

教育部九十九學年度中小學科學教育專案期末報告大綱

計畫編號：

計畫名稱：**探討中學生恆定性概念的心智模式與發展**

執行單位：台北市立萬芳高中

主持人：**湯偉君**

電子信箱：weiyee@ms16.hinet.net

一、計畫執行摘要

1. 是否為延續性計畫？（請擇一勾選） 是 否

2. 執行重點項目（請擇一勾選）：

- 環境科學教育推廣活動
科學課程教材、教法及評量之研究發展
- 科學資賦優異學生教育研究及輔導
- 鄉土性科學教材之研發及推廣
- 學生科學創意活動之辦理及題材研發

3. 辦理活動或研習會等名稱：**無**

4. 辦理活動或研習會對象：**無**

5. 參加活動或研習會人數：**無**

6. 參加執行計畫人數：計畫主持人一人(另有臨時工讀生三人，校內行政協助若干，受測者 300 多人)

7. 辦理/執行成效：

本計畫自 99 年 8 月開始執行，研究者一開始都待在國立編譯館的收集教科書資料，九月設計問卷後，逐步在各樣本群進行施測和晤談，國一、高一、高二的資料收集尚稱順利，高三則因為接近大考，受測者的配合意願較低，同樣的原因之下，原本要進行的國三樣本群，最後也無法實施。資料收集到五月底後，開始進行資料分析。

研究結果發現中學生的恆定概念心智模式，可分類成五種類型：空白、健康、單因子、不完整多因子、完整多因子等。隨著年齡增長，中學生的心智模式越發成熟，同時與教科書的授課內容有密切相關。研究呼應了之前的文獻，即學習過的概念，不代表會絲毫不差的雕刻在學生心中，例如高二、三學生即使擁有身體內部恆定的觀念，但常不能完整或正確的說出恆定的機制。不過也不用過份悲觀，

教科書的內容還是深深影響了學生的學習，這可從不同學齡階段心智模式的成長看出。另外從部分國中七年級學生擁有恆定概念看出，某些非正式管道可能也影響了學生的學習。

二、計畫目的

恆定性是生物學科最重要的概念之一(Eckert *et al.*, 1988; Penner, 2000),在不同的學齡階段的生物相關教科書都會提到此一內容,因此,了解學生在不同學齡階段對於恆定性的理解,應可讓國、高中甚至大學教師,在執行生物教學時,更能充分掌握學生的教學前概念,以便設計更適當的教學策略。

恆定性亦是生物學科難以學習的概念之一(Finley *et al.*, 1982),國內外都已有一些的研究指出,不論何種學齡階段的學生,對於生物恆定性都有若干的迷思概念存在(Chang, 2007; Simpson & Marek, 1988; Westbrook & Marek, 1992; 林陳涌 & 徐毓慧, 2002; 洪佳慧 & 林陳涌, 2009)。甚至是大學本科系畢業的新手教師都對某些恆定概念有所誤解(Yip, 1998)。

雖然每位學生所處的學校、授課的教師、生活經驗各不相同,以致於所擁有的恆定性概念可能也有所不同。但大致上,還是主要受到相同課程綱要下所編纂的生物教科書影響。因此探討學生恆定性心智模式的同時,分析教科書相關內容,可對學生心智模式的變化有更清晰的理解。然而縱使有些研究討論到教科書對於閱讀者概念生成的可能影響(Yip, 1998; 陳惠如, 2009),然而研究者尚未發現有針對教科書中恆定概念進行內容分析,同時將之與學生概念做比較的研究。

承上述的討論,本研究計畫最主要的研究目的在於探討中學生在恆定性概念的心智模式、演變及教科書和中學生恆定性概念之相關。針對本研究目的,本計畫的研究問題有以下三項:

一、台灣的中學教科書討論恆定性的廣度與深度?

- 1.國中七年級到高中三年級,恆定性概念的主題範圍及其演變情形(廣度)?
- 2.國中七年級到高中三年級,恆定性概念的描述與解釋(深度)?

二、中學生恆定性概念的心智模式及演變?

- 1.國一至高三學生,恆定性概念的心智模式各為何?
- 2.國一至高三學生,恆定性概念的演變情形為何?

三、教科書對於中學生恆定性概念心智模式的影響為何?

- 1.僅接受小學教科書恆定性概念的國中七年級學生,其恆定性概念的心智模式和教科書概念的相關性為何?
- 2.接受國中教科書恆定性概念的中學生,其恆定性概念的心智模式和教

科書概念的相關性為何？

3. 接受高中生物教科書的中學生，其恆定性概念的心智模式和教科書概念的相關性為何？

三、研究方法

本研究的研究對象，包括科學教科書、學生。但考量時間與精力，研究者並未全面性地探討中小學所有版本的教科書及所有年級的學生，範圍的限定如下所述。

1. 生物教科書

本研究分析的教科書內容，可分成縱向、橫向兩軸，所謂橫向，指的是不同版本的教科書。由於目前教科書多元化，各校採用的版本各異，本研究將以各年級使用量最高的數種版本為主，同時參考欲觀察的學生，其在校所使用的版本，共選出三個版本做為研究樣本。不以學生在校使用的版本為唯一探討對象的原因是：許多教師會參考不同版本的內容，整合而教授給學生，換言之，學生所得之概念可能不單指來自同一版本。因此在所謂橫向的科學教科書探討上，將以生物科每一年段的三個版本為探討對象。

縱向的探討，指的是不同年段，亦即分成國小、中、高中三個階段，以高中生物教科書、國中自然與生活科技教科書中生物相關部分，與國小自然科教科書生物相關部分為探討的對象。另外，這幾年高中適逢九五暫綱、九九課綱等階段性的課程改革，研究者考量以下三點：論文的一年研究期程等現實因素、這一年未有學生接受過完整的九九課綱高一基礎生物的教學，同時現有高二、三學生都接受原有九五課綱的教科書。因此將九九課綱新課程高一基礎生物排除在外，而僅探討九五課綱的高一至高三教科書。

教科書的內容分析在 99 年 7-8 月即已大略完成，之後偶而會針對受測學生對問題的反應狀況，而回頭檢視教科書的詳細內容與敘述。

2. 受測學生

基於研究者的能力及現實因素，本研究最後以表一所示的國一、高一、二、三年級各階段的學生進行探討。不同學齡階段的受測者，分別代表過接受不同程度的教科書教學，同時，考量研究期程，且為了更能釐清不同階段教科書恆定概念與學生心智模式的關係，研究者設定不同的研究對象，必須各在特定期限內完成測驗，分別代表接受不同程度生物課程者。例如國一新生在上學期開學後一個

多月便完成施測，代表只接收過國小程度的恆定概念者，隨後進行施測的高一學生，代表接收過完整國中恆定概念者，可以比較施測的原因是高一教科書(九九課綱的基礎生物上冊)並未具體討論到恆定相關內容。高二學生會在高二上學期末學到高二課程中恆定性內容(生物上冊第四章)及高三學生則必須延後到下學期末，因為下學期初的第九章(神經)恆定性仍有關係，再由於高三為了準備升學考試，並不易找出時間。這些學生都來自於研究者所施教的台北市立完全高中的數個班級，研究者並擔任其中高二、三班級的任課老師。

總計由國一至高三，四個學齡階段共 10 個班級 362 人完成問卷填寫。問卷填寫完成在生物課堂上，大部分同學大約皆花費二十分鐘左右來填寫。由於部分班級並非研究者本人的授課班級，則請其它校內生物老師代理協助。

在問卷填寫後的一個多月內，完成受測者的晤談，依問卷回答狀況，每一年段約有 8-10 人被選取，再徵求其導師和學生的同意來參加晤談，接受晤談者由研究者提供一些小禮物，絕大部分同學願意參加晤談，但有一些同學並不願意參與，因為晤談時間在中午午休，部分學生需要休息或是有社團活動。每次晤談時間約介於十到二十分鐘，晤談的資料用以深度理解並確認學生問卷填答的狀況。

表 1 參與本研究的受測學生

對象	有效樣本	問卷施測時間	代表意義
國一新生	60	99.10	只接受過國小階段恆定概念
高一新生	107	99.11	接受完整國中階段恆定概念
高二自然組學生	112	100.3	接受完整高二階段恆定概念
高三自然組學生	49	100.5	接受完整高中階段恆定概念

3. 恆定性概念層級

此處所謂的概念層級乃依據文獻探討中所得學生可能有之迷思概念、恆定性概念、複雜系統的原理、科哲所提的解釋理論整理而成，研究者將「恆定」概念的深度，分成如下的三個層級，並根據此三個層級設計問卷題目。

層級一：理解恆定的意義及重要性。

層級二：知道維持恆定的機制。

層級三：知道某一因子的恆定會影響到另一因子。

4. 問卷及半結構晤談的題目

針對概念層級，研究者以問題題形式要求所有參與的受測者回答，以下幾個問題，同樣的幾個問題也用在半結構問卷的引導問題上

- 何謂「恆定性」？
- 「恆定性」對動物有何重要性
- 以下哪些因子需要被恆定？體溫、水分、眨眼頻率、鹽分、心跳次數、血壓、呼吸次數、氧氣、二氧化碳、肌肉收縮力量、養分(血糖)、激素
- 請選上述的其中一項因子，說明我們身體如何維持 它 的「恆定」？
- 體溫、鹽份的恆定有無關係？若有，關係為何？
- 水分和血壓的恆定呢？若有，關係為何？

四、研究成果

針對研究問題，本節將研究結果分成三個部分討論，首先整理教科書的恆定性概念內容，其次是分析中學生的恆定性概念心智模式，最後是將教科書與中學生恆定性概念的跨年代分布狀況加以比較整理。

1. 教科書內容分布

隨著閱讀者的心智年齡，教科書討論的概念深度、廣度和篇幅增加，不贅言也理所當然的。不過涉及的主題有何差異呢？底下將先介紹國小教科書，其次依序是國中和高中教科書的相關內容。

A. 國小教科書

在國小階段，各版本都並未直接提及「恆定」一詞，表 2 顯示國小課本與恆定性相關概念的內容。可以發現，國小自然課本雖未提到「恆定」這個名詞，但有提到「生物體必須維持適當體溫」這個現象，以及在教學活動中討論了：「生物體如何因應環境氣溫變化」、「必須攝取食物以維持生命」等恆定的方法，亦即還是帶入了恆定性的概念，不論是現象或是機制。不過國小較少使用命題直接給與概念，而是藉由例子、圖片、問題討論，來讓學生得到概念，少數的例外，為康版五下第 30 頁，直接提到：「動物要生存下來，除了需要食物，還必須維持適當的體溫」。既然小學的課本，大部分是利用圖片或探討活動，引發課堂討論，因此學生能學習到多少恆定概念，想必會隨著國小自然科授課教師的教學安排，而有很大彈性。

國小課本未提到「恆定」一詞，但提到恆定相關涉及概念的情況，也見於美國的國小教科書中，(Schussler *et al.*, 2010)分析了不同版本國小教科書，並以八個類別分析課本內容，這八個類別有生物體部位、需求、適應等與恆定性有關的內容，但無「恆定」這一個類別。

表 2 國小教科書內容分布

版本	命題	討論活動或問題	出處
康版	動物必須攝取食物維持個體生命 (p28)		五下-動物世界面面觀
	動物要生存下來，除了需要食物，還必須維持適當的體溫(p30) 定義:恆溫動物與	想一想，他們對環境中的氣溫變化是如何因應的 圖片:狗吐舌頭散熱、牛泡水散熱、烏龜曬太陽取暖、北極熊有濃密的毛保暖、蛇利用冬眠過冬	五下-動物世界面面觀(p30)

	變溫動物		
		極地生物有何構造可以適應極地環境? 以企鵝和海豹為例，談到保溫構造	六下-生物與環境(p47)
牛版		要怎麼維持體力?為甚麼需要吃食物才能有體力?	四下-身體的活力來源(p6)
		動物為了求生存，有各種不同的行為，說說看，哪些行為分別代表甚麼意義? 圖片：日本獼猴冬天泡溫泉、蜥蜴曬太陽、企鵝聚集保暖	五上-動物(p52,53)
	動物必須吃植物或其他動物來獲得養分		五上-動物(p54)
翰版		棲息在凍原中和沙漠中的兔子，有甚麼不同? 圖片：北極兔、沙漠野兔(可能涉及保溫概念)	六下-生物、環境與自然資源

B. 國中教科書

「恆定性」此一名詞，首度正式出現在國中自然與生活科技教科書一上第六章。在研究中所檢視的三家版本，除了文字敘述有所差異之外，所涉及的概念和分佈幾乎無差異。因此不須比較出枝微末節的差異，在此僅呈現目前台灣國中教科書提及恆定性相關概念的最大內容。如表 3 所示，國中教科書除了未論及不同恆定項目(如體溫和鹽份的關係)的交互影響外(以下簡稱多因子互動)，包括恆定的定義、重要性、需恆定的項目、恆定的機制都提到了，即使機制並未明確，例如僅以「腎臟排尿」四字說明含氮廢物的排除。

表 3 綜合各版本國中教科書與恆定性相關的內容

主題	教科書恆定相關內容(各版本綜合)
恆定的意義	明確定義(動物為維持體內環境的恆定，利用身體的各種受器，偵測生物體外環境變化和體內的各種生理改變，透過神經與內分泌系統的協調與支配，適時的控制體內各部位組織或器官的活動，使體內各項生理環境保持在一定變化範圍內，這種現象稱為恆定性) 類比解釋(以冷氣機的恆溫設定及運轉時機做出類比)
恆定的重要性	可使生物體不受外界環境變化的影響，而穩定的行使功能
體內需要恆定的項目	氧氣、二氧化碳；體溫；水分；血糖；含氮廢物(須排除)；其他(鹽類、體熱)
某項目恆定對身體的重要性	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 氧氣(產生能量的呼吸作用，需要氧氣) ◇ 體溫(無) ◇ 水份(細胞成份、進行反應的地點) ◇ 血糖(呼吸作用所需，維持身體正常的新陳代謝，與糖尿病有關) ◇ 含氮廢物(有毒性，必須排出) ◇ 其它(鹽類，未提及排除的重要性)
身體如何針對特定項目維持恆定	<ul style="list-style-type: none"> ● 氧氣、二氧化碳 (呼吸的調節與恆定，高濃度二氧化碳的血液流經腦幹並刺激腦幹，使腦幹發出命令，促使呼吸及心跳加快，藉以排除過多的二氧化碳，同時提高血液中氧氣的濃度) ● 體溫(區分內溫與外溫動物，前者靠體溫調節中樞、皮膚血流量、肌肉活動、食慾、細胞的生理活動、皮膚排汗；後者靠改變棲息地點或休眠等外在行為) ● 水分(防止水分散失的體表構造、神經與內分泌系統共同調節，產生口渴感、排尿量增減) ● 血糖(飢餓攝食或胰島素與昇糖素、腎上腺素，分別使葡萄糖進入細胞，肝糖分解釋出) ● 含氮廢物(腎臟排尿、皮膚排汗) ● 其它(鹽類，腎臟排尿、皮膚排汗)
(多因子互動)	未提及

C. 高中教科書

九五暫綱的高一課本，只有四章分別是細胞、多樣性、生物與環境、人類與

環境，內容未直接涉及到動物生理學，因此沒有恆定性相關內容。

九五暫綱中的高二生物與高三選修生物，在恆定性部分則描述甚多，在高二全年級七章裏，有一專章討論恆定性，相當於有七分之一的篇幅。在高三選修生物的十四章裏，亦有兩專章的恆定性相關內容，同時在其他非恆定性章節裏，也有涉及恆定機制的內容，例如選修下冊第九章神經系統與行為，有一段落：「自律神經系統的協調作用」，便提到交感神經與副交感神經對於血壓升降的影響(翰版 P34)。因此高三生物課本在恆定性相關概念描述的比重大於七分之一，也是所有學齡階段中，分量最重者。

國中和高二、三教科書就討論的廣度而言差異不大，亦即須恆定的因子、定義、重要性都談論到了。深度自然有所差異，以含氮廢物排除而言，高二已論及製造尿液的過程，而高三更深入討論到尿液製造三個步驟的細節。除了機制的深度有所差異之外，國中、高二、三教科書在多因子互動的描述中有所差異，國中完全未論及(見表 3)，高二有提到水份與鹽份恆定的相關(見表 4)，高三則複雜多了，不僅藉著調節機制，而把水份、滲透壓、血量、血壓斗需要恆定的項目做了連結，也在討論體液酸鹼度的恆定時，把呼吸運動和腎臟的排泄作用兩種機制做了相關(見表 5)。

表 4 高中二年級教科書與恆定恆定性相關內容

主題	教科書恆定相關內容(各版本綜合)
某項目恆定對身體的重要性(僅呈現相較於國中教科書增加的內容)	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 體溫(維持適當體溫，可使生理活動正常。) ◇ 體液(因各種生理活動均需在體液中進行，因此，體液恆定的維持十分重要。) ◇ 血糖(胰島素過多，將導致血糖過低，腦細胞將因缺乏葡萄糖引起身體抽搐或昏迷；反之，若胰島素不足，則會造成血糖濃度太高，當腎臟無法將濾液中的葡萄糖全部再吸收時，尿液會出現葡萄糖，即為糖尿病) ◇ 當養分攝取不足、過量或不均時，都稱為營養不良。 ◇ 激素的分泌量必須適中，過多或過少往往都會影響身體的生理狀況，甚至引起疾病。
身體如何針對特定項目維持恆定(僅呈現相較)	<ul style="list-style-type: none"> ● 氧氣、二氧化碳(呼吸的調節與恆定，高濃度二氧化碳的血液刺激延腦發出較急促的神經訊號，加強及加快呼吸運動) ● 體溫(下視丘為內溫動物的體溫調節中樞) ● 血糖(葡萄糖皮質素)

於國中教科書增加的內容)	<ul style="list-style-type: none"> ● 血壓(無) ● 過多養份(若攝取過多的水溶性維生素，則能經由尿液排出體外。) ● 滲透壓與 PH 值(肝臟可利用胺基酸合成多種蛋白質，有的用來協助血液滲透壓恆定的維持。腎臟除排出多餘水分外，也有維持體內鈉、鉀等離子及酸鹼值恆定的作用，腎臟是人體維持體液恆定的重要器官。)呼吸作用將二氧化碳排除，在於維持體液酸鹼值的恆定。 ● 循環系統與全身各系統都有密切的關係，它是維護體內恆定性的主要聯繫者。循環系統的功能若失衡，則生理恆定性便無法維持。
多因子互動	<p>水份與鹽份的恆定有關(運動時流汗量會增加，若過度流汗可能導致身體脫水，同時也會造成體液的電解質濃度失衡，因此，大量流汗後應該補充適當濃度的鹽水，不宜只喝一般的開水。)</p> <p>大量喝水後，會造成血液滲透壓降低，因此腎臟對水分的再吸收會減少，而排出大量稀釋的尿液。相反的，若大量出汗後，血液滲透壓會增高，此時腎臟將水分大量再吸收，於是排出的尿量少而濃。</p> <p>血液中二氧化碳濃度過高時，氫離子濃度也會上升，使血液酸鹼值降低。</p>

表 5 高三教科書恆定性相關內容

主題	恆定相關內容(各版本綜合，僅呈現較高二教科書增加的內容)
體內需要恆定的項目	血壓、血液滲透壓恆定、酸鹼值恆定、激素
某項目恆定對身體的重要性	<p>◇ 體液(體液必須維持正常的濃度，才會具有適當的滲透壓，細胞也才能具有穩定的生理機能。此外，體液的酸鹼值也影響到許多酵素的活性，必須維持在適當的範圍之內，酵方才得以順利催化生化反應。)</p>
身體如何針對特定項目維持恆定	<ul style="list-style-type: none"> ● 體溫(水溫較不易隨著環境溫度的上升或下降而改變，這對恆溫動物的體溫維持非常重要。) ● 血壓(調節心輸出量、周邊阻力及總血量，這些調節的機制主要有神經及激素的作用。) ● 礦物性皮質素(又稱醛固酮)：可調節體內鈉、鉀等離子及水分的平衡。
多因子互動	水份、滲透壓、血量、血壓之相關(以抗利尿激素、醛固酮和腎素-血管收縮素系統、心房排鈉素等共同說明)

D. 恆定性在各學齡階段教科書分佈的整理

表 6 呈現出不同學齡階段生物教科書的分佈情形。研究者發現，除了國小教科書有較大的彈性之外，其他各版本，只要是同一學齡階段，無論是章節編排、涉及概念等各版本教科書內容皆極為相似，僅在文字敘述上，各家版本略有差異，同時研究者假定生物教師皆不受限於同一版本，而會參酌各家教科書，因此表 6 的國中、高中教科書皆以各版本涉及的概念最大量為準，換言之，本表所呈現的是，各級學生可以從教科書所得到的最多的恆定性概念。

相較於國小教科書以討論活動為主，中學以上的教科書，充滿著解釋與命題的文字敘述。除了高一並未提到恆定性之外，國中、高二、三對於恆定描述的廣度上(如需恆定的項目、恆定的重要性)並無差異，只是國中並未對多因子互動有所著墨。當然深度上有明顯差異，機制細節的描述越來越清楚，例如在多因子互動的主題上，高二僅討論到水份及鹽份，高三則論及水份、滲透壓、血量、血壓，以及呼吸運動和腎臟的排洩作用共同影響酸鹼值。

表 6 各學齡階段教科書恆定性概念分佈

學齡階段	國小	國中	高一	高二	高三
概念					
提及恆定的意義	無直接提及	有	無	有	有
提及恆定的重要性	無直接提及	有	無	有	有
提及體內需要恆定的項目	需要食物(康、牛) 維持體溫(康、 翰)、保溫(牛)	體溫 氣體 血糖 水分	無	體溫、氣體、 血糖 體液(滲 透壓、水分、 離子)、PH 值	氣體、體液 (滲透壓、水 分、離子)、 PH 值
提及某項目恆定對身體的重要性	食物 維持體力	有	無	有	有
提及身體如何針對特定項目維持恆定	覓食行為 食物 行為 維持體溫	有	無	有	有
多因子互動	無	無	無	有	有

2. 中學生的恆定性概念及演變

此處首先討論在恆定相關議題上，中學生具備的概念，並整合成心智模式，最後再以學齡階段為軸，觀察恆定性概念心智模式的演變情況。

A. 恆定性的意義

語言是溝通的根本，語言負載著概念，概念又來自於生活的經驗或刻意的教授。如前文所分析，國小教科書並未具體論及「恆定」，因此未有國中正式學習的國中七年級學生，若只從小學課本學得概念，應該不會具有「恆定性在生物學上意義」的概念，如果有，表示他從非課本管道中取得，可能是課外的閱讀，或博物館等非制式學習。而學習過國中教科書的高一學生以上，應該都能正確的回答。

問卷結果顯示，果然並不出意料之外，高一以上的學生都能意識到恆定在生物學上的意義，不論文字敘述的深入程度或正確性：

保持身體內的平衡，在各種器官調節之下，使體溫、血壓、血糖等因子維持一定的比例，使物種在適合的條件下生存。(S30901)

生物維持生命力體內部份因子需保持在一定水準，例如哺乳類動物需體溫保持一定範圍，才不會造成失溫、發燒等現象。(S30903)

恆定性代表永恆的穩定，像體溫就必須永遠維持 35 36°C，否則就會死掉。
(S20823)

恆定性是生物維持一種物質固定的恆定。(s10425)

而國中七年級學生則有 15%無法或拒絕回答此一題目,43%僅能從字面上說明恆定，也無法從學生在其他題目的回答上，看出他了解恆定在生物學上的意義。
例如：

其實根本沒聽過...就字面上來解釋應該是...永恆的固定的性質(70527)

平恆的性值(70528)

平均的意思吧(那麼難)(70505)

表示平定的(70513)

應該就是一個東西要一直維持一個樣子，都不能變(70514)

有 42%的國中七年級生，已經知道恆定在生物學上的意義，因為他們可以從生物體的角度，去解釋恆定。這部分並未考慮答案的對與錯，換言之，這 42%的七年級生雖然會從生物體角度來解釋恆定，但他們的概念不一定正確。例如：

保持體內良好的性質(70529)

體內的東西都有一定的黃金比例(70401)

一個人一定要的某些東西，不能缺少的東西(70506)

在動植物的身體裏一定要保持的東西，太多不行，太少也不行(70414)

由晤談的結果，也可看出高中生與國中生在此問題的回答，與問卷狀況大致相符，部分程度較佳的國中生，可以指出恆定性在生物學上的意義，如：70539 的回答：

T(代表施測者，下同)：什麼叫做「恆定」？

70539 (代表受試者編號，下同)：就是某些..就是身體的機能要保持在一定的範圍裡面，然後這樣子才會...

但也有些國中生，完全無法回答(70433)，或僅能從字面上來解讀(如 70405)，如下：

T：請解釋一下這兩個字「恆定」？

70433：恆定...不知道

T：有沒有學過？

70433:應該沒有

T: 那你覺得呢?從中文上來講什麼意思?

70433:...不知道

T: 這個字認識嗎?恆定認識嗎?

70433:

T: 不知道什麼意思喔!

T: 什麼叫做「恆定」?

70405:就..它是平均..規定的

T:什麼跟什麼的平均?

70405:

而所有接受晤談的高中生都能以生物學角度來回答，即使一開始似乎僅從自面來解釋，不過若追問下去，他們都能以舉出的例子，證明他們知道恆定在生物學上的意義，例如 S10411 的回答狀況：

T: 什麼是「恆定」，下一個定義?

S10411: 就是..一直不變的狀態，就像..它會維持在一定的範圍之內..應該是這樣

T: 什麼東西會維持在一定的範圍之內?

S10411: 像體溫啊，體溫太高會生病，體溫太低就是失溫

當然，即使能以生物學角度回答，也不代表他們擁有的生物概念式完全正確的，例如 S10303 提到了一個完全不存在的名詞：反酵素，不過看得出 S10303 知道恆定性：如

T: 「恆定」？

S10303: 就是身體裡面的反酵素之類的，然後就在它，就是範圍裡面就不要超過，就太多的話就不好!對!

整合上述的結果可以整理出表 7 的數據，其呈現了各學齡階段，在第一層級，也就是恆定的意義的回答情況，此數據的來源乃根據受測者在問卷第一題回答的比率，以及後面幾題的回答狀況來判斷。在進行分類時，研究者假定各選項（編碼）具有排他性，且以後者優先。

B.恆定性的重要

要能回答此題，當然必須要能以生物體內的狀況來定義恆定性，前小節提過，有 42%(60 人中的 25 人)的國中生，和 100%的高中生了解恆定性的定義。因此本小題的敘述，便從這些人的問卷(293 份)和一些晤談資料中取得，而扣除完全不了解恆定性意義的國中七年級學生。

代表僅學過國小教科書內容的國一學生，即使能夠以生物體內的角度來看恆定性，但皆只能以生命受威脅，來認定恆定性的重要，如「如果沒有恆定的話，可能很危險。(70436)」「危險」、「生病」，是國一學生典型的回答，例如以下 70435 和 70531 晤談的結果：

T: 那這個很重要嗎？

70435: 很重要!

T: 譬如說？

70435: 比如說如果體溫過高的話，超過一定平常的溫度，可能會有那個..生命上的危險之類的

T: 「恆定」有何重要性？

70531:.....

T:譬如說，意思我們換一換，當時嘛，如果不穩定會怎麼樣

70531:會有嚴重的事情發生

T:會有什麼事情呢?總不會突然發生車禍嘛，會有什麼嚴重的事情?發生在哪裡？

70531:不一定吧

T:如果身體的不恆定的話，譬如說怎麼樣，會不吉利嗎?是這個意思嗎？

70531:....會.....

T:會遭天譴嗎?不是嘛!對!比如說什麼？

70531: ..會..生病嗎

統計問卷的回答結果，大部份的高一和高二學生(78.8%; 60.62%)，都能以身體內部的運作正常否，描述恆定的重要性，或能具體的以實例，說明某因子的不恆

定，可能造成的影響。例如 S20832、s20915、s10503、s10411。

如果動物沒有恆定性，可能會使動物的機能失調等等.....。(S20832)

調節身體中各物質以達穩定，並使生理機能發揮最大效果。(S20919)

如果我們沒有維持固定的話，可能就會破壞生物裡原有的機能吧，原本運作的方式(s10503)

像體溫啊，體溫太高會生病，體溫太低就是失溫。(s10411)

有部份的高二生(25%)。或是能回答出體內環境與體外環境的區別性。例如 S20913、s20926。

當面對困難的環境時，恆定性可使動物保持自己的基本運作，而不被外界影響，得以存活。(S20913)

讓動物能在生存的限定下存活，也能更加適應較惡劣的環境。(S20926)

高三還在學習生物者，通常是所謂的第三類組或 c 組學生，在高中階段修習過九五課綱的基礎生物、生物上、下冊、高三選修生物上、下冊。修習學分夠多，關於恆定性的重要性認識較深，有 73.47%(36/49)的受測者答到研究者所定義的最高層級，亦即能夠以具體的實例，說明某一因子的不恆定，可能造成的影響。例如 S30901、S30913 等的回答。或是雖未以具體實例來回答，但卻也從另一角度舉出恆定的重要性：使體內環境不受外界環境的變化而影響，例如 S30903,S31032。

維持一定，不使動物失去平衡，造成身體不適的現象，例如：體溫上升、發燒，可能導致腦部受損，若失溫，則可能失克。血壓過高，造成高血壓，便有易口渴，多尿等不適症狀。或是激素的量太多、太少，也會有不適合身體應付的狀況。恆定性，對動物們來說是一件很重要的事，倘若失去了恆定性，便無法擁有正常的活動和健康的身體。(S30901)

生物為維持循環的連續與穩定性，而細胞只有在幾近恆定的環境下才能維持最好的運作，具最佳的活性。(S30913)

能維持基本生命力，讓生物正常存活，不會因氣候、環境變化而嚴重影響生存，也能維持體內正常運作。(S30903)

動物用恆定性來保持自己身體中水分、氧氣、血糖.....等各種物質所需的量，不因外界變化而有劇烈的起伏。(S31032)

不過也有 8.16%和 18.36%分別只能列為第一和第二層級，例如在問卷中 s30933 的回答:「生物會因無恆定性，而休克甚至死亡。」故被歸在第一層級，而在晤談發現: s30933 其實仍無法以內部機制確切說出恆定性的重要性:

T: 恆定性對動物來講有什麼重要性?

S30933: 如果生物沒有恆定性的話，它會..因為..失去..沒有恆定性它會那個休克，然後如果情形嚴重的話，它會死亡

T: 比如說什麼東西沒有恆定會造成休克或死亡?

S30933: 像是氧氣，在人體內如果氧氣沒有維持恆定的話，那就會造成就休克然後最後會死亡

表 7 各學齡階段在概念層級一的分佈狀況

編碼	— - 0	— - 1	— - 2-1	— - 2-2	— - 2-3
概念屬性	未答或無法回答	使用名詞解釋	能使用生物概念來回答。以個體的生命受威脅，來描述其重要性。	能使用生物概念來回答。能以身體內部的運作正常，描述其重要性。	能使用生物概念來回答。能回答出體內環境獨立出體外環境的區別性。
七年級	15%	39.67%	42%	3.33%	0%
高一	0%	0%	21.2%	78.8%	0%
高二	0%	0%	14.4%	60.6%	25%
高三	0%	0%	8.17%	18.36%	73.47%

小結：就恆定性的意識而言，國中和高中有一明顯的分野，國中七年級階段僅有不足一半的學生意識到生物學裏的恆定性，所有高中生皆都認識恆定性。這數據代表的意義有二：(1) 國中生物教科書已能賦予學習過恆定性意義的概念。(2) 部分國中七年級學生雖然沒有學過恆定性，但可能已從其他非正式管道得到恆定的相關概念。

另外，隨著學齡階段，中學生對於恆定性的重要，逐漸從只能以個體的生死，轉變到內部機能的運作，再轉換到理解恆定是要將體內環境獨立出體外環境，以免受外在環境的干擾。

C. 恆定的機制

不意外的，幾乎所有國中七年級學生都無法以身體內部的運作來回答生物體

如何維持恆定。明確表明不知道或拒答本問題的有 11 人，有高達 47 位受測者 (78.33%) 似乎把恆定性視同「健康」，他們會將如何維持身體健康的方法，套用到維持恆定性，因此出現了以下的回答：

我們可以少吃油炸的食物，就可以降低血壓，多運動就可以維持心跳次數，多補充水分。(70536)

多運動，多補充水分。(70527)

控制飲食均勻，注意保暖，以免感冒發燒，多留意自己的身心健康。(70533)

血糖太高就要少吃飯，太低就要吃糖，呼吸次數太快就要靜下來休息，太慢就要多動。(70507)

常運動，不要常生病、多喝水，早睡早起，保持正常的生活作息。(70426)

要多喝水多尿尿，不要吃太多糖、太多鹽的東西，但是兩樣都要。(70407)

冷的時候一服多穿一點，熱的時候一幅少穿一點，可以保持體溫。(70512)

除了把恆定性當做健康，上述的範例，也可看出國中七年級學生對於恆定性的維持方法，都只限於個體的外在行為，例如運動、飲食、穿衣服。這種無法用身體內部運作來說明恆定的狀況，與(Chang, 2007)以概念圖對七、九年級的學生的研究發現類似。在這次的以問卷調查研究中，只有兩位同學(3.33%)的回答，勉強可視之與身體內部運作有關，但明顯的也非完整的科學模式。

以細胞控制這些需要維持恆定的東西的出入。(70416)

人會發抖，人會流汗。(70509)

利用晤談，也偵測到七年級學生把恆定當做健康、以外在行為談論恆定機制的情形。例如 70435 在面對研究者的追問身體內部的調整狀況時，完全靜默而無法回答。

T:你剛剛講到體溫，怎麼做到讓體溫不會太高還是太低?反正怎麼讓它做到一定?

70435:就是比如說在天氣比較冷的時候，就可以穿多一點衣服，然後..太熱的話可以那個..比如說，出去外面吹風之類的，就不會..偏差太多

T:那是指穿衣服和吹風，那身體裡面呢?身體裡面有沒有做什麼調整?

70435:.....

大部份高一的受測者(79 位，73.15%)皆能以身體內部的機制討論恆定，不管引用的成份或活動有無錯誤。研究者認為其它 28 位同學有些並未「認真」回答此一問題，例如有不同班級的兩位同學都用著名的廣告詞回答：「沒事多喝水，多喝

水沒事」，並不代表他們無法以內部機制解釋問題。但的確仍有學生無法以內部機制模式來解釋恆定的維持，這也可以從被隨機選上參與晤談的學生的回答中看出，如 10411 和大部分國中生相同，僅能以外在行為來說明恆定的維持。

T: 那我們舉的例子，我們怎麼做到恆定？你剛剛講體溫嘛，我們就用體溫來講好了，我們怎麼讓體溫恆定？

10411: 就天氣冷要多穿點才不會體溫太低，天氣熱的時候把太多的衣服脫掉，不然流太多汗也會就是脫水，或什麼之類的，反正就是..然後生病的話就要趕快吃藥，才不會一直太高溫，這樣腦袋就會壞掉

T: 那血糖呢？

10411: 就是你肚子餓的時候就要趕快吃東西，然後假使你血糖太高的話..就吃控制血糖的藥

T: 除了吃藥、穿衣服、吃東西等等之外，你還想到別的方法嗎來維持恆定？

10411: 控制飲食吧！像血糖，就可以自己控制不要讓它太高，就吃太多澱粉就很高

參與晤談的高一學生，若經追問，還是看得出已有內部機制模式，例如 10503。

T: 那我們體溫的恆定，我們怎麼做到的？

10503: 就..保溫，如果太冷的時候就保溫，穿幾件外套，太熱的話就散熱，身體本身會散熱，例如排汗，太熱...還有那個甲狀腺還什麼的，就是皮膚會擴張

T: 你剛剛談到如果太冷我們要穿衣服，除了穿衣服之外，我們身體做什麼事情？

10503: 會發抖

T: 發抖為什麼可以讓體溫

10503: 因為產生熱能

T: 血糖呢？身體怎麼維持血糖恆定？

10503: 胰島素

T: 胰島素怎麼做？

10503: 如果血糖太低的話，會分..血糖太低的話會有胰島素，分泌來控制血糖

T: 讓血糖變高還是變低？

10503: 胰島素是降低，升糖素..

T: 還有升糖素？

10503: 太低的话會升..升高血糖的濃度

T: 誰升高血糖的濃度?

10503: 升糖素

T: 所以升糖素升高血糖濃度那胰島素呢?

10503: 胰島素是降低

T: 高一有沒有上這個部分?

10503: 沒有

除非本題未做答(高二 10 位,高三無),否則高二(91.07%)、三年級(100%)學生都能夠用內部機制來解釋某一因子的恆定,由於並未全面晤談,無法確知是否每個人都有完整且正確的內部機制概念,從問卷看出甚至有些受測者明顯的有錯誤:「體溫有上視丘負責恆定(S20823)」因此所得數據並無法進行完整性的分析,只能確定高二、三學生幾乎都擁有恆定由體內內部運作而完成。

表 8

編碼	二 - 1	二 - 2
類別	以個體的行為,說明恆定機制。	以身體內部的運作,說明恆定機制。
國中	78.33%	3.33%
高一	26.85%	73.15%
高二	8.93%	91.07%
高三	0%	100%

D.多因子互動

國中七年級學生既然缺乏身體內部恆定機制運作的概念,也因此難以回答更複雜的不同恆定因子互相影響的問題。也因此沒有一位國中七年級受測者可以回答這類問題,只能回答有或無,而完全無法討論互動的狀況。例如

T: 體溫和鹽分這兩個東西都需要恆定,這兩個的恆定有沒有關係?

70436: 應該是有.....這樣講的話應該是沒什麼關係吧!

T: 水分跟血壓呢?

70436: 應該也是沒有吧!。

T: 體溫、鹽份的恆定兩個之間有沒有什麼關係?

70503: 兩個之間, 應該沒有關係

T: 那水分和血壓的恆定呢?

70503:那個...水喝多的話...那個血壓可以比較穩定

就由唔談所得資料, 高一學生並無法回答此類問題, 亦即不具備多因子互動的恆定模式, 例如:

10336: 體溫和鹽分關係..關係喔!就應該..就是應該跟恆定這兩個字跑不掉關係吧!還是要有這個主題。

T: 水分和血壓的恆定呢?

10336: 血壓就有壓吧!一定跟壓力有關!水分的話, 水分應該是調節體溫吧!對呀!水分調節體溫!這兩個有關係嗎?我不知道

T: 體溫你講了, 其實鹽分也需要恆定, 這兩個的恆定之間有沒有關係?

10416: ...不知道...應該有吧!

T: 可以說出他們的關係是什麼樣子?

10416: ...這個嘛...很難講...

T: 那水分跟血壓其實也都要恆定, 這兩個之間的恆定有沒有關係?

10416: 有

T: 怎麼說?

10416: ...不會講...生物很爛...

問卷中設計兩題:「體溫、鹽份的恆定有無關係?」、「水分和血壓的恆定呢?」, 只要能回答其中一題, 並描述其中的機制, 研究者便將之視為具多因子互動模式, 有 68 位(60.71%)高二的受測者, 列為此類, 同時而在所有參與作答的 112 位高中生, 有 44 位的高二學生未作答或未說明機制, 只填寫有或無, 他們則被認定不具

多因子恆定模式。在高三方面，則有 46 位(93.88%)，或多或少，能描述出其中一項，可列為多因子恆定模式。

不過這近 61%、94%被列為具多因子恆定模式者，他們的答案完整性和正確性不一定符合科學觀點。例如: S30902 在體溫與鹽份恆定相關上的回答明顯錯誤，但在水份及血壓恆定上，則屬正確。

當體溫升高時，對鹽份的需求會增加。當體溫降低時，對鹽份的需求會減少。
當體內鹽份增加，體溫也容易上升。當體內鹽份減少，體溫也容易降低。

(S30902)

若體內水份增加，血壓也會增高。若體內水份減少，血壓也會降低。若血壓降低時，水份減少。若血壓升高時，水份變多。(S30902)

在所有回答問卷的數百位學生裏，只有 7 位高三學生能對兩題都做出正確的回答，如 S30917

有。體溫升高，鹽份下降。如：體溫過高時，身體會排汗使熱量隨著水分的蒸發而被帶走，但汗水中含有鹽份，所以此舉亦將使鹽份一併被帶離。

(S30917)

有。水分越多，血壓越高。如：抗利尿激素會因水分的不足而抑制尿液的排出，使水分留在體內，而此舉會導致血壓升高。(血液大部分是水分，水一多，對血管的膨壓將升高，血壓也因此升高。) (S30917)

比較奇特的狀況是，有不只一位的學生，認為鹽份升高，體溫就會變高。如上列的 S30902 以及下列。

體溫與鹽分間有恆定關係，若體內鹽分過高，則體溫上升，加速鹽分經汗液或尿液排出體外。維持體溫所需能量，主要來自本身代謝活動。(S30913)

若身體鹽份過高可以提高身體(寫了奇怪的字)溫度、使身體代謝增快，以降低人體過多的鹽份。(S20925)

這種倒因為果的迷思概念，其成因可能或許可以從 S20831 的回答中看出部分端倪:

有，鹽能吸熱，固影響體溫恆定。(S20831)

小結

表 9 整理了不同學齡階段，對於在恆定性機制中，多因子互動概念的分布狀況。

表 9 不同學齡階段在恆定性多因子互動概念的分佈

編碼	三 - 0	三 - 1	三 - 2
類別	無多因子互動概念	不完整的多因子互動概念	完整的多因子互動概念
國中	100%	0%	0%
高一	100%	0%	0%
高二	39.29%	60.71%	0%
高三	6.12%	79.59%	14.29%

3. 中學生恆定概念模式的轉變與教科書可能的影響

受限於研究方法、問卷施測型式，前一段落所呈現的各學齡階段在各概念層級的分佈狀況並無法進行統計考驗分析，但仍可看出一個趨勢：隨著年齡越來越大，所學的生物概念越來越多，教科書的編寫越來越詳細，中學生的恆定性概念心智模式越來越成熟。研究者區分出五種心智模式：空白、健康、單因子、不完整多因子、完整多因子。以下先定義之：

- 空白模式，有兩種可能，一個是完全不懂得恆定的意義，一個是僅能從字面上來解釋恆定，無法把恆定和生命現象做連結。他們也無法對恆定做出說明，總之，他們並沒有生物學當中的恆定概念。(編碼：— -0, — -1)
- 健康模式，指的是學生把「恆定」一詞視為「健康」，他們可能試著生物學角度去解釋恆定，或僅對恆定做出字面解釋。但只能以生命受威脅來看待恆定性的重要，他們也沒有辦法利用身體內部機制來解釋恆定的維持，只能經由個體的外在行為，如飲食、運動、穿衣服等來解釋。(編碼：—-1 或—-2-1, 二-1)
- 單因子恆定模式，能夠理解恆定是身體內部的一種現象，其維持要靠體內某些機制的運作，但他們無法把不同恆定項目的相關做出連結。(編碼：—-2-2 或— -2-3, 二-2, 三 - 0)
- 不完整多因子恆定模式，能夠理解恆定是身體內部的一種現象，其維持要靠體內某些機制的運作，同時也可以討論到一些不同恆定項目的可能相關，但這些連結並不完整，而且可能有錯誤。(編碼：—-2-2 或— -2-3, 二-2, 三 - 1)
- 完整多因子恆定模式，能夠理解恆定是身體內部的一種現象，其維持要靠體內某些機制的運作，同時也可以正確說明到不同恆定項目(本研究僅

以體溫和鹽份；水份和血壓來檢驗)的相關。(編碼: 一-2-2 或一 -2-3 , , 二-2 , 三 -2)

表 10 整理出不同學齡階段恆定性概念心智模式的分佈情形，為方便比較起見，研究者在將前一節所得的答案比率，轉換成類別變項，其中 100%改稱「全部」；介於 88%與 100%間稱「極多」；介於 75%與 88%間稱「大部份」；介於 50%與 75%間稱「一半以上」；介於 25%與 50%間稱「一半以下」；介於 12%與 25%間稱「少部分」；少於 12%稱「極少」；0%改稱「無」。

表 10 中學生恆定概念心智模式的演變情形

模式	國中七年級	高一	高二	高三
空白	少部分 (19.33%)	?	無	無
健康	大部份 (78.33%)	一半以上 (28.85%)	極少(8.93%)	無
單因子恆定	極少(3.33%)	一半以上 (73.15%)	一半以下 (31.07%)	極少(6.12%)
不完整多因子	無	無	一半以上 (60.71%)	大部份 (79.59%)
完整多因子	無	無	無	少部分 (14.29%)

五、討論及建議（含遭遇之困難與解決方法）

1. 結果討論

先前的研究者已對學生恆定性的心智模式或是另有概念做出一些描述，例如 Westbrook, S.L. ; Marek, E.A. (1992) 以 Piaget 的認知階段角度，來解讀不同階段學生恆定性理解的差異和迷思概念的成因。分類出 7、10 年級以及大學生各一百名學生的恆定概念有以下五類：完全理解、部分理解、部分理解且有特定迷思、特定迷思、以及完全不瞭解。Chang(2007)引用 Vosniadou 的心智模式分類，找出中學生在血糖恆定有兩種模式，一為初始模式：學生僅依靠生活經驗來討論血糖上昇與下降，心智中並沒有概念系統(Chang 定義有內分泌、神經、消化三個系統與血糖恆定有關)涉足其中；二是綜合模式：能有部分的概念系統和生活經驗的整合(Chang, 2007; Vosniadou & Brewer, 1992) 林陳涌老師的研究群則以本體論和動態平衡的理論基礎，發現大部分國一學生和醫護專科生沒有發展出「恆定性」或「動態平衡」概念及突現的觀念，而多以「靜態平衡」相關概念為主。同時他們區分出學生在血糖恆定的學前概念類型主要有四種，具恆定性、活動力、半恆定性、單一來源型(林陳涌 & 徐毓慧, 2002; 洪佳慧 & 林陳涌, 2009)。

本研究則以複雜系統和科學解釋類型的理論為基礎(湯偉君 & 邱美虹, 2007, 2010)，分析受測者對於恆定性的概念，區別出恆定性可能有的五種心智模式：空白、健康、單因子、不完整多因子、完整多因子等心智模式，越後方代表越完整及正確。

本研究也證實教科書的確深深影響了學生恆定概念的學習(Yip, 1998; 洪佳慧 & 林陳涌, 2009; 陳惠如, 2009)。空白模式代表學生心中完全沒有生物學裏恆定的概念，有部份的國中生屬於此類，並沒有發現到高中生仍處於此一模式。

健康模式表示學生把恆定一詞視作健康，因為會以生命受威脅來賞析恆定的重要，也會用日常生活中維持健康的手段如飲食、運動、穿衣服來解釋恆定的機制，大部份的國中生屬於此類，這些國中生代表小學程度，因為他們尚未接受國中生物學中有關恆定概念的學習。但也有部份的高一學生(代表僅接受過國中程度恆定概念)亦屬此類，代表學習過高二和高三課程的高二 C 組生以及高三 C 組學生，幾乎沒有人屬於此類。

單因子恆定模式可以說已經具備生物學科裏所謂的科學模式，有極少的國中生屬於此類，這些國中生尚未接受國中生物恆定的教學，卻能具備定的概念，研究者猜測可能是來自於國小教師的課外補充，或甚至是博物館等非制式教學。高

中生因為至少接受過國中的生物教學，且學習得還不錯(否則也考不上高中)，所以大部分都至少有單因子恆定的概念。

因為高三課本裏已明確提到不同恆定項目因子的互動，所以大部分高三學生已具此類心智模式，然而可能因為過於複雜，只有少部分高三學生被列為具完整多因子，其他只能列為不完整的多因子模式。高二教科書亦提到一些多因子的概念，如表 4 所列的水分與鹽份的恆定，加上推理衍伸，只是無法全盤說明，只能被列為不完整多因子互動。

本研究可提供國中老師在第一次對國中學生談到恆定概念時有一些啟示，亦即可以強調「恆定」與「健康」兩詞的不同意義，因為把這兩概念視作相當，可能是國一學生最大的另有概念。對高中教師而言，也可注意到尚未接收高中生物恆定概念教學的部分高一學生，其實亦會搞混這兩詞。恆定概念涉及到動態過程、多重因果關係等複雜系統概念(湯偉君 & 邱美虹, 2007)，本來就不易學習，或許可以先讓學生認識這個概念的本質(黃佳杏, 2007)，可以改善學生學習的困難。

2.面臨的困難和解決

這次的研究執行過程中，預期的挫折仍會出現，如所有研究工作可見到的資料不易收集、部分受測者的不願積極參與，但並不足以考驗研究者。最大的困難來自非預期的挫折：經費核銷的行政繁瑣，原因主要出在這是在研究者所主持的第一項研究計畫，經驗不足所導致。幸得感謝承辦單位行政同仁不厭其煩的協助，最終得以完成計畫的初步結案。

研究者本人有一些的研究經驗，但卻忽略了以往所進行的任何研究，甚至包括自己的論文，在最後結果生成之前，都有同儕和師長的批評指點，得以使本人釐清盲點和更正疏失，而這些研究社群的互動，對研究看似無明顯助益，其實影響甚大。這次獨立完成這項研究，更深深體會此點，由於本校屬小型學校，僅有兩位生物教師，除本人外，另一位資深教師教學經驗豐富，然較缺研究經驗，同時這一年來身體有恙，因此這份研究缺乏同儕回饋，缺失難免。改進之道有二：日後有機會參與科教專案，應盡可能以教學取向為主，較有機會得到同僚的建議意見；另一點改進已在今年暑假起進行，即藉地利之便，回母所參與指導教授門下的研究生討論會議，再有研究工作，可和學弟妹一起分享、討論。

參考文獻

- Chang, S.-N. (2007). Externalising students' mental models through concept maps. *Journal of Biology Education*, 41(3), 107-122.
- Eckert, R., Randall, D., & Augustine, G. (1988). *Animal physiology* (3 ed.). New York: W. H. Freeman and Company.
- Finley, F. N., Stewart, J., & Yarrock, W. L. (1982). Teachers' perceptions of important and difficult science concepts. *Science Education*, 66(4), 531-538.
- Penner, D. E. (2000). Explaining systems: Investigating middle school students' understanding of emergent phenomenon. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(8), 784-806.
- Schussler, E. E., Link-Perez, M. A., Weber, K. M., & Dollo, V. H. (2010). Exploring plant and animal content in elementary science textbooks. *Journal of Biology Education*, 44(3), 123-128.
- Simpson, W. D., & Marek, E. A. (1988). Understandings and misconceptions of biology concepts held by students attending small high schools and students attending large high school. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(5), 361-374.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 535-585.
- Westbrook, S. L., & Marek, E. A. (1992). A cross-age study of student understanding of the concept of homeostasis. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(1), 51-61.
- Yip, D.-Y. (1998). Identification of misconceptions in novice biology teachers and remedial strategies for improving biology learning. *International Journal of Science Education*, 20(4), 461-477.
- 林陳涌, & 徐毓慧. (2002). 國一學生對血糖恆定性的先前概念. *科學教育學刊*, 10(4), 378-387.
- 洪佳慧, & 林陳涌. (2009). 學生對體溫恆定作用解釋的本質. Paper presented at the 中華民國第 25 屆科學教育學術研討會.
- 陳惠如. (2009). 低識讀能力學生對科學文本「血糖的恆定」之閱讀困難研究. 國立台灣師範大學科學教育研究所碩士論文, 台北市.
- 湯偉君, & 邱美虹. (2007). 複雜系統、突現及其對科學教育的啟示. *科學教育月刊*, 301, 17-25.
- 湯偉君, & 邱美虹. (2010). 省思科學教學 -- 由解釋、科學解釋類型的觀點. *科學教育發展季刊*, 59, 1-23.
- 黃佳杏. (2007). 從突現過程本體面向探討生物恆定性概念改變-----以七年級學生為例. 國立台灣師範大學科學教育所碩士論文, 台北市.