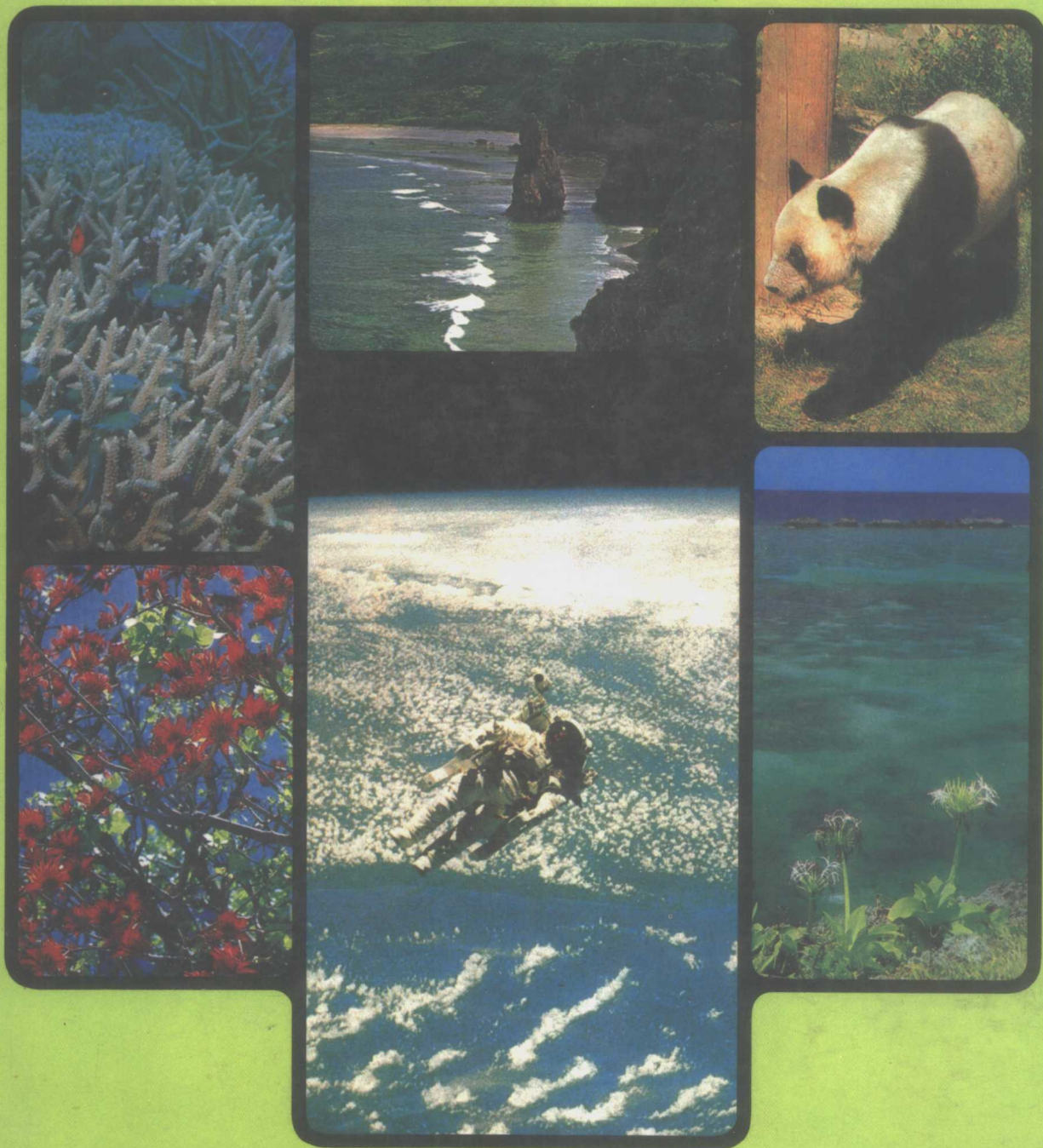


環境科學

Environmental Science

原作者：AMOS TURK, JONATHAN TURK, JANET T. WITTES, ROBERT WITTES

合譯者：陳國成 · 劉學綸 · 龔錦信 · 江瑞湖



大學系列叢書

環境科學

Environmental Science

原作者： AMOS TÜRK, Ph.D.
JONATHAN TURK, Ph.D.
JANET T. WITTES, Ph.D.
ROBERT WITTES, M.D.

主譯者： 陳國成

合譯者： 劉學絢 • 龔錦信 • 江瑞湖

大中國圖書公司印行



ENVIRONMENTAL SCIENCE

BY KUO-CHENG CHEN

COPYRIGHT BY

GREAT CHINA BOOK COMPANY LTD.

1986

TAIPEI, TAIWAN, REPUBLIC OF CHINA

環境科學

編譯者：陳國成
合譯者：劉學絢·龔錦信·江瑞湖
發行人：薛永成
出版者：大中國圖書公司
印刷者

台北市重慶南路一段66號

電話：3311433·3111487

郵政劃撥：0002619 7號

經銷處：全國各大書局

版權所有·翻印必究

精裝本：基本定價十二元五角

中華民國七十五年七月初版

登記證：局版台業字第0653號

編號：160

代序

環境科學的新觀念

“愛我們的親友、愛我們的鄰居、愛社會上每一位陌生者，也愛世上的人類；愛環境裡的生物，也珍惜自然中的資源”。

“崇尚傳統的「第五倫」，響應群己精神的「第六倫」，建立現代社會人與生態親密關係的「第七倫」”！

九年前協助學校建立環境工程學系，一直尋覓有關環境科學的理想教本，無論是筆觸、論點、觀念、圖解和編排，總覺得紐約市立大學化學系教授阿摩斯·杜克（AMOS TURK）博士等所著「環境科學」乙書，堪稱最佳教科用書，該書在內容上涵蓋了環境科學的主要範圍：人類與自然，生態學基本概念，人口、資源與污染，及地球人關係（Earthmanship）：環境與社會。為此可說十分難得，遂決定利用繁忙課務餘暇從事譯述工作，非常感謝兩位同工也是好友，劉學絢女士與龔錦信先生及內子江瑞湖教授協助合譯、歷經多年終能完稿，面對案前厚厚一疊排版校對稿，個人內心很多感慨，除了為科學中文化，譯介一門新興科學的內涵，也深深感到建立「環境倫理」的重要性，謹就這方面再度提出呼籲，希望早日建立起現代社會的新人生觀——“第七倫”。

今日的社會步入到工商併重的轉型期、農業有待改革升級，自然生態保育工作得以抬頭，我們應該重新調整人與物關係，體認到人類僅為自然的伙伴而非主宰，摒除以往人類對環境的剝奪心理，否則現代化工業文明所帶來的後果將是無可挽回的悲慘命運。筆者懇切呼籲在傳統的五倫和群己第六倫關係外，再提倡第七倫——人與物的關係之調整和適應，其中不但要尊重自然界中的生物生存權利，更要了解到彼此間依存或制衡關係。並珍惜空氣、水、土壤等天然資源，使這一代人能夠合理的使用這塊土地，更為下一代的子子孫孫留下美好生存空間。

現代人與物關係的調適

民國七十年三月間，行政院政務委員李國鼎先生，鑒於社會變遷的需要，籲請國人建立新倫理，實踐「第六倫」，以區分和維繫個人與群體的關係。對於台灣高度追求經濟發

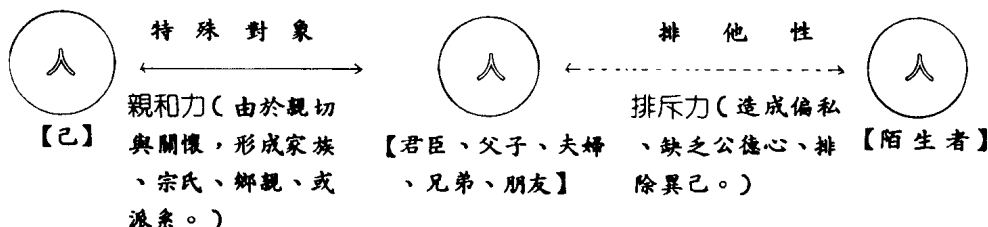
響應「第六倫」的實踐

1981/1/20

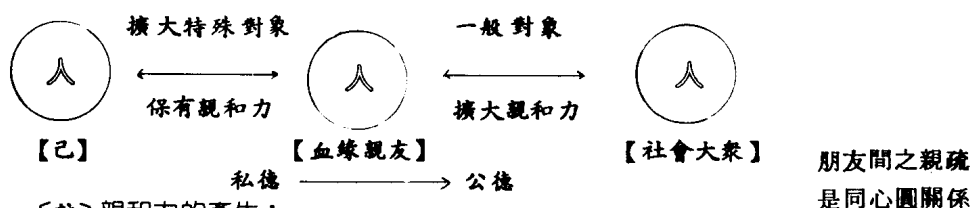
倫

倫＝經緯分明（分清楚每種關係）＝人與人之間的正常關係。

第五倫：傳統社會



第六倫：現代社會(群己)



〔註〕親和力的產生：

1. 坦誠表達自己 < 發揮身體語言（姿式、表情、神態……）
講求談話技巧（內容、語調、造句……）
2. 尊重他人生活方式
3. 多做思想溝通 < 先學“聽”話
再學“講”話
4. 了解對方感覺（要有同理心＝設身處地）。
5. 度量自己的能力，做適可的付出。（助人）
6. 保持一定距離，選擇適當時機（結識）。



實問——盡量用“我”放在前面，再用“你”

享受友情

- (1) 懂得尊重別人
- (2) 尊重、關心、負責、瞭解

「倫」「第五倫」與「第六倫」圖解

展的社會，提出新的適當道德規範，來彌補舊有傳統社會「五倫」的式微和不足。李先生的誠摯主張，是鑒於因經濟進步加速社會變遷步調失常，所導致的公衆道德的敗壞和守法精神的淪喪。這一個見不到摸不着的仇敵，正在迅速地擴散著它的惡勢力，腐蝕著各個階層、各種行業和不同年齡的人心。大家一味地追求個己生活的享受，祇顧自己的利益和方便，只求目的不擇手段。交通秩序混亂、各種形式的公害和一般亂倒垃圾，以及工商界和生產者，但求營利的作風，造成很多環境污染和破壞。這種情形的形成，誠如李政務委員所分析：主要因為低估了自己行為對社會發生不利影響及對他人的利益發生的損害，或者明知道損及他人的利益，但是由於所侵犯的是陌生人，非確定的第三者，也就安然為之，不以為恥！自己既不感到良心的譴責，社會也不給予應有制裁，公德敗壞，幾乎成為一個沒有規範的社會。再建立「第

六倫」應該是付諸行動的時候，將自己的道德心和責任感，由個人對周遭熟悉的親友，推及至更廣大的陌生者——人群。自「利己」的出發點做到「利人」的境地，絕不可損人（包括陌生人）而利己，更不可做「傷天害理」損人而又不利己的事。現在的社會架構和關係極其錯綜複雜，任何一件損人的事，己算不如天算，到頭來總會損及到自己或是自己子孫後代。有心人士所呼籲建立的第六倫，不是要求犧牲自身的利益，只是不要求侵犯別人的利益。樹立現代倫理的羣己精神，個人利益不容破壞公共利益，藉着政治力量來推動法治，執法公正，消除特權，實現新的社會產生良好模式，有賴大家齊心合力做下去。

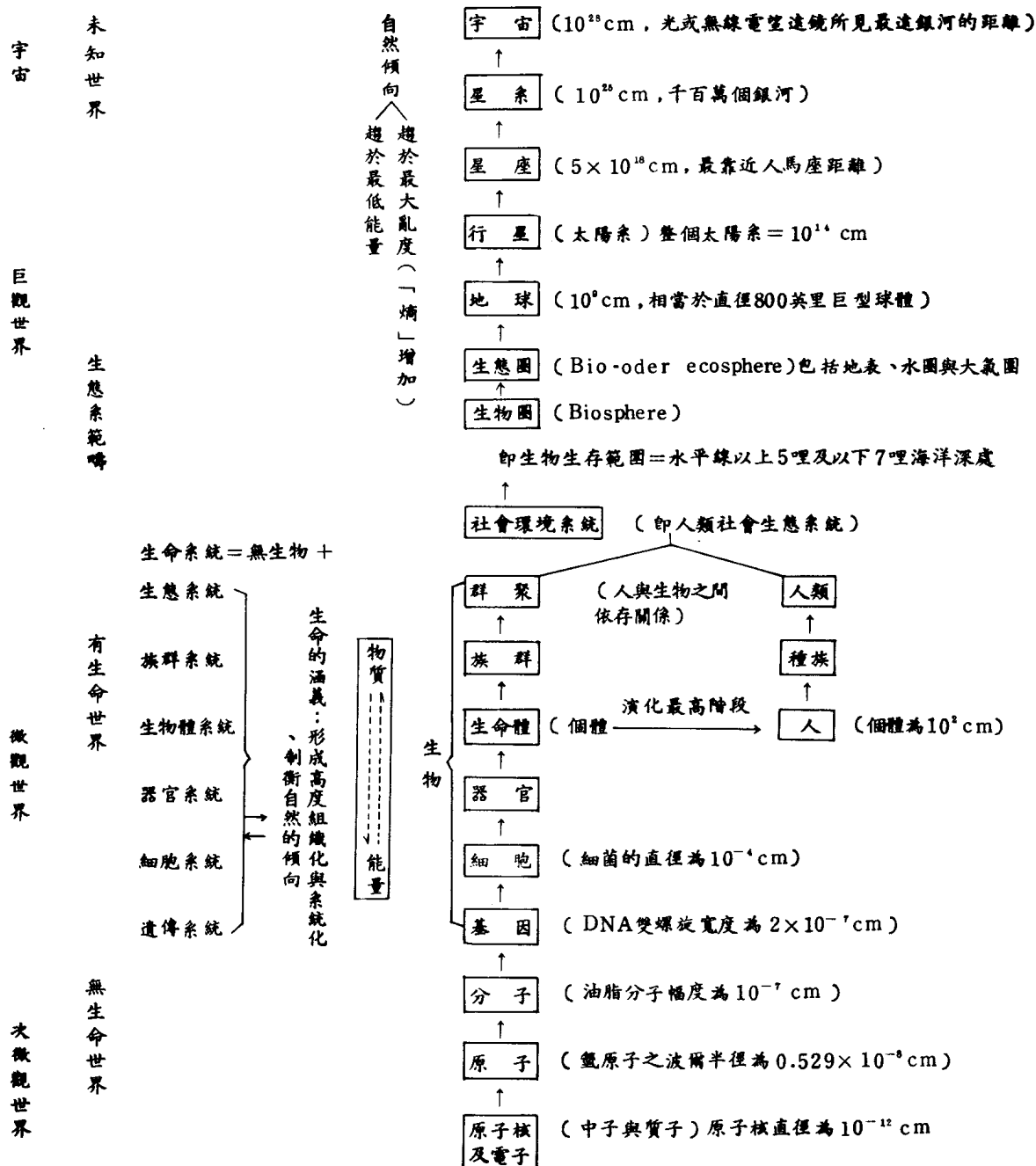
生態學（Ecology）一詞，源出於希臘字 *oikos*，其意為「住處」或「居棲之所」。故照字面之義應為「居住學」。引申而言，即是研究生物及其棲居環境間之關係。所研究的對象是一羣生物體；無論是生活在陸地、空中、海洋或淡水，各有其不同的機能變化。（其中包括人類在內，均屬於大自然的一部分。）現代生態學乃探討大自然構造與機能的科學，也是人與環境的科學，不僅是關心環境，同時也關心到與環境有關的各科錯綜關係和相互影響。早期致力於食物鏈和族羣調節的問題，近期體認到環境問題的日趨嚴重，在積極上注意到自然環境的生態平衡、保育和利用；消極上由於人口膨脹所引起種種公害和環境污染的防治。使之成為維護世界文明人類生存不可缺少的一門科學。

生態的主旨在於求得大自然的結構和機能相互影響，其關係上可資界定或已被界定的整體性之觀察與研究。此等整體性理念，按照 Egler（一九七〇）所提出，實為近代自然科學最具創意、最富啓示的理念之一。

自生物個體（包括人在內）至生態圈範圍在內，均屬於生態體系的範疇（參見附表），做為生物一份子的人類，具有與生物同樣的基本生活需求，以及相互依賴性，惟除了這些共同特性之外，人類更具備有其它生物無法望其項背的本事，那就是能夠對生物的個體、族羣、羣聚，甚至於生態系統發生嚴重的改變、改造或破壞的能力。此種人類藉其智慧所造成的影響範圍勢必超越了「生物圈」的層次，特稱為「人為圈」，顯示人類在生態體系中扮演角色的重要性。

就生態學觀點而言，人類可謂動物界當中最具生物量的一個物種，它具有一億公噸乾重，其生長率平均每年約 2 %

人與生態體系的關係



附表：人與物質世界的體系

，所含熱能以及能源消費量均為動物界之冠。均足以說明人類對於自然環境的維護和毀壞具有舉足輕重的地位。

我國是個高度智慧的民族，富於哲理思想，在我國的文化中，對於人與人的關係：講求自我的修養來體現「仁」和「恕」，以達到人際關係的和諧。對於人和自然的關係：講求自我領悟和節制，以達到人和自然的調和，所謂天人合一、順乎自然。代表者—老子和莊子，觀察動植物生活，以及和環境間的相互關係。悟解天理循環之道、了解生物（包括人類）為大自然不可分割之一部分，首倡萬物齊一的宇宙觀，可以說是最高正確的生態學不變法則。

中國人認為人與自然永遠在一起，生在自然之中，死在自然之中，實所謂「天地與我並生，萬物與我為一」。使宇宙連在我內成渾然一體。這樣的情操和理念，才可能將我們帶入自然之中，對於孕育我們成長的鄉土環境，方會有歸屬之感。今後的努力，不是克服自然，要和自然敵對；應該是如何了解自然、順適自然、愛惜自然和向自然學習。

過去三十多年來台灣地區經濟快速發展，使人民的生活環境和生活條件都有大幅度地改善。從食、衣、住、行、育、樂，及國民所得來看，量的增加十分驚人，也使整個社會掀起巨大的變化。從自然環境維護的觀點視之，却與經濟發展的成就恰成反比。環境的破壞及各種污染公害已達到相當嚴重的程度。同時許多的自然景觀和環境損壞是不可逆的，無法用人力和財力加以彌補的，有的環境永遠也無法再恢復舊觀。歐美工業國家，經濟發展以百年計，是以在進展中造成的環境破壞較為和緩，容有緩衝和補救的機會，我國工業升級急速、轉型期短促，過於著重外銷實績，許多易於污染環境的工業，未能預先做好防治措施，加上外資合作的推波助瀾，允許帶有劇毒性工業在國內設廠，益發形成了生態環境的危機。為了國家經濟建設和表面化的生活享受（缺乏精緻文化和道德規範），我們所付出的代價太大了，甚至於會犧牲了下一代部分生活空間。為此，維持經濟發展的持續成長，兼顧到自然環境的維護，是國家必須做到的重大工作。主要是要有健全的環境政策，保障國民自然生活的基礎以及民生福利，謀取環境自然生產力的永續維持。

最重要的觀念是天然資源的保育和利用，乃是經濟發展的原動力，用長遠的眼光來看，兩者乃是相輔相成。短視的做法，貪功好利是導致環境污染的最大原因。同時政府缺乏一套長遠的環境規劃計劃，對工廠未作嚴格的要求和輔導，

「天人合一」生態觀的再建立



生態平衡的自然環境

經濟發展與天然資源保育

對人口的集中或都市的發展也同樣缺乏長期規劃觀念。為求將公害減至最低程度，對於任何建設在決定前，做好環境影響評估工作，各種廢棄物的處理在開工前就先規劃好，再加上日後的徹底監視和取締，都是有效的措施。目前政府雖然擬定各種公害防治法，但並不表示工作的完成，除非嚴格有效的加以執行，否則不但法律的尊嚴遭到藐視，社會的是非標準也被混淆和扭曲。

實施環境政策成功與否，須倚恃兩大支柱：一為合理的科學的生態學；一為根植於傳統而深具哲理意味的環境倫理。後者的影響尤屬長遠，不僅是國人要遵行，也應推廣至全人類，重新調整人物之間的關係，珍惜和尊重自然資源。

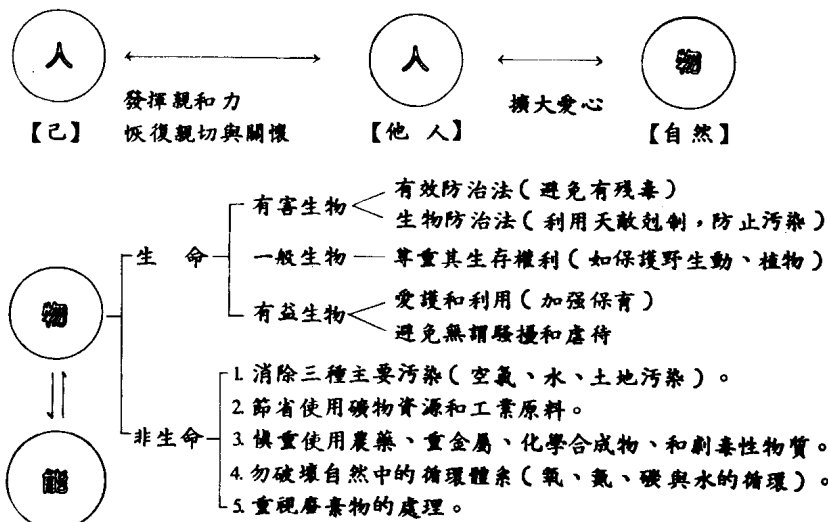
生態名詞的新詮釋

生態上的名詞	功 能	通 用 對 象
1 保全 (Conservation)	維持原狀、不可破壞。	古蹟（文化遺產）
2 保留 (Reservation)	順應自然發展，避免任 何人為方式更動。	自然保護區 野生動物
3 保存 (Preservation)	善加維護，適當管理。	國家公園 風景特定區 森林遊樂區
4 保護 (Protection)	防止污染和破壞。 (消極) 妥善規劃，促進開發。 (積極)	水庫 工業地區 都市環境 (戶外遊樂區公園) 產業觀光區
5 保育 (Cultivation)	保護種系，維持平衡。 保養培育，合理利用。	自然生態 森林經營 養殖／可食用 生物不可食用

二十世紀科學上最偉大的成就，是人類登上了月球，同時也帶來兩項重大的警惕：其一當太空人離開地球時，第一個念頭是思念自己的家園，回首眺望地球是那麼晶瑩可愛的一個小球，宛如懸掛在聖誕樹的裝飾品，弄不好是會破碎的，焉能不好好珍惜，這是人類共同的家！其二當阿波羅十一號太空船的登月小艇，在月球表面的寧靜海登陸，登月小艇的艙門緩緩開啓時，船長阿姆斯壯踏上月球表面。這就是他在月球上的一小步，也就是人類在科技上的一大步！但是阿姆斯壯登陸後的第一句話，却是：「月球表面彷彿都是細粉。」顯示這個星球並沒有生命存在，死寂而「寧靜」了，無生意！更顯得充滿了生機的地球之可貴，也了解到人類在生物圈中的地位和責任的重要。生物圈也稱生界，是一層薄薄的空氣以及水和土壤、人和其他所有的生物都要依賴這一層薄的生界而生存。真如太空人史蒂文生所陳述的一段話：「我們在地球上像似乘著脆弱的太空船一起航行，靠著我們所儲存的但也非常容易損壞的空氣和泥土，我們力求穩當，太空之旅才能安全。我認為惟有謹慎用事、勤奮工作，和刻意愛護我們生存的地球，才可免於毀滅。」

邁向「第七倫」的新人生觀

第七倫：現在社會(愛物)



● 天地與我並生

萬物與我為一 ●

1. 節省能源：(一)減少使用來源有限，易污染的石化燃料（如石油、煤、瓦斯等）儘量不浪費。（禁絕使用木材、木炭和生煤）
(二)重視富天然潛力的能源：①保護水庫善用水力發電。②開發東部太陽能；澎湖的風力，宜蘭的地熱。③海岸潮汐發電可能性。
2. 創新取代能源：以核反應之熔合能取代分裂能，以減輕放射性廢料處理的壓力。
3. 研究改良能源：設法利用放射性廢料作為再生能源。

建立「第七倫」圖解

我們要將「人定勝天」的心理加以修正，把「人類征服大自然」的英雄主義思想收斂一些，來建立「第七倫」的新人生觀。

尾語

本書全稿在編排過程當中，得到“自然雜誌”編輯部的同仁許多助力。特別在校對方面，至友賴秀枝女士花費許多的時間和心力；執行編輯巨英台女士以豐富熟練的技巧，使譯文儘量做到與原著一一對應；及助理編輯張素卿小姐的打字拼版工作十分認真，內心非常感激。最後至為感謝、本書編譯多蒙大中國圖書公司薛董事長頌留、薛永成兄和柯載復經理的鼓勵和支持，得以順利完成。惟全書篇幅繁鉅，雖經多次校訂、漏誤之處仍所難免，尚祈先進學者、任教同道和愛護讀者時賜指教，是幸。

陳國成

於國立中興大學環境工程學系

中華民國七十四年十一月廿六日

前言

隨着科技的發展，科學性社會的建立，以及教科書的出版，現代的各種學科之中分門別類的科技知識也逐漸地演進開來。傳統以來，教科用書一直是這種教育演進的集大成者。大專用教科書是專精的教授的講演筆記加以印行出版，然後又歷經數代門生加以增補校訂，使其內容符合時代需要。學科入門首先展開了序幕；其導引的方式則是依發現的年代作重點式敘述，去蕪存精，而將合理又引人入勝的知識進展程序呈現給後學。就以化學的教科書為例而言！首先由波義耳定律和其他氣體定律開始，然後由此推衍至分子量與原子量，接着介紹價鍵的觀念，並展開了化學的週期性研究，隨之再回顧到相關的敘述性化學，提供了化學性質及化學反應的架構。像此種導入的型式在基礎科學上已維持了一段很長的時間。

至於環境科學（Environmental science），其內容一部份是舊觀念的新統合，一部份則是其本身發展的新知識。一般而言，傳統式，學生測驗樣式的指引尚未發展出來。因此，在這個時刻，環境科學的教科書應該以作為良好的教學工具為其重點，為了達到這個目的，我們試着以連續的，邏輯的課程進度來發展出各個概念以及主題的內容，使得學生能夠靠着自己的思考而建立起這方面的正確知識。

我們所採取的一些編排程序略述於下：

各章與各主題在順序的安排上，是要達到學習的連貫性，並不是依照某種環境壓力（environmental stress）的急迫性或不緊急性的觀念作為依歸。因此，有關自我調節體系（self-regulating systems）的中心概念與生界中能量流轉的概念在本書中最先就介紹出來，且在全書中亦作通盤的再度強調。有關的基本原則為每一章提供了必要的背景。

主題的秩序

The Order of Topics

經濟學與社會政策 Economics and Social Policy

當研究環境問題時，所牽連到的有關社會與經濟的論點，是應分開來另行討論呢？抑或應與環境技術統合考慮呢？我們認為兩者皆對。比方說，論及放射性廢料與汽車排氣問題時，若單純地只以各種應付的技術為主，將會錯失許多重要的資料，因此我們採取了統合討論的方式。不過本書的最後一章則完全局限於經濟學與社會政策的範疇。

課程的安排 Curriculum

本書所提供的材料可適用於任一學期的課程。爲了教師補充教材所需的參考書，也提供一些相關的選擇讀物，以加強一些生物的、化學的、物理的、地質的、或社會學的資料。也可以把這些資料連貫延伸，使教材增加而作爲一學年的課程。

研究問題 Study Problems

以研究問題的方式最能幫助學生學習。再加上單刀直入式、迂迴式、資料搜集式、計算方式、繪圖方式、簡答題、是非題、論說題……等等都有其價值。我們嘗試提供具充份變化性的問題給予學生研究。

爲了便於指定作業，各個問題前面均標示了主題。有關計算的問題則另外分開，並在題後附有答案。

語言表述 Language

新的知識衍生出新的字彙，我們也努力地以某種深度來談論一些時下流行的術語，比方“有機的食物”(organic foods)，“噪音污染”(noise pollution)，“自然平衡”(natural balance)，以及“生態學”(ecology)等。

書目 Bibliography

每一章結尾都附有註解性的書目可資參考。

附錄 Appendix

附錄包括了一些度量的單位和化學方程式，這對於未研習過化學的同學們或有助益。另外又提供了原子量表及三位數的對數表。

誌謝

我們由衷地感謝勃得恩學院(Bowdoin College)化學系的布契爾教授(Professor Samuel S. Butcher)與俄勒岡大學(University of Oregon)生物系的法朗克教授(Professor Peter W. Frank)，他們爲本書的手稿做了詳細的審閱，並提供許多極有幫助的註釋。

除了布契爾與法朗克兩位教授的全盤審閱外，還有許多位同事各就他們的特別經歷與專長，而校閱某些相關範疇的章節。對於這些極有價值的精確校閱，我們極為感激。他們的大名謹列於下，以表謝忱：

章別 CHAPTER	校閱者 REVIEWERS
1. 自然生態學 Natural Ecology	Eugene P. Odum, Alumni Professor of Zoology, University of Georgia Professor Armando de la Cruz, Mississippi State University Professor Stanley Wecker, Department of Biology, The City College of The City University of New York
2. 人類的適應 Human Adaptation	Dr. Ellen Solomon, University of California Medical Center, San Francisco
3. 物種的絕跡 Extinction of Species	Dr. Beryl Simpson, Associate Curator, Department of Botany, Smithsonian Institution
4. 人 口 Human Population	Dr. Judith Goldberg, Research Statistician of the Health Insurance Plan of Greater New York Dr. Elizabeth Whelan, Executive Director, Demographic Materials, Inc.
5. 能 量 Energy	Professor John Fowler, Department of Physics, University of Maryland
6. 農業與 Agriculture and	Mr. Robert Josephy, Proprietor of Blue Jay Orchards, Bethel, Connecticut; Vice-Chairman of the Connecticut State Board of Agriculture
7. 蟲害及雜草 Pests and Weeds	
8. 放射性廢物 Radioactive Wastes	Professor William Miller, Department of Physics, The City College of The City University of New York
9. 空氣污染 Air Pollution	Dr. Stephen Stoldt, Apollo Chemical Corporation
10. 水污染 Water Pollution	Dr. Hussein Naimie, Director of Research, Environmental Research and Applications, Inc. Professor John Fillos, Department of Civil Engineering, The City College of The City University of New York
12. 噪 音 Noise	Mr. Milton Rosenstein, New York Institute of Technology
13. 社會，立法及經濟學	Mr. R. David Flesh, Director of

的概念
Social, Legal and
Economic Aspects

Environmental Economics,
Copley International Corporation
Mr. Paul Snyder, Jr., attorney,
Boulder, Colorado
Ms. Kate Bernstein, political
consultant, Great Neck,
New York

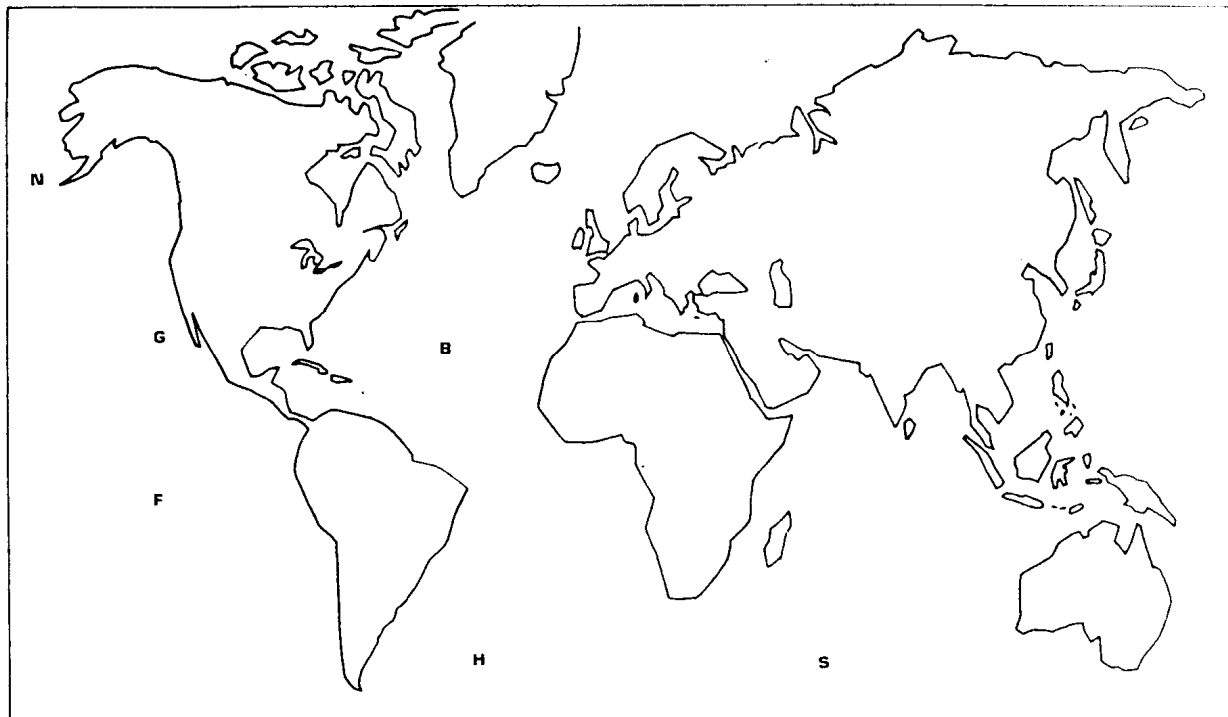
另外，我們還要特別感謝 Miriam Bergman 為本書蒐集並分類參考資料； Evelyn Manacek 為大部份手稿打字。 W. B. Saunders 出版公司的職員們編輯這本書。

最後，我們要感謝 Grant Lashbrook 教給我們這麼多的藝術插圖，他為環境這個主題設計了文藝性的知識，使概念得以清晰，又用清楚敘述的語氣使欲解說的事項顯得格外生動。

「環境科學」是一個訊號，讓我們瞭解到人類和環境之間，面臨到什麼處境。

由動物之中一個物種遭到的危機，當可意識到導致物種絕滅的命運之經歷過程。

現在讓我們告訴您「鯨目」(order Cetacea)的現況，所謂“一葉知秋”實在是一個啓示，也是一個警惕。



座頭鯨 (Humpback whale)

學名 *Megaptera novaeangliae*.

廣佈四海的鯨魚，原初在北大西洋有增加的趨勢，特別西側部分有很多。如今也在減少。尤為遺憾的是，在北太平洋，蘇俄和日本等國肆意捕殺鯨魚，1963 年射殺了 2,339 條之後，而後捕鯨活動未曾收斂，數量急遽下降，目前數量很少，可能低於 5,000。在南半球，據估計，早在 1930 年，南極水域約有 22,000 條；至 1970 年厄瓜多爾以南的全部水域可能少於 3,000 條。雖然 1963 年開始，國際捕鯨協會 (International Whaling Commission) 曾同意全面停止捕殺，但收效不彰，僅在北大西洋地區略見效果。

灰鯨 (Grey whale)

學名 *Eschrichtius gibbosus*，2 種

屬太平洋種，*E.g. glaucus*，在 20 世紀早期就因為過度捕殺而消失；但後來全面加以嚴密保護，灰鯨的數量已逐漸增加，1970 年估計已在 8,000 條以上；其中以加州海岸最為普遍。

藍鯨 (Blue whale)

學名 *Balaenoptera musculus*，有 2 種

是所有的海洋；曾經存在過的最大型的動物。

典型的鯨種，*B.m. musculus*，在 1950 年代中期，全世界共有 30,000 - 40,000 條，主要分佈於南半球。到了 1960 年代中期，



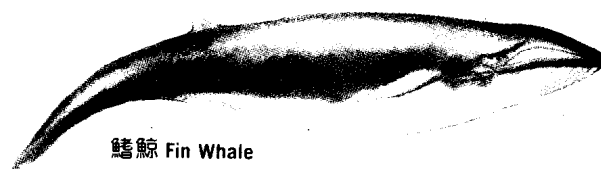
座頭鯨
Humpback Whale



灰鯨
Grey Whale



藍鯨
Blue Whale



鰭鯨 Fin Whale



南極鰭鯨 Sei Whale



優露脊鯨
Right Whale

瀕臨絕種 的鯨類

由於濫捕迅速降至1,000條。

其中侏儒種，*B.m. breviceauda*，居住在南印度洋，據統計1963年總數由4,000減至2,000-3,000條。

鰭鯨 (Fin whale)

學名 *Balaenoptera physalus*

所有的大洋之中，在1955-56年共有110,000條，1963-64年，由於連續濫捕，只剩32,400，目前已岌岌可危。

南極鰭鯨 (Sei whale)

學名 *Balaenoptera borealis*

是最小的鰭鯨，現在商業性捕殺盛行，遭受很大壓力。1963-64年南半球海域的遠洋鯨曾有5,000條被捕，1964-65年有

20,000條被捕，1965-66年被捕數增至17,583條。因此南極一帶的存活量減少了三分之一；1966-67捕殺高達12,368條，因此引起廣泛的注意。

優露脊鯨 (North Pacific right whale)

學名 *Eubalaena sieboldi*

原先分佈在北太平洋，冬天移至台灣西方海洋、日本群島、堪察加群島，冬天東至Baja加州、美國（包括阿拉斯加）與英屬哥倫比亞。過去1840年代以來就不斷地被大量捕殺，直到1930年代才受國際性的保護。其劫後餘生的數量未為人知，也沒有任何證據足以顯示有復原的跡象，實令人憂心不已。