

全球氣候分區之研究

A Global Climatic Classification Study

沈少文*

Shaw-Wen Sheen

(收件日期 93 年 2 月 27 日；接受日期 93 年 8 月 9 日)

摘 要

氣候變異對人類生活影響日益嚴重，本文目標是使用主成份因子分析方法分析全球地區 1961-1990 月平均降水量和月平均氣溫之空間變化，研究結果顯示主成份因子 1、2 及 3 分別解釋 55%、21% 及 14% 之全球地區月平均降水量和月平均氣溫變異，主成份因子 1 與月平均降水量和月平均氣溫呈正相關，主成份因子 2 與月平均降水量呈負相關，主成份因子 2 與月平均氣溫呈正相關，本文使用群落分析方法研究全球地區月平均降水量和月平均氣溫特性，研究結果顯示有 14 個主要氣候分區。

關鍵字: 氣候，降水量，氣溫，主成份因子分析方法，群落分析方法

* 沈少文：台南大學社教系助理教授

Abstract

We live in a world that is increasingly vulnerable to climatic shocks. The aim of this research is to apply principal components analysis to analyze spatial variations in monthly average precipitation and monthly mean temperature data for the period of 1961-1990. The results show that the principal components 1, 2, and 3 explain 55%, 21%, and 14% of the variance in the monthly average precipitation and monthly mean temperature data. Component 1 is positively correlated with monthly average precipitation and monthly mean temperature. Component 2 is negatively correlated with monthly average precipitation and positively correlated with monthly mean temperature. This research used cluster analysis to generate 14 climatic regions in a global scale.

Key words: Climate, Precipitation, Temperature, Principal Components Analysis, Cluster Analysis

1. Introduction

We live in a world that is increasingly vulnerable to climatic shocks (Lamb, 1995). Not too many years ago the concept of climatic change was perceived as a subject that has little but academic importance (Lutgens and Tarbuck, 1992). In the nineteenth and early twentieth centuries it was assumed that climatic changes were a thing of the past or at least that such changes occurred only over vast periods of geologic time. All the observed departures from mean values were thought to be nothing more than what we now call statistical noise. In the year since about 1960, however, the climate has behaved less obligingly than we had become used to earlier in the century (Lamb, 1995). Since then, and especially in the past decade or two, scientists have come to recognize that climate is inherently variable on virtually all time scales (Bradley, 1999; Bryant, 1997; Lutgens and Tarbuck, 1992; Mannion, 1997; Roberts, 1998; Slaymaker and Spencer, 1998). Climate is no longer described as static but rather as dynamic. Furthermore, it is not just the scientific community that has shown increasing interest in climatic change. In recent years governments, as well as the general public, have also become aware of, and shown an interest and concern in, the possible variability of our planet's climate (Lutgens and Tarbuck, 1992).

Many scientists indicated that the extent of changes in climate over the last 100 years or so is greater than was formerly believed; both temperature and rainfall have shown trends which have led periodically to great fluctuations in glaciers, lakes, and river discharges (Goudie, 1992). Lamb (1995) stated that most people regarded climate as an unreliable, shifting, fluctuating thing, sometimes offering briefly unforeseen opportunities but at other times bringing disaster by famine, flood, drought or disease. Many parts of the world have experienced more extremes of weather of various kinds in the last fifteen to twenty-five years than for a long time past and have suffered losses (Lamb, 1995). Therefore, it is important to examine what we know about climate, and its impact on human affairs now and in the historical and prehistoric past, and how we may better understand the problem of climatic fluctuations and changes.

There are an infinite variety of climates over the Earth, every place being slightly different in some aspect from all others (Robinson and Henderson-Sellers, 1999). Consequently in developing a regional climatology must be to develop a classification scheme which allows us to identify major, or in some aspect 'significant', differences in climate (Robinson and Henderson-Sellers, 1999). The aim of this paper is to use principal components analysis and cluster analysis to classify global climatic regions using monthly precipitation and temperature data for the period of 1961-1990.

2. Data

The climate data used in this paper were provided by Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive Center (ORNL DAAC). The Center provided a CD that contains global monthly climate data for the twentieth century (New et al., 1999, 2000a, 2000b). This is a data set of mean monthly surface climate data over global land areas, excluding Antarctica, for nearly all of the

twentieth century. The data set is at 0.5 degree latitude/longitude resolution and includes seven variables: precipitation, mean temperature, diurnal temperature range, wet-day frequency, vapor pressure, cloud cover, and ground-frost frequency. All variables have mean monthly values for the period of 1901-1995, several have data as recent as 1998, and more data will be added by the data originators.

This paper used the monthly average precipitation and monthly mean temperature data for the period of 1961-1990. Figures 1 and 2 show the monthly average precipitation of January and July for the period of 1961-1990. Figures 3 and 4 show the monthly mean temperature of January and July for the period of 1961-1990.

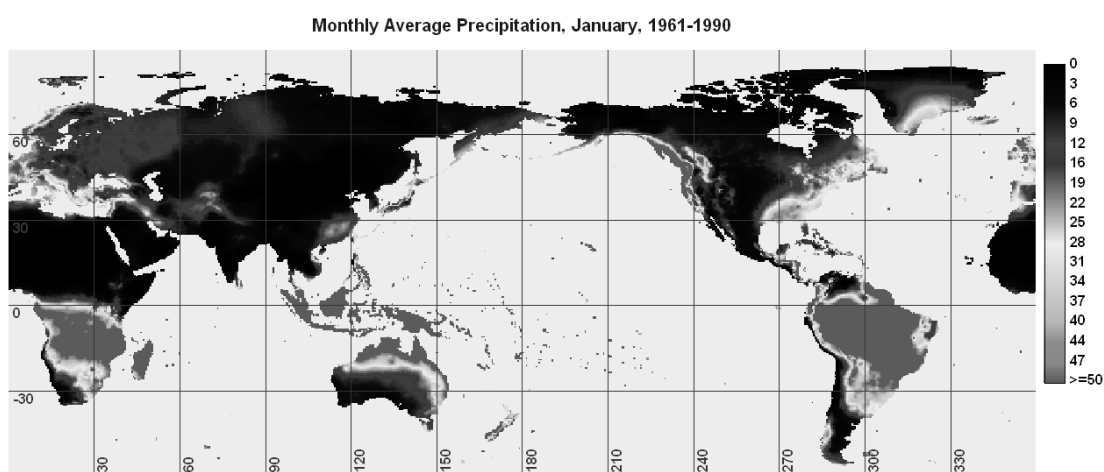


Figure 1. Monthly average precipitation (mm/day \times 10) of January, 1961-1990.

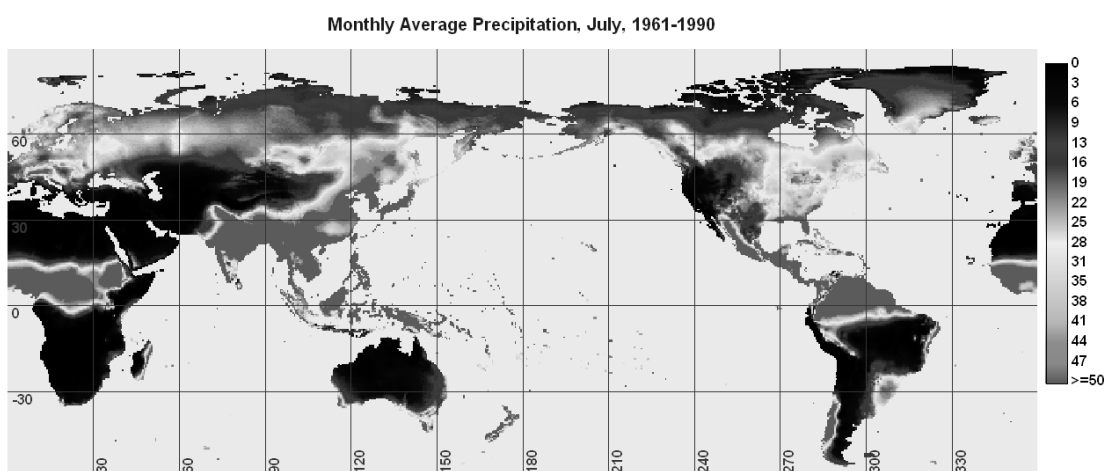


Figure 2. Monthly average precipitation (mm/day \times 10) of July, 1961-1990.

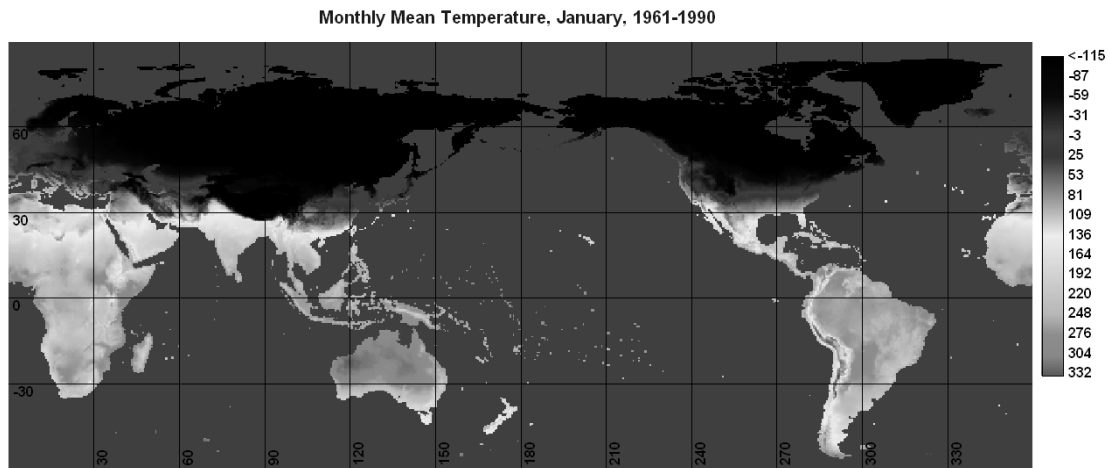


Figure 3. Monthly mean temperature (deg. C \times 10) of January, 1961-1990.

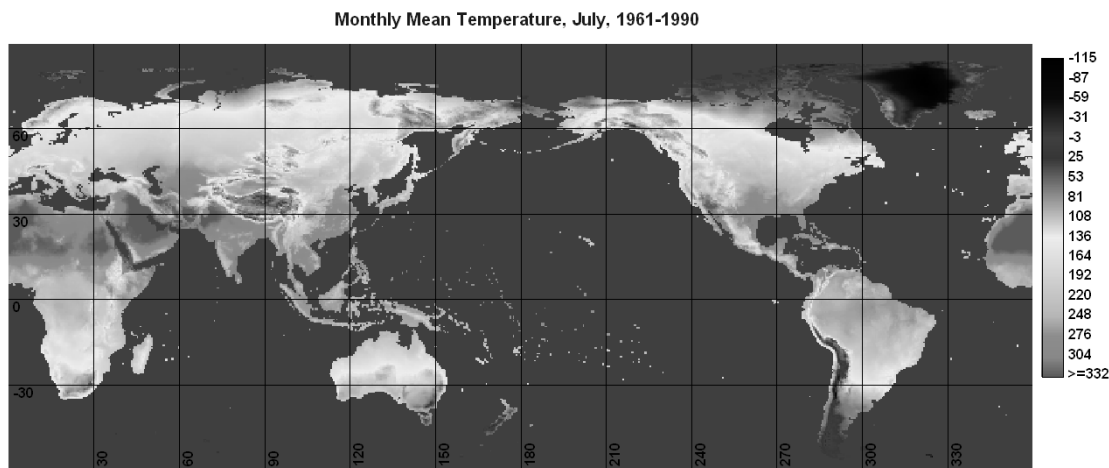


Figure 4. Monthly mean temperature (deg. C \times 10) of July, 1961-1990.

3. Methods

This research used Principal Component Analysis of *IDRISI32 Release 2* (Clarke Labs, 2000) to analyze 12 monthly average precipitation and 12 monthly mean temperature data for the period of 1961-1990. Cluster Analysis of *IDRISI32 Release 2* was used to classify global climate regions.

Principal Components Analysis of *IDRISI32 Release 2* on a set of images produces a new set of images, components that are uncorrelated with each other and explain progressively less of the variance found in the original set of images (Clark Labs, 2001). Cluster Analysis of *IDRISI32 Release 2* provides an unsupervised classification of an image based on the information in a composite image. The aim of unsupervised classification is to uncover the major classes that exist in the image without prior knowledge of what they might be. Unsupervised classification techniques search for clusters of pixels with similar reflectance characteristics in a multi-band image. They are concerned with uncovering the major classes, and thus tend to ignore those that have very low

frequencies of occurrence. Cluster Analysis uses a histogram peak technique. This is equivalent to looking for the peaks in a one-dimensional histogram, where a peak is defined as a value with a greater frequency than its neighbors on either side. Once the peaks have been identified, all possible values are assigned to the nearest peak and the divisions between classes fall at the midpoints between peaks. Here a three-dimensional histogram is used because the composite is derived from three images. A peak is thus a class where the frequency is higher than all of its neighbors. Once the peaks have been located, each pixel in the image can then be assigned to its closest peak, with each such class being labeled as a cluster (Clark Labs, 2001).

4. Results

(1) Principal Components

Table 1 lists the percentages of variance explained by components in 12 monthly average precipitation and 12 monthly mean temperature data. There are 6 principal components that explain higher than 1% of the variance in the original 12 monthly average precipitation and 12 monthly mean temperature data. The components 1, 2, and 3 explain 55.1%, 21.3%, and 13.9% of the variance in the original 24 precipitation and temperature data. Table 1 indicated that the first 3 principal components explain 90% of the variance.

Table 1. Principal Components.

Components	Percentage of Variance	Cumulative Percentage of Variance	Components	Percentage of Variance	Cumulative Percentage of Variance
1	55.12	55.12	5	2.33	96.69
2	21.29	76.41	6	1.55	98.24
3	13.88	90.29	7	0.55	98.79
4	4.07	94.36	8-24		100.00

(2) Loadings of Principal Components

Component loadings were generated for the first 3 components (Tables 2 and 3). Loadings were the correlation values between principal component and each of the original 12 monthly average precipitation and 12 monthly mean temperature data. Tables 2 and 3 indicated that component 1 is positively correlated with monthly average precipitation and monthly mean temperature. Component 2 is negatively correlated with monthly average precipitation and positively correlated with monthly mean temperature. Component 3 is negatively correlated with monthly average precipitation of December, January, February, and March and positively correlated with monthly average precipitation of June, July, August, and September.

Table 2. Component Loadings of Monthly Average Precipitation (1961-1990).

Month	Component 1	Component 2	Component 3
January	0.60	-0.47	-0.59
February	0.61	-0.46	-0.58
March	0.65	-0.51	-0.49
April	0.68	-0.58	-0.18
May	0.64	-0.60	0.26
June	0.48	-0.55	0.62
July	0.40	-0.46	0.74
August	0.42	-0.45	0.74
September	0.52	-0.56	0.57
October	0.61	-0.65	0.13
November	0.60	-0.62	-0.29
December	0.60	-0.53	-0.52

Table 3. Component Loadings of Monthly Mean Temperature (1961-1990).

Month	Component 1	Component 2	Component 3
January	0.90	0.23	-0.11
February	0.91	0.25	-0.08
March	0.93	0.30	-0.03
April	0.92	0.36	0.03
May	0.89	0.42	0.10
June	0.80	0.47	0.17
July	0.72	0.47	0.19
August	0.79	0.46	0.14
September	0.89	0.43	0.06
October	0.93	0.36	-0.01
November	0.92	0.29	-0.06
December	0.91	0.24	-0.10

(3) Spatial Variability of Principal Components

Principal components 1, 2, and 3 were plotted in Figures 5, 6, and 7. For component 1, low-latitude regions have higher values and high-latitude/high-altitude regions have lower values. For component 2, arid/semiarid regions have higher values than other regions. For component 3, tropical regions of southern hemisphere have lower values and monsoon regions of northern

hemisphere have higher values. These principal components show the spatial variability over the original monthly precipitation and temperature data.

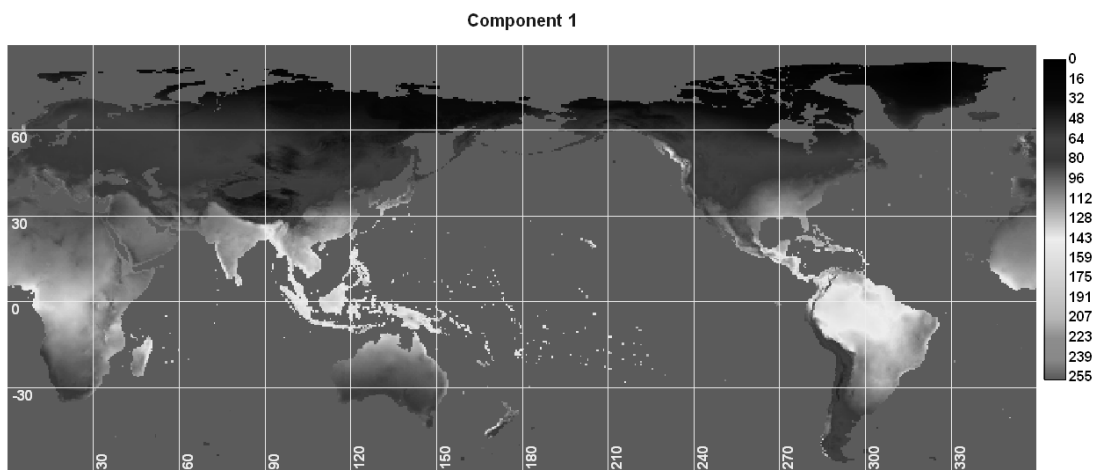


Figure 5. Principal component 1.

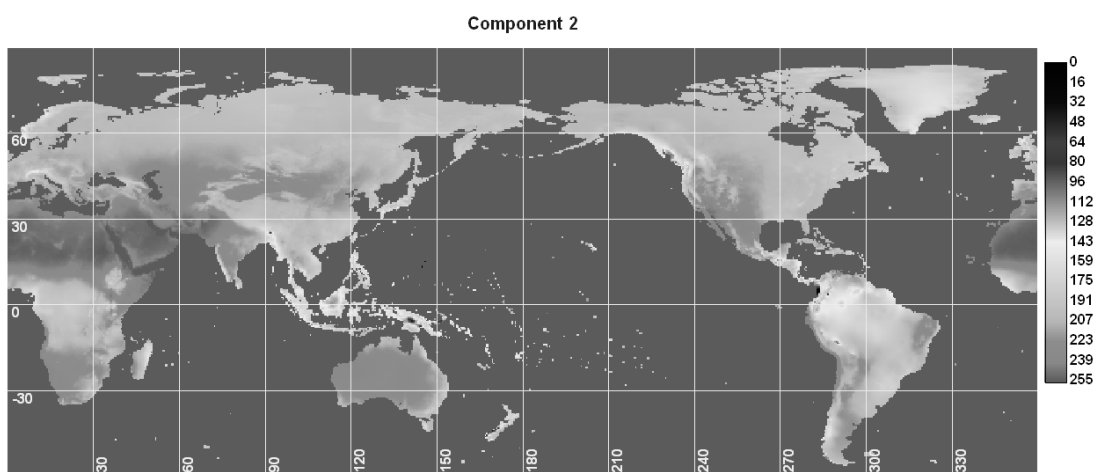


Figure 6. Principal component 2.

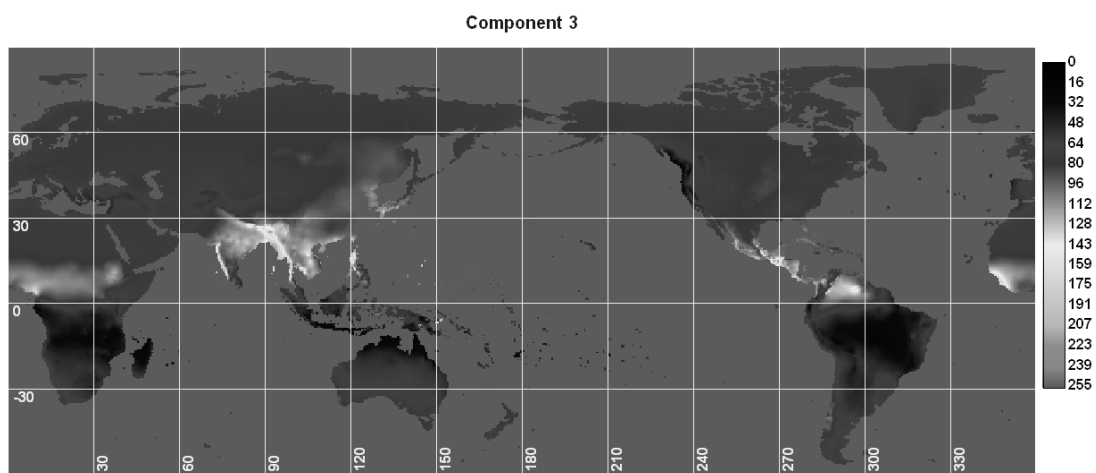


Figure 7. Principal component 3.

(4) Clusters of Monthly Precipitation and Temperature Data

Global precipitation/temperature composite image was produced from combining principal components 1, 2, and 3. Fine clustering of Cluster Analysis in *IDRISI32 Release 2* generated 15 clusters with dropping least significant clusters (<1% of all area) (Figure 8.). The first cluster is ocean. Then, we could identify the other 14 climatic clusters. The result could be useful in the future to improve global climate classification.

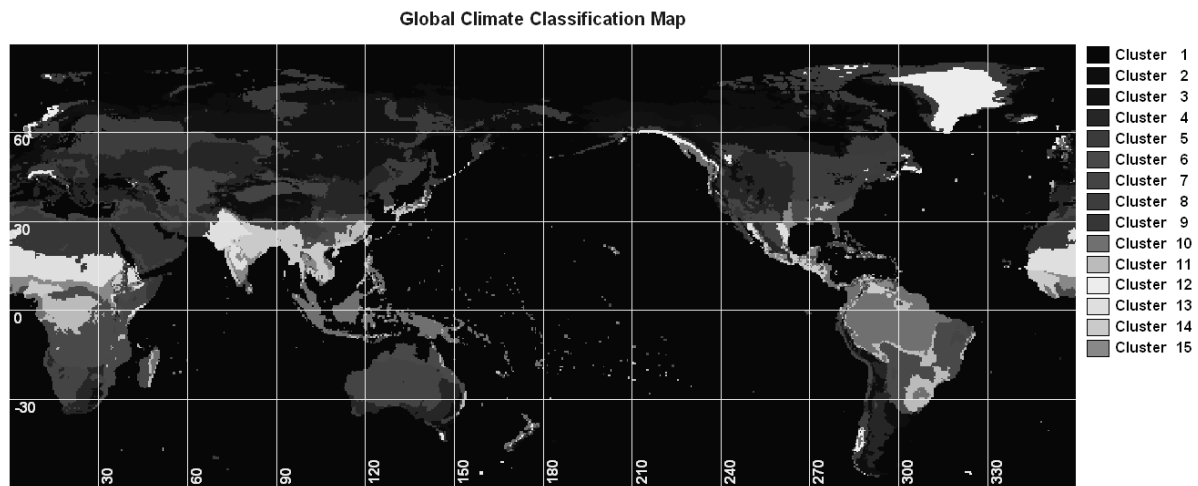


Figure 8. Global climate classification map.

5. Conclusions

This study analyzed spatial variations in monthly average precipitation and monthly mean temperature for the period of 1961-1990 in a global scale. The components 1, 2, and 3 explain 55%, 21%, and 14% of the variance in the monthly average precipitation and monthly mean temperature data. Component 1 is positively correlated with monthly average precipitation and monthly mean temperature. Low-latitude regions have higher values of component 1 and high-latitude/high-altitude regions have lower values of component 1. Component 2 is negatively correlated with monthly average precipitation and positively correlated with monthly mean temperature. Arid/semiarid regions have higher values of component 2 than other regions. Fourteen climatic regions were generated in this research. The result is useful to improve global climate classification in the future work.

6. Acknowledgements

The author thanks the Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive Center, U.S.A. for producing the data in their present form and distributing them. The author also thanks two anonymous reviewers for suggestions to improve the paper.

References

- Bradley, R.S. (1999) *Paleoclimatology*. 2nd ed. Academic Press.
- Bryant, E. (1997) *Climate Process and Change*. Cambridge.
- Clark Labs (2000). *IDRISI32 Release 2*. Clark University, USA.
- Clark Labs (2001). *IDRISI32 Release 2 Guide to GIS and Image Processing Volume 2*. Clark University, USA.
- Goudie, A. (1992) *Environmental Change*. 3rd ed. Oxford.
- Lamb, H.H. (1995) *Climate, History and the Modern World*. 2nd ed. Routledge.
- Lutgens, F.K. and Tarbuck, E.J. (1992) *The Atmosphere*. 5th ed. Prentice.
- Mannion, A.M. (1997) *Global Environmental Change*. Longman.
- New, M., Hulme, M., and Jones, P. (1999) Representing twentieth century space-time climate variability. Part I: Development of a 1961-1990 mean monthly terrestrial climatology. *Journal of Climate*, 12, pp.829-856.
- New, M., Hulme, M., and Jones, P. (2000a) Representing twentieth century space-time climate variability. Part II: Development of a 1901-1996 monthly terrestrial climate field. *Journal of Climate*, 13, pp.2217-2238.
- New, M., Hulme, M., and Jones, P. (2000b) *Global Monthly Climatology for the Twentieth Century*. Data set. Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive Center, Oak Ridge, Tennessee, U.S.A.
- Roberts, N. (1998) *The Holocene*. Blackwell.
- Robinson, P. J., and Henderson-Sellers, A. (1999) *Contemporary Climatology*, 2nd ed., Longman.
- Slaymaker, O. and Spencer, T. (1998) *Physical Geography and Global Environmental Change*. Longman.

購物用塑膠袋限用政策實施成效暨塑膠袋與 不同材質購物袋之比較研究

Implementing Effectiveness Exploring of *Limited Usage Policy of Plastic Shopping Bags* and the Comparison Study between Plastic Bags and Shopping Bags

林明瑞*

張赫廷**

Min-Ray Lin

Ho-Ti Chang

(收件日期 92 年 4 月 6 日；接受日期 93 年 10 月 4 日)

摘要

行政院環保署有鑑於國內垃圾組成中塑膠比例過高，自民國 91 年 7 月 1 日起推行「購物用塑膠袋限用政策」，希望能達塑膠袋減量的目的。然而在推行此一政策的同時，是否真能降低環境衝擊？抑或對整個或局部自然環境造成更多的危害？因此本研究擬以科學、客觀且有效的分析方法「生命週期評估法」針對此一政策推動前後統一（7-11）、全家（Family）二家便利超商及大潤發（RT-MART）、家樂福（Carrefour）二家量販店所提供販售的塑膠袋與購物袋便利商店及量販店所提供之不同規格與材質購物袋，進行研究，本研究將就資源消耗量、購買成本、重複使用比例及價格作分析及比較，並以實際拆解（Disassembly）、盤查（Inventory）與訪談，再運用生命週期評估軟體 SimaPro 分析二者對環境的衝擊。研究結果發現：

以生命週期評估軟體 SimaPro 分析，利用標準化（normalization）後每次使用所產生的環境衝擊作比較，便利超商所提供的購物袋，以相同容量下每次使用所造成的環境衝擊量而言，7-11 中型塑膠袋最環保，為 2.02mPt，其次為 7-11 超商的大型塑膠袋為 2.27mPt，全家超商 20 號塑膠袋最不環保，為 2.70mPt；量販店所提供的購物袋，以不織布材質購物袋最環保，為 1.44mPt，其次 PE 材質購物袋為 2.06mPt，最差的是尼龍購物袋為 6.54mPt。在產品的生產製造、配銷、及廢棄等三階段，以生產階段所佔的環境衝擊比例最高，約為 95~99%。就整個生命週期之三大環境面向衝擊而言，超商販售的塑膠袋與量販店販售的購物袋其衝擊量都集中在資源消耗面向，約佔 70%；其次為人體健康面向，約佔 25%。在能源耗費方面，便利超商所提供的塑膠袋其能源的消耗約佔總環境衝擊的 70%，且隨著所提供塑膠袋的容積愈大，能源消耗所產生的環境衝擊量相對愈小。量販店所提供的購物袋因能源消耗所產生的環境衝擊量，是以尼龍

* 林明瑞：國立台中師範學院環境教育研究所教授

**張赫廷：國立台中師範學院環境教育研究所碩士

材質購物袋最大，為 5.15mpt，其次為厚塑膠袋及 PE 材質購物袋；而以不織布材質購物袋為最小。

便利超商販售的塑膠袋，消費者選擇購買 7-11 超商的大型塑膠袋最划算，因為與其他規格塑膠袋售價相同但有最大容量，且平均一次使用的金額只有 0.30 元；量販店販售的購物袋，在平均一次的使用金額方面，以厚塑膠袋最划算只有 0.22 元，其次為不織布購物袋，為 0.53 元，最貴為尼龍材質購物袋，為 1.73 元，但是省錢的選擇不一定是環保的選擇。

關鍵詞：生命週期評估、環境衝擊、塑膠袋限用政策、重複使用、能源

Abstract

Due to high proportion of plastics in the solid waste, *Environmental Protection Administration (EPA)* implemented “*Limited Usage Policy of Plastic Shopping Bags*” since July 1, 2002 to reach the goal of plastic bags reduction. However, how could it really reduce environmental impact while this policy was implemented? Or, could it cause more danger to whole or local natural environment? Therefore, *Life Cycle Assessment (LCA)*, a scientific, objective and effective method, was used to evaluate the plastic bags and shopping bags provided and sold by *7-11*, *Family* convenient shops and *RT-MART*, *Carrefour* hyper-marts before and after this policy was implemented. In this study, both analysis and comparison matched with disassembly, inventory and interview would be carried out after considering resources consumption, purchasing cost, proportion and times of reuse and price policy to analyze the environmental impact of the shopping bags with life cycle assessment software *SimaPro*. The results of the study were shown as follows:

In the study, *Simapro* software was needed for *LCA* analysis. After normalization, the environmental impact for shopping plastic bags were evaluated based on per time use. The environmental impact caused by shopping bags, which is provided by convenient shops, was evaluated for each time use under equal capacity. The environmental impact of the middle plastic bags provided by *7-11* convenient shops was 2.02 mPt and the most harmless one to environment. The next one was the 2.27mPt of large plastic bag provided by *7-11* convenient shops. The environmental impact of the No. 20 plastic bags provided by *Family* convenient shops was 2.70 mPt, and the most harmful to environment. For the shopping bags provided by hyper-marts, the shopping bag of no-woven fabric material had 1.44 mPt of environmental impact, which was the most harmless one to environment. The next one was the PE material shopping bags (2.06mPt) . And the worst one was the shopping bags of nylon material that had 6.54 mPt of environmental impact.

For the three stages of manufacturing, distribution and sale, and discarding of product, the manufacturing stage, which occupied about 95~99% of total environmental impact, is the highest. For the environmental impact of three aspects of whole life cycle, the environmental impact of resources consumption aspect provided by plastic bags sold by convenient shops and shopping bags sold by hyper-marts, occupied about 70% of all environmental impact. The next aspect is human health, which occupied about 25%. For the energy consumption aspect, the energy consumption of plastic bags provided by convenient shop occupied about 70% of total environmental impact; and the bigger plastic bags were provided, the smaller environmental impact for energy consumption would be caused. For the energy consumption of shopping bags provided by hyper-marts, the environmental impact of nylon shopping bag was the highest, 5.15mPt; the next high ones were thick plastic bag and PE shopping bag.

For the plastic bag sold by convenient shops, the large plastic bag sold by *7-11* convenient shops was the most economic one because, compared with other plastic bags, it had the same price, the maximum capacity and its average usage price was only 0.30NT\$. For the shopping bags sold by hyper-marts, thick plastic bag was the most economic one, just 0.22 NT\$ for per time use, the next one was no-woven shopping bag that was 0.53NT\$. And nylon shopping bag was the most expensive one of 1.73NT\$ for per time use. But the most economic one was not just the same one of more environmental protection.

Keywords : Life cycle assessment, environmental impact, limited usage policy of plastic bag, reuse, energy resource

壹、前言

近年來國內居住環境問題嚴重，環境品質持續惡化，環境品質文教基金會近幾年所公佈之環境痛苦指數居高不下，民國九十年的環境痛苦指數值為 76.05，顯示大多數民眾對其生活環境不甚滿意，其中塑膠空瓶、塑膠袋氾濫為民眾有感嚴重痛苦的環境問題第二名，僅次於河川污染(環境品質文教基金會，2001)。根據工研院(2000)統計，我國消費型塑膠袋每年使用量估計約近 200 億個，平均每人每天使用 2.5 個；再者國內一般廢棄物中之塑膠比例約佔 20%，而歐美先進國家不到 10%，國內的廢塑膠比歐美各國高出一倍左右。

有鑑於塑膠袋的使用量龐大且不易處理，行政院環保署於民國 91 年 4 月 22 日「世界地球日」，依據廢棄物清理法第二十一條，正式公告購物用塑膠袋及塑膠類(含保麗龍)免洗餐具之限制使用對象、實施方式及實施日期。第一批實施對象為各級政府機關、公營事業機構、軍事機關、國軍福利品供應站、公私立學校及公立醫療院所等之福利社、合作社、餐廳或其他販賣業務之機關、事業機構或民間業者；第二批實施對象為百貨公司業、零售式量販店、連鎖超級市場業、連鎖便利商店業、連鎖速食店以及有店面之餐飲業等，自九十二年一月一日起實施，其實施方式分述如下：

購物用塑膠袋限制使用實施方式為：凡是含有聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)、聚苯乙烯(PS)或聚氯乙烯(PVC)等成分，經由吹膜、壓延或擠壓加工成型，且厚度未達 0.06mm 公釐的購物用塑膠袋「不得提供」，而厚度達 0.06mm 公釐(含)以上者「不得免費提供」(行政院環保署，2002)。

若此一政策徹底實施，一般人相信將使塑膠袋氾濫的問題獲得改善，減少塑膠袋的處理量。在此政策前後，一般民眾購物時所用的袋子可能有以下幾種選擇：以往免費使用之薄塑膠袋與政策實施後較常用之有償厚塑膠袋，還有各種材質的環保購物袋，而這些購物袋、塑膠袋到底何者比較節省能源與資源？何者所產生的污染量較低？

生命週期評估(Life Cycle Assessment, LCA)的方法，是全方位、客觀、科學的分析方法，廣為企業及環保界所使用(李育民，2000)。因此本研究擬採用生命週期評估法，針對各種塑膠袋、環保購物袋，透過對產品及生產系統的清點與盤查，利用一種已應用多年的生命週期評估軟體，SimaPro(5.0 版)，在原物料取得、生產製造、裝配、到消費者使用、廢棄處理等階段對環境產生的影響進行分析，進而對各種觀點探討何者對環境較為友善？以作為業者生產時的改進依據，與政府環保政策擬定、民眾購買時的參考。本研究的目的為下：

- 一、分析出限用塑膠袋前後，各種常用之塑膠袋與環保購物袋在原物料開採、製造、廢棄與回收再利用等階段的環境衝擊量。
- 二、分析比較各種塑膠袋與環保購物袋在能源、資源的消耗及環境污染等面向的環境衝擊差別量。
- 三、由問卷調查及 LCA 的分析結果，來判定各種塑膠袋與各種材質環保購物袋在民眾自願重複使用情形下，評估何者對環境較為友善。
- 四、就政府環境政策、消費者利益、能源與資源耗費、環境總體評估...等觀點，探討不同厚度之塑膠袋與各種材質環保購物袋，何者較環保。

貳、研究方法

一、研究對象

本研究所選取的研究對象，主要針對行政院環保署的第二階段塑膠袋限用政策前後，此政策所規範之場所（包括超商、量販店等場所），所提供給民眾有償及無償的塑膠袋及環保購物袋之重覆使用狀況、容量、承載重量、價格及產品生命週期各階段之環境衝擊進行比較研究。

在超商方面，本研究選擇統一超商(7-11)所提供的大型塑膠袋、中型塑膠袋與全家(Family)便利超商所提供的 20 號塑膠袋為研究對象；在量販店方面所選擇的為家樂福與大潤發兩家量販店，這兩家量販店除了經常提供的一般塑膠袋之外，其餘尚有 PE、尼龍、不織布等材質之購物袋，本研究將就塑膠袋與各材質購物袋進行比較，詳見表 1 及表 3。

二、研究架構

(一) 研究範圍

本研究將整個塑膠袋及購物袋的生命週期由原物料取得、生產、運送、使用及廢棄等過程，依生命週期評估原理，將範圍分為四個部分，分別為：(1) 原物料部分，(2) 生產製造部分，(3) 運輸配送部分，(4) 廢棄處置部分。在各個部分中，若 SimaPro 軟體中內建資料已充足、適用，則使用軟體中的內建資料；若反之，本研究則需由廠商、文獻，設法盤查出相當數據資料，詳見圖 1。

1. 原物料部分

本研究所選擇的塑膠袋其材質為 HDPE，為台塑 9001 號塑膠原料；而各材質購物袋包含主要布料、銅扣、縫線、提手把、魔鬼沾……等，以每一個塑膠袋或購物袋所需要各種原物料的克數為基準，經拆解並加以秤重。

2. 生產製造部分

在生產方面考慮機器所消耗的電量，其餘像機械維護等的需求，則不列入盤查項目。

- (1) 用電量：包含塑膠袋吹膜、裁袋、回收所消之電力，以每一個袋子在上述三階段各消耗多少千瓦小時為基準。
- (2) 在電力消耗方面，選擇與我國電力組成相仿的荷蘭電力資料。
- (3) 吹膜階段消耗電力為 0.662 千瓦/公斤塑膠，裁袋階段為 0.472 千瓦/公斤塑膠，回收階段為 0.417 千瓦/公斤塑膠。

上述數據為本研究實地查訪所得。

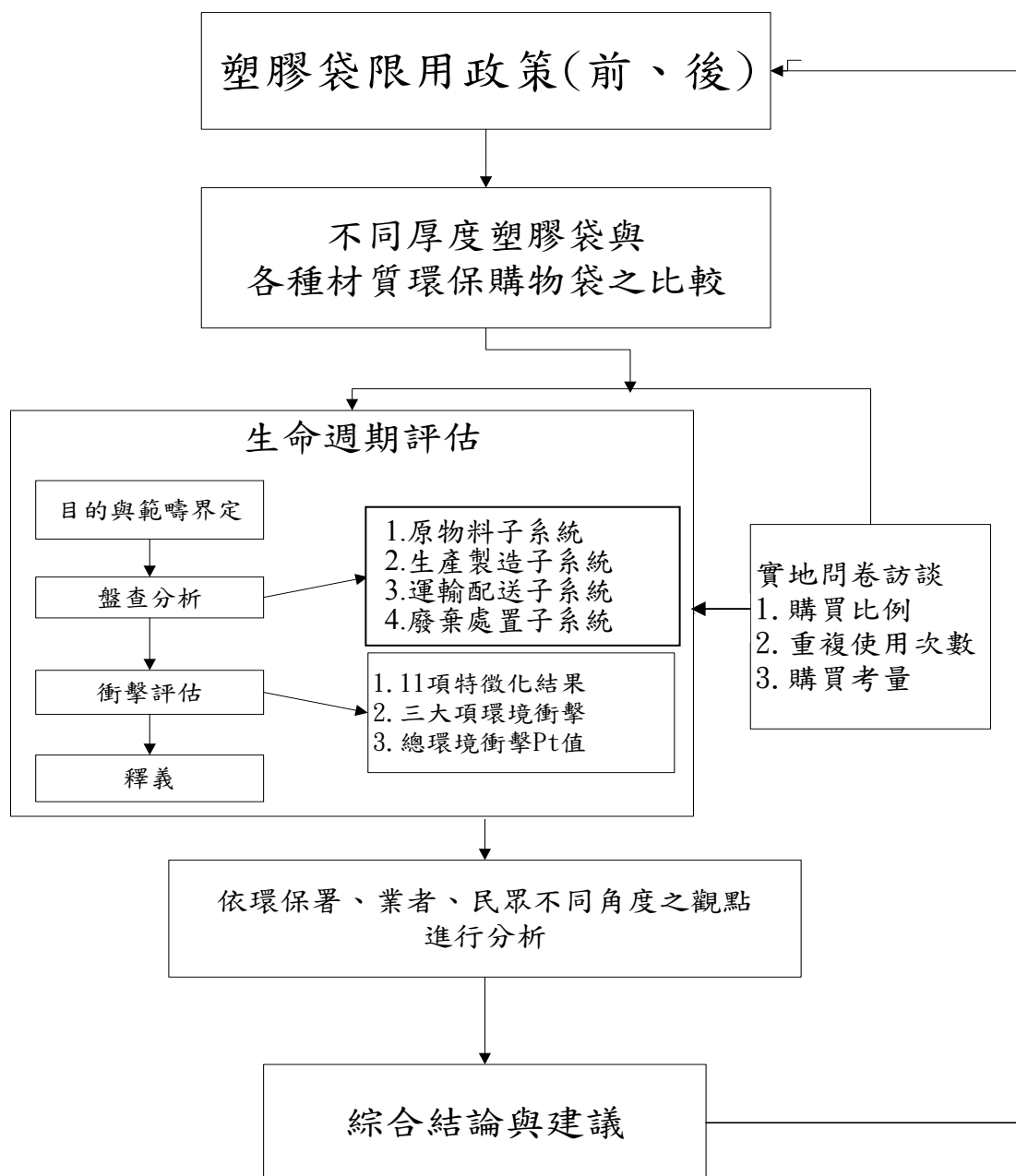


圖 1 本研究之架構

3. 運輸配送部分

運輸方面的盤查，主要以原物料的運入、成品的運出及廢棄物的輸送為盤查項目，在 SimaPro 的計算方式是以公斤-公里 (kgkm) 為單位作計算。這部分主要考量將塑膠原料從台塑仁武廠運送到袋子工廠，12 噸大貨車運載 500-2000 箱的塑膠袋在高建公路來回跑 640 公里，市區道路來回跑 40 公里。上述數據為本研究實地查訪所得。

4. 廢棄處置部分

因國內資源物質回收項目中，並不包含塑膠袋，且目前回收塑膠袋再製的業者極為少數，

所以當作一般都市垃圾以焚化及掩埋處置，分別佔 45%及 54%，清運之垃圾車以 3.5 噸之密封壓縮式垃圾車來清運，行走距離來回為 20 公里。根據塑膠袋製造商的說明：認為回收塑膠分類不完全，材質標示不清，廢塑膠回收後利用價值低，製造過程完全不利用回收料，因此回收再利用率為 0%。

1. 功能單位

本研究是以經過標準化（normalization）後相同容積之單一個塑膠袋與購物袋每次使用為基本的功能單位，便利商店以 0.012 m^3 · 每次使用，量販店以 0.040 m^3 · 每次使用為基本功能單位，所有進入系統之原物料、電力、系統所排出的污染物質，均是以此功能單位的負荷為計算及加總的基礎。

2. 研究工具

本研究採用已發展多年的生命週期評估軟體 SimaPro (5.0 版)，評估模式 Eco-Indicator 99，是以危害(Damage)的觀念進行評估，將環境的危害分為人類健 (Human Health)、生態系統品質 (Ecosystem Quality)、與資源獲取 (Resource) 等三大環境衝擊面向。

三、研究流程(詳見圖 2)

本研究在確定研究目標及對象後，開始正式研究。在資料的盤查分析方面，本研究針對不同厚度的塑膠袋及各類環保購物袋，進行各部分拆解、秤重、成份分析、實地參觀訪查、電話訪問及問卷與相關資料蒐集...等。

在實地參觀訪查方面，針對販售塑膠袋與購物袋給便利超商或賣場之製造廠商進行訪查，並對賣場的販售種類、規格及售價進行初步的認識與瞭解。再者，利用電訪、問卷追蹤至代理商或製造商，實際瞭解產品的原物料種類、製程、能源消耗及污染排放量。

拆解、盤查分析方面，資料主要從各製造廠商獲得各種有償無償塑膠袋、環保購物袋資料，並於本所實驗室拆解，利用電子儀器秤重分析，並分析其成份。盤查項目分析原物料的種類、重量、電力消耗、運輸路程及配送情形等。

將盤查分析及實地訪查所取得之資料輸入分析軟體 SimaPro(版)5.0 中，綜合比較其環境衝擊值，並綜合性的評估不同厚度之塑膠袋與不同材質的環保購物袋在製造、使用、廢棄、回收...等不同階段及產品總生命週期中，何者對環境較友善？並針對塑膠業者、一般民眾、政府機關等不同機關對象提出結論與建議。

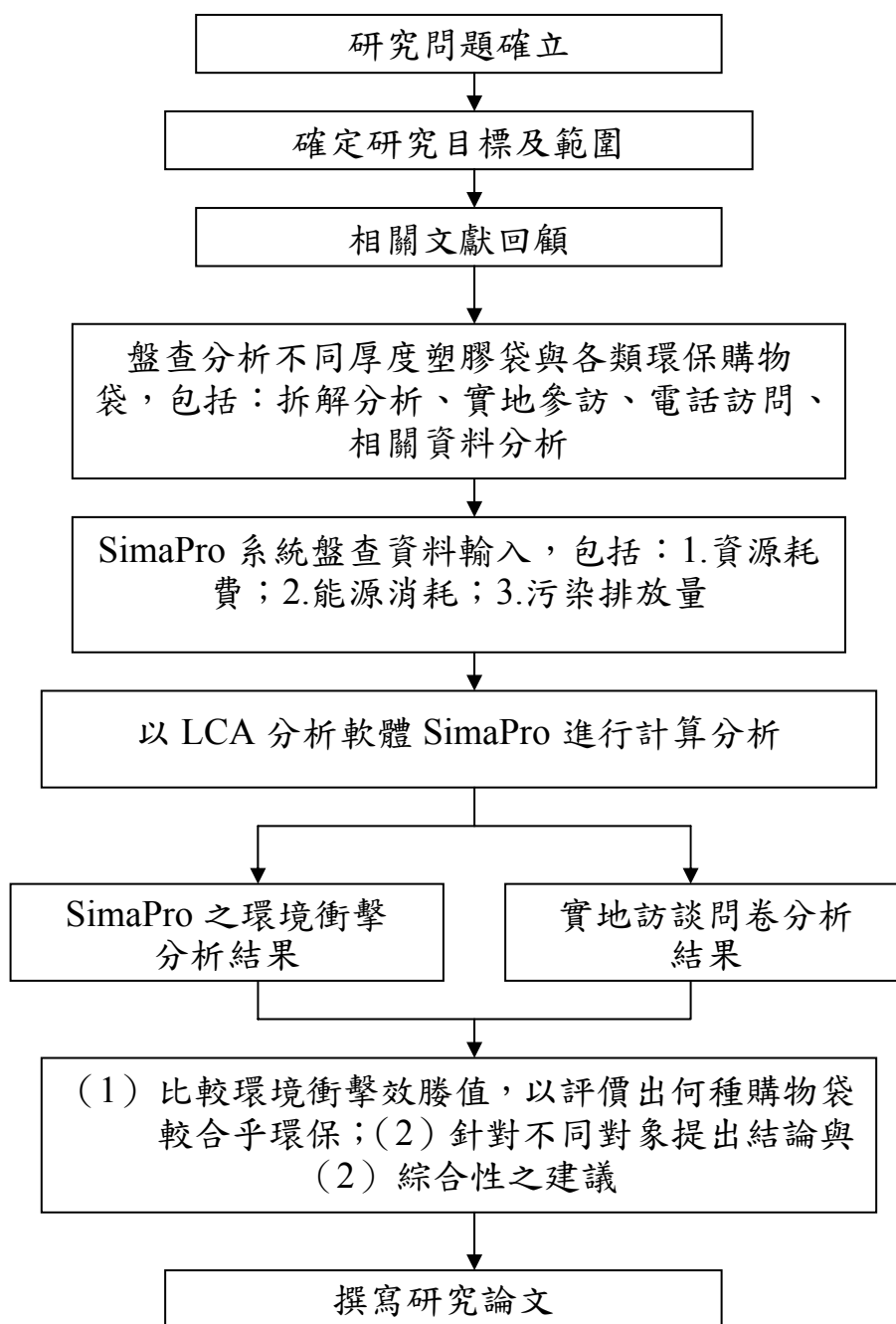


圖 2 本研究之研究流程圖

參、結果與討論

本研究以統一超商 (7-11)、全家便利超商 (Family)、家樂福量販店與大潤發量販店於民國九十二年一月一日塑膠袋限用政策前後所免費提供及販售的塑膠袋與各類材質環保購物袋為主要研究對象，作一比較研究。

一、便利超商所販售塑膠袋之綜合性分析

(一) 便利超商販售之塑膠袋資料一覽

本次研究對象所選取的塑膠袋為統一超商(7-11)、全家便利超商(Family)所販售的塑膠袋：統一超商(7-11)有大袋、中袋；全家便利超商(Family)有20袋，相關資料如表1。

表1 便利超商所提供或販售之塑膠袋種類

	7-11 大袋 (厚)	7-11 大袋 (薄)	7-11 中袋 (厚)	7-11 中袋 (薄)	全家 20 袋 (厚)	全家 20 袋 (薄)
售價(元) ^a	1元	免費提供	1元	免費提供	1元	免費提供
容量(m ³) ^b	0.0134m ³	0.0134m ³	0.0125m ³	0.0125m ³	0.0104m ³	0.0104m ³
規格(cm ³) ^b 長 x 寬 x 2 摺邊	26.7x48.3x (2x14)	26.7x48.3x (2x14)	23x40x (2x18)	23x40x (2x18)	26x48x (2x12)	26x48x (2x12)
厚度 ^{bc}	0.06mm	0.022mm	0.06mm	0.02mm	0.06mm	0.02mm
承載重量 ^c	50kg	12kg	50kg	12kg	50kg	12kg
袋子重量 ^b	19.72g	7.23g	16.45g	5.48g	18.30g	6.10g

註：a 為本研究訪談及問卷調查所得。b 為本研究實驗分析所得。c 為塑膠廠商提供數據。

在民國九十二年一月一日以後所推行塑膠限用政策第二階段之後，統一超商、全家便利超商所販售的塑膠袋價格皆為一元，厚度為0.06mm，其承載重量上限為50公斤；而限用政策推行前所免費提供的塑膠袋厚度約為0.02mm，其承載重量上限為12公斤。就容量而言，以相同的購買金額(一元)可獲得最大的裝物體積，依序為7-11大袋、7-11中袋、全家20袋。

(二) 消費者重複使用塑膠袋次數分析

本研究於台中市市區超商門市，以實地訪談方式進行消費者於超商實際購買塑膠袋後之重複使用情形的調查，實地訪談台中7-11與全家便利超商共15家，發現購買塑膠袋的民眾約只有15%、自備購物袋者約15%、其餘70%為空手。再者，本研究派員於台中市四家便利商店門口，針對有購買塑膠袋之購物民眾進行查訪，詢問其每一個塑膠袋重覆次數，訪談124位消費者，並統計各種使用次數之人數百分比，經計算求得每個塑膠袋平均總使用次數為3.32次，也就是重複使用次數為2.32次。7-11及全家便利商店各型厚塑膠袋售價均為1元，則民眾每次使用的金額約為0.3元。

(三) 各類塑膠袋之環境衝擊量比較

本研究以一個塑膠袋作為評估的基準，因其衝擊量過小，以mPt呈現；再者為了使衝擊值接近一個塑膠袋的實際衝擊量，因此使用0.012m³作為標準化的基準。而本研究就厚塑膠袋實地訪查所得到的民眾平均總使用次數為3.32次，而薄袋的使用次數以1次計算(因免費提供)，得到相同容積下平均使用一次所產生的環境衝擊量。本研究將各

階段盤查所得資料(詳見表 2)輸入 SimaPro 軟體中,計算出不同規格、厚度塑膠袋之單個塑膠袋的環境總衝擊量、相同容積塑膠袋之環境衝擊量與相同容積塑膠袋每次使用下的環境衝擊量,如表 3。

再者根據表 3 的結果,相同容積單個塑膠袋以全家超商所販售的 20 號厚塑膠袋的環境衝擊量最高 ($9.01\text{mPt}/0.012\text{m}^3$); 7-11 超商所販售的中型厚塑膠袋居次 ($6.74\text{mPt}/0.012\text{m}^3$); 而以 7-11 超商所販售的中型薄塑膠袋最低 ($2.24\text{mPt}/0.012\text{m}^3$), 衝擊量次低為 7-11 超商所提供的薄大型塑膠袋 ($2.76\text{mPt}/0.012\text{m}^3$)。

但若以塑膠袋相同容積每次使用之環境衝擊量而言,則以全家 20 號薄塑膠袋衝擊量最大 ($3.0\text{mPt}/0.012\text{m}^3\cdot\text{次}$), 7-11 大型薄塑膠袋居次 ($2.76\text{mPt}/0.012\text{m}^3\cdot\text{次}$), 7-11 中型塑膠袋衝擊量最小 ($2.03\text{mPt}/0.012\text{m}^3\cdot\text{次}$), 而衝擊量次小為 7-11 中型薄塑膠袋 ($2.24\text{mPt}/0.012\text{m}^3\cdot\text{次}$)。

表 2 便利超商所使用各類塑膠袋各階段盤查後之輸入分析資料

塑膠袋種類	7-11 大厚袋	7-11 大薄袋	7-11 中厚袋	7-11 中薄袋	全家 20號厚袋	全家 20號薄袋
原物料輸入						
HDPE A (g)	19.72	7.23	16.45	5.48	18.30	6.10
製程消耗						
吹膜製程 (g)	19.72	7.23	16.45	5.48	18.30	6.10
吹膜的電力消耗 (kWh)	0.0131	0.0048	0.0109	0.0036	0.0121	0.0040
裁袋的電力消耗 (kWh)	0.0093	0.0034	0.0078	0.0026	0.0086	0.0029
回收機的電力消耗 (kWh)	0.0082	0.0030	0.0069	0.0023	0.0076	0.0025
高速公路運輸的部分 (kgkm)	13.41	4.627	10.53	3.507	11.71	3.904
市區運輸的部分 (kgkm)	0.789	0.289	0.658	0.2192	0.732	0.244
運輸消耗						
3.5噸貨車運20公里(kgkm)	0.3944	0.1446	0.329	0.1096	0.366	0.122
廢棄處置方案(%)	採焚化處理約佔 45%，採掩埋處理約佔 55%					
運輸消耗						
卡車在高速公路跑 360km (工廠至物流中心) (kgkm)	7.099	2.603	5.922	1.973	6.588	2.196
卡車在市區道路跑 80km (工廠至物流中心) (kgkm)	1.578	0.578	1.316	0.438	1.464	0.488
卡車在市區道路跑 20km (物流中心至門市) (kgkm)	0.394	0.145	0.329	0.110	0.366	0.122

註：上述數據為本研究盤查分析所得。

表 3 7-11、全家便利商店所提供不同厚度及大小的塑膠袋之總環境衝擊量

	7-11 厚大袋	7-11 薄大袋	7-11 厚中袋	7-11 薄中袋	全家厚 20 號袋	全家薄 20 號袋
單一塑膠袋環境衝擊 (mPt)	8.43	3.09	7.02	2.33	7.81	2.60
塑膠袋相同容積之環境衝擊量 (mPt/0.012m ³)	7.54	2.76	6.74	2.24	9.01	3.00
塑膠袋相同容積每次使用之環 境衝擊量(mPt/0.012m ³ ·次)	2.27	2.76	2.03	2.24	2.71	3.00

(四) 便利超商之「塑膠袋限用政策」實施成效探討

若以表 3 調查分析得之各類塑膠袋的衝擊量為基準，配合上述的調查結果，以 7-11 便利超商所提供之中型厚、薄塑膠袋為例進行比較，以了解「塑膠袋限用政策」之實施成效。7-11 便利超商所提供之中型厚、薄塑膠袋相同容積之環境衝擊量分別為 6.74 及 2.24mPt/0.012m³，在「塑膠袋限用政策」實施前，約 100%提供中型薄塑膠袋；在「塑膠袋限用政策」實施後，只有 15%的消費者使用中型厚塑膠袋。依式 (1) 計算：

膠袋限用政策實施前之環境衝擊量：塑膠袋限用政策實施後之環境衝擊量 =
2.24×100：6.74×15 = 224：101.1 = 1：0.451.....式 (1)

可得知縱使假設那 15%購買塑膠袋之使用者，在使用了一次塑膠袋後就丟，限用塑膠袋政策實施後之環境衝擊量僅為實施前之 45.1%，因此可證明限用政策已經達到成效。

再者，以 7-11 超商所提供的厚大袋為例，其整個生命週期之總環境衝擊為 8.43mPt，平均每次使用的環境衝擊為 2.27mPt，而薄大袋生命週期總環境衝擊為 2.76mPt，而全家便利超商所提供的塑膠袋也有相同的比較結果，顯示民眾至超商購買塑膠袋的重複使用情形，使得環境衝擊量也顯著的比起限用政策前免費提供塑膠袋者為小，對環境也較為友善的。

(五) 塑膠袋各階段衝擊量分析

本研究將各階段盤查所得數據輸入 SimaPro 軟體計算，可以計算得各階段之環境衝擊及三大面向之環境衝擊量；各階段的環境衝擊量除以各階段環境衝擊量的總和，即為各階段環境衝擊量百分比。就塑膠袋各階段生命週期的環境衝擊量而言，以組裝製造階段約佔總衝擊的 95.8%為最大，而產品配銷階段與廢棄處置階段，分別佔 1.27%與 2.93%。而各階段三大面向衝擊量的加總後，除各大面向衝擊量即為各面向衝擊量所佔的百分比。便利超商所提供之塑膠袋的生命週期三大面向之環境衝擊量，其中以資源耗損方面 (Resource) 的衝擊最大，為佔總衝擊的 70.6%，其次是人類健康方面(Human health)，佔總衝擊的 26.5%；而生態系統品質方面僅佔 2.9%。

二、量販店販售塑膠袋與購物袋之綜合性分析

(一) 量販店販售之塑膠袋與購物袋

本研究先經過量販店市場調查分析，然後選定家樂福量販店與大潤發量販店所提供或販售之購物袋與塑膠袋為研究對象，其中包括家樂福所販售的 PE 材質購物袋，以及

大潤發所販售的塑膠袋、不織布材質購物袋與尼龍材質購物袋。相關資料如表 4：

表 4 各量販店所提供或販售之購物袋資料表

	薄塑膠袋 (大潤發)	厚塑膠袋 (大潤發)	PE 購物袋 (家樂福)	不織布購物袋 (大潤發)	尼龍購物袋 (大潤發)
售價(元) ^a	免費	1	18	15	23
容積(m ³) ^b	0.0253	0.0425	0.0437	0.0434	0.0426
重量(g) ^b	12.91	44.40	113.56	106.0	127.70
元/m ³ ^c	x	23.5	412	346	541

註：a 為本研究訪談及問卷調查所得。b 為本研究實驗分析所得。

c 為本研究計算所得。

在容量方面，三種材質購物袋相去不遠，但價錢以不織布材質最便宜、PE 材質次之、最昂貴的是尼龍材質的購物袋，經過計算相同容積的金額以厚塑膠袋最便宜，而尼龍購物袋最貴。

(二) 消費者重複使用塑膠袋次數及每次使用之價格分析

本研究於研究初期曾派員至量販店收費櫃台旁，針對至量販店消費的民眾作一調查，發現在 203 個消費者中，有 24 人結帳時購買塑膠袋(11.8%)，有 75 人自備購物袋(37.0%)，有 104 人不使用塑膠袋與購物袋(51.2%) (直接使用推車裝載)。

本研究實地對到量販店民眾進行調查，發現有 70%的民眾會將塑膠袋總使用次數 2 次，有 50%的民眾會將塑膠袋總使用次數 3 次，只有約 11%的民眾會重複使用 10 次以上，經過計算平均每人的使用次數為 4.61 次。其他不同材質購物袋，亦以同樣方式進行調查、計算，算得不織布購物袋最高，為 28.4 次，其次為 PE 購物袋，為 19.5 次，厚塑膠袋使用次數最低，僅為 4.6 次，尼龍購物袋使用次數次低，為 13.3 次。

就表 4 各類材質購物袋在「塑膠袋限用政策」施行後，消費者每次使用所附的價錢比較，發現以尼龍購物袋最貴(1.73 元/次)，其次為 PE 購物袋(0.923 元/次)；最便宜為厚塑膠袋(0.217 元/次)，其次低為不織布購物袋(0.528 元/次)。

表 5 量販店所販售的各類材質購物袋之平均使用次數、每次使用之金額

	薄塑膠袋 (大潤發)	厚塑膠袋 (大潤發)	PE 購物袋 (家樂福)	不織布購物袋 (大潤發)	尼龍購物袋 (大潤發)
平均使用 次數	1	4.61	19.5	28.4	13.3
售價(元)	免費	1	18	15	23
售價/次數	x	0.217	0.923	0.528	1.73

(三) 量販店所提供不同材質購物袋之整個產品生命週期的總衝擊量

本研究將盤查所得數據(如表 6 所示)輸入 Simapro 軟體分為組裝階段 (Assembly)、再利用階段(Reuse)、廢棄處置階段(Disposal scenario)、拆解階段 (Diassembly) 等四個階段進行衝擊量計算分析，而這四個階段總和的衝擊量即為總環境衝擊量。

表 7 為量販店所提供不同材質購物袋，在整個產品生命週期的總環境衝擊量，就單個購物袋的整個生命週期而言，尼龍材質購物袋對環境的衝擊最大 (92.4mPt)，其次為不織布 (44.2mPt) 與 PE 購物袋 (43.9mPt)、厚塑膠袋 (18.5mPt)，薄塑膠袋 (5.39mPt) 對環境的衝擊最小。再者，上述四種材質購物袋的環境總衝擊量，主要集中在組裝製造階段，此階段的環境衝擊量佔 97%以上，廢棄處置階段僅佔 2.70%以下。

表 6 量販店所使用各類塑膠袋、購物袋之輸入分析資料

購物袋種類		薄塑膠袋	厚塑膠袋	PE 購物袋	不織布購物袋	尼龍購物袋	
原物料輸入							
	HDPE (g)	12.9	44.4	-	-	-	
	paper 有商標的貼紙 (g)	-	-	2.23	-	-	
	PP 提手把 (g)	-	-	18.5	-	15.0	
	Cotton fibres (g)	-	-	0.503	-	0.565	
	Polyester fabric (g)	-	-	0.503	-	0.565	
	PE (g)	-	-	91.8	-	-	
	魔鬼沾 (己內醯胺) (g)	-	-	0.517	0.589	1.09	
	CuZn 金屬扣 (g)	-	-	-	2.22	-	
	PET (g)	-	-	-	103	-	
	AlCuZn 金屬拉環 (g)	-	-	-	-	2.92	
	PVC 人造皮革 (g)	-	-	-	-	11.2	
	Caprolactam 夾鍊帶 (g)	-	-	-	-	6.34	
	Caprolactam 尼龍布 (g)	-	-	-	-	90.0	
製程消耗							
組 裝 階 段	吹膜製程 (g)	12.9	44.4	-	-	-	
	吹膜的電力消耗 (kWh)	0.009	0.029	-	-	-	
	裁袋的電力消耗 (kWh)	0.006	0.021	-	-	-	
	高速公路運輸 600km (kgkm)	3.87	13.3	-	-	-	
	市區運輸 40km (kgkm)	0.258	0.888	-	-	-	
	縫線製程 (g)	-	-	1.01	-	-	
	PP 提手把 (g)	-	-	18.5	-	15.0	
	PE 布料 (g)	-	-	91.8	-	-	
	高速公路運輸 300km (kgkm)	-	-	34.1	-	-	
	市區運輸 20km (kgkm)	-	-	3.41	-	-	
	電鍍 (cm ²)	-	-	-	2	2	
	PET 布料 (g)	-	-	-	103	-	
	貨運船運輸 300km (kgkm)	-	-	-	31.8	38.3	
	卡車-貿易商到賣場 200km (kgkm)	-	-	-	21.2	25.5	
	卡車-港口到貿易商 100km (kgkm)	-	-	-	10.6	12.8	
	縫線製程 (g)	-	-	-	-	1.13	
	PVC 人造皮革 (g)	-	-	-	-	11.2	
	射出製程 (g)	-	-	-	-	6.34	
	尼龍布製程 (g)	-	-	-	-	90.0	
	廢棄	運輸消耗					
	處置	3.5 噸垃圾車運 20 公里 (kgkm)	0.258	0.888	2.27	2.12	2.55
階段	廢棄處置方案	採焚化處理約佔 45%，採掩埋處理約佔 55%					

註：上述資料為本研究盤查分所得

表 7 量販店所提供不同材質購物袋生命週期各階段之衝擊與比例

	薄塑膠袋	厚塑膠袋	PE 購物袋	不織布購物袋	尼龍購物袋
Total	5.39mPt	18.5mPt	43.9mPt	44.2mPt	92.4mPt
組裝製造階段	5.23mPt(97.3%)	18mPt(97.3%)	42.7mPt(97.3%)	43.3mPt(98.0%)	91.9mPt(99.5%)
廢棄處置階段	0.16mPt(2.70%)	0.56mPt(2.70%)	1.28mPt(2.70%)	0.92mPt(2.0%)	0.52mPt(0.5%)

(四) 各類購物袋之環境衝擊量比較

表 8 為量販店所提供不同材質購物袋生命週期各階段各在相同容積下民眾每次使用的環境衝擊，不織布購物袋的衝擊最低為 1.44mPt 為最環保，其次為 PE 材質購物袋 2.06mPt、厚塑膠袋 3.78mPt，尼龍材質購物袋為 6.54mPt、薄塑膠袋的衝擊量最大為 8.53mPt 為最不環保，且尼龍材質購物袋每次使用費用為最高，應建議民眾儘量不要選購這種才值得購物袋。由此可知「塑膠袋限用政策」實施前所使用之薄塑膠袋的相同容積每次使用之環境衝擊量均高於「塑膠袋限用政策」實施後所使用之各類材質購物袋者，因而可以再度確認「塑膠袋限用政策」的實施成效。

表 8 量販店所提供不同材質購物袋生命週期之環境衝擊與相同容積、相同容積每次使用下之環境衝擊

	薄塑膠袋	厚塑膠袋	PE 購物袋	不織布購物袋	尼龍購物袋
實際環境衝擊(mPt)	5.39mPt	18.5mPt	43.9mPt	44.2mPt	92.4mPt
相同容積環境衝擊 (mPt/0.040m ³)	8.53mPt	17.4mPt	40.2mPt	40.7mPt	86.9mPt
相同容積每次使用環境衝 擊(mPt/0.040m ³ ·次)	8.53mPt	3.78mPt	2.06mPt	1.44mPt	6.54mPt

(五) 量販店之「塑膠袋限用政策」實施成效探討

若以本研究針對量販店所提供的各類材質購物袋調查分析的環境衝擊量（表 8）為基準，配合上述的調查結果進行分析，以了解「塑膠袋限用政策」對量販店的消費者大眾的實施成效，分析結果如表 9 所示，由表 9 中得知「塑膠袋限用政策」實施前、後，每次購物的環境衝擊量為 8.53mPt、1.69mPt，由此可得知「塑膠袋限用政策」確實可以達到環境衝擊減量的目的。

表9 在「塑膠袋限用政策」實施前後，各類購物袋及塑膠袋之環境衝擊量比較

種類	限用政策前		限用政策後		
	薄塑膠袋	厚塑膠袋	PE 購物袋	不織布購物袋	尼龍購物袋
實際環境衝擊量 (mPt)	5.39	18.5	43.9	44.2	92.4
相同容積的環境衝擊量 (mPt/0.040m ³)	8.53	17.4	40.2	40.7	86.9
平均使用次數	1	4.61	19.5	28.4	13.3
相同容積每次使用之環境 衝擊量 (mPt/0.040m ³ ·次)	8.53	3.78	2.06	1.44	6.54
使用人數比率 (%)	100	11.8		37.0	
塑膠袋限用政策實施前後 每次購物袋之環境衝擊量 (mPt)	8.53		1.69		

(六) 購物袋各階段環境衝擊量分析

量販店所提供四種不同材質購物袋之整個生命週期在三大面向之環境衝擊如表 10，各類材質購物袋的衝擊主要集中於資源獲取方面，其生命週期三大面向方面衝擊量由高至低如下：

表 10 量販店所提供不同購物袋生命週期之三大面向環境衝擊比較

	人類健康	生態系統品質	資源獲取方面
薄塑膠袋	25.5% (1.37mPt)	3.0% (0.160mPt)	71.5% (3.86mPt)
厚塑膠袋	25.5% (4.71mPt)	3.0% (0.551mPt)	71.5% (13.3mPt)
PE 材質購物袋	22.0% (9.67mPt)	2.0% (0.917mPt)	76.0% (33.3mPt)
不織布材質購物袋	44.6% (19.7mPt)	6.8% (3.01mPt)	48.6% (21.5mPt)
尼龍材質購物袋	18.2% (16.8mPt)	2.4% (2.21mPt)	79.4% (73.23mPt)

由表 10 可知需付費購買塑膠袋、PE 材質、尼龍材質購物袋的環境衝擊集中於資源獲取方面 (70%以上)，不織布材質購物袋的環境衝擊集中於資源獲取方面 (48.6%) 及人類健康方面 (44.6%)。

由表 11 中得知不同購物袋，在相同容積下，每次使用之三大面向環境衝擊量比較如下：

人類健康方面衝擊：薄塑膠袋 (2.17mPt) > 尼龍 (1.19mPt) > 厚塑膠袋 (0.96mPt) > 不織布 (0.64mPt) > PE (0.45mPt)，薄塑膠袋的衝擊最大，PE 購物袋的衝擊最小。

生態系統品質衝擊：薄塑膠袋（0.250mPt）>尼龍（0.155mPt）>厚塑膠袋（0.112mPt）>不織布（0.098mPt）>PE（0.043mPt），薄塑膠袋的衝擊最大，PE 購物袋的衝擊最小。

資源獲取方面衝擊：薄塑膠袋（6.11mPt）>尼龍（5.18mPt）>厚塑膠袋（2.72mPt）>PE（1.56mPt）>不織布（0.70mPt），薄塑膠袋的衝擊最大，不織布購物袋的衝擊最小。

量販店所提供的不同材質購物袋，其生命週期之相同容積每次使用下三大面向環境衝擊，均以薄塑膠袋的環境衝擊最大，其次尼龍材質購物袋，在其次厚塑膠袋。

表 11 量販店所提供不同購物袋在相同容積每次使用下三大面向環境衝擊量比較

單位(mPt/0.040m ³ *次)	人類健康	生態系統品質	資源獲取方面
薄塑膠袋	2.17mPt	0.250mPt	6.11mPt
厚塑膠袋	0.96mPt	0.112mPt	2.72mPt
PE 材質購物袋	0.45mPt	0.043mPt	1.56mPt
不織布材質購物袋	0.64mPt	0.098mPt	0.70mPt
尼龍材質購物袋	1.19mPt	0.156mPt	5.18mPt

(七) 各類環保袋或購物袋需要使用之次數

本研究為能讓民眾及各級環保單位了解各類環保塑膠袋或購物袋各應使用多少次，才能比「限用塑膠袋政策」實施前所用的薄塑膠袋更環保，因而設法求出各類環保塑膠袋或購物袋之使用次數與環境衝擊量之間的迴歸式，並令此迴歸式之衝擊量小於等於限用政策實施前所用薄塑膠袋之衝擊量，以求出各類環保袋最少應使用的次數，詳見表 12。

表 12 各類環保塑膠袋及購物袋之環境衝擊量的迴歸式及最少使用次數

環保袋種類	各類環保袋之環境衝擊量迴歸式	限用政策前相對使用之薄塑膠袋的環境衝擊量 (mPt)	環保袋最少使用次數
(1) 7-11 大型厚塑膠袋	$y=0.610x^2-5.20x+12.67$	2.96	2.73
(2) 7-11 中型厚塑膠袋	$y=0.493x^2-4.26x+10.55$	2.24	3.01
(3) 全家 20 號厚塑膠袋	$y=0.549x^2-4.74x+11.74$	2.50	3.00
(4) 量販店厚塑膠袋	$y=1.22x^2-10.60x+26.20$	8.53	2.04
(5) PE 購物袋	$y=2.01x^2-20.00x+55.90$	8.53	4.71
(6) 不織布購物袋	$y=2.04x^2-20.20x+56.60$	8.53	4.77
(7) 尼龍購物袋	$y=1.05x^2-18.62x+86.6$	8.53	10.19

註：y：各類環保購物袋之環境衝擊量

x：各類環保購物袋之使用次數

肆、結論

一、塑膠袋限用政策的成效方面

1. 在「塑膠袋限用政策」實施前，7-11 便利超商所提供的中型薄塑膠袋的環境衝擊量為 2.24 mPt/0.012m³；而「塑膠袋限用政策」實施後，雖然中型厚塑膠袋的環境衝擊量為 6.74 mPt/0.012m³，但為只有 15%消費者購買塑膠袋，總環境衝擊量僅為實施前的 45.1%。
2. 在「塑膠袋限用政策」實施前，每次使用相同容積 7-11 及全家便利超商之大、中型薄塑膠袋的環境衝擊量為 2.24-3.00 mPt/0.012m³·次；在「塑膠袋限用政策」實施後，每次使用相同容積的 7-11 及全家便利超商所提供之大、中型厚塑膠袋的環境衝擊量為 2.03-2.71 mPt/0.012m³·次。
3. 在「塑膠袋限用政策」實施前後，消費者到量販店購物，每次購物所使用塑膠袋或購物之環境衝擊量分別為 8.53mPt、1.69mPt。
4. 在「塑膠袋限用政策」實施前，每次使用相同容積的量販店所提供之薄塑膠袋的環境衝擊量為 8.53mPt/0.040m³·次；而「塑膠袋限用政策」實施後，每次使用相同容積的量販店所提供之環保購物袋的環境衝擊量為 1.44-6.543mPt/0.040m³·次。

由上述可歸納得知「塑膠袋限用政策」之實施對一般的便利超商及量販店確實有達到環境衝擊減量的目的。

二、便利超商、量販店販售之購物袋何者最環保

1. 便利超商所販售的塑膠袋在相同容積下，每次使用所造成的環境衝擊以 7-11 超商的中型塑膠袋最低，為 2.02mPt；其次為 7-11 超商的大型塑膠袋為 2.27mPt，有最大衝擊量的是全家超商的 20 號塑膠袋為 2.70mPt，因此以購買 7-11 超商的中型塑膠袋最為環保。
2. 量販店所販售的購物袋在相同容積下，每次使用所造成的環境衝擊量以不織布材質購物袋最低，為 1.44mPt；其次為 PE 材質購物袋 2.06mPt、塑膠袋 3.78mPt，衝擊量最大的是尼龍購物袋為 6.54mPt，因此量販店所販售的購物袋以不織布材質購物袋最環保。

三、便利超商、量販店販售之購物袋如何使用較環保

1. 便利超商在限用政策前所免費提供的薄塑膠袋，平均衝擊量為 2.57mPt，而限用政策後所販售的厚塑膠袋，平均衝擊量為 7.74mPt，厚袋衝擊量為薄袋的 2.91 倍，而目前民眾使用厚塑膠袋之總次數平均為 3.32 次，限用政策已有成效，但尚需努力。
2. 量販店在限用政策前所免費提供的薄塑膠袋，衝擊量為 8.53mPt，而限用政策後所販售的厚塑膠袋、PE 材質購物袋、不織布材質購物袋與尼龍材質購物袋其衝擊量分別為薄塑膠袋的 2.04、4.71、4.77、10.19 倍。而目前民眾使用平均總次數分別厚塑膠袋為 4.61 次，PE 材質購物袋為 19.5 次，不織布材質購物袋為 28.4 次，尼龍購物袋為

- 13.3 次，限用政策後所採用之厚塑膠袋及購物袋，民眾每次使用之環境衝擊量均遠低於限用政策之前薄塑膠袋所產生的環境衝擊量。
- 四、在便利超商及量販店所提供的環保袋及塑膠袋，除不織布材質購物袋外（資源能源消耗面向的環境衝擊量佔 49%），均以資源能源消耗面向的環境衝擊量佔最大，高達 70-80%，遠高於人類健康（22-45%）、生態系統品質（2-7%）兩個面向的環境衝擊量所佔的百分比。
- 五、各類塑膠袋、購物袋在組裝製造、配銷、廢棄三階段之環境衝擊量情形：便利超商所提供的塑膠袋在組裝製造階段約佔 95.8%，廢棄處置階段約佔 2.9%，配銷階段約佔 1.3%。量販店所提供的購物袋或厚塑膠袋組裝製造階段的衝擊約為總衝擊的 97.3-99.5%，廢棄處置階段為 0.5-2.7%。兩者均以組裝製造階段的環境衝擊量佔最大比率。
- 六、消費者每次使用的平均金額方面，便利超商所提供的塑膠袋為 0.30 元，量販店所提供的厚塑膠袋為 0.22 元，其次為不織布購物袋 0.53 元，PE 材質購物袋 0.92 元，最貴的是尼龍購物袋 1.73 元；就消費金額多寡而言，建議消費者儘量選擇厚塑膠袋。
- 七、7-11 超商的所提供大型塑膠袋每次使用的能源消耗量為 1.60mPt (4.47*104J)，7-11 超商中型塑膠袋每次使用的消耗量為 1.42mPt (3.97*104J)，全家超商 20 號塑膠袋每次使用的消耗量為 1.91mPt (5.34*104J)。而量販店所提供之厚塑膠袋的消耗量為 2.71mPt (7.57*104J)；PE 材質購物袋的消耗量為 1.56mPt (4.36*104J)；不織布材質購物袋的消耗量為 0.69mPt (1.93*104J)；尼龍材質購物袋的消耗量為 5.18mPt (1.45*105J)。若考慮減少對整體環境的衝擊量，民眾到便利超商購物時，應儘量選用 7-11 中型厚塑膠袋；民眾若到量販店購物時，則應儘量選用不織布材質購物袋。

參考文獻

一、中文部分

- 丁執宇(1997) **ISO 14040 生命週期評估架構之探討與應用**。台北：國立中台北大學資源管理研究所碩士論文。
- 丁執宇、呂穎彬 (2001) **LCA 於資訊產品綠色設計之應用**。生命週期評估技術應用交流研討會論文集，台北：經濟部工業局。
- 工業技術研究院化學工所 (1998) **生命週期評估應用技術：衝擊評估方法之研究**。工業技術研究院污染防治專案成果報告。<http://www.itri.org.tw/iso14000/lca/document/doc1/index.html>
- 行政院環保署 (2003) **購物用塑膠袋及塑膠類（含保麗龍）免洗餐具限制使用政策宣導資料**。
- 呂穎彬 (1996) 生命週期評估簡介。**環境工程會刊**，7(1)，37-42。
- 呂穎彬 (1998) **資料庫應用與比較**，工業技術研究院化學工業研究所。
- 呂穎彬(2000a)生命週期盤查與實作。**生命週期評估研討會**，新竹：工業技術研究院化學工業研究所。
- 呂穎彬(2000b)數據處理與電腦化模組應用，**生命週期評估研討會**，工業技術研究院化學工業研究所。
- 李育明 (2000) 生命週期評估之方法與模式探討。**環境管理報導**，16，17-19。

- 陳宏仁 (2000) LCA 應用於環保化設計之應用, **生命週期評估研討會**, 工業技術研究院化學工業研究所。
- 單啓明 (1999) **生命週期衝擊評估技術比較與量化方法整合**。台北: 中興大學資源管理研究所碩士論文。
- 楊致行 (1996a) **生命週期評估之整體趨勢及概念**, 經濟部 ISO 14000 生命週期評估研討會。
- 楊致行 (1996b) **生命週期評估技術介紹**, 工業技術研究院, 經濟部。
- 楊致行、呂穎彬 (2001) 生命週期評估資料庫建立與提供環保決策運用案例介紹。 **環保資訊**, 3, 17-27。
- 廖志偉 (2000) **綠色產品概念設計階段簡化生命週期評估方法之研究**, 國立成功大學機械工程學系碩士論文。
- 賴明伸 (2000) **生命週期評估之內容架構**, 工業技術研究院污染防治專案成果報告。
- 顏妹 (1999) **整合生命週期評估與環保化設計於產品設計之研究**, 成功大學機械工程學系碩士論文。
- 顧洋 (1994) 產品生命週期分析的理念及其應用。 **永續發展**, 2, 30-33。
- 顧洋、許淑麗、李崑池、申永順 (民 84) **國內保麗龍使用及廢棄物處置之環境影響及相關管制對策之討論**, 行政院環保署。

二、英文部分

- Guinee, J. B. H., Udo de Haes, H.A., & Huppes, G. (1993) Quantitative life Cycle Assessment of Products 2. Classification, Valuation and Improvement Analysis, *Journal of Cleaner Production*, 1(2), 81-91,.
- ISO 14040 (1996) *Environmental Management – Life Cycle Assessment – Goal and scope definition and inventory analysis*, International Organization for Standardization.
- ISO 14040 (1997) *Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principle and Framework*, International Organization for Standardization.
- Nissen, N. F., Griese, H., Middendorf, A., Muller, J., Potter, H. & Reichl, H. (1997) *Comparison of Simplified Environmental Assessments Versus Full Life Cycle Assessment (LCA) for the Electronics Designer*, *Life Cycle Networks*, F.-L. Krause & Seliger (Eds.), Chapman & Hall, Inc. 301-312.
- Owens, J. W., (1996) LCA Impact Assessment—Case Study Using A Consumer Product, *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 1, 209-217.
- Pre' Consultants B. V. (1999) SimaPro User Manual, Pre' Consultants B. V., The Netherlands, April.
- Hunt, R. G. & Franklim, W. E. (1996) LCA-How it Came About. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 1, 4-7.
- SETAC (1991) *A Technical Framework For Life-Cycle Impact Assessment*, SETAC, Pensacola, FL.
- SETAC (1993) *A Conceptual Framework For Life-Cycle Impact Assessment*, Workshop Report, 11-14, 18-24, 26.

高職學生攝影藝術技術創造力教學模式培訓之研究

A Cultivation Study of Teaching Model on Technical Creativity of Photography Art for Vocational School Students

黃嘉勝*

Chia-Sen Huang

(收件日期 93 年 4 月 15 日；接受日期 93 年 8 月 10 日)

摘 要

本研究擬探討高職學生技術創造力培訓之適當模式，藉由對攝影藝術領域高創造力者的心智運作特質與方式進行探討，並將其結果轉換為技術創造力培訓策略，以進行實驗教學並分析教學成效。本計畫研究工作擬分二年進行，第一年（即本計畫）分二階段對攝影藝術技術領域高創造力者進行深度訪談，探討其技術創造能力心智運作特質與方式，並依其探討結果，轉換成培訓學生攝影藝術技術創造力之教學模式與策略，以利編製教學活動設計來進行第二年實驗教學，並進而探討攝影領域技術創造力實驗教學之成效。

關鍵詞：創造力、技術創造力、攝影藝術、高職學生

* 黃嘉勝：國立臺中師範學院美教系教授

Abstract

This study aimed to set a suitable teaching model of technical creativity for vocational school students on photography art program. Two objectives of this study include : (1) to examine the characteristics of the cognitive processes revolving around technical know-how of those with high-caliber creativity photographers, and (2) to establish an available model and teaching strategies of technical creativity from the interview results of photographers. The grounded theory was used to establish a teaching technical creativity model for vocational school students in photography art. Six photographers of high-caliber creativity were interviewed and conducted a series of half-constructed questions two or three times. Concluding the result of interview, this study created a 7-step model and some teaching strategies for experimental teaching. Finally, the researcher will apply the teaching technical creativity model and select a vocational high school to conduct an experiment.

Keywords: creativity , technical creativity , photography art , vocational school students

壹、研究動機與目的

行政院於民國 89 年 8 月 30 日通過了「知識經濟方案」(Developmental Program for Knowledge Economy, DPKE)，具體措施有六項，其中第一項為「建立蓬勃的創新與創業機制，以扶植創新的企業」，而在教育體系之作法為「培養學生的創新與再學習能力」。知識經濟方案同時指出所謂「知識經濟」(knowledge economy)就是直接建立在知識及資訊的激發擴散和應用之上的經濟，創造知識與應用知識的能力及效率，凌駕傳統生產要素之上，而成為支持經濟不斷向前的原動力(經建會，民 89)。為因應全球經濟型態的改變，迎接知識經濟時代，政府於民國 90 年 12 月推出創造力教育白皮書。具體而言，白皮書希望完成以下五大願景：「培養終身學習、勇於創造的生活態度」、「提供尊重差異、活潑快樂的學習環境」、「累積豐碩厚實、可觀可近的知識資本」、「發展尊重智財、知識密集的產業形貌」、與「形成創新多元、積極分享的文化氛圍」。該白皮書之施行範圍包括幼稚園到大學各教育階段，推動的原則分別針對「生態文化」、「行政體制」、「學校經營」、以及「課程與教學」等四個層面，提出具體的策略。同時，在先前計畫中推出六個行動方案，分別為：「創意學子栽植列車」、「創意教師成長工程」、「創意學校總體營造」、「創意生活全民提案」、「創意智庫線上學習」、以及「創意學養持續紮根」(教育部，民 90)。

職業學校教育旨在傳授學生有關職業之知識技能，目前職業學校教學，大都限於「原型」的傳授，而學生獲得知識技能，也大都限於「原型」的使用。每年花在職業學校的教育經費佔了大部分的中等學校教育經費，倘若能在職業知識技能傳授的教學當中，輔以增強創造力的訓練，培養學生對創造的認知，習得創造的技巧，則所學的技能，不僅能「原型」的使用，更可以「變通」的運用，而產生好的創意作品，如此職業學校教育的輸入與輸出比將是「倍乘」的效果，將可達到「精緻教育」的要求。

職業學校教育目標，不僅在於培養職場上的知識、技能、工作態度等傳統能力與素養，八十九學年度實施之職業學校各類科課程標準，即以「增進創造思考及適應社會變遷之能力」明文列入職業學校教育目標(教育部，民 87)。職業學校學生技術領域創造力的增強，勢必可提高其教育報酬率。

從多元智力論的觀點，人有七種基本能力(Gardner, 1985)，每種能力表現強度存有個別差異。一般而言，職業學校學生學術性向較高中學生弱；愛迪生因學業成績極差，在小學三年級輟學，卻在發明領域成為世界級的人物，吳明雄(民 85)研究也發現國內甚多得獎發明人，其中小學成績等第列於中下程度者不乏其人。其實，學者測驗的成績與創造力的表現並無顯著的相關性(Saeki et al., 2001)。然而創造力人人皆有(陳英豪等，民 71)，是人類所獨具的特質，也是社會與個人進步的驅動力。創造性的智慧不只是固定的性質，而是具發展性的決策技術(Sternberg, 2000)，筆者以為職業學校的學生具有創造作品或行為表現的潛力者，應不在少數。

吳明雄(民 85)在對國內發明人研究中發現絕大部份的發明人在發明生涯初期，完成一件作品耗時較多，嫻熟後費時逐漸縮短，因而在技能教學當中，能灌輸學生創造技巧，並給予創作經驗，職業學校的學生假以時日，或許不難有良好的創作作品產出。創造力可以展現

在各種學科與情境，呈現在技術層面的謂之創新發明或創新設計，也就是技術創造力的發揮，創新發明或創新設計是指運用科學事實或科學原理而創造新設備、新技術或與眾不同的新穎作品，創新發明或創新設計是一種思想的歷程。創新可視為一系列知識生產、知識利用以及知識擴散的歷程，而創造力就是創新的火苗。因此，創造力與創新能力的培育，不僅是提昇國民素質的關鍵，也是發展知識經濟的前提，所以創造力教育將成為未來教育工作的推動重點（教育部，民 90）。

創造力表現在面對困難挑戰的情境，就是創造性問題解決能力，Schubert and Biondi(1977)研究發現創造力與自我實現（Self-actualization）具有正相關，Damm(1970)亦指出高創造力的人有較高的自我實現能力，創造力的增強可以導正學生的情意行為；同時，在學生技能的學習效果與情意行為的改良，具有正面的效果。吳明雄（民 86）對十年前創造思考教學的學生作成效追綜評鑑，研究顯示絕大部份的學生表示接受創造力訓練後，面對問題或困難時較不會恐懼，因為他們容易想出變通解決之道。因此，如何增強職業學校學生的技術創造力是一個值得探討的課題。

其實，要能落實高職學生技術創造力之培訓，宜先自各專業技術領域高創造力者擷取其創造力特質(如運用專業技術創新設計之心智運作歷程)，以精緻化建立並提昇學生技術創造力的適當教材與教法。陳昭儀（民 89）與盧台華（民 89）曾針對我國傑出理化科學家進行其創造力特性及開發創造力模式之探討，唯未曾從其專業領域相關知識與技術之心智運作進行探討。吳靜吉、吳思華(民 89)所帶領的「技術創造力特性與創造力開發」整合型研究，所探討的是個體外在環境之條件或環境運作之機制，亦未探討個體內在心思之運作(丁興祥，民 89；溫肇東，民 89；詹志禹，民 89；蔡明宏，民 89；蔡敦浩，民 89；鄭英耀、王文中，民 89)。事實上，技術創造力的發揮應是個體內在心智運作與外在環境交互作用的結果，因此在學生技術創造力培養之教育，個體內在心思運作的探討更形重要。

Csiksentmihalyi 以為要有創造力，必須內化整個知識或信息，使創造力成為可能的體系（杜明城譯，民 88）。Sternberg 的研究指出，技術領域的學者較重視想像力、原創力，並比較願意嘗試新的意念；哲學領域的學者則重視觀念提出與觀念結合的能力，以及創造知識的分類和系統化的能力；物理學領域的學者則特別注重發現、在混亂中求次序，以及質疑基本原則的能力；商學領域的學者則強調探索新奇商業產品與服務的新創意能力（Sternberg & Lubart, 1996）。Charles Perrow 於 1967 年以作業的標準化程度（例外性,exceptions）與問題難度，將技術分成常規技術、工藝技術、工程技術、非常規技術四個層次（邱浩政、葉玉珠，民 88）。因此引導心智運作歷程的創造思考技法、策略，如何施力於不同的學科領域素材，以展現各學科的特殊創新產品風貌，則有待進一步探討。本研究擬探究職業學校攝影藝術領域學科中，高職學生心智運作歷程的創造思考技法與策略，以建立一套啓迪職業學校學生攝影技術創造力的創造思考教學模式，並進一步探討其實驗教學成效。

攝影藝術技術是一種綜合科學、技術與藝術的工業，在人類文明的發展歷程中，扮演著舉足輕重的角色，攝影藝術技術之良窳關係著文化傳承、美育發展、文明演進、思想溝通與新知傳播（黃嘉勝，民 88）。攝影藝術創作過程，由於現在大都與電腦科技作結合，從底片選擇、設備的選用、畫面構思、意念傳達設計、影像處理、以致印製出版等的整合過程，這

些皆可以著重在技術創造力的應用，以作各種不同的變通、工作技巧的改變，以更有創意的方式，來對問題進行解決的活動。而本研究計畫所探討之攝影藝術技術的課程內涵性質較偏重科技技術與藝術美感；其工業技術層次高，以結合電腦科技為主；技術內涵性質屬科技技術與美感意念知識的結合應用；技術創作客體性質則著重物面的意念性與傳達性；而技術創新重點方面則以影像創作為主。

影響學生創造力增強的因素很多，就職業學校教育不同類科而言，因課程素材內容不同，啟發學生技術創造力的適宜策略與歷程，與創造思考教學效果的差異性是值得探討的。職業學校技術課程素材內容之差異，筆者以為大抵可從相關課程內涵性質、工業技術層次、技術內涵性質、技術創作客體性質、以及技術創新重點五項分析。而攝影藝術科目在眾多的高職類科如：美工設計科、印刷科中皆是學生必修的科目，課程中的畫面構思、技巧呈現與意念傳達等項，充滿了許多創造力知識的應用，如何以更有創意的方式來進行攝影藝術的創造思考教學活動，也將是政府在推動創造力白皮書下的首要工作。因此，申請人擬進行本研究計畫，將對攝影藝術技術高創造力表現者進行訪談，探討其技術創造力之特性以及對技術創造力心智素材(技術知識、技術理論)的運作方式，並據以建構培訓攝影藝術領域學生技術創造力之策略與發展適宜之教材教法，實施實驗教學並考驗其教學效果，以建立一套啟迪職業學校學生攝影技術創造力的創造思考教學模式。具體言之，本計畫之研究目的有下列二項：

- 一、 探討攝影藝術領域具高技術創造力者之技術能力心智運作特質，以建構培訓攝影藝術領域學生技術創造力之策略。
- 二、 探討培訓高職學生攝影藝術技術創造力實驗教學之適合模式。

貳、文獻與理論依據

一、技術創造力內涵探討

康自立、蔡錫濤(民 86)認為技術是人類運用知識、創意、資源和行動，以解決實務問題和生活環境困難為目的，所從事之設計、製造和服務，並使用各種產品、結構及系統，以延伸人類的潛能，來控制、修正自然或人造系統，並探討其對社會、環境所產生衝擊的知識體與行為表現。而蔡辰男(民 73)定義技術是根據自然科學原理及生產經驗，而發展成的各種工藝操作方法與技能。Ferre(1988)認為技術是「真正被發展、應用的智慧(intelligence)」的總稱。Donald Schon(1967)認為技術是「能夠延伸人類能力的任何工具、技術、產品、流程、設施或製程及處理事物的方法」。Hulin & Roznowski 認為，技術是用來轉換輸入為有用的、產出的一套物理或心理歷程。具體而言，此一歷程包括了使某項工作得以完成的與具體的物理歷程（如身體活動、器物的製作、物理設施的操作等），以及抽象的心理歷程（如知識、意念、或數學程式等）(邱浩政、葉玉珠，民 88)。歸納以上學者的定義，技術可說是一種「輸入、轉換、輸出」的歷程，不同領域的知識、活動輸入，透過學習、身體的活動、操作、練習，甚至是心理歷程等的轉換，而產生各種有價值型態的產出。如方法、技藝、機具、器物或製程……等。在科技領域的技術，大部分是根據科學知識，透過學習、應用，所產生的外在表現。因此，技術具有經濟效益、價值性、可學習性、管理性等特性。

Edward Lumseaine & Monika Lumsdaine(1995)認為創造力是游走於想像與現實之間，當人們與環境交互影響時，創造力導引出新而有意義的聯合和產出。國內學者陳龍安(民 87)綜合歸納各家有關創造力之定義，研擬出創造力的定義：「創造力是指個體在支持的環境下結合敏覺、流暢、與變通、獨特、精進的特性，透過思考的歷程，對於事物產生分歧性的觀點，賦予事物獨特新穎的意義，其結果不但使自己，也使別人滿足。」所謂支持的環境是指能接納及容忍不同意見的環境。思考歷程是指創造者在解決問題時，所經過的準備、醞釀、豁朗、驗證等階段。創造力不是單純的心智狀態。創造力並非空中樓閣，而必須有充實的知識、經驗背景，從原有的基礎上加以擴展引伸，有推陳出新的涵義。張一蕃(1998)認為技術創造力是想像、推理和毅力的結合。為使產生有效技術創造力的活動，個人必須持有感覺和安置興趣所在、聚集資訊、產生新的構想、評估判斷構想、並做決定並執行之能力。簡言之，它是一種解決問題並執行新構想的能力。查子秀等(民 86)認為技術創造力是個體在從事科技活動過程中表現和發展的創造能力。技術創造力同樣是由多種能力和特性構成，包括創造性思維(集中性和發散性思維相結合)；空間推理能力，解決技術物理領域問題的能力，以及從事科技活動的動機和興趣的個性特徵。這些能力和特徵的相互作用，才能保證科技活動在創造性過程中完成。邱皓政、葉玉珠(民 88)認為技術創造力為個體在特定的知識領域(domain specific)中，產生一適當的及具有原創性、適切性與實用價值的產品(或技術)之歷程。此創造歷程的核心涉及認知與情意等個體歷程的統整與有效應用；而創意的表現乃為個體的知識與經驗、意向(包括態度、傾向、動機及人格特質)、認知技巧或策略、以及環境的影響，透過組織運作的過程，被其間的社會制度所認同的互動結果。

綜合上述，就技術領域來說，技術創造力是個體創造思考，運用所學技術相關之知識技能與經驗，對現有科技技術的革新，或解決人類所面臨的問題或日常事物，產生新穎的、適切的、有價值的產品或行為。

二、創造力之心理機制

「創造是無中生有」此話並非妥當，創造源自某種形態的「原型」，而非原來即由空無所造成。無相關的知識與技術能力，不能夠作專業的創新或發明，然而具有相關的知識或技術能力，亦不見得有所發明或創新。認知心理學派的訊息處理理論，強調學習是經由訊息輸入、編碼儲存與檢索取用的心智歷程(吳明雄，民 89a)。檢索後的轉換或變通融合運用的形態就是創造。具有相關知識與技能，不能有創新產品的輸出，筆者以為其關聯之心理機制為認知結構與功能固著，茲說明如下。

(一) 認知結構

勒溫(Lewin, 1942)認為學習是認知結構的變化，所謂認知結構(Cognitive Structure)是指個人對人、對事、對物或對社會現象的看法，其中包括客觀的事實、主觀的知覺，以及兩者組合而成的概念、理解、觀點與判斷(張春興，民 78)。其實對策略、方法、原理原則的認識與體驗亦都是認知結構的內涵。勒溫(Lewin, 1942)曾以迂迴問題解釋認知結構的變化，幼兒(P)與目標(G)(如玩具)中間有U型障礙物(B)，當幼兒向目標前進，障礙物(U)的約束力太大使得幼兒不能越過，可是後退卻又覺得等於遠離玩具目標。一直等到幼兒有「後

退、繞過障礙物(U)而趨前可抵達玩具目標物(G)」的頓悟時,問題解決的任務才告完成。問題(Problem)有三個主要成份:一個假設或現有狀態,一個目標狀態,以及用以轉移假設或現有狀態之目標狀態的一組操作元(A Set of Operators)(Newell & Simon, 1972),此狀態的轉移,有賴認知結構的建立或導引,而創造力產物亦是創新認知結構建立或導引的結果。

(二) 功能固著

功能固著(Functional Fixedness)是指人們因先前的經驗,對物體的功能,有著強烈而固定的概念(Duncker, 1945; Mayer, 1991),譬如:一般人習慣用茶杯喝水,久而久之就覺得茶杯只有喝水這個用途,而其他可能的相關用途就不易或無法想像得到,因個人經驗與習慣的束縛,阻礙了有效解決問題構想的產生。與功能固著相類似的名詞為心向(set)、愛因司貼浪效應(Einstellung Effect)與思維機械化(Mechanization of Thought)(Anderson, 1985)。吳明雄曾利用物理學名詞「慣性」(Inertia)另立一名詞「心思慣性」(Mental Inertia)(Wu, Ming-hsiung, 1993),物體動者恆動、靜者恆靜是物理學的定律。而心思的運作也是如此。所謂「水流濕,火就燥」,因個人長久經驗累積下來的結果,心思運作方向有所偏好。「創造力人人皆有,是人類與生俱有之天賦」,這句話是大多教育學者與創造心理學者所認同的,然而一般所見,似乎並非如此,其最大原因乃在於「功能固著」之心理現象。愈專業的人愈常用其學得的知識、技能的思維來判斷包括非專業領域的一切事物,因此常陷入思維的桎梏而不能創新。因而要有創意,必須先突破「功能固著」之心理現象(吳明雄,民 89b)。

(三) 增強創造力的方法

增強創造力的方法有很多,從改善心理機制的層面而言,不外乎是突破功能(心思)固著與建立創新的認知結構,而兩者常為同時進行的心智歷程或一事之兩面。一般學者將創造力分為認知層面與情意層面,用以突破功能(心思)固著,建立創新的認知結構,在創造力認知層面,有效而簡易的方法,即運用創造思考策略或技法,如:缺點列舉法、希望點列舉法、檢核表法、KJ法、腦力激盪術....等(吳明雄,民 86a、86b);在創造力情意層面,除了可用上述策略與技法外,哲語、理念與座右銘的引導都可以產生情意創造力。不管創造思考策略、技法或哲語與理念,對個體創意思維的引導具有提供線索(cue)的作用,個體可以依線索指引的方向,做擴散性思考。皮亞傑同化與順應的學習理論(同化係指有機體把外部要素整合後融入自己認知結構中的過程,順化係指有機體調節自己內部認知結構以適應特定刺激情境的過程),可用以描述創造行為產出與創新認知結構建立的心智歷程。同化與順應常同時的運作,依個體對環境「刺激」的熟悉程度,其比例亦有所改變。職是之故,創造性的同化與順應的歷程即可突破功能(心思)固著或建立創新的認知結構。

創造思考教學的目的,即在使學生突破思想固著與建立創新的認知結構,藉著創造技法與哲語觀念的引導,身體力行,將這些觀念或構想付諸實行產生創造行為或創造品。「思想是一種習慣」,當這些創造技法或哲語理念,熟稔的成為思想的一部份時,學生技術創造力的展現將自然的在日常事物與技術問題解決中流露。

三、技術領域相關研究探討

創造力的探討與研究最近幾年一直是教育界的熱門主題,然而有關技術領域教育的創造

力，在探討國內外相關研究較少，最近三年，國科會科教處的積極推動，技術與工程教育領域的研究成果已相繼湧出。

吳明雄曾於七十六學年度協助進行「『創造思考與發明』實驗課程對高工學生創造發明能力之影響」(張甘堂、饒達欽、吳明雄，民 76)，對高工機械科、電子科二年級學生進行獨立式課程非自願性的班級創造思考教學，研究結果顯示創造思考教學可以增進學生「創造思考」測驗之分數，但在「發明設計力量表」的分數無顯著差異。

莊錦賜(民 87)以中州工商專校 87 學年度電機、電子科參與教育部創思設計製作競賽的 12 位學生為對象，從工程技術觀點方式切入，編製「發明思考技巧、發明問題解題訓練教案」，提出發明型專題製作教學模式，以提升工專學生的技術創造力—發明思考能力與發明問題解題能力之研究。研究結果顯示，「發明型專題製作實習教學模式」對學生產生有效性的學習結果。確實可提升工專學生專題製作技術創造力。加強學生系統演化預測工具(技術預測)與效應工具使用能力，可提升學生發明創造技術等級。

田振榮(民 87)年探討影響我國高職工業類科學生創造力相關因素，其研究結果顯示：(1)高工的專業課程較偏向科技與實務，可能是在精密力表現較好的因素之一；(2)高工的專業實習課程，使學生養成動手做的習慣，因此高工學生創造傾向表現較好。

吳明雄等(民 88)曾於八十六學年度對師大工教系與工技系學生進行「專題製作發想活動設計之研究」，旨在探討創造思考技法對專題製作課程學生發想產生創意之效果。研究結果發現：在創造技法之效果，希望點列舉法與缺點列舉法有時互為一體兩面，希望點列舉法較能激發學生想像，而缺點列舉法的點子較具實用，腦力激盪術最能激發學生想像，ALU 法創意成份較低，但可使構想更具體可行，KJ 法能組織構想使之系統化。在「機械專題研究」課程，教師作創造技法引導後，學生可以適時利用創造技法，以產生解決問題之創意。整個創造技法之教學過程中，學生學習意願高。

洪榮昭(民 88)以專科學生為研究對象，採問題思考導向學習，學生組成團隊方式，個別思考問題並尋找新知識，最後由團隊共同討論決定解決問題的方法之方式進行，從教學中培養學生具有創造力。研究結果發現：1 解決問題的思考方法，常用的依序為：類比法、演繹法、歸納法。2 解決問題的思考技法，常用的依序為：腦力激盪法、魚骨圖法。研究建議：1. 舉辦問題思考導向的教學研習會，2. 發展教師推廣問題思考導向教學操作指引，3. 編訂適宜問題思考導向學習題目與參考教材，4. 佈置與安排創意性場所與活動，以引發學生具有創意性問題解決思考。

黃金俊(民 88)嘗試建立一套符合高職攝影課程之創造思考教學模式，利用這套模式進行實驗研究教學，研究結果顯示高職攝影課程實施「創造力思考教學模式」教學：(1)對學生圖形的變通力、獨創力與精進力有顯著的影響，(2)對學生攝影作品的題材創造力有顯著的影響，與(3)學生對於課程的學習反應，整體平均呈現正向的態度。

鄭英耀、王文中(民 89)在研究中，從 36 名績優教師和 224 名一般教師，比較影響創造力因素之研究中指出：科學績優教師擁有許多共同的個人特質、成長背景以及工作環境；也各自擁有一些獨特性。科學競賽績優教師在擁有影響創造力之人格特質、能力和學校因素明顯多於一般教師。

以上研究結果大抵肯定相關創造思考課程引發學生創造力的效果，然而多數以大專院校學生為研究對象，或在專題製作課程實施，截至目前有關職業學校教育的創造思考教學研究較少。基於前述研究，學生意見反應表示在幾個教學單元中，腦力激盪術最能引發學生創造力。吳明雄於八十一年對高工學生再以腦力激盪術訓練進行研究，結果顯示實驗組學生的創造思考能力顯著增進（Wu，1993），於八十五學年度再度以社團自願式的方式進行「創造力訓練研究」（吳明雄，民 88），顯示同樣的結果。

除了本整合型計劃主持人吳明雄數個研究與黃金俊（民 88）外，國內很少以職業學校學生為對象之創造思考教學研究，而吳明雄教授目前所進行的大多為獨立課程方式進行，目前在對高職機械科實用技能班進行之創造思考教學，係以融合式課程教學方式進行，初步顯示學生對此教學之喜愛，然而此研究目的，在於使學生樂於學習，以增進學習成效。技術領域職業學校教育，除了要學生習得相關知識技能外，更要培養學生創造思考能力，也就是技術創造力，但如何在原來的相關課程實施融合式創造思考教學，以培育學生技術創造力，以提高技職教育品質，是值得研究的重要課題。

四、教材編製依據理論

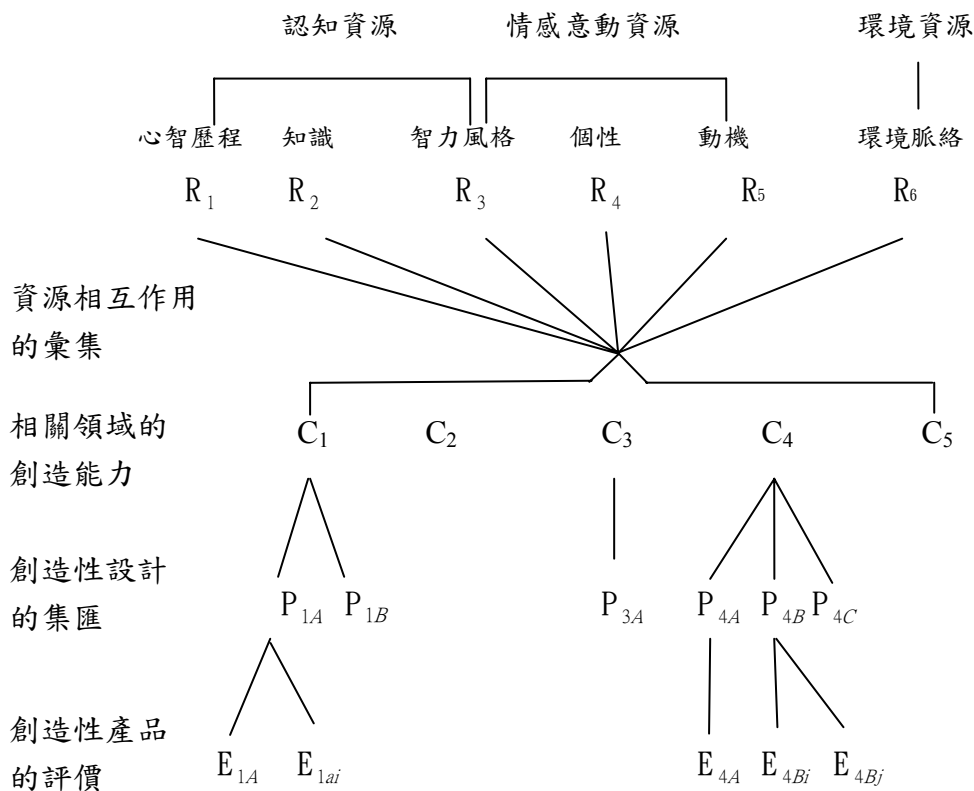
自一九五〇年吉爾福特(Guilford, 1950)在美國心理學會年會發表演說，近半世紀以來，有關創造力的訓練與研究已受到相當的重視，有關創造力訓練的理論與方法有很多，葉玉珠（民 89）歸納創造力發展的理論模式有五種：「Amabile 的成份模式」、「Gruber 的演化系統模式」、「Csikszentmihalyi 的三指標系統模式」、「Gardner 的創造力互動觀」、以及「Sternberg & Lubart 的投資理論」，而著名心理學家史坦柏葛與陸寶特(Sternberg & Lubart, 1991; 1996)所提出的創造力投資理論(An investment theory of creativity)，筆者以為可視為創造力訓練理論的綜合。因此，本研究計畫教材教法的擬定，將以創造力投資理論為理論基礎。

(一) 創造力投資理論緣起

吉爾福特的智力結構(Structure of intellect)為創造力研究最常引用的理論，尤其是測驗方面。依智力結構論，智力是思考的表現，心思活動包括三個向度：1、思考的內容，分為視覺、聽覺、符號、語意、和行為；2、思考的結果，分為單位、類別、關係、系統、轉換、和應用；3、思考的運作，分為認知、記憶、擴散性思考、聚斂性思考、和評價(Guilford, 1982)。其中轉換和擴散性思考二項與創造力最有相關，然而有學者指出，智力結構論對創造力的闡述，太強調「產出」而忽略「過程」。

史坦柏葛(Sternberg, 1985)提出三元智力理論(The triarchic theory of human intelligence)，認為智力包含成份智力、經驗智力，與環境智力(陳李綢, 民 80)，並提出成功智力理論(Theory of successful intelligence)，以為成功智力包含分析智力(analytical intelligence)、創造智力(creative intelligence)、實用智力(practical intelligence)(Sternberg, 1998)。Sternberg(1988)依據三元智力理論提出創造力三維模式(A three-facet model of creativity)(Sternberg, 1988)，即創造力智力維度(The intellectual facet of creativity)、智力風格維度(Intellectual styles)、與個性(人格)維度(Personality)，爾後 Sternberg & Lubart(1991, 1996)綜合相關學者對創造力提出的見解，建構創造力投資理論。

(二) 創造力投資理論內涵



(Sternberg, R. J. & Lubart, T. I., 1991;1996)

創造力投資理論如上圖所示，創造力可以資源(resources)、能力(abilities)、設計(projects)、評鑑(evaluation)等四個層次來理解，創造力的基本資源有六個：智力過程、知識、智力風格、個性、動機、環境脈絡，茲簡述此六資源如下：

1. 智力過程(processes of intelligence)

智力包含資訊(Information)輸入、轉換、和輸出的心思過程，而此部份心思過程即是創造力。史氏認為智力包含成分智力、經驗智力與環境智力。資訊處理(information-processing)的成份智力包括用以計劃、監控、評估問題解決策略的後設成份(meta components)、用以解決問題的實作成份(performance components)、以及用以學習解決問題的知識獲得成份(knowledge-acquisition components)，創造力即這些成份在工作任務或情境創新之應用。

史氏與陸氏認為要使成份有智力、經驗智力、與環境智力能交互作用產生創造力，首先要有定義與再定義問題(defining and redefining problems)的能力，其次是洞察力(insights)，包括選擇性編碼(selective encoding)、選擇性比數(selective comparison)和選擇性結合(selective combination)。

2. 知識(knowledge)

知識是創造的基本，缺乏領域知識，將導致個人作無創新價值的「再發明」(reinvention)，

創造力要有好的發展必須有足夠的知識，並且具有不受知識困限的能力。「遠距聯想」(Remote associations)能對問題產生新的、有創意的觀念。

3.智力風格(intellectual styles)

智力風格是一個人應用能力在某種事物的傾向或偏好。史氏的「心思的自我支配」(the theory of mental self-government)是智力風格的基礎，「心思的自我支配」理論與創造力有關的特徵為(1)機能上有創立(legislative)、執行(executive)、與判斷(judicial)；(2)層次上有整體(global)與局部(local)；(3)在心性上有保守與積極。此外，如適應型(adapters)或獨創型(innovators)亦為與創造力有關之智力風格。一般來說，創立與積極的智力風格有利於創造力與發展。局部的或整體的智力風格都可以增強創造力，彈性運用兩者，則能產生更好的功效。

4.個性(personality)

史登伯格 (Sternberg) 於 1998 年指出具有創意的人格特質有下列十二項：一、面對障礙時的堅持。二、願意冒合理的風險。三、願意成長。四、對曖昧不明的容忍。五、接受新經驗。六、對自己有信心。七、有批判的精神。八、有實際行動的能力。九、有熱忱。十、有遠見。十一、勇於嘗試失敗。十二、幽默風趣。

5.動機(motivation)

動機是創造力表現的驅力，擁有智力過程能力、知識、與偏好創造的智力風格，尚不足以有創造的表現，必須有利用這些資源的動機才能有所創造成果，動機有內在動機與外在動機，另外工作取向與目標取向動機(task and goal-focused motivation)可產生創造性的表現。

6.環境脈絡(environmental context)

環境脈絡影響創造力的方式有三：(1)環境脈絡可以點燃構想(idea)的火花；(2)環境提供一各助長或壓抑創造力構想的情境；(3)構想的評價因不同環境脈絡而有所差異。影響創造力的環境變項有十項 (Sternberg & Lubart, 1991；洪蘭 譯，民 87)：工作的情境、作業的限制、評量、競賽、合作、家庭氣氛、角色模範、學校氣氛、機構組織的氣氛以及社會的環境。

依創造力投資理論，六個創造力基本資源互相作用構成不同領域的創造力，依每一個創造能力產生相應的創造性設計產品，最後再予評價。

(三)創造力投資理論在教育上的啓示

創造力投資理論主張創造力為六種資源的結合與彼此間互相作用的結果，單一資源或許也可以產生創造力，然而結合愈多資源，創造力產生的可能性愈大。因此，為達到創造力培養的目標，教育應使學生在這六項資源的獲取，達到最大程度。為達此要求，在智力過程方面，因創造力包含問題「定義」與「再定義」的能力，所以學校老師不應僅丟出問題給學生解答，應讓學生自己選擇與架構問題的機會，以培養學生高階的思考技巧；在知識資源方面，發展學生聯結所有知識基礎的能力；在智力風格方面，不僅要求學生執行(executive)，更應鼓勵其創立(legislative)；在個性方面，應幫助學生發展對模糊的容忍度與克服困難的毅力；在動機方面，學校教育應強調工作取向動機(task-focused motivation)；在環境脈絡方面，教師應視每一學生為一個體、鼓勵學生獨立自主、以及作為創造的榜樣。

六個資源的輸入以啓迪學生技術創造力，也將因類科課程素材內容的差異有所不同，如工業技術實用性與重藝術成份的課程在心智歷程與心理表徵的運作就有所不同，前者具體，後者較抽象，其他五個資源的投入亦將有異。偏重手工技巧純熟度或偏重科技知識或美感知識的應用，注重外顯功能或內隱功能的技術創作客體性質，偏重機能或形體的技術創新重點，都影響六個資源投入與運作方式，這六個資源的實施是本研究之重心，也是建立培養職業學校學生技術創造力創造思考教學模式的主要依據，六個創造力投資資源，尤其是心智歷程資源，如何與本研究理論架構的課程素材內容項目的配合探討，尙待進一步分析。

參、研究方法與步驟

爲達研究目的，本研究計畫擬採用質性研究進行，以紮根理論（grounded theory）研究方法，來分析高創造力攝影者的心智運作特質與方式。希冀從高創造力攝影者相關技術資料與訪談結果，用歸納的方法，對心智運作方式或現象加以分析整理。茲將本研究之研究對象與研究設計分述如下：

一、研究對象：

擬從攝影界找尋從事攝影藝術創新展覽與研究的相關名單，再從查詢到的資料中過濾其重覆者，從中遴選適當之研究對象，研究對象需爲攝影藝術技術背景，或在攝影藝術技術領域有創新成就者。本研究對象分爲二階段進行，攝影藝術技術以類似質性研究之紮根理論（grounded theory）研究方法，來分析高創造力者的心智運作特質與方式。

1. **第一階段三人：**研究對象須具有攝影藝術技術背景，並在攝影藝術技術領域有極高創新成就者。本研究選定爲陳順築先生、蔡來旺先生、與游本寬教授。陳順築先生專注於複合媒材與環境空間結合的攝影表現手法，歷年來大型攝影創作作品令人耳目一新，並曾獲日本知名美術館邀約展覽。蔡來旺先生 42 歲，曾獲國內外知名攝影比賽金牌獎無數，1997 年榮獲第 20 屆攝影類中興文藝獎章，在台中市攝影教育學會身兼要職，並推動攝影教育工作不遺餘力，作品曾獲日本與大陸攝影界邀展多次。而游本寬教授現任教政大廣告系，曾多次擔任全國新人攝影獎比賽評審委員，曾發表多篇攝影學術論文，並極力推動國內創造力極高的美術攝影風氣。
2. **第二階段三人：**本階段之研究對象爲具有攝影藝術技術領域創新成就之人士。本研究選定陳石岸先生 72 歲，專注台灣早期本土攝影，擔任國立美術館攝影研習班教師多年，作品曾獲國內全省美展首獎，也是國立美術館首期典藏攝影作品的攝影家。謝明順先生現爲私立輔仁大學美術系資深講師，是國內最早負笈日本修習攝影科系者，返國後致力於商品與廣告攝影的研究與教學，培育不少優秀的青年攝影家。而劉憲仁先生目前任職南投縣玉峰國小教導主任，致力推動地方建築與民俗活動攝影，尤其以攝影記錄 921 大地震與南投縣當地的風光，令人印象深刻。

二、研究設計

本研究採用半結構性訪談，依訪談主題進行深度訪談，使受訪者自由的在有限時間內探索、調查與詢問，主要是要探討高攝影藝術創造力者的「心智運作」歷程。而「心智運作」可分為以下三個向度：(1)problem-solving「問題解決歷程」(2)creativity「創造歷程」(3)information processing「資訊處理歷程」。茲將具體訪談方式說明如下：

1.針對三位高攝影藝術技術創造力者：分別採用深度訪談法進行資料搜集，共進行 2-3 次，以瞭解每位高攝影藝術技術創造力者最得意或最成功的作品與其創作的方法及過程。

2.針對另三位高攝影藝術技術創造力者：採用前一階段的深度訪談法所搜集的攝影藝術技術心智運作歷程，分別再深度訪談三位高攝影藝術技術創造力者各一次，歸納出完整的高攝影藝術技術創造力者的心智運作歷程。

深度訪談前，為使訪談研究者對高攝影藝術技術創造力者有初步的認識，以利深度訪談的進行，會先要求訪談研究者閱讀高攝影藝術技術創造力者創作的個人資料、攝影經驗、技術資料、與工作資歷，並先以電話或書信的方式與研究對象連絡，將本研究的研究計畫及目的說明清楚並告知訪談主題內容，徵得受訪者同意之後，約定時間進行訪談，並說明訪談時間約需 2~4 小時、訪談需要錄音、希望被訪談者提供背景資料與相關報導文章，及訪談是為了瞭解受訪者的創作歷程。接著依訪談主題進行深度訪談，以瞭解每位高攝影藝術技術創造力者最得意或最成功的創意作品之發明方法與過程。訪問記錄包括現場記錄及錄音帶整理記錄。現場記錄僅記摘要，記錄訪談重點及作品創作重點，並將錄音機記錄訪問資料，轉作詳細文字記錄。使用錄音的方式優點：在於減少訪問者無意地選擇符合期望資料的誤差，或用於篩漏可貴信息，並可使訪問順利進行。使用訪談逐字稿的優點：研究者可將每次訪談後的錄音帶，重複不斷的聽取並轉寫成文字的訪談筆錄，清楚詳細的描述訪談內容。另外使用三角檢測的方式優點：研究者將研究結果呈現的部份分別請受訪者核對，並聽取他們的意見，且針對研究者不清楚的地方再次與其進行訪談，以期能更瞭解受訪者的內心感受，避免研究者對其陳述有所誤解（吳芝儀，民 89）。

因本研究是以半結構性「深度訪談法」進行創作方法資料的搜集，事先不設定表格或固定的程序，對發明人最具代表性專利案件進行訪問，而是根據文獻分析、相關研究及研究者所想要探討的研究目的，先擬定好訪問主題，以作為訪談時的基本架構。擬定的訪問主題如下：

- A.請詳細的說明自己的創意工作內容，運用到哪些攝影藝術技術?
- B.關於這項作品或經驗，使您產生創意構想的來源有哪些?
- C.您是如何著手進行這項作品的研究?
- D.當初這項作品在實驗階段時，曾經有哪些困難或瓶頸存在?你是如何解決那些瓶頸或困難?
- E.您對於這項作品感到最滿意的地方有哪些?
- F.關於這項作品，您覺得還有哪些地方不是很滿意?
- G.您認為學校教育對自己創造發明的影響為何?
- H.您覺得要成為一個有創意攝影創作者，應該具備哪些基本條件?

肆、結果與討論

本研究綜合歸納 6 位高創造力攝影者進行之深度訪談內容要點有如下 8 項：(1) 常拍攝的內容與題材、(2) 常運用的技巧、(3) 創作理念與拍攝原則、(4) 遭遇的困難與解決的方法、(5) 作品滿意的地方、(6) 作品不滿意的地方、(7) 學校教育的影響、及 (8) 攝影創作者應具備的條件。詳細的 6 位高創造力攝影者之訪談比較內涵，請參考表一。

本研究另綜合國內外學者專家對創新思考教學模式的意見 (Scott & Donald, 1985; 陳龍安, 民 83; 黃金俊, 民 88)，再透過國內創造力相關的學者專家座談與 6 位高創造力攝影者之追蹤訪談，最後彙整了上述表一的深度訪談內容之心智運作歷程要點，謹歸納如下結論：

- 一、 本研究擬探討 6 位高創造力攝影者之心智運作歷程三向度為：(1) 問題解決歷程、(2) 創造歷程、與 (3) 資訊處理歷程。
- 二、 問題解決歷程可視為學生學習的構思與設計階段；創造歷程可視為學生學習的執行階段；而資訊處理歷程可視為學生學習的檢討修正階段。
- 三、 學生學習的構思與設計階段可涵蓋選擇的內容、題材、創造理念與拍攝原則；學生學習的執行階段可涵蓋拍攝技巧、遭遇的困難與解決的方法、作品滿意的地方、與作品不滿意的地方；而學生學習的檢討修正階段可涵蓋攝影創作者應具備的條件、自評與接受考評。
- 四、 本研究可依上述推論與學者專家座談結果歸納如下的七步驟教學模式：(1) 引發創意構想、(2) 找到主題或題材、(3) 歸納創作理念與拍攝原則、(4) 運用技巧與實地拍攝、(5) 發現事實與難題、(6) 尋求解決方法、及 (7) 自評與接受考評。

本研究之七步驟教學模式將在接續的第二年的計畫中，針對高職三年級學生在「影像技術」作的課程發展創造思考教案並進行實驗教學，以驗證此七步驟教學模式之有效性與可行性。

伍、參考文獻

一. 中文部分：

- 丁興祥 (2000)：當代傑出科技人才創造發展的社會環境：一種傳記資料的分析。國科會計畫：NSC 88-2519-S-004-001-C。
- 田振榮 (1998)：影響我國高職工業類科學生創造力因素之調查研究。台北：國科會科學技術資料中心。
- 杜明城 譯 (1999)：創造力。台北：時報。米哈里·契克森米哈賴著。
- 邱浩政、葉玉珠 (1999)：技術創造力的定義。http://tim.nccu.edu.tw/croci/result1.htm。
- 吳芝儀 (2000) 建構論及其在教育研究上的應用。中正大學教研所主編：質的研究方法。高雄市：麗文文。
- 吳靜吉、吳思華 (2000)：技術創造力特性與開發研究。NSC 88-2519-S-004-001。
- 吳明雄 (1996)：我國發明人發明方法之研究。國科會計畫：NSC 84-0111-S-003-067-TG。

- 吳明雄 (1997a)：發明方法。大眾科學講座專輯，17 輯，頁 86-89。
- 吳明雄 (1997b)：談腦力激盪術。人力發展月刊，37 期，頁 69-72。
- 吳明雄 (1997c)：創造思考教學成效追縱評鑑。國科會研究計畫: NSC 86-2516-S-003-009-TG。
- 吳明雄(1999):創造發明訓練教材對高工學生創造思考與發明能力之影響。國際科技教育整合思考研討會，臺東師院。
- 吳明雄 (2000a)：從創造力的心理機制談創造力的啟發。創意發展雙月刊-電子期刊。網址：<http://www.cdda.org.tw>。
- 吳明雄 (2000b)：我國發明人相關能力及性向與發明方法之研究。台北：師大書苑。
- 查子秀、施建農、周林 (1997)：超常與常態學生技術創造力的比較研究。1997 海峽兩岸特殊教育學術研討會論文彙編，台灣師大特教系。
- 莊錦賜 (1998)：工專學生機械技術創造力培育之研究。國科會計畫：NSC 88-2519-S-236-001。
- 康自立、蔡錫濤 (1997)：技學的內涵與定位。1997 技學素養教育研討會會議手冊暨論文集。
- 葉玉珠 (2000)：創造力發展的生態系統模式及其應用於科技與資訊領域之內涵分析。教育心理學報 32 卷 (1 期)，頁 95-122。
- 教育部 (1998)：工業職業學校課程標準暨設備標準。教育部技職司。
- 教育部 (2001)：創造力教育白皮書。教育部。
- 陳英豪、吳鐵雄、簡真真 (1982)：創造思考與情境教學。高雄市：復文圖書出版社。
- 陳龍安 (1994)：創造思考教學的理論與實際。台北市：心理出版社。
- 陳昭儀 (2000)：傑出理化科學家之人格特質及創造歷程之研究。師大學報：科學教育類 1 卷 (45)，頁 27-45。
- 黃金俊 (1999)：高職攝影課程創造思考教學模式之研究。師大工業教育研究所碩士論文。
- 黃嘉勝 (1999)：攝影作品鑑賞模式與教學實例之研究。國立台中師院學報 13 期，頁 509-548。
- 詹志禹 (2000)：科技創造的本質與脈絡。國科會計畫：NSC 88-2519-S-004-001-C。
- 張甘棠、饒達欽、吳明雄 (1987)：「創造思考與發明」實驗課程對高工學生創造發明能力之影響。國科會計畫: NSC 77-0111-S-003-24。
- 蔡明宏 (2000)：技術創造力投資的策略權變觀點：學童科學創作與產業創新情境之間的定性比較。NSC 88-2519-S-004-001-C。
- 蔡敦浩 (2000)：組織特徵、體制特性與產業創新成果的關係研究。國科會計畫：NSC 88-2519-S-004-001-C。
- 蔡辰男 (1984)：當代國語大辭典。台北：百科文化事業。
- 溫肇東 (2000)：技術創業者在育成中心之家值研究。國科會計畫：NSC 88-2519-S-004-001-C。
- 經建會(2000)：全國知識經濟發展會議總結報告。台北市，經建會。
- 鄭英耀、王文中 (2000)：科學競賽績優教師創意思考及其相關因素之研究。國科會計畫：NSC 88-2519-S-004-001-C。
- 盧台華 (2000)：傑出科學家之創造力特性及開發創造力模式之研究－生物領域之探討。國科會計畫：NSC 87-2511-S-003-057。

一. 英文部分：

- Anderson, J. R. (1985) .*Cognitive psychology and its implications*. New York:W. H. Freeman & Company.
- Chang, I-Fan (1998) .Teaching Technological Creativity-Why and How. *International Conference on Technological Creativity Development*, Dec. 7-9,1998 Taipei, Taiwan, R.O.C.
- Damm, V.J (1970) : Creativity and intelligence: Research implications for equal emphasis in hi school. *Exceptional Children*, 36, 505-509.
- Duncker,K.(1945).On Problem Solving. *Psychological Monographs*,58(5),Whole NO.270.
- Ferre, F. (1988) .*Philosophy of technology*. Englewood Cliffs, NJ:Prentice Hall.,Inc.
- Gardner, H. (1985) : *Frames of mind*. New York. Basic Books.
- Guilford, J. P. (1950) : Creativity. *American Psychologist*, 5, 444-454.
- Guilford, J. P. (1982) : Cognitive psychology's ambiguities: Some suggested remedies. *Psychological Review*, 89(1), 48-59.
- Lewin, K. (1942) .Field theory of learning. *NSSE 41th Yearbook*.
- Lumseaine, E. & Lumsdaine, M. (1995) .*Creative problem solving*. McGraw-Hill,Inc.
- Mayer, R. E. (1991) .*Thinking, Problem solving, Cognition*. New York:W. H. Freeman and Company.
- Newell, A. & Simon,H. (1972) .*Human problem solving*. Englewood Cliffs,NJ : Prentice-Hall.
- Saeki, N. & Fan X. & Dusen L. V. (2001). A comparative study. relative thinking of American and Japanese college students. *The Journal of Creative Behavior*. 35(1), 24-36.
- Schubert, D. D., & Biondi, A. M. (1977) : Creativity and mental health: III. Creativity and adjustment. *Journal of Creative Behavior*, 11,186-197.
- Schon, D.A. (1967) .*Technology and change*. New York : Delacorte.
- Sternberg R. J. (1998) : The theory of Successful Intelligence. 台灣師大創造力、智力與思考研習會研習手冊。
- Sternberg, R. J. & Lubart, T.I (1991) : An Investment theory of Creativity and its development. *Human Development*, 34,1-32.
- Sternberg, R. J. (1988) : A three-facet model of Creativity.In R. J. Sternberg (Ed.), *The nature of creativity*. (PP 125-147). Cambridge University Press.
- Sternberg, R. J. (2000). Identifying and Developing Creative Giftedness. *Roeper Review*,23(2),60-65.
- Sternberg, R. J. (1985). *Beyond IQ: A triarchic theory of human intelligence*. Cambridge University Press.
- Sternberg, R. J. & Lubart, T.I. (1996) : Investing in creativity. *American Psychologist*, 51(7), 667-688.

Wu, M. H. (1993) . *The influence of the brainstorming process on the creativity of vocational industrial education students in Taiwan*. Doctoral dissertation, Iowa State University, Iowa.

Yan, Hong-sen (1998) : *Creative Design of Mechanical Devices*.Singapore : Springer .

誌謝

本研究承蒙行政院國家科學委員會專題研究計畫補助

計畫編號: NSC 91-2522-S-142-001

執行期限:91年8月1日至92年7月31日

表一 高創造力攝影家接受深度訪談內容比較表

攝影家	產生創意構想的攝影內容與題材	常運用的攝影技巧	創作的理念與拍攝原則	創作作品時遇到的困難與突破的方法	作品最滿意的地方	作品不滿意的地方	學校教育對攝影創作的影響	成為一位有創意攝影創作者應具備的條件
陳石岸	包含生活中逐漸消失的影像,如農村生活與一般社會動態的影像。	影像的畫面構圖要簡潔,讓觀者很清楚地知道主題的內容。攝影的角度一定要很清楚。攝影喜歡用標準鏡頭。	將生活中逐漸消失的影像留下來,無論是寫意的或寫實的影像我都拍攝,只要是合乎真善美。	須具備攝影眼,要將重點拍攝下來。	1. 能等待最佳時機與有周詳的計畫。2. 注重拍攝的角度、不刻意地拍攝被攝者,能讓作品呈現自然生動。	較難拍到逐漸消失的影像。	學校培養我照相的興趣與責任感。	1. 要引起別人的興趣與注意。2. 影像要具有歷史價值,讓人了解農村時代辛苦生活的一面。3. 影像要讓人有感動的能力。4. 能促進社會安和樂利與和諧。5. 選擇拍攝社會的光明面。
陳順築	和自己有關係的生活。	應用挪用或借用的技巧,大量的用家族的舊照片,並透過選擇老照片的方法,挪用到創作的影像中。	照片基本上應該歸類於複合媒材,照片是作品的基本主軸,運用其它材料來相輔相成。創作理念來說,我是運用一種加法,就是採用很多材料結合起來。照片本身是一個感情的素材,我常會再加上物質性中不可取代的質感來呈現。	因作品實驗風格很強,技術上必須要很多合作的人去完成作品,溝通是我常碰到的困難。另外是經費問題。	作品不僅是攝影,它結合很多可碰觸的材料力量,這些是攝影較難呈現的部分,在攝影表現上希望有如3D立體感覺一樣,更可以真實的表現。	將來我可能用電影的方式來呈現平面式的作品,仍無法很清晰的訴說作品。以電影的方式會比較完整的呈現各方面的東西。	美術系課程本身,必然會對攝影有影響。攝影創作的養成並不侷限在閱讀攝影書籍或看很多攝影作品,同儕之間的討論、學校舉辦的一些講座例如電影與戲劇,都會影響我的攝影創作。	1. 溝通能力要很強,才能獲得贊助者青睞。2. 具備跨領域與跨國的知識敏銳力。3. 從做中學。4. 要勤快地創作。

蔡來旺	在靜態方面是以花草樹木作為基本方式，並以虛實動態方面則利用週遭的人事或賓主相連的一個主題，讓觀賞者進入整個畫面之中，進而思考整個主題。	利用慢速的表現來虛實主題。用慢速時也借助閃光燈，把主題凍結之後，再移動相機，讓畫面產生一種不規則的線條圖案，如此會使畫面不會單調。	拍攝時要求自己合乎實際不造假。	活動在進行時，現場感受最重要，常常會因現場的氣氛而擾亂思緒。另外，比較難的就是快門速度與現場光線的搭配。	動態方面能掌握活動的快門時機。靜態方面能將兩滴與色彩表現的淋漓盡致。	動態的部分不是明暗的對比，與整張畫面的氣氛比較難呈現。尤其是因為現場會有一些雜光。	1. 從攝影書籍方面去獵取。2. 加入攝影團遇到一些良師益友，3. 能從失敗的經驗中去檢討。	1. 要有很好的修為並有求知、求新、與求變的精神。2. 作品的呈現要同時兼顧修為與拍攝創意。
謝明順	第一我基本上不太拍攝的題材，第二我會刻意尋找我平時不喜歡的題材。攝影題材是具有可變性的，變的情況若是我要的條件就會拍攝。	以藝術創作來說，拍攝原則是個人的邏輯。所謂個人的邏輯是曾經研究很多造形的理論、心理學、光學等等，綜合起來變成一種自己最適用的系統。我個人有個原則：以小搏大。以虛擬實。以靜似動。以無顯有。	任何藝術創作皆離不開技術，那個題材適用何種技巧，我就採用那種更能襯托此題材內涵的技巧。	作品不是很滿意時就修正，若怎樣修正還是無法達成自己的要求，處於這種情況時，我會警覺到可能是自己忽視了某一個重要的點，如何去找到這重要的點，這是一件很苦惱的事，而如何解決它呢？我可能會放棄、換另一個主題、放棄原本拍攝的角度換另一個角度繼續做或延緩、或是改變攝影的條件。	滿意的作品題材是枯葉。	不滿意的作品大部份都捨棄。	學校教育很重要。	1. 在人的特質方面須具備執著、毅力、與非常好的觀察力。2. 持續不斷的觀察，並透過攝影方式，將觀察到的事物紀錄下來。3. 要創造出有深度、或言之有物的形式作品。
劉憲仁	主要有昆蟲、花卉、人像、教學有關的鄉土題材、以及地方的一些歷史記錄等。	喜歡採用顯微鏡頭來拍攝生命成長的過程。	自然生態攝影方面儘量不要違反常態與破壞大自然。人像攝影著重在與被攝者溝通與肖像權的尊重。	多涉獵各種攝影技巧，愈創作會愈廣。色彩與構圖要多研讀美術相關書籍。敏銳觀察力的培養與不斷的拍攝實驗，才能呈現所要的效果。對於拍攝生態與事物的瞭解要能掌握重點。光線的掌握也很重要。沖洗夥伴與照片的保存也要詳加選擇。	梅花拍出的感如下雪的感。柔焦技巧拍攝的荷花效果。竹子光影與陰天或霧氣拍攝的竹子顯現出水墨畫的感覺。	不能充分掌握預期中的拍攝與沖洗後之效果。	影響的層面包括：師專時期的攝影社團引導、國畫老師對水墨畫的指導、膠彩畫老師柔化美感的啟發、以及油畫老師對於畫作表面的處理提示等。	1. 攝影的基本技巧。2. 敏銳的觀察力。3. 色彩、構圖與光線的掌握。4. 要有開放的觀念。

<p>游本寬</p>	<p>以發表過的作 品為例,倒過來 說是最近發表 的台灣新郎、台 灣房子、真假之 間、回憶與再現 的一家庭照相 館、與影像構 成。若概括性的 說,早期影像的 構成絕大部分 注重視覺的表 現;後期則偏向 對當代文化的一 些思維。</p>	<p>我個人偏好 鮮銳逼真、長 甚至比較長 的景深且稍 微一點廣角 的攝影影像。 而生活主 要強調鏡 頭前這些拍 攝對象的真 實性。</p>	<p>第一是為什麼這樣 的題材用攝影是最 佳表現的手法?第二 是用何種鏡頭拍攝 才是最佳的選擇?接 著我會再探討鏡頭實 前這些對象的真實 意義、或我會抱持什 麼樣的態度?第三是 思考這些作品是否 能夠適當的傳達 我個人的藝術理 念、或表現我自己相 關的專業訓練?第 四是影像作品對我 而言是否是一種廣 義光的繪畫?而攝影 可不可以算是進入 攝影光學式的寫 實繪畫?第五若是 單張作品它的完整 性夠不夠,而系列 性的作品會注意自 己的鋪陳或是論述 的方法是否合乎邏 輯?第六是在創作 的理念,我自己建構 出來的風格對自己 是否有說服力?也 就是我對自己的藝 術是否誠實?第七 是誠實之後我是不 是只單純的滿足一 種風格、或是會努 力的朝向多樣性風 格來建構?</p>	<p>我遇到困難時,大部 分我會求助各 類專家。而專 家不設定在 攝影或藝術 領域的人,專 業涵養的人 我都碰觸。</p>	<p>每一個階段 滿意的部分 都不同。早期 偏向對技術 層面的自我 滿足,中期是 對視覺方面 的美學掌控 能夠去自如。 近期的作品 則關注自己 關心的主題 內容,並希望 引起專業人 士與一般觀 眾的共鳴。</p>	<p>未來希望可 以逐漸朝向 跨領域發展。 希望將來能 跨越靜態視 覺的形式。</p>	<p>美術教育 提供自己 在視覺上 雄厚的基 礎。攝影 以外的藝 術美學涉 獵也很重 要。老師 與同學的 互動也增 強我的信 心。</p>	<p>一個豐富的藝術來源 與自己的人生觀、知 識、生活起居的習性、 與交友都有關係。而最 重要的是個人思考的 習慣。所謂廣義的創作 思維與創造性的思維, 不是只有在面對創作 時才動腦筋,要在在生 活中力行。創意是一種 生活的習慣與態度,而 非思考的方式。習慣養 成自然創意就隨。</p>
------------	---	--	--	---	--	---	---	---

中、小學學生對生態概念的理解：生態消長

Primary and secondary students' understanding of ecological concepts: ecological succession

游淑媚*

Shu-Mey Yu

(收件日期 93 年 4 月 15 日；接受日期 93 年 8 月 10 日)

摘要

本研究目的在探討中、小學學生對生態消長概念的理解。利用自行開發之晤談工具、開放性問卷及雙層診斷工具，探討中、小學學生對生物消長概念的理解。研究對象為中部地區中、小學學生，晤談個案 40 人，開放性問卷施測 275 人，及雙層診斷工具施測 1284 人。晤談工具、開放性問卷及雙層診斷工具都經科教學者及中小學生物及自然老師效化。雙層診斷工具重測信度為 0.722 至 0.873。研究方法先以質性晤談及開放性問卷進行，再以量化獲得較多樣本的生物消長概念的理解。研究結果顯示，台灣中部地區中、小學學生對生物消長概念的理解有：(1) 以人為中心 (2) 擬人化 (3) 描述性理由及 (4) 生態間相互依存關係四種主要類型；其中，類型 (3) 描述性理由類型可再細分為：(3-1) 直覺認定環境一旦變化，物種數量就會改變 (3-2) 物種消長與同地區生活的生物無多大關係。類型 (4) 生物間相互依存關係可再細分為：(4-1) 僅考慮生物間單向的影響 (如吃與被吃) (4-2) 食性層級上下位的關聯 (4-3) 整體食性關係及考量群集中所有生物與環境等三種類型。中、小學學生對生態消長概念的理解因年段而有不同的分佈。小四學生大部分持有 (2) 擬人化及 (4-1) 僅考慮生物間單向的影響 (如吃與被吃)，小六及國中學生大都持有 (3) 描述性理由和 (4-1) 僅考慮生物間單向的影響 (如吃與被吃)，高中學生大都持有 (4-1) 僅考慮生物間單向的影響 (如吃與被吃) 和 (4-3) 整體食性關係及考量群集中所有生物與環境之理解類型。本研究中、小學學生對生態消長概念的理解的研究結果，可作為生態消長概念的成因研究，且可供中、小學相關生態消長概念課程的編輯、教師教學及學生學習生態消長概念之參考。

關鍵字：小學學生、中學學生、生態消長、理解

* 游淑媚：國立台中師範學院自然科學教育學系副教授

Abstract

The purpose of this study was to investigate grade 4-11 students' understanding of ecological succession concepts in middle Taiwan. Subjects were 40 grades 4-11 students for interview task, 275 for open-ended questionnaires and 1284 for two-tier multiple-choice diagnostic test selected from elementary schools, junior high school and senior high school, located in middle Taiwan. Semi-structured interview task, open-ended questionnaires and two-tier multiple-choice diagnostic instrument were developed and validated by a group of science educator, elementary and secondary teachers. Interview data and open-ended questionnaires were coded and analyzed by two graduate students independently, and an inter-rater reliability of 90% was achieved. Two-tier multiple-choice diagnostic test were analyzed by SPSS10.0. Results indicated that four major patterns of understanding of ecological succession concepts were identified: egocentrism, anthropomorphic reasoning, description of nature, and interdependent reasoning. The distributions of students' understanding of ecological succession concepts were different on grade level. Finally, some suggestions are made for teaching and further research on ecological succession concepts.

KEYWORDS: Ecological succession, Primary students, Secondary students, Understanding

前言

一、研究背景與重要性

二十一世紀的科學教育需要新的教學、學習以及評測學生理解的方法 (Mintzes, Wandersee, & Novak, 1999)。科學學習與教學應聚焦在質而不是量；意義化而不是記背；理解而不是覺醒。人類在二十一世紀所扮演的角色與二十世紀不同，人類在二十一世紀的基本角色，依賴意義化製造者與知識建造者共同集合的能力 (Mintzes, Wandersee, & Novak, 1998)。學生在科學學習過程中，是否真正理解應學得的科學概念，就成為各方關注的焦點。

學生在科學概念學習前，對於自然現象持有自己的理解，不同於科學的正確概念。學生持有的理解，影響其科學概念的學習，包括：科學概念的同化、調適和詮釋。研究顯示，學生對科學概念背後的真正意義，並未真正理解。學生普遍持有自己對科學概念的理解，不同於科學的正確概念，例如：「二氧化碳與樹的重量無關」 (Helsam & Treagust, 1987)。在不了解學生對於自然現象持有自己的理解的情形下所設計的課程、所進行的教學只是在灌輸知識，只是讓學生無意義背誦知識，而不是讓學生有意義的建構知識。教學能對學生自己的想法造成的改變非常有限。Ausubel (1968) 認為：「要使學生達到有意義的學習，必須從學生所知的教起。」要使學生能意義化的學習，教師與學者們必需了解各階段學生對科學所具有的自己的理解。

生物概念的學習與理解是一個複雜的系統：包括資訊的來源（生活世界、社會與文化、非正式學習環境、與正式學習環境）、學習活動（獲得知識、組織與反思知識、以及使用知識）與生物概念的理解，三大向度以及細項內容之間交互影響的結果 (Fisher, Wandersee, & Moody, 2000)。有關學生生物概念的研究，至西元 2004 年 4 月止，約有 905 件 (Duit, 2004)。佔概念研究總數 6314 件之 14%。生態概念的研究比其他生物概念的研究來的晚，且為數不多 (Leach, Driver, Scott, & Wood-Robinson, 1995)。有關生態消長概念的理解的研究更少，結合質性與量化研究工具探討中小學學生對生態消長概念的理解的研究，尚未見到。

生態概念為我國中小學科學課程中的重要目標之一。國民教育九年一貫課程綱要中，自然與生活科技領域內容要項，與「生態」概念相關的部分，在「永續發展」課題內的「生態保育」主題，次主題有「510 生物和環境」，主要內容包括：「生物生長所需的條件」(三、四年級)；「生存的環境」、「生物與環境的關係」(五、六年級)；「物質與能量的流動」、「族群及生態系」、「穩定生態系」(七、八、九年級)；生態概念為自然與生活科技領域中，一個很主要的概念 (教育部, 2003)。由此可見，生態概念在中、小學自然科學學習的重要性。然而，研究顯示學生在生態概念學習困難且表現較差 (Esiobu & Soyibo, 1995)。因此，學生對生態概念持有的理解的研究更顯得重要。有關我國中、小學學生對生態消長概念的理解的研究，有其必要性與重要性。

二、研究的目的

本研究目的在了解中、小學學生對生態消長概念的理解，利用自行開發之晤談工具、開放性問卷、及雙層診斷工具，探討中部地區不同年段中、小學學生對生態消長概念的理解及分布趨勢。

文獻探討

一、學生科學的理解

有關學生科學的理解研究社群中，對於學生對科學的理解，有許多不同的名詞，反應出這個領域的動態本質。許多研究者偏好另有概念（*alternative conceptions*）一詞，因為是價值中性且較尊重學生的想法。其他的名詞範圍從簡單的質樸想法（*naive ideas*）、先存概念（*preconceptions*）、孩童科學（*children's science*）、另有架構（*alternative frameworks*）、心智模型（*mental model*）、迷思概念（*misconception*）等，到複雜的有限或不合宜的命題階層（*LIPHS-limited or inappropriate prepositional hierarchies*）（Fisher & Moody, 2000；Wandersee, Mintzes & Novak, 1994；郭重吉，1997；1998；鄭湧涇，1998；2000）。不同的名詞在用字遣詞時，背後有不同的思考方向。例如：迷思概念對學生沒有尊重，認為知識是絕對的，對就是對、錯就是錯。孩童科學則為另一極端，認為學生會思考、歸納、推論、並從生活的經驗中發展出自己的想法。另有概念與另有架構則是介乎其中的。另有表示出學生是主體，他擁有與課本不同的概念與架構。在本研究中，以學生的理解（*understanding*）稱呼，以探討學生對自然現象的理解。

研究顯示學生自持的理解與科學概念並不一致；探究學生對科學的理解的方法有：概念圖、紙筆測驗、晤談、雙層診斷工具等（Mintzes, et al., 1999; Liu, 2001; Treagust, 1988; 1995；White & Gunstone, 1992）。因研究目的不同，採用的方法也不同。本研究採用質性的晤談工具及開放式問卷深入了解學生的生態消長理解類型，接著研發雙層診斷工具以進一步了解各階段學生生態消長理解類型之分佈情形。Leach 等人(1995)發展紙筆測驗及多項探引的晤談工具，研究5-16歲學童對生態現象的理解。研究學生科學的理解，主要可分成兩類，一類使用標準界定的科學概念評估學生對科學知識的理解，研究過程將學生的回答與科學的概念相較；另一類的研究則利用自然的物件探引學生的理解，像人類學者在研究另種文化，使用自訂的項目研究、分析，且對個案間作詳細解釋，揭露其間共同的特性，這類的研究調查較像是自然主義的觀點，以學生呈現的資料作描述（Wandersee, et al., 1994）。本研究較傾向這類型的研方式，針對學生於晤談過程中相關消長概念的談論內容，再做廣泛資料收集，嘗試歸類其不同的理解。接著研發開放式問卷收集更多學生的理解，加以修正原有的歸類。再根據主要的歸類，研發雙層診斷工具，據以快速收集更多學生的理解，並且加以比較。

Tamir 和 Zohar (1991) 提出學生對生物現象的推理主要有擬人化(*anthropomorphism*)、目的論(*teleology*) 與因果關係(*cause-effect relationship*)。擬人化主要是將人類的推理狀態歸因至非人類，例如：植物偏好濕的土壤。目的論主要是以最終目的用來解釋特定的構造，例如：草食性動物的腸子較肉食性動物長，是爲了要消化較大體積的食物；或爲了特定功能的表現，例如：種在室內的植物彎向窗戶，是爲了獲得更多光線以進行光合作用。Tamir 和 Zohar 的研究結果發現 71% 的十年級生與 56% 的十二年級生使用目的論解釋演化現象。Leach, Driver, Scott ,和 Wood-Robinson (1996)的研究結果發現，5-7 歲的學童，較常使用擬人化的推理；相對的，16 歲的學童，較常使用目的論的推理。Southerland, Abrams, Cummins, 和 Anzelmo (2001)研究學

生對生物現象的解釋所用的歸類也包括擬人化與目的論；研究結果發現學生最常用目的論對生物現象作解釋，生物的改變是爲了需要。這些學生對生物現象的推理主要類型將作爲本研究分析學生對生態消長的理解類型的理論架構。

Mintzes 等人 (1998) 針對科學理解與概念改變提出十二個知識主張。這些主張是由近二十年在這方面數千篇的研究結果所支持的。這些主張的重點爲：學習者進入教室前，已有自己對自然現象的想法。這些想法橫跨各學科，並且與科學解釋相衝突，更重要的是這些想法在日常生活扮演有用的角色。學生的想法經常與課堂學習的知識交互作用，造成多種期望之外的學習成果組合。

Leach 等人 (1995) 認爲學生思考自然現象時的進展，是由於三個互相關聯的因子造成。這三個互相關聯的因子爲：學生的現象知識、與該知識相關的本體論及學生本身的認識論。學生學習的進展，不只是與學生的現象知識有關，也與學生對自然世界基本的假設有關係（本體論）。除了學生的本體論進展，科學學習也影響學生所製造的科學知識的本質，也就是學生本身的認識論的改變。

總而言之，學生對概念理解的特徵是橫跨年齡、性別、及文化；同時常出現於科學史以及發生在許多成人的認知結構中；學習者嘗試對於自然世界意義化過程中，利用其有限的知識呈現出可說服自己的理解類型。學生的理解類型可能與經驗、學習的知識或是經驗夾雜學習知識的連結有關，因此本研究將對不同年紀或學習經驗的學生進行生態消長理解類型的研究，以了解、分析學生對生態消長現象可能持有的理解類型與分布趨勢。

二、國內外有關生態消長概念理解的研究

有關學生生物概念的相關研究，Wandersee 等人(1994)的文章顯示，在生物概念研究可區分爲五個主要內容範圍，包括學生對：(1)生命，(2)植物與動物，(3)人體（包括構造與生理功能），(4)延續性（包括生殖、遺傳和演化）及(5)其他生物現象：如細胞的構造、細胞生理（如細胞分裂、蛋白質製造、光合作用、呼吸作用）及食物網的概念等。Duit (2004) 的研究顯示，至西元 2004 年，學生生物概念的相關研究約有 900 件。

從科學界定的觀點來看「生態消長」，指的是群集在遭逢大火或火山爆發等破壞後，群集的組成與結構改變的順序。物種的組成隨著生態時間逐漸轉換的過程（Campbell & Reece, 2002）。生態概念爲我國中小學科學課程中的重要目標之一（教育部，2003）。然而，研究顯示學生在生態概念學習困難且表現較差（Esiobu & Soyibo, 1995）。Reiner 和 Eliam (2001)的研究結果顯示傳統的教室學習，無法協助學生理解生態學的複雜組成以及其交互作用。學生的原有想法雖稍有改變，其深層本體的信念卻無法改變。Eliam (2002)以特殊設計的學習環境，協助學生找出生態學理解困難的地方，並協助學生深層本體的理解。

國外目前沒有專門針對學生生態消長概念的研究，但在探討學生生態概念的研究中，則可發現學生對生態消長的理解(Brumby, 1982; Carlsson, 2002a; 2002b; Leach, Driver, Scott & Wood-Robinson, 1996; Wood-Robinson, 1995)。Carlsson (2002a; 2002b) 的研究主要爲設計兩個晤談工具探討十位職前教師對生態系統功能（光合作用與物質與能量的轉換）的理解，研究結果以複雜的類別階層圖示呈現職前教師對生態系統功能（光合作用與物質與能量的轉換）的理解。Griffiths 和 Grant 在 1985 年研究 15-16 歲學生相關食物網的主要迷思概念，研究中要求學

生思考：同系統群集中某族群生物產生變化時是否對其他生物族群造成影響？發現高達 95% 的學生僅注意到系統內部分鏈狀的變化，卻無法了解到一族群生物的變化足以涉及整體食物網內各部分；Brumby (1982)的研究發現即使是大學修生物的學生，也有類似的問題。Griffiths 和 Grant 的研究發現 16% 的學生認為某族群生物的變化僅會影響有直接關聯的另種生物族群，像捕食者與被捕食者。少數則是認為被捕食者的數量變化對其捕食者生物族群沒有影響，或者只要食物網內某一族群有任何增減變化，所有其他族群生物也會遭到相同的增減變化 (in Wood-Robinson, 1995)。

Leach 等人 (1995; 1996) 設計了三種工具 (包含紙筆測驗及晤談)，探測學生的生物間依存關係概念，過程中要求學生需對其所挑選的群集預測何項生物族群數量最多。研究結果顯示學生對生態消長概念的理解，5-11 歲學童多數不以族群而以單一生物說明生物間的關係。5-7 歲學童不具有生態系統中生物相互依存的概念。學童比較能注意到食物網中生產者的消長變化導致的影響，較能處理食性層級往上的影響。該研究參照 Tamir 和 Zohar (1991)的理論架構，將學生對消長概念的理解區分成：沒有原因、描述性、目的論及生物相互依存的理由類型。其中，生物相互依存的理由類型，隨年紀增加，分布趨勢也遞增。描述性與目的論的分布趨勢在 7-11 及 11-14 歲學童呈相反的趨勢；描述性在 7-11 及 11-14 歲學童的分布趨勢較多。目的論在 7-11 及 11-14 歲學童的分布趨勢較少。沒有原因理由類型，隨年紀增加，分布趨勢遞減。

國內生態概念相關的研究，國小部分的研究有：生態平衡 (熊召弟, 1994)、生物群落 (游淑媚, 1994a; 1994b; 1995)。中學部分的研究有：生態概念的發展研究及教學成效的改進 (張學文, 1993)、學生對物質循環與能量流動概念的診斷分析 (胡瑞萍和林陳涌, 2002)、雙層診斷工具評測中學生生物概念的理解 (鄭湧涇, 2000)以及國中學生生物概念學習與相關變項之研究 (鄭湧涇, 2004)。這些研究多以某一年段或某一區域的學生為研究對象，各使用不同的研究工具，無法提供中小學學生生態概念整體分布趨勢。

因此，本研究之研究者配合國科會任務導向之我國學生科學學習整合型研究，自西元 2000 年起進行有關中、小學生態概念的研究：「中、小學學生生態概念研究(I) (II)」(游淑媚, 2001; 2002)。系統化研發探查中、小學學生生態關鍵概念的各種工具，期能提供中小學學生生態概念整體分布趨勢。相關研究結果陸續發表於國內外學術會議與期刊，包括：生物間的互動關係 (游淑媚和林淑芳, 2001)、物質循環 (游淑媚和張政昌, 2003)、生物腐化想法類型 (游淑媚, 2003)、生物消長 (游淑媚和林淑芳, 2002)、生物腐化 (Yu & Lin, 2002)、生態概念雙層診斷工具之發展與效化 (游淑媚、張政昌和林淑芳, 2002)、生物腐化概念評測 (Yu, 2003a)、物質循環與能量流動概念評測 (Yu, 2003b)、生物概念評測 (Yu, 2003c)、能量流轉 (Yu, 2003d)。這些研究結果顯示，中、小學學生在各生態關鍵概念，各有其自己的理解，隨著年段的增加，呈現不同的理解。

胡瑞萍和林陳涌 (2002) 的研究結果顯示，雖然國一學生剛學過「食物鏈」，但仍有 70% 的學生不具有或只具有很少的概念，具有部分概念的學生佔 18.7%，只有 11.3% 的學生具有較完整的概念。游淑媚和林淑芳 (2002) 的質性初探研究發現中小學學生對生物消長概念的理解類型分成 (1) 以人為中心 (2) 擬人化 (3) 描述性理由及 (4) 生物間相互依存關係四種主要類型；其中，類型 (4) 生物間相互依存關係可再細分為：(4-1) 僅考慮生物間單向的影響 (如吃

與被吃)(4-2)食性層級上下位的關聯(4-3)整體食性關係及考量群集中所有生物與環境等三種類型。尚未以量化研究探討生物消長概念的理解類型分布趨勢。

綜合國內外生態概念中有關生態消長質性與量化兼具的相關研究，這些研究多以部分年段作為研究對象，或是使用的研究工具不容易提供現場工作者理解學生的想法。基於上述分析可知有關中、小學學生對生態消長概念的理解之全面性、系統性與發展性之研究極少，且沒有生態概念中有關生態消長概念雙層診斷工具之研發，有待學者進行深入的探究。因此，本研究探討中小學學生生態概念中有關生態消長概念的理解，利用自行研發設計之晤談工具、開放性問卷、及雙層診斷工具，探討不同年段、不同年級的國小、國中、高中學生對生態概念中有關生態消長概念的理解類型及分布情形。

研究方法與設計

本研究目的在了解我國中、小學學生對生態消長概念的理解，利用自行開發之晤談工具、開放性問卷及雙層診斷工具，探討中部地區不同年段中、小學學生對生態消長概念的理解類型及分布趨勢。

一、研究對象

研究樣本為台灣中部地區中、小學學生，在研究不同階段依不同目的選取樣本。先採立意抽樣方式，選取晤談個案 40 名，為獲取豐富的資訊，選取活潑、願意表達自己想法的個案；包含台中縣、市之小四、小六、國中及高中生各 10 名。開放性問卷施測之樣本為台中縣、市之不同年段學生各 2 班，小四 73 人、小六 75 人、國中 60 人及高中 67 人，共 275 名學生。

雙層診斷工具施測樣本之選取，根據學校地區性（市區、市郊及城鄉）、學生年段與學習經驗，常態分班之國中，高中學校程度（參照高中聯招分布）、高中生選讀類組，施測樣本為台中縣、市，南投、彰化及苗栗地區共五所小學 427 人、四所國中 326 人及五所高中 649 人，雙層診斷工具施測樣本數共計 1302 人。而研究之有效樣本計 1284 人，其中國小 424 人（小四 138 人、未學習過生態概念的小六 140 人及已學習過生態概念的小六 146 人）、國中 295 人（國一 143 人、國二 152 人）及高中 565 人（高一 188 人、高二自然組 209 人及高二社會組 168 人）。各探測階段之研究對象分布見表 1。

表 1：各年段研究對象人數分布表

年段/年級/選讀類組	研究探測工具		
	晤談工具	開放性問卷	雙層診斷工具
小學四年級	10	73	138
小學六年級（學前）	10	75	140
小學六年級（學後）			146
國中一年級	10	60	143
國中二年級			152
高中一年級	10	67	188
高中二年級社會組			209
高中二年級自然組			168
小計	40	275	1284

註：小六（學後）代表已學習過相關生態概念；小六（學前）代表尚未學習過相關生態概念。

二、研究過程

本研究為探測中、小學學生對生態消長概念的理解類型，研究進行順序如下：

- (一) 決定生態消長概念的關鍵概念，建立概念圖以及命題陳述，交由本研究之總計畫(國科會專案研究)召集的生物概念研究小組審閱及討論，確定研究範圍以作為每個階段發展生態消長診斷評量工具的目標概念。生態消長概念的主要命題敘述為 1. 生物族群會因環境的影響而改變數量。2. 某種生物族群的消長會影響到同地區其他生物族群的消長。
- (二) 設計生態消長概念晤談工具，請專家效化。
- (三) 正式訪談中、小學學生在生態消長概念的理解，分析訪談資料，分別找出學生在生態消長關鍵概念的主要類型。
- (四) 根據訪談資料分析結果之生態消長關鍵概念的主要類型，設計單層選項，第二層理由之工具，請專家效化。施測後找出學生在生態消長關鍵概念的主要類型。並與訪談資料找出學生在生態消長關鍵概念的主要類型，互相檢核。以找出生態消長關鍵概念的共同主要類型。用來獲得中、小學學生在生態消長概念的理解方面較具有代表性的資料，轉化成雙層診斷評量工具中適當的選項。
- (五) 發展雙層診斷評量工具。根據中、小學學生在生態消長概念的理解方面較具有代表性的資料，轉化成適當的選項，設計開發雙層診斷工具。進行小規模試測、多次修正、再試測、較大規模施測及信、效度分析，以進一步了解不同年段的學生對生態消長概念的理解類型分布趨勢。雙層診斷評量工具初稿委由生物專家學者、生態學者、科教學者及中、小學科學教師進行審閱試題的恰當性。經過再次的修訂後進行間隔四星期的前測－後測，以查驗重測信度，並分析前測資料中學生所呈現的生態消長概念的理解類型。

本研究的研究期間為民國 89 年 9 月至 91 年 10 月。民國 89 年 9 月至 90 年 12 月間進行工具研發，半結構式晤談。民國 91 年 1 月進行開放性問卷施測。民國 91 年 2 月至 4 月期間進行雙層診斷工具之設計開發、小規模試測、多次修正、再試測，於民國 91 年 5 月至 10 月期間進行雙層診斷工具之大量施測與重測。其中小六(學後)於民國 91 年 5 月至 6 月間施測，學生已學過相關生態概念，小六(學前)於民國 91 年 9 月至 10 月間施測，學生尚未學過相關生態概念。

三、研究工具

(一) 晤談工具

本研究所使用的晤談工具主要為研究小組開發之生態關鍵概念晤談工具中的一部份。生態消長晤談工具的設計，根據本研究建立的生態消長概念的主要命題敘述： 1. 生物族群會因環境的影響而改變數量。2. 某種生物族群的消長會影響到同地區其他生物族群的消長。生態消長晤談工具以呈現圖片方式進行晤談，晤談大綱說明如下：

1. 呈現生態情境模擬圖（見圖 1）。
2. 先讓學生思考，這地區時間一久，何種生物應該會變得更多？為什麼？
3. 再提出「該地區老鷹全面消失」的假設情境，讓學生預測將會發生什麼變化？為什麼？

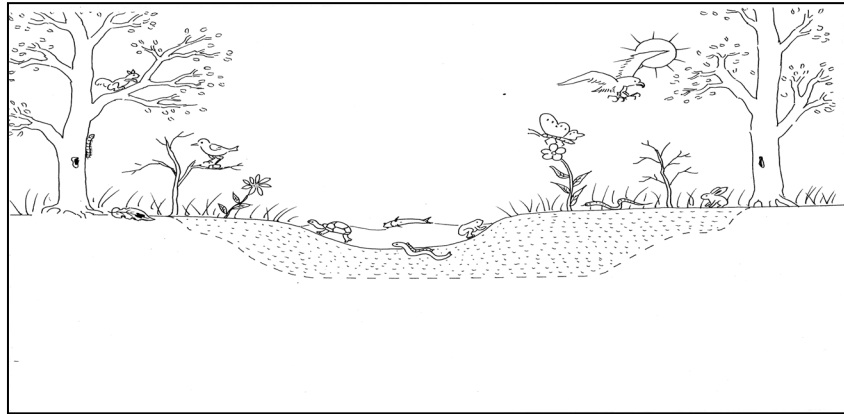


圖 1：生態情境模擬圖

(二) 生態消長開放性工具

根據晤談個案的表現，進行初步的資料分析後，將其結果置於生態消長開放性工具之第一層答案選項中（見圖 2）。要求學生選出答案後，在第二層開放區中寫下自己挑選答案的理由。

一、 不知何故，大量的鱷魚都無法再生存下去，久而久之在這個水窪環境中便看不見鱷魚的蹤跡了。你想，鱷魚的消失會使這個環境或生活在此的生物產生什麼變化嗎？

1. () 在這個水窪環境中：①就算鱷魚全面消失，水窪環境與生活在此的生物依然過一樣的生活，完全沒有變化。②鱷魚全面消失了，使得這個環境中的一些生物生活產生了變化。③鱷魚全面消失了，將使得這個水窪環境及在此生活的所有生物生活都產生變化。
2. 為什麼會這樣呢？我的想法是：（要盡量表達，寫清楚你的想法喔！）

圖 2：生態消長開放性工具

(三) 生態消長雙層診斷工具

生態消長雙層診斷工具的研發，根據晤談及開放性工具分析結果，第一層為事實選項，第二層為理由選項，每一層都只能選一個最合適的答案。共設計兩項子概念之試題，分別探討學生對「環境變化影響該地區生物間消長」及「某一生物消長影響其他生物消長」之概念。將其施測結果與晤談及問卷結果相比，於中、小學學生之生態消長理解類型之探測表中呈現（表 2）。

表 2：中、小學學生生態消長理解類型之探測表

理解類型	晤談	開放 工具	雙層診斷 工具
1.環境的影響			
類型 1、以人爲中心-人類利益將受損。	v	v	—
類型 2、擬人化想法-類似人類情感變化	v	v	511-pj
類型 3、描述性理由--1 直覺認定環境一變,生物就不好	v		511-pj
類型 4、 環境的改變會影響生物的生存及數量		v	511-pj
2.生物的影響			
類型 2、擬人化想法-類似人類情感變化	v	v	521-p
類型 3、描述性理由--2 生態消長不影響其他生物		v	521-p
1. 生態之消長因其繁殖力而異			522-js ¹
類型 4、生物相互依存-			
類型 4-1、生態消長僅影響單向相互依存關聯之生物			521-p
*1. 最高消費者因無天敵而日益增多			
*2. 生產者須增多以供被食用	v	v	522-js*1
			522-js*2
類型 4-2、生態消長會影響上下位食性層級之生物	v	v	—
類型 4-3、生態消長會影響整體生物之食性關係	v	v	
生態消長會影響同環境生物之生存量（小學版）		v	521-p
生態之消長因彼此間相互依存關聯而制衡（中學版）			522-js

註：黑體字代表較符合科學界定之概念類型

診斷工具欄標記號爲試題代號，英文字表學生年段（p-國小、j-國中、s-高中）

概念類型欄標記*表示在該類型下延伸之次要類型

v 標記代表其類型在晤談及問卷結果中出現

經由前述質性研究過程蒐集分析之資料，綜合晤談及開放式問卷結果顯示之八項生態消長理解類型，分別於雙層診斷工具中設計兩項子概念之試題探測，分別探討學生對「環境變化影響該地區生物間消長」及「某一生物消長影響其他生物消長」之概念；其中，有三項生物消長理解類型設計在探測學生對「環境變化影響該地區生物間消長」的試題（511）中，另外有四項生物消長理解類型在探測學生對「某一生物消長影響其他生物消長」之試題（521，522）中；其中「擬人化想法」與「影響生物的生存與數量」理解類型在兩題試題（511，521）中皆有出現。雙層診斷工具第二層理由選目，類型 1、以人爲中心-人類利益將受損，及類型 4-2、生物消長會影響上下位食性層級之生物，因爲開放性工具施測結果所佔的人次較低，第二層理由選目因數量的限制，無法呈現在雙層診斷工具第二層理由選目中。

生態消長雙層診斷工具之第二層理由選項，皆來自學生晤談及開放式工具之敘述句修編。學生生態消長理解雙層診斷工具試題代號及施測年段見表 3。試題 511 國小國中版，探測環境變化影響該地區生物間消長。試題 521 及 522，探測某一生物消長影響其他生物消長，試題 521

國小版，試題 522 國中高中版。各試題之內容簡介如下：

表 3：學生生態消長理解雙層診斷工具試題代號及施測年段

探測 主題	試題 代號	小四	小六 (學前)	小六 (學後)	國一	國二	高一	高二社	高二自
1.環境 的影響	511	●	●	●	●	●			
2.生物 的影響	521	●	●	●					
	522				●	●	●	●	●

試題 511 (國小國中版)：探測環境變化影響該地區生物間消長

題幹主要內容為肥料對於河流中的生物影響情形？

第一層選項主要內容分別為：植物、動物、及生物。

第二層的理由選項主要內容分別是：使河流裡生物有毒，而且會臭臭的；所有動物會更有警覺性，更合作；肥料會改變河流的環境，而環境改變影響生物生存；肥料流到河流裡，生物都會死光光；以及不知道。

試題 521 (國小版)：探測某一生物消長影響其他生物消長

題幹主要內容為某一地區的野草全部被大火燒盡，短期對該地區的生物影響？

第一層選項主要內容分別為：毫無影響、只影響草食性的生物、及影響所有生物。

第二層的理由選項主要內容分別是：有其他生物取代草，所以不太有影響；不吃草的生物，就不會受到影響；草的消失影響生存環境，生物紛紛逃走；使生物在環境中生存的數量改變；以及不知道。

試題 522 (國中高中版)：探測某一生物消長影響其他生物消長

題幹主要內容為在草原環境中，馬櫻丹、蝴蝶、螳螂及麻雀各族群的數量不一；日子一久，馬櫻丹、螳螂、麻雀這三種生物族群何者的生物數量會越變越多？

第一層選項主要內容分別為：馬櫻丹、螳螂、麻雀及差不多。

第二層的理由選項主要內容分別是：生物族群因為繁殖量多，所以生物數量多；最高消費者沒有天敵，所以久而久之數量會最多；生產者數量要最多，才可供作其他消費者食用；每種生物皆扮演不同的角色，彼此有相互依存關係互相制衡；生物皆會死亡也會繁殖，不受其他因素影響其數量；以及不知道。

雙層診斷工具之設計開發係根據中、小學學生在生態消長概念的理解方面較具有代表性的資料，轉化成適當的選項。先進行小規模試測、多次修正、再試測，信、效度分析及較大規模施測，以進一步了解不同年段的學生對生態消長概念的理解類型分布趨勢。雙層診斷工具初稿，除了委由三位生物專家學者（皆於大學任教生物）審閱之外，初次修訂後再委請三位生態學者、三位科教學者及三位中、小學科學教師進行審閱試題的恰當性。經過再次的修訂後，進行前測、後測，相隔約 4 週，以查驗重測信度，並分析前測資料中，學生所呈現的生態消長概念的理解類型。

四、效度與信度

(一)、效度

本研究發展之生態消長晤談工具、生態消長開放式工具在研發過程中，都經專家審查，且經過反覆多次的修訂，以效化工具。本研究發展之生態消長雙層診斷工具的目的是診斷學生可能具有的理解類型，發展時程超過一年，期間經過生物研究群會議討論，專家學者審查，並經過反覆多次的修訂，所發展的評量工具應具有某種程度的效度。

(二)、信度

本研究的信度之查驗，採用重測（test-retest）信度的方法。本研究的前測與後測相隔約 4 週，施測時間為民國 91 年 5 月中旬至 91 年 6 月中旬（小六學前除外），小六（學前）施測時間為民國 91 年 9 月至 91 年 10 月。預試回收後剔除選答過於規律、空白超過一半的無效問卷之後，將資料輸入電腦，以 SPSS10.0 統計軟體進行資料分析。

雙層診斷工具關心受試者是否穩定一致的選答某些選項。在此原則下，重測方法應是估計雙層診斷工具之信度比較恰當的方法。重測方法一般以「相關」做為估計信度的依據。本研究查驗試題的穩定性，是將受試者的選答以名義變數方式處理（例如第一層選 2，第二層選 3，則以「23」編碼），查驗受試者在前測、後測的選答是否穩定一致（即選答相同選項），並採用列聯係數（contingency coefficient）查驗學生在前測、後測之選答的關連性（association）。

前測、後測分析結果顯示年級越高，選答有越穩定的傾向，小學在前測、後測選答一致的人數約在三成多(平均 35%)，到高中則接近五成(平均 50%)。而每一題的列聯係數：511 重測信度值 0.722，521 重測信度值 0.873，522 重測信度值 0.871（見表 4）。顯示學生在前測、後測的選答頗為一致（游淑媚，張政昌 和 林淑芳，2002）。

表 4：生態雙層診斷工具中各試題重測信度表

題號	(各年段) 列聯係數值			(跨年段)
	國小 (n=278)	國中 (n=295)	高中 (n=565)	列聯係數值
511	.793**	.807**		.722**
521	.873**			
522		.909**	.789**	.871**

五、資料分析

本研究的資料分析過程，先初步分析晤談資料後，開放式工具結果之統整，最後再根據雙層診斷工具作答組合之歸類，與質性研究資料比對，形成中、小學學生生態消長概念的理解類型，主要有四項，分述如下：

- (一) 以人為中心：物種消長與人類利益相關。
- (二) 擬人化想法：物種消長使同地區生活的其他物種產生類似人類情感的變化。
- (三) 描述性理由：3-1 直覺認定環境一旦變化，物種數量就會改變。
3-2 物種消長與同地區生活的生物無多大關係。
- (四) 生物間相互依存：

- 4-1 某物種消長會單向影響到有相互依存關聯的另種生物。
- 4-2 某物種消長會使其食性層級上下位的物種產生連鎖影響。
- 4-3 某物種的消長足以影響該生態區中整體的食性關係。

晤談資料的初步分析及開放性工具受測結果分析，皆由研究者及兩位自然科學教育研究所的研究生分別進行編碼與分析，再互相比對，一致程度達 90%。不一致的地方，經由共同討論以決定其適當的類型。

研究結果與討論

本研究目的在了解中、小學學生對生態消長概念的理解。利用自行開發之晤談工具、開放性問卷及雙層診斷工具，探討中、小學學生對生態消長概念的理解。綜合質性資料及雙層診斷工具施測結果（作答組合分類）之量化資料，將台灣中部地區中、小學學生對生態消長概念的理解分成：（1）以人為中心（2）擬人化想法（3）描述性理由及（4）生物間相互依存關係四種主要類型。其中，類型（3）描述性理由類型可再細分為：（3-1）直覺認定環境一旦變化，物種數量就會改變（3-2）物種消長與同地區生活的生物無多大關係。類型（4）生物間相互依存關係類型可再細分為：（4-1）某物種消長會單向影響到有相互依存關聯的另種生物（4-2）某物種消長會使其食性層級上下位的物種產生連鎖影響（4-3）某物種的消長足以影響該生態區中整體的食性關係等三種類型。中、小學學生對生態消長概念的各項理解類型根據質性的晤談、開放性工具及量化的雙層診斷工具分述後，再加以綜合比較如下：

一、中、小學學生生態消長理解類型：質性研究結果

初步分析晤談及開放性工具結果，發現中、小學學生對生態消長的理解可分為七種理解類型，各年段類型的分布趨勢也有差異（見表 5）。研究者將學生對生態消長的理解分析整理成四大類型，依序為「以人為中心」、「擬人化想法」、「描述性理由」及「生物相互依存關係」。描述性理由類型可再細分為「直覺認定環境一旦變化，物種數量就會改變」「物種消長與同地區生活的生物無多大關係」兩種類型。「生物相互依存關係」可再細分為：「僅考慮生物間單向的影響（如吃與被吃）」、「食性層級上下位的關聯」、「整體食性關係及考量群集中所有生物與環境」三種類型。各類型的說明、晤談及開放性工具的質性證據分述如下：

表 5：中小學學生生態消長晤談及開放性工具理解類型

生態消長理解類型	晤談分析				開放性工具分析			
	小四 n=10	小六 n=10	國中 n=10	高中 n=10	小四 n=73	小六 n=75	國中 n=60	高中 n=67
1.以人爲中心— 物種消長與人類利益相關	20.0	10.0	0	0	4.1	0	0	0
2.擬人化想法— 物種消長使同地區生活的其他物種 產生類似人類情感的變化	50.0	0	10.0	0	32.9	30.7	20	3.0
3.描述性理由—								
3-1. 直覺認定環境一旦變化,物種數 量就會改變	0	20.0	30.0	10.0	0	0	0	0
3-2. 物種消長與同地區生活的生物 無多大關係	0	10.0	0	0	24.7	8	1.7	0
4.生物間相互依存—								
4-1.某物種消長會單向影響到有相互 依存關聯的另種生物	50.0	60.0	70.0	40.0	31.5	37.3	36.7	34.3
4-2.某物種消長會使其食性層級上下 位的物種產生連鎖影響	20.0	60.0	50.0	40.0	4.1	17.3	11.7	14.9
4-3.某物種的消長足以影響該生態區 中整體的食性關係及生存環境	0	0	0	60.0	1.4	6.7	11.7	37.3
其他(問卷之作答爲不知道/無作答/ 僅陳述科學名詞)					1.37	0	18.3	10.4

註：表中數字爲次數百分比，同一個案的理解類型可能不只一種，因此總合不等於 100%。

(一) 以人爲中心

持有此類型的學生，對生態系統中生物的關聯互動，比較容易以人的立場思考，當被問及地區中某物種消失所產生的影響爲何，學生會考量物種消失對人類有何利益損失。從研究的質性資料（見表 5）中顯示，年級較小的小學中年級學生比較容易以人的立場思考，某物種消失對人類有何利益損失。

「以人爲中心」類型在晤談及開放性工具資料結果的表現，如 P4E01、E41002b 及 P6A03 三名小學個案的敘述，認爲生物消失與人類利益有關，例如：景色變化、人類生存空間與人類使用物品。

T：如果有一天，這個地方的老鷹都消失了，會怎麼樣？

S：我們人類看了才會覺得景色變得比較好看。

(P4E01 910103 晤談)

T：爲何生物會越來越多？

S：因爲環境適合牠們生存，牠們需要食物，有陽光有水，與足夠的食物。

T：你認爲生物種類越多越好？還是越少越好？

S：適量就好，因為生物如果太多，生活環境就會太擁擠。然後人類生存的地方就越來越少，就會挖掉很多動物，很多動物就會跟著滅亡。

(P6A03 910410 晤談)

鱷魚死掉會少一種動物，也會少一種動物的皮做皮包，也會沒有鱷魚肉可以吃。

(E41002b 開放性工具)

(二) 擬人化想法

持有此類型的學生，認為某族群消失，群集中其他生物會產生類似人類情感的變化。從晤談的資料分析，小四學生會出現此種概念類型佔多數；在開放性工具，小四、小六、國中年段都有出現此種類型，唯年紀越小的學生此類型所佔的比例比較高。隨著年段的增加，比例漸減（見表 5）。這點與 Leach 等人(1996)的研究有相似的趨勢。

「擬人化想法」類型在晤談及開放性工具資料結果的表現，例如：小四學生 P4E03、P4E10、P4E01 以及 E41027g 認為某族群消失，群集中其他生物會產生類似人類情感的變化，如：危險、快樂、難過、敵人以及好朋友等。

T：那如果說有一天喔，所有老鷹都不見了？這個地方會不會起什麼變化？

S：這些動物 Y~它們沒有辦法體驗那個危險 Y，它們就會越來越沒有警覺性，就會比較笨。

T：動物沒有警覺性會有什麼影響嗎？

S：它們就是說如果有危險來阿，它們就會說~ Y 反正那個不是危險~所以它們就會很容易被其他動物吃掉，所以它們就很危險了。

(P4E03 910117 晤談)

T：如果老鷹消失了，環境有何變化？

S：有好有壞。

T：好的地方？

S：像毛毛蟲和蟬會很恨老鷹，老鷹消失了他們就會很快樂。

T：數量會變多嗎？

S：不會呀！

T：那壞的地方呢？

S：像老鷹的好朋友就會很難過...

(P4E10 910408 晤談)

T：如果老鷹消失了有變化嗎？

S：有，有些生物為了生存會一直想辦法害別人，這樣會變成敵人，如果老鷹死了，這些生物（指被老鷹吃的生物）就不會互相害來害去，才會變成好朋友。

(P4E01 910114 晤談)

其他生物的防守能力（警覺性）會下降，如果有更強大的生物出現則會很危險。

(E41027g, J20302b, J20317b 開放性工具)

(三) 描述性理由

持有描述性理由類型的學生，直覺認定環境一旦變化，物種數量就會改變；或是學生認為僅某種生物的消失，實質對整體群集影響不大；這兩種理解都是屬於較描述性的解釋，這類型的特性是學生僅是在對該現象作描述性的說明，不會有自持理由解釋的傾向。從晤談的資料分析中，這類型在晤談表現中出現的次數並不多，分佈於小六及國中。在開放性工具的施測結果中，只有小學四年級學生佔的比例較高，約佔 25%（見表 5）。

描述性理由類型在晤談及開放性工具資料結果的表現，例如：P6A01 認為兔子的減少與增多，對老鷹的數目及環境沒有影響。J1A03 認為生物消失是因為沒有食物與乾旱等天災，直覺認定環境一旦變化，物種數量就會改變。

T：老鷹多了，對兔子有何影響？

S：兔子會被獵食，就會減少，兔子可能會沒有下一代。

T：兔子都被吃了，那老鷹的數目會不會減少？

S：應該不會。因為沒有東西獵食它。

T：假如兔子變多了，對這裡的環境有何影響？

S：應該沒什麼影響。

T：為什麼沒有影響？

S：兔子很小，應該不會影響什麼東西吧！

(P6A01 910112 晤談)

T：那你認為某一種生物會消失的話，有什麼...原因讓它會消失？

S：嗯，它的食物會沒有 Y！

T：它的食物沒有？

S：嗯！

T：喔，除了食物沒有的話，還有沒有別的因素？

S：嗯..... 嗯..... 就是，發生一些災害。

T：災害？能不能舉例說明哪一些災害？

S：嗯，乾旱 Y！

(J1A03 910112 晤談)

E41030g、E41227g、E41001b、E41005b、E41006b、E60236g、J20302b 等學生認為僅某種生物的消失，實質對整體群集影響不大。

就算鱷魚消失，陸地上和海裡的生物一樣過生活沒影響。

(E41030g 開放性工具)

因為在那裡的生物都很怕鱷魚，所以鱷魚死了沒關係。

(E41227g 開放性工具)

鱷魚消失，其他動物不會被吃，反而鱷魚消失才不會使環境和生物的生活產生變化。

(E41001b, E41005b, E41006b, E60236g 開放性工具)

鱷魚死掉以後，我覺得對生活在此的生物不會有什麼影響。

(J20302b 開放性工具)

(四) 依據生物間的相互依存關係

本研究依照「生物間相互依存關係」程度的差異做更細緻分類，分成：(4-1) 僅考慮生物間單向的影響（如吃與被吃）。(4-2) 食性層級上下位的關聯。(4-3) 整體食性關係及考量群集中所有生物與環境共三種類型。

1. 「單向影響的生物相互依存」理解類型(4-1)

研究結果發現多數晤談個案一被問及某生物（老鷹）的消長所帶來的影響，個案大都會馬上聯想到與該生物有單向相互依存關聯的另一些生物，通常是指其捕食的對象；而在開放性工具的施測結果中，學生聯想到的單向影響中，除了「吃與被吃」關係，還有些個案會指出「競爭共有資源」的生物會因某生物的消長有何影響。從晤談的資料分析中，這類型在晤談表現中出現的次數居多，分佈於小四、小六、國中及高中。在開放性工具的施測結果中，小四、小六、國中及高中佔的比例約 32-37%（見表 5）。

「單向影響的生物相互依存」類型在晤談及開放性工具資料結果的表現，例如：J1C02、J3A08 與 P6A02 認為老鷹的增多與減少，對被老鷹吃的生物（兔子、小鳥和松鼠）的數目有影響。

T：老鷹會不會一直是最多的？為什麼？

S：不會，如果沒有獵物，老鷹沒東西吃會死掉。

T：老鷹變多之後，接下來會怎樣？

S：食物變少會死掉。

T：老鷹死掉之後，什麼東西可能會再出現？

S：兔子和小鳥。

T：如果老鷹又來了呢？

S：兔子和小鳥會變少？

T：那麼此現象會不會循環？

S：會。

(J1C02 910112 晤談)

T：以老鷹為主角，跟他有關係的連連看。有什麼關係？

S：蛇跟兔子他會捕食嘛。Y樹是他棲息的地方。

T：這三樣會不會影響老鷹的生活？

S：如果兔子跟蛇絕種了，食物就會減少，如果沒有樹，老鷹就沒有棲息的地方。

T：這三個包括老鷹，時間很久以後，哪種生物會最多？

S：(猶豫很久)應該是.....老鷹吧！

T：為什麼老鷹會最多？

S：因為兔子跟蛇會一直被吃。Y樹木的話...應該不會....因為時間的關係而減少，那應該是老鷹的數目一直增加。

(J3A08 910110 晤談)

T：如果圖中的老鷹通通不見了，在這裡會不會有變化？

S：例如兔子會太多，鳥和松鼠也會很多。一些被老鷹吃的東西會慢慢變多。

(P6A02 910410 晤談)

E41205b、E41213b、E41215b、E41221g、E41223g、E60230g、J20310b 認為鱷魚消失，其他生物就可以喝到水了。S11329b 認為鱷魚消失，作為鱷魚食物的生物，大量增加其數量。

可能鱷魚消失的話，狒狒、河馬、山豬和羚羊可能就可以喝到水了。

(E41205b, E41213b, E41215b, E41221g, E41223g, E60230g, J20310b

開放性工具)

因為鱷魚消失，而那些鱷魚食物的生物因缺少了鱷魚的捕食，所以大量增加其數量，造成了他們生活的改變。

(S11329b 開放性工具)

2. 「鏈狀影響的生物相互依存」類型(4-2)

「鏈狀影響的生物相互依存」類型，在晤談的表現施測結果，在小學六年級、國中及高中個案所出現的次數居多（見表 5），可見這些階段的學生因有學習過生態概念的經驗，因此大都能表達生物的消長對其上、下食性層級的生物皆具有影響力，只是學生都仍無法推論生物的消長極可能對整體生態之影響。不過開放性工具施測結果所佔的比例較類型 4-1 少。

「鏈狀影響的生物相互依存」類型，在晤談的表現或開放性工具的表現，能表達生物的消長對其食物鏈的生物皆具有影響力。例如：J3C01 認為老鷹影響蛇、松鼠及兔子的數目，間接影響植物的數目。S1A04、E60233g 及 S11335b 也都認為生物的消長對其食物鏈的生物皆具有影響力。

T：那如果那隻老鷹消失了 整個環境的東西會不會有變化？

S：有東西會變化，那蛇可能會變的比較多... 嗯！然後... 植物可能會變少，因為老鷹可能會吃松鼠..還有兔子，然後兔子是草食性的，然後老鷹消失了..牠們的天敵消失了..所以植物應該會變少。

(J3C01 910112 晤談)

S：有時候過多會造成一些可怕的生物危害人或其他生物。

T：譬如什麼？

S：譬如獅子過多的話，會把所有的鹿吃掉，若沒有了鹿，草原上的草就會亂生亂長。然後沒有了鹿，獅子也會死掉，導致兩敗俱傷。

T：草會亂長的話，會不會影響什麼？

S：應該沒有關係吧！

(S1A04 910110 晤談)

因為鱷魚的消失，可能會造成其他被鱷魚所掠食的生物大量繁殖，而使生產者愈來愈少。

(E60233g, S11335b 開放性工具)

3. 整體食性關係及考量群集中所有生物與環境(4-3)

整體食性關係及考量群集中所有生物與環境類型，在本研究中是最接近科學界定之類型。研究結果發現晤談及開放性問卷都以高中階段的個案居多（見表 5），未曾學習過生態概念之小學四年級學生，只有開放性問卷的少數個案出現此類型。

整體食性關係及考量群集中所有生物與環境類型在晤談及開放性工具的表現，例如：S2C01 認為老鷹消失，兔子、蛇、松鼠都會增多，對整個環境都會有影響。會使環境失去平衡的作用。S2C04 認為時間久的話，不一定哪種生物會最多？因為兔子減少，老鷹也可以吃蛇，蛇和老鷹也會減少，蛇和老鷹減少後，兔子就會增加，老鷹和蛇也會增加，所以不一定。

S：老鷹是兔子、蛇、松鼠的天敵，老鷹消失，兔子、蛇、松鼠都會增多，對整個環境都會有影響。

T：怎樣的影響？

S：兔子增多，對草是個威脅，因為兔子增多，吃的草就多。蛇也一樣，視蛇為天敵的生物也會變得較少。

T：這個影響好不好？

S：不好，因為老鷹消失的話，會使環境失去平衡的作用。

(S2C01 910404 晤談)

T：時間久的話，哪種生物會最多？為什麼？

S：不一定，因為兔子減少，老鷹也可以吃蛇，蛇和老鷹也會減少，蛇和老鷹減少後，兔子就會增加，老鷹和蛇也會增加，所以不一定。

T：哪一種會最少？

S：跟剛才一樣，不一定。

……

T：老鷹消失，環境會不會有變化？

S：會，蛇和兔子會增加，草會減少。

T：為何會這樣？

S：兔子少了一個天敵，只剩下蛇這種天敵，數量會增加。草被吃，所以草就會減少。

T：天敵是什麼意思？

S：某種生物的剋星，會吃掉他們或影響到整個族群個體的數量。

(S2C04 910414 晤談)

T：你認為時間久了，哪一樣會最多？

S：應該都一樣多。因為有食物鏈在支撐著。如果沒有人類在捕捉隨意獵殺的話，應該會維持生態平衡。

T：如果老鷹消失了會有何變化？

S：其他這些生物就會變多。有些生物的食物是相同的，到最後會互相爭食物。然後有的動物就會瀕臨絕種，也會形成適者生存，好的就留著，壞的就被淘汰。

(S1A04 910110 晤談)

因為鱷魚消失，而那些鱷魚食物的生物，因缺少了鱷魚的捕食，所以大量增加其數量，造成了他們生活的改變。

(S11329b 開放性工具)

各年段學生對生態消長的理解類型的分布趨勢不同。小四學生對生態消長的理解，以類型二「具有擬人化想像，認為某物種消長會使有相互依存的物種產生類似人性觀感的變化」及類型 4-1「直覺地認為生態中某種生物消長會單向影響到有相互依存關聯的另一種生物」居多。小六學生對生態消長的理解，晤談結果主要為類型 4-1「直覺地認為生態中某種生物消長會單向影響到有相互依存關聯的另一種生物」與類型 4-2「聯想到生態中某種生物的消長會致使其食性層級上下位的生物產生連鎖的影響」；開放式工具結果主要為類型 4-1「直覺地認為生態中某種生物消長會單向影響到有相互依存關聯的另一種生物」，其次為類型 2「具有擬人化想像，認為某物種消長會使有相互依存的物種產生類似人性觀感的變化」。

國中學生對生態消長的理解，晤談結果以類型 4-1「直覺地認為生態中某種生物消長會單向影響到有相互依存關聯的另一種生物」居多，其次為類型 4-2「聯想到生態中某種生物的消長會致使其食性層級上下位的生物產生連鎖的影響」；開放式工具結果主要為類型 4-1「直覺地認為生態中某種生物消長會單向影響到有相互依存關聯的另一種生物」，其次為類型 2「具有擬人化想像，認為某物種消長會使有相互依存的物種產生類似人性觀感的變化」。高中學生對生態消長的理解，則為類型 4-3「聯想到某種生物的消長會致使該生態區中整體食性關聯的生物皆產生相互的影響（網狀關聯）」，其次為類型 4-1「直覺地認為生態中某種生物消長會單向影響到有相互依存關聯的另一種生物」。

至於，類型 1 有關「為人類利益著想，認定生態中某些物種消長對人類而言有利」的理解類型，只發生在小四及小六少數的晤談個案。類型 3-1「直覺認定環境一旦變化，物種數量就會改變」的理解類型，發生在小六與國、高中學生的部分晤談個案。類型 3-2「物種消長與同地區生活的生物無多大關係」，只發生在小六學生的部分晤談個案。類型 4-3「聯想到某種生物的消長會致使該生態區中整體食性關聯的生物皆產生相互的影響（網狀關聯）」，只發生在高中學生的晤談個案。

各年段學生在開放性工具對生態消長的理解類型的分布趨勢不同（見表 5、圖 3 與圖 4）。小四學生對生態消長的理解，以類型 2「具有擬人化想法，認為某物種消長會使有相互依存的物種產生類似人性觀感的變化」及類型 4-1「直覺地認為生態中某種生物消長會單向影響到有相互依存關聯的另一種生物」居多。小六學生及國中學生對生態消長的理解，主要為類型 4-1「直覺地認為生態中某種生物消長會單向影響到有相互依存關聯的另一種生物」，其次為類型 2「具有擬人化想像，認為某物種消長會使有相互依存的物種產生類似人性觀感的變化」。高中學生對生態消長的理解，主要為類型 4-3「聯想到某種生物的消長會致使該生態區中整體食性關聯的生物皆產生相互的影響（網狀關聯）」，其次為類型 4-1「直覺地認為生態中某種生物消長會單向影響到有相互依存關聯的另一種生物」。至於，類型 1 有關「為人類利益著想，認定生態中某些物種消長對人類而言有利」的理解類型，只發生在小四的個案。

圖 3 為各年段學生在開放性工具對生態消長的理解類型，細分共七個類型的分布。其中，類型 2「具有擬人化想法，認為某物種消長會使有相互依存的物種產生類似人性觀感的變化」與類型 3「描述性理由，認為物種消長與同地區生活的生物無多大關係」的分布趨勢，都隨著年段的增加而遞減。類型 4-3「聯想到某種生物的消長會致使該生態區中整體食性關聯的生物皆產生相互的影響（網狀關聯）」的分布趨勢，隨著年段的增加而遞增。類型 4-1「直覺地認為生態中某種生物消長會單向影響到有相互依存關聯的另一種生物」的分布趨勢，則不分年段都在 30% 至 40% 之間。

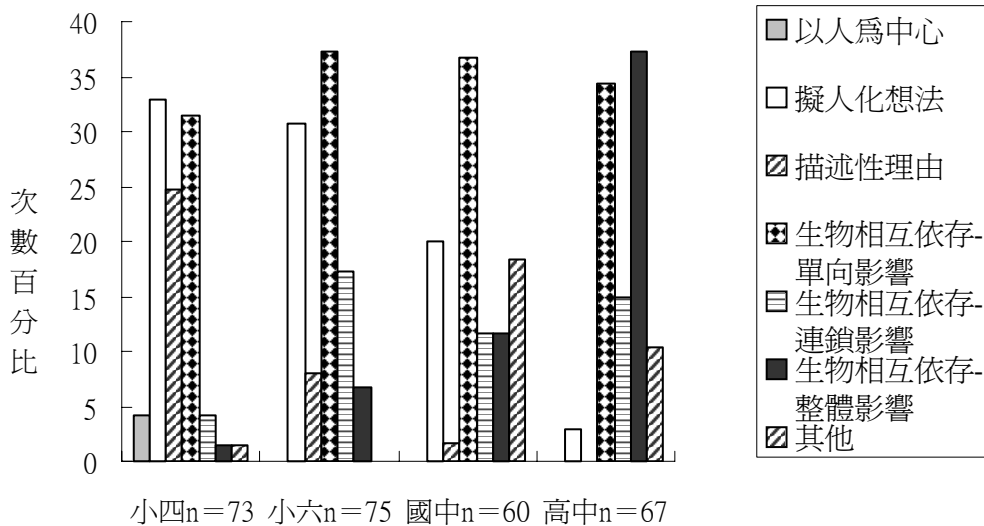


圖 3：中小學學生於開放式工具生態消長理解類型分布

圖 4 則為各年段學生在開放性工具對生態消長的理解類型，主要四個類型的分布。其中，類型 2「具有擬人化想法，認為某物種消長會使有互動的物種產生類似人性觀感的變化」與類型 3「描述性理由，認為物種消長與同地區生活的生物無多大關係」的分布趨勢，都隨著年段的增加而遞減。類型 4「生物間相互依存」的分布趨勢，則隨著年段的增加而遞增。

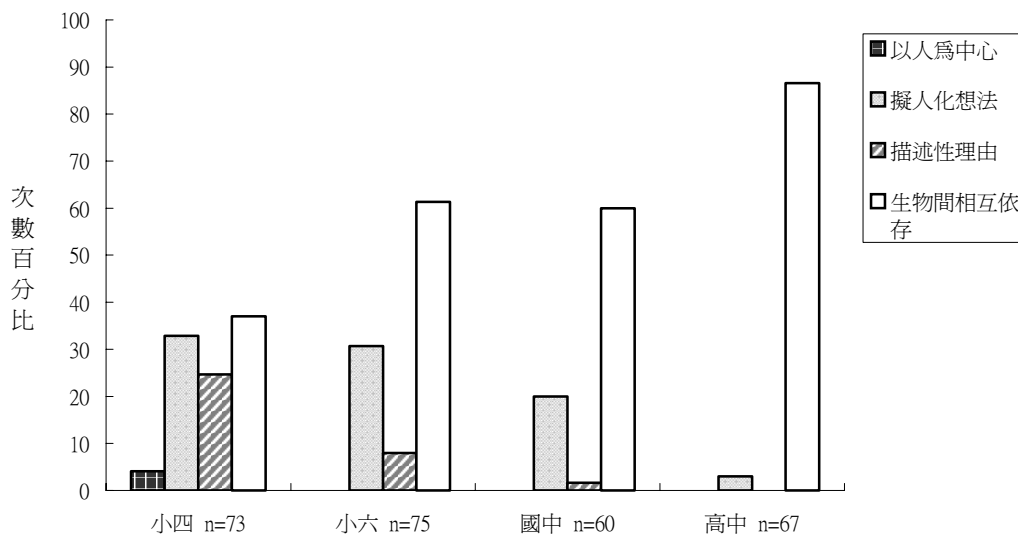


圖 4：中小學學生於開放式工具對生態消長理解四大類型分布

綜合言之，晤談及開放性工具的質性研究結果顯示小四、小六及國中學生對生態消長的理解，以類型 4-1「直覺地認為生態中某種生物消長會單向影響到有相互依存關聯的另一種生物」居多；高中學生對生態消長的理解，類型 4-3「聯想到某種生物的消長會致使該生態區中整體食性關聯的生物皆產生相互的影響（網狀關聯）」居多。其中，由晤談分析出的描述性理由類型中的「直覺認定環境一旦變化，物種數量就會改變」，在開放性工具的分析結果，沒有此一類型。開放性工具的分析結果之其他類型在晤談的分析結果都有。

研究結果與 Griffiths 和 Grant 的研究發現之幾個類型相關：同系統群集中某族群生物產生變化時是否對其他生物族群造成影響？發現高達 95% 的學生僅注意到系統內部分鏈狀的變化，卻無法了解到一族群生物的變化足以涉及整體食物網內各部分；16% 的學生認為某族群生物的變化僅會影響有直接關聯的另種生物族群，像捕食者與被捕食者；少數則是認為被捕食者的數量變化對其捕食者生物族群沒有影響，或者只要食物網內某一族群有任何增減變化，所有其他族群生物也會遭到相同的增減變化。不過分布趨勢不一樣。對照胡瑞萍和林陳涌（2002）的研究結果，雖然國一學生剛學過「食物鏈」，但仍有 70% 的學生不具有或只具有很少的概念，具有部分概念的學生佔 18.7%，只有 11.3% 的學生具有較完整的概念。本研究的國中生在生態消長的理解類型中具多樣化的類型。可能與其「食物鏈」概念完整與否，有某種程度相關。國中生在開放性工具的研究結果約有 18% 的學生屬於其它(問卷之作答為不知道/無作答/僅陳述科學名詞)。可能的原因為學生只選答，沒有填寫理由，或是不理解該概念而無法寫理由。詳細原因有待進一步研究。

此外，晤談研究結果發現，大部分的個案在不同的晤談情境中的表現並不一致，在前段討論的情境中，持有的理解類型常與後段討論的情境中持有的理解類型不同，除了小學四年級學生外，其他年段的學生多有此情況發生；此情況與 Leach 等人(1996)以及 Hewson 和 Lemberger (2000)的研究有類似的結果，學生往往在不同的情境中，持有不同的理解類型解釋自然現象。例如：P6C01 這名個案在不同的晤談情境中分別持以不同的概念類型，在第一階段的晤談中，問及何以生物會銳減，他呈現傾向類型 3 描述性的理由類型，認為可能是環境有變化、人類在破壞的原因。但在第二階段的晤談中，他則傾向生物間的吃與被吃的關係解釋消長的變化。

S: 可能他們會越來越多，不會越來越少。

T: 妳指的是什麼？

S: 動植物。

T: 什麼情況會越來越少？

S: 人來殺死他們，還有天災。

.....

T: 你連的這些東西（包含老鷹）時間久了，哪一種生物會最多？為什麼？

S: 樹，他不吃樹，只吃肉，所以樹會變多。

.....

T: 如果這個環境裡的老鷹消失了，會有什麼變化嗎？

S: 兔子吃草，草會變少；蛇吃的小動物會變少，蛇、兔子、小鳥會愈來愈多。

(P6C01, 晤談 910112)

同樣情形也發生在下例的晤談個案 J1A03。

T：那你認為某一種生物會消失的話，有什麼...原因讓它會消失？

S：嗯..... 嗯..... 就是，發生一些災害.... 乾旱阿！

.....

T：那你認為某一種生物會消失的話，有什麼...原因讓它會消失？

S：嗯，它的食物會沒有阿！

.....

S：嗯... 草不見了，然後兔子就沒有食物，然後兔子就會死掉....

T：嘿... 然後？

S：然後如果兔子絕種的話，然後老鷹也沒有食物。

(J1A03, 晤談 910112)

二、中、小學學生生態消長理解類型：雙層診斷工具

中、小學學生於生態消長雙層診斷工具的理解類型，依試題的理解類型分布分別整理成表 6 至表 8。表 6 為國中小學生在試題 511 的理解類型分布。類型 3、1.直覺認定環境一變，生物就變不好，隨著年級的增加有遞減的趨勢。類型 4、環境的改變會影響生物的生存及數量，隨著年級的增加有遞增的趨勢。小六學前的百分比與小四較接近。

表 6：國中小學生在試題 511 的理解類型分布

理解類型（作答組合）	小六 小六				
	小四	學前	學後	國一	國二
	%	%	%	%	%
類型 2、擬人化想法-類似人類情感變化（1B.2B.3B）	4.4	0.0	3.5	2.8	2.0
類型 3-1.直覺認定環境一變，生物就變不好（1A.2A.3A.1D.2D.3D）	48.1	51.1	42.0	36.9	21.9
類型 4、環境的改變會影響生物的生存及數量*（3C）	43.0	43.8	46.9	53.2	72.2
答案與理由矛盾	4.4	5.1	7.6	7.1	4.0

*代表較符合科學界定之作答組合

表 7 為國小學生在試題 521 的理解類型分布。類型 2、擬人化想法-類似人類情感變化的理解類型分布，隨著年級的增加有遞減的趨勢，其中小六學前的百分比與小四較接近。類型 4-3、生物消長會影響同環境生物之生存量的理解類型分布，隨著年級的增加有遞增的趨勢。

表 7：國小學生在試題 521 的理解類型分布

理解類型（作答組合）	小六 小六		
	小四	學前	學後
	%	%	%
類型 3、2.生物消長不影響其他生物之生存（1A.1B）	2.2	0.7	2.1
類型 4-1、生物消長僅影響單向相互依存關聯之生物（2B）	3.0	0.0	2.8
類型 2、擬人化想法-類似人類情感變化（2C.3C）	26.9	25.4	15.9
類型 4-3、生物消長會影響同環境生物之生存量*（3D）	53.0	62.3	66.9
答案與理由矛盾	14.9	11.6	12.3

*代表較符合科學界定之作答組合

表 8 為國高中學生在試題 522 的理解類型分布。國中學生以類型 3、2.生物消長不影響其他生物，類型 4-1、*1.最高消費者因無天敵而日益增多，類型四-3、生物之消長因彼此間相互依存關聯而制衡的理解類型分布較多。高中學生以類型 4-3、生物之消長因彼此間相互依存關聯而制衡的理解類型分布最多。其次為類型 4-1、*1.最高消費者因無天敵而日益增多的理解類型。此外，類型 4-1、*2.生產者須增多以供被食用的理解類型也大於 10%。

表 8：國高中學生在試題 522 的理解類型分布

理解類型（作答組合）	國一	國二	高一	高二社	高二自
	%	%	%	%	%
類型 3-2、生物消長不影響其他生物（1E.2E.3E.4E）	15.5	10.6	0.7	3.0	2.5
類型 3、*1.生物之消長視自己的繁殖能力（1A.2A.3A）	6.3	5.3	0.7	0.6	1.2
類型 4-1、*1.最高消費者因無天敵而日益增多（1B.3B）	19.0	26.5	15.5	28.5	23.9
類型 4-1、*2.生產者須增多以供被食用（2C）	3.5	2.6	25.4	16.4	16.0
類型 4-3、生物之消長因彼此間相互依存關聯而制衡*（4D）	27.5	29.1	55.6	43.6	50.9
答案與理由矛盾	28.2	25.8	2.1	7.9	5.5

*代表較符合科學界定之作答組合

綜合中、小學學生於生態消長雙層診斷工具的理解類型，依試題的作答組合與理解類型分布共同整理成圖 5。學生於生態消長雙層診斷工具的理解類型分布趨勢分述於下：

類型 2、擬人化想法-物種消長使同地區生活的其他物種產生類似人類情感變化，類型 3-1.直覺認定環境一變，生物就變不好。都隨著國中小年級的增加，分佈趨勢漸減。類型 3-2.生物

消長不影響其他生物之生存的理解類型分佈趨勢主要在國中。類型 4-1、生物消長僅影響單向相互依存關聯之生物的理解類型分佈趨勢，隨著年級的增加，分佈趨勢漸增。類型 4、環境的改變會影響生物的生存及數量的理解類型分佈趨勢，隨著國中小年級的增加，分佈趨勢漸增。類型 4-3、生物之消長因彼此間相互依存關聯而制衡的理解類型分佈趨勢，隨著國高中年級的增加，分佈趨勢漸增後又漸減。

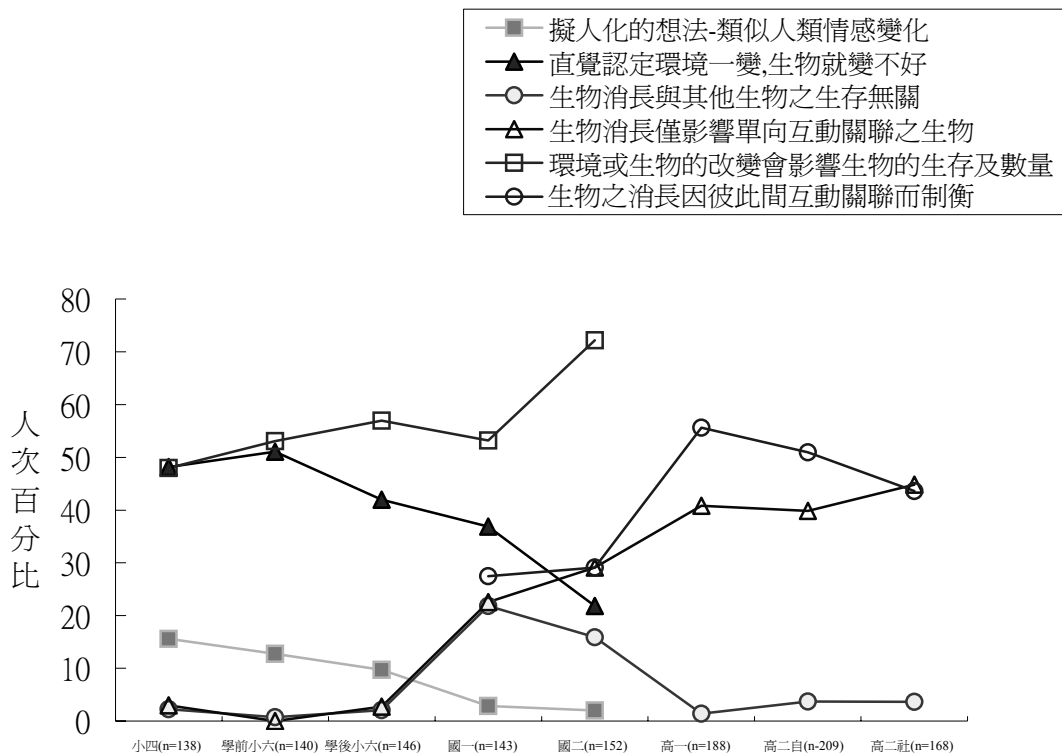


圖 5：中、小學學生生態消長雙層診斷工具的理解類型分布

小四及小六學生對生態消長的理解，主要以類型 2、「擬人化想法-物種消長使同地區生活的其他物種產生類似人類情感變化」，以及類型 3-1「直覺認定環境一變，生物就變不好」居多。國中學生對生態消長的理解，則包括類型 3「描述性理由」之類型 3-1「直覺認定環境一變，生物就變不好」、類型 3-2「生物消長不影響其他生物之生存」、及類型 4「生物間相互依存關係」之類型 4-1「生物消長僅影響單向相互依存關聯之生物」、類型 4-3「生物之消長因彼此間相互依存關聯而制衡」。高中學生對生態消長的理解，則主要以類型 4「生物間相互依存關係」之類型 4-1「生物消長僅影響單向相互依存關聯之生物」及類型 4-3「生物之消長因彼此間相互依存關聯而制衡」居多。

三、中、小學學生對生態消長的理解類型總整理

本研究綜合晤談資料、開放性工具與雙層診斷工具受測分析結果顯示，有關學生對生態消長概念的理解各類型的詳細敘述與舉例見圖 6。分佈趨勢如下：類型 1「以人為中心」主要為國小學生。類型 2「擬人化」小四、小六、國中年段都有出現此種類型，唯年紀越小的學生此類型所佔的比例比較高。類型 3「描述性理由」晤談表現中出現的次數並不多，分佈於小六及國中；在開放性工具的結果，只有小四學生佔的比例較高，約佔 25%；在雙層診斷工具，以國中年段學生佔的比例較高，約佔 16-22%；晤談與雙層診斷工具的結果較接近，但與開放性工具的結果較不一致。其中，類型 3-1.直覺認定環境一變，生物就變不好，雙層診斷工具的結果隨著國中小年級的增加，分佈趨勢漸減，開放性工具的結果卻掛零。類型 3-2.生物消長不影響其他生物之生存的理解類型分佈趨勢，晤談與雙層診斷工具的結果隨著國中小年級的增加，分佈趨勢漸增，開放性工具的結果卻以小四最多，隨著國中小年級的增加，分佈趨勢漸減。

類型 4「生物間相互依存關係」：4-1「僅考慮生物間單向的影響（如吃與被吃）」在晤談表現中出現的次數居多，分佈於小四、小六、國中及高中；在開放性工具的施測結果中，小四、小六、國中及高中佔的比例約 32-37%。但在雙層診斷工具中，國小最少不到 3%，其次為國中，約佔 23-29%，高中年段學生佔的比例較高，約佔 40-45%。4-2「食性層級上下位的關聯」在晤談的表現或開放性工具施測結果，在小學六年級、國中及高中個案所出現的次數居多，不過開放性工具的施測結果中，小六、國中及高中佔的比例只有約 12-17%，遠低於 4-1「僅考慮生物間單向的影響（如吃與被吃）」的比例。4-3「整體食性關係及考量群集中所有生物與環境」在晤談、開放性問卷及雙層診斷工具的結果，都隨著國中小年級的增加，分佈趨勢漸增，以高中階段的個案居多。

結論與建議

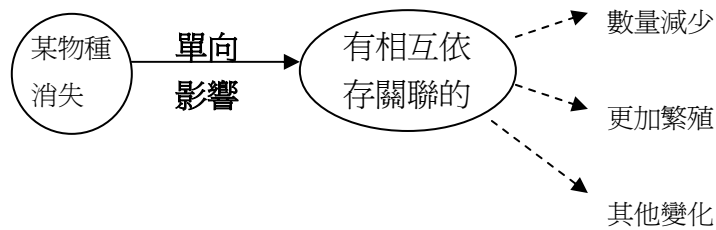
結論

本研究以晤談、開放性工具及雙層診斷工具，探討中、小學學生對生態消長概念的理解類型及分布趨勢。晤談資料、開放性工具與雙層診斷工具分析結果顯示，學生對生態消長概念的理解主要可分成：類型 1「以人為中心」、類型 2「擬人化」、類型 3「描述性理由」及類型 4「生物間相互依存關係」四種理解類型。其中類型 3「描述性理由」可再細分為：3-1「直覺認定環境一旦變化，物種數量就會改變」、3-2「物種消長與同地區生活的生物無多大關係」兩種類型。類型 4「生物間相互依存關係」，依照其程度的差異，可再細分為：4-1「僅考慮生物間單向的影響（如吃與被吃）」、4-2「食性層級上下位的關聯」、4-3「整體食性關係及考量群集中所有生物與環境」三種類型。晤談資料、開放性工具與雙層診斷工具分析結果在各年段學生的生態消長概念理解類型的分布趨勢有差異。

- 類型 1「以人為中心」：某族群的存在是因為人類利益的需要。(小四、小六)
- 類型 2「擬人化想法」：某族群消失,群集中其他生物會產生類似人類情感變化。(小四、小六、國中)
- 類型 3「描述性理由」:(小四、小六、國中)
 - 類型 3-1 直覺認定環境一旦變化,物種數量就會改變。(小四、小六、國中)
 - 類型 3-2 物種消長與同地區生活的生物無多大關係。(國中)
- 類型 4「以生物相互依存關係為依據」

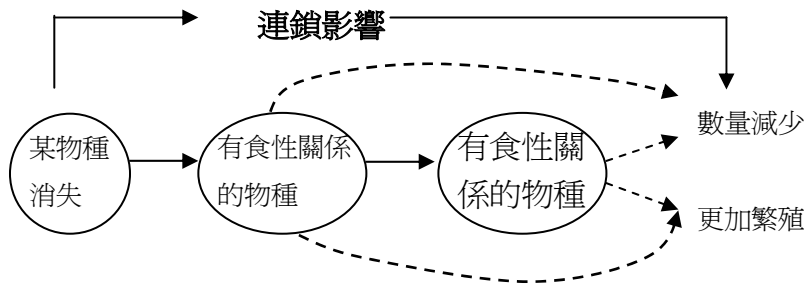
類型 4-1：直覺認

定某些族群消長會單向影響有相互依存關聯的族群生物。
(小四、小六、國中、高中)



類型 4-2：群集中

某種生物的消長對其食性層級上下位的生物會產生連鎖的影響。
(小六、國中、高中)



類型 4-3：群集中

某種生物的消長會致使整體食性關聯的族群皆產生相互的影響。
(國中、高中)

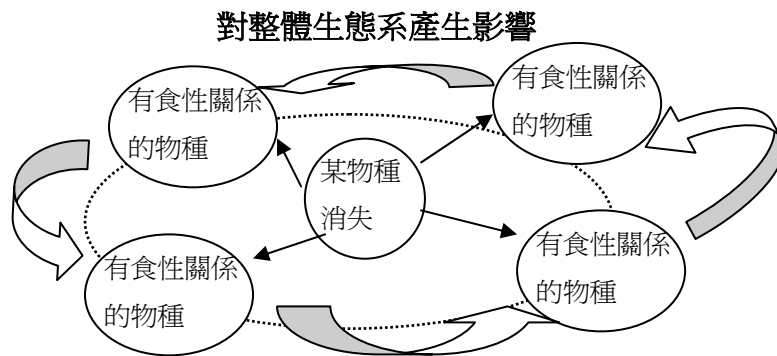


圖 6：中、小學學生的生態消長理解類型

- 一、晤談及開放性工具質性研究結果顯示：小四學生對生態消長的理解，以類型 2「具有擬人化想像，認為某物種消長會使有相互依存的物種產生類似人性觀感的變化」及類型 4-1「直覺地認為生態中某種生物消長會單向影響到有相互依存關聯的另一種生物」居多。小六及國中學生對生態消長的理解，以類型 4-1「直覺地認為生態中某種生物消長會單向影響到有相互依存關聯的另一種生物」及類型 4-2「食性層級上下位的關聯」居多。高中學生對生態消長的理解，則以類型 4-1「直覺地認為生態中某種生物消長會單向影響到有相互依存關聯的另一種生物」及類型 4-3「聯想到某種生物的消長會致使該生態區中整體食性關聯的生物皆產生相互的影響（網狀關聯）」。
- 二、雙層診斷工具結果顯示：小四及小六學生對生態消長的理解，主要以類型 2、「擬人化想法-物種消長使同地區生活的其他物種產生類似人類情感變化」，以及類型 3-1.「直覺認定環境一變，生物就變不好」居多。國中學生對生態消長的理解，則包括類型 3「描述性理由」之類型 3-1.「直覺認定環境一變，生物就變不好」、類型 3-2.「生物消長不影響其他生物之生存」、及類型 4「生物間相互依存關係」之類型 4-1、「生物消長僅影響單向相互依存關聯之生物」、類型 4-3、「生物之消長因彼此間相互依存關聯而制衡」。高中學生對生態消長的理解，則主要以類型 4「生物間相互依存關係」之類型 4-1、「生物消長僅影響單向相互依存關聯之生物」及類型 4-3、「生物之消長因彼此間相互依存關聯而制衡」居多。
- 三、綜合晤談資料、開放性工具與雙層診斷工具受測分析結果顯示：學生對生態消長概念的理解因年齡而有不同的分佈。小四學生大部分持有(2)擬人化及(4-1)僅考慮生物間吃與被吃單向的影響。小六及國中生大都持有(3)描述性理由及(4-1)僅考慮生物間吃與被吃單向的影響。高中生大都持有(4-1)僅考慮生物間吃與被吃的單向影響和(4-3)整體食性關係及考量群集中所有生物與環境。

Leach 等人（1996）歸納學生的理解主要類型為：沒有原因、描述性、目的論及生物相互依存的理由類型。本研究則歸為「以人為中心」、「擬人化」、「描述性」及「以生物間相互依存為依據」四項理解類型，本研究因研究結果的發現，進一步在「描述性」及「以生物間相互依存為依據」的類型項下作更細的分類。

本研究與 Leach 等人（1996）的研究相似的結果是年紀大的學生則較會以食性關係的生物依存行為解釋群集中族群數量的變化。唯本研究與 Leach 等人（1996）的研究出入的部分在於其各類型的分布比例，Leach 等人的研究發現 7-11（國小）與 11-14（國中）歲的學生越易以描述性取代目的論解釋，而本研究的「描述性」類型普遍在小六及國中年段，反而在小四年段的比例不高，因為本研究中小四年段的理解類型在「擬人化」部分佔相當高的比例。「生物間相互依存為依據」的理解類型部分，Leach 等人（1996）的研究發現，即使在 14-16 歲的學生會以食性關係解釋群集的組成在 20% 左右。但本研究結果發現，不管是晤談、開放性工具還是雙層診斷工具之結果，皆顯示自小六到高中年段的學生，有較高的比例會注意到生物間的食性關係，並以不同程度的解釋（分成單向影響、食性層級上下位、整體食性關係）說明某族群的消長會帶給群集中其他生物的影響。這個差異的部分，到底是文化的差異或是其他原因，有待進一步的研究。

晤談研究結果發現，大部分的個案在不同的晤談情境中的表現並不一致，在前段討論的情境中，持有的理解類型常與後段討論的情境中持有的理解類型不同，除了小學四年級學生外，其他年段的學生多有此情況發生。類似的狀況也發生在不同的研究工具的部分研究結果，在相同的類型有不太一致的分布情形，例如：類型 3「描述性理由」以及類型 4「生物間相互依存關係」之 4-1「僅考慮生物間單向的影響（如吃與被吃）」。類型 3「描述性理由」晤談表現中出現的次數並不多，分佈於小六及國中；在開放性工具的結果，卻以小四學生佔的比例較高，約佔 25%；在雙層診斷工具，以國中年段學生佔的比例較高，約佔 16-22%；其中，晤談與雙層診斷工具的結果較接近，但與開放性工具的結果較不一致。其中，類型 3-1.「直覺認定環境一變，生物就變不好」，雙層診斷工具的結果隨著國中小年級的增加，分佈趨勢漸減，開放性工具的結果卻掛零。類型 3-2.「生物消長不影響其他生物之生存」的理解類型分佈趨勢，在晤談與雙層診斷工具的結果隨著國中小年級的增加，分佈趨勢漸增，開放性工具的結果卻以小四最多，隨著國中小年級的增加，分佈趨勢漸減。類型 4「生物間相互依存關係」之 4-1「僅考慮生物間單向的影響（如吃與被吃）」在晤談及開放性工具的表現於小四、小六、國中及高中，分佈比例差不多。但在雙層診斷工具中，國小最少不到 3%，其次為國中，約佔 23-29%，高中年段學生佔的比例較高，約佔 40-45%。顯示學生在不同的情境下，作答情形可能有出入，因此需要交叉比對不同的研究工具的研究結果。這些現象顯示不論中外，學生缺乏如同科學家一般完整、一致的概念。學生的概念並非單一而獨特，經常受到情境的影響而有概念競爭或概念生態的情形。此情況與 Hewson 和 Lemberger (2000)、Leach 等人 (1996) 以及 Southerland 等人(2001)的研究有類似的結果，學生往往在不同的情境中，持有不同的理解類型解釋自然現象。因此，需要使用多種不同的研究工具，以獲得學生的多種不同的理解類型(Mintzes, et al., 1999)。

建議

學生對科學的理解受到多方面的影響，包括學生個人的特質、教師教學、教科書、語言及社會文化 (Leach, et al., 1995; Liu, 2001; Wandersee, et al., 2000)。學生在學習相關知識前，本身已發展出自己的一套理解；如果老師在教學前能先了解學生學習前已經知道些什麼，就能藉此幫助學生建構類似科學家的想法 (Wood-Robinson, 1995)，也能幫助自己發展有利的教學計劃 (Liu, 2001)。

- 一、在教學方面：中、小學教師可參考本研究之發現，研發生態消長概念理解的意義化教學，以協助學生理解生態消長概念。小學教師應留意小四及小六學生對生態消長的理解，以類型 2、「擬人化想法-物種消長使同地區生活的其他物種產生類似人類情感變化」，以及類型 3「描述性理由」之類型 3-1.「直覺認定環境一變，生物就變不好」居多。國中教師應留意國中學生對生態消長的理解在類型 3「描述性理由」及類型 4「生物間相互依存關係」的多樣化類型，包括：類型 3「描述性理由」之類型 3-1.「直覺認定環境一變，生物就變不好」、類型 3-2.「生物消長不影響其他生物之生存」、及類型 4「生物間相互依存關係」之類型 4-1、「生物消長僅影響單向相互依存關聯之生物」、類型 4-3、「生物之消長因彼此間相互依存關聯而制衡」。高中教師應留意高中學生對生物消長的理解在類型 4「生物間相互依存關係」之類型 4-1、「生物消長僅影響單向相互依存關聯之生物」、類型 4-3、「生物之消長因彼此間相互依存關聯而制衡」居多。各階段的教師在生態消長教學時，

應針對不同年段學生的不同類型分布趨勢，設計合宜的教學活動，提供學習者辨識以及討論他們的理解的機會，同時與其他人的另有想法比較 (Hellden, 2001)，以協助學生意義化的學習。同時，也應注意到學生的概念並非單一而獨特，經常受到情境的影響而有概念競爭或概念生態的情形。

- 二、後續研究可依本研究中、小學學生對生態消長概念的理解的類型及分布趨勢研究之發現為基礎，對中、小學學生生態消長概念的理解的類型進行來源及成因之深入的探究，以了解中、小學學生學習困難之所在。
- 三、中、小學教材編輯者與科學教師亦可參考本研究之發現，審慎地編輯教材與設計課程。

參考文獻

一、中文部分

- 胡瑞萍和林陳涌 (2001, 12 月): **學生對物質循環與能量流動概念的診斷分析**。中華民國第十七屆科學教育學術研討會。高雄: 國立高雄師範大學。
- 郭重吉 (1997): 從建構主義的觀點探討中小學數理教學的改進。**科學發展月刊**, 20(5), 548-570。
- 郭重吉 (1998): **概念改變的教學與研究: 以數理科為例**。國民中學學生概念學習學術研討會論文集(pp.6-14)。
- 教育部 (2003): **國民中小學九年一貫課程自然與生活科技學習領域課程綱要**。
<http://www.eje.ntnu.edu.tw/data/kying/20031241215/nature%20science.htm>。
- 張學文 (1994): **我國學生自然科概念發展與診斷教學的研究: 中學生生態概念的發展及教學成效的改進 (II)**。國立中山大學生物系。國科會專題研究計畫成果報告, NSC 81-0111-S-110-504。
- 游淑媚 (1994a): **國小學童生物群落概念發展研究(I)**。國立臺中師範學院數理教育系。國科會專題研究計畫成果報告, NSC 83-0111-S-142-004-N。
- 游淑媚 (1994b, 12 月): **國小六年級學童生物群落概念初探**。中華民國第十屆科學教育學術研討會論文彙編。臺北: 國立臺灣師範大學。
- 游淑媚 (1995): **國小學童生物群落概念發展研究(II)**。國立臺中師範學院數理教育系。國科會專題研究計畫成果報告, NSC 84-0111-S-142-002-N。
- 游淑媚 (2001): **中、小學學生生態概念研究 (I)** 國科會專題研究計畫成果精簡報告, 國立台中師範學院自然科學教育系所。計畫編號: NSC 89-2511-S-142-016-1。
- 游淑媚 (2002): **中、小學學生生態概念研究 (II)**。國科會專題研究計畫成果精簡報告, 國立台中師範學院自然科學教育系所。計畫編號: NSC 90-2511-S-142-006。
- 游淑媚 (2003): 中、小學學生對生物腐化原因的想法類型。**師大學報: 科學教育類**, 48(2), 165-196。
- 游淑媚和林淑芳 (2001, 12 月): **國小四年級學生對「生物間的互動關係」想法類型之研究**。中華民國第十七屆科學教育學術研討會。高雄: 國立高雄師範大學。
- 游淑媚和林淑芳 (2002, 10 月): **中、小學學生的『生物消長』概念**。九十一學年度師範學院

教育學術論文集。嘉義：國立嘉義大學。

游淑媚和張政昌(2003):中、小學學生對生態概念的理解:物質循環。《*台中師院學報*》,17, 251-282。

游淑媚、張政昌和林淑芳(2002,十二月):生態概念雙層診斷工具之發展與效化。中華民國

第十八屆科學教育學術研討會。彰化市：國立彰化師範大學。

鄭湧涇(1998):概念學習研究對科學教學與師資培育的啓示。國民中學學生概念學習學術研討會論文集(pp.18-32)。

鄭湧涇(2000): *Using a diagnostic assessment instrument to assess understanding of biology concepts*. 89 學年度自然科學概念學習研究工作坊 (pp.3-9)。

鄭湧涇(2004):國中學生生物概念學習與相關變項之研究。九十二年度科學教育學門專題研究計畫成果討論會。新竹：國立交通大學。

熊召弟(1994):我國國小學生對生物現象概念意義化之研究(II)－生態平衡。國科會專題研究計畫成果報告, NSC 83-0111-S-152-006N。

二、英文部分

Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston.

Brumby, M. (1982). Students' perceptions of the concept of life. *Science Education*, 66(4), 613-622.

Campbell, N. A., & Reece, J. B. (2002). *Biology* (p.1189). 6th Ed. Menlo Park: Benjamin/Cummings.

Carlsson, B. (2002a). Ecological understanding 1: Ways of experiencing photosynthesis. *International Journal of Science Education*, 24(7), 701-715.

Carlsson, B. (2002b). Ecological understanding 2: Transformation – a key to ecological understanding. *International Journal of Science Education*, 24(7), 701-715.

Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (1994). *Making sense of secondary science: Research into children's ideas* (pp.59-69). New York: Routledge.

Driver, R.(2004). *Bibliography: students' and teachers' conceptions and science education*. University of Kiel, Germany (electroncially distributed).

Duit, R., Treagust, D. F., & Mansfield, H. (1996). Investigating student understanding as a prerequisite to improving teaching and learning in science and mathematics. In D. F. Treagust, R. Duit, & B. J. Fraser (Eds.), *Improving teaching and learning in science and mathematics* (pp.17-31). Chicago: Teachers College Press.

Eilam, B. (2002). Strata of comprehending ecology: Looking through the prism of feeding relations. *Science Education*, 86(5), 645-671.

Esiobu, O. G., & Soyibo, K. (1995). Effects of concept and vee mappings under three learning modes on students' cognitive achievement in ecology and genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 32 (9), 971-995.

Fisher, K. M. & Moody, D. E. (2000). Student misconceptions in biology. In K. M. Fisher, J. H. Wandersee & D. E. Moody (Eds.), *Mapping biology knowledge* (pp.55-75). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

- Hellden, G. (2001). Personal context and continuity of human thought; recurrent themes in a longitudinal study of pupils' understanding of science phenomena. In H. Behrendt, H. Dahncke, R. Duit, W. Graber, M. Komorek, A. Kross, & P. Reiska (Eds.), *Research in science education – past, present, and future* (pp.107-112). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Haslam, F., & Treagust, D. F. (1987). Diagnosing secondary students misconceptions of photosynthesis and respiration in plants using a two-tier multiple choice instrument. *Journal of Biological Education*, 21, 203-211.
- Hewson, P. W., & Lemberger, J. (2000). Status as the hallmark of conceptual learning. In R. Millar, J. Leach, & J. Osborne (Eds.), *Improving science education: The contribution of research* (pp.110-125). Buckingham: Open University Press.
- Leach, J., Driver, R., Scott, P., & Wood-Robinson, C. (1995). Children's ideas about ecology 1: Theoretical background, design and methodology. *International Journal of Science Education*, 17(6), 721-732.
- Leach, J., Driver, R., Scott, P., & Wood-Robinson, C. (1996). Children's ideas about ecology 3: Ideas found in children aged 5-16 about the interdependency of organisms. *International Journal of Science Education*, 18(2), 129-141.
- Liu, X. (2001). Synthesizing research on student conceptions in science. *International Journal of Science Education*, 23(1), 55-81.
- Mintzes, J. J., & Wandersee, J. H. (1998). Reform and innovation in science teaching: A human constructivist view. In J. J. Mintzes, J. H. Wandersee, & J. D. Novak (Eds.), *Teaching science for understanding: A human constructivist view* (pp.59-92). California: Academic Press.
- Mintzes, J. J., Wandersee, J. H., & Novak, J. D. (1999). *Assessing science understanding: A human constructivist view*. California: Academic Press.
- Reiner, M., & Eliam, B. (2001). Conceptual classroom environment: A system view of learning. *International Journal of Science Education*, 23(6), 551-568.
- Southerland, S. A., Abrams, E., Cummins, C. L., & Anzelmo, J. (2001). Understanding students' explanations of biological phenomena: Conceptual frameworks or P-Prims? *Science Education*, 84(3), 328-348.
- Tamir, P., & Zohar, A. (1991). Anthropomorphism and teleology in reasoning about biological phenomena. *Science Education*, 75(1), 57-68.
- Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconception in science. *International Journal of Science Education*, 10(2), 159-169.
- Treagust, D. F. (1995). Diagnostic assessment of students' science knowledge. In S. M. Glynn, & R. Duit (Eds.), *Learning science in the school: Research reforming practice* (pp.327-346). New Jersey: Laurence Erlbaum.
- Wandersee, J. H., Fisher, K. M., & Moody, D. E. (2000). The nature of biology knowledge. In K. M. Fisher, J. H. Wandersee, & D. E. Moody (Eds.), *Mapping biology knowledge* (pp.25-37). Netherlands: Kluwer Academic.

- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J., & Novak, J. D. (1994). Research on alternative conceptions in science. In D. L. Gabel (Ed), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp.177-210). New York: MacMillan Publishing Company.
- White, R. T., & Gunstone, R. F. (1992). *Probing understanding*. London: Falmer Press.
- Wood-Robinson, C. (1995). Children's biology ideas : Knowledge about ecology , inheritance, and evolution. In S. M. Glynn, & R. Duit (Eds.), *Learning science in the schools: Research reforming practice* (pp.111-130). New Jersey: Laurence Erlbaum.
- Yu, S. M. (1995, April). *Elementary students' conceptions in Ecology*. Paper presented at the 1995 Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. San Francisco, CA, U. S. A. Apr. 22-26, 1995.
- Yu, S. M. (2003a, January). *Assess students' understanding of decay*. Paper presented at the Third International Conference on Science, Mathematics and Technology Education. East London, S. A. January 15-19, 2003.
- Yu, S. M. (2003b, March). *Assess primary and secondary students' understanding of matter cycling and energy flow*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Philadelphia, Pennsylvania, U. S. A. March 23-26, 2003.
- Yu, S. M. (2003c, August). *Assess students' understanding of key ecological concepts*. Paper presented at the Forth International Conference of the European Science Education Research Association. E. S. E. R. A. Noordwijkerhout, Netherlands. August 19-23, 2003.
- Yu, S. M. (2003d, December). *Students' understanding of ecological concepts: energy flow*. Paper presented at the International Conference on Science & Mathematics Learning. Taipei, Taiwan. Pecember 16-18, 2003.
- Yu, S. M., & Lin, S. F. (2002, April). *Children's conceptions about decay*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. New Orleans, LA, U. S. A. April 7-10, 2002.

誌謝

本研究的完成承蒙行政院國家科學委員會經費補助（計畫編號：NSC 89-2511-S-142-016-1 及 NSC 90-2511-S-142-006），本文投稿期間，復蒙二位審稿委員提供寶貴建議，研究過程中生態專家、科教學者及中小學科學教師協助效化研究工具，研究助理群在進行晤談及資料整理的努力，以及參與的中小學學校與學生的配合，特此誌謝。