

11  
53P.P3  
72627

碩士學位論文

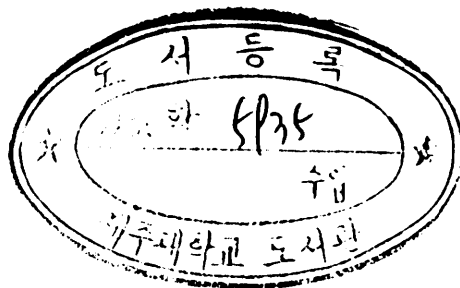
감태廢水의 송이 濾過層 높이에 따른  
濾過速度와 容量因子에 관한 研究

濟州大學校 大學院



제주식품공학교  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

康 正 煥



1990年 12月

감태廢水의 송이 濾過層 높이에 따른  
濾過速度와 容量因子에 관한 研究

指導教授 姜 永 周

康 正 煥

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함



1990年 12月

제주대학교 중앙도서관  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

康正煥의 工學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長

李 民 宅

委 員

高 榮 煥

委 員

姜 永 周

濟州大學校 大學院

1990年 12月

# A Study on the Filtration Rate and the Capacity Factor of Brown Seaweed Wastewater with Scoria Filter Bed Height

Jeong-Hoan Kang

(Supervised by Professor Yeung-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

1990. 12

# 목 차

## 기 호 실 명

Summary	-----	1
I. 서 론	-----	3
II. 이 론	-----	6
III. 재료 및 방법	-----	9
1. 실험재료	-----	9
2. 실험장치 및 방법	-----	10
IV. 결과 및 고찰	-----	13
1. 매질의 크기 및 유입수 농도에 따른 제거효율	-----	13
2. 체류시간에 따른 제거효율	-----	16
3. 유입수와 유출수와의 관계	-----	19
4. 여과속도별 수두손실의 변화	-----	20
5. 제거속도식	-----	23
6. 송이의 부착율과 여과용량계수의 산출	-----	24
V. 요 약	-----	28
VI. 참 고 문 헌	-----	29

## 기 호 설 명

A	:	$-\ln(C_0/C-1)$ 축의 절편
a	:	상수, $\text{cm}^{-1}$
B	:	회귀직선의 기울기
C	:	고형물의 농도, $\text{mg/l}$
$C_0$	:	초기 고형물의 농도, $\text{mg/l}$
K	:	부착율 계수, $\text{l/g}\cdot\text{hr}$
n	:	상수
q	:	비누적량, $\text{g/l}$
$q_u$	:	여과용량, $\text{g/l}$
$r_0$	:	초기제거율, $\text{cm}^{-1}$
S	:	단면적, $\text{cm}^2$
t	:	시간, hr
V	:	여과속도, $\text{L/m}^2\cdot\text{min}$
x	:	거리, cm
$\lambda$	:	여과계수, $\text{l/g}\cdot\text{hr}$



제주대학교 중앙도서관  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

## Summary

This study was conducted for the efficient utilization of a scoria, which is abundantly found in Cheju island, as filtration medium and the scoria was examined for its performance in clarification of wastewater extracted from a brown algae(*Ecklonia cava*), the main source of alginic acid.

The following results were obtained when various conditions of medium size, HRT(Hydraulic Retention Time), and initial concentration of wastewater were applied to the filtration system.

1. The smaller media and the longer HRT under constant concentration of wastewater showed higher SS removal efficiency. The same scoria size showed more effective SS removal efficiency at lower initial concentration than at higher initial concentration.
2. The higher HRT took longer time to reach headloss 3.0m and the accumulation of SS was suspected to have great influence on the headloss.
3. The removal coefficient  $n$  value in rate equation was found to be about 0.25 and the slope of linear were obtained as  $\alpha$  value. The  $\alpha$  value was 0.0094 in 8-16mesh and 0.00083 in 16-30mesh, respectively.

4. The filter capacity factor  $K$  and  $q_u$  were  $2.66\text{l/g}\cdot\text{hr}$  and  $3.43\text{g/l}$  in 8-16mesh, and  $2.34\text{l/g}\cdot\text{hr}$  and  $2.94\text{g/l}$  in 16-30mesh, respectively.
5. The results of the filtration experiment showed that the effluent quality became deteriorated after 3-4 days' operation.



제주대학교 중앙도서관  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

## I. 서 론

과거에는 오염되지 않은 깨끗한 상수원이 많이 존재하였기 때문에 그다지 물의 중요성을 느끼지 못하면서 생활해 왔다. 그러나 점차 인구가 증가하고 산업이 고도로 발달하면서 수자원의 소비가 급증하고 있으며, 이에 비례하여 폐수의 배출량이 증가함으로써 생활환경은 급속히 오염, 악화되어가고 있을 뿐만 아니라 그에 따른 피해도 발생하고 있다. 우리나라에서도 1960년대 초부터 수질오염 방지의 필요성이 대두되기 시작하였으며, 최근 많은 연구자들에 의해 날로 심각해져 가는 환경오염으로 부터 효율적이고 경제적인 환경보전과 오염방지책을 강구함과 동시에 처리방법의 개량 및 개발을 위한 노력이 이루어 지고 있다.

제주도는 4면이 바다라는 지형학적 특성때문에 지언히 해조류를 이용한 가공이 늘어나면서 유기물과 화학약품처리로 인한 수질오염에 대한 우려가 점차 높아지고 있으며, 최근에는 이의 처리방법에도 많은 관심을 가지게 되었다. 또한 바다라는 풍부한 자원을 이용한 양식산업 및 관광개발로 인한 각종 취락산업의 발달에 따라 폐수방출량이 급격한 증가로 인하여 이에 대한 처리 방법도 제주도기 앞으로 해결해야할 문제점이라 하겠다. 특히 양식산업은 제주의 지형상 유망한 산업이지만, 여기서 발생하는 어류들의 노폐물이나 먹이 찌꺼기 등으로 인하여 오염된 물을 처리도 제대로 하지 않은 상태에서 그대로 방류하고 또한 새로운 물을 사용함으로써 비경제적일 뿐만 아니라 해양환경오염에의 새로운 문제점으로 대두되고 있다.



폐수 처리의 초기형태는 토지에 폐수를 그대로 방류함으로써 자연여과형식을 취하였으나, 폐수량이 증가함에 따라 여과의 한계를 벗어나게 되어 악취 등의 여러 문제점들이 발생하게 되었다. 최초의 여과기는 1871년 영국 Birmingham에 건설되었다. 흙을 여재로 사용함으로써 여과기가 쉽게 막히게 되는 결점이 발생하게 되자, 1882년 영국의 런던에서는 1.5-7cm가량의 돌 및 쇠석으로 탱크를 채운뒤 하수를 간헐적으로 주입시켜 어느 기간동안 놓아두었다가 배수시키는 접촉여상이 개발되었다. 그 후, 돌이나 쇠석, 모래 등을 비롯하여 나무판, 목재, 플라스틱 및 석면판 등의 다양한 매질을 이용한 연구(Buswell, 1929; Schimrigk, 1933)가 이루어졌으며, 또한 수처리의 영역도 도시하수 처리, 산업폐수 처리의 영역으로 까지 넓혀지게 되었다.

폐수처리의 가장 중요한 목적중의 하나는 고형물의 제거인데, 여과 처리법은 일반적으로 침강에 의해서 제거되지 않은 작은 floc입자나 침전입자들을 제거하는데 이용되었으나, 최근에는 여러가지 입상매체를 이용하여 배출수를 여과시킴으로써 잔존 고형물을 제거하는 방법이 널리 이용되어지고 있다(Smith, 1967; Aiden, 1978; Miller, 1982; Wathigala, 1987; Tobiasson, 1988; Hand 등, 1989).

입자의 제거에는 매질입자의 크기, 유속, 체류시간(HRT), 기공율, 유기물 함량, pH, 입자전하 등 다양한 인자들이 영향을 미친다. Bargman 등(1958)은 입자크기는 소화슬러지의 거름성에 영향을 미치는 가장 중요한 변수중의 하나이며, 고형물입자가 포획됨에 따라 매질간의 다공성은 감소하게 되고 입력강하는 증가하여 수두손실에 현저한 영향을 미친다고 하였다. 그리고 Dahab와 Young(1977)은 유속, 입자 및 수두손실의 관계를 보고 하였으

며, Bernardo와 Cleasby(1980)은 여과에 있어서 수두손실이 증가함에 따라 정속 여과기는 감속 여과기보다 운전시간이 짧았다고 발표하였다.

Monk(1987)는 여과기의 깊이에 영향을 미치는 것은 매질의 깊이, 배출계의 형식, 조절 방식, 매질의 형태, 역세척계 형식 및 여과기 수두손실 등이라 보고하였으며, Ives(1969)와 Kawamura(1975)는 선택된 매질의 크기와 깊이는 여과속도를 좌우한다고 하였다. 또한 Tchobanoglous와 Eliassen(1970)은 수두손실은 비축적량에 대해 기하학적으로 증가한다고 보고 하였다. Ives(1969)는 층깊이에 따른 여과공정하에서의 입자의 분포를 수학적 분포에 의해 제시하였으며, 1937년 Iwasaki가 농도변화속도식을 사용하여 폐수처리에서의 수식의 도입을 처음 시도하였다.

최근 국내에서도 무연탄, 활성탄, 규조토, 모래, 제올라이트 등 많은 매질을 이용한 폐수처리의 적용여부에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 그 결과 처리방법에 있어서도 상당히 개선된 동시에 새로운 조작과 공정의 개발이 실용화 되었지만 송이(scoria)를 이용한 폐수처리에 관한 연구로는 최근 오(1989)의 보고 이외에는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 화산지역이라는 제주의 지형학적 특성 때문에 다량 산재해 있고, 부존 천연자원의 활용이라는 측면에서 상당한 관심이 되고 있는 송이를 여과매질로 이용하여 알긴산 공장의 주 폐수원인이 되는 감태 추출폐수를 원폐수로 하고 유입수의 SS농도에 따른 유출수의 SS 제거효율, 체류시간의 변화에 따른 유출수의 SS 제거효율, 운전시간에 따른 압력의 변화, 그리고 용량계수 등을 산출하였다. 이러한 각 여러가지 실험을 통하여 얻은 결과들은 송이를 이용한 여과법을 현장에 적용할때 유용한 기초자료가 되리라 생각한다.

## II. 이 론

### 1. 제거속도식

등온입상 여과장치에서 거리에 따른 농도의 변화속도에 관한 실험결과와 문헌에 발표된 자료에 의하면 응집-침강공정 배출수 중의 잔류현탁물질의 시간-공간제거율에 미치는 주요인자는 여과매체의 입도, 여과속도, 도입수의 입도 및 입도분포, floc강도, 여과기 안에서 제거되는 물질의 양 등인데, 제거속도식에는 이러한 인자들이 고려되어야 한다. 따라서 여과기안에서 축적되는 물질의 영향을 고려한 인자를 곱하여 준 다음과 같은 식(Tchobanoglous와 Eliassen, 1970)이 일반적으로 많이 사용되고 있다.

$$\frac{dC}{dx} = \frac{1}{(1+ax)^n} r_o C \left(1 - \frac{q}{q_u}\right)^m \quad (1)$$

식(1)에서 살펴보면, 여과기에서 제거되는 물질의 양이 작다면  $q=0$ 으로 들 수 있다. 따라서  $(1-q/q_u)^m=1$ 이 되므로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{dC}{dx} = \frac{1}{(1+ax)^n} r_o C \quad (2)$$

그러므로 실험에 의하여 여과층 깊이에 따른 농도변화를 구하면 매개변수 추산법에 의해 거리에 따른 농도변화식 즉, 제거속도식을 구할 수 있다.

### 2. 용량계수

Fig.1과 같은 여과장치에서 반경방향의 농도차를 무시한다면 흐름은 플

러그흐름 형태로 모델지을 수 있다. 여과조작에 있어서 그림에서 처럼 유입수의 초기 고형물농도가 C이고, 유량속도가 V이며, 단면적 S, 두께 dx인 여과기 미분요소에서 물질수지를 취하면 다음과 같이 된다.

$$\text{도입량} - \text{배출량} = \text{축적량} \quad (3)$$

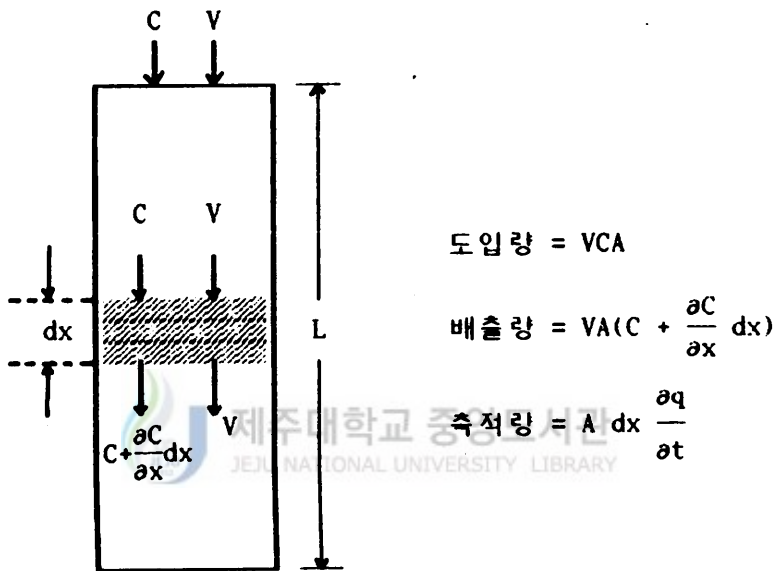


Fig.1. Schematic diagram of filter bed packed with scoria media.

따라서 이를 기호로 표시하면

$$VCA - VA\left(C + \frac{\partial C}{\partial x} dx\right) = A dx \frac{\partial q}{\partial t} \quad (4)$$

와 같이 되는데, 이를 정리하면

$$-V \frac{\partial C}{\partial x} = \frac{\partial q}{\partial t} \quad (5)$$

와 같은 식이 얻어진다.

또한 여과층 깊이에 따른 부유물질의 제거를 Iwasaki(1937)는 다음과 같

이 나타내었다.

$$-\frac{dC}{dx} = \lambda C \quad (6)$$

여기서  $\lambda$ 는 여과계수를 나타내며, 식(6)을 식(7)에 대입하면 다음이 얻어진다.

$$\frac{dq}{dt} = \lambda VC \quad (7)$$

Maroundas와 Eisenklam(1965)은 이론적, 실험적 연구에서 여재공극에서의 실제유속이 한계치에 도달하면 부유물질이 더이상 여재사이에 억류될 수 없다고 생각하여 여과계수  $\lambda$ 를 다음과 같이 나타내었다.

$$\lambda = K \left( \frac{q_u - q}{V} \right)^a \quad (8)$$

식(8)을 식(7)에 대입하면 다음과 같이 되는데,

$$\frac{dq}{dt} = K \left( \frac{q_u - q}{V} \right)^a VC \quad (9)$$

여기서 모델의 간략화를 위해  $a=1$ 로 두면

$$\frac{dq}{dt} = K(q_u - q)C \quad (10)$$

와 같이 나타낼 수 있다.

식(10)을 식(5)에 대입하면 미분방정식이 얻어지는데, 이를 풀면 다음과 같이 되고,

$$C = \frac{C_0}{\exp(Kxq_u/V - KC_0t) - \exp(-KC_0t) + 1} \quad (11)$$

이를 다시 정리하면 다음과 같이 된다.

$$-\ln(C_0/C - 1) = KC_0t - \ln[\exp(Kxq_u/V) - 1] \quad (12)$$

# I. 실험재료 및 방법

## 1. 실험재료

### 1) 여과매질

본 실험에서 여과매질로 사용한 송이(scoria)는 제주도 북제주군 한림읍 상명리 망오름에서 채취한 것으로서, 물로 수회 세척한 다음 부착물을 제거한 후 105°C에서 일정한 시간동안 건조시켜 수분을 제거하여 송이의 입자크기를 4-8, 8-16 및 16-30mesh 3종류로 분류하여 여과매질로 사용하였다.

### 2) 원폐수

실험에서 원폐수로 사용한 감태추출폐수는 제주도 북제주군 조천읍 북촌리 해안가에서 채취한 감태(*Ecklonia cava*)를 먼저 수돗물로 감태에 묻어있던 부착물을 제거한 다음, 일정기간 동안 수돗물에 담구어 추출한 후 50mesh 표준체로 감태 헝집물을 걸러낸 것이다. 실험에는 원폐수를 희석하여 SS 농도를 50mg/l, 100mg/l 및 150mg/l인 3종류로 사용하였으며, pH의 변화를 살펴보기 위해 측정된 결과 pH는 6.5-7.5로 비교적 양호하였다. 시료의 SS의 분석은 환경오염공정시험법(장, 1985)에 의하여 행하였다.

## 2. 실험 장치 및 방법

본 연구에 사용된 실험장치는 Fig.2와 같이 원수조, 반응조, 처리수조 등으로 구성되어 있다. 반응조는 내경이 10cm, 높이가 160cm인 원통형 투명 아크릴관으로 제작하였으며, 여기에 송이를 120cm 높이까지 채웠다. 반응조의 높이에 따른 유출수의 SS농도 변화를 보기 위하여 반응조상에 30cm 높이 마다 시료채취구를 만들었으며, 반응조 상단에는 온도계를 부착하였다.

실험은 상부에서 폐수를 주입시키는 하향흐름방식을 채택하였으며, 송이를 반응조에 충전할 경우에 기포의 발생을 방지하기 위하여 실험 원폐수의 70-80%의 SS농도를 가진 묽은 농도의 폐수를 송이와 같이 투입하였다. 또한 원폐수를 일정시간 동안 그대로 흘러보냄으로서 여과조에 송이와 함께 채워진 묽은 농도의 폐수가 완전히 배출된 다음 부터를 실험초기로 하여 실험을 행하였다.

본 연구에서는 매질의 크기에 따른 감태추출폐수 중의 고형물 제거효율을 보기 위하여 매질의 크기를 각각 4-8mesh, 8-16mesh 및 16-30mesh로 변화시켰으며, 동일유입수의 초기농도에 따른 유출수의 제거효율을 비교하기 위하여 유입수의 SS농도를 각각 50mg/l, 100mg/l 및 150mg/l로 달리하였다. 체류시간에 따른 유출수의 농도 변화를 보기 위하여 체류시간은 각각 1시간, 3시간으로 변화시켰으며, 일정시간 간격마다 각 시료채취구에서 시료를 채취하여 유출수의 SS농도를 측정하였다. 또한 시료채취시마다 마노메터를

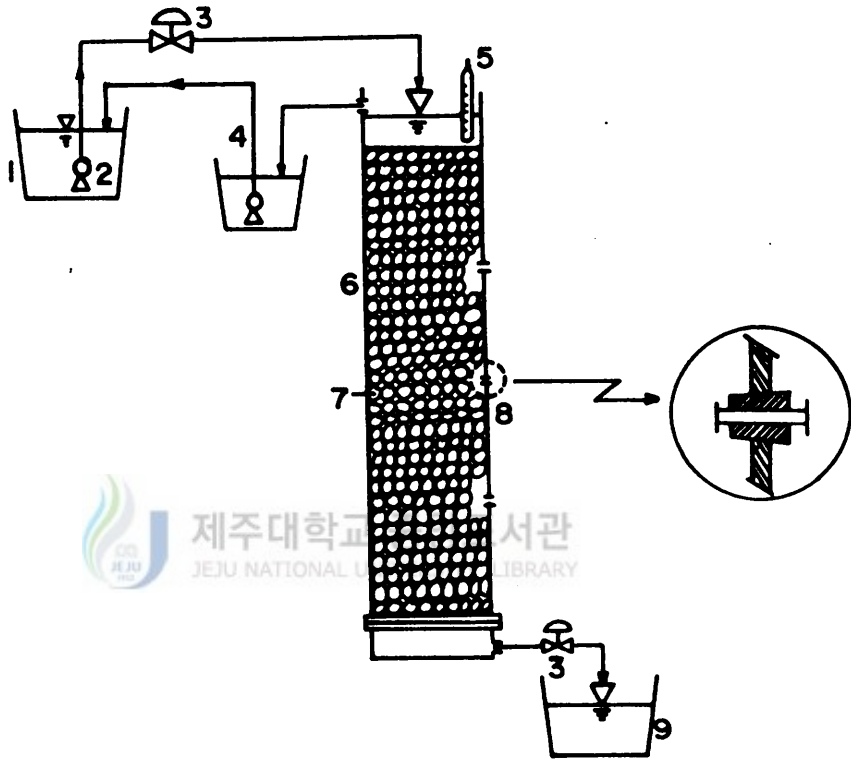


Fig.2. Schematic diagram of the experimental apparatus

- |                             |                   |
|-----------------------------|-------------------|
| 1. Raw wastewater reservoir | 2. Pump           |
| 3. Control valve            | 4. Overflow       |
| 5. Thermometer              | 6. Reactor        |
| 7. Media(scoria)            | 8. Sampling ports |
| 9. Effluent reservoir       |                   |



사용하여 각 시료채취 위치에서의 수두손실을 측정하였다. 체류시간의 조정은 시간이 흐름에 따라 고형물로 인하여 매질간의 폐쇄현상으로 유입수의 유속이 점차 줄어들기 때문에 유출수의 유량을 일정간격으로 측정하여 유출수 출구의 밸브를 인위적으로 조정함에 의해 유속을 일정하게 유지시켜 주었다. 실험실시 중간마다 간헐적으로 원수의 SS농도를 확인하였으며, 유출수의 pH변화를 보기위해 시료채취시마다 pH를 측정하였다.



## IV. 결과 및 고찰

### 1. 매질의 크기 및 유입수 농도에 따른 제거효율

Fig.3과 4는 매질의 크기를 4-8, 8-16 및 16-30mesh로 하고, 유입수의 SS농도를 50mg/l, 100mg/l 및 150mg/l로 변화시켰을 때 여과층 깊이애 따른 유출수의 SS농도 변화를 살펴본 그림이다.

Fig.3에서 보는 바와 같이 매질의 크기에 따른 제거효율은 매질의 크기가 가장 작은 16-30mesh의 경우가 4-8, 8-16mesh보다 좋게 나타났다. 초기 유입수의 SS농도에 따른 제거효율은 매질입자 크기가 16-30mesh, 유입수의 SS농도가 50mg/l일 경우에 약 82-89%로 100mg/l, 150mg/l의 각각 72-80%, 78-85%보다 높은 효율을 보여주고 있고, 4-8, 8-16mesh인 경우에도 초기유입수의 SS농도가 낮을수록 좋은 효율을 보였다. 이는 여과매체인 송이의 입자크기가 작아질수록 입자간의 간격도 작아서 고형물 입자의 유출이 어렵게 되고, 또한 비표면적이 상대적으로 커지기 때문에 고형물입자가 매질에 의해서 여과될 확률이 감소되기 때문이며, 그리고 매질 입자가 커지면 입자간의 공극이 커져 고형물입자의 유출이 용이해지고 입자간의 응집 또한 적어져 효율이 떨어지는 것으로 생각되었다.

Fig.4는 체류시간이 1시간인 경우 매질의 크기와 유입수 농도에 따른 제거효율을 나타낸 그림으로 여기에서도 매질의 크기가 작은 16-30mesh가 4-8, 8-16mesh보다 초기농도별 제거효율이 좋게 나타나고 있으며, 초기농도에

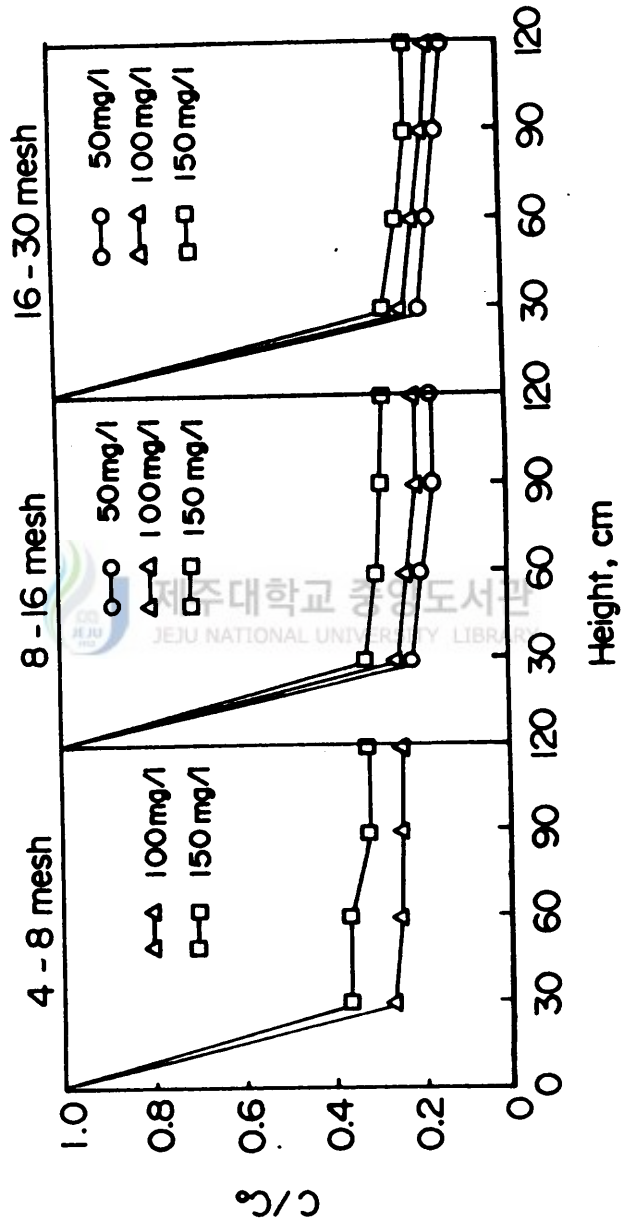


Fig. 3. Changes of SS concentration with media size and filter bed height (HRT : 3 hr)

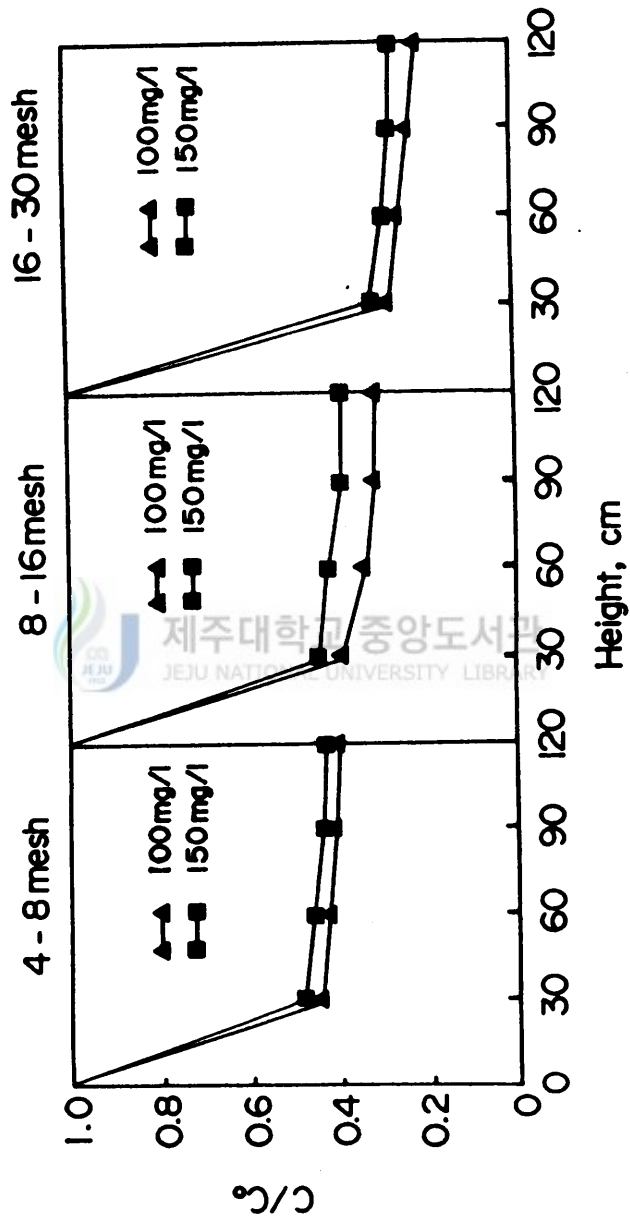


Fig.4. Changes of SS concentration with media size and filter bed height(HRT:1 hr)

서도 100mg/l인 것이 73-80%로 150mg/l의 70-73%보다 높아서 효율이 좋은 것으로 나타나고 있다. 입자크기가 4-8, 8-16mesh인 경우에도 100mg/l인 것이 55-60%, 60-68%로 150mg/l의 52-57%, 56-62%보다 효율이 좋은 것으로 나타나 Fig.3과 같은 결과를 보여주고 있다. 동일 매질에 따른 제거효율은 초기유입수의 농도가 작은 50mg/l인 것이 100mg/l와 150mg/l인 것보다 좋은 효율을 보였다. 이것은 유입수의 농도가 증가할수록 여과층을 통한 고형물의 흐름이 많아지고, 그로 인해 여과층 깊숙히까지 고형물이 침투하게 되어 그대로 흘러나오게 되어 여과의 효과가 적어지는 것으로 보아진다. 또한 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 여과층 30cm 깊이에서 대부분의 고형물이 제거되고 있으며 그 이후부터는 제거가 거의 조금 밖에는 일어나지 않음을 알 수 있는데, 이러한 결과는 Tchobanoglous와 Eliassen(1970)의 모래를 이용한 실험에서도 이와 비슷한 결과를 보이고 있다.

## 2. 체류시간에 따른 제거효율

Fig.5와 6은 매질의 크기에 따라서 체류시간에 따른 제거효율을 비교한 그림이다. Fig.5는 초기농도가 100mg/l이고 체류시간이 1시간인 경우 매질의 크기를 달리했을 때 유출수의 제거효율을 나타낸 것인데, 16-30mesh가 70-76%로 4-8, 8-16mesh의 55-59%, 60-65%보다 효율이 좋았으며, 체류시간이 3시간인 경우도 1시간인 것과 마찬가지로 16-30mesh인 경우가 78-82%로 4-8, 8-16mesh의 각각 70-72%, 75-78%보다 효율이 좋았다. 또한 각 매질에 있어서 체류시간의 영향을 보면 3시간인 것이 1시간인 것보다 제거효율면에서 더 좋았으며, 체류시간에 따른 각 매질간의 농도차는 3시간의 경우가 1

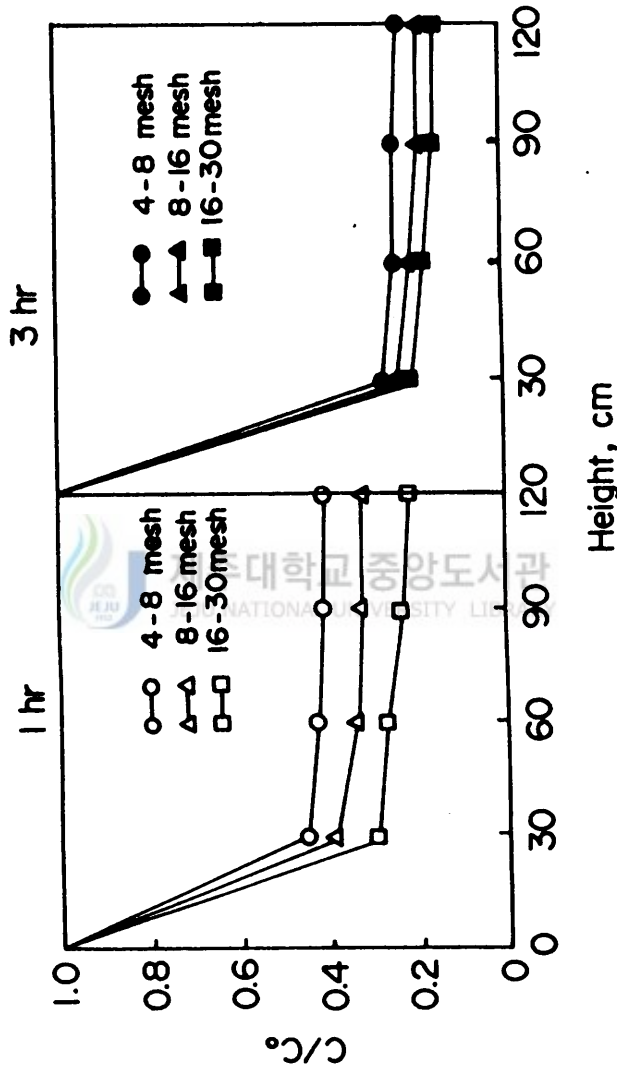


Fig. 5. Effect of HRT on removal efficiency with height from top of filter bed (initial SS 100mg/l)

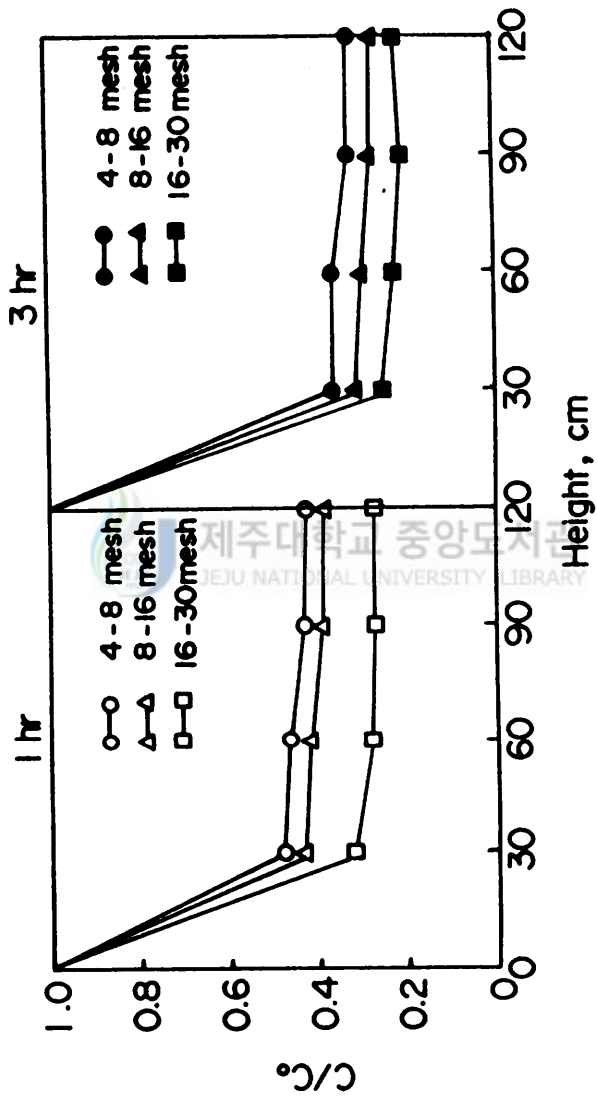


Fig.6. Effect of HRT on removal efficiency with height from top of filter bed (initial SS 150mg/l)

시간의 경우 보다 작았는데 이는 체류시간이 길어질수록 여과기내에서는 충분한 여과가 일어나기 때문으로 생각되었다.

Fig. 6은 초기농도가 150mg/l일 때의 체류시간에 따른 각매질의 제거효율을 비교한 것이다. Fig. 5와 마찬가지로 매질의 크기가 가장 작은 16-30mesh가 효율이 가장 좋았으며, 체류시간이 3시간인 경우에는 4-8, 8-16mesh 및 16-30mesh가 각각 63-67%, 69-71% 및 74-77%로 체류시간 1시간인 경우의 각각 52-57%, 58-61% 및 68-72%보다 좋은 효율을 보여서 체류시간이 길수록 제거효율이 높게 나타나고 있음을 알 수 있다. 그리고 각 매질간의 농도차도 역시 3시간인 경우가 1시간인 것보다 작았으며, 초기유입수의 SS농도에 따라 체류시간에 따른 제거효율을 비교해본 결과 초기농도가 낮을수록 각 체류시간에 있어서의 제거효율이 좋아짐을 알 수 있었다.



### 3. 유입수와 유출수의 관계

Fig. 7은 각 매질의 크기별 유입수의 농도에 따른 유출수 농도의 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 보여지는 바와 같이 유입수의 SS농도가 증가함에 따라 유출수의 SS농도는 증가하며, 유입수의 SS농도가 50mg/l인 경우에는 제거효율이 약 85%이고, 200mg/l인 경우에는 약 60%의 제거효율을 보이므로 유입수의 SS농도가 높아질수록 제거효율은 낮아짐을 알 수 있었다. 따라서 유입수의 SS농도가 증가함에 따라 유출수의 SS농도는 단조증가하는 경향을 보이며, 유입수의 SS증가는 곧 유출수의 수질악화를 의미하게 되는데, 이러한 결과는 Dahab와 Young(1977)이 보고와도 일치하고 있다.



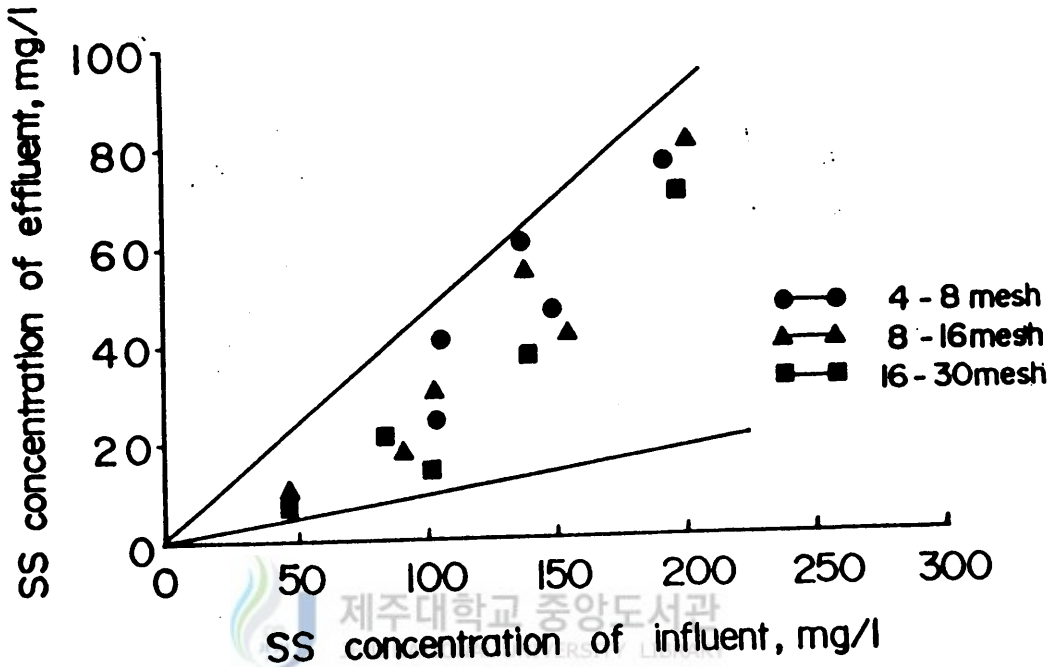


Fig.7. Relationship of effluent with at various SS concentration and medium size

#### 4. 여과속도별 수두손실의 변화

Fig.8은 여과속도가 다를 때의 수두손실과 여과시간과의 관계를 나타낸 그림이다. Dahab와 Young(1977)에 의하면 모래인 경우, 최종수두손실 3.0m가 되면 여과능력이 거의 없으며, 이때에는 역세척에 의해서 재사용을 고려해야 한다고 보고하고 있다. 본 연구에서도 그림에서 보여지는 바와 같이

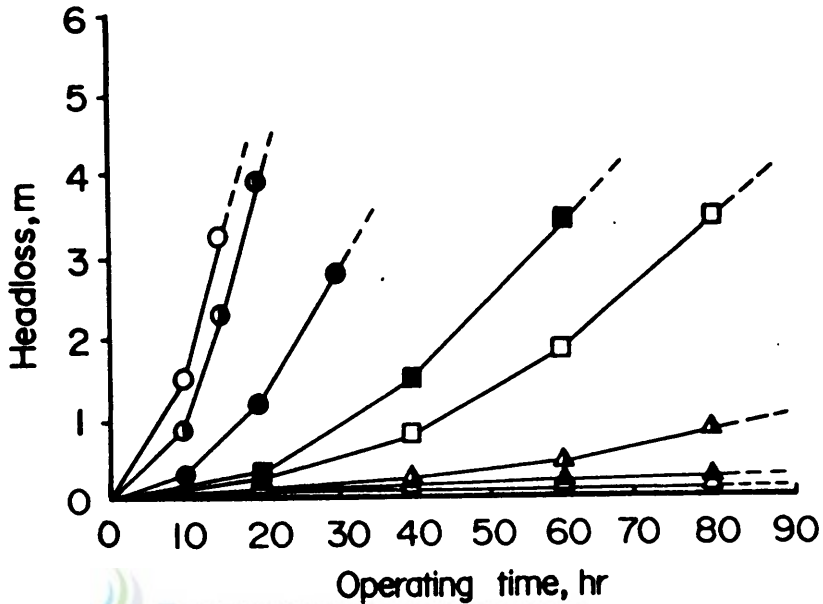


Fig. 8. Relationship of headloss with operation time depending upon filtration rate

- : 240L/m<sup>2</sup>·min    ●—●: 160L/m<sup>2</sup>·min    ●—●: 80L/m<sup>2</sup>·min
- : 8-16mesh, 25L/m<sup>2</sup>·min, 150mg/l    □—□: 8-16mesh, 25L/m<sup>2</sup>·min, 100mg/l
- ▲—▲: 8-16mesh, 4L/m<sup>2</sup>·min, 150mg/l    △—△: 8-16mesh, 4L/m<sup>2</sup>·min, 100mg/l
- ▲—▲: 16-30mesh, 4L/m<sup>2</sup>·min, 100mg/l

수두손실 3.0m를 초과한계로 보았을때 여과속도가 빠른 것일수록 최종수두 손실 3.0m에의 도달시간이 빨랐으며, 매질별로는 크기가 작은 것일수록 한 계에 빨리 도달하였다. 또한 여과속도가 빠를수록 수두손실 상승이 급속하게 상승하며, 속도가 낮을수록 여과개시 초기에는 수두손실이 서서히 상승함을 알 수 있다. 이것은 여과속도가 빠르면 많은 양의 고형물이 흘러 빠른 누적이 이루어 짐으로서 여과막 패쇄현상이 빨리 일어나기 때문으로 생각되었다. 따라서 여과속도가 커지고 매질이 작아질수록 수두손실은 증가

함을 알 수 있었는데, 이는 Tchobanoglous와 Eliassen(1970)이 수두손실은 누적된 총량에 지수적으로 비례한다는 보고와도 일치하였다.

Fig.9는 최종수두손실을 3.0m라 할때 여과속도 및 매질의 크기에 따른 여과시간을 살펴 본 그림이다. 모래인 경우 유입수의 여과속도가 빠를수록 최종수두손실 3.0m에 도달시간이 빨랐으며, 송이의 경우에도 마찬가지로 8-16mesh에서 유입수의 여과속도가 25 L/m<sup>2</sup>·min가 16-30mesh의 여과속도 4 L/m<sup>2</sup>·min보다 도달시간이 빨라서 여과속도에 영향이 컸음을 알 수 있다. 또한 8-16mesh에서는 유입수의 여과속도가 25 L/m<sup>2</sup>·min로 동일 할때 초기농도가 150mg/l인 것이 55시간으로 초기농도 100mg/l의 75시간보다 도달시간이

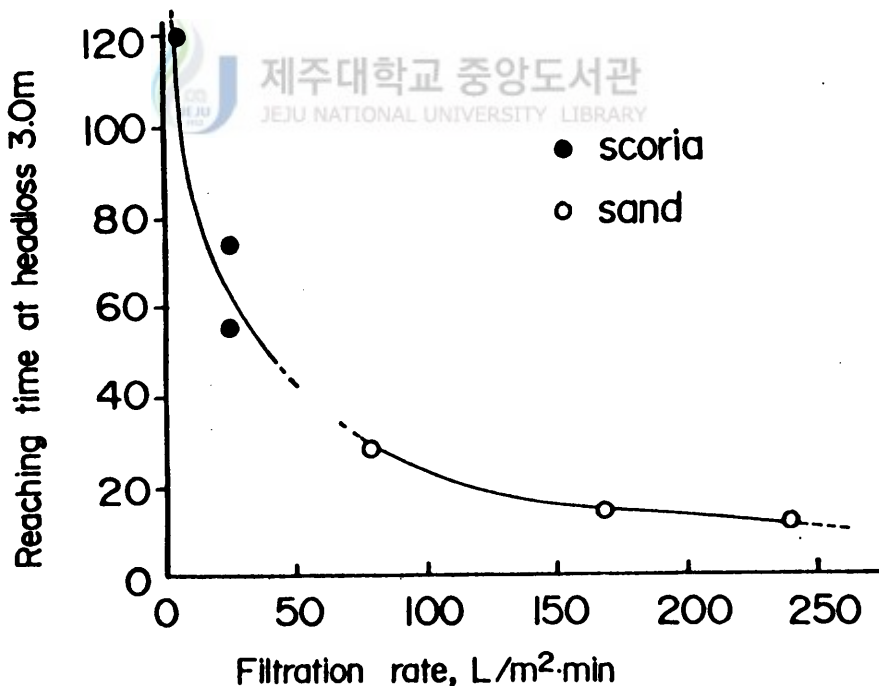


Fig.9. Relationship of filtration rate with operation time taken to reach 3.0m of headloss

빠름을 알 수 있었다. 따라서 유입수의 유량속도가 작아질수록 초기농도가 낮아질수록 여과의 운전시간이 길어짐을 알 수 있었다.

## 5. 제거 속도식

Fig.10은 여과층 높이에 따른 제거속도식에서의 파라미터를 구하기 위한 그림이다. 식(2)에서 초기제거율  $r_0$ 를 구한 다음, 임의의  $n$ 값에 대해, 여과층 깊이  $x$ 에 대하여  $[r_0C/(dx/dC)]^{1/n}$ 을 도시할때 직선에 잘 부합되는  $n$ 값을 찾고, 그때의 기울기로 부터  $a$ 값을 구할 수 있다.

Fig.10에서 직선이 되는 상수  $n$ 값은 1/4일때 제거속도식에 잘 맞았으며,  $a$ 의 값은 8-16mesh인 경우가 0.0094이고, 16-30mesh인 경우가 0.00083로 거리에 따른 영향이 거의 없는 것으로 생각되었으며, 특히 매질의 크기가 작을수록 거리에 영향이 적음을 알 수 있었다. 여기서 16-30mesh인 경우에 구한  $a$ 와  $n$ 값을 대입해서 식으로 나타내면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{dc}{dx} = \frac{r_0}{(1+0.00083x)^{1/4}} C \quad (13)$$

또한 대부분의 고형물 입자들의 30cm의 여과층 높이에서 제거되었는데, 이것은 유입수중의 floc이 큰 입자들이 여과층 30cm까지는 표면여과(cake filtration)가 이루어지고, 그 이후의 여과층 부터는 내면여과(inner filtration)가 진행되는 것으로 생각되었다. 이는 유(1985)가 고형물은 여과층 상층에 집중적으로 누적되며, 이러한 여과층 상층의 얼마 만큼의 깊이가 수로 수두손실의 발생을 일으키기 때문에 여층의 깊이와는 별 영향이 없었다는 보고와 일치함을 알 수 있었다. 따라서 거리에 따른 농도변화 즉, 제거

속도식은 (13)을 사용하기 보다는 Iwasaki가 제안한 식(6)을 사용하는 것이 보다 간편할 것으로 생각되었다.

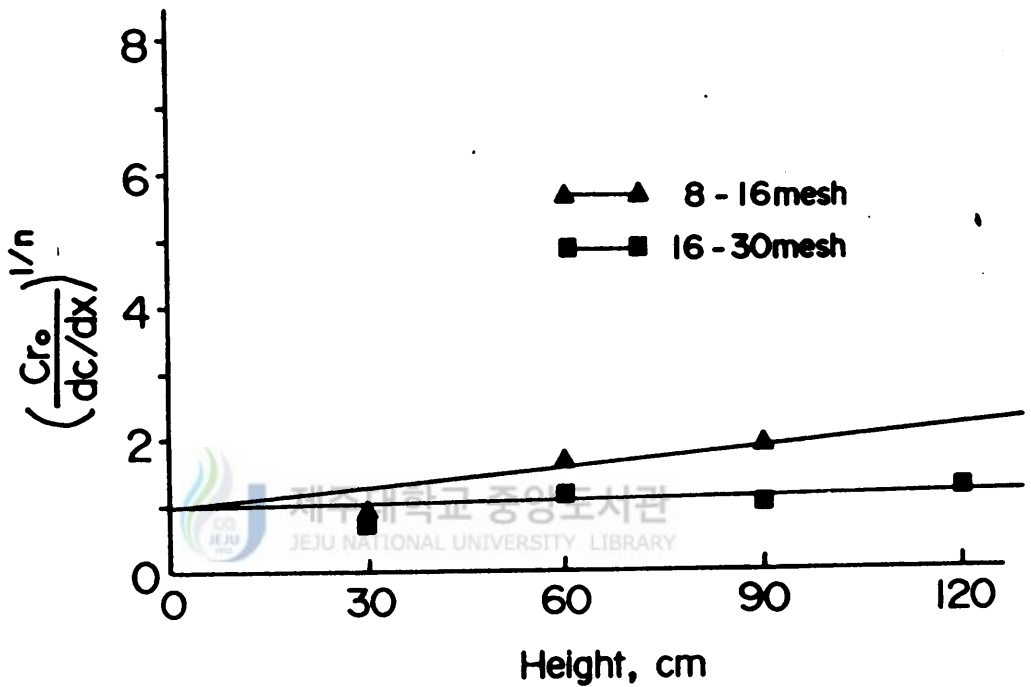


Fig.10. Determination of retardation term constants

#### 6. 송이의 부착율과 여과용량계수 산출

Fig.11과 12는 여과용량을 산출하기 위한 그림이다. 그림에서 보여지는 바와 같이 약 3-4일에서 여과막의 폐쇄에 의한 여과기능의 상실로 인하여 수질의 악화가 일어나므로 역세척을 하여 여과기능을 회복시킬 필요가 있는 것으로 사료되었는데, 이는 오(1990)의 보고와도 비슷한 결과를 보이고 있다.

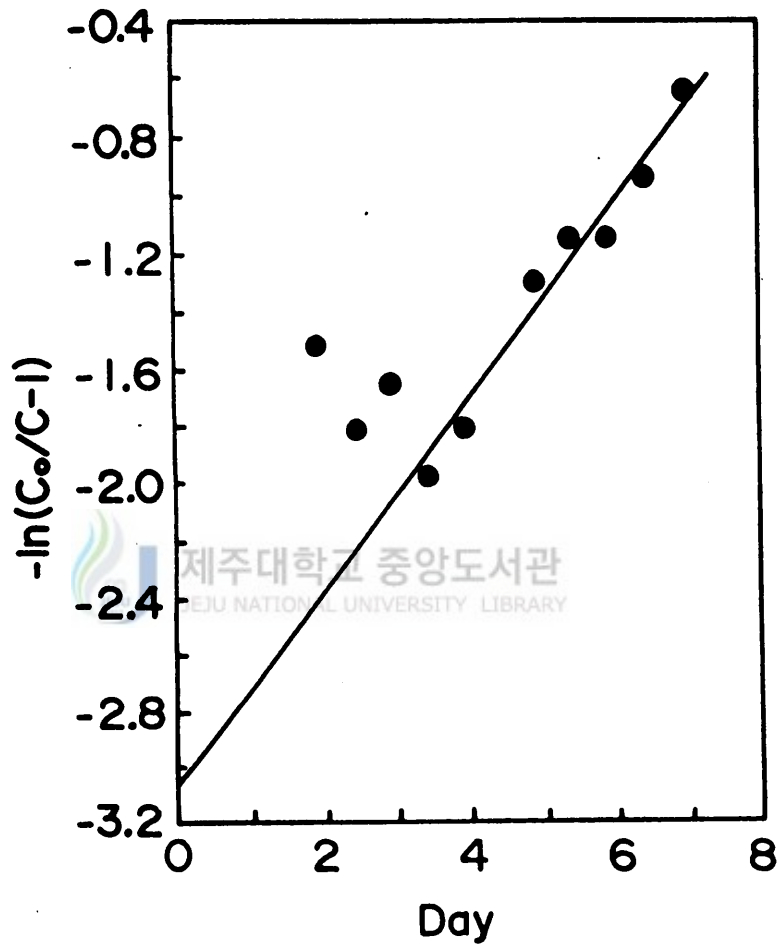


Fig.11. Linearization of data from filter bed(8-16mesh)

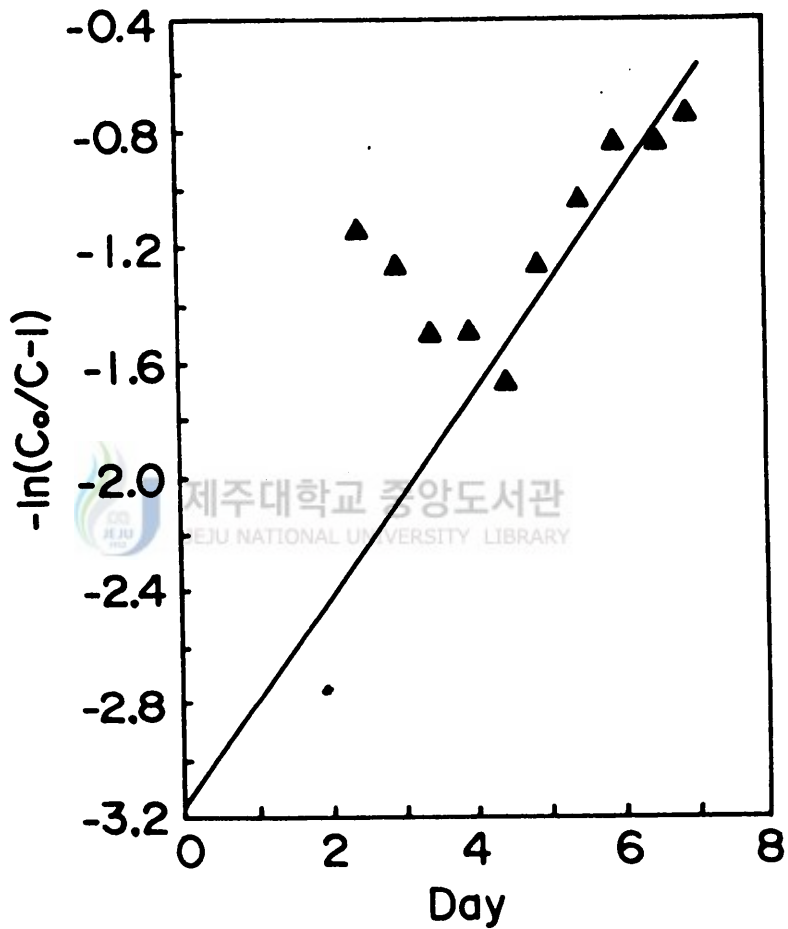


Fig.12. Linearization of data from filter bed(16 - 30mesh)

초기유입수 농도에 따라서는 농도가 높은 것이 낮은 것 보다 수질악화가 더 빨리 일어났으며, 매질에 따라서는 매질의 크기가 클수록 수질악화가 더 발생했다. 이러한 것은 매질의 크기가 작을수록 고형물이 여과층에서 충분히 여과가 되기 때문에 수질악화가 늦어지며 큰매질인 경우에는 고형물입자가 여과층을 그대로 통과하여 나오기 때문으로 생각되어진다. 그리고 유입수의 SS농도가 높아질수록 여과층에 통과되는 고형물 양이 그만큼 많게 되므로 여과매질에 의해 충분히 제거되는 양 이외에 유출되는 양도 다량 있기 때문에 수질악화가 빨리 오는 것으로 사료되었다.

그림에서 보면 여과초기에는 유출수의 농도가 차츰 향상되다가 나중에는 수질이 악화되는데, 본 연구에서는 초기에 여과가 양호하게 일어날때의 결과는 무시하고 부착율과 여과용량을 구하기 위해서 수질의 악화되는 시기의 자료만을 이용하였다. 제거속도식에서 여과층 상부에서 대부분 고형물이 제거되어 거리에 따른 영향이 거의 없었으므로 Iwasaki가 제안한 식(6)을 이용해서 여과용량계수를 구할 수가 있었다.

식(12)에서  $-\ln(C_0/C-1)$ 를 우변 t에 대해 도시하면 직선의 기울기 A로부터 부착율 K를 구할 수 있으며,

$$K = \frac{A}{C_0}$$

또한 절편 B로부터 여과용량  $q_u$ 를 구할 수 있다.

$$q_u = \frac{V}{KX} \ln(e^{-B} + 1)$$

그림으로부터 구한 부착율과 여과용량을 보면 8-16mesh인 경우 K가 2.661/g·hr,  $q_u$ 는 3.43g/l이며, 16-30mesh경우는 K가 2.341/g·hr,  $q_u$ 는 2.94g/l로서 매질의 크기에 따라 큰 차이를 보이지는 않았다.



## V. 요약

제주에 널리 산재해 있는 송이에 대한 여과매질로서의 사용가능성을 보고자 알긴산 공장폐수의 원인이 되는 감태(*Ecklonia cata*) 추출폐수를 가지고 매질의 크기, 체류시간의 변화 및 초기유입수의 SS농도를 달리해서 실험한 결과는 다음과 같다.

1. 유입수의 SS농도가 일정한 경우 매질의 크기가 작아지고 체류시간이 길어질수록 제거효율이 좋았으며, 동일 매질인 경우에는 초기농도가 낮은 것이 효율이 좋았다.
2. 제거속도식에서 제거변수인  $n$ 값은 1/4일때가 잘 맞았으며,  $a$ 값은 8-16 mesh가 0.0094이고, 16-30mesh가 0.00083으로 거리에 따른 영향은 작은 것으로 생각되며 매질의 크기가 작을수록 거리에 따른 영향이 적었다.
3. 수두손실이 3.0m일 때를 여과한계로 보았을 때 체류시간이 길수록 도달시간이 길었으며, 여과층 30cm이내에서 축적된 고형물이 수두손실에 주요 원인으로 작용하였다.
4. 여과용량 계수는 8-16mesh인 경우에  $K$ 값이 2.66l/g·hr,  $q_u$ 는 3.43g/l 이고, 16-30mesh인 경우에는  $K$ 가 2.34l/g·hr,  $q_u$ 는 2.94g/l의 값으로 계산되었다.
5. 연속적으로 여과를 행한 결과 약 3-4일에서 수질악화가 일어났다.

## Ⅵ. 참고 문헌

- Aiden, A. 1978. Solution of granular bed filtration equations, *Jour. Envir. Eng. Div.*, 104(EE3); 471-484.
- Bargman, R. D., et al. 1958. Sludge filtration and use of synthetic organic coagulants at hyperion. *Sew. & Ind. Waste*, 30; 1079-1092.
- Bernardo, L. and J. L. Cleasby. 1980. Declining-rate versus constant-rate filtration, *Jour. Envir. Eng. Div.*, 106(EE6); 1023-1041.
- Baumann, E. R. and J. Y. C. Huang. 1974. Granular filters for tertiary wastewater treatment, *Jour. Water Pollut. Control Fed.*, No.8.
- Bisker, C. D. and J. C. Young. 1977. Two-stage filtration of secondary effluent, *Jour. Water Pollut. Control Fed.*, 49(2); 319-331.
- Buswell, A. M. and E. L. Pearson. 1929. The nidus rack. A modern development of the travis colloidor, *Sewage Works Jour.*, 1; 187-201.
- 조영일, 정영규, 정팔진, 양병수, 오영민, 이수구, 이철희, 신성익. 1988. 폐수처리 공학, 동화기술, 248-273.
- Dahab, M. F. and J. C. Young. 1976. Unstratified-bed filtration of wastewater, *Jour. Envir. Eng. Div.*, 103(EE1); 21-36.
- Ghosh, G. 1958. Media characteristics in water filtration, *Jour. San. Eng. Div., Proc. ASCE*, SA1, Paper 1533; 1-25.

- Hand, D. W., J. C. Critlenden, H. Arora, J. M. Miller. and B. W. Lykins Jr. 1989. Designing fixed-bed adsorbers to remove mixture of organics. *Jour. AWWA*, 67-77.
- Hudson, H. E. Jr. 1948. A theory of the functioning of filters. *Jour. AWWA*, 868-872.
- Ives, K. J. 1969. Theory of filtration. Special subject 7. IWSA Congress, Vienna, Austria.
- Iwasaki, T. 1937. Some notes on sand filtration, *Jour. AWWA*, 29 (10); 1591-1602.
- 장준영. 1985. 환경오염공정시험법, 성안당, 33-63.
- 정규영. 1978. 다층여과에 관한 실험적 연구, 수도, 15; 2-12.
- Karr, P. R. and T. M. Koinath. 1978. Influence of particle size on sludge dewaterability, *Jour. WPCF*, 1911-1930.
- Kawamura, S. 1975. Design and operation of high-rate filtration (part 2), *Jour. AWWA*, 7(11); 653-676.
- Maroundas, A. and P. Eisenklam. 1967. Clarification of suspension : A study of particle deposition in granular media. part 2: A theory of clarification, *Chem. Eng. Sci.*, 20; 875-888.
- Mackrle, V. and S. Mackrle. 1961. Adhesion in filters, *Jour. San. Eng. Div., Proc. ASCE*, 87(SA5); 17-32.
- Miller, G. W. and R. G. Rice., 1982. European water treatment practices of biological activated carbon, *Civil Eng., ASCE*, 48(2); 80-83.

- Monk, R. D. G. 1987. Design options for water filtration equation,  
*Jour. AWWA*, 93-106.
- O'Melia, C. R. and W. Stumm. 1967. Theory of water filtration, *Jour. AWWA*, 59(11); 1393-1412.
- 오태문. 1989. 여과법에 있어서의 여재(송이)크기에 따른 갈조류 추출  
폐수의 여과효과, 제주대학교 석사학위논문.
- Rogers, M. E. 1964. Effect of control system on filter performance,  
*Jour. AWWA*, 56(7); 907-914.
- Schimrigk, P. 1933. Contact process, a new method of artificial  
biological sewage purification, *Sewage Works Jour.*, 5; 550-564.
- Smith, C. V. 1967. Determination of filter media zeta potential, *Jour. San. Eng. Div., ASCE*, 93(SA5); 97-107.
- Tchobanoglous, G. and R. Eliassen. 1970. Filtration of treated sewage  
effluent, *Jour. San. Eng. Div.*, 96(SA2); 243-265.
- Tobiason, J.E. and C. R. O'Melia. 1988. Physico-chemical aspects of  
particle removal in depth filtration, *Jour. AWWA*, 80(12); 54-64.
- Wathugala, A. G., T. Suzuki. and Y. KuRiHaRa. 1987. Removal of nitro-  
gen, phosphorus and COD from waste water using sand filtration  
system with PHRAGMITES AUSTRALIS, *Wat. Res.*, 21(10); 1217-1224.
- 유명진. 1985. 여과지 용량 결정을 위한 설계변수, *대한환경공학회지*, 7(1)  
; 43-54.

## 謝 辭

本 論 文 이 나 오 기 까 지 끝 까 지 指 導 를 해 주 신 婁 永 崙 지 도 교 수 님 께 감 사 를 드 리 며, 論 文 校 閱 에 많 은 도 움 을 주 신 李 民 圭 교 수 님, 高 英 煥 교 수 님 께 도 아 울 러 감 사 를 드 립 니 다. 그 리 고 곁 에 서 助 言 을 아 끼 지 않 으 신 宋 大 鎮 학 장 님, 金 在 河 교 수 님, 金 洙 賢 교 수 님, 河 璣 桓 교 수 님 과 激 勵 를 해 주 신 李 將 舜 교 수 님, 康 東 燮 선 생 님, 金 昌 龍 선 생 님, 吳 泰 文 선 배 님 께 도 감 사 를 드 립 니 다.

또한 실험하느라 고생하신 食品加工Ⅱ實驗室 재학생 여러분들과 끝으로 오늘이 있기 까지 많은 勇氣와 뒷바라지를 해주신 부모님 그리고 친지 어르신들과 두 동생에게 이 論文을 드립니다.