

## 教育部 113 學年度中小學科學教育專案期末報告大綱

計畫名稱：	透過「手語科學詞彙辭典」以提升聽覺障礙學生的科學學習成效與興趣之研究		
主持人：	林佳穎	電子信箱：	Jiaying0504@gmail.com
共同主持人：	張倩予		
執行單位：	台北市立啟聰學校		

### 一、研究計畫之背景及目的：

#### (一) 教育政策的推動與改變

為關懷特殊族群之科學教育，並使特殊教育和普通教育接軌，教育部（2003）頒佈「科學教育白皮書」，提及應關懷特殊族群的科學教育，並給予身心障礙學生公平且適合其個別差異的科學教育機會；並於2009年頒布「高級中等以下學校特殊教育課程發展共同原則及課程大綱」，提及應以普通教育課程為特殊教育學生設計課程之首要考量，並設計符合身心障礙學生特殊需求的補救或功能性課程。教育部於2021年頒布「十二年國民基本教育-特殊教育課程實施規範」，此實施規範明定教師需瞭解身心障礙學生的個別需求和能力，並能依學生的需求和能力研發課程。從以上資料可知，近年來台灣的教育政策是期望能在教育現場提供特殊學生公平和適性的科學教育機會。近年也越來越多學者關注於聽障學生的科學學習和科學教育，也有許多學者提出聽障者學習科學的教學建議，期望能提供聽障生友善的學習環境和公平的學習機會（Easterbrooks & Stephenson, 2006; Mangrubang, 2004; Moores, Jathro, & Creech, 2001; Qi, & Mitchell, 2012）。

聯合國於2015年宣布了「2030永續發展目標」(Sustainable Development Goals, SDGs)。SDGs包含17項核心目標，SDGs的第4個項目-優質教育，其目標為確保有教無類、公平以及高品質的教育，及提倡終身學習。其中4.5指標提及在2030年前要確保弱勢族群有接受各階級教育的管道與職業訓練的平等機會，包括身心障礙者。4.A指標提及需建立及提升適合身心障礙者的教育設施，並為所有的人提供安全的、非暴力的、有教無類的、以及有效的學習環境。

從上述資料可知，無論是科教領域或是特教領域都希望能提供特殊學生一個學習科學的機會，因此本團隊想設計出聽障生科學教學的教材與教法，期望透過此教學法提升學生的學習興趣與學習成效。

## (二) 聽障學生的能力與需求

本研究希望能提供聽覺障礙學生一個公平和適性的教育機會，研究所指之聽覺障礙學生是由於聽覺器官的構造缺損或功能異常，導致聽覺能力受到限制者。聽障學生的智力正常，在學習上主要依靠視覺線索或是其他感官訊息來幫助學習。但在一般科學課堂中，充滿快速的講述內容與不斷的解題練習，教師的教學進度也不可能為聽障學生做調整（只能做補救教學），因為難以跟上老師快速的教課內容，小部分聽障學生會回家自行閱讀來學習，大部分聽障學生很快的就放棄了科學。對聽障學生而言科學很難學習嗎？筆者認為對於聽障學生而言，科學真的很難學習！因為學習科學除了需要數學能力與抽象思考能力外，也需要具備良好的閱讀能力。

Trybus 與 Karchmer (1977) 對美國 1543 個聽覺障礙學生進行研究，發現九歲的聽覺障礙學生閱讀能力約等於二年級生，二十歲的聽覺障礙學生其閱讀能力約等於五年級生（林寶貴、李真賢，1987）。Easterbrooks & Huston (2001) 長期的研究報告指出，聽覺障礙學生在高中職畢業時，其閱讀能力平均相當於四年級的閱讀水準。國內許多研究亦顯示聽障學生的語文能力明顯低於一般學生（林寶貴、李真賢，1987；張蓓莉，1987），有些研究顯示閱讀能力約會低二至三個年級（林寶貴、黃玉枝，1997）。由以上研究可知聽障生的閱讀能力普遍低落，因此提升聽障學生的科學閱讀能力也是科學教學中的一大重要議題。

## (三) 科學閱讀

傳統的科學素養內涵中較少提及科學閱讀之重要性，教師在教學上也容易忽略科學文本的表徵意涵，使得學生容易產生閱讀上的困難 (Norris & Phillips, 2003)。近年來科學教育開始重視科學文本理解，閱讀科學文本也逐漸成為重要的科學素養 (Pearson, Moje, & Greenleaf, 2010)。但是科學文本為了表達科學專有知識或理論，文本內容常會出現不同於日常生活的語言或詞彙，使得閱讀科學文本變成困難的解謎活動 (陳世文和楊文金，2006)。對閱讀能力未超過國小三與四年級的程度之高中聽障而言，閱讀科學文本必然是一件困難的事情。要如何幫助閱讀理解力較為薄弱的聽覺障礙學生呢？

陳世文和楊文金 (2006) 依系統功能語言學 (systemic functional linguistics; SFL) 為基礎設計了 SFL 文本 (ST)，以及使用國中科院文本做為傳統文本 (CT)，供實驗組及對照組閱讀，研究結果顯示實驗組的閱讀及作答時間明顯多於對照組，學生花費較多時間仔細閱讀，且實驗組閱讀理解的表現較佳，對低先備知識者尤具助益。因此本團隊認為可以從語言學切入，以系統功能語言學 (systemic functional linguistics; SFL) 為基礎來設計出適合聽障學生閱讀的文本。

研究在 103 學年度的科教專案計畫中，已經使用斷詞測驗以及科學語言遊戲等課程，來教導聽障學生閱讀科學文本。研究結果也顯示出透過斷詞測驗可以瞭解每位學生不懂的名詞與小句，透過科學語言遊戲可以增進學生的科學閱讀能力以及科學概念的理解。而本次研究，筆者想要透過科技輔具，建立科學詞彙手語辭典，來幫助聽障生理解與使用基本的科學詞彙，並期待能進一步提升聽障生的科學閱讀能力。

#### (四) 手語與科技輔具

筆者於啟聰學校擔任自然科教師已經 20 年，在多年的教學中發現，當老師使用手語來教科學概念時，學生可以較快速的明白科學概念，但是當科學概念用文字呈現時，學生卻無法馬上聯想這個文字是剛剛手語所解釋的概念。特別是當進行紙筆測驗時，聽障生因為無法理解題目的意義，所以成績會明顯低於一般學生！Easterbrooks 和 Stephenson, (2006) 認為應該要提供聽障學生中介的文本，來協助學生建立知識，並能讓學生使用科學專有名詞來溝通。

筆者也認為在聽障教育最大的問題是沒有科學詞彙的對應手語，在教學時常常使用「接近的意思」或是「借用其他手語」的方式來表達科學詞彙，例如常常會使用「重量」的手語來表示「質量」，因為並沒有質量這個手語；也會借用「羊」的手語來表示「氧氣」。難以將科學專有名詞準確地透過手語表達出來，造成學生難以理解科學專有名詞真正的意涵，也難以使用手語來討論科學問題。因此，許多老師採取簡化課程內容的方式來教導聽障生，但這樣卻讓學生學得更片段也更不明白科學的概念。

善用科技可以創造較無障礙的學習環境，以及提供符合學生個別需求的教學內容，已有許多研究指出科技融入教學可提升聽障生學習科學之成就（邱淑明，2004；Barman & Stockton, 2002; Roald, 2002），因此本研究認為應該可以使用新興科技協助聽覺障礙學生之科學學習，以增進學生的科學知識。筆者認為應該要利用科技，幫助學生學習科學詞彙，讓學生可以透過不斷的反覆觀看手語科學詞彙，進而慢慢學習科學專有名詞以及科學概念。所以，本研究要利用擴增實境技術建立一套科學手語科學詞彙辭典，讓學生就像有隨身手語翻譯員一般！也讓學生善於使用行動科技（平板），達到時時刻刻都可以學習科學。

本團隊確信，聽障學生只是跑的比較慢，只要不放棄，總有一天他們會跟上的！如果我們能建立手語科學詞彙辭典，以及教導聽障學生閱讀科學文本的方法，或許他們就能夠透過閱讀來學習新知、獲得成就感、建立自信心，進而養成終身閱讀的好習慣。基於以上理由，筆者的研究目的與研究問題為以下幾點：

##### 研究目的

1. 瞭解聽障學生閱讀科學文本的困難處(斷詞錯誤處)。
2. 瞭解聽障學生閱讀科學文本的迷思概念。
3. 根據語言學理論基礎以分析科學文本(國中自然課本)。
4. 研發出「科學詞彙手語辭典」。

##### 研究問題

1. 聽障學生閱讀科學文本的困難處(斷詞錯誤處) 為何？
2. 聽障學生閱讀科學文本的迷思概念為何？
3. 比較「科學詞彙手語辭典」融入教學前後，聽障學生科學成就與興趣的異同？

## 二、執行單位對計畫支持(援)情形與參與計畫人員

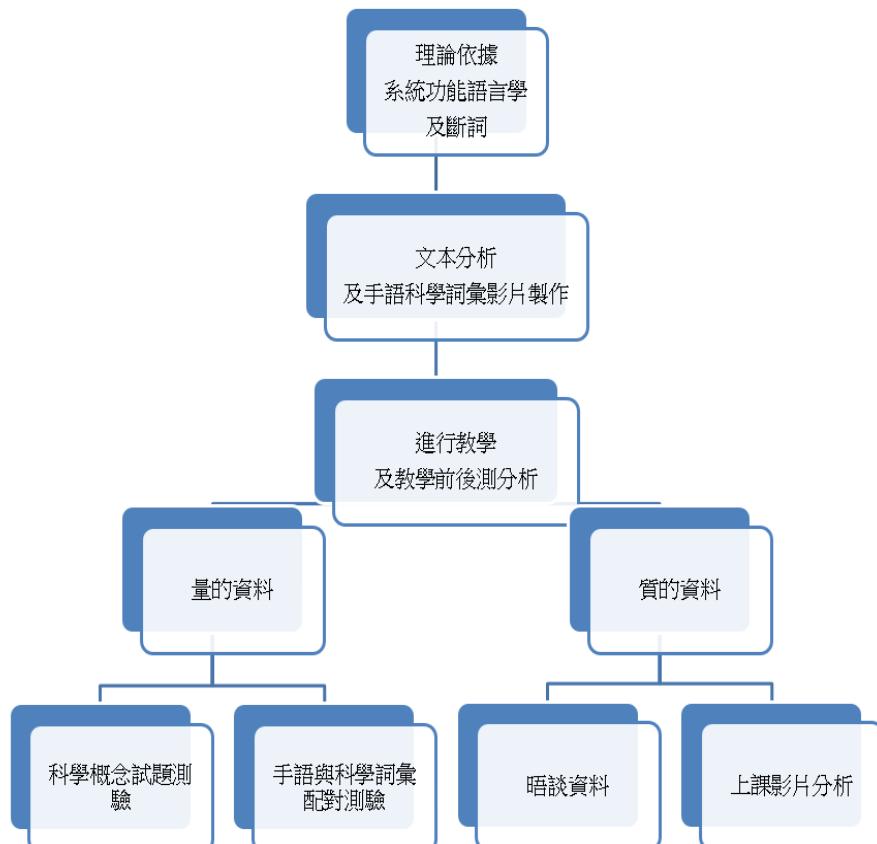
本研究計畫目前有4位計畫成員：自然科老師、數學科老師、手語老師以及設備組長。本計畫主要由自然科老師主導，負責課程與活動的設計，為主要授課教師；數學科老師協助課程開發；手語老師協助將科學詞彙拍成手語影片；設備組長負責費用申請與經費核銷業務。

## 三、研究方法

### (一)研究架構

本研究團隊於 104 年和 106 年科教專案計劃，根據語言學理論基礎分析部分國中生物文本，並請專業手語翻譯員翻譯部分的國中生物文本內容，並拍攝成手語影片，然後進行教學實驗，研究結果顯示能提升學生的學習成效與興趣。111 年和 112 年之科教計劃中，本團隊研發出「手語擴增實境桌遊」，請專業的手語翻譯員將課文中的內容翻譯成手語，並錄製成影片，讓學生透過掃描紙牌上的 QR Code 即可觀看手語翻譯。本團隊並進一步將此手語擴增實境桌遊融入教學中，進行教學實驗，研究結果顯示可以提升學生的學習成效，學生也對此桌遊具有正面評價。

本研究團隊於 113 年度繼續分析國中自然課本內的文本，把國中自然課本內的科學專有名詞有系統地翻譯成手語，並且進行文本斷詞分析，然後進行教學。研究架構圖如下：



圖一 研究架構圖

## (二)研究方法與理論基礎

### 1. 中研院斷詞系統

本團隊先前研究已利用中研院 CKIP 的中文斷詞系統，將生物(遺傳單元)文本中的名詞組作斷詞，並輔以人工來分析斷詞結果，產出正確的文本斷詞，斷詞結果如下。

/2-1/遺傳/與/基因/

/圖/2-1/中/有/一/隻/幼犬/和/兩/對/不同/體型/及/外表/的/成犬/ · /你/如何/判斷/幼犬/為/哪/一/隻/成犬/的/下一代/呢/ ?

/豌豆/莖/的/高度/、/果蠅/眼睛/的/顏色/與/人類/的/血型/等/ · /稱為/性狀/。/性狀/在/同一/種/生物/的/不同/個體/間/ · /可能/會/有/不同/的/表現/型式/ · /以/果蠅/為/例/ · /眼睛/的/顏色/是/一/種/性狀/ · /不同/的/果蠅/有/紅眼/或/白眼/之/分/ · /則/是/性狀/的/不同/表現/。/但/並非/所有/性狀/都/可以/直接/觀察/ · /例如/ : /人類/的/ABO/血型/ · /必須/進一步/檢測/才/能/確知/。

/生物/個體/性狀/的/表現/型式/ · /在/生殖/的/過程/中/會/傳遞給/子代/ · /這/種/現象/稱為/遺傳/。/最早/提出/遺傳/基本/原理/的/學者/是/十九世紀/奧地利籍/的/孟德爾/ · /因此/孟德爾/被/尊稱為/「遺傳學之父」/。

本研究將學生的斷詞結果，與正確的文本斷詞相比較，即可以分析出學生進行斷詞時的困難點，這些困難點可以做為文本分析、手語科學詞彙辭典以及個別化教學重點的參考。

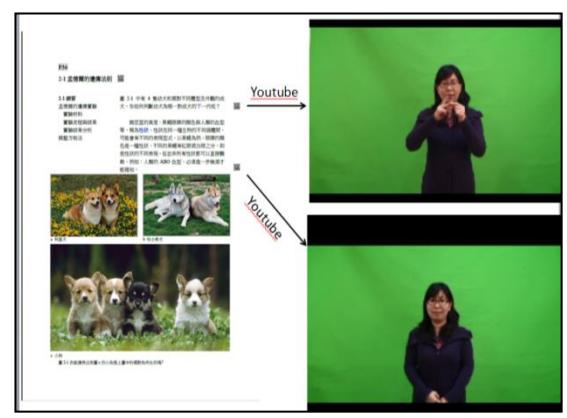
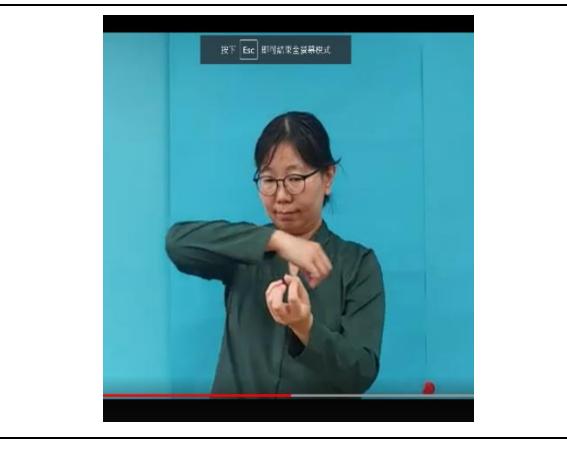
本團隊先前研究之學生的斷詞例子(如圖二)，可以得知學生對於「有些」、「細胞分裂」、「新個體」、「可...經由」、「更新」、「磨損」、「脫落」等詞彙的斷詞結果有錯誤，所以這些詞彙與句子可以做為手語科學詞彙辭典教材以及學生個別化教學的要點！

有些生物可經由細胞分裂產生新個體，例如變形蟲。多細胞生物可經由細胞分裂產生新細胞，使個體生長、更新衰老的細胞或修補受傷的組織，例如人體的皮膚細胞經常磨損而脫落，所以必須行細胞分裂產生新細胞來遞補。

圖二 斷詞例子

### 2. 手語科學詞彙辭典

本校備有先進攝影棚設備，可以拍攝及剪輯影片，已於先前的 104 年與 106 年科教專案計劃聘請專業手語翻譯員翻譯部分的國中生物課文內容，並拍攝成手語影片。如下圖所示。

	
課文 PDF 檔內有 QR Code	剪輯影片與上傳影片
	
掃描 QR Code 可觀看手語影片	攝影棚設備

本研究於今年 113 年之計畫將請繼續邀請具有台北市手語翻譯員資格的手語老師協助翻譯科學詞彙，再將此手語辭彙拍攝成手語影片，期望透過此影片可以幫助聽障學生了解科學詞彙的手語。

### 3.文本分析

本團隊預計在第二年計畫時進行自然科文本改寫，依據 Halliday 等人所提出的系統功能語言學來分析文本，將文本內容一句句的分析。在小句分析時，會將名詞組的成分分類，分為「過程」、「參與者」、「環境成分」、「人際成分」、「連接詞」與「零代詞」，而文本分析重點會在於「連結詞」與「零代詞」，分析例子如下圖一。

透過小句分析，可以發現自然科文本常常發生將主詞省略之情況，也就是具有「零代詞」的現象，而「零代詞」(省略主詞)容易會讓學生誤會課文內容或與難以理解文本。因此，本團隊希望透過文本分析後，教師在之後的進行教學時，可以更強調小句的主詞，讓學生能更理解文章的脈絡與因果關係。此外，對於多數聽障生而言，因為在手語中較少使用到「連結詞」，所以「連結詞」對聽障生而言是較為艱難的，因此在本團隊認為在教學中也需要強調「連結詞」造成的因果關係，以進一步釐清文本脈絡。

第二段							
2-1-1	有些生物 參與者	可 人際成分	經由細胞分裂 環境成分	產生 過程	新個體 參與者		
2-1-2	例如 連接詞		變形蟲 參與者				
2-2-1	多細胞生物 參與者	可 人際成分	經由細胞分裂 環境成分	產生 過程	新細胞 參與者		
2-2-2	Ø零代 詞	使 個體生長	Ø零代 詞	更新	衰老的 細胞	或	修補受傷 的組織
	承前一 句命名	過程 參與者	承前一 句命名	過程 參與者	連接詞 參與者		
2-2-3	例如 連接詞	人體的皮膚細胞 參與者	經常 人際成分			過程	磨損而脫落
2-2-4	所以 連接詞	Ø零代詞 承前一 句命名	必須 人際 成分	行 過程	細胞分裂 環境成分	產生 過程	新細胞 參與者
						來	遞補 過程

圖三 文本分析例子

### (三)研究對象與情境描述

本研究場域為台北某特殊學校，此特殊學校專收聽覺障礙學生，校內有幼稚部、國小部、國中部、高中部及高職部等 5 個部別。此特殊學校的教學方法主要為綜合溝通法 - 同時採用手語、口語與筆談來教導學生。本研究團隊選取國中部二、三年級的學生作為施測對象，每班學生不超過 10 人，學生共計約為 15 位。

### (四)教學設計與資料分析

本研究第一年計畫首先讓學生進行文本斷詞測驗(以瞭解學生可能具有迷思概念的詞彙)、閱讀能力測驗(以瞭解學生的基本閱讀能力)。接著進行教學，最後進行科學概念後測。每堂課會有作業單做為動態評量，也作為下堂課內容修正的依據。教學設計如下表：

表一 教學設計

教學前	教學中	教學後
1. 閱讀能力測驗	1. 自然科學課程教學 2. 作業單 3. 文本斷詞測驗	1. 科學概念後測

最後，在資料分析上，之後的學生成績會採用 SPSS 做分析；課程評價問卷會利用 EXCEL 進行分析，繪製各種關係圖與比較圖，並進一步使用 SPSS 進行因素分析。

### 四、執行進度（請評估目前完成的百分比）

100%。

## 五、研究結果

### (一)閱讀能力、斷詞能力與科學概念關係之分析

#### 1.學生閱讀能力分析

本研究對象為國七的8位聽障學生與國八的7位聽障學生，使用短句閱讀理解能力測驗測得的閱讀能力 PR 值，表格如下。

表二 學生的短句閱讀理解能力分析表

國七	閱讀理解能力 (PR 值)	國八	閱讀理解能力 (PR 值)
A	8	甲	12
B	12	乙	1
C	1	丙	8
D	12	丁	2
E	25	戊	96
F	51	己	33
G	21	庚	40
H	27		

#### 2. 國七細胞分裂文本斷詞分析

##### (1)細胞分裂正確文本斷詞

已知/細胞核/內/含有/遺傳物質/，可以/控制/生物體/遺傳/特徵/的/表現/。遺傳物質/平時/呈/細絲狀/，在/顯微鏡/下/不易/被/觀察/到/，當/細胞/進行/分裂/時/，/細胞核/內/的/遺傳物質/會/濃縮/，顯現/出/一條/一條/棒狀/的/構造/，/稱為/染色體/；染色體/主要/是/由/蛋白質/和/去氧核糖核酸/(/deoxyribonucleic acid/，/簡稱/DNA/)/組成/，而/DNA/為/控制/遺傳/的/物質/。同一種/生物/具有/相同/的/染色體/數目/，體細胞/的/細胞核/中/，/染色體/通常/是/兩兩/成對/，且/大小/、/形狀/均/相似/，此/成對/的/染色體/，/一條/來自/父方/，/一條/來自/母方/，稱為/同源染色體/。

##### (2)細胞分裂文本詞性分析

- A. 名詞：細胞核、內、遺傳物質、生物體、特徵、表現、細絲狀、顯微鏡、下、細胞、分裂、時、構造、染色體、蛋白質、去氧核糖核酸、DNA、物質、生物、數目、體細胞、大小、形狀、父方、母方、同源染色
- B. 動詞：含有、控制、呈、觀察、進行、濃縮、顯現、稱為、組成、為、具有、成對、來

- C. 形容詞：遺傳（作修飾詞時）、棒狀、相同、相似、同一種
- D. 副詞：已知、平時、不易、主要、通常、兩兩
- E. 助詞：的、被、到
- F. 助動詞：可以、
- G. 連接詞：當、和、而、
- H. 介詞：在、
- I. 數詞：一條、一條（數量重複出現）
- J. 限定詞：此

### (3). 細胞分裂概念斷詞錯誤類型分析

本節將分析學生的文本斷詞結果，並根據斷詞之正確性給予分數。

#### A. A 生的文本斷詞分析：

已知細胞核內含有遺傳物質，可以控制生物體遺傳特徵的表現。遺傳物質平時呈細絲狀，在顯微鏡下不易被觀察到，當細胞進行分裂時，細胞核內的遺傳物質會濃縮，顯現出一條一條棒狀的構造，稱為染色體；染色體主要是由蛋白質和去氧核糖核酸（deoxyribonucleic acid，簡稱DNA）組成，而DNA為控制遺傳的物質。

同一種生物具有相同的染色體數目，體細胞的細胞核中，染色體通常是兩兩成對，且大小、形狀均相似，此成對的染色體，一條來自父方，一條來自母方，稱為同源染色體。

圖四 A 生的文本斷詞

表三 A 生斷詞錯誤的科學詞彙分析表(錯誤詞彙標記為黃色)

詞性	詞彙	得分
(1)名詞	細胞核、內、遺傳物質、生物體、特徵、表現、細絲狀、顯微鏡、下、細胞、分裂、時、構造、染色體、蛋白質、去氧核糖核酸、DNA、物質、生物、數目、體細胞、大小、形狀、父方、母方、同源染色體	14
(2)動詞	含有、控制、呈、觀察、進行、濃縮、顯現、稱為、組成、具有、成對、來自	14
(3)形容詞	遺傳（作修飾詞時）、棒狀、相同、相似、同一種	4
(4)副詞	已知、平時、不易、主要、通常、兩兩、均	8
總分(共50個詞彙，一個詞彙2分)		40

B. B 生的文本斷詞分析：

已知細胞核內含有遺傳物質，可以控制生物體遺傳特徵的表現。遺傳物質平時呈細絲狀，在顯微鏡下不易被觀察到，當細胞進行分裂時，細胞核內的遺傳物質會濃縮，顯現出一條一條棒狀的構造，稱為染色體；染色體主要是由蛋白質和去氧核糖核酸（deoxyribonucleic acid，簡稱DNA）組成，而DNA為控制遺傳的物質。

同一種生物具有相同的染色體數目，體細胞的細胞核中，染色體通常是兩兩成對，且大小、形狀均相似，此成對的染色體，一條來自父方，一條來自母方，稱為同源染色體。

圖五 B 生的文本斷詞

表四 B 生斷詞錯誤的科學詞彙分析表(錯誤詞彙標記為黃色)

詞性	詞彙	得分
(1)名詞	細胞核、內、遺傳物質、生物體、特徵、表現、細絲狀、顯微鏡、下、細胞、分裂、時、構造、染色體、蛋白質、去氧核糖核酸、DNA、物質、生物、數目、體細胞、大小、形狀、父方、母方、同源染色體	36
(2)動詞	含有、控制、呈、觀察、進行、濃縮、顯現、稱為、組成、具有、成對、來自	18
(3)形容詞	遺傳（作修飾詞時）、棒狀、相同、相似、同一種	8
(4)副詞	已知、平時、不易、主要、通常、兩兩、均	8
總分(共50個詞彙，一個詞彙2分)		70

C. C 生的文本斷詞分析：

已知細胞核內含有遺傳物質，可以控制生物體遺傳特徵的表現。遺傳物質平時呈細絲狀，在顯微鏡下不易被觀察到，當細胞進行分裂時，細胞核內的遺傳物質會濃縮，顯現出一條一條棒狀的構造，稱為染色體；染色體主要是由蛋白質和去氧核糖核酸（deoxyribonucleic acid，簡稱DNA）組成，而DNA為控制遺傳的物質。

同一種生物具有相同的染色體數目，體細胞的細胞核中，染色體通常是兩兩成對，且大小、形狀均相似，此成對的染色體，一條來自父方，一條來自母方，稱為同源染色體。

圖六 C 生的文本斷詞

表五 C 生斷詞錯誤的科學詞彙分析表(錯誤詞彙標記為黃色)

詞性	詞彙	得分
(1)名詞	細胞核、內、遺傳物質、生物體、特徵、表現、細絲狀、顯微鏡、下、細胞、分裂、時、構造、染色體、蛋白質、去氧核糖核酸、DNA、物質、生物、數目、體細胞、大小、形狀、父方、母方、同源染色體	28
(2)動詞	含有、控制、呈、觀察、進行、濃縮、顯現、稱為、組成、具有、成對、來自	16
(3)形容詞	遺傳(作修飾詞時)、棒狀、相同、相似、同一種	4
(4)副詞	已知、平時、不易、主要、通常、兩兩、均	8
總分(共50個詞彙，一個詞彙2分)		56

D. D 生的文本斷詞分析：

已知細胞核內含有遺傳物質，可以控制生物體遺傳特徵的表現。遺傳物質平時呈細絲狀，在顯微鏡下不易被觀察到，當細胞進行分裂時，細胞核內的遺傳物質會濃縮，顯現出一條一條棒狀的構造，稱為染色體；染色體主要是由蛋白質和去氧核糖核酸(deoxyribonucleic acid，簡稱 DNA)組成，而 DNA 為控制遺傳的物質。

同一種生物具有相同的染色體數目，體細胞的細胞核中，染色體通常是兩兩成對，且大小、形狀均相似，此成對的染色體，一條來自父方，一條來自母方，稱為同源染色體。

圖七 D 生的文本斷詞

表六 D 生斷詞錯誤的科學詞彙分析表(錯誤詞彙標記為黃色)

詞性	詞彙	得分
(1)名詞	細胞核、內、遺傳物質、生物體、特徵、表現、細絲狀、顯微鏡、下、細胞、分裂、時、構造、染色體、蛋白質、去氧核糖核酸、DNA、物質、生物、數目、體細胞、大小、形狀、父方、母方、同源染色體	10
(2)動詞	含有、控制、呈、觀察、進行、濃縮、顯現、稱為、組成、具有、成對、來自	2
(3)形容詞	遺傳(作修飾詞時)、棒狀、相同、相似、同一種	0
(4)副詞	已知、平時、不易、主要、通常、兩兩、均	1
總分(共50個詞彙，一個詞彙2分)		56

E. E 生的文本斷詞分析：

已知細胞核內含有遺傳物質，可以控制生物體遺傳特徵的表現。遺傳物質平時呈細絲狀，在顯微鏡下不易被觀察到，當細胞進行分裂時，細胞核內的遺傳物質會濃縮，顯現出一條一條棒狀的構造，稱為染色體；染色體主要是由蛋白質和去氧核糖核酸（deoxyribonucleic acid，簡稱 DNA）組成，而 DNA 為控制遺傳的物質。

同一種生物具有相同的染色體數目，體細胞的細胞核中，染色體通常是兩兩成對，且大小、形狀均相似，此成對的染色體，一條來自父方，一條來自母方，稱為同源染色體。

圖八 E 生的文本斷詞

表七 E 生斷詞錯誤的科學詞彙分析表(錯誤詞彙標記為黃色)

詞性	詞彙	得分
(1)名詞	細胞核、內、遺傳物質、生物體、特徵、表現、細絲狀、顯微鏡、下、細胞、分裂、時、構造、染色體、蛋白質、去氧核糖核酸、DNA、物質、生物、數目、體細胞、大小、形狀、父方、母方、同源染色體	40
(2)動詞	含有、控制、呈、觀察、進行、濃縮、顯現、稱為、組成、具有、成對、來自	20
(3)形容詞	遺傳（作修飾詞時）、棒狀、相同、相似、同一種	8
(4)副詞	已知、平時、不易、主要、通常、兩兩、均	14
總分(共50個詞彙，一個詞彙2分)		82

F. F 生的文本斷詞分析：

已知細胞核內含有遺傳物質，可以控制生物體遺傳特徵的表現。遺傳物質平時呈細絲狀，在顯微鏡下不易被觀察到，當細胞進行分裂時，細胞核內的遺傳物質會濃縮，顯現出一條一條棒狀的構造，稱為染色體；染色體主要是由蛋白質和去氧核糖核酸（deoxyribonucleic acid，簡稱 DNA）組成，而 DNA 為控制遺傳的物質。

同一種生物具有相同的染色體數目，體細胞的細胞核中，染色體通常是兩兩成對，且大小、形狀均相似，此成對的染色體，一條來自父方，一條來自母方，稱為同源染色體。

圖九 F 生的文本斷詞

表八 F 生斷詞錯誤的科學詞彙分析表(錯誤詞彙標記為黃色)

詞性	詞彙	得分
(1)名詞	細胞核、內、遺傳物質、生物體、特徵、表現、細絲狀、顯微鏡、下、細胞、分裂、時、構造、染色體、蛋白質、去氧核糖核酸、DNA、物質、生物、數目、體細胞、大小、形狀、父方、母方、同源染色體	42
(2)動詞	含有、控制、呈、觀察、進行、濃縮、顯現、稱為、組成、具有、成對、來自	20
(3)形容詞	遺傳(作修飾詞時)、棒狀、相同、相似、同一種	8
(4)副詞	已知、平時、不易、主要、通常、兩兩、均	14
總分(共50個詞彙，一個詞彙2分)		84

G. G 生的文本斷詞分析：

已知細胞核內含有遺傳物質，可以控制生物體遺傳特徵的表現。遺傳物質平時呈細絲狀，在顯微鏡下不易被觀察到，當細胞進行分裂時，細胞核內的遺傳物質會濃縮，顯現出一條一條棒狀的構造，稱為染色體；染色體主要是由蛋白質和去氧核糖核酸(deoxyribonucleic acid，簡稱 DNA)組成，而 DNA 為控制遺傳的物質。

同一種生物具有相同的染色體數目，體細胞的細胞核中，染色體通常是兩兩成對，且大小、形狀均相似，此成對的染色體，一條來自父方，一條來自母方，稱為同源染色體。

圖十 G 生的文本斷詞

表九 G 生斷詞錯誤的科學詞彙分析表(錯誤詞彙標記為黃色)

詞性	詞彙	得分
(1)名詞	細胞核、內、遺傳物質、生物體、特徵、表現、細絲狀、顯微鏡、下、細胞、分裂、時、構造、染色體、蛋白質、去氧核糖核酸、DNA、物質、生物、數目、體細胞、大小、形狀、父方、母方、同源染色體	46
(2)動詞	含有、控制、呈、觀察、進行、濃縮、顯現、稱為、組成、具有、成對、來自	22
(3)形容詞	遺傳(作修飾詞時)、棒狀、相同、相似、同一種	10
(4)副詞	已知、平時、不易、主要、通常、兩兩、均	12
總分(共50個詞彙，一個詞彙2分)		90

## H. H 生的文本斷詞分析：

已知細胞核內含有遺傳物質，可以控制生物體遺傳特徵的表現。遺傳物質平時呈細絲狀，在顯微鏡下不易被觀察到，當細胞進行分裂時，細胞核內的遺傳物質會濃縮，顯現出一條一條棒狀的構造，稱為染色體；染色體主要是由蛋白質和去氧核糖核酸（deoxyribonucleic acid，簡稱DNA）組成，而DNA為控制遺傳的物質。

同一種生物具有相同的染色體數目，體細胞的細胞核中，染色體通常是兩兩成對，且大小、形狀均相似。此成對的染色體，一條來自父方，一條來自母方，稱為同源染色體。

圖十一 H 生的文本斷詞

表十 H 生斷詞錯誤的科學詞彙分析表(錯誤詞彙標記為黃色)

詞性	詞彙	得分
(1)名詞	細胞核、內、遺傳物質、生物體、特徵、表現、細絲狀、顯微鏡、下、細胞、分裂、時、構造、染色體、蛋白質、去氧核糖核酸、DNA、物質、生物、數目、體細胞、大小、形狀、父方、母方、同源染色體	34
(2)動詞	含有、控制、呈、觀察、進行、濃縮、顯現、稱為、組成、具有、成對、來自	18
(3)形容詞	遺傳（作修飾詞時、棒狀）、相同、相似、同一種	8
(4)副詞	已知、平時、不易、主要、通常、兩兩、均	12
總分(共50個詞彙，一個詞彙2分)		72

## 3. 國八氧化還原概念文本斷詞分析

### (1) 氧化還原概念正確文本斷詞

食品/包裝/中/的/脫氧劑/，/有些/是/利用/其/鐵粉/成分/與/密封/包裝/內/的/氧/結合/，/使/氧氣/被/消耗/，/進而/能/防止/食物/變質/，/鐵/和/氧/反應/時/會/產生/熱/；/烤肉/時/，/木炭/（/主要/成分/為/碳/）/在/空氣/中/的/燃燒/，/則/是/碳/與/空氣/中/的/氧/結合/，/反應/產生/光/和/熱/。/物質/與/氧/結合/的/反應/稱為/氧化反應/，/簡稱/氧化/。/燃燒/是/一種/劇烈/的/氧化反應/，/但/並非/所有/的/氧化/過程/均/會/發生/如/燃燒/時/的/發光/現象/，/鐵生鏽/即/為/一/例/。

### (2) 氧化還原概念文本詞性分析

A. 名詞：食品、包裝、中、脫氧劑、鐵粉、成分、內、氧、氧氣、食物、鐵、反應、時、熱、烤肉、木炭、碳、空氣、光、物質、氧化、過程、現象、例、氧化反應、鐵生鏽、空氣中、包裝內、發光現象、主要成分、鐵和氧、生鏽（名詞用）、鐵和氧的反應、木炭的燃燒、一種（分類單位）

- B. 動詞：是、利用、結合、使、消耗、防止、變質、生鏽、產生、稱為、簡稱、會（助動詞，但視為動詞類標註）、能（同上）、被（語態助動詞，但常列動詞語類分析）、發生、為（判斷用）、燃燒（動詞用）、發光（動詞用）
- C. 副詞：即、進而、均、並非、如（表示舉例）
- D. 形容詞：劇烈、主要
- E. 連接詞：和、與、但、則
- F. 代名詞：有些、其
- G. 助詞 / 結構助詞：的
- H. 數詞：一（如「一種」、「一例」）

### (3). 氧化還原概念斷詞錯誤類型

#### A. 甲生的文本斷詞分析：

食品包裝中的脫氧劑，有些是利用其鐵粉成分與密封包裝內的氧結合，使氧氣被消耗，進而能防止食物變質，鐵和氧反應時會產生熱；烤肉時，木炭（主要成分為碳）在空氣中的燃燒，則是碳與空氣中的氧結合，反應產生光和熱。物質與氧結合的反應稱為氧化反應，簡稱氧化。燃燒是一種劇烈的氧化反應，但並非所有的氧化過程均會發生如燃燒時的發光現象，鐵生鏽即為一例。

圖十二 甲生的文本斷詞

表十一 甲生斷詞錯誤的科學詞彙分析表(錯誤詞彙標記為黃色)

詞性	詞彙	得分
(1)名詞	食品、包裝、脫氧劑、鐵粉、成分、密封、內、 <b>氧</b> 、 <b>氧氣</b> 、食 物、鐵、反應、時、熱、烤肉、木炭、碳、光、物質、氧化、 過程、氧化反應、鐵生鏽、空氣、中、現象、一種	52
(2)動詞	是、利用、 <b>結合</b> 、使、消耗、防止、變質、產生、稱為、簡稱、 會、能、被、發生、為、燃燒、發光	32
(3)形容詞	劇烈、主要	4
(4)副詞	即、進而、均、 <b>並非</b>	6
總分(共50個詞彙，一個詞彙2分)		94

#### B. 乙生的文本斷詞分析：

食品包裝中的脫氧劑，有些是利用其鐵粉成分與密封包裝內的氧結合，使氧氣被消耗，進而能防止食物變質，鐵和氧反應時會產生熱；烤肉時，木炭（主要成分為碳）在空氣中的燃燒，則是碳與空氣中的氧結合，反應產生光和熱。物質與氧結合的反應稱為氧化反應，簡稱氧化。燃燒是一種劇烈的氧化反應，但並非所有的氧化過程均會發生如燃燒時的發光現象，鐵生鏽即為一例。

圖十三 乙生的文本斷詞

表十二 乙生斷詞錯誤的科學詞彙分析表(錯誤詞彙標記為黃色)

詞性	詞彙	得分
(1)名詞	食品、包裝、中、脫氧劑、鐵粉、成分、密封、內、氧、氣、氣、食物、鐵、反應、時、熱、烤肉、木炭、碳、光、物質、氧化、過程、氧化反應、鐵生鏽、空氣、現象、一種	12
(2)動詞	是、利用、結合、使、消耗、防止、變質、產生、稱為、簡稱、會、能、被、發生、為、燃燒、發光	12
(3)形容詞	劇烈、主要	0
(4)副詞	即、進而、均、並非、	0
總分(共50個詞彙，一個詞彙2分)		22

C. 丙生的文本斷詞分析：

食品包裝中的脫氧劑，有些是利用其鐵粉成分與密封包裝內的氧結合，使氣被消耗，進而能防止食物變質，鐵和氧反應時會產生熱；烤肉時，木炭（主要成分為碳）在空氣中的燃燒，則是碳與空氣中的氧結合，反應產生光和熱。物質與氧結合的反應稱為氧化反應，簡稱氧化。燃燒是一種劇烈的氧化反應，但並非所有的氧化過程均會發生如燃燒時的發光現象，鐵生鏽即為一例。

圖十四 丙生的文本斷詞

表十三 丙生斷詞錯誤的科學詞彙分析表(錯誤詞彙標記為黃色)

詞性	詞彙	得分
(1)名詞	食品、包裝、中、脫氧劑、鐵粉、成分、密封、內、氧、氣、氣、食物、鐵、反應、時、熱、烤肉、木炭、碳、光、物質、氧化、過程、氧化反應、鐵生鏽、空氣、現象、一種	42
(2)動詞	是、利用、結合、使、消耗、防止、變質、產生、稱為、簡稱、會、能、被、發生、為、燃燒、發光	30
(3)形容詞	劇烈、主要	4
(4)副詞	即、進而、均、並非	2
總分(共50個詞彙，一個詞彙2分)		78

D. 丁生的文本斷詞分析：

食品包裝中的脫氧劑，有些是利用其鐵粉成分與密封包裝內的氧結合，使氣被消耗，進而能防止食物變質，鐵和氧反應時會產生熱；烤肉時，木炭（主要成分為碳）在空氣中的燃燒，則是碳與空氣中的氧結合，反應產生光和熱。物質與氧結合的反應稱為氧化反應，簡稱氧化。燃燒是一種劇烈的氧化反應，但並非所有的氧化過程均會發生如燃燒時的發光現象，鐵生鏽即為一例。

圖十五 丁生的文本斷詞

表十四 丁生斷詞錯誤的科學詞彙分析表(錯誤詞彙標記為黃色)

詞性	詞彙	得分
(1)名詞	食品、包裝、中、脫氧劑、鐵粉、成分、密封、內、氧、氣、氣、食物、鐵、反應、時、熱、烤肉、木炭、碳、光、物質、氧化、過程、氧化反應、鐵生鏽、空氣、現象、一種	24
(2)動詞	是、利用、結合、使、消耗、防止、變質、產生、稱為、簡稱、會、能、被、發生、為、燃燒、發光	16
(3)形容詞	劇烈、主要	4
(4)副詞	即、進而、均、並非	4
總分(共50個詞彙，一個詞彙2分)		48

E. 戊生的文本斷詞分析：

食品包裝中的脫氧劑，有些是利用其鐵粉成分與密封包裝內的氧結合，使氣被消耗，進而能防止食物變質；鐵和氧反應時會產生熱；烤肉時，木炭（主要成分為碳）在空氣中的燃燒，則是碳與空氣中的氧結合，反應產生光和熱。物質與氧結合的反應稱為氧化反應，簡稱氧化。燃燒是一種劇烈的氧化反應，但並非所有的氧化過程均會發生如燃燒時的發光現象，鐵生鏽即為一例。

圖十六 甲生的文本斷詞

表十五 戊生斷詞錯誤的科學詞彙分析表(錯誤詞彙標記為黃色)

詞性	詞彙	得分
(1)名詞	食品、包裝、中、脫氧劑、鐵粉、成分、密封、內、氧、氣、氣、食物、鐵、反應、時、熱、烤肉、木炭、碳、光、物質、氧化、過程、氧化反應、鐵生鏽、空氣、現象、一種	50
(2)動詞	是、利用、結合、使、消耗、防止、變質、產生、稱為、簡稱、會、能、被、發生、為、燃燒、發光	30
(3)形容詞	劇烈、主要	4
(4)副詞	即、進而、均、並非	4
總分(共50個詞彙，一個詞彙2分)		88

F. 己生的文本斷詞分析：

食品包裝中的脫氧劑，有些是利用其鐵粉成分與密封包裝內的氧結合，使氣被消耗，進而能防止食物變質；鐵和氧反應時會產生熱；烤肉時，木炭（主要成分為碳）在空氣中的燃燒，則是碳與空氣中的氧結合，反應產生光和熱。物質與氧結合的反應稱為氧化反應，簡稱氧化。燃燒是一種劇烈的氧化反應，但並非所有的氧化過程均會發生如燃燒時的發光現象，鐵生鏽即為一例。

圖十七 己生的文本斷詞

表十六 己生斷詞錯誤的科學詞彙分析表(錯誤詞彙標記為黃色)

詞性	詞彙	得分
(1)名詞	食品、包裝、中、脫氧劑、鐵粉、成分、密封、內、 <b>氧</b> 、 <b>氧氣</b> 、 食物、鐵、反應、時、熱、烤肉、木炭、碳、光、物質、氧化、 過程、 <b>氧化反應</b> 、 <b>鐵生鏽</b> 、空氣、現象、一種	50
(2)動詞	是、利用、結合、使、消耗、防止、變質、產生、稱為、簡稱、 <b>會</b> 、能、被、發生、 <b>為</b> 、燃燒、發光	28
(3)形容詞	劇烈、主要	4
(4)副詞	<b>即</b> 、進而、 <b>均</b> 、並非	4
總分(共50個詞彙，一個詞彙2分)		86

G. 庚生的文本斷詞分析：

食品包裝中的脫氧劑，有些是利用其鐵粉成分與密封包裝內的氧結合，使**氧氣**被消耗，進而能防止食物變質，鐵和**氧**反應時會產生**熱**；烤肉時，木炭（主要成分為**碳**）在**空氣**中的燃燒，則是**碳**與**空氣**中的**氧**結合，反應產生**光**和**熱**。物質與**氧**結合的反應稱為**氧化反應**，簡稱**氧化**。燃燒是一種劇烈的**氧化反應**，但並非所有**的**氧化過程**均**會發生如燃燒時的**發光**現象，**鐵生鏽**即**為**一例。

圖十八 庚生的文本斷詞

表十七 庚生斷詞錯誤的科學詞彙分析表(錯誤詞彙標記為黃色)

詞性	詞彙	得分
(1)名詞	食品、包裝、中、脫氧劑、鐵粉、成分、密封、內、 <b>氧</b> 、 <b>氧氣</b> 、 食物、鐵、反應、時、熱、烤肉、木炭、碳、光、物質、氧化、 過程、 <b>氧化反應</b> 、 <b>鐵生鏽</b> 、空氣、 <b>現象</b> 、一種	50
(2)動詞	是、利用、 <b>結合</b> 、使、消耗、防止、變質、產生、稱為、簡稱、 <b>會</b> 、能、被、發生、 <b>為</b> 、燃燒、 <b>發光</b>	28
(3)形容詞	劇烈、主要	4
(4)副詞	<b>即</b> 、進而、 <b>均</b> 、並非	6
總分(共50個詞彙，一個詞彙2分)		88

#### 4. 學生的閱讀能力、斷詞能力與科學概念之關係與比較

本團隊將學生的閱讀理解能力(PR 值)、斷詞測驗分數與科學概念分數製成表格如下。

表十八 學生的閱讀理解能力(PR 值)、斷詞測驗分數與科學概念分數表

國七	閱讀理解 能力	文本斷詞 分數	細胞分裂 概念分數	國八	閱讀理解 能力	文本斷詞 分數	氧化還原 概念分數
A	8	40	30	甲	12	94	45
B	12	70	45	乙	1	22	45
C	1	56	30	丙	8	78	50
D	12	56	15	丁	2	48	40
E	25	82	45	戊	96	88	85
F	51	84	65	己	33	86	50
G	21	70	45	庚	40	88	40
H	27	72	45				

我們接著使用 Pearson 相關性分析，來分析學生的閱讀理解能力(PR 值)、斷詞測驗分數與科學概念之相關，實驗組分析結果如下表。因為一般研究者認為，相關係數0.3以下為低相關，0.3~0.7為中等相關，0.7以上為高度相關。故從研究結果可知，國七的閱讀能力與斷詞能力有高度正相關( $r=.815$ )，國七的閱讀能力和科學概念理解能力具有高度正相關( $r=.775$ )，國七的斷詞能力與科學概念理解能力有高度正相關( $r=.787$ )；國八的閱讀能力與斷詞能力有中度正相關( $r=.525$ )，國八的斷詞能力和科學概念理解能力具有高度正相關( $r=.862$ )。

表十九 學生的閱讀理解能力(PR 值)、斷詞測驗分數與科學概念之相關分析表

	國七閱讀	國七斷詞	國七概念	國八閱讀	國八斷詞	國八概念
國七閱讀	1	.815	.775	.451	.283	.229
國七斷詞	.815	1	.787	.433	.227	.270
國七概念	.775	.787	1	.624	-.008	.496
國八閱讀	.451	.433	.624	1	.525	.862
國八斷詞	.283	.227	-.008	.525	1	.310
國八概念	.229	.270	.496	.862	.310	1

由上述結果可知，學生的細胞分裂概念成就(國七)和文本斷詞能力有高度正相關，學生的氧化還原概念成就(國八)與閱讀理解能力和文本斷詞能力有中度正相關，本團隊認為或許可以將文本斷詞測驗作為提升聽障生科學學習成就的教學方法。

## (二)科學詞彙手語的翻譯原則

本研究團隊分析課文中常見的專有名詞，並分類出四種手語翻譯原則：具體可操作、文字手語+(解釋)、集合名詞、圖像化(位置、指示)，分析結果如下。本團隊預計第二年計畫會將這些手語科學詞彙拍攝成科學詞彙手語影片。

### 1. 具體可操作

- (1) 顯微鏡：(操作物品動作)管中看 蟲 上下翻轉
- (2) 口腔細胞：(挖口內膜) 細胞\*

### 2. 文字手語+(解釋)

- (1) 代謝：新 舊 交換(身下側)
- (2) 生長與發育：長大 膨脹
- (3) 感應與運動：敏感 (危險++ 吃什麼/等等) 再 跑 追
- (4) 繁殖：生++
- (5) 表皮細胞：皮 細胞\*
- (6) 保衛細胞：保 細胞\*
- (7) 神經細胞：神 經細胞\*
- (8) 血球細胞：紅 血細胞\*
- (9) 肌肉細胞：肌 肉細胞\*
- (10) 口腔細胞：(挖口內膜) 細胞\*
- (11) 草履蟲：草 鞋 蟲
- (12) 眼蟲：眼 蟲
- (13) 單胞藻：單一 細胞核 綠綿
- (14) 酵素：孝 素 消化
- (15) 葉的構造：葉 內 情形?
- (16) 光合作用：「」？葉 太陽 呼吸
- (17) 消化道：磨碎 指(位置) (口腔→咽→食道→胃→小腸→大腸→肛門)
- (18) 消化腺：磨碎 內分泌(唾→胃→肝→胰→腸)
- (19) 氧氣：羊 呼吸/ O<sub>2</sub>
- (20) 二氧化碳：二 羊 呼吸／CO<sub>2</sub>
- (21) 抗氧化：皺 乾 防
- (22) 循環：連++ 溝通++
- (23) 心血管：心臟 血 管
- (24) 淋巴：林 巴 (指位置)
- (25) 病原體：病 毒來源 (指)
- (26) 本能：本能? 生 會 學? 不用
- (27) 感應：感覺 表現
- (28) 反射：反 彈射(眨眼 打噴嚏)

- (29) 趨性:湧向 (光 蟲湧)
- (30) 向性:朝向(光 草向 )
- (31) 向觸性：向 樹 捲
- (32) 觸發運動：碰 發生(含羞草)
- (33) 睡眠運動：睡眠(幸運草)
- (34) 捕蟲運動：蟲 抓(打開 蟲停 合)
- (35) 恒定性：永遠 穩定 (身體 溫度 水 起伏小)
- (36) 內溫：內 溫+(自己 溫暖)
- (37) 外溫：外 溫+(陽光 溫暖)
- (38) 養分：養 東西
- (39) 氧氣：羊 吸氣
- (40) 小腸絨毛吸收：小 腸 地毯 吸收
- (41) 葡萄糖：葡萄 糖(補 強狀)

### 3. 集合名詞

- (1) 醣類：糖? 米 玉米馬鈴薯 類
- (2) 油脂：油? 花生芝麻 類
- (3) 蛋白質：魚 蛋 奶 類
- (4) 礦物質：「」鈣 鐵類
- (5) 維生素：「」 A B C D ...

### 4. 圖像化(位置、指示)

- (1) 細胞核：細胞\* 同拳
- (2) 細胞質：細胞\* 質
- (3) 液泡：(細胞\*)水 泡泡
- (4) 粒腺體：手凸 線 體
- (5) 細胞膜：細胞\* 包膜
- (6) 擴散：散 (多→少)
- (7) 滲透：水 透 (多→少)
- (8) 組織：組織
- (9) 器官：身體 器 果++
- (10) 受器：接受 指(眼 耳 鼻 )
- (11) 神經系統：腦 脊髓 神經細胞(元)
- (12) 細胞本體：「」 自己
- (13) 神經纖維：神經 線

## 六、檢討

### 1. 手語翻譯的挑戰

因為手語主要是"達意"，所以在編寫手語稿時"專有名詞"如何達意的表現出來是一大挑戰，在與校內各科的手語專家討論後，決定"專有名詞"不需要每一個字都對應手語，只要意思相近即可。科學教師要將"達意的手語"與"專有名詞"文字連結具有很大的挑戰(這即是聽障生學習上的困難點)。所以，將會與跨領域各科老師討論如何有效地將手語專變成中文。

### 2. 經費審查與撥款問題：

非常感謝教育部國教署對聽障生科學教育的支持與協助，但是本次計畫的經費審查結果較晚才通知，經費核撥也尚未收到，對於計畫執行上較為不便，希望之後時程能提早。