

校園生物棲地環境指標之建構研究

Establishment of Environmental Indicators of Campuses' Biotope

吳勝斌*
Sheng-Bin Wu

劉惠元**
Hui-Yuen Liu

林明瑞***
Ming-Ray Lin

(收件日期 96 年 10 月 15 日；接受日期 97 年 5 月 9 日)

摘 要

「校園生物棲地」環境之經營是維持校園生物多樣性及生態平衡最有效的方法，擁有生物棲地的校園也是進行自然保育教學的最佳環境。本研究透過對十二位專家學者進行訪談並現地踏勘十二所國小校園，發現符合生物多樣性及環境教育所需的校園環境應要符合 (1) 營造多樣化的棲地環境，(2) 種植本土多樣性的生物食草與蜜源植物，(3) 採行低度的管理措施，(4) 推行環境教育等 4 要件。本研究邀請十二位專家，針對校園生物棲地 (Biotope) 之棲地環境指標進行專家德懷術問卷調查，建構完成的指標包含永續綠校園政策與實施、荒野觀察區、草地、花圃、喬灌木樹叢、水域（包含水池與溪流）等六面向，共計 60 個指標。整體而言，本指標希望學校能在校園中以適當比例面積規劃設置各類生物棲地，並能種植多樣化的生物食草，以及種植本土多樣化的誘鳥、誘蝶植物，校園更應進行低頻度的管理措施（減少除草次數、落葉適度清掃、盡量不使用農藥），將校園圍牆盡量修建為低矮的多孔隙綠籬圍牆，自然能夠吸引生物前來。校園內的水域環境，應注意水的循環，種植多樣化適量的沈水、漂浮與挺水植物，並擺設成多孔隙的環境，以利水生生物生存。校方應指派專人紀錄與維護校園內的生物資源，教師們並能利用校園內的生物資源進行環境教育，教導孩子愛護各種生物，共同維護校園環境，避免給校園內的生物過多的騷擾，依循上述作法，相信必能將校園經營成為進行環境教育的最佳園地，也就是優良的生物棲地。

關鍵詞：生物棲地、環境指標、環境教育、校園、生物多樣性

*國立臺中教育大學環境教育研究所碩士暨臺中縣光隆國小教師

**國立臺中教育大學環境教育研究所副教授

***國立臺中教育大學環境教育研究所教授

Abstract

The management of “ Campus Biotopes” environment is the most effective method to maintain the biodiversity and ecological balance in the campus. On the other hand, the campus with Biotopes is also the best place to carry out nature conservation education.

By interviewing 12 experts and scholars and investigating 12 elementary schools on the spot, it was found that the campus environment which was consistent with biodiversity and suitable for environmental education should possess the following 4 conditions: (1) building the diverse biotopes environment; (2) growing indigenous diverse biological grasses and nectariferous plants; (3) taking low management measures; (4) implementing environmental education.

A 12-experts panel Delphi questionnaire survey on the environment indexes of campus Biotopes was conducted. There were 60 indicators, involved in six categories being built : the policies and implementation for sustainable green campus, wilderness observation area, lawn, flower nursery garden, arbor and bush bosk, and waters (inclusive of ponds and rivulets).

Overall, these indicators being set up was expected to guide that schools could plan a proper proportion of area on campus to set up the biotopes for various creatures, and could grow diverse biological grasses and the indigenous plants that could lure birds and butterflies. The schools should also take low management measures (such as reducing the frequency of weeding, fallen leaves being properly swept, trying not to use pesticides). If the campus was surrounded by low hedge walls, the living creatures would be naturally attracted.

For the environment of waters in the campus, the circulation of water was very important; meanwhile, a certain amount of diverse submerging, floating and emerging plants should be grown; moreover, the porous water environment would benefit the survival of aquatic creatures.

The schools ought to specially assign one or some workers to record and maintain the biological resources of campus. The teachers should imbue students with the concept of environment based on the biological resources of campus, instructed them to take good care of various living creatures, and jointly safeguarded the environment in the school yard, in order to avoid overfull disturbance the creatures in the campus. With the measures mentioned above, it was believed that campus management would surely make schools become the best place to implement the environmental education and were the good biotopes.

Key words: Biotope, Environmental Indicator, Environmental Education, Campus, Biodiversity

壹、緒論

一、研究緣起與動機

學校環境教育是正規的環境教育，是人對環境正確認識的開始，也是人一生最重要的環境歷程。學生在學校教育階段若能接受正確的環境教育觀念，則未來進入社會，推動環境保護工作將可達事半功倍的功效。因此學校環境教育是學童奠定環境教育知識、態度及行為最重要的階段，因此格外值得重視。

在環境教育進行的方式中，由於戶外教學能夠提供學習者最直接的體驗與最自然的學習，所以最受一般學生喜愛，也是環境教育工作者認為最有效的教學法。戶外的自然生態環境可以成為多樣化的教學資源，學生更可獲得最直接的幫助，從生活的週遭印證所學，校園是學生們學習的重要場所，當然得要提供學習生態保育及接觸自然環境的機會。「校園生物棲地」是希望校園經營者在盡量減少人為干擾的情境下，依照生態學的原理及方法來經營校園，讓各種生物自由自在生活在其中，以達到校園環境合乎自然及生物多樣性的情境。

以「校園生物棲地」為基地的環境戶外教學，校園環境成為孩子「境教」的一部份，讓學生耳濡目染，在日常生活中接觸自然環境，充分認識自然的美好，未來當然也會為了美好的環境而努力；過去為了方便學校師生學習為主的學習環境，植物是在盆栽中，動物是在籠子裡，無法讓學童真正體會到各種生物在自然環境實際生活的面貌：物競天擇、弱肉強食的生態競爭現象及原理。學校若能營造成為生物的樂園，將使得受到棲地縮減危機的生物獲得一個避難的空間，臺灣整體的生態環境也將能因此而改善。由於校園生物棲地有著多方面的優點，因此學校行政單位經常努力將校園營造為各種「學習棲地環境」。

綜上所述，我們可以知道經營一個校園棲地，將營造一個生物可以自由自在生活的校園環境，不僅維持了校園生物多樣性，而且更兼顧了校園的美化、綠化，並提供自然科學教育所需要的教材來源，成為戶外環境教學的絕佳場所，而一個生物棲地的校園更將成為我國永續發展不可或缺的一環。為了達成上述效益，本研究提出一套棲地環境指標作為檢視學校的環境是否合乎生物棲地的標準，以及提供學校營造校園生物棲地時的參考。

二、研究目的

本研究為了達到「生物棲地」環境營造的目標，乃透過訪談、現勘、專家德懷術等方法，檢視目前的校園環境，建構得出校園環境政策與實施、荒野觀察區、草地、花圃、喬灌木樹叢、水池或溪流等六大面向的「棲地環境指標」，以為營造校園生物棲地環境之用。本研究的主要目的如下所示：

1. 了解符合生物多樣性及環境教育所需要的校園棲地環境有哪些要件。
2. 建構出適合校園生物棲地之環境指標系統的各個面向及其內涵。

三、名詞釋義

爲使本研究所使用的名詞意義明確，將本研究中重要的名詞界定如下：

(一) 生物棲地 (Biotope)

所謂的 Biotope 是由表示「生命」的「Bio」和希臘語中表示「場所」之意的「tope」所組合而成的合成語，即具備某種特定環境條件，可讓某些生物群落賴以生存的區域。即一種特定形式的地區或生境，被棲息其中的小生物體（植物、動物、微生物）所營建，並反應其特性，或爲規模尺度較小的一個小生境 (Microhabitat)（賴明洲，2003）。

(二) 校園生物棲地 (Biotope) 環境

「校園生物棲地環境」，就是在盡量減少人爲干擾的環境下，利用各種自然生態保育的原則及方法，讓各種生物自由自在的生活在校園環境中，以達到生物多樣性及生態環境自然平衡的目標，若能如此，就能出現人與生物和平共存的現象。

(三) 校園生物棲地環境指標

校園內的生物棲地指標可分爲兩部分，即物種指標與棲地環境指標，本研究所討論的「校園生物棲地環境指標」就是指棲地環境指標部分；爲能達到「校園生物棲地」之目標，以合乎自然、減少人爲干擾、及利用各種自然生態保育的原則及方法，所可能達成理想自然環境，而將構成此自然環境狀況之必要環境條件或維護方法作爲指標，即爲「校園生物棲地環境指標」。

四、研究範圍與限制

(一) 研究範圍

本研究以文獻分析法、訪談調查、校園現地踏勘及德懷術爲主要研究方法。希望能透過一些棲地環境指標之建立，來建構出校園中生物及其棲地應有的環境，並希望這些指標及環境可運用於或配合學校之環境教育。然永續校園可稱爲全方位的環保工作，本研究僅就校園的生態環境進行研究，針對校園中與環境教育教學相關之生物棲地規劃建構提出評鑑指標。

(二) 研究限制

- (1) 本研究之目的在建構符合環境教育需求的校園生物棲地環境指標，因此本指標系統僅適用於校園之中，無法廣泛推論到其他環境。
- (2) 限於時間與人力因素，本研究之目的僅爲建構校園中一般性的生物棲地環境指標，本研究之結果無法推廣於特殊地理條件（如高山、海濱）之校園。

貳、文獻探討

一、校園的生態特色

校園綠地是都市中，僅次於公園的最大綠地空間（邱小芬，2002），但若考慮其對整體生態的貢獻度，因為校園往往分散於都市中，雖然就面積來看單一學校不如公園，但若學校環境經營得法，成為生物棲息的良好環境，並透過生態廊道串連，讓生物能夠在不同棲地間穿越，交流基因，成為一個生態網絡，則校園對生態的貢獻更可能大於單一棲地的公園。不過可惜的是目前校園中的綠地經常被人工設施瓜分為許多切割棲地，而校園內的棲地常常進行密集的除草、修剪、換植甚至噴灑農藥等干擾，這些作為嚴重影響棲息其間的生物。雖然這些校園中的零碎棲地可以提供動物棲息環境，但因為面積狹小，所含資源有限，因此無法形成複雜的生態系統環境，而校園內生物棲息地之間通常並未設計生態廊道連結，導致原本校園內零散的棲地彼此孤立，除了可能導致生物基因窄化，一旦環境發生變動，遷移力較弱的物種必然無法承受干擾，而消失於校園中（陳建志，2000）。

因此生存於校園中的生態資源往往與當地原有生態特性大異其趣，除了園藝植物及外來歸化植栽充斥校園外，通常是馬上發芽且適合微風傳播之菊科、禾本科荒地植物。動物通常是能適應人類居住環境之老鼠、蟑螂等雜食性動物，鳥類則是適應都會區的麻雀、白頭翁、綠繡眼或人類飼養的鴿子等。而常出現校園中的蝴蝶則為草原性蝶種、以園藝植物為食及遷移性較強的蝶種（陳建志，2000）。

二、校園生物棲地的類型

在校園中，為了配合教學需要，通常設有生物教材園，這些生物教材園提供了自然科學的教學資源，讓學生得以觀察生物的型態、了解植物的生長過程、了解動物的生活習性或進行辨識、實驗、紀錄等科學技能的學習，這些生物教學資源區的設置，皆可稱為生態教材園（葉茂森，2003），過去的生態教材園可能侷限在校園的某一小範圍。詹見平(1999)認為校園的生態教材園越大越好，最好整個校園都是教材園。為了營造校園成為一大型教材園，發揮其教育效能，檢視教材園的相關文獻，可以發現不同棲地條件會有不同生物存在，因此分析國內相關營造棲地以為教育用途的文獻，可發現一個適合進行生態教育的生態教材園大概有下列分區：

1. 中研院生態池規劃為荷蓮區、本土水生植物生態景觀區（池沼生態區、草澤生態區、推移帶生態區）、溝渠生態景觀區、陸域植生區（誘鳥植生區與蜜源食草植生區）（張文賢，2002）。
2. 屏東縣田心生態教育園規劃為生態生活區、乾溪生態區、溼地生態區、水塘生態區、草澤生態區、草原生態區、溝渠生態區、森林生態區（吳宗憲，2002）。
3. 方偉達(1998)的研究認為校園生態教材園可分為水生植物園、蜜源植物區、自然步道、有機堆肥區、苗圃區。
4. 楊平世、李蕙宇(1998)的研究認為生態園可分為水域生態區、賞鳥區、誘蝶區、樹林區、草原區。

綜合上述教材園的棲地營造經驗，研究者根據文獻探討並考量國內校園普遍的狀況，歸納得出一個適當的校園生物棲地應該要有荒野觀察區、花圃、草地、喬灌木樹叢、水域環境等類型的棲地，並據此設計德懷術的問卷。

三、校園生物棲地環境營造的原則

棲地是指一個讓動植物生存、生長的地方，而校園生物棲地不但可以成為動植物生存生長的地方，並且可以提供學校師生教學及學習成長的場域，成為進行戶外環境教育的最佳場所（吳文德、周儒，2001）。為了營造生物良好的棲地，研究者透過文獻探討，發現有下列營造的原則：

1. 充足多樣的覓食環境：「民以食為天」，想要動物能夠生存當然也應該考慮動物的食物來源，因此設計生物的棲地最重要的應該就是能提供多樣化生物充足的覓食環境，多為生物種植牠們的食物，例如柑橘類的果樹、藤類等，以維持校園內生物的種類數量（林憲德，1999）。
2. 複雜多樣的空間環境：為了達到生物多樣化的程度，棲地設計時，應該依據生態設計的原則，盡可能製造複雜多樣的環境，包括多種不同特性空間的塑造、地形地貌的起伏變化、水文環境的溼度、深淺、池岸坡度和流速的變化、植栽配置時不同植物群落的組合、土壤鬆實與質地的改變以及生物微棲息地的創造，以提供各種生物棲息的空間（吳宗憲，2002）。
3. 原生植物綠化：使用原生植物綠化，是執行綠地生態計畫上必須盡量遵守的原則。當然現在也有許多良好的外來歸化植物，例如馬纓丹、馬利筋等，由於已經和本地的生物發生密不可分的關係，也可視同原生種而採用（林憲德，1999）。
4. 物種多樣性綠化：而為了促進植物族群的穩定性，綠化一定要力求「物種多樣性綠化」，也就是要求植栽的高歧異度 (High Diversity) 才行（林憲德，1999）。
5. 多層次綠化：由於不同生物棲息環境也不相同，有些喜歡生活在樹冠層、有些喜歡生活在樹林中，因此最生態的天然林通常是多層次、多樣的構成，常綠林中混有落葉林，落葉林中混有常綠林。由高喬木、亞喬木、灌木、草叢、落葉層等組合構成的多層次、多樣環境，才是適於多樣性生物棲息的林相（林憲德，1999）。
6. 設置水域環境：水域環境是野生物匯集交流最豐富的地方，學校若能設置生態水池，將可為都市環境提供一些適合動植物生長的生態空間，對活化都市生機及生物多樣性保育具有重大而直接的貢獻。生態水池形狀應為彎彎曲曲多變化，以增加水陸之交界面；池底應以黏土夯實，不可使用水泥與瓷磚，池岸邊坡應平緩，並以自然之土壤、木材或石塊仿自然形狀砌成；池中可放置枯木、石堆等，最好能設置2-3處生態島，以提供生物棲息空間；依據不同水深，栽植原生之濕生、挺水、沉水、浮葉等植物，以作為水池食物網與動物避敵、活動的基礎；生態池應有流動水聲，並注意水的循環，大部分池面每天應維持至少5小時的日照，以利動植物之生長與繁殖（彭國棟，2003）。

綜合上述文獻探討的內容，研究者在設計德懷術問卷時，根據上述棲地營造與設計的原則，將創造充足覓食空間、利用原生植物綠化、多孔隙空間的多樣化棲息環境、多層次綠化、物種多樣性綠化等生物棲地營造的重要概念，融入各面向設計指標時的參考。

四、營造校園成為生物棲地的效益

一旦將校園營造成為生物棲地，將成為實施環境教育的最佳場所，更將成為永續臺灣的生態基石。透過文獻探討，可以發現營造校園成為生物棲地有以下幾點效益：

(一) 良好的校園規劃有助於實施戶外環境教育

校園環境處處充滿了變化與生機，本身就是一座學習的寶庫，它不但提供了野生生物的棲息地，更成為環境教育的最好場所，透過在校園棲地所進行的體驗式戶外教育，能提供學生更多的學習動機，讓學生在校園學習棲地中產生有意義的學習，建構新的知識和技能，拓展更大的視野（吳文德，2001）。

一個生態良好的校園內由於充滿各種適合當作生態教育教材的動植物與生命現象，又具有方便性，沒有距離遠近的問題，方便也容易掌握教學流程，因此成為推動戶外教育最好的場所。

在生物棲地的校園中進行教學，更能讓學童們體會生命的價值，因為在校園中的生物都是自由且活生生存在的，比起一般關在籠中供人觀察的生物，多了一份生命的尊嚴，也由於這樣尊重生命的態度，學童們在學習的過程中自然了解尊重宇宙萬物的生命，並且也導正不正確的生態觀念。

在生物棲地的校園中進行戶外的生態教學，其效果遠勝於單純欣賞照片、影片的教學，因為所見與所觀察的都是自然、隨機發生的生態現象，觀察這些非刻意安排的生態現象，更能了解生物並非獨立生存於這個世界，生物與生物間有著許多連結，只是我們有沒有用心去觀察罷了，環境問題也是如此環環相扣，生生不息。因此在生物棲地校園中所進行的生態教學給學生的必定是完整的生態觀。

基於上述理由，我們可以發現只要能將校園建構成為一個生物棲地，則校園內豐富的生物資源不但能夠提供源源不絕的教材，成為學校師生教學及學習成長的場域，而這些生物資源也由於其存在的特性，將更能成為統整教學的最佳題材。學生們在求學的過程中和生物自然的接觸，所見所聞都是未經扭曲、親眼所見的生態，在這樣的環境中學習，就是「境教」的最佳範本，因此，生物棲地的校園實在是進行戶外環境教育最佳的場所，值得我們努力追求。

(二) 營造校園成為生物棲地的其他效益

除了教育上的功效外，營造校園成為生物棲地還有更進一步的內涵，亦即在營造校園成為生物棲息的良好環境之後，其自然就成為景觀生態學概念中的嵌塊體，透過生物通道的設計與規劃，全國無數的校園將發揮在生態上極大的生態效益，打造一個低污染的生活環境，邁向永續發展的臺灣（江哲銘，2002）。

參、研究方法

一、研究流程

本研究先經過文獻探討，瞭解營造校園生物棲地的作法，並據以擬定訪談大綱與生物棲地調查表，送請 3 位專家（表 1）審視並通過後，選擇 12 位中部地區校園生物棲地的經營專家及實務工作者（表 2）進行深入訪談，訪談大綱內容如表 3 所示，以了解他們對於校園生物棲地的看法與作法；並選定中部地區 12 所學校（表 4）進行現地踏勘，以了解中部地區校園生物棲地的經營概況，根據上述作法所得之結果為基礎，編寫校園生物棲地環境指標之德懷術問卷，邀請 12 位專家（表 5）共同進行三次以上的專家德懷術問卷調查、修改，直到問卷調查結果達到收斂（專家們所填答之平均數四捨五入後與眾數相等或填答眾數的專家佔有填答者的 70%），以獲得完整的校園生物棲地環境指標，以下為研究流程圖，其後就各研究方法進行說明。

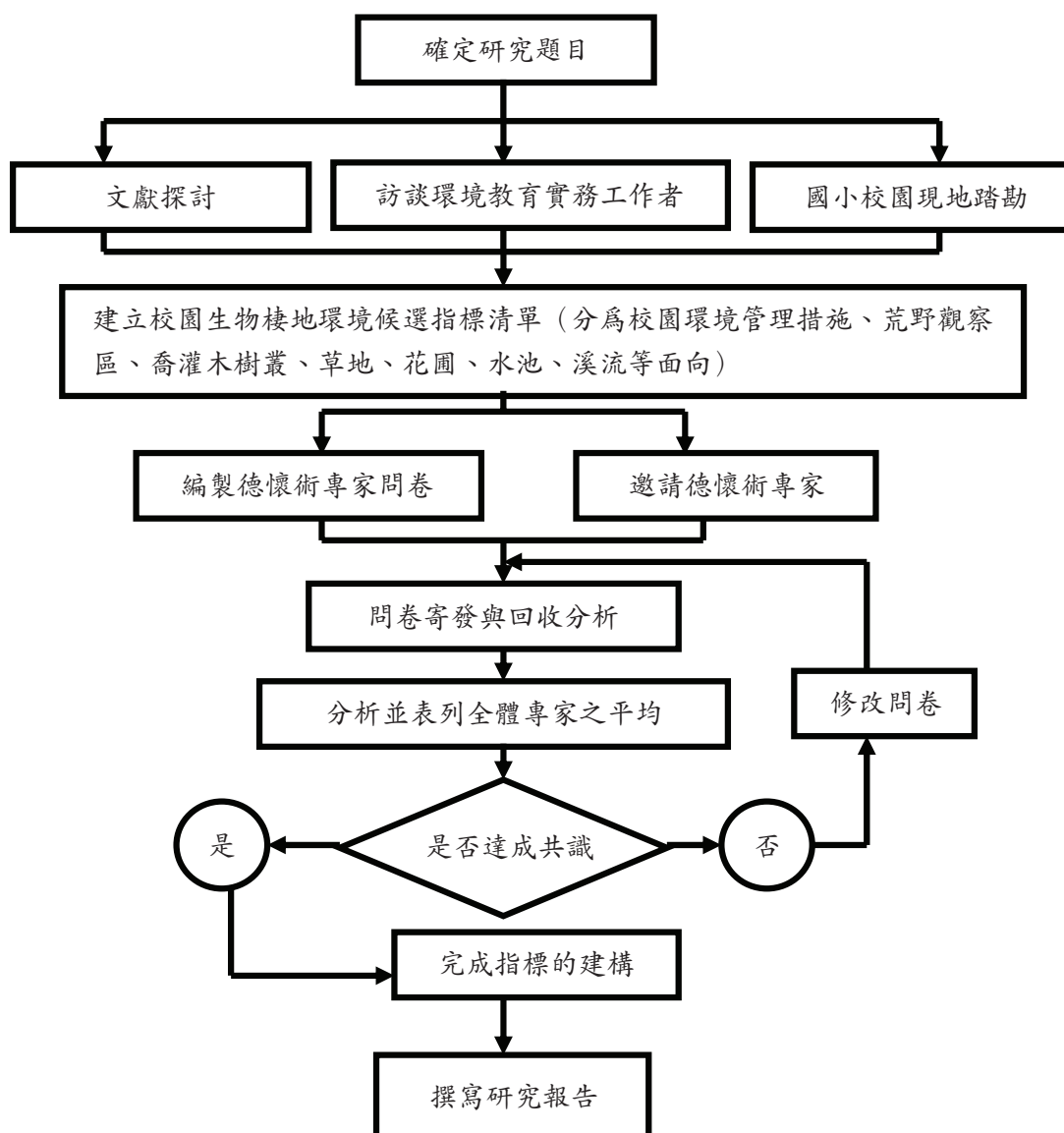


圖 1 研究流程圖

二、訪談校園生物棲地經營專家及實務工作者

(一) 訪談對象

爲了能更廣泛的了解生物棲地校園的構成因素，研究者採立意取樣，選擇中部地區生物棲地經營專家及環境教育工作者進行訪談，以其實際工作經驗與營造、管理校園的歷程，提供研究者有關校園的生物棲地環境營造理念及方法。由於生物棲地在國內算是相當新穎的概念，因此尚不爲一般教師所熟悉。因此研究者特意尋找的受訪者，都是對生物棲地營造方面的專家及環境教育、自然保育的實務工作者（表 2）。

表 1 審查訪談大綱專家

專家姓名	任職單位與職稱
王盈丰	國立臺中教育大學科學應用與推廣系助理教授
林明瑞	國立臺中教育大學環境教育研究所教授
林素華	國立臺中教育大學科學應用與推廣系暨環境教育研究所副教授

表 2 訪談對象一覽表（依姓氏筆劃順序排列）

姓 名	簡 介
余清金	埔里木生昆蟲館館長
何星輝	彰化縣曉陽國小校長
李戊益	1. 臺中縣中華國小自然科教師 2. 臺中縣自然科國教輔導團輔導員
施互琴	彰化縣培英國小輔導主任
傅建明	1. 臺中縣東平國小自然科教師 2. 臺中縣自然科國教輔導團輔導員
黃獻文	特有生物保育中心經營管理組組長
曾淵郁	南投縣光復國小教師
葉志偉	彰化縣新街國小教師
劉倖君	1. 南投縣鳳凰國小教學組長 2. 特有生物保育中心解說志工
劉宏良	臺中縣崑山國小自然科教師
鄭朝雄	1. 臺中縣追分國小教師 2. 雪霸國家公園高山志工
賴愼一	彰化縣國小退休校長

(二) 研究工具

研究者根據文獻蒐集生物棲地之相關資訊，並將營造校園生物棲地環境可能遭遇的問題條列爲訪談大綱（表 3），並經指導教授與相關專家（表 1）審視並加以修正後，據以訪談生物棲地營造及環境教育實務工作者。

表 3 訪談大綱

題號	題目內容
1	貴校有哪些植物與動物是最常見的？
2	您認為這些生物或環境對貴校的環境教育或保育教學上有何重要意義？
3	您認為爲了要維持這些在環境教育或保育教學上有意義的生物，需要如何的環境才行？
4	請問您有無聽過生物棲地此一名詞？您認為貴校的環境可稱為優良的生物棲地嗎？
5	爲了教學上的方便，您認為學校內適合生物生存的棲地環境應該要有哪幾類才足夠（例如：池塘、樹林、草地、……）？可以規劃成幾類教學區（例如：賞鳥區、水棲生物區、教學農園……）
6	您認為該如何營造您所想要的生物棲息環境（針對鳥類、昆蟲、土壤中的生物、水棲生物…有何具體做法）？如何維持這樣的環境永續存在？
7	當校園內生物棲地建立後，您會進行哪些管理措施以保留或引進生物，使得校園內的生物多樣性更爲充足？
8	您認為要建立理想中的生物棲地，您可能會需要什麼幫助（例如：專家、專長教師、建築師…）？
9	您認為貴校若要改造成您理想中的生物棲地，大概需要多少經費？您想要改善什麼設施？

（三）資料分析

在訪談結束後，研究者整理所有受訪者對訪問大綱問題的回答，針對每一題受訪專家之相同及相異看法進行分析，並將專家們有較一致的看法及結論納入德懷術問卷編寫時的參考。

三、國小校園現地踏勘

（一）研究樣本

在進行德懷術之前，研究者在網路上瀏覽中部地區國小的網站，以了解各校棲地經營的概況，並採立意取樣，選擇棲地經營有成之學校進行現地踏勘，以瞭解目前國內校園棲地經營的現況，並將所獲得的結果作為編製德懷術問卷的參考。然限於時間與人力之不足，研究者僅選擇 12 所中部地區生物棲地經營有成的學校校園進行調查（表 4）。

（二）研究工具

在文獻整理與回顧後，研究者自行編製校園生物棲地調查表，經專家審查後，針對各校園之生物現況與棲地條件進行勘查，分析其生物多樣性豐富的優勢與劣勢何在？並將勘查所得之生物棲地存在要件納入德懷術問卷之中調查，請專家們思考生物棲地之指標是否應該納入這些要件。

(三) 資料分析

研究者現勘完 12 所校園生物棲地環境後，將調查所得的結果加以分析，以了解各校校園擁有及缺少的生物棲地環境條件各有哪些，及了解各校的棲地狀況。

表 4 現地踏勘學校一覽表

校名	所在地	校名	所在地
光隆國小	臺中縣太平市	培英國小	彰化縣和美鎮
新平國小	臺中縣太平市	集集國小	南投縣集集鎮
東平國小	臺中縣太平市	和平國小	南投縣集集鎮
中華國小	臺中縣太平市	隘寮國小	南投縣集集鎮
崑山國小	臺中縣新社鄉	清境國小	南投縣仁愛鄉
曉陽國小	彰化縣線西鄉	車埕國小	南投縣水里鄉

四、專家德懷術

(一) 研究樣本

德懷術之樣本需是特定領域的專家，而且能表達出自己的意見，故在樣本的選取上不可不慎重。本研究所欲研究之校園生物棲地環境指標之建置對於學校生態環境的改善與永續教育之推動有重要助益，故本研究選取之專家應為對學校生態環境的規劃與環境教育的進行有豐富的學識與經驗之專家。本研究為能達到德懷術研究法的專家組成效度，乃慎選校園生物棲地環境領域專家 5 位、環境教育領域專家 3 位、生物與生態領域專家 4 位，共 12 人組成德懷術專家團隊，如表 5 所示：

表 5 德懷術專家一覽表（依專長及姓氏筆畫排列）

專長領域	專家姓名	簡介
校園生物棲地環境領域專家	王豐成	彰化縣村東國小校長
	李志穎	1. 精誠高中生物老師 2. 彰化縣環保聯盟前任理事長 3. 彰化縣社區大學講師
	洪信德	1. 彰化縣萬興國小主任 2. 彰化縣九年一貫國教輔導團自然科兼任輔導員
	黃朝慶	特有生物保育中心助理研究員
	江哲銘	國立成功大學建築學系主任暨所長
環境教育領域專家	王佩蓮	建國科技大學設計學院院長
	吳美麗	臺北市立教育大學教授兼環境教育研究所長暨環教中心主任
	高翠霞	臺北市立教育大學初等教育學系教授
生物與生態領域專家	何小曼	國立臺北教育大學自然科學教育學系教授
	楊平世	國立臺灣大學昆蟲系教授
	鄭元春	國立臺灣博物館植物學組組長
	盧秀琴	國立臺北教育大學自然科學教育學系教授

(二) 研究工具

本研究工具為自編之「校園生物棲地環境指標調查之德懷術問卷」。係根據國內外相關文獻探討生物棲地營造之相關理論與指標，並參酌環境教育實施的需求與現地踏勘、訪談所得的結果編製候選指標清單，並根據候選指標清單編製「校園生物棲地環境指標調查問卷」之專家德懷術第一次問卷。

本研究的德懷術專家問卷，於每次問卷回收後，即進行問卷調查結果彙整、統計、問卷題目修正及專家意見回覆。再次寄出問卷時，將前次集體專家意見的調查結果及回覆意見一併寄給各位專家委員再行填答，如此直到各題均達成收斂為止，前後往返共實施三次。再將最後的調查結果經統計分析以獲得「校園生物棲地環境指標」，完成本研究之目的。

(三) 資料統計與分析

根據王文科 (1995) 指出，研究者在進行德懷術研究之第二回合以後問卷可以採用加權平均數、標準差作比較或肯氏和諧係數分析其一致性並提出報告，有的上針對上述作法，將調查結果及受調查者對各題（選項）所持與團體不一致之意見作成一覽表。因此本研究在每一次問卷回收後，會在下一回合的德懷術問卷中將專家的意見與建議彙整列出，並標示各指標專家們的填答狀況以及平均數和眾數，各面向所佔之權重則以肯氏和諧係數分析其一致性，直到問卷調查結果達到收斂（專家們所填答之平均數四捨五入後與眾數相等或填答眾數的專家佔該題有答題者的 70%），以獲得完整的校園生物棲地環境指標。

肆、結果與討論

一、訪談結果

(一) 對於營造校園成為生物棲地的必要性及作法

受訪者一致認為一個生物多樣性豐富的校園將會有助於環境教育的推動，學校內生物資源的多寡，除了學校設施本身的條件（所在位置、學生人數、建築物密度）外，週邊環境與學生的使用情況都會影響很大。由於大部分國小的面積並不大，再加上所種植的植物多屬景觀植物，因此能吸引到的大多是一些常見的鳥類與昆蟲，除非學校週邊的環境不錯或是刻意針對某種生物種植食草，才會有一些較特別的生物出現。

一旦學校的生物多樣性豐富了，我們科學教育的教材就可由裡面找尋（賴校長 930721）。

我認為將校園營造成生物棲地對於教學一定有相當幫助（劉組長 930425）。

芸香科的植物相當多種，像西施柚、橘子、檸檬、過山香相當多，會有很多鳳蝶來產卵，例如大鳳蝶、無尾鳳蝶、玉帶鳳蝶的食草。江某是皇蛾的食草。像池邊所種的柳樹，是豹斑蛱蝶的食草，猿尾藤是小紫斑蝶的食草，華他卡藤是青斑蝶、淡小紋青斑蝶、琉球青斑蝶很重要的食草，這些針對個別物種的食草，學校若能都種一些，相信能有助於物種

進入校園（何校長 930818）。

（二）校園成爲生物棲地後，對學校師生進行生態教學的影響

校園環境若形成生物棲地，因爲各種生物可以自由自在的生活在校園中，除了校園中生物族群變得豐富多樣化外，學校師生可以在自然的情境下，隨時可以看到自然演化、物競天擇、弱肉強食等生態上的自然現象，同時達到生命教育、生態教學、教學情境設計等功能。

對於校園內生物資源的使用方式，受訪者表達了相當多樣的看法，包括認識動植物的教學並配合生命教育的實施，讓學生們透過觀察瞭解關懷週邊環境的重要，培養學生們的環境素養，也是營造校園成爲生物棲地的重要功能之一。除此之外，有 83% 的受訪者認爲教師的環境素養決定了這所學校的生態教學成效與方式，因此培養教師環境教育的能力也十分重要。

帶孩子們出去感受自然，一次認識五種植物，透過觀察、觸摸，感受樹葉有無毛，樹葉是光滑或革質，或請小朋友在樹下由下往上看，感受樹的光影變化，訓練他們的環境感受力（鄭老師 930521）。

校園內的生物除了能和課本上的生物作比對，並且也可以納入生命教育中「關懷」的概念，並透過對環境的觀察與關懷，讓孩子知道：是因爲我們將環境保持的不錯，所以才能有這麼多的生物與我們共享這片土地，順便也讓孩子們體會自然的美（劉組長 930425）。

我認爲有沒有去應用才是最重要的，假設資源少而你有去運用，總比資源多而不去運用好，老師要去應用這樣的資源，就要靠經驗與專業（李老師 930819）。

（三）校園內棲地的類型

有 80% 的受訪者認爲爲了方便教學，校園內應該要有樹林、草地、池塘等棲地環境，以吸引各種生物進入校園，其餘受訪者則認爲不需劃分什麼棲地類型，只要放任校園自然發展就可以吸引生物進入校園。33% 的受訪者表示如果能夠營造一個有不同水深與流速的溪流環境更好。

我認爲這得要看課程的需求，像三、四年級課程中有水生植物的介紹，需要水生的環境像池塘、溪流等，低、高年級有認識校園動、植物的課程，所以樹林、草地等棲地環境就會較需要，我認爲學校很難去模仿自然的棲地，所以考慮到可行性，一般若有這幾種棲地環境就足夠了（傅老師 930810）。

（四）營造校園生物棲地的具體作法

多位受訪者提到若要將校園營造成爲生物棲地，那就應該越接近自然越好，校園內的環境配置若能向自然學習，營造生物能夠躲藏的空間，提供生物喜歡的食物，並且不要過度的干擾生物，生物自然就會喜歡進入校園。

動物都有牠們的生長環境，要在校園裡把牠們的環境都造出來，我想最好的方法還是

看看大自然的環境是什麼樣子，就讓校園變成那個樣子就可以了，最好還要有一條富有生命力，設計良好的河流，那你想要的生物自然就會通通進來，不用刻意去劃分我要什麼區什麼區，也不用爲了哪一種單一的生物去費心營造牠的生活條件（何校長 930818）。

種植物是養活動物的根本，有了強壯豐富的植物才能有健康活躍的動物，我認爲學校裡應該先將植物多樣化，學校裡應該要有幾棵代表性的大樹，其實我們本土有相當多與生物有緊密關係的植物，但由於沒有經濟價值都被砍掉了，學校中有幾棵能誘鳥的大樹，再加上蜜源植物，有了多樣的植物，生物才能多樣化（劉老師 930729）。

（五）對生物棲地校園的管理措施

管理上應該盡量減少對生物的人爲干預，在可容許的範圍內盡量放任環境自然發展，例如落葉適度清掃，減少割草的頻率，少噴農藥，透過生態教育，讓學生能夠珍惜身邊的生物，而不要對生物們惡作劇，除此之外，學校應該有專人或小組負責照顧並監控學校的生態環境，讓校園生態豐富的环境永續存在。

若能讓草叢自由生長，而不要將草地弄得十分平整，可以有的草長及膝，或到大腿，相信就會有很多的物種生活在其中（施老師 930425）。

維持環境的做法便是少管理，讓環境自然發展，生態環境便會達到自然平衡（曾老師 930719）。

要教導學生不要看到鳥巢就去拿、就去丟，雖然只有一兩個小朋友會這樣做，但如此就會讓小鳥不敢再來學校築巢、覓食，所以我覺得反而是教導小朋友不要破壞自然生態是比較重要的（李老師 930819）。

（六）對建立校園生物棲地所需要的幫助

受訪者一致認爲在建立生物棲地的過程中行政主管的理念相當重要，因爲校園的管理主要是由行政主管來主導，此外，一定要有一群志同道合的教師團體共同努力、規劃環境、設計課程，以進行自然生態教育。當然，獲得相關單位的經費的協助也很重要，否則空有想法難以落實。而在營造棲地設計課程時，若有專家適時提供諮詢與協助，相信能讓校園的環境更符合學習所需。

校長是否有理念，是影響校園能不能成爲生物棲地的一個很關鍵的因素（曾老師 930719）。

我認爲第一關就是行政主管的支持，接下來就是要有志同道合的老師來共同規劃校園的環境並規劃設計課程，共同對校園裡的孩子進行生態教育，因爲對生物友善的孩子也是生物棲地環境很重要的一環（李老師 930819）。

興趣是建構能力最基本也最重要的元素，如果學校裡能有一群對自然生態教育有興趣的老師，共同設計改善校園生物棲地環境的計畫並實際執行，並規劃適合學校環境的自然生態教育課程，相信老師們在專業上也能有所成長（傅老師 930810）。

在規劃營造校園的過程中，當然最需要的是老師與學生的幫忙。經費也很需要，沒錢也很難做事，如果有教育局或家長會能夠支援是最好的了（何校長 930818）。

二、現勘結果

爲了能更瞭解目前校園的生態現況，研究者設計了生物棲地環境調查表，並實地現勘了 12 所學校，以下說明現勘的結果：

現勘時發現，這些國小校地面積大小均介於 1-3 公頃之間，由於校地必須提供許多學生使用，因此很多地方必須使用硬鋪面，以保護學生的安全並避免拖泥帶水，弄髒環境。文獻探討發現，一個校園的生物豐富度除了受校園本身的條件（位置、學生人數、建築物密度）影響外，學校的周邊環境與圍籬的材質與形式會影響生物進入校園的可能性。現勘的幾所學校緊鄰校園的大多是街道，由校園外可以進入校園的生物種類及數量就變得很少；但少數學校緊連荒地或農地，圍牆高度並未阻止生物穿越，這荒地或農地很自然成爲學校的腹地，其中物種可以自由穿越校內外，如此便能夠增加校內的生物多樣性。

各校在設計與建築時多半未曾考慮生物通道，研究者針對校園道路系統觀察時發現僅有 17% 的學校運用了自然材質，例如南投縣集集國小以廢棄鐵道枕木與小石頭所鋪成的步道就極具特色，其他國小多半採用柏油或水泥材質，並不利於生物在校園內通行。

在校園植栽的選種上，研究者發現僅有彰化縣曉陽國小標榜以原生植物爲主，其餘學校多半以配合課程需求與景觀造景來選擇植物，常出現的植物，如黑板樹與小葉欖仁…等都屬於景觀樹種，雖然不能說完全沒有生態的意義，但這些樹種在各校的數量實在太多，也明顯佔據了原生植物的生存空間。在這樣的選種原則之下，校園內充斥著外來種的植物。而校園內的動物種類也就侷限在都市常見的種類，如麻雀、綠繡眼、白頭翁等。

爲了維護校園美觀，有 92% 的學校會定期指派專人割除校內雜草，有 75% 的學校會使用農藥。

雖然課程中有談到水生植物，現勘的 12 所學校中卻僅有 67%（8 所）的學校有水池，且並未發現學校有溪流流經，而符合生態池條件要求的學校僅有南投縣車埕國小，其餘學校均以水泥、磁磚或塑膠布作爲池底，並沒有多孔隙的池底及邊坡讓生物存活，甚至爲了節省經費（水費）與免除清掃青苔的麻煩，水池乾脆不放水，再加上一些水池的淨化循環設施及水泥池底不適合種植水生植物，並不利於教學使用。空有設施卻不使用或利用率偏低，相當可惜。

三、德懷術問卷調查結果

（一）指標面向之各項分數概述

本研究邀請 12 位專家，經過三次德懷術問卷施測後，所得之指標分爲六大面向，共 60 個指標，將各面向題數、指標重要性平均值、指標可執行性平均值及權重比較列於表 6，由表 6 可知，在指標面向的重要性上，全部都達到 3.9 分以上，平均達 4.18 分已經代表在重要的等第上，德懷術專家群多能認同這些環境指標的重要性，符合這些指標才能營造出良好的校園生物棲地。

在各面向可執行性上的平均分數爲 3.70，較「重要性」的平均值低了 0.48，在等第上

是介於「容易執行」與「中立意見」之間，而「荒野觀察區」與「溪流」兩個面向的可執行性較低，可見專家們認為在校園中要營造這兩種類型的棲地較不容易，在目前校園環境也較少見。

在指標面向的應執行程度上，專家們認為「永續校園環境政策與實施」、「草地」及「水池」等三個面向的重要性高且執行較為容易，應執行程度達到 4 分以上，應優先進行。而溪流在校園環境中較為少見，應執行程度的分數也偏低，以上與研究者現勘與訪談的結果相符。

在指標權重部分，專家們認為在校園生物棲地中最重要的面向是「草地」(22%)，其次是「花圃」及「喬灌木樹叢」(各佔 18%)，進行現勘時發現各校均有這三類型的棲地，因此對於這三類型的棲地經營也最受專家們的重視，給予較高的權重。

表 6 校園生物棲地環境指標各面向分數列表

指標面向	題數 (題數 多寡順序)	X (排序)	Y (排序)	D (排序)	權重百分 比 (順序)
永續校園環境政策與實施	17 (1)	4.46 (1)	3.84 (1)	4.15 (1)	17% (4)
荒野觀察區	4 (7)	4.30 (2)	3.55 (6)	3.93 (4)	10% (6)
草地	7 (4)	4.27 (3)	3.81 (2)	4.04 (2)	22% (1)
花圃	6 (5)	3.96 (6)	3.76 (4)	3.86 (5)	18% (2)
喬灌木樹叢	9 (3)	3.94 (7)	3.63 (5)	3.79 (6)	18% (2)
水域 水池 (缸)	12 (2)	4.25 (3)	3.54 (5)	4.02 (3)	15% (5)
溪流 (含溝渠)	5 (6)	4.06 (5)	3.63 (3)	3.78 (7)	
合計	60	4.18	3.70	3.94	100%

註 1：X 表示指標重要性平均值；Y 表示指標執行難易度平均值； $D = (X + Y) / 2$ 表示指標應執行程度。

(二) 永續校園政策與實施面向

指標重要性 (X) 方面：除了指標 12 與 16 之重要性為 3.92 分外，其餘各項指標得分均達 4 分（代表重要）以上，顯示本研究所提出之各項指標均相當重要。執行難易度 (Y) 方面：高於 3.5 分的指標依序為指標 1、13、2、3、5、17、8、7、14、4、12 及 9，並無低於 3 分（中立意見）的指標；指標應執行程度 (D) 方面：除了指標 11、12、及 16 得分較低外均高於 4 分，而這三個指標仍高於 3.5 分；在相關係數 (r) 方面：相關係數 (r) 是由各個指標的重要性與可執行程度的迴歸分析所得，本面向指標的相關係數 r 全部大於零，為正相關，指標 1、3、12、17 的相關達非常顯著，且 r 值為 0.75 以上（相當接近 1），顯示專家們認為這些指標重要性高的，其可執行程度也高；認為這些指標重要性低的，其可執行程度也低，而這些指標的重要性均高於 4 分，顯示大部分的專家認為這些指標實行上並不困難。指標 8、11、15 的相關達到顯著，且 r 值為 0.59 以上，表示專家們在專人營造棲地、校園使用原生植物以及校園每年自我檢核等指標上，認為此指標重要的專家覺得

執行上並不困難，而認為此指標不重要的專家則覺得執行上有難度，然而多數專家能認同其重要性（重要性達到 4 以上），詳細數據與指標請參閱表 7。

表 7 永續校園政策與實施面向各項指標之重要性、容易執行程度、應執行程度之分數平均值

序號	指標敘述	X	Y	D	r
一	指標面向：永續校園政策與實施				
1	行政規劃時，應留意讓校園環境維持適度的整潔，但能留下一些不刻意管理（整理）之區域讓生物自然發展。	4.42	4.25	4.33	0.781**
2	行政規劃時，應注意校園內盡量少使用農藥（包括除草劑、殺蟲劑等），並適度採用非農藥方式，包括黃色粘紙、pheromone（費洛蒙）等，以減少學童身心及校園生物受到毒害，維護生物物種的多樣性。	4.83	4.00	4.42	0.000
3	行政規劃時，應就校園某處進行落葉堆肥處理，以利有機質循環及提供昆蟲越冬的場所。	4.25	3.92	4.08	0.789**
4	貴校的校園空地綠覆率。（90% 以上、89 – 70%、69 – 50%、49% – 30%、29% 以下）。	4.64	3.67	4.32	0.469
5	行政規劃時，能在校園綠地規劃適當比例之草地、灌木叢及喬木群，並能以多層次植栽來栽植校園植物。	4.75	3.92	4.33	0.444
6	貴校的透水率。（90% 以上、89 – 70%、69 – 50%、49% – 30%、29% 以下）。	4.25	3.33	4.14	0.368
7	學校能在校園內適當地點放置石堆、土堆，以提供小生物隱蔽的空間。	4.42	3.75	4.08	0.549
8	校內有專人負責營造及維護生物物種的棲息環境。	4.92	3.83	4.38	0.616*
9	校內有人記錄校園生物棲地環境及物種狀況，以提供自然保育及環境教育教學時使用。	4.33	3.50	4.27	0.601
10	貴校校園內的本土植栽（包含特有種、原生種）比例為（90% 以上、89 – 70%、69 – 50%、49% – 30%、29% 以下）。	4.00	3.42	4.05	0.583
11	行政規劃時，能以特有種與原生種為主來選擇校園裡的植物。	4.17	3.33	3.75	0.597*
12	學校與旁邊的鄰接物間的圍牆多孔，高度夠低，以方便小動物穿越。	3.92	3.50	3.71	0.757**
13	學校的圍牆上有蔓藤或綠籬等植栽，具有引來昆蟲及造成綠帶等功能。	4.42	4.25	4.33	0.644*

14	學校教師會運用本校的生物棲地來搭配課程進行環境教育之教學。	4.25	3.75	4.36	0.564
15	學校每年能進行永續校園的自我檢核，以了解校園生物棲地的狀況。	4.33	3.92	4.13	0.672*
16	校園內植栽有無自動澆灌系統或定期修枝、施肥、澆水等生態管理措施。	3.92	3.42	3.67	0.414
17	行政規劃時，應留意以適當比例面積規劃校園環境，包括荒野觀察區、草地、花圃、喬灌木樹叢、水池等。	4.42	3.92	4.17	0.757**

註 1：X 表示指標重要性；Y 表示執行難易度； $D = (X + Y) / 2$ 表示指標應執行程度；r 代表重要性與執行難易度的相關程度。

註 2：指標重要性與執行難易度的相關程度達非常顯著以 ** 表示；相關程度達顯著以 * 表示。

(三) 荒野觀察區面向

指標重要性 (X) 方面：得分均達 4 分以上，顯示專家們認為本面向指標重要；執行難易度 (Y) 方面：指標 18、21 及 19 得分較高（高於 3.5 分），指標 20 的執行難易度得分略低，但仍高於 3 分；指標應執行程度 (D) 方面：本面向指標均介於 4 分與 3.5 分之間，顯示專家們認為本面向在校園中應執行程度接近 4 分，可視學校狀況執行；在相關係數 (r) 方面：指標 20 的 $r > 0.64$ 且相關為顯著，代表專家們認為有專人紀錄荒野觀察區生態消長是重要的，同時也覺得執行並不困難；而認為這個指標不重要的則覺得執行上有難度，本指標重要性達到 4 分表示大部分的專家認為專人記錄荒野觀察區的生態消長是重要的。詳細數據與指標請參閱表 8。

表 8 荒野觀察區面向各項指標之重要性、容易執行程度、應執行程度之分數平均值

序號	指標敘述	X	Y	D	r
二	指標面向：荒野觀察區				
18	校園內有一塊荒野觀察區，為生物保留不受干擾，自然演替的空間。	4.00	3.67	3.83	0.555
19	校園內的荒野觀察區不使用農藥、不割草，避免人為的干擾，進入觀察區應由教師帶領且能注意學生安全。	4.42	3.5	3.96	0.256
20	學校有專人觀察記錄荒野觀察區的生態消長（包括族群數量、種類變化）。	4.00	3.42	3.71	0.642*

21	請問下列生物當中，您評估貴校的荒野觀察區中可能會出現的百分比。(90% 以上、89 – 70%、69 – 50%、49% – 30%、29% 以下) 蟋蟀、蚯蚓、鳥(麻雀、珠頸斑鳩、紅鳩、燕子、綠繡眼、白頭翁)、蜈蚣、螳螂、蝴蝶、蜜蜂、瓢蟲、馬陸、蝸牛、金龜子、松鼠、鍬形蟲、獨角仙、蟬、天牛、椿象、青蛙、蜻蜓、豆娘、野桐、血桐、白匏子、苦楝、杜虹花、苦苣菜、西洋蒲公英、牛筋草、大車前草、蛇莓、蕨類植物、苔蘚植物。	4.18	3.64	3.91	0.103
----	--	------	------	------	-------

(四) 草地面向

指標重要性 (X) 方面：除了指標 26 為 3.67 分，其餘指標得分均達 4 分以上，顯示專家們認為本面向指標重要；執行難易度 (Y) 方面：指標 25、28、23、22、24 及 26 得分較高（高於 3.5 分），指標 27 的執行難易度為 3.33 分略低，顯示專家們認為校園內的綠帶要能連貫是較不容易達成的；指標應執行程度 (D) 方面：指標 25、22、28 及 23 得分高於 4 分，為最應執行的指標，指標 24、27、26 介於 4 分與 3.5 分之間，顯示專家們認為此三指標較不易執行，可視學校狀況執行；在相關係數 (r) 方面：指標 26 及 28 的 $r > 0.81$ （相當接近 1）且相關非常顯著，指標 26 提到草地上能否看到昆蟲洞穴，專家們的意見有些分歧（因為重要性分數略低），但認為重要的專家同時覺得執行上並不困難，值得注意的是校園草地上的昆蟲洞穴當然也可以發展成為教學資源，因此認為重要的專家還是略多；指標 23 及 27 的 $r > 0$ 且相關顯著，查看此兩指標重要性均高於 4 分，表示專家們認同此兩指標的重要性並認為執行上並不困難，詳細數據與指標請參閱表 9。

表 9 草地面向各項指標之重要性、容易執行程度、應執行程度之分數平均值

序號	指標敘述	X	Y	D	r
三	指標面向：草地				
22	草地佔學校全部空地面積的比率。(選項比率：90% 以上、89 – 70%、69 – 50%、49% – 30%、29% 以下)。	4.60	3.80	4.20	0.553
23	校園內的草地只進行修剪，不用殺草劑進行全面的除草，也不全面換新整片草皮為同一草種，以維持校園內草地的生物多樣性。	4.27	3.82	4.05	0.726*
24	校園內的草地能保持適當的生長高度，以適合各種小型生物棲息其中，並且也能兼顧學生的使用安全，避免蛇類出沒。	4.08	3.75	3.92	0.229
25	草地的土質接近壤土，以提供地底生活的小動物（如蚯蚓、蟋蟀）較佳的生活條件。	4.75	4.25	4.50	0.333
26	草地上可看到土丘或昆蟲洞穴。	3.67	3.75	3.71	0.815**

27	學校內草地及綠帶連接完整而較少切割。	4.25	3.33	3.79	0.679*
28	請問下列生物當中，您評估貴校的草地環境中可能會出現的百分比。(90% 以上、89 – 70%、69 – 50%、49% – 30%、29% 以下) 蟋蟀、蚯蚓、鳥(麻雀、珠頸斑鳩、紅鳩、燕子)、蜈蚣、螳螂、蝴蝶、瓢蟲、馬陸、蝸牛、西洋蒲公英、牛筋草、大車前草、蛇莓、蕨類植物、苔蘚植物。	4.27	4.00	4.14	0.884**

(五) 花圃面向

指標重要性 (X) 方面：指標 31、33 及 34 得分較高（高於 4 分），顯示專家們認為這些指標重要；執行難易度 (Y) 方面：本面向指標均介於 4 與 3.5 分之間，顯示專家們認為這些指標執行難度尚可；指標應執行程度 (D) 方面：指標 33 及 34 得分高於 4 分，為本面向最應執行的指標，其餘指標介於 4 分與 3.5 分之間；在相關係數 (r) 方面：本面向指標的 r 皆大於 0 且相關非常顯著，其中指標 29、30、32 的重要性低於 4 分，表示認為這 3 個指標重要的專家們也同時覺得容易執行，這 3 個指標分別敘述蜜源植物的種類、面積以及四季輪流綻放的花朵，像這樣的指標其重要性唯有親身營造棲地過的人才能體會，而根據訪談有營造棲地經驗的人，要營造蜜源植物的環境執行上並不困難，因此採信認為這些指標重要而執行上也並不困難的說法。詳細數據與指標請參閱表 10。

表 10 花圃面向各項指標之重要性、容易執行程度、應執行程度之分數平均值

序號	指標敘述	X	Y	D	r
四	指標面向：花圃				
29	校園內蜜源植物所佔面積為（大於或等於 4、3、2、1、<1）間教室，以提供吸蜜動物（如蝴蝶、蜜蜂、甲蟲等）的食物來源。 p.s. 標準教室大小為 10*9=90（平方公尺）	3.64	3.91	3.77	0.604**
30	校園內蜜源植物的種類有（20 種以上、19-15 種、14-10 種、9-5 種、少於或等於 4 種），以提供吸蜜動物（如蝴蝶、蜜蜂、甲蟲等）的多樣化食物來源。	3.82	3.82	3.82	1.000**
31	學校花圃中可以觀察到生物的交互作用，例如：食物鏈、寄生和共生等現象。	4.36	3.33	3.85	0.791**
32	貴校花圃中的植物能按照四季輪替，輪流綻放。	3.75	3.58	3.67	0.904**
33	校園內見到蝴蝶的頻率。（隨處可見、常見、普通、偶爾可見、從未見過）。	4.00	4.00	4.00	1.000**
34	請問下列生物當中，您評估貴校的花圃環境中可能會出現的百分比。(90% 以上、89 – 70%、69 – 50%、49% – 30%、29% 以下) 蟋蟀、蚯蚓、蜈蚣、螳螂、蝴蝶、蜜蜂、瓢蟲、馬陸、蝸牛、金龜子、苔蘚類、蕨類。	4.18	3.91	4.05	0.786**

(六) 喬灌木樹叢

指標重要性 (X) 方面：指標 39、38、35、42 及 43 得分達 4 分以上，代表為重要指標；執行難易度 (Y) 方面：大部分指標均高於 3.5 分，指標 37 的分數雖然接近中立意見，但觀察其相關係數頗高，且達到顯著水準，參考問卷填答結果發現有營造蝶類棲地經驗的專家們認為這個指標重要且執行上不困難，但其他專家校園內開花植物能吸引蝶類的不少，不一定是開花樹種才有效果，權衡之下當然應該採信有營造棲地經驗的專家；指標應執行程度 (D) 方面：指標 38 的分數較高，可能是專家們對於原生種的概念較為認同，其餘指標介於 4 分與 3.5 分之間；在相關係數 (r) 方面：指標 36、40、41、42 及 43 的 $r>0$ 且相關非常顯著，指標 41 尤其達到高度相關，顯示覺得為蝶類種植食草重要的專家也覺得執行上並不困難，而由於蝶類食性狹窄，若不為其種植食草恐怕難以招來，因此採信蝶類專家的意見，在本面向納入本指標，指標 37 的 $r>0.68$ 且相關為顯著，詳細數據與指標請參閱表 11。

表 11 喬灌木樹叢面向各項指標之重要性、容易執行程度、應執行程度之分數平均值

序號	指標敘述	X	Y	D	r
五	指標面向：喬灌木樹叢				
35	校園內適合鳥類築巢的大樹樹種比率。(選項有：全部是、大多是、約有一半是、少數是、均不是)。	4.08	3.73	3.91	0.396
36	校園內誘鳥植物(如雀榕、構樹)所佔面積大小。(大於或等於 4、3、2、1、<1) 間教室大小。 p.s. 標準教室大小為 10*9=90 (平方公尺)	3.91	3.64	3.77	0.833**
37	校園內能開花的誘蝶樹種如(鐵刀木、阿勃勒)所佔面積大小。(選項有：大於或等於 4、3、2、1、<1 間教室的大小)。 p.s. 標準教室大小為 10*9=90 (平方公尺)	3.75	3.33	3.54	0.685*
38	校園內的喬灌木樹種以原生種(非歸化種與外來園藝種)為主。	4.17	3.92	4.04	0.379
39	校園內有堆置枯木或設置落葉堆肥區等環境，以適合獨角仙與鍬形蟲的幼蟲棲息及其他菇蕈類生長的空間。	4.25	3.58	3.92	0.502
40	校園內的樹木上有附生或寄生植物及藤蔓，如山蘇花、蝴蝶蘭等。	3.83	3.58	3.71	0.784**
41	校園內蝴蝶幼蟲的食草(如馬兜鈴、阿勃勒、樟樹、柑橘類植物)所佔面積約有(大於或等於 4、3、2、1、<1) 間教室大小。 p.s. 標準教室大小為 90 平方公尺	3.50	3.55	3.52	0.901**

42	校園內蝴蝶幼蟲的食草種類有多少種。(30 種以上、30-20 種、19-10 種、9-5 種、少於 5 種)。	4.00	3.73	3.86	0.734**
43	請問下列生物當中，您評估貴校的喬灌木樹叢環境中可能會出現的百分比。(90% 以上、89 – 70%、69 – 50%、49% – 30%、29% 以下) 鳥(麻雀、珠頸斑鳩、燕子、綠繡眼、白頭翁)、螳螂、蝴蝶、馬陸、蝸牛、金龜子、松鼠、鍬形蟲、獨角仙、蟬、天牛、椿象。	4.00	3.64	3.82	0.826**

(七) 水池(缸) 面向

指標重要性 (X) 方面：指標 51、49、50、48、45、54、55、47 及 44 得分達 4 分以上，指標 46 的重要性較低；執行難易度 (Y) 方面：大部分指標均高於 3.5 分，表示執行並不困難；指標應執行程度 (D) 方面：除了指標 44、46 及 53 外均達 4 分以上；在相關係數 (r) 方面：指標 46、51、52、53、54 及 55 的 $r>0$ 且相關非常顯著，指標 46 提到螺貝類，這直接關係到螢火蟲的食物來源，由於其正相關很顯著，顯示認為重要的專家也覺得實行上並不困難，而螢火蟲是環境是否乾淨的指標生物，因此我們也需要納入本指標，為其創造覓食環境。指標 44、45、47、48 及 49 的 $r>0$ 且相關為顯著，由於這些指標的重要性均大於 4，表示專家們認為這些指標重要且容易執行。詳細數據與指標請參閱表 12。

表 12 水池(缸) 面向各項指標之重要性、容易執行程度、應執行程度之分數平均值

序號	指標敘述	X	Y	D	r
六	指標面向：水池(缸)				
44	校園內有一個水池(缸)，以利水生生物生存。	4.08	3.67	3.88	0.638*
45	請以水池的水是否清澈及有無氣味來判斷貴校水池水質的好壞。	4.42	3.83	4.13	0.664*
46	校園內水池內或週邊見到螺貝類(包括蝸牛、蛞蝓及其他陸棲螺貝類與淡水螺貝類)的機率高低。(選項為：隨處可見、常見、普通、偶爾可見、從未見過)。	3.09	3.09	3.09	0.768**
47	水池底部應為土壤，並有石頭、沉木等多孔隙設施，以方便水生生物躲藏與產卵。	4.17	3.92	4.04	0.629*
48	水池的邊緣坡度和緩，以方便生物自由進出。	4.42	4.00	4.21	0.586*
49	水池中有適量的沉水、挺水、浮葉、漂浮植物，且植物生長狀況良好。	4.58	4.08	4.33	0.638*
50	水池的水深少於 50 公分，以兼顧水生生物的需要與學生的安全。	4.58	4.00	4.29	0.414
51	水池的水能循環流動，且無過度污染與優養化，以利水蠶、水黽、螢火蟲幼蟲等生物生存。	4.75	3.67	4.21	0.749**

52	校園水池中有生態島或高起凸地、岩塊，以提供兩棲類生物休息的地方。	4.42	3.83	4.13	0.806**
53	水池中的生態島上種植了多樣化的植物，且植物生長狀況良好。	4.08	3.73	3.91	0.852**
54	整個水池有半日照以上的面積百分比。(90%以上、89—70%、69—50%、49%—30%、29%以下)。	4.25	3.83	4.04	0.804**
55	請問下列生物當中，您評估貴校的水池環境中可能會出現的百分比。(90%以上、89—70%、69—50%、49%—30%、29%以下) 青蛙、蜻蜓、豆娘、水黽、螢火蟲、水蠶、睡蓮、水蘊草、金魚藻、粉綠狐尾藻。	4.17	3.83	4.00	0.852**

(八) 溪流（含溝渠）面向

指標重要性 (X) 方面：指標 58、59 及 56 得分達 4 分以上；執行難易度 (Y) 方面：指標 58、59 及 60 較高（高於 3.5 分）；指標應執行程度 (D) 方面：由於校園內要創設溪流實在不容易，而本面向指標皆高於 3.5 分實屬難得，顯示專家們多半可以接受最新的棲地營造理論，不以生態池所能造成的生態效益滿足；在相關係數 (r) 方面：指標 57 的 $r > 0.91$ 且相關非常顯著，顯示專家們認為此指標重要同時也覺得執行並不困難，而覺得此指標不重要的人則認為此指標執行有困難，由於考慮到溪流中的植物是溪流生物的根本，因此本指標有必要納入。指標 58 及 59 的 $r > 0.64$ 且相關為顯著，重要性均高於 4 分，表示大部分專家們認為這些指標重要且容易執行。詳細數據與指標請參閱表 13。

表 13 溪流（含溝渠）面向各項指標之重要性、容易執行程度、應執行程度之分數平均值

序號	指標敘述	X	Y	D	r
七	指標面向：溪流（含溝渠）				
56	請以溪流的水是否清澈及有無氣味來判斷貴校溪流水質的好壞。	4.09	3.27	3.68	0.527
57	溪流中有適量的沉水、挺水、浮葉、漂浮植物，且植物生長狀況良好。	3.75	3.42	3.58	0.918**
58	溪流河道水泥化的狀況是否嚴重。(選項有：無、少、普通、嚴重、很嚴重)。	4.50	3.58	4.04	0.677*
59	溪流有石頭與泥坑等多孔隙設施，以提供水生生物躲避與產卵的地方。	4.17	3.67	3.92	0.645*
60	請問下列生物當中，您評估貴校的溪流或溝渠環境中可能會出現的百分比。(90%以上、89—70%、69—50%、49%—30%、29%以下) 青蛙、蜻蜓、豆娘、水黽、螢火蟲、水蠶、眼子菜、簕藻、水蘊草、金魚藻、粉綠狐尾藻。	3.80	3.60	3.70	0.604

伍、結論與建議

一、結論

(一) 了解符合生物多樣性及環境教育所需要的校園環境有哪些要件

研究者根據文獻探討、專家訪談以及國小校園現勘之結果，整理出符合生物多樣性及環境教育所需的生物棲地校園環境應具有以下特色：

1. 多樣化的棲地環境：營造生物棲地環境的最好方法並不是針對某一特定物種營造其棲息環境，而是模仿自然界，給予動植物自由發展的空間。
2. 校園內種植本土多樣性的生物食草與蜜源植物：對生物而言，食物來源是最重要的，校園內唯有種植多樣化的生物食草與蜜源植物，對生物才具有吸引力，而本土植栽最能符合本地生物的需求，更應為校園內優先選種的植物。
3. 採行低頻度的管理措施：人為管理少的地方生物就多，一個經常使用農藥的校園，生物就難以生存，經常修剪草木的校園，生物也就失去了躲藏的空間，因此一個符合生物棲地的棲地環境，採行低頻度的管理措施確有其必要。
4. 推行環境教育，培養愛護生物、尊重生命的孩子：校園主要的使用者是孩子，校園內生物的主要威脅與影響者是孩子，孩子若不能對生物尊重、愛護，即使校園環境再好，生物也不敢進入校園，唯有師生都能給予生物尊重時，校園內才能生機處處，成為良好的生物棲地。

(二) 建構校園生物棲地環境指標系統及其內涵

本研究經過德懷術專家問卷調查建立校園生物棲地環境指標，建構完成的指標包含永續校園政策與實施、荒野觀察區、草地、花圃、喬灌木樹叢、水域（包含水池與溪流）等六面向共計 60 個指標，詳細指標內容請參閱表 7－表 13。整體而言，是透過專家們所達成共識的指標，研究者認為營造生物棲地校園的做法如下：

1. 學校能在校園中以適當比例面積規劃各類棲地：根據指標 1、3、5、7、17，研究者發現德懷術專家群相當關心各類棲地環境的設計。也就是，多樣化的棲地環境才能吸引多樣化的生物進入校園中，學校在規劃校園棲地時應考慮在校園內綠地設置適當比例的草地與灌木叢環境，並在校園內適當地點擺設多孔隙的空間（土堆及石堆），以吸引多樣化的生物進入校內生存。
2. 種植多樣化的生物食草，以及誘鳥、誘蝶植物：在指標 11、29、30、36、37、41 均談到為各類生物種植食草，創造覓食環境，此點與研究者在文獻探討與專家訪談、校園現勘的結果不謀而合，亦即營造校園生物棲地最重要的是創造動物充足的覓食環境，而為了要在校園中創造覓食環境，並且吸引多樣化的動物進入校園，便需要為生物種植食草才行。鳥語蝶舞的校園環境讓人有美的體驗，因此校園內應該

多種植誘鳥與誘蝶的植物，以吸引鳥類與蝶類進入校園。

3. 校園應進行低頻度的管理措施：在指標 18、19、23、24 中可以發現，德懷術專家們認為校園的環境不能太過整潔，以免生物失去了藏匿的空間，此點在訪談時也有專家提到，由於人跡少至的地方生物就多，在校園中若能採行低頻度的管理措施（減少除草次數、落葉適度清掃、盡量不使用農藥），則校園內的物質循環能達到自然的平衡，並且也可減少維護校園的人力，動物不虞被農藥毒害，校園自然生機蓬勃。
4. 低矮的多孔隙綠籬圍牆：根據指標 12、13，專家們認為低矮、多孔隙的圍牆有助生物進入校園，若生物能在校園內外自由來去，將可以促進校園內外生物的基因流動。
5. 校園內的水域環境，應注意水循環需良好：根據指標 45、56，專家們認為清澈而無氣味的水環境人人愛，也有助於生物生存，這與水循環的關係頗大，因此經營校園內的水域環境，首重水的循環。
6. 種植多樣化適量的沈水、浮葉、漂浮與挺水植物：根據指標 49、57，專家們認為經營水域環境與陸域環境一樣，多樣化的水生植物，才能吸引多樣化的水生動物，並且種植時應考慮配置，讓水生植物也能以多層次的方式生長，如此將有利於吸引水生動物前來。
7. 水域環境擺設成多孔隙的環境，以利水生生物生存：根據指標 47、48、58、59，專家們認為水岸的邊緣盡量以石頭堆砌成彎曲的岸邊，而不要以水泥砌成平整的邊緣，水底盡量以泥土為主，並適當堆置石塊，以利水生植物生長，並營造多孔隙的空間。
8. 學校應指派專人紀錄與維護校園內的生物資源：根據指標 8、9、15，專家們認為需要完整的紀錄校園內的生物資源，並公告在適當場所，將有助於維護工作的推展，校方應指派專人進行校園生物資源調查，並專人負責維護校園內的生物資源，以維護校園內的生物多樣性。
9. 設計課程，推展環境教育：根據指標 9、14 以及專家訪談與校園現勘結果均指出，有尊重生命，願意維護校園環境的孩子，才能有生物多樣性的校園，因此將校園內的生物資源調查並整理後，更重要的是教師們需能利用校園內的生物資源進行環境教育，教導孩子愛護各種生物，共同維護校園環境，避免給校園內的生物過多的騷擾，假設孩子們都能尊重校園內的生物，生物在校園中才能繁衍不絕，生生不息。

若能依循上述作法，必能將校園經營成為進行環境教育的最佳園地，也就是優良的生物棲地。

二、建議

根據國小現地踏勘、環境教育實務工作者訪談及「校園生物棲地環境指標」的德懷術問卷實施過程與結果，研究者提出以下建議：

1. 建議教育主管機關調查國內校園的生物棲地：針對校園內的生物棲地進行調查，以了解國內校園的生物棲地現況，並訂定改善校園生物棲地的策略，以及設法串聯各校生物棲地區塊，是提高我國整體生物多樣性的具體做法。
2. 建議各校在校園內種植本土多樣化的生物食草與蜜源植物：根據現地踏勘與文獻探討發現，目前校園中主要仍是外來種的園藝植物，但不論是文獻探討、專家訪談或德懷術專家們的建議，均指出植物是生物棲地的根本，有了動物的食草，才能吸引動物到來，而本土植栽更應該是校園植物的首選。因此，爲了要改造校園成爲生物棲地，各校應考慮多種植生物食草與本土植栽。
3. 建議各校配合校園生物資源規劃環境教育課程：經營一個生物棲地校園，很重要的目的就是爲了能有一個實施環境教育的好場所，而一個環境教育成功的學校，孩子們自然能尊重校園內的一切生命，此二者相輔相成。校方若能配合校內的生物資源規劃環境教育的相關課程，或者規劃校園環境步道，相信必定有助於環境教育的實施。

參考文獻

一、中文部分

- 王佩蓮 (2000)。國小環境教育檢核表之探討。臺北市立師範學院學報，31，319-346。
- 吳文德 (2000)。營造校園學習棲地進行校園環境教育之行動研究－以臺北市溪山國小爲例。臺北市：國立臺灣師範大學環境教育研究所碩士論文。
- 吳文德、周儒 (2001)。營造有意義的校園學習棲地。國立臺灣師範大學環境教育研究所，綠色學校伙伴研討會手冊（頁 55-62）。
- 吳宗憲 (2002)。生態教育園棲地營造理論的實踐 -- 田心生態教育園建造經驗。造園季刊，43，61-64。
- 吳勝斌、劉惠元、林明瑞 (2004)。中部地區國小校園生物棲地現況探查與分析。2004 年中華民國環境教育學術研討會（頁 240-248）。
- 吳勝斌、劉惠元、林明瑞 (2005)。校園生物棲地 (Biotope) 環境指標建構之研究。2005 年中華民國環境教育學術研討會（頁 427-437）。
- 吳勝斌 (2005)。校園生物棲地環境指標建構之研究。臺中市：國立臺中師範學院環境教育研究所碩士論文。
- 李蕙宇 (2001)。生態園之水棲生物棲地營造。臺北市：國立臺灣大學園藝學研究所碩士論文。
- 林憲德 (1999)。城鄉生態。臺北市：詹氏書局。
- 周儒 (1993)。環境教育的規劃與設計。環境教育季刊，16，17-25。
- 邱小芬 (2002)。臺南市國民小學校園植栽、相關教學設施與綠地面積現況調查。臺南市：國立臺南師範學院教師在職進修自然碩士學位班碩士論文。

- 張文賢 (2002)。與中研生態池的交心之旅。造園季刊，44/45，69-80。
- 陳建志 (2000)。活潑校園生態環境。臺北市教師研習中心，「八十九年度國小自然科學研習班」講義：9。
- 彭國棟 (2003)。營造生意盎然的生態水池。南投縣：行政院農業委員會特有生物保育中心。
- 楊平世、李蕙宇 (1998)。悠遊自然校園生態園操作手冊。臺北市：行政院環保署。
- 楊平世、李蕙宇 (1999)。生態教育園的經營理念與設計。環境科學技術教育專刊，16 (5)，92-117。

二、英文部分

- Davis, J.(1998). Young Children,environmental education,and the future. *Early Childhood Education Journal*,26(2),117-123.
- Ford, P. M.(1981). *Principles and Practices of Outdoor / Environmental Education*. New York: John Wiley & Sons.
- George, F. T. & Frederick R.(Eds.) (1997). *Ecological design and planning*.New York:John Wiley & Sons,
- Mitsch, W.J. & Wilson, R.F.(1996) Improving the Success of Wetland Creation and Restoration with Know-how, Time and Self-design. *Ecological Application*, 6(1),77-83.
- Raps, A. F. (1973). Delphi : a strategy for decision implementation. *Educational Planning*, 1, 2. 10-28.
- Sara,A.O. & Margareta, I.(1998). A methodological study for biotope and landscape mapping based on CIR aerial photographs . *Landscape and Urban Planning*,41,183-192.
- Sebba, R.(1986). *Architecture as Determining the Child's Place in its School, Jerusalem, Israel: the Edusystems 2000 international Congress on Educational Facilities*. 284-367. Values & Contents. ERIC NO: ED284367
- Steytler, N. S., & Samways, M . J.(1995). Biotope selection by adult male pragonflies (Odonata) at an artificial lake created for insect conservation in south Africa . *Biological Conservation* ,72,381-386.
- Tutty, M. L.,Rothery,M.& Grinnell R.M.(Eds.).(1996).*Qualitative Research for Social Workers* . London : Allyn and Bacon.
- Wadeson, R. A. & Rowntree, K. M.(1998).Application of Hydraulic Biotope concept to the Classification of in-seam Habitat,J. *Aquatic Ecosystem Health and Management* ,1,143-157.
- Wilson, R. A. (1993). The importance of environmental education at the early childhood level . *Environmental education and information*,12(1),15-24.

國內通過 ISO 14001 驗證企業持續推動 OHSAS 18001 之可行性研究

A Feasibility Study of Introduction on OHSAS 18001 by Domestic Companies Certified with ISO 14001

林明瑞*
Min-Ray Lin

謝瑞鴻**
Ruei-Hong Sie

李雅鳳***
Ya-Feng Li

(收件日期 97 年 2 月 13 日；接受日期 97 年 6 月 6 日)

摘 要

產業的職業安全衛生績效將嚴重影響員工的身心健康，因此本研究以 1999 年由英國標準協會所公佈的「職業安全衛生管理驗證標準」(OHSAS 18001) 為基礎，編製成「專家德懷術問卷」，並邀請政府單位、學術暨研究單位、產業單位、驗證公司及民間組織等五大方面的專家共 18 位，進行德懷術研究，建置符合不同產業類別需求的職業安全衛生績效評估指標，共 5 大面向，70 個分項指標；並依此編製成「企業問卷」，針對企業職安衛相關部門主管進行問卷調查，共發出 800 份問卷，回收有效問卷 162 份，有效問卷回收率為 20.3%。

研究結果顯示：63.8% 已擁有 ISO 14001 驗證之企業主管表示願意推行 OHSAS 18001，但實際僅 38.3% 通過驗證，表示仍有 1/4 的企業有通過驗證的需求；而其中未尋求驗證的主要原因，以「法令未強制企業建立」(40.8%) 所佔比例最高，其次為「市場需求度不高」(38.0%)。

綜合專家與企業主管的調查結果，各面向指標的重要性普遍在重要程度以上（政策可行），執行容易度則介於普通至容易之間（技術、經濟可行），顯示企業在通過 ISO 14001 驗證後，繼續推動 OHSAS 18001 是可行的；而其中，各指標面向的重要程度、執行容易度、應執行程度及執行現況皆以「職業安全衛生政策」面向指標為最。另一方面，企業主管認為在四大產業類別中以高科技產業應執行指標為最多，佔 85.7%，其次為重工業，佔 81.4%；其中以輕工業及服務業執行現況最佳。

關鍵詞：OHSAS 18001、德懷術研究法、績效指標、職業安全衛生

* 國立臺中教育大學環境教育研究所教授

** 國立臺中教育大學環境教育研究所碩士

*** 國立臺中教育大學環境教育研究所碩士

Abstract

Occupational safety and health in industries significantly affects the health of employees. This research based on OHSAS 18001 of British Standards Institution, a Delphi panel of 18 members including government sector, academic and research units, companies, certification companies and private sector was invited to take on a questionnaire investigation. Finally “an Occupational Safety and Health Assessment Indicators of Various Industries” including five dimensions and 70 indicators were set-up. 800 questionnaire copies were issued to related division chiefs and 167 copies were recovered at valid recovery rate of 20.3%.

From the results, 63.8% of chiefs of the enterprises having ISO 14001 were willing to introduce OHSAS 18001, although only 38.3% of companies did have the certification; though one quarter of the enterprises still needed certification of OHSAS 18001. The main reason of failing to introduce OHSAS 18001 was “not required by laws” (40.8%), followed by “lack of marketing demand” (38.0%).

Based on the investigations of specialists and enterprises' heads, the importance of every indicator dimension was general evaluated above ‘importance’ degree (i.e. the policy was feasible); easiness of execution was evaluated between ‘ordinary’ and ‘easy’ (i.e. both technology and economy were feasible), all mentioned above showed that OHSAS 18001 was further promoted on the companies already having ISO 14001 was feasible. And the indicator dimension of “occupational safety and health policies” was the most one among five ones for importance, easiness of execution, executability and current execution status. On the other hand, enterprise heads thought that among the four major industries, high tech industry had the most indicators should to be executed, which accounting for 85.7%; then followed by heavy industry, accounting for 81.4%. Both light industry and service industries had the best execution current status.

Key words: OHSAS 18001, Delphi Technique, Performance Indicator, Occupational Safety and Health

壹、緒論

一、研究背景與動機

近年來，隨著經濟與科技快速的發展，國民所得日益提高，創造了讓人稱羨的臺灣經濟奇蹟，而在經濟高度發展與人口過度成長的背後，人類過於強調財富的累積與科技的萬能，導致自然環境遭受到嚴重的破壞及污染，如自然資源及能源耗竭、生物棲地的破壞與減少、土地污染…等問題。而一般人都認為這些日益惡化的環境問題，最主要污染元兇就是工廠及企業；再加上環保法令規範不周，執行不力，故而許多工廠環保問題、工安意外屢見不鮮，環保抗爭圍廠事件亦時有所聞。

因此，爲了因應日益惡化的環境問題及避免職業災害所延伸的安全衛生問題，國際上相繼推出國際標準來作改善，在 1996 年推出了「環境管理系統」(ISO 14001)，針對企業自訂重要環境考量面，來自行改善；1999 年公佈了「職業安全衛生管理驗證標準」(OHSAS 18001)，協助企業建立管理系統，降低職業安全衛生風險；而自 ISO 14001 在 1996 年推出以來，截至 2006 年 7 月止，國內通過 ISO 14001 驗證的廠家數已經達 1,567 家，OHSAS 18001 在 1999 年成爲國際標準以來，截至 2006 年 7 月止，國內通過 OHSAS 18001 驗證的廠家數已經達 270 家（經濟部工業局工安環保報導，2006）。

李威毅 (2001) 的研究指出：一般企業在建置 OHSAS 18001 之前，大都已建立 ISO 14001。且 ISO 14001 與 OHSAS 18001 採用一致的規劃、實施、檢討、行動 (Plan-Do-Check-Act, PDCA) 之管理循環模式，如果企業尚未建立 ISO 14001，則建議企業嘗試將 ISO 14001 及 OHSAS 18001 一併建置，理由爲：一、降低建置過程及維持所需的成本：條文相容性高所以系統建立期間，如：教育訓練、先期審查及內、外績效…等，皆可一併進行。二、徹底解決意外事故發生的風險：在工廠管理中工安、環保本是一體兩面，所以企業要避免意外事故發生，須同時考量工安與環保才是根本的解決之道。Finnegan (1999) 的研究指出：企業若能善加利用職安衛管理原理，就可以爲企業帶來以下的效益：一、節省保費、降低貸款利息及較易取得資金。二、減少罰單、罰款、職業災害、意外事故的發生。三、提升企業形象，增加行銷的競爭力。四、協助企業在職安衛、社會關係、經濟等各方面，獲得很好的成果。五、在經濟危機時期，亦可以維持穩定。

洪中凱 (2002) 亦指出企業爲達成永續經營必須具有前瞻性，而勞工安全衛生管理之施行即符合此一原則，良好的勞工安全衛生管理可使職災風險極小化、增加工作環境品質的機會、企業績效成長及建立企業優良的社會形象，因此，勞工安全衛生管理是符合企業永續發展的基本要素。

由上述文獻了解，企業若已通過 ISO 14001 驗證，再繼續推行 OHSAS 18001 的驗證，較一般未通過 ISO 14001 驗證的廠商，有其絕對的優勢在；因爲企業可以直接以現有 ISO 14001 管理邏輯來分析 OHSAS 18001，應用環境管理之 PDCA 管理循環模式來架構職業安全衛生管理系統，可減少企業展開職業安全衛生管理系統規劃之時程，並減少人員訓練

的成本。林建伸(2000)的研究指出：企業若能將職業安全衛生的管理理念融入生產活動中，使成為安全的生產，不但能使生產效率增加、品質提升，更能降低成本的損失、創造更高的利潤，並有利於企業形象的提升，善盡企業的社會與法律責任。

有鑑於此，本研究將以在 1999 年所公佈的職業安全衛生管理驗證標準 (OHSAS 18001) 條文內容為範圍，探討國內已通過 ISO 14001 驗證之各類產業，繼續推動 OHSAS 18001 驗證的可行性。首先本研究將透過專家德懷術研究法，評選出適合各類產業驗證時使用的職業安全衛生績效評估指標（乃由 OHSAS 18001 條文加上各分項指標的重要性、執行容易度及執行現況之評分，應而為評估指標）。再將此職業安全衛生績效評估指標，進行各類產業之職安衛部門主管問卷調查，以評估本研究所建立績效評估指標內容是否符合各產業間的需求、願意採行的狀況及了解各類產業目前實行職業安全衛生之現況及實際問題之所在，希望藉此結果提供給各產業主管及政府相關決策者參考。

二、研究目的

本研究根據上述之研究背景、動機及相關文獻，期望達到以下幾點研究目的：

1. 建立適用於各類產業之職業安全衛生績效評估指標內容。
2. 了解專家對本研究所建立的職業安全衛生績效評估指標內容之看法。
3. 了解企業主管對職業安全衛生績效評估指標應用於五大產業之看法。
4. 了解各面向及其細項指標於各類產業中之優先執行性及執行成效。

貳、文獻回顧

一、環境管理系統 (The International organization for Standardization, ISO 14001)

因國際之環境問題日漸嚴重，如溫室效應、臭氧層破洞、酸雨、全球暖化…等層出不窮，故國際標準組織 (The International Organization for Standardization, ISO) 於 1990 年開始進行環境管理相關標準的制定。並於 1996 年正式公佈了第一階段的 ISO 14000 環境管理系列標準，ISO 14000 系列頓時成為全球企業推行環境管理之標準，其內容主要包含：環境管理系統 (ISO 14001)、環境稽核、環境績效評估、環保標章、環境訴求與宣告、生命週期評估、產品標準之環境考量面指引等七大項。旨在鼓勵企業建立適用於企業本身的環境管理系統，積極做好污染的防治，以達到環境績效持續改善的目標，進而提升企業形象（李龍堯，2002）。

二、職業安全衛生管理系統 (Occupational Health And Safety Management System, OHSAS 18001)

於安全、衛生的議題隨著時代逐漸受到國際社會的重視，故在 1998 年由英國標準協會 (British Standards Institution, BSI) 邀集全球七大驗證機構 (BSI、DNV、BVQI、

LLOYDS、SGS、NSAI、NQA) 以及其他國家標準組織共同協商制定一國際性的職業安全衛生管理系列標準，並於 1999 年公佈職業安全衛生管理系統規範 (OHSAS 18001)。而實施 OHSAS 18001 的目的在於消除或減低職業安全衛生方面的風險，保護可能會暴露於安衛風險之員工與其他利害相關者，減少因職業災害所造成的傷亡及金錢損失。在職業安全衛生方面的風險，所規範的範圍僅限於「工作場所」的安全衛生及「工安事件」的預防，並不包含「產品或服務」的本身（李龍堯，2002）。

三、產業分類：

本研究以翁榮欽 (2006) 對產業分類為依據，將產業分為輕工業、重工業、高科技產業及服務業等四大類，以下對各類產業之界定進行說明。

1. 輕工業 (Light industry)：係指不屬於重工業之產品製造業，其為勞力密集度高、技術密集度低的傳統製造業（經濟部統計處，2006）。
2. 重工業 (Heavy industry)：係指符合以下條件之一的製造業：(1) 產品不以動植物為主要原料，不直接供消費使用者；(2) 可供消費之部分機械及電子產品，其生產過程為資本密集度高或需較高之技術或其單位價值較高者；(3) 化學業或與化學業有密切相關之原料生產者（經濟部統計處，2006）。
3. 高科技產業 (High tech industry)：係指的是投入相當程度的研究發展經費，並應用現代化的科技資訊、微電子、生化等技術於生產過程的技術、知識密集產業（經濟部統計處，2006）。
4. 服務業 (Service trade)：服務業所生產的不是具體物品，而是提供某一種效用（服務）則稱為服務業（朱高峰，2001）。

參、研究方法

為探討國內通過 ISO 14001 驗證企業持續推動 OHSAS 18001 之可執行性，本研究先針對專家進行德懷術問卷調查，以建立各類產業執行職業安全衛生時，應著重的面向及各分項指標；再針對通過 ISO 14001 驗證之輕工業、重工業、高科技產業及服務業等四大類產業的職安衛部門主管進行職業安全衛生績效評估指標問卷調查（如圖 1 所示），此兩部份之研究方法詳述如下：

一、專家德懷術問卷

（一）研究工具

本研究之研究工具為研究者自編「國內各類產業之職業安全衛生績效評估指標專家德懷術問卷」，主要針對各類產業在實施職業安全衛生時，應著重之內容項目及各面向指標進行研究。以 1999 年英國標準協會 (British Standards Institution, BSI) 所公佈的「職業安全衛生管理驗證標準」(OHSAS 18001) 為本研究績效評估指標之內容基礎，以進行問卷

編製，問卷內容包含：除續推 OHSAS 18001 的主觀評估外，其餘尚有：職安衛政策、規劃、實施與運作、檢查與矯正措施及管理階層審查等五大面向。初步選定出輕工業、重工業、高科技產業及服務業等四大產業之職業安全衛生績效評估指標，共 70 項指標。依據研究者所初選出的評估指標，藉由專家德懷術法建立「各類產業之職業安全衛生績效評估指標」。

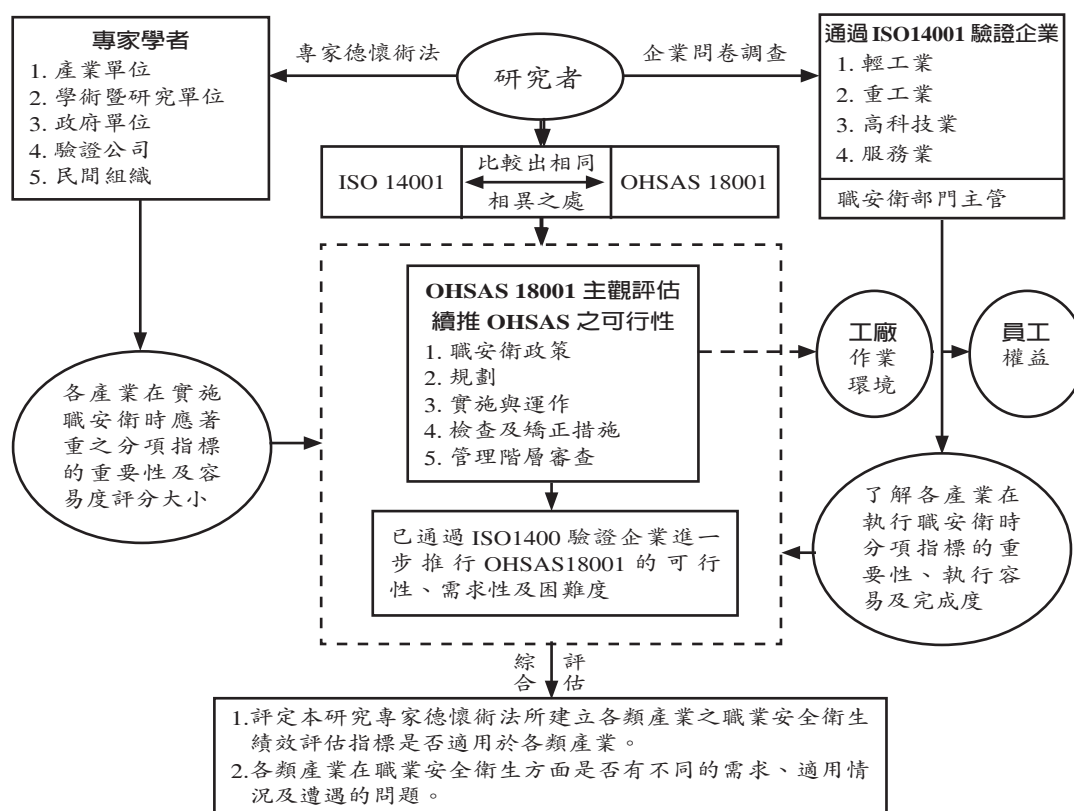


圖 1 本研究之架構

問卷內容分為兩部分：第一部分為企業推行 OHSAS 18001 驗證方式之問卷調查；第二部份為績效評估指標內容，依指標的重要性、執行容易度，以李克特五點量表計分，由「非常不重要」、「非常不容易」至「非常重要」、「非常容易」分別給予 1 分至 5 分，問卷內容主要為固定答案之勾選。

(二) 研究對象

研究對象為各領域之 18 位專家學者，共分產業單位 8 位（輕工業 2 位、重工業 2 位、高科技產業 2 位、服務業 2 位）、政府單位 2 位、學術暨研究單位 4 位、驗證公司 2 位及民間組織 2 位等五方面的專家學者。

(三) 研究步驟

首先，研究者以 1999 年由英國標準協會所公佈的「職業安全衛生管理驗證標準」(OHSAS 18001) 為主體，自行編製問卷，進行專家德懷術研究，經過 3 次專家問卷調查統計，直到問卷中各題結果達到收斂（填答眾數者佔參與專家人數的 70% 以上），每次都經

過統計分析、意見歸納及指標修正，最後完成專家認定符合各類產業之職業安全衛生績效評估指標。

二、職安衛部門主管問卷調查

(一) 研究工具

此階段以專家德懷術的調查結果為基礎，由研究者自行編製成企業問卷，再經由專家審查、問卷預試修正，編製完成各類產業之職業安全衛生績效評估指標調查問卷。問卷內容分為兩部分：第一部分為基本資料；第二部份為績效評估指標內容，依指標的重要性、執行容易度及已執行現況，以李克特五點量表計分，由「非常不重要」、「非常不容易」或「尚未計畫執行」至「非常重要」、「非常容易」或「已完全執行」分別給予 1 分至 5 分，問卷內容主要為固定答案之勾選。其中本研究將（重要性 + 執行容易度）/2 重新定義為「應執行程度」，進一步探討產業間在各項條文在應執行程度的差異情形。

(二) 研究對象

本研究對象為通過 ISO 14001 驗證之企業及廠商為主，並以其管理職業安全衛生相關部門主管為施測對象。本研究樣本數的選擇，為使樣本數能符合推論統計所需，充分反應出母群體的特色，根據林進田 (1993) 一般決定樣本數的公式：在問卷信賴水準 92% 範圍下，抽樣誤差比率為 8%，Z 值為 1.75，P 值未知，因此保守估計值 0.5，所得樣本數為 120 家廠商。公式如下：

- | | |
|---------------------------------|-----------------|
| 1. 無母數抽樣樣本大小 | Z : 1.75 |
| $n_0 = Z^2 p (1-P) / d^2 = 120$ | p : 樣本不良率 (0.5) |
| 2. 有限母數修正因素公式 | d : 誤差比率 (0.05) |
| $n = n_0 / (1 + n_0 / N) = 112$ | n_0 : 所需樣本數 |
| N : 母群體數 (1567) | n : 樣本數 |

而本研究之母群體為有限數值為 1567 家廠商，根據「有限母群體修正因素」(Finite Population Correction Factor) 去求得實際樣本大小為 112 家廠商，因考量無效問卷及回收率問題，本研究預計回收率 15% 以上，故將發放問卷總數提高至 800 份。為使抽樣之次團體（重工業、輕工業、高科技產業及服務業）樣本數結構恰能反應本研究的母群體數（通過 ISO 14001 驗證之企業廠商）結構，因此，本研究採分層隨機抽樣中的等比率抽樣法 (proportional allocation)，進行抽樣，本研究抽樣數及回收後有效問卷百分比，如表 1 所示。

(三) 研究步驟

依德懷術研究所確認之職業安全衛生績效評估指標編製成「各類產業之職業安全衛生績效評估指標企業問卷」，並經由專家審查及預試修正後，針對各產業職安衛部門主管進行正式的施測，共發出問卷 800 份，回收有效問卷 162 份，有效問卷回收率為 20.3%。分

析問卷調查結果，問卷回收後，以 SPSS (12.0, 中文版) 套裝軟體進行統計分析，並與專家認定之各類產業之職業安全衛生績效評估指標進行比較分析，最後撰寫結果與討論。

表 1 各類產業樣本數、抽樣數及回收有效樣本數

產業類別	各類廠商數及百分比	抽取樣本數及百分比	回收有效問卷數及百分比
輕工業	301 (19.2)	154 (19.2)	47 (29.0)
重工業	436 (27.8)	222 (27.8)	39 (24.1)
高科技業	773 (49.3)	394 (49.3)	64 (39.5)
服務業	57 (3.6)	29 (3.6)	12 (7.4)
總計	1567 (100)	800 (100)	162 (100)

肆、研究結果與討論

一、德懷術問卷結果

(一) 職業安全衛生績效評估指標之建立

本研究之專家德懷術發放時間自 2007 年 3 月至 2007 年 8 月止，共計進行三回的專家問卷調查，於第三回問卷回收後，「各類產業之職業安全衛生績效評估指標」已達收斂，建立之「職業安全衛生績效評估指標」分為 5 個面向，分別為「職安衛政策」、「規劃」、「實施與運作」、「檢查與矯正」、「管理階層審查」，共計 70 項指標，德懷術問卷結果如表 2 所示。

(二) 專家及企業主管對職業安全衛生績效評估指標之看法

由表 2 得知，專家認為「通過 ISO 14001，應繼續建立 OHSAS 18001」之「應執行程度」為「應執行」(4.08 分)，企業為介於「普通」與「應執行」之間 (3.64 分)；若就各面向的重要性而言，不論專家及企業主管均高於「重要」程度 (4 分) 以上，其中專家認定「職安衛政策」面向，其「重要」程度超過 (4.5 分)，其餘面向則介於 (4 分) 至 (4.5 分) 之間，顯示本研究所建構的職業安全衛生績效評估指標各面向重要性，普遍受到專家及企業主的認同 (政策可行)；而執行容易度方面，除了專家認定「職安衛政策」面向，高於「容易」程度 (4 分) 以上，其餘各面向，專家及企業主管皆介於「普通」及「容易執行」之間 (技術、經濟可行)；其中「規劃」面向，專家及企業均認定「容易」程度低於 (3.5 分)，顯示該面向在執行上尚有一定難度在，需找出執行不易原因，克服困難後，再執行，才能得更好的執行效果。

應執行程度認知差異方面，在各面向指標中專家及企業主管各細項指標達顯著差異之比例如下：「職安衛政策」8/8(100%)、「規劃」15/19(78.9%)、「實施與運作」24/29(82.8%)、「檢查與矯正措施」10/12(83.3%)、「管理階層審查」2/2(100%)。其中「職安衛政策」與「管理階層審查」兩面向指標達顯著所佔的比例最高；其次為「檢查與矯正措施」、「實施與運作」及「規劃」等面向指標；且以專家認為各項指標之較「應執行」高

於各企業主管。探討其原因發現，專家與企業主管對於各細項指標的重要程度認知都在「重要」程度以上，惟有在執行容易度方面，企業主管普遍認為各細項指標的執行容易度較低於專家，顯示企業在實際的執行面上，確實有難度在，以致於兩者在各細項指標的應執行程度認知，有較大的落差；而整體有 59 項指標達顯著差異，佔全部 70 項指標，有 84.3% 指標達顯著差異。

表 2 專家及企業主管之職業安全衛生績效評估指標的重要性、容易度、執行情況、應執行程度平均值及應執行程度差異分析結果

職業安全衛生績效評估指標分項	身分	A	B	C	D	E	F
通過 ISO 14001，應繼續建立 OHSAS 18001	專家	4.15	3.94	—	4.05	0.53	0.000***
	企業	3.90	3.13	3.45	3.51	0.84	
1.職安衛政策	專家	4.59	4.14	—	4.37	0.28	0.000***
	企業	4.31	3.29	3.47	3.80	0.56	
1.1 應有高階主管授權之職安衛政策。	專家	4.47	4.03	—	4.25	0.43	0.000***
	企業	4.54	3.32	3.54	3.93	0.56	
1.2 職安衛政策必須適合該企業的風險性質及規模。	專家	4.85	4.21	—	4.53	0.42	0.000***
	企業	4.26	3.16	3.36	3.71	0.48	
1.3 職安衛政策必須有持續改善之承諾。	專家	4.79	3.97	—	4.38	0.41	0.000***
	企業	4.51	3.16	3.46	3.83	0.57	
1.4 職安衛政策需包括：目前的安衛法及其他要求事項。	專家	4.88	4.04	—	4.46	0.31	0.000***
	企業	4.28	3.30	3.60	3.79	0.53	
1.5 職安衛政策必須文件建檔、實施及維持。	專家	4.49	4.19	—	4.34	0.49	0.000***
	企業	4.29	3.61	3.71	3.95	0.59	
1.6 職安衛政策須傳達給所有員工。	專家	4.65	4.65	—	4.65	0.45	0.000***
	企業	4.65	3.41	3.77	4.03	0.63	
1.7 職安衛政策必須提供給利害相關者。	專家	4.24	4.03	—	4.13	0.54	0.000***
	企業	3.86	3.06	2.95	3.46	0.62	
1.8 職安衛政策應進行定期審查。	專家	4.39	4.00	—	4.19	0.46	0.000***
	企業	4.10	3.33	3.41	3.72	0.54	
2. 規劃	專家	4.43	3.41	—	3.92	0.34	0.000***
	企業	4.16	3.05	3.31	3.60	0.48	
2.1 應建立一危害風險控制程序。	專家	4.33	2.86	—	3.60	0.49	未顯著
	企業	4.46	2.69	3.19	3.57	0.53	
2.2 危害風險控制程序，應包括例行及非例行性的活動。	專家	4.35	3.11		3.73	0.57	0.002**
	企業	4.13	2.89	3.17	3.51	0.50	

職業安全衛生績效評估指標分項	身分	A	B	C	D	E	F
2.3 危害風險控制程序，應包括所有人員進入工作場所之活動。	專家	4.26	3.35	—	3.81	0.49	0.000***
	企業	4.29	2.80	3.19	3.55	0.46	
2.4 危害風險控制程序，應包括工作場所安全維護、風險控管設施。	專家	4.38	3.25	—	3.81	0.45	0.004**
	企業	4.15	3.05	3.34	3.60	0.48	
2.5 設定職安衛目標時，應評估實施後結果及控制的效果。	專家	4.47	3.60	—	4.03	0.42	0.000***
	企業	4.09	2.94	3.22	3.51	0.51	
2.6 應將危害風險控制程序之規劃過程資料建檔。	專家	4.42	4.13	—	4.27	0.50	0.000***
	企業	4.04	3.43	3.30	3.73	0.55	
2.7 應建立危害鑑別及風險評估的方法。	專家	4.44	3.26	—	3.85	0.50	未顯著
	企業	4.35	3.09	3.35	3.72	0.53	
2.8 危害風險評估系統，應進行主動適當的調整。	專家	4.38	3.15	—	3.76	0.48	未顯著
	企業	4.00	2.92	3.14	3.46	0.52	
2.9 危害風險評估需由有經驗人來操控。	專家	4.50	3.15	—	3.83	0.47	0.000***
	企業	4.23	2.64	3.18	3.44	0.51	
2.10 危害風險評估應輸入風險等級資訊。	專家	4.42	3.10	—	3.76	0.50	0.001**
	企業	4.09	2.94	3.17	3.51	0.53	
2.11 為確保危害風險評估系統成效，應定期稽核。	專家	4.33	3.14	—	3.74	0.52	未顯著
	企業	4.16	3.33	3.37	3.74	0.55	
2.12 應有人員負責取得適用的職安衛法令規章，並加以實施。	專家	4.97	3.96	—	4.47	0.32	0.000***
	企業	4.64	3.60	3.91	4.12	0.55	
2.13 應定時更新職安衛之法令規章，並傳達給利害相關者。	專家	4.53	3.92	—	4.22	0.47	0.000***
	企業	4.34	3.48	3.90	3.91	0.58	
2.14 各部門與階層間，均應建立屬該單位職安衛之目標。	專家	4.35	3.93	—	4.14	0.47	0.000***
	企業	3.85	3.05	3.13	3.45	0.57	
2.15 建立職安衛目標時，應考慮法令規章及其他要求事項、本身職安衛危害及風險、可擔負的技術能力、財務問題、作業及業務要求、利害關係者觀點。	專家	4.42	3.10	—	3.76	0.52	0.000***
	企業	3.99	2.79	3.17	3.39	0.59	
2.16 職安衛目標應與其政策一致。	專家	4.78	3.99	—	4.38	0.32	0.000***
	企業	4.27	3.32	3.31	3.79	0.53	
2.17 應制定並維持一個或多個職安衛管理方案。	專家	4.39	3.43	—	3.91	0.53	0.000***
	企業	4.05	2.98	3.23	3.51	0.56	
2.18 職安衛方案之文件資料應包括：(1)各個相關部門與階層之權責分工；(2)應有達成職安衛的目標之方法與時程。	專家	4.61	3.17	—	3.89	0.45	0.000***
	企業	3.97	2.96	3.27	3.46	0.60	

職業安全衛生績效評估指標分項	身分	A	B	C	D	E	F
2.19 職安衛管理方案於規劃階段應定期審視。	專家	3.90	3.19	—	3.55	0.50	未顯著
	企業	3.85	3.02	3.31	3.44	0.62	
3. 實施與運作	專家	4.45	3.57		4.01	0.33	0.005**
	企業	4.17	3.06	3.40	3.61	0.57	
3.1 足以影響職安衛風險之各項因素應界定確認。	專家	4.53	3.24	—	3.88	0.46	0.000***
	企業	4.02	2.88	3.24	3.45	0.52	
3.2 加強高階主管的職安衛之最終責任意識及規範。	專家	4.72	3.72	—	4.22	0.46	0.000***
	企業	4.55	2.43	3.07	3.49	0.56	
3.3 應指派高階主管中一員，負責職安衛系統之特殊責任。	專家	4.40	4.46	—	4.43	0.51	0.000***
	企業	4.26	2.86	3.35	3.56	0.59	
3.4 管理階層應提供職安衛系統所需要的資源。	專家	4.39	3.46	—	3.92	0.51	0.000***
	企業	4.28	2.90	3.30	3.59	0.64	
3.5 管理代表應能界定職安衛系統中之角色、責任及權限。	專家	4.24	3.19	—	3.72	0.47	未顯著
	企業	4.31	3.06	3.43	3.69	0.52	
3.6 負管理責任者都應揭示其對職安衛績效持續改善的承諾。	專家	4.44	4.04	—	4.24	0.47	0.000***
	企業	4.29	3.06	3.36	3.67	0.59	
3.7 會面臨職安衛風險的每位員工，都應接受合適的訓練。	專家	4.69	3.65	—	4.17	0.46	0.000***
	企業	4.63	3.21	3.65	3.92	0.60	
3.8 應確保各相關部門人員能符合職安衛政策與程序。	專家	4.38	3.25	—	3.81	0.51	0.019*
	企業	4.27	2.97	3.45	3.62	0.54	
3.9 各部門員工都能認知到員工之作業活動對職安衛造成之實際或潛在的影響。	專家	4.46	3.25	—	3.85	0.44	0.001**
	企業	4.24	2.94	3.38	3.59	0.51	
3.10 促使各部門人員認知爲了達成符合職安衛政策與程序以及職安衛管理系統之要求事項。	專家	4.38	3.13	—	3.75	0.52	未顯著
	企業	4.27	2.98	3.52	3.62	0.49	
3.11 促使各部門員工了解：當工作偏離特定作業程序時所可能造成的後果。	專家	4.71	3.22	—	3.97	0.37	0.000***
	企業	4.19	2.91	3.17	3.55	0.49	
3.12 確保各部門人員具有風險認知。	專家	4.71	3.31	—	4.01	0.39	0.000***
	企業	4.34	2.95	3.34	3.64	0.57	
3.13 應能向利害相關者傳達職安衛資訊及諮詢服務。	專家	4.14	3.35	—	3.74	0.56	未顯著
	企業	4.02	3.26	3.52	3.64	0.52	
3.14 員工參與及諮詢之安排應文件建檔，並通知利害相關者。	專家	3.93	3.06	—	3.49	0.51	未顯著
	企業	3.88	3.15	3.22	3.51	0.58	
3.15 員工應參與職安衛政策及程序之發展與審查。	專家	4.07	3.26	—	3.67	0.48	0.000***
	企業	3.79	2.87	3.00	3.33	0.56	

職業安全衛生績效評估指標分項	身分	A	B	C	D	E	F
3.16 當任何改變足以影響工作場所之安衛都是被諮詢的對象。	專家	4.60	3.83	—	4.22	0.47	0.000***
	企業	4.08	2.83	3.06	3.45	0.55	
3.17 員工應被告知安衛相關事務。	專家	4.83	4.56	—	4.69	0.51	0.000***
	企業	4.38	3.44	3.65	3.91	0.68	
3.18 職安衛資訊應包含：被通知誰是職安衛員工代表，以及誰是特定管理代表。	專家	4.03	4.79	—	4.41	0.41	0.000***
	企業	3.84	3.46	3.56	3.65	0.75	
3.19 應建立並維持適用的書面或電子形式之資訊。	專家	4.24	3.99	—	4.11	0.45	0.000***
	企業	3.98	3.35	3.68	3.66	0.58	
3.20 應建立並維持程序，俾能管制本標準所要求的所有文件及資料。	專家	4.38	3.33	—	3.85	0.47	0.023*
	企業	3.98	3.37	3.53	3.68	0.55	
3.21 文件資料應清楚易讀、標示日期、容易辨識、妥善地整理並在指定的期間內予以保留。	專家	4.60	3.72	—	4.16	0.41	0.000***
	企業	4.08	3.46	3.91	3.77	0.65	
3.22 應能鑑別出哪些作業與活動係與那些風險控制方法有關。	專家	4.83	3.04	—	3.94	0.37	0.000***
	企業	3.97	2.99	3.29	3.48	0.53	
3.23 應建立並維持文件建檔程序，使能涵蓋當缺少那些程序時可能造成偏離職安衛政策和目標之情況。	專家	4.06	3.00	—	3.53	0.44	未顯著
	企業	3.91	3.02	3.25	3.47	0.62	
3.24 建立並維持文件建檔程序時，應明訂職安衛作業準則。	專家	4.82	4.06	—	4.44	0.28	0.000***
	企業	4.00	3.33	3.57	3.66	0.67	
3.25 應建立並維持購買及使用商品、設備和服務中可鑑別之職安衛風險程序，並把相關程序與其要求傳達給供應商和承包商。	專家	3.97	3.40	—	3.69	0.50	0.000***
	企業	3.93	2.69	3.22	3.31	0.51	
3.26 應建立並維持設計工作場所、製程、安裝、機械、作業程序及工作組織的程序，包括順應員工能力。	專家	4.44	3.40	—	3.92	0.43	0.000***
	企業	4.21	2.85	3.28	3.53	0.57	
3.27 鑑別可能發生和回應所發生之事故及緊急狀況。	專家	4.75	3.89	—	4.32	0.39	0.000***
	企業	4.51	3.19	3.73	3.85	0.55	
3.28 應審視緊急事件準備與應變計劃及程序。	專家	4.92	3.82	—	4.37	0.31	0.000***
	企業	4.41	3.22	3.67	3.81	0.61	
3.29 組織應定期測試緊急事件準備與應變計劃及程序。	專家	4.50	3.17	—	3.83	0.50	0.006**
	企業	4.27	3.06	3.37	3.67	0.60	
4.檢查與矯正措施	專家	4.28	3.75	4.28	4.02	0.31	0.000***
	企業	4.07	3.22	3.45	3.64	0.53	
4.1 建立並維持程序，以定期監督與量測職安衛績效。	專家	4.39	2.89	—	3.64	0.46	未顯著
	企業	4.04	2.97	3.10	3.51	0.61	

職業安全衛生績效評估指標分項	身分	A	B	C	D	E	F
4.2 監測設備如用於績效之監督與量測，應建立校正及維修該設備的程序。	專家	4.26	3.85	—	4.06	0.53	0.000***
	企業	3.95	3.41	3.46	3.68	0.55	
4.3 建立並維持適當的程序以界定所屬權責。	專家	4.68	3.44	—	4.06	0.43	0.000***
	企業	4.12	3.15	3.39	3.64	0.47	
4.4 此程序應要求所有矯正及預防措施之提議，應於實施前經由風險評估過程加以審查。	專家	4.46	3.26	—	3.86	0.47	0.000***
	企業	3.97	2.96	3.17	3.47	0.59	
4.5 採取之矯正或預防措施，應以消除造成實際或潛在之不符合狀況的根本原因為前提。	專家	4.57	3.19	—	3.88	0.43	0.000***
	企業	4.22	2.96	3.32	3.59	0.56	
4.6 文件資料建構之變更，應有一實施程序，並加以紀錄。	專家	3.90	3.99	—	3.94	0.34	0.002**
	企業	4.19	3.38	3.63	3.79	0.56	
4.7 應有一定程序，以利進行記錄的鑑別、維護及處置，並應包括稽核及審查之結果。	專家	3.86	4.00	—	3.93	0.42	未顯著
	企業	4.06	3.52	3.70	3.79	0.54	
4.8 職安衛紀錄應清楚易懂、可辨識，並可追溯到相關的活動。	專家	4.14	4.44	—	4.29	0.41	0.000***
	企業	4.10	3.48	3.72	3.79	0.58	
4.9 紀錄應以適合於系統與組織的方式加以維護。	專家	3.90	4.07	—	3.99	0.35	0.000***
	企業	3.99	3.35	3.72	3.67	0.60	
4.10 定期執行職安衛系統之稽核工作。	專家	4.89	4.00	—	4.44	0.31	0.000***
	企業	4.18	3.07	3.37	3.62	0.57	
4.11 稽核方案包括時程，應以活動的風險評估結果與以往的稽核結果為依據。	專家	4.42	3.50	—	3.96	0.41	0.000***
	企業	4.10	3.16	3.46	3.63	0.52	
4.12 稽核，由對被檢查活動不具直接責任的獨立人員來執行。	專家	3.93	4.33	—	4.13	0.42	0.000***
	企業	3.94	3.19	3.33	3.57	0.65	
5.管理階層審查	專家	4.46	3.74	—	4.10	0.36	0.000***
	企業	4.28	3.07	3.46	3.67	0.59	
5.1 高階主管應定期審查職安衛系統，以確認其持續適用性、適切性及有效性。	專家	4.38	3.93	—	4.15	0.49	0.000***
	企業	4.31	3.05	3.49	3.68	0.59	
5.2 依據職安衛系統之稽核結果、情勢變化及持續改善的承諾，提出修改職安衛系統政策、目標及其他構成要項的可能改變之需求。	專家	4.54	3.56	—	4.05	0.45	0.000***
	企業	4.25	3.09	3.44	3.67	0.54	
總平均值	專家	4.40	3.76	—	4.08	0.32	—
	企業	4.20	3.14	3.42	3.67	0.55	

註 1：A：重要性；B：執行容易度；C：執行現況；D：應執行程度 $= (A+B)/2$

E：標準差；F：顯著性 p 值

註 2：*** 表顯著水準 < 0.001 ，達非常非常顯著；** 表顯著水準 < 0.01 ，達非常顯著；* 表顯著水準 < 0.05 ，達顯著。

(三) 應優先執行之職業安全衛生績效評估指標指標

專家及企業主管的問卷調查結果，分別以各項指標之「重要性」為 X 軸及「執行容易度」為 Y 軸，求得重要程度對執行容易度散佈圖。並歸納出四種指標類型，第一象限：重要且容易執行指標，表示專家或企業主管判定企業應優先執行的指標；第二象限：不重要但容易執行指標，表示專家或企業主管判定企業可選擇性執行或輕鬆執行的指標；第三象限：不重要也不容易執行指標，表示專家或企業主管判定企業可於後階段執行的指標；第四象限：重要但不容易執行指標，表示專家或企業主管判定企業須先克服這些指標所遭遇的困難，再執行；而其作圖方式，如圖 2 所示。再將此分類結果，選取離中心點越遠且互相集中的指標群為探討的對象，重要性對執行容易度的散佈圖中心點座標為 (4.30, 3.45)，整理得到專家與企業主管對各類產業各細項指標的應執行程度綜合分類統計表，如表 8 所示。

由表 8 得知，在輕工業方面應優先執行之指標為：1.6、2.12、3.17、3.27、3.28 等指標；重工業方面應優先執行之指標為：1.1、1.5、1.6、2.12、2.16、3.7、3.17 等指標；高科技業方面應優先執行之指標為：1.1、1.2、1.3、1.4、2.12、2.13、3.7、3.17 等指標；服務業方面應優先執行之指標為：2.12、3.17、3.28 等指標，其中「2.12 應有人員負責取得適用的職安衛法令規章，並加以實施。」、「3.17 員工應被告知安衛相關事務。」兩項指標，同時為四大產業均應優先執行之指標，表示專家或企業主管認為此兩項指標在四大產業中是重要的且執行容易，因此同時為四大產業應優先執行之指標。其餘各項指標於四大產業中，應優先執行程度請參閱表 8 所示，各產業之業者若有意推動 OHSAS18001，可視其產業別選擇應優先執行之指標著手。

(四) 職業安全衛生績效評估指標之執行成效

以各類企業主管問卷調查中之各細項指標「應執行程度」〔(重要程度 + 執行容易度) / 2〕為 X 軸及「執行現況」為 Y 軸作圖。並歸納出四種指標類型，分別為：第一象限：應執行程度高且執行現況佳之指標，表示企業主管判定該指標已達企業預期標準，執行成效佳；第二象限：應執行程度低但執行現況佳指標，表示企業主管判定該指標屬於過度執行指標；第三象限：應執行程度低且執行現況差指標，表示企業主管判定該指標屬於後階段才執行的指標；第四象限：應執行程度高但執行現況差指標，表示企業主管判定該指標須找出執行現況差原因，克服困難後，再執行；而其作圖方式，如圖 3 所示。再依此分類結果，選取離中心點越遠且互相集中的指標群為探討的對象，應執行程度對執行現況的散佈圖中心點座標為 (3.875, 3.42)，整理所得企業主管之各類產業各細項指標的執行現況適宜程度之分類統計表，如表 9 所示。

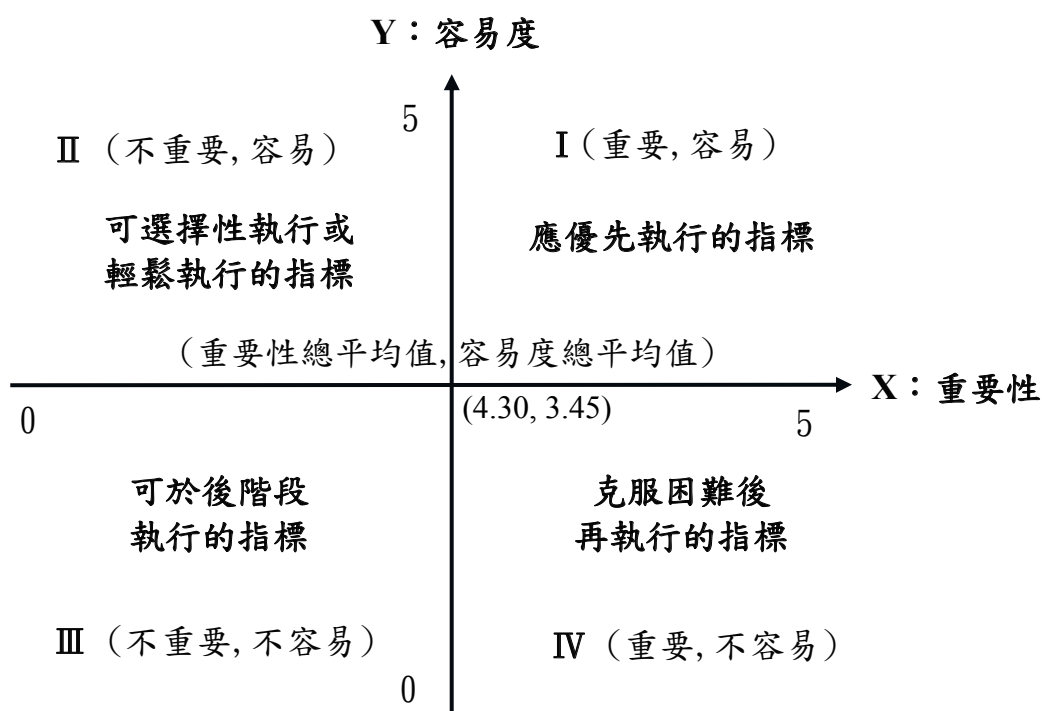


圖 2 各細項指標之重要性對執行容易度的散佈圖

由表 9 得知，在輕工業方面執行成效佳之指標為：1.5、1.6、2.12、2.13、3.7、3.21、3.27、3.28 等指標；重工業方面執行成效佳之指標為：1.5、1.6、2.12、2.13、3.7、3.17、3.18、3.19 等指標；高科技業方面執行成效佳之指標為：1.1、1.2、1.3、1.4、1.5、1.6、2.12、2.13、3.7、3.17、3.19、3.21、3.24、4.8 等指標；服務業方面執行成效佳之指標為：1.1、1.5、1.6、2.12、2.13、3.7、3.21、3.27、3.28 等指標，其中「1.5 職安衛政策必須文件建檔、實施及維持」、「1.6 職安衛政策須傳達給所有員工」、「2.12 應有人員負責取得適用的職安衛法令規章，並加以實施」、「2.13 應定時更新職安衛之法令規章，並傳達給利害相關者」同為四大產業中執行成效佳的指標，表示該四項指標於業界已確實實施。另外，須找出執行現況差之原因，克服困難後，再執行的指標（落於第四象限），在輕工業方面有：2.16、3.4 等指標；重工業方面有：1.3、2.16、3.5 等指標；高科技業方面有：2.11、3.3、3.5 等指標；服務業方面有 2.7、3.17 等指標。其餘各項指標於四大產業中，執行成效請參閱表 9 所示，各產業之業者若有意推動 OHSAS18001，可透過表 9 了解業界各項指標執行現況，檢視該企業對指標之執行成效，以了解該企業各指標之執行現況。

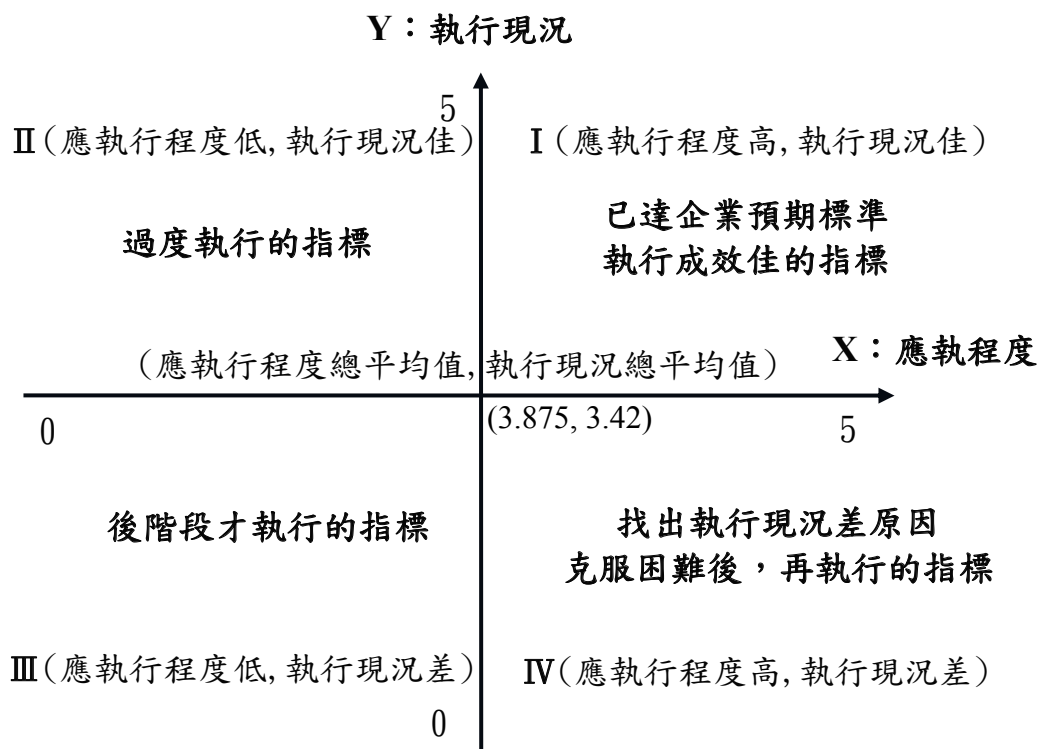


圖 3 各細項指標之應執行程度對執行現況的散佈圖

二、職安衛部門主管問卷調查結果

以德懷術問卷結果為依據，編製「各類產業職業安全衛生績效評估指標企業問卷」，針對已通過 ISO 14001 驗證企業之職安衛部門主管進行問卷調查，共發放 800 份問卷，問卷回收有效問卷 162 份，有效問卷回收率為 20.3%，經統計整理分析，得到企業主管之職業安全衛生績效評估指標各指標重要性 (A)、容易執行現況 (B)、執行現況 (C)、應執行程度 (D) 之平均值，如表 3 至表 7 所示。

由表 3 至表 7 結果顯示，各面向指標執行現況之產業總平均值由高至低依次序為：「職安衛政策」(3.47)、「管理階層審查」(3.46)、「檢查與矯正措施」(3.45)、「實施與運作」(3.40) 及「規劃」(3.31) 等面向指標。各面向指標的執行現況平均值，皆介於的「已部分執行」(3 分) 到「已大部分執行」(4 分) 之間，而稍高於「已部分執行」；執行現況最佳為「職安衛政策」面向指標，最差為「規劃」面向指標。各產業的執行現況總平均值由高至低依次序為：「服務業」(3.56)、「輕工業」(3.55)、「高科技產業」(3.42) 及「重工業」(3.16) 等產業。各產業的執行現況平均值，皆介於「已部分執行」(3 分) 到「已大部分執行」(4 分) 之間；其中，「輕工業」及「服務業」的執行現況平均值則皆在 3.5 分以上，而「高科技產業」及「重工業」的執行現況平均值則介於 3 至 3.5 分之間；顯示服務業及輕工業相對於高科技產業及重工業而言，在各面向指標的執行現況是較佳的。而其中高科技產業又較佳於重工業。

表 3 企業主管認為「職安衛政策」面向指標之重要性、執行容易度、執行現況及應執行程度的平均值

分項指標	輕工業				重工業				高科技業				服務業				產業總平均			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
1.1應有高階主管授權之職安衛政策。	4.49	3.17	3.70	3.83	4.46	3.31	3.21	3.88	4.72	3.48	3.58	4.10	4.50	3.33	3.67	3.92	4.54	3.32	3.54	3.93
1.2職安衛政策必須適合該企業的風險性質及規模。	4.19	2.87	3.40	3.53	4.26	3.28	3.00	3.77	4.42	3.23	3.61	3.83	4.17	3.25	3.42	3.71	4.26	3.16	3.36	3.71
1.3職安衛政策必須有持續改善之承諾。	4.40	2.91	3.51	3.66	4.69	3.26	2.95	3.97	4.59	3.23	3.63	3.91	4.33	3.25	3.75	3.79	4.51	3.16	3.46	3.83
1.4職安衛政策需包括：目前的安衛法及其他要求事項。	4.13	3.11	3.70	3.62	4.49	3.26	3.18	3.87	4.50	3.41	3.84	3.95	4.00	3.42	3.67	3.71	4.28	3.30	3.60	3.79
1.5職安衛政策必須文件建檔、實施及維持。	4.23	3.60	3.83	3.91	4.51	3.41	3.49	3.96	4.31	3.59	3.69	3.95	4.08	3.83	3.83	3.96	4.29	3.61	3.71	3.95
1.6職安衛政策須傳達給所有員工。	4.55	3.23	3.94	3.89	4.92	3.64	3.54	4.28	4.63	3.27	3.70	3.95	4.50	3.50	3.92	4.00	4.65	3.41	3.77	4.03
1.7職安衛政策必須提供給利害相關者。	3.89	3.06	2.85	3.48	3.92	3.26	2.95	3.59	3.80	3.02	3.16	3.41	3.83	2.92	2.83	3.38	3.86	3.06	2.95	3.46
1.8職安衛政策應進行定期審查。	3.96	3.36	3.62	3.66	4.28	3.44	3.08	3.86	4.23	3.20	3.30	3.72	3.92	3.33	3.67	3.63	4.10	3.33	3.41	3.72
面向總平均值	4.23	3.17	3.57	3.70	4.44	3.36	3.17	3.90	4.40	3.30	3.56	3.85	4.17	3.35	3.59	3.76	4.31	3.29	3.47	3.80

註 1：A 表示重要性平均值；B 表示執行容易度平均值；C 表示執行現況平均值；D 表示應執行程度平均值 = (A+B) /2。

註 2：平均值越高，表示重要性越高、執行越容易、執行現況越佳、更應執行。

表 4 企業主管認為「規劃」面向指標之重要性、執行容易度、執行現況及應執行程度的平均值

分項指標	輕工業				重工業				高科技業				服務業				產業總平均			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
2.1應建立一危害風險控制程序。	4.47	2.60	3.21	3.53	4.46	3.03	2.95	3.74	4.48	2.70	3.42	3.59	4.42	2.42	3.17	3.42	4.46	2.69	3.19	3.57
2.2危害風險控制程序，應包括例行及非例行性的活動。	4.11	2.98	3.21	3.54	4.23	2.77	3.00	3.50	4.09	2.83	3.23	3.46	4.08	3.00	3.25	3.54	4.13	2.89	3.17	3.51
2.3危害風險控制程序，應包括所有人員進入工作場所之活動。	4.28	2.74	3.15	3.51	4.36	3.08	3.15	3.72	4.38	2.72	3.28	3.55	4.17	2.67	3.17	3.42	4.29	2.80	3.19	3.55
2.4危害風險控制程序，應包括工作場所安全維護、風險控管設施。	4.06	3.09	3.40	3.57	4.31	2.97	3.13	3.64	4.31	2.98	3.42	3.65	3.92	3.17	3.42	3.54	4.15	3.05	3.34	3.60
2.5設定職安衛目標時，應評估實施後結果及控制的效果。	3.98	2.96	3.43	3.47	4.49	2.92	2.90	3.71	4.13	2.95	3.22	3.54	3.75	2.92	3.33	3.33	4.09	2.94	3.22	3.51
2.6應將危害風險控制程序之規劃過程資料建檔。	3.85	3.32	3.30	3.59	4.33	3.67	3.23	4.00	4.13	3.41	3.34	3.77	3.83	3.33	3.33	3.58	4.04	3.43	3.30	3.73
2.7應建立危害鑑別及風險評估的方法。	4.17	3.09	3.40	3.63	4.62	2.95	3.26	3.78	4.55	2.98	3.42	3.77	4.08	3.33	3.33	3.71	4.35	3.09	3.35	3.72
2.8危害風險評估系統，應進行主動適當的調整。	3.72	2.94	3.28	3.33	4.44	2.79	2.79	3.62	4.19	2.88	3.23	3.53	3.67	3.08	3.25	3.38	4.00	2.92	3.14	3.46
2.9危害風險評估需由有經驗人來操控。	4.28	2.77	3.34	3.52	4.31	2.26	2.85	3.28	4.34	2.72	3.02	3.53	4.00	2.83	3.50	3.42	4.23	2.64	3.18	3.44
2.10危害風險評估應輸入風險等級資訊。	4.09	3.04	3.34	3.56	4.41	2.87	2.92	3.64	4.02	2.84	3.17	3.43	3.83	3.00	3.25	3.42	4.09	2.94	3.17	3.51
2.11為確保危害風險評估系統成效，應定期稽核。	3.89	3.55	3.53	3.72	4.46	3.10	3.10	3.78	4.45	3.16	3.27	3.80	3.83	3.50	3.58	3.67	4.16	3.33	3.37	3.74

表 4 企業主管認為「規劃」面向指標之重要性、執行容易度、執行現況及應執行程度的平均值（續）

分項指標	輕工業				重工業				高科技業				服務業				產業總平均			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
2.12應有人員負責取得適用的職安衛法令規章。	4.64	3.77	4.02	4.20	4.64	3.44	3.67	4.04	4.69	3.61	4.11	4.15	4.58	3.58	3.83	4.08	4.64	3.60	3.91	4.12
2.13應定時更新職安衛之法令規章，並傳達給利害相關者。	4.26	3.77	4.11	4.01	4.33	3.31	3.54	3.82	4.53	3.28	3.94	3.91	4.25	3.58	4.00	3.92	4.34	3.48	3.90	3.91
2.14各部門與階層間，均應建立屬該單位職安衛之目標。	3.87	3.09	3.17	3.48	3.69	3.13	2.85	3.41	4.09	2.97	3.25	3.53	3.75	3.00	3.25	3.38	3.85	3.05	3.13	3.45
2.15建立職安衛目標時，應考慮到法令規章及其他要求事項、本身職安衛危害及風險、可擔負的技術能力、財務問題、作業及業務要求、利害關係者觀點。	3.85	2.91	3.23	3.38	4.21	2.62	3.15	3.41	4.14	2.88	3.20	3.51	3.75	2.75	3.08	3.25	3.99	2.79	3.17	3.39
2.16職安衛目標應與其政策一致。	4.17	3.36	3.36	3.77	4.46	3.18	2.97	3.82	4.28	3.31	3.39	3.80	4.17	3.42	3.50	3.79	4.27	3.32	3.31	3.79
2.17應制定並維持一個或多個職安衛管理方案。	3.98	3.00	3.38	3.49	4.23	3.05	3.03	3.64	4.08	2.86	3.19	3.47	3.92	3.00	3.33	3.46	4.05	2.98	3.23	3.51
2.18職安衛方案之文件資料應包括：(1) 各個相關部門與階層之權責分工；(2) 應有達成職安衛的目標之方法與時程。	3.91	3.04	3.55	3.48	4.00	3.05	2.87	3.53	4.14	2.98	3.17	3.56	3.83	2.75	3.50	3.29	3.97	2.96	3.27	3.46
2.19職安衛管理方案於規劃階段應定期審視。	3.74	3.11	3.55	3.43	4.13	2.85	2.87	3.49	4.05	3.05	3.23	3.55	3.50	3.08	3.58	3.29	3.85	3.02	3.31	3.44
面向總平均值	4.07	3.11	3.42	3.59	4.32	3.00	3.06	3.66	4.27	3.01	3.34	3.64	3.96	3.07	3.40	3.52	4.16	3.05	3.31	3.60

註 1：A 表示重要性平均值；B 表示執行容易度平均值；C 表示執行現況平均值；D 表示應執行程度平均值=(A+B)/2。

註 2：平均值越高，表示重要性越高、執行越容易、執行現況越佳、更應執行。

表 5 企業主管認為「實施與運作」面向指標之重要性、執行容易度、執行現況及應執行程度的平均值

分項指標	輕工業				重工業				高科技業				服務業				產業總平均			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
3.1足以影響職安衛風險之各項因素應界定確認。	3.91	2.89	3.21	3.40	4.15	2.92	3.18	3.54	4.28	2.80	3.31	3.54	3.75	2.92	3.25	3.33	4.02	2.88	3.24	3.45
3.2加強高階主管的職安衛之最終責任意識及規範。	4.64	2.43	3.26	3.53	4.41	2.62	2.90	3.51	4.73	2.42	2.95	3.58	4.42	2.25	3.17	3.33	4.55	2.43	3.07	3.49
3.3應指派高階主管中一員，負責職安衛系統之特殊責任。	4.30	2.85	3.53	3.57	4.18	2.85	3.21	3.51	4.55	2.92	3.23	3.73	4.00	2.83	3.42	3.42	4.26	2.86	3.35	3.56
3.4管理階層應提供職安衛系統所需要資源。	4.32	3.15	3.45	3.73	4.21	2.77	3.23	3.49	4.61	2.69	3.11	3.65	4.00	3.00	3.42	3.50	4.28	2.90	3.30	3.59
3.5管理代表應能界定職安衛系統中之角色、責任及權限。	4.26	3.21	3.89	3.73	4.59	2.90	2.82	3.74	4.31	3.06	3.17	3.69	4.08	3.08	3.83	3.58	4.31	3.06	3.43	3.69
3.6負管理責任者都應揭示其對職安衛績效持續改善的承諾。	4.26	3.34	3.70	3.80	4.38	2.79	2.95	3.59	4.34	2.92	3.14	3.63	4.17	3.17	3.67	3.67	4.29	3.06	3.36	3.67
3.7會面臨職安衛風險的每位員工，都應接受合適的訓練。	4.68	3.23	3.74	3.96	4.38	3.23	3.33	3.81	4.72	3.14	3.88	3.93	4.75	3.25	3.67	4.00	4.63	3.21	3.65	3.92
3.8應確保各相關部門人員能符合職安衛政策與程序。	4.15	3.06	3.68	3.61	4.46	2.95	3.33	3.71	4.31	2.95	3.28	3.63	4.17	2.92	3.50	3.54	4.27	2.97	3.45	3.62
3.9各部門員工都能認知到員工之作業活動對職安衛造成之實際或潛在的影響。	4.04	3.00	3.49	3.52	4.51	2.97	3.26	3.74	4.39	2.88	3.42	3.63	4.00	2.92	3.33	3.46	4.24	2.94	3.38	3.59
3.10促使各部門人員認知爲了達成符合職安衛政策與程序以及職安衛管理系統之要求事項。	4.15	3.21	3.72	3.68	4.23	2.92	3.28	3.58	4.52	2.78	3.56	3.65	4.17	3.00	3.50	3.58	4.27	2.98	3.52	3.62

表 5 企業主管認為「實施與運作」面向指標之重要性、執行容易度、執行現況及應執行程度的平均值（續）

分項指標	輕工業				重工業				高科技業				服務業				產業總平均			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
3.11促使各部門員工了解：當工作偏離特定作業程序時可能造成的後果。	4.19	3.02	3.36	3.61	4.21	2.95	3.13	3.58	4.20	2.69	3.02	3.45	4.17	3.00	3.17	3.58	4.19	2.91	3.17	3.55
3.12確保各部門人員具有風險認知。	4.34	3.04	3.64	3.69	4.36	2.77	3.10	3.56	4.31	3.06	3.19	3.69	4.33	2.92	3.42	3.63	4.34	2.95	3.34	3.64
3.13應能向利害相關者傳達職安衛資訊及諮詢服務。	4.00	3.36	3.70	3.68	4.13	3.21	3.33	3.67	3.97	3.23	3.36	3.60	4.00	3.25	3.67	3.63	4.02	3.26	3.52	3.64
3.14員工參與及諮詢之安排應文件建檔，並通知利害相關者。	3.89	3.06	3.21	3.48	4.13	3.44	3.28	3.78	3.75	3.17	3.31	3.46	3.75	2.92	3.08	3.33	3.88	3.15	3.22	3.51
3.15員工應參與職安衛政策及程序之發展與審查。	3.81	2.83	3.36	3.32	4.00	3.03	2.56	3.51	3.61	2.80	2.89	3.20	3.75	2.83	3.17	3.29	3.79	2.87	3.00	3.33
3.16當任何改變足以影響工作場所之安衛都是被諮詢的對象。	4.17	2.87	3.13	3.52	4.23	2.92	2.97	3.58	3.91	2.84	3.14	3.38	4.00	2.67	3.00	3.33	4.08	2.83	3.06	3.45
3.17員工應被告知安衛相關事務。	4.28	3.47	3.53	3.87	4.51	3.41	3.79	3.96	4.50	3.47	3.84	3.98	4.25	3.42	3.42	3.83	4.38	3.44	3.65	3.91
3.18職安衛資訊應包含：被通知誰是職安衛員工代表，以及誰是特定管理代表。	3.79	3.21	3.47	3.50	4.13	3.77	3.90	3.95	3.95	3.67	3.53	3.81	3.50	3.17	3.33	3.33	3.84	3.46	3.56	3.65
3.19應建立並維持適用的書面或電子形式之資訊。	3.85	3.30	3.81	3.58	4.10	3.46	3.33	3.78	4.22	3.45	3.73	3.84	3.75	3.17	3.83	3.46	3.98	3.35	3.68	3.66
3.20應建立並維持程序，俾能管制本標準所要求的所有文件及資料。	3.89	3.55	3.85	3.72	4.10	3.33	3.05	3.72	4.11	3.17	3.39	3.64	3.83	3.42	3.83	3.63	3.98	3.37	3.53	3.68
3.21 文件資料應清楚易讀、標示日期容易辨識、妥善地整理並在指定的期間內予以保留。	4.06	3.64	4.06	3.85	4.00	3.13	3.62	3.56	4.16	3.42	3.78	3.79	4.08	3.67	4.17	3.88	4.08	3.46	3.91	3.77

表 5 企業主管認為「實施與運作」面向指標之重要性、執行容易度、執行現況及應執行程度的平均值（續）

分項指標	輕工業				重工業				高科技業				服務業				產業總平均			
	A				B				C				D				A			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
3.22 應能鑑別出哪些作業與活動係與那些風險控制方法有關。	3.85	3.17	3.36	3.51	4.21	2.74	3.15	3.47	4.09	3.03	3.47	3.56	3.75	3.00	3.17	3.38	3.97	2.99	3.29	3.48
3.23 應建立並維持文件建檔程序，使能涵蓋當缺少那些程序時可能造成偏離職安衛政策和目標之情況。	3.85	3.09	3.23	3.47	3.95	2.95	3.23	3.45	4.09	3.22	3.44	3.66	3.75	2.83	3.08	3.29	3.91	3.02	3.25	3.47
3.24 建立並維持文件建檔程序時，應明訂職安衛作業準則。	3.96	3.26	3.60	3.61	4.00	3.38	3.38	3.69	4.13	3.42	3.70	3.77	3.92	3.25	3.58	3.58	4.00	3.33	3.57	3.66
3.25 應建立並維持購買及使用商品、設備和服務中可鑑別之職安衛風險程序，並把相關程序傳達給供應商和承包商。	3.96	2.68	3.47	3.32	4.03	2.64	3.05	3.33	3.92	2.69	2.95	3.30	3.83	2.75	3.42	3.29	3.93	2.69	3.22	3.31
3.26 應建立並維持設計工作場所、工程、安裝、機械、作業程序及工作組織的程序，包括順應員工能力。	4.23	2.94	3.26	3.59	4.28	2.72	3.36	3.50	4.16	2.84	3.27	3.50	4.17	2.92	3.25	3.54	4.21	2.85	3.28	3.53
3.27 鑑別可能發生和回應所發生之事故及緊急狀況。	4.72	3.43	3.91	4.07	4.28	2.85	3.54	3.56	4.22	2.97	3.47	3.59	4.83	3.50	4.00	4.17	4.51	3.19	3.73	3.85
3.28 應審視緊急事件準備與應變計劃及程序。	4.51	3.49	3.85	4.00	4.23	2.79	3.41	3.51	4.30	3.08	3.58	3.69	4.58	3.50	3.83	4.04	4.41	3.22	3.67	3.81
3.29 組織應定期測試緊急事件準備與應變計劃及程序。	4.36	3.36	3.55	3.86	4.23	2.69	3.18	3.46	4.08	2.86	3.27	3.47	4.42	3.33	3.50	3.88	4.27	3.06	3.37	3.67
面向總平均值	4.15	3.14	3.55	3.65	4.23	3.00	3.24	3.62	4.22	3.02	3.36	3.62	4.07	3.06	3.47	3.57	4.17	3.06	3.40	3.61

註 1：A 表示重要性平均值；B 表示執行容易度平均值；C 表示執行現況平均值；D 表示應執行程度平均值 $= (A+B)/2$ 。

註 2：平均值越高，表示重要性越高、執行越容易、執行現況越佳、更應執行。

表 6 企業主管認為「檢查與矯正措施」面向指標之重要性、執行現況及應執行程度的平均值

分項指標	輕工業				重工業				高科技業				服務業				產業總平均			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
4.1建立並維持程序，以定期監督與量測職安衛績效。	3.91	3.23	3.26	3.57	4.31	2.67	2.97	3.49	4.11	2.91	3.08	3.51	3.83	3.08	3.08	3.46	4.04	2.97	3.10	3.51
4.2監測設備如用於績效之監督與量測，應建立校正及維修該設備的程序。	3.91	3.55	3.60	3.73	4.03	3.26	3.33	3.64	4.02	3.25	3.34	3.63	3.83	3.58	3.58	3.71	3.95	3.41	3.46	3.68
4.3建立並維持適當的程序以界定所屬權責。	4.00	3.30	3.45	3.65	4.33	2.90	3.10	3.62	4.23	2.98	3.50	3.61	3.92	3.42	3.50	3.67	4.12	3.15	3.39	3.64
4.4此程序應要求所有矯正及預防措施之提議，應於實施前經由風險評估過程加以審查。	3.81	3.09	3.15	3.45	4.15	2.67	3.00	3.41	4.09	2.94	3.30	3.52	3.83	3.17	3.25	3.50	3.97	2.96	3.17	3.47
4.5採取之矯正或預防措施，應以消除造成實際或潛在之不符合狀況的根本原因為前提。	4.15	3.15	3.55	3.65	4.28	2.67	2.79	3.47	4.28	2.95	3.42	3.62	4.17	3.08	3.50	3.63	4.22	2.96	3.32	3.59
4.6文件資料建構之變更，應有一實施程序，並加以紀錄。	4.32	3.45	3.89	3.88	4.18	3.23	3.15	3.71	4.02	3.34	3.55	3.68	4.25	3.50	3.92	3.88	4.19	3.38	3.63	3.79
4.7應有一定程序，以利進行記錄的鑑別、維護及處置，並應包括稽核及審查之結果。	4.09	3.62	3.89	3.85	4.00	3.38	3.49	3.69	4.22	3.59	3.66	3.91	3.92	3.50	3.75	3.71	4.06	3.52	3.70	3.79
4.8職安衛紀錄應清楚易懂、可辨識，並可追溯到相關的活動。	4.06	3.60	3.72	3.83	4.08	3.26	3.74	3.67	4.17	3.39	3.67	3.78	4.08	3.67	3.75	3.88	4.10	3.48	3.72	3.79
4.9紀錄應以適合於系統與組織的方式加以維護。	3.94	3.23	3.81	3.59	4.08	3.41	3.67	3.74	4.09	3.52	3.50	3.80	3.83	3.25	3.92	3.54	3.99	3.35	3.72	3.67
4.10 定期執行職安衛系統之稽核工作。	4.02	3.17	3.45	3.60	4.44	2.85	3.23	3.64	4.42	3.25	3.39	3.84	3.83	3.00	3.42	3.42	4.18	3.07	3.37	3.62

表 6 企業主管認為「檢查與矯正措施」面向指標之重要性、執行容易度、執行現況及應執行程度的平均值（續）

分項指標	輕工業				重工業				高科技業				服務業				產業總平均			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
4.11 稽核方案包括時程，應以活動的風險評估結果與以往的稽核結果為依據。	3.98	3.43	3.83	3.70	4.23	2.77	2.92	3.50	4.27	3.09	3.33	3.68	3.92	3.33	3.75	3.63	4.10	3.16	3.46	3.63
4.12 稽核，由對被檢查活動不具直接責任的獨立人員來執行。	3.89	3.34	3.45	3.62	3.92	2.97	3.23	3.45	4.02	3.13	3.16	3.57	3.92	3.33	3.50	3.63	3.94	3.19	3.33	3.57
面向總平均值	4.01	3.35	3.59	3.68	4.17	3.00	3.22	3.59	4.16	3.20	3.41	3.68	3.94	3.33	3.58	3.64	4.07	3.22	3.45	3.64

註 1：A 表示重要性平均值；B 表示執行容易度平均值；C 表示執行現況平均值；D 表示應執行程度平均值 = (A+B) / 2。

註 2：平均值越高，表示重要性越高、執行越容易、執行現況越佳、更應執行。

表 7 企業主管認為「管理階層審查」面向指標之重要性、執行容易度、執行現況及應執行程度的平均值

分項指標	輕工業				重工業				高科技業				服務業				產業總平均			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
5.1 高階主管應定期審查職安衛系統，以確認其持續適用性、適切性及有效性。	4.27	3.17	3.63	3.72	4.46	2.85	3.13	3.65	4.39	3.08	3.44	3.73	4.12	3.08	3.75	3.60	4.31	3.05	3.49	3.68
5.2 依據職安衛系統之稽核結果、情勢變化及持續改善的承諾，提出修改職安衛系統政策、目標及其他構成要項的可能改變之需求。	4.17	3.20	3.61	3.68	4.31	2.95	3.05	3.63	4.30	3.05	3.39	3.67	4.22	3.17	3.72	3.69	4.25	3.09	3.44	3.67
面向總平均值	4.22	3.18	3.62	3.70	4.38	2.90	3.09	3.64	4.34	3.06	3.41	3.70	4.17	3.13	3.74	3.65	4.28	3.07	3.46	3.67

註 1：A 表示重要性平均值；B 表示執行容易度平均值；C 表示執行現況平均值；D 表示應執行程度平均值 = (A+B)/2。

註 2：平均值越高，表示重要性越高、執行越容易、執行現況越佳、更應執行。

表 8 專家與企業主管之各類產業各細項指標的重要程度對執行容易度綜合分類統計表

指標 類型 產業	第一象限 應優先執行的指標	第二象限 可選擇性 執行或 輕鬆執行 的指標	第三象限 可於後階段執行的指 標	第四象限 克服困難後 再執行的指標
輕工業	職安衛政策：1.6 規劃：2.12 實施與運作：3.28、 3.27、3.17	實施與運 作：3.19 檢查與矯 正措施： 4.12	規劃：2.19、2.15、 2.8 實施與運作：3.15、 3.14	實施與運作：3.12
重工業	職安衛政策：1.6、 1.5、1.1 規劃：2.12、2.16 實施與運作：3.17、 3.7	實施與運 作：3.18 檢查與矯 正措施： 4.9、4.7、 4.8	規劃：2.19 實施與運作：3.25	規劃：2.5、2.8 實施與運作：3.12
高科技業	職安衛政策：1.1、 1.3、1.2、1.4 規劃：2.12、2.13 實施與運作：3.7、 3.17	實施與運 作：3.18 檢查與矯 正措施： 4.6、4.9	規劃：2.19 實施與運作：3.25	規劃：2.1、2.9、 2.3
服務業	規劃：2.12 實施與運作：3.28、 3.17	職安衛政 策：1.8 檢查與矯 正措施： 4.7、4.9	實施與運作：3.14、 3.25、3.15、3.23	實施與運作：3.2、 3.12、3.11

表 9 企業主管之各類產業各細項指標的應執行程度對執行現況分類統計表

指標 類型 產業	第一象限 已達企業預期標準， 執行成效佳的指標	第二象限 過度執行的 指標	第三象限 後階段才執行的指標	第四象限 找出執行現況差原因， 克服困難後， 再執行的指標
輕工業	職安衛政策：1.5、 1.6 規劃：2.12、2.13 實施與運作：3.27、 3.28、3.7、3.21 檢查與矯正措施： 4.6、4.7	實施與運 作：3.19 檢查與矯 正措施： 4.9	規劃：2.8、2.15、 2.14、2.3、2.9、2.1、 2.2 實施與運作：3.15、 3.25、3.1、3.23、 3.14、3.16、3.22、 3.2 檢查與矯正措施： 4.4	規劃：2.16 實施與運作：3.4
重工業	職安衛政策：1.6、 1.5 規劃：2.12、2.13 實施與運作：3.17、 3.18、3.7、3.19	實施與 運作： 3.28、 3.26、 3.21、 3.27	規劃：2.9、2.14、 2.19、2.2、2.18 實施與運作：3.25、 3.15、3.2 檢查與矯正措施： 4.4、4.5、4.11、4.1	職安衛政策：1.3 規劃：2.16 實施與運作：3.5
高科技業	職安衛政策：1.1、 1.4、1.6、1.5、1.3、 1.2 規劃：2.12、2.13 實施與運作：3.17、 3.7、3.19、3.21、 3.24 檢查與矯正措施： 4.8	實施與 運作： 3.22、 3.27 檢查與矯 正措施： 4.3	職安衛政策：1.7 規劃：2.2、2.17、 2.9、2.15 實施與運作：3.2、 3.15、3.25、3.16、 3.11 檢查與矯正措施： 4.1	規劃：2.11 實施與運作：3.3、 3.5
服務業	職安衛政策：1.6、 1.5、1.1 規劃：2.12、2.13 實施與運作：3.27、 3.28、3.7、3.21 檢查與矯正措施： 4.6、4.8	規劃： 2.19 實施與運 作：3.19 檢查與矯 正措施： 4.9	職安衛政策：1.7 規劃：2.15、2.5、 2.8、2.14、2.1、2.3 實施與運作：3.23、 3.15、3.16、3.14、 3.2、3.1、3.18	規劃：2.7 實施與運作：3.17

此外，高科技產業、輕工業及服務業等產業，皆以「職安衛政策」(3.47)、「管理層審查」(3.46)及「檢查與矯正措施」(3.45)等面向指標的「執行現況」表現最佳，而在「實施與運作」(3.40)及「規劃」(3.31)兩面向指標則相對較差；重工業方面則以「實施與

運作」(3.24)、「檢查與矯正措施」(3.22)及「職安衛政策」(3.17)等面向指標的「執行現況」較佳，其餘「管理階層審查」(3.09)及「規劃」(3.06)兩面向指標的「執行現況」則相對較差。由上述結果可以得知，企業若要能迅速獲得職業安全衛生績效的提升，可以選擇執行成效較佳的面向指標來著手實施，如「職安衛政策」、「檢查與矯正措施」及「管理階層審查」等面向指標，而在「規劃」面向指標，則須先了解執行成效差的原因，克服困難後，再實施，才能獲得好的執行成效。

應執行程度方面，各面向指標的應執行程度之總平均值由高至低依次序為：「職安衛政策」(3.80)、「管理階層審查」(3.67)、「檢查與矯正措施」(3.64)、「實施與運作」(3.61)及「規劃」(3.60)等面向指標。各產業之應執行程度平均值皆在 3.5 分以上，介於「普通」(3 分)到「應執行」(4 分)之間，其中，「職安衛政策」面向指標應執行程度最高，僅稍低於「應執行」程度；顯示企業主管認為「職安衛政策」面向指標相較於其他的面向指標更應優先來執行。另一方面，各產業之應執行程度總平均值由高至低依次序為：「高科技產業」(3.70)、「重工業」(3.68)、「輕工業」(3.66)及「服務業」(3.63)等產業。各產業的應執行程度平均值皆在 3.5 分以上，介於「普通」(3 分)到「應執行」(4 分)之間，而稍低於「應執行」程度；顯示各產業企業主管普遍認為各面向指標皆應執行。

此外，高科技產業、輕工業及服務業等產業，皆以「職安衛政策」(3.80)、「管理階層審查」(3.67)及「檢查與矯正措施」(3.64)等面向指標為最應執行，其餘「實施與運作」(3.61)及「規劃」(3.60)兩面向指標的「應執行程度」則相對較低；而重工業方面則以「職安衛政策」(3.90)面向指標為最應執行，其餘「規劃」(3.66)、「管理階層審查」(3.64)、「實施與運作」(3.62)及「檢查與矯正措施」(3.59)等面向指標的「應執行程度」則相對較低。從以上結果可以得知，各類產業皆以「職安衛政策」為最應優先執行的面向指標，故應加以重視及執行。

伍、結論與建議

一、結論

- 1.本研究建立之「職業安全衛生績效評估指標」分為「職安衛政策」、「規劃」、「實施與運作」、「檢查與矯正」、「管理階層審查」等五大面向，共計 70 項指標。
- 2.專家及企業主管對於本研究所建立之職業安全衛生績效評估指標，大多認為應執行（政策、技術及經濟可行），顯示企業在通過 ISO 14001 驗證後，繼續推動 OHSAS 18001 是可行的，但在各面向的執行上尚有一定難度在，仍需找出執行不易原因，克服困難後，再執行，才能得到更好的執行效果。
- 3.各面向指標應執行程度方面，專家及企業主管皆認為「職安衛政策」面向指標為最應優先執行，其次為「管理階層審查」面向指標。執行現況方面，企業主管認為

「職安衛政策」面向指標的執行現況表現最佳，其次為「管理階層審查」面向指標。

- 4.各類產業應優先執行的指標，在輕工業方面為：1.6、2.12、3.17、3.27、3.28等指標；重工業方面為：1.1、1.5、1.6、2.12、2.16、3.7、3.17等指標；高科技業方面為：1.1、1.2、1.3、1.4、2.12、2.13、3.7、3.17等指標；服務業方面為：2.12、3.17、3.28等指標。可於後階段執行的指標，在輕工業方面為：2.8、2.15、2.19、3.14、3.15等指標；重工業方面為：2.19、3.25等指標；高科技業方面為：2.19、3.25等指標；服務業方面為：3.14、3.15、3.23、3.25等指標。
- 5.專家與企業主管在各面向指標的應執行認知差異方面，以「職安衛政策」與「管理階層審查」兩面向指標達顯著所佔的比例最高；且以專家認為各項指標之較「應執行」高於各企業主管；而整體有59項指標達顯著差異，佔全部70項指標，有 84.3% 指標達顯著差異。

二、建議

- 1.政府相關單位在職安衛部分應積極推動各類職業安全衛生績效評估指標之建立，尤其是重工業及高科技產業為優先，以符合未來產業發展及全球的發展趨勢需求。
- 2.企業應積極推行職業安全衛生績效評估指標之建立，以維護自己員工的安全衛生權益，並為企業留住好的人才著想。

參考文獻

一、中文部分

- 王瑜瑋 (2003)。品質、環境與安全衛生管理系統績效指標之研究。臺中：朝陽科技大學環境工程與管理所碩士論文。
- 朱高峰 (2001)。產業大觀。臺北：牛頓出版社。
- 吳國聖 (2006)。推行職業安全衛生管理系統之績效研究 - 以印刷電路板業為例。新竹：國立交通大學工學院碩士在職專班產業安全與防災學程碩士論文。
- 李威毅 (2001)。中小企業如何降低職災風險。綜效雙月刊，第 150 期。
- 李龍堯 (2002)。職業安全衛生與環境管理系統整合需求之探討。臺北：國立臺北大學資源管理研究所碩士在職專班碩士論文。
- 林建伸 (2000)。組織安全檢核表之編製 - 以宏觀人因工程的觀點來探討安全管理問題。臺南：國立成功大學工業管理研究所碩士論文。
- 林進田 (1993)。抽樣調查理論與應用。臺北：華泰。
- 洪中凱 (2002)。企業永續發展新競爭力：環境、職安衛管理系統整合之研究。嘉義：南華大學環境管理研究所碩士論文。

翁榮欽 (2006)。國內各類產業企業環境報告書需求內容之研究。臺中：國立臺中教育大學環境教育研究所碩士論文。

經濟部工業局工安環保報導 (2006)。環安管理資訊。線上檢索日期：2006/8/25，網址：<http://she.moeaidb.gov.tw/tai/reg.htm>。

經濟部統計處 (2006)。公務統計。線上檢索日期：2006/8/25，網址：<http://2k3dmz2.moea.gov.tw/gnweb/>。

二、英文部分

Finnegan, L. (1999). Sustainable development: business without Footprints, *Occupational Hazards*, 61(5), pp. 54-56.

Fortuin, Leonard (1988). Performance Indicators—why, where and How, *European Journal of Operational Research*, 34.

Greeno, J. (1999). Using EH&S to Create Business Value and Strategic Advantage, *Corporate Environmental Strategy*, 3, 40-46.

Kaufman, Roger (1988). Preparing Useful Performance Indicators, *Training & Development*, 80.

校園生物棲地物種指標建構之研究

A Setting-up of the Species Indicators for Biotopes in Campus

林明瑞*
Ming-Ray Lin

巫麗雯**
Li-Wen Wu

劉惠元***
Hui-Yuen Liu

李雅鳳****
Ya-Feng Li

(收件日期 97 年 2 月 13 日；接受日期 97 年 5 月 1 日)

摘 要

本研究為能建立生物棲地物種指標，以提供教育行政單位及各校進行校園環境或生物棲地規劃之參考，先藉由網路蒐集全國北、中、南、東共 146 所校園動植物資料，實地探勘中部四縣市 12 所經營有成之校園，並深入訪談 12 位具有環境教育實務經驗之教師、主任及校長，以取得具有環境教育、生態關鍵性、污染程度高低意義之指標物種，再將上述所得資料，經過校園生物棲地環境領域、環境教育領域及生物與生態領域等 12 位專家，進行德懷術專家三次以上來回調查，建構出「校園生物棲地物種指標」，共分永續校園環境政策（13 項）、水池（缸）、溪流（11 項）、花圃（10 項）、草地（4 項）及樹林區（21 項）五個面向，共計 59 項指標，其中生態系關鍵指標物種（指標 A）有 4 項；污染程度高低指標物種（指標 B）有 3 項；環境教育指標物種（指標 C）有 59 項。五大面向中以樹林區面向之權重最大，佔 24.7%，其次是永續校園環境政策面向之權重，佔 20.4%。以本研究建構之物種指標審視所蒐集之網路資料得知，19 種指標植物出現百分比例最高的是「耐污染樹種」指標，達 93.1%；28 種指標動物出現百分比例最高的是「蝴蝶」，達 83.3%。依本研究之結果，建議有意進行校園生物棲地營造之學校，可由重要性高、應執行性高、物種存活率高且棲地營造容易之指標著手進行，如此，校園生物棲地營造成功率會較高，亦建議教師將本研究建構之物種指標融入相關學習領域中，如此將能更確實落實此指標。

關鍵詞：校園生物棲地、物種指標、指標建構

*國立臺中教育大學環境教育研究所教授

**國立臺中教育大學環境教育研究所碩士暨臺中市進德國小教師

***國立臺中教育大學環境教育研究所副教授

****國立臺中教育大學環境教育研究所碩士

Abstract

This research aimed to set up the species indicators in biotopes, in order to offer reference for planning on the environment of campus or biotopes needed by educational administrators and every school. This research collected data by internet, on-site investigation and depth interview. Then based on collected data mentioned above, a Delphi questionnaire was compiled. Through three times of send out-recover-correct investigation, the species indicators for biotopes of campuses were set-up and categorized into “sustainable environmental policy for campus (13 indicators)”, “pond (tank) and brook (11 indicators)”, “flower nursery (10 indicators)”, “grass area (4 indicators)”, and “woods area (21 indicators)”, and summed up to 59 indicators. There were 4 ecological key-role indicator species (indicators A), 3 pollution indicator species (indicators B), and 59 environmental education indicator species (indicators C), which were included in the species indicators system. The weighting factor of woods area was about 24.7%, and the highest one among all five groups. The next one was “sustainable environmental policy for campus”, 20.4%. The data collected from internet were checked out by the species indicators system which was set-up by the study. The appearing percentage of 19 botanic indicator species, pollution enduring species, got to 93.1%. The appearing percentage of 28 indicators animals, butterfly, got to 83.3%. According to the result of this research, propose intending to carry on the school built in biotopes in the campus, can from importance high, the should carry outing high, species survival rate high and cache build easy indicator is it go on to set about, like this, biotopes in campus build success rate can relatively high. Advise teacher incorporate this species indicator relevant to study field also, can really implement this indicator even more so.

Key words: Campus Biotope, Species Indicator, Indicator Constructing.

壹、前言

學校是除了家裡之外，人類成長過程中最重要的生活與學習場所。汪靜明 (2000) 的研究指出落實環境教育最根本的方法就是從學校環境教育開始推廣。學校環境教育除了融入式環境教育課程之實施外，還需要將校園維持在一個適合環境教育情境教學的環境下 (林明瑞，1999)。Carol and Boulton (1995) 曾透過實証研究的方式，驗證校園環境對學生行為有相當大的影響。林明瑞 (1996) 的研究指出規劃校園步道可使同學更能深入體會和觀察朝夕相處的環境，激發其熱愛鄉土、珍惜萬物之情操，達到校園內環境教育的功能。王佩蓮 (2000) 的研究指出利用校園內現有的教學資源，包括動物、植物、建築物，作為教學的素材與活動的內容，讓教學從教室內走到教室外，從課本走入校園，也讓全校師生容易受到感召，達到環境教育情意方面的教學。生物棲地的校園環境教學，提供了第一手的實際自然景象，讓學生在自然環境中學習，對學習者知識的增進與態度的改變有極大的助益 (Nichols, 1990)。在一個有完整生物棲地的校園環境下，整個校園就是學習場所，學生可以從生活中實際的觀察物種彼此之間的生存關係，體認到生態平衡、物種生而平等，瞭解自然的循環、演化的原理，養成愛護動植物、尊重大自然的態度與習慣，逐漸建立人、生物及環境間相互依存的生態觀點，並能達到維持生物多樣性、環境教育、生命教育的功能，讓全校師生隨時隨地都可以進行情境教育 (林明瑞、葉茂森，2005)，上述文獻在在都說明了校園環境對教學的重要性。

近年已有部分學校行政主管為能讓學生體驗真實自然環境的平衡關係及變化情形，乃積極推動「校園生物棲地」的營造。「校園生物棲地」的營造利用生態學的原理和方法，在盡量減少人為的干擾及污染環境下，將校園維持在一個可以提供各種生物物種隱避及棲息的環境，讓生物能自由自在的生活在其中，以達到維持生物多樣性的目的 (劉惠元、林明瑞，2006)。對教師而言，提供全新的教學嘗試與成功機會；對校園野生物而言，則產生其生存棲地；對師生的學習而言，則讓師生在校園生活中獲得有意義之學習成長；對校園環境而言，則營造出生態化之校園環境 (吳文德，2001)。

吳勝斌 (2005) 的研究指出構成校園生物棲地環境有兩大面向，一為生物棲地環境，二為生存其間之生物物種。因此，若想有效建立校園生物棲地，就必須掌握這兩大面向中的關鍵環境條件及生物物種。吳勝斌 (2005) 的研究已將校園生物棲地環境指標建構完成，本研究延續其研究，進行校園生物棲地物種指標之建構，期望結果有助於有意營造校園，在有限的經費及資源下，能透過各物種指標的重要性、應執行性及不易執行性的研究結果，判斷該從何著手；學校可利用本研究建構之物種指標，長期觀察紀錄以建立完善的資料庫，作為教師教學資料庫。

本研究主要目的為能建置校園生物棲地物種指標，以為各校校園生物棲地營造時的參考。為了解校園生物棲地指標物種，本研究針對全國北、中、南、東共 146 所學校網站，蒐集各校所建置之校園動植物資料，建立食物網絡並從中探討食物網絡的關鍵性物種。再者，為了解目前校園棲地生物物種之現況，針對中部四縣市棲地經營有成 12 所國中小學，

進行校園環境現勘，並對其校園環境主要的營造主管或教師進行訪談。最後以上述兩項之結果為基礎，對校園生物棲地環境、環境教育及生物、生態領域等 12 位專家，進行德懷術專家問卷調查，以建置校園生物棲地物種指標及了解有效維護校園內重要指標物種的生存及其環境之方法。研究目的如下：

- 一、建構校園生物棲地物種指標。
- 二、瞭解各面向生物物種指標的重要性、存活容易度、營造棲地容易度及適合指標種類。
- 三、瞭解物種指標中，可作為校園內生態系關鍵物種、污染程度高低及環境教育的指標。
- 四、瞭解專家所建置的物種指標，在各校園中實際分佈及出現頻率。
- 五、瞭解校園中生物的食物網及關鍵物種分佈。
- 六、瞭解有效維護校園內重要指標生物物種的生存及其環境之方法。

貳、文獻回顧

生物棲地主要由生物物種及棲地環境所組成，故要建構生物棲地指標，則須分棲地環境指標及生物物種指標兩部分來建構，以下分別回顧棲地環境指標及生物物種指標之相關文獻。

一、棲地環境指標

根據吳勝斌 (2005) 之研究，可約略將永續校園棲地環境指標分為：永續校園政策與實施、校園生物棲地狀態評估兩大面向，各面向又可依棲地類型或全區性的特色擬定出許多指標細項。

(一)「永續校園政策與實施」面向指標

永續校園政策與實施面向指標係指校園環境規劃與建設完成後的管理方法，符合自然環境狀態的程度。

就「永續校園政策與實施」面向而言，其指標細項有：校園內是否有荒野教材園、大片草地、綠覆率、透水鋪面、有孔隙綠籬圍牆、草地維護方式…等。

(二)生物棲地狀態評估面向指標

生物棲地狀態評估面向，依棲地類型分出各項細指標，分別為荒野觀察區、草地、花圃、樹林、水池（缸）及溪流（含溝渠）等六種類型。

由上述可知吳勝斌 (2005) 的研究結果已將校園生物棲地環境指標分為永續校園政策與實施、荒野觀察區、草地、樹林、水池（缸）及溪流（含溝渠）等七大面向。

本研究以吳勝斌 (2005) 建構之永續校園棲地環境指標為依據，分別建構這七大面向

之生物物種指標。但陳聰志 (2007) 對吳勝斌 (2005) 所建構之校園生物棲地環境指標的適切性及現況進行調查，研究結果發現「荒野觀察區」的重要性、執行難易度、應執行程度及應努力程度均為七大面向中最低的面向，故刪除「荒野觀察區面向」。另外，因水池及溪流的物種均為水域生物，故將其合併並命名為「水池 (缸)、溪流」。因此，本研究以永續校園政策與實施面向、草地、花圃、樹林、水池 (缸) 與溪流等為五大面向，再針對這五個面向分別建構其生物物種指標。

二、生物物種指標

Gibbons, Reed 和 Chew (2002) 的研究指出物種對於棲地會有特定的需求，因此，選擇指標物種的標準之一，就是該物種須對棲地需求有著高度專一性 (Chovance & Waringer, 2001; Schiemer, Spindler, Wintersberger, Schneider & Chovance, 1991)。國際社會目前大多採用「物種指標」來表示生物多樣性變化，而物種指標需要具備下列特徵 (The Work Banks, 1995)：

- (一) 具有足夠的敏感性來指示早期的環境變化，它具有環境變遷的預警作用。
- (二) 具有較廣的地理分布範圍。當環境改變時，此類生物的分布範圍也會改變，而容易被偵測出來。
- (三) 比較容易收集資料及量度者。
- (四) 能夠用來反應只是因人類干擾而產生的變化。

依上述四點特徵來看，鳥類、兩棲類、蝶類與魚類可以作為良好的生物多樣性指標，因為他們廣泛的分布在地球上，且對環境變化較敏感，資料又容易收集 (林曜松，1999)。

校園生物棲地中的指標物種，依其功能角色可大致分為：生態系關鍵指標物種 (指標 A)、污染指標物種 (指標 B) 及環境教育指標物種 (指標 C)。

(一) 生態系關鍵指標物種 (指標 A)：

生態系關鍵指標物種經常位居於生態系中食物網中的結點角色，同時會有若干生物物種以此為捕食對象，若其族群數量減少或滅亡，可能危及整個生態系的安危者；校園自然生態系統將因有關鍵性物種存在，可吸引食物網絡中的生物物種進入校園，增添校園生物多樣性，讓校園中的食物網絡更加龐大、穩定。

(二) 污染指標物種 (指標 B)：

污染指標物種是指物種存在與否，足以顯示環境污染程度高低之物種者。蝴蝶向來被視為良好環境的指標物種，這些原生蝶種的存在與衰亡，無疑顯示出環境的良好及惡化 (徐增峰，2007)。兩棲類因有獨特的生活史 (蝌蚪期必須完全生活在水中) 和通透性極佳的皮膚，所以對環境品質特別敏感，亦被許多學者認為是生態環境變動的指標物種。國際間估計已約有 25% 的景觀工程利用蜻蜓或豆娘作為指標生物 (Chovanec & Raab, 1997)，評估其生態品質。Hermy and Cornelis (2000) 的研究曾以維管束植物種類、蝴蝶、鳥類及

兩棲類等四種生物作為公園內生物多樣性指標，顯示公園內生物多樣性應表示於「生態金字塔」中各層級動物種類組成的多樣性。就「生態金字塔」的觀點，最高級的野生猛禽類是絕佳的生態環境條件代表（林憲德，1999）。張鎮陽 (2003) 的研究中，則以蜻蛉目昆蟲為評估自然溼地環境品質之指標物種對象。

（三）環境教育指標物種（指標 C）：

環境教育指標物種是指此物種具有環境教育功能或可供作環境教育教材物種使用者。校園生物棲地中具有環境教育意義指標物種有鳥類、蚯蚓、竹結蟲、蝴蝶、螢火蟲、果樹、誘蝶食草、誘鳥樹種等。

本研究擬以生態系關鍵指標物種、污染指標物種、環境教育指標物種三類指標物種為分類標準，對各面向棲地的物種指標進行分類，作為教師教學參考。

參、研究方法

本研究目的為建構校園生物棲地之生物物種指標，透過本研究之架構圖（圖 1 所示）可知本研究主要步驟分為四大部分：（一）網路資料蒐集 146 所國中小生物物種資料（二）實地探勘國中小校園環境中的生物物種之現況，以建立校園食物網絡；（三）訪談有經驗的校園生物棲地經營者、自然保育及校園生物棲地專家學者及自然科資深教師，以了解校園內具食物網結點意義、顯示環境汙染程度及環境教育意義之物種；（四）利用專家德懷術問卷來建構校園生物棲地之生物物種指標。架構圖中，非本研究內容是指校園生物棲地中之棲地環境指標吳勝斌 (2005) 已建構完成，故不列入本研究中。本研究四大研究步驟詳述如下：

一、網路資料蒐集

先從網路上蒐集全國各區（北、中、南、東）校園動植物資料建立較完整之國中小學共 146 所，將所得的動植物資料以 excel 表格統計各物種出現之頻率，並將生物物種建置成食物網，從中探討食物網中的關鍵性物種，並選取校園中出現頻率較高之生物物種，納入專家德懷術問卷中，進行物種指標篩選。

二、實地探勘

（一）研究對象：

針對中部地區選擇 12 所棲地經營有成、擁有豐富生物物種與較完整自然棲地環境的臺中縣市之進德、黎明、中華、大甲、永安國小、東山國中，彰化縣三潭、福興國小、精誠中學，南投縣新民、內湖國小、瑞竹國中等國民中小學進行實地探勘，以瞭解目前校園生物棲地物種之現況。

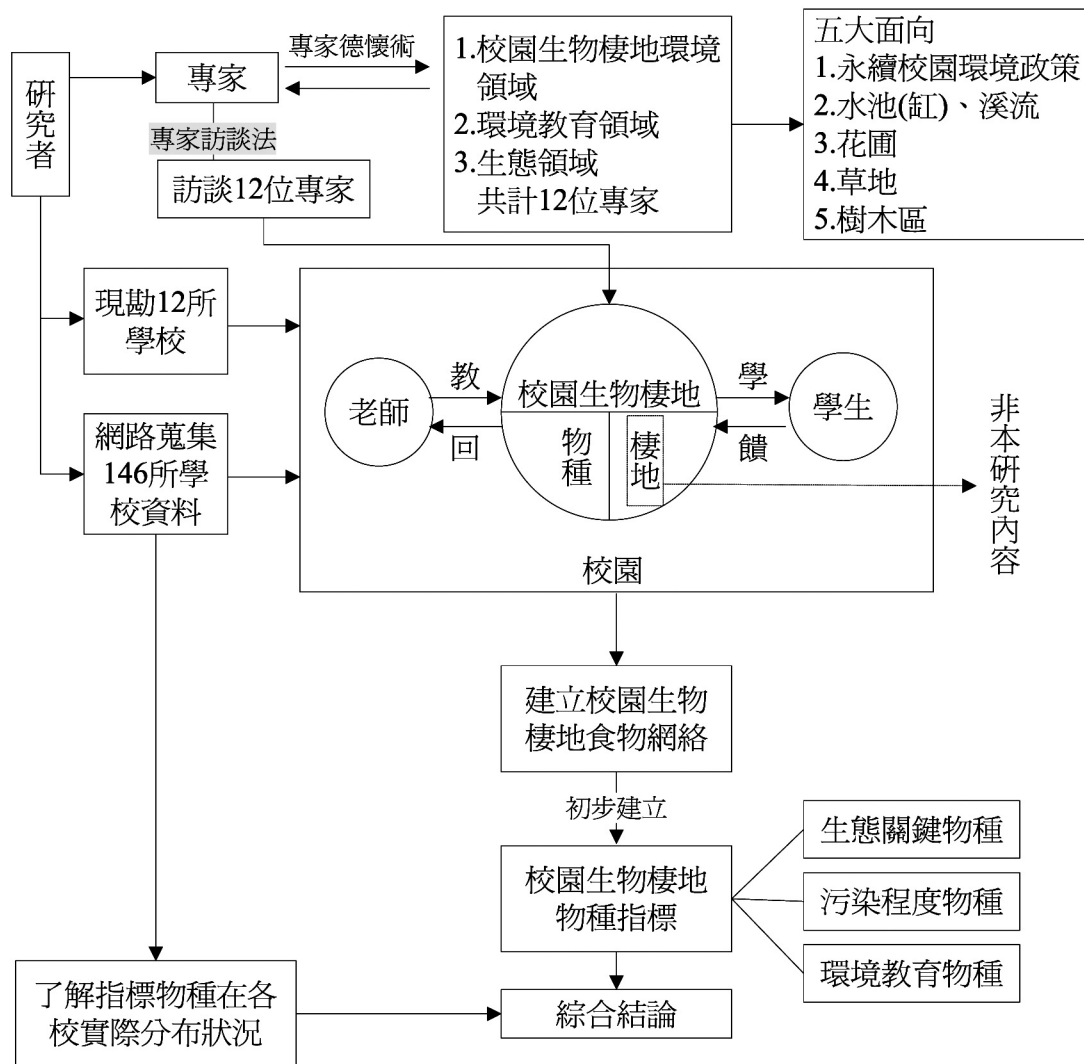


圖 1 研究架構圖

(二) 研究工具：

研究者依本研究目的及文獻回顧後，自編校園棲地之生物物種調查表，經專家審查後，依專家意見進行修改完成本調查表，調查表內容包含有校園棲地之規劃、設計及內容，生物相物種、數量，重要生物指標的篩選，及自然棲地之維護管理方式等四大部分。

(三) 進行方式：

研究者於事先徵求各探勘學校之棲地經營經驗者或資深自然教師同意，約定好現場探勘時間，並將調查表內容事先傳送給受訪者過目。研究者在受訪者陪同下，依所編製的調查表，進行國中小校園指標物種的現場探勘調查，並紀錄。

(四) 資料處理與分析：

現場探勘後，將所紀錄的調查表資料整理統計，試圖歸納出校園生物棲地物種、數量、出現的頻率、及如何有效維護管理校園生物棲地環境，並將結果納入德懷術問卷中，

以作為下階段研究的參考。再者，為能確認本研究的調查信度，本研究由研究者 (A) 另外再請兩位資深教師 (B、C) 擔任評分員，進行「觀察者信度」分析，依評分結果計算其相互同意度、平均同意度及評分者信度，其運算如下：

A 與 B 相互同意度： $2 \times 169 / (191 + 191) = 0.885$

B 與 C 相互同意度： $2 \times 148 / (191 + 191) = 0.775$

A 與 C 相互同意度： $2 \times 153 / (191 + 191) = 0.801$

平均同意度 $P = (0.885 + 0.775 + 0.801) / 3 = 0.820$

觀察者信度 $R = 3 \times 0.820 / \{1 + [(3-1) \times 0.820]\} = 0.932$

由上述分析結果顯示，本研究內容分析結果具有高度可信度。

三、訪談有經驗的校園生物棲地經營者

(一) 研究對象：

請臺中縣永安國小鄭清海主任（臺中縣資深自然科輔導員），臺中市上安國小胡淑娟校長（臺中市永續環境教育輔導團員）及臺中市黎明國小沈月清校長（具營造生物棲地經驗並參與九年一貫課程自然與生活科技學習領域的課程與教材研發）等積極推動校園生物棲地營造且經營有成之三人，提供對具有自然生態、生物棲地經營及環境教育實務經驗者名單，從中選取相互重複者共 12 位進行訪談。

(二) 研究工具：

為了解校園內具食物網結點意義、顯示環境污染程度意義及環境教育意義之生物物種，參酌相關資料及文獻，擬定訪談大綱初稿，訪談大綱初稿經專家審查後，修改完成「校園生物棲地物種指標訪談大綱」，訪談大綱內容包含：1. 受訪者校園內經常出現的物種及其出現的棲地環境狀況；2. 這些指標生物其污染程度、環境教育及食物網上的結點意義；3. 具有污染程度之指標意義、環境教育意義、食物網上的結點意義之物種為何；4. 如何維持校園環境，以利這些指標物種生存。

(三) 進行方式：

正式訪談進行前，先徵得受訪者的同意，並將訪談大綱傳送給受訪者，在徵得受訪者的同意下，訪談過程中採用錄音的方式，並於訪談結束後，轉譯為文字稿寄回給受訪者，請受訪者簽名確認，進行信效度檢核。若確定內容有誤或須修改，請受訪者寄回告知，研究者進行修改後將修改部分再以同樣流程進行確認動作，直到逐字稿內容足以代表受訪者所要表達的意思為止，以利於後續分析。

(四) 資料處理與分析：

最後，訪談大綱每個問題，依全部受訪者之意見，進行分類整理，得出大部分受訪者的共同看法、可能的不同看法，以各佔多少比例表示。

四、專家德懷術研究法

（一）研究對象：

本研究邀請棲地環境領域專家 3 位、環境教育領域專家 4 位及生物、生態領域專家 5 位等，共 12 位專家學者，組成專家德懷術小組。

（二）研究工具：

根據國內外相關文獻、網路蒐集的國中小動植物資料及現場探勘獲得的資料，編製本研究之研究工具「校園生物棲地之物種指標建構」問卷，採李克特五點量表評分方式，在「校園環境政策」面向，「重要性權重」由非常不重要至非常重要，分別給予一分至五分，「可執行性權重」由非常困難至非常容易，分別給予一分至五分；其於「水池（缸）物種指標」、「花圃物種指標」、「草地物種指標」、「樹木區物種指標」面向，「重要性權重」由非常不重要至非常重要，分別給予一分至五分，「物種存活容易度」及「營造棲地容易度」由非常困難至非常容易，分別給予一分至五分，「適合指標類」則為複選題。

（三）進行方式：

於專家德懷術小組確認之後，先以電話說明本研究之目的及德懷術問卷實施流程，徵得專家同意後，以郵寄問卷的方式，進行第一回專家德懷術問卷調查，問卷回收後，統計分析結果，並彙整專家學者意見，進行第二回問卷調查。第二回問卷寄發資料包含第一回問卷得分結果、各專家學者意見表及修正後問卷。第三回問卷進行方式如同第二回，至第三回問卷，各專家意見已達成共識，即已完成此問卷調查。本研究於 2005 年 11 月至 2006 年 5 月間，完成三回的專家德懷術問卷調查。

（四）資料處理與分析：

本研究對專家德懷術問卷中各指標「重要程度」的評定，以眾數、平均數與次數分配表來呈現各題的集中及離散情況，若各題之平均數四捨五入後與眾數相等及 70% 以上專家意見相同，則表示問卷已達收斂。

肆、結果與討論

本研究的研究結果分為四部分進行說明與討論。

一、網路資料收集及實地探勘國中小校園物種調查結果

本研究將網路蒐集所獲得的資料中較常見的生物物種依其棲息環境分為「水生生物」及「草地、樹林生物」兩類，從根據各物種在能量和物質運動中所起的作用，歸納為生產者（植物）、各級消費者（動物）或分解者（細菌、真菌）等角色。其中再細分消費者等級從一級（草食動物）、二級（肉食動物）到高級（人類）等依序建立的食物網絡如圖 2、

圖 3 所示。生態系關鍵指標物種是指位居於生態系中食物網中結點的角色，依此找出圖 2、圖 3 中生物存在對食物網絡的存亡有重大影響之關鍵性物種，如水生生物食物網中的蝌蚪、淡水螺、螢火蟲、青蛙、水蠶、豆娘，及草地及樹林生物食物網中的蜜源植物、蟋蟀、蝗蟲、螳螂、蜥蜴、蟬、獨角仙、锹形蟲、金龜子、天牛、蜘蛛、瓢蟲、椿象、阿勃勒、玉蘭花、光蠟樹等。

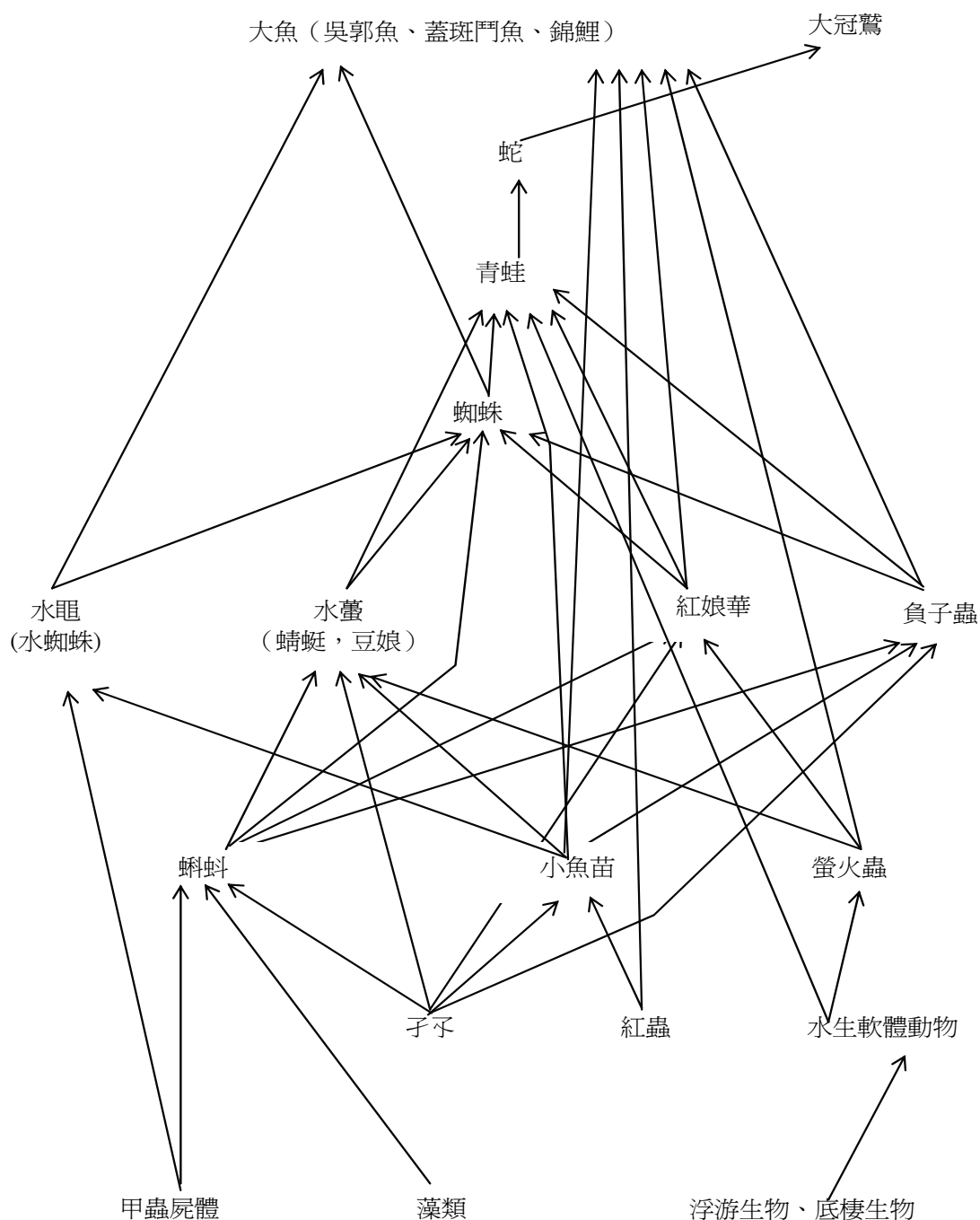


圖 2 水生生物食物網

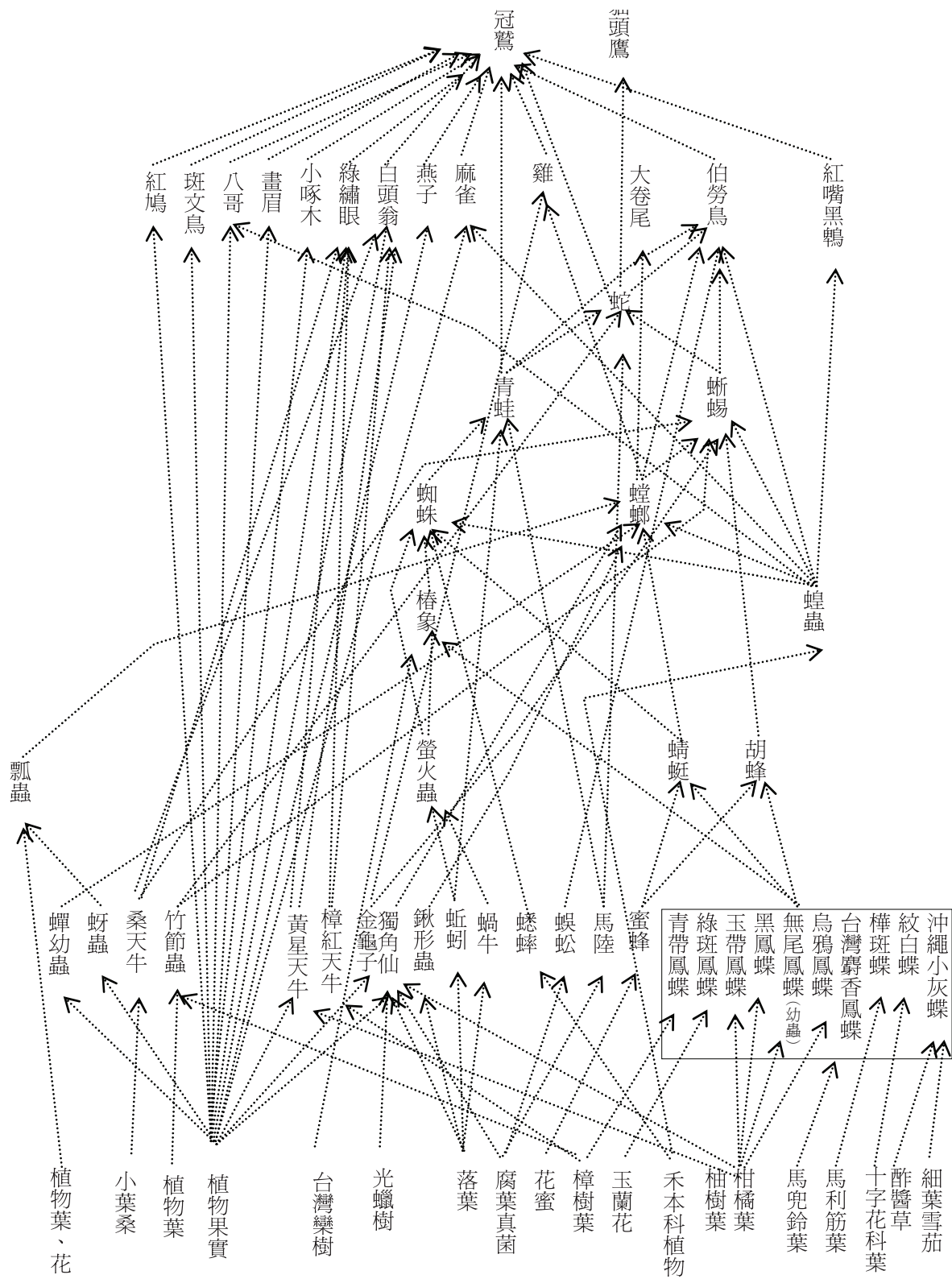


圖 3 草地及樹林生物食物網

二、環境教育實務工作者的訪談結果

(一) 校園中動植物大多出現在哪些地方？

校園內哪裡有食物或是可以棲息的地方就會看到動物們的蹤跡，像花叢、樹林區、草地、操場、農作教材園、水池、水溝甚至教室裡與走廊上都看的到。綜合所有受訪者的看法發現，校園內的植物分布多半依照實際用途與景觀設計來規劃種植，而動物則依季節、食草與棲息環境因素，才出現在適宜的棲地場域。因此只要棲地環境經營妥適，各種生物都有可能出現在校園裡的任何角落。

(二) 您認為這些生物物種對貴校的校園生態平衡、環境是否乾淨或受到污染及環境教育有何重要性及其意義？

100% (12/12) 的受訪者均認為在校園內出現的生物均有其存在的意義與重要性，尤其在環境教育方面。83% (10/12) 的受訪者認為校園內生物物種對生態平衡有其代表的意義與重要性；42% (5/12) 的受訪者認為校內部分的物種對環境是否受到污染具有指標性的意義，如具有忍受性或敏感性，17% (2/12) 的受訪者認為環境太過乾淨反而不自然，物種數量就不會太豐富。所有的受訪者均認為校內所出現的生物物種都具環境教育的意義與重要性，除了直接學習書本中的知識外，還可以看到各種生物存在之生態意義與體會生物之間相處、互相依賴的關係，甚至可以影響其日後進入社會中的行為與想法，將校內所學得的知識帶入社區、社會，甚至在回饋到學校裡。故提高我們對校園環境狀態的了解及關心程度，經常注意到物種出現的種類及數量的增減，皆可以提升校園環境物種豐富度。校園內物種種類愈豐富，生態系愈趨近穩定平衡，在此環境下，孩子能直接親身體驗，無形中的境教，對他們在學科知識的學習、正確保育態度的養成，都有事半功倍的成效。因此營造一個具生物多樣性的校園，對校園生態平衡、校園環境是否受到污染及環境教育上確有其重要性及意義。

(三) 您認為在校園生態平衡、環境是否乾淨或受到污染及環境教育方面具有指標性意義的物種有哪些？

校園環境中有許多物種皆可當作指標生物，端看人們以何種角度來解釋或看待牠們。17% (2/12) 的受訪者無法明確的指出適當的指標物種，要再更進一步詢問專家學者。其他受訪者 (10/12) 建議的指標中，生態關鍵性物種指標如大小卷尾、紅鳩、蝴蝶、蜻蜓等，多以鳥類為主；環境乾淨或受污染物種指標如螢火蟲、紅蟲、蜻蜓、蜥蜴、樟樹、水生植物等，以水生動物為主；環境教育物種指標如螢火蟲、黑冠麻鷺、地被植物、誘鳥植物、誘蝶植物、原生植物、榕樹、樟樹等與課程內容或生命有關的均可。詳細內容如表 1 所示。

(四) 您認為為了維持這些指標物種，需要如何維持其生存環境？

校園環境中若有豐富的食物來源，就會吸引動物過來。在植栽的選擇上盡量以當地原

生種植栽為主，並將校內部分區塊維持近似於大自然的雜林狀態，四周有圍籬，需教師帶領才可進入觀察，在顧及安全及美感的前提下可稍作修剪，如：草地長度過長、常有蛇出沒，樹木過高遮住教室光線影響學習，樹林中具攻擊性蜂群築蜂窩等。100% (12/12) 的受訪者都認為人為的干擾越少越好，只要就人常活動的區域範圍，為了安全及美感問題再稍加整理。25% (3/12) 的人認為可以請專人維護環境，或是教導小朋友維護環境的方法，讓孩子了解尊重生命與自然和平共處的方法和觀念。綜合所有受訪者的意見歸納出，校園裡棲地環境的規劃愈符合自然，經營管理過程愈少人為干擾，最能有效維持豐富的物種生存其中。

表 1 受訪者建議之各類指標物種一覽表

區域	國小	生態平衡物種指標	環境乾淨或受污染物種指標	環境教育物種指標
臺中縣	中華國小	大冠鷲、鳳頭蒼鷹、紅隼、大卷尾、臺灣欖樹、紅緣翅樁象、赤腰燕、燕子 (8) ^a	紅蟲、螢火蟲 (2)	螢火蟲、黑冠麻鷺 (2)
	永安國小	紅鳩、綠繡眼、斑文鳥，白頭翁、麻雀、斑頸鳩、蜻蜓 (7)	麗紋石龍子、臺灣及中國石龍子、喜鵲、樂仙蜻蜓、紫紅蜻蜓 (6)	教學上可用的皆可當環境教育指標
臺中市	進德國小	草皮植物、果樹、水薑 (3)		地毯草、臺北草、蚱蜢、蟋蟀、蚯蚓、瓢蟲、睡蓮、蓮花、浮萍、金魚藻、水蘊草，布袋蓮、牛筋草、兔兒菜、兩耳草、一枝香、孟仁草、含羞草、鬼針草、果樹 (芒果、龍眼、枇杷、蓮霧) 類 (引誘白頭翁、麻雀、蜜蜂)、榕樹 (白頭翁、麻雀)、黑板樹 (綠繡眼) (30)
	黎明國小	蝴蝶、水生植物如萍蓬草、水蓼衣、睡蓮、荷花、大萍 (6)	蝶、水生植物、樟樹、楓樹 (4)	仙丹、杜鵑、榕樹、橡樹、馬櫻丹、鳳仙，蔬果、松鼠、昆蟲 (9)
	東山國中	臺灣原生植物	蜻蜓、螢火蟲、鵲鴿、雲雀 (4)	桃花心木、臺灣樟樹 (2)
彰化縣	精誠高中	原生植物、檸檬桉	蝴蝶、鳥類、水生昆蟲、兩生類、甲蟲 (5)	山棕、臺灣海棗、黃藤、臺灣欖樹、無患子、臺灣蘇鐵、食茱萸、江某、皇蛾、羅氏鹽膚木、臺灣紅豆杉、紅檜、扁柏 (13)
	福興國小	榕樹、白頭翁、綠繡眼、麻雀 (4)		大王椰子、樟樹、白頭翁 (3)

南 投 縣	瑞竹	青蛙、蜻蜓、蝴蝶、	白鷺鷥、魚狗、	紅姬緣椿象、臺灣欒樹、蝴蝶、
	國中	老鷹、黑冠麻鷺、麻	小白鷺、小黑蚊、	水蘊草、蕨類、小卷尾、白鵲
		雀、白頭翁、綠繡眼、	家八哥、美洲含	鵠、家八哥、五色鳥、小啄木、
		珠頸斑鳩、紅鳩、赤	羞草、人厭槐葉	大冠鷺（11）
		腰燕、小卷尾、白鵲	蘋、青蛙、莫氏	
		鵠、家八哥、五色鳥、	樹蛙、澤蛙、粗	
		小啄木、大冠鷺、紅	鉤 春 蜓、螢 火	
		尾伯勞、小白鷺（19）	蟲、溪哥、蝴蝶	
			（14）	
	新民	樟樹、蚱蜢、白菜、		榕樹、樟樹（2）
	國小	紋白蝶（4）		

註 a：（ ）內數字表種類數目

（資料來源：本研究整理）

三、校園生物棲地之物種指標建構結果分析

（一）五大物種指標面向之結果

本研究彙整網路、訪談及現勘所得校內常見並具指標性之物種資料，共計篩選出 74 項指標，將其依永續校園環境政策、水池（缸）、溪流、花圃、草地及樹林區五大物種指標面向進行分類，進行專家德懷爾問卷調查，專家以物種是否具代表性意義、存活容易度等為依據進行填答，經三次來回調查專家意見已達收斂，建構出校園生物棲地物種指標為永續校園環境政策、水池（缸）、溪流、花圃、草地及樹林區五大物種指標面向，共計 59 項指標。五大物種指標面向中重要程度、可執行程度、物種存活容易度及營造此物種棲地容易度之平均值如表 2 所示。

整體來看，五大物種指標面向之重要程度、可執行程度、生物營造容易程度、物種存活容易程度及棲地營造容易度總平均值均大於或等於 4.0，可執行度總平均也趨近於 4，表示專家認為生物棲地營造是重要的且並不難，是可執行的。

就各別物種指標面向來看，應執行性部分，專家認為永續校園環境政策面向最應執行 (4.3)，其次為花圃及草地面向 (4.1)，再來依序為樹木區面向 (3.9)、水池（缸）、溪流面向 (3.9)，重要性部分也顯示永續校園環境政策最重要，由此可知專家認為「永續校園環境政策」之維護是最重要，應該是基於先有良好的環境政策與維護方式，才能營造豐富的生物棲地；物種存活容易度及棲地營造容易度部分的變化趨勢是一致的，兩者間緊密的關連性，可能是因為對大部分的物種而言，棲地若能營造的好，物種就容易存活；相關性 r 值（重要程度及生物營造容易度之相關性）部份，只有永續校園環境政策面向呈現顯著正相關，表示專家愈認為重要，愈花心思去了解，也就愈了解執行方法，因而執行容易度增高，反之，執行容易度降低。

表 2 五大物種指標面向指標之德懷術問卷調查結果平均值

指標面向	題數	重要程度 D	可執行程度 E	生物營造容易程度 H	物種存活容易程度 F	棲地營造容易程度 G	指標應執行程度	相關性 r 值	不易執行程度 d 值
永續校園環境政策	13	4.4 (1)	4.1	4.1 ^c	×	×	4.3 ^a (1)	0.58 [*] (1)	0.34 (1)
水池(缸)、溪流	11	3.9 (3)	×	3.75 ^c (4)	3.8 (3)	3.7 (4)	3.8 ^b (5)	0.322 (4)	0.26 (2)
花圃	10	3.8 (4)	×	4.35 ^c (2)	4.4 (2)	4.3 (2)	4.1 ^b (2)	0.468 (2)	-0.62 (5)
草地	4	3.7 (5)	×	4.55 ^c (1)	4.5 (1)	4.6 (1)	4.1 ^b (2)	0.313 (5)	-0.20 (4)
樹林區	21	4.0 (2)	×	3.85 ^c (3)	3.8 (3)	3.9 (3)	3.9 ^b (4)	0.352 (3)	0.08 (3)
合計 / 總平均	59	4.0	4.1	4.1	4.1	4.1	3.9		

註：*表 $p < 0.05$ ，達顯著差異；× 表本面向未詢問相關之內容；() 內的數字代表排名順序；

r 值表 D 與 H 之相關性；d 值表各項指標之不易執行度：D-H

註：a：指標應執行程度為：(D+E)/2 b: 指標應執行程度為：(D+H)/2

c：生物營造容易程度 = E e：生物營造容易程度：(F+G)/2

「永續校園環境政策」面向之重要性、應執行程度、不易執行程度（d 值）及相關性（r 值）皆為各面向之最高，顯示專家認為校園環境規劃及建設完成後的管理方法是否符合自然環境狀態是最重要且最應執行，但相對最不易執行。除了永續校園環境政策面向外，其餘各物種指標面向之生物營造容易度（物種存活容易度及棲地營造容易度之平均值）與應執行程度的排序相同，表示應執性高的物種指標面向，其生物營造容易度也高；且當各物種指標面向應執行程度增加時，不易執行程度則隨之降低，也就是執行容易度隨之增加，這表示有心要營造及維護時，生物營造就容易成功。

（二）五大指標面向下之各物種指標結果

五大物種指標面向下之物種指標平均重要性眾數均在 3.0 以上，專家認為 59 項指標均具環境教育意義，其中適合當生態關鍵性物種指標的有 4 項，分別為指標 14（兩棲類）、指標 17（蜻蛉目昆蟲）、指標 36（蚯蚓）及指標 48（貓頭鷹）；污染程度指標物種有 3 項，分別為指標 16（螢火蟲）、指標 19（白鷺鷥、翠鳥、鵲鴿）、指標 20（溪哥、蝦虎、溪蝦），詳如表 3 所示，教師可依此研究結果，於適當的棲地環境尋找其課程所需要的物種指標作為其上課材料，也可以透過污染程度及生態系關鍵性物種指標的觀察紀錄來了解校園環境的變化。

由應執行程度來看，永續校園環境政策面向中，應執行度最高的是第 9 指標「校園內盡量少使用農藥」，避免生物棲地受到破壞，生物遭到毒害，以維護生物多樣性。應執行度最低的是第 1 指標「校園四周緊連其他生物棲息地」，因校園四周環境方面，學校無法介入變更所致；水池（缸）、溪流面向中，應執行度最高的是第 24 指標「校園水池中勿放養外來物種」，應執行度最低的是第 16 指標「螢火蟲」；花圃面向中，應執行度最高的是第 25 指標「蜜源植物」、第 27 指標「十字花科植物」、第 29 指標「桑樹」，因為這幾項指標均為國中小課程中常見的物種，應執行度最低的是第 28 指標「蘇鐵」、第 30 指標「福祿桐、月橘」；草地面向中，應執行度最高的是第 35 指標「直翅目昆蟲」、第 37 指標「含羞草、昭和草、蒲公英、紫背草、黃鵪菜、葎草、火炭母草、鵝兒腸、酢醬草」，應執行度最低的是第 38 指標「地被植物」；樹林區面向中，應執行度最高的是第 53 指標「誘鳥植物」，應執行度最低的是第 48 指標「貓頭鷹」。

表 3 校園生物棲地之物種指標內容與權重

一	指標面向：永續校園環境政策 (權重百分比例 20%)	重要 程度 眾數	可執行 程度眾 數	應執 行程 度	相關 性 r 值	不易 執行 程度 d 值
1	校園四周緊連其他生物棲息地 (例如樹林、農田、果園、廢耕地、河流、灌溉渠、排水渠、水塘及荒地) 邊界，所佔長度的百分比例之高低。	4	3	3.5	0.000	0.75
2	學校四周圍牆屬於多孔性且高度低 (方便蛙類等小動物穿越) 或種有蔓藤或綠籬等植栽 (可以吸引昆蟲、造成綠帶)。	4	4	4	-0.174	0.17
3	學校校園內某處進行朽木及落葉堆肥處理，促進有機物質循環，提供動物棲息的場所並作為土壤改良劑。	4	4	4	-0.482	-0.17
4	校園綠地中含有適當比例之草地、灌木叢及喬木群，並能盡量成為多層次植栽，提供多樣性的生物棲地。	5	4	4.5	-0.082	0.58
5	校內有特別營造及維護生物物種之棲息環境，如綠帶、藍帶、荒野觀察區及生態池等。	4	4	4	-0.536	-0.08
6	校園內草地草種多樣化並維持適當高度，以提供小生物棲息其中。	5	4	4.5	0.192	0.25
7	在顧及學童安全的情況下，校園內水池或溪流岸邊為非水泥性之緩坡，池底有泥沙、挺水植物及石塊供小生物穿越棲息其中。	4	4	4	0.085	0.58

8	校內有人負責紀錄校園生物棲地之物種狀況，以提供自然保育及環境教育教學時使用。	5	4	4.5	-0.293	0.67
9	校園內盡量少使用農藥，並藉修剪、捕捉或生物防治等方法防治病蟲害，以避免各種生物遭到毒害，以維護生物物種的多樣性。	5	5	5	0.000	0.33
10	校園內的本土植栽種類及數量比例（選項有：80%以上 80-61% 60-41% 40-21% 20%以下）。	4	4	4	0.160	0.25
11	適當的校園綠覆率（由綠色植被所覆蓋部分面積（含樹蔭）與基地面積百分比），含花臺或網架植栽區（選項有：80%以上 80-61% 60-41% 40-21% 20%以下）。	5	4	4.5	0.192	0.25
12	適當的校園透水鋪面百分比（選項有：80%以上 80-61% 60-41% 40-21% 20%以下）。	4	4	4	0.533	0.25
13	校內選植植栽優先順序為適應該校生長環境的原生種、歸化種、園藝種。	4	4	4	-0.118	0.58
本面向指標平均值		4.4	4.1	4.3		

註：指標應執行程度為：（重要程度 + 可執行程度）/2；r 值表各項指標的重要程度及生物營造容易度之相關性；d 值表各項指標之不易執行度

二	指標面向：水池（缸）、溪流物種指標	重要程度 眾數 D	物種存活 容易程度 眾數 F	營造棲地 容易程度 眾數 G	應執行 程度	適合 指標 類	r 值	d 值
14	兩棲類，如金線蛙、小雨蛙、澤蛙、拉都希氏赤蛙與黑眶蟾蜍等。	4	4	5	4.3	A,C	0.155	-0.21
15	淡水貝類，如蜆、螺（卷螺、川螺、廣口螺）…等	4	4	4	4.0	C	0.000	0.58
16	螢火蟲	3	2	2	2.5	B,C	-0.192	1.04
17	蜻蛉目昆蟲（如豆娘、蜻蜓（及其幼蟲水虃）等）（水質較乾淨）	4	4	4	4.0	A,C	0.504	0.21
18	水黽、龍蝨、紅娘華	4	4	4	4.0	C	0.187	-0.08

19	白鷺鷥（水質不拘）、翠鳥（魚狗）（水質清澈）、鵲鴿	4	2	3	3.3	B,C	0.129	1.38
20	溪哥、蝦虎、溪蝦（水質清澈、溶氧量高）	4	3	3	3.5	B,C	0.121	1.24
21	蓋斑鬥魚、大肚魚（溶氧量中等，水質中等）、青魚將魚、鯽魚	4	4	5	4.3	C	0.412	-0.38
22	適合在污染水質中淨化水質之水生植物，如：人厭槐葉蘋、布袋蓮、大萍（水芙蓉）、水蘊草	3	5	5	4.0	C	0.294	-1.42
23	選擇種植適合該校地理條件的水生植物（臺灣萍蓬草、菱角、大安水蓑衣、睡蓮、荷花、金魚藻、水稻、茭白筍）	4	4	4	4.0	C	-0.310	-0.21
24	校園水池中勿放養外來種，如外來的觀賞魚、琵琶鼠、牛蛙、泰國鱧、美國螯蝦、吳郭魚、巴西烏龜等。	5	5	4	4.8	C		0.17
本面向指標平均值		3.9	3.8	3.7	3.8			

三 指標面向：花圃物種指標

25	蜜源植物，如馬纓丹、非洲鳳仙花、繁星花、有骨消、長穗木、龍船花、細葉雪茄花	4	5	5	4.5	C	0.076	-1.04
26	蝴蝶寄主植物（食草），如柑橘類（柚子）、馬利筋、苧麻、玉蘭花	4	5	4	4.3	C	-0.024	-0.46
27	菜圃裡白菜等十字花科植物（紋白蝶）	4	5	5	4.5	C	-0.090	1.00
28	蘇鐵（含臺東蘇鐵（耐污染））	3	4	4	3.5	C	0.367	-0.88
29	桑樹（養蠶教學）	4	5	5	4.5	C	0.570	-0.79
30	福祿桐、月橘（七里香）（耐污染較敏感）（屏障、綠籬）	3	4	4	3.5	C	0.365	-1.28
31	蝴蝶	4	4	4	4.0	C	0.612	-0.08
32	蜂（蜜蜂、泥壺蜂及細腰蜂等）	3	4	4	3.5	C	0.786	-0.46
33	蜘蛛	4	4	4	4.0	C	0.866	0.08
34	瓢蟲、蚜蟲	4	4	4	4.0	C	0.823	-0.33
本面向指標平均值		3.8	4.4	4.1	4.1			

四 指標面向：草地物種指標								
35	直翅目昆蟲(蟋蟀、螻蛄、螽斯(紡織娘)及蝗蟲)	4	5	5	4.5	C	0.533	0.13
36	蚯蚓	4	5	4	4.3	A,C	0.500	0.06
37	含羞草、昭和草、蒲公英、紫背草、黃鵪菜、葎草、火炭母草、鵝兒腸、酢醬草	4	5	5	4.5	C	0.188	-0.79
38	地被植物，如兩耳草、臺北草、地毯草、車前草、蛇莓、狗牙根、天胡荽、雷公根	3	4	4	3.5	C	0.402	-0.21
	本面向指標平均值	3.7	4.5	4.6	4.1			
五 指標面向：樹林區物種指標								
39	蟬	4	4	4	4.0	C	0.403	0.58
40	鞘翅目昆蟲(鍬形蟲、獨角仙、金龜子、天牛)	4	4	4	4.0	C	0.185	0.45
41	光蠟樹(獨角仙成蟲棲所)	4	4	4	4.0	C	-0.114	-0.21
42	椿象、臺灣欒樹	4	4	5	4.3	C	-0.273	-0.46
43	螳螂	4	4	4	4.0	C	0.856	-0.08
44	蜈蚣、馬陸、鼠婦	3	4	3	3.3	C	0.752	-0.17
45	蜥蜴、石龍子	4	4	4	4.0	C	0.366	0.04
46	竹節蟲	4	4	4	4.0	C	0.116	0.00
47	松鼠	3	4	4	3.5	C	0.524	1.00
48	貓頭鷹	3	2	3	2.8	A,C	-0.034	1.00
49	植食性鳥類，如紅鳩、斑頸鳩	4	4	4	4.0	C	0.114	-0.38
50	肉食性鳥類，如大卷尾(平地)、小卷尾(山地)、白鷺鷥、黑冠麻鷺	4	3	3	3.5	C	0.012	0.67
51	雜食性鳥類，如小啄木(山區)、燕子(小雨燕、家燕、洋燕或赤腰燕)、紅嘴黑鵯、綠繡眼	4	4	3	3.8	C	0.361	0.33
52	喜鵲	3	3	3	3.0	C	0.100	0.00
53	誘鳥植物(果樹如芒果、龍眼、蓮霧、枇杷)(構樹、雀榕、苦楝、臺東火刺木、木棉、火焰木、刺桐)	5	4	4	4.5	C	0.258	0.58

54	誘蝶植物(阿勃勒、烏心石、鐵刀木、大青、香楠、大葉楠、臭娘子)	4	4	4	4.0	C	0.728	-0.25
55	耐污染樹種：榕樹、楊梅、相思樹、青剛櫟(耐二氧化硫)、樟樹、楓香、茄苳(耐臭氧吸收力強)、桃花心木(酸雨，空氣品質)、羊蹄甲、黃槿、福木、黃連木	4	4	4	4.0	C	0.702	-0.17
56	枯木	4	4	5	4.3	C	0.923	0.17
57	本土植物，如江某、無患子、羅氏鹽膚木、杜英	4	4	4	4.0	C	0.848	0.04
58	附生植物，如蕨類(鳥巢蕨、抱樹石蕨、伏石蕨、星蕨、崖薑蕨…)、蘚苔、地衣、蘭科植物等，有其中之一者	4	4	4	4.0	C	0.380	0.42
59	藤類植物，如地錦(爬牆虎)、薜荔(綠化建物植栽)、爬森藤、馬兜鈴、鷓鴣蔓、飛龍掌血、金銀花、臺灣何首烏、雞屎藤、三角葉西番蓮(蝶類寄主植物)等，有其中之一者	4	4	4	4.0	C	0.361	-0.25
本面向指標平均值		4.0	3.8	3.9	3.9			

註 1：A 表生態系關鍵物種，B 表污染程度高低指標物種，C 表環境教育指標物種

註 2：粗體字表專家認為「非常重要」的指標

註 3：指標應執行程度為： $(D+H)/2$

註 4： r 值表各項指標的重要程度及生物營造容易度之相關性。 $r \geq 0.7$ 時，為高度相； $0.4 \leq r < 0.7$ 時，為中度相關； $0 \leq r < 0.4$ 時，為低度相關； $r < 0$ 時為負相關

註 5： d 值 < 0 ，表指標容易執行； $0 \leq d \leq 0.5$ ，表指標尚可執行； $0.5 < d \leq 1.0$ ，表指標稍不易執行； $1.0 < d \leq 1.5$ ，表指標不易執行

整體來看，專家認為第 14、21、24、25、27、29、35、37、42、53、56…等指標為應執行高、重要性高且其物種存活及棲地營造容易度也很高，因此剛開始要著手進行校園生物棲地營造之學校，可以由上述幾項指標著手，可以快速的看到棲地營造的成效。

由相關性來看，全部 59 項指標中，呈正相關的共有 43 項，即重要性愈高時，生物營造容易度就愈高；重要性愈低，則反之，表示專家認為這些指標愈重要，學校願意付出努力營造此物種之生物棲地（如透水鋪面、原生物種、本土物種、耐污染植物、螳螂、瓢蟲等物種之生物棲地）就有成果，其中屬中度相關以上者 ($r \geq 0.4$) 有 19 項，且以樹林區面向最多，佔 42.1% (8/19，表示 19 項指標中有 8 項)，永續校園環境政策面向最少，佔 5.3% (1/19)；呈負相關的共有 13 項，即重要性愈高時，指標生物營造容易度愈低；重要

性愈低，則反之，表示專家愈認為這些指標重要，學校有心想營造其生物棲地，愈發現其難處，而成愈不易營造之指標（如校內藍、綠帶的營造、螢火蟲、專人負責記錄物種等），這些指標生物或議題的共同特性，具有一定的知名度或對此議題已有概略了解，但如何達成棲地營造的目標，則大家還在摸索階段，沒有一致可遵循法則，因此才會愈想經營，困難度愈高的現象，且以永續校園環境政策面向最多佔 46.1% (6/13)，各項指標其重要性與生物營造容易度成負相關之原因詳如表 4 所示。

由不易執行度來看，59 項指標中屬尚可執行之物種指標 ($d < 0.5$) 有 45 項，表指標重要且在校園中較容易執行，其中以樹林區面向佔 37.8% (17/45，45 項中有 17 項) 為最多，其次依序為花圃 (20.0%)，永續校園環境政策 (17.8%)，水池（缸）、溪流 (15.5%)，最少的是草地 (8.9%)，這些指標多是校內及課程內容常見之物種；稍不易執行 ($0.5 < d \leq 1.0$ ，11 項) 與不易執行者 ($1.0 < d \leq 1.5$ ，3 項) 共計 14 項，以永續校園政策面向稍不易執行及不易執行者之指標比例最多，佔 35.7% (5/14)，其次為水池（缸）、溪流及樹林區面向佔 28.6% (4/14)；而不易執行之指標 3 項，全在水池（缸）、溪流面向，如表 5 所示。在全部的稍不易執行之指標中，大部分因此物種生物棲地經營方式或此類指標物種之營造是最近這幾年才逐漸受到重視，若要成效顯現出來仍需要各學校若干時間的推動，目前雖為稍不易執行指標，本研究仍建議保留，如指標 4、7、8、13、15、27、53 等。指標 1「校園四周緊連其他生物棲息地」因主動權不在學校，因此稍不易執行，但這指標卻有利於校園環境的多樣性，因此此指標仍值得保留；而指標 15「淡水貝類」雖為稍不易執行指標，但因各校只要有泥沙底之水池（缸）、溪流，就一定會有淡水貝類，且因平時各校較不重視此問題，再加上水池（缸）、溪流之生態化呼籲是最近這幾年的事，保留此指標俱有提醒各校持續推動的功能，因此此指標仍值得保留。指標 27「菜圃裡十字花科植物」、指標 53「誘鳥植物」原就可以存在於校園中，只因各校無特別關注，目前雖為不易執行指標，但對校園環境生物多樣性確有幫助，此兩指標建議保留。樹林區指標群中的指標 39「蟬」因自然與生活科技領域及環境教學經常會利用到，因此建議保留；而指標 48「貓頭鷹」、指標 50「肉食性鳥類」雖在校園中僅偶爾出現，但因有這指標存在，確有利於校園完整食物網的建置，因此建議保留。而水池（缸）、溪流面向中的指標 16「螢火蟲」、指標 19「白鷺鷥、翠鳥、鵲鴿」及指標 20「溪哥、蝦虎、溪蝦」，一者因各校在水池（缸）的比例約只有 1/3，有溪流的比例更低於 3%，再者需要生態的環境及乾淨的水質，對各校而言，除了不常有這樣的水域環境外，這些指標也不易達成，因此本研究建議刪去此三項指標，最後共建議 56 項指標。

表 4 重要性及生物營造容易度呈負相關之指標及原因 ($r < 0$)

指標	指標內容	r 值	原因
永續校園環境政策（46.2%）			
2	學校四周圍牆屬於多孔性且高度低	-0.174	由訪談內容得知校園在建立之初並無生物多樣性相關知識，故多以水泥圍牆為主，以致需等待經費才能改建為多孔隙綠籬，故 r 為負值。
3	學校校園內某處進行朽木及落葉堆肥處理	-0.482	何晨瑛（2004）的研究指出因落葉產生速度高於堆肥腐熟速度，導致學校實施不易。
4	校園綠地中含有適當比例之草地、灌木叢及喬木群	-0.082	葉茂森（2003）的研究指出經費不足常造成校內難以規劃及營造各物種之棲息環境，而學校沒有專門人才來管理維護紀錄自然環境資源，亦造成規劃設置各種棲地之困擾，故 r 均為負值。
5	校內有特別營造及維護生物物種之棲息環境	-0.536	
8	校內有人負責紀錄校園生物棲地之物種狀況	-0.293	
13	校內選植植栽優先順序為適應該校生長環境的原生種、歸化種、園藝種	-0.118	張子超（2003）的研究指出以親和性之圍籬及多層次生態綠化來營造生物多樣化之環境，即多採用原生種植栽（最適合本土之氣候與環境）、多層次植栽、立體綠化（增加牆面與屋頂之綠化，以降低建築物之熱負荷並增進校園美觀）。
水池（缸）、溪流（15.4%）			
16	螢火蟲	-0.192	吳加雄（2001）的研究指出螢火蟲棲地常因為了美觀安全而除草的行為及燈光而受干擾，造成棲地營造及物種復育的困難。
23	校園水池中勿放養外來種	-0.310	彭國棟（2003）的研究指出要設法防止人為放置福壽螺、巴西龜、琵琶鼠等外來物種進入水生生態池中，導致生態失衡之問題。
花圃（15.3%）			
26	蝴蝶寄主植物（食草）	-0.024	吳勝斌（2005）的研究指出符合生物多樣性及環境教育所需的校園環境，應能符合種植本土多樣性的生物食草與蜜源植物，但因物種對食草有專一性的問題，故實施不易。
27	菜圃裡十字花科植物	-0.090	
樹林區（23.6%）			
41	光蠟樹	-0.114	本指標為臺灣特有種且為行政院農委會主要造林物種，其樹液是很有觀賞及教學價值的獨角仙成蟲所嗜食，因此有許多校園已逐漸開始計畫的栽植做庭園造景及復育獨角仙教學使用。

42	椿象、臺灣欒樹	-0.273	高雄都會公園導覽手冊中指出在臺灣欒樹上可看到臺灣欒樹、赤星椿象及赤腰燕等食物鏈的活教材，與接受訪談的李戊益老師有相同看法。
48	貓頭鷹	-0.034	中興大學推行有機校園禁用農藥等化學藥劑可發現貓頭鷹築巢現象表其屬環境優良之指標。

表 5 稍不易執行及不易執行之指標及處理方式 ($d \geq 0.5$)

指標	指標內容	d 值	處理方式
永續校園環境政策 (35.7%)			
1	校園四周緊連其他生物棲息地	0.75	學校無權介入學校周邊土地的地貌變更，導致本指標稍不易執行，將生物棲地相關觀念推廣至週邊鄰里居民方可以改善並落實本指標。
4	校園綠地中含有適當比例之草地、灌木叢及喬木群	0.58	校園植栽多樣性觀念近年才開始在校園中推廣開來，且因植栽等硬體設施在短時間難以改善，導致本指標稍不易執行，但此指標對校園環境永續仍相當重要。
7	校園內水池或溪流岸邊為非水泥性之緩坡	0.58	生態工法觀念近年才開始逐漸受到重視，以往多以磚塊水泥池（河）岸，因此導致本指標稍不易執行，而新建及改建之學校已開始慢慢落實本指標，因此本指標仍值得保留。
8	校內有人負責紀錄校園生物棲地之物種狀況	0.67	因教師身兼課務及行政業務，再執行本指標會增加教師額外負擔，若可將本指標列入行政業務評鑑項目即可提高本指標執行容易度
13	校內選植植栽優先順序為適應該校生長環境的原生種、歸化種、園藝種	0.58	原生物種觀念近年才開始受到重視，導致本指標稍不易執行，需要稍長一段時間的推廣及落實。
水池（缸）、溪流（28.6%）			
15	淡水貝類	0.58	需要校內有水池（缸）、溪流等棲地才有本指標物種，故本指標稍不易執行，其實只要有泥沙底之水池、溪流就會有淡水貝類，本指標值得保留。
16	螢火蟲	1.04	本指標受乾淨水源、草地河岸、食物來源、無使用農藥及光害等四要素交互影響，而校園多鄰近住宅區又因安全因素路燈多，故本指標不易執行，只有少數學校可以達成，建議刪去。

19	白鷺鷥、翠鳥、鵲鴝	1.38	本指標須有溪流，而學校多是周邊農地而非校內有溪流等棲地，故故本指標不易執行，建議刪去。
20	溪哥、蝦虎、溪蝦	1.24	本指標須有溪流且水質要求高，故本指標不易執行，建議刪去。
花圃（7.1%）			
27	菜圃裡十字花科植物	1.00	本指標物種容易吸引人稱害蟲之蝶類，多不願意執行，故本指標稍不易執行，但因本指標可深入推廣生物多樣性觀念，本指標仍建議保留。
樹林區（28.6%）			
39	蟬	0.58	有人認為本指標物種在夏季常因噪音問題影響教學，多不願意執行，故本指標不易執行，但基於教學需要仍有保留的必要。
48	貓頭鷹	1.00	本指標物種因屬夜型性物種，平時不易觀察到，且白天易受人為干擾，因此故本指標稍不易執行，為宣導尊重物種仍可保留此指標。
50	肉食性鳥類	0.67	因肉食性鳥類生活領域廣闊，不易觀察紀錄，此指標稍不易執行，但基於建置完整的校園食物網，此指標仍有保留的必要。
53	誘鳥植物	0.58	以往校園營造時未注意選植相關植栽以增加生物多樣性雖近年已受到重視，但仍需要一段時間方能長成較大植栽，以供隱蔽棲息空間及食物來源，故本指標仍屬稍不易執行指標，但仍有保留此指標的必要。

註：d ≥ 0.5 表指標稍不易執行及不易執行程度

綜合專家德懷術問卷及專家訪談的研究結果得知，校內永續發展政策之重要性最高，有好的政策與理念才能營造出豐富的生物棲地。其次，在維護校內生物物種多樣性，營造棲地環境方面，專家及自然科資深教師、有經驗的校園生物棲地經營者、自然保育及校園生物棲地專家學者皆認為，人為的干擾愈少，愈能營造出自然棲地環境狀態，以維護物種生存之棲地環境，並以非農藥或生物防治方法維護校園棲地環境，勿使用殺蟲劑、除草劑等會大量破壞物種棲地環境之化學藥劑。而營造校園生物物種豐富度，應以適合當地之生物物種為主，勿勉強種植原不屬於該地之原生物種，且要有專人負責營造校園生物棲地，並記錄校內物種數量及種類，才能建立校內自然資源庫，藉由校內出現之物種種類與數量，可讓學校師生隨時了解校園環境狀態及是否遭到污染，也將有助於孩子們學習與教師教學。

四、利用本研究建立出的 46 項物種指標分析網路及現勘兩部分的物種資料

網路及現場探勘兩部份之物種出現頻率計算方式相同，其物種出現頻率計算方式為：
(母群體樣本數 - 未出現的學校數) / 母群體樣本數，此部份之結果分述如下：

(一) 網路蒐集資料

利用本研究所建構出的生物物種指標審視網路蒐集的 146 所校園自然資源發現「生態系關鍵指標物種 (A)」出現的百分比例平均值為 25%，「污染指標物種 (B)」出現的百分比例平均值為 13.3%，「環境教育指標物種 (C)」出現的百分比例平均值為 100%；原生物種出現的百分比例平均值為 39.2%，如表 6 所示。

表 6 各校網頁動物資料中，指標 A、B 及原生種指標出現百分率

指標 標號	指標內容	出現百分比例 (%)	出現比例 排序
指標 A(生態關鍵性物種)			
14	兩棲類，如金線蛙、小雨蛙、澤蛙、拉都西氏赤蛙與黑眶蟾蜍等。	30.0	15
17	蜻蛉目昆蟲(如豆娘、蜻蜓極其幼蟲水蠶等)(水質較乾淨)	50.0	7
36	蚯蚓	13.3	22
48	貓頭鷹	6.7	26
	指標 A 出現的百分比例平均值	25.0	
指標 B(污染程度高低)			
16	螢火蟲	3.3	27
19	白鷺鷥(水質不拘)、翠鳥(魚狗)(水質清澈)、鵲鴿	36.7	12
20	溪哥、蝦虎、溪蝦(水質清澈、溶氧量高)	0.0	28
	指標 B 出現的百分比例平均值	13.3	
原生物種			
21	蓋斑鬥魚、大肚魚、青魚將魚、鯽魚	16.7	17
49	植食性鳥類、如斑頸鳩	50.0	8
50	肉食性鳥類，如大捲尾(平地)、小捲尾(山地)、白鷺鷥、黑冠麻鷺	33.3	14
51	雜食性鳥類，如小啄木	56.7	4
	原生物種出現百分比例平均值	39.2	

19 項植物指標出現百分比例最高的是第 55 項指標「耐污染樹種」達 93.1%，其次依序為第 53 項指標「誘鳥植物」(72.4%)、第 25 項指標「蜜源植物」(69.0%) 及第 28 項指標「蘇鐵」(64.7%)，最低的是第 56 項指標「枯木」(0.0%)，如表 7 所示。28 項動物指標出現百分比例最高的是蝴蝶達 83.3%，其次依序為鞘翅目昆蟲 (70.0%)，直翅目昆蟲 (60.0%)，雜食性鳥類 (56.7%)，最低的是需要清澈水質及高溶氧量的溪哥、蝦虎、溪蝦均為 0.0%，如表 8 所示。

(二) 現場探勘資料

19 種植物指標在接受現勘學校出現百分比例平均值為 60.8%，出現百分比例最高的指標植物是第 25 項指標「蜜源植物」及第 55 項指標「耐污染樹種」，每所探勘學校都有存在；其次依序是第 38 項指標「地被植物」、第 53 項指標「誘鳥植物」及第 54 項指標「誘蝶植物」，佔全部現勘學校的 90.9%，如表 7 所示。28 項動物指標出現百分比例平均值為 70.0%，其中第 17 項指標「蜻蛉目昆蟲」、第 24 項指標「水池中的外來種」、第 31 項指標「蝴蝶」、第 33 項指標「蜘蛛」、第 34 項指標「瓢蟲、蚜蟲」、第 35 項指標「直翅目昆蟲」、第 36 項指標「蚯蚓」、第 40 項指標「鞘翅目昆蟲」、第 43 項指標「螳螂」、第 45 項指標「蜥蜴、石龍子」及第 51 項指標「雜食性鳥類」等 11 項指標，出現百分比例高達 100%，在每一所接受現勘學校中均有出現，如表 8 所示。

由網路蒐集的資料及現場勘查的資料發現各校園皆沒有枯木存在，校方可能為了維護環境的清潔及衛生問題，而將枯木清除。但枯木卻是許多動物棲息的場所，是一些昆蟲食物的來源，如白蟻類、鋤形蟲類、金龜子類幼蟲，慢慢將枯木分解後，回歸於土壤中，反而可以營造物種歧異度與相互度高的環境 (何健鎔, 2001)，訪談結果也顯示所有的受訪者 (12/12) 均認為校園環境人為干擾愈少、愈趨近於自然，其物種數量就越豐富。因此，可以對校方進行此觀念的宣導，建議校方可建置一枯木生態區，以豐富校園的物種多樣性。

表 7 網路調查與現勘之植物指標物種出現百分比例比較

指標面向	指標編號	各校網頁資料		現勘資料		相差百分比例 % (探勘 - 網路)
		出現百分比例 %	出現比例排序	出現百分比例 %	出現比例排序	
水池 (缸)、溪流	22	31.0	11	81.8	6	59.0
	23	22.4	14	18.2	17	-12.4
花園面向	25	69.0	3	100	1	31.0
	26	37.9	9	81.8	6	52.1
	27	11.3	17	63.6	10	48.7
	28	64.7	4	54.5	11	-4.7
	29	36.2	10	54.5	11	13.8
	30	49.1	5	72.7	7	30.9

草地面向	37	44.0	6	81.8	6	36.0
	38	27.6	13	90.9	3	72.4
樹林面向	41	10.3	18	45.5	13	39.7
	42	40.5	7	27.3	16	59.5
	53	72.4	2	90.9	3	17.6
	54	39.7	8	90.9	3	50.3
	55	93.1	1	100	1	6.9
	56	0.0	19	0.0	19	0.0
	57	15.5	16	18.2	17	-5.5
	58	31.0	12	45.5	13	9.0
	59	17.2	15	36.4	15	12.8
	平均	37.5		60.8		22.8

註：加 為內文中有提及之指標。

將本研究在網路上所蒐集與現勘學校所得之動植物指標物種出現百分比例相互比較發現，植物指標在現勘學校中出現的平均百分比例比網路所蒐集到的學校植物資料約多 22.8%，可能是因為接受現勘之學校其校園棲地經營較佳，並在現勘時會詳細詢問相關物種資料，而網路調查所獲得的物種資料，為網頁建置者有注意到的或其認為重要的才會鍵入，而造成明顯差距，因此，建議學校可以加強網站資料的更新，使其網路資源更豐富，也可使其網站資源與現況更相符。出現百分比例最高的指標均為「耐污染樹種」指標；動物指標在現勘學校中出現的平均百分比例比網路所蒐集到的學校資料約多 37.3%，出現百分比例最高的指標也和網路上所蒐集之資料相同為「蝴蝶」指標。

表 8 網路調查與現勘之動物指標物種出現百分比例比較

指標面向	指標編號	各校網頁資料		現勘資料		相差百分比例 % (探勘 - 網路)
		出現百分比例 %	出現比例排序	出現百分比例 %	出現比例排序	
水池（缸）、溪流	14	30.0	15	80.0	16	50.0
	15	6.7	25	70.0	17	63.3
	16	3.3	27	40.0	21	36.7
	17	50.0	7	100	1	50.0
	18	20.0	17	60.0	19	40.0
	19	36.7	12	20.0	23	-16.7
	20	0.0	28	0.0	27	0.0
	21	16.7	19	0.0	27	-16.7
	24	13.3	21	100	1	86.7

花圃面向	31	83.3	1	100	1	16.7
	32	43.3	11	90.0	12	46.7
	33	36.7	13	100	1	63.3
	34	46.7	9	100	1	53.3
草地面向	35	60.0	3	100	1	40.0
	36	13.3	22	100	1	86.7
樹林面向	39	53.3	5	90.0	12	36.7
	40	70.0	2	100	1	30.0
	42	46.7	10	90.0	12	43.3
	43	53.3	6	100	1	46.7
	44	16.7	20	90.0	12	73.3
	45	20.0	18	100	1	80.0
	46	26.7	16	10.0	26	-16.7
	47	13.3	23	20.0	23	6.7
	48	6.7	26	20.0	23	13.3
	49	50.0	8	60.0	19	10.0
	50	33.3	14	70.0	17	36.7
	51	56.7	4	100	1	43.3
	52	10.0	24	40.0	21	30.0
	平均	32.7		70.0		37.3

註：加 為內文中有提及之指標。

由專家德懷術問卷物種指標五大面向指標評定之結果，重要性、物種存活容易程度、棲地營造容易程度及應執行程度的平均值均在 4.0 上下，屬於「重要」、「容易」及「應該執行」程度；再者，經由現勘及各校網路資料分析的結果，各項動植物指標物種在校園中出現的百分比例平均值超過 50%，表本研究所建立之生物棲地物種指標為重要且容易並應該執行。因此本研究所建置的生物棲地物種指標，除了部分指標稍不易執行加以修正外，應相當適合中小學校園使用。

伍、結論與建議

一、結論

(一) 校園生物棲地之生物物種指標

本研究經由專家德懷術法建立「校園生物棲地之生物物種指標」，分為五大面向，共

計 59 項指標，五大面向之指標個數及權重百分比如下：永續校園環境政策共 13 項，權重百分比 20.4%；水池（缸）、溪流共 11 項，權重百分比 14.3%；花圃共 10 項，權重百分比 20.3%；草地共 4 項，權重百分比 20.3% 及樹林區共 21 項，權重百分比 24.7%。

（二）生物物種指標的重要程度、可執行程度、物種存活容易度、營造棲地容易度、指標應執行程度、相關性及指標不易執行程度

1. 由五大面向來看

五大面向調查之項目除了可執行程度總平均值趨近於 4 外，其餘調查的項目之總平均值均大於或等於 4.0，表示專家認為生物棲地營造並不難且是重要到，應該要執行，五大面向中又以「永續校園環境政策」面向最為重要、可執行程度最高、生物營造容易、應執行程度最高。

2. 由五大面向下各細項指標來看

- （1）59 項指標中，只要學校願意付出，努力營造此物種之生物棲地，就有成果之指標共有 43 項，其中屬中度相關以上者有 19 項（如透水鋪面、原生物種、本土物種、耐污染植物、螳螂、瓢蟲等物種之生物棲地），且以樹林區面向最多（42.1%），永續校園環境政策面向最少（5.3%）。
- （2）59 項指標中屬尚可執行之物種指標有 45 項，以樹林區面向（37.8%）為最多，草地面向（8.9%）最少，這些指標多以課程內容及常見之物種為主；稍不易執行與不易執行者共有 14 項，以永續校園政策面向最多（35.7%），花圃（7.1%）最少，這些指標多因生物多樣性、原生物種及生態工法等觀念在近年才逐漸開始推廣，而校園建置時未考慮相關因素，導致指標在校內執行容易度低，需要時間及利用局部改善工程提高執行容易度，本研究基於校園內此類棲地環境少，指標物種存在不多，因此建議第 16 項「螢火蟲」、第 19 項「白鷺鷥、翠鳥、鵲鴿」及第 20 項「溪哥、蝦虎、溪蝦」三項指標予以刪除，但擁有此三項指標之校園，可致力發展此三項物種指標為該校特色。
- （3）59 項指標中，有 83.1% 指標的重要性為「重要」程度以上。各面向項指標中，專家認為「非常重要」的指標有第 4、6、8、9、11、24、53 項指標。
- （4）各面向指標中，為「非常應該執行」程度之指標有：永續校園環境政策面向中的「校園內盡量少使用農藥，以維護生物物種的多樣性」；水池（缸）、溪流面向的「校園水池中勿放養外來種」；花圃面向的「蜜源植物」、「菜圃裡白菜等十字花科植物」及「桑樹」等三項；草地面向的「直翅目昆蟲」及「含羞草、昭和草、蒲公英、紫背草、黃鵪菜、葎草、火炭母草、鵝兒腸、酢醬草」及樹林區面項的「誘鳥植物」，其中「蜜源植物」、「直翅目昆蟲」及「誘鳥植物」的出現百分比比例均大於 50%，且都是現地探勘學校出現百分比比例高於網路蒐集之學校資料出現百分比比例。
- （5）整體來看，第 14、21、24、25、27、29、35、37、42、53、56…等指標為應執

行性高、重要性高且其物種存活及棲地營造容易度也很高，因此剛開始要著手進行校園生物棲地營造之學校，可以由上述幾項指標著手，可以快速的看到棲地營造的成效。

(三) 校園內生態平衡、污染程度及環境教育之物種指標

- 1.具有其生態平衡意義的指標物種，有第14項「兩棲類」、第17項「蜻蛉目昆蟲」、第36項「蚯蚓」及第48項「貓頭鷹」等4項指標。
- 2.具有污染忍受性或敏感性的指標種，有第16項「螢火蟲」、第19項「白鷺鷥、翠鳥、鵲鴿」及第20項「溪哥、蝦虎、溪蝦」等3項指標。
- 3.全部59項指標均可作為環境教育之物種指標。

(四) 建構之物種指標在各校園中實際分佈及出現頻率

本研究建構指標中之植物指標，在網路蒐集資料出現之百分比為 37.5%，在現勘學校中出現的百分比為 60.8%；動物指標，在網路蒐集資料出現之百分比為 32.7%，在現勘學校中出現的百分比為 70.0%，現勘出現的百分比明顯的高於網路蒐集的資料；第 56 項指標「枯木」於網路蒐集及現勘資料出現的百分比均為 0.0%，顯示校園中無枯木的存在。

(五) 校園生物食物網及其關鍵物種

從現有國內各國中小校園物種資料所建立的食物網絡（如圖 2、圖 3 所示）中，找出對食物網絡的存亡有重大影響之生態系關鍵性物種，有水生生物食物網中的蝌蚪、螢火蟲、青蛙、水蠶、豆娘，及草地樹林生物食物網中的蜜源植物、蟋蟀、蝗蟲、螳螂、蜥蜴、蟬、獨角仙、锹形蟲、金龜子、天牛、蜘蛛、瓢蟲、椿象、阿勃勒、玉蘭花、光蠟樹等生物物種。

(六) 有效維護校園內重要指標生物物種的生存及其環境之方法

- 1.有33%的受訪學校其校園規劃是以課程教學內容為規劃方向；17%的學校是921重建學校，是以綠建築為主要規劃方向；有58%以生物棲地環境為營造的目標。
- 2.有42%(5/12)的受訪者認為學校領導者具有最後的決策權，所以其理念對整個校園的營造與規劃有舉足輕重的影響。
- 3.100%的受訪者都認為人為的干擾越少，物種自然就愈豐富，在植栽的選擇上要以當地原生種為主，盡量像雜林一樣，才能趨近於大自然的狀態。

二、建議

(一) 對教育單位的建議

- 1.專家們一致建議並強調校園內盡量少使用農藥，並藉由修剪、捕捉或生物防治等方法防治病蟲害，以避免各種生物遭到毒害，以維護生物物種的多樣性。

- 2.本研究所建立之指標，以為教育行政單位及各校規劃、改善校園環境時之參考，校園環境之改善是長期且漸進的，無須過度刻意及人為的介入，可以視當地環境狀況營造及栽種適合物種植物，一些動物性指標物種也自然來此棲息。
- 3.教育及學校行政主管是否具備校園生物棲地營造相關觀念，及繼任單位主管是否具有生物棲地營造相關觀念，是校園持續生物多樣性的主要影響因素，因此相關主管的選任，應考評其是否具備有相關的理念且知道如進行。
- 4.由現勘及網路調查之校園棲地物種指標百分率相比較，發現校園動植物網站未能將校園內實際有的動植物納入，建議校方後續可以加強校園動植物網站資料庫之建置，以豐富網站資源，以利教師教學使用及學生參考。
- 5.教師可參考該物種指標，自行設計課程，將此物種指標融入各學習領域課程，以落實該指標。
- 6.有意進行校園生物棲地營造之學校，可由重要性高、應執行性高、物種存活率高且棲地營造容易之指標著手進行，如此，校園生物棲地營造成功率會較高，如指標14、21、24、25、27、29、35、37、42、53、56…等。

(二) 對未來研究者的建議

- 1.物種指標因校園所屬區域環境不同會略有不同，本研究是校園環境改善方針的起步，並非研究結束就代表指標已建置完善，後續研究者可依學校所在區域特性，如山區、海邊、都市、鄉鎮等，繼續規劃各區域及條件適用的指標，以方便各種區域環境學校均能營造更多豐富之生物多樣性校園環境。
- 2.有專家建議可依照校園內現有之物種指標進行教學課程內容之編製，提供全校老師當作教學的輔助教材，或規劃成一套學生可自學之教學資源，增加學生接觸、學習探索自然環境的機會。

陸、參考文獻

一、中文部分

- 內政部營建署高雄都會公園管理站 (1999)。高雄都會公園導覽手冊。高雄市：內政部營建署高雄都會公園管理站。
- 王佩蓮 (2000)。國小環境教育檢核表之探討。臺北市立師範學院學報，31，319-346。
- 何健鎔 (2001)。螢火蟲棲地之維護與經營管理。自然保育季刊，36，14-18。
- 何晨瑛 (2004)。臺灣綠色小學校園生態環境現況解析之研究。臺南市，國立成功大學碩士論文（未出版）。
- 吳文德 (2001)。營造校園學習棲地進行校園環境教育之行動研究 - 以臺北市溪山國小為例。臺北市，國立臺灣師範大學環境教育研究所碩士論文（未出版）。
- 吳加雄 (2001)。東勢林場螢火蟲生態研究。臺北市，國立臺灣大學碩士論文（未出版）。

- 吳勝斌 (2005)。永續綠校園生物棲地 (Biotope) 環境教育指標之建構。臺中市，國立臺中師範學院碩士論文（未出版）。
- 汪靜明 (2000)。學校環境教育的理念與原理。環境教育季刊，43，11-27。
- 林明瑞 (1996)。校園美化綠化之環保觀。環境教育季刊，30，52-61。
- 林明瑞 (1999)。永續校園。環境科學技術教育專刊，16，23-42。
- 林明瑞、葉茂森 (2005)。臺灣中部地區國小永續校園內涵之研究：以自然環境的觀點進行探討。環境教育研究，2(2)，1-24。
- 林憲德 (1999)。城鄉生態。臺北市：詹氏。
- 林曜松 (1999)。生物多樣性公約（一）保育國際化。大自然，65，92-97。
- 徐增峰 (2007)。臺灣蝴蝶大驚奇。科學發展，409，6-9。
- 張子超 (2003)。永續校園的理念與推廣。2003 年永續教育理念與實務研習手冊。花蓮縣：花蓮縣教育局。
- 張鎮陽 (2003)。高雄地區人工濕地蜻蛉目物種組成及棲地選擇之研究。高雄市，國立高雄師範大學碩士論文（未出版）。
- 陳世雄 (2006)。從有機農業到生態校園的臺灣經驗，國際有機農業論壇。臺中市：國立中興大學。
- 陳超仁 (2004)。「永續校園生態環境」，教育部永續校園環境規劃師北區培訓計畫研習手冊，2004。
- 陳聰志 (2007)。永續校園生物棲地環境指標適切性及現況之調查研究。臺中市，國立臺中教育大學碩士論文（未出版）。
- 彭國棟 (2003)。營造水生生態池。南投縣：行政院農業委員會特有生物研究保育中心。
- 葉茂森 (2003)。中部地區國小永續校園內涵之研究 - 以自然環境的觀點進行探討。臺中市，國立臺中師範學院環境教育研究所碩士論文（未出版）。
- 劉惠元、林明瑞 (2006)。永續綠校園生物棲地的棲地環境及物種指標之建構研究。國科會 94 年專題研究計畫 NSC94-2511-S-142-010-。
- 賴明洲 (2003)。綠色生態工法：生態造林法於平地造林及植被復育之應用。2003 植物生物多樣性與植物資源永續利用研討會論文集，107-121。臺中市：東海大學景觀學系。

二、英文部分

- Carol, R.K. & Boulton, P. (1995). Campus Children's Center : Support for Children and Families. *Children Today*, 23(4), 18-21.
- Chovance, A. & Waringer, J. (2001). Ecological integrity of river/flood plain system-assessment by dragonfly surveys (Insecta : Odonata) Regulateal Rivers. *Resource and Management*, 17, 493-507.

- Chovanec, A. & Raab, R. (1997). Dragonflies (Insecta : Odonata) and the ecological status of newly created wetlands—examples for long—term bioindication programmes. *Limnologica* 27, 381-392.
- Gibbons, L.K., Reed, J.M. & Chew, F.S. (2002). Habitat requirements and local persistence of three damselfly species (Odonata: coenagrionidae). *Journal of Insect Conservation*, 6, 47-55.
- Gilbert, O. L., & Anderson, P. (1998) *Habitat Creation and Repair*. UK : Oxford University Press.
- Hermý, M. & Cornelis, J. (2000). Towards a monitoring method and a number of multifaceted and hierarchical biodiversity indicators for urban and suburban parks. *Landscape and Urban Planning*, 49, 149-162.
- Nichols, D.R. (1990). *Tactical Environmental Interpretation : A Multisensory Approach*. (ERIC/ EJ410308)
- Schiemer, F., Spindler, T., Wintersberger, H., Schneider, A., & Chovance, A. (1991). Fish fry associations: Important indicators for the ecological status of large rivers. *Verh. Internat. Verein. Limnol*, 24, 2497-2500.
- The World Bank (1995). *Monitoring environment progress, a report on work in progress*, Washington D. C.

基於最遠參照點之無參數加權特徵萃取轉換演算法

A Novel Nonparametric Weighted Feature Extraction Transformation Algorithm Based on the Outmost Points

劉湘川*
Hsiang-Chuan Liu

(收件日期 97 年 4 月 7 日；接受日期 97 年 5 月 1 日)

摘 要

NWFE 演算法原用於小樣本高維度之資料轉換以改善分類效果，本文除指出該轉換法在大樣本低維度之分類資料，同樣可得改善分類效果外。並提出新穎改進之「基於最遠參照點之無參數加權特徵萃取轉換演算法」，簡記為「Liu 轉換法」，以 SVM 分類演算法為例，經以大樣本低維度實際資料，採五折及去一交叉驗證法，進行實驗比較，結果顯示經 NWFE 資料轉換之 SVM 分類效果顯著改善，而經 Liu 轉換之 SVM 分類演算法有更佳分類表現。

關鍵詞：SVM、NWFE 轉換法、Liu 轉換法

* 亞洲大學 生物資訊系教授

Abstract

The NWFE-Algorithm is originally used to improve the accuracy of a classifier for the small sample data with higher dimension, this paper pointed out that the above algorithm also can be used to improve the accuracy of a classifier for the large sample data with lower dimension. Furthermore, in this paper, a novel separable transformation algorithm based on the outmost points denoted Liu-Transformation is proposed. For evaluating the performances of the SVM without any transformation, the SVM with the NWFE-Transformation and the SVM with the Liu-Transformation, a real data experiment by using 5-fold and Leave-one-out Cross-Validation accuracy is conducted. Experimental result shows that the SVM with the NWFE-Transformation is better than the SVM without any transformation, and the SVM with the proposed Liu-Transformation algorithm has the best performance.

Key words: SVM; NWFE-Transformation; Liu-Transformation

1. Introduction

The support vector machine (SVM) classifier is a popular and appealing classifier (Boser, B.E., Guyon, I.M. and Vapnik, V. 1992, Chang, C.-C., and Lin, C.-J., 2004, Cortes, C. and Vapnik, V., 1995). Due to sometimes its performance is not good, it can be improved by taking some transformation about the original data before classification, In this paper, two transformations are considered, one is the well known transformation, NWFE-Transformation, proposed by Kuo, B. C. & Landgrebe, D. A. Landgrebe in 2001.. The above transformation is originally used to improve the accuracy of a classifier for the small sample data with higher dimension, in this paper we pointed out that the above algorithm can also be used to improve the accuracy of a classifier for the large sample data with lower dimension, the other one is Liu-Transformation proposed by our previous work (Hsiang-Chuan Liu, 2008), this improved transformation algorithm can also be used for not only the small sample data with higher dimension but also the large sample data with lower dimension. For evaluating the performances of the SVM without any transformation, the SVM with the NWFE-Transformation and the SVM with the Liu-Transformation, a real data experiment by using 5-fold and Leave-one-out Cross-Validation accuracy is conducted.

This paper is organized as followings: support vector machine classifier is introduced in section 2, NWFE-Transformation is introduced in section 3, Liu-Transformation is introduced in section 4, three kind fuzzy supports: C-support; V-support; γ -support are described in section 5. The Choquet integral regression model based on fuzzy measures are described in section 6. Experiment and result are described in section 7 and final section is for conclusions and future works.

2. Support vector machine (SVM)

Given the training set of instance-labeled pairs $(\underline{x}_i, y_i), i = 1, 2, \dots, N$, where

$$\underline{x}_i \in R^n, y_i \in \{1, -1\}, i = 1, 2, \dots, N \quad (1)$$

The support vector machine (SVM) algorithm (Boser, Guyon, and Vapnik, 1992, Cortes and Vapnik, 1995, Critianini, N. and Shave-Taylor, J., 2000) requires

$$\begin{aligned} & \min_{\underline{w}, b, \xi} \frac{1}{2} \underline{w}' \underline{w} + c \sum_{i=1}^N \xi_i \\ & \text{subject to } y_i (\underline{w}' \phi(\underline{x}_i) + b) \geq 1 - \xi_i, \\ & \quad \xi_i \geq 0, \\ & \text{where } b, c \in R, \underline{w}, \phi(\underline{x}_i) \in R^m \\ & \quad \phi : R^n \rightarrow R^m \end{aligned} \quad (2)$$

For any testing point $\underline{x}_i \in R^n, y_i \in \{1, -1\}$, we can make an assignment according to the following formula.

$$\begin{aligned} f(\underline{x}_i) &= \underline{w}'\boldsymbol{\phi}(\underline{x}_i) + b - (1 - \xi_i) \\ y_i &= \begin{cases} +1, & \text{if } f(\underline{x}_i) \geq 0 \\ -1, & \text{if } f(\underline{x}_i) < 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (3)$$

3. NWFE-Transformation

The main ideas of nonparametric weighted feature extraction transformation (NWFE-Transformation) (Kuo, B. C. and Landgrebe, 2001, 2002, 2004) are putting different weights on every sample to compute the “local means” and defining new nonparametric weighted between-class and within-class scatter matrices to get more features.

The nonparametric weighted between-class scatter matrix, S_b^{NW} and the nonparametric weighted within-class scatter matrix, S_w^{NW} , of NWFE-Transformation are defined as

$$S_b^{NW} = \sum_{i=1}^c p_i \sum_{i \neq j=1}^c \sum_{k=1}^{n_i} \frac{\lambda_k^{(i,j)}}{n_i} (\underline{x}_k^{(i)} - M_j(\underline{x}_k^{(i)})) (\underline{x}_k^{(i)} - M_j(\underline{x}_k^{(i)}))^T \quad (4)$$

$$S_w^{NW} = \sum_{i=1}^c p_i \sum_{k=1}^{n_i} \frac{\lambda_k^{(i,i)}}{n_i} (\underline{x}_k^{(i)} - M_i(\underline{x}_k^{(i)})) (\underline{x}_k^{(i)} - M_i(\underline{x}_k^{(i)}))^T \quad (5)$$

$$\text{Where } M_j(\underline{x}_k^{(i)}) = \sum_{l=1}^{n_j} w_{k,l}^{(i,j)} \underline{x}_l^{(j)} \quad (6)$$

$$\lambda_k^{(i,j)} = \frac{\text{dist}(\underline{x}_k^{(i)}, M_j(\underline{x}_k^{(i)}))^{-1}}{\sum_{l=1}^{n_i} \text{dist}(\underline{x}_l^{(i)}, M_j(\underline{x}_l^{(i)}))^{-1}} \quad (7)$$

$$w_{k,l}^{(i,j)} = \frac{\text{dist}(\underline{x}_k^{(i)}, \underline{x}_l^{(j)})^{-1}}{\sum_{l=1}^{n_i} \text{dist}(\underline{x}_k^{(i)}, \underline{x}_l^{(j)})^{-1}} \quad (8)$$

C is the number of classes, p_i is the prior probability of class i, n_i is the training sample size of class i,

$\underline{x}_k^{(i)}$ is the sample vector k with dimension d in class i

$M_j(\underline{x}_k^{(i)})$ is the nonparametric weighted local mean of $\underline{x}_k^{(i)}$ in class j

$dist(\underline{x}, \underline{y})$ is the Euclidean distance from x to y

The goal of NWFE-transformation is to find a linear transformation

$$A \in R^{d \times p}, p \leq d, \text{ which}$$

maximizes the between-class scatter and minimizes the within-class scatter. The columns of A are

the optimal features by optimizing the following criterion

$$A = \arg \max_A tr \left[\left(A^T S_w^{NW} A \right)^{-1} A^T S_b^{NW} A \right] \quad (9)$$

This maximizing is equivalent to find the eigen-pairs

$(\lambda_i, \underline{y}_i), i = 1, 2, \dots, d, \lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_d$ for the generalized eigenvalue problem

$$S_b^{NW} \underline{y} = \lambda S_w^{NW} \underline{y} \quad (10)$$

4. Liu-Transformation

The main ideas of Liu- transformation are putting different weights on every sample to compute the “weighted means” by referring the distances of the points from the ‘outmost points’ and defining new nonparametric weighted between-class and within-class scatter matrices to get more features.

Let $X_{p \times n}$ be the data set with n sample points and c classes, n_i be size of class i, satisfying

$$n = \sum_{i=1}^c n_i$$

p_i be proportion of class i, satisfying $p_i = \frac{n_i}{n}$

$\underline{x}_k^{(i)} \in R^d$ be sample k in class i, $\underline{m}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} \underline{x}_k^{(i)}$ be the original mean of class i,

$\underline{x}_*^{(j)}$ be the outmost point of class j, satisfying

$$\underline{x}_*^{(j)} = \arg \max_{k=1,2,\dots,n_j} \sum_{i=1}^c d^2(\underline{x}_k^{(j)}, \underline{m}_i) \quad (11)$$

$\underline{m}_j^*$ be weighted mean of class j by referring the distances of the sample points from the outmost point of class j satisfying

$$\underline{m}_j^* = \frac{\sum_{k=1}^{n_j} u_k^{(j)} \underline{x}_k^{(j)}}{\sum_{k=1}^{n_j} u_k^{(j)}} \quad (12)$$

$$\text{Where } u_k^{(j)} = \max_{l=1,2,\dots,n_j} \text{dist}^2(\underline{x}_l^{(j)}, \underline{x}_*^{(j)}) - \text{dist}^2(\underline{x}_k^{(j)}, \underline{x}_*^{(j)}) \quad (13)$$

The nonparametric weighted between-class scatter matrix, S_b^L and the nonparametric weighted within-class scatter matrix, S_w^L , of Liu-Transformation are defined as

$$S_b^L = \sum_{i=1}^c p_i \sum_{i \neq j=1}^c \sum_{k=1}^{n_i} \frac{\lambda_k^{(i,j)}}{n_i} (\underline{x}_k^{(i)} - \underline{m}_j^*) (\underline{x}_k^{(i)} - \underline{m}_j^*)^T \quad (14)$$

$$\text{Where } \lambda_k^{(i,j)} = \frac{\max_{l=1,2,\dots,n_i} \text{dist}^2(\underline{x}_l^{(i)}, \underline{m}_j^*) - \text{dist}^2(\underline{x}_k^{(i)}, \underline{m}_j^*)}{\sum_{l=1}^{n_i} \left[\max_{l=1,2,\dots,n_i} \text{dist}^2(\underline{x}_l^{(i)}, \underline{m}_j^*) - \text{dist}^2(\underline{x}_k^{(i)}, \underline{m}_j^*) \right]} \quad (15)$$

$$S_w^L = \sum_{i=1}^c p_i \sum_{k=1}^{n_i} \frac{\mu_k^{(i)}}{n_i} (\underline{x}_k^{(i)} - \underline{m}_i^*) (\underline{x}_k^{(i)} - \underline{m}_i^*)^T \quad (16)$$

$$\text{Where } \mu_k^{(i)} = \max_{l=1,2,\dots,n_i} \text{dist}^2(\underline{x}_l^{(i)}, \underline{m}_i^*) - \text{dist}^2(\underline{x}_k^{(i)}, \underline{m}_i^*) \quad (17)$$

The goal of Liu-transformation is to find a linear transformation $A \in R^{d \times p}$, $p \leq d$, which maximizes the between-class scatter and minimizes the within-class scatter.

The columns of A are the optimal features by optimizing the following criterion

$$A = \arg \max_A \text{tr} \left[(A^T S_w^L A)^{-1} A^T S_b^L A \right] \quad (18)$$

This maximizing is equivalent to find the eigen-pairs

$(\lambda_i, \underline{v}_i)$, $i = 1, 2, \dots, d$, $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_d$ for the generalized eigenvalue problem

$$S_b^L \underline{v} = \lambda S_w^L \underline{v} \quad (19)$$

5. Experiment and result

A wine data set was downloaded from website,

<ftp://ftp.ics.uci.edu/pub/machine-learning-databases>

The sample included 178 instances, 3 classes of thyroid, and 13 features for each instance.

The above real data is applied to evaluate the performances of the Support Vector Machine (SVM) algorithm without any transformation, the SVM algorithm with NWFE-Transformation and the SVM algorithm with Liu-Transformation by using 5-fold and Leave-one-out Cross-Validation method to compute the accuracies of the response category variable.

The experimental results of three classification algorithms are listed in Table 1. We can find that both 5-fold CV and Leave-one-out CV accuracy had the same result, the SVM algorithm with Liu-Transformation has the best performance, the SVM algorithm with Liu-Transformation or NWFE-Transformation is better than the SVM algorithm with no transformation.

Table 1 Accuracy of three Classification algorithms

Classification algorithm	5-fold CV accuracy	Leave-one-out CV accuracy
SVM	45.7627	44.6328
SVM_NWFE	95.4802	96.6102
SVM_Liu	99.0798	98.7730

6. Conclusions and future works

The support vector machine (SVM) classifier is a popular and appealing classifier. Sometimes its performance is not good, which can be improved by taking some transformation about the original data before classification. In this paper, two transformations are considered, the well known transformation, NWFE-Transformation, is originally used to improve the accuracy of a classifier for the small sample data with higher dimension, in this paper we pointed out that it can also be used to improve the accuracy of a classifier for the large sample data with lower dimension, the improved Liu-Transformation is proposed. Our new transformation also can be used for not only the small sample data with higher dimension but also the large sample data with lower dimension. For evaluating the performances of the SVM without any transformation, the SVM with the NWFE-Transformation and the SVM with the Liu-Transformation, a real wine data included 178 instances, 3 classes of thyroid, and 13 features for each instance. The real thyroid data is applied to evaluate the performances of the Support Vector Machine (SVM) algorithm without any transformation, the SVM algorithm with NWFE-Transformation and the SVM algorithm with Liu-Transformation by using 5-fold and Leave-one-out Cross-Validation method to compute the accuracies of the response category variable.

The experimental results of three classification algorithms showed that both 5-fold CV and Leave-one-out CV accuracy had the same result, the SVM algorithm with Liu-Transformation had the best performance, the SVM algorithm with Liu-Transformation or NWFE-Transformation is better than the SVM algorithm with no transformation.

In future we will apply our Liu-Transformation to improve the performances of other classifiers.

7. References

- Boser, B.E., Guyon, I.M. & Vapnik, V. (1992). A training algorithm for optimal margin classifiers. In *Fifth Annual Workshop on Computational Learning Theory*, Pittsburgh, 1992. ACM.
- Chang, C.-C. & Lin, C.-J. (2004). LIBSVM; a library for support vector machine Software available at <http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm>
- Cortes, C. & Vapnik, V.. (1995). Support-vector network, *Machine Learning Vol. 20*, pp. 273-297.
- Critianini, N. & Shave-Taylor, J., (2000). Support Vector Machines and other kernel-based learning methods. Cambridge University press.
- Liu, H. C., Liao, C. H., Liu, T. S., & Chiu, Y. C. (2008). 2008 International Conference on Management & Technology, 4~5, June, 2008, Yunlin, Taiwan, ROC.
- Kuo, B. C. & Landgrebe, D. A., (2001) Improved Statistics Estimation and Feature Extraction for Hyperspectral Data Classification., *Technical Report*, Purdue University, West Lafayette. IN., TR-ECE 01-6, December, 2001.
- Kuo, B. C. & Landgrebe, D. A., (2002, 2004). Nonparametric Weighted Feature Extraction for Classification. *IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 42, no. 5. 1096-1105, may, 2002, 2004
- Vapnik, V., (1995). The Nature of Statistical Learning Theory. New York, NY. Springer-Verlay.