

出國報告（出國類別：研修）

日本環保控制技術與法規發展趨勢 研修

服務機關：經濟部（工業局、法規會）

姓名職稱：劉培毅技正、于台珊技正、黃宛玉組員

派赴國家：日本

出國期間：96年10月22日至10月31日

報告日期：96年12月31日

摘要

近年來我國陸續針對重大環保法令進行增（修）訂作業，如噪音管制標準、固定污染源臭氣及厭惡性異味排放標準、土壤與地下水污染整治法、空污費及水污費收費辦法等法案(草案)等。然，我國產業近 90%屬於中小型企業（資本額八千萬元以下，員工人數二百人以下），受限於市場規模、資本、人力及專業，對於環境變動所造成影響的風險敏感度較高，因應生產環境及法規環境的改變，較易發生負擔過重之情形。

為建構一個安全、健康的永續發展環境，促使產業發展與國際環保潮流接軌，提升產業在國際上的競爭力，經濟部（工業局）常年積極輔導廠商強化經營體質、協助產業因應生產環境及法規環境變遷，如促進資源永續利用、推廣清潔生產、輔導工廠做好環境保護及安全衛生、輔導事業妥善處理廢棄物、順應國際環保工安潮流、扶植環保產業發展及健全產業永續發展法規並加強宣導等。

本次研修內容包括：日本環境法令（如水污染法、空氣污染防治法、噪音防制法、土壤污染防治法等）之現況與發展趨勢、公害因應對策、揮發性有機化合物（VOCs）分解技術、土壤及地下水污染案例檢討與對策、低頻噪音控制技術，期藉由課程講授及參訪，了解日本環保法規、技術發展與產業因應經驗，藉以規劃未來協助產業提升環保技術及符合相關法規之輔導工作，並做為研商國內環境保護法令之參考。

目次

一、前言（出國目的）.....	1
二、行程表.....	2
三、研修內容.....	3
（一）日本環境法令之現況與展望.....	3
（二）公害因應對策.....	7
（三）揮發性有機化合物（VOC）之分解技術.....	9
（四）土壤污染案例檢討與對策.....	12
（五）地下水污染案例檢討與對策.....	16
（六）低頻噪音控制技術.....	19
（七）實地參訪.....	25
四、研修心得與建議.....	28
五、結語.....	30
附錄.....	31

一、前言（出國目的）

（一）目的

近年來國內陸續進行重大環保法令之增（修）訂作業，如：噪音管制標準（低頻噪音）、固定污染源臭氣及厭惡性異味排放標準、土壤與地下水污染整治法等，另空污費及水污費收費辦法等法案(草案)，亦已進入法規研商或增（修）訂作業階段。國內多數產業(尤以中小型工廠與傳統產業)對環境變動所造成影響的風險敏感度較高，因應生產環境及法規環境的改變，易有負擔過重之情形；政府若無法輔導產業提升環保技術及符合相關法規要求，將嚴重衝擊產業之營運環境、降低產業之國際競爭力。本研修計畫將參考日本環保法規發展趨勢與產業因應經驗，針對國內現階段擬實施之環保法令，研修低頻噪音、固定污染源臭氣及揮發性化合物(VOCs)可行控制技術、土壤及地下水污染整治技術及水資源回收技術等，以協助產業因應生產環境及法規環境的改變，並降低空污費與水污費對產業所造成之衝擊。

（二）研修重點

1. 日本環境省相關管制法規（如水污染法、空氣污染防治法、噪音防制法、土壤污染防治法等）之發展趨勢、執行方式，以及法規法制作業、公聽程序。
2. 日本經產省因應環保法規對於產業衝擊之輔助措施及與環境省之溝通協調機制。
3. 低頻噪音管制方式及控制技術與控制材料，並實地參訪相關控制技術與設施。
4. 研修工廠臭味及揮發性有機化合物（VOCs）控制技術與設施。
5. 土壤、地下水污染實例探討，並實地參訪工廠污染之整治場址。

二、行程表

日期／時間		研修科目	形式	講授或參訪單位	地點
10月22日(一)		赴日			
10月23日 (二)	10:00 12:00	1.研修說明 2.環境介紹	座談 實訪	日本環境保護中心	川崎
	14:00 17:00	環境法令之現況 及未來展望	講習	環境省 綜合環境政策局	東京
10月24日 (三)	9:30 12:30	公害因應對策	講習	經產省 產業技術環境局	東京
	14:00 17:00	VOCs 分解技術	講習	新東工業株式會社	東京
10月25日 (四)	9:30 12:30	土壤污染案例檢 討與對策	講習	日本環境保護中心	東京
	14:00 17:00	地下水污染案例 檢討與對策	講習	日本環境保護中心	東京
10月26日 (五)	9:30 12:30	低頻噪音控制技 術	講習 實訪	小林理學研究所	東京
	14:00 15:30	參訪噪音計製造 商及實驗室	實訪	RION 株式會社	東京
10月27日(六) 10月28日(日)	例假日				
10月29日 (一)	上午	東京－富士市			
	14:00 16:00	參訪地下水、土壤 污染整治場址	實訪	東芝株式會社	富士市
10月30日 (二)	10:00 12:00	1.研習心得與意見 2.結業式	座談 實訪	日本環境保護中心	川崎
	下午	歸國準備			
10月31日(三)	返國				

三、 研修內容

(一) 日本環境法令之現況及未來展望

日本的環境法令係因應日本的環境動向所為的管理行政，日本的環境問題可追溯至明治時代的足尾銅山污染事件，但嚴重的公害污染係於 1950 年以後，因高度經濟成長而開始的。至 2005 年京都議定書止，由日本對於環境問題的管理行政可一窺日本環境法令的發展與趨勢。

1. 公害對策、自然保護的黎明期：

1880年代	足尾銅山污染事件，別子銅山煙害事件
1895年	狩獵法制定
1897年	森林法制定
1911年	工場法制定
1931年	國立公園制度建立

2. 高度經濟成長致嚴重公害問題的對應期

1957年	自然公園法制定
1950、60年代	著名的四大公害病先後發生：分別是熊本水俣病（1953）、新潟水俣病（1956）、富士痛痛病（1945）、四日市哮喘病（1960）及PCB 油症（1968）。全國各地公害問題伴隨高度經濟成長日益深刻嚴重，公害管制尚未見成效。
1958年	公共用水域的水質保全、工場排水等基準法律制定
1967年	公害對策基本法制定（環境基準設定、公害防止計畫策定等）

3. 公害、自然保護行政的整備與強化

1968年	大氣污染防治法、躁音基準法制定、PCB 油症污染發生
1970年	召開了第64屆國會—公害國會—豎立了標竿在該會期共新訂或修正了14項與公害關連的環保法規，包括號稱「環保憲法」的「公害對策基本法」之大幅度修訂，藉著各種

環境標準的制定，公害防止計畫來因應工業化所產生的「典型七公害」：空氣、水、土壤污染、噪音、震動、惡臭及地層下陷。「公害防止計畫」的具體內容乃包括了污染防治設備，下水道建設及垃圾處理設備等技術導向的硬體層面。各地的「公害防止計畫」也變成了向中央要求補助的「環保財政計畫」。

1971年	環境廳成立、惡臭防止法制定、自然環境保全法制定、公害健康被害補償法制定
1976年	振動基準法制定
1977年	瀨戶窗海環境保全特別措置法制定

1970年代後半，工業污染已受到有效控制，反而是生活環境的改善成爲一大目標。特別是1977年歐洲共同體的評估報告指出：日本已成功地控制了環境汙染，但卻未能消除日本民眾對環境的不滿。此舉乃成爲日本環境行政轉型的里程碑。換言之，日本的環境行政由「公害防治」轉型至「環境管理」，而開始追求快適生活的環境品質。此時「環境」的概念已不再是「生物性」，而朝向「社會性」概念逼進，即「環境」被視爲一種多樣性資源，可用來適當的加以管理及管制人的活動及行動，並進而有再生及創造的企圖。

4. 地球環境問題的顯在化

1984年	湖沼水質保全特別措置法制定
1988年	臭氧層保護法制定
1991年	再生資源利用促進法律制定
1992年	自動車Nox法制定

1980年代後半起至90年代，都市活動所引起的各種污染及公害已跨越了城鄉的界線，甚至跨越了縣的界線。「污染無疆界」正是上述情況的最佳寫照，例如汽車移動源的空氣污染及東京灣的水污染等正是廣域的環境問題。爲了對應此種「跨疆界」的問題，各級自治體先以「協調會報」的方式進行之，進而制定相關的條例。

5. 地球環境管理視野・持續可能社會的構築

1992年 減絕野生動植物種保存法律制定

1993年 環境基本法制定

環境問題因為全球化、都市化及生活化起了質變及量變，以1992年地球高峰會議為契機，於1993年公布了日本的環保憲法：環境基本法，共3章46條，第1章明示4項基本理念：（1）跨世代的永續發展（2）建構低環境負荷的環境優先社會，要求社會的每種角色公平擔負責任（3）預防勝於治療（4）地球環境問題的積極參與解決。第2章8節條列政府的環保施政方向及策略，第3章規定環境審議會設置要點，其中第15條所規定的環境基本計畫是該法的核心，即為了達到各種環保及生態的有機連帶，各級政府須有宏觀而綜合的環境基本計畫，作為施政的依據。

第1次環境基本計畫（平成6年），以循環、共生、參加及國際的合作為環境政策的理念；第2次環境基本計畫（平成12年），以污染者負擔原則、環境效率性及預防對策為環境政策的指針；第3次環境基本計畫（平成18年），從環境面、經濟面、社會面統合向上改善，例如應用科學技術即早採取預防措施對策以解決環境問題，中央、地方團體、國民每一主體應發揮其功能彼此交換資訊考量如何保護環境，加強具國際性策略之措施，積極參與國際間協定之制定，將經驗提供給他國參考，從長遠觀點擬定政策，即例如站在2050年的觀點，描繪未來的景象，再逆溯回去如何採取對策。

1995年 容器包裝回裝法制定

1996年 家電回收法制定、地球溫暖化對策推進法制定

1998年 化管法制定

1999年 綠色採購法制定

日本政府於2000年通過綠色採購法，並於2001年開始實施，強制全國性政府機關每年擬定綠色採購政策、進行實際採購活動，以及定期報告執行成果。但未規定那些產品為適用法案的綠色產品，僅指出政府機關可以採用第三者驗證系統，或是綠色產品資訊系統所提供的指引，作為進

行綠色採購產品選定準則。促進綠色採購之加速推動。該法規定中央機關需擬定年度綠色採購政策、付諸實施與向環境省報告成果，地方政府與民間團體則被鼓勵努力實施綠色採購。綠色採購特別具有成果的產品項目為紙類、辦公室用品、辦公室家具、辦公室自動化與資訊產品、汽車、制服及電器產品等。

- 2001年 環境廳升格為環境省、氟氯碳化物回收破壞法制定
- 2002年 自動車回收法制定、土壤污染對策法制定、自然再生推進法制定
- 2007年 環境配慮契約法制定

為達成京都議定書減量目標，日本國會通過環境配慮契約法案，政府帶頭所有與電力、公務車購買、能源服務業（ESCO）、及縣市政府建築物等相關標案，均要考慮溫室氣體排放效應。特別是電力購入契約，需將二氧化碳排出係數列為投標資格，由符合此資格的投標者中決定得標者。

(二) 公害因應對策

1. 日本在環境問題的變遷及對策

- (1) 第 1 期：產業型公害，發生於高度經濟成長期（1950 年代中期～1970 年代前半）

對 策：公害對策基本法、公害對策管制法的制定，包括：A.大氣污染防治法，SO_x、NO_x有害物質排放基準。B.水質污濁防止法，有害物質的排水基準（排出口）。C.噪音管制法、振動管制法、惡臭防止法。D.工業用水道法，地下水抽取管制及地盤下陷防止。E.公害健康被害的救濟。F.公害防止管理者法制定。

- (2) 第 2 期：生活型公害顯在化，發生於經濟的安定成長期（1970 年代中期～1980 年代中期），例如生活排放水、汽車排氣。

對 策：生活環境保全型的環境基準、自動車排氣基準的強化、生活環境項目的總量排水基準、有害化學物質的管理基準。

- (3) 第 3 期：地球環境問題的對應（1980 年代後半以降）

對 策：地球環境問題的對策，包括 A.地球溫暖化的防止、臭氧層保護、森林破壞、砂漠化、酸雨等廣域環境問題的因應。B.廢棄物越境移動的管制。C.循環型社會的構築，如包裝容器、家電製品、自動車、食品廢棄物、建設廢材等的循環再生利用。D.環境配慮型製品的開發、普及綠色採購的促進。

2. 經濟產業省之公害防止政策的特徵

日本經濟產業省之公害防止政策係從產業振興的角度，針對環境省的環保管制予以因應，協助企業符合環保法規，訂定適合企業與環境共存的政策，進合協助產業利用環保趨勢促進產業升級並提升環保控制技術，達到環保與經濟雙贏的發展，其特徵如下：

- (1) 官民一體的努力

因為日本以前有嚴重的公害問題，不希望再發生公害，透過社會

責任的自覺及產業公會的輔導，日本業界多會遵守相關規範並與政府配合。

(2) 公害防止管理者制度

企業有義務設置公害防止管理者，法源為公害防止管理者法，經產省主管的法規，與環境省共管，規定施行污染達一定規模以上之特定工場須設置公害防止組織，公害防止管理者、公害防止主任管理者須經國家考試取得資格，且選任及解任皆須向地方政府報備，地方政府有權要求工廠提出報告書、實施檢查、為解任命令及予以處罰等。

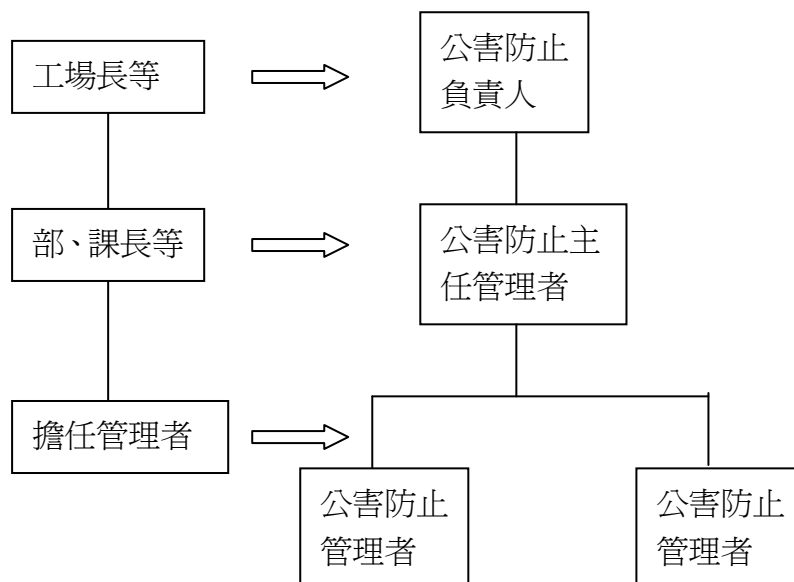


圖1 公害防止管理制度

- (3) 政府金融稅制等支援措置的實施
- (4) 例如租金、融資、稅率的優惠措施
- (5) 避免產業機能過密化的產業分散政策
- (6) 產業政策與環境政策的連繫協調
- (7) 獎勵公害防止關連技術之開發
- (8) 實施公害監測技術的規格化

(三) 揮發性有機化合物 (VOCs) 之分解技術

本項研修由新東工業株式會社就其最新產品——蓄熱燃燒式排放淨化裝置 (RTO) 處理揮發性有機物 (VOCs) 進行介紹。

1. 日本VOCs排放及管制現況

日本西元 2000 年之 VOCs 排放量約 185 萬噸，於國內規範的物質約 20 種，國外則約 200 種，另在針對含有危害人體健康或生態系統的化學化合物與元素的重金屬使用方面，污染物排放及移動登錄制度 (Pollutant Release and Transfer Register, PRTR) 第 1 類列有 354 種、第 2 類 81 種。其中，固定污染源 (工廠) 與移動污染源 (汽機車) 貢獻比約為 9:1，工廠排放之 VOCs 種類主要為苯、甲苯、二甲苯、酚、三氯乙烯、四氯乙烯、甲醛、甲基乙酮等物質，以印刷、塗料業為例，其排放之 VOCs 中甲苯即佔 42.3%、二甲苯則為第二大項，佔 16.3%，若以貢獻源統計，塗料最為大宗，屋內及屋外即分佔 30%、26%，油品相關場所 (加油站、煉油廠、油槽) 次之，約佔 13%，化學製品及清潔劑再次之，各佔 8%。

日本之 VOCs 減量目標為 2010 年排放量較 2000 年減量 30%，為達此一目標，大氣污染防治法於 2004 年 5 月修訂完成公告，並於 2006 年 4 月起施行，主要修訂內容包括：(1) 針對 VOCs 排放設施，採向都道府縣各級政府機關報備制，設施新增或變更均須於 60 天前報備。(2) 訂定排放濃度基準 (排放口)，如表 1 所示，新設之 VOCs 分解設備需依此標準，既有之設備則延緩至 2010 年全面適用。(3) 排放濃度測定，明訂每年至少需進行 2 次測定。

表 1 VOCs 排出設施及排放標準

VOCs 排出設施	規模	排放標準 (除以總碳數)
印刷用乾燥設備	風量 27,000m ³ /hr 以上	700 ppmC
	風量 7,000m ³ /hr 以上	400 ppmC

黏著用乾燥設備	風量 15,000m ³ /hr 以上	1,400 ppmC
印刷回路用層板黏著等乾燥設備	風量 5,000m ³ /hr 以上	1,400 ppmC
儲槽（原油及其他溫度 37.8℃蒸氣壓 20KPa 揮發性有機化合物）	容量 1,000 m ³ 以上	60,000ppmC
揮發性有機化合物溶劑使用之化學品製造乾燥設備	風量 3,000m ³ /hr 以上	600 ppmC
工業製品洗淨設施	洗淨劑於大氣中與製品面積達 5 m ² 以上	400 ppmC
塗裝設施	風量 100,000m ³ /hr 以上	汽車製造塗裝 新設：700 ppmC 既有：400 ppmC
		其他塗裝設施 700 ppmC
塗裝用乾燥設備	風量 10,000 m ³ /hr 以上	木材、木製品用 1000 ppmC
		其他 600 ppmC

2. 蓄熱燃燒式排放淨化裝置（RTO）

其原理為以蓄熱材質分層儲蓄利用燃燒室產生之熱能，出口溫度約為入口溫度加 40~50℃，VOCs 分解效率可達 95%，熱交換效率達 92% 以上，以高效率燃燒節省燃料使用，最適處理濃度範圍為 950~1480 ppm，一定濃度以上的 VOCs 亦可以自燃方式節省燃料，適用於印刷、紙工業、電子半導體業、化學工業、塗裝業、建材產業、鑄造業等，唯機體單價較高（數千萬台幣至上億），多為大廠以量身訂做之方式設置。

各 VOCs 處理方式之特性及限制詳如表 2 所列，與傳統的高濃度 VOCs 處理裝置相比，如直接燃燒式、觸媒燃燒式，蓄熱燃燒式的優點在於脫臭效率高、對環境影響低（副產物少）、廢棄物廢水產生少（無需觸媒更換）及運轉成本低（燃料使用少），唯初期設置成本甚高、機體大型所需空間亦甚大，另外其蜂巢式的蓄熱層在 300~400℃ 間亦容易於孔隙間附著二

氧化矽，需定期清理以避免使用壽命之減損。

表 2 各 VOCs 處理裝置之特性與限制

處理方式		適用 濃度	特性	限制
燃燒式	蓄熱燃燒 (RTO)	高	1. 脫臭效率高 2. 熱效率高，可節省相當燃料費用 3. 餘熱可再回收利用	1. 設置所需空間大 2. 初期設置成本高 3. 酸性 VOCs 不適用 4. 大風量及低濃度 VOCs 處理不符成本 5. NOx 產生濃度約在 5~30 ppm
	直接燃燒	高	1. 脫臭效果顯著 2. 適用範圍廣	1. 熱交換器效能不佳，致使燃料費高 2. 酸性 VOCs 不適用 3. NOx 產生濃度約在 20~50 ppm
	觸媒燃燒	高	1. 脫臭效果顯著 2. 和直接燃燒相比，較節省燃料費	1. 部份觸媒物質可能具毒害 2. 需定期更換觸媒 3. NOx 產生濃度約在 5~20 ppm
其他	吸附	低	1. 活性炭等吸附劑脫臭效果顯著 2. 維持管理容易	1. 吸附劑需定期再生、更換 2. 吸附劑使用期限短 3. 需處理廢棄物 4. 高濃度臭氣不適用 5. 高溫（40℃以上）及高濕不適用
	試劑洗淨	中	1. 可適合大風量處理 2. 可適合高濕高溫	1. 水溶性低濃度臭氣處理效果不佳 2. 試劑需時時調整補充 3. 需處理廢液
	生物脫臭	低	1. 無須燃料及試劑 2. 微生物分解，無有害副產品	1. 需維持適當之空氣及水分（生物管理） 2. 高濃度不適用 3. 高溫（40℃以上）及變化之濃度不適用

(四) 土壤污染案例檢討與對策

土壤中的土粒對各類的污染物常具有強烈的吸附能力，污染物在土壤中的移動速度相當緩慢，進入土壤中會逐漸形成濃縮累積的作用，尤其是一些重金屬物質或是不易被微生物分解的有機物。土壤遭受到污染後通常不易復原，總是需要經過漫長時間才有恢復的可能，從表面顏色及嗅覺上不易察覺到，檢測上也不容易。土壤中的污染物容易進入農作物中，進而影響整個生態食物鏈，當人畜食用後可能引起中毒及各種疾病的問題產生。

由於發生土壤污染事件的增加，因此對於土壤環境背景調查及保護策略訂定制度的需求性日益升高，在多方面的調查及檢討修正後日本於 2001 年 5 月 29 日公布「土壤污染對策法」，並於 2002 年 2 月 15 日施行。土壤污染對策法施行目的，掌握特定有害物質污染狀況，防止土壤污染對於人的健康危害，採取適當措施，改善生活環境維持國民健康。

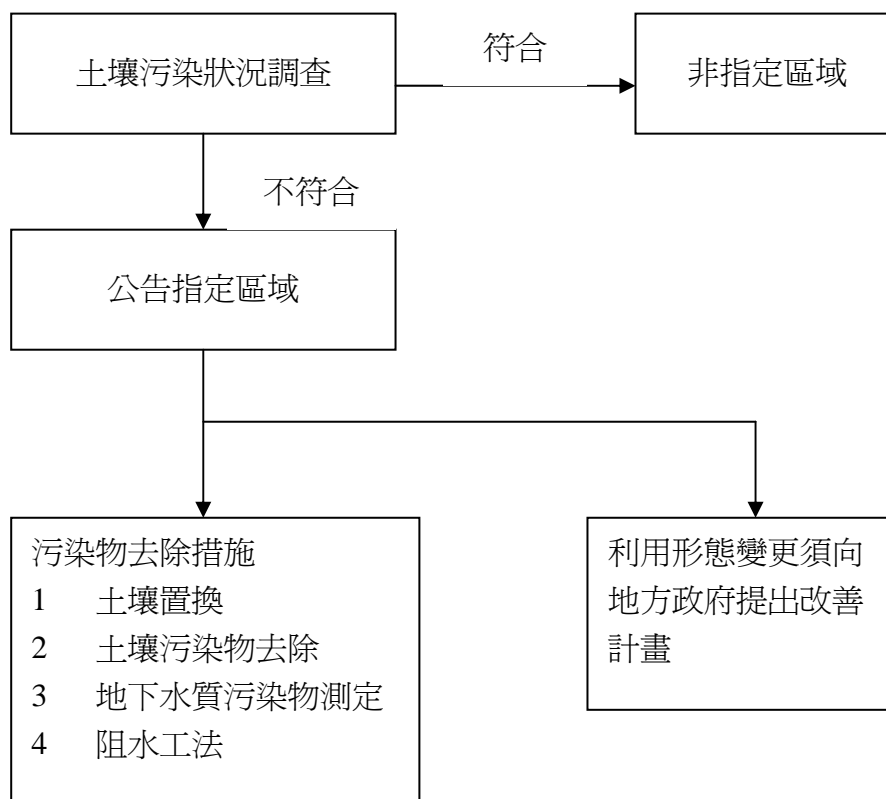
土壤污染的管制項目包括重金屬主要有鋅、鎘、鐵、鉻、鉛、銅等，及有機化合物包括苯、四氯化碳、乙苯、甲苯、氯乙烯、二甲苯等，農藥及戴奧辛、多氯聯苯等。工業廢水中所含的鉛、鎘之重金屬沉積在土壤中，對作物有加成作用，增加對稻作危害的程度。並經食物鏈進入人體，累積到一定限量後，就會產生中毒現象。塑膠、石化、紙廠、電鍍、染整、製革、食品、肥料等工廠的廢水，會增高農田的水溶性鹽分，增加導電度。食品、酵母製造工廠的廢水，會造成土壤缺氧現象，影響作物產量。鋼鐵、砂石、煤礦廠廢水皆含有極高的懸固體，超量時會使土壤造成缺氧現象，並降低土壤對水及空氣的通透性，使作物生長受阻。使用被污染的水灌溉，會增加土壤中有機質和鉀，有效性磷降低，pH 值降低，含氮量大增，使稻作徒長、倒伏，結實不佳，多病蟲害和米粒中的鎘含量增高。流進土壤中的含砷農藥，經由食物生物鏈濃縮而進入人體、畜產及野生動物體，造成疾病等不良影響。豬糞尿為高濃度的有機廢水，一旦進入土壤，一兩天內土壤氧氣就被消耗殆盡，植物根部則因缺氧而易枯死。以豬糞尿為肥料，施肥超量會使土壤的 pH 值升高，導電度增高，交換性鉀及可抽取性鋅和錳增加，有機物不完全分解而產生有毒物質，導致產量的降低。土壤中的的刻毒性質（如多氯聯苯、戴奧辛）通常都是化學工業廢棄物，這些物質因無適當的處理或回收就

排到環境中，危害生物，引起公害。肥料大部分為無機鹽類，可溶於土壤中，使用化學肥料過多會造成土壤酸化，並影響到農作物的生長。鹽分的施用過多含氮肥料，將導致重金屬有效性增加。汽車使用含鉛汽油，其排放之廢氣中含有鉛化合物，經雨水冲刷沉積於土壤中，造成鉛污染，再經由食物鏈轉轉進入人體。使用含汞的農業殺蟲劑，進入土壤後為稻米所吸收，累積，最後為人所食。酸雨使土壤酸化、礦物質流失，影響作物之生長。土壤中污染物經傳輸影響到地下的水質，間接可能造成飲用水的污染。

鑑於保護環境避免土壤污染情況日益嚴重，因此依照「土壤污染對策法」對於土壤污染展開調查，主要調查對象為以前是大型工廠、大型工廠周邊，廢棄物處理廠附近、洗衣店、旅館、加油站、電器工廠、石棉工廠等可能產生土壤污染的地點，經過 2003 年到 2007 年的調查成果，完成土壤污染狀況調查結果報告件數 618 件，土壤污染狀況調查實施中件數 48 件，污染指定區域 170 件。

1. 土壤污染調查

(1) 調查流程



(2) 調查方式

尋找出土壤污染可能地點後，調查的對象地利用地籍圖、地形圖以及歷史空照圖等資料來確定調查的土地範圍以及面積進行取樣，取樣方式如下表：

表 3 土壤污染調查佈點

土壤污染嚴重的土地		每 10m 格子內調查 1 點
土壤污染情況不嚴重	第 1 種 特定有害物質	每 30m 格子內取 1 點調查
	第 2、3 種 特定有害物質	每 30m 格子內取 5 點同量均等混合調查

2. 土壤污染狀況調查之測定分析方式

(1) 土壤氣體調查取樣：

- A. 於土地污染可能性最高之位置使用器具將地面鑽孔，並將採取管插入。
- B. 孔內之揮發性物質將進入採取容器中。
- C. 揮發性物質將進入充滿水採取容器中必須有 30 分鐘以上。
- D. 經過 30 分鐘以上將採取管拔出完成取樣。
- E. 採取後之樣品經過分析儀器分析檢驗。
- F. 找出濃度最高的位置後在將該地點切割成數個檢測點，找出污染濃度最高地點。

(2) 地下水調查測定方式：依照土壤污染對策法施行規則第 5 條第 2 項第 2 款所規定調查對象物質之測定量及方式量策測。

(3) 土壤溶出量之調查：依照土壤污染對策法施行規則第 5 條第 3 項第 4 款所規定調查對象物質之測定量及方式量策測。

(4) 土壤含有量之調查：依照土壤污染對策法施行規則第 5 條第 4 項第 2 款所規定調查對象物質之測定量及方式量測。

3. 調查案例：工廠掩埋拆除後工廠廢棄物工廠

(1) 調查背景資料主要為工廠平面配置圖、調查地點位置圖、地質圖、

水質調查地點位置圖。

- (2) 進行土壤鑽探試驗及地下水位觀測，了解地質及水文流向。
- (3) 將土壤及地下水進行特定物質分析檢驗，分析結果與法定標準質比較。
- (4) 第一次調查結果發現重金屬污染確認。
- (5) 追加調查點位。
- (6) 擴大地下水流向分析。
- (7) 以物理探測調查地質狀態。
- (8) 分析結果採取將污染土壤挖除置換及於污染場址設置集水井將污染地下水抽出經蒸發後所剩於重金屬送至合格廢棄物處理場最終處理。

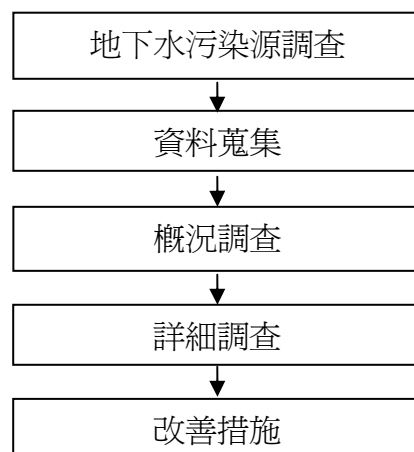
(五) 地下水污染案例檢討與對策

地下水質正加速遭受各種人為開發行為的威脅，由於工廠廢水及垃圾掩埋場滲出水等不當排放與非法注入，致使物質、能量或生物進入地下水中而變更其品質，另外因土壤中有毒物質溶出浸透於深部地下水層導致污染範圍擴大，將影響地下水正常用途危害國民健康及生活環境。

家庭廢污水、下水道管路及化糞池破損外洩的污水、垃圾掩埋場處理不當形成的垃圾污水及醫院排出具有感染性的污水，皆可能滲入地下造成地下水污染。工業生產過程中所產生的廢棄物、排放含毒物質、重金屬廢水、工業製程廢水，均可能污染地下水。含高濃度鹽分等無機物的灌溉農業廢水、農藥殘餘物質；畜牧場動物糞便中的有機物、細菌等或是施肥及改良土壤的藥劑，也同樣有污染地下水之虞。海水入侵、油管破裂、拆船廢棄物、化學工廠化學品的洩漏、化學成品或有毒物質運送車輛發生交通意外、遊樂區廢棄物等等不勝枚舉，都有可能成爲造成地下水污染的原因。

土壤及地下水污染調查主要調查污染物質項目及污染位置範圍規模，地下水的流動特性、地下水的流速、流量、及影響地下水流動的參數，含水層的地質特徵、地質構造、水文質地等特徵。必須收集相關背景資料包括氣象資料、地形資料、地質資料以及地盤透水性、孔隙率、含水率等土壤特性資料，地下水流向河川流量及其他有關資料。

1. 地下水污染調查流程



2. 現地調查方法

- (1) 取樣調查
- (2) 地質踏勘
- (3) 水文簡易調查(PH、水溫、水量、河川水、湧水等現象)
- (4) 非破壞調查(空中探測、電氣比抵抗調查、彈性波探查等)
- (5) 詳細調查
- (6) 透水試驗
- (7) 水質分析
- (8) 觀測(手動、自動)

對於河川、湖泊、水庫、海洋及地下水水質參數的測定，監測可採自動或連續方式進行。為探查地下水水質或水量的變化而設置的監測系統，通常以監測水井進行監測。例如：通常要知道掩埋場的地下水是否受到污染，會於掩埋場水力坡降線上游鑿一參考井，代表未受滲出水污染的地下水水質，在水力坡降線下游於不同深度至少設三口監測水井作水質採樣分析，以探查不同深度的地下水層受滲出水影響的情況。污染源監測井主要在監測某一特定或潛在污染物附近的地下水水質變化，可能因不同監測目的而有兩種性質，包括偵察與評估。前者在增加地下水污染的預警能力，後者則在已知地下水遭受污染時用以評估污染物的濃度與範圍，此類監測井多屬場置性監測井。查證監測井通常是為了已發生實際問題的污染案件而設置，目的在收集證據確認污染來源以協助解決污染糾紛，通常此類監測井具有法令強制效益，監測井設置品質要求較高。

3. 疑似污染最終掩埋場案例處理對策

- (1) 掩埋場基本資料
 - A. 掩埋內容主要為焚化爐燃燒後殘渣、不燃及大型垃圾。
 - B. 周圍未設置不透水隔層方式掩埋。
 - C. 掩埋場面積 1.42 公頃。
 - D. 掩埋容量 7.1 萬立方公尺。
 - E. 掩埋使用 21 年 10 個月。
- (2) 環境資料調查

- A. 由地籍資料、空照圖確定掩埋場位置。
 - B. 採用地下水觀策井取樣分析污染情形。
 - C. 分析掩埋場地形水交流向、地下水深度。
 - D. 掩埋場地質鑽探，收集地質資料及不透水地盤深度。
- (3) 適當的整治措施
- A. 掩埋場四週設置適合的擋水設施，避免受污染地下水擴散。
 - B. 沼氣抽出設備。
 - C. 最終覆蓋土壤防止地面水滲入。
 - D. 掩埋場內設置污染水抽水井，排除污染地下水。
 - E. 抽取污染地下水排入污水處理廠經處理合格後排放。

(六) 低頻噪音控制技術

本項技術研修特別安排參訪日本以聲學相關研究著稱的小林理學研究所，由山下充康理事長親予講授並引導參訪。該研究所自 1940 年成立迄今，主要從事噪音、振動及低頻噪音等基礎研究工作，另包括現場量測調查、模型實驗、建築音響、相關材料測試及儀器校正等，除設有相關實驗設施如殘響室、無響室外，另設有音響科學博物館。

4. 低頻噪音定義

噪音，廣義地可以泛指為所有不喜歡的聲音，而從健康角度所做的定義則是指因其音量過大致使暴露者感到不舒適的聲音，依頻率分佈通常又分高頻噪音與低頻噪音。所謂的低頻噪音，泛指頻率較低的噪音，並無一定範疇，我國環保署 97 年 1 月 1 日將行實施之低頻噪音管制標準頻率介於 20Hz 至 200Hz 間，1980 年一場於丹麥舉行之國際聲學研討會則定義 1~100Hz 之聲音叫做低頻噪音 (Low Frequency Noise)，1/3 八音度頻帶 (one - third octave band) 中心頻率為 2~63Hz，而學理上所謂的超低頻聲音 (又稱次音波，Infrasound)，則定義在 0.1~20Hz，1/3 八音度頻帶中心頻率 2~16Hz，國際標準組織 (ISO) 歸類為 G 權頻率特性。

1. 噪音危害

噪音對人體造成的健康危害可以分為心理及生理兩部分，在心理層面可能引起緊張、煩躁、注意力不集中等症狀，而在生理上除了最為直接的聽力損失外，尚可能造成影響血壓，增加心臟血管病並發率，導致消化性潰瘍等，一般而言，低頻噪音對於人員直接的聽力損失貢獻不算明顯，對於睡眠及心理層面的影響則較大，另須注意的是因低頻噪音的遮蔽效應較強，工作場所中可能導致工作者忽略或沒注意到聲音型態警示訊號而引起工安意外。

2. 我國法規趨勢

我國噪音管制標準於 81 年 6 月 29 日發布施行，其間歷經 85 年 9 月 11 日及 94 年 1 月 31 日 2 次修正，環保署為解決噪音陳情問題，確實改善

各類場所、工程及設施噪音源，有效管制生活噪音，於 95 年 11 月 8 日公告修正「噪音管制標準」，除原工廠(場)噪音管制標準外（表 4），增訂工廠低頻噪音管制標準（表 5），將工廠（場）低頻噪音納入管制，並擬於 97 年 1 月 1 日實施。

表 4 工廠（場）噪音管制標準

音量 管制區*	時段**		
	早、晚	日間	夜間
第一類	45	50	40
第二類	55	60	50
第三類	<u>65</u>	70	55
第四類	<u>75</u>	80	<u>70</u>

*噪音管制區劃分原則（88 年 7 月 6 日(88)環署空字第 0044828 號公告）：

(1)噪音管制法施行細則第七條第一項所稱噪音管制區分為四類係指：

第一類管制區：指環境亟需安寧之地區

第二類管制區：指供住宅使用為主且需要安寧之地區

第三類管制區：指供工業、商業及住宅使用且需維護其住宅安寧之地區

第四類管制區：指供工業使用為主且需防止嚴重噪音影響附近住宅安寧之地區

(2)直轄市及縣（市）轄境內已實施都市計畫者，主管機關劃分噪音管制區時應先參考都市計畫所規劃之土地使用計畫及使用情形予以粗分類，再依據噪音現況逐步調整類別：

第一類管制區：第一種住宅區、風景區、保護區、保存區。

第二類管制區：第二種及第三種住宅區、文教區、行政區、農業區、水岸發展區。

第三類管制區：第四種住宅區、商業區、漁業區。

第四類管制區：工業區、倉庫區。

特定專用區，依其用途別及噪音現況，劃定噪音管制區。

(3)直轄市及縣（市）轄境內尚未實施都市計畫已有區域計畫者，主管機關劃分噪音管制區時，應先參考區域計畫所規劃之土地使用計畫及使用情形予以粗分類，再依噪音現況逐步調整類別：

第一類管制區：丙種建築用地、古蹟保存用地、生態保護用地、國土保安用地。

第二類管制區：甲種建築用地、林業用地、農牧用地。

第三類管制區：乙種建築用地、水利用地、遊憩用地。

第四類管制區：丁種建築用地、礦業用地、窯業用地、墳墓用地、養殖用地、鹽業用地、交通用地。

****時段區分**

早：指上午 5 時至上午 7 時

晚：指晚上 8 時至晚上 10 時（鄉村）或 11 時（都市）

日間：指上午 7 時至晚上 8 時

夜間：指晚上 10 時（鄉村）或 11 時（都市）至翌日上午 5 時

表 5 工廠（場）噪音管制標準：

管制區	音量	時段*	20 Hz 至 200 Hz，自 97 年 1 月 1 日施行			20Hz 至 20kHz		
			日間	晚間	夜間	日間	晚間	夜間
第一類			42	42	39	50	45	40
第二類			42	42	39	60	55	50
第三類			47	47	44	70	60	55
第四類			47	47	44	80	70	65

***時段區分**

日間：第一、二類指上午 6 時至晚上 8 時；

第三、四類指上午 7 時至晚上 8 時。

晚間：第一、二類指晚上 8 時至晚上 10 時；

第三、四類指晚上 8 時至晚上 11 時。

夜間：第一、二類指晚上 10 時至翌日上午 6 時；

第三、四類指晚上 11 時至翌日上午 7 時。

3. 日本低頻噪音建議值

日本環境省於 2004 年 6 月邀集各界學者及專家，編撰完成「低周波音（低頻噪音）問題對應之指引」，其中針對產業職場所提的建議為一般勞動者 L_G 102dB 以下（G 權衡），瞬間值 145dB（F，無加權）以下；對於妊娠中婦女及青少年的建議則為 L_G 86dB 以下（G 權衡），瞬間值 145dB（F，無加權）以下。另外在以健康前提考量下，針對一般室內低頻噪音提出建議如下：

表 6 日本室內低頻噪音建議值（F，無加權）

1/3 八音度頻帶中心頻率（Hz）	噪音建議上限值（dB）
31.5	56
40	49
50	43
63	41.5
80	40
100	38
125	36
160	34
200	32

4. 其他先進國家低頻噪音建議值（表 7~表 9）

（1）丹麥環境低頻噪音（1~100Hz）室內音量上限值：

類型		噪音建議上限值（dBA）
住宅	晚間及夜間	20
	日間	25
教室、辦公室等		30
其他商業用途房間		35

（2）瑞典環境低頻噪音標準建議值（F，無加權）：

1/3 八音度頻帶中心頻率（Hz）	噪音建議上限值（dB）
31.5	56
40	49
50	43
63	41.5
80	40
100	38
125	36
160	34
200	32

（3）德國低頻噪音標準建議值（F，無加權）：

1/3 八音度頻帶中心頻率（Hz）	噪音建議上限值（dB）
8	103
10	95
12.5	87

16	79
20	71
25	63
31.5	55.5
40	48
50	40.5
63	33.5
80	28
100	23.5

5. 低頻噪音評估與控制方法

噪音測定的目的主要在於準確界定危害因子對人員健康影響的程度，除可得知人員暴露狀況外亦可做為音源之確定，一般可分為區域採樣測定及個人暴露劑量測定，相關的噪音測量儀器包括了一般噪音計、噪音劑量計、噪音積分儀以及頻譜分析儀等。

測定前應先進行現場訪視，尋找最大暴露危險群，測定方法依作業環境噪音特性而有所不同，通常分為穩定性噪音測定、規則性噪音測定、不規則性噪音測定及不規則變動噪音測定四種，依噪音特性不同設定噪音計上動慢特性（F、S、I）之選擇，並且配合規劃合適之採樣區段。此外量測時亦需依據量測目的選擇合適之權衡電網（Weighting），其中最為人熟知的 A 權衡主要為模擬人耳對噪音之響度反應，一般人耳可聽範圍介於 20~20k Hz，又以 2000~6000Hz 間的敏感度最高，故而 A 權衡是將低頻部分的音壓級貢獻忽略許多，以人員為目的的測量常選擇使用 A 權衡進行；C 權衡，是將極低頻與極高頻部分略為衰減，常用作工程改善或機具調整前後之評估，現今許多儀器皆有 L (F) 一項（Linear 或 Flat）可供選擇，即為完全不予任何加權的裸值；D 權衡，為因應航空噪音量測所發展之權衡方式，主要是針對高頻部分進行加權；而針對低頻噪音，國際標準組織（ISO）歸類為 G 權頻率特性（圖 2），其在 20 Hz 以上大幅衰退，而在 2~20 Hz 則是以每八音頻帶減少 12 dB 比例修正，此加權音壓位準在頻率劃分上可全部或部分落入 1 Hz~20 Hz。

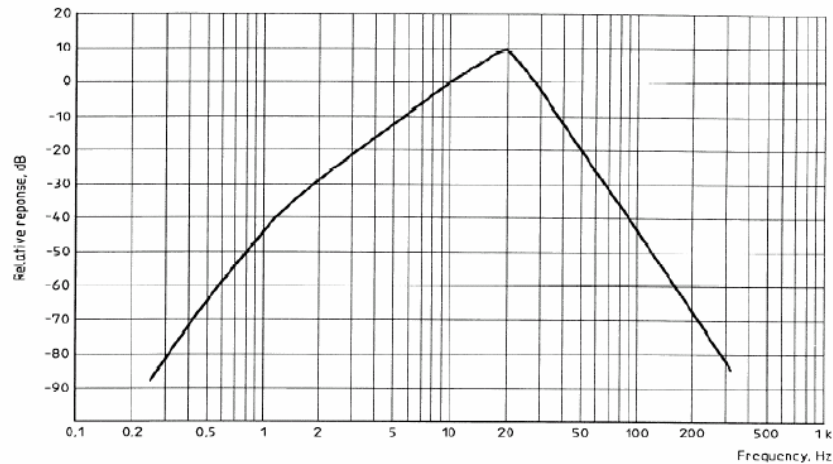


圖 2 ISO 7196，G 權衡電網

在量測結果呈現方面，現今噪音計大多能給予許多量測訊息，除了最大最小音壓級的紀錄外，甚至可直接做劑量的換算。若為穩定性噪音，通常以短時間的均能音壓做為測量值代表（ L_{eq} ），若為變動性噪音，則多以量測中位數為代表（ L_{50} ），若測量時間或有衝擊性噪音發生或全程皆為衝擊性噪音，則需留意另一量測數據—峰值（**Peak**），依據我國勞工安全衛生設施規則 300 條規定，工作場所任何時間工作者不得暴露於超過 140 分貝之衝擊性噪音或 115 分貝之連續性噪音，

低頻噪音因音頻特性容易繞射，不似高頻噪音容易被障礙物阻擋隔離，所以傳播距離較遠，也因此音源甚難判定，在工作場所裡，主要的低頻噪音源包括風扇等通風設備、往副式壓縮機、燃燒裝置、馬達、變壓器等，另機體振動引起的低頻共鳴亦為廠區內常見的低頻噪音來源；一般環境中主要的低頻噪音來源則為交通噪音，如高架道路橋樑、隧道之車輛行駛、軌道、直升機等，居家環境則以冷卻水塔擾寧的陳情案最為常見。

由於低頻噪音具繞射、不易隔離及傳播距離遠等特性，故而在控制技術上相當不易，一般噪音防治可從噪音源、傳播途徑及受體（人）三方面著手，然於低頻噪音控制上，後兩者之防治方法往往不具顯著成效，主要仍針對噪音源進行管控，方法包括噪音源減振、主動控制（反向波）消音、消音器及使用吸音材吸音等。常見的減震方法如阻尼吸能，消音器及主動控制則被廣泛用於空氣流體及風扇，所謂的風管噪音之消音，吸音材則通常搭配上上述方法使用，於密閉空間中較顯效果。

(七) 實地參訪

1. RION 公司

本次參訪的 RION 公司自 1940 年成立迄今已逾 60 年，主要以小林理學研究所之研究結果為基礎，發展商業化之聲學及振動測量儀器（設備），近年則另加入發展微粒測量儀器，全球經銷國超過 60 個，在台代理商為利音國際貿易開發股份有限公司，市佔率極高，多為學校及政府機關採用。其主要產品可分為聽力輔助儀器（48%）、聲學及振動測量儀器（25%）、微粒計數器（16%）及聽力測量設備（11%）四大類，如電子耳、噪音計、噪音積分儀、1/3 八音度頻帶頻譜分析儀（一般及低頻率）、麥克風、加速規、震動測量儀、擴大器及相關軟體、記憶卡等。



噪音計（Class 2）



1/3 八音度頻帶頻譜分析儀



擴大器



低頻率 1/3 八音度頻帶頻譜分析儀

2. 東芝 (TOSHIBA) 開力特 (Carrier) 公司

(1) 東芝開力特株式會社介紹

參觀地點位於靜岡縣富士市東芝開力株式會社，該工廠設立於 1943 年 6 月佔地面積 23.1 公頃，廠房面積 17 公頃，員工人數約 1600 名。1950 年代主要生產電話機，1960 年代開始製造空調壓縮機一直到 2004 年生產冰箱壓縮機，目前主要生產各式空調設備供應世界各地。東芝開力株式會社每年發行環境報告書，其中含括該公司經營者對於環境責任的認知，並且落實到經營理念與產品製造，成立環保推動組織，落實公司經營層及之環境經營監查、技術部門對於製品環境技術監查、生產及非生產場所對於環境負荷監查，並取得 IS14001 認證。從研發設計、製造、物流販售、使用與產品資源回收廢棄物處理等方面考量每個過程所造成環境負荷，並經常舉行環境教育訓練及緊急事故防災演練。公開製造過程所使用化學物質，並與行政機關每月定期檢討，每年向當地居民報告公司所進行的環境改善作為，積極參與社區活動開放各中小學學生到工廠內參觀並學習，從產品製造過程到廢水、廢棄物處理教育環境保護的常識。

(2) 地下水、土壤污染經過

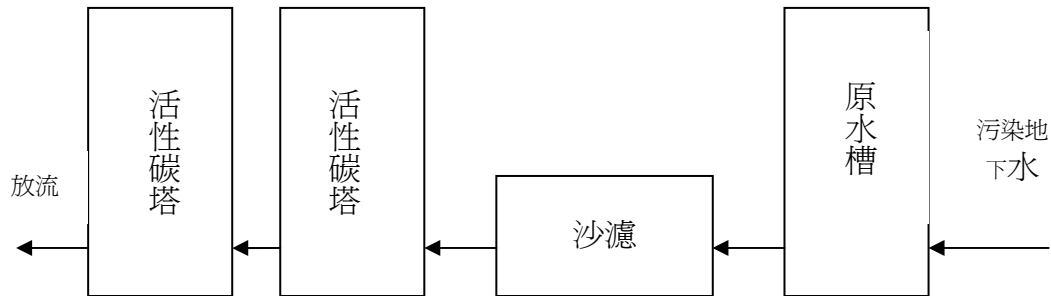
自 1958 起該公司即大量使用甲苯洗淨工廠製造之金屬零件上面油脂，當時法令並未規定禁止使用甲苯，因此直到 1989 年共使用約 5600 噸甲苯，雖然自 1989 年起已全面禁用，但因長期滲漏到廠區內土壤導致遭受污染。1997 年、1998 年靜岡縣富士市開始對於該廠進行地下水、土壤污染調查，確認為遭受污染之指定場址，並自 1998 年開始輔導該廠進行地下水、土壤污染整治工作並設置設置地下水、土壤污染淨化設施。經過日本環境衛生中心安排參觀該廠所設置地下水、土壤污染淨化設施進行觀摩見習。

(3) 地下水、土壤污染淨化過程

- A. 調查背景資料主要為工廠平面配置圖、調查地點位置圖、地質圖、水質調查地點位置圖。進行土壤鑽探試驗及地下水位觀測，了解地

質及水文流向將土壤及地下水進行特定物質分析檢驗，分析結果與法定標準質比較。

B. 經檢驗結果廠區內地下水質超過法定標準，因此於廠區內設置 11 口地下水井，透過抽水將污染物質抽出經過污水處理合格後排放。



C. 每日地下水處理量 1300 噸，設置費用約 1 億 4000 萬日幣，活性炭約每 4 個月更換每次費用 275 萬日幣。

(4) 污染整治結果

廠區內設置 11 口地下水井，透過抽水將污染物質抽出經過污水處理合格後排放，目的使整治的過程中的地下水、土壤污染物不擴散，避免轉進入農作物或人體中，目前該廠初期整治地下水、土壤污染淨化，仍無法達到淨化地下水、土壤污染法定標準。惟因該廠透過政府、民眾、廠商良性互動基礎，污染處理方式與整治結果充分與地方政府進行檢討，接受政府監督並自行籌措整治設置費用，以長期永續經營的企業精神降低民眾疑慮。

四、 研修心得與建議

本國勞工安全衛生及環保法規早期多參考日本，屬大陸法系，然因國情不同，政府機構執法及人民守法的程度落差，造成在相同法規制度下，造成極不同之結果，進而衍生後續因應之不同作為。

以法規增（修）訂一例，日本對於法規增修過程極為嚴謹，先期即以充分的調查研究作為立（修）法依據，中期即密切召開與各界的協商會議，直至達成共識始進入立（修）法階段，部分環境公害防治法規甚至為環境省與經產省會銜發布，因經充分溝通並獲共識，故所定之規制產業已有相當接受度並具因應措施，衝擊較小，因此法規公告後之施行遭遇的困難也較小，大部分產業皆能依法遵循，故而在許多環境法令規範上，日本多採認「報備」制，相信大部分廠商基於對環境公害影響重大有所認知皆能誠實申報，少數個案特例才採「稽核」制，大量減少政府人力之介入。反觀我國，政府單位各部門間及與產業界於立（修）法之協調常流於形式，未獲一定程度之共識即以立（修）法主政機關意見通過實施，致使衍生後續執法上之種種問題，如目前國際間並無國家訂定低頻噪音管制標準，日本也僅在研究調查階段，各先進國對於低頻噪音之規範多為建議參考值，我國環保署卻在國內低頻噪音控制及背景噪音修正等技術方法尚未健全下即完成修正「噪音管制標準」，將工廠（場）低頻噪音納入管制，並公告於 97 年 1 月 1 日實施，在業者對於低頻噪音控制技術、噪音量測地點及量測背景值修正皆尚有疑慮未清之情況下，恐造成產業法規執行困難並執法上之爭議，嚴重影響產業營運。

而在工廠輔導方面，日本產業以大型企業居多，對於生產環境與法規環境變遷之適應性較強，所以其政府中央部門僅致力於制度面政策擬定，至於資源及人力較為不足之小型企業，則由各地方政府或同業公會以輔導方式協助其工安環保能力之提升，較少專以「符合法規」作為輔導標的。然我國產業 90% 以中小型為主，意即企業本質上，資本、人力、技術專業等皆較為不足，環境改變往往直接衝擊其營運，尤以 30 人以下的傳統產業工廠為最，由於資本及人力餘裕空間甚微，再者受限於環保工安技術專業不足，難以自主進行環境改善，加上我國採主採稽查方式執行環保工安法規，部份業者存有投機心態，故而在法規落實度

上有相當程度之差距。

針對本國中小企業為主之產業特性，經濟部（工業局）常年挹注資源積極輔導產業重視資源永續利用，促使產業發展與國際環保潮流接軌，以提升產業在國際上的競爭力，未來除持續與工安、環保法令主政機關行政院勞工委員會及環境保護署就法規制定進行研商外，亦擬借鏡日本針對小型企業輔導工作之推展模式，加強與各地方政府、同業公會等民間組織之合作，共同建構一安全、健康的永續發展環境。

五、結語

二十世紀邁入二十一世紀，日新月異的科技帶來許多生活便利，但同時也帶來許多環境問題，而因為全球化、都市化及生活化，傳統的環境問題起了質變及量變，除了因為新興產業崛起、產品研發使用或產出新物質的未知危害外，所消耗能量及產生廢棄物的速度更遠遠超過地球生態所能負荷，諾貝爾和平獎得主高爾執導的「不願面對的真相（Inconvenient Truth）」即明白點出人類近二十年的所謂科技對於環境無可彌補的傷害。

日本以前有嚴重的公害問題，基於不希望再發生公害的要求，且追求快適生活的環境品質與社會的每種角色應公平擔負責任已成為日本全民之基本共識，即透過社會責任的自覺及產業公會的輔導，日本業界多會遵守相關規範並與政府配合，日本經濟產業省則立於產業輔導的地位，其公害防止政策係從產業振興的角度，針對環境省的環保管制予以因應，協助企業符合環保法規，訂定適合企業與環境共存的政策，進合協助產業利用環保趨勢促進產業升級，並研究環保控制技術取得更大經濟效益，達到環保與經濟面雙贏的發展。

期未來我國亦能朝此一方向前進，建立全民共識，環境保護與促進經濟發展之工作並非一定置於互為抗衡的兩端，唯有兩者兼顧協力並進，美麗寶島才能夠永續發展，留予下代繁榮且無污染的生存環境。

附錄

(一) 活動集錦

1. 參觀小林理學研究所博物館



2. 討論中日低頻噪音規範及技術



3. 拜訪 RION 噪音計製造商



4. 參觀 RION 全無響室



5. TOSHIBA 土壤、地下水污染整治現址實勘



6. TOSHIBA 土壤、地下水污染整治方案簡報及現址實勘後技術與意見交流



7 結業式



(二) 相關網站連結

1. 日本環境省 www.env.go.jp
2. 日本經濟產業省 www.meti.go.jp
3. 日本環境衛生中心 www.jesc.or.jp
4. 新東工業株式會社 www.sintokogio.net
5. 小林理學研究所 www.kobayasi-riken.or.jp
6. RION 公司 www.rion.co.jp/english
7. 東芝 (Carrier) 公司 www.toshiba.co.jp