

연소재 및 식품폐기물의 혼합 반응에 따른 수처리 여과재 제조 특성

The Characteristics of Manufacture Filter Media for Water Treatment Using Mixture Response with Ash and Food Waste

박 승 도[†] · 이 원 호¹⁾ · 이 민 희²⁾

Seung-Do Park · Won-Ho Lee · Min-Hee Lee

Received: December 28th, 2017; Revised: February 7th, 2018; Accepted: March 12th, 2018

ABSTRACT : The porosity formation by the addition of additives was found to be the highest in the case of aluminum powder 3% and Ca(OH)₂ 2% under the condition that strength was maintained. The optimum mixing ratio of the binder was shown to be the most effective at (Ash+Food waste+clay):(water glass+colloidal silica) 7:3, and the temperature response is most economical and effective at 1,000°C. The optimal mixing ratio is the strength in 30% of ash, 30% of clay and 10% of food waste, which is the effective in non-point pollution water treatment. Filter media produced under optimal mixing conditions were analyzed as SiO₂ 65.8%, density 1.4 g/cm³, porosity 25.6%, pH 9.8, and no hazardous substances were detected. As a result of the filtration of the water treatment, the mean concentration of the filtered SS was 14.06 mg/l, and the removal efficiency of SS was 90%, the recovery rate of the reversal is 97.1%. This enables the development of filter media considering economic efficiency and efficiency as well as the utilization of waste resources, enabling high value added of waste resources.

Keywords : Fly ash, Bottom ash, Filter Media, Recycling of resources, Water treatment

요 지 : 본 연구에서는 연소재와 식품폐기물의 산업부산물을 이용하여 비점오염 수처리 여과재로 활용 가능한 여과재를 개발하였다. 첨가제 주입에 따른 공극 형성은 강도가 유지되는 전제하에 알루미늄 파우더 3%, Ca(OH)₂ 2%일 경우 기포형성이 가장 많이 발생하는 것으로 나타났다. 결합재의 적정 혼합비로서 (연소재+식품 폐기물+점토):(물유리+콜로이드성 실리카)는 7:3 이상에서 가장 효과적인 것으로 나타났으며, 온도에 따른 강도반응은 1,000°C일 경우가 효과적이다. 최적의 혼합비율은 연소재 30%, 점토 30%, 식품 폐기물 10%에서 가장 높은 강도를 보여 비점오염 수처리로 활용도가 가장 높을 것이라 판단된다. 최적 배합조건에서 제조된 여과재는 SiO₂ 65.8%, 밀도 1.4g/cm³, 공극률 25.6%, pH 9.8로 분석되었으며, 유해물질은 검출되지 않았다. 수처리에 대한 여과능을 알아본 결과 여과된 SS의 평균농도는 14.06mg/l로서 SS의 제거효율은 90.63%로 나타났으며, 역세척 회복률도 97.1%로 나타났다. 이는 폐자원의 활용뿐만 아니라 경제성 및 효율성을 고려한 수처리 여과재 제조가 가능함에 따라 폐자원의 높은 부가가치화가 가능하다.

주요어 : 비산재, 바닥재, 여과재, 자원순환, 수처리

1. 서 론

도시지역 및 개발사업은 다양한 환경수리학적 영향을 발생시키며, 이 중 포장지역의 확대는 비점오염물질의 축적과 유출을 발생시키기에 미국을 비롯한 선진국에서는 1990년대 후반부터 비점오염물질의 저감을 위한 다양한 관리 방안이 도입되고 이에 따른 기술을 개발하고 있다(Ministry of Environment, 2012).

장치형 시설 중 여과형 시설은 강우 유출수를 여과시킬 수 있는 다양한 형태의 여재를 통과시켜 비점오염물질을 저감하는 시설이다(Ministry of Environment, 2016). 비점오염

처리를 위한 다양한 여재가 사용 중이나 주로 사용되는 무기물 소결 여과재나 흡착제는 1,200°C 이상의 고온에서 소결공정을 수행하기 때문에 제조원가가 매우 높아서 비점오염원 수처리의 주된 처리물질인 SS를 처리하기엔 다소 비경제적인 부분이 있다. 따라서 고온 소결 여과재인 세라믹 여재와 제올라이트 및 흡착제 등을 전처리 및 비점오염원 제어 위한 수처리 여과재로써 사용하기에는 어려움이 있으므로 이를 개선할 수 있는 대체 비점오염 수처리재로서 저비용의 효율성이 높은 여과재 개발이 시급하다.

특히, 2006년 4월 1일부터 비점오염원에 의한 오염을 유발하는 사업을 하거나 폐수배출시설을 설치하는 사업장에

† Department of Civil Engineering, Korea National University of Transportation (Corresponding Author : psd0123@nate.com)

1) Department of Civil Engineering, Korea National University of Transportation

2) Department of Construction and Environmental Engineering, Hanbat National University

대해 비점오염원 설치신고와 비점오염저감시설 설치를 의무화(Ministry of Environment, 2006)함에 따라 이의 수처리를 위한 여과재가 다량 소요되고 있으나 기존 흡착제 및 제올라이트 등의 사용으로 인하여 처리비용 지출의 어려움이 있다.

그 동안 박 등의 연구와 같은 수처리를 위한 제올라이트 및 흡착제 개발 등의 연구가 있었으나(Park, 2018) 비점오염 수처리 여과재로 활용하기엔 대부분 고비용 생산으로 가능한 기술이며, 폐자원을 활용한 비점오염처리 및 전처리 개념의 여과재 개발 연구가 활성화되지 않음에 따라 이를 활용한 비교적 저가의 효율성이 높은 여과재 개발이 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 자원재활용 기술을 접목하여 경제성 있는 여과재를 개발하고자 물질별 혼합비 및 결합재 적용에 따른 강도 확보 및 공극발달을 위한 첨가제 혼합, 온도별 반응 등의 과정을 통하여 수처리 여과재를 개발하고자 하며 이를 비점오염 수처리에 활용 가능한지 여부를 판단하고자 한다.

2. 실험재료 및 방법

2.1 실험재료

2.1.1 연소재

본 연구에 사용된 연소재는 D시 G회사에서 배출되는 산업부산물을 사용하였고, 이는 바이오연료(PKS(Palm Kernel Shell, 팜껍질)+wood chip) 85%와 석탄 15%를 혼합하여 화력발전의 연료로 사용하고 있으며, 발생되는 재의 화학성분은 Table 1과 같다. 연소재에는 SiO₂가 43.3~46.6%로 가장 많이 존재하며 Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO의 성분이 함유되어 있는 것으로 분석되었다.

제조 혼화물이 소성과정에서 다공체를 형성하기 위해서는 소성체 내부에 포집할 수 있는 충분한 점도의 유리질이 표면에 있지 않으면 가스가 포집되지 않고 외부로 배출되어 발포에 의한 다공체 형성이 불가능하다. 즉, 다공체를 만들기 위해서는 가스의 생성과 동시에 표면을 형성할 수 있는 유리질 형성이 이뤄져야 함에 따라 Si 성분을 함유한 연소재는 여과재 제조에 유용한 폐자원임을 알 수 있다(Kim & Shogren, 1997; Lee, 2015).

Table 1. Chemical composition analysis of ash (Unit : %)

Chemical material Composition	SiO ₂	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃
Fly ash	46.6	6.0	7.4	8.2	9.3
Bottom ash	43.3	4.4	10.7	15.8	14.1

Fig. 1의 열중량 및 시차열분석에 의하면 550~650°C 구간에서의 급격한 무게감량은 미연탄소분이 연소되기 때문인 것으로 해석됨에 따라, 그 이상에서의 온도에서는 미연탄소분이 제거된 무기물질 성분이 주로 존재하게 된다. 따라서, 여과재 제조 시 열적반응 온도를 800°C 이상 반응시키면 대부분 무기물질만 존재하여 강도 및 마모율 등의 내구성이 있는 수처리용 여과재 제조가 가능하다고 판단되어 700~1100°C의 소성온도 조건에서 실험하였다.

2.1.2 식품폐기물

유기성폐기물은 무기성 물질과 혼합 사용 시 소성온도 조건에 따라 유기성 물질 연소 후 그 자리에 공극을 형성하도록 하는 작용을 하며, 이의 특성을 이용하고자 식품제조 후 버려지는 대두폐기물을 활용하였다. 이 식품폐기물의 삼성분은 수분 43.9%, 조단백질 20.7%, 조섬유 17.6%, 조회분 11.0% 등으로 구성되어 있다.

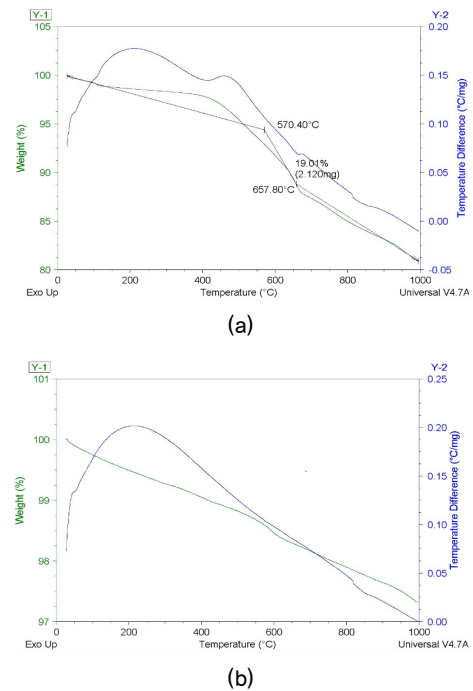


Fig. 1. TG & DTA curves of (a) Fly ash and (b) Bottom ash

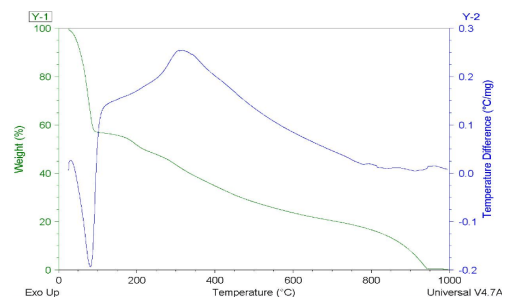


Fig. 2. TG & DTA curves of food waste of soybean

Fig. 2의 열중량 및 시차열분석에 의하면 100°C 구간에서 수분을 기화시키어 급격한 무게 감소를 가져오며, 계속적으로 무게감량 후 900°C 전에 모두 연소되어 여과재의 공극 발달을 위한 온도 적용조건으로 활용가능하다.

2.2 여과재 제조 및 그 특성 연구 방법

비점오염원처리를 위한 여과재 제조는 무기성폐기물인 비산재와 바닥재, 식품폐기물 등을 일정 범위의 입경이 되도록 선별하여 전처리 후 배합하였으며, 특히, 바닥재의 경우 산업 공정처리에 따라 입경의 크기가 다르게 배출됨에 따라 분쇄, 입경선별 등의 전처리 과정의 작업을 달리하여 적용하였다.

여과재 제조는 산업부산물인 연소재를 20~50%, 점토 10~30%, 식품 폐기물을 10~30%를 배합한 후 알루미늄과우

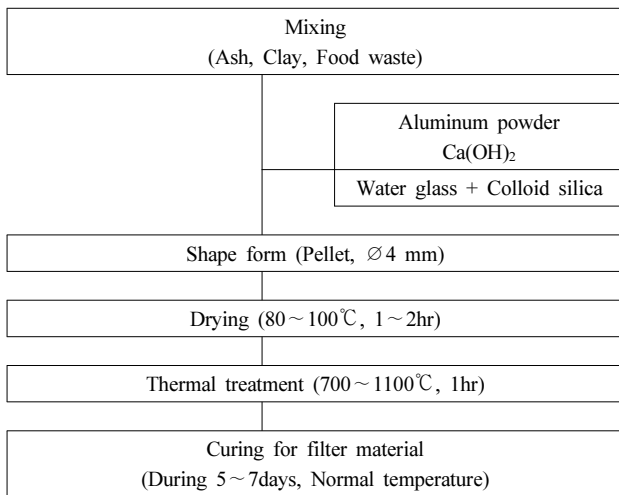


Fig. 3. Schematic diagram of Manufacture

더 3%, Ca(OH)₂ 2%를 넣어 혼합하고, 이의 성분에 대한 결합재로서 물유리 : 콜로이드 실리카를 1:3으로 섞어 paste를 만든 후 배합물 : paste = 7:3으로 혼합하여 제조하였다.

전체 혼합물은 환(丸)성형기를 통하여 제조하였으며, 각각의 배합비에 따라 성형된 여과재의 갑작스러운 온도변화에 따른 균열을 막기 위하여 80~100°C의 온도에서 1~2hr 동안 수분을 건조시켰다. 건조된 여과재를 소성온도 700~1100°C에서 1시간 동안 소성시켜 제조한 후 강도의 증진을 위하여 5~7일 동안 상온에서 양생시켜 수처리용 여과재를 완성하였으며, 전체적인 조건은 Table 2에 나타내었다.

여과재 제조에 따른 특성 실험은 산업부산물의 혼합에 따른 특성, 열적반응에 따른 강도, 결합재 및 첨가제 주입에 따른 공극형성과 강도 특성에 대하여 알아보았으며, 이를 통하여 최적의 여과재 제조 조건을 산출하였다. 여과재의 제조에 따른 강도확인인 일반적인 강도시험인 압축강도나 경도 등의 시험으로 여과재의 강도 재현이 어려워 제조 후 손으로 눌렀을 경우의 외압 강도를 기준으로 내구성을 평가하였으며, 수처리 여과재로 활용하기 위하여 물속에 담가 10일 동안 강도가 지속되는지 여부를 확인한 후 적정 강도로 결정하였다. 따라서, 소성 후 강도에 대한 결과는 Table 3과 같이 표기하여 나타내었다. 또한, 물질에 따른 표시는 FA는 Fly Ash, BA는 Bottom Ash, C는 Clay, FW는 Food Waste로 표기하여 사용하였다.

최적조건으로 평가된 여과재의 물리·화학적 특성을 알아보기 위하여 화학적분석(XRF : X-ray fluorescence, Model : ZSX Primus-II), 전자주사현미경(SEM : Scanning electron microscope, Model: Ultra plus), 밀도(KS F 2503), 공극률(KS F 2508:2007 로스앤젤레스 시험기), 유해물질 용출독

Table 2. Manufacture factor and mixture rate for filter media

Materials	Mixture rate (wt. %)	Mixture rate	Dry temperature time	Sintering temperature time
Ash	20~50	7	80~100°C, 1~2hr	700~1,100°C 1hr
Clay	10~30			
Food waste	10~30			
Aluminum powder	1~5			
Ca(OH) ₂	1~5			
Na ₂ SiO ₃ + Colloid silica	-	3		
Total		10		

Table 3. Determination of applying water treatment filtration application

Indication	State of sintering	State of water condition	Determination of water treatment application
◎	Strength in external pressure	Strength maintenance after 10days	Suitability
○	Strength in external pressure	Surface broken after 10days	Incongruity
△	External pressure surface broken	Getting loose after 10days	Incongruity
×	Whole is broken in the external pressure	-	Incongruity

성(폐기물공정시험법)을 한국건설생활환경시험연구원에 의뢰하여 분석하였다.

2.3 비점오염처리 여과실험

여과실험은 “비점오염저감시설 설치 및 운영 관리”을 만족할 수 있는 설계인자와 그에 따른 결과를 도출하기 위하여 기본적인 Lab scale 실험을 통하여 실시하였다. 국내 지역별 강우강도 및 TSS 측정결과를 바탕으로 유입 인공원수는 점토광물을 사용하여 SS기준 150±15mg/L로 제조하고 여재 충전 높이는 60cm로 실험하였으며, 여과효율을 알아보기 위하여 45분 동안 실시하였으며, 역세척 시간에 따른 여재의 회복률 평가실험을 실시하였다. Lab scale 테스트를 통하여 여과지 설계 기준에 부합되는지 여부를 검토하였으며, 이의 실험테스트 구조는 Fig. 4와 같이 설치하여 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 여과재의 제조 특성

3.1.1 첨가제 주입에 따른 공극 형성 및 강도 변화

무기성 물질의 산업부산물은 온도 조건에 따라 여과재가 수처리 시 마찰력 등의 조건에서 견딜 수 있는 강도를 유지시켜주는 성분으로 만들어 주는 역할을 하며, 유기성 물질의 식품폐기물은 온도에 반응하면서 기공을 생성하게 됨에 따라 여과 시 콜로이드성 부유물질 등이 제거될 수 있도록 공극모양이 만들어지고 기능이 확대된 여과재가 제조되어 진다.

기타 결합제인 물유리와 실리카겔은 여과재의 구조물을 형성하도록 도움을 주어 강도를 높이는 데 기여하며, 알루미늄 파우더와 Ca(OH)₂는 저온에서 기공이 형성될 수 있도록

도움을 주는 첨가제로써 기공형성을 활발하게 하여 공극형성을 확대시킬 수 있는 역할을 한다(Shin, 2012).

알루미늄 파우더와 Ca(OH)₂ 각각에 대하여 배합비 당 1%~5% 혼합하여 반응 실험을 하였으며, 이의 반응에 따른 공극형성 및 강도반응 정도를 확인하여 여과재 제조 시 적용하였다. 알루미늄 파우더 첨가제는 3%일 때 공극형성과 강도가 가장 좋은 것으로 나타났으며, 5% 혼합 시에는 과도한 공극형성에 따른 구조물 붕괴 현상이 나타났다. Ca(OH)₂는 첨가제 비율에 따른 공극형성이 비슷한 작용을 하는 것을 나타냈으며, 2%일 경우 기포형성이 가장 많이 발생하는 것으로 나타났다. 따라서, 여과재 제조에 따른 공극형성을 위한 첨가제의 적용 비율은 알루미늄 파우더 3%, Ca(OH)₂는 2%가 적절한 것으로 판단되어 이를 적용하였다.

3.1.2 여과재 제조 시 결합재(Binder)의 적정 혼합 비율

무기물질과 유기물질 및 점토의 혼합 후 이의 성형 모양을 고정하고 강도를 유지하기 위하여 결합재를 사용하였으며, 결합재는 Si성분이 함유되어 있어 고온에서 반응 후 강도를 높일 수 있는 물유리와 콜로이드 실리카를 사용하였다. 성형 시 제조특성을 높이기 위하여 물유리와 콜로이드 실리카를 혼합하여 paste 상태로 조제 후 사용하였으며, 혼합 전 각각의 유체로 형성되어 있던 물질이 혼합 후 풀(paste) 상태로 변하여 혼합 제조 및 성형 특성을 좋게 만들어 준다.

물유리와 콜로이드 실리카의 반응은 1:3의 비율로 적용하였을 경우 풀(paste) 상태가 가장 좋게 나타났으며, 이의 비율을 적용하여 여과재 제조 시 혼합비에 따른 성형 및 강도반응 실험을 실시하였다.

여과재 제조에 따른 무기물질과 유기물질, 점토의 혼합에 대한 결합재 영향을 알아보기 위하여 무기물질+유기물질+점토의 비율을 7로 고정하고 결합재(물유리 1: 콜로이드 실리카 3)의 비율을 1~5로 설정하여 1000℃에서 소성 실험을 실시하였다. 결합재의 적정 혼합비 (무기물+유기물+점토) :

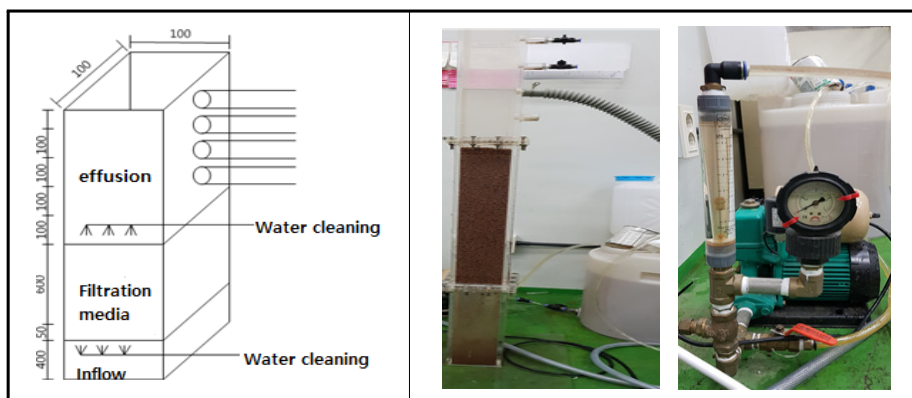


Fig. 4. Lab scale test of nonpoint pollutant treatment

Table 4. Mixture characteristics of materials rate and binder

No.	Items	Materials rate			Binder rate		Strength
		FA+BA	C	FW	Water glass	Colloids silica	
		3	3	1	1	3	
1		7			1		○
2		7			2		○
3		7			3		◎
4		7			4		◎
5		7			5		◎

(물유리+콜로이드성 실리카)는 7:3 이상에서 가장 효과적인 것으로 나타났다.

3.1.3 여과재 제조를 위한 온도별 강도

물질의 혼합비에 따른 온도별 강도 반응을 알아보기 위하여 비산재+바닥재(FA+BA) 30%, 점토 30%, 식품폐기물 10%, 알루미늄 파우더 3%, Ca(OH)₂ 2%를 고정으로 혼합하였으며, 이를 700~1,100°C의 범위에서 소성하였다. 물질혼합비를 고정한 성형 여과재의 소성온도 반응은 700°C에서 손으로 눌러 부스러짐이 발생하였으며, 800°C에서는 제조 초기에 강도가 형성되었으나 2~3일 후 성형이 무너짐을 확인할 수 있었으며, 900°C의 여과재는 물에서 여과재가 수일 동안 견디기는 하나 겉표면의 부스러짐 현상이 발생하였다. 1,000°C 이상의 경우에서 여과재는 물에 담가 수일 동안 강도가 유지됨을 확인할 수 있었으며, 이에 따라 비점오염 수처리 여과재 사용을 위한 물질 혼합비에 따른 소성최소온도는 1,000°C가 적합함을 알 수 있었다. 이는 김 등의 연구결과에서 적정소성온도를 1,120~1,250°C로 보고한 바와 같이 기존 소성온도보다 100~200°C 낮게 형성됨을 알 수 있었다(Kim, 2017).

3.1.4 여과재 제조를 위한 물질별 적정 혼합비

물질의 혼합비별 강도 반응에 따른 적정 배합비율을 찾기 위하여 실험하였으며, 비산재(FA), 비산재+바닥재(FA+BA), 바닥재(BA)를 각각 20~50% 사용하여 실험을 하였으며, 이에 따른 점토(C) 10~30%와 식품폐기물(FW) 10~30%의 변화 적용을 통한 조합 24가지에 대하여 실험하였다. 공극

형성을 위한 첨가제는 알루미늄 파우더 3%, Ca(OH)₂ 2%를 고정으로 혼합하였으며, 이의 혼합물에 대한 물유리+실리카젤 비율은 7:3을 유지하였고 소성온도는 1,000°C로 고정하여 실험하였다.

실험결과 비산재 단독사용으로 전반적으로 강도가 약하게 형성되어 제조되었으며, 비산재+바닥재와 바닥재만 사용하여 실험하였을 경우 비산재만 사용하였을 경우보다 강도가 높게 나타났다. 유기물의 함량이 높아질수록 공극은 발달되었으나 10% 이상 적용 시 비점오염처리 수처리로의 이용이 부적합한 강도를 나타내었다.

최적의 혼합비율은 비산재+바닥재 또는 바닥재 단독으로 적용 시 30%일 때의 혼입률과 점토 30% 시, 유기물 함량 10%에서 가장 높은 강도를 보여 비점오염처리제로 활용도가 가장 높을 것이라 판단되었으며, 이에 대한 결과를 Table 6에 나타내었다.

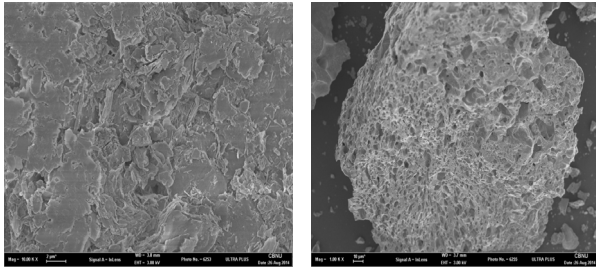
3.2 제조된 여과재의 물리·화학적 특성

최적의 혼합비율 산출을 위한 인자 실험을 통하여 얻어진 결과에 따라 비산재+바닥재 30, 점토 30, 식품폐기물 10, 결합재 30, 알루미늄 파우더 3, Ca(OH)₂ 2의 비율로 혼합하고, 소성온도는 1,000°C로 고정하여 여과재를 제조한 결과에 대하여 물리·화학적 특성에 대하여 분석하였다.

최적 배합조건에서 제조된 여과재는 SiO₂가 가장 많이 함유되어 있는 것으로 나타났다. SiO₂는 65.8%로 나타났으며, 기타 Al₂O₃, CaO, Fe₂O₃, K₂O가 함유되어 있는 것으로 나타났으며, 화학적 성분 비교분석 결과는 Table 7과 같다.

Table 5. Response temperature of filter media

No.	Items	Materials rate			Binder rate		Temperature (°C)	Strength
		FA+BA	C	FW	Water glass	Colloids silica		
		3	3	1	1	3		
1		7			3		700	×
2		7			3		800	△
3		7			3		900	○
4		7			3		1,000	◎
5		7			3		1,100	◎



(a) Before sintering (b) After sintering

Fig. 5. SEM photographs of filter media (×1,000)

Table 6. Characteristics of materials rate

No.	FA	FA+BA	BA	C	FW	Strength
1	30	0	0	30	10	○
2	0	30	0	30	10	◎
3	0	0	30	30	10	◎
4	40	0	0	20	10	△
5	0	40	0	20	10	○
6	0	0	40	20	10	○
7	50	0	0	10	10	×
8	0	50	0	10	10	△
9	0	0	50	10	10	△
10	40	0	0	10	20	×
11	0	40	0	10	20	×
12	0	0	40	10	20	×
13	30	0	0	20	20	×
14	0	30	0	20	20	△
15	0	0	30	20	20	△
16	20	0	0	30	20	△
17	0	20	0	30	20	○
18	0	0	20	30	20	○
19	20	0	0	20	30	×
20	0	20	0	20	30	×
21	0	0	20	20	30	×
22	30	0	0	10	30	×
23	0	30	0	10	30	×
24	0	0	30	10	30	×

Table 7. Chemical composition in filter media for waste water treatment

Chemical composition (%)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	TiO ₂	MgO
Filter media	65.8	6.6	5.2	0.2	1.7	0.4	1.0

Table 9. The filtration result of lab scale test about non-point pollutant treatment

Items	Sampling time								
	Tme (min)	0	5	10	15	20	30	45	Ave.
Filtration concentration (mg/L as SS)		1.95	4.2	5.4	14.1	19.2	25.2	28.35	14.06
Removal ratio (%)		98.7	97.2	96.4	90.6	87.2	83.2	81.1	90.63

Table 8. Comparison of physicochemical properties

Items	Unit	Filter media
Density	g/cm ³	1.4
Porosity	%	25.6
pH	-	9.8
Cr ⁺⁶	mg/l	N.D
Pb	mg/l	N.D
As	mg/l	N.D
CN	mg/l	N.D
Cd	mg/l	N.D
Ag	mg/l	N.D
Tetrachloroethylene	mg/l	N.D
Trichloroethylene	mg/l	N.D
Organophosphorous compound	mg/l	N.D

* N.D. : Not detected

여과재의 기공 특성을 알아보기 위해 SEM 분석을 한 결과, 다공성이 발달된 구조가 형성되어 비점오염 수처리 시 처리율을 높일 수 있는 구조로 제조되었음을 알 수 있었다. 제조된 여과재의 밀도는 1.4g/cm³, 공극률 25.6%, pH 9.8로 분석되었으며, 유해물질은 검출되지 않았고, 이의 결과는 Table 8에 나타내었다.

3.3 비점오염처리 여과능 평가

비점오염처리 여과능을 알아본 결과 여과된 SS의 평균농도는 14.06mg/l로서 여과의 제거효율은 90.63%로 나타났으

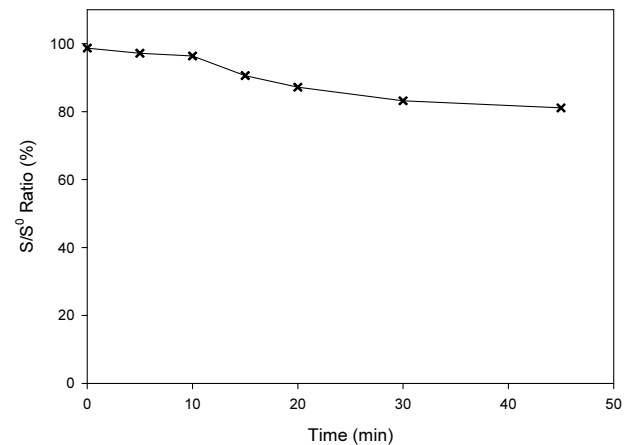


Fig. 6. The removal ratio according to the filtration time

Table 10. The back washing result of Lab scale test about non-point pollutant treatment

Items	Sampling time					
	0.5	1	1.5	2.0	2.5	3.0
Time (min)	0.5	1	1.5	2.0	2.5	3.0
Back washing concentration (mg/L as SS)	21.3	17.0	8.8	2.3	1.1	0.9
Recovery ratio (%)	25.3	40.2	68.9	91.9	95.8	97.1

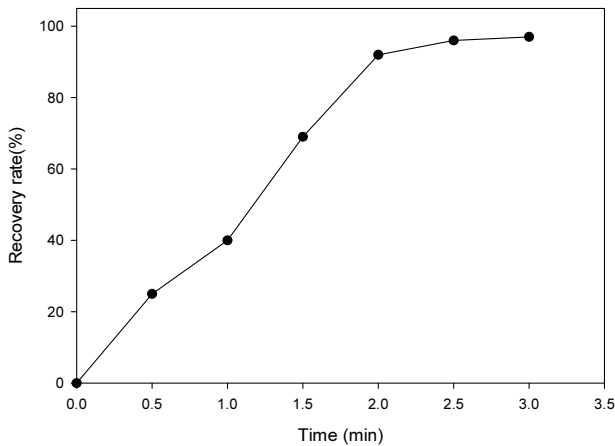


Fig. 7. The recovery ratio according to the back washing

며, 비점오염처리를 위한 여과재로 활용하기 위해서는 SS제거율이 80% 이상이 되어야 함에 따라 본 연구개발에 따른 여과재를 비점오염처리 여과재로 활용 가능함을 확인할 수 있었으며, 역세척 평가에서도 97.1%의 회복률을 나타냈다.

개발된 저가의 여과재는 수계의 총량적 수질환경 제어를 위한 비점오염원 처리시설에 활용될 수 있으며 더불어 저비용의 전처리용 수처리 여과재로써 활용 가능하며, 사용 용도에 따라 성형 크기, 구조 및 모양 등의 조건을 변형하여 활용 가능함에 따라 여과재뿐만 아니라 생물바이오 담체로서도 활용 가능하므로 다양한 수처리 여과재로 활용 가능하다.

윤의 연구결과에서 시판 중인 안트라사이트 여과재의 성능을 평가해 본 결과 SS의 여과효율은 80.8~85.8%로 나타났다고 보고하였으며(Yoon, 2009), 김의 연구결과에 의하면 여과분석 40분일 때의 SS의 여과효율은 화산석 여재 88.5%, 고분자 PE여재 94.9%, 유리발포여재 95.1%, 섬유볼 여재 76.8%로 나타나 비점오염처리시설의 다른 여과재와 유사하거나 약간 상회하는 것으로 나타났다(Kim, 2016).

4. 결 론

본 연구에서는 연소재와 식품 폐기물의 산업부산물을 이용하여 비점오염 수처리 여과재로 활용 가능한 여과재를 개

발하였다. 이는 폐자원의 활용뿐만 아니라 경제성 및 효율성을 고려한 여과재 제조 개발이 가능하며, 이에 따른 결론은 다음과 같다.

- (1) 첨가제 주입에 따른 공극 형성은 알루미늄 파우더 3%, Ca(OH)₂ 2%일 경우 기포형성이 가장 많이 발생하는 것으로 나타났으며, 결합재의 적정 혼합비로서 (연소재+식품폐기물+점토):(물유리+콜로이드성 실리카)는 7:3 이상에서 가장 효과적인 것으로 나타났다.
- (2) 여과재 제조를 위한 물질의 최적 혼합비율은 연소재 30%, 점토 30% 시, 식품 폐기물 10%로 나타났으며, 수처리 여과재 사용에 따른 최적상태의 최소온도는 1,000℃로 나타났다.
- (3) 최적 배합조건에서 제조된 여과재는 SiO₂ 65.8%가 가장 많이 함유되어 있었으며, 여과재의 SEM 분석으로 다공성이 발달된 구조가 형성되었음을 확인하였고, 제조된 여과재는 밀도 1.4g/cm³, 공극률 25.6%, pH 9.8로 분석되었으며, 유해물질은 검출되지 않았다.
- (4) 비점오염처리 여과능을 알아본 결과 여과된 SS의 평균 농도는 14.06mg/l로서 여재의 제거효율은 90.63%로 나타났으며, 역세척 회복률도 97.1%로 나타났다.

References

1. Kim, C. H. and Shogren, R. L. (1999), "Preparation and characterization of a biodegradable mulch : paper coated with polymerized vegetable oils", Journal of Applied polymer science, Vol. 73(11), pp. 2159~2167 (In Korean).
2. Kim, S. S. (2016), "A study on up flow filtering non-point source pollutants treatment facilities using volcanic stone filter media", The uiniversity of Seoul.
3. Kim, D. H. (2017), "Recycling of bottom ash from local municipal solid waste incinerators for ceramic raw material and sub-base layer materials of the roads", Graduate school of Myongji University.
4. Lee, J. H. (2015), "The study on the bloating mechanism of the artificial light weight aggregate", Materials Science and Engineering Graduate School Kyonggi University, pp. 31~32.
5. Ministry of Environment (2006), "Legislation regarding water quality and aquatic biotechnology conservation".

6. Ministry of Environment (2012), "Comprehensive measures for nonpoint pollution source management (2012-2020)".
7. Ministry of Environment (2016), "Manual on installation and management of nonpoint pollution abatement facilities".
8. Park, H. N. (2018), "Development of functional fiber-type adsorbents for ionic dyes removal", Gyeongsang National University.
9. Shin, S. C. (2012), "Properties of foamed concrete according to types of foam agent", Graduate School of Kongju National University.
10. Yoon, Y. S. (2009), "A study on treatment of flush rainwater using media", Graduate school of Industry Engineering Seoul National of Technology.