

수리동력학적 분리장치에 의한 고속 도로 강우유출수의 전처리 기술

우강화*, 이치타오*, 김필주*, 여미미*, 박성순**, 김영철*

*한서대학교 환경공학과

** (주)신강하이텍

e-mail:ykim@hanseo.ac.kr

Pretreatment of Highway Rainfall Runoff with a Hydrodynamic Separator

Jianghua Yu*, Qitao Yi*, Phil-Ju Kim*, Wei Wei Lu*

Sungsoon Park** Youngchul Kim*

*Dept. of Environmental Engineering, Hanseo University

**Shingang Hi-Tech Inc.

요 약

고속도로 교량이나 성토지역 노면이 제공하는 자연적인 위치에너지(동력)를 활용하여 수리학적 입자상 오염물질 분리장치를 실험실 조건에서 운전한 결과 운전압력 0.5기압(수두 5.6m) 이상에서 90% 이상의 제거효율을 보였다. D₅₀는 약45 μ m이었는데 입자의 크기가 45 μ m 보다 굵은 입자는 거의 대부분 제거되지만 45 μ m보다 작은 입자의 제거는 쉽지 않음을 시사해주고 있다. 이러한 입자를 제거하기 위한 후속장치가 필요하며 장치의 원활한 운전을 위해서 유지관리문제에 대한 치밀한 검토가 필요하다.

1. 서론

도로에서 강우시 배출되는 각종 입자에는 표면에 흡착된 영양소, 미량중금속, 탄화수소의 운반체 역할을 수행한다. 오일과 지방질, 석유류는 다양한 형태의 탄화수소(poly-aromatic hydrocarbon, PAHs)를 포함하고 있는데 이들 중 일부는 특정 물고기에게 발암성, 기형성, 돌연변이성 물질이다. 또한 그 양이 많을 경우에 오일은 수돗물에 영향을 주고 위락용수로서의 물의 가치를 저하시킨다. 오일과 탄화수소의 주요 발생원은 노면과 주차장이다. 기타 발생원으로는 부적절한 자동차 폐오일 관리, 주유소의 기름누출, 음식점을 들 수 있다. 미국의 EPA는 16종의 PAH 화합물을 특정유해물질(priority pollutants)로 지정하여 관리하고 있다. 수생태계와 물환경으로 유입되는 PAH의 주요 경로는 도로를 포함한 도시강우유출수이며 조사결과에 따르면 환경에 존재하는 PAH의 36%가 도시강우유출수라는 보고가 있다. 강우유출수에는 오일/유분 이외에 납, 아연, 구리, 카드뮴과 같은 중금속과 농약, PCBs, 페놀과 같은 특

정유기화합물과 같은 다양한 독성물질이 함유되어 있다. 이러한 오염물질은 수생생물에게 독성을 띠는 물질로 먹이사슬과정에서 생물농축이 이루어진다. 또한 상수원의 수질을 악화시킬 뿐 만 아니라 사람의 건강에도 해를 끼친다.

이러한 오염물질의 발생원은 포장면 강우유출수, 공장밀집지역, 상업지역, 가옥의 지붕과 페인트로 도색된 벽면, 자동차 및 각종 기계류, 부적절하게 처분된 가정용 화학물질, 매립지, 유헨폐기물 처리/처분시설, 대기오염물질의 침적을 들 수 있다.

탄화수소 등 유해물질을 배출하는 비점오염원 중 문제가 되는 시설은 계곡이나 저수지, 댐을 가로지르는 교량이나 도로이다. 최근에 들어 지가상승으로 인하여 공사비를 절감하기 위한 목적으로 가능하면 도로의 터널화와 교량화가 이루어지고 있다. 이러한 시설에서 발생하는 강우 유출수는 오염을 완화시킬 수 있는 식생대나 토양 등을 통과하지 않고 직접 계곡 등으로 배수되고 있다. 특히 일부 보호생물이 서식하는 지역이나 식수전용댐 등을 가로지르는 도

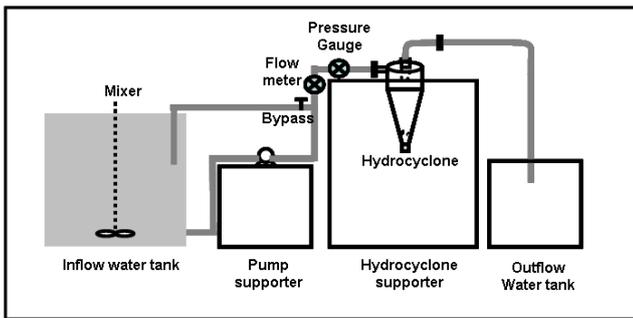
로나 교량에서 발생된 오염물질은 이들 보호종의 서식지나 산란처를 심각하게 교란시킬수 있다.

본 연구에서는 수생태계에 민감하게 작용할 수 있는 도로와 교량이 제공하는 자연적인 위치에너지를 활용하여 노면 강우유출수에 함유된 입자상 오염물질을 분리처리할 수 있는 기술을 개발하고자 한다.

2. 실험방법 및 재료

2.1 실험장치

도로교량으로부터 발생하는 강우 유출수 처리를 위해 직경이 7.5cm인 하이드로 사이클론(각각 stainless 재질과 아크릴 재질)을 제작하였다. 실험용 강우 유출수 처리 하이드로 사이클론은 그림 과 같은 장치로 구성되어 있다. 직경 7.5cm 사이클론 본체와 600L 용량의 급수탱크, 1.5kw 용량의 압력펌프, 그리고 2개의 유출수조(월류 및 하부 배출수)로 구성되어 있다 [그림 1, 2].



[그림 1] 하이드로 사이클론 실험장치의 구성

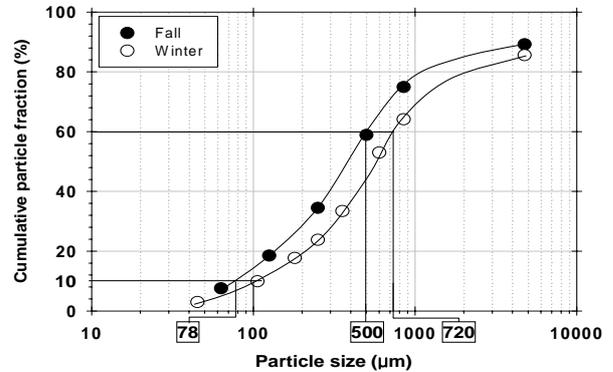


[그림 2] 아크릴 재질의 사이클론을 장착한 실험장치

2.2 인공 강우유출수 및 운전

강우 유출수 고속도로 폐토사를 이용하여 인위적으로 조제하였으며 토사가 급수조에서 침전되지 않도록 연속적으로 혼합

하면서 공급하였다. 운전유량과 압력은 각각 부유식 유량계와 압력 게이지에 의해 측정하였다. 또한 유량측정의 정확성을 점검하기 위하여 2개의 유출수조로 빠져 나온 물의 부피를 매번 측정하여 비교하였다.



[그림 3] 인공노면 강우유출수 조제에 사용된 폐토사의 입도분포

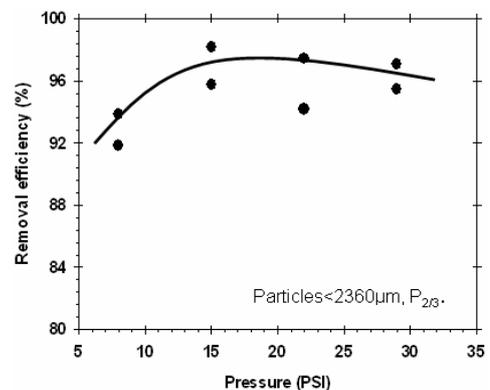
3. 결과 및 고찰

[표 1]에는 하이드로 사이클론의 운전압력을 제시하였다.

[표 1] 하이드로 사이클론 운전압력

PSI	atm	Waterhead(m)
8	0.54	5.6
15	1.02	10.5
22	1.50	15.5
29	1.97	20.4

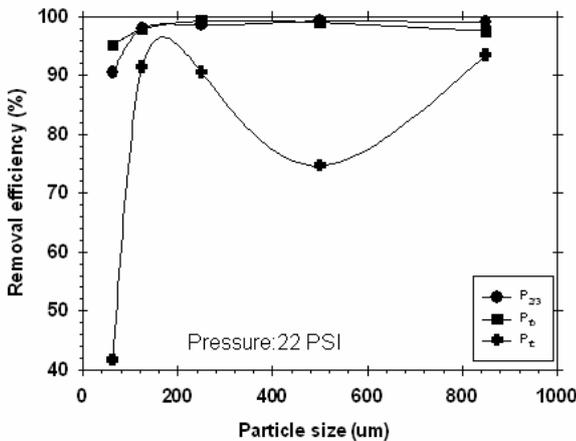
하이드로 사이클론 내부 압력변화와 제거효과의 관계는 미미하였다. [그림 4]에 나타난 것처럼 대체로 모든 운전압력 범위에서 입자의 크기에 관계없이 90% 이상의 제거효율을 보였다.



[그림 4] 운전압력에 따른 분리효율

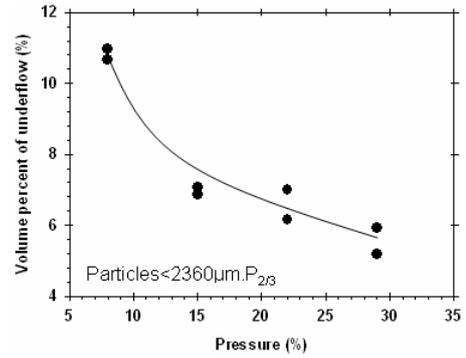
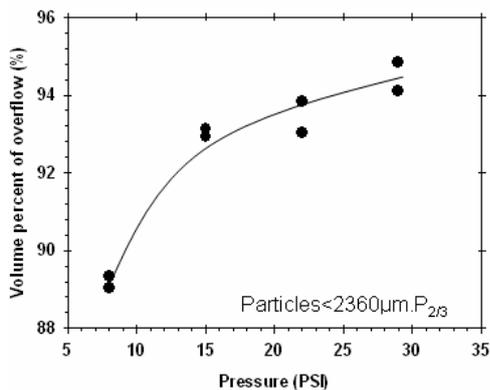
페토사의 입경과 분리 제거효율과의 관계를 규명하기 위한 실험을 수행하였다. 본 실험결과 분리제거효율은 입자의 크기와 하부 배출구의 개구 크기(opening size)에 의해 영향을 받는 것으로 나타났다. 하부개구가 100% 또는 부분적으로 오픈되어 있을 경우 분리효율은 입경에 비례하였다(입자가 클수록 더 높은 분리효율).

하부 배출구를 막은 상태에서 운전한 결과 입경별 제거효율에 큰 차이가 있었다. 입자의 크기가 125 μm 보다 작을 경우 분리효율은 약 40%, 대립자의 경우 70%의 분리효율을 보였다[그림 5].



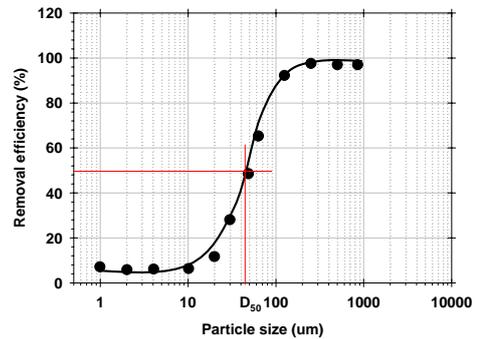
[그림 5] 페토사의 입경과 하부 배출구 개구부의 크기와 분리제거효율과의 관계

이와 동시에 분리장치의 월류수와 하부 배출수의 양과 TSS 농도를 분석하였다. 본 실험결과 내부 운전압력이 증가할수록 월류수의 부피도 증가하였다(당연하지만 하부 배출수량은 감소). 내부 운전압력의 증가에 따라 유입수와 월류수의 TSS 비율(TSS_{over}/TSS_{in})은 감소하였으나 유입수와 하부 배출수의 TSS 비율(TSS_{under}/TSS_{in})의 비율은 크게 증가하였다[그림 6].



[그림 6] 내부 운전압력과 각 유출수량의 변화

처리유량은 하이드로 사이클론 내부 압력이 커지면 증가한다. 운전압력 5~26psi 범위에서 유량은 약 3~6 m^3/hr 이었다. 또한 직경이 7.5cm인 하이드로 사이클론을 가지고 인공 고속도로 강우 유출수 분리실험을 수행한 결과 D_{50} 는 약 45 μm 이었음이 밝혀졌는데[그림 7] 이것은 굵은 입자는 거의 대부분 제거되지만 45 μm 보다 작은 입자의 제거는 쉽지 않음을 시사해주고 있다.



[그림 7] 입자의 크기와 제거효율과의 관계

4. 요약 및 결론

교량이나 성토지역 노면이 제공하는 자연적인 위치에너지(동력)를 활용하여 분리장치를 실험실 조건에서 운전한 결과 운전압력 0.5기압(수두 5.6m) 이상에서 90% 이상의 제거효율을 보였다. 또한 D_{50} 는 약 45 μm 이었는데 입자의 크기가 45 μm 보다 굵은 입자는 거의 대부분 제거되지만 45 μm 보다 작은 입자의 제거는 쉽지 않음을 시사해주고 있다. 이러한 입자를 제거하기 위해서는 여과형 후속처리가 수반되어야 한다.

사사

본 연구는 환경부 수생태 복원사업단의 연구지원으로 이루어진 것으로 감사드립니다.