

硬脂酸鎘製造工廠廢水排放渠道灌區土壤 與稻米中重金屬含量調查與相關關係探討

李國欽 林浩潭 賴七仙

台灣省農業藥物毒物試驗所

摘 要

調查桃園縣蘆竹鄉基力化工廠排放渠道灌區於民國七十七年以前已劃定污染休耕區外約 100公頃農地所產 139個糙米及 314 個土壤樣品中鎘、鉛、鋅含量，發現糙米樣品中鎘含量超過食米衛生標準 0.50 ppm 者佔 30.84%。偵測土壤中 0.1N HCl 可抽出之重金屬量，表土（0 ~ 5 公分深）中鎘平均含量為 2.35 ppm，最高 21.99ppm，裏土（5 ~ 15 公分深）中鎘平均含量為 1.88ppm，最高 27.33ppm，表土中鉛平均含量為 14.73ppm，最高 57.89ppm，裏土中鉛平均含量為 11.96ppm，最高 51.18ppm，表土中鋅平均含量為 46.39ppm，最高 259.84ppm，裏土中鋅平均含量為 36.34ppm，最高 164.03ppm。經由統計分析糙米中重金屬含量與土壤中 0.1N HCl 可抽出重金屬含量之相關關係，發現糙米中鎘含量與土壤表、裏土中鎘含量有顯著相關，糙米中鋅含量與表土中鋅含量有顯著相關。

關鍵字：鎘、鉛、鋅、重金屬、土壤污染、稻米。

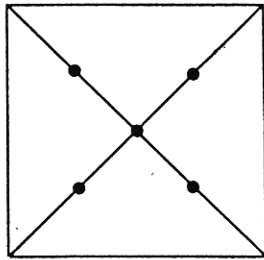
前 言

錳、鉛、鋅等重金屬在本省工業上之用途，錳約 90%，鋅約 10%，鉛約 16%被利用作為塑膠安定劑--硬脂酸錳、硬脂酸鉛、硬脂酸鋅（李錦地等，1982），上述產品在生產過程中，如無適當之污染防止設備，極易造成水污染、空氣污染、土壤污染，間接引起農作物污染，食物污染（改谷等，1978），經由食物鏈，這些重金屬可進入人體，累積至一定程度後，對人體健康造成危害。錳、鉛並非人體所必須，其口服急毒性對溫血動物而言，LD₅₀為 100~1000mg/kg，屬中程度毒性，但慢性毒強；鋅雖為人體所必須，但人體中如累積過量亦會危害健康，其LD₅₀為 100~1000mg/kg，屬弱毒性三種重金屬如過量吸收，易在身體中累積，造成貧血、肝、腎機能障害，阻害人體對鈣、鐵之代謝（Friberg et al., 1986; Tsuchiya, 1986; Elinder, 1986）。發生在日本九州，富山縣，神州川流域之“痛痛病”即起因於當地居民長期食用受煉鋅礦場含錳廢水污染之農田生產之稻米所引起之公害事件（Kobayashi, 1978; Morishita, 1981）。

基力化工公司於民國六十六年設廠在桃園縣蘆竹鄉新興村，以未鍛條錳，氧化錳及其它金屬氧化物製造硬脂酸錳、鉛、鋅、鋇等塑膠安定劑，由於該廠廢水處理設施不完備，致使含有錳、鉛、鋅等重金屬之廢水排入桃園水利會蘆竹鄉第二支線新興支流，造成農地及作物遭受污染（行政院環境保護署，1988）；民國七十一年及七十二年台灣省水污染防治所調查基力化工廠附近環境之污染情形後，劃定 22.46 公頃污染農田（台灣省政府環境保護處，1988），民國七十六年農委會委託台灣大學農業化學系進行污染區外農田所生產稻米中重金屬含量調查，發現有 13 公頃農地之稻穀中錳含量超過衛生署所訂之食米衛生標準（陳尊賢，1987），本次調查之目的在調查民國 77 年以前所劃定之休耕區外農田是否受到重金屬污染，並進行稻米中重金屬含量與土壤中重金屬含量相關關係之探討。

1.採樣點訂定方法：

採樣點之訂定由於考慮受錫污染稻米之收購及污染區之劃定等因素，因此以台灣省水利會所繪製之 1/4800 灌區圖，於基力化工廠廢水排放渠道灌區及已劃定污染休耕區外之農田，訂出 160個採樣區（如圖三），每個採樣區經劃定對角線，平均採取 5 個點（如圖一所示）之樣品，混合成一代表樣品。



圖一、採樣點之訂定圖

2.採樣方法：

稻米成熟前 2 ~ 3 日，於每個採樣點上，割取 1 ~ 2 撮（約 10 株）水稻稻穗，並採取根系土壤，土壤樣品分二層：表土（0 ~ 5 公分深），裏土（5 ~ 15 公分深），某些地區因休耕，故只能採取土壤樣品，共計採取稻穀樣品 139個，土壤樣品 314個。

3.樣品分析方法：

(1) 稻米樣品分析方法：

稻穀經晒乾去殼成糙米後，磨成粉末，均勻混合，稱取 0.5g 樣品入 120ml Teflon 消化瓶中，加入 10ml 濃硝酸，5 ml 濃鹽酸，室溫下放置 30 分鐘後，入微波消化爐 (CEM MDS-81D) 中，以 100% 能量處理 4 分鐘，再以 50% 能量處理 8 分鐘，室溫下冷卻後，以純水定量至 25ml，再以原子吸光儀測錫、鉛、鋅含量。NBS 標準樣品 (SRM) 以本分析方法分析之結果如表一

表一、以本試驗之分析方法分析標準樣品之結果

| 標準樣品 | 重 金 屬 含 量 (ppm) | | |
|-----------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| | 錳 | 鉛 | 鋅 |
| 牛 肝 (#1577a) | 0.42 ± 0.08 (0.44 ± 0.06) | ND (0.135 ± 0.015) | 107.51 ± 16.51 (128 ± 8) |
| 番茄葉 (#1573) | 2.50 ± 0.28 (3)* | 5.2 ± 0.3 (6.3 ± 0.3) | 55.18 ± 0.95 (62 ± 6) |
| 柑橘葉 (#1572) | ND (0.03) | 12.27 (13.3) | 22.74 (29) |
| 米 粉 (#1568) | ND (0.029 ± 0.004) | ND (0.045 ± 0.010) | 18.1 (19.4) |

ND: Non-Detectable

() 已證明含量

()* 尚未證明含量

(2) 土壤樣品分析方法：

取 1g 風乾土，入 pyrex 玻璃製 300ml 三角瓶中，加入 100ml 0.1N HCl，置振盪器中激烈振盪 1 小時，室溫下靜置 2 4 小時後，以 Whatman GFA 濾紙過濾入 P E 塑膠瓶中，濾液以原子吸光儀測錳、鉛、鋅三種重金屬。

3. 儀器條件：

(1) 原子吸光儀：Varian SpectrAA-30 Atomic Absorption Spectrometer

(2) 測錫之波長設定為 228.8nm，測鋅之波長設定為 213.9nm，測鉛之波長設定為 217.0nm。

4. 水稻樣品之品種與土壤質地

(1) 水稻品種：台農 67 號，蓬萊米，第一期作。

(2) 土壤質地分佈：圖三之高速公路以北為中興土系及大竹園土系複合區，

高速公路以南為大竹園土系，湖口土系及高山土系之複合區依美國分類標準皆屬 Fine, Mixed, Hyperthermic typic Paleudults。 (Chen, 1989)。

結 果 與 討 論

一、稻米與土壤中重金屬調查結果

本研究共計採取稻米樣品 139 個，其重金屬之含量摘要見表二

表二、糙米中重金屬含量摘要

| 重金屬名稱 | 平均 (ppm) | 範圍 (ppm) |
|-------|----------|---------------|
| 錫 | 0.53 | < 0.10 ~ 4.35 |
| 鉛 | 0.14 | < 0.30 ~ 3.72 |
| 鋅 | 25.09 | 11.55 ~ 42.35 |

註：以水份含量 13% 為基準。

錫之平均含量為 0.53ppm，為李氏等（未發表）於民國七十三年至七十六年所調查之本省糙米中錫平均含量 0.05ppm 之 10 倍，範圍自小

於 0.10ppm至 4.35ppm，如以行政院衛生署所公告之食米衛生標準中鎘含量不得超出 0.50ppm 判斷，則有 43 個樣品之鎘含量超過上述之標準，佔 30.94%；鉛平均含量為 0.14ppm，低於西德之穀類中鉛之容許量 0.30ppm。（張為憲，1974）；鋅平均含量為 25.09ppm，低於加拿大之食品容許量 100ppm（許東榮等，1982），範圍自 11.55ppm 至 42.35ppm。

由圖三之採樣點標示，可看出鎘含量超過 0.50PPm 之糙米樣品大部份出現於基力化工廠廢水排放渠道一新興支流附近，如編號 144，148，149，150，156等地區，或河流有急劇轉彎之處，如編號 22，23，26，27，28，30，31等地區及偏北方之地勢較低地區，如編號 36，47，49，50等地區，上述地區由於地型之關係，土壤易受到廢水污染，間接引起糙米中鎘含量過高。

目前由於土壤污染防治法尚在草擬中，土壤受重金屬污染之認定標準尚無，故只能以“如該農田土壤所產稻米中重金屬含量超過食米衛生標準，則認定該農田為受污染農田”必須進行休耕、改良或轉作其它非食用性作物，以免間接影響人體健康（汶谷等，1978）。

土壤樣品中重金屬之含量調查摘要見表三

表三、土壤樣品中重金屬含量摘要

| 重金屬名稱 | 表土（0～5公分） | | 裏土（5～15公分） | |
|-------|-----------|---------------|------------|---------------|
| | 平均 | 範圍 | 平均 | 範圍 |
| 鎘 | 2.35 | 0.06 ~ 21.99 | 1.88 | 0.01 ~ 27.33 |
| 鉛 | 14.73 | 2.94 ~ 57.89 | 11.96 | 2.08 ~ 51.18 |
| 鋅 | 46.39 | 9.61 ~ 259.84 | 36.34 | 9.61 ~ 164.03 |

註：含量單位為 ppm

如將表三中表土（0～5公分深）及裏土（5～15公分深）中重金屬平均含量二者相加再平均，即得（0～15公分深）土層中重金屬平均含量，並與桃園地區、台灣地區土中重金屬含量概況調查結果（王銀波等，1989）作比較，示之於表四

表四、本研究所採土樣與桃園縣地區、台灣地區土樣中重金屬含量概況調查結果之比較

| 重金屬 | 基力化工附近農田 | | 桃園縣地區 | | 台灣地區 | |
|-----|----------|-------------|-------|------------|-------|-----------|
| | 平均 | 範圍 | 平均 | 範圍 | 平均 | 範圍 |
| 錳 | 2.12 | 0.01~ 27.33 | 0.05 | ND ~ 0.23 | 0.24 | ND~ 5.28 |
| 鉛 | 13.35 | 2.08~ 51.18 | 8.02 | 0.96~18.13 | 8.94 | ND~ 37.72 |
| 鋅 | 41.36 | 9.61~259.84 | 13.20 | 0.59~77.96 | 14.28 | ND~447.05 |

註：土層深度為：0～15公分，濃度單位為：ppm（以烘乾重為基準）

ND:Non-Detectable

由表四可知錳、鉛、鋅三種重金屬之含量皆高於桃園地區與台灣地區之含量，其中錳平均含量 2.12ppm為桃園地區錳平均含量 0.05ppm之42倍，為台灣地區錳平均含量 0.24 ppm之9倍，鉛之平均含量為13.35ppm，約為桃園縣地區或台灣地區土中鉛之平均含量之1.6倍，鋅之平均含量為41.36ppm，約為桃園地區鋅平均含量之3.2倍，台灣地區鋅平均含量之2.9倍，因此可確定本區域之土壤已受到污染

表土、裏土中三種金屬含量間之相關關係，經由統計分析後列於表五，三種重金屬中除錳與鋅二者間之相關關係不顯著外，其餘錳與鉛、鉛與鋅皆有顯著之正相關，由此可推斷三種重金屬應屬同一污染來源。

表五、表土、裏土中重金屬含量間之相關係數 (r 值)

| | 鉛 (表土) | 鋅 (表土) | 鎘 (裏土) | 鉛 (裏土) | 鋅 (裏土) |
|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 鎘 (表土) | 0.401** | 0.006 | 0.835** | 0.451** | -0.029 |
| 鉛 (表土) | ---- | 0.530** | 0.375** | 0.781** | 0.432** |
| 鋅 (表土) | ---- | ---- | 0.032 | 0.631** | 0.915** |

註：樣品數為 157

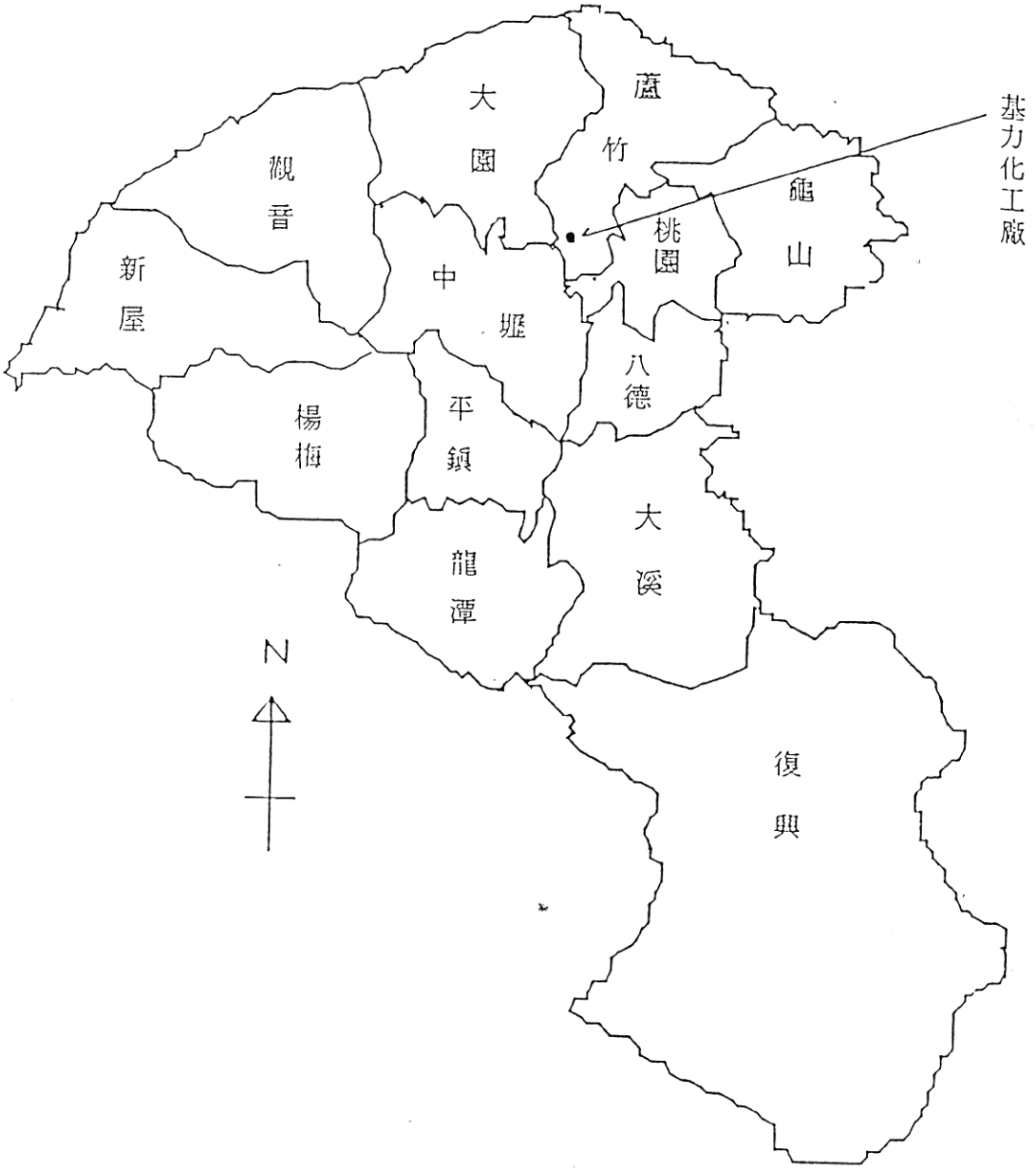
二、稻米中重金屬含量與土壤中重金屬含量之關係

植物能否自土壤中吸收重金屬受到作物品種 (森下等, 1986) , 栽培方式, 重金屬之種類與土壤質地之影響 (飯村等, 1975; Kabata-Pendias et al., 1986) , 水稻自土壤吸收重金屬後, 植體各部位中重金屬含量以稻根為最高, 其次為稻桿, 而糙米最少 (王銀波, 1985; Chino, 1975) , 鎘與鋅易吸收運行至地上部, 鉛會累積在根部, 較無法運行至地上部份 (Kabata-Pendias et al., 1986) , 糙米與土壤中重金屬含量之相關圖形見圖四至圖九糙米中鎘含量與土壤表土, 裏土中鎘含量有顯著正相關, 糙米中鋅含量與表土中鋅含量有顯著正相關, 由上述之相關關係, 可知糙米中高含量之重金屬是因土壤受污染所引起。

如將食米中鎘之衛生標準 0.50ppm, 代入糙米與土壤之相關方程式中, 可求得本調查區土壤之表土 (0 ~ 15 公分深) 中鎘含量 (0.1N HCl可抽出者) 如大於 1.93ppm, 裏土 (5 ~ 15 公分深) 中鎘含量 (0.1N HCl可抽出者) 如大於 1.60ppm, 則所生產之糙米中鎘含量可能高於食米衛生標準。

誌 謝

本研究承蒙行政院農業委員會之經費補助得以順利完成，採樣工作承
台灣省環保處北區監視中心，台灣省桃園區農業改良場，桃園縣政府
農業課，桃園縣農田水利會，桃園縣環保局之協助，在此表示最大謝
意。



圖三 基力化工廠位置圖

圖例：

1. 民國77年以前劃定之休耕區



2. 道路



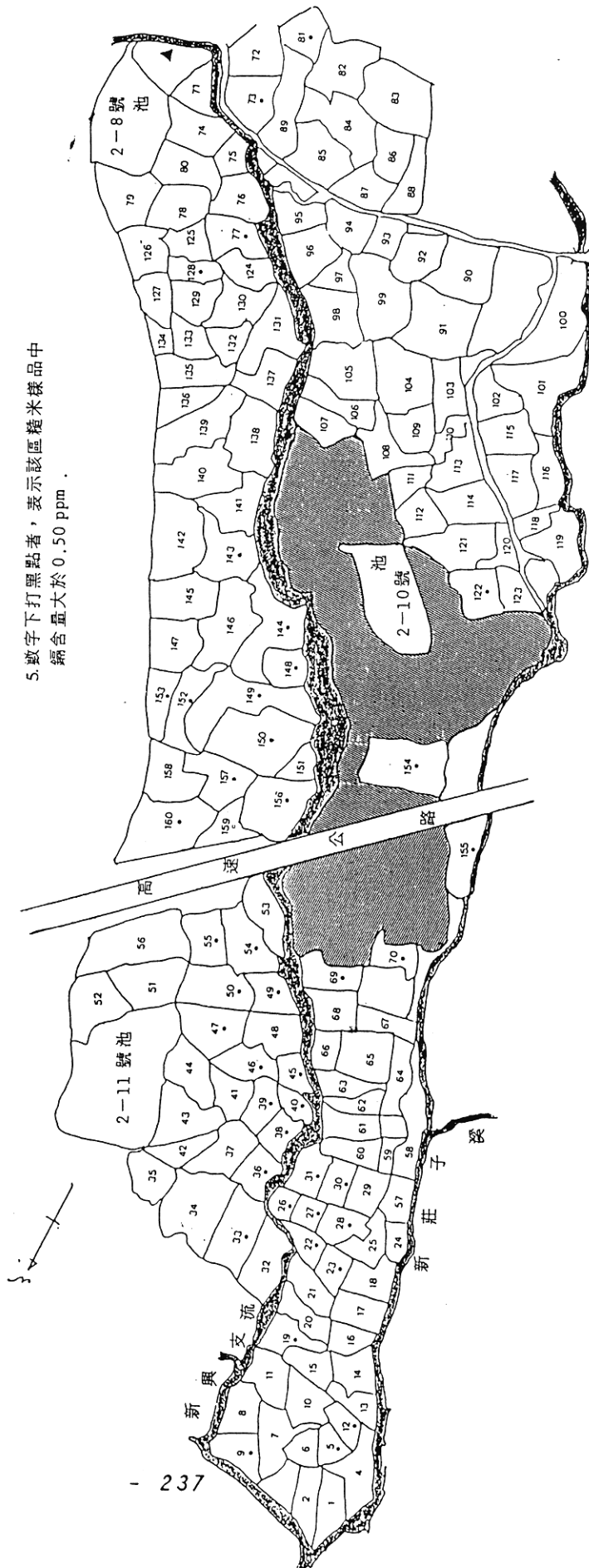
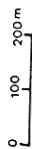
3. 灌溉溝渠



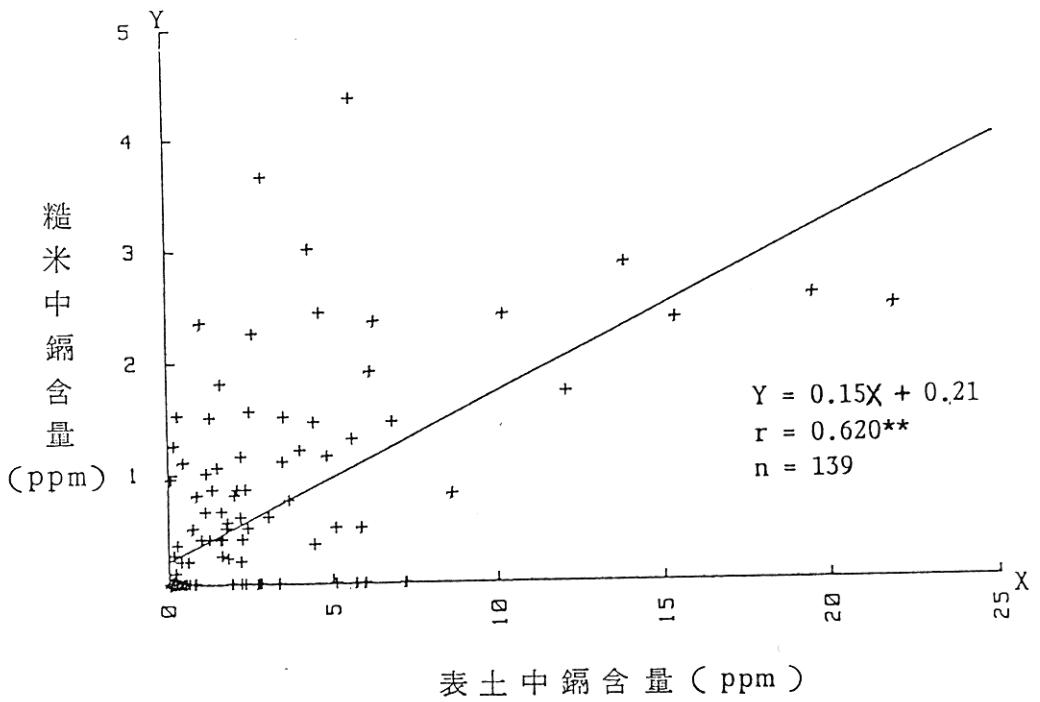
4. 基力化工廠



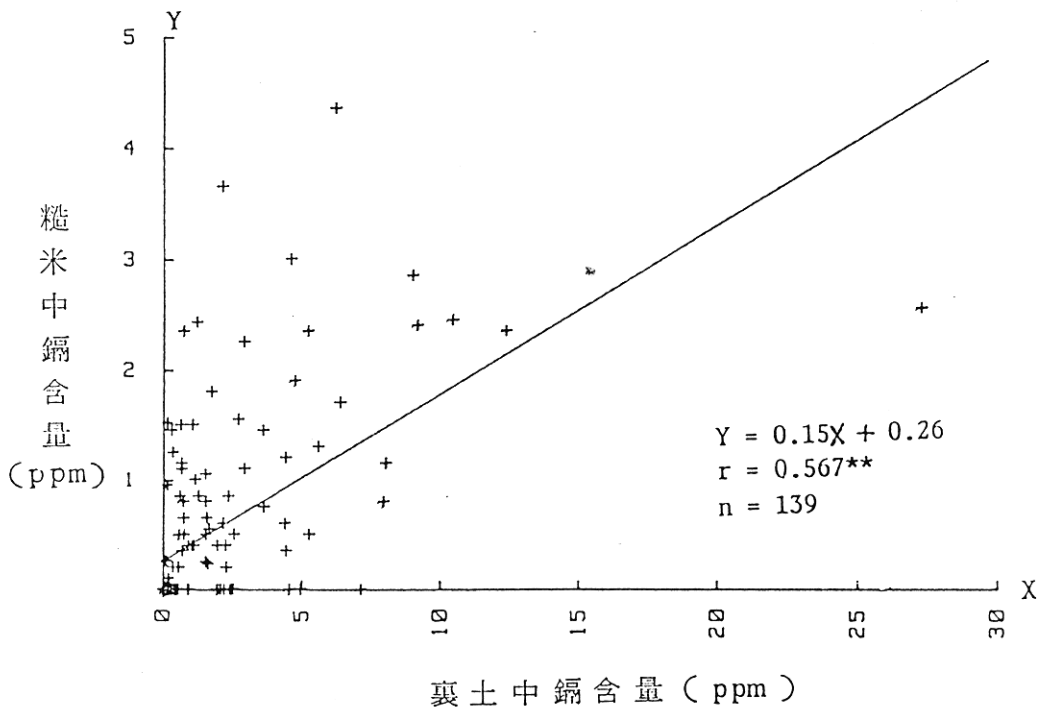
5. 數字下打黑點者，表示該區糙米樣品中
鎘含量大於0.50 ppm.



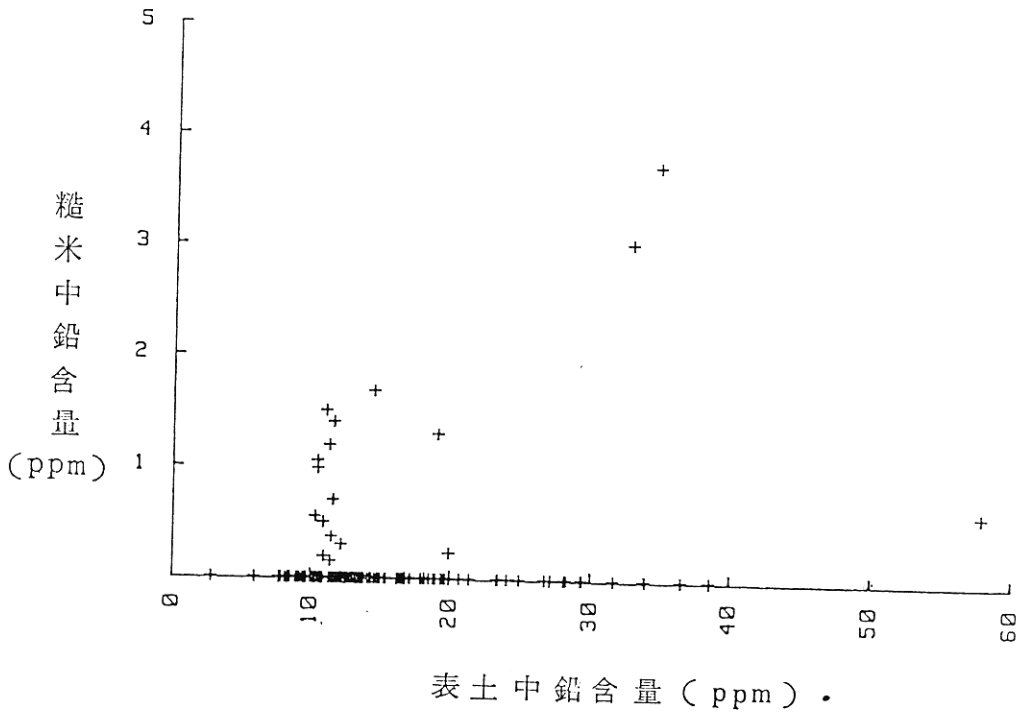
圖三 基力化工廠附近農田採樣圖



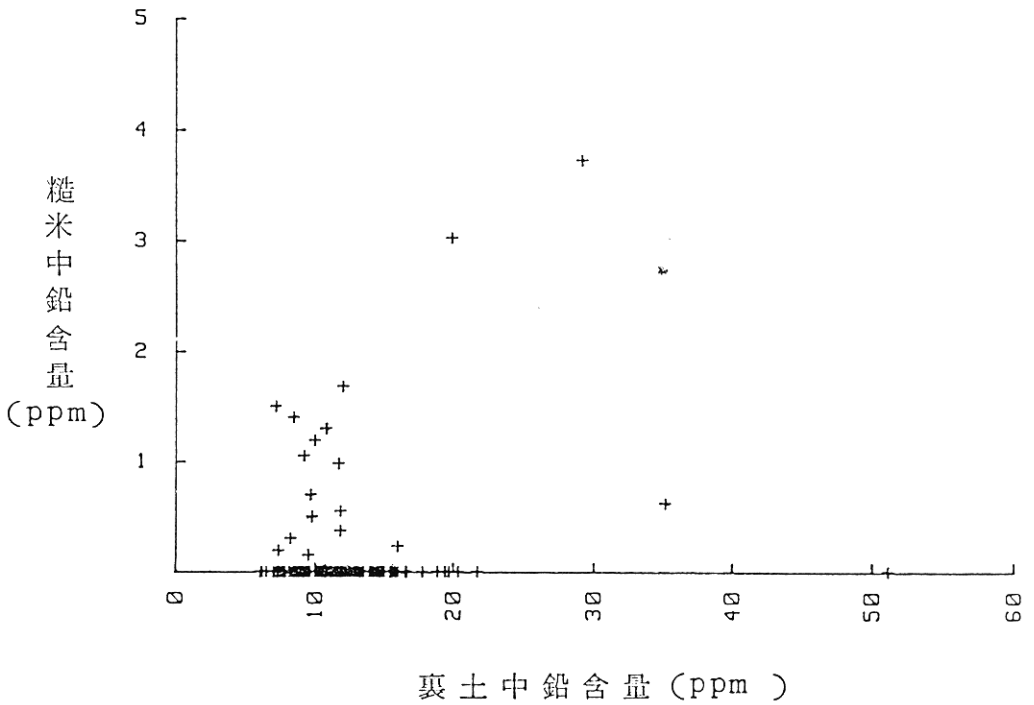
圖四 糙米中鉛含量與表土中鉛含量相關關係

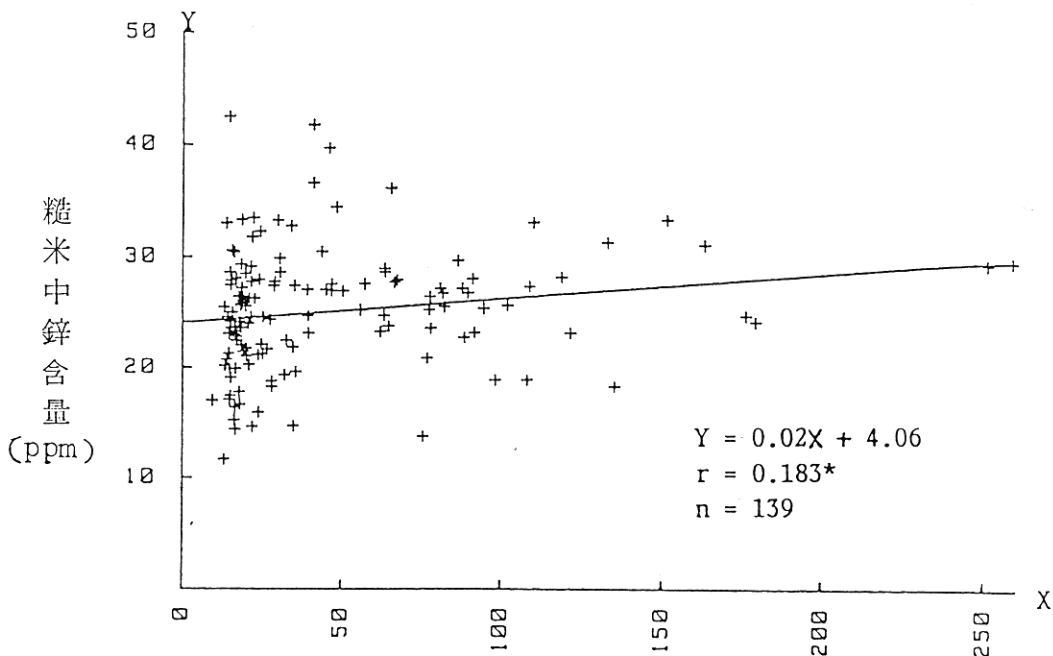


圖五 糙米中鉛含量與裏土中鉛含量相關關係

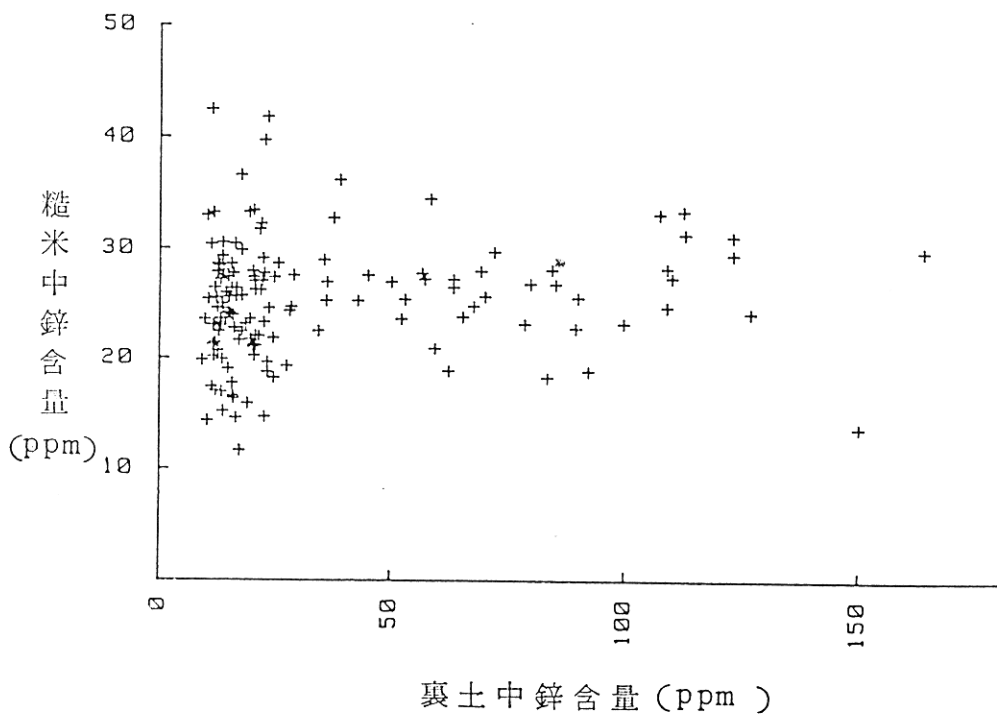


圖六 糙米中鉛含量與表土中鉛含量相關關係





圖八 糙米中鋅含量與表土中鋅含量相關關係



圖九 糙米中鋅含量與裏土中鋅含量相關關係

參 考 文 獻

1. 王銀波、李國欽、陳尊賢 1989 台灣土壤中重金屬資料庫與其含量分佈 第一屆土壤污染防治研討會論文專輯 行政院環境保護署。
2. 王銀波 1985 重金屬鉻、銅、鋅、鎘對作物毒性之研究 公害對農業生產之影響研討會論文專集 台灣省農業藥物毒物試驗所。
3. 台灣省政府環境保護處 1988 土壤污染調查研究彙編第一輯。
4. 行政院環保護署 1988 桃園基力化工公司鎘污染農地污染檢討報告。
5. 李國欽、林浩潭、邱展台 本省農作物中重金屬含量調查 台灣省農業藥物毒物試驗所 未發表。
6. 李錦地、張嵩林、郭錦洛、洪正中、張連傳 1982 毒性污染物使用量及殘餘量調查報告 台灣省水污染防治所編印。
7. 汶谷 政夫、山添 文雄、尾形 保、能勢 和夫 1978 環境汚染と農業 博友社，東京。
8. 張為憲 1974 世界各國對食品中重金屬及有毒元素污染之容許限量 食品工業 6(1):33-34。
9. 陳尊賢 1987 桃園基力化工廠北方之水田區稻穀穀粒中重金屬含量調查 國立台灣大學農業化學系。
10. 許東榮、張怡怡、陳美玉、王豐惠 1982 新竹貝類養殖區重金屬及有機物對牡蠣污染之調查 中國營養學會月刊 7(1-2):1-14。
11. 森下豐昭、西 知己、香川邦雄、太田安定 1986 同一圃場からのジャポニカ，インデイカ，ジャワ，および交雜型水稻 66 品種産米中自然賦存濃度 日本土壤肥料學雜誌 57(3):293-296。
12. 飯村康二、伊藤秀文 1975 土壤—植物系におけるカドミウムの行動について 農業土木學會誌 43(10):105-107。

13. Chen Z. S. 1989. Cadmium and Lead contamination of soils, rice plants, and surface water in the northern Taiwan. Soil and fertilizers in Taiwan:39-47.
14. Chino Mitsuo. 1975. Uptake-transport of toxic metals in rice plants P.81-94. In:kakuzo, K. and Y. Ichiro (ed.) Heavy metals in soil of Japan Scientific Societies press, Tokyo.
15. Elinder, Carl-Gustaf. 1986. Zinc. P.664-679. In:Friberg . L., G. F. Nordberg and V. Vouk (ed.) Handbook on the toxicology of metals Vol. II. Elsevier, Amsterdam.
16. Friberg, T., T. Kjellstrom and G. F. Nodberg. 1986. Cadmium. P.130-184. In:Friberg, L., G. F. Nordberg and V. Vouk (ed.) Handbook on the toxicology of metals Vol. II. Elsevier, Amsterdam.
17. Kabata-Pendias, Alina and Henryk Pendias. 1986. Trace elements in soils and plants. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.
18. Kobayashi, J. 1978. Pollution by Cadmium and the Itai-Itai disease in Japan. P.199-260 In:Frederick W. Oehme (ed.) Toxicity of heavy metals in the environment. Part I. Marcel Dekker, New York. *
19. Morishita, T. 1981. The Jinzu river basin: contamination of soil and paddy rice with Cadmium discharged from Kamioka mine. P.3-23. In:KaKuzo K. and Y. Ichiro (ed.) Heavy metals in soil of Japan. Japan Scientific Societies press, Tokyo.
20. Tsuchiya, K. 1986. Lead. p.298-353. In:Friberg, L., G. F. Nordberg and V. Vouk (ed.) Handbook on the toxicology of metals Vol. II. Elsevier, Amsterdam.