

琴湖江 流域의 水質, 土壤 및 作物體中の 重金屬 (Zn, Cu, Cd, Pb) 含量調查

李 楨 載*·崔 炅*

(1985년 10월 20일 접수)

Investigation of Heavy Metal (Zn, Cu, Cd, Pb) Contents in the Effluents, Soils and Plants at Keumho Riverside

Jyung-Jae Lee* and Jyung Choi*

Abstract

This study was carried out to determine the heavy metal contents in effluents, soils and plants grown on the soils from 1982 to 1983.

The heavy metal pollution of Keumho river was resulted from Sincheon, Kongdancheon and Dalseocheon. The urban sewage influxes in Sincheon and Dalseocheon whereas the industrial wastewater flows in Kongdancheon. The average heavy metal contents of effluents in these streams exceeded the Korean Standard Environmental value.

The high level of heavy metal contents in soils and plant tissues should be originated from the polluted river water. The heavy metal contents of soils were significantly positively correlated with that of plant.

緒 論

環境汚染은 一般的으로 大氣河染, 水質汚染 및 土壤河染으로 大別할 수 있다.

水質汚染이 農業에 미치는 影響은 都市下水나 産業廢水가 農耕地에 流入되어 汚染物質이 蓄積되므로서 일어나는 農作物의 生育沮害와 이로 인한 收穫量의 減少⁽¹⁾ 重金屬, PCB와 같은 物質이 農作物에 吸收되어 蓄積되므로, 이들 農產物을 사람이 攝取할 境遇의 蓄積被害가 있고, 農耕作業中 피부를 통해서 일어나는 農業從事者의 直接的인 被害를 들 수가 있다. ⁽¹⁾

土壤汚染의 原因物質으로는 有機物과 無機物로 나눌 수

가 있으며, 土壤에 投與된 有機物은 어느 程度까지는 微生物에 의해서 分解되지만 重金屬과 같은 無機物은 계속 蓄積되므로 土壤汚染은 주로 重金屬에 의해 發生되는 것으로 생각된다. 따라서 重金屬에 대한 植物體吸收 Mechanism^(2,3) 作物生育에 미치는 影響, ^(4,5) 被害症狀^(6,7) 및 汚染原因에 대한 研究^(8,9)가 活發히 進行되어 왔다.

本 研究은 都市河川의 重金屬汚染 防止對策樹立에 必要한 基礎資料를 얻고져 大邱市를 貫流하는 琴湖江 및 그 支流들의 河川水와 이를 灌溉用水로 使用하고 있는 地域의 土壤 및 作物體中の Zn, Cu, Cd 및 Pb의 含量을 調查하여 그 結果를 報告하는 바 이다.

* 慶北大學校 農科大學 農化學科 (Department of Agricultural Chemistry, College of Agriculture, Kyung-pook National University, Daegu, Korea)

材料 및 方法

河川水는 1982年 12月부터 1983年 11月에 걸쳐 Fig. 1과 같이 琴湖江의 上流 淸天에서 下流 江鎗까지 20個 地點에서 環境汚染 公定試驗法⁽¹⁰⁾에 따라 採水하였으 며, 作物體 및 土壤은 1983年 8月에 河川水試料 採取 地點 周邊에 生育하는 10種의 作物과 그 耕土를 同時 에 採取하였다.

河川水中 重金屬含量 分析은 美國의 Standard method⁽¹¹⁾에 따라, 作物體는 美國 EPA法⁽¹²⁾에 따라 分析하였으며, 土壤은 強酸으로 分解시킨 후 DDTC (biethyl dithiocarbamate)로 Chelation하고 MIBK (Methyl isobutyl ketone)로 抽出하여 原子吸光 分光 分析法으로 定量하였다.^(13,14)

結果 및 考察

1. 河川水中的 重金屬 含量

大邱市를 貫流하는 琴湖江의 河川水를 採取, 分析한

結果는 Table 1과 같이 新川 및 新川과 琴湖江 合流地 點, 達西川과 工團川 合流地點 및 이들과 琴湖江 合流 地點에서 카드뮴과 납이 環境保全法의 水域基準인⁽¹⁵⁾ 카드뮴 0.01ppm, 납 0.1ppm을 超過하고 있었다.

다른 地點에 비해 新川과 工團川 및 達西川 合流地 點의 重金屬 含量이 높은 것은 大邱市의 都市下水와 第 3 工業團地의 産業廢水 때문으로 思料된다.

以上の 結果에서 琴湖江의 主汚染源은 新川, 工團川 및 達西川이라는 것을 確認하고 이들 세 河川에 對하 여 月別로 重金屬 含量을 調査한 結果는 Table 2와 같 았다.

1982年 12月부터 1983年 11月까지 12個月間 新川, 工 團川 및 達西川의 平均 重金屬 含量은 新川이 Zn : 1.502, Cu : 0.230, Cd : 0.021, Pb : 0.009ppm, 工團 川이 Zn : 2.508, Cu : 0.502, Cd : 0.044, Pb : 0.031 ppm, 達西川이 Zn : 0.631, Cu : 0.175, Cd : 0.012, Pb : 0.016ppm이었다.

淸淨地域에서의 排出許用基準⁽¹⁵⁾인 Zn 1ppm을 超過 하고 있는 河川이 工團川 및 新川으로 判明되었으 며

Table 1. Heavy metal contents of effluents in Keumho river

(Unit: ppm)

Sample No.	Zn	Cu	Cd	Pb
1 (금호강 상류)	0.024	ND	ND	ND
2 (금호강 상류)	0.056	ND	ND	ND
3-1 (공향천 합류전)	0.042	ND	ND	ND
3-2 (공향천)	0.056	ND	ND	ND
3-3 (금호강, 공향천 합류)	0.072	T	ND	ND
4-1 (불로천 합류전)	0.072	T	ND	ND
4-2 (불로천)	0.038	ND	ND	ND
4-3 (금호강, 불로천 합류)	0.028	ND	ND	ND
5-1 (신천 합류전)	0.045	ND	ND	ND
5-2 (신천)	1.624	0.282	0.024	0.010
5-3 (금호강, 신천 합류)	0.660	0.020	0.002	0.002
6-1 (팔거천 합류전)	0.082	0.002	T	ND
6-2 (팔거천)	0.094	T	ND	ND
6-3 (금호강, 팔거천 합류)	0.062	T	ND	ND
7-1 (공단천, 달서천 합류)	0.105	T	ND	TD
7-2 (공단천, 달서천 합류)	1.946	0.566	0.035	0.026
7-3 (금호강, 공단천-달서천 합류)	0.924	0.112	0.004	0.002
8-1 (낙동강)	0.018	ND	ND	ND
8-2 (낙동강 합류전)	0.085	0.002	T	T
8-3 (낙동강, 금호강 합류)	0.010	T	ND	ND

ND: Not detectable.

T: Trace.

Table 2. The monthly changes of heavy metal contents in effluents

(Unit: ppm)

		82. 12	83. 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Ave.
Sincheon	Zn	1.624	1.588	1.606	1.552	1.501	1.586	1.444	1.284	1.357	1.310	1.516	1.650	1.502
	Cu	0.282	0.276	0.278	0.252	0.241	0.240	0.207	0.132	0.150	0.145	0.258	0.294	0.230
	Cd	0.024	0.020	0.020	0.021	0.022	0.023	0.020	0.019	0.020	0.020	0.021	0.022	0.021
	Pb	0.010	0.008	0.008	0.009	0.009	0.010	0.008	0.008	0.009	0.007	0.010	0.012	0.009
Kongdan- cheon	Zn	3.012	2.751	2.940	2.472	2.202	2.548	1.662	0.312	1.450	0.474	1.756	3.112	2.508
	Cu	0.820	0.752	0.750	0.684	0.616	0.712	0.470	0.124	0.180	0.176	0.620	0.644	0.502
	Cd	0.055	0.052	0.054	0.048	0.050	0.050	0.034	0.025	0.028	0.026	0.040	0.060	0.044
	Pb	0.040	0.038	0.040	0.035	0.030	0.032	0.028	0.019	0.019	0.020	0.031	0.038	0.031
Dalseo- cheon	Zn	0.704	0.672	0.670	0.688	0.652	0.660	0.604	0.502	0.556	0.532	0.632	0.725	0.631
	Cu	0.212	0.202	0.192	0.190	0.184	0.200	0.162	0.112	0.134	0.120	0.182	0.210	0.175
	Cd	0.014	0.013	0.012	0.010	0.011	0.012	0.010	0.009	0.010	0.012	0.013	0.016	0.012
	Pb	0.018	0.018	0.016	0.015	0.015	0.016	0.014	0.013	0.013	0.014	0.017	0.019	0.016

세 河川 모두가 農水産物 栽培를 制限한 수 있는 Cu 含量 基準値⁽¹⁵⁾ 0.01 ppm을 超過하고, 工團川은 排出 許用基準中 淸淨地域의 Cu含量 基準値⁽¹⁵⁾ 0.5 ppm을 超過하는 때가 많았다. 또 세 河川 모두가 Cd含量 環境基準値⁽¹⁵⁾인 0.01 ppm을 過超하고 淸淨地域의 Cd含量 排出許用 基準値 0.02 ppm을 超過하는 河川은 工團川 및 新川으로 나타났으나 Pb含量에 대해서는 세 河川 모두가 環境基準, 排出許用基準, 放流水 水質基

準 및 農水産物 栽培를 制限한 수 있는 汚染基準⁽¹⁵⁾에 는 到達되지 않았다.

2. 作物體中の 重金屬 含量

灌溉水中의 重金屬 含量이 植物體에 어떠한 影響을 미치는가를 調査하기 위하여 琴湖江 流域 河川敷地에 生育하는 植物體中 重金屬 含量을 調査한 結果는 Table 3과 같았다.

Table 3. Heavy metal contents of plants in Kemho riverside

(Unit: ppm)

Sample	Zn		Cu		Cd		Pb	
	A	B	A	B	A	B	A	B
1 C.cabbage	18.282	21.434	6.324	7.202	0.328	0.336	0.286	0.300
	23.456	28.270	8.026	9.114	0.462	0.480	0.915	0.914
	22.596	23.428	10.212	12.479	0.487	0.546	0.814	0.926
	23.296	24.478	9.286	10.024	0.447	0.490	0.915	0.988
7-1	60.042	64.480	7.060	7.484	0.526	0.496	1.582	1.942
8-1	60.285	65.237	7.562	7.264	0.620	0.628	2.024	2.048
1 Raddish	20.309	19.218	7.625	6.908	0.420	0.408	0.306	0.306
	273.390	260.540	40.275	36.462	2.926	2.334	11.240	10.198
	82.397	80.251	6.274	5.972	0.546	0.540	1.462	0.884
1 Sesame	24.620	29.020	7.212	10.014	0.320	0.625	0.660	0.826
2 S.leek	20.505	19.246	5.986	5.550	0.324	0.298	0.285	0.270
5-1 Leek	43.524	42.846	11.684	11.956	0.525	0.504	2.326	2.345

2		28.634	20.521	10.206	6.462	0.523	0.288	0.563	0.503
3-2		27.644	24.266	11.456	8.336	0.586	0.506	0.508	0.432
4-2		28.526	24.036	10.258	9.247	0.588	0.580	0.720	1.110
3-3	Corn	40.839	48.384	10.574	11.234	0.325	0.420	1.202	1.305
4-3		35.363	30.275	10.938	11.100	0.427	0.420	1.326	1.337
5-2	Perilla	280.346	256.270	40.685	35.847	1.403	1.218	10.946	10.888
6-1		90.369	98.826	11.236	12.036	0.482	0.504	1.004	1.128
5-3	Burdock	95.380	93.247	11.772	10.585	0.493	0.484	1.188	1.040
6-2	Beet	72.034	70.468	8.240	8.694	0.532	0.546	0.986	1.046
6-3	Spinach	58.287	60.462	6.595	7.826	0.634	0.531	1.006	1.047
7-3		132.624	140.212	13.014	13.484	0.506	0.475	2.036	2.092
8-3		75.242	81.258	7.026	8.426	0.582	0.556	1.825	1.840

A: Root.

B: Top-plant.

河川水中의 重金屬 含量이 높았던 5-2와 7-2 地點에서 生育하는 作物體中の 重金屬 含量이 높았다. 이는 灌溉用水에 含有된 重金屬의 含量이 높을수록 植物體에도 많은 重金屬이 吸水되었음을 報告한 Webber의 結果의⁽¹⁶⁾ 一致하였다. 作物體內에서 地上部和 地下部の 重金屬 吸收量은 一定하지 않았지만 대체적으로 根菜類作物은 地下部가 葉菜類作物은 地上部가 높았다.

3. 土壤中的 重金屬含量

汚染된 河川水를 灌溉할 境遇 土壤中的 重金屬含量에도 影響을 끼칠 것으로 思料되어 Table 3의 作物들이 生育하고 있는 土壤中的 重金屬含量을 調査한 結果는 Table 4와 같았다.

河川水의 重金屬含量이 높았던 5-2 및 7-2 地點의 土壤에서 역시 높은 重金屬含量을 보였으며 耕土中の 重金屬은 灌溉水에 의해서도 流入된다고 한 Lisk⁽¹⁷⁾의 報告와 一致한다. 따라서 琴湖江 流域의 河川敷地 土壤은 河川水에 의해서 重金屬이 流入된 것으로 判斷된다. 土壤中的 Cu含量이 5-2 地點의 118.2 ppm과 7-2 地點의 124.1 ppm으로 높게 나타나 環境保全法上의 農作物栽培 制限基準인 Cu含量 125 ppm과 類似하나 本實驗値는 強酸에 의한 分析值(Total銅 含量)이므로 環境保全法上의 0.1N-HCl 可溶性 銅含量과 比較하기에

Table 4. Heavy metal contents of soils

(Unit: ppm)

Sample No.	Zn	Cu	Cd	Pb
1 C.cabbage	40.247	30.070	3.024	20.682

2		45.084	36.280	4.272	40.040
3-1		48.272	40.846	4.954	39.462
4-1		43.680	37.250	4.562	40.254
7-1		85.242	34.246	5.420	55.246
8-1		82.246	35.860	6.357	50.426
1	Raddish	43.568	35.246	4.125	25.237
7-2		326.422	124.126	18.524	215.325
8-2		101.356	33.282	5.662	41.250
1	Sesame	46.826	33.820	4.220	35.252
2	S.leek	43.270	27.328	3.002	20.426
5-1		70.075	42.336	5.432	60.210
2	Leek	44.565	38.256	3.624	32.417
3-2		49.004	39.964	5.620	31.556
4-2		48.806	39.362	5.904	36.242
3-3	Corn	67.262	38.826	3.869	41.080
4-3		56.820	40.280	4.326	42.185
5-2	Perilla	313.245	118.285	13.695	210.492
6-1		110.346	45.321	4.954	39.006
5-3	Burdock	115.820	41.966	5.062	38.252
6-2	Beet	95.500	37.545	5.524	38.543
6-3	Spinach	80.094	32.210	6.106	39.141
7-3		162.368	36.004	6.620	52.338
8-3		98.874	36.040	5.954	49.326

Table 5. Correlation coefficient between heavy metal contents of soils and plants

Sample		Soil			
		Zn	Cu	Cd	Pb
C. cabbage	root	0.9949**	0.9413**	0.9890**	0.9381**
	top-plant	0.9899**	0.8560**	0.9431**	0.9247**
Raddish	root	0.9750**	0.9580**	0.9699**	0.9646**
	top-plant	0.9846**	0.9882**	0.9358**	0.9596**
Sesame	root	0.9504**	0.9721**	0.9710**	0.9725**
	ton-plant	0.9211**	0.9594**	0.9170**	0.9355**
S.leek	root	0.9413**	0.9983**	0.9953**	0.9197**
	top-plant	0.9215**	0.8517**	0.9629**	0.9497**
Leek	root	0.9430**	0.9401**	0.9796**	0.9084**
	top-plant	0.9665**	0.9900**	0.9796**	0.9003**
Corn	root	0.9009**	0.9743**	0.9715**	0.9569**
	top-plant	0.9221**	0.9103**	0.9221**	0.9200**
Perilla	root	0.9615**	0.9618**	0.9558**	0.9438**
	top-plant	0.9322**	0.9133**	0.9690**	0.9690**
Burdock	root	0.8956*	0.9009**	0.9981**	0.9966**
	top-plant	0.9963**	0.9121**	0.9105**	0.9805**
Beet	root	0.8938*	0.9411**	0.9354**	0.9704**
	top-plant	0.8935*	0.9516**	0.9647**	0.9232**
Spinach	root	0.9174**	0.9849**	0.9624**	0.9826**
	top-plant	0.9647**	0.9652**	0.9869**	0.9240**

* Significant at 5% level.

** Significant at 1% level.

는 약간의 意味上 差異가 있지만 環境汚染防止에 努力을 기울여야 될 것으로 思料된다.

이들 土壤中 重金屬含量과 作物體中の 重金屬含量間에는 어떤 相關이 있는지를 알아보기 위하여 相關係數를 調査한 結果 Table 5와 같았다.

琴湖江 河川敷地에서 生育하고 있는 10種의 作物體와 土壤中的 重金屬含量 相互間에는 高度의 有意性 있는 正相關을 보여 주었다. 河川水의 汚染이 심한 곳일 수록 이 河川水를 灌溉用水로 使用하고 있는 作物體 및 土壤의 汚染 또한 심하였다. (Table 3, 4參照) 이러한 事實은 다른 많은 報告와⁽¹⁷⁾ 一致하는 傾向으로 各種 重金屬들이 植物體에 吸收되는 때에는 重金屬의 濃度, 土壤狀態 및 植物의 種類에 따라 다르지만 植物體內的 重金屬 蓄積은 一般的으로 土壤中 重金屬의 濃도에 比例한다⁽¹⁶⁾고 한다. Food Chain을 考慮해 볼 때 重金屬의 含量이 높은 作物은 直接 또는 間接으로 人畜에 害作用을 誘發할 可能性이 있는 것으로 思料된다.

要 約

河川水의 重金屬 汚染現況과 汚染防止對策 樹立에 必要한 基礎資料를 얻고져 大邱市를 貫流하는 琴湖江 및 그 支流들의 河川水와 이를 灌溉用水로 使用하고 있는 地域의 土壤 및 作物體中の Zn, Cu, Cd 및 Pb 含量을 調査하였다.

琴湖江 河川水의 重金屬 汚染은 都市下水가 흐르는 新川 및 達西川, 發業廢水가 흐르는 工團川에 起因하였다.

1982年 12月부터 1983年 11月까지 이들 3個 河川水中 平均 重金屬 含量은 新川이 Zn : 1.502, Cu : 0.230, Cd : 0.021, Pb : 0.009 ppm, 工團川이 Zn : 2.508, Cu : 0.502, Cd : 0.044, Pb : 0.031 ppm, 達西川이 Zn : 0.631, Cu : 0.175, Cd : 0.012, Pb : 0.016 ppm 이었다.

琴湖江 河川水의 重金屬 汚染이 가장 심하였던 地點의 土壤과 그 곳에서 生育한 作物體中の 重金屬 含量이

높게 나타났는데 이는 河川水의 汚染에 起因한 것으로 思料되며 土壤과 作物體中の 重金屬含量 相互間에는 高度의 有意性 있는 正相關을 나타내었다.

參 考 文 獻

1. 日本 土壤肥料學會(1971) : 近代 農業における 土壤肥料の研究 第2集 I : 水質汚染, 養賢堂, 東京, p.1.
2. Verfailli, G.R.M. (1977) : A theoreticl method for the kinetics of uptake of heavy metal ions by intact plants, *Collq. Int. C.N.R.S.*, **258**, 139.
3. Petterson, O. (1976) : Heavy metal ion uptake by plants from nutrients solutions with metal ion, plant species and growth period variations, *Plant soil*, **45**, 445.
4. Mays, D.A., G.L. Terman and J.C. Duggan (1973) : Municipal compost; Effect on crop yield and soil properties, *J. Environ. Qual.*, **2**, 89.
5. Terman, G.L., J.M. Soileu and S.E. Allen(1973) : Municipal waste compost; Effect on crop yield and greenhouse pot experiment, *J. Environ. Qual.*, **2**, 84.
6. Hara, T. and Y. Sonoda (1979) : Comparison of toxicity of heavy metals to cabbage growth, *Plant soil*, **51**, 127.
7. Rauser, W.E. (1978) : Early effects of phytotoxic burdens of cadmium, cobalt, nickel and zine in white beans, *Can. J. Bot.*, **56**, 1744.
8. Ebihara, T. (1978) : Studies on the soil pollution caused by heavy metals, *Gumma ken Nogya Shikenjo Hokoku*, **18**, 57.
9. Lagerwerff, J.V.(1972) : Lead, mercury and cadmium as contaminants, In J.J. Mortvedt, P.M. Giordano and W.L. Lindsay (ed), *Micro-nutrients in agriculture*, Soil Sci. Soc. Am. Inc., Madison, Wisconsin, p. 599.
10. 産業公害 研究所(1983) : 環境汚染 公定試験法(水質分野), 産業公害 研究所, p.31.
11. APHA, AWWA, APCF (1976) : Standard method for the examination of water and wastewater, 14ed. Am. Publ. Health Assoc., Washington D.C., p.144.
12. U.S. Environ. Protect. Agency (1919) : Method for the chemical analysis of water and wastes, U.S. Environ. Protect. Agency Report No. EPA-600/4-79-20, p.1.
13. 崔 延, 金鼎濟, 申榮五 (1983) : 土壤學 實驗, 學文社, p.1.
14. 洪谷政夫, 小山雄生, 渡邊久男 (1978) : 重金屬 測定法, 博友社, 東京, p.24.
15. 産業公害 研究所 (1983) : 環境關係 法規, 産業公害 研究所, p.1.
16. Webber, J. (1972) : Effect of toxic metals in sewage on crops, *Water Pollut. Control Fed.*, **71**, 404.
17. Lisk, D.J. (1972) : Trace metals in soils, plants and animals, *Adv. Agron.*, **24**, 267.