한국환경위생학회지, 제20권 제4호 (1994)
Kor. J. Env. Hlth. Soc., Vol. 20, No. 4, pp. 72~79 (1994)

廢棄物 溶出試驗法에 關한 硏究

어 수 미
서울특별시 보건환경연구원

Studies on the Leaching Test in Industrial Waste

Soo-mi Eo
Seoul Metropolitan Government Institute of Health and Environment

ABSTRACT

This study was performed to improve many problems of leaching test of industrial waste sludge analysis. We analyze sludges by variation of leachant, pH and leaching time.

The results were as follows :

1. As leaching at pH 5.8 by our leaching test without control of pH during leaching, the leaching rates were very low as below 1%.
2. As leaching at pH 5.8 continuously by hydrochloric acid every 2 hour, the leaching rates were higher than before 1.
3. As leaching at pH 5.0 continuously by acetic acid every 2 hour, the leaching rates were higher than 1, 2.
4. The variations of leaching rate by leaching time were smaller increase after 10 hours than before.
5. It will be recommendable that the pH of leachant maintain constantly during leaching as level of acid rain, and the acetic acid is more effective than hydrochloric acid as leachant.

Keywords : Leaching test, hydrochloric acid, acetic acid, leachant.

I. 서 론

환경 및 국민보건에 악영향을 미칠 가능성이 있는 유해폐기물의 발생량이 매년 10% 이상씩 증가하고 있으며,[1] 이들의 적절한 관리 대책이 시급한 실정이다. 특히 중금속 등이 포함된 유해폐기물의 부적절한 처분은 토양오염, 수질오염 등 2차 오염을 유발하고 국민보건에 직접 영향을 미치는 점을 감안하면 특정유해물질의 적정처리는 시급히 해결해야 할 과제이다.[2]

현재 우리나라의 폐기물 슬럿지의 유해성 판정은 용출시험법에 의하며 이는 폐기물 슬럿지를 일정한 pH의 용매로 용출시킨 후에 용출액으로 유해물질 농도를 산출하는 방법인데 여기서 용출시험 방법 뿐 아니라 결과 산출 방법 등에서 문제점이 있다. 즉 용출시 용매의 pH를 육상매립 처분용은 5.8~6.3, 공유수면 매립 및 해양배출 처분용은 7.8~9.3으로 설정하고 있으며,[3] 폐기물 슬럿지와 용매와의 혼합 이후의 pH 변화에 대한 조정에는 전혀 언급이 없어서 폐기물 자체의 pH에 따라 용출도중 pH의 변화로 용출율의 차이가 클 것으로 사료된다. 또한 우리나라 시험법의 최종 결과에서 수분 보정하는 방법이 용출시험 결과에 보정계수(15/100-시료의 함수율)를 곱하도록 하여 李 등의 연구에 의하면[4] Cd, Pb, Cu 등에서 일본시험법에 따른 결과치보다 우리나라 방법에 의한 결과치가 10배 이상 낮게 나타났다고 하였다.

미국 EPA의 EP(Extraction Procedure) Test에서는 폐기물 슬럿지와 용매를 혼합한 후에도 계속 pH를 5.0이하로 조정하도록 규정하고 있으며,[5] 또한 TCLP(Toxicity Characteristic Leaching Procedure) 법에서도 폐기물의 pH가 5.0이하인 경우에는 4.93±0.05인 용매를, pH가 5.0이상인 경우에는 pH가 2.88±0.05인 용매를 사용하였다.[6] 이는 현재 세계적으로 문제가 되는 산성우의 pH가 대부분이 5.0이하이고, 이들이 강우시 매립된 폐기물과 연속적으로 접촉하

여 폐기물내 유해물질을 용출시키는 점을 감안할 때 타당하다고 사료되며 따라서 우리나라 용출시험법에서 용매의 pH를 현재보다 낮추는 것이 타당하다고 사료된다.

또한 용매의 pH를 조절하는 약품도 우리나라에서는 염산으로 pH를 조정하도록 하였으나, 미국 EPA에서는 초산을 사용하여 유기산류의 강한 착(錯)형성 작용으로 폐기물로부터 유해물질의 용출을 촉진시키고 있다.[7]

한편 슬럿지를 용매와 진탕시키는 시간에서도 우리나라는 200회/min 속도로 6시간 진탕하도록 하였으나, EPA의 EP Test에서는 24시간, TCLP에서는 18±2시간 용출시키도록 규정되어 있다.

따라서 본 연구에서는 우리나라 폐기물 슬럿지 용출시험법에서 위와 같은 문제점 등을 개선하기 위해 산업폐기물 슬럿지를 이용하여 우리나라 시험법에 의한 용출결과와 용매의 pH를 염산과 초산으로 나누어 각각 pH를 조절하고 진탕시간을 조절하여 이들의 시간별, 용매별 용출율의 변화를 중금속함유량과 비교하여 알아보고, 현재 산업장에서 발생하는 폐기물의 유해성 여부를 판정하는 용출시험법의 문제점들을 개선하기 위한 자료로 제공하고자 본 연구를 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재 료

1993년 11월에 폐기물 슬럿지 발생 업종중 중금속을 다른 업종보다 비교적 다량 함유하는 3곳(도금 2, 제강 1)을 채취하여 본 연구재료로 사용하였다.

2. 방 법

1) 수분함량 및 중금속 함유량 실험

폐기물중 수분 함유량은 환경오염공정시험법의 수분시험법에 따라 실험하였으며,[5] 용출율을 산출하기 위해 산 분해법으로 폐기물중 중금속 함유량을 측정하였다.

2) 용매와 용매의 pH변화에 따른 용출율 측정

용매의 pH변화에 따른 용출율의 변화를 보기 위해 시료 50 g을 취하여 1 : 10의 비율로 용매를 혼합하여 진탕시켰으며, 용출 용기는 일률적으로 1 l 용량의 용기를 사용하였다. 용출율을 산출하기 위해 중금속 함유량 역시 1 : 10으로 희석한 농도를 사용하였고 수분보정은 하지 않았다.

용매와 pH는 다음의 세 가지로 나누어 실험하였다.

① 우리나라 공정시험법에서 염산으로 용매의 pH를 5.8~6.3으로 조정하여 용출하도록 하였으나 증류수의 pH가 그 범위에 해당하여 증류수로 용출하였다.

② 염산으로 진탕중에도 계속 2시간 간격으로 pH를 5.8로 조절하여 용출하였다.

③ 미국 EPA의 EP Test에 따라 초산으로 진탕중에도 계속 2시간 간격으로 pH를 5.0으로 유지하면서 용출시켰다.

3) 용출시간에 따른 용출율 특성

위의 용매의 pH 변화에 따른 실험에서 진탕시간별 용출율의 특성을 파악하고자 2~24시간의 진탕시간을 단계적으로 측정하였다.

3. 실험기기

용매의 pH별, 시간별로 용출한 시료는 질산-황산으로 산 분해한 후 중금속별로 검량선 범위에 포함되도록 1~1000배로 희석하여 원자흡광광도계(A.A.S. : Varian Spectra AA-30)로 측정하였다.

4. 실험항목

본 연구의 대상 시료에 함유된 중금속중 Zn, Ni, Cu, Mn, Cr의 5가지를 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 중금속 함유량 및 함수율

도금 슬럿지 두 곳과 제강 슬럿지 한 곳에서 채취한 시료중 함수율, pH 및 중금속 함유량(수분

Table 1. Rate of water content, pH and concentration of heavy metal in sludges from industrial wastes

(Unit : mg/kg)

Kind of sludge	Water content (%)	pH	Zn	Ni	Cu	Mn	Cr
Plating 1	63.59	9.8	6446.0	394.8	61.9	741.3	1931.0
Plating 2	78.56	10.4	6096.0	10438.0	27080.0	941.7	9021.0
Steel manufact.	72.89	10.9	26780.0	34.2	19.5	189.0	9.9

함유할 때)은 Table 1과 같이 함수율은 63.59~78.56 %, pH는 9.8~10.9로 알칼리성이었으며, 중금속은 Zn을 제외하고는 모두 도금 슬럿지 2에서 높게 함유하였다.

2. 용매의 pH 변화별, 용출시간별 용출율

1) 용매를 증류수(pH=5.8)로 용출시킨 경우

진탕시간 2~24시간으로 단계적으로 용출시킨 결과 Table 2~6에서와 같이 Ni은 세 가지 시료에서 모두 불검출되었으며, Cr, Mn은 0~0.04%, Zn은 0~0.23%로 극히 미량이 용출되었으며, Cu도 0.002~6.37%로 제강슬럿지에서 3.95~6.37% 검출된 것을 제외하고는 모두 1% 미만으로 용출율이 매우 낮았다.

2) 염산으로 2시간 간격으로 용매의 pH를 5.8로 계속 조절한 경우

진탕시간 6~24시간 용출시키는 동안 2시간 간격으로 용매의 pH를 5.8로 조정한 결과 pH 변화는 Table 7과 같이 pH를 조정한 후에도 진탕 후에는 용매의 pH가 슬럿지와 반응하여 높아졌으며 진탕 8시간 후에는 거의 변화를 나타내지 않았다.

염산으로 계속 pH를 5.8로 조절한 경우의 용출율은 Table 2~6에서와 같이 Cu에서 제강슬럿지와 Cr에서 도금슬럿지 1, 2를 제외하고는 모두 pH를 조절하지 않은 경우보다 높게 나타났다. Cr은 용출율이 0.002~1.81%로 비교적 낮았으며, Cu가 0.18~2.36%, Ni이 2.94~13.56%, Zn 0.94~35.33%, Mn이 7.98~37.53%로 Cr과 Cu를 제외하고는 용출시간에 따라 용출율의 차이가 비교적 크게 나타났으며, Fig. 1에서와 같이 용출시간 10시간 이후의 용출율은 완만하게 증가하였다.

3) 초산으로 pH를 5.0으로 계속 조정한 경우

용매를 초산으로 이용하여 2시간 간격으로 pH 5.0으로 계속 조절했을 때 pH 변화는 Table 8과 같이 9시간 이후에는 5.0으로 거의 변화를 나타내지 않았다.

초산으로 pH를 2시간 간격으로 5.0으로 용출시킨 결과 용출율은 Table 2~6과 같이 염산으로 pH 5.8로 용출시킨 결과보다 매우 높게 나타났으며, Cr만 0.004~3.02%로 비교적 소량 용출되고 나머지 중금

Table 2. Zn concentration (mg/*l*) and leaching rate (%) by leaching characteristics

Leachant and it's pH	Leaching time	Plating 1		Plating 2		Steel manufacture	
		Concentration*	Leaching rate**	Concentration	Leaching rate	Concentration	Leachine rate
Distilled water (adjust pH=5.8 at first only)	2	0.05	0.01	ND#	0	2.25	0.08
	4	0.09	0.01	ND	0	3.11	0.12
	6	0.11	0.02	ND	0	4.14	0.15
	8	0.11	0.02	ND	0	4.38	0.16
	10	0.12	0.02	ND	0	5.58	0.21
	15	0.12	0.02	ND	0	5.74	0.21
	20	0.13	0.02	ND	0	5.94	0.22
	24	0.13	0.02	ND	0	6.08	0.23
Hydrochrolic acid (adjust pH=5.8 per 2 hour continuously)	6	6.07	0.94	8.41	1.38	276.67	10.33
	8	10.46	1.62	39.37	6.46	629.33	23.50
	10	16.73	2.60	51.33	8.42	717.33	26.79
	20	16.73	2.60	57.93	9.50	944.67	35.28
	24	17.67	2.74	61.40	10.07	946.21	35.33
Acetic acid (adjust pH=5.0 per 2 hour continuously)	2	106.33	16.50	90.50	14.85	947.33	35.37
	4	136.67	21.20	91.67	15.04	1090.33	40.71
	6	180.00	27.92	100.33	16.46	1176.67	43.94
	8	191.25	29.67	103.33	16.95	1446.67	54.02
	10	232.67	36.09	142.00	23.40	1756.67	65.60
	15	237.33	36.82	147.67	24.22	1756.00	65.57
	20	273.33	42.40	211.00	34.61	1760.00	65.72
	24	291.67	45.25	232.33	38.09	1863.33	69.58

Unit : *=mg/*l*, **=%, # : Non-detected.

Table 3. Ni concentration (mg/*l*) and leaching rate (%) by leaching characteristics

Leachant and it's pH	Leaching time	Plating 1		Plating 2		Steel manufacture	
		Concentration*	Leaching rate**	Concentration	Leaching rate	Concentration	Leachine rate
Distilled water (adjust pH=5.8 at first only)	2	ND#	0	ND	0	ND	0
	4	ND	0	ND	0	ND	0
	6	ND	0	ND	0	ND	0
	8	ND	0	ND	0	ND	0
	10	ND	0	ND	0	ND	0
	15	ND	0	ND	0	ND	0
	20	ND	0	ND	0	ND	0
	24	ND	0	ND	0	ND	0
Hydrochloric acid (adjust pH=5.8 per 2 hour continuously)	6	1.33	3.38	30.67	2.94	0.13	3.71
	8	2.64	6.68	80.20	7.68	0.33	9.65
	10	3.04	7.71	92.53	8.87	0.41	11.87
	20	3.08	7.79	100.77	9.65	0.46	13.48
	24	3.28	8.32	106.02	10.16	0.46	13.56
Acetic acid (adjust pH=5.0 per 2 hour continuously)	2	6.94	17.59	126.27	12.10	0.47	13.62
	4	9.39	23.78	234.33	22.45	0.50	14.70
	6	10.48	26.55	292.00	27.97	0.75	21.89
	8	11.36	28.78	305.67	29.28	1.47	42.88
	10	12.40	31.40	400.00	38.32	1.49	43.64
	15	12.73	32.24	464.67	44.52	1.76	51.30
	20	13.52	34.24	554.67	53.14	1.90	55.48
	24	13.66	34.61	595.67	57.07	2.21	64.60

Unit : *=mg/*l*, **=%, # : Non-detected.

속에서는 Fig. 2~5에서와 같이 Mn이 20.23~65.34%, Cu가 2.67~67.20%, Ni 12.10~64.60%, Zn이 14.85~69.58%로 높게 검출되었다. 또한 용출 시간별 용출율은 Zn, Ni, Mn 및 Cu 등에서 10시간 용출 이후에 용출율이 그 전보다 완만히 증가하였다.

이상의 결과에서 용출시간에 따른 용출율의 차이는 용매의 pH를 2시간 간격으로 조정한 경우 pH가 비교적 안정된 10시간 정도가 가장 적절하다고 사료되며, 용매도 신 등의 보고에 의하면[8] 폐기물을 자연환경에 매립하여 발생되는 유기산인 초산이 같은 pH 조건에서도 염산보다 용출이 잘된다고 하였고 본 연구에서도 용출 후 용매의 pH가 염산보다 초산이 더 안정하다는 점에서 초산으로 조정하는 것이 더 바람직하다고 사료된다. 용매의 pH도 자연환경에서 산성우에 의한 중금속 용출을 감안하여 적어도 산성우 수준에서 용매의 pH가 결정되어야 하며, 폐기물 자체의 pH 변화에 따른 오차를 줄이고 산성우의 연속 폭로를 감안하여 용출도중에 용매의 pH를 조정하는 것이 바람직하다고 사료된다. 또한 李 등의 연구에 의하면[4] 슬럿지 중금속 용출은 진탕용기, 진탕강도, 함수율보정 등이 결과치에 영향을 준다고 한 바 이들 변수를 감안한 폐기물 실험방법에 관한 명확한 규정이 설정되어야 하며, 가능한 자연환경에서 용출되는 정도를 정확히 파악할 수 있도록 현행 시험법의 pH조정 및 조정방법 수정, 함수율 보정방법 수정 등이 필요하다고 사료된다.

IV. 결 론

현행 시행되는 우리나라 폐기물 슬럿지 용출시험법의 여러 문제점을 개선하고자 산업폐기물을 이용하며 용매별, pH별 그리고 용출시간별 용출특성을 살펴본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

① 현행 공정시험법에 따라 처음에 용매의 pH를 5.8로 하여 2~24시간 단계적으로 용출시킨 결과 용출율이 극히 저조하여 Ni은 불검출, Mn, Cr은 0~0.04%, Zn 0~0.23%로 미량이 검출되었으며, Cu도 제강슬럿지에서만 3.95~6.37% 검출되었을

Table 4. Cu concentration (mg/*l*) and leaching rate (%) by leaching characteristics

Leachant and it's pH	Leaching time	Plating 1		Plating 2		Steel manufacture	
		Concentration*	Leaching rate**	Concentration	Leaching rate	Concentration	Leachine rate
Distilled water (adjust pH=5.8 at first only)	2	0.007	0.11	0.047	0.002	0.077	3.95
	4	0.007	0.11	0.112	0.004	0.078	4.00
	6	0.007	0.11	0.178	0.007	0.078	4.00
	8	0.007	0.11	0.224	0.008	0.097	4.98
	10	0.007	0.11	0.273	0.01	0.099	5.08
	15	0.008	0.13	0.278	0.01	0.113	6.80
	20	0.011	0.18	0.287	0.01	0.118	6.06
	24	0.011	0.18	0.319	0.01	0.124	6.37
Hydrochloric acid (adjust pH=5.8 per 2 hour continuously)	6	0.011	0.18	3.760	0.14	0.013	0.67
	8	0.012	0.19	14.407	0.53	0.038	1.95
	10	0.012	0.19	34.133	1.26	0.040	2.05
	20	0.012	0.19	34.633	1.28	0.044	2.26
	24	0.012	0.19	39.433	1.46	0.046	2.36
Acetic acid (adjust pH=5.0 per 2 hour continuously)	2	0.225	3.64	274.33	10.13	0.052	2.67
	4	0.328	5.30	436.00	16.00	0.149	7.65
	6	0.355	5.74	518.67	19.15	0.409	20.00
	8	0.446	7.21	531.00	19.61	1.218	62.53
	10	0.446	7.21	701.33	25.90	1.293	66.37
	15	0.446	7.21	717.67	26.50	1.300	66.74
	20	0.457	7.38	920.33	33.99	1.306	67.04
	24	0.464	7.50	966.33	35.68	1.309	67.20

Unit : *=mg/*l*, **=%.

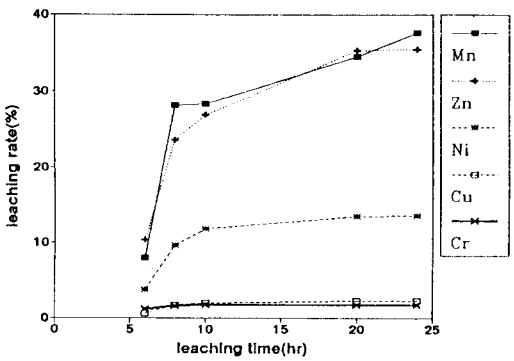

Fig. 1. Leaching rate by time from sludge of Steel Manufacture when adjust pH=5.8 per 2 hour continuously by hydrochloric acid.

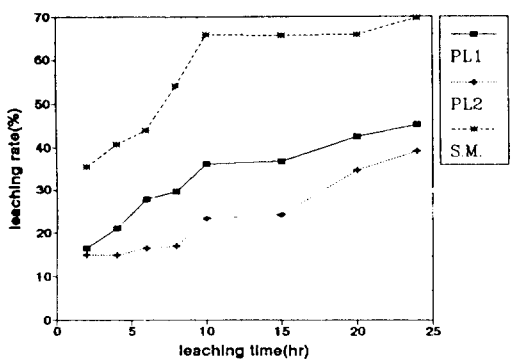

Fig. 2. The change of leaching rate of Zn when pH of leachant adjust as 5.0 continuously by acetic acid.

뿐 나머지 두 곳의 도금슬럿지에서는 모두 1% 미만으로 용출율이 매우 낮았다.

② 염산으로 pH를 5.8로 2시간 간격으로 조절한 경우의 용출율은 6~24시간 용출에서 pH를 조절하지 않은 경우보다 대부분 용출율이 높아 Cr은 0.002~1.8%, Cu 0.18~2.36%, Ni 2.94~13.56%, Zn 0.94~35.33%, Mn은 7.98~37.53%의 용출율은 나타냈다.

Table 5. Mn concentration (mg/l) and leaching rate (%) by leaching characteristics

Leachant and it's pH	Leaching time	Plating 1		Plating 2		Steel manufacture	
		Concentration*	Leaching rate**	Concentration	Leaching rate	Concentration	Leachine rate
Distilled water (adjust pH=5.8 at first only)	2	0.019	0.03	ND#	0	ND	0
	4	0.020	0.03	ND	0	ND	0
	6	0.022	0.03	ND	0	ND	0
	8	0.025	0.03	ND	0	ND	0
	10	0.026	0.04	ND	0	ND	0
	15	0.026	0.04	ND	0	ND	0
	20	0.027	0.04	ND	0	ND	0
	24	0.029	0.04	ND	0	ND	0
Hydrochloric acid (adjust pH=5.8 per 2 hour continuously)	6	15.580	21.02	11.537	12.25	1.509	7.98
	8	16.027	21.62	18.367	19.50	5.310	28.09
	10	16.290	21.97	18.580	19.73	5.343	28.27
	20	18.645	25.15	20.973	22.27	6.503	34.41
	24	21.387	28.85	21.447	22.77	7.093	37.53
Acetic acid (adjust pH=5.0 per 2 hour continuously)	2	24.240	32.70	20.230	21.48	6.323	33.46
	4	25.567	34.49	21.977	23.34	6.887	36.44
	6	28.367	38.27	24.873	26.41	8.567	45.33
	8	31.421	42.39	25.043	26.59	9.167	48.50
	10	32.067	43.26	26.603	28.25	10.400	55.03
	15	32.383	43.68	27.493	29.20	11.587	61.31
	20	33.207	44.79	32.233	34.23	12.223	64.67
	24	37.607	50.73	32.967	35.01	12.350	64.34

Unit : *=mg/l, **=%, # : Non-detected.

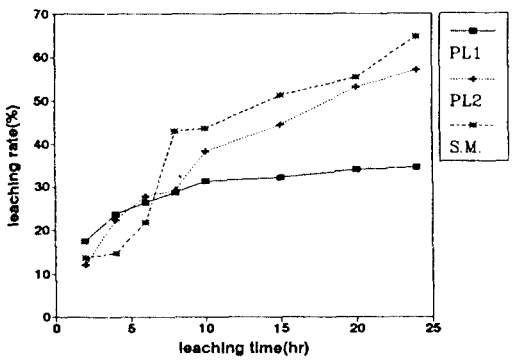

Fig. 3. The change of leachant rate of Ni when pH of leachant adjust as 5.0 continuously by acetic acid.

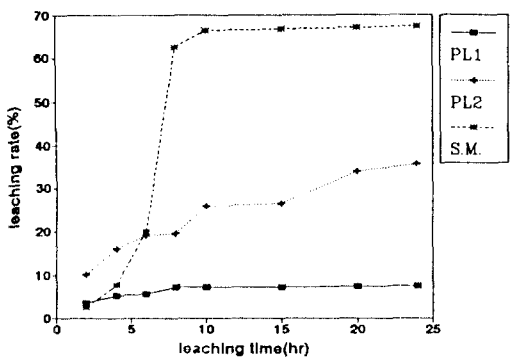

Fig. 4. The change of leaching rate of Cu when pH of leachant adjust as 5.0 continuously by acetic acid.

③ 미국 EPA의 EP 시험법에 따라 초산으로 pH를 5.0으로 2시간 간격으로 조절한 경우의 용출율은 2~24시간 용출에서 Cr이 0.04~3.02%로 비교적 낮았으나 나머지 중금속에서는 Mn이 20.23~65.34%, Cu가 2.67~67.20%, Ni 12.10~64.60%, Zn이 14.85~69.58%로 높게 검출되었다.

④ 용출시간별 용출율의 변화는 염산으로 pH 5.8로 유지시킨 경우나 초산으로 pH 5.0으로 조절한

Table 6. Cr concentration (mg/l) and leaching rate (%) by leaching characteristics

Leachant and it's pH	Leaching time	Plating 1		Plating 2		Steel manufacture	
		Concentration*	Leaching rate**	Concentration	Leaching rate	Concentration	Leachine rate
Distilled water (adjust pH=5.8 at first only)	2	0.040	0.02	0.163	0.02	ND#	0
	4	0.040	0.02	0.203	0.02	ND	0
	6	0.042	0.02	0.226	0.03	ND	0
	8	0.043	0.02	0.237	0.03	ND	0
	10	0.045	0.02	0.254	0.03	ND	0
	15	0.079	0.04	0.254	0.03	ND	0
	20	0.085	0.04	0.256	0.03	ND	0
	24	0.086	0.04	0.309	0.03	ND	0
Hydrochloric acid (adjust pH=5.8 per 2 hour continuously)	6	0.034	0.02	0.015	0.002	0.012	1.21
	8	0.035	0.02	0.017	0.002	0.016	1.61
	10	0.037	0.02	0.019	0.002	0.018	1.81
	20	0.039	0.02	0.019	0.002	0.018	1.81
	24	0.041	0.02	0.019	0.002	0.018	1.81
Acetic acid (adjust pH=5.0 per 2 hour continuously)	2	0.216	0.11	0.034	0.004	0.020	2.02
	4	0.470	0.24	0.058	0.006	0.020	2.02
	6	0.661	0.34	0.128	0.01	0.027	2.72
	8	0.770	0.40	0.143	0.02	0.027	2.72
	10	0.793	0.41	0.263	0.03	0.027	2.72
	15	0.842	0.44	0.410	0.05	0.027	2.72
	20	0.932	0.48	0.699	0.08	0.027	2.72
	24	1.205	0.62	0.706	0.08	0.030	3.02

Unit : * = mg/l, ** = %, # : Non-detected.

Table 7. Adjust leachant as pH=5.8 by hydrochloric acid and then the change of pH after leaching by time

Leaching time	pH change of leachant		
	Plating 1	Plating 2	Steel manufacture
2	9.6	10.3	10.9
4	6.5	6.7	6.6
6	6.3	6.2	6.3
8	6.3	6.0	6.1
10	6.3	6.0	6.1

Table 8. Adjust leachant pH=5.0 by acetic acid and then the change of pH after leaching by time

Leaching time	pH change of leachant		
	Plating 1	Plating 2	Steel manufacture
1	9.4	10.0	10.5
3	5.5	5.7	6.0
5	5.1	5.4	5.5
7	5.1	5.2	5.2
9	5.0	5.0	5.0

성우 모두 용매의 pH가 비교적 안정된 용출시간 10시간 이후에 용출율이 완만하게 증가하였다.

(5) 이상의 결과에서 현재 시행되는 용출시험법은 폐기물이 산성우에 의해 계속 용출되는 경우나 매립지내 변화 등을 감안하여 적어도 산성우 수준의 일정한 pH를 용출중에도 계속 유지시키는 것이 바람직하며, 용매의 pH를 조정하는 산도 무기산인 염산보다는 자연환경에서 발생하는 유기산인 초산을 사용하고, 용출시간도 용매의 pH가 비교적 안정되는 시간(본 연구에서는 10시간)을 유지시키는 것이 바람직하리라 사료된다. 이외에도 수분보정법이나 진탕용기의 크기 설정

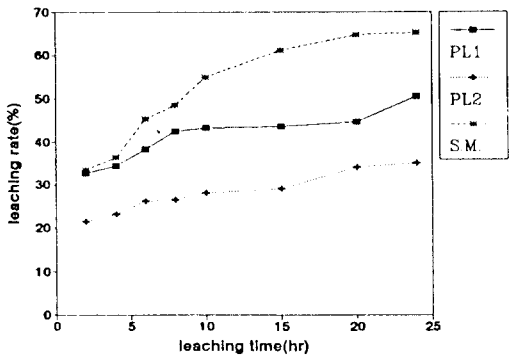

Fig. 5. The change of leaching rate of Mn when pH of leachant adjust as 5.0 continuously by acetic acid.

등의 문제점이 역시 보완되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1) 구자공, 유희찬 : 유해폐기물관리. 대한토목학회지, **39**(5), 94, 1991.
2) 민병찬 : 우리나라의 특정유해 산업폐기물의 처리 실태. 유독화학물질과 특정폐기물의 안전 및 관리. 한국과학기술원 **4**, 13, 1991.
3) 환경처 : 환경오염공정시험법-폐기물시험법. 1986.
4) 李吉哲, 裴佑根, 朴虎聲 外 : 산업폐기물 매립지 관리의 최적화 방안에 관한 연구(I). 국립환경연구원보, **13**, 255, 1991.
5) 포항종합제철주식회사 : 산업폐기물 매립 기본계획 보고서. 1991.
6) EPA : Hazardous Waste Management System, 1990.
7) Hayakawa, R. : 용출시험과 문제점. 水質汚濁研究, **13**(2), 1990.
8) 신진호, 변종각, 원운재 외 : 폐기물 용출시험에 관한 연구. 서울시 보건환경연구원보, **28**, 249, 1992.
9) 황경엽 : 특정산업폐기물의 관리 현황 및 문제점. 유독화학물질과 특정폐기물의 안전 및 관리. 한국과학기술원, **2**, 11, 1991.
10) 이성호 : 우리 국토는 지금 넘쳐나는 폐기물로 신음하고 있다. 월간 폐기물, 86, 1993.
11) 환경처 : 폐기물관리법. 환경관계법규, 1991.
12) 金廣洙 : 산업폐기물의 유해성 판별을 위한 침출실험. 한국건설연구원, 1992.
13) 김정대, 남궁완 : 용출시험방법이 폐기물 용출특성에 미치는 영향. 한국폐기물학회, **9**(2), 261, 1992.