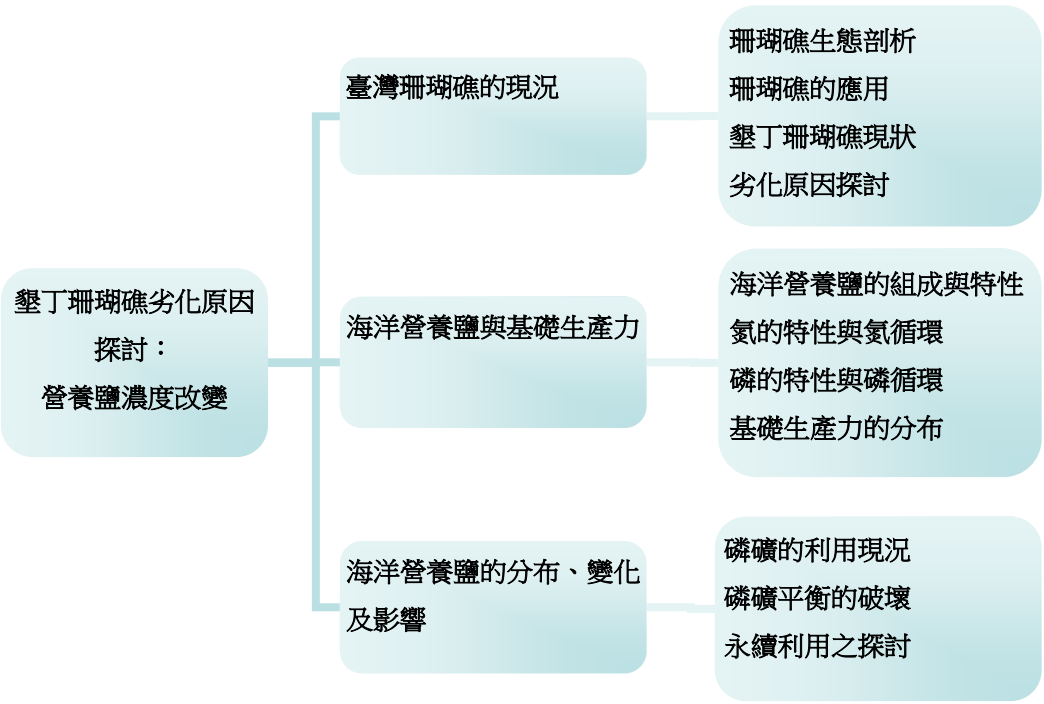
「從珊瑚礁生態系看海洋營養鹽變遷」教案設計

壹、教案設計

<table>
<tr><td>教學主題</td><td>從珊瑚礁生態系看海洋營養鹽變遷</td><td>適用年級</td><td>高職工科二年級</td></tr>
<tr><td>適用科目</td><td>高職基礎化學 B
2-2 自然界的物質</td><td>使用節數</td><td>2 節</td></tr>
<tr><td>設計者</td><td>邱慧珊、施政文</td><td>所屬學校</td><td>臺北市立松山高級工農職業學校</td></tr>
<tr><td>設計理念</td><td colspan="3">


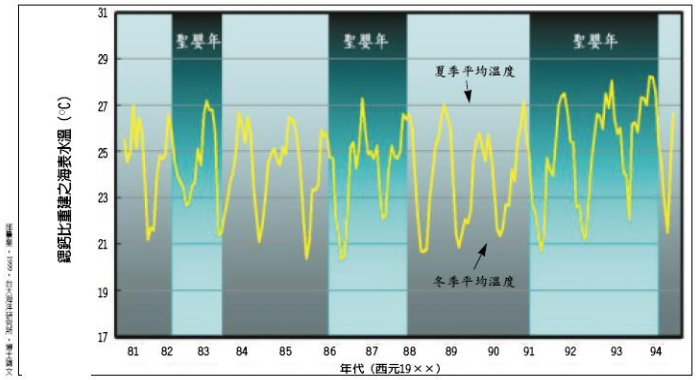
1. 珊瑚礁是海島型國家台灣的寶藏，除了其特殊的生態構造為海洋生物圈重要的一環，利用珊瑚礁詳實記錄環境變遷的特性，可以探討氣候與土地的演變。藉由墾丁珊瑚礁的劣化，探討海洋營養鹽分布的問題。
2. 海洋營養鹽有固定的組成，並隨著氣候、地形與緯度而有濃度上的差別，造就多樣的海洋生物系統。介紹氮鹽與鹽磷的元素組成，電子軌域，使學生瞭解氮磷化合物與生命體間的關係，再導出基礎生產力概念。
3. 透過氮、磷在地表與水圈之間的循環，瞭解人類在循環中扮演的角色。根據磷礦目前使用的現況，發現人類設施對磷平衡造成的影響，並說明目前正面臨的困境與環境變遷，引導學生主動發想解決的方式。
</td></tr>
</table>

	能力指標		教學目標 （由「設計理念」結合「能力指標」而形成）
	職業學校一般科目 (基礎化學 B)課綱	海洋教育 能力指標	
建構教學目標	1-1-2 化學與民生 2-1 自然界的物質：自然界 2-2-1 自然界的物質：水質的淨化消毒與軟化 2-2-2 自然界的物質：海水中所含的物質含量、重要資源的提煉及海水淡化 2-2-3 自然界的物質：水汙染的種類、對環境的影響與防治 2-4-1 自然界的物質：介紹土壤的主要成分 2-4-2 自然界的物質：土壤的汙染及其防治 3-1-1 物質的形成及其變化：1~20 號元素原子的核外電子排列與元素的性質 4-4 生活中的能源：光能太陽能核能生質能等能源在日常生活中的利用	4-5-2 了解海鹽的基本特質的成因、分布或變化，及其與生活的關係 4-5-6 探討海岸環境的變遷 5-5-4 了解台灣海洋生物資源與環境的關係，及其永續利用的具體策略。 5-5-5 了解人為因素，如誤捕、濫捕、棲地破壞等，對海洋生物資源造成的影響。 5-5-11 了解海洋環境變遷、過度使用對生態環境的影響，並提出因應對策。 5-5-13 評析海洋環境之倫理、社會與永續發展議題。	1. 認知方面 1-1-1 能瞭解台灣海岸的自然生態風貌(職 2-1、海 5-5-4) 1-1-2 能瞭解維持生物系統平衡的各項因素(職 1-1-2、海 5-5-4) 1-1-3 能瞭解人類行為所排放之汙染物種類(職 2-2-3、海 5-5-5) 1-2-1 能瞭解海洋成分中合成有機物的基本原料(職 2-2-2、海 5-5-4) 1-2-2 能瞭解磷礦在全球的分布與流動(職 2-2-2、海 4-5-2) 1-2-3 能瞭解磷礦的保存與利用（職 2-2-2、職 3-1-1、海 4-5-2) 1-2-4 能瞭解台灣磷礦現貌（職 4-4、海 5-5-4) 1-3-1 能瞭解磷資源逕流到海洋的過程(職 2-2-3、海 5-5-11) 1-3-2 能瞭解陸地磷礦削減的原因（職 2-4-2、海 4-5-6) 1-3-3 能瞭解人類含磷汙染物的來源(職 2-4-2、海 5-5-11) 2. 情意方面 2-1-1 能關懷人類行為與自然環境間的交互關係(職 2-2-3、海 5-5-5) 2-1-2 學會欣賞台灣海岸風貌以增進對居住土地的喜愛(職 2-1、海 5-5-13)

			2-2-1 能體會化學元素之應用價值及濫用之嚴重性(職 3-1-1、海 5-5-11) 2-2-2 透過瞭解磷資源的重要性而能主動提出解決方法(職 4-4、海 5-5-11) 2-3-1 能體會維持海洋營養鹽的平衡與生活方式息息相關（職 2-2-2、海 5-5-4) 2-3-2 能主動關心資源回收土地開發等議題，落實環境永續發展（職 2-2-4、海 5-5-13) 3. 技能方面 3-1-1 能分析珊瑚礁的生存條件並找出解決危機的辦法（職 2-2-2、海 5-5-5) 3-2-1 能連結氮磷營養鹽與生活習慣間的關係(職 2-2-3、海 5-5-11) 3-3-1 能採取最友善環境的生活方式，並清楚表達主張的理由（職 2-4-2、海 5-5-13)
學生能力分析	屬於高職工業類科學生，具有國中自然科基礎，具備化學元素特質認識能力，並有海洋及水的特性之基本認識。		
教材來源	自編講義、投影片		
教學準備	教室資源：投影機、布幕、電腦、麥克風、擴音器 教學媒體：投影片、學習單		

對應教學目標	教　學　活　動	教學時間	教學資源	教學評量
1-1-1 1-1-2 2-1-1 2-1-2	一、引起動機 (一)美麗的珊瑚礁 影片一、東沙探祕—東探外環礁 影片來源：海洋國家公園管理處 https://www.youtube.com/watch?v=52ceWXI0pCo 觀賞台灣的美麗珊瑚礁，完整的生態系應具備豐富的的生物多樣性、高的生物量和生產力、旺盛的造礁活動以及複雜的棲地結構等特性。 影片二、美不勝收，墾丁珊瑚進入排卵季 影片來源：udn TV https://www.youtube.com/watch?v=9ROZIaoemrw 2013 年墾丁珊瑚產卵的海底自然奇觀，5 月 4 日晚上由腎形真葉和微孔珊瑚拉開序幕，潛水人員晚上 7 時至 10 時，分兩批在台電核三廠出水口和跳石 2 處海域下海觀察，發現至少 7 種珊瑚不約而同釋卵、排精；珊瑚礁海域到處可見漂散著粉紅色和白色珊瑚卵或精卵束；潛水員形容「畫面美得快讓人窒息」。 (二)珊瑚的危機(圖片佐證) 圖片一（墾丁南灣沿岸優質化，絲狀綠藻滸苔大量繁生） 圖片來源：林幸助（2008）	10 分鐘	投影機、布幕、電腦、自編投影片、自編講義	口頭評量、上課態度

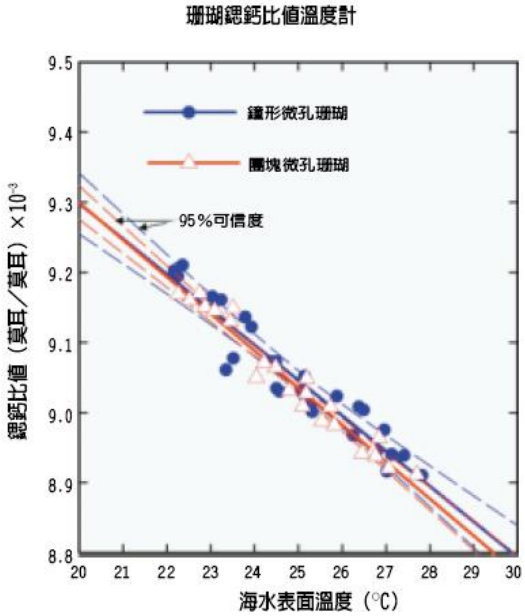
	 圖片二（墾丁南岸海域大量繁生的松藻） 圖片來源：林幸助（2008） 恆春半島沿岸有台灣地區最大的珊瑚礁分布，生態原本豐富且多樣化，但因珊瑚裙礁位於岸邊，每年雖然吸引高達 4 百萬遊客前往墾丁國家公園體驗熱帶風情，也帶來許多人為的干擾和汙染。近 15 年來，墾丁部分海域從原本的珊瑚礁為優勢的生態系統，轉變為以大型藻類或海葵為優勢的生態系。			
1-1-1 1-1-2	二、發展活動 (一) 珊瑚礁生態剖析與應用 台灣的沿岸海域，尤其是南部恆春半島及離島周邊海域皆有許多珊瑚礁，珊瑚礁是熱帶和亞熱帶海域非常重要且獨特的沿岸生態系，經常被比喻為海洋裡的熱帶雨林，珊瑚礁雖占海洋表面積不到 1%，海洋生物種類中卻有 25%以上是以珊瑚礁為棲所。珊瑚礁同時也扮演保護海岸，減緩海嘯巨浪沖擊，以及孕育沿岸漁業資源的角色。珊瑚礁的漁產估計占全球漁獲量的 12 %。珊瑚礁生物體內含有的天然化合物，也具有開發成為天然藥物，食品或日常生活用品的潛力。	60 分鐘	投影機、布幕、電腦、自編投影片、自編講義	口頭評量、上課態度



圖片三（綠島北面海域 1981~1994 季節性海水溫度變化圖）

圖片來源：陳郁凱等人（2010）

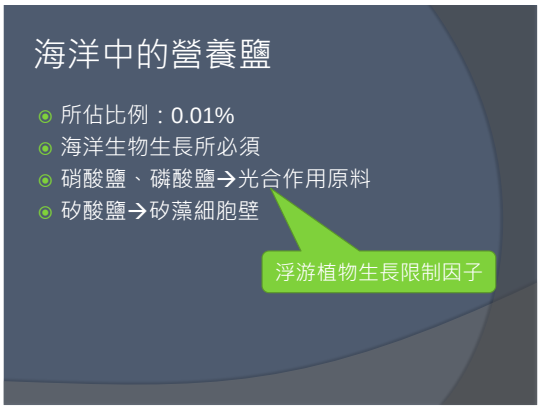
1-2-1　　珊瑚因碳酸鈣骨骼可邊生長邊記錄環境變化、生長範圍廣布溫、熱帶、生命期長，是探討古環境變遷研究中很好的探討材料。珊瑚記錄著海洋及陸地變遷的訊息，可提供連續數百年間，具有月甚或星期的細微解析度氣候紀錄，在時間及空間上彌補了監測儀器的不足，並提供高解析度的中低緯度氣候與環境資料。



圖片四（珊瑚鍶鈣比溫度計）

圖片來源：陳郁凱等人（2010）

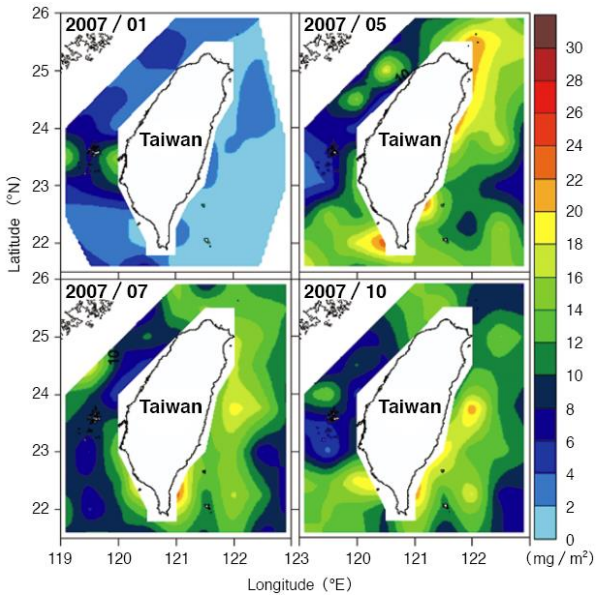
珊瑚骨骼中的一些微量元素及同位素可以提供水氣交換、能量傳輸、大洋環流、全球變遷等資料。例如海水溫度每升高攝氏 1 度會造成正在成長的骨骼中的鍶元素減少 0.8 %，鎂元素增加 3 %，鈾元素減少 5 %。

2-3-1	(二) 墾丁珊瑚礁現狀與劣化原因探討 汙水過量導致優養化，因為氨氮營養鹽過量使得，海藻海葵大量生長、啃食珊瑚 。另外，過度漁撈也使得生態系平衡被破壞。 (三) 海洋營養鹽的組成 營養鹽是海洋植物繁殖生長不可缺少的化學成分， 主要有硝酸鹽、亞硝酸鹽、磷酸鹽、矽酸鹽等， 其中磷酸鹽與硝酸鹽是海洋植物行光合作用合成有機物的原料， 矽酸鹽則是矽藻細胞壁的主要構成材料。海洋中的浮游植物生長時需要各種營養鹽類，但當某一種營養鹽的濃度低於浮游植物生長所需時，它就成為浮游植物生長的限制因子。因此以硝酸鹽、亞硝酸鹽及磷酸鹽形式存在的氮和磷， 常是海洋浮游植物生長的限制因子，它們在海中的含量受到化學、地質和水文因素的影響，有明顯的季節性和區域性差異。  海洋浮游植物的分布和硝酸鹽的濃度變化有密切的關係。在海水表層因為浮游植物的生長利用，硝酸鹽含量最低，濃度變化也最大。光線隨著海水深度增加而減弱，浮游植物的活動也減弱，硝酸鹽的含量逐漸增高。此外，浮游動植物死亡後屍體會下沉並逐漸分解，造成硝酸鹽在 500~1,500 公尺處的濃度最高，並呈穩定狀態。近岸淺海水域的硝酸鹽濃度具有季節性變化。春夏之際，浮游植物大量生長，硝酸鹽因浮游植物行光合作用而急遽減少，甚至出現利用殆盡的情形。冬季時，由於浮游植物光合作用降低，濃度便逐漸增加。			

磷酸鹽在海洋中的含量變化，和浮游植物的光合作用有著密切的關係，與硝酸鹽的濃度分布及季節性變化特性相似。磷酸鹽在海水中濃度遠低於硝酸鹽，因此磷酸鹽是浮游植物生長最主要的限制因子。

海水表層氮和磷的補充來源，主要有河水所攜帶的陸地上有機物腐解的產物、人類生產的廢棄物，以及地下水所含岩石溶解的成分。此外，海洋生物死亡後腐解、火山和海底熱泉，甚至大氣中的灰塵溶入海水中，也是海水營養元素的來源。

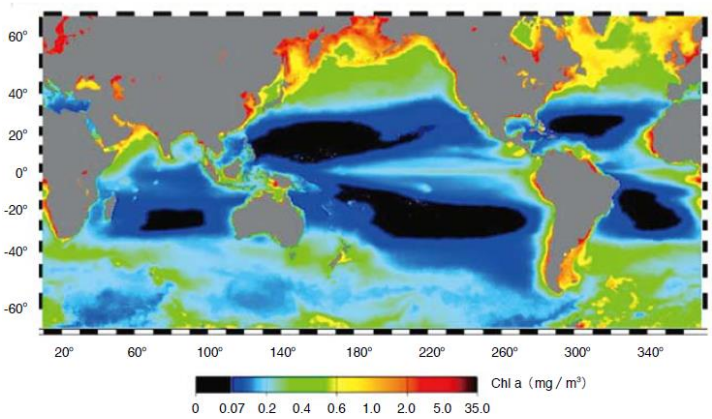
（四）基礎生產力



圖片五（台灣周邊海域的葉綠素濃度分布）
圖片來源：陳郁凱等人（2010）

氮和磷雖然是海洋浮游植物行光合作用不可或缺的重要元素，但是如果過量的營養物質進入水體，會使藻類爆發性地繁殖生長，導致水體的優氧化，最後形成赤潮。白晝時，藻類行光合作用固然造成基礎生產力的增高，但到了晚上，植物行呼吸作用遠大於光合作用，會使得水中的氧逐漸減少，進而造成魚、蝦、貝類的死亡。尤其在封閉的水文環境下，藻類的急遽增生會造成其缺氧死亡。浮游植物死後的

分解過程會消耗殘餘的氧，使得水體缺氧的情形更為嚴重。



圖片六（全球浮游植物葉綠素含量）

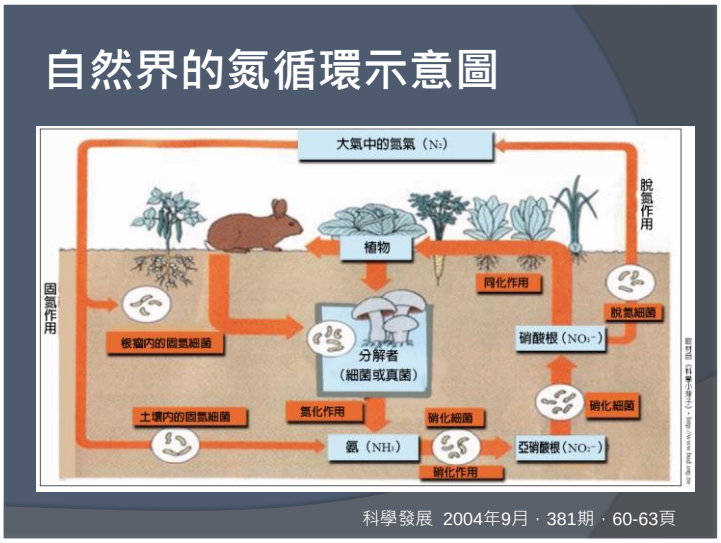
圖片來源：陳郁凱等人（2010）

在 1998 年 1 月至 2006 年 12 月間，美國國家海洋與大氣總署從事熱帶海洋生態系統和漁業研究，利用圍繞地球軌道運行的太空船所裝載的海洋觀測廣角感測儀，進行衛星圖像拍攝，對海洋生物生產力的指標性數據—浮游植物的葉綠素含量—進行分析。感測儀通過追蹤海水的色差變化，測量出生活在海洋表層的浮游生物豐度。研究結果顯示，位於亞熱帶環流橫跨赤道的太平洋和大西洋的海域中，是甚少動植物生存的海洋「荒漠」區域，其面積從 1998 年以來就不斷增加，9 年內約擴展了 15%，總面積已超過 5,100 萬平方公里，比 5 個美國國土的總和還大。

海洋基礎生產力的下降，可能和海表溫度升高或海流與風勢的改變有關。不論哪一種因素，都可能導致富含營養的深層海水無法上升，身為食物鏈基礎的浮游生物得不到滋養，從而間接地影響到其他的海洋生物。亞熱帶環流區的海水分層現象本就非常明顯，因此由風造成的擾動只能把儲存在海底的極少量營養物質帶到表層，並不足以供應植物乃至動物的生長所需。而全球暖化導致海水溫度增加，進一步加劇了這種分層現象，更讓營養鹽的補充變得越來越困難，荒漠化日趨嚴重，對海洋漁場的緊縮和劣化有極為深遠的影響。

2-2-1 （五）氮、磷特性與其在陸地、海洋間循環

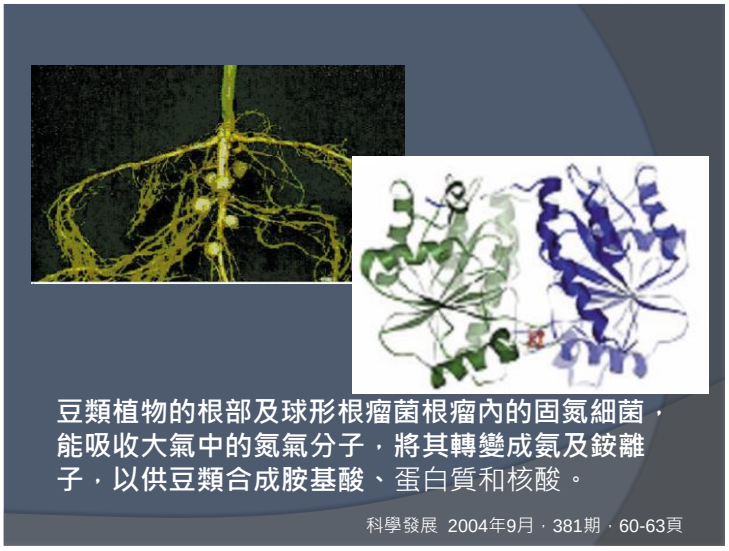
簡介氮元素特性及及循環示意圖。



圖片七（自然界的氮循環示意圖）

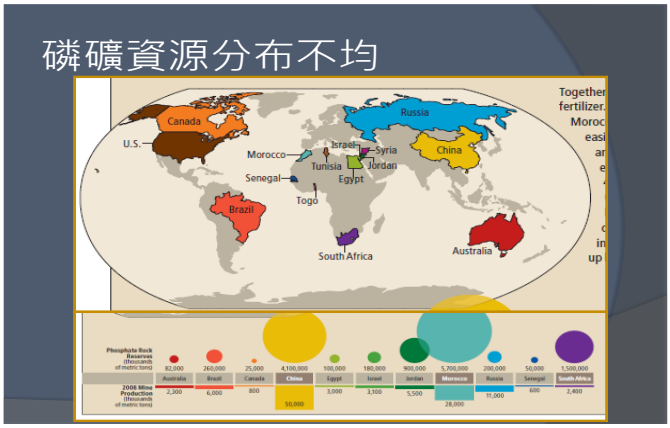
圖片來源：朱偉正，2004

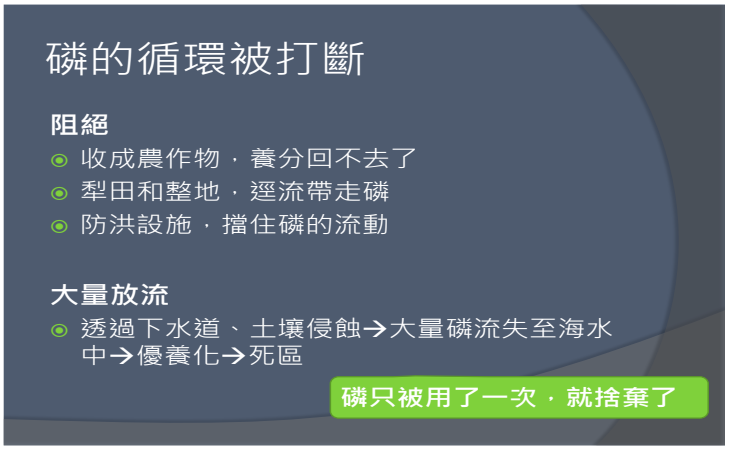
雖然大氣含有約 80% 的氮氣分子，地球上的動植物仍須花費一番工夫，方可取得成長所需的氮素。主要原因在於氮氣分子是一個十分安定的物質，大多數生物體沒辦法直接利用。生物體在消化吸收氮素前，須用各種方法使氮成為含氮的化合物，如存在於自然界氮循環中的氨、銨離子、亞硝酸根、硝酸根等。生物體吸收這些氮化合物後，再合成生存、成長與繁衍所需的其他含氮化合物，如胺基酸、蛋白質和核酸。



圖片八（豆科植物固定氮）

圖片來源：朱偉正（2004）

1-2-2	固氮細菌是固定氮的最重要途徑，須借助於或獨自存在於土壤中，或與動植物共生，擁有固氮酵素的某些固氮細菌，如與豆類植物共生的根瘤菌。牠們能吸收大氣中的氮氣分子，將其轉變成氨及銨離子。每年經由細菌固定氮所得的含氮化合物，約占總量的 65%。 圖片九（陸地與水相之間的磷循環） 自然界循環中，風化作用將岩石裡的磷釋放出來，進入土壤，被植物吸收後，再進入食物鏈，並在萬物屍間循環。這些磷的化學型態通常是磷酸根離子（PO_4^{3-}），是生命不可或缺的成分。磷是構成 DNA 和細胞膜的骨幹，更是三磷酸腺苷(ATP)分子的重要組成，ATP 是細胞儲存能量的主要形式。人體平均含有 650 公克以上的磷，大部分都存在骨骼裡。 （六）磷礦的利用  圖片十（磷礦資源分布不均）			

1-1-3	目前磷在全球的流通量每年大概有 3700 萬公噸，地球有不少含磷的礦物，但有礦物碳酸鹽含量高，有些則是位置太深，並且含有鎘鉻砷鉛等汙染物或放射性元素，並不適合開發。磷礦的地理分布很集中，美國、中國、南非、摩洛哥、以及西撒哈拉地區總儲量佔世界的 83%。世界人口增加、開發中國家人民消耗肉品量增加，都消耗更多的磷，給土地帶來壓力。美國磷礦不夠本土使用，中國則不輸出，造成磷礦耗竭的危機。  現在社會的糧食生產和消耗是分開的，以目前的農業耕作方式而言，收成農作物時，同時移除了陸地上的磷，人類和動物的排泄物直接沖入下水道，不會做為肥料而回到土壤裡，因此打斷了磷的循環。另外，農業活動也加速土壤侵蝕，犁田和整地時會翻動土壤，讓深層土壤暴露在空氣裡，使更多的磷被逕流帶走。防洪措施也會打斷磷的循環，阻撓河川將磷的沖積物帶到下游讓生態系取用。最後磷都是以沖刷的方式直接進入海洋，造成藻類和藍綠藻大量繁殖，它們死後沉到水底，分解並消耗氧氣，其他生物能用的氧氣就不夠了，形成死區，讓漁業耗竭。 台灣海洋國家公園管理處東沙管理站人員，在國立自然科學博物館宮守業研究員指導下，在島上發現乙塊鳥糞石，見證十九世紀前東沙島海鳥成群棲息的過往歲月。			
1-3-1 1-3-2 3-2-1				

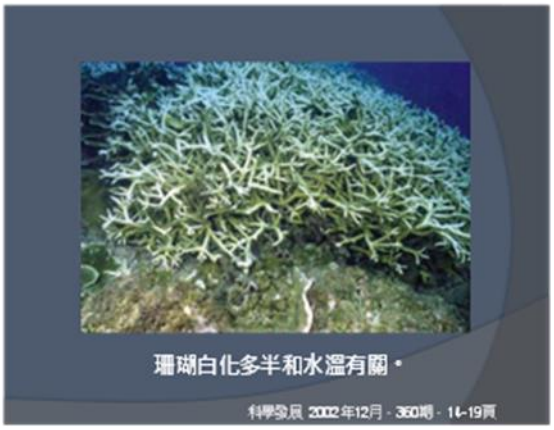
1-2-4	 圖片十一（東沙島鳥糞石重見天日） 圖片來源：台灣新生報，2011/06/19 鳥糞石通常產於低緯度的海島，主要為海鳥所產生的大量糞便與未被消化的魚骨等食餘，經過極長期的累積所形成，因含有豐富的磷，為製作磷肥的良好原料，具有經濟價值，台灣包括棉花嶼、貓嶼、草嶼、太平島與東沙島這幾個曾經盛產鳥糞石的島嶼，在日據時期就已被開發殆盡。此次重見天日的鳥糞石，見證了東沙島曾經是海鳥的天堂，歷經人為破壞及干擾後，近年來島上雖已無白腹鰹鳥的發現紀錄，但仍是遷移性鳥類極佳的中途休息站，如何將東沙經營成永續的生態島嶼，仍是該處未來努力的目標。			
1-3-3 2-2-2 2-3-2 3-1-1 3-3-1	三、綜合活動 (一)教師綜合歸納本單元之重點 (二)基礎生產力與人類的關係 (三)了解磷礦平衡破壞現狀 (四)探討永續利用方式 (五)分發學習單，各組完成並評量	30 分鐘	投影機、布幕、電腦、自編投影片、自編講義、學習單	上課態度、分組報告、學習單評量

貳、教學簡報檔

1

2

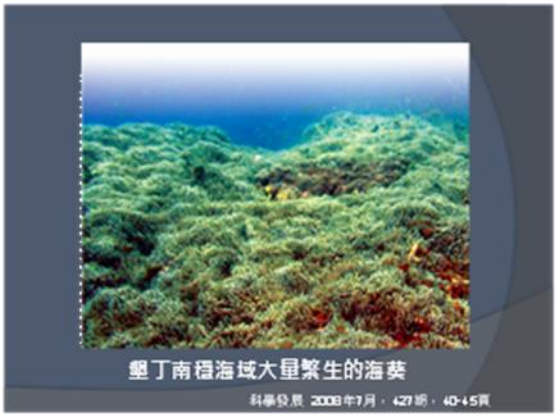
3



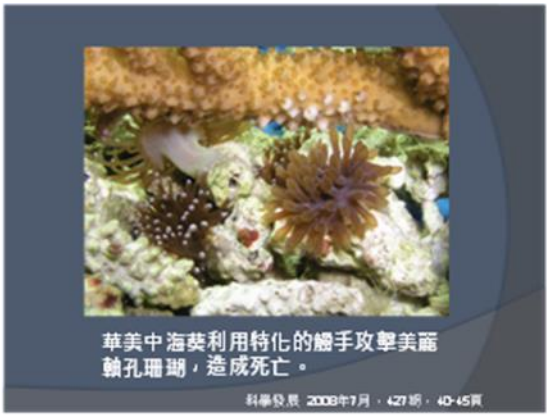
4

5

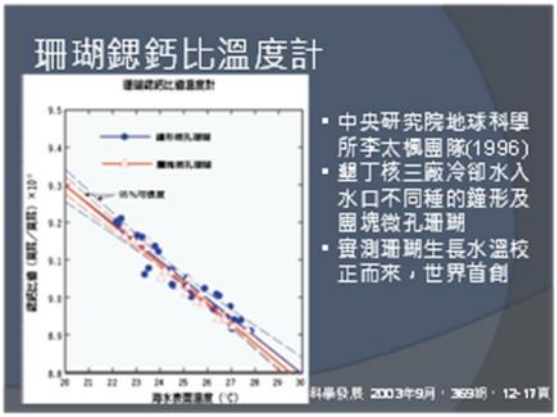
6



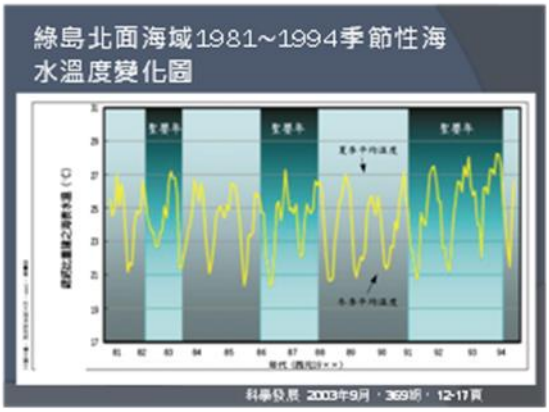
7



8



9



10

11

墾丁珊瑚礁面臨的困境

- 汙水過量→優養化→氮氮營養鹽過量→海滿海葵大量生長→啃食珊瑚
- 過度漁撈→生態系平衡被破壞

12

海洋中的營養鹽

- 所佔比例：0.01%
- 海洋生物生長所必須
- 硝酸鹽、磷酸鹽→光合作用原料
- 矽酸鹽→矽藻細胞壁

浮游植物生長限制因子

13

硝酸鹽

- 濃度隨高度變化：
  - ★ 海水表層，植物多 →濃度低
  - ★ 500~1000公尺，浮游植物活動弱、屍體分解 →濃度高
- 濃度隨季節變化：
  春夏低，冬季高

14

磷酸鹽

- 濃度隨季節與高度變化，類似硝酸鹽
- 整體濃度遠低於硝酸鹽

浮游植物主要生長限制因子

15

海水表層氮、磷補充來源

- 河水中有機物腐解
- 人類廢棄物
- 地下水溶解岩石

16

海洋基礎生產力

- 浮游植物透過光合作用，把無機二氧化碳固定為有機物的碳水化合物，有機物的量稱為基礎生產力
- 穿透水層光線強弱、營養鹽濃度均會影響生產力
- 高緯度→夏季生產力高
  中緯度→春秋兩季生產力高
  低緯度→波動不大
- 沿岸淺海生產力高、寬闊海域生產力低
- 藉此尋找潛在漁場

17

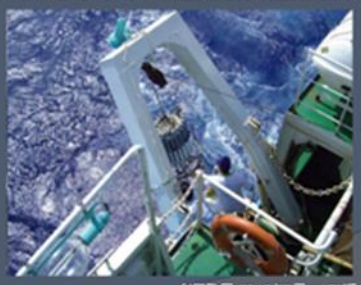
水試一號試驗船

我國設備最完善的多功能漁業研究船

科學發展 2010年8月，452期，6-13頁

18

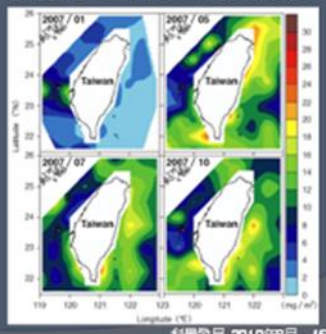
把輪盤式採水器投放至海中進行分層採水與即時溫度及鹽度探測



科學發展 2010年8月 - 452期 - 6-13頁

19

台灣周邊海域的葉綠素濃度分布圖



科學發展 2010年8月 - 452期 - 6-13頁

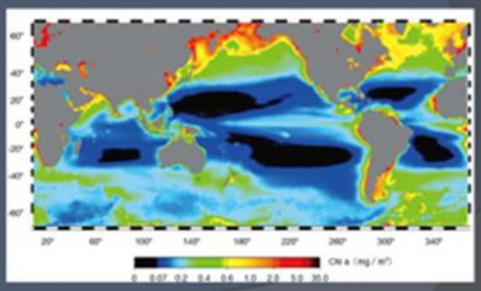
20

基礎生產力與人類

- 優養化：赤潮、呼吸作用增加、植物死亡分解耗氧
- 全球暖化：海水分層加劇、營養鹽無對流
- 亞熱帶環流產生「荒漠地區」，9年內擴展了15%，比5個美國還大

21

全球浮游植物葉綠素含量



科學發展 2010年8月 - 452期 - 6-13頁

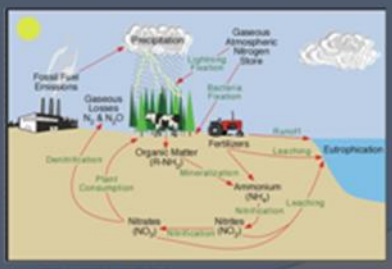
22

自然界的氮循環示意圖

科學發展 2004年9月 - 381期 - 60-63頁

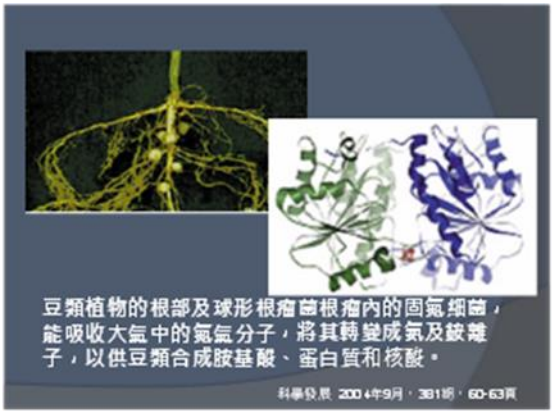
23

大自然的巧手，由氮氣生成含氮化合物

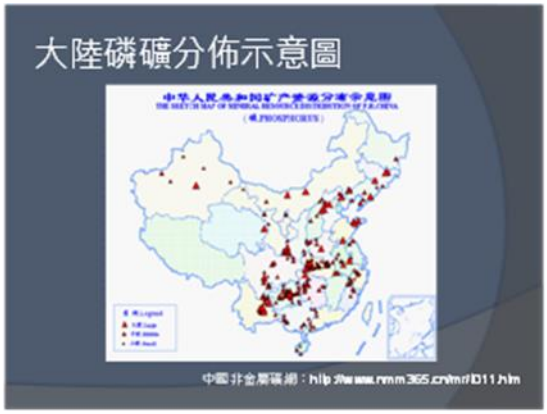


行政院國家科學委員會：
http://web1.nsc.gov.tw/ip.aspx?cid=439&sitem=8098&mp=1

24

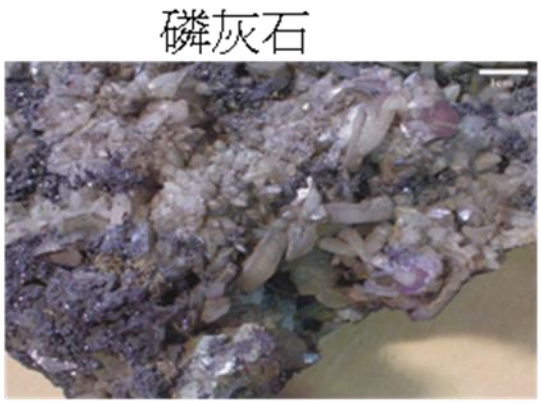


25



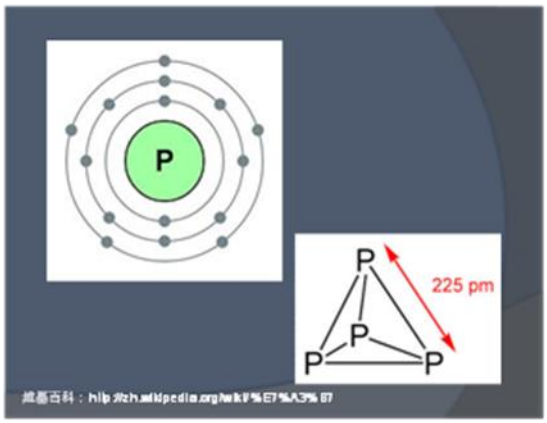
26

27

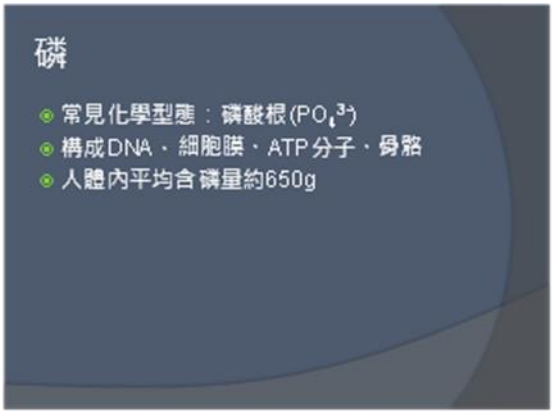


28

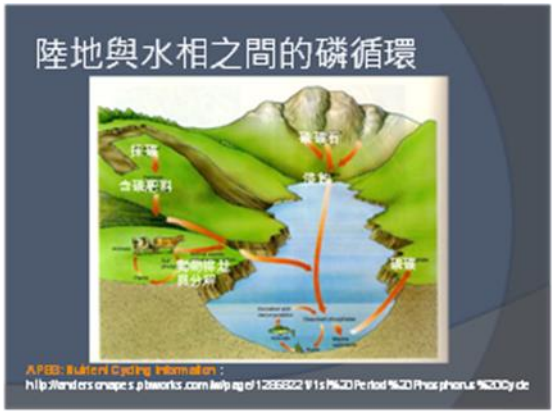
29



30

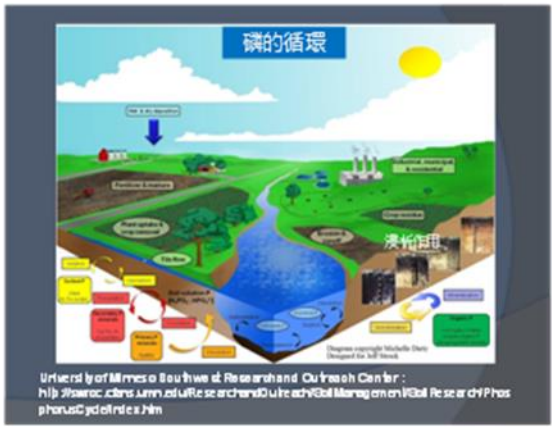


31



32

33



34

35

36

磷的循環被打斷

阻絕

- 收成農作物，養分回不去了
- 犁田和整地，逕流帶走磷
- 防洪設施，攔住磷的流動

大量放流

- 透過下水道、土壤侵蝕→大量磷流失至海水中→優養化→死區

磷只被用了一次，就捨棄了

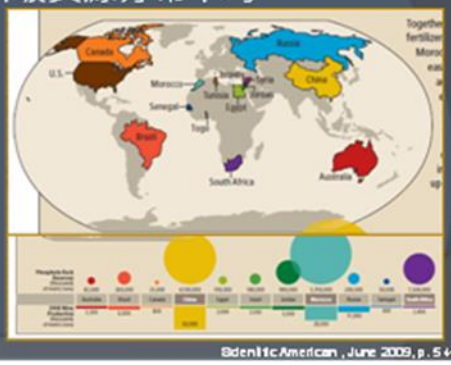
37

磷礦浩劫

- 磷礦含碳酸鹽，純化不易
- 磷礦位置太深
- 磷礦伴隨鎘、鉻、砷、鉛、鈾

38

磷礦資源分布不均



Scientific American, June 2009, p. 54-59

39

施肥

行政院農業委員會：http://flora.coa.gov.tw/view.php?id=183

40

環團：大陸磷肥業製造億噸有害物

中央廣播電台：
http://news.rtlong.tw/index_newsContent.aspx?nid=415365

41

東沙島鳥糞石重見天日

台灣新生報2011.06.19
http://blog.easytravel.com.tw/ReplyStory.php?user=tsis_1556&id=700458&cateID=2119

42

43

分組討論

- 請根據上課內容，舉出三項目前台灣沿岸珊瑚礁系統所面臨的問題。
- 請分析海洋資源中，較容易因為人類活動而受到干擾的部分。
- 請說明礦產資源無法維持平衡的主要原因。
- 請就漁業、農業、工業三方面進行討論，提出可行的解決方式。
- 請舉出生活中可以進行的策略。

44

參、學生學習單

從珊瑚礁生態系看海洋營養鹽變遷

活動學習單

班級_____

組別_____

成員姓名_____、成員姓名_____、成員姓名_____

成員姓名_____、成員姓名_____、成員姓名_____

1. 請根據上課內容，舉出三項目前台灣沿岸珊瑚礁系統所面臨的問題。

2. 請分析海洋資源中，較容易因為人類活動而受到干擾的部分。

3. 請說明磷礦資源無法維持平衡的主要原因。

4. 請就漁業、農業、工業三方面進行討論，提出可行的解決方式。

5. 請舉出生活中可以進行的策略。

肆、學習評量

一、學生學習自評表

經過 2 節課的學習後，請同學一面回想上課內容，並自我評量自己是否具備下列能力。請在每項能力後圈選出符合的學習程度。

班級：　　座號：　　姓名：　　授課教師：

自評項目	極同意	同意	普通	不同意	極不同意
我能瞭解台灣海岸的珊瑚礁生態風貌					
我能了解珊瑚礁對生態的重要性和應用價值					
我能了解台灣研究團隊對珊瑚礁所做的探尋與結論					
我能瞭解維持海洋生物系統平衡的各項因素					
我能瞭解人類行為所排放之汙染物種類					
我能瞭解海洋成分中合成有機物的基本原料					
我能連結氮與磷的元素特性和其在自然界中的角色					
我知道氮與磷在生活中的應用方式					
我能瞭解磷礦在全球的分布與流動					
我能瞭解磷礦的保存與利用					
我能瞭解台灣磷礦現貌					
我能瞭解陸地磷礦削減的原因					
我能瞭解人類含磷汙染物的來源					
我能關懷對人類行為與海洋環境間的交互關係					
我能欣賞台灣海岸風貌，喜愛居住的土地					
我能體會化學元素之應用價值及濫用之嚴重性					
我體會磷資源的重要性而能主動提出解決方法					
我能體會維持海洋營養鹽的平衡與生活方式息息相關					
我能主動關心資源回收土地開發等議題，落實環境永續發展					
我能在分析珊瑚礁的生存條件之後，找出解決危機的辦法					
我能連結氮磷營養鹽與生活習慣間的關係，並改善習慣。					
我能採取最友善環境的生活方式					
我能與同學組成團隊，進行討論，並清楚表達團隊想法					

二、教師檢核能力指標達成狀況表

自評項目	極同意	同意	普通	不同意	極不同意
學生能瞭解台灣海岸的自然生態風貌					
學生能瞭解人類行為所排放之汙染物種類					
學生能瞭解海洋成分中合成有機物的基本原料					
學生能瞭解磷礦在全球的分布與流動					
學生能瞭解台灣磷礦資源的開發潛力					
學生能瞭解陸地磷礦削減的原因					
學生能瞭解人類含磷汙染物的來源					
學生能關懷對人類行為與自然環境間的交互關係					
學生學會欣賞台灣海岸風貌以增進對居住土地的喜愛					
學生能體會氮與磷的化學元素應用價值及濫用嚴重性					
學生透過瞭解磷資源的重要性而能主動提出解決方法					
學生能體會維持海洋營養鹽的平衡與生活方式息息相關					
學生能主動關心資源回收土地開發等議題，落實環境永續發展					
學生能分析珊瑚礁的生存條件並找出解決危機的辦法					
學生能培養良好的生活習慣，維護海洋環境的平衡					
學生能團隊合作，進行分組討論，並清楚表達主張的理由					
學生能利用圖書館及網路資源蒐集資料					
學生能傾聽同儕的報告與建議，改進自己的想法或提出意見					
學生能審慎思考教師提問並踴躍回答					

三、教師教學省思

1.本教案運用兩節課時間，提供目前海洋營養鹽的分布現況，包含自然界循環原理以及人類近年來對營養鹽分布的影響，由於發展時間有限，無法詳敘各個面向，需請學生於本課程進行前自行複習先備課程，熟悉內容，以便在分組討論時間內提出可行而實際的解決辦法。

2.學習單提問問題從兩個層面出發：先是討論農業、工業、漁業上可行的解決辦法，本題根據學生對上課內容以及國際社會議題的了解程度來回答，可以顯示其國際觀以及平時是否關心周遭環境的變遷情況；第二題則從學生生活出發，思考自身可以做到的貢獻，提出具體的作法，經過和同儕討論之後，日後在班級生活公約中增列或也可以在家裡和家人共同執行。

3. 初次嘗試結合海洋與化學教材，教材內容若有不足，或是教案設計有考慮不周全之處，請指正。

伍、教學活動照片

慈珊老師教學情形（1）

慈珊老師教學情形（2）

慈珊老師教學情形（3）

學生書寫學習單（1）

學生書寫學習單（2）

學生書寫學習單（3）

陸、教學補充資料

一、補充資料

1. 磷的回收

由於目前磷的回收的成本仍較磷礦開採要高得多，且磷的回收產品的經濟價值不具有競爭性，因此磷的回收產業發展緩慢。如果能將污水除磷和磷回收結合起來，磷的回收可以減少排入水環境中的磷濃度，減輕水質優養化；並且使回收的磷產品有一定經濟效益，不僅有望降低污水處理的成本，而且實現磷資源的永續利用。

磷回收的品質及再利用產品開發是污水磷回收計劃成功的關鍵，目前仍存在需要克服的技術問題：

(1) 提昇磷回收品質的技術

污水磷回收的實質是將水中的磷固定下來，使其與污水分離，轉化成類似磷礦石的產物，可以用於磷酸鹽工業或用作農肥。儘管污水磷回收的原理並不複雜，但由於污水成分複雜，共存干擾組分，尤其是碳酸根、有機酸等組分能夠與磷酸根離子（PO_4^{3-}）競爭鈣、鎂離子，再加上老舊的排水管會滲出鉛和其它有毒金屬的問題，都是污水磷回收技術面臨的問題。

(2) 開發磷回收產品的利用價值

磷酸鈣（Calcium Phosphate，$Ca_3(PO_4)_2$）、鳥糞石（ammonium magnesium phosphate，$Mg(NH_4)PO_4 \cdot 6H_2O$）等是目前磷回收的產品形式。目前回收的磷酸鈣可以作為磷礦石的替代產品，用於磷酸鹽工業生產的原料；而回收的磷酸銨鎂可以作為磷肥的替代產品，用於農業生產。

2. 改進磷資源的循環

以下提出策略數種以供參考：

(1) 淘汰含鉛管路

老舊的自來水管會滲出鉛和其他有毒金屬，所以都市的廢水和垃圾不適用的來製造肥料。慢慢汰換這些水管，可以幫助回收廢棄物和廢棄物裡的磷。

(2)尋找新來源

磷礦一旦變少，價格上揚會刺激採礦公司開發新礦藏，並研發更便宜的新方法還萃取礦物。

(3)垃圾回收

人類飲食中的磷通常由垃圾處理回收，最後進入掩埋場。垃圾回收處理能讓磷、氮和其他重要肥料成分再回到土地中。

(4)減少侵蝕

不犁田農業等衝擊比較小的技術，可以降低土壤侵蝕，下次耕種時，植物能使用的磷就比較多。科學家也能協助農夫有效利用肥料，提高農作的利用率，減少排水流失的磷。

(5)整合農業

回收動物廢棄物(包括富含磷的骨骼)，和植物不可食用的部分，作為廢料的主要原料。

二、參考資料

（一）參考文獻

朱偉正（2004）。**由氮氣生成含氮化合物**。科學發展，381 期，60-63 頁

宋克義(2002)。**不會老化的動物－珊瑚**。科學發展，2002 年 12 月，360 期，14-19 頁

沈川洲（2003）。**珊瑚—記錄大自然的光碟片**。科學發展，369 期，12-17 頁

何哲欣（2008）。**保護珊瑚礁生態 重現繽紛海世界。**科學發展，421 期，76-77 頁

李仁傑(2011）。**台灣肥料產業的回顧與展望。**科學發展，457期，84-87頁

林幸助（2008）。**墾丁珊瑚礁生態系劣化**。科學發展，427 期，40-45 頁

陳郁凱等人（2010）。**滄海良田—海洋營養鹽與基礎生產力。**科學發展，452期，6-13頁

葉家棟（2012）。**永續發展議題—磷礦耗竭及水質優養化問題解決策略的分析**。國家教育研究院電子報第 26 期

維卡利（2009）。**磷礦浩劫的危機**。科學人，2009 年 07 月，98-103 頁

鄭明修(2002)。**消失中的珊瑚礁貝類**。科學發展，2002 年 12 月，360 期，27-29 頁

（二）相關網站

三星綺香園開心農場日誌。網站：
http://c730.pixnet.net/blog/post/89500415-514

中央廣播電台。網站：
http://news.rti.org.tw/index_newsContent.aspx?nid=415385

生活新報新聞中心。網站：
http://www.shxb.net/html/20100323/20100323_232393.shtml

行政院國家科學委員會。網站：
http://webl.nsc.gov.tw/fp.aspx?ctNode=439&xItem=8098&mp=1

行政園農業委員會。網站：
http://flora.coa.gov.tw/view.php?id=183

台灣大百科全書。網站：
http://taiwanpedia.culture.tw/web/content?ID=9366

台灣新生報 2011.06.19。網站：
http://blog.easytravel.com.tw/ReplyDiary.php?user=isis_159&id=70045&CateID=2119

彰化埔心鄉農會。網站：
http://www.psfa.url.tw/pro_list.php?bid=10

彰化縣環境保護局。網站：
http://www.chepb.gov.tw/ch/02business/bus_01.asp?bull_id=2452

維基百科。網站：
http://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A3%B7

維基百科。網站：

http://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A3%B7
APES: Nutrient Cycling Information。網站：
http://andersonapes.pbworks.com/w/page/12868221/1st%20Period%20Phosphorus%20Cycle
Science minus details。網站：
http://www.scienceminusdetails.com/2011/10/why-pee-is-cool-entry-6-pee-our.html
University of Minneso Southwest Researchand Outreach Center。網址：
http://swroc.cfans.umn.edu/ResearchandOutreach/SoilManagement/SoilResearch/PhosphorusCycle/index.htm