

農作物中 重金屬汚染度와 1日攝取量 및 許容基準設定에 關한 研究*

高麗大學校 醫科大學 豫防醫學教室 및 環境醫學研究所

廉容泰·裴恩相·尹培重

=Abstract=

A Study on the Crops Pollution with Heavy Metal

Yong-Tae Yum, Eun-Sang Bae, and Bae-Joung Yun

*Department of Preventive Medicine and Institute for Environmental Health
Medical College, Korea University*

Certain heavy metals which may lead peoples to poisonous status are widely used in industry and their uses have been increasing along with rapid industrialization of this country.

Such an increasement of metal uses aggrayates the status of environmental pollution affecting foodstuffs which are the most important life supporting factor of animal and humanbeing.

Concerning the safety measures to minimize food-borne transmission of such hazardous metals, surveillance is the backbone of them and probably more so with a potential problem such as intoxication. Theoretically, this surveillance should include the determination of levels of heavy metal toxicants in foods, the determination of food consumption patterns and typical total diet, and the estimation of total load of the metal contaminant from all sources of exposure including air, water, and occupational sources.

In recent year, actually, such estimates on the total daily intake of some heavy metals from foods have been made in several developed countries and a wide variation of date by season, locality, and research method was recognized.

Also in this country, this kind of research data is vitally needed to make up for the serious shortage or lack of references to estimate the total amount of heavy metal intake of the people.

In this study, a modification model for estimation of the total daily intake of cadmium copper, nickel, zinc, and lead through foods was applied and concentrations of the above metals in crops cultivated in this country were measured with atomic absorption spectro photometer to get the following results.

1. Level of heavy metal concentration in crops

Generally, the levels of such metals in essential crops such as rice, cucumber, radish,

*本 研究는 峨山財團의 支援으로 이루어졌음.

chinese cabbage, apple, pear, grape, and orange are similar or lower than those in Japan and other developed countries. By the way, a striking result on cadmium concentration was increasement of its concentration in rice from 0~0.035ppm in 1970 to 0.11ppm in this study. However, the value is still far below the Japanese Permissible Level of 1.0ppm.

2. Estimation of total daily intake per capita from foods

A new model for estimation was devised utilizing levels of metal concentration in foods, amount of food consumed, and other food factors. Based on the above method, the daily intake of cadmium was estimated to be 70.53 μ g/man/day in average which was as high as the Limit Value of ILO/WHO(up to 71.4 μ g/man/day). Also, 3.89mg of Zinc, 1.65mg of cuppor, 0.32mg of lead were given as the total daily intake per capita by this research.

3. Efficacy of washing or skinning to decrease the amount of metals in crops

After washing the crops sufficiently with commercial linear alkylate sulfonate, the concentration of heavy metals could be reduced to 50~80% showing decrease rate of 20~50%. Also, after skinning the fruits, decrease rate of the heavy metal concentration showed 0~50%.

I. 緒 論

近代醫學의 급격한 발전은 疾病으로 인한 여러가지 死亡率을 감소시켰다. 특히 Robert Koch나 Louis Pasteur의 細菌學에 관한 업적과 Sir Alexander Fleming의 Penicillin 발명은 全人類의 傳染病으로 인한 死亡率을 감소시키는데 크게 공헌하였고 나아가 이는 인구폭발을 초래하게된 또하나의 계기로 대두되고 있다.

실제로 世界人口는 Malthus의 Principle of increase에 따라 계속 증가하고 이에 비례하여 食糧需要도 증가하고 있으나 食糧資源은 한정되어 모든 食糧生産 國家들은 收穫量을 증대하는 근본방법으로 각종 농산물의 品種改良과 함께 殺虫 및 殺菌力이 강하고 殘留性이 긴 農藥을 개발하고 점차 使用量을 증가시켜 單位面積當 收穫量의 획기적 증가를 이룩하고 있다. 그러나 이는 직접적으로는 농작물자체의 오염증대, 간접적으로는 하천, 토양 및 給水源等 人間環境의 심한 오염을 초래하고 있다. 한편, 급격한 重工業의 발달은 농약못지않게 하천, 토양 및 대기오염도를 증가시켜 다시 농산물을 오염시키고 결국 인체에 영향을 주게 되는 것이 명확한 사실이다. 실제로 우리나라에서도 농작물의 오염상태와 이로인한 인체의 영향에 관하여 몇몇 연구기관에서 조사한바 있으나 주로 유기인체, 염소계등 농약위주가 대부분이었고 重金屬에 관한 조사연구는 단편적이거나 특수중금속 또는 특수농작물에 한정된 것이 대부분이었다.

실제로 우리나라에서 중금속중독의 예가 상당수 있을 것이요 점차 증가하고 있으리라고는 생각되고 있으나 報告가 드문것은 초기증상이 경미하여 환자발견이 어렵기 때문일 것이다. 따라서 환자발견도 중요하겠으나 전반적인 근본대책이 필요한 것이다. 관리대책으로서는 ① Environmental control, ② Animal and reservoir surveillance, ③ Food product surveillance 뿐이며⁽⁴⁾ 이들중 Animal and reservoir surveillance가 가장 기본적이라 하겠으나 WHO/FDA에서도 아직 전반적인 허용기준을 설정하지 못하고 있으며 Hg, Pb, Cd, Se, As에 한하여 一日 또는 一週間 總攝取量의 허용한계만을 정해놓고 있다. 실제 활용면에 있어서 식품별 중금속 함량과약도 중요하지만 이를 이용한 一日平均 총섭취량 파악이 더욱 중요하며 중독예방대책에 활용될 수 있다.

따라서 本調査에서는 중금속오염도에 관하여 對象地域을 全國으로 하고 내용에 있어서도 試料를 穀類, 菜蔬類, 果實類로 分類하여 카드미움(Cd), 구리(Cu), 니켈(Ni), 아연(Zn), 납(Pb), 등 主要重金屬의 濃渡를 測定하되 洗滌前後, 皮除去等 섭취방법에 따른 효과를 評價하고 국민의 日일총섭취량계산의 Modified Model을 설정하여 推定을 시도하며 신체조직에 축적되는 농도를 간접적으로 환산할 수 있는 자료를 제공하고, 나아가 중금속섭취와 관련된 제반 기준치 설정을 위한 기초자료를 제공하고자 하였다. 따라서 본연구가 국민보건향상 및 우리나라 환경오염방지 시책에 다소라도 기여되길 바란다.

II. 調査對象 및 方法

1. 調査對象

우리나라 農産物의 主種을 이루는 것들로서 穀類에서는 쌀(白米), 果實類에서는 사과, 배, 귤, 포도 그리고 菜蔬類로서는 배추, 무우, 오이 등을 試料로 하였고 우리나라 全地域을 대표할 수 있도록 各道別, 即 경기, 충청남, 충청북, 전남, 전북, 경남, 경북, 강원 의 8개 道에 걸쳐 서울 근교, 대전, 충주, 광주, 전주, 부산, 대구, 원주 등에 직접 現地 답사하여 인근 生産地에서 2次에 걸쳐 (1970年 7月 및 10月) 試料를 蒐集하였으나 울산, 마산, 광주지역에서는 사과와 포도를 수집하지 못하였다. 귤의 경우 제주도産을 서울 청과물시장에서 구입하였다.

2. 實驗方法

수집된 시료들은 果實類의 경우는 각종류별로 三分하여 全果實群, 全果實洗滌群 및 果肉群(果皮 및 씨 제거)으로, 그리고 白米와 菜蔬類는 세척 및 미세척의 二群으로 나누어 地域別로 5gm씩 取하여 神奈川縣 公害센터의 公害關係法(1974)^{11, 15, 16, 17, 18} 등에 準하여 窒酸과 過監素酸의 5:1 溶液으로 濕式灰化시키고 Sodium diethyl-dithio-carbamate의 Chelate化合物을 Methyl isobutyl Ketone(MIBK)으로 抽出한뒤 原子吸光度計(Atomic absorption spectrophotometer, Shimadzu AA-630-11)를 使用하여 重金屬의 種類 即 Cd, Cu, Ni, Zn, Pb 등의 해당波長에 따라 吸光度를 調節하였으며 各金屬의 標準系列과 比較하여 定量測定

하였다. 그러나 魚肉, 牛肉, 豚肉, 牛乳 등에 포함된 重金屬의 含量은 日本의 測定報告值들을 援用하였으나 全體食品 소비량 의 10% 以下였다. 果菜類는 오이, 葉菜類로서는 배추, 그리고 根菜類로서는 무우를 편의상 각각의 표준으로 대신하였고 이들의 重金屬 含量을 해당 식품류의 소비량에 곱하여 섭취량을 계산하였다.

III. 調査成績 및 考察

1. 農作物中 重金屬含量

1979년에 生産된 農作物中 쌀, 오이, 배, 무우, 사과, 배, 포도, 귤을 對象作物로 정하여 우리나라 8개 道의 中心地인 도시인근에서 수집한 것(귤은 서울에서)을 試料로 하여 원자흡광도계로 Cd, Cu, Ni, Zn, Pb 등 5가지 重金屬의 농도를 定量한바 各種 重金屬 농도의 지방별 차이는 통계학적인 유의성이 결여되어 이의 전체평균치를 重金屬종류별 및 作物別로 외국의 조사성과 비교하도록 시도하였으나 외국자료에 있어서 표준편차 또는 표준수가 명시되지 않은 것이 많아 차이의 유의성을 무시하고 개략적인 비교만을 하였던바 (Fig. 1~5, Table 1) 다음과 같았다.

A. 카드뮴

카드뮴의 농도는 Ni과 함께 전반적으로 낮았으며 일본과 비슷한 양상을 보였으나 田中之雄^{19, 20} 등이 조사보고한 배추와 귤의 성적보다는 낮았다.

한편, 高等²¹(1972)은 쌀, 오이, 무우, 배추, 배, 포도 등에서 모두 不檢出로 보고하였으며 權等²²(1972)은 김포쌀에서 평균 0.35ppm으로 보고하였다. 그러나 본

Table 1. Heavy metal content in sampled raw crops

	mean±S.D.(ppm)				
	Cd	Cu	Ni	Zn	Pb
Rice	0.11±0.02	1.46±0.53	2.33±1.14	5.86±3.02	0.85±0.47
Cucumber	0.02±0.01	1.30±1.26	0.22±0.07	1.30±0.99	0.12±0.26
Chinese cabbage	0.04±0.03	2.69±2.82	0.29±0.16	2.44±1.92	0.14±0.10
Raddish	0.04±0.04	2.54±2.75	0.26±0.24	1.38±1.01	0.08±0.11
Apple	0.02±0.01	0.66±0.25	0.14±0.13	0.67±0.52	0.09±0.13
Pear	0.03±0.01	1.83±1.55	0.21±0.14	0.72±0.51	0.04±0.06
Grape	0.03±0.01	1.23±0.37	0.25±0.16	0.97±0.72	0.22±0.32
Orange	0.04±0.01	0.43±0.15	0.24±0.06	0.97±0.29	0.31±0.27

하였고, 이때 사용된 標準溶液은 日本和光純藥劑인 原子吸光分析用 標準試藥이었다.

국민 一人當一日 섭취량추정은 곡물의 경우는 1979年 소비량²³에 各種 重金屬의 平均농도를 곱하여 환산했으며 채소류 및 과일류는 年間生産量¹²中 可食部率²⁴을 곱하여 실제 섭취량으로 간주하고 平均농도를 산출

조사에서의 평균 0.11ppm은 훨씬 증가된 것으로 李澈等¹⁰의 보고와 같으며 日本의 허용기준 1.0ppm 보다는 훨씬 낮으나 1970~1972년의 日本조사^{10, 11}들과 비슷하며 神通川流域(1973)²⁴의 경우 보다는 훨씬 낮았다. 이지역은 itai-itai病이 유행했던 지역으로 허용기준 1.0ppm을 초과하는 경우가 많았다. 1969~70년에 日

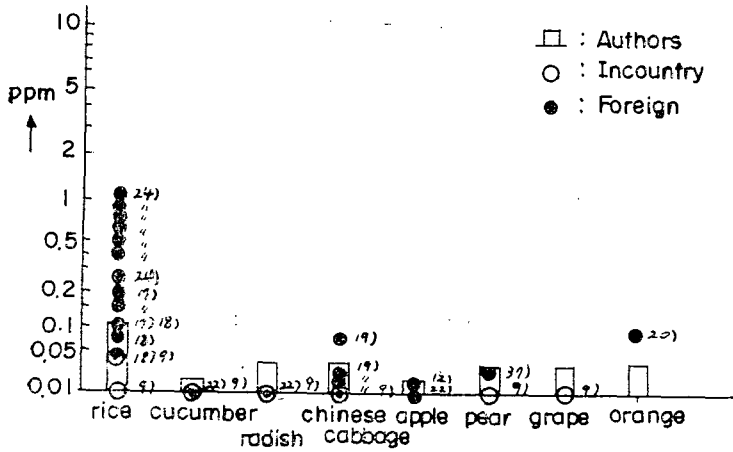


Fig. 1. Average concentration of Cd in crops on log. scale.

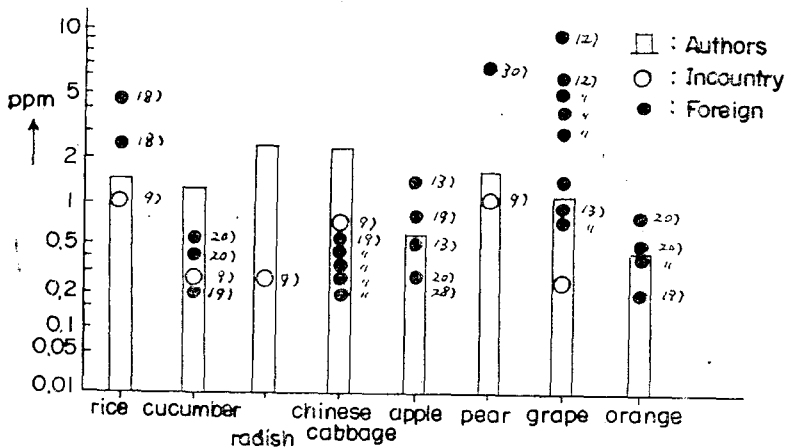


Fig. 2. Average concentration of Cu in Crops on log. scale.

本에서 導入한 白米에서 0.01~0.1(평균 0.067)ppm 이 검출된것 등과 비교하면 본조사의 0.11ppm은 비교적 높은 편이라 할수 있다.

B. 구리(Cu)

구리의 농도는 高等⁹⁾(1972)의 보고보다 전반적으로 높은 편이며 포도에 있어서는 獨逸의 경우¹²⁾ 보다는 훨씬 낮았다. 배추의 경우 日本¹⁹⁾보다 높았으며 오이에 서도^{19,20)} 약간 높았다. 쌀과 배의 경우는 日本이나 美國의 경우^{18,30)} 보다 낮았다.

C. 니켈(Ni)

전반적으로 낮았으며(0.15ppm 이하) 美國³⁸⁾의 경우 보다 사과에서 약간 높고 오이와 배추에서는 훨씬 낮았다. 쌀, 무우, 배추, 포도, 굴의 경우는 외국의 조사 예를 찾을수 없었다.

D. 아연(Zn)

아연의 농도는 구리와 비슷한 정도로 비교적 높은편 이었다. 특히 쌀에서 높게 나타났으나 日本¹⁶⁾의 경우나 高等⁹⁾의 보고성적보다 훨씬 낮았다. 포도와 배의경우도 高等⁹⁾의 보고보다 낮았으나 사과의 경우는 日本의 경우^{19,20,22)}들보다 높았다.

E. 납(Pb)

납의 농도는 0.5ppm을 넘지 않을 정도로 전반적으로 낮은 경향이었고 특히 쌀¹⁵⁾, 사과^{12,20,28,32)} 등에서는 日本, 獨逸, 美國 등의 보고 예보다 훨씬 낮았다. 반면 배추, 굴, 포도에서는 獨逸¹²⁾ 보다는 낮아도 日本보다 높았다. 그러나 우리나라의 경우, 高等⁹⁾(1972)의 조사성적보다 배와 오이를 제외하고는 전반적으로 높았다.

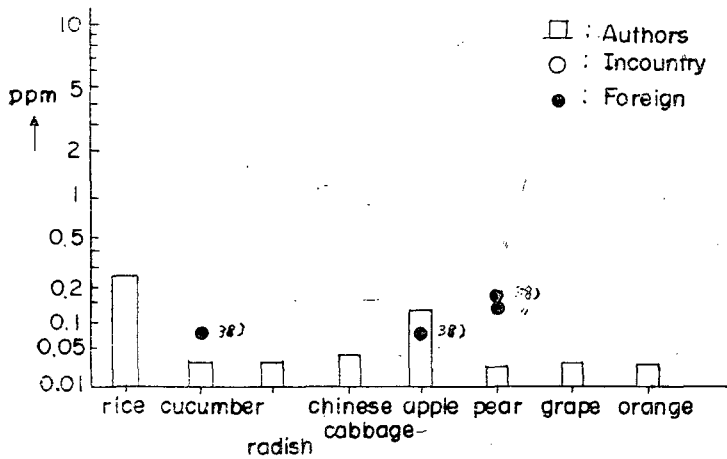


Fig. 3. Average concentration of Ni in crops on log. scale.

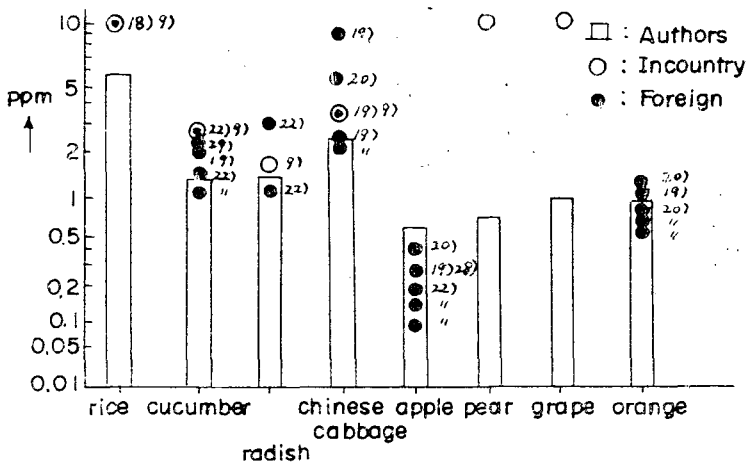


Fig. 4. Average concentration of Zn in crops on log. scale.

2. 食品を 통한 1日總攝取量 推定

重金屬에 의한 환경오염은 一次的으로 大氣, 水質이 영향을 받고 다시 食品이 오염되어 人體에 섭취되고 축적된다. 음료수나 大氣를 통하여서도 직접 섭취되나 그 정도는 상대적으로 극히 적은 량이다.

카드미움의 경우 赤枝宏²⁵⁾(1976)의 研究에 따르면 비오염지구(長崎)에서는 전섭취량의 87.2%가 食品을 통해 섭취되고 음료수로는 5.1%, 공기로는 7.6%가 섭취되었다고 한다. 그러나 오염지구(對馬)에서는 食品을 통하여 56.6%, 음료수로 43.4%, 그리고 공기를 통한 섭취는 무시할 정도였다고 한다. 따라서 우리나라 전체적으로는 食品을 통한 섭취가 대부분일 것이므로 본연구에서는 食品을 통한 총섭취량만을 推定토록 하였다.

총래의 추정방법^{25, 40)}으로는 다음의 네 가지가 사용되어 왔다.

① Method A(국민영양조사방법)

표본지역의 가정별 食單에 따라 해당 食品을 그지역에서 구입하여 성분을 定量한 다음 소비량에 乘하여환산하는 방법이다.

② Method B(일일식품총량수거방법)

日本에서는 Kagezen Method라 하며 각 가정에서 실제로 섭취하고 있는 成人의 1日 食品과 같은 내용을 만들어 중금속을 精量하는 방법이다.

③ Method C(표준식단법)

영양학회등 국가적으로 인정되는 표준식단에 의거하여 대상지역에서 해당식품을 수거한 뒤 분석하여 계산하는 방법이다.

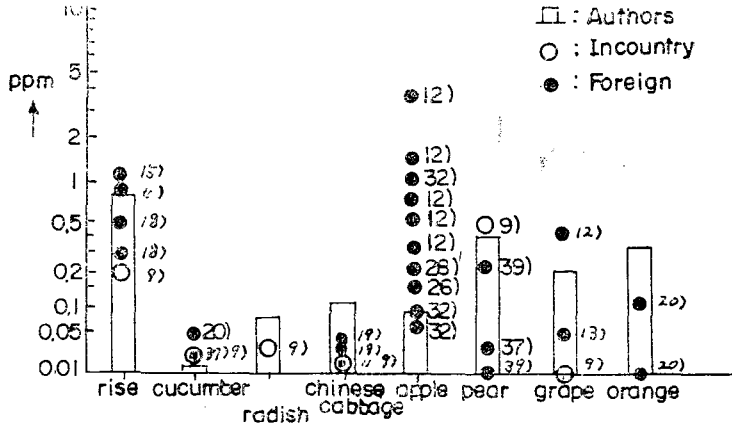


Fig. 5. Average concentration of Pb in crops on log. scale.

④ Method D(간접법)

몇몇 개인의 대변전량을 오랜기간 계속 수거하여 중금속 함량을 측정하는 방법이다.

위의 어느방법이 주민들의 일일 중금속총섭취량을 가장 정확히 나타낼 수 있는가는 말하기 어려우며 위의 방법들에 있어서 문제점으로는 섭취하는 식사내용의 日別, 계절별 변화, 표준식단의 실제 활용성, 표본의 크기 및 확률표본의 어려움을 배제할 수 없으며 간접법에 있어서도 장기간 대변수거등 난점은 그대로 남는다. 또한 主食 以外에 副食섭취의 정도는 식생활습관, 생활정도 등에 따라 다르며 이는 표준식단과는 별도로 위의 방법들에서는 배제할 수 없는 문제점들이다.

日本에서 조사한 몇개 보고의 實例⁴⁰⁾를 보더라도 Cd의 경우 A방법에 의한 Fukushima의 보고에서는 47 $\mu\text{g}/\text{day}/\text{person}$ 이었고 Yamagata는 B방법으로 16.8 ~ 43.0 μg , C방법으로 24.9 μg 이었다고 했다. 이와같이 방법에 따른 많은 차이가 있더라도 위의 어느 방법에 의존할 수밖에 없는 것은 정확한 식품별 年間 소비량 및 지역별 생산 食品의 오염현황을 파악하지 못하기 때문이다. 그러나 우리나라의 경우, 식품의 수요와 生産量이 비슷하고 수입과 수출이 지극히 제한되며 저장 능력이 약하다. 즉 1974年 年間生産量(農産物)의 98%가 다음해에 소비되었다.⁶⁾ 단지 海産物의 경우 많은량이 수출되며 수확량과 국내 소모량의 집계가 어렵다. 그러나 이것이 차지하는 비율은 동물성식품 전체의 소비량으로 추산하더라도 총섭취식품량의 약 7.0%였다고 하며⁶⁾ 이는 상대적으로 지극히 소량이라는 것을 알 수 있다.

本研究에서는 우리나라 農産物生産量¹⁾과 양곡 및 畜水産物 소비실적²⁾을 인용하고 실제로 분석한 農産物(洗滌後)中 중금속함량의 全國平均値(food factors)를 적

용하여 重金屬의 年間 및 一日總攝取量を 계산하였다. 그러나 本研究에서 취급하지 않은 肉類, 即 牛肉, 豚肉, 魚肉, 牛乳, 卵類等에 含有된 중금속량은 日本의 여러보고를 종합하여 平均치들의 최빈수를 인용하여 계산하였고 食品소비량²⁾에서 폐기율(% refuse rate)을 可食部率^{3,4)}을 적용하여 推計하였으며 그 결과는 Table 2,3과 같았다. 즉 農作物을 통한 중금속의 年間國民總攝取量(kg/year)은 Table 2와 같고 肉食品을 통한 量은 Table 3와 같아 이 두량을 합한 一人一日總섭취량을 Table 4에서 볼수 있다. 즉 Cd은 70.5 $\mu\text{g}/\text{day}/\text{person}$, Cu가 1,650 μg , Zn이 3,896 μg , Pb가 326 μg 였다.

WHO/FAO에서 전반적인 重金屬의 食品別 許容限度는 定하지 못하고 있으나 1日 또는 1週間總攝取量を Hg, Pb, Cd, As, Se에 한해 定했다.^{12,41)} 즉 Cd에 있어서 71.4 $\mu\text{g}/\text{day}/\text{person}$ 으로 본조사에서의 성적 70.53은 이와 비슷하다. Pb의 경우 429.0으로 본성적의 326은 이에 훨씬 미달하고 있다.

외국의 조사에⁴⁰⁾는 Cd에 있어서 Canada가 85 μg 으로 FAO/WHO기준을 초과한 것이 있고, 日本의 要觀察地域인 大馬込근지역²⁵⁾에서 235 또는 118 μg 등의 보고가 있어 모두 위의 기준을 훨씬 초과하였다. 기타 보고들로서 美國의 23, 체코의 60, 西獨의 48, 루마니아의 38~64, 日本非汚染地域들의 34, 29.4, 47, 39, 31.3 등 그리고 스웨덴의 10을 볼때 스웨덴의 경우가 가장 낮았다.

납(Pb)의 경우, 우리나라뿐 아니라 外國의 어느 국가에서도 이 허용기준을 초과한 보고는 찾아볼 수 없었다. 즉 食品中 Cd의 농도가 가장 높았던 日本對馬地域²⁵⁾에서도 304 및 332 μg 였고 長崎地域²⁵⁾에서는 33으로 우리나라보다 낮았으며 美國(1970)⁴²⁾의 274 μg 보

Table 2. Expected amount of heavy metal intake through crops consumption (washed)

	Cd	Cu	Ni	Zn	Pb
Food grain	674.96	6,197.36	7,485.92	12,762.88	2,018.74
Fruit vegetable	10.51	635.77	105.08	525.34	63.84
Leafy vegetable	147.27	9,904.15	1,067.73	8,247.32	520.90
Root vegetable	93.16	4,151.66	512.40	4,052.69	293.47
Fruit	15.02	435.35	105.62	464.82	76.01
Total(kg/year)	940.92	21,324.29	9,276.75	26,053.05	2,909.12
mg/man/day	0.06856	1.55379	0.67595	1.89836	0.21197

Table 3. Expected amount of heavy metal intake through food(animal products) consumption per man

	Cd	Cu	Zn	Pb
Beef	162	90	198000	480
Pork	96	18990	103800	5280
Fish	432	15360	397440	35520
Cow's milk	29.7	891	30195	495
Total(μ g/year)	719.9	35331	729435	41775
mg/man/day	0.00197	0.09679	1.99845	0.11445

Table 4. Expected total daily intake of heavy metals per man through food consumption of crops and animal products (mg/man/day)

	Cd	Cu	Zn	Pb
Crops	0.06856	1.55379	1.89836	0.21197
Animal products	0.00197	0.09679	1.99845	0.11445
Total	0.07053	1.65058	3.89681	0.32642

다는 약간 높았다.

아연(Zn)의 경우는 日本對馬地域²⁵⁾의 11,700 및 10,300이나 長崎地域의 9,600 보다는 훨씬 낮았다.

구리(Cu)는 최대섭취허용기준도 없을뿐 아니라 외국의 조사자료도 극히 드물어 비교가 곤란하였다.

이상에서 고찰해 본바, 우리나라 사람이 매일 섭취하는 중금속별 평균총섭취량은 Cd이 외국의 경우나 FAO/WHO의 허용한도와 비교할때 비교적 높다는 것을 알수 있다. 즉 農作物別 Cd의 함량은 쌀에서 0.11ppm으로 가장높고 기타 농작물에서는 0.02~0.04ppm으로 지극히 낮다. 쌀자체에 함유된 0.11ppm도 日本의 허용기준인 1.0ppm 보다는 훨씬 낮으며 日本의 itai-itai병 발생지역 보다는 훨씬 낮고 기타 비오염지역과 비슷하나 우리나라 국민의 主食이 쌀로서 1日平均 600gm 이상씩 섭취하여 쌀섭취량으로 볼때 日本의 2배, 미국의 3.6배로 전세계에서 가장 심한 곡물편식경

향을 볼수 있다.^{3,4,9)} 반면 쌀에 함유된 Cd농도가 他作物보다 3~4배 높아 결과적으로 일일평균 섭취량이 지극히 높게 나타났다고 생각할 수 있다. 따라서 하루속히 곡물위주의 섭식형태에서 탈피하거나 곡물의 중금속오염방지를 위한 대책이 강구되어야 하겠다.

그러나 본조사에서 표본을 추출한 지역들은 각도의 도청소재지 인근으로서 전국을 대표하기에 무리가 있을수 있고 또한 어느정도 높게 나타났을 가능성이 있다. 이를 보완하고 철저한 관리대책을 수립하기 위하여서는 정부차원에서 표본채집도 더욱 체계화하고 내용도 더 세분화한 조사를 실시하여야 할 것이다.

3. 洗滌 및 皮除去에 따른 重金屬含量的變化

A. 洗滌에 따른 農作物中 含量變化

農作物을 통한 重金屬섭취의 總量을 推定하기 위하여 위에서 조사된 표본시료를 中性洗滌로 充分히 洗滌後 해당금속을 定量하여 推定하였고 이 성적을 전혀

Table 5. Percent decreasement rate of heavy metals in crops after wash (%)

	Cd	Cu	Ni	Zn	Pb
Food grain	17.65	30.83	47.64	64.51	61.29
Fruit vegetable	N.A.	24.42	8.34	25.29	17.69
Leafy vegetable	42.86	28.46	29.27	31.50	58.40
Root vegetable	N.A.	N.A.	21.21	27.37	37.78
Fruit	33.81	19.03	11.71	33.81	43.13
Total*	37.24	21.98	44.80	54.63	58.85

*weighted by total consumed amount of each category.

Table 6. Percent decreasement rate of heavy metals in fruits after skinning

	Cd	Cu	Ni	Zn	Pb
Apple	N.A.	15.28	7.14	N.A.	100.00
Pear	33.50	29.50	14.28	N.A.	100.00
Grape	N.A.	34.13	36.07	44.33	65.94
Orange	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Total*	7.40	19.72	2.10	N.A.	59.10

*weighted by total consumed amount of each fruit category.

洗滌하지 않은 시료에서의 성적과 비교하였다. 즉 洗滌前後의 含量의 비교를 실시한 것이며 이때 감소한 평균량을 洗滌前含量에 대한 百分率로 표시하여 이를 감소율(% decreasement rate)이라고 칭하였으며(Table 5), 그 성적은 곡물을 통한 총섭취량을 기준으로하여 Cd은 37.24%(엽채류에서 최고치), Cu는 20.55%(곡물에서 최고치), Ni은 44.80%(곡물에서 최고치), Pb은 58.85%(곡물에서 최고치)로서 Cd을 제외하고는 Cu, Ni, Zn, Pb等은 그 含量의 감소가 곡물에서 가장 뚜렷이 나타났다. 根菜類의 경우 Cd, Cu, Zn등 그 감소율이 특히 저조했다. 즉 洗滌의 영향을 가장 적게 받았으며 그 理由는 곡물, 과일, 엽채류등은 근채류(무우)와 달리 大氣汚染의 영향을 직접 받으나 표면에 부착된 것이 많기 때문이며 근채류의 오염은 표면에 묻은 것이 아니라 토양에서 섭취, 흡수된 것이므로 洗滌의 영향을 적게 받은것이라고 생각된다.

B. 皮除去에 따른 果實類中 含量變化

充分히 洗滌된 果實에서의 重金屬含量을 皮除去後와 비교할 때 감소한 率은 Table 6에서 보는 바와 같이 Fe, Cd은 배에서 Cu, Ni, Zn은 포도에서, Pb은 사과에서 각각 현저히 감소하였다(평균 59.10%). กล้วย의 경우 감소가 뚜렷치 않은 것은 계속 규명해 볼만하다.

IV. 結 論

우리나라産業, 특히 重化學工業의 급속한 發達은 各

種 重金屬의 사용량을 증가시키고 人間의 生活環境을 汚染시켜 特定 作業環境에서 근무하는 근로자에게 重金屬中毒이라는 職業病을 유발시키고 一般國民의 健康까지도 위협하고 있다.

이러한 중금속중독은 대개가 만성적 경과를 취하고 초기증상이 비교적 경미하여 患者의 早期發見이나 早期診斷이 지극히 어려우며 반면 병이 진행된 患者에서 는 치료가 어렵다. 따라서 가장 중요한 일반적인 관리 대책은 中毒의 豫防으로서 Environmental control과 이를 위한 reservoir and food surveillance뿐이며 食品別 含量뿐 아니라 總攝取量의 推定이 必要하다.

따라서 著者들은 對象地域을 全國으로하고 試料를 穀物, 菜蔬類, 果實類로 구분하여 Cd, Cu, Ni, Zn, Pb 等의 농도를 計測하되 洗滌前後, 皮除去後等 섭취방법에 따른 영향을 평가하고 국민들의 日일 총섭취량 추정 的 變형된 Model을 설정하며 이를 이용한 결과를 기준치 설정의 기초자료로 쓰고자 하였던바 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 農作物中 重金屬含量

전반적으로는 일본보다 낮았으나 배추, 오이에서 카드미움, 사과에서 아연이, 그리고 배추, 포도, กล้วย에서 납의 농도가 일본보다 높았다. 특히 카드미움의 경우 1970년에는 쌀에서 不檢出 또는 0.035ppm 以下였고 1975년에는 0.11ppm이었으며 본조사에서 역시 0.11ppm으로 計測된 것은 1975年 以後 증가했다는 증거의 하나로서 特記할만 하다.

2. 食品를 통한 一日總攝取量 推定

중대 사용되어온 외국의 국민영양조사법, 일일식품 총량수거법, 표준식단법, 간접법등의 문제점을 보완 또는 변형하여 식품소비량(및 총수확량)을 기준으로 식품別 농도를 적용하여 一日총섭취량을 推定한바 아연의 경우는 日本, 美國보다 총섭취량이 낮아 약 4mg/day/person이며 남의 경우 日本의 要觀察地域과 비슷하나 FDA/WHO 기준보다는 낮았다. 카드미움은 쌀에서(白米) 日本의 허용농도(1.0ppm) 보다는 낮았으나(0.11ppm) 우리나라는 곡물소비량이 특히 높아 일일총섭취량으로는 허용기준 71.4 μ g에 육박하는 70.53 μ g/day/person으로 캐나다, 일본등을 제외하고는 가장 높았다.

3. 洗滌 및 皮除去에 따른 變化

농작물을 充分히 洗滌後 섭취할 경우 중금속의 총섭취량은 20~50% 감소될 수 있으며 果實의 경우 껍질을 벗기면 洗滌만 환경우보다 0~50% 감소시킬수 있었다.

—References—

1. 農水産部：農林統計年報. 農水産部, 서울, 1979.
2. " : 年度別 糧穀 및 畜水産物 소비추세. 미 발표.
3. 保社部：國民榮養調査. 保社部, 서울, 1974.
4. 한국영양학회：한국인영양권장량. 제 2 판 FAO 한국협회, 1975.
5. 金成勳：농산물유통근대화의 전개방향. 내한상공회의소, 1979.
6. 金榮錫：식량자급자족에 관한 종합연구. 미발표단행본. 1976.
7. 대한민국학술원：환경문제 보고서. 미발표 단행본, 1972.
8. 權肅杓外：농약으로 인한 환경오염과 그 피해대책에 관한 연구. 中央醫學, 22 : 573, 1972.
9. 高仁錫外：食品中 有害性 微量金屬에 對한 研究. 국립보건연구원보, 9 : 389, 1972.
10. 李澈外：中性子放射化에 의한 生體試料중 微量元素含量的 調査研究. 한국원자력연구소 기술보고서집. 2 : 608, 1975.
11. 神奈川縣：公害關係の分析法と解説. 公害對策事務局, 東京, 1974.
12. 細貝祐太郎外：有害元素マニュアル. 中央法規出版, 東京, 1978.
13. 堺敬一：農藥衛生調査について. 衛生化學, 12 : 114, 1966.
14. 辰濃隆外：食品中の 有害金屬の 定量. 衛生化學, 14 : 237, 1968.
15. 岡田敏史外：原子吸光分析法による有害性金屬の定量. 衛生化學, 15 : 362, 1969.
16. 長田博光：原子吸光分光分析法による食品中の金屬の定量に關する研究. 榮養と食糧, 22 : 548, 1969.
17. 田中涼一外：原子吸光分析法および低温灰化裝置を用いての米中カドミウムの定量. 食衛誌, 11 : 84, 1970.
18. 池邊克彦外：原子吸光分析法による玄米中のマンガン, 銅, 亞鉛およびカドミウムの同時定量. 食衛誌 13 : 195, 1972
19. 田中之雄外：食品中の重金屬の含有量について(第一報). 食衛誌, 14 : 196, 1973.
20. " (第二報) 15 : 313, 1974.
21. " (第三報) 15 : 390, 1974.
22. 石崎有信外：食品のCdおよびZn含有量. 日衛誌, 25 : 207, 1970.
23. 小林純外：群馬縣安中市の製鍊所による農作物などの Cd, Pb, Zn汚染について. 日衛誌, 25 : 234, 1970.
24. 福島匡昭外：神通川流域の農家保有米カドミウム濃度について. 日衛誌, 28 : 406, 1973.
25. 赤枝宏：微量重金屬による生活環境汚染の研究. 長崎醫學會誌, 52 : 189, 1976.
26. Simson, W.J. and Loneragan, J.F.: Determination of Copper in Small Amounts of Plant Material by Atomic Absorption Spectrophotometry Using Heated Graphite Atomizer. Anal. Chem., 47 : 566, 1975.
27. Culver, B.R. et al: Trace Metal Analysis of Food by Non-Flame Atomic Absorption Spectroscopy. Food Technol., 16, 1975.
28. Baetz, R.A. et al: Determination of Heavy Metals in Foods. Food Technol., 21 : 436, 1973.
29. Baetz, R.A. et al: Determination of Trace Metals in Foods Using Chelating Ion Exchange Concentration. Food Technol., 23 : 41, 1975.
30. Haller, W.A. et al: Instrumental Determination of Trace Elements in Plant Tissue by Neutron Activation Analysis and Ge(Li) Gamma-Ray Spectrometry. Food Technol., 16 : 1036, 1968.
31. Dalton, E.F. and Malanoski, A.J.: Atomic Absorption Analysis of Copper and Lead in Meat and Meat Products. J. Assoc. Offic. An-

- al. Chem., 52 : 1035, 1969.
32. Markus, J.R.: Atomic Absorption Determination of Lead in Apples. *J. Assoc. Offic. Anal. Chem.*, 57 : 970, 1974.
 33. Murthy, G.K. et al: Rubidium and Lead Content of Market Milk. *J. Dairy Sci.*, 50 : 651, 1967.
 34. Murthy, G.K. et al: Copper, Iron, Manganese, Strontium and Zinc Content of Market Milk. *J. Dairy Sci.*, 55 : 1666, 1972.
 35. Pocklington, W.D. and Tatton, J.O.: Pesticide Residues in Foodstuffs in Great Britain III. *J. Sci. Fd. Agric.*, 17 : 570, 1966.
 36. Fletcher, K.: Direct Determination of Lead in Plant Materials by Atomic Absorption Spectrophotometry. *J. Sci. Fd. Agric.*, 22 : 260, 1971.
 37. Thomas, B. et al: Lead and Cadmium Content of Some Vegetable Foodstuffs. *J. Sci. Fd. Agric.*, 23 : 1493, 1972.
 38. Thomas, B. et al: Cobalt, Chromium and Nickel Content of Some Vegetable Foodstuffs. *J. Sci. Fd. Agric.*, 25 : 771, 1974.
 39. Thomas, B. et al: Lead Content of Canned Fruit. *J. Sci. Fd. Agric.*, 26 : 1, 1975.
 40. Yamagata, N. and Iwashima, K.: Average Cadmium Intake of the Japanese People. *Bull. Inst. Publ. Health*, 24 : 18, 1975.
 41. Oehme, F.W.: *Toxicity of Heavy Metals in the Environment*. Marcel Dekker Inc., New York, 1978.
 42. Thompson J.A.: Balance between Intake and Output of Lead in Normal Individuals. *J. Industr. Med.*, 28 : 189, 1971.
-