

## 폐굴패각과 커피찌꺼기를 혼합한 황토볼의 흡착효율에 관한 연구

김소희<sup>1</sup> · 정병곤<sup>2,†</sup>

<sup>1</sup>군산대학교 환경공학과 대학원생

<sup>2</sup>군산대학교 환경공학과 교수

## A Study on the Adsorption Efficiency of Loess Ball Mixed with Waste Oyster Shell and Coffee Grounds

Sohee Kim<sup>1</sup> and Byunggon Jeong<sup>2,†</sup>

<sup>1</sup>Graduate Student, Department of Environmental Engineering, Kunsan National University, Kunsan 54150, Korea

<sup>2</sup>Professor, Department of Environmental Engineering, Kunsan National University, Kunsan 54150, Korea

### 요 약

본 연구에서는 업사이클링의 일환으로 폐기물로 버려지는 폐굴패각과 커피찌꺼기 등을 이용하여 여재를 개발하였다. 폐굴패각과 커피찌꺼기를 다양한 비율에 따라 혼합하여 만든 황토볼에 대한 물성 분석 및 흡착 실험을 수행하였다. 폐굴패각과 커피찌꺼기 함량을 각각 0~30%까지 넣어서 수행한 결과, 커피찌꺼기 단독일 경우, 75 kg/cm<sup>2</sup>에서 25 kg/cm<sup>2</sup>, 폐굴패각이 10% 혼합된 경우, 131 kg/cm<sup>2</sup>에서 5 kg/cm<sup>2</sup>, 폐굴패각이 20% 혼합된 경우, 120 kg/cm<sup>2</sup>에서 5 kg/cm<sup>2</sup>로 전체적으로 폐굴패각 대비 커피찌꺼기 함량이 높아지면서 황토볼의 압축강도는 감소하였다. 반면, 커피찌꺼기와 폐굴패각의 함량이 20%까지 증가하면서 흡수율, 비표면적과 기공 부피는 각각 61%, 2.6141 m<sup>2</sup>/g, 0.0456 cm<sup>3</sup>/g까지 증가하였다. 인산인 흡착 실험에서는 커피찌꺼기만 혼합된 경우, 흡착 효율은 거의 나타나지 않았으며, 폐굴패각과 커피찌꺼기의 함량이 각각 20% 혼합된 황토볼이 10분 후 인산인 흡착 효율 87%로 가장 높았다. 반면, 폐굴패각의 함량이 30%까지 증가할수록, 요오드의 흡착량은 0~249 mg/g로 증가하였다. 10%의 동일한 커피찌꺼기 함량에서 폐굴패각 함량을 0~30%까지 증가시켰을 때, Cd의 흡착효율 14~47%, Cu의 흡착효율 22~67%, Cr의 흡착효율 9~20%로 증가하였다. 결론적으로 황토 및 점토에 대한 폐굴패각과 커피찌꺼기의 가장 좋은 혼합비는 20:10:70으로 나타났다.

**Abstract** – In this study, as part of upcycling, the media were developed using waste oyster shell and coffee grounds. Physical property analysis and adsorption experiments were conducted on loess balls made by mixing waste oyster shell and coffee grounds according to various proportions. As a result of adding the contents of waste oyster shells and coffee grounds up to 0-30%, respectively, the compressive strength of loess balls in which only coffee grounds were mixed alone decreased from 75 kg/cm<sup>2</sup> to 25 kg/cm<sup>2</sup>. In the case of loess balls with 10% waste oyster shell, the compressive strength decreased from 131 kg/cm<sup>2</sup> to 5 kg/cm<sup>2</sup>, and in the case of loess balls with 20% waste oyster shell, the compressive strength decreased from 120 kg/cm<sup>2</sup> to 5 kg/cm<sup>2</sup>. Overall, the compressive strength of loess balls decreased as the coffee grounds content increased compared to the waste oyster shells. On the other hand, as the content of coffee grounds and waste oyster shell increased to 20%, the absorption ratio, specific surface area and pore volume increased to 61%, 2.6141 m<sup>2</sup>/g, and 0.0456 cm<sup>3</sup>/g, respectively. In the phosphoric acid adsorption experiment, when only coffee grounds were mixed, the adsorption efficiency hardly appeared, and the loess balls containing 20% of each of waste oyster shells and coffee grounds were the highest at 87% phosphoric acid adsorption efficiency after 10 minutes. On the other hand, as the content of waste oyster shell increased to 30%, the amount of iodine adsorption increased to 0~249 mg/g. When the waste oyster shell content was increased from 0 to 30% at the same 10% coffee grounds content, the adsorption efficiency of Cd increased to 14 to 47%, the adsorption efficiency of Cu 22 to 67%, and the adsorption efficiency of Cr from 9 to 20%. In conclusion, the best mixing ratio of closed oyster shells and coffee grounds for loess and clay was found to be 20:10:70.

**Keywords:** Waste oyster shell(폐굴패각), Coffee grounds(커피찌꺼기), Loess ball(황토볼), Adsorption efficiency(흡착효율), Upcycling(재활용)

<sup>†</sup>Corresponding author: bjeong@kunsan.ac.kr

## 1. 서 론

우리나라는 연간 약 30만 톤 정도의 굴을 생산하며, 굴 생산량에 따라 다르기는 하나 매년 25만 톤 이상이 폐기물로 버려진다. 버려진 폐각은 대부분 매립되는데, 매립지를 관리하는데 비용이 많이 발생하고, 매립지가 부족하여 불법적인 매립, 해안투기, 야적되어 방치되고 있어 이로 인한 악취 및 수질오염, 주변 경관의 훼손 등 피해가 발생하고 있다. 따라서 굴폐각의 효율적인 처리방안을 찾기 위해 비료, 탈황 물질 제조, 시멘트 제조, 부영양화 물질 제거, 중금속 제거 등 굴폐각을 활용한 다양한 연구가 행해지고 있다(Nam *et al.*[2018]). 특히 높은 CaCO<sub>3</sub> 함량, 다공성, 무독성, 생분해성 특징으로 흡착제로 사용할 경우 벽돌 조각, 화산암 및 제올라이트 등보다 인 흡착능이 뛰어난 것으로 알려져 있다(Lee and Jung[2016]).

한편 우리나라의 20세 이상 성인 1인당 연간 커피 소비량은 2012년 기준 288잔, 2016년 기준 377잔으로 5년간 연평균 7%씩 증가하는 추세이며(MAFRA[2017]), 국제커피협회(ICO)에 따르면 세계 커피 수입국 순위에서 우리나라가 7위에 집계될 정도로 커피 수요가 증가하고 있는 실정이다.

커피 한 잔에는 커피 원두의 0.2%만이 사용되고 나머지 99.8%의 원두는 커피찌꺼기로 배출되어 약 16만 톤(2017년 기준)의 우리나라 커피 수입량 중 약 13만 톤이 커피찌꺼기로 발생하는 것으로 추정되고 있으며(KOREA CUSTOMS SERVICE[2017]), 버려지는 커피찌꺼기는 폐기물관리법에 따라 생활폐기물로 분류하여 매립되거나 소각된다.

커피찌꺼기는 버섯 생산, 바이오가스 및 연료, 퇴비, 사료, 활성탄 등 재활용 연구가 다양한 분야에서 이루어지고 있으며, 셀룰로스 성분이 약 50% 이상 차지하고 있어 특히 흡착제로의 활용 가능성도 크다(Nam *et al.*[2017]). 그러나 다른 재료와 합성하지 않고 커피찌꺼기 단독으로 흡착할 경우 흡착량이 낮은 단점이 보고되고 있다(Choi[2018]).

우리나라 국토의 35%를 덮고 있는 황토는 먼 옛날부터 우리 조상들이 건축재료 등에 많이 사용되어 왔다. 황토 분자는 다층 다공질로 되어 있고 입자크기는 0.02~0.05 mm이며 벌집 모양의 구조를 형성하고 있다(Hwang *et al.*[2008]). 이러한 특성을 이용하여 황토는 적조 제거, 오염물질 정화 등 여러 분야에 사용되고 있으며 특히 유기물과 혼합하여 고온 소성하게 되면 소성 과정에서 수분의 증발과 유기물 연소로 인한 가스 방출과정에서 성형 황토 내부에 충분한 공극 및 비표적을 확보할 수 있다고 보고하고 있다(Kim *et al.*[2007]; Kim *et al.*[2015]; Jeong and Jeong[2015]).

이에 본 연구에서는 다공성으로 흡착 가능성이 높은 굴폐각과 단독 흡착 시 흡착량이 낮지만 흡착제로서의 가능성을 지닌 커피찌꺼기를 황토에 적정 혼합하여 황토볼 여재를 제조할 경우 좀 더 나은 흡착 효율을 나타낼 수 있을 것으로 판단하여, 혼합비를 달리하면서 최적 혼합비를 찾고, 여재의 흡착성을 평가하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 시험재료

폐굴폐각은 서해안에 위치한 G시의 수산물 판매장에서 폐기물로 배출되는 것을 가져와 세척 후 Dry Oven을 이용하여 80 °C에서 24 시간 동안 열풍 건조하여 수분을 제거한 후 분쇄기로 분쇄하여 분말로 만들었으며 KS-A-5101에 의한 100 mesh 표준체(150 μm 이하)에 걸러 데시케이터에 보관 후 사용하였다.

커피찌꺼기는 각기 다른 커피전문점에서 버려지는 것을 수집하여 혼합 후 사용하였다. 찌꺼기에 남아있는 색과 불순물을 제거하기 위하여 중류수로 3회 이상 세척한 후, 폐굴폐각과 동일하게 Dry oven에서 열풍 건조 후 KS-A-5101에 의한 100 mesh 표준체(150 μm 이하)에 걸러 데시케이터에 보관 후 사용하였다.

황토 및 점토는 Dry oven을 이용하여 105 °C에서 12시간 동안 건조하여 수분을 충분히 제거한 것을 분쇄기로 분쇄한 후, KS-A-5101에 의한 150 mesh 표준체(106 μm 이하)에 걸러 7:3의 비율로 혼합한 후 사용하였다.

황토볼 제조는 Table 1과 같이 재료의 혼합 비율 조건에 따라 각각의 재료를 용기에 넣어 물을 가하면서 혼합 및 반죽한 후, 구형으로 성형하여 24시간 동안 그늘진 곳에서 자연 건조 시킨 후 Dry oven을 이용하여 110 °C에서 8시간 동안 열풍 건조한 것을 900 °C 전기로(LEF-115S, DAIHAN LABTECH Co. LTD.)에서 1시간 동안 소성하고 상온까지 방랭하여 제조하였다.

제조 과정에서 커피찌꺼기와 굴폐각 분말이 모두 들어간 황토볼 중 10-1, 11-1, 11-2, 11-3은 반죽 후 잘 못쳐지지 않아 구형으로 성형 시킬 때 어려움이 있었으며, 소성 후에 부서지거나 갈라지는 현상이 확인되어 실험에 이용이 불가능할 것으로 판단되었다. 이에 따라 이들을 제외한 나머지 조건의 황토볼로 실험을 진행하였다.

### 2.2 물성 분석

각 제조 조건에서 제조된 황토볼의 물성 분석을 위하여 압축강도, 흡수율, 비표면적, 기공 부피를 측정하였다.

압축강도는 압축시험기를 이용하여 측정하였고, 흡수율은 KSL 3114에 준하는 방법으로 측정하였고, 비표면적 및 기공 부피는 비표면적 측정장치(Surface Area & Pore size Analyzer, BELSORP-max, MicrotracBEL Corp.)를 이용하여 측정하였으며, 내부 형상은 고분해능 전계 방사형 주사 전자 현미경(Ultra High FE-SEM, SU8220)을 이용하여 측정하였다.

황토볼의 혼합 비율은 Table 1에 제시하여 놓았다.

### 2.3 흡착 실험

제조된 황토볼의 다양한 물질에 대한 흡착성을 알아보기 위해 인산인, 요오드, 중금속 흡착실험을 수행하였다.

인산인 흡착실험은 인산인 농도 3 ppm 용액을 삼각플라스크에 200 mL 넣은 후, Table 1의 혼합 비율에 따라 제조된 황토볼 25 g을 넣어 8시간 동안 120 rpm으로 항온항습실(온도 20±1 °C, 습도

**Table 1.** Mixing ratios of coffee grounds, oyster shell powder, loess and clay

Product No.	Oyster shell	Coffee grounds	Loess & clay (7:3)
1	0	10	90
2	0	20	80
3	0	30	70
4	10	0	90
5	10	10	80
6	10	20	70
7	10	30	60
8	20	0	80
9	20	10	70
10	20	20	60
10-1	20	30	50
11	30	0	70
11-1	30	10	60
11-2	30	20	50
11-3	30	30	40

\*Product No. 10-1, 11-1, 11-2, 11-3 are too fragile to make media.

50±1%)에서 회전식진탕기(VS-203D, Vision Scientific Corp.)로 교반하며, 정해진 시간에 상등액을 채취하여 0.45 µm 여과지로 여과 후 자외-가시선 분광광도계(UV/VIS Spectrophotometer, Optizen POP, Mecasys Corp.)로 분석하였다(Choi[2017]).

요오드 흡착실험은 Table 1의 혼합 비율에 따라 제조된 각각의 황토볼 5개를 분쇄한 후 혼합한 것을 KS-A-5101에 의한 325 mesh 표준체(45 µm 이하)를 통과시켜 정확히 0.5 g을 취하여 0.1N 요오드 용액 50 mL에 넣고 회전식진탕기(VS-203D, Vision Scientific Corp.)에서 200 rpm으로 15분간 진탕하였다. 진탕 후 2,000 rpm에서 5분간 원심분리한 후 상등액 10 mL를 100 mL 비커에 넣고 0.1 N 싸이오황산나트륨 용액으로 적정하였다. 갈색이 담황색으로 변하면 전분 용액 3~4방울을 넣어 생긴 청색이 없어질 때까지 계속 적정하였으며, 소비된 0.1 N 싸이오황산나트륨 용액의 적정량으로부터 요오드 흡착량을 계산하였다(Ministry of Environment[2017]).

중금속 흡착실험은 Cu, Cr, Cd 농도를 5 ppm이 되도록 제조한 혼합 용액 200 mL를 넣은 300 mL의 삼각플라스크에 황토볼 6 g을 넣고 항온항습실(온도 20±1 °C, 습도 50±1%)에서 회전식진탕기(VS-203D, Vision Scientific Corp.)를 이용하여 80분 동안 반응시키면서 정해진 시간에 샘플을 채취하였다. 분석은 ICP-OES(Optima 4300 DV, PerkinElmer Inc.)를 이용하여 각각의 중금속의 농도를 측정하였다(Shin and Kim[2014]).

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 물성 분석

Table 1에 제시된 각 재료의 혼합 비율 조건에 따라 제조된 황토 볼의 압축강도를 Table 2에 제시하여 놓았다.

Table 2에 제시된 바와 같이 커피찌꺼기는 전혀 넣지 않고 굴패

**Table 2.** Compressive strength, absorption ratio, specific surface area, pore volume according to the mixing ratio

Product No.	Compressive strength (kg/cm <sup>2</sup> )	Absorption ratio (%)	Specific surface area (m <sup>2</sup> /g)	Pore volume (cm <sup>3</sup> /g)
1	75	24.0	1.0072	0.0136
2	42	45.1		
3	25	64.2		
4	131	11.6		
5	73	23.8	1.6909	0.0159
6	34	50.5		
7	5	70.2		
8	120	13.6	1.4559	0.0115
9	61	28.4	1.7762	0.0273
10	5	60.9	2.6141	0.0456
11	110	13.7		

각만 10~30% 혼합된 황토볼인 4, 8, 11번의 압축강도는 다른 혼합 비로 제조된 황토볼보다 비교적 높은 압축강도를 나타내었으며, KS L 4201(KATS[2012])의 점토 벽돌 압축강도 기준 3종(10.78 MPa(109.92 kg/cm<sup>2</sup>) 이상)에 해당하는 압축강도를 보였다. 이는 황토에 함유된 가용성 실리카가 굴패각 분말의 칼슘과 상온에서 반응하여 포졸란 반응 생성물로 충만하면서 경화체가 단단하게 결합하여 강도가 증가한 것으로 추측된다(Kwon and Cho[2013]).

모든 실험조건에서, 커피찌꺼기 함량이 높아질수록 낮은 압축강도를 나타내었다. 또한, 황토와 점토의 함량이 낮을수록 압축강도가 낮았으며, 특히, 60% 이하일 경우 부서지거나 압축강도가 현저히 낮아지는 것을 알 수 있었다. 현재 시판되고 있는 수질 정화용 다공성 세라믹 담체의 압축강도는 2~3 MPa(20.39~30.59 kg/cm<sup>2</sup>)로 황토 및 점토 혼합물을 70% 이상 함유시키는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

Table 2와 같이 혼합비에 따른 흡수율을 측정된 결과는 압축강도와 반비례하는 것으로 나타났다. 즉, 커피찌꺼기 함량이 높아질수록 흡수율이 증가하는 것을 볼 수 있었다. 흡수율에 미치는 굴패각 분말의 함유 정도는 전혀 첨가하지 않은 경우(1~3번), 10%(4~7번), 20%(8~10번) 첨가하였을 때를 대략 비교해보면 흡수율이 각각 평균 44.4%, 38.9%, 34.3%로 굴패각 분말 함유량이 증가할수록 흡수율이 감소하는 경향을 나타내었으나 그 차이는 그리 크지 않은 것으로 나타났다. 또한, 동일한 커피찌꺼기 함량에서는 굴패각 분말의 함량이 높을수록 흡수율이 증가하는 경향을 나타내었다. 가장 높은 흡수율을 나타낸 황토볼은 7번으로 약 70%의 흡수율을 보였고, 가장 낮은 흡수율을 나타낸 황토볼은 4번으로 약 12%의 흡수율을 보였다. 또한, 비표면적과 기공 부피를 측정된 결과는 굴패각 분말의 함량이 20%인 황토볼, 8, 9, 10번을 비교해보면 커피찌꺼기 함량이 높아질수록 비표면적과 기공 부피가 증가하는 것을 볼 수 있었다. 또한, 커피찌꺼기 함량이 10%인 황토볼 1, 5, 9번을 비교해보면 굴패각 분말 함량이 높아질수록 비표면적과 기공 부피가 증가하는 것을 볼 수 있었다. 전체적으로 봤을 때 커피찌꺼기나

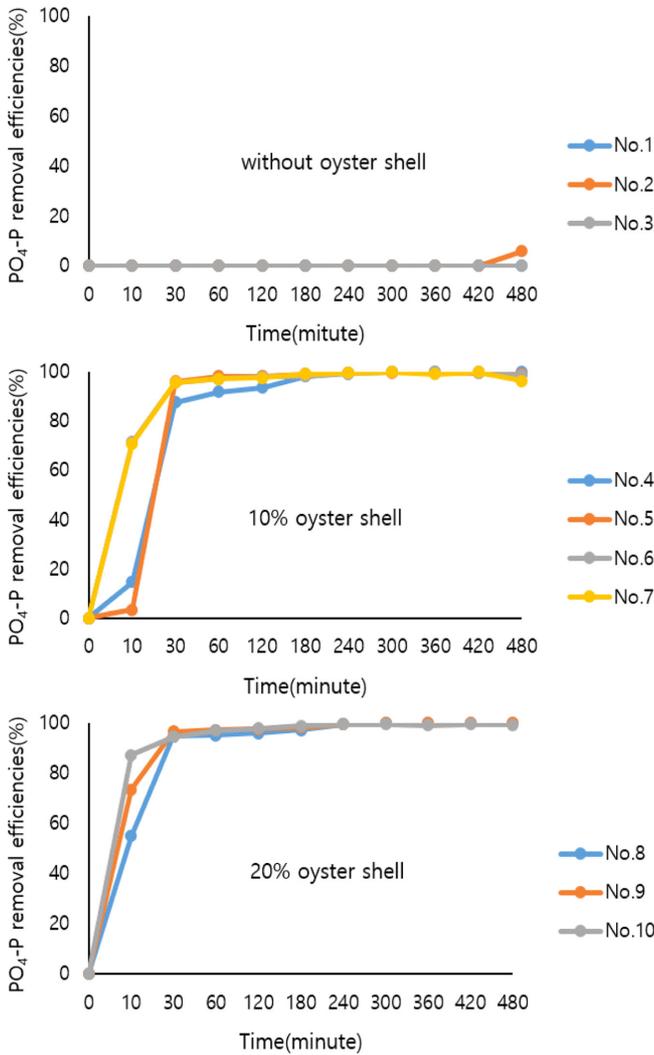


Fig. 1. Removal efficiencies of phosphorus according to oyster shell contents.

굴패각 분말이 단독으로 혼합된 것보다 커피찌꺼기와 굴패각 분말이 모두 들어간 황토볼의 비표면적과 기공 부피가 높은 경향을 나타내었다.

### 3.2 흡착 효율

혼합비율별 시간에 따른 인산염 흡착 실험 결과는 Fig. 1과 같다. 굴패각 분말이 전혀 들어가 있지 않은 경우, 1, 2, 3번 모두 420분 후에도 제거율의 변화가 없었고, 480분 후 2번의 황토볼만이 약 6%의 제거율을 나타낸 것으로 보아 커피찌꺼기만 혼합된 황토볼은 인산염 흡착에 효과가 없는 것으로 판단된다. 굴패각 분말이 10% 들어간 경우, 굴패각 분말만 단독으로 들어간 4번 황토볼은 30분 후 제거율이 약 88% 정도로 급격히 증가하며, 300분 후에는 100%의 제거율에 도달하였다. 커피찌꺼기가 10% 함유된 5번 황토볼은 30분 후 제거율이 약 96%로 제거율이 급격한 증가세를 보이며 180분까지 서서히 증가하다가 240분 후에는 제거율이 감소하였다. 커피찌

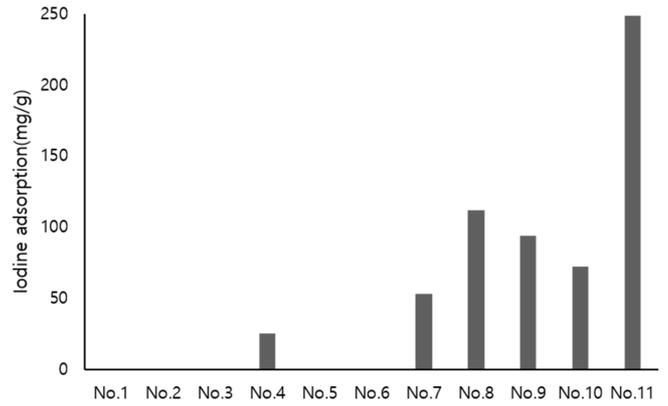


Fig. 2. Comparison of iodine adsorption according to oyster shell contents.

꺼기가 각각 20%, 30% 혼합된 6, 7번 황토볼은 10분 후 70% 이상, 30분 후 90% 이상으로 거의 같은 제거율 형상을 보였다. 굴패각 분말이 20% 들어간 경우, 8~10번 황토볼은 10분 후 각각 약 55%, 74%, 87%, 30분 후에는 모두 94%가 넘는 인산염 제거율을 나타내었다. 8, 9번은 300분 후 100%의 제거율에 도달하였으며, 10번이 단시간 제거율이 가장 높게 나타났다. 전체적으로 봤을 때 커피찌꺼기와 굴패각 분말의 함량이 높아질수록 인산염 제거율이 증가하는 것을 알 수 있었다.

혼합비율별 요오드 흡착량 실험 결과는 Fig. 2와 같다. 굴패각 분말이 전혀 들어가 있지 않은 1~3번의 경우, 모두 흡착량이 0 mg/g로 전혀 흡착되지 않았고, 굴패각 분말이 10% 들어간 경우, 굴패각 분말만 단독으로 들어간 4번 황토볼이 25 mg/g, 굴패각 분말과 커피찌꺼기가 혼합된 5~7번 황토볼 중 7번 황토볼이 73 mg/g의 흡착량을 나타내었다. 굴패각 분말이 20% 들어간 경우, 8번 황토볼의 흡착량이 112 mg/g로 가장 높게 나타났다. 굴패각 분말이 30% 단독으로 들어간 11번 황토볼의 흡착량이 249 mg/g로 모든 황토볼 중 가장 높게 나타난 것으로 보아, 굴패각 분말의 함량이 높을수록 요오드 흡착량은 증가하며 커피찌꺼기의 함량이 높을수록 요오드 흡착량이 감소하는 것으로 나타났다.

혼합비율별 Cd, Cu, Cr의 제거율은 Fig. 3과 같다. 굴패각 분말이 전혀 들어가 있지 않은 1~3번의 경우, Cu 제거율 측면에서 보면 1번 황토볼의 제거율이 22%로 가장 높게 나타났으며, Cd, Cu, Cr 전부 커피찌꺼기 함량이 높을수록 제거율이 낮게 나타났다. 굴패각 분말이 10% 들어간 경우, Cu 제거율은 7번 황토볼이 80%로 가장 높게 나타났으며, Cd, Cu, Cr 전부 커피찌꺼기 함량이 높을수록 제거율이 높게 나타났다. 1~3번과 4~7번을 비교해보면 앞서 서론에서 언급했던 커피찌꺼기 단독으로 흡착할 경우 흡착량이 낮다는 것을 뒷받침하여 굴패각 혼합 여부에 따라 커피찌꺼기 함량 증가에 따라 상반되는 결과가 나타났다. 굴패각 분말이 20% 들어간 경우, Cu 제거율은 10번 황토볼이 90%로 가장 높게 나타났다. 전체적으로 비교한 결과, 커피찌꺼기가 단독으로 혼합된 황토볼의 경우 제거율이 미미하였고, 굴패각과 커피찌꺼기가 같이 들어간 경

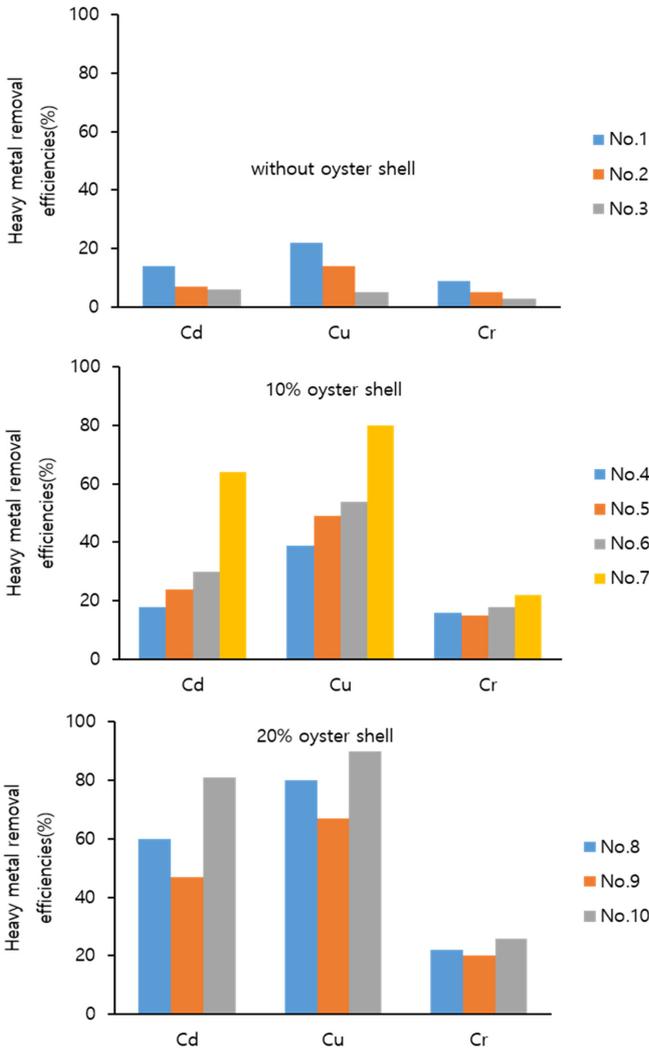


Fig. 3. Comparison of heavy metal removal efficiencies according to oyster shell contents.

우 굴패각 분말의 함량과 커피찌꺼기의 함량이 높을수록 제거율이 높게 나타나는 경향을 보였다. 또한, Cd, Cu, Cr에서 Cu의 제거율이 모든 황토볼에서 가장 높게 나타났다.

커피찌꺼기가 단독으로 20% 혼합된 2번, 굴패각 분말이 단독으로

20% 혼합된 8번, 커피찌꺼기와 굴패각 분말이 각각 20%씩 혼합된 10번의 SEM 사진은 Photo 1과 같다. 굴패각 분말이 단독으로 20% 혼합된 8번의 경우, 커피찌꺼기가 단독으로 20% 혼합된 2번과 비교했을 때 전혀 다른 형상을 나타내었다.

커피찌꺼기와 굴패각 분말이 각각 20%씩 혼합된 10번의 경우, 전체적인 형상은 2번의 경우와 유사하나 기공의 형태가 좀 더 균질하게 보이며, 이러한 형태학적 특성이 양호한 흡착능을 나타내는 것이라 판단된다(Xu *et al.*[2017]). 즉, 커피찌꺼기나 굴패각 분말이 단독으로 혼합된 황토볼보다 커피찌꺼기와 굴패각 분말이 일정 비율 혼합된 황토볼이 양호한 흡착능을 나타낸 것이라 판단된다.

### 4. 결 론

폐굴패각과 커피찌꺼기를 혼합한 황토볼을 혼합비율별로 제조하여 물성 분석과 흡착 실험을 한 결과는 다음과 같다.

(1) 압축강도는 황토볼 내 굴패각 분말의 함량이 높을수록, 커피찌꺼기의 함량이 낮을수록 높은 경향을 나타내었다. 하지만, 황토와 점토의 함량이 60% 이하일 경우 부서지거나 압축강도가 현저히 낮아지는 것으로 나타났다. 현재 시판되고 있는 수질 정화용 다공성 세라믹 담체의 압축강도는 2~3 MPa로 황토 및 점토 혼합물은 70% 이상 함유시키는 것이 바람직한 것으로 나타났다. 흡수율은 굴패각 분말과 커피찌꺼기 함량이 높을수록 증가하는 경향을 나타내었다. 비표면적과 기공 부피는 커피찌꺼기 함량이 높아질수록 증가하는 경향을 나타내었다. 전체적으로 굴패각 분말과 커피찌꺼기가 단독으로 혼합된 것보다 굴패각 분말과 커피찌꺼기가 모두 들어간 황토볼의 비표면적과 기공 부피가 높은 경향을 나타내었다.

(2) 시간별 인산인 흡착실험 결과를 굴패각 함량을 기준으로 비교한 결과 굴패각 분말과 커피찌꺼기의 함량이 증가할수록 인산인 제거율이 증가하는 경향을 나타내었다.

(3) 요오드 흡착실험 결과는 굴패각 분말 함량이 높을수록, 커피찌꺼기 함량이 낮을수록 요오드 흡착량이 높게 나타나는 경향을 나타내었다.

(4) 혼합비율별 Cd, Cu, Cr의 흡착실험 결과는 커피찌꺼기가 단독으로 혼합된 경우에는 제거율이 미미하였고, 굴패각과 커피찌꺼

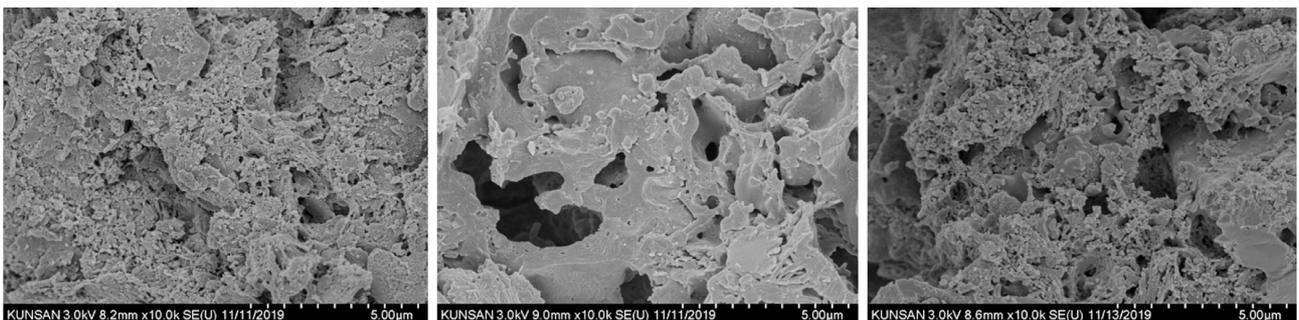


Photo 1. SEM of sample No. 2, 8, 10.

