
碩士學位論文

濾過法에 있어서 濾材(송이) 크기에 따른
褐藻類 抽出廢水의 處理效果

濟州大學校 大學院
食品工學科



1989年 12月

濾過法에 있어서 濾材(송이)크기에 따른
褐藻類 抽出廢水의 處理效果

指導教授 姜 永 周

吳 泰 文

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함

1989年 12月

吳泰文의 工學 碩士學位 論文을 認准함



審査委員長

河 雅 桓

委 員

李 民 圭

委 員

姜 永 周

濟州大學校 大學院

1989年 12月

EFFECT OF FILTRATION WITH VARIABLE
MEDIUM (SCORIA) SIZE ON WASTE WATER
FROM BROWN SEAWEED PROCESSING

Tea -Moon Oh

(Supervised by Professor Young -Joo Kang)



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

1989 .

목 차

Summary	1
I. 서 론	3
II. 실험 장치 및 방법	6
1. 실험 재료	6
2. 실험 장치 및 방법	9
III. 결과 및 고찰	11
1. SS 제거효율	11
2. BOD 및 COD 제거효율	14
3. 매질의 크기에 따른 제거효율	18
IV. 요 약	24
V. 참 고 문 헌	25



SUMMARY

Efficient utilization of the scoria which are naturally abundant in parasitic volcano area of Cheju-do was tried to be linked with purification of the waste water contaminating environment. A column for waste water treatment was manufactured using scoria as medium according to packaged particle filtration of a brown alga, Ecklonia cava, a raw material of sodium alginate .

The removal efficiency of suspended solid(SS), biological oxygen demand(BOD), and chemical oxygen demand(COD) from the model waste water was measured under different conditions of medium size and operation time. The following results were obtained.

1. The smaller size of the medium gave the higher efficiency of waste water treatment.
2. The removal efficiency of SS was higher than that of BOD or COD at specific medium size.
3. The scoria was more effective on the removal of undissolved solid than dissolved one.
4. Filtration ability of the waste water treatment column was not decreased even after 5 day' continuous operation.

I . 서 론

최근 인구의 증가와 급속한 산업의 발달로 인하여 수질오염은 점차로 우리의 생활환경에 심각한 문제로 대두되고 있다.

수질오염의 주된 발생원은 가정하수와 공장폐수로서, 이들 오염물질을 처리하는 방법 중 물리적인 방법을 응용하는 처리방법을 단위조작(unit operation)이라 하고, 화학 또는 생물반응을 이용하는 처리 방법을 단위공정(unit process)이라 한다 (Eliassen, 1979). 오늘날 대개의 폐수 처리에서는 이들 단위조작과 단위공정을 조합하여 1차, 2차, 3차 처리를 행하고 있으며, 선진국에서는 폐수물 지표수에 방류하려면 적어도 2차처리를 하여야 한다고 규정하고 있다.

처리수에 있어서 가장 먼저 사용된 물리적 단위 조작 중의 하나인 여과 처리법(Hudson, 1948; Ghosh, 1958; Rogers, 1964; Ives, 1965; O'Melia and Stumm, 1967; Hudson, 1969)은 침강에 의해서 제거되지 않은 작은 floc이나 침전입자들을 제거하기 위하여 많이 사용되는데, Iwasaki(1937)가 모래를 매질로한 여과에서 여과층 깊이에 따른 수질변화식 및 연속방정식을 처음으로 도출한 이래 많은 연구가 진행되어오고 있으며, 최근에는 여러가지 입상매체를 이용하여 배출수물 여과 시킴으로서 잔존 고형물을 제거하는 방법이 널리 이용되고 있다 (Smith, 1967; Bishop, 1976; Aiden, 1978; Miller, 1982; Wathugala, 1987; Tobiason, 1988; Hand et al, 1989).

여과처리는 음료수 처리에서는 기본 단위조작의 하나이지만 폐수처리 공정의 배출수에는 비교적 최근에 사용되기 시작하였다. Eliassen(1941)

은 ferric hydroxide 의 floc suspension의 여과처리에 대하여 연구 발표 하였으며, Mintz 와 Krishtul(1960)은 입상매체 여과법에 의한 여과에서는 입자의 부착과 탈리라는 두개의 반대 과정이 작용한다고 하였다. 여과처리에 대한 실제적인 수학적 표현식은 Ives(1960)에 의해서 이루어졌으며, Mackrle(1961)은 여과층 깊이에 따른 처리 과정을 London- Van der Waals 힘에 의한 흡착처리 과정으로 설명하였으나 그의 이론은 수학적 복잡성으로 인해 실제적인 적용이 어려웠다.

Harris(1966)등은 활성슬러지 플랜트 배출수 중의 입도분포가 이중 분포로 되어 있음으로해서 여과 공정중의 입자제거 메카니즘에 여과매체가 영향을 미친다고 하였으며, Biskner 와 Young(1977)은 2차 처리 배출수를 2단 여과 시키는 조작의 가능성을 연구하였다.

Tchobanoglous(1968)는 입상매체 여과기를 사용한 생물처리 공정의 2차 처리 배출수의 여과에서 현탁고형물이 제거되는 메카니즘을 5단계로 구분하여 설명하였으며, 또한 Tchobanoglous(1970)는 현탁고형물 농도가 여과처리의 주된 매개변수이며, 여과매체의 입도분포 및 입자형상이 입자제거효율과 두손실에 영향을 미치고, 여과층의 다공도가 여과기내에 고형물의 저장가능량을 결정하며, 여과층 깊이와 여과 속도는 두 손실 및 연속조작 시간에 영향을 미친다고 하였다.

Baumann 과 Huang(1974)은 생물 및 화학처리공정의 2차 처리 배출수 중의 현탁고형물을 추가로 제거하는데 입상매체 여과를 사용하여 효과를 보았다고 하였으며, 최근 국내에서도 고정 폐기물의 활용 방안으로

서 연탄재를 매질로 이용한 충전층 고정 미생물막 공법으로 저농도 유기성 폐수의 처리에 대한 연구를 발표하였다 (최, 1982; 조, 1983).

여과 매질로는 모래, 활성탄, 안트라사이트, 규조토 등이 많이 사용되고 있다. 일반적으로 매질의 구비 조건은 무게가 가벼우면서도 쉽게 파괴되지 않을 정도의 강도를 가져야 할 뿐만 아니라, 미생물 및 부유물질이 부착될 수 있는 충분한 표면적을 제공할 수 있어야 한다. 이러한 점을 고려할 때, 제주도 전지역 특히 기생화산지역에 널리 산재해 있는 송이는 화산이 폭발할 때 분출된 여러물질 가운데 다공질의 화산암, 화산모래, 기타 화산회 등이 혼합되어 이루어진 것으로 알려져 있어 입상매체 여과의 매질로 적합할 것으로 기대된다.

본 연구는 이러한 송이를 부존 천연자원의 활용이라는 측면에서 폐수 처리 방법중의 하나인 입상매체 여과공법시 매질로서의 사용가능 여부를 살펴 보기 위하여, 제주도내 근해지역 수질오염원 중의 하나로 대두되고 있는 알긴산소다 제조 공장에서 주 원료로 사용되고 있는 갈조류 (감태) 추출물을 원폐수로 사용하고, 송이를 매질로한 입상매체 여과에서 매질의 크기에 따른 처리 성능을 검토하기 위하여 실시하였다.

II. 실험 장치 및 방법

1. 실험 재료

1.1 여과매질

본 실험에 사용한 송이(scoria)는 망오름(제주도 북제주군 한림읍 상명리)에서 채취한 것이며, 105°C 에서 건조시켜 수분을 제거시킨 다음 1 - 3½, 4 - 8, 8 - 16, 16 - 30 mesh 크기의 4종류로 분류하여 여과매질로 사용하였다.

1.1.1 송이의 물리적 특성

송이의 물리적 특성에 대해서는 KSF2529-'86(한국공업표준협회, 1986) 및 2534-'87(한국공업표준협회, 1987)에 의거 시험한 결과를 표 1에 나타내었다. 표에 나타난 바와 같이 송이는 비중량(specific weight)이 0.9 - 1.2 g/cm³ 으로서 일반적인 모래의 비중량 1.60 - 1.70 g/cm³ 에 비하여 가벼운 매질임을 알 수 있었다. 또한 송이의 흡수율은 25.3%로서 모래의 흡수율 0 - 2%와 비교할 때 상당히 높을 뿐만 아니라, 기공율도 큰 것으로 나타났다.

Table 1. Physical properties of scoria

Water absorptivity %	Porosity(apparent) %	Specific weight g/cm ³
25.3	35.4	0.9 - 1.2

1.1.2 송이(Scoria)의 화학적 특성

송이의 화학적 성분은 KSE 3807-'86(한국공업표준협회, 1986)에 의거 시험한 결과를 표 2에 나타내었다. 표 2에서 보여지는 바와 같이 송이의 주성분은 SiO_2 와 Al_2O_3 로서 그 구성 성분의 함량은 다르지만 모래 및 연탄재와 비슷한 성분들로서 구성되어 있음을 알 수 있었다.

이들 화학성분들 중 SiO_2 는 흡착제로, Al_2O_3 , CaO 및 MgO 등은 응집제로, 또한 CaO 와 MgO 등은 중화제로 작용할 수 있는 성분들이나, 이들이 폐수처리시에 그러한 작용을 실제로 할 수 있는지는 정확히 알 수 없지만, 송이는 화산이 폭발할 때의 고열에서 소성된 소성체이므로 흡수성이 강하고, 다공성이면서도 소정의 강도를 가지고 있어 여과처리의 입상매질로서 뿐만 아니라 미생물막 고정상을 형성하는 매체로서도 적합할 것으로 사료되었다.

Table 2 . Chemical properties of scoria

(%)

Ig.loss	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	$\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$	Chloride
0.48	45.68	22.68	13.60	10.50	4.13	0.40	0.41

1.2 실험에 사용된 폐수

제주도산 감태(Ecklonia cava)를 담은 용기에 적정량의 물을 채워 1주일동안 추출한 다음, 50 mesh 의 표준체로 고형물을 제거하고 희석하여 표 3과 같은 농도로 만든 것을 원폐수로 사용하였다.

Table 3. Characteristics of waste water

Measuring items of waste water, mg/l			
BOD ₅	COD _{Mn}	SS	pH
287	326	200	6.5 - 6.9



2. 실험장치 및 방법

본 실험에 사용된 장치는 Fig. 1 과 같이 원수조, 일정수두장치, 반응조 및 처리수 저장조로 구성되었다. 반응조는 내경이 10 cm인 투명 아크릴관으로 내용적이 5.5ℓ 가 되도록 제작하여 사용하였으며, 원수조와 처리수 저장조는 시판되는 플라스틱 용기를 사용하였고, 반응조 내의 온도는 일정하게 유지하였다.

여과방법은 흐름방향에 따라 상향흐름, 하향흐름, 양쪽흐름 여과법으로 구분 되지만 입자매체 여과기위의 물층의 무게가 추진력이 되는 하방향 중력여과가 일반적으로 널리 사용되고 있으므로, 본 실험에서도 하방향 중력여과 방법을 사용하였다.

반응조 내에는 사용된 송이틀 60 cm 높이로 채운다음, 일정 농도로 만든 원폐수를 일정수두 조절장치가 부착된 반응조 상단의 저장조로부터 공급하였다.

입상매체 여과실험은 운전시간에 따른 처리능을 살펴보기 위하여 각 매질 크기 별로 5일동안씩 실시하였으며, 이 때 체류기간은 약 3 시간 정도로 일정한 값으로 유지시켰다. 반응조 하단에 설치된 처리수 저장조에서는 운전초기인 1 일 동안은 매 5 시간마다, 그 이후는 24 시간마다 시료를 채취하여 분석에 사용하였으며, 각 시료에 대한 BOD, COD_{mn}, SS 분석은 환경오염 공정 시험법(1985)에 따라 실시하였다.

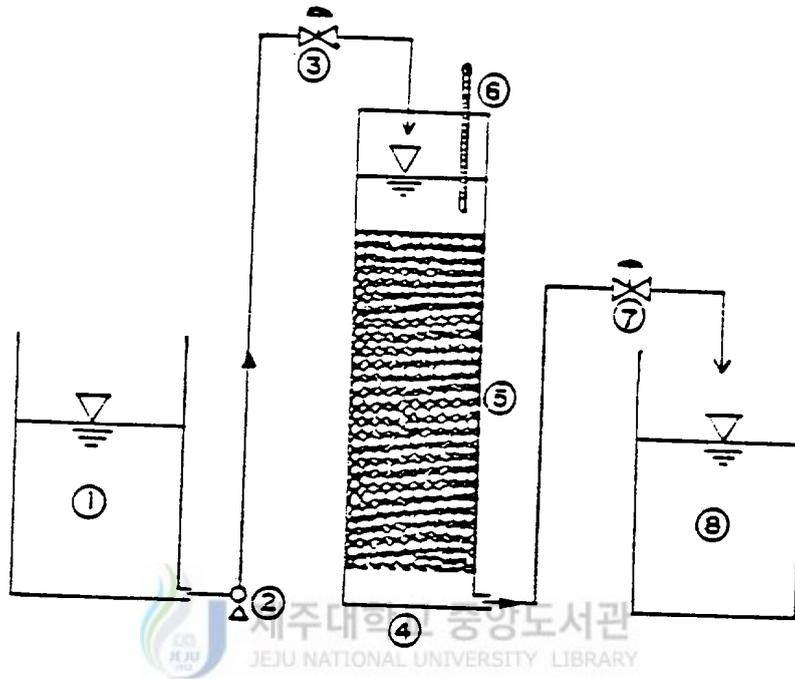


Fig. 1. Schematic diagram of experiment apparatus.

- | | |
|------------------------------|-----------------------|
| 1. Raw waste water reservoir | 5. Media (scoria) |
| 2. Pump | 6. Thermometer |
| 3. Liquid level controller | 7. Control valve |
| 4. Column | 8. Effluent reservoir |

III. 결과 및 고찰

1. SS 제거 효율

운전시간 및 매질의 크기에 따른 처리수의 SS 농도 변화를 Fig. 2에 나타내었다.

그림에서 보여지는 바와 같이 매질의 크기에 따라서 처리수의 농도에는 다소의 차이가 있기는 하지만, 모든 매질에서 실험초기에 급격히 감소한 후 120시간(5일)까지 거의 일정한 값을 유지하고 있음을 알 수 있었다.

매질별로는 입자의 크기가 작을수록 처리수의 SS농도가 더욱 감소하는 것을 알 수 있는데, 이는 입자의 크기가 작아지면 여과매체간의 공극이 작아지고 비표면적이 커지기 때문으로 생각되며, 또한 공극간격이 작아지게 되면 더욱 작은 입자들이 걸러지고, 표면적이 증가함에 따라 응집성 입자들이 여과매체를 통과하면서 그 표면에 부착될 확률이 증가하기 때문인 것으로 생각되었다.

입자매체 여과에 의한 고형물 제거 조작은 Tchobanoglous(1968)에 따르면 몇가지 복잡한 과정으로 분류할 수 있는데, 이 중 가장 확실한 과정은 입자가 너무 커서 입자망을 통과하지 못하는 입자들의 물리적인 체 분리(screening) 과정이며, 더욱 작은 고형물질은 체 분리에 의해 제거되지 않기 때문에 다른 과정들도 중요하다.

여과층에서 입자와 플럭들의 제거는 고형물이 여과표면으로 전달되는

메카니즘 및 매체와 접촉하는 고형물의 체류시간에 좌우되며, 전달 메카니즘에는 침강, 관성충돌, 콜로이드 확산, 그리고 Van der Waals 힘이 작용하게 된다(O'Melia, 1964) 또한 일단 매체와 접촉된 고형물의 체류는 주로 전기 화학적인 힘, Van der Waals 힘 및 물리적 흡착에 기인하게 되는데, 본 실험만으로는 그 메카니즘을 명확히 규명할 수는 없으나 매질의 공극이 소형의 침강조로 작용함에 따른 침강작용과 물리적 흡착과정으로 유추해 볼 수 있었다.

여과매질을 연속사용 할 경우의 여과능을 살펴보면 매질의 크기가 16-30 mesh의 경우에는 약 4일후 부터 여과능이 다소 감소하는 경향을 보이고 있기는 하지만, 전반적으로 본 실험의 매질크기 범위에서는 5일 동안 연속 사용하여도 여과능이 지속되고 있음을 알 수 있었다. 따라서 모래들 매질로한 연속 여과의 경우 매질간의 공극에 고형물이 축적됨에 따른 공극폐쇄 현상으로 인하여 2-4일 마다 역세척해야 하는 것(박 등, 1987)과 비교할 때, 송이를 매질로 사용한 본 실험의 경우 5일동안 까지도 여과능이 지속되어 모래보다 여과능이 양호한 것으로 생각되었다.

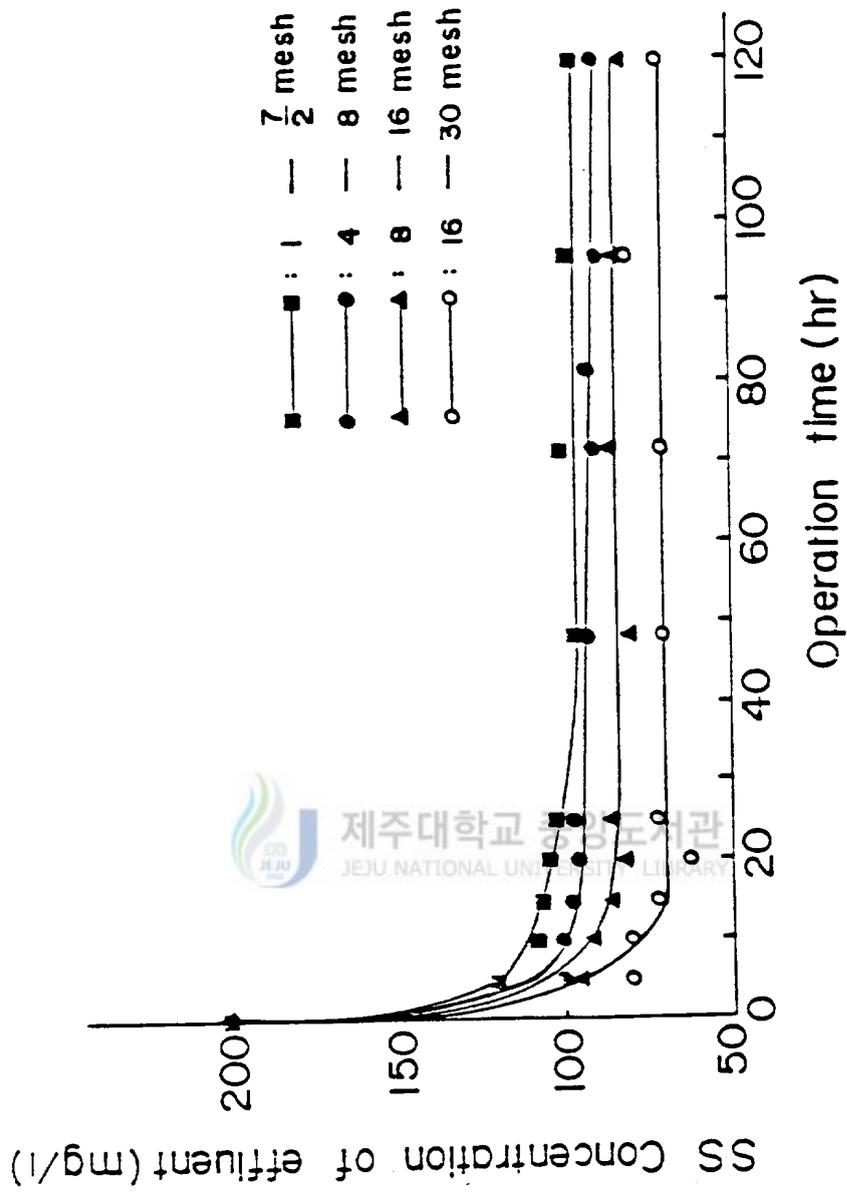


Fig. 2. Changes of SS concentration of seaweed processing waste water filtered through scoria column with variable medium size.

2. BOD 및 COD 제거 효율

운전시간 및 매질의 크기에 따른 처리수의 BOD 및 COD 농도 변화를 Fig.3 과 Fig.4에 나타내었다.

그림에서 보여지는 바와 같이 BOD 및 COD도 SS와 같이 매질의 크기에 따라서 다소 차이는 있으나 실험 초기에 급격히 감소한 후 120시간(5일)까지 거의 일정한 값을 유지하고 있음을 알 수 있었으며, 매질 입자의 크기가 작아 질수록 처리수의 BOD 및 COD농도가 낮아져 제거율이 커짐을 알 수 있었다.

본 실험에서 처리수의 BOD 및 COD 치는 이의 측정을 위해 다량의 시료를 모두 여과 시키기는 곤란하여 SS를 제거하지 않은 채 측정된 값으로서 처리수의 용존성 BOD 및 COD 농도와 SS가 유발하는 농도를 구분할 수는 없었다. 그러나 BOD 및 COD의 제거에 있어 SS가 유발하는 부분을 제외한 BOD 및 COD의 제거 메카니즘은 매질의 용존성 유기물 흡착에 의한 것으로 생각되는데, 이는 매질의 크기가 작아 질수록 처리수의 BOD 및 COD 농도가 감소하는 것과 매질의 크기가 작을수록 비표면적이 커지는 것으로 부터 유추할 수 있었다.

또한 매질에 의한 흡착은 매질을 둘러싼 경막을 통한 흡착질 분자의 전달, 매질의 세공을 통한 확산, 매질 표면에서 흡착질 분자의 흡착 등의 세단계로 나눌 수 있는데, 송이를 매질로한 본 실험에서 매질의 입자 크기가 작을수록 BOD 및 COD의 제거효율이 증가한 것은 매질입자의 크기가

작아질수록 비표면적의 증가에 의한 것으로 사료 되므로, 송이에 의한 BOD 및 COD 제거는 송이 표면에서의 확산율속 과정일 것으로(송 등, 1989) 생각된다.



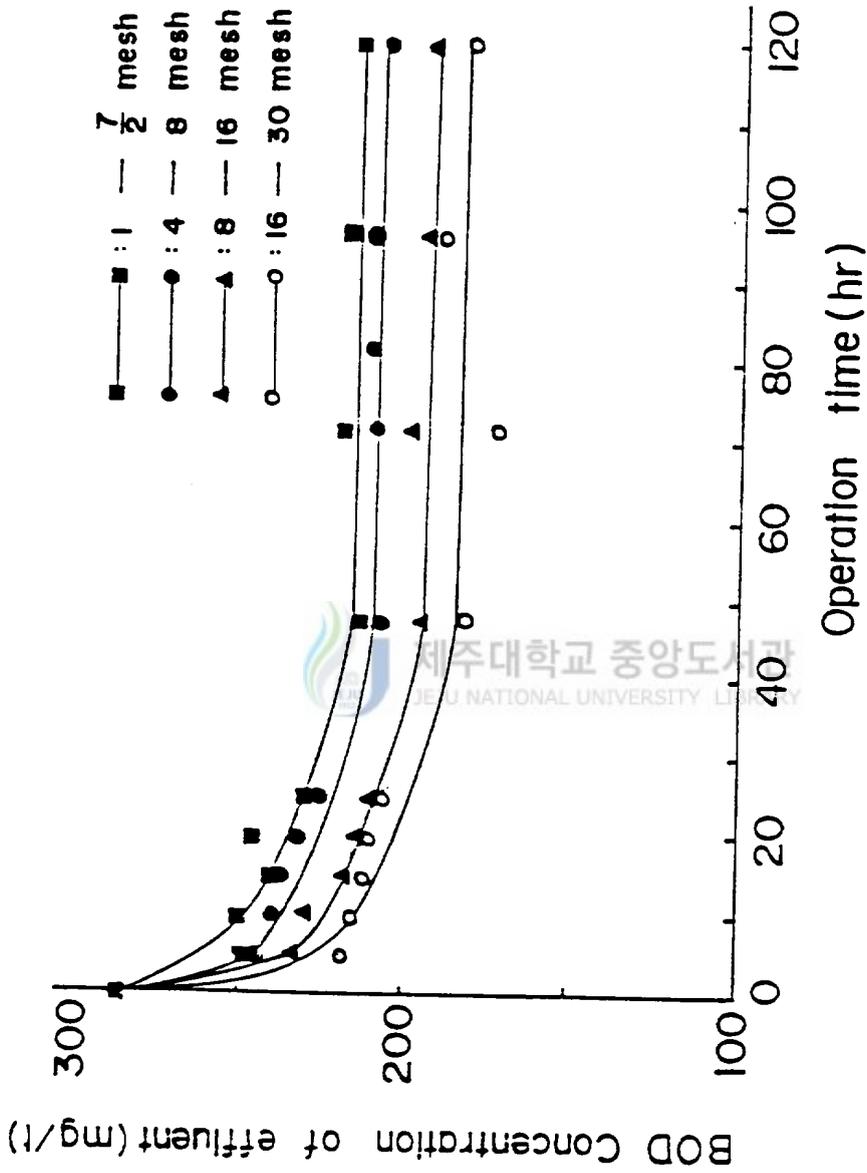


Fig. 3. Changes of BOD concentration of seaweed processing waste water filtered through scoria column with variable medium size.

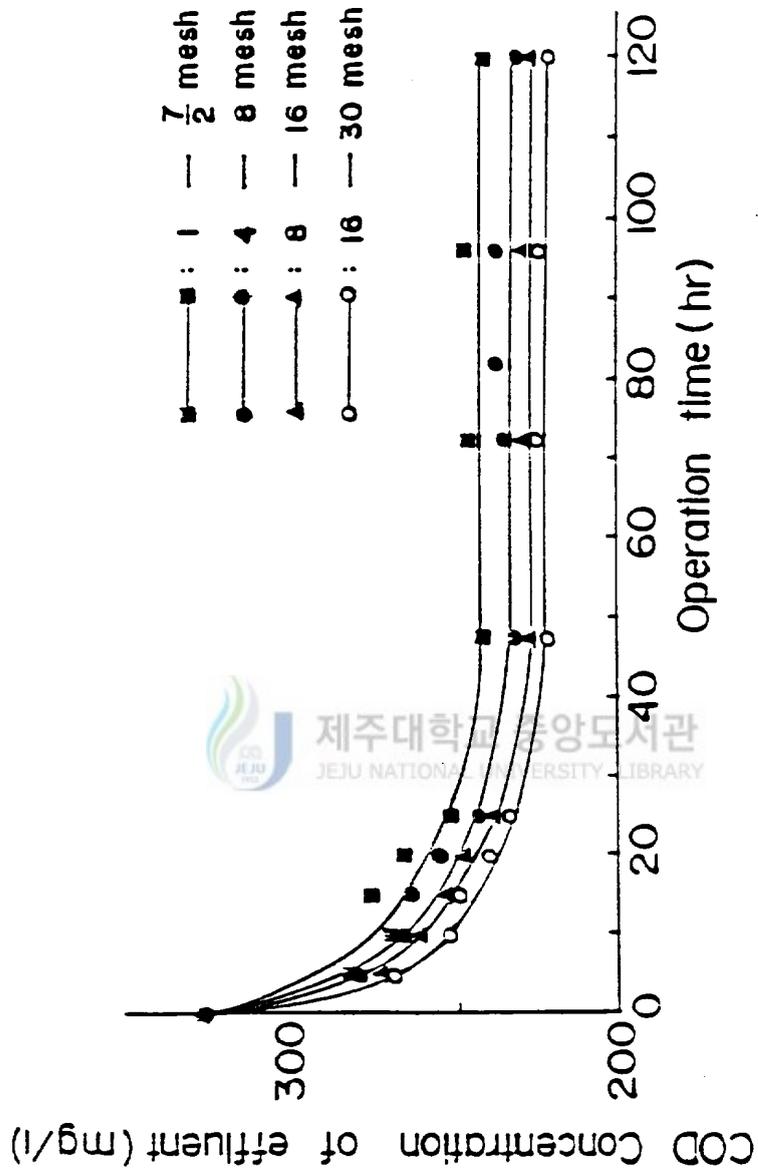


Fig. 4. Changes of COD concentration of seaweed processing waste water filtered through scoria column with variable medium size.

3. 매질의 크기에 따른 제거 효율

Fig. 5-8은 각 매질 크기별로 운전시간에 따른 처리수의 BOD, COD 및 SS농도 변화를 나타낸 것이며, 표 4는 이로부터 제거효율을 구하여 나타낸 것이다.

그림에 나타난 바와같이 매질 별로는 본실험 범위에서 가장 크기가 작은 16-30 mesh의 매질이 SS, BOD 및 COD 각각에 대해 제거효율이 높다는 것을 알 수 있었으며, 동일 매질에서는 SS의 제거효율이 BOD 및 COD 보다 훨씬 높다는 것을 알 수 있었다. 이로부터 판단할 때, 송이를 매질로 한 여과처리에 있어서 오염물의 제거 메카니즘은 이온 교환과 같은 화학적 결합에 의한 제거 보다는 주로 물리적인 흡착에 의하여 이루어지는 것으로 생각된다. SS 제거 효율이 BOD와 COD 제거 효율보다 좋은 것은 SS의 감소는 잔류성 부유물의 제거에 주로 의존되는 것이고, BOD 및 COD의 감소는 용존성 부유물의 제거에 의한 것으로서, 본 실험조건에서는 용존성 부유물의 제거보다 잔류성 부유물의 제거에 더 효과적임을 알 수 있었다.

실험장치와 폐수의 특성에 따라 차이는 있겠으나, 본 실험과 유사한 방법으로 연탄재를 사용한 조(1983)의 합성폐수 실험 결과와 비교해 보면, 연탄재 매질의 경우 BOD가 1kg당 평균 166 mg/day 이고, COD가 1kg당 평균 289 mg/day가 제거된 반면에 본 실험의 경우에는 제거율이 가장 떨어지는 1-3½ mesh인 매질에서도 BOD는 949 mg/day, COD는 1087 mg/day로서

연탄재를 매질토한 경우보다 제거능력이 높게 나타나 연탄재 매질보다 송이 매질의 제거능력이 양호한 것으로 판단되었다.

Table 4. Removal efficiencies for medium size.

Items	Removal efficiencies (%)			
	1-7/2mesh	4-8mesh	8-16mesh	16-30mesh
B O D ₅	25	28	32	36
C O D _{mn}	25	28	30	31
S S	52	55	57	63



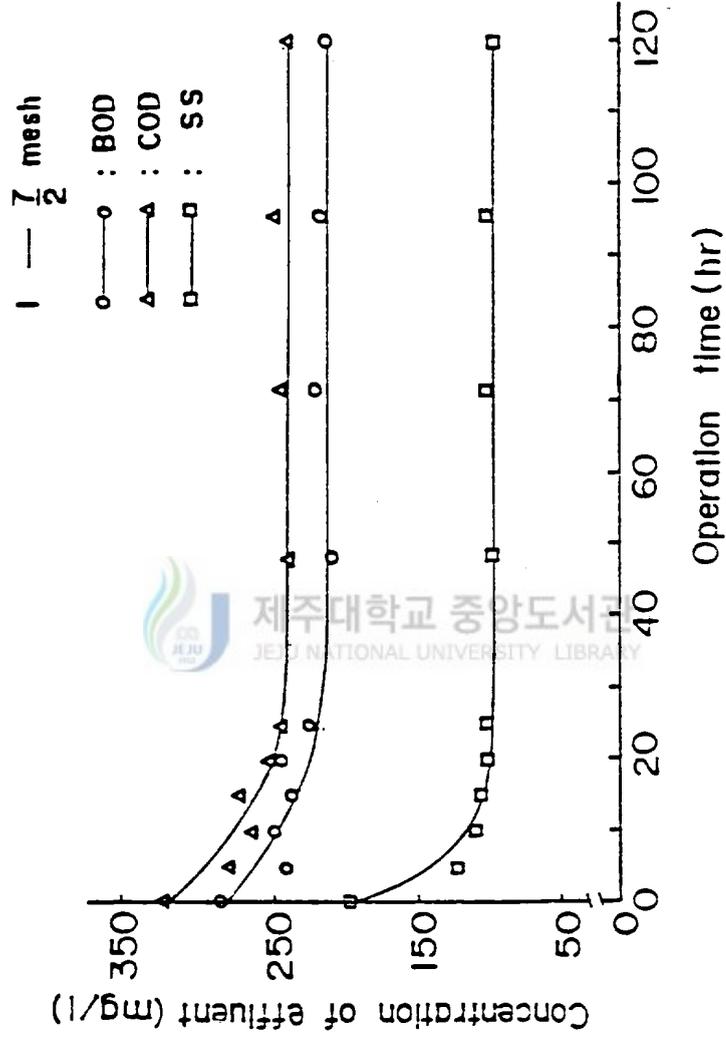


Fig. 5. Changes of BOD, COD and SS of effluent with operation time for scoria column.

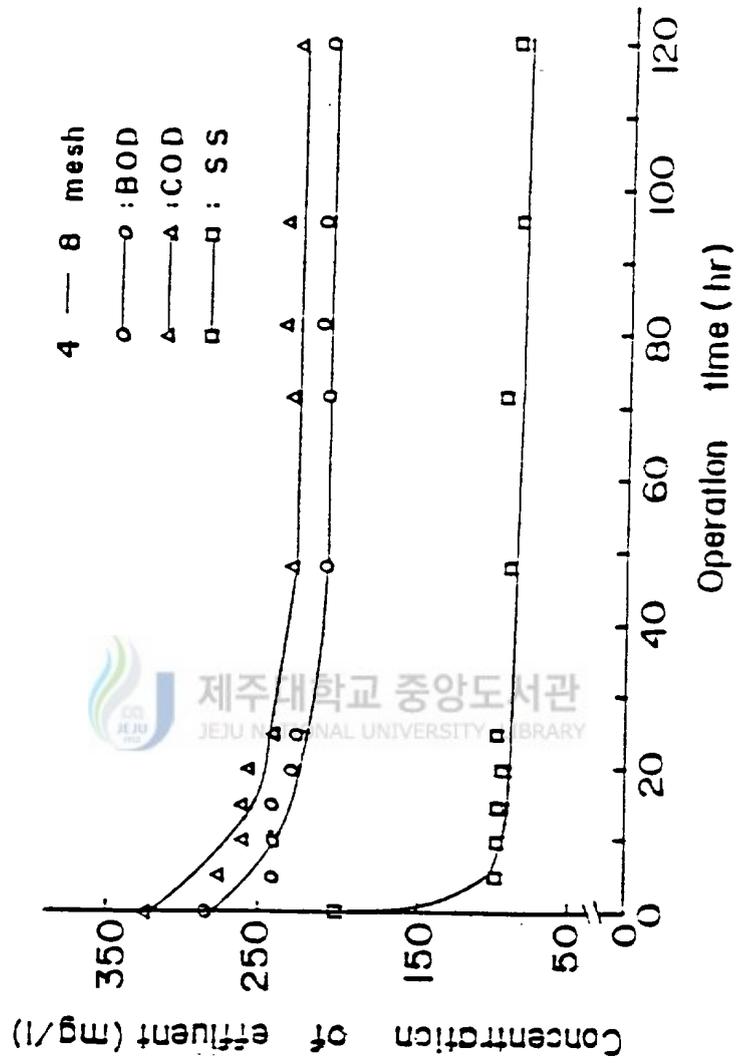


Fig. 6. Changes of BOD, COD and SS of effluent with operation time for scoria column.

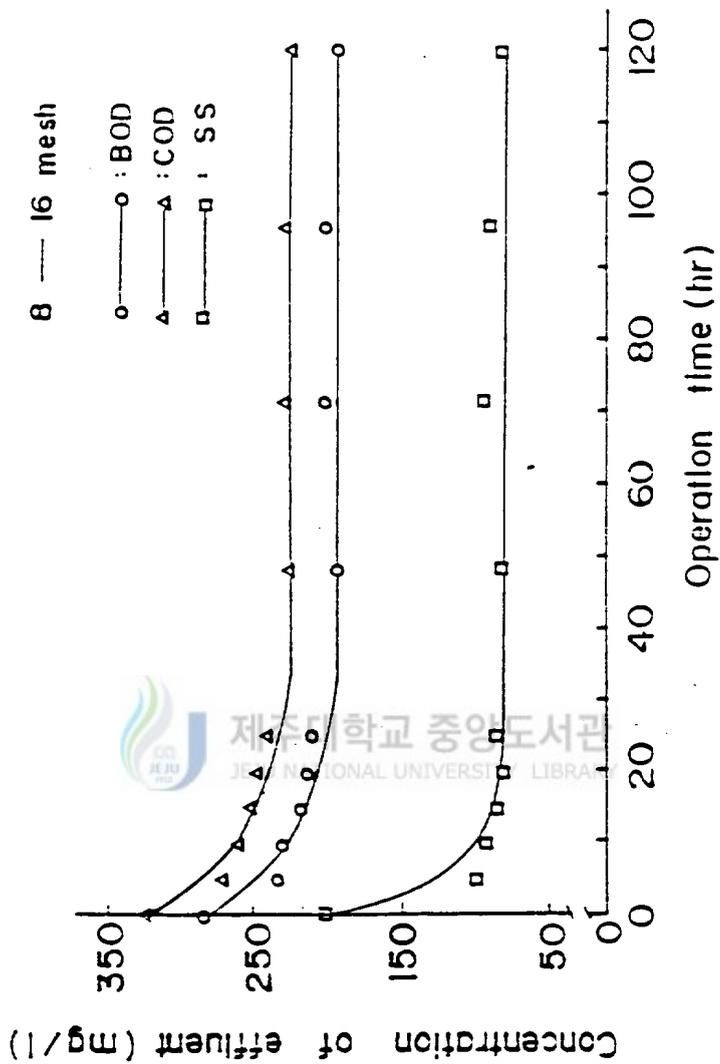


Fig. 7. Changes of BOD, COD and SS of effluent with operation time for scoria column.

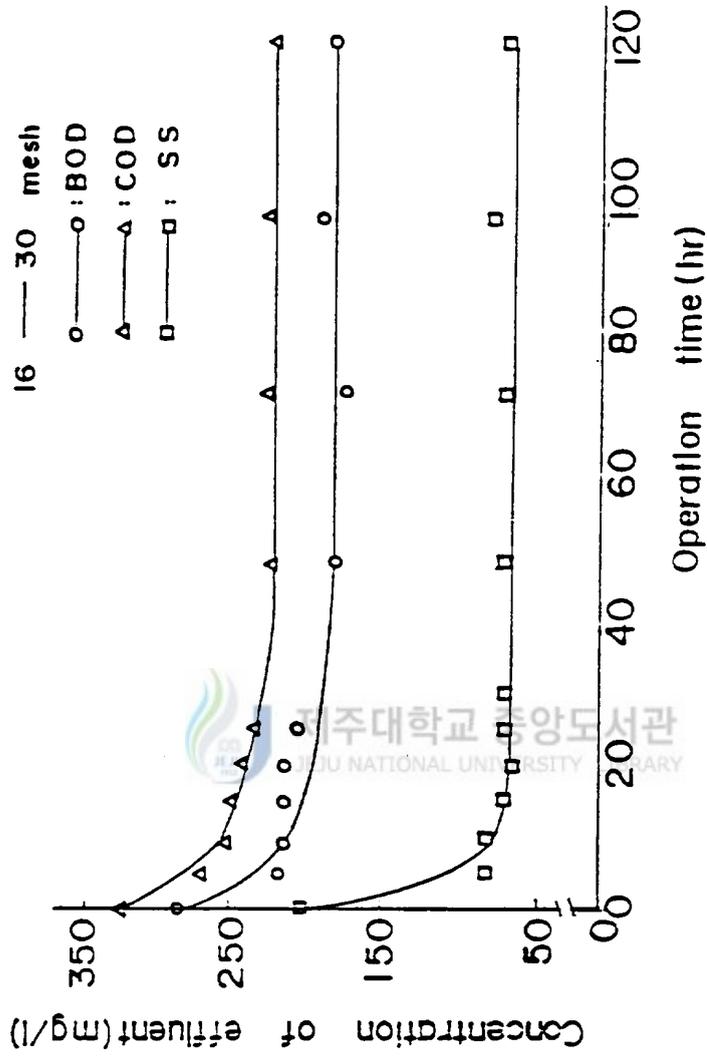


Fig. 8. Changes of BOD, COD and SS of effluent with operation time for scoria column.

IV . 요 약

제주도내 기생화산 지역에 널리 산재해 있는 송이(Scoria)를 부존자원의 활용 측면에서 폐수처리 방법중의 하나인 입자매체 여과공법 매질로서의 사용 가능 여부를 살펴보기 위하여, 알긴산소다 제조원료인 감태의 추출물을 원 폐수로 사용하고 송이를 매질로 하여 입상매체 여과처리물 한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 매질 입자의 크기가 작아질수록 처리효율은 증가하였다.
2. 매질입자의 크기가 같은 경우에는 SS의 제거 효율이 BOD 및 COD 제거효율보다 높았다.
3. 송이는 용존성 부유물의 제거보다는 잔류성 부유물의 제거에 더 효과적인 것으로 생각되었다.
4. 본 실험조건에서 연속 5일동안 운전한 경우에도 여과능은 저하되지 않았다.

V . 참 고 문 헌

- Adin, A., 1978. Solution of granular bed filtration equations, J. Envir. Eng. Div., ASCE, 104(EE3); 471 - 484.
- Baumann, E. R. and J. Y. C. Huang, 1974. Granular filters for tertiary waste water treatment, J. Water Pollut. Control Fed., No.8.
- Bishop, S. L. and B. W. Behrman, 1976. Filtration of waste water using granular media, paper presented at the 1976. Thomas R. camp lecture series on waste water treatment and disposal, Boston Society of Civil Engineers, Boston.
- Biskner, C. D. and J. C. Young, 1977. Two-stage filtration of secondary effluent, J. Water Pollut. Control Fed., 49 (2); 319-331.
- 조 광 명, 1983. 충전상 고정미생물막공법에 의한 저농도 유기성 폐수의 처리, 대한환경공학회지, 5(2); 2-10.
- 최 의 소, 1982. 연탄재를 이용한 폐수처리 공법의 개발방향, 고려대학교 생산기술 보고서 ; 1-86.
- Eliassen, R., 1941. Clogging of rapid sand filters, J. AWWA, 33 (5); 926-941.

Eliassen, R., 1979. Waste water engineering: Treatment disposal reuse, McGraw-Hill ; pp. 15 - 24.

Ghosh, G., 1958. Media characteristics in water filtration, J. Sanit. Eng. Div., Proc. Am. Soc. Civil Eng., SA1, Paper 1533 ; 1 - 25.

Hand, D. W., J. C. Crittenden, H. Arora, J. M. Miller, and B. W. Lykins Jr., 1989. Designing fixed - bed adsorbers to remove mixture of organics, J. AWWA ; 67 - 77.

한국공업표준협회, 1986. 한국공업규격 ; 구조용 경량간골재의 비중 및 흡수량 시험방법, KSF 2529.

한국공업표준협회, 1987. 한국공업규격 ; 구조용 경량골재, KSF 2534.

한국공업표준협회, 1986. 한국공업규격 ; 내화점토 분석방법, KSE 3807.

Harris, H. S., W.S. Kaufman, and R. B. Krone, 1966. Othokinetic flocculation in water purification, J. Sanit. Eng. Div., ASCE, 92 (SA6) ; 95 - 111.

Hudson, H. E. Jr., 1948. A theory of the functioning of filters, J. AWWA ; 868 - 872.

Hudson, H. E. Jr., 1963. Functional design of rapid sand filters, J. Sanit. Eng. Div., ASCE, 89(SA1); 17 - 28.

Ives, K. J., 1960. Rational design of filters, Proc. Inst. Civil Engineers, 16; 180 - 193.

Ives, K. J. and V. Pienvichitr, 1965. Kinetics of the filtration of dilute suspensions, Chem. Eng. Sci., 20; 965- 973.

Iwasaki, T., 1937. Some notes on sand filtration, J. AWWA , 29(10) ; 1561 - 1602.

장준영., (1985). 환경오염 공정시험법, 성안당 ; pp. 33-63.

Mackrle, V. and S. Mackrle, 1961. Adhesion in filters, J. Sanit. Eng. Div., Proc. Am. Soc. Civil Eng., SA5. Paper 2940; 17-32.

Miller, G. W. and R. G. Rice, 1982. European water treatment practices—the promise of biological activated carbon, Civil Eng., ASCE , 48(2): 80 - 83.

Mintz, D. M. and V. P. Krishtul, 1960. Investigation of the process of filtration of a suspension in granular bed, J. Appl. Chem., 33 ; 303 - 314.

O'Melia, C. R. and D. K. Crapps, 1964. Some chemical aspects of rapid sand filtration, J. AWWA , 56(10); 1326-1344.

O' Melia, C. R. and W. Stumm, 1967. Theory of water filtration, J. AWWA , 59 ; 1393 - 1412.

- 박태규, 박경환, 선경호, 1987. 수질오염, 동화기술 ; pp. 217 - 325.
- Rogers, M. E., 1964. Effect of control systems on filter performance, J. AWWA , 56(7) ; 907 - 914.
- Smith, C. V., 1967. Determination of filter media zeta potential, J. Sanit. Eng. Div., Proc. Am. Soc. Civil. Eng., 93(SA5) ; 97-107.
- 송승구, 박인수, 이민규, 주창식, 1989. 화학반응공학, 회중당 ; pp. 541 - 560
- Tchobanoglous, G., 1968. A study of the filtration of treated sewage effluent, Ph. D. Thesis, Standford University, Stanford, California.
- Tchobanoglous. G., 1970. Filtration techniques in tertiary treatment, J. Water Pollut. Control Fed., 42(4).; 243 - 265.
- Tobiason. J. E. and C. R. O'Melia, 1988. Physico-chemical aspects of particle removal in depth filtration, J. AWWA , 80(12) ; 54 - 64.
- Wathugala. A. G., T. Suzuki and Y. KuRiHaRa, 1987. Removal of Nitrogen, Phosphorus and COD from waste water using sand filtration systems with PHRAGMITES AUSTRALIS, Wat. Res., 21(10) ; 1217 - 1224.

謝

謝

本 論 文 이 나 오 기 까 지 정 성 어 린 指 導 와 助 言 을 주 신 姜 永 周 指 導 教 授 님 께 진 심 으 로 感 謝 드 리 며 本 論 文 을 校 閱 하 여 주 신 河 璣 桓 教 授 님 과 李 民 圭 教 授 님 그 리 고 많 은 助 言 과 격 려 를 주 신 宋 大 績 教 授 님 , 金 在 河 教 授 님 , 金 洙 賢 教 授 님 , 高 英 煥 教 授 님 께 깊 은 感 謝 를 드 립 니 다 .

本 論 文 이 나 오 기 까 지 함 께 고 생 한 食 品 加 工 實 驗 室 卒 業 生 과 在 學 生 여 러 분 의 勞 苦 에 깊 은 感 謝 를 드 리 며 ,

또 한 오 늘 이 있 기 까 지 協 助 하 여 주 신 濟 州 地 方 工 業 試 驗 所 所 長 님 과 職 員 여 러 분 께 깊 은 感 謝 를 드 립 니 다 .

끝 으 로 어 려 운 여 건 하 에 서 도 情 神 的 으 로 도 움 을 주 신 부 모 님 과 아 내 에 게 이 論 文 을 바 칩 니 다 .

