

# 석분슬러지를 이용한 미생물 고정화 담체의 개발

김현중\*, 김기석, 박재구

한양대학교 지구환경시스템공학과

jkpark@hanyang.ac.kr

## 1. 서론

국내 각 산업분야의 급격한 발달로 자원 소모량은 증가하고 있으며, 이와 비례하여 발생하는 각종 산업 폐기물은 환경오염 등의 심각한 사회적 문제를 일으키고 있다. 따라서, 폐기물의 재활용은 환경오염 문제를 극소화하고 자원을 재활용할 수 있다는 면에서 매우 중요하다. 현재, 국내 석재 채석장에서는 원석을 채굴하여 건축용 석판재 등으로 가공하는 과정에서 석재의 약 60% 정도가 폐석이나 석분 슬러지로서 손실되고 있다.<sup>1)</sup> 하지만, 발생하는 막대한 양의 폐석 및 석분 슬러지의 재활용 공정이 개발되지 않아 이를 재활용하지 못하고 있는 실정이다. 한편, 다공성 소재는 표면 및 내부에 다수의 기공이 존재하며, 높은 기공율로 인하여 흡수율, 비표면적 등이 우수하다. 이러한 다공성 소재의 제조법에는 여러 가지가 있으나, 발포법에 의해 제조된 다공체는 기공간의 연속성으로 인하여 3차원 망상구조를 갖는다. 또한, 인위적으로 기포를 생성하여 그것을 기공화하기 때문에 사용 목적에 맞게 물성을 조절할 수가 있다. 이에 본 연구에서는 석분슬러지를 출발원료로 하여 젤캐스팅법<sup>2)</sup>과 이중에멀전법<sup>3)</sup>을 사용하여 수처리용 미생물 고정화 담체를 제조하고 그것의 물성을 평가하고자 한다.

## 2. 실험방법

다공체의 제조공정은 슬러리제조, 발포, 성형, 건조 및 소성공정으로 이루어진다. 출발원료는 석분슬러지였으며, 경상남도 거창군의 M기업사에서 석재 가공 시 발생된 것을 사용하였다. 시료에 대한 화학분석은 Table 1과 같다. 평균입도가 3 $\mu$ m 이하의 입자를 갖는 안정된 50vol.%의 고농도 슬러리를 조제하기 위하여 어트리션밀을 이용하여 습식으로 분쇄하였다. 이때 분산제로 에틸렌계 폴리머를 첨가하였다. 조제된 슬러리의 발포 시, 내부에 인위적으로 생성된 기포의 안정성을 위하여 음이온성 계면활성제를 사용하였다. 발포비(extension ratio,  $E_R$ )란 발포슬러리와 초기슬러리의 부피비를 의미하며 인위적으로 공기량을 조절하여 발포비를 조절할 수 있었다. 또한, 발포비를 변화시켜 담체의 기공율을 조절할 수 있었다. 발포비는 2.0~4.0 범위에서 조절하였다. 에폭시계 겔화제를 첨가·혼합한 후, 겔화된 성형체를 건조·소성하였다. 건조는 60 $^{\circ}$ C에서 1일정도 실시하였으며, 소성은 1050 $^{\circ}$ C에서 2시간동안 유지하여 실시하였다. 석분슬러지의 밀도는 ASTM C20을 바탕으로 액체치환법을 이용하여 측정하였으며, 그 결과 약 2.65g/cm<sup>3</sup> 이었다. 기공율과 흡수율의 측정은 ASTM C134와 C20의 방법을 이용하였다. 한편, 평균기공크기는 화상해석시스템을 이용하여 측정하였으며, 미세구조는 주사전자현미경을 이용하여 관찰하였다.

Table 1. Chemical analysis of stone powder sludge.

(wt.%)

component material	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	TiO <sub>2</sub>	Ig. loss	Total
stone-powder sludge	71.0	14.55	1.96	3.10	0.61	3.48	2.93	0.09	0.05	0.33	1.36	99.5

### 3. 실험결과

Fig. 1은 본 연구에서 제조된 미생물 담체의 형상을 보여주는 사진이다(a: 고정상담체, b: 유동상담체). 제조된 펠렛형 담체는 크기가 1~5 mm 사이에 분포하였으며, 형상은 거의 원형에 가까웠다. 한편, Fig. 2는 미생물 담체의 미세기공구조 및 지지체의 표면을 나타내는 사진이다. 제조된 미생물 담체는 기공의 형상이 거의 원형에 가까우며, 다수의 window(기공과 기공의 연결부분)를 가진 다공성임을 알 수가 있었다(Fig. 2(a) 참조). 또한, 표면이 거칠어 담체에 부착된 미생물이 공기나 물로부터 받게 되는 전단력의 영향을 줄일 수 있을 것으로 사료된다(Fig. 2(b) 참조). Table 2는 미생물 담체들의 물성을 나타낸다. 발포비를 변화시켜 다양한 물성의 미생물 담체를 제조할 수 있었다. 담체의 평균기공크기는 약 100 $\mu$ m 정도였으며, window의 크기는 약 50 $\mu$ m 내외였다. 수처리시 이용되는 미생물의 크기가 수  $\mu$ m~수십  $\mu$ m 사이에 분포한다는 점으로부터, 본 연구에서 제조된 담체의 경우 그러한 미생물들의 서식처(habitat)로서 적합하며, 다수의 window를 통하여 담체의 내부까지 미생물 및 기질의 확산이 용이할 것으로 사료된다.

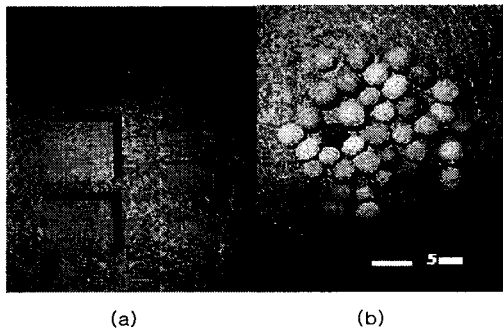


Fig. 1 Microorganism immobilized carriers.  
(a: cubic type, b: pellet type)

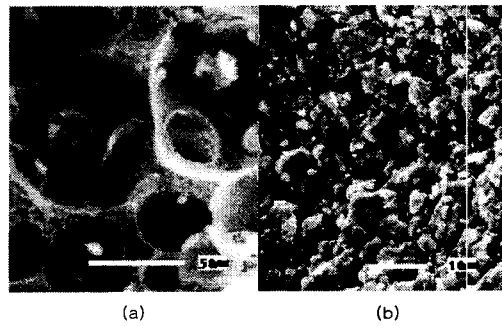


Fig. 2 Microstructures of ceramic foams.  
(a:  $\times 100$ , b:  $\times 1,400$ )

Table 2. Physical properties of microorganism immobilized carriers.

Relative density(-)	Apparent density(g/cm <sup>3</sup> )	Porosity(%)	Water absorption(%)
0.35	2.49	65	71
0.26	2.43	77	127
0.20	2.35	80	150

### 4. 참고문헌

1. 석분슬러지 활용기술 개발에 관한 연구, 산업자원부, 2000.
2. Jeannine Saggio Woyansky, Curtis E. Scott, "Processing of Porous Ceramics," J. Am. Ceram. Soc. Bul., 71(11), pp. 1674~1682, 1992.
3. Lee, J. S., Park, J. K., "Preparation of Porous Ceramic Pellets by Pseudo Double-Emulsion Method from 4-phase Foamed slurry", Journal of Material Science Letters, 20(3), 2001.