

公害問題與科學教育

林振霖

國立臺灣教育學院化學系

近代科學技術的進步，雖然提高了人類物質文明的水準，改善了人類的的生活，而相對的環境污染問題却成為今日社會的公害問題，如何防止或解決這些公害問題已經變成現代國家社會所面臨的重要課題，尤其是在科學教育上更須要推行公害、環境教育，讓大家都能認識公害的嚴重性與防止公害的重要性，使得大家能在享受現代科技文明生活的同時不再受到公害的威脅。

一、認知公害威脅的七十年代

近年來隨著工業的進步，產業的生產、流通、輸送及消費等過程中所排出的廢棄物數量有迅速增加的趨勢，而且其品質也變成複雜多樣化，使得自然的淨化作用已無能為力。昔日新鮮的空氣，清澈的河流已不復存在，溪流的游魚，樹梢的飛鳥已不見踪影，人類的生活環境遭受污染與破壞，人類的生存也遭受了威脅。

日本號稱經濟大國，因此所受公害也最大。1970年底，日本人民面臨公害發生的慘痛與威脅，終於認識了從前以經濟為優先的公害對策已經無法達到防止公害的目的而於國會中改訂了「公害對策基本法」，開始積極推動防止公害的運動。

在美國，1970年8月，尼克森總統向國會

提出「公害白皮書」，強調了防止公害的重要性。白皮書上說：「如果不停止對於微妙平衡的自然體系所加的破壞，則我們必須面對生態學上的災害。」

1970年英國政府發表防止公害白皮書—「環境保護的戰鬥」，主張大幅度提高對於大氣，河川，海水的污染以及放射能與噪音的公害罰金。

因此1970年可說是日本、美國、英國等國家齊一開始致力於公害對策的一年。

二、公害的基本特性與企業公害

歷史上公害問題是隨著人類開發新技術而發生。最初的公害多來自企業的生產活動，其為害的程度，雖然有差別，卻普見於世界上工業發達的國家，第二次大戰後隨著工業技術的革新與工業生產量的提高，企業公害也急劇的擴大。

何謂公害？根據日本公害對策基本法的定義，即「公害就是隨著事業活動及其他人類活動所產生相當範圍的大氣污染、水質污濁、土壤污染、噪音、震動、地盤陷落及因惡臭而產生有關人類健康或者生活環境的損害。」

公害既為人所造成，則應該依賴科學技術的開發，從企業生產工程中，設法避免產生。但是很多企業家卻認為生產技術上無法完全免除公

害的發生並且從經濟觀點而言，爲了免除公害的發生所需增加的設備費用非常可觀，易導致工業生產成本的增加而造成工業的萎縮甚至使得工廠無法生存。

近年企業公害的繼續增大，迫使對於這種企業理論或企業特權要求再檢討的呼聲增加，例如大氣污染的公害——本來空氣在自然狀況下，非常清淨，化學工廠建立後，從工廠的煙囪排出來的有毒氣體污染了共有資產的清淨空氣，爲害人民的健康與財產。——從權利義務的觀點而言，工廠應該負有賠償的義務與責任，但是過去的科學技術觀念與企業理論常認爲科學技術可造福人類而企業對於國家社會有其貢獻，因此對其所造成的公害，只希望人們予以忍耐與容忍。

工業發展所造成的大氣污染愈多，爲害程度

愈深，公害的企業責任就爲大家所重視。大氣不能被一部分的人所獨占，誰都沒有權利任意污染空氣，傷害人類的健康，侵害其生活環境，這是一種尊重人權的思想。也因爲這種觀念的建立，使得金錢與物質可處理一切事物的企業理論爲之崩潰。從此公害問題即成爲世界上科技進步，產業發達國家的重要課題。

三、重大的公害事件

世界上工業發達的國家中公害是如何發生的？先就日本的重大公害訴訟案件列記於表 1，以助了解。

表 1. 日本重要公害事件表

	年 代	事 件	發生場所，病 名，病 狀
①	1953	確認水俣病	九州熊本縣水俣灣附近，有機水銀中毒症，神經障礙，四肢麻痺，言語障礙。
②	1960	疼痛病發生	富山縣神通川流域，鎘 (cd) 中毒症 (礦毒)，四肢酸痛，骨骼軟化、破壞。
③	1961	四日市氣喘病發生	三重縣四日市，石油工業區的大氣污染引起的氣喘病症。
④	1964	第二水俣病發生	新潟縣阿賀野川流域，有機水銀中毒症。
⑤	1968	多氯聯苯 (PCB) 中毒	北九州，米糠油的 PCB 中毒，生長抑制，神經內分泌障礙，呼吸器障礙，脂質代謝異常，皮膚與黏膜病變所產生的皮疹與色素沈著。
⑥	1970	光化學烟霧中毒	東京都，汽車排氣引起的眼睛或喉粘膜刺激，呼吸困難。
⑦	1971	PCB 污染	瀨戶內海、東京灣、琵琶湖產的魚貝類中檢出，症狀有皮疹、肝疾。
⑧	1974	柴油槽破裂污染海港	岡山縣水島三菱石油槽破裂流出一萬噸柴油於瀨戶內海，魚貝類損失甚大。
⑨	1975	大阪機場噪音公害	大阪機場附近，胃腸障礙、聽力損失、耳鳴、神經衰弱。

⑩	1975	新幹線噪音公害	名古屋，噪音。
⑪	1975	六價鉻 (Cr) 公害	東京都小松川，日本化學工業工廠工作員病，鑛渣的土地污染，鼻中隔穿孔、氣喘、肺氣腫、肺癌。

表 2 我國重要公害事件表

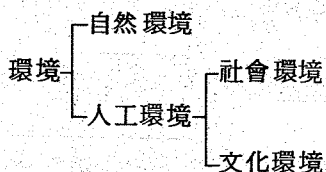
	年 代	事 件	發生場所 ， 病 名 ， 病 狀
①	民國 67 年 11 月	工廠廢氣、廢水公害	高雄大社工業區及楠梓社區，工廠排放的廢水中的氰化物中毒，及煙囪排放的廢氣中的氰化物，CO，SO ₂ 的中毒。
②	民國 67 年	米糠油中 PCB 中毒	彰化油脂公司米糠油中 PCB 中毒。

其他各種農藥、空氣、排水及食品等的公害，在我國也漸漸有增加的趨勢，我們應該在追求科技的發展及工業化的同時必須未雨綢繆地防止公害的發生，以免踏上工業先進國家公害事件的覆轍。

四、由公害到環境問題

我們的生活環境中除了公害之外，尚有可能發展為公害的現象以及妨礙我們健康生活條件的一些現象存在，（如自然綠地的破壞，天然動植物的滅絕等現象。）因此把這些現象與公害合稱為環境問題。

環境的意義為「與人類生活具有關係而能夠影響人類生活的周圍狀況。」



環境問題中最重要的是評估，防止及排除為害人類生命與健康的惡劣環境因素，以確保人類的生存。

五、科學教育與環境問題

防止公害，解決環境問題最基本而有效的方法為從科學教育上著手。

科學教育的目的，不只要學習自然現象與科學知識、技能，更重要的是要養成具備完全人格的個人，培養應付今後變動社會所需的處理能力與創造力。

征服自然，人定勝天等觀念，雖然引導科學文明的急速發展，却造成了自然環境的破壞與生活環境的污染。今日科學教育所該提倡的自然觀念，應是天人合一，與自然共同發展，共同繁榮的觀念。因此科學教育必須強調的是一「從自然中學習」，讓學生對於環境的變化與環境問題抱有興趣與關心。

今後的科學課程教材必須注重於從自然環境及人工環境中選擇教材，使科學課程能夠從「與人無關的科學課程」轉變為「人性中心的科學課程」

1. 日本新科學課程中的公害教育

日本高中新課程標準（1978年改訂，1982年開始實施）除了物理、化學、數學及地學外增設了「理科Ⅰ」與「理科Ⅱ」。「理科Ⅰ」的內

容分為五大項，其中一項就是「人類與自然」，在此項目中除了資源，太陽能，原子能的應用等單元之外，尚有「自然環境的保全」單元。此單元注重於讓學生理解自然環境保全的重要性及人類與自然的關係，也就是要學生了解自然現象會影響人類生活，自然的開發與利用也常會改變自然界的平衡，破壞人類生活環境，因此特別強調謀求自然與人類活動的調適的重要性。各學校的化學課程中也編有化學公害實驗，讓學生經由實驗體會公害的恐怖與防止公害的重要性以實施公害教育。

2. 我國科學課程中的公害教育

不論國中與高中，我國現行的科學課程均未含公害教育內容，但是現在由教育部委辦師大科教中心主持的高中科學課程改進計畫的高中基礎理化課程中已列有「物質科學與環境」一章，內容包含空氣污染問題，水污染及其淨化，物質循環及生態平衡。實驗教材中也列有「水污染」與「空氣污染」二項實驗。高中基礎生物中列有「人類對自然環境之影響」與「平衡生態系的維護」二章，實驗教材中也有「研究人口問題」、「檢驗廢水污染程度及其對生物之影響」及「研究空氣污染」的三項實驗。

六、化學公害教育的教材內容

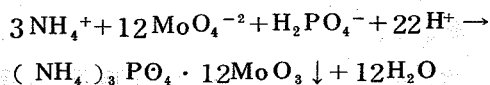
與化學有關的公害教育宜透過學生身邊有關的公害實驗，讓學生體驗公害的恐怖與防治的重要性，才容易達到公害教育的目的。其教材內容可包含下列幾項實驗：

(a. 食品著色劑：市售的果汁類中添加的食品著色劑，以白色羊毛染色後，應用濾紙色層分析法分離色素，實施定性分析。其法為將白色脫脂羊毛 0.1g 置入於 5ml 果汁中，加入 1N 醋酸 1ml 後，於水浴上加熱並觀察羊毛上染色的程

度。染色程度高則所用著色劑應為酸性煤焦油系色素，如果著色程度差則所用著色劑為鹼性煤焦油系色素或天然色素。如果含有鹼性煤焦油系色素則可用 10 % 氨水代替前述 1 N 醋酸溶液使用則可。前述二種方法如果均無法染色羊毛則可能含有天然色素或 β carotene 等煤焦油系外的色素。染色後的羊毛置於 5 ml 1 % 氨水中，於水浴上加熱以溶解羊毛上的色素，再用 1 N 醋酸中和後加熱濃縮。以毛細管沾上此溶液點滴於色層分析用濾紙而用正丁醇，無水乙醇及 1 % 氨水以 6 : 2 : 3 的體積比組成的展開溶劑做濾紙色層分析，求 R_f 值以判斷色素的種類。

$$R_f = \frac{\text{溶質移動距離}}{\text{溶劑浸透距離}} = \frac{a}{b}$$

b. 清潔劑：合成洗劑中磷酸鹽的定性分析。



若洗劑中不含磷酸鹽就不會產生黃色沈澱，沈澱愈多表示磷酸鹽含量愈多。可用此法檢驗磷酸鹽的存在與否或磷酸鹽含量的多寡。

c. 空氣污染：

① 濃硫酸霧之測定：

玻璃板上塗上含有特定指示劑 (1-phenylazo-2-naphthylamine + DMF + PVA) 的塑膠薄膜檢驗板。曝露於大氣中後，以顯微鏡觀察附在檢驗板上的酸霧。檢驗板表面不受 SO_2 氣體的影響，但是如有濃硫酸霧則膜面由黃色變為紅紫色。其變色主要為 1-phenylazo-2-naphthylamine 遇酸則變為紅紫色所致。

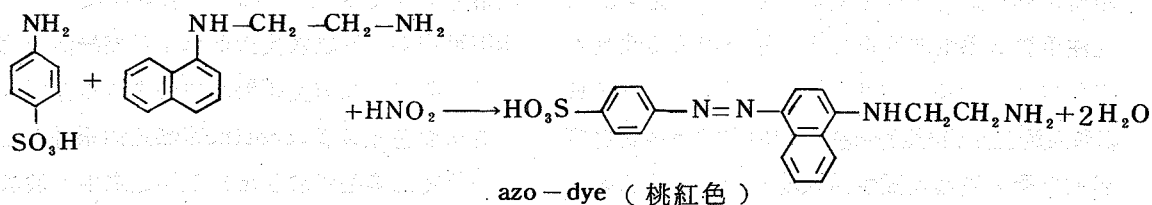
PVA (Poly Vinyl Alcohol) 為高分子化合物，可形成塑膠膜，DMF (Dimethyl Formamide) 為高分子化合物的良好溶劑。

② 氮的氧化物的測定 (塞爾茲曼法)：

大氣中的 NO_2 ，使用吸有吸收液 K_2CO_3 的濾紙搜集後，用塞爾茲曼試藥發色 (桃紅色)，再以

比色計測定其濃度。

其發色反應為 $2\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HNO}_2 + \text{HNO}_3$



③ 硫氧化物的測定(二氧化鉛法)：

讓大氣中的 SO_2 與 PbO_2 反應後，以氯化鋇(BaCl_2) 溶液將硫酸根離子變成硫酸鋇的沈澱。將硫酸鋇的測定值換算為 $\text{mg SO}_3/\text{day}/100 \text{ cm}^2 \text{ PbO}_2$ 的單位其計算式如下。

$$\frac{\text{測定值}(\text{BaSO}_4)}{n} \text{ mg} \times \frac{\text{SO}_3}{\text{BaSO}_4}$$

(n：測定日數)

D. 水污染：以陽離子交換樹脂，吸附水中所含 Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , ……再用酸液洗出，然後用點滴試驗(Spot-test)檢測各種陽離子的存在。

E. 食品添加物：人工甘味劑，防腐劑，著色劑、殺菌劑、漂白劑、氧化防止劑、發酵調整劑等食品添加物，常妨礙人類健康，可藉實驗檢出食品中含有這些物質。

F. 農藥：蔬菜或水果的殘餘農藥，為害人類健康甚巨，可藉實驗檢驗蔬菜或水果中有無殘留農藥。

七、結 論

今日科學技術的進步及工業的發展，雖然豐富了衣食住行等生活條件，但是造成了公害，環境問題，為害人類的健康，威脅人類的生存。我國正在努力於經濟發展，邁向於科技社會的建立，因此特別需要認識引起公害問題的過程，考慮公害問題的特質，避免重蹈工業先進國家所發生

的公害覆轍。在提倡科學技術的同時，必須注重公害。環境問題的防止與解決，更需要有效地推行科學教育中的公害環境教育，以保全自然環境，提升我們的生活品質。 □

參考文獻

1. 大內正夫：理科教育研究年報(京都教育大學) Vol. 6 P.P. 42~52, 1976
2. 坂本，藤良譯：「'70=クソン大統領環境報告“公害教育”」1971，日本總合出版機構。
3. 宇井純：「公害原論」I，II，1971，亞紀書房。
4. 藤田，大內：理科教育研究年報(京都教育大學) Vol. 2 P.P. 17~28, 1972
5. 日本理科教育學會：現代理科教育大系。Vol 1, 1978
6. 文部省：高等學校學習指導要領解說。理科編，1979
7. 文部省：中學校學習指導要領。1977
8. 師大科教中心：教育部委辦國民中學科學課程改進計畫自然科學實驗課程綱要。1980
9. 師大科教中心：教育部委辦高級中學科學課程改進計畫自然科學實驗課程綱要。1980
10. E. Victor: "Science for the Elementary School", 1965, Macmillan Inc.