

## 第肆章 級位分體論述語意理解之探討

此章內容主要討論教師與學生對於科學文本中級位分體論述的語意理解。由前述分析可以發現科學文本有多元論述級位與分體關係的型式，這些型式透過不同的詞彙角色來體現，尤其是過程詞佔了很大的比例，換言之，過程詞在表述級位與分體關係上扮演重要的角色，對於使用教科書主角的教師與學生而言，他們是否識別這些過程詞彙所勾繪出的級位分體關係？對於這些過程詞彙在表達級位關係上又有何理解，這是本章所關注的焦點。

### 第一節 研究理念

由前章的分析發現文本用於描述概念級位分體關係的論述方式相當多元且各具意義，每個教科書版本編者之所以會使用某些論述方式，意味著他們認為該論述最能表示該概念之間的語意關係。不過回到教學實務的層次來看，科學教學現場中，教師與學生對於文本級位分體論述的理解，應是值得關注之議題。此議題所反映的意義不只是呈現教師與學生的理解觀點，更帶給教科書編者在撰寫文本內容上一些反思，而目的不外提升科學教科書編輯的品質。

本章以凱利方格技術(Kelly Repertory Grid Techniques)為分析方法，它可以藉由個體對於元素(elements)與構念(constructs)的評價，瞭解個體對於這些元素與構念的心理認知。就本文而言，就是瞭解教師與學生對於不同概念間語意關係以及不同論述方式在描述語意關係上的理解情形，本文從國中科學教科書的物質組成與分類主題中選取一段文章，並將文章中概念之間的語意關係作為方格技術中的元素，以前章分析的幾個主要論述方式作為構念，來探知教師與學生對概念之語意關係與論述方式在描述語意關係上的理解。以下將說明實驗文本、研究對象、

研究問卷、資料處理與分析以及研究發現等部份。

## 第二節 實驗文本的分析

### 一、文本內容的結構

本文從現行國中科學教科書內容中，選取一段「物質與原子」的文本內容作為本研究的實驗文本，來分析級位分體論述的特性。此主題的內容特色有二：第一，其呈現了由下至上(bottom-up)的概念階層，來說明物質的組成，此部分的概念是屬於微觀不可視的層次，這類概念就是因為缺乏具體物可直接觀察，因此在語意上相對抽象，此部分主要描述物質的組成結構，在研究上適合作為分體關係分析的瞭解。其次，此主題又以一些具體實例來對應不同階層中的概念，例如以水和空氣等實例來說明化合物與混合物，此部分著重於物質的分類，可作為級位關係分析的瞭解。下述將呈現文本的內容以及其概念架構。

本文的實驗文本如下：

(1)氫氣是由氫分子組成，(2)而氫分子是由 2 個氫原子構成，(3)由於只含氫原子，(4)所以氫為元素；(5)同理，氧也是元素。(6)水電解可以生成氫氣和氧氣，(7)每個水分子是由 2 個氫原子及 1 個氧原子所組成，(8)因此水是由兩種原子依一定比例組成，(9)稱為化合物。(10)而混合物是由兩種或兩種以上的純物質以不定的比例混合而成，(11)例如空氣是由氮氣、氧氣、氫氣和二氧化碳等多種純物質混合而成。

(引自 康軒國中自然與生活科技第四冊，2004，頁 11)

此段文章中可見許多概念以及描述概念之間語意關係的論述方式，其中概念以黑體字標示，而描述語意關係的型式則以斜體字底線標示。文章中的概念蘊含著一個概念架構，若以概念圖的方式來呈現，此概念架構則如圖 4-2-1 所示。

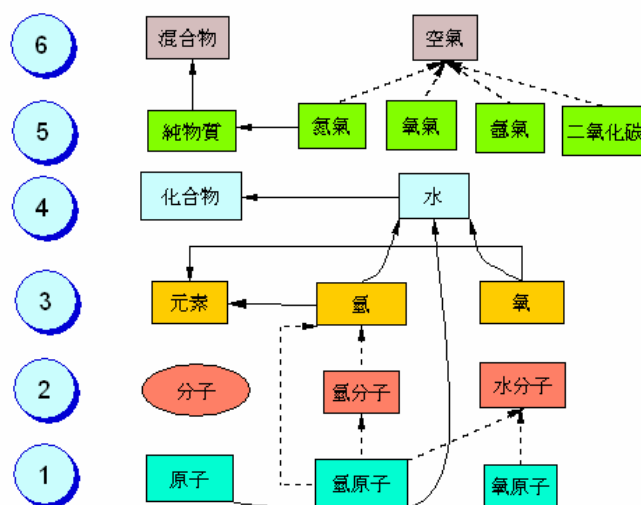


圖 4-2-1 物質與原子文本的概念架構

此圖中左方圓圈數字代表著六個不同概念層次，而方塊文字代表文本中出現的概念，每個層次具有一個能指詞彙(signifier lexicon)及其所對應的所指詞彙(signified)，例如「元素」屬於能指詞彙，而「氫、氧」就是元素的所指詞彙。此外，相同層次中的能指與所指以相同的顏色來區示，這些能指和所指的所屬概念層次整理如表 4-2-1：

表 4-2-1 文本概念層次與對應詞彙

| 概念層次 | 能指詞彙 | 對應之所指詞彙       |
|------|------|---------------|
| 1    | 混合物  | 空氣            |
| 2    | 純物質  | 氮氣、氧氣、氫氣、二氧化碳 |
| 3    | 化合物  | 水             |
| 4    | 元素   | 氫、氧           |
| 5    | (分子) | 氫分子、水分子       |
| 6    | 原子   | 氫原子、氧原子       |

在上圖中，長形方塊表示文本內容出現的詞彙，而橢圓方塊則是文本隱涵的詞彙，例如「分子」此詞彙未在文中出現，而以氫分子與水分子這些所指來呈現。

方塊之間以不同的線條形式來聯繫以表徵不同的語意關係，直線與虛線分別表示級位與分體關係，而曲線則表概念之間的隱涵關係(implicit relation)。

隱涵關係意味著概念之間的語意關係較為隱晦，例如文中描述「水電解可以生成氫氣、氧氣」，水並無法直接形成氫氣和氧氣，水的成分中也不是氫氣和氧氣。水產生氫氣、氧氣尚需要經過電解步驟，因此較不易直接識別其語意關係，然而氫氣與氧氣的產生顯然又來自於水分子中的氫原子與氧原子，另外，「水是由二種原子依一定比例組成」中，水與原子並非屬於同一概念層次，但是它們又透過「組成」這種型式來論述，且原子又象徵氫原子與氧原子的意義。這二句在級位與分體關係的體現上並不明確，因此將它們列為隱涵關係。

## 二、文本的語句分析

上述的文本共有 164 個字，依據系統功能語言的觀點，可以將文本內容分成 11 個小句(clauses)，文中的數字即為小句編號。文本的語句分析在於辨認小句中概念的角色意義，每個詞彙在小句中各有其擔任的角色，有些是參與者(participant)的角色，有些則是過程(process)的角色，而有些則是環境成份(circumstance)。參與者經常以名詞或名詞組的形式出現，是小句中的人物性質，是小句事件中的演員(actor)，過程則是動詞的形式，描述參與者的動作，用以連繫參與者之間使其成為一事件狀態，環境成份則是指以介詞或副詞為主的詞彙，描述事件的時空關係。因此三者成為語句分析中的核心概念，用來瞭解整個小句中實體在特定時空條件下所發生狀態或動作的語意。其中參與者就相當於小句中的概念，而過程就相當於論述方式，二者均與級位分體關係的論述有關，為使清楚呈現研究文本的內容，表 4-2-2 呈現實驗文本的語句分析，以幫助本文在方格分析法中呈現清楚的構念與元素。

經上述之語句分析發現小句 3 與小句 9 的主位參與者被省略，無法直接從字面得知二個小句的主詞，這種現象稱為「零主詞」或「零代詞」，在科學文本中是常見的描述形式，雖然可以省略某些小句的主詞，而避免主詞贅述的情形，但也因為無法直接識別主詞，因此容易產生語意上的解讀差異。例如可能產生的問

題是：小句 9 中，「稱為化合物」的主詞是什麼？由語意脈絡來推論主詞應為「由二種原子依一定比例組成的物質」，而水就是屬於這樣的物質，因此水屬於化合物，但是文本中卻未呈現這樣的描述，這種主詞省略的現象在科學文本中會產生語意級階(semantic ranking)的跳躍，使得語意的發展無法連貫，容易產生語意混淆或誤解(陳世文、楊文金，2006)，在文本編輯或是課室講述上，應可留意如此論述是否能清楚地表達語意。

表 4-2-2 文本之語句分析

| 小句 | 參與者 | 過程        | 參與者           | 說明   |
|----|-----|-----------|---------------|------|
| 1  | 氫氣  | 是由...組成   | 氫分子           |      |
| 2  | 氫分子 | 是由...構成   | 氫原子           |      |
| 3  |     | 只含        | 氫原子           | 主語省略 |
| 4  | 氫   | 為         | 元素            |      |
| 5  | 氧   | 是         | 元素            |      |
| 6  | 水   | 電解、生成     | 氫氣、氧氣         |      |
| 7  | 水分子 | 是由...所組成  | 氫原子/氧原子       |      |
| 8  | 水   | 是由...組成   | 原子            |      |
| 9  |     | 稱為        | 化合物           | 主語省略 |
| 10 | 混合物 | 是由...混合而成 | 純物質           |      |
| 11 | 空氣  | 是由...混合而成 | 氮氣、氧氣、氫氣、二氧化碳 |      |

### 三、文本的詞彙鏈分析

詞彙鏈分析目的在於幫助瞭解指涉級位與分體關係之概念所具有的角色，包括小句內橫向的概念角色，以及小句與小句之間的縱向概念角色的認知(Unsworth, 2001)。這樣的分析方式可以綜觀整體文本脈絡下的語意關係。承續前述文本小句語句分析，進一步進行實驗文本的詞彙鏈分析，分析情形如表 4-3-2 所示，表中左欄列出實驗文本的每一小句，而右欄則是選出小句中的詞彙，再將這些詞彙進行橫向與縱向的聯結，並呈現其蘊含的級位分體關係，以認清各概念的語意角色，對語意關係有深層認識。

表 4-2-3 實驗文本之詞彙鏈分析

| 文本－物質與原子                          | 詞彙鏈分析                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 氫氣是由氫分子組成                      | <div> <div> <div>氫氣</div> <div>meronym</div> <div>氫分子</div> </div> <div> <div>meronym</div> <div>meronym</div> <div>meronym</div> </div> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 2. 而氫分子是由 2 個氫原子構成                | <div> <div> <div>氫分子</div> <div>meronym</div> <div>氫原子</div> </div> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 3. 由於只含氫原子                        | <div> <div> <div>meronym</div> <div>氫原子</div> </div> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 4. 所以氫為元素                         | <div> <div> <div>氫</div> <div>hyponym</div> <div>元素</div> </div> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 5. 同理，氧也是元素                       | <div> <div> <div>co-meronym</div> <div>hyponym</div> <div>元素</div> </div> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 6. 水電解可以生成氫氣和氧氣                   | <div> <div> <div>水</div> <div>meronym</div> <div>氫氣</div> <div>meronym</div> <div>氧氣</div> </div> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 7. 每個水分子是由 2 個氫原子及 1 個氧原子所組成      | <div> <div> <div>水分子</div> <div>meronym</div> <div>氫原子</div> <div>co-meronym</div> <div>氧原子</div> </div> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 8. 因此水是由兩種原子依一定比例組成               | <div> <div> <div>水</div> <div>meronym</div> <div>原子</div> </div> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 9. 稱為化合物                          | <div> <div> <div>meronym</div> <div>化合物</div> </div> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 10. 而混合物是由兩種或兩種以上的純物質以不定的比例混合而成   | <div> <div> <div>混合物</div> <div>meronym</div> <div>純物質</div> </div> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 11. 例如空氣是由氫氣、氧氣、氫氣和二氧化碳等多種純物質混合而成 | <div> <div> <div>meronym</div> <div>hyponym</div> </div> <div> <div>空氣</div> <div>co-meronym</div> <div>hyponym</div> <div>純物質</div> </div> <div> <div>氫氣</div> <div>co-meronym</div> <div>hyponym</div> <div>純物質</div> </div> <div> <div>氧氣</div> <div>co-meronym</div> <div>hyponym</div> <div>純物質</div> </div> <div> <div>氫氣</div> <div>co-meronym</div> <div>hyponym</div> <div>純物質</div> </div> <div> <div>二氧化碳</div> <div>co-meronym</div> <div>hyponym</div> <div>純物質</div> </div> </div> |

### 第三節 研究工具與對象

#### 一、問卷之設計理念

在探討師生對於級位分體論述之語意理解上，本文的研究工具為「物質與原子語意論述」的問卷，此問卷是以凱利方格技術來設計，凱利方格法(Repertory Grid Technique)源於George. A. Kelly的個人建構論(personal construct theory)，此理論描述個體從知自外在刺激、轉化這些刺激形成概念，並與心理構念產生聯結的過程。這個理論意義上不只是認知理論，更是個體如何解釋周遭世界的理論。Kelly(1955)認為個體心理建構的過程與他如何預期事件有關，而個人預期事件的方式又源於其即存構念，每個個體都是個人科學家(personal scientist)來建構對周遭世界的認識與詮釋。Kelly的個人建構論將個體視為一心理空間(psychological space)以儲存與分類我們的經驗，心理空間並非先天存在，而是透過在建構對事物認知的過程所產生，是反映個體經驗的系統(Shaw & Gaines, 1992)。RGT在科學教育領域也是常見的分析方式，其用於研究的主題包括科學本質理解(Stead, 1983; Bezzi, 1999; 林陳涌、楊榮祥, 1998)、學生之學科知覺(Fetherstonhaugh, 1994; Winer & Vazquez, 1995)、科學概念理解(楊文金, 2000; 陳雅芬, 2000; 陳可恭, 2005; )、教師教學信念(李宜靜, 1996; 王心詠、黃台珠, 1997; 蔡秀芳, 1998)、學習環境知覺(翁敏婷, 2000)、小組互動(藍偉瑩, 2001)以及文本語言分析(李哲迪, 2006)等。

使用 RGT 分析技術時，需要引出元素(element)與構念(construct)，構念是指個體用來解釋事件以及整理、分類、記下行為過程的一種概念。在解釋事件時，個體會注意到某些有別於其他事件的特性，在相似與相異的分辨過程中所作的詮釋就形成了個體的構念，這些元素與構念間的關聯便反映在個體的心理空間之中。元素與構念的引出可以採用不同的策略(Shaw, 1981)，例如透過晤談或預測的方式引出，然而若事先預設好所欲討論的元素與構念，同樣可利用凱利方格技術來分析，例如陳雅芬(2001)、陳可恭(2005)以及李哲迪(2006)等人的研究。本文問卷中的元素與構念也是預先設定，元素是來自於「物質組成與分類」主題中某段

文本的概念，而構念則是第三章中所分析的級位分體的論述方式。這些構念只挑選出過程詞的型式，以過程詞作為構念可分析小句單位中元素與構念的關聯。而這樣的設計中，元素與構念之間的關係可視為是語言中概念與論述方式的聯繫關係，而構念將元素分群，也可看出元素在個體心理空間裡的群集關係。以下將進一步說明本文設計問卷結構。

## 二、RGT 問卷的元素

在凱利方格技術中，元素是分析方法中的要角。本文根據前述文本語句分析（見表 4-2-2），從每個小句中選取參與者（概念）作為 RGT 的元素，在 11 個小句中原本有 11 組元素組合，但小句 6 中水與氫氣、氧氣尚有包含電解過程，未直接描述級位分體關係，故不予考慮，而小句 4 與 5 合併成一組元素，因此問卷中共有九種的元素組合，元素組合與小句對應情形列表如下：

表 4-3-1 元素組合與對應小句

| 編號 | 凱利方格元素           | 對應小句 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
|----|------------------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|
|    |                  | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1  | 氫氣—氫分子           | ✓    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| 2  | 氫分子—氫原子          |      | ✓ |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| 3  | 氫—氫原子            |      |   | ✓ |   |   |   |   |   |   |    |    |
| 4  | 元素—氫、氧           |      |   |   | ✓ | ✓ |   |   |   |   |    |    |
| 5  | 水分子—氫原子、氧原子      |      |   |   |   |   |   | ✓ |   |   |    |    |
| 6  | 水—原子             |      |   |   |   |   |   |   | ✓ |   |    |    |
| 7  | 化合物—水            |      |   |   |   |   |   |   |   | ✓ |    |    |
| 8  | 混合物—純物質          |      |   |   |   |   |   |   |   |   | ✓  |    |
| 9  | 空氣—氫氣、氧氣、氫氣、二氧化碳 |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    | ✓  |

## 三、RGT 問卷的構念

問卷的構念是指文本的論述方式，也就是文本利用什麼樣的說法來描述概念



間的級位分體關係。在第三章中整理出 35 種論述方式，這些型式均可作為問卷構念，但考量問卷構念數量過多可能增加學生答題負擔而影響問卷的效度，因此以「解構、組合、確認、含攝」的過程語式為主，並從此四類中選出 13 種文本主要的論述方式作為本文問卷中的構念。這些論述方式在文本中可描述語意關係，有些描述級位關係，在表 4-3-2 中以 (H) 表示，有些描述分體關係，以 (M) 表示，有些則是屬於內隱論述的方式，以 (I) 表示，這些論述方式與語意關係的對應是由前述實驗文本的分析、以及兩位科教領域學者討論而得。

此外，由文獻分析可知，「X is a kind of Y」與「X is a part of Y」是表達級位與分體關係最簡單的語式，故在問卷構念上增加「一種」與「一部分」二者，以瞭解受試者對級位分體關係的識別。若將問卷構念列表呈現，則如表 4-3-2 所示。

表 4-3-2 RGT 問卷的構念設計

| 語意類別 | 構念       | 語意類別 | 構念       |
|------|----------|------|----------|
| 解構   | 分為 (I)   | 組合   | 混合而成 (M) |
|      | 分成 (I)   |      | 結合成 (M)  |
| 含攝   | 含有 (M)   |      | 化合成 (M)  |
|      | 含 (I)    | 確認   | 是 (H)    |
|      | 包含 (I)   |      | 有 (I)    |
| 組合   | 組成 (M)   | 級位   | 一種 (H)   |
|      | 構成 (M)   | 分體   | 一部分 (M)  |
|      | 聚集而成 (M) |      |          |

常見的級位分體論述為「A 是一種 B」以及「A 是 B 的一部分」，同時也是判別級位關係與分體關係最簡單的語式，因此可由此二構念來瞭解受試者對元素之間語意關係的理解。問卷試題的設計，上階概念會居於主位(Theme)，而下階概念居於述位(Rheme)，中間透過某個構念來描述，但在{是}、{一種}、{一部分}三個構念中，考量到語意之因素，需要將前述語式結構互換，將下階概念置於主位，而上階概念居於述位，例如[ ]是[ ]的一部分或[ ]是一種[ ](詳細的問卷試題可參考附錄一)。另外，在組合語式中，選取六種不同型式，這些型式雖然在前述分析中均用於指涉分體關係，但是可能涉及到混合與原子間鍵結的不同分體意義，故列入問卷構念進行討論，以有效瞭解讀者對於這些構念在描述級位分體關係的理解情況。

#### 四、問卷試題分析

凱利方格的矩陣結構是由構念與元素分別作為經緯相互交織而成，本問卷的元素共有九組，而作為構念的論述共有 15 種，因此兩者產生 135(9×15)種論述句。而每個論述句即為一題試題，因此共有 135 題試題。根據問卷中的元素與構念的組合，可形成一個方格表，如下圖所示。

| 凱利方格表 |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |      |             |  |  |
|-------|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|------|-------------|--|--|
|       |    | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |    |      |             |  |  |
| #分爲   | 1  | * | * | * | * | * | * | * | * | * | 1  | 分爲   |             |  |  |
| #分成   | 2  | * | * | * | * | * | * | * | * | * | 2  | 分成   |             |  |  |
| #含有   | 3  | * | * | * | * | * | * | * | * | * | 3  | 含有   |             |  |  |
| #含    | 4  | * | * | * | * | * | * | * | * | * | 4  | 含    |             |  |  |
| #包含   | 5  | * | * | * | * | * | * | * | * | * | 5  | 包含   |             |  |  |
| #組成   | 6  | * | * | * | * | * | * | * | * | * | 6  | 組成   |             |  |  |
| #構成   | 7  | * | * | * | * | * | * | * | * | * | 7  | 構成   |             |  |  |
| #聚集而成 | 8  | * | * | * | * | * | * | * | * | * | 8  | 聚集而成 |             |  |  |
| #混合而成 | 9  | * | * | * | * | * | * | * | * | * | 9  | 混合而成 |             |  |  |
| #結合成  | 10 | * | * | * | * | * | * | * | * | * | 10 | 結合成  |             |  |  |
| #化合成  | 11 | * | * | * | * | * | * | * | * | * | 11 | 化合成  |             |  |  |
| #有    | 12 | * | * | * | * | * | * | * | * | * | 12 | 有    |             |  |  |
| #是    | 13 | * | * | * | * | * | * | * | * | * | 13 | 是    |             |  |  |
| #一種   | 14 | * | * | * | * | * | * | * | * | * | 14 | 一種   |             |  |  |
| #一部分  | 15 | * | * | * | * | * | * | * | * | * | 15 | 一部分  |             |  |  |
|       |    | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |    |      |             |  |  |
|       |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    | 9    | 空氣/氮氣       |  |  |
|       |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    | 8    | 混合物/純物質     |  |  |
|       |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    | 7    | 化合物/水       |  |  |
|       |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    | 6    | 水/原子        |  |  |
|       |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    | 5    | 水分子/氫原子,氧原子 |  |  |
|       |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    | 4    | 元素/氫,氧      |  |  |
|       |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    | 3    | 氫/氫原子       |  |  |
|       |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    | 2    | 氫分子/氫原子     |  |  |
|       |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    | 1    | 氫氣/氫分子      |  |  |

圖 4-3-1 問卷的凱利方格空白表

因此每位受試者所填答的答案可以轉化為方格來表示。這個方格的格式如附錄三所示。而問卷的試題雖然共分為九組（即九組元素），但各組的語式結構相同，這些結構呈現如表 4-3-3。

問卷中呈現研究文本的內容，讀者在讀過文本內容之後，根據文本語意來判斷論述語與概念之間的「適合程度」，也就是某組元素用某種構念來描述的適合程度，適合程度分為五個等級：「非常適合(=5)」、「很適合(=4)」、「適合(=3)」、「不適合(=2)」、「最不适合(=1)」，請受試者逐題填上自己認為最合適的程度，問卷的完整內容附於文後，另外對於 33 位國二學生進行問卷預試，結果發現，問卷內在一致性  $\alpha$  值為.88（詳見附錄二），顯見問卷具有良好信度，堪以使用。

表 4-3-3 問卷試題的語式

| 試題語式                  |                        |
|-----------------------|------------------------|
| 1 _____ 可以分為_____。    | 9 _____ 是由_____ 混合而成。  |
| 2 _____ 可以分成_____。    | 10 _____ 是由_____ 所結合成。 |
| 3 _____ 含有_____。      | 11 _____ 是由_____ 所化合成。 |
| 4 _____ 含_____。       | 12 _____ 有_____。       |
| 5 _____ 包含_____。      | 13 _____ 是_____。       |
| 6 _____ 是由_____ 所組成。  | 14 _____ 是一種_____。     |
| 7 _____ 是由_____ 所構成。  | 15 _____ 是_____ 一部分。   |
| 8 _____ 是由_____ 聚集而成。 |                        |

## 五、研究對象

本研究受測的對象為中學學生與科學教師，其中包括高二學生 78 人、國中國二學生 65 人，以及科學教師 7 人，總計人數為 150 人，文中分別以代號 SS(高二學生)、JS(國二學生)以及 ST(科學教師)表示。受測的國二學生在國二上學期接觸過「物質組成與分類」的主題，因此對於此主題的內容並不陌生，而高二學生在高一時學過基礎化學，在高二也接觸到物質與原子之結構的主題，此主題介紹原子模型、元素分類、物質結構與鍵結種類，相較於國中階段，高中生接觸到物質組成與分類上更深入的概念。比較高二與國二的學生之用意有二，一是高中學生科學學習時間較國中學生久，科學文本內容較為深入，因此在學科知識較為豐富，同時可能對語意論述的識別較為敏銳，因此研究預期二者對於論述語意解讀應有差異，二是瞭解二者對論述的理解，可供科學教學與文本編輯的參考。

此外，科學教師對級位分體論的語意解讀亦為本文探討的重點之一，因為科學教師的看法攸關學生在概念系統上的建構。本文受測的七位科學教師中，三位為高中教師，四位為國中教師，具有相當教學經驗且熟知科學教科書內容，在研究上具適切性。本文的研究對象為國中學生，高中學生及科學教師，因此在分析上，除了可以瞭解各組對象的看法之外，亦尚可進行教師與學生以及高中與國中學生的差異比較，以有效反映師生對級位分體論述的看法與理解。

## 第四節 資料處理與分析

由於本文採用凱利方格技術來探討教師與學生對級位分體論述之理解，因此此節主要說明凱利方格技術在研究資料上處理程序與分析方法。

### 一、資料處理程序

每位受試者所填寫的問卷，均可形成一個方格，因此方格數等於所有受試人數，方格中的數值由 1 到 5。各組對象可形成一方格表，故研究中的方格：國二學生方格、高二學生方格以及科學教師方格。方格中的每個數值即為所有受試者的答題平均值。例如整體方格中第 i 行第 j 列中的值等於第一位受試者第 i 行第 j 列的值累加到第 n 位受試者第 i 行第 j 列的值的平均數。若以式子表示則為：

$$C_{ij} = \sum [(C_1)_{ij} + (C_2)_{ij} + \dots + (C_n)_{ij}] / n$$

因此整體方格中的每一個值，都是個別受試者評比的平均值。算出整體平均值之後，將方格的評值以 RepIV 1.10 軟體進行分析。而整個資料進行處理流程以下圖表示。

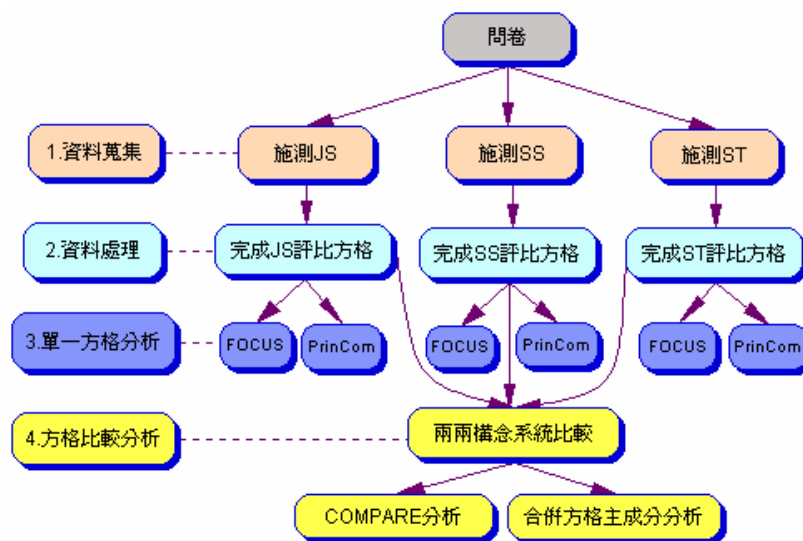


圖 4-4-1 問卷資料處理程序圖

## 二、資料分析方法

本文所使用 RGT 的分析技術包括 FOCUS、主成分分析(PrinCom)、COMPARE 以及合併方格的主成分分析。前二者是屬於單一方格的分析，而後二者則是比較兩個方格間差異的方法。本文中受測的對象為國二學生(JS)、高二學生(SS)以及科學教師(ST)三組。這三組受測對象可獲得〔JS〕、〔SS〕以及〔ST〕三個評比方格，因此這三者可分別進行單一方格的 FOCUS 以及 PrinCom 分析。在本文中將探討科學教師與整體學生以及高二學生與國二學生對級位分體論述的理解差異，因此可分別對於〔 $\Delta_{TS}$ 〕=〔 $\Delta_{ST-(JS+SS)}$ 〕以及〔 $\Delta_s$ 〕=〔 $\Delta_{SS-JS}$ 〕進行方格比較分析。

FOCUS 分析可看出元素與構念的群集分佈(cluster distribution)。使用 Rep IV1.10 程式可以分別呈現元素與構念的樹狀圖，來表示元素間或構念間的相似性，也就是受試者所認為元素或構念之間的相似程度，因此除了可看到哪些元素或構念彼此形成群集之外，還可瞭解它們之間相似性的階層關係(Easterby-Smith, 1981)。

主成份分析(Principle Component, 簡稱 PrinCom)則呈現元素和構念系統呈現二維座標上的分佈，有些元素或構念可能較為聚集，有些則較為分散，由二者在二維空間的分佈情形瞭解出元素或構念的相似性，以及元素與構念的相關情形，雖然它無法如 FOCUS 可看出元素構念的階層關係，但是它提供平面視覺的訊息，輔助解讀元素與構念在座標分佈上的可能語意。

這二種分析技術屬單一方格分析法，利用這二種技術可獲得以下分析訊息：

1. 〔SS〕<sub>FOCUS</sub>：高二學生的 FOCUS 分析
2. 〔JS〕<sub>FOCUS</sub>：國二學生的 FOCUS 分析
3. 〔ST〕<sub>FOCUS</sub>：科學教師的 FOCUS 分析
4. 〔SS〕<sub>PrinCom</sub>：高二學生的 PrinCom 分析
5. 〔JS〕<sub>PrinCom</sub>：國二學生的 PrinCom 分析
6. 〔ST〕<sub>PrinCom</sub>：科學教師的 PrinCom 分析

COMPARE 則是用於比較兩方格間元素或構念的相似程度。將原有二方格中的數值相減後，再取絕對值，則可得到另一個方格，方格中的每個數值即是兩方

格中兩兩數值的差異值。相似程度的計算方式如下：

$$\text{Similarity} = [1 - (P_1 + P_2 + \dots + P_n) / (V_{\max} - V_{\min}) \times m] \times 100\%$$

假設 P 代表元素或構念，而 m 與 n 可分別指涉元素與構念的個數，形成一  $m \times n$  的方格陣列， $V_{\max}$  與  $V_{\min}$  分別指評比的最大值與最小值。式中  $P_1 + P_2 + \dots + P_n$  表示某元素(構念)所對應的每個構念(元素)的差異值總和，而  $(V_{\max} - V_{\min}) \times m$  即是最大總差異。在本文中，採 1 到 5 等級，而共有 9 個元素與 15 個構念，為增加研究數據的解析度，將原有的等級分數(ranking scale)採以線性轉換，由原始分數 1 至 5 轉換為 0 至 99 (RepIV 程式可設定之最大數值為 99)，也就是原始分數的 1 等於轉換後的值 0，原始分數的 5 轉換為 99，若假設方格平均值為 X，則轉換後分數 Y 之轉換方式如下：

$$Y = 99(X - 1) / (5 - 1)$$

| 原始分數 | 轉換分數  |
|------|-------|
| 5    | 99    |
| 4    | 74.25 |
| 3    | 49.5  |
| 2    | 24.75 |
| 1    | 0     |

因此元素的最大總差異量為  $(99 - 0) \times 9 = 891$ ，構念的最大總差異量為  $(99 - 0) \times 15 = 1485$ 。由此可分別算出元素或構念之間的相似程度，而本文所欲分析的相似度包括  $[\Delta_{SJ}]_{\text{Similarity}}$  與  $[\Delta_{TJ}]_{\text{Similarity}}$  二者。

二個欲比較的方格可合併成一個方格，稱為合併方格(composited grid)，將合併方格進行主成分分析，可以同時看到二個方格的元素與構念呈現在同一二維平面中。在本文中，給予不同受試對象的問卷內容均相同，因此評比方格中的元素與構念也相同，因此可直接進行方格合併。

合併方格可分為合併元素方格或是合併構念方格，合併元素方格主要在比較二維平面中二方格元素的相似分佈，因此合併元素方格中的元素數為原有二方格中的元素相加而得，例如本文中共有 9 個元素，因此可形成一  $18 \times 15$  的合併元素

方格。同樣地，合併構念方格則是在比較原有二方格中構念在平面上的分佈情形，方格中的總構念數也是原有方格的構念數相加，因此本文可形成一  $9 \times 30$  的合併構念方格，當然也可對  $18 \times 30$  的合併方格進行分析，但是因為平面中的元素與構念數過於密集，反而不易分析其相似性。本文對合併元素方格以及合併構念方格進行主成分分析，目的在瞭解教師與國中學生，以及高二學生與國二學生對於元素與構念的理解。

## 第五節 師生對級位分體論述之語意理解

教師與學生對於科學文本中的級位分體論述有什麼樣的語意理解？他們如何解讀這些論述？彼此之間的看法又有何差異？這些是本節所欲分析之問題。

本文以凱利方格法來分析上述問題，在以下的討論中，首先呈現國中學生、高中學生以及科學教師在 FOCUS 群集情形與 PrinCom 主成分分析之元素與構念分佈，分析各組研究對象對級位分體論述的語意解讀，爾後再比較高中與國中學生以及科學教師與國中學生之間的差異，並針對各組解讀結果及差異情形進行討論。

### 一、國中學生的語意理解

將每位國中學生作答之問卷轉換為一個如前述圖 4-3-1 所示的凱利方格表，此圖中第  $i$  行第  $j$  列的數值為每位國中學生方格中第  $i$  行第  $j$  列的平均值，代表的是他們對於某個級位分體論述的識別情形。方格中共有 9 組元素與 15 組構念，每個構念在方格中依最為適合與最不适合分處兩端，而其中具有「#」之構念為負向構念。為增加資料的解析度(revolution)，將原有的值距(range)1 至 5 線性轉換為 0 至 99。數值愈接近 99 表示適合程度愈高，反之愈接近 0 表示適合程度愈低。

以下分析分為三部分，首先是學生對於各語意關係與論述方式相似性的看法，其次是學生對各概念間語意關係的識別，最後討論學生對各概念與論述方式之間的相關性。

#### (一) 國中學生 FOCUS 分析

凱利方格的 FOCUS 分析在於瞭解學生對於元素與構念相似程度的解讀。圖 4-5-1 中右方呈現的是構念之間的相似程度，而右下方則是元素之間的相似程度，圖中的方格有不同的顏色呈現，數值 0 至 33 為白色背景，數值 34 至 65 為淺灰



背景，而數值 66 至 99 為深灰背景，象徵不同相似程度的排列。為了使相似構念能夠集中呈現，Rep IV 會反轉某些方格中的構念數值，例如含有、含、有、包含、一部分、一種以及是等構念的數值均經方格之轉置，這些被反轉過之構念，數值愈小代表相似程度愈高（99 減去反轉過的數值即等於未反轉的數值）。

## 1. 方格構念之群集分析

由圖 4-5-1 可知，文本所分析的構念大致形成 6 個群集之分佈，這些群集包括 {混合而成}、{含有、含、有、包含}、{一部分}、{化合成、結合成、聚集而成}、{分為、分成、構成、組成} 以及 {是、一種}。

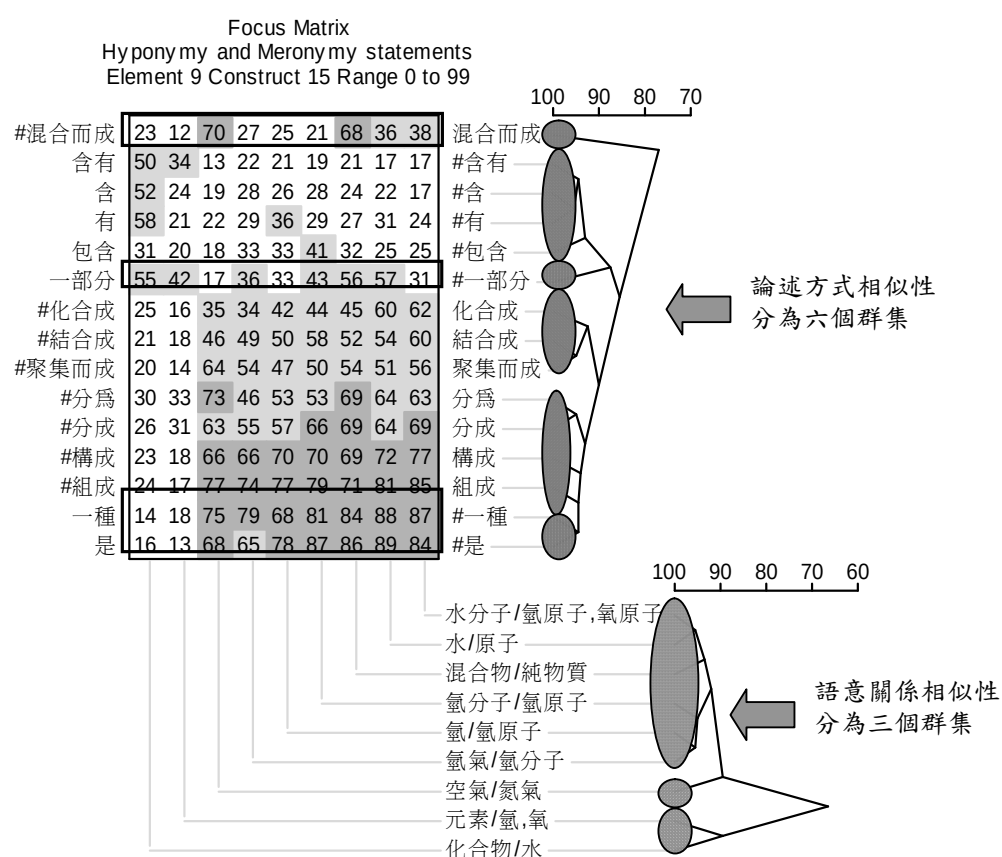


圖 4-5-1 國中學生的 FOCUS 分析

由各個構念的評值來看，以 {是} 與 {一種} 彼此語意相似性與其他論述方式有所區別，而 {混合而成} 與 {一部分} 的語意也與其他論述的語意不同（如圖中標示之處）。顯示國中學生認為 {混合而成} 與 {一部分} 在描述語意關係上，可能蘊含特

別的使用意義。以{混合而成}來說，方格中的評值差異極大，在描述[混合物/純物質]與[空氣/氮氣...]時，學生認為以{混合而成}來描述兩元素最為適合(數值為70與68)，這可能是受到文本內容論述的影響(因為原有文本使用{混合而成}來描述混合物與純物質，以及空氣與氮氣、氧氣、氫氣及二氧化碳之間的關係)，因此學生給予較高的數值，然而其他元素之間卻不適合以{混合而成}來描述(而其他元素的評值則低於38)。

此外{混合而成}也不適於描述[氫分子/氫原子]、[氫/氫原子]以及[氫氣/氫分子]這些概念的關係(其評值分別21,25和27)，從化學結構來解釋，此三組概念之中，「整體」是由單一「部分」組成，故{混合而成}不適合用來描述這類概念的語意關係，它較適於表示整體是由二個以上的部分混合的語意關係。

除{混合而成}之外，{一部分}亦可視為另一獨立構念，雖然它與{含有、含、有、包含}等構念之相似度達85%，但是由FOCUS的圖中可知，{含有、含、有、包含}適合用來描述[元素/氫,氧]、[化合物/水]以外的元素(上述四個構念的數值已經過反轉)，然而{一部分}在這些元素中方格數值相對較高(如圖中之灰色區塊)，也使得{一部分}的語意與其他構念較不相似，若與{一種}相較，則可看出{一部分}在方格中[元素氫,氧]與[化合物/水]與其他元素的構念評值有明顯差異，反映出學生對{一種}的語意解讀較為一致。

## 2. 方格元素之群集分析

在方格元素方面，根據圖4-5-2中元素的相似性，9組概念大致分為3個群集。[元素/氫,氧]、[化合物/水]為群集一，此群集與其他二個群集的語意有明顯地差異，而[空氣/氮氣...]為群集二，其語意關係又與群集三的語意關係略有不同。

群集三包含6組概念，這9組概念有高度相似的語意關係，但是群集二與群集三的相似度便降低(圖4-5-1顯示約為90%)，顯示[空氣/氮氣...]此組元素的語意關係，其前述各組的語意關係有所差異。而[元素/氫,氧]與[化合物/水]二組元素被學生視為是同一群集，雖然組內的相似度很高(90%)，但組間的差異卻很大，可見學生清楚地區分出此二者屬於級位關係，其他元素屬於分體關係，其中，學生反映出[空氣/氮氣...]的分體語意又與其他概念的分體略有不同。

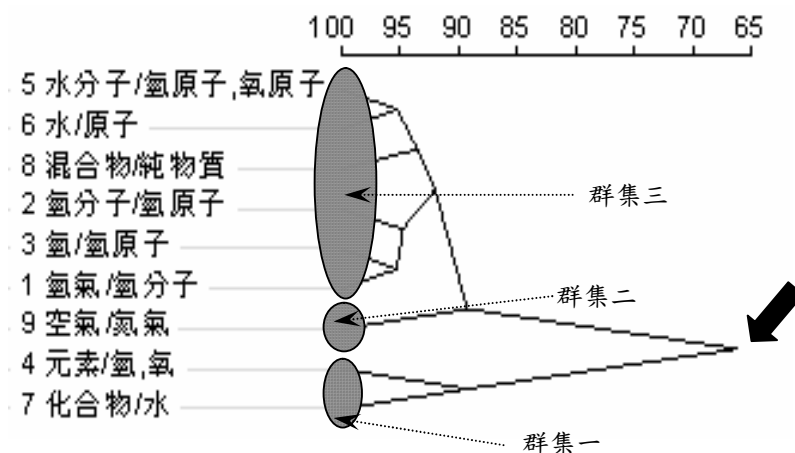


圖 4-5-2 國中學生之元素語意相似性

由 FOCUS 的群集分析可知，國中學生清楚地區辨出元素和氫、氧以及化合物和水的語意關係與其他概念的語意關係有所不同，他們也發現到空氣與氮氣之間的語意與其他概念之間的語意略有不同。究竟學生如何辨識這些概念之間的語意關係？哪些概念屬於級位，又哪些概念屬於分體？這些問題可以透過 RGT 之 Crossplot 方法來分析。

## (二) 國中學生 Crossplot 之分析

在閱讀文本論述後，究竟國中學生識別概念之級位分體關係的情形為何？由文獻可知，瞭解概念之間的級位分體關係，可由一種與一部分來識別。因此在 RGT 之 Crossplot 方法中，以一種與一部分作為二維座標的兩軸，來觀察元素在此二軸上之分佈情形，結果發現，國中學生認為[化合物/水]以及[元素/氫, 氧]之間的關係屬於級位關係，另一方面，[空氣/氮氣...]則是最能表示分體關係。

圖 4-5-3 即為國中學生答題之 Crossplot 分析，圖中的 Y 軸代表{一種}，X 軸代表{一部分}，且不考慮其他構念數值之影響，各元素之分佈呈現在不同象限之中。由圖中可知，方格元素大致區分為三個群集：

群集一：[元素/氫, 氧]、[化合物/水]

群集二：[空氣/氮氣...]、[水分子/氫原子, 氧原子]、[氫/氫原子]、[氫氣/氫分子]、  
[氫分子/氫原子]

群集三：[混合物/純物質]、[水/原子]。

從其象限分佈來看，群集一的二組概念較傾向 Y 軸，這二組概念之間屬於主類與次類的關係，這表示學生認為[元素/氫,氧]以及[化合物/水]之間屬於級位關係，但其他概念分佈於 Y 軸之另一端，學生認為這些概念之間較不屬於級位關係。

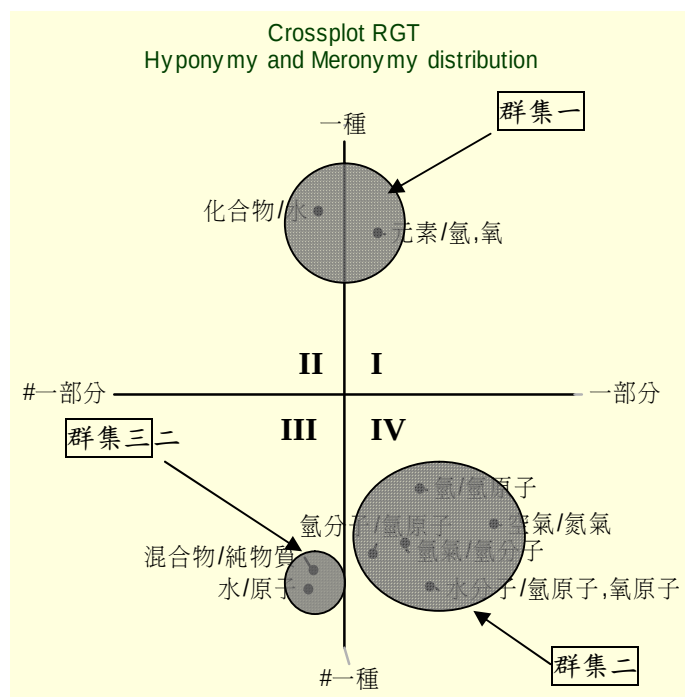


圖 4-5-3 國中學生級位分體關係之識別

此外，[元素/氫,氧]的位置落於第一象限，X 軸投影也在 +X 的位置，意味者學生雖然認為它們是級位關係，但也可能具有分體之語意成分，就是將氫、氧理解成元素的一部分。這種語意理解可能類似於 Winston(1987)所指之部分之「集合—成員」之語意，元素是一個集合名詞，而氫、氧是它的成員，因此可以說成氫和氧是元素的一部分。

再進一步比較可以發現，[化合物/水]同樣也是一個集合與成員之間的關係，但是它處於第三象限，在 X 軸投影落於 -X 軸方向，顯示學生並不認為化合物與水之間的關係具有分體語意。為何[元素/氫,氧]與[化合物/水]兩者具有「集合—成員」的語意，但學生認為[元素/氫,氧]可用一部分來描述，但是[化合物/水]則否？

事實上，級位關係意義上等同於「集合—成員」的分體語意，因此一部分也可以用來描述級位關係，但是需要描述二個成員與集合之間的關係，舉例來說，學生認為[元素/氫,氧]可以用{一部分}來形容，是因為描述氫和氧二個成員與元素之間的關係，也就是主類與二個次類之間的級位關係可以用{一部分}來形容，但主類與一個次類的級位關係則否，換言之，「氫和氧是元素的一部分」中的部分指涉的是二個次類，而非單一次類，因此當我們說「水是化合物的一部分」時，在語意上便較不成立。這是{一部分}用於指涉級位關係上需要滿足的限制。

除了群集一之外，其他二個群集則分佈於-Y 軸端，其中有 55%(5 個/9 個)的元素落於第四象限，顯示這些元素較傾向分體關係的意義，由各元素在 X 軸之投影可知，學生認為最能代表分體關係的是[空氣/氮氣...]，即氮氣、氧氣等是空氣的一部分最為適合，其次才是[水分子/氫原子,氧原子]。而在第三象限有[混合物/純物質]與[水/原子]二組元素，這意味著此二組元素在學生的語意關係理解上，並非典型的級位關係與分體關係。

在實驗文本中，[混合物/純物質]與[空氣/氮氣...]均透過混合而成來描述，但學生認為[混合物/純物質]則較不屬於分體語意，可能的原因在於空氣與氮氣、氧氣等屬於具體的實例說明，因此較易判斷其為分體語意，但是純物質與混合物同屬集合性質的泛稱詞彙，並未指稱特定的實體物，因此較不易識別其語意關係，同樣地，原子亦為泛稱詞彙，並未述明為氫原子與氧原子，較難識別與水之間的語意關係，可能是造成[混合物/純物質]與「水/原子」之分體語意較為模糊的原因。

### (三) 國中學生之 PrinCom 分析

圖 4-5-4 為國中學生元素構念之主成分分析，由圖中每個成分所能解釋之變異量可知，前二個成分解釋之變異量達 90.1%，顯示二維座標能有效反映元素與構念之關係。主成分分析所呈現的是元素與構念之相關性，元素以黑框灰底標示，而含#之構念表示負向構念，未含#之構念為正向構念，也就是本文所關注的構念。

## 1.方格構念之分析

圖 4-5-4 中呈現元素與構念的相關分佈，圖中構念主要分布成四個區塊，最右方是{是、一種}，代表這二種論述方式在語意上較為接近，且與其他論述方式的語意距離較遠，在圖中的左方也有一構念區塊，表示{分為、分成、化合成、結合成、聚集而成、組成、構成}等論述方式的語意相近，這些論述方式屬於解構與組合的語式，可見國中學生認為解構與組合語式在語意關係的表達上意義相近。但是另有一些論述方式落於原點附近，包括{含、含有、包含}的含攝語式與{有}的確認語式，由前述討論可知，這些論述方式屬於內隱論述，可以用於描述級位關係，也可以用於描述分體關係，例如{包含}、{有}即是明顯的例子。

{有}與{是}雖然同屬確認語式，但是因為有在語意關係指涉上較為內隱，因此學生對於二者的語意表述有不同解讀，可見內隱論述似乎影響學生對於級位分體關係上的辨識。另外，{混合而成}在座標左上方獨處一隅，與其他論述方式語意較不相近，顯示{混合而成}在描述上只適合[空氣/氮氣...]的分體關係。

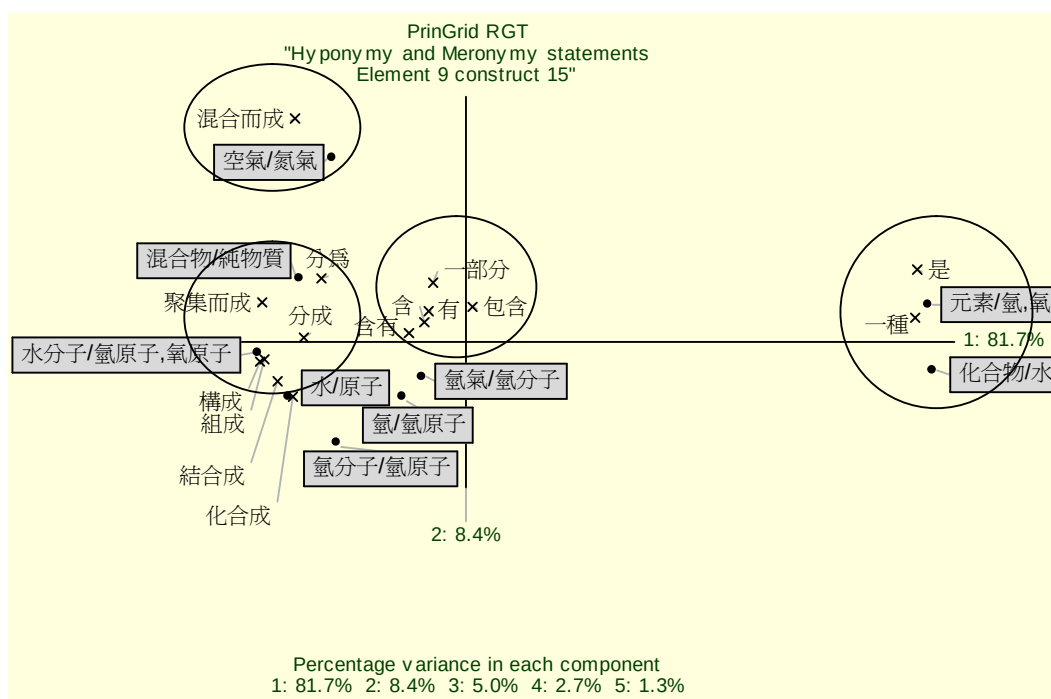


圖 4-5-4 國中學生之 PrinCom 分析

上圖中顯示，{是}與{一種}的語意相近，而{構成}與{組成}的語意也相近，，但這兩種論述方式卻分處第一成分軸的兩端，表示它們的語意關係不同，國中學生能夠區別{是、一種}的級位關係以及{組成、構成}的分體關係，同時也表示第一成分軸可當成語意關係軸（該軸之變異量可達 81.7%），因此每種論述方式在此軸上的分佈，即代表學生認為這些論述方式所適於描述的語意關係的差異。由此可知，學生認為{一種、是}最適於描述級位關係，而{組成、構成}最適於描述分體關係，這樣的識別結果與與前述實驗文本分析的結果（文本常以是和組成來描述描述級位關係與分體關係）不謀而合。

## 2.方格元素之分析

在圖 4-5-4 的最右方，[元素/氫,氧]最靠近{一種}，顯示學生認為在描述元素與氫、氧之間的關係時，最適合用一種來表達，也就是氫是一種元素，而氧也是一種元素，雖然{是}也相當接近[元素/氫,氧]，但他們認為{一種}比{是}更適合描述其語意關係，這意味著當文本可以改為「氫為一種元素，同理氧也是一種元素」，更能清楚地指出語意關係。同樣地，{一種}比{是}更適合描述化合物與水之語意關係。由此來看，{一種}比{是}更清楚地表達級位關係。

{一種}最適於表達級位關係，但{一部分}卻不盡然，學生認為有更適合描述分體關係的論述方式，如圖 4-5-4 所示，[氫氣/氫分子]與[氫/氫原子]與{含有}最接近，顯示含有較適合表達這二組元素的語意關係，而氫分子與氫原子之間應該用{化合成}或{結合成}來描述，從化學鍵結來看，氫分子中之氫原子彼此鍵結，{化合成}與{結合成}可以表達鍵結之意，但{含有、含}則較無法達到這樣的效果，這表示描述鍵結的分體語意時，用{化合成}或{結合成}描述更能精準呈現其意，例如[水/原子]、[水分子/氫原子,氧原子]之間均有鍵結存在，故用以{化合成}或{結合成}來描述。

{組成、構成}二個構念分布在第一成分軸的左端，表示它們適合用於描述分體語意，且與附近元素相距不遠，因此{化合成、結合成、聚集而成}所描述的語意關係均可用{組成}或{構成}來取代，由此可知，這二個論述方式在描述分體關

係上具有廣泛的涵蓋性，能夠描述不同的分體意義，但從不同方面來看，它們相對地降低分體語意的精確性，換言之，它們無法呈顯{化合成}或{結合成}所蘊含的鍵結語意，也無法表達{聚集而成}或{混合而成}所蘊含的集合語意。也就因為{組成、構成}具有精確傳達語意關係的侷限性，因此文本想要表達精準的分體關係，應該避免使用{組成}或{構成}這類的論述方式。

此外，{混合而成}在圖中只與[空氣/氮氣...]最為靠近，而與其他的元素相距較遠，顯示空氣與氮氣、氧氣等最適合以{混合而成}來描述，因為氮氣、氧氣、氫氣和二氧化碳均為空氣成分，但是各成分間並非彼此鍵結，而且成分相互分散並不聚集，顯見{混合而成}適合描述整體與混合部分的分體語意，這也提醒教科書在使用混合而成在描述語意關係時，應適合用於混合分體的關係上。

#### (四) 小結

根據上述國中學生 FOCUS 與 PrinCom 的分析，可以整理出下列主要的結果。

在語意關係方面，[元素/氫,氧]與[化合物/水]分佈在第一成分軸的右端，其他的語意關係則分佈在左端，顯示國中學生能夠理解[元素/氫,氧]與[化合物/水]與其他概念的語意關係有所不同，也就是他們區別出級位關係與分體關係的差異。此外，由[空氣/氮氣...]的分佈也可推知，不僅其語意關係與[元素/氫,氧]與[化合物/水]有所不同，且與其他分體關係也略有差異，換言之，國中學生不只理解到概念之間有級位分體關係的差異，而且[空氣/氮氣...]的分體關係又與其他概念的分體關係有所不同。

在論述方式上，國中學生認為{是、一種}兩者的意義相近，且在意義上與其他論述方式明顯不同，它們適合用於描述級位關係，例如「水是一種化合物」或「氫是一種元素」，而{組成、構成、化合成、結合成}等則較適合表達分體關係，例如「水分子是由 2 個氫原子和 1 個氧原子所組成」，也可說成「水分子是由 2 個氫原子和 1 個氧原子結合成」，但是有些論述方式在主成分分析的投影落於座標原點附近，例如{有、含有、含、包含}以及{一部分}，表示它們在描述分體關



係的適合度不高，可能不太能清楚表達分體的語意。若對應第參章的分析結果可知，這些論述方式中有些屬於內隱論述的方式，例如含、包含、有等，它們能夠用於描述級位或分體關係，在使用上並非指涉特定的語意關係，使得其指涉的語意關係較為內隱，由國中學生的分析結果來看，這些論述方式似乎不適合用於指涉某個語意關係，換言之，使用這些內隱論述的方式來描述級位或是分體關係，並不能有助於瞭解其所指涉的語意關係。

整體而言，國中學生能夠識別級位與分體語意的不同，也反映出分體關係中有不同語意的分化。這些不同語意關係各有合適的論述方式來描述，這些適合的論述方式可以較為精準的呈現出語意關係，但是也反映了某些論述方式並不能明確地幫助讀者瞭解其所指涉的語意關係，這提供了在語意關係論述上一些值得思考之處。

## 二、高中學生級位分體論述之分析

高中學生與國中學生的問卷設計均相同，因此高中學生的方格也是 9x15 的方格，方格數值的值距同樣從 0 至 99，每個方格數值代表他們認為某個級位分體論述的適合程度，數值愈低表示其認為適合程度愈低。以下分析將以 FOCUS 呈現高中學生認為各元素與構念之相似性，再透過 Crossplot 瞭解學生對各元素語意關係的理解，最後再由 PrinCom 分析呈現各元素與構念之相關分佈，以瞭解高中學生對於元素與構念之間相關性的想法。

### （一）高中學生 FOCUS 分析

依據學生在方格中所填答的數值進行 FOCUS 分析（如圖 4-5-5 所示），可瞭解學生對於各概念間語意關係與論述方式的語意相似性之理解。圖中方格的數值為高中學生對各試題之評值，圖中右方為不同論述方式的相似性，圖中右下方為概念語意關係的相似性，以下針對兩者進行討論。

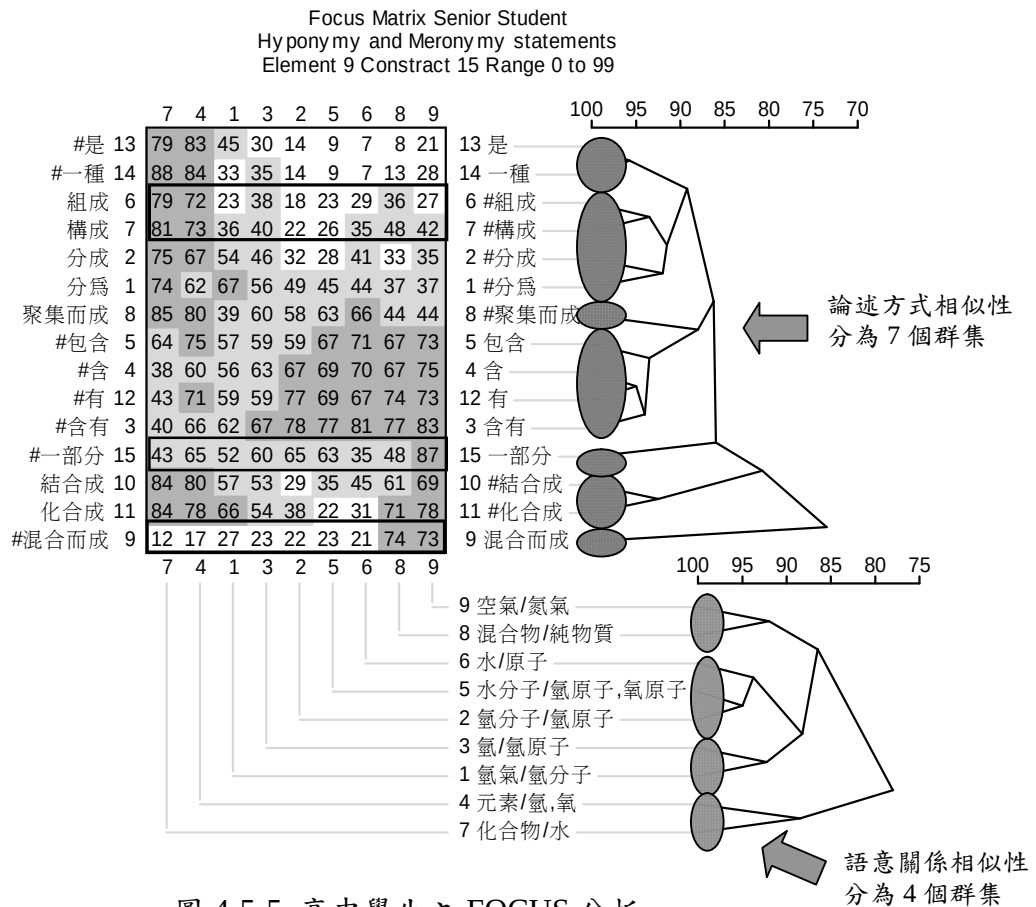


圖 4-5-5 高中學生之 FOCUS 分析

### 1. 方格構念之群集分析

圖 4-5-5 顯示，方格構念形成 7 個群集，包括{混合而成}、{含有、含、有、包含}、{一部分}、{化合成、結合成}、{聚集而成}、{分為、分成、構成、組成}、{是、一種}，各個群集中構念的語意相近，例如{是、一種}的語意相似度在 95% 以上。與國中學生認知的構念群集相較，兩組學生的構念群集差異不大，但其中不同的是對{聚集而成}的語意理解，國中學生認為{聚集而成}與{化合成、結合成}的語意相似（圖 4-5-1 顯示其相似度高達 95%），然而高中學生所認為的{聚集而成}與{化合成、結合成}的語意相似度只約達 80%。顯示他們認為{聚集而成}的意思與{化合成、結合成}的意思並不相同。這些差異可在後續的 PrinCom 分析再作深入的討論。

高中學生認為{是}與{一種}的語意相似，且由方格評值可知，{是、一種}在

元素 4 與元素 7 上的評值明顯高於其他元素的評值，這表示學生認為{是、一種}較適合用來描述[元素/氫,氧]與[化合物/水]，也意味者描述級位關係時可用{是}或{一種}來描述，由此也可看出高中學生在級位關係上與國中學生有相同的理解。

{組成、構成}與{分為、分成}在圖中形成一群，它們的語意相似度可達 90%，其中{組成、構成}的語意較接近，而{分成、分為}的語意較接近，前者屬於組合(composition)語式，而後者則是解構(decomposition)語式，兩者在語意上具有倒裝論述的性質，也就是組合與解構互為反逆語式，當我們說 A 是由 B 與 C 組成或構成時，它同樣也被改述為 A 可以分為或分成 B 與 C，而高中學生認為這兩者的語意是相當接近的。仔細觀察這四種論述方式在各元素的數值可以發現，它們在[元素/氫,氧]與[化合物/水]的評值較低，而在其他元素的評值較高，顯示高中學生認為這四種論述方式適合描述分體關係。

此外，{一部分}在各元素的評值並未呈現極端情況，換言之，高中學生認為{一部分}並不適合用來描述特定的語意關係，其中評值較高的為[空氣/氮氣...]、[氫分子/氫原子]以及[元素/氫,氧]，其評值分別為 87, 65 以及 65。仔細比較這三者的語意關係可以發現，[空氣/氮氣...]、[氫分子/氫原子]屬於分體關係，而[元素/氫,氧]屬於級位關係，可見，學生認為一部分可以用來描述分體，甚至可以描述級位關係，換言之，他們認為「氫和氧是元素的一部分」的語意是成立的，這裡的部分是指主類與二個次類的級位關係，因為[化合物/水]屬於主類與一個次類的級位語意，其評值只有 43，可見當描述二個以上的次類時，可以用一部分來表達級位關係。

國中學生認為{混合而成}只適用[空氣/氮氣...]的語意關係，但高中學生認為它還可以描述[混合物/純物質]的語意關係（二者的評值各為 73 與 74）。事實上，這兩者都是屬於整體與部分混合的語意，[空氣/氮氣...]是[混合物/純物質]的舉例說明，因此兩者的語意關係均在描述部分在整體中的空間混合，而其他分體關係的評值均很低，表示它們並非描述空間混合的意思。這也可看出高中學生對於哪些概念屬於混合的分體語意比國中學生有更精確的理解。

## 2. 方格元素之群集分析

圖 4-5-5 顯示，各元素依相似性差異可分成 4 個群集。[空氣/氮氣...]是[混合物/純物質]為一群，表示兩者語意接近。[水分子/氫原子,氧原子]、[氫分子/氫原子]和[水/原子]為一群，這三組概念中，都具有化學鍵結的語意存在，例如水在結構上是二種原子鍵結而成，氫原子彼此鍵結形成氫分子，氫原子與氧原子鍵結形成水分子，因此三者的語意較為接近。

[氫氣/氫分子]與[氫/氫原子]形成一群，語意相似性達 92%，這兩組概念在{聚集而成}的評值分別為 61 與 40（見圖 4-5-5），這表示高中學生認為「氫氣是由氫原子聚集而成」的說法不妥，因此{聚集而成}並不適合用於氫與氫原子的關係，而造成評值上的差異。

最後，[元素/氫,氧]與[化合物/水]成為一群，與其他元素的相似性只達約 77%，表示這二組概念的語意關係接近，但卻與其他概念的語意關係有所不同。它們在{是}與{一種}的評值較高，而其他構念的評值較低，這顯示學生認為{是}與{一種}適合描述此二組概念的語意關係。

## （二）高中學生 Crossplot 之分析

在高中學生的 Crossplot 分析中，同樣以{一部分}與{一種}作為二維空間的二軸，投影位置愈傾向+X 軸與+Y 軸表示其語意關係愈傾向於分體關係與級位關係。圖 4-5-6 即為高中學生的 Crossplot 分析，從各元素在二維空間中的分佈來瞭解學生對於概念之語意關係的看法。

從元素分佈的象限來看，只有[元素/氫,氧]與[化合物/水]二組概念落於第一與第二象限，其他的元素則落於第三象限與第四象限，顯示這二組概念的語意關係被解讀為級位關係（其投影接近+Y 軸），而其他如[水分子/氫原子,氧原子]或[水/原子]並不被認為是級位關係。另一方面，高中學生認為[空氣/氮氣...]的語意關係最傾向於分體關係，而[水/原子]則相反，事實上，原子的意思是代表氫原子和氧原子，但是此處並未明確指出原子的實際名稱，可能因此造成高中學生認為[水/原子]較不屬於分體關係。

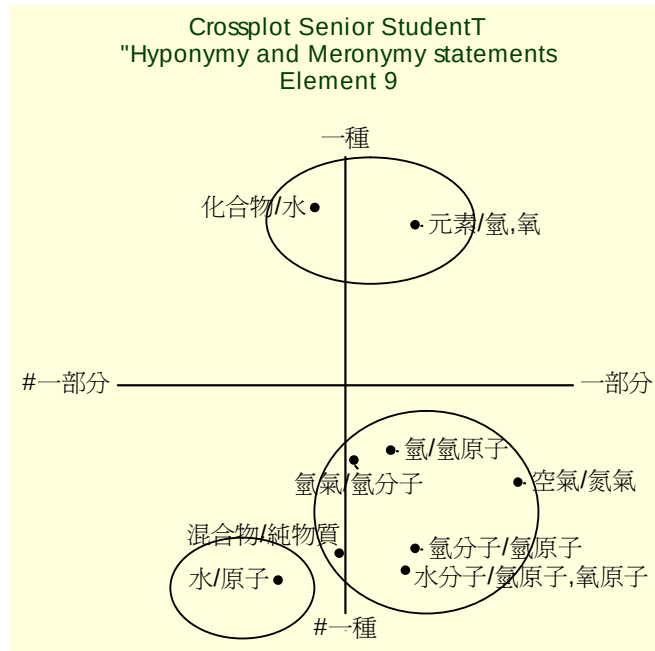


圖 4-5-6 高中學生之 Crossplot 分析

若與國中學生之 Crossplot 相較可以發現，兩組學生的[元素/氫,氧]均落於第一象限，落於此象限的元素意味它除了具有級位語意之外，還蘊含分體語意，換言之，高中學生認為[元素/氫,氧]蘊含了這兩種關係。由 FOCUS 分析中[元素/氫,氧]在{一部分}上的評值達 65 可知，高中學生認為其蘊含分體關係的意涵，但是對[化合物/水]並沒有這樣的語意解讀，由此來看，當描述二個次類(sub-class)與主類(super-class)之間的關係時，其意義等同於描述二個成員(member)與集合(collection)的關係，此時級位關係也可被解讀為分體關係，因此可透過{一部分}來描述。

### (三) 高中學生之 PrinCom 分析

高中學生的 PrinCom 分析主要在瞭解高中學生對各概念之語意關係與論述方式相關性的解讀。其分析結果呈現如圖 4-5-7 所示，由圖中下方顯示各成分所佔的百分變異量可知，第一主成分與第二主成分的變異量達 88.1%，顯示此圖能有效反映兩者之相關性，圖中的元素以黑框灰底標示，而圖中有些x並未有文字標示，這些x原為負向構念的分佈位置，因本文並不考慮這些負向構念的分析，故

刪除其文字標示，而只呈現正向構念的分佈，以下將從這些分佈來探討高中學生所反映之理解情形。

## 1. 方格元素之分析

圖 4-5-7 顯示元素可分為四個群集，[元素/氫,氧]與[化合物/水]落於+X 軸附近，[氫氣/氫分子]與[氫/氫原子]則分佈於原點附近，[空氣/氮氣...]與[混合物/純物質]則在第二象限，而[水分子/氫原子,氧原子]、[氫分子/氫原子]及[水/原子]則落於第三象限，從語意關係來看，第一成分軸可以視為語意關係軸，在+X 軸方向代表級位關係，而-X 軸方向解讀為分體關係，因此，由元素在 X 軸上的投影可知高中學生將[元素/氫,氧]與[化合物/水]解讀為級位關係，[氫氣/氫分子]與[氫/氫原子]落於原點附近，顯示學生認其語意關係並不明顯，其他概念則落於 X 軸左方，被解讀為分體關係，但是其分體語意又有所區別，其中[空氣/氮氣...]與[混合物/純物質]屬於空間混合的分體語意，而[水分子/氫原子,氧原子]等概念屬於結構鍵結的分體語意，由此看來，高中學生不僅清楚地識別出級位與分體關係兩者之差異，也對分體關係有進一步的語意分化。

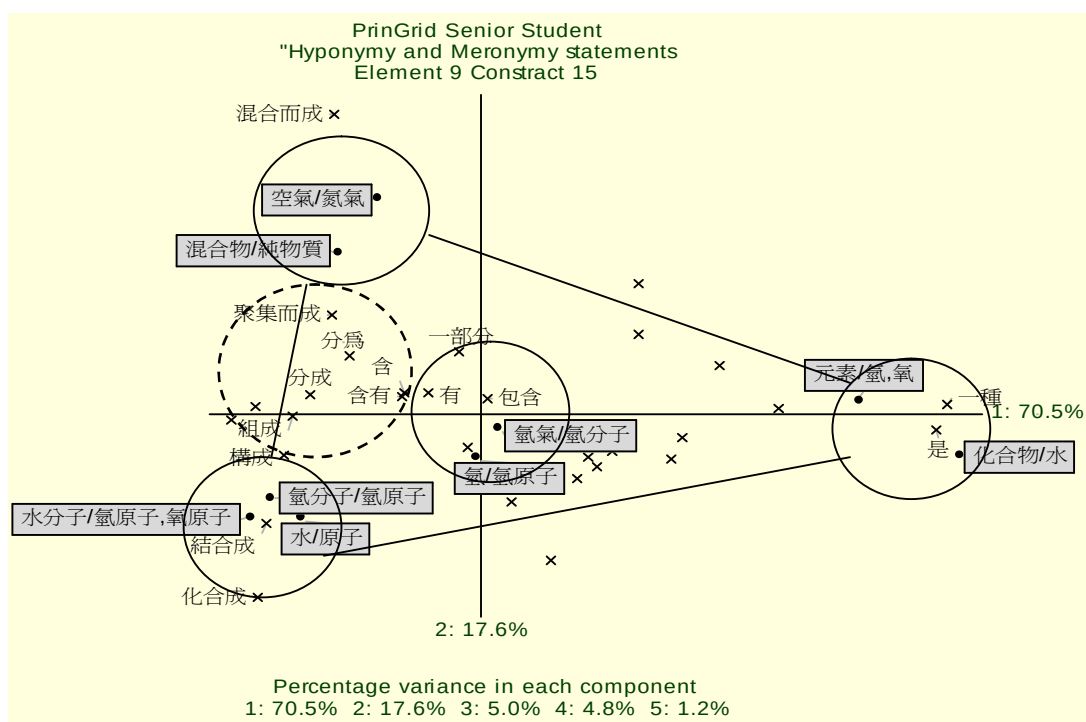
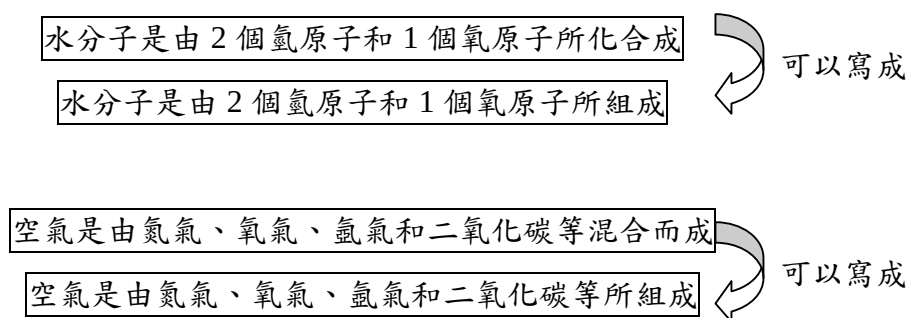


圖 4-5-7 高中學生之 PrinCom 分析

## 2. 方格構念之分析

由圖 4-5-7 可知，某些構念與元素彼此接近，如{是}與{一種}接近[元素/氫, 氧]與[化合物/水]，高中學生認為{是}與{一種}適合用來描述級位關係，{混合而成}適合用來描述空間混合的分體關係，{結合成、化合成}則適於描述結構鍵結的分體關係，但{有}、{包含}以及{一部分}這類的構念落於原點附近，顯示高中學生認為這些構念所指涉的語意關係並不明確。

另外，以虛線圓圈標示的論述方式之 Y 軸投影在二維座標中落於原點附近，這顯示高中學生並不認為這些論述方式在分體語意上有不同的意義指涉，也就是學生並未反應這些論述方式在描述空間混合或是結構鍵結之分體語意有所不同，例如{組成、含有、分成}等論述方式的 Y 軸投影相當接近原點，以這些論述方式來描述分體關係並無法清楚表達概念之間精確的分體語意，舉例來說：



若將{化合成}或{混合而成}改寫為{組成}的句子，在語意上可以成立，同時也是文本普遍使用的論述方式，但這種論述方式相對地不易呈顯精確的語意關係，學生也不易瞭解實際上的分體意義。

由上述的討論中，除瞭解高中學生對於概念的語意關係與論述方式之相關性的理解之外，也看到不同論述方式在各種語意關係上的表達特性，例如屬於內隱論述的論述方式在語意關係上並無法明確地呈現級位關係與分體關係上的差異，而{組合、構成、含、有、分成、...}等論述方式也無法呈現精確的分體語意，可見不同語意關係各有其適合描述的論述方式，若欲表達更為精準的語意關係，應該選擇適合的論述方式來描述，相信學生能獲得更精確的語意理解。

#### (四) 小結

由上述高中學生方格之 FOCUS 與 PrinCom 的分析結果，可以整理出下列幾項結果。

在語意關係的理解方面，學生對於各概念之間區別出四種不同的語意關係，[元素/氫,氧]與[化合物/水]與其他概念的相似度明顯不同，顯示高中學生理解到兩者具有不同於其他概念的語意關係。這二個概念間屬於級位關係，而其他概念之間則傾向分體關係，但是高中學生對於分體關係又有不同的語意分化，有些概念的語意關係屬於混合的分體意義，例如空氣與氮氣之間屬於此分體語意；有些語意關係屬於鍵結的分體語意，例如水分子與氫原子、氧原子之間則屬此分體語意；另外有些概念之間的語意屬於分體語意，例如氫氣與氫分子之間屬於大體與小體的分體語意，高中學生也認為這類的分體語意與其他概念的分體語意有所不同，因此也從分體關係中區分出來。

在論述方式的理解方面，PrinCom 圖示中前二主成分之變異量達 88.1%，顯示該圖可有效反映學生對級位分體論述的理解，而構成圖示的二個成分軸中，第一成分軸可視為是「級位-分體軸」，軸的右方（+X 軸）為級位關係，而左方（-X 軸）則為分體關係，第二成分軸為「混合-鍵結軸」，軸的上方（+Y 軸）表示整體是部分空間上的混合，而下方（-Y 軸）則表示整體是部分在結構上的鍵結。論述方式在圖中有不同的落點分佈，{一種、是}落於 +X 軸端，顯示它們適合描述級位關係，而{化合成、結合成}適合描述鍵結的分體關係，{混合而成}適合描述混合的分體關係，在原點附近的{包含、有、一部分}較未能呈現清楚的語意分化，而其他如{組成、構成、分成、分為}等構念雖被認為適於描述分體關係，但卻未能精確反映概念之間的分體情形。從分析結果來看，高中學生對於概念之間的各概念的語意關係與論述方式的意義已有較清楚的理解，他們能夠識別概念之間級位與分體關係的差異，也注意到分體關係中有空間混合與鍵結連結的分化，此外他們對於論述方式適合描述的語意關係有較深層的解讀，注意到不同構念在描述概念時所表達的語意精確性。



### 三、科學教師級位分體論述之分析

探討二組學生對級位分體論述的理解之後，接續討論的是科學教師對於級位分體論述又有何看法？以下將從 FOCUS 群集、Crossplot 以及 PrinCom 分析回答此問題。

#### （一）科學教師 FOCUS 分析

將每位科學教師在問卷中所填答的數值，由原有 1 到 5 的等級轉換為 0 至 99 的等級之後，可以形成圖 4-5-9 中的方格表，進行 FOCUS 分析後，圖中右側呈現的樹狀圖表示教師認為各論述方式之間的語意相似程度。而圖右下方之樹狀圖則為概念之間語意關係的相似程度。以下將針對各概念之語意關係及論述方式之相似情形進行討論。

##### 1. 方格構念之群集分析

從圖 4-5-8 語意相似度來看，所有構念可以被分為 6 個群集，{分為、分成}為一群，{化合成、結合成}為一群，{組成、構成}為一群，{是、一種}為一群，而{包含、含有、有、含、一部分、聚集而成}為一群，這些群集中論述方式彼此之語意相似度均高於或接近 90%，顯示教師認為這些論述方式有相似的意思。但是不同群集之間論述方式的相似性較為不同，特別的是{混合而成}自成一個群集，與其他論述方式有不同的語意（相似度僅為 70%）。

在這些論述方式中，雖然{分為}與{分成}兩者之語意非常相似(相似度在 90% 以上)，但是仔細對照方格評值可以發現，{分成}除了在[空氣/氮氣...]之評值較{分為}低之外，其他評值多高於{分為}，尤其是在描述部份是整體的組成結構時，例如氫原子與氧原子是組成水分子的結構，使用{分成}比使用{分為}更為適合，也就是「水分子可以分成氫原子和氧原子」比「水分子可以分為氫原子和氧原子」更能傳達其語意關係。

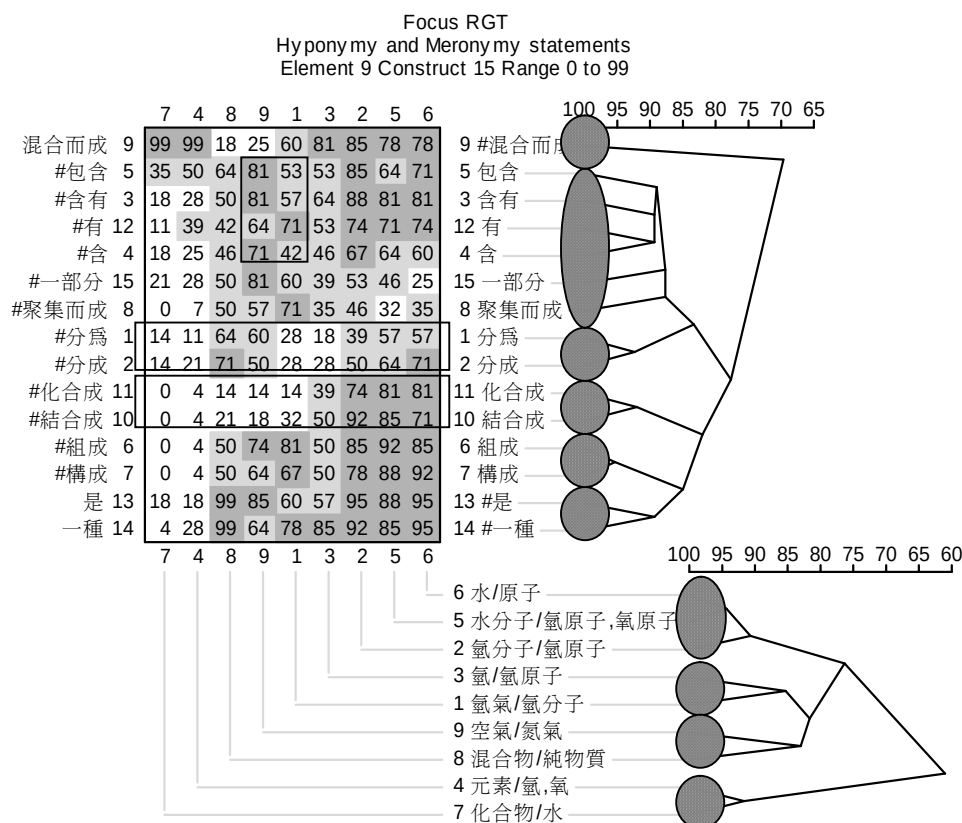


圖 4-5-8 科學教師的 FOCUS 分析

由方格評值可看出，對教師而言，{包含}、{含有}以及{含}這類含攝論述與{有}的語意相近，但在元素 1 與元素 9 的評值略有不同（數值為 71 與 64），對氫氣與氫分子而言，教師認為以{有}來描述較為適合，反之，對空氣與氮氣、氧氣、氫氣和二氧化碳而言，使用{包含}、{含有}以及{含}的含攝語式較適合。仔細比較此二元素之間的語意，氫氣中的組成成分僅有氫分子，而無其他種類的分子，故氫氣在性質上屬於純物質，而空氣的組成成分有氮氣、氧氣等多個成員，因此性質上屬於混合物。

以系統功能語言觀點來看，{有}蘊含確認領有(identity: possess)的意義，也就是上階概念領有某下階概念，科學教師對「氫氣有氫分子」的評值為 71，而「空氣有氮氣、氧氣、氫氣和二氧化碳等」的評值為 64，反應出{有}較適合描述單一成分的情形，當使用{有}來描述多個下階概念時，{有}的語意便傾向確認這些下階概念是否是上階概念的類屬，而使用{有}來描述單一下階概念時，則語意在於確認該下階概念是否為上階概念的部分。而{含有}、{包含}以及{含}則適用於描

述含攝多個下階概念的語句，這顯示雖然{含有}、{包含}、{含}與{有}在外觀上相似，但教師認為它們所蘊含的語意卻有不同。

## 2. 方格元素之群集分析

由圖 4-5-8 元素語意相似程度顯示，科學教師認為元素可區分成 4 個群集。[水分子/氫原子, 氧原子]、[水/原子]和[氫分子/氫原子]為一群集，這三組概念均涉及鍵結的語意，可見科學教師將「水是由兩種原子依一定比例組成」的兩種「原子」解讀為氫原子與氧原子，與[水分子/氫原子, 氧原子]和[氫分子/氫原子]的語意較為相似，此三組概念也因此形成同一群集。

其次[氫/氫原子]與[氫氣/氫分子]為一群，此二組概念形成同一群集可能與它們均描述氫的各種結構組成有關。而[混合物/純物質]與[空氣/氮氣...]為一群集，前者在描述混合物是純物質的彼此混合，而空氣與氮氣、氧氣則是用來作為混合物與純物質之間的說明例子，故兩者在語意解讀上較為相近。最後[元素/氫, 氧]與[化合物/水]為一群集，從語意上來看，這二組元素的概念彼此為主類與次類的級位關係，氫與氧是元素的次類，而水是化合物的次類，因此具有相似的語意關係，雖然它們在實驗文本中相隔不同小句位置，但是科學教師認為二者具有相似語意。

比較四個群集之間的相似程度可知，前三者的語意相似度達 75%，顯示科學教師認為這三者之間的語意有所不同，但若與最後一個群集（元素 4 與元素 7）比較，發現[空氣/氮氣...]與[化合物/水]的語意相似性明顯與其他三群不同（相似程度僅約 60%），顯見科學教師認為[元素/氫, 氧]與[化合物/水]的語意關係與其他概念的語意關係有明顯分化。

### （二）科學教師 Crossplot 分析

在 Crossplot 的分析中，以一部分作為 X 軸，以一種作為 Y 軸，排除其他構念的語意干擾。所形成的圖示可以得知科學教師對於各元素之級位或分體關係的識別情形，這些識別情形如圖 4-5-9 所示。

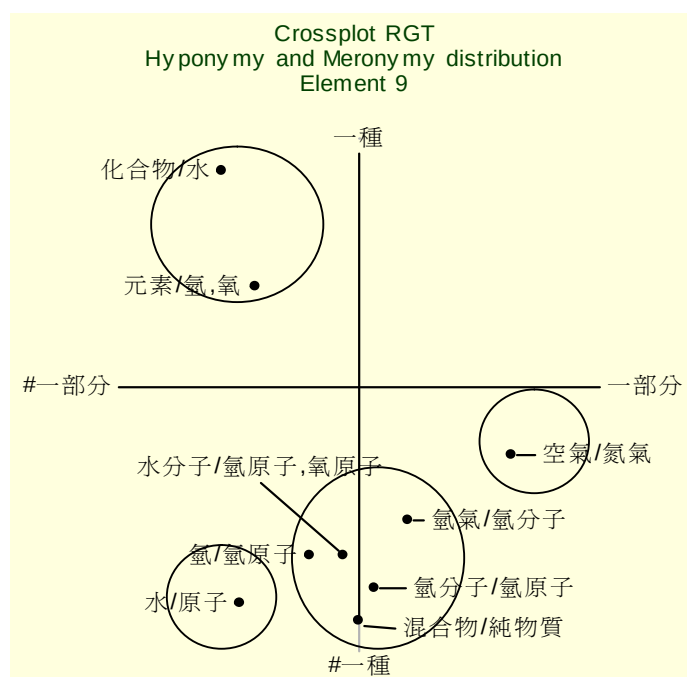


圖 4-5-9 科學教師之 Crossplot 分析

由圖中可以，[化合物/水]在 Y 軸的投影較[元素/氫,氧]的投影更接近軸端，顯示科學教師認為[化合物/水]最能反映級位關係（該元素在一種上的評值為 96），其次是[元素/氫,氧]，這二組元素同落於第二象限中，在 X 軸投影位置落於#一部分軸方向，反映它們較不傾向被識別為分體關係，換言之，對於科學教師而言，這二組元素的語意關係可視為級位關係。除上述討論的二組元素之外，其他元素則落於第三象限與第四象限，表示它們並不傾向被認為是級位關係，其中以[混合物/純物質]最不像級位關係（在一種上的評值僅為 1）。若考慮這些元素在 X 軸上的投影位置，則可發現[空氣/氮氣...]最靠近軸端，表示科學教師認為空氣與氮氣、氧氣等最傾向於分體關係，其次才是[氫氣/氫分子]，相反地，距離較遠的元素為[氫/氫原子]與[水/原子]，顯示這類概念蘊含的分體語意較不明顯導致評值不高。

前述提及分體關係中尚蘊含混合與鍵結二種分體語意，科學教師認為何者最能代表分體關係？從一部分端的投影來看，[空氣/氮氣...]與[氫氣/氫分子]較靠近右端，空氣與氮氣為整體，而氮氣、氧氣、氫氣和二氧化碳與氫分子為部分。它們的共同點在於部分是整體在空間中的混合分布，但[氫分子/氫原子]與[水分子/氫原子]這類的分體關係，部分是整體在化學結構上的鍵結，科學教師反而顯示較

低的接受度，由此來看，科學教師認為空間混合的分體比結構鍵結的分體更能代表分體關係。

### (三) 科學教師之 PrinCom 分析

圖 4-5-10 為科學教師之級位分體論述之 PrinCom 主成分分析，第一成分軸與第二成分軸之解釋量可達 89%，顯示二維空間可有效反映教師們對級位分體論述之看法。圖中具有「#」符號之構念表示負向構念，因此分析中不予考慮。圖中的元素以黑框灰底標示，以下將針對圖中構念與元素的分佈進行討論。

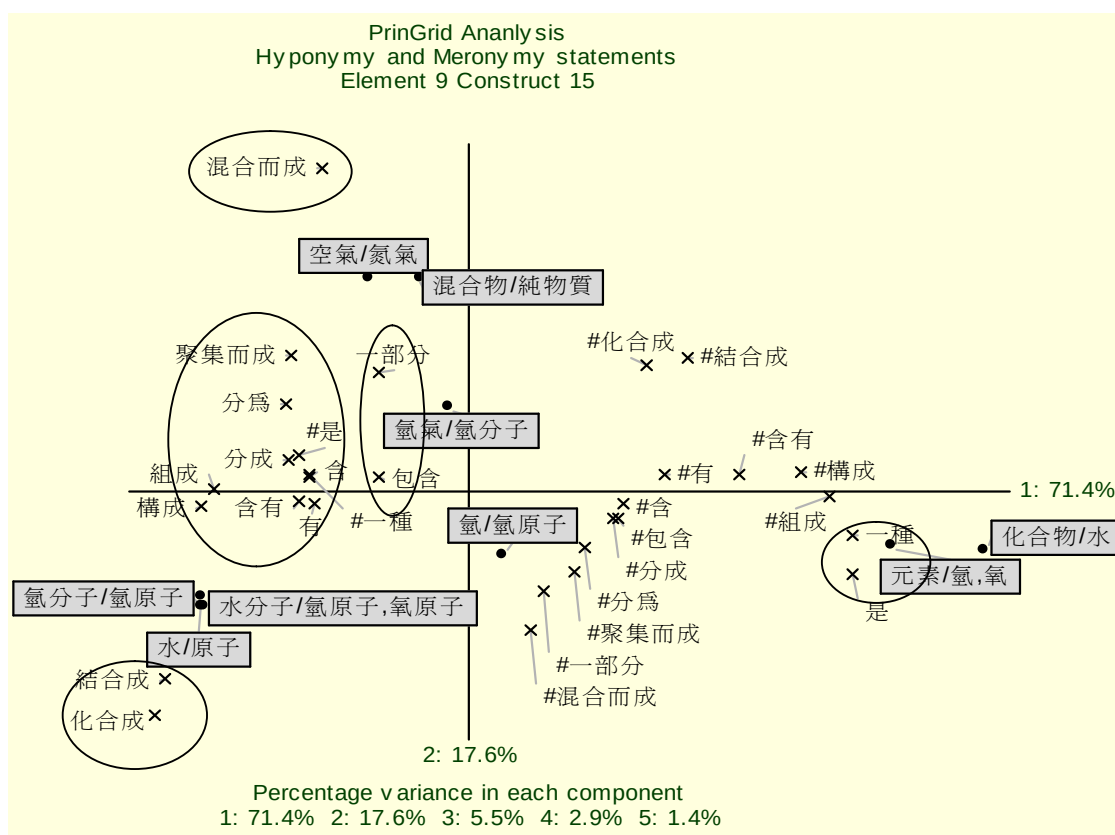


圖 4-5-10 科學教師之 PrinCom 分析

#### 1. 方格構念之分佈

由圖 4-5-10 可知，方格的構念分佈大致可分為五個群集，{是、一種}落於第

一成分軸的右端，而{組成、構成、分成、分為、含有}等論述方式之群集則位於第一成分軸的左端。從構念與元素的分布來看，第一成分軸可代表級位分體的語意軸，右方屬於級位關係，而左方則為分體關係，因此{是、一種}適合用來描述級位關係，而{組成、構成}用來描述分體關係，而{混合而成}獨立位於圖中左上方，與圖中左下方的{結合成、化合成}相距甚遠，這顯示二者描述的語意關係並不相同。Y 軸在圖中可以解讀為混合分體或是鍵結分體的語意軸，{混合而成}是在描述混合分體，而{結合成、化合成}則適用於描述鍵結分體。

另外在國中學生的 PrinCom 分析中，有一群論述方式落在原點附近，在科學教師的 PrinCom 中，落於原點附近的論述方式已有明顯的位移分化，多數的論述方式朝向分體關係的方向移動，顯示科學教師認為像{含有、含、有}等論述方式在語意上較適合描述分體關係，只剩下{包含}較接近原點，可見科學教師認為{包含}在語意上較無法表述分體關係。

另外與國中學生的看法相較，{一部分}的位置已朝左上方移動，表示科學教師認為一部分的語意還是適合表達分體關係，而且適合表達像空氣與氮氣、氧氣等氣體之間的混合分體。

前述提到{混合而成}與{結合成、化合成}反映的語意關係並不相同，從意義上來看，當上下階概念透過{混合而成}來描述時，它所指的是下階概念之間只是成分混合，彼此之間並未產生化學變化，以 Winston(1987)的觀點來說，就是具有聚離性(separability)，也就是下階概念可以從上階概念中萃離出來。與{混合而成}最接近的概念為[空氣/氮氣...]，這組概念中，氮氣、氧氣、氫氣和二氧化碳雖為空氣的成分，但是這些氣體之間並未產生化學反應，而只是空間中不同比例的分佈組合，而且這些成分氣體可以透過彼此之間不同的化學性質或物理性質加以分離，同樣地，[混合物/純物質]這組概念雖然並非描述實際的例子，但是作為混合物組成成分的純物質也只是比例上的分佈組合，而非彼此之間具有化學變化。

相反地，{化合成、結合成}的語意有所不同，它們蘊含的是上階概念是下階概念彼此之間產生化學變化所形成的，下階概念在化學結構上可能具有鍵結性質，因此{化合成}與{結合成}所描述的是下階概念在空間中的結構組合，從其鄰

近的[水分子/氫原子,氧原子]也可以得到印證，由此可知，科學教師除了對於級位分體語意有清楚的識別之外，也能對於分體關係有更深入的語意理解。

## 2.方格元素之分佈

圖 4-5-11 的 Princom 分析可以顯示哪些論述方式適合用來描述哪些概念間之語意關係。由圖可知，{是、一種}二個論述方式鄰近[元素/氫,氧]、[化合物/水]二組概念，表示此二組概念之間的語意關係最適合以{是}和{一種}來表達，也就是科學教師認為當描述級位關係時，應該使用{是}或{一種}的論述方式，也就是「氫是元素」或「水是一種化合物」，這樣的表達方式也就是前述第參章所指出的，在於確認主類與次類的語意關係。而[氫分子/氫原子]、[水/原子]以及[水分子/氫原子,氧原子]在分佈上彼此接近，適合以{結合成、化合成}或是鄰近的{組成、構成}來描述。其他的論述方式則相距較遠，表示那些論述方式並不適合描述[氫分子/氫原子]這類概念之間的分體語意。

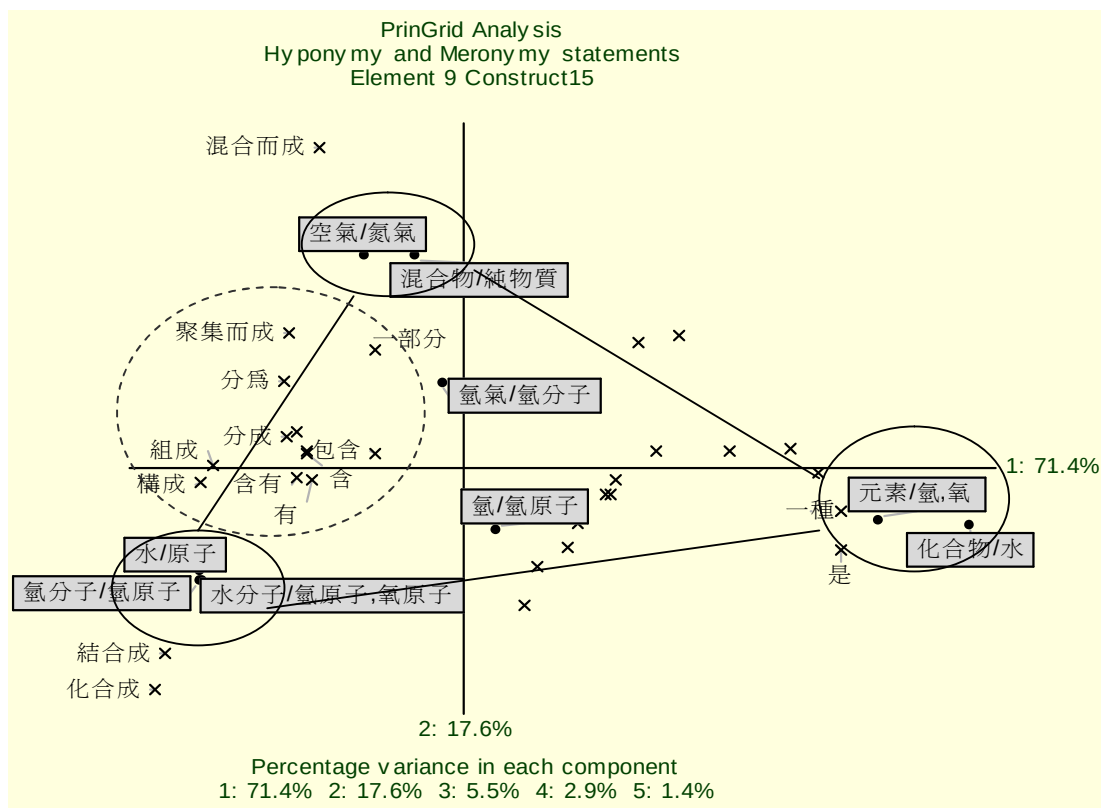


圖 4-5-11 科學教師之構念與元素分佈

整體而言，圖中左上方的[空氣/氮氣...]與[混合物/純物質]、圖中右方的[元素/氫,氧]、[化合物/水]以及圖中左下方的[氫分子/氫原子]、[水/原子]、[水分子/氫原子,氧原子]三者形成一個三角形，顯示科學教師將不同概念之間區別出三種語意關係，也就是級位關係、混合分體與鍵結分體。

仔細觀察可發現，在三角形中還有一種是[氫氣/氫分子]與[氫/氫原子]的語意關係，科學教師認為這二者的語意關係又與其他三種語意關係有所區別，其中[氫氣/氫分子]的位置較靠近[空氣/氮氣...]，它們表示的意義卻不同，從化學知識來看，組成氫氣的成分只有氫分子，但組成空氣的成分有氮氣、氧氣、氫氣和二氧化碳等，因此在成分上，氫氣是屬於單一成分，但是空氣卻是屬於多重成分。雖然這兩種語意關係中並無鍵結的意思，但氫氣中的氫分子混成與空氣中的氮氣、氧氣等氣體混成在化學意義上並不相同，科學教師在這層關係上分化了單一成分混成與多重成分混成，也顯見科學教師對於級位分體論述有深入的語意理解。

#### (四) 小結

根據科學教師對級位分體論述理解的分析，可整理出下列幾點主要結果。

從 FOCUS 與 Crossplot 的分析可知，各概念之語意關係大致分為 4 個群集，根據其在 X 軸與 Y 軸的投影落點顯示科學教師傾向於將[化合物/水]與[元素/氫,氧]視為級位關係，而其他概念則傾向於分體關係，其中[空氣/氮氣...]最能代表分體關係，而[氫氣/氫分子]其次，而[水/原子]則最不被認為是分體關係。

再者，由 PrinCom 的分析推知，第一成分軸為級位分體軸（即圖中 X 軸），根據各概念語意關係與論述方式的投影位置，[化合物/水]與[元素/氫,氧]被理解成級位，而[水分子/氫原子,氧原子]被理解為分體關係。第二成分軸被理解為混合鍵結軸（即圖中 Y 軸），也就是整體與部分之間的組合是空間的混合或是結構的鍵結。從元素在該軸的投影位置來看，[空氣/氮氣...]屬於空間混合，而[水分子/氫原子,氧原子]、[氫分子/氫原子]以及[水/原子]等元素屬於結構鍵結，若進一步檢視 FOCUS 分析的數值，則可發現科學教師認為{是、一種}適合被用來描述級位關



係，{組合、構成}適合描述分體關係。{混合而成}適合描述空間的混合，而{結合成}與{化合成}則適於描述結構鍵結。

此外，由圖 4-5-11 可知，{分為、分成、含、有}以及{組成、構成}等論述方式在軸上投影接近，顯示科學教師認為這些論述方式較適於描述分體關係，但{包含}則較無法反映概念之間的語意關係。然而總體而言，教師分化出更多不同的語意關係，同時也對各種論述方式在表達這些語意關係上有深層的理解。

#### 四、學生對級位分體論述的理解差異

不同學習階段的學生對級位分體論述的理解是否有所差異？此問題可由高中與國中學生的 COMPARE 分析與合併方格主成分分析的方法來瞭解。前述提及高中學生與國中學生各具有一評比方格，將兩個方格的評值相減，再取絕對值，即可形成一比較方格（如圖 4-5-12 所示），方格中的數值表示高中學生與國中學生對每個級位分體論述評值的差異。透過 COMPARE 的分析可以瞭解兩組學生對每個元素與每個構念之語意相似度，此外，分別合併兩者的元素與構念可得到合併元素方格與合併構念方格，再進行 PrinCom 主成分分析可得知兩組學生在每個元素與每個構念之間的相關情形。因此以下將呈現 COMPARE 比較及合併元素與合併構念 PprinCom 的分析結果。

##### （一）高中學生與國中學生之 COMPARE 分析

高中與國中學生的方格可合併成如圖 4-5-12 的方格，方格中的數值為原有兩方格數值相減再取絕對值所得，表示兩組學生在某個級位分體論述上的差異程度，而這些數值所形成的方格即為兩者的比較方格。圖 4-5-13 為兩組學生 COMPARE 的分析結果，圖中右方與右下方的樹狀圖顯示兩組學生對構念與元素的理解差異。其中每個元素之間、每個構念之間的相似度均高於 90%，顯示兩組學生對於元素和構念的語意理解相似。

但仔細比較可知，兩者相似度最低的二個論述方式與二組概念分別為{聚集而成}與{化合成}以及[水分子/氫原子,氧原子]與[氫氣/氫分子]。表示高中學生與國中學生對於這二個元素與這二個構念的語意解讀有些許差異。

|       |    | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  |            |
|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|
| #分為   | 1  | 46 | 53 | 53 | 33 | 63 | 64 | 30 | 69 | 73 | 1 分為(國)    |
| #分為   | 2  | 32 | 50 | 43 | 37 | 54 | 55 | 25 | 62 | 62 | 2 分為(高)    |
| #分成   | 3  | 55 | 66 | 57 | 31 | 69 | 64 | 26 | 69 | 63 | 3 分成(國)    |
| #分成   | 4  | 45 | 67 | 53 | 32 | 71 | 58 | 24 | 66 | 64 | 4 分成(高)    |
| #含有   | 5  | 78 | 81 | 79 | 66 | 83 | 83 | 50 | 79 | 87 | 5 含有(國)    |
| #含有   | 6  | 62 | 78 | 67 | 66 | 77 | 81 | 40 | 77 | 83 | 6 含有(高)    |
| #含    | 7  | 71 | 71 | 73 | 75 | 82 | 77 | 47 | 75 | 80 | 7 含(國)     |
| #含    | 8  | 56 | 67 | 63 | 60 | 69 | 70 | 38 | 67 | 75 | 8 含(高)     |
| #包含   | 9  | 66 | 58 | 66 | 79 | 74 | 74 | 68 | 67 | 81 | 9 包含(國)    |
| #包含   | 10 | 57 | 59 | 59 | 75 | 67 | 71 | 64 | 67 | 73 | 10 包含(高)   |
| #組成   | 11 | 74 | 79 | 77 | 17 | 85 | 81 | 24 | 71 | 77 | 11 組成(國)   |
| #組成   | 12 | 76 | 81 | 61 | 27 | 76 | 70 | 20 | 63 | 72 | 12 組成(高)   |
| #構成   | 13 | 66 | 70 | 70 | 18 | 77 | 72 | 23 | 69 | 66 | 13 構成(國)   |
| #構成   | 14 | 63 | 77 | 59 | 26 | 73 | 64 | 18 | 51 | 57 | 14 構成(高)   |
| #聚集而成 | 15 | 54 | 50 | 47 | 14 | 56 | 51 | 20 | 54 | 64 | 15 聚集而成(國) |
| #聚集而成 | 16 | 60 | 41 | 39 | 19 | 36 | 33 | 14 | 55 | 55 | 16 聚集而成(高) |
| #混合而成 | 17 | 27 | 21 | 25 | 12 | 38 | 36 | 23 | 68 | 70 | 17 混合而成(國) |
| #混合而成 | 18 | 27 | 22 | 23 | 17 | 23 | 21 | 12 | 74 | 73 | 18 混合而成(高) |
| #結合成  | 19 | 49 | 58 | 50 | 18 | 60 | 54 | 21 | 52 | 46 | 19 結合成(國)  |
| #結合成  | 20 | 42 | 70 | 46 | 19 | 64 | 54 | 15 | 38 | 30 | 20 結合成(高)  |
| #化合成  | 21 | 34 | 44 | 42 | 16 | 62 | 60 | 25 | 45 | 35 | 21 化合成(國)  |
| #化合成  | 22 | 33 | 61 | 45 | 21 | 77 | 68 | 15 | 28 | 21 | 22 化合成(高)  |
| #有    | 23 | 70 | 70 | 63 | 78 | 75 | 68 | 41 | 72 | 77 | 23 有(國)    |
| #有    | 24 | 59 | 77 | 59 | 71 | 69 | 67 | 43 | 74 | 73 | 24 有(高)    |
| #是    | 25 | 34 | 12 | 21 | 86 | 15 | 10 | 83 | 13 | 31 | 25 是(國)    |
| #是    | 26 | 45 | 14 | 30 | 83 | 9  | 7  | 79 | 8  | 21 | 26 是(高)    |
| #一種   | 27 | 20 | 18 | 31 | 81 | 12 | 11 | 85 | 15 | 24 | 27 一種(國)   |
| #一種   | 28 | 33 | 14 | 35 | 84 | 9  | 7  | 88 | 13 | 28 | 28 一種(高)   |
| #一部分  | 29 | 63 | 56 | 66 | 57 | 68 | 42 | 44 | 43 | 82 | 29 一部分(國)  |
| #一部分  | 30 | 52 | 65 | 60 | 65 | 63 | 35 | 43 | 48 | 87 | 30 一部分(高)  |

|          |           |         |          |               |        |         |           |         |
|----------|-----------|---------|----------|---------------|--------|---------|-----------|---------|
| 1        | 2         | 3       | 4        | 5             | 6      | 7       | 8         | 9       |
| 1 氫氣/氫分子 | 2 氫分子/氫原子 | 3 氫/氫原子 | 4 元素/氫,氧 | 5 水分子/氫原子,氧原子 | 6 水/原子 | 7 化合物/水 | 8 混合物/純物質 | 9 空氣/氫氣 |

圖 4-5-12 高中學生與國中學生之比較方格

在論述方式上，{聚集而成}的差異主要來自對[水/原子]與[水分子/氫原子,氧原子]的評值（見圖 4-5-14，各為 18 與 19），再對照圖 4-5-12 的比較方格可以得知，高中學生給予的評值較低，顯示他們認為{聚集而成}並不適合用來描述這二個概念之間的語意關係，但國中學生卻認為是適合的（高中學生的評值為 33 與 36，國中學生的評值為 51 與 56），[水/原子]與[水分子/氫原子,氧原子]兩者在實驗文本中是以{組成}來描述，且高中與國中學生均認為這樣的描述方式適當（評值

分別為 70 與 76 以及 81 與 85)，但是使用{聚集而成}來描述時，便顯示出兩者的理解差異，這也顯示聚集而成有其特殊描述的語意關係，而這樣的語意差異並無法在{組成}的論述方式中呈現出來。

此差異結果推測與學生如何理解元素的語意有關，水並非是兩種原子的聚集，水分子也並非由氫原子與氧原子聚集而成，在結構上應是經過化學反應鍵結的結合。如果上述的推測成立，那麼高中學生在{化合成}的評值應該較國中學生高，因為{化合成}的語意可以用來表示原子之間的鍵結關係，對照比較方格中的數值可以發現，高中學生在{化合成}的評值確實較國中學生來得高（兩者評值分別為 68 與 77 以及 60 與 62），這些結果顯示高中學生對於分子中原子之間的組合關係有較深入的理解，同時也較能瞭解{聚集而成}與{化合成}等構念所指涉的語意關係之差異。

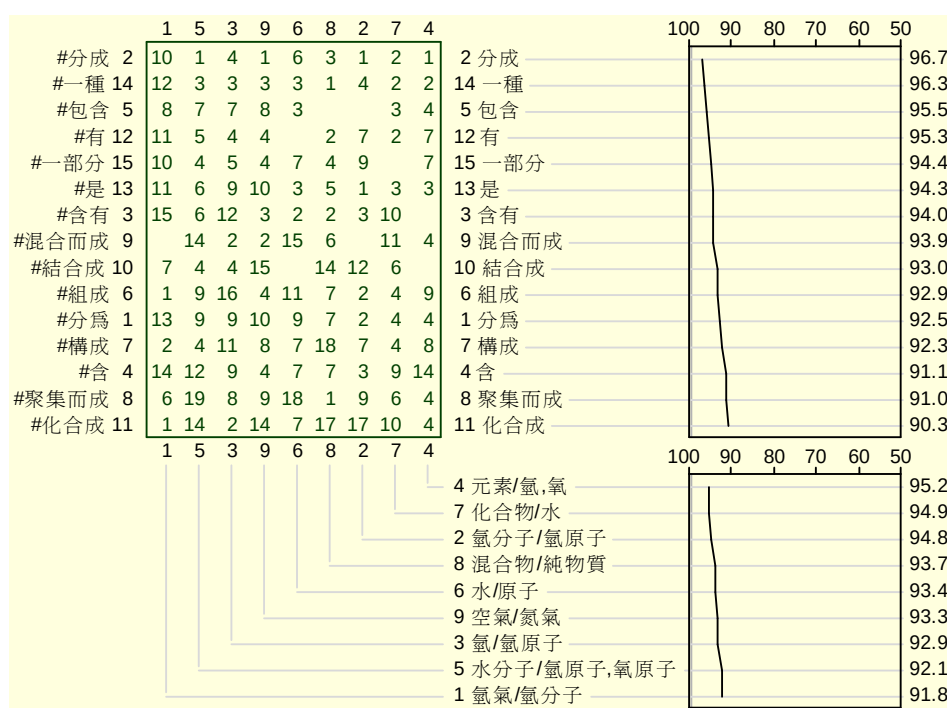


圖 4-5-13 高中學生與國中學生 COMPARE 分析

在概念之語意關係上，各個概念語意關係的相似度很高（均在 91.8%以上），其中差異較大的二組概念為[氫氣/氫分子]與[水分子/氫原子,氧原子]，這二組元素在實驗文本中雖然都以{組成}來描述，也就是「氫氣是由氫分子組成」與「水分

子是由 2 個氫原子和 1 個氧原子組成」，但是「組成」所體現的語意並不相同，從學科知識來看，氫氣只含單一分子成分，也就是氫分子，且為氫分子在空間中的分佈，反觀水分子和氫原子與氧原子之間的組合關係並非如此，而是氫原子與氧原子之間彼此鍵結而形成水分子。

學生是否瞭解此語意差異反映在他們在論述方式的評值上，由圖 4-5-13 可知，[水分子/氫原子,氧原子]的差異主要來自於{聚集而成}、{混合而成}以及{化合成}，其差異值分別為  $19(=|36-56|)$ 、 $14(=|23-38|)$ 以及  $14(=|77-62|)$ ，從這些差異值來看，國中學生在{聚集而成}與{混合而成}的評值較高，而高中學生在{化合成}的評值較高，也就是國中學生較未能分化水分子與氫原子、氧原子之間的語意關係，因此他們才會認為{聚集而成}與{混合而成}也可以用來描述它們之間的鍵結語意，高中學生則認為[水分子/氫原子,氧原子]的語意關係應該以{化合成}來描述。雖然在相似度上差異不大，但仍顯示高中學生對於概念之間為鍵結情形時，有別於國中學生的語意理解。

另一個差異較大的語意關係為[氫氣/氫分子]，對於[氫氣/氫分子]語意關係的理解差異主要來自於兩組學生在{含有、含、分為}等論述方式的評值，由圖 4-5-13 可知兩組學生在這三個論述方式的差異值分別為  $15(=|62-78|)$ 、 $14(=|56-71|)$ 以及  $13(=|32-46|)$ 。這些評值表示對於[氫氣/氫分子]的語意關係，高中學生雖然認為說法上可以說成「氫氣含有氫分子」與「氫氣含氫分子」，但是接受的程度（評值各為 62 與 56）已較國中學生來得低。在[空氣/氫氣...]這組概念中，高中學生在{含有、含}論述方式上的評值為 83 與 75（原始值大於 4），可見他們認為「空氣含有氫氣、氧氣、氫氣和二氧化碳等」與「空氣含氫氣、氧氣、氫氣和二氧化碳等」是很合適的說法。但是到了[氫氣/氫分子]時，接受程度便下降，這與{含有}和{含}的語意有關，在描述整體與多重部分混成的分體關係時，較適合以{含有}和{含}的論述方式來描述，但在表示[氫氣/氫分子]這種整體與單一部分混成的分體關係時，則較不適合。同樣地，{分為}也適合用於描述多重部分的混成（在[空氣/氫氣...]的評值為 62），但卻不適合描述[氫氣/氫分子]單一部分的混成（其評值只有 32），因為單一成分無法再“分為”其他的成分，因此在語意上並不合適。但相較之下，國中學生對於這些論述方式的意義理解並不如高中學生理解來得清楚。

整體而言，高中學生與國中學生對於各概念的語意關係與各種論述方式有相似的話意理解，也反映適合呈現概念語意關係的論述方式，相較之下，兩組學生能夠注意混合分體的語意，但對於鍵結分體，高中學生比國中學生反映了較深入的話意理解。

## (二) 兩組學生合併元素方格之分析

除了從 FOCUS 的評值外，還可以透過主成分分析的方法來瞭解高中學生與國中學生對各概念之間語意關係的理解差異外。將二者的合併元素方格表示成二維圖示的主成分分析圖，可由各元素的落點來瞭解高中與國中學生對元素語意的理解情形，圖 4-5-14 即為二組學生主成分分析的結果。其中(國)代表國中學生的元素，而(高)即為高中學生的元素，圖中箭頭起點為國中學生之元素，終點則為高中學生之元素，箭頭則表示二組學生在各元素上的向量變化。

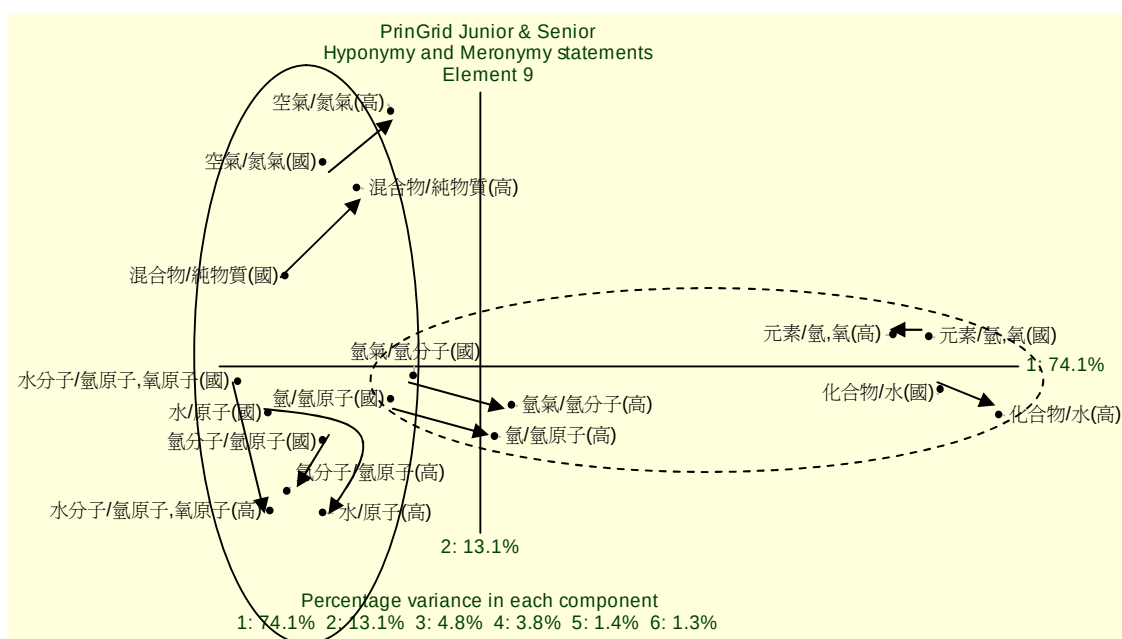


圖 4-5-14 高中學生與國中學生合併元素之主成分分析

圖中的箭頭可以看出各個元素在語意關係軸(即 X 軸)與組合關係軸(Y 軸)上的向量變化。以虛線標示的元素向量變化主要在 X 軸上，也就是在水平方向的

位移較為明顯。圖中[元素/氫,氧]的箭頭朝 $-X$ 軸方向，而[化合物/水]則朝 $+X$ 軸方向，但二者位置相近，且落於 $X$ 軸端，顯示高中與國中學生能清楚區別出級位關係的意義，且彼此差異不大。但是[氫氣/氫分子]與[氫/氫原子]卻朝 $+X$ 軸方向變化，從圖 4-5-12 的方格評值來看，高中學生對{含有、含、分為}等論述方的評值較國中學生低，但{是}在[氫氣/氫分子]的評值卻較國中學生的評值高，也就是高中學生較同意「氫分子是氫氣」的說法，從化學知識來看，對於氫氣而言，它的部分聚集在一起即為整體，也就是氫氣某種說法來說就是許多聚集的氫分子，因此氫分子是氫氣在語意上並無錯誤，由此也隱約可見高中學生對於純物質與單一成分分子組成之間的語意理解。

探究高中學生在{含有、含、分為}等論述方式之評值較低的原因，可能是他們認為口語上使用{含有}、{含}及{分為}這些構念來描述分體關係時，是指整體(Whole)包括二個以上的部分(Part)，例如「二氧化碳含有碳原子和氧原子」，但不同的是氫氣只有單一部分—氫分子，並無其他的成分，因此似乎不適合寫成「氫氣含有氫分子」，因此導致高中生的同意度較低。同樣地，「氫氣可以分為氫分子」與「氫可以分為氫原子」亦是如此，{分為}在語意上表示整體具有多個部分，例如描述成 $Y$ 可以分為 $X$ 與 $Z$ ，然而氫氣與氫均只有單一成分：氫分子與氫原子，整體無法再分出其他的部分，因此在語意關係的表達上並不恰當，這也顯示了高中學生比國中學生更注意到了[氫氣/氫分子]與[氫/氫原子]這類的分體關係。

另外一群以實線標示的元素，其向量是縱向的改變，也就是在 $Y$ 軸上產生位移。由圖中可知，在第二象限的元素朝 $+Y$ 軸移動，而第三象限的元素則朝 $-Y$ 軸移動，元素在 $Y$ 軸的向量朝兩極的移動顯示了高中學生對於這些概念的語意關係比國中學生的認知有了明顯的分化，他們理解到概念之間有混合和鍵結的不同分體關係，例如最靠近 $+Y$ 軸端的元素為[空氣/氫氣...]，最靠近 $-Y$ 軸端的元素為[水分子/氫原子,氧原子]，這二組元素就是混合與鍵結關係的明顯代表，相對地，國中學生在這二個元素在 $Y$ 軸投影較接近原點，也顯示他們對於混合分體與鍵結分體的分化未如高中學生明顯。

### (三) 兩組學生合併構念方格之分析

高中學生與國中學生的方格各有 15 個構念，將二者的方格合併後，則會形成一 9x30 的合併構念方格。經 PrinCom 分析，9 組元素與 30 個構念（高中學生 15 個，國中學生 15 個）會呈現一個二維的圖示，其分析結果即如圖 4-5-15 所示。

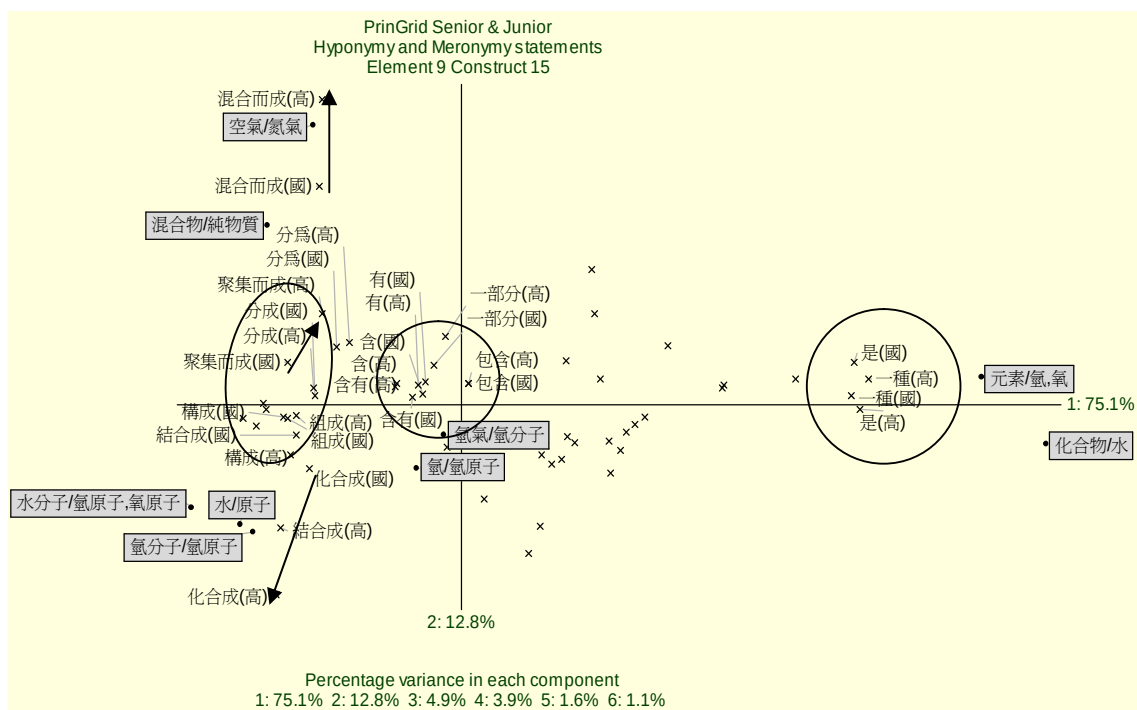


圖 4-5-15 高中學生與國中學生合併構念方格之 PrinCom 分析

由此分析可知，論述方式有相似的群集分佈，顯示兩組學生對於相同的論述方式之理解差異不大，在圖中的右方，兩組學生均認為{是、一種}適於用來描述[元素/氫,氧]與[化合物/水]這類級位關係的概念。而{組成、構成、結合成}以及{聚集而成}等論述方式落於圖中 X 軸左方，用來描述分體關係的概念。另外有一群構念落於原點附近，例如{含有、含、包含}之含攝以及{有}的確認語式，它們適合描述[氫氣/氫分子]與[氫/氫原子]這類的分體關係，此類元素的分體關係是指單一部分對整體的分體關係，對於氫氣來說，氫分子是它的單一成分，對於氫來說，它的成分也只有氫原子此單一成分，因為這二個概念的語意關係並不像其他概念的語意關係較容易辨識，而且也能找到適合指涉其關係的論述方式，因此為了描

述這種較為隱晦的語意關係，可能不得不透過{含有、含、包含}以及{有}這類在指涉語意關係上較為內隱的論述方式來描述。

再從構念的位移來看，{化合成、混合而成}和{聚集而成}在圖中位移較大，它們位移的方向分別朝+Y軸與-Y軸方向移動，相對地，國中學生這幾個構念的投影較接近原點，而高中學生的投影較接近兩端，顯示高中學生較能分化這些構念所描述分體關係的語意，{化合成}適合描述水分子與氫原子、氧原子之間的鍵結關係，而{混合而成}則適於描述空氣與氮氣等成分氣體的關係。顯示高中學生也理解適合描述混合或鍵結之構念的語意。

#### （四）小結

由 FOCUS 分析結果可知，高中與國中學生對於各概念語意關係與各論述方式的語意相似度均在 90% 以上，顯示二者的語意理解十分相似。若從語意關係與論述方式解讀的相似度以及兩者之合併元素、合併構念的 PrinCom 分析來看，高中學生對於哪些概念之間屬於級位關係，哪些概念之間屬於分體關係的識別較國中學生來得明顯，同時對於哪些論述方式適合用來描述混合分體，哪些論述方式適合用來描述鍵結分體較顯著的語意識別。這些結果顯示，高中學生對於級位分體論述表現出略佳的語意理解。

### 五、師生對級位分體論述的理解差異

科學教師與國中學生對級位分體論述的理解差異，同樣以 COMPARE 以及合併元素與合併構念方格等技術來分析師生間對元素與構念之相似性及相關情形。將科學教師評比方格與學生評比方格的數值相減，所得數值再取絕對值，可形成另一個方格表（如圖 4-5-16 所示），方格表的每個數值代表的是師生個別方格中的數值差異。COMPARE 可以呈現兩者在元素之間與構念之間的相似度，而合併元素方格與合併構念方格的主成分分析呈現師生對於各元素與各構念的差異性。以下將針對這些結果進行分析。



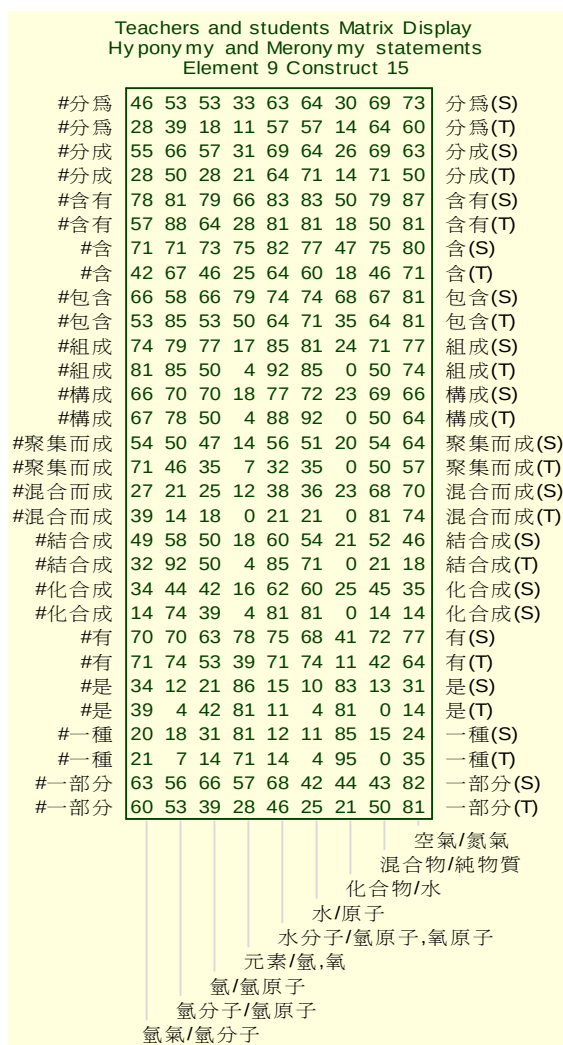


圖 4-5-16 科學教師與國中學生之比較方格

### (一) 師生之 COMPARE 分析

圖 4-5-17 為師生之間的 COMPARE 比較結果，圖中右方為構念之共識程度，圖右下方為元素間之共識程度。各元素或構念依共識程度由高至低排列，依 Shaw 與 Gaines(1995)的看法，相似度在 80%以上可視為是高度共識，圖中顯示[空氣/氬氣...]此組元素之相似性最高，而論述方式則是{是、一種}的意思最為相似。不過{是、一種}在[氫/氫原子]此元素之差異較大（如圖 4-5-10 所示，差異值各為 21 及 17），可見師生對此點的看法較不相同，推測其差異來自於師生對於「氫」有不同的語意理解。

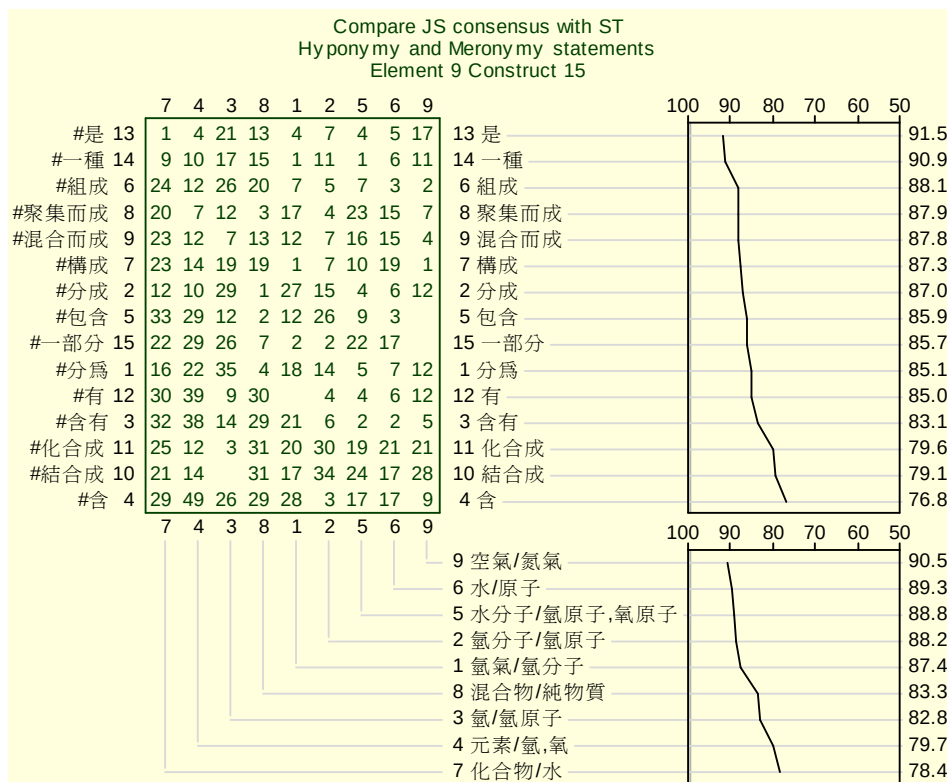


圖 4-5-17 科學教師與國中學生 COMPARE 分析

前述文本寫到「由於只含氫原子，所以氫為元素」，前一小句主詞被省略，由語法來看，這是一種零代詞(zero anaphor)的表現形式，依據後一小句推知其主詞應為「氫」，所以完整論述應為「由於氫只含氫原子」，然而這裡突顯的問題是「氫」是否有不同意涵？根據文本對元素的定義：「元素可以定義為只含一種原子的純物質」(康軒第四冊，2004，頁 13)，由此來看，小句中的「氫」應指氫元素，不過在科學文本中，氫還可指涉其他意思，例如「水是由氫和氧所組成，但水沒有氫的可燃性，也沒有氧的助燃性」此句中出现兩個氫，從語意上來看，第一個氫應指氫原子，而第二個氫應指氫氣，由此來看，科學文本中使用的「氫」至少蘊含三種角色：氫元素、氫原子以及氫氣，可見當科學文本中出现氫時，事實上具有不同的意義。

學生能否瞭解「氫」此詞彙所指涉之涵意是另外值得討論的問題，但在「氫原子是氫」這個論述上，科學教師的接受度(數值=42)高於國中學生的接受度(數值=21)，反映出科學教師比國中學生更能察覺此論述中「氫」可解釋為氫原

子，但也因為氫還有多重解釋，而非固定的指涉意義，因此教師對於「氫原子是一種氫」論述的接受度相對較低（ $14 < 31$ ，見圖 4-5-16 中教師與學生在{一種}的評值），不過從這些反映的評值來看，表現出科學教師比國中學生體認到「氫」這個詞彙在科學文本中蘊含更多的不同意義。

此外，由圖中可知，{化合成、結合成}以及{含}三個論述方式以及[元素/氫, 氧]、[化合物/水]二組概念語意關係的相似度低於 80%，顯示師生對於這些論述方式與語意關係的解讀有較明顯的差異，造成此差異的原因在後續合併元素與合併構念的 PrinCom 分析進一步解釋之。

## （二）師生合併元素方格之分析

科學教師與國中學生的合併元素為一  $18 \times 15$  的方格，對此方格進行 PrinCom 主成分分析，可瞭解二者對於不同概念間語意關係的理解差異。圖 4-5-18 即為合併元素方格的主成分分析。其中(S)代表學生的元素，而(T)代表教師的元素，師生在同一元素上的差異以箭頭表示，其中起點為學生元素，終點指向教師元素，來顯示師生之理解變異。圖中顯示多數元素在二個成分軸上的向量有所變化，其中[元素/氫, 氧]、[化合物/水]朝向第一成分軸的向量改變較明顯（即二者在 X 軸上投影位置的變化），而這二個概念也是圖 4-5-17 中語意相似性差異較大的概念。

由前述推知，第一成分軸為級位分體軸，而軸的右端表示級位關係，因此對[化合物/水]與[元素/氫, 氧]而言，教師比學生更認為這二組概念之間的關係為級位關係。再對照圖 4-5-17 師生的評值差異，可以發現它們的語意差異主要來自於在{有、含有、含、包含}等論述方式的評值不同，其中國中學生認為這些論述方式可用來描述[化合物/水]與[元素/氫, 氧]，教師則認為這些論述方式並不合語意，因此對於教師而言，這些論述方式較適合描述分體關係的概念（注意這些論述方式在圖 4-5-20 中的變化均往 X 軸左方移動），但較不適合描述級位關係的元素。

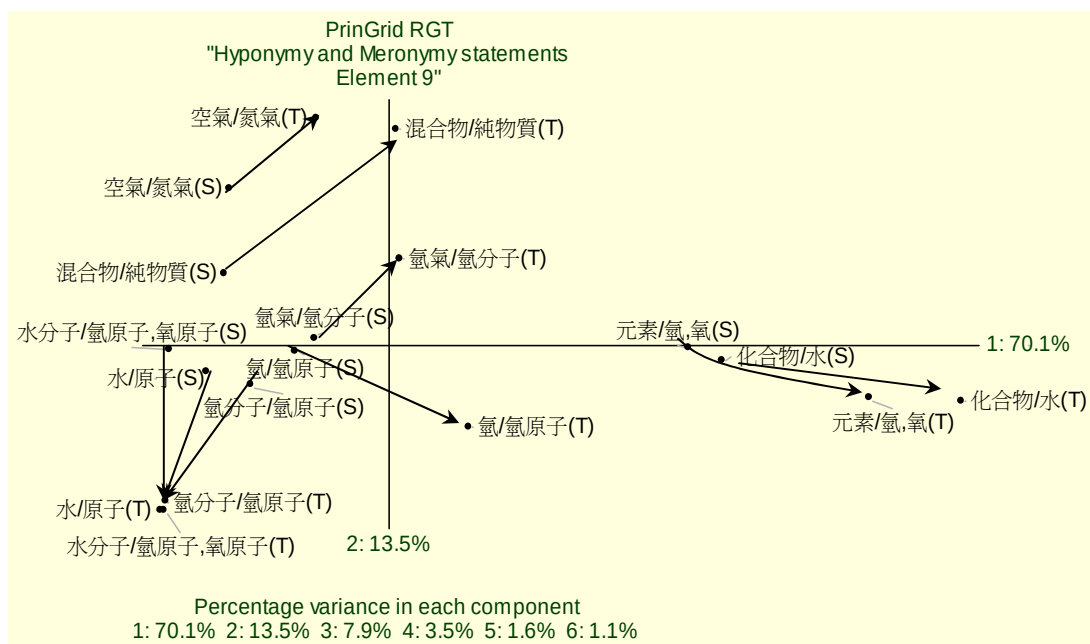


圖 4-5-18 師生合併元素之 PrinCom 分析

另外，由圖 4-5-17 可知，[水分子/氫原子, 氧原子]、[水/原子]及[氫分子/氫原子]等論述方式的語意相近，但在圖 4-5-18 中呈現出了師生對這些論述方式的不同理解，它們在第二成分軸的分向量上有較明顯的位移，學生在這些論述方式的 Y 軸投影較接近原點，而教師的投影則落於 -Y 軸，因此師生的理解差異在於 -Y 軸上的變異。依據前述的討論，此端代表的意義是不同的分體關係，顯然教師在分體關係有進一步的分化，在 +Y 軸上投影的情形也顯示，教師對於混合分體也有較清楚的識別。

由上述的討論可知，師生對於級位關係的識別較為一致，但在分體關係上，則顯示了兩者語意理解的差異，科學教師對於分體關係，辨識了混合與鍵結的不同，也反映出了對單一成分混合與多重成分混合的區別，相對之下，學生在分體關係上的語意理解則顯得較為薄弱，這是兩者在語意關係上主要的理解差異。

### (三) 師生合併構念方格之分析

合併科學教師與國中學生的構念則會形成一 9x30 的合併方格，對此方格進行 PrinCom 主成分分析，所顯示的二維圖形中會有 9 個元素，以及 15 個教師構念與 15 個學生構念，因為教師與學生的問卷構念相同，因此原有師生之方格可直接合併，圖 4-5-19 即為合併構念之分析結果，二個成分軸的變異量達 87.9%，顯示下圖能有效表達各元素與構念的相關情形。

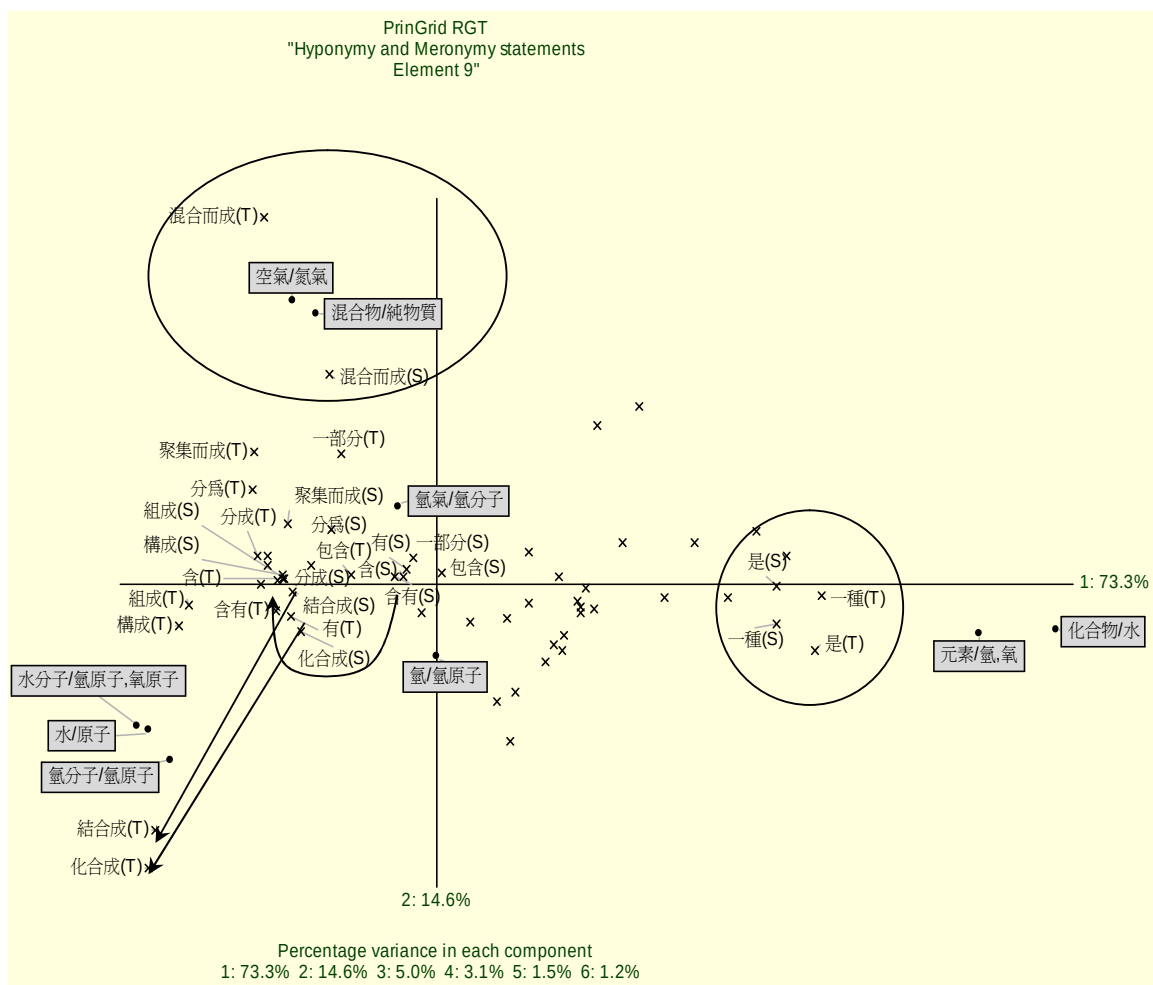


圖 4-5-19 師生合併構念之 PrinCom 分析

由圖中可知，{是、一種}二個論述方式分佈在圖中右方，而附近有二組概念，分別是[化合物/水]與[元素/氫,氧]，顯示科學教師與國中學生認為{是、一種}最適合描述這二組概念，對應圖 4-5-17 的 COMPARE 分析結果，{是}與{一種}也是師生語意共識最高的論述方式，其相似程度均在 90%以上，但是教師的{是}與{一種}較學生的{是}與{一種}更靠近右端，顯示教師比學生有更明顯的語意分化。其

他像{組成、聚合而成、混合而成}也都是共識很高的論述方式，表示師生對於這些構念之語意有相似的理解。

但圖 4-5-17 中顯示，師生在{化合成、結合成}及{含}等論述方式的共識較低（相似度低於 80%）。{化合成、結合成}的向量變化主要在於第二成分軸上，{含}的變化量主要在第一成分軸的投影。在第一成分軸的向量變化是指對論述方式在描述級位關係或分體關係有不同的適合程度，第二成分軸的向量變化是指論述方式在指涉混合分體或鍵結分體上的意義不同，由此可知，師生對於{化合成、結合成}的理解差異主要來自於對分體關係，也就是對分體關係有不同語意理解。

這兩個論述方式在[氫分子/氫原子]與[混合物/純物質]二組概念評值的差異較大，也就是師生對於用{化合成、結合成}來描述[氫分子/氫原子]與[混合物/純物質]有不同的意義詮釋。從語意上來看，雖然二者均被師生認為傾向於分體關係，但是它們的分體語意並不相同，氫分子在結構上為氫原子的組成，具有化學鍵結的性質，但是混合物是純物質在空間上的混合，純物質的化學性質不變，亦未產生結構上的變化。如果用圖示來表示兩者的語意差異，則如下圖所示。

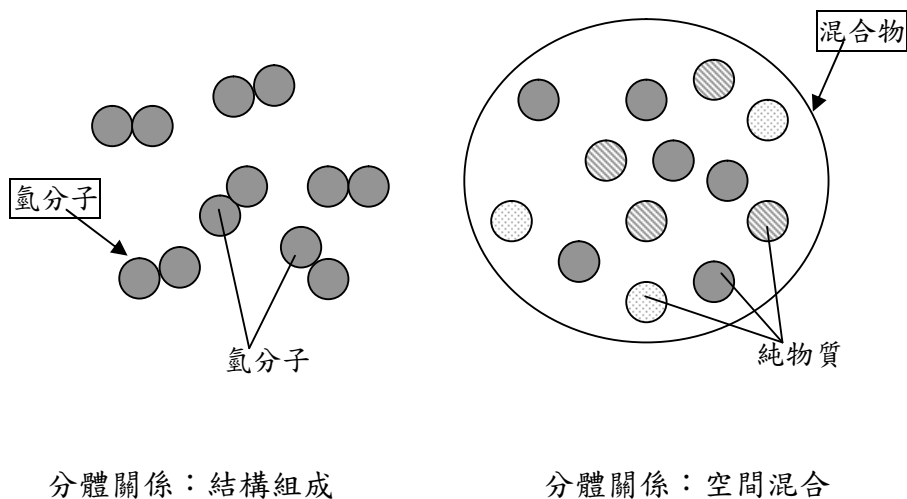


圖 4-5-20 概念分體關係的模型

圖 4-5-16 的[氫分子/氫原子]中，教師對{化合成}的評值為 74，而學生評值為 44，二者差異值達 30。教師對{結合成}的評值為 92，而學生為 58，二者差異值

達 34，顯示出師生之間對這二個論述方式是否適於描述[氫分子/氫原子]之語意關係的理解差異頗大，教師認為化合成與結合成能貼切地呈現出氫分子與氫原子之間的分體語意。同樣地，[混合物/純物質]的元素中，教師對{化合成、結合成}的評值很低（分別為 14 與 21），但是學生的評值較高（分別為 45 與 52）。這些師生的評值反應出了兩極的看法，教師對{化合成}與{結合成}在二組元素上的評值差異極大，但是學生的評值差異較小，顯見教師對於上述二種組合關係有較深入的辨識，相對而言，學生對於這種組合關係未能有較清楚的語意理解。

| 教師/學生     | {化合成}   | 差值  | {結合成}   | 差值  |
|-----------|---------|-----|---------|-----|
| [氫分子-氫原子] | 74 / 44 | 30  | 92 / 58 | 34  |
| [混合物-純物質] | 14 / 45 | -31 | 21 / 52 | -31 |
| 評值差異      | 60 / -1 | —   | 71 / 6  | —   |

在所有論述方式中，師生對於{含}的理解差異最大，從圖 4-5-19 之 PrinCom 分析結果來看，二者的理解差異表現在語意關係軸上，對應圖 4-5-16 的比較方格來看，學生對於{含}在各概念的評值除了[化合物/水]的數值 47（也很接近中間值 49.5）較低之外，其他的評值在高於 71 以上，可見學生對於{含}適於描述級位或分體的識別度不高。反觀教師對{含}在[元素/氫,氧]與[化合物/水]二組概念的評值為 25 與 18，其他概念的評值則在 42 以上。顯示科學教師認為{含}較適合用來描述分體關係之外，同時其語意理解比學生來得清楚。然而與其他論述方式相較，教師對{含}的評值還是不高，顯示教師認為{含}並非是適合描述級位分體關係的論述方式。

#### （四）小結

根據 FOCUS 的分析結果，科學教師與國中學生對於[空氣/氮氣...]的語意關係以及{是、一種}二個論述方式共識最高，但對[元素/氫,氧]與[化合物/水]的語意關係以及{化合成、結合成、含}三個論述方式的理解最為不同，由合併元素方格的

PrinCom 分析可知，[元素/氫,氧]與[化合物/水]之間屬於級位關係，也就是「氫、氧是一種元素」以及「水是一種化合物」。教師的這二個元素在 X 軸的投影比學生的投影更靠近右端，顯示教師比學生更認同[元素/氫,氧]與[化合物/水]屬於級位關係。由各組概念在座標二軸的投影位置來看，教師與學生能理解概念之間所蘊含的級位或分體關係，但除此之外，科學教師對分體關係中的混合分體或鍵結分體則有更清楚的理解

此外，由合併構念方格之 PrinCom 分析來看，師生在{是}與{一種}二構念之相似度最高，這表示教師與學生均認為在描述[元素/氫,氧]與[化合物/水]這類屬於級位關係的概念時，應該以{是}與{一種}的關係詞來描述。不過師生對{化合成}與{結合成}的共識較低，此差異主要來自於第二成分軸（組合關係軸）的語意差異。這二個構念的語意在於指涉概念之間具有化學鍵結的性質，學生在一些非屬於此組合情形的元素上，給予{化合成}與{結合成}的評值較教師來得高，同時學生在此二構念的 Y 軸投影在原點附近，教師的投影則在離原點較遠的-Y 軸上，這表示教師認為這二個構念適合表達概念之間的鍵結語意，但是學生對此點語意的認知則未如教師清楚。

師生理解差異最大的構念為{含}，在 PrinCom 的圖示中，學生{含}之 X 軸的投影在原點附近，表示學生認為此構念除可描述分體關係外，也可描述級位關係，這可由圖 4-5-17 中[化合物/水]的數值 47 以及[元素/氫,氧]的數值 75 得到印證，造成這種結果可能與{含}屬於內隱論述方式有關，因為它並沒有特定描述的語意關係，也因此學生在區別上也就沒有特別的語意關係分化。但是教師對於{含}是否適合描述[化合物/水]和[元素/氫,氧]這二個級位關係的概念，給予的評值各為 18 與 25，但在其他分體關係的概念給予較高的評值，可見教師認為{含}較適合用來描述分體關係。不過對學生而言，{含}在描述概念之間的語意關係時，事實上是具有語意關係指涉的模糊性。

雖然師生在{含}的 X 軸投影的位置不同，但是，師生對{含}在 Y 軸投影的落點相當接近，顯示他們對於{含}在指涉鍵結或混合的語意上沒有明顯的分化，或是認為{含}在表達概念的分體組合時並無差異。前述提到{含}屬於內隱論述的方



式，但在科學文本中，{含}還可以指涉混合分體或是鍵結分體，例如：

1. 食醋中約**含** 3%~5%的醋酸。<sup>1</sup>
2. 反應後產生**含**氧的化合物，例如氧化鎂、氧化鐵、二氧化碳等氧化物。<sup>2</sup>

在第一個例句中，「食醋中約含 3%~5%的醋酸」表示食醋有不同的成分，醋酸是其所含之成分之一，但是這裡的{含}所指涉的是分體混合，因為食醋中的醋酸與其他成分只是空間中的混合，而非與其他成分產生鍵結，因此第一個例句的{含}表示「部分」的混合。第二個例句中{含}表達不同的分體意義，從例句所列舉的例子來看，氧同樣是氧化鎂、氧化鐵、二氧化碳的成分，而且氧與其他氧化物的成分結構上彼此鍵結，這種分體指的是結構鍵結的分體。由此可知，科學文本中的{含}可描述級位，也可描述分體，還可描述混合的分體，更可描述鍵結分體，可見這個詞彙具有豐富的語意。由分析結果來看，師生理解差異主要反映在級位或分體的關係上，而未辨別出{含}在描述分體關係上也蘊含不同意義。

從上述討論可以瞭解師生對於元素與構念在指涉級位分體關係上，以及混合鍵結分體上差異，這些差異對於科學課室的教學或是科學文本的編輯上具有重要的參考價值，因為在科學教學上，科學教師或教科書編者能夠瞭解採用什麼樣的論述方式能適切地表達語意關係，什麼樣的論述方式可能造成讀者或學生產生語意關係理解不清或誤解的情形，那麼他們在教學講述或是語句編寫上便可能留意到如何透過論述精確地呈現概念的級位分體關係，因此無論是科學教師或是教科書編者，上述師生語意理解的分析結果應值得參與，用最適切的論述來清楚表達概念的語意關係，相信有助於學生產生更深層的學習理解。

---

<sup>1</sup> 該筆資料的出處為康軒版國中自然與生活科技第四冊，2004，頁 56。

<sup>2</sup> 該筆資料的出處為康軒版國中自然與生活科技第六冊，2004，頁 36。

