

國小學生對動物生殖類型概念建構之研究 教學活動設計

施 惠

數理教育系

摘 要

在現行課程中，國小自然科學四年級動物生殖單元的概念結構屬於奧斯貝的接受式學習方式，如按四年級學齡（10- 11歲）學生學習心理發展階段來考慮，此時之學童仍在具體操作的認知時期，學習模式有其不適合之處。復因於前期研究中發現國小學生學過動物生殖單元之後，仍有許多迷思概念。乃嘗試以布魯納式的發現式學習和探究問題建構概念的思考過程為經緯設計教學模型。

本教學模型之設計結構包括：安排教學情境；找出研究主題；提出預設的想法；設計驗證方法；解釋驗證結果，並應用於其他相關情境之中。此結構符合科學思考的過程，並無特殊枝節。然而本單元的設計精神在於教師提出經設計之問題，引導學生思考，再進行比較類化，教學實驗證實經過此活動過程，學生能利用動物生殖不同性狀特徵的類比，設計出不同形式的檢索表，經由比對、辯證、檢索方式的建構過程，學童學習到科學分類和邏輯思考的方法，也建構出對動物生殖類型的科學概念。

這個單元的教學設計是一個可以分出不同層次的學習過程，教師若能善自引領探究，可以獲得影響深遠的教學效果，因為學童一旦自該單元習得探究、思索、分類的過程，對往後的各單元必亦能根據此經驗處理之。

本教學模型分別在新竹縣兒童科學營、台北縣大觀國小、桃園縣復興國小、新竹師院附小、新竹科學園區實小、新竹市南陰國小、東園國小、虎林國小、新竹縣竹仁國小、苗栗縣建國國小、彰化縣和東國小、南投縣敦和國小等校試用。

由紙筆測驗和教學中的形成性評量可以證明本研究達成了預期之目的：

- 1.設計適當的教學策略，引導國小學生探究動物生殖的分類問題，以培育國小學生解決問題的能力。
- 2.設計有效的單元教學活動，可減少國小學生對動物生殖類型的迷思概念。



國小學生對動物生殖類型概念建構之研究 教學活動設計

壹·前言

一·研究背景

師範院校的教師若能對國民小學的教學問題主動研究，可縮短理論與實務的距離，深入掌握教學問題，提昇教育專業的水準。國小學生對動物生殖類型之概念結構有下列的問題〔施，民82（國科會計畫編號NSC81-0111-S134-03-N的研究報告）〕：

- 1.對動物卵生、胎生及卵胎生等生殖類型的客體屬性仍有許多迷思。對客體分類的基準亦未能掌握，回答「胚胎成長時營養的來源」問題的通過率奇低（參考附錄）。而此一概念正是動物生殖類型在分類時的必要分類標準。
- 2.此單元應屬生殖類型之分類，但現行教材內並未融有分類的精神和教法。

前述研究係國科會「國小數理科概念研究計畫」中的一部份，現在既已找出國小學生對「動物生殖類型」的迷思概念，即應研究改進具體的教學方案導正之，這便是進行本研究計畫的原因，其實本計畫是在教育研究的兩大目標下設計，即知識的擴展及問題的解決。

本研究擬由科學哲學及認知心理學的理論基礎來分析動物生殖類型的教材及教法，再由概念達成的教學模式來設計教學活動，這個過程涵蓋了建構主義和發現式學習理論的精神，經由問題解決教學的實驗設計和實際的教學過程來探討教學成效，以改進學生學習動物生殖類型之方法、解決迷思的問題。

二·研究目的

- 1.設計適當的教學策略，引導國小學生探究動物生殖的分類問題，以培育國小學生解決問題的能力。
- 2.設計有效的單元教學活動，來減少國小學生對動物生殖類型的迷思概念。

貳·文獻探討

一·國民小學自然科課程的改革

國民小學課程標準已於民國八十二年九月由教育部公佈，預定於八十五年度起全面逐年實施（教育部國教司，民82）。

台灣省教育廳國教研習會依部頒課程標準編輯國小自然科學新的課程，此課程承繼現行

課程的實驗研究精神，一面搜集分析課程實施上的問題，一面根據新的理念進行改進工作（毛松霖，民83）：

（一）課程目標方面

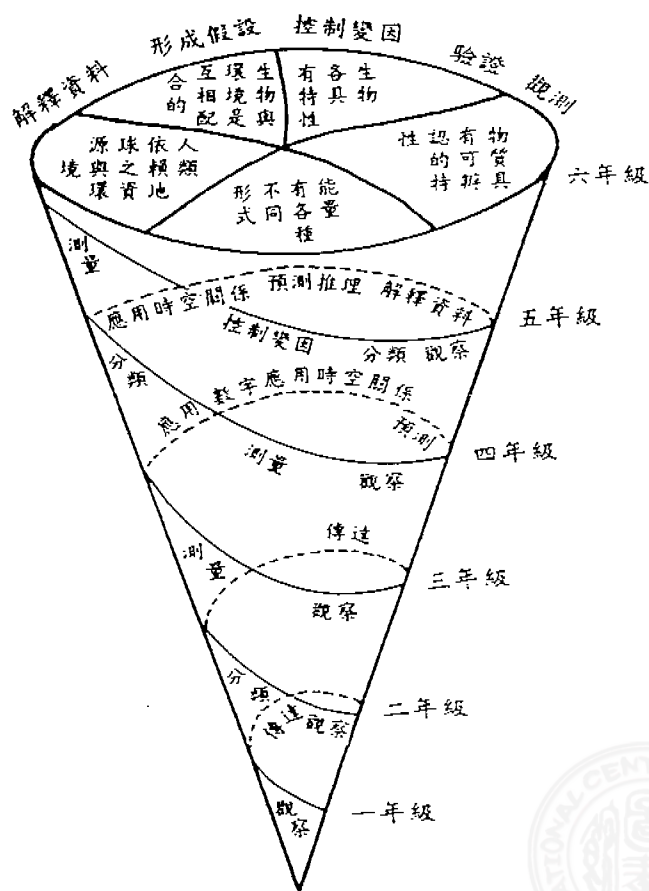
爲求我國課程目標更具有前瞻性，更能配合未來國家社會之需要與世界各國自然科學課程進一步改革之趨勢，對課程目標進行如下之改進：與現行課程總目標之方向，大致不變，但應在其條文中增列環境保育、科技與社會等有關概念之認知，以增進全民科學素養之進一步提昇。並且強調經由接近、觀察與探討自然環境與現象，使兒童察覺、體驗並獲得有關生命世界，物質科學以及地球環境之基本概念，以應用於日常生活，同時了解自然環境與人之相關，以激發探究自然之興趣；去培養珍惜維護自然環境之情操意識，促進人與自然環境之調諧。

（二）課程結構方面

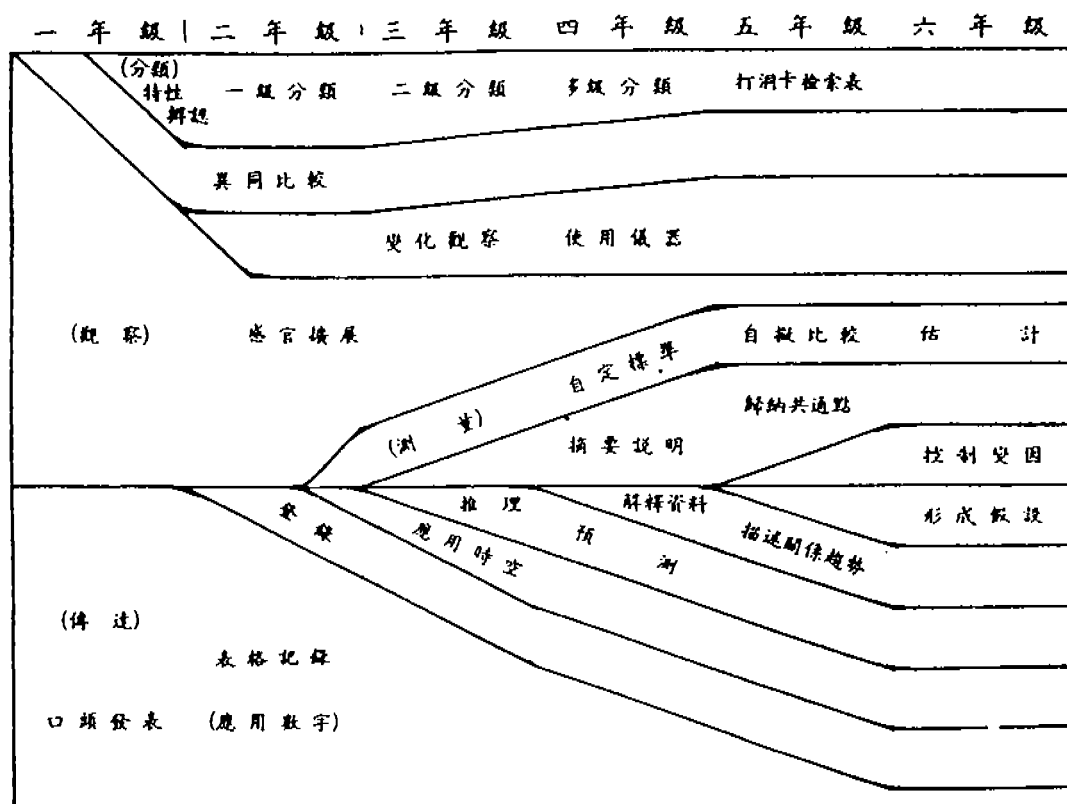
爲了使目前課程之「概念--方法」組織結構，更有效達成課程目標，擬將目前法則性概念加以簡併，科學過程技能之學習作層次性之安排，使教師更容易掌握核心概念與學習要領，減輕教師教學困難。而今後各年級之核心概念，將圍繞下列六項法則性概念逐年發展：

（三）基本精神方面：

課程結構示意圖：



各年級之過程技能學習將圍繞下列要領，逐年循序訓練。（有關各過程技能訓練項目之順序如下圖所示）。



盼望國小學生更有興趣、更主動去探討思考與形成概念，並藉以增進兒童處理解決問題之能力與環境意識。

本研究除根據前一年動物生殖類型迷思概念的研究結果，設計教學方法之外，配合新課程的精神，強調學生主動的探究，自行建構正確的概念，提昇解決問題的能力。

二．科學哲學與認知心理學（郭重吉，民81）

近年科學哲學家對於科學家在獲得科學知識方面所採取的建構主義的觀點，主要的是認為科學知識乃是科學家根據他們現有的理論以及社會的影響所作成的個人建構。

Wheatley (1991) 引述Bauersfeld 的話「學習的特色乃是經由團體互動中對意義的協議而對集體的意義和模範所做的主觀的重新建構」，因此，特別強調在教室中要讓學生共同討論數學和自然科學，使學生有機會能彼此磋商意義而達成共識。

Wittrock (1985) 特別指出在探討學生對於自然科學的學習時，需要瞭解學生究係如何

運用他們原先自然形成或非正式學得的對於科學的整體概念和思考方式，來對於科學家們以比較正式和複雜的方式所解釋的許多自然現象，自行建構其意義。

Driver 等人（1983）發展建構主義的教學模式有五個階段：確定探討的方向、引出學生的想法、學生想法的重組（澄清和交換、置於衝突的情境、建構新的想法、評鑑）、應用新的想法、回顧想法的改變。

Lawson, Abraham, and Renner（1989）所提出的探索（exploration）、術語的引入（term introduction）和概念的應用（concept application）的三個階段的教學循環，顯然都和建構主義的觀點相符，都可應用來促成學生概念的改變。

1991年Baird 等人提出：促成教師心智發展的一個有效的辦法乃是讓教師加入協同方式的行動研究，與從事科學教育研究的大學教授構成研究小組一起進行有關教育改進的研究。所有小組的成員經由討論之後決定採取的行動，然後把獲得的成果加以記錄和檢討。由於上述的這些研究經驗，Baird 等人所進行的教學研究，乃強調在科學的教學過程中，學生和教師兩方面在教學理念和實務上應做個人和小組定期的反省，而他們的研究顯示在這種兼顧許多重要因素的整體性的作法之下，教師和學生在認知和情意方面都有明顯的成長。

在師資培育計畫中應有充分的時間和機會，讓這些職前教師有親身的經驗，經由同化或調適作用，自行建構出正確的科學概念。這種經驗當能使職前教師對於日後如何誘導學生產生合適的概念改變，在方法和過程上有更深刻的體認。

三．問題解決的歷程和策略方面的設計有以下依據

（一）問題解決的心理探討：

根據鍾聖校（民82）的提出，認知心理學對問題的探討，是要瞭解提出問題的「心理歷程」。

在形成問題方面，要鼓勵兒童或輔導兒童，應在再超出他認知閾限之上一點點的地帶形成問題。因此形成問題的第一項目，應當是讓兒童了解「問題是什麼？」。

形成問題的第二項，是讓兒童了解關係結構是什麼？學習如何分類，有助於這種關係的認識（Silver，1981）。

另外，在解決問題方面，則應把握，將解決問題的方法介紹給兒童這個原則；解決問題的歷程，其實就是縮小問題的空間，教師在這方面的任務，主要是介紹知識、提供經驗，以及示範解決疑難的概括性策略。

此外，依建構論的觀點，學習是一種建構歷程，在其中知識結構或基礎不斷地改變去同化和順應新訊息。為促進學生執行控制能力和發展，教師必須應用後設認知（metacognition）可能對學習和問題解決歷程的影響提供線索，讓學生知道那部份重要，同時也告訴學生我們

的教材是如何組織的，標題、導讀、摘要、訊號是如何安排的，又如「第一」、「最重要的」都顯示什麼意思。在問題獲得解決之後再討論自己的解題策略亦對學習效率極為有益，這些都是後設認知對學習效率的影響（Armbruster and Brown 1984；Glover, et al.,1981；Andre, 1987）。

（二）自然科的解決問題教學法（陳文典，民84）

小學自然科所探討的是自然界所發生的天象、氣候、物質變化、生命現象等，是人對自己生命的認識和對生活環境的適應所必然遭遇的問題。如何才能對這些發生在生活週遭與我們密切相關的現象做確實的觀察，並察覺到這些現象變化的因果和規律，能經由對這些自然規律的了解，在生活上做合理的調適和創意的運用，這正是自然科課程設置的最大目的。

為了使兒童的學習能夠在很自然的環境下發生，而且樂意投入，教材應取材自兒童生活常接觸的素材，教學活動也應以兒童生活中所遭遇的問題來引發，教學策略上要儘量的以能使兒童自己努力尋找解決自己問題的方式來進行。教師在兒童學習的過程中，扮演問題的啓示者、處理問題的顧問及引導者，引領思考的方向，協助兒童整理歸納資料和經驗，使兒童得以拓展新的認知領域。這種以兒童本人為主的教學策略：由發現問題、確定問題及處理問題來展開整個教學活動，我們稱之為「解決問題的教學策略」。

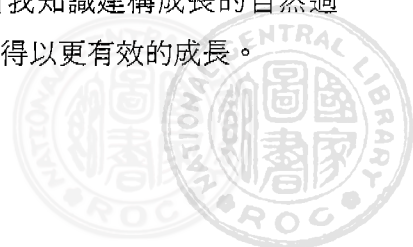
「解決問題教學法」其教學活動可以分成「發現問題」、「確定問題」、「處理問題」三個階段：

- 1.「發現問題」階段：安排合適的情境和教師的引導，兒童就能察覺到許多疑問和有待澄清的問題，在認知上伸展出開拓的觸鬚。
- 2.「確定問題」階段：經過整理、研討、分析之後，有待研究的問題明朗化了，思考的方向才能確定，找到研究的問題。
- 3.「處理問題」階段：提出預設，形成策略；規劃工作，安排流程；執行；整理、分析與解釋資料；統整與應用。

學習都是為了解決問題，教學法中「發現問題」與「確定問題」階段具有高度的批判思考和創造空間，使兒童在自由熱烈的發表及討論氣氛中學會權衡輕重、掌握重點的處事方法，是此教學法的特性之一。由於問題是由這種過程中產生的，學生的學習就是要來解決自己所產生的問題，學習動機自然強烈。單元結束時，除了獲得科學概念和科學技能的增進之外，引發出更多的問題，心中有了等待解決的問題，自然很容易注意到相關的資料，而隨時隨機能思考，吸收新知，作智力上的成長。

解決問題教學法其實是人們智力成長的自然學習過程，是自我知識建構成長的自然過程，教師僅是運用設備及教學，協助兒童在此知識建構成長過程，得以更有效的成長。

四．皮亞傑的認知理論（J. Piaget,1896-1980）



皮亞傑認知論對科學教育的重大啓示有以下三點（參考鍾聖校，民79）：

- 1.指出思想運作是由具體到形式，並提醒我們要提供適合兒童發展的環境。
- 2.課程編製和教材的編選，要配合兒童認知發展的順序。
- 3.要實施以兒童活動爲主的教學，讓兒童充分與環境中的事物互動，透過對經驗的同化和順應，使心智成長更結實。

皮亞傑的認知論既需配合兒童認知發展，則具體操作期(7-11歲)兒童的分類能力究竟如何，便需先進行瞭解，一般而言，此時期兒童除能將具體事實分門別類外，並能進行相關事物的聯想。

當兒童有了守恒概念，就會邁向分類發展的漸進階段。這些階段開始於三歲的前操作期而漸進到形式操作期階層。各年齡層的分類能力發展順序如下：

分類的次序	年 齡
知覺的組合：	3～4
看單一特徵	
用腦的組合：	3～4
抽象通性	
多重的分類：	4～5
超過一種性質以上的分類	
辨認差異的組合(Grouping by Recognizing Differences)：	4～5
看性質像或不像	
種類的包含：	5～6
次類包含於主類中	
向上層次的分類組合(Grouping by Ascending Hierarchy)：	
並能把次群歸併到主類裡	7～8
向下層次的分類組合(Grouping by Descending Hierarchy)：	
能由主類找出應包含的次群	9～10
建立多重標準：	11～14
形成相對性的複雜分類系統	

因此，具體操作期的兒童能建立類別與相關的概念。利用這些，他能更有效的將環境中所遭遇到的事物加以排列，他能依據構造和功能來分類，並且查對存在他心中的分類基模。

五．發現式學習理論



「發現式學習」(discovery learning)的概念是首先由布魯納(Bruner, 1960, 1960, 1973)所提出的。他認為所謂的學習是：學習者透過與環境的互動，主動地探索各種不同的資訊，並運用歸納推理(inductive reasoning)的方法，建立並檢驗假設，以便發現學科知識的整體性結構，即知識的基本原理、原則(邱上貞，民80)。這種學習是運用分類及歸納等方法，提供學生足夠的正例與反例，學生便會發現與實例有關的知識之基本性質是什麼，然後再有系統地去確認或反證這些猜測。

發現式學習在教學上的應用可以相當廣泛，由於它重視概念的獲得、知識結構的發現以及思考方式的訓練，因此，大多數學科都可適用，尤其是自然學科，發現式學習的理念相當具有啟發性(Woolfolk, 1987)。發現教學法後來為科學教育界廣泛引用，但加以修改，稱為引導的發現教學(Carin & Sund, 1989)。然而引導的發現教學中要有多少引導成分才算引導？凱玲和宋德(Carin & Sund, 1989)認為有三種程度的引導：

- 1.有充分規劃好的結構，可保證學生會運用心思去發現科學概念和原則的引導。
- 2.結構較寬鬆，只提供學生問題，提供幫助學生觀察、探索或找出解決程序的引導。
- 3.讓學生自由地發現問題，依自己的喜好訂題目從事探討。

六．概念達成的教學模式 (Concept Attainment Model)

根據布魯納(Bruner, J.)等的理論，發展出的數種不同的教學模式中，可以選用依照思考的歷程，符合教材內容、適應學生能力的型式(Joyce & Weil, 1986; 楊榮祥，民74)。

1.接受中心的概念達成模式

教師將例證分為正負，由學生探討後指出正負例證的分類標準，再為此概念定名，並以此概念的主要屬性說明本概念之定義。

2.選擇中心的概念達成模式

學生對未標示正負的例證，分析它們的各種屬性，制訂正負例證的分類標準，再為此概念定名，並以此概念的主要屬性說明本概念的定義。

最後應引導學生分析他們的思考策略(邱上貞，民80)，讓學生描述他們思考的過程；學生討論假設與屬性在辨識概念中所扮演的角色；並由學生討論所出現之假設的種類與數量。

在進行觀念獲得的活動中，老師對整個學習環境可針對學生的年齡與能力做不同程度的控制，而基本原則是要鼓勵學生互動、強調學生自行建立假設與驗證假設的重要性、指引學生注意「正例」與「反例」中關鍵性的屬性、並協助學生評鑑他們的思考策略。

一般而言，歸納思考訓練相當重視師生的互動，雖然老師仍是整個學習活動的主導者，但要注意應給學生充分探索的機會。同時，老師在選擇教材與設計問題時，也得考慮學生的準備程度。至於歸納思考訓練的主要特色乃在於我們給學生的是未經處理過的原始資料，卻

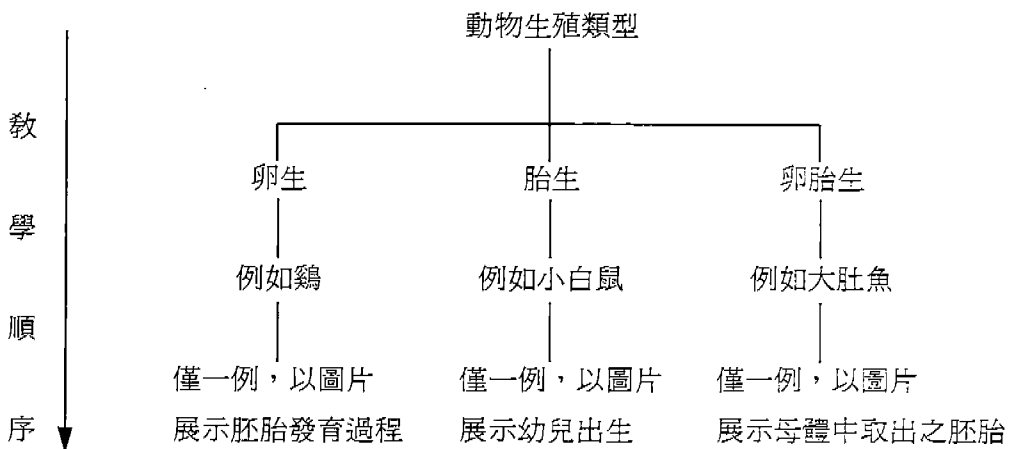
透過教學活動的方式指導學生如何組織與分析這些原始資料，並從中發現原理、原則。

參・研究方法與步驟

一・研究設計

(一) 概念結構和學習順序

分析現行的課程內容，發現它是將動物生殖的教材組織之後，以概念結構的最後形式（final form）呈現。屬於奧斯貝（Ausubel）的接受式學習。其概念架構及教學順序，如表一



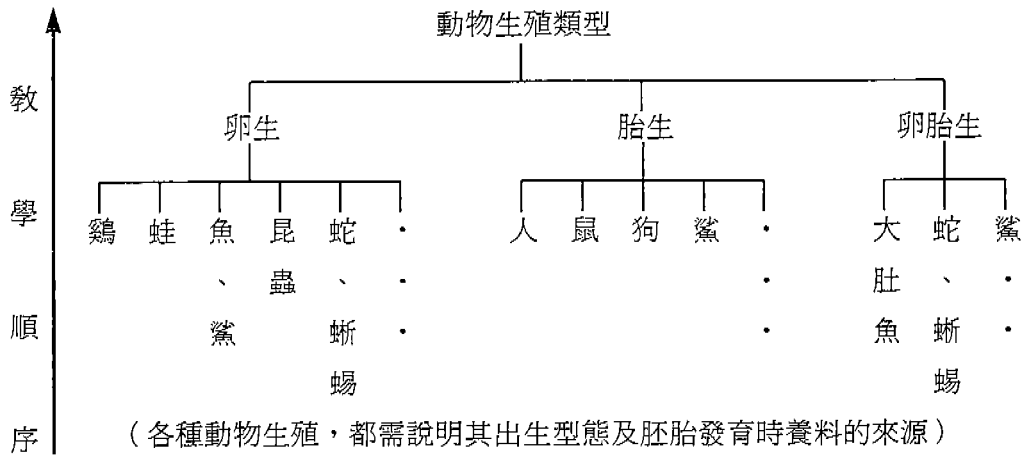
表一：國小自然科學現行課程中「動物生殖」單元之概念架構及教學順序

但是國小學生（四年級，10～11歲），仍在具體操作的認知時期，奧斯貝也認為此年齡的學童仍宜由「發現式學習」操作實物，以獲得經驗，如此才能有助於內在動機的產生，並促進學習的遷移（Ausubel，1978）。

故筆者擬將此單元設計為符合布魯納（Brunner）的發現式學習（discovery learning），由學習者自行操作、探究，以發現教材中概念的組織結構。蓋聶（Gagne）亦認為所有的經驗知識都需要由收集、觀察、分析、分類再歸納而得，如此也更能符合皮亞傑（Piaget）的認知發展理論，主動重組學習主題，調整或建構（construct）出新的知識。

如此重新設計的動物生殖類型之概念架構及教學順序，如表二





表二：本研究對動物生殖類型概念架構及教學順序的設計

教育廳國教研習會正在編輯的國小新課程，在第九冊中有生物繁殖的單元，其設計亦為由眾多觀察資料歸納出動物生殖的類型（民83）。然其歸納方式，可供學生探究、建構的份量很少，應加梳理並加強科學過程一分類技能的訓練，以為解決問題能力培育的基礎。

（二）教學活動的設計：

動物生殖類型既然是分類問題，便擬用布魯納的「概念達成」教學模式來安排教學活動，使得學生經過分類科學過程的探究，建構動物生殖類型和概念，學習到解決問題的辦法。

- 1.藉教學情境的安排和發問的技巧激發學生的好奇心，並使學生積極參與學習，探究問題：
 - （1）各種動物生殖（書籍、幻燈片、錄影帶、實驗）資料的觀察和探討。
 - （2）以圖文俱備的動物生殖圖卡，供學生操作，探究如何使各式生殖方式分門別類。
- 2.協助學生客觀地解釋：
 - （1）自己研究出來的分類方法。
 - （2）經社群研討後建立的科學概念：卵生、胎生、卵胎生。
- 3.以新的情景評量學生是否對分類的過程技能和動物生殖類型的學習有應用的能力。並激發學生提出新的問題。

（三）教學分析的研究方法：

- 1.請多位不同學校之國小教師，進行教學實驗。
- 2.依本研究之設計教學，先對實驗教師進行親身體驗的在職研習，使彼等經歷”概念達成”的探究歷程，自行建構動物生殖類型的概念。
- 3.邀請此多位國小教師加入協同方式的行動研究，決定教學實驗的細部內容。
- 4.請多位國小教師進行教學實驗，全場錄影，再加分析。

邀請數位科教專家成立一組評鑑員（external evaluator），擔任教學實驗的評鑑工作，提

出意見改進教學。

5.教學分析、評鑑的重點：

- (1)探究過程是否給予學生充分的主動探究活動。
- (2)概念是否由學生經由探究自行發現或建構。
- (3)所學到的概念能否應用在其它動物例證之上。

6.各位教學實驗教師提出教學心得共同研討。

二・研究步驟

(一) 進行步驟

由民國八十三年二月至民國八十四年七月進行研究工作。

- | | |
|-----------------------------|--------------|
| 1.資料蒐集 | 5.行動研究的計畫 |
| 2.教學活動設計 | 6.對國小學生的教學實驗 |
| 3.教學媒體的準備
(養殖、照片、錄影、圖卡等) | 7.教學檢討及分析 |
| 4.教師研習 | 8.撰寫報告 |

(二) 教學工作

- 1.教師研習：於民國八十三年十二月及八十四年四月舉行。
- 2.對國小學生的教學實驗：

教學者	教學國小	教學時間	教學者	教學國小	教學時間
施 惠	新竹縣科研營	84.020	劉玲妙	桃園縣復旦國小	84.060
陳思汀	新竹市龍山國小	84.030	羅仕倩	新竹市東園國小	84.060
	桃園縣復興國小	84.030	曾華陽	新竹市東園國小	84.060
	台北縣大觀國小	84.030	李金蘭	新竹市虎林國小	84.060
鍾文勳	新竹市南陰國小	84.050	何啓宣	新竹縣竹仁國小	84.060
彭雲姝	新竹市園區實驗國小	84.050	廖益成	苗栗縣建國國小	84.060
陳韻英	新竹師院附小	84.050	李麗蓉	彰化縣和東國小	84.060
呂 滿	新竹師院附小	84.050	林幸慧	南投縣敦和國小	84.060

3.教學評鑑：

- (1)各次教學實驗後都舉行教師們的相互評鑑及研討。
- (2)專家評鑑工作，由台灣省教育廳國教研習會自然科新課程編輯委員會評鑑，時間為84年3月及84年7月。



肆・結果與分析

一・教學媒體的製作

- (一) 製作各種動物生殖的幻燈片50張、錄影帶三卷及動物生殖圖卡30張，其內容由低等環節動物到人類的生殖，均選擇具代表動物生殖的歧異性者。此等教學媒體製作之目標為教師使用此媒體教學後，學生能依其胚胎發育時養料之來源和出生時的形態，分門別類統整為卵生、卵胎生及胎生三種生殖類型者。

將幻燈片及錄影帶的畫面及說明都再合製成錄影帶，易於拷貝及推廣。

二・以學生為中心的教學設計過程

- (一) 各種動物生殖資料之蒐集和解說：

- 1.各組學生蒐集資料、整理、展示、老師巡視檢查。
- 2.教師將各種代表性的動物生殖資料以幻燈片和全班同學一起研討。
- 3.以錄影資料介紹豬、小白鼠及水蝸牛、大肚魚之生產過程。
- 4.教師引導研討的重點，以加強正確概念的建構，減少迷思概念的產生。
- (1)共通性：雌的產卵、雄的產生精子、精卵結合（受精）、受精卵、受精卵發育。
- (2)歧異性：發育過程中胚胎的營養來源有何不同、養料吸收之過程、出生時的形態（卵或幼體），是否具有肚臍、臍帶胎盤等構造。
- 5.鼓勵學生提供其它的動物生殖資料。

- (二) 動物生殖資料之分類過程：

用動物生殖的圖卡(約三十張)進行分類。

每種動物的生殖方式繪成一卡，供學生進行分類研究，活動方式如下：

- 1.觀察特徵：

在學生學過前述的實驗及幻燈片介紹的資料之後，分給每組一套動物生殖圖卡。（手繪圖附說明、照相加印、加護卡）

- 2.類型化或相關化的過程：

請每組就動物生殖的特徵，自行選用，進行類似「大風吹」的遊戲，使圖卡分成兩組，完成一級分類：

- a.學生須由遊戲學習分類規則。

例：（學生回答者加底線）

大風吹，吹什麼，吹戴眼鏡的人，（站立），沒有站起來的是？是沒有戴眼鏡的人。



b.請學生提出動物生殖的分類標準。

例：大風吹，吹生蛋的動物、
吹一次生一個的動物、
吹在水中生產的動物…

c.師：大風吹的遊戲和動物生殖的分類有什麼關係？

生：照大風吹的方法可以將動物分爲生蛋和不生蛋的兩堆，或者一次生一個的和一次生的不只一個的兩堆，或…。

(1)找出研究的問題

師：每組想到的方法都不同，哪一種分法才好呢？生蛋、不生蛋；在水中生、不在水中生；一次生一個、一次生多個；或…。這些分類法，都能用嗎？該如何組合？

(2)形成預設的想法

由活動操作進行內在運思。

師：想想看，大風吹的遊戲怎麼玩的？只吹一次就停止了嗎？

生：大風吹的遊戲，可以連續玩，先吹____再吹____…。

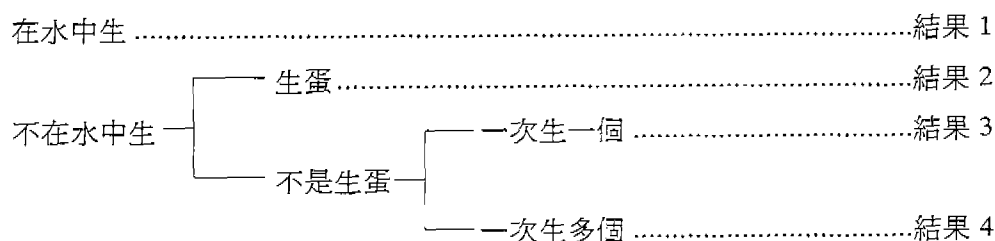
師：請仿照大風吹的遊戲用動物生殖的圖卡吹吹看！

生：a.用動物圖卡吹出在水中生產的動物；剩下不在水中生產的動物。

b.剩餘的不在水中生產的動物中吹生蛋的動物；剩下不生蛋的動物。

c.不在水中生產，不生蛋的動物，吹一次生一個的動物。

師：你們的活動是不是這樣的過程？



生：對！就是這樣！

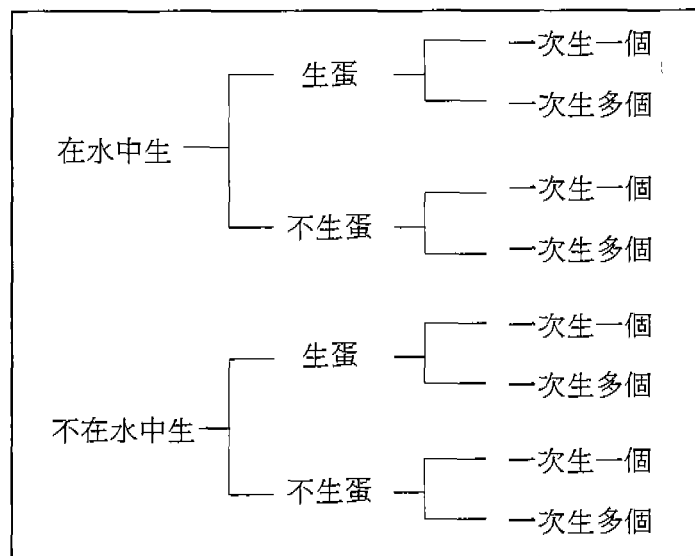
師：動物生殖有各式各樣的方式，用大風吹的方法來分類，就像這個表。有什麼缺點嗎？各組研究一下，可以改進嗎？

生：（分組研討）

生：上面的分類表，在水中生的動物沒有再分，其實它也可以分爲生蛋不生蛋的…。

所以我們把它改成這樣：





也就是說找一種方法先分一次，是_____，不是_____；再找出一種方法，也分是_____，不是_____；…

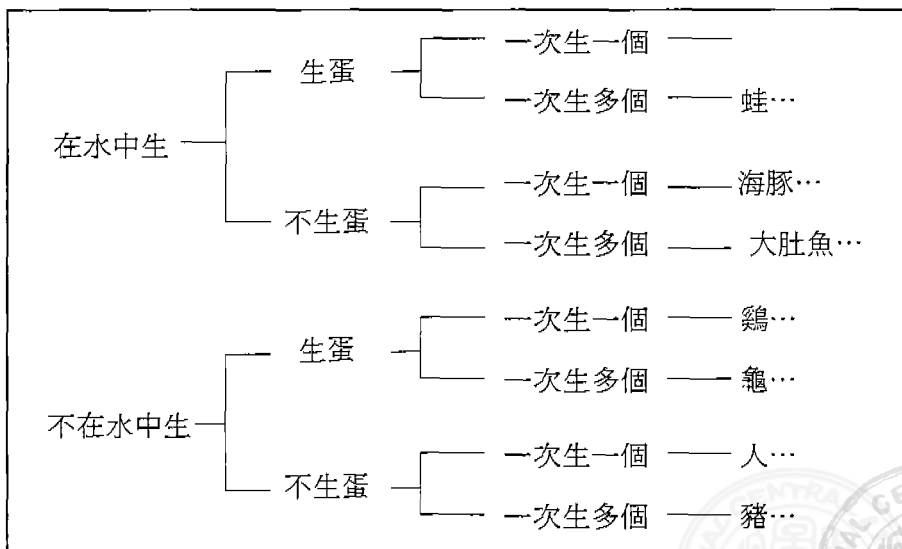
(3)設計驗證和解釋

師：很不錯，大家同意嗎？那麼現在各組設計，先訂一個標準，將動物生殖的方式分成是怎樣的和不是怎樣的兩組，再找一個新的標準，再分…。各組自行設計，將動物生殖的方式分門別類，製作分類表。

生：（分組研討）

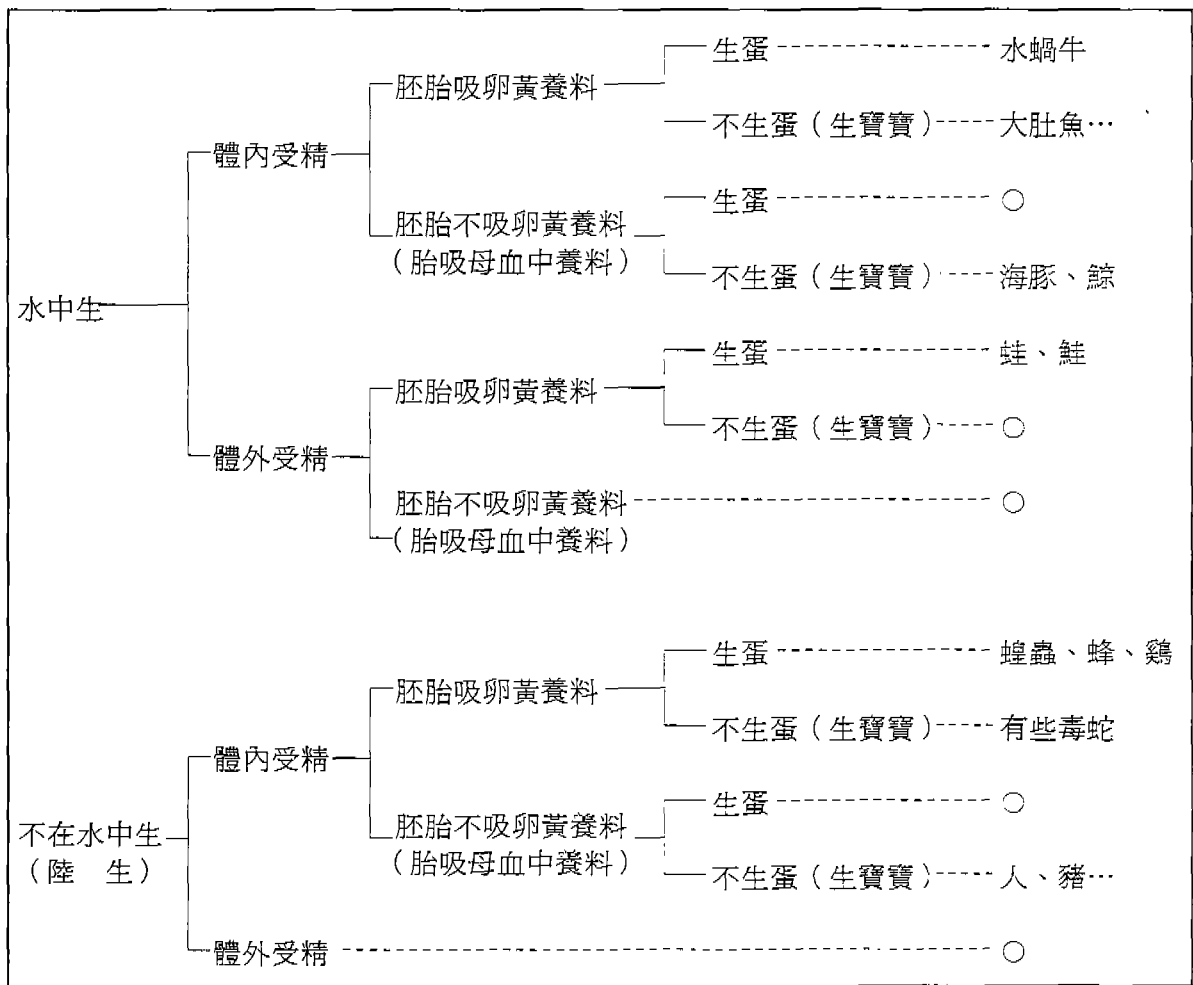
生：（各組展示設計成果）（下列資料為依實際教學時所蒐集者）

a.



說明：這種分法和我們原先研究的相同

b.



說明：除了這個分類表之外，我們還發現：

(a)陸上生產的動物不會發生體外受精。

(b)水中生產的動物，若是體外受精，一定是生蛋不生寶寶，胚胎發育時吸收卵黃的養料，並且一次都生很多蛋。

(c)若是已經知道某種動物的胚胎是吸母體血液中的養料成長的，那麼牠就一定是生寶寶的，不會生蛋。

師：你們設計的這個分類表還真不錯，可以發現很多事。這個表中還有別的事件，你們自己沒有整理出來，別的同学幫忙找找看！

沒看出來嗎？老師提示一下：

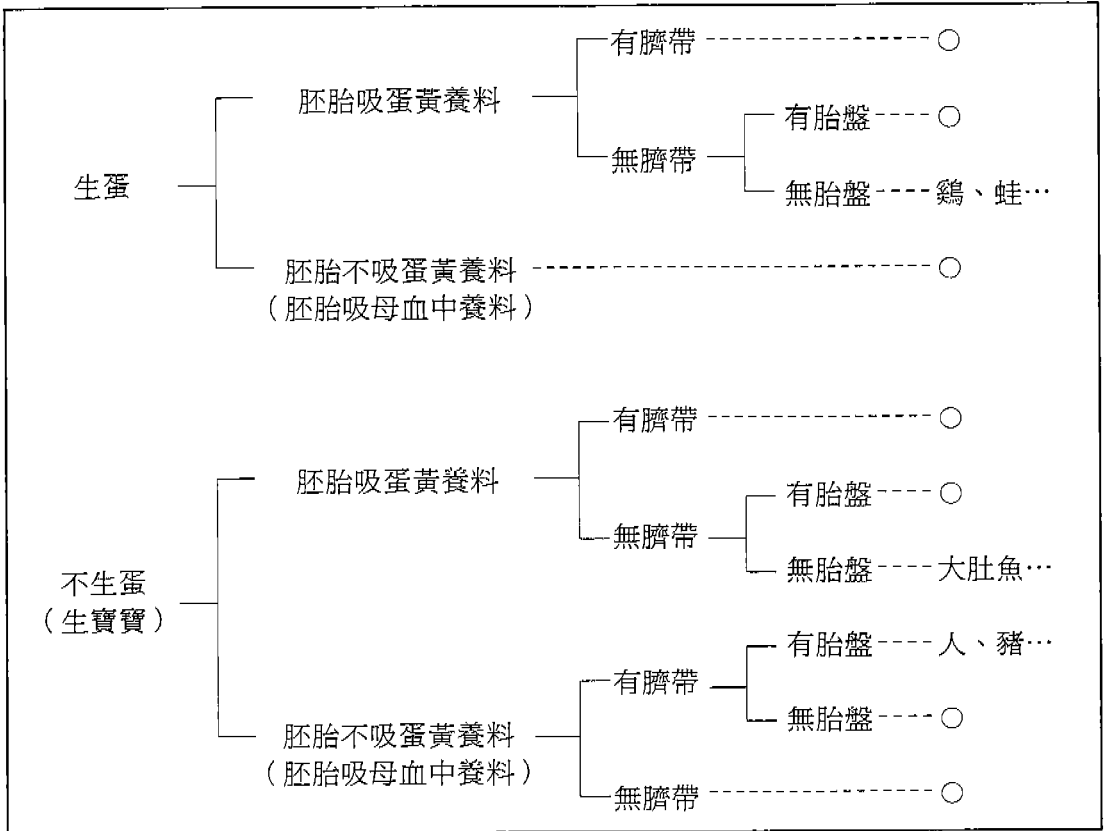
生出來是不是蛋，和胚胎成長時吸取那兒的養料有什麼關係？

生：啊！a.生蛋的胚胎一定是吸取卵黃的養料長大



b.生寶寶的，胚胎可能吸取卵黃的養料，也可能吸母體血液養料長大。
生：我們還發現，生寶寶的動物一定是體內受精。

c.



我們發現：

- (a)這種分法生蛋的當然就吸蛋黃養料長成寶寶，不會有臍帶和胎盤。
- (b)生寶寶的，胚胎可能吸母血中養料長大，也可能吸蛋黃養料長成寶寶。
- (c)有臍帶就有胎盤可吸母體血中養料長成寶寶才生出來。
- (d)這個表中臍帶和胎盤的分類可以合併。

師：大家的研究設計和發現都很好！對動物生殖分類的方法都明白了！

(表c.已表現專家分類法，已可以加入卵生、卵胎生和胎生的概念名詞了。)

(4)推廣發展

a.師：現在大家依老師的指示將動物生殖圖卡來分類：

第一組：將動物生殖方法分為生蛋和不是生蛋的兩堆，每堆分攤開來放在桌上。

第二組：……



組別	一	二	三	四	五	六
分類結果圖卡分為 正負二組	生蛋	不生寶寶	胚胎吸卵 黃養料	(非……)	(無……)	(無……)
	不生蛋	生寶寶	(非……)	胚胎吸母 體血中養 料	有 臍 帶 (肚臍)	有胎盤

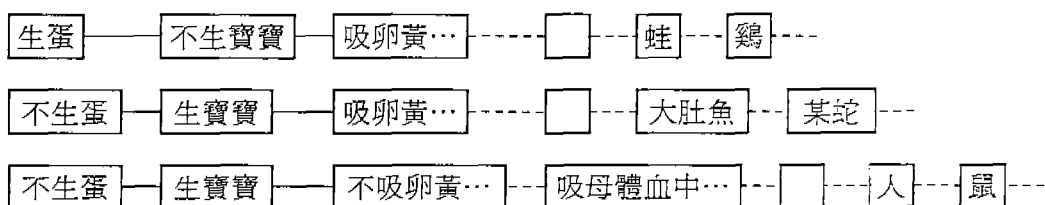
教師將上列內容以版書展示。

b.老師帶領：逐一檢視每一種動物的圖卡，各組將它分在那一堆之中，以進行此一動物生殖特徵之串連工作，例如：

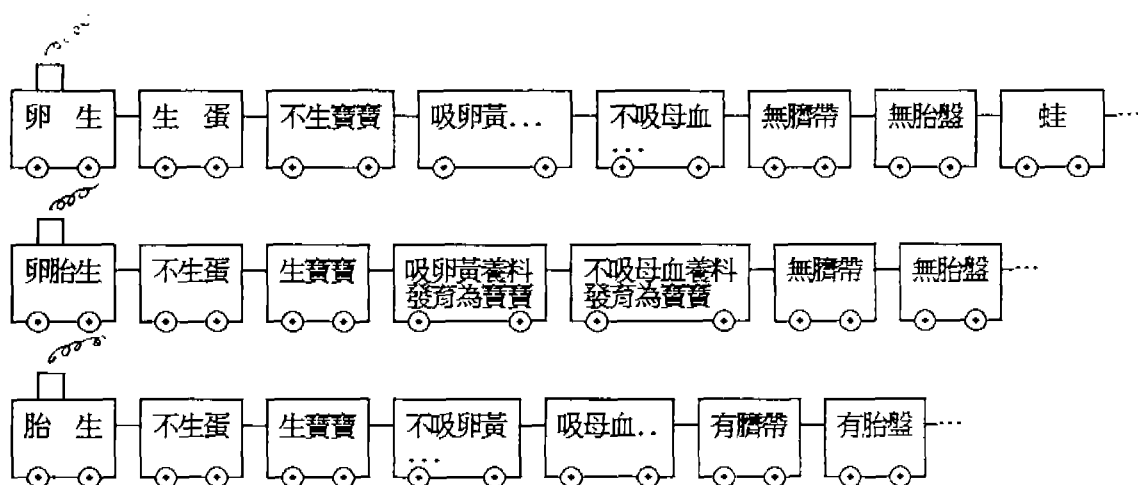
師：請各組報告，青蛙的圖卡你們將它分在那一堆？

生：生蛋—不生寶寶—胚胎吸卵黃長大—胚胎不吸母體血液養料—沒有臍帶(肚臍)—沒有胎盤—蛙

c.所有圖卡逐一檢視完畢，會發現只能串連三串：



d.老師介紹卵生、卵胎生及胎生的專門名詞加入上表。



e.

師：像這樣許多書上都將動物生殖的方法分成卵生、胎生和卵胎生三種方式，大家研究一下，這種分類方法，主要用到的分類標準是什麼？

生：生出來是蛋、或是小寶寶；胚胎成長時養料由什麼構造供應；有沒有胎盤和臍帶。

師：你們提出三大項，老師認為其中有一項不是重要的分類標準，可以併入其他二項之中，想想看是那一項？

生：是指胎盤和臍帶罷？因為胚胎吸母體血液中養料長大的話就一定有臍帶有胎盤啦！

（三）教學時引導的要點（由各次教學後之研討會彙整而得）：

除前列教學活動之過程有一定的階段之外，仍須注意下列事項：

- 1.供學生分類之圖卡，每種動物一卡，其圖須明示出生方式，胚胎養料來源及供應方法。圖卡反面應附簡介資料，以供學生提出作為分類標準。
- 2.教師須在學生自訂分類標準時，引導他們說出明確的分類方式（正負例證），以便歸納、分類工作的進行。

例：生：我們將動物分為吸蛋黃養料長成寶寶的和吸母體血中養料成長的兩大類。

師：那麼你的大風吹是吹什麼？

生：吹吸收蛋黃養料長成寶寶的動物。

師：那麼沒有吹出來的圖卡是什麼樣的動物呢？

生：不是吸蛋黃養料長成寶寶的。

師：很好！

- 3.學生若以卵生、胎生、卵胎生為大風吹的分類標準時，不予接受，因為那三個名詞是分類後之介定名詞，因此在此情況發生時，老師回答：“我們暫時不要用這個專門名稱來分類”。

- 4.不是生殖的屬性(已出生後之有關屬性)分類研討時不接受為分類標準。例：哺乳～非哺乳；卵在土中孵化～卵不在土中孵化…

師：這些是出生以後的事，不在我們的討論範圍，我們只是討論每種動物如何生後代及生出以前的有關特點。

- 5.為卵生、卵胎生、胎生三種分類進行教學時，先以蛙等的動物串出卵生的屬性，再以人等動物串出胎生的屬性，最後才以大肚魚等動物串卵胎生者，較易成功。

(1) 生蛋——不生寶寶——吸卵黃……—[]——蛙——雞——

(2) 不生蛋——生寶寶——不吸卵黃……—吸母體血中……—[]——人——鼠——

(3) 不生蛋——生寶寶——吸卵黃……—[]——大肚魚——某蛇——

- 6.據教學經驗，學生很容易對卵胎生一詞望文生義，故應於此名詞出現後，要學生多加思考和研討。
 - 7.開學時即告知學生要開始蒐集和觀察各種動物的生殖資料，時間才夠使用。
 - 8.若是學生以往的小組研討、科學思考等訓練不足，則不易以前述教學過程來學習，學生若不易自己設計動物分類表，或不能由表中發現諸多動物生殖的原則時，可以不必強求，只要學生能設計出多級分類表即可，老師再介紹專家分類的方式，出現卵生、卵胎生及胎生的生殖類型。
- 如此學生也能充分明白此三種生殖類型是如何分門別類的。

三．教學評量

(一) 形成性評量：

各思考階段對學生的評量：

學生是否能：

1.認識情境，發現問題

(說出分類標準，例如：…)

(找一標準分正例負例。)

2.確定研究的問題(本單元由教師導出問題)

各組想到的各種分類法，該如何組合？

3.提出預設的想法

找一種方法先分一次，是____，不是____；再找出一種方法，也分是____，不是____；…

4.設計規劃並執行以驗證預設的想法

設計許多分類標準，將動物生殖的方式分門別類，製作動物生殖的多級分類表。

各組展示設計成果，並且加以批判和解釋。

例：這個分類表的分類方法正確嗎？那兒需要改進？為什麼？

5.整理分析與解釋自己設計的分類表

例：• 上面的這個分類表(請見學生設計之表b)中”○”的記號表示什麼意思？

• 那麼由這些”○”，告訴我們什麼事情？

• 由這個分類表研究：

生出來是不是蛋，和胚胎成長時吸取那兒的養料有什麼關係？

• 在體內或在體外受精和生蛋或生寶寶有什麼關係？

例：• 上面這個分類表(請見學生設計之表c)為什麼會有許多”○”出現？



- 這個分類表還可以再簡化嗎？那些分類表標準可以合併或省略？理由是什麼？
- 這個分類表（簡化後）和其他的分類表比較起來有什麼優缺點？理由是什麼？

6. 建構的概念

(1). 在發現兩變數間函數關係 $y=f(x)$ 後，能賦予此函數意義，成為理論，並用來解釋資料。

(2). 提出模型理論。

在探究設計動物生殖的多級分類表之後，建構動物生殖類型的名稱及意義。

- 動物生殖的方法分成卵生、胎生及卵胎生三種方式，大家研究一下，這種分類法，主要用到的分類標準是什麼？
- 卵生動物和卵胎生動物都具有的特徵是什麼？
- 胎生動物和卵胎生動物都具有的特徵是什麼？

7. 應用

依動物生殖類型的概念應用到其他實例之中。

(1). 問答研討：

將學生分為四人一小組，對老師的問題，須經小組研討後，寫在紙上回答，在實驗學校的通過率均超過80%。

• 師：若是見一動物生蛋，那麼牠是那一種生殖方式。

生：牠是卵生的動物。

• 師：若是見一動物生出小寶寶，那麼牠又是那一種生殖方式？

生：不一定，可能是胎生，也可能是卵胎生。

師：那該怎麼決定呢？

生：如果生產時，看到寶寶身上有臍帶，或再連著胎盤，就是胎生動物，若沒有臍帶或胎盤就是卵胎生動物。

師：如果生產時沒有看到胎盤或臍帶呢？（因為許多母的動物會吃掉孩子的胎盤或臍帶）。

生：可以看生出來的寶寶有沒有肚臍眼，有的是胎生，沒有的是卵胎生。

生：還有另外的判斷法，若是在懷孕母體內的胚胎有胎兒的形狀也有卵黃，那麼就是卵胎生的動物。若沒有卵黃、母體肚中胎兒連著臍帶、胎盤、即為胎生動物。

(2) • 用圖卡測學生的分類學習成果：

在實驗學校，每四人一組，三種（卵生、卵胎生和胎生）生殖方式學生都能完全通過。

評量過程：

- 若將動物生殖分為卵生、胎生和卵胎生三種方式。



- a.由動物的圖卡中找出三種動物來代表卵生的生殖方法。
- b.由動物的圖卡中找出三種動物來代表胎生的生殖方法。
- c.由動物的圖卡中找出三種動物來代表卵胎生的生殖方法。

（老師分發卵生、胎生、卵胎生的字卡供學生使用）

- 現在老師分發給你一張鴨嘴獸的圖卡，牠的圖卡應該放在剛才分好的那一堆裡面呢？
（鴨嘴獸的圖、文均明示生蛋）

（二）以動物生殖的紙筆測驗來評量學生對動物生殖的科學概念是否完全明白，而不會產生迷思。

紙筆測驗題之題面經多次試測及修訂。茲將各項修正前後之題例說明如下：（各題之正確選目在選目前加一標記*）（修正前測試人數為532人，修正後測試人數為294人）。

1.概念方面：

- 受精卵發育後形成子代，是動（植）物生殖上很重要的一個概念，但經教學實驗的教學之後，老師們均一致認為國小學生因為看不到受精卵，僅聽老師講述沒法得到真正的認知。因此決定此名稱在教學中可用，但不列為評量目標。
- 胚胎一詞，小學生亦感困惑，因用圖卡測試時，學生都能通過，紙筆測驗出現胚胎名詞時學生又問胚胎是什麼？故題面上應盡量避免此等名詞出現。

例如：

修正前：

（ ）胚胎吸收母體血液中養料長大的是哪一種動物？

（1）卵生。 （2）卵胎生。 *（3）胎生。

修正後：

（ ）小寶寶在出生前吸收母體血液中養料長大的是那一種動物？

（1）卵生。 （2）卵胎生。 *（3）胎生。

2.題面設計方面：

- 由於本研究採用由動物生殖的多樣性之中去求異同，是以介紹的動物很多，不宜要求學生對每種動物的生殖方法一一記憶，因此避免此種出題方式，評量重點仍應放在生殖類型之上。例如：

（ ）鴨嘴獸的胚胎吸收那一種構造的養料長成小寶寶？

*（1）蛋黃。 （2）羊水。 （3）母體血液的養料。

經訪談的得知：學生說他記得鴨嘴獸好像是卵胎生動物。

修正後：

（ ）鴨嘴獸是卵生動物，小寶寶孵化出來之前養料由什麼構造供應？



* (1) 蛋黃 (2) 羊水 (3) 母體血中養料

• 加強題面文字上導讀的功能，例：

修正前：

() 蚜蟲是卵胎生的動物,關於他的說明，那句話不對？

(1) 小蚜蟲肚子上沒有肚臍眼。

(2) 小蚜蟲出生前沒有胎盤臍帶的構造。

(3) 小蚜蟲出生前由蛋黃供應養料。

* (4) 蚜蟲媽媽一次會生許多蛋。

經訪談得知學生多數未看清題面中“那句話不對”，並且題面和選目出現雙重否定字眼，對學生造成困擾。

修正後：

() 蚜蟲是卵胎生的動物，關於他的說明那一句話是對的？

(1) 小蚜蟲肚子上有肚臍眼。

(2) 小蚜蟲出生前有胎盤和臍帶。

(3) 小蚜蟲出生前由母血供應養料。

(4) 蚜蟲媽媽一次生了許多蛋。

* (5) 蚜蟲媽媽一次生了許多小寶寶。

3.科學思考方面：

動物生殖的形式可依其異同來分類,若直接問各生殖類型的定義，學生依記憶回答都使思考機會過少，或層次過低。甚或可能望文生義不加思考，原有的迷思概念或另有的概念架構很容易出現,應加改進。例：

修正前：

() 卵胎生動物生產時生出來的那一種東西？

(1) 蛋。 * (2) 小寶寶。 (3) 蛋或小寶寶。

經訪談得知學生未加細心思考，望文生義，或原來即認為如此以致對卵胎生的解釋誤為又生蛋又生寶寶。

修正後改為兩題：

() 下列答案中卵生動物和卵胎生動物都具有的特徵是那一個？

(1) 生蛋。

(2) 生寶寶。

* (3) 小寶寶出生前吸取卵黃的養料成長。



(4) 小寶寶出生前吸取母體血中養料成長。

() 下列答案中胎生動物和卵胎生動物都具有的特徵是那一個？

- * (1) 生寶寶。 (2) 有肚臍。
- (3) 有臍帶。 (4) 有胎盤。
- (5) 小寶寶形成之前吸取卵黃的養料長大。
- (6) 小寶寶形成之前吸取母體血中養料。

4.教學時資料介紹方面

教學時各種動物資料的介紹，無論學生資料蒐集後的報告、老師口頭的說明、或是圖卡的書面說明都應對前期研究出來的成果—國小學生對動物生殖類型的迷思概念加以特別注意。例如前一研究由訪談記錄得知學生會以為臍帶一端在寶寶身上，另一端在母親肚臍眼上或母體胃的裡面，此次教學在幻燈片上及圖卡上以圖示介紹臍帶的長法和功能，但測試結果卻發現學生並未注意，仍憑想像作答故須在探究觀察資料時，特別加強研究此等部份，要學生看圖時認清臍帶由那兒長到那兒，透過胎盤，吸取母體血中養料，以小白鼠的解剖畫片可以說明。

教學改進前後之評量結果即能證明此一要點。

() 小狗出生時臍帶一端長在小寶寶的肚臍上，另一端長在那兒呢？

- * (1) 充滿血管的胎盤上。 (2) 母狗的肚臍上。 (3) 母狗的胃中。

紙筆測驗的題目分析：

() 1.小寶寶在出生前吸收母體血液中養料長大的是那一種動物？

- (1) 卵生。 (2) 卵胎生。 * (3) 胎生。

() 2.鴨嘴獸是卵生動物，小寶寶孵化出來之前養料由什麼構造供應？

- * (1) 蛋黃。 (2) 羊水。 (3) 母體血中養料。

() 3.蜆蟲是卵胎生的動物，關於他的說明那一句話是對的？

- (1) 小蜆蟲肚子上有肚臍眼。
- (2) 小蜆蟲出生前有胎盤和臍帶。
- (3) 小蜆蟲出生前由母血供應養料。
- (4) 蜆蟲媽媽一次生了許多蛋。

- * (5) 蜆蟲媽媽一次生了許多小寶寶。

() 4.下列答案中卵生動物和卵胎生動物都具有的特徵是那一個？

- (1) 生蛋。



- (2) 生寶寶。
- * (3) 小寶寶出生前吸取卵黃的養料成長。
- (4) 小寶寶出生前吸取母體血中養料成長。
- () 5. 下列答案中胎生動物和卵胎生動物都具有的特徵是那一個？
- * (1) 生寶寶。 (2) 有肚臍。
- (3) 有臍帶。 (4) 有胎盤。
- (5) 小寶寶形成之前吸取卵黃的養料長大。
- (6) 小寶寶形成之前吸取母體血中養料。
- () 6. 小狗出生時臍帶一端長在小寶寶的肚臍上, 另一端長在那兒呢？
- * (1) 充滿血管的胎盤上。 (2) 母狗的肚臍上。 (3) 母狗的胃中。

卵生、胎生、卵胎生的測試都有, 並涵蓋了前一研究找出的迷思概念 (請參閱附件), 各題正確選目的通過率和在Bloom智性領域的層次如下:

題號	測試目標	Bloom 智性領域層次	通過率
1	胎生	記憶	0.858
2	卵生	記憶	0.741
3	卵胎生	分析	0.612
4	卵生~卵胎生	綜合	0.778
5	胎生~卵胎生	綜合	0.820
6	胎生	記憶、理解	0.772

因此由紙筆測驗和教學中的形成性評量可以證明達成了本研究之預期目的:

1. 設計適當的教學策略引導國小學生探究動物生殖的分類問題, 以培育國小學生解決問題的能力。
2. 研究有效的單元教學活動, 來減少國小學生對動物生殖類型的迷思概念。

四·教學活動設計與教學理論之分析

擬由和國小自然科新課程之配合情形來分析本研究的教學活動設計。

為因應社會環境的變遷, 國小自然科的課程自當隨之發展改進。依部頒新的課程標準 (民82年), 教育廳國教研習會正在編輯國小自然科的新課程, 其基本精神在於安排各種教學情境與教學策略, 使學生親身參與學習, 由問題解決的探究思考過程中, 主動建構出科學概念, 並且在課程中逐年有層次地發展各項研究科學的過程技能以及自然界的科學概念。

茲將本研究與新課程的配合度加以探討分析。

（一）在研究主題方面：

(1)動物生殖類型為現行國小課程及正在編輯的課程都列入的主題。新課程將其安排在五年級上學期生物的繁殖單元之中。

在概念的發展順序上，生物的繁殖以生物各具可辨認的特性、生物與環境有密不可分的關係、生物構造與功能是互相配合的等概念為基礎，連接到生物以繁殖延續生命，並將再由此一概念發展到生物的族群、群落、生態系等生物與自然界相依存的概念。故本研究主題在國小自然科課程中具有教材上的必要地位。

(2)本研究第一年的工作已找出國小學生對「動物生殖類型」在學習之後有那些迷思概念、比率及成因。此等迷思概念包括：動物生殖類型客體屬性和分類兩方面，因此它顯示國小學生學習的過程有了瑕疵。

本研究由科學哲學及認知心理學的理论基礎來分析教材教法，再由建構主義（constructivism）和問題解決的教學策略以及發現式學習理論中概念達成的教學模式來設計教學活動，並由實際的教學過程來探討教學成效，以改進學生學習動物生殖類型之後仍然迷思的問題。

（二）在教學媒體方面

國小自然科新課程對生物繁殖的單元，要求學生自行搜集資料，老師也需準備一些，以便補充，據實驗教師提供的情形得知：

(1)圖片、書面資料和實驗部份，學生搜集的資料多偏在卵生和胎生的部分，教師搜集時亦感材料不足或有人力不足的困難。

本研究認為可由課程編輯小組，再加強此方面的資料整理，以錄影帶方式製作後分送各校以利教學的推動。

(2)分類圖卡部分

新課程對此單元的設計，亦採用由眾多生物繁殖實例去引導學生歸納分類，但引導方式過於快速，以致在此單元科學過程技能之訓練以及解決問題的精神未見表現，使新課程在科學技能和概念要逐年循序訓練的理想不能落實。新課程在第十一冊生物世界單元以「分類」技能探究問題，但是到六年級才開始學習分類技能，會嫌太慢，也使六年級的學習份量太重。

本研究在五年級的單元中利用動物生殖圖卡供學生具體操作，使其心智思考能藉具體操作整理出抽象的思考內容。

圖卡之製作採手繪方式，因為許多動物的鏡頭不易拍攝，台北動物園也說明動物生殖時拍攝工作會驚嚇母體，容易導致母體殘害幼兒。而書本上的圖片，有版權問題，不能隨意取用。此外，卵胎生和胎生動物的胚胎都在母體內發育，但二者胚胎成長時因養料來源不同，

前者有卵黃相連，後者有臍帶、胎盤相連，此項區別的畫面也容易由手繪圖來表現。繪出畫稿後，拍攝再加印，反面加註文字，以表明生殖特色，可供學生當作分類標準的參考，再加以護貝，即能方便使用。

（三）在教學活動的調整方面

新課程強調教學單元之生活化、鄉土化及彈性化。

本研究在學習開始時即交代學生多觀察、多搜集動物生殖的資料，學生因此提早注意此一研究主題，學生的觀察報告，有狗、貓、鳥、雞、昆蟲、蜘蛛、蟑螂、蚊子...等，有位學生家長為獸醫醫師，也提供很多資訊給小朋友。總之，學生藉此單元對生活中的動物給予更多的關心和觀察。

本研究選用水蝸牛為觀察動物之一，牠在本省池塘中十分普遍，又易飼養，只吃水中微小生物食量不大，產出的卵塊，肉眼可見其中的卵粒，放大後(15×4)可見到透明卵殼內胚胎成長的各種階段，及胚胎活動情形，是很好的鄉土教材。

動物生殖觀察資料只要具備卵生、胎生及卵胎生的代表，數量並未要求。

活動中，分組設計多級分類表時，並不要求一定得出什麼重要的生殖概念，只要表現多級分類即可。並且可以將此設計當作課後分組的作業，因此彈性較大，可以適合各種程度的學生。

至於卵生、胎生、卵胎生生殖類型的呈現，則可由學生分類設計的資料中去整理出來，或由老師另外示範而導出。不過，學生在經過自行設計多級分類的學習之後，已能充分瞭解教師示範的生殖類型之組合過程，此點於評量工作中可以得到證實。

（四）在科學研究的過程技能方面

在國小自然科新課程中對科學過程技能的培養採取逐年層次性的提昇方式設計於各年級的單元之中。

「分類」為科學研究的基礎技能之一，新課程將此生物繁殖的教材放在五年級。若依皮亞傑認知論對具體操作期（7—11歲）的兒童分類能力的分析，認為五年級學生具有自定標準、多重分類和向上層次及向下層次分類組合的能力。而新課程在此單元之前，未見此等明顯分類學習的機會；在此單元之後，六年級，有生物世界（十一冊）和廢棄物（十二冊）等單元，其科學過程技能之培育以「分類」學習為主要目標。因此本研究於「動物生殖類型」的主題中精緻地設計學生如何學習分類的活動，使「分類」研究技能的心智運作能力在國小課程中，能達成階段性培育之要求。

（五）在科學思考方面：

1.由眾多事實歸納概念的組織結構。

國小新課程的設計認為小學階段最重要的是培養觀察的習慣、察覺很多現象、發現很多



問題，以所知的事實，來做一些歸納、統整、理出一些規則或定律，絕不涉及理論問題。

本研究以多種動物生殖的資料供學生觀察、研討，並以大風吹的遊戲規則引導學生學習分類，由多級分類的正負例證去歸納動物生殖多樣性中的類別。同時也符合了布魯納發現學習的理論，由學習者自行操作、探究，以發現教材中概念的組織結構。

2. 由運思活動培養解決問題的能力

新課程加強解決問題能力的培養，以學生為中心去探究問題。學生必須先想再做，做了再想。即內在運思操作 (mental operation) 及活動操作 (physical operation) 交互表現：

研究的問題是什麼？

這個問題可能的答案是什麼？

如何證明這個想法？

驗證結果是什麼？

這個結果使原來的預設想法得以證實嗎？

原來的問題已經得到了答案？

由這個研究結果還能繼續做什麼？

這個研究和日常生活中那些事情有關？

思考與活動並重的操作，去探究問題，才能解決問題，也才能得到真正的學習。

重視學生運思操作去探究問題的教學策略，將教學活動分為若干思考階段：

本研究以學生為中心，設計的運思操作與活動分析如下：

(1) 學習情境：

觀察動物生殖的形形色色，依大風吹的遊戲規則，找一分類標準可將資料分為正負兩組。

(2) 把握問題：

找出的各種動物生殖分類標準如何組合？

(3) 提出預設的想法（共同研討解題策略包括內在運思、活動操作等過程）：

對動物生殖方式可以分類的標準有許多種，由此等分類標準可作多級分類的組合。

(4) 設計驗證

各組選定動物生殖之分類標準，設計動物生殖的多級分類表，並自圖卡中找出表中各屬性的代表動物；老師自各組提出的分類標準篩選後，帶領全班製作動物生殖的分類表，組成三類型後，分別定名為卵生、胎生及卵胎生。

(5) 解釋及建構概念

各組報告各組設計之動物生殖分類表，是否合於原來預設的分類原則，以證明多級分類的辦法是否可行；並說明各組設計之動物分類表可歸納出那些概念；卵生、胎生、卵胎生之

概念定名後，指出此種分類方式之分類基準有那些；說明依每次選用分類標準之內容及先後順序不同，有各種分類方式。

(6)推廣發展

正確地將動物生殖類型作向上層次或向下層次的分類組合；研討多級分類方法對問題的研究有何價值。

綜合評論：

在學習情境、把握問題、提出預設的想法和設計驗證的階段，其探究過程需要聚斂性和開放性思考去處理，最後要以批判性思考去分析整理，得出主動建構的概念，更要批判研究的過程是否合理？研究結果有何價值？

3.由屬性的組合來確認各種概念

本研究以概念達成之教學模式設計教學活動，落實於動物生殖類型的教學之中。並且以學童觀察、蒐集等經驗為出發點，引導學生分析自己的解題策略，在學習活動中更表現了社群互動，共同建構概念的事實

。教學設計提供合宜有效的情境，使學生由書籍、幻燈片、錄影帶、和圖卡等資訊激起積極探究的心態，經自行制定分類標準、再以各物之屬性分出正負例證、經探討及組合之後概念定名，產生概念重整，融合與更新。

(五)教學評量方面

國小自然科新課程教學評量的目的是：判斷教師教學前所定的教學目標是否達成，以及學生是否能達到預期的學習成果，使教師能改進教學，學生能獲得有意義的學習。並且以診斷性評量評定學生的舊經驗；以形成性評量，評出學生在某一教學活動時或完成後，是否精熟活動目標的內容；總結性評量則是單元教學活動結束後，加入期中或期末考試之中評量，以評定學生的學習成就，以為下學期教師教學及擬定教學計畫之依據。各種評量應以實作報告、種植、飼養、記錄等多方面的具體行為及資料作為評量之參考。

本研究動物生殖類型必要之舊經驗很少，故未對學生做學習前的診斷性評量。其他的評量方式和重點，說明如下：

1.形成性評量：

因生殖類型是由人為分類而成，故其概念的形成應受學校影響較大，屬於學童原有知識的影響較少，本研究特由前期研究找到學生學過動物生殖類型之後，具有的迷思來設計教學應如何改進，因此特別重視教學活動中每一階段的評量。每一教學階段都有預期的目標，因此每一階段老師都應檢討自己是否把握了該階段的教學目標，也要評量學生是否達到了既定的學習目標。

各思考階段對教師的評量項目：



教師是否能：

(1)藉教學情景的安排和發問的技巧激發學生的好奇心並使學生把握問題的重點。

(2)給予器材、範例引導學生對問題提出合理的預設想法。

(3)輔導學生針對自己的預設設計可以驗證的工作。（最好能激發學生表現獨創性的不同設計）在學生驗證時給予科學過程技能、操作、安全等方面的指導。

(4)訓練學生客觀地解釋驗證結果是否支持原有預設，輔導學生由社群的研討中建立自我的科學概念。

(5)評量學生能否以所學之概念應用於其他情景之中。輔導學生探究新問題的發問。

相對地在上列評量項目之中，也見到每一思考階段對學生應評量的重點。此等階段性的評量不計成績，只在檢討此一教學階是否可以結束，進行下一階段之教學。

2.總結性評量

評量內容必須針對單元目標評量；同時教材中各概念應有合適之分散度；題目在Bloom的智性領域中也要有合適的分配；更重要的是，是否涵蓋了前期研究的結果—學生學習後常出現的迷思問題。

並且題目經多次試測、修訂，使用詞適當、難易度適中、信度提高。（詳見前述紙筆測驗部份）

3.實作資料的評量：

學生資料蒐集、動物觀察、筆記等表現情形，各組分類表之設計及解釋的能力都可用來評量學生的學習態度：是否積極參與學習？是否細心耐心的觀察？是否以進取心研究設計動物生殖的多級分類？是否客觀地解釋研究或設計出來的資料？

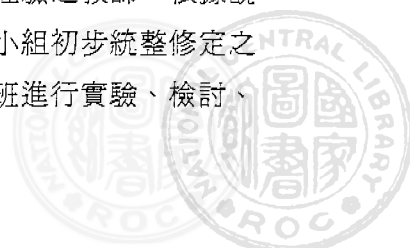
此等實作資料的考核應可納入總結性評量之中，作為參考成績。

五・研究方法的檢討

（一）教學實驗工作：

原擬於教學活動設計之後，由多位國小教師分別用此設計進行教學，再另用現行課程教學，以為對照。但這些國小教師們都不願意用兩種方式教學，理由是研習過本研究之教學設計後，比較之下，他們喜愛新的教學設計，同時研習經驗必定影響他們的信念，不可能再用原來的方法教學。

筆者於八十三年六月開始參與教育部委託教育廳國教研習會主辦的國小自然科新課程實驗研究委員會，所見到的新課程是由原來的課程發展改進而成，由素有經驗之教師，根據既定理念與構想，試編教材、進行試教、檢討、修訂、再試教。經由研究小組初步統整修定之活動設計，試編成實驗教材，依照原「板橋模式」選定具代表性之實驗班進行實驗、檢討、



修訂之工作，同時藉以調整原訂目標與教學時數，並根據所發現之困難，著手改進教學內容，教學方法（含教具）以及相關配合工作（例如在職訓練之方式等）。經由實驗班進行實驗教學之後，修改教材或教學策略，還要檢討單元順序與內容，再自民國85年起逐年推出。

本研究即擬仿照此新課程實驗研究之前期工作方式設計、試教、檢討、修訂再試教。如此得到初步研究結果，即提供給新課程實驗研究委員審查，供其參考。

（二）教學活動的設計方面

原來一直以爲四、五年級的學生對「分類」的技能在沒有基礎的情形下，無法要求學生以解決問題的探究過程來學習動物生殖之分類，因此筆者雖然以大風吹的遊戲帶領學生由具體圖卡學習分類，卻由老師主導大部分的思考機會，學生跟著操作學習分類。於教學實驗工作初期，邀請新課程實驗研究委員會教授們（師大、師院及國教研習會者）、國小教師數十位，觀看此種教學設計之教學實況（84.3.28台北縣板橋市大觀國小）。教學後得到這些專家們的評語是表現了SAPA的精神，也就是說，雖然比已編出的單元在教學內容上改進了分類歸納的部份、增加了探究的操作，但卻是爲了學方法而學習，不是爲了解決問題和獲得新知而學習。當然，由另一個觀點來看，爲了學方法而學習亦屬必要，況且可以爲國小六年級「分類」的技能打下基礎，此教學設計仍具價值。

其後，筆者重編教學設計，希望能有助於解決長久以來存在於小學階段科學教育的根本問題：如何在此單元中培育學生學習察覺問題，研判問題及處理問題？如何使教學活動設計得更具人性、更有思考力、更有價值判斷力？

循此方向去思考、設計，筆者再對國小學生進行臨床試教，竟然發現只要引導得法，可以將解決問題的策略安排到動物生殖類型的分類活動中。並且試教結果，國小學生的表現亦令人欣喜，在各式學生自行設計的動物生殖多級分類表列陳之後，學生可以再由其中的部份資料歸納整理出相當不錯的概念，例如凡是陸生的動物就不可能體外受精；小寶寶形成之前養料若由母體血液供應，就必定是生寶寶的動物，而生寶寶的動物，其胚胎之養料可能由母體血液供應，也可能由卵黃供應…等。再由各生殖圖卡一一求證這些是否正確，學生興奮無比。

同時，由設計多級分類表的工作中，學生有機會表現獨創性、流暢性、變通性及精密性的思考。

再以國小教師爲教學對象，照此法教學。在他們親身經歷解決問題的探究過程之後，也以此種方式對國小學生教學，由形成性和總結性評量的活動，可證明有令人滿意的績效。同時國小教師也由此種研習，在最短時間，認識了新課程的特色，瞭解了教學要領，掌握課程精神與核心目標，對教學方向與教學活動之指導亦能勝任愉快。本研究也因此爲課程改革問題的師資訓練，提供了頗具參考價值的模式。



因此，由本研究工作體會到，發現教學問題後，對現象加以批判和反省，並接著採取行動嘗試解決問題。研究者深入研究問題，也實際參與研究結論的實務推廣，使參與者就是研究者，是個診斷與治療並重、思想與行動互用的研究模式，這其實就是一個自我將理論轉化為實際可行方案的過程。師範院校的教師若能主動研究，可縮短理論與實務的距離，深入掌握教學問題，提昇教育專業的水準。

伍・結論與建議

一・結論

動物生殖為國小自然科課程中必定呈現的概念。筆者於民國八十二年曾提出一篇研究報告：「國小學生對動物生殖類型概念結構之研究」，發現國小學生在學過動物生殖類型的單元之後，對卵生、胎生、卵胎生的客體屬性仍有許多迷思，對客體分類的技能亦十分迷惑。因生殖類型是由人為分類而成，應受學校教學方式的影響較大，屬於學生原有概念的影響較少。故本研究即由教學活動的設計來著手改進，希望學生學習之後，對動物生殖類型有正確的認識，減少迷思，同時學會分類的技能，並且以解決問題的策略設計學習活動，以培育現代國民應具備的生活能力。

因為教學活動的設計須由科學哲學和認知理論來分析教材教法，選用合適的教學策略。本研究由安排國小學生觀察眾多動物生殖案例開始，再引導學生自訂標準設計多級分類、探究問題、建構出分類原則和動物生殖類型的概念結構。它符合教學理論以及新的課程標準和新課程教科書編輯的精神。

教學活動是以學生為中心，以內在運思和外在活動交互操作，來探究問題，在社群研討中共同建構科學概念。本研究教學活動設計的特點是：

（一）各思考階段中教學的重點：

1.藉教學情境的安排和發問的技巧激發學生的好奇心，並使學生積極參與學習，把握問題的重點：

情境：（1）各種動物生殖（書籍、幻燈片、錄影帶、實驗）資料的觀察、研討。

（2）以圖文俱備的動物生殖圖卡，做大風吹遊戲，使學生能找出分類標準對動物作正負例證的一級分類。

（3）列出可以分類動物生殖方式的各種分類標準。

問題：各種動物生殖的分類標準如何組合？才能使各種動物生殖的方式得以分門別類？

2.給予器材、範例引導學生對問題形成合理的預設想法。

以動物生殖圖卡為具體操作器材，以大風吹遊戲規則為改進依據，由學生推論出「以各



種分類標準可以組合為多級分類表，使各種動物生殖方式得以分門別類」。

3.輔導學生依據預設的想法，設計可以驗證的分類表，並加以驗證。

各組學生分別設計動物生殖多級分類表，並以動物生殖圖卡一一驗證是否可達到動物生殖類型分門別類的目的。

4.協助學生客觀地解釋：

(1) 驗證結果是否支持其預設之多級分類的方法。

(2) 各式動物生殖分類表經社群研討後建立的科學概念（卵生、胎生、卵胎生）。

5.以新的情境評量學生是否對多級分類和動物生殖類型的學習有應用的能力。並激發學生提出新的問題。

(二) 重視形成性評量

由前述教學的思考階段逐一評量是否達成預期目標，以評量師生教與學的效果。

(三) 有助學媒體的設計

幻燈片、錄影帶、實驗活動觀察等內容的準備，動物生殖圖卡的設計，都為配合教學而編製，使教學能完整的呈現，使學生喜歡學、老師方便教。

(四) 學習如何解決問題，減少對動物生殖類型的迷思

由教學中的形成性評量和紙筆測驗的通過率可以證明達成本研究之預定目的：

1.設計適當的教學策略引導國小學生探究動物生殖的分類問題，以培育國小學生解決問題的能力。

2.研究有效的單元教學活動，減少國小學生對動物生殖類型的迷思概念。

二．建議

謹依據本研究所發現的問題對國小新課程單元教學活動設計提供若干建議。

(一) 課程的設計，須分析它是否符合科學哲學及認知心理學的理论。

單元教學活動的設計則應進一步檢視：它是否擔負起在課程中的概念及科學技能的地位；是否培育了學生的科學思考和解決問題的能力；是否國小教師有能力教，學生有興趣學；是否研究過學生學習的困難與迷思而研究出改進的教學方式；是否由學生群體探究問題後集體建構他們的科學概念。

(二) 課程編輯應適時加入媒體及補充教材

動物生殖的書籍、幻燈片、錄影帶、活體觀察資料及動物生殖圖卡等，是本研究主題學習情境的重要依據，學生須由其中整理歸納，是十分重要的助學媒體。而符合教學需要的此等資料，應與教材或教師指引同步發行，方能符合實際需求。

(三) 教師的在職研習須加設計，以為新課程推出前的準備。



對國小教師介紹教學設計時，必須以國小教師為教學對象先辦研習。本研究使教師們能親身經歷探究過程，找出動物生殖類型的分類檢索法及建構卵生、胎生、卵胎生的正確觀念。本研究的過程可視為一個模型，設計研習活動，舉辦在職研習，為新教材實施預做準備。

師資問題是課程成敗的重要因素之一，於此國小自然科新課程即將逐年推出之際，教師為新課程參加的在職研習必須設法使之落實。教師研習如何對國小學生進行教學的演示，遠超過僅舉辦演講式研習的效果。若讓教師們或師院的學生們親身經歷迷思、操作、統整、建構的探究式學習過程則更能達成新課程預期的目標。

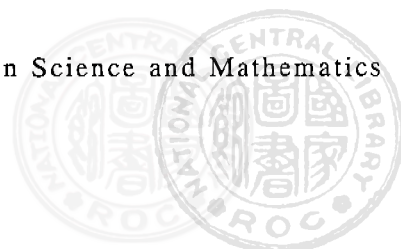
參考書目

一、中文書目

1. 毛松霖（民83）：國民小學自然科學新課程概說，台灣省國民學校教師研習會編印。
2. 邱上真（民80）：認知發展理論。學習理論與教學應用，臺灣省教育廳發行。p.51-74。
3. 邱上真（民80）：發現式學習理論。學習理論與教學應用，臺灣省教育廳發行。p75-104。
4. 郭重吉（民81）：從建構主義的觀點探討中小學數理教學的改進。科學發展月刊第20卷，第5期。pp.548—570。
5. 施 惠（民82）：國小學生對動物生殖類型的概念結構研究，國科會研究專案（NSC 81-0111-S-134-03-N），新竹師院科教中心印行。
6. 陳文典（民84）：解決問題教學方法。國民小學自然科課程開發參考文集第一號，台灣省教育廳國教研習會編印。
7. 楊榮祥（民74）：生物科教學模式研究，台北高立圖書公司。
8. 歐陽鐘仁（民73）：皮亞傑的認知論與科學教育。台北幼師文化事業公司印行。
9. 鍾聖校（民79）：科學教育研究。台北，師大書苑。
10. 鍾聖校（民82）：認知心理學。台北心理出版社有限公司出版。
11. 教育部（民72，73，74，75）：邏輯推理創造思考力培養自然科學單元教學研究計畫研習特刊（一、二、三、四輯）。
12. 教育部（民82）：國民小學自然課程標準，國立編譯館。
13. 台灣省國民學校教師研習會編印（民82）：國民小學自然科學課程設計指導綱領。
14. 台灣省國民學校教師研習會編印（民83）：國民小學自然科實驗教材教師手冊及課本（第九冊）。

二、英文書目

1. Andre, T. (1987). Processes in reading comprehension and the teaching of comprehension. In J. A. Glover and R.R. Ronning (Eds.), *Historical foundations of educational psychology*. New York : Plenum.
2. Armbruster, B.B., & Brown, A.L.(1984). Learning from reading : The role of metacognition. In R.C. Anderson, J. Osborn, and R. J. Tierney(Eds.) *Learning to read in American schools*.NJ.
3. Ausubel, D. P. ,Novak, J. D., & Hanesian, H. (1978). *Educational psychology : A cognitive view* (2nd ed.). N. Y. : Holt, Rinehart & Winston.
4. Baird, J. R., Fensham, P. J., Gunstone, R. F., and White, R. T.(1991). The Importance of Reflection in Improving Science Teaching and learning. *Journal of Research in Science Teaching*. 28(2), 163-182.
5. Bruner, J. S., Olver, R. R., & Greenfield, P.M.(1966). *Studies in cognitive growth*. New York : Wiley.
6. Carin, A. A., & Sund, R.B.(1989) *Teaching science through discovery*.(6th ed.)London: Merrill Publishing Company.
7. Driver, R. and BELL, b(1986). Students Thinking and learning of Science: A Constructivist View. *School Science Review*, 67, 443-456.
8. Glover, J. A., Plake, B. S., Roberts, B., Zimmer, J. W., & Palmere, M.(1984). Distinctiveness of encoding : The effects of paraphrasing and drawing inferences on memory from prose. *Journal of Educational Psychology*, 73,736-744.
9. Joyce, B., & Weil. M. (1986). *Models of teaching* (3rd ed.). Englewood Cliffs, NJ : Prentice-Hall.
- 10.Lawson, A. E. Abraham, M.R., and Renner, J. W.(1989). *A Theory of Instruction: Using the Learning Cycle to Teach Science Concepts and Thinking Skills*, NARST MONOGRAPH, Number one.
- 11.Piaget, J.(1964) Cognitive development in children : development and learning. *Journal of Research in Science Teaching*. vo12.176-186.
- 12.Silver, E.A.(1981). Recall of mathematical problem information : Solving related problems. *Journal for Research in Mathematics Education*, 12,54-64.
- 13.Wheatley, G. H. (1991). Constructivist Perspectives on Science and Mathematics Learning.*Science Education*,75(1), 9-21.



14. Wittrock, M. C. (1986). Students Thought Process. In M.C. Wittrock (Eds.), *Handbook of Research on Teaching* (3rd ed., pp.297-314). New York: Macmillan.
15. Woolfolk, A.E. (1987). *Educational psychology* (3rd ed.). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

附錄：

國小學生學習過動物生殖單元後，對動物生殖概念的認知：

一、國小學生對動物生殖類型具備正確概念的比率

本研究因使用工具不同，以下分別就三種工具的施測結果進行說明。

(一)「動物生殖類型成就測驗」施測結果

本項研究工具一經過三個主題的評分、劃記、統計後、結果如下：

「動物生殖類型成就測驗」通過率一覽表

通過率 評量 主題 \ 類型	卵生	胎生	卵胎生
出生型態	71.7%	70.1%	42.9%
胚胎營養來源	11.6%	19.7%	2.4%
舉例正確	69.8%	67.1%	39.1%

(二)「半結構式晤談」施測結果

本研究工具二依四項主題進行評分、劃記與統計工作、各主題的通過率如下表：

「半結構式晤談」通過率一覽表

通過率 評量 主題 \ 類型	卵生	胎生	卵胎生
生殖方式名稱是否自動說出	87%	87%	74%
什麼構造發育成小寶寶	52%	91%	70%
胎盤營養來源	57%	71%	19%
舉例正確	74%	91%	39%

(三)「動物生殖類型概念結構研究問卷」施測結果

本研究工具三依六項主題進行評分、劃記與統計工作、其各主題通過率的情形如下表

「動物生殖類型概念結構研究問卷」通過率一覽表

評量主題 \ 通過率 \ 類型	卵生	胎生	卵胎生
生殖方式名稱是否列出	80.9%	82.9%	62.2%
什麼構造發育成小寶寶	48.4%	57.8%	30.0%
構造和功能的敘述是否正確	49.9%	58.2%	34.0%
出生型態	43.9%	60.8%	29.2%
胚胎營養來源	45.4%	64.6%	30.6%
舉例正確	92.7%	92.8%	65.0%

由以上資料顯示下列二項重點：

1. 學生對動物生殖類型的客體屬性確有許多迷思概念，其中，對「卵胎生」的生殖方式最不明瞭，錯誤的舉例也最多。
2. 「胚胎發育營養來源」這項主題，通過率奇低，但此主題是三種生殖方式分類的標準之一，顯示學生基本概念不足之外，分類的技能亦有明顯迷思。

二、迷思概念的性質與類型

茲將動物生殖型迷思概念的性質、依新生命的出生來源、出生型態、胚胎營養來源、構造和功能的敘述及舉例等五項主題、將「卵生」、「胎生」、「卵胎生」得的迷思內容分述如下：

(一) 就新生命的初生來源而言，迷思概念的內容如下：

1. 卵生：(1). 新生命是由蛋黃變成的。
(2). 新生命是由蛋黃、蛋白變成的。
(3). 新生命是胎盤變成的。
2. 胎生：(1). 新生命是胎盤變成的。
(2). 新生命是子宮變成的。
(3). 新生命是胚盤變成的。
3. 卵胎生：(1). 新生命是卵變成的。
(2). 新生命是蛋黃變成的。



(3).新生命是胎盤變成的。

(二)就出生型態而言，迷思概念如下：

1.卵生：是直接生寶寶而不是生蛋的。

2.胎生：(1).生蛋的。

(2).生卵的。

(3).生蛋出來後，馬上破殼而出變成小寶寶。

3.卵胎生：(1).生蛋的。

(2).生卵的。

(3).又生蛋，又生小寶寶的。

(三)就胚胎營養來源而言，迷思概念如下：

1.卵生：(1).胚胎吸收母體血液中的養料。

(2).胚胎吸收臍帶的養料。

(3).胚胎吸收胎盤的養料。

(4).蛋殼或蛋殼內膜供給胚胎營養。

(5).胎盤供給胚胎營養。

(6).蛋白供給胚胎營養。(未列蛋黃)

(7).胚胎吸收卵和殼卵中的養料。

(8).成熟個體所賴以為生的食物，例如：雞的飼料。

(9).胚胎呼吸空氣就得養料。

2.胎生：(1).胚胎吸收胎盤本身的營養。

(2).胚胎吸收母體裡的食物，而後自行製造養料。

(3).胚胎吸收子宮的營養。

(4).胚胎吸收空氣中的養料。

(5).胚胎吸媽媽的奶。

(6).胚胎吸蛋黃的養分。

(7).胚胎吸收臍帶的養分。

(8).羊水提供胚胎養分。

3.卵胎生：(1).胚胎吸收母體血液中的養分。

(2).胎盤提供胚胎養料。

(3).臍帶提供胚胎養料。

(4).胚胎先吸收卵中的營養，再吸收母體的營養。

(5).胚胎吸收受精卵的養料。



(6).胚胎吸收空氣的養料。

(四)就構造和功能而言，各項構造和功能的迷思概念如下：

1.胎盤：(1).包覆並保護寶寶；(2).本身是營養體供給胚胎養料。

2.羊水：供給胚胎營養。

3.胚盤：保護胚胎。

4.臍帶：(1).本身可供給胚胎營養。

(2).雞蛋裡靠臍帶來輸送養分。

(3).一端在母親臍帶上，一端在寶寶肚臍上。

(4).一端在母親胃上，一端在寶寶身上。

(5).一端在母親食道上，一端在寶寶身上。

(6).一端在母親肚子上，一端在寶寶身上。

5.卵：(1).一捏就會爆開來，黏黏滑滑的。

(2).在體內的蛋稱卵

(3).沒有硬殼的稱卵。

6.蛋：(1).有硬殼的，不容易捏碎。

(2).在體外的卵稱蛋。

(五)就舉例而言，三種生殖類型的迷思概念如下：

1.卵 生：大肚魚、老鼠、海馬、狗。

2.胎 生：雞、鴨嘴獸。

3.卵胎生：雞、鴨、青蛙、鴨嘴獸、鯨魚、毛毛蟲、袋鼠。

