

國小學生密度概念之概念生態

陳振威¹ 陳龍川²

¹台北縣建國國民小學

²花蓮師範學院 國小科學教育研究所

(投稿日期：89年3月1日 接受刊登日期：89年5月16日)

摘要：本研究主要是藉由密度/浮沈概念教學的教室觀察與訪談，探討學生的概念生態。內容包括：概念生態組成因子、概念生態組成因子間的關連性、密度/浮沈概念以及密度/浮沈概念與概念生態間的關連性。

本研究是以 Posner 的「概念改變模型」理論為基礎，並且藉由 Tyson 等人的多向度的詮釋架構，探究學生概念生態組成因子以及各因子間的相關性；也就是從知識論、本體論與社會/情意三個向度來探究學生的概念生態。

本研究是針對 12 位國小六年級學生進行三次訪談（單元教學前、中、後各一次），並於密度單元教學中做教室觀察與錄影。

研究結果顯示，學生的概念生態組成因子是互相關連的，同時學生的概念生態也影響學生對於密度/浮沈概念的學習方式與學習成就；也就是說，學生學習科學的方式會因為他們的概念生態結構的不同而有所差異。因此教師對於學生概念生態的瞭解將有助於科學概念的教學。

關鍵字：概念改變模型、概念生態、密度概念

壹、緒論

很多研究指出學習者學習新概念時，時常會遭遇到衝突訊息，學習科學概念時尤其明顯；學生對於自然世界的前置概念(pre-conception)或信念(belief)，通常也與學校所教的科學理論發生衝突(Carey, 1985; Champagne, Klopfer & Gunstone, 1982; Eylon & Linn, 1988; Roth 1990)。因此，改進科學教育其中的一個重要環節，即須找出可以讓學生發生概念改變，並導入正確概念的方法。

其中，Posner, Strike, Hewson 和 Gertzog 於

1982 年，參考科學史與科學哲學對於知識論的觀點，提出概念改變模型(Conceptual Change Model, CCM)，藉此詮釋學生對於科學概念的改變情形。CCM 包含兩個要件，一是概念狀態(status of conception)，即學習者對於新概念所處的狀態，包括可理解的(intelligible)、可相信的(plausible)及可廣泛應用的(fruitful)等三個狀態。另外一個要件是概念生態(conceptual ecology)，即學習者呈現某一概念時，隱含在概念背後的相關概念。有關概念生態的研究也都顯示，概念生態的組成因子對於學習者概念改變的經驗有重大的影響(Beeth, 1993; Demastes,

Good & Peebles, 1995; Hewson, 1985; Hulland & Munby, 1994; Park, 1995; Roth & Roychoudhury, 1994)。

此外，研究者過去從事國小自然科教學時也常發現，不同學生對於相同概念的理解程度有極顯著的差異。當初覺得可能只是學生資質不同，如今經過以上的探討發現，可能是學生的概念生態影響所致。除此之外，研究者在教授密度/浮沈概念時，發現學生有相當多的另有概念 (alternative conception)，同時對於研究者所問的問題，也都各持說法。

基於上述研究動機，本研究主要目的如下：

(一) 從密度單元教學的教室觀察與其他資料分析中，探討國小六年級學生的概念生態，進一步探討這些概念生態的組成因子間的關連性。

(二) 從密度單元教學的教室觀察與其他資料分析中，探討國小六年級學生的密度/浮沈概念，進一步探討這些概念與其概念生態間的關連性。

貳、文獻探討

本章將就概念改變研究的發展做簡單的敘述，而後就此模型的內容詳加探討。接著探討的是本研究最關切的概念生態及其組成因子。然而有關概念生態的研究文獻並不多，而且每個研究所選的概念生態組成因子也不盡相同，因此本研究僅就概念生態研究常見的組成因子加以討論，這些因子也將作為資料分析時的分類參考。

一、概念改變模型的歷史背景

因為科學教育學者發現迷思概念阻礙了學生學習科學概念，因此，針對「如何讓學生發生概念改變」的研究也就因應而生，Posner 等人(1982)的概念改變模型就是其中一個。

概念改變模型的理論基礎之一是源自於對科學史的研究。因為 Kuhn(1970)和 Toulmin (1972)在科學史的研究中發現，科學知識不完全是以邏輯或客觀的方法獲得，Kuhn 認為學

生科學概念的改變，有如科學理論的改變；也就是說科學史的發展，如同 Kuhn 所謂的「典範轉移」(paradigm shift)，需要經歷不同程度的改變，學生發生概念改變的情形也是如此。

概念改變模型的另外一個理論基礎是根植於對皮亞傑學說的認知，也就是兒童並不是消極的知識接受者，而是主動建構自己對大自然現象的了解 (Piaget & Inhelder, 1969; Wadsworth, 1971, 1989)。這樣的主張提供概念改變模型思考學習者建構新概念的方式。

概念改變模型還參考了奧斯貝(1963)的主張，也就是學習者只有在新知識與既有的概念架構吻合時，「有意義的學習」(meaningful learning)才有可能發生。另外，有意義的學習需要符合兩種狀態，一是學習者必須瞭解所要學的東西與其認知結構間的關係，二是新的訊息必須與學習者原有的認知結構有某種程度的相關性。這樣的主張提供概念改變模型思考學習者發生概念改變的前提。

Posner 等人 (1982) 就是引用 Kuhn 「個體如何建構科學知識」的想法，以及皮亞傑與奧斯貝的主張，創建了「概念改變模型」。

二、概念改變模型

探討過迷思概念、概念改變模型產生的背景之後，研究者擬以概念改變模型探討學生的「概念生態」，進而解釋學生的概念狀態與概念改變的情形，因此本節將就概念改變模型做深入的探討。

Posner 等人於 1982 年提出的概念改變模型主要是用來解釋人們探究自然現象時，其概念是如何建構的 (Beeth, 1993; Hewson, 1981, 1982, 1985; Hewson & Hewson, 1983, 1988, 1991; Hewson & Thorley, 1989; Posner, et al., 1982; Strike & Posner, 1985, 1992; Thorley, 1990)；其強調的重點是，人們是以既有的概念與觀點，探究自然現象並且建構新的概念。為了瞭解學習者如何建構新概念，需考量兩個要素--概念狀態與概念生態，這兩個要素也是構成概念改變模型的主要內涵。

Thorley (1990)的研究指出，概念改變模

型已經被廣泛的引用在科學教育的研究中（一百篇左右）。而 Hewson (1981)則是第一個將概念改變模型應用於科學教育上，他利用概念改變模型探討學生對於質量、體積與密度概念，產生迷思概念的原因，進而依此做課程設計的改進，讓學生獲得正確的密度相關概念。

以下是概念改變模型中，有關概念狀態與概念生態的介紹：

（一） 概念狀態

概念狀態指的是學習者對於概念所處的狀態，包括可理解的(intelligible)、可相信的(plausible)及可廣泛應用的(fruitful)等三個狀態。學習者對於概念所處的狀態愈高，其發生概念改變的可能性也就愈高；也就是說，概念改變是發生在學習者能夠充分理解與應用新概念時。

因此，對於概念改變學習而言，一個新概念首先必須是可理解的；也就是必須了解新概念的含意(Hewson & Hewson, 1988, 1991; Hewson & Thorley 1989; Posner, et. al., 1982; Thorley, 1990)。假如新的概念不被理解，那麼它就不會成為合理的或可用的概念。

其次，新的概念除了可理解外，還必須是可相信的；即學習者必須了解它，並且能夠利用它解決周遭發生的問題，如此才能相信這個新概念。此外，學習者還必須覺得這個新概念與他自己的信念、或對知識的認同，以及過去的經驗不相抵觸；也就是這個必須與學習者所理解的世界相呼應，並且能夠解釋他原本可以理解的問題(Posner, et. al., 1982; Strike & Posner, 1985; Thorley, 1990)。

最後，學習者必須覺得這個新概念對他而言是可廣泛應用的；也就是新概念對學習者是有價值的，可以解決或解釋更多自然現象。因此，當概念發生改變時，新概念必須比既有概念達到更高的狀態(Hewson, 1981; Hewson & Hewson, 1988, 1991; Hewson & Thorley, 1989; Posner, et. al., 1982; Thorley, 1990)。例如，概念狀態由可理解的狀態，提昇到可相信的或可廣泛應用的狀態時，概念改變發生的可能性也就

愈高。

為使學習者接受新的概念，其既有概念必須處於較低的狀態，通常這樣的情形是發生在學習者感到不滿足於既有概念時。因此 Strike 和 Posner (1985)認為，除非現有的概念發生狀態上的改變或遭遇到嚴重的瓶頸；也就是說學習者對於既有概念一定要先發生「不滿足」的情形。接著，從「對舊概念不滿足」的狀態到「可理解新概念」的狀態，教學者應該對於學習者的概念生態加以剖析，藉此知道學生對既有概念發生不滿足的原因，進而找出可以解釋新概念的架構。例如隱喻(metaphors)或類比(analogies)的使用，甚至利用圖像(image)來產生視覺上的架構，使學習者可以理解新的概念。除此之外，提供的架構必須與真實世界相仿，例如範例(exemplars)的使用，也是提供學習者理解新概念的方法之一。

學生光是理解新概念的意義是不夠的，還必須能夠以此新概念來解釋其周遭所發生的現象；也就是學生必須體會到新概念是可以相信與應用的。因為學習者如果能利用新概念解釋周遭發生的事物，此時學習者比較能夠接受這個新概念，這也是學習者發生概念改變必經的狀態。Strike 和 Posner (1985)認為新概念要變成可相信的，必須符合以下六點：(1)與學習者的基本假設一致，如對真實世界的後設信念或對知識論的觀點，(2)與其他理論或知識一致，(3)與過去經驗一致，(4)與學習者對世界的看法相關，(5)有解決問題的能力，(6)可以類比到學習者所熟悉的概念。

概念的最高狀態是「可廣泛應用的」，Strike 和 Posner (1985)認為，「可廣泛應用的」狀態指的是，新概念解決了學習者所有相關的問題，因此得到學習者的認同。舉例來說，假設學生在學習密度概念後，能夠用密度概念來解釋所有浮沈的現象，表示學生對於密度概念已經達到「可廣泛應用的狀態」。學習者如果能夠達到「可廣泛應用」的狀態，表示他對於新概念已經發生概念上的改變。

由以上的探討可知，學習者對於新舊概念所處的狀態，與概念改變的發生有很大的關係，故透過對學生概念狀態的瞭解，可以知道學生發生概念改變的程度。因此，Strike 和 Posner(1985)主張以概念改變模型中的概念狀態部分，檢視學生對概念的瞭解與接受程度，做為評量學生概念學習的標準。

(二) 概念生態

1. 概念生態研究的背景與發展

概念生態是概念改變模型的另一個要件。概念生態影響人們的概念狀態，即概念改變所需達到的狀態，以及概念改變的過程(Beeth, 1993; Hewson & Hewson, 1988; Posner, et. al., 1982; Strike & Posner, 1985, 1992; Thorley, 1990)。

當人們分析資料，決定接受或拒絕新概念時，個人的概念生態都會影響其決定。因此概念生態被定義為：人們對世界、知識、邏輯、科學分類，以及文化和語言的認知與看法(Hewson, 1985; Hewson & Hamlyn, 1984)。

概念生態是看待世界的方式，並且提供學習者在概念改變學習時，對於概念選擇的基礎與限制(Beeth, 1993; Demastes, Good & Peebles, 1995; Hewson, 1985; Hewson & Hamlyn, 1984; Hewson & Hewson, 1988; Posner, et. al., 1982)。

新概念必須與學生既有的概念生態產生連結，概念改變才有可能發生，因此教學者對於學習者概念生態的瞭解，已被認為是促進學習者概念改變的重要關鍵(Beeth, 1993; Demastes, Good & Peebles, 1995; Strike & Posner, 1985; Thorley, 1990)。

Park(1995)在他的論文中提到，概念生態一詞最早是出現在 Toulmin(1972)的 Human understanding 這本書中，Toulmin 比喻個體是將某一概念儲存在概念生態中的某一「特定位置」(niche)，概念生態呈現的是概念與個體心智環境間的關係。因此教學者透過瞭解學習者的概念生態，可以找出學習者產生迷思概念原因。

Beeth(1993)研究發現，學生在科學教室

中的對談，呈現出以下幾個概念生態組成因子：異例(anomalies)、範例(exemplars)與圖像(images)、對知識的認同(epistemological commitments)及對真實世界的後設信念(metaphysical beliefs)。Beeth 同時也發現，個體的概念生態可以讓自己做概念的澄清與評估，並且對世界的運作加以推論。

Hewson (1986)研究學生的概念本質、知識論觀點，解決問題的策略時發現，語言與文化對於學生密度概念的學習，扮演相當重要的角色。另外，Roth 和 Roychoudhury (1994)的研究也指出，教師對於學生的概念本質、學習本質，以及知識論觀點的瞭解，與學生的學習是息息相關的。

Park(1995)的概念生態研究中發現，學生對於樹葉變黃的解釋反應出 9 種概念生態組成因子：過去的經驗(past experiences)、知識的本質(nature of knowledge)、對知識的認同(epistemological commitments)、對真實世界的後設信念(metaphysical beliefs)、概念的本質(nature of conceptions)、解決問題的策略(problem solving strategies)、概念(conceptions)、學習的本質(nature of learning)，以及情意領域(affective domain)。每位學生組成因子的內涵，幾乎都呈現出不同的主題，同時每位學生的概念生態組成因子間，也可以找出其相關性。因此 Park 認為概念生態潛在地影響學生對於自然現象的瞭解，概念生態的組成因子間通常是相互關連的。

有關概念生態的另一個研究是 Demastes 等人(1995)針對 4 位高中生做的研究，研究發現學生對於「演化」(evolution)概念的認知與回答問題的方式，反應出 6 種概念生態組成因子：先備概念(prior conceptions)、對科學的定位(scientific orientation)、科學知識(scientific epistemology)、生物世界觀(view of biological world)、宗教的定位(religious orientation)，以及對演化理論的接受程度(acceptance of evolutionary theory)。而且研究結果顯示學生概念生態組成因子間的關連性也合乎 Strike 和 Posner (1992)提出的「交互作用論」(interactionism)

的觀點。同時，Demastes 等人的研究也再次發現 Strike 和 Posner(1992)修正概念改變模型時提出的兩個盲點：證據的合理評估與欠缺情緒因素的考量。該研究的另一個結論也和 Cobern (1994) 的觀點相符，即學生對於概念的瞭解與其原有的信念雖然不同，但卻可並存。

此外，Hulland 和 Munby (1994) 針對 6 位 10 至 11 歲的國小五年級學童，研究有關沼澤地環境與生態概念時發現，學生的概念生態有相當大的差異，但研究並沒有進一步分析其原因或概念生態組成因子間的關連性。可是他們認為，指出學生概念生態的差異可以促使其他研究者深入研究學生概念生態的組成因子及其關連性。

最後，Venville 和 Treagust(1998)針對 29 位高一學生，利用 Tyson 等人(1997)的多向度的詮釋架構 (multidimensional interpretive framework)，從知識論(epistemology)、本體論(ontology)與社會/情意(social/affective)三個向度來詮釋學生基因概念的概念改變情形。研究結果指出，藉由多向度詮釋架構的分析，可以深入瞭解影響學生學習基因概念的相關因素，例如學生的學習態度與概念本質等因素。同時他們也深深的瞭解到，基因概念就像「演化」的過程，需要長時間才有可能達到概念改變。

2. 概念生態組成因子

綜合以上關於概念生態的研究可以發現，不同學生在不同的研究情境下，呈現出不同的概念生態組成因子，某些組成因子間也存在著某些關係。同時，也因為每個學習者的概念生態都有所不同，於是他們的概念生態組成因子也就有所差異。

這些組成因子間通常也會互相影響，並且影響個體的學習。因此 Strike 和 Posner(1992)主張，所有的組成因子都有其發展的歷史，但是必須在瞭解組成因子間的交互關係後，才得以明瞭。這也就是他們所謂的「交互作用論」(interactionism)。

Strike 和 Posner (1985)提出許多概念生態組成因子，例如，異例(anomalies)、類比(analogies)

與隱喻 (metaphors)、範例 (exemplars) 與圖像 (images)、過去的經驗 (past experiences)、對知識的認同 (epistemological commitments)、對真實世界的後設信念 (metaphysical beliefs) 與概念，以及其他知識。後來，Strike 和 Posner(1992)在修正概念改變模型時，提出概念改變模型的兩個盲點：證據的過度合理評估與欠缺情意領域 (affective domain) 的考量。因此，正式將情意領域與情緒因素也納入概念生態中。

概念生態的研究必須從學習者的各個面向加以詮釋，於是 Tyson 等人(1997)綜合 Posner 等人(1982)的概念改變模型、Vosniadou(1994)架構理論及心智模型觀點、Chi 等人(1994)的本體論觀點以及 Pintrich(1993)的情緒觀點，提出多向度的詮釋架構 (multidimensional interpretive framework)，藉此詮釋學習者的概念改變。這個架構主要是從知識論 (epistemology)、本體論 (ontology) 與社會/情意 (social/affective) 三個向度來詮釋學習者的概念改變 (圖 2-1)。

其中，本體論探討的是學習者對於自然現象與概念的本質，以密度概念的本質為例，物質內部的微觀觀點將是本體論探討的重點。知識論探討的是學習者對於所學知識的理解情形；也就是學習者如何看待知識，以密度相關概念為例，學習者是否能夠以密度作為判斷物體浮沈，將是知識論探討的重點。社會/情意觀點探討的重點是學習者學習時的態度與情境，例如參與程度，喜好程度等因素。當然，概念生態組成因子可能不只這些；例如解決問題的策略 (problem-solving strategies)、文化、語言，及歷史等，都可能在不同的學習者身上發現。

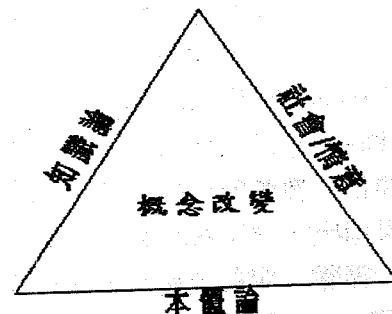


圖 2-1 多向度的詮釋架構

以下是七個較常被提及的概念生態組成因子：

(1) 對知識的認同 (epistemological commitments)

對知識的認同是哲學領域中，研究人類知識起源、本質、方法，及其限制的分枝，同時也是個體判斷知識正確與否的標準。這樣的判斷過程取決於個體對於科學解釋的看法，以及個體對於一般知識的觀點 (Hewson, 1985; Posner, et al., 1982; Strike & Posner, 1985; Waterman, 1982)。

對知識的認同與個體對概念的理解、相信以及應用的程度有關 (Posner, et al., 1982; Strike & Posner, 1985, 1992)；也就是說個體對知識的認同會影響其對概念所處的狀態。Hewson(1985)和 Posner et al.(1982)對知識的認同的研究中指出，透過深入瞭解學生的概念，研究者可以找出他們對知識的認同類型。同時，Hewson(1985)也指出，教師對於個體對知識的認同的瞭解可以幫助教師決定學習者所處的概念狀態 (Beeth 1993; Hewson, 1981, 1985; Hewson & Hewson, 1991)。因此學生對知識的認同，是概念生態研究的重點之一。

(2) 先備概念 (prior knowledge)

學習者的先備概念通常來自於過去的經驗，這些經驗建立學習者對科學現象的看法，並且提供解釋或預測過去發生過或現在正在發生以及未來將發生的事物。因此，與過去經驗相抵觸的概念，學習者是難以接受的 (Beeth, 1993; Hewson, 1982; Strike & Posner, 1985)。

Pope 和 Gilbert(1983)指出，個人的過去經驗對於知識的建構是息息相關的；也就是說，知識的學習必須與學習者本身的經驗有所關連。Blum(1986)、Brody 和 Koch(1989)、Ostman 和 Parker(1987)研究學生過去經驗及其所學概念的關連性時，他們的作法是將某些科學概念與學習者非正式教育所得的經驗加以連結，這些研究結果指出，非正式教育環境所接觸的課程、閱讀、媒體、朋友及親人，都是學生概念與知識獲取的來源，特別是參與戶外休閒活

動，對於學生科學概念的發展有莫大的幫助。

(3) 學習的本質 (the nature of learning)

學習的本質指的是學生如何獲取知識，例如，記憶的方式或理解的方式。以密度概念的學習為例，知識的本質探討的是"什麼是密度？它與物體浮沈有何關連性？"的問題，學習的本質探討的是"學生如何學習密度概念？"的問題。

(4) 概念的本質 (the nature of conceptions)

概念的本質探討的是學習者如何呈現知識。例如，學習者可能用異例 (anomalies)、類比 (analogies)、隱喻 (metaphors)、範例 (exemplars) 或圖像 (images) 等方式來解釋密度/浮沈的概念，這些呈現方式都是概念本質的一部份。這些概念的本質會影響學習者直覺地判斷自然現象的合理性 (Beeth, 1993; Posner, et. al., 1982; Strike & Posner, 1985, 1990)，例如，當學生被教師問及重物是否比較容易沈的時候，學生可能會以鐵船或大樹枝也很重的實例，來解釋重物不一定就會沈的現象。以下是一些常被學生用來解釋概念的方式：

A. 異例 (anomalies)

當既有的概念發生某種衝突時，學習者會將它視為異例。這種衝突對於概念生態的發展有相當重要的影響 (許嘉玲, 民 86; Beeth, 1993; Lemberger, 1995; Posner, et. al., 1982; Strike & Posner, 1985)。

B. 類比 (analogies) 與隱喻 (metaphors)

類比與隱喻可以讓學生更容易瞭解新概念 (Beeth, 1993; Lawson, 1993; Posner, et. al., 1982; Stavy & Tirosh, 1993; Strike & Posner, 1985)。例如，類比可以將不相似的事物加以連結，並找出關係。因此，當學習者在發展和獲取科學概念時，類比扮演著一個相當重要的角色 (Lawson, 1993; Stavy & Tirosh, 1994)。

Stavy 和 Tirosh(1994)針對概念生態如何影響問題解決的研究中指出，「類比」在科學概念的發展上，扮演一個極重要的角色。當人們必須解決一個不熟悉的問題時，通常會用自己認為類似的事物來詮釋。因此，Stavy 和

Tirosh(1994)檢視學生將某一問題類比到其他問題的方法時，發現學生類比問題的方式大多著重於外在的因素，如視覺或數字等。同時，類比的方式跟學生的概念生態也有密切的關係，因此，學生解決問題時使用的類比，可以看出其概念生態中的某些組成因子。例如，本研究讓學生判斷物體浮沈的問題時，學生會以重量、大小、形狀或長短的類比方式進行物體浮沈的預測。因此，學生對於概念或問題類比的方式，可以讓研究者瞭解學生對物體本質所持的觀點，這些觀點也是研究者研究學生概念生態時，必須關注的重點之一。

此外，隱喻在真實世界與文化的經驗中是很常見的。Hewson 和 Hamlyn(1984)指出，隱喻可以讓個體利用某類事物來理解或經驗另一類事物。隱喻是在解釋難以理解的抽象概念時，使用的一種重要的概念性工具，因此，它可以促使新概念得以被理解(Posner, et. al., 1982)，例如，密度這個抽象概念可以用具體的視覺模型（如以點狀多寡代替質量大小，正方形大小代替物體的體積）來詮釋物體質量分佈的情形，進而理解密度的概念。

C. 範例(exemplars)或圖像(images)

範例與圖像也會讓學習者對事物合理性的直覺產生衝擊(Strike & Posner, 1985)。當學生有某些迷思概念時，以範例的方式進行概念的詮釋有時無法有效地增進學習，例如，直接以鐵船為範例，告訴學生重物不一定會沈，其結果可能讓學生認為只要是船都不會沈。因此，雖然範例可以幫助學生理解新的概念，但是教師使用範例時必須注意的是，除了範例本身對學生而言必須是可理解或可接受的，教師必須適時澄清範例所要傳達的概念，以免誤導。

(5) 問題解決的策略 (problem-solving strategies)

當學習者解決問題時，其概念生態潛在地影響學習者形成假設、澄清假設，進而效化解決方法的過程(Park, 1995)。Park(1995)在他的研究中指出，看待問題的方式會隨概念生態的改變而改變。例如，在研究者還沒接觸科學教

育以前，研究者主修的是自然科學，因此研究者一直以為科學是絕對的真理，但是在瞭解當代的科學本質觀後，研究者的想法已有所改變；也就是說，研究者的概念生態已發生改變。

Park(1995)並認為，對於某一特定問題，並不是所有概念生態的組成因子都會有影響；而這樣的限制會隨問題的不同而有所不同。此外，概念生態組成因子間也不是都獨立的；在許多情況下，組成因子間的界線是相當模糊的或是相互關連的。雖然學習者在問題解決的過程中，不會呈現出所有的概念生態組成因子，但是問題解決的策略還是被視為探討概念生態的重要依據。

(6) 情意領域

美國於 1965 年正式將情意領域與認知領域並列為教學的主要目標。我國教育部於民國六十四年新頒國小科學課程標準中指出，國小科學教育目標，在於使兒童能夠接近自然，瞭解其周圍環境，增進科學知能與科學情趣，熟練科學方法，以養成具有科學素養的國民。其後在民國七十二年頒佈國中課程標準中也明示，自然科學的教育目標在於「培養學生的科學興趣及正確的科學態度，以適應現代的生活環境」；可見情意領域已被視為現代科學教育的重要一環。

但是由於情境領域的定義太過於廣泛，定義混淆不清，造成教師並不著重情意領域的教學目標，加上缺乏使用方便的測量工具，以致在教學時未能按情意教學目標進行適當的評量。因此，情意領域被重視的程度非常有限。

然而，情意領域對於學生的學習卻有相當大的影響，例如，學習態度不佳或學習情緒低落都是學生學習的障礙。Dreyfus, Jungwirth 和 Eliovitch(1990)的研究發現，學校教授的知識大部份都不是直覺易懂的，因此，很容易讓學生對所學的知識產生不信任或厭惡的感覺，導致學習意願低落，無法進行有效的概念學習，最後學生的概念還是停留在一些他們認為親切且實用的概念上。再者，學生對於教師交代的功課或傳授的知識所持的態度，也會影響

學生主動參與學習的程度與自我建構學習的能力。因此，教師不得不重視學生在情意領域方面的表現。

(7)科學的本質

學生對「科學本質」的看法也影響學生的知識本質與學習本質。例如，假如學生在學校所學的科學是以知識體、事實及絕對的真理的方式呈現，那麼學生的學習可能會著重於事實的記憶，並且認為知識一定是透過所謂的科學方法獲得的。

參、研究方法

一、研究對象

本研究的研究對象是 12 位六年級學生。這 12 位學生是從接受「體積與重量」單元教學活動設計班級中，以分層立意取樣(stratified purposeful sampling)的方式選出；也就是以該班學生的五年級自然科上下學期學業成績平均，分成低、中、高三層後，從各層分別取出 4 位學生（最高分 4 位，中間 4 位，最低分 4 位，共 12 位）。

二、研究架構

以 Posner 等人於 1970 年代末期開始著手發展並於 1982 年發表的「概念改變模型」(conceptual change model, CCM)做為理論基礎，研究者發展出本研究的理論架構（如圖 2-1），並且藉由多向度的詮釋架構(multidimensional interpretive framework) (Tyson et al., 1997)，探究學生「密度/浮沈概念」的概念生態組成因子，以及各因子間的相關性。

圖 3-1 說明的是概念生態的形成是來自於學生對於知識論、本體論與社會/情意論的觀點，同時，學生的概念生態也會影響老師的教學與學生的學習；也就是說這三者（形成因素、概念生態與教學）是相互影響的。

三、訪談工具：

本研究訪談的問題是研究者針對密度相關概念，以及概念生態相關之研究，進行文獻的探討與歸納，並在專家核定後完成。訪談問

題在正式使用前，研究者將這些問題對五名學生加以訪談，並在訪談後，就實際遭遇到的情況加以修正後，編製完成正式訪談的問題。

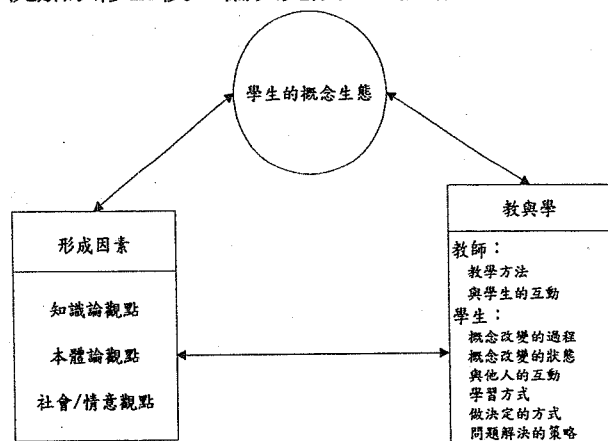


圖 3-1 研究架構

四、研究流程

研究者將整個研究，從進入現場前所做的前置作業，一直到離開現場後的後序動作，以時間流程的方式記錄如下：

1998. 10. 8

到實驗學校與教務處聯絡，並在實驗學校答應研究者做研究後，獲知願意接受研究班級（六年某班），隨後並取得該班學生五年級上下學期的自然科學習成就。

1998. 10. 9

研究將學生五年級上下學期自然科學習成就加以平均後，按照成績加以排列後，在成績最好與最差以及居中的學生中各取 6 名學生，並將名單交給研究班級的導師，希望導師幫研究者分別在挑出 4 名願意配合研究的學生。

1998. 10. 16

由研究班級導師手中得到確定的研究樣本學生。

與導師、自然科老師與電腦老師著手排定課堂觀察與訪談的日期與節數。

1998. 11. 20

將印出來的研究行事曆交給需要配合教學或調課的老師，並再次提醒並確定訪

談與課堂觀察的時間。

1998. 11. 26

進行第一次訪談（完成 6 位學生的訪談）。

1998. 11. 27

早上進行第一次訪談（完成另外 6 位學生的訪談）。

下午開始進行單元教學（第一、二節）與錄影。

1998. 12. 4

單元教學（第三節到第六節，上午兩節，下午兩節）與錄影

收回學生上課完成的練習單。

1998. 12. 7

早上完成第二次訪談。

下午進行單元教學（第七、八節）與錄影。

收回學生上課完成的練習單。

1998. 12. 11

進行單元教學（第九、十節）與錄影。

收回學生的上課筆記。

收回學生上課完成的練習單。

1998. 12. 14

完成第三次訪談。

研究者特別製作一份聖誕節禮物（密度/浮沈 CAI 軟體、幾個簡單的遊戲軟體與研究自行製作的電子卡片）送給接受研究班級的每位學生。

1998. 12. 18

觀察學生其他科目上課情形。

小吟送研究者一份聖誕節禮物。

1999. 1. 8

觀察學生其他科目上課情形。

1999. 1 月—1999. 4 月

研究者陸續接到研究班級學生的電話，有的學生是在家裡遇到不會的自然科問題打電話來問研究者，有的學生是打電話邀請研究者參加他們的畢業典禮。

五、資料蒐集與分析

（一）資料收集

本研究收集資料的主要方法有三：個別訪談錄音、課堂上的錄影以及其他文件資料。資料來源包括：訪談的錄音帶、課堂錄影的錄影帶、研究者針對課堂觀察所做的田野筆記（field notes）（如附錄八）、學生筆記及練習表（work sheet）（如附錄九）等資料。

1. 訪談

（1）半結構式訪談（semi-structured interview）

Aikenhead(1988)針對「Likert 式量表(Likert scale)」、「手寫短文式(written paragraph)」、「經驗歸納式選擇題(empirically developed multiple choice)」及「半結構式訪談(semi-structured interview)」等四種不同的訪談或答題方式加以檢視，結果以「半結構式訪談」得到的模糊程度最低(5%)。因此本研究使用「半結構式訪談」，希望增加訪談內容的真實性。

研究者在訪談進行中，不僅對受訪者提出問題，也讓受訪者以針對他要解決或解釋的問題提出疑問，幫助受訪者釐清問題本身的含意，以及與問題相關的概念。

（2）訪談流程

本研究訪談學生的次數有三次，以個別訪談的方式進行。時間分別是在單元教學開始前、教學中與教學結束後。每人每次訪談的時間約 10-20 分鐘。

（3）訪談工具

本研究訪談的問題是研究者針對密度相關概念，以及概念生態相關之研究，進行文獻的探討與歸納，並在專家核定後完成。訪談問題在正式使用前，研究者將這些問題對五名學生加以訪談，並在訪談後，就實際遭遇到的情況加以修正後，編製完成正式訪談的問題。訪談問題的內容與設計理念分別敘述如下：

A. 第一次訪談（如附錄一）

第一次訪談是在單元教學前，訪談問題的前 5 題是以「對事件的訪談」(interview about events) (Carr, 1996)的方式設計的，因此訪談主要目的是瞭解學生對「浮沈」事件的原有想法，例如問他們物體的重量會不會影響浮沈。同時，為了激發他們的想法，研究者提供一些不

同質料、大小、重量、形狀與長短的物體，讓他們觀看這些物體在水中的浮沈情形。

訪談題目的最後一題是以「對例子的訪談」(interview about instances)(Carr, 1996)的方式，提供幾張可能與他們過去經驗相關的「物體浮沈」圖片，並就圖片內容，讓學生回答研究者的問題，並說明理由。

B. 第二次訪談 (如附錄二)

第二次訪談是在單元教學第六節結束後進行，此時學生已經對「重量對體積的比值」與「浮沈」概念有所認識。訪談的主要目的是藉由一些異例或衝突事件，讓學生提出他們的看法。因為學習者的概念生態可以影響其對問題的認知；也就是說，學習者是否將某個訊息看成是一個問題，與個人的概念生態有關。這種對於問題的認知通常發生在個體現存概念不完整、不精確，甚至錯誤時，或是個體發現異例或衝突事件時(Chinn & Brewer, 1993)。許嘉玲(民 86)在探討學生密度概念的概念改變情形時，也是利用異例讓學生產生認知衝突，進而瞭解學生的密度概念。因此，衝突事件對於概念改變學習是不可或缺的。於是本次訪談的重點是讓學生面對衝突事件做問題解決式的思考，並在學生解決問題並提出解釋的同時，研究者可以藉此瞭解其概念生態。例如問他們「鐵塊會沈，為什麼鐵做的船不會沈？」或「實心的黏土會沈，為什麼空心的黏土會浮？」並示範給他們看。

此外，學習者如何看待一個問題，其實是根植於其概念生態中之「對知識的認同」。為了瞭解學生「對知識的認同」，必須深入瞭解學生對問題回答後所做的解釋。因此研究者在學生回答問題後，接著問他們以下幾個問題：「為什麼你相信是這樣？」、「你如何知道答案是對的？」、「為什麼你這麼說？」及「你的想法從那裡來的？」，從學生的回答當中，研究者可以藉此瞭解學生的過去經驗、學習方式、概念本質或科學本質觀。

C. 第三次訪談 (如附錄三)

第三次訪談是在單元教學結束後，訪談

的第一部份是讓學生看一篇與密度概念相關的短文(阿基米德的故事)。Park(1995)在訪談學生有關樹葉變色與掉落的原因時，也曾經以短文描寫某地發生樹葉變色與落下的情境，提供學生閱讀，刺激學生思考並說出他們的想法。因此，研究者希望藉由阿基米德的故事，詢問學生一些密度相關的問題，藉此探討學生的密度概念。接下來的訪談的重點是針對學生對「科學」的看法及「解決問題」的方式加以訪談，希望學生能夠說出對「科學知識本質」的看法、「解決問題的策略」。

第二部份的訪談題目，是針對學生的學習做訪談式的診斷，藉此瞭解學生在密度概念的學習上，其概念改變的程度。這部份的訪談問題是研究者與另外一個研究的研究者(官翰德，民 88)共同討論完成，因此，在他的研究的一部份也使用這些訪談問題。

2. 課堂觀察

課堂觀察是為了解學生課堂上的表現。因此，研究者全程參與課堂觀察並做錄影，但是研究者沒有介入任何的教學活動。

課堂觀察時，研究者有時會對樣本學生做近距離的觀察，並就這 12 位學生在課堂上解決問題的方式、參與活動的程度以及討論的內容做田野筆記(如附錄八)。其他的記錄重點還包括學生如何提出問題、如何解決問題、如何參與課堂討論，以及學生的各項行為表現。

3. 其他文件資料

本研究收集的其他資料還包括學生上課的筆記與練習表。其中，上課筆記記錄了學生的概念與想法、實驗的結果，以及對於問題的解答。練習表提供研究者瞭解他們的問題解決方式與解題過程。

(二) 資料分析

本研究是以質性研究的方式分析所得之資料。而資料分析所關注的重點是研究對象從資料中呈現出來的概念生態組成因子，以及各因子間的關連性。以下是研究者資料分析使用的方法與觀點：

1. 現象學研究的觀點

一般自然科學研究方法，通常使用演繹的方式；也就是在研究之前形成假設與界定範疇，然後在建立研究的架構後，進行資料的蒐集與分析。

當研究者進入研究情境時，都是帶著不同的經驗與觀點進入現場，但是這些經驗與觀點將影響後來的觀察和思考。因此，現象學學者認為，採取特定的架構來解釋和記錄行為是相當獨斷且不真實的。例如，他們認為自然科學主張的客觀性研究，在研究開始之前，將既定的限制強加在資料之上，使研究者無法發現研究對象的觀點。因此，現象學強調從研究對象的角度來了解他們，這種做法比較不會扭曲他們的想法。

現象學學者強調行為的主觀層面，希望研究者能進入研究對象的概念世界，並且以具體的方式解釋他們所理解或建構的事件之意義，因此研究者必須體驗和想像研究對象的思想和感受。研究者不只是蒐集研究對象的思想、感受和行動等事實，也要蒐集其背後的意義架構，在研究者自身的解釋之外，了解情境參與者的解釋，進而把這些解釋串連起來，發現其中的潛在意義（黃政傑，民 87）。

為了使本研究的資料收集與分析具客觀性，研究者經常在研究者主觀角色和觀察者客觀角色之間取得平衡；也就是先將理論架構和研究假設暫時擺在一邊，等到研究者分析資料得到的結果與其理論架構有關聯性時才加以應用。研究者希望藉由這種開放的方法，將理論架構不斷地加以精緻化，並且重視現象學強調的「研究對象的解釋」，希望得到資料背後的潛在意義。

2. 三角校正(triangulation)

三角校正主要是為了增加研究的信度與效度，本研究使用以下三種方式來做三角校正：

(1)靜態資料的三角校正（資料的多樣性）

本研究透過多方面蒐集資料，如個別訪談錄音、課堂錄影、研究者針對課堂觀察所做

的田野筆記、學生上課筆記與練習表等資料，利用多角度的觀察，增加研究者的視野，讓研究者有省思的機會，進行比較客觀的詮釋。

(2)動態性的三角校正（反覆檢視資料）

在檢視資料的過程中，研究者不斷反覆以描述式的(descriptive)→焦點式的(focused)→選擇性的(selective)的過程，對資料加以觀察、分析與歸納，而後再觀察、再分析與再歸納，加上研究者不斷的內省與反思，藉此達到觀察結果的客觀性。

(3)研究人員的三角校正

研究者分析資料時，常與專家、經驗教師與同儕互相討論，希望藉由討論，以客觀的方式分析資料與呈現研究的結果。同時，研究者的三位同儕也擔任本研究的編碼員，與研究者針對隨機抽取的資料段落分別進行編碼，直到編碼的結果一致後，研究者才獨立進行資料的編碼。

3. 轉錄(transcription)與編碼(decoding)

研究者將訪談錄音帶加以轉錄並整理成逐字稿，而後以表 3-1 的代碼登錄並進行編碼(decoding)，由於某些原始資料同時具有兩種以上的意義，因此研究者採用重複編碼的方式進行編碼。資料分析所得的結果則是以表 3-2 的方式呈現，同時，原始資料的引用是以表 3-3 的方式加以引用。

此外，研究者在分析資料時發現，樣本學生的對答內容中的某些段落，其代表的意義可以同時編成不同的碼，例如「對知識的認同」這個因子中的主題——「根據經驗或觀察」與「先備概念」這個因子中的主題——「過去的經驗」，不過這兩個主題隸屬的概念生態組成因子有所不同，此種重複編碼的方式在過去的文獻中亦曾發現，例如對知識的認同中的權威論點與問題解決策略中的傾向於權威(Park, 1995)。因此研究者將此編碼方式與同儕討論達成共識後，再對資料進行編碼，並對不同編碼者的編碼結果進行一致性的檢驗。

肆、研究結果與討論

本研究的資料來源包括：訪談的錄音帶、課堂錄影的錄影帶、研究者針對課堂觀察所做的田野筆記(field notes)、學生筆記、練習表(work sheet)。研究者將這些資料作分析與討論，並將分析到的學生概念生態組成因子呈現出來。

本研究的研究結果如下：

一、概念生態組成因子

研究者分析資料時發現，學生的概念生態呈現出八個組成因子，由於每個學生對於每個組成因子呈現的類型也有所不同，因此每個組成因子又可分成幾個主題(theme)（如表 4-1）。

表 3-1 訪談原始資料轉錄代碼表

學生部份	第一碼	第二碼	第三碼	第四碼	第五碼
1：第一次訪談 2：第二次訪談 3(1)：第三次訪談第一部份 3(2)：第三次訪談第二部份	H：高自然科學成就 M：中自然科學成就 L：低自然科學成就	1：第一位 2：第二位 3：第三位 4：第四位	G：女生 B：男生	數字：代表受訪者與研究者第幾段對話	
其他	、：表示受訪者沈默無語，每個「、」代表五秒鐘左右。 R：代表研究者				
例：3(1)M1G25--中自然科學成就的第一位女學生，在第三次訪談的第一部份中，與研究者的第 25 段對話。					

表 3- 2 研究結果之呈現方式

訪談摘錄	解譯後所屬之組成因子	主題(Theme)
我們以前自然課有教過... 我在電視上有看過...	對知識的認同	權威觀點

表 3- 3 原始資料引用方式

資料來源	引用方式
訪談逐字稿	與轉錄代碼同。 例如：(1M1G25~1M1G28) 表示第一次訪談時，中自然科學成就的第一位女學生，與研究者的第25到28段對話。
課堂觀察札記	(札一，日期) 例如：(札一，19981207) 表示研究者在1998年12月7日所做的一般性札記內容。 (札課，人名，日期) 例如：(札課，小宇，19981127) 表示研究者在1998年11月27日做課堂觀察時，對小宇做的札記內容。

表 4-1 概念生態組成因子及其主題

概念生態組成因子	主題
1. 對知識的認同	(1) 根據觀察或經驗
	(2) 權威觀點
2. 先備概念	(1) 過去的經驗
	(2) 個人的想法
3. 學習的本質	(1) 無效的學習
	(2) 記憶與理解
	(3) 瞭解與應用
4. 概念的本質	(1) 類比與隱喻
	(2) 範例與圖像
5. 問題解決的策略	(1) 傾向於個人獨立解決
	(2) 傾向於權威
	(3) 傾向於放棄
	(4) 傾向於找資料
	(5) 傾向於做實驗
6. 情意領域	(1) 喜好或厭惡
	(2) 參與程度高或低
	(3) 自信或自卑
	(4) 情緒好或壞
7. 科學的本質	(1) 絕對或非絕對的真理
	(2) 實驗所證實的
	(3) 專家的看法
	(4) 用複雜的方法發現的
8. 其他	(1) 自相矛盾
	(2) 不相關或無法解釋的回答

(一) 個別的結果與討論

研究者將所有學生的概念生態組成因子及其所呈現的主題整理成表 4-2。由表 4-2 可以清楚看到每位學生的概念生態組成因子及其呈現的主題，同時也可以發現，學生的概念生態組成因子是因人而異的。

此外，本研究發現學生的概念生態沒有呈現出有關本體論方面的組成因子。本研究考慮到國小六年級學生還不具備原子架構的知識，雖然沒有使用原子架構的微觀觀點，做密度概念本質的探討，而是利用巨觀的類比方式來模擬物質的微觀世界。這可能是造成學生無法完全瞭解密度本質的原因之一，但是另外一個主要原因可能是研究者當初在設計訪談問題時，沒有將探討密度概念本質的問題加以納入，以至於學生沒有呈現出任何本體論的觀點。

(二) 分層的結果與討論

藉由探討學生個別的概念生態，我們可以看到每位學生的概念生態的確有所不同。而

讓研究者好奇的是，不同自然科學習成就的學生，是否有不同的概念生態的表現。

於是研究者將這 12 位學生的概念生態，以表格的方式整理出低、中、高學習成就學生的概念生態（如表 4-3 至 4-10），進而探討不同學習成就學生的概念生態差異。

1. 對知識的認同

由表 4-3 可以看出不同學習成就的學生，對於知識的認同大致上沒有什麼差異。可能是因為他們的生活環境與接觸到的媒體（如電視、書籍）比較相同，因此他們有類似的經驗，進而使他們有相似的知識認同。

另外，他們對知識的認同不是根據觀察或經驗，就是根據老師、研究者或其他比較具權威的知識來源（如表 4-2，呈現的次數分別為 10 次及 11 次）。可能是他們所接受的學校教育比較屬於權威式的教學，導致學生對知識的認同大部份是根據老師、課本或參考書。

2. 先備概念

由表 4-4 可以看出不同學習成就學生的

先備概念大部份來自於過去的經驗。但是在個人想法方面，可以看到中低學習成就學生比較有個人的想法。原因可能是高學習成就學生爲了得到好的成績，有時往往得放棄自己的想法，迎合老師或書上的想法(2H1G13~2H1G17, 1H3G34~1H3G35)，因此比較沒有自己的想法。

相反的，中低學習成就的學生雖然對於老師或書上的想法可以認同(如表 4-3 中的 L2B、L3B、L4B)，但是由於情意方面的表現不佳(如表 4-8 中的 L1G、L2B、L4B)，往往無法達到概念的改變與導正，因此存在著許多原有的個人想法。

3. 學習的本質

學習本質的層次由低到高分別是「無效的學習」、「記憶與理解式學習」以及「瞭解與應用式的學習」。由表 4-5 可以看出學習成就愈高的學生，其學習本質的層次相對的也愈高。導致以上結果的可能原因有二：

高學習成就學生爲了達到高學習成就，他們會要求自己並提昇自己的學習層次，因此他們的學習的本質會偏向「瞭解與應用式」的學習方式。

低學習成就學生通常對自我的要求較低，因此他們的學習層次自然較低，甚至還有很多人呈現出「無效的學習」的狀態。

4. 概念的本質

由表 4-6 可以看出高學習成就與低學習成就的學生比較能運用類比或範例的方式來詮釋他們的概念。導致以上結果的可能原因有二：

低學習成就學生比較能運用類比或範例的原因可能是他們比較有自己的想法(如表 4-4 中的 L1G、L2B、L4B)，因此雖然他們所舉的例子或類比的方式有些是錯誤的(如表 4-6 中的 L2B)，他們還是勇於發表。

高學習成就學生比較能運用類比或範例的原因可能是他們的學習層次較高(如表 4-5 中的 H1G、H4G)，學的東西也比較多，因此他們能適時的舉例說明或將概念加以類比。

5. 問題解決的策略

由表 4-7 可以看出高學習成就的學生比較偏向於獨立解決的問題解決方式。高學習成就的學生可能曾經獨立解決過問題，而且通常對自己比較有信心(如表 4-8 中的 H1G、H3G)，因此比較能夠獨立解決問題。

此外，由表 4-7 可以看出低學習成就學生的問題解決方式比較傾向於放棄或是做實驗。低學習成就學生可能因爲自卑(如表 4-8 中的 L2B)而無法解決問題，甚至導致他們放棄解決問題。但是面對有趣的實驗時，他們也許會以實驗的方式來解決問題。

6. 情意領域

由表 4-8 可以看出，低學習成就學生的參與程度普遍都不高(如 L1G、L2B 與 L4B)。相反地，中、高學習成就學生的參與程度都還不錯(除了 H2G 外)。

7. 科學的本質

由表 4-9 可以看出不論學習成就高低，大部份學生都覺得科學是實驗所證實的東西或專家所擁有的特質。這個階段的學生接觸到的自然科教材，幾乎都不包含科學本質的教學(林顯輝，民 80)，因此學生會誤以爲科學家或老師所說的就是科學，實驗所證實的東西就是科學。

此外，低學習成就的學生比較會質疑科學是否爲絕對的真理。低學習成就的學生，可能因爲他們比較有自己的想法(如表 4-4 中的 L1G、L3B、L4B)，因此他們在面對科學的事物時，比較能提出自己的看法，如果發生衝突時，他們也有可能認爲科學的事物是錯的，他自己的想法才是對的。因此，他們覺得科學不是絕對的真理。

8. 其他

由表 4-10 可以看出高學習成就學生比較會有「自相矛盾」的回答。高學習成就的學生爲了達到比較好的成績，因此一旦發現錯誤時，他們會馬上更正(2H1G13~2H1G17, 1H3G34~1H3G35)，如此便常常產生前後矛盾的情形。而低學習成就的學生則相反，他們會比較堅持自己的想法，因此前後的回答會比較一致。

表 4-2 學生呈現的概念生態組成因子及其主題

組成因子	對知識的認同		先備概念		學習的本質			概念的本質		問題解決的策略				情意領域				科學的本質				其他		
	根據觀察或經驗	權威觀點	過去的經驗	個人的想法	無效的學習	記憶與理解	實際與應用	類比與隱喻	範例與圖像	傾向於獨立解決	傾向於權威	傾向於放棄	傾向於找資料	傾向於做實驗	喜好或厭惡	參與程度或高低	自信或自卑	情緒好壞	絕對或非絕對的真理	實驗所證實的	專家的看法	用複雜的方法發現的	自相矛盾	其他
L1G		✓		✓	✓			✓							✓	低	好	非絕對	✓	✓			✓	不相關或無法解釋回答
L2B	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓			✓				✓	低	自卑	非絕對	✓				✓	✓
L3B	✓	✓					✓	✓				✓	✓		✓	高	自信	絕對	✓	✓			✓	✓
L4B	✓	✓		✓		✓	✓	✓				✓	✓		✓	低		絕對	✓	✓	✓			✓
M1B	✓	✓	✓	✓	✓							✓	✓			高	自信	絕對		✓				✓
M2G	✓	✓	✓	✓			✓					✓	✓			高	喜好	絕對	✓	✓				✓
M3G	✓	✓			✓		✓	✓								高	厭惡	非絕對	✓	✓				✓
M4G	✓	✓		✓			✓	✓								高	自信	絕對	✓	✓				✓
H1G	✓	✓		✓												高	自信		✓	✓				✓
H2G	✓	✓	✓		✓		✓	✓								低		好	✓	✓				✓
H3G	✓	✓				✓	✓	✓				✓	✓			高	自信			✓	✓			✓
H4G			✓				✓	✓								高			✓	✓				✓
各主題呈現次數	10	11	5	8	5	2	5	6	5	7	1	3	4	4	10,2	8,4	5,1	2,0	6,3	10	11	1	3	9

表 4-3 不同學習成就學生對知識的認同

知識是、	根據觀察或經驗而來的	依據權威觀點而產生的
L1G		看電視
L2B	因為我有看過	因為從書上看的
L3B	我只做實驗才知道	有些是老師講的
L4B	也就是實驗	自然科老師講的是對的
M1B	因為我有試過	看老師的表情
M2G	還是做實驗	還是做實驗，看書
M3G	做實驗	老師教的
M4G	做實驗	看電視知道的
H1G	做實驗	看參考書或者是看書
H2G	我又沒做過我怎麼知道？	書上看到的
H3G	做實驗或看書	做實驗或看書
H4G		

表 4-4 不同學習成就學生的先備概念一覽表

先備概念是、	從過去的經驗而來的	從個人的想法而來的
L1G		因為蛋有細菌。放在水的時候有細菌，所以會沈下去
L2B	可是在我家裡不會這樣子	耐用或堅固的東西就會沈 放在鹽水會浮，應該是比較新鮮
L3B		
L4B		鹽好像成份有氧氣
M1B	因為我有試過	裡面都是中空的，跑幾次就會沉
M2G	因為我有玩過	因為雞蛋遇到鹹水會浮
M3G		
M4G		只要是人都會浮
H1G		我覺得人(你)只要放輕鬆的話，自然就會浮起來
H2G	3(2)H2G11~3(2) H2G12	
H3G		
H4G	我會浮在上面	

表 4-5 不同學習成就學生的學習本質

	無效的學習	記憶與理解式	瞭解與應用式
L1G	√		
L2B	√		
L3B			√
L4B		√	
M1B	√		
M2G			√
M3G	√		
M4G			√
H1G			√
H2G	√		
H3G		√	
H4G			√

(註：學生的學習本質無法以簡單的幾句話來表示，因此研究者只以√來表示學生所屬的學習本質。)

國小學生密度概念之概念生態

表 4-6 不同學習成就學生的概念本質

概念是可以 用、、、	類比或隱喻來表達	範例或圖像來表達
L1G	因為像船就浮	
L2B	如果是靜止的話，它會比較輕，水位也會比較低，就像車子一樣	像電腦面版也會浮
L3B		像鐵塊就沒辦法裝空氣
L4B	因為它在淺的地方是浮的，那在深的地方一定也是浮的。	長的短的都會浮，像塑膠
M1B		
M2G		
M3G	用船來類比重東西也會浮的情形	
M4G		
H1G		
H2G	船也很重，那為什麼會浮？	我爸爸他沒有動還是會浮起來
H3G	就像這個木塊沒有動的話，它還是會浮起來	
H4G		、、、像這樣子（用手指指出浮在水面上的東西）。

表 4-7 不同學習成就學生的問題解決策略

	傾向於獨立 解決	傾向於權威	傾向於放 棄	傾向於找 資料	傾向於做 實驗
L1G		再去問老師，因為老師比較懂			
L2B	自己寫	老師在講解的時候順便把它抄上去	算了		
L3B	做到會			去查有關自然的資料	想辦法做實驗就對了
L4B		看看解答作參考			做實驗
M1B				有時候是查資料，有時候是實驗	有時候是查資料，有時候是實驗
M2G					
M3G	面對不會的問題時，不會馬上參考書，而是自己再作一次	先把它寫下來，回到學校再問老師			
M4G		看電視教學			
H1G	答案不對，我就會再重寫一遍	研究者的教室觀察中發現，H1G經常會以參考書的答案或內容來回答老師的問題			
H2G	一直寫……寫到快煩死了。	問老師那一題要怎麼寫，然後老師就會講			

(續下頁)

H3G	算出來的答案不一樣，然後再重算一次			會到圖書館找資料	做實驗
H4G	做到對	研究者的教室觀察中發現，H4G經常會以參考書的答案或內容來回答老師的問題			

表 4-8 不同學習成就學生在情意領域的表現

	喜好或厭惡	參與程度高或低	自信或自卑	情緒好或壞
L1G	喜歡上自然課	因為男生不讓L1G做實驗，所以她的參與程度比較低		
L2B	喜歡上自然課	研究者的教室觀察中發現，L2B的參與程度很低	因為我天生就是數學白痴	
L3B	喜歡上自然課	研究者的教室觀察中發現，L3B時常有發問或發表的情形	我對自己有信心	
L4B	喜歡上自然課	研究者的教室觀察發現，L4B上課常常不專心，而且還會偷看別的書籍，。因此參與程度算是非常低落的。		
M1B	喜歡上自然課	研究者的教室觀察發現，M1B會努力找出答案來與他組競爭，並且也時常發問與發表。因此，他的參與程度算是不錯的。	看過電視，還是有信心。	
M2G	喜歡上自然課	研究者的教室觀察發現，M2G上課非常認真，而且會做筆記，與小組的互動也非常良好。		
M3G	不喜歡上自然課	研究者的教室觀察發現，M3B上課非常認真，而且會做筆記，如果上課來不及抄，下課會利用時間到黑板前面來補抄。		
M4G	喜歡上自然課	研究者的教室觀察發現，M4B上課非常認真，而且會做筆記，跟小組的討論也非常熱烈。	對自己有信心	
H1G	喜歡上自然課	研究者的教室觀察發現，H1B上課非常認真，而且會做筆記，跟小組的討論也非常熱烈，同時會主動幫助不會的同學。	因為有信心	
H2G	不喜歡上自然課	研究者的教室觀察發現，H2G他常常不願意動手做實驗或做筆記，而且常常分心		心情好就多做幾次
H3G	喜歡上自然課	研究者的教室觀察發現，H3G的發表次數也不少，而且操作也很認真。	可能是對自己比較有信心	
H4G	喜歡上自然課	研究者的教室觀察發現，H4B會做筆記，有時也會與同學討論。		

表 4-9 不同學習成就學生的科學本質觀

科學是、 、 、	絕對或非絕對的真理	實驗所證實的	專家的看法	用複雜的方法發現的
L1G	因為有兩個科學家，一個說這樣，一個說那樣。	就是自然，像那個做實驗呀。	科學家做出來的結果和他們所講的道理	

(續下頁)

國小學生密度概念之概念生態

L2B	有對也有錯	人家說地球是平的，結果哥倫布走一圈才知道地球不是平的		
L3B	科學的東西你認為是真的	因為它有做實驗檢驗	R:他講的話是對的？ 3(1)L3B42:因為他是科學家- --	
L4B	科學的東西就是對的	做實驗，用科學的方法去找出答案	科學家發明的東西就是科學	不用很復雜的方法發現就不叫科學
M1B	老師講的科學是對的		就是科學家做的研究	
M2G	自然科老師講的是科學，也應該是對的。	自然實驗出來的東西	科學家實驗做出來的東西就是叫做科學	
M3G	科學的東西不一定是對的	科學家實驗的結果	自然課老師上課的內容和科學家實驗的結果	
M4G	老師講的話、科學家做的實驗，是對的	做實驗	科學家做實驗的結果	
H1G		自然課是分組做實驗、如果每一組的答案都一樣，那就應該是正確的。	科學家做的一些實驗，做出來的結果	
H2G		科學家做實驗找出一個結果的道理，就叫科學。	自然課老師上的和科學家做實驗找出的道理	
H3G	科學家做的一些實驗，他的結論是對的。		自然科老師講的一些道理和原理	
H4G		做實驗吧！	科學家做的東西	

表 4-10 不同學習成就學生的其他概念生態

	自相矛盾	不相關或無法解釋的回答
L1G		√
L2B	√	√
L3B		√
L4B		
M1B		
M2G		
M3G		√
M4G		√
H1G		√
H2G	√	√
H3G	√	√
H4G		√

(註：學生呈現出來的這兩個主題無法以簡單的幾句話來表示，因此研究者只以√來表示學生所屬的主題。)

此外，高學習成就學生和低學習成就的學生比較會有「無法解釋」的回答。研究者對於這個結果尚未找到合理的解釋。

由以上分層探討的結果可以看出，不同學習成就學生的概念生態確實有其差異性。造成此差異性的原因，除了以上的討論外，可以藉由探討個別學生概念生態組成因子間的關連性，找出其他的形成因素。研究者將於下一節做這樣的探討。

二、概念生態組成因子間的關連性

(一) 個別的結果與討論

探討學生概念生態組成因子間的關連性，必須比較學生個別的概念生態組成因子及其主題，因此研究者將上一節分析的結果整理成表後，進行學生概念生態組成因子間的關連性探討，但是因為篇幅的關係，研究者只呈現三位（低、中、高學習成就學生各一位）學生的組成因子關連性：

1. 小宇 (L2B)

小宇是研究者樣本中，屬於低自然科學習成就的學生，他對於研究者的問題都非常樂於回答，因此他的回答內容往往都是最豐富的。

小宇也非常善於表達自己的想法，例如，當研究者問他為什麼你覺得船在比較深的湖時水位會不一樣時，他的回答是“大部份跟船的動力有關係，如果船動得很快，它的水位會比較高，如果是靜止的話，它會比較輕，水位也會比較低，就像車子一樣。”雖然他不曉得他的回答是否正確，但是他就是會把他的想法說出來。

表 4-11 是小宇呈現出來的概念生態，圖 4-1 是他的概念生態組成因子間的關連圖。以下是研究者歸納出來的關連性：

關連一：對知識的認同-先備概念-概念本質-科學本質

小宇喜歡舉一些例子來佐證他的想法（1L2B5，1L2B13），同時也會以類比的方式來呈現他的概念（1L2B15），這樣的觀念本質在其他的樣本中是比較少見的。而在小宇的先

備概念中也常出現一些他個人的經驗或想法，同時，他對知識的認同也比較偏向觀察與經驗的觀點。因此，在他的想法中，只有經驗過的東西他最有印象，也因為如此，他能夠適時的舉出類似的例子（3(1)L2B7~3(1)L2B8）。再者，小宇對於科學本質的看法也比較傾向於實證論點，因此他只相信實驗或實際做出來的結果，這點也跟他的知識認同或概念本質有所關連。

關連二：情意領域-問題解決策略-先備概念-學習的本質

小宇時常表現出自卑的心理，一方面是因為他的成績不好（低學習成就樣本），另一方面可能是因為他時常有很多與眾不同的想法（1L2B5，2L2B24，2L2B26，3(2)L2B17~3(2)L2B18），這些想法可能都不是老師要的答案，因為研究者的教室觀察中發現，小宇有時會舉手回答，但是很少被老師叫起來回答，即使被叫起來回答，也常被老師或同學所否定。

下面這段訪談對話也可以看出這點。

R: 那你為什麼不喜歡數學課？

2L2B55: 因為就是別人啊，不管怎麼學，總是會比我搶先一步回答啊！

R: 因為你每次、

2L2B56: 努力去想那個算試，還是不會啊！

R: 會的也來不及，人家也已經先回答了？

2L2B57: 對。

因此，小宇的學習態度及參與程度一直都很低落，所以他在面對問題時，也會選擇放棄。例如：

R: 如果你不會，你會想什麼辦法把它弄會？還是算了？

2L2B59: 算了。

R: 比較難的就是不會對不對？

3(1)L2B16: 對。

R: 不會的有沒有想過在家解決？

3(1)L2B17: 沒有，因為我天生就是數學白痴。

R: 會不會去問別人?

3(1)L2B20: 不會。

R: 問老師呢?

3(1)L2B21: 不會。

小宇也因為參與程度低落變得很不專心，喜歡做自己的事(札課，小宇，19981204、19981207、19981211)，研究者從教室觀察中發現，小宇一節課經常有一半時間沒有在聽講(札課，小宇，19981130、19981204、19981207、19981211)，而且也在訪談中再次確認研究者的想法，例如：

R: 你上自然課怎麼不專心?

2L2B2: 有啊!

R: 我都看到你一直都在玩，有沒有? 突然間，看到有什麼好玩的就開始玩了。

2L2B3: 對，然後一旦玩到不好玩就不玩了。

R: 不是故意的?

2L2B4: 對。

這樣的學習態度與參與程度，讓小宇沒有呈現出任何一種學習的本質，再加上上課時常不專心，因此小宇可以說是處於「無效的學習」的狀態。

但是有一點值得一提的是，小宇曾經多次在上完電腦課後，主動留下來幫忙整理電腦教室(札課，小宇，19981207、19981211)，同時研究者也注意到小宇上電腦課時特別認真，但是仔細一看，他並不是在做老師要求的練習，而是在練習電腦的其他功能(札課，小宇，19981207、19981211)。因此，小宇並沒有學習到老師要他學的東西，也就是研究者所謂的「無效的學習」狀態。

2. 小新 (M1B)

小新是研究者樣本中，屬於中自然科學習成就的學生。他的概念生態如表 4-12 所列，圖 4-2 則是小新的概念生態組成因子關連圖。以下是研究者歸納出來的關連性：

關連一：對知識的認同-先備概念-問題解決的策略

小新的這三個概念生態組成因子中的主

題都呈現出根據觀察或實驗的論點，顯示這三個組成因子間有密切的關連性。

關連二：學習的本質-先備概念

小新呈現出很多的個人想法或過去的經驗，例如：

R: 那鐵丟到水裡面會沉，如果把它做成一艘船卻會浮，你覺得為什麼?

2M1B10: 因為它下面不是有一根塑膠的，裡面都是中空的，跑幾次就會沉。

註：這樣的回答可能是 M1B 自己的想法，但是也有可能是他過去的經驗，因此，這顯然也是他的先備概念。

R: 不對呀，同一個雞蛋放在水裡會沉，放在鹽水裡會浮。

2M1B15: 因為它鹹。

R: 那這邊有一個鐵塊，我們把它放到水裡的話，它會沈! 這裡有一個鐵船，若放下去會怎樣?

3(2)M1B15: 會浮。

R: 為什麼呢?

3(2)M1B16: 因為它是中空的。

R: 為什麼中空就會浮?

3(2)M1B17: 不知道。

註：M1B 覺得中空的就會浮，但卻無法解釋原因，有可能是他有過經驗，或者是他自己的想法，因此都屬於他的先備概念。

受限於這些先備概念，即使小新的參與程度還算不錯，但是還是無法達到任何的概念改變，因此他的學習呈現出「無效的學習」的狀態。

3. 小凡 (H1G)

小凡是研究者樣本中，屬於高自然科學習成就的學生。他的概念生態如表 4-13 所列，圖 4-3 則是小凡的概念生態組成因子關連圖。

以下是研究者歸納出來的關連性：

關連一：對知識的認同-問題解決的策略-科學本質小凡的科學本質觀比較傾向於實證論點，因此他相信實驗或實際做出來的結果才是對的，這點也跟他對知識的認同中，根據觀察或經驗的觀點有所關連。

表 4-11 小宇的概念生態一覽表

組成因子	主題	呈現的情形
對知識的認同	根據觀察或經驗	√
	權威觀點	√
先備概念	過去的經驗	√
	個人的想法	√
學習的本質	無效的學習	√
	記憶與理解	
	瞭解與應用	
概念的本質	類比與隱喻	√
	範例與圖像	√
問題解決的策略	傾向於個人獨立解決	√
	傾向於權威	√
	傾向於放棄	√
	傾向於找資料	
	傾向於做實驗	
情意領域	喜好或厭惡	√ (喜好)
	參與程度高或低	√ (低)
	自信或自卑	√ (自卑)
	情緒好或壞	
科學的本質	絕對或非絕對的真理	√ (非絕對)
	實驗所證實的	√
	專家的看法	
	用複雜的方法發現的	
其他	自相矛盾	√
	不相關或無法解釋的回答	√

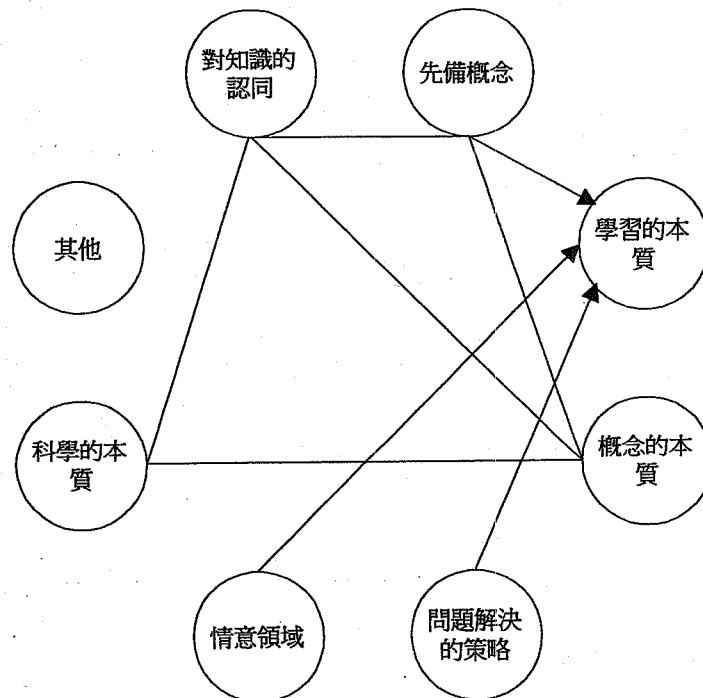


圖 4-1 小宇的概念生態組成因子關連圖

表 4- 12 小新的概念生態一覽表

組成因子	主題	呈現的情形
對知識的認同	根據觀察或經驗	√
	權威觀點	√
先備概念	過去的經驗	√
	個人的想法	√
學習的本質	無效的學習	√
	記憶與理解	
	瞭解與應用	
概念的本質	類比與隱喻	
	範例與圖像	
問題解決的策略	傾向於個人獨立解決	
	傾向於權威	
	傾向於放棄	
	傾向於找資料	√
	傾向於做實驗	√
情意領域	喜好或厭惡	√ (喜好)
	參與程度高或低	√ (高)
	自信或自卑	√ (自信)
	情緒好或壞	
科學的本質	絕對或非絕對的真理	√ (絕對的)
	實驗所證實的	
	專家的看法	√
	用複雜的方法發現的	
其他	自相矛盾	
	不相關或無法解釋的回答	

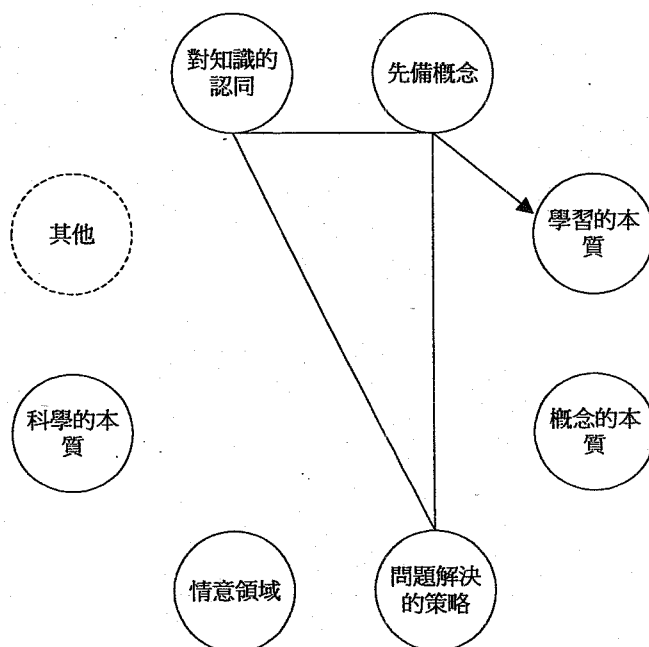


圖 4-2 小新的概念生態組成因子關連圖

表 4-13 小凡的概念生態一覽表

組成因子	主題	呈現的情形
對知識的認同	根據觀察或經驗	✓
	權威觀點	✓
先備概念	過去的經驗	
	個人的想法	✓
學習的本質	無效的學習	
	記憶與理解	
	瞭解與應用	✓
概念的本質	類比與隱喻	✓
	範例與圖像	✓
問題解決的策略	傾向於個人獨立解決	✓
	傾向於權威	✓
	傾向於放棄	
	傾向於找資料	
	傾向於做實驗	
情意領域	喜好或厭惡	✓ (喜好)
	參與程度高或低	✓ (高)
	自信或自卑	✓ (自信)
	情緒好或壞	
科學的本質	絕對或非絕對的真理	
	實驗所證實的	✓
	專家的看法	✓
	用複雜的方法發現的	
其他	自相矛盾	
	不相關或無法解釋的回答	✓

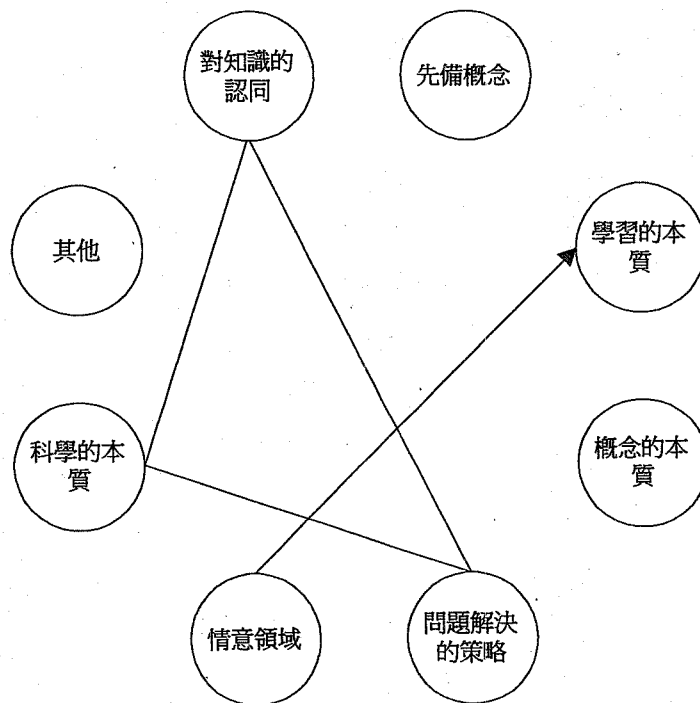


圖 4-3 小凡的概念生態組成因子關連圖

此外，小凡對知識的認同、問題解決的策略以及對科學的看法都呈現出權威或專家的觀點，這點也可以從研究者的教室觀察中發現，舉例來說，小凡經常會以參考書的答案或內容來回答老師的問題（札課，小凡，19981130）。

關聯二：學習本質-情意領域

研究者的教室觀察發現，小凡上課非常認真（札課，小凡，19981130、19981204、19981207、19981211），而且勤做筆記（札課，小凡，19981204），跟小組的討論也非常熱烈（札課，小凡，19981204），同時會主動幫助不會的同學（札課，小凡，19981211）。另外，小凡的發表次數相當頻繁，而且下課後也會主動幫忙收拾器材（札課，小凡，19981130）。小凡如此高的參與程度，再加上他對自然課的喜好與信心，使得他呈現出瞭解與應用的學習本質。

（二） 整體的結果與討論

本研究發現學生的概念生態組成因子共有八項，除了「其他」這項外，其餘的七項都存在著某些關連性，但是每個學生的關連性都不太一樣。雖然「其他」這項組成因子並沒有與其餘的組成因子有關連性存在，但是為了完整呈現學生的概念生態組成因子，研究者還是將「其他」這項因子置於學生的概念生態關連圖中。

過去大多數的研究只研究學生呈現出哪些概念生態組成因子，只有 Park (1995) 做過學生概念生態組成因子間的關連性研究，但是 Park 只針對兩位樣本學生做概念生態組成因子間的關連性探討，因此無法比較不同學生間，其概念生態組成因子間的關連性是否有其相似處。而本研究針對 12 名學生做概念生態組成因子間的關連性探討，因此可以針對不同學生間，其概念生態組成因子間的關連性進行歸納性的比較。

比較的結果是，有兩種關連性是在大部份學生身上可以看得到的，例如：小吟、小典、小偉、小珊、小瑄、小凡與小玫都在對知識的

認同、科學的本質與問題解決的策略上呈現出關連性，可見這三個組成因子間具有高度的關連性。以小偉為例，他認為知識是根據觀察或經驗而來的，因此他傾向於以做實驗的方式解決問題，同時他認為被實驗所證實的就是科學。這樣的關連性說明的是，學生對於知識的認同會影響其解決問題的策略以及對於科學的看法；或是學生對於科學的看法會影響其對知識的認同方式以及解決問題的策略。因此教師可以在瞭解某個學生對科學的看法或對知識的認同方式後，幫助學生找出其最適合的問題解決策略。

另外，除了小偉與小新外，其他學生都在情意領域與學習的本質上呈現出關連性，可見情意領域的表現是影響學生學習本質的最主要因素之一。以小吟為例，他的參與程度一直都不高，只有在一次情緒好的時候，上課才特別認真，其他大部份時間都是若有所思，無法專心學習，因此他的學習呈現出無效的學習。

此外，情意領域中學生的信心也是影響學習的一大主因，例如有些學生由於在某學科的長期失敗經驗，導致對自己的能力缺乏信心，並視機械式的記憶學習為唯一有把握的學習方式。這個現象也可以在本研究的中低學習成就學生中發現，尤其是小宇對自己缺乏信心，導致他連記憶式的學習都沒有呈現，因此他的學習幾乎是「無效的學習」。因此，教師應該在教學中適時地激發學生的學習信心，如此才能讓學生有學習的意願，進而達到學習的效果。

再者，情意領域中的參與程度也是影響學習的原因之一，在本研究的十二個樣本中，學習本質達到最高層次的五個學生，都是屬於參與程度高的，可見教師進行教學時，如何引起學生的學習動機，提高學生的參與程度，都是影響其教學成效的關鍵。

三、 密度/浮沈概念

研究者在分析學生的密度/浮沈概念時，只以第三次訪談的內容為限，原因是前兩次訪談時，單元教學還在進行，學生的概念可能還

停留在先備概念中的密度/浮沈概念，因此研究者選擇以第三次訪談的內容來判斷學生密度/浮沈的概念。

根據分析資料的結果顯示，大部份學生對於物體浮沈的看法，普遍存在有 6 種類型：「密度」或「重量與體積的比值」、體積或面積、重量、實心/空心、空氣、力。根據研究結果研究者歸納出表 4-14，從表 4-14 可以清楚看出每位學生的密度/浮沈的概念。整體來看，能夠單純以正確的概念（即密度或比值）判斷物體浮沈的學生只有五位學生，其餘七位學生分別以其他五種概念來判斷物體浮沈。其中有五位學生是以絕對重量來判斷物體的浮沈，而不是以相對重量（重量與體積的比值）來判斷物體的浮沈，其原因是這些學生還無法區分重量與密度（或比值）的不同。這樣的結果與許嘉玲（民 86）的研究結果相同。

另外，學生會以物體的外觀（如體積、實心或空心）來判斷物體的浮沈。這樣的研究結果與王龍錫（民 80）、Inhelder 和 Piaget(1958, 1974)、Rowell 和 Dawson(1977a, 1977b)、Strauss, Globerson 和 Mintz(1983)的研究結果一致。

同時，學生認為空氣是產生浮力的原因，當空氣抽掉後浮力即消失，這點與黃湘武與黃寶鈿（民 75）的研究發現相同。

四、密度概念與概念生態的關連性

本研究主要是針對密度/浮沈概念的教學

活動及相關概念的訪談，深入探討學生的概念生態。因此，學生的密度/浮沈概念與其概念生態間可能存在有某些關連性。研究者希望藉由這樣的探討，瞭解學生的密度/浮沈概念與其概念生態間的關連性。

從表 4-14 中可以看到，能夠以正確的概念（密度或比值）來判斷物體浮沈的學生有七位，但是其中的 L4B 還伴隨以其他的另有概念來判斷物體的浮沈，因此實際上能夠以正確概念判斷物體浮沈的學生只有六位（所有樣本的二分之一）。其他六位無法以密度或比值來判斷物體浮沈的學生，則是以其他的另有概念（如重量、空氣等）來判斷物體浮沈。從表 4-14 與表 4-2 可以歸納出這兩類學生的組成因子所呈現出來的主題次數（如表 4-15）。

由表 4-15 的比較可以清楚的看出，能夠以正確的概念（密度或比值）來判斷物體浮沈的學生，與無法以正確的概念來判斷物體浮沈的學生之間，其概念生態的確呈現出明顯的差異，例如：

（一）就學習本質這個組成因子而言

能夠以正確概念來判斷物體浮沈的學生，其學習本質的層次很明顯的高於無法以正確概念來判斷物體浮沈的學生。顯示學習本質高的學生比較能夠以正確的概念來判斷物體的浮沈。

表 4- 14 學生認為影響物體浮沈的主要因素

	密度或比值	體積	重量	實心或空心	空氣	力
L1G			√			
L2B		√	√	√		√
L3B	√					
L4B	√		√	√	√	
M1B			√		√	
M2G	√					
M3G				√	√	
M4G	√					
H1G	√					
H2G			√	√		
H3G	√				√	
H4G	√					

表 4-15 正確與非正確密度/浮沈概念學生的組成因子之主題次數

組成因子	主題	正確概念學生出現次數	非正確概念學生出現次數
對知識的認同	根據觀察或經驗	5	5
	權威觀點	5	6
先備概念	過去的經驗	3	2
	個人的想法	4	4
學習的本質	無效的學習	1	4
	記憶與理解	0	2
	瞭解與應用	5	0
概念的本質	類比與隱喻	1	5
	範例與圖像	3	2
問題解決的策略	傾向於個人獨立解決	4	3
	傾向於權威	4	4
	傾向於放棄	0	1
	傾向於找資料	1	2
	傾向於做實驗	1	3
情意領域	喜好或厭惡	5, 1	5, 1
	參與程度高或低	5, 1	3, 3
	自信或自卑	3, 0	2, 1
	情緒好或壞	1, 0	1, 0
科學的本質	絕對或非絕對的真理	3, 0	3, 3
	實驗所證實的	6	4
	專家的看法	6	5
	用複雜的方法發現的	0	1
其他	自相矛盾	1	2
	不相關或無法解釋的回答	4	5

(二) 而就概念本質這個組成因子而言

無法以正確概念來判斷物體浮沈的學生，比較會用類比的方式來詮釋他們的概念。但是由於他們的類比通常是錯誤或不相關的，例如用車子來類比水深影響船的浮沈：

R：這艘船從湖邊向湖中央行駛（圖示），你覺得到了湖中央，船會不會有什麼變化？

1L2B14：會淹到比本來水位還要上面，或者是不會變。

R：為什麼會這樣？

1L2B15：嗯，大部份跟船的動力有關係，如果船動得很快，它的水位會比較高，如果是靜止的話，它會比較輕，水位也會比較低，就像車子一樣。

因此這些學生還是無法以正確概念來判斷物體的浮沈。

(三) 就學生情意領域這個組成因子而言

能夠以正確概念來判斷物體浮沈的學生，其參與程度很明顯的高於無法以正確概念來判斷物體浮沈的學生。顯示參與程度較高的學生比較能夠以正確的概念來判斷物體的浮沈。

(四) 就學生科學本質這個組成因子而言

能夠以正確概念來判斷物體浮沈的學生，對於科學的觀點比較偏向於「絕對的真理」的觀點，無法以正確概念來判斷物體浮沈的學生，對於科學的觀點比較偏向於「非絕對的真理」的觀點。顯示無法以正確概念來判斷物體浮沈的學生，比較符合當代的科學本質觀。

由以上的探討可以看出，能夠以正確的概念來判斷物體浮沈的學生，與無法以正確的概念來判斷物體浮沈的學生之間，其概念生態的確有明顯的差異。

伍、結論與建議

一、研究結論在教育上的意涵

本研究發現每位樣本學生的概念生態組成因子間，存在有某些關連性，這些關連性也都因人而異。因此，如果教師進行教學時發現學生無法學習某個概念時，不能只考慮學生的某個組成因子（例如對知識的認同方式），而忽略了其他可能影響的組成因子（例如先備概念或情意領域方面的表現）；也就是說，教師對於學生的概念生態應該做全面的瞭解，才能及時解決學生概念學習的障礙。

其次，有兩種關連是在大部份學生身上可以看得到的，其中一種是對知識的認同、科學的本質與問題解決的策略間呈現出的關連；也就是說學生對於知識的認同會影響其解決問題的策略以及對於科學的看法，或是學生對於科學的看法會影響其對知識的認同方式以及解決問題的策略。例如有些學生對知識的認同是根據觀察或經驗，而且認為科學是實驗所證實的，因此當他們面對問題時，也會選擇以實驗的方式來解決。這些學生大致可歸為 Kolb(1976) 所謂的「積極行動與付諸實驗」(active experimentation)類型的學習者。教學者面對這種類型的學習者，應該盡量以實作的方式讓他們解決問題；也就是說教師藉由瞭解學生的科學本質觀或對知識的認同方式，可以幫助學生找出適合的問題解決策略。

大部份學生情意領域的表現與學習的本質間呈現出關連性；也就是說，情意領域的表現是影響學生學習本質的主要因素之一。例如，研究樣本中的小吟，其情意領域中的情緒好壞，決定其整個學習的成效。因此教師進行教學時，應該考慮學生的情緒因素，盡量在學生學習情緒穩定的狀態下進行教學，如此才能讓學生達到事半功倍的學習效果。

情意領域中，學生對於自然科的喜好程度也會影響其學習，這樣的喜好常常只是一種經驗或感覺，例如有些學生是因為喜歡自然科老師，有些學生是因為喜歡自然科的上課方式

等等。這樣的學習方式與 Kolb(1976)的四種學習類型中的「具體經驗」(concrete experience)類型類似。教師面對這種類型的學生，應該盡量豐富教學內容來引發學生的學習興趣，讓學生專注於學習內容，而不致於以教師或上課方式作為喜好或厭惡自然科學習的基準，進而達到該有的學習效果。

此外，情意領域中學生的自信心也是影響學習的因素之一，普遍來說，如果學生對於學習的內容缺乏信心，其學習成就通常都會比較差。因此，教師可以在教學中激發學生的學習信心，提高學生的學習意願，如此一定能增進學生的學習效果。

最後，情意領域中的參與程度也是影響學習的原因之一。本研究發現，學習本質愈高的學生，其參與程度相對的也都愈高，可見教師進行教學時，如何引起學生的學習動機，提高學生的參與程度，都是影響其教學成效的關鍵。

本研究同時發現，學生概念生態組成因子中有多項組成因子(如學習本質、概念本質、情意領域與科學本質)都是影響學生密度/浮沈概念學習的主要因素。因此，教學者進行科學概念的教學時，應該隨時記錄學生的概念生態，藉此檢視學生對於科學概念所處的狀態及其概念改變的情形。

從以上的探討可以知道，教師對於學生概念生態的瞭解，以及研究者對於概念生態的研究，對於科學教育的推展的確有其必要性。

二、建議

由於概念生態決定概念的狀態，以及發生概念改變所需的狀態，更會影響概念改變的過程。因此，研究者建議教師必須藉由瞭解學生的概念生態，再次確定學生概念所處的狀態及其原由，進而瞭解學生概念改變的情形。

近年來已經有不少概念改變的研究將研究的重點轉而偏向「教師如何讓學生做概念改變的學習」(Beeth, 1998)，在這樣的研究中，教師對學生概念生態的瞭解就變得相當重要。但是研究者建議，未來的研究不該只是「瞭解

學生的概念生態”，而是研究“如何讓教師瞭解學生的概念生態”，例如，教師如何在教學中不斷的檢視學生的概念生態，或者是如何引導學生在教學中呈現其概念生態的研究。研究者提出此項建議的原因是，本研究只能讓研究者知道樣本學生的概念生態，無法讓其他教師瞭解他們自己學生的概念生態。因此，如果有研究能夠歸納出“如何讓教師瞭解學生的概念生態”，將有助於每位教師瞭解學生的概念生態。

另外，由於本研究的教師並不是研究者本身，因此無法在教學進行中，針對某些需要瞭解的組成因子做檢視，而且概念生態的研究需要長時間的觀察，本研究在現場的觀察只有兩個月的時間，所以只能就研究者可以看到或收集到的資料加以分析。有鑑於此，研究者建議日後做概念生態的研究時，能夠將時間拉長，或是以行動研究的方式進行，如此可以更深入瞭解學生的概念生態。

參考資料

1. 王龍錫 (民 80): 我國學生自然科概念發展與診斷教學之研究: (一) 小學生浮力概念發展之結構圖研究。國科會專題研究成果報告 (NSC79-0111-S-153-02-D) 台北: 行政院國家科學委員會。
2. 林顯輝 (民 80): 我國國中地球科學及國小自然科學教科書科學本質含量之分析。載於台灣省第二屆教育學術論文發表會論文集數理教育(233-255 頁)。新竹: 國立新竹師範學院。
3. 官翰德 (民 88): 概念增強式電腦模擬對兒童密度概念學習成就之影響。國立花蓮師範學院國小科學教育研究所碩士論文。
4. 許嘉玲 (民 86): 浮力學習之概念改變。國立台灣師範大學科學教育研究所碩士論文。
5. 陳龍川 (民 81): 花蓮師院學生簡單直流電路迷思概念類型及其分佈調查。花師數理教育學報, 第 1 期, 65-80。
6. 黃政傑 (民 87): 質的教育研究: 方法與實例。台北: 漢文書店。
7. 黃湘武, 黃寶鈿 (民 75): 學生推理能力與概念發展之研究。認知與學習研討會專集 (第一次)。台北市: 行政院國家科學委員會。
8. Aikenhead, G. S. (1988). An analysis of four ways of assessing student beliefs about STS topics. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(8), 607-629.
9. Beeth, M. E. (1993). *Dynamic aspects of conceptual change instruction*. Unpublished Dissertation. University of Wisconsin-Madison.
10. Beeth, M. E. (1998). Facilitating conceptual change learning: The Need for teachers to support metacognition. *Journal of Science Teacher Education*, 9(1), 49-61.
11. Blum, A. (1986). Students' knowledge and beliefs and concerning environmental issues in four countries. *Journal of Environmental Education*, 18(2), 7-13.
12. Brody, M., & Koch, H. (1989). An assessment of 4th, 8th, and 11th grade students' knowledge related to marine science and natural resource issues. *Journal of Environmental Education*, 21(2), 16-26.
13. Champagne, A. B., Gunstone, R. F., & Klopfer, L. E. (1985). Instructional consequences of students' knowledge about physical phenomena. In L. H. T. West & A. L. Pines (Eds.), *Cognitive structure and conceptual change* (pp.61-90). Orlando, FL: Academic Press.
14. Carey, S. (1985). *Conceptual Change in Childhood*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
15. Carr, M. (1996). Interview about instance and interview about events. In D. Treagust, R. Duit & B. Fraser (Eds.), *Improving teaching and learning in science and mathematics* (pp. 44-53). New

- York, NY: Teachers College Press.
16. Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science education. *Review of Educational Research*, 63(1), 1-49.
 17. Chi, M. T. H., Slotta, J. D., & deLeeuw, N. (1994). From things to processes. A theory of conceptual change for learning science concepts [special issue]. *Learning and Instruction*, 4, 27-43.
 18. Cobern, W. W. (1994). Points: Belief, understanding, and the teaching of evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 583-590.
 19. Demastes, S. S., Good, R. G., & Peebles, P. (1995). Students' conceptual ecologies and the process of conceptual change in evolution. *Science Education*, 79(6), 637-666.
 20. Dreyfus, A., Jungwirth, E., & Eliovitch, R. (1990). Applying the "Cognitive conflict" Strategy for conceptual change-Some implications, difficulties, and problems. *Science Education*, 74(5), 555-569.
 21. Eylon, B., & Linn, M. (1988). Learning and instruction: An examination of four research perspectives in science education. *Review of Educational Research*, 58, 251-302.
 22. Hewson, M. G. A'B. & Hewson, P. W. (1983). Effects of instruction using students' prior knowledge and conceptual change strategies on science learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 731-743
 23. Hewson, M. G. A'B. (1981). Effects on instruction using students' prior knowledge and conceptual change strategies on science learning. Part I : Development, application and evaluation of instruction. *Paper presented at annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching*.
 24. Hewson, M. G. A'B. (1981). Science education in a society of mixed cultures. *South African Journal of Science*, 77, 197-200.
 25. Hewson, M. G. A'B. (1985a). Cultural metaphors: Some implications for science education. *Anthropology and Educational Quarterly*, 16(1), 31-46.
 26. Hewson, M. G. A'B. (1985b). The role of intellectual environment in the origin of conceptions: An exploratory study. In L. H. T. West & A. L. Pines (Eds.), *Cognitive structure and conceptual change* (pp. 211-231). Orlando, FL: Academic Press.
 27. Hewson, M. G. A'B. (1986). The acquisition of scientific knowledge Analysis and representation of student conceptions concerning density. *Science Education*, 70(2), 159-170.
 28. Hewson, M. G. A'B., & Hamlyn, D. (1984). The influence of intellectual environment on conceptions of heat. *European Journal of Science Education*, 6(3), 245-262.
 29. Hewson, P. W. (1981). A conceptual change approach to learning science. *European Journal of Science Education*, 3(4), 383-396.
 30. Hewson, P. W. (1982). A case study of conceptual change in special relativity: The influence of prior knowledge in learning. *European Journal of Science Education*, 4(1), 61-78.
 31. Hewson, P. W. (1985a). Diagnosis and remediation of an alternative conception of velocity using a microcomputer program. *American Journal of Physics*, 53(7), 684-690
 32. Hewson, P. W. (1985b). Epistemological commitments in the learning of science: Examples from dynamics. *European Journal of Science Education*, 7(2), 163-172.
 33. Hewson, P. W., & Hewson, M. G. A'B. (1988). An appropriate conception of teaching science: A view from studies of science learning. *Science*

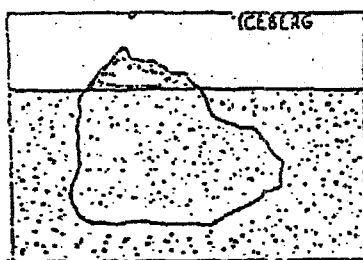
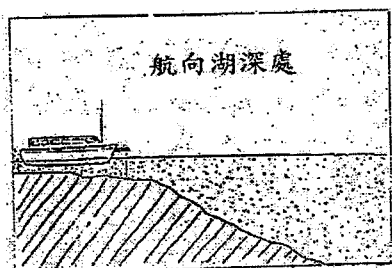
- Education*, 72(5), 597-614.
34. Hewson, P. W., & Hewson, M. G. A'B. (1991). The status of students' conceptions. In R. Duit, F. Goldberg & H. Niedderer (Eds.). *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies* (pp. 59-73). Kiel, Germany: IPN.
 35. Hewson, P. W., & Thorley, N. R. (1989). The conditions of conceptual change in the classroom. *International Journal of Science Education*, 11, 541-553.
 36. Hulland, C., & Munby, H. (1994). Science, stories, and sense-making: A comparison of qualitative data from wetlands unit. *Science Education*, 78(2), 117-136.
 37. Inhelder, B., & Piaget, J. (1958). *The growth of logical thinking from childhood to adolescence*. New York: Basic Book.
 38. Kolb, D. A. (1976). *Learning Style Inventory: Technical Manual*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
 39. Kuhn, T. S. (1970). *The structure of scientific revolutions* (2nd ed.). Chicago, IL: Chicago University Press.
 40. Lawson, A. E. (1993). The importance of analogy: A prelude to the special issue. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1213-1214.
 41. Lemberger, J. (1995). *The relationship between a model-building problem-solving classroom and conceptual change learning*. Unpublished Dissertation. University of Wisconsin-Madison.
 42. Park, H. (1995). *A study of students' components of conceptual ecologies*. Unpublished Dissertation. University of Wisconsin-Madison.
 43. Piaget, J., & Inhelder, B. (1969). *The psychology of the child*. New York, NY: Basic Books, Inc.
 44. Piaget, J., & Inhelder, B. (1974). *The child's construction of quantities*. London: Routledge & Kegan Paul.
 45. Pines, A. L., & West, L. H. T. (1986). Conceptual understanding and science learning: An interpretation of research within a source-of-knowledge framework. *Science Education*, 70(5), 583-604.
 46. Pintrich, P. R., Marx, R. W., & Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63, 167-200.
 47. Pope, M., & Gilbert, J. (1993). Personal experience and the construction of knowledge in science. *Science Education*, 67(2), 193-203.
 48. Posner, G.J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
 49. Roth, K. J. (1990). Developing meaningful conceptual understanding in science. In B. F. Jones & L. Idol (Eds.), *Dimensions of thinking and cognitive instruction* (pp. 139-175). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
 50. Roth, W. M., & Roychoudhury, A. (1994). Physics students' epistemologies and views about knowing and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(1), 5-30.
 51. Rowell, J. A., & Dawson, C. J. (1977a). Teaching about floating and sinking: an attempt to link cognitive psychology with classroom practice. *Science Education*, 61, 243-251.
 52. Rowell, J. A., & Dawson, C. J. (1977b). Teaching about floating and sinking: Further studies toward closing the gap between cognitive psychology and classroom practice. *Science Education*, 61, 527-540.
 53. Stavy, R., & Tirosh, D. (1993). When analogy is perceived as such. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1229-1239.
 54. Strauss, S., Globerson, T., & Mintz, R. (1983).

- The influence of training for the atomistic schema on the development of the density concept among gifted and nongifted children. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 4, 125-147.
55. Strike, K. A., & Posner, G. J. (1982). Conceptual change and science teaching. *European Journal of Science Education*, 4(3), 231-240
 56. Strike, K. A., & Posner, G. J. (1985). A conceptual change view of learning and understanding. In L. H. T. West and A. L. Pines (Eds.), *Cognitive Structure and Conceptual Change* (pp. 211-231). Orlando, FL: Academic Press.
 57. Strike, K. A., & Posner, G. J. (1992). A revisionist theory of conceptual change. In R. A. Duschl & R. J. Hamilton (Eds.), *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice* (pp. 147-176). Albany, NY: State University of New York Press.
 58. Sutton, C., & West, L. (1982). Investigating children's existing ideas about science. Collected works-Conference proceedings.
 59. Thorley, N. R. (1990). *The role of the conceptual change model in the interpretation of classroom interactions*. Unpublished doctoral dissertation, University of Wisconsin-Madison.
 60. Toulmin, S. E. (1972). *Human Understanding*. Princeton University Press.
 61. Tyson, L. M., Venville, G. J., Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1997). A multidimensional framework for interpreting conceptual change events in the classroom. *Science Education*, 81, 387-404.
 62. Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change [special issue]. *Learning and Instruction*, 4, 45-69.
 63. Vosniadou, S., & Brewer W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive psychology*, 24, 535-585.
 64. Wadsworth, B. J. (1971). *Piaget's theory of cognitive development*. NY: David McKay Company, Inc.
 65. Wadsworth, B. J. (1989). *Piaget's theory of cognitive affective development* (4th ed.). White plains, NY: Longman Inc.
 66. Waterman, M. A. (1982). *College biology students' beliefs about scientific knowledge: Foundation for study of epistemological commitments in conceptual change*. Unpublished Dissertation, Cornell University.

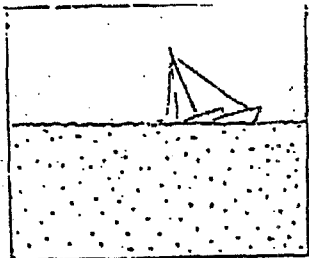
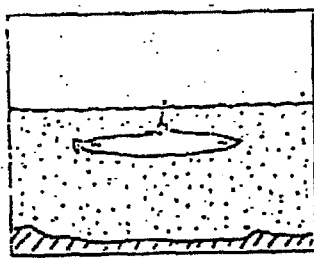
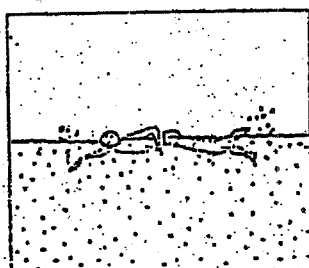
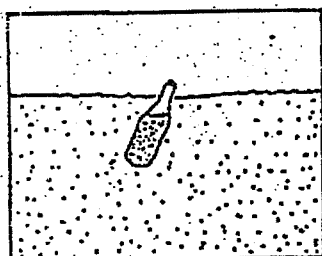
附錄

附錄一 第一次訪談題目

1. 你認為「浮」的意思是什麼？懸在水裡算不算（如潛水艇）？
2. 為什麼有些東西會浮，有些東西會沈？（示範沈體與浮體）
3. 物體的重量、大小、長短與形狀會影響浮沈嗎？
3. 物體的重量、大小、長短與形狀會影響浮沈嗎？
4. 水的深度會影響浮沈嗎？（配合左下圖說明）



5. 如果把浮體浮在水面上的部份切除，物體會沈還是浮？（配合右上圖說明）
6. 下面四個圖中的物體會沈還是會浮？



附錄二 第二次訪談題目

1. 鐵塊會沈，為什麼鐵做的船不會沈？（示範）
2. 實心的黏土會沈，為什麼空心的黏土會浮？（示範）
3. 雞蛋放在水中會沈，為什麼放在濃鹽水中會浮？（示範）
4. 裝滿水的瓶子會沈，為什麼裝一半水的瓶子會浮？（示範）

註：學生回答每個問題後，接著問他們以下幾個問題：

為什麼你這麼想？

1. 你如何知道這樣是真的？
2. 這樣的想法是從那裡得知的？

附錄三 第三次訪談題目

第一部份

請詳細閱讀以下的阿基米德小故事，並回答問題一

阿基米德是希臘偉大的數學家，生於西元前 287 年。

有一天希臘的國王叫金匠替他打了一頂金冠，造好之後，國王卻懷疑這頂金冠到底是純金，還是被摻了銀？於是國王便請阿基米德幫他檢查。

這可把阿基米德給難倒了，因為當時還沒有檢驗純金的方法，肉眼又看不出來，他一時想不出好辦法，只好告訴國王他檢驗不出來，之後就跑到公共澡堂去洗澡。阿基米德跳進滿水的浴缸裡，發現水漲了起來，而且流到外面。忽然間他大叫一聲：「我知道了！我知道了！」，然後跳出水缸。阿基米德怎麼了？原來他以想出如何分辨真假王冠的方法了。於是他連忙趕回家，找了與王冠一樣重的黃金，以及與王冠一樣重的銀，然後將水桶放滿水。他先把銀塊放入水中，於是便溢出了與銀塊體積相同的水。接著，再放入金塊，結果亦出來的水量，竟然比銀塊溢出來的少。可見，金塊體積較小。

最後，阿基米德請求國王把王冠放入滿水中，結果亦出來的水量，比等重金塊溢出的水多，但卻比等重的銀塊溢出的水少。由此可見王冠中的確摻了銀。金匠只好俯首認罪。

這種道理因此被稱為「阿基米德原理」，當一個物體放入水中，便會失去同樣體積的水重，也就是水讓物體減輕的重量；這就是「浮力」，因此這個道理也被稱為「浮力原理」。

問題一、小朋友，現在請你說出阿基米德是如何分辨真假王冠？

問題二、

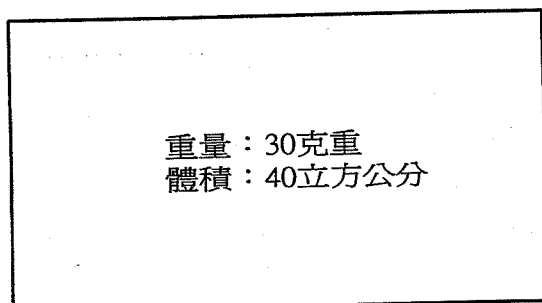
- 1.你通常都如何解決問題？
- 2.你怎麼知道問題解決了？
- 3.什麼是「科學」？什麼不是「科學」

第二部份

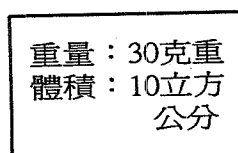
(下列題目所用到的物體，皆有實物展示，並將需要給予的重量或體積直接標示於物體上。)

問題一、甲乙兩實心物體，其重量與體積，如下圖所示：

甲



乙



國小學生密度概念之概念生態

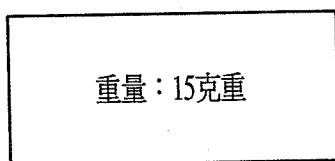
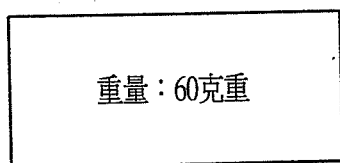
請問：

- 1.若將甲物體和乙物體分別放入水中，請問浮沈的情形如何？為什麼？（請學生預測並回答原因）
- 2.將甲物體放入水中（讓學生實際觀察其浮沈情況）後，請問若將乙物體放入水中，會沈還是會浮？為什麼？

問題二、丙丁兩實心物體，其體積相同，而重量如下圖所示：

丙

丁



請問：

- 1.若將丙物體和丁物體分別放入水中，請問浮沈的情形如何？為什麼？（讓學生預測並回答原因）
（註：若學生問其體積為多少，才告知為 20 立方公分）
- 2.實際將丙丁兩物體放入水中，觀察浮沈後，試著解釋其浮沈原因為何？（老師示範並請學生回答原因）

問題三、請問：

- 1.重的東西比較容易沉嗎？為什麼？
- 2.中空的東西比較容易浮嗎？為什麼？

問題四、請問：

- 1.裝滿水的瓶子會沈，為什麼裝一半水的瓶子會浮？（實物示範）
- 2.鐵塊會沈，為什麼鐵做的船不會沈？（實物示範）
- 3.雞蛋放在水中會沈，為什麼放在濃鹽水中會浮？（實物示範）

A STUDY OF PRIMARY SCHOOL STUDENTS' CONCEPTUAL ECOLOGIES — “DENSITY CONCEPT” AS A EXAMPLE

Chen-Wei Chen¹ Long-Chuan Chen²

¹Cheng Kuo Primary School

²Institute for Elementary Science Education, National Hualien Teachers College

Abstract

This study represents an investigation of students' conceptual ecologies by probing and analyzing the students' classroom discourses and interview protocols about the concept of density/floating-sinking. This study aims on the components of students' conceptual ecologies, the inter-relationships between these components, concept of density/ floating-sinking, and the relationships between students' concept of density/floating-sinking and their conceptual ecologies.

For the need of analyzing the students' conceptual ecologies, a variety of dimensions have to be considered. Therefore this study adapts Posner's Conceptual Change Model and Tyson's Multidimensional Interpretive Framework, which includes epistemological, ontological and social/affective dimensions, as the theoretical framework to investigate students' conceptual ecologies.

The research subjects are twelve six-graders. Data collected from three interviews arranged before, during and after the density unit was taught, and videotapes recorded while the unit was proceeding were analyzed. The research findings are stated as below:

Eight components of students' conceptual ecologies are represented. Two relationships between components of students' conceptual ecologies are found. Six different concepts identified from the research subjects are attributed to objects' floating and sinking. Students' concepts of floating and sinking are related to students' conceptual ecologies.

Recommendations for teaching science based on the research findings are further discussed. Suggestions for future research are also provide aimed to propose a prescriptive model for designing educational computer simulation systems used in science classroom. Based on modern learning theories and an expert model and an interface model as a whole, it was supposed to help students modifying their alternative conceptions while their learning of science.

Key Words: Conceptual Change Model; Conceptual Ecology; Concepts of Floating and Sinking.