

# 以情境式問卷評量學生像生物學家般 思考能力

林吟珊<sup>\*</sup> 洪振方<sup>\*\*</sup> 廖麗貞<sup>\*\*\*</sup>

## 摘要

從十二年國民基本教育和科學發展來看，科學教育除了應該培養學生科學知識外，更應該讓學生具備思考能力，尤其是讓學生具有像科學家般的思考能力。本研究欲探討國中生像生物學家般在進行實驗研究時所具備的思考能力，目的是編制一份情境式問卷以了解國中生所具備像生物學家般的思考能力。問卷內容是模擬生物學家在進行研究蟋蟀時的情境，讓國中生可以融入並想像自己即是生物學家正在進行研究回答問題，題幹描述主要是利用實體圖片採開放式回答，用評分規準(Rubrics)作為評量方式。根據上述研究目的，本研究問題，除了製作一份可評量像生物學家般的思考能力問卷外並利用此問卷收集國中生在像生物學家般思考能力上表現之現況為何？研究結果顯示：生物學家的思考能力，可藉由「像生物學家般的思考技能——以蟋蟀研究為例」測驗得知，答對 A 等級的學生百分比分布整體看來其能力都有成長的空間，因為得到 A 的學生在每個面向皆未達到 40%，其中觀察、設計實驗和討論結論等 3 個向度表現較差，分別為 6%、3%、2%，而分類、提出問題、提出假說、證據和推理或預測等 5 個向度分別為 30%、11%、36%、18%、25%。所收集的研究成果在未來可提供教師試著依照十二年國教的總綱和領域綱要理念，規劃生物課程教材時的想法依據。

**關鍵詞：**情境式問卷、評分規準、生物學家般思考能力、國中生

投稿日期：2019/07/05；接受日期：2019/12/17

---

<sup>\*</sup> 國立高雄師範大學附屬高級中學生物教師

<sup>\*\*</sup> 國立高雄師範大學科學教育暨環境教育研究所教授

<sup>\*\*\*</sup> 國立高雄師範大學生物科技系教授，通訊作者 lijn@nkn.edu.tw

## Evaluating Students' Biologist-like Thinking Ability with a Situational Questionnaire

Yin-shan Lin<sup>\*</sup> Jeng-fung Hung<sup>\*\*</sup> Li-jen Liao<sup>\*\*\*</sup>

### Abstract

From the perspective of the 12-year Basic Education or science development, science education should not only cultivate students' scientific knowledge, but also make students have the ability to think like scientists. The purpose of this research is to perceive junior high students' thinking ability as the roles of biologists when experiments conducted. Therefore, the purpose is to prepare a situational questionnaire and then analyze the result to the ability of the junior high school students to think like a biologist. The content of this questionnaire is to simulate the situations which biologists researches in, so that the junior high school students can imagine they are conducting researches. The whole questionnaire will use the same subject. Physical pictures are used to get open-ended answers from students; meanwhile, Rubrics as the evaluation method. Moreover, the qualitative research method is incorporated to obtain data of students' biologist-like thinking ability. The biologist-like thinking ability in this study is graded by four levels A, B, C and D in terms of eight skills (observation, classification, evidence, reasoning, asking questions, proposing hypotheses, designing experiments, and discussing conclusions). The results of this study show that there is more room for students' biologist-like thinking ability to improve because even those students who are graded as level A don't reach 40% in every aspect. Evidence show that among the three dimensions of observation, designing experiments and discussing conclusion are poor, 6%, 3%, 2%, respectively, while classification, asking questions, proposing hypothesis, evidence, reasoning are relatively higher 30%, 11%, 36%, 18%, 25% respectively. In the future, the research result will provide the related information for the teachers when planning the biology curriculum materials on the basis of the curriculum guidelines of 12-year Basic Education.

**Keywords:** situational questionnaire, rubrics, biologist-like thinking ability, junior high school students

**Submitted: 2019/07/05 ; Accepted : 2019/12/17**

---

<sup>\*</sup> Biological teacher, The Affiliated Senior High School of National Kaohsiung Normal University

<sup>\*\*</sup> Professor, Science Education and Environmental Education, National Kaohsiung Normal University

<sup>\*\*\*</sup> Professor, Department of Biotechnology, National Kaohsiung Normal University. Corresponding Author: [lijen@nknku.edu.tw](mailto:lijen@nknku.edu.tw)

## 壹、緒論

十二年國民基本教育課程總綱的理想和目標是以「核心素養」做為課程發展主軸，來培養讓學習者具備適應目前生活以面對未來各項世界的挑戰。核心素養強調學習時，不應只以學科知識及技能為限，而應關注學習與生活結合，透過實踐力行彰顯學習者的全人發展(教育部，2014)。從十二年國民基本教育課程自然科學領域綱要中所提到的自然科學素養，其核心素養內涵則是養成學生探究能力、協助學生了解科學知識產生方式、養成學生應用科學思考和探究習慣及引導學生學習科學知識的核心概念(教育部，2018)。

目前國中教師在自然與生活科技領域的教學，普遍而言，在教給學生科學知識和概念時，同時也希望可以讓學生考試時可以寫出正確或標準答案，但是其中缺少了探究歷程，而這個探究歷程背後都有個共同性，就是思考智能。思考智能是可以串聯概念的理解，以及過程技能的方法和探究的能力，而這卻是一般老師在教學時較為缺少的部分(黃茂在與吳敏而，2016)。臺灣學校教育普遍為升學考試而準備，常導致學習僅得到片段性知識，而缺乏實驗中的過程技能、基本原理及情意目標之養成，造成在學校所學習到的知識與日常生活脫節，所以若要透過科學教學，提升學生與科學相關的知識及能力，是可以藉由從事思考的歷程培養合理推理的能力(靳知勤，2007)。教師也可以利用描述科學家生活或成就的科學故事讓學生閱讀並設計問題，讓學生可以針對問題在課堂上進行討論，來改善此問題(Roach 與 Wandersee, 1993)。

回到科學發展最原始的起點，孩童接受科學教育所獲得的科學知識應該只是科學家用來理解世界的認知基模，此跟幼兒理解世界的認知基模是一樣的，所以科學教育的最終目標應該是在培養一種科學思考方式或培養如何看世界的眼光(王震武、林文瑛與張郁雯，2011)。因此科學教育應該不僅僅在於讓學生學到科學知識、學到如何操作實驗，更重要的應該是培養統整的思考習慣。在學習科學課程的過程中，我們除了要學會科學知識、技能外，還要學會像科學家那樣地進行思考，也就是科學思考方式。(Padilla, Cyr 與 Miaoulis, 2005; 陳明鈺、歐陽閻，2017)。

近年來，有些學者將科學史融入教學，讓學生感受到「成功的範例」，見習科學家如何思考及其科學方法的應用，能將教材活潑化，提高學生興趣，讓學生經歷科學家的思考過程，對於引導學生建構合宜的科學態度與科學方法是有幫助的，並能協助學生更了解科學的本質(陳淑媛與洪振方，1998b)。然而在現行教科書內容關於科學家的描述只有簡略的生活概述，沒有科學家的能力思考這樣直接的內容，略有相關的只是提及科學家解決各種疑問會使用不同的方法得到答案。像這種探究問題標準化的方式、逐項條列式流程，雖可稱為科學研究的方法，但卻沒有涉及科學家背後的思考模式。

潘菁瑩(2010)分析我國國中生課堂上所使用自然與生活科技的教科書包括生物、理化及地球科學不論是在南一版、翰林版和康軒版中科學史的內容，比較目前中、小學自然與生活科技教科書中科學史內容的差異，發現國中自然與生活科技教科書中歷史資訊的內容過於簡略，描述真實科學演進的比例不高且線性地呈現科學知識演進的過程。加上多數的科學史資訊被定位為補充內容，大多只介紹科學家的生平和個人特質，教學過程也很少引導學生思考或探討科學史背後所蘊含的內涵。呂紹海與巫俊明(2008)針對國小「自然與生活科技」教科書中的科學史

進行分析研究，結果也有同樣的發現，這樣的科學史，並無法使學生了解科學的真正本質，體會科學探究的方法和精神」之目的。

所以，不論是從十二年國民基本教育或科學發展來看，科學教育除了應該培養學生科學知識外，更應該讓學生具備思考能力，且是像科學家般的思考能力。但是依照目前的自然與生活科技課程，教師或學生都容易流於只是教導或學習到片段的知識，可能無法達到培養學生具有科學家能力思考的目標，而生物學是屬於國中接觸到自然與生活科技課程中的第一個科目，應該可以從生物科教學開始做一些改變。

科學家在探討自然科學時，雖然有其共通性，但也具備了領域特殊性，從我國國家教育研究院所發布十二年國民基本教育課程綱要總綱，將自然科學學習領域分為生物、理化和地球科學三科學習可知(教育部，2018)。換言之，生物學如同物理學和化學都屬於自然科學領域學科的共同性質，同時生物學也是一門具有與物理學、化學同等地位的獨立科學，各科學科間各具特色，並具有一定程度的獨立性(Mayr, 1982；Moore, 1999；麥爾、涂可欣，1997)。所以科學領域中的科學家所具備的科學思考能力，在本研究中將聚焦於生物學科中生物學家在做實驗時，隱藏在其背後的思考能力，以下簡稱為「生物學家般的思考」。

但是關於「像生物學家般的思考」，不管是國內或國外都沒有直接的測驗評量方式。而關於科學思考(Scientific thinking)的評量，雖然都有直接或間接的測驗方式，但多以選擇題形式呈現(Al-Ahmadi 與 Oraif, 2009)，無法真正評量學生是否能在科學情境中進行像科學家的思考。

基於上述探討，本研究欲探討國中生像生物學家在進行實驗研究時，所具備的思考能力。所以其目的為編制一份情境式問卷並了解國中生所具備像生物學家般的思考能力，並利用此問卷收集國中生在像生物學家般思考能力上表現之現況。本問卷內容是利用模擬生物學家在進行研究時的情境，讓國中生可以並融入想像自己即是生物學家正在進行研究，整張問卷會用研究蟋蟀為同一個主題內容，題幹描述主要是利用實體圖片採開放式回答而非傳統式的填充或選擇題的評量，用評分規準(Rubrics)作為評量方式。所收集的研究成果在未來也可提供教師試著依照十二年國教的總綱和領域綱要理念，規劃生物課程教材時的想法依據。

根據上述研究目的，本研究的問題為 1.製作一份像生物學家般的思考能力問卷。2.利用此問卷收集國中生在像生物學家般思考能力上表現之現況如何？

## 貳、文獻探討

以下將說明科學家思考的內涵及重要性，進而說明生物學家般的思考為何？以作為本研究教學課程規劃及研究設計的基礎，分別論述如下：

### 一、科學家思考能力的內涵及重要性

生物學是屬於自然科學領域中的其中一個科目，本研究欲探討國中生生物學家般的思考，所以將先說明何謂科學與科學家在研究時所需具備的科學思考能力，進而再說明在自然科學領域下的生物學家進行實驗時所具有的思考方式。

### (一) 科學與科學思考

「科學」是一種思考和探究的方式，而不是一個知識體系，例如：「科學告訴我們吸煙會殺死你」，但其實不然，科學並沒有告訴我們什麼，而是使用科學探究的方式來調查吸煙與癌症之間的關係。科學有時與技能(skill)相混淆，技能應該是指科學應用於解決各種任務的方法。從某種意義上來說，科學是一套決定如何解決不同現實觀點的衝突標準，在平時生活中，也會嘗試完成最簡單的任務，例如找出吃什麼，我們會做一些食物可能味道是好或者其他的考量，當然也會利用它提供了研究人員在處理問題時可以使用的策略 (Donovan 與 Hoover, 2013)。

科學是一種思考與質疑過程，換句話說科學是人類心智的自由創作以幫助人類理解某些事物之間的關係，創造新思考與新理論，以培養一種最少矛盾的思考方式或看世界的眼光(Infeld, 1971)。科學被認為是人類在理解事物時，對於巨大衝突時，能透過思考、提出新問題，幫助我們理解事物之間的關係，所以科學思考是科學發展的動力，如果沒有科學思考，科學就無法進步，而科學思考的產物就是我們人類社會中的新思維、新問題、新理論，以及理解事物之間的關係(洪振方與謝甫佩，2008)。

所以「科學」可以協助人類更加了解世界的運作，更理解真實或減少生活中所遇到問題和矛盾，利用科學探究和科學思考運用在日常真實生活中，去解決遇到問題，減少生活上的矛盾。那科學思考應該包含什麼內涵呢？

從科學教育的角度來看，Schauble(2003)認為科學思考包括下列一種或全部的能力：概念發展、假設檢驗、變因控制、概念改變、歸納、產生與解釋、實驗設計、數據建模、因果關係、使用表徵工具和符號……等相關能力的掌控，即是應用科學方法的原則在進行推理或解決問題。

依美國國家科學促進會(American Association for the Advancement of Science，簡寫為AAAS)，自 1961 年接受美國國家科學基金會的資助，分析科學家從事科學研究工作的過程及行為，並設法把科學工作過程所運用的技能融入自然科學的課程及教學活動中，經過 9 年的研究與發展，提出一套稱為 Science-A Process Approach(SAPA)的課程，將「科學過程技能」和「科學知識」列為學童所應學習的內容，課程強調「做中學」，並以教學科學方法(過程)的連貫性訓練為主，目標是培養兒童從事科學研究的技能，即進行科學研究的能力。「科學過程技能」包括了有 13 個技能：觀察、分類、運用時空關係、預測、運用數字、測量、變因控制、推理、形成假說、操作型定義、解釋、交流、進行實驗等(American Association for the Advancement of Science [AAAS], 1993)。

而所謂科學探究能力是一組科學過程技能，這些技能包括提出問題，提出假設，分類和定義變因，設計實驗，收集和量化數據，結論和提供證據(Germann, Aram 與 Burke, 1996)。科學思考就是應用方法或科學探究的原則來推理或解決問題，應該盡可能的包括下列能力：報告結果、概念發展、檢驗假設、控制變因、改變理論、證據的相關性、歸納、實驗設計、建模、產生與解釋因果關係、相關概念的理解，以及反思知識獲得與改變的過程(洪振方、謝甫佩，2008)。

從認知心理學的角度來看，Zimmerman(2007)提出科學思考一直是心理學家和教育學家都很

感興趣的，心理學家對科學思考感興趣的是注重概念形成、改變、推理和解決問題，重視科學過程中的思考發展以及協調一系列複雜的認知能力所需的技能，另外的目標是找到改善科學教育學習和教學的最佳方法。Dunbar 與 Fugelsang(2005)認為科學思考是心理在推理時使用的科學過程內容，從事典型的科學活動(例如，設計實驗)或科學特定領域中經常使用的推理，科學思考涉及到許多通用的認知操作，包括歸納、演繹、類比、問題解決和因果推理以及知識獲得與概念改變的過程之反思。因此，認知心理學家和科學教育研究人員的研究應該並且可以相互合作的。

綜上所述，從科學教育的角度來看，科學家在解決問題時所運用的「科學探究」包括「科學方法」、「科學過程」、「科學過程技能」等所提到的分向內容，都是由一連串不同面向的分向內容所組成，其實本質是殊途同歸的。從認知心理學家的角度來看，即是科學家在解決問題時所運用的「科學探究能力」背後的思考稱科學思考，非僅僅只是固定或有順序性的，也不宜使用分項、分開。

換言之，科學思考就是將科學探究的方法或原則應用於推理或解決問題的情況，並涉及產生、測試和修改理論的技能，在使用這些技能發展的背後思考的過程及改變(Kuhn 與 Franklin, 2006)。所以科學思考包括在為概念改變或科學探究過程中所進行的探究、實驗、證據評估和推理所涉及的技能，此種技能是一組複雜的認知與後設認知技能，也就是應用科學方法或科學探究的原則來推理或解決問題，需要產生、測試與修正理論的能力，以及反思知識獲得與概念改變的過程(Zimmerman, 2007)。文獻中的科學思考即是科學探究(Ben-David 與 Zohar, 2009；Zion, Michalsky 與 Mevarech, 2005；洪振方，2010)。

本研究中目的為編制一份情境式問卷並了解國中生所具備像生物學家般的思考能力。所以採用認知心理學家的「科學思考」，而這些科學思考所包括的具體操作面向，則稱為科學思考技能。所以在本研究中所提到的「科學家思考」是指科學家在探究自然科學所運用到的科學思考，而這些科學思考技能的組成總合即是「科學家思考能力」。而科學家思考根據學科領域特殊性，本研究聚焦於生物學家在研究時所具備思考則為「生物家思考」，其能力詳述如下。

## (二) 生物學家思考能力

中學生在自然科學學習領域中分為生物、理化、地球科學等 3 個不同學科領域，本研究只針對自然領域的生物學科，分析現有的現行自然與生活科技教科書中並沒有直接提到生物學家思考，但是有提到探究自然的方法稱為科學方法，內容包括 1.觀察；2.提出問題，為針對觀察到的現象提出問題；3.參考文獻是查詢相關資料以提出各種可能；4.針對問題提出可能的假說；5.設計實驗，驗證假說；6.分析實驗結果，有系統地整理記錄並分析結果；7.根據實驗結果，提出結論(教育部，2010)，而這些科學方法，也是一般生物家常用來做研究的科學流程(McLelland, 2006)。

在第一、二冊自然與生活科技教科書中，分析教學上所使用的南一出版社書中內容，提到的生物學家共有 6 位。呈現如下表 1，其中在自然與生活科技課程綱中孟德爾(Gregor Johann

Mendel, 1822-1884)的豌豆交配實驗並提出遺傳定律及提出天擇說的達爾文(Charles Robert Darwin, 1809-1882)兩位生物學家，有簡單描述了生物家的生平及部分的研究過程(教育部，2010)。

表 1 現行教科書中提到的生物學家

| 冊／章                  | 節／單元名稱         | 生物學家      | 內容          | 授課時數 |
|----------------------|----------------|-----------|-------------|------|
| 第 1 冊第 2 章<br>生物體的組成 | 2-1 細胞的發現與細胞學說 | 虎克        | 命名細胞        | 1    |
| 第 2 冊第 2 章<br>遺傳     | 2-1 孟德爾的遺傳法則   | 孟德爾       | 科學史         | 2    |
|                      |                | 龐尼特       | 棋盤方格        |      |
|                      | 2-4 突變         | 摩根        | X 光造成果蠅突變   | 1    |
| 第 2 冊第 3 章<br>生命的演變  | 3-1 演化學說       | 拉馬克       | 提出用進廢退說     | 2    |
|                      |                | 達爾文       | 科學史         |      |
| 合計                   |                | 六位<br>科學家 | 兩位有<br>研究歷程 |      |

從研究方法來看，孟德爾採用「假設—演繹」的研究方法，由於孟德爾在大學時代接受了物理學的訓練，所以他將假設—演繹的研究方法引用到他的豌豆遺傳實驗中，其中包含實驗的整個計畫、實驗方法、實驗材料，且在實驗研究開始前，孟德爾就對於結果有了一個預測，而做實驗是為了證明他的假設。他的研究方法和傳統的雜交學者有很大的不同。而達爾文被稱為博物學家，從事自然史的書寫，擅長利用田野調查撰寫紀錄，使用歸納法來堆積出結果，進行實驗去證實他的想法(張漢良，2008；Sootin, 1959)。從實驗方法來看，孟德爾在實驗室進行實驗，由實驗結果建立了遺傳學定律，解釋了子代的性狀為何會具有親代相似的性狀，此研究親代和子代之間性狀傳遞的過程的學者稱為遺傳學家。

而生物學家達爾文，他的研究歷程可稱為「自然觀察者」，依據美國心理發展學家加德納(Gardner, 1983)提出「多元智慧論」其所提出的多元智慧內容包括七種能力，到 1995 年新增第八智慧，即是自然觀察智能，因為加德納認為之前所提的七種智能無法解釋達爾文、珍古德(Jane Goodall)等自然學家的特質和成就，包括觀察、反思、分類、綜合、交流技能及對自然世界和非自然世界的感知擁有這些技能者稱為自然觀察者(naturalist)，簡單說就是能夠辨識植物和動物，對自然現象與事物分門別類，並且強調的人與自然間的交互作用(Campbell, Campbell 與 Dickinson, 1996)。

Padilla, Cyr 與 Miaoulis(2005)指出科學家在進行研究時，應該具備像科學家般思考需透過科學思考方法來了解世界，用其研究歷程可稱為「自然觀察者」的達爾文和珍古德(Dame Jane Goodall)在非洲進行黑猩猩的研究為例，來描述所需要的思考方法如下 1.用人的觀察器官去收集訊息的觀察；2.將不同的訊息和事物根據他們相似性加以區分，並將相似的情形歸在同一類分類；3.對於觀察提出疑問；4.對一系列的觀察結果的可能解釋或可能答案假說；5.設計實驗是指進行實驗中，需考慮的控制變因、應變變因；6.通過觀察所獲得的數據、資料以及其他數據，

用來收集和紀錄觀察結；7.推理(inference)：試圖對觀察到的某些現象作出解釋或說明；8.根據以往的經驗或證據來預測(predicting)將來可能發生的事件；9.根據實驗獲得的結果而作出結論，且作出的結論過程中，需要仔細考慮收集資料是足夠和全面的，進行討論及提出結論。

Kida(2009)提出生物學家除了應該具備科學技能外，在使用這些技能時，其背後像科學家般思考的特徵，應該包括下列 5 點：1.對於未經證實主張存疑可被歸為提出問題；2.確保主張或想法是可被檢驗的可被歸為提出假說；3.要確認證據品質可被歸為設計實驗；4.嘗試否證主張或想法可被歸為討論並提出結論；5.依照支持或反駁想法的證據數量來調整想法可被歸為推理或預測。

而生物學家在進行研究時，會在不同情境之下，依據「現象」進行不同的思考，也就是生物學家會利用已現有觀察到的結果，進行推理或預測。例如孟德爾使用演繹法，以碗豆作為研究遺傳的實驗，是用所得到的子代性狀「數據」證據去預測其他子代的性狀；而達爾文是用歸納法，根據他當時搭乘英國海軍軍艦小獵犬號的航行中，蒐集生物的外觀、生活習性等「觀察資訊」的證據，之後提出理論，利用的是推論。所以同樣生物學家，依照所得到的證據和所學知識，接下來進行的會使用的是「推理」或「預測」，所以將「推理」、「預測」兩種不同的考技能，使用「或」連結作為一個向度來探討中學生像生物學家的思考能力。

綜上所述文獻加以整理後，統整為「觀察、分類、提出問題、提出假說、設計實驗、證據、推理或預測、討論及提出結論」等八項生物學家思考技能，在這些技能的背後更重要的是其思考，所以在本研究中將生物學家進行研究時，所使用的技能總和，即為「生物學家的思考能力」整理如下表 2。

表 2 生物學家的思考技能

| 生物學家思考技能 | 定義                                        |
|----------|-------------------------------------------|
| 觀察       | 用人的感覺器官去收集訊息                              |
| 分類       | 將不同訊息和事物根據它們的相似性加以區分並歸類                   |
| 提出問題     | 根據觀察得到訊息，提出存疑                             |
| 提出假說     | 根據所得到的證據和所學知識，提出可能答案或解釋                   |
| 設計實驗     | 設計一套實驗流程來驗證假設是否正確                         |
| 證據       | 分析實驗數據，有系統地整理、紀錄並分析實驗結果                   |
| 推理或預測    | 正在發生或已經發生的現象作出解釋和說明或根據以往經驗或證據來推斷將來可能發生的事件 |
| 討論並提出結論  | 將實驗結果對照假說的內容，檢驗假說正確性                      |

## 二、情境式評量

一般評量的目的在驗收學生的學習成效，大多常常是採用的是紙筆測驗(蔡貴芬，2010)採用試題類型大致可分為兩類：1.選擇反應題(selecting response items)：受試者需從所提供答案中選出較適當的選項，包括是非題、選擇題和配合題；2.建構反應題(constructed response items)：受試者必須根據題幹敘述作答，包括填充題、計算題、簡答題和申論題，其中簡答題和申論題係要求受試者依據題幹說明，組織、建構和說明想法，不僅能夠測量敘述與程序知識，還能評

量記憶、組織與想法啟發等高階認知能力(許珮甄與陳亭潔, 2016; Valenti, Neri 與 Cucchiarelli, 2003)。

Tankersley(2007)指出建構反應題是一種開放性的紙筆測驗試題類型, 其價值在於可以深入了解學生實際能應用來解題或轉移到真實生活情境的技能和理解, 要求學生運用知識、技能和真實世界批判性思考能力, 依照題幹回答問題。張淑慧(2004)也指出建構性題目, 可以在課堂教與學的過程中評量學生以自己的方式表達與建構出答案, 尤其是認知目標高層次目標, 例如: 分析、整合和評價的評量。

而評量計分的方式, 由於建構反應題中申論題的作答時間較長, 因此測驗題數較少, 測驗寫作時間較長, 隨機因素的影響就會增加, 容易導致評量的信度降低, 為改善此現象, Hopkins(1998)提出三個改進評分的方法: 1. 依測驗的目標訂定答案重點。2. 就每個答案的每個要點進行配分。3. 先批改所有試卷在同一道題目上的作答, 然後在批改另一道題目。但其實上述其中第 1、2 點就是評分規準(Rubrics)的設定(林聖欽與劉臻, 2016)。所謂「評分規準」強調的是在真實情境中問題解決的歷程與結果也被學者被為可作為核心素養之評量工具(陳琦媛, 2017), 主要特徵包括了可聚焦於測量一個可明確的表現或行為目標; 會利用一個間距來評量表現; 特定的表現特色, 依照等級排列與評分(林永豐, 2012; 賴光真, 2015)。林聖欽與劉臻(2016)也提出在評分規準設定上, 是依照每個子題, 條列出所欲評量的內容細目之具體行為, 並依照受試者所能完成的程度, 區分出精熟、基礎、未達成的 A、B、C 三個等第。科學方面大多數研究集中在學科領域的考試和考試中的表現(Al-Ahmadi 與 Oraif, 2009)或選擇題的題型, 有關科學評量如 Temiz、Taşar 與 Tan(2006)所發展之科學過程技能測驗(science process skills test, SPS)利用評分規準將答案分為 0、1 和 2 三等級評分。

國際大型測驗如以 15 歲青少年為對象的經濟合作暨發展組織(Organization for Economic Co-operation and Development, 簡寫為 OECD), 自 1997 年起每 3 年舉辦一次的國際學生能力評量計劃(Programme for International Student Assessment, PISA)測驗, 籌劃試題的設計著重在應用及情境擬態, 並不只限於課程內容, 受測學生須先把所學的知識理解並統整、省思能力靈活運用, 自行建構問題情境的答案, 除了選擇題之外, 都有開放性的問答題。此類題型的主要目的在於讓學生自己建構答案, 提出解題的觀點以及支持的理由和論證, 以了解學生形成、應用及詮釋的能力, 此與建構反應題型設計理念相同, 足見建構反應題此一評量型態近年來亦倍受國際大型評量重視。且 PISA 評量自 2015 年起的另外一項特色就是「生活化和情境化」, 題目呈現的方式和日常生活有關, 且詳細說明試題情境, 讓學生在作答時, 其思考與情境聯繫。這些以能力為基礎評量較少在一般學校的傳統考試中出現, 可見情境式量表是也是目前評量的趨勢(臺灣 PISA 國家研究中心, 2018)。

直接和科學思考有關的評量, 有 Van der Graaf, Van de Sande, Gijssels 與 Segers(2019)提出對平均為 9 歲孩童為對象, 用探究為基礎的課程, 可以改善兒童的科學思考, 評量方式間接地採用測驗推理能力評量和領域特定知識評量, 所有的題目設定都是選擇題, 且答案為有四選一, 以進行評量。Al-Ahmadi 與 Oraif(2009)評量學生在物理學科上的科學思考能力, 這些設計的問題都和教師所教授的課程有關。在該測驗有六個問題是經過與一小組經驗豐富的科學教師的廣泛

對話後形成共識，分別為 1.解釋實驗觀察 2.因果關係 3.尋找證據 4.透過假設來解釋實驗觀察 5.由證據找出結論 6.找到關鍵證據等六個面向的技能，但是每一題題目都是分開不同情境，且為選擇題型式。洪振方與謝甫佩(2008)則認為科學家在進行科學思考時，應該具備情意反應、思考習性、創造思考與推理等四個特質，培養學生科學思考所應檢視的，利用兩份量表以李克特式量表計分和兩個測驗以部分申論題方式計分，結果發現，科學思考模式可以用來解釋與預測學生科學思考的表現，以及科學思考時情意反應、思考習性、創造思考與推理的關係。

為了檢視學生在科學思考能力，尤其是生物學家思考能力的學習發展狀況，開放式建構反應題型可反映學生運用自己的知識技能、思考發展所建構出答案。所以本研究將以現行教科書中所列出的兩位生物學，尤其是隱藏在這兩位生物學家進行實驗研究時的思考，包括觀察、分類、提出問題、提出假說、設計實驗、證據、推理預測和討論並提出結論的科學思考，參考 Padilla, Cyr 與 Miaoulis(2005)所提供的蟋蟀實驗情境探究課程和近年來中學生科學展覽時以蟋蟀為實驗材料獲獎的作品，將其研究歷程盡量真實呈現像生物學家在做實驗時所經歷的思考，設計了一系列的情境開放式建構反應題型的題目來評量中學生像生物學家般的思考，並以評分規準來進行評分。

## 參、研究方法

### 一、研究對象

本研究為 40 分鐘，研究對象以高雄市一所國中一年級學生為研究對象，以原班級為單位，共選三個班級，每班 30 名，合計 90 名學生，皆為常態分班；學生家庭社經地位大致良好。施測學生僅有在國一上學期有學過科學方法，未學習過表 1 關於有科學家研究歷程的科學單元。由於涉及生物學家般思考能力課程單元為國一下學期第 4 周(表 1 中的第 2 冊第二章)，故正式施測時間為國一下學期開學後第 3 周施測，施測長度為 40 分鐘。

### 二、「像生物學家般的思考技能——以蟋蟀研究為例」問卷發展流程

在此問卷內容依照像生物學家般的科學思考向度，分為「觀察、分類、提出問題、提出假說、設計實驗、證據、推理或預測、討論及提出結論」八大向度。本測驗題目命題形式以圖片為主體。主要內容是模擬國中生在參與科學展覽會比賽，以蟋蟀為實驗材料研究時的實驗情境，並將此研究歷程及結果設計成一連串的開放式題目，讓學生融入其研究歷程，學生針對題目所給予之情境，寫出他們的看法和答案。測驗中的題目，主要是依據中學生參加科展活動的作品內容(楊雅琨與詹依夢，1997；吳哲榕，2005)及科普叢書(陳忠志，2005)，蟋蟀照片則來自網路上建構台灣昆蟲、蜘蛛物種資料庫(林義祥，2014)並得到照片攝影者同意。

初步完成題目和預設答案後，再經由研究小組(包括一位在大學生物科技系任教多年教授、一位在大學科學教育任教多年教授、科教專長的碩班研究生和研究者本人共 4 位)共同調整題目的適切性，主要針對 1.題目的語意是否為中學生所能理解？2.題目的設計是否有符合像生物學家的思考能力的八大向度？3.題目的答案是否合宜？進行調整以及初步確認預設答案的評分標

準。

測驗完成後，將測驗題目和答案的評分標準分別由三位專家審查(一位在大學生物科技系任教，專長為普通生物學的副教授、一位在大學擔任大學助理教授並曾經在墾丁國家公園擔任過多年任助理研究員和自然生態解說員和一位高中生物教師且具科學教育博士學位資深老師)，以建立本測驗的專家效度。待審查意見回覆後，再經研究小組開會討論，確定測驗題目。先後共經歷 11 次會議討論，才形成正式測驗。並建立評分標準。

測驗及評分標準完成專家審查後，取高雄市一所國中生 31 人為對象，進行預測後，蒐集學生作答的資料分類建檔，做最後調整。信度則由兩位科教專長者分開評分，計算方式為有一致評分的題數÷(總題數×測驗總份數)×100%=評分信度，結果為 .99。

### 三、「像生物學家般的思考技能——以蟋蟀研究為例」測驗設計

本測驗發展是為配合研究者在教學的設計上是以融入生物學家在做實驗時所面臨的研究歷程情境為主軸，命題形式以圖片為主體，以開放式「建構反應題」題型可反映學生運用自己的知識技能、思考發展所建構出答案，讓學生作答每一份測驗，也是模擬生物學家在研究時所遇到研究問題情境。

測驗答案的評分，是採用在教育評量領域上的「評分規準」作為測驗的評分標準，強調的是在真實情境中問題解決的歷程與結果，會利用間距來評量計分，依回答分為五個等級分別給 0、1、2、3 和 4 分，依照等級排列與評分(賴光真，2015)。

### 四、「像生物學家般的思考技能——以蟋蟀研究為例」問卷編制

問卷係以連貫之 4 大主題為主軸，共 9 題，皆為開放式題目，題目內容說明如圖 1，本問卷中所使用的研究材料為生活常見並在科展中常使用的蟋蟀，所以問卷一開始，先描述本問卷中所使用的黃斑黑蟋蟀(*Gryllus bimaculatus*)背景描述，做為研究主題。並請學生想像自己為生物學家，模擬身處在即將做研究的情境中。

「唧…唧…唧…」的蟋蟀鳴叫聲，是公蟋蟀摩擦翅膀所發出的聲音。蟋蟀身體從褐色至黑色都有，頭部有長觸角，後腿粗大協助牠跳躍。公蟋蟀好爭鬥，所發出的鳴叫聲不盡相同，不同因素也會影響鳴叫的頻率(次/秒)，而母蟋蟀則不發聲。  
請想像自己為一位生物學家，回答下列問題。

圖 1 「像生物學家般的思考技能——以蟋蟀研究為例」測驗前言

測驗題目 1 如下，模擬生物學家做實驗時最基本需思考分辨蟋蟀公、母的技能，建立實驗材料的基本資料，圖片取自網路上建構台灣昆蟲、蜘蛛物種資料庫。故評量設計為學生是否能用「眼睛」觀察蟋蟀外觀，以察覺出不同的特徵。本題設計目的，在測驗學生是否具備像生物學家般思考能力中的【觀察】此思考技能。

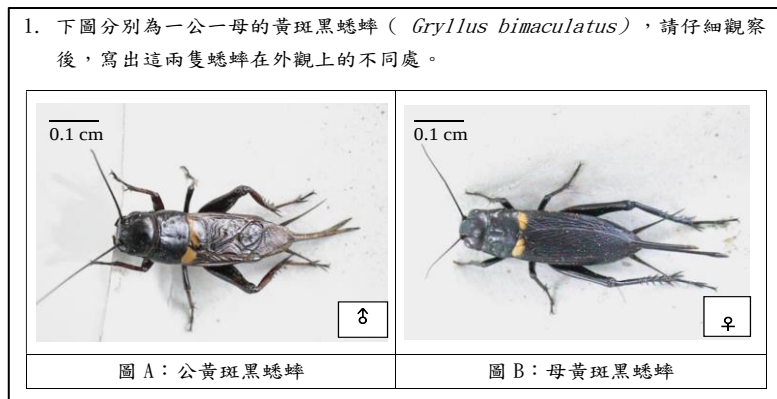


圖 2 「像生物學家般的思考技能——以蟋蟀研究為例」問卷題目 1

若學生能看出愈多公、母外觀上差異，寫出越多不同特徵則得分越高，評分標準如表 3。表 3 中『題號/題目』代表在問卷中所標示的題號和題目內容；『向度』代表此題幹在生物學家般思考能力上想要測驗的分向技能；『答案』代表此題幹的完整標準答案；『積分』和『評分標準』則代表用評分規準作為問卷的評量方式。以間距來評量計分，依作答分為五個等級分別給 0、1、2、3 和 4 分。『學生作答舉例說明』代表此等級學生代表答案，例如：圖 3 為 BIO-03 學生實際書寫作答，積分為 4 分；圖 4 為 BIO-06 學生實際書寫作答，積分為 3 分；圖 5 為 BIO-13 學生實際書寫作答，積分為 2 分；圖 6 為學生 BIO-12 實際書寫作答，積分為 1 分。以下各題的評分標準，將皆以此格式書寫。

答：  
 公：顏色偏褐、後腿較粗大、頭部較小、硬黑、觸角較長  
 母：顏色偏黑、後腿較修長、頭部較大(長)、紫綠、觸角較短

圖 3 積分 4 學生手寫答案

答：1. 公蟋蟀的頭部比母蟋蟀高。2. 公蟋蟀的腿部比母蟋蟀粗大。  
 3. 母蟋蟀的身體比公蟋蟀長。

圖 4 積分 3 學生手寫答案

答：是沒有很大差異，但仔細看會發現母蟋蟀身上的翅膀紋路較平整，公蟋蟀則皺皺的。

圖 5 積分 2 學生手寫答案



圖 6 積分 1 學生手寫答案

表 3 「像生物學家般的思考技能——以蟋蟀研究為例」測驗題目 1 評分標準

| 題號/題目                                                                     | 向度 | 答案                                                                                                                                                    | 積分 | 評分標準        | 學生作答舉例說明                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------------|------------------------------------------------------------|
| 1. 下圖分別為一公一母的黃斑黑蟋蟀 ( <i>Gryllus bimaculatus</i> )，請仔細觀察後，寫出這兩隻蟋蟀在外觀上的不同處。 | 觀察 | 1. 頭部：公的頭部較大，母的較小。2. 腳部：公的腳看起來較大，母的較小(後腳)。3. 背部顏色：公的偏褐，母的是黑色。4. 腹部外型：公的有皺紋，母的平滑。5. 翅膀光澤：公的有反光，母的不反光。6. 斑點：公的靠近中間的腳，母的靠近前面的腳在第一、二對腳之間。7. 體型：公的較大，母的較小。 | 4  | 提到 5 項以上    | 「公：顏色偏褐，後腿較粗大、頭部較小、硬、黑、觸角較長。母：顏色較黑、後腿較修長、頭部較大(長)、紫綠、觸角較短。」 |
|                                                                           |    |                                                                                                                                                       | 3  | 提到其中 3-4 項  | 「1. 公蟋蟀的頭部比母蟋蟀高。2. 公蟋蟀的腿部比母蟋蟀粗大。3. 母蟋蟀的身體比公蟋蟀長。」           |
|                                                                           |    |                                                                                                                                                       | 2  | 僅提到其中 1-2 項 | 「是沒有很大差異，但仔細看會發現母蟋蟀身上的翅膀紋路較平整，公蟋蟀則是皺皺。」                    |
|                                                                           |    |                                                                                                                                                       | 1  | 錯誤答案        | 「公：腳短，斑紋中間連起。母：腳長，斑紋中間斷掉。」                                 |
|                                                                           |    |                                                                                                                                                       | 0  | 沒有作答        | 空白                                                         |

測驗題目 2 如下，模擬生物學家在取得實驗材料時，可能會取得不同品種材料，故設計不同特徵不同的蟋蟀圖片，圖片來源為網路物種資料庫。此題評量學生使否能將不同訊息和事物根據它們的相似性加以區分並歸類，並有系統地整理、紀錄？本題分為兩小題，設計目的為測驗學生是否具備像生物學家般思考能力中的【分類】和【證據】兩項思考技能。

2. 到田鄉間採集時，找到下列蟋蟀，如下列各圖  
 (1) 請問下列 6 個蟋蟀頭部特徵圖片，可分為幾種蟋蟀？  
 (2) 請說明分類的依據？

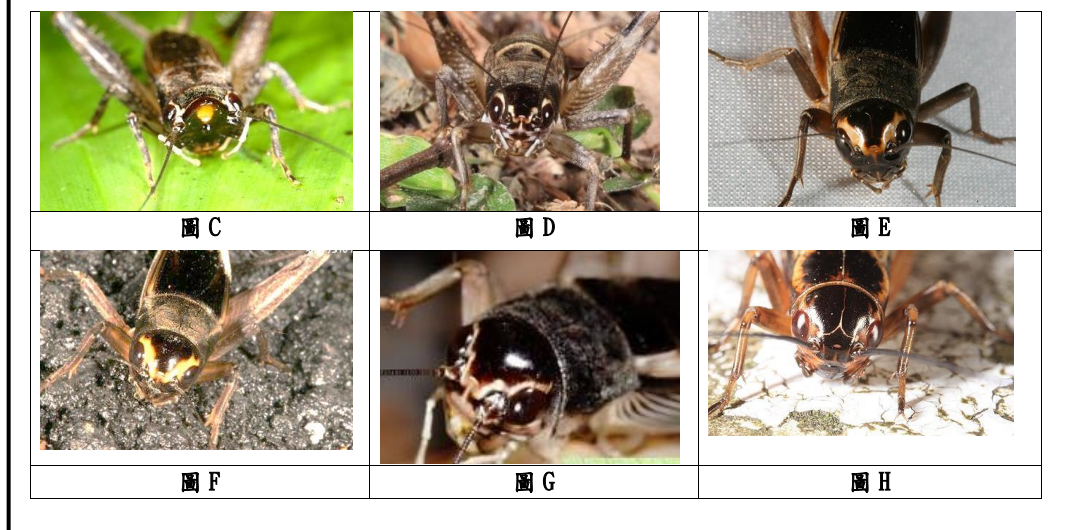


圖 7 「像生物學家般的思考技能——以蟋蟀研究為例」問卷題目 2

評量評分標準如表 4，若學生在 2(1)能寫出愈多分類 2(2)能提出明確的證據，則得分越高。

表 4 「像生物學家般的思考技能——以蟋蟀研究為例」測驗題目 2 評分標準

| 題號/題目                          | 向度 | 答案                                                                                   | 積分                     | 評分標準                                                                          | 學生作答舉例說明 |
|--------------------------------|----|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 2(1) 請問下列 6 個蟋蟀頭部特徵圖片，可分為幾種蟋蟀？ | 分類 | 4 種(圖 C 一種，圖 DG 一種，圖 EF 一種，圖 H 一種，共 4 種)                                             | 4 種以上                  | 「4 種(圖 C 一種，圖 DG 一種，圖 EF 一種，圖 H 一種，共 4 種)」                                    |          |
|                                |    |                                                                                      | 4 並加以說明                |                                                                               |          |
|                                |    |                                                                                      | 3 種或 4 種未加以說明          | 「4 種」                                                                         |          |
|                                |    |                                                                                      | 2 種或 3 種未加以說明          | 「2 種，頭部斑紋較粗：EF。頭部斑紋較不粗：CDGH。」                                                 |          |
|                                |    |                                                                                      | 1 種或 2 種未加以說明          | 「2 種」                                                                         |          |
| 2(2)請說明分類的依據？                  | 證據 | 第(1)種頭部前端有較細的白色滾邊花紋。第(2)種也有白色滾邊，但是較(1)粗。第三種則是在眼部中間有一個乳白/鵝黃的斑點。第(4)種在雙眼之間有一個非常細的人字型圖案 | 0 空白                   | 沒有作答                                                                          |          |
|                                |    |                                                                                      | 4 用 3 種特徵以上分類(線條+顏色+點) | 「1. 橘黃色的圓點：C。2. 白色紋(沿眼睛)：DG。3. 棕色紋(沿眼睛)：E。4. 金黃色紋(沿眼睛)：F。5. 咖啡色紋(最後沒有連起來)：H。」 |          |
|                                |    |                                                                                      | 3 用 2 種特徵分類            | 「頭中央有一個黃點 眼睛周圍黃條較粗 眼睛周圍黃條較細 兩眼中央有人的圖形」                                        |          |
|                                |    |                                                                                      | 2 用 1 種特徵分類            | 「頭部斑紋的粗細。」                                                                    |          |
|                                |    |                                                                                      | 1 無法判斷是何種特徵分類          | 「第一種：DG 第二種：C 第三種 H 第四種 EF」                                                   |          |
|                                |    |                                                                                      | 0 空白                   | 沒有作答                                                                          |          |

測驗題目 3 是模擬學生做實驗時，是否能依據實驗結果來對照假說的內容，提出合理說法。故將科展作品所得的實驗數據資料加以修改後，以圖表方式呈現，設計成題目 3(1)，如圖 4，本題設計目的，在測驗學生是否具備像生物學家般思考能力中的【討論並提出結論】思考技能。題目 3(2)則是設計評量學生是否能說明或根據以往經驗或證據來推斷將來可能發生的事件。所以題目中，假定下雨天環境濕度達到 90%，以推測這 5 隻黃斑黑蟋蟀鳴叫的頻率是否會有改變，目的在測驗學生是否具備像生物學家般思考能力中【推理或預測】的「預測」思考技能。題目 3(3)設計目的，在測驗學生是否對於正在發生或已經發生的現象可以作出解釋具備像生物學家般思考能力中【推理或預測】的「推理」思考技能，因此在已有環境濕度達到 60%的資料中，讓學生推斷將來可能發生的事件。

3. 某一科展作品，假設黃斑黑蟋蟀在濕度高低不同的環境之下，會出現不同的鳴叫頻率。作品中使用錄音器材和電腦聲音分析軟體，進行實驗得到如圖 I，為其中一隻黃斑黑蟋蟀鳴叫聲的頻率圖形。

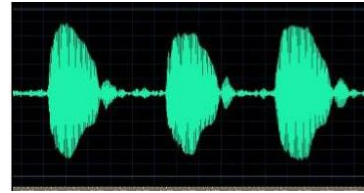


圖 I 蟋蟀鳴叫聲的頻率(次/秒)

實驗進一步將 5 隻黃斑黑蟋蟀在環境中的濕度和鳴叫聲音頻率關係，以柱狀圖方式表示(如圖 J)。

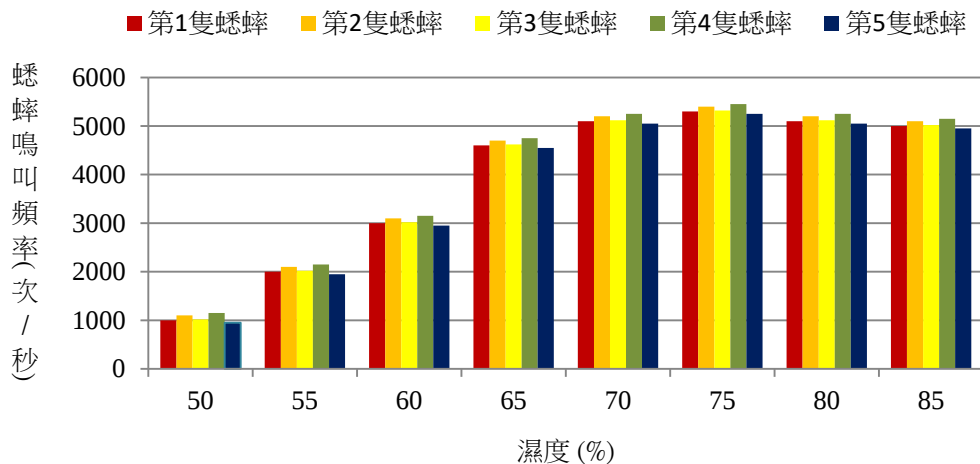


圖 J 環境中濕度和蟋蟀鳴叫聲音頻率的關係

- (1) 請依據圖 J，提出你的結論。
- (2) 假定下雨天環境濕度達到 90%，請推測這 5 隻黃斑黑蟋蟀鳴叫的頻率會有改變嗎？如果會將如何改變？
- (3) 請問此群蟋蟀在溼度 60% 時，每一隻黑蟋蟀的鳴叫頻率有相同嗎？請問你的依據為何？

圖 8 「像生物學家般的思考技能——以蟋蟀研究為例」問卷題目 3

此題評分標準，學生在題目 3(1)作答時，如果能是針對結果數據說明越具體且具體事項越多，得分越高。題目 3(2)和 3(3)作答時，可以根據圖表上所呈現數據，越具體引用數字結果說明已經發生或未來會發生的事件，得分越高。評分標準如表 5

表 5 「像生物學家般的思考技能——以蟋蟀研究為例」測驗題目 3 評分標準

| 題號/題目                                                   | 向度 | 答案                                                                                                                                       | 積分 | 評分標準                     | 學生作答舉例說明                                                                                 |
|---------------------------------------------------------|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3(1)請依據圖 J，提出你的結論。(結論)                                  | 討論 | 1.5 隻蟋蟀在溼度 75%時，鳴叫頻率最大。80%開始逐漸降低，但仍比濕度較低時提的頻率大很多。2.第 4 隻蟋蟀在溼度 50%-85%時鳴叫頻率都比其他 4 隻還大。3.濕度達到 65%時蟋蟀的鳴叫頻率明顯變大(65%與 60%的差異明顯高於 60%與 55%的差異) | 4  | 有寫到 2 項。                 | 「1. 5 隻蟋蟀在溼度 75%時，鳴叫頻率最大。80%開始逐漸降低，但仍比濕度較低時的頻率大很多。2. 第 4 隻蟋蟀在溼度 50%-85%時鳴叫頻率都比其他 4 隻還大。」 |
|                                                         |    |                                                                                                                                          | 3  | 只提到 1 項                  | 「從濕度 50%到 75%，蟋蟀鳴叫的頻率成正比，即濕度越高，鳴叫的頻率也越頻繁，但是從 80%-85%，則是濕度越高，頻率反而略為下降。」                   |
|                                                         |    |                                                                                                                                          | 2  | 想法對，但沒有沒具體描述             | 「濕度在一定的%頻率會最高，但不能太高，也不能太低」。                                                              |
|                                                         |    |                                                                                                                                          | 1  | 錯誤答案                     | 「75%濕度是蟋蟀最求偶的」                                                                           |
|                                                         |    |                                                                                                                                          | 0  | 空白                       | 沒有作答                                                                                     |
| 3(2) 假定下雨天環境濕度達到 90%，請推測這 5 隻黃斑黑蟋蟀鳴叫的頻率會有改變嗎?如果會測將如何改變? | 推理 | 會；有數據，具體指出降低大約在靠近 5000 次一秒或比 85%時還低。                                                                                                     | 4  | 會；有數據，具體說明降低。            | 「會有改變；推測會降低，大約在靠近 5000 次一秒的地方。」                                                          |
|                                                         |    |                                                                                                                                          | 3  | 會；只有說降低。                 | 「會；降低」                                                                                   |
|                                                         |    |                                                                                                                                          | 2  | 會；錯誤答案。                  | 「不會；維持。」                                                                                 |
|                                                         |    |                                                                                                                                          | 1  | 不會；錯誤答案。                 | 「不會；一樣。」                                                                                 |
|                                                         |    |                                                                                                                                          | 0  | 空白                       | 「沒有作答」                                                                                   |
| 3(3) 請問此群蟋蟀在溼度 60%時，每一隻黑蟋蟀的鳴叫頻率有相同嗎?請問你的依據為何?           | 推理 | 不相同；有說明依柱狀圖表示，第 4 隻大於第 2 隻大於第 3 隻大於第 1 大於第 5 隻。                                                                                          | 4  | 不相同；有具體說明是因為 5 隻的柱狀有不同高度 | 「不相同；依據圖 J，60%N03 種最高，再來是 N02--N01--N04。」                                                |
|                                                         |    |                                                                                                                                          | 3  | 不相同；沒有具體說明               | 「沒有，因為我看圖說故事。」                                                                           |
|                                                         |    |                                                                                                                                          | 2  | 不相同；說明錯誤                 | 「相同；因為生物個體不會有一樣的。」                                                                       |
|                                                         |    |                                                                                                                                          | 1  | 相同；錯誤判斷                  | 「相同；都在 3000 上下。」                                                                         |
|                                                         |    |                                                                                                                                          | 0  | 沒有作答                     | 空白                                                                                       |

題目 4 在設計時，設定除了問卷中黃斑黑蟋蟀受濕度因素會影響其鳴叫聲音外，學生還可以想到其他因素會影響蟋蟀鳴叫。所以是模擬若身為生物家在做實驗時，是否能根據觀察得到訊息，提出存疑？是否可以根據證據和所學的知識，提出可能的答案或解釋？並設計一套實驗流程來驗證假設是否正確？因此，題目 4(1)目的在測驗【提出問題】、題目 4(2)目的在測驗【提出假說】和題目 4(3)目的在測驗【設計實驗】等三項思考技能。

4.由題目 3 中，你已經知道黃斑黑蟋蟀其鳴叫和濕度是有相關的，

除了濕度此因素之外，若你還想了解影響黃斑黑蟋蟀鳴叫的因素

(1) 請問你可以針對那些問題進行研究？

(2) 請問在你提出的問題中，所需要提的假設為何？

(3) 若要驗證你所提的假說，你要如何設計實驗？

圖 9 「像生物學家般的思考技能——以蟋蟀研究為例」問卷題目 4

此題評分標準，分為三小題，題目 4(1)學生作答必須出現具體可行的提出問題，才能得到滿分；而題目 4(2)學生作答須針對前一題的疑問，提出合理可以被驗證的可能答案，才能得到滿分；題目 4(3)的作答，須針對前一題的可能答案，進行實驗設計，需同時考量到控制變因、操作變因和應變變因作答並且是在實驗室內確實可行的設計，才能得到滿分。評分標準如表 6。

表 6 「像生物學家般的思考技能——以蟋蟀研究為例」測驗題目 4 評分標準

| 題號/題目                  | 向度      | 答案                                  | 積分 | 評分標準           | 學生作答舉例說明                     |
|------------------------|---------|-------------------------------------|----|----------------|------------------------------|
| 4 (1) 請問你可以針對那些問題進行研究？ | 提 出 問 題 | 有提出除濕度以外的具體可行問題。例如：在不同溫度下鳴叫的聲音頻率關係？ | 4  | 有提出問題且可執行的研究提問 | 「在不同溫度下鳴叫的聲音頻率關係？」           |
|                        |         |                                     | 3  | 有提問，但無法執行的研究提問 | 「環境會不會影響鳴叫的頻率？」              |
|                        |         |                                     | 2  | 沒有提問，但可行執行研究   | 「可以研究黃斑蟋蟀在不同天氣溫度及季節下鳴叫頻率不同。」 |
|                        |         |                                     | 1  | 無法驗證或錯誤答案      | 「溫度」                         |
|                        |         |                                     | 0  | 沒有作答           | 空白                           |

(續)

表 6 「像生物學家般的思考技能——以蟋蟀研究為例」測驗題目 4 評分標準(續)

| 題號/題目                      | 向度   | 答案                                                                                  | 積分 | 評分標準                   | 學生作答舉例說明                                                      |
|----------------------------|------|-------------------------------------------------------------------------------------|----|------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 4(2) 請問在你提出的問題中，所需要提的假設為何？ | 提假設  | 有根據問題設計，可以測試出且可能的答案。例如：溫度越低，所鳴叫的頻率越少次。溫度越高，所鳴叫的頻率也越少次，但會比低溫時來的多次。溫度在一定溫度時，鳴叫的頻率越多次。 | 4  | 有根據問題設計，可以測試的可能答案      | 「溫度越低，所鳴叫的頻率越少次。溫度越高，所鳴叫的頻率也越少次，但會比低溫時來的多次。溫度在一定溫度時，鳴叫的頻率越多。」 |
|                            |      |                                                                                     | 3  | 有根據問題設計，無法測試的可能答案      | 「在夏天時，因下雨頻率可能較高；冬天時，乾冷頻率可能較低。」                                |
|                            |      |                                                                                     | 2  | 沒有根據問題設計，可以測試且可能的答案    | 「假設不同高低溫，蟋蟀會出現不同的鳴叫頻率。」                                       |
|                            |      |                                                                                     | 1  | 無法驗證                   | 「環境、溫度。」                                                      |
|                            |      |                                                                                     | 0  | 沒有作答                   | 空白。                                                           |
| 4(3) 若要驗證你所提的假說，你要如何設計實驗？  | 實驗設計 | 有控制變因和應變變因。例如：在一個可以改變氣壓且不改變濕度、明亮度及溫度的空間裡，放入 5 隻同性別同品種的蟋蟀，並用錄音器材及分析軟體來測定鳴叫次數的改變。     | 4  | 有控制變因和應變變因 2 項，且可執行    | 「在不同天氣下，用同一隻，在同一個地點，記錄下蟋蟀的鳴叫。」                                |
|                            |      |                                                                                     | 3  | 有控制變因和應變變因其中 1 項，且可執行  | 「將 4 蟋蟀，放在可改變溫度的地方，每隔 5 度，用上述的錄音器材和電腦聲音……進行測量，並統計驗證假說。」       |
|                            |      |                                                                                     | 2  | 有控制變因和應變變因其中 1 項，但無法執行 | 「將一隻放在太陽下，一隻放在樹陰下，一隻放室內，一隻放吹冷氣的室內。」                           |
|                            |      |                                                                                     | 1  | 錯誤答案                   | 「用會發熱的燈泡」                                                     |
|                            |      |                                                                                     | 0  | 沒有作答                   | 空白。                                                           |

生物學家實際研究時是在同一個研究情境下所產生的思考過程，其能力分為八大向度，因此在設計問卷時，為了符合當時生物學家研究時的研究情境，所以每一個向度未必都只設計一題，每個生物學家能力的分向技能，可能出現題數不同、總分不相同。本研究是利用模擬生物學家以蟋蟀材料做研究時的情境，所發展出的連續性問題，設計出像生物學家在做實驗時其背後的思考能力，將此測驗題總題數共 9 題，總積分為 36 分，在【推理或預測】向度出現 2 題，其餘觀察、分類、提出問題、提出假說、設計實驗、證據、討論並提出結論各 1 題，所以推理或預測向度上滿分為 8 分和其他七大向度滿分為 4 分不同。總積分為 36 分，綜合上述測驗題目、評分標準和給分，統整如下表 7，其中 4-0 代表依照評分標準和給分標準此題給 0 分、1 分、2 分、3 分、4 分，共分為 5 等級。

表 7 「像生物學家般的思考技能——以蟋蟀研究為例」測驗總題數配分表

| 生物學家<br>思考技能 | 觀察  | 分類  | 提出<br>問題 | 提出<br>假說 | 設計<br>實驗 | 證據  | 推理<br>或<br>預測 | 討論<br>並提出<br>結論 |
|--------------|-----|-----|----------|----------|----------|-----|---------------|-----------------|
| 1            | 4-0 | -   | -        | -        | -        | -   | -             | -               |
| 2(1)         | -   | 4-0 | -        | -        | -        | -   | -             | -               |
| 2(2)         | -   | -   | -        | -        | -        | 4-0 | -             | -               |
| 3(1)         | -   | -   | -        | -        | -        | -   | -             | 4-0             |
| 3(2)         | -   | -   | -        | -        | -        | -   | 4-0           | -               |
| 3(3)         | -   | -   | -        | -        | -        | -   | 4-0           | -               |
| 4(1)         | -   | -   | 4-0      | -        | -        | -   | -             | -               |
| 4(2)         | -   | -   | -        | 4-0      | -        | -   | -             | -               |
| 4(3)         | -   | -   | -        | -        | 4-0      | -   | -             | -               |
| 總題數<br>9     | 1   | 1   | 1        | 1        | 1        | 1   | 2             | 1               |
| 總分<br>36     | 4   | 4   | 4        | 4        | 4        | 4   | 8             | 4               |

## 五、資料處理與分析

為了瞭解一般國中生在像生物學家般思考能力分布狀況，由研究者本人，對七年級學生對象施測「以像生物學家般的思考技能——以蟋蟀研究為例」問卷，由於研究者為任課教師，對於測驗狀況可以完全掌控，測驗共發出 89 份，回收共 89 份。

進行「像生物學家般的思考技能——以蟋蟀研究為例」問卷施試後，為蒐集學生作答的資料加以分類建檔，將此測驗設定代碼為 BIO；將學生依學號由低到高依序重新編碼；代表編碼採用「測驗代碼——學生學號」例如 BIO-01。

問卷中總題數共 9 題，總積分為 36 分，在【推理或預測】向度出現 2 題滿分為 8 分，其他七大向度題目皆為 1 題滿分為 4 分。原始分數無法看出表現的相對位置，為了看到更豐富、簡

潔的結果，所以將原始分數轉換成 Z 分數，Z 值的量代表著原始分數和母體平均值之間的距離，是以標準差為單位計算。換句話說，Z 值是從感興趣的點到均值之間有多少個標準差。Z 值因原始分數轉換為標準分數後，由於多介於±3 之間，常帶有小數或負數，為免計算困難，在將標準分數乘以乘 10，再加 50。亦即設定標準差為 10，平均數為 50，經此一轉換，即成 T 分數。

T 分數是符合人們慣用的 0 到 100 分的百分分數系統的標準分數(邱皓政, 2010)。但因為已經和原始分數不同，所以將等級用語轉換成 A、B、C、D、E 等級的一樣為 5 各等級方式以方便之後結果的統計及分析，並將學生得分的分布情形用次數分布圖呈現以進行分析並以 SPSS 24 for Windows 統計軟體作為本研究的工具。進行次數描述性統計分析學生像生物學家般的思考能力表現。以回答「國中生在生物學家般思考能力表現之現況如何？」之研究問題。

## 肆、研究結果與討論

本研究為探討國中生在像生物學家般思考的能力表現，發展以「像生物學家般的思考技能——以蟋蟀研究為例」問卷工具，共 89 人為有效樣本，透過 SPSS 24 統計軟體進行量化分析，將測驗原始分數轉換成 T 分數其描述性統計結果如下表 8，以進一步進行往後統計分析。

表 8 測驗原始分數轉換成 T 分數其描述性統計

|        | 觀察   | 分類   | 提出問題 | 提出假說 | 設計實驗 | 提出證據 | 推理或預測 | 討論並提出結論 |
|--------|------|------|------|------|------|------|-------|---------|
| 樣本數    | 89   | 89   | 89   | 89   | 89   | 89   | 89    | 89      |
| 平均數    | 50   | 50   | 50   | 50   | 50   | 50   | 51    | 50      |
| 平均值標準誤 | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1     | 1       |
| 偏態     | 0    | 0    | 1    | -1   | 0    | 0    | 0     | -1      |
| 偏態標準誤  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     | 0       |
| 最小值    | 27   | 28   | 42   | 27   | 28   | 33   | 33    | 28      |
| 最大值    | 73   | 63   | 70   | 60   | 77   | 67   | 66    | 69      |
| 總和     | 4450 | 4450 | 4450 | 4450 | 4450 | 4450 | 4523  | 4450    |

為了解國中生於生物學家思考能力上各向度的分布情況，將利用描述性統計方式來探討，本研究將中學生在生物學家思考測驗技能得分從原本測驗 4 到 0 分，轉換成 T 分數，再利用 T 分數分為同樣 5 等第的 A 到 E，統計不同等第出現次數和百分比，將結果呈現於表 9 並將表轉換成堆疊長條圖，如圖 10

表 9 中學生在生物學家思考技能不同等第出現的人數和所占百分比

| 等級           | A         | B         | C         | D         | E       |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|
| 生物學家<br>思考技能 | 百分比(人數)   | 百分比(人數)   | 百分比(人數)   | 百分比(人數)   | 百分比(人數) |
| 觀察           | 6%(5 人)   | 40%(36 人) | 52%(46 人) | 2%(2 人)   | 0%(0 人) |
| 分類           | 30%(27 人) | 34%(30 人) | 34%(30 人) | 2%(2 人)   | 0%(0 人) |
| 提出問題         | 11%(10 人) | 17%(15 人) | 16%(14 人) | 56%(50 人) | 0%(0 人) |
| 提出假說         | 36%(32 人) | 25%(22 人) | 19%(17 人) | 17%(15 人) | 3%(3 人) |
| 證據           | 18%(16 人) | 21%(19 人) | 53%(47 人) | 8%(7 人)   | 0%(0 人) |
| 設計實驗         | 3%(3 人)   | 14%(12 人) | 47%(42 人) | 34%(30 人) | 2%(2 人) |
| 推理或<br>預測    | 25%(22 人) | 52%(46 人) | 15%(13 人) | 9%(8 人)   | 0%(0 人) |
| 討論並<br>提出結論  | 2%(2 人)   | 69%(61 人) | 17%(15 人) | 11%(11 人) | 0%(0 人) |

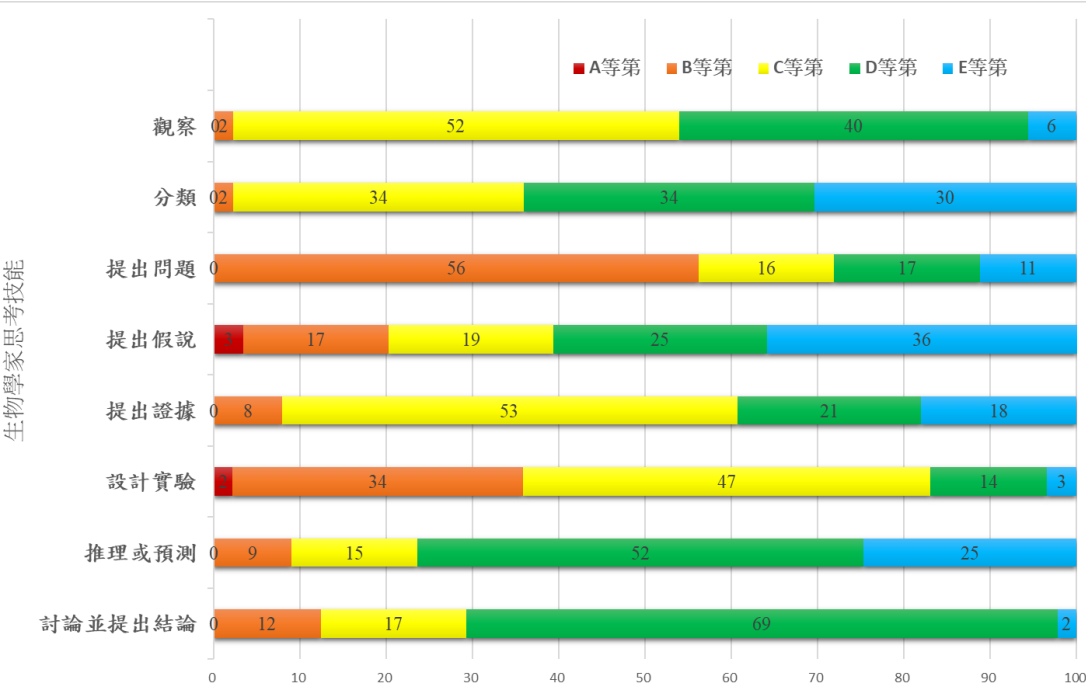


圖 10 中學生在生物學家思考能力測驗等級的堆疊橫條圖

## 一、像生物學家般的思考能力在【觀察】向度的分布情況

收集蟋蟀外觀不同處，結果顯示在此向度多數國中生得分集中在 C 級，有 46 人佔全部的 52%，他們可以列出 1-2 項蟋蟀外觀不同處，主要是較大面積的觀察例如顏色深淺、體型大小以區分雌性或雄性蟋蟀，例如 BIO-03 學生作答：「公的顏色偏褐、後腿較粗大、頭部較小硬黑、觸角較長，母的顏色偏黑、後腿較修長、頭部較大紫綠、觸角較短」。

但是若要觀察到提出 5 種以上比較細微、局部的特徵，則不容易達到，和其他向度完整作答拿到第 A 級只有 5 人佔 6%，代表【觀察】此技能對中學生而言是不容易的，此結果並不符合吳怡靜和林素華(2010)為了解個案學生基本科學過程技能成就表現，在研究前施行「基本科學過程技能測驗」，針對過程技能中的其中 6 個向度：觀察、「分類」、「溝通」、「測量」、「推論」和「預測」進行分析後，統計呈現個案學生在「基本科學過程技能測驗」結果得分較高是「觀察」。可能原因是科學過程技能的觀察著重的是進行實作的過程，而本研究中所提到觀察是強調思考能力。

## 二、像生物學家般的思考能力在【分類】向度的分布情況

本研究在分類的向度，結果顯示集中在 B 級和 C 級，均有 30 人，佔全部的 34%，根據 6 張蟋蟀頭部外觀圖片的特徵，來測驗學生【分類】的技能向度，即是學生將蟋蟀分類成 2 群，即可得到 C 等級，分類越多則所獲得的等級越高。

與其他向度完整作答比較，拿到第 A 級的學生則高達佔了 30%，在所有技能中對多數學生而言，是屬於容易的。結果和 Ongowo 與 Indoshi(2013) 對中學生在生物科實作課程為期 10 年的調查統計，學生在基本(basic)科學過程技能的表現比例達 73.73%，包括推理、測量、溝通、分類和預測等，而統整(integrated)科學過程技能表現則為 26.27%包括控制變量、定義操作、制定變量、解釋數據、實驗和製定模型是相似的。

## 三、像生物學家般的思考能力在【提出問題】向度的分布情況

【提出問題】在本研究中是先提示學生本問卷主軸是以「濕度」和「蟋蟀鳴叫」為情境內容來回答一系列問卷題目，希望學生可以根據得到的訊息，對蟋蟀其他行為提出存疑。結果學生得到最多的等級是 D(56%)佔了一半以上，可以達到等級是 A 的只有 11%，分析本研究學生作答答案，發現學生並沒有根據自己想要觀察現象提出疑問，只是寫出一個無法執行的名詞，例如「氣候」，且把應該提出存疑的答案寫成「操作變因」例如 BIO-06 學生作答只寫「不同季節」，或者「應變變因」例如 BIO-13 學生寫成「聲音不一樣」。可能的原因如李明昆與洪振方(2010)對九年級學生研究成果發現，學生要形成探究性問題或科學議題之能力是不足的。也就是提問問題能力在教育上是項未充分發展的技能(van der Schee 與 Rijborz, 2003)，另外連啟瑞與盧玉玲(2005)研究成果中更明白指出學生無法提出問題可能原因是學生缺乏以合宜的詞彙將心中問題具體呈現的能力，且學生面對此一問題情境時，常不知如何找出其影響因素，即使以圖或表列出問題相關影響因素，學生仍常無法將操作變因與應變變因關係以「探究性問題」的表現方式

表達出來，也就是無法以「泥土的乾濕會不會影響植物的生長？」這樣的句子來表達心中的疑問。Lederman 與 Lederman(2004)的研究結果發現學生在提問過程中，對於問題的描述與定義掌握度不佳，會導致提問不佳之情形，甚至有提出不是所問的提問情形產生。以上所述這些可能都是導致學生在「提出問題」此項生物學家技能，回答不佳的狀況。

#### 四、像生物學家般的思考能力在【提出假說】向度的分布情況

學生在【提出假說】的生物學家思考技能方面，是請學生針對自己所提出問題，給出可能的答案，卻出現沒有作答，呈現空白狀況屬最低等級 E 共有 3 位佔 3%，但得到最高 A 等級的為 32 人佔 36%，最高等級和最低等級分布的狀況較其他思考技能極端，分析得到 A 等級的學生答案，學生此題在問卷是針對自己所提出問題寫出可能答案，所以對於自己所設定的問題可以提出適合的答案。例如 BIO-02 學生「溫度愈低，則鳴叫的頻率越少次。溫度越高，則鳴叫的頻率越少次，但會比低溫時來的多次。溫度在一定溫度時，則鳴叫的頻率越多次。」而得到較低等級的學生，可能對什麼是【提出假說】定義不夠清楚了解，例如 BIO-08 學生〈空白作答〉或例如 BIO-30 學生「濕度是否會影響到蟋蟀的頭部？」，De Jong 與 Van Joolingen(1998)回顧有關探究能力的文獻時，即指出學生若不熟悉提出假說的描述方式或定義、則無法指出各變因之間的關連性，例如一次改變太多變因或不恰當的操作變因則無法用蒐集的資料來陳述或修改假說。

#### 五、像生物學家般的思考能力在【證據】向度的分布情況

生物學家思考技能在【證據】向度上在本研究問卷中，利用蟋蟀頭部外觀特徵當作證據，其整理紀錄實驗結果，顯示等級最多為 C 等級共 47 人佔 53%，多數學生在作答時，無法具體分析特徵當作證據，例如 BIO-11 學生只回答「頭部圖案」。完全答對獲得等級 A 的學生數也只佔 18%。這和董又愷與林樹聲(2014)研究過程中，發現學生在教學介入前對於「不知道收集的資料可作為證據、不知道如何判斷證據的強弱、不知道如何利用證據證成論點」是有困難的；Ryu 與 Sandoval(2012)也發現國小學生對「提出理由證據為自己主張辯護」感到困難之結果是類似的。所以 Schalk、Schee 與 Boersma(2013)提出教師若在教學時，能提供前後連貫的情境和不斷提問引導學生並讓學生進行探究活動，如此學生便能認識證據。

#### 六、像生物學家般的思考能力在【設計實驗】向度的分布情況

【設計實驗】的技能，是要學生根據問卷中自己所提出的問題設計實驗來驗證自己提出的假設，設計時則須考慮控制變因和操作變因和應變變因。分析結果得分最多的為 C 有 42 人佔 47%，原因是學生在設計實驗時，大多只能考慮到一項變因，例如 BIO-02 學生「將一隻放在太陽下、一隻放在樹蔭下、一隻放室內、一隻放在冷氣的室內。」只考慮到操作變因，沒有應變變因也沒有控制變因。可以完全考慮到所有變因並依據自己所提出的問題的學生並不多。得到等級 A 只有 3 位佔 3%，例如 BIO-22 學生「在一個可以改變氣壓且不改變濕度、明亮度及溫度

的空間裡，放入 5 隻同性別同品種的蟋蟀，並用錄音器材及分析軟體來測定鳴叫次數的改變」。這和陳均伊(2008)發現高中學生參加物理學科探究課程，雖然學生在學校國中自然課程中曾學習過各項變因的知識，但是在實際進行實驗設計時，學生卻難以正確指出設計實驗應該有操縱與控制變因的結果是類似的，所以教師在教學時，應該要特別注意變因之間的說明。

## 七、像生物學家般的思考能力在【推理或預測】向度的分布情況

在【推理或預測】的向度上，學生得到等級最多為 B 有 46 人佔 52%；等級 A 則為 25%。本題設計是以同一個實驗在 50%-85%濕度下蟋蟀鳴叫頻率的結果統計長條圖，讓學生以題組的方式，根據圖形上長條圖的數據證據來推斷，若環境溼度達到 90%時，蟋蟀鳴叫的頻率是否會有改變？以評量推理完整作答，例如 BIO-63 學生回答「會比 85%再降低一些」。另在回答以結果長條圖上溼度 60%時，5 隻蟋蟀鳴叫頻率的現象做出解釋和說明，以評量預測完整作答，例如 BIO-63 學生「沒有相同；第一隻剛好 3000，第二隻高於 3000 一些，第三隻高於 3000 但又比第二隻少一些，第四隻高於 3000 但又比第二隻多一些，第五隻低於 3000」。不管是推理或預測都有量化的數據證據，而多數卻沒寫出，例如 BIO-33 學生在推理作答「圖表中有高低不同的起伏，且每隻蟋蟀鳴叫頻率不管在哪個濕度都不同」，在預測作答「都會降低」。這也跟 Ongowo 與 Indoshi(2013)對中學生在生物科實作課程中，調查學生具備五種最常見的科學過程技能中推理是其中一項。美國中小學科學課程中，依美國科學促進會(AAAS, 1993)定義科學過程技能分為基本及統整兩種層次，預測和推理是屬於基本層次，國中生在基本層次上可以比較容易得到較高的等級，代表在此向度對學生而言較容易的技能。

## 八、像生物學家般的思考能力在【討論並提出結論】向度的分布情況

【討論並提出結論】向度上，本問卷中提供環境中濕度和蟋蟀鳴叫聲音頻率的關係圖，請學生依照此圖提出結論，得到結果等級最多為 B 為 61 佔 69%，代表大多數學生可寫出結論，但是無法舉出具體量化的有效證據，例如 BIO-02 學生「濕度在一定的百分比頻率會最高，但不能太高，也不能太低。」而等級 A 的學生，可以舉出具體量化的證據，例如 BIO-03 學生「5 隻蟋蟀在溼度 75%時，鳴叫頻率最大，80%開始逐漸降低，但仍比濕度較低時的頻率大很多。第四隻蟋蟀在溼度 50%-85%時鳴頻率都比其他 4 隻還大」。得到等級 A 只有 2 人只佔 2%。魯俊賢和吳毓瑩(2007)研究發現在引發學生的設計並進行實驗的能力時，學生的操作表現的能力都很好，但設計實驗能力與推理的高層次思考能力較欠缺，「根據結果推論並下結論」的能力需要加強。教師在教學上需要強化歸納結果的邏輯思辨能力。當學生在進行有趣的操作實驗活動之後，更應訓練學生歸納推論的能力，否則，一場教學活動下來，無法培養較欠缺的能力。

綜合上述的分析結果來看，國中生在「像生物學家般的思考技能-以蟋蟀研究為例」問卷中，像生物學家般思考能力整體看來所有技能都有成長的空間，因為不論是在是哪一個向度上的題目得到等級 A，答對人數的百分比皆不到 40%，也說明國中在像生物學家般的思考能力上仍需加強，尤其【觀察】、【提出問題】和【設計實驗】等三個向度，答對人數更不到 10%。

## 伍、結論與建議

### 一、結論

本研究所發展的問卷內容主要是以生活中常見的黃斑黑蟋蟀(*Gryllus bimaculatus*)為材料，利用近年來國中生參加科學展覽時蟋蟀為實驗材料獲獎的作品，盡量將其研究歷程真實呈現像生物學家在做實驗時所經歷的思考，設計成情境開放式建構反應題題型的題目，問卷內容為連續性問題，並圍繞在同一個研究蟋蟀的情境中。測驗答案的評分，是採用在教育評量領域上的「評分規準」作為測驗的評分標準。測驗題目的效度由三位專家審查，以建立本測驗的**專家效度**。信度則由兩位科教專長者分開評分，評分信度為.99，如此完成「像生物學家般的思考技能——以蟋蟀研究為例」問卷後來瞭解國中生像生物學家般的思考能力。

由「像生物學家般的思考技能-以蟋蟀研究為例」問卷來測驗學生生物學家的思考能力，結果從答對 A 等級的學生百分比分布整體看來其能力都有成長的空間，因為得到 A 的學生皆未達到 40%，其中以【觀察】、【設計實驗】和【討論結論】等三個向度表現較差，分別為 6%、3%、2%，而【分類】、【提出問題】、【提出假說】、【證據】和【推理或預測】等五個向度分別為 30%、11%、36%、18%、25%，說明對國中生在生物學家般的思考能力上表現較好。

【觀察】此向度學生無法得到 A 等級者，大多是因為用視覺在收集訊息時，只注意到較大面積的部分特徵，不夠全面完整，較小的部位會被忽略。【設計實驗】向度出現的錯誤，則是學生沒有根據在問卷中自己所提出的問題來設計實驗，即使有設計實驗來驗證自己提出的假設，但多數學生只考慮到控制變因、操作變因和應變變因其中一個。【討論並提出結論】方面大多數學生可寫出結論，但是無法舉出具體量化的有效證據。

而相對的其他答對百分比稍高的五個向度【分類】、【提出問題】、【提出假說】、【證據】和【推理或預測】，探討學生無法答對的原因。在【分類】此向度來看學生可能無法專注在題目所給的蟋蟀頭部提示，順利進行歸類。【提出問題】此向度學生表現則最差，因為學生沒有辦法將自己想要觀察現象提出疑問，其中最常出現錯誤的是把應該提出存疑的答案寫成「操作變因」。

【提出假說】方面則出現最高等級和最低等級分布極端的現況，出現錯誤的狀況應該是對什麼是提出假說定義不了解，所以無法作答。【證據】此向度學生無法得到 A 等級者，是無法具體分析說明清楚。【推理或預測】向度在不管是推理或預測，學生出現的錯誤，是多數學生無法寫出有量化的證據。

### 二、建議

十二年國民基本教育總綱揭示，透過「核心素養」作為課程發展的主軸，而核心素養應關注學習與生活的結合，為了要評量科學素養，而不只是科學知識，是要瞭解學生在生活情境中運用知識的能力。此問卷情境內容、題型的開發過程，可以提供教師如何設計情境式評量與素養導向命題的參考，問卷的評分標準同時也提供利用評分規準的制定以評量情境式開放性問答題。

本問卷的測國中生在像生物學家般思考能力的結果是在未進行教學前所測驗的，若要提升學生的能力，在教學上可以以現行教科書中，所提及的兩位生物學家——孟德爾和達爾文為基礎教材，加入遺傳學家孟德爾和自然觀察者達爾文的科學史書籍和文獻，將其研究歷程盡量真實呈現，尤其是隱藏在這兩位生物學家進行實驗研究時的思考，包括觀察、分類、提出問題、提出假說、設計實驗、證據、推理預測和討論並提出結論的研究歷程。形成遺傳學家孟德爾研究歷程文本和自然觀察者達爾文研究歷程文本。將科學史融入教學課程時將運用「歷史個案研究」，如此可真實呈現科學家的研究過程和「互動式歷史小故事」，取其不需要花費太多時間的優點，並可解決教師實務上利用科學史融入教學時，使用於科學史教學的時間非常有限和教學現有的教學內容又涵蓋過多主題的困難。除了不排擠原有學科知識的學習時間，也藉由真實呈現科學家的「故事」，讓學生體驗科學家進行研究時，如何形成知識和發展及像生物學家般的思考方式。應該可以提升學生的生物學家般思考能力。

未來研究除了在教材上，可以以現有教科書融入科學史教材教學外，在教學上可以使用施瓦布(Schwab)提出所謂「探究的探究(enquiry into enquiry)」的探究教學方法，給學生讀物或資料，讓學生對科學探究的過程包括研究問題、收集的數據、對於數據的解釋和得出的過程……等進行討論，並在課堂中所進行的探究(Schwab,1962)。教學也同時採用明示取向(explicit approach)而非暗示取向(implicit approach)，因明示取向的教學意指會說明為什麼、如何、何時進行實驗科學思考策略的後設認知層次，以期提升國中生在像生物學家般的思考能力。

## 參考文獻

- 王震武、林文瑛和張郁雯(2011)。科學教育有助於消除迷信嗎？——從思考統整層面所做的觀察。  
教育心理學報，42(3)，467-490。
- 吳怡靜、林素華(2010)。合作式實驗活動對七年級低成就學生科學過程技能影響之個案研究。  
生物科學，52(2)，71-88。doi: 10.29981/cb.201012.0006
- 吳哲榕(2005)。蟋蟀的聲音分析與聲音行為探討。台灣網路科教館，取自 <https://www.nts.ec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=121&a=682&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=10&sid=2909>。
- 呂紹海、巫俊明(2008)。國小自然與生活科技教科書中科學史內容之分析。新竹教育大學教育學報，25(2)，1-31。
- 李明昆、洪振方(2010)。九年級學生對探究性科學問題提問之研究。臺北市立教育大學學報，41(2)，111-148。
- 林永豐(2012)。教育大辭書——評分指標。取自 <http://terms.naer.edu.tw/detail/1453911/>
- 林義祥(2014)。嘎嘎昆蟲網——驚奇山行。取自 <http://gaga.biodiv.tw/9701bx/in5.htm>。
- 林聖欽、劉臻。(2016)。中學地理科非選擇題的高層次認知能力測驗之設計。中等教育，67(2)，7-27。
- 邱皓政(2010)。量化研究與統計分析：SPSS(PASW)資料分析範例。五南圖書出版股份有限公司。
- 洪振方(2010)。思考導向的探究式學習對國二學生科學探究能力的影響。科學教育學刊，18(5)，

- 389-415。
- 洪振方、謝甫佩(2008)。以結構方程模式驗證影響國二學生科學思考因素之理論模式。**科學教育學刊**，**16**(6)，563-584。
- 張淑慧(2004)。建構性題目的編製。載於王文中、呂金燮、吳毓瑩、張郁雯、張淑慧(合著)，**教育測驗與評量：教室學習觀點**。臺北市：五南。
- 教育部(2010)。國民中小學九年一貫課程綱要——自然與生活科技課程綱要。臺北：教育部。取自 <https://www.naer.edu.tw/files/15-1000-2983,c551-1.php>。
- 教育部(2014)。十二年國民基本教育課程綱要總綱。取自 <https://www.naer.edu.tw/files/15-1000-7944、c639-1。php?Lang=zh-tw>。
- 教育部(2018)。十二年國民基本教育課程綱要國民中小學暨普通型高級中等校——自然科學領域。取自 <https://www.naer.edu.tw/files/15-1000-15486、c639-1。php?Lang=zh-tw>。
- 許珮甄、陳亭潔(2016)。從國內外評量趨勢看國中歷史科試題評量與教學。**中等教育**，**67**(2)，119-137。
- 連啟瑞、盧玉玲(2005)。創造思考的基礎訓練——探究性問題的形成。**臺北師範學院學報**，**18**(1)，29-58。
- 郭奕玲、沈慧君(1996)。**物理通史**。新竹市：凡異。
- 陳均伊(2008)。高中學生參與物理人才培育課程的學習成效之研究。**Chinese Physics**，**9**(1)，1-16。
- 陳忠志(2005)。**蟋蟀先生、今天氣溫幾度？109 個愛因斯坦也不知道的科學謎題**。臺北：三言社。
- 陳明鈺、歐陽閏(2017)。資訊科技融入 5E 探究教學對七年級學生生物科學學習成就與學習態度之影響——以「血液循環系統」為例。**教育學誌**，(38)，125-176。
- 陳淑媛、洪振方(1998)。融入科學史之教學對學生了解科學本質之影響。**科學與教育學報**，(2)，3-10。
- 陳琦媛(2017)。運用 Rubrics 評量核心素養。**臺灣教育評論月刊**，**6**(3)，87-90。
- 麥爾、涂可欣(1997)。**看！這就是生物學**。台北市：天下文化。
- 黃茂在、吳敏而(2016)。探索十二年國教自然科學教科書的設計原則——以〔熱傳播〕單元為例。**教科書研究**，**9**(2)，69-100。
- 楊雅琄、詹依夢(1997)。草原上的提琴手——黑蟋蟀。台灣網路科教館。2015 年 7 月 17 日。取自 <https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=34&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=3&sid=4639>。
- 董又愷、林樹聲(2014)。以結構式探究教學促進國小學生了解證據和從事論證之行動研究。**科學教育月刊**，**375**，2-19。
- 靳知勤(2007)。科學教育應如何提升學生的科學素養——台灣學術精英的看法。**科學教育學刊**，**15**(6)，627-646。
- 臺灣 PISA 國家研究中心(2018)。評量內涵。取自 [http://pisa.nutn.edu.tw/pisa\\_tw.htm](http://pisa.nutn.edu.tw/pisa_tw.htm)。
- 潘菁瑩(2010)。國中自然與生活科技教科書中科學史內容分析之研究。未出版之碩士論文，國立新竹教育大學數理教育研究所，新竹市。

- 蔡貴芬(2010)。由臺南縣取消低年級月考談紙筆測驗與多元評量。《研習資訊》，27(1)，35-40。
- 魯俊賢、吳毓瑩(2007)。過程技能之二階段實作評量：規劃、實踐與效益探究。《科學教育學刊》，15(2)，215-239。
- 賴光真(2015)。教師專業發展評鑑評分指標之制訂與試用——課程設計與教學層面。《雙溪教育論壇》，(3)，115-137。
- AAAS (American Association for the Advancement of Science) (1993). *Benchmarks for scientific literacy: A Project 2061 report*. New York: Oxford University Press
- Al-Ahmadi, F., & Oraif, F. (2009). Working memory capacity, confidence and scientific thinking. *Research in Science & Technological Education*, 27(2), 225-243.
- Ben-David, A., & Zohar, A. (2009). Contribution of meta-strategic knowledge to scientific inquiry learning. *International Journal of Science Education*, 31(12), 1657-1682.
- Campbell, L., Campbell, B., & Dickinson, D. (1996). *Teaching & Learning through Multiple Intelligences*: ERIC.
- De Jong, T., & Van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68, 179-201.
- Donovan, T., & Hoover, K. R. (2013). *The elements of social scientific thinking*: Cengage Learning.
- Dunbar, K., & Fugelsang, J. (2005). Scientific thinking and reasoning. *The Cambridge handbook of thinking and reasoning*, 705-725.
- Germann, P. J., Aram, R., & Burke, G. (1996). Identifying patterns and relationships among the responses of seventh-grade students to the science process skill of designing experiments. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 33(1), 79-99.
- Hopkins, K. D. (1998). *Educational and psychological measurement and evaluation*: ERIC
- Infeld, L. (1971). *The evolution of physics*: CUP Archive.
- Kida, T. E. (2009). *Don't believe everything you think: The 6 basic mistakes we make in thinking* Prometheus Books.
- Kuhn, D., & Franklin, S. (2006). The second decade: What develops (and how). *Handbook of child psychology*, 2, 517-550.
- Lederman, N. G., & Lederman, J. S. (2004). Revising instruction to teach nature of science. *The Science Teacher*, 71(9), 36-39.
- Mayr, E. (1982). *The growth of biological thought: Diversity, evolution, and inheritance* Harvard University Press.
- McLelland, C. V. (2006). *The nature of science and the scientific method* Geological Society of America.
- Moore, J. A. (1999). *Science as a way of knowing: The foundations of modern biology* Harvard University Press.

- Padilla, M. J., Cyr, M., & Miaoulis, I. (2005). *Prentice Hall science explorer*: Prentice Hall.
- Roach, L. E., & Wandersee, J. H. (1993). Short Story Science. Using Historical Vignettes as a Teaching Tool. *Science Teacher*, 60(6), 18-21.
- Ryu, S. & Sandoval, W. A. (2012). Improvements to elementary children's epistemic understanding from sustained argumentation. *Science Education*, 96(3), 488-526
- Schalk, H., Schee, J., & Boersma, K. (2013). The development of understanding of evidence in pre-university biology education in the Netherlands. *Research in Science Education*, 43(2), 551-578
- Schauble, L. (2003). Scientific thinking: More on what develops. *Human Development*, 46(2-3), 155-160.
- Schwab, J. J. (1962). *The Teaching of Science. The Teaching of Science as Enquiry*. [By] JJ Schwab. Elements in a Strategy for Teaching Science in the Elementary School. [By] Paul F. Brandwein: Harvard University Press °
- Sootin, H. (1959). *Gregor Mendel: father of the science of genetics*: Random House Books for Young Readers.
- Tankersley, K. (2007). *Tests that teach: using standardized tests to improve instruction*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Temiz, B. K., Taşar, M. F., & Tan, M. (2006). Development and validation of a multiple format test of science process skills. *International Education Journal*, 7(7), 1007-1027.
- Valenti, S., Neri, F., & Cucchiarelli, A. (2003). An overview of current research on automated essay grading. *Journal of Information Technology Education: Research*, 2(1), 319-330.
- Van der Graaf, J., van de Sande, E., Gijssels, M., & Segers, E. (2019). A combined approach to strengthen children's scientific thinking: direct instruction on scientific reasoning and training of teacher's verbal support. *International Journal of Science Education*, 1-20.
- Van der Schee, J., & Rijborz, D. (2003). Coaching students in research skills: A difficult task for teachers. *European Journal of Teacher Education*, 26(2), 229-237
- Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review*, 27(2), 172-223.
- Zion, M., Michalsky, T., & Mevarech, Z. R. (2005). The effects of metacognitive instruction embedded within an asynchronous learning network on scientific inquiry skills. *International Journal of Science Education*, 27(8), 957-983.