
특화된 미생물의 고정화 포집기술을
이용한 난분해성 폐수처리 기술개발

한 기 봉

경기지역환경기술개발센터

최 종 연 구 보 고 서

(2006)년도 환경기술연구개발사업으로 완료한 『 특화된 미생물의 고정화 포집기술을 이용한 난분해성 폐수처리 기술개발』에 관한 연구의 최종보고서를 붙임과 같이 제출합니다.

붙 임 : 1. 최종보고서 (20)부. (끝)

제출일 : 2007년 3월 9일

연구기관 : 가톨릭대학교 생명과학부

연구책임자 : 한 기 봉 (인)

연구기관장 : 가톨릭대학교 산학협력단장 직인

경기지역환경기술개발센터장 귀하

제 출 문

경기지역환경기술개발센터장 귀하

본 보고서를 “특화된 미생물의 고정화 포집기술을 이용한
난분해성 폐수처리 기술 개발”에 관한 최종보고서로 제출
합니다.

연구기관명 : 가톨릭대학교 산학협력단

연구책임자 : 한 기 봉 교수(가톨릭대학교 생명공학부)

연구 원 : 윤 지 현(가톨릭대학교 생명공학부 환경공학)
김 비 오(가톨릭대학교 생명과학과 환경생물)
김 소 연(가톨릭대학교 생명공학부 환경공학)

참여기업명 : (주) 미래 G&C

요 약 문

I. 제목

“ 특화된 미생물의 고정화 포집기술을 이용한 난분해성 폐수처리 기술 개발 ”

II. 연구의 필요성 및 목적

1. 연구의 필요성

- 난분해성 산업폐수의 완전한 처리는 주변 하천수계의 오염방지를 위해서도 필수 사항이다. 그러나 현재 염색폐수의 경우 염료(안료)의 특성상 제대로 분해되지 않는 난분해성 물질이 많아서 염색폐수협동조합 및 공동폐수처리장 등의 경우 처리에 많은 애로를 겪고 있는 실정이다.
- 고정 생물막 공정의 경우 생물막을 형성하는데 오랜 시간이 걸리며, 자연적으로 부착하기 쉬운 균이 우점종으로 밀집하게 되어 두꺼운 생물막을 형성시키는 단점이 있다. 그러나 효소나 미생물을 고정화시켜 이용할 경우 반응기 내 미생물농도를 높이고 미생물의 wash-out을 최소화 할 수 있어 처리효율을 높일 수 있다.
- 따라서, 특별하게 분리 배양된 난분해성 물질을 분해 가능한 미생물들을 특수하게 immobilization 시켜 처리하고자 한다.

2. 연구의 목적

- 산업폐수 내 난분해성 오염물질을 분해 가능한 미생물 균주를 분리 배양 및 isolation 시킴으로써 특화된 미생물을 확보하며
- 특수한 포괄고정화 방법을 통하여 immobilization된 미생물 포괄담체를 이용하여, Application test를 실시하고 unit process 및 처리공정을 확립하는데 있다.
- 또한, pilot plant test 및 field application을 통하여 포괄고정화를 이용한 미생물막 처리공법의 국내 적용을 모색하며, 최종 process를 확립시킨다.

III. 연구의 범위 및 내용

1. 연구수행 범위

- 1.1 난분해성 폐수 내 오염물질 분해 가능한 미생물 균주배양 및 isolation
- 1.2 application test를 통해 처리공정을 확립
- 1.3 포괄고정화를 이용한 미생물막 처리공법의 국내 적용

2. 연구수행 내용

- 2.1 난분해성 폐수의 처리현황 및 실태파악
- 2.2 분해균주 확보 및 Isolation
- 2.3 Application Test를 통한 처리공정 확립
- 2.4 Field Test를 통한 처리공정 확립

IV. 연구결과

1. 분해가능 균주의 동정(screening & isolation)

분해가능 균주의 screening을 위해서 S 염색공단에서 채취한 염색폐수를 사용하였으며, 분해가능 균주의 다양성 확보를 위해서 염색폐수가 직접 유입되는 반응조(A)와 반응조(A)의 유출수와 nutrient solution이 유입되는 반응조(B)를 Lab scale reactor로 설치하고, 두 반응조에서 생성된 포기조 슬러지에서 균주를 채취하여 여러 차례 순수분리를 위한 계대배양을 실시하였다.

균주의 염색폐수 분해가능 여부를 확인하기 위하여, 일정량의 염색폐수를 넣은 Tube에 선택된 균주를 접종하여 Batch reactor test를 실시하여 COD_{Cr} 농도로 염색폐수 분해능을 판단하였으며, 대상균주 가운데 염색폐수 분해능이 가장 뛰어난 상위 6 균주를 선별하여 isolation 하였다.

2. 염색폐수 성상 분석 및 선별된 균주의 분해능 측정

각각의 Lab scale reactor에서 포기조 슬러지에서 선별된 균주 가운데 염색폐수 분해능이 뛰어난 균주를 선별하기 위하여, 250ml 삼각플라스크에 염색폐수 150ml를 주입하고, 계대배양된 균주를 Nutrient Broth 3ml에 접종하여 배양한 후 삼각플라스크에 주입하였다. Shaking Incubator에서 1일 동안 반응 시킨 후 COD_{Cr} 농도를 측정하여 염색폐수 분해능이 있는지 평가하였다.

전반적으로 선별된 균주의 염색폐수 처리율은 30%를 넘지않았으며, 선별된 균주 30 종 가운데 반응조(A) 에서는 A-7, A-9, A-11 균주가 각각 28.4%, 28.3%, 23.8%로 상위 6 균주에 선정되었으며, 반응조(B)에서는 B-2, B-4, B-6 균주가 28.1%, 23.5%,

29.9%로 선정되었다.

3. Isolated 균주의 담체 내 immobilization

IPM (Immobilized Packing Media) 제작은 다음과 같은 과정을 거쳐서 제작된다.

3.1 원료 준비

원료는 cellulose triacetate를 methylene chloride에 10%의 비율로 용해하고 미리 동정한 미생물 슬러지를 준비한다. 여기에 20%에 해당하는 증류수를 준비한다.

3.2 분해균주와 원료 혼합

준비된 원료와 슬러지 케익형태의 분해균주는 각각 정해진 비율에 따라 혼합한 뒤 교반조에 넣고 충분히 교반시킨다.

3.3 고형화

혼합과정을 거친 원료는 담체로 사용하기 위하여 toluene을 이용하여 고형화 시킨다.

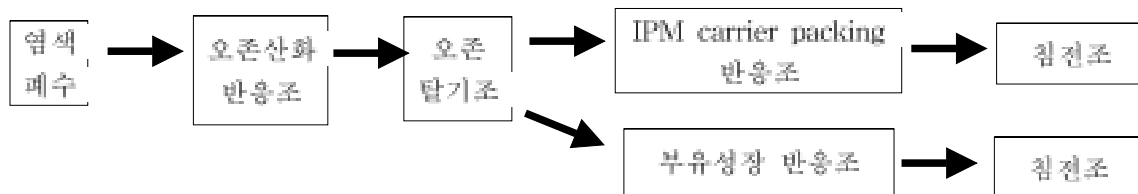
3.4 성형 및 절단

고형화 과정을 거친 재료는 일정한 틀에 넣어 절단작업이 용이하도록 성형화 시킨 뒤 절단기로 일정한 모양의 담체로 절단한다.

4. Process 구성 및 처리효율성 시험

4.1 전체 공정구성

전체 공정 구성의 순서는 <그림 4-3-4>과 같이 유입원수(염색폐수)가 오존산화 반응조에서 오존과 접촉하여 산화되고, 산화된 유입원수가 IPM carrier packing 반응조로 유입되어 생물반응을 거친 후 침전조를 거쳐 유출된다.



<그림> Process flow chart

4.2 결론

염색폐수를 오존산화 처리하여 오존을 탈기시키고 IPM carrier 반응조 및 부유성장 반응조로 유입시킨 폐수의 처리효율 비교는 아래의 표 <4-3-4>에 나타내었다.

<표> 부유성장 및 IPM carrier 충전 반응조의 생물학적 처리효율 비교

| 대상 \ 항목 | BOD ₅ (kg/m ³ /day) | COD _{Cr} (kg/m ³ /day) | T-N (kg/m ³ /day) | SS (kg/m ³ /day) | Color (unit/m ³ /day) |
|---------------------|--|---|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| 부유성장 제거능력 | 0.48 | 0.79 | 0.004 | 0.034 | 0.03 |
| IPM carrier 제거능력 | 1.54 | 1.75 | 0.017 | 0.127 | 0.098 |
| 비교 | 3.2 | 2.2 | 4.25 | 3.7 | 3.3 |

<표 4-3-4>에 나타난 바와 같이 IPM carrier를 충전한 반응조에서의 각 항목별 처리효율은 2.2~4.25배의 범위로 나타났다. 따라서 향후 parameter 조건변화에 따라서 비교효율은 달라질 수 있으나 IPM carrier를 이용한 처리가 부유성장보다 더 나은 처리효율을 얻을 수 있을 것이다.

v. 연구결과의 활용계획

1. 기대효과

본 연구과제가 성공적으로 수행될 경우 다음과 같은 효과가 기대된다.

- 난분해성 물질(염색폐수 발생)에 대한 분해균주의 확보
- 새로운 난분해성 처리 가능한 unit process의 확립
- 포괄고정화 기술의 국내 도입효과를 통하여 관련 기술개발 토대마련
- 새로운 처리공정 확립-환경신기술 보급

2. 사업성과 활용방안

- 현재 어려움을 겪고 있는 경기도 내 염색공단의 난분해성 폐수의 처리문제를 해결하여 수계오염 방지에 기여
- 새로운 신기술 개발로 인하여 환경산업발전에 기여하고 나아가서 환경산업기술의 수출 등의 효과도 가져올 수 있음
- 경기도 내 중소기업체의 애로사항을 해결하고 관련 환경산업체의 기술력확보

Summary

I. Title

"The study on the development of non-degradable wastewater treatment process utilizing specialized microorganism immobilization technology"

II. Objectives and Necessities of the study

The complete degradation of non-degradable dye industry wastewater was required to prevent contamination of water environment. However it was difficult to treat the dye industry wastewater because of non-biodegradable components in the wastewater. Also biofilm reactor takes long time to treat dye wastewater due to natural microorganism's delayed acclimation.

Thus, this study examined all of the possibilities by utilizing capable microorganisms through the immobilization into targeting media from the first.

III. Contents and Scopes of the study

1) Contents

- o Review of current status of non-degradable wastewater treatment
- o Secure and isolation of microorganism culture
- o Development of treatment process through application test
- o Development of treatment process through field test

2) Scopes

- o Cultivation and isolation of microorganism capable of cotaminants degradation in the wastewater
- o Development of treatment process through application test
- o Application of biofilm process with immobilization in the nation

IV. The results of the study

1. Secure and isolation of microorganism culture

Dye industrial wastewater from S corporation was used to screen microorganism cultures which show the degradation capability. To confirm the degradation capability of the selected cultures, batch reactors containing dye wastewater in the tube were tested by seeding of the selected cultures. The distinguished 6 of those tested cultures were isolated according to degradable capability.

2. Analysis of dye industrial wastewater and capability measure of degradability of selected culture

Batch reactors composed of 250ml flasks with 150ml dye industry wastewater were injected with 3ml nutrient broth and were shaken for 1day in the incubator. CODcr was measured to identify the degradability and average degradation rate showed 30%.

3. Immobilization of isolated cultures in the media

IPM(Immobilized Packing Media) was manufactured by the following process:

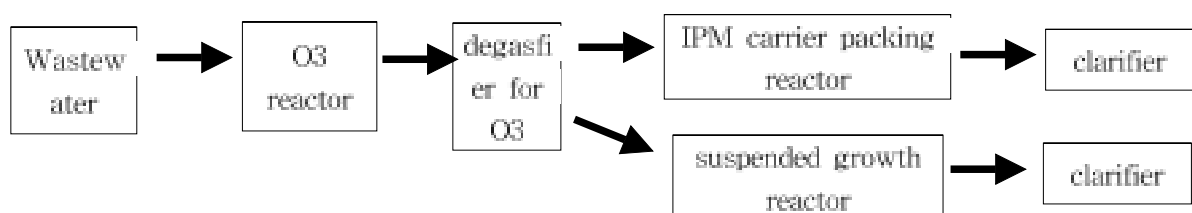
- o Cellulose triacetate and methylene chloride was mixed with isolated and cultured sludge.

- o Toluene was included to solidify and resulted slurry was poured into molding frame to make media

- o After enough drying in the shade, cut it into adequate sizes

4. Test of treatment process and effectiveness

- o Process



<Process flow chart>

o Test of treatment effectiveness

<Table> Comparison of treatment efficiency for suspended growth and IPM carrier reactors

| reactor \ item | BOD ₅ (kg/m ³ /day) | COD _{Cr} (kg/m ³ /day) | T-N (kg/m ³ /day) | SS (kg/m ³ /day) | Color (unit/m ³ /day) |
|-----------------------------|--|---|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| Suspended growth capability | 0.48 | 0.79 | 0.004 | 0.034 | 0.03 |
| IPM carrier capability | 1.54 | 1.75 | 0.017 | 0.127 | 0.098 |
| ratio | 3.2 | 2.2 | 4.25 | 3.7 | 3.3 |

<Table> shows the range of treatment effectiveness as 2.2~4.25 times higher in IPM carrier reactor. Accordingly, IPM carrier reactor shows better capability of degradation than suspended reactor even though the treatment effectiveness can be differentiated as parameters are modified.

V. After study and the conjugation plan of project results

- Secure of culture capable for degradation of dye industry wastewater
- The new process development for dye industry wastewater treatment.
- The immobilization technology application in the nation.
- The new environmental technology development for dye industry wastewater.

Contents

| | |
|--|-----------|
| Summary | i |
| Chapter 1. Introduction | 1 |
| 1. Necessities of the study | 2 |
| 2. Objects of the study | 2 |
| Chapter 2. Current status of dye industry wastewater treatment | 3 |
| 1. Current status and features of dye industry wastewater generation | 4 |
| 1.1 Current status of dye industry wastewater generation and discharge | 4 |
| 1.2 Process and features of dye industry wastewater generation | 6 |
| 2. Current status and treatment of dye industry wastewater | 12 |
| 2.1. Chemical treatment | 12 |
| 2.2. Physical treatment | 13 |
| 2.3. Physico-chemical treatment | 14 |
| 2.4. Microbiological treatment | 15 |
| 3. Current status of national and international technology | 15 |
| Chapter 3. Contents and Scopes of the study | 17 |
| 1. Scopes | 18 |
| 1.1. Cultivation and isolation of microorganism capable of cotaminants degradation in the wastewater | 18 |
| 1.2. Development of treatment process through application test | 18 |
| 1.3. Application of biofilm process with immobilization in the nation | 18 |
| 2. Contents | 18 |
| 2.1. Review of current status of non-degradable wastewater treatment | 18 |
| 2.2. Secure and isolation of microorganism culture | 18 |
| 2.3. Development of treatment process through application test | 18 |
| 2.4. Development of treatment process through field test | 18 |

| | |
|---|--------|
| Chapter 4. The results of the study | 19 |
| 1. Secure and isolation of microorganism culture | 20 |
| 1.1. Outline | 20 |
| 1.2. Materials and apparatus | 20 |
| 1.3. Methods | 22 |
| 1.4. Analysis of dye industrial wastewater and capability measure of degradability of selected culture | 24 |
| 2. Immobilization of isolated cultures in the media | 28 |
| 2.1. Outline | 28 |
| 2.2. Manufacturing immobilized packing media | 28 |
| 2.3. Analysis of activity in the immobilized packing media | 32 |
| 3. Test of treatment process and effectiveness | 34 |
| 3.1. Outline | 34 |
| 3.2. Process | 34 |
| 3.3. Test of treatment effectiveness | 36 |
| Chapter 5. Practical application of the study results | 51 |
| 1. Practical effects | 52 |
| 2. Future Study plan and practical use of work products | 52 |
| Chapter 6. References | 53 |

목 차

| | |
|--|----|
| 요약문 | i |
| 제 1 장 서 론 | 1 |
| 1. 연구의 필요성 | 2 |
| 2. 연구의 목적 | 2 |
| 제 2 장 염색폐수 처리 현황 | 3 |
| 1. 염색폐수 발생 현황 및 특성 | 4 |
| 1.1 염색폐수 발생 및 배출 현황 | 4 |
| 1.2 염색폐수 발생공정 및 특성 | 6 |
| 2. 염색폐수 처리 방법 및 현황 | 12 |
| 2.1 화학적 처리 | 12 |
| 2.2 물리적 처리 | 13 |
| 2.3 물리·화학적 처리 | 14 |
| 2.4 생물학적 처리 | 15 |
| 3. 국내외 기술 현황 | 15 |
| 제 3 장 연구수행 범위 및 내용 | 17 |
| 1. 연구수행 범위 | 18 |
| 1.1 난분해성 폐수 내 오염물질 분해 가능한 미생물 균주배양 및 Isolation | 18 |
| 1.2 Application Test를 통해 처리공정을 확립 | 18 |
| 1.3 포괄고정화를 이용한 미생물막 처리공법의 국내 적용 | 18 |
| 2. 연구수행 내용 | 18 |
| 2.1 난분해성 폐수의 처리현황 및 실태파악 | 18 |
| 2.2 분해균주 확보 및 Isolation | 18 |
| 2.3 Application Test를 통한 처리공정 확립 | 18 |
| 2.4 Field Test를 통한 처리공정 확립 | 18 |
| 제 4 장 연구수행 결과 | 19 |
| 1. 분해가능 균주의 Screening & Isolation) | 20 |

| | |
|---|-----------|
| 1.1 개요 | 20 |
| 1.2 실험장치 및 재료 | 20 |
| 1.3 실험방법 | 22 |
| 1.4 염색폐수 성상 분석 및 선별된 균주의 분해능 측정 | 24 |
| 2. Isolated 균주의 담체 내 immobilization | 28 |
| 2.1 개요 | 28 |
| 2.2 Immobilized Packing Media 제작 | 28 |
| 2.3 Immobilized Packing Media의 활성도 측정 | 32 |
| 3. 염색폐수처리 공정 및 효율성 시험 | 34 |
| 3.1 개요 | 34 |
| 3.2 공정구성 | 34 |
| 3.3 처리 효율성 시험 | 36 |
| 제 5 장 연구결과의 활용계획 | 51 |
| 1. 기대효과 및 사업성과 활용방안 | 52 |
| 2. 향후 연구계획 | 52 |
| 제 6 장 참고문헌 | 53 |