

쇄석 담체와 펄라이트로 코팅된 쇄석 담체의 성능 비교

박영식[†] · 안갑환*

서봉리사이클링(주)

*부산가톨릭대학교 산업환경시스템학부

A Comparison on Performance of Rubble Support Media coated with Perlite and non-coated Media

Young Seek Park[†] and Kab Hwan Ahn

Seobong Recycling, Co., Ltd.

*School of Ind. Hygiene & Environ. System Eng., Catholic University of Pusan

(Receive 27 July 2000 ; Accepted 4 September 2000)

ABSTRACT

The purpose of this study is to compare the performance of rubble support media coated perlite and non-coated media. As rubble was coated perlite, the porosity of reactor was increased 5.6%, whereas packing weight was decreased 17.6%. When rubble was coated perlite, microorganisms were attached on the surface of support media after 2 hours. TCOD removal efficiency of the reactor packed with rubble support media coated perlite was higher 4~9% than that of rubble. The end of experiment, MLVSS of rubble support media and rubble coated perlite was 1858.8 mg/l, 2785.9 mg/l, respectively.

Keywords : Support media, Rubble, Coating, Wastewater treatment

I. 서 론

급속한 산업화와 공업화에 따라 생활오수 및 공업오수의 사용량이 증가하고 있으며, 이로 인해 발생하는 각종 하·폐수의 방류량 또한 증가하고 있다. 이들 하·폐수는 적절하게 처리되어 하천으로 방류되어야 하지만 실제로는 그렇지 못해 하천이나 호수의 오염이 날로 심각해져 가고 있다. 특히 일상생활에서 배출되는 생활오수는 전국 하·폐수 발생량의 약 68%로 가장 많이 배출되고 있으며, 부하량에 있어서도 전국 부하 발생량의 약 48%로 많은 비중을 차지하고 있는 실정이다.¹⁾

최근 정부에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 표준활성슬러지법, 장기폭기법 및 접촉폭기법 등을 이용한 대형 하수종말처리장을 건설하고 있다. 그러나 이러한 공법들은 일정한 하수량의 유입을 전제로 하고 설치비용이 많이 소요되며 운전 및 유지·관리가 어렵기 때

문에 농어촌 지역, 군부대 및 소하천 등의 소규모 하수 배출 지역에서는 적용이 곤란하다.¹⁾ 따라서 이들 소규모 배출 지역에서는 지역규모에 맞고 건설비가 저렴하며 유지관리가 용이한 하수 처리시설의 필요성이 제기되고 있는데, 최근에는 이러한 목적으로 미나리나 갈대 등의 식생대를 이용하거나 자갈 등의 접촉 여재에 미생물을 부착시킨 고정 생물막 반응기를 이용한 수질 정화에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다.^{2,3)}

그 중에서 자갈층 접촉산화법은 1970년대 말 일본에서 개발을 시작한 공법으로 1993년 현재 약 40개소가 가동 또는 설계 중인 것으로 알려지고 있다.⁴⁾

접촉산화법은 우리나라의 경우 안양의 학의천, 서울의 양재천, 창원의 토월천, 가음정천 등에 설치되어 있는 공법으로 100~250 mm 크기의 자갈, 쇄석, 페콘크리트 및 페타이어 조각을 담체로 많이 사용한다. 자갈의 경우 담체의 표면이 매끄럽고, 페콘크리트의 경우 페콘크리트에서 용출되는 알칼리도에 의해 4일 정도 pH가 9로 유지되어 미생물의 초기 부착이 느려 반응기의 start-up이 느려지는 단점이 있다.^{5,6)}

따라서 본 연구에서는 미생물을 빠르게 부착시키고

[†]Corresponding author : Seobong Recycling, Co., Ltd.
Tel: 051-518-4785, Fax: 051-518-4786
E-mail: ysparkk@yahoo.com

부착량을 증가시키기 위하여 쇄석 담체를 펄라이트로 코팅하여 담체의 코팅에 따른 TCOD 처리율, 유출수 탁도, 폐 슬러지 배출량 및 반응기내 미생물 농도를 고찰하여 담체 코팅의 가능성을 비교하여 보았다.

II. 재료 및 실험방법

1. 실험장치

실험에 사용한 장치는 1.4l 규모의 상향류식 고정생물막 반응기이며, 쇄석은 1980.8 g, 코팅쇄석은 1633.1 g을 충전하였다. 실험 폐수는 glucose를 주원료로 한 합성오수이며, 유기물 부하율을 $0.32 \text{ kgCOD/m}^3 \cdot \text{day}$ 와 $0.63 \text{ kgCOD/m}^3 \cdot \text{day}$ 로 변화시키면서 실험하였다.

S하수처리장의 반송슬러지를 4300 mg/l로 농축하여 seeding하였으며, 반응기의 체류시간은 5시간으로 조절하여 합성오수를 유입하였다. 산소는 blower를 사용하여 유공판 상부에 부착된 산기판을 통해 공급하였으며, rotameter를 사용하여 1 l/min으로 일정하게 유지하였다.

2. 실험에 사용한 담체

평균 지름이 23.07 mm인 쇄석을 고분자 접착제를 사용하여 표면을 코팅하고 입경이 3 mm이하인 펄라이트를 접착제가 코팅된 표면에 뿌려 하루동안 건조시켜 코팅 쇄석을 제조하였다.

3. 분석방법

유입수와 유출수를 채취하여 분석하였다. 각 항목별 실험은 Standard Methods⁷⁾에 준하여 수행하였고, 각 항목별 측정방법과 분석 기기를 Table 1에 나타내었다.

반응기내 미생물 농도는 실험 기간 중에는 상부에 있는 담체를 채취하여 초음파 세척기에서 60분 동안 초음파 세척하여 미생물을 담체로부터 분리하고 분리된 미생물을 여과지로 여과하여 105°C에서 2시간동안 건조시키고 550°C에서 15분간 태운 후 무게를 측정하고 담체를 건조시켜 담체 단위 g당 미생물 양을 계산하였다. 이를 충전 담체 총량당 미생물량으로 환산하고 반응기 부피로 나누어 MLSS와 MLVSS로 환산하였으며,

운전이 끝난 후에는 전체 담체를 반응기에서 채취하고 부유미생물과 담체에 부착된 미생물 양을 구하여 합산하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 코팅에 따른 쇄석 담체의 물리적 변화

반응기에 충전한 담체의 양은 쇄석의 경우 1980.8 g, 코팅 쇄석은 1633.1 g을 충전하였다. 코팅 쇄석 담체의 충전 양이 적은 것은 코팅으로 인해 지름이 증가하였기 때문이었다.

쇄석을 코팅할 경우 충전 무게가 17.6%가 감소하여 실제 규모의 장치로 제작할 경우 하중감소로 인해 콘트리트 구조물 제작시 구조물의 두께를 줄일 수 있는 것으로 사료되었다.

코팅된 쇄석의 평균입경은 23.97 mm로 입경이 23.07 mm인 쇄석에 비해 약 0.9 mm증가하였다. 쇄석을 반응기에 충전하였을 때 반응기 공극율은 47.0%, 코팅 쇄석을 반응기에 충전한 경우는 52.6%로 코팅으로 인해 5.6%의 공극율이 증가하였다.

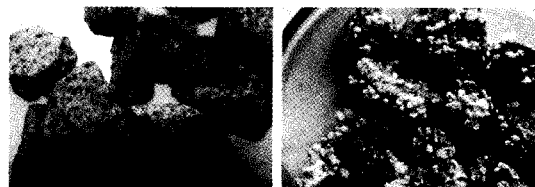
Fig. 1에 쇄석(a)과 펄라이트로 코팅한 쇄석 담체(b)의 표면을 사진촬영하여 나타내었다. Fig. 1에서 보이듯이 쇄석 담체는 자갈보다는 표면이 거칠지만 미생물이 부착되기 어려운 표면을 가지고 있으며, 코팅 쇄석 담체는 펄라이트 코팅으로 인해 쇄석의 표면이 거칠게 변하였으며, 미생물이 유체나 공기기포에 의해 생기는 전단응력을 피할 수 있는 피난처가 많이 생긴 것을 알 수 있다.⁸⁾

2. 생물막 형성

Seeding후 두 반응기에서 슬러지가 담체와 담체 사이의 공극에 끼이기 시작하였으며, 반응기 하부로 갈수록 끼이는 양이 많아졌다. Seeding 2시간 후 코팅한 쇄석은 담체 표면의 펄라이트에 미생물이 부착되기 시작하였다. 15일이 지난 후 반응기를 관찰한 결과 쇄석 담체를 충전한 반응기에 존재하는 미생물의 대부분은 담체

Table 1. Analytical methods and instruments

Items	Methods and Instruments
pH	pH meter(Model 810, ORION)
DO	DO meter(Model 420A, ORION)
TCOD	Standard Methods
Turbidity	Turbidity Meter(Lamotte Chemical, Model 2008)



(a) rubble

(b) rubble coated perlite

Fig. 1. Photographs of rubble and coated rubble.

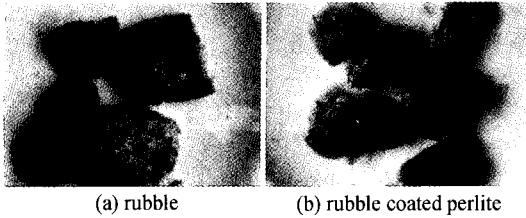


Fig. 2. Photographs of rubble and coated rubble after 15 days.

와 담체사이에 끼어 있는 것으로 확인되었다. 그러나 펠라이트로 코팅된 쇄석이 충전된 반응기는 담체 표면에 미생물이 부착되어 성장하고 있는 것이 관찰되었다. 반응기 상부에서 담체를 채취하여 사진을 촬영하여 Fig. 2에 나타내었다. (a)에 나타내었듯이 미생물이 쇄석 담체의 일부분에 부착되어 있었으며, 관찰을 위해 담체를 채취하였을 때 부착된 미생물이 담체로부터 쉽게 탈리되었다. (b)에서 보이는 바와 같이 쇄석을 펠라이트로 코팅하였을 때 미생물이 담체 표면에 두껍게 부착되어 있는 것이 관찰되었으며, 쉽게 탈리되지 않았다. 이것으로 보아 담체 표면을 펠라이트와 같이 거친 입자로 코팅하는 것은 미생물이 부착되기 좋은 표면거칠기를 제공한다는 것을 알 수 있었다.⁹⁻¹¹⁾

3. 유출수 COD 비교

쇄석 담체와 코팅 쇄석 담체가 충전된 반응기 유출수의 TCOD를 측정하여 Fig. 3에 나타내었다. 쇄석이 충전된 반응기는 유입수의 농도가 66 mg/l일 때 유출수의 농도는 9.2~14 mg/l, 코팅쇄석이 충전된 반응기의 유출

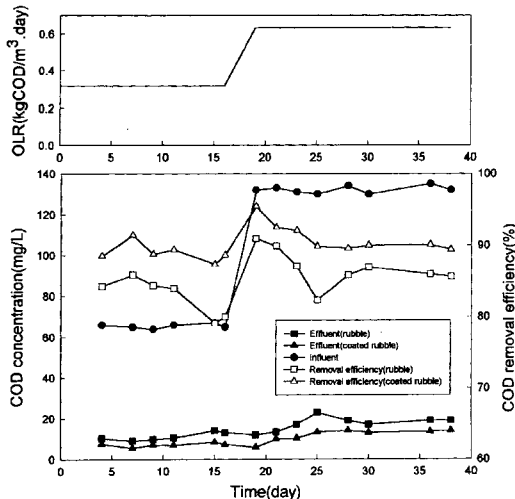


Fig. 3. Comparison of effluent COD with support media types.

수 농도는 5.6~8.5 mg/l로 나타나 3.6~5.5 mg/l의 농도차이를 보였다. COD 처리율은 쇄석 담체의 경우 78.6~86.1%, 코팅쇄석 담체는 87.3~91.5%로 나타나 5.4~8.7%의 제거율 차이를 보였다.

유입수의 농도가 132 mg/l로 증가하였을 때 부하변동에 따른 유출수 변동을 고찰한 결과 쇄석 담체 반응기의 유출수는 13 mg/l에서 23 mg/l까지 증가하였으나, 코팅 쇄석 담체의 유출수는 7.4 mg/l에서 14 mg/l까지 증가하므로 부하변동에 따른 증가폭이 적어 코팅 쇄석 담체가 쇄석 담체보다 부하변동에도 유출수의 수질을 비교적 안정적으로 유지할 수 있다고 판단되었다. 정상 상태에서 유출수 수질은 쇄석 담체 반응기는 19 mg/l, 코팅 쇄석 담체 반응기는 13~14 mg/l로 나타나 평균 3~4 mg/l의 차이를 나타내었다. 제거율은 각각 85.6%, 89.4%로 나타났으며, 제거율 차이는 3.8%정도였다.

평균 유입 BOD 농도가 15.7 mg/l인 실제하천에서 페타이어, 페콘크리트 및 자갈을 담체로 사용하여 처리한 결과 BOD 제거율은 자갈(71%) > 페콘크리트(66%) > 페타이어(61%)로 나타났으므로 자갈과 유사한 자연재료이지만 표면이 거친 쇄석을 코팅할 경우 더 낮은 유출수질을 얻을 수 있다고 판단되었다.¹²⁾

상기의 결과로 볼 때 쇄석을 코팅할 경우 COD 제거율 차이는 대략 4%~9%정도로 나타났다. 이는 반응시 start-up시 고농도의 미생물을 seeding하여 담체사이에 끼인 미생물 때문에 제거율 차이가 크지 않으며, 고농도의 미생물을 seeding하지 않은 실제 하천수 처리조건

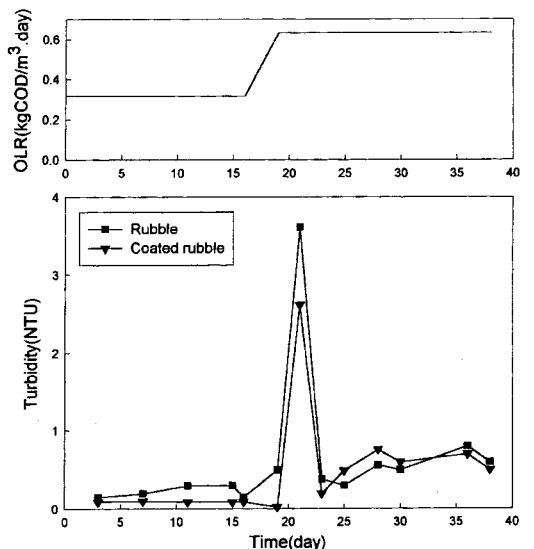


Fig. 4. Comparison of effluent turbidity with support media types.

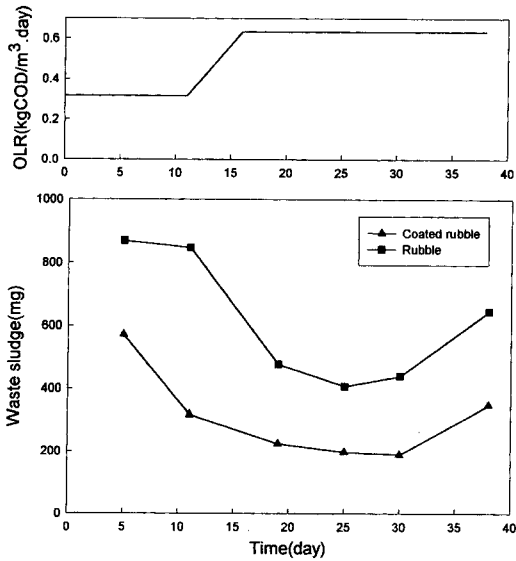


Fig. 5. Comparison of waste sludge with support media types.

에서 실험할 필요성이 있다고 사료되었다.

4. 유출수의 탁도

합성오수를 사용하였으므로 유입수의 탁도는 측정하지 않았으며, 유출수의 SS가 낮아 측정하기 곤란하여 탁도를 측정하여 Fig. 4에 나타내었다. 유입수의 COD가 66 mg/l였을 때 담체 종류에 관계없이 유출수의 탁도는 0.3 NTU 이하였으며, 유입수의 농도가 132 mg/l로 증가하였을 때 설편 담체는 3.6 NTU, 코팅 설편 담체는 2.6 NTU까지 증가하지만 빠르게 감소하였다. 정상상태에 도달되었을 때 유출수의 탁도는 평균 0.7 NTU 이하로 나타나 담체의 종류에 관계없이 유출수의 수질은 좋았다.

5. 반응기 폐 슬러지 양 비교

반응기 하부에 축적되어 있는 폐 슬러지를 정기적으로 배출하여 배출한 부피와 농도를 곱하여 폐 슬러지 양을 비교하여 Fig. 5에 나타내었다. 설편 담체를 충전한 반응기는 408 mg~870 mg이 유출되었으며, 코팅 설편 담체를 충전한 반응기는 190~572 mg이 배출되었다. 설편 담체가 충전된 반응기의 폐 슬러지 양은 코팅 설편 담체가 충전된 반응기의 폐 슬러지보다 1.5~2.1 배 많았다.

최초에 배출한 폐 슬러지 양이 많은 것은 반응기 하부에 축적된 seeding 슬러지를 배출하였기 때문이었다. 코팅 설편 담체를 충전한 반응기는 공극율이 설편 담체보다 5.6% 높지만 반응기 하부에 축적되는 폐 슬

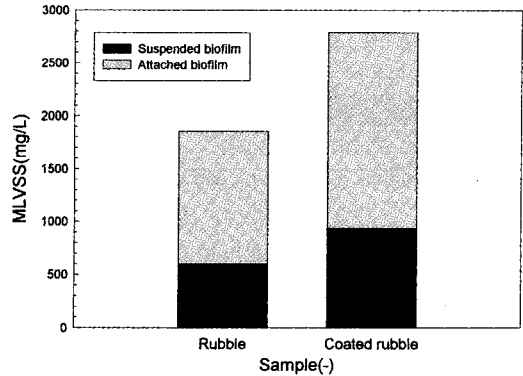


Fig. 6. Comparison of MLVSS with support media types.

러지 양이 적은 것은 초기에 seeding한 활성슬러지가 코팅한 펄라이트 때문에 담체와 담체 사이에 끼이기 쉽고, 담체에 부착되는 양이 많기 때문이라고 사료되었다.

6. 반응기 내 미생물농도 비교

고정생물막 반응기 특성상 중간이나 하부에 있는 담체를 채취하기 곤란하기 때문에 실험 기간 중에는 반응기 상부에 있는 담체를 채취하여 MLVSS를 측정하여 대략적인 미생물 농도를 측정하였다. 0.32 kgCOD/m³·day의 유기물 부하율에서 유출수 COD값이 최저치에 도달한 후 반응기의 반응기 상부의 담체에 부착된 미생물 농도(MLSS)를 측정한 결과 설편 담체는 403.9 mg/l, 코팅 설편 담체는 1026.4 mg/l로 나타나 코팅 설편 담체의 미생물 농도가 2.5배 정도 높았다. 운전 종료 후 0.63 kgCOD/m³·day의 유기물 부하율에서 반응기 내 총 미생물 농도를 측정한 결과를 Fig. 6에 나타내었다. 설편 담체가 충전된 반응기의 부유 미생물 농도는 599.9 mg/l, 코팅 설편 담체 충전반응기는 938.6 mg/l, 담체에 부착된 미생물 농도는 각각 1251.9 mg/l, 1847.3 mg/l이며, 전체 MLVSS농도는 각각 1858.8 mg/l, 2785.9 mg/l로 나타났다. 코팅 설편 담체와 설편 담체의 전체 미생물 농도 차이는 1.49배, 부유미생물 농도 차이는 1.56배, 부착미생물 농도 차이는 1.47배 차이나 담체를 코팅하였을 때 미생물 농도가 1.5배 정도 증가하는 것으로 나타났다.

설편을 코팅하는데 드는 비용이 담체 1m³당 3만원 정도(5cm설편 기준)이므로 설편과 자갈 등 집축산화법에 많이 사용되는 담체를 코팅하여 충전할 경우 반응기의 start-up기간을 줄일 수 있고 처리효율의 향상을 기대할 수 있으며, 담체에 부착된 생물막으로 인해 갑작스런 부하변동에도 잘 대처할 수 있으리라 사료된다.

IV. 결 론

참고문헌

담체표면의 표면거칠기를 거칠게 하고 미생물의 피난처를 제공해서 미생물의 빠른 부착을 유도하고 부착 미생물 량을 증가시키기 위하여 쇄석을 펠라이트로 코팅하여 고정 생물막 반응기에서 성능을 평가하여 아래와 같은 결론을 얻었다.

1. 쇄석을 코팅하여 반응기에 충전시 코팅 쇄석은 쇄석에 비해 공극율은 5.6% 증가하였으나, 충전 중량은 17.6% 감소하였다. 코팅 쇄석 담체는 쇄석 담체에 비하고 미생물이 부착되는 속도가 빨랐으며 쉽게 탈리되지 않았다.

2. 쇄석 담체를 코팅하였을 때 COD 처리효율은 4~9% 정도 증가하였으며, 유입농도 증가에 따른 유출수 농도 변화폭이 적어 안정적인 수질을 얻을 수 있었다.

3. 쇄석 담체와 코팅 쇄석 담체 반응기의 유출수의 탁도는 비슷하였지만, 반응기 하부에 축적된 폐 슬러지는 쇄석 담체가 충전된 반응기가 코팅 쇄석 담체가 충전된 반응기에 비해 1.5~2.1배 높았다.

4. 쇄석 담체와 코팅 쇄석 담체가 충전된 반응기의 MLVSS는 각각 1858.8 mg/l, 2785.9 mg/l로 나타났다. 코팅 쇄석 담체와 쇄석 담체의 전체 미생물 농도 차이는 1.49배, 부유미생물 농도 차이는 1.56배, 부착미생물 농도 차이는 1.47배 차이나 담체를 코팅하였을 때 미생물 농도가 1.5배 정도 증가하는 것으로 나타났다.

- 1) 환경부 : 환경백서, 348-358, 1996.
- 2) 부산대학교 환경기술 산업개발연구소 : 하·폐수의 질소·인 제거 신기술, 197-217, 1996.
- 3) 이창한, 박영식, 안갑환 : 그물형태의 폴리프로필렌 여재를 충전한 고정생물막 반응기에서의 유기물 처리 및 유출수농도예측, 한국환경위생학회지, 25(1), 60-65, 1999.
- 4) 한국건설기술연구원 : 국내 여건에 맞는 자연형 하천공법의 개발, 제2단계 2차년도 연차보고서, 환경공학기술개발사업, 환경부, 297-308, 1997.
- 5) 경남기업주식회사 : 자갈 및 폐자재(예콘크리트, 폐타이어)를 이용한 하천수질 정화기술, 건설신기술, 건설교통부, 13-66, 1996.
- 6) 이상화, 조문철, 박영식, 문정현, 김좌관 : 하절기 오염소하천 정화를 위한 생물여과조와 식생대의 Pilot Test, 한국습지학회지, 1권, 창간호, 7-16, 1999.
- 7) APHA, AWWA, WPCF.: Standard Method for the Examination of Water and Wastewater. 18th ed, 1992.
- 8) 박영식 : 하·폐수 처리를 위한 미생물 부착과 생물막 성장 특성, 부산대학교, 박사학위논문, 1998.
- 9) 이채남, 박영식, 최윤찬, 송승구 : 담체의 표면거칠기와 전단응력이 미생물 부착에 미치는 영향, 부산대학교 환경연구보, 13, 39-43, 1995.
- 10) 박영식, 구기우, 니영수, 송승구 : 미생물 고정화 담체의 물리적 특성, 한국환경과학회지, 7(3), 269-274, 1998.
- 11) 박영식, 서정호, 송승구 : 담체의 소수성과 표면거칠기가 미생물 부착에 미치는 영향, 한국환경과학회지, 6(6), 689-696, 1997.
- 12) 한국건설기술연구원 : 하천 수질 정화기술 개발 연구 (한국형 하천 수질 정화기술의 개발), 1995.