

中小學生對物質「燃燒」的迷思概念之研究

許良榮 王瓏真

台中師院自然科學教育研究所

(投稿日期：92年5月12日；修正日期：92年8月27日；接受日期：92年9月3日)

摘要

本研究目的在探討中、小學學生對物質是否可燃之分類以及相關迷思概念。研究方法為個別晤談，晤談樣本為小四、小六、國二各14名學生，共計42人。研究結果歸納學生對於物質是否可燃之分類的思考模式有：屬性模式、條件模式、結果模式、經驗模式、名詞模式等五項。而學生對燃燒的迷思概念包括銅、鐵不可燃、燃燒一定要點火、燃燒就是融化、燃燒都會有很臭或有毒的味道。最後本研究提出對於未來教學以及研究之建議。

關鍵詞：燃燒、分類、迷思概念

緒論

一、研究動機

在日常生活中，我們經常與自然界的事物和現象接觸，而發展出對於自然現象的思考模式。學童自幼持有的「自然概念」是來自於每天的生活經驗，而且和日常真實世界中的現實緊密相關（Schnotz & Preuß, 1999），di Sessa & Carey 也提及學童在尚未接受學校教育前，已具有源自日常經驗所建構的先前知識（引自 Vosniadou, 1999）。亦即兒童憑藉著觀察、直覺，已經發展出許多推論來看世界（Novak, 1988），因此科學概念對許多學生而言，學習起來是相當困難的，所以相關概念的研究就顯得相當的重要。而「概念」之所以形成，是因為我們能夠對外界事物中相同的歸為一類，來與不同類事物做理念上的區分，也就是進行歸類（categorization）工作。在個人心智歷程的運作上，歸類是學習與記憶的一種策略（鄭昭明, 1993）。以學習的觀點而言，使用類別有以下的優點（引自陳柏棻, 1994）：（一）沒有類別則所有的事物皆是獨一的，思考和類化（generalization）將無法發生；（二）節省記憶力；（三）減低太多事物的學習；（四）讓我們不必先看到事物便知道它是什麼；（五）讓我們能區別事物。

「燃燒」是基本的化學概念之一，而且燃燒也是日常生活經常發生的現象。從學科的觀點，燃燒牽涉到化學變化和物理變化的相關概念，如氧化還原、光和熱、熔化、燃點、可燃物、助燃物和質量守恆定律等等。現行的國民中、小學教材有關燃燒的單元或主題，範圍甚廣且分散在各個教學單元裡，從科學的發展史觀點，燃燒理論的發展係經過相當長久的時間，才從燃素的概念發展到氧化還原的概念（張容君、周進洋, 2001）。而文獻顯示不少研究發現（如 Ross, 1991; BouJaude, 1991; Schollum & Happs, 1982; 鄭豐順, 1997），從國小、國中到成人有不少的比例對燃燒現象的了解是片斷的、多變的而且相互矛盾的，因此了解學生對於物質是否可燃以及燃燒的迷思概念，是相當值得深究的。本研究希望藉由探討不同學習階段（國小至國中）學生對於物質是否可燃的思考模式以及對燃燒的迷思概念，期望能作為未來教師設計教學的參考，促使學生的學習能更有成效。

二、研究目的與問題

本研究目的在探討中、小學學生對物質是否可燃之分類以及燃燒的迷思概念。研

究問題如下：

(一) 小四、小六以及國二學生對於物質是否可燃之有何分類判準？

(二) 小四、小六以及國二學生對於「燃燒」有何迷思概念？

文獻探討

一、分類與概念形成

分類是兒童發展邏輯運思的基礎 (Phillips & Phillips, 1989)，對於「分類」能力的認知發展，Inhelder & Piaget(1969) 對 2159 位兒童所做的研究中發現；兒童要到七、八歲以後才漸漸開始發展分類及排序的認知結構。而 Braund (1991) 認為分類工作可以使學生觀察能力進步，Thomas (1990) 也指出分類學習有助於對複雜現象的發展。由此顯示人們以所持有的概念將作為分類的依據，而分類的認知歷程則可以協助人們觀察、體會環境，進而建構概念、組織知識。

Vosniadou 和 Brewer 在 1992 年「兒童對地球形狀的迷思概念」的研究中，發現學童會自創其心智模式以同化日常經驗與待解決問題，並依此詮釋其他的問題及現象，因而造成概念成為片段的以及具有不一致性。換言之，學童在面對新的學習內容時，會運用自己腦中的想法與新知識相結合。根據這些研究，我們可以瞭解學童的學習並不完全來自於課堂中，而經常建基於每天的生活經驗。在學習過程中，學生並不是被動的擷取知識，而是試著將新資訊與自己腦中舊有的想法相結合，以做出合理的解釋，亦即個體依據經驗建構概念架構（或基模），會成為處理新資訊及預測未來事件的基礎，並幫助評估過去預測的正確性（郭重吉，1988）。

概念之所以形成，是因為我們能對外界事物進行歸類（categorization），把相同的事物歸為一類，以與不同類的事物在理念上分開（鄭昭明，1993）。因此從分類過程探討學童對某一概念的看法，不但可了解其思考模式，更可作為科學課程與教學的參考依據，進而促進學童於舊知識的修正，建構較符合科學界定的概念，以應用於日常生活成為解決問題的能力，並成為學習知識的基礎。

二、學生對燃燒的概念

由文獻研究顯示，學生對於燃燒存有不少的迷思概念，Schollum & Happs (1982) 研究澳洲 10 到 18 歲學童有關燃燒的觀點發現和科學家的觀點是不同的。Meheut, Saltiel & Tiberghien(1985)的研究指出兒童對燃燒觀點受感官知覺影響，許多兒童認為

有些易燃物只是熔化或蒸發，而不是燃燒。BouJaoude (1991) 使用晤談技巧調查國中學生有關燃燒概念的理解，發現兒童使用記憶解釋觀察，對於燃燒概念的理解多是零碎、不一致，在不同現象有不同想法（如蠟融、酒精蒸發、麵包變色），也就是只對特殊活動產生解釋，沒有通則性的說明。鄭豐順 (1997) 探討國中學生的燃燒概念發現學生對燃燒概念的答對率由「溫度與熱」、「燃燒的產物」、「燃燒的條件」到「相變化」逐漸遞減，而且年級和性別與燃燒概念都沒有顯著差異。該研究並歸納學生燃燒概念迷思概念的來源為感官經驗、日常經驗、置換 (displacement)、錯誤概念的延伸及科學名詞的誤用。張容君、周進洋 (2001) 採用調查研究法，對國中學生使用二段式試題進行施測，研究結果發現：(1) 國一學生主要的燃燒迷思概念，在國二和國三學生中，仍然是大多數學生的迷思概念；(2) 國一和國二學生對於燃燒迷思概念內容及其發生頻率的人數比例分配較為相近；(3) 國三學生選答正確的人數比例不高，且人數比例分散在各個理由選項，顯示國三學生依然存有多種迷思概念；(4) 在燃燒的條件中，三個年級的人數比例分佈大致相同，顯示學生在此方面的概念學習沒有明顯成長。

Andersson (1986) 提出一個分類系統企圖有意義分出有關學生燃燒的物理和化學變化的觀念，包括氧化燃燒 (combustion) 概念，它設計了五種類：消失 (disappear)、置換 (displacement)、修正 (modification)、變質 (transmutation)、化學變化 (chemical interaction)。Rahayu & Tytler (1999) 針對一、三、六年級學童所做對燃燒概念的研究中發現：修正和置換兩種分類方式解釋現象，被運用在最多的年齡層，愈高年級使用變質的分類方式愈普遍，而就國小學童而言，化學變化是複雜的觀念，需要很多聯想和知覺。Prieto, Watson & Dillon (1992) 研究 14-15 歲兒童對燃燒過程的觀念，發現學生具有由修正到變質到化學改變的三階段方式，顯示中學生解釋現象的方式會從變質逐漸進展到化學變化。

綜觀上述研究發現：國內外對學生燃燒概念的研究，顯示學生對「燃燒」具有頗多的迷思概念，尤其學生常容易受感官知覺及日常經驗的影響，認為燃燒只是相變化、只是火的產生等。對於燃燒概念的理解多是零碎、不一致，甚至在不同情境有不同的想法。本研究以探究學生對於物質是否可燃的分類為起點，透過個別晤談瞭解學生對於燃燒的可能想法，並藉由深度晤談的歸納分析了解學生對於燃燒的迷思概念，期望對未來中、小學課程設計和教學有所助益。

研究方法與設計

一、研究方法與對象

為探討中、小學學生對物質是否燃燒之分類以及燃燒之迷思概念，本研究採用個別晤談，晤談樣採「深度立意抽樣」方式抽取台中市小四、小六、國二各 14 名學生，共計 42 人。

二、晤談綱要

個別晤談主要以字卡讓受試者分類後進行晤談，晤談大綱如下：

- 1.分類木炭、黃金、氫氣、銅、保麗龍、天然氣、鐵絲、汽油、玻璃及酒精哪些可燃？哪些不可燃？並說明分類理由。
- 2.以受試者分類的物質為例，進一步提出燃燒時所需的條件及現象，並會產生何種物質？
- 3.同樣以受試者分類的物質為例，燃燒前後物質是否相同？為什麼？

三、資料分析

晤談過程採全程錄音，再轉錄為逐字稿及編碼再進行歸納，資料分析過程如下：依晤談結果內容逐一將學生對「燃燒」概念的想法填入「晤談結果歸納表」中。本部分只做登錄，不加以分析歸類。之後逐一歸類整理受訪學生對物質是否可燃之分類的思考模式以及相關的迷思概念。

研究結果與討論

一、學生對物質是否可燃的分類

燃燒雖然是日常常見經驗，但學生對於物質是否可燃，仍然沒有明確的判準。晤談結果顯示小四及小六的學生多以物質外在屬性（如紙類），以及燃燒的過程或結果作為判斷依據，直到國二才有部分學生提出較為正確的觀點。而各年級都有至少 3 位學生是以物質「外在屬性」的觀點進行物質是否可燃的歸類。例如：（代號第一碼為年級，後兩碼為流水號）

807：黃金是金屬類，就是金屬類應該都可以燃燒，鐵和銅也是。

408：氣體不能燃燒。

還有學生是以燃燒過程、現象及結果來進行歸類，例如：是否爆炸、是否熔化、

是否產生毒氣，如下列兩位學生所言：

研究者：...你認為可以燃燒的只有黃金、硫磺、氫氣，為什麼你認為只有這三樣可以燃燒？

401：因為他們燃燒不會爆炸。

*

*

*

614：銅..... 嗯... 等一下說...，保麗龍好像燃燒會產生什麼毒氣吧！然後，鐵絲跟銅還有黃金應該... 應該都燒不掉。

研究者：為什麼它們三個都燒不掉？

614：嗯..... 銅跟鐵絲它們是金屬，燒了之後大不了也是熔化而已，黃金應該也是...

由以上這些對話，顯示學生有以物質屬性、日常生活經驗或是燃燒過程及產物進行分類的傾向。由學生對物質是否可燃所持的理由，可以發現學生在物質是否可燃的分類觀點上是多向度的，就如同 BouJaoude (1991) 的研究指出學生只在特定的狀態下掌握推論，會因情境或物質的不同而有不同的解釋。另外，由晤談結果也發現學生的分類概念具有多樣性及不穩定性。例如代號 812 學生，該學生一開始以是否熔化進行歸類，判斷玻璃、黃金、銅可燃，隨後又以是否產生新物質，而將玻璃、黃金、銅再分成不可燃。

812：熔化，熔化應該算燃燒吧...

..... (略)

812：黃金燃燒，就熔化了。然後就可以做成別的金製品。

研究者：那還是黃金嗎？

812：對啊！那這樣就沒有產生新物質了啊...

研究者：那它是燃燒嗎？

812：不是。

有關學生在分類時會改變歸類的依據，在文獻中也有類似的發現，Krascum & Andrews (1993) 對學齡前兒童分類的研究就指出，兒童很少以特定的屬性規則做為分類的準則。黃達三 (1994) 發現國小中年級的學生不能以一種標準把物體分類完成，在中途會改變標準；高年級學生則會因情境 (context) 改變而改變分類標準。另外，許良榮、彭煜堯 (2002) 研究中也發現，學生無法以一種分類依據判斷物質是否互相

溶解，常會因不同物質而改變想法。

二、學生對物質是否可燃的思考模式

由上述晤談對話的例子，顯示學生對物質是否可燃的觀點是多向度的，晤談結果經過初步歸納學生之反應後，再進行各項判斷依據或理由之特性的歸類，共分為以下五項思考模式(如表 1 所示)：屬性模式、條件模式、結果模式、經驗模式與名詞模式。

1.屬性模式(attribute mode)：以物質之外在特徵或性質進行判斷的思考模式。此種模式所依據之物質屬性可再細分為二類，一為外顯(explicit)屬性；感官知覺可以直接察覺的屬性，例如重量、體積、顏色....等等。一為內隱(implicit)屬性；感官知覺無法直接知覺的屬性，例如物質內含的成分。例如：

412：我就覺得那個... 那個就質感滑滑的，應該比較不會燃燒

研究者：玻璃呢？

412：我就覺得太硬，然後那個什麼表面比較滑，就燒不起來

2.條件模式(condition mode)：依據操作或反應所需條件判斷的思考模式。例如：

414：那個不管怎樣的方法要讓他燃燒總要有火吧！所以我認為一定要有火才能燃燒。

613：嗯... 高溫、嗯...熱啊！就這樣！才可以燒起來！

407：假如燃燒物體旁邊有易燃物，它就會燒很快，一下子就竄起來了。

表 1 物質是否可燃晤談結果分析表

模式	判斷依據或理由	小四 (N=14)	小六 (N=14)	國二 (N=14)
A1	金屬可燃	1	1	2
A2	金屬不可燃	5	6	1
A3	塑膠可燃	-	1	-
A4	太硬、太輕、太滑的不能燒	1	1	-
A5	化學或實驗用品可燃燒	1	3	6
A6	含有油的成分可燃燒	1	2	1
A7	含有酒精的成分可燃燒	1	1	1
A8	氣體不能燒	2	--	1
C1	需要氧	--	1	1
C2	溫度要高(熱)	3	1	5
C3	溫度達到燃點	--	3	4
O1	燃燒會產生煙(黑煙)	5	2	2

O2	產生二氧化碳	1	1	1
O3	是否有臭味或毒氣產生	2	1	3
T1	爆炸不算燃燒	2	4	--
T2	爆炸是燃燒現象	1	3	7
T3	熔化不是燃燒	2	7	6
T4	熔化是燃燒	1	3	--
E1	日常生活經驗的觀察或使用	7	5	7
E2	實驗或課本寫的	3	2	1
E3	直覺或猜的	1	--	--

註：表中各代號分別代表：A=屬性模式、C=條件模式、O=結果模式、

T=名詞模式、E=直覺經驗模式。

3.結果模式(outcome mode)：以產物或反應結果判斷的思考模式。例如學生 605 及 810 的敘述：

605：保麗龍燒..... 可以燒是可以燒，不過有毒氣。

* * *

810：... 它（天然氣）燃燒完全的話就什麼都沒有了，不完全的話就剩下一氧化碳。

研究者：那汽油呢？燒完之後剩什麼？

810：應該是沒有剩吧！

4.經驗模式(empirical mode)：以直覺、臆測、猜想之非邏輯推理進行判斷的思考模式或因日常生活經驗、教師教導、實驗經驗判斷的思考模式。例如 606 及 812 學生的觀點：

研究者：那保麗龍，你為什麼覺得保麗龍不能燒？

606：因為保麗龍，假如你用..... 你用一炷香吧！一塊保麗龍只要輕輕碰到熱它就會融化，像以前一、二年級的美勞就有這樣子用過。

* * *

研究者：你從哪邊知道感覺他可以燃燒？

812：課本上、印象中...

5.名詞模式(term mode)：以科學上術語做為判斷的思考模式。以 813 及 401 兩位

學生為例：

813：那要看他的沸點，他的「沸點」到了也是可以燃燒。

* * *

研究者：所以你認為可以燃燒的只有黃金、硫磺、氫氣，為什麼你認為只有這三樣可以燃燒？

401：因為他們燃燒不會「爆炸」。

從學生的觀點中，可以發現各思考模式並非彼此獨立或具有互斥性，有可能並存於學生的認知結構中，例如學生可能同時存在以固體或氣體（屬性模式）、高溫（條件模式）或者曾看過或聽過（直覺經驗模式）做為判斷物質是否可燃的依據，以學生 611 為例，在說明物質是否可燃時，就會因不同物質而以不同的思考模式進行判斷。

611：因為氫氣是氣體啊，啊我覺得大部分的固體都是可以燃燒的，只是他的溫度不一樣。

研究者：還有嗎？

611：像那個黃金啊，可能燃燒的溫度要非常高才可以被燃燒這樣子。

研究者：然後呢？

611：然後銅，我好像聽過印象中有人講過鑄銅啊，然後玻璃是看過人家，聽過..學過有琉璃啊，然後酒精就是有做過實驗啊，天然氣就瓦斯啊！我們用瓦斯煮東西的時候，就會用到啊！

另一方面，不同的思考模式並未具有絕對性的對錯之分，不同的學生雖然可能有相同的思考模式，但是可能有不同的判斷結果，例如以物質是否熔化(名詞模式)判斷物質是否可燃，甲學生可能因而將保麗龍歸類為可燃，如學生 410。而乙學生可能考慮熔化並不是燃燒，而產生不同的歸類結果，如學生 413。

研究者：好，你認為黃金、銅、鐵、保麗龍是可以燃燒的，為甚麼你這樣認為？

410：因為它燃燒出來之後，可能會有那個一個液體出現，也就是熔化了。

* * *

413：保麗龍只是燃燒過會熔化，他不是整個燃燒掉，鐵絲、黃金、玻璃、銅它燒過之後可能會有紅的或者是變熱現象，不是完全燃燒掉。

研究者：所以熔化不算燃燒？

413：他是燃燒後產生一個現象而已，不是完全在（燃燒）.....。

此外，同一位學生也可能運用同一思考模式中反覆使用不同的情境，以學生 812

爲例，以「屬性」判斷不同物質是否可燃。

812：喔！汽油就是有油啊，然後火碰到油就會燃燒。天然氣就是石油揮發出來的，碰到也可以燃燒。...

..... (略)

研究者：什麼是可以燃燒的東西？

812：以保麗龍來說喔！..是塑膠啊！

研究者：那酒精中含有什麼可以燃燒的東西？

812：酒精喔！酒。

研究者進一步分析整理學生的思考模式，發現小四學生以直覺經驗模式做爲思考判斷物質是否可燃的人次爲最多（合計 11 人次），可能與現今教材中，學習到關於燃燒的概念並不多有關。而以屬性模式來做爲判斷依據的學生，雖然隨年級而遞減，但也都在 7 人次以上，顯示物質的屬性是學生較爲熟悉的。此外，小六及國二的學生都有高達 13 人次以上提及名詞模式，這可能與學生愈高年級學過的科學術語愈多，也愈會運用於做爲思考的依據。以條件模式與結果模式思考判斷的學生數在三個年級中都比較少，其中結果模式，小六（4 人次）提及的學生低於小四（8 人次）及國二學生（6 人次），其原因值得再進一步深究。

三、學生對燃燒的迷思概念

研究者從學生對物質是否可燃的分類結果及依據，進一步探究學生對於燃燒可能具有的迷思概念，包含燃燒的條件、燃燒過程及燃燒結果。發現各年級的學生，有和科學家不同想法的傾向，分述如下：

1. 燃燒條件：對於燃燒的條件，各年級學生普遍認爲燃燒一定要有火（點火）。

研究者：你看汽油和紙是完全不同的物質，爲什麼都可以燃燒呢？

605：碰到火都可以燒起來。

*

*

*

研究者：... 你怎樣才可以讓木炭燃燒？

811：點火啊！

小四和小六學生，有一些想法是在國二學生中沒有出現的。尤其對於助燃與燃燒的誤解，常會將兩者混淆。

411：例如汽油，他可以助燃也可以燃燒，因爲汽油本身靠著火才可以（燃燒），火需要汽油，也需要酒精嘛，然後汽油的話，可能因爲裡面有一

種...汽油就是...本身就是一種比較容易助燃.....。

除此之外，學生有一些另有想法，分別在不同年級被提出，例如有小四學生提出物質中必須含氧的成分才可燃，有國二學生則認為到達「熔點」才可燃。如下列的對話：

413：汽油是一燒（起來），裡面也是有一些東西讓他會燃燒起來。。

研究者：怎樣的東西？

413：可能是氣體或是一些結構，可以讓他燃起來啊！

研究者：怎麼樣的氣體或結構？

413：可能氧或那些...可以助燃的氣體吧！

* * *

研究者：天然氣如果溫度很高，可是沒有點火，請問他會不會燃燒？

814：只要溫度到就可以。

研究者：到哪一個溫度？

814：熔點。

由以上的晤談顯示學生知道燃燒必須存在一些條件，但卻無法完整而正確的說明，此與鄭豐順（1997）對國中學生所做的研究結果類似，在不同年級中，都存在一些錯誤的想法，例如，燃燒必須有火、必須到達熔點、要高溫、要有風、要有紙或酒精當助燃物或物質中必須含氧等。

2.燃燒現象：不論在國中、小學，燃燒都常見於科學課程中，因此，學生對燃燒時會產生的現象--有（火）光和熱，應該都不陌生，但還是有部分學生對燃燒現象有一些別於科學概念的。各年級都有學生提出「燃燒會很臭、有焦味或有毒」的想法：

412：燃燒會...會聞到一種臭臭的又好像燒焦的味道。

研究者：你認為那個味道哪裡來的？

412：就是被燒的東西或者是那個...就被燒的東西。

還有一些學生以過程中物質是不是有融化現象，做為判斷的依據。

801：對。保麗龍喔會融化，所以不能燃燒。

Meheut 等人（1985）對 11、12 歲的學生進行燃燒概念的研究中提到：兒童對燃燒觀點易受感官知覺影響，在本研究中也看出學生在燃燒時常因感官知覺，看到（火）光、融化現象、聞到味道（可能是焦味、臭味或毒氣）、感覺到熱等等，因此

產生了一些對燃燒正確或不正確的想法。這些觀點中正確的是（火）光及熱的產生，但是有問題的是燃燒一定產生焦味、臭味或毒氣以及「熔化」與「燃燒」的混淆。

3.燃燒結果：燃燒過程中參與的物質及燃燒後的可能產物---二氧化碳和水蒸氣等氣體，大都無色、無味，容易被學生忽略；而燃燒後形成的氧化物對國小學生而言，又是完全陌生的東西，甚至國二學生也少有提及。因此學生普遍存在一些另有想法：燃燒是物理變化、燃燒後剩餘一些不能燃燒的物質及燃燒後質量改變等想法，例如：

研究者：酒精燃燒變什麼？

614：蒸發掉了

研究者：汽油呢？

614：也蒸發了...

*

*

*

601：燃燒後我是覺得可能會少掉非常多的成分吧？

研究者：少掉很多成分？你想是什麼成分？

601：可以燃燒的成分。

研究者發現燃燒後的物質對學生而言是比較容易不理解的，在一些文獻中也曾提到，Lowe（1997）對所羅門群島學生所做的研究發現，學生很難理解燃燒是伴隨化合(combination)的過程，Schollum & Happs（1982）對澳洲學生所做的研究也發現學生認為燃燒後物質不是被用完就是產生新物質。而 Meheut 等人（1985）發現學生藉由觀察而來的現象回答問題，因此會有易燃物只是熔化或蒸發的想法。在本研究中部分學生會將燃燒視為熔化或蒸發的物理變化，或是認為產生灰燼的產物，甚至認為燃燒後是因形狀或一些物質的抽離，造成質量減輕等的迷思概念。學生會有這樣的回答，可能是因為學生將燃燒過程中「具體可觀察」的變化或「使用記憶」做為回答的依據，此項結果與郭國成（2002）和 BouJaoude（1991）的研究結果相似。所以若在教學過程中，對於科學性的知識，能多讓學生經過親自動手去做、去觀察再去了解科學概念，應該更可以協助學生對於燃燒的理解。

綜上所述，學生在晤談中，對物質燃燒擁有的想法中，出現一些迷思概念，整理如表 2。

表 2 受訪學生對燃燒的迷思概念

相關概念	迷 思 概 念
物質是否可燃	<ul style="list-style-type: none"> • 銅、鐵是不可燃的。 • 保麗龍不可燃。
燃燒條件	<ul style="list-style-type: none"> • 燃燒一定要點火。 • 燃燒時必須有紙或酒精等易燃物當助燃物。 • 燃燒一定要高溫。
燃燒現象	<ul style="list-style-type: none"> • 燃燒就是熔化現象。 • 燃燒時間起來都很臭、焦味、有毒的味道。 • 燃燒物質會變紅或變黑。
燃燒結果	<ul style="list-style-type: none"> • 燃燒後，會有一些東西蒸發了。 • 物質燃燒後產物只有殘渣。 • 燃燒後物質本身的重量改變，物質減少了。 • 物質燃燒後會變成液體。

結論與建議

一、研究結果

從研究結果發現，無論對於是否可燃的分類或燃燒相關概念，學生的所持的想法都偏向日常生活中的感官經驗，例如學生會以燃燒時看到的現象--光或熱，或聞到的味道--臭臭的或焦味，來說明解釋或支持他的想法；也有學生以看過、實驗過來做為歸類的依據，此結果與許多文獻（如 Rahayu & Tytler, 1999；Meheut 等人，1985）類似，這個現象顯示無論中外兒童對燃燒的看法，經常來自個人的生活經驗。晤談結果也呼應了 BouJaoude(1991)指出學生對燃燒的理解是零碎、矛盾而且和科學知識有差異。此種特性可能起因於教科書中並沒有整體而完整的說明，在尚未接受「燃燒」概念的學生，可能透過自己對燃燒的一般經驗，進行直覺性反應，但經過學習後，學生一方面保有實際的觀察體驗，一方面又需要去認知科學上的觀點，因此發展出科學概念與經驗共存的想法，而造成學生的概念具有不穩定性及不一致性的現象。

另一方面，值得注意的是，如同 Rahayu & Tytler（1999）及鄭豐順（1997）的研究結果顯示：不同年齡學生在燃燒的想法上並沒有很大的差異，在本研究中也類似的結果，雖然學生的年齡層是從小四到國二，對於燃燒的學習階段也有所差異，但是

國二學生在燃燒方面還是與科學家的想法有相當的出入，這個現象是否如同 Abrhams (1992) 指出教科書對科學概念的發展是失敗的，還有待進一步的探究。但是如果進一步分析學生在物質是否可燃的思考模式時，則發現比較低年級的學生會有比較多經驗模式的表現，而年級較高的學生會有較多傾向科學概念的想法。這就呼應 Rahayu & Tytler 在 1999 年的研究發現隨著年齡增加，兒童更能連結經驗與語言將燃燒現象解釋的更有意義。此外，晤談結果發現不論國小或是國中，學生對於某些自然現象混淆，而影響學生對於燃燒的判斷，學生會將熔化、爆炸、蒸發等等的反應與燃燒時的現象相混淆，甚至認為燃燒等同於蒸發或熔化，這樣的結果在文獻中也曾發現（如 Meheut 等人，1985；Gonzalez，1997）。

二、建議

燃燒概念是日常生活化的經驗。而我國中小學課程中對於「燃燒」概念僅是某一單元中的一小部份，容易讓學生學習分散，所得到的知識較為零散，若能統整並銜接學習單元，應能促使學生習得較完整而連貫的概念。本研究結果或可提供教師做為燃燒教學的參考，瞭解學生的先備觀點，配合多元的教學設計，應可使教學更為有效。

參考文獻

- 許良榮、彭煜堯(2002)：中小學生對於物質化學性質之分類的迷思概念---以「溶解」為例。刊於**中華民國第三屆化學教育學術研討會**(205-214 頁)。國立彰化師範大學科學教育研究所。
- 郭重吉(1988)：從認知的觀點探討自然科學的學習。**教育學院學報**，**13**，352-378。
- 郭國成(2002)：國小學童「燃燒」概念另有概念之研究。國立屏東師範學院數理教育研究所碩士論文（未出版）。
- 張容君、周進洋(2001)：發展二段式紙筆測驗探討國中學生「燃燒」概念。中華民國第十六屆科學教育學術研討會。台北：中華民國科學教育學會。
- 陳柏棻(1993)：職前生物教師動物分類另有概念之研究。國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文（未出版）。
- 黃達三(1994)：國小學生的生命、動物、植物概念發展及另有架構的研究。國科會專題研究報告：NSC82-0111-S-143-003。
- 鄭昭明(1993)：**認知心理學：理論與實踐**。台北：桂冠圖書股份有限公司。

- 鄭豐順(1997)：國中學生燃燒概念之診斷與探討。國立臺灣師範大學化學研究所碩士論文(未出版)。
- Abraham, M. R. (1992). Understandings and misunderstandings of eight graders of five chemistry concepts found in textbook. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(2), 105-120.
- Andersson, B. (1986). Pupil' Explanations of some Aspects of Chemical Reactions. *Science Education*, 70(5), 549-563.
- BouJaoude, S. B. (1991). A study of the nature of students' understandings about the concept of burning. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(8), 689-704.
- Braund, M. (1991). Children's ideas in classifying animals. *Journal of Biological Education*, 25(2), 103-110.
- Gonzalez, F. M. (1997). Diagnosis of Spanish primary school students' common alternative science conceptions. *School Science and Mathematics*, 97(2), 68-74.
- Inhelder, B., & Piaget, J. (1969). *The early growth of logic in the child*. New York: Norton.
- Krascum, R. M., & Andrews, S. (1993). Feature-based versus exemplar-based strategies in preschools' category learning. *Journal of Experimental Child Psychology*, 56, 1-48.
- Lowe F. (1997). Scientific concept development in Solomon Island students: a comparative analysis. *International Journal Science Education*, 19(7), 743-759.
- Meheut, M., Saltiel, E., & Tiberghien, A. (1985). Pupil'(11-12 year olds') conceptions of combustion. *European Journal of Science Education*, 7(1). 83-93.
- Novak, J. D. (1988) . Learning science and the science of learning. *Studies in Science Education*, 15, 77-101.
- Philips, D. G., & Philips, D. R. (1989). *Structutres of thinking: Elaboration, evaluation and applications of a model of intellectual development*. North Liberty. Iowa: Insights.
- Prieto, T., Watson, R., & Dillon, J. S. (1992). Pupils' understanding of combustion. *Research in Science Education*, 22, 331-340.
- Rahayu, S., & Tytler, R. (1999). Progression in primary school children's conception of burning: Toward an understanding of the concept of substance. *Research in Science*

Education, 29(3), 295-312.

Ross, K. (1991). Burning : a constructive not a destructive process. *School Science Review*, 72 (251), 39-49.

Schnotz, W., & Preuß, A. (1999). Task-dependent construction of mental as a basis for conceptual change. In W. Schnotz, S. Vosniadou, & M. Carretero.(Eds.), *New perspectives on conceptual change*(pp.193-196). New York : Pergamon.

Schollum, B. et al., (1981). *Burning: A resource unit for teachers. learning in science project. working paper No. 36.* (ERIC document Reproduction Service No. ED 236019).

Schollum, B., & Happs, J. C. (1982). Learners' view about burning. *The Australian Science Teachers Journal*, 28(3), 84-88

Thomas B. W. (1990). Further comments on the attribute availability hypothesis of children's category learning. *Child Development*, 61, 611-613.

Vosniadou, S. (1999). Conceptual change research: State of the art and future directions. In W. Schnotz, S. Vosniadou., & M. Carretero.(Eds.), *New perspectives on conceptual change.*(pp3-14). Pergamon.

Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24(4), 535-85.

A Study of Elementary and Secondary School Students' Misconceptions of Combustion

Liang-Rong, Hsu Lung-Jeng, Wang

Graduate Institute of Science Education,
National Taichung Teachers College

Abstract

The purpose of this study was to explore elementary and secondary school students' classification and misconceptions of combustion. The interview was administered to 14 fourth-graders, 14 sixth-graders and 14-eighth graders (total N=42). The results indicate the students have five thinking modes of classifying combustible matter: attributive mode, conditional mode, outcome mode, empirical mode and term mode. The students have some misconceptions about combustion, including: copper and iron can't burn; combustion needs fire; combustion equates with melting; and combustion always produces foul or poison smells. Finally, other suggestions for teaching the concept of combustion and for further studies are also provided in this study.

Key words: Burning, Classification, Misconception.