

요 약 문

I. 제목

“ 경기도 지역 내 고농도 유기물 오·폐수의 고효율 미세용존 산화를 이용한 유기물부하 및 악취발생 저감 기술개발 ”

II. 연구의 필요성 및 목적

1. 연구의 필요성

고농도 유기물 오·폐수(음식물, 식품공업, 축산폐수 등)의 완전한 처리는 4대강 수계 및 경기도 지역 내 오염총량제 실시와 주변 하천수계의 오염방지를 위해서 필요하다. 그러나 현재 고농도 유기성폐수 의 경우는 폐수의 특성상 유기물의 농도가 너무 높아서 미생물에 의하여 제대로 분해되지 않아 처리가 어려운 실정이다. 특히 축산폐수의 경우 고농도의 유기물과 영양소를 함유하고 있어 미처리된 상태로 수계에 유입되면 하천의 수질악화와 호소의 부영양화를 유발하여 용수의 질적 저하를 초래 한다. 또한 축산폐수는 폐수의 특성상 제대로 분해되지 않거나 수계에 고농도의 유기오염물 부하를 유발하는 물질이 많아서 현재 시행 중인 수질오염총량제 이행에 애로를 겪고 있는 상황이다. 그러므로 정부에서는 축산분뇨가 환경오염에 미치는 영향의 심각성을 인식하여 축산폐수 공공처리시설 등을 설치 및 운영하고 있으나, 설계시보다 매우 높게 유입되는 축산폐수를 처리하는데 운영상 및 기술상 많은 어려움을 겪고 있다. 한편 오수의 경우는 수중 유기오염물 농도가 과도하게 높지 않으나 처리시설이 아파트 단지 내 위치하여 악취발생과 슬러지 발생량의 증가 등으로 처리에 애로를 겪고 있는 상황이다.

따라서 특수 미세기포 발생에 의한 산소용존율 및 수중 체류시간을 높여서 미생물로 하여금 고농도 유기물 산화에 의한 분해율을 극대화 시키도록 처리하는 방법의 적용은 효율적인 방법 중의 하나이다.

2. 연구의 목적

현재 어려움을 겪고 있는 경기도 내 고농도 유기성 폐수 중 축산폐수의 처리문

제를 해결하여 수계오염 방지에 기여하고, 또한 새로운 신기술 개발로 인하여 환경산업 발전에 기여하고 나아가서 환경산업기술의 수출 등의 효과를 목표로 한다.

따라서 중소기업체의 애로사항을 해결하고 관련 환경산업체의 기술력을 확보하기 위하여 고효율 미세 용존 산소에 의한 고효율 산화 mechanism을 조사하고 수중 산소전달 효율 상승(80~90%)을 통한 산소 용존율 개선방법을 개발한다. 그리하여 난분해성 고농도 축산폐수 내에 존재하는 유기물질의 저감방법에 대한 application test를 통하여 unit process 및 처리공정을 확립하는데 그 목적이 있다.

III. 연구의 범위 및 내용

1. 연구수행 범위

- 고농도 유기성 축산폐수의 처리현황 및 실태파악
- 미세기포 용존산소를 이용한 고효율 유기물 산화 mechanism 정립
- Application Test를 통한 unit process 및 처리공정 확립
- Field Test를 통한 처리공정 확립

2. 연구수행 내용

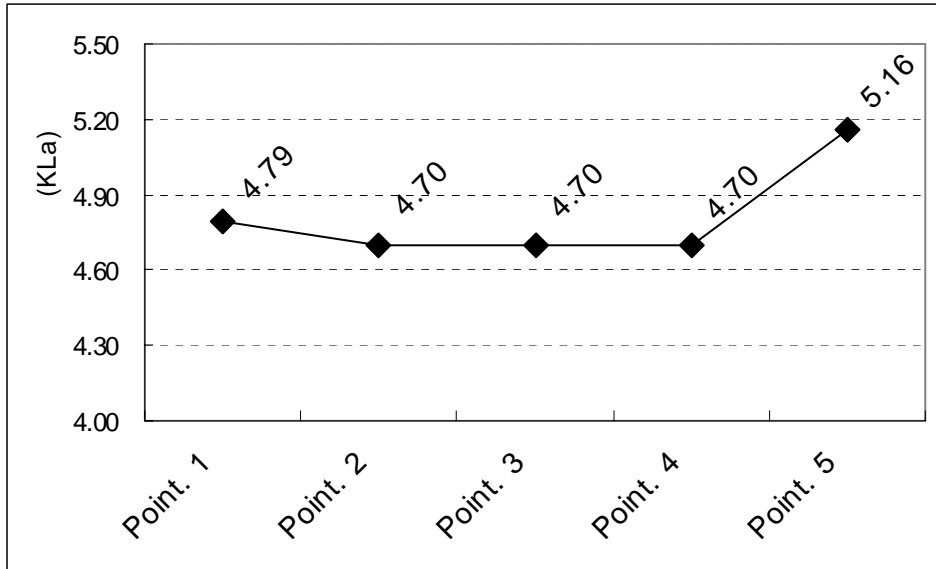
- 축산폐수 공동처리장 관련 자료 수집 및 현황조사
- 수집자료 분석 후 현지조사를 통해 확인, 보완
- 미생물에 충분한 산소공급 가능토록 체류시간 증대(10시간 이상) reactor 장치개발
- Bench scale unit process test를 통해 처리공정 확립
- Pilot scale 현장 test를 통해 처리공정 확립

IV. 연구결과

1. 용존산소 전달율(K_{La}) 측정

K_{La} 를 산출한 결과 가장 상단에 위치한 Point.1은 4.79, Point.2 4.70, Point.3 4.70, Point.4 4.70, Point.5 5.16으로 최하단에 위치한 Point.5가 산소전달계수가 가장

높게 나타났다. 이는 미세기포 용존산소 발생장치의 특성상 미세기포의 확산이 아래로 내려갈수록 미세기포가 증가하여 비표면적의 비가 비례하여 증가하기 때문으로 판단된다.

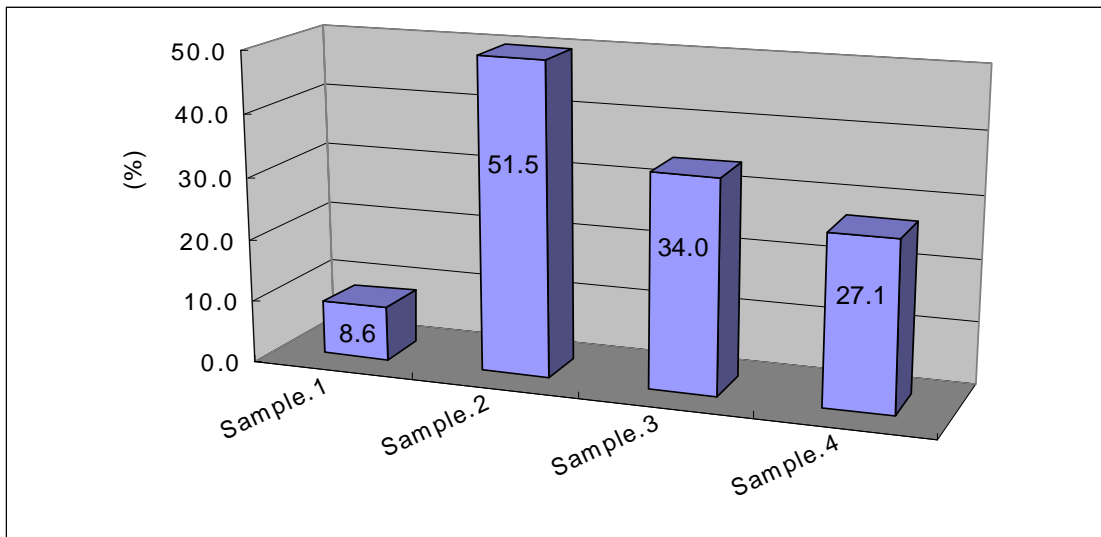


<그림1> 위치에 따른 K_{La} 비교

2. 오존산화에 의한 고농도 유기축산폐수 분해도 실험

Sample.1의 경우 초기 오염물 농도가 가장 높은 시료로써 오염물 농도가 최초 COD_{Cr} 122,400 mg/l에서 111,900 mg/l로 10,500 mg/l가 제거 되었다. Sample.2는 최초 COD_{Cr} 23,700 mg/l에서 11,500 mg/l로 12,200 mg/l가 제거 되어 가장 높은 오염물 제거량을 나타내었다. Sample.3은 최초 COD_{Cr} 11,630 mg/l에서 7,680 mg/l로 3,950 mg/l가 제거 되었고, Sample.4는 최초 COD_{Cr} 6,245 mg/l에서 4,555 mg/l로 1,690 mg/l가 제거 되어 가장 낮은 오염물 제거량을 나타내었다.

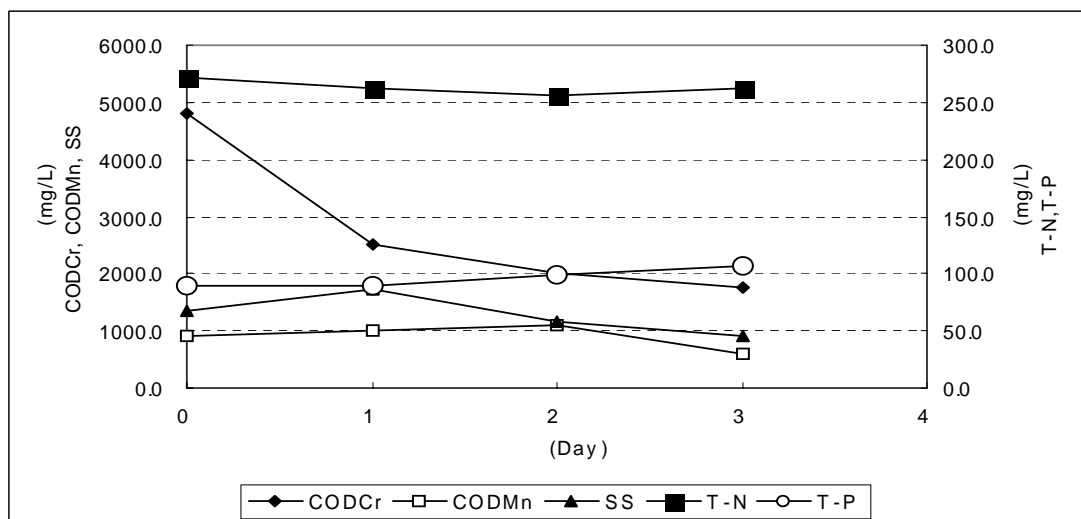
오존산화처리에 의한 농도별 축산폐수의 오염물 제거효율을 살펴보면, Sample.1은 8.6 %, Sample.2는 51.5 %, Sample.3은 34.0 %, Sample.4는 27.1 %의 제거효율을 나타내 Sam ple.2에서 가장 높은 제거효율을 나타냈으며, 그 결과를 <그림 2>에 나타내었다. 종합적으로 Sample.2가 가장 높은 오염물 제거량과 제거효율을 나타내었다.



<그림 2> 오존산화처리에 의한 농도별 축산폐수의 오염물 제거율

3. 미세기포 발생 Batch Reactor Test

미세기포에 의한 고농도 용존산소를 공급하여 reactor 내 미생물로 하여금 고효율의 유기오염물질의 분해를 유도하여 Batch test한 결과를 <그림 3>에 나타내었다. CODCr을 기준으로 살펴본 결과 1차 test로 시도한 5000 mg/l 농도를 대상으로 체류시간 약 3일 정도에 60% 이상의 분해율을 얻을 수가 있었다. 앞서 기술된 오존전처리와 연계하여 처리할 경우 더 높은 효율을 기대할 수 있다.



<그림 3> 미세기포 발생 Batch reactor 내의 축산폐수의 오염물 농도 변화 추이>

4. 오존산화 Unit process에 의한 부하량 저감율

전처리 후 오존처리에 의한 오염물 부하량 저감은 COD_{Cr} 이 $11.16\text{kg/m}^3\cdot\text{day}$ 에서 $4.27\text{kg/m}^3\cdot\text{day}$ 로 61.8%가 제거 되었다. BOD의 경우는 $4.29\text{kg/m}^3\cdot\text{day}$ 에서 $1.78\text{kg/m}^3\cdot\text{day}$ 로 58.6%가 제거 되었으며, COD_{mn} 의 경우는 $2.36\text{kg/m}^3\cdot\text{day}$ 에서 $2.06\text{kg/m}^3\cdot\text{day}$ 로 13.0%가 제거 되었다. 고형물 SS는 $1.53\text{kg/m}^3\cdot\text{day}$ 에서 $1.05\text{kg/m}^3\cdot\text{day}$ 로 31.4%가 제거 되었으며 T-N의 경우는 $1.09\text{kg/m}^3\cdot\text{day}$ 에서 $0.96\text{kg/m}^3\cdot\text{day}$ 로 13.6%가 제거 되었고 T-P는 $0.23\text{kg/m}^3\cdot\text{day}$ 에서 $0.16\text{kg/m}^3\cdot\text{day}$ 로 30.6%가 제거 되었다.

5. 생물학적 처리 unit process에 의한 부하량 저감율 비교

생물학적 처리효율 비교를 위하여 활성슬러지법과 고효율 미세기포 용존산소법을 이용한 생물반응조로부터 얻어진 오염물 부하량 저감변화 및 물질수지를 <그림 4-2-6>에 나타내었다. 활성슬러지 생물반응조에 의한 각각의 오염물 부하량 저감은 COD_{Cr} 이 $4.27\text{kg/m}^3\cdot\text{day}$ 에서 $2.10\text{kg/m}^3\cdot\text{day}$ 로 50.8%가 제거 되었다. BOD의 경우는 $1.78\text{kg/m}^3\cdot\text{day}$ 에서 $1.24\text{kg/m}^3\cdot\text{day}$ 로 30.3%가 제거 되었으며, COD_{mn} 의 경우는 $2.06\text{kg/m}^3\cdot\text{day}$ 에서 $0.86\text{kg/m}^3\cdot\text{day}$ 로 58.3%가 제거 되었다. 고형물 SS는 $1.05\text{kg/m}^3\cdot\text{day}$ 에서 $1.0\text{kg/m}^3\cdot\text{day}$ 로 4.8%가 제거 되었으며 T-N의 경우는 $0.96\text{kg/m}^3\cdot\text{day}$ 에서 $0.85\text{kg/m}^3\cdot\text{day}$ 로 11.5%가 제거 되었고 T-P는 $0.16\text{kg/m}^3\cdot\text{day}$ 에서 $0.15\text{kg/m}^3\cdot\text{day}$ 로 6.3%가 제거 되었다.

고효율 미세기포 용존산소법을 이용한 생물반응조에 의한 각각의 오염물 부하량 저감은 COD_{Cr} 이 $4.27\text{kg/m}^3\cdot\text{day}$ 에서 $1.92\text{kg/m}^3\cdot\text{day}$ 로 55.0%가 제거 되었다. BOD의 경우는 $1.78\text{kg/m}^3\cdot\text{day}$ 에서 $1.13\text{kg/m}^3\cdot\text{day}$ 로 36.5%가 제거 되었으며, COD_{mn} 의 경우는 $2.06\text{kg/m}^3\cdot\text{day}$ 에서 $0.76\text{kg/m}^3\cdot\text{day}$ 로 63.1%가 제거 되었다. 고형물 SS는 $1.05\text{kg/m}^3\cdot\text{day}$ 에서 $0.65\text{kg/m}^3\cdot\text{day}$ 로 38.1%가 제거 되었으며 T-N의 경우는 $0.96\text{kg/m}^3\cdot\text{day}$ 에서 $0.76\text{kg/m}^3\cdot\text{day}$ 로 20.8%가 제거 되었고 T-P는 $0.16\text{kg/m}^3\cdot\text{day}$ 에서 $0.12\text{kg/m}^3\cdot\text{day}$ 로 25.0%가 제거 되었다.

6. Full treatment process에 의한 부하량 저감율

Full treatment process에 의한 최종 오염물 부하량 저감은 COD_{Cr} 이

30.91kg/m³·day에서 1.65kg/m³·day로 94.7%가 제거 되었다. BOD의 경우는 6.78kg/m³·day에서 0.67kg/m³·day로 90.1%가 제거 되었으며, COD_{mn}의 경우는 4.01kg/m³·day에서 0.22kg/m³·day로 94.5%가 제거 되었다. 고형물 SS는 5.44kg/m³·day에서 0.51kg/m³·day로 4.8%가 제거 되었으며 T-N의 경우는 1.63kg/m³·day에서 0.73kg/m³·day로 55.2%가 제거 되었고 T-P는 0.31kg/m³·day에서 0.11kg/m³·day로 64.5%가 제거 되었다.

< 표 Full treatment process에 의한 부하량 저감효율 mass balance >

오염 항목	원수부하량 (kg/m ³ ·day)	①부하량 (kg/m ³ ·day)	②부하량 (kg/m ³ ·day)	③부하량 (kg/m ³ ·day)	④부하량 (kg/m ³ ·day)	저감율 (%)
BOD	6.78	4.29	1.78	1.13	0.67	90.1
COD _{cr}	30.91	11.16	4.27	1.92	1.65	94.7
COD _{mn}	4.01	2.36	2.06	0.76	0.22	94.5
SS	5.44	1.53	1.05	0.65	0.51	90.6
T-N	1.63	1.09	0.96	0.76	0.73	55.2
T-P	0.31	0.23	0.16	0.12	0.11	64.5

V. 연구결과의 활용계획

1. 기대효과

본 연구과제가 성공적으로 수행될 경우 다음과 같은 효과가 기대된다.

- 고농도 유기물 폐수에 대한 미세기포 용존산소를 이용한 처리방법 확보
- 새로운 난분해성 처리 가능한 unit process의 확립
- 새로운 처리공정 확립-환경신기술 보급

2. 사업성과 활용방안

- 현재 어려움을 겪고 있는 경기도 내 축산폐수의 처리문제를 해결하여 수계오염 방지에 기여
- 새로운 신기술 개발로 인하여 환경산업발전에 기여하고 나아가서 환경산업기술의 수출 등의 효과도 가져올 수 있음

- 경기도 내 중소환경오염방지 시설업체의 애로사항을 해결하고 관련 환경산업체의 기술력확보

Summary

I. Title

"The study on the development of technology reducing organic loading and odor generation of sewage and wastewater containing high organic contaminants by dissolved fine air-bubbles in the area of Kyunggi province

II. Objectives and Necessities of the study

The complete degradation of sewage and wastewater containing high organic contaminants was required to prevent contamination of water environment. However it was difficult to treat the animal farm wastewater because of high organic contaminants in the wastewater. Also conventional treatment technology takes long time to treat animal farm wastewater due to natural microorganisms requiring enough oxygen to degrade high organic contaminants in the wastewater.

Thus, this study focused on the development and examination of new technology to apply fine air-bubble generator for the oxidation of high organic contaminants in the wastewater. Also ozonation is introduced to be supplementary process for the complete degradation of high organic contaminants.

III. Contents and Scopes of the study

1) Scopes

- o Review of current status of high organic concentration wastewater treatment
- o Establishing mechanism of highly effective oxidation by fine dissolved air-bubbles
- o Establishment of treatment unit processes through application test
- o Development of treatment process through field test

2) Contents

- o Collecting data and review current status of wastewater treatment plant for animal farm

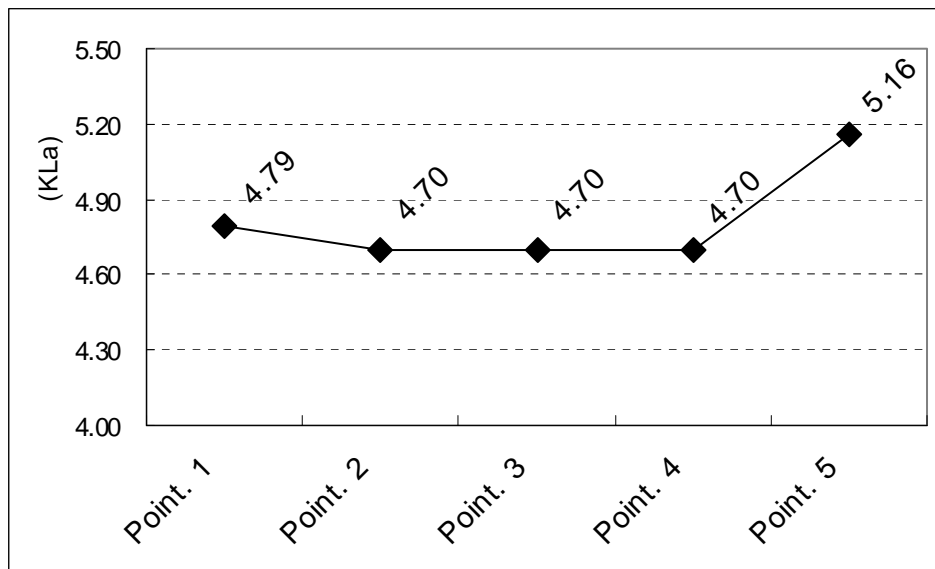
- o Development of treatment process through bench scale unit process test
- o Development of treatment process through pilot scale field test

IV. The results of the study

1. Measurement of dissolved oxygen transfer rate (K_{La})

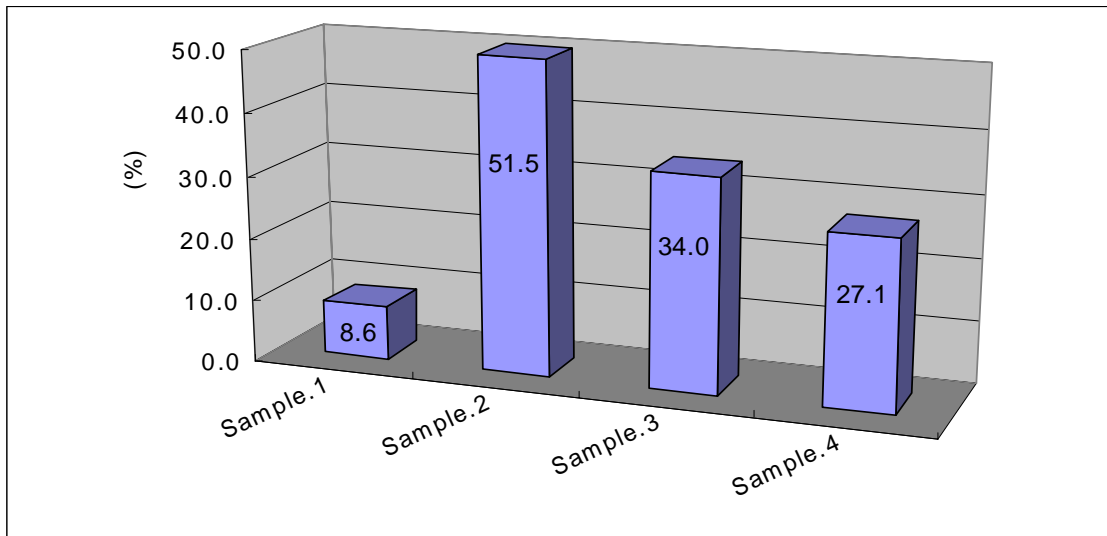
Figure shows that the highest value of K_{La} was measured at the deepest point

5. This results explain that the transferring rate of fine air-bubbles increases due to higher specific surface area at the lower position in the reactor.



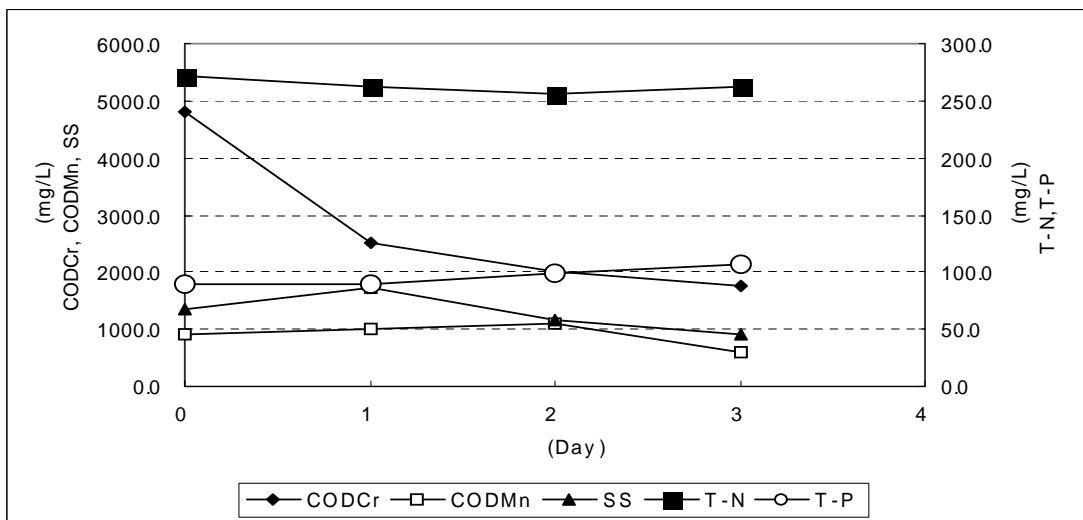
2. Degradation test of high organic concentration of wastewater from animal farm by ozon oxidation

This test was conducted with 4 samples. Each sample shows removal rates as 8.6%~51.5%. The sample 2 showed the highest removal rate of 51.5% by removal of 12,200 mg/l from raw wastewater COD_{Cr} concentration 23,700 mg/l to treated wastewater COD_{Cr} concentration 11,500 mg/l.



3. Batch reactor test for fine air-bubbles generation

Figure designates that microorganism degrade high concentration of organic contaminants in the reactor. The high removal rate was earned by supplying fine air-bubbles for dissolved oxygen. 60% of degradation rate was earned at 3 days of detention time under the raw wastewater condition of 500mg/l of CODcr concentration.



4. The removal rate of loading by ozone unit process

The organic loading reduce by ozone treatment resulted in 61.8% as COD_{Cr} of 11.16kg/m³·day to be 4.27kg/m³·day. In terms of BOD 58.6% resulted from 4.29kg/m³·day to 1.78kg/m³·day, COD_{mn} resulted to be 13.0% from 2.36kg/m³·day to 2.06kg/m³·day. SS turned out to be 31.4% from 1.53kg/m³·day to 1.05kg/m³·day. T-N and T-P resulted to 13.6, 30.6%, respectively. The loading rate changed from 1.09kg/m³·day, 0.23kg/m³·day to 0.96kg/m³·day, 0.16kg/m³·day.

5. The loading removal rate by biological and full treatment process

The loading removal rate by full treatment process resulted as follows: COD_{Cr} => from 30.91kg/m³·day to 1.65kg/m³·day, removal rate-> 94.7%; BOD=> from 6.78kg/m³·day to 0.67kg/m³·day, removal rate-> 90.1%; COD_{mn}=> from 4.01kg/m³·day to 0.22kg/m³·day, removal rate-> 94.5%; SS=> from 5.44kg/m³·day to 0.51kg/m³·day, removal rate-> 4.8%; T-N=> from 1.63kg/m³·day to 0.73kg/m³·day, removal rate-> 55.2%; T-P=> from 0.31kg/m³·day to 0.11kg/m³·day, removal rate->64.5%.

< Table mass balance of reducing loading rate by full treatment process >

오염 항목	원수부하량 (kg/m ³ ·day)	①부하량 (kg/m ³ ·day)	②부하량 (kg/m ³ ·day)	③부하량 (kg/m ³ ·day)	④부하량 (kg/m ³ ·day)	저감율 (%)
BOD	6.78	4.29	1.78	1.13	0.67	90.1
COD _{Cr}	30.91	11.16	4.27	1.92	1.65	94.7
COD _{mn}	4.01	2.36	2.06	0.76	0.22	94.5
SS	5.44	1.53	1.05	0.65	0.51	90.6
T-N	1.63	1.09	0.96	0.76	0.73	55.2
T-P	0.31	0.23	0.16	0.12	0.11	64.5

V. After study and the conjugation plan of project results

- The new process development for animal farm wastewater treatment.
- The highly effective removal technology by fine air-bubble is established.
- The new environmental technology development for non-degradable wastewater.

Contents

Summary	i
Chapter 1. Introduction	19
1. Necessities of the study	19
2. Objects of the study	19
Chapter 2. Investigation of basic data for the study	22
1. Current status and features of high organic concentration of animal farm wastewater generation and discharge	22
2. Current status and features of high organic concentration of animal farm wastewater treatment	22
3. Current status and treatment technology of animal farm wastewater	28
3.1. Natural treatment	28
3.2. Liquid state degradation treatment	28
3.3. Long term aeration treatment	28
3.4. Bio Best Bacillus treatment	29
3.5. BCS(Bio Ceramic System) treatment	29
3.6. BIOSUF(Biological Treatment with Sbmerged Ultrafiltration) treatment ..	29
4. Characteristic of fine bubble dissolved oxygen and oxidation of high organic concentration wastewater	30
Chapter 3. Contents and Scopes of the study	34
1. Scopes	34
2. Contents	34
2.1. Review of current status of high organic concentration wastewater treatment	34
2.2. Development of raising method for oxygen dissolving rate and detention time	34
2.3. Establishment of treatment process through application test	34

2.4. Establishment of treatment process through field test	34
Chapter 4. The results of the study	37
1. Preliminary batch test	37
2. Unit process test	49
3. Establishment of treatment process through unit process test results	55
Chapter 5. After study and the conjugation plan of project results	61
1. Practical effects	61
2. Future Study plan and practical use of work products	61
Chapter 6. References	64

목 차

요약문	i
제 1 장 서 론	19
1. 연구의 필요성	19
2. 연구의 목적	19
제 2 장 기초자료 조사	22
1. 고농도 유기오염물 축산폐수 발생 현황 및 특성	22
2. 고농도 유기오염물 축산폐수 처리 방법 및 현황	24
3. 축산폐수 정화처리 기술	28
3.1 자연정화법	28
3.2 액상부식법	28
3.3 장기폭기법	28
3.4 Bio Best Bacillus 공법	29
3.5 BCS(Bio Ceramic System) 공법	29
3.6 BIOSUF(Biological Treatment with Submerged Ultrafiltration) 공법	29
4. 미세기포 용존산소 및 고농도 유기물 산화 특성	30
제 3 장 연구수행 범위 및 내용	34
1. 연구수행 범위	34
2. 연구수행 내용	34
2.1 고농도 유기오염물 축산폐수 처리 현황 및 실태파악	34
2.2 산소 용존율 및 체류시간 증대방법 개발	34
2.3 Application Test 를 통한 처리공정 확립	34
2.4 Treatment Test를 통한 처리공정 확립	34
제 4 장 연구수행 결과	37
1. Preliminary Batch Test	37
1.1 개요	37
1.2 용존산소 전달율(K_La) 측정	37
1.3 오존산화에 의한 고농도 유기축산폐수 분해도 실험	41

1.4 미세기포 발생 Batch Reactor Test	45
2. Unit Process Test	49
2.1 실험개요	49
2.2 오존산화를 이용한 1차처리	49
2.3 생물반응조 처리효율 비교실험	51
3. Unit process test 결과에 따른 Treatment process 구성확립	55
3.1 실험개요	55
3.2 실험장치 및 방법	55
3.3 Full treatment process 구성확립	56
제 5 장 연구결과의 활용계획	61
1. 기대효과 및 사업성과 활용방안	61
2. 향후 연구계획	61
제 6 장 참고문헌	64

그 림 차 례

<그림 2-1-1> 지역별 돼지 사육현황	23
<그림 2-1-2> 주요 축종별 오염물질 발생현황	24
<그림 2-1-3> 시군별 처리시설 현황	26
<그림 2-1-4> 개별 축산폐수처리 시설 공정도 예	27
<그림 4-1-1> K_{La} 측정을 위한 Lab scale reactor	38
<그림 4-1-2> 용존산소 제거 mechanism	38
<그림 4-1-3> K_{La} 산출식	40
<그림 4-1-4> 위치에 따른 K_{La} 비교	40
<그림 4-1-5> 축산폐수 오존산화 장치	41
<그림 4-1-6> 오존산화처리에 의한 축산폐수의 오염물 농도 변화 추이	44
<그림 4-1-7> 오존산화처리에 의한 농도별 축산폐수의 오염물 제거율	44
<그림 4-1-8> 미세기포 발생 Batch reactor	45
<그림 4-1-9> 미세기포 발생 Batch reactor내 축산폐수의 오염물 농도 변화 추이	48
<그림 4-2-1> 오존발생장치 및 접촉반응조와 탈기조	49
<그림 4-2-2> 오존처리 unit process 공정도	50
<그림 4-2-3> 오존산화에 의한 오염물 부하량 저감 물질수지	51
<그림 4-2-4> 활성슬러지 반응조(A) 와 고효율 미세기포 용존산소 반응조(B)	52
<그림 4-2-5> 비교 생물반응조 공정 흐름도	52
<그림 4-2-6> 생물반응조에 의한 오염부하량 저감 물질수지 비교	54
<그림 4-3-1> Full treatment process 설치 모습	55
<그림 4-3-2> Full treatment process 공정흐름도	56
<그림 4-3-3> Full treatment process에 의한 부하량 저감효율 mass balance	57
<그림 4-3-4> (a)원폐수 (b)오존처리수 (c)A/S처리수 (d)고효율 반응조 처리수 (e)후 오존처리수	58

표 차 례

<표 2-1-1> 허가대상 규모와 신고대상 규모의 처리시설 현황	25
<표 4-1-1> Sample port 별 시간에 따른 용존산소농도 변화	37
<표 4-1-2> 오존산화처리에 의한 농도별 축산폐수의 오염물 농도 변화	43
<표 4-1-3> 축산폐수 분석방법	46
<표 4-1-4> 미세기포 용존산소 이용 Batch test 결과	47
<표 4-2-1> 축산폐수 분석방법	53