

原子吸光法에 의한 工業園地(京仁·全北)周邊畚 土壤中的 重金屬含量分析에 관한 研究

朴 勝 熙*

Atomic Absorption Spectrophotometric Analysis of Heavy Metals in the
Soils of Paddy Fields Around Industrial Areas

Seung Heui Park*

ABSTRACT

Paddy lands around industrial areas in Gyeonggi and Jeonbuk provinces are increasingly concerned about pollution by heavy metals. This stimulated the quantitative analysis of copper, zinc, lead and cadmium in the soil from the areas concerned. Results obtained are summarized as follows:

1. Heavy metal contents of the soil from Sue-Myun, Siheung-Gun, Gyunggi province were 20.95 ppm of Cu, 226.46 ppm of Zn, 84.17 ppm of Pb, and 2.62 ppm of Cd, respectively. Those of Anyang, Kimpo, and Jeonbuk areas were as low as the natural background levels, about 10 ppm.

2. The concentration of heavy metals of the river valley soils tended to increase from upper stream to the lower. This seemed to be caused by the fact that disposed water from plants flows to the lower stream and metals contained in the water accumulate in the soils around the lower stream.

3. Cadmium content was exceptionally lower than 0.2 ppm in all the areas tested. The present concentration of cadmium is not of the extent to which any injury could occur to rice plants.

緒 論

産業의 急激한 發展과 重化學工業의 育成策에 따라 附隨的으로 農耕地土壤은 勿論 農業用水中에도 農作物에 有害한 重金屬類가 汚染 帶積되고있어 深刻한 公害問題로 擡頭되고 있다.¹⁰⁾

이들 重金屬類는 農作物의 生育과 收量에도 바람직하지 못한 影響¹¹⁾을 미칠뿐만 아니라 農作物에 蓄積되어 水銀과^{3,20)} 카드뮴¹²⁾은 致命的인 公害病을 誘發하고 있다는 報告가 許多하다.

本 研究는 이같은 問題點을 감안하여 農耕地에 있어서 重金屬의 全國的인 自然賦存量과 그 蓄積含量을 把握하기는 어려운 與件이나, 汚染度가 점차로 높아질 것으로 豫想되는 工業園地를 選定하여 그 周邊의 耕作地

土壤中에 含有된 有害重金屬中에서 카드뮴, 亞鉛, 구리, 납(鉛) 등의 含量을 調査·研究하였다.

分析方法으로는 總含量分析과 可溶性含量分析이 있으나, 農作物에의 可給態와 吸收·蓄積을 考慮한 日本 農林省과 環境廳의 土壤汚染對策調査法^{15,16)} 등에서 採擇하고 있는 浸出法을 利用하였으며, 그 定量方法은 重金屬公害物質의 標準公定分析法인 原子吸光分析法을 擇하였다.

이 研究에서 얻은 成績은 全國的인 耕作地土壤中的 未汚染狀態에서 含有되고 있는 重金屬類의 自然賦存量에 關한 數値가 全히 없음으로 汚染에 依한 蓄積含量이라고 단은 斷言할수 없을것이나, 重金屬元素別로 規制되는 水準과 比較하는데 있어서 有用한것으로 보며, 이에서 얻은 知見의 一部를 報告한다. 이 實驗을 遂行함에 積極 協調하여준 玉桓錫, 이운환, 정경섭 諸氏에

* 農村振興廳, Office of Rural Development, Suwon, Korea)

게 特別히 感謝를 드립니다.

材料 및 方法

1. 供試材料: 安養川邊, 金浦平野 및 京仁工業地帶와 全州·裡里工業團地 周邊의 畚土壤.

2. 調查對象地域:

가) 安養川邊(명학驛附近, 安養北部—始興·九老 工團周邊, 京仁高速道路 進入地區),

나) 金浦平野(金浦郡제양面, 고촌面)

다) 富川市(富川工場地帶, 富平輸出工團地域)

라) 全州工團(全州市 德津洞, 八福洞)

마) 裡里工團(北一面 新興里, 金江里)

3. 分析方法^{15,16,17)}

가) 分析項目: 구리, 亞鉛, 납, 카드뮴.

나) 浸出方法: 0.1N-HCl溶液으로 振蕩機를 使用하여 2時間 浸出.

다) 定量方法¹⁴⁾ 鹽酸浸出溶液을 구리와 亞鉛의 경우는 原子吸光分析器(Hitachi Model-207)에 直接燃燒시켰고, 납과 카드뮴은 methyl-isobutyl ketone(MIBK)溶液으로 浸出後에 定量하였으며, 吸光度의 測定波長은 Cu=3,247Å, Zn=2,139Å, Pb=2,833Å, Cd=2,288Å이었다.

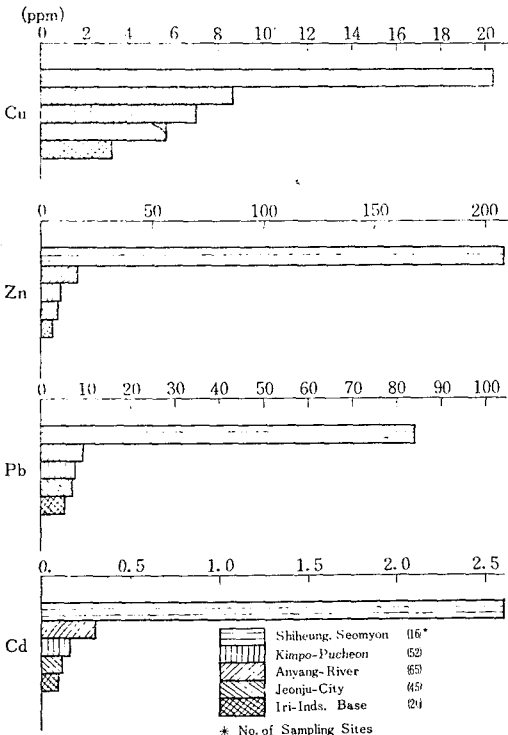


Fig. 1. Heavy metal contents in the soils of paddy fields around industrial areas.

結果 및 考察

調查地域에 따른 重金屬의 含量은 分析對象인 Cu, Zn, Pb, Cd를 不問하고, 始興·西面>安養川邊>金浦·富川>全州>裡里的 順으로 그 含量이 적었다(Fig. 1).

이같은 傾向은 이들 重金屬과 關聯된 産業이 차지하는 比重과 規模, 工團의 運營年數에 따라서 그 差異를 보이고 있다.

Fig. 1을 보면 Cu는 最高 20.95 ppm(始興·西面)으로 그 含量은 自然賦存量과 같은 水準으로서 汚染 또는 蓄積을 論할 餘地도 없는 安全한 數值이고, 日本에서 規制하고 있는 Cu의 耕作地含量인 125 ppm¹⁹⁾의 約 1/6程度여서, 農作物의 生育障害과 減收⁷⁾ 등에 影響을 미칠수 없는 安全한 水準이었다.

Cu의 含量이 가장 적었던 裡里地域은 3.25 ppm으로서 自然賦存量 平均(20 ppm)⁷⁾ 以下이며 含量範圍(2~100 ppm)에 該當되고 있다.

Cu의 自然賦存量은 日本의 境遇 畚土壤에서는 36.6~43.3 ppm으로 報告⁷⁾ 되어 있으나, 우리나라에 있어서는 全國的인 調查成績이 없어 比較할수는 없다.

한편 Zn의 含量은 最高 226.46 ppm(始興·西面), 最低 4.11 ppm(裡里)으로 自然賦存量⁷⁾ 300(60~2,000) ppm 以下였는데 日本의 畚土壤中の Zn含量 (73~102 ppm)과 比較하면 始興·西面의 境遇는 最高 2倍以上의 높은 含量이었다.

그러나 日本 畚土壤에서의 Zn含量의 通常值가 50~200 ppm⁷⁾이라는 報告도 있어 比較하기가 어렵게 되지만, 韓國의 水稻栽培에 있어서 亞鉛의 缺乏現象이 地域에 따라 論議되고있는 點으로보아 始興·西面의 境遇는 關聯産業의 餘波로 廢水나 大氣染物質의 落下로 耕作地土壤에 蓄積된 地域도 있다고 본다.

그러나 最高含量을 보인 地域의 226.46 ppm은 農作物의 生育阻害濃度인 250 ppm 以下이고, 水稻收量減收¹⁹⁾ 濃度(Zn 200 ppm인때 6%, 400 ppm인때 11% 減收) 報告와 比較한다면 Zn含量으로만 論할때 이 地域에 있어서의 水稻收量의 問題는 多少 研究對象이 된다고 본다.

Pb의 含有量을 살펴보면 始興·西面의 境遇 最高 84.17 ppm인마, 日本 畚土壤의 含有量通常值(10~80 ppm)⁷⁾와 비슷하다. 그런데 Pb 100 ppm에서 生育障害가 없고, 水稻에 있어서 1,600 ppm에서도 거의 減收現象이 나타나지 않았다는 報告⁷⁾가 있으며, 또한 250 ppm에서 相當한 減收(約 11%)가 된다는 報告⁷⁾도 있어, Pb가 減收到에 미치는 濃度의 限界는 不明確한 바가 있다고 본다.

그러나 250 ppm을 減收濃度로 보아도 始興·西面의 境遇 이의 約 1/3程度임에 비추어 問題視되지 않는다고 보며, 이 地域에 있어서의 自然賦存量과 比較할수

없이 汚染에 따른 蓄積與否를 明確히 밝히기는 어렵다고 본다. 始興·西面을 除外한 地域에 있어서는 모두 10 ppm未滿으로 自然賦存量에도 未達되는 含量으로서 어떠한 要因으로든 汚染 또는 蓄積되었다고는 전혀 보기 어려운 數値라고 생각된다.

한편 有害性 重金屬元素로서 特別히 注目되고 있는 Cd에 있어서는 土壤汚染이 農作物의 生育이나 減收에 미치는 影響보다도 人體內의 吸收와 蓄積으로 인한 公病의 誘發로 重要視되고 있는데 始興·西面地區에 있어서 Cd의 含量은 2.616 ppm으로 日本의 通常值(0.05~1.00 ppm)보다 높게 나타내고 있으며, 其他 地域은 0.086~0.288 ppm으로 相當히 낮은 含量을 보이고 있다.

農耕地土壤中の Cd의 濃度에 對하여는 韓國에 있어서는 環境保護法으로, 日本은 農用地土壤汚染防止法⁶⁾으로 玄米中 濃度를 1 ppm으로 規制되어 있으며, 또한 玄米中 濃度가 0.4 ppm以上이된 農耕地를 要觀察地域으로 取扱하고 있다.

이와같이 Cd의 土壤中 濃度로서 規制치 못하고 있는 것은¹⁾ 土壤中 濃度와 玄米中 濃度와의 相關이 뚜렷하지 못할뿐만 아니라, 栽培方式과 技術, 灌溉水의 條件 등에 따른 많은 要因이 介在하기 때문이라고 생각된다.

農作物에 對한 Cd의 直接被害는 裸麥에 對하여 5~15 ppm에서 障害를 보였고, 水稻에 對해서도 100 ppm에서 初期生育이 떨어지고, 25 ppm에서도 分얼이 阻害되었다는 報告⁸⁾가 있다.

그런데 이 實驗의 對象 供試土壤에서의 Cd含量으로 보아서는 水稻生育에 미칠影響은 考慮치 않아도 安全한 數値라고 보며, 水稻(玄米)에의 集積과의 關係는 앞으로 그 相關關係를 別途로 究明하여야 할 課題라고

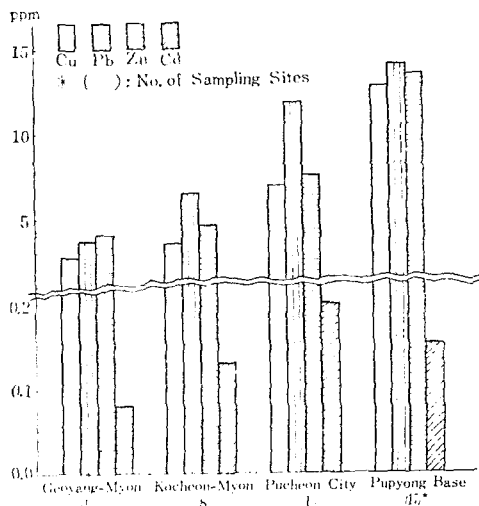


Fig. 2. Heavy metal contents in the soils of paddy fields around the Kyong-in areas.

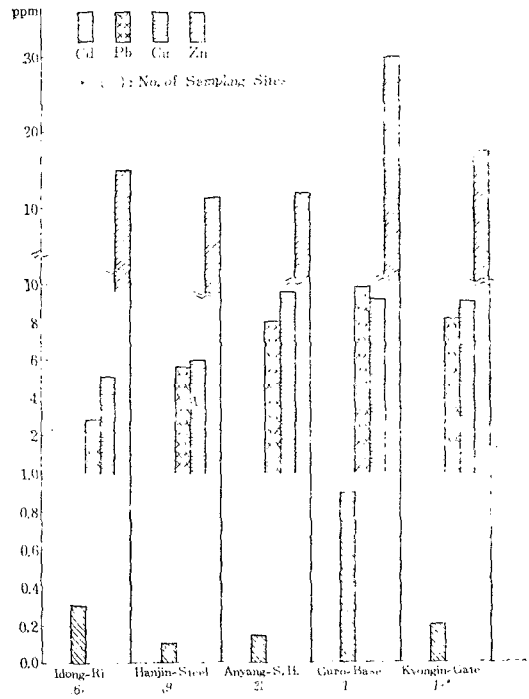


Fig. 3. Heavy metal contents in the soils of paddy fields around the Anyang-river valley.

생각된다.

以上으로 調査對象地域을 總括하여 說明했으나 比較的 重金屬의 含量이 높은 地域을 살펴보면, Fig. 2 및 Fig. 3과 같다. 京仁地域에 있어서는 一般의 富川市와 輸出工團이 그 含量이 높으며 Cd는 富川市가 多少 높은편이다.

安養川周圍에 있어서는 主로 工團에 있어서 Zn과 Cd의 含量이 높게 나타났다.

Cd의 境遇 九老工團에 있어서만은 日本의 自然賦存量(0.45 ppm)⁷⁾보다 約 2倍 높은 含量으로 나타났다. 그러나 이같은 自然賦存量은 耕地를 構成하고 있는 土壤群別에 따 差異가 있어, 灰褐色土壤群系는 全平均보다도 多少 낮은 傾向을 나타내고, 黑色土壤群系는 平均보다 높은 含量을 나타낸다는 報告⁷⁾가 있어, 이 實驗에 있어서 土壤群과 對照하여 細密하게 그 含量을 比較하기는 어렵다고 본다.

한편 Cd와 Zn은 地球化學的으로 共存하기 때문에¹³⁾ 그 含有傾向이 類似하게 나타나는것으로 解析된다.

全調査對象地域에 있어서 重金屬元素別로 그 含有濃度에 따른 分布를 본結果는 Fig. 4 와 같다.

元素別로 그 分布를 보면 Cu에 있어서 4~6 ppm(25.3%), 2~4 ppm(23.2%), Zn은 5 ppm以下(35.9%), 5~10 ppm(33.8%), Pb는 6~8 ppm(28.8%), 4~6 ppm

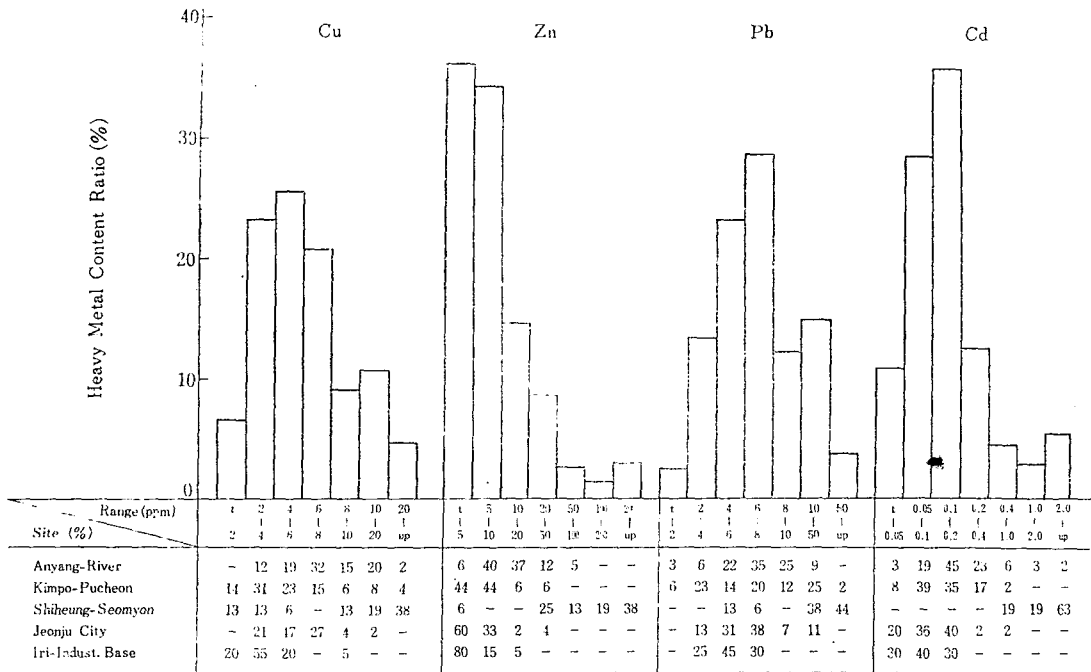


Fig. 4. Distribution of heavy metal contents in the soils of paddy fields around the areas tested.

(23.2%)이고, Cd는 0.1~0.2 ppm(35.9%), 0.05~0.10 ppm(28.3%)의 比較의 높은 比率를 차지하고 있으나, 그 含有濃度가 10 ppm以下로 아주 낮은 數値를 보이고있어 全般的으로는 이들 元素의 蓄積에 對하여 別로 問題視할바 없다고 본다.

그러나 이 調査地域別로 살펴 본다면 各 重金屬元素에 따라 그 濃度別 分布에 各 各 差異를 보이고 있어 對象地域의 特性을 보이고 있다.

Cu의 境遇 20 ppm 以上이 37.5%, Zn은 200 ppm 以上이 37.5%, Pb는 50 ppm 以上이 43.8%, Cd는 2.0 ppm 以上이 62.5%로서 始興郡西面地域이 全體的으로 高濃度의 分布率이 높은것을 알수있어, 이 地域에 있어서는 특히 Cd를 中心으로하여 繼續 그 含量의 變化를 調査함이 妥當하다고 본다. 또한 金浦, 富川地區에 있어서는 Pb의 含量이 10~50 ppm인 分布가 25.0%로서 農作物의 生育과 收量에는 全然 影響이 없는 濃度(含量)이지만 其他 地域과의 甚한 差異를 감안하여 그 蓄積與否도 繼續 分析하여 그 傾向을 把握함이 必要할것으로 본다.

土壤中에 蓄積된 重金屬類의 含量을 比較할때에는 一般的으로 對象地域에 있어서는 非汚染豫想地點의 含量을 自然賦存量으로 보고 그 蓄積程度를 論하는 것이 通例가 되어있다. 그러나 그 賦存量은 農耕地土壤에 있어서는 天然林과는 달리, 多量의 農業用水의 使用과

立地의 環境條件에 따라서 重金屬類의 集積과 損失의 均衡에 依하여 決定¹³⁾되는것으로 農作物과의關係에 있어서는 可及의 새로운 分析値를 適用함이 妥當하다고 본다. 그리고 Cu를 例로들면 同一한 含量이라 할지라도 農作物에 미치는 影響은 새로 蓄積된 쪽이 오래된것에 比하여 크다는 報告¹⁹⁾를 감안할때, 그 蓄積의 經過時間도 重要な 要因으로 考慮되어야할 것으로 본다. 특히 水溶性 Cu가 Eh의 低下와함께 減少하고¹⁹⁾, 可給態 Cu의 風乾過程에서의 增加現象⁹⁾이라든가, 土壤 pH가 5~7사이에서 溶解度가 最少로된다는 報告^{5,10)}를 감안하여도, 어떤 重金屬元素의 蓄積이든 單純한 土壤中の 含量만으로 農作物과의 關係를 論할수는 없다고 본다. 그리고 農作物에의 吸收도 元素에 따라서 그 特性과程度가 다르며¹⁸⁾, 이에따라 重金屬의 過剩吸收障害에도 差異를 보이는데^{4,11)}, 그 關係가 單純치않으며, Cd와 Zn과같은 同族元素間에도 그 毒性이 다르며 Zn은 Cd의 吸收와 移行을 促進^{2,19)}한다는 事實을 미루어보아도 單一元素의 含量만으로 農作物의 生育障害나 收量減少를 言及하는것은 慎重을 期하여야할 것으로 본다. 本 研究結果가 耕作地土壤의 重金屬汚染과 農作物과의 關係를 究明하는데 基礎資料로 多少나마 活用된다면 私幸이겠다.

摘 要

重金屬類의 有關産業의 增大로 附隨的으로 排出되는 重金屬의 農耕地汚染도 增加되는 傾向에 있는바, 工業團地周邊의 畷土壤에 含有된 구리, 亞鉛, 납, 카드뮴을 原子吸光分析法으로 定量하였다.

供試土壤의 採取地域은 京仁地方과 全北(全州 및 裡里工團)으로 局限했는데 이 研究에서 얻은 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 各種 重金屬 共히 始興郡 西面地域(Cu : 23.09 ppm, Zn : 113.4 ppm, Pb : 86.3 ppm, Cd : 2.05 ppm)의 含量이 가장 높고, 安養川周邊(Cu : 8.5 ppm, Zn : 16.6 ppm, Pb : 7.9 ppm, Cd : 0.33 ppm), 金浦·富川(Cu : 7.4 ppm, Zn : 8.2 ppm, Pb : 8.5 ppm, Cd : 0.14 ppm)의 順으로 그 含量이 낮았으며, 始興郡西面의 境邊는 隣近에 所在된 亞鉛鑛山의 影響으로 높은 數値를 나타낸것으로 보며, 全州와 裡里地域은 自然賦存量의 最低值에 近似할 程度의 매우 낮은 含量이었다.

2. 安養川邊과 隣接한 耕作地는 下流에 갈수록 重金屬類의 含量이 높아지는 傾向이 있으며, 特히 九老工團地域은 가장 높았다.

3. 京仁·金浦地域은 富平輸出工團地域이 가장 높은 含量이고, 漢江을 農業用水源으로 利用하는 계양面이 가장 낮았으며, 古呑面은 上流의 富平工團廢水가 汚染되어 계양面보다 높은 傾向을 나타낸것으로 보아진다.

4. 各種 重金屬類의 含量分布를 보면, Cu, Zn, Pb는 始興郡西面外는 大部分 10 ppm未滿(60~80%)이며, Cd는 0.2 ppm未滿이 大部分을 차지하고 있는데, 이같은 含量은 水稻의 生育障害濃度와 比較할때 極히 낮은 安全한 含量이었는데, 比較的 높은 含量을 보인 始興郡西面地域은 앞으로의 蓄積狀態를 繼續하여 究明할 必要가 있다고 본다.

引用文獻

1. 淺見輝男, 1975. 玄米中のカドミウムの許容基準について. 農土誌. 43 : 678-681.
2. 江田靜男, 1971. 産米の重金屬汚染と土壤および汚染源との相關性について. 公害と對策. 7 : 1023-1030.
3. Gunner, F. Nordberg, 1975. カドミウム汚染によ

る健康被害. 公害と對策. 11 : 904-914.

4. 石塚喜明·田中明, 1962. 水稻の要素代謝に關する研究(第8報). 鉛, 亞鉛水銀, 砒素, 特にこれらの害作用を中心として. 土肥誌. 33 : 421-423.
5. 伊藤秀文·飯村康二, 1975. 土壤の酸化還元狀態の變化と水稻のカドミウム吸收應答. 土肥誌. 46 : 82-88.
6. 木宮高彦, 1974. 公害概論.(有斐閣·東京). p.318-320.
7. 小林 隆, 1975. 土壤中微量重金屬の天然賦存量および毒性等について. 公害と對策. 11 : 1300-1312.
8. 増島 博, 1972. 農用地の土壤汚染の現象と對策. カドミウム問題を中心として. 農及園. 47 : 8-12.
9. 水野直治, 1972. 土壤の酸化還元電位による土壤中カドミウムの舉動と米のカドミウム含量變化に關する一考察. 土肥誌. 43 : 179-181.
10. 森下豊昭, 1972. 土壤の汚染. 化學工業. 23 : 1322-1327.
11. 木間美文·平田 熙, 1974. 水稻の生育·收量およびカドミウム, 亞鉛, 銅含有率におよぼす重金屬添加の影響. 土肥誌. 45 : 368-377.
12. 日本公衆衛生協, 1977. カドミウムの人體影響に關する文獻學的研究(要約). 公害と對策. 13 : (3)98-108.
13. 西樞 晋, 1972. 土壤汚染をめぐる技術的諸問題に關する報告. p.49-84.
14. 涉谷政夫·小山雄生, 1970. 土壤中のカドミウムの試験法. 農技研土化第三研究室報告. p.10-13.
15. 立川基, 1972. 土壤および作物體中の重金屬の分析法(1). 土肥誌. 43 : 264-270.
16. 立川基, 1972. 土壤および作物體中の重金屬の分析法(2). 土肥誌. 43 : 305-311.
17. 立川基, 1972. 土壤および作物體中の重金屬の分析法(3). 土肥誌. 43 : 349-356.
18. 田中明, 1975. 重金屬適應性の作物種間差(第2報) 亞鉛, カドミウム, 水銀適應性. 一比較植物營養に關する研究一. 土肥誌. 46 : 431-436.
19. 山添文雄, 1974. 環境保存. 土肥誌. 45 : 172-180.
20. 吉川 博, 1972. 金屬の健康への影響. 公害と對策. 8 : 525-534.