

## 황 화합물계 악취 제거 미생물의 분리 및 동정

김진수 · 유용규<sup>1</sup> · 이상섭<sup>1\*</sup>

Nixian Research Institute, <sup>1</sup>경기대학교 이과대학 자연과학부

활성 오니법에 의한 하수처리장 포기조에서 슬러지를 채취하여 황화물계 악취제거 균주인 *Thiobacillus* 속의 선별 배지로 50개 균주를 분리하였다. 분리한 50개 균주의 동정 결과 7개 균주는 *Thiobacillus neapolitanus*, 4개 균주는 *Thiobacillus tepidarius*, 5개 균주는 *Thiobacillus denitrificans*, 23개 균주는 *Thiobacillus versutus*, 2개 균주는 *Thiobacillus intermedius*, 9개 균주는 *Thiobacillus perometabolis*로 동정되었다. 분리 동정한 균주들로 고효율 황화물계 악취(황화수소, dimethyl sulfide, dimethyl disulfide) 제거 균주 스크린을 하였다. 그 결과 황화수소, dimethyl sulfide에 대하여 KT51(*Thiobacillus versutus*) 균주가 각각 100%, 85%로 가장 높은 제거율을 보였다. Dimethyl disulfide의 경우에는 전체 균주가 다른 악취성분에 비해 제거율이 낮았는데 KT81균주가 26%로 가장 높은 제거율을 보였다. 스크린 결과 KT51균주를 선별하였으며, 선별된 KT51균주를 밀폐된 모형 생물학적 처리 반응기에 적용하여 황 화합물의 제거 효율을 비교한 결과, 황화수소의 경우, 100 ppm을 주입 후 균주 적용전의 운전 결과는 30분 이후에 0.02 ppm 미만(99.8%)으로 제거한 반면, 균주 적용 시의 운전 결과는 15분에 황화수소를 0.02 ppm 미만(99.8%)으로 처리하였다.

**Key word** □ biodegradation, hydrogen sulfide, odor, *Thiobacillus* sp.

악취란, 후각을 자극하여 불쾌감을 유발시킬 수 있는 취기를 말하는 것으로, 대기환경보전법(15)에서 황화수소, 메르캅탄 류, 아민류 등의 자극성 있는 기체상 물질이 사람의 후각을 자극하여 불쾌감과 혐오감을 주는 냄새라고 정의되고 있다(2, 9).

이러한 악취는 최근 폐수처리 공정 과정에서 발생되고 있어 또 다른 환경오염으로 부각되고 있다(21, 31). 이에 정부에서도 악취 방지 법안을 수정하여 악취에 대한 규제를 강화하고 있다. 그러나 이러한 규제는 외국과 비교했을 때 아직 미흡한 실정이다. 실제적으로, 황화수소의 경우 가까운 일본의 규제와 비교해 보았을 때, 황화수소의 경우 취기강도 3을 기준을 했을 때 일본의 경우 0.06 ppm이나 우리정부는 0.70 ppm으로 규제하고 있는 실정이다(16). 또한 악취 처리 연구는 현재까지 물리·화학적 처리에 의한 방법(3, 5, 11, 12, 26, 32)에 많이 의존해왔다. 그러나 물리·화학적 처리에 의한 방법은 다량의약품 사용으로 인한 고정처리비 증가, 2차적인 오염 물질의 발생 등의 문제점이 나타나고 있다. 그에 따라 경제적이며 안정적인 자연적 분해를 위해 생물학적 처리에 의한 방법이 요구되고 있으며, 미생물 탈취제, biofilter 등의 방법(4, 6, 19)이 개발되고 있다(1, 3, 4, 6, 7, 10, 14, 19, 25).

현재까지 황 화합물계 악취 처리는 미생물 효소에 의한 환원 과정에 의해서 제거된다고 알려져 있으며, 그 중 호기성 박테리아에는 *Thiobacillus*, *Pseudomonas*, *Beggiatoa*, *Thiothrix*속 등에 대한 연구가 진행되어 있으며, 그 중 *Thiobacillus* 속에 대한 연

구가 가장 폭넓게 진행되고 있다(23, 28, 32, 34). 또한 황 화합물계 악취 제거 균주 중 혐기성 박테리아로는 *Chlorobium*, *Chromatium* 속 등의 photosynthetic bacteria가 황 화합물계 악취 제거에 대한 연구가 보고되고 있으며, 이들은 황화수소의 경우 elemental sulfur와 sulfate로 전환시킨다고 알려져 있다(22, 23, 33).

본 연구에서는 대표적인 악취원인 물질로 알려진 황 화합물을 제거하는 고효율 제거 균주를 분리·동정하였고, 밀폐된 모형 생물학적 처리 반응기에 적용시켜 실제적으로 하수처리장에서 발생하는 악취 처리의 가능성을 확인하였다.

### 재료 및 방법

#### 시료 채취

시료는 활성오니법에 의한 하수처리장 포기조에서 슬러지를 1l의 채수병에 800 ml 정도 채취하였다. 시료 채취 시 환경조건은 수온 9.2°C, DO 2.2 ppm, pH는 6.7 이었다.

#### 균주 분리 및 배양 조건

증식용 배지는 황 화합물 악취제거 균주인 *Thiobacillus*속의 선택 배지(Yeast extract 2.0 g, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 5.0 g, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 1.5 g, Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 4.5 g, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.1 g, NH<sub>4</sub>Cl 0.3 g, D.W. 1,000 ml, pH 7.0)를 택하여 사용하였으며, 고히 배지는 1.5% 한천을 첨가하여 제조하였다.

시료 채취 후, 슬러지를 ultra sonicator(Labsonic, B. BRAUN Inc., USA)로 파쇄하여 균질화 하였다. 파쇄 시에는 열이 발생하므로 얼음이 담긴 용기 안에서 연속해서 3분간 파쇄하고 1분간

\*To whom correspondence should be addressed.  
Tel: 031-249-9642, Fax: 031-251-4721  
E-mail: sslee@kyonggi.ac.kr

의 간격을 두어 3회 실시하였다(총 9분간 실시). 슬러지 내 균집(floc)의 파쇄 된 양상을 확인하기 위해 위상 차 현미경(BX50, Olympus Inc., Japan; ×1000)으로 검경하였다.

본 연구에서는 순수 분리 배양 기술 중 막 여과법을 사용하여 토양 박테리아를 분리하였다. 막 여과법을 실시하기 전에 파쇄시킨 시료를 희석하였으며, 희석의 범위는  $10^{-1}$ 까지 희석하였으며  $10^4$ ,  $10^5$ ,  $10^6$ ,  $10^7$ 의 조건을 막 여과 장치를 이용하여 막 여과를 시켜 고휘 배지에 membrane(MFS: pore size 0.2 μm, diameter 47 mm, mixed cellulose ester)을 부착시켜 배양 후, 유효 colony가 배양된 plate의 membrane을 택하여 colony를 picking하여 배양시켰다. 균주 배양은 28~30°C, 180 rpm의 조건에서 진탕 배양하였다.

**악취 제거 균주 동정**

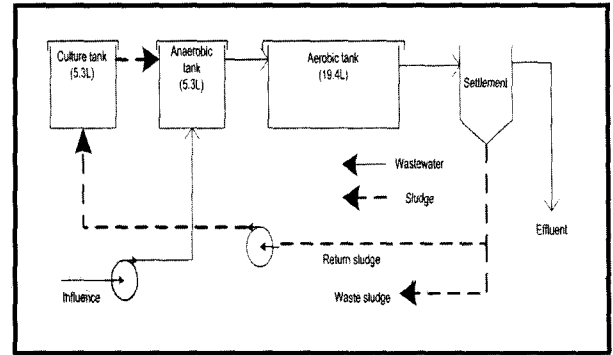
분리 균주는 형태학적 특징 및 생리·화학적 특징을 검정하여 Bergey's Manual(27, 28)과 The Prokaryotes(33)에 따라 동정하였다. 형태학적 특징은 단순 염색(simple staining)과 그람 염색(Gram staining)후, 광학현미경(BH-2, Olympus Inc., Japan; x1,000)하에서 형태와 크기, 균집 형태, 그람 양성/음성 박테리아로 판별하였으며, 분리 균주의 운동성은 wet mount method(19)로 위상 차 현미경(BX50, Olympus inc., Japan; x1,000)하에서 관찰하였다. 분리 균주의 생리·화학적 특징은 미생물의 효소 작용, 다양한 탄수화물의 가수분해, 당 발효, 다양한 탄소 원 이용 여부 등의 검정실험을 하여 판별하였다.

**황 화합물 제거 고효율 균주 스크린**

하수처리장 슬러지에서 분리·동정한 균주 중 28개에 대해서 황 화합물 제거 균주 스크린을 실시하기 위하여 실험대상 균주를 *Thiobacillus* 속의 선택 배지 500 ml에 접종하고, 진탕 배양기에서 2일간 28~30°C에서 호기 배양한 다음, 500 ml bottle에 *Thiobacillus* 속의 선택 배지 400 ml을 채우고 표준 혼합 가스(Table 1) 60 ml 첨가하여, 균주를 24시간 배양시켜 악취가스에 적용시켜 준비하였다. 배양된 균주를 RCF 8,500xg로 10분간 원심 분리하여 cell collection하였다(Centrifuge T-124, Kontron Instruments, Italy). 스크린 시 500 ml 배양 병에 27S(DSMZ)변형 배지(yeast extract 0.1 g, absolute ethanol 0.25 ml, disodium succinate hexahydrate 0.1 g, NH<sub>4</sub>Cl 0.076 g, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0.007 g, NaCl 0.4 g, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.4 g, CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O 0.05 g, ferric citrate solution 1 ml, trace element solution SL-6 1 ml, D.W. 1,000 ml, pH 6.8) 300 ml를 채웠으며, 균주 접종량은  $1.9 \times 10^8$ CFU/ml로 접종하였

**Table 1.** Composition of standards gas used in this study

Components	Concentration (mol/mol)
H <sub>2</sub> S	100.6 ppm
CH <sub>3</sub> SH	100.0 ppm
(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	100.0 ppm
(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S	100.0 ppm
N <sub>2</sub>	Balance



**Fig. 1.** Schematic diagram of the biological lab-scale reactor used in this study.

다(최적 접종량 실험 결과에서  $1.9 \times 10^8$ CFU/ml 균주 농도 선정). 이 때, 각 황 화합물 가스의 최종농도가 100 ppm이 되도록 표준 혼합가스(Table 1)를 주입하고 배양 병을 silicon stopper로 밀봉하였다. 접종 30분 후에 주사기를 이용하여 기상부에서 0.1 ml을 채취하고 GC/FPD (HP5890, Hewlett-Packard Development Company, USA)로 측정하여 각 균주의 악취제거 효율을 분석하였다.

**생물학적 처리 시스템의 악취 균주 적용 시 황화수소 제거 효율 비교**

스크린을 통하여 선별 균주 *Thiobacillus versutus strain* KT51을 밀폐된 모형 생물학적 처리 반응기(Fig. 1)에 적용하여, 황화수소 제거 효율을 분석하였다. 균주 적용 전 악취 제거효율도 측정하여 균주 적용 시와 비교하였다. 생물학적 처리 반응기는 Fig. 1과 같이 3개의 반응조로 구성하였으며, 모두 밀폐하였다. 각 반응조는 배양조, 혐기조, 포기조로, 용적은 각각 5.3 l, 5.3 l, 19.4 l로 하였으며, 포기조는 간헐포기방식으로 30분 포기, 30분 비 포기로 D.O.를 2.5~2.8로 유지하였다. 또한 운전조건은 배양조의 MLSS(Mixed Liquid Suspended Solid)는 5,000 mg/l로, 혐기조와 포기조는 3,000 mg/l로 유지하였으며, 유입수는 CODCr 200 mg/l, T-N 20 mg/l, T-P 5 mg/l로 맞춘 합성폐수를 사용하였다. 수리학적 체류시간(HRT; Hydrolytic Retention time)은 10시간, 슬러지 체류시간(SRT; Sludge Retention Time)은 20일로 유지하였다(Table 4, 5).

악취 가스는 혐기조에 표준혼합기체 800 ml을 첨가하여 각 악취 성분의 최종농도가 100 ppm(최기상부의 최종농도: 6.67 ppm)이 되도록 하였으며, 1, 15, 30분 후, 반응조의 기상부로부터 기체 시료를 주사기로 0.5 ml을 채취하여 GC/FPD에 주입·분석하였다.

**측정 및 분석**

황화수소를 포함한 황 화합물의 측정은 시료를 0.1 ml 채취하여 GC(HP5890, Hewlett-Packard Development Company, USA)로 측정하였으며, column의 길이와 내경은 30 m×0.53 mm이고, column 승온 온도는 최초 40°C에서 200°C까지 분당 50°C의 속도로 하였으며, detector는 FPD를 방식으로 하였다. 각 시료는

**Table 2.** Morphological and physiological characteristics of the isolates from sludges in the wastewater treatment aeration tank

	Group I	Group II	Group III	Group IV	Group V	Group VI
Gram staining	-	-	-	-	-	-
Shape	Rod	Rod	Rod	Rod	Rod	Rod
Size (µm)	0.8-1.0×4.0-5.0	0.4-0.6×2.0-3.0	0.3-1.0×1.0-2.0	0.3-1.0×1.0-3.0	0.5-0.7×1.5-2.0	0.3-0.5×1.5-2.5
Growth 30°C	+	+	+	+	+	+
Growth 50°C	-	+	-	-	-	-
Growth pH 3	-	-	-	-	(+)	-
Growth pH 5	(+)	-	-	-	+	+
Growth pH 8	+	+	+	+	-	-
Biotin requirement	-	-	-	-	-	-
Autotrophic growth	+	+	+	-	+	+
Aspartate	-	-	-	+	-	+
Citrate	-	-	-	-	-	+
Ethanol	-	-	-	-	+	-
Fumarate	-	-	-	-	+	-
Malate	-	-	-	+	-	+
Oxalate	-	-	-	-	-	-
Succinate	-	-	-	+	-	+
Number of isolates	7	4	5	23	2	9

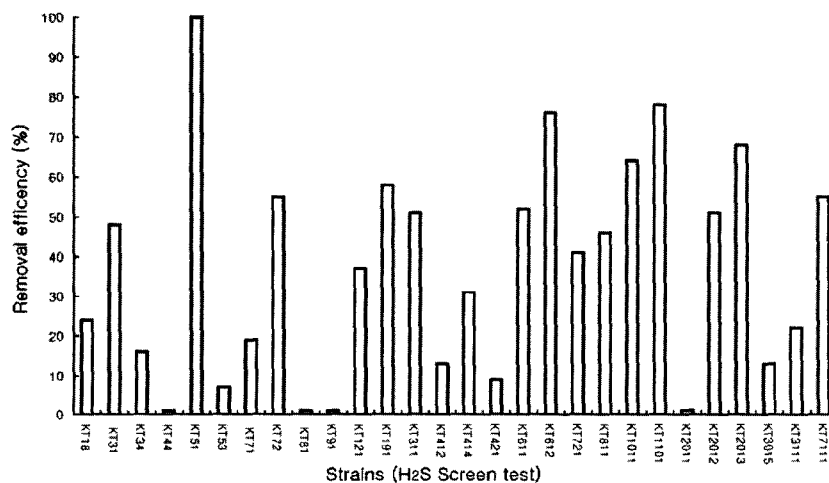
표준혼합기체의 각 성분별 standard를 작성한 후, 측정하였다. Standard 측정 시, 표준혼합기체를 주사기로 0.05 ml을 채취하여 각 성분별 머무름 시간(R.T)과 봉우리 넓이(peak area)를 분석하여 standard를 작성하였다(황화수소:  $t_R$ (min)1.5, peak area  $0.147 \times 10^7$ , methyl mercaptan:  $t_R$  2.21 min peak area  $2.344 \times 10^7$ , dimethyl sulfide:  $t_R$  3.53 min. peak area  $6.144 \times 10^7$ , dimethyl disulfide:  $t_R$  6.39 min peak area  $4.296 \times 10^7$ ).

**결과 및 고찰**

**악취 제거 균주 분리 동정 및 스크린**

하수처리장의 슬러지에서 50개의 호기성 균주를 분리하였으며, 형태학적 특징 및 생리·화학적 특징을 조사한 결과 6개의 그룹으로 구분되었다(Table 2). 분리된 모든 균주는 그람 음성 세균

이었으며 30°C에서 최적성장을 보였으며, 단 Group II는 50°C에서도 성장을 보였다. pH의 경우, Group I, II, III, IV는 pH 8에서 최적 성장을 보였으며, Group I, V, VI은 pH 5에서도 성장을 보였다. 또한 모든 균주는 문헌에서의 *Thiobacillus*(28, 29, 34)에서 서술한 것과 같이 chemoautotroph 성장을 보였다. 유일 탄소원 실험에서 Group I, II, III은 7개의 탄소 원에서 성장이 보이지 않았으며, Group IV, VI은 aspartate, citrate, malate, succinate에서 성장을 보였다. Group V는 ethanol과 fumarate에서 성장을 보였다. 6개 그룹의 동정 결과는 다음과 같다. Group I은 7개 균주로 *Thiobacillus neapolitanus*, Group II는 4개 균주로서 *Thiobacillus tepidarius*, Group III은 5개 균주로 *Thiobacillus denitrificans*, Group IV는 23개 균주로서 *Thiobacillus versutus*, Group V는 2개 균주로서 *Thiobacillus intermedius*, Group VI은 9개 균주로서 *Thiobacillus perometabolis*로 동정되었다.



**Fig. 2.** H<sub>2</sub>S removal efficiency of isolates from sludges in the wastewater treatment aeration tank.

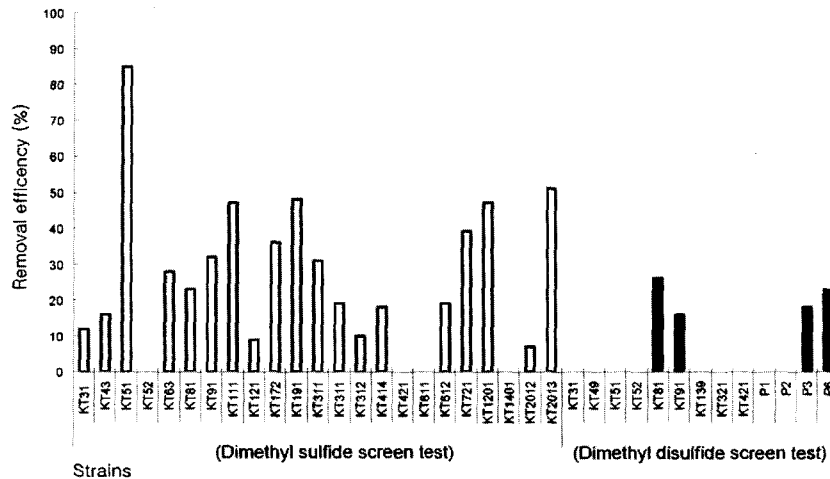


Fig. 3. Dimethyl sulfide and dimethyl disulfide removal efficiency of isolates from sludges in the wastewater treatment aeration tank.

**황 화합물 제거 고효율 균주 스크린**

분리·동정된 28 균주에 대하여 대표적인 황 화합물의 악취물질인 황화수소와 dimethyl sulfide, dimethyl disulfide에 대한 제거 균주 스크린을 실시한 결과, 황화수소 제거를 보인 균주는 15개 균주였으며, 50%이상의 고효율 제거 균주는 11개 균주였고, 8개 균주는 15%미만의 낮은 제거율을 보였다(Fig. 2). 특히 가장 높은 황화수소의 제거효율을 보인 균주는 *Thiobacillus versutus*, KT51로써 30분 동안 100%의 제거효율을 보였다. KT51균주는 dimethyl sulfide 제거 균주 스크린에서도 85%의 제거효율을 보였다(Fig. 3). Dimethyl sulfide의 경우, 50%이상의 제거를 보인 균주는 2개였다. Diemthyl disulfide의 경우는 전체적으로 제거가 낮았는데, 제거를 보인 균주는 4개 균주였으며, *Thiobacillus versutus*, KT81이 dimethyl disulfide 제거효율이 26%로 가장 높았다(Fig. 3). 황화수소 제거 고효율 균주로 KT51균주를 선별하였으며, 추가적인 생리·화학적 특성 검정에서 phenylalanine



Fig. 4. Morphology of *Thiobacillus versutus* strain KT51 (Group IV) under the light microscope (×1,000) (BX50, Olympus Inc., Japan).

Table 3. Morphological and physiological characteristics of the strain KT51

Strain	KT51	<i>Thiobacillus versutus</i>
Gram staining	-	-
Shape	Rod	Rod
Size (µm)	0.5×2.0	0.5×1.0-4.0
pH 8	+	+
Phenylalanine deamination	+	+
50°C	-	-
Ampicilline	+	-
Thiosulfate	+	+
Nitrate reduction	+	+
Xylose	+	+
Oxalate	-	-
Succinate	+	+
Formate	-	-

deamination, ampicilline, thiosulfate, nitrate 환원실험, xylose에서 양성반응으로 Bergey's Manual(1994, 9th ed.)의 동정결과와 일치하였다(Table 3, Fig. 4).

**생물학적 처리 시스템의 악취 균주 적용 시 황화수소 제거 효율 비교**

선별 균주 *Thiobacillus versutus* KT51을 밀폐된 모형 생물학

Table 4. Operating conditions of the biological lab-scale reactor used in this study

	Culture tank	Anaerobic tank	Aerobic tank	Total
F/M ratio	0.044	0.063	0.075	
MLSS	5610	3840	3400	
MLVSS	4540	3160	2680	
HRT(hr)	1.8	1.8	6.4	10
SRT(day)				480
DO	0.1-0.5	0.1-0.5	anaerobic: 0.06 aerobic: 2.5-2.8	

**Table 5.** Comparison of organic carbon, inorganic nutrient and H<sub>2</sub>S removal efficiency between before and after inoculation

		Before inoculation		After inoculation	
		Influent	Effluent	Influent	Effluent
COD <sub>Cr</sub> (mg/l)		200	34	200	17
T-N (mg/l)		23	22	24	19
T-P (mg/l)		6.95	2.75	6.0	0.8
H <sub>2</sub> S (ppm)	Culture tank	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
	Anaerobic tank	6.67	<0.02 (30 min)	6.67	<0.02 (15 min)
	Aeration tank	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02

**Table 6.** Profiles of H<sub>2</sub>S concentration in the lab-scale reactor before and after inoculation of the strain KT51

		Before inoculation				After inoculation				
		Time (min)				Time (min)				
		0	1	15	30	0	1	15	30	
H <sub>2</sub> S (ppm)	Cuture tank	1st	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
		2nd	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
		Ave.	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
	Anaerobic tank	1st	6.73	6.28	1.48	<0.02	6.65	0.43	<0.02	<0.02
		2nd	6.61	6.50	2.50	<0.02	6.69	0.33	<0.02	<0.02
		Ave.	6.67	6.39	1.99	<0.02	6.67	0.38	<0.02	<0.02
	Aerobic tank	1st	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
		2nd	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
		Ave.	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02

적 처리 반응기에 적용 시, 황화수소 제거 효율을 분석한 결과 gas 주입 15분에 0.02 ppm 이하로 검출되었다(Table 5, 6). 균주 접종 전의 경우는, 혐기조에서 30분 이후에 황화수소 gas가 검출되지 않았다. 유기물(COD<sub>Cr</sub>)처리의 경우, 균주 접종 시 접종 전보다 9.3% 높았으며, 무기 염류의 경우도 T-N과 T-P의 처리 효율은 접종 전에 비해 79.3%와 30.3% 높았다(Table 5). 연구 결과, KT51균주의 실제적인 현장 적용의 가능성을 보였다.

**감사의 말**

본 연구는 2003학년도 경기대학교 학술연구비 지원에 의하여 수행되었음.

**참고문헌**

1. 김갑수, 정주영, 김소정. 2001. 바이오필터를 이용한 하수중계펌프장 악취물질 제거. 대한환경공학회 춘계학술연구발표회 논문집(II), 29-30.
2. 김영석, 손병현, 조상원, 정종현. 1998. 제과공장 폐수처리장에서 발생하는 악취저감. 한국환경위생학회지 24, 62-69.
3. 김학민, 김선태. 1996. 악취저감을 위한 탈취제 분류 및 특성 비교. 대한 환경공학회 추계 학술 연구 발표회, 148-151
4. 김환기, 박찬수, 김호열, 정성운, 나영. 1998. 황토와 왕겨를 이용한 황화합물 악취제거. 대한환경공학회 추계

5. 학술대회 논문집, 541-542.
6. 류태석, 박주천, 김종국. 2001. 초미세기포장치를 이용한 포기조 탈취법에 의한 피혁공정의 악취제거에 관한 실험실적연구. 대한환경공학회 2001 춘계학술연구발표회 논문집(II), 11-12.
7. 박상진, 서정석. 1998. 고로슬래스 소재 세라믹담체를 이용한 황화수소 악취제거. 대한환경공학회 98년 추계 학술대회 논문집, 543-544.
8. 박영구, 김승호, 고재철. 2003. 악취처리를 위한 알루미늄 Biofilter의 영향. J. Korean Ind. Eng. Chem. 14, 109-112.
9. 박지현, 강선모, 이선희, 이명숙. 1999. 암모니아 산화세균에 의한 암모니아성 질소 제거 효율. 한국수산학회 춘계 학술발표대회 발표요약집, 224.
10. 안광일. 1996. 국내외의 악취규제현황 및 제거대책에 관한 비교고찰-한국,미국, 일본을 중심으로-. J. IHS 25, 141-149.
11. 이은영, 조정숙, 류희숙, 배무. 1998. 황산화세균이 고정화된 biofilter를 이용한 황화수소와 암모니아 혼합 악취의 제거. 대한환경공학회 추계학술대회 논문집, 7-8.
12. 이정대, 천종민, 정상철, 박상숙, 안호근. 2000. 악취성분에 대한 침착활성탄의 흡착특성. Appl. Chem. 6, 208-211.
13. 이주상. 2001. 플라즈마를 이용한 악취가스 처리기술. 환경관리학회지. 7, 69-75.
14. 이주상, 임백규, 김진구, 이철민. 2001. 흡수·흡착을 이용한 악취처리기술. 환경관리학회지 7, 267-272.
15. 최경민, 김종승. 1998. Rhodospirillum rubrum N-1을 이용한 양돈폐수의 악취제거. 폐기물자원화 6, 13-20.
16. 환경부. 2003. 대기환경보전법령집, 1-148.
17. 한양대학교. 2002. 하수처리기술-하·폐수처리장의 악취

- 제거기술 개발(토양미생물을이용한 하·폐수의 무취고도 처리공정개발), 환경부보, 182-374.
17. 허 목. 1992. 생물접촉여상탈취장치를 이용한 분뇨처리장의 악취제어. 한국폐기물학회 9, 161-168.
  18. Aakra, A., J.B. Utaker, R.-R. Andreas, H.-P. Koops, and I.F. Nes. 2001. Detailed phylogeny of ammonia-oxidizing bacteria determined by rDNA sequences and DNA homology values. *Int. J. Sys. Evol. Microbiol.* 51, 2021-2030.
  19. Argo, D.G. 1985. Water reuse: Where are we headed? *Environ. Sci. Technol.* 19, 208-214.
  20. Cappuccino, J.G. and N. Sherman. 2001. *Microbiology A laboratory Manual* 6th ed. Benjamin Cummings, New York.
  21. Dague, R.R. 1972. Fundamentals of odor control. *J. Wat. Pollut. Control Fed.* 44, 583-595.
  22. Doelle, H.W. 1975. *Bacterial Metabolism*. 2nd ed. Academic Press. New York.
  23. Ehrlich, H.I. 1996. *Geomicrobiology*. 3rd ed. Revised and Expanded. Marcel Dekker, Inc. New York, 508-577.
  24. Franzmann, P.D. A. Heitz, I.R. Zappia, J.E. Wajon, and K. Xanthis. 2001. The formation of malodorous dimethyl oligosulphides in treated groundwater: the role of biofilms and potential precursors. *Wat. Res.* 35, 1730-1738.
  25. Hancock, F.G., F. King, W.R. Flavell, and M.S. Islam. 1998. Catalytically enhanced absorption of sulphur species from odorous air streams: A new technology for odour abatement. *Catalysis Today* 40, 289-296.
  26. Hiroaki Uevoto and Hiroshi Saiki. 1996. Nitrogen removal by tubular gel containing *Nitrosomonas europaea* and *Paracoccus denitrificans*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 4224-4228.
  27. Hiroomi, S., T. Mika, Y. Ikuko, and K. Shigeki. 2001. Efficient removal of sulfide following integration of multiple copies of the sulfide-quinone oxidoreductase gene(*sqr*) into the *Escherichia coli* chromosome. *J. Biosci. Bioeng.* 91, 493-499.
  28. Holt, J.G., N.R. Krieg, P.H.A. Sneath, J.T. Staley, and S.T. Williams. 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. 9th ed. Williams & Wilkins, 427-456.
  29. Holt, J.G., N.R. Krieg, R.G.E. Murray, et al. 1984. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Williams & Wilkins, 1, 1807-1889.
  30. Hwang, Y.W., et al. 1995. Identification and quantification of sulfur and nitrogen containing odorous compounds in wastewater. *Wat. Res.* 29, 711-718.
  31. Lu, G.Q. and D.D. Lau. 1996. Characterization of sewage sludge-derived absorbents for H<sub>2</sub>S removal. Part 2: Surface and pore structural evolution in chemical activation. *Gas. Sep. Purif.* 10, 103-111.
  32. Oh, K.J., K. Kim, and I.H. Lee. 1998. Development of effective hydrogen sulphide removing equipment using *Thiobacillus* sp. IW. *Env. Pollut.* 99, 87-92.
  33. Perlman, D. 1975. *Advances in Applied Microbiology* volume 19. Academic press. New York, 158-207.
  34. Starr, P.M., H. Stolp, H.G. Trüper, A. Balows, and H.G. Schlegel. 1981. *The Prokaryotes - A Handbook on Habitats, Isolation, and Identification of Bacteria*. Springer-Verlag. New York, 995-1060.

(Received May 31, 2004/Accepted June 11, 2004)

#### ABSTRACT : Isolation and Identification of Bacteria Removing Sulfur Compound Odor

Jin-Soo Kim, Yong-Kju Yu<sup>1</sup>, and Sang-Seob Lee<sup>1\*</sup> (Nixian Research Institute, Ansan 425-100, Korea, <sup>1</sup>School of Natural Science, Suwon 443-760, Korea)

We isolated 50 strains from sludge of wastewater treatment aeration tank using selective medium for *Thiobacillus* sp. by membrane filtration method. They were identified as *Thiobacillus neapolitanus* (7), *T. tepidarius* (4), *T. denitrificans* (5), *T. versutus* (23), *T. intermedius* (2) and *T. perometabolis* (9). We selected *Thiobacillus versutus* strain KT51, which had the highest removal efficiency (100%) of hydrogen sulfide and the highest removal efficiency (85%) of dimethyl sulfide for 30 min in screen test. Also *Thiobacillus versutus* strain KT81 had the highest removal efficiency (26%) of dimethyl disulfide for 30 min in screen test. In application of lab-scale reactor (closed-biological treatment) using *Thiobacillus versutus* strain KT51, results were 99.8% (<0.02 ppm) removal efficiency of hydrogen sulfide for 15 min.