

## 고정화 *Corynebacterium pseudodiphtheriticum* W3712에 의한 화학유연제, Organopolysiloxane의 제거

정혁준 · 이정훈 · 김 정<sup>1</sup> · 김현수 · 유대식\*

계명대학교 자연과학대학 미생물학과

<sup>1</sup>수원여자대학 치위생학과

화학유연제, organopolysiloxane분해세균인 *Corynebacterium pseudodiphtheriticum* W3712의 생물학적 활성을 증가시키기 위하여 균체를 고정화시켰다. 이 세균의 고정화 담체로서는 bentonite가 가장 양호했으며, bentonite에 의한 organopolysiloxane의 물리적 흡착효율은 62.5%였다. 실험균주의 배양액 16 ml를 bentonite 20 g에 고정시킨 고정화균체 10.0 g은 12,000 mg/l의 organopolysiloxane폐수를 실온에서 10일간 정치배양하므로 95.0% 제거시켰다. 이상의 결과로 이 고정화 균체를 공장의 폐수 저장탱크를 개조하지 않고 정화할 수 있다고 사료되었다.

**Key words** □ chemical softener, *Corynebacterium pseudodiphtheriticum* W3712, immobilization, removal of chemicals

섬유산업이 발달함에 따라 섬유유연제와 섬유호제 등의 생산 산업이 발달하게 된다. 산업이 발달하게 되면 부산물과 산업폐수가 배출되어 유독성 산업폐수에 의한 환경오염은 심각한 사회적 문제점으로 대두되고 있다.

화학유연제와 화학호제를 생산하는 공장에서 배출되는 폐수는 매우높은 화학적 산소 요구량 (chemical oxygen demand, COD)을 가진다. 화학유연제 생산공장의 산업폐수 COD<sub>Mn</sub> 부하는 4,000-15,000 mg/l로서 고농도 산업폐수였다(4). 이들 생산업체는 대부분 영세한 중소기업으로서 산업폐수를 직접 처리하지 않고, 폐수처리회사에 위탁처리 하므로 폐수의 COD부하와 폐수의 량에 따라 처리비용이 산정되기 때문에 폐수의 량을 최소화 해야 하며 폐수의 COD부하도 최소화 해야한다. 따라서 섬유를 염색·가공하는 공장이나 이들 공장에서 사용될 화학호제 및 화학유연제 등의 조제 생산공장에서 배출되는 폐수는 매우 높은 BOD 및 COD 부하 때문에 산업폐수의 처리에 고심하고 있다.

산업폐수의 일반적인 처리방법은 생물학적, 화학적, 물리적 방법이 있으나, 생물학적 방법이나 생물학적 방법과 화학적 방법을 병행하여 처리하는 경향이다(10). 생물학적 방법은 오염원의 생분해속도가 느리며 환경인자에 의하여 많은 영향을 받지만 자연 현상을 이용하므로 에너지 사용량이 매우 적어서 경제적이뿐 아니라 2차 오염의 발생도 적어서 많은 장점을 지니고 있다. 환경오염의 정화에 생물학적 방법이 산업폐수의 효율적인 방법이므로 다양한 기술개발과 많은 연구가 진행되어 다양한 기술이 개발되는 추세이다(9, 11). 최근에 이러한 생물학적 처리 방법으

로 산업폐수를 정화하고자 많은 연구가 수행되어 왔지만 중소기업이 생산하는 화학유연제의 정화에 관한 연구는 거의 진행되고 있지 않다. 일반적으로 화학유연제는 영세한 중소기업에서 생산하여 기업단위에서는 폐수의 문제가 심각하지만 생산량이 많지 않기 때문에 아직 사회적 문제로 대두되지는 않은 실정이다. 그러나 문제점이 노출되기 전에 산업폐수를 안전하게 정화해야 한다 따라서 생물학적 처리방법 중 중소기업에 적당한 처리방법으로 호기성, 혐기성 및 통성 혐기성 처리가 가능한 다양한 미생물 제제의 개발과 함께 중소기업의 소규모 폐수저장조에 사용할 수 있는 미생물제제의 연구가 시급히 요구되고 있는 실정이다. 생물학적 정화효율을 높이고, 생물학적 활성을 장기간 유지시키기 위하여 고정화 방법이 연구되고 있다. 미생물의 고정화는 담체에 미생물을 결합시키거나 담체의 공간내에 포획하는 방법으로서 생물공학 분야에 오래전부터 이용되어 왔으며, 최근에는 고정화법으로 산물의 분리·정제를 간단히 수행하는 방법 등을 개발하고 있다. 미생물의 고정화법을 이용한 폐수처리의 경우, 미생물의 고분자물질로 둘러싸는 여러 가지 고정화미생물법이 연구되고 있지만 아직까지 실용화 단계로는 개발되지 못하고 있다(1).

그러나 폐수처리에 고정화미생물의 사용은 폐수의 정화효율을 높일수 있으며 전단응력에 의한 미생물균체의 유실을 예방할 수 있을 뿐 아니라 미생물 균체를 고농도로 유지할 수 있다. 더욱이 온도와 pH 등의 환경조건이 급격히 변화하거나 독성물질의 유입에도 고정화담체 자체의 완충작용으로 미생물의 활성을 유지할 수 있는 장점도 있으며(2), 고농도의 폐수의 정화에 적합하며 슬러지 공법의 bulking(7), 슬러지의 반송(3)을 줄일 수 있고, 반응기 내의 균체의 불균일한 분포에 대한 영향을 극소화할 수 있다(6). 그리고 처리수와 미생물의 분리

\*To whom correspondence should be addressed  
Tel: 053-580-5252, Fax: 053-580-5164  
E-mail: tsyu@kmucc.keimyung.ac.kr

가 매우 용이하여 별도의 분리작업이 불필요하므로 시설규모를 줄일 수도 있다(2).

이 등(5)은 이 같은 요구에 부응하기 위하여 미생물을 화학오염제와 화학유연제를 생산하는 산업장 토양으로부터 화학유연제 분해세균인 *Corynebacterium pseudodiphtheriticum* W3712를 분리·동정했다. 화학유연제가 2,500 mg/l 함유된 폐수에 이 세균을 37°C에서 5일간 처리하므로 화학유연제를 65.2~67.9%의 제거효율로 정화시킬 수 있었다.

이 세균을 공장폐수에 직접 사용하기에는 여러 가지 문제점이 있었다. 즉, 산업폐수의 COD부하가 높고, 균체를 장기간 사용하므로 세균의 생물학적 활성이 상실되며, 세균균체의 저장성이 낮은 점 등의 문제점을 해결하기 위하여 실험균주를 고정화하여 생물학적 활성을 유지시키고 균체의 저장성을 높이고자 하였다.

본 연구에서는 실험균주를 고정화 시킬 때, 미생물에 독성이 적고 가격이 싼 천연고분자를 사용하여 고정화를 시도하였으며, 산업폐수로부터 화학유연제를 효율 좋게 제거하기 위한 고정화 방법을 검토하고, 산업폐수의 정화효율을 높이고자 했다.

## 재료 및 방법

### 사용시약

화학유연제인 organopolysiloxane은 대한유화주식회사(대구광역시 달서구 성서공업단지 2지구)의 제품인 Silisoft DH-ES(35% organopolysiloxane)를 사용했다(5). 이 제품은 미황색의 투명한 액상으로서 약이온/비이온성이며, 물에 쉽게 분산되는 특성을 가지며 모든 섬유에 작용되는 탄성이 있는 microemulsion 형태로서 유연하고 부드러운 촉감을 부여하는 화학유연제이다

실험균주의 고정화 담체는 여러종류가 알려져 있으나, 상업적 목적에 합당하기 위해서는 담체의 가격이 싸야하므로 천연물을 사용했다. 즉, bentonite(약 200 mesh), 분말상태의 zeolite(약 200 mesh)와 소입자 상태의 zeolite(약 80-100 mesh)는 동해화학공업 주식회사(포항시)의 제품을 사용했으며, zeosil(약 360 mesh이하)은 zeolite의 입자크기를 가공한 합성 zeolite로서 의성공업주식회사(부산시)의 제품을 사용했다.

실험균주의 배양 및 보존에 사용된 시약은 Difco Laboratories (Detroit, MI, USA)의 제품을, 그 이외의 시약은 Sigma(St. Louis, MO, USA) 제품을 사용했다.

### 실험균주

실험균주는 이 등(5)에 명기된 바와 같이 organopolysiloxane, 화학유연제의 정화능이 우수한 *Corynebacterium pseudodiphtheriticum* W3712를 사용했다. 이 균주의 배양은 LB배지(1% peptone, 0.5% NaCl, 0.5% yeast extract, pH 7.0)를 사용했으며, 37°C에서 24시간 진탕배양했다.

### 균의 증식도

실험균주의 증식도는 분광광도계(Hitachi 100-40)를 사용하여 660 nm에서 배양액의 흡광도(OD)를 측정하여 표시했다.

### 표준폐수

실험에 사용된 표준폐수는 COD<sub>Mn</sub>값이 1,200 mg/l와 12,000 mg/l의 농도가 되도록 화학유연제의 상용인 Silisoft DH-ES(35% organopolysiloxane)를 탈이온 증류수로 희석하여 조제했다. Silisoft DH-ES제품을 희석하면 서서히 분해되므로 실험하기 전에 표준폐수를 조제하여 사용했다.

### COD 측정

Chemical oxygen demand(COD)의 측정은 Standard method(8)에 따라 실시했으며, 주로 이용되는 KMnO<sub>4</sub>법과 K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>법 중 KMnO<sub>4</sub>법을 사용하였다. KMnO<sub>4</sub>법에는 산성 100°C와, 알칼리성 100°C 두 가지 조건에서 측정하는 방법이 있는데, 산성 조건은 염소이온이 2,000 mg/l 이하인 반응시료에 적용하며, 그 이상일 때는 알칼리성 방법에 따른다. 본 실험은 산성 100°C에서 과망간산칼륨에 의한 화학적 산소요구량을 측정하였다.

300-ml 환저 플라스크에 시료 적당량을 취하여 물을 넣어 전량을 100 ml로 하고, 32.3% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10 ml를 넣고 Ag<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 분말 약 1 g을 넣어 세게 흔들어 준 다음, 수분간 방치한 후, 0.025 N KMnO<sub>4</sub> 용액 10 ml를 정확히 넣고 환저 플라스크에 냉각관을 붙이고 수욕의 수면이 시료의 수면보다 높게하여 끓는 수욕 중에서 30분간 가열한다. 냉각관의 끝을 통하여 소량의 물을 사용하여 냉각관을 씻어준 다음, 냉각관을 떼고, 0.025 N Na<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>(sodium oxalate) 10 ml를 정확하게 넣고, 60-80°C를 유지하면서 0.025 N KMnO<sub>4</sub> 용액으로 반응액의 색이 옅은 홍색을 나타낼 때까지 적정하여 COD<sub>Mn</sub> 값을 구하였다. 대조시험은 물 100 ml를 사용하여 같은 조건으로 행했다.

### 제거효율 측정

화학유연제 폐수를 분리균주에 의하여 분해 또는 생물학적 흡착에 의한 화학유연제의 감소를 폐수 제거효율(%)로 표시했다.

폐수의 제거효율은 표준폐수에 분리균주를 일정량 접종하여 처리전과 처리후의 COD<sub>Mn</sub>값을 비교함으로써 계산했다.

$$\text{제거효율(\%)} = \frac{A - B}{A} \times 100$$

A ; 분리균주로 표준폐수를 처리하기 전의 COD값

B ; 분리균주로 표준폐수를 처리한 후의 COD값

모든 실험은 3회 이상의 반복실험을 거쳐 실시하였다.

### 흡착효율 측정

표준폐수에 함유된 화학유연제가 고정화 담체에 물리적흡착에 의하여 COD<sub>Mn</sub>값의 변화를 측정하여 고정화 담체에 의한 화학유연제의 흡착효율(%)로 표시하였다. 고정화 담체의 흡착효율은 표준폐수에 고정화 담체를 일정한 량을 첨가하여 첨가전과 첨가후의 COD<sub>Mn</sub>값을 비교하여 계산하였다.

$$\text{흡착효율(\%)} = \frac{A - B}{A} \times 100$$

A ; 고정화담체를 표준폐수에 첨가하기 전의 COD값

B ; 고정화 담체를 표준폐수에 첨가하여 화학유연체가 고정화 담체에 흡착된 후의 COD값

**균체의 고정화법**

실험균주는 고정화 담체에 물리적인 흡착법으로 고정화시켰다. 실험균주의 일정량 배양액을 고정화 담체에 첨가하여 30°C에서 30분간 방치하여 균체가 충분히 흡착될 수 있도록 하였다.

**결과 및 고찰**

**담체의 종류에 따른 고정화 균체의 제거효율**

*Corynebacterium pseudodiphtheriticum* W3712 균주를 고정화시켜 고정화 균체에 의한 화학유연체인 organopolysiloxane의 제거효율로부터 우수한 고정화 담체를 선별하기 위하여, 실험균주의 배양액 1 ml를 1 g의 고정화 담체인 zeosil, bentonite, 분말상태의 zeolite와 소입자 상태의 zeolite에 각각 직접 고정화 시켰다.

고정화된 균체를 organopolysiloxane이 함유된 1,200 mg/l COD<sub>Mn</sub>의 표준폐수 100 ml에 고정화 균체를 첨가하여 30분후에 시료를 채취하여 COD<sub>Mn</sub>값을 측정하고, 실온(25~30°C)에서 경시적으로 10일간 COD<sub>Mn</sub>값의 감소를 측정했다.

제거효율(%)은 표준폐수를 고정화 균체로 10일간 처리하여 처리전과 처리후의 COD<sub>Mn</sub>값의 감소를 백분율로 표시했다. Table 1에 나타난 바와 같이, zeosil, 소입자 zeolite와 분말상태의 zeolite에 고정화시킨 고정화 균체는 각각 81.4%, 87.0%와 92.0%의 제거효율을 나타내었으며, bentonite에 고정화시킨 고정화 균체는 1,200 mg/l 화학유연체 표준폐수를 94.1% 제거시켜 고정화 담체로서 bentonite가 가장 양호했다. 본 실험에 사용된 고정화 담체는 bentonite, 분말상태의 zeolite, 소입자 상태의 zeolite 그리고 zeosil의 순서로 양호했다.

**Table 1.** Effect of immobilized carrier on removal efficiency

Immobilizing carrier	COD <sub>Mn</sub> (mg/l)						Removal efficiency (%)
	30 min	1 day	2 day	3 day	5 day	10 day	
Without immobilizing carrier	1,180	1,180	1,170	1,170	1,160	1,140	5.0
Zeosil	925	810	601	512	300	223	81.4
Bentonite	500	325	200	100	91	72	94.1
Powder zeolite	688	524	493	397	121	96	92.0
Particular zeolite	662	612	546	381	260	156	87.0

The immobilized strain with various carriers were suspended in the standard wastewater containing 1,200 mg/l COD<sub>Mn</sub> with organopolysiloxane, and incubated at room temperature for the indicated times. The removal efficiency was measured by the COD<sub>Mn</sub> method.

$$\text{Removal efficiency}(\%) = \frac{A - B}{A} \times 100$$

A: Initial COD<sub>Mn</sub> of wastewater.  
 B: Final COD<sub>Mn</sub> of wastewater incubated by the immobilized cell at room temperature for 10 days.

**고정화 담체에 의한 흡착율**

실험균주는 이 등(5)에서와 같이 화학유연체를 10일간 처리하므로 66.0% 정화능을 나타냈으며, Table 1에 나타난 바와 같이 bentonite에 고정화시킨 실험균주는 화학유연체를 94.1% 제거시킬 수 있었다.

실험균주를 담체에 고정화하므로 제거능이 증가하는 것은 고정화 담체는 물리적 흡착능을 가지므로 제거능이 증가될 수도 있고 실험균주를 고정화하므로 생물학적 활성의 실활을 지연시키므로 제거능이 증가할 수도 있다.

고정화 담체의 물리적 흡착능을 측정하기 위하여 표준폐수 (1,200 mg/l COD<sub>Mn</sub>) 100 ml에 담체 1 g을 첨가하여 37°C에서 10일간 처리하여 경시적으로 COD<sub>Mn</sub>값의 감소를 측정했다. Table 2에 나타난 바와 같이, 고정화 담체에 화학유연체의 흡착효율은 분말 zeolite는 62.5%로서 가장 낮았으며, zeosil은 65.8%의 흡착효율을 나타내어 가장 높은 흡착효율을 나타냈다. Bentonite는 64.3%의 물리적 흡착효율을 나타내었으나, Table 1과 같이 bentonite에 고정화시킨 고정화균체는 같은 조건에서 94.1%의 제거능을 나타냈다. 즉, 고정화 균체의 제거효율이 bentonite만을 사용한 대조구에 비하여 평균적으로 29.8% 이상의 제거효율의 상승을 나타내었으며, 제거효율 29.8%의 상승은 화학유연체가 실험균주에 의한 생물학적 흡착과 실험균주의 고정화에 의한 생물학적 활성을 유지시키므로 제거효율이 상승된 것이라 사료된다.

**고정화 균체량에 의한 폐수의 제거효율**

실험균주의 배양액 1, 2, 3, 4 ml씩을 담체 bentonite 5 g에 각각 고정화시켜 표준폐수(12,000 mg/l COD<sub>Mn</sub>) 100 ml에 첨가하여 실온에서 제거시켰다. 고정화 균체를 표준 폐수에 처리한 즉시(30분), COD<sub>Mn</sub>값을 측정하고 처리 1일에서 10일까지 경시적

**Table 2.** Effect of carrier on adsorption efficiency

Carrier	COD <sub>Mn</sub> (mg/l)						Adsorption efficiency (%)
	30 min	1 day	2 day	3 day	5 day	10 day	
Without carrier	1,180	1,180	1,170	1,165	1,150	1,130	5.8
Zeosil	1,075	612	587	525	500	410	65.8
Bentonite	980	840	730	590	500	458	64.3
Powder zeolite	990	818	568	498	470	450	62.5
Particular zeolite	987	825	532	475	450	435	63.7

Various carriers were suspended in the standard wastewater (1,200 mg/l COD<sub>Mn</sub> with organopolysiloxane) at room temperature for the indicated times.

$$\text{Adsorption efficiency}(\%) = \frac{A - B}{A} \times 100$$

A: Initial COD<sub>Mn</sub> of wastewater.  
 B: Final COD<sub>Mn</sub> of wastewater was adsorbed by carriers at room temperature for 10 days.

**Table 3.** Effect of immobilized culture on bentonite on removal efficiency

Immobilized culture on bentonite (ml*)	COD <sub>Mn</sub> (mg/l)						Removal efficiency (%)
	30 min	1 day	2 day	3 day	5 day	10 day	
0	7,730	7,245	6,583	6,450	5,580	5,380	55.2
1	5,610	2,825	1,379	1,390	1,360	1,270	89.4
2	5,730	2,390	1,316	1,210	1,020	970	91.1
3	5,930	2,825	1,313	1,095	962	893	92.6
4	5,300	2,115	1,196	1,055	890	610	94.9

The cultivated conditions were in accordance with those described in Table 1. \*Inoculum size was about  $1.8 \times 10^7$  cells/ml. The initial COD<sub>Mn</sub> of the standard wastewater was 12,000 mg/l.

으로 COD<sub>Mn</sub>값을 측정하여 잔존 COD<sub>Mn</sub>값을 초기 COD<sub>Mn</sub>값에 대한 감소율을 제거효율로 계산했다.

담체에 고정화시킬 때 실험균주의 배양액 1 ml 사용시 물을 3 ml 첨가하여 균 배양액과 물의 양을 4 ml되게 균체를 고정시켰으며 균 배양액을 사용하지 않고 물 4 ml를 사용하여 담체에 흡수시킨 실험구를 대조구로 했다.

고정화 담체량을 일정하게 하고, 고정화 균체량을 다르게 하여 제거효율을 측정한 결과, Table 3에 나타난 바와 같이, 표준폐수 (12,000 mg/l COD<sub>Mn</sub>)에 고정화 균체를 처리하여 처리 30분으로 균체량과 관계없이 모든 실험에서 약 50% 이상의 제거효율을 나타냈다. 이 결과는 표준폐수중의 화학유연체가 고정화 담체에 빠르게 물리적 흡착이 일어났음을 알 수 있었으며, 처리시간이 길어질수록 균체량에 비례하여 제거효율은 높았다.

균체를 고정시키지 않는 대조구에서는 고정화 담체, bentonite에 물리적 흡착에 의하여 표준폐수로부터 화학유연체가 제거되었으나 균배양액 4 ml를 고정시킨 고정화 균체로 10일간 처리한 실험구에서는 94.9%의 제거효율을 나타내어 대조구에 비교하여 약 39.7%의 제거효율의 상승효과가 있었다.

**시제품 량에 의한 제거효율**

Bentonite에 실험균주를 고정시킨 고정화균체인 시제품의 량에 의한 화학유연체의 제거효율을 측정하기 위하여, 실험균주의 배양액 16 ml를 담체 bentonite 20 g에 고정시킨 시제품을 0.1 g에서 10.0 g까지 표준폐수(12,000 mg/l COD<sub>Mn</sub>) 100 ml에 각각 접종했다. 처리시간은 고정화 균체를 처리하여 즉시(30분), COD<sub>Mn</sub>값을 측정하고 10일간 정시적으로 COD<sub>Mn</sub>값을 측정하여 잔존 COD<sub>Mn</sub>값을 초기 COD<sub>Mn</sub>값에 대한 감소율을 제거효율로 계산했다.

Table 4에 나타난 바와 같이, 고정화 균체를 처리하여 30분으로 고정화 담체량의 증가에 따라 제거효율은 증가되었으며 고정화 균체 0.1 g을 표준폐수 100 ml에 처리할 때는 거의 제거되지 않으나, 고정화 담체량의 증가에 따라 제거효율은 증가되었다. 특히, 고정화 균체 0.1 g을 10일간 처리로서 자연제거효율 3.2%보다 1.0%의 제거효율 증가를 나타내어 별다른 제거효과를 나타내지 않았다. 그러나 고정화 균체 2.0 g으로 처리하므로 57.6%

**Table 4.** Effect of immobilized material mass on removal efficiency

Immobilized material on bentonite (g)	COD <sub>Mn</sub> (mg/l)						Removal efficiency (%)
	30 min	1 day	2 day	3 day	5 day	10 day	
0.1	12,175	11,875	11,950	11,900	11,700	11,500	4.2
0.5	11,625	11,350	11,050	10,950	10,850	10,100	15.8
1.0	10,800	10,520	10,300	10,060	8,580	7,950	33.8
2.0	9,860	9,340	8,760	7,620	6,420	5,090	57.6
3.0	8,760	8,120	7,320	5,333	5,300	4,030	66.4
5.0	6,960	5,960	3,750	3,580	3,400	3,020	74.8
10.0	5,200	2,200	1,030	880	850	600	95.0
With cultural broth	12,015	11,950	11,980	11,320	10,800	10,200	15.0
Without cultural broth	12,130	11,940	11,680	11,800	11,640	11,620	3.2

The various amounts of immobilized material mass, and with or without of cultural broth (4 ml) were added to the standard wastewater containing 12,000 mg/l COD<sub>Mn</sub> with organopolysiloxane, and incubated at room temperature for the indicated times. The cultivated conditions were in accordance with those described in Table 1.

의 제거효율을 나타내었으며 고정화 균체 5.0 g 처리 때는 74.2%, 고정화 균체 10 g은 organopolysiloxane을 함유하는 12,000 mg/l COD<sub>Mn</sub>의 고농도 표준폐수 100 ml에 처리 즉시, 56.7%의 물리적 흡착이 이루어지며, 실온에서 10일간 정치배양하므로 95.0% 제거되어 고농도 폐수정화에 유용한 것으로 사료된다.

본 고정화균체를 시제품으로 화학유연체인 organopolysiloxane의 정화에 유용하게 사용할 수 있을 것이라 사료되었다.

**고정화균체의 저장성**

고정화 균체를 상업적으로 사용하기 위하여 저장성 즉, 생물학적 제거능이 오래동안 실온에서 유지되어야 하므로 제조된 고정화 균체를 실온에 방치하여 정화능의 유지정도를 측정했다.

제조된 고정화 균체는 30일간 저장할 때 고정화 균체의 제거능은 약 96.0%이상 유지되었으며, 60일간 저장할 때도 약 87.5% 유지되었다(결과 미기재).

이상의 결과로 제조된 고정화 균체의 화학유연체 제거능이 높게 유지되어 상업적으로 사용이 가능하리라 사료되었다.

**감사의 글**

이 논문은 1999년도 산학연 공동기술개발 컨소시엄사업으로 대한유화(주)와 공동연구에 의하여 수행된 결과이며, 연구 개발비 지원에 깊이 감사드립니다.

**참고문헌**

1. 김성구, 공인수, 서재관, 김병진, 이민규, 서근학. 1997. 고정화된 nitrifier consortium을 이용한 total ammonia-

- nitrogen(TAN)의 제거. 한국생물공학회지, 12, 543-549.
2. 김의용. 1993. 고정화 미생물을 이용한 유동층 반응기에서의 폐수처리. 생물화공, 7, 85-91.
  3. 김창원. 1995. 질소·인 (N, P) 제거 기술 (II), 첨단환경기술, 3, 4-11.
  4. 김현수, 유대식. 1997. 고 농도 폐수를 분해하는 세균의 분리 및 특성. 계명대학교 기초과학연구논집, 16, 35-44.
  5. 이정훈, 손동철, 김정, 김현수, 유대식. 2000. 화학유연제, organopolysiloxane 분해세균의 분리 및 특성. 미생물학회지, 36, 투고중.
  6. 日本土木工學會, 微生物工學委員會 篇. 1993. 活性汚泥構成細菌의 觀察, pp. 3-6, 技報堂出版, 東京
  7. 日本土木工學會, 微生物工學委員會 篇. 1993. 嫌氣, 好氣におけるリン除去のメカニズム, p. 67, 技報堂出版, 東京
  8. APHA. 1995. *Standard Method for the Examination of Water and Wastewater*, 19th ed. American Public Health Association, Washington, DC.
  9. Hiraishi, A., Y. Ueda and J. Ishihara. 1998. Quinone profiling of bacterial communities in natural and synthetic sewage activated sludge for enhanced phosphate removal. *Appl. Environ. Microbiol.* 64, 992-998.
  10. Ministry of Environment, Korea. 1998. Environment Report. 111-121.
  11. Snaird, J., R. Amann, I. Huber, W. Ludwig. and W. Schleifer. 1998. Phylogenetic analysis and *in situ* identification of bacteria in activated sludge. *Appl. Environ. Microbiol.* 63, 2884-2896.

(Received March 2, 2000/Accepted 2000)

---

**ABSTRACT: Removal of Chemical Softener, Organopolysiloxane by Immobilized *Corynebacterium pseudodiphtheriticum* W3712**

Hyuck Jun Jung, Jung Hun Lee, Jung Kim,<sup>1</sup> Hyun Soo Kim, and Tae Shick Yu\* (Department of Microbiology, College of Natural Science, Keimyung University, Taegu 704-701, Korea; <sup>1</sup>Department of Dental Hygiene, Suwon Women's College, Suwon 441-748, Korea)

In order to increase biological activities of *Corynebacterium pseudodiphtheriticum* W3712 which degrades a chemical softener (organopolysiloxane), the cells were immobilized on four immobilizing carriers by physical adsorption. The cells immobilized on bentonite had higher removal efficiency than those immobilized on the other carriers, and physical adsorption of organopolysiloxane on bentonite was 62.5%. The immobilized cells were produced by 16 ml of culture broth with 20 g of bentonite, and 100 ml of the standard wastewater containing 12,000 mg/l COD<sub>Mn</sub> with organopolysiloxane was removed 95.0% by 10.0 g of the immobilized cells treatment at room temperature for 10 days by static culture.