

발포기술이 적용된 폐 LCD 유리 여재의 비점오염원에 대한 적용성 평가

The assessment of applicable for waste LCD glass media
by using foaming technology in non-point source

양정민*, 안태웅**, 최이송***, 오종민****

Jung Min Yang, Tae Woong Ahn, I Song Choi, Jong Min Oh

요 지

최근 전자제품 사용의 증가로 인해 버려지는 전자제품의 양도 함께 증가하고 있으며 이렇게 늘어난 전자 폐기물이 부적절한 방식으로 처리될 경우 우리에게 악영향을 미치는 위험물질이 될 수 있다. 본 연구에서는 이러한 전자폐기물 중 하나인 폐 LCD 유리를 이용한 수질정화용 여재를 이용하여 전자폐기물에 의한 오염을 줄이고, 동시에 강우시 표면 유출로 인하여 발생하는 비점오염을 제어하고자 하였다. 본 연구에서 이용한 수처리 여재는 기존 수처리 여재의 단점을 보완하는 대체 여재 개발이라는 목적에 적합할 것으로 판단된다. 이에 본 연구에서 발포기술이 적용된 폐 LCD 유리 여재의 비점오염에 의한 수질정화능력평가를 하기 위해 실험 장치를 구성하여 실험하였다. 반응조는 직경 0.10 m, 높이 0.75 m 크기(총용량= 5.89 l)로 두께 10 mm의 투명 아크릴판으로 3조를 제작하였다. 유입수는 미량 펌프를 이용하여 유입하였다. 각 반응조의 체류 시간에 의한 수질정화능력을 평가하였다. 연구 결과, 오염물질에 대한 제거효율 범위는 SS 64.1%~88.2%, BOD 29.8~52.4%, COD 56.8~66.1%, T-N 39.4~ 52.3%, T-P 14.1~36.8%로 나타났다. 체류시간이 가장 길었던 반응조의 경우, 대부분의 측정항목에서 높은 처리 효율을 볼 수 있었다. 초기에 처리 효율이 낮은 것은 미생물이 부착되지 않았기 때문이라고 판단되며, 실험의 중반과 후반에서 미생물이 부착이 되는 시점부터 높은 처리효율을 보이는 것으로 나타났다.

핵심용어 : 발포기술, 폐 LCD유리, 여재, 비점오염원

1. 서론

최근 산업의 발달로 인한 도시화와 인구증가는 처리되지 않은 오염물질의 유입으로 인한 하천오염의 증가와 각종 폐기물의 증가를 가져왔다. 특히 각종 폐수와 같은 점오염원은 하수처리시설의 증가로 인하여 하천오염에 미치는 영향이 감소하였으나 도로와 농경지 등으로부터 강우시 유출되는 비점오염원의 경우에는 미처 처리되지 못하여 하천 오염에 많은 영향을 미치고 있는 실정이다. 또한 생활수준의 향상으로 인하여 각종 전자제품의 교체시기가 빨라지면서 폐기되는 전자제품의 양도 증가하였다. 그러나 폐기되는 전자제품의 재활용은 용융이나 파쇄 등 복잡한 공정을 거쳐야 하기 때문에 투자비용이 높아 재활용의 비율은 현저히 낮은 실정이다. 이렇게 늘어난 전자제품은 부적절한 방식으로 처리되어 우리에게 악영향을 미치는 위험물질이 될 수 있다.

* 경희대학교 환경응용과학과 석사과정-E-mail : minitminit@naver.com

** 경희대학교 환경응용과학과 박사과정-E-mail : antaeng@naver.com

*** 정회원·경희대학교 환경연구센터 선임연구원

**** 정회원·경희대학교 건설환경공학부 교수

본 연구에서는 이러한 전자폐기물 중 하나인 폐 LCD 유리를 이용한 수질정화용 여재를 이용하여 전자폐기물에 의한 오염을 줄이는 동시에 기존 수처리 여재의 단점을 보완하는 대체 여재를 개발하여 강우시 표면 유출로 인하여 발생하는 비점오염을 제어하고자 하였다. 이를 위하여 본 연구에서는 발포기술이 적용된 폐 LCD 유리여재의 비점오염에 대한 수질정화능력 및 적용가능성을 평가하고 검토하고자 다양한 체류시간에 따른 수처리 성능을 평가하였다. 이에 본 연구는 Lab-scale의 실험 장치를 구성하고 다양한 체류시간을 설정하여 실험을 진행하고, 유입수 대비 유출수의 오염물질 농도를 비교 분석하여 발포기술이 적용된 폐 LCD 유리 여재의 수처리 성능을 평가하였다.

2. 재료 및 방법

본 연구에서는 발포기술이 적용된 폐 LCD유리 여재의 수질정화용 여재로서 비점오염에 대한 적용성을 평가하기 위하여 그림1과 같은 장치를 설계하여 여재의 오염물질 제거 효율을 평가하였다.

2.1 Lab-Scale의 설계

실험에 사용된 반응조의 예비침전지는 용량이 200ℓ인 플라스틱 용기를 이용하였으며, 침전지에서 조류의 성장을 억제하기 위하여 뚜껑을 설치하였다. 각 반응조는 직경 0.10 m, 높이 0.75 m로 총용량이 5.89ℓ의 크기로 두께 10 mm의 투명 아크릴판을 이용해 3개의 반응조를 제작하였다. 그림 1과 같이 반응조의 하부에는 유입수가 들어가는 유입구와 역세시 사용되는 유출구가 있으며, 상부에는 정화된 물이 나오는 유출구와 역세를 위한 유입구가 있도록 설계하였다. 유입구와 유출구는 구멍이 뚫린 아크릴판으로 분리되어 있으며 이는 수처리 과정에서 부상된 여재의 높이를 제한하기 위한 것이다.

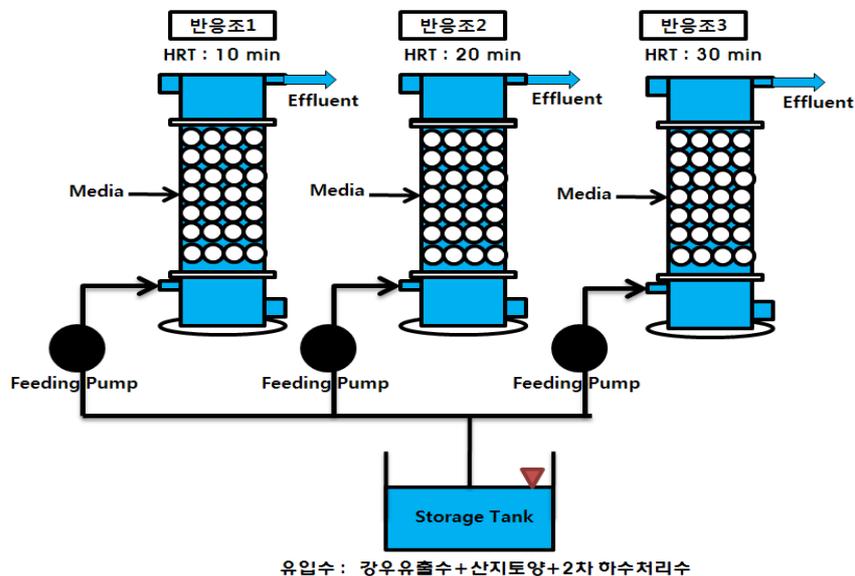


그림 1. 반응조의 모식도

2.2 여재의 선정

반응조에는 발포기술을 적용된 폐 LCD 유리 여재를 이용하였다. 본 실험에 사용된 여재의 수질정화능력을 평가하기 위하여 반응조 용량의 약 60%를 여재로 채웠다. 발포기술이 적용된 폐 LCD 유리 여재는 크기

가 약 10mm 내외인 부상여재이며, 비표면적이 크기 때문에 생물학적 처리기능이 떨어질 것으로 예상되어 기존 수처리 여재의 단점을 보완하는 대체 여재 개발에 적합할 것으로 판단된다.

2.3 실험 방법

유입수는 비점오염 성질을 갖도록 입자의 크기가 2mm 이하인 산지 토양 500g과 2차 하수처리수 약 14L를 섞은 목적수를 강우유출수와 약 1 : 8로 적절히 배합하여 SS 농도가 120ppm 이상이 되도록 제조하였다. 유입수의 유량은 정량 펌프를 이용하여 반응조 내부로 일정한 수량이 유입되도록 각각 240mL/min, 120mL/min, 80mL/min로 운영하였다. 각 반응조의 체류시간은 각각 10min과 20min과 30min으로 설정하였으며, 반응조를 거쳐 처리된 유출수는 일정한 시간간격으로 연속적으로 채취되었다. 시료채취 후 현장에서 수온, pH, EC, DO를 측정하고, 즉시 실험실로 옮겨져 SS, COD, BOD, N, P를 측정하였다. 본 연구의 실험은 표 1에 나타난 수질오염공정시험법상의 분석방법에 따라 실시하였다.

표 1. 실험항목 및 분석방법

Item	Analysis Method
Temperature	pH Meter(WTW 330)
pH	pH Meter(WTW pH 330)
EC	EC Meter(HANNA)
COD	Closed Reflux, Titrimetric Method(Standard Method)
T-N	Ultraviolet Spectrophotometric Screening Method
T-P	Ascorbic Acid Method

3. 결과 및 고찰

3.1 수온, pH, DO 및 EC 변화

비점오염 처리에 따른 수온, pH, DO 및 EC의 변화를 표 1에 나타내었다. 수온의 경우 유입수보다 유출수에서 높게 나타났으며, 부착미생물의 성장에 영향을 미칠 수 있는 pH의 경우 유입수와 유출수에서 그 차이는 크지 않았다. EC의 경우에도 pH와 마찬가지로 유입수와 유출수의 차이는 크지 않았다. DO의 경우에는 유입수보다 유출수에서 그 농도가 더 낮게 나타났다. 이러한 차이를 보이는 이유는 호기성 미생물에 의한 오염물질 분해로 반응조 내의 용존산소가 소모된 것으로 판단된다.

표 2. 수온, pH, DO 및 EC 평균값

구분	유입수	반응조1 [HRT:10 min]	반응조2 [HRT:20 min]	반응조3 [HRT:30 min]
수온 (℃)	10.5 (10.2~10.7)	15.1 (12.6~16.8)	13.8 (13.2~15.0)	16.9 (15.5~18.1)
pH	6.56 (6.44~6.98)	6.47 (6.38~6.66)	6.41 (6.37~6.48)	6.60 (6.46~6.85)
EC (ms/cm)	0.384 (0.368~0.395)	0.379 (0.373~0.388)	0.380 (0.376~0.384)	0.380 (0.373~0.399)
DO (mg/L)	7.4 (7.4~7.6)	6.6 (6.2~7.0)	6.4 (6.1~6.8)	6.4 (6.2~6.6)

3.2 오염물질의 농도 변화

유입수의 SS농도는 평균234.3mg/L이지만 장치를 통과한 유출수의 경우 반응조1(체류시간 10min)과 반응조2(체류시간 20min)와 반응조3(체류시간 30min)에서 각각 평균 84.3 mg/L, 평균 58.1 mg/L, 평균 27.6 mg/L의 농도를 나타내내어 평균 64.1%, 평균 75.2%, 평균 88.2%의 제거 효율을 보였다.

BOD의 경우, 유입수의 BOD 농도는 평균 36.1mg/L이지만 장치를 통과한 후 반응조1(체류시간 10min)과 반응조2(체류시간 20min)와 반응조3(체류시간 30min)에서 각각 평균 25.2 mg/L, 평균 20.4 mg/L, 평균 17.0mg/L의 농도로 감소되었다. 이들의 제거효율은 반응조1(체류시간 10min)의 경우 평균 29.8%, 반응조2(체류시간 20min)는 평균 43.0%, 반응조3(체류시간 30min)은 평균 52.4% 나타내었다.

COD의 경우, 유입수 농도는 평균 84.5mg/L이지만 유출수의 경우 반응조1(체류시간 10min)과 반응조2(체류시간 20min)와 반응조3(체류시간 30min)에서 각각 평균 36.5 mg/L, 평균 33.0 mg/L, 평균 28.6mg/L로 감소되어 체류시간에 따른 각 반응조의 COD 제거효율은 평균 56.8%, 평균 60.9%, 평균 66.1%로 나타났다.

T-N의 경우, 유입수의 농도는 평균 23.3mg/L이지만 유출수의 경우 반응조1(체류시간 10min)과 반응조2(체류시간 20min)와 반응조3(체류시간 30min)에서 각각 평균 14.0 mg/L, 평균 13.7 mg/L, 평균 11.0mg/L로 감소되어 체류시간에 따른 제거효율은 반응조별로 각각 평균 39.4%, 평균 40.8%, 평균 52.3%로 나타났다.

T-P의 경우, 유입수 농도는 평균 12.2mg/L이지만 유출수의 경우 반응조1(체류시간 10min)은 평균 10.4 mg/L, 반응조2(체류시간 20min)는 평균 9.3 mg/L, 반응조3(체류시간 30min)은 평균 7.6mg/L의 농도로 감소되었다. T-P의 제거효율은 반응조1(체류시간 10min)의 경우 평균 14.1%, 반응조2(체류시간 20min)는 평균 22.9%, 반응조3(체류시간 30min)은 평균 36.8%로 나타났다.

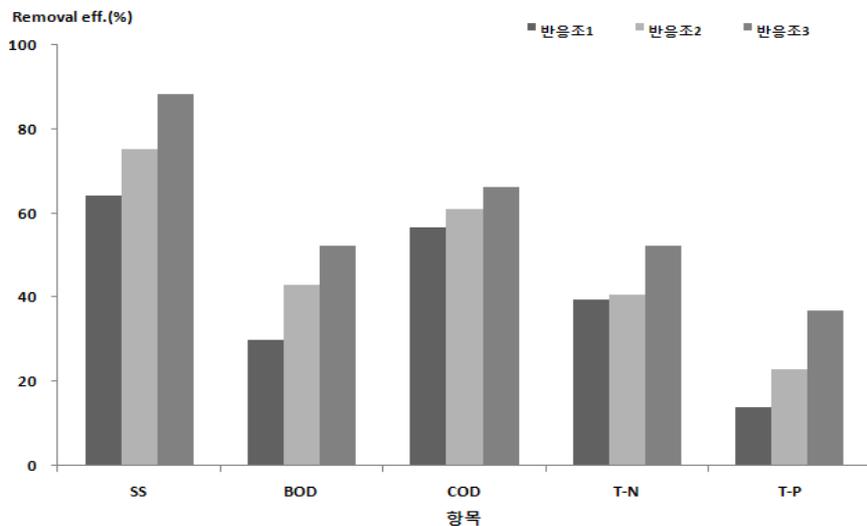


그림 56. 비점오염의 항목별 제거효율

발포기술을 적용한 폐 LCD 유리여재의 오염물질 제거효율은 대부분의 반응조에서 초기의 오염물질 제거 효율이 낮았지만 미생물이 여재에 부착되는 시점부터는 제거효율이 조금씩 높아지는 것으로 나타났다. 다른 반응조보다 반응조3(체류시간 30min)의 제거효율이 높은 이유는 체류시간이 길어 여재 표면에 호기성 미생물의 부착과 동시에 내부에는 혐기성 미생물의 서식공간이 형성되어 높은 처리효율을 나타내는 것으로 판단된다. 짧은 체류시간을 갖는 강우시 유출의 특성과 유사한 반응조1(체류시간 10min)의 경우 가장 낮은 제거 효율을 보였지만 이 역시 SS 제거효율을 보았을 때 60%가 넘는 높은 제거효율을 보이므로 높은 SS 농도를 갖는 비점오염에 의한 오염물질 제거에 적용할 수 있다고 판단된다.

참 고 문 헌

1. 박재영, 오종민, 김영철(2001). 삼교호 유입하천에서 강우시 주요 오염물질의 유출 특성, 한국육수학회지, 제 34권, 제 1호, pp. 62-69.
2. 류홍덕, 이정훈, 이상일(2006). 유로변경식 부상여재 생물여과시스템을 이용한 하수고도처리, 한국물환경학회지, 제 22권, 제 2호, pp. 250-257
3. 김석구, 윤상권, 이영임, 이용재, 김이호, 김종오(2004), 여재에 따른 도로면 유출수의 배수 및 처리특성, 제 20권, 제 5호, pp. 500-505
4. 유익근, 김건협, 김동진(1998), Pilot-Scale Biological Aerated Filter에 의한 제지폐수 처리 및 역세조건에 관한 연구, 화학공학, 제 36권, 제 6호, pp. 36-46
5. 이혜미(2003). 중소하천의 수질개선을 위한 다공성 하천구조물의 개발 및 적용, 석사학위논문,경희대학교