

요 약 문

I . 제목

유동상 담체의 염료분해균 확대(Augmentation)를 통한 부산염색공단 염색폐수 색도처리 기술개발

II . 연구의 목적 및 필요성

최근에는 각 종의 처리시스템 개발되어 유기질 제거는 어느 정도 제거기술이 확립되었다. 그러나 폐수 속에 염료의 분해, 탈색 기술은 아직 확립된 것이 적다. 또 이러한 색을 제거하기 위하여 고가의 응집제 및 탈색제를 사용하고 있으나, 경제성 때문에 경쟁력이 떨어지고 탈색을 위한 기술에서도 물리화학적 처리 방법인 펜톤산화, 오존산화, 전기분해, 흡착, 여과, 산화 등이 사용되고 있지만, 낮은 경제성과 넓은 성상범위를 가지는 염료염색 폐수 처리에 부적합한 단점을 가지고 있고, 생물학적 처리에 악영향을 주는 경우가 자주 발생하고 있다. 따라서 물리화학적 요인들에 영향을 받는 문제점을 보완할 수 있는 생물학적 처리에 대한 연구가 주목을 받고 있으며 미생물에 의한 색도처리가 효율적이다.

최근 복합 발효물에 의한 생물학적 처리와 색도처리의 가능성 타진을 위한 염색조합에서 기술개발중인 담체와 혼용한 복합발효에 의한 염색폐수처리 Pilot Plant 간이 시험운전(운전기간 : 2007.9. 11~10.12, 참조 : “복합발효미생물을 이용한 염색폐수처리 PILOT PLANT 초기운전 중간보고서”)에서 염료처리의 분해능이 확인되었다. 그러나 보다 높고 안정적인 염료 분해능을 확보하기 위해서는 담체 내 다양한 미생물체계 구성과 염료분해균주의 정착화를 위한 기술개발과 기술개발을 통한 민원해결, 그리고 나아가 친환경적, 경제적 색 제거를 위한 기술연구가 필요하다.

최근 복합 발효물에 의한 생물학적 처리와 색도처리 가능성을 타진을 위한 실험에서 기술개발 중인 담체와 혼용한 복합발효에 의한 염색폐수처리 Pilot Plant 간이 시험운전에서 염료처리능이 확인되었다. 그러나, 보다 높고 안정적인 염료분해 능력을 확보하기 위해서는 담체 내 다양한 미생물체계 구성과 염료분해균주의 정착화를 위한 기술개발과 기술개발을 통한 민원해결 등을 목적으로 친환경적, 경제적 색도제거를 위한 기술연구가 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 염료분해 효율 증가, 수처리 미생물 확보, 염료분해능 균주의 우점화, 색도분해미생물의 활성도 조사 및 수처리, 색도처리 안정화에 관한 연구개발을 하고자 한다.

III. 연구의 내용 및 범위

- ① 염료분해능 특정 균주개발
- ② 미생물배양액 제조 및 공급
- ③ 염료분해균의 확대 및 강화
- ④ 현재 공정의 폭기조 및 담체내 미생물생태계 분석
- ⑤ Pilot Plant 운전조건 조사

IV. 연구결과

1. S社 유입원수, 폭기조수, 침전조수, 반송수에서 염료분해능이 뛰어난 6종의 미생물을 순수분리 하였는데, 3종의 세균은 *Comamonas testosteroni*, *Methylobacteriaceae* bacterium 및 *Stenotrophomonas* sp.으로 동정되었고, 1종의 효모균은 *Kluyveromyces fragilis*로, 2종의 곰팡이균은 *Ascomycetes*와 *Basidiomycetes* 종으로 밝혀졌다.
2. S社 반송수에서 분리된 곰팡이를 염료가 포함된 #2 액체배지에서 8일 동안 배양하고 흡광도를 측정한 결과, 기본염료혼합액은 93%의 색도 제거율이 나타났다. 광합성 세균과 1:1혼합에서는 기본염료혼합액에서 약 88%의 염료제거율을 확인 할 수 있었다. 기본염료혼합액에서는 두 균의 1:1 혼합이 가장 좋은 결과를 나타내지 못했으나, 샘플과 곰팡이, 광합성세균의 단일적인 샘플에서는 비슷한 결과가 나왔다. 각 색깔별 염료 혼합액에서는 두 균의 1:1혼합이 더 좋은 결과를 가져왔다.
3. B社에서 받은 폭기조수와 침전조수를 #1 배지에 접종할 결과, 폭기조수에 비해 침전조수가 접종된 tube에서 더 높은 제거율을 나타내었는데, 침전조수가 접종된 경우에는 모든 혼합염료액에서 65% 이상의 제거율이 나타났고, 그 중에서 특히 black 계열 염료혼합액에서는 96%의 높은 색도 제거율이 나타남을 알 수 있었다.
4. B社에서 채취한 침전수와 폭기조수를 #2 배지에 접종한 실험의 결과는 침전조수를 접종한 tube에서는 폭기조수를 접종한 tube의 결과보다 나은 결과를 보였는데, 특히, black 계열 염료혼합액의 경우, 배양 12일 이후 95% 이상의 색도가 제거되었음을 확인할 수 있었다. 결론적으로 black 계열의 혼합염료인 경우, 폭기조수 및 침전수 내에 존재하는 염료분해미생물들에 의해 좋은 분해반응이 일어났음을 알 수 있었고, 기본 염료혼합물인 경우는 침전조수 내에 존재하는 미생물들에 의해 잘 분해됨을 알 수 있었다.
5. #2 배지보다는 #1 배지에서의 실험에서 전체적으로 더 높은 제거율을 확인 할 수 있어 #2 배지가 염료분해미생물들에게 더 나은 영양분을 공급하는 것으로 보인다.
6. B社の 침전조수를 100 ml flask에 실험한 결과, 여러 계열의 혼합염료를 사용

한 모든 flask 실험에서 배양 6시간 안에 85% 이상의 색도 제거를 확인 할 수 있었는데, 특히 기본 염료혼합액의 경우 90% 이상의 색도제거율을 나타내었다. Agar plate에서 분리된 단일 colony에서는 염료분해능이 있는 colony를 분리하기 힘들었는데, 침전조수 sludge가 접종된 #1와 #2 배지 모두에서 높은 색도 제거율을 확인함으로써 단일 균주가 아닌 혼합 균주를 이용해야 됨을 확인 할 수 있었다.

7. 작은 크기와 큰 크기 담체의 생물막 두께는 각각 15 μm 와 30 μm 이었고, protozoa는 *Aspidisca cicada*, *Paramecium caudatum*, unidentified Ciliate, *Entosiphon sulcatus var sulcatus* 및 *Chlamydomonas reinhardtii* 이었고, metazoa 1종은 *Rotifer philodina* 이었다. Protozoa의 농도 측정 결과, 작은 크기의 media에서는 7.5×10^4 cells/mL, 큰 크기의 media에서는 1.25×10^5 cells/mL 이었고, 우점종은 작은 크기의 media에서는 *Entosiphon sulcatus var sulcatus*, 큰 크기의 media에서는 *Chlamydomonas reinhardtii* 이었다.
8. Flask 단위의 media에 의한 색도제거 능력 실험 결과, 배양 72시간에 작은 크기와 큰 크기의 media에서 각각 25.8%와 27.1%의 색도 제거가 일어났다. 작은 크기의 media를 사용한 염색색도 변화 실험의 경우, 반응 12시간 이후로 bacteria의 농도가 증가하였으며, protozoa는 반응 36시간에 *Entamoeba histolytica*가 보이기 시작하였고, 반응 48시간 이후로는 *Vorticella convallaria*가 주로 관찰되었다. 큰 크기의 media를 사용한 실험에서는 반응 36시간 이후부터 48시간까지는 *Peranema sp.* 종이 우점 하였고, 반응 60시간 이후부터는 *Amphisiella sp.* 종이 우점 하였다.
9. 200 $\text{m}^3/\text{일}$ 단위 공정에서의 3단계(원수량 150 m^3/d) 운전에서, 최저 방류수 색도가 227까지 감소하는 등 유동상 담체의 염료분해균 확대를 통하여 염색폐수의 색도 처리효율이 나타나는 것으로 보인다. 이때, 방류수의 COD는 96-140 ppm, SS는 50-175 mg/L의 농도 범위에서 처리되었고, 염료분해균 확대에 의한 안정적인 색도처리에는 최소 35일 이상 소요되는 것으로 나타났다.
10. Flask 단위에서의 염료분해균의 augmentation 효과를 알아보기 위한 7번의 repeated batch 실험에서 색도제거율이 향상되는 경향은 보였으나 bioaugmentation 효과는 잘 나타나지 않았고, 이때 media에 우점하는 protozoa 종은 *Vorticella convallaria* 및 *Peranema* 이었다. Augmentation에 의해 현장 pilot에 사용했던 biofilm media에서 반송수에서 분리한 곰팡이 및 ATSN-3 균과 효모균이 어느 정도 부착되었음을 확인하였다.

V. 연구결과의 활용계획

- 본 연구의 결과로 개발된 미생물제제 및 공정기술은 염색폐수처리장 처리수 수질에 대해 법정수질기준치를 효율적으로 만족시키고, 특히 염색폐수의 생물학

적 처리에 있어 문제되는 색도처리에 대해, 생물학적 방법으로 안정하게 처리할 수 있는 공정이다.

- 유동상 담체의 염료분해균 확대를 통한 안정적인 염색폐수의 색도처리로 민원 제기 현안문제를 해결할 수 있다.
- 친환경적 색도처리 기술개발이 된다면, 향후 염색폐수 처리장 운전경비 절감 방안을 도출 할 수 있을 것이다.
- 경제적·친환경적 염색폐수 색도처리 공정개발로 타지역 염색폐수 처리사업에 뛰어 들 수 있어 향후 상당한 수익을 창출 할 수 있을 것이다.
- 국내 염색폐수 처리사업의 수주는 장치 관련 공정의 외국 수출이 가능함으로써, 상당한 수익이 예상된다.