

순수미생물과 활성슬러지를 이용한 납 흡착 제거특성 비교

김미경 · 서정호* · 김동석

대구효성가톨릭대학교 환경과학과 · 울산전문대학 공업화학과*

Pb²⁺ Removal Characteristics by Pure Cultures and Activated Sludge

Dong-Seog Kim, Mi-Kyung Kim and Jung-Ho Suh*

Dept. of Environ. Sci., Catholic University of Taegu-Hyosung, Kyungbuk
712-702

*Dept. of Industrial Chemistry, Ulsan Junior College, Ulsan 680-749, Korea

1. 서 론

이미 알려진 바와 같이 박테리아, 조류, 균류 등의 순수한 미생물들은 중금속 이온이 함유된 용액으로부터 상당한 양의 중금속 이온을 제거할 수 있는 것으로 알려져 있다. Shumate와 Strandberg(1985)는 순수한 미생물이 단위 미생물 건조 무게당 8%에서 35%의 중금속 이온을 제거하는 것으로 보고한 바 있으며, 또한, 중금속 이온 제거에 있어 혼합된 미생물들이 순수한 미생물에 비해 보다 효과적이라고 제안하였다. 이러한 제안은 기존의 생물학적 폐수처리공정을 중금속 이온 제거에 이용할 수 있다는 것을 의미한다.

그러므로 본 연구에서는 수용액 중에 존재하는 독성이 강한 납 이온을 제거하기 위하여 순수미생물과 활성슬러지를 이용하였으며, 활성슬러지의 납 이온 제거능력을 살펴봄으로써 중금속 이온 제거에 대한 활성슬러지의 이용가능성을 살펴보고, 순수미생물과 활성슬러지에 의한 납 이온 제거과정에서 온도, 초기 납 이온농도 및 초기 미생물 농도가 납 이온 제거속도 및 납 이온 제거량에 미치는 영향에 대해 고찰하고자 한다.

2. 실험재료 및 방법

2.1 실험재료

본 실험에서 순수 미생물로는 *Saccharomyces cerevisiae*와 *Aureobasidium pullulans*을 이용하였고, 슬러지는 경산시 수질환경사업소에서 배출되는 2차 반송슬러지로서 실험에 사용하기 전에 40 mesh의 체를 사용하여 슬러지에 존재하는 여러 협잡물들을 제거하였다. 슬러지 내 존재하는 유기물질 및 기타 납 이온 제거에 영향을 미칠 수 있는 오염물질들을 제거하기 위하여 원심분리(2,000 x g)과정과 초순수 증류수로 세척하는 과정을 3회 반복하였다.

실험에 사용된 중금속 이온은 다른 중금속 이온에 비하여 미생물에 의해 제거가 잘 되는 것으로 알려져 있는 납 이온을 사용하였다. 사용한 시약은 $Pb(NO_3)_2$ 으로서 2 M의 모액을 만들어 필요에 따라 일정한 농도로 희석하여 사용하였으며, 실험중에 납이온의 침전물은 형성되지 않았다.

2.2 미생물 및 슬러지 건조무게

미생물 및 슬러지의 건조무게는 납 이온 제거실험 전에 이루어 졌으며, membrane 여과지(0.45 μm) 및 유리섬유 여과지(GF/C, 47 mm)를 이용하여 여과한 다음, 105 $^{\circ}C$ 에서 2시간 건조시킨 후 무게를 측정하였고, 건조무게를 채취한 시료부피로 나누어 미생물 및 슬러지 건조밀도로 계산하였다.

2.3 납 이온 제거실험

모든 납 이온 제거실험은 150 rpm의 진탕배양기내에서 회분식으로 행하여졌으며, 온도는 필요에 따라 조절하였으나, pH는 임의로 조절하지는 않았다.

미생물 및 슬러지 현탁액 50 ml와 실험에서 원하는 농도의 2배가 되도록 준비한 납 이온 용액 50 ml를 300 ml 삼각 플라스크에서 1:1로 혼합한 후, 진탕배양기에서 150 rpm으로 교반하였다. 일정한 시간 간격으로 1.8 ml의 시료를 채취하여 10분동안 원심분리(8,000 x g)시킨 후 상등수만을 희석하여 원자 흡광광도계(Perkin Elmer 3300)를 이용하여 납 이온의 농도를 측정하였다. 시간에 따른 잔류 납 이온 농도의 변화가 $\pm 1\%$ 이내인 경우를 평형 납 이온 농도로 간주하였으며, 상등액 중의 잔류 납 이온 농도와 초기 납 이온 농도의 차이를 미생물 또는 슬러지 건조밀도로 나누어 미생물 및 슬러지 건조무게당 제거된 납 이온의 양을 계산하였다. 미생물 및 슬러지 건조 무게당 초기 납 이온 제거 속도는 초기 일정시간 동안에 제거된 납 이온의 농도를 미생물 및 슬러지 건조 밀도로 나누어 줌으로써 계산하였다.

이 때, 시료를 원심분리시킨 후 상등액만을 사용한 경우나 membrane filter

를 사용하여 여과한 경우의 납 이온 농도 결과는 $\pm 1\%$ 이내로 나타나 큰 차이가 없음을 알 수 있었으며, 상등액을 질산으로 처리한 경우나 그렇지 않은 결과에서도 납 이온 농도 값의 큰 차이를 찾을 수 없었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 온도의 영향

미생물 및 슬러지를 이용한 납 이온 제거실험에서 온도의 영향을 살펴보기 위하여 초기 미생물 및 슬러지의 농도와 초기 납 이온의 농도를 일정하게 유지한 상태에서 온도를 10, 20, 30, 40, 50, 60°C로 변화시키면서 실험하였다. 초기 납 이온의 제거속도를 고찰하기 위하여 짧은 시간(10초) 간격으로 시료를 채취하여 분석하였다.

3.2 초기 납 이온 농도의 영향

초기 납 이온의 농도가 슬러지에 의한 납 이온의 제거에 미치는 영향을 조사하기 위하여, 미생물 및 활성 슬러지의 농도를 일정하게 유지한 상태에서 초기 납 이온 농도를 변화시키면서 납 이온 제거량의 변화를 관찰하였다.

3.3 초기 슬러지 농도의 영향

30°C에서 초기 납 이온의 농도를 100 mg Pb²⁺/l 정도로 유지한 상태에서, 초기 슬러지의 농도를 0.22~1.76 g sludge dry weight/l로 변화시키면서 슬러지 건조 무게당 납 이온 제거량의 변화를 관찰하였다(Fig. 3). 슬러지의 양을 증가시킬수록 총 제거되는 납 이온 양이 증가하는 것은 당연한 결과이나 슬러지 건조 무게당 납 이온 제거량은 오히려 87.7에서 65.3 mg Pb²⁺/g sludge dry weight로 감소하는 경향을 나타내었다. 0.38 g sludge dry weight/l 이하의 슬러지 농도에서는 슬러지 건조 무게당 납 이온 제거량의 변화는 그다지 크게 나타나지 않았다.

4. 결 론

기존의 활성슬러지 공정에서 배출되는 폐 활성슬러지를 이용하여 납 이온의 제거 가능성을 검토하기 위하여 순수 미생물 *Saccharomyces cerevisiae*와 *Aureobasidium pullulans*와 비교한 결과, 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

1) 10~60°C 실험온도 범위내에서 슬러지 건조 무게당 초기 납 이온 제거속도는 온도를 10°C에서 60°C로 변화시킴에 따라 187.5에서 261.4 mg Pb²⁺/g

sludge dry weight · min로 증가하였으며, 평형상태에서의 슬러지 건조 무게당 최대 납 이온 제거량(78.5 mg Pb²⁺/g cell dry weight)은 30℃에서 얻어졌다. 순수 미생물의 경우에서도 비슷한 경향을 나타내었다.

2) 슬러지의 농도를 1.5 g sludge dry weight/l로 유지한 상태에서 초기 납 이온 농도를 36~228 mg Pb²⁺/l의 범위로 변화시키면서 실험한 결과, 슬러지 건조 무게당 납 이온 제거량은 41.9에서 73.6 mg Pb²⁺/g sludge dry weight로 증가하였으나, 초기 납 이온의 농도에 관계없이 30분 정도 경과 된 후에 슬러지 건조 무게당 납 이온 제거량은 거의 일정하게 나타나 평형상태에 도달하는 것으로 나타났다. 여기에서, 활성슬러지는 *S. cerevisiae*보다는 평형에 도달하는 시간이 짧게 소요되었으나, *A. pullulans*보다는 다소 평형에 도달하는 시간이 길게 소요되었다.

3) 30℃에서 초기 납 이온의 농도를 100 mg Pb²⁺/l 정도로 유지한 상태에서, 초기 슬러지의 농도를 0.22~1.76 g sludge dry weight/l로 변화시키면서 슬러지 건조 무게당 납 이온 제거량의 변화를 관찰한 결과, 슬러지 건조 무게당 납 이온 제거량은 오히려 87.7에서 65.3 mg Pb²⁺/g sludge dry weight로 감소하는 경향을 나타내었으며, 0.38 g sludge dry weight/l 이하의 슬러지 농도에서 시간에 따른 슬러지 건조 무게당 납 이온 제거량의 변화는 그다지 크게 나타나지 않았다.

참 고 문 헌

- 서정호, 1997, *Saccharomyces cerevisiae*와 *Aureobasidium pullulans*의 납 흡착 특성, 부산대학교 박사학위 논문.
- 이민규, 서정호, 감상규, 이동환, 오영희, 1997, 해양 갈조류를 생물흡착제로 이용한 납흡착 특성 연구, 한국환경과학회지, 6(5), 531-539.
- 이학성, 1997, *Sargassum* 바이오 매스에 의한 구리 및 알루미늄의 흡착, 대한환경공학회지, 19(3), 381-390.
- Brady, D. and J.R. Duncan, 1994, Bioaccumulation of metal cations by *Saccharomyces cerevisiae*, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 41, 149-154.
- de Rome, L., G.M. Gadd, 1987, Copper adsorption by *Rhizopus arrhizus*, *Cladosporium resinae* and *Penicillium italicum*, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 26, 84-90