

教育部112學年度中小學科學教育專案期中報告大綱

計畫名稱：	探究式「環境生態之科學建模課程模組」研發計畫	
主持人：	王聖淵	電子信箱：t0373@ymsh.tp.edu.tw
共同主持人：	吳林建宏	
執行單位：	臺北市立陽明高級中學	

一、計畫目的

1. 研發探究式科學建模課程模組
2. 研發之課程以營隊方式或假日專題研討方式進行課程推廣教學
3. 探討參與學生的科學學習經驗以及投入狀態對學生探究能力的影響。
4. 提升學生對新興科技與科學的興趣，並凸顯研究精神的重要性。

二、執行單位對計畫支持(援)情形與參與計畫人員

姓名	服務機關單位	職稱
吳林建宏	臺北市立陽明高級中學	數學科教師
林承恩	臺北市立陽明高級中學	自然科教師
謝東霖	臺北市立陽明高級中學	自然科教師
王慶華	臺北市立陽明高級中學	英文科教師
蔡育螢	臺北市立陽明高級中學	國文科教師
陳巧雯	臺北市立陽明高級中學	數學科教師
吳柏萱	臺北市立陽明高級中學	數學科教師
連紫汝	臺北市立陽明高級中學	數學科教師

三、研究方法

(一) 步驟

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科學研究（如圖），具體做法如下：



1. 組織教師團隊發展課程教學模組－「環境生態之科學建模課程模組」系列課程，強化學生思考判斷與解決問題的能力。
2. 辦理假日及寒暑假學生科學營隊活動，並組織學生專題研究社群。
3. 透過營隊課程，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。
4. 「環境生態之科學建模課程模組」推廣課程之實施：
 - (1) 將研發設計之特色課程應用於營隊課程中，並增加與合作大學之交流活動，提升創意科學課程品質；也可將研發出之創意科學動手做課程與偏鄉學校交流，提升中學之教學品質。

(2) 辦理科學營，集合鄰近學校對科學建模具有高度興趣的學生，共同研討環境生態相關議題，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。

(二) 計畫期程規畫

本校由教師團隊在環境生態的發想，在校內組成科學教師新興科技課程發展社群，期望透過科教計畫完善有關環境生態之科學特色課程，進而進行課程推廣及師資培育計畫，規畫：

第一年：研發探究式生態主題課程—『環境生態之科學建模課程模組』

研發環境生態之主題式探究課程，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。同時藉由新興科技的導入，使學生更加明白新興科技對生活上與抽象的數學及自然科學的學習的助益，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。

第二年：進行課程推廣教學工作

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，進行課程推廣教學工作，發展教學模組及專題課程，讓學生學會運用科技來學習數理知識、解決問題。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，持續發展附件教案之校本特色課程，透過教師專業社群的成長與對話來活化教學，開發108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。

(三) 研究方法

本計畫透過『環境生態之科學建模課程模組』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、執行進度 (50%)

(一) 組織教師社群，定期共備



▲ 10/05 數學老師分享



▲ 10/05 數學老師分享



▲ 11/02 化學老師分享



▲ 11/16 化學老師分享



▲ 11/16 地科老師分享



▲ 11/16 地科老師分享

(二) 發展課程模組

本計劃針對陸地生態的部份發展二份教案：

- ✓ SDG 11：永續城鄉—直轄市的建立與城鄉差距的問題 (附件 1)
- ✓ SDG 15：陸地生態—凱巴布森林的野鹿(附件 2)

五、預期成果

1. 建構可供中學推廣參用之科學實作探究教學教材教法。
2. 指導學生撰寫研究報告及協助論文發表活動。
3. 藉由營隊活動與工作坊推廣研發課程。

六、檢討

1. 計畫經費遲遲未撥款，致寒假試辦營隊延誤。
2. 課程模組研發不易，需更多教學上試行，以評估成效。

七、參考資料

John D. Sterman(2000).Business Dynamics-Systems Thinking and Modeling for a Complex World. New York ,NY：The McGraw-Hill Companies.

陶在樸(2011)。系統動態學。台北市。五南圖書出版股份有限公司。

楊朝仲、張良正、葉欣誠、陳昶憲、葉昭憲(2013)。系統動力學-思維與應用。台北市。五南圖書出版股份有限公司。

陶在樸(2016)。系統動力學入門。台北市。五南圖書出版股份有限公司。

附錄 1：SDG 11-永續城鄉-直轄市的建立與城鄉差距的問題

壹、教材資料

一、文章導讀

改編連5年沒新生兒、村裡只剩老人台灣哪些地方正悄悄「滅村」？

文 林偉妃 天下雜誌775期 發布時間：2023-06-13

在六都出現後，反而讓城鄉差距落差更大；2011年，政府為了要達成區域均衡發展，直轄市從兩個整併為六個。事後證明，不但沒有達到平衡的效果，人流反而更多集中到都會。

「不僅是年輕人，老年人也因為都會福利、醫療和便利性，而有往市區流動的趨勢，」台北大學公共行政暨政策學系教授呂育誠觀察。

造成的結果是六都成形至今12年，台北和新北的老年人口都急遽成長超過8%，高雄市也達7.8%，而「同一縣市的偏遠區域，人口也加速度往市區集中，」呂育誠認為，地方的衰敝將更無可挽回。位處縣市合併升格的偏遠村里，猶如暗夜星火般飄搖。

例如距離台南市區10公里遠，原屬縣區的龍崎中坑里，以產竹聞名的龍崎，五年來人口減幅近兩成，高居全台鄉鎮第一，老化程度為全台第二，帳面上有戶口者約3500餘人，而中坑里是八個里中人數最少，僅有約140人。曾有900人，現僅剩60人，數據可能更難看，因為「很多人都搬出去外面和子女住在一起，戶口留著是因為土地在這裡，需要保有農保身分，」現年79歲的里長陳茂全一語道破。

已經擔任四屆里長的他低頭算了算，實際大概還有60人，大多數是60到80多歲的老人。中坑里位在二仁溪上游，當地人過去靠著滿山遍野的竹子維生，早期出產搖籃、禮籃等竹編品，最多時有將近900人，之後因不及塑膠製品便利，加上九成以上土地為山坡地保育區，開發嚴重受限，人口外流到周邊的關廟、仁德和歸仁等地。

陳茂全以「遠遠一塊厝」，形容中坑里的房屋分散，戶與戶之間相隔距離遙遠。記

者隨他到信奉清水祖師爺的清水宮，也是在地人的信仰中心，午後的廟內只有廟公楊朝琴和附近鄰居正在聊天，整個山頭唯一的一支小黃公車站牌，孤獨地站在廟埕前。杳無人煙的路上，偶爾才有穿著汗衫短褲、上山運動的遊客走過。

「以前清水祖師生日都會辦平安宴，最多時開到二、三百桌，」從小外出打拚的楊朝琴，42歲回到家鄉當廟公已25年，「疫情前只剩下上百桌，規模愈來愈小，沒有以前那麼多人了。」菁桐和中坑，都被急於追上現代化的城市遠遠拋在後面。然而，南北資源的差距，卻是顯而易見。

[鄉鎮代表會消失，偏鄉更凋敝？]

菁桐社區發展協會所在的社區活動中心，過去曾經是礦工醫院所在地，如今是周邊三里包括菁桐、白石和薯榔的生活支柱，包括社區巡迴醫療、老人共餐據點以及婦女大學課程等都在這裡。資源相對拮据的台南，陳茂全的里長辦公室就設在自家，每逢颱風或大雨過後，他會騎著摩托車、載著柴刀和電鋸到處去巡視，遇到樹幹被風吹倒就跳下來砍樹枝，以方便車輛通行。「以前鄉鎮有代表會，找代表就可以爭取經費，現在都要拜託議員，」陳茂全愈說愈憤慨。中坑最重要的163縣道，已經二十幾年未曾整修，「柏油都翹起來，整條路破破爛爛，3公里長的道路要重鋪瀝青，三年都未完工，鋪一段就說等明年有錢再繼續鋪。」

過去談城鄉差距，粗略劃出「城」是六都、「鄉」是縣市鄉鎮，但呂育誠分析，台灣雖然發展出「一日生活圈」，現實是城中有鄉、鄉又有各自不同樣態，有些就此停滯、有些處境更為艱困。

二、SDG 11：永續城鄉(<https://edu.unicef.org.hk/zh-HK/SDG-11>)

建設共融、安全、能抵禦災害及可持續的城市和人類居所。

(一)主要目標

- 1.安全、可負擔的住屋
- 2.可負擔和可持續的交通運輸系統
- 3.共融和可持續的城市發展
- 4.保護世界文化和自然遺產

- 5.減少自然災害造成的負面影響
- 6.減少對城市環境的負面影響
- 7.提供安全和共融的綠色公共空間
- 8.實行政策以提升共融、資源運用效率和降低災害風險

(二)為甚麼可持續發展城市與兒童權利相關？

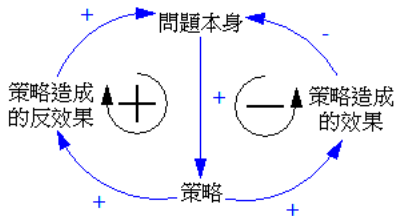
由於缺乏城市規劃和城市發展不平衡，數百萬兒童面臨著生活中的挑戰，和權利未能實踐的問題。

三、系統基模-飲鴆止渴

(一)使用時機：探討的問題是否會因為策略而更加嚴重？

(二)常使用基本變數：問題本身、策略、策略造成的效果、策略造成的反效果。

(三)因果循環圖



說明：

- 1.負環路：問題當下狀況和衰退要素形成負環路，此部分將形成平衡狀況。
- 2.正環路：問題當下狀況和成長要素形成正環路，此部分將形成滾雪球效應。
- 3.統整：若策略造成的效果大於反效果，問題本身狀況將穩定平衡；若反效果大於效果，問題狀況狀況將越來越多。

(四)上述文章中涉及系統思考-飲鴆止渴的有一段文章？請嘗試討論。

在六都出現後，反而讓城鄉差距落差更大；2011年，政府為了要達成區域均衡發展，直轄市從兩個整併為六個。事後證明，不但沒有達到平衡的效果，人流反而更多集中到都會。

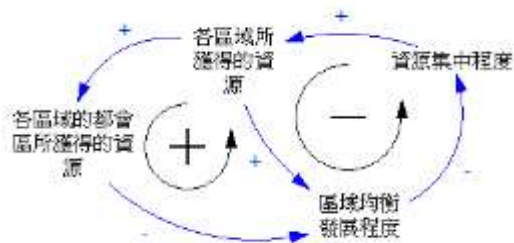
「不僅是年輕人，老年人也因為都會福利、醫療和便利性，而有往市區流動的趨勢，」

台北大學公共行政暨政策學系教授呂育誠觀察。

- 1.變數：區域均衡發展程度、資源集中程度、各區域所獲得的資源、各區域的都會區

所獲得的資源。

2. 討論



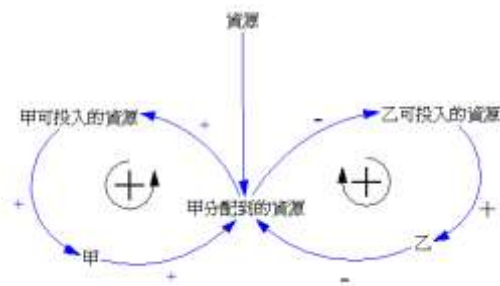
說明：各區域獲得資源越多，同時區域內的都會區應當獲得更多資源，此部分將導致區域均衡發展程度更加糟糕。

四、系統基模-富者越富

(一)使用時機：有限資源下，將資源分配時的討論。

(二)常使用基本變數：甲、乙、資源、甲分配到的資源、甲可投入的資源、乙可投入的資源。

(三)因果循環圖



說明：

1. 正環路：甲資源分配越多，則甲的發展會越來越好；乙的資源被甲搶走後，乙的發展會越來越差。

2. 統整：由此系統基模可知甲、乙兩方一方會越來越好、另一方則越來越差。

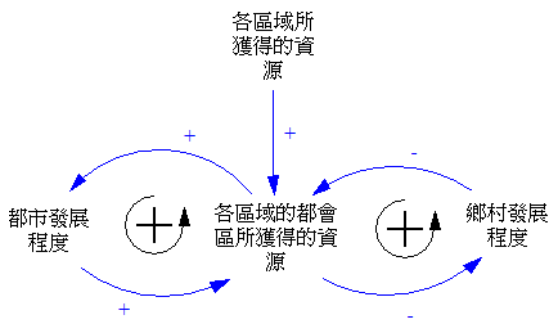
(四)上述文章中涉及系統思考-飲鴆止渴的有一段文章？請嘗試討論。

資源相對拮据的台南，陳茂全的里長辦公室就設在自家，每逢颱風或大雨過後，

他會騎著摩托車、載著柴刀和電鋸到處去巡視，遇到樹幹被風吹倒就跳下來砍樹枝，以方便車輛通行。「以前鄉鎮有代表會，找代表就可以爭取經費，現在都要拜託議員，」陳茂全愈說愈憤慨。

1.變數：各區域所獲得的資源、各區域的都會區所獲得的資源、鄉村發展程度、都市發展程度。

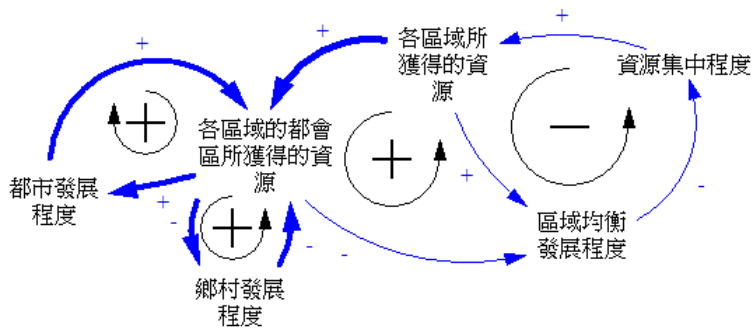
2.討論



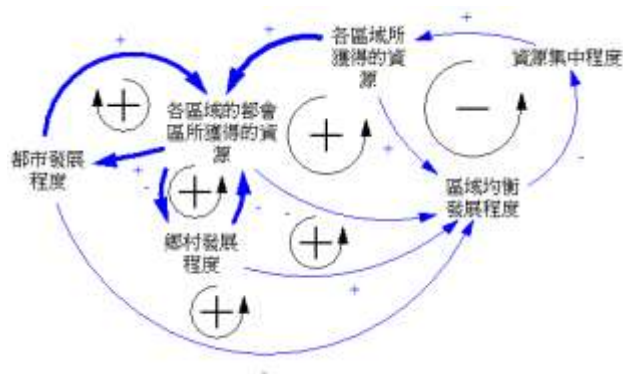
四、系統基模統整

(一)因果循環圖

1.合併討論-飲鴆止渴與富者越富的系統基模合併



2.教師提問：此因果循環圖是否有不足之處？(有，都市和鄉村的發展會影響區域均衡發展程度)



(二) 討論

由上述圖形可發現，當都市和鄉村開始有差距後，情況及差距只會越來越大(因為其所在區域皆為正環路)，因此資源集中的政策並無助於都市、鄉村的差距變小。

(三) 教師提問

由類似的概念，請問教育部所提出的108課綱之自主學習方案是否能夠縮小城鄉差距？

貳、教案內容

一、課程目標

了解 SDG 11：建設共融、安全、能抵禦災害及可持續的城市和人類居所。

二、教材資料

(一)SDG 11相關信息的簡介

(二)文章-都市、鄉村發展問題

(三)系統基模-飲鴆止渴、富者越富

(四)教學步驟

教學目標	教學內容及流程	時間	教學媒體	教學評量
介紹 SDG 11、了解可持續都市和社區	1. 介紹 SDG 11 (1)介紹 SDG 11：可持續都市和社區，講解其目標和意義。 (2)強調「加強城市與鄉村的規劃與管理」，截至 2021 年為止，全球已有一半的人們居住在都市，到 2050 年，世界上將會有 2/3 的都市人口。快速都市化的所衍伸的問題層出不窮，包括基礎設施	15 分	簡報	學習單

教學目標	教學內容及流程	時間	教學媒體	教學評量
	和服務不足、住進貧民窟的人越來越多、空氣品質越來越惡化等。要能規劃具社會包容、且永續發展的城市與鄉村，才能改善問題。 (3)提出問題：城市與鄉村為何發展差異越來越大？			
閱讀文章並從中嘗試思考文章的主角之關係	2. 文本閱讀 (1)由學生閱讀上文提供的關於都市與鄉村關係，著重於都市與鄉村發展差異越來越大問題。 (2)提問學生：此篇文章的內容和 SDG 11 的主要目標和哪一個有關？是什麼關係導致城鄉差異越來愈大？	10 分	簡報、學習單	學習單
引入系統基模-飲鳩止渴、富者越富進行討論	3. 系統基模-飲鳩止渴介紹 (1)說明飲鳩止渴概念並舉例 (2)提問學生：此篇文章涉及的系統基模-飲鳩止渴為哪段文章？ (3)嘗試繪圖並將變數連結 4. 系統基模-富者越富介紹 (1)說明富者越富概念並舉例 (2)提問學生：此篇文章涉及的系統基模-富者越富為哪段文章？ (3)嘗試繪圖並將變數連結	10 分 5 分 20 分	簡報、學習單	小組分享
由小組問題思考生態系統重要性	5. 小組討論 討論以下問題： (1)城鄉差異的主因為何？ (2)有什麼方法可以減緩城鄉差異？	20 分	學習單、小白板	小組分享
引導學生思考如何提出有效解決方式並說明	5. 討論解決方案 (1)引導學生思考，如果他們是主政者，如何由上述因果循環圖發現解決方案？ 例子：政府機關部分部門遷至部分鄉村、解決鄉村的交通問題。 (2)學生以小組或個人形式分享解決方案。	20 分	學習單、小白板	小組報告

附錄 2：SDG 11-永續城鄉-直轄市的建立與城鄉差距的問題

壹、教材資料

一、文章導讀：鹿和狼的故事-胡勘平

20世紀初，美國亞利桑那州北部的凱巴伯森林還是松杉蔥鬱，生機勃勃。有四千只左右的鹿在林間出沒，兇惡殘忍的狼是鹿的大敵。

美國總統西奧多·羅斯福很想讓凱巴伯森林裡的鹿得到有效的保護，繁殖得更多一些。他宣布凱巴伯森林為全國狩獵保護區，並決定由政府雇用獵人到那裡去消滅狼。

槍聲在森林中回盪。在獵人冰冷的槍口下，狼接連發出慘叫，一命嗚呼。經過25年的獵捕，有數千只狼先後斃命。森林中其他以鹿為捕食對象的野獸（如豹子）也被獵殺了很多。

得到特別保護的鹿成了凱巴伯森林中的「寵兒」，在這個「自由王國」裡，它們自由自在地生長繁育，自由自在地啃食樹木，過著沒有危險、食物充足的幸福生活。

很快，森林中的鹿增多了，總數超過了十萬只。十萬多只鹿在森林中東啃西啃，灌木叢吃光了就啃食小樹，小樹吃光後又啃食大樹的樹皮……一切能被鹿吃的植物都難逃厄運。森林中的綠色植被在一天天減少，大地露出的枯黃在一天天擴大。

災難終於降臨到鹿群頭上。先是饑餓造成鹿的大量死亡，接著又是疾病流行，無數只鹿消失了蹤影。兩年之後，鹿群的總量由十萬只銳減到四萬只。到1942年，整個凱巴伯森林中只剩下不到八千只病鹿在苟延殘喘。

羅斯福無論如何也想不到，他下令捕殺的惡狼，居然也是森林的保護者！狼吃鹿看起來殘忍，卻維護著鹿群的種群穩定。這是因為，狼吃掉一些鹿後，就可以將森林中鹿的總數控制在一個合理的範圍，森林也就不會被鹿群糟蹋得面目全非。同時，狼吃掉的多數是病鹿，又有效地控制了疾病對鹿群的威脅。而羅斯福下定決心要保護的鹿，一旦數量超過森林可以承受的限度，就會破壞森林生態系統的穩定，給森林帶來

巨大的生態災難。也就是說，過多的鹿會成為毀滅森林的罪魁禍首。

這與人們對狼和鹿的認識似乎是相矛盾的。童話中，狼幾乎永遠擔著欺負弱小的惡名。如，中國「大灰狼」的故事和西方「小紅帽」的故事。而鹿則幾乎總是美麗、善良的化身。狼是兇殘的，所以要消滅；鹿是善良的，所以要保護。羅斯福保護鹿群的政策，就是根據這種習慣看法和童話原則制定的。

凱巴伯森林中發生的這一系列故事說明，生態的「舞台」上，每一種生物都有自己的角色。森林中既需要鹿，也需要狼。僅僅根據人類自身的片面認識，去判定動物的善惡益害，有時會犯嚴重的錯誤。

二、SDG 15：陸地生態(<https://edu.unicef.org.hk/zh-HK/SDG-15>)

保護、恢復和促進可持續使用的陸上生態系統、可持續管理森林、對抗荒漠化及制止生物多樣性喪失的現象。

(一)主要目標

- 1.保護、恢復陸地和淡水生態系統
- 2.停止伐木，恢復已退化的森林
- 3.停止荒漠化，恢復已退化的土地
- 4.確保山區生態系統的保護
- 5.保護生物多樣性和自然棲息地
- 6.消除非法捕獵和販賣受保護物種的行為
- 7.防止外來物種入侵土地和水域的生態系統
- 8.促進遺傳基因資源的使用和公平分享當中的利益

(二)為甚麼陸上生態保育與兒童權利相關？

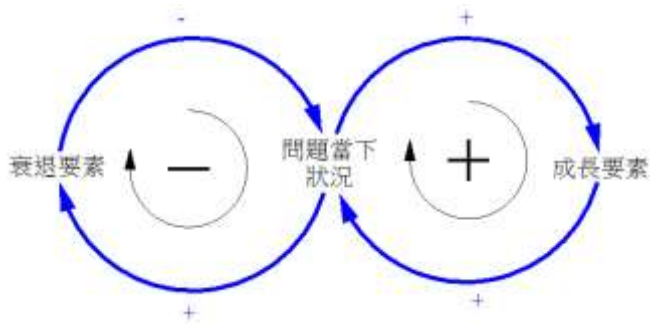
人類依靠生態系統來提供自然資源。因此，推動可持續的陸上生態系統，將直接影響兒童所居住及承繼的環境。

三、系統基模-消長競爭

(一)使用時機：當系統遇到有著成長要素及衰退要素。

(二)常使用基本變數：問題當下狀況、成長要素、衰退要素。

(三)因果循環圖



說明：

1. 負環路：問題當下狀況和衰退要素形成負環路，此部分將形成平衡狀況(趨近0)。
2. 正環路：問題當下狀況和成長要素形成正環路，此部分將形成滾雪球效應(越來越多)。
3. 統整：若衰退要素影響大於成長要素，問題當下狀況將趨近0；若成長要素影響大於衰退要素，問題當下狀況將越來越多。

(四)狼與野鹿文章中涉及的系統基模-消長競爭有哪些角色？請嘗試繪圖並討論。

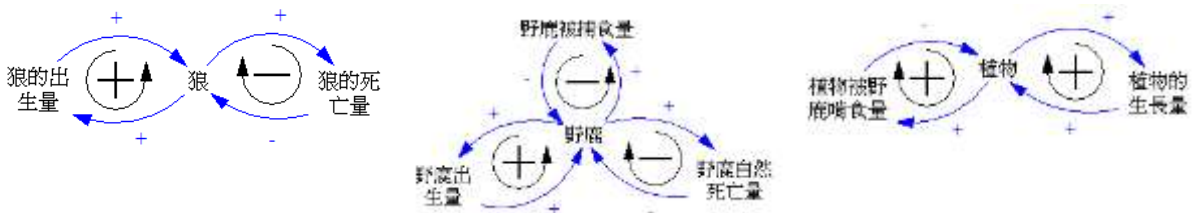
1. 變數：狼、野鹿、植物

2. 變數整理

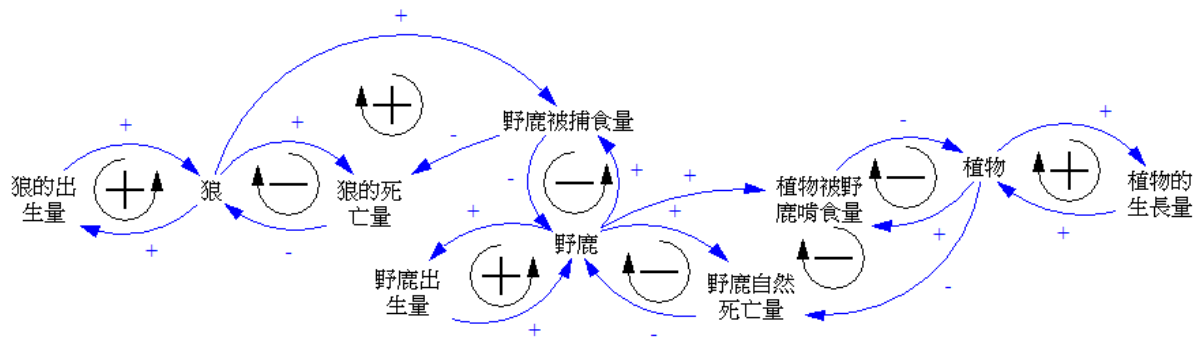
(1) 狼、狼的死亡量、狼的出生量

(2) 野鹿、野鹿的自然死亡量、野鹿的出生量、野鹿被捕食量

(3) 植物、植物的生長量、植物被野鹿的啃食量



3. 合併討論

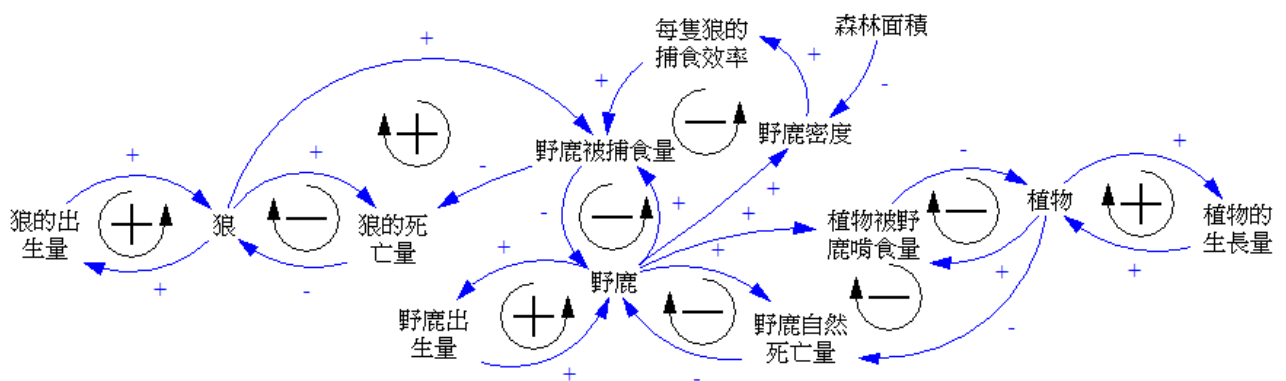


4.教師提問：上方是否有不合理的地方？實際上的情況應為如何？

野鹿的被捕食量會一直增加。野鹿的被捕食量會因野鹿數量而有所改變。

5.教師說明

野鹿的被捕食量應會和野鹿的密度有關，因此應增加森林面積、野鹿密度以及每隻狼的捕食效率，若密度越高效率越高。



貳、教案內容

一、課程目標

了解 SDG 15：陸地生態-保育及永續利用陸域生態系，以確保生物多樣性，並防止土地劣化。藉由一個故事理解生態平衡和生物多樣性方面的重要性。

二、教材資料

(一)SDG 15相關信息的簡介

(二)狼與野鹿的文章

(三)系統基模-消長競爭

(四)教學步驟

教學目標	教學內容及流程	時間	教學媒體	教學評量
介紹 SDG 15、了解陸地生態概念	1. 介紹 SDG 15 (1)介紹 SDG 15：陸地生態，講解其目標和意義。 (2)強調土地生態系統和生物多樣性的保護。 (3)提出問題：為什麼維護陸地生態平衡如此重要？	15 分	簡報	學習單
閱讀文章並從中嘗試思考文章的主角之關係	2. 文本閱讀 (1)由學生閱讀上文提供的關於狼與野鹿的文章，強調文章中狼和野鹿之間的相互依賴關係。 (2)提問學生：此篇文章的內容和 SDG 15 的主要目標和哪一個有關？狼與野鹿之間的相互作用如何幫助維護陸地生態平衡？	10 分	簡報、學習單	學習單
引入系統基模-消長競爭進行討論	3. 系統基模-消長競爭介紹 (1)說明消長競爭概念並舉例 (2)提問學生：此篇文章涉及的系統基模-消長競爭有哪些變數？ (3)嘗試繪圖並將變數連結	10 分 5 分 20 分	簡報、學習單	小組分享
由小組問題思考生態系統重要性	4. 小組討論 討論以下問題： (1)為什麼狼被視為生態平衡的保護者？ (2)狼與野鹿之間的相互作用如何影響森林生態系統？ (3)如果沒有狼，會發生什麼？	20 分	學習單、小白板	小組分享
引導學生思考如何提出有效解決方式並說明	5. 討論解決方案 (1)引導學生思考，如果他們是自然保護者，如何在維護陸地生態平衡方面採取行動？ 例子：保護野生動植物棲息地、支持野生動物保護組織、倡導氣候行動等。 (2)學生以小組或個人形式分享解決方案。	20 分	學習單、小白板	小組報告

