

아연광산 인근지역 야생식물종의 중금속 함량 조사

정기채* · 김복진** · 한상국***

Survey on Heavy Metals Contents in Native Plant near Old Zinc - Mining Sites

Ki-Chai Jung*, Bok-Jin Kim** · Sang Guk Han***

Abstract

This study was carried out to find heavy metal contents in soil and in native plant in the regions near by zinc-mines, located at the Chilgok and Uljin Gun in Kyeongpook area.

In the heavy metal contents during the to growth of native plants, Cd was contained in the order perennial > biennial > annual plant, but Cu was annual > perennial > biennial plant, and there was no difference in Zn contents.

The native plants contained heavy metal highest were *Osmunda japonica* in Cd, *Persicaria thunbergii* H.G in Cu and *Equisetum arvense* L. in Zn. Cd was contained highest in Pteridaceae, Cu in Equisetaceae and Zn in Polygonaceae. In the heavy metal contents by the part of plant of *Equisetum arvense* L. and *Erigeron canadensis*, Cd and Zn were much contained in the order leaf > stem > root, but Cu was in the order root > leaf > stem. The average contents of Cd, Cu, Zn in soil were 1.27ppm. 12.04ppm. 64.28ppm in Chilgok, and 3.30ppm. 72.93ppm. 194.04ppm in Uljin respectively. There were positive correlations between Cd contents of heavy metals(Cd, Cu, Zn) in soil and in native plant, but not significant. It was estimated that *Osmunda japonica*, *Pteridium aquilinum*(KUHN) var and *Equisetum arvense* L. which most absorbed heavy metal have effect of exclusion of heavy metals near by zine-mines region.

* 경상북도 농촌진흥위

Kyeongpook Provincial Rural Development Administration, Daegu, Korea

** 영남대학교 농축산대학 농학과

Department of Agronomy, Collage of Agriculture and Animal Science, Yeungnam University, Gyongsan, Korea

*** 경북전문대학 식품가공과

Department of Food-Processing, Kyeongpook Junior College, Yongju, Korea.

서 론

산업의 급속한 발달에 의한 대량의 산업폐기물과 인구증가에 따른 도시오수의 증가 등에 의해 우리들의 자연환경이 오염되고 있으며, 이들 오염에서 중금속에 의한 토양오염은 재배작물의 생육에 직접 피해를 줄 뿐만 아니라 중금속이 재배작물의 체내에 축적되어 식품 및 사료에 오염되므로서 인체에 악영향을 주는 경우가 많다. 더우기 food chain에 의한 중금속의 유해작용은 선진공업국에서 많은 선례가 있었으므로 우리나라에서도 장차 사회적으로 대두될 것으로 예상된다. 따라서 최근 이들에 대한 조사연구가 활발히 진행되고 있다.^{1, 2, 3, 4)} 문제제시되고 있는 중금속들은 주로 Cd, Zn, Cu, Pb, Hg, Cr 등으로서 이들은 광산의 광미사와 광산폐수, 공장폐수 및 도시오수, 자동차매연, 농약 등에 의해서 농경지에 오염되고, 나아가서는 이들 중금속에 의해 공해병을 유발하게 되는데 그 대표적인 예가 일본에서 1956년도의 Minamata병과 1968년도의 Itaiitai 병등 만성중독증상으로서 많은 인명 피해를 가져왔으며, 그 원인이 각각 Hg 및 Cd이었다는 것은 몇해를 거듭한 임상연구 끝에 알려졌다.⁵⁾ 현재 우리나라에서도 아연광산 인근지역의 토양에 상당한 수준까지 중금속으로 오염되어 있다는 보고가 있으므로^{6, 7, 8)} 본 조사 연구에서는 과거에 아연광업소가 소재했던 광산지역 2개소를 대상으로 그 인근 토양 및 자생하고 있는 식물체중의 중금속함량을 조사하여 중금속 흡수력이 강한 식물을 알아냄으로서 중금속 오염지 개량대책을 위한 기초자료를 얻고자 시험한 그 결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

1. 토양 및 식물체의 시료채취

경상북도내에 산재한 아연광산중 울진군 북면 덕구동의 울진광산과 칠곡군 동명면 덕명동의 태양광산 인근지역에 대하여 1987년 5월 ~ 10월 사이에 각지역별로 5개 지점을 선정하여 각각의 지점에서 토양 1점과 야생식물 2 ~ 5종씩을 채취하였고, 대조시료는 비오염지인 경상북도농촌진흥원 포장에서 밭토양 및 식물체(고마리, 땅초)를 각각 1점씩 채취하였다.

2. 시료의 조제

채취한 토양시료는 풍건한 후 10mesh 체로 사별하였으며 이를 유발로 분쇄하여 20mesh 체에 통과시켜 분석용 시료로 하였고, 식물체는 세척후 통풍이 잘되는 곳에서 음건시킨후 다시 dry oven에서 건조시켜 분쇄기로 분쇄하여 20mesh체에 통과시켜 분석시료로 하였다.

3. 시료의 분석

토양은 시료 5g에 0.1N - HCl 침출액 50ml을 가하여 왕복 진탕기로 상온에서 1시간 진탕한후 여과하여 공시액으로 하였고, 식물체는 잎, 줄기, 뿌리 각각 시료 10g에 Ternary Solution (HNO₃ : HClO₄ : H₂SO₄ = 10 : 4 : 1)⁹⁾ 50ml를 가해서 분해시켜 공시액으로 사용하여 2반복으로 이들 공시액중의 Cd, Cu, Zn함량은 원자흡광도계 (Per-kin Elmer 2380)로 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 생육기간별 야생식물체중의 중금속함량

오염지역에서 자생하고 있는 야생식물의 생육기간에 따른 식물체중 중금속 함량은 표 1에서와 같이 Cd 평균함량은 다년생이 36.9ppm으로 1년생 14.1ppm과 월년생 10.5ppm보다 훨씬 높았으며, 이는 일본 생태학회의 보고와 비슷한 경향이었으며,¹⁰⁾ Cu평균 함량은 1년생이 46.1ppm으로 다년생 40.1ppm과는 비슷하였으나 월년생 26.5ppm보다 높았다.

그리고 Zn 평균함량에서는 다년생 418.1ppm, 월년생 401.1ppm, 1년생 401.4ppm으로 서로 비슷한 경향이지만 다년생이 다소 높았다. 이상에서와 같이 야생식물의 생육기간에 따른 식물체중 중금속함량은 다년생식물이 높은 경향을 보여주었는데, 이는 중금속원소들이 식물체중에 축적되는 것에 기인된 것으로 판단된다.

조사된 야생식물체중에 함유된 중금속원소들 간에 있어서 Cd<Cu<Zn의 순으로 높았는데, 이는李등¹¹⁾이 야생식물중 Cd, Cu 및 Zn 천연부존량은 Cd 0.3ppm, Cu 15.2ppm, Zn 58.6 ppm이라고 보고한 것과 같은 순위였지만, 조사된 지역에서 이들 중금속의 함량이 훨씬 높았던 것은 이지역이 중금속에 오염된 지역이었기 때문인 것으로 생각된다.

Table 1. Heavy metal contents in native plant by classification of life cycle.

Life cycle	No. of Species	Cd		Cu		Zn		Major Plant name
		average	range	average	range	average	range	
Annual	4	14.1	3.4~43.6	46.1	11.3~235.5	401.4	172.8~1503.0	Persicaria thanbergii H. Gross
Biennial	5	10.5	3.4~20.6	26.5	6.0~68.1	404.1	56.8~1018.9	Stellaria aquatica S.
Perennial	8	36.9	1.8~24.2	40.1	9.3~449.3	418.1	51.3~954.3	Osmunda japonica

2. 다년생 야생식물체중 중금속함량

다년생 야생식물의 종별 식물체중 중금속함량은 표 2에서와 같이 Cd함량은 *Osmunda Japonica* (고비)에서 233.2ppm으로 가장 높았고, 그 다음이 *Ixeris dentata* (Thumb) N(썩바귀)에서 21.1ppm이었으며, 그 외에는 9.0ppm 이하로 낮았다. Cu 함량은 *Equisetum arvense* L. (쇠뜨기)가 104.6ppm로 가장 높았으며, Zn함량은 쇠뜨기가 583.8ppm, *Solidago Japonica* K. (미역취)가 513.5ppm으로 높았으며, *Pteridium aquilinum*(KUHN) v. (고사리)가 167.5ppm으로 가장 낮았다. 이상에서와 같이 다년생 야생식물중에서 비교적 중금속함량이 높았던 것은 고비, 썩바귀, 쇠뜨기, 미역취 등이었다.

3. 월년생 야생식물체중 중금속함량

월년생 야생식물의 종류별 식물체중 중금속함량은 표

3에서와 같이 Cd 함량은 *Stellaria aquatica* S.(쇠별꽃)에서 16.0ppm으로 가장 높았고, 그다음이 *Erigeron canadensis*(망초)에서 14.0ppm이었으며, 그외에서는 11.0 ppm이하로 낮았다. Cu 함량은 망초가 44.4ppm으로 가장 높았고, 그 다음이 쇠별꽃에서 34.4ppm이었으며 *Stellaria alsine* V. (벼룩나물)에서 31.4ppm이었으며 그외에는 12.2ppm 이하로 낮았다. Zn 함량은 쇠별꽃에서 680.3 ppm으로 가장 높았고, 망초가 492.5ppm, *Stellaria alsine* V. (벼룩나물)가 489.3ppm 순으로 높았으며 그외에는 203.3ppm 이하로 낮았는데 이들 대부분은 비오염지의 망초(Cd 2.8ppm, Cu 8.0ppm, Zn 95.0ppm)보다 상당히 높았는데 이는 조사된 지역의 토양중에 중금속이 다량 함유된 것에 기인된 것으로 생각된다. 이와같이 월년생 야생식물중에서 비교적 중금속함량이 높았던 것은 망초, 벼룩나물, 쇠별꽃 등이었다.

Table 2. Heavy metal contents in perennial plant.

Scientific name	Site	(Unit ; ppm)		
		Cd	Cu	Zn
<i>Osmunda japonica</i>	2	233.2	41.0	455.8
<i>Pteridium aquilinum</i> (KUHN) v.	2	1.3	20.5	167.5
<i>Ixeris dentata</i> (Thumb)N.	2	21.1	23.5	214.3
<i>Artemisia princeps</i> P.	5	9.0	31.4	197.7
<i>Plantago asiatica</i> L.	3	7.1	18.3	252.6
<i>Equisetum arvense</i> L.	6	7.2	104.6	583.8
<i>Cyperus amuricus</i> M.	1	8.9	41.5	446.3
<i>Solidago japonica</i> K.	4	7.5	40.0	513.5

Table 3. Heavy metal contents in biennial plants.

Scientific name	Site	(Unit ; ppm)		
		Cd	Cu	Zn
<i>Erigeron canadensis</i>	4	14.0(2.8)	44.4(18.0)	492.5(95.0)
<i>Stellaria alsine</i> v.	4	11.0	31.4	489.3
<i>Alopecurus aequalis</i> S.	2	3.8	12.2	155.0
<i>Stellaria aquatica</i> S.	2	16.0	34.4	680.3
<i>Cadamine lurata</i> B.	1	7.9	10.3	203.3

() : Non-polluted area

Table 4. Heavy metal contents in annual plants.

Scientific name	Site	(Unit ; ppm)		
		Cd	Cu	Zn
<i>Persicaria thunbergii</i> H. G.	4	31.8(1.4)	82.4(12.5)	942.8(114.0)
<i>Commelina communis</i> L.	3	3.8	22.6	292.1
<i>Bulbostylis barbata</i> K.	1	11.8	51.8	172.8
<i>Arenaria serpyllifolia</i> L.	1	9.0	27.5	596.8

() : Non-Polluted area

4. 1년생 야생식물체중 중금속함량

1년생 야생식물의 종류별 식물체중 중금속함량은 표 4에서와 같이 Cd 함량은 *Persicaria thunbergii* H. G. (고마리)에서 31.8ppm으로 가장 높았고, 그다음이 *Bulbostylis barbata* K.(모기풀)에서 11.8ppm이었으며 그 외에는 9.0ppm이하로 낮았으며, Cu 함량은 고마리가 82.4ppm으로 가장 높았고, 그 다음이 모기풀에서 51.8ppm이었으며, 그외에는 27.5ppm이하로 낮았고, Zn 함량은 고마리에서 942.8ppm으로 가장 높았고, 그다음이 *Arenaria serpyllifolia* L.(벼룩이자리)에서 596.8ppm으로 높았으며, 그외에는 292.1ppm이하로 낮았지만 이는 비오염지의 고마리 (Cd : 1.4ppm, Cu : 12.5ppm, Zn : 114.0ppm)보다는 상당히 높은 함량이었다. 이상에서와 같이 1년생 야생식물중에서 비교적 중금속함량이 높은 것은 고마리, 벼룩이자리 등이었다.

5. 과별 야생식물체중 중금속 함량

야생식물의 과별 식물체중 중금속함량은 표 5에서와 같이 Cd 함량은 *Pteridaceae*(고사리과)에서 117.2ppm으

로 가장 높았고, 그외에는 *Polygonaceae*(마디풀과) 31.8ppm, *Alsinaceae*(석죽과) 12.2ppm, *Compositae*(국화과) 11.9ppm, *Commelinaceae*(닭이장풀과) 3.8ppm으로 상당히 낮았으며, Cu 함량은 *Equisetaceae*(속새과)에서 104.6ppm으로 가장 높았고, 그다음은 마디풀과에서 82.4ppm으로 높았지만, 그외에는 상당히 낮았다. 그리고 Zn 함

Table 5. Heavy metal contents in native plant of different family.

Family	(Unit ; ppm)		
	Cd	Cu	Zn
<i>Pteridaceae</i>	117.2	31.2	311.6
<i>Compositae</i>	11.9	31.5	362.7
<i>Alsinaceae</i>	12.2	31.7	595.0
<i>Polygonaceae</i>	31.8	82.4	943.0
<i>Plantaginaceae</i>	7.1	18.3	252.6
<i>Cruciferae</i>	7.9	10.3	203.3
<i>Equisetaceae</i>	7.2	104.6	583.8
<i>Commelinaceae</i>	3.8	22.6	292.1
<i>Cyperaceae</i>	8.9	41.5	446.3

량은 마디풀과에서 943.0ppm으로 가장 높았고, 그다음은 석죽과에서 595.0ppm, 속새과에서 583.8ppm으로 서로 비슷하게 높았다. 이상에서와 같이 비교적 중금속 함량이 높았던 것은 고사리과, 석죽과, 마디풀과, 속새과 등으로서 西村 等²⁴⁾이 양치식물인 고사리과, 속새과에서 중금속 함량이 높다는 보고와 비슷한 경향이었다.

6. 식물체 부위별 중금속함량

비교적 중금속함량이 많은 야생식물의 부위별 중금속함량은 표 6에서와 같이 Cd의 경우 고비(*Osmunda japonica*)에서는 줄기와 잎에서 각각 291.1ppm, 242.0ppm으로 뿌리의 59.5ppm보다 높은 경향을 보였으며, 고마리(*Persicaria thunbergii* H.G.)는 잎에서 66.3ppm으로 줄기와 뿌리의 52.0ppm, 51.4ppm 보다 높은 경향을 보였으며, 망초(*Erigeron canadensis*)는 줄기와 잎에서 각각 26.3ppm, 26.1ppm으로 뿌리의 19.7ppm보다 높은 경향이며, 썸바퀴(*Ixeris dentata* N.)는 줄기와 잎에서 각각 23.5ppm, 17.1ppm으로 뿌리의 10.5ppm보다 높은 경향을 보여 부위별 식물체중 Cd 함량은 상이하였으며 다년생인 고비와 썸바퀴는 줄기에, 1년생인 고마리는 잎에서, 월년생인 망초는 줄기와 잎에 많이 축적되었다. Cu의 경우 고비에서는 뿌리에서 207.0ppm으로 줄기와 잎의 11.5ppm, 12.5ppm보다 높은 경향이며, 망초는 뿌리에서 106.0ppm으로 줄기와 잎의 27.0ppm, 48.0ppm보다 높은 경향이며, 고사리(*Pteridium aquilinum*)는 뿌리에서 166.0ppm으로 줄기와 잎의 19.0ppm, 23.5ppm보다 높은 경향을 보여 부위별 식물체중 Cu 함량은 상이하였지만 대부분의 식물에서 잎, 줄기보다 뿌리에 많이 축적되었

으나, 다년생인 썸바퀴는 줄기에 많이 축적되는 경향을 보였다.

Zn는 고비의 뿌리에서 3,375.0ppm으로 줄기와 잎에서 389.0ppm, 202.0ppm보다 높은 경향이며, 고사리의 뿌리에서 661.5ppm으로 줄기와 잎에서 195.0ppm, 106.5ppm보다 높은 경향이며, 고마리의 잎에서 3,616.0ppm으로 줄기와 뿌리에서 754.5ppm, 279.0ppm보다 높은 경향이며, 망초의 잎에서 869.0ppm으로 줄기와 뿌리에서 350.5ppm, 285.0ppm보다 높은 경향을 보여 부위별 식물체중 Zn 함량은 상이하였지만 다년생인 고비와 고사리는 뿌리에서 1년생인 고마리와 월년생인 망초는 잎에 많이 축적되었다.

이상에서와 같이 생육기간에 관계없이 Cd 함량은 줄기와 잎에서, Cu 함량은 뿌리에서 높았으며, Zn 함량은 다년생은 뿌리에서, 1년생과 월년생은 잎에서 높았는데, 이와같이 식물의 종류에 따라서 부위별 중금속함량이 다른것은 식물의 생리적 특성, 토양조건, 기후조건 등에 기인된것으로 사료된다.

7. 토양중 중금속함량

식물체를 채취한 지역의 토양중 중금속함량은 표 7에서와 같이 울진지역에서 Cd: 3.30 (0.50~9.52)ppm, Cu: 72.93 (47.75~118.35)ppm, Zn: 194.04 (41.77~520.96)ppm으로 칠곡 지역의 Cd: 1.27 (0.47~2.75)ppm, Cu: 12.04 (3.00~33.20)ppm, Zn: 64.28 (8.14~209.79)ppm보다 모두 높게 나타나 중금속의 오염 정도는 울진지역이 훨씬 심하였다. 그리고 이들 지역토양은 비오염지인 경상북도 농촌진흥원 포장의 Cd: 0.09ppm, Cu: 5.20ppm, Zn:

Table 6. Heavy metal contents by the part of native plant grown in polluted soils.

Scientific name	(Unit ; ppm)								
	Cd			Cu			Zn		
	leaves	stem	root	leaves	stem	root	leaves	stem	root
<i>Osmunda japonica</i>	242.0	291.1	59.5	12.5	11.5	207.0	389.5	202.0	3,375.0
<i>Persicaria thunbergii</i> H.G.	66.3	52.0	51.4	43.5	13.0	43.2	3,616.0	754.5	279.0
<i>Erigeron canadensis</i>	26.1	26.3	19.7	48.0	27.0	106.0	869.5	350.5	285.0
<i>Ixeris dentata</i> N.	17.1	23.5	10.5	16.5	34.5	13.5	126.0	175.0	76.5
<i>Solidmago japonica</i> K.	5.0	10.6	7.2	15.0	19.0	99.5	257.0	710.5	744.0
<i>Pteridium aquilinum</i> v.	1.4	4.5	6.2	23.5	19.0	166.0	195.0	106.5	661.5

Table 7. Heavy metal contents in soils.

Sampling site	(Unit ; ppm)						* Remarks
	Cd		Cu		Zn		
	Uljin	Chilgok	Uljin	Chilgok	Uljin	Chilgok	
Bareground	9.52	2.75	47.75	33.20	520.96	209.79	Cd;0.09
Riverbed	2.12	1.10	118.35	3.00	142.75	21.58	Cu;5.20
Upland	1.06	0.85	63.90	7.35	70.98	17.59	Zn;6.00
Paddy	0.50	0.47	61.70	4.60	41.37	8.14	
Average	3.30	1.27	72.93	12.04	194.04	64.28	

* Non-polluted soil (Kyeongpook R.D.A.)

Table 8. Correlation coefficient between heavy metal contents in soil and plant.

Heavy metals	A	B	C	D	E
Cd	0.840	0.750	0.081	0.895	0.109
Cu	0.389	0.026	0.165	0.671	0.922
Zn	0.461	0.838	0.584	-0.079	0.003

A ; *Osmunda japonica*

B ; *Persicaria thunbergii* H. G.

C ; *Equisetum arvense* L.

D ; *Artemisia princeps* P.

E ; *Erigeron canadensis*

6.00ppm 보다 훨씬 높았으며, 金等¹³이 조사한 한강 유역 토양중 중금속함량 Cd:0.01~0.09ppm, Cu:4~13ppm, Zn:9~21ppm와 金等¹³이 조사한 우리나라 담 토양중 천연부존량인 Cd:0.127ppm, Cu:4.151ppm, Zn:3.952ppm 보다도 훨씬 높았으며, 그리고 柳等¹⁴이 아연광산 인근답의 토양중 중금속농도와 비슷한 경향이였다.

동일광산지역의 위치별 토양중 Cd, Cu, Zn 함량은 광구 >하상>밭>논의 순으로 낮았으며, 이는 淺見等^{14, 15}이 아연광산 상류지역에서 중류지역까지는 Cd함량이 상당히 높고, 하류로 갈수록 낮았다는 보고와 비슷한 경향이였으나, 울진 지역의 Cu만은 하상>밭>논>광구의 순으로 광구에서 가장 낮았는데 이에 대하여 추후 검토가 요망된다.

8. 토양 및 식물체중 중금속함량간의 관계

토양 중 중금속함량과 식물체중 중금속함량간의 상관관계는 표 8에서와 같이 Cd는 쑥, 고비, 고마리 등과 Cu는 땅초, 그리고, Zn은 고마리와 유의성은 없었지만

상당히 높은 정의 상관을 보여줌으로서 토양중중 중금속함량이 높았던 것은 식물체중에 높은 것으로 나타났으며 이는 金等¹⁶이 보고한 토양중 Cd 처리농도가 높을수록 수도 경엽 및 현미중 Cd 함량이 높았다는 것과 비슷한 경향이였다. 그러나 본 시험에서 상관계수는 높았지만 유의성이 없었던 것은 시료수가 적었기 때문인 것으로 생각된다.

요 약

경상북도 울진군 북면 덕구동과 칠곡군 동명면 덕명동에 소재한 2개 아연광산 인근 지역에서 채취한 토양과 야생식물체중의 Cd, Cu, Zn의 함량을 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 생육기간에 따른 야생식물체중 중금속함량은 Cd는 다년생, 월년생, 1년생의 순위로, Cu는 1년생, 다년생, 월년생의 순위로 낮았으며, Zn은 다년생, 월년생, 1년생 모두 비슷하였다.

2. 중금속함량이 가장 높은 야생식물은 Cd의 경우 고비(다년생)였으며, Cu의 경우는 쇠뜨기(월년생), Zn의 경우는 고마리(1년생)이었지만, 조사된 식물체중 Cd, Cu, Zn 각 함량이 다 높았던 것은 고마리였다.
3. 야생식물의 과별 중금속함량은 Cd는 고사리과에서, Cu는 속새과에서, Zn는 마디풀과에서 가장 높았다.
4. 고마리와 망초의 식물체 부위별로 Cd 와 Zn의 함량은 잎, 줄기, 뿌리의 순위로 낮았는데 반하여, Cu는 뿌리, 잎, 줄기의 순위로 낮았다.
5. 토양중 Cd, Cu, Zn의 평균함량(범위)은 칠곡지역에선 1.27(0.45~2.75)ppm, 12.04(3.00~33.20)ppm, 64.28(8.14~209.78)ppm 이었으며, 울진지역에선 3.30(0.50~9.52)ppm, 72.93(47.75~118.35)ppm, 194.04(41.37~520.96)ppm이었다.
6. 토양중의 중금속(Cd, Cu, Zn 등) 함량과 식물체중 중금속 함량간에는 유의성은 없었으나, 정의 상관관계를 보였다.
7. 고비, 고마리, 쇠뜨기 등은 중금속(Cd, Cu, Zn)의 흡수력이 큰 야생식물로서 중금속 및 Zn 오염도양에서 중금속 제거에 효과가 클 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 金在鳳, 金東漢, 鄭淵普, 吳在基, 張聖基, 崔光洙, 姜德姬(1980) : 重金屬에 의한 土壤汚染과 農作物內含量의 相關關係에 關한 研究, 國立環境研究所報 **2**, 203
2. 水野直治, 山上良明(1972) : 玄米中のカドミウム含量豫測に關する一고찰, 重金屬 汚染土壤地區における土壤中カドシウム, 亞鉛, 銅 含量と玄米中カドシウム含量의關係, 日土肥誌 **43** (10), 383.
3. Olle, Pettersson(1977) : Difference in cadimium uptake between plant species and cultivars swedish, *J. Agric Res* **7**, 21.
4. 宋 哲, 金吉生, 權右昌, 李興在, 元敬豊, 金悟漢, 盧晶培(1976) : 食品中 有害性 微量金屬에 對한 研究 (第5報), 國立保健研究報 **249**.
5. Study group on minamata disease(1968) : Minamata disease, Kumamoto univ.
6. 金奎植, 朴英善, 金福榮(1983) : 카드뮴和化合物別 水稻吸收 및 生育에 미치는 影響, 韓國環境農學會誌 **2**(1), 6.
7. 金奎植, 趙在規, 金福鎮, 李孝承(1980) : 土壤中 重金屬의 生物學的 除去方法 試驗, 農業技術研究所試驗研究報告書 : 37.
8. 柳順昊, 朴武彦, 盧熙明(1983) : 亞鉛鑛山 隣近畝의 土壤中 重金屬含量과 玄米中含量과의 關係, 韓國環境農學會誌 **2** (1), 18.
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の分析法 (1), 日土肥誌 **43**(7), 264.
10. 日本生態學會 環境問題專門委員會編(1975) : 環境と生物指標 (육상編), 共立出版社(東京), 109
11. 李敏孝, 趙在規, 金奎植(1983) : 野生나물類中 Cd, Cu, pb, Zn의 天然賦存量에 關한 調査 研究, 農試報告 **25**, 69.
12. 西村和雄, 高橋英一(1981) : 同一土壤に生育する植物の重金屬組成特徵, 日土肥誌 **52** (5), 439.
13. 金福榮, 金奎植, 趙在規, 李敏孝, 金善實, 朴英善, 金福鎮(1982) : 韓國 畚土壤 및 玄米中 重金屬(Cd, Cu, Zn, pb)의 天然賦存量에 關한 調査 研究, 農試報告 **24**, 51.
14. 淺見輝男, 本間愼, 田邊見生, 畑明郎(1981) : 生野鑛山などから排出 されたカドミウム, 亞鉛, 鉛, 銅による市川低質の汚染, 日土肥誌 **52** (5), 433.
15. 淺見輝男, 本間愼, 田邊見生, 畑明郎(1982) : 生野鑛山などから排出 されたカドミウム, 亞鉛, 鉛, 銅による市川低質の汚染, 日土肥誌 **53** (6), 507.