科學教育學刊
2004, 第十二卷第三期, 289-310

Chinese Journal of Science Education
2004, 12(3), 289-310

學生動物分類及脊椎動物概念的發展：跨年齡研究

黃達三
中山醫學大學 台灣語文學系

(投稿日期：民國 91 年 11 月 11 日，修訂日期：92 年 12 月 8 日，接受日期：93 年 1 月 30 日)

摘要：本研究爲一跨年齡研究，研究者發展有關動物屬性、脊椎動物岐異性、動物分類概念的調查試題「中小學生動物及動物分類概念發展調查表」，作爲研究工具，利用本工具來探究國小六年級（156 人）、國中二年級（146 人）、高中二年級（166 人）學生對脊椎動物屬性及動物分類概念的瞭解及發展情況。調查表回收分析後，找出作答中有明顯另有構念的個案（每一年級各 8 人）進行相關概念的晤談，綜合調查表的數據統計分析及晤談資料的分析，得到下列結果：1. 受測學生的動物及動物分類概念知識的出現有順序性，例如：動物的特徵（屬性）出現的順序爲；能自由運動；異營性營養；無細胞壁；有中心粒。生活史上無世代交替這種屬性並未發展。2. 受測學生的脊椎動物概念知識發展的順序爲：有脊椎骨（脊柱）；有鰓裂；有背側神經索；有頭顱。3. 受測學生普遍具有對脊椎動物及動物分類概念知識的另有概念，如：珊瑚、海膽、海參不是動物；蛇、鰻魚、蝌蚪不是脊椎動物。

關鍵詞：另有構念、脊椎動物概念、動物概念、動物屬性、動物分類概念。

壹、緒論

一、研究動機

大體而言，生命科學是和我們生活最密切的科學，舉凡食物、醫療保健、生態保育等都離不開生命科學的知識和概念。就以生態保育來說，若未來的公民能有較完整的生物學的知識，則對植物、動物等生命的尊重及愛護應具有更願意實踐的情操。學習生物科學的初步，就是要建構合於現代生物學知識系統的植物、動物的概念，以及動、植物的分類概念。到目前爲止，在國內雖然有人研究國小學生的生命、動物、植物概念的發展，及學生所持有的另有概念（Huang, 1996），但是對於跨年齡的研究，尤其是國中、高中階段仍然闕如。由於動物分類系統較植物分類系統複雜，若因此能縱向地瞭解國內國小、國中、高中學生動物分類概念的發展情形，則對國小、國中、高中自然科及生物科課程的修訂，以及課程編排設計將有相當有用的實徵研究成果來支持。再者，也可以爲發展有關中、小學動物分類教學單元

的教學模式，提供了實徵的研究數據及建議。

二、理論背景

近年來科學教育的研究文獻顯示，學生在進入學校正式學習科學之前，學生對於外在世界及自然現象就已發展出一套自己的想法或解釋系統，他/她們據此理論來詮釋日常生活中所遭遇的自然世界所發生的現象及事物（Brumby, 1984; Helm & Novak, 1983）。學生的這些想法，不同的學者用不同的名詞來稱呼它們。例如：先前概念（preconceptions）、原始學說（native theories）、天眞理論（naive theories）、迷失概念（misconception）、另有架構（alternative frameworks）等等，本研究將以"另有構念"來稱之。

若由知識論的角度來看，傳統的觀點認爲知識由人所發現的。因此，不管實證主義者或理性主義者都認爲，知識應是已被證明成立(或加以驗證的)。另一方面，建構主義者則認爲，知識是人類所建構出來，至目前爲止最佳的知識。因此，建構主義論者認爲知識是無法驗證及證明的（Nussbaum, 1989）。同時，許多認知心理學及科學教育學者對於學生學習數學及自然科學經歷的心理路程所抱持的理論，和上面所提到知識論上的建構主義的論點完全相符（Bodner, 1986; Driver & Bell, 1986; Pope & Gilbert, 1983; Renner & Marek, 1990; Wheatly, 1991）。

在建構主義的科學知識論之下，學習科學是學生覺知運用外來訊息時，運用原有的認知結構，經歷了同化及調適達成適應（adaptation），茲以建構新的概念系統完成科學的學習。在學生主動的建構歷程中，他們心智中的另有構念就決定了概念發展及概念轉化的成效。學生由課堂上及書本所學到的，以及由觀察後所下的結論及解釋，每每受到另有構念所左右（Driver, 1983）。因此，若學生的另有構念和科學家的概念有所出入，則另有構念會嚴重地干擾正確科學概念的的建構，及概念的轉化。而且，很不幸地，這種另有構念會普遍地發生於所有的學生，就是程度好的學生、甚至於科學主修的學生也是在所難免(Boyes & Stanisstreet, 1991; Peters, 1982)。同時，這些不正確的另有構念不容易經由一般的教學而改變。學生在接受教室教學後，有時會形成兩套並行的概念，原有的另有構念不會消失或被取代（Gilbert, et al., 1982）。由上可知，教學前教師對學生在某些科學的學科領域上的另有構念的瞭解及分析，是選擇教學方法及教學策略必須的依據，這也是能否達成教學目標的重要變因。因此，對於學生在科學上所持有的另有概念的研究及分析其來源是科學教育研究重要主題之一，這方面的研究也是發展中小學自然科學教學模式或策略的基礎。

三、研究目的

本研究的研究目的係擬回答下列問題：

(一)中小學生動物及動物分類概念的發展情況；

(二)中小學生對動物及脊椎動物概念知識具有的另有構念的分布情況；

(三)中小學生對動物屬性及動物分類的另有構念。

貳、相關文獻探討

爲了提供本研究資料分析及結果討論的理念基礎，文獻探討將分三個主題來論述。第一、知識建構及發展的研究；第二、概念及另有構念的研究；第三，學生動物及動物分類概念發展研究。

一、知識建構與發展研究

有一句我們耳熟能詳的話就是：「小學生

的心地很單純就像一張白紙一樣」，這也反應了過去我們把科學知識視爲一種實證的、眞實的、可觀察的知識實體，學習者、科學家可經由客觀的方法來發現它，並且可以把它眞實地描述出來。目前，一般社會上，甚至於在各階層服務的科學工作者，包括各級學校的科學教師，大部份仍抱持這種科學哲學觀。追根究底地來論，他們所抱持的這種實證論點的科學觀，仍是過去實證主義的科學哲學觀體系所教育出來的產物。而現在的科學哲學觀，認爲科學知識是不可能由發現而得來的。反之，是經由學習者對所處世界的知覺而建構出來的。換言之，學習者接受外來的訊息後，把所知覺的訊息，根據學習者原有的知識，選擇性地融入、統整於原有的知識體系，或再造原有的知識體系。這種「非原音重現」的科學世界觀，當然和大部份學校所教授的科學，所持有的世界觀大相逕庭（Nussbaum, 1989; Wheatly, 1991）。

科學知識體系中，科學概念是組成學科知識的基本骨架。因此，兒童對科學的學習是學校科學教育的主要目標中的要項之一。學校科學教育的實施，要以學生的學習特性爲基礎，來設計教材，選擇適切的教法，編製可靠的評量工具，才能夠有可能實現此一目標（郭重吉, 1992）。因此，中小學的科學教育研究要特別重視兒童科學概念發展的基礎研究，俾能建立我國中小學生各種科學基本概念發展的情形，以作爲設計課程、教材單元順序的擬定、單元教學內容的選擇、教法及教學模式發展設計、以及學生學習成就評量的依據。

若依據 Piaget 的理論，兒童知覺外界的訊息，再建構自己的認知結構。他認爲，早在個體出生後，即運用與生俱來的反射作用進行同化及調適這兩種生物性的學習機制。而且，經由此兩種學習機制達成組織（organization）及適應（adaptation）等兩種認知功能（cognitive functions），進而重組及建造新的認知結構（Piaget, 1952, pp. 407-419）。雖然，建構主義的論點可追朔到 1710 年時，Giambat-tistzvico 的研究論著（von Glasersfeld, 1987）。但是，Piaget 是第一位根據研究兒童如何得到知識，而主張學習者是自己主動地自我建構知識的建構論者（Bodner, 1986）。

近年來，認知心理學及科學教育的主流都體認到知識是由訊息及技能所形成複雜網路所組成的。新知識的學習發生於先存的知識之下，並受到先存知識的影響（Saunders, 1992）。這種先存知識是學習者在特殊情境下，決定如何對外界訊息作反應以及學習些什麼。從某種角度來看，Piaget 及 Ausubel 派典（paradigm）也非常強調先存知識對學習者的影響之重要性（Novak, 1982）。目前，此一領域的研究者，注意到學生對所要學的教材所存有的原有知識中的迷失概念（misconceptions）以及要克服它們的困難（Bell, 1981; Champagene, Klopfer & Anderson, 1980）。同時，也注意到正確描述學生認知結構的方法（West & Pines, 1985）。而且，這兩方面的研究成果對科學的教學有相當大的啓示作用。因此，科學教育學者，對於我國學生科學概念發展情形，尤其是學生所持有學科教材的迷失概念或另有架構，以及學科概念發展層次（hierarchy）與概念的形成要清楚的了解並正確的描述，這樣才能提供足夠的背景資料，作爲課程設計者、科學教師們選擇教材、設計課程、選用適當的教學模式及策略、以及編制評量工具的依據。

國內的科學教育學者，如江新合（1992）、郭重吉（1990, 1992）、許榮富（1990）等人，他們從建構主義的理論上，來討論自然科學教育中，學生學習的特質有下列五項：「迷失概念」的普遍存在於各級學校的學生；專家與新手（novice）的概念表徵不同；專家與新手的解題策略不同；學生的科學思考方式層次不同；科學概念改變的機制因人而有相當大的差

異。也因爲他們的倡導而引發國內科學教育學者致力於學生科學概念發展及相關另有構念的研究熱潮。

二、學生科學概念發展及另有構念的研究

學生在科學的學習上，正確科學概念的學習是必然要達成的首要學習目標。因此，學生科學的學習和學科的科學概念有密不可分的關係，同時兒童在科學學習時端賴兒童概念發展的過程做爲基礎（許榮富, 1991）。在中文上的「概念」一詞，在英文有兩種表達方式，一爲 concept；一爲 conception。鍾聖校教授根據韋氏大字典之說明，她作如下的解釋：

「"conception"雖然經常與"concept"一字交換使用，但略有差別。Concept 一字是指我們對一串特殊事例思考後形成的意念（idea），它可能是非常抽象的，也可能是模糊地感覺到的。Conception 則強調想像（imaging）的過程或概念形成的過程而非結果。如果用 conception 來表示結果，所表示的也是那種透過抽象或反省思考所產生的複雜產品（a complex product）。此種產品是人對於某事的想法和信念的總合（the sum of a person's idea and beliefs concerning something）」（鍾聖校, 1993）。

關於另有構念（alternative conceptions）一詞，也有相當多樣性的類似詞出現，如 preconception、misconception、alternative frameworks、intuitive ideas、naïve theories 等等不一而足。相對地，譯名就更五花八門了，如先前概念，迷失概念或錯誤概念、另有架構、直覺概念、質樸理論等。由於 conception 一字較著重於概念形成的過程或想像的過程而非結果。因此，個人傾向於把它稱作「構念」，意謂著兒童在學習科學概念的歷程中，具有某些和學科專家的想法不相容的概念或解釋系統，是有其必然性及應然性的。而且，在自然科學的學習上，成爲一種持續性發展而無可避免的現象。鍾聖校把它歸究下列原因：一爲自然科知識的「學習觀」；二是科學哲學的「否證」（falsification）觀；三是與概括的「認知發展」程度有關（鍾聖校, 1993）。當然，除了以上的原因外，學生所持有的本體論的範疇（ontological category）和所要學習及建構的概念在本體論上的範疇不同，以及學生對某些學科的知識不足，都是學生在學習科學時，阻礙正確科學概念的建構，以及形成所謂「另有構念」的重要原因之一（Chi, 1992）。

國內目前有關學生科學概念發展及另有構念（迷失概念）的研究，因國科會科學教育處由民國七十九年起，即整體規劃有關我國學生數理科概念發展研究計劃（許榮富, 1990）。同時，科教處廣邀各師範校院有關系所主管及各大學科教專家學者，針對數學及自然科學領域中，有關的主題進行研究專題的整合及推動。職是之故，國內科學教育界目前也累積相當的研究成果。例如，理化科學上有運動（洪木利, 1990）、力學（郭重吉和楊其安, 1989; 劉明智, 1991）、溫度與熱量概念（黃寶鈿, 1987; 謝秀月, 1990）、光學概念（王龍錫, 1992; 黃湘武, 1989）、溶液概念發展（盛承堯, 1992）。生命科學上則有孟德爾法則（黃台珠, 1989, 1990, 1991）、細胞概念（湯清二, 1990, 1991）、演化概念（劉和義, 1990）、生物體內物質運輸概念（耿正屏, 1991, 1992, 1993）、生態概念發展（張學文, 1991, 1992）、動物生殖類型概念（施惠, 1992）、生命概念（黃達三, 1992; 熊召弟, 1992）、植物生理概念的迷失概念（陳文孝, 1992）。地球科學方面則有水循環概念（林顯輝, 1992）、空間概念（許民陽, 1992）。

學生科學概念及另有構念的研究，其研究的範疇，可分三方面來討論。第一方面爲某些科學概念發展的階段性，例如 Piaget 對生命概念的研究，他把兒童對生命概念的解釋，按其特徵分成四個階段（Piaget, 1960）。但是也有

學者，把學生科學概念發展過程，相較於學科概念而來分析其階層性（黃達三, 1994）。第二方面爲分析並探討另有構念的內容（王美芬, 1991; 王龍錫, 1991; 郭重吉, 1989; 陳忠志, 1989; 陳世輝, 1987; 黃台珠, 1989, 1990, 1991; 黃湘武, 1989; 謝秀月, 1990; Erickson, 1979; Fisher, 1979; Fischbein, et al., 1989; Renner et al., 1990; Westbrook & Marek, 1991）。第三方面探究這另有構念起源發生的原因（陳瓊森和許榮富, 1990; 黃湘武和黃寶鈿, 1987; Carey, 1992; Head, 1986）這些有關學概念發展及另有構念研究，都是科學課程設計、教材編製、概念學習策略、及另有構念的修正策略的一些基礎研究。因爲，概念發展及另有構念的形成是有文化性的背景差異、因此，我們必須要建立我國學科概念發展過程的年齡階段性，以便作爲我國設計各類科學課程的背景資料，以達成科學課程縱向發展的連續性。

三、學生動物及動物分類概念的研究

在國內有關動物分類概念的研究幾乎沒有，只有在動物概念（Animal concept）有學者加以初步探討而已（Huang, 1996），在他的研究中發現，國小學生的動物概念是以「能動的」做爲動物最重要的屬性；其次是以「動物要吃東西」來界定動物；也有非常少數的國小六年級學生，以動物的細胞沒有細胞壁作爲界定動物的一個屬性。至於有關國中、高中學生動物概念發展則未有學者加以研究。

至於在國外方面，有關動物分類概念的研究，目前所知只有 Trowbridge 及 Mintzes 兩人於 1985 年及 1988 年各發展了一篇有關學生的動物分類概念及其另有概念的研究報告（Trowbridge & Mintzes, 1985, 1988）。他們的研究結果綜合歸納如下：

(一)動物概念的發展

中、小學生通常提到的動物屬性是：腳數（四隻腳）、體被（皮毛或羽毛），及棲息地（森林或森林外）。多數學生強調動物是活的生物體；更有少數學生暗示動物屬性不能延伸到我們人類。大學生則傾向於把動物界定成爲科學上可接受的特徵（例如：可以運動），以及植物和動物所共同的特性（例如：呼吸及生殖）。

(二)動物分類概念的發展

學生把脊椎動物用來泛指有發展良好的頭及附肢的動物（例如：鳥類、哺乳類）。而無脊椎動物則用來指涉定義，凡是具有柔軟或長條狀身體的動物；以及具有殼及外骨骼的動物。由於有這些另有概念，因此造就了他（她）們對某些魚類、爬蟲類，以及節肢動物分類的困擾。例如：鰻魚及蛇，大部份的學生把他們認爲是無脊椎動物，也有部份學生把龜分類在無脊椎動物之下。兩棲類及爬蟲類的分類也是困擾學生的問題，例如：把青蛙分類在兩棲類及爬蟲類的學生人數幾乎相等。

總括來說，他們的研究只著重在動物的屬性，以及學生的動分類的另有概念。但是沒有分析學生動物及動物分類概念知識發展的順序，以及此一順序和年齡的關係。因此，本研究希望更進一步探索我國的中小學生，在動物及動物分類概念知識發展的情況和不同年級的關係，以及他們所具有的另有概念，並冀望研究的結果能作爲修正課程標準的依據，以及作爲發展相關教學單元之教學模式的背景資料。

叁、研究方法

本研究採用「問卷調查法」及個別晤談法，來探究國小六年級、國中二年級、高中二年級的學生，他／她們的動物及動物分類概念的發展情形，研究過程如下：

一、研究對象的選取

分別由北、中、南、東四區，選取願

意配合的學校及教師國小、國中、高中各一所，該教師任教過的一個班級的學生作爲受測的對象。對象學生合計國小六年級：156 人；國中二年級：146 人；高中二年級：166 人。

二、工具的發展

研究者自行發展「中小學生動物及動物分類概念調查表」，其發展的步驟如下：

1. 進行國小、國中、高中生物教材中有關動物屬性，岐異性及分類的概念分析。
2. 根據分析結果寫成相關的概念分析表，包括：概念的屬性、上位概念（如生物）、同位概念（動物和植物）、下位概念（動物下位概念如：腔腸動物）、正例及反例。
3. 根據概念分析表，撰寫測驗試題初稿。
4. 初稿試題試測，測試學生選取自北部的國小、國中、高中各一所的小六、國二、高二各一班。並參考試測的學生回應，修正爲第二版試題。
5. 第二版試題經由 8 位專家審查，再依據專家的回饋意見修正爲正式試題。

三、試題內容

本調查表的試題是設計來探索受測學生的下列概念知識：動物概念；脊椎動物概念以及魚類、兩生類、爬蟲類、鳥類、及哺乳類概念。這些概念知識選取的原則，是包含在現行國中生物教科書的範圍者爲限。有關於動物名稱，是國小自然科、國中生物、及高中基礎生物教科書出現者爲限。

四、個別晤談

(一)晤談對象學生的選取

晤談對象的選取原則，是根據學生回答調查表的答案中，有下列情形者，列爲選取的對象學生，再於每一年級選取 8 人作爲晤談的對象。

1. 把珊瑚、海膽、海參列爲非動物者。
2. 把蛇、鰻魚列爲無脊椎動物者。
3. 鯨魚爲魚類者。
4. 企鵝爲哺乳類者。
5. 蝙蝠爲鳥類者。
6. 海馬爲哺乳類者。

(二)晤談資料的搜集

1. 晤談的內容：

晤談時以「中小學生動物及動物分類概念調查表」的題目爲主，並著重下列概念的澄清及解釋。

(1)動物概念。

(2)脊椎動物概念及分類（魚類、兩棲類、爬蟲類、鳥類及哺乳類）。

2. 資料的搜集：

晤談者是根據每位受訪者的調查表回答之內容，要求受訪者加以澄清及進一步解釋，受訪者的回應則當場記錄下來，晤談的目的在於受訪者，把調查表的回答內容的澄清及解釋及確證，因此不另加以錄音。

五、資料分析

利用 SPSS 統計軟體進行問卷調查回收資料的分析，訪談資料作爲配合問卷資料統計分析的補充，不另建立分析系統。

肆、結果與討論

受測學生的調查表作答資料經統計分析，配合個別的晤談的學生反應資料，按下列三大項分別敘述研究結果並加以討論：學生動物概念知識的發展情況；學生脊椎動物概念知識的發展情況；學生脊椎動物分類概念的發展情況。

表1：學生對於常見動物的答錯率（%）

動物類別及名稱		國小六年級（N=156）		國中二年級（N=146）		高中二年級（N=166）	
		人次	%	人次	%	人次	%
腔腸動物	水母	37	23.72	32	21.91	3	1.81
	珊瑚	72	46.15	33	22.60	16	9.64
軟體動物	蝸牛	59	37.82	44	30.14	2	1.21
環節動物	蚯蚓	46	29.49	14	9.59	3	1.81
節肢動物	蝦	33	21.15	27	18.49	1	0.60
	螃蟹	21	13.46	39	26.71	2	1.20
	蜘蛛	45	28.85	43	29.45	3	1.81
	螳螂	44	28.21	28	19.18	1	0.60
	蝴蝶	43	27.56	11	7.53	1	0.60
	蟬	62	39.74	51	34.93	2	1.21
棘皮動物	海膽	50	32.05	6	4.11	6	3.61
	海參	59	37.82	5	3.42	11	6.63
脊椎動物							
魚類	金魚	25	16.03	26	17.81	0	0
	鰻	26	16.67	31	21.23	1	0.60
兩生類	青蛙	15	9.62	40	27.40	1	0.60
爬蟲類	蛇	5	3.21	13	8.91	0	0
鳥類	企鵝	5	3.21	1	0.60	0	0
	麻雀	16	10.26	26	17.81	1	0.60
哺乳類	穿山甲	18	11.54	38	20.03	1	0.60
	鯨魚	13	8.33	31	21.23	0	0
	牛	9	5.42	38	26.03	0	0

一、學生動物概念知識發展的情況

此部份的結果及討論，則按：常見動物的認識；學生動物屬性知識的發展；學生最熟悉10種動物的分佈情形。

(一)常見動物的認識

根據受測學生的填答資料，經統計分析後按腔腸動物，軟體動物、環節動物、節肢動物、棘皮動物、脊椎動物等大類列成表1：

由表 1 的數據來看，對於常見的動物的認識，高中二年級學生隨著年齡的增長，接觸動物學的知識以及經驗的增加，常見動物認識的正確率也增加，但是對於比較少見的珊瑚、海膽、海參仍然有少數的高二學生把牠們歸類爲非動物。對小六及國二學生來說，把珊瑚、海膽、海參歸類爲非動物的比率更高，他／她們把動物錯認爲非動物的理由，如下：

1. 沒有看過這種動物。
2. 忘記了。

表2：學生的動物屬性知識的發展（以答對率表示）

動物的屬性	國小六年級（N＝156）		國中二年級（N＝146）		高中二年級（N＝166）	
	人次	%	人次	%	人次	%
能自由移動	100	64.10	35	23.97	140	84.34
沒有細胞壁	0	0.00	49	33.56	42	25.30
異營性營養	28	17.95	36	24.66	45	27.11
有中心粒	0	0	15	10.27	25	15.06
生活史無世代交替	0	0	0	0	0	0

3. 牠不會移動。

4. 大人（包括老師）沒說過（告訴我）。

最值得注意的是，第三項理由 － 牠不會移動，由於學生以「動物能自由移動」爲判定是否爲動物的主要標準，因此他／她們認爲珊瑚、海膽、海參是植物，甚至有一位受訪的高二學生認爲珊瑚爲非生物。他說：「我從來未曾看過珊瑚運動，動物是會移動的」

(二)學生動物屬性知識的發展順序

有關受測學生判定某客體是動物的標準，是根據動物所具有的共同特徵，就是對動物屬性的瞭解，學生反應的結果統計後以表 2 來呈現，表中的數字是學生選答該項動物屬性的百分率（%）。

由表 2 的數據來看，學生動物屬性知識的發展，大致上呈現下列順序：能自由移動；異營性營養（沒有葉綠體不能行光合作用，要吃東西）；沒有細胞壁；有中心粒；生活史無世代交替。動物的屬性中，能自由移動是學生最容易意識到的動物概念表徵，國小學生雖學習過動植物細胞的不同，但仍沒有填答動物沒有細胞壁，動物有中心粒對國小學生來說是很難理解的。然而國中生物在動植物細胞的章節中，並沒有談論到動物細胞有中心粒，但仍然有 10.27 %的學生填答動物細胞有中心粒，這也許是授課教師的補充教材所含蓋的知識，高中基礎生物課本於動物細胞圖片中指出中心粒。生活史無世代交替並未出現於國中、高中的生物課本中，因此沒有任何學生填答此項特徵。由此可知，學生動物概念和知識的發展，受到學校課程內容的影響甚鉅。由學生的填答的答案中，學生具有下列的動物概念的另有構念：

1. 有頭、口、眼（只有部份動物才有的屬性）；
2. 有四肢（不是全部動物都有的屬性）；
3. 能生殖、生長（生物概念的屬性知識）；
4. 能發生聲音（以偏概全的說法）；
5. 能調節體溫（只有恆溫動物才有的屬性）；
6. 有感覺器官（以偏概全的說法）；
7. 會思想（擬人化說辭）。

(三)學生最熟悉的動物的分佈情形

調查表中有一題要學生寫出自己最熟悉的動物名稱，受測學生所填的答案，經歸類、統計其頻率及百分比，所得的結果以表 3 來呈現。

由表 3 的數據來看，學生自己認爲最熟悉的動物，是以哺乳類最多；鳥類其次；爬蟲類又次之。這種現象並不因年級的增加而改變，可見學生個人的先前經驗，仍然根深柢固地深植於個人的腦海之中，很難因後來的新經驗而經歷重構性的改變。根據 Trowbridge 和 Mintzes（1985）所作的跨年齡的研究，發現學生（包

表3：學生最熟悉的動物之類別分佈表

動物類別名稱	國小六年級		國中二年級		高中二年級	
	頻率	%	頻率	%	頻率	%
哺乳類	1029	66.86	958	66.11	1046	65.58
鳥類	193	12.54	172	11.87	186	11.66
爬蟲類	104	6.78	117	8.07	100	6.27
兩生類	30	1.95	28	1.93	22	1.38
魚類	64	4.16	53	3.66	84	5.27
昆蟲	57	3.70	71	4.90	119	7.46
其他	62	4.03	50	3.45	38	2.38
總和	1539	-	1449	-	1595	-

*其他是代表不是昆蟲的其他無脊椎動物

括大學生）所舉出的動物幾乎都是脊椎動物，而且寫出的動物中哺乳類佔 81 %；鳥類佔 10 %；爬蟲類佔 5 %；魚類佔 4 %；只有兩位學生提到昆蟲。本研究的結果雖然和他們的結果相似，但是我們的受測學生所熟悉的無脊椎動物種類則要比美國學生來得多。

二、學生脊椎動物分類概念的發展情況

有關受測學生脊椎動物分類概念的發展情況調查結果，將分爲五大項來敘述並加以討論，分別如次：魚類概念知識的發展；兩生類概念知識的發展；爬蟲類概念知識的發展；鳥類概念知識的發展；哺乳類概念知識的發展。

(一)常見脊椎動物的認識

根據受測學生的填答資料，按脊椎動物的五大綱，加以歸類、統計並計算答錯學生的比率，得到的結果以表 4 來呈現。

由表 4 的數據來看，受調查的學生對脊椎動物的認識，隨著學生年級的增加而增進。尤其是把鰻魚、蝌蚪、蛇誤認爲無脊椎動物的學生比率有明顯下降，其比率分別爲鰻魚：小六 61.54 %、國二 26.71 %、高三 20.48 %；蝌蚪：小六 75 %、國二 40.41 %、高二 48.19 %；蛇：小六 47.44 %、國二 40.41 %、高二 20.48 %。但值得注意的是，20.48 %的高二學生把鰻魚認爲是無脊椎動物，也有同樣的比率（20.48 %）的學生認爲蛇是無脊椎動物。最值得注意的是，蝌蚪是青蛙幼體，但是認爲蝌蚪是無脊椎動物的學生分別爲 75 %(小六)；40.41 %(國二)；48.19 %（高二），把青蛙歸數爲無脊椎動物的學生，分別爲 14.74 %（小六）；23.29 %（國二）；7.83 %（高二）。

根據個別晤談所得到的資料，就全體受訪學生的整體反應來看，把部份的脊椎動物錯認爲無脊椎動物，或無脊椎動物錯認爲脊椎動物，他/她們的想法如下：

1. 牠們看起柔軟捲曲的（例如：把蛇、鰻視爲無脊椎動物）；
2. 牠看起來沒有明顯的頭部（例如：把青蛙視爲無脊椎動物）；
3. 牠沒有四肢（例如：把蛇、鰻視爲無脊椎動物）；
4. 牠有硬的外殼（例如：把蛤視爲脊椎動物）；
5. 牠有附肢(例如：把蝗蟲視爲脊椎動物)。

而對於青蛙的幼體（蝌蚪）是無脊椎動物的說法最值得注意，他/她們認爲：「蝌蚪小小軟軟的，應該沒有脊椎骨，但成長爲青蛙後可

表4：學生對於常見脊椎動物的答錯率（%）

動物綱名及名稱		國小六年級（N=156）		國中二年級（N=146）		高中二年級（N=166）	
		人次	%	人次	%	人次	%
脊椎動物							
魚類	鰻	96	61.54	39	26.71	34	20.48
	吳郭魚	15	9.62	15	10.27	9	5.42
	白鯊	10	6.41	18	12.33	4	2.41
兩生類	蝌蚪	117	75.00	59	40.41	80	48.19
	青蛙	23	14.74	34	23.29	13	7.83
爬蟲類	蛇	74	47.44	53	34.25	34	20.48
	鱷魚	5	3.21	13	8.90	5	3.01
	龜	39	25.00	28	19.18	36	21.69
	壁虎	34	21.79	18	12.33	26	15.66
鳥類	麻雀	11	7.05	47	32.19	2	1.21
	企鵝	7	4.49	32	21.92	4	2.41
哺乳類	狗	11	7.05	5	3.42	0	0

以自由地跳躍應該有脊椎骨才能支撐身體。」這種把同一種動物的幼年期視爲無脊椎動物，成體時爲脊椎動物的想法，受訪談的學生並不認爲是胚胎發展上的矛盾想法。學生這些對脊椎動物的另有構念，和國外的研究結果非常相似(Bell & Baker, 1982; Braund, 1991; Trowbridge & Mintzes, 1985, 1988)，這種跨文化的相似性可能是受到個人知覺上的支配所產生的另有構念吧。

(二)學生脊椎動物屬性知識的發展情況

在問卷調查表中，要受測學生把如何辨認脊椎動物的想法寫出來，把學生的反應，按動物學上對於脊椎動物的屬性定義：1)有軟骨或硬骨組成的脊柱；2)有由軟骨或硬骨組成的頭顱；3)有背側神經索；4)具有鰓裂（除了魚類外只有在胚胎時其才有）加以歸類計算答對的學生比率，並以表五來呈現所得到的結果，表中的數據是答對學生的百分率（%）。

由表5的數據可以顯示出來，學生脊椎動物概念的屬性知識的發展，是先出現脊椎動物具有脊柱，對於國小六年級和國中二年級學生來說，並未具有其他三項屬性，這是因爲國小自然科學沒有特別的教學單元供學生學習，而國中生物提供常見脊椎動物給國中生學習，但內容中並未詳細有系統地把什麼叫做脊椎動物加以界定。高中二年級則出現了脊椎動物具有背側神經索、鰓裂及頭顱這三項屬性，由於高中基礎生物把脊椎動物放在補充教材中，不列爲正式上課的範圍，因此，學過基礎生物的高二學生，有關脊椎動物的概念知識並沒有充分發展。

(三)學生最熟悉的脊椎動物的分佈情形

調查表中，有一題要學生寫出 10 種自己最熟悉的脊椎動物，把受測學生所填的答案，按哺乳類、鳥類、爬蟲類、兩生類，魚類計算其頻率及百分率，並製成表六來呈現結果。

由表6的數據，可以知道學生最熟悉的脊椎動物以哺乳類最多，其次爲鳥類，最不熟悉

表 5：脊椎動物屬性知識的發展情況

脊椎動物的屬性	國小六年級 (N＝156)		國中二年級 (N＝146)		高中二年級 (N＝166)	
	人次	%	人次	%	人次	%
有脊柱 (軟骨或硬骨)	12	7.69	37	25.34	55	33.13
有頭顱 (軟骨或硬骨)	0	0	0	0	3	1.81
有背側神經索	0	0	0	0	17	10.24
具有鰓裂	0	0	0	0	21	12.65

表 6：學生最熟悉的脊椎動物分佈情形

動物類別名稱	國小六年級 (N＝156)		國中二年級 (N＝146)		高中二年級 (N＝166)	
	頻率	%	頻率	%	頻率	%
哺乳類	967	67.06	920	67.60	1189	75.25
鳥類	222	15.40	197	14.47	191	12.09
爬蟲類	105	7.28	111	8.16	78	4.94
兩生類	48	3.33	38	2.79	32	2.03
魚類	100	6.93	95	6.98	90	5.70
總和	1442	-	1361	-	1580	-

的爲兩生類，這可能和學生的日常經驗有關，平常學生最常接觸到的脊椎動物就是哺乳類和鳥類。受測學生的這種表現，和國外學者研究的結果相類似 (Bell & Baker, 1982)。同時在台灣，爬蟲類和兩生類在棲息地的人爲破壞之下，不但在都市地區不易看到，就是在郊外也不易看到牠們的蹤影，學生的第一手經驗相較於過去的學生是非常貧乏，這是值得我們在生物教育上重視的問題。

三、學生脊椎動物分類概念的發展情況

有關受測學生脊椎動物分類概念的發展情況調查結果，將分爲五大項來敘述並加以討論，分別如次：魚類概念知識的發展；兩生類概念知識的發展；爬蟲類概念知識的發展；鳥類概念知識的發展；哺乳類概念知識的發展。

(一)魚類概念知識的發展情況

有關受測學生魚類概念知識的發展情況調查的結果，分爲兩部份加以敘述及討論，第一部份爲魚類的認識－就是把 16 種脊椎動物是魚類者選出來的錯誤率，第二部份論述魚類的屬性知識的發展，調查結果分別以表 7 及表 8 來呈現，並加以討論之。

由表 7 的數據，顯示學生對魚類的認識，隨著年級的增加而成長，主要是由於學校所學的生物學知識的廣度及深度的增加，以及學生個人經驗的累積成果。但是對一些特定的一些動物，仍然有相當比率的學生錯答的現象，例如：海馬有 42.95 % (小六)；40.41 (國二)；16.87 (高二) 的學生認爲海馬不是魚類。另外有 15.38 % (小六)；12.82 %(國二)；4.22 % (高二) 的學生把鱷魚當作魚類。更有 52.56 % (小六)；43.15 (國二)；7.83 (高

表 7：學生對魚類認識的調查結果（以答錯率%來表示）

動物類別及名稱		國小六年級（N＝156）		國中二年級（N＝146）		高中二年級（N＝166）	
		人次	%	人次	%	人次	%
魚類	鯊魚	22	14.10	18	12.33	11	6.63
	海馬	67	42.95	59	40.41	28	16.87
爬蟲類	鱷魚	24	15.38	20	12.82	7	4.22
鳥類	企鵝	6	3.8	14	9.59	9	5.42
哺乳類	海獅	38	24.37	32	21.92	27	16.27
	鯨魚	82	52.56	63	43.15	13	7.83

表中所謂的答錯是把鯊魚、海馬認爲不是魚類；把非魚類認爲是魚類。

表 8：學生魚類屬性知識發展情況

魚類屬性	國小六年級（N＝156）		國中二年級（N＝146）		高中二年級（N＝166）	
	人次	%	人次	%	人次	%
有鱗	35	22.44	55	37.67	109	65.66
有鰭	32	20.51	41	28.08	63	37.95
鰓呼吸	31	19.87	32	21.92	41	24.70
體外受精	0	0	0	0	11	6.63
變溫	0	0	0	0	16	9.64
一心耳一心室	0	0	0	0	35	21.08

二）的學生把鯨魚認爲是魚類。學生容易把海馬錯誤爲非魚類，可能是因爲有「馬」和哺乳類的馬、斑馬有相同的的字，而鱷魚、鯨魚則有「魚」在語辭中，因此學生容易把牠們認爲是魚類，學生的這種因語詞的關係而錯認的現象，在國外也有研究結果證實語言會影響學生對動物的認知（Villalbi & Lucas, 1991）。同時，也有 24.37％（小六）；21.92％（國二）；16.27 ％（高二）的學生，把海獅認爲是魚類，這可能因海獅的棲息地，以及海獅的四肢成爲鰭狀的原故。根據個別晤談的學生的回應，他/她們的想法，也可以證實上述推測。例如有高中生說：「海獅有鰭狀肢，所以牠是魚類」；一位國中生說：「牠生活在水中，所以是魚類」。至於，受測學生的魚類屬性知識的發展，國小六年級學生，國中二年級學生只出現了，魚有鱗、有鰭及以鰓呼吸等三項魚類的特徵。到了高中二年級學生，除上述三項特徵，有關生殖作用、內部器官構造，以及體溫調節功能上的特徵才出現。

(二)兩生類概念知識的發展情況

有關受測學生的兩生類概念知識發展情況的調查結果，分爲兩部份加以敘述，第一部份爲兩生類的認識—即把 16 種脊椎動物是兩生類者選出來的錯誤率；第二部份是敘述兩生類屬性知識的發展，調查的結果以表 9 及表 10 來呈現並加以討論。

表 9：學生對兩生類認識調查結果（以答錯率%表示）

動物類別及名稱		國小六年級（N＝156）		國中二年級（N＝146）		高中二年級（N＝166）	
		人次	%	人次	%	人次	%
兩生類	青蛙	20	12.82	23	15.75	0	0
	蟾蜍	61	39.10	39	26.71	12	7.2
爬蟲類	蛇	20	12.82	10	6.85	3	1.81
	鱷魚	77	49.36	62	42.47	27	16.27
	龜	10.4	66.67	81	55.48	49	29.52
	蜥蜴	8	5.13	10	6.85	6	3.61
鳥類	企鵝	82	52.56	51	34.93	4	2.41

表 10：學生兩生類概念知識的發展情況

兩生類屬性	國小六年級（N＝156）		國中二年級（N＝146）		高中二年級（N＝166）	
	人次	%	人次	%	人次	%
皮膚潮溼	3	1.92	12	8.22	51	30.72
變溫	0	0	0	0	25	15.06
體外受精	0	0	0	0	41	24.70
肺呼吸	12	7.69	20	13.70	35	21.08
變態	0	0	0	0	20	12.05
二心耳一心室	0	0	0	0	24	14.46
皮膚呼吸	0	0	0	0	20	12.05

由表 9 的數據，顯示出受測學生對於兩生類的認識能力隨年級的增加而增加，對於蟾蜍仍然有 39.10％（小六）26.71％（國二）；7.2％（高二）的學生，不認爲牠是兩生類，這可能是蟾蜍的棲息地不在水邊有關。對於爬蟲類的蛇，鱷魚、龜、蜥蜴也有不少的受測學生把牠們錯認爲是兩生類，尤其是龜類，有高達 66.17％（小六）、54.48％（國二）、29.52％（高二）的學生，把龜認爲是兩生類，這可能是因爲龜走路以及在水中游的樣子和青蛙相似的原故。根據 Trowbridge 和 Mintzes（1985）的研究，他們發現美國學生（五年級、八年級、大一、大二）有 50 ％，會把兩生類和爬蟲類混在一起而分辨不出何者是兩生類，何者是爬蟲類，而把龜類認爲是兩生類的學生則接近五成。因此，本研究的結果，發現我們的受測學生，辨認兩生類和爬蟲類的能力和美國學生的表現相仿。受測學生有 52.56％（小六）、34.93％（國二）、2.41 ％（高二）把企鵝歸爲兩生類，而美國的學生則沒有把企鵝認爲是兩生類的現象。

就表 10 的數據來看，受測學生的兩生類概念知識發展情況，高中二年級學生，對於何謂兩生類的主要屬性，次要屬性漸漸地發展出來，在七項的屬性中都有部份學生已經建構出來，國小六年級及國中二年級學生，只有非常

表 11：學生對爬蟲類認識的調查結果（以答錯率%表示）

動物類別及名稱		國小六年級（N＝156）		國中二年級（N＝146）		高中二年級（N＝166）	
		人次	%	人次	%	人次	%
爬蟲類	龜	113	72.44	87	59.59	47	28.31
	鱷魚	84	53.85	82	56.16	34	20.48
	蜥蜴	17	10.90	11	7.53	7	4.22
兩生類	青蛙	16	10.26	15	10.27	0	0
	蟾蜍	34	21.80	32	21.92	11	6.63
哺乳類	蝙蝠	7	4.49	2	1.37	0	0
	猴子	6	3.85	6	4.11	0	0

表 12：學生爬蟲類概念認識的發展情況

爬蟲類屬性	國小六年級（N＝156）		國中二年級（N＝146）		高中二年級（N＝166）	
	人次	%	人次	%	人次	%
有乾性鱗片	0	0	0	0	12	7.23
變溫	6	3.85	13	8.90	48	28.91
體內受精	0	0	0	0	13	7.83
肺呼吸	0	0	3	2.06	17	10.24
二心房二心室	0	0	6	4.11	62	37.35
有骨板	0	0	0	0	21	12.65
有胚外膜	0	0	0	0	4	2.41

少數的學生具兩生類的皮膚潮溼及兩生類利用肺呼吸，但是他/她們並沒有把皮膚潮溼和皮膚呼吸連在一起，對高中生來說，仍然只有 12.05 %的受測學生，把皮膚潮溼和皮膚呼吸相連。

根據個別的晤談的受訪學生的反應，他/她們把爬生類錯認爲兩生類的想法如下：

1. 看過蛇在水中生活；
2. 鱷魚生活在水中；
3. 龜走路和青蛙相同；
4. 龜在水中和青蛙一樣地游泳。

至於，把企鵝歸類爲兩生類，他/她們所持的理由爲企鵝生活海邊或海水中，這種想法和把蛇和鱷魚認爲是兩生類的想法相似，即以青蛙的棲息地（水邊）作爲推論企鵝、蛇、和鱷魚是兩生類的前提。

(三)爬蟲類概念知識的發展情況

受測學生的爬蟲類概念知識的發展情況，依調查的結果分兩部份加敘述，分別爲：1)學生對爬蟲類的認識—即把 16 種脊椎動物區分爲爬蟲類及非爬蟲類的能力；2)爬蟲類屬性知識的發展，受測學生的調查結果經歸類、統計分析後，分別以表 11 及 12 來呈現並加以討論。

由表 11 的數據，我們可以知道受測學生，對於兩生類和爬蟲類分辨的錯誤，仍然和爬蟲

表 13：學生對鳥類認識的調查結果（以答錯率%表示）

動物類別及名稱		國小六年級（N＝156）		國中二年級（N＝146）		高中二年級（N＝166）	
		人次	%	人次	%	人次	%
鳥類	企鵝	107	68.59	112	76.71	58	34.94
	麻雀	7	4.49	15	10.27	6	3.62
	鴿子	15	9.62	15	10.27	7	4.22
哺乳類	蝙蝠	51	32.69	47	32.19	8	4.82

表 14：學生鳥類概念知識的發展情況

鳥類屬性	國小六年級（N＝156）		國中二年級（N＝146）		高中二年級（N＝166）	
	人次	%	人次	%	人次	%
有羽毛	0	0	0	0	12	7.23
恆溫	0	0	0	0	30	18.07
卵生	0	0	0	0	23	13.86
肺呼吸	0	0	1	0.68	8	4.82
有氣囊	0	0	4	0	26	15.66
二心耳二心室	0	0	0	2.74	22	13.25
體內受精	0	0	0	0	16	9.64
單卵巢	0	0	0	0	5	3.01
無膀胱	0	0	0	0	6	3.62
骨胳中空	0	0	0	0	41	24.70

類和兩生類的外形、運動的姿勢，及棲息地的類似有關。個別晤談的學生反應，也和兩生類概念知識發展的晤談反應相似。至於，受測學生爬蟲類概念知識的發展情形，由表 12 的數據可以知道高中二年級學生的爬蟲類的屬性知識，整體來說，要比國中二年級學生好，國小六年級學生則沒有什麼發展，當然這和國小自然科的教學內容雖然有爬蟲類動物的名稱，但並介紹什麼是爬蟲類有關。倒是有少數的國小六年級及國中二年級的學生把哺乳類的蝙蝠和猴子列爲爬蟲類，是蠻有趣的現象，可能他/她們看過蝙蝠爬行，以及猴子爬樹而推想牠們是爬蟲類。

(四)鳥類概念知識的發展情況

受測學生的調查結果，經歸類及統計後，分兩部份來敘述，分別爲：1)學生對鳥類認識的調查答案的錯誤率；2)受測學生對於鳥類生知識的發展，分別以表 13 及 14 來呈現，並加以討論。

由表 13 的數據顯示受測學生，68.59 %（小六）；76.71 %（國二）；34.94 %（高二）的學生把企鵝歸爲非鳥類，美國學生則有 35 %（五年級）、25 %（八年級）、55 %（大一、大二）把企鵝認爲是哺乳類（Trowbridge & Mintzes, 1985）。同時，有 32.69 %（小六）；32.19 %（國二）；4.82 %（高二）的學生把蝙蝠歸爲鳥類，

表 15：學生對哺乳類認識的調查結果（以答錯率%表示）

動物類別及名稱		國小六年級（N＝156）		國中二年級（N＝146）		高中二年級（N＝166）	
		人次	%	人次	%	人次	%
哺乳類	鯨魚	61	39.10	45	30.82	10	6.02
	猴子	19	12.18	17	11.64	0	0
	牛	16	10.25	15	10.27	1	0.60
	蝙蝠	53	33.97	60	41.10	7	4.22
	海獅	84	53.85	81	55.48	36	21.69

表 16：學生的哺乳類屬性知識的發展情況

哺乳類屬性	國小六年級（N＝156）		國中二年級（N＝146）		高中二年級（N＝166）	
	人次	%	人次	%	人次	%
有毛髮	0	0	0	0	3	1.81
胎毛	4	2.56	5	4.11	58	34.94
乳汁哺育幼兒	63	40.38	79	54.11	103	62.05
恆溫	0	0	4	2.74	19	11.45
肺呼吸	73	46.79	46	31.51	81	48.80
二心耳二心室	0	0	0	0	10	6.02
紅血球無核	0	0	0	0	4	2.41
體內受精	0	0	2	1.37	4	2.41

根據個別晤談學生的反應，他/她們把企鵝歸爲非鳥類的想法，是企鵝體形及企鵝不會飛，把蝙蝠歸爲鳥類是因爲牠會飛。至於，有關鳥類概念的屬性知識，由表 14 的數據顯示出來，國小六年學生完全沒有發展，而國中二年級學生只有少數具有鳥類用肺呼吸（1 人），體內有氣囊（4 人）的概念知識。

(五)受測學生哺乳類概念知識的發展情況

有關學生哺乳類概念知識發展的調查結果，經歸類及統計後，分兩部份來論述，分別爲：1)受測學生對哺乳類認識的調查答案的錯誤率；2)受測學生對哺乳類屬性知識的發展分別以表 15 及 16 來呈現，並加以討論。

根據表 15 的數據，受測學生把哺乳類中的鯨魚、蝙蝠、海獅認爲是非哺乳類的比率最高，分別爲鯨魚：39.10％（小六）30.82％（國二）、6.02％（高二）；蝙蝠：33.87％（小六）、41.10％（國二）、7.42％（高二）；海獅：53.85％（小六）、55.48 ％（國二）、21.69（高二）。把鳥類的企鵝歸哺乳類的學生有 23.08 ％（小六）、34.25％（國二）、27.71％（高二）。把魚類中的鯊魚歸爲哺乳類的國小六年級學生有 19.23 ％，國中二年級學生有 19.86 ％，高中二年級學生有 7.23 ％；把海馬歸爲哺乳類的學生有 30.77％（小六）、26.71％（國二）、15.06％（高二）。對於常見的哺乳類動物猴子和牛也有百分之十以上的國小六年及國中二年級學生把牠們歸爲非哺乳類。整體來說高中二年級的

受測學生分辨何者爲哺乳類或非哺乳類的能力要比國小二年級及國中二年級的受測學來得好。

由表 16 的數據也顯示出來，受測學生的哺乳類概念知識發展，到了高中二年級學生才漸漸發展出多樣化的屬性知識，對國小六年級學生而言，他/她們的哺乳類的屬性知識如次：（2.56％），乳汁哺育功兒（40.38％），肺呼吸（46.79 ％）。國中二年級學生則具有下列屬性知識：胎生（4.11％），乳汁哺育幼兒（54.11％），恆溫（2.74），肺呼吸（31.51％），體內受精（1.37％）。至於，高中二年級學生則具有的屬性知識按人次比率的大小，敘列如次：乳汁哺育幼兒（62.05％）、肺呼吸（48.80％）、胎生（34.94％）、恆溫（11.45％）、二心耳二心室（6.02％）、紅血球無核（2.41 ％）、體內受精（2.41 ％）、有毛髮（1.81 ％）、有關哺乳類概念的屬性知識中，主要屬性是：有毛髮（和鳥類的羽毛不同）；胎生、乳汁哺育幼兒。表 16 中的其他五項特徵都是次要的屬性。

另外，就訪談的學生的反應，受訪學生對於何謂哺乳類以及分辨哺乳類或非哺乳類的想法，有下列另有的構念，分別敘述如下：

1. 以棲息地作爲非哺乳類判定的依據之一，例如：把鯨魚、海獅認爲是非哺乳類；
2. 認爲會飛的是鳥類，因此把蝙蝠歸爲鳥類；
3. 由動物的外形，例如學生把身體胖胖在地上走的企鵝歸爲哺乳類；
4. 根據動物名稱的字面意義，例如把海馬（魚類）歸爲哺乳類，他/她們把海馬和馬視爲同類的動物，因此就把牠認爲是哺乳類。
5. 以動物運動的方式作爲判定的特徵，例如有學生看過猴子爬樹，因此把牠歸爲爬蟲類；
6. 以動物習性爲判定的依據，例如鯊魚很兇猛，所以牠是哺乳類。

伍、結論與建議

一、結論

學生的調查表回答資料，配合個別晤談的反應資料，經分析得到一些結論，按動物及動物分類概念知識的發展順序；以及學生動物及動物分類概念的另有構念兩部份來陳述。

(一)學生動物及動物分類概念知識的發展順序

有關學生動物及動物分概念知識發展的順序，是以答對某一屬性的學生比例的大小爲指標，分別敘述如下。

1. 動物概念—動物屬性知識出現的順序如下：能自己運動；異營性營養；沒有細胞壁；有中心粒。沒有出現「生活史上世代交替」這種屬性。
2. 脊椎動物概念，其屬性知識的發展順序如下：有無脊椎骨（脊柱）；有無鰓裂；有無背側神經索；有無頭顱。
3. 脊椎動物分類概念知識的發展順序
   (1)魚類概念—魚類屬性知識出現的順序如下：有鱗片；有鰭；鰓呼吸；體外受精；變溫；一心耳一心室。
   (2)兩生類概念—其屬性知識出現的順序如下：皮膚潮溼；體外受精；肺呼吸；變溫；二心耳一心室；能皮膚呼吸；變態（無尾目兩生類）。
   (3)爬蟲類概念—其屬性知識出現的順序如下：二心耳二心室；變溫；有骨板；肺呼吸；體內受精；有乾性鱗片；有胚外膜。
   (4)鳥類概念—其屬性知識出現的順序如下：骨骼中空；恆溫；有氣囊；卵生；二心耳二心室；體內受精；有羽毛；肺呼吸；無膀胱；單卵巢。

(5)哺乳類概念—其屬性知識出現的順序如下：用乳汁哺育幼兒；肺呼吸；胎生；恆溫；二心耳二心室；紅血球無核；體內受精；有毛髮。

(二)學生動物及動物分類概念的另有構念

1. 有關動物概念的另有構念
   (1)不會移動就不是動物，例如：學生把珊瑚、海膽及海參（沒有看過牠們移動），認爲是非動物，有人認爲是植物，也有人把珊瑚認爲非生物。
   (2)有頭、口、眼才是動物。
   (3)有四肢才是動物。
   (4)能發出聲音才是動物。
   (5)有感覺器官才是動物。
   (6)會思想才是動物。
2. 有關脊椎動物的另有構念
   (1)看起來柔軟捲曲的是無脊椎動物(蛇、鰻魚)
   (2)沒有顯著頭部的爲無脊椎動物（青蛙）
   (3)沒有四肢的爲無脊椎物（蛇、鰻魚）
   (4)有硬的外殼的爲脊椎動物（蛤）
   (5)有附肢的爲脊椎動物（蝗蟲）。
3. 有關脊椎動物分類的另有構念
   (1)因棲息地而把某種動物認爲某綱的脊椎動物(海獅爲魚類，兩生類；蛇、龜等爬蟲類爲兩生類)；企鵝爲兩生類等等。
   (2)因動物的外形，例如：海獅(有鰭狀四肢)誤爲魚類；企鵝(圓圓胖胖)歸爲哺乳類等等。
   (3)因動物的行爲，例如：蝙蝠會飛歸爲鳥類，企鵝不會飛不是鳥類等。
   (4)因動物的運動的方式，例如：青蛙、蟾除、龜、鱷魚都會爬行，因此學生分不清何者是兩生類，何者爲爬蟲類。
   (5)受動物名稱的個別字義左右他/她們的想法，例如：把鯨魚歸類爲魚類；海馬歸類爲哺乳類，把海馬連想爲哺乳類的馬，斑馬同類。

二、對生物教學的建議

教師於涉及動物及動物分類概念教學時，應事先作好相關概念的概念分析，把主要屬性、次要屬性、非屬性、正例、反例臚列清楚。其次，要儘量地舉出更多的正例及反例讓學生討論及進行實作分類活動。再其次，要鼓勵學生對別人的想法提出批判及挑戰，並引出學生對概念的原有想法。最後，教師要營造班級爲主動學習氣氛，並儘量把學習活動和不同的情境相結合，例如：和社區的動物資源配合等。

致　　謝

本研究承蒙行政院國家科學委員會資助經費方得以完成，計劃編號爲 NSC87-2511-S-003-028，僅此敬致謝忱；同時也對北、中、南、東四區的研究對象的國小、國中、高中的至誠的協助，至上十二萬分的謝悃。

陸、參考文獻

1. 王美芬（1991）：**小學生所具有的月亮迷失概念**。論文發表於台灣省第二屆教育學術論文發表會，數理教育組論文集(pp. 380-392)。新竹市：省立新竹師範學院。
2. 王龍錫（1991）：**高屏地區兒童浮體概念另有架構分析**。論文發表於台灣省第二屆教育學術論文發表會，數理教育組論文集（pp. 257-303）。新竹市：省立新竹師範學院。
3. 王龍錫（1992）：**國小兒童光與視覺之概念研究**。論文發表於國小自然科學教育學術研討會，國小自然科學教育學術研討會論文彙編（pp. 39-64）。屏東市：國立屏東師院。
4. 江新合（1992）：**建構主義式教學策略在國**

小自然科教學的應用模式。論文發表於國小自然科學教育學術研討會，國小自然科學教育學術研討會論文彙編(pp. 3-20)。屏東市：國立屏東師院。

5. 林顯輝（1992）：**國小兒童水循環概念之研究**。論文發表於國小自然科學教育學術研討會，國小自然科學教育學術研討會論文彙編（pp. 99-124）。屏東市：國立屏東師院。
6. 洪木利（1990）：**我國兒童對牛頓定律概念架構之認知過程**。論文發表於中華民國第七屆科學教育研討會。台北市：國立台灣師範大學。
7. 施惠（1992）：**國小學生對動物生殖類型的概念發展研究**。國科會科學專題研究報告，810111S134-03-N-S300402。
8. 耿正屏（1991）：**我國國中學生生物科概念的發展（生物體內物質的運輸）（I）**。國科會科教專題研究報告，81011S018-03-D-S300403。
9. 耿正屏（1992）：**我國國中學生生物科科概念的發展（生物體內物質的運輸）（II）**。國科會科教專題研究報告，810111SO18-05-D-S300403。
10. 耿正屏（1993）：**我國國中學生生物概念的發展（三）（生物體內物質的運輸）**。國科會科教專題研究報告，820111S018-017-S300403。
11. 許民陽（1992）：**國小兒童對方向及位置兩空間概念認知發展的研究**。國科會專題研究報告，NSC81-0111-S-133-03。
12. 許榮富（1990）：科學概念發展與診斷教學合作研究計劃芻議。**科學發展月刊**, **18**(2), 150-156。
13. 張學文（1991）：**我國學生自然科概念發展與診教學的研究 — 中學生生態概念的發展研究及教學成效的改進**（I）。國科會科教專題研究報告，800111S110-01-D-S-300403。
14. 張學文（1992）：**我國學生自然科概念發展與診斷教學的研究 — 中學生生態概念的發展研究及教學成效的改進**（II）。國科會科教專題研究報告，810111s110-504-D-S300403。
15. 郭重吉（1994）：從建構主義的觀點探討中小學數理教學的改進。**科學發展月刊**, **20**(5), 548-570。
16. 黃台珠（1989）：**學生學習孟德爾遺傳法則的問題及其教學改進研究**（I）。國科會科教專題研究報告，780111S110-01-S300404。
17. 黃台珠（1990）：**學生學習孟德爾遺傳法則的問題及教學改進研究**（II）。國科會科教專題研究報告，790111S110-04-S300403。
18. 黃台珠（1992）：**學生學習孟德爾遺傳法則的問題及教學改進研究**（III）。國科會科教專題研究報告，81011S110-01-S300403。
19. 黃達三（1992）：**國小學生分類能力初探**。國科會科教專題研究報告，810111S143-501-N-S300402。
20. 黃達三（1994）：**國小學生動物、植物概念發展及另有概念研究**。論文發表於八十三年度師範學院教育學術論文發表會。台南：國立台南師範學院。
21. 黃湘武（1989）：**學生科學習概念與推理能力發展之相關研究 — 光的性質**。國科會專案研究報告，NSC-78-0111-S003-017-D。
22. 黃寶鈿（1987）：**溫度與熱量概念的混淆與辨識**。論文發表於第二次認知與學習研討會。台北市：國科會科教處。
23. 陳世輝（1992）：兒童人體器官概念發展之研究。**花蓮師院學報**, 419-530。
24. 陳忠志（1989）：**大一學生電學錯誤概念之研究**。論文發表於中華民國第五屆科教研討會。
25. 陳瓊森和許榮富（1990）：**科學認知結構的表徵與科學概念學習過程的機制**。國科會專案研究報告，未出版。
26. 盛承堯（1992）：**國民小學自然科溶液概念及概念發展的研究**。論文發表於國小自然科學教育學術研討會，國小自然科學教育學術

研討會論文彙編（pp. 93-98）。屏東市：國立屏東師院。

27. 湯清二（1990）：**我國學生科學概念發展與診斷教學研究：生物細胞概念發展**（I）。國科會科教專題研究報告，790111S110-01-S300404。
28. 湯清二（1990）：**我國學生科學概念發展與診斷教學研究：生物細胞概念發展**（II）。國科會科教專題研究報告，800111S018-14-D-S300402。
29. 熊召弟（1992）：**我國國小學生葅生物現象概念意義化之研究**（I）。國科會科教專題研究報告，810111S152-01-N-S300402。
30. 劉和義（1990）：**學生演化概念的發展評估與診斷教學之研究**（I）。國科會科教專題研究報告，790111S110-05-D-S300403。
31. 劉明智（1992）：**應用 SAE 模式探討國小學生能力的概念發展**。論文發表於國小自然科學教育學術研討會，國小自然科學教育學術研討會論文彙編(pp. 125-154)。屏東市：國立屏東師院。
32. 鍾聖校(1993)：**修正錯誤概念之教學研究**。台北市：師大書苑。
33. 謝秀月（1990）：**小學、師院學生熱與溫度概念的另有架構**。彰化市：彰化師大科學教育研究所碩士論文（未出版）。
34. Bell, B. F. (1981). When is an animal not an animal? *Journal of Biological Education*, *15*(3), 213-218.
35. Bell, B. F., & Baker, M. (1982). Toward a scientific concept of "animal". *Journal of Biological Education*, *16*(3), 211-223.
36. Bogdan, R. C., & Biklan, S. K. (1982). *Qualitative Research for Education*: *An Introduction to Theory and Methods.* Allyn & Bacon Inc.
37. Boder, G. M. (1986). Constructivism: A theory of knowledge. *Journal of Chemical Education, 63*(10), 873-878.
38. Braud, M. (1991). Children's ideas in classifying animals. *Journal of Biological Education*, *25*(2), 103-110.
39. Brumby, M. N. (1981). Learning, understanding and "thinking about" the concept of life. *Australian Science Teacher's Journal*, *27*(3), 21-25.
40. Boyes, E., & Stanisstreet, M. (1991). Misconceptions in first-year undergraduate science students about energy sources for living organisms. *Journal of Biological Education*, *25*(3), 209-213.
41. Carey, S. (1992). The origin and evolution of everday concepts, In Giere, R.N. (Ed), *Cognitive models of science* (pp. 89-128). Minneapolis, MN: University of Minnesota Press.
42. Champagne, A., Klopfer, L., & Anderson, J. (1980). Factors influencing of classical mechanics. *American of Physics*, 48, 1074-1079.
43. Chi, M. T. H. (1992). Conceptual change within and across ontological categories: Examples form learning and discovery Science. In Giere, R. N. (Ed), *Cognitive models of science* (pp. 129-186). Minneapolis, MN: University of Minnesota press.
44. Driver, R. (1983). *The pupil as a Scientist*. St Edmunds, Suffolk, VA: St Edmundsbury Press.
45. Driver, R., & Bell, B. (1986). Students' thinking and the learning of science: A constructivist view. *School Science Review*, *67*(3), 443-456.
46. Duschl, R. A., & Gitomer, D. H. (1991). Epistemological perspectives on conceptual change: Implications for educational practice. *Journal of Research in Science Teaching*, *28*(9), 839-858.
47. Erickson, G. (1979). Children conception of

heart and temperature. *Science Education*, *63*(2), 221-230.

48. Fisher, K. M. (1985). A misconception in biology: Amino acids and translation. *Journal of Research in Science Teaching*, *22*(1), 63-72.
49. Fischbein, E., Stavy, R., & Ma-NAIM (1989). The psychological structure of naive impetus conceptions. *International Journal of Science Education*, *11*(1), 71-81.
50. Gilbert, J. K., Osborne, R. J., & Fensham, P. J. (1982). Children's science and its con-sequences for teaching. *Science Education*, *66*(4), 623-633.
51. Head, J. (1986). Research into "alternative framework": Promise and problems. *Research in Science and Technological Education*, *4*(2), 203-211.
52. Helm, H., & Novak, J. (1983). *Proceeding of the International Seminar*: *Minsconceptions in Science and Mathematics*. Cornell University, Ithaca, New York, U.S.A.
53. Huang, D. S. (1996). A Study of Children's conception of life, animal, and plants as well as their alternative conceptions. *Proceeding of the National Scence Council*, *Part D*, *6*(1), 39-46.
54. Nussbaum, J. (1989). Classroom conceptual change: Philosophical perspective. *International Journal in Science Education*, *11*(5), 530-540.
55. Peters, P. C. (1982). Even honors students have conceptual difficulties with physics. *American Journal of Physics*, *50(*6), 501-508.
56. Piaget, J. (1952). *The origins of intelligence in children*. New York: International Universities Press.
57. Piaget, J. (1960). *The child's conception of the world*. Totowa, NJ: Littlefield, Adams & Co.
58. Pope, M., & Gilbert, J. (1983). Personal experience and the construction of knowledge in science. *Science Education*, *67*(2), 193-203.
59. Rener, J. W., & Marek, E. A. (1990). An education theory base for science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, *27*(3), 241-246.
60. Saunders, W. L. (1992). The constructivist perspective: Implications and teaching strategies for science. *School Science and Mathematics*, *92*(3), 136-141.
61. Trowbridge. J. E., & Mintzes, J. J. (1985). Student's alternative conceptions of animals and animal classification. *School Science and Mathematics*, *85*(4), 304-316.
62. Trowbridge, J. E., & Mintzes, J. J. (1988). Alternative conceptions in animal classification: A cross-age study. *Journal of Research in Science Teaching*, *25*(7), 547-571.
63. Tema, B. O. (1988). Rural and urban African pupils' alternative conceptions of "animal". *Journal of Biological Education*, *23*(3), 241-246.
64. Villalbi, R. M., & Lucas, A. M. (1991). When is an animal not an animal? When it speaks English. *Journal of Biological Education*, *25*(3), 184-186.
65. Von Glaasersfeld, E. (1987). *The construction of knowledge*. Seaside, CA: Intersystem Publi-cation.
66. West, L. H. T., & Pines, A. L. (1985). *Cognitive structure and conceptual change*. New York: Academic Press.
67. Westbrook, S. L., & Marek, E. A. (1991). A cross-age study of student understanding of the concept of diffusion. *Journal of Research in Science Teaching*, *28*(8), 649-660.
68. Wheatly, G. H. (1991). Constructivist pers-pectives on science and mathematics learning. *Science Education*, *75*(1), 9-21.

Student's Conceptions of Animal Classification and Vertebrates: A Cross-age Study

Dar-Sun Huang
Department of Taiwanese Language, Chun-Shan Medical University

Abstract

By using a cross-age research design, this study intends to explore student's conceptions in animal classification and vertebrate's animal classification at the 6th (N = 156), 8th (N = 146), and 11th (N = 166) grades. The researcher developed a questionnaire with multiple-choice and free-response items to probe the students' understanding of attributes of animals, conceptions of animals, and conceptions of animal classification and vertebrates. A summary of the results is as follows: 1. The development of conceptual knowledge in the subjects about animal and animal classification shows a sequential order across ages. For example in conceptions of animal, there is an order going from "movable", to "heterotrophic", to "no cell wall", to "centriole-own". But the idea of "no alternative of generation in life cycle" is still undeveloped. 2. The conceptual knowledge of vertebrates appears in the minds of the researched subjects in the sequence that follows: having vertebral column (back bone), gill-slit, dorsal nerve cord, and skull. 3. A wide range of alternative conceptions in conceptions of animal and vertebrate animal emerged. For example, corals, sea urchins, and sea cucumber are not considered animals; and snakes, ells and tadpoles are considered invertebrates.

Key words: Alternative Conceptions, Conceptions of Vertebrates, Animal Concept, Attributes of Animal, Animal Classification.