

## 선별된 *Pseudomonas* sp. BLP2052와 *Flavobacterium* sp. BLP20515의 폐하수 처리 특성

박철환·최광근·임지훈·이상훈·김상용<sup>1</sup>·†이진원  
광운대학교 화학공학과, <sup>1</sup>한국생산기술연구원  
(접수 : 1998. 10. 8., 게재승인 : 1999. 3. 16.)

### Wastewater Treatment Characteristics by *Pseudomonas* sp. BLP2052 and *Flavobacterium* sp. BLP20515 Isolated from Sewage

Chulhwan Park, Kwangkeun Choi, Jihun Lim, Sanghoon Lee, Sangyong Kim<sup>1</sup>, and Jinwon Lee†  
Department of Chemical Engineering, Kwangwoon University, Seoul, 139-701, Korea  
<sup>1</sup>Korea Institute of Industrial Technology, Chonan, Chungnam, 330-820, Korea  
(Received : 1998. 10. 8., Accepted : 1999. 3. 16.)

Fifteen microbes have been isolated from Jangja pond in Kuri-Si, Kyeonggi-Do. Among them, two strains showed excellent COD removal from wastewater, which were named *Pseudomonas* sp. BLP2052 and *Flavobacterium* sp. BLP20515, respectively. Optimal pH and temperature for the cell growth were 7.0 and 30°C for both strains. *Pseudomonas* sp. BLP2052 and *Flavobacterium* sp. BLP20515 was applied to the reactor to treat wastewater and 66.0% and 65.7% COD (chemical oxygen demand) removal was achieved, respectively. Comparing these results to the case of applying mixed microbes present in Jangja pond, COD removal rate was 15% less. But when adding the selected microbes to the wastewater containing mixed microbes, COD removal rate increased by 5%. After 84 hour operation, we achieved 85.6% COD removal. When inhibitors were added less than 100 ppm, during the microbial wastewater treatment, Fe, Zn, Al, phenol and Cr influenced microbial activity more deterioratively in order. In the case of over 300 ppm, Cr, Fe, Zn, Al and phenol showed severe deteriorative effect in order.

Key Words : *Pseudomonas* sp., *Flavobacterium* sp., Biological treatment, COD, Wastewater

### 서론

생물학적 산소 요구량(biochemical oxygen demand, BOD) 제거를 목적으로 시작된 폐하수 처리에 관한 연구는 오염물질의 화학적 특성, 종류, 인체 및 자연환경에 미치는 영향 등이 고려되면서 다양화되었고, 처리해야 할 오염물질의 양과 범위가 매우 광범위하게 되면서 폐하수 처리에 대한 학문적인 관심이 크게 증가했다(1-2).

우리 나라에서의 폐하수의 증가는 삶의 터전인 자연환경을 오염시키고 자연자원을 고갈시키고 있으며, 환경오염 문제가 우리 사회의 주요 관심사로 등장하고 있다(3).

1980년에 비해 1994년도에는 총 폐하수량은 2.5배, 생활 폐하수의 경우는 2.1배가 증가하였고, 환경부가 분석, 예측한 바에 의하면 2020년에는 지금보다 폐하수량이 절반이상 늘어날 것

로 전망된다. 이와 같이 계속 증가추세에 있는 폐하수량 증 생활 폐하수의 양이 66%이상(1994년)을 차지하고 있으며, 폐하수의 더욱 효율적인 처리가 필요한 실정이다.

폐하수 처리 방법으로는 생물학적, 화학적, 물리적 방법이 있으나, 1980년도 이후부터는 처리 단가가 비교적 낮으며, 2차 오염물의 발생이 적은 생물학적 처리, 또는 생물학적 처리와 화학적 처리를 병행하는 경향이 두드러지고 있다(4). 생물학적 처리는 생분해 속도가 느리고 주변 환경인자에 의해 커다란 영향을 받지만, 자연현상을 이용하기 때문에 에너지 사용량이 적어 경제적이고, 미생물의 대사작용에 의하여 오염물질이 무해한 기본 원소들로 바뀔으로써 부수적인 2차 오염물질의 발생이 적어 별도의 추가 처리가 필요하지 않는 장점을 지니고 있다(5). 과거에는 오염정도가 저농도이면서도 독성이 낮아 일률적이면서도 간단한 장치들과 관리체계만으로도 충분히 통제할 수 있었다. 그러나 현재에는 과거에 비해 폐하수에 함유된 물질들이 다양화되고 오염도가 높아 더욱 효율적이면서도 경제적인 방법으로서의 기술개발이 요구되고 있는 실정이며, 이에 따라 생물학적 처리 방법도 다양한 기술개발과 함께 많은 연구들이 지속되고 있는 추세이다(6-9).

† Corresponding Author : Department of Chemical Engineering, Kwangwoon University, Seoul, 139-701, Korea  
Tel : 02-940-5172, Fax : 02-909-0701  
e-mail : jwlee@daisy.kwangwoon.ac.kr

Butron 등(10)과 Ekama 등(11)은 폐하수 처리를 하는데 있어서, 활성슬러지법 중의 하나인 연속 회분식 반응조(sequencing batch reactor, SBR)를 이용하여 4CP(4-chlorophenol)의 분해와 호기성 처리법 및 혐기성 처리법에 대해 비교 연구한 바 있다. 생물학적 처리 방법으로써 특정화합물, 난분해성 물질, 중금속 등의 분해미생물에 대한 연구는 국내외에서 활발히 진행되고 있는 실정이다(12-15) 이처럼 여러 종류의 특정화합물, 난분해성 물질, 중금속 등에 관한 분해 균주의 연구는 활발하게 진행되고 있으나, 우리 나라의 폐하수 발생량 중 60%이상을 차지하고 있는 생활 폐하수 처리에 있어서의 균주에 관한 연구 및 개발은 아직 미비한 실정이다. 이러한 균주 개발은 수십년간 발전을 거듭해 왔지만, 더 효율적으로 생활 폐하수 처리를 하기 위한 우수 균주를 분리 및 선별하고, 각 균주의 분해능을 파악하여 보다 효율적으로 이들 미생물을 관리, 배양, 서식시키는 방법의 확립이 필요한 실정이다

본 연구에서는 경기도 구리시 장자연못으로부터 균주를 분리하고, 분리된 균주중 생활 폐하수의 분해능이 뛰어난 균주를 선별하였고, 선별된 균주의 특성을 규명하여 최적 배양 조건을 확립함으로써 우수 균주를 확보하고자 하였다. 분리된 균주 중 활성성이 우수하고 생활 폐하수의 COD 제거율이 가장 뛰어난 단일 균주를 선별해 폐하수 처리 적용시 기여하는 정도를 연구하였다. 특히, 선별된 균주를 반응조에 접종시켰을 때의 폐하수 처리능의 향상 정도를 비교 연구하였다. 또한 분리된 미생물들의 산소 이용율(oxygen utilization rate, OUR)과 화학적 산소 요구량(chemical oxygen demand, COD) 감소와의 관계, 중금속 및 독성물질이 미생물의 활성 변화에 미치는 영향에 대해 연구하였다. 회분식 반응조를 이용한 균주의 COD 제거는 선별된 단일균주 및 폐하수내에 존재하는 미생물들을 이용하여 비교 연구하였으며, 효율적인 처리조건을 파악하여 생활 폐하수 분해능이 우수한 균주를 확보하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 균주의 선별 및 동정

본 실험에 사용된 균주는 경기도 구리시의 장자연못에서 채집한 폐하수의 균원시료를 멸균된 증류수로 희석한 후 희석액을 고체상태의 완전배지에 도말하여 분리 및 선별하였다. 균주의 동정은 현재 많이 이용되고 있는 세균의 분류방식인 Bergey식과 구소련 및 동구지역에서 이용되는 Krassilnikov의 분류법, 그리고 프랑스를 비롯한 유럽 및 아프리카의 일부 등지에서 쓰이고 있는 Prévot분류법 등이 있다. 현재 우리 나라에서는 Bergey의 분류방식에 많이 따르고 있으므로, 본 연구에서 선별된 균주는 Bergey's manual(16)과 Medical bacteria manual(17)에 따라 동정하였다.

### 균주의 보관

미생물의 장기보관은 0.5 mL의 살균된 glycerol과 0.5 mL의 최대 활성을 지니는 시점까지 배양시킨 미생물액을 혼합해 -15°C에서 냉동 보관하였다. 단기보관용으로는 미생물이 번식하고 있는 위의 배지를 1억배로 희석한 용액 1 mL를 LB 한천배지에 골고루 도말하여 균집이 보일때까지 배양한 후 4°C에서 냉장 보관하였다. 실험을 할 때에는 살균한 루프(loop)를 사용해 저장된 미생물을 1

백금이색 취하여 균체를 증식시킬 배지에 접종시켰다

### 배지조성 및 배양방법

본 연구에서 사용한 균주의 분리와 보관을 위한 액체배지는 LB 배지를 사용하였으며, 증류수 1 L당 tryptone 10 g, NaCl 5 g, yeast extract 5 g의 조성을 지닌 LB 배지는 1.5기압, 121°C로 20분간 살균한 후 사용하였다. 고체배지에서는 위의 조성애 agar(1.5%, w/w)를 첨가하였다.

균주의 예비배양은 250 mL와 500 mL 진탕배양용 삼각플라스크를 사용하여 30°C, 150 rpm의 조건으로 저온배양기(Shaking Incubator SI-900R, Jeno Tech Co. Korea)에서 진탕 배양했고, 균주의 특성 실험에서는 5 L 작업용량의 발효기(KF-Series 5 L, 한국발효기, Korea)를 이용하였다.

### 선별균의 pH, 온도에 대한 균체증식 영향 실험

배양시간, 초기 pH 및 온도에 따른 균체증식에 관하여 각각 조사하였다. 초기 pH에 따른 균체증식의 영향은 pH 3~pH 11까지 각 단계별로 30°C에서 배양하여 조사하였고, 초기 pH의 조절은 살균된 1 N NaOH와 1 N HCl을 사용하였다. 온도에 따른 균체증식의 영향은 10°C~45°C까지 각 단계별로 pH 7에서 배양하여 조사하였다. 균체증식의 측정은 선별균이 최대활성을 지니는 시점인 배양 10시간때의 광학밀도(optical density, OD)를 UV Spectrophotometer(CECIL 3000 series, England)로 측정하였으며, 배지 성분에 의한 흡광을 최소화하는 파장은 600 nm~700 nm이며, 본 연구에서는 검출파장은 600 nm, 큐벳의 부피는 4 mL를 사용하였다.

### COD 측정

COD의 측정은 Standard methods(18)에 따라 실험했으며, 주로 많이 사용되는 KMnO<sub>4</sub>법, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>법 중 K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>법을 사용하였다. 반응조 내의 시료 50 mL를 채취하여 HgSO<sub>4</sub> 1 g과 Ag<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 처리한 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5 mL를 등근바닥 플라스크에 넣은 후, 0.0417 M K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>용액 25 mL와 혼합한 후 콘덴서에 부착시키고 냉각수를 순환시켰다. 비등석 1~2개와 나머지량의 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>시약 70 mL를 콘덴서 상단 입구를 통해 넣고, 2시간 동안 환류시킨 후 상온으로 냉각시켰다. 플라스크에 ferrom 지시약을 0.1 mL넣고, 0.25 M FAS(standard ferrous ammonium sulfate) 적정용액으로 적정하여 COD값을 구하였다. COD의 제거율은 처리전과 처리후의 COD를 비교함으로써 계산하였다.

### 산소 이용율(Oxygen utilization rate, OUR) 측정

미생물의 생물학적 활성도를 측정하기 위해 산소 소비율법을 사용하였다(10-11). 용존 산소의 양은 O<sub>2</sub> Sensor(METTER TOLEDO sterilizable O<sub>2</sub> sensors, Switzerland)를 이용하였다.

### 폐하수 처리를 위한 실험

경기도 구리시 장자연못의 생활 폐하수를 이용하여 실험하였다. 폐하수는 회분식 반응조를 이용하여 처리하였고, 5 L 작업용량의 반응조에 4 L의 폐하수를 채운 후 처리 실험을 하였다.

폐하수내의 혼합균주를 이용한 COD 제거 실험에서는 반응조에 공기 주입, 교반속도 150 rpm 및 온도 30°C의 환경에서 운전하였다.

분리된 15가지의 균주 중 COD 제거율이 우수한 균주를 선별하기 위해 멸균된 폐하수를 시료로 이용하였으며, 각각의 균주를 멸균된 폐하수에 접종하여 위와 동일한 조건에서 반응조를 운전하여 COD 제거율이 가장 우수한 균주 2가지를 선별하였다.

위에서 선별된 2가지의 균주를 폐하수에 각각 접종시켜 COD 변화를 측정하였고, 선별된 2가지의 균주를 동시에 폐하수에 접종시켰을 때의 COD를 측정하여 선별된 균주 접종시의 영향을 파악하였다. 본 연구에서는 최대의 활성 시점까지 배양한 균주를 폐하수 부피의 1%양을 접종하였다.

**저해물질에 대한 미생물의 활성도 영향 실험**

미생물에 대한 저해물질로는 Cr, Fe, Zn, Al, Phenol을 사용하였다. 폐하수내의 미생물이 저해물질 주입후 1시간동안 미생물의 활성에 미치는 영향을 산소 이용율을 측정함으로써 조사하였다. 각각의 저해물질은 0 ppm~600 ppm의 범위에서 여러 농도로 첨가하였다.

**결과 및 고찰**

**분리균주의 성장**

분리된 15가지 균주에 대해 호기성 상태에서의 균주의 성장을 조사하였다. 종자 배양균(seed culture)으로 액체 영양 배지를 접종시켜 주면 해당 균들은 용존 영양소들을 배지로부터 선택적으로 섭취하여 균체(biomass)로 바꾼다. 전형적인 회분식 생장 곡선은 지연기(lag phase), 지수 생장기(exponential phase), 정지기(stationary phase), 사멸기(death phase)의 회분식 생장의 한 주기를 나타낸다.

본 연구에서 사용한 분리된 균주들은 45분~80분 사이의 배가 시간(doubling time,  $t_d$ )을 보였고, 분리된 각각의 균주들을 BLP2051~BLP2059와 BLP20510~BLP20515로 명명하였다. 타 균주에 비해 COD 제거율이 우수한 두 균주 BLP2052와 BLP20515의 배가시간은 각각 46.2분, 49.5분이었다.

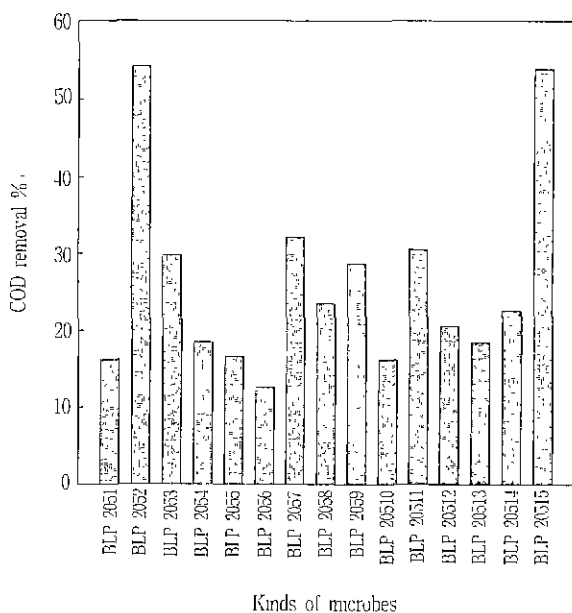


Figure 1. COD removal by isolated microbes after 36 hours.

**분리된 단일 균주의 COD 제거율**

분리된 15가지의 단일 균주에 대한 각각의 COD 제거율은 회분식 반응조를 운전함으로써 측정하였다. 36시간 반응조 운전 후, 비교한 결과 COD 제거율은 각각의 균주별로 16.2%~54.2%사이의 제거율을 보였으며, 그 결과는 Figure 1에 나타내었다. 그 중 COD 제거율이 우수한 2가지 균주는 BLP2052와 BLP20515였다. 36시간 반응조 운전 후의 BLP2052와 BLP20515의 각각의 COD 제거율은 54.2%, 53.9%였고, 84시간 반응조 운전 후의 COD 제거율은 각각 66.0%, 65.7%로 타 균주들에 비해 COD 제거율이 매우 우수하였다. 생물학적 폐하수 처리에 있어서 선별된 균주 BLP2052와 BLP20515가 타 균주에 비교했을 때, 폐하수의 COD를 효율적으로 분해시키는 균주임을 확인하였다.

**분리된 균주 BLP2052의 특성**

분리균주 BLP2052는 그람 음성균으로써 약간의 운동성을 가지며, 호기성 미생물로 기본배지의 초기 pH와 성장에 미치는 영향을 조사하기 위해 pH 3.0~11.0 사이에서 변화를 주어 배양한 결과 Figure 2와 같았다. 초기 pH 6.0~8.0에서 생육은 왕성하였으나, 그 이외의 pH에서는 생육이 급격히 저하하는 결과로 생육이 안정한 pH영역이 다소 좁음을 알 수 있었다.

Table 1. Morphological and biochemical characteristics of the isolated strain *Pseudomonas* sp. BLP2052.

Character	Tested strain
Gram reaction	negative
Cell shape	rods
Motility	positive
Cell diameter	0.5-1.0 $\mu$ m
Optimum temperature	30 $^{\circ}$ C
Optimum pH	7.0
Beta-galactosidase	negative
Arginine dihydrolase	positive
Lysine decarboxylase	negative
Ornithine decarboxylase	negative
Simon's citrate agar	positive
H <sub>2</sub> S production	negative
Urease test	negative
Tryptophan deaminase	negative
Indole production	negative
Voges-Proskauer test	positive
Gelatin hydrolysis	positive
Oxidase	positive
Nitrate production	positive
Nitrogen production	positive
Beweglichkeit	positive
MacConky agar	positive
Oxidation	positive
Carbohydrate utilization:	
Glucose, Arabinose	positive
Carbohydrate utilization:	
Mannitol, Inositol, Sorbitol, Rhamnose, Sucrose, Melibiose, Amygdalin	negative

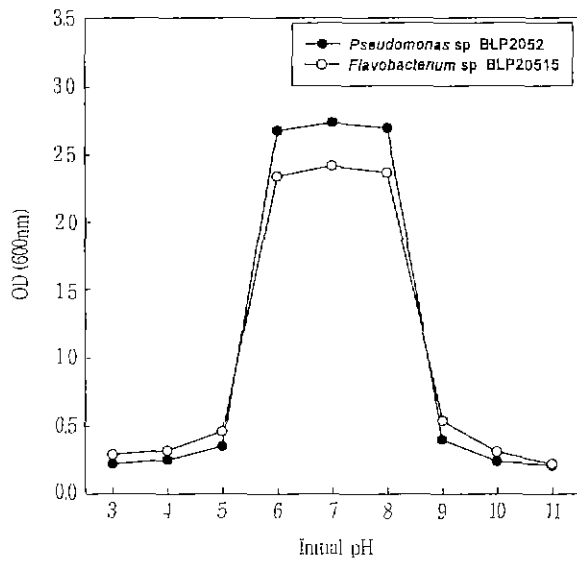


Figure 2. Effect of initial pH on growth of *Pseudomonas* sp. BLP2052 and *Flavobacterium* sp. BLP20515

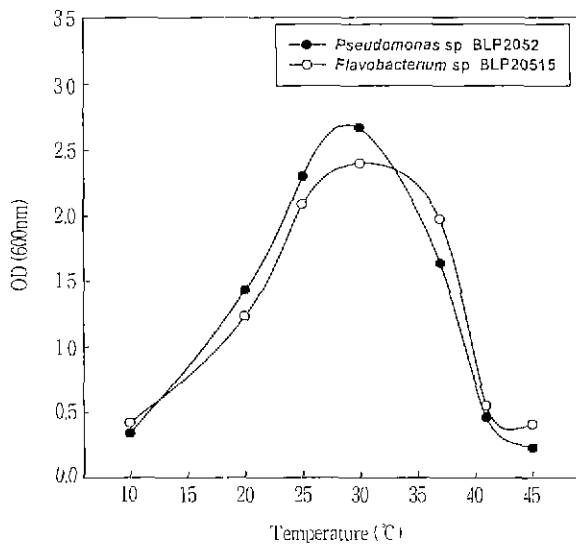


Figure 3. Effect of temperature on growth of *Pseudomonas* sp. BLP2052 and *Flavobacterium* sp. BLP20515.

배양온도에 따른 생육을 검토하기 위해 10°C~45°C에서 배양한 결과 20°C~37°C에서는 생육이 잘 됨을 알 수 있었고, 결과는 Figure 3에 나타내었다. 최적 pH 7.0, 최적 온도는 30°C였다.

BLP2052에 대한 형태적, 생화학적 특성을 조사하여 Table 1에 나타내었다. BLP2052 균주는 Bergey's manual(16)과 Medical bacteria manual(17)의 방법에 따라 동정한 결과 *Pseudomonas* sp.로 밝혀졌고, *Pseudomonas* sp. BLP2052로 명명하였다.

**분리된 균주 BLP20515의 특성**

분리균주 BLP20515은 그람 음성균으로써 운동성은 없었으며, 기본배지의 초기 pH와 성장에 미치는 영향을 조사하기 위해 pH 3.0~11.0 사이에서 변화를 주어 배양한 결과 Figure 2와

같았다. 초기 pH 6.0~8.0에서 생육은 왕성하였으나, 그 이외의 pH에서는 급격히 저하하는 결과로 생육이 안정한 pH영역이 좁음을 알 수 있었다.

배양온도에 따른 생육을 검토하기 위해 10°C~45°C에서 배양한 결과 20°C~37°C에서는 생육이 잘 되었고, 초기 pH와 온도에 대한 영향은 *Pseudomonas* sp. BLP2052와 비슷하게 나타남을 알 수 있었으며, 결과는 Figure 3에 나타내었다. 최적 pH 7.0, 최적 온도는 30°C였다.

BLP20515에 대한 형태적, 생화학적 특성을 조사하여 Table 2에 나타내었다. BLP20515 균주는 BLP2052와 동일한 방법으로 동정하였으며, 그 결과 *Flavobacterium* sp.로 밝혀졌고, *Flavobacterium* sp. BLP20515로 명명하였다.

Table 2. Morphological and biochemical characteristics of the isolated strain *Flavobacterium* sp. BLP20515.

Character	Tested strain
Gram reaction	negative
Cell shape	rods
Motility	negative
Cell diameter	0.5µm
Optimum temperature	30°C
Optimum pH	7.0
Beta-galactosidase	positive
Arginine dihydrolase	negative
Lysine decarboxylase	negative
Ornithine decarboxylase	negative
Simon's citrate agar	positive
H <sub>2</sub> S production	negative
Urease test	positive
Tryptophan deaminase	negative
Indole production	positive
Voges-Proskauer test	negative
Gelatin hydrolysis	positive
Oxidase	positive
Nitrate production	negative
Nitrogen production	negative
Beweglich keit	negative
MacConky agar	positive
Oxidation	positive
Carbohydrate utilization:	
Glucose, Arabinose	
Mannitol, Inositol,	negative
Sorbitol, Rhamnose,	
Sucrose, Melibiose,	
Amygdalin	

분리된 균주와 폐하수내 혼합균주를 이용한 폐하수 처리에서의 미생물 활성도

멸균된 폐하수를 이용해 분리된 균주 *Pseudomonas* sp.

BLP2052와 *Flavobacterium* sp. BLP20515를 이용한 COD 변화와 산소 소비율과의 관계를 Figure 4와 Figure 5에 나타내었다.

접종한 두 균주 모두 초기에는 폐하수에 적응하는 단계로서 산소 소비율이 낮았으나, 폐하수에 적응단계를 거친 반응조 운전 12시간에 산소 소비율은 최대를 나타내었고, 점차적으로 산소 소비율이 감소하는 경향을 보였다. 이는 미생물들이 생물학적으로 분해 가능한 COD를 모두 분해하여 에너지원으로 사용할 수 있는 유기물을 모두 소비함으로써 보여주는 결과이며, 반응이 끝나는 시점인 84시간에 산소 소비율이 0에 근접하게 감소함을 보여주었다.

폐하수내에 자연적으로 존재하는 미생물을 이용하여 회분식 반응조로 처리를 한 경우는 COD와 산소 소비율은 동일한 경향을 나타내었으며, 그 결과는 Figure 6에 나타내었다. 미생물이 폐하수에 존재하는 상태이므로 폐하수에 적응시간이 필요없이 OD가 반응조 운전시작 시점부터 감소하는 경향을 보였다.

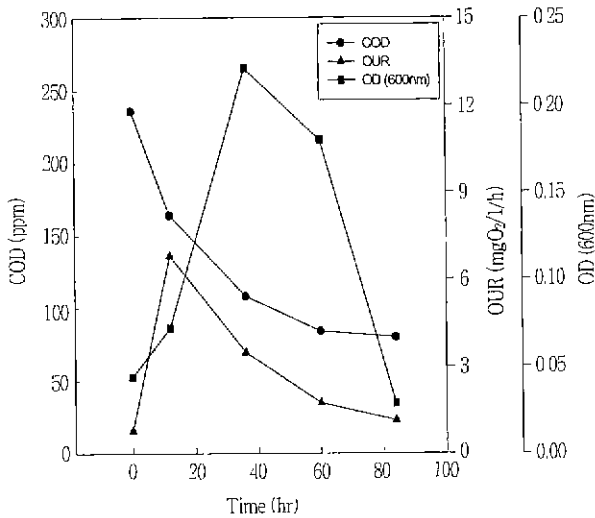


Figure 4. *Pseudomonas* sp. BLP2052 activity after inoculated in the sterilized wastewater.

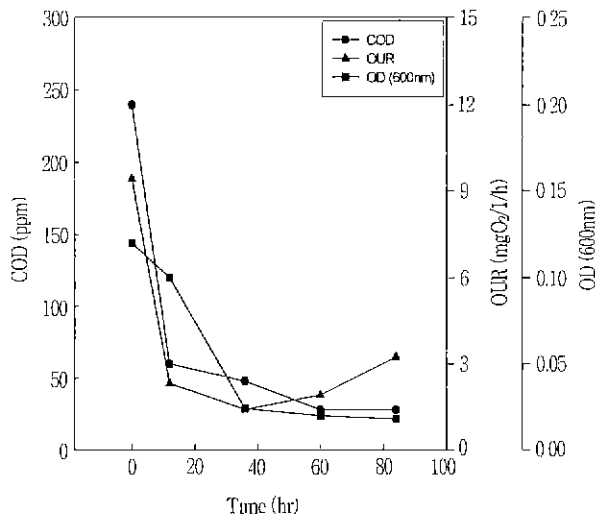


Figure 5 *Flavobacterium* sp. BLP20515 activity after inoculated in the sterilized wastewater.

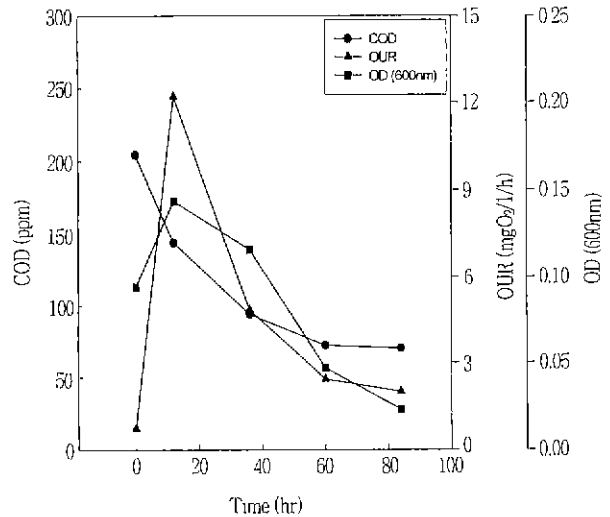


Figure 6. Biological wastewater treatment.

두 균주를 각각 접종한 경우에는 미생물이 폐하수에 적응하는 단계가 필요해 처음 산소 소비율이 낮았으나, 폐하수내의 혼합 균주를 이용한 경우에는 미생물들의 폐하수에 적응단계를 거치지 않아 반응조 운전 시작 시점의 산소 소비율이 최대였으며, 그 결과 COD와 산소 소비율이 동일한 경향으로 감소함을 알 수 있었다.

**분리균주와 복합균주의 COD 제거와 저해물질에 대한 미생물 활성도**

선별된 각각 단일균주의 COD 제거와 폐하수내의 미생물을 이용하여 회분식 반응조를 이용하여 처리하였을 경우를 비교하였으며, 선별된 균주를 폐하수에 추가 접종시의 COD 제거 향상을 확인하고자 하였다. ① 멸균된 폐하수에 *Pseudomonas* sp. BLP2052 균주만을 접종한 경우, ② 멸균된 폐하수에 *Flavobacterium* sp. BLP20515 균주만을 접종한 경우, ③ 폐하수내에 존재하는 미생물을 이용한 경우, ④ 폐하수내에 선별된 균주 *Pseudomonas* sp. BLP2052를 접종한 경우, ⑤ 폐하수에서 선별된 균주 *Flavobacterium* sp BLP20515를 접종한 경우, ⑥ 폐하수에 선별된 균주 *Pseudomonas* sp. BLP2052와 *Flavobacterium* sp BLP20515를 동시에 접종한 경우에 대해 시간에 따른 COD 제거율은 Table 3에 나타내었고, 선별된 균주의 추가 접종시 약 5%정도의 COD 제거율 향상을 확인할 수 있었다.

저해물질 첨가시의 미생물 활성도를 파악함으로써 생물학적 폐하수 처리중의 갑작스런 저해물질 유입시 폐하수 처리에 미치는 영향을 파악하고자 하였으며, 폐하수내에 존재하는 미생물을 이용하여 처리하는 경우에 대해 조사하였다. 저해물질로는 Cr, Fe, Zn, Al, Phenol을 사용하였으며, 저해물질 농도 0 ppm~600 ppm범위에서 저해물질 첨가 후, 1시간 동안의 미생물에 미치는 활성도 감소를 조사하였다. 각각의 저해물질에 대해 50 ppm이하의 농도 주입시는 폐하수 처리에 크게 영향을 미치지 못할 정도의 활성을 확인하였고, 50 ppm~100 ppm사이에서 약 50%내외의 미생물의 활성이 급격히 감소함을 보였고, 200 ppm 이상에서는 미생물의 활성이 낮음을 확인하였다. Cr에 대해서는 낮은 50 ppm이하의 낮은 농도에서는 미생물 활성에 영향이

Table 3. COD removal from wastewater by microbes with time

Microbes Used for Wastewater Treatment	Time Treated			
	12hours	36hours	60hours	84hours
COD removal by <i>Pseudomonas</i> sp. BLP2052	30.5%	54.2%	64.4%	66.0%
COD removal by <i>Flavobacterium</i> sp. BLP20515	29.4%	53.9%	64.7%	65.7%
COD removal by wastewater containing mixed microbes	69.8%	75.5%	79.2%	80.0%
COD removal by inoculating <i>Pseudomonas</i> sp BLP2052 in the wastewater	72.6%	81.1%	83.1%	85.6%
COD removal by inoculating <i>Flavobacterium</i> sp BLP20515 in the wastewater	71.0%	80.8%	82.2%	84.1%
COD removal by inoculating <i>Pseudomonas</i> sp BLP2052 and <i>Flavobacterium</i> sp. BLP20515 in the wastewater	72.4%	80.9%	82.7%	85.0%

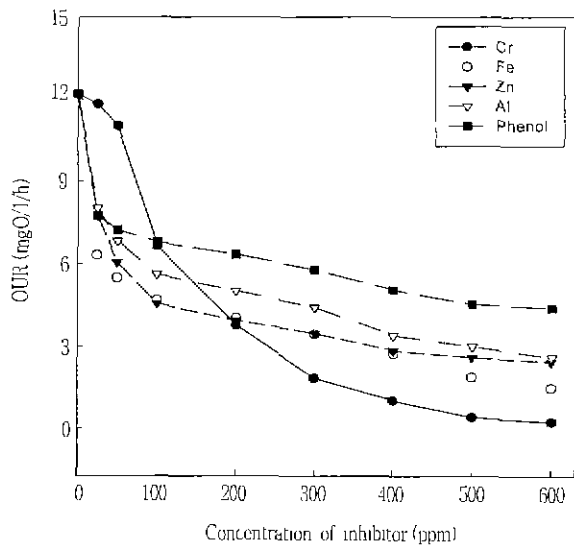


Figure 7. Changes of microbial activity at 1 hour adding inhibitors.

적었으나, 200 ppm 이상의 높은 농도에서는 급격히 활성이 떨어졌다. 그외의 저해제에 대해서는 25 ppm의 낮은 농도에서도 활성이 급격히 떨어졌다. 전체적으로 미생물의 활성에 영향을 미치는 크기는 저해제의 양이 100 ppm 이하의 경우에는 Fe, Zn, Al, phenol, Cr 순으로 줄어드는 경향을 보였으며, 300 ppm 이상의 경우에는 Cr, Fe, Zn, Al, phenol 순으로 줄어드는 경향을 보였다. 그 결과는 Figure 7에 나타내었다.

요 약

경기도 구리시의 장자연못으로부터 15가지의 균주를 선별하였다. 그 중 폐하수의 COD 제거율이 우수한 두 균주 *Pseudomonas* sp. BLP2052와 *Flavobacterium* sp. BLP20515를 분리 및 동정하였으며, 두 균주 모두 성장 최적 조건은 pH 7.0, 30°C였으며, 넓은 pH 범위에서 생장이 가능하였다. 회분식 반응조를 이용하여 단일균주 및 복합균주를 이용한 폐하수의 분해능을 조사하였다. 분리된 두 균주 *Pseudomonas* sp. BLP2052와

*Flavobacterium* sp BLP20515의 COD 제거율은 각각 66.0%, 65.7%였으며, 타 균주에 비해 폐하수의 COD 제거율이 우수한 균주임을 확인하였다. 분리된 단일균주에 비해 복합균주의 경우 약 15%정도 COD 제거율이 우수하였으며, 선별된 균주를 폐하수에 추가 접종시 약 5%정도의 COD 제거율 향상을 확인할 수 있었다. 선별된 균주를 이용하여 84시간 반응조 운전 후 85.6%의 폐하수의 COD 제거율을 확인하였다. 생물학적 폐하수 처리 중 갑작스럽게 유입될 수 있는 저해물질에 대한 실험에서 미생물의 활성에 영향을 미치는 크기는 저해제의 양이 100 ppm 이하의 경우에는 Fe, Zn, Al, phenol, Cr 순으로 줄어드는 경향을 보였으며, 300 ppm 이상의 경우에는 Cr, Fe, Zn, Al, phenol 순으로 줄어드는 경향을 보였다.

감사의 글

본 연구는 1998년도 광운대학교 교내학술연구비에 의하여 수행된 결과이며 이에 감사드립니다

참 고 문 헌

1. Metcalf & Eddy, Inc. (1989), Wastewater Engineering, 3rd ed., McGraw-Hill, New York.
2. Brault, J. L. (1991), Water treatment handbook, 6th ed., Degrémont, France.
3. 환경백서 (1997), 환경처
4. Chevalier, P and J de la Nouë (1985), Efficiency of immobilized hyperconcentrated algae for ammonium and orthophosphate removal from wastewaters, *Biotechnol. Lett.*, 7, 395-400.
5. Ray, B. T. (1995) Environmental engineering, PWS, ITP
6. Mahler, I, H. S. Levinson, Y. Wang and H. O. Halvorson (1986), Cadmium and mercury resistant *Bacillus* strains form a salt Marsh and from Boston Harbor, *Appl Environ. Microbiol.*, 52, 1293-1298.
7. Hallas, LE, WJ Adams and MA Heitkamp (1992), Glyphosate degradation by immobilized bacteria: field studies

- with industrial wastewater effluent, *Appl. Environ. Microbiol.*, **58**, 1215-1219
- 8 Hiraishi, A., Yoko Ueda and Junko Ishihara (1998), Quinone profiling of bacterial communities in natural and synthetic sewage activated sludge for enhanced phosphate removal, *Appl Environ. Microbiol.*, **64**, 992-998.
  - 9 Snaidr, J., R. Amann, I. Huber, W. Ludwig and Schleifer (1998), Phylogenetic analysis and in situ identification of bacteria in activated sludge, *Appl Environ. Microbiol.*, **63**, 2884-2896.
  - 10 Butron, G., B. Capdeville and P. Hprny (1994), Improvement and control of the microbial activity of a mixed population for degradation of xenobiotic compounds, *Wat. Sic. Tech.*, **29**, 317-326.
  - 11 Ekama, G. A., P. L. Dold and G. v. R. Marais (1986), Procedures for determining influent COD fractions and the maximum specific growth rate of heterotrophs in activated sludge system, *Wat. Sic. Tech.*, **18**, 91-114.
  - 12 Feng, Y., K. D. Racke and J. Bollag (1997), Isolation and characterization of a chlorinated-pyridinol-degrading bacterium., *Appl Environ. Microbiol.*, **63**, 4096-4098.
  - 13 Li, X. and P. Gao (1996), Isolation and partial characterization of cellulose-degrading strain of *Streptomyces* sp. LX from soil, *Let. Appl Microbiol.*, **22**, 209-213.
  - 14 Lee, H. K., W. C. Bae, W. Jin, W. J. Jung, S. P. Lee and B. C. Jeong (1998), Heavy metal adsorption capacity of *Zoogloea ramigera* 115 and *Zoogloea ramigera* 115SLR, *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **26**, 83-88.
  - 15 Oh, M. Oh, J. H. Kang, C. H. Lee, C. H. Park, S. K. Ahn, B. D. Yoon and Y. H. Kho (1994), Isolation and characterization of a naphthalene-degrading strain, *Alcaligenes* sp. A111, *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **22**, 423-429.
  - 16 John, G. H., R. K. Noel, H. A. S. Peter, T. S. James and T. W. Stanley (1994), *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, 9th ed. Williams & Wilkins, Baltimore
  - 17 Cowan, N. R. and K. J. Steel (1974), *Manual for identification of medical bacteria*, 2nd ed. Cambridge University Press, London.
  - 18 APHA (1995), *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 19th ed, American Public Health Association, Washington, DC.