

某鉛蓄電池製造與回收工廠之鉛污染差異 觀察研究

陳美蓮* 毛義方* 藍忠孚* 林宜長**

本研究以台灣北部一鉛蓄電池製造工廠及另一廢鉛蓄電池回收工廠為研究對象，以高流量空氣採樣器在兩家工廠附近進行工廠工作日、休假日及日、夜之空氣採樣，並在蓄電池製造廠附近採土分析，目的在觀察不同鉛作業對附近環境污染程度和差異性，結果顯示，兩類工廠均造成附近環境空氣之鉛污染。各採樣點中，鉛濃度平均值最高和最低值，在製造廠是 $1.09 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 及 $0.16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ；在回收廠則是 $4.19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 及 $0.48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ；回收廠之空氣中鉛污染濃度約為製造廠之三倍。懸浮微粒濃度最高和最低值，在製造廠是 $97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 及 $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ；回收廠是 $163 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 及 $123 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，而懸浮微粒含鉛量，回收廠與製造廠分別是 $11640 \mu\text{g}/\text{g}$ 及 $5580 \mu\text{g}/\text{g}$ ，均是回收廠污染量較大。研究結果亦顯示，蓄電池製造廠之土壤污染是另一重要環境污染問題，採樣點中鉛濃度平均值最高為 $2048 \mu\text{g}/\text{g}$ 。本研究發現，鉛作業工廠必須確實作好污染防制及環境管理措施，以減低對附近環境之污染。（中華衛誌 1992：11（3）：188-195）

Key Works: *ambient air, soil lead pollution, lead recycling, lead-acid battery manufacture*

前 言

鉛蓄電池製造和廢鉛蓄電池回收為兩種製程不同的鉛作業工廠；鉛蓄電池的生產程序[1]通常是將原料鉛塊熔融、鑄造、製成極板，再經鋸板製成格子體之後，裝配成蓄電池。其中鉛塊之熔融會產生粒徑較小的金屬煙塵[2]，而鋸板、裝配則產生粒徑較大的鉛塵。鉛回收則將廢蓄電池經切台機切割之後，將鉛冶煉和精煉。雖然程序不同，卻

都是會產生鉛污染的工業[3]。至於它們對週圍環境的污染程度，則決定於一些因素，如生產量、製程、連續工時長短、作業管理、集塵設備、鉛廢料處理方式，以及污染物擴散的環境因素，包括地形、地物、氣象條件等。因此本文將研究台灣北部一蓄電池製造工廠及廢蓄電池回收廠之環境鉛污染情形，目的在了解不同鉛作業之鉛污染差異，並探討造成差異之原因，作為鉛污染工業環境管理的重要參考資料。

*國立陽明醫學院社會醫學科

**國立台灣大學醫學院公共衛生學科

聯絡人：陳美蓮

地址：台北市北投區立農街二段 155 號

陽明社醫科

對象與方法

本研究之蓄電池製造廠位於台灣北部，製造產品有外銷之產業電池、汽車用電池、免保養電池等鉛蓄電池，年產量約 2,500

噸，其生產程序部分為：原料鉛塊之熔融、鑄造，製成格子體。大部份則是由外廠供應極板，經鋸板、裝配成蓄電池，工廠有一煙囪高度為 12 公尺。工廠附近有膠帶製造、樹脂製造、木材加工、金屬零件工業等，本研究區左邊靠近台灣海峽、右側有一條公路。至於廢蓄電池回收亦位於台灣北部，製造產品為鑄字鉛塊、硬鉛塊、鉛銻合金，年產量約 4,800 噸，使用原料為進口之廢蓄電池，經切割、冶煉，精煉製成產品，其煙囪高度為 31.3 公尺，工廠附近亦為小型工業區型態，工廠附近一面靠近山區。

工作時制在蓄電池製造廠為日班制，即上午八時至下午五時，而廢蓄電池回收廠則是兩班制，上午八時至下午五時為白天班，下午七時至翌日上午八時為夜班。

一、採樣點選取：本研究依據美國環保署所定之原則[4]設立空氣採樣站，即在工廠四週不同方位角和距離，以遠離道路約 50 公尺以上，四週無樹林等障礙物，無焚燒排煙情形，並且空氣流通之適當地點，高度約 10~20 公尺之民宅公寓頂樓放置空氣採樣器。並經專業測量隊以 Nikon NTD-4 光波測距儀，測量每一採樣點之方位角、高度及與煙囪之距離，本研究在蓄電池製造廠共設置八個空氣採樣站，在廢蓄電池回收廠設置七個空氣採樣站。

二、採樣方法：1. 空氣採樣：本採樣時間從民國 76 年 11 月至 77 年 3 月，依照美國環保署規範之標準方法[5]進行總懸浮微粒之採樣。首先，將校正好之日本 Kimoto 公司出品之高量空氣採樣器及乾燥至恆重之玻璃纖維濾紙備妥，其規格為 8"x10" Gelman, Type A/E 及 GMW, Natural, J-2944，採樣流速每分鐘 1500 公升，然後進行下列採樣：(1) 工廠工作時之採樣--在每一採樣點同時放置一部空氣採樣器，採樣時間從凌晨零時至翌日凌晨零時，連續二十四小時，採樣頻率為每週一次。在蓄電池製造廠共取得 94 個有效空氣樣本，廢蓄電池回收廠則有 50 個空氣樣本，有效樣本數分別佔採樣樣本數之 84% 及 86%。(2) 工廠工作日與休假日之比較

採樣：在蓄電池製造廠及廢蓄電池回收廠分別選定一距離煙囪 68 公尺及 56 公尺之採樣點，同時放置三部空氣採樣器，其中第一部自凌晨零時至翌日凌晨零時連續採樣二十四小時，第二部從上午八時至下午五時，採樣九小時，第三部則自下午五時至翌日上午八時，採樣十五小時，採樣頻率為每天採樣，連續採樣十天，在蓄電池製造廠包括七個工作日及三個休假日，在廢蓄電池回收廠則包括八個工作日及二個休假日，空氣樣本數均為 30 個。2. 土壤採樣[6]：土壤採樣點的選取是在空氣採樣點附近 50 公尺範圍內選取三個樣本，然後以標準土壤採樣器進行表土 15 公分之採土，而以該三處土壤含鉛量之平均值代表該採樣點之土壤含鉛量，採樣頻率為每月一次，共取三個月，故得 72 個土壤樣本。土壤採樣只在蓄電池製造廠附近環境進行，至於廢蓄電池回收廠則因附近多水泥地或因新建工程，而使當地之土壤多為覆土用之客土或翻攪過之表土、裡土混合體，無法代表其土壤污染情況，故未採土。3. 飲用水採樣[7]：以酸液浸泡清洗之採樣瓶，在每個空氣採樣點之住戶家中採取水龍頭水，採樣時先讓水流約三分鐘再裝滿水，採樣頻率為每月一次，蓄電池製造廠附近採得 24 個樣本，廢電池回收廠採得 14 個樣本。

三、樣本處理：1. 空氣樣本：為測定空氣中懸浮微粒含量，所有玻璃纖維濾紙在採樣前、後，均先置於乾燥箱中乾燥至恆重，至於含鉛量之測定，則將收集之濾紙裁下四分之一，以及製作標準曲線所用之加鉛空白濾紙四分之一，分別放入 CEM, MDS-81 微波消化器之鐵氟龍容器中，然後在每個容器中加入三毫升氫氟酸、10 毫升濃硝酸及 30 毫升濃鹽酸，微波消化之後，過濾至量瓶中，此微波消化之回收率為 $125 \pm 7\%$ 。2. 土壤樣本：將烘乾的土壤研磨並以 10 mesh 篩子過篩之後，精秤 1.000 公克置於鐵氟龍容器中，加入 10 毫升硝酸，經微波消化之後，再加入 5 毫升雙氧水，待溶液不再冒泡之後，過濾至量瓶中，此微波消化之回收率為 $95 \pm 10\%$ 。3. 水樣：經酸化至 PH

值為 2 以下[8,9]。

四、鉛分析[6]：處理後之樣本以 Hitachi 180/70 原子吸收光譜儀測定，樣本先以火焰式原子吸收分析，若鉛濃度低於 1ppm，則改以無焰式原子吸收分析，分析波長為 283.3nm。無焰式石墨原子化爐具備 Zeeman 背景校正功能，每個樣本均測定三次取其平均值。所有使用容器均經過酸液浸泡過夜，再以純水清洗後，置於烘箱乾燥。試藥均採用 Merck GR 級藥品。

結 果

表一為兩個不同鉛作業廠附近距離工廠由近至遠之空氣鉛濃度，大致上隨距離工廠愈近而濃度愈高，蓄電池製造廠附近之空氣鉛濃度平均為 $0.41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，採樣點之濃度最低為 $0.16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，最高為 $1.09 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，兩者濃度比為 1:7。單日最高濃度為 $6.29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，是在最接近工廠之採樣點所測得。最近距離之採樣點鉛濃度標準偏差達 $1.72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，是所有採樣點中最大者，亦顯示該點之鉛濃度日變化亦最大。廢蓄電池回收廠附近採樣點之最高與最低濃度比為 9:1，分別是 $4.19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 及 $0.48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，全區域之平均為 $1.42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，大致上亦隨著距

離工廠愈近，濃度愈高。其單日最高日濃度為 $6.67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，亦是在最接近工廠之採樣點所測得。兩廠最近距離之採樣點比較時，廢蓄電池回收廠之空氣中鉛濃度約為製造廠之 2.5 倍。

為了觀察兩種性質不同工廠附近環境污染情形，將相同距離及方位角之採樣點之懸浮微粒含量及其含鉛量列於表二及表三，兩廠附近之環境空氣懸浮微粒含量差異也很大，廢蓄電池回收廠與蓄電池製造廠周圍環境之全區平均濃度分別是 $127.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 及 $63.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，表二顯示前者各採樣點之懸浮微粒濃度均比後者大得多。單日採樣測得之懸浮微粒最高日濃度在蓄電池製造廠是 $303.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，廢蓄電池回收廠則是 $293.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，都是在距離工廠最近之採樣點所測得。廢蓄電池回收廠各點懸浮微粒濃度差異並不大，從 $123 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 至 $163 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，且濃度高低與鉛工廠之距離並無一定關係；而蓄電池製造廠附近之懸浮微粒含量普遍較低，並且隨著距離鉛污染源愈近，微粒濃度愈高，最高與最低濃度比為 2:1，並沒有像鉛濃度之差異那麼大。

表三為兩廠附近之懸浮微粒含鉛量，蓄電池製造廠與廢蓄電池回收廠之總平均分別是 $5,580 \mu\text{g}/\text{g}$ 與 $11,640 \mu\text{g}/\text{g}$ ，大致上兩

表一：不同鉛作業工廠附近環境由近至遠之空氣鉛濃度（單位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）

製 造 廠				回 收 廠			
採樣編號	距離(註1)	方位	平均值±標準偏差(樣本數)	採樣編號	距離	方位	平均值±標準偏差(樣本數)
*A1	50公尺	北	$1.09 \pm 1.72(12)$	*B1	50公尺	北	$2.58 \pm 2.14(9)$
A2	70公尺	東南	$0.41 \pm 0.40(12)$	*B2	100公尺	南	$4.19 \pm 1.38(4)$
*A3	100公尺	南	$0.55 \pm 0.42(13)$	B3	200公尺	東南南	$1.11 \pm 1.17(9)$
A4	150公尺	東南東	$0.17 \pm 0.11(9)$	*B4	200公尺	西北北	$0.92 \pm 0.83(6)$
*A5	200公尺	西北	$0.25 \pm 0.28(12)$	B5	250公尺	東南東	$0.60 \pm 0.54(7)$
A6	270公尺	西南	$0.30 \pm 0.29(11)$	*B6	300公尺	東南南	$0.91 \pm 0.85(9)$
*A7	300公尺	東南南	$0.18 \pm 0.10(11)$	B7	380公尺	東南	$0.48 \pm 0.35(6)$
A8	700公尺	東南	$0.16 \pm 0.21(13)$				
平均值			$0.41 \pm 0.74(93)(註3)$	平均值			$1.42 \pm 1.55(50)$

註1：距離是指從發生源之煙囪至採樣點之水平距離

註2：* 表示兩廠與煙囪之方位角及距離相近之採樣點。

註3：收集空氣樣本有 94 個，經測定分析，得 93 個有效空氣鉛濃度樣本。

表二：不同鉛作業工廠附近環境空氣懸浮微粒含量(單位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

距離(公尺)(註1)	製造廠懸浮微粒濃度 平均值±標準偏差(樣本數)	回收廠懸浮微粒濃度 平均值±標準偏差(樣本數)
50	97.0±74.7(12)	123.2±35.7(9)
100	70.3±32.3(13)	163.3±65.3(4)
200	62.9±32.1(12)	161.5±90.4(6)
300	56.3±28.2(11)	138.4±40.1(9)
> 300 (註2)	49.0±29.9(14)	133.0±75.8(6)

註1：距離是指從發生源之煙囪至採樣點之水平距離。

註2：在蓄電池製造廠為 702 公尺；在廢蓄電池回收廠為 376 公尺，分別是兩廠最遠距離之採樣點。

表三：不同鉛作業工廠附近環境空氣懸浮微粒含鉛量 (單位： $\mu\text{g}/\text{g}$)

距離(公尺)(註1)	製造廠懸浮微粒含鉛量 平均值±標準偏差(樣本數)	回收廠懸浮微粒含鉛量 平均值±標準偏差(樣本數)
50	10150±9670(12)	19020±12640(9)
100	9390±7450(13)	29040±13270(4)
200	3630±2730(12)	7960±10620(6)
300	4080±2420(11)	7080±6220(9)
> 300 (註2)	2620±1660(13)	4480±4270(6)

註 1、註 2 與表二同。

廠仍隨著距離工廠愈近，懸浮微粒含鉛量愈大，在距離發生源 50 公尺處之採樣點，蓄電池製造廠之濃度為 $10,150 \mu\text{g}/\text{g}$ ，廢蓄電池回收廠為 $19,020 \mu\text{g}/\text{g}$ ，後者之懸浮微粒含鉛量約為前者之兩倍。

表四是工廠工作日與休假日之污染比較，兩廠均顯示，工廠工作日之空氣鉛濃度遠比工廠休假日為高；白天與夜間濃度比較時，在蓄電池製造廠，無論工作日或休假日，均為夜間鉛濃度低於白天鉛濃度，其工作日白天鉛濃度為 $0.92 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，夜間為 $0.37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，而休假日之白天及夜間濃度分別是 $0.35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 和 $0.30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，但是在廢蓄電池回收廠，雖然休假日之夜間鉛濃度仍低於白天濃度，其工作日之夜間濃度卻與白天濃度一樣高。其休假日之日間和夜間鉛平均濃度是 $0.57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 及 $0.22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，

而工作日之日、夜間平均濃度則是 8.04 及 $8.09 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

表五為蓄電池製造廠附近採土分析結果，土壤之酸鹼值從 5.9 至 7.3，偏向中性到微酸性。土壤含鉛量隨著距離工廠愈遠，濃度愈低，而以最近工廠之採樣點特別高，達 $2048.6 \mu\text{g}/\text{g}$ ，而最遠距離之採樣點最低，為 $32.2 \mu\text{g}/\text{g}$ 。

飲水部分，兩廠附近居民 38 個水樣之鉛濃度均小於 10 ppb，因為已接近儀器之檢測極限，且遠低於飲用水標準 50 ppb，故未再做進一步測定。

討 論

本研究之兩家工廠周圍二公里內，並未發現有使用鉛為原料或排放鉛之工廠，因此

表四：不同鉛作業工廠在工作及休假日之環境空氣含鉛量 (單位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

採樣時段	製造廠鉛濃度 平均值±標準偏差(樣本數)	回收廠鉛濃度 平均值±標準偏差(樣本數)
工作日		
全日濃度	$0.53 \pm 0.57(7)$	$7.58 \pm 4.16(8)$
白天濃度	$0.92 \pm 1.17(7)$	$8.04 \pm 4.41(8)$
夜間濃度	$0.37 \pm 0.18(7)$	$8.09 \pm 6.34(8)$
休假日		
全日濃度	$0.32 \pm 0.15(3)$	$0.28 \pm 0.13(2)$
白天濃度	$0.35 \pm 0.14(3)$	$0.57 \pm 0.24(2)$
夜間濃度	$0.30 \pm 0.20(3)$	$0.22 \pm 0.09(2)$

註：全日：AM 8:00~AM 8:00，白天：AM 8:00~PM 5:00，
夜間：PM 5:00~AM 8:00

表五：鉛製造廠各採樣點附近土壤酸鹼值與含鉛量(含鉛量單位： $\mu\text{g}/\text{g}$)

採樣點	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
酸鹼值	6.3	7.3	7.1	6.9	5.9	6.0	6.1	6.0
含鉛量								
平均值	2048.6	174.5	58.2	57.9	92.8	63.7	34.3	32.2
標準偏差	305.3	179.5	21.4	26.1	26.9	50.0	8.0	9.1

註：採樣點 S1~S8 之樣本數均為 9 個。

所採樣的空氣含鉛量大部份均分別來自此兩工廠。

兩廠附近各採樣點之空氣鉛濃度及懸浮微粒含鉛量均隨著距離工廠愈近而愈高，顯示兩廠均為附近鉛污染重要來源，又根據環保署資料[10]估計，回收廠附近環境空氣鉛濃度應在 $0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下，假設以懸浮微粒濃度作為空氣清潔的指標來看，蓄電池製造工廠附近微粒濃度非常低，似乎表示在沒有特定鉛污染源之下，當地之空氣鉛濃度更在 $0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下。又毛氏及陳氏[11]研究資料顯示，台北市區的懸浮微粒含鉛量平均約 $3,000 \mu\text{g}/\text{g}$ ，而本研究結果蓄電池製造及回收廠附近之空氣鉛濃度平均分別為 $0.41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 及 $1.42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ；懸浮微粒含鉛量平均分別是 $5580 \mu\text{g}/\text{g}$ 及 $11640 \mu\text{g}/\text{g}$ ，以上結果均顯示無論蓄電池之製造或回收，

均對附近環境造成空氣鉛污染。至於回收廠附近之空氣鉛污染程度遠比蓄電池製造廠高出許多，推測其原因有：(1)生產量不同：在回收廠其生產量為每年 4,800 噸；在製造廠則為每年 2,500 噸，相差約兩倍。(2)製程不同，污染排放率也不同：根據美國環保署調查分析[12]，廢蓄電池回收的污染排放量，每噸產品產生懸浮微粒約為 26-142 公斤；鉛 6-32 公斤；而每噸的標準蓄電池成品之製造過程，約產生 5.3 公斤的懸浮微粒及 0.6 公斤的鉛，即以每噸的鉛回收產品與蓄電池產品來看，懸浮微粒之排放量，前者約為後者之 5-20 倍，而鉛排放量則是 10-50 倍。回收廠的單位產品污染量比較大。污染防制設備之操作與環境管理良窳均會大大影響其污染排放率。不過，以上排放資料取自國外，應用於國內工廠之推估

可能會有差距。(3)環境管理之差異：蓄電池製造廠環境管理比廢蓄電池廠良好，其廠房外觀整潔，而回收廠則廢料到處堆置，廠房亦呈半開放空間，廠房中亦無污染防治設備。(4)連續工時長短不同：蓄電池製造廠只在白天作業，回收廠則全天作業，前者給予污染物有夜間衰減、稀釋的機會；後者則無。(5)兩廠所處環境不同：蓄電池製造廠位於鄉村地區，土地空曠，並且一面臨海，有利於污染物之擴散，尤其是夜間之稀釋作用。反之，回收廠一面近山，比較不利於污染濃度之降低。

以兩廠的年產量及污染排放率推估，回收廠一年約排放 120~684 噸的懸浮微粒和 24~156 噸的鉛，蓄電池製造廠則一年排放 13 噸的懸浮微粒和 1.5 噸的鉛，其中懸浮微粒排放比，回收廠對製造廠約為 10~50:1 而鉛排放量比約為 20~100:1。假定兩工廠之產程穩定，則兩廠應有相同比例的污染日排放量，然而，蓄電池製造廠在條件較佳的环境因素，污染防治措施及環境管理之下，其附近空氣鉛濃度卻為回收廠的 1/3 倍，可見排放量對環境濃度之影響，並不是呈單純的線性正相關，煙囪高度不盡相同，亦是另外原因之一。雖然這樣，兩工廠之環境空氣鉛濃度，在休假日及工作日之白天濃度均有明顯的不同，尤其是廢蓄電池回收廠之環境空氣夜間濃度，工作日為休假日的 40 倍；白天則為 16 倍，同時遠超過國家環境空氣品質鉛標準之 $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 甚多，政府對於此一廢蓄電池回收之鉛污染工業，必須優先列管和取締。

表一之鉛濃度雖然大致上隨著距離工廠愈近而愈高，但由於污染源附近環境，並不是在一個自然無阻礙且擴散良好的空間，加上各採樣點並不在相同方位角的一直線上，因此就可能造成愈近距離之鉛濃度反而較遠距離之採樣點鉛濃度較低之情形，其主要因素推測應是風向之關係，採樣期間風向以北風為主。

表二回收廠懸浮微粒之分布，並不像製造廠般隨距離工廠愈近而愈高，顯示回收廠附近環境尚有其他懸浮微粒污染源存在。

表四回收廠全日濃度雖然低於白天和夜間個別濃度，但是其差異並不顯著，差異來源可能是因為三個濃度是由三台採樣器採樣所得，採樣時間一為全日二十四小時，一為白天九小時，一為夜間十五小時，因此推測可能由於採樣器之差異和空氣中鉛濃度在空間上的差異造成的。

蓄電池製造廠附近之表土含鉛量非常高，似乎說明此類工廠對周遭環境之污染途徑，土壤污染亦值得重視。蓄電池製造中，極板切割、分裝過程產生的鉛塵，以及工廠進出原料、產品中的鉛塵挾帶或工廠清洗廠房，處理鉛廢料的過程，均可能是造成土壤污染的原因。這些土壤中的鉛塵，可藉著風砂飛揚而造成二次空氣污染或污染當地普遍種植的蔬菜，包括菜葉表面之污染以及自根部的鉛吸收。近年來，本省農業地區之土壤含鉛量調查[10]，鉛含量均在 $10 \mu\text{g}/\text{g}$ 以下，顯然本區土壤含鉛量高出 3 倍~200 倍之多。

本研究之水樣含鉛量均在 $10 \mu\text{g}/\text{l}$ 以下，文獻記載之水中自然鉛濃度從 0.005 至 $10 \mu\text{g}/\text{l}$ [14]，可視為飲用水未受當地鉛工廠之污染。

本研究結果顯示，在台灣北部作業之鉛蓄電池製造工廠與鉛回收工廠，均對附近環境造成空氣鉛污染，而製造廠之土壤污染亦十分嚴重。另外由於兩種工廠之作業型態不同、產量不同，廠內環境整頓及防污、集塵設備之有效設置不同，使回收廠之空氣污染較製造廠為嚴重，政府對於此類鉛作業工廠應訂定周界標準，並且定期檢測、追蹤周界之空氣、土壤、水質及農作物之鉛濃度，以保護居民之健康。

參考文獻

1. Malcolm D. Batteries, secondary or rechargeable, or accumulators. In: Parmeggiani L, ed. Encyclopaedia of occupational health and safety. Geneva: International Labour Organisation, 1983; 249-253.
2. Thomas G, Catton JA. Metals, heat treatment of. In: Parmeggiani L, ed. Encyclopaedia of

- occupational health and safety. Geneva: International Labour Organisation, 1983; 1346-1348.
3. Burgess WA. Recognition of health hazards in industry. a review of materials and processes. John Wiley & Sons, 1981; 164-167, 241- 243.
 4. United States Environmental Protection Agency. Optimum sampling site exposure criteria for lead. Research Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards, 1984; Publication no. EPA-450/4-84-012.
 5. United States Environmental Protection Agency. Guidelines:air quality surveillance networks. Research Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air Programs, 1971; Office of Air Programs Publication no. AP-98. Available from: NTIS, Springfield, VA; PB 200728.
 6. Skogerboe RK, Hartley AM, Vogel RS, Koirtyohann SR. Monitoring for lead in the environment. Washington, DC: National Science Foundation, 1977b; NSF/RA 770214: 33-70. Available from: NTIS, Springfield, VA; PB 278278.
 7. Patterson CC, Seattle DM. The reduction of orders of magnitude errors in lead analyses of biological materials and natural waters by evaluating and controlling the extent and sources of industrial lead contamination introduced during sample collecting, handling, and analyses. In: LaFleur, P.D., ed. Accuracy in trace analysis: sampling, sample handling, and analysis-volume 1. Pro ceedings of the 7th materials research symposium; October 1974; Gaithersburg, MD. Washington, DC: U.S. Department of Commerce, National Bureau of Standard, 1976; NBS special publication no. 422: 321-352.
 8. Greenberg AE, Trussell RR, Clesceri, LS. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, 16th ed., 1985, 42-43.
 9. U.S. Environmental Protection Agency. Ambient water quality criteria: lead. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, Criteria and Standards Division, 1978; Available from: NTIS, Springfield, VA; PB 292437.
 10. 行政院環境保護署, 環境保護年鑑, 行政院環境保護署, 1984。
 11. 毛義方, 陳美蓮, 台灣地區空氣污染物對人體健康影響之流行病學研究—空氣中含鉛物質之危險性評估, 行政院環境保護署, 1990。
 12. United States Environmental Protection Agency. Compilation of air pollutant emission factors; Vol.1. "Stationary Sources" 4th. ed., U.S. EPA, 1985.
 13. Wolnik KA, Fricke FL, Lapar SG, et al. Elements in major raw agricultural crops in the United States. I: Cadmium and lead in lettuce, peanuts, potatoes, soybeans, sweet corn and wheat. J Agric Food Chem 1983.
 14. National Academy of Sciences, Committee on Lead in the Human Environment. Lead in the human environment. Washington, DC: National Academy of Sciences, 1980.



A STUDY OF LEAD POLLUTION IN A BATTERY MANUFACTURING AND A LEAD RECYCLING FACTORY

MEI-LIEN CHEN, I-FANG MAO, CHUNG-FU LAN, YI-CHANG LIN*

This study was conducted to determine the severity of and differences in lead pollution in a battery manufacturing factory and a lead battery recycling factory. Air samples in the vicinity of these two factories and soil samples around the battery manufacturing factory were measured for lead concentrations during the day and at night on working days and on holidays. The results showed that the mean ambient air lead concentration in the battery manufacturing area was about three times higher than that in the battery recycling area. The highest concentrations were 1.09 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ around the battery manufacturing factory and 4.19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in the

vicinity of the lead battery recycling factory; the amounts of lead in the suspended particulates in former area and the latter area were 5,580 $\mu\text{g}/\text{g}$ and 11,640 $\mu\text{g}/\text{g}$, respectively. The top-soil around the battery manufacturing factory was also contaminated by lead dust; the highest concentration was 2,048 $\mu\text{g}/\text{g}$.

The Results suggest that environmental management and pollution control facilities are needed to reduce the impact of air pollution derived from lead battery factories on neighboring areas. (*J Natl Public Health Assoc (ROC)*: 1992;11(3):188-195)

Key Words: ambient air, soil lead pollution, lead recycling, lead-acid battery manufacture

Department of Social Medicine, National Yang-Ming Medical College, Shi-Pai, Taipei, Taiwan, R.O.C.

* Department of Public Health, College of Medicine, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, R.O.C.