

第壹章 緒論

資訊革命和全球化風潮下，複雜系統的思考能力變的更為必要；競爭力則取決於創造知識和善用知識。面對改變，教育事業，作為知識的生產和消費產業，需要有所不同。經濟學大師彼得杜拉克（Drucker, 1993）在「後資本主義社會」一書中指出，知識已取代資金、土地和勞力等傳統的生產要素成為最關鍵的個人資源及經濟資源。要使知識很有生產力，必須透過聯貫，從既有知識得到相乘的效果。因此今日的學校教育應該提供比現今更高階的全球化素養（universal literacy），知識也必須以產物（substance）和歷程（process）的兩種形式傳授。Novak（1998）認為知識的獲取、創造來自有意義的學習（meaningful learning）。有意義的學習歷程中，學習者必須在相關的既有知識和新知識間嘗試建立關係並組織知識結構。這樣的學習歷程，學習者同化（assimilation）和涵攝（subsumption）（Ausubel, 1968）新概念，使學習者更有能力掌握知識，創造知識，知識也變得更有用。

模型化（modeling）是一種創造性的有意義學習歷程。「模型」泛指某一對象的樣本或與原型具有一定相似結構的系統，如人體模型、地球儀、DNA 雙螺旋模型、理想氣體模型。模型化歷程試圖將「看不清楚」或從來「沒有看過」的事物或想法以各種呈現方式表達。這種重現（re-presentation）的歷程是一種轉換，模型是轉換的產物。在嘗試轉換過程中，概念在意識中穿梭（commutation）；思維容許更大的彈性和可塑性，注意力被轉移至特定的意義領域而呈現躍進（leaping）的狀態，往往就容易產生創造性的解答。

人類常用各式各樣的模型幫助了解和解釋複雜的事物或解決問題。尤其在自然現象的認識活動中，科學家常常透過建造模型來研究、檢視和解釋現象。一般而言，模型的表述形式有以實體、圖像、符號、語言等方式的物理模型（physical models）和以公式、方程式呈現的數學模型（mathematical models）；物理模型是

事物形象化的定性表述，數學模型則是定量表示事物各組成間的關係。認知科學研究也從知識表徵的本質提出屬於內在模型的心智模式（mental models）理論（Johnson-Laird,1983）。心智模式理論認為「心智模式」是個體與外在世界交互作用產生的一種簡化的內在表徵（Roger & Rutherford, 1992），是某種情境下的特定模型。心智模式理論主張個體是以心智模式的特定模型進行推理而不是根據制式規則（formal rules）進行推理。由於心智模式是一種特定情境下事物的內在表述形式，利用心智模式人們能以比較簡單的機制描述外在的事物、解決問題、解釋和預測未來，所需的認知負荷相對較小。心智模式是思考的內涵、思考的運作工具，也是個體透過感官對現象推理形塑外在世界的動態、內在歷程。

因此，模型既是科學探究的結果，也是現象的解釋系統。模型化歷程除了觀察相關事實並尋找其意義外，也通過聯想和想像將各種既有資訊和知識聯結使成為新概念。模型化歷程是溯因的過程，是為已知的現象尋求適當的邏輯。模型的建構歷程也需要有建構模型的主體介入，因此模型化過程某種意義上是一種創造性的有意義學習。

第一節 研究動機與研究背景

化學是研究物質性質和物質變化的科學。由於化學研究對象種類多且物質變化的巨觀現象往往需要與物質微觀性質相互關聯才能理解，化學研究使用大量符號和表徵以說明或呈現物質系統。因此學習者需要在呈現物質和物質變化的各種符號、文字、數學式、圖像等多種表徵形式間轉換和連結，學習的認知負荷是相當大的（Sfard,1991）。

化學領域中，層析分離（chromatography）是儀器分析課程中十分重要的一部分。層析分析的理解涉及與分子間作用力相關之物質的化學性質和物理性質、分子的動態分布以及最適化等概念。層析分離原理的理解對許多學生是複雜和困難的（Bradford, et. al,1994）。

科學家利用建構模型來解釋和發展理論；透過模型化歷程溯因。建構模型的主體「溶入」模型的建構歷程，形成新概念。Greca (2001) 指出科學理論的教學若能直接以模型化歷程呈現，可幫助學生建立學生個人的先備知識和現象觀察間的連結。

從「學生可視為一個科學家」的觀點，學生參與相關科學理論模型的發展和應用可使學生對理論的發展歷程「身歷其境」。若這樣的教學有助於學生心智模式的建構、發展和科學理論的概念理解，則模型化教學策略應當是層析分析概念教學的可能解決方案。

一、化學概念是複雜和抽象的知識系統

複雜活動 (complex behavior) 存在於組成成分間有大量交互作用的系統，如複合系統、經濟學、演化生物學、熱力學 等系統。這些系統通常有集體現象 (collective phenomena)，突現性質 (emergent properties)，動態的 (dynamics)，隨機歷程 (stochastic processes) 等特徵。複雜活動的分析常透過某些基本假設和近似的方法，操弄近似模型達到理解和控制活動的目的。科學家也利用高階抽象化隱藏一些細節，簡化活動的表徵，使複雜活動的模式容易理解 (Auyang, 1999)。

化學概念是一種複雜的知識系統。理解物質變化的巨觀現象往往需要借助物質微觀性質的相互關聯，例如，由於物質系統的溫度概念是物質分子運動的集體現象，因此藉粒子運動的微觀概念可幫助瞭解與溫度有關的「物質相變化」的化學概念。一些化學系統如化學平衡、氣體的壓力 則具有動態的特性。化學研究也使用許多形式的符號和表徵呈現物質系統，如元素符號，不同形式的化學式、結構式以及表示物質狀態的格式等；或呈現物質間作用，如反應方程式，化學理論定律式 等等。因此學習者需要在呈現物質和物質變化的各種符號、文字、數學式、圖像等多種表徵形式間轉換和連結。這些領域特質使得化學概念的學習顯得十分複雜和抽象 (Gabel, 1998)。

Sfard (1991) 指出符號表徵的概念理解包含：(1) 藉實際操作獲取符號表徵的意義的內化歷程 (interiorization), (2) 符號表徵視為概念整體的凝聚歷程 (condensation), (3) 將符號表徵視為實體以提供更高階概念的內化的具體化歷程 (reification) 及 (4) 接受符號表徵的操作性和結構性雙重本質的本體跳躍歷程。這些認知的歷程涉及使符號表徵和指示物連結、符號表徵的操弄、符號表徵操作程序的自動化以及從既有的符號表徵規則建立符號表徵的抽象化系統。顯然的，符號表徵概念化歷程的認知負荷是相當大的。科學教育和數學教育的研究也顯示符號的理解影響學生閱讀，書寫，口語和認知等向度的困難。

總括而言，化學概念是複雜和抽象的知識系統。由於複雜現象的活動表述形式通常藉抽象化隱藏一些細節，對學生而言，化學課程中的許多概念往注意義不明；而且理解與主題有關的其他化學概念或連結相關概念間的關係也是困難的。因此，化學課程的教學不但要能呈現現象巨觀、微觀和符號等三個層級的概念外，更要提供學生三個層級概念間的連結。

二、要求最適化的層析法

化學領域中，層析分離 (chromatography) 是儀器分析課程中十分重要的一部分。迄 M.S. Tswett 在 1899-1901 預期了層析分析的可能後的一百年間，層析分離不斷的有新方法中從已有的方法中演化。至今層析法已是化學和生物化學中最被廣泛使用的分離技術之一。這個原本被認為是一種『技藝』的分離方法已經發展為一門『科學』(Ettre, 2000)。層析分離是基於不同物質在動相、靜止相兩相間遷移速率的微小差異 (differential migration) 而分離物質的方法；是一種動態的程序、分子間作用力集體現象的結果。由於層析發展史的多面相脈絡 (Ettre and Zlatkis, 1979)，層析操作模式有多樣化的設計，層析分析的應用範圍也有很大的彈性。由於分離作用是分子的集體表現，層析分析受限於分離過程中峰帶變寬 (band broadening) 的分布限制，因此學習者必須學習如何作抉擇 (decision

making) 以使控制分離的層析條件達到分析的最適化。

層析分析的特質使層析分析原理的概念理解變的複雜。根據研究者的教學經驗，層析分析儀器的基本操作或分析結果的解釋對學習者通常較簡單，但是操作條件的選擇和控制則沒有那麼容易。依邏輯推想，學生若瞭解層析的分離原理就應該懂得如何選擇和控制適當的分離條件。但是教學經驗顯示，層析分析的分離原理對大多數學生而言有如一個『黑箱』（尤其如果按一般教科書的呈現方式）！即使試著先用一些比較簡單或是學生可能較熟悉的其他分離技術如分餾、萃取等的類比教學法來教學，雖然有些學生比較能體會層析分離的巧妙，但是效果總是相當有限。

層析法的分離作用是物質系統的集體現象，分離結果是一種突現。層析分析的理解也涉及分子間作用力、分子的動態分布以及最適化等概念。層析分離的原理的概念理解對大部分學生是複雜和會有困難的（Chi, Slotta & deLeeuw, 1994）。

三、層析分離原理的學習困難

層析原理的學習困難究竟是什麼？困難是來自層析原理中相關化學概念所遭遇到的符號表徵和指示物連結、符號表徵的操弄 等符號表徵具體化過程？或者學習的困難是發生在表徵的操作性和結構性雙重本質的本體跳躍歷程？或者學習的困難是發生在化學概念的關聯 ？或是學生缺乏系統化的觀點來應付層析的動態和突現的系統特質？

根據 Bradford 等人（1994）有關層析分離原理的學習成效研究，教學後雖然部分的學生能透過同化形成層析原理的概念結構，但是受試的康乃爾大學大二學生均不能理解峰帶變寬和解析度的關係。Bradford 等研究者也認為無論層析法的內容如何完整的呈現給學生，除非學生能主動進行有意義的學習，教學無法傳授層析概念的理解。

層析分離原理的概念理解的本質與概念教學值得進一步研究。層析分析的教學應該明確的點出分離原理的主要概念，並呈現相關現象的巨觀、微觀和符號等三個層級概念間的關係給學生。教學也應該鼓勵、並提供學生主動建構的機會使學生能進行有意義的學習。

四、心智模式和學習的本質

教學的主要工作是從認識和概念的本質幫助概念學習。認知心理學的研究提供了科學教育研究的許多重要元素。心智模式是認知心理學研究的重要議題，科學教育也試圖由心智模式的屬性作教學設計的參考架構。科學教育的研究顯示學習是學習者的主動建構；認知心理學家認為學習者建立多種不同形式的內在表徵以了解世界。根據 Johnson-Laird 的理論，心智表徵(mental representations)至少可以分成「心智模式」、「命題」(propositions)和「心像」(images)等主要的三種。心智模式是外在世界的一種結構類比，命題是與自然語言對應的一串符號，心像是對應至特定角度的感官模型 (Greca & Moreira, 1997)。

心智模式是個體感官與經驗產生的一種特別的內在表徵，此內在表徵蘊含事物結構的特殊性質。透過這種心理的模型化，可用比較簡單的機制描述外在的事物、解決問題、解釋和預測未來。心智模式是一種工作模型 (working model)，是一種動態、衍生性的內在表徵、理論構念 (construct) (Vosniadou, 1999)。心智模式以類比 (analogical) 或隱喻式 (metaphorical) 發展推理；亦即學習者利用結構—對應 (structure-mapping) 的方式使既有的舊模式對新的情境產生通則。心智模式影響思考模式也主宰人們面對一些情境時所採取的行動。

科學理論是真實世界的一種表徵系統，事物的結構化演繹系統。在心智模式的假設下，科學理論的理解或以科學理論推理需要對物件或相關現象的過程建構心智模式，因此心智模式是科學理論和現象間的媒介。學生具備了心智模式後才對相關的概念、定義、原理原則和數學公式等有應用和操弄的能力。學生學習

科學理論是以心智模式作工作模型達到解釋現象或藉現象推理的目的。

雖然學生以既有的心智模式對生活世界的現象推理並理解科學理論，但是科學理論呈現的是具複雜性質的抽象模型，因此學生由心智模式所建構的解釋或推論與科學理論的結果可能不盡相同。因此學生的心智模式可能誤導學生，但學生的心智模型也有可能演化出科學的理論模型（Greca & Moreira,1997）。

心智模式的研究在教學及學習有重大的意涵。瞭解學生對某個知識領域的心智模式在教學上可提供老師教學策略的選擇及教材設計、應用的依據。專家等高效率的心智模式的瞭解將可提供複雜系統的問題解決、學習遷移等認知運作理論模型之發展。

五、模型化教學策略是可能的解決方案

近年來，科學史與科學哲學（the history and philosophy of science；HPS）在科學教育的重要角色被大量的探討（趙金祁，1993；Matthews, 1994；Turner & Sullenger, 1999；Holton, 2003）科學史與科學哲學可以是科學教學的一項有價值的教學工具（Kipins, 1996；Mintzes, Wandersee & Novak, 1998）。模型（models）和模型化（modeling）歷程是融入科學史哲於科學課程的重要主題之一。（Gilbert, 1993；Harrison & Treagust, 1996；Just & Gilbert, 2000；Clement, 2000）。

雖然模型化歷程在科學探究的本質有爭議，但是科學史和科學哲學的研究顯示：模型的形成和理論模型的改變是科學家建立理論時持續進行的一項活動。孔恩認為模型是學科基體（disciplinary matrix）的一個元素（element），是對某種信念（beliefs）的堅持（commitments），因此模型具有本體論的功能（Kuhn, 1970：p. 184）。模型也提供科學社群類比和隱喻，幫助解釋或解謎。模型的類型從啟思的（heuristic）模型的一端延續至本體的（ontological）另一端，但模型都是具認識功能。Nersessian（1992）認為科學家利用類比、思考實驗、想像推理及極端案例等抽象化的技巧建立模型；模型化歷程幫助科學家概念改變。模型可類比為

理論建構過程中的鷹架 (Franco,de Barros et. al. 1999) 因此模型可作為現象和抽象理論間的媒介 (agent), 模型更提供科學理論一個可觀察和操弄的「紙上談兵」的效果。

一些科學哲學家將模型化這類涉及理性創造思考歷程歸為是一種直覺, 但是某種角度上模型化是一種典型的解題歷程。模型化過程包括觀察相關事實利用類比、歸納和理想化等思維的基本技巧尋找現象的意義外, 必須通過聯想和想像將各種既有資訊聯結轉化為新概念。而模型化歷程主體的主動介入, 是一種主觀過程的客觀化。建構模型的主體在模型化歷程中與外來的資訊協商; 透過這種客觀化過程, 概念得以呈現並具意義。因此模型化的過程是一種創造性的有意義學習。

模型化是科學研究的中心, 也是學生瞭解科學的重要因素 (Sutton, 1992)。學生學習科學典範是一種意義系統(meaning-system)的發展, 從科學學習是主動建構的觀點, 模型化歷程有助於學習者心智模式的建構並引導學生概念的 formed, 模型化過程在科學學習是必要的 (Greca & Moreira, 1997)。

Greca (2001) 指出科學理論的教學若能直接以模型化歷程呈現, 可幫助學生建立學生個人的先備知識和現象觀察間的連結。而科學理論發展史本身就提供許多與理論相關的模型 (Kipnis, 1996, 1998; Justi & Gilbert, 1999, 2000)。因此, 教學時透過一些科學史的模型來呈現理論是達成科學理論的理解的可行教學策略; 詳細討論理論, 包括理論的起源、發展和先前的模型如何被其他理論模型取代等應該有助學生對科學探究的本質的了解 (Kipnis, 1996)。這樣的教學也使學生對理論的探究歷程「身歷其境」。

使學生參與相關科學理論模型的發展和應用, 將有助學生心智模型的建構和科學理論的概念理解。模型化教學策略也應當是層析分析概念教學的可能解決方案。

第二節 研究目的與研究問題

根據上述的研究背景和動機，本研究從層析法的發展史尋求素材，希望由發展史提供理論相關的模型融入科學史和科學哲學於教學和教學研究中。

一、研究目的

本研究透過層析法發展的科學史和相關研究的文獻，確認層析理論發展歷程中的理論模型。並以孔恩的科學革命（Kuhn, 1970），拉卡托斯的研究綱領（Lakatos, 1970）和勞丹的研究傳統（Laudan, 1977）等三個科學發展觀點分析層析法理論模型的發展，以瞭解模型是如何被其他模型取代，並從層析理論模型發展的分析了解模型在理論發展的角色，模型化歷程在科學探究的本質。

研究也進一步藉科學史分析所得的層析理論模型中合宜的模型，層析分離的範例，透過類比、數學模型、定性化層析模擬電腦軟體等教學策略設計一個模型化導向教學模式（modeling approach teaching）進行教學，探討學生學習層析理論的心智模式的類型和學生心智模式的發展。

研究分析學生在教學後形成的層析理論模型的類別，並將學生的理論模型與科學史上層析理論模型的發展比較，瞭解概念形成的本質並達到層析分析理論教學的目的。

二、研究問題

本研究藉下列問題的探究，一窺模型化歷程在科學探究的本質並了解學生層析理論概念理解的本質。

- 1、科學史上，層析法的理論模型在理論發展過程是如何變遷的？
 - 1.1. 科學史上層析法的理論出現那些理論模型？
 - 1.2. 既有的模型是如何被其他模型取代？
 - 1.3. 就層析理論發展的案例，科學理論的發展和變遷是累積的、革命的或演化的？
- 2、學生對模型的認識論本質是否影響學生學習層析理論的表現？
 - 2.1. 學生有那些類型的模型表徵？
 - 2.2. 學生模型表徵的類型是否影響學生層析理論的學習成就？
- 3、學生學習層析理論運作的心智模式的類型？
 - 3.1. 學生學習層析理論時，有那些類型的層析法心智模式？
 - 3.2. 學生在教學時形成的心智模式與科學史理論模型的對應關係？
 - 3.3. 學生對模型的認識論本質是否影響學生層析理論模型的發展？

第三節 名詞解釋

本研究探討的問題涉及科學教育研究的術語和多項名詞，以下將說明一些重要名詞在本研究脈絡下的意義和屬性。

一、表徵 (representations)

表徵是認知心理學企圖解釋不同資訊編碼和處理過程的概念。表徵指人類對周遭事物透過感覺系統形成概念的歷程，是將事物換成另一種符號或抽象方式來代表原來的事物。原來的事物可能是真實的世界或只是想像的物件。表徵可以分成外在的表徵 (external representation) 及內在的表徵 (internal representation) 兩大類 (Eysenck & Keane, 1996)。外在的表徵如實體、圖像、文字。實體表達，是具體的；圖像表達，是視覺的 (visual) 文字、數字、符號則屬於抽象的。內在的表徵是心智表徵 (mental representation)，指在長期記憶中的符號表徵，可以是類比或命題，及次符號系統 (sub-system) 的分散式 (distributed) 表徵。

在課堂或觀察活動中，學生的談話、手勢、寫出來的文本、畫圖和老師的對話等交互作用都是使現象有意義表徵歷程。學生在整個學習過程可能使用了許多模式的表徵。許多研究顯示可能是現象和表徵間的本質關係 (Paivio, 1990; Mayer & Anderson, 1991; Mayer, 1994; Buckley & Boulter, 2000)，特定的表徵有助於現象的某些面向的瞭解，因此表徵應該是學習的認知核心。

二、模型 (models)

模型是一種想法、一個物件、事件、歷程或一個系統的表徵、再呈現 (Gilbert and Boulter, 1998, pp.53-56)。模型總是蘊含「本源」(source) 與「標的」(target) 兩個領域，這兩個領域有一些共享的屬性和一些並不不同的性質 (Duit & Glynn, 1998, p.166)；模型因而具微妙的流動性 (subtle fluidity)。

因此，模型是表徵形式的一種。本研究所指的模型將包含如地球儀、物質的粒子模型等，表述形式是以具體物、圖像、符號和語言等方式的物理模型或以公式、圖表呈現的數學模型等兩種外在表徵，是外現模型；及心智模式的內在認知表徵，是分散式 (distributed) 表徵。

三、心智模式 (mental models)

Craik (1943) 認為人有轉譯外在事物成為內在模型的能力；這個內在模型是外在世界的動態表徵或模擬並可產生推理、轉換表徵符號、產生行動，或是與外在世界對應。Redish (1993) 認為心智模式是由命題 (propositions)、圖像 (images)、程序規則 (rules of procedure)、何時 (when)、如何使用 (how) 的陳述 (statements) 所構成。

學生的心智模式是與系統、環境交互作用自行建構、發展所得的相關系統的一個模型；並非是一般性的表徵、是特別的。本研究從審視學生在學習情境下學生的談話、寫出來的文本、畫圖和解題的內容架構出學生的心智模式。

四、模型化 (modeling)

選用某種模型幫助了解新事物，解釋複雜的事物或解決問題是一種認識方法。使用模型來洞察事物的歷程稱為模型化。模型化包括觀察實體、建構一個對應的特定表徵或選用現有的模型、轉換模型、模擬、評估，並將得到的屬性對應至實體。

建構心智模式也是一種模型化歷程。這樣的模型化歷程是對實體世界進行協商、建立外在表徵、形成合宜的描述和模型。模型化所形成的心智模式可進一步透過物理世界檢驗，確認或修飾模型。個體建構心智模式的歷程是動態的，是實體、隱喻和理論、表徵的交互作用。

本研究假設模型化包含本體、認識和認知三個面向。本體的面向是對實體本質的信念，指學生對觀察現象（層析分離）的本質的看法。認識面向指對模型本質的信念，指學生對模型的想法。認知面向則是指建構模型所需的認知運作。

五、模型化導向的教學模式（modeling approach teaching）

模型為基礎的學習（model-based learning）是透過模型的形成，應用，精緻化等遞迴的程序（Buckley & Boulter, 2000），是一種特殊情況的衍生式學習（generative learning）。

Johnson 和 Stewart（2002）設計一個基因課程的模型為基礎教學模式（modeling-based instruction）。使學生從修正模型解決問題是教學模式的主要理念。研究者認為學生在修正模型的過程是應用模型來思考，更是探索模型。這樣的學習策略有助於建構和評估解釋性的模型（explanatory models）。Passmore 及 Stewart（2002）也設計一個生物演化學的模型為基礎的教學模式；演化學課程教學中，使學生介入天擇模型的發展、精緻化和應用。Passmore 等認為複雜概念的理解需要的不僅是具備相關概念的知識，更需要能以先備知識為工具發展解釋的能力。

本研究整合 Buckley 及 Boulter 和 Johnson, Passmore 及 Stewart 等人的理念，設計模型化導向（modeling approach teaching）的教學模式。因此，教學時應用包含想像、視覺化、類比、範例、演繹等不同的教學策略，並以科學史提供的層析理論相關的模型作為一部分的外現模型，透過科學史的模型使學生檢視層析理論模型修正的過程，幫助學生建構層析理論的心智模式，達到使學生了解層析分離原理的教學目標。

六、層析 (chromatography)

層析分析是包含有動相和靜相兩相系統的一種分離操作，利用試樣中各成分在兩相中的分配不同產生遷移速率的微小差異將各成分分離。動相的動力來源可以是重力、壓力、毛細作用及電滲透等方式；分離可以在相當大的溫度範圍進行，因此，層析儀的種類十分多樣化。層析技術與化學、物理化學、化學工程和生物化學等許多領域相關聯。

層析的分離現象是以分配係數 (partition coefficient) 為主要概念，並可從理論板數 (theoretical plate)、解析度 (resolution)，速率理論 (rate theory) 及凡狄姆特方程式 (van Deemter equation) 等概念說明分離的機制、分離條件的控制和分離條件對波峰形狀的影響。層析分析是大專院校化學、化工、生物及醫藥相關科系分析化學授課的重要部份。課程教學一般包括層析的概念，分離的機制和理論，及實驗操作兩部分。

第四節 研究假設

本研究從科學史的理論模型發展、模型導向教學，學生在學習相關理論時心智模式的發展歷程來探討概念理解的本質。根據相關文獻，研究以下列基本假設架構本研究的研究問題：

1. 模型為科學社群提供類比和隱喻，具有本體論和啟發性的功能。
2. 模型是科學研究的中心，模型化歷程幫助科學家概念改變。
3. 學生學習科學理論是一種意義系統的發展。
4. 模型化歷程是一種創造性的有意義學習。
5. 模型化包含本體、認識和認知三個面向。
6. 模型化歷程有助於學生心智模式的建構、發展和科學理論的概念理解。

第五節 研究範圍與研究限制

根據上一節陳述之研究假設，以層析法發展史的內涵為經驗材料，採取理性反實在的哲學觀點對層析法的理論模型進行理論進程分析。教學部分，以自行設計的評量工具來揭露學生的心智模式。雖然，進行教學的任何時間，對應至學生層析理論模型的心智模式是動態且可能不止一種，本研究以評量工具中學生的選項視為學生的心智模式。且研究的對象並不是具代表性的樣本，研究結果不能推論至其他樣本。

