

工場 廢水중 重金屬 含有量에 관한 調査(I)

—金屬業所를 中心으로—

水質保全科

趙南俊·姜熙坤·蔡伶周·尹源庸·朴相賢·朴聖培

Investigation on the pollution of heavy metal in Wastewater of industries. (dealing with metal)

Water Preservation Division.

Nam Joon Chough, Hee Gon Kang, Young Zoo Chae.

Won Yong Yoon, Sang Hyun Park, Sung Bae Park.

—Abstract—

It was carried out to investigate the pollution of heavy metals in wastewater of 15 industries dealing with metal in Seoul areas.

The results were as follows;

1. pH: It was in the range of 1.8~8.3 in wastewater before treatment, 2.5~8.4 in wastewater after treatment.
2. Cr: It was in the range of 0.02~287.88ppm in wastewater before treatment, 0.01~9.4ppm in wastewater after treatment.
3. Zn: It was in the range of 0.14~1698.9ppm in wastewater before treatment 0.06~70.97ppm in wastewater after treatment.
4. Cu: It was in the range of 0.03~1183.48ppm before treatment, 0.01~13.28ppm after treatment.
5. Cd: It was mostly non-detected in wastewater before and after treatment. The other, detected were trace extremely.
6. Pb: It was in the range of 0.04~10.73ppm in wastewater before treatment, 0.01~0.89ppm after treatment, 0.01~0.89ppm after treatment.
7. Mn: It was in the range of 0.02~37.05ppm in wastewater before treatment, N.D.~0.78ppm after treatment.

緒 論

人口增加와 經濟成長에 따른 急速한 産業化로 물의 需要는 急速히 增加하는 反面 물 不足現象은 점차 심각해져 가고 있는데 물의 絕對量도 주요한 原因이지만 또 다른 原因중의 하나가 家庭下水 및 工場廢水の 排出로 인한 河川 및 湖水의 水質을 汚染시키므로써

使用할 물이 점점 줄어들어 가는 것이라 하겠다.

各種産業의 急速한 發達로 因하여 야기되는 各種 産業廢水는 날로 汚染度가 한층 더 深化되어가고 있고 工場廢水の 無分別한 排出로 因하여 主要河川 및 湖水 그리고 沿海水域의 水質을 惡化시켜 地域給水, 工業用水, 農業用水 및 水産用水의 水源을 威脅하므로써 各種 農作物, 水産物에 被害를 가져오고 있으며 外國에서 흔히 發生하는 有害物質의 水質汚染으로 因한 中毒

現象과 傳染性疾患의 發生 可能性이 豫測된다. 水質을 汚染시키는 有害物質은 여러가지가 있지만 重金屬에 依한 汚染은 體內에 蓄積되어 疾病을 일으킨다. 重金屬에 依한 環境汚染이 生物과 人體에 미치는 被害等에 關하여는 日本에서 發生한 “이따이 이따이”病과 “미나 마마”病 以來 많은 研究와 調査가 이루어지고 있다.

環境汚染에 큰 比重을 차지하는 重金屬의 水質汚染은 生活下水에서 보다는 工場廢水, 그 중에서도 金屬을 取扱하는 工場의 廢水가 더 많은 比重을 차지하리라 思料되어 저자等은 金屬業種 廢水成分中 重金屬의 含有量 및 處理實態를 把握하기 위하여 金屬業種工場들의 處理前廢水 및 處理水를 調査, 分析하였다.

材料 및 方法

1. 調査對象: 서울市內에 位置한 金屬業所중 渡金 9, 酸處理 4, 洗滌 2, 를 任意選定하였다.
2. 試料 採取期間: '84.9월부터 11월까지 月 1회 採取하였다.
3. 項目 및 方法: 環境保全法 排出許容 基準¹⁾의 重金屬 項目중 Cr, Zn, Cu, Cd, Pb, Mn의 6項目을 環境汚染 公定試驗法 水質編²⁾중 試料의 前處理 方法에 따라 前處理하여 Atomic Absorption Spectrophotometer (Hitachi 170-30)로 測定하였으며 同時에 空試驗을 行하여 그 結果를 補定하였다.

結果 및 考察

서울市內에 위치한 15個 金屬業所의 重金屬汚染度는 다음과 같다.

1. pH; 處理前 廢水의 pH는 1.8~8.3의 範圍안에 있었고 處理水의 pH는 2.5~8.4의 範圍안에 있었다. 15個業所중 處理水의 pH가 許容基準을 超過한 곳은 1個業所였다(Table 1. 참조)

2. 크롬(Cr); 處理前 廢水의 크롬은 0.02~287.88ppm의 範圍안에 있었고 處理水의 크롬은 0.01~9.4ppm의 範圍안에 있었다(Table 2 參照)

處理前 廢水에서 크롬이 가장 높게 檢出된 것은 2회째의 287.88ppm이었으며 가장 낮은 것은 1회째의 0.02 ppm으로 나타났다. 또 處理水에서는 3회째 9.4ppm으로 가장 높았고 가장 낮은 것은 0.01ppm이었다.

또한 3회 採取중 處理前 廢水가 基準을 超過한 것이 26件이었는데 이중 1個業所를 除外하고는 모두 基準以內로 處理하였고 이 超過業所는 3회 모두 基準을 超過하므로써 크롬處理에 問題點이 있는 것으로 思料된다.

3. 亞鉛(Zn); 處理前 廢水의 亞鉛은 0.14~1698.9 ppm의 範圍안에 있었고 處理水의 亞鉛은 0.06~70.97 ppm의 範圍안에 있었다 (Table 3 參照)

處理前 廢水에서 亞鉛은 2회째 1698.9ppm으로 가장

Table 1. Distribution of pH in wastewater at 15 industries

No. of industries	Times of Collection	1		2		3		average	
		before	after	before	after	before	after	before	after
1		7.5	8.0	8.2	8.1	7.5	8.4	7.7	8.1
2		3.6	7.4	2.8	7.4	4.2	7.6	3.5	7.5
3		4.8	7.2	4.5	7.2	4.9	7.4	4.7	7.3
4		2.8	5.9	2.3	2.5	2.5	6.2	2.5	4.8
5		2.6	6.4	2.6	6.1	2.3	6.4	2.5	6.3
6		4.2	7.2	3.8	7.1	4.4	7.2	4.1	7.1
7		1.9	7.2	2.1	7.4	2.1	7.6	2.0	7.4
8		4.8	7.4	7.2	7.7	5.0	7.4	5.7	7.5
9		2.4	6.7	2.0	6.8	1.8	6.5	2.1	6.7
10		8.3	6.9	8.3	7.2	8.1	7.4	8.2	7.2
11		8.2	7.4	8.3	7.3	8.3	7.9	8.3	7.5
12		8.0	6.7	8.2	7.1	2.1	6.8	6.1	6.9
13		2.8	6.9	2.1	7.1	3.1	6.8	2.7	6.9
14		8.3	6.8	8.1	7.2	8.2	7.4	8.2	7.1
15		2.1	7.3	2.5	6.8	2.3	7.1	2.3	7.1

Table 2. Distribution of chromium in wastewater at 15 industries.

No. of industries	Times of collection	1		2		3		average	
		before	after	before	after	before	after	before	after
1		0.02	0.01	0.63	0.27	0.44	0.05	1.03	0.11
2		25.43	0.05	34.81	0.08	10.63	0.01	23.62	0.05
3		9.67	0.07	8.79	0.36	6.63	0.19	8.36	0.21
4		9.96	6.6	18.42	8.2	111.3	9.4	46.56	8.07
5		16.37	0.41	287.88	0.18	32.1	0.12	112.12	0.24
6		16.37	0.26	34.51	0.41	12.4	0.09	21.09	0.25
7		0.3	0.1	0.24	0.24	0.19	0.07	0.24	0.14
8		14.3	0.52	8.0	0.17	5.5	0.04	9.26	0.24
9		1.37	0.1	0.4	0.01	1.21	0.01	0.99	0.04
10		12.73	0.69	16.18	0.62	10.42	0.23	13.11	0.51
11		0.28	0.01	0.09	0.05	0.31	0.06	0.22	0.04
12		0.59	0.04	1.61	0.24	0.75	0.02	0.98	0.1
13		16.3	0.13	14.21	0.15	5.41	0.05	11.97	0.11
14		0.12	0.11	0.21	0.04	0.09	0.07	0.14	0.07
15		1.42	0.22	50.0	0.62	22.6	0.24	28.34	0.36
Min.		0.02	0.01	0.09	0.01	0.09	0.01	0.14	0.07
Max.		25.43	6.6	287.88	8.2	111.3	9.4	112.11	8.07

before: before treatment. after: after treatment.

Table 3: Distribution of Zinc in wastewater at 15 industries.

No. of industries.	Times of collection	1		2		3		average	
		before	after	before	after	before	after	before	after
1		0.53	0.38	12.37	1.24	0.68	0.22	4.52	0.61
2		14.28	0.32	32.4	0.4	4.5	0.08	17.06	0.26
3		0.75	0.09	2.67	1.11	2.57	0.07	1.99	0.42
4		0.78	0.55	68.3	0.62	151.61	49.46	73.56	16.88
5		0.77	0.18	79.57	0.81	0.89	0.12	27.08	0.37
6		0.78	0.26	12.5	0.42	0.61	0.14	4.63	0.27
7		0.29	0.17	2.09	0.64	0.77	0.74	1.05	0.51
8		0.78	0.77	120.43	70.97	77.42	36.6	66.21	36.11
9		0.78	0.53	1698.9	13.12	16.9	0.48	572.19	4.71
10		0.14	0.06	0.75	0.16	0.28	0.07	0.39	0.09
11		0.76	0.35	0.63	0.09	90.3	1.05	30.56	0.49
12		53.06	0.62	849.46	12.26	23.1	0.38	308.54	4.42
13		0.75	0.12	1.84	0.16	1.18	0.21	1.26	0.16
14		4.23	0.13	3.81	0.14	2.46	0.06	3.5	0.11
15		1.62	0.82	3.33	3.01	2.7	1.18	2.55	1.67
Min.		0.14	0.06	0.63	0.09	0.28	0.07	0.39	0.09
Max.		53.06	0.77	1698.9	70.97	151.61	49.46	572.19	36.11

before: before treatment. after: after treatment.

Table 4: Distribution of Copper in wastewater at 15 industries.

Times of collection No. of industries	1		2		3		average	
	before	after	before	after	before	after	before	after
1	2.9	1.9	80.73	0.84	1.9	0.53	28.51	1.05
2	1.9	0.32	1.2	0.01	2.1	0.28	1.7	0.2
3	1.93	0.19	22.94	0.27	17.15	0.31	14.01	0.26
4	3.93	1.02	10.81	5.42	33.59	13.28	16.11	6.57
5	1.93	0.26	78.67	0.21	14.16	0.18	31.58	0.22
6	1.93	0.53	3.18	0.87	2.72	0.72	2.61	0.71
7	2.92	0.21	8.78	0.21	10.38	0.31	7.36	0.24
8	0.41	0.08	0.46	0.13	0.15	0.02	0.34	0.08
9	1.93	0.79	1183.48	8.17	1.24	0.51	395.55	3.16
10	0.63	0.09	1.24	0.14	0.85	0.01	0.9	0.08
11	1.92	0.44	0.26	0.14	14.1	0.34	5.43	0.31
12	0.11	0.04	0.68	0.49	0.95	0.08	0.58	0.20
13	0.19	0.03	0.64	0.05	0.34	0.02	0.39	0.03
14	0.03	0.01	0.72	0.03	0.05	0.01	0.27	0.02
15	10.72	0.84	40.83	1.49	6.48	0.46	19.34	0.93
Min.	0.03	0.01	0.26	0.01	0.05	0.01	0.27	0.02
Max.	10.72	1.9	1183.48	5.42	33.59	13.28	395.55	6.57

before: before treatment. after: after treatment.

높았고, 1회때 0.14ppm으로 가장 낮았다. 處理水중에서는 2회때 70.97ppm으로 가장 높았고 3회때 0.06ppm으로 가장 낮았다.

處理前 廢水가 基準을 超過한 것은 3회에 걸쳐 15件이었으나 이중 5件은 基準超過로 處理되었고 나머지 10件은 基準以內로 處理되었다. 基準超過된 處理水 5件은 2회때 3個業所, 3회때 2個業所였는데 1個業所는 3回採水中 連 2회에 基準超過였다.

4. 銅(Cu); 處理前 廢水の 銅은 0.03~1183.48ppm의 範圍안에 있었고 處理水の 銅은 0.01~13.28ppm의 範圍안에 있었다(Table 4. 참조).

處理前 廢水중 銅이 가장 높게 檢出된 것은 2회때 1183.48ppm이었고 가장 낮게 檢出된 것은 1회때 0.03ppm이었다.

處理水중 銅이 가장 높게 檢出된 것은 3회때 13.28ppm이었고 가장 낮게 檢出된 것은 0.01ppm이었다.

處理前 廢水중 基準을 超過한 것은 16件이었으나 3個業所는 基準超過였고 나머지 13個業所는 基準以內였다. 이중 1個業所는 3回採水中 連 2회에 基準超過였다. 또한 1183.48ppm을 나타낸 業所는 處理後 8.17ppm을 보여 基準超過이긴 했지만 99.4%의 높은 處理

率을 나타내었다.

5. 카드뮴(Cd); 處理前 廢水 및 處理水에서 카드뮴은 대부분이 不檢出이었고 檢出된 것도 극히 微量이었다(Table 5 參照)

處理前 廢水중 카드뮴이 가장 높게 檢出된 것은 1회때 0.29ppm이었으나 處理後는 0.01ppm으로 基準以內였다. 또한 處理前 廢水가 不檢出이 大部分이고 가장 높게 檢出된 것이 0.29ppm으로 基準以內여서 카드뮴 處理에는 큰 問題가 없을 것으로 思料된다.

6. 납(Pb); 處理前 廢水の 납은 0.04~10.73ppm의 範圍안에 있었고 處理水の 납은 0.01~0.89ppm의 範圍안에 있었다.(Table 6 參照) 處理前 廢水中 납이 가장 높게 檢出된 것은 1회때 10.73ppm이었고 가장 낮은 것도 1회의 0.04ppm이었다. 處理水중 납이 가장 높게 檢出된 것은 3회의 0.89ppm이었고 가장 낮은 것은 0.01ppm이었다.

處理前 廢水에서 基準을 超過하는 것은 11件이었으나 處理後 모두 基準以內에서 處理에 큰 問題點이 없는 것으로 思料된다.

7. 망간(Mn); 處理前 廢水중 망간은 0.02~37.05ppm의 範圍안에 있었고 處理水는 不檢出에서 0.78ppm

Table 5: Distribution of cadmium in wastewater at 15 industries.

Times of collection	No. of industries	1		2		3		average	
		before	after	before	after	before	after	before	after
1	1	nd	nd	0.01	nd	nd	nd	tr.	nd
2	2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
3	3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
4	4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
5	5	nd	nd	0.01	0.01	nd	nd	tr.	tr.
6	6	0.03	nd	nd	nd	nd	nd	tr.	nd
7	7	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
8	8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
9	9	0.08	0.02	0.03	0.02	nd	nd	tr.	tr.
10	10	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
11	11	0.29	0.01	0.01	0.01	nd	nd	0.1	tr.
12	12	0.01	0.01	0.02	0.01	nd	nd	tr.	tr.
13	13	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
14	14	0.01	0.01	nd	nd	nd	nd	tr.	tr.
15	15	nd	nd	0.11	0.01	nd	nd	tr.	tr.

before.: before treatment.

after.: after treatment.

Table 6: Distribution of Lead in wastewater at 15 industries.

Times of collection	No. of industries	1		2		3		average	
		before	after	before	after	before	after	before	after
1	1	0.04	0.04	0.43	0.05	0.28	0.01	0.25	0.03
2	2	0.73	0.01	1.08	0.02	0.86	0.01	0.89	0.01
3	3	1.18	0.04	0.43	0.05	0.64	0.04	0.75	0.04
4	4	0.27	0.03	0.46	0.01	1.27	0.89	0.67	0.31
5	5	0.64	0.04	1.97	0.06	0.96	0.06	1.19	0.05
6	6	0.75	0.02	0.48	0.01	0.62	0.01	0.62	0.01
7	7	1.18	0.09	1.52	0.09	0.89	0.07	1.2	0.08
8	8	0.15	0.07	0.17	0.08	0.13	0.06	0.15	0.07
9	9	0.93	0.18	1.45	0.21	0.76	0.15	1.05	0.18
10	10	0.14	0.07	0.28	0.08	0.09	0.01	0.17	0.05
11	11	0.22	0.08	0.09	0.05	0.2	0.12	0.17	0.08
12	12	0.28	0.11	1.52	0.1	0.63	0.05	0.81	0.09
13	13	0.51	0.02	0.68	0.02	0.29	0.01	0.49	0.02
14	14	10.73	0.14	8.36	0.09	6.84	0.03	8.64	0.09
15	15	0.28	0.15	0.22	0.14	0.16	0.08	0.22	0.12

before.:before treatment.

after.: after treatment.

Table 7: Distribution of Manganese in wastewater at 15 industries.

Times of collection No. of industries	1		2		3		average	
	before	after	before	after	before	after	before	after
1	0.14	0.09	0.49	0.06	2.49	0.14	1.04	0.1
2	0.1	0.1	0.26	0.08	0.18	0.04	0.18	0.07
3	0.1	0.04	0.16	0.09	0.18	0.05	0.15	0.06
4	0.36	0.05	0.18	0.05	0.27	0.24	0.27	0.1
5	0.11	0.02	1.94	0.05	0.62	0.04	0.89	0.04
6	0.53	0.02	2.53	0.06	0.74	0.03	1.27	0.04
7	0.02	0.01	0.05	0.04	0.1	0.06	0.06	0.04
8	0.74	0.54	1.89	0.64	1.14	0.78	1.26	0.65
9	0.7	0.08	0.51	0.13	0.74	0.06	0.65	0.09
10	0.61	0.14	0.46	0.05	0.53	0.06	0.53	0.08
11	0.23	nd	0.02	0.02	0.51	0.03	0.25	0.02
12	17.74	0.04	37.05	0.34	10.42	0.16	21.73	0.18
13	0.11	0.09	0.28	0.19	0.25	0.12	0.21	0.13
14	4.6	0.33	4.12	0.31	2.16	0.18	3.62	0.27
15	2.16	0.12	2.57	0.15	1.86	0.08	2.19	0.12
Min.	0.02	nd	0.02	0.02	0.1	0.03	0.06	0.02
Max.	17.74	0.54	37.05	0.64	10.42	0.78	21.73	0.65

before.: before treatment. after.: after treatment.

의 範圍안에 있었다. (Table 7 參照)

處理前 廢水중 망간이 가장 높은 것은 2회째 37.05 ppm이었고 가장 낮은 것은 1회째 0.01ppm이었다. 處理水중에서는 3회째 0.78ppm이 가장 높았고 가장 낮은 것은 不檢出이었다. 基準超過되는 處理前 廢水是 3件으로 이들은 모두 基準以內로 處理되어 큰 問題가 없는 것으로 思料된다.

이들 處理前 廢수에 있어서 크롬은 最高値가 287.88 ppm으로 金等³⁾의 平均312ppm보다 낮고 亞鉛은 最高値가 1698.9ppm으로 金等³⁾의 平均 2.1ppm보다 매우 높지만 이는 作業量, 作業時間等 周圍與件에 依한 영향인 것으로 사료된다.

重金屬 各 項目의 最高値를 보면 크롬 287.88ppm, 亞鉛 1698.9ppm 銅 1183.48ppm, 카드뮴 0.29ppm, 납 8.36ppm, 망간 37.05ppm으로 높은 수치를 나타내는 項目도 있어 處理前 廢수에 對한 汚染度가 높지 않다는 等⁴⁾의 주장과는 相反되는 項目도 있었다. 이들 중 카드뮴만이 1회째 採水한 것이고 나머지는 2회째 採水한 試料에서 最高値를 나타내었고 全般的으로 2회째의 實驗値가 1, 3회보다 높은 傾向을 보이는 것으로 보아 이 또한 試料採取時間, 作業內容, 作業時間,

作業量에 따라 많은 影響을 받는 것으로 思料된다.

項目別 排出許容基準 超過率은 크롬 6%, 亞鉛 11%, 銅 6%의 超過率을 나타내었고 카드뮴, 납, 망간은 超過되는 것이 없었다. (Table. 8 參照)

한편 處理前 廢水중 銅, 카드뮴, 납의 最高値는 金等⁷⁾이 報告한 重金屬業所의 廢棄物중 銅, 카드뮴, 납의 最高値 各 2581.3ppm 0.53ppm, 22.2ppm보다 낮았는데 이는 廢棄物이 廢水を 處理한 나머지 沈澱物인 것을 생각할 때 當然한 것으로 思料된다.

또한 河川으로 流入되는 基準超過된 處理水와 1983年度 河川水의 重金屬 汚染度⁶⁾를 比較하여 보면 크롬은 6.6, 8.2, 9.4ppm으로 이는 河川중 크롬이 가장 높게 檢出된 永登浦 機械工團 河川의 平均 1.18ppm, 年中 最高値 7ppm을 上廻하고 있다.

亞鉛은 永登浦 機械工團 河川이 年平均 1.49ppm이었고 다른 河川들은 年平均 0.5ppm以下로 아주 낮은 數値를 보였으나 基準超過된 處理水는 16.88, 36.11 ppm으로 河川水보다 높은 數値를 나타냈는데 이는 漢江변 土壤에 存在하는 亞鉛의 含量과 비슷하였다.

銅은 永登浦 機械工團 河川이 年平均 2.08ppm이었고 다른 河川은 微量檢出이었다. 基準超過된 銅은 3.16

Table 8: The excess of rate being over the standard. (the amount of 3 times collection.)

Item.	Cr		Zn		Cu		Cd		Pb		Mn	
	2ppm below.		5ppm below.		3ppm below.		0.1ppm below		1ppm below.		10ppm below	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
Standard.												
Industries dealing with metal. 15 industries.)	3	6%	5	11%	3	6%	—	—	—	—	—	—

ppm, 6.57ppm으로 永登浦 機械工團의 平均值보다 높았다.

測定項目중 납, 카드뮴, 망간은 許容基準以內로 處理가 되었고 河川水 中에서도 不檢出 또는 微量 檢出이 었다.

이들 基準超過된 項目들이 河川水보다 높게 檢出되는 것은 處理過程, 方法等에 問題點이 있는 것으로 思料되며 이들이 그대로 河川에 流入될 경우 重金屬의 汚染度가 심각할 것으로 思料되므로 廢水處理 問題點을 찾아내어 時急히 解決하여야 할 것으로 思料된다.

結 論

서울市內에 位置한 金屬業所중 15個所(渡金: 9, 酸處理: 4 洗滌: 2)를 任意選定하여 重金屬 汚染度를 調査한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. pH; 處理前 廢水의 pH는 1.8~8.3의 範圍였고 處理水의 pH 는 2.5~8.4의 範圍였다.
2. 크롬(Cr); 處理前 廢水는 0.02~287.88ppm의 範圍였고 處理水의 크롬은 0.01~9.4ppm의 範圍였다.
3. 亞鉛(Zn); 處理前 廢水의 亞鉛은 0.14~1689.9 ppm의 範圍였고 處理水는 0.06~70.97ppm의 範圍였다.
4. 銅(Cu); 處理前 廢水는 0.03~1183.48ppm의 範圍였고 處理水는 0.01~13.28ppm의 範圍였다.
5. 카드뮴(Cd); 處理前 廢水 및 處理水에서 카드뮴

은 대부분이 不檢出이 었고 檢出된 곳도 극히 微量이 었다.

6. 납(Pb); 處理前 廢水의 납은 0.04~10.73ppm의 範圍였고 處理水는 0.01~0.89ppm의 範圍였다.

7. 망간(Mn); 處理前 廢水는 0.02~37.05ppm 의 範圍였고 處理水는 不檢出에서 0.78ppm의 範圍였다.

參 考 文 獻

1. 環境保全法 施行令(1983. 4. 13. 大統領令 第11101 號)
2. 環境汚染 公定試驗法 水質編.
3. 工場廢水 汚染成分에 관한 研究.; 金洪祚, 金教星, 李弼權, 張基先, 國立保健研究院報: 140 (1968)
4. 工場廢水에 依한 河川汚染에 관한 研究.; 鄭文植, 황영식, 白南勳, 李泓根, 김현, 金鍾澤, 단행본. (1972)
5. 金在奉, 金東漢外 5人: 重金屬에 依한 土壤汚染과 農作物內 含量의 相關關係에 관한 研究, 1980: 單行本.
6. 姜熙坤, 李光國의 6人: 서울市內 支川水의 水質汚染度 調査. 서울特別市保健環境研究所報 227:19 (1983)
7. 金甲洙, 韓商運의 5人: 産業廢棄物의 特定有害物 質 含有量에 관한 調査(Ⅱ) 서울特別市保健環境 研究所 19:310 (1983).