

## 第一章 緒論

本章共分為五節，其目的在說明本研究的研究背景與動機、研究目的、研究問題、名詞解釋、研究範圍與限制。

### 第一節 研究背景與動機

類比長久以來常做為與他人溝通的工具，除了用於溝通之外，也能用來促進學習。近幾年來，科教學者提出多種不同類比教學模式，例如：Zeitoun (1984)所提出的 General Model of Analogy Teaching (GMAT)模式、Glynn (1991)的 Teaching with Analogies Model (TWA) 模式以及 Brown 和Clement (1989)所提出的銜接類比模式 (Bridge Analogies Model)。這些模式皆被用來協助學生學習較複雜抽象的概念，例如：岩石的循環(Blake, 2004)、生物的適應行為(Büchel, 2000)、作用力與反作用力(Bryce & MacMillan, 2005)等。因此類比經常被科學教師或是科學教育研究者視為有效的教學策略之一。

過去的研究指出後設認知能力和學生的科學學習有關(Schraw, Crippen, & Hartley, 2006)。而部分研究則指出後設認知表現和類比推理具關聯性(Cheihire et al., 2005; Mason, 1994; Muldner & Conati, 2005)。Schraw 等人指出後設認知在學習上扮演重要的角色，因為它能促使個體監控自己當下的知識和技巧的層級、計畫和分配有限的學習資源以及評估自己的學習狀態。如 Mayer (1998)提出後設認知能力是問題解決過程中的一個重要組成，後設認知技巧涉及了在問題解決過程中知道如何調節與監控多種認知技巧。也有研究指出類比教學和後設認知能力間的可能關連，例如 Büchel (2000)整理過去研究類比推理學習的文獻而提出以下觀點：類比推理的過程中可能包含有後設認知的成分，而 Vosniadou 和 Ortony (1989)則認為倘若學習者在連結類比物和標的物時沒有想到需與深層的知識做連結，則學習者也會無法指認出結構性質的配對。然而過去許多文獻大都著重於對問題解決(Kaberman & Dori, 2009; Schoenfeld, 1987)、類比學習(Mason, 1994; May, Hammer, & Roy, 2006) 或概念改變(Duit & Treagust, 2003; Treagust, 1996) 的歷程與成效等認知處理過程做深入探討，而鮮少納入對後設認知能力的分析；或進行相關性分析而僅以後設認知表現做為影響因素之一(Jonassen, Howland, Moore, & Marra, 2003)。前人的研究指出，類比推理的成功可能有賴於後設認知的啟動，(如 Cheshire et al., 2005)，然而卻少有實徵研究提出證據說明學習者的後設認知能力對類比推理過程的影響，亦未有實徵研究分析後設認知能力的高、低和類比學習的成果是否有關。因此本研究欲探討學習者的後設認知能力與其類比推理能力間的關聯，並提出實證證據說明。類比既為科教領域廣泛使用的教學模式，若能提供實徵證據確認後設認知能力於類比推理過程中扮演重要角色，將有助於科學教師和科教研究者設計融入後設認知策略的類比學習活動，或營造有利後設認知能力作用的學習條件，進而提升類比學習的成效。

## 第二節 研究目的

根據上述的研究背景和動機，本研究採質量混合設計，探討學習者所具備後設認知能力的多寡，對類比學習成果有何影響。而比熱與熱平衡的概念對於國中生的學習而言，一直是一個不易理解但又極為重要的概念。許多探討熱學的另有概念研究顯示，大多數學生對於比熱與熱平衡這兩個主題持有相當多的迷思概念(黃湘武、黃寶鈿，1987；郭重吉與謝秀月，1991)。主要原因在於比熱與熱平衡這兩個概念，對國中生而言屬於抽象且難以理解的概念。且許多學生未能區辨溫度和熱之差異，因此難以瞭解熱平衡的概念。Arnold 和 Millar (1996) 嘗試利用水流的類比來協助國二學生理解熱量、溫度以及熱平衡等概念，研究結果顯示部分的學生可利用此類比來解釋熱的現象。因此本研究認為在比熱與熱平衡的教學中，需要藉由類比的使用，來幫助學生理解此兩個抽象的概念，並促進學生進一步推理與建構出正確的概念。此外，許多研究指出，學生經過比熱和熱平衡的教學後仍舊對此兩個主題感到困難棘手。除了熱的現象本質抽象難懂外，Herrington (2011)則指出學生往往記憶比熱的定義和教師所教的公式( $H = mS\Delta T$ ) 來計算熱量的改變，然而當研究者進一步探討比熱和熱量、溫度三者間的抽象因果關係時，學生往往無法回答。顯示學生沒有確實地理解熱和熱量、溫度間的抽象因果關係(比熱不同，獲得相同熱量時，溫度上升幅度也不相同)，因此本研究認為，熱的教學還需要學習者啟動後設認知覺察熱現象間的抽象因果關係。

根據上述兩個原因，本研究認為比熱和熱平衡兩個主題適合用於做為探討後設認知能力對類比學習成果之影響的情境。因而本研究採用國中二年級上學期自然與生活科技第五單元(冷暖大地)中的比熱與熱平衡兩個單元，設計結構相似之類比物和類比物學習活動，來呈現課程教學內容，以探討具備高、中、低不同後設認知能力的學生，在進行類比學習單元後，其運用所學的類比進行思考的能力是否不同？有何不同？進而探討後設認知能力與類比推理之關聯。

## 第三節 研究問題與假設

依據上述的研究背景、動機和研究目的，本研究有下列之研究問題和假設：

一、具有不同後設認知能力的學生在比熱與熱平衡的概念測驗表現(後測、延宕測)是否有差異？

1-1 具有不同後設認知能力表現之學生，在比熱與熱平衡概念測驗表現具有差異

二、具有不同後設認知能力的學生經由結構相似的類比學習活動後，其在比熱與熱平衡類比回憶問題所展現的學習結果是否有差異？

2-1 具有不同後設認知能力表現之學生，在比熱與熱平衡類比回憶問題表現達顯著差異。

三、類比訪談中，不同後設認知能力表現之學生所展現的類比推理能力與其後設認知表現是否有關？

3-1 具有不同後設認知能力表現之學生，在類比推理過程中之類比推理表現具有差異性。

3-2 具有不同後設認知能力表現之學生，在類比推理過程中之後設認知表現具有差異性。

3-3 並分析不同後設認知能力之個案學生的類比推理歷程，以說明類比推理過程中後設認知能力表現對類比推理結果之影響。

#### 第四節 名詞解釋

一、類比推理(Analogical reasoning):

即從一個已知來源(source)中的結構相關性質推論到未知標的系統中(Target system)的結構相關性質。此種知識的轉移與配對需要從兩個系統間尋找相關性(Vosniadou, 1989)。而進行類比推理時，其歷程主要可分為五個步驟:(1)喚起類比物的相關概念、(2)進行類比物與標的物的比較、(3)評估類比物和標的物的吻合程度、(4)儲存類比物與標的物比對的推理結果，以及(5)找出類比物與標的物無法配對之處(Gentner, 1989)。

Mason 將類比推理能力分為五個等級(Level 1~Level 5)。本研究根據研究情境增加 level 0 為六個等級，六個等級說明如下：

Level 0 –無法指認出任一基礎對應

Level 1 –能指出一些基礎對應

Level 2 –能指認出許多基礎對應，但是無法指出複雜對應

Level 3 –能指認出許多基礎對應，且能指認出一些複雜對應

Level 4 –能清楚且完整的指認出所有基礎對應與複雜對應，但無法指認出類比失效之處

Level 5 –能清楚且完整的指認出所有基礎對應與複雜對應，且能指出類比失效處。

## 二、結構相似類比(structure similarity):

Gentner (1989) 即根據類比物和標的物之間相關結構的相似性，從類比物的結構性質推論標的物的結構性質，例如:利用蘋果皮占整顆蘋果的比例，來類比地殼所占地球的比例。

## 三、後設認知(metacognition)與自我調節學習(self-regulate learning)

Winne (1995) 認為自我調節學習是指學習者回憶腦海中的資料，並利用多種適合的技巧以達成學業上的目標。而 Moos 和 Azevedo (2008)採用 Winne (2001)對後設認知的定義，並將後設認知的內含分為計畫(planning)、監控(monitring)和策略使用(strategy use)三大類。本研究依據研究情境修改為計畫(planning)、監控(monitring)、評估(evaluating)以及策略使用(strategy use)等四個主要類別，並以此四類的細項做為後設認知能力的評量標準。

此四個類別說明如下：

### (一) 計畫(planning)

是指根據目標設定步驟以及資源的分類

### (二) 監控(monitring)

監控自己類比推理過程中的總總行為

### (三) 評估(evaluating)

指獲得結論後，學習者對整個推理過程和結果的評估

### (四) 策略的使用(strategy use)

在類比推理過程中所採用的各種策略以幫助類比推理的進行

## 第五節 研究範圍與限制

本研究的研究對象為高雄市某國中二年級的四個班級，採便利取樣方式，不具有全國國中二年級學生的代表性。且教材採用的範圍是以九十九學年度南一版自然與生活科技的教材內容為主，來設計比熱和熱平衡的結構相似類比。此外，由於研究研究工具發展時程之延遲，進行資料收集時四個班級的全體學生已於前一學期由該校教師完成比熱與熱平衡之單元教學，因此學習者對比熱和熱平衡單元的概念理解情形可能會影響其對類比的接受情況以及類比推理之學習表現。有鑑於本研究地區以及研究樣本的限制，本研究結果若要推論到其他群體，須審慎衡量其適切性。

## 第二章 文獻探討

本章共分為五節，主要針對類比的相關研究、類比和科學概念的學習、建構比熱與熱平衡概念的困難、後設認知與科學學習以及後設認知與類比學習的關聯之相關研究，進行文獻的探討和分析。

### 第一節 類比的相關研究

#### 一、類比

類比是指兩個事物間存在著共同的性質，其共同的性質在兩個事物中可以一對一的對應(Hesse, 1966)。Gentner (1989)指出類比是指藉由兩個領域間的相似關係，將知識從已知的領域對應到未知的領域中。Vosniadou和Ortony (1989)則認為類比推理是指將結構性的資訊從已知的類比物轉移至未知的標的物，其中知識的轉移是藉由類比物與標的物一對一地配對兩者間的相似之處來完成。Glynn (1991)則說明類比是比較兩個概念間的相似之處，對學生而言較為熟悉的概念稱做是類比物，而較不熟悉的概念則稱為標的物，類比物和標的物具有相似的性質，而由類比物與標的物相似之處產生連結的行為則稱做是對應(mapping)。綜合以上觀點大致可知類比是指尋求兩個概念之間的相似之處，並藉由較為熟悉的概念去推論較不熟悉的概念，以達到學習的遷移。

在類比的功能上，類比很早就被用以做為溝通的工具(Dagher, 1998)。在科學課室中，教師也常使用類比做為教學工具，利用學生較熟悉的事物與較不熟悉的事物互相比較，將較抽象複雜的概念予以簡化與具體化，協助學生推理或獲得新知識(Vosniadou & Ortony, 1989)。在學習的過程中，學生也可以利用自發性的類比來向同學說明與溝通自己的想法(May et al., 2006)。而Mason (1994)指出類比對於學生的科學學習有以下幫助，如:(a)將所獲得的知識進行編碼及組織以幫助概念的理解、(b)幫助提取儲存在記憶中和概念相關的資訊、(c)從組織過有系統性的知識形成新的類比、(d)克服原有概念和(e)產生新的基模。

#### 二、類比推理與學習

類比推理被廣泛的應用在科學教育中，甚至年紀輕的學生也能利用類比來進行科學概念的學習(Coll, et al., 2005)。而Gentner (1989)提出了一個理論機制試圖解釋類比推理在學生腦海中的運作過程，其類比推理機制可分為以下三個主要階段:提取與類比有關的相關資訊、啟動類比引擎以及評估類比。在提取與類比相關資訊的階段裡，由於目標是找出最適合用來解釋以及與標的概念之相似處對應最多的最佳類比，因此學習者需根據目標從長期記憶中提取與類比相關的資訊，並從工作記憶中提取欲配對之標的概念，進而計畫一連串的步骤以找出最適合用來解釋標的概念的類比。接著在將類比物與標的物配對的階段裡，學習者會根據上一階段所訂出的計畫，以所選出與

類比物相關的資訊進行類比物和標的物的局部配對，也就是說學習者會尋找在標的物和類比物兩者間都有的一些相似處，並以此形成可能的配對。接著學習者會整合數個局部配對以形成數個整體配對，並試著利用數個整體配對整合成數個標的概念的推論(也就是候選類比)。學習者會以類比物和標的物配對相似處的多寡以及配對的結構性質是否較為深層做為依據，以判斷所形成的各個候選類比是否可以直接推論到標的概念上。最後，學習者還必須進一步根據目標及計畫進行最後的評估以選擇出最適合用來解釋標的概念(也就是與標的概念間具有最多對應處且對應的結構性質較為深層)的類比。

學習者在利用類比推理來學習新概念的過程中，必須藉由已存在的基礎概念或知識去推論欲學習的標的概念，藉由類比概念和標的概念間來回的比對以檢視類比概念與標的概念間的相似之處，並整合標的概念與類比概念間可對應之相似處，以針對欲學習的標的概念進行推論而獲得新的知識(Driver & Bell, 1986; May et al., 2006)。Holyoak 和 Thagard (1989)同意 Gentner(1989)所提出的類比推理機制，Holyoak 等人則對選取最佳候選推論的過程提出不同的解釋。Holyoak 等人認為學習者於此階段可能考量類比物和標的物間的同構性(isomorphism)、語意相似性(semantic similarity)和實用性(pragmatic centrality)，而依考量的結果形成一個和目標相關的最佳候選推論，而非無限制地形成數個候選推論後再評量所有候選推論可遷移到標的概念的可能性。其中同構性是指兩個概念之間具有一對一以及結構相似的性質，而語意的相似則是指兩概念間若有相似的意義，則可以產生對應，實用性的限制則是指進行類比推理的目標會影響類比的發展，也就是說人們會為了達成其目的而假定兩概念之間具有可對應之處，並將兩個概念予以對應。Holyoak 認為類比物與標的物配對的過程主要分為兩個步驟：(1)建立一個對應的網絡：針對欲學習的標的概念，學習者會比對類比概念和標的概念間的相似處，並列出數個可能對應之處，接著學習者會考量同構性、語意相似性和實用性等三個限制來支持(活化)或否定(抑制)兩概念間的可能對應處。當兩個概念間可能對應之處達一定的活化程度，也就是兩概念間可能對應之處獲得一定程度的正向支持後，接著會進行(2)網絡的迴圈，每次的迴圈都會整合可能對應之處所獲得的支持和否定來重新評估與修正兩概念間的活化程度，直到找到類比物對標的物的最佳詮釋為止。

Gentner (1989)以及Holyoak和Thagard (1989)的類比推理機制最大的不同點在於 Holyoak和Thagard在選擇最佳配對的過程提出不同解釋，認為以對三個限制的考量判斷取代Gentner的結構性原則，來說明學習者如何從許多類比物與標的物之對應中，篩選出最佳的整體對應。此外Holyoak等人還認為學習者所持有的目標可能會影響其對類比物的選擇，當學習者的目標不同時，學習者對類比物是否實用的觀點便會有所不同。

Vosniadou 和 Ortony (1989)則提出學習者本身所擁有相關概念的多寡會影響其進行類比物和標的物的連結與指認結構性質的配對。Vosniadou 等人認為學習者在類比物與標的物的相似性質上較易注意到表面的相似處，因為結構性質的相似通常關連到

較深且較複雜的知識結構網絡，因此指認結構相似對生手或缺乏相關概念的學習者來說較為困難。此外，倘若學習者擁有許多相關概念，但學習者在連結類比物和標的物時，沒有想到需與深層的知識做連結，則學習者可能也無法指認出結構性質的配對。根據上述兩個原因，對生手或是概念不足的學習者而言，要理解結構相似的配對很困難，然而理解表面性質的，然而理解表面性質的配對則會容易許多。

根據上述文獻分析，類比推理的成功與否與學習者所持有的目標和相關概念的多寡有關，此外學習者若要能在連結類比物和標的物時，連結到深層的知識網絡則可能有賴後設認知的啟動。因而研究者認為類比推理的結果會受到以下兩點的影響：(1) 學習者所擁有相關概念的多寡、(2) 啟動後設認知行為之頻率的多寡皆可能會造成不同的類比推理表現結果，因而欲以本研究做進一步驗證。

### 三、類比推理能力的評量

在評量類比推理能力方面，主要是評量學習者經由類比教學後，在類似情境下能指認類比物和標的概念間的對應關係，由類比物推論標的概念的能力。如Harrison 和 Treagust (1993)在學習者經由TWA教學後，利用與教學時相同的情境，請學生回憶課堂間所介紹之類比物與標的物相似處的所有配對，並請學生以類比物來說明標的概念，若學習者憶起的配對數目越完整且利用類比物解釋標的概念的方式和教師越接近，則表示類比推理能力越高。而Mason (1994) 則以Gentner(1989)提出的類比推理機制為基礎而提出類比推理能力的評量標準。Mason評量學習者 (1)將類比物與標的物配對以指認基礎與複雜對應，並利用數個複雜對應推論標的概念的能力，以及 (2)評估所形成的推論裡所包含的基礎與複雜對應是否皆吻合，並指認類比物失效處之能力。Mason以上述標準將類比推理能力分為五個等級：level 1 -能指出一些基礎對應；level 2 -能夠指認出許多基礎對應，但是較無法指出複雜對應；level 3-能夠指認出許多基礎對應，且能指認出一些複雜對應；level 4 -能夠清楚且完整的指認出所有基礎對應與複雜對應；level 5 -能夠清楚且完整的指認出所有基礎對應與複雜對應，且能指認出類比失效之處。Harrison和Treagust以及Mason 對類比推理能力的評量標準大致相同，皆是評量在類比推理歷程中，學習者將類比物與標的物配對以及利用類比物與標的物所形成的複雜配對來推論整體概念之能力。然而Mason更進一步以學習者所能指認類比物與標的物間的基礎與複雜對應的數量以及是否能指認出類比物失效之處為標準，細分學習者的類比推理表現。因此本研究對學習者的類比推理能力評量將採用Mason的評量標準。

### 四、類比教學模式

Vosniadou 和 Ortony (1989)指出學習者由類比物 (base) 去推論標的物(target)，尋求兩者間的相似性和相關性，藉由這樣的方法去了解標的物的概念，此過程可造成學

習的遷移。在科學教育上，類比是經常被使用的教學工具之一。(例如: Glynn, 1991; Harrison & Treagust, 1993; Rule, Baldwin, & Schell, 2008)。而許多科學教育學者，例如 Dagher (1995)、Kolodner (1997) 和 Zeitoun (1984)等發展出不同類比教學模式來幫助學生建構科學概念。較為常見的類比教學模式有：

### 1.一般類比教學模式 (The General Model of Analogy Teaching, GMAT)

此模式最早由Zeitoun (1984)提出，模式的設計架構包含(1)定義類比、(2)類比推理的學習、(3)連結與類比相關的事物、(4)評估類比推理的結果及(5)教學過程中呈現類比物的限制，Zeitoun亦建議教師在進行此類比教學模式時，需(1)評量學生類比推論能力、(2)評量學生的先備知識與經驗、(3)分析欲學習的材料、(4)判斷和修正類比的適切性、(5)決定類比的特性、(6)選擇教學策略與媒體、(7)呈現類比物給學生、(8)評量學生的學習成就以及(9)修改教學模式的步驟。然而Dagher (1998)認為此教學模式包含許多步驟，因此在教學上施行較顯得較為麻煩。

### 2.類比模式的教學 (Teaching With Analogies Model, TWA model)

Glynn (1991)在分析43本高中物理、化學、生物等教科書中所包含的類比後，以此為基礎提出TWA類比教學模式以提供教科書編輯者以及科學教師一個教學或單元活動設計的導引。此模式主要包含六個步驟：(1)介紹標的物概念、(2)提醒或幫助學生回憶類比物的概念、(3)教師協助學生找出標的物和類比物間的相似之處、(4)將類比物與標的物相似之處進行配對、(5)依據概念得到結論以及(6)指出類比物的失效之處。Dagher (1998)認為此教學模式能夠幫助教師將較複雜且抽象的概念具體化，並藉由協助學生連結標的物和類比物的相似之處，讓學生以較容易理解的方式獲得欲學習的概念。

### 3.銜接類比模式 (Bridge Analogies Model)

Brown和Clement(1989)認為當教師企圖在兩個概念之間形成一個類比連結時，學生最初有可能無法接受教師所教授的類比，此時教師可利用一個以上介於類比物與標的物間的次類比物，來幫助學生藉著次類比物來連結第一個類比物與標的物，此項策略又稱為銜接類比模式。影響銜接類比學習的成功與否有以下四個關鍵步驟：(1)呈現定錨類比物 (anchoring analogy)、(2)將標的物與定錨類比物進行比較、(3)如果學生仍無法接受定錨類比物與標的物間的類比關係，則教師可利用次類比物引出類比橋，來拉近定錨類比物和標的物間的距離，以及(4)提供可以解釋類比機制的模型。Dagher (1998)指出藉由此銜接類比模式，可以幫助學生看到類比物與標的物之間的關連性，且當中的每個類比都延續於上一個類比，使學生一步步願意接受欲學習的科學概念。

從上述幾種不同的教學模式，可在類比教學歷程上大致歸納出下列五個主要步驟：  
(1)喚起已知的類比物相關概念、(2)將類比物與標的物進行配對、(3)評估類比物和標

的物的吻合程度、(4)儲存類比物與標的物比對的推理結果以及(5)找出類比物與標的物無法配對之處。而 TWA 模式的教學步驟可以和 Gentner (1989)所提出的類比推理機制呼應，其中(1)介紹標的物概念和(2)回憶類比物的概念如同 Gentner 的類比推理機制中的「學習者從長期和短期記憶中蒐尋和提取資訊」，接著(3)找出標的物和類比物間的相似特性以及(4)標出相似的特性則對應「學習者針對相似性質進行局部與整體配對」，此外(5)依據概念得到結論與「利用整體配對形成候選推論」一致，而最後的(6)指出類比物和標的物的相異之處則對應「根據目標與計畫進行最後的評估，以評估所有推論是否皆能夠推論至標的概念」。

本研究欲探討是否如 Vosniadou 和 Ortony (1989)所指出，先備概念和後設認知能力在類比推理過程中扮演重要之角色？因而在類比推理的架構上，本研究採用 Gentner(1989)所提出的類比推理機制以解釋學習者在進行類比推理時，其腦海中的類比推理運作方式。因為研究者認為學習者在利用所學過的類比來進行類比推理時，會根據所設立之利用類比物推論標的概念的目標，來搜尋長期記憶中可使用的類比物之基礎對應與複雜對應，並從工作記憶中列出標的概念的可對應之處，接著將類比物與標的物進行比較與配對後，評估類比物與標的物所有相似之處是否吻合、是否皆能推論到標的概念上。而在進行類比學習活動時，教師需凸顯類比物和標的物相似之處，並引導學生對類比物和標的物進行比較與對應，此外教師還必須明確的指認出類比失效之處，以免學生利用類比物推論時產生迷思概念(Coll et al., 2005；Glynn,2008)。因而在教學設計上，研究者則根據 TWA 教學模式的步驟和引導原則，針對抽象的比熱與熱平衡概念來設計教學課程，其中以學生所熟悉的「不同截面積的杯子獲得相同水量時，水位上升幅度不同」為類比物，來設計比熱之結構相似的類比學習活動以及以「連通管」為類比物來設計熱平衡之結構相似的類比學習活動。而在評量類比推理能力方面，研究者認為若學生可以指認類比物與標的物相似之處，則表示學生對標的概念已經有部分的理解但是不完整，若學生可進一步指認出無法配對的部分，則學生才是較完整地理解類比與標的概念。因此在評量學習者類比推理能力時，將參考 Mason(1994)所提出的類比推理能力評量標準並將之調整來評量學習者於類比物與標的物配對階段所形成基礎與複雜對應的多寡，並評量學習者能否將於評估階段所形成的候選類比推論到標的概念上而得出結論。此外，研究者並進一步分析學習者所持有相關科學概念的多寡和後設認知能力的高、低，以探討此兩因素對學生類比推理表現之影響。

## 第二節 類比和科學概念學習

許多研究指出，使用類比學習活動能夠提升學生不同方面的學業表現，如：協助概念的理解(Bellocch & Ritchie, 2011; Brown & Clement, 1989; Glynn, Law, & Doster, 1998; Mason, 1994; May et al., 2006)、促進概念的改變(Bryce & MacMillan, 2005; Duit & Treagust, 2003; Venille & Treagust, 1996)、幫助連結新舊概念與加深記憶(Glynn et al., 1998)以及引起學生的學習動機(Rule et al., 2008)。

### 一、類比對科學學習的幫助與成效

類比常做為教師所使用的教學策略之一，利用學生所熟悉的例子來幫助學生連結欲學習的概念，進而使學生對欲學習的概念有較為深入的理解(Brown & Clement, 1989; Sarantopoulos & Tsaparlis, 2004)。Brown 和 Clement (1989)以高中生及大一學生為對象，以銜接類比模式 (Bridge Analogies Model) 協助學生在力的概念上達到概念的改變。教師以彈簧能夠提供作用力給其上方的書本為例，接著以書本放置在有彈性的木桌當做銜接類比的例子，來類比靜止在桌上的書本受到桌子施予之作用力的概念。其研究結果顯示：經過類比教學後，有半數學生成功地理解力的概念，顯示藉由數個銜接類比，可協助學生看到類比物與標的物之間的關連性，進而改以新的觀點去看待標的物，使其覺得科學概念合理且願意接受。另外 May 等人(2006) 以把冰塊投入裝滿水的杯子造成水溢出來的情形，來類比巨大的岩石落入岩漿中會造成岩漿流動的現象，協助國小三年級的學生形成自發性的類比，針對可能造成地震的原因進行說明與推理。研究結果顯示，學生能在不自覺的情況下，自發性地產生類比，並在類比物和標的物的配對間來回檢視、修正以及澄清每個配對部分，以幫助自己更理解概念，並能運用所形成的自發性類比針對自己原有的解釋做出新的推論。此外，還可以藉由同儕間的討論來修正原先自發性類比的失誤處，並藉由比較類比物和標的物間的不同處來指認類比失效處。

而 Mason (1994)指出五年級的學生利用類比學習有關心臟循環系統的概念後，進行個別訪談，要求學生針對課堂間所學過的類比物與標的物的對應做出配對與說明，結果顯示有將近一半的學生成功地完理解類比(其中約 23%的學生能夠解釋類比在何處失效，此屬於類比推理中等級最高者)。而 Rule 等人 (2008) 以生物的適應性主題，將不同生物用以適應生存環境的構造特徵與其類比物的表面性質與結構性質製成圖卡，卡片的正面描述標的物的表面與結構性質(例如以「蜘蛛腳末端具有爪成倒鈎狀」描述標的物的表現性質，而「蜘蛛的爪是為了捉住地面與支撐身體」則說明標的物的結構性質)，卡片的背面則描述類比物的表面與結構性質(例如以「眼鏡鏡架尾端成倒鈎狀」描述類比物的表面性質而「鏡架尾端的倒鈎狀是為了勾住耳朵」則指出類比物的結構性質)。Rule 等人以此套卡進行國小二年級生物適應性單元的類比教學，研究結果顯示國小二年級的學生也能成功使用類比，此外當學生有機會分析類比的概

念時，則會常常主動提出問題，促使他們尋找資訊以作更深入的理解。而 Sarantopoulos 和 Tsaparlis (2004) 利用 TWA 類比教學模式設計 28 個類比進行高一與高二的化學教學，例如：以男生與女生跳舞形成舞伴，來類比氯化氫分子與氫分子進行化學反應而形成氯化銨分子。其研究結果顯示：約有 90% 的高一學生以及 85% 的高二學生在經過類比教學後能夠正確地回答相關化學概念問題，故 Sarantopoulos 和 Tsaparlis 認為藉由類比物與標的物間相關性質的連結，能夠幫助學生對標的概念進一步的理解，且學生反應使用的類比物較為有趣且熟悉，因而能夠幫助記憶科學概念。還有一些研究指出類比教學還能夠幫助學生連結新、舊概念與加深記憶，在生物、化學與物理上皆有一定的成效(Glynn et al., 1998; Rule et al., 2008)。此外有研究亦指出類比亦能夠以生活化、趣味化的方式進行教學，較能夠引起學生的學習動機(Rule et al., 2008)。

然而類比教學並非都能夠幫助學生進一步的學習，有些研究顯示就算教師將類比講解得清楚且明確，學生也未必就能完整的理解。例如 Arnold 和 Millar (1996) 利用水流的類比來教導國二學生熱量、溫度以及熱平衡等概念，使用打開水龍頭提供水來類比點燃蠟燭提供熱、水位的高低來類比溫度的高低，以水量的多寡比喻熱量的多寡。然而教學後 23 個人僅有四位學生能夠完整地理解此類比；另四位學生僅部分理解，另有 6 位學生即使在討論過後仍舊無法察覺類比物和標的物的相關性，而其他九位學生無法利用此類比來解釋熱的現象。而 Harrison 和 Tregust (1993) 利用 TWA 教學模式進行光的折射概念教學，以「車輪由較平滑的紙面進入較粗糙的地毯時，車子的軌跡會產生轉彎」來類比「光束由較疏的介質進入較密的介質時，光束會產生偏折」。研究結果指出，6 個學生當中只有四個學生能夠利用類比完整地解釋折射的現象，而其他學生則因為對類比物與標的物間的對應關係理解得不完整，或是在利用類比物推論標的概念時沒有試圖連結到已學過的知識網絡，因而利用猜測來解釋折射現象。Harrison 和 Tregust 的研究顯示，就算教師將類比物與標的物間的對應說明得再清楚，也未必所有的學生皆能夠完整地理解類比物與標的物的對應，也無法在類似情境下提取已學過的類比物對標的概念進行推論。

## 二、進行類比推理時可能遭遇的困難

過去許多研究指出雖然類比能夠幫助學生學習科學概念，然而當學習者進行類比推理時，可能會遭遇困難而影響類比的學習成效(Harrison & Tregust, 1993; Coll et al., 2005)。統整文獻中所提到學生在類比推理時所遭遇的困難，分析整理如下：

Büchel (2000) 整理過去相關研究而指出在類比推理的過程中，類比物與標的物間相似性質的完整配對(mapping)對學生而言是屬於最難的部分。例如，Keane (1997) 以大學生為研究對象分析造成類比推理困難的因素，當給予學生十五分鐘的時間，要求學生在時間內將類比物與標的物的相似處形成結構性的配對，研究結果指出此項任務對學生而言相當困難，其中 75% 的學生在時間結束前就已經放棄任務或者無法將類比

物與標的物做結構性的配對。Keane 亦指出超過半數的學生能夠指認基礎對應，然而卻只有 25% 的學生能夠指認出複雜對應。而 Blanchette 和 Dunbar (2000) 以大學生為對象，讓學習者自行產生類比進行經濟赤字與債務的介紹，並要求學習者根據標的物的表面與結構性質，儘可能地寫出所想到的類比。儘管學習者寫下許多表面相似或結構相似的不同類比，然而經過一段時間後再給予學習者新的情境，要求學習者利用學過或自行創造的類比來解釋概念時，往往學習者回想的都是表面相似的類比物，只有少數人可以同時指認出表面相似和結構相似之類比物。Blanchette 等人亦進一步指出，若類比物是學習者在理解概念後由自己創造的，則約有 50% 以上的人可以提取結構性的類比，不過這些人通常都是知識網絡較深較複雜的專家。Blanchette 等人的研究結果呼應 Vosniadous 和 Ortony (1989) 的觀點。Vosniadous 和 Ortony (1989) 認為指認類比物和標的物間相似性質的難易程度和學習者本身所擁有的相關知識多寡有關，例如利用地球的表面性質類比月球表面性質時，成年人可以很輕易的指認實心球體是月球與地球的表面相似性質，然而許多兒童認為地球是圓盤狀，而月球是彎月形。對缺乏先備概念的兒童而言，指認地球與月球的表面性質相似處未必是一件容易的事。

Harrison 和 Treagust (1993) 以高中生為對象，利用車輪通過不同粗糙程度材質(紙面與地毯)的現象為類比，進行光的折射概念教學。六位學生在類比學習活動結束後立即接受訪談，而其中只有四位對類比和概念之間關係的解釋與老師所教的內容相同。部份學生認為當車子由紙面進入地毯時會減速且趨於法線，是因為車子選擇了較短的路徑，因此推論當光由空氣進入玻璃時，行進方向會趨近法線是因為此時玻璃提供一個較短的路徑。Harrison 和 Treagust 認為由於學生對於類比物概念不夠熟悉，以至於就算教師利用此類比物進行清楚的講解時，學生也無法利用類比物來推論標的概念而改以直觀推論，造成迷思概念的產生。另外，Mason (1994) 研究顯示當教師以郵差送信的類比向學生介紹血液循環的概念時，學生未必理解教師介紹郵差送信的用意，反而容易從語意學上去尋找兩個類比的失效處，因此學生所指出的失效之處大都非關鍵概念；例如：學生指出血液是由心臟被打出來，但是郵差並不是被郵局打出來而是自行出來。Mason 亦指出許多學童在類比推理中亦可能會做出錯誤的推斷和配對，例如：在利用郵差送件系統類比人體血液循環系統時，有些學生認為郵差為了節省時間，因此當其送完郵件後會直接回到信箱收集信件，而非回到郵局收集信件，由此直觀地推論血液進行肺循環前會直接由身體前往肺臟，不需要回到心臟。Harrison 和 Treagust 以及 Mason 的研究結果皆顯示，若學習者對類比物不夠熟悉，可能會以自己的想法來推論類比物與標的物間的關係，而做出錯誤的推斷與配對，導致迷思概念的形成。因此教師在設計類比學習活動時，必須根據課程屬性做分析並考量學習者的先備知識以及認知能力，且所選擇的類比物必須是學習者所熟悉且理解的。而 Brown、Kane 和 Echols (1986) 則指出若學生被明確要求要利用已學過之類比物與標的物之相似性質的結構配對來推論類似情境，其概念表現會比沒有被明確要求的學生要好。然而當要求後者學生利用已學過的類比物來推論類似情境中的概念時，學生仍可回憶起關鍵配對之內容，顯示學習者已建立類比物與標的物間的配對關係，但在推論類似情境時未察

覺關鍵配對與任務目標間的關連，而將注意力放到其他次要的配對上。

類比雖有助於提升學生在概念理解、連結與回憶新舊概念、加深記憶以及引起學習動機等面向的表現。然而上述研究指出類比未必能全面性地提升學習者對於類比的理解。倘若學習者因對類比物與標的物持有較少的相關概念，造成理解不夠完整，則就算經由討論後仍舊可能無法察覺類比物和標的物間的相關性，甚至無法運用類比來解釋現象。或由於學生對類比物不熟悉，因此在利用類比物對標的概念進行推論時，可能會因為直覺推理猜測而做出錯誤的對應，或對類比物失效之處做出錯誤的推論。此外，有些學習者本身持有足夠的相關概念並能正確地建立關鍵配對，然而在運用類比物推論標的概念時是否能覺察任務的目的，以及對類比物與學習任務間的關連，進而監控類比推理的過程(換言之，即學習者的後設認知能力)，亦可能會影響其類比推理的表現。

以上研究結果皆顯示，由於類比推理是藉由熟悉的概念推論不熟悉的標的概念，因此若學習者對類比物所理解的概念過少，則可能在將類比物與標的物配對的過程中影響其對類比物與標的物相似性質的分辨與對應。又或者學習者已建立類比物和標的物間的配對關係，但在類比推理時未察覺和連結到相關的知識網絡，亦可能造成類比推理的困難。總而言之，(1)學習者本身所持有的相關科學概念多寡以及(2)學生在配對的過程中是否有啟動後設認知策略以察覺關鍵配對處皆可能影響學習者於類比物和標的物性質配對的過程與成果。因此本研究欲進一步分析學習者本身所持有相關科學概念的多寡以及後設認知能力高低，並探討此兩因素與類比推理表現間的關連，以提供實徵證據。

### 第三節 建構比熱與熱平衡概念的困難

熱和溫度有著無法被直接觀察的特性，且概念的呈現方式多半非常抽象且多是理論性質 (Başer, 2006)，而日常生活中學生所能接觸到有關熱的現象非常多，學生常常會整合生活中的經驗，以自己的想法對有關熱的現象加以解釋，然而所形成的解釋往往與科學概念有所不同(Herrington, 2011)。由於熱的概念對學生而言相當抽象而難以理解，因此大部分學生在第一次接觸比熱概念或利用課堂所學有關熱的概念來解決熱平衡的問題時，往往覺得困難而棘手。以下針對學生在學習溫度與熱量、比熱以及熱平衡等概念時之困難處和另有概念成因做進一步整理：

在學習溫度與熱量概念時，有些學生無法明確分辨熱量和溫度的不同，例如學童會使用「熱度」來代表物體冷熱的程度 (Albert, 1978)。而許多國小、國中，甚至高中生認為熱量就是溫度 (Harrison, Grayson & Treagust, 1999)。Erickson 和 Tiberghien (1985)則指出有些學生認為一個物體的溫度和其本身的大小有關，例如：體積較大的冰塊其溫度會高於體積較小的冰塊。

而探討學生對比熱概念理解的研究則指出，國中生常常沒有考慮到比熱的概念或

出現以下幾種解釋，如：只考慮到溫度的差異對物體吸熱、放熱的影響；比熱與熱傳導的概念混淆不清，或不具備比熱概念，認為當提供相等的熱量給質量相同的不同的物質時，它們的溫度改變應該相同(郭重吉，民 80)。Kesidou 和 Duit (1993)探討高一學生有關熱和溫度的概念，其研究結果指出，學生可能認為兩個物體同溫時，會具有相同的熱量或認為不同的物質吸引熱量或本身擁有的熱量不相同。而 Herrington (2011)指出，部份高中生會記憶比熱的定義和利用教師所教的公式( $H = mS\Delta T$ )來計算熱量的改變，然而當進一步以「兩塊質量、初始溫度相同但比熱不同的金屬，同時放入相同水量的杯子中，哪一塊金屬可以讓杯子內的水升溫最高」的問題詢問學生時，學生卻往往無法回答，顯示學生對於比熱的概念並沒有明確的理解，而只是記憶課堂所學的定義及公式，因此當被問及比熱與溫度、熱量間的關係時，學生無法運用已知的概念來推理、回答。

熱平衡的部分，Harrison、Grayson 和 Treagust (1999) 探討高一學生有關熱平衡的另有概念。學生被問到「將鐵釘、麵粉和一碗水放在 60 度的烤箱中加熱幾個小時後，何者溫度較高」，部分學生認為鐵釘的溫度最高，水次之，而麵粉的溫度則最低，學生的解釋為鐵釘會獲得熱量而升溫，水獲得熱量後會在烤箱內達到沸點，但麵粉維持在 60 度。研究結果顯示，學生對於熱平衡的概念並沒有完整的理解，而是利用生活經驗加以解釋，認為金屬加熱後很容易達到高溫，而水加熱後則常達到沸騰的狀態，穀類食品(麵粉)則相對是安全穩定的。其他研究則指出學生常出現以下觀點：認為溫度是一個東西從一物體傳至另一物體，即學生認為熱平衡的過程中，傳遞的是溫度(Duit 和 Kesidou, 1988)，或認為兩個不同溫度的物體接觸時，溫度會由高溫的物體傳向低溫的物體，而熱量多的物體則會將熱量傳給熱量少的物體(郭重吉，民 80)。當兩個不同溫度的物體互相接觸時，在熱的交換中此兩個物體無法達到相同的溫度(Duit 和 Kesidou, 1988)。而另一方面，Herrington (2011)的研究指出，將相同質量不同溫度的鐵片和冰水放置一起達熱平衡後，學生認為兩者會達到熱平衡，然而鐵片和冰水所改變的溫度變化量是相同的。顯示學習者未考量到物體的溫度變化幅度與比熱有關。

由於熱的不易觀察且抽象的本質，加上學生對日常生活現象的個人解釋，以及對溫度、熱量等概念的混淆，皆會造成學生在學習熱的概念時的困難。就算經過教學，學生對於學習熱的概念仍舊感到困難，且形成許多另有概念。本研究在設計類比學習活動時，將參考上述的研究結果，利用學生所熟悉的生活經驗，如：不同底面積的杯子倒入相同水量時，水位高低變化不同，以及連通管兩側的初始水位不同，閥門打開後，兩側水位達成平衡來設計類比學習活動，以說明比熱與熱平衡概念，將抽象的概念以具體化及可視覺化的方式來呈現，以促進學生對於比熱與熱平衡概念的理解。

#### 第四節 後設認知的相關研究

本小節將分為三部分探討:後設認知與自我調節學習的內涵以及後設認知能力的評量方式和後設認知與科學學習之關連。

##### 一、後設認知與自我調節學習的內涵

Flavell (1979) 認為後設認知(metacognition)是一個人對自己的認知歷程、結果所進行的監控與調節以及針對自己的認知歷程與產物所具有的認知知識。Brown (1987) 則指出後設認知是一種個人的知識或信念，指的是個體知道在哪些影響學習因素的交互作用下，會以何種方式影響認知的過程或結果。然而，後設認知、自我調節(self-regulation)以及自我調節學習(self-regulated learning)此三個詞彙常常在教育文獻中出現甚至有時是交替使用(Dinsmore, Alexander, & Loughlin, 2008)。Zimmerman (1986) 認為自我調節學習不是一個心智能力或學業表現的技巧，而是一個自我指示的過程，讓學習者能轉移心智能力到學業的學習技巧上。而Winne (1995) 整理各研究者對自我調節學習的文獻，而提出自我調節學習是指學習者回憶腦海中的資料庫，並利用多種適合的技巧以達成學業上的目標。Pintrich (2000)則認為自我調節學習是指一個積極、建構的過程，使學習者在學習上設立目標並企圖監控、調節和控制學習者的認知、動機、引導和行為。

後設認知以及自我調節學習的內涵方面，Brown (1987)將後設認知分為後設認知知識(cognition of knowledge)以及後設認知能力(regulation of cognition)。其中後設認知知識指的是學習者對於自己的知識與學習方式了解的程度為何。後設認知能力則是指學習者調節自己的學習方式以及調節與監控其所擁有的知識之能力。而Schraw 和 Moshman (1995)則將後設認知能力分為三種成份，包含：計畫(planning)、監控(monitring)和評估(evaluation)。計畫涉及了選擇適當的策略和資源的分配，其成份包含了設定目標、活化相關的背景知識、預估時間等行為；而監控包含了應用必要的自我監控的技巧到控制學習上；而評估是指學習者評估學習過程的產物(Schraw et al., 2006)。典型的評估例子包括：重新評估自己的學習結果或評估問題解決結果是否符合目標。Schraw 等人相信後設認知在學習上扮演重要的角色，因為它能促使個體監控自己當下的知識和技巧的層級、計畫和分配有限的學習資源以及評估自己的學習狀態。Moos 和 Azevedo (2008)則將自我調節學習分為計畫(planning)、監控(monitring)和策略使用(strategy use)三大類。計畫包含了根據目標設定步驟以及資源的分類，如：計畫、根據主目標設立次目標、活化相關的知識、在工作記憶中不斷提醒自己注意目標等行為。而監控則包含了察覺自己的學習狀況、察覺自己對所擁有知識的理解程度、自問自答、監控相關概念、確認使用資訊的正確性、監控目標進展、監控所使用的策略。而策略的使用則包含了選擇新的策略、資訊整合、閱讀相關段落、重新檢視筆記、記憶、自由搜尋、根據目標特定搜尋、下結論、寫備註、使用圖表、重新閱讀、推論、

假設、將知識精緻化、使用註記符號、評估答案是否符合目標等表現。而 Veenman 和 Spaans(2005)則直接將學生於學習任務中所展現的後設認知行為分為以下十四項：(1)完整的閱讀題目敘述、(2)選擇解決問題所需的相關資訊、(3)重述問題的重點、(4)根據問題繪圖、(5)評估可能的結果、(6)在開始解決問題前訂出計畫、(7)按照所計畫的步驟執行、(8)確認計算過程的正確性、(9)依次記下問題解決的步驟、(10)監控問題解決的過程、(11)確認所獲得的答案、(12)下結論、(13)比對答案與問題以及(14)回顧過去所解決過的類似題目。統整以上各學者之觀點，後設認知能力的內涵大多包含：計畫、監控、評估以及策略的使用四大類別。

自我調節的機制方面，Winne (1995)指出，當開始學習任務時，自我調節的學習者會設定一些目標來擴大知識以及維持動機。他們能夠察覺自己知道什麼、相信什麼以及知道運用不同資訊來解決任務會有什麼樣的差異。他們能夠緊扣自己的動機、計畫如何管理任務並察覺可能影響因素間的交互作用。自我調節的學習者能夠依照不同主題的任務，進行以下步驟逐步地解決：(1)尋找以及提取與任務有關的資訊、(2)計畫按照目標努力並監控目標，確認通往目標的途徑是否有偏離、(3)微調或重新形成策略性的計畫來判斷哪個到達目標的途徑會擁有更大的成功機會、(4)以任務的歷程和成果做為回饋來修改自我調節能力的領域知識和信念。而 Pintrich (2000)認為自我調節學習的機制可以分為四個面向包含：計畫、監控、控制以及反思階段。首先在計畫階段，涉及了目標和計畫的設定並活化和任務有關的知識；接著在監控階段，學習者會啟動後設認知以覺察任務的各個面向；接著在控制階段，學習者則會努力地控制和調節資源的使用以及任務和情境的各個面向，最後在反思階段，學習者會根據任務和情境進行反思與修正。

## 二、後設認知能力的評量方式

Winne 和 Petty (2000)整理過去評量自我調節學習的研究，指出現今有關「評量自我調節學習能力」的取向可分為以下兩種觀點：(1)將自我調節學習之能力視為一種穩定的個人特質或信念，或(2)認為個人的自我調節學習表現有情境獨特性，需於學習任務中展現自我調節學習表現的當下來評量。Winne 和 Petty 指出將自我調節學習表現視為一種個人特質或信念的研究者，認為此種個人特質通常會跨越時間、情境與任務而展現出相同程度的傾向，因而可使用自陳量表、訪談等形式來評量學習者在跨越科目、事件中常出現的特質傾向，如：答題結束後是否會檢查答案的對錯。而認為自我調節學習表現需於特定任務中實際展現而進行評量的研究者則認為自我調節學習表現會依著事件、任務而有所不同，因此若要自我調節學習表現，則應給予學生一個特定任務，分析學生在任務中所展現的後設認知能力表現，如：監控解題過程、評估獲得的結果，藉此捕捉情境相依的後設認知表現頻率和品質。而評量工具的形式通常是以放聲思考、事例訪談或觀察課室對話等方式進行，其中課室對話可以在同儕的討論或是師生間對話的當下，評量學習者所展現的後設認知能力(張新仁、邱上真、楊宗仁，

民81；引自王子華，王國華，王瑋龍，和黃世傑，民91)。而放聲思考則是指要求學生以口語方式將其當下思考過程表達出來，研究者再根據學習者當下所展現的後設認知表現的頻率或品質進行評分。

上述文獻分析結果顯示，後設認知與自我調節學習兩詞彙在許多文獻中交互使用，而因此本研究將以後設認知一詞來涵蓋自我調節學習。而後設認知能力的內涵大致可以分成計畫、監控、評估以及策略使用等四個類別。在評量後設認知表現方面，本研究採用三項後設認知評量工具以評量學習者的後設認知能力，其中學習者的後設認知傾向將以一般性後設認知自陳量表和類比過程自陳量表來評量。一般性後設認知自陳量表主要是請學習者根據自己在跨越科目、情境時所展現的後設認知表現，來選擇最符合自己的後設認知表現之描述；而類比過程自陳量表，則是評量學習者進行任務(類比推理)的情境下，根據自己在任務中所展現的後設認知表現選擇最符合自己後設認知表現的描述。為進一步分析學生於類比推理訪談中所展現後設認知表現的動態歷程，做為一個探討後設認知能力如何影響類比推理能力之窗口，因此以半結構式的訪談，要求學習者在類比推理的過程中進行放聲思考，以評量學習者在類比推理過程中所展現的後設認知能力。由於 Veenman 和 Spaans (2005)所提出的後設認知能力多用以分析學習者在問題解決過程中所會使用到的後設認知能力，而 Moos 和 Azevedo (2008)提出的後設認知內涵則原用以分析學生在任務中所展現自發性的自我調節策略和表現，與本研究所探討學習者在類比推理各階段所展現的後設認知能力類別較為貼近，因此本研究在評量學習者於類比推理訪談中所展現的後設認知能力表現時，將參考 Moos 和 Azevedo 的後設認知行為編碼，並加以修改。

### 三、後設認知與科學學習之關連

Mayer (1998)指出後設認知與科學學習具有關連性，認為後設認知技巧的運用涉及學習者在學習的過程中運用既有知識時，會調節與監控各項認知技巧來提升學習成效。Ertmer 和 Newby (1996)則說明自我調節的成分包含計畫、監控和評估。為達到成功的學習，則學習者在開始進行學習任務之前，需根據目標建立計畫，思考學習任務的需求以及評估自己學習上的策略與技巧；接著在執行學習計畫的階段，學習者需確認自己正在進行的行為、並有效地監控認知、動機和使用的策略以確保達成特定的學習目標；最後在完成學習任務後，學習者需評估整個過程和學習成果是否符合原定的學習目標。Blank (2000)嘗試以國一學生為對象，在生態概念的教學上融入以監控能力為主的後設認知教學策略。研究者要求學生針對生態概念陳述自己的想法並藉由同儕間的討論重新檢視自己原有的想法與修正後想法的差異。研究結果顯示，接受融入後設認知教學策略的學習者和未接受融入後設認知教學策略的學習者相較，在生態概念的後測表現上無顯著差異，而前者在延宕測的表現則顯著優於後者，因此Blank推論，這是由於在學習時有融入後設認知策略的組別，對生態概念的理解架構更為完

整，而未融入後設認知策略的對照組則可能以記憶的方式來學習，因此前者的學習成效比起對照組更容易保留至延宕測。Mittlefehldt 和 Grotzer (2003)以國小六年級的學生為對象，在密度與壓力的單元融入以監控和評估為主的後設認知策略進行教學，在教學過程中要求學習者(1)將新舊概念產生連結、(2)針對自己的學習狀況提出問題、(3)反思自己對概念的理解與否、(4)質疑真理或他人的想法以及(5)比較自己與別人的想法有何異同。研究結果顯示，融入後設認知教學策略的學生比起未融入後設認知教學策略的對照組學生更容易透過思考自己對於概念所形成之因果關係的看法是否合理，以對概念間的因果關係達到進一步的理解，也就是說，透過融入後設認知教學策略，能協助學生進行監控及反思自己的學習，而協助概念的理解。其它研究亦有類似的發現，如Georghiades (2006)以五年級學生為對象，在物理概念的教學中融入課室討論、反思報告、利用圖和註釋來說明概念以及進行概念構圖等後設認知活動。研究結果顯示，在非記憶性的問題情境中，融入後設認知活動的組別表現顯著優於沒有融入後設認知活動的組別。研究者推論未融入後設認知活動的組別較容易以記憶的方式學習科學，而當面臨無法利用記憶來處理問題的新情境時，其科學表現就會下降；接受後設認知活動的學習者則因為利用此類後設認知工具來監控學習的過程，因而在新情境中較能使用已建立的知識來解釋類似的概念情境。

學習者所持有的後設認知能力多寡亦可能會影響其對學習任務的情境與條件所做出的自我調節與規畫，影響其在學習前、學習中和學習後的認知行為表現，進而影響其科學學習表現，如 Kaberman 和 Dori (2009)以高三學生為對象，在介紹分子結構的教學中融入問題解決策略的教學。其研究結果指出，主動展現後設認知策略的學生與其同儕相較，更能夠分析問題以及分類問題，並能夠促使學生產生複雜的問題，察覺到自己的認知過程並針對其學習任務做出自我調節與規畫。而 Schoenfeld(1987)探討數學問題解決情境中，不同後設認知能力的學生在解題過程中的差異。研究結果指出，面對問題時後設認知能力較低的學生通常快速地選擇一個解決辦法，並且花大量的時間去執行，較少停下來評估其解決辦法是否符合問題需求；而高後設認知能力的學生卻會花較多的時間在分析問題以及確認自己是否理解問題的意義，且會想出許多解決辦法，並從中找出最適合者。在此過程中，高後設認知能力的學生會評估自己的解決問題過程是否符合問題需求，因此在問題解決上較能澄清問題以及監控自己的問題解決歷程。Azevedo、Cromley 與 Seibert(2004) 探討運用三種不同鷹架模式的學習者其先前知識的多寡和後設認知能力間的關係。研究結果指出，適應性(adaptive scaffolding)鷹架組的學習者在學習生物的循環系統時，能夠藉由活化先前知識、監控自己的學習以及運用特定的搜尋等後設認知能力來調節自己的學習。而固定鷹架(fixed scaffolding)以及沒有使用鷹架(no scaffolding)的學習者，在學習時較沒有效率地啟動後設認知來調節自己的學習。

由上述的實徵研究結果顯示，後設認知能力與學習者的科學學習表現具有關連性，後設認知能夠幫助學習者在學習的過程中監控學習過程，並根據學習任務的性質和本身資源與條件做出適當的自我調節與規畫。不同後設認知能力的學生在學習時，展現

後設認知表現的頻率不同，高後設認知能力或接受後設認知學習策略的學生，在學習時較能計畫以及監控自己的學習過程，而低後設認知能力的學習者在學習過程中則較少出現監控以及計畫等後設認知能力表現，常以記憶的方式來學習科學。

#### 四、後設認知與類比學習的關連

Büchel (2000) 整理相關類比推理研究後指出後設認知和類比推理具關聯性，認為類比推理中可能包含計畫、執行和監控等後設認知的成分。Mason (1994)以國小五年級的學生為對象，以類比進行血液循環概念的教學。其研究結果指出學習者對類比內容的理解和察覺到類比的目的與意義之程度(後設認知覺察)兩者間呈高度相關，也就是說學習者越能察覺學習類比的目的，越能理解類比的法則與意義。這顯示出當教師將類比介紹給學生去刺激學生改變他們的概念時，學生必須深度察覺學習和使用類比的目的。而Mason亦指出具有較高後設認知能力的學生，在類比推理時能呈現出高度監控的後設概念化反思，此後設認知能力能夠幫助學習者察覺標的物和類比物間的相似處，並清楚地將類比物的相似處推論到標的物，因此在使用類比上高後設認知的學習者更能夠監控和調節自己的學習。Gary、Pillinger 及 Wood (2009)以大學生為對象，進行提升類比推理表現的研究。研究結果指出，只有42%的學生能夠主動覺察類比物與標的物間複雜結構的相似處，而較不佳的類比推理表現則和學習者未能主動覺察所形成的類比推論有關。Gary等人推論類比推理能力和學習者是否覺察到自己推理的過程有關，並進一步對學習者於類比推理時所展現的後設認知行為表現進行分析，其結果顯示某些高後設認知表現的成分，例如：計畫、監控、評估、反思將會導致較高階的類比推理表現。而Cheshire等人 (2005)以六到七歲的兒童為對象探討後設認知表現和類比推理技巧的關聯，Cheshire等人提供不同的後設認知策略，並據此將學生分為：(1)只有針對答案進行自我解釋、(2)只有教師給予回饋沒有要求學生針對答案進行自我解釋、(3)教師給予回饋並要求學生針對答案進行自我解釋、(4)操作以及(5)對照組等五組，並進行七次的類比推理單元活動以及類比推理問題。研究結果顯示，所有組別在的第一次的類比推理問題表現無顯著差異，然而比較第二至七次的類比推理問題結果，顯示教師給予回饋並要求學生針對答案進行自我解釋的組別在類比推理表現顯著優於其他組的學生，而只有針對答案進行自我解釋的組別在配對錯誤率高於其他組別。研究者認為學習者起初選用其知覺到的特點進行配對，然而這些配對都是錯誤的，但是當學習者思考教師給予的回饋並根據回饋進行自我解釋後，在下次的單元則改用關係(relation)而非原先所選用的特點進行配對，因此其配對的錯誤率逐漸下降。Cheshire等人認為教師的回饋可能會鼓勵學生反思自己的答案是否有誤，並思考答案錯誤的原因以促使學生常常反思答案是否合理，而逐漸的提升學生在類比推理學習上的後設認知表現，也就是說，若學生在類比推理過程中能啟動後設認知策略監控並反思類比推理的配對是否合理，則會提升其類比推理的表現。Cheshire等人亦認為此項研究結果支持了Gentner (1989)的類比推理機制中的"關係轉移(relational-shift)"的推理

(例如:關注於指認和配對因果關係)和後設認知能力間有緊密關聯的假設。

從上述文獻可知，後設認知能力表現與類比推理能力有正向關連。其中，高後設認知能力的學生較能夠監控及反思類比推理的過程而得到較好的類比推理表現，而低後設認知能力的學生在類比推理的過程中較缺少後設認知表現，而影響類比推理的結果。類比推理過程中，學習者可能會展現以下的後設認知成分:計畫(planning)、執行(executive)、確認(checking)，例如:學生可能會分析類比物和標的物中欲配對之處，也就是學生會針對類比物和標的物做工作分析，並從中建立最合適的計畫並執行計畫和評估類比物和標的物相似處的配對結果(Cheshire, et al., 2005)，或監控自己的答案，提出質疑並檢示答案是否回應原先問題(Büchel, 2000)。

根據以上研究結果推論，若學生在進行類比推理之前能夠根據目標訂出計畫，並列出類比物與標的物相似處，接著在將類比物與標的物相似處配對的執行階段能夠監控配對的歷程(Cheshire et al., 2005)，甚至在此階段中根據個人以及任務的特質，選用適合自己的策略以幫助類比推理的流暢性，最後根據目標，評估類比物與標的物所有配對之處是否吻合，則可能提升類比推理之成效，反之，若學習者在類比推理的某階段未能適當地運用後設認知能力，則可能有損類比推理之表現。然而過去的文獻少有實徵研究探討後設認知能力如何影響類比推理能力，因此本研究將比較後設認知能力表現較佳和較弱之學生所展現之類比推理表現有何差異，以進一步探討後設認知能力如何影響學習者的類比推理表現。

### 第三章 研究方法

本研究以比熱與熱平衡為主題設計結構相似類比，以探討學習者的後設認知表現與其類比推理表現的關係。本章共分為五節，依本研究的研究對象、研究設計與流程、教學設計、研究工具和資料蒐集與分析，分別進行詳細的說明。

#### 第一節 研究對象

本研究是以高雄市某國中二年級的學生為研究對象，以便利取樣的方式，採用四個常態編班的班級，學生人數共 109 人，全體學生皆進行比熱與熱平衡的類比學習活動。學生皆已於九十九年度上學期接受比熱與熱平衡單元學習，而本研究於該學年度的下學期進行。

為了檢視四個班級的學生在接受類比學習活動前所持有的比熱和熱平衡之相關概念多寡是否有顯著差異，以四個班級的學生所填寫之比熱與熱平衡概念測驗前測成績進行單因子變異數分析(ANOVA)檢定，分析如表 3-1-1 與 3-1-2 所示。

表 3-1-1 全體學生比熱與熱平衡概念測驗前測成績敘述性統計

|        | A班       |           | B班       |           | C班       |           | D班       |           |
|--------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|
|        | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| 概念測驗前測 | 8.17     | 4.23      | 8.86     | 3.49      | 8.92     | 4.01      | 8.09     | 3.38      |

註：N=109

表 3-1-2 全體學生比熱與熱平衡概念前測成績差異檢定摘要表

| 變異來源 | <i>SS</i> | <i>df</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>p</i> |
|------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| 組間   | 16.08     | 3         | 5.36      | .38      | .77      |
| 組內   | 1491.03   | 105       | 14.20     |          |          |
| 總和   | 1507.11   | 108       |           |          |          |

單因子變異數分析結果顯示，四個班級的學生於比熱與熱平衡概念測驗之前測成績皆未達顯著差異，表示四個班級的學生沒有顯著差異。

## 第二節 研究設計與流程

本研究採用質量混合設計，以國中二年級四個班級學生為對象，進行比熱、熱平衡的類比學習活動，並探討學習者的後設認知能力與其類比推理表現間的關聯。研究流程分為兩階段：

第一階段以全體學生為對象，進行一般性後設認知自陳量表，將學生依後設認知表現分為高、中、低三組，以比熱和熱平衡單元的類比推理測驗後測和追蹤測表現，分析敘述性統計結果(研究問題一)。並以後設認知表現分組為自變項，比熱和熱平衡概念前測為共變項，以及比熱和熱平衡類比回憶問題表現為依變項，進行單因子共變數分析，以探討具有不同後設認知能力的學生在接受比熱與熱平衡類比學習活動後，其類比回憶問題表現(研究問題二)是否有差異。

第二階段則於教學結束後一週，依學習者於一般性後設自陳量表的總分做排序，並將全體學生分為後設認知能力高、中、低三組，並於各班之後設認知高、中、低三組各抽取 2 名學生，每個班級共 6 名，四個班級共 24 名(即高、中、低各 6 名)進行比熱與熱平衡類比推理訪談，進一步分析學生訪談中所展現的類比推理能力和後設認知能力，並以質性方式探討後設認知能力和類比推理能力間的關聯(研究問題三)。然而進行比熱類比推理訪談時，24 名學生中有 3 名學生(皆是低後設認知組)對比熱概念理解不完全，對類比物的情境也不理解，因此當訪談者在訪談時，即使現場教學類比物與標的物的配對後，三名學生仍舊無法指認任一基礎對應，因此該三名學生並未完成類比訪談亦未納入資料分析，總計 24 名中只有 21 名學生完成比熱類比推理訪談；而在熱平衡類比推理訪談時，除了前述三名學生外，另有三名學生(皆屬於低後設認知組)，對概念以及連通管的類比物情境不理解，並表示不願意再進行訪談，因此 24 名中只有 18 名學生完成熱平衡類比推理訪談。由於流失的學生樣本皆屬於低後設認知組的學生，因此在分析質性訪談資料的分析而將高、中、低三組的重新分組時，可能部分有屬於中低後設認知分組之學生被納入低後設認知組，因而影響各組表現之詮釋。因此在訪談中的後設認知能力分組可能會被分類到中能力之組別。本研究架構與流程圖如 3-2-1 所示。

### 階段一

1. 全體學生進行類比學習活動前測驗(包含比熱與熱平衡概念測驗前測、一般性後設認知自陳量表)。
2. 四個班級的學生分別接受由研究者所教授的比熱與熱平衡之類比對應學習活動(各兩節課，共四節課)，並分別於各主題的類比學習活動結束後，於課堂中立即完成該單元之類比回憶問題
3. 各班全體學生於類比學習活動結束後一週，進行比熱與熱平衡概念測驗後測;並於類比學習活動結束後四週完成概念延宕測驗。

## 階段二

類比學習活動結束後一週，以階段一「一般性後設認知自陳量表」的總分做排序，以及為全體學生之後設認知能力分組依據，分為高、中、低三組進行抽樣(每個班級抽取高、中、低後設認知能力組各兩名，四個班級共抽樣 24 名)和類比推理訪談，進一步分析受訪者於訪談過程中所展現的後設認知能力與類比推理能力。

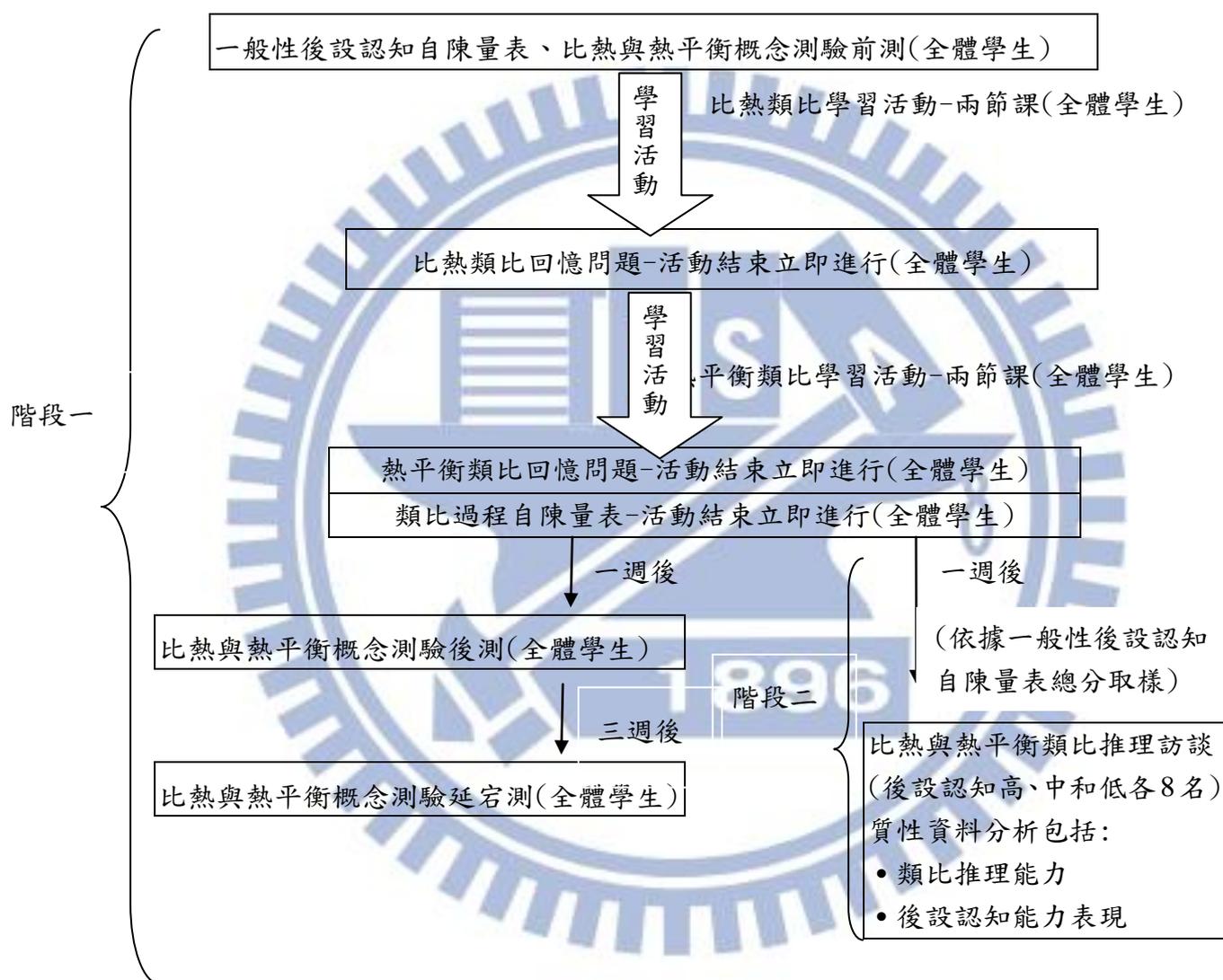


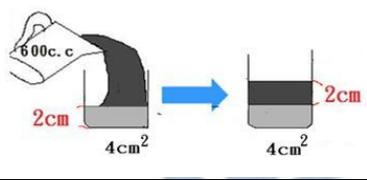
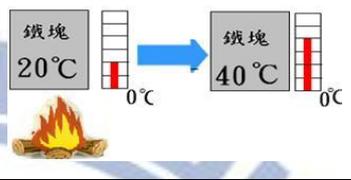
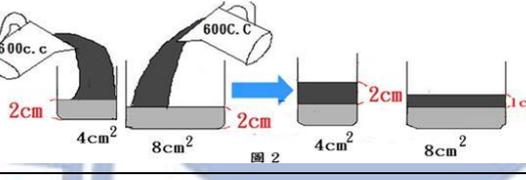
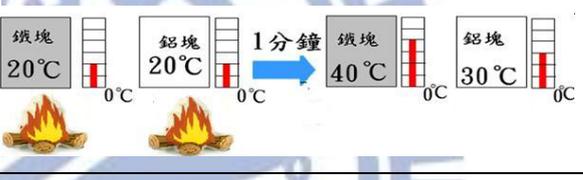
圖3-2-1 研究架構與流程圖

### 第三節 教學設計

因此本研究以九十九學年度南一版自然與生活科技第五單元--(冷暖大地)中的比熱與熱平衡為主題，分別設計結構相似之類比物，並搭配 TWA 教學模式進行四節課的類比學習活動(比熱、熱平衡各兩節)，進一步以探討具備不同後設認知能力的學習者在接受比熱與熱平衡主題的類比學習活動後，其概念和類比推理學習成果是否會有差異。類比設計上，研究者以【杯子截面積】的類比來介紹比熱的概念，利用「不同截面積大小的杯子獲得相同水量時，水位上升的幅度不同」來類比「不同比熱大小的物質獲得相同熱量時，溫度上升的幅度不同」。

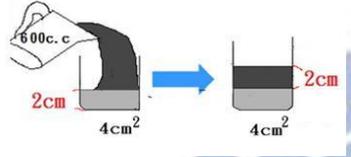
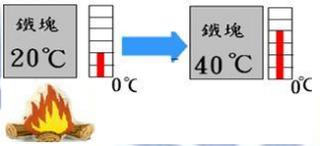
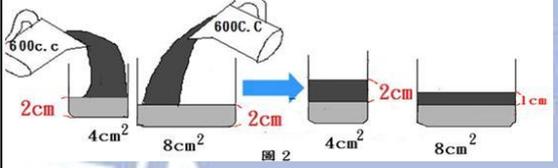
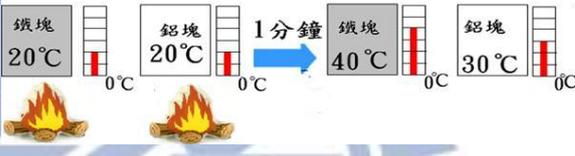
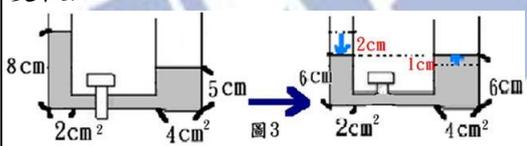
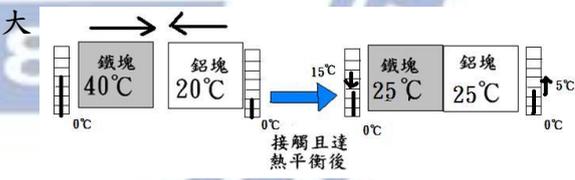
其中類比物與標的物間相似處之對應關係的複雜程度又根據(Mason, 1994)的分類分為基礎對應與複雜對應，基礎對應是指只有單一要素的對應，而複雜對應則是指兩個以上要素間關係的對應。比熱概念於基礎的對應上，以「加水獲得水量」來類比「加熱獲得熱量」、利用「水位的高低」來類比「溫度的高低」、「有的杯子截面積大，有的杯子截面積小」來類比「有的物質比熱大，有的物質比熱小」。而在複雜對應的部份則是利用「獲得水量，則水位上升」來類比標的概念中的「獲得熱量，則溫度上升」的結構關係，以及利用「獲得相同水量，截面積大者水位上升幅度小，而截面積小者水位上升幅度大」來類比「獲得相同熱量，比熱大者溫度上升幅度小，而比熱小者溫度上升幅度大」的結構關係。而類比與標的概念失效處之項目則包括「熱是一種能量，而水是一種物質」、「比熱不會隨著物體外型而改變，但是截面積卻會隨著物體外型而改變」以及「物體的質量在此處無法對應」。【杯子截面積】類比物和標的物的對應性質整理如表 3-3-1

表 3-3-1 【杯子截面積】類比物與標的物性質對應表

| Analogy(類比) |  | Target(標的概念)  |
|-------------|--|---|
| 基礎對應        | 加水獲得水量   | 加熱獲得熱量  |
|             | 水位高低   | 溫度高低  |
|             | 有的杯子截面積大，有的杯子截面積小  | 有的物質比熱大，有的物質比熱小   |
| 複雜對應        | 獲得水量，水位上升<br>                             | 獲得熱量，溫度上升<br>                           |
|             | 獲得相同水量，截面積大者水位上升幅度較小，而截面積小者水位上升幅度較大。<br> | 獲得相同熱量，比熱大者溫度上升幅度較小，而比熱小者溫度上升幅度較大。<br> |
| 失效處         | 熱是一種能量，而水是一種物質<br>比熱不會隨著物體外型而改變，但截面積卻會隨著物體外型而改變<br>物體的質量在此處無法對應  |   |

研究者另以【連通管】的類比來介紹熱平衡的概念，利用「兩端水位不同的連通管閥門打開後，水由水位高的杯子流向水位低的杯子」來類比「兩個溫度不同的物體相互接觸後，熱量由溫度高的物體流向溫度低的物體」。其中包含了【杯子截面積】類比中所有的基礎與複雜對應的部份。而熱平衡概念於基礎的對應上除了包含比熱概念和【杯子截面積】類比的基礎對應項目外，還有以「打開連通管的閥門」來類比「兩物體接觸」。在複雜對應的部份除比熱概念和【杯子截面積】類比所具備的複雜對應項目外，亦利用「連通管的閥門打開後，水由水位高的一端流向水位低的一端，直到水位平衡」來類比「當兩物體相接觸時，熱量由溫度高的一端流向溫度低的一端，直到溫度平衡」以及利用「失去與獲得的水量相同，截面積大者，其水位變化幅度較小」來類比「失去與獲得的熱量相同，比熱大者，其溫度變化幅度較小」的結構關係。而類比與標的概念失效處之項目則包括「熱是一種能量，而水是一種物質」、「比熱不會隨著物體外型而改變，但是截面積卻會隨著物體外型而改變」以及「物體的質量在此處無法對應」。【連通管】類比物和標的物的對應性質整理如表 3-3-2

表 3-3-2 【連通管】 類比物與標的物性質對應表

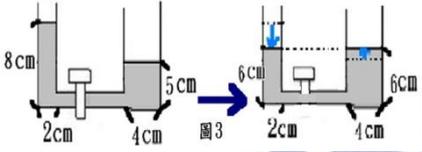
| Analogy(類比) |   | Target(標的概念)  |
|-------------|---|---|
| 基礎對應        | 加水獲得水量  | 加熱獲得熱量  |
|             | 水位高低  | 溫度高低  |
|             | 有的杯子截面積大，有的杯子截面積小   | 有的物質比熱大，有的物質比熱小   |
|             | 打開連通管的閘門  | 兩物體接觸   |
| 複雜對應        | 獲得水量，水位上升<br>                                  | 獲得熱量，溫度上升<br>                               |
|             | 獲得相同水量，截面積大者水位上升幅度較小，而截面積小者水位上升幅度較大。<br>      | 獲得相同熱量，比熱大者溫度上升幅度較小，而比熱小者溫度上升幅度較大。<br>      |
|             | 連通管的閘門打開後，水由水位高的一端流向水位低的一端，直到水位平衡   | 當兩物體相接觸時，熱量由溫度高的一端流向溫度低的一端，直到溫度平衡   |
|             | 失去與獲得相同的水量，截面積大者水位上升幅度較小，而截面積小者水位上升幅度較大。<br> | 失去與獲得相同的熱量，比熱大者溫度上升幅度較小，而比熱小者溫度上升幅度較大<br> |
| 失效處         | 熱是一種能量，而水是一種物質  |   |
|             | 比熱不會隨著物體外型而改變，但截面積卻會隨著物體外型而改變   |   |
|             | 物體的質量在此處無法對應  |   |

以上所設計對應比熱與熱平衡概念的結構相似類比【杯子截面積】、【連通管】，搭配 TWA 教學模式進行教學。比熱和熱平衡的類比學習活動引導和 TWA 教學步驟的對應則分別呈現於表 3-3-3 及表 3-3-4(詳細的教學流程請見附錄一)。

表 3-3-3 比熱的類比學習活動引導

| 比熱類比學習活動  | TWA 類比教學步驟           |
|---|----------------------|
| 1.教師利用夏天赤腳走在海灘的情境，喚起比熱的相關概念(比熱的意義、溫度、熱量)。   | (1).介紹標的物概念          |
| 2.教師引出日常生活中，利用不同水杯倒水的情境並引導學生觀察與比較截面積不同的杯子，倒入相同水量時水位上升幅度的差異  | (2).存取與類比物相關的概念      |
| 3.教師利用「比熱情境」對照「杯子截面積情境的類比之投影片協助學生比較類比物與標的物間的對應性。  | (3).比較標的物和類比物間特性的對應性 |
| 4.教師協助學生指認出類比物與標的物之相似性質，包括：<br>a.利用「加水獲得水量」類比「加熱獲得熱量」<br>b.利用「水位高低」類比「溫度高低」<br>c.利用「有的杯子截面積大，有的杯子截面積小」來類比「有的物質比熱大，有的物質比熱小」。                         | (4).指認類比物與標的物間相似的特性  |
| 5.教師協助學生利用類比物來推論標的物概念，以解釋比熱的現象，包括：<br>a.「獲得水量，水位上升」來類比「獲得熱量，溫度上升」<br>b.「獲得相同水量，截面積大者水位上升幅度較小，而截面積小者水位上升幅度較大」來類比「獲得相同熱量，比熱大者溫度上升幅度較小，而比熱小者溫度上升幅度較大」。 | (5).依據概念得到結論         |
| 6.教師說明並指認出類比物無法解釋比熱概念之處，包括：<br>a.熱是一種能量，而水是一種物質<br>b.比熱不會隨著物體外型而改變，但截面積卻會隨著物體外型而改變<br>c.物體的質量在此處無法對應  | (6).指出類比何時失效         |

表 3-3-4 熱平衡的類比學習引導

| 熱平衡類比學習活動   | TWA 類比教學步驟           |
|---|----------------------|
| 1.教師利用生活中量體溫的情境-喚起熱平衡相關概念<br>(熱平衡的意義)   | (1).介紹標的物概念          |
| 2.教師引導學生觀察打開連通管的閥門，水位的高低變化和水流流向的關係<br><br>   | (2).存取與類比物相關的概念      |
| 3.教師利用「熱平衡情境」對照「連通管情境」的類比之投影片協助學生比較類比物與標的物間的對應性   | (3).比較標的物和類比物間特性的對應性 |
| 4.教師協助學生指認類比物與標的物之相似性質，包括：<br>a.利用「加水獲得水量」類比「加熱獲得熱量」<br>b.利用「水位高低」類比「溫度高低」<br>c.利用「有的杯子截面積大，有的杯子截面積小」來類比「有的物質比熱大，有的物質比熱小」。<br>d.利用「打開閥門」類比「兩物體接觸」   | (4).指認類比物與標的物間相似的特性  |
| 5.<br>①教師協助學生以類比物推論標的物概念來解釋熱平衡的現象<br>a.「連通管的閥門打開後，水由水位高的一端流向水位低的一端，直到水位平衡」類比「當兩物體相接觸時，熱量由溫度高的一端流向溫度低的一端，直到溫度平衡」<br>b.「失去與獲得相同的水量，但截面積較大者，水位變化幅度較小」類比「失去與獲得相同的熱量，但比熱較大者，溫度變化幅度較小」<br>②並引導學生觀察與比較三種不同連通管的情形(截面積大傳給截面積小、截面積小傳給截面積大、截面積相同)來推論相同或不同比熱的兩物體在不同情況下(比熱大傳給比熱小、比熱小傳給比熱大、比熱相同)，達熱平衡時的溫度變化是否相同 | (5).依據概念得到結論         |
| 6.教師說明並指認出類比物無法解釋熱平衡概念之處，包括：<br>a.熱是一種能量，而水是一種物質<br>b.比熱不會隨著物體外型而改變，但截面積卻會隨著物體外型而改變<br>c.物體的質量在此處無法對應   | (6).指出類比何時失效         |

依序完成比熱和熱平衡的類比學習活動後，教師藉由回顧所有基礎與複雜對應來引導學生對類比物推論標的概念做出總結，並引導學生在各主題(比熱、熱平衡)的類比學習活動結束後，參考教師示範的類比推理過程立即進行兩小題的類比回憶問題(比熱和熱平衡各一小題，總計兩題)，以提供學生利用課堂中所學習的類比物來思考和說明的練習機會(詳細之工具設計將於本章第四小節研究工具說明)。

#### 第四節 研究工具

為了了解學生後設認知能力與類比推理能力及結果是否有關連，本研究在階段一採用四個研究工具，分別為：比熱與熱平衡概念測驗、一般性後設認知自陳量表、類比過程自陳量表以及比熱與熱平衡類比回憶問題。階段二則使用比熱與熱平衡類比訪談以分析學生在類比推理過程中所展現的後設認知能力和類比推理能力，並進一步探討後設認知能力對類比推理能力的影響。研究工具分別描述如下：

##### 一、比熱與熱平衡概念測驗：

本研究目的之一是探討具有不同後設認知能力的學生(後設認知能力的評量請見下段一般性後設認知自陳量表之說明)經由結構相似的類比學習活動後，其在比熱與熱平衡的概念上是否有差異存在。研究者依課程內容編制概念診斷試題進行紙本測驗，共計 20 題。試題範例如下(完整試題內容詳見附錄二)：

1. ( )三個相同質量的不同物體 A、B、C。溫度皆為  $100^{\circ}\text{C}$ 。若將 A、B、C 三個物質放在桌上 1 小時達熱平衡後，何者失去的熱量最多?  
(A 的比熱  $0.1$  卡/克 $\cdot^{\circ}\text{C}$ ;B 的比熱  $0.3$  卡/克 $\cdot^{\circ}\text{C}$ ;C 的比熱  $0.7$  卡/克 $\cdot^{\circ}\text{C}$ )  
(A) A  
(B) B  
(C) C  
(D) 一樣多

本測驗進行類比學習活動前、和活動後一週施測，並於活動後四週實施延宕測驗。由於測驗施測的時間為早自修期間，因此有部分的學生因參與公共事務或因個人因素未能完成前、後或延宕測驗。教學前總計有 109 名學生參與前測，教學結束後一週，完成後測之人數為 95 人，教學四週後完成延宕測之人數為 88 人。計分方式為答對一題給一分，共計二十分。由於少部分的學生在作答時於部分題目出現漏答情形，研究者針對遺漏值(missing data)以填入該題之平均數的方式進行處理。本測驗題目和兩位國中自然與生活科技老師與一位科學教育專家共同編製與檢驗，具有專家效度。研究者亦以測驗題目訪談三名國中學生，以確認學習者對題目敘述的理解程度，以求構念效度(construct validity)。整體試卷的前、後和延宕測信度(Cronbach's  $\alpha$  值)分別為 0.77、0.79 和 0.80。

## 二、一般性後設認知自陳量表

為了評量學習者的後設認知能力傾向高、低以做為研究問題一的分組依據，研究者採用 Howard、McGee、Shia 和 Hong (2000)所發展之後設認知量表中譯版，請學習者閱讀有關後設認知行為表現之敘述，並根據該題的描述，判斷並圈選符合本身狀況的選項，來評量學習者自陳在科學學習與問題解決時所展現的後設認知表現傾向。此問卷總計有三十三題(含兩題偵錯題，如附錄三的第 14 題以及第 26 題)，採李克特式(Likert scale)五點量表設計，其中一題為反向題和兩題偵錯題。本自陳量表的引導語以及試題範例如下(詳見附錄三)：

### 引導語

當你在回答下列問題時，回想一下你在解決一個困難的理化問題時的過程，並從選項中圈選一個你覺得最符合自己狀況的選項。例如，當題目問你：「在學習時，我會問我自己我是否達到我的目標」，如果你覺得在學習時，有 50%的時間會問你自己是否達到你的目標，請將「C (有時候)」圈起來。

| 題 目                  | 從<br>來<br>沒<br>有 | 偶<br>爾<br>或<br>不<br>常 | 有<br>時<br>候 | 常<br>常<br>或<br>經<br>常 | 總<br>是 |
|----------------------|------------------|-----------------------|-------------|-----------------------|--------|
| 在學習時，我會問我自己我是否達到我的目標 | A                | B                     | C           | D                     | E      |

### 試題範例

| 題 目                        | 從<br>來<br>沒<br>有 | 偶<br>爾<br>或<br>不<br>常 | 有<br>時<br>候 | 常<br>常<br>或<br>經<br>常 | 總<br>是 |
|----------------------------|------------------|-----------------------|-------------|-----------------------|--------|
| 1. 我會試著去了解問題在問我什麼。         | A                | B                     | C           | D                     | E      |
| 2. 我會回去再看一遍題目，來檢查我的答案是否合理。 | A                | B                     | C           | D                     | E      |

量表的計分方式以「從來沒有」為一分，「偶爾或不常」為兩分，「有時候」為三分，「常常或經常」為四分，「總是」則為五分，反向題則為反向計分，合計總分為 155 分，總分分數越高者表示後設認知能力越高，反之則表示後設認知能力越低，於偵錯題答錯之間卷視為無效問卷，而有效問卷之部分題目出現漏答情形，研究者針對遺漏值(missing data)以填入該題之平均數的方式進行處理。此中譯版問卷曾以 114 位國一學生進行測驗，Cronbach's  $\alpha$  值為 0.93。而於本研究樣本( $N=81$ )施測時 Cronbach's  $\alpha$  值為 0.95。

### 三、類比過程自陳量表

學習者在閱讀一般性後設認知自陳量表的題項敘述時，多被引導而回想和自陳一般學習情況下的後設認知表現傾向，而非針對一特定情境(如類比回憶)進行判斷。Winne (2004)指出，當後設認知自陳量表所引導的情境不同，學習者所展現的後設認知表現傾向亦會隨情境而變。因此學習者於一般性後設認知自陳量表的表現未必能代表其在類比推理過程中的後設認知表現傾向。因此研究者設計此類比過程自陳量表，於熱平衡類比回憶問題結束後立即進行填寫，學習者閱讀有關的後設認知行為表現之敘述，並根據該題的描述，判斷並圈選符合本身狀況的選項，來評量學習者自陳回憶課堂間所學習的熱平衡類比，進行熱平衡類比回憶問題中所展現之後設認知表現傾向，以做為分析類比回憶問題時的後設認知能力分組之參考依據。此問卷總計有 14 題，採李克特式(Likert scale)五點量表設計。本自陳量表的引導語以及試題範例如下(詳見附錄四)：

以下問題，請根據剛剛你解題的「真實」情況填寫。注意，是要依照剛剛討論的情形填寫，而不是填寫理想狀況喔！請將較符合你剛剛的情況圈起來。

範例：

解題時，我有確認我每個思考步驟是否正確。

|                  |      |
|------------------|------|
| 沒有確認             | 仔細確認 |
| 1    2    3    4 | 5    |

|   |                                       |      |             |         |        |
|---|---------------------------------------|------|-------------|---------|--------|
| 1 | 在閱讀題目和解決問題時，我會分析問題，判斷回答這個問題時，我會需要哪些資訊 | 沒有分析 | 1    2    3 | 仔細分析和判斷 | 4    5 |
| 2 | 在回答上述三個問題時，我有仔細回想所學過有關「熱平衡」的概念        | 沒有回想 | 1    2    3 | 仔細回想    | 4    5 |
| 3 | 我有確認我在思考時，每一個推理的步驟都是正確的               | 沒有確認 | 1    2    3 | 仔細確認    | 4    5 |

量表的計分方式以「1」為一分，「5」為五分，依此類推，合計共 70 分，總分越高者表示在類比回憶的情境下後設認知能力越高，反之則表示後設認知能力越低。研究者亦利用本量表題目訪談三名國中學生，確認學習者對题目的理解程度，以求構念效度(construct validity)。於本研究樣本(N=83)施測時 Cronbach's  $\alpha$  值為 0.92。

#### 四、比熱與熱平衡類比回憶問題

本研究目的之二為探討具有不同後設認知能力的學生(後設認知能力的評量請見上段類比過程自陳量表之說明)，在接受比熱與熱平衡類比學習活動後，其回憶課堂間所學過的類比進行類比推理的成果有何差異。因此本測驗編製時，針對比熱和熱平衡分別設計一個與課堂練習題情境相似之題目，提供學生利用課堂中所學習的類比物來思考和說明的練習機會，並用來判斷學生是否能運用所學過的類比進行類比推理，其中學生必須先進行類比回憶，回憶課堂間所學習過的所有基礎與複雜對應，並將之與題目訊息做對應後，再進行類比推理以回答問題。本測驗於比熱和熱平衡類比學習活動結束即分別進行，請學生於學習單上做答。教師的引導方式以及比熱與熱平衡題

目如下所示：

1. 引導語：請先跟著老師回想一下剛剛所學過的杯子截面積的比喻，並利用杯子截面積的比喻來說明以下題目的答案。
2. 教師引導回想所學過的類比以及類比推理過程
3. 提出範例問題：若甲的比熱大於乙的比熱，則給予相同熱量何者溫度上升較高？
4. 教師示範利用類比進行推理之過程：「甲的比熱大於乙的比熱就好像大杯子的截面積比小杯子的截面積大，給予相同熱量就好像給他們相同水量。則小杯子獲得相同水量，水位上升較高，就好像比熱小的物體獲得相同熱量，溫度上升較高一樣。因此我們可以知道給予相同熱量時，乙溫度上升較高。」

類比回憶問題(此問題情境，與教師教學中的課堂練習題情境相似，詳細課堂練習題請見 p84)

#### 【比熱】

1. 如果把 10g 的沙和 10g 的水,放到烤箱中加熱 5 分鐘,則沙和水哪個上升的溫度會比較高?哪個獲得的熱量會比較多?

#### 【熱平衡】

2. 有兩個溫度不同的物體,當兩物體接觸時,溫度高的物體會將熱量傳送給溫度低的物體,推理看看如果甲物體的溫度比乙物體高,兩者接觸後達到熱平衡時,降低的溫度會等於升高的溫度嗎?

評分方式則參考 Mason (1994)所提出的方式,依據學生作答中所指出的基礎與複雜對應數目(無須指認失效之處),做為類比回憶成果的評分。比熱和熱平衡兩個問題合併計分,總計 14 分。在比熱方面,學習者若運用三處基礎對應和二處複雜對應進行推理,則每運用一處對應得一分,且需基礎對應全對才給予複雜對應的分數,總計五分,如圖 3-4-1 所示,某生能利用圖形呈現出「比熱大的水」對應「底面積大的杯子」以及「比熱小的沙子」對應「底面積小的杯子」、「獲得相同熱量」對應「獲得相同水量」以及「溫度高低對應水位高低」等三處的基礎對應,並能呈現出「獲得水量水位上升」對應「獲得熱量溫度上升」,以及最後呈現出雖然「獲得的水量相同,但底面積大者所上升的水位較低」對應「獲得的熱量相同,但比熱大者所上升的溫度較低」,則該生可獲得五分。而在熱平衡方面,若運用五處基礎對應和四處複雜對應進行推理,則每運用一處對應得一分,且需基礎對應全對才能給與複雜對應的分數,總計九分。(比熱類比回憶問題表現之基礎和複雜對應評分表如表 3-4-1 所示)

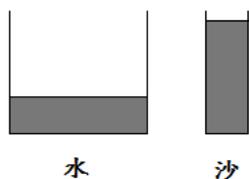


圖3-4-1 學生的類比推理問題答案舉例

3-4-1 比熱類比回憶問題表現之基礎和複雜對應評分表

|      | 比熱  | 熱平衡   |
|------|---|---|
| 基礎對應 | B1.指出獲得水量對應獲得熱量(加熱)   | B1.指出打開閥門對應兩物體相接觸   |
|      | B2.指出水位的高低對應溫度的高低   | B2.指出水流對應熱的傳遞   |
|      | B3.指出比熱大的物質對應底面積大的杯子，以及比熱小的物質對應底面積小的杯子                                | B3.指出獲得水量對應獲得熱量，以及失去水量對應失去熱量                                      |
|      |   | B4.指出水位的高低對應溫度的高低   |
|      |   | B5.指出比熱大的物質對應底面積大的杯子，以及比熱小的物質對應底面積小的杯子                            |
| 複雜對應 | C I.指出獲得水量，水位上升對應獲得熱量溫度上升。<br><br>C II. 能夠指出，雖然上升的水位相同，但底面積大者，所需的水量較多 | C I. 水由水位高流向水位低對應熱由溫度高流向溫度低                                       |
|      |   | C II. 指出獲得水量，水位上升對應獲得熱量溫度上升。以及指出失去水量，水位下降對應失去熱量溫度下降               |
|      |   | C III. 指出失去的水量等於獲得的水量，對應失去的熱量等於獲得的熱量                              |
|      |   | C IV. 指出失去與獲得相同的水量，但水位幅度變化小者，底面積較大，對應到指出失去與獲得相同的熱量，但溫度幅度變化小者，比熱較大 |

## 五、類比推理訪談：

本研究問題三為深入分析不同後設認知能力表現之學生於類比推理訪談的類比推理歷程，以質性方式分析其所展現的類比推理能力以及後設認知能力，以進一步說明類比推理過程中，不同後設認知能力表現對類比推理結果之影響。研究者根據學生所學習過的類比，設計與課堂練習問題相似的類比推理訪談問題，比熱、熱平衡各一題。訪談問題舉例如下(引導語和完整問題詳見附錄五):

相同質量的甲、乙兩物質，甲的比熱是  $0.1\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$ ，乙的比熱  $0.3\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$ 。加熱後甲從  $30^{\circ}\text{C}$  升溫到  $40^{\circ}\text{C}$ ，而乙從  $60^{\circ}\text{C}$  升溫到  $70^{\circ}\text{C}$ ，則甲、乙兩者何者需要較多的熱量？

訪談中請學生利用所學過的類比回答問題並放聲思考，並進行錄影與錄音，訪談錄影轉為逐字稿，以分析學生的類比推理能力和後設認知能力的表現，類比推理能力和後設認知能力的編碼和評分方式分別說明如下：

### 1. 類比推理能力的編碼和評分

在類比推理能力等級編碼方面，Mason(1994)提出以學生能夠指出獨立性質同時又能指出複雜的結構關係的能力來進行類比推理能力分級，本研究將Mason所指的獨立性質稱做基礎對應，複雜的結構關係則稱做複雜對應，並採用Mason提出的五個類比推理能力等級，另增加等級零，成為六個等級。其中等級零是指學生無法指認任一基礎對應與複雜對應，而等級一、等級二是指學生只能指認部分或全部的基礎對應但無法指出複雜對應，而等級三至等級四則是指學生能夠指認所有基礎對應，並指出部份或完整指認複雜對應，等級五則除了達到等級四的表現，並需能指認無法對應之處。Mason提出的五個類比推理層級和本研究採用的六個類比推理能力層級之描述-以比熱為例如表3-4-2所示(判定方式以及學生訪談內容實例請見附錄六)

3-4-2 Mason的五個類比推理層級和本研究採用的六個類比推理能力層級之描述

| Mason 五個類比推理能力層級(1994)           |         |  | 修改後的六個類比推理能力等級<br>(以比熱類比問題為例)   |
|----------------------------------|---------|--|---|
| 無法指出任一基礎對應與複雜對應                  | level 0 |  | 無法正確指認以下任一基礎對應。<br>B1.指出獲得水量對應獲得熱量(加熱)<br>B2.指出水位的高低對應溫度的高低<br>B3.指出比熱大的物質對應底面積大的杯子,以及比熱小的物質對應底面積小的杯子                           |
| 只能指認基礎對應                         | Level 1 | 指出一些獨立性質的相似處                           | 無法完整指認所有的基礎對應,只能正確的指認出以下基礎對應中的一兩種獨立性質的對應。<br>B1.指出獲得水量對應獲得熱量(加熱)<br>B2.指出水位的高低對應溫度的高低<br>B3.指出比熱大的物質對應底面積大的杯子,以及比熱小的物質對應底面積小的杯子 |
|                                  | Level 2 | 能夠指認出許多獨立性質間的相似處,但是沒有清楚地呈現相似處在較複雜的現象上。 | 可完整指認全數基礎對應,但無法正確指認以下任一複雜對應:<br>CI.指出獲得水量,水位上升對應獲得熱量溫度上升。<br>CII.能夠指出,雖然上升的水位相同,但底面積大者,所需的水量較多                                  |
| 能夠指認所有基礎對應,與部分或全數複雜對應,甚至可指認類比失效處 | Level 3 | 能夠指認出許多獨立性質間的相似處,且清楚地呈現相似處在較複雜的現象上。    | 可完整指認全數基礎對應以及能正確指認下述複雜對應中的CI,但無法指認CII:<br>CI.指出獲得水量,水位上升對應獲得熱量溫度上<br>CII.能夠指出,雖然上升的水位相同,但底面積大者,所需的水量較多                          |
|                                  | Level 4 | 清楚且完整地理解相關的結構。                         | 可完整指認全數基礎對應以及可完整指認全數複雜對應(含CI、CII),但無法指認任一失效處  |
|                                  | Level 5 | 完整地理解,且指認出類比                           | 可完整指認全數基礎和複雜對應,且能正確的指認出至少一項下述的類比失效  |

|  |  |      |  |
|--|--|------|--|
|  |  | 何處失效 | 之處<br>Fa.能夠指出熱是一種能量，而水是一種物質，兩者無法對應<br>Fb.能夠指出比熱不會隨物體外型而改變，但杯子的底面積會隨物體外型而改變<br>Fc.能指出物體的質量在類比物中無法對應 |
|--|--|------|--|

註：B: 基礎對應(basic mapping); C: 複雜對應(complex mapping); F:類比失效處(failure mapping)

類比推理能力的評分方式，則分析學生於訪談中所指出的基礎與複雜對應數目以及類比失效處，依照上述的類比推理能力等級編碼進行分析，學生所展現的類比推理能力符合等級一的描述，則為等級一，符合等級五的描述，則為等級五，依此類推。等級越高，表示類比推理能力越高。

## 2.後設認知能力的編碼和評分

學習者的後設認知能力分析則參考 Moos 和 Azevedo (2008)提出的三大類(計畫、監控以及策略使用)共計 27 項後設認知行為編碼，並根據學生在類比推理過程中真實出現的後設認知行為種類進行修改。修改後的後設認知行為共分為四大類(工作分析、計畫、監控以及策略使用)，共計 16 個細項。修改後的後設認知類別和編碼如表 3-4-3 所示。各編碼的描述和實例詳見附錄六

表 3-4-3 後設認知能力類別與編碼

|                              |                               |
|------------------------------|-------------------------------|
| Moos & Azevedo (2008)<br>主類別 | 後設認知行為編碼                      |
| 工作分析(Task Analyzing)         | 閱讀完整的問題敘述                     |
| 計畫(Planning)                 | 提醒自己類比物與標的物配對關鍵處              |
|                              | 回憶並使用過去解決類似問題的策略              |
| 監控(monitring)                | 監控所使用的相關科學概念                  |
|                              | 所使用的相關科學概念出現錯誤而未覺察(反向)        |
|                              | 監控整個類比物與標的物配對與用之推論的過程         |
|                              | 監控類比物與標的物配對上的矛盾處              |
|                              | 沒有監控類比物與標的物配對上的矛盾處(反向)        |
| 策略使用(Stratege use)           | 使用類比以外的策略以幫助類比推理              |
|                              | 解題過程中，針對不確定的部分，以自問自答以提升對問題的理解 |
|                              | 使用圖表與註記符號以幫助類比推理              |
| 評估 (Evaluating)              | 解題後，重新確認配對過程以評估結論是否有誤         |
|                              | 結論出現錯誤，經提示而未重新確認和修正(反向)       |

後設認知能力的評分則依據上述的後設認知行為編碼，對每位訪談對象的類比推理訪談過程進行分析，並計算所展現之後設認知行為表現頻率。其中正向後設認知表現是指學生自發性展現之後設認知行為，而負向後設認知表現則是指學生在思考過程中出現推理失誤，且經訪談者暗示仍未出現後設認知表現行為(如監控)。學生所展現的正、負向後設認知表現頻率分開計算。

## 第五節 資料分析

本研究蒐集之資料包括：「比熱與熱平衡概念測驗之前、後及延宕測表現」、「一般性後設認知能力表現」、「類比回憶問題之表現」、「類比過程自陳表現」以及「類比推理訪談之後設認知表現」以及「類比推理能力表現」。數據資料分析主要是使用 SPSS12.0 套裝軟體進行統計分析，而訪談內容則使用 Nvivo8.0 套裝軟體進行質性分析，彙整後再進行統計分析。

### 1. 比熱與熱平衡概念表現與一般性後設認知之表現：

為回答研究問題一，研究者以一般性後設認知自陳量表總分，將全體學生分為後設認知高、中、低三組(高後設認知即總分為前 33%，低後設認知即總分為後 33%)。進行敘述性統計，以分析具有不同後設認知能力的學習者在經過類比學習活動後，於比熱與熱平衡概念後測及延宕測成績上有何表現。

### 2. 比熱與熱平衡類比回憶問題表現與類比過程自陳表現

為回答研究問題二。研究者以類比過程自陳量表總分，將全體學生分為後設認知高、中、低三組(高後設認知即總分為前 33%，低後設認知即總分為後 33%)。並以「類比過程自陳表現(高、中、低)」為自變項，「類比回憶問題表現」為依變項，「比熱與熱平衡概念測驗前測表現」為共變項，進行獨立樣本單因子共變數分析(one way-ANCOVA)。以比較具有不同後設認知能力的學習者，在經過類比學習活動後，於類比回憶問題表現上是否有差異。

### 3. 比熱與熱平衡類比推理訪談資料：類比推理過程中展現之類比推理能力和後設認知能力

為回答研究問題三，研究者分析後設認知能力高、中、低個案學生的個別訪談錄影，其在類比推理過程中所展現之類比推理能力等級和後設認知行為進行編碼與分析。以比較具有不同後設認知能力的學習者，在經過類比學習活動後，於類比推理訪談之類比推理表現上是否有差異。而後設認知行為編碼結果則分析不同後設認知能力分組的學習者，於類比推理訪談所展現之後設認知表現頻率，以比較具有高、中、低後設認知能力的學生，在類比推理過程中，展現之後設認知能力是否不同，並進一步以質性方式說明類比推理過程中後設認知能力表現對類比推理能力之影響。

## 第四章 研究結果與討論

本章將分為兩部分，第一部分以全體學生資料分析不同後設認知能力對類比學習成果之影響，第二部分則針對不同後設認知能力的個案學生進行類比推理訪談歷程分析，以質性資料探討學習者的後設認知能力對類比推理表現的影響。以下逐一針對研究問題與假設進行驗證。

### 第一節 不同後設認知表現對類比學習成果之影響

本節將針對不同後設認知能力的組別在比熱與熱平衡概念測驗以及類比推理問題表現的差異，以及後設認知能力、概念測驗表現和類比回憶問題表現間的相關性逐一討論。

#### 一、比熱與熱平衡概念測驗表現分析

此部份乃回答研究問題一：「具有不同後設認知能力的學生在比熱與熱平衡的概念測驗表現(後測、延宕測)是否有差異？」以下呈現敘述性統計結果。

##### (一) 比熱與熱平衡概念測驗表現之敘述性統計分析

依據一般性後設認知能力分組(高、中、低)的比熱與熱平衡概念測驗成績，進行敘述性統計分析，並計算比熱與熱平衡概念測驗前、後測以及前、延宕測的平均差以檢驗前、後測和前、延宕測的平均差是否達顯著差異。分析結果如表 4-1-1 與圖 4-1-1 所示。

表 4-1-1 比熱與熱平衡概念測驗表現之敘述性統計分析

| 一般後設認知<br>能力表現分組 | 概念前測     |          |           | 概念後測     |          |           | 概念延宕測    |          |           | 平均差<br>(後-前) | 平均差<br>(延-前) |
|------------------|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|--------------|--------------|
|                  | <i>N</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>N</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>N</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> |              |              |
| 高後設認知            | 26       | 12.12    | 3.39      | 24       | 11.83    | 4.06      | 24       | 11.46    | 4.49      | -0.29        | -0.66        |
| 中後設認知            | 28       | 7.82     | 3.32      | 23       | 9.26     | 3.44      | 24       | 8.61     | 3.43      | 1.44**       | 0.79         |
| 低後設認知            | 25       | 7.70     | 2.90      | 20       | 7.03     | 3.09      | 19       | 6.59     | 3.55      | -0.67        | -1.11        |

註: \* $p < .05$ , \*\* $P < .01$ , \*\*\* $P < .001$

根據表 4-1-1，比較各組學習者在其概念後測和延宕測的表現，除了中後設認知組外，其他兩組之後測表現皆較其前測表現差。進一步對各組於概念前測、後測及前測、延宕測表現分別進行 t 檢定，則高後設認知組和低後設認知組之學生於前、後測和前測、延宕測之平均差均未達顯著差異，而中後設認知組的學生於後測之表現則顯著優於前測表現( $t=1.44, p<.01$ )，而延宕測表現雖高於前測表現，但差異未達顯著。

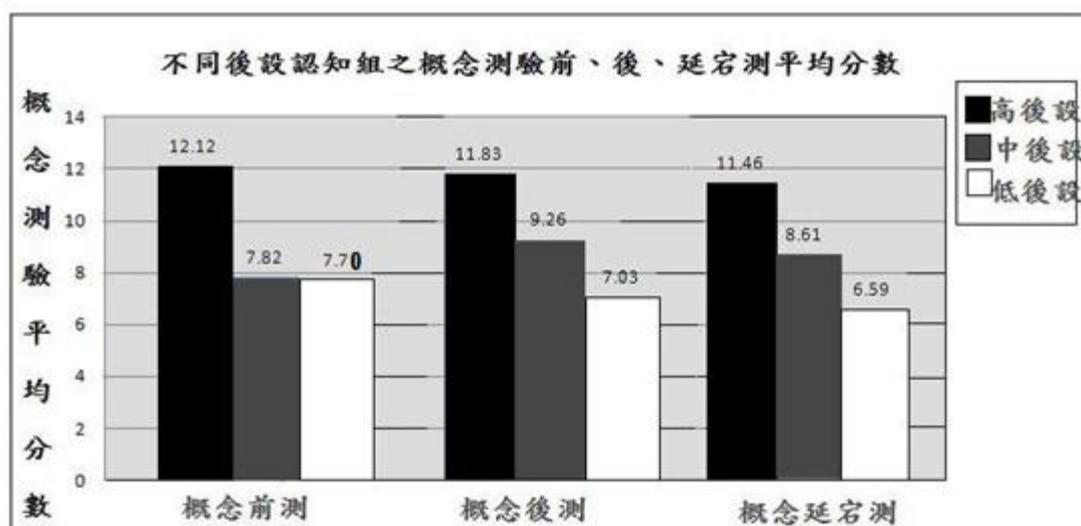


圖4-1-1 不同後設認知組之概念測驗(前、後、延宕測)平均分數

根據圖 4-1-1，在一般性後設認知能力表現屬於高分組的學習者，於比熱與熱平衡概念測驗前測表現之平均分數略高於中後設認知組與低後設認知組的學生之表現，經過比熱與熱平衡類比學習活動後，高後設認知組的學生在比熱與熱平衡概念的後測與延宕測表現，仍高於中後設認知組和低後設認知組學生的表現。以三組的科學概念前測成績表現進行同質性檢定，Levene 統計量  $F(2,76)=.34, p=0.72$ ，未違反同質性假設，表示三組沒有顯著差異。而根據組內迴歸係數同質性考驗結果，顯示一般性後設認知能力分組與科學概念前測測驗表現間的交互作用  $F=4.16, p=0.19$ ，違反組內迴歸係數同質性的假設。因此僅以敘述性統計資料詮釋，不適合進行單因子共變數分析 (One-way ANCOVA)。

## 二、比熱與熱平衡類比回憶問題表現分析

此部份乃回答研究問題二：「具有不同後設認知能力的學生經由結構相似的類比學習活動後，其在比熱與熱平衡類比回憶問題所展現的學習結果是否有差異？」以下呈現敘述性統計與推論性統計之結果。

### (一) 比熱與熱平衡類比回憶問題表現之敘述性統計分析

依據類比過程自陳表現分組(高、中、低)於比熱與熱平衡單元的類比回憶問題表現，進行敘述性統計分析，分析結果如表 4-1-2 所示。

表 4-1-2 比熱與熱平衡類比回憶問題表現之敘述性統計

| 類比過程自陳表現 |          |          |           |            |            |
|----------|----------|----------|-----------|------------|------------|
| 分組       | <i>N</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>Max</i> | <i>Min</i> |
| 高後設認知組   | 25       | 8.53     | 4.35      | 0          | 14         |
| 中後設認知組   | 27       | 5.18     | 4.46      | 0          | 14         |
| 低後設認知組   | 28       | 3.17     | 2.96      | 0          | 14         |

註：分數範圍:0~14分

根據表 4-1-2，在類比過程自陳表現屬於高分組的學習者，於比熱與熱平衡類比回憶問題表現之平均分數高於中後設認知組與低後設認知組的學生之表現。顯示高後設認知組的學生在比熱與熱平衡單元的類比推理表現優於中、低後設認知組學生之表現。中後設認知組的學習者於比熱與熱平衡類比回憶問題表現之平均分數高於低後設認知組的學生。顯示低後設認知組的學生在比熱與熱平衡單元的類比推理表現優於低後設認知組學生之表現。

### (二) 比熱與熱平衡類比回憶問題表現之推論統計分析

根據組內迴歸係數同質性考驗結果，類比過程的後設認知能力分組與科學概念前測測驗表現之交互作用  $F=0.077, p=0.926$ ，未違反組內迴歸係數同質性的假設。顯示不同後設認知能力分組與科學概念前測測驗表現間沒有交互作用。因此進一步以「類比過程自陳表現分組(高、中、低)」為自變項，「比熱與熱平衡類比回憶問題表現」為依變項，「比熱與熱平衡概念前測表現」為共變項，進行單因子共變數分析(One-way ANCOVA)，以比較不同後設認知能力的學生在經過類比學習活動，於比熱與熱平衡類比回憶問題之表現是否有差異，其分析結果如表 4-1-3 所示。

表 4-1-3 類比過程自陳表現分組對比熱與熱平衡類比回憶問題表現之單因子共變數分析

| 變異來源        | SS      | df | MS     | F     | P      | 事後比較                 |
|-------------|---------|----|--------|-------|--------|----------------------|
| 共變量(概念前測成績) | 293.21  | 1  | 293.21 | 24.37 |        | 高>中( $p=.014^*$ )    |
| 組間(後設認知分組)  | 116.43  | 2  | 58.22  | 4.84  | 0.011* | 高>低( $p=.005^{**}$ ) |
| 誤差          | 914.27  | 76 | 12.03  |       |        |                      |
| 校正後的總數      | 1592.11 | 79 |        |       |        |                      |

\* $p<.05$ , \*\* $P<.01$ , \*\*\* $P<.001$

根據表 4-1-3,  $F(2,76)=4.84$ ,  $p=0.011$ , 顯示不同後設認知能力分組之學生於比熱與熱平衡類比回憶問題表現有顯著差異, 且事後比較結果顯示高後設認知組學生於比熱與熱平衡類比回憶問題表現優於中後設認知組以及低後設認知組學生之表現且達顯著性差異, 中後設認知組學生之表現優於低後設認知組學生之表現, 但差異未達顯著。顯示在排除概念成績的表現差異後, 高後設認知組之學習者在接受類比推理學習活動後, 較中後設認知組和低後設認知組之學生有較佳的類比推理表現。推論性統計分析結果支持研究假設 2-1 「具有不同後設認知能力表現之學生, 在比熱與熱平衡類比回憶問題表現達顯著差異」。

### 三、相關性分析

為了解學習者的科學概念表現、後設認知能力表現以及類比回憶問題表現間是否有相關性, 因此以類比過程自陳表現、一般性後設認知自陳量表之表現與科學概念前測、後測、延宕測之表現以及比熱與熱平衡類比回憶問題表現, 共六個測驗進行相關性分析, 結果如表 4-1-4 所示。

表 4-1-4 科學概念表現、一般性後設認知自陳表現、類比過程自陳表現、比熱與熱平衡類比回憶問題表現之相關係數表

|        | 概念前   | 概念後   | 概念延宕  | 一般後設  | 相依後設  | 比熱熱平問題 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 概念前    | 1     |       |       |       |       |        |
| 概念後    | .67** | 1     |       |       |       |        |
| 概念延宕   | .64** | .45** | 1     |       |       |        |
| 一般後設   | .54** | .37** | .44** | 1     |       |        |
| 過程後設   | .43** | .28*  | .34** | .56** | 1     |        |
| 比熱熱平問題 | .59** | .41** | .65** | .47** | .52** | 1      |

註:1.\* $P<.05$ , \*\* $P<.01$

2. 概念:比熱與熱平衡概念測驗表現, 一般後設:一般性後設自陳量表表現

過程後設: 類比過程自陳表現, 比熱與熱平衡問題:比熱與熱平衡類比回憶問題表現

由表 4-1-4 可得知概念前測表現和比熱與熱平衡類比回憶問題表現進行相關性分析, 結果顯示相關係數  $r=0.59$ , 顯示兩者類比過程自陳表現與比熱及熱平衡類比推理表現相關係數  $r=0.52$ , 較一般性後設自陳表現的相關係數高( $r=0.47$ )。因此進一步進行同時迴歸分析(simultaneous regression)。分析時以比熱與熱平衡類比表現為依變項, 概念前測表現和類比過程自陳表現分別為自變項, 以探討概念前測表現和類比過程自陳表現對比熱與熱平衡類比表現之影響, 分析結果如表 4-1-5。

表 4-1-5 比熱與熱平衡類比回憶問題表現同時迴歸摘要表

| 比熱與熱平衡<br>類比推理<br>問題表現 | 標準化係數<br>(Beta 分配) | $R$  | $R^2$ | $\eta^2$ | $t$     | $p$    |
|------------------------|--------------------|------|-------|----------|---------|--------|
| 類比過程                   | 0.52               | 0.52 | 0.27  | 0.274    | 5.43*** | <0.001 |
| 概念前測                   | 0.55               | 0.55 | 0.30  | 0.308    | 6.36*** | <0.001 |

\* $p<.05$ , \*\* $P<.01$ , \*\*\* $P<.001$

概念:比熱與熱平衡概念測驗表現

表 4-1-5 顯示, 類比過程自陳表現預測比熱與熱平衡類比回憶問題表現的標準化係數為 0.52,  $t=5.43$ ,  $p<.001$  達顯著, 表示類比過程自陳表現越高, 比熱與熱平衡類比回憶問題表現越高。 $R^2=0.27$ , 表示類比過程自陳表現對比熱與熱平衡類比回憶問題表現的解釋力為 27%。比熱與熱平衡概念測驗前測表現預測比熱與熱平衡類比回憶問題表現的標準化係數為 0.55,  $t=6.36$ ,  $p<.001$  達顯著, 表示比熱與熱平衡概念測驗前測表現越高, 比熱與熱平衡類比回憶問題表現越高。 $R^2=0.30$ , 表示比熱與熱平衡概念測驗前測表現對比熱與熱平衡類比回憶問題表現的解釋力為 30%。由此可知, 類比過程自陳表現、比熱與熱平衡概念測驗前測表現與比熱類比回憶問題表現息息相關, 若缺乏相關概念以及後設認知的支持則類比推理表現低。

### 三、小結

從比熱和熱平衡概念測驗的敘述性統計得知，高後設認知組的學生之概念測驗表現無論在前、後以及延宕側上之表現皆優於中、低後設認知組學生之表現。從比熱與熱平衡類比回憶問題表現的單因子共變數分析結果得知，高後設認知能力組之類比回憶問題表現顯著優於中、低後設認知能力組的學生表現，顯示不同後設認知能力表現之學生於比熱與熱平衡類比回憶問題之表現達顯著差異。從六份測驗的相關性分析結果得知，比熱與熱平衡類比回憶問題表現和科學概念前測表現、類比過程自陳表現皆為中度相關，再進行同時迴歸分析顯示，類比過程自陳表現對比熱與熱平衡類比回憶問題表現的解釋力為 27%，而科學概念測驗前測表現對比熱與熱平衡類比回憶問題表現的解釋力則為 30%。顯示類比過程自陳表現、概念前測表現與類比回憶問題表現有相關，在類比推理的歷程中，若缺乏相關科學概念以及後設認知的支持則類比回憶問題表現低。

## 第二節 比熱與熱平衡類比推理訪談分析

為回答研究問題三，研究者依一般性後設認知自陳量表表現分組，自高、中、低三組各選取八名學生進行比熱與熱平衡類比推理訪談，分析和比較各組學生在類比推理過程中展現的後設認知能力與類比推理能力，進一步探討後設認知能力如何影響類比推理能力。研究者原以一般性後設認知自陳量表表現為訪談前抽樣的分組參考標準，完成後設認知能力與類比推理能力的編碼分析後，此處的後設認知能力分組則改以學習者於訪談中實際展現之正向後設認知行為的次數總和，經排序後區分為高、中、低三組。

以下本節將分為三部分，首先說明不同後設認知能力分組的學生於比熱與熱平衡類比推理訪談之類比推理表現結果，其次呈現不同分組的學習者於類比推理過程中所展現之後設認知表現頻率，最後以個案學生的類比推理歷程質性資料來進一步說明後設認知能力對學生運用類比推理能力的影響。

### 一、不同後設認知能力分組之學生的類比推理能力分析

此部份乃回答研究假設 3-1「具有不同後設認知能力表現之學生，在類比推理過程中之類比推理表現具有差異性」。研究者分析參與比熱和熱平衡類比推理訪談的 21 人所展現的類比推理能力等級，呈現如表 4-2-1 和表 4-2-2。

表 4-2-1 比熱主題之類比推理等級

| 類比推理等級  | 高後設認知<br>(n=7) | 中後設認知<br>(n=7) | 低後設認知<br>(n=7) |
|---------|----------------|----------------|----------------|
| Level 0 | 0              | 1              | 4              |
| Level 1 | 1              | 1              | 3              |
| Level 2 | 0              | 1              | 0              |
| Level 3 | 0              | 1              | 0              |
| Level 4 | 4              | 2              | 0              |
| Level 5 | 2              | 1              | 0              |

表 4-2-1 顯示，於比熱主題上，高後設認知能力分組的學生，7 個人中除了 1 人僅能指出一些基礎對應而無法指認任一複雜對應(level 1)，其餘六人達到 level 4 和 level 5，顯示高設認知能力的學生能夠指出所有類比物與標的物的基礎與複雜對應，其中又有 2 位學生能夠指認出類比物的失效處。中後設認知能力分組的學生，7 個人中有 3 人達到 level 4 和 level 5，有 3 人僅能指出部分或全部的基礎對應而無法指認任一複雜對應(level 1~level 3)，而有一位學習者無法指認任何類比物與標的物的基礎與複雜對應(level 0)。低後設認知能力分組的學生中，則有 4 人屬於 level 0，而其餘 3 位僅達 level 1，顯示此組之學生無法指認出任一基礎與複雜對應或僅能指出一些基礎對應，對指出複雜對應感到困難。

表 4-2-2 熱平衡主題之類比推理等級

| 類比推理等級  | 高後設認知<br>(n=6) | 中後設認知<br>(n=6) | 低後設認知<br>(n=6) |
|---------|----------------|----------------|----------------|
| Level 0 | 0              | 1              | 1              |
| Level 1 | 0              | 1              | 5              |
| Level 2 | 0              | 0              | 0              |
| Level 3 | 0              | 1              | 0              |
| Level 4 | 0              | 3              | 0              |
| Level 5 | 6              | 0              | 0              |

於熱平衡主題上亦有類似的發現。表 4-2-2 顯示，高後設認知能力分組的 6 個人中，所有人的類比推理能力皆達到 level 5，顯示高後設認知能力的學生除了能夠指出所有類比物與標的物的基礎與複雜對應，還能夠指認出類比物的失效之處。而中後設認知能力分組的學生，6 個人中有 3 人能夠指出所有類比物與標的物的基礎與複雜對應(level 4)，有 2 人僅能指出部分或所有基礎對應，而無法指認任一複雜對應(level 1 和 level 3)，而有一位學習者屬於 level 0，無法指認出任一類比物與標的物的基礎與複

雜對應。低後設認知能力的學生，6個人中有1人為level 0，而其餘的5位只能指認出一些基礎對應而無法指認任一複雜對應(level 1)。研究結果支持假設 3-1「高、中、低後設認知能力學習者在類比推理過程中的類比推理能力具有差異性」。

## 二、不同後設認知能力分組之學生的後設認知表現頻率分析

研究者進一步分析不同後設認知能力分組的學習者，於類比推理訪談所展現之後設認知表現頻率，以回答研究假設 3-2「高、中、低後設認知能力學習者在類比推理過程中的後設認知表現有差異性」。其中，正向後設認知表現是指學生自發性展現之後設認知行為，而負向後設認知表現則計算學生在思考過程中出現推理失誤，且經訪談者暗示仍未出現後設認知表現之次數。不同後設認知能力分組學生於比熱和熱平衡主題之後設認知表現頻率之敘述性統計分析結果呈現於表 4-2-3 表 4-2-4。

表 4-2-3 比熱類比推理訪談的後設認知表現頻率之敘述性統計分析

| 後設認知能力表現分組 | <i>n</i> | 正向後設認知表現頻率 |           | 負向後設認知表現頻率 |           |
|------------|----------|------------|-----------|------------|-----------|
|            |          | <i>M</i>   | <i>SD</i> | <i>M</i>   | <i>SD</i> |
| 高後設認知      | 7        | 8.29       | 2.87      | 0.57       | 1.13      |
| 中後設認知      | 7        | 4.71       | 1.60      | 1.86       | 1.57      |
| 低後設認知      | 7        | 1.00       | 1.92      | 3.86       | 1.35      |

表 4-2-4 熱平衡類比推理訪談的後設認知表現頻率之敘述性統計分析

| 後設認知能力表現分組 | <i>n</i> | 正向後設認知表現頻率 |           | 負向後設認知表現頻率 |           |
|------------|----------|------------|-----------|------------|-----------|
|            |          | <i>M</i>   | <i>SD</i> | <i>M</i>   | <i>SD</i> |
| 高後設認知      | 6        | 7.83       | 1.47      | 0.00       | 0.00      |
| 中後設認知      | 6        | 4.17       | 2.04      | 1.83       | 1.72      |
| 低後設認知      | 6        | 2.50       | 1.52      | 3.50       | 1.05      |

表 4-2-3 和表 4-2-4 顯示，高後設認知能力分組學生的正向後設認知表現頻率高於中、低能力分組的學生。而在負向後設認知表現頻率上，低後設認知能力分組的學生展現之次數高於中、高能力分組的學生。顯示在類比推理過程中，高後設認知能力分組的學生自發性展現之後設認知表現次數較多，而較少出現推理失誤；而低後設認知能力分組的學生則很少主動展現後設認知行為，當出現推理失誤

時，即使經研究者提示而仍未覺察失誤處、亦未展現後設認知表現之次數則較中、高能力分組者為高。進一步分析學習者於比熱和熱平衡類比推理各階段所展現之後設認知表現，表 4-2-5、4-2-6 呈現不同後設認知能力分組的學習者在比熱、熱平衡的主題中，於各個類比推理階段所展現的後設認知表現類別和頻率。

表 4-2-5 比熱類比推理訪談之後設認知表現頻率

| 類比推理階段                                    | 後設認知表現類別和描述                   | 高後設認知<br>(n=7) | 中後設認知<br>(n=7) | 低後設認知<br>(n=7) |
|---|-------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| 處<br>理<br>提<br>取<br>資<br>訊                | 工作分析                          |                |                |                |
|   | 完整的閱讀題目資訊                     | 7              | 5              | 2              |
|   | 計畫                            |                |                |                |
|   | 提醒自己類比物與標的物配對關鍵處              | 6              | 3              | 1              |
| 類<br>比<br>物<br>與<br>標<br>的<br>物<br>配<br>對 | 回憶並使用過去解決類似問題的策略              | 1              | 0              | 0              |
|   | 監控                            |                |                |                |
|   | 監控所使用的相關科學概念                  | 7              | 7              | 0              |
|   | 所使用的相關科學概念出現錯誤而未覺察(反向)        | 1              | 0              | 5              |
|   | 監控整個類比物與標的物配對與用之推論的過程         | 9              | 7              | 1              |
|   | 監控類比物與標的物配對上的矛盾處              | 6              | 0              | 0              |
|   | 沒有監控類比物與標的物配對上的矛盾處(反向)        | 3              | 11             | 17             |
|   | 策略的使用                         |                |                |                |
|   | 使用類比以外的策略以幫助類比推理              | 9              | 6              | 1              |
|   | 解題過程中，針對不確定的部分，以自問自答以提升對問題的理解 | 2              | 0              | 1              |
| 使用圖表與註記符號以幫助類比推理                          | 5                             | 1              | 0              |                |
| 評<br>估                                    | 評估                            |                |                |                |
|   | 解題後，重新確認配對過程                  |                |                |                |
|   | 以評估結論是否有誤                     | 6              | 4              | 1              |
|   | 結論出現錯誤，經提示而未重新確認和修正(反向)       | 0              | 2              | 3              |

註：原有「沒有監控類比物與標的物配對與用之推論的過程」的編碼，然而研究者分析的過程中察覺，被編到此項編碼的人數過少(僅 1 人)，因而將此項行為編碼和「沒有監控類比物與標的物配對的矛盾處」之編碼合併，並以後者包含之。

根據表 4-2-5，比熱類比推理訪談中，於處理/提取資訊階段，高後設認知能力分組的學生在「完整的閱讀題目資訊」表現頻率高於中、低分組的學生；在「提醒自己類比物與標的物配對關鍵處」則高後設認知能力分組學生的表現頻率高於中、低分組的學生。在將類比物與標的物配對的階段，高和中後設認知能力分組的學生在「監控所使用的相關科學概念」和「監控整個類比物與標的物配對與用之推論的過程」的表現頻率高於低後設認知能力分組的學生。低能力分組的學習者則在「使用相關科學概念時，容易出現推理失誤，即使經由研究者提示，仍沒有針對失誤處進行監控」而僅高能力分組之學生在進行類比物與標的物配對的過程中，能「監控類比物與標的物配對上的矛盾之處」，並於發現配對矛盾時即進行修正，而中、低後設認知能力分組的學生於配對過程中常「未覺察出現失誤處，即使經訪談者提示仍未能監控其歷程」。此外，在此階段的策略使用上，高後設認知能力分組的學生使用「類比以外的策略」和「圖表與註記符號」幫助類比推理之頻率顯著高於中、低分組的學生，而在「解題過程中，針對不確定的部分，以自問自答的方式提升對問題的理解」的表現頻率高於中、低分組的學生。在評估類比推理結論之階段，高後設認知能力分組的學生在「解題後，重新確認配對過程以評估結論是否有誤」的表現頻率明顯高於中、低分組的學生。中、低能力分組之學生即使經「訪談者提示結論可能出現錯誤，未必會回頭確認其配對結果之正確性」。

綜合以上分析，在類比推理的處理/提取資訊階段，與中、低能力分組的學生相較，高後設認知能力分組的學生展現了較多與「工作分析」和「計畫」有關的後設認知行為表現，如：能主動完整閱讀題目資訊，且能提醒自己注意類比物與標的物配對關鍵之處，而在將類比物與標的物配對的階段，高後設認知能力分組的學生整體而言展現了較高頻率的「監控」和「策略使用」等後設認知行為表現。意指高後設認知能力分組的學生於此階段，不僅能主動監控所使用的相關科學概念，亦監控整個配對與推理之過程，以及檢視配對是否有矛盾之處。而策略的使用上，高後設認知能力分組的學生，不僅能主動使用類比以外的策略，亦能使用圖表與註記符號以幫助類比推理的進行。最後，在評估類比推理結果之階段，高後設認知能力分組的學生在解題後，能主動重新確認配對過程以確認結論無誤；而低後設認知能力分組的學習者，在類比推理的處理/提取資訊階段，與中、高能力分組的學生相較，展現了較少與「工作分析」和「計畫」有關的後設認知行為表現，而在將類比物與標的物配對的階段，低後設認知能力分組的學生整體而言沒有展現「監控」和「策略使用」等後設認知行為表現。意指低後設認知能力分組的學生於此階段，沒有主動監控所使用的相關科學概念，亦沒有監控整個配對與推理之過程，以及沒有檢視配對是否有矛盾之處，甚至經由研究者提示，仍沒有針對推理失誤處進行監控。而策略的使用上，低後設認知能力分組的學生，未能主動使用類比以外的策略，亦未使用圖表與註記符號以幫助類比推理的進行。最後，在評估類比推理結果之階段，低後設認知能力分組的學生在解題後，沒有主動重新確認配對過程以評估結論是否有誤，因此常常於結論時出現推理失誤而不自覺。

表 4-2-6 熱平衡類比推理訪談之後設認知表現頻率

| 階段 | 後設認知能力類別          | 高後設認知<br>(n=6) | 中後設認知<br>(n=6) | 低後設認知<br>(n=6) |
|----|-------------------|----------------|----------------|----------------|
| 處  | 工作分析              |                |                |                |
| 理  | 完整的閱讀題目資訊         | 6              | 2              | 1              |
| 提  | 沒有完整的閱讀題目資訊       | 0              | 1              | 3              |
| 取  | 計畫                |                |                |                |
| 資  | 提醒自己類比物與標的物配對關鍵處  | 4              | 0              | 1              |
| 訊  | 回憶並使用過去解決類似問題的策略  | 1              | 2              | 0              |
|    | 監控                |                |                |                |
| 類  | 監控所使用的相關科學概念      | 6              | 3              | 1              |
| 比  | 所使用的相關科學概念出現      |                |                |                |
| 物  | 錯誤而未覺察(反向)        | 0              | 2              | 6              |
| 與  | 完整的監控類比物和標的物配對與用  |                |                |                |
| 標  | 之推論的過程            | 9              | 7              | 0              |
| 的  | 監控類比物與標的物配對上的     |                |                |                |
| 物  | 矛盾處               | 3              | 1              | 2              |
| 配  | 沒有監控類比物與標的物配對     |                |                |                |
| 對  | 上的矛盾處(反向)         | 0              | 5              | 7              |
|    | 策略使用              |                |                |                |
|    | 使用類比以外的策略以幫助類比推理  | 4              | 6              | 5              |
|    | 解題過程中，針對不確定的部分，以自 |                |                |                |
|    | 問自答以提升對問題的理解      | 3              | 0              | 0              |
|    | 使用圖表與註記符號以幫助類比推理  | 5              | 1              | 3              |
| 評  | 評估                |                |                |                |
| 估  | 解題後，重新確認配對過程以評估結論 |                |                |                |
|    | 是否有誤              | 6              | 3              | 2              |
|    | 結論出現錯誤，經提示而未重新確認和 |                |                |                |
|    | 修正(反向)            | 0              | 2              | 4              |

根據表 4-2-6，於熱平衡類比推理訪談中，於處理/提取資訊階段，高、中、低後設認知能力分組的學生在「完整的閱讀題目資訊」的表現頻率趨勢和在比熱類比推理訪談相同，其中中後設認知能力分組的學生原先在比熱主題時的頻率表現和高能力分組者接近，但在熱平衡主題的頻率表現卻下降。然而在熱平衡主題上，高、中、低後設認知能力分組的學生在「提醒自己類比物與標的物配對關鍵處」的表現頻率趨勢和在比熱類比推理訪談不同，中後設認知能力分組的學生原先在比熱主題時的頻率表現高於低能力分組的學生，但在熱平衡主題的頻率表現卻低於低能力分組的學生。

在將類比物與標的物配對的階段，高、中、低後設認知能力分組的學生在「監控整個類比物與標的物配對與用之推論的過程」和「監控類比物與標的物配對上的矛盾之處」的表現頻率趨勢和在比熱類比推理訪談結果相似，而在「沒有監控類比物與標的物配對上的矛盾處」的表現頻率趨勢亦與比熱類比推理訪談相似，但在「監控所使用的相關科學概念」的表現頻率趨勢和在比熱主題不相同，其中中後設認知能力分組的學生原先在比熱主題時的頻率表現和高能力分組接近，但在熱平衡主題的頻率表現卻下降。而策略的使用上，高、中、低後設認知能力分組的學生在「解題過程中，針對不確定的部分，以自問自答的方式以提升對問題的理解」和「使用圖表與註記符號以幫助類比推理」表現頻率趨勢和在比熱主題相同，但在「使用類比以外的策略以幫助類比推理」的表現頻率趨勢和在比熱主題不相同，高後設認知能力分組的學生原先在比熱主題時此項頻率表現高於中、低能力分組的學生，但在熱平衡主題的頻率卻下降且低於中、低能力分組的學生。

在評估類比推理之階段，高、中、低後設認知能力分組的學生在「解題後，重新確認配對過程以評估結論是否有誤」以及在「結論出現錯誤，經提示而未重新確認和修正」的表現頻率趨勢和在比熱主題相似。

綜合以上分析，在類比推理的處理/提取資訊階段，與比熱主題相較，雖高、中、低後設認知能力分組的學生的「工作分析」頻率表現趨勢和比熱主題相同，然而中後設認知能力分組的學生卻在熱平衡主題的「工作分析」頻率表現明顯下滑，顯示中後設認知能力分組的學生在熱平衡主題的類比推理上，較少出現工作分析等後設認知行為表現。而在將類比物與標的物配對的階段，與比熱主題相較，雖高、中、低後設認知能力分組的學生整體而言在「監控」等後設認知行為表現趨勢和比熱主題相同，然而中後設認知能力分組的學生卻在熱平衡主題的「監控所使用的相關科學概念」頻率表現明顯下滑。顯示中後設認知能力分組的學生於此階段，雖能主動監控整個配對的過程及矛盾處，然而卻較少主動監控所使用的相關科學概念。而策略的使用上，與比熱主題相較，高、中、低後設認知能力分組的學生在「策略使用」等後設認知行為表現趨勢，與比熱主題不相同，其中高後設認知能力分組的學生在「使用類比以外的策略以幫助類比推理」的表現頻率呈現下滑，而低後設認知能力分組的學生的表現頻率呈現上升。顯示高後設認知能力分組的學生在熱平衡主題較少使用類比以外的策略幫

助類比推理，而低後設認知能力分組的學生在熱平衡主題較比熱主題常使用類比以外的策略幫助類比推理。最後，在評估類比推理結果之階段，高、中、低後設認知能力分組的學生在「解題後，重新確認配對過程以評估結論是否有誤」的表現頻率趨勢和在比熱主題大致相同。以上研究結果支持假設 3-2「具有不同後設認知能力表現之學生，在類比推理過程中之後設認知表現具有差異性」。

### 三、小結

綜合於比熱和熱平衡主題之類比推理能力和後設認知行為表現分析結果，經過比熱與熱平衡類比推理教學後，於類比推理訪談中，高後設認知能力的學生大多能夠清楚且完整地指認所有基礎對應與複雜對應，甚至能夠指認出類比物失效之處，而在類比推理各個階段(處理/提取資訊階段、類比物與標的物配對階段、評估階段)亦主動展現較多的工作分析、計畫、監控、評估及策略使用等後設認知表現；中後設認知能力分組的學生類比推理能力則廣泛分布於 level 0 至 level 5，而在處理資訊階段其後設認知行為如工作分析和計畫之表現頻率則低於高後設認知能力分組的學生，而與低後設認知能力分組的學生無明顯差異；而在類比物與標的物配對的階段，中後設認知能力分組的學生雖能觀察到監控表現，然而在監控所使用的科學概念以及察覺配對矛盾處的表現頻率僅為高能力分組的一半，以及在策略使用上較少出現使用圖表與註記符號以幫助類比推理的進行，評估階段的確認頻率也低於高能力分組的學生；低後設認知能力分組學生的類比推理等級多分佈在 level 0 與 level 1，只能指認出一些基礎對應而無法指認任一複雜對應，甚至無法指認出任一處基礎與複雜對應，而其在類比推理各個階段所出現的後設認知表現頻率皆低於中、高後設認知能力分組的學生，即使經由訪談者提示，仍未必能覺察推理失誤以啟動後設認知表現。

不同後設認知能力分組的比較結果顯示，高後設認知分組學生的高類比推理表現，可能與其類比推理過程中所展現之後設認知表現有關。中能力分組的學生的類比推理等級呈廣泛分佈，則可能由於不同學習者啟動之後設認知表現類別與頻率不同，而造成的類比推理等級表現之差異。低後設認知能力分組之學生可能不了解類比物或標的物的對應性質，或於類比推理過程中缺乏後設認知策略的協助，而出現許多推理失誤，進而影響類比推理之表現。為進一步探討後設認知表現如何影響類比推理的歷程和表現，研究者將於下一小節，分析高、中、低後設認知能力個案學生的類比推理歷程。

### 四、類比推理歷程質性資料分析

本節前半段的分析結果發現，於類比推理能力上，高後設認知能力分組的學生均能達到 level 4 至 level 5 等級，低後設認知能力分組的學生則僅展現 level 0 或 level 1 的表現。而中後設認知能力分組學生的類比推理能力等級則廣泛分佈於 level 0 至 level 5。未進一步探討學生的類比推理能力表現與後設認知能力間的關聯，此處分別

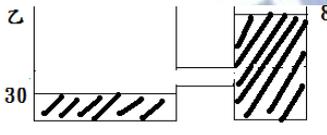
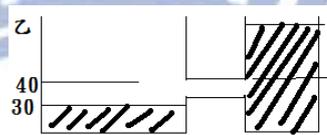
從高、中、低後設認知能力分組選取個案學生，計有高後設認知能力組一位，中後設認知能力組三位(不同類比推理能力)，低後設認知能力組一位，以探討後設認知行為表現和類比推理過程的交互作用歷程。

為確保個案資料的匿名性，以下個案學生以「SX」表示，X 為為學生代碼；逐字稿右方的括弧[]內的編碼則為後設認知次類別，而後設認知次類別後方的代碼為後設認知的主類別。如：「S5: (讀題約 2 分鐘，並畫下連通管圖) [完整的閱讀題目資訊] 工作分析」，表示 S5 於類比推理過程的行為表現，而對應之後設認知行為編碼的次類別是完整的閱讀題目資訊，主類別則是工作分析。類比推理歷程的各階段則在詮釋質性資料時以斜體字表示。

#### 1. 高後設認知能力個案學生(S5)的類比推理歷程(高類比推理等級, level 4)

S5 為高後設認知能力的學生(高類比推理等級, level 4)，在類比推理過程中能夠流暢地運用工作分析、監控、策略使用等後設認知行為來幫助類比推理的進行，且獲得結論後能夠主動回頭檢視整個類比物與標的物配對的過程。(詳細分析呈現於下一頁)

以下訪談中，S5 嘗試以連通管類比解決熱平衡問題：「相同質量的甲、乙兩物質。甲的溫度是  $80^{\circ}\text{C}$ ，乙的溫度是  $30^{\circ}\text{C}$ 。當甲乙接觸達熱平衡後，甲乙的溫度都變成  $40^{\circ}\text{C}$ 。甲乙兩者何者比熱較大？」

| 學生訪談逐字稿   | 後設認知編碼  |
|---|---|
| <p>1 S5:(讀題約 2 分鐘，並畫下連通管圖 1)乙的溫度原本是 30°C<br/> 2 這，這是原本的水位(乙杯內畫水位線，標上 30 並塗滿)，然後<br/> 3 甲是 80(甲杯內畫水位線，標上 80 並塗滿)，乙上升 10°C(於<br/> 4 圖 1 的乙杯新增一條水位線並標上 40)這是 40，這邊(甲)是<br/> 5 下降下降到 40(於圖 1 的甲杯新增一條水位線並標上 40)，<br/> 6 然後因為甲是 80°C，因為它(甲)比乙的溫度還要高，所以它<br/> 7 要把熱量傳過去，傳過去我也不知道多少(用手指)。可是它<br/> 8 們都上升 10，所以乙的比熱應該是比較大的。是嗎?</p> | <p>[完整地閱讀題目資訊] 工作分析<br/> [使用圖表與註記符號以幫助類比推理] 策略使用<br/> [監控所使用相關科學概念] 監控<br/> [自問自答提升對問題的理解] 策略使用</p> |
| <p>9  圖1</p> <p>10  圖2</p>   |   |
| <p>13 I:你怎麼判斷誰比熱比較大的?<br/> 14 S5:因為它的溫度比較高，所以它把溫度傳給 30°C 的這個，<br/> 15 然後這個(甲)是下降到 40°C，所以它失去熱量，它們兩<br/> 16 個失去跟...哈..我想一下。它們得到的熱量會一樣多，失<br/> 17 和得到的一樣多?</p>  | <p>[監控整個類比物與標的物配對與應用之推論的過程] 監控<br/> [自問自答提升對問題的理解] 策略使用</p>   |
| <p>18 I:你現在是在問我還是問自己?<br/> 19 S5:問自己。所以它失去和得到的是一樣多的，所以它原本是<br/> 20 80 度，然後因為它得到的跟它得到的一樣多，可是它下降<br/> 21 了 40°C，它只有上升 10°C，所以乙的比熱比較大。</p>   | <p>[使用類比以外的策略-科學概念以幫助類比推理] 策略使用</p>   |
| <p>22 I:那你剛剛是用概念講。麻煩你用比喻跟我講。<br/> 23 S5:就它(甲)的底面積比較小(手指甲的底面積)，然後它們上升<br/> 24 下降的水量是一樣多的。可是因為它(乙)的底面積比較大<br/> 25 (手指乙的底面積)，所以它(乙)得到一樣的水的時候，可是<br/> 26 它底面積比較大，它上升 10 度;然後它(甲)的底面積比較小，<br/> 28 得到一樣多的水，然後底面積比較小，所以下降比較多。<br/> 29 (接著進行熱平衡第二小題)</p>  | <p>[監控整個類比物與標的物配對與應用之推論的過程] 監控<br/> [解題後，重新確認配對過程是否有誤] 評估</p>                                       |
| <p>30 S5:(解題 3 分鐘)..質量...所以我要假設 3 個可能嗎? 恩..如果<br/> 31 甲的質量.欸.其實不一定..</p>  | <p>[預測] 計畫<br/> [提醒自己類比物與標的物配對關鍵處]</p>  |
| <p>32 I:那你覺得哪裡讓你覺得卡卡的?</p>  | <p>計畫</p>   |
| <p>33 S5:甲乙質量</p>   | <p>計畫</p>   |
| <p>34 I:你覺得質量不同?那你覺得這是不能解釋的地方嗎?</p>   |   |
| <p>35 S5:就不知道質量是多少。恩...因為它上面(熱平衡的第一<br/> 36 小題)是相同質量的...跟這小題是不同的，不同的要怎麼講?</p>   |   |

在類比推理的處理提取資訊階段，該生讀題後能夠畫出連通管圖，並指出甲和乙的原始溫度以及達熱平衡後甲、乙的溫度(行 1~5)，顯示該生能完整地閱讀題目的訊息和列出題目中欲配對的熱平衡概念，以及提取欲配對之類比物。

在類比物和標的物配對的初階段，該生能正確的將題目中未知比熱大小的甲、乙，分別類比為底面積不同的杯子(行 1)。並正確的將題目中 30°C 的乙和 80°C 的甲，分別類比為高度 30cm 和 80cm 的水位高度(行 2~3)，並將圖中的水量處塗滿並對應熱量(圖 1)，接著在配對類比物和標的物的過程中，該生能夠利用乙杯水水位上升 10cm(行 3)正確的對應題目中乙上升 10°C 之訊息，以及利用甲杯水水位下降到 40cm 水位處(行 4)正確的對應題目中下降到 40°C 之訊息。顯示學生能提取已學過的類比物和題目中的熱平衡概念來進行對應，亦能正確地指出「水位高的甲將水量傳給水位低的乙」等關鍵條件來對應「溫度高的甲將熱量傳給溫度低的乙」(行 6~7)，亦同時能正確的繪圖，並使用註記符號等策略來幫助類比推理的進行。接著該生察覺自己不知道甲需要傳遞多少水量給乙(行 7)，也因此當 S5 在利用所形成的複雜對應推論標的概念的結論時，S5 針對自己所形成的結論「乙的比熱應該比較大」提出質疑(行 8)。顯示在此配對的過程中，該生監控自己對所使用的相關科學概念的理解，而針對結論則以自問自答的方式試圖幫助自己釐清概念。

在類比推理的評估階段，該生以自問自答的方式重新思考甲失去的熱量和乙獲得的熱量是否相同?等熱平衡概念(行 14~17)，接著該生正確的運用熱平衡概念推理出「失去的熱量和得到的熱量相同，然而乙的溫度變化幅度比甲的變化幅大，所以乙的比熱較大」等結論(行 19~21)，最後該生能夠正確地運用類比推理出「獲得相同水量時，乙的水位變化幅度較小，顯示乙的底面積較大」，並由此類比物的推理連結回標的物，得出「因為獲得相同熱量，乙的溫度變化較小，所以乙的比熱較小」(行 23~28)。顯示該生在獲得結論後，能夠重新確認類比物與標的物所有配對之處是否吻合。此外，當訪談者在熱平衡的第二小題，察覺學生讀題時在「質量」部分，停留許久(行 30~33)，因而暗示性地詢問該生「質量是否為無法對應處」(行 34)，然而該生卻認為此為題目本身條件不足而無法推理出結論(行 35~36)。顯示該生於閱讀和分析題目後覺察物體的質量似乎無法與類比物的性質對應，但該生將此無法對應處判斷為題目訊息不足，而未能指出類比在對應物體的質量上失效，因此其類比推理等級未達 level 5，而判定為 level 4。

該生在解題前，能夠分析題目給予之標的物訊息而運用類比物繪圖，以建立類比物和標的物的對應，在利用類比物進行推理並推論回標的物之過程中，該生不僅能主動監控類比物和標的物對應之正確性，亦能監控其所使用的科學概念和推理過程。同時在此階段，該生亦能流暢地運用圖和助記符號繪出正確條件(水位和水量)的類比物以及針對不確定的科學概念利用自問自答的方式來協助類比推理的進行。最後在評估階段，該生在運用類比物推論標的概念而獲得結論後，能夠主動重新檢視

所使用的科學概念是否正確以及確認類比物與標的物的配對是否有誤以評估類比推理的結果。

## 2.低後設認知能力個案學生(S10)的類比推理歷程(低類比推理等級, level 1)

S10 為低後設認知能力的學生(低類比推理等級, level 1), 雖能夠完整地閱讀和分析題目訊息, 然而在類比推理過程中鮮少展現監控的後設認知行為表現, 甚至經由訪談者提示其推理失誤時, 仍舊未能監控矛盾之處以及類比推理的過程。

以下訪談中, S10 嘗試以不同底面積的杯子之類比解決比熱問題:「相同質量的甲、乙兩物質。甲的比熱是  $0.1\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$ , 乙的比熱是  $0.3\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$ 。加熱後甲從  $30^{\circ}\text{C}$  升溫到  $40^{\circ}\text{C}$ , 而乙從  $60^{\circ}\text{C}$  升溫到  $70^{\circ}\text{C}$ 。甲乙兩者何者需要較多的熱量?」

| 學生訪談逐字稿  | 後設認知編碼  |
|--|---|
| <p>1 S10:就甲是從 <math>30^{\circ}\text{C}</math> 升溫到 <math>40^{\circ}\text{C}</math> 所以我們不是要溫度來比喻</p> <p>2 水位高低, 所以就是我覺得, <math>30</math> 度然後變成 <math>40^{\circ}\text{C}</math>(並排畫出</p> <p>3 兩個甲杯(兩杯底面積大小不同), 但水位分別為 <math>30</math> 和 <math>40</math>-</p> <p>4 圖 5)然後乙是從一樣從 <math>60</math> 升到 <math>70^{\circ}\text{C}</math>(再並排畫出兩個乙杯</p> <p>5, 水位分別為 <math>60</math> 和 <math>70</math>, 將乙杯的截面積畫的較甲杯的截面</p> <p>6 積小-圖 6)然後讓我想一下。那它們都是上升 <math>10^{\circ}\text{C}</math>, 可是它</p> <p>7 們的比熱都不一樣, 所以甲是 <math>0.1\text{cal/g}^{\circ}\text{C}</math>, 乙是 <math>0.3\text{cal/g}^{\circ}\text{C}</math>。</p> <p>8 然後它說, 比熱大的它的上升幅度比較小嗎?</p> <p>9</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div data-bbox="319 1232 638 1456"> <p style="text-align: center;">圖 3</p> </div> <div data-bbox="718 1232 1037 1456"> <p style="text-align: center;">圖 4</p> </div> </div> | <p>[完整地閱讀題目資訊] 工作分析</p> <p>[沒有監控類比物與標的物配對的矛盾處] 監控</p> <p>[自問自答提升對問題的理解] 策略使用</p>          |
| <p>14 S10:那應該比較小。可是它們都是增加 <math>10</math> 度, 所以它們需要</p> <p>15 的熱量應該甲比較多。因為乙它是 <math>0.3\text{cal/g}^{\circ}\text{C}</math>, 所以它上</p> <p>16 升的溫度, 欸, 比較快? 比較快, 然後甲是 <math>0.1</math>, 所以它要</p> <p>17 用多點的熱量, 它的溫度才會慢慢上升。</p> <p>18 I:那在你的比喻裡, 是用什麼來比喻什麼?</p> <p>19 S10:用溫度的高低來比喻水位的高低, 用獲得的熱量來比喻</p> <p>20 比熱的大小。</p>   | <p>[沒有監控所使用的相關科學概念] 監控</p> <p>[結論出現錯誤, 經提示而未重新確認和修正] 評估</p> <p>[沒有監控類比物與標的物配對上的矛盾] 監控</p> |

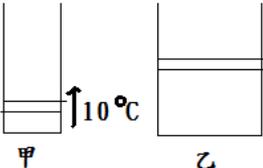
在類比推理的處理提取資訊階段，S10 讀題後能夠指出甲的溫度從  $30^{\circ}\text{C}$  升溫度到  $40^{\circ}\text{C}$ ，且能於圖 3、4 中畫出以水位的高低來類比題目中甲、乙的溫度變化(行 1~4)，顯示該生能完整地閱讀題目的訊息和列出題目中欲配對的比熱概念，以及提取欲配對之類比物，而在類比物和標的物配對的初階段，該生能進一步正確的將題目中的標的概念的訊息與類比物進行配對，建立一些基礎對應。然而在配對過程中，S10 出現推理失誤，誤以底面積大的甲杯和底面積小的乙杯來比喻比熱小的甲以及比熱大的乙，且未覺察此失誤(圖 3~4)，顯示該生雖然能提取已學過的類比物和題目中的比熱概念進行對應，然而卻沒有主動監控類比物與標的物配對的矛盾處。接著在配對類比物和標的物以進行推理的過程中，S10 雖然以自問自答的方式(行 7~8、行 15~16)，試圖釐清相關比熱概念如：「比熱大的物質上升幅度是否比較小？」亦或者「乙的比熱是  $0.3\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$ ，所以它上升的溫度，欸，比較快？」，而直接以回憶起的概念(比熱大的溫度上升比較快，行 16~17)來推論結論，但卻沒有監控其對比熱概念理解的正確性，因此在利用類比物進行最後的推論時，看著錯誤的圖表推論出錯誤的推論(圖 3、4)而不自覺(行 14~15)。而最後在類比推理的評估的階段，S10 亦未重新確認配對過程與結論，因此當訪談者再次詢問 S10 如何配對類比物與標的物的相似處時(行 18)，該生說出「用獲得的熱量來比喻比熱的大小」此類推理失誤而不自覺(行 19~20)。

S10 在類比推理的初階段，能夠分析題目給予之標的物訊息，但於畫出類比物時未能完整建立類比物和標的物的對應。然而在利用類比物進行推理並推論回標的物之過程中，該生沒有監控類比物和標的物對應之正確性，也沒有監控所使用的科學概念，因而無法察覺其在配對以及科學概念上的錯誤，做出錯誤的結論而不自覺。同時在類比物與標的物的配對過程中，該生除使用自問自答的策略外並未使用其他策略以幫助類比推理的進行。而在獲得結論後，亦未主動回頭檢視類比物與標的物配對的過程與結論是否有誤，因而當訪談者再次釐清該生對類比物與標的物相似處的配對時，該生出現新的推理失誤而仍未察覺。因此 S10 只能指認部份基礎對應而未能成功地指認任一複雜對應，類比推理能力等級落入 level 1。

### 3. 中後設認知能力個案學生(S9)的類比推理歷程(高類比推理等級, level 4)

S9 為中後設認知能力的學生(高類比推理等級, level 4)，在類比推理過程中能進行工作分析並展現主動監控和策略使用等後設認知行為表現，雖於解題後能夠回頭檢視類比物與標的物配對的過程，但無法正確指認類比失效之處。

以下訪談中，S9 嘗試以不同底面積的杯子之類比解決比熱問題：「相同質量的甲、乙兩物質。甲的比熱是  $0.1\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$ ，乙的比熱是  $0.3$  是  $\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$ 。加熱後甲從  $30^{\circ}\text{C}$  升溫到  $40^{\circ}\text{C}$ ，而乙從  $60^{\circ}\text{C}$  升溫到  $70^{\circ}\text{C}$ 。甲乙兩者何者需要較多的熱量？」

| 學生訪談逐字稿  | 後設認知編碼   |
|--|--|
| <p>1 S9:(讀題約 1 分鐘)甲的比熱小就是底面積小的[杯子]，然後乙<br/>2 比熱大是底面積大的[杯子]。然後它們同時加熱，所以水會<br/>3 變多..然後 30 度、60 度。然後從 30 度升到 40 度，然後從 60<br/>4 度升到 70 度(畫兩個底面積不同的杯子如圖 5，並標上水位以<br/>5 及變化)，然後都會上升 10°C，所以乙需要較多的熱量。</p>  | <p>[完整地閱讀題目資訊] 工作分析<br/>[監控整個類比物與標的物配對與應用之推論的過程] 監控</p>            |
| <p>6 I:你講得有點快，你可以跟我說一下你怎麼判斷乙比較多?</p>   |  |
| <p>7 S9:因為它們同樣是上升 10°C，可是乙的..它加熱同樣時<br/>8 間然後上升一樣的溫度，可是乙的比熱比較大。</p>  | <p>[提醒自己類比物與標的物配對關鍵處]</p>  |
| <p>9 I:恩~那這是概念的部分，你可不可以用比喻跟我講為什麼</p>   | <p>計畫</p>  |
| <p>10 S9:就甲是底面積小的嘛(於底面積小者加上甲，大者標上乙)，<br/>11 然後甲是 0.3 所以它是面積比較大的，然後乙是 0.1 所以<br/>12 他是面積比較小的。然後他們加熱後，都是從，都上升 10<br/>13 °C(畫出箭頭標示上升 10°C)，然後可是它們同樣上升 10°C<br/>14 ，可是加熱時間不一定一樣。對..它沒有寫一樣，因為它們<br/>15 都是上升 10°C，所以這邊和這邊的都是一樣(用筆指出水位<br/>16 變化高低一樣)，而且乙的面積比較大，底面積比較大，所<br/>17 需要比較多的熱量。</p> | <p>[使用類比以外的策略(科學概念以幫助類比推理)] 策略使用<br/>[將比熱與圖對應時出現口誤，於 16~17 修正]</p> |
| <p>18 <br/>19<br/>20<br/>21 圖 5</p>   | <p>[使用類比以外的策略以幫助類比推理] 策略使用</p>                                     |
| <p>22 I:這個(指比喻)有沒有不能解釋或比喻的地方?</p>  |  |
| <p>23 S9:就是都獲得 10°C，可是獲得的熱量不一樣。</p>  |  |

在類比推理的處理/提取資訊階段，S9 讀題後能夠指出「甲的比熱小於乙的比熱」，並能於圖中畫出不同底面積的杯子來對應，並於類比物上依題目訊息標出正確的水位和水位變化「甲乙都上升 10cm」來對應溫度的變化「甲乙都上升 10°C」(行 1~5)，顯示該生能完整地閱讀題目的訊息和列出題目中欲配對的比熱概念，以及提取欲配對之類比物，同時能正確的繪出類比對應圖。且在類比物和標的物配對的初階段能正確地將題目中的標的概念的訊息與類比物進行配對，並能將「加水獲得水量，導致水位上升」(行 2、3)正確的對應題目中「加熱獲得熱量，導致溫度上升」的之訊息，並由此類比物的推理連結回標的物，得出「甲乙都會上升 10°C，所以乙需要較多的熱量」(行 3~5)。S9 在將類比物與標的物配對的過程中，亦能夠監控自己所使用的相關科學概念的正確性並監控配對時推理過程。該生獲得結論後(行 5)，訪談者要求該生說明其思考歷程(行 6)，而該生未利用類比說明而是以比熱概念推理出結論來說明(行 7~8)，顯示

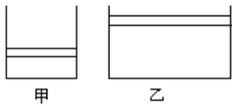
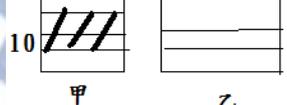
該生運用類比推理獲得結論後，選用其他策略以確認類比推理結果之正確性。當訪談者接著要求該生改以類比推理來說明結論時（行 9），S9 在口述的過程中將甲乙的比熱數值大小對調而產生配對錯誤確未察覺（行 10~12）。然而在接下來的類比物與標的物配對過程中，能以類比物進行推理，正確運用「甲乙都上升 10cm」，和以箭頭符號（行 13）標示水位上升以及用筆指出甲乙水位變化幅度相同（行 15~16），等關鍵條件，正確地由「甲、乙水位變化幅度一樣，而且乙的底面積比較大，所以需要水量較多」推理並連結回標的物，得出所以甲跟乙的溫度變化幅度相同，而且乙的比熱比較大，所以需要熱量較多的結論。顯示該生雖然在一開始口述的過程中，出現配對失誤而未察覺。然而在接下來的配對過程中能利用類比物進行推理並監控整個配對的過程以及使用註記符號以幫助類比推理的進行，而最後修正了原先口述的失誤。最後在評估階段，該生獲得結論後，能夠主動回頭檢視整個類比配對的過程是否有誤，因此能夠察覺原先口述錯誤之處，並立即做出修正（行 16~17），且在事後的訪談中當訪談者問到該生是否有回頭檢視配對的過程，S9 表示：「我沒有很仔細地看每一個比喻的地方，就只有大概去對一下」，顯示該生在獲得結論後，雖未仔細地逐一檢視，但能夠主動檢視整個配對過程。

S9 在解題前，能夠分析題目給予之標的物訊息而運用類比物繪圖，以建立類比物和標的物的對應，在利用類比物進行推理並推論回標的物之過程中，該生能監控類比物和標的物對應之正確性，亦能監控其所使用的科學概念和推理過程。同時在此階段，該生亦能流暢地運用圖和助記符號繪出正確條件（底面積和水位）的類比物。最後在評估階段，該生在運用類比物推論標的概念而獲得結論後，能夠主動重新檢視所使用的科學概念是否正確以及確認類比物與標的物的配對是否有誤以評估類比推理的結果，S9 雖能正確地建立並監控其所建立的基礎與複雜對應，但當訪談者要求學生指認類比失效處（行 22），S9 誤以「都獲得  $10^{\circ}\text{C}$ ，可是獲得的熱量不一樣。」做為類比失效之處，而無法正確指認類比失效之處，因此其類比推理等級落入 level 4。

#### 4. 中後設認知能力個案學生(S15)的類比推理歷程(中類比推理等級, level 3)

S15 為中後設認知能力的學生(中類比推理等級, Level 3)，在類比推理過程中能夠進行工作分析以及監控的後設認知行為表現，在過程中雖使用相關科學概念以幫助類比推理的進行，然而卻未覺察所使用的相關科學概念的適用情境與訪談情境不符，因而推論出錯誤的結論，且解題後也沒有再次確認類比推理的過程，因而未覺察推論過程和結論是否有誤。

以下訪談中，S15 嘗試以不同底面積的杯子之類比解決比熱問題：「相同質量的甲、乙兩物質。甲的比熱是  $0.1\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$ ，乙的比熱是  $0.3\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$ 。加熱後甲從  $30^{\circ}\text{C}$  升溫到  $40^{\circ}\text{C}$ ，而乙從  $60^{\circ}\text{C}$  升溫到  $70^{\circ}\text{C}$ 。甲乙兩者何者需要較多的熱量？」

| 學生訪談逐字稿   | 後設認知編碼   |
|---|--|
| <p>1 S15:(讀題約 15 秒)因為甲的比熱是 0.1，然後乙的比熱是 0.3，<br/> 2 然後乙的比熱會比甲的比熱還要大。所以如果當作是水的<br/> 3 話，甲的底面積會比較小，然後乙的底面積會比較大。然<br/> 4 後加熱從 30 度到 40 度的話會增加 10 度(在甲杯畫兩條線，<br/> 5 並標明 10-圖 3)，然後乙從 60 度增加到 70 度也會增加 10<br/> 6 度(在乙杯畫兩條線但比甲的高，並標明 10)。它們兩個應<br/> 7 該增加一樣多吧！...(思考 30 秒)</p> | <p>[完整地閱讀題目資<br/> 訊] 工作分析<br/> [監控整個類比物與<br/> 標的物配對與應用<br/> 之推論的過程] 監控</p> |
| <p>8 <br/> 9<br/> 10 圖 6</p>  |  |
| <p>11 I:你可以跟我說你在想什麼嗎?</p>   | <p>[未監控相關概念的<br/> 使用情境與題目情境<br/> 不相符] 監控</p>                               |
| <p>12 S15:應該是..就是...因為...甲的比熱會比乙的比熱還要小，<br/> 13 然後所以它上升溫度的變化會比乙還要大。</p>   |  |
| <p>16 I:嗯！可是在問誰需要比較多的熱量。</p>  | <p>[沒有監控類比物與<br/> 標的物配對上的矛<br/> 盾] 監控</p>                                  |
| <p>17 S15:對啊！就是它們...所以它上升，就是它兩個都上升到都是<br/> 18 上升到 10，可是因為甲的變化比較大，所以會上升比較多<br/> 19 的熱量。所以需要比較多的熱量。</p>   |  |
| <p>20 I:所以你的答案是甲需要比較多的熱量。你剛說熱量我們用<br/> 21 水量來比喻，那你...所以它們變化是中間這一圈(手指指到<br/> 22 水杯中水所上升的區域)對不對？那甲這一圈跟乙這一圈<br/> 23 哪個比較大？</p>   |  |
| <p>24 S15:應該是...甲會比較多吧！</p>   |  |
| <p>25 I:所以是你圖畫錯的意思嗎？</p>  | <p>[結論出現錯誤，經提<br/> 示而未重新確認和修<br/> 正] 評估</p>                                |
| <p>26 S15:對！應該會上升比較多！(此時又在甲的水位線上，又<br/> 27 補上一條水位線，使得水量變多-圖 7)</p>  |  |
| <p>28 I:可是題目不是規定說，兩個都只上升 10°C 嗎？</p>  |  |
| <p>29 S15:可是因為它上升 10 公分，可是它底面積比較少，所以它會<br/> 30 上升比較高啊！</p>  |  |
| <p><br/> 圖 7</p>   |  |

在類比推理的處理/提取資訊階段，S15 於讀題後能夠指出甲的比熱小於乙的比熱，且能指出以水做為類比物(行 1~3)，且在類比物和標的物配對的初階段，該生能正確的將題目中比熱小的甲和比熱大的乙，分別類比為底面積小和大的杯子(行 2、3)。顯示該生能完整地閱讀題目的訊息和列出題目中欲配對的比熱概念，以及提取欲配對之類比物來進行對應。接著在配對類比物和標的物的過程中，該生能利用甲乙兩杯皆上升 10(行 4~6)正確的對應題目中甲乙皆上升 10°C 之訊息，然而最後卻推論出錯誤的結論(「它們兩個應該增加一樣多吧！」)(行 6、7)。在評估階段，該生獲得結論後運用「甲的比熱比乙的比熱還要小，所以甲上升的溫度變化會比乙還要大」(行 12、13)等比熱

概念重新進行推理來確認所獲得答案，而非由檢視類比物中甲乙兩杯的水位變化來推理水量。當訪談者提示該生注意題目中「題目在問誰需要比較多熱量」的資訊(行 16)，並嘗試指出類比物圖中所呈現的水量多寡與其方才所形成的熱量多寡之結論產生矛盾(行 20~23)，提示學生進行檢查(行 23)，但即使經過提示，S15 並未覺察其所使用概念(「甲的(溫度)變化較大，所以會上升比較多熱量」)(行 18~19)並不適用於訪談問題的情境，亦未重新確認配對過程是否有誤，而選擇繼續採用其既有概念的推論(行 24)，並依推論結果修改類比圖(行 26~27,圖 7)。顯示該生在將類比物與標的物配對的過程中，雖一開始能夠監控類比物與標的物配對的過程，但在出現科學概念適用情境條件與訪談問題情境不相符或推理過程與結論出現矛盾時，即使經由訪談者多次提示後覺察所使用的科學概念與類比圖出現矛盾，仍未能主動重新確認類比物與標的物配對過程是否有誤，而選擇忽略矛盾處採用其既有概念的推論並修改類比物。因此 S15 雖然可以指認所有基礎對應以及一些複雜對應，然而卻無法形成和利用複雜對應來形成正確的推論，因此其類比推理等級落入 level 3。

#### 5. 中後設認知能力個案學生(S1)的類比推理歷程(低類比推理等級, level 1)

S1 為中後設認知能力的學生(低類比推理等級, level 1)，在類比推理過程中能夠進行工作分析，然而很少主動監控且監控的品質不佳，往往沒有注意到類比物與標的物配對上的矛盾處，且由於不了解類比因而無法運用類比獲得結論。

以下訪談中，S1 嘗試以連通管類比解決熱平衡問題：「相同質量的甲、乙兩物質。甲的溫度是  $80^{\circ}\text{C}$ ，乙的溫度是  $30^{\circ}\text{C}$ 。當甲乙接觸達熱平衡後，甲乙的溫度都變成  $40^{\circ}\text{C}$ 。甲乙兩者何者比熱較大？」

| 學生訪談逐字稿   | 後設認知編碼  |
|---|---|
| <p>1 S1:(讀題約 15 秒)就兩物質相同，所以底面積一樣(畫兩個底面積一樣大的杯子)。然後甲是 80 度乙是 30 度</p> <p>2 個底面積一樣大的杯子)。然後甲是 80 度乙是 30 度</p> <p>3 (分別在兩杯子畫兩條實線，左側水位較高，右側水位較</p> <p>4 低，如圖 8，未標示水位刻度)，所以甲下降的溫度給乙上</p> <p>5 升的溫度(在甲杯和乙杯的相同水位處畫上虛線)，所以就</p> <p>6 成 40 度</p> <p>7 。</p> <div data-bbox="459 533 933 654" data-label="Diagram"> </div> <p>8 圖 8</p> <p>9</p> <p>10 I:你剛剛說你杯子畫一樣大是因為?</p> <p>11 S1:因為它們是相同</p> <p>12 I:它們是相同的東西。這邊有說是相同的嗎?這邊是說它們</p> <p>13 是相同質量吧</p> <p>14 S1:因為它們有要平衡(指圖)所以甲會下降(用手比)，乙會上</p> <p>15 升，然後它們[最後]的溫度都一樣</p> <p>16 I:你說它們最後的溫度都一樣，可是它不是有問說甲和乙誰</p> <p>17 的比熱比較大嗎?</p> <p>18 S1:不知道欸</p> <p>[19 行~23 行，由於訪談者引導學習者回頭確認題目訊息以及學生所繪製的類比對應，因此省略]</p> <p>24 I:那你可以用講的告訴我，什麼對應什麼嗎?</p> <p>25 S1:(思考約 5 秒)[甲]下降的溫度比喻失去的水量，[乙]上升</p> <p>26 的溫度比喻加進去的水量，然後兩個就平衡了</p> <p>[27 行~30 行，由於訪談者引導學習者回頭確認學生所寫下的類比對應，因此省略]</p> <p>31 I:可以用你配對好的部分，跟我說你怎麼得到你的結論。</p> <p>32 S1:因為甲是失去，乙是增加，所以乙的比熱比較大。</p> <p>33 I:那你剛剛是講概念的部分，你可不可以用比喻講給我聽。</p> <p>34 S1:(沒有回話)</p> <p>35 I:如果我提供給你那個比喻對應的圖，你比較容易想起來嗎?</p> <p>36 S1:(點頭)</p> <p>37 I:你可以告訴我你想到什麼嗎?想到什麼都可以講。</p> <p>38 S1:(沒有回話)</p> <p>39 I:你有沒有去想說誰跟誰配對?</p> <p>40 S1:(學生繼續看圖約 15 秒)...溫度對水</p> <p>41 I:溫度對水的什麼?</p> | <p>[沒有完整地閱讀題目訊息] 工作分析</p> <p>[所使用的相關科學概念出現錯誤而未覺察] 監控</p> <p>[沒有監控類比物與標的物配對矛盾之處] 監控</p> <p>[結論出現錯誤，經提示而未重新確認和修正] 評估</p> <p>[沒有監控類比物與配對過程] 監控</p> |

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| 42 S1: (沒有回話)                 |  |
| 43 I: 我們之前有講過水量還有水位，你覺得是對應什麼？ |  |
| 44 S1: 水位                     |  |
| 45 I: 然後呢                     |  |
| 46 S1: (搖頭)                   |  |

熱平衡類比推理的問題中僅指出甲、乙為相同質量，而有賴學生分析並利用甲、乙物體熱平衡前(甲為 80 度，乙為 30 度)與熱平衡後(兩者皆為 40 度)的訊息建構類比物來推論兩者的比熱大小。而在類比推理的處理/提取資訊階段，S1 閱讀問題後雖根據題目訊息畫出平衡前甲杯的水位較乙杯高以及平衡後兩杯的水位相同，但未覺察物體的比熱是題目中未給予的線索，而逕自假設甲、乙為兩相同物質(行 1)而畫出兩個底面積相同的杯子(行 2，圖 8)，顯示該生未完整地分析題目的訊息，僅提取了部分的類比物和標的物性質。

在後續配對類比物和標的物的過程中，S1 依題目訊息來建立類比物時，未能較精確地按題目訊息呈現甲乙兩杯於平衡前、後的水位變化比例(圖 8)(甲的溫度由 80 度下降 40 度至 40 度，乙的溫度由 30 度上升 10 度至 40 度)，以至於未能藉類比物中甲、乙兩杯的水位變化不同而推理出甲、乙兩物體的比熱不同。此處顯現 S1 並未監控其類比物和標的物的配對過程，因此未能覺察類比物和標的物間水位變化的配對失誤，也影響其利用甲、乙兩杯的水位變化不同推論至甲、乙兩物體的比熱不同的能力。此外 S1 指出「甲下降的水位給乙上升的水位」對應到「甲下降的溫度給乙上升的溫度」(行 3~5)，而未覺察應是甲杯下降的「水量」等於乙杯上升的「水量」(未監控所使用的科學概念)，進而在以類比物推論標的物時產生如「甲下降的溫度給乙上升的溫度」的錯誤結論。

儘管訪談者嘗試暗示該生其類比物的部分性質與題目訊息不符，暗示 S1 回頭檢視類比推理的過程(行 10~13)，然而 S1 並未因訪談者的提示而回頭重新分析題目訊息或回頭檢視類比物與題目訊息間的配對和推理過程是否出現失誤，而僅重述前次所指認的標的訊息「因為它們有要平衡(指圖)所以甲會下降(用手比)，乙會上升，然後它們[最後]的溫度都一樣」。顯示(行 14~15)，顯示 S1 於結論出現錯誤，即使經過提示仍未能重新確認和修正其所繪製的類比物性質以及類比推理的歷程與結果。當訪談者再次暗示學生提示學生其結論與題目訊息不符，暗示該生回頭檢視類比推理的過程(行 16~17)，然而該生卻無法回答題目所問之結論(行 18)。顯示該生在類比物和標的物配對的過程中，即使經由訪談者指出該生沒有完整的閱讀題目訊息，並暗示可能配對錯誤，該生仍舊沒有回頭檢視失誤之處。接著訪談者引導學習者回頭確認題目訊息以及學生所繪製的類比對應圖以釐清該生對類比物與標的物配對的正確性，並一步要求該生指出類比物與標的物的配對(行 19~24)。此時該生(行 25~26)卻將「下降的溫度」與類比物中的「失去水量」對應以及將「上升的溫度」與「加進去的水量」對應，此

與該生於初配對階段(行 4~5)時將「下降的溫度」與類比物中的「失去水位」對應不同，顯示該生沒有監控前後對應不同的情況，即沒有監控整個類比物與標的物配對的過程。當訪談者再次引導學生重新檢視問題，回頭檢視確認學生所寫下的類比對應(行 27~30)並進一步要求該生以該生已配對好的部分來推論結論(行 31)。然而該生只是重複先前提取的訊息「甲是失去，乙是增加」(行 32)，顯示該生選擇用科學概念而非類比來進行推理，此外該生也沒有再次回頭檢視評估其類比推理的過程，因而該生的類比物與標的物對應不完整，該生因而無法利用類比物來推論標的物(行 34)。而訪談者為了釐清該生是否沒有評估類比物與標的物配對的過程，還是不了解類比物與標的物間的對應關係，因此提供該生課堂間所使用的類比對應圖做為提示，以幫助學生回顧課堂所學之類比(行 35)，然而該生仍舊無法根據類比對應圖來明確清楚地指認溫度與水位對應，顯示該生並不了解課堂間所學的類比，以至於即使訪談者要求學生回顧課堂所學並說明類比物與標的物的對配(行 37)，該生仍舊無法回答(行 37~45)，顯示可能並非該生沒有評估類比物與標的物配對的過程，而是因為該生不懂類比物與標的物間的配對關係，因此即使訪談者提供類比對圖幫助學生回顧，該生仍舊無法清楚且明確的指認配對之處。

該生在解題前，雖能夠分析題目給予之標的物訊息而運用類比物繪圖，以建立類比物和標的物的對應，然而在閱讀題目訊息時沒有仔細地閱讀題目的訊息，因而一開始即做出錯誤的配對，進而影響類比物與標的物配對的過程。在利用類比物進行推理並推論回標的物之過程中，該生也沒有監控類比物與標的物配對的矛盾處，即使經由訪談者提示，該生仍舊沒有回頭檢視類比物與題目訊息的配對不相符，而做出錯誤的推理。獲得結論後，訪談者引導學習者回頭確認題目訊息以及學生所繪製的類比對應，並追問該生所形成的類比物與標的物的配對，該生卻混淆了部分的基礎對應而沒有重新檢視與修正，即使訪談者提供課堂間的類比對應圖做為提示，該生仍舊只能經由提示指認出水位與溫度間的對應關係。表示該生可能有評估的後設認知行為，然而由於並不理解課堂間所學的類比，因而即使藉由訪談者所提供的類比對應圖進行回顧也無法清楚地指認一些基礎對應，只能經由訪談者引導指認出一個基礎對應，由於該生只能指認部份基礎對應而無法指認任一複雜對應，因此其類比推理等級落入 level 1。

## 五、小結

以上個案分析結果顯示，高後設認知能力分組的學生，能仔細分析題目訊息並正確地提取類比物的相關概念而畫出類比圖，亦能正確地提取深層知識結構(包含相關科學概念以及課堂間所學過之類比)以將題目中欲配對之科學概念與類比物配對，做出正確推理，聯結到標的概念做出正確的結論。整個過程中，該組學生亦能夠自動化地展現後設認知表現於類比推理各個階段，對任務相關訊息進行分析、監控及評估整

個類比推理的過程與結果，而達到較佳的類比推理表現。

中後設認知能力分組學生的類比推理等級呈廣泛分布，三個中後設認知能力個案的分析結果顯示，若學生於類比推理過程中能展現較多的後設認知行為表現(如 S9)，則其類比推理能力仍能達到較高的等級(level 4)。與 S5(高後設認知能力，類比推理等級 level 4) 和 S9 相較，S15(中後設認知能力，類比推理等級 level 3)多能正確地畫出類比對應圖，但當由類比物推論至標的物的過程中出現矛盾時，未必能完整地提取深層的知識結構，且後設認知表現亦未如前述學生般自動化，較少監控所使用科學概念的正確性或監控配對過程，當察覺配對過程或結論的矛盾處時，其評估的品質較差，可能未重新確認其類比推理的過程，而直接採用矛盾的結論，因而影響其推論複雜對應的能力，類比推理表現較差。

低後設認知能力分組的學生如 S10，在分析題目訊息後，未能完整地提取深層結構知識，只能畫出部份的基礎對應，而在利用類比物進行推理並推論回標的物之過程中，鮮少出現後設認知行為，沒有監控類比物和標的物對應之正確性，也未監控所使用的科學概念，因而無法察覺其在配對以及科學概念上的錯誤，做出錯誤的結論而不自覺，在獲得結論後，亦未主動回頭檢視類比物與標的物配對的過程與結論是否有誤，甚至在訪談者指出矛盾處時，產生新的推論失誤，因而其類比推理等級較差。位於中後設認知能力分組下限的學生如 S1，其類比推理過程以及過程中後設認知能力表現頻率和品質接近低後設認知能力分組的學生表現，以及該生並不了解課堂所學之類比物與標的物間的配對關係，因而影響其類比推理能力表現。

綜合以上結果顯示，學習者對類比物以及標的概念的理解，影響其在類比推理初期能否正確提取其深層知識結構，進而影響其能否正確建立類比物和標的物間的基礎對應和部份複雜對應，以及能否進一步推論類比物和標的物間的部份複雜對應。然而後設認知表現所扮演之角色則是透過監控任務完整分析、監控類比物與標的物的一對一對應以及監控利用類比物進行推理、進而推論回標的物而得出結論的過程，來降低過程中的推理失誤，或於出現失誤時能及時覺察而回頭檢視並提出修正。因此學習者對類比物以及標的概念的理解以及過程中後設認知表現皆對其類比推理過程與表現有重要的影響。

## 第五章 結論與建議

### 第一節 結論與討論

本章共分為兩節，第一節主要就研究結果進行彙整以做出結論，第二節則就結論提出對教學與研究上的建議。

#### 一、不同後設認知表現對類比學習成果之影響

本小節整理第四章第一節的分析結果，依序對不同後設認知能力分組的學習者於比熱與熱平衡概念測驗表現以及比熱與熱平衡類比回憶問題表現進行討論，最後再以後設認知自陳問卷、概念測驗表現以及類比回憶問題表現等六份測驗的相關性與迴歸分析結果來討論概念理解、後設認知表現與類比推理能力間的關係。

##### (一) 比熱與熱平衡概念測驗表現

概念測驗表現的分析結果顯示高、中、低後設認知能力的學生，在已接受熱學單元教學的情況下再接受比熱與熱平衡類比學習活動，則類比學習活動對於學生在比熱和熱平衡的概念理解並無幫助。而根據訪談資料顯示，高後設認知組的學生較傾向直接利用已於上學期學過的熱學概念進行推理，雖學生能在概念推理和類比推理間流暢地切換，但類比學習活動對於比熱與熱平衡的概念理解未必有額外的加成效果，甚至可能會造成阻礙；而低後設認知組的學生雖於上學期學過比熱與熱平衡的概念，然而往往不熟悉類比物亦不理解相關科學概念，因此在使用類比物推論到標的概念時常有困難，顯示短期的類比學習活動對此類學生的概念理解未必有幫助。而中後設認知組的學生則表示，透過比熱與熱平衡的類比學習活動，能夠幫助學生視覺化抽象概念以及提升其對原先熱學概念的理解，因此經由類比學習活動後，其比熱與熱平衡概念能夠優於未進行類比學習活動前。此處有關低後設認知能力學生的分析結果支持 Arnold 和 Millar (1996) 的發現，即使教師將類比講解得清楚且明確，仍可能有部分學生未能完整的理解類比物並將之推論至標的概念。

##### (二) 比熱與熱平衡類比回憶問題表現

比熱與熱平衡類比回憶問題表現的結果呈現，在經過類比學習活動後「高後設認知組的學生在比熱與熱平衡兩主題的類比回憶問題表現皆顯著優於中、低後設認知組的學生」，而中後設認知組的類比推理表現優於低後設認知組學生，雖然差異未達顯著。顯示後設認知能力可能與類比推理表現有關，具有高後設認知能力的學生類比推理表現較佳，後設認知能力較低的學生類比推理表現則有現落後的情形。

### (三) 後設認知自陳問卷、概念測驗表現以及類比推理表現等測驗的相關性分析 與迴歸分析

相關性分析結果顯示概念前測表現與比熱及熱平衡類比推理表現為中到高度相關，一般性和類比過程後設認知自陳量表表現則與比熱和熱平衡類比推理表現呈中度相關。線性迴歸分析結果顯示，類比過程後設認知自陳表現對比熱和熱平衡單元之類比過程類比回憶問題表現具有顯著的解釋力，其次為概念測驗前測表現。顯示類比推理表現必須有後設認知能力及概念理解的支持，若缺乏後設認知能力即使具有相關概念也未必能達到較佳的類比推理表現，此處的研究結果支持研究者在上一小節：不同後設認知能力分組學生於類比回憶問題表現之研究發現。研究結果亦呼應Gary等人(2009)的論點：類比推理能力表現的好壞，和學習者是否啟動後設認知以監控類比推理過程有關。此處的研究結果亦支持Mason(1994)所提出具有較高後設認知能力的學生，在類比推理時能高度監控整個過程，此後設認知能力能幫助學習者察覺標的物和類比物間的相似處，並清楚地將類比物的相似處推論到標的物，因此在使用類比上高後設認知的學習者更能夠監控和調節自己的類比推理表現

## 二、比熱與熱平衡類比推理訪談分析

### (一) 類比推理訪談中，類比推理能力等級和後設認知能力表現的編碼分析

從比熱與熱平衡類比推理訪談之不同後設認知學生的類比推理等級分析結果可知，高後設認知能力的學生除了能夠指出所有類比物與標的物的基礎與複雜對應，還能夠指認出類比物的失效之處。而中後設認知能力分組的學生，則廣泛分布於類比推理的所有等級。而低後設認知能力的學生，則只能指認出一些基礎對應而無法指認任一複雜對應。研究結果支持假設 3-1「具有不同後設認知能力表現之學生，在類比推理過程中之類比推理表現達顯著差異。」

從訪談中不同後設認知能力分組之學生的後設認知表現頻率分析結果可知，高後設認知能力組的學生在類比推理的資訊處理、類比物與標的物配對和評估的階段中，所展現的後設認知表現頻率明顯高於中、低後設認知能力組的學生所展現的頻率。研究結果支持假設 3-2「具有不同後設認知能力表現之學生，在類比推理過程中之後設認知表現具有差異性。」

### (二) 設認知能力之個案學生的類比推理歷程

比熱與熱平衡類比推理訪談的個案分析結果呈現高後設認知能力分組的學生，在類比推理的整個過程中，除了能夠正確地提取深層的知識結構(包含相關科學概念以及課堂間所學過之類比)，以將題目中欲配對之概念訊息與類比物的性質配對並進行推理，亦能夠自動化地展現後設認知表現於類比推理各個階段，如對任務相關訊息進

行分析、監控類比物與標的物的配對過程、監控所使用的相關科學概念是否正確，並能評估整個類比推理的過程與結果，以在發現推理或結論失誤時隨即進行修正，因此多能利用類比物成功推論標的概念並獲得正確的結論，展現較佳的類比推理能力；而中、低後設認知能力分組的學生雖同樣學過相關的熱學概念和類比，然而在類比推理過程中未必能完整地提取深層的知識結構，因此在配對時，常遺漏部分題目中的概念訊息或類比物的性質，且其後設認知表現亦未如高後設認知能力分組的學生能夠自動化地使用於類比推理的各個階段，因此在配對和推理的過程中較少監控其所使用的科學概念正確性或監控配對過程中的失誤，因而無法察覺其在配對以及科學概念上的錯誤，做出錯誤的結論而不自覺，也較少主動評估類比推理的結果，甚至在訪談者指出矛盾處時，未必能主動回頭檢視類比物與標的物配對的過程與結論是否有誤，或產生新的推論失誤。因而其類比物和標的物的配對多不完整，無法利用類比物成功推論標的概念，因此類比推理等級較差。

比較不同個案學生的後設認知表現和其類比推理能力亦顯示，不同學習者的後設認知能力由高能力、中能力至低能力實為一連續的能力分佈，當後設認知表現下降，則學習者的類比推理能力層級亦降低。

由以上研究結果可以推論，學習者對類比物以及標的概念的理解，影響其在類比推理初期能否正確提取其深層知識結構，進而影響其能否正確建立類比物和標的物間的基礎對應和部份複雜對應，以及能否進一步推論類比物和標的物間的部份複雜對應。後設認知表現在類比推理過程中所扮演之角色是藉由監控任務完整分析、監控類比物與標的物的一對一對應以及監控利用類比物進行推理、進而推論回標的物而得出結論的過程，來降低過程中的推理失誤，或於出現失誤時能及時覺察而回頭檢視並提出修正。因此學習者對類比物以及標的概念的理解以及過程中後設認知表現皆對其類比推理過程與表現有重要的影響。此研究結果支持 Vosniadou 和 Ortony (1989) 所述，類比推理的成功與否與學習者所持有相關概念的多寡有關，此外學習者若要能在連結類比物和標的物時，連結到深層的知識網絡則必須藉著後設認知的啟動。而 Holyoak(2007) 的研究亦支持後設認知能力會影響類比推理表現，其研究結果指出類比推理的表現和學習者在進行類比推理時工作記憶的資源分配有關，類比推理過程中整合數個整體配對和啟動後設認知策略皆會用去許多認知資源，因而若學習者較無法順暢且自動化地形成類比物與標的物的配對，或不熟悉類比物與標的物的配對者，則可能沒有多餘的認知資源進行監控等後設認知策略，而在沒有後設認知策略的協助下，類比推理過程可能出現較多失誤，類比推理表現亦較差。

### 三、小結

從全體學生資料分析可知，在類比推理的歷程中，除了學習者本身所持有的相關先備概念多寡會影響類比推理能力之外，後設認知能力也是影響類比推理表現的重要因素之一。具有高後設認知能力的學生類比推理表現較佳，後設認知能力較低的學生則類比推理表現有落後的情形。

從類比推理的訪談分析結果可知，後設認知表現在類比推理過程中扮演一個監督與調節的角色，後設認知策略能幫助學習者監控任務的分析是否完整、類比物與標的物的配對是否正確，以及監控利用類比物進行推理、進而推論回標的物而得出結論的過程，因此能夠降低過程中的失誤，或於出現失誤時及時的回頭檢視與修正，因而能幫助學習者成功以類比物推論標的概念，達到最佳的類比推理能力等級。然而並非所有學習者都會主動地展現後設認知行為表現，當後設認知能力表現如任務分析或監控品質下降，則類比物與標的物的配對和推理過程出現失誤的頻率提高，若學習者未能覺察而主動調整，則由類比物推論至標的物時可能出現困難，降低類比推理的層級。

綜合以上研究結果顯示，後設認知表現與類比推理的歷程與表現息息相關，倘若學習者欲達到較佳的類比推理等級，則須啟動後設認知策略以監控、評估與調節各階段的類比推理過程。此外，研究類比學習和推理歷程的研究者可將後設認知表現行為納入影響類比推理歷程與表現的影響因素之一。

## 第二節 建議

本節針對類比推理教學的課程設計，提出下列之建議作為教學者與後續研究的參考。

### 一、對設計和進行類比活動的建議

#### (一) 利用不同診斷工具來了解學生所具有之後設認知策略或能力

教師應利用不同診斷工具來診斷，並了解不同學習者所具有之後設認知策略多寡和能力高低，亦可在類比學習活動之外，利用外加式課程進行後設認知策略的教學並提供學生練習使用後設認知策略的機會，使學生於後設認知策略的使用達到自動化。

#### (二) 使學生明白後設認知策略的重要性

後設認知策略能夠幫助學生監控與調節自己的學習，因此教師在進行類比教學時，應協助學生明白使用後設認知策略對一般學習和類比學習的重要性。

#### (三) 設計類比學習活動時或於進行類比學習活動的各個階段，嘗試設計並融入後設認知策略的鷹架或提供適時的協助

教師在設計類比學習活動時，應將後設認知策略視為教學設計的重要元素之一，設計後設認知策略鷹架融入類比學習活動，或於類比學習過程中提供有關後設認知策略的適時提醒。例如，在類比的處理/提取資訊階段，教師可幫助學生了解使用類比的目的，並示範與協助學生使用「工作分析」的後設認知策略以完整地閱讀題目敘述，

並協助學生利用與「計畫」有關的後設認知策略，如列出相關的認知資源與題目中的關鍵訊息和運用繪圖等策略來幫助類比推理的進行，在配對類比物與標的物的過程中，教師亦需示範並協助使用「監控」和「評估」等後設認知策略以減少並修正推理過程所出現的失誤，進而達到較佳的類比學習成效。

#### (四) 類比物的設計須更明確地對應標的物

訪談過程中發現部分學生表示不了解訪談者所使用的類比物，即使進一步以實體展示兩個底面積大小不同的水杯來詢問學生：「當倒入相同水量時，哪一杯的水位較高？」，則學生亦無法回答，顯示即使學生有相關的倒水經驗，卻無法將之與類比物產生連結，因此影響類比學習的成效。因此教師在利用類比物以圖像化的方式進行教學時，應當考量到即使所有的學生皆有相同的生活經驗，也未必表示學生能根據此生活經驗來理解類比物。建議未來教師在介紹類比物時可利用實體或動畫來取代靜態圖片，明確地協助學生將類比物與生活經驗連結。

## 二、對於日後研究的建議

### (一) 釐清影響類比推理結果之重要後設認知類別

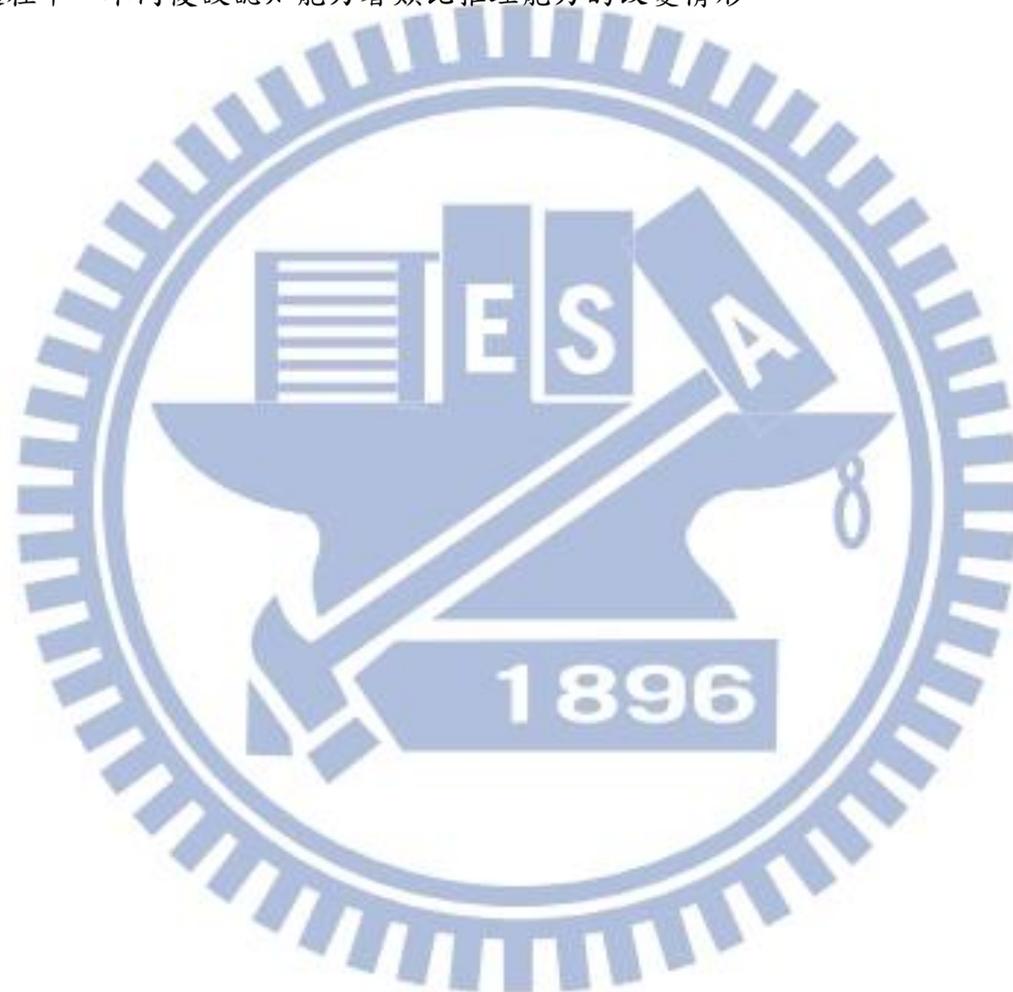
本研究發現，不同後設認知能力分組的學生在類比推理各階段展現不同的後設認知行為類別，且三組間的行為表現頻率都有顯著差異，顯示後設認知表現在類比推理各個階段都很重要。然而所有後設認知行為類別中，監控的後設認知表現頻率最高，顯示監控在各個後設認知行為類別中可能扮演關鍵角色。然而本研究之結果僅以21位個案學生為對象，對類比推理訪談過程中展現的後設認知行為表現進行微觀分析。建議未來的研究可放大樣本數，進一步探討不同後設認知表現類別對於類比推理表現是否有不同程度的影響力。

### (二) 釐清融入後設認知策略對類比學習成效的影響

後設認知能力在類比學習和推理表現扮演重要角色。過去有研究探討融入後設認知策略對問題解決(Kaberman & Dori, 2009)和概念學習(Mittlefehldt & Grotzer, 2003; Georgiades, 2006)等的影響，但未有實徵研究探討融入後設認知策略於類比學習活動中或協助學生對類比推理過程進行監控，對類比學習成效有何影響，因此建議未來可研究採實驗研究設計，探討融入後設認知策略對類比學習成效的影響。

### (三) 釐清小組討論對不同後設認知能力者的類比推理能力改變之情形

於本研究的情境中，學習者皆以個人為單位進行類比學習活動，並未提供同儕討論之機會。May等人(2006)指出學習者能夠藉由同儕間的討論以修正原先自發性類比的失誤處，並藉由比較類比物和標的物間的不同處來指認類比失效處。研究者認為，同儕的分享與討論可能提供組員間相互說明對類比物或標的物的觀點之機會，提升其對類比物和標的物的理解，並可能藉由同儕間的相互討論以檢視或修正原先自己於類比配對過程的失誤，進而可能提升類比學習的成效。因此建議未來研究可探討小組討論過程中，不同後設認知能力者類比推理能力的改變情形。



## 參考文獻

### 一、中文部分

王子華、王國華、王麗龍、黃世傑（民91）。大學普通生物學後設認知量表的發展。  
測驗統計年刊，10，75-100。

郭重吉（民80）：國中學生熱與溫度概念的另有架構。彰化師範大學學報，2，435-462。

黃湘武、黃寶鈿（民77）：熱與溫度概念的混淆與辨識。認知與學習研討會專輯（第二次）。台北市：國科會科教處。

謝秀月、郭重吉（民80）：小學、師院學生熱與溫度概念的另有架構。科學教育，第二期，227-247頁。

### 二、英文部分

Albert, E. (1978). Development of concept of heat in children. *Science Education*, 62(3), 389-399.

Arnold, M., & Millar, R. (1996). Exploring the use of analogy in the teaching of heat, temperature and thermal equilibrium. In G. Welford, J. Osborne, & P. Scott (Eds.), *Research in Science Education in Europe* (pp. 22-35). London: The Falmer Press.

Azevedo, R., Cromley, J. G., & Seibert, D. (2004). Does adaptive scaffolding facilitate students' ability to regulate their learning with hypermedia. *Contemporary Educational Psychology*, 29, 344-370.

Başer, M. (2006). Fostering conceptual change by cognitive conflict based instruction on students' understanding of heat and temperature concepts. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2(2), 96-114.

Bellocchi, A., & Ritchie, S. M. (2011). Investigating and theorizing discourse during analogy writing in chemistry. *Journal of Research in Science Education*, 48(7), 771-792.

Blanchette, I., & Dunbar, K. (2000). How analogies are generated: The roles of structural and superficial similarity. *Memory & Cognition*, 28, 108-124.

Blank, L. M. (2000). A metacognitive learning cycle: A better warranty for student understanding? *Science Education*, 84, 486-506.

Blake, A., 2004, Helping young children to see what is relevant and why: Supporting cognitive change in earth science using analogy, *International Journal of Science*

*Education*, 17, 1855-1873.

- Brown, A. L., Kane, M. J., & Echols, C. H. (1986). Young children's mental models determine analogical transfer across problems with a common goal structure, *Cognitive Development*, 1, 103-121.
- Brown, A. L. (1987). Metacognition, executive control, self-regulation, and other more mysterious mechanisms. In F. E. Weinert & R. H. Kluwe (Eds.), *Metacognition, motivation, and understanding* (pp. 65-116). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Brown, D., & Clement, J. (1989). Overcoming misconceptions via analogical reasoning: Abstract transfer versus explanatory model construction. *Instructional Science*, 18, 237-261.
- Bryce, T., & MacMillan, K. (2005). Encouraging conceptual change: the use of bridging analogies in the teaching of action-reaction forces and the 'at rest' condition in physics. *International Journal of Science Education*, 27, 737-763.
- Büchel, F. P. (2000). Metacognitive control in analogical reasoning. In W. J. Perrig & A. Grob (Eds.), *Control of human behavior, mental processes, and consciousness* (pp. 203-224). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cheshire, A., Ball, L. J., & Lewis, C. N. (2005). Self-explanation, feedback and the development of analogical reasoning skills: Microgenetic evidence for a metacognitive processing account. In B. G. Bara, L. W. Barsalou, & M. Bucciarelli (Eds.), *Proceedings of the twenty-seventh annual conference of the cognitive science society* (pp. 435-441). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Coll, R.K., France, B., & Taylor, I. (2005). The role of models/and analogies in science education: Implications from research. *International Journal of Science Education*, 27(2), 183-198.
- Dagher, Z. R. (1998). The case for analogies in teaching science for understanding. In J. J. Mintzes, J. H. Wandersee, & J. Novak (Eds.), *Teaching science for understanding* (pp. 195-207). San Diego: Academic Press.
- Dinsmore, D. L., Alexander, P. A., & Loughlin, S. M. (2008). Focusing the conceptual lens on metacognition, self-regulation, and self-regulated learning. *Educational Psychology Review*, 20, 391-409.
- Driver, R. & Bell, B. (1986). Students' thinking and the learning of science: a constructivist view. *The School Science Review*, 67, 443-456.
- Duit, R. and Kesidou, S. (1988). Students' understanding of basic ideas of the second law of thermodynamics, *Research in Science Education*, 18, 186-195.

- Duit, R., & Treagust, D. (2003). Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25, 671-688.
- Erickson, G. L., & Tiberghien, A. (1985). Heat and temperature. In R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp. 52-84). Philadelphia: Open University Press.
- Ertmer, P. A., & Newby, T. J. (1996). The expert learner: Strategic, self-regulated, and reflective. *Instructional Science*, 24(1), 1-24.
- Flavell, J. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of psychological inquiry. *American Psychologist*, 34, 906-911.
- Gary, M. S., Pillinger, T., & Wood, R. E. (2009). Enhancing Analogical Reasoning and Performance in Strategic Decision Making. *MIT Sloan Research Paper*. No. 4737-09.
- Gentner, D. (1989). The mechanisms of analogical learning. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning* (pp. 199 – 241). Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Georghiades, P. (2006). The role of metacognitive activities in the contextual use of primary pupils' conceptions of science. *Research in Science Education*, 36, 29-49.
- Glynn, S. M. (1991). Explaining science concepts: A teaching-with-analogies model. In S. M. Glynn, R. H. Yeany, & B. K. Britton (Eds.), *The psychology of learning science* (pp. 219-240). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Glynn, S. M., Law, M., & Doster, E. C. (1998). Making text meaningful: The role of analogies. In C. Hynd (Ed.), *Learning from text across conceptual domains* (pp. 193-208). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Glynn, S. M. (2008). *Making science concepts meaningful to students: Teaching with analogies*. In S. Mikelskis-Seifert, U. Reingelband & M. Brückman (Eds.), *Four decades of research in science education: From curriculum development to quality improvement* (pp.113-125). Münster, Germany: Waxmann.
- Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (1993). Teaching with analogies: A case study in grade-10 optics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 1291-1307.
- Harrison, A. G., Grayson, D. J., & Treagust, D. F. (1999). Investigating a grade 11 student's evolving conceptions of heat and temperature. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1),55–87
- Hesse, M. B. (1966). *Models and analogies in science*. Notre Dame, IN: University of

- Notre Dame Press.
- Herrington, D.G. (2011). The heat is on: An inquiry-based investigation for specific heat. *Journal of Chemical Education*, 88, 1558-1561
- Holyoak, K. J., & Thagard, P. (1989). Analogical mapping by constraint satisfaction. *Cognitive Science*, 13, 295-355.
- Jonassen, D.H., Howland, J., Moore, J., & Marra, R.M. (2003). *Learning to solve problems with technology: A constructivist perspective* (2nd ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall
- Kaberman, Z., & Dori, Y. J. (2009). Metacognition in chemical education: question posing in the case-based computerized learning environment. *Instruction in Science*, 31, 403-436.
- Keane, M. T. (1997). What makes an analogy difficult? : The effects of order and causal structure on analogical mapping. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, 23, 946-967.
- Kesidou, S. and Duit, R. (1993). Students' conceptions of the second law of thermodynamics: An interpretive study. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 85-106.
- Kolodner, J. L. (1997). Educational implications of analogy: A view from case-based reasoning. *American Psychologist*, 52, 57-66.
- Mason, L. (1994). Cognitive and metacognitive aspects in conceptual change by analogy. *Instructional Science*, 22, 157-187.
- May, D., Hammer, D., & Roy, P. (2006). Children's analogic reasoning in a 3rd grade science discussion. *Science Education*, 90, 316 - 330.
- Mayer, R. E. (1998). Cognitive, meta-cognitive, and motivational aspects of problem solving. *Instructional Science*, 26, 49-63.
- Mittlefehldt, S., & Grotzer, T. A. (2003, March). *Using metacognition to facilitate the transfer of causal models in learning density and pressure*. Paper presented at the National Association of Research in Science Teaching(NARST) Conference , Philadelphia, PA.
- Moos, D. C., & Azevedo, R. (2008). Self-regulated learning with hypermedia: The role of prior domain knowledge. *Contemporary Educational Psychology*, 33, 70-298.
- Muldner, K., Conati, C.: Using Similarity to Infer Meta-Cognitive Behaviours During Analogical Problem Solving. In: Proc. of 10th International Conference UM'05. Vol.

3538. Springer-Verlag (2005) 134-143

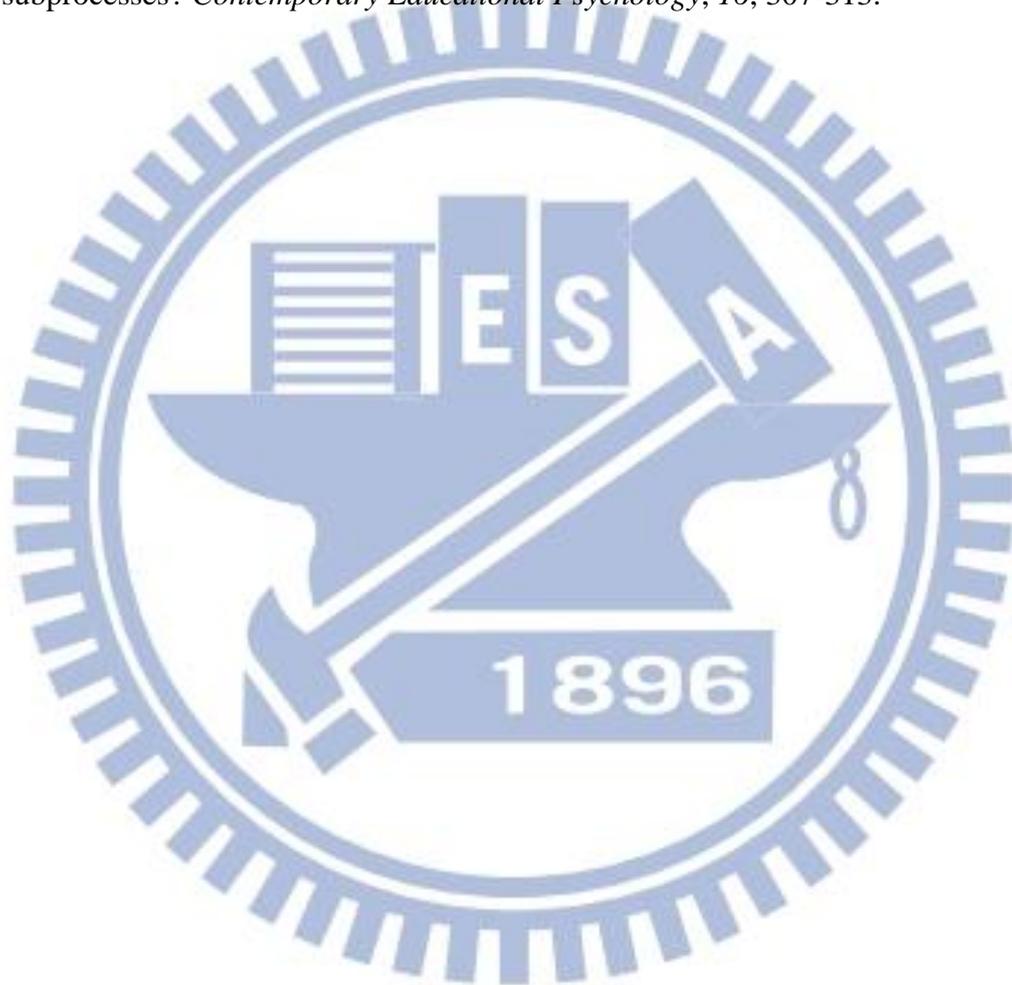
- Pintrich, P. R. (2000). The role of goal orientation in self-regulated learning. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich, & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation* (pp. 451-502). San Diego: Academic Press.
- Rule, A. C., Baldwin, S., & Schell, R. (2008). Second graders learn animal adaptations through form and function analogy object boxes. *International Journal of Science Education, 30*, 1159-1182.
- Sarantopoulos, P., & Tsaparlis, G. (2004). Analogies in chemistry teaching as a means of attainment of cognitive and affective objectives: a longitudinal study in a naturalistic setting, using analogies with a strong social content. *Chemistry Education: Research and Practice, 5*, 33-50.
- Schoenfeld, A. (1987). What's all the fuss about metacognition? In A. Schoenfeld (Ed.), *Cognitive Science and Mathematics Education* (pp. 189-215). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Schraw, G., Crippen, K.J., & Hartley, K. (2006). Promoting self-regulation in science education: Metacognition as part of a broader perspective on learning. *Research in Science Education, 36*, 111-139.
- Schraw, G. & Moshman, D. (1995). Metacognitive theories. *Educational Psychological Review, 7*, 351-371.
- Veenman, M. V. J., & Spaans, M. A. (2005). Relation between intellectual ability and metacognitive skills: Age and task differences. *Learning and Individual Differences, 15*, 159-176.
- Venville, G. J. & Treagust, D. F. (1996). The role of analogies in promoting conceptual change in biology. *Instructional Science, 24*, 295-320.
- Vosniadou, S., & Ortony, A. (1989). *Similarity and analogical reasoning*. New York: Cambridge University Press.
- Winne, P. H. (1995). Inherent details in self-regulated learning. *Educational Psychologist, 30*, 173-187.
- Winne, P., & Perry, N. (2000). Measuring self-regulated learning. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation* (pp. 532-566). San Diego,

CA: Academic Press

Winne, P. H. (2001). Self-regulated learning viewed from models of information processing. In B. J. Zimmerman & D. H. Schunk (Eds.), *Self-regulated learning and academic achievement: Theoretical perspectives*. Mahwah, NJ: Erlbaum.

Zeitoun, H. H. (1984). Teaching scientific analogies: A proposed model. *Research in Science and Technological Education*, 2, 107-125.

Zimmerman, B.J. (1986). Development of self-regulated learning: Which are the key subprocesses? *Contemporary Educational Psychology*, 16, 307-313.



| PPT   | 教師引導  |
|---|---|
| <p data-bbox="240 360 277 412">P1</p>  <p data-bbox="240 943 277 994">P2</p> <p data-bbox="309 1128 842 1256">重量相同的鋁塊和鐵塊，用同樣大的火加熱一分鐘後鐵塊的溫度從<math>20^{\circ}\text{C}</math>上升到<math>40^{\circ}\text{C}</math>，而鋁塊則從<math>20^{\circ}\text{C}</math>上升到<math>30^{\circ}\text{C}</math>。加熱同樣時間鐵塊上升<math>20^{\circ}\text{C}</math>，而鋁塊上升<math>10^{\circ}\text{C}</math></p>  <p data-bbox="564 1368 608 1397">圖 1</p> | <p data-bbox="916 360 952 412">P1</p> <p data-bbox="916 427 1439 696">之前上學期大家有學過比熱和熱平衡的概念，不過這兩個概念很抽象難懂，所以我今天要跟你們介紹一個大家在生活裡常有的經驗來帮助大家聯想比熱的概念</p> <p data-bbox="916 887 952 938">P2</p> <p data-bbox="916 954 1439 1402">大家可以看到圖上有兩個重量相同的物體，分別是鋁塊和鐵塊，我們今天用同樣大的火加熱一分鐘後會發現，鐵塊的溫度從<math>20^{\circ}\text{C}</math>上升到<math>40^{\circ}\text{C}</math>，而鋁塊則從<math>20^{\circ}\text{C}</math>上升到<math>30^{\circ}\text{C}</math>。加熱同樣時間內鐵塊上升從<math>20^{\circ}\text{C}</math>，而鋁塊則上升<math>10^{\circ}\text{C}</math>。請大家先看下面的abc. 首先老師想先問你們幾個問題：</p> <p data-bbox="916 1420 1410 1458">1 獲得熱量溫度上升/失去熱量溫度</p> <p data-bbox="916 1480 979 1518">下降</p> <p data-bbox="916 1541 1439 1868">當鋁塊和鐵塊獲得熱量時，它們的溫度會有變化嗎?有什麼樣的變化?那如果是失去熱量，例如我把同樣溫度的鐵塊和鋁塊放到冰箱冰5分鐘，那溫度又會有什麼變化?所以物體獲得熱量溫度會____，失去熱量溫度會____</p> <p data-bbox="916 1890 1331 1928">2 溫度的變化不同，溫度高低</p> <p data-bbox="916 1951 1410 1989">既然大家都說獲得熱量溫度會上升/</p> |

失去熱量溫度會下降。那麼在這個題目中，我們知道最後鐵塊的溫度比較高，鋁塊的溫度比較低。鋁塊和鐵塊溫度的變化是一樣的嗎？所以我們知道鐵塊和鋁塊獲得相同熱量後，鐵塊的溫度變化比較大

3. 獲得相同熱量，比熱大者溫度上升

較低(比熱小溫度上升較高)

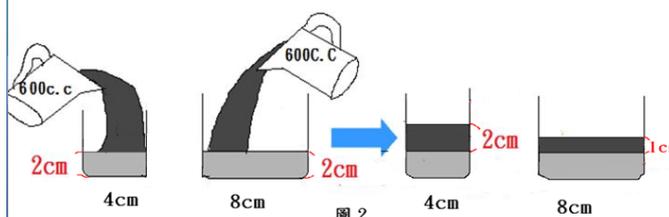
為什麼鐵塊和鋁塊明明獲得的熱量是一樣的，但是鐵塊溫度變化比較大，鋁塊上升的溫度變化比較小呢(學生若無法回答則使用夏天海邊的沙子和海水做連結)

4. 有的物質比熱大有的物質比熱小

所以我們知道這是因為鋁塊和鐵塊的比熱不同，鐵塊的比熱大，鋁塊的比熱小。

P3

二、請跟著老師仔細觀察圖2，並回答以下問題



P3

接下來請大家注意看一下圖2。

1. 杯子的底面積不同

我們可以看到畫面上有兩個底面積不同的杯子，小杯子的底面積是4平方公分，大杯子的底面積是8平方公分。

2. 獲得水量，水位上升/失去水量水位下降

3. 水位變化不同，水位高低

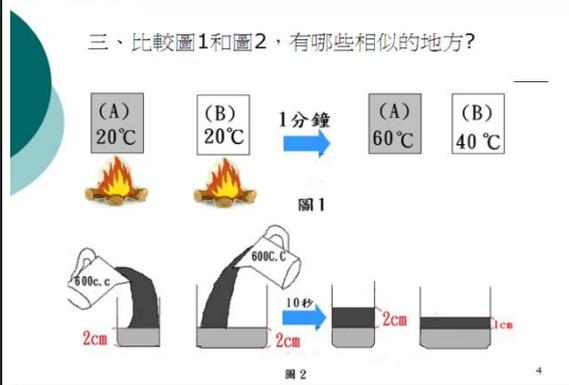
今天我分別倒入 600cc 的水到兩個杯子中，那兩個杯子最後的水位會一樣嗎？大杯子和小杯子水位上升的幅度有什麼差別呢？所以我們知道大杯子

和小杯子獲得相同水量後，\_\_\_的水位變化比較大。那如果是失去水量呢，例如：我今天把小杯子和大杯子裡的水分別倒出 400cc，\_\_\_水位下降比較多呢？

4. 獲得相同水量，底面積大者水位上升較低(底面積小者水位上升較高)

大杯子和小杯子獲得的水量是一樣的，但是小杯子水位變化比較大，大杯子水位變化比較小。以我們知道將同樣的水量倒入不同底面積的杯子時，水位的變化是不一樣的。底面積大，水位變化比較\_\_\_。底面積小，水位變化比較\_\_\_。那為什麼我要介紹不同底面積的杯子呢？因為這是一個比喻要用來幫助我們聯想比熱的概念

P4



P4

剛剛我們先幫大家回憶了有關比熱的概念，也介紹一個比喻。現在大家可以看到畫面上有兩張圖，分別是剛剛用來回憶比熱的題目還有不同底面積的比喻。我們現在要利用這個比喻來聯想比熱的概念。請大家把第三頁的對照表拿出來放在旁邊。

1. 獲得熱量/失去熱量

首先請看圖 2 我們把水比喻成熱量，今天我們把鐵塊加熱，鐵塊獲得熱量，就很像把水倒入杯子中，杯子獲

P5

試著用上述的比喻來解釋下面的題目你會怎麼解釋？

1. 如果甲的比熱是**0.1**乙的比熱是**0.3**，如果都要使兩者上升**10°C**，何者需要較多的熱量？

2. **A、B**兩物體相比較，**A**物體溫度下降幅度比較大就代表失去熱量較多嗎？

3. **A、B**兩物體，皆從**10°C**上升到**50°C**，則獲得的熱量也會相同嗎？

得\_\_\_\_

### 2. 獲得熱量，溫度上升

杯子獲得水，水位會上升，就很像鐵塊獲得熱量，\_\_會上升一樣

### 3. 物質的比熱大小

接下來我們把水位的高低比喻成溫度的高低。我們會看到，比熱小的鐵塊就很像小杯子的底面積\_\_，比熱大的鋁塊就很像大杯子的底面積\_\_。

### 4. 比熱不同，溫度上升情況不同

在圖 1 中我們會發現，提供相同熱量時。鐵塊溫度上升比較高，鋁塊溫度上升比較低。那這就好像圖 2 中加入相同水量時，底面積小的杯子水位上升比較高，底面積大的杯子水位上升比較低。

### 5. 有的物質比熱大有的物質比熱小★

然而比熱是物質的性質，不同的物質比熱不同。有的物質比熱大有的物質比熱小，例如鋁塊的比熱大、鐵塊的比熱小。就像不同的杯子底面積不同，有的底面積大有的底面積小。所以如果利用底面積越大，水位上升越低來比喻比熱大溫度上升低，比熱小溫度上升較高，那麼鐵塊比熱較小就很像底面積比較\_\_的杯子

P5

我們講完了這個對應表，我們現在來利用這個比喻套到題目裡去想。請同學先看第一題。我們用剛剛教的比喻

來思考。假如我現在畫一個杯子來代表甲的比熱，再畫一個杯子代表乙的比熱。那哪個杯子的底面積要比較大?(然後引導學生講再畫出來)。如果都要讓甲、乙都上升  $10^{\circ}\text{C}$ ，那我們在這裡假設要使甲和乙都上升  $10\text{cm}$ (畫圖)，我們利用那哪一個杯子要倒入較多的水?甲和乙誰需要較多熱量?

接下來，我們還是利用畫圖來思考。我們也是先畫兩個杯子出來。一個底面積大，一個底面積小。如果今天底面積大的代表 A，底面積小的代表 B，那 A 和 B 誰失去的熱量會比較多?如果今天是相反的狀況，底面積小的代表 A，底面積大的代表 B，那 A 和 B 誰失去的熱量會比較多?那如果兩個底面積都一樣呢?[引導學生分別思考和討論三種情境]，因為若 A 和 B 的比熱大小不同，會得到不同結果，所以這題的答案應該是不一定。

好，那剛剛老師已經利用比喻來解釋和說明上面前面兩題了。在這個過程中我利用畫圖來幫助我思考，因此接下來第三題請你依照剛剛的方是利用比喻來解釋和說明

P6

### 挑戰看看

1. 如果把10g的油和10g的水,以相同熱源加熱3分鐘,則油和水哪個上升的溫度會比較高?哪個獲得的熱量會比較多?(油的比熱0.7卡/克 $^{\circ}\text{C}$ )
2. 相同質量的甲乙兩物質,溫度皆為 $100^{\circ}\text{C}$ .置於教室桌上,10分鐘後發現甲的溫度降為 $50^{\circ}\text{C}$ ;乙的溫度降為 $40^{\circ}\text{C}$ .則哪一個傳給空氣的熱量比較多?哪一個的比熱比較大?

7

P7

### 熱平衡

7

P8

P6 進行類比回憶問題—比熱

我們今天用了不同底面積來比喻比熱的概念(利用圖片/畫圖解釋):不同的杯子底面積大小不同。有的杯子底面積大,有的杯子底面積小,就很像物質的比熱不同,有的物質比熱大有的物質比熱小。所以今天如果是鐵塊和鋁塊,在我的比喻裡,誰代表底面積比較大的杯子?接著我們倒入相同的水量,水位會上升就很像鐵塊和鋁塊獲得熱量溫度會上升一樣。鋁塊溫度上升的比較低就很像底面積大的杯子水位\_\_\_\_。那現在大家可以看到學習單的第四頁上面有挑戰題,請大家利用不同底面積的比喻來說明與解釋下面的題目(提醒學生用畫圖說明)。

P7

上一節課我們利用不同底面積的比喻來聯想和說明比熱的概念,那現在,我們試著用不同底面積的比喻來聯想熱平衡的概念

P8

首先大家可以看到圖上有兩個重量相同的鐵塊和鋁塊,其中鐵塊的溫度是 $40^{\circ}\text{C}$ 、鋁塊的溫度是 $20^{\circ}\text{C}$ ,今天我把兩個物體互相接觸,而兩物體接觸後達熱平衡。

請大家先看下面的abc. 首先老師想

A、B為兩個重量相同的不同的物質，其中A的溫度為 $40^{\circ}\text{C}$ ，B的溫度為 $20^{\circ}\text{C}$ 。兩物體接觸達熱平衡後A、B兩物體的溫度會是幾度呢？

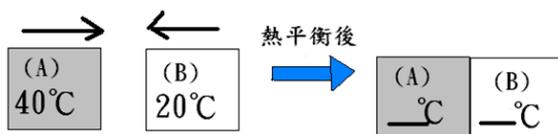


圖1

先問你們幾個問題：

1 有溫度差的物體相接觸時會有熱量的傳遞

當鋁塊和鐵塊互相接觸時，會發生什麼事情導致兩物體溫度改變？

2 [回憶有關比熱的概念] 不同比熱的物體，溫度的變化不同

既然大家都說獲得熱量溫度會上升/失去熱量溫度會下降。那麼在這個題目中，我們知道最後鐵塊的溫度比較高，鋁塊的溫度比較低。鋁塊和鐵塊溫度的變化是一樣的嗎？所以我們知道鐵塊和鋁塊獲得相同熱量後，鐵塊的溫度變化比較大

3 [回憶有關比熱的概念] 獲得相同熱量，比熱大者溫度上升較低(比熱小溫度上升較高)

為什麼鐵塊和鋁塊明明獲得的熱量是一樣的，但是鐵塊溫度變化比較大，鋁塊上升的溫度變化比較小呢(學生若無法回答則使用夏天海邊的沙子和海水做連結)

4. [回憶有關比熱的概念] 有的物質比熱大有的物質比熱小

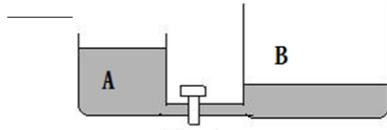
所以我們知道這是因為鋁塊和鐵塊的比熱不同，鋁塊的比熱大，鐵塊的比熱小。

P9

接下來我們可以看到這是一個連通管，分別由一條管子連接兩個杯子，

P9

下圖為一個連通管，兩個杯子中間的水管上有一個塞子，當塞子塞住時，兩邊的水無法通過水管



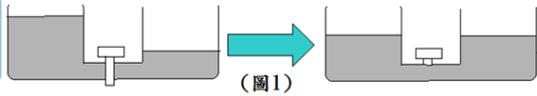
塞子拔開後，兩邊的水可以通過水管流動



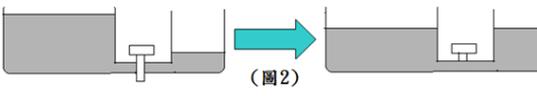
10

P10

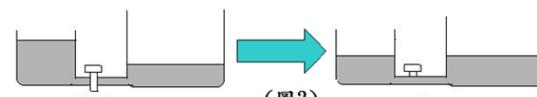
三、觀察看看，這三組圖塞子打開前後水位高低和水量的狀況，有哪些相同的地方？有哪些不同的地方？



(圖1)



(圖2)



(圖3)

11

而管子上有一個塞子當塞子塞住時，兩邊的水無法通過水管

1. 現在請你預測看看上圖的塞子如果打開後會發生什麼現象？

\* 有同學說水會流過去，那是從 A 到 B 還是 B 到 A 呢？

\* 那是全部的水都會流過去嗎？流到什麼時候才會停止呢？

P10

剛剛呢，大家討論後說出連通管的兩邊有兩個裝有不同水位高度的杯子，其中一邊水位高一邊水位低。當我們把塞子打開後會發生什麼事情？請大家觀察看看，有關連通管的三種狀況。這三組圖在打開塞子前後水位高低和水量的情況。有哪些相同的地方？有哪些不同的地方？

### 個人填寫學習單

現在呢請大家觀察看看這三張圖有哪些相同的地方？有哪些不同的地方？並將你觀察到的寫在學習單第六頁的第三題上

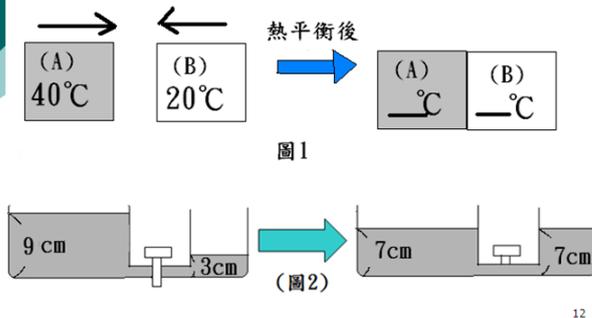
### 小組討論

請同學跟你的組員討論看看這三張圖有哪些相同的地方？有哪些不同的地方？(討論完後才發學習單給學生填寫)

P11

P11

四、比較下圖圖1和圖2，有哪些相似的地方？



P12

【如果你用上述的大小杯子的比喻來解釋下面的題目你會怎麼解釋呢？】

1. A、B兩物體相比較，A物體熱量較多B物體熱量較少，則兩物體接觸後，熱一定是從A物體流向B物體嗎？

2. A物體 $50^{\circ}\text{C}$ 、B兩物體 $15^{\circ}\text{C}$ ，兩接觸後達熱平衡時，A物體減少的溫度會等於B物體升高的溫度嗎？

13

現在大家可以看到畫面上有兩張圖，請你比較圖1和圖2有哪些

類似的地方。那我們要觀察什麼呢？

老師舉一個例子：

大家在圖1上可以看到有A、B兩個不同的物質，在圖2中也有兩個底面積不同的杯子，所以我們會說兩個不同的物質就很像兩個不同\_\_\_\_\_的杯子。

A、B兩個不同溫度的不同物質互相接觸就很像兩杯不同水位的水互相連通時會\_\_\_\_\_。那圖1中和圖2中還有些相似的地方呢？請你寫在學習單的第八頁的第四題上

P12

剛剛大家已經寫了一些熱平衡和不同底面積間相似的地方，我看到有人寫兩個物質相接觸就好像\_\_\_\_\_因此我們可以整理一個對照表在第九頁的最上面，如果我們用不同底面積的杯子裡水量和溫度之間的關係，來聯想有關溫度與熱的概念。其中大、小杯子的底面積不同，大杯子的底面積大，小杯子的底面積小，就好像不同的物質，比熱大小也不相同。有的物質比熱大，有的物質比熱小。而倒入水時，水位會上升，好像物質獲得熱量溫度會上升一樣。因此我們用表上的幾個比喻來說明比熱的現象。大家都知道當兩個有溫度差的物體相接觸時，熱由\_\_\_\_\_的物體流向\_\_\_\_\_的物體。那這就好

P13

### 挑戰

1. 兩個溫度不同的物體,當兩物體接觸時,溫度高的物體會將熱量傳送給溫度低的物體,推裡看看如果甲物體的溫度比乙物體高,兩者接觸後達到熱平衡時,降低的溫度會等於升高的溫度嗎?

2. 接續上題,甲失去的熱量會等於乙獲得的熱量嗎?

像,兩杯有\_\_\_差的水杯,打開塞子後,水由\_\_\_流向\_\_\_。那現在大家可以看到學習單上面有兩個題目,分別請你們用學習單上的表格裡的比喻來解釋與說明下面的題目

### P13 進行類比回憶問題—熱平衡

我們來回想一下今天學了什麼:不同的杯子底面積大小不同。例如大的杯子底面積大,小的杯子底面積小,就很像物體的比熱不同,有的物體比熱大有的物質比熱小。兩個不同水位高度的杯子,其中一個杯子水位較高,另一個杯子水位較低,打開塞子後,水從水位高的杯子流向給水位低的杯子,就很像兩個不同溫度高低的物體相互接觸時,熱從溫度高的物體流向溫度低的物體。其中兩個杯子得失的水量會相同,就很像兩物體得失的熱量相同。因此不同底面積的杯子獲得相同水量時,水位變化不同,就很像不同比熱的物體獲得相同熱量時,溫度變化也不相同。好那現在大家可以看到學習單的第12頁上面有挑題,請大家利用連通管的比喻來說明與解釋下面的題目。每個題目老師幫大家提供一點小引導,就是有文字也有填空的地方,然而這並不是全部,請你填空配對完後,還必須寫下你的結論。

附錄二 比熱與熱平衡概念測驗

1. ( ) 以下有關「熱」的意義，何者正確？

- (A) 「熱」是一種不會流動的物質
- (B) 「熱」是一種能量
- (C) 「熱」是一種作用力。
- (D) 「熱」是一種會流動的物質。

2. ( ) 下列有關熱的敘述何者正確？

- (A) 金屬摸起來比木頭冷，是因為金屬內所含熱的物質比木頭少
- (B) 把滾燙的石頭丟到水中，水會變熱是因為石頭中所含熱的物質流向水中
- (C) 「熱」是一種可以作用在物體上的力，讓物體形狀改變
- (D) 把物體放在太陽底下曬，物體變熱了質量卻沒有改變

3. ( ) 以下有關「熱量」與「溫度」的關係，何者正確？

- (A) 物體溫度越高，熱的作用力越大，則物體越容易變形
- (B) 物體的溫度會升高或下降是因為物體內所含熱的物質可以流進或流出
- (C) 物體溫度越高，所含「熱」的物質就越多
- (D) 因為物體的溫度會上升或下降(發生改變)，是因為物體吸收或放出熱量，但物體的質量仍然不會改變

4. ( ) 加熱一杯水，結果水的溫度上升了是因為：

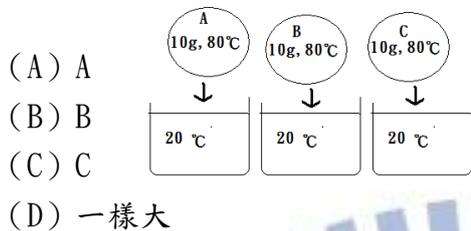
- (A) 因為熱物質不能流動，所以水不會吸收熱量，所以溫度計讀數不變
- (B) 熱物質源源不斷的進入水中造成水溫上升
- (C) 因為水溫升高，所以水對溫度計的作用力增大，溫度計的讀數越大
- (D) 因為水吸收熱量溫度變高但質量沒有改變

5. ( ) 將杯子每次分別裝 40 公克、60 公克、80 公克水, 放在同一電磁爐上加熱 5 分鐘後, 何者溫度最高?
- (A) 40 公克的水
  - (B) 60 公克的水
  - (C) 80 公克的水
  - (D) 一樣多
6. ( ) 將杯子每次分別裝 40 公克、60 公克、80 公克水, 放在同一電磁爐上加熱 5 分鐘後, 所吸收的熱量何者最多?
- (A) 40 公克的水
  - (B) 60 公克的水
  - (C) 80 公克的水
  - (D) 一樣多
7. ( ) 溫度不同的兩物體互相接觸, 則會發生何狀況?
- (A) 熱的物質由溫度高流向溫度低
  - (B) 熱會從高溫流向低溫
  - (C) 熱的作用力會從高溫作用到低溫
  - (D) 熱不會影響溫度, 因為熱是靜止的物質, 所以兩物體接觸後沒有變化
8. ( ) 一杯熱開水放在教室 10 分鐘, 會發生什麼事情?
- (A) 因為溫度下降, 熱的物質透過玻璃流到空氣中
  - (B) 溫度不會改變因為熱物質沒有辦法流動
  - (C) 溫度下降, 因為熱量散失到空氣中
  - (D) 溫度不會改變, 因為熱物質作用在燒杯, 燒杯形狀沒有改變所以溫度不變
9. ( ) 一杯熱開水放在教室 10 分鐘, 會發生什麼事情?
- (A) 水中所含熱的物質越來越少
  - (B) 水中熱物質沒有增加或減少
  - (C) 水中的熱量散失到空氣中
  - (D) 水的熱量流到空氣中

10. ( ) 將三個燒杯分別裝 40 公克、60 公克、80 公克水，放在空氣中達熱平衡後，何者溫度最低？
- (A) 40 公克的水
  - (B) 60 公克的水
  - (C) 80 公克的水
  - (D) 一樣
11. ( ) 教室裡桌上有 100g 的鐵塊 100g 水和 100g 酒精，何者溫度最高？
- (A) 100g 的鐵塊
  - (B) 100g 的水
  - (C) 100g 的酒精
  - (D) 一樣高
12. ( ) 教室裡室溫相同，但是為什麼教室裡的物體用手摸起來有的感覺溫溫的，有的摸起來感覺比較冷？(例如：鐵椅和木以摸起來感覺不同)
- (A) 因為熱量不同
  - (B) 因為溫度不同
  - (C) 因為比熱不同
  - (D) 因為感覺不同
13. ( ) 將大、中、小不同質量的鐵塊，放入  $50^{\circ}\text{C}$  烤箱中，3 小時後，哪一塊鐵塊的溫度比較高？
- (A) 大鐵塊的溫度比較高。
  - (B) 中鐵塊的溫度比較高。
  - (C) 小鐵塊的溫度比較高。
  - (D) 三個鐵塊溫度一樣高

14. ( ) 承上題，哪一個鐵塊的「熱量」增加得比較多？
- (A) 大鐵塊的熱量增加較多。
  - (B) 中鐵塊的熱量增加較多。
  - (C) 小鐵塊的熱量增加較多。
  - (D) 三個鐵塊增加的熱量相同
15. ( ) 把質量 50g 溫度  $100^{\circ}\text{C}$  的石頭丟到質量 100g 溫度  $20^{\circ}\text{C}$  的水中。  
10 分鐘後達熱平衡，下列何者正確？
- (A) 兩者最後所含的總熱量相同
  - (B) 兩者最後溫度相同
  - (C) 石頭降低的溫度等於水升高的溫度
  - (D) 水放出的熱量等於石頭吸收的熱量
16. ( ) 「赤腳踩在沙灘上和海水裡，為什麼沙子的溫度比海水高？」
- (A) 沙子的比熱比較小，容易吸熱，所以溫度比較高
  - (B) 沙子有太陽照射所以溫度比較高，海水雖然有太陽照射，但是海水只有表面接觸到太陽，所以溫度會比沙子低
  - (C) 沙子吸熱比海水快，散熱比海水慢。所以沙子溫度比較高
  - (D) 沙子被太陽照射後不會蒸發，但是海水被太陽照射後會蒸發，所以沙子溫度比較高
17. ( ) 「把 50g 的沙子和 50g 的水拿到太陽底下曬 10 分鐘，哪一個獲得的熱量比較多？為什麼？」
- (A) 沙子的溫度比較高，所以獲得的熱量比較多
  - (B) 因為水和沙子都受到太陽照射，但水會散熱而沙子不會散熱，所以沙子獲得的熱量比較多
  - (C) 因為同時接受太陽的照射，獲得的熱量也相同
  - (D) 因為水的比熱大，所以水所獲得的熱量較多

18. ( ) 如下圖所示，三個相同質量的不同物質 A、B、C，溫度皆為  $80^{\circ}\text{C}$ ，投入相同水量、水溫為  $20^{\circ}\text{C}$  的三個燒杯中，分別達熱平衡後，發現 A 的溫度降為  $40^{\circ}\text{C}$ ，B 的溫度降為  $35^{\circ}\text{C}$ ，C 的溫度降為  $30^{\circ}\text{C}$ ，則哪一個比熱比較大？



|   | 投入水前溫度               | 投入水後溫度               |
|---|----------------------|----------------------|
| A | $80^{\circ}\text{C}$ | $40^{\circ}\text{C}$ |
| B | $80^{\circ}\text{C}$ | $35^{\circ}\text{C}$ |
| C | $80^{\circ}\text{C}$ | $30^{\circ}\text{C}$ |

19. ( ) 1 公克的玻璃上升  $1^{\circ}\text{C}$  需要 0.2 卡；1 公克的水銀上升  $1^{\circ}\text{C}$  需要 0.033 卡；1 公克的水上升  $1^{\circ}\text{C}$  需要 1 卡。今天有某家工廠不小心誤將水當成水銀放到溫度計中，則用手去握溫度計時可能有何種情況發生？
- (A) 手會覺得熱熱的  
(B) 溫度變化比水銀溫度計較為明顯  
(C) 比起水銀溫度計幾乎不會有變化  
(D) 玻璃會裂開

20. ( ) 三個相同質量的不同物質 A、B、C。溫度皆為  $100^{\circ}\text{C}$ 。若將 A、B、C 三個物質放在桌上 1 小時達熱平衡後，何者失去的熱量最多？(A 的比熱  $0.1$  卡/克- $^{\circ}\text{C}$ ；B 的比熱  $0.3$  卡/克- $^{\circ}\text{C}$ ；C 的比熱  $0.7$  卡/克- $^{\circ}\text{C}$ )
- (A) A  
(B) B  
(C) C  
(D) 一樣多

附錄三 一般性後設認知自陳量表

當你在回答下列問題時，回想一下你在解決一個困難的生物問題時的過程，並從選項中圈選一個你覺得**最符合自己狀況的選項**。

例如，當題目問你：「在學習時，我會問我自己我是否達到我的目標」，如果你覺得在學習時，有**50%的時間**會問你自己是否達到你的目標，請將「**C(有時候)**」圈起來。

| 題 目                  | 從<br>來<br>沒<br>有 | 偶<br>爾<br>或<br>不<br>常 | 有<br>時<br>候 | 常<br>常<br>或<br>經<br>常 | 總<br>是 |
|----------------------|------------------|-----------------------|-------------|-----------------------|--------|
| 在學習時，我會問我自己我是否達到我的目標 | A                | B                     | <b>C</b>    | D                     | E      |

問卷開始囉！ 請寫下你的

學校：\_\_\_\_\_ 班級：\_\_\_\_\_ 姓名：\_\_\_\_\_ 座號：\_\_\_\_\_

| 題 目                        | 從<br>來<br>沒<br>有 | 偶<br>爾<br>或<br>不<br>常 | 有<br>時<br>候 | 常<br>常<br>或<br>經<br>常 | 總<br>是 |
|----------------------------|------------------|-----------------------|-------------|-----------------------|--------|
| 1. 我會試著去了解問題在問我什麼。         | A                | B                     | C           | D                     | E      |
| 2. 我會回去再看一遍題目，來檢查我的答案是否合理  | A                | B                     | C           | D                     | E      |
| 3. 我會回去再看一遍題目，來檢查我的答案是否合理。 | A                | B                     | C           | D                     | E      |
| 4. 我會用不同的方法來記憶事情(或課本內容)。   | A                | B                     | C           | D                     | E      |
| 5. 我會想一想，自己是否了解這個問題在問什麼。   | A                | B                     | C           | D                     | E      |
| 6. 閱讀題目時，通常我會讀不只一遍。        | A                | B                     | C           | D                     | E      |

- 
7. 我會想一想，解決此問題時我需要哪些資料(或訊息) A B C D E
8. 對不同的問題而使用不同的學習策略。 A B C D E
9. 我會回頭檢查我的解題過程是否正確。 A B C D E
10. 當我在解決一個困難的題目時，我會檢視：關於這 A B C D E  
個問題我學到多少(學得如何)?
11. 我會針對不同的問題而使用不同的方法來學習。 A B C D E
12. 我會回頭檢查或驗算。 A B C D E
13. 我會反覆閱讀題目直到我了解題意。 A B C D E
14. 請勾選選項 B。 A B C D E
15. 我會檢查我的計算過程是否正確。 A B C D E
16. 在學習上，有需要時我可以要求自己學習。 A B C D E
17. 當在學習一樣新的事物時，我會問自己學到多少 A B C D E  
(我會檢視自己的學習狀況)。
18. 我會逐步地檢視整個解題過程。 1896 A B C D E
19. 我會把題目中所有的重要訊息標出來。 A B C D E
20. 我會試著去了解題目以明白接下來該怎麼做。 A B C D E
21. 當我在解題時，我會想到所有的解題步驟。 A B C D E
22. 我清楚我在學習上的強項與弱項。 A B C D E
23. 我會先把必要的解題步驟挑出來。 A B C D E
24. 當我做完學校課業時，我會反問自己是否學到 A B C D E  
想學的東西。
25. 我會再次檢查自己是否做對。 A B C D E

- |                          |           |
|--------------------------|-----------|
| 26. 請勾選選項 A。             | A B C D E |
| 27. 我會試著去拆解題目而過濾出必要的訊息。  | A B C D E |
| 28. 使用學習策略時我常未作多想。       | A B C D E |
| 29. 我清楚對我自己最佳的學習方法。      | A B C D E |
| 30. 我會自問是否有某些想要達成的目標。    | A B C D E |
| 31. 我會嘗試用不只一種方式來學習。      | A B C D E |
| 32. 我會停下並重新思考我先前完成的一個步驟。 | A B C D E |
| 33. 我會確認我完成每一個解題步驟。      | A B C D E |



附錄四 類比過程後設認知自陳量表

|   |   |        |             |                       |       |
|---|---|--------|-------------|-----------------------|-------|
|  <p>想想看</p> <p>以下問題，請根據剛剛你解題的「<b>真實</b>」情況填寫。注意，是要依照剛剛討論的情形填寫，而不是填寫<b>理想</b>狀況喔！請將較符合你剛剛的情況圈起來。</p> <p>範例：</p> <p>解題時，我有確認我每個思考步驟是否正確。</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">沒有確認</td> <td style="text-align: center;">仔細確認</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1    2    3    4</td> <td style="text-align: center;">( 5 )</td> </tr> </table> |   | 沒有確認   | 仔細確認        | 1    2    3    4      | ( 5 ) |
| 沒有確認  | 仔細確認  |        |             |                       |       |
| 1    2    3    4  | ( 5 )   |        |             |                       |       |
| 1   | <p>在閱讀題目和解決問題時，我會分析問題，判斷回答這個問題時，我會需要哪些資訊</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: left;">沒有分析</td> <td style="text-align: right;">仔細分析和判斷</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1    2    3    4    5</td> <td></td> </tr> </table>       | 沒有分析   | 仔細分析和判斷     | 1    2    3    4    5 |       |
| 沒有分析  | 仔細分析和判斷   |        |             |                       |       |
| 1    2    3    4    5   |   |        |             |                       |       |
| 2   | <p>在指出相似處和不相似處的問題中，我有仔細的比較，並盡量列出相同和不同的地方</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: left;">沒有仔細比較</td> <td style="text-align: right;">仔細比較列出相同不同處</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1    2    3    4    5</td> <td></td> </tr> </table> | 沒有仔細比較 | 仔細比較列出相同不同處 | 1    2    3    4    5 |       |
| 沒有仔細比較  | 仔細比較列出相同不同處   |        |             |                       |       |
| 1    2    3    4    5   |   |        |             |                       |       |
| 3   | <p>在回答利用比喻解釋問題時，我有仔細回想所學過有關「熱平衡或是比熱」的概念</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: left;">沒有回想</td> <td style="text-align: right;">仔細回想</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1    2    3    4    5</td> <td></td> </tr> </table>           | 沒有回想   | 仔細回想        | 1    2    3    4    5 |       |
| 沒有回想  | 仔細回想  |        |             |                       |       |
| 1    2    3    4    5   |   |        |             |                       |       |
| 4   | <p>回答小組討論的問題時，我有仔細回想「不同底面積比喻和連通管比喻」的內容</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: left;">沒有去想</td> <td style="text-align: right;">仔細檢查自己是否理解</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1    2    3    4    5</td> <td></td> </tr> </table>      | 沒有去想   | 仔細檢查自己是否理解  | 1    2    3    4    5 |       |
| 沒有去想  | 仔細檢查自己是否理解  |        |             |                       |       |
| 1    2    3    4    5   |   |        |             |                       |       |
| 5   | <p>小組討論的過程中，我有仔細確認別人所使用的概念是否正確</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: left;">沒有確認</td> <td style="text-align: right;">仔細確認</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1    2    3    4    5</td> <td></td> </tr> </table>                    | 沒有確認   | 仔細確認        | 1    2    3    4    5 |       |
| 沒有確認  | 仔細確認  |        |             |                       |       |
| 1    2    3    4    5   |   |        |             |                       |       |
| 6   | <p>我有確認自己是否理解比熱/熱平衡的概念</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: left;">沒有確認</td> <td style="text-align: right;">仔細確認</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1    2    3    4    5</td> <td></td> </tr> </table>                            | 沒有確認   | 仔細確認        | 1    2    3    4    5 |       |
| 沒有確認  | 仔細確認  |        |             |                       |       |
| 1    2    3    4    5   |   |        |             |                       |       |

|    |                            |                   |             |
|----|----------------------------|-------------------|-------------|
| 7  | 我有確認自己是否理解不同底面積/連通管的比喻     | 沒有確認<br>1 2 3 4 5 | 仔細確認<br>4 5 |
| 8  | 我有確認自己用來解題的概念是否正確          | 沒有確認<br>1 2 3 4 5 | 仔細確認<br>4 5 |
| 9  | 我有仔細檢查，在比喻和概念的配對上是否正確，合不合理 | 沒有檢查<br>1 2 3 4 5 | 仔細檢查<br>4 5 |
| 10 | 我有確認我在思考時，每一個推理的步驟都是正確的    | 沒有確認<br>1 2 3 4 5 | 仔細確認<br>4 5 |
| 11 | 寫出答案後，我會回頭檢查自己的答案是否正確      | 沒有檢查<br>1 2 3 4 5 | 仔細檢查<br>4 5 |

|    |                               |                   |                       |
|----|-------------------------------|-------------------|-----------------------|
| 12 | 我有試著去思考學習這個”不同底面積比喻和連通管比喻”的目的 | 沒有思考<br>1 2 3 4 5 | 仔細思考這個比喻的目的<br>4 5    |
| 13 | 我有試著去評估所使用的比喻對概念理解的幫助         | 沒有思考<br>1 2 3 4 5 | 仔細思考這個比喻對概念的幫助<br>4 5 |
| 14 | 我有試著去自己對所使用的比喻理解的程度           | 沒有思考<br>1 2 3 4 5 | 仔細思考自己對比喻理解的程度<br>4 5 |

## 附錄五 類比推理訪談-引導語與訪談問題

### 引導語

從閱讀問題開始，要請你一邊想，一邊將你**每一步**的思考說出來，越詳細越好(示範)，如果你忘了要說出來我會再提醒你。那現在請你把我當作你的同學或是你的弟  
弟妹妹，一個步驟一個步驟的教我利用比喻來思考和回答。

### 【題目 1】

相同質量的甲、乙兩物質。甲的比熱是  $0.1\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$ ，乙的比熱是  $0.3$  是  $0.1\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$ 。加熱後甲從  $30^{\circ}\text{C}$  升溫到  $40^{\circ}\text{C}$ ，而乙從  $60^{\circ}\text{C}$  升溫到  $70^{\circ}\text{C}$ 。甲乙兩者何者需要較多的熱量？

### 【題目 2】

(a)相同質量的甲、乙兩物質。甲的溫度是  $80^{\circ}\text{C}$ ，乙的溫度是  $30^{\circ}\text{C}$ 。當甲乙接觸達  
熱平衡後，甲乙的溫度都變成  $40^{\circ}\text{C}$ 。甲乙兩者何者比熱較大？

(b)承上題，若甲乙的質量不同時，則哪一個的比熱比較大

附錄六 六個類比推理層級之能力描述與實例

| level | 評定標準  | 實際例子   | comment   |
|-------|---|--|---|
| L0    | <p>Level_0<br/>無法正確指認以下任一基礎對應。</p> <p>B1. 指出獲得水量對應獲得熱量(加熱)</p> <p>B2. 指出水位的高低對應溫度的高低</p> <p>B3. 指出比熱大的物質對應底面積大的杯子,以及比熱小的物質對應底面積小的杯子</p> | <p>Subj4:0.1 卡(小聲), 0.1 卡是什麼意思?</p> <p>I: 0.1 卡就是 1 克的物質上升 1°C 需要 0.1 卡</p> <p>I: 好, 那我問你喔, 在這個比喻裡, 你用什麼比喻什麼?</p> <p>Subj4:用.....(感覺不太自在)</p> <p>I: 請說</p> <p>Subj4:用溫度比喻成底面積</p> <p>I: 用底面積比喻成溫度, 恩還有呢?</p> <p>Subj4:在以..(嘴巴有無聲的自言自語..有點像在連配對)</p> <p>I: 你想了什麼? 可以跟我說嗎?..想到什麼都可以說</p> <p>Subj4:熱比喻成溫度</p> <p>I: 熱比喻成溫度, 恩~可是熱不是在這邊嗎? 熱不是用水嗎?</p> <p>Subj4:是要講這個還是講這個?</p> <p>I: 你要用這個比喻不是嗎?</p> <p>Subj4: (點頭)那...熱量</p> <p>I: 熱量比喻成什麼?</p> <p>Subj4:底面積</p> <p>I: 熱量比喻成底面積, 那溫度比喻成什麼?</p> <p>Subj4:水</p> <p>I: 溫度比喻成水, 那比熱呢?</p> <p>Subj4:蛤(沒聽清楚我的問話)?</p> | <p>由此對應過程顯示,</p> <p>Ⓛ學生不知溫度需和何者配對</p> <p>Ⓜ不知底面積該和何者對應</p> <p>Ⓝ無法指認水對應熱</p> <p>基於上述三個理由, 以及此過程中, 學生似乎將概念和比喻的內容混淆。因此判定此生為 Level_0</p> |

|    |  |   |  |
|----|--|---|--|
|    |  | <p>I: 比熱~比熱</p> <p>Subj4:比熱比喻成...底面積</p> <p>I: 怎麼那麼多都比喻成底面積,所以你現在不知道誰比喻成什麼齣?</p> <p>Subj4:(點頭)</p>  |  |
| L1 | <p>Level_1</p> <p>無法完整指認所有的基礎對應,只能正確的指認出以下基礎對應中的一兩種獨立性質的對應。</p> <p>B1. 指出獲得水量對應獲得熱量(加熱)</p> <p>B2. 指出水位的高低對應溫度的高低</p> <p>B3. 指出比熱大的物質對應底面積大的杯子,以及比熱小的物質對應底面積小的杯子</p> | <p>Subj10:就甲是從 30°C 升溫到 40°C 所以我們不是要溫度來比喻水位高低? 所以就是我覺得,30 度然後變成 40°C,然後以是從一樣從 60 升到 70°C, 然後讓我想一下。那它們都是,可是它們的比熱都不一樣,所以甲是 0.1cal/g°C, 乙是 0.3cal/g°C。然後它說,比熱大的它的上升幅度比較小嗎?(畫圖有標示水線)</p> <p>I:我不能跟你說</p> <p>Subj10:那應該比較小。可是它們都是增加 10 度,所以它們需要的熱量應該甲比較多</p> <p>I:那您可不可以跟我說為什麼甲比較多</p> <p>Subj10:因為乙它是 0.3cal/g°C, 所以它上昇的溫度, ʌ, 比較快?比較快, 然後甲</p> | <p>由此對應過程顯示,</p> <p>①學生知道溫度的高低對應水位的高低</p> <p>②不知底面積該和何者對應</p> <p>③無法指認水對應熱</p> <p>(1). 該生在回憶類比時,一開始只有指出基礎對應 B2, 後來卻混淆,但是在單純類比物(水的推理)是了解的。</p> <p>由於此生只能指認基礎對應中的溫度高低對應水位高低(B2), 其餘的基礎對應皆無法指認, 因此判定此生為 Level_1</p> |

|    |   |   |   |
|----|---|---|---|
|    |   | <p>是 0.1，所以它要用多點的熱量，它的溫度才會慢慢上升？</p> <p>I:你的答案是甲。那我問你喔，在妳的比喻裡，是用什麼來比喻什麼？</p> <p>Subj10:用溫度的高低來比喻水位的高低</p> <p>I:還有沒有？</p> <p>Subj10:啊，用獲得的熱量來比喻比熱的大小？恩</p> <p>I:還有嗎</p> <p>Subj10:沒有了</p> |   |
| L2 | <p>Level_2</p> <p>可完整指認全數基礎對應，但無法正確指認以下任一複雜對應：</p> <p>CI. 指出獲得水量，水位上升對應獲得熱量溫度上升。</p> <p>CII. 能夠指出，雖然上升的水位相同，但底面積大者，所需的水量較多</p>      | <p>註:全體受訪學生皆未出現此類比推理能力等級。</p>   |   |
| L3 | <p>Level_3</p> <p>可完整指認全數基礎對應以及能正確指認下述複雜對應中的 C I，但無法指認 C II：</p> <p>CI. 指出獲得水量，水位上升對應獲得熱量溫度上</p> <p>CII. 能夠指出，雖然上升的水位相同，但底面積大者，</p> | <p>Subj15:就因為甲的比熱是 0.1，然後乙的比熱是 0.3，然後乙的比熱會比甲的比熱還要大(畫甲底面積小，乙底面積大)-B3。所以如果當作是水的話，甲的底面積會比較小，然後乙的底面積會比較大。然</p>  | <p>由此對應過程顯示，</p> <p>Ⓛ學生知道溫度的高低對應水位的高低</p> <p>Ⓜ學生知道獲得的水量對應獲得的熱量</p> <p>Ⓨ能夠指認比熱大的物質對應底面積大的杯子，比熱小的物質</p> |

|                |   |   |
|----------------|---|---|
| <p>所需的水量較多</p> | <p>後加熱從 30 度到 40 度的話會增加 10 度(在甲杯畫兩條線，並標明 10)，然後乙從 60 度增加到 70 度也會增加 10 度(在乙杯畫兩條線但比甲的高，並標明 10)好(畫好)。-CI、B1、B2 它們兩個應該增加一樣多吧！</p> <p>I:你可以跟我說你在想什麼？</p> <p>Subj15:應該是...就是...因為...甲的比熱會比乙的比熱還要小，然後所以它上升溫度的變化會比乙還要大。</p> <p>I:嗯！<math>\uparrow</math>，可是在問誰需要比較多的熱量<math>\uparrow</math>。</p> <p>Subj15:對啊！就是它們...所以它上升，就是它兩個都上升到都是上升到 10，可是因為甲的變化比較大，所以會上升比較多的熱量。所以需要比較多的熱量。</p> <p>I:所以你的答案是甲需要比較多的熱量。</p> <p>Subj15:對。</p> <p>I:那在這個比喻裡面，我們是用什麼比喻什麼？</p> <p>Subj15:就是用比熱的方式比喻</p> | <p>對應底面積小的杯子</p> <p>④能夠指認獲得水量，水位上升對應獲得熱量溫度上升</p> <p>⑤無法指出，雖然上升的水位相同，但底面積大者，所需的水量較多</p> <p>(1)該生在最後幾句，沒注意到獲得熱量的部份，只記得科學概念中比熱越小，溫度變化越大的結論。</p> <p>(2)若真如其結論，即甲的比熱小於乙，則底面積較小者水位會上升較高。然而題目資訊則是加入的水量相同，而非如受訪者所說的甲較多。因此可知學生未將</p> <p>→水量、水位、比熱三者同時連結</p> <p>由上述可知，該生可完整指認所有的基礎對</p> |
|----------------|---|---|

|    |   |   |   |
|----|---|---|---|
|    |   | <p>它們的面積。</p> <p>I:底面積嘛！那還有什麼！？</p> <p>Subj15:水量就是比它熱量。它上升的高度就是等於水上上升幾度。</p> <p>I:好！你講的很清楚。但是我的問題是你說甲是需要比較多的熱量的嘛！？</p> <p>Subj15:嗯！</p> <p>I:你剛說熱量我們用水量來比喻，那你...所以它們變化是中間這一圈(手指指到水杯中水所上升的區域)嘛！對不對？那甲這一圈跟乙這一圈哪個比較大？</p> <p>Subj15:應該是...甲會比較多吧！(笑)</p> <p>I:所以是你圖畫錯的意思嗎？</p> <p>Subj15:對！應該會上升比較多！</p> <p>I:可是題目不是規定說，兩個都只上升 10 公分嗎？</p> <p>Subj15:可是因為它上升 10 公分，可是它底面積比較少，所以它會上升比較高啊！</p> | <p>應，以及複雜對應中獲得水量，水位上升對應獲得熱量溫度上升(CI)。然而卻無法指認出複雜對應中的雖然上升的水位相同，但底面積大者，所需的水量較多，因此此生判為 Level_3</p> |
| L4 | Level_4<br>可完整指認全數基礎對應以及可完整指認全數複雜對應(含 CI、CII)，但 | Subj16:就它比熱是 0.1 阿，然後我就畫成一個杯子(甲)，它的底面是 1 平方公分。然後它的比熱是 0.3，畫   | <p>由此對應過程顯示，</p> <p>⊕學生知道溫度的高低</p> <p>對應水位的高低</p> <p>⊙學生知道獲得的水量</p>                           |

|                  |  |  |
|------------------|--|--|
| <p>無法指認任一失效處</p> | <p>大一點(乙)，所以這邊是<br/>3 平方公分 -B3<br/>I:所以這是你假設的嗎?<br/>Subj16:對。然後水，他說他從<br/>30 度升高到 40 度，阿這邊<br/>是 60 到 70，那是不是<br/>都升高 10 度。<br/>Subj16:那我可以..我這個把它<br/>加成 60，因為我讓它兩個都<br/>一樣(指甲以起始溫度)，<br/>加成 60，然後再用推的<br/>80(指甲後來溫度)。<br/>I:為什麼這邊是 30 變 60，這是<br/>怎麼變的啊?<br/>Subj16: 就乘以 2 阿。然後就它<br/>們原本是降(分別畫甲<br/>乙兩個的水位) -B2，是<br/>一樣的水量，它升高，<br/>它們兩個加進去的水量<br/>都是一樣，可是這邊的<br/>溫度會升高比較多<br/>(甲)，這邊會比較低<br/>(乙)，所以這邊..所以甲<br/>的熱量會升高比較少<br/>-B1、CI 甲甲..如果它們<br/>兩個要升高到同一個溫<br/>度，甲需要的..乙需要<br/>的是..對..乙需要的熱量會<br/>比較多。-CII</p> | <p>對應獲得的熱量<br/>③能夠指認比熱大的物<br/>質對應底面積大的<br/>杯子，比熱小的物質<br/>對應底面積小的杯<br/>子<br/>④能夠指認獲得水量，<br/>水位上升對應獲得<br/>熱量溫度上升<br/>⑤能夠指出，雖然上升<br/>的水位相同，但底面<br/>積大者，所需的水量<br/>較多<br/>由上述可知，此生可完<br/>整指認所有基礎對應<br/>以及複雜對應，但為指<br/>出任一類比失效處。因<br/>此判為 Level4</p> |
|------------------|--|--|

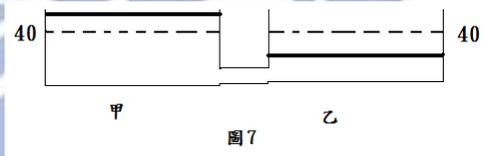
|    |   |  |  |
|----|---|--|--|
| L5 | <p>Level_5<br/>可完整指認全數基礎和複雜對應，且能正確的指認出至少一項下述的類比失效之處</p> <p>Fa. 能夠指出熱是一種能量，而水是一種物質，兩者無法對應</p> <p>Fb. 能夠指出比熱不會隨物體外型而改變，但杯子的底面積會隨物體外型而改變</p> <p>Fc. 能夠指出物體的質量在類比物中無法對應</p> | <p>S5:(畫甲底面積小，乙底面積大的杯子)，這是乙因為它的比熱比較大，就把它比喻成底面積比較大的容器。然後甲的比熱比較小，所以底面積就比較小-B3。然後乙原本是 60°C 就比喻成 60 毫升好了，然後上升到 70 就是上升 10 毫升(畫水線並標記 10ml)，然後因為它(乙)的底面積比較大，所以它需要的水量就比較多。那甲.. 30 度...40 度.. 也是上升 10(畫水線並標記 10ml)，然後因為它的底面積比較小就跟它比熱比較小一樣，所以它上升 10 毫升的水量需要的就比較小。(塗黑部份是指原來水量)</p> <p>I:所以你的結論是?</p> <p>S5:就是甲，因為甲的比熱比較小，所它要上升 10°C 的熱量就是比乙還要少。-B1、B2、CI、CII</p> <p>I:那你覺得這個比喻有沒有什麼不能解釋的地方?</p> <p>S5:就是溫度跟水不一樣，然後它(乙)這邊加進去的是水，可是熱量是一種能量，也是不一樣。</p> <p>-Fa</p> | <p>由此對應過程顯示，</p> <p>①學生知道溫度的高低對應水位的高低</p> <p>②學生知道獲得的水量對應獲得的熱量</p> <p>③能夠指認比熱大的物質對應底面積大的杯子，比熱小的物質對應底面積小的杯子</p> <p>④能夠指認獲得水量，水位上升對應獲得熱量溫度上升</p> <p>⑤能夠指出，雖然上升的水位相同，但底面積大者，所需的水量較多</p> <p>⑥能夠指認出不能對應之處_水是物質，熱是能量</p> <p>由上述可知，此生可完整指認所有基礎對應以及複雜對應。且能指認出無法對應處(Fa)因此判為 Level15</p> |
|----|---|--|--|

註：B: 基礎對應(basic mapping)；C: 複雜對應(complex mapping)

F: 類比失效處(failure mapping)

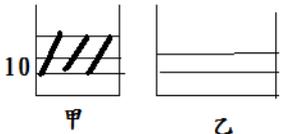
附錄七 訪談之後設認知能力編碼

| Moos & Azevedo (2008)主類別 | 後設認知行為編碼          | 後設認知行為描述  | 學生實例  |
|--------------------------|-------------------|---|---|
| 工作分析<br>Task analyzing   | 完整的閱讀題目訊息         | 閱讀完整的問題敘述   | S:(讀題約 1 分鐘)甲的比熱小就是底面積小的[杯子], 然後乙的比熱大是底面積大的[杯子]。然後它們同時加熱, 所以水會變多..然後 30 度、60 度。然後從 30 度升到 40 度  |
| 計畫<br>Planning           | 提醒自己類比物與標的物配對關鍵之處 | 解題時, 能夠察覺題目中的關鍵訊息。  | Subj11:(讀題思考中)質量不同...哇~~質量質量...質量不影響它們的溫度變化嗎還是會影響(問訪談者)<br>I:我不能告訴妳們, 你要試試看<br>Subj11:是不是不一定阿, 因為也許一個質量很大很大, 一個質量很小很小, 他們也許變化出來的, 跟他們的比熱不是絕對的關係。(察覺此題的解題重點在質量, 因此不斷的去配對質量)  |
|                          | 回憶並使用過去解決類似問題的策略  | 解題過程中, 根據題目的情境回憶過去解決過的類似問題, 並將之套用在解題上。<br>(如: 受試者回憶教師於課堂中所教過的特定情境, 分三種情況來討論的策略) | Subj15:(開始畫圖..甲杯底面積大, 乙杯底面積小)就是可能質量小的話, 它的溫度就是會上升比較多, 它會上升的只有一點點(指甲), 所以可能甲的比熱會比較大。那如果甲的質量比乙的質量還要小的話(畫甲杯大乙杯小), 然後它從 80 度變到 40 度, 然後乙會從 30 度變到 40 度, 然後它的變化會比較少, 它的變化會比較大, 因為它的質量比較大。所以比熱會比較大的是乙, 然後如果它們兩個都一樣的話(畫兩杯一樣大), 他們兩個都一樣的話, 甲會從 80 度變到 40 度, 然後乙會從 30 度變到 40 度, 然後因為甲的 |

|                  |                        |  |   |
|------------------|------------------------|--|---|
|                  |                        |  | 變化溫度會比較大，所以它的比熱會比較小(以手指甲)，所以這個圖是乙比較大。   |
| 監控<br>monitoring | 監控所使用的相關科學概念           | 解題中，完整地監控自己所使用的相關概念(確認自己所使用的科學概念是否正確)  | S5:因為它的溫度比較高，所以它把溫度傳給 30°C 的這個，<br>I:你現在是在問我還是問自己?<br>S5:問自己。所以它失去和得到的是一樣多的，兩個失去跟...哈..我想一下。它們得到的熱量會一樣多，失去的和得到的一樣多。                             |
|                  | 所使用的相關科學概念出現錯誤而未察覺(反向) | 解題中，沒有監控所使用的相關科學概念(沒有確認自己所使用的科學概念是否正確) | S1:所以甲下降的溫度給乙上升的溫度(在甲杯和乙杯的相同水位處畫上虛線)，所以就變成 40 度。<br><br>圖 7  |
|                  | 完整地監控類比物和標的物配對與用之推論的過程 | 解題中，完整的監控自己配對的過程(確認自己配對的過程是否沒有疏失)      | S5:就它(甲)的底面積比較小(手指甲杯的底面積)，然後它們上升和到一樣多的水，然後底面積比較小，所以下降比較多。(手指乙杯的底面積)，所以它(乙)得到一樣的水的時候，可是它底面積比較大，它上升 10 度;然後它(甲)的底面積比較小，下降的水量是一樣多的。可是因為它(乙)的底面積比較大 |
|                  | 監控類比物與標的物配對上的矛盾處       | 解題中，能夠察覺類比物和標地物的配對是否正確或出現矛盾            | Subj3:然後杯子的寬度， $\pi$ ~杯子底面積的大小比喻成溫度<br>I:還有呢?<br>Subj3:它溫度上升.. $\pi$ (又再看一次自己寫的東西)..嗯..就這樣  |

|                                   |  |   |   |
|-----------------------------------|--|---|---|
|                                   |  |   | <p>I:你剛剛為什麼突然升了一下，你想到什麼東西?</p> <p>Subj3:我原本是想說，因為那個上升，因為它們都上升 10 度，所以我想說，可是很奇怪。</p> <p>I:哪裡奇怪?你要把你想法告訴我喔</p> <p>Subj3:我思考</p> <p>Subj3:(看著自己寫的東西在思考)這溫度比喻成水位吧，因為甲比較小，所以甲的水位比較低..所以乙比較大。它(乙)的底面積跟水位都比較大。</p>   |
|                                   | <p>沒有監控類<br/>比物與標的<br/>物配對上的<br/>矛盾處(反向)</p> | <p>訪談者提示與質疑<br/>學生所出現的矛盾之處，但學生在提示後仍未察覺/察覺或試圖去修改矛盾處。</p>                                   | <p>I:可是你水位不是比喻溫度喔</p> <p>S3:水位的差意跟溫度不一樣</p> <p>I:你不是用溫度的高低比喻水位的高低?</p> <p>S3:那這怎麼辦?熱量不是跟溫度有關係嗎?</p> <p>I:是阿</p> <p>S3:對呀，那不就是一樣了。那就 OK，那就通了</p> <p>I:所以你覺得熱量就是溫度嗎?</p> <p>S3:沒有阿，不一樣</p> <p>I:對阿~那怎麼會一樣</p> <p>S3:你就把它想成一樣的。這樣你懂了吧<br/>(畫一條水位後塗滿)</p> |
| <p>策略使用<br/>Strategie<br/>Use</p> | <p>使用類比以外的策略以幫助類比推理</p>                      | <p>解題中，除了訪談者要求使用類比解題外，能夠根據自己的狀況，知道哪種解題方式自己最熟悉與適用。</p> <p>例 1:學生在使用類比解題不順手時，會使用其它策略/概念</p> | <p>Subj12: (畫連通管的圖，標上甲乙以及水位)就水位高的流向水位低的，最後就會變成 40 度(畫出最後水位線)就它(甲)降的幅度，從 80 度到 40 度，變化差了 40 度，可是這裡從 30 度升到 40 度，只差 10 度。</p> <p>I:所以呢?</p>   |

|    |                                |   |   |
|----|--------------------------------|---|---|
|    |                                | 來幫助自己解題<br>例 2:學生在使用類比畫圖解題時,感到困難因而選用文字敘述來幫助自己解題 | Subj12:所以乙的比熱比較大。因為比熱大溫度變化量就小，  |
|    | 解題過程中，針對不確定的部分，以自問自答以提升對問題的理解。 | 針對自己不大確定的部份(概念/題目意義/類比的配對)，進行自問自答，來提升自己對問題的理解   | Subj5:因為它的溫度比較高，所以它把溫度傳給 30 度西的這個，然後這個(甲)是下降到 40°C，所以它失去熱量，它們兩個失去跟...哈..我想一下<br>Subj5:它們得到的熱量會一樣多，失去的和得到的一樣多?<br>I:你現在是在問我還是問自己?<br>Subj5:問自己。所以它失去和得到的是一樣多的  |
|    | 使用圖表與註記符號以幫助類比推理               | 產生圖表或註記符號幫助自己解題，來提醒自己注意                         | 1.↑(上升或下降符號)<br>2. 畫出水流動的方向<br>3. 塗黑標注水位和水量   |
| 評估 | 解題後，重新確認配對過程以評估結論是否有誤          | 解題後，能夠評估配對過程是否有失誤之處。若發現失誤之處，能夠試圖去解決矛盾           | Subj15:質量不同的話..那就是跟上面的一樣(開始畫圖)。甲會..如果甲的質量會比乙的質量大的話，然後甲從 80 度變到 40 度，然後乙會從 30 度變到 40 度。然後由這個圖可以知道，(思考 5 秒)因為甲的質量比較大，然後溫度變化也比較大。所以這題的話，甲的比熱會比較大。<br>I:你剛講到質量越大，溫度變化會越怎麼樣?<br>Subj15:越大<br>I:嗯，所以你這一題的結論是...<br>Subj15:讓我想一下 |

|  |                                |   |   |
|--|--------------------------------|---|---|
|  | <p>結論出現錯誤，經提示而未重新確認和修正(反向)</p> | <p>解題後，結論出現錯誤，經由訪談者提示後，仍舊沒有回頭檢是配對的過程。</p> | <p>S15:應該是...甲會比較多吧!<br/> I:所以是你圖畫錯的意思嗎?<br/> S15:對!應該會上升比較多!(此時又在甲的水位線上，又補上一條水位線，使得水量變多-圖4)<br/> I:可是題目不是規定說，兩個都只上升10°C嗎?<br/> S15:可是因為它上升10公分，可是它底面積比較少，所以它會上升比較高啊!</p> <div style="text-align: center;">  <p>甲 乙</p> <p>圖4</p> </div> |
|--|--------------------------------|---|---|

