

전해처리에 의한 매립지 침출수의 전처리에 관한 연구

이 병 인 · 황 순 홍* · 이 동 훈* · 김 동 민*

밀양산업대학교 환경공학과, *서울시립대학교 환경공학과
(1994년 6월 13일 접수)

A Study on the Pretreatment of Municipal Landfill Leachate by Electrolysis

Pyong-In Yi, Soon-Hong Hwang*, Dong-Hoon Lee* and
Dong-Min Kim*

*Dept. of Environmental Engineering, Miryang National University,
Miryan Kyong-Nam, Korea*

**Dept. of Environmental Engineering, Seoul City University, Seoul, 130-743, Korea
(Manuscript received 13 June 1994)*

Abstract

Leachate from municipal landfill site is known to be hard to treat because it commonly contains various toxic material and heavy metals. In addition, portions of biodegradable organic substances in leachate are decreasing in the course of wastes stabilization, which is one of the critical reason for inefficient biological treatment at the end stage of landfill site operation. So this study was conducted to examine the feasibility of municipal landfill leachate pretreatment using electrolysis. The optimum electrode combination was made. The optimum electrode combination was found to be lead and graphite.

Key Words : leachate, pretreatment, landfill, electrode, electrolysis

1. 서 론

산업화와 도시화 및 인구증가로 인한 폐기물량은 날로 증가하고 있으나 급증하는 도시 폐기물의 최종처분을 위한 방법으로 지금까지 위생매립이 널리 사용되어 왔다.

그러나 고형폐기물은 매립과정 및 매립후에도 계속 환경문제들을 야기하며 그런 문제들중의 하나로 대두되고 있는 것은 침출수로 인한 주변토양과 지하수 및 지표수의 오염이다.

일반적으로 침출수를 처리할 때는 대개 합리적

이고 경제적인 처리를 위해서 여러가지 물리화학적 처리방법과 생물학적 처리방법을 조합한 복합처리에 의존하고 있다. 이에 대해 Venkataramani와 Ahlert(1984)은 유해폐수의 처리에서 물리화학적 처리와 생물학적 처리를 병행하는 것이 완전한 처리에 적합하다고 하였으며, Cameron과 Koch 등(1980)은 침출수의 독성에 관한 실험연구에서 침출수는 매립지 부근의 하천에 배출되어 하천수에 희석되어도 여전히 강한 독성을 띠며, 침출수의 처리에 있어서는 물리적 처리와 화학적 처리를 병행하는 것이 효과적이라고 하였다. 또한, 침출수를

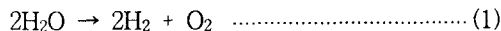
생물학적으로 처리할 경우에는 SS, T-N과 중금속 등에 대한 적응성이 적거나 적응이 어렵다고 알려져 있으므로 전처리공정으로서의 물리화학적처리가 필요하다고 할 수 있으며(도갑수, 1993), 전처리법으로서 화학응집법, 산화제법, 활성탄흡착법, 탈기법 등이 이용되고 있다.

그러나, 석회와 Alum, FeCl₃, FeSO₄ 등을 사용하는 응집침전법은 부유물질의 제거에는 탁월하나 COD의 제거율이 낮고, 슬러지가 많이 발생하며, 염소나 오존을 사용하는 산화제법은 색도의 제거율은 좋으나 COD의 제거율은 매우 낮아 문제가 있는 것으로 알려져 있다. 활성탄흡착법은 COD의 제거율은 좋으나, 빈번한 활성탄 재생 및 교체가 어려우며, 탈기법은 암모니아성 질소의 96% 정도를 제거할 수 있으나, pH를 높이기 위하여 다량의 화학약품을 소비해야 하는 문제점이 있었다(Chian, 1976 ; Mcgahan, 1982 ; Lema, 1988).

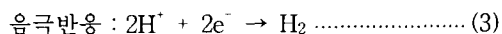
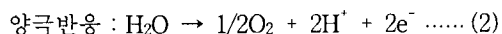
본 연구에서는 침출수에 관한 연구의 일부로서 서울시 난지도 쓰레기 매립지의 침출수를 대상으로 하여 전해처리가 전처리공정으로서 타당한지 여부를 알아보고, 또한 여러가지 전극재질에 따른 처리효율과 시간을 비교해 봄으로써 침출수의 효율적 처리를 위한 기초 자료를 제공함에 그 목적이 있다.

2. 전기분해법의 원리

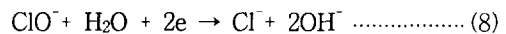
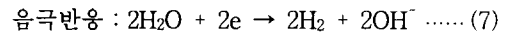
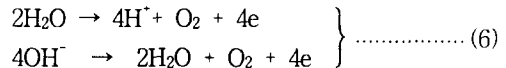
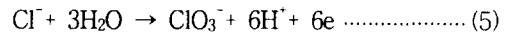
대개 불활성의 전극을 사용한 경우 묽은 황산용액에서 물의 전기분해반응은



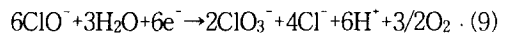
라고 할 수 있다. 또한, 전해반응중에서 일어나는 전극반응 메카니즘은 각각 다음과 같이 표현할 수 있다(고석문의, 1985 ; 이광학, 1991). 즉, 양극과 음극이 모두 흑연인 경우 중성이나 알칼리성용액에서는 다음과 같은 반응이 일어난다.



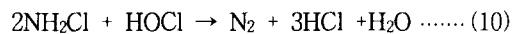
침출수의 염소와 암모니아의 전기화학적반응을 살펴보면, 염소의 경우는 양극과 음극에서의 반응이 다음과 같이 일어날 수 있다(이태영, 1992).



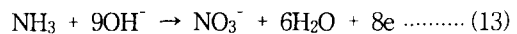
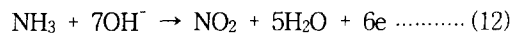
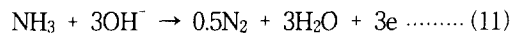
식 (8)의 차아염소산이온은 양극산화에 의해 염소산이 생성함을 화학양론적으로 나타내면 식 (9)와 같이 표현할 수 있다(이태영, 1992).



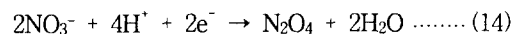
이 과정에서 발생하는 차아염소산은 암모니아성 질소를 다음과 같이 산화하여 질소를 방출한다고 Poon 등(1975)은 주장하였다.



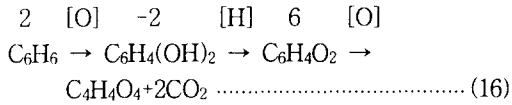
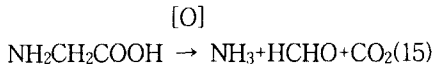
또한, Bae 등(1984)은 암모니아의 전기분해에서 일반적으로 총체적인 전기화학적 반응으로 다음의 반응이 일어난다고 하였다.



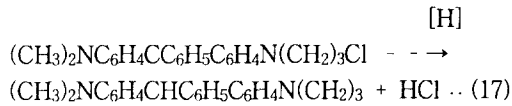
물론, 전기분해과정에는 염소에 의한 암모니아의 염소산화반응도 일어나며, 또한 질산이온은 음극에서 음이온의 환원반응이 다음과 같이 일어난다.



전기분해의 중간반응단계로서 생성되는 발생기 산소는 강력한 산화력을 지니고 있어 폐수중에 함유한 유기물질인 아미노산이나 생물학적 분해가 안되는 벤젠 유도체등을 아래와 같이 산화분해할 수 있다(이태영, 1992).

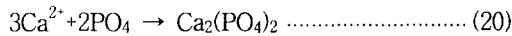
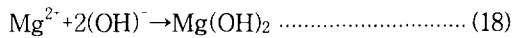


이 수소에 의하여 수중의 용존물질이 부상하기도하고, 유기물질이 환원되기도 한다. 예를 들면, 산화형색소 등은 쉽게 환원되어 무색이 된다(이태영, 1992).



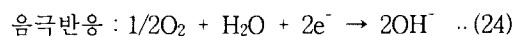
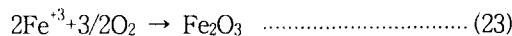
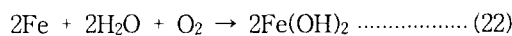
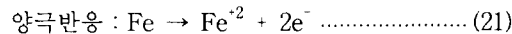
또한 전해산화에서 발생하는 Cl_2 , OCI^- 등의 산화제는 수중의 유기물을 분해하는데 오존처리예 경우에 생성되는 CO_3^- 는 생성되지 않으며, 이 과정에서 세균들의 수가 급격히 감소하는 현상이 일어난다(Ranirez, 1977).

Mg, Ca이온은 전해과정에서 다음의 식에서와 같은 플록을 형성한다(Foyn, 1964 ; Media, 1965).



$Mg(OH)_2$ 은 알칼리성용액에서 약간 녹는 플록이며 $MgNH_4PO_4$ 과 $Ca_2(PO_4)_2$ 은 알칼리성용액에서 불용성의 플록으로서 흡착에 의한 정화작용도 함께 수행한다.

또한, 전극이 용액과 반응성이 있는 금속(철)인 경우에는 다음과 같은 반응에 의하여 응집이 일어난다(이광학, 1991).



양극에서 Fe^{+2} 는 녹색의 비용해성침전물 $Fe(OH)_2$ 를 형성하고 산소와 접촉한 후에는 적갈색의 Fe_2O_3 를 형성한다(이광학, 1991).

3. 실험방법

3.1.대상시료

처리대상시료는 1992년 ~ 1993년 사이의 2년간 서울시 난지도쓰레기매립지 침출수를 이용하였으며, 대상침출수의 성상은 Table 1과 같다.

Table 1. Characteristics of leachate from Nanji landfill site

ITEM	1992. 2.	1993. 1	1993.10
color unit	1608-1992	1625-1824	985-1232
Temp.(°C)	43.0	45.0	43.0
pH	7.6-7.8	7.7-8.2	7.5-8.0
O R P (mV)	-68.6	-66.0	-38.8
Conduct. (µmhos/cm)	18400	18000	18000
COD (mg/L)	1350-1460	1310-1340	1026-1190
BOD (mg/L)	225-450	185-250	85-182
NH ₃ -N(mg/L)	1380-1450	1830-1850	2607-3307
NO ₃ -N(mg/L)	0.8-1.1	0.7-0.8	1.0-1.6
T-N(mg/L)	2110.0	2400	3920
T-P(mg/L)	3.2	5.7	4.7
Cl ⁻ (mg/L)	4085.0	2690.0	2130.3
Ca (mg/L)	198	203	201
Mg (mg/L)	11.4	12.7-18.4	16.2
Cu (mg/L)	0.3	0.5	0.3
Fe (mg/L)	7.71	7-8	6.7
Zn (mg/L)	1.36	1.0-1.2	1.3
Pb (mg/L)	24.7	4.2-9.8	7.2

3.2 실험장치

본 연구에서는 회분식 전해장치를 제작하여 사용하였으며, 장치의 개략도를 Fig 1과 같다.

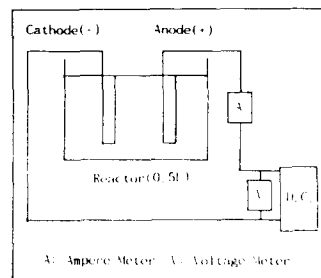


Fig. 1. Schematic diagram of batch experimental apparatus.

3.3 실험방법

본 연구는 대상침출수의 생물학적 처리에 도움을 주고자 하는 전처리이므로 암모니아성질소의 제거와 중금속, 그리고 난지도 쓰레기 매립지 침출수의 성상에 따른 BOD/COD비의 조절을 주요 측정대상으로 하였다.

첫째, 회분식으로 전극재질을 양극과 음극에 동일하게 사용하여 침출수를 전해처리하여 처리효율을 비교한 후 효율이 높다고 여겨지는 전극을 선정하기 위한 재질로서 철, 스텐레스, 알루미늄, 구리, 납 등을 고려하였다.

둘째, 선정된 3개의 전극재질을 양극과 음극을 Table 2와 같이 조합하여 전처리효율이 좋은 전극재질의 조합을 찾고자 하였으며, 시간에 따른 효율도 비교하고자 하였다.

Table 2. Method of operation on electrolysis each electrode

anode(+) cathode(-)	Graphite	Lead	Iron
graphite	G-g	L-g	I-g
lead	G-l	L-l	I-l
iron	G-i	L-i	I-i

Table 2는 양극은 대문자, 음극은 소문자로 표시한 전극조합에 대한 표시이다. 즉 L-g는 양극을 납으로, 음극을 흑연으로 조합한 것이다.

3.4 분석방법

본 실험에 사용된 각 항목별 수질분석방법은 주로 STANDARD METHODS를 참고로 하였으며, 질산성 질소의 시험법은 일본의 하수도시험법을 참고하였다.

Table 3은 본실험에 사용된 시험법을 요약한 것이다.

4. 결과 및 고찰

4.1 동일전극재질의 조합처리

동일재질의 12V실험에서에서 전극면적을 7.5cm × 7.5cm로 하고 300분간 처리하였다.

Fig 2에서 보는 바와 같이 흑연을 전극으로 사용한 경우 암모니아의 제거효율은 38% 였고, 중금속의 제거효율은 70% 정도였으며, 처리수의 pH는 시료의 pH보다 낮아져서 중성이 되었다. 이는 흑연을 사용한 침출수의 전해처리에서 CO₂가 발생하여 pH가 낮아졌기 때문인 것으로 보이며, 이런 현상은 다른 전극재질에서는 일어나지 않았다. 따라서 앞 장의 문헌고찰에서 본 식 (2) 와 (3)은 침출수의 흑연전극을 이용한 전해처리에서 흑연을 불활성으로 보고 식을 전개하였으나, 실제로는 흑연이 발생기산소와 CO₂를 만드는 것으로 사료된다.

또한, 처리수의 염소이온농도도 감소하였는데 이는 염소이온이 염소가스로 전환되어 방출되었을

Table 3. Summary of analytical methods

item	method
color	Standard Methods 2120(ADMI Tristimulus Filter Method)
pH/ORP	pH/Ton Meter (Accumet 950)
Conductivity	Standard Methods 2510(Laboratory Method)
COD	Standard Methods 5220(Open Reflux Method)
BOD	Standard Methods 5210
NH ₃ -N	Standard Methods 4500(Phenate Method)
NO ₃ -N/T-N	Brucine Method (Japanese Method)
T-P	Standard Methods 4500(Stannous Chloride Method)
TSS	Standard Methods 2540
Metals	Atomic Absorption Spectrometric Method

Table 4. Experimental results for electrode combinations(reaction time: 100min)

Item	leachate	anode : graphite			anode : lead			anode : iron		
		graphite	lead	iron	graphite	lead	iron	graphite	lead	iron
color unit	1729.4	1058.8	353.8	687.1	641.1	622.1	539.2	460.4	313.8	319.1
BOD(mg/L)	233.5	388.8	416.7	366.8	280.3	340.0	295.6	352.5	324.5	256.0
COD(mg/L)	1340	811	700	1074	1233	813	1200	907	892	1087
BOD/COD	0.17	0.48	0.60	0.34	0.23	0.42	0.25	0.39	0.36	0.24
NH ₃ -N(mg/L)	1840	1593	1349	1520	1310	1325	1174	1276	907	983
NO ₃ -N(mg/L)	0.8	4.5	25.0	73.4	35.7	53.4	57.1	50.0	85.0	20.0
T-N(mg/L)	2035	1626	1653	1634	1481	1466	1438	1399	1176	1185
T-P(mg/L)	5.9	1.4	1.3	1.1	3.0	1.7	2.8	0.7	3.0	0.3
Cl ⁻ (mg/L)	2703	2719	2785	2254	2113	2295	2278	2476	-	2633
Cu(mg/L)	0.5	0.33	0.17	0.14	0.98	0.25	0.94	0.13	1.36	0.11
Fe(mg/L)	7.8	0.42	0.17	0.08	1.01	0.60	2.99	3.18	0.94	0.13
Zn(mg/L)	1.20	0.22	0.85	0.37	0.16	0.60	0.26	0.88	0.28	0.80
Pb(mg/L)	6.14	0.20	0.30	0.20	0.79	0.98	4.43	1.73	1.78	0.90

것으로 사료되며, 발생된 염소와 산소가 산화작용을 일으켜 침출수의 암모니아와 COD가 감소한 것으로 판단된다.

철전극을 이용한 경우 암모니아성질소와 COD는 각각 57%와 41%의 제거효율을 나타냈으며, 전체적으로 좋은 효율을 보였으나 슬러지의 발생량이 많은 것으로 나타났다.

납전극을 이용한 경우에는 암모니아성질소의 제거효율은 60% 정도로 높은 편이었으나, 구리이온의 제거효율은 좋지 않았다. 구리를 전극으로 이용한 경우에는 침출수가 파란색의 색도를 나타내었다. 이는 양극에서 구리 이온이 용출되었기 때문일 것으로 사료되며, 암모니아성 질소의 농도는 낮게 나타났다.

알루미늄을 전극으로 한 경우 침출수의 총인은 거의 제거되었으며 COD는 22% 정도가 처리되고, 암모니아성질소는 54%가 처리되었으나, 점액성의 슬러지가 발생하였다.

암모니아성 질소의 제거율은 Fig.2에 나타낸 바와 같이 구리전극에서 좋게 나타났고 그 다음으로는 알루미늄과 철, 납등의 전극에서 비슷한 효율을 보였다.

한편 알루미늄 전극은 저밀도의 스펀같은 플록

을 형성하여 슬러지 발생이 많았으며, 이 슬러지는 고액분리가 잘 되지 않았다. 또한 알루미늄전극에서 구리이온의 제거효율은 매우 저조하였고, 다만, 총인의 제거효율은 매우 높은 것으로 나타났다.

구리전극은 질소물질의 제거율이 탁월하였으나, 전극에서의 구리용출농도가 크게 증가하였으므로 후속의 생물학적처리에 장애를 초래하여 부적합할 것으로 판단된다.

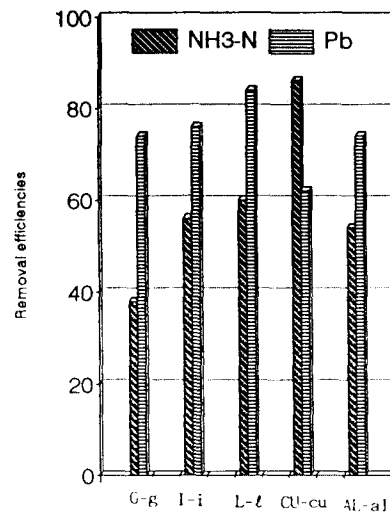


Fig. 2. Removal efficiencies by electrode materials

4.2. 전극재질의 조합처리

납, 철, 흑연을 양극과 음극에 조합하여 처리효율을 비교함으로써 보다 경제적이고 효율적인 전극의 선정에 도모하였다. 즉 전극재질을 양극과 음극에 조합하여 전압 12V에서 전극면적 7.5cm×7.5cm로 100분간 수행하였다. 양극과 음극을 조합한 전기분해한 처리결과는 Fig. 3~Fig. 5에 나타난 바와 같이 각 조합들 중에서 COD, 암모니아성질소, 납, 그리고, 색도의 제거율은 Fig. 3~Fig. 5에 나타내었다.

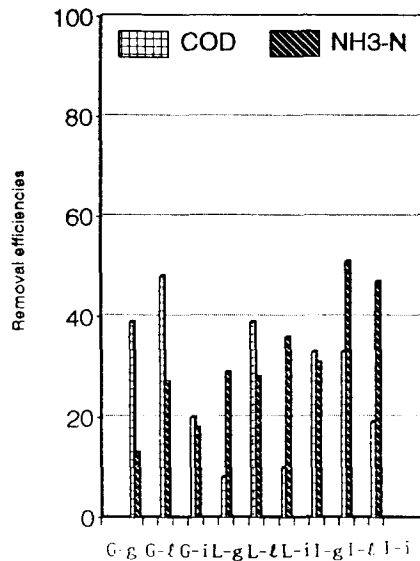


Fig. 3. Removal efficiencies by electrode materials

COD는 Fig. 3에서 보인 바와 같이 G-l, 즉 양극을 흑연으로 하고 음극을 납으로 한 경우의 전극조합이 가장 좋았으며, 암모니아성질소의 제거효율도 l-l, 즉 양극을 철로 하고 음극을 납으로 한 경우의 전극조합이 가장 좋았다.

총인의 제거효율은 Fig. 4에서 보듯 양극과 음극을 철로한 경우가 가장 높게 나타났으며, 또한 양극을 흑연으로 한 경우에도 높게 나타났다. 납의 제거효율은 Fig. 4에서와 같이 G-g, G-l, G-i 등의 흑연을 양극으로 하고 음극을 각각 흑연과 납과 철로 한 경우의 조합이 납의 제거에 효과적이었다. 이런 이유는 흑연은 양극으로서 양극부식성

이 적으며, 수중에 탄소를 거의 방출하지 않고, 산화력을 제공하면서 산소를 발생시킨 결과 수중의 금속이온이 흑연양극에서 산화되어 산소와 결합한 침전물로 제거되는 것으로 사료된다.

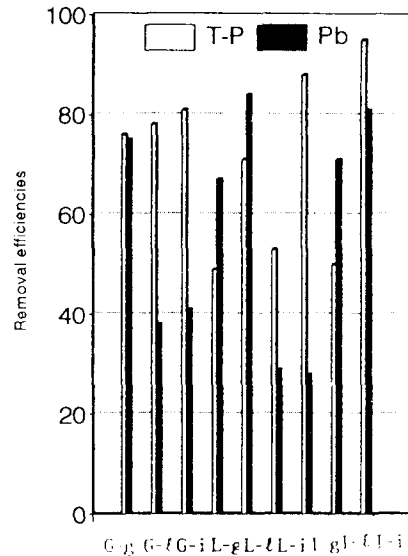


Fig. 4. Comparative results of electrolysis on removal efficiencies by electrode combination

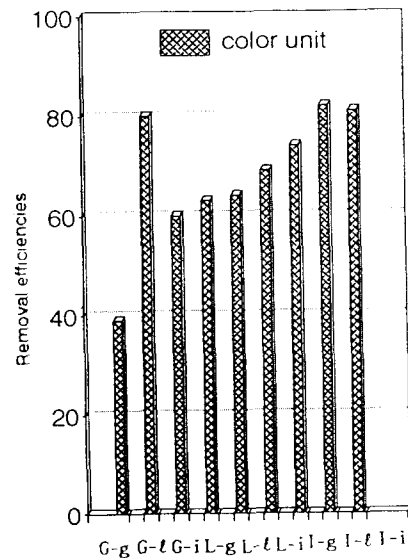


Fig. 5. Comparative results of electrolysis on removal efficiencies by electrode combination

Fig. 3~Fig. 5에 나타난 바와 같이 각 전극재질의 조합은 대체로 양극의 전극재질에 따라 효율의 차이가 있는 것으로 나타났으며, 전체적인 제거효율은 철을 양극으로 할 경우의 전극조합에서는 양호하였으나, 슬러지 발생이 문제가 되었다.

양극을 흑연으로 사용한 전극조합은 대체로 중금속의 제거율은 좋았고, 암모니아 등의 제거효율은 상대적으로 낮은 편이었다.

따라서 슬러지 발생이 적으면서 처리효율이 좋은 적절한 전극조합의 결정은 첫째, 내식성이 크고, 가공성이 좋으며, 값이 싸고, 둘째, NH₃-N, NO₃-N, T-N 등 상대적으로 높은 농도의 질소물질을 낮추어 생물학적처리에 맞는 BOD:N:P의 비율을 가능한 한 조절해줄 필요가 있고, 세제, 침출수를 처리했을 때 처리수중의 중금속 농도는 후속공정인 생물학적 처리에 지장을 주지않을 정도로 낮추어야 할 필요가 있었다.

Table 4에서 보는 바와 같이 BOD/COD비는 G-1 전극조합에서 높은 것으로 나타났다. 색도의 제거효율은 철을 양극의 재질로 사용한 모든 전극조합에서 좋게 나타났으며, 동시에 침출수가 지닌 색도의 슬러지가 발생하였다. 한편 납을 양극으로 사용한 반응에서도 색도가 제거되었으나, 이 경우에는 슬러지가 발생하지 않았다. 이로 미루어 볼 때 색도물질은 전기분해반응에서 발생하는 염소와 발생기 산소에 의한 산화작용에 의한 색도의 제거효과외에도 철 금속과의 응집반응에 의해서도 제거되는 것으로 사료된다.

암모니아성 질소와 총인의 제거효율도 철을 양극으로 사용한 모든 전극조합의 반응에서 높게 나타났는데, 이러한 현상은 철전극이 암모니아의 산화에 흑연보다 유리하였으며, 인과의 화합물을 형성하여 플록을 형성하거나, 인을 흡착하면서 응집침전되기 때문인 것으로 사료된다.

그 결과, 양극을 흑연으로 하고 음극을 납으로 한 조합(G-1) 과 양극과 음극을 모두 납으로 한 조합(L-1) 이 1차로 선정 되었으며 그 중에서 다시 BOD/COD비와 색도제거효율이 높은 조건을 적용한 결과 양극을 흑연으로 하고 음극을 납으로 한 조합(G-1) 으로 선정되었다.

4.3 반응시간에 따른 처리효율

각 전극재질의 조합에 의한 반응시간별 처리효율을 비교하여 최적반응시간을 선정하고자 하였다. 반응시간은 50분, 100분, 200분, 300분으로 하였으며, 각 전극조합에 따른 실험결과는 대체로 비슷한 양상을 나타냈으며, 앞절의 전극조합실험에서 선정된 양극을 흑연, 음극을 납으로 한 전극(G-1)의 실험결과를 통해 살펴본 결과는 다음과 같다.

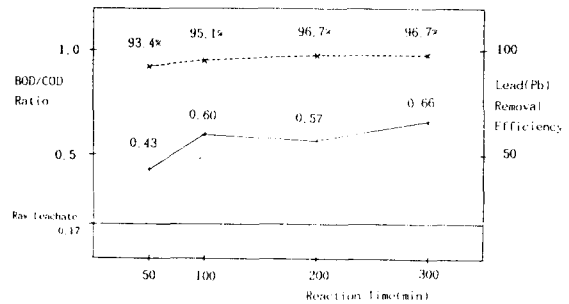


Fig. 6. BOD/COD ratio and lead removal efficiency by reaction time

Fig. 6에서 보듯 중금속중 납(Pb)의 제거효율은 30분 처리시 93.4 %, 100분일때 95.1 %, 200분과 300분일때 96.7 %로 나타났듯이 반응이 초기에 진행되고, 반응시간이 경과됨에 따라 비교적 완만한 증가율을 나타내고 있다. 또한 BOD/COD비는 처리되지 않은 침출수의 BOD/COD비가 0.17이나, 전해처리가 진행됨에 따라 30분 처리시 0.43, 100분 처리시 0.60, 200분 처리시 0.57, 그리고, 300분 처리시 0.66으로 증가되고 있다. 이러한 결과는 다른 전극조합(G-i, L-g, L-l)의 경우에도 비슷한 양상을 나타내고 있다.

침출수의 전해처리시 BOD/COD비는 비교적 전해반응에 의한 전기적 산화에 의해 COD는 감소되고, BOD가 증가됨으로써 나타나는 결과로 사료되며, 이러한 현상은 반응시간이 경과됨에 따라 높아지고 있으며, 특히 100분이내에 높은 BOD/COD비를 나타내고, 200분과 300분의 경우에는 비교적 완만하게 변화하지 않는 바, 100분이 적절한 반응시간으로 판단된다.

또한 전해처리후 발생되는 슬러지량도 30분 처

리시 0.21 g, 100분 처리시 0.23 g, 200분 처리시 0.26 g, 그리고 300분 처리시 0.39 g으로 나타났듯이 200분 처리시까지는 슬러지발생량이 그리 많지 않다는 점에서도 최적반응시간은 1시간이 타당할 것으로 사료된다.

5. 결 론

본 연구는 도시 폐기물 매립지에서 발생하는 실제 침출수를 대상으로 침출수를 효율적으로 처리하기 위한 전처리공정으로서 전해법을 도입한 연구로서 각 전극재질의 조합에 따른 처리수질의 변화와 반응시간에 따른 처리효율을 관찰하였다.

실험결과 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, 침출수의 전해처리를 위한 최적전극재질을 선정하는 조합실험결과, COD는 양극을 흑연, 음극을 납으로 한 경우(G-1)가 가장 양호하였으며, 중금속중 납의 제거효율은 양극을 흑연으로 한 전극조합(G-g, G-l, G-i)의 경우가 양호하게 나타났으며, BOD/COD비의 경우가 높게 나타났고, 슬러지발생량 또한 적은 것으로 나타났는 바, 침출수의 전해처리시 양극을 흑연, 음극을 납으로 한 전극조합(G-1)이 유리한 것으로 나타났다.

둘째, 회분식실험조건에서 침출수의 전해처리시 양극을 흑연, 음극을 납으로 한 전극조합(G-1)의 경우 반응시간에 따른 처리효율은 30분 처리시 중금속중 납(Pb)의 제거율은 93.4%, 100분 처리시 95.1%, 200분 및 300분 처리시 96.7%이고, BOD/COD비는 30분 처리시 0.43, 100분 처리시 0.60으로 높아지고, 200분과 300분 처리시의 경우와 그리 큰 변화가 나타나지 않는 바, 생물학적 후속처리가 뒤따르는 경우의 전해전처리로는 100분 처리가 좋은 것으로 판단된다.

이와같이 침출수의 전처리로서 전해처리를 도입해 본 결과, 전극면적 7.5cm x 7.5cm, 12V, 3A의 조건하에서 양극을 흑연, 음극을 납으로 한 전극조합(G-1)의 경우 전기분해에 의한 매립지 침출수의 생물학적 처리에 지장을 초래하는 중금속의 제거 및 BOD/COD비를 증가시키는 효과를 나타내었으며, 또한, 부수적으로 암모니아성 질소와 색도

등의 제거도 수반되었다. 앞으로도 이러한 연구결과를 바탕으로 침출수의 효율적인 처리방법에 대한 보다 폭 넓은 연구 및 조사활동이 이루어져야 할 것으로 본다.

참 고 문 헌

- 고석문, 김오식, 김진남, 김철수, 1985, 담수화기술, 한국건설기술연구원.
- 김동민, 1988, 폐수처리, 청문각
- 도갑수, 1993, 폐기물처리공학, 신광문화사, 470-499.
- Bae, S.K., 1984, "The study on the Removal of Ammonia in Wastewater by Electrochemical method", 대한환경공학회지, 제6권 제1호.
- 이광학, 1991, 화학야금, 반도출판사, 295-463.
- 이태영, 1992, 고염분함유폐수의 무격막전해처리, 동아대학교 박사학위논문.
- 한국일보, 1993.6.29., "쓰레기매립지 지하수오염방치".
- 日本下水道協會, 1984, 日本下水道試驗法
- APHA, AWWA, WPCF, 1988, Standard methods for the analysis of water and wastewater, (7th ed.)
- Cameron and Koch, 1980, "Toxicity of landfill leachates", Journal WPCF, Vol.52, No.4, 760-769.
- Chian and DeWalle, 1976, "Sanitary landfill leachates and their treatment", Journal of Env. Eng. Division, Vol.102. No.EE2., 411-431
- Foyn, E., 1964, "Removal of Sewage Nutrients by electrolytic treatment", verh.intl. ver. Limnol. (Ger.), XV, 569.
- Lema, Mendez and Blazquez, 1988, "Characteristics of Landfill Leachates and Alternatives for their treatment", Water, Air and Soil Pollution, Kluwer Academic Publishers, 223-249.
- McGahan, 1982, The Secure Landfill Disposal of

- Hazardous Wastes, Toxic and Hazardous Waste Disposal, Vol.2, 67-88.
- Media, L.C.F. and Marson, H.W. Marson, 1965, Electrolytic Sewage Treatment, The Engineer, 591-592.
- Poon and Rueckner, 1975, Physicochemical treatment of wastewater seawater mixture by electrolysis, Journal WPCF, 66-78.
- Ramirez, Barber, Clemens, 1977, Physiochemical treatment of tannery wastewater by electrolysis, Industrial Waste Conference 32th Purdue University, 183-188.
- Venkataramani, Ahlert, 1984, Rapid aerobic biostabilization of high strength industrial landfill leachate, Journal WPCF, Vol.56, No.11, 1178-1184.