

【附件三】成果報告

教育部教學實踐研究計畫成果報告

Project Report for MOE Teaching Practice Research Program

計畫編號/Project Number：PAG1120600

學門專案分類/Division：生技農科

計畫年度：☒112 年度一年期 ☐111 年度多年期

執行期間/Funding Period：2023.08.01 – 2024.07.31

利用「以課程為基礎的大學生研究經驗」教學法提升大學生學習成效與研究潛力之研究—以導入「尋找噬菌體」課程為例

Improvement of undergraduate learning effectiveness and research potential by “course-based undergraduate research experience”: using the “Phage Hunting Program” as an example

(環境微生物學實驗 Envioronmental Microbiology Lab)

計畫主持人(Principal Investigator)：林乃君

協同主持人(Co-Principal Investigator)：無

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：國立臺灣大學農業化學系

成果報告公開日期：☐立即公開 ☒延後公開

繳交報告日期(Report Submission Date)：2024 年 09 月 19 日

利用「以課程為基礎的大學生研究經驗」教學法提升大學生學習成效與研究潛力之研究—以導入「尋找噬菌體」課程為例

Improvement of undergraduate learning effectiveness and research potential by “course-based undergraduate research experience”: using the “Phage Hunting Program” as an example

一、本文 (Content)

1. 研究動機與目的 (Research Motive and Purpose)

農業化學系是全臺灣大學實驗課程最多的科系，而此項傳統也是讓許多甄試入學的高中學子選擇農業化學系的主要原因之一。其中，普通微生物學實驗是微生物領域的基礎課程之一，對於微生物相關研究人才知識與技術的養成扮演重要的角色。傳統的微生物學相關實驗課程，在內容設計上為單元制，於每次表定上課的三小時內進行 1~2 個與該單元相關實驗，讓學生從了解該單元背後的原理及應用，然而每次實驗課內容大部份可在當周完成，幾乎可說是與其他周的課程獨立（當周實驗失敗也不會影響下一周實驗課的進行），因此就算是相關的單元，這樣的授課方式，使得修課學生難以用整合性的概念將相關單元的知識、技術甚至操作實驗的概念串聯起來。由於每次均是進行已知結果的實驗，因此較難培養學生歸納與演繹等研究方法；當學生未得到預期結果時，由於時間限制而無法讓同學重作，造成學生也無法學習解決問題的研究能力。此外，當實驗課為必修課程時，每班修課人數偏多，授課教師和助教人力有限，難以盯住每一位同學的每一個動作，除了難找出學生失敗的原因外，也不易發現學生操作時的缺點。傳統的課程設計造成學生較為被動，甚至消極的學習態度，也導致研究人才培育過程出現無法銜接的狀況，例如選擇進入微生物相關實驗室成為微生物領域專攻生時，才發現已修過普通微生物學的學生基本微生物操作有問題而必須再花時間重頭訓練。另外也發現，因為大部分的基礎課程實驗課都是以傳統方式進行，在經歷多門實驗課程後，不乏有學生抱著「因為是必修課，反正照著做，失敗也沒甚麼關係，最終還是可以拿到學分」的心態來上課，實驗課儼然對失去興趣的學生成為負擔，此時授課教師或助教就算充滿熱忱，面對學生的消極反應也會相當失望。是課程的設計、授課方式，還是學生的僥倖心態造成此狀況呢？

為了讓學生在修習實驗課的同時也能培養其未來從事相關領域研究工作的能力，CUREs 的理念應運而生。然而要執行 CUREs 極度仰賴授課教師及助教的時間與精力，也需要有適當規劃的課程架構，才得以讓 CUREs 有好的成效。接觸 Phage Hunting Program 時正值本系課程地圖結構大幅修改，環境微生物學實驗課將改為選修使修課人數有機會降低的時候，成為導入此 CUREs 課程的最佳時機。第一年在美國西佛羅里達大學鍾慧敏老師的共同授課下開啟了本系的「噬菌體獵人 (Phage hunter)」養成計畫，以 SEA-PHAGES 的 Phage Hunting Program 為基礎，於環境微

生物學實驗課中讓學生透過自行尋找環境中鏈黴菌噬菌體，循序漸進的學習到如何建構出實驗流程、如何有邏輯的思考，並於遇到困難的時候，試著去思考可能的解決方法。整個過程當中，老師除了扮演知識授與者之外，同時也需扮演指導老師的角色，在學生做不出來的時候，透過問問題的方式，引導學生去設計解決問題的實驗。此外，在這樣的課程當中，助教除了過去實驗課助教該做的準備工作之外，也需要更強的能力能協助老師幫助學生解決問題。108 學年度課程內容修改後至今，修課學生的反應都非常好，雖然要花上更多的心力，卻仍然很贊同這樣的實驗課上課方式，且都很願意向學弟妹們推薦此課程。由於是選修課，必須是真的有興趣才會願意花時間來學習，因此能有如此的反饋意見，顯示這樣的教學方式應該能夠刺激學生學習的意願，並提高學習成效。然而若要知道 CUREs 教學法是否有達到預期目標，需要有好的質化或量化指標或數據，才能有較客觀的證據加以說明，甚至未來可提供給想要嘗試此教學方式的老師參考。此外，CUREs 的課程設計還有另一個目的是希望能提高大學生留在科研領域中，目前導入的時間雖短（正在進行第四屆課程），但這個問題也是值得去追蹤評量的。

基於上述所提動機，本計畫想要探討在臺灣導入 CUREs 課程的效應如何。藉由美國 CUREs 課程「Phage Hunting Program」，來了解是否有讓學生體驗到真實研究情形，以及是否能提高學生學習興趣與學習成效。同時也想要了解在修習本課程之後，修課學生是否也因體驗到真實的科學研究經驗，而對自己的生涯規劃有所省思。最後，也希望能針對學生是否更有信心留在科學研究體制內進行調查研究，初步了解修習過此類課程後對科研人才的培育是否有所助益。因此，本研究計畫有以下幾個目的：

1. 了解此課程是否有讓大學生體驗真實研究的感覺；
2. 探討導入「Phage Hunting Program」課程後，對修課同學實驗操作能力及研究潛力之影響；
3. 調查學生修習「Phage Hunting Program」課程對後續生涯規畫之影響；
4. 探討修習「Phage Hunting Program」課程是否有助於提高學生留在科學領域的意願。

希望本研究能為 CUREs 課程對臺灣大學部學生的影響提供質化或量化的結果，作為未來推動全國性 CUREs 課程時之依據。

2. 研究問題 (Research Question)

有鑑於傳統的微生物學相關實驗課程在內容設計上為單元制且單週課程獨立，難以培養學生歸納與演繹等研究方法；學生人數多因此做錯也無法重作而無法學習解決問題的研究能力。這樣單調的課程設計已造成學生越來越被動，學習態度消極，甚至影響大學生留在科學領域的意願，使研究人才培育過程出現無法銜接的狀況。CUREs 的理念便是為了改善此狀況而被發展出來，然而要執行 CUREs 極度仰賴授課教師及助教的時間與精力，也需要有適當規劃的課程架構，才得以讓 CUREs 有好的成效。過去三年導入美國全國性的 CUREs 課程「Phage Hunting Program」後，似乎能刺激學生學習的意願、提高學習成效，但事實是否如此，以及是否有助於提

高大學生留在科研領域中，均需要有客觀的質化或量化的數據加以佐證。因此，本計畫將引進更有系統的評估方式，來探討在環境微生物學實驗課程中導入 CUREs 課程「Phage Hunting Program」是否對於學生學習意願、學習成效，以及未來工作規劃均有正面效應。

3. 文獻探討 (Literature Review)

3-1. 大學生研究經驗 (undergraduate research experience) 對人才培育之影響

許多大專院校生醫農理工科系長久以來都設有所謂「大學部專攻生」的制度，鼓勵大學部學生在大學時期加入實驗室，透過在實驗室與指導教授及實驗室其他成員互動的方式，習得做研究該有的技術與知識，更重要的是瞭解做研究應有的態度與學術倫理。這樣的制度也凸顯大學部學生在整個研究領域中扮演重要的角色，實際上從大學部開始對學生進行科學研究技能的訓練，有助於培養新生代的科學家與研究人才 (Kinkead, 2012)。大學生研究經驗，亦即 undergraduate research experience 或是 URE，對於大學生來說也有許多好處。已有研究調查顯示，URE 對於參與的大學生來說是相當重要的經驗，因為他們除了在研究過程中能學習到科學家的邏輯思考模式，有更好的技能之外，有極大的比例會因為參與了 URE 而決定繼續念研究所或進而從事研究工作 (Laursen et al., 2010; Lopatto and Tobias, 2010; Zydney et al., 2002)，因此 URE 這樣的經驗對於參與者的生涯規劃，有一定的影響力 (Eagan et al., 2013)。有鑑於此，國家科學及技術委員會也提供了「大專學生研究計畫」的經費補助，鼓勵大學部學生積極參與各領域研究工作，並激發其對科學的好奇心及繼續深造之志向。而 URE 影響所及與其優點所在，也成了美國動員全國高等教育讓所有學習生物的大學生都來參與研究的動力。

目前絕大多數的 URE 來自於大學生到高年級時自主性或是經由老師建議進入研究室學習，在這樣的情況下，大學生與指導教授或學長姐在幾乎是一對一的授業模式下進行研究，學習指導教授專長領域的知識與技能，可能因此有更高的機會接觸相關領域的工作 (Bass et al., 2018)，此模式稱為專攻生制度 [Apprentice-based research experiences (AREs)]。基於這樣的一個訓練模式，能參與 URE 的人數其實不會太多，主要會發生在較為主動、學業表現突出或是對生涯規劃較有想法的學生。長期觀察發現，高中生在甄試入學的面試場合中，都表現出其對於科學的喜愛，然而這份熱情卻有可能隨著進入大學的時間越久而逐漸降低，甚至有不少主修生醫農理工的大學生到最後不想留在主修的領域當中。實際上，有許多研究顯示，大學部學生之所以對科研會沒興趣，主因常不是因為自認沒有天分或是真的沒興趣，往往是因為相關課程的教學方式所致 (Seymour and Hewitt, 1997)；如果老師的教學方式較活潑且吸引人時，學生便會參與更多而學習更多 (Handelsman et al., 2007)。另一方面，URE 有這麼多的優點，是否有辦法擴及更多的學生，讓更多大學生能夠受惠於此經驗而更有意願留在科學領域中呢？

為了朝這個方向努力，許多極具熱忱的教育學者們開發出「以研究為基礎的實驗課程」(research-based laboratory courses) 或是「以發現為基礎的實驗課程」(discovery-based laboratory courses)，並將這樣的課程與 URE 的理念結合，「以課程

為基礎之大學生研究經驗」(course-based undergraduate research experiences, CUREs)便應運而生。

3-2. 「以課程為基礎之大學生研究經驗」(course-based undergraduate research experiences, CUREs) 之優點與課程設計

所謂的 CUREs 係指全班同學共同針對一個未知結果但能引起學生興趣的科學性問題進行研究的學習經驗 (Dolan, 2016)，由於進行方式是在特別設計的課程當中，因此有更多的學生能夠有機會更早接觸到 URE。表三為 Auchincloss 等人 (2014) 探討傳統 mentorship 制的 AREs 與 CUREs 的差異時所整理的比較表，不難從表中看出 CUREs 可讓大學生在修課的過程中（幾乎不需多花課餘時間）同時就有獲得 URE 的好處，且能嘉惠更多人；此外，若 CUREs 的課程設計在給低年級的大學生時，在大部分學生對研究還未了解的時候就能接觸 URE，也能讓更多大學生於未來有意願投入科學研究當中 (Dolan, 2016)。

表三、CUREs 與專攻生制度 (AREs) 的比較

研究經驗來源	AREs	CUREs
規模	小 (少數人)	大 (人數多)
指導方式	一位指導教授對一位學生	一位教師對全班同學
參與方式	僅針對被挑選出或自行選擇要加入 URE 的少數人	自主學習或透過選修課程
投入時間	主要是利用課餘時間	主要是課堂時間
學習場所設定	主要為教授的研究室	教室 (實驗課教室)

*摘錄自 Auchincloss et al., 2014

除了對大學生有幫助之外，實際上也有研究報導 CUREs 對老師的好處，教師除了可以藉此整合自己的研究與教學，有效率地完成工作目標；學生於課程中所得到的成果也可以共同發表，增加教師的論文發表數量；而在課程進行的過程中，教師也可以發現具潛力的學生，後續將之招募成為自己的實驗室成員 (Fukami 2013; Kowalski, Hoops, and Johnson 2016; Shortlidge, Banger, and Brownell 2017; Scott, 2021)。因此，對於有心想要使用 CUREs 方式授課的老師，有較大比例是屬於教師從自己的研究課題中設計出適合用於 CUREs 的內容，亦即所謂的“local model”的 CUREs 課程。然而目前在美國，除了這一類屬於“local model”的 CUREs 課程之外，還有另一類是跨校性的“national model”所設計出的課程，包括 2006 年成立的 The Genomics Education Partnership (GEP) (Lopato et al., 2008) 所建立的基因體網絡及相關課程，以及 2008 年開始正式運作的 Science Education Alliance-Phage Hunters Advancing Genomics and Evolutionary Science (SEA-PHAGES) program (Jordan et al., 2014)。教師開設自己專長領域的 CUREs 課程較為簡單，但若推廣出去相對來說就會較困難；採行全國性統一課程的 CUREs 模式除了在推廣上速度可以更快之外，也可以讓學生得以跟其他學者合作，並將其研究成果貢獻於重要的研究上

(Jordan et al., 2014)。GEP 的目標是設計出一個課程，讓大學部學生透過課程規劃參與真實的基因體學研究工作，一方面透過多人參與可以協助改善定序品質之外，也能夠有足夠的人力與資源去進行一個較大的基因體計畫，例如 GEP 曾試圖解析過多種果蠅的 dot chromosome，也因此進而提出改善老鼠基因體定序品質的策略 (Lopato et al., 2008)。

由匹茲堡大學 Hatfull 教授團隊與 HHMI Science Education division 共同統籌管理的 SEA-PHAGES program 是目前參與大專院校最多的一個以 “national model” 開發出的 CUREs 計畫 (Heller et al., 2024)，一開始僅是以 The Phage Hunters Integrating Research and Education (PHIRE) program 在執行 CUREs，直至今今年已有 209 個大專院校參與，包括 231 所美國的學校和 11 所非美國的大專院校 (資料來源：seaphages.org/institutions)。SEA-PHAGES 設計為期兩個學期的課程中，學生從採集土壤、自土樣中分離特定細菌的噬菌體並將之純化與增幅、對自行分離到的噬菌體進行特性分析，一直到萃取其 DNA 並定序，進而註解其基因，便是希望藉由讓學生接觸真實 (authentic)、有價值 (valuable) 但易接近 (accessible) 的研究領域，繼續對科學研究充滿熱忱 (SEAPHAGES, 2024)。噬菌體廣泛存在於環境當中，多樣性高，因此參與的學生很容易分離到新的噬菌體且能自行命名，無形可以增加學生的成就感；不同學校每年都會發現新的種類，教師也可以藉此提升自己的研究發表。加上就算噬菌體多樣性高，但研究方法相同，必要時也僅是進行小小的異動，因此統一進行師資或助教的培訓工作也相對容易，這也是讓此計畫能迅速地在不同區域的學校執行的原因之一 (Jordan et al., 2014)。也因為是全國性的教學計畫，專人維護的官方網站上除了有詳細的實驗教材可供參考之外，每年也會訂出時程表 (Timeline) 隨時提醒教師重要事件發生日期 (例如：每年的 SEA-PHAGES meeting 日期、送出選定噬菌體進行定序的時間等)，方便之餘也大幅提高參與此計畫教師的執行效率。學生分離到的噬菌體更成了寶貴的多樣性生物資源，SEA-PHAGES 也因此提供了保存噬菌體的空間及其基因體定序、分析軟體及序列存放資料庫等資源，讓參與的學校單位使用，達到教育與研究共進展的目的。實際研究調查顯示，參與 SEA-PHAGES CUREs program 的學生相較於只修習傳統實驗課的學生來說，有較好的領導力、在科學領域的貢獻度與價值及科學上的網絡連結；此外，至 2017 年止約有 10,000 個噬菌體被分離出、其中有約 1,400 株已完成定序且資訊保存於資料庫中，也有約 70 篇左右的相關文章被發表，成果卓著 (Hanauer et al., 2017)。

3-3. CUREs 執行成果之評估方法

由於參與 SEA-PHAGES program 的學校和學生人數眾多，執行的時間較長久，因此容易進行 CUREs 課程執行成果的評估。然而教師自行設計的 CURE 課程往往因為樣本數少而比較難以使用量化的方式來進行效益評估，因此在生命科學的領域中，目前尚無完美的方式，但可暫時採用 CURE survey 來進行 (Lopato and Tibias, 2010)。此方式會分為三個部分來進行評估：一、教師提出課程內容能否等同於真實科學研究；二、學生提出自己參與 CUREs 後的收穫內容報告；三、學生提出自己參與 CUREs 後對科學研究態度的報告。儘管同樣的成效可能會因每個學生的態度、

能力和認知力而有不同的報告呈現，但採用問卷的方式仍然是了解 CUREs 成效的第一步，未來樣本數累積到一定程度時，便可採用量化、更客觀的方式，來評估 CUREs 究竟對學生有甚麼樣的影響，且程度為何 (Auchincloss, et al., 2014)。而從目前相關的文獻來看，全國性 CUREs 的課程設計，對於 CUREs 的推廣助益頗大。

另一方面，為了要評估 CUREs 的課程導入是否會使大學生更有意願留在科研體制當中，Hanauer 等人 (2015) 特別設計了一份 Persistence in the Science (PITS) 問卷，由分屬於研究主題歸屬 (內容) [Project Ownership (Content)]、研究主題歸屬 (感覺) [Project Ownership (Emotion)]、科研上之自我能力 (Science self-efficacy)、科學上之身分 (Science identity)、科學界的價值 (Scientific community value s) 和科學界人際網絡 (networking) 等六個因子的 36 個問題所組成。經過回歸分析驗證後發現，研究主題歸屬 (內容)、研究主題歸屬 (感覺)、自我能力和人際網絡可以分別解釋是否有意願成為科學家這個變數中 11%、16%、6% 和 18% 的變異數，也證實了該問卷用於評估 CUREs 的課程導入後是否會使大學生有意願留在科研領域中的可行性。

4. 教學設計與規劃 (Teaching Planning)

4-1. 教學目標與方法

(1) 教學目標

本研究欲搭配之課程為環境微生物學實驗課，目標是要在為期一個學期的課程中，希望能讓大學部學生體驗科學家從事研究時會經歷的喜怒哀樂，透過讓修課學生擁有屬於自己的研究主題，並於執行該研究主題時逐步建立起研究時該有的良好習慣和基本技能，包括：閱讀科學文獻的能力、設計實驗的能力、正確且心無旁騖操作實驗的能力、確實做好實驗記錄、解決問題的能力，以及和他人溝通與分享研究成果的能力。期望這樣的課程大綱能夠提高學生學習成效，並更有意願留在科學領域中，甚至成為研究人員。

(2) 教學方法

為了達到此教學目標，這個課程是以環境微生物實驗課為平台，導入美國學者為大學生所設計的 CUREs 課程—「Phage Hunting Program」實驗內容，讓學生在一般的修課程中便能體驗真實的生命科學研究工作，進而瞭解研究的真正意義。

上課前會先於 NTUCool 線上平台提供相關講義、影片或相關教材，請學生先行觀看或閱讀。上課時會再度簡單說明當次實驗須具備之知識、欲進行的步驟，然後才讓學生開始進行實驗。整個學期一組僅有一位同學，且每位同學必須自行準備個人進行實驗的基本耗材，如無菌的 tips、microcentrifuge tubes 和試管等，每次做完實驗也要自行整理桌面與器材，盡量讓學生於課堂中體驗真實研究工作的進行方式。此外，在真實研究中，真實無誤且確實地記錄好實驗過程與結果是非常重要的，因此在一開始就會向同學強調此重要性並教導如何紀錄後，便會請同學於每次實驗完後確實記錄重要步驟或數據。整個課程設計包括三部分：

(i) 基礎技能學習 (第一~第四周)

本課程的規劃，除了 SEAPHAGES 的課程內容建議之外，另外加入了農業化學系必修課程「土壤學實驗」及「微生物學實驗」中已學過的相關技術，包括土壤採樣方法、土壤 pH 值和含水量等性質測定，以及噬菌體分析中很重要的「plaque assay」。試圖探

討透過將過去所學的技术用在真實的研究上，是否能增加學生對該技术的知識背景與操作的熟悉度。此部分的教學方法著重在複習。

(ii) 真實研究經驗體驗 (第三~第十五周)

新冠疫情加深國人對病毒的印象，也使學生於學習過程中更有感覺。噬菌體是以細菌為宿主的病毒，透過噬菌體的研究可以讓同學對病毒的特性更為了解。本課程中我們統一全班採用鏈黴菌這個安全的菌株作為宿主。這個部分為 CUREs 課程的主要內涵，除了宿主細胞、培養基及試劑由課程提供之外，為了讓同學體驗真實研究，噬菌體來源的土樣必須自行選擇並進行採樣。由於每位同學土樣來源不同故噬菌體也會不同，因而造就每位同學都有自己的研究主題。同學必須根據自己的噬菌體特性、本身的技巧與能力獨立完成並解釋數據。

當遇到結果不如預期時，會由敝人或助教從旁協助同學思考可能的原因後，想辦法解決問題。最後幾周也會讓同學參考文獻後，自行設計實驗進行噬菌體特性分析。若遇到瓶頸而無法如表定計畫進行實驗時，除了滾動式微調進度之外，也會徵求學生同意進行補課，讓同學能有機會趕上進度。

(iii) 成果報告 (第十六週)

在真實研究中，如何整理與分析數據，並將結果以海報或口頭報告的方式呈現後向他人說明，也是相當重要的能力訓練。因此，學期中會先教導學生製作海報的方式，並請學生試著繳交海報雛形；至學期進行到 $\frac{3}{4}$ 時，則是請學生整理數據，進行海報排版工作，獲得初版海報架構。最後一周便會進行 5-8 分鐘的海報論文發表。海報論文發表時，會邀請相關教師前來當作評審，對修課學生的海報論文發表進行評分。

4-2. 各週課程進度與教學空間

(1) 各週課程進度

每週的課程安排如表四所示。然而，真實研究是不可能完全按表操課的，因此課程表也僅能做為參考。若發生不如預期的結果時，表定進度也隨著同學提出的 troubleshooting 方式做滾動式調整。

表四、環境微生物學實驗之每週課程安排

週次	單元主題 syllabus
week 1	• 分組、課程介紹、器材分配、實驗室安全規則介紹 • Pre-course test • Pre-course survey
week 2	• Intro to Streptomyces • Soil collection and characterization (I) • Practice: Plaque assay
week 3	• Soil collection and characterization (II) • Phage Hunting: Phage Isolation and process soil sample for enrichment
Week 4	• Soil collection and characterization (III) • Phage Hunting: Phage Isolation and process soil sample for enrichment

Week 5	• Phage Hunting: Phage Isolation
Week 6	• Phage Hunting: Phage isolation and Purification
Week 7	• Phage Hunting: Phage Purification (II)
Week 8	• Phage Hunting: Phage Purification (III) • How to make a poster for conference
Week 9	• Phage Hunting: Phage Purification (IV)
Week 10	• Phage Hunting: Phage amplification (I)
Week 11	• Phage Hunting: Phage amplification (II)
Week 12	• Phage Hunting: Phage amplification (III)
Week 13	• Other characterization • Lab practical (Post-course test)
Week 14	• Phage DNA Isolation and Characterization (I)
Week 15	• Phage DNA Isolation and Characterization (II)
Week 16	• Oral presentation/Post-course survey/PITS survey*

*PITS survey 的對照組也會在當週的環境微生物學正課時請願意接受調查的同學填寫

(2) 教學空間

本課程採全實體授課的方式，因此教學空間在國立臺灣大學農業化學系的微生物學實驗教室進行，最後的海報論文發表則是在一般上課 (lecture-type) 的教室進行。

4-3. 學生成績考核與學習成效評量工具

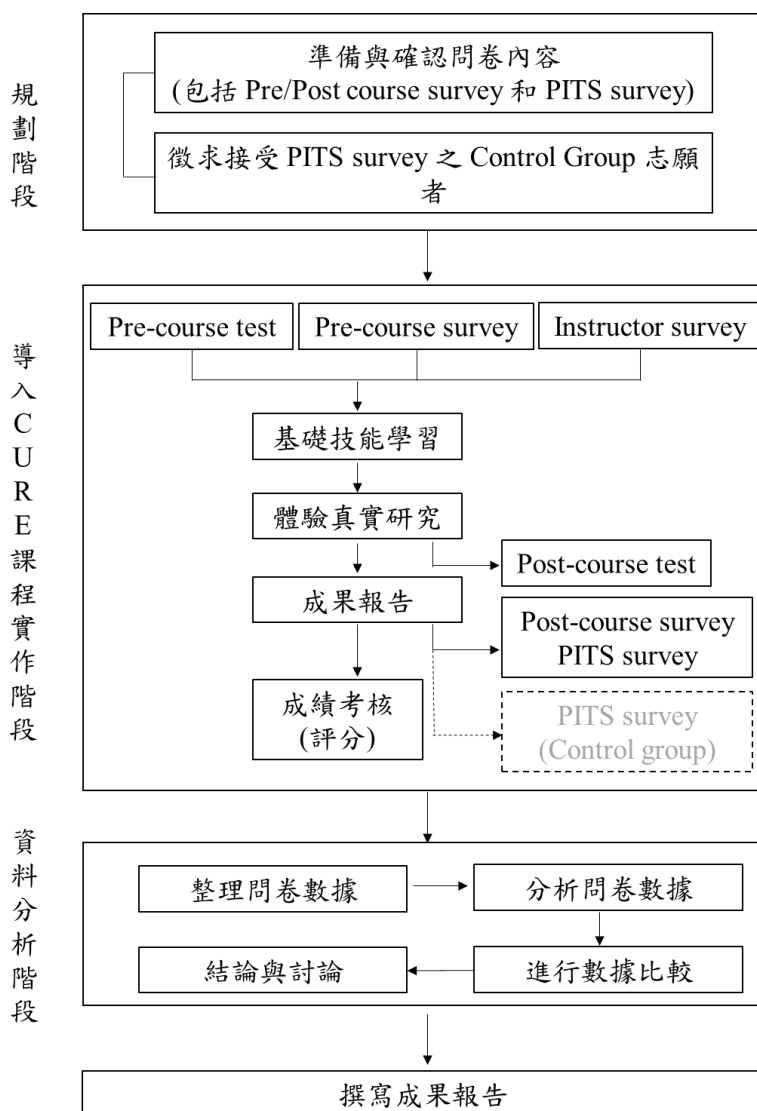
考量真實研究著重的面向設計學生成績考核項目與比例 (表五)，而不再是以傳統實驗課程於結束後繳交的結果報告為主要評分標準。期末報告的部分除了授課教師和助教的評分外，也會請同學互評成績，以 1~5 分評定每一個人的口頭報告成果，然後再以加權平均的方式計算每個人期末報告最終成績，最終成績=教師評分 60%+助教評分平均 20%+同學評分平均 20%。

表五、學生成績考核方式

item	percentage	description
課堂表現	10%	出席率、上課態度等
課堂前小測驗	25%	每周上課前的 Pre-lab quizzes
實驗記錄	20%	每周實驗記錄檢查
實驗操作技能檢定	15%	實驗操作測驗 (post-course test)
實驗成果	30%	期末海報報告

5. 研究設計與執行方法 (Research Methodology)

5-1. 研究架構



圖一、本研究計畫之架構

5-2. 研究範圍目標

本計畫的研究範圍為國立臺灣大學農業化學系大學部微生物相關實驗課程。採用的是 HHMI 設計的全國性 CURE 課程「Phage Hunting Program」的第一部分—讓選修本課程的同學參與分離臺灣本土鏈黴菌噬菌體的研究工作。

5-3. 研究對象與場域

研究對象主要為所有修習環境微生物學實驗課程的學生，大部分為農業化學系大三學生，但也有其他相關系所大三學生（例如植物病理與微生物學系）選修。為了進行比較，進行 PITS survey 時會以選修環境微生物學（農業化學系必選修科目）但未選修環境微生物學實驗的同學作為對照組，人選會以招募志願者的方式於期初選定。研究場域主要會在國立臺灣大學校總區農業化學系的微生物學實驗教室進行，但噬菌體的來源由修課學生自己選定土樣的採集地點，並自行依照授課教師指導要點獨立完成採樣與地點紀錄。最後海報宣讀的地點則是在一般教室舉行。

5-4. 研究方法與工具

研究會搭配課前測驗、實驗能力（技巧）評估、海報論文口頭報告，以及問卷調查等質化或可量化（李克特量表 Likert scale）的評估方式，來瞭解將 CUREs 導入課程之中，對學生的影響有哪些。以下針對本研究所使用的研究方法與工具，以及該方法或工具可達成的研究目的進行說明：

(i) 課前測驗 (Pre-lab quizzes)：

Pre-lab quiz 目的是要讓同學預習，會先請學生閱讀課本或講義的相關章節，或是網路資料、科學論文和相關影片等，內容視當週課程調整，最後會從這些參考資料衍伸出 Pre-lab quiz 的題目。Pre-lab quiz 一方面可作為評估學生於上課前對當週所要進行實驗的了解程度，另一方面可以了解學生自主學習的程度。最後也想嘗試是否可以透過相關性分析從學生 Pre-lab quiz 與最終總成績，來了解學生的學習態度。有時 Pre-lab quizzes 需要在閱讀完研究論文才能回答，因此也可培養同學閱讀科學文獻的能力。

(ii) 課前與課後實驗能力評估：

這個部分主要是想要了解，透過「Phage Hunting Program」這個 CUREs 課程內容，學生的實驗技巧是否確實能精進。執行方法是分別於課程第二周與第十三周進行實驗操作知識與技能檢定，即 Pre-course test 及 Post-course test。進行實作測驗時，會以評量表 (rubrics) 等工具來輔助 (附表一)，最後書面與實作成績加總後便可獲得實驗能力前測 (Pre-course) 和後測 (Post-course) 成績。

(iii) 問卷調查

由於之前的研究顯示可暫時採用 CURE survey 來評估 CUREs 的學習成效 (Lopato and Tibias, 2010)。CURE survey 包括三份不同的問卷，來涵括教師提出課程內容是否為真實科學研究、學生參與 CUREs 後的收穫內容，以及參與 CUREs 後對科學研究的態度等三個部分。此三份問卷包括分別於課程第一堂與最後一堂課時給學生填寫的課前問卷 (Pre-course survey) 和課後問卷 (Post-course survey)。本研究將參考 Lopato and Tibias (2010) 的問卷設計出適合本課程的三份問卷，三份問卷的主要內容分別包括：

a. 課前問卷：包括學生簡單的個人資料 (性別、年齡、個人特質)、學歷背景，及修習本課程原因等基本資料之外，科學研究態度，以及學習方式等則是以附表二的問題進行調查。

b. 課後問卷：主要以調查上課是否獲得好處為主 (附表三)，亦會對此真實科研經驗進行整體評估 (附表四)。

另外，為了評估 CUREs 的課程導入是否會使大學生更有意願留在科學領域中，還會進行 PITS 問卷，內容則根據之前已驗證能解釋較多是否有意願成為科學家的原因之研究主題歸屬 (內容)、研究主題歸屬 (感覺)、自我能力和人際網絡等四個因子設計出的問題進行評估 (Hanauer et al., 2015)，目前暫定的項目內容如附表五所示。為了探究有無修習 CUREs 課程是否會影響大學生留在科學領域的意願，會徵求與修習 Phage Hunting Program 課程有同樣學習背景的同儕作為對照組，並額外加入附表三中「我覺得我有科學研究潛力」以及「我未來會留在科學領域中」兩個題目，

以利進行比較與評估。除了可量化的問卷之外，也會使用我們之前就行之有年的期末問卷（附件二）來收集一些質化的數據。

最後會就修課同學的分項成績、總成績、前後測的成績、收集到的問卷等，進行資料整理與圖表的製作。有得以比較的項目，如課前與課後實驗能力評估、課前與課後問卷調查中的附表三和附表四，以及有無修課者的 PITS 問卷調查結果（附表五），則可透過統計分析（例如 Student t-test）來探究兩者間是否有差異。另外，由於有詢問留在科學領域的意願，因此可以針對不同因子進行關聯性分析，了解各因子是否會影響大學生留在科學領域的意願。

5-5. 研究實施程序

【規劃階段】

PITS 對照組的調查對象會在開學第一週時，於環境微生物學課程中徵求志願同學，以於學期末時進行 PITS survey。

【導入 CUREs 課程實作階段】

第二週會進行 Pre-course test 和 Pre-course survey。提前於第十三週進行 post-course test，最後一週進行口頭報告（教師、助教和同學共同評分），並完成 post course 及 PITS surveys。同一週也會請對照組完成 PITS survey。

【資料分析階段】

將量化數據先以 excel 進行數據的紀錄與整理，並依需求作成圖表，以視覺化成果。於問卷當中也會加入一些文字回饋的欄位，此部分便會整理在 word 檔中。

6. 教學暨研究成果 (Teaching and Research Outcomes)

(1) 教學過程與成果

本學期修課人數為 11 人，分別為 1 位大二、8 位大三以及 2 位大四學生；有 9 位為本系學生，2 位為外系學生；僅 1 位於修課當下並未修習過普通微生物學或實驗課程。最終學期成績為 2 位 A⁻、3 位 A，以及 6 位 A⁺。以下是本研究成果：

(i) 課前與課後實驗能力評估

由前後測結果來看，數據分析能力（書面測驗）似乎沒有因這個課程有所進步；然而在操作上，尤其是幾乎每節課都需用到的無菌操作及實驗步驟理解能力，都有明顯進步，於統計上有極顯著差異 ($P<0.005$)。

評量項目	前測	後測	P 值	後測高於前測人數
<u>書面測驗</u>				
數據分析計算	76.4±18.0	63.7±17.7	0.064	4 (36.4%)
<u>實作測驗</u>				
無菌操作	40.9±29.5	88.2±13.3	0.000***	11 (100%)
Pipette 操作	69.5±29.8	86.4±9.2	0.070	7 (63.6%)
實驗步驟理解	42.9±26.3	93.1±4.2	0.000***	11 (%)
實作數據計算	68.2±26.0	65.9±22.4	0.434	6 (54.5%)

註：n=11。* $p<0.05$; ** $p<0.01$; *** $p<0.005$

(ii) 學生對科學的認知及科學對自身的幫助

雖然課前和課後問卷的題目不同，但基本上仍可以從數值上看出學生於修課後對科學認知更多，也更能了解科學對自身的幫助。

項 目	課前問卷	課後問卷
學生對科學的認知，認為科學對自身的幫助		
我可以信任科學結果的真實性與正確性	4.36±0.64	
科學寫作過程有助於對科學想法的了解	3.91±0.79	
儘管已忘記內容或細節，我仍然可使用科學上所學到的思考模式	4.00±0.60	
若科學證據與我的經驗相抵觸，我會以經驗值做為做決定時的依據	3.27±0.96	
學生對科學方面的認知		
對於知識是如何建構起來的		4.09±0.90
對科學家思考方式的了解		4.09±1.00
了解科學家是如何解決問題的		4.18±1.01
了解科學是怎麼一回事		4.27±0.75
認識該領域的道德守則		4.09±0.79

註：1: 極度不同意；2: 不同意；3: 還好；4: 同意；5: 非常同意。

(iii) 對實驗操作能力及科學研究潛力的影響

從以下幾個問題來看，可以得知在課程初始學生對於自身的研究潛力並不特別有信心，然而到了學期末後，同意自己擁有進行科學研究所需能力的同學更多，尤其是同意其具有學習實驗室技術和整合理論與實作的能力等。

項 目	課前問卷	課後問卷
課前對自身的想法		
我擅長科學相關課程	3.36±0.64	
我覺得我有科學研究潛力	3.18±0.57	
進行科學研究所需的各項能力		
學習實驗室技術		4.82±0.39
解釋數據與結果的能力		3.73±0.75
整合理論與實作的能力		4.27±0.75
分析數據與其他資料的能力		3.82±0.72
閱讀與了解研究論文的能力		3.55±1.23
如何給一個好的口頭報告的技巧		3.82±0.94
撰寫科學報告的能力		4.09±0.90

註：1: 極度不同意；2: 不同意；3: 還好；4: 同意；5: 非常同意

(iv) 生涯發展與規劃

課後問卷內容中，發現學生也較同意自己在學習如何獨立工作的能力上，因此有趨近 >4.0 的分數。

項 目	課後問卷
自信心	3.82±1.27
對於生涯規劃清晰程度	3.64±0.77
學習如何獨立工作	4.18±0.72
對於自己能夠教導科學的潛力有自信	3.64±0.88

註：1: 極度不同意；2: 不同意；3: 還好；4: 同意；5: 非常同意

(v) 學生留在科學領域的意願

課前課後問卷結果可以看到，雖然以 unpaired Student t-test 分析未達顯著差異 ($p>0.05$)，但上完此課程後，學生繼續留在科學領域中的意願有稍微提高。

項 目	課前	課後	P 值
課前對自身的想法			
我擅長科學相關課程	3.36±0.64		
我覺得我有科學研究潛力	3.18±0.57		
我未來會留在科學領域中	3.91±0.67		
對此課程整體評價			
此課程有助於學習特定主題		4.91±0.29	
此課程有助於學習研究過程		4.82±0.39	
此課程對於我在科學上的興趣有正面效應		4.45±0.78	
我能在此課程中問問題並得到有用的答覆		4.64±0.48	
此課程會讓我想要繼續留在科學領域中		4.40±0.92	0.098

註：1: 極度不同意；2: 不同意；3: 還好；4: 同意；5: 非常同意。* $p<0.05$; ** $p<0.01$; *** $p<0.005$ 。

(vi) PITS 問卷

利用 PITS 問卷評估 CUREs 的課程導入是否會使大學生更有意願留在科學領域中，結果有修此課程的同學對於目前在執行的研究計畫更覺得有趣。而且有更多同學會以「開心的」或「驚奇的」來描述此課程

項 目	修課學生	對照組	P 值
我的研究對解決世界問題有幫助	2.64±1.15	3.42±0.95	0.052
我的發現對科學界很重要	2.45±1.30	3.25±1.01	0.066
完成研究計畫的過程中若遇到挑戰會嘗試克服它	4.45±0.50	4.00±0.82	0.071
我對自己研究計畫的成果負責任	4.36±0.64	4.25±0.72	0.354
我研究計畫的發現會給我一些個人的成就感	4.45±0.66	4.17±0.80	0.190
我因個人因素而選擇現在執行的研究計畫	4.45±0.50	3.42±1.11	0.007**
我在研究的問題對我自己來說很重要	4.00±0.74	3.33±0.94	0.044*
執行計畫時，我會主動尋求意見和協助	4.18±0.94	4.33±0.75	0.342
我的研究很有趣	4.18±0.83	3.50±0.76	0.032*
我的研究很令人興奮	3.73±0.86	3.33±0.47	0.102

註：1: 極度不同意；2: 不同意；3: 還好；4: 同意；5: 非常同意。* $p<0.05$; ** $p<0.01$; *** $p<0.005$ 。

另外好玩的一點是，有更多的同學會和朋友、父母或同學討論此課程。

項目	同意程度					修課學生	
	1	2	3	4	5	平均數	標準差
我會和父母討論本課程中的研究內容	2	4	0	1	4	3.82	0.83
我會和朋友討論本課程中的研究內容	0	1	2	2	6	3.00	0.95
我會和台大同學(不同系)討論本課程中的研究內容	1	1	2	3	4	3.27	0.96
我會和他校學生討論本課程中的研究內容	2	4	2	2	1	3.45	0.66
我會和授課教師外的老師討論本課程中的研究內容	4	2	5	0	0	3.64	0.48

註：1: 極度不同意；2: 不同意；3: 還好；4: 同意；5: 非常同意。

(vii) 學習成效與四大指標回歸分析結果

但將學習成效與 PITS 中的四個指標進行迴歸分析後發現，學習成效是與研究主題歸屬成反比，而與自我能力成正比。

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value
Intercept	394.116	33.424	11.791	0.000
(一) 研究主題歸屬(內容)	-4.277	1.165	-3.669	0.010**
(二) 研究主題歸屬(感覺)	1.388	1.783	0.779	0.465
(三) 自我能力	5.447	1.381	3.944	0.008**
(四) 人際網絡	1.464	0.957	1.530	0.177

* $p<0.05$; ** $p<0.01$; *** $p<0.005$ 。

由於此結果與預期不符，為了找到可能原因，我們將學習成效中的各個項目分別與此四個指標進行分析結果發現此負相關乃是由於 post-test 的書面測驗結果所造成。推測可能是因為在書面測驗中成績較高的學生，原本學習成效就較高，能快速了解課程內容，也因此就覺不覺得此研究主題特別吸引人，反而可能會覺得過於簡單。

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value
Intercept	79.022	88.511	0.893	0.406
(一) 研究主題歸屬(內容)	-8.724	3.087	-2.826	0.030*
(二) 研究主題歸屬(感覺)	5.500	4.722	1.165	0.288
(三) 自我能力	3.809	3.657	1.041	0.338
(四) 人際網絡	2.503	2.534	0.988	0.361

(2) 教師教學反思

經過這些年的改進與問卷回饋資料收集，確認此課程與傳統的實驗課不同，確實能讓學生有體驗真實研究的感覺。這次透過 pre-course 和 post-course tests 也確認了修課同學的實驗操作能力於課後有所提升，尤其是無菌操作技術以及數據分析的能力。從本研究中也看出修習本課程有助於提升從事科學研究所需能力且能提高學生留在科學領域的意願，對於未來在大學教育中培養研究人才及銜接的順暢性來說，這類課程應有擴大推廣的必要性。然而，

這幾年來遇到的問題均是在人手問題上。本年度修課人數雖然僅 11 人，看似不多，但因為放在每位學生身上的時間更多，相對也增加助教及授課教師的負擔。此外，若硬體設備不足時，也會讓整個課程運行受阻。

(3) 學生學習回饋

由於本課程採用更貼近真實實驗經驗的方式來進行，所以有針對學生對此課程以及以前上過的實驗課程的感覺特別進行了詢問，結果學生均能明顯感受到此實驗課程和傳統實驗課程的差異。以下列舉一些學生覺得的差異之處：

- 「因為以前都是固定的步驟，只要看懂，不用多做思考。這門課則是要考慮步驟，而且結果是完全未知的，所以很有趣，可以學到實驗設計的過程。」
- 「每個人的樣品皆不同，所以在分離純化也會經歷不同的過程，和同學討論時也會發現各自的差異，這樣有一定框架又不太一樣的探究過程很有趣。」
- 「之前的實驗課比較常都是直接拿到材料，大家的實驗過程和結果也都差不多，但這次是要自己找材料，自己負責一整個實驗，感覺和在 Lab 做自己的 project 很像。」
- 「從樣本採集到做實驗到整理結果再到結果報告，一整套完整的研究流程，是其他實驗課不具備的。」

7. 建議與省思 (Recommendations and Reflections)

導入美國全國性的 CUREs 課程「Phage Hunting Program」，確實能刺激學生學習的意願、提高學習成效，且有助於提高大學生留在科研領域中，因此此課程值得推廣到其他學校甚至將此概念推廣到其他課程上。然而美國有專責單位負責軟硬體的提供、資訊共享與溝通平台，使效應能迅速擴大。希望教育部也能正視此議題的重要性，在常規的大學教育中讓更多學生了解自己的潛能，因而能培育更多研究人才。幾位有志一同的老師已於幾年前組成臺灣噬菌體聯盟 (Phage Ensemble in Taiwan, PET)，持續透過每個月一次的線上交流，希望於未來找到足夠的軟硬體資源，支持我們將此課程概念開枝散葉，造福更多學子。

另外，由於目前收集到的資料僅 11 份，未來雖未再提計畫、支持此研究，但為了能累積更多的問卷數量進行分析以獲得更為肯定的結論，本調查仍會再進行 3~4 年，以取得至少 50 份問卷進行後續分析與論文發表。有鑑於問卷數量不足而無法有強有力的結論供科學論文撰寫，在發表論文之前，希望此報告結果先不要公開，以免不確定的結論被誤解。

二、參考文獻 (References)

1. Auchincloss, L. C., Laursen, S. L., Branchaw, J. L., Eagan, K., Graham, M., Hanauer, D. I., Lawrie, G., McLinn, C. M., Pelaez, N., Rowland, S., Towns, M., Trautmann, N. M., Varma-Nelson, P., Weston, T. J., and Dolan, E. L. 2014. Assessment of course-based undergraduate research experiences: a meeting report. CBE Life Science Education 13, 29-40.
2. Bass, P., Washuta, N., Howison, J., Gonzalez, R., and Maier, C. 2018. Benefits and challenges of undergraduate research. 2018 ASEE Southeastern Section Conference. American Society of Engineering Education.

3. Dolan, E. L. 2016. Course-based undergraduate research experiences: current knowledge and future directions. *National Research Council Committee Papers* 1, 1-34.
4. Eagan, M.K., Hurtado, S., Chang, M.J., Garcia, G.A., Herrera, F.A., and Garibay, J.C. 2013. Making a difference in science education the impact of undergraduate research programs. *American Educational Research Journal* 50, 683–713.
5. Fukami, T. 2013. Integrating inquiry-based teaching with faculty research. *Science* 339, 1536–1537.
6. Hanauer, D., I., Graham, M. J., and Hatfull, G. F. 2015. A measure of college student persistence in the science (PITS). *CBE-Life Sci. Educ.* 15: ar54.
7. Hanauer, D. I., Graham, M. J., SEA-PHAGES, Betancur, L., Bobrownicki, A., Cresawn, S. G., Garlena, R. A., Jacobs-Sera, D., Kaufmann, N., Pope, W. H., Russell, D. A., Jacobs, W. R. Jr., Sivanathan, V., Asai, D. J., and Hatfull, G. F. 2017. An inclusive Research Education Community (iREC): Impact of the SEA-PHAGES program on research outcomes and student learning *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 114, 13531-13536.
8. Handelsman, J., Miller, S., Pfund, C. 2007. *Scientific teaching*, New York: Freeman.
9. Heller, D. M., Sivanathan, V., Asai, D. J., and Hatfull, G. F. 2024. SEA-PHAGES and SEA-GENES: Advancing virology and science education. *Annu. Rev. Virol.* 2024. 11: 6.1–6.20.
10. Jordan, T. C., Burnett, S. H., Carson, S. Caruso, S. M., Clase, K., DeJong, R. J., Dennehy, J. J. et al. 2014. A broadly implementable research course in phage discovery and genomics for first-year undergraduate students. *MBio* 5, e01051-01013.
11. Kinkead, J. 2012. What’s in a name? A brief history of undergraduate research. *CUR Quarterly* 33, 20–29.
12. Kowalski, J. R., Hoops, G. C., and Johnson, R. J. 2016. Implementation of a collaborative series of classroom-based undergraduate research experiences spanning chemical biology, biochemistry, and neurobiology.” *CBE—Life Sciences Education* 15, ar55.
13. Laursen, S., Hunter, A.-B., Seymour, E., Thiry, H., and Melton, G. 2010. *Undergraduate research in the sciences: Engaging students in real science*. John Wiley & Sons.
14. Lopatto, D., and Tobias, S. 2010. *Science in solution: The impact of undergraduate research on student learning*. Washington, DC: Council on Undergraduate Research.
15. Lopatto, D., Alvarez, C., Barnard, D., Chandrasekaran, C., Chung, H. M., Du, C., Eckdahl, T., et al. 2008. Undergraduate research. genomics education partnership. *Science*. 322,684-5.
16. Scott, K. M. 2021. Classroom undergraduate research experiences are a "CURE" that increases engagement by students and teachers. *FEMS Microbiology Letters* 368, fnab036.
17. SEA-PHAGES. seaphage.org. (data obtained on September 19, 2024)
18. Seymour, E., and Hewitt, N. M. 1997. *Talking about leaving: Why undergraduates leave the sciences*, Boulder, CO: Westview.
19. Shortlidge, E. E., Bangera, G., and Brownell, S. E. 2016. Faculty perspectives on developing and teaching course-based undergraduate research experiences. *BioScience* 66, 54–62.

20. Zydney, A. L., Bennett, J. S., Shahid, A., and Bauer, K. W. 2002. Impact of undergraduate research experience in engineering. *Journal of Engineering Education* 91: 151-157.

三、附件 (Appendix)

(附件一)

附表一、實作測驗評量表

項目	等級*				
	1	2	3	4	5
以 pipetman 吸取定量體積溶液					
無菌操作 (四區畫線法)					
無菌操作 (倒培養基)					
序列稀釋					
Plaque assay					

*1: 犯錯四次以上；2: 犯錯三次；3: 犯錯兩次；4: 犯錯一次；5: 未犯錯

附表二、課前問卷 (Pre-course survey) 調查學生對科學相關描述同意程度之項目

項目	同意程度*					
	1	2	3	4	5	N/A
儘管以忘記內容或細節，但我仍然可使用科學上所學到的思考模式						
你可以信任科學結果的真實性與正確性						
科學寫作過程有助於對科學想法的了解						
若科學證據與我的經驗相抵觸，我會以經驗值作為做決定時的依據						
非主修科學的學生不需要修科學的課程						
我希望老師在科學相關課程中只教我需要學的東西就好						
創造力在科學領域中不重要						
科學和文學、歷史、經濟等非科學領域無關						
當專家不同意某個科學問題時，只是因為他尚未了解該問題的全部面向						
當我靠自己的能力解決一個科學問題時，我會感到自我滿足						
既然科學論述總有例外 (不確定性)，那所有理論我都視為有效						
科學必須是累積了事實、規則及公式而得						
我擅長科學相關課程						
在科學相關課程中，有太多事情要靠我自己去解決問題						
只有專家才有資格評斷科學性議題						

科學家在進行實驗前就能預知結果						
向別人解釋科學議題有助於我學習該議題						
授課教師的功能就是將課程內容統整好以讓我們可以自主學習						
科學家會透過不同的統計法來看何者能否支持自己的假設						
實驗課的內容是用來佐證我們在正課學到的知識						
如果實驗中某個步驟出了狀況，那這個實驗就是失敗的						
我覺得我有科學研究潛力						
我未來會留在科學領域中						

*1: 極度不同意；2: 不同意；3: 還好；4: 同意；5: 非常同意；N/A 無意見或無法回答

附表三、課後問卷 (Post-course survey) 調查學生收穫程度與面向之問題項目

	收穫程度*					
項目	1	2	3	4	5	N/A
對於生涯規劃清晰程度						
解釋數據與結果的能力						
對於研究中遭遇困難的容忍度						
對於更多要求的研究之準備程度						
對於知識是如何建構起來的						
對於自己領域研究過程的了解						
整合理論與實作的能力						
了解科學家是如何解決問題的						
分析數據與其他資料的能力						
了解科學是怎麼一回事						
認識該領域的道德守則						
學習實驗室技術						
閱讀與了解研究論文的能力						
如何給一個好的口頭報告的技巧						
撰寫科學報告的能力						
自信心						
對科學家思考方式的了解						
學習如何獨立工作						
對於自己能夠教導科學的潛力有自信						

*1: 沒收穫或幾乎沒收穫；2: 少許收穫；3: 收穫還可以；4: 收穫算多的；5: 非常多收穫；N/A 無意見或無法回答

附表四、課後問卷中調查學生對此課程整體評價之問題項目

項目	同意程度*					
	1	2	3	4	5	N/A
此課程有助於學習特定主題						
此課程有助於學習研究過程						
此課程對於我在科學上的興趣有正面效應						
我能在此課程中問問題並得到有用的答覆						
此課程會讓我想要繼續留在科學領域中						

*1: 極度不同意；2: 不同意；3: 還好；4: 同意；5: 非常同意；N/A 無意見或無法回答

附表五、Persistence in the science (PITS) 問卷暫定題目

(一) 研究主題歸屬 (內容)					
	同意程度				
項目	1	2	3	4	5
我的研究對解決世界問題有幫助					
我的發現對科學界很重要					
完成研究計畫的過程中若遇到挑戰會嘗試克服它					
我對自己研究計畫的成果負責任					
我研究計畫的發現會給我一些個人的成就感					
我因個人因素而選擇現在執行的研究計畫					
我在研究的問題對我自己來說很重要					
執行計畫時，我會主動尋求意見和協助					
我的研究很有趣					
我的研究很令人興奮					
(二) 研究主題歸屬 (感覺)					
你是否同意以下跟感受有關的詞句可用來描述你對該課程的想法					
開心的					
喜悅的					
快樂的					
驚奇的					
驚訝的					
(其他情感性詞句)					
(三) 自我能力					
我對自己的實驗技術有信心					
我有自信能思考出一研究問題來回答					
我有自信於研究中要收集什麼數據或觀察什麼現象，以及要如何收集與觀察					
我有自信可以根據研究結果提出可能解釋					
我有自信可以使用參考文獻來引導我的研究					
我有自信可以從多個研究結果推演出可能的機制與理論					
(四) 人際網絡					
我會和父母討論本課程中的研究內容					
我會和朋友討論本課程中的研究內容					
我會和台大同學(不同系)討論本課程中的研究內容					
我會和他校學生討論本課程中的研究內容					
我會和授課教師外的老師討論本課程中的研究內容					

*1: 極度不同意；2: 不同意；3: 還好；4: 同意；5: 非常同意

112-1 環境微生物學實驗 期末問卷

一、你是否有進實驗室當專題生？

□□是，已進入實驗室□□□□□□□□□個月，並有實驗在進行中

□□是，已進入實驗室□□□□□□□□個月，但尚未開始做實驗

☐ ☐ 否

二、本課程想採用更貼近真實實驗經驗的方式來進行，你是否有感覺到和以前上過的實驗課程並不相同？若有，你覺得差異之處在哪？有什麼是在其他實驗課程中沒學過的？

三、請用三個單詞形容與描述這堂實驗課。

四、這一學期課程你最大的收穫為何？

五、這學期課程中什麼事讓你獲得最大的成就感？

六、這學期課程中讓你最緊張或失落的事是什麼？

七、你覺得實驗課這樣的進行方式對你的學習是否有幫助？（是與否皆請說明理由）

☐ ☐ 是

☐ ☐ 否

理由：

八、未進實驗室者免答 若有進實驗室的話，你覺得此課程對在實驗室進行研究是否有幫助？（是與否皆請說明理由）

☐ ☐ 是

☐ ☐ 否

理由：

九、你覺得課程上有什麼地方需要改進的？或是可以改變什麼部分的作法？

十、你會推薦這門課程給學弟妹或有興趣的人嗎？

十一、 其他想說的話...