



概念圖在科學教學上的應用

黃達三／中山醫學大學通識教育中心處長

部編本自然與生活科技領域教科書研發編輯委員會生物編輯小組召集人

一、前言

若從知識的組成元素而言，『概念』可以說是知識系統的基本組成元素。其本質與內容對於整體知識系統認知上之心智運作，有緊密而不可分的定性關係。若從認知心理學的觀點來看，一個『概念』是一種象徵性的建構（symbolic construction），它用來表徵外界事物或事件的共有屬性（attributes）。例如：『動物』、『植物』、『生態系』、『正方形』、『教學』、『教師』、『椅子』等都是概念。事實上，我們日常生活對話所用的語詞都是概念的名詞。因此，當個人與他人對話時若對所用的『概念』沒有某種程度的共有屬性，則對話要有意義似乎是緣木求魚而成為『獨語』（monologue）的形式了。這也就是科學哲學家Kuhn所謂的不可共量性（incommensurability）的意義（meaning）的不共量性（Kuhn, 1970）。「概念」的形成，是由於我們對外界事物或事件進行歸類（categorization），把具有相同屬性者歸為一類，例如：在生物分類學上，把具有『生命現象』的個體歸為『生物』；反之則為『非生物』。由於概念的形成與獲得，使得我們感受到自然事物、現象井然有序，而不會雜亂無章。（鄭昭明，1994）。職是之故，概念不但可以把人們所建構的知識條理化成知識系統外，而且可簡化人類的知識以利於記憶及索取，增進人類心智活動的效率及成果。在科學知識系統的組織上，雖然有不同的方式來組織，一般來說，在科學教育上下列的方式是常被採用的一種：

觀察的事實→概念、法則、原理→概念綱領

當然把概念、法則、原理放在同一複雜階層，引起科學家及科學教育學者，對他們之間階層性的不同有不少的爭議。為了避免在語意討論上無休止地爭論，在科學教育上可把概念、法則、原理與原則間的不同模糊化處理，以『概念』來形成一個單一的類別（category）以代表之。因此，『概念』可以下列任何一特徵來界定它（Romey, 1968）：

1. 組合一些觀點所形成的邏輯關係的抽象表徵；
2. 人類心智操作所概括化出來的結果；
3. 由特例到通識所形成的法則；
4. 對某一個體或事件的主要屬性瞭解而形成的觀念；
5. 一個詞語所包含的觀念；
6. 對物體或事件所做的觀察事實的一種推論網絡；
7. 一種心智構念（一種嚴謹的邏輯主張）；
8. 一種理論建構（theoretical construct）；
9. 幫助人類分類週遭世界最簡要模型或樣態。

在科學教育領域的研究，有許多學者認為科學概念是教學上，希望學生能學習到的成果之一。為對科學概念的特徵進一步的瞭解，Pella（1966）把科學概念分成下列三大類型：

1. 分類型概念（classificational）
例如：昆蟲是有三對足，身體分成三個主要部份的動物。
2. 相關型概念（correlational）
例如：力就是意圖改變物體運動的『推』或『拉』。
3. 理論型概念（theoretical）



例如：原子是元素的最小單位，係由電子、質子、中子、及其他的粒子所組成。

這三大類型的概念有其共同的特徵，例如：

1. 一種符號的表徵；
2. 人所做的決定；
3. 超越人類經驗領域的原則；
4. 涉及事實關係的語意表徵；
5. 一種人造觀念的描述；
6. 對可能存有不同複雜度觀念的描述；
7. 對科學的預測及解釋是有用的。

但是，他們之間也有不同的特徵，例如：

1. 『分類型概念』和『相關型概念』的共同特徵如下：
 - (1) 某一領域直接經驗的抽象陳述；
 - (2) 人類經驗的描述。
2. 『理論型概念』是：
 - (1) 人造觀念的抽象陳述；
 - (2) 人類經驗的解釋。

就整體而言，『理論型概念』是人類對事實所做推理的一種描述而成的學理，是超越人類感覺的經驗，和『分類型概念』、『相關型概念』的直接感覺經驗是有本質上的不同。但它們之間有一簡明共有屬性，就是它們都是人類所創造的。因此，概念既然是人類所創造的，那就是沒有所謂的『對』或『錯』，只有『適宜』和『不適宜』；也可以隨著人的需要而加以改變，這些特性也顯示了科學概念具有科學知識的形上學本質。就如：1953年DNA的雙股螺旋模型被Watson與Crick所設計出來一樣（Watson & Crick, 1953），DNA的模型只是染色體上DNA的

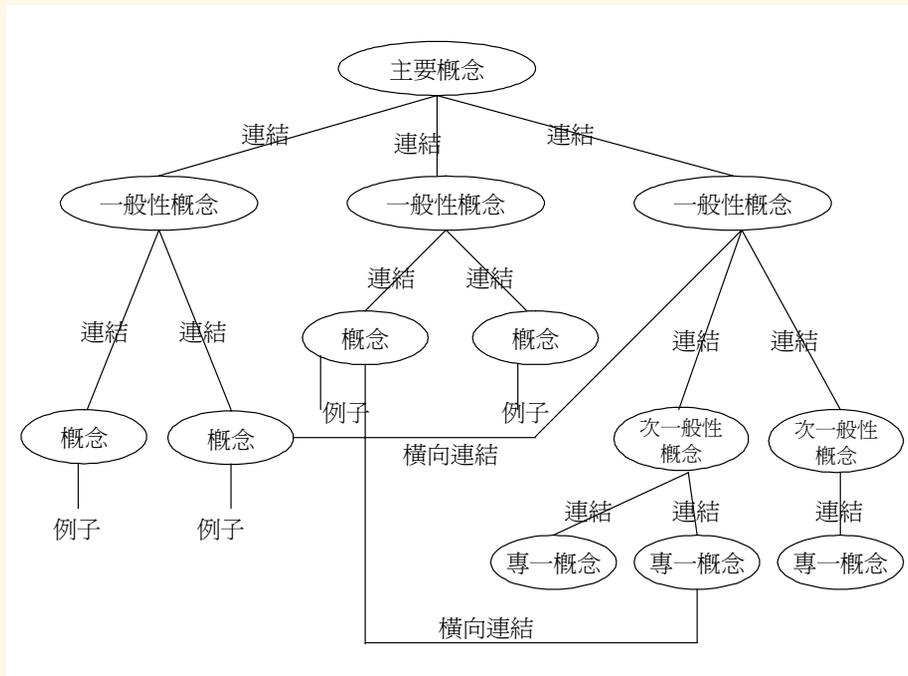
表徵（representation）而已。Watson與Crick的DNA模型直到當下仍然被學界接受，乃是因為其模型仍可合理地解釋生命現象的運作。由於科學概念是由人類所創造出來的，因此人類在學科學概念時，必須自己根據先備知識來建構自己的概念意義。再者，在建構概念意義時，也同時建構和此一概念相關的一些概念的意義連結，形成有系統的概念綱領（conceptual scheme）。所以，我們可以概念圖（concept map）作為學習者，學習科學知識的前置組織因子（advance organizer），來協助學習者建構系統性的概念綱領，增進學習者的學習效能（Huang, 1995）。

二、概念圖的本質與特徵

概念圖是Novak發展出的教學者與學習者的教學與學習策略。概念圖經由Novak的研究團隊的多年研究，得到相當多的研究數據，支持概念構圖（concept mapping）確實可以改進科學的教學與學習成效的理論（Edmondson, 1999; Novak, 1984; 1996; Novak, et al., 1999）。底下簡略地敘述一下，有關概念圖的本質與特性。

（一）概念圖的本質

概念圖是一種簡單的圖示法，用圖來表示個人內心一群概念的關係。主要的用意是在於呈現句子中的概念意義，它可以幫助學習者瞭解一些重要概念間的連結，也可以清楚地看出學習者對某一主題的概念網絡。概念圖應該是有階層性的（如圖一），較一般性的、包含較廣的概念應該在圖的上方，較專一的、包含較少的概念應該在圖的下方（Novak & Gowin, 1984）。



圖一 概念圖的概要圖

(二) 概念圖的特性

要利用概念圖作為教學與學習的策略，只要把握概念圖的幾項特性，學習者就可以製作出很好的概念圖了。Novak (1995) 指出概念圖具有下列幾項特性（參考圖一；Novak, 1995）：

- 第一、概念圖是組織知識和呈現知識的工具，它包含概念（通常以圓圈或是方形的框加以框住）、連接線（連接兩概念）、連接詞（說明概念間的關連），概念和連接詞形成命題。
- 第二、概念的呈現是有階層性的，較一般化的、包含較廣的概念放在圖的上方，

較專一的、包含較少的概念放在圖的下方。

- 第三、概念圖包含橫向連結，可以讓學習者知道不同概念間的關係。
- 第四、概念圖包含例子，可以幫助學習者澄清概念的意義。

三、概念圖的構圖策略

概念構圖（concept mapping）可以循一定的步驟來學習，漸漸地達到熟稔的境界。底下即以部編本國中生物課本的『生物圈』為例來說明之（李秀娟，1998）：



地球的表面高低起伏，有高山、平原，有海洋、河流，又有一層大氣層環繞著，而且到處都有陽光照射。日光、水和空氣孕育了無數的生命。

所謂生命現象是指個體所具有的代謝、生長、生殖、感應和演化等現象。具有生命現象的個體稱為生物，如動物、植物和微生物等。反之，沒有生命現象者，稱為無生物，如岩石、礦物等。生物和無生物都是由分子組成的，但是生物的組成較複雜。我們認識生物、學習生物學，要知道，生物只是自然界組織中的一環。

絕大部分的生物需要養分、水、日光和空氣等，以維持生命。養分是生物維持生命的基本物質。

水佔生物體內成分的百分之七十左右，是生物行消化、排泄或光合作用等種種代謝活動所必需的物質。日光可供植物行光合作用，也使地球表面溫暖、光亮而適合生物生活。空氣中的氧氣(O₂)可供生物呼吸，二氧化碳則供植物進行光合作用。由此可知環境中的水、空氣、日光等，是維繫生物生存的重要因素。

地球上的生物及其依存的環境，稱為生物圈。這個範圍包括水域、低層大氣及部分地殼表面所組成的區域，也就是說地球表面的陸地、水中及空中，都有生物生存。例如七千公尺以上的高處，科學家也收集到細菌。另一方面，在海底深處也有生物生存。概括地說，在海平面以上和以下各約一萬公尺的部分，都有生物。

依據上述課文，概念構圖的製作可以分成下列的幾個步驟：
第一、選出課文中重要的字彙和事件，如表一所示：

表一 課文中選出的重要專有名詞和事件

概念（專有名詞）	概念（事件）
生命現象	代謝、生長、生殖、感應和演化
生物	維持生命
動物	消化、排泄等活動
植物	光合作用
微生物	溫暖、光亮
無生物	呼吸
岩石、礦物	空氣稀薄
養分	溫度低
水	
日光	
空氣	
生物圈	
陸地、水中、空中	
高空	
海洋深處	



第二、介紹主要概念，也就是包含較廣的概念，而且各主概念包含許多次概念。

表二 主概念與次概念之介紹

主概念	次概念
生物圈	<ul style="list-style-type: none"> ●地球上的生物及其依存的環境，稱為生物圈。 ●其範圍包括水域、低層大氣及部分地殼表面所組成的區域，也就是說地球表面的陸地、水中及空中，都有生物生存。
生物與無生物	<ul style="list-style-type: none"> ●具有生命現象的個體稱為生物，如動物、植物和微生物等。 ●沒有生命現象者，稱為無生物，如岩石、礦物等。 ●所謂生命現象，是指個體所具有的代謝、生長、生殖、感應和演化等現象。
生物生存所需之養分	<ul style="list-style-type: none"> ●絕大部分的生物需要養分、水、日光和空氣等，以維持生命。 ●水佔生物體內成分的百分之七十左右，是生物行消化、排泄或光合作用等種種代謝活動所必需的物質。 ●日光可供植物行光合作用，也使地球表面溫暖、光亮而適合生物生活。 ●空氣中的氧氣（O₂）可供生物呼吸、二氧化碳（CO₂）則供植物進行光合作用。

第三、定義概念階層，包含較廣的概念屬於較高的階層。

階層一、生物圈

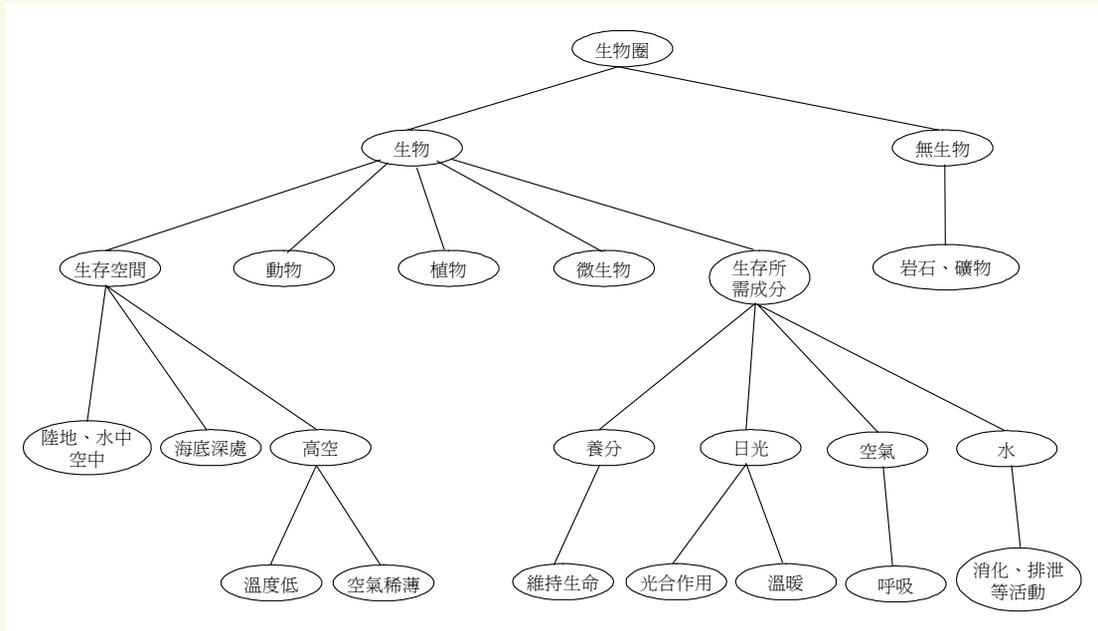
階層二、生物和無生物

階層三、生物生存空間、生物生存所需成分

階層四、生物生存空間介紹、生物生存所需成分介紹

階層五、較專一的概念

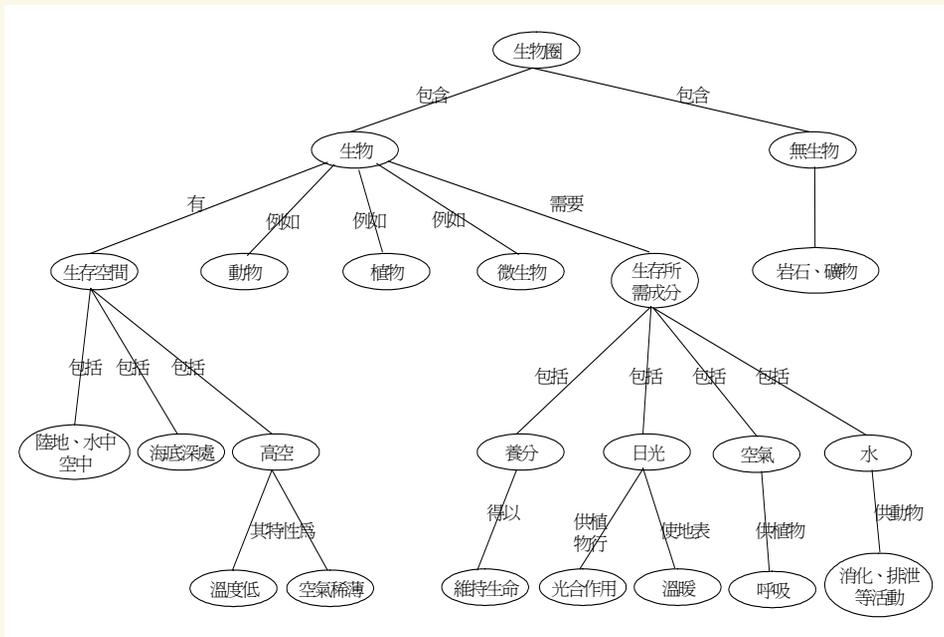
第四、依據上述，製作一個「前概念圖」（即完成圖之前的概念圖），可以說是個草圖，包括概念階層。



圖二「生物圈」的前概要圖

第五、增加連接詞定義概念間的關係，傳達

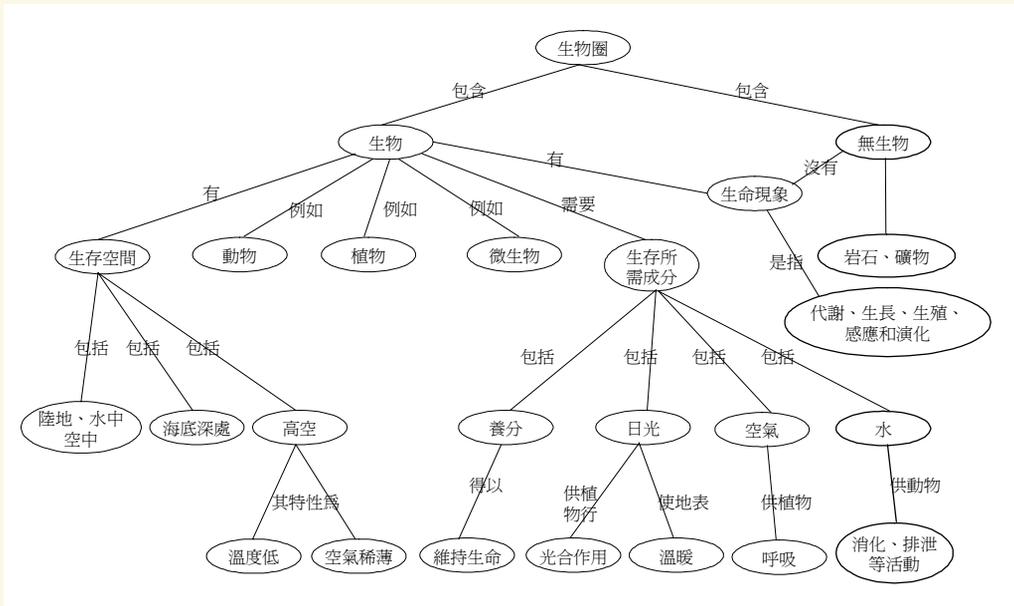
有意義的句子。



圖三增加「連接詞」的概要圖



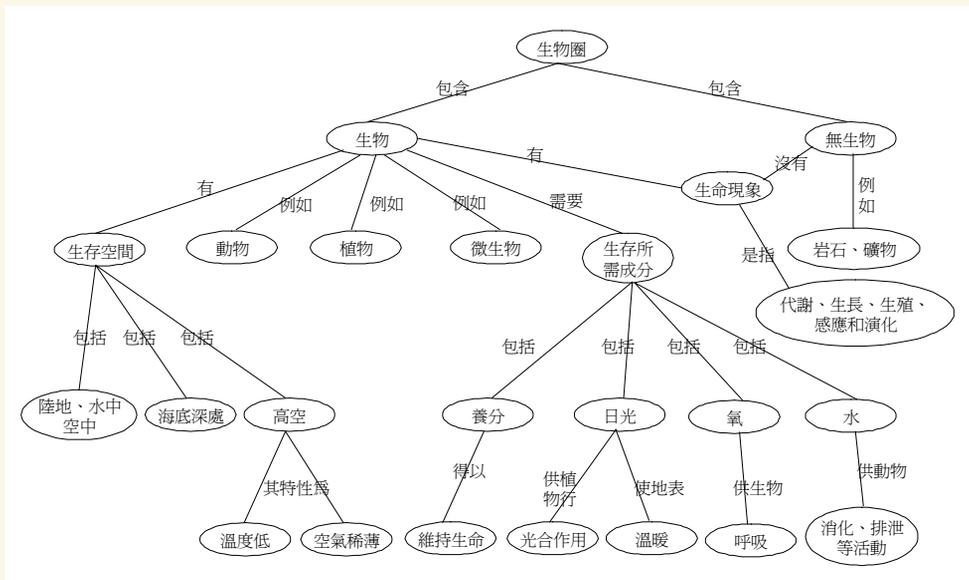
第六、增加橫向連接，將不同的概念連接起來。



圖四 增加「橫向連結」的概要圖

第七、再經過修正成為最後的完成概念圖。在此一階段，製作者要再詳細檢查概

念與連接語詞的適切性，進行最後的修飾，才能完成釋疑性的概念圖。



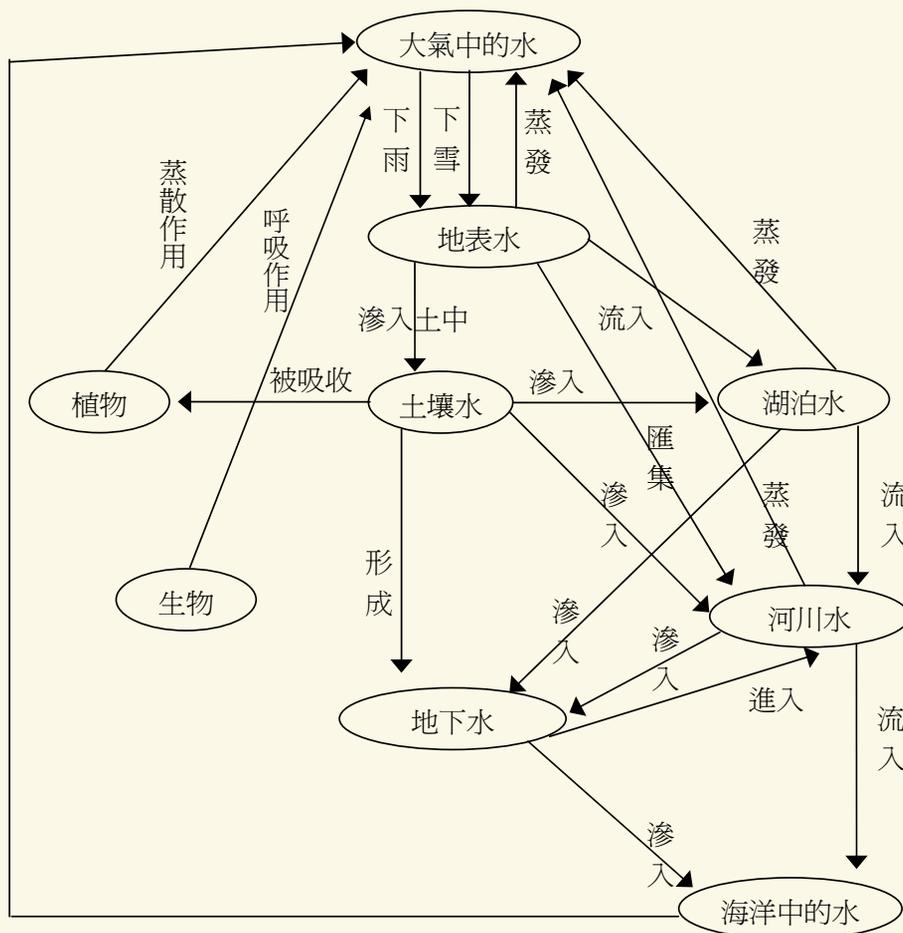
圖五 完成的概要圖



四、概念圖在課程設計上的應用

根據Mason (1992) 的研究，概念圖可以幫助教師對自己學科知識的再思考。因此，概念圖可以被利用於教師對自己的授課內容的再重整，把課程內容的概念連結得更

為結構化。例如：在生物學要設計統整性『水循環』的課程，其相關科學概念的連結，教師可以圖六來思考自己授課內容的概念階層性，使得課程內容比較不會遺漏了某些重要的概念。



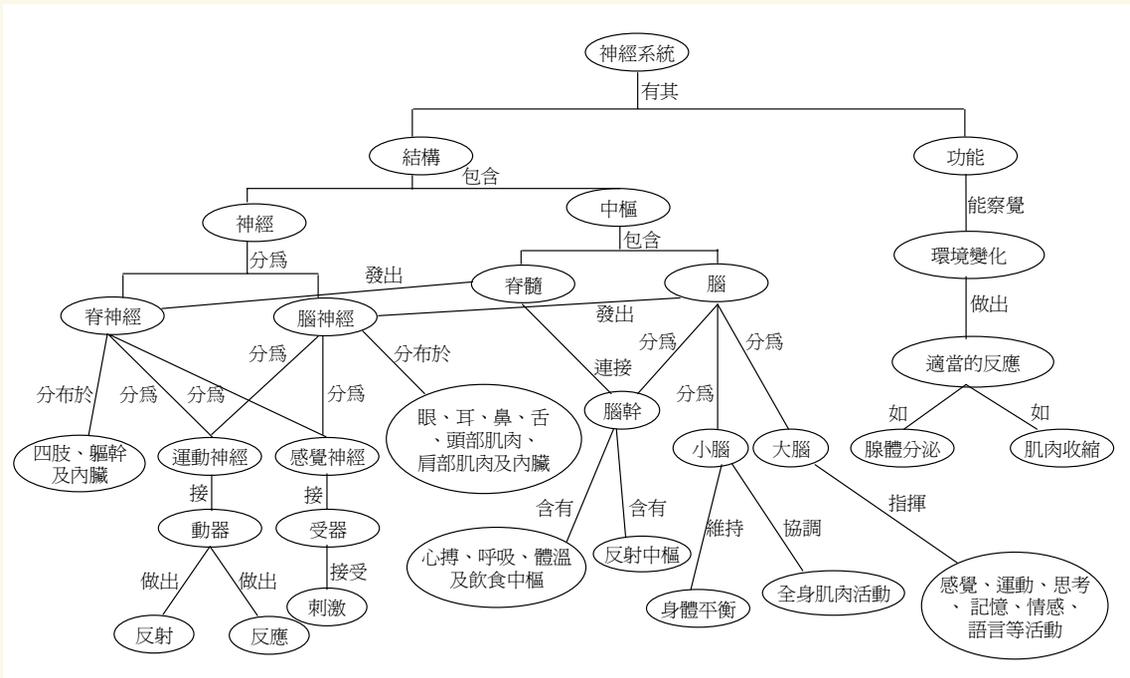
圖六 水循環概念圖



五、概念圖在教學上的應用

概念圖在教學上的應用，可以分兩個面向來討論，第一個面向，就是把概念圖作為教師教學的前置組織因子（Willerman & Mac Harg, 1993）。也就是教師於講授與討論課程內容時，先呈現概念圖給學生，作

為學生組織教師講授與討論內容的鷹架（scaffolding），協助學生組織其知識結構（Ausubel, 1968）。例如：教師於講授與討論神經系統時，可以給學生有關神經系統的概念圖（圖七）作為前置組織因子（李秀娟，1998）。

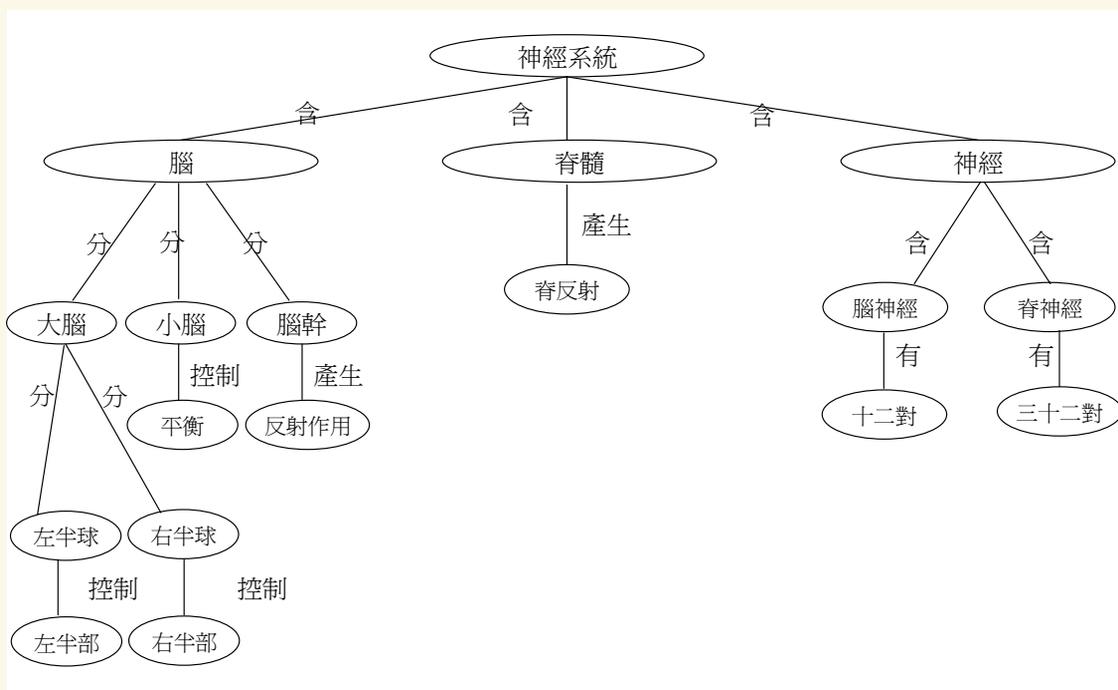


圖七 神經系統概念圖（根據部編本國中生物課本內容）

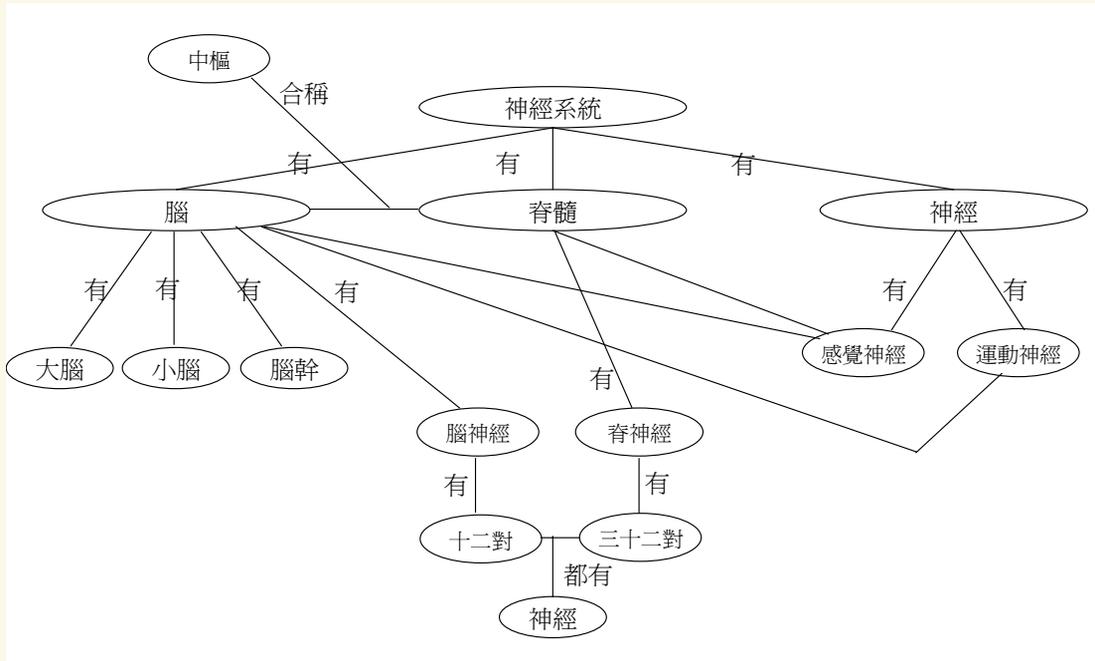


第二個概念圖應用於教學上的面向，就是教師可以利用概念圖作為檢測學生的先備知識（prior knowledge）的策略（Wandersee, 1990）。根據Bruner（1960）與Ausubel（1968）主張的學習理論，學生要能進行有意義的學習（meaningful learning），教師的教學內容要植基於學生的先備知識。若學生的先備知識不足，則不能真正達成有意義的學習，而只能勉強地進行機械式（

rote）的記憶學習而已。圖八及圖九是兩位國中一年級所完成的神經系統的概念圖（李秀娟，1998），教師可以根據學生的概念圖來偵測學生的概念結構的適宜性及完備性，再給予個別的指導，建構完整性的學科概念綱領，完成有意義的學習。同時，教師也可以利用概念圖作為診斷學生迷失概念（misconception）的工具，針對學生的迷失概念，進行個別化的補救教學（Novak, 1995）。



圖八 國一學生甲的神經系統概念圖



圖九 國一學生乙的神經系統概念圖

六、結論

教學即是藝術，更是科學。藝術是指教師對學生的態度要藝術化，才能激發學生的學習動機及意願，通常教師對學生期望值越高，則學生的學習成就越高。另外，教學是科學，即是應用以科學教育上的研究為基礎，所發展的教與學的方法與策略。同時，誠如Whitehead（1928）對教育目的中所揭示的理念，他主張：

（在概括期）學生已有某些確定的知識，已養成某些確定的性向，已清楚理解普遍法則、原理、以及該原理形成的細節。這

時學生要使用新的武器，他是有效能的個體，他也要發揮效能。於是他又回到浪漫期曲折的探險歷程之中，只是這時他的心靈是訓練有素的軍團，而不是烏合之眾。因此我們可以說，教育當始於探索（research），終於探索。

因此，就『教育當始於探索，終於探索』來論，作者非常相信，教師可以應用概念圖，來引導學生進行心智的（mental）操作，來完成探索活動。進而增進其學習效能（learning effectiveness），建立終身學習的習慣，也才能終身發展個人的專業生涯。



參考文獻

- 李秀娟 (1998) : 不同教學策略對國中生學習生物的影響。國立台灣師範大學科學教育研究所碩士論文 (未出版)。
- 鄭昭明 (1994) : 認知心理學。台北市: 桂冠。
- Ausubel, D. P. (1960). The use of advance organizers in learning and retention of meaningful verbal material. *Journal of Educational Psychology*, 51, 267-272.
- Ausubel, D. P. (1968). *The psychology of meaningful verbal learning*. New York : Grune & Stratton.
- Bruner, J.S. (1960). *The process of education*. New York: Vintage Books.
- Edmondson, K. M. (1999). Assessing science understanding through concept maps. In Mintzes, J. J., Wandersee, J. H. & Novak, J. D. *Assessing science understanding: A human constructivist view*. New York: Academic Press.
- Huang, D. S. (1995). Concept map as an organizer in college biology teaching. This paper was presented in Educational Academic Symposium of Teachers College in Taiwan, 1995/11/03, Pintung, Taiwan.
- Kuhn, T. S. (1970). *The structure of scientific revolution*. Chicago: University of Chicago Press.
- Mason, C. L. (1992). Concept mapping: A useful tool for science education. *Science Education*, 76(1), 51-63.
- Novak, J. D. (1990). Concept mapping : A useful tool for science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 937-949.
- Novak, J. D. (1995). Concept mapping : A strategy for organizing knowledge. In Shawn M. Glynn & Reinders Duit (eds.). *Learning science in schools : Research reforming practice*, New Jersey : Lawrence Erlbaum Associates.
- Novak, J. D. (1996). Concept mapping : A tool for improving science teaching and learning. In Treagust, D. F., Duit, R. & Fraser, B. J. (eds.). *Improving teaching and learning in science and mathematics*. New York : Teachers College Press.
- Novak, J. D. (1999). *Assessing science understanding: A human constructivist view*, New York : Academic Press.
- Novak, J. D. & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn to learn*. New York : Cambridge.
- Novak, J. D., Mintzes, J. J. & Wandersee, J. H. (1999). Learning, teaching, and assessment : A human constructivist perspective. In Novak, J. D., Mintzes, J. J. & Wandersee, J. H. (eds.). *Assessing science understanding : A human constructivist view*. New York : Academic Press.
- Pella, M. O. (1966). Concept learning in science. *The Science Teacher*, 33(9), 31-58.
- Romey, W. D. (1968). *Inquiry techniques for science education*. Englewood Clibbs, New Jersey : Prentice-Hall.
- Watson, J. D. & Crick, F. H. C. (1953). Molecular structure of nucleic acids. *Nature*, 4356, 737-737, April 25.
- Whitehead, A. N. (1929). *The aims of education and other essays*. New York : MacMillan.
- Willerman, M. & Mac Harg, R. A. (1991). The concept map as advance organizer. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(8), 705-711.