

科學圖書大庫

工業污染之成因與防治

編著者 葉基光

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

工業污染之成因與防治

編著者 葉基光

公元一九八七年初版
版權所有 不許翻印

徐氏基金會出版

石 序

在新興的工業國家中，由於經濟的高度發展，直接給人民帶來了富裕的生活，但也帶來了污染的環境，主要原因便是早期的經濟發展，未能兼顧環境品質的維護，僅重視開發，而忽略環境保育的重要性。

以我國為例，自民國四十二年實施長期經建計畫以來，工業急速成長，工廠紛紛成立，遍佈全省各地，因未實施區位計畫，以致人口與產業分佈極不均衡，因而造成其發展多集中於南北兩端的畸形現象，加以土地資源之濫用，居住環境亦遭破壞。其次對引進之工業亦未進行「污染調查」且未提供事先防範措施，此外，對足以引起「環境衝擊」之重大經濟建設，亦未事先辦理「環境影響評估」無形中更加重了污染問題。迨六〇年代後期，更由於都市人口迅速膨脹，公共設施不足，以及缺乏整體環境之維護，以致造成了重大公害事件層出不窮。

因此，我們應如何利用有限的自然資源和自然涵容能力，續謀科技與經濟之持續發展，又能兼顧自然環境，免其遭受污染破壞，此乃當今經濟及工業建設的重要課題。我們利用科技創造文明，也應利用科技解決文明之副產物——環境污染。

工業污染來自與工業生產相關的各種活動，包括原料的開採與處理，運輸、製作和處置。其形式涵蓋了空氣污染、水污染、噪音污染、固體廢棄物污染，和放射性物質之污染等，對人類健康、資源及氣候造成十分嚴重之威脅。

本書首先介紹工業發展所造成的環境污染與威脅，並將工業生產之各種固體廢棄物、危害性廢棄物所造成之污染防治技術做詳細之介紹。其次對工業毒性物質之污染，如汞之污染，含鋁廢水之污染，世紀之毒—戴奧辛之污染，銅污染等之防治技術詳加介紹，最後將工業都市污水處理之方式，及工業廢水中氰化物去除之方法，以及工業災害及污染防治之方法作政策性之介紹，尤以對酸雨污染之防治，以及現代都市垃圾處理及能源之回收和對未來事業廢棄物之處理系統作深入之介紹。相信這些工業污染防治之技術與新知，將會促使工業界採取工業發展與工業污染防治兼顧之政策，並積極採取資源有效利用及副產物回收之方式以徹底防止工業的污染。

經濟建設與工業發展之最終目標在使國家富強康樂，增進社會福祉，使國民能過豐衣足食，安和樂利之生活，但如果因為發展經濟與建設而帶來了污染與環境惡化，甚至影響人體健康，威脅生命安全，則反而加重整體經濟之負擔，降低成長，因此我們由衷的希望工業界應開發引進各種污染防治技術，不但提昇高科技工業之生產力，而且又能兼顧環境品質之保護，給予下一代一片純淨的安樂土，進而促使我國工業邁進新的里程碑。

本中心管理師葉基光君從事環境污染防治工作多年，此次特將各種工業污染防治技術彙編，其目的係在當前工業污染嚴重威脅人類健康之時，能拋磚引玉，給予我國工業界一針強心劑，使全國工業均能重視工業污染的嚴重性，進而將各種工業污染之廢棄物回收成為新的能源，以促使我工業生產力之再提昇。

在當今政府機構、工商企業界、及全國人民都極力重視工業污染及環境品質之時，本書的出版是值得興奮與鼓勵，並希望藉此能產生廣大的迴響與共鳴。

中國生產力中心 總經理

石濟宜

編著者序

由於工業之發展迅速，許多因工業而生之污染已逐漸侵蝕了純潔的環境，而空氣污染、水污染、土壤污染、惡臭、噪音等公害已嚴重影響到人類之健康。爲什麼台灣全省工廠廢水、廢氣檢查會出現一百五十六家工廠不合格的現象呢？此癥結在於我國的污染防治腳步太慢，而無法有效積極的防治各種工業之污染。

因此有台灣“黑龍江”之稱的淡水河污染已在中外流傳，而車輛排氣所造成之空氣污染，及工業廢五金戴奧辛之危害，已使居住在此之老百姓身受其害，例如畸形嬰兒增加、農作物枯萎、信鴿體力差、國中學生上課昏倒、許多孕婦產下無腦兒等現象日益嚴重，因此如何有效地加強工業污染防治，成爲當前刻不容緩的課題。

本書有系統地介紹工業污染之成因與防治之方法，並將過去污染防治技術上之障礙加以突破性之介紹，並將歐美日本最新污染防治之技術與新知以及管理法規有系統的整理與引進，使國內工商界等有關單位能藉此瞭解工業污染之嚴重性，並進一步學習克服污染之技術，以淨化大地，給予後世子孫一片安樂土地。

本書參考美國國家工業研究中心一九八六年危險化學品及工業廢棄物污染之成因與防治等科技書籍，及經濟部工業污染防治刊物，再加上筆者過去研究環境污染之心得重整而成。希望藉此新知與科技對我國工業污染之防治能略盡綿薄之力。

經濟發展與工業建設之最終目標是爲使國家富強康樂，增進社會福祉，使國民能過豐衣足食，安和樂利的生活，此爲民生主義經濟建設與實業計畫強調之精神所在，但如果因爲發展工業建設而帶來了污染與環境惡化，甚至影響人體健康，威脅生命安全，則反而加重整體經濟的負擔，因而降低成長。雖然這種近似矛盾和惡性循環之存在，爲開發中國家不可避免和必經之過程，但亦應突破此難關，始能達成最終目標。因此環境保護列爲整體發展中第一優先項目，尤其是對可能直接危害人體健康之工業公害，更應視爲公害防治之首要工作，應積極配合推動才是。

- 希望本書之問世，能讓國人認清工業污染之重要性，促進工業污染科技之發展，不但能以技術解決本身污染問題，亦希望能將技術輸出，而使得工業更進一步的發展。

葉基光 謹識

目 錄

石 序	I
編著者序	III
第一章 工業建設與環境保護	1
第一節 經濟發展對環境之影響	1
第二節 工業發展所造成之環境污染與威脅	3
第三節 工業污染防治之對策	7
第二章 廢棄物之污染成因與防治	10
第一節 工業廢棄物污染問題與解決之道	10
第二節 固體廢棄物之污染與處理	15
第三節 危害性廢棄物之管理	36
第四節 有害廢棄物之生物處理	49
第五節 廢棄物掩埋法	58
第三章 工業毒性物質之污染及防治	76
第一節 汞之污染成因與處理技術	76

第二節	含鉛廢水之污染成因與處理·····	94
第三節	世紀之毒——戴奧辛之污染及控制·····	103
第四節	銅污染之處理技術·····	105
第四章	水污染之成因與防治·····	117
第一節	水污染防治法的內涵及防制措施·····	117
第二節	當代工業都市污水處理方式及特點·····	120
第三節	二相厭氧消化處理工業廢水方式·····	126
第四節	活性污泥鬆化現象及其控制·····	132
第五節	工業廢水中氰化物之去除·····	141
第六節	抗生素製造工業廢水完整處理法·····	153
第五章	工業災害及污染控制方法處理·····	156
第一節	工業災害與全民生活之關係·····	156
第二節	推動工業災害及污染防治之要領·····	160
第三節	工業災害及污染產生之原因·····	162
第四節	控制工業災害及污染的技術·····	163
第五節	有效防治公害之途徑·····	167
第六章	酸雨之污染與防治·····	168
第一節	前 言·····	168
第二節	從科技策略分析酸雨之防法·····	168
第三節	從經濟策略談酸雨之防治·····	173
第四節	從法規策略看酸雨之防治·····	175

第七章	淨化都市垃圾與回收能源	178
第一節	現代化垃圾處理之種類及方法.....	178
第二節	嫌氣消化作用以回收能源.....	180
第八章	都市、工業廢棄物之回收與加工	189
第一節	前 言.....	189
第二節	農業用廢棄物加工.....	191
第三節	工業廢棄物和其加工製品的特性.....	197
第四節	污泥和其加工製品.....	200
第九章	建立未來事業廢棄物回收及處理系統	210
第一節	前 言.....	210
第二節	目前事業廢棄物清辦法規及現況.....	211
第三節	當前事業廢棄物面臨之問題.....	213
第四節	加強事業廢棄物清理系統.....	215
第五節	加速事業廢棄物回收系統之建立.....	218
第六節	未來努力之方向.....	221
參考文獻		223

第一章 工業建設與環境保護

第一節 經濟發展對環境之影響

在新興的工業國家中，由於經濟的高度發展，直接給人民帶來了富裕的生活，但也帶來了污染的環境。主要原因便是早期的經濟發展，未能兼顧環境品質的維護，僅重視開發而忽略保育的重要性。例如我國自民國四十二年實施長期經建計畫以來，工業急速成長，工廠紛紛成立，遍佈全省各地，因未實施區位計畫，致人口與產業分佈極不均衡，因而造成其發展多集中於南北兩端的畸形現象，加以土地資源之濫用，居住環境亦遭破壞。其次對引進工業未進行「技術評估」，盲目引進嚴重污染性工業，且未提供事先防範措施。此外對足以引起「環境衝擊」之重大經濟建設，亦未事先辦理“環境影響評估”，無形中更加重了污染問題。迨六〇年代後期，更由於都市入口之迅速膨脹，公共設施不足及缺乏整體環境之維護，以致造成了重大公害事件層出不窮。

一、工業發展與環境污染之關係

人類爲了謀求改善其生活，不斷地努力從事經濟發展；爲了拓展經濟，必須充分利用自然資源，克服自然環境之限制，尋求更多資源以供利用。由於利用自然和克服自然的結果，導致對環境的破壞，影響到人

2 工業污染之成因與防治

類的生活，環境污染的公害問題於焉發生。因此，經濟及科技的發展與環境污染，有著不可分離，互為因果關係存在，所以經濟學家稱“公害”為“外部的不經濟行為”。

由於經濟發展的結果，帶來人類文明的進步，及人口與活動的增加，因此環境污染之問題日趨嚴重。最先表現出來的為工業污染問題，故環境學家稱“環境污染”為科技文明與經濟發展的副產物。

因此，我們應如何善加利用有限的自然資源和自然涵容能力，續謀科技與經濟之持續發展，又能兼顧自然環境，免其遭受污染與破壞，此乃當今經濟及工業建設的重要課題。我們利用科技創造文明，也應利用科技解決文明之副產物—環境污染。

二、工業建設及環境保護

環境保護與經濟發展之目標，同為追求美好的生活品質，亦即追求人類生存之最大利益，兩者實宜相輔相成。環境保護並非將資源、能源置而不用，而是對人類賴以生存的環境作適當之管理，並對自然資源作合理的開發與利用，使我們自己及後代子孫均能繼續善用環境所蘊含之資源與能源。適宜之環境管理應指在利用資源與能源的過程中，能兼顧保障人體健康，保存舒適空間及維持生態平衡等條件，以及認知資源，能源之有限性，儘量以可再生之密閉系統（低或無廢料之技術）使用之，並繼續保有它。

因此環境保育的首要工作為規畫資源，能源利用及保存之優先次序，以達到合理的開發與利用，其次為建立環境品質目標。環境品質目標之基準線在於保障人體之健康，經由危害風險分析所設定之基準線目標為不可妥協者。換句話說，環境保育並非在排斥經濟發展，而係在追求合理的開發與建設。

因此，在設定污染物管制標準時，應充分考慮利用環境之自然涵容

能力，初期的標準不宜要求太高。此外，由於污染物體本身即是一種資源與能源的損耗，且處理已形成之污染物，本身即再次耗用資源、能源，並產生其他形態之污染行為（即產生二次污染）。因此管制標準之設定，應以能誘導污染源自製造過程中減少污染物之排放（即提高資源有效利用），及廢物再利用之方式為主要考慮因素之一，以獲取最大之成本效益比。如此，不但環境保護之推動較為容易，亦可因為環境保護之要求與衝擊，而間接促成工業的升級，造成再一次的工業革命。

第二節 工業發展所造成之環境污染與威脅

工業污染來自與工業生產相關的各種活動，包括原料的開採與處理、成品、半成品的運輸、製造和加工。其形式涵蓋了空氣污染、水污染、噪音、固體廢棄物污染和放射生物質之污染等，並且隨工業的類別和作業內容而有不同的內涵。工業污染對於生態環境的影響是多方面的，其實際的範圍即使以今天科技能力也無法給予明確的定義。但就已知的現象裏，我們不難發現它對人類健康、資源和氣候等所造成之威脅。

一、工業污染對人類健康的威脅

任何型式的工業污染都可能影響人類的健康。

1. 空氣污染 不潔工業廢氣排放，不僅刺激眼睛和氣管，也可以使胸腔窒息。一些含硫份、硫酸氮氧化物或光氣的工業排放氣體，本來就具有傷害呼吸系統，引發咳嗽，阻礙呼吸順暢和引起胸腔不適的作用，而這些氣體和含塵粒的空氣一齊被吸入人體時，其刺激或傷害的能力更隨著增加。根據統計，民國六十九年至七十一年我國生命統計指出，支氣管炎，肺氣腫和氣喘已被列為台灣地區的第七死因，而肺癌患者也在逐年上升。

4 工業污染之成因與防治

有些工業污染物在空氣中的含量不高，但却能導致嚴重的傷害，人的肺部吸入石棉纖維，已被證實和所謂的石棉沈滯症，支氣管癌或某些惡性的慢性病有關。水銀是一種在人類發展史上很早就被使用的金屬，在今天台灣的工業界，也被應用在碱氯工廠的水銀電解和電氣工廠等工業中。存在於空氣中的水銀足以傷害人體的中樞神經系統，引起體重減輕、失眠、發抖和意識失調的症狀。

鉛和一氧化碳較少在工業直接排放的廢氣中存在，但却是與工業發展息息相關的汽車排放廢氣中的重要污染物，因此也值得一提。又我們身體內部或多或少都累積了一些鉛，但攝取過量時，則將引起智能減退和運動神經失調等神經系統的疾病。一氧化碳的污染最能影響心臟和神經系統的功能。1952年12月5日英國倫敦由於氣候關係，整個都市上方的空氣幾乎靜止不動，結果在連續五天中造成四千人死亡，醫院患者爆滿，而死亡者有百分之八十患有心臟病及胸腔病變，這件事依據判斷就是一氧化碳所造成的後果。

2. 工業廢水 工業廢水在不當的掌握下排放，對人體健康的影響是相當鉅大的。在日本發生舉世聞名的水俣病和痛痛病，就是分別由於含水銀的工業廢水污染了食用魚類，以及含鎘的工業廢水污染了農作土壤，最後又污染了農作物所致。事實上，近幾年在台灣地區也不乏工業廢水的不當排放所造成的公害事件，其中亦有因氰酸的排放導致居民和家畜受傷害的情事。

工業生產由於製程需要冷卻及清洗等作業，或由於原料中本來就含有水分（如石油煉油業中的原油），往往會有廢水的產生。因為來自製程因此在某種程度上就帶有與製程相關之原料、副產物、產品或添加物等物質，其中對人體健康最有影響的便是重金屬類、氰化物及人類合成的有機毒物（如農藥、多氯聯苯、戴奧辛或其他）。

重金屬屬於保存性污染物質（Conservative pollutants），

生態環境中無法分解，故可經由攝取生物的濃縮而蓄積於生物體內。合成的有機毒物也屬於頑強性污染物質（Persistent pollutants）在生態環境中亦非常難以分解，因此也和重金屬一樣，一旦處置不當排入自然水體，即可經由生物的濃縮作用，而進入人類的食物鏈中，而終於導致人體的疾病。

3. 工業毒性廢棄物 在工業污染所引發的問題中，最爲世人震驚的恐怕就是有關工業毒性廢棄物的問題，而毒性物質污染的威脅，簡直可以比喻成僅次於發動一次核子戰爭，我們知道核子戰爭尚未發生，但毒性物質污染威脅却已在你我左右。

七十年代中期，位於美國紐約州水牛城附近的勒夫乾渠事件（Love canal）開始被人談論，而且很快就引起世人普遍的關切。一條由美國陸軍軍官勒夫所開掘，用來聯結安大略湖和尼加拉河的未完成之“乾溝渠”，後來爲虎克化學公司所有，並且做爲堆放工廠所產生的一些廢棄物的場所，其中含有高量的氯化烴化合物。而從一九四一年起，幾年間就存放了近廿二萬噸之多。由於當年人們對化學品之危險性或後遺症缺乏正確的了解，因此附近也發展了約兩三百戶之社區。由於廢品之掩埋場或廢棄場設計不當，故這些廢棄物中所含的各種化學品，常可藉雨水的流動或本身在土壤中的滲透，移至別處或進入地下水源。一九五八年勒夫乾渠附近居民終於有了疾狀，但直到七十年代被證實與虎克公司的工業廢棄物有關時爲止，居民已在無助和驚慌中過了近廿年的日子。

勒夫乾渠事件並不是唯一的偶發事件，八十年代開始，在密蘇里州（Time Beach）日灘鎮所發現的戴奧辛案，以及其他許多的案例，使人不能不承認工業毒性廢棄物問題之嚴重性和普遍性。事實上，只要化學品的使用者和投棄者，對於化學品的特性缺乏了解因而隨地拋棄，我們就可以肯定的說，悲劇已逐漸靠近我們。

二、工業污染對資源的威脅

我們俗稱蘊藏於地下提供工業生產的石油、煤和金屬為資源。不過，對於滿足我們生存所需的土地、空氣和水，又何嘗不是資源。工業污染來自工業生產，生產量顯然與污染量有著正比的關係。

一九七二年一群麻省理工學院的教授，在“成長的限制”報告中，驚人的指出，地球上有限的資源，在人類盲目地追尋生產成長下，只要僅僅百年之內即可能面臨枯竭，使人類文明陷入崩潰的狀態，而污染的日趨嚴重更是造成能源匱乏之主因。

其實對於維持我們日常生存所需的基本資源，污染有其更嚴肅的層面，因為當水資源遭受污染，無法輕易的做為我們日常的水、工業用水和農業用水時；或是當空氣遭受污染而加速所有材料和機械腐蝕和損耗時；或是當土地遭受污染無法生產我們生存所需之糧食時，今日的工業成長又有什麼意義呢？

三、工業污染對氣候的威脅

曾經有人危言工業的污染，尤其是來自火力電廠排氣中的二氧化碳，配合大量綠地的破壞，不僅將會減低大氣層的含氧量，同時也改變地球表面的氣候。目前有關氧氣減少的說法已較少人相信，但對改變氣候的可能却日漸受到世人的重視。近日來國內三家電視台之新聞報導，曾在同一天轉播污染改變生態環境及氣候。

由於地球和太陽的輻射作用，以及其他複雜的地表與大氣因素，且二氧化碳具有良好的紅外線吸收性質，因此當大氣中的二氧化碳增加時，必然也會增加紅外線輻射至地球表面的機會，而增加其表面溫度，進而改變氣候。

氣候是個深奧而複雜的題目，以現今的科技並無有效的方法與技術

可解釋，及預測污染對它真正的影響，但近年來所發生之現象，如冰山之移動；熱帶部分溫度的降低；已足以肯定污染對氣候的威脅。

第三節 工業污染防治之對策

發展經濟兼顧環境保護即為當前各國政府重要的經濟政策目標，因此各國在推動執行各項工業開發計畫時，凡與環境保護有關措施均特別重視，除積極配合有關機關推動各種工業污染管理外，並對污染性工廠採取積極協助與輔導改善，其重要對策與所採措施如下：

一、在政策上採取工業發展與工業污染防治兼顧：

釐訂獎勵工業發展計畫時，即予兼顧環境保護，以無污染性或低污染性工業為主要獎勵對象，以作為政策上導引無污染性或低污染性工業之發展，對新設嚴重污染性之傳統工業，則採取禁止或限制設立，並逐漸淘汰既存之嚴重污染性工業。例如：

1. 規定新設鹼氯工廠應採用無水銀污染之離子薄膜電槽；傳統之水銀法電槽，因水銀污染嚴重，除禁止新設及擴建外，並定期淘汰。

2. 規定硬脂酸鎘製造工廠改採氧化鎘（ CdO ）為原料，並採用無污染之「融熔法」代替高污染性之「複分解法」。

3. 規定紙漿工廠應設置廢液回收設備，（因有此類設施，始可有效解決紙漿工業廢水污染）始准新設或擴建。

4. 公告禁止五氯酚（PCP）農藥工廠設立或擴建，即有工廠逐漸停止生產。

二、在污染防治上採取事先預防重於事後處理措施：

本“預防勝於治療”之醫道原理，預先防患阻止污染之產生，因此

對投資新設或擴建之污染性工業，均採事先審查與預防措施。例如：

1. 對新產品與新技術之引進，先予以評估其對環境可能產生的影響。
2. 對新設工廠規定應設置完善污染防治措施，且開工時，需經查驗符合規定，始發給工廠登記證。
3. 規定污染性工業於申請設立時，應事先擬定完善污染防治計畫，始准設立。

三、在污染處理方面鼓勵採取提高資源有效利用及副產物回收方式：

由於污染本身不僅是“外部的不經濟行為”，有時也是“內在的不經濟行為”，因為有很多污染行為，本身即為生產過程中各種有價資源（如原料、燃料、半製品及產品）之流失、損耗。非但造成“公害”問題，且間接增加生產成本。唯有減少污染物之排放才是根本解決之道。

因此，解決工業污染的上策，宜從工廠內部改善做起，包括：

1. 改良製造方法，製造程序，以提高原材料之轉化率，減少損耗。
2. 加強生產管理，提高生產效率，以減少污染物排放。
3. 回收有價資源與副產品，才可達到防治污染兼具降低成本之雙重效益，或以最少的投資及操作費用來解決污染問題，亦不致於因面對環境污染改善之壓力而影響工業之發展。
4. 普遍規畫開發工業區，在區內設置廢水處理廠，聯合集中處理區內各工廠所排廢水到目前為止，此種方法對遏阻水污染蔓延頗具成效。

四、經濟發展宜重視污染問題

經濟發展與工業建設之最終目標，厥為使國家富強康樂，增進社會福祉，使國民能過豐衣足食，安和樂利的生活，此為民生主義經濟建設與實業計畫強調之精神所在。但如果因為發展與建設而帶來了污染與環