. R. (1993). *The cognitive psychology of school learning*. New York, NY: Harper Collins College Publishers.
- Grace, M. (2009). Developing high quality decision-making discussions about biological conservation in a normal classroom setting. *International Journal of Science Education, 31*(4), 551-570.
- Grünig, R., & Kühn, R. (2005). Developing and evaluating options. *Successful Decision-making: A systematic approach to complex problem* (pp. 99-122). New York: Springer.
- Harwell, M. A. (1998). Science and environmental decision making in South Florida. *Ecological Applications, 8*(3), 580-590.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1987). *Learning together and alone: Cooperation, competition, and individualization*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Kagan, S. (1994). *Cooperative learning*. San Juan Capistrano, CA: Kagan Cooperative.
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1979). Prospect theory: An analysis of decisions under risk. *Econometrica, 47*, 263-291.

- Kam-wing, C. (2004). Using 'Jigsaw II' in teacher education programmes. *Hong Kong Teachers' Centre Journal*, 3, 91-97.
- Knapp, D., & Barrie, E. (2001). Content evaluation of an environmental science field. *Journal of Science Education and Technology*, 10(4), 351-357.
- Kolkman, M. J., Kok, M., & Veen, A. (2005). Mental model mapping as a new tool to analyse the use of information in decision-making in integrated water management. *Physics and Chemistry of the Earth*, 30, 371-332.
- Kolstø, S. D. (2006). Patterns in students' argumentation confronted with a risk-focused socio-scientific issue. *International Journal of Science Education*, 28(14), 1689-1716.
- Kundel, H. L., & Polansky, M. (2003). Measurement of observer agreement. *Radiology*, 228, 303-308.
- Liu, S. X., & Zhu, X. A. (2008). Designing a structured and interactive learning environment based on GIS for secondary geography education. *Journal of Geography*, 107(1), 12-19.
- Neumann, J., & Morgenstern, O. (1944). *Theory of games and economic behavior*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Oulton, C., Dillon, J., & Grace, M. M. (2004). Reconceptualizing the teaching of controversial issues. *International Journal of Science Education*, 26(4), 411-423.
- Pata, K., & Sarapuu, T. (2001). Application of cooperative learning environment in developing students' environmental decision-making skills. *World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications* (pp. 1456-1458). Chesapeake, VA.
- Pata, K., Lehtinen, E., & Sarapuu, T. (2006). Inter-relations of tutor's and peers' scaffolding and decision-making discourse acts. *Instructional Science*, 34, 313-341.
- Pokras, S. (1994). *Team problem solving: Reaching decisions systematically*. Retrieved June 12, 2009, from the World Wide Web: <http://site.ebrary.com/lib/ntnlib/docDetail.action?docID=10058909>.
- Policansky, D. (1998). Science and decision making for water resources. *Ecological Applications*, 8(3), 610-618.

- Radinsky, J., Alamar, K., Leimberer, J., Rodriguez, C., & Trigueros, J. (2005). Science investigations with GIS: Helping students develop the need to know more. *ISTA Spectrum*, 31(2), 34-42.
- Ratcliffe, M. (1997). Student decision-making about socio-scientific issues within the science curriculum. *International Journal of Science Education*, 19(2), 167-182.
- Slavin, R. E. (1995). *Cooperative learning: Theory, research, and practice*. Boston, MA: Allyn and Bacon.
- Simon, H. A. (1955). A behavioral model of rational choice. *Quarterly Journal of Economics*, 69, 99-118.
- Stefanou, C. R., Perencevich, K. C., DiCintio, M., & Turner, J. C. (2004). Supporting autonomy in the classroom: Ways teachers encourage student decision making and ownership. *Educational Psychologist*, 39(2), 97-110.
- Stylinski, C., & Smith, D. (2006). Connecting classrooms to real-world GIS-based watershed investigations. *ESRI Educators Users Conference*, 7, 1-7.
- Tallman, I., & Gray, L. N. (1990). Choices, decisions, and problem-solving. *Annual Review of Sociology*, 16, 405-433.
- Thompson, S. J. (2001). *Decision-making in planning and teaching*. New York, NY: Longman.
- Zahm, B. (2005). *Investigations in environmental science*. Armonk, NY: Herff Jones Education Division.

附錄一 MyWorld GIS 功能說明與應用

功能說明	在教學上應用	MyWorld GIS 範例																																										
<p>MyWorld GIS 可點選適合的圖層</p>	<p>課程中給予相當多的資料，但並非每個資料從頭到尾都會用到，必須點選相關圖層檢視。圖層中有眼睛符號者代表正在瀏覽之圖層。</p>																																											
<p>MyWorld GIS 可依據數值的大小顯示在圖層中</p>	<p>學生進行判斷時，將顯示符號依數值大小排列，則無需查詢文字資料即可知道各地數值大小的關係。範例中點越大的代表其數值越大。</p>																																											
<p>MyWorld GIS 可計算地圖中的距離與面積</p>	<p>進行判斷時，常要計算面積與長度，MyWorld GIS 可以將圖層中的面積與長度計算出來，作為判斷之用。</p>	 <table border="1" data-bbox="863 1048 1228 1401"> <caption>"Drainage basin A" 圖層表格</caption> <thead> <tr> <th colspan="3">視窗</th> </tr> <tr> <td colspan="2">One Record (of 1)</td> <td>尋找...</td> </tr> <tr> <th>區域 (計算)</th> <th colspan="2">邊緣 (計算)</th> </tr> <tr> <th>m²</th> <th colspan="2">m</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>388,493,952</td> <td>99,374.375</td> </tr> </tbody> </table>	視窗			One Record (of 1)		尋找...	區域 (計算)	邊緣 (計算)		m ²	m		1	388,493,952	99,374.375																											
視窗																																												
One Record (of 1)		尋找...																																										
區域 (計算)	邊緣 (計算)																																											
m ²	m																																											
1	388,493,952	99,374.375																																										
<p>MyWorld GIS 可直接將數值輸入 GIS 系統</p>	<p>教師可將課程所需的數值依照經緯度座標輸入 GIS 系統中，學生可在地圖中查詢資料，如有必要，可以轉化成文字檔呈現。</p>	<table border="1" data-bbox="849 1440 1249 1715"> <tbody> <tr><td>1</td><td>Kaohsiung City</td><td>595</td></tr> <tr><td>2</td><td>Fongshan City</td><td>17</td></tr> <tr><td>3</td><td>Gangshan Township</td><td>23,688</td></tr> <tr><td>4</td><td>Cishan Township</td><td>473</td></tr> <tr><td>5</td><td>Meinong Township</td><td>5,056</td></tr> <tr><td>6</td><td>Daliao Township</td><td>31,338</td></tr> <tr><td>7</td><td>Linyuan Township</td><td>2,128</td></tr> <tr><td>8</td><td>Renwu Township</td><td>4,896</td></tr> <tr><td>9</td><td>Luzhu Township</td><td>73,069</td></tr> <tr><td>10</td><td>Dashu Township</td><td>3,036</td></tr> <tr><td>11</td><td>Niaosong Township</td><td>3,534</td></tr> <tr><td>12</td><td>Ziguan Township</td><td>15,099</td></tr> <tr><td>13</td><td>Ciaotou Township</td><td>11,390</td></tr> <tr><td>14</td><td>Jiading Township</td><td>22</td></tr> </tbody> </table>	1	Kaohsiung City	595	2	Fongshan City	17	3	Gangshan Township	23,688	4	Cishan Township	473	5	Meinong Township	5,056	6	Daliao Township	31,338	7	Linyuan Township	2,128	8	Renwu Township	4,896	9	Luzhu Township	73,069	10	Dashu Township	3,036	11	Niaosong Township	3,534	12	Ziguan Township	15,099	13	Ciaotou Township	11,390	14	Jiading Township	22
1	Kaohsiung City	595																																										
2	Fongshan City	17																																										
3	Gangshan Township	23,688																																										
4	Cishan Township	473																																										
5	Meinong Township	5,056																																										
6	Daliao Township	31,338																																										
7	Linyuan Township	2,128																																										
8	Renwu Township	4,896																																										
9	Luzhu Township	73,069																																										
10	Dashu Township	3,036																																										
11	Niaosong Township	3,534																																										
12	Ziguan Township	15,099																																										
13	Ciaotou Township	11,390																																										
14	Jiading Township	22																																										

附錄二 水資源概念測驗

題組一：

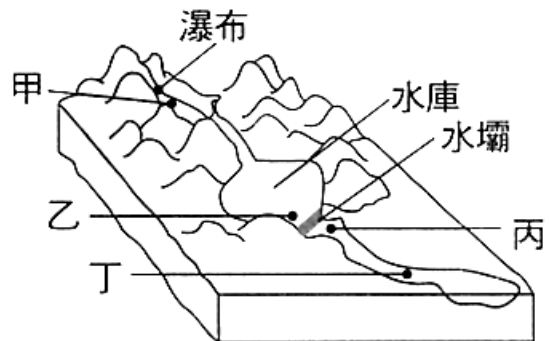
某日賴小安到南部旅遊觀光，在台南下車之後，賴小安決定在地圖上找找有沒有哪些值得遊覽的地點，他發現一件很有趣的事情，就是在南臺灣地區，有許多的水庫，這麼密集的水庫和埤塘，賴小安決定去參觀一個歷史著名的水庫-烏山頭水庫。

在參觀水庫之後，賴小安又轉往七股鹽場旅遊，這裡展示了早期臺灣地區製鹽的方法，他回想起家裡有一張泛黃的照片，照片裡有很多人在裡面忙進忙出的，許多鹽經過蒸發之後留了下來，這種曬鹽的方法，也曾經幫助這個島上的人攝取足夠的鹽分。

- () 1. 烏山頭水庫位於曾文溪上，對於當地的人有著卓越的貢獻，請問下列哪一項不是水庫的貢獻？
(A)灌溉農田 (B)防止洪水 (C)水力發電 (D)防止河川淤積
- () 2. 文中最後有提到，賴小安在回想起泛黃的照片時，發現很多人忙進忙出的，大家為了曬鹽的工作而努力著，請問照片中最有可能是哪一個季節？
(A)春 (B)夏 (C)秋 (D)冬
- () 3. 請問在這個季節中，臺灣地區主要的雨量來源為哪一個氣候系統？
(A)東北季風 (B)西南季風 (C)颱風 (D)梅雨

題組二：

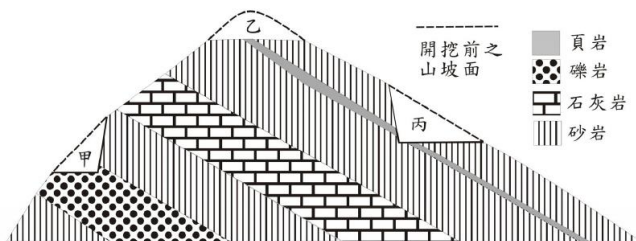
右圖一是某條河川建成水庫之後的示意圖，原先在這個地方有一條河川經過，後來因為城市的發展，所以需要更多的水資源，最後政府在河川的中游地區建造了一個水庫，提供城市所需的水資源，結果過幾年之後，人們發現這條河川有著極大的改變。



在 2005 年 8 月，瑪莎颱風來襲，侵襲臺灣北部地區，結果造成桃園地區因為石門水庫無法供水，結果停水停了十九天，當時所有政府首長都非常驚訝，為什麼颱風過後反而造成無水可用的窘境，在自來水公司日夜緊急趕工下，好不容易暫時恢復桃園地區的供水。

- () 4. 請問在水庫建好後，這條河川在那個地方的泥沙量減少的量有可能最大？
(A)甲 (B)乙 (C)丙 (D)丁
- () 5. 在甲這個地方，在水庫完成之後，隔一段時間發現水庫的水質有優養化的現象，請問下列哪一個原因可能是造成優養化的主要因素？
(A)水庫的水位增加 (B)高山上農田的肥料經過雨水沖刷進入水庫
(C)水庫中魚類大量繁殖 (D)河川泥沙大量淤積
- () 6. 當水庫落成的時候，請問這條河川位於乙處的河水流速如何改變？
(A)流速變快 (B)流速變慢 (C)流速不變 (D)不一定
- () 7. 請問在文章後面一段有提到桃園缺水的問題，請問颱風對水庫會造成什麼影響而使供水出問題？
(A)因為颱風只有強大的風勢，所以水源不足
(B)要等西南氣流進入，才会有強大的雨勢
(C)水庫底部的泥沙被翻攪，水中濁度增加
(D)大量的泥沙進入水庫，水中濁度升高

題組三：

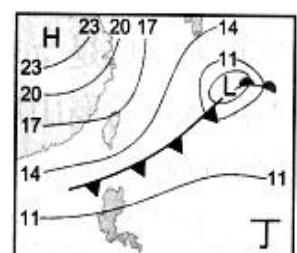
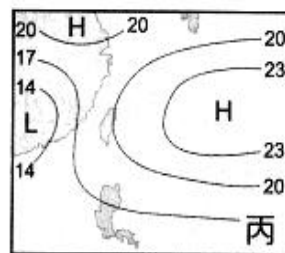
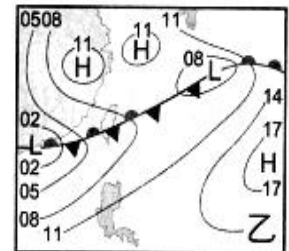
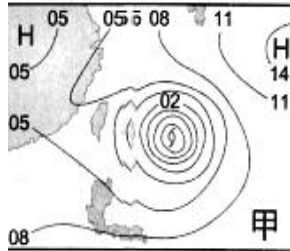


上圖二為某一地區的地質剖面圖，因為在都市中心的土地已經達飽和的狀態，所以為了要增加建築面積，因此決定開發此山坡地，在這邊有建商在不同的地點進行開發，請根據上圖回答以下問題。

- () 8. 如果你想要在這個地方居住，請問你覺得圖二上那個地方建築物應該最「不安全」？(A)甲 (B)乙 (C)丙 (D)都很安全
- () 9. 請問當建商在甲地開發的時候，底部所挖出來的岩石應該是在哪種環境下形成的？(A)河川中上游 (B)河川下游 (C)海洋 (D)岩漿噴發

題組四：

右邊四張圖為臺灣地區附近的氣象圖，在此四張圖中各代表不同季節的天氣狀況，請根據臺灣地區的天氣現象，選取最適切的天氣圖。



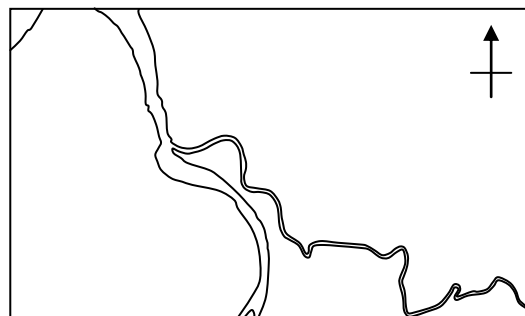
- () 10. 有一天小麥發現當他早上起來的時候，天氣溫度大概是 10 度的溫度，外面飄著毛毛細雨，請問可能是哪一種天氣狀況？
 (A)甲 (B)乙 (C)丙 (D)丁
- () 11. 臺灣地區每年大概四、五月的時候都會有一種天氣狀況來紓解臺灣地區的旱象，請問是哪一種天氣狀況呢？
 (A)甲 (B)乙 (C)丙 (D)丁

題組五：

閱讀下列短文(節錄自聯合報，民國九十年十月一日)後，回答下列問題：

民國 90 年 9 月 16 日至 17 日，納莉颱風帶來驚人雨量形成洪水，重創大臺北地區。

流經大臺北地區的河流有淡水河(廣義的淡水河包括它上游的大漢溪)、基隆河等。淡水河出海前，先與基隆河在社子島附近會合。基隆河發源於標高 500 公尺的臺北縣菁桐山，從發源地至



它與淡水河交會處，全長約 86 公里；淡水河發源於大霸尖山附近標高約 3500 公尺的品田山，全長約 15.9 公里。依 200 年洪水頻率，基隆河的最大洪水流量為每秒 2300 公噸，而淡水河的最大洪水流量約是基隆的 10 倍之多。

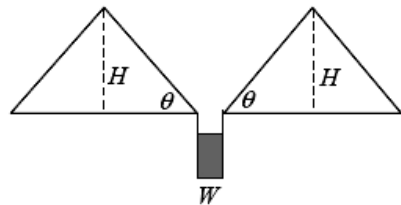
臺北氣象觀測站測得 9 月 16 日單日降雨量為 425 公厘，此外大臺北地區當

天深夜適逢大潮，在這一段大潮時間前後，臺北盆地漲水恰巧有一次高峰。

水利技師曾指出大臺北地區的防洪工程，淡水河右(東)岸堤防總是比左(西)岸先加高，而早期基隆河南岸堤防總是比北岸完整，故批評上述防洪工程近乎「以鄰為壑」。

- () 12. 比較淡水河與基隆河兩者河床的平均坡度和相同截面積處河水平均流速，下列敘述何者正確？
- (A) 淡水河的河床平均坡度和平均流速均較大
 - (B) 淡水河的河床平均坡度和平均流速均較小
 - (C) 淡水河的河床平均坡度較大，但平均流速較小
 - (D) 淡水河的河床平均坡度較小，但平均流速較大
- () 13. 如上圖所示，流經臺北縣市的淡水河大致由南往北流，基隆河大致為由東向西流，而從短文得知大臺北的防洪工程，淡水河右岸堤防築得比左岸高，而早期基隆河南岸堤防築得比北岸完整。假設防洪工程設施通常以優先保護較多住家和商業區為考量，則臺北市位於社子島附近上述兩河交會點之哪一方位應該擁有較多的住家和商業區段？
- (A) 東北 (B) 西北 (C) 西南 (D) 東南

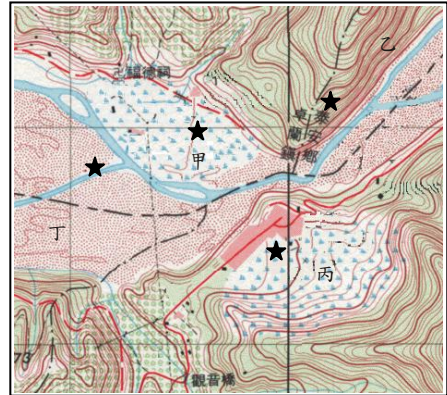
- () 14. 如右圖為一水庫與兩座山的鉛直截面示意圖，底部的長方形凹槽代表水庫，而兩側的等腰三角形則代表山。為估計山區豪雨對水庫水位的影響，假設沿垂直於紙面的方向延伸時，水庫與兩山的



鉛直截面都不變，因此水庫兩側的山坡可視為傾斜角 θ 為 45° 的平面斜坡。若山區降雨量為 400 公厘，山高 H 為 500 公尺，水庫寬度 W 為 100 公尺，且下降於水庫兩側山坡的雨水全部流入並蓄積於水庫中，則水庫的水位會因而增高多少公尺？(A)2 (B)4 (C)42 (D)20

題組六：

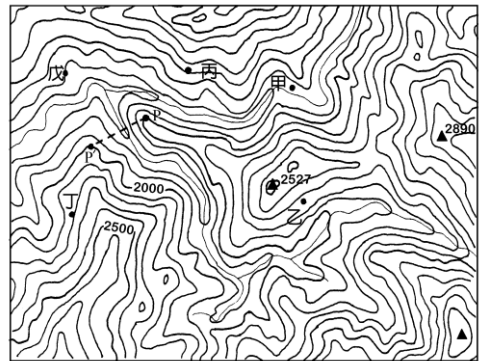
圖三是臺灣某地的等高線地形圖，圖中每一網格的邊長代表實際距離 1 公里，等高線間距為 10 公尺，河流是由東往西流。



- () 15. 請問在圖中的甲地最有可能在當地發生哪種天然災害？(A)洪水 (B)山崩 (C)地震 (D)火山
- () 16. 如果今天想在甲乙丙丁四個地方中選擇一個坡度最陡的地方作為軍方的雷達站，請問哪一個地方最適合？(A)甲 (B)乙 (C)丙 (D)丁

題組七：

右圖四是臺灣某地的等高線地形圖，在這張圖中我們可以看到有一條河川流過（河川以藍色線條表示），而在 P—P' 之間有一座橋樑橫跨在上面，請依據本圖回答以下問題。



- () 17. 環保局派員在橋樑下採樣檢測水質，發現有高度的農藥殘餘。這些農藥最有可能來自於下列那一個地區？(A)乙 (B)丙 (C)丁 (D)戊
- () 18. 承上題，請問一般而言，如果上游工廠、農場等地沒有太大改變的話，豐水期跟枯水期哪一個時期河川的污染指數通常會比較高？(A)豐水期 (B)枯水期 (C)都一樣

題組八：

在 1999 年 9 月 21 日凌晨 1 時 47 分 15.9 秒，許多人在睡夢中突然驚醒，一陣天搖地動中，這起世紀末的天然災害已然降臨臺灣。

此次地震震央在北緯 23.85 度、東經 120.82 度、即在日月潭西偏南方 9.2 公里處，也就是位於臺灣南投縣集集鎮，震源深度 8.0 公里，芮氏規模達 7.3。此次地震是因車籠埔斷層的錯動，並在地表造成長達 105 公里的破裂帶。全島

均感受到嚴重搖晃，共持續 102 秒，該地震造成 2415 人死亡、29 人失蹤、11306 人受傷、近 11 萬戶房屋全倒或半倒。

臺灣地處於兩板塊交界處，時有地震發生，在新生代時期，兩板塊不斷的擠壓，造成臺灣島的造山運動，與臺灣島的生成有密不可分的關係，可是這也造成了臺灣地區一系列的活斷層與地震。

- () 19. 這次的地震中，是由於臺灣的活斷層斷裂所引起的，請問臺灣的斷層大多屬於何種斷層？(A)正斷層 (B)逆斷層 (C)平移斷層 (D)轉型斷層
- () 20. 本次地震規模達 7.3，請問地震規模所指的意義為何？(A)地震的加速度 (B)地震搖晃的程度 (C)地震所釋放的能量 (D)地震所產生的破壞

題組九：

某年夏天我們到南橫公路進行實地考察，南橫公路的前身為日治時代的理蕃警備道「關山越嶺道」，現今的南橫公路，起點位於高雄縣甲仙鄉，終點位於台東的海端，在沿途中，我們可以發現有部分山壁打上了水泥，並且在水泥中插上了許多管子。

在甲仙附近，沿途都是灰黑色的泥岩與砂岩，我們進入一個山洞，想不到在山洞中別有洞天，在山洞中我們發現許多貝類的化石，而在寶來地區，這裡也以溫泉聞名。

在寶來住一個晚上之後，我們沿著南橫公路往台東方向前進，走著走著，旁邊的岩石已經開始變成板岩，在此的原住民部落，許多人就地取材，直接用這些材料建築房屋，而當地的原住民告訴我們，不要太晚離開天池，否則出現濃霧之後，行車將會非常的危險，因此我們就匆匆的離開此地，到我們當晚住的地方，天龍吊橋。

第三天我們發現，旁邊的地層經過強大的外力，因此產生許多褶皺，而此處所看到的岩石，也變成了片岩、片麻岩等岩石，過了這段路之後，就近入了台東地區，結束了這段南橫之旅。

- () 21. 請問在甲仙地區主要的岩石為何種岩石？(A)火成岩 (B)沈積岩 (C)變質岩

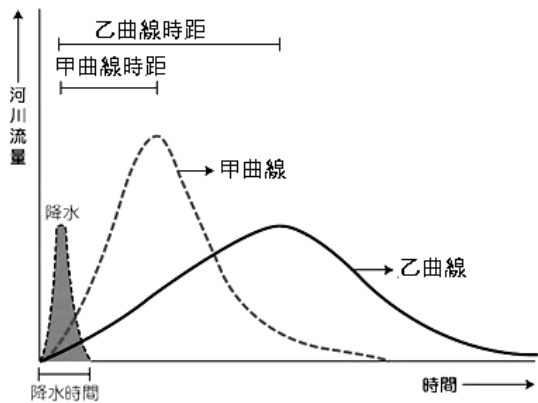


- ()22. 請問在山壁中的水泥，為什麼要插上管子？管子的用途為何？(A)加強山壁的強度 (B)裝飾之用 (C)取地下水之用 (D)排水之用
- ()23. 請問在南橫中，我們看到許多褶皺地形，代表這個地方主要受到哪種力的作用？(A)壓力 (B)張力 (C)扭力 (D)錯動力
- ()24. 從甲仙到台東方向，請問岩石變質程度如何改變？(A)越來越高 (B)越來越低 (C)沒有太大改變 (D)不一定

題組十：

右圖為某河川所測得知兩條水文歷線圖，試根據此圖回答下列各題。

- ()25. 哪一條曲線比較可能是都市化之後的結果？(A)甲 (B)乙 (C)無法判定
- ()26. 流域都市化後會有哪些現象發生？
(A)地表滲透量加大
(B)地表逕流量增加
(C)洪峰到達時距增加
(D)降水量增大
- ()27. 下列何者「不是」臺灣地區水災的發生原因？
(A)過度都市化 (B)梅雨帶來豪雨 (C)沿海地層下陷 (D)臺灣河川平緩



附錄三 決策能力測驗

背景：

在日本青森與函館間隔著一道津輕海峽，要往來北海道與本州間的交通，唯一的方法就是依靠渡輪來聯絡兩邊的交通，這種方式既不安全又費時，在這兩個島嶼間，似乎有著高牆般，阻擋了兩邊的交通，這對於國防安全與國家經濟發展而言都是相當不利的因素。

在過往的資料中我們發現，渡輪常常會因為天候等因素而延誤時間，風浪過大還會因此停駛，這對於需要往來兩邊的人而言，增加了許多不確定的因素。在某一個風雨交加的日子裡，甚至於因為風浪過大，有一艘渡輪翻覆了，在社會輿論的壓力下，政府開始重視這個問題，北海道與本州之間希望能夠有一條安全的道路來往來雙方的交通。

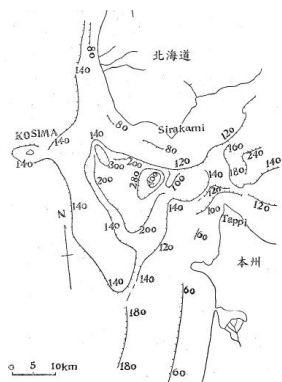
階段一：

為了要解決這個問題，政府決定要建造一條海底隧道來解決這個問題，因此派了許多研究團體收集了很多資料，以下就是傳回來的資料。

右圖的上方為北海道，下方為本州，而在津輕海峽的這些線為等深度線，上面的數字代表深度，數字越多代表的深度越深。

圖片

說明

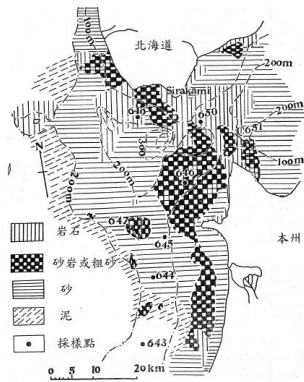


等深度圖

圖片的上方為北海道，下方為本州，而在津輕海峽的這些線為等深度線，上面的數字代表深度，數字越多代表的深度越深。

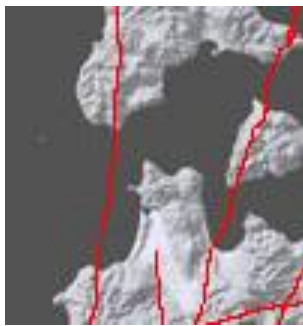
圖片

說明



地質圖

這張地質圖是津輕海峽海底的地質情況，由不同的物質所組成。



斷層圖

這是在津輕海峽附近的活斷層，以紅色線條表示出來的就是活斷層所在的位置。

階段二：

藉由上述資訊，請各位同學整理之後進行判準的建立，首先解釋何謂「判準」？判準就是我們要評估建造隧道的適當路線時我們需要考量的因素，每一條可能的路線當中，一定有它不同的條件，有些路線短但可能比較不安全，有些路線可能建造難度高，我們於評估前要根據各項影響的因素建立一些標準化的方式來檢視各路線的條件，我們稱之為判準。舉例來說，**如果要選擇地點建造機場，那風向固定就是判準之一**，請各位同學在建造隧道上給予三個判準，並說明理由。

1. 請寫出海底隧道判準：

編號	判準	理由
1		
2		
3		

階段三：

2. 當各位同學建立判準之後，接下來要利用這些判準來檢視資料，這裡有三條路線供各位同學選擇，請各位同學依據剛剛訂定的判準來選出最適合的路線。

路線	判準 1：	判準 2：	判準 3：
A	<input type="checkbox"/> 符合 <input type="checkbox"/> 不符合 為什麼：	<input type="checkbox"/> 符合 <input type="checkbox"/> 不符合 為什麼：	<input type="checkbox"/> 符合 <input type="checkbox"/> 不符合 為什麼：
B	<input type="checkbox"/> 符合 <input type="checkbox"/> 不符合 為什麼：	<input type="checkbox"/> 符合 <input type="checkbox"/> 不符合 為什麼：	<input type="checkbox"/> 符合 <input type="checkbox"/> 不符合 為什麼：
C	<input type="checkbox"/> 符合 <input type="checkbox"/> 不符合 為什麼：	<input type="checkbox"/> 符合 <input type="checkbox"/> 不符合 為什麼：	<input type="checkbox"/> 符合 <input type="checkbox"/> 不符合 為什麼：

所以經過判準之後，我選擇路線：_____

3. 請根據判準，請問這條路線需不需要哪些配套措施？

判準 1：

判準 2：

判準 3：

4. 綜合以上資料，請寫出這條路線跟其他路線比較起來，有哪些明顯的優勢存在？

The Effects of GIS Software Embedded in a Cooperative Learning Environment on High School Student Decision Making Abilities and Conceptions in Water Resources

Po-Yu Chen¹ Ying-Shao Hsu^{1,2} Hung-Jean Wu¹ Wei-Hsiu Hsu¹

¹Department of Earth Sciences, National Taiwan Normal University

²Graduate Institute of Science Education, National Taiwan Normal University

*yshsu@ntnu.edu.tw

Abstract

This study aims to examine the changes of students' decision making abilities and conceptions in water resources before and after a well-designed course. We used pretest and posttest experimental methodology to collect the data and the participants were 32 tenth graders from a high school at New Taipei City. The research instruments included a decision making ability test, a conceptual understanding test, and worksheets. The major findings indicated that student's decision making abilities and conceptual understanding about water resources were significantly improved after the course. It is possibly because students shared their gained knowledge with their groupmates through Jigsaw II cooperative learning, and developed their decision making abilities through enlightenment of guidance in the worksheets. Moreover, we integrated "MyWorld GIS" into water resource course which helped students select organized data to judge the options based on the criteria and view the data across more than one layer in a way of spatial distribution. Therefore, this kind of technology infused course promoted students' decision making abilities and conceptual understanding in environment issues. Therefore, it is suggested to embed data managing software (e.g., GIS software) in appropriate instructional designs (e.g., the decision-making approach, Jigsaw II cooperative learning) for learning complex topics such as environmental issues.

Keywords: geographic information system, decision making, Jigsaw cooperative learning, environmental issue instruction

