

教育部委辦高級中學數學及自然科學 課程改進計畫

各科試用教材摘介(四)

本中心

本中心接受教育部委辦國中、高中、技職學校數學及自然科學課程改進計畫，邀請國內各大學教授一百二十多位、中學教師四十多位，在教育部科學教育指導委員會主任委員吳大猷先生及各位指導委員、暨諮詢委員指導下，進行編寫各有關課程之教科書、教學指引、實驗手冊、實驗活動本等試用教材。

數年來，各分項計畫分別依原定時間編寫完成有關教材，並順利地在教育部及廳局指定之學校進行試教。茲以本中心編印之試用教材，將提供教育部做為將來修訂各有關學校科學課程之參考，而科學教育事關國家大計與萬千學子之修習發展，為求集思廣益，乃請各計畫編輯小組，就所編各科試用教材教科書中各擷取一章，藉本中心發行之科學教育月刊逐期分科摘介，提請教育界先進及同仁就其內容及編寫方式惠予指教，以做為修訂之參考。

本期刊登之內容，係高一基礎生物之一章。

基礎生物

第六章 人類與自然界的平衡

人類與生物圈內所有其他的生物一樣，都是生態系中物質與能量轉移系統的一部分。人類不能單獨生存，必須在環境中各種物質與其他生物的交互作用中求生存。但人類在生物圈中的地位，比起其他任何生物，顯然很特殊。由於其高超拔羣的智力與生存能力，人類能克服環境，改造環境以充實其生活，使族羣繁榮，人口大增。但地球還是個有限的環境，不容許人類毫無節制的發展。

第一節 人口生長的歷史與問題

關於早期人類的人口，並沒有確實的直接資料，但仍可由當時各種有關情況來推算。例如，一萬年前的人口，有許多證據顯示當時的人類還過著遊獵生活，再由現世遊獵民族在其居住及活動範圍內的人口密度來推算，可估計一萬年前的地球上人口大約是五百萬人。

為研究人口問題，通常以「倍增年數(doubling time)」來表示其增加速率。人口學家估計，十七世紀開始有正式的人口統計資料之前，人口要一千五百年才增加一倍，但從十七世紀以後，人口只要二百年就加倍(從五億增加為十億)，據估計本世紀末全世界人口不到四十五年就要加倍了。(表6-1)

表 6-1

年 份	估計全地球上人口 (萬人)	人口倍增所需年數
西元前 8,000 年	500	1,500 年
西元 1,650	50,000 (5 億)	200 年
1,850	100,000 (10 億)	80 年
1,930	200,000 (20 億)	45 年
1,975	400,000 (40 億)	

人口生長的歷史可以說就是人類族羣死亡率改變的歷程，可分為三個階段來說明：

本來原始人類與其他動物一樣，受天擇律的支配，在平衡的生態系中保持其穩定的族羣。大約一百萬年前，人類開始建立其特殊的文化以後，在生物世界生存競爭中脫穎而出。使人類成為地球上適應性最強的族羣。這是地球上人口第一次躍進，人類史家稱為文明革命或大腦革命 (cultural revolution or brain revolution)；約一萬年前，人類建立農業社會，進一步克服其環境，更加穩定其生活，死亡率更降低。這是第二次人口發展，稱為農業革命 (agricultural revolution)；直到二百多年前，人類科技 (包括醫術) 神速的發達，將死亡率壓到最低限度，這就是人口第三次躍進，稱為工業—醫術革命 (industrial-medical revolution)。(如圖 6-1)

過去的人類，尤其嬰孩與幼兒的死亡率都很高，天災人禍，尤其瘟疫大大地抑制人口的過度增值。自從巴斯德與柯霍發現細菌，再由於免疫學的進步、抗生素的發現以及公共衛生事業的進步，人類先後克服了許多瘟疫，例如天花、霍亂、黃熱病、瘧疾、傷寒、白喉及肺結核等，大幅度降低死亡率。

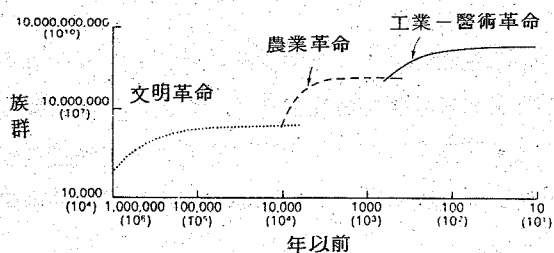


圖 6-1 人口生長歷史的三階段
(請注意這是全對數表)

錫蘭 (Ceylon , 現在的斯里蘭卡) 在西元 1945 年以前的死亡率都在千分之二十二以上，甚至千分之三十五。但在第二次世界大戰之後，1946 年引進大量 DDT 全面撲滅蚊蟲之後，以前威脅人民生命最大的瘧疾很快地受到控制，死亡率大幅度降低至千分之八 (西元 1969 年)。墨西哥 (Mexico) 也有類似的情形。但死亡率降低之後，出生率並沒有相對降低，使這些國家的人口有爆炸性的發展。有些國家，例如瑞典 (Sweden) 則在死亡率降低時，能及時降低出生率，並沒有產生太大的人口壓

力。(圖 6-2)

本世紀初，我國臺灣地區的人口只有三百二十萬，民國三十年增至六百二十五萬，民國五十三年時達一千二百萬，民國六十九年已超過一千七百萬，短短七十年之間，已增加達五倍以上。這固然可以說是經濟繁榮民生樂利之景象，但人口增加過速，對生活水準是個很大的威脅，因為經濟發展，必須超過人口增加速率，始能保持生活水準。

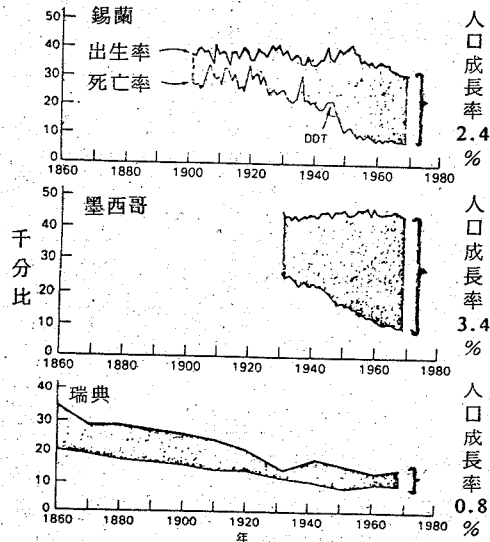


圖 6-2 三個國家人口出生率
死亡率及人口成長率之比較

第二節 糧食資源的開發

美國的遺傳學家依斯 (E.M. East)、許爾 (C.H. Shull) 及瓊斯 (D.F. Jones) 等應用遺傳學的原理，培育高產量高品質的玉米新品種，為美國農業史上帶來 1940 年代著名的「Corn yield “take off”」(玉米產量起飛之意)，使單位面積產量大為增加而造福人羣。

在 1960 年代所謂的「綠色革命 (green revolution)」對人類糧食問題貢獻更大。在印度等開發中國家，運用科技大大提高農地生產量，其內容包括：

- (1) 育種：運用遺傳學的原理，培育高產量高品質的種苗。
- (2) 灌溉：發揮水利工程技術，大幅度改善農地生產條件。
- (3) 肥料：由於化學工程的發展，大量生產廉價而高效力的肥料。
- (4) 管理：實行農地重劃、機械化耕作，以及企業化經營制度，提高生產的效率。

但是，如果人口還繼續增加，這些農作物生產量是否能配合？地球上可耕作的土地究竟還有多少？地球表面上除了海洋以外，陸地上還有極地、高山、沙漠等很多不能生產糧食的地區。

表 6-2 地球各大洲人口與耕地

洲 名	人 口 (1965 年為準) (單位=億人)	面積(億公頃)			每一人可分配耕地面積(公頃)	可耕地中已耕率(%)
		總面積	可耕地	已耕地		
非 洲	3.1	30.2	7.3	1.6	0.5	22
亞 洲*	18.55	27.4	6.3	5.2	0.3	83
澳 洲 與 紐 西 蘭	0.14	8.2	1.5	0.2	1.2	2
歐 洲*	4.45	4.8	1.7	1.5	0.4	88
北 美 洲	2.25	21.1	4.7	2.4	0.9	51
南 美 洲	1.97	17.5	6.8	0.8	0.4	11
蘇 俄	2.34	22.3	3.6	2.3	0.9	64
合 計	33.10	131.5	31.9	13.9	0.4	44

* 不包含蘇俄

表 6—2 的資料顯示：世界上可耕作之地，以非洲、亞洲、南美洲為最大；在人口最多的亞洲與歐洲，凡可耕作之地，分別已開發 83% 與 88%；這二大洲人口中每人可分配之耕地面積也最小，只有 0.3% 與 0.4%；在澳洲、紐西蘭，其已耕地只有 2%，蘇俄土地很大，可耕地卻不多。

由此表看來，除亞洲及歐洲之外，其他各大洲似乎還有相當大比率的可耕作之地等待著人類去開發生產糧食。可是本資料來源卻另有說明：本表中所謂「可耕地」，係指「以現代科技可開墾耕作之地」。問題是，技術上可耕作之地，在經濟上不一定是能耕作之地。例如，亞洲大部分可耕地，除非有人工的灌溉，否則都不能支持一年中僅四個月的農作物生長期。此外凡處女地的開發，都要經過整地、除石、排水、灌溉、土壤改良等農業工程之外，還要有如產業道路、輸電、農舍及倉庫等附帶工程以及勞力問題。凡開發條件差的土地，其耕作成本可能大大超過其生產量，所以技術上可耕作之地，並不見得都有開發的價值或可能性。事實上，人類除了耕地以外，還要相當大的土地，做為居住活動育樂之需。

農業基本的資源為土壤。土壤不僅可生產食物，也可生產纖維（木棉）、紙張及木材（森林）。森林不僅為人類供應建築材料或文具，對於生態系的均衡有極其重要的地位。森林能保存山泉、保育土壤，也滋養許多動植物，對人類來說，森林能防止山洪，保護水庫並延長水庫的壽命。

森林、丘陵，甚至沙漠，雖不能做為農地以生產糧食，但那是一種空間資源。人口愈大，耕地、城市、公路也愈多，這些空間資源愈顯得寶貴。

陸地上的資源是有限的，那麼海洋的資源又如何？茫茫大海似乎藏著取不盡的食物。的確，海洋為人類供應大量高品質的食物。但事實上正如海洋學家李渣（J.H. Ryther）所說：遠洋區（open ocean）雖占整個海洋的 90%，達地球表面的四分之三，但那簡直就是「生物學上的沙漠」，這些海域中所能生產的魚類實在太少。雖然遠洋海域的海水上層，有足夠的陽光供生物行光合作用，但因

海水中缺乏合成蛋白質所需之硝酸鹽類以及其他有機養料等，所以浮游生物很少。浮游生物是生產者，生產者少的地方，就沒有很大的消費者族羣，遠洋海域的生產力（productivity）確實比一般人所想像的低。

海洋中，生產力較大的海域為「沿岸海域」及「湧流區，或稱湧升流區」。因為這些海域有陸地上沖下來的許多有機養料。可惜這些生產力較高的海域，一共只占海洋的10%（表6-3）。最近許多國家紛紛宣布擴大其「經濟海域」，更表示各國珍視自己海洋資源的重要性。

表 6-3 三海域生產力之比較

海 域	占海洋面積 (%)	面 積 (平方公里)	平均生 產量比	魚獲年產量 (公噸)
遠洋(open ocean)	90	326,000,000	50	160,000
沿岸(coastal zone)	9.9	36,000,000	100	120,000,000
沿岸湧流區(coastal up-welling area)	0.1	360,000	300	120,000,000
每年魚類總產量				240,160,000
可支持漁獲量				100,000,000

第三節 農漁業與生態系

殺蟲劑與農藥

「綠色革命」確實改善世界許多地區的生活。但對生態系也產生重大的衝擊。為提高單位面積產

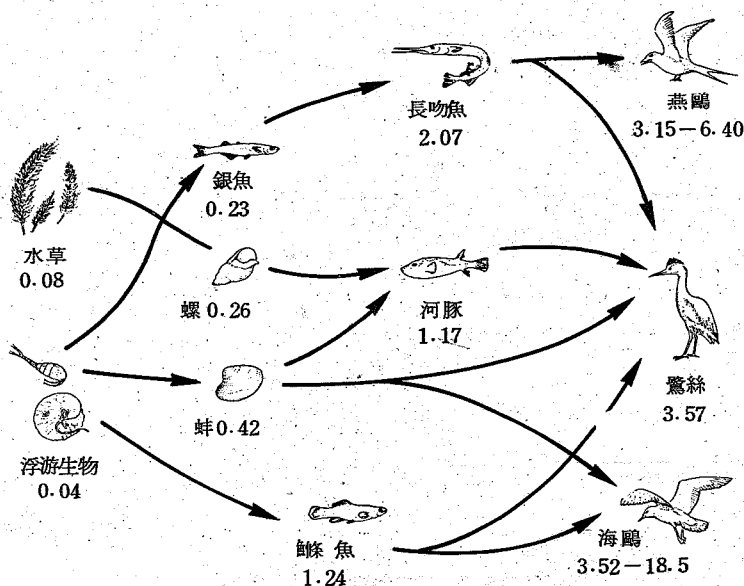


圖 6-3 美國長島沼澤區食物網的一部分。圖中數字表示體內 DDT 濃度，(單位 = ppm)。

量，農地必須下很重的肥料，以及大量的殺蟲劑。不幸的是，有些殺蟲劑，尤其 DDT 是非常穩定的化合物。DDT 在動物體內脂肪裏貯存，在生態系中層層移轉。由於 DDT 不為生物體內任何酵素所分解，其毒性久久不消，愈積愈多。（見圖 6-3）

美國生物學家伍德維爾（Woodwell）和他的同事們，曾在長島（Long Island）的沼澤區做過調查。原來地方政府為撲滅蚊蟲，曾在這一帶連續噴灑過二十年的 DDT，據調查這一地區泥土的上表層，每公畝竟含有 1.454 公斤的 DDT，結果嚴重影響到整個沼澤生態系，包括許多吃魚的鳥類。其中禿鷹已到面臨絕種邊緣，其他如旅隼、雀鷹、褐塘鵝及海燕等均在體內積下大量的 DDT。牠們的坐巢性變得很奇怪，所生的卵都在孵化之前就破掉。經檢查發現卵殼都變薄了。（圖 6-4）

自從開始噴灑 DDT 之後卵殼變薄，使親鳥在坐巢時壓破卵，結果使孵化率幾乎等於零，也就是說 DDT 降低了這些鳥的出生率。

臺灣的白鷺也曾遭遇到同樣的災害，DDT 和其他殺蟲劑污染水田，白鷺吃水中的小動物，結果也生薄殼的卵，出生率大大減低。

鳥類不是惟一的受害者，美國密西根湖的鮭魚也生含 DDT 的卵，在 1968 年的調查顯示約有七十萬條幼魚因而夭折。

目前世界上大部分的國家已禁止生產與使用 DDT。為什麼這個綠色革命的「功臣」DDT 要被禁用？相信大家部明白。為維護生態系的平衡，並保持綠色革命的成果，應研究發展對生態系為害最小的殺蟲劑，更需要有節制的使用其量與技術。

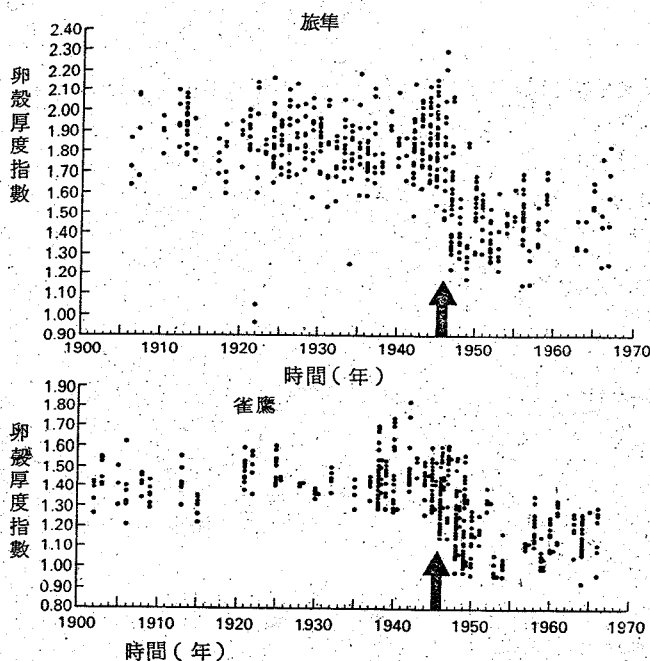


圖 6-4 美國旅隼及雀鷹卵殼厚度的變化。
圖中箭頭表示開始噴射 DDT 的時間。

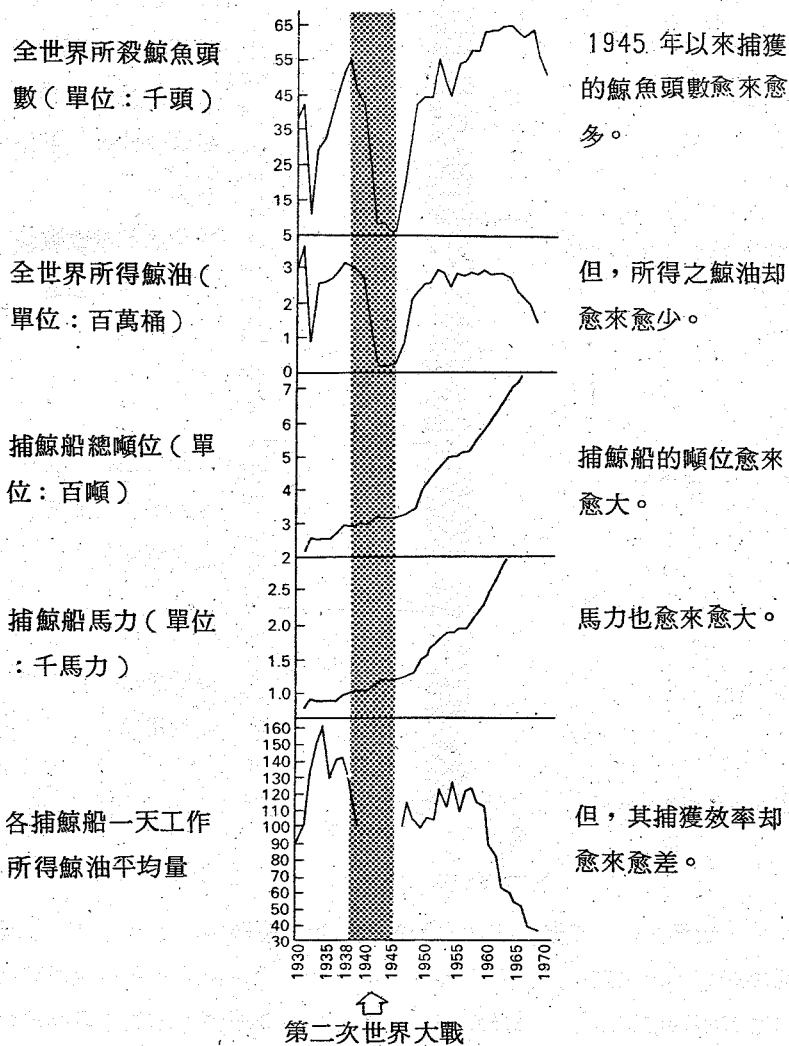


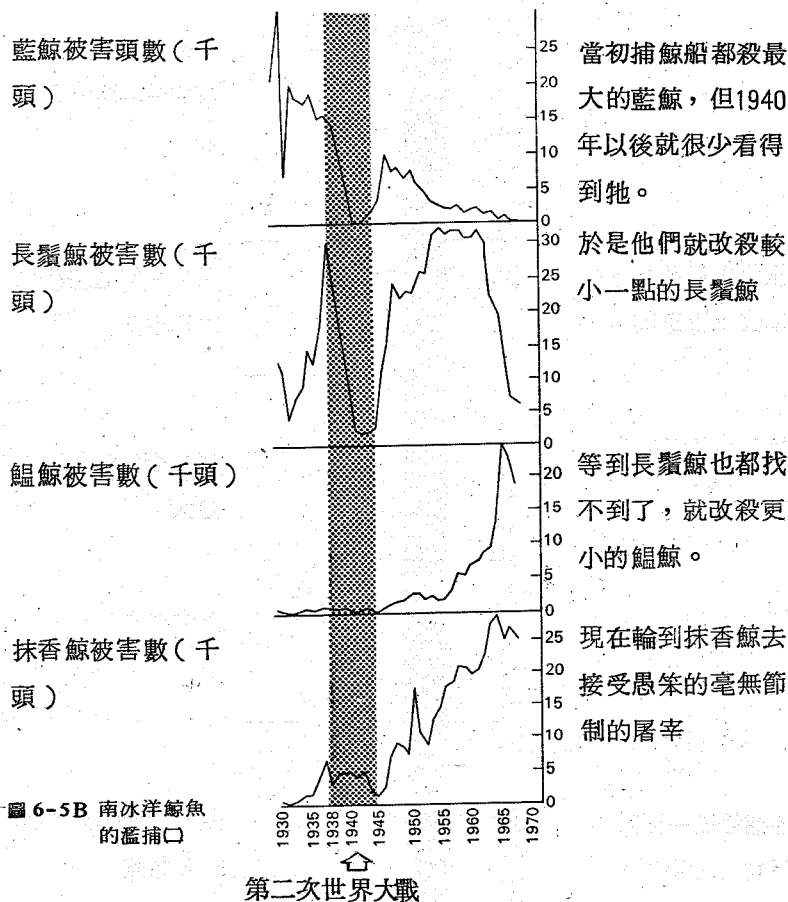
圖 6-5 A 南冰洋鯨魚的濫捕(-)

過度開發問題

盡管人類海洋漁業的裝備與技術愈來愈進步,這些海洋所蘊藏的海產物,是否可任意開發?下面是關於捕鯨業的故事:

1933年間,人類共捕獲近三萬條鯨魚,生產二百六十萬桶鯨油。三十年之後,1966年共捕殺五萬八百條鯨魚,幾達三十年前的二倍,但只提出不到一百六十萬桶的鯨油,只得三十年前的60%。為什麼?圖6-5可說明其理由。

自從第二次大戰之後,有十七個捕鯨國共同建立「國際捕鯨公會」(International Whaling Commission, 簡稱IWC),為了約束各國不濫捕鯨魚,以防止這種目前地球上最大哺乳動物的絕滅,其用意良可。但事實上IWC的會員並不聽從生態學家的警告,自行提高捕獲量,各國幾乎競相濫捕的情形下,最大的藍鯨(blue whale)幾已達絕滅邊緣,其他各種較小型的鯨魚也愈來愈少了。



關於鯨魚的濫捕，我們覺得很遺憾，既然有公會的組織，應該能夠尊重專家的意見，為保存其永久的捕鯨前途而互相約束，可惜結果還是各自為政，各會員國都只顧眼前利益反而將要失去其寶貴的資源。以目前人口增加率日增情形下，鯨魚應該是難得的蛋白質來源，這類「殺雞取卵」式的濫捕，實在太遺憾。

鯨魚的故事，只是個例子，除鯨魚之外，還有鮪、鮭魚、沙丁魚等海洋最主要的經濟動物也需要慎重的開發計畫，否則人類將會失去更多蛋白質來源。

第四節 野生動物保育

人類過去對於自然資源之糟蹋與浪費，真是一個荒唐愚昧的記錄，例如北美屠殺野牛，南非獵捕犀牛，日、俄等國濫捕鯨類，以及千萬方哩的森林被砍伐，草原被割除，耕作不當而阡陌廢棄，……加之，近年來世界人口急遽增加，資源之供應，已經亮起了紅燈，如何珍惜並維護資源之持續供應，實為人類生態學上當務之急刻不容緩的事。

人類的生活，包括食、衣、住、行、育樂以及醫藥保健等，都直接或間接與其他的生物發生關係。近年來，雖然由於化學工業的發達，人工合成的物品一天天的增多，但是，仍有許多物品，人類還

是無法人工合成，或雖能合成却仍以天然生產方法為有效。例如細菌的發酵作用製造酒精，抗生素類藥品由真菌類所製造，蠶絲、棉花仍為最佳的衣料纖維者，都是著名的例證。

人類自有史以來，即賴擷取自然界的動物和植物為食料，稍後，更由於狩獵工具的進步，狩獵技術之更新，若干野生動物或因捕殺過甚，或因被人類驅出原有的生存空間，以致絕種或瀕陷絕種，前者如原來生存在東非模里斯島（Mauritius）的度度鳥（Dodo），後者為北美洲原產的吼鶴（Whooping crane），喇叭鵝（Trumpeter swan）、麝香牛（Muskox）以及北美鑰鹿（Key deer）都是（圖6-6）。北美所產的世界爺——一種參天巨樹，也幾乎被人類砍伐殆盡，後來由於美國政府制定法律保護之，始免於絕種。

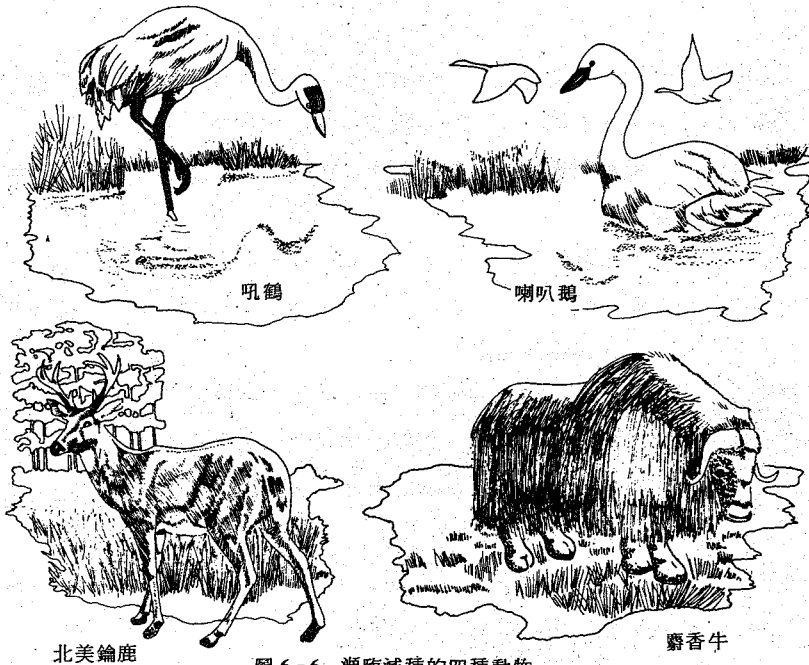


圖 6-6 瀕臨滅種的四種動物

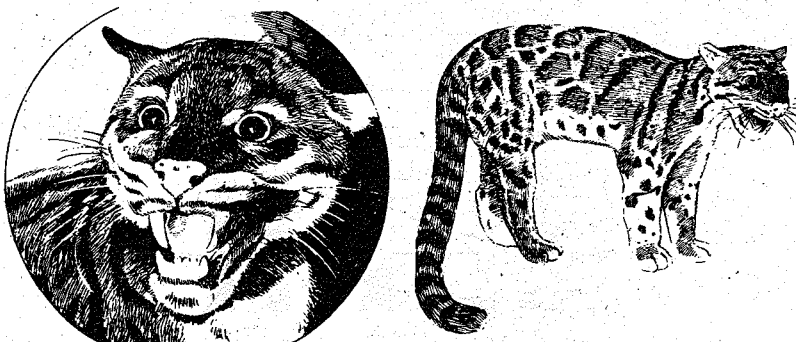


圖 6-7 恐已絕種的臺灣雲豹

臺灣地區大部份屬亞熱帶氣候，終年溫暖多雨，林木茂盛，山野間珍奇鳥獸極為豐富。但是由於獵人的濫捕殺害，以致許多鳥獸已面臨絕種的危機，譬如臺灣雲豹，（圖6-7）形狀像金錢豹，但體型較小，體側有雲狀的斑紋，很美麗的貓科動物。曾棲息本島東部及南部海拔一千公尺以上高山的森林中，這種臺灣惟一的大型貓科動物，恐已在最近二、三十年間絕滅了。又如臺灣特產的白頭飛鼠、帝雉、山雞、長鬚山羊等也因濫捕而面臨絕滅；連不久之前在山區到處可見的臺灣猴、梅花鹿也變得稀少難見。

野生生物的價值

近年，許多先進國家，都非常重視野生生物，而視為人類的主要資源，僅就野生動物而言，即具有下列八種價值：

一、經濟價值：野生動物，不管是活的、剝製的標本、加工品、或藥材，都是市面所需要者。

二、遊樂價值：可提供遊客在野外、或園中觀賞、狩獵或攝影。

三、醫藥價值：許多中藥藥材都採自野生動物，如以犀牛角、鹿茸、陵鯉之甲等；而且很多藥品多以野生動物做實驗的對象。

四、營養價值：許多野生動物的肉可供食用，鹿脯、熊掌自古傳為佳饌。

五、美學價值：野生動物、姿態美妙、體色絢麗，可以說天然的藝術傑作，歷史上許多有名的畫家、雕塑家，多熱於以野生動物為創作對象。

六、文化價值：野生動物與人類文化的關係，十分密切，在歐洲西南部——法國和西班牙——的岩洞中，就藏有史前人類的壁畫，記載當時人對於野生動物的印象，這顯示出人類文化的藏著，與野生動物之間已經產生關係。時至今日，一些落後的民族，例如臺灣省的山地同胞，紐西蘭的毛里族，在他們的文化中，仍留存大量與野生動物有關的記錄。

七、科學價值：野生動物可供人類作純粹科學的研究，例如生物演化的過程；亦可供作應用科學的實驗品，例如研究其族羣生態，藉以制定狩獵法規等。

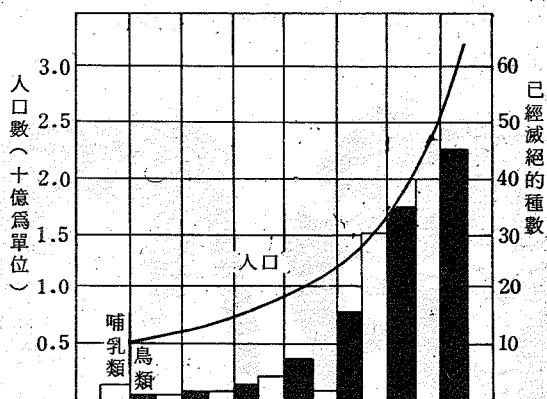


圖 6-8 人口愈來愈多，野生動物愈來愈少。
（白柱代表哺乳類，黑柱代表鳥類）

八、生態價值：生態學家認為地球上所有的生物，組成了一個龐大的生態體系，彼此息息相關，因此，野生動物同樣的亦具有生態上的價值。

平常，由於我們的疏忽，對於野生生物的價值，很少加以注意，其實這是完全錯誤的，生物學家告訴我們，每一種生物，都要經過千百萬年的演化、淘汰和適應，才能保存下來，作為今日生命世界的一員。可是，由於人類的過度捕殺，在短短不到二、三百年之中，已經有上百種的鳥類和哺乳類慘遭滅種的厄運，如此下去，我們將會變成生命世界的罪人，愧對子孫後代。

在此，應重新強調的一點是，地球上的生態體系，其破壞甚易，重新建立則甚為困難，上述鳥類、哺乳類之滅絕，亦即意謂著生態體系之趨向於傾覆。人類為生態系之一員，若不面對現實急起設法挽救，則下一個毀滅者，可能就是人類自己。

野生生物實為人類的寶貴資源，應當妥善加以保育，以供其發揮最大效益，並能綿衍繁殖，生生不息。

“保育”一辭，英文為“Conservation”翻譯其原意是如何智慧地運用自然資源，其中含有避免浪費並更新使用之意。因此，對於野生生物的保育，我們應當發揮高度的智慧，從下列六方面著手：

一、教育：首先要使國民大眾有一正確的觀念，即野生生物（包括動、植物）是地球生態系的一分子，它們都和人類一樣，在生態體系中佔有一席之地，各有其職分與貢獻，這一點大家是平等的，人類不可隨意生殺予奪。

其次，就國家的立場而言，野生生物是國家的自然資源，是國家的財產，砍伐一株林木，固然是盜竊行為，捕殺一隻野兔，同樣亦是盜竊了公有財產，這些都屬於竊盜罪，應受國法制裁。

從幼童時代起，就教育兒童愛好大自然，欣賞大自然的心態，長大到了社會上，就會瞭解保育野生生物的重要性，則人類文化，將更發揚光大。

二、立法：政府應制定完備的狩獵法，明定那些野生動物可以獵捕，並按其種類分別訂定狩獵季節。有了法律規定，執行機關要確切實行對於違法者予以應有的制裁。

此外，應制定法律，限制外來動物的進口；而准予進口的動物，則嚴格執行檢疫制度，並就其可能對本地生態系產生之影響，要作長期性的研究與評估，以確定其是否適合在本地繁殖。

三、設立全國性動物保護機構：由政府有關機關，動物學家、動物愛護者共同組成，平常除了進行野生動物的保育工作外，對於違法濫捕者，虐待動物者，應隨時提出糾正，以利上述立法條文的執行與維護。

四、設立野生動物保護區：為了避免生態棲息環境遭受人為的破壞，政府應在國有林地或公地上，規劃出相當的範圍，做為特殊鳥類或野獸的保護區，以確保其繁衍與生息，保護區內嚴禁狩獵及濫墾，而儘可能維持其原有的生態特色。此外，並邀請野生動物專家，定期前往保護區內從事觀察和研究，特別是對於區域內野生動物族羣之消長，要有詳細的記錄，以決定是否開放給公眾做為旅遊和觀賞的區域。

五、加強學術研究：政府各有關機關應寬列經費，支付大學及學術研究機關，共同進行研究工作，特別是各種野生動物的生態習性，尤應切實注意，以作為保育的根據。而對於有絕滅危險的種類，更應施行人工受精或人工孵化的方法，以彌補自然繁殖之不足。各學術研究機關應與世界各國的野生

動物研究機關加強交流和連繫，以提高我國學術地位，並藉以增進野生動物保育的知識和技術。

六、設立野生動物保護基金：此項基金由民間團體與政府機關共同捐募，必要時，政府亦可用抽稅方式來籌設之，以作為推行野生動物保育之用。在世界各先進國家，大都有類似的基金會之設立，有些甚至還捐款給其他的國家，以協助其進行野生動物的保育工作，世界野生動物基金會（World Wildlife Fundation, WWF）就是這樣的一個機構。

以上所列的方法，所牽涉到的有政治、經濟、學術等各方面，範圍似乎很廣。但是，基本的工作，還是要從個人做起，最重要的是要使國民都有仁民愛物，保護國家資產、民族資源的觀念，因此，生態教育實在是一項很重要的工作。

奇妙的生態系

大自然是一個奇妙的體系，綠色的植物包括樹木、花草，能夠進行光合作用，製造有機物質，所以稱為生產者；鳥獸昆蟲等，必須攝食植物或其他動物，以獲得有機物質，所以稱為消費者；而一些微生物，如細菌和黴菌等，能將動物和植物的遺體分解，變成簡單的無機物，所以稱為分解者，自然界的無機物，由於生產者的光合作用，製造出有機物，供應了各種動物（包括人類）的消費，最後這些有機個體（植物和動物）死亡，都要經過分解者的作用，又變為簡單的無機物，歸還大自然，再度為生產者所利用。生產者——消費者——分解者——生產者……結合為一個錯綜複雜的網。世界上所有的生物，都不是單獨存在的，而只是生命網中的某一點而已，所有的生物與所有的生存環境，緊密結合，無法分離，彼此之間是互相依賴生存的。

因此，當我們想到這個世界時，必須瞭解我們是這個世界的一分子，要完全倚靠其他的生物和環境而生存的。過去，有人認為人類是宇宙的主宰，大自然是我們征服的對象，這是一種錯誤的想法。人類不過是天地之間生命網中的一個點或是一條線，而其他的動物和植物，也同樣佔有其應有之點（或線）。因為人類有高度的智慧，在處理與其他生物之關係時，應該審慎思考，顧到整個生命之網的長久生存，人類才不致走到滅亡之途。諺語說：“牽一髮而動全身”，豈可不慎！？

習題

1. 試分別說明人類人口生長三個階段的特點。
2. 最近許多國家都有人口膨脹的問題，為什麼？
3. 什麼是「綠色革命」？簡述其內容與影響。
4. 什麼是「空間資源」？為什麼重要？
5. 海洋似乎蘊藏着「無限的」資源，應如何去開發？
6. 殺蟲劑對生態系有何種影響？
7. 每年都有大批灰面鵟飛來臺灣渡冬，而一般人卻大肆捕食，以快朵頤，這種作法你認為對嗎？為什麼？
8. 為什麼要保育野生物？如何保育？
9. 我們應如何維護生態系的平衡？