國中生氧化反應中質量變化想法之初探與教學省思

張秀鈴*、謝秀月**
國立南科國際實驗高級中學、國立台南大學材料科學系所研究生*
國立台南大學材料科學系所**
jetaime@ms.nnkieh.tnc.edu.tw*

摘　要

本研旨在探討國中二年級學生對於氧化反應中質量是否變化持有的想法，以及理化教學省思。以木炭燃燒、鐵釘生鏽、鋼絲絨燃燒及磷粉燃燒等四個事件為主要測驗內容，利用二階段診斷式紙筆測驗對 59 名南縣國二學生進行施測，以探討國中生質量守恆的另有概念。

經資料分析後，主要發現學生因生活經驗、依外觀判斷而產生另有概念。認為看得見的物質才有質量，燃燒會產生二氧化碳是看不見的氣體產物，因此質量減少，而磷粉燃燒產生看得見的白煙，因此質量增加。學生也會將質量與體積、密度混淆，具有體積小、質地鬆散的物質質量較輕的另有概念。

關鍵字：另有概念、氧化反應、質量守恆

一、 研究背景與目的

過去許多學者認為學生在學習自然科學前，透過與環境的互動，對於某些自然現象已經擁有個人的看法與觀點，而這些個人的看法與觀點通常與科學概念有所差異，也會影響科學概念的學習，本研究將這些學生的概念稱為另有概念。Driver, Guesne 與 Tiberghien（1985）也曾指出傳統的課程與教學，較少考慮到學生的另有概念，因此學生較不容易達到有意義的學習，應選擇適當的學習經驗提供可產生觀念衝突的例子，並提供適當的活動，讓學生瞭解並修正自己的想法。現在雖然有許多研究已經注意到這些問題，但在國中真實教學情境中以這樣的理念實施教學的仍不普遍。

學習者因日常生活中的經驗及實驗課的觀察下，會產生許多另有概念，在教學歷程中隨時影響到科學概念的建立。教學過程中若能先瞭解學習者有哪些另有概念，並配合另有概念進行教學引導及修正，對於科學概念的形成會有很大幫助。根據謝志仁（1993）的研究指出學生化學變化相關概念的另有架構可歸入 Andresson 的解釋架構。通常學生使用『變化』及誤用『化學交互作用』的解釋架構來說明物質的出現；使用『置換』、『消失』及物質守恆的『修正』解釋架構做為物質變化時，質量的守恆推理架構。且根據陳

世雄 (1993）的研究指出學生質量守恆推理型態可歸納成四種：1.缺乏物質變化過程的知識。2.缺乏整體性的考量，僅考慮物質產生變化的部份。3.錯誤的物理概念。4.受日常生活的誤導。即便到了資訊年代，學生的質量守恆推理型態仍不外乎這四種。

研究者擔任國中理化科教師數年，就過去教學經驗，發現學生在化學的學習方面有許多困難。其一化學有許多微觀變化歷程需要抽象的概念才能解釋的現象，例如：當木炭燃燒時，發出光與熱，學生並無法觀察到電子間的傳遞及原子間的結合，形成看不見的二氧化碳。其二化學具有許多定律、符號及現象必須去記憶。為了瞭解化學反應所蘊含的實際原子間轉換，學生必須以微觀的角度去解釋巨觀的變化，對於初學的學生是相當困難的。在教學上教師應瞭解學生對於各種化學現象的想法及另有概念，尋找適當的教學方法，提供學生衝突的學習情境以幫助學生學習科學概念。

基於以上的理念與教學經驗，此研究的目的在於探查學生對於氧化反應後質量變化所持有的另有概念，進一步分析學生另有概念的可能來源，提供教師教學參考，協助學生改變另有概念以提升科學概念的學習。

二、 研究方法

本研究使用的診斷工具是分析物質變化概念的知識體系，參酌國內外相關文獻研究結果，以及 Driver(1895)等人所採用之探查學生另有概念的方法，編修成中文開放式紙筆測驗。題型為二階段診斷式測驗題型式，共分四大題，概念包含密閉空間及開放空間的生鏽及燃燒。問題情境為開放空間下的鐵釘生鏽、鋼絲絨燃燒及密閉空間的木炭燃燒、磷粉燃燒，選擇此四種氧化類型，是因其為生活中常見之現象；且選擇紅磷燃燒乃因其與木炭燃燒過程有不同現象。

以研究者任教南縣某國中二年級兩班學生共 59 名為研究對象。施測主要目的在於探討學生對於物質氧化反應過程中質量變化的想法。利用空白課時間，共 30 分鐘進行施測。首先向學生說明研究目的是想瞭解學生對於物質氧化後質量變化的想法，施測結果不作評分，亦無對錯之分，施測內容及資料並不會對外公開，請學生依自己真實的想法作答。

三、 結果與討論

以本研究所運用的四種氧化類型，根據學生作答情形逐題分析，依照各事件質量變化的百分比及學生的想法百分比整理成表。找出學生在此四種氧化類型中所具有的另有概念，並探查另有概念可能形成原因。

從分析結果中可發現，學生對於金屬的生鏽及燃燒有不同的想法與解釋，也表現出對於燃燒反應所共同存在的另有概念。

（一）質量增加

四個不同氧化反應中，認為質量增加的學生比例及推論的理由如表 1。

表 1 對於不同氧化反應後判斷質量增加的人數百分比及推論理由

	%	推論理由	%
鐵釘生鏽	88.1		
		與氧氣作用，多了氧氣的重量*	18.6
		與空氣中氣體作用，多了氣體重量	1.7
		多了鐵鏽的重量	57.6
		毫無相關解釋或沒有解釋	10.2
鋼絲絨燃燒	44.1		
		與氧氣作用，多了氧氣的重量*	17
		與空氣中氣體作用，多了氣體重量	1.7
		鐵鏽比鐵重	15.2
		鋼絲絨燃燒後產生新物質	3.4
		物理變化；鋼絲絨燃燒之後會膨脹體積增加重量增加	5
		毫無相關解釋或沒有解釋	1.7
木炭燃燒	5		
		容器中多了新物質	1.7
		毫無相關解釋或沒有解釋	3.4
紅磷燃燒	20.3		
		容器中多了新物質	8.5
		氣體溶解入水中增加重量	6.8
		毫無相關解釋或沒有解釋	5.1

*較正確的推論

鐵釘生鏽在日常生活中是常見的現象，因此有 88.1%的學生認為鐵釘生鏽質量會增加，但擁有物質變化過程的知識，能正確說出重量增加是因為鐵與氧氣作用造成重量增加理由的學生比例卻只有 18.6%，有超過 1/2 的學生認為鐵釘重量增加是因為多了鐵鏽，鐵鏽變成額外黏上去的物體，而非與鐵作用的鐵的氧化物，表現出學生對物質變化過程存在另有概念。

鋼絲絨燃燒反應中，有超過一半的學生認為質量會減少，因為錯誤的化學知識影響，認為鋼絲絨燃燒後也會產生氣體（如水汽或二氧化碳）而散失在空氣中，因為一般燃燒的物質如木頭、酒精等，燃燒後會產生水汽及二氧化碳，因此認為燃燒均會產生相同物質。

木炭燃燒反應中，認為質量增加的佔有 5%，這一類的學生也是缺乏整體性考量，認為容器中多了燃燒產生的煙及氣體，質量增加，忽略反應物木材與氧氣被消耗。紅磷燃燒反應中，認為質量增加的學生佔 20.3%，有的學生抱持的觀念是燃燒產生大量白煙，造成質量變大；也有學生認為白煙溶入水中後會造成質量增加

綜合鐵的生鏽與鋼絲絨燃燒也可發現，學生對於氧化後質量增加的看法，可能歸因於看見反應過程中產生新物質因而推論質量增加，但能提出反應過程是與氧氣反應而增加質量的學生比例卻不高，由此也可知學生仍處於以生活經驗去解釋化學變化的狀態。此外，也可發現許多學生仍然質量與體積會混淆，認為體積增加質量也會增加。教學上應該放慢腳步，讓學生慢慢適應理化的步調，且應加強定義的教學。

（二）質量不變

四個不同氧化反應中，認為質量不變的學生比例及推論的理由如表 2。

表 2 對於不同氧化反應後判斷質量不變的人數百分比及推論理由

	%	推論理由	%
鐵釘生鏽	3.4		
		有新物質產生	1.7
		毫無相關解釋或沒有解釋	1.7
鋼絲絨燃燒	10.2		
		仍是相同鋼絲絨	6.8
		毫無相關解釋或沒有解釋	3.4
木炭燃燒	42.4		
		容器是密閉的，所以重量相同*	27.1
		使用定律或定則*	5
		相同物質，只是型態有所不同*	1.7
		毫無相關解釋或沒有解釋	8.5
紅磷燃燒	45.8		
		容器是密閉的，所以重量相同*	20.3
		使用定律或定則*	5.1
		產生的白煙沒有重量	6.8
		物理變化	3.4
		毫無相關解釋或沒有解釋	10.2

*較正確的推論

鋼絲絨燃燒反應中，10.2%學生認為質量不改變，其中 2/3 的學生認為鋼絲絨加熱是不會燃燒，不與氧氣起反應，質量不會改變。研究者反思自然與生活科技第三冊第二章氧氣製備實驗的教學中，研究者曾引導學生比較空氣及純氧下鋼絲絨的燃燒情形，因此有不少學生認為鋼絲絨應不會於空氣中燃燒。

木炭燃燒反應中，認為質量不改變的學生有 42.7%，所持的意見都是強調質量守恆，有的學生甚至直接只說明『密閉容器沒有物質進出』。這些學生多是認為密閉容器內，物質變化前後質量不變，由整個系統的狀態來判斷物質變化前後質量守恆關係，認為沒有物質的進出系統，故質量不變。

紅磷燃燒反應中，認為質量不改變的學生佔有 45.8%，其中 1/2 的學生認為因為容器密閉，沒有任何物質進出，因此質量不會改變。有的學生提出質量守恆，但也有學生提出原子不滅的概念，應是最近剛接觸原子分子概念，也不乏學生認為白煙很輕，所以質量可以忽略，甚至認為白煙沒有質量。再者也有學生認為紅磷加熱後應該是『昇華』造成白煙，因此認為物理變化物質的質量是不改變的。

綜合以上各點，發現學生仍存在著看不見的微小物質是沒有質量的，在教學過程中，應多搭配生活中的例子進行操作，例如：將天平兩端擺放氣球達平衡後，其中一顆填充氣體後，觀察天平的變化。以選擇題為主要測驗題的年代，當學生在考試作答時選擇答案正確，但答案正確的背後也許不代表學生具有正確的科學概念。在教學過程中除一般紙筆測驗外，多元測驗及適當的問答有助於瞭解學習者的學習狀態。

（三）質量減少

四個不同氧化反應中，認為質量減少的學生比例及推論的理由如表 3。

表 3 對於不同氧化反應後判斷質量減少的人數百分比及推論理由

	%	推論理由	%
鐵釘生鏽	8.5		
		鐵鏽會掉落*	3.4
		鐵鏽比鐵輕	3.4
		毫無相關解釋或沒有解釋	1.7
鋼絲絨燃燒	45.8		
		燃燒會損失或消耗部份物質	16.9
		燃燒後產物散失	3.4
		物理變化；燃燒後體積減小重量減小	6.7
		鐵鏽比鐵輕	3.4
		毫無相關解釋或沒有解釋	15.2
木炭燃燒	54.5		
		只考慮燃燒產物的輕重，未注意到整個系統狀態是密閉的*	23.7
		粉末質量比較輕	23.7
		氧氣被消耗掉	3.4
		毫無相關解釋或沒有解釋	1.7
紅磷燃燒	33.9		
		白煙溶解到水中，質量消失	3.4
		某些物質燒掉了	13.6
		白煙沒有重量或比較輕	6.8
		蒸發掉了	1.7
		毫無相關解釋或沒有解釋	8.5

*較正確的推論

鐵釘生鏽反應中，質量減少的學生僅佔 8.5%，其中 3.4%的學生因為受到日常生活經驗的誤導，認為鐵釘生鏽後，鐵鏽是疏鬆會脫落造成質量減輕。3.4%的學生對於物質的質量有不正確觀點，認為鐵鏽比鐵輕的原因在於鐵鏽質量比鐵輕，與木柴燃燒的想法一致：密度小的物質或者物質變鬆散後質量較小。

鋼絲絨燃燒反應中，有 6.7%的學生認為鋼絲絨體積變小，質量因此減輕，研究者反思自然與生活科技第三冊第二章氧氣製備實驗教學中，除了基本燃燒線香外，研究者也讓學生燃燒鋼絲絨，體驗鋼絲絨在空氣與氧氣中的燃燒狀況，實驗結果發現鋼絲絨在氧氣中劇烈燃燒後，縮成小球狀，可能造成學生有此想法。也有 3.4%的學生認為鋼絲絨燃燒後會跟木頭燃燒一樣，變成灰燼，因此質量變小。認為質量減輕的學生都有類似想法，認為物質燃燒後就燃燒掉了，什麼都不剩，因此認為開放空間中所有物質燃燒後質量一定減少。

木炭燃燒反應中，認為質量減輕的學生佔較高比例，高達 54.5%，但當中一半的學生認為減輕的原因是因為未注意到整個系統狀態是密閉的，認為燃燒產物會逸散到空氣中，因而認為質量減輕。經晤談提醒有『密閉容器』後，說出質量應該不改變。也有近一半的學生認為堅硬的木頭燃燒後變成疏鬆的灰燼比較輕。這些學生具有錯誤的物質概念，對物質的質量具有不正確的觀點，認為堅固的物體質量＞疏鬆的物體質量，這些思考可能源自於日常生活的體驗。兩名學生說出密閉容器中氧氣被用掉，所以質量變輕，

可發現其缺乏整體性的考量，忽略燃燒會出現產物，只注意到燃燒會損耗氧氣，造成質量減輕。

紅磷燃燒反應中，有 33.9%的學生認為燃燒必然造成部份物質被燒掉，看不到所以不存在，質量會減輕。也有學生抱持白煙溶到水中質量會消失，這名學生在糖溶解的問題中，提出的想法卻是糖溶解到水中總重應該不改變，可看出學生仍存在不少矛盾。

根據以上結果也可發現學生仍存有物質溶解後，因看不見所以質量消失的另有概念。認為鬆散的物體一定比堅硬的物體質量輕的生活經驗，即使經過科學概念教學後，另有概念仍殘存於學生印象中。日常生活中鐵生鏽後，氧化鐵是疏鬆容易掉落的想法也深植學生心。日常生活中學生所遭遇到的燃燒不外乎木材燃燒、蠟燭燃燒，均為燃燒後產生氣體產物消失在空氣中的反應，理化教學過程中，新接觸的金屬生鏽、燃燒等氧化反應，往往學習者會出現產物均為氣體產物的另有概念，在提及氧化有關的內容時，教學者可時時提醒學習者燃燒後產物會隨反應物不同而改變。

四、 結論

國二學生對於密閉容器的燃燒常出現缺乏整體性的考量，對於自己熟悉的變化，例如木材燃燒，會側重於木材燃燒後剩下灰燼，氣體不見了，因此質量減輕。密閉容器中紅磷燃燒，因屬於不熟悉的範圍，注意的角度因人而異，部份學生注意到紅磷『燃燒』，認為物質減少因此質量減小，部份學生注意到產生大量白煙，認為多了白煙質量增加。

鐵生鏽與鋼絲絨燃燒均屬於金屬的氧化，日常生活中，學生具有較多鐵生鏽的經驗，因此認為鐵生鏽質量變重，但卻無法完整描述鐵生鏽後質量增加是因為鐵與氧氣化合。鋼絲絨燃燒因只在氧氣製備的實驗中體驗，加上缺乏物質變化過程的知識，有錯誤的化學知識，認為所有物質燃燒都會產生氣體（如二氧化碳），使得質量減輕。部分學生因實驗操作過程中，發現鋼絲絨在純氧中會燃燒產生大量火花並體積減小，因而有鋼絲絨會像木炭燃燒後一樣消失的迷思概念。

由研究發現學生會因經驗、或缺乏仔細觀察只依外觀判斷而產生另有概念，本研究建議科學概念形成過程中，教學者除了提供適當的活動讓學生體驗，幫助學生學習外，在活動過程中也應培養學生觀察的要點。有時帶入多樣化的實驗活動，於實驗活動結束後也應針對實驗細節給予團體討論與分析，利用討論的歷程，加強學生科學概念的建構。避免原先希望舉出會產生概念衝突例子，讓學生有機會思考改變概念的教學設計，因為教學中的說明及討論的不足，造成學生產生意外的另有概念。

五、參考資料

Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985).*Children's ideas in science.* Philadelphia: Open University.

陳世雄（民 82）。從重量守恆推理能力探討學生對物質變化的錯誤概念。師大學報，38，175-201。

謝志仁（民 82）。國中學生化學變化相關概念另有架構之探究。科學教育，4，25-51。