語言遊戲對溶解迷思概念改變成效之研究

廖哲政*、許良榮**
台中教育大學科學應用與推廣系研究生*
台中教育大學科學應用與推廣系**
c5519@ms3.hinet.net *
steve089@ms35.hinet.net **

摘 要

本研究目的為設計語言遊戲教學策略，探討對於國中學生溶解迷思概念改變的成效。教學設計二節課的語言遊戲教學，包括：打包、拆解和命名三種。採單組準實驗設計，研究結果發現：(1) 後測的答對率顯著高於前測 ($p<.01$)，顯示「科學語言遊戲」教學具有值得肯定的成效。(2) 延宕測驗有滑落的現象，顯示如何提升正確概念的固著性，需要再改善。(3) 學生迷思概念的分佈與抽象程度有關聯性。抽象程度越高，迷思概念的比率也越高，而且概念改變的學習也越需要加強。另一方面，本研究建議迷思概念改變的教學，如同科學本質的教學，不宜採用隱含(implicit)的教學，應給予明確(explicit)的教學。

關鍵詞：溶解、科學語言遊戲、迷思概念、概念改變

一、緒論

「溶解」是九年一貫課程綱要－自然與生活科技學習領域教材內容，也是我們日常生活中常見的現象，過去有許多文獻研究有關學生對溶解所存有的迷思概念。例如：許良榮（2002）研究結果發現，學生在溶解性質普遍存有：「汽油不溶於水，是因為汽油密度比水小」、「汽油與水可以互溶，因為二者都是液體」、「不同液體之間能否互溶可以用密度判斷」、「認為有『油』字的物質（如甘油）都不溶於水，因為油都比水輕」等迷思概念。國外學者的相關研究， Andersson(1990)研究 15 歲青少年的溶解概念，結果超過半數有相同的迷思概念，包括：糖溶解後消失了、混淆了體積和質量的觀念、糖仍然存在，但是變輕了。Nieswandt(2000)的研究指出，對物質性質變化的理解，學生常認為溶解產生了新物質。

迷思概念生成的原因，在以往的研究中已有相當的成果，Treagust(2000)指出迷思概念的原因來自於感覺經驗、語言經驗、文化背景、同儕團體、大眾媒體及科學教學。根據相關文獻的研究，迷思概念相當固著不易改變。Vygotsky(1962)指出學生是用語言來發展其概念，語言發展與概念發展有著非常複雜的關係。Lemke(1990)認為科學語言不是學生原有語言的一部份，對大多數學生而言，科學像是一種外國話，除非他們已經長久的熟練使用，

否則還是會讓他們感到不自在，而形成了不正確的概念和想法。鄭美紅和孫愛玲（2003）則指出教師設計科學學習活動可多考慮利用文字或語言特色，將科學學習與科學語言融合起來。王彥（2005）也認為掌握科學語言是學習科學知識的基礎，科學語言教學是科學語言的關鍵。

基於以上所述，語言是形成迷思概念的重要因素之一。本研究目的為設計語言遊戲教學策略，企圖透過語言遊戲讓學生熟練科學語言如何構作科學理論，將個別的單一概念打包成一段涵蓋數個科學概念的語句，並將繁雜的科學概念拆解成單一事件，幫助理解。發展語言遊戲融入教學活動的教學設計，並探討對國中學生的溶解迷思概念改變之學習成效。

二、文獻探討

（一）、溶解迷思概念

由文獻研究顯示學生對於溶解有不少的迷思概念，例如簡美容（2001）對臺北縣、市地區國小四、六年級的研究也發現大多數的學童認為可溶解的東西，仍多僅止於固體物質，該研究也發現學童常會用到比較溶質與溶劑何者為輕、何者為重之觀點來描述溶解過程。Longden，Black & Solomon（1991）的研究發現 11-12 歲年齡層僅有 20%以及 13-14 歲年齡層有 30%的學生同時用巨觀（macro）、微觀（micro）觀點來理解溶解，而也有少數學生傾向以日常生活經驗之觀點（巨觀）而不是粒子之觀點（微觀）來理解溶解。許良榮、彭煜堯（2002）發展雙層（two-tier）試題研究小四、小六、國二與高二學生對於「物質是否與水互溶」之分類的迷思概念，結果發現學生對於溶解有不少迷思概念，而且分類依據具有多樣性與變動性，學生可能同時持有以密度大小、是否為油性或其他理由做為分類判斷的依據，而沒有特定的判準。

許良榮、劉政華（2004）以 Piaget & Garcia（1989）科學理論之發展機制模型為基礎，歸納了學生之溶解概念發展的特徵如圖 1。該研究發現「低年級的學生傾向於以”外觀特徵”判斷物質的溶解性，隨著學校經驗與生活經驗的增長，學生獲得”密度”的概念，並以此推論物質之溶解性的傾向增加，而且在學生獲取”酸”的概念以及高中的”化學式”概念後，仍有並存於學生認知結構中的現象」。

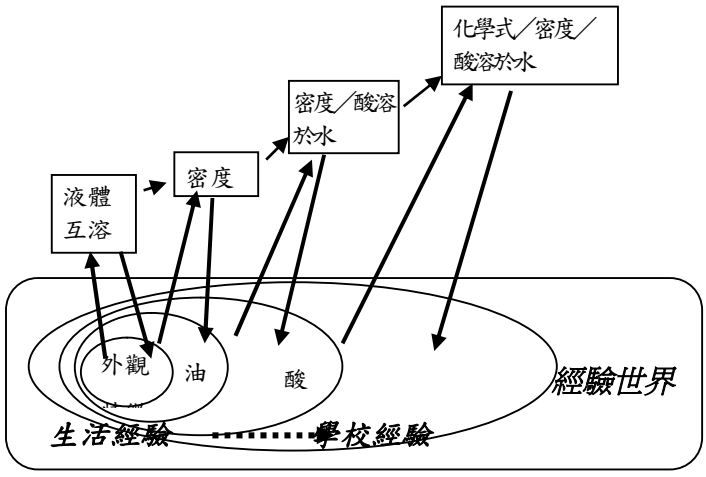

圖 1 學生的溶解概念發展（許良榮、劉政華，2004）

（二）、語言與科學學習

楊文金（1994）指出，我們存在兩個世界，一個是以日常生活知覺經驗所表現的生活世界，另一個則是以科學的真理所呈現的世界，而生活世界具有優先性；他亦指出，若無

增強，當時間一久，日常生活結構的意義將取代符號知識（也就是科學概念），想成功的在兩個領域中穿梭，比僅在一個領域中運思困難得多。Lemke (1990)認為，教師使用科學語言教導學生科學概念，但學生未必能理解這些科學術語，科學語言不屬於學生的語言系統，對大部分的學生來說，如果沒有長期接觸及使用科學語言，科學語言就像外國語言。他亦指出，第一次介紹新名詞或概念給學生時，如果只是給予一個定義或解釋是不夠的，如果沒有比較多的經驗時，學生大部分是不會使用科學術語的，也無法了解這個科學術語跟其他科學術語之間的關係。

除了 Lemke 之外，Lyle 和 Robinson(2002)也認為科學概念的學習與科學語言的學習應同時進行，學生在學習科學概念時，必須學習科學語言作為閱讀、寫作、解難、及進行實驗活動的工具。而 Colburn 和 Echevarria(1999)則提倡學習科學應同時充分掌握作為學術語言的科學語言，而課堂活動亦應確保能讓學生運用學術語言。而 O'Loughlin (1992)也認為，要使學生「認識(knowing)」科學，就必須讓學生瞭解教室話語(classroom discourse)的表現方式，以及使學生能有效的運用這些科學話語。

王彥（2005）認為掌握科學語言具有幾項意義：（一）掌握科學語言，有助於提高與發展邏輯思維能力。（二）掌握科學語言是解決科學問題的前提。（三）掌握科學語言，有助於思維品質的形成。（四）掌握科學語言，能激起學習科學的興趣。Unsworth(1999)則認為，科學的學習應該包含教導學生對於科學文本中運用的各種語法的認知，藉此得以促進學生對文本的語意理解以及批判文本的能力。由此可見，語言是科學概念溝通的主要工具，如果要協助學生學習科學，則必須先確保他們懂得正確運用語言、讓學生對文本的語意做出正確解讀。

三、研究方法與設計

（一）、溶解概念之語言遊戲教學設計

本研究者依據先前研究（許良榮、劉政華，2004）發現之溶解迷思概念為基礎，設計語言遊戲之教學。語言遊戲應用三種語法資源：打包（packing）、拆解（unpacking） 以及命名（naming）。說明如下：

1.打包：在本研究中，把那些可以將多事件「濃縮」為一事件的方法，稱為「打包」。例如：(1)酒精的密度小於水。(2)酒精可溶於水。此兩句可打包為：酒精的密度小於水而且酒精可溶於水。

2.拆解：拆解是事件之間的分解，也就是打包的反向過程。例如：糖溶解後，糖的性質並無改變。此「糖的性質」可拆解為： 糖分子、糖的結構式或糖的重量…等。

3.命名：利用語法將一小句改成名詞的方式，在本研究中稱為「命名」。例如：利用語法將一小句「糖可溶於水」轉變為「糖水溶液」，轉變之後的「糖水溶液」變成一個名詞就稱命名。

教學設計初稿完成後，邀請三位專家審視，其中兩位具有科學教育碩士學位、一位是國中理化老師，三位專家在自然科教學經驗都在五年以上。最後根據專家意見修改，完成正式的教學活動設計。

（二）、研究方法與設計

本研究採用單組準實驗研究法，以前測、後測加延宕測驗方式設計。教學採異質分組合作學習方式，由研究者擔任教學活動（共二節課）。本研究沒有採用對照組的原因是；二組的比較屬於「相對比較」，關心的是二組組間的差異。而本研究著力在「絕對位置」的比較，查驗教學前後的差異，以及概念保留的情形，因此著重在前測、後測及延宕測驗之間的答對率的變動。

前測	實驗處理	後測	延宕測驗
E_1	T	E_2	E_3

註：T 為語言遊戲教學；E 為施測

研究樣本為彰化縣某國中，選擇二年級一個班級進行實驗教學。在教學前、後，均施以溶解概念評量試題的測驗（前、後測），並於教學後一個月，再次施測（延宕測驗），以了解概念保留情形。

（三）、研究工具

研究者依教學目標編製「溶解概念評量試題」，以評量學生教學前後的溶解迷思概念改變情形。首先依據溶解概念與認知層次建立雙向細目表，初稿編制完成後經三位專家審視（科學教學經驗都在五年以上，其中兩位具有科學教育碩士學位），最後修訂完成共 31 題是非題的評量工具。信度方面，選取彰化縣某國中一個班，施以重測信度考驗。由於評量試題採是非題設計，選答結果以名義變數方式處理，查驗各試題前後測答題一致性的百分比，並以列聯相關（contingency coefficient）查驗前後測之選答關連性。結果顯示在選答一致性方面，各題均在 70%以上，而各題的列聯相關均達顯著相關（P<.05），顯示學生在前測與後測的選答頗為一致。

四、結果與討論

（一）、學習成效分析

語言遊戲之教學成效分析如表 1 所示。由表 1 顯示經過教學，後測比前測的平均答對率由 65.9%提升為 84.4%；而延宕測驗為 77.3%，比後測降低了約 7%。以人數而言，教學後學生在後測答對題數的表現，有 34 位進步、2 位持平僅有 1 位學生退步。進一步以成對樣本 T 檢定進行分析，發現前測、後測與延宕測驗的答對題數之間皆達顯著差異(P<.01)，顯示除了教學對概念改變頗具成效。但是教學結束一個月後，概念保留的情況並不理想，仍有改善的空間。

表 1 教學成效分析

	前測	後測	延宕	T (後-前)	T (延-前)	T (後-延)
答對題數（%）	20.4 (65.9)	26.2 (84.4)	24.0 (77.3)	8.34**	4.80**	3.91**
標準差	4.1	3.5	4.2			

（二）、各類型迷思概念學習成效之分析

1.「以物質的狀態判斷可否互溶」的迷思概念

本類型迷思概念的答對率分析結果如表 2 所示。前測平均答對率已達 82.3%，與許良榮、劉政華（2004）認為「以物質狀態判斷溶解」是最基礎的層次（如圖 1）」頗為吻合。經教學後的後測平均答對率比前測進步了 15.5%，顯示教學有相當程度的助益；而延宕測

驗平均答對率比後測低 7.7%，雖然仍比前測高 7.8%，但是顯示教學後仍有部分學生具有「概念回歸」的現象。

表 2 「以物質的狀態判斷可否互溶」之答對率分析

題號	試題內容	前測	後測	延宕
01	汽油不會溶於水，是因為汽油是液體的關係（ㄨ）	78.4	97.3	94.6
02	只有固體才能溶於水（ㄨ）	94.6	100.0	100.0
11	氧氣比冰糖不易溶於水，是因為只有固體會溶於水（ㄨ）	83.8	97.3	91.9
26	因為「氨」是氣體，所以不會溶於水（ㄨ）	89.2	94.6	78.4
27	因為酒精是液體，所以不會溶於水（ㄨ）	81.1	100.0	86.5
29	因為二氧化碳是氣體，所以不會溶於水（ㄨ）	73.0	97.3	89.2
31	因為汽油和水兩者都是液體的關係，所以會互溶（ㄨ）	75.7	97.3	89.2
	平 均	**82.3**	**97.7**	**90.0**

2.「以『油』字或油性判斷可否互溶」的迷思概念

答對率分析結果如表 3 所示，本類型屬於經驗世界的第二層次，抽象層度高於前述類型，由前測平均答對率可以反應此種特徵：本類型前測的平均答對率 67.6%，比前述類型低了 14.7%。

後測、延宕測的平均答對率分別為 96.0%、83.1%，後測比前測進步達 28.4%，顯示教學對此概念有相當程度的助益性；而延宕測驗比後測低了 12.9%。值得注意的是第 5 題「油性的物質(例如甘油)都不會溶於水」，前測答對率只有 37.8%，經過教學，後測達到 100.0%，但是延宕的答對率又退步到 75.7%，顯示學生的概念回歸情形需要再改善。

表 3 「以油字或油性判斷可否互溶」之答對率分析

題號	試題內容	前測	後測	延宕
04	只要有「油」字的物質(例如沙拉油)都不會溶於水（ㄨ）	64.9	97.3	81.1
07	清潔劑(例如：洗碗精)倒入水中，會互相溶解，是因為洗碗精不含「油」字（ㄨ）	83.8	100.0	89.2
21	丙酮溶解於水，是因為「丙酮」不含「油」字（ㄨ）	83.8	86.5	86.5
05	油性的物質(例如甘油)都不會溶於水（ㄨ）	37.8	100.0	75.7
	平 均	**67.6**	**96.0**	**83.1**

3.「以密度或輕重判斷可否互溶」的迷思概念

本類型迷思概念的答對率分析如表 4。本類型屬於許良榮、劉政華（2004）的第二層經驗世界的反思層次，前測的平均答對率（49.8%）比前述二類型為低。而後測、延宕的平均答對率分別為 70.7%、63.3%，雖然後測比前測進步達 20.9%，但是仍低於前述二類型，顯示抽象程度越高，迷思概念的改變越困難。此外，值得注意的是，第 3 題「汽油不會溶於水，是因為汽油密度比水小」，後測雖然比前測高了 24.4%，但是答對率只有 59.5%。類似的情形是第 20 題「丙酮溶解於水，是因為丙酮和水密度接近」，後測雖然比前測高了 32.5%，但是答對率未達七成（62.2%）。顯示不少學生「以密度判斷是否可溶」的迷思概念相當固著。

表 4「以密度或輕重判斷可否互溶」之答對率分析

題號	試題內容	前測	後測	延宕
03	汽油不會溶於水，是因為汽油密度比水小（ㄨ）	35.1	59.5	56.8
06	汽油不會溶於水，是因為汽油比水輕的關係（ㄨ）	59.5	78.4	75.7
08	清潔劑(例如：洗碗精)倒入水中，會互相溶解，是因為洗碗精密度比水大（ㄨ）	46.0	70.3	64.9
12	氧氣比冰糖不易溶於水，是因為氧氣比水輕（ㄨ）	62.2	73.0	62.2
20	丙酮溶解於水，是因為丙酮和水密度接近（ㄨ）	29.7	62.2	51.4
28	因為酒精的密度小於水，所以不會溶於水（ㄨ）	62.2	81.1	73.0
30	不溶於水的酯類，是因為酯類密度比水小（ㄨ）	54.1	70.3	59.5
	平 均	**49.8**	**70.7**	**63.3**

4.「無法同時應用巨觀、微觀」的迷思概念

本類型迷思概念包括四個向度，答對率分析結果如表 5 所示。四個向度的前測平均答對率高低順序為：物質守恆(80.0%)＞解離不是溶解(57.7%)＝糖溶解會產生新物質＞熔解就是溶解(29.7%)。後測與延宕平均答對率順序與前測幾乎一樣，後測為：物質守恆(91.5%)＞解離不是溶解(82.9%)＞糖溶解產生新物質(73.0)＞熔解就是溶解(54.1%)。顯示巨觀性質（物質守恆）的概念答對率較佳，而微觀性質的概念普遍需要改善。此結果呼應了 Nakhleh & Samarapungavan(1999)發現 7-10 歲學童的「解釋框架」(explanatory frameworks)分為：巨觀連續(macrocontinuous)、巨觀粒子(macroparticulate)、微觀粒子(microparticulate)三類。持「巨觀連續」的學生，均視溶解為巨觀現象；持「巨觀粒子」解釋框架的學生，則能以粒子觀點來說明溶解，但也有部分學生以巨觀的觀點來說明溶解；持「微觀粒子」解釋框架之學生，在說明物質的相變化時，能以微觀的觀點來說明，但是在解釋溶解時，則仍有部分學生持巨觀觀點。邱美虹（2000）也指出，概念本身是微觀的較易讓學生產生迷思概念。

表 5 「無法同時應用巨觀、微觀」之答對率分析

題號	試題內容	前測	後測	延宕
	「物質守恆」的迷思概念			
13	糖在水中溶解成為糖水，糖仍然存在，但是變輕了（ㄨ）	73.0	83.8	73.0
14	糖在水中溶解成為糖水，溶解前後糖的總重量不變（○）	75.7	91.9	83.8
17	糖在水中溶解成為糖水，糖不存在了（ㄨ）	91.9	97.3	91.9
22	食鹽在水中溶解成為食鹽水後，總重量減少了（ㄨ）	83.8	94.6	89.2
	平 均	**80.4**	**91.5**	**84.0**
	「糖溶解產生新物質」的迷思概念			
15	糖在水中溶解成為糖水，會產生新的物質（ㄨ）	56.8	75.7	73.0
16	糖在水中溶解成為糖水，「糖水」是新的物質（ㄨ）	54.1	78.4	73.0
18	糖在水中溶解成為糖水，不是化學變化（○）	62.2	64.9	62.2
	平 均	**57.7**	**73.0**	**69.4**
	「解離不是溶解」的迷思概念			
10	冰醋酸在水中解離的過程，就是溶解（○）	56.8	91.9	83.8
23	食鹽在水中溶解成為食鹽水後，產生 Na 離子和 Cl 離子（○）	59.5	97.3	78.4
24	食鹽在水中溶解成後，食鹽粒子只是變得很小顆，和未溶解前一樣（ㄨ）	56.8	59.5	64.9
	平 均	**57.7**	**82.9**	**75.7**

	「熔解就是溶解」的迷思概念			
19	固體的糖加熱熔解成液體，就是「溶解」（乂）	29.7	54.1	48.7

迷思概念「糖溶解會產生新物質」的向度，後測平均答對率為 73.0%，並不夠理想，但是呼應了 Nieswandt(2000)的研究指出，對物質性質變化的理解，學生常認為溶解產生了新物質。以及 Driver(1985)研究發現 15 歲青少年傾向將"糖"這個詞當為巨觀的性質，亦即當"糖"於水中溶解後，就不再是"糖"。

此外，誤認「熔解就是溶解」(第 19 題)的三次測驗的答對率都是最低，甚至後測也只有 54.1%。原因可能為本研究的教學並未針對「熔解」設計語言遊戲活動，因此只有部分學生能有「學習遷移」，了解熔解與溶解有差異。顯示如果期望改善學生的迷思概念，不宜採用隱含(implicit)的教學，應給予明確(explicit)的教學。

五、結論

本研究設計的語言遊戲教學，整體答對率由前測的 65.9%提升到後測的 84.4%，T 檢定達顯著差異（P< .01），但是延宕測驗有滑落的現象（答對率 77.3%），顯示如何提升正確概念的固著性，是未來教學設計需要再行改善的。而仔細分析各題的答對率，可以發現學生的先前概念，其迷思概念的分佈與抽象程度有關聯性。抽象程度越高，迷思概念的比率也越高，而且概念改變的學習也越需要加強。另一方面，本研究建議迷思概念改變的教學，如同科學本質的教學，不宜採用隱含(implicit)的教學，應給予明確(explicit)的教學。

誌謝：本研究承國科會補助研究經費，特此致謝。（NSC 95-2522-S-003-017-MY3）