

教育部 106 學年度中小學科學教育專案期末報告大綱

計畫名稱：以引導式探究模式進行生態環境變遷下『星空·數』課程模組開發計畫

主持人：王聖淵老師

E-mail：wjames0717@gmail.com

共同主持人：吳林建宏老師

執行單位：臺北市立陽明高級中學

一、計畫執行摘要

1. 是否為延續性計畫？ 是 否

2. 執行重點項目：

- 環境科學教育推廣活動
- 科學課程教材、教法及評量之研究發展
- 科學資賦優異學生教育研究及輔導
- 鄉土性科學教材之研發及推廣
- 學生科學創意活動之辦理及題材研發

3. 辦理活動或研習會等名稱：

- (1) 107 探究與實作寒假專題工作坊
- (2) 107 探究與實作暑期培力工作坊（招生中）

4. 辦理活動或研習會對象：

- (1) 高二數理實驗班學生
- (2) 高一升高二對數理科學有興趣的學生

5. 參加活動或研習會人數：

- (1) 36 人
- (2) 預計 35 人

6. 參加執行計畫人數：6 人

7. 辦理/執行成效：

本計畫期待開發一套跨領域探究課程模組，並且以「生態環境變遷」為主軸，引導學生進行系統思考，社群內教師透過課程共備與讀書會等形式，以系統思考為導向的系統動力學領域相關的書籍進行專書閱讀及報告，藉此提升專業知能，計劃期間共進行 6 場課程共備(如附件)，並設計出 2 套課程模組，於寒假期間辦理「107 探究與實作寒假專題工作坊」，工作坊內容以「系統思考」作為出發並且進行專題導向的課程。期望藉由這樣的課程模組，讓學生進行「探究能力」的課程訓練，從文獻搜尋、資料整理、整理摘要後，進而能夠提出問題，最後提升學生「解決問題」的能力。

二、計畫目的

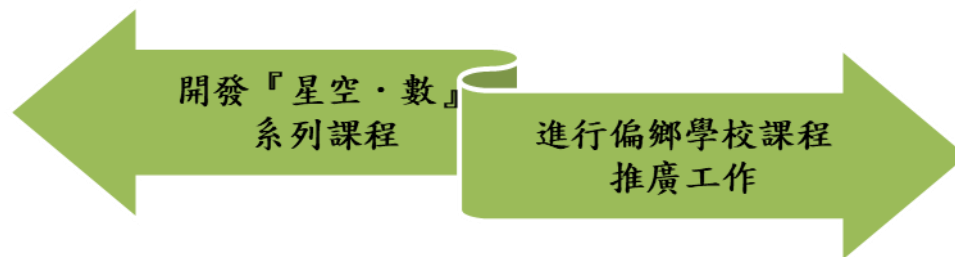


圖 1、計畫兩大主軸目標

(一) 第一年：研發探究式星象領域主題課程－『星空·數系列課程』

本計畫之第一年期望能利用基礎的幾何計算的跨領域師資合作來探究星座辨識(數學)及克卜勒三大運動定律等等之主題式探究課程，並透過各種主題之專題實作及小論文寫作活動，建立學校本位課程特色、培養學生主動求知的精神。

此外藉由新興科技的導入，使學生更加明白新興科技對生活與抽象的數學及自然科學學習的助益，進而建立學生之數學及科學學習素養；同時透過資訊環境的佈建，強化科技應用的課程發展，以提升學生科技應用之能力。課程開發有以下重要性：

1. 專題式課程能有效提升學生問題解決能力

- (1) 從過去的研究指出以「專題式學習」的方式來指導學生能使學生學會主動討論與探究問題(徐淑蓮, 2008)，能夠展現主動思考、合作解決問題的精神(高玉娟, 2005)
- (2) 在探究的能力上，多數的研究亦顯示透過專題式的學習課程搭配小組合作，更能有效地解決問題(呂意仁, 2007；林淑卿, 2006；高玉娟, 2005；吳宗霖, 2007)。
- (3) 導入以學生為中心的專題式課程，從探究的歷程中培養學生獨立思考與問題解決的能力是重要的。

2. 融入環境教育議題的特色課程－『星空·數』課程模組的可行性

- (1) 緣由：隨著全球表面溫度持續升高，導致全球暖化問題嚴重、氣候變遷跡象日趨顯著，考慮全球生態變遷與台灣具有四面環海的地理的特性，同時配合 108 學年即將實行的國、高中強調探究精神的實作課程。
- (2) 本研究計畫開發結合天文及數學的跨領域『星空·數』課程，透過與台灣地區的中學及大學進行課程合作與教師共同課程設計備課，實際建構具特色主題之課程。

3. 培養對新興科技的興趣與研究精神的重要性

- (1) 透過本計畫具體發展以新興科技為特色，並結合環境教育議題的『星空·數』，具體融入高、國中主要學科之選修/專題導向課程，讓學生深入學習，並培養對新興科技的興趣與研究精神。
- (2) 期望能夠協助高、國中生參與主題式之科學展覽，以及專題、小論文競賽等活動，提升學校於各項比賽之能見度，同時建立優質課程。

(二) 第二年：以本校的實驗班師生為主，以營隊方式或假日專題研討方式進行課程推廣教學與研究

本計畫期望以本校的實驗班師生為主，將第一年所開發的課程，進行跨校課程推廣教學工作，以及協助偏鄉學校辦理相關營隊。

上述計畫及構想亦會結合學術機構之參訪與交流，拓展師生學術視野；同時迎接十二年國教的來臨，持續發展校本特色課程，透過教師專業社群的成長與對話來活化教學，開發因應 107 課綱所需的特色校本創新課程，實際改進各校目前的自然與數學資訊領域的科學教育現況。

綜合以上目的，本計畫預定以二年為期，第一年透過本校教師群共同設計國、高中的課程與教材、第二年利用第一年所開發的課程教材進行合作學校課程推廣與教學測試整合，具體做法如下：

第一年

1. 組織教師團隊發展課程教學模組：設計科學、創意課程－『星空·數』系列課程

在過程中運用科學原理來動手實作，增加強化學生思考判斷與解決問題的能力；啟發學生之科技運用及創意。運用設計出來的裝置在各種科學專題實驗中。說明如下：

- (1) 在高一專題研究課程中開發特色課程『星空·數系列課程』，在課程中融入「星空的東南西北」、「星空的秘密」、「星空·數」等創意科學課程，讓學生從實作當中了解天文科技的實用性。
- (2) 辦理假日校際合作專題研究相關課程。聘請在專題研究課程上經驗豐富之專家學者，舉辦假日專題研究課程。並聯合鄰近學校組成策略聯盟，利用假日專題研究討論，增加校際交流與合作機會。

2. 辦理假日專題研討，並組織學生專題研究社群：

- (1) 與大學合作，辦理大學參訪並進行科學實作課程，讓高中生能參與大學實驗室實體課程，經由親身體驗，了解科技在研究部門的實際研發概況。
- (2) 辦理假日研習活動，推動校際合作發展相關課程。

3. 發展學生課後社團，進行專題研討：

透過課程研發，發展階段性設計模式，並規劃鷹架式學習活動，指導學生進行兩階段的專題研究：

- (1) 準備階段：提供主題探究活動學習單→引導學生辨別相關與無關資訊→帶領學生分析問題→組織歸納現有資料→指導學生撰寫研究計畫寫作。
- (2) 執行階段：引導學生找出與問題有關事實→帶領學生排序事實→克服問題→引導學生進行推論→指導學生撰寫研究成果。

第二年

1. 辦理教師研習，進行跨校課程分享：

定期辦理教師研習活動、推廣課程，增加教師跨領域合作動能，促進校際交流。

2. 「天文科學、創意實作」推廣課程之實施：

- (1) 辦理寒暑假科學營隊，將研發設計之特色課程應用於營隊課程中；並將研發出之創意科學動手做課程與偏鄉學校交流，驗證教學品質。
- (2) 辦理跨校星空科學營，集合鄰近學校對天文科技具有高度興趣的學生，共同研討天文科技相關議題，讓青年學子感受濃厚的科學探究氛圍，經由腦力激盪與經驗分享，為未來科學生涯打下穩固基礎。

三、研究方法

本計畫透過課程研發，對於不同屬性班級（國中、高中、實驗班）進行教學實驗，了解教材的實際效益，採用準實驗設計之不相等組前測後測設計，以進行前測、教學實驗、以及後測。

教學實驗以差異化教學為主設計，在後測方面，本研究主要以學習成就測驗、學習歷程檔案、以及實作評量為主，方式如下：1.學習成就測驗。2.學習歷程檔案。3.實作評量。4.專題成果報告書。說明如下：

本研究計劃的評估機制主要是瞭解學生的學習狀況，以做為教師教學改進及調整的參考，持續提升教學品質與學生學習成效，形塑同儕共學的教學文化。

教學活動評量會兼顧形成性評量及總結性評量，主要以「課堂參與」、「完成作品」、「實際操作」和「成果發表」作為評量依據，強調學生認知、情意及技能三部分的學習：

1. **形成性評量：**教師依據學生課堂參與及上台發言情形，於每次上課時記錄與評量以設計新興科技結合數學教育課程。
2. **總結性評量：**教師依據教學活動目標，及相關能力指標實施評量，另外根據完成的作品之創意、品質、及可行性進行評量。

四、研究成果

本計畫原本設定在研發探究式星象領域主題課程—『星空·數系列課程』，期待透過專題式的探索、以及新興科技的使用，開發出具環境教育議題的跨領域『星空·數』特色課程，但是在開發的過程中，因為經費因素以及時程掌握狀況，並未完全完成原本目標，但仍開發出數個以「生態環境變遷」為主題的專題課程模組，以下將分成教師社群共備、107 探究與實作寒假專題工作坊，

(一) 系統思考探究與實作社群共備提升教師知能

本課程以系統思考做為核心概念、系統動力學作為工具，其中的內容對於校內老師們是一個新的領域，因此開設校內共備工作坊進行共備。於 106 學年

度下學期本校數學科老師們透過讀書會進行 6 場的課程共備，其內容包含「系統思考」、「系統動力學」中 Vensim PLE 軟體的使用介紹、利用 Excel 進行數學建模的方式以及相關文獻整理，提升教師知能，共備主題如下（詳細共備內容如附件 1）：

場次	時間	主題名稱	講師
1	2018 年 3 月 7 日	系統思考融入專題研究及課程規劃	王聖淵老師
2	2018 年 4 月 11 日	系統動力學及 Vensim PLE 的頁面基本介紹	吳林建宏老師
3	2018 年 4 月 25 日	Vensim 實際操作	吳林建宏老師
4	2018 年 5 月 16 日	融合系統思考之專案管理平台介紹	王聖淵老師
5	2018 年 5 月 30 日	系統動力學及 Vensim -Rate 工具之深入探討	吳林建宏老師
6	2018 年 6 月 13 日	專題製作編排技巧研討	王聖淵老師

(二) 課程模組教案開發

透過本計畫及課程共備，開發了兩個課程模組（詳見附件），包含：

1. 環境變遷之氣溫對於生物圈的影響－以珊瑚礁為例
2. 氟氣碳化物對臭氧層之影響

說明如下：

本課程模組的架構主要分成系統思考與解決問題的探究兩部分。在系統思考的部分大致上分成說明變數的系統屬性、架構變數間關係的因果循環圖以及說明問題範圍的系統邊界，對此我們希望能藉由這三塊部分將問題有所區分進而訓練學生說明問題的能力；在解決問題的探究的部分大致上分成分類變數的元件介紹、架構變數間方程式的積流圖以及說明處理不同問題範圍狀況的範例介紹，藉此讓學生們能夠針對解決問題的方向/有個明確的目標，進而訓練學生解決問題的能力。下圖為課程架構圖，課程發展由左至右進行，並且在系統思考與解決問題的探究兩個不同課程要求皆有對應的相關課題。

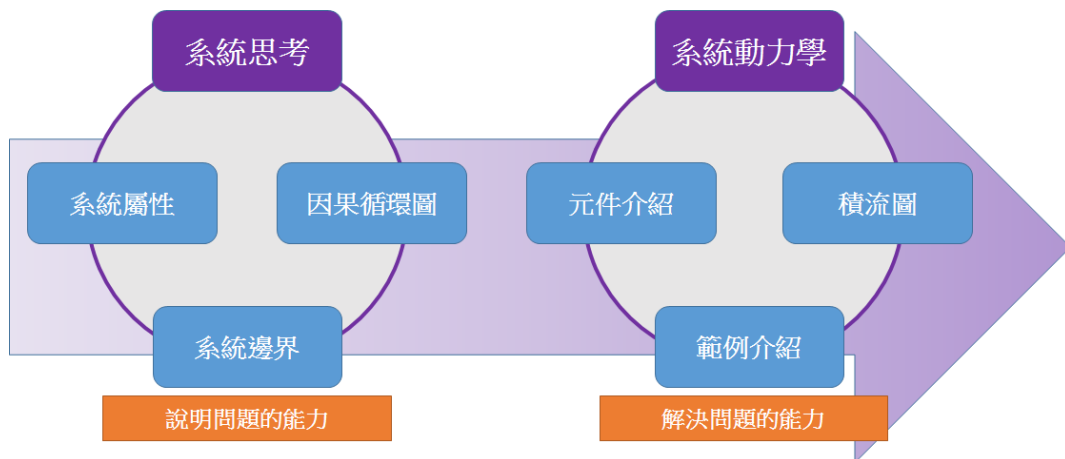


圖 2、課程架構圖
資料來源：作者自行繪製

本課程模組特色主要為專題導向的課程，並且讓學生藉由「系統思考」以及「系統動力學」進行課程內容的主體，在此針對此部分讓學生使用軟體 Vensim-PLE 進行變數分析，可以將問題分成因果循環圖以及積流圖兩種形式：

- **因果循環圖**：探討變數和變數之間關係，使用正相關和負相關的概念進行討論。
- **積流圖**：利用因果循環圖進行建立數學建模的動作，使用累積量、變化量以及建立數學方程式做為方法，並且以此進行動態模擬的動作進行相關問題的討論。

因果循環圖做為探討變數和變數之間的關係進而學習「說明問題」的能力，而積流圖則是針對說明完問題後，需要針對問題本身進行相關模擬動作時所使用的工具，以下圖課程模組 1 為例，透過對《氟氯碳化物對臭氧層之影響》的文本導讀(詳見附件)，引導學生進行系統思考的探究，進而繪製因果循環圖，也讓學生學習如何進行問題說明及釐清的動作。

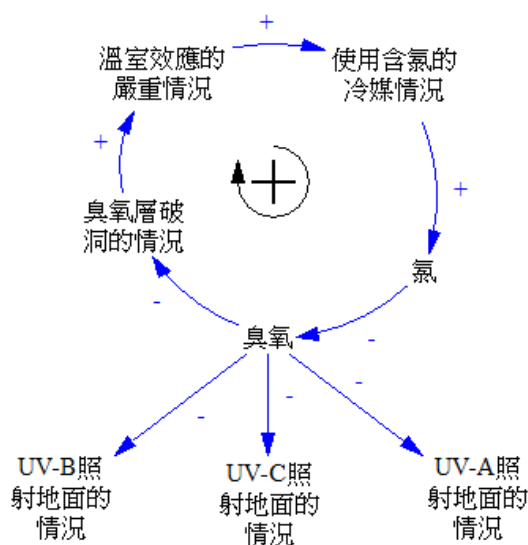


圖 3、臭氧層的因果循環圖

本課程以引導式探究的方式，結合因果循環圖讓學生思考，並且探討變數和變數之

間的關係，藉此讓學生們針對問題本身的概念有所理解，進而讓學生們嘗試將變數進行方程式的相關討論，達到建模的目的。

學生們亦透過這樣的方式，藉此學習如何由思考進行學習、由不同角度進行討論，接著使用系統思考以及系統動力學的概念反覆驗證，此部分的課程設計想法符合 Kolb 在 1984 年所提出的「經驗學習理論」；Kolb 的經驗學習理論大致上分成以下四項 (Smith & Kolb, 1985)：

1. **具體經驗 (Concrete Experience)**：由具體的經驗進行學習，因此本課程以生活中的課題進行出發，期望能夠提升學生們的學習意願。
2. **省思觀察 (Reflective Observation)**：本課程強調探討系統中的所有變數關係，藉此探索問題本身的癥結點，希望學生學習以不同的角度出發進行觀察事物。
3. **抽象概念 (Abstract Conceptualization)**：系統化的思考是本課程希望學生學習的核心概念，簡單來說希望讓學生們學習有邏輯的思考，而藉由課程中所教導的系統基模，讓學生們能夠將其化為經驗，藉此讓學生們針對問題本身有系統的思考及找出解決方案。
4. **主動驗證 (Active Experiment)**：由系統動力學的 Vensim-PLE，我們讓學生們能夠藉由動態模擬進行變數的調整，讓學生們從實作中了解問題本身的狀況，期望學生藉由這樣的過程養成如何實際實行一個專題研究。
- 5.

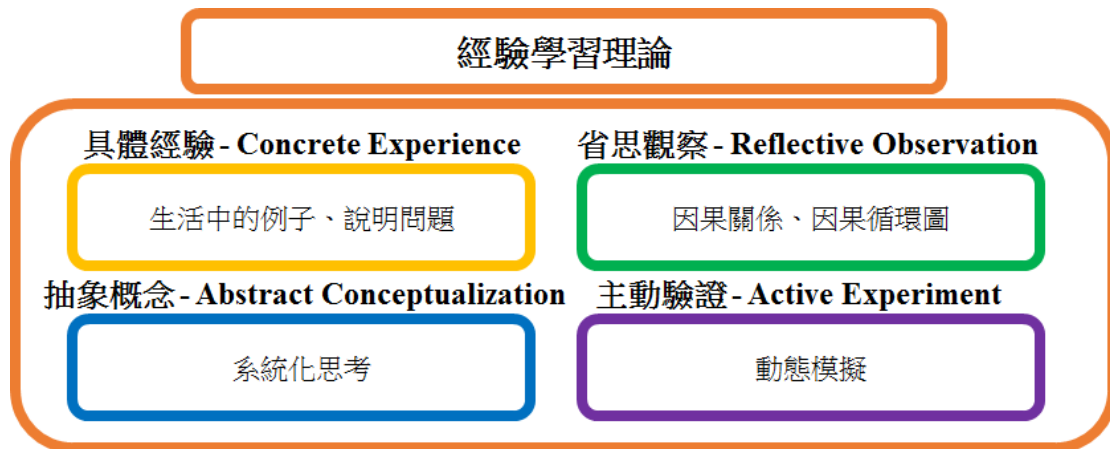


圖 4、Kolb 的經驗學習理論應用於本課程圖表

資料來源：作者自行繪製

(三) 辦理參訪活動，開啟學生視野

✓ 陽明山大屯火山觀測站參訪【2017年11月17日(五)】

1. 活動照片



參觀原子爐



教授解說科學實驗



學生參訪 1



導覽員進行解說 1



導覽員進行解說 2



導覽員進行解說 3

✓ 清華大學參訪【2017年11月17日(五)】

1. 清大進行實驗內容



【台北市陽明高中-焦耳神偷充電電路應用 DIY 研習】

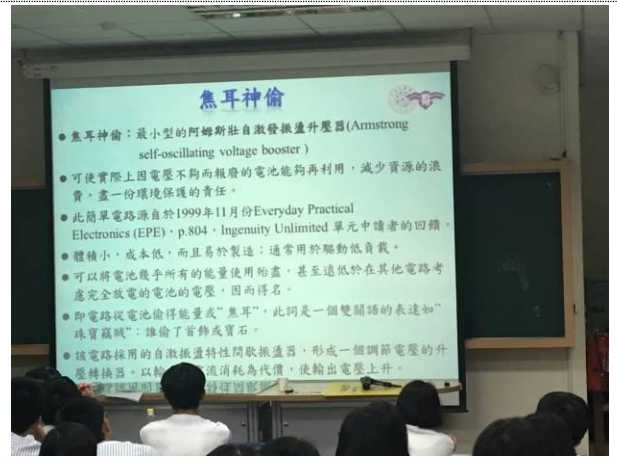
委辦單位	台北市陽明高中數理實驗班	聯絡人員	圖書館 林富源主任
聯絡電話	手機：02-283166756#180 Line ID:	E-mail	ymdlib@ymsh.tp.edu.tw
活動時間	2017年11月17日(五) 13:30-16:00 2.5小時	活動地點	清大普物實驗室
參加人員	高中一、二年級數理實驗班 75人，教師 2-3人		
清大科中心負責人	戴明鳳 教授 清華大學物理系教授兼跨領域科教中心主任 E-mail: mftai@phys.nthu.edu.tw 辦公室電話：03-5162573, 03-5742562, 手機電話：0920-964-622		
承辦人與聯絡電話	實驗助教兼助理：王國至 E-mail: jacky-wang1190@yahoo.com.tw 辦公室電話：03-5162573, 03-5742562		
活動網站	www.phys.nthu.edu.tw/~gplab		

時間	焦耳神偷電路應用 DIY 研習課程表
13:30 16:00	<p>焦耳神偷電路 DIY:</p> <p>一顆因使用完畢電壓不足而將丟棄的廢電池，經善用阿姆斯特壯自激發震盪升壓器 (Armstrong self-oscillating voltage booster) 的電路設計，可使原本認為電力已耗盡而無法使用的電池，再次使藍光 LED 長時間發亮並可作為小夜燈之用。將廢電池中的最後一滴電能取出並作最充分的利用，不僅可減少資源的浪費，也對保護地球環境盡一份心力。將 LED 取出與線圈相接，就可以隔空傳電囉。</p>

2. 活動照片



參觀原子爐



教授解說科學實驗



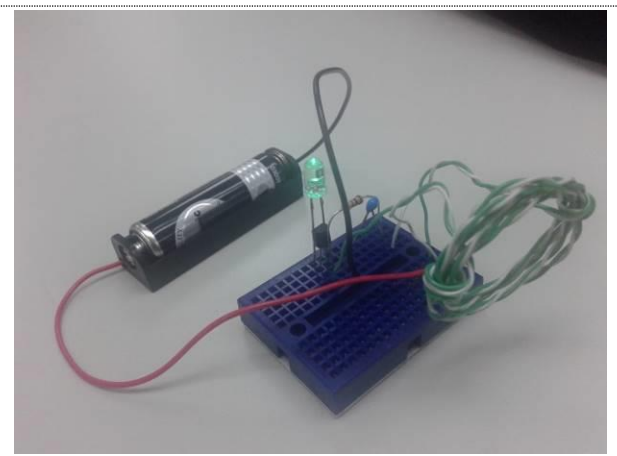
學生進行實驗 1



學生進行實驗 2



學生進行實驗 3



學生進行實驗 4

(四) 寒假探究與實作工作坊，培養學生探究能力

✓ 時間：2018/01/29~2018/01/30

時間	時間	主題名稱	講師
1月29日	8:10~10:00	系統思考概論	王聖淵老師
1月29日	10:10~12:00	系統思考要素	吳林建宏老師
1月30日	8:10~10:00	系統動力學介紹	吳林建宏老師
1月30日	10:10~12:00	系統動力學實作	蘇順聖老師

✓ 107 探究與實作寒假專題工作坊紀錄

Session1	
主題	系統思考概論
時間	2018年1月29日
內容	以美國 MIT 麻省理工學院之研究為基礎，引導學生跨界思考，運用生活中的例子，讓學生瞭解系統思考的體系架構、複雜系統觀點等等。
研討照片	
	
請學生上台繪製溫度的變化	課堂中與學生互動
	
講解 PPT 內容	請學生分享水的變化

Session2	
主題	系統思考要素
時間	2018年1月29日
內容	說明系統思考語言的三個基本要素：增強環路、調節環路、時間延滯，分別舉生活中的實例，將增強環路比喻為滾雪球、調節環路比喻為翹翹板。
研討照片	
	
學生上台分享	學生小組討論
	
學生小組討論	學生小組討論

Session3

主題	系統動力學簡介
時間	2018年1月30日
內容	<ol style="list-style-type: none">1. 講解系統動力學：系統思考的方法與因果回饋，以雞、蛋的數量變化，讓學生討論、思考其因果關係。2. 講解系統動力學：因果循環圖、增強(正)環路與平衡(負)環路，以咖啡溫度的變化讓學生探討其變化的原因。

研討照片



老師講解 ppt



課堂中與學生互動



課堂中與學生互動



課堂進行情形

Session4

主題	系統動力學實作
時間	2018年1月30日
內容	<ol style="list-style-type: none">1. 藉由冰原歷險記的故事為主軸，探討物種滅絕的原因，並繪製其循環圖，經由討論後請學生上台分享。2. 講解因果循環圖的步驟。3. 請同學開始思考其未來所要研究的主題，並上網搜尋資料、文獻，以確立主題方向，討論後請學生上台分享。

研討照片



教師參與學生小組討論



教師參與學生小組討論



教師參與學生小組討論



教師參與學生小組討論

五、討論及建議（含遭遇之困難與解決方法）

隨著科技的進步，不管是人為還是自然的因素所導致生態環境的變遷，人們漸漸忘記了大家對地球仍保有一份責任，本計畫期待開發一套跨領域探究課程模組，並且以「生態環境變遷」為主軸，引導學生進行系統思考，過程中因為經費的問題，以致於整體計畫執行上有所延誤，另一方面，本計畫在申請時期望以基礎的幾何計算的跨領域師資合作，探究星座辨識(數學)及克卜勒三大運動定律等等之主題式的探究課程－「星空·數」，課程模組，但未仍完全開發完全。

但本計畫亦秉持申請時的目標，藉由新興科技系統思考軟體 Versim 的導入，引導學生進行探究與實作的課程，使學生更加明白新興科技對生活與抽象的數學及自然科學學習的助益，進而建立學生之數學及科學學習素養；同時透過這樣資訊環境的佈建，強化科技應用的課程發展，以提升學生科技應用之能力。

附件一：系統思考探究與實作社群共備紀錄

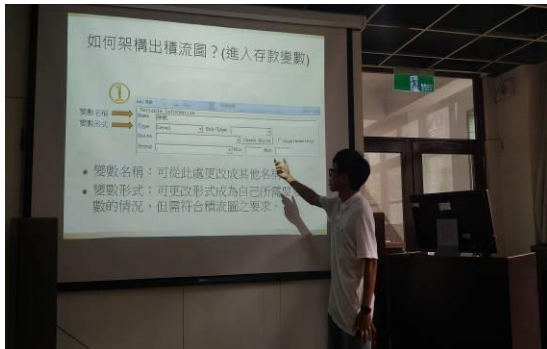
社群共備研討 (一)	
主題	系統思考融入專題研究及課程規劃
時間	2018 年 3 月 7 日
研討內容	<p>這次研討活動主要介紹何謂系統動力學，而系統思考的能力是系統動力學建模重要的基礎，進而介紹系統思考的方法包含：決定問題、決定系統邊界、找出系統的所有屬性、找出屬性之間所有關係，以及決定變數關係的影響(正關聯或負關聯，最後如何引進因果回饋圖進行系統思考。</p> <p>針對本學期課程運作進行說明：從讓學生學習系統動力學工具作為輔助，開始著手蒐集文獻、撰寫文獻，形成問題假設後，開始著手繪製因果回饋圖後分析關聯性，最後撰寫研究結果。</p>
成效	所有參與教師對於系統動力學與科學建模課程有初步的了解。
研討照片	
	
老師講解內容	老師講解內容
	
老師講解內容	老師講解內容

社群共備研討（二）	
主題	系統動力學及 Vensim PLE 的頁面基本介紹
時間	2018 年 4 月 11 日
研討內容	架構系統動力學的概念及了解系統動力學的使用範圍，並且考慮系統動力學中使用軟體：Vensim 如何去處理相關概念；以咖啡在室溫的溫度、單水庫案例及雙水庫案例作為了解如何使用 Vensim 及其中的使用方式。
成效	讓參與研習的老師對於 Vensim PLE 有著一定的了解，將系統動力學所闡述的概念進行簡單介紹，並且給予與會老師針對系統動力學的研究方向有一定的了解
研討照片	
	
老師講解內容	老師講解內容
	
老師講解內容	簡報內容

社群共備研討（三）

主題	Vensim 實際操作
時間	2018 年 4 月 25 日
研討內容	Vensim 實際操作，將因果循環圖、積留圖進行討論及研究。
成效	<p>Vensim 實際操作，讓教師現場進行實作，並且討論許多相關按鈕功能，讓教師能夠瞭解也能夠進行實際處理操作。</p> <p>另外，讓教師對於因果循環圖和積留圖有相當程度的了解及試著學習使用其相關概念的時機。</p>

研討照片



老師講解內容



老師講解內容



老師講解內容



社群成員實作

社群共備研討（四）

主題	融合系統思考之專案管理平台介紹
時間	2018 年 5 月 16 日
研討內容	<p>這個演講活動主要介紹如何以專案管理平台來輔助系統思考，這套平台可以純粹依靠自己的直覺，已經可以幫你整理任何事情，讓你的所有任務、想法、資料、討論通通變得「井然有序」：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 在一大塊看板（ Board ）中建立無數個「 List 」清單，自由建立、自由排列，並且清楚的在整個牆上一覽無遺。 2. 建立多條清單後，就可以在 List 內新增一張一張卡片（ Add a card ），讓我們更容易展開所有的項目，更容易掌控全局、更容易找到要補充的地方、更能統整思考，也更好管理。 3. 所有的專案管理、資料整理都只要在便利貼牆上「拖曳移動」卡片的位置，就能把某個任務提到更上層的順序。 <p>未來會以這個平台進行系統思考及工作清單。</p>
成效	所有參與教師對於對於這個平台都願意嘗試使用。

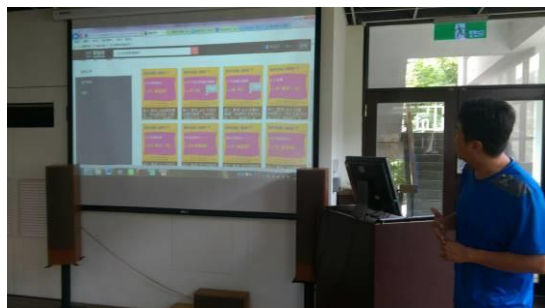
研討照片



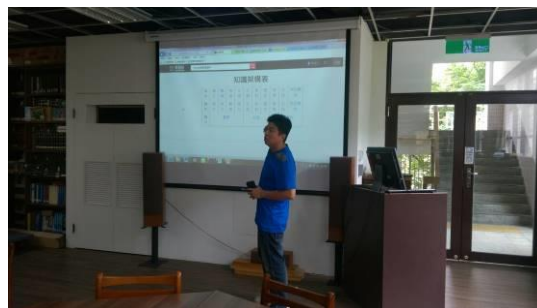
老師講解內容



老師講解內容



老師講解內容



社群成員實作

社群共備研討 (五)	
主題	系統動力學及 Vensim -Rate 工具之深入探討
時間	2018 年 5 月 30 日
研討內容	針對 Vensim 中較為重要的工具 Rate 進行深入探討，期望能讓參與者更能認識 Vensim 的使用方式；以物種滅絕、單水庫模做為此次的研習範例。
成效	針對 Vensim 軟體中常使用的 Rate 進行深入探討，讓參與者能夠針對 Rate 的工具使用上有更深入的釐清，期望能將大多數的動態模擬問題有更好的處理，而在研習的過程中，也針對 Rate 中的程式進行探討，並且讓參與者有著深入的了解，最後以單水庫模擬中，常使用大量的 Rate 工具的案例作為結束，希望讓參與者們對於 Rate 的使用有更深入的認識。

研討照片



主講者講解率量與積量的情形



主講者講解率量使用之方向



主講者講解案例



教師社群討論情形

社群共備研討（六）

主題	專題製作編排技巧研討
時間	2018 年 6 月 13 日
研討內容	<p>這一次研討的主題為小論文文書編輯研討，在指導學生進行小論文寫作的過程中，我們常常會發現學生對於文書編輯的能力有待加強，包含首行需要空二個字元，他們會習慣利用空白鍵，當需要換頁時，他們會使用 Enter 鍵等，這些都是錯誤的文書處理方式。</p> <p>另外，他們在儲存檔案時，一來會隨便取個檔名就進行儲存工作，當日後需要這些檔案，開始尋找時，往往會找不到檔案儲存的所在位置；二來是在儲存檔案時，他們會直接按存檔，接著就會以新檔蓋掉舊檔的方式儲存，當需要回頭找日前編輯的內容時，往往會發生被覆蓋的悲劇。</p> <p>最後，和老師們說明"追蹤修訂"功能的使用，這個 word 內建的功能，對於指導老師在編修學生的論文作品時，是非常好的工具，也推薦給研討小組教師，希望對它們能有所幫助。</p>
成效	經過本次研討後，老師們對於基本的文書編輯技巧上有所了解；另對於日後指導學生進行科學寫作時，也有所幫助。

研討照片



老師講解簡報內容



老師講解簡報內容



社群成員聆聽簡報內容



社群成員聆聽簡報內容

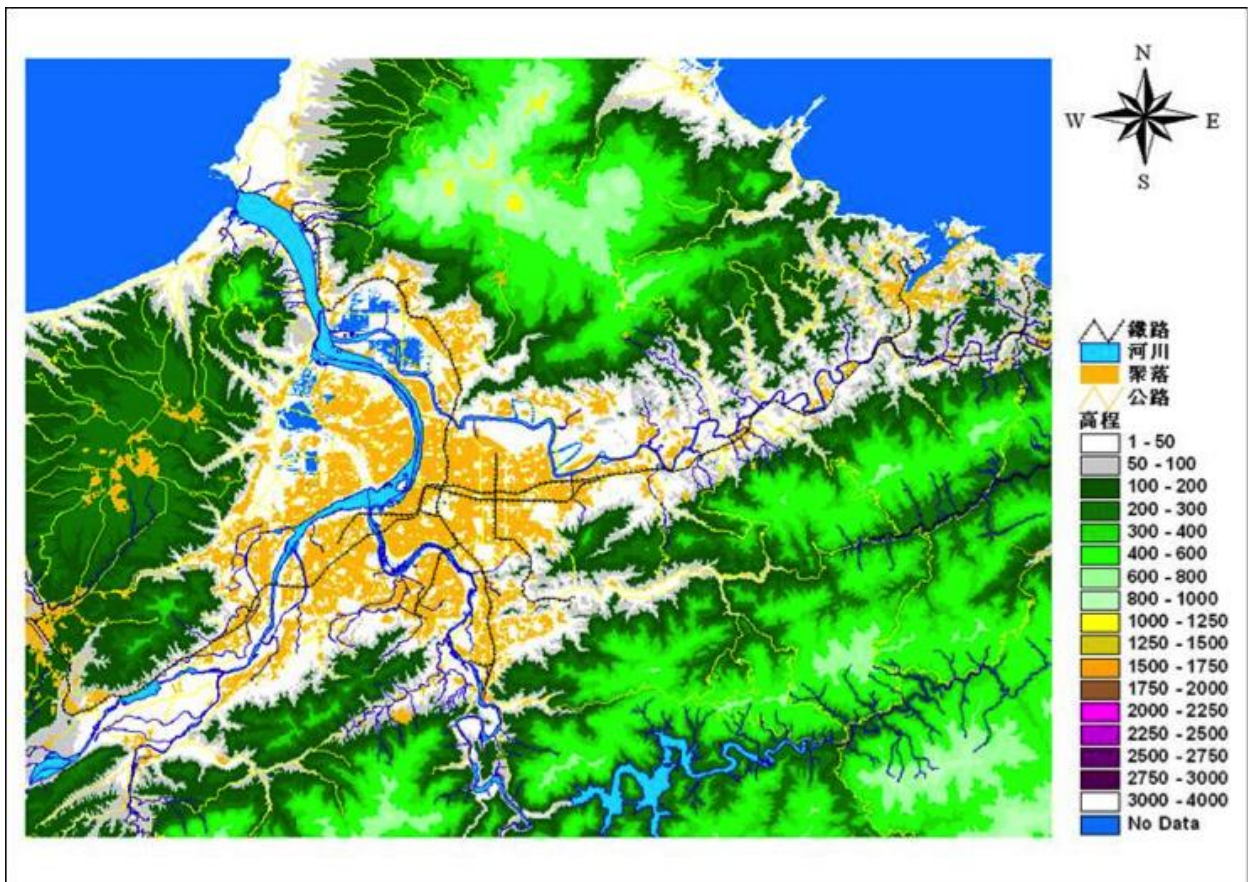
學習單內容：

大屯火山觀測站 參訪學習單

班級：_____ 座號：_____ 姓名：_____

請於開學後**第一次**地科課上課時繳交，當作一次作業成績，逾時不候。

1. 認識家園：請在以下北臺灣地形圖中，用不同的標記和文字(如●、■、★等)標示出陽明高中、松山機場、淡水河、基隆河、新莊棒球場、七星山、大屯火山觀測站的位置。(21%)



2. 依據火山的活動程度，可分為活火山、休火山、死火山，請問這三種火山分類依據為何？(6%)
3. 承上題，依據大屯火山的活動程度，應該被分為哪一類？為什麼？(5%)

4. 大屯火山觀測站針對大屯火山活動有不同的監測項目，請詳述各監測項目的作業內容：(40%)

(1)火山氣體監測

(2)地表溫度監測

(3)地殼變形監測

(4)地震活動監測

(5)其他觀測項目

5. 火山活動所造成的地震，其地震波特徵與一般地震有所不同，請試著在網路上找尋資料，**附圖說明火山地震的特徵？與一般地震有什麼差異？**(28%)

本題請用電子檔作答，將答案內容以 A4 紙印出，與學習單裝訂在一起繳交。

附件 4：課後進行專題研究 1

1. 活動照片



延續天文學家生命工具課程



克卜勒第一定律介紹



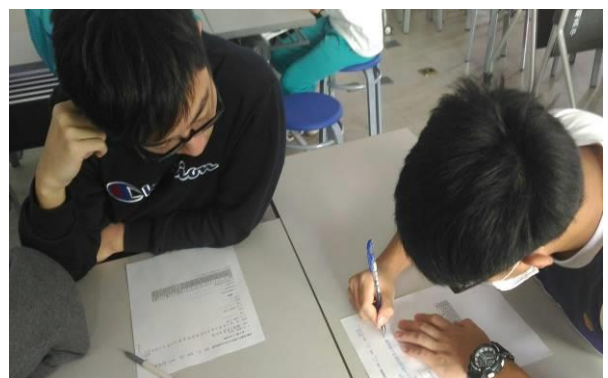
克卜勒第三定律實際操作



數學工具-對數介紹



學生進行實驗 3



學生進行實驗 4

2. 學習單內容：

對數-延續天文學家生命的工具學習單

班級：_____ 座號：_____ 姓名：_____

一、克卜勒：三大定律

1. 克卜勒第一定律：

又稱：_____

性質：

2. 克卜勒第二定律：

又稱：_____

性質：

3. 克卜勒第三定律：

又稱：_____

性質：

公式：_____

二、對數

1. 對數的重要性

◎拉普拉斯：_____。

◎伽利略：_____。

2. 對數表的相關應用

log	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	表 尾 差								
											1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0000	0043	0086	0128	0170	0212	0253	0294	0334	0374	4	8	12	17	21	25	29	33	37
11	0414	0453	0492	0531	0569	0607	0645	0682	0719	0755	4	8	11	15	19	23	26	30	34
12	0792	0828	0864	0899	0934	0969	1004	1038	1072	1106	3	7	10	14	17	21	24	28	31
13	1139	1173	1206	1239	1271	1303	1335	1367	1399	1430	3	6	10	13	16	19	22	26	29

試求 1574^{100} 的約略值大約等於多少？

附件 4：課後進行專題研究 2

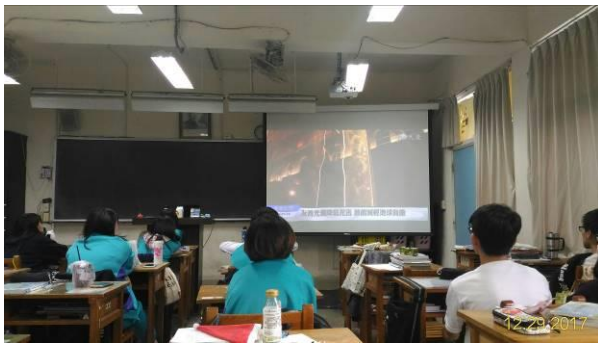
1. 活動照片



天文數學的工具介紹



學生觀看光害影片 1



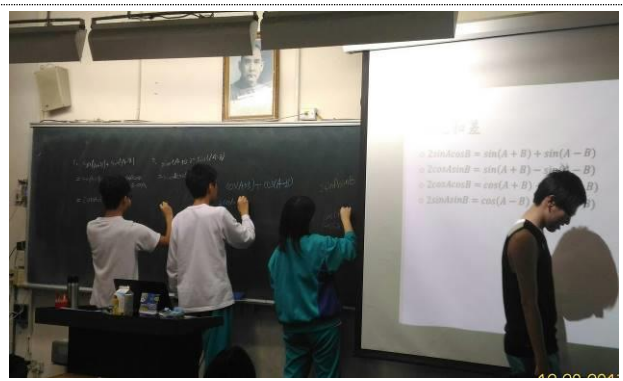
學生觀看光害影片 2



學生觀看光害影片 3



天文計算工具介紹



請學生上台練習

2. 學習單內容：

對數-天文計算工具學習單

班級：_____ 座號：_____ 姓名：_____

一、天文計算工具：加減數、對數。

使用目的：計算過大的值。(介紹歷史)

二、加減數介紹

西元 16 世紀，德國天文學家維也納發明。

原理：使用三角函數表進行反查表，並且藉由以下公式進行整理。

公式：

$$2 \cos A \cos B = \cos(A + B) + \cos(A - B)$$

$$2 \sin A \sin B = \cos(A - B) - \cos(A + B)$$

◎計算方式流程圖：



度	分	sin	cos	tan	cot
0	00	0.0000	1.0000	0.0000	-----
0	10	0.0029	1.0000	0.0029	343.7737
0	20	0.0058	1.0000	0.0058	171.8854
0	30	0.0087	1.0000	0.0087	114.5887
0	40	0.0116	0.9999	0.0116	85.9398
0	50	0.0145	0.9999	0.0145	68.7501
1	00	0.0175	0.9998	0.0175	57.2900
1	10	0.0204	0.9998	0.0204	49.1039
1	20	0.0233	0.9997	0.0233	42.9641
1	30	0.0262	0.9997	0.0262	38.1885
1	40	0.0291	0.9996	0.0291	34.3678
1	50	0.0320	0.9995	0.0320	31.2416
2	00	0.0349	0.9994	0.0349	28.6363
2	10	0.0378	0.9993	0.0378	26.4316
2	20	0.0407	0.9992	0.0407	24.5418
2	30	0.0436	0.9990	0.0437	22.9038
2	40	0.0465	0.9989	0.0466	21.4704
2	50	0.0494	0.9988	0.0495	20.2056
3	00	0.0523	0.9986	0.0524	19.0811
3	10	0.0552	0.9985	0.0553	18.0750

三、對數(歷史)

由加減數可以知道在計算兩個十分大的數字時，較難以處理，而對數的產生讓當時的科學家得以很好計算。

1550 年納皮爾開始研究對數，而研究對數的主要目的在於假如你是天文學家，要進行多個很大數字的運算且不能出錯時就會花掉許多時間。

如：12345678 × 23958395 這樣的數字就難以處理。

但若有對數表後，只需計算12345678和23958395這兩個數字的對數A、B，計算A + B後再找尋對應的真數即可。

而這個公式就是在高中數學中常見的： $\log A \times B = \log A + \log B$

◎計算方式流程圖：



(1)1624 年，布里格斯出版了他的著作《對數的算術》，書中包含從 1 到 20000 以及從 90000 到 100000 的 14 位對數表。

(2)1628 年，弗拉克補充了從 20000 到 90000 的對數，出版完整的常用對數表。

◎拉普拉斯：「對數使天文學家壽命倍增」。

◎伽利略：「給我一個空間、時間及對數，我即可創造一個宇宙。」

◎指數於對數發明後 20 年，笛卡爾才發明了指數符號。

(對數表)

log	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	表 尾 差								
											1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0000	0043	0086	0128	0170	0212	0253	0294	0334	0374	4	8	12	17	21	25	29	33	37
11	0414	0453	0492	0531	0569	0607	0645	0682	0719	0755	4	8	11	15	19	23	26	30	34
12	0792	0828	0864	0899	0934	0969	1004	1038	1072	1106	3	7	10	14	17	21	24	28	31
13	1139	1173	1206	1239	1271	1303	1335	1367	1399	1430	3	6	10	13	16	19	22	26	29
14	1461	1492	1523	1553	1584	1614	1644	1673	1703	1732	3	6	9	12	15	18	21	24	27
15	1761	1790	1818	1847	1875	1903	1931	1959	1987	2014	3	6	8	11	14	17	20	22	25
16	2041	2068	2095	2122	2148	2175	2201	2227	2253	2279	3	5	8	11	13	16	18	21	24
17	2304	2330	2355	2380	2405	2430	2455	2480	2504	2529	2	5	7	10	12	15	17	20	22
18	2553	2577	2601	2625	2648	2672	2695	2718	2742	2765	2	5	7	9	12	14	16	19	21
19	2788	2810	2833	2856	2878	2900	2923	2945	2967	2989	2	4	7	9	11	13	16	18	20
20	3010	3032	3054	3075	3096	3118	3139	3160	3181	3201	2	4	6	8	11	13	15	17	19
21	3222	3243	3263	3284	3304	3324	3345	3365	3385	3404	2	4	6	8	10	12	14	16	18
22	3424	3444	3464	3483	3502	3522	3541	3560	3579	3598	2	4	6	8	10	12	13	15	17
23	3617	3636	3655	3674	3692	3711	3729	3747	3766	3784	2	4	6	7	9	11	13	15	17
24	3802	3820	3838	3856	3874	3892	3909	3927	3945	3962	2	4	5	7	9	11	12	14	16
25	3979	3997	4014	4031	4048	4065	4082	4099	4116	4133	2	3	5	7	9	10	12	14	15
26	4150	4166	4183	4200	4216	4232	4249	4265	4281	4298	2	3	5	7	8	10	11	13	15

課程模組先備知識講義

系統動力學介紹

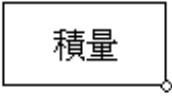
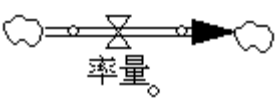
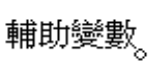

壹、系統思考及系統動力學的元件介紹

一、使用元件以及符號介紹

(一)元件介紹

- 1.積量(Box Variable)：累積量，表一個變數是一個會隨著時間累積。
- 2.率量(Rate)：變化量，表一個變數的變化量。
- 3.輔助變數(Variable)：基本變數，表常數。
- 4.流(Arrow)：連接積量、率量、輔助變數之間的符號。

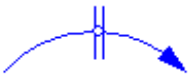

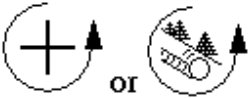
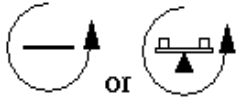
(表一：元件介紹整理。)

名稱	積量	率量	輔助變數	流
圖示				

(二)符號介紹

- 1.延遲符號(Delay mark)：表變數的變化會有所延遲。
- 2.隱藏變數(Shadow Variable)：表系統中原本就存在的變數，如時間。
- 3.正環路：表該循環的變數會往一種情況加劇進行。
- 4.負環路：表該循環的變數會呈現穩定狀態。

(表二：符號介紹整理。)

名稱	延遲符號	隱藏變數	正環路	負環路
圖示				

二、系統動力學的使用軟體介紹

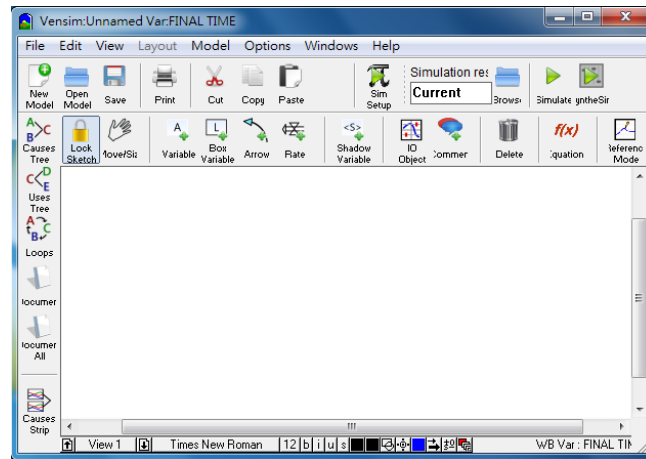


圖 1：Vensim 系統的主要使用畫面

三、元件表示方式及涵意

(一)正、負相關

若一變數數值越大，另一變數數值也變大，稱為正相關，以加號(+)表示；反之，稱為負相關，以減號(-)表示。而在系統思考或者系統動力學中，連接兩變數的關係會使用流(Arrow)的箭頭進行連接，起點表影響的變數，終點為被影響的變數；以下圖為例，A 為影響 B 之變數，並且為正相關；而 C 則是影響 D 之變數，並且為負相關。

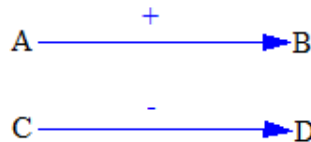


圖 2：正、負相關狀況。資料來源：作者自行繪製

(二)積量及率量

當變數為一個累積變數，則以積量作為代表，主要目的在於探討此變數累積的狀況及其變化；在使用積量符號時，常和率量進行搭配，率量則通常被以積量的變化量作為其概念。由下圖所示，E 表 F 的變化量，並且 F 會以 E 的速度進行累積的動作。

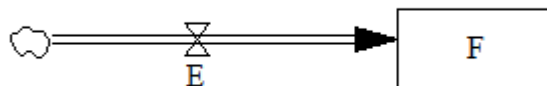


圖 3：以 E 為率量，F 為積量的狀況。資料來源：作者自行繪製

貳、系統動力學相關例題

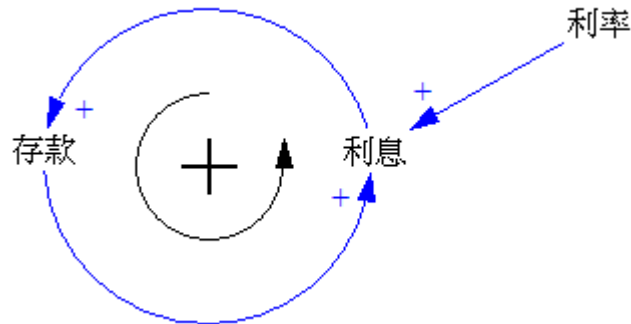
一、以在銀行存款為例

(一)變數討論

小明想到銀行存錢，請問就小明存錢這件事有什麼變數？

存款、利息、利率

(二)請就以上變數嘗試畫出因果循環圖



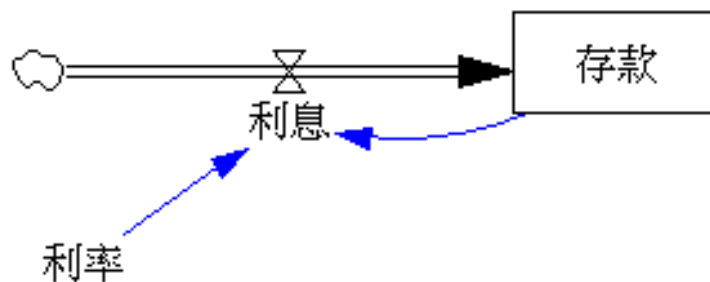
(三)請就以上變數分類其變數

1.積量：存款

2.率量：利息

3.輔助變數：利率

(四)請就以上畫出積流圖

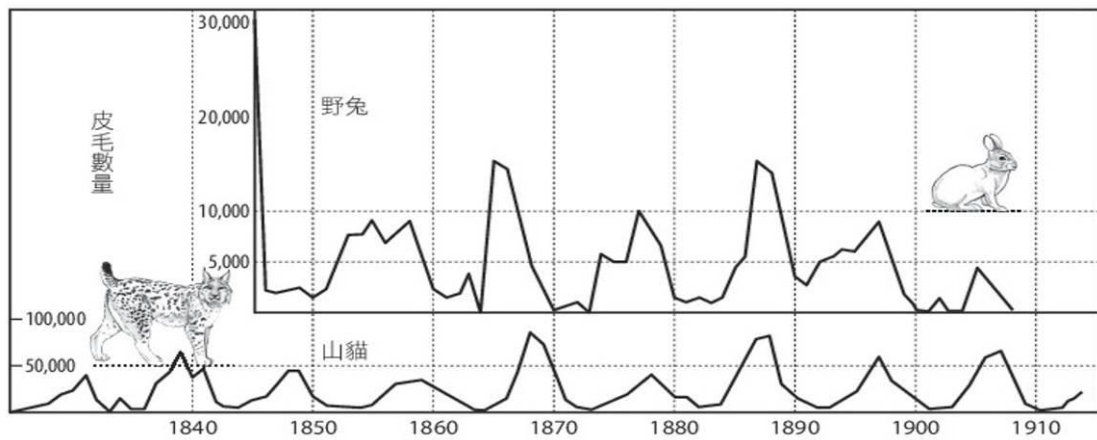


二、加拿大哈得遜灣(Hudson Bay)野兔數的生態平衡問題

文章取自：動物生態學的另一個影響，是塑造了旅鼠自殺的迷思。文：西恩·卡羅爾(Sean Carroll)。

艾爾頓發現加拿大兔(也稱為「白靴兔」)的數量會起伏變化，大約每十年的周期，這種兔子的數量就會爆增，然後遽減。加拿大兔是加拿大山貓(Canada lynx)最愛的獵物，有位博物學家寫道：「牠們靠兔子為生，追的是兔子，想的是兔子，嚐起來像兔子，數量也隨著兔子而增加。如果樹林中沒有兔子，牠們便會餓死。」為哈德遜灣公司工作

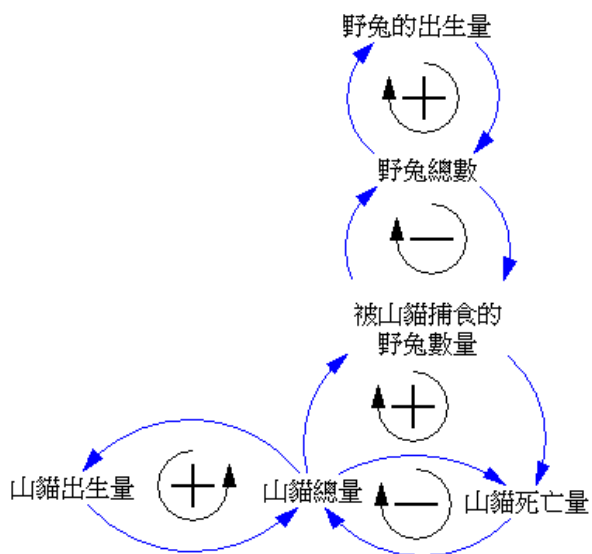
的設陷捕獸者，最喜歡這種山貓的皮毛。因此該公司從 1821 年起，每年都詳細記錄了取得的皮毛數量。把這些資料繪製成圖表時，發現皮毛的數量也出現了十年的周期循環，而且這循環和兔子的循環吻合。



(加拿大北部山貓和野兔數量的十年循環。From Elton (1924))

(一)加拿大北部山貓和野兔數量關係探討

1. 請問此兩種物種呈現震盪現象的原因可能為何？
2. 若已知野兔是山貓的獵捕對象，請針對以此情況進行上圖的解釋。
3. 請針對上題的解釋嘗試畫出因果循環圖



4. 請就以上因果循環圖說明野兔總量及山貓總量之關係

【課程模組_1】

林園紅樹林及林園工業區在政策下所形成的關係

壹、文章導讀

一、林園紅樹林歷史背景

民國64年，正值台灣起飛的年代，俗話說「台灣錢淹腳目」台灣錢淹腳目也帶來龐大的後遺症，物價飆漲，特別是房價，以及環境嚴重汙染，正是因為如此周邊的紅樹林也被無限制破壞，而位於高屏溪出海口西側，中美石化公司右邊的林園紅樹林就是其中的一個「受害者」，一直到了民國83年有群熱衷於環境生態的人士開始在高屏溪口西側堤岸進行了復育的工作。而這一的次復育也是最早的人為復育紅樹林，民國91年在經過高雄市政府的認同，也正式的將此地命名為林園紅樹林而這次的復育也成為國際生態保育成就的特例。

二、林園紅樹林的基本架構

(一)園紅樹林主要植物：水筆仔、五梨跤、海茄冬、欖李。

邱永昌(2005)在林園紅樹林生態區漁類資源中提到：水筆仔，又名「茄藤樹」，水筆仔越老，它的「板根現象」越明顯，十二月至隔年一月成熟時，末端變成紅褐色，就是水筆仔的「胎生現象」。

1. 五梨跤：林園紅樹林生態區種植較少，又稱「蜘蛛紅樹林」，能防風與避寒，固南部沿海魚塭喜歡種植五梨跤。
2. 海茄冬：是林園紅樹林生態區最早富裕的紅樹林，由於比較喜歡溫暖的天氣，大多分布在胎灣南部也是南部地區最優勢的紅樹林近年來歷經開發砍伐，海茄冬林逐漸消失。
3. 欖李：常以屈膝根呈現能幫助呼吸還有固土、支持、減緩水流等功能。

欖李的存林還有幾顆混生於其他紅樹林中欖李在陸地上也能生長，只是長的緩慢又沒有氣根，是台灣現存最能適應陸地生活的紅樹林，可做為海邊地區的綠化植物。

(二)只有少數植物能在紅樹林生存的原因

根據陳明男(2002)在四種台灣紅樹林植物對光度與溫度之生理反應Physiological Responses to Light Intensity and Temperature of Four Mangrove Species中的說法水筆仔、五梨跤、海茄冬及欖李四種苗木對光線的適應範圍大，但仍以高光環境中生長者有較佳之競爭能力；海茄冬苗木可能有較強之耐陰性，而欖李苗木在低溫下之耐陰性低；氣孔可能為影響紅樹林光合作用之主要因子。

薛美莉在行政院農業委員會特有生物研究保育中心的報告中提到：

生現象讓紅樹林的果實得以在母株發芽，其發育完成後才落地生長，氣生根及呼吸根則有助紅樹林植物在鬆軟土壤生長並獲取較多的氣體，而葉片具有良好的貯水功能或擁有泌鹽腺，可抵抗乾旱和泌出植物體內多餘的鹽。

(三)林園紅樹林和林園工業區的關係

薛美莉在行政院農業委員會特有生物研究保育中心的報告中提出林園石化工業區旁有一座「林園紅樹林生態區」，讓林園不再只是煙囪林立的汙染之鄉，而是兼顧經濟發展與環境保育的共榮之鄉。堪稱南台灣生命之河的高屏溪，溪口河岸過去常是垃圾堆積的地方，而出海口的林園工業區，更是煙囪林立，裊裊升起的工廠煙霧，霧白的煙柱帶著焦味，似乎是林園鄉給人的初始印象。但是，現在有更多人知道在林園石化工業區旁，竟有一座祕密花園。林園鄉成功復育紅樹林，創下與高汙染的石化工業區並存的台灣奇蹟。紅樹林被公認是地球上生產力最高的生態系之一，為無數的魚、蝦、蟹、貝類等底棲生物提供了棲息所需的空間和所需的食物，近年來更受到世界矚目的是其防風護岸及淨化水質等保護環境功能，因為全球環境變遷所引起之海岸線上升，已讓許多熱帶小島面臨被淹沒的窘境，而紅樹林更首當其衝成為重要指標，因此在全球熱帶沿海地區均以栽植紅樹林為保護海岸之主要措施。近年來台灣西海岸地層逐漸下陷已形成嚴重的問題，因此紅樹林的存在對於沿海河口的保護相形之下更為重要。

二、林園紅樹林的相關生態介紹

(一) 林園紅樹林的生態特殊性與鹽度對水筆仔苗木生長之效應

紅樹林被公認是地球上生產力最高的生態系之一，為無數的魚、蝦、蟹、貝類等底棲生物提供了棲息所需的空間和所需的食物，近年來更受到世界矚目的是其防風護岸及淨化水質等保護環境功能，因為全球環境變遷所引起之海岸線上升，已讓許多熱帶小島面臨被淹沒的窘境，而紅樹林更首當其衝成為重要指標，因此在全球熱帶沿海地區均以栽植紅樹林為保護海岸之主要措施。近年來台灣西海岸地層逐漸下陷已形成嚴重的問題，因此紅樹林的存在對於沿海河口的保護相形之下更為重要。

(二) 林園紅樹林與週邊發展共存

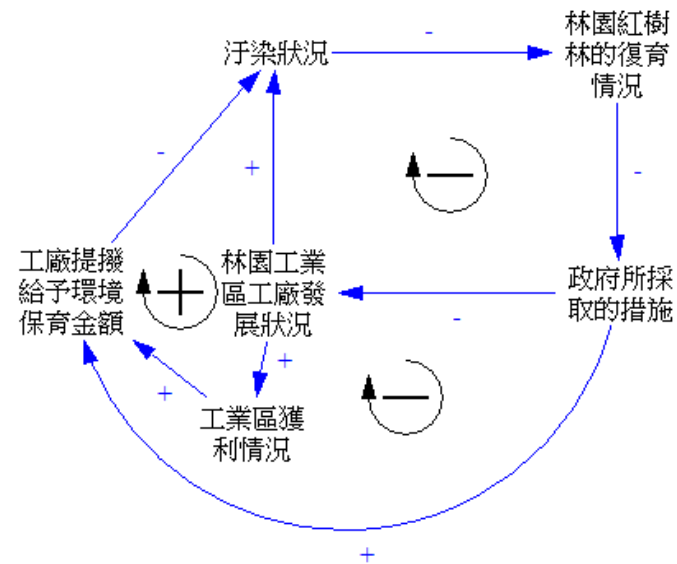
鍾慧雯(2013)提到經調查分析後日治時期的北高雄紅樹林在經過海岸地區的填土及養殖利用後紅樹林前在生育第的分步由原本潟湖邊及土堤岸旁邊為大排、公溝、堤岸鹽田濕地及和第等五大生育地分布面積由較小而連貫改為較大而破碎的情況近30年來的養殖方式改變以及近年來的冷卻水飲用工程。

(三) 88水災的影響與後來的重建與林園紅樹林之影響

林園紅樹林因為復育四種紅樹林成功而得名，目前海茄苳和欖李存活最多。設法營造適於紅樹林永續生長的生態環境，在結合河川單位增設丁字壩消波塊，感潮帶範圍必能增加，帶給紅樹林心的生長領域，本生態區分成綠帶、堤岸、高灘地、感潮帶。感潮帶最靠近水域容易受水文影響綠帶位於生態區的最西側，綠帶上密植茄苳樹、榕樹、海欖果等喬木，邊緣月橘、黃花夾竹桃、臭娘子等灌木。提案位於綠帶東側，整個堤體原本全市水泥包覆，兩面堤坡都因時興生態工法而覆蓋一層土。高灘地位於堤岸東側，除了草皮和植栽外，其中有一條單車道，兩旁密植誘蝶植物。目前海茄苳和欖李存活最多。

貳、問題回答

林園紅樹林的復育狀況和林園工業區發展的狀況有所關聯，請試著針對此部分嘗試畫出其因果循環圖。



【課程模組_2】

生態防治在福壽螺上的應用

壹、文章導讀

從福壽螺引進台灣之際，福壽螺的問題，一直存在於這片土地上，尤其是對於農民來說，福壽螺會影響到作物的收成，且外來種的引入，因為在沒有天敵的情況，不斷的繁殖，破壞了生態平衡，造成了許多環境問題。針對福壽螺的物種，有許多防制方式：

一、生物防治法

一群鴨子每天從清晨到黃昏，行經的路徑達 3-4 公里。5 公頃稻田放養 30 隻白鴨，即可讓福壽螺及卵塊清潔溜溜。林普禽及食蝸鳶是福壽螺的重要天敵，但將這些動物引進台灣來防治福壽螺仍需作審慎的評估考量

二、物理防治法

物理性防治法著重於栽種防治，方式為改變稻作施種方式(Cruz et al., 2002; Joshi et al., 2002; Sanico et al., 2002; Teo, 2003)，例如插大型秧苗，增加單位面積施種的秧苗數量、輪作、稻田放水等。或在引水處及出水口裝設紗網，以阻隔溝渠內的福壽螺進入農田中、以人力檢拾卵塊及螺體，減少福壽螺的族群量，而檢拾來的螺還可作為家禽家畜的飼料。但此方法較費時也費工

三、化學防治法

(一)6%聚乙醛餌劑、硫酸銅 CuSO₄

插秧前 1-3 天或插秧當天施用，限二期稻作或高溫（水溫攝氏 25 度以上）時使用。每公頃 3~5 公斤。

(二)70%耐克螺可濕性粉劑

每公頃施藥量 0.4 公斤，插秧前 1~3 天或插秧當天，加水稀釋施用。施藥後一周內不得放水且密度高或第二期作，宜插秧前 1~3 天施藥更佳。但本藥劑對魚毒性高，限水田使用。

(三)80%聚乙醛可濕性粉劑

每公頃施藥量 1.2 公斤，插秧前 1~3 天，加水稀釋施用。但本藥劑致死效果受低溫影響，20°C 以下暫停使用。

(四)苦茶粕

苦茶粕含有植物性皂鹼，是防治福壽螺效果非常好的植物性廢棄物，因苦茶粕必須施放於水中才能釋放出成份讓福壽螺致死，又同時對土壤中的其它生物（如水蛭、蚯蚓等）亦會致死，因此，施用時不宜過量，每公頃以 50—100 公斤為原則，於水稻插秧前田區均勻撒佈。

(五)生態農法

因福壽螺是用鰓呼吸，所以牠們長時間都待在水裡，只有在產卵時才會離開水面。運用此習性，可插秧時將水放掉，保持田地的濕潤而不積水，如此一來便可以減少福

壽螺的活動，等到稻子較成熟時，福壽螺便只好去吃田間的雜草了

1. 環境

福壽螺最適宜生長水溫為 25 ~32°C，超過 35°C 生長速度明顯下降，最高臨界水溫 45°C，最低臨界水溫 5°C。

2. 阻隔入侵

在進水口裝置阻隔網，防螺體隨灌溉水流入。在排水口平鋪阻隔板，可防止福壽螺逆水侵入水田。另外，Villega 曾描述福壽螺會吃昆蟲、甲殼動物、小魚等動物(Villega, 1956)。筆者進行野外觀察時亦發現福壽螺會啃食魚類的屍體，實驗室的觀察也發現福壽螺會吃同伴的屍體。1971 年 Curin 和 Carr 發現人類的血漿以及牡蠣的體液可以引 27 發 *Nassarius obsoletus* 很強的掠食反應；原因是血漿中含有許多蛋白質，特別是白蛋白與球蛋白，這些物質具有可以吸引掠食者、食腐動物的生物活性(e.g., Chen, 1967; Goodman, 1958; Gurin and Carr, 1971)。所以本研究除了以植物材料測試福壽螺的偏好度之外，也會加入動物性的材料比對其吸引力。

(六)天敵

鯖魚就是俗稱的烏鰡、鰡仔，是鯉科的淡水魚，可以在水田裡長得肥肥大大，鯖魚可以將福壽螺的殼咬得及維細碎，而且除了能防止福壽螺之外，還能帶來龐大的經濟價值，是一個很好的選擇方式。

貳、問題回答

一、變數介紹

基本上本天敵防治法的使用主要是以鯖魚為主要的生物，主要目的在於快速的減少福壽螺的數量並且讓福壽螺減少水田的危害，所有的變數為：福壽螺數量、福壽螺死亡數、福壽螺出生數、鯖魚數量、鯖魚出生數、鯖魚死亡數等情況。

二、請就以上變數介紹針對「福壽螺數量」進行變數討論

(一)正相關影響的變數：**福壽螺出生數**

(二)負相關影響的變數：**福壽螺死亡數、鯖魚數量**

(三)延遲變數：**無**

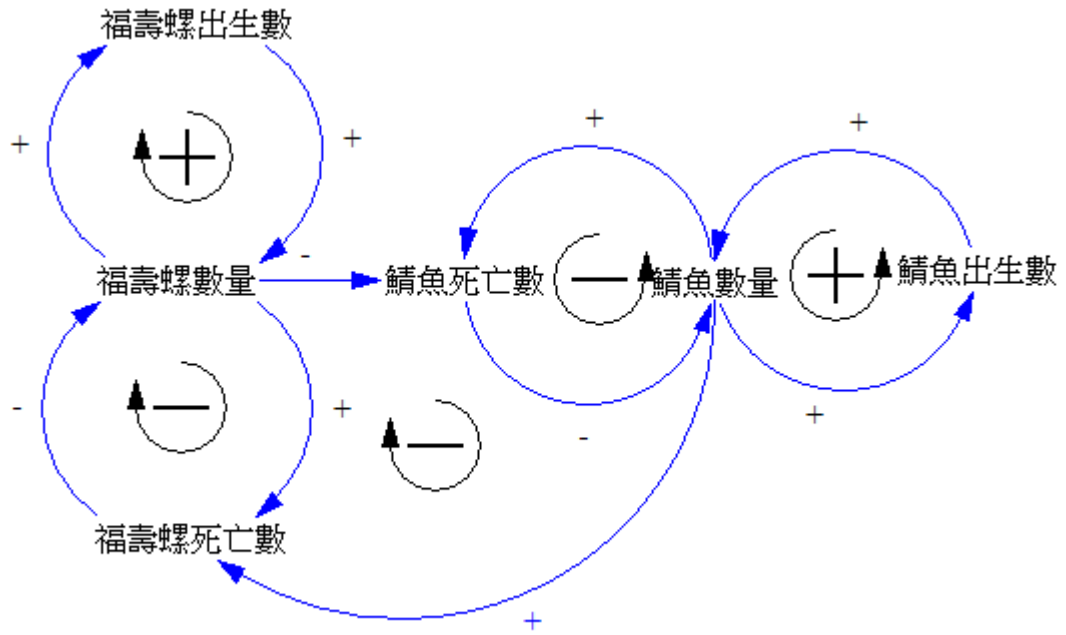
三、請就以上變數介紹針對「鯖魚數量」進行變數討論

(一)正相關影響的變數：**鯖魚出生數**

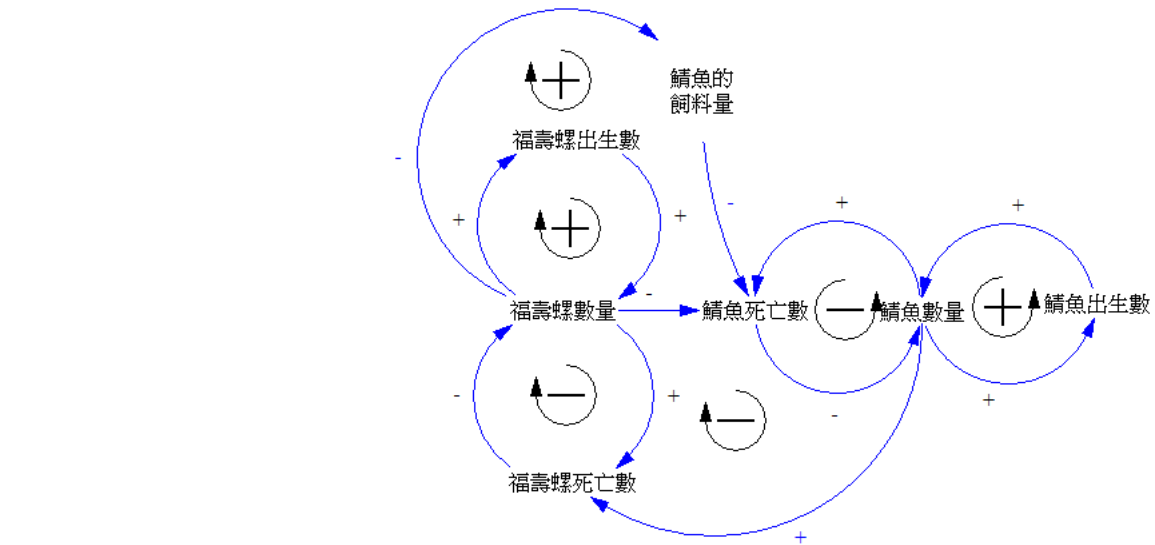
(二)負相關影響的變數：**鯖魚死亡數**

(三)延遲變數：**無**

四、請就以上內容嘗試畫出「福壽螺數量」的因果循環圖



五、請就增加變因的想法整理出「福壽螺數量」的因果循環圖



【課程模組_3】

氟氯碳化物對臭氧層之影響

壹、文章導讀

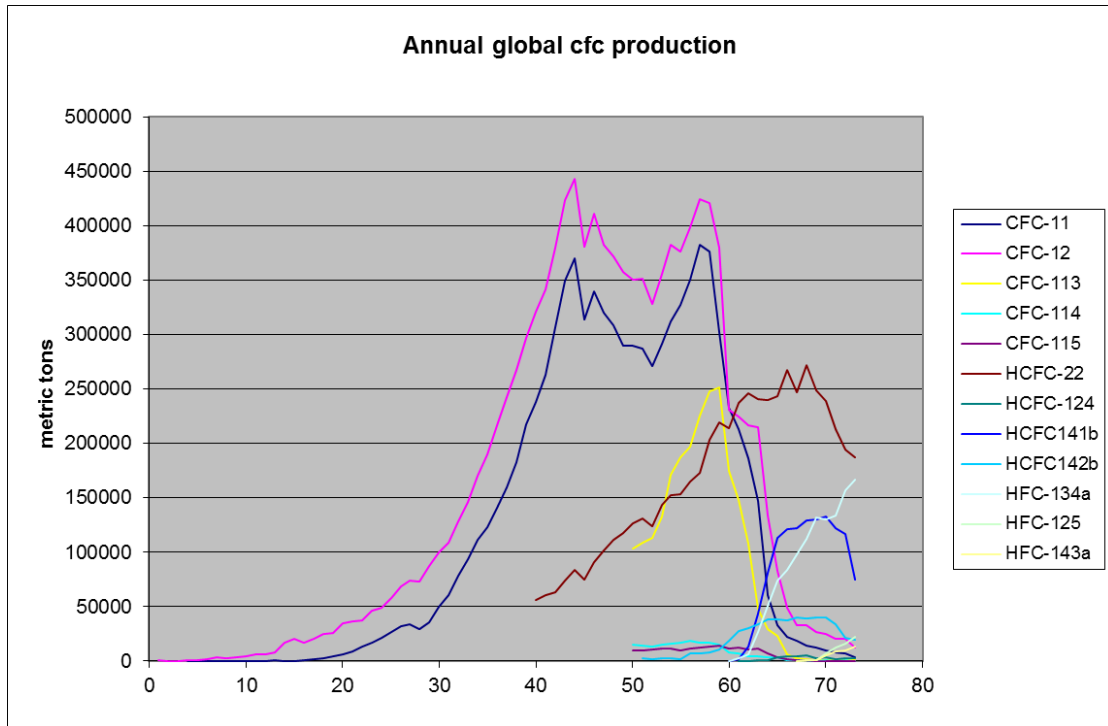
被認為造成臭氧層破洞的最主要因素是氟氯碳化物中的氟，被使用過後的氟氯碳化物會飄至平流層底部聚集，在此受到紫外線照射後，會分解出氟原子，氟原子會和臭氧結合，形成氟化氧和氧分子，而氟化氧則會繼續和臭氧反應，持續破壞臭氧，短時間內即會破壞大量臭氧，而氟氯碳化物廣泛使用於各種工業製品及民生用品，其性質又非常穩定，除非發生光分解反應，否則會持續存在於大氣中。位於平流層底部的臭氧層的臭氧洞的面積由 1985 年的約 1300 萬平方公里到 1994 年已經擴大了 2300 萬平方公里，而其造成的影響是不容小覷的，因此我們透過數學模型來模擬往後臭氧洞可能的破壞。

自從 1929 年，氟氯碳化物被發明，自此之後將近一世紀，人們便開始大量使用此種物質，但人們卻沒想到氟氯碳化物中的氟會破壞臭氧層，而臭氧層是用以保護地球不被過量紫外線照射的防線，因此人們在 1989 年簽訂蒙特婁議定書，來限制氟氯碳化物使用，但臭氧層破洞還是持續擴大……為什麼氟氯碳化物可以導致臭氧層破洞呢？對地球會有什麼影響呢？

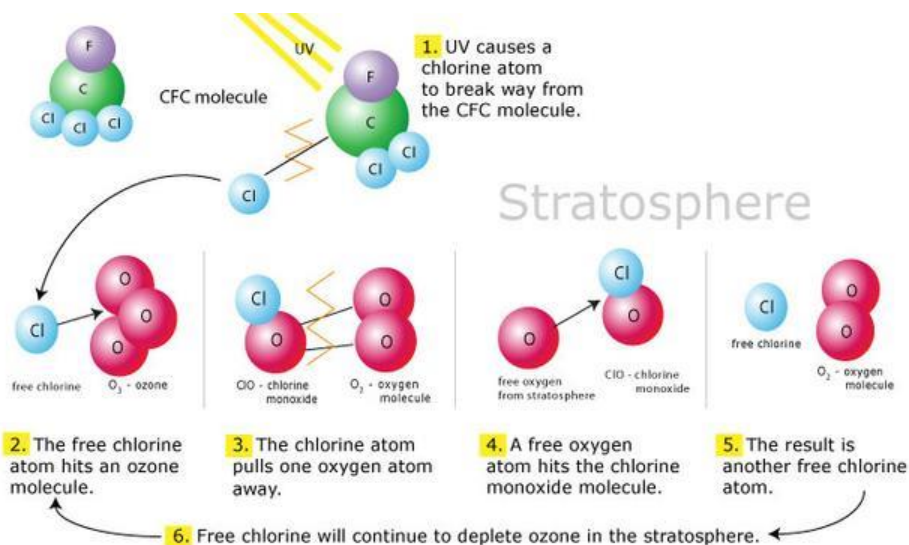
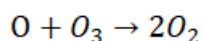
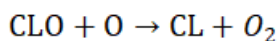
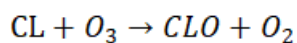
一、臭氧層介紹

臭氧於一八三九年被德國科學家 Christian Friedrich Schonbein 所發現，其乃擁有三個氧原子之不穩定結構分子。而後法國科學家 Teisserenc de Bort 發現氣溫自地面隨高度遞增而遞減，但離地面約 10 公里處卻開始隨高度遞增而遞增；後續之研究顯示自 50 公里以後又隨高度而遞減，而該 10 公里至 50 公里間之大氣層即今所稱「增溫層」，另外又因氣流方向稱「平流層」。(謝冠妃, 2005)，另外自地表至大氣層約 10 公里處，即所謂對流層。而大氣層中約有 90% 的臭氧存在於平流層中，而其中大部分臭氧聚集於地面約 20 到 30 公里處，約在對流層頂、平流層底，即所謂臭氧層。而其中大部分臭氧聚集於地面約 20 到 30 公里處，約在對流層頂、平流層底，即所謂臭氧層。(黃文總, 2010)。

而氟氯碳化物(CFCs)，俗稱氟利昂，氟氯碳化物是一組由人工合成的化合物，最常使用的有氟利昂 11(Freon-11, CFC-11, 三氯一氟甲烷)與氟利昂 12(Freon-12, CFC-12, 二氯二氟甲烷)。由於這類化合物非常安定，幾乎不與其他物質起化學反應，毒性低且不燃燒。自從一九三〇年代起，即大量製造(鍾崇燾 & 徐心仁, 2002)，其用途除了使用於耐熱杯、包裝盒或牆壁的絕緣材料外，也廣泛使用在工業產品中的冷媒、發泡劑或填充劑等產品中，因其化學性質穩定，因此被廣泛使用於各類物品上。因此自 1930 年至 1970 年間，生產量不斷增加(圖一)，在 1990 年後生產量便急轉直下。



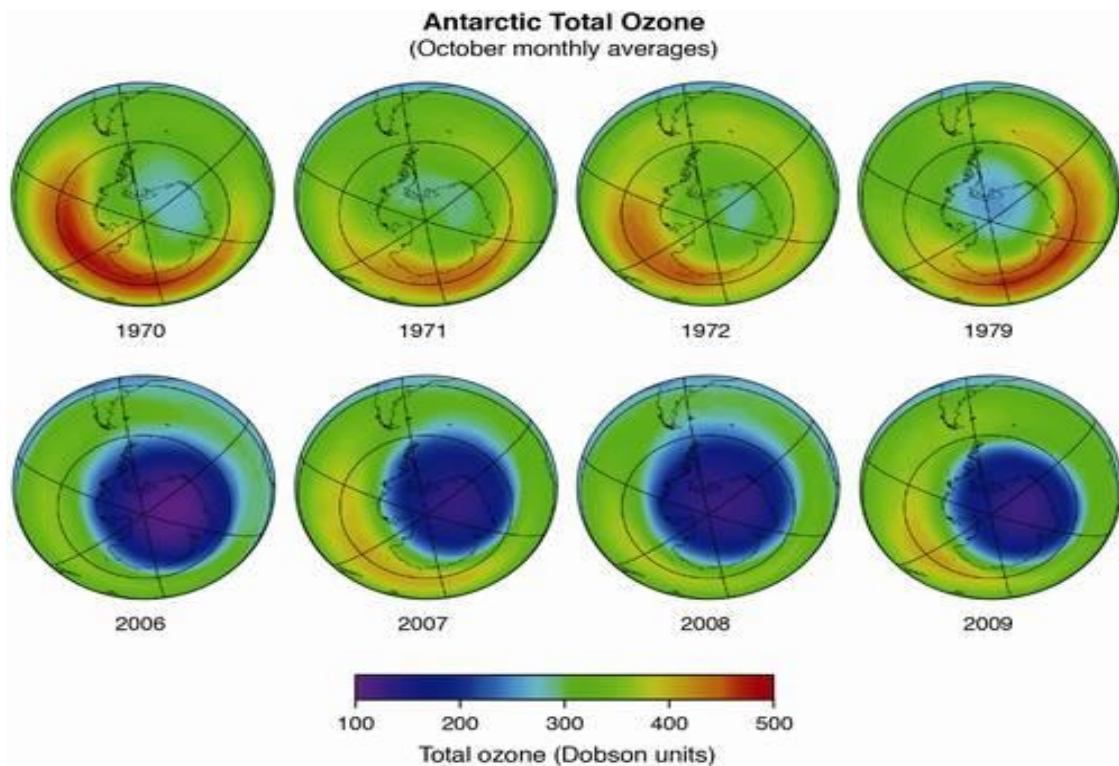
在 1970 年代科學家們首先發現氟氯碳化物帶來的威脅，Richard S. Stolarski 和 Ralph J. Cicerone 於 1974 年撰文表示氯原子可能會對臭氧層產生的危害，同年，Mario J. Molina 與 Sherwood Rowland 在《自然》(Nature)期刊提出了人們排放的 CFC-11 和 CFC-12 逐年增加 (林衛彥, 2009)，而其中 Rowland 教授和 Molina 博士發表了『環境中的 CFCs』論文，指出由於 CFCs 化學穩定性高，在大氣層中可停留時間長達 40-150 年，當釋放的 CFCs 到達同溫層時，受到高能量紫外線的照射而發生分解，分解產生的氯原子與臭氧分子反應，消耗掉臭氧分子 (林永達 & 陳慶雲, 1998)，其化學是如下：



由上述反應式及圖可知，當漂流至平流層的 CFC，會受到來自太陽的高能量紫外線照射，其中的氯原子會脫離，並和臭氧結合形成一個氯化氧和一個氧分子，之後氯化氧會和一個氧原子結合，形成氯原子和一個氧分子，其中，由於氯原子只是催化劑，不會消失，會持續破壞臭氧分子，據研究顯示，一個氯原子即可造成上萬個臭氧分子分解(林衛彥, 2009)。

其中，Ralph J. Cicerone、Richard S. Stolarski、Stacy Walters 於 1974 年發表的論文【平流層臭氧受到人造氯氟甲烷的破壞】(Stratospheric Ozone Destruction by Man-Made Chloro-fluoro-methanes)指出，CFCs 的使用不但會增加破壞臭氧的速率，且不只是在平流層，連對流層的氯離子濃度也不斷升高。此外，V. Ramanathan 甚至提出大氣中的氯氟碳化合物增加將會導致溫室效應的增強，導致地球的環境受到嚴重的衝擊(林永達 & 陳慶雲, 1998)。

雖然科學家一直努力呼籲要控制氯氟碳化合物的使用，以減緩對臭氧的破壞，但 1985 年 3 月聯合國環境計畫署 (UNEP) 在奧地利召開會議並通過的「維也納公約」，只是一個促進國家間合作研究臭氧機制、檢視排放現況以及相關資訊交流的協議，其中並無訂定任何具約束力的管制目標的公約(柯玉佳, 2004)。直到在維也納公約簽訂的兩個月後，英國科學家於 1985 年 5 月依 Halley Bay 地面觀測資料所作分析發表令人難以置信的結果，使科學家花費了三年時間不斷驗證資料與檢驗器材之準確度，確定無誤之後方才發佈分析結果，證實南極春季時臭氧濃度降至 1960 年代時之百分之五十，儘管十一月中濃度恢復，但季節性臭氧縮減現象卻自一九七九年開始明顯出現，而 1985 年之臭氧破洞分佈範圍竟超過美國領土面積。



圖三：西元各時間的狀況

此發現促使美日科學家再次檢驗其資料庫，而後確認該發現正確無誤，且經過再次分析比對，科學家發現在 1970 年代末期以前並無此跡象。然而臭氧洞之發現並未帶給決策者明顯警訊，1986 與 1987 年之科學家無法確定 CFCs 即為南極臭氧破洞之元兇，其亦無法確認臭氧破洞是極地獨有特殊現象或臭氧減少之不祥預兆。且除人工化學物質排放造成臭氧洞之推測外，當時另有其他對於臭氧破洞成因之推論，如火山活動與太陽黑子活動等。甚至連提出氟氯碳化物會破壞臭氧的 Rowland 教授也對臭氧層破洞的成因持懷疑態度 (謝冠妃, 2005)。

但不可否認的是，此一發現對蒙特婁議定書產生了一定的影響，1987 年 9 月在加拿大蒙特婁召開了有 40 多個國家參加的國際會議。會議通過了“消耗臭氧層物質的蒙特婁議定書 (柯玉佳, 2004)，成為正式有約束力的國際協定。而在之後對臭氧層的調查結果發現，臭氧層的被破壞程度遠比制定“蒙特婁議定書”時所估計的嚴重，聯合國環境規劃署於 1992 年 11 月在丹麥哥本哈根召開了關於臭氧層的會議，修改了蒙特婁議定書的內容，將 CFCs 類原先在西元 2000 年的禁用期提前至 1996 年，加速了 CFCs 禁用的速度(林永達 & 陳慶雲, 1998)。

臭氧層之功能為阻隔地球上生物免受短波紫外線之直接照射，紫外線主要分為 UV-A、UV-B、UV-C，其中會對生物造成傷害的主要是 UV-A、UV-B 兩種，其中 UV-C 對於生物有致命的危險，而 UV-B 對幾乎所有生物有傷害之威脅，而臭氧主要功能即吸收絕大多數 UV-B 紫外線及阻絕 UV-C 紫外線直接照射以保護地球上的環境與生物。而過量紫外線造成的影響主要有穀物減收、破壞植物基因組織、損害海洋環境、漁獲減收以及動物健康問題等。

貳、問題回答

一、請就以上文章整理臭氧、氯和氧氣的積流圖



二、請就以上文章整理臭氧層的因果循環圖

