

## 水稻의 重金屬 吸收 輕減에 對한 몇 가지 改良劑의 效果

金 福 鏞\*

(1987. 4. 16 접수)

### Studies on the Effects of Several Amendments on the Uptake of Cd, Cu and Zn by Rice Plant

Bok-Jin Kim\*

#### Abstract

This study was conducted to find out the effect of several improvers such as triple super phosphate, slaked lime, wollastonite and gypsum for reducing Cd content in brown rice. Several improvers were applied to two different types of soils which are contaminated with copper-zinc mine wasted and sludge. (Soil I contained Cd : 7.88, Cu : 57.9, Zn : 175.0 ppm, Soil II contained Cd : 3.95, Cu : 30.2, Zn : 124.0 ppm)

In general, effects of improvers on reducing content of Cd, Cu and Zn in brown rice were greater in soil I than soil II. In soil I, the Cd content of brown rice was reduced to 0.4ppm below by application of triple superphosphate, fused phosphate, slaked lime and gypsum, 98, 225, 190 and 276kg/10a, respectively. Triple superphosphate was more effective than fused phosphate in reducing uptake of Cd, Cu and Zn by applying them as an equal amount of phosphorous, also to equal alkalinity, slaked lime had the highest effect. Negatively linear effect was found between soil pH and Cd and Zn content in brown rice.

As to above results, it was no doubt that triple superphosphate, fused phosphate and slaked lime would be applied to reduced heavy metals in brown rice. The slaked lime, triple super phosphate and fused phosphate were available to reduce uptake of Cd, Cu and Zn by rice plant grown in the soil contaminated with mine waste and sludge.

#### 緒 論

Food chain 에 依한 重金屬의 有害는 先進工業國에서 많은 先例를 겪었으므로 우리나라에서도 重金屬에 依한 食品 및 農耕地의 汚染이 加增되고 있으리라 豫想된다. 이들 重金屬 元素들은 主로 Cu, Zn, Cd 및 Pb 등으로 鉛·亞鉛鑛의 鑛微砂와 鑛山廢水, 그리고 工場

廢水 및 都市污水 等에 依하여 農耕地에 汚染되어 栽培作物을 汚染시키거나 또는 이들이 栽培作物 生育에 害作用을 誘發하기도 한다. (1, 2, 5, 8, 11, 13)

Cu, Zn, Cd, Pb 等의 重金屬이 作物에 對한 汚染을 輕減시키기 爲하여 金等<sup>(6)</sup>은 石膏 및 물管理를 하여 水稻의 重金屬吸收를 輕減시켰고 그리고 金<sup>(7)</sup>은 富士壤에 있어서 石灰施用으로 水稻의 Cd 吸收를 輕減시켰으며, 德永<sup>(4)</sup>도 石灰의 施用으로, 山添等<sup>(15)</sup>은 磷酸의 施

\* 嶺南大學校(Yeungnam University, Gyonsan 632, Korea)

用으로 水稻의 重金屬 吸收를 輕減시켰다.

本 研究는 이러한 重金屬 吸收輕減 效果를 감안하여 鑛微砂 및 鑛山廢水에 依하여 汚染된 土壤에 石灰 및 磷酸 等의 物質을 含有한 數種의 改良劑를 處理하여 水稻에 對한 重金屬 吸收輕減效果를 究明하기 爲해서 試驗한 結果를 報告한다.

材料 및 方法

供試土壤 : 土壤 I 은 0.1N-HCl 가용성 Cd; 7.88 ppm, Cu ; 57.9 ppm, Zn ; 175.0 ppm 이며, 土壤 II 는 0.1N-HCl 가용성 Cd ; 3.95 ppm, Cu ; 30.2 ppm, Zn ; 124.0 ppm 인 壤土로서 鑛微砂 및 鑛山廢水에 依해서 重金屬 이 汚染된 土壤.

供試品種 : 密陽 23 號(水稻)

試驗方法 : 供試土壤을 風乾하여 Vinyl pot(1/2, 000a) 에 14kg 씩 담아서 表 1 과 같은 處理를 4 反覆하였으며, 使用된 改良劑 中 重過石, 熔成磷肥, 珪灰石, 消石灰 等은 市販되고 있는 規格品으로 하였으며, 石膏만은 試藥用 2 水石膏(CaSO<sub>4</sub> · 2 H<sub>2</sub>O)로 하였다. 施肥는 pot 當 尿素 3gr, 重過石 3gr, 鹽化加里 3.5 gr 을 處理한 土壤과 全量 잘 混合하였고 그리고 追肥로 尿素 7gr/pot 을 2 회에 걸쳐 3.5 gr/pot 式 分施하였다. 移秧은 密陽 23 號 40 日苗를 pot 當 1 本 4 株式 하였으며, 其他 栽培管理는 慣行方法에 準하였다.

土壤 pH 는 全生育期間 동안 3 회에 걸쳐 測定하였고, 玄米 試料는 105 °C 에서 건조 시킨後 粉碎하여 60 mesh 에 통과시켜 分析 試料로 하였다.

土壤 및 玄米中의 重金屬 分析은 日本의 農林水産技術會議事務局 方法<sup>(9)</sup>에 準하였다. 即 土壤中의 重金屬 分析은 40 mesh 篩에 通過시킨 風乾土 10 gr 에 0.1N-HCl 50 ml 을 加하여 1 時間 진탕한 後 여과하여 Cu, Zn 은 共鳴線 3,247 Å, 2,139 Å 에서, 그리고 Cd 는 APDC-MIBK 法으로 抽出하여 共鳴線 2,288 Å 에서 Atomic Absorption Spectrophotometer(Hitachi 207)로 吸光度를 測定하여 標準曲線과 比較하여 그 含量을 求하였다.

Table 1. Experimental treatments.

improver	application amounts (kg/10a)		
Triple superphosphate	23	98	—
Fused phosphate	225	450	675
Wollastonite	225	450	—
Slaked lime	154	191	383
Gypsum	138	276	—

玄米中의 重金屬 分析은 混酸(HNO<sub>3</sub> : H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : HClO<sub>4</sub>, =10 : 1 : 4)으로 分解하여 여과한 後 前記 土壤中 重金屬 分析法과 같이 Atomic Absorption Spectrophotometer(Hitach 207)로 分析하였다.

結果 및 考察

水稻에 對한 重金屬 吸收를 輕減시키기 爲하여 重金屬의 汚染 程度가 다른 二 土壤에 重過石, 熔成磷肥, 消石灰, 珪灰石, 石膏 等을 處理하여 Cd, Zn, Cu 의 吸收 輕減效果를 調査한 結果는 土壤中 重金屬의 含量에 따라서 改良劑의 效果는 差異가 있었다. Cd 의 경우 그림 1 에서 보는 바와 같이 土壤中 Cd 含量이 낮은 土壤 II (Cd : 3.95 ppm)보다 Cd 含量이 높은 土壤 I (Cd : 7.88 ppm)에서 改良劑의 效果가 크게 나타났다. 即 土壤 I 에서 消石灰 383 kg/10 a 및 熔成磷肥 450 kg/10 a 施用으로 玄米中 Cd 含量이 모두 對照區(重過石 23 kg/10 a)의 0.67 ppm 보다 훨씬 낮은 0.13 ppm 으로 현저히 輕減되었으나 珪灰石 450 kg/10 a 및 石膏 276 kg/10 a 施用은 消石灰나 熔成磷肥 處理區 보다 輕減 效果가 적었다. 土壤 II 의 경우 全 改良劑 處理間에 Cd 輕減效果가 土壤 I 보다 적었으며, 熔成磷肥 및 消石灰를 土壤 I 에서와 同一한 水準으로 施用하였을 때 玄米中 Cd 含量이 對照區의 0.43 ppm 에서 各各 0.28 ppm, 0.24 ppm 으로 輕減시켰으나 石膏 276 kg/10 a 施用 效果(Cd : 0.18 ppm)보다는 적었고, 珪灰石은 土壤 I 에서와 같이 다른 改良劑 보다 輕減效果가 적었다. 土壤中 Cd 含量이 낮은 경우(土壤 II)보다 높은 경우(土壤 I)에 改良劑의 效果가 크게 나타났는데 이것은 Cd 含量이 높은 土壤에서 水稻에 依한 Cd 吸收量이 많기 때문인 것으로 생각되나 그 機作에 對해서는 더욱 檢討가 必要하며, 그리고 土壤 II 에서 石膏處理區에서 輕減 效果가 가장 좋았던 것에 對해서도 追後 좀 더 檢討 되어야 할 것으로 판단된다. 土壤 I 에서 玄米中 Cd 含量이 日本의 玄米中 要觀察調査濃度인 0.4 ppm 以下로 輕減시킬 수 있는 改良劑의 施用量은 熔成磷肥는 225 kg/10 a, 消石灰는 191 kg/10 a, 重過石은 98 kg/10 a, 石膏는 276 kg/10 a 이다. 德永<sup>(10)</sup>은 水稻의 Cd 吸收輕減 對策試驗에서 石灰를 施用 함으로서 玄米中 Cd 含量이 減少되었는데 이것은 植物體에 吸收된 石灰가 Cd 의 植物體內 移動을 防害하는 것으로 推定하였고, 涉谷等<sup>(11)</sup>은 pH 가 上昇하면 Cd, Cu, Zn, Mn 等의 重金屬이 石灰 및 苦土와 共沈한다고 하였으며, 結田等<sup>(12)</sup>은 pH 의 上昇으로 土壤溶液中으로 Cd 의 溶出이 減少된다고 하였는데 이것은 Cd 의 溶解度에 對한 pH 한 影響을 말해 주고 있다. 또한 山添等<sup>(13)</sup>

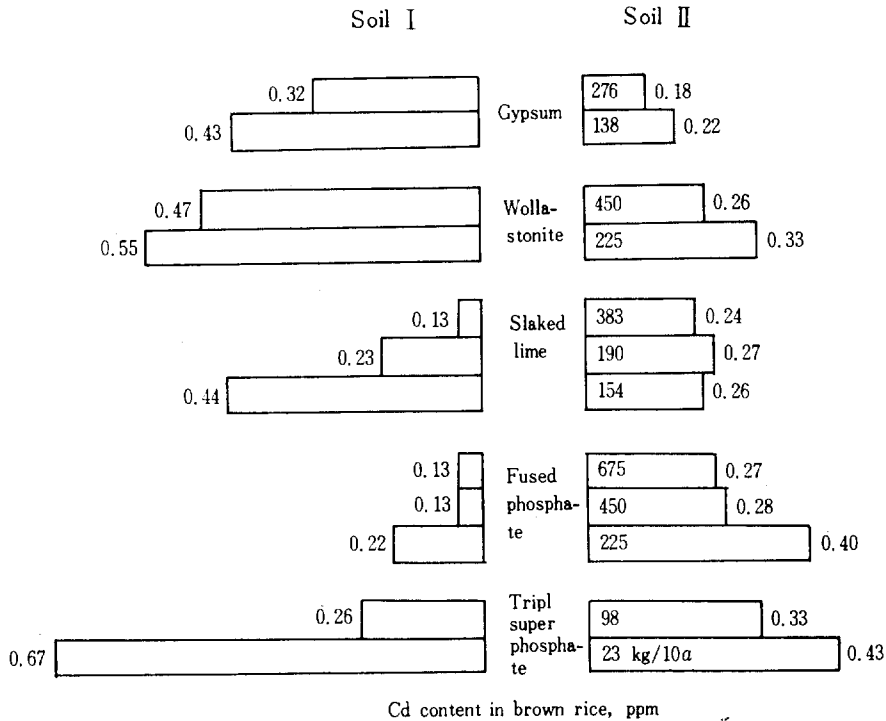


Fig. 1. Cadmium content in brown rice applied with several improvers in two kinds of soil. (Soil I, Cd : 7.88, Cu : 57.9, Zn : 175.0 ppm, Soil II, Cd : 3.95, Cu : 30.2, Zn : 124.0 ppm)

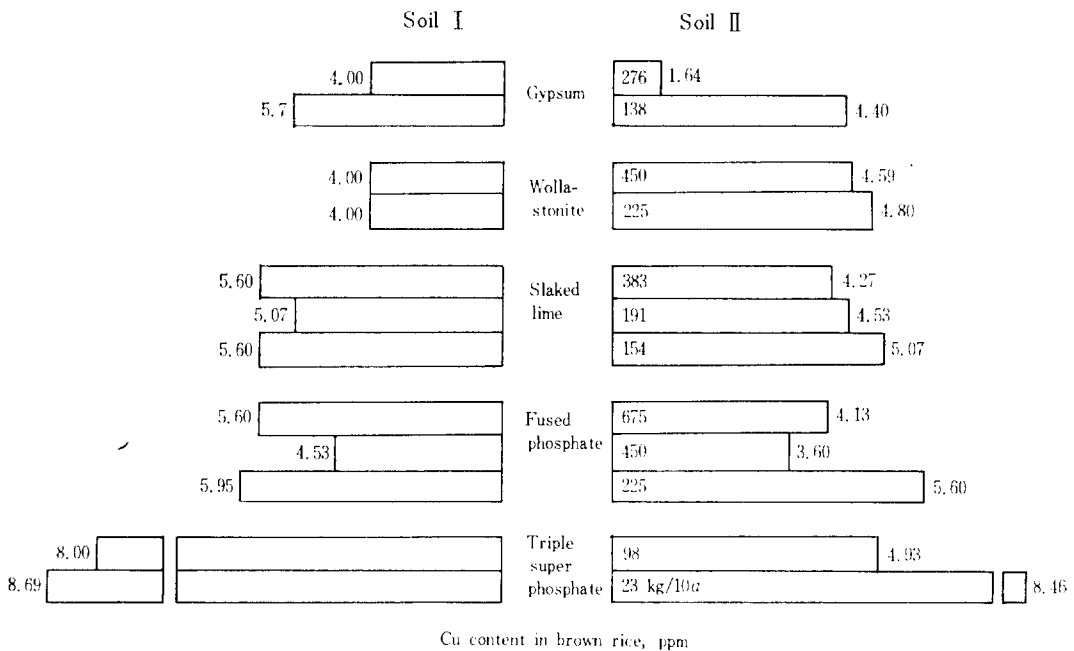


Fig. 2. Cu content in brown rice applied with several improvers in two kinds of soil. (Soil I, Cd : 7.88, Cu : 57.9 and Zn : 175.0 ppm, Soil II, Cd : 3.95, Cu : 30.2 and Zn : 124.0 ppm)

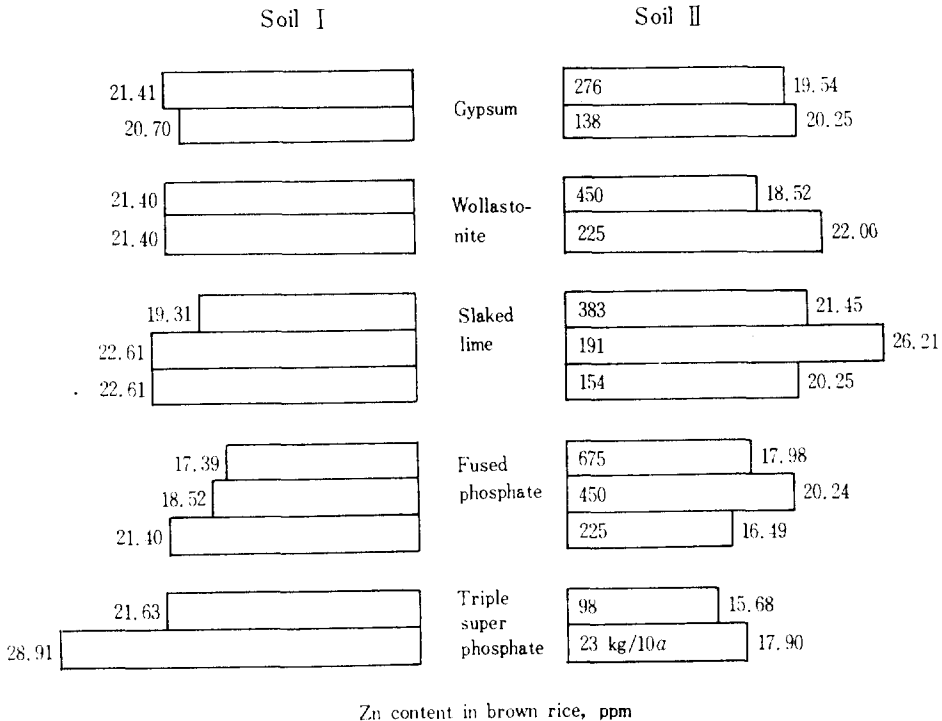


Fig. 3. Zn content in brown rice applied with several improvers in two kinds of soil. (Soil I, Cd : 7.88, Cu : 57.9, Zn : 175.0 ppm, Soil II, Cd : 3.95, Cu : 30.2, Zn : 124.0 ppm)

은 土壤中 磷酸含量에 의해 Cd 가 磷酸과 結合하여 溶解度가 낮은 不溶性인 Cd<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> 로 된다는 點으로 보아 消石灰의 効果는 주로 pH 및 石灰의 效果로 생각되며, 熔成磷肥는 磷酸, pH, 石灰 等の 效果로, 石膏는 石灰 및 硫黃의 效果로, 그리고 珪灰石은 石灰, 苦土 및 珪酸의 效果로 생각된다.

Cu 및 Zn의 吸收 輕減에 對한 改良劑의 效果는 그림 2, 그림 3에서와 같이 Cd에 比해서 그 效果가 크지 않았지만 土壤間 및 改良劑間의 效果는 비슷하였다. 이와같은 傾向은 高橋等<sup>(12)</sup>이 報告한 바와 같이 硫化物에 依하여 不溶化된 Cu나 Zn이 作物의 生育期間 동안 根의 酸化力에 依하여 Cd보다 쉽게 可溶化된다고 하였고, 涉谷等<sup>(13)</sup>은 pH上昇에 따른 土壤溶液中으로 溶出되는 率이 Cu나 Zn이 Cd보다 크다는 報告로 보아 水稻全生育期間 동안 改良劑에 依한 Cu 및 Zn의 不溶化 程度가 Cd의 不溶化 程度보다 낮았기 때문인 것으로 料된다.

同一 磷酸成分量 및 同一 알칼리분의 改良劑 處理에 依한 Cd, Cu, Zn 等の 吸收 輕減效果는 改良劑間에 뚜렷한 傾向은 없었으나 Cd의 경우 同一量의 磷酸水準에서 土壤 I에서는 熔成磷肥와 重過石의 效果가 類似하였고, 土壤 II에서는 重過石의 效果가 熔成磷肥보

다 컸다. 이는 改良劑中에 含有된 磷酸의 特性으로 보아 熔成磷肥中의 磷酸은 枸橐性으로 遲効性인데 반해 重過石中의 磷酸은 水溶性이므로 土壤中 Cd를 不溶化하는데 水溶性 磷酸이 더 크게 作用하는 것으로 생각 된다.

同一 알칼리분 水準에서는 土壤 I, II 모두 消石灰가 珪灰石 및 熔成磷肥 보다 玄米中 Cd含量을 低下시키는 데 效果의 이었다. 또한 Cu 및 Zn의 경우 磷酸含量에 對해서는 Cd와 같은 傾向이 있었지만, 알칼리분에서는 그렇지 못하였다.

그림 4는 水稻生育期間中 土壤 pH와 玄米中 Cd 및 Zn含量과의 關係를 나타낸 것으로 土壤中の pH와 玄米中 Cd 및 Zn含量과의 關係는 有意성이 있는 負의相關이 있었다. 이는 Reddy等<sup>(14)</sup>이 土壤中 pH의上昇은 土壤中에 含有된 Cd를 不溶化시켜 水稻體中の Cd含量이 減少한다는 報告와 一致한다.

摘 要

水稻의 重金屬 吸收를 輕減시키기 爲하여 鑛微砂 및 鑛山廢水에 依해 重金屬의 汚染 程度가 다른 두 土壤에 改良劑인 重過石, 熔成磷肥, 消石灰, 珪灰石 및 石

Table 2. Effects of improvers as a equal amount of phosphorus and alkalinity on Cd, Cu and Zn content in brown rice.

Applied improvers kg/10a	soil I			soil II		
	Cd	Cu	Zn	Cd	Cu	Zn
Triple superphosphate 98 <sup>a</sup>	0.26	8.00	21.62	0.33	4.39	15.72
Fused phosphate 225 <sup>a,b</sup>	0.22	5.96	21.43	0.40	5.60	16.52
Slaked lime 154 <sup>c</sup>	0.44	5.07	22.61	0.26	5.07	20.22
191 <sup>b</sup>	0.23	5.07	22.65	0.27	4.53	26.32
Wollastonite 225 <sup>c</sup>	0.55	4.08	21.43	0.33	4.80	18.59
LSD(0.05)	0.21	2.30	NS	0.19	NS	3.50

a : equal amount of phosphorous

b : equal amount of alkalinity

c : equal amount of alkalinity

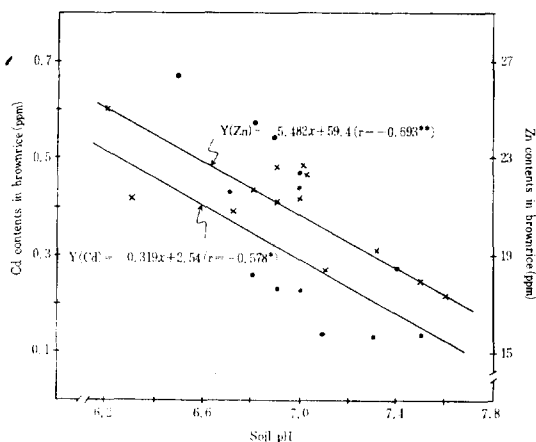


Fig. 4. Relationship between soil pH and Cd, and Zn content in brown rice.

膏 등을 處理하여 土壤 pH 및 玄米中 重金屬(Cd, Cu, Zn 등)含量을 調査分析한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 改良劑 間의 뚜렷한 傾向은 없었으나, 玄米中 Cd, Zn, Cu 등의 吸收 輕減 程度는 重金屬 汚染度가 낮은 土壤 II 보다 汚染度가 높은 土壤 I에서 그 效果가 컸다.

2. 土壤 I에서 玄米中 Cd 濃度를 0.4 ppm 以下로 減少시킬 수 있는 改良劑의 施用量은 重過石이 98, 熔成 磷肥가 225, 消石灰가 190, 石膏는 276 kg/10 a 였다.

3. 改良劑로 施用된 同一 磷酸含量으로서 重金屬의 吸收輕減效果는 重過石이 熔成磷肥보다 컸고, 同一 알칼리분으로서는 消石灰가 熔成磷肥나 珪灰石보다 效果의 이었다.

4. 土壤中 pH와 玄米中 Cd 및 Zn 含量과는 有意性 있는 負의 關係가 있었다.

引用 文 獻

1. Bingham, F.T., A.L. Page, R.J. Mahler and T. J. Ganja(1975) : Cadmium accumulation of plant grown on a soil treated with a cadmium-enriched sewage sludge, J. Environ. Qual., 4, 207~211.
2. Chaney, R.L.: Crop and food effects of toxic elements in sludge and effluents in recycling municipal sludges and effluent on land, Nat. Assoc. State Univ. and Land-Grant Colleges, Washington D.C., 129~141.
3. 高橋和夫, 齋藤祐二(1976) : 農用地における重金屬 汚染の解析に關する研究, 四國農試報, 29, 1~40.
4. 德永美治(1974) : 水稻のかドミウム吸收に對する抑制對策試驗, 東海近畿農業試驗場研究報告, 29, 49 ~72.
5. 金福鎮, 河永來, 金正玉, 韓基確(1978) : 水稻生育에 對한 有害重金屬의 影響—發芽 및 苗垵期 生育에 對하여—, 韓土肥誌, 11(2), 119~126.
6. 金正玉, 河永來, 金福鎮(1978) : 水稻品種別 重金屬 吸收抑制에 對한 물 管理 및 石膏의 影響, 韓土肥誌, 11(2), 113~118.
7. 金奎植(1980) : 尙土壤에 있어서 石灰施用이 水稻의 cadmium 吸收에 미치는 影響, 忠北大學校大學院 論文集, 6, 179~190.
8. Kirkham, M.B. (1975) : Uptake of cadmium and zinc from sludge by barely grown under from different sludge irrigation regimes, J. Environ. Qual., 4, 423~426.
9. 農林水産技術會議事務局(1972) : 土壤および作物體

- 中の重金屬分析法, 日土肥誌, 43(9), 349~356.
10. Reddy, C.N. and W.H. Patrick (1971) : Effects of redox potential and pH on the uptake of cadmium and lead by rice plant, J. Environ. Qual., 6, 259~262.
  11. Schroeder, H.A.(1966) : Cadmium as a factor in hypertension, J. Chronic Dis., 18, 647~666.
  12. 涉谷政夫, 山添文雄, 尾形保, 能勢和夫(1975) : 環境汚染と農業, 博文社, 160~172.
  13. Tsuchiya, K.(1969) : Causation of auch-auch disease, Part I, Nature of the disease, Keio J. Med., 18, 181~194.
  14. 結田, 涉谷(1969) : 土壤添加元素の pH 變化による土壤溶液への溶出率, 環境汚染と農業, 博文社, 158~161.
  15. 山添文雄, 越野正義(1971) : 水稻によるカドミウムの吸収とリン酸重金屬鹽の施用効果, 微量元素含有肥料に關する研究(第七報), 49, 1~43.