

環境與毒化物科學

Science of Toxic Materials and Environment

張漢昌◎編著



環境與毒化物科學

Science of Toxic Materials and Environment

張漢昌◎編著



國家圖書館出版品預行編目資料

環境與毒化物科學/張漢昌編著. -- 初版. -- 臺北縣
中和市：新文京開發, 2008.08
面；公分

ISBN 978-986-150-930-3(平裝)

1. 環境科學 2. 毒理學

445.9

97014614

環境與毒化物科學

(書號：B301)

編 著 者 張漢昌
出 版 者 新文京開發出版股份有限公司
地 址 台北縣中和市中山路二段 362 號 8 樓(9 樓)
電 話 (02) 2244-8188 (代表號)
F A X (02) 2244-8189
郵 撥 1958730-2
初 版 西元 2008 年 8 月 30 日

有著作權 不准翻印

建議售價：440 元

法律顧問：蕭雄淋律師

ISBN 978-986-150-930-3

環境與毒化物科學係結合環境污染、環境生態和毒化物科學的一本有助於瞭解職場或日常生活中，各種毒化物的存在形態、毒性大小與危害，以及他們和環境污染的因果關係，亦即，人類和產業的各種活動所產生、排放的廢氣、廢污水和廢棄物，其不但造成環境污染、破壞生態平衡，並且衍生許多可威脅人類生存和破壞生態的有毒（害）物質。例如：含氮、磷等營養素的廢污水排入水體（湖泊、水庫）後，將造成其嚴重優養化，此不但使水質惡化、水生生物無法生存且不能供作飲用水，產生有毒臭味氣體如 H_2S 、 NH_3 和 CH_4 以及有毒海藻類，此將會使水體內產生有毒的水產（魚貝類）。另外，林口地區一養羊場因附近違法事業焚化所產生含 **Dioxins** 的灰渣，而使其產生有毒的食物（羊肉、羊奶）。

本書第一章至第四章主要闡述說明環境污染概論，廢氣、廢污水和廢棄物污染及其危害、影響及有毒物質的產生。第五章是毒化物科學概論，其主要說明各種毒化物的種類和來源、毒性的定義、毒化物的危害標的（器官、神經系統、血液、窒息性……等）、毒化物的暴露途徑、吸收代謝和排除等毒理學基本概念以及毒化物的有效管理（制）。在第六章至第八章此三個章節裡，吾人分別探討職場或日常生活中食物方面、室內場所以及其最常見的各種毒化物的種類、毒性及其對人們健康、生命的危害。希望閱讀本書後，可以知道如何在職場、日常生活裡趨吉避凶，以確保你以及你的家人、親友的健康和長命百歲。

本書係作者多年來收集閱讀相關資料和報告、上課教材編輯而成。深信相當適合環境科學概論、污染防治、毒化物概論等課程選為教科書或參考書；更適合一般對日常生活的毒物及其危害想有所了解，並欲知道如何防患於未然的讀者閱讀。感謝各方資料、家人的支持和新文京開發出版股份有限公司的大力協助，並祈前輩先進不吝指正和指導。

後學 勤益科大化材系
張漢昌 謹誌



目錄

CONTENTS

第一章 環境保護 1

1-1 環保概論	2
1-2 簡單的環境生態學	16
1-3 外來種及其影響	22

第二章 空氣污染及其危害 25

2-1 空氣污染概論	26
2-2 酸雨及其危害	42
2-3 溫室效應及其危害	45
2-4 臭氧破洞及其危害	49

第三章 水污染、廢棄物及其危害 53

3-1 水污染概論	54
3-2 廢棄物污染概論	69
3-3 水體優養化及其危害	83



第四章 污染防治概論 87

4-1	空氣污染防治	88
4-2	廢（污）水的處理	117
4-3	廢棄物處理	130



第五章 毒化物科學概論 141

5-1	毒化物的定義和分類	144
5-2	毒化物的特性及暴露	159
5-3	毒化物的吸收、代謝和排除	167
5-4	毒化物的防制和管理	176



第六章 食物（品）中的毒化物 193

6-1	食物本身含有毒化物	194
6-2	環境污染的食物毒性	198
6-3	生物性感染的食物毒性	199
6-4	化學性污染的食物毒性	203
6-5	食物（品）添加劑	206
6-6	其他因素的食物毒性	211





第七章 室内的毒化物 215

7-1 室内的空气污染物.....	216
7-2 溶剂、清洁剂和杀虫剂.....	221



第八章 日常生活中的主要毒化物 239

8-1 塑胶和塑化剂	240
8-2 重金属	243
8-3 农 药	250
8-4 戴奥辛(Dioxins)和多氯联苯(PCBs)	260
8-5 PAHs 和环境荷尔蒙	264
8-6 日常生活中其他危害物质	267

➡ 附录一 毒性化学物质管理法及列管毒化物 271

➡ 附表二 公告列管毒性化学物质禁止运作事项一览表 291

➡ 附录三 九大危害物质及图示 295

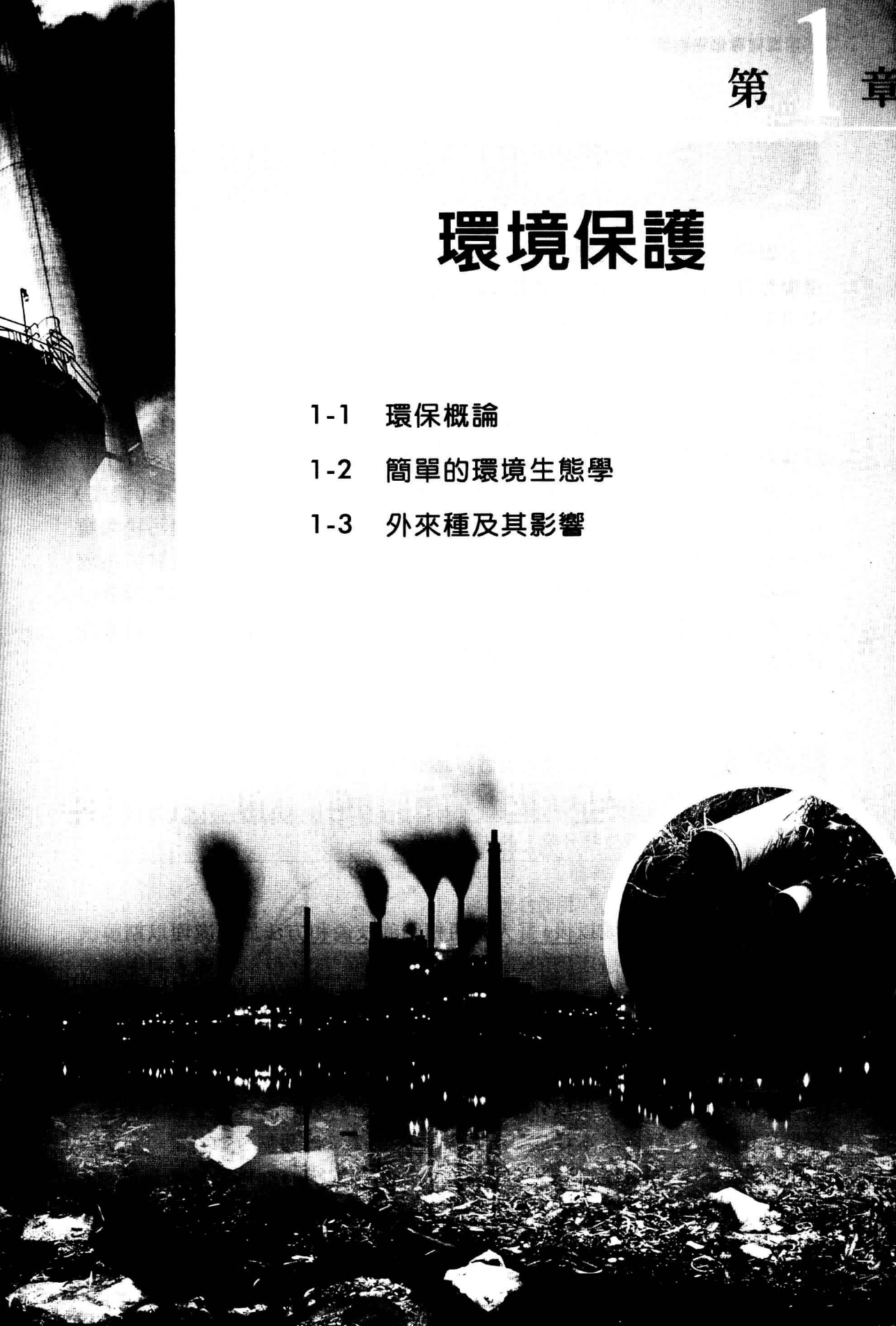


環境保護

1-1 環保概論

1-2 簡單的環境生態學

1-3 外來種及其影響



1-1 環保概論

環境一詞指的是地理的、文化教育的、經濟的、政治的和自然（天然）環境等等。但以污染防治的觀點來說，吾人所說的環境當然是自然環境，亦即日常生活或產業經濟活動所產生的各種污染物包括廢氣、廢污水或廢棄物都排放進入此自然環境。簡言之，承受各種污染物排入的環境受體可區分成空氣、水體和土壤。所以，空氣、水體和土壤可以說是污染物的三大環境受體（或簡稱環境）。水體即是水聚集的區域，包括海洋、河川、湖泊、水庫、沼澤或溼地、池塘……等等。三大環境受體各有其自淨能力（參考表 1-1），其包括乾、濕沉降、吸附、擴散、生物分解等作用。若污染物的數量（濃度）或特性超出空氣、水體和土壤等環境受體的自淨能力，則各種環境污染問題如酸雨、臭氧層破壞、溫室效應、優養化現象、外來種問題……及其污染危害便開始產生。這便是所謂環境污染了。除了污染物排放外，不當的開發行為、不正確的環保政策或態度……，這些都會造成環境污染，進一步則會危害人類（生物）的健康和生命及破壞環境生態。

表 1-1 空氣、水體和土壤的自淨能力

空 氣	擴散稀釋、乾沉降（重力）、濕沉降（雨、雪……）。
水 體	流動、沉降、微生物分解。
土 壤	吸附、微生物分解、淋洗。

環境污染問題形成以後，吾人利用相關的技術和方法加以處理以期解決環境污染問題，這便是所謂的環境保護（簡稱環保）。但以地球永續生存的觀點來說，廣義的環保工作其實還包括了能資源回收保存、物種的保育、文化資產的保護和生態平衡的維護等，因為這些都可以保護人類和其他生物賴以生存的自然環境，以達永續生存的目的。

地球上的所有生物可以分成生產者、消費者和分解者三種主要的角色。行光合作用以自行合成本身或動物所需的營養素（葡萄糖、蛋白質……）的綠色植物為主要的生產者；以植物或其他動物為食物的動物則為消費者，它們又可分成初級消費者、次級消費者……等，而各種微生物（如細菌）則是

可以將動、植物殘骸分解成為各種簡單成分，便是所謂分解者了。在生產者、消費者、分解者及環境之間則存在著各種物質的循環與利用，如氮的循環和碳氧循環等，物質循環的示意圖可參考圖 1-1、圖 1-2 和圖 1-3。

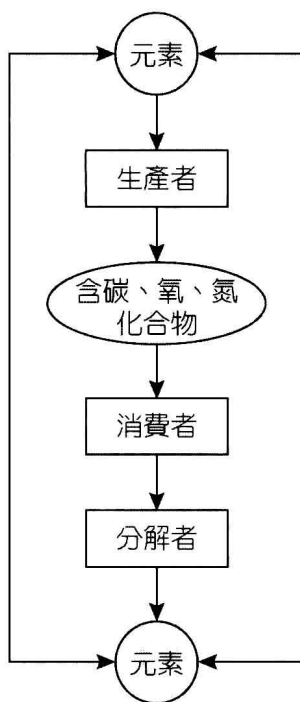


圖 1-1 物質循環示意圖

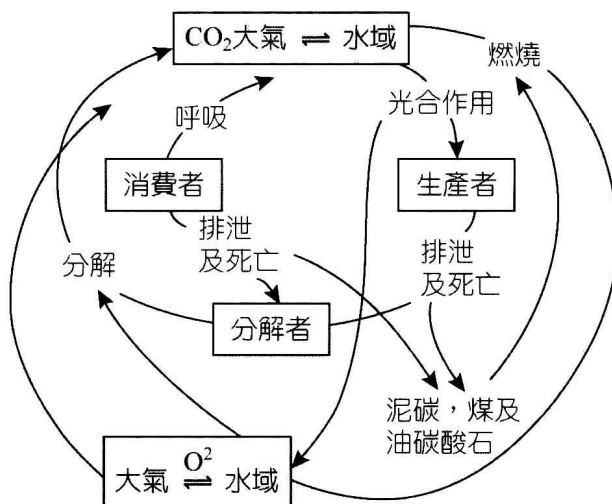


圖 1-2 碳氧循環

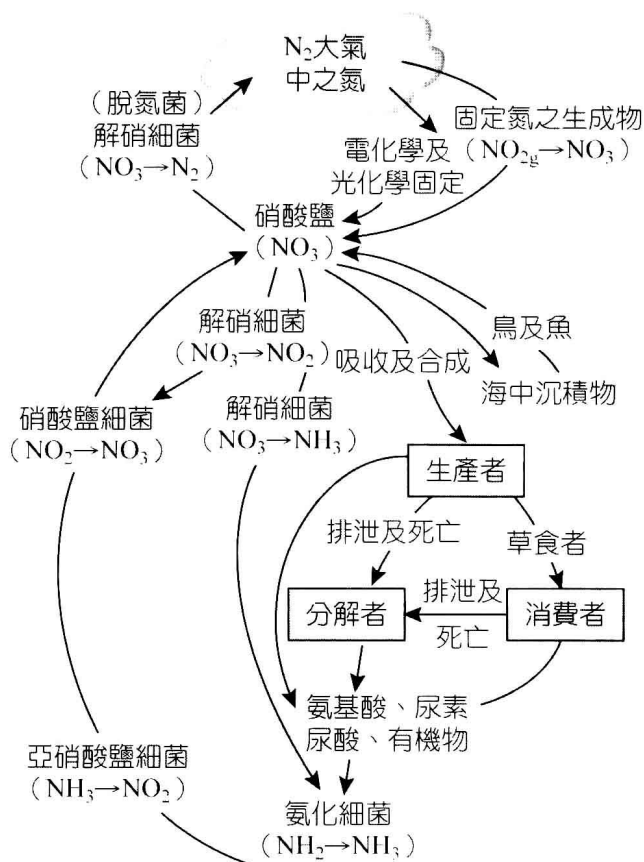


圖 1-3 氮的循環

人口的膨脹、產業經濟活動的發達、科技交通工具的興盛等，都會產生大量的廢氣、廢污水和各種廢棄物，而這些廢棄物不但數量驚人，而且有部分無法分解或處理的污染物（如各類塑膠），它們作用於環境的結果便是衍生出來各種環境問題，包括資源日益短缺（如煤、石油等均快要枯竭）、文化資產破壞（如希臘、羅馬時代的名貴雕像受到酸雨腐蝕）、生態平衡的破壞並威脅人類或生物的健康。圖 1-4 即為環境污染及影響結果的示意圖。1930 年全球人口僅有 20 億左右，但時至今日已有近 70 億的人口，人口增加 3 倍以上。人口膨脹的結果污染物的數量便是呈現驚人的成長；化石原料大量的應用產生許多問題，包括塑膠產品充斥、二氧化碳濃度激增（1850 年濃度 280ppm，至 2000 年已成長至 385ppm）等，前者無法被微生物分解且焚化後會產生劇毒性的產物如戴奧辛(Dioxins)、呋喃(Furan)等毒化物，而二氧化碳則會造成可怕的溫室效應(Greenhouse-effect)，將會嚴重破壞環境和生態。

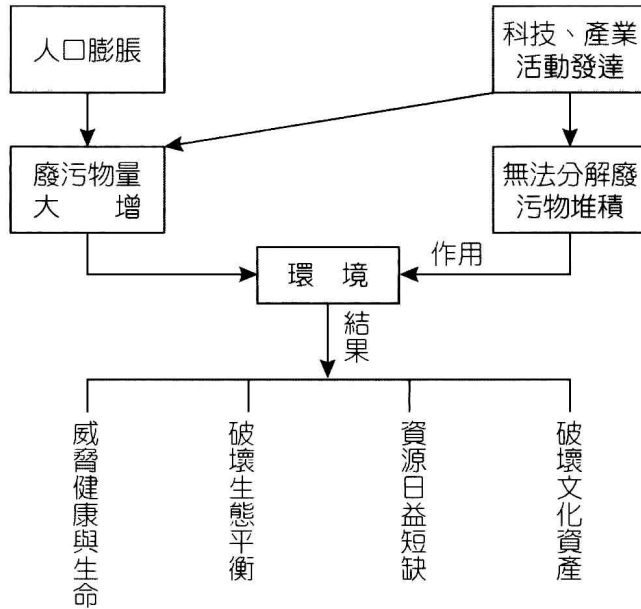


圖 1-4 環境污染及其影響

世界上主要的環境問題包括：

- (1) 溫室效應。
- (2) 酸雨。
- (3) 臭氧層破壞（破洞）。
- (4) 湖泊、水庫優養化。
- (5) 生態破壞。

台灣地區近一、二十年來，發現其環境品質包括空氣、水質和土壤都逐漸惡化或喪失其正常功能（如供水或種植作物），這些主要是因廢氣、廢污水等環境污染造成的，再加上水資源或土地資源利用不當或過度開發的行為造成土石流、山壁崩塌、洪水等大自然反撲而使人民蒙受生命財產的損失。上述這些台灣地區的環境問題的主要成因包括：

- (1) 環境負荷沉重（人口、交通工具、工廠數量增加）。
- (2) 消費習慣改變、廢棄物激增。
- (3) 自然資源利用和管理錯誤。
- (4) 公共建設不足、加劇環境品質惡化。
- (5) 污染管制法規執行不嚴。
- (6) 產業環境觀念不正確或責任感不夠。

吾人將針對上述各點擇要說明如下：

1. 環境負荷沉重

環境和生態都是一個可逆的平衡系統，此系統若有微量的變化可以經由自然界一定的涵容能力予以化解，仍可維持一定的平衡，亦就是說空氣可以藉著流動、擴散來稀釋一定污染量；而各種自然水體如：河川、湖泊、海洋……也有一定的自淨作用，具有一定的涵容能力。簡言之，污染量若是在環境受體的涵容能力範圍內，則環境問題是不會發生的。台灣地區近一、二十年來因為人口激增，汽、機車數量龐大，工業經濟活動發達等因素，使得污染量成長驚人，在一定的環境之涵容能力下，各種環境問題於焉逐漸浮現出來。台灣地區人口在民國 40 年時僅有 787 萬左右，至民國 91 年已增至 2,234 萬左右，成長了 284%（表 1-2）。而且根據研究指出世界人口每增加 2%則環境品質將降低 1%，再者由於社會結構的變動，台灣近年來逐漸由農業社會轉型成工、商業社會，於是人口更形集中，人口密度高達每平方公里 620 人左右，所以整體來說由於人口激增，社會型態變遷形成污染量不但增加而且集中。

表 1-2 台灣地區的人口成長

年次及地區別	年底人口總數
光復前最高時期（29 年）	6,077,478
40 年	7,869,247
45 年	9,390,381
50 年	11,149,139
55 年	12,992,763
60 年	14,994,823
65 年	16,508,190
67 年	17,135,714
68 年	17,479,314
69 年	17,805,067
70 年	18,135,508
71 年	18,457,923



表 1-2 台灣地區的人口成長（續）

年次及地區別	年底人口總數
72 年	18,732,938
73 年	19,012,512
74 年	19,258,053
75 年	19,454,610
76 年	19,672,612
77 年	19,903,812
78 年	20,107,440
88 年	22,034,096
91 年	22,339,759
96 年	22,958,360

說明：2008.7.25 台灣第 2300 萬人口正式誕生。

隨著社會型態的轉變，工、商業發達，台灣地區機動車輛數目及密度均有驚人的成長（表 1-3）。根據統計，台灣地區在機車數量和人口使用比例上居全世界第一。車輛數眾多不但易生交通事故形成社會亂象之一種，其噪音及空氣污染方面的影響更是嚴重，再加上台灣地區的車輛密度高，污染十分集中使得環境無法承受。根據研究，以台北市一地而言，空氣中各種污染物其 90%來自於交通工具排放的廢氣。以台灣地區來說，平均每 2 人有一輛機車，每 4 人有一部汽車，而機車的污染強度為汽車的 3 至 7 倍以上，且汽、機車排出的一些污染物如苯並芘(Benzene- α -pyrene, BAP)，為致癌性的多環芳香化合物(polyaromatic hydrocarbon, PAHs)的一種，對民眾健康、生命威脅甚大。

表 1-3 台灣機動車輛數量和密度

項目 年份	車輛登記數（輛）	車輛密度（輛／km ² ）
1987	7,702,150	214
1988	8,930,878	248
1989	10,205,185	284
1991	12,790,000	355
1996	14,279,465	397

表 1-3 台灣機動車輛數量和密度（續）

年份 \ 項目	車輛登記數（輛）	車輛密度（輛／km ² ）
2000	17,022,689	470
2002	17,422,491	484
2006	18,687 515,	519

近一、二十年來台灣的工業發達經濟活動頻繁，其燃料燃燒，製程所排放的廢氣、廢液量激增，超出大氣、河川、湖泊等受體的涵容能力，表 1-4 為台灣地區能源消耗量逐年增加的情形。當然能源使用並非全部工業、經濟活動所消耗，但此項占 60%~70%以上，況且其他如運輸、原料等因素也不能說和工業發達無關；表 1-5 可看出台灣地區的工廠數目逐年增加。我們的環境如何能承受如此龐大而集中的污染量，環境品質勢必是愈來愈壞。

表 1-4 台灣地區能源消耗量

年份	1970	1980	1987	1988	1989	0995	2001
能源消耗量 （千公秉油 當量）	47,368	31,785	40,551	44,922	46,952	76,845	94,828

表 1-5 台灣地區工廠數量及密度

年份 \ 項目	1983	1987	1988	1989	1991	1996	2002
工廠數量（家）	71,191	84,163	90,607	93,925	94,840	96,820	97,182
工廠密度（家／ 輛／km ² ）	1.98	2.3	2.5	2.6	2.62	2.69	2.70

說明：由於政府政策產業外移，工廠數量自 2002 年逐年減少。

2. 消費習慣改變，廢棄物激增

由於經濟發達，國民所得增加，使得物資充裕，再加上於社會型態轉變，消費觀念也隨之改變，以前講求「節約消費，努力生產」，而現在則希望以消費刺激生產來累積財富。台灣近二、三十年來不但人口增加，國民生產毛額亦逐年增加，表 1-6 為歷年來國民平均所得遞增的情形。所得增加，民眾消



費習慣亦隨著劇烈轉變，在此略舉一例便知，回想五十年代一般家庭因飲食、生活所產生的垃圾量大概是二、三天才一個塑膠袋的量，而近十年來則變成一天有兩、三袋的垃圾量，足見消費習慣的改變，使我們的環境必須加倍承受龐大的污染量，即以廢棄物（垃圾）為例，正如表 1-7 所示，台灣地區每人每天垃圾清運量從民國 64 年的 0.51 公斤增加到民國 78 年的 0.90 公斤，民國 81 年更達到 0.92 公斤，民國 86、87 年甚至增加至每人每天 1.1~1.2 公斤，其後則因推行垃圾分類政策、資源回收及垃圾費隨袋徵收等措施，有效地使清運量降至民國 90、91 年每人每天 0.9 公斤的水平。即使如此，台灣地區每天仍約有 2 萬噸的垃圾需要處理。其主要處理方式為焚化和掩埋。至 2001 年為止，焚化占 51.5%，掩埋則占 47.3%。如果都市垃圾焚化爐興建計畫可以在民國 94 年（2005 年），順利完成全台 21 座大型都市焚化爐的話，則焚化百分比預計可提升至 75% 以上。這樣一來不但可妥善處理垃圾問題，更可減輕掩埋場地需求的壓力，此對地狹人稠的台灣來說是十分重要的一項廢棄物處理政策。但是，台灣地區的垃圾組成中塑膠含量達 25% 左右，此相對於歐美國家平均約 12% 的含量偏高，將造成台灣地區的垃圾發熱值偏高。使得焚化爐的焚化量降低，每天可以焚化掉的垃圾量，將因此減少（參考式(1-1)）。例如依台中市垃圾焚化廠的設計其焚化量為每天 900 噸，但因垃圾中塑膠量過多，故造成試燒時每天僅能達到 700 噸左右的水準。另外，含氯的塑膠（如 PVC 類）在不完全燃燒的情況下，極可能在其焚化飛灰和灰渣中產生有毒的戴奧辛(Dioxins)，所以台灣地區的都市垃圾焚化爐的飛灰所含 Dioxins 經常超出標準限值(0.1 ng/m³)的數百倍之多。台灣地區垃圾含水量高達 50% 左右，更提高了不完全燃燒的機率。近年來，因垃圾分類制度執行得不錯，使台灣地區垃圾量逐年減少，為避免無垃圾可燒情形發生，政府已停止興建都市垃圾焚化爐。亦因為垃圾量減量政策成功，至 95、96 年只完成興建 17 座都市垃圾焚化爐，便停止該項都市垃圾焚化爐興建計劃。

焚化量 = $\frac{\text{焚化爐熱傳率設計值}}{\text{垃圾的平均發熱值}}$ (1-1)

表 1-6 台灣地區國民平均所得之演進

年 份	1952	1980	1987	1988	1989	2001	2006
國民平均所得 (美元)	292.3	2567	5275	6333	7509	12941	14,770

表 1-7 台灣地區垃圾清運量

年 度	1975	1977	1979	1981	1983	1985	1987	1989	1992	1995	1997	1999	2001	2007
垃圾清運量 (kg/人、日)	0.51	0.57	0.63	0.63	0.66	0.74	0.78	0.90	0.92	1.14	1.14	1.08	0.895	0.531

3. 自然資源利用、管理錯誤

台灣近三、四十年因人口增加，工商經濟活動頻繁，且在資源利用方面管理失當，加上政府主管政策疏失，執行公權力不彰，以致於有：(1)土地資源、(2)水資源、(3)能源結構等方面產生各種污染和環境的傷害。分別敘述如下：

(1) 土地資源方面

台灣地區在追求產業發展及經濟成長的同時，對土地利用並未妥善的規劃和管理。台灣的土質鬆軟、地質破碎易崩，在山坡地任意容許土木興建、開設高爾夫球場、種植經濟作物（如山葵、檳榔、茶……）政策下，進一步造成生態破壞外，更形成土石流，影響民眾生命財產及破壞生態十分嚴重。濫墾、濫建的結果不但破壞國土的完整性和景觀，更使土地喪失涵養水分的能力。減少可用水量，水源區受相關高爾夫球場或農場的農藥污染，進而使飲用水品質備受威脅，飲用水源缺乏。

(2) 水資源方面

台灣地區年平均降雨量約為 2,500 公厘，豐水年時更可達 3,200 公厘，而枯水年亦有 1,600 公厘，以全世界平均降雨量僅 800 公厘來說，台灣地區可謂是雨量豐沛的地區，但由於台灣地區氣候炎熱水分蒸散量大、地形陡峭、河流短促而湍急、許多雨水很容易奔流入海。再加上雨水挾帶較多泥沙，使河水引用困難且水庫淤塞嚴重，僅餘 2/3 左右的有效儲存量，另外雨量在各地區，分佈十分不均勻且多集中於 5 月至 11 月的雨季，而在台灣南部地區其雨量分布更達到 9：1 的情形。綜合上面所述，台灣地區屬於可用的水資源經常不足的地區。一般來說，每年均需超抽 30 億噸的地下水，圖 1-5 為民國 82 年（枯水年）的水資源結構，由圖可知，降雨量中約 75% 蒸散或奔流入海，只有 25% 左右成為可用水量，此可用水量以河川引水，水庫供水及地下水的三種形式提供農業（含養殖畜牧）、工業和民生三方面的用水。其中農業用水占 75%、工業用水占 10%，而民生用水則有 15%，其用水不