

濾過法에 있어서 濾材(송이) 크기에 따른 褐藻類 抽出 廢水의 處理效果

姜永周*, 吳泰文**, 李民圭***

Effect of Filtration with Variable Medium (scoria) Size on Wastewater
from Brown Seaweed Processing

Kang Young-joo*, Oh Tae-moon**, Lee Min-gyu***

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 packed column for waste water treatment was manufactured using scoria as medium, and the used waste water was the extract of a brown alga (*Ecklonia cava*) which is a raw material of sodium alginate.

In this study the removal efficiency of suspended solid (SS), biological oxygen demand (BOD), and chemical oxygen demand (COD) was investigated 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 packed column was not decreased even after 5 day' continuous operation.

서 론

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

수질오염의 주된 발생원은 가정하수와 공장폐수

로서, 이들 오염물질을 처리하는 가장 먼저 사용된 물리적 방법중의 하나인 여과 처리법(Hudson, 1948; Ghosh, 1958; Rogers, 1964; Hudson, 1969)은 침강에 의해서 제거되지 않은 작은 floc이나 침전입자들을 제거하기 위한 목적으로 많이 사용되는데, Iwasaki(1937)가 모래를 매질로한 여과에서 여과층 깊이에 따른 수질변화식 및 연속방정식을 처음으로 도출한 이래 많은 연구가 진행되어 오고 있

* 공과대학 부교수, ** 제주지방공업시험소, *** 공과대학 전임강사

으며, 최근에는 여러가지 입상매체를 이용하여 배출수를 여과시킴으로서 잔존 고형물을 제거하는 방법이 널리 이용되고 있다(Aiden, 1978; Wathugala, 1987; Tobiasosn, 1988).

음료수 처리에서는 여과처리가 기본 단위조작의 하나이지만 폐수처리 공정에서 사용되기 시작한 것은 그렇게 오래되지 않았다. Eliassen(1941)은 ferric hydroxide의 floc suspension의 여과처리에 대하여 연구 발표하였으며, Mintz와 Krishtul(1960)은 입상매체 여과법에 의한 여과의 경우에 입자의 부착과 탈리라는 두개의 반대 과정이 작용한다고 하였다.

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

Tchobanoglous(1970)는 생물학적 처리공정의 2차 처리 배출수에 대한 입상매체 여과에서 현탁고형물이 제거되는 메카니즘을 5단계로 구분하여 설명하였으며, 또한 여과매체의 입도분포 및 입자형상이 입자 제거효율과 두 손실에 영향을 미치고, 여과층 깊이와 여과속도는 두손실 및 연속조작 시간에 영향을 미친다고 하였다.

Baumann과 Huang(1974)은 생물 및 화학적 처리공정의 2차 처리 배출수중의 현탁고형물을 추가로 제거하는데 입상매체 여과기를 사용하여 효과를 보았다고 보고하였으며, 최근 국내에서도 최(1982)는 고정 폐기물의 활용 방안으로서 연탄재를 매질로 이용한 충전층 고정 미생물막 공법으로 저농도 유기성 폐수의 처리에 대한 연구를 발표하였다.

여과 매질로는 일반적으로 모래, 활성탄, 안트라사이트, 규조토 등이 많이 사용되고 있는데 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 산재해있는 송이는 화산이 폭발할 때 분출된 여러물질 가운데 다공질의 화산암, 화산도래, 기타 화산회 등이 혼합되어 이루어진 것으로 알려져 있어 입상매체 여과의 매질로 적합할 것으로 기대되는데, 이에 대한 연구는 거의 보이지 않고 있다. 따라서 본 연구에서는 부존 천연자원인 송이를 활용하는 측면에서 송이를 입상매체 여과매질로 사용하고, 제주도내 근해지역 수질오염원 중의 하나로 대두되고 있는 알긴산소다 제조 공장에서 주 원료로 사용되고 있는 갈조류(감태) 추출물을 원폐수로 사용할 때, 매질인 송이의 크기에 따른 여과처리 성능을 검토하였다.

실험재료 및 방법

1. 실험재료

1.1. 여과매질

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

1.1.1 송이의 물리적 특성

KSF2529-86 및 2534-87에 의거 시험한 송이의 물리적 특성을 표 1에 나타내었다. 표에 나타난 바와 같이 송이는 비중량(specific weight)이 0.9-1.2 g/cm³으로서 일반적인 모래의 비중량 1.60-1.70g/cm³에 비하여 가벼운 매질임을 알 수 있었다. 송이

Table 1. Physical properties of scoria

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

의 흡수율은 25.3%로서 모래의 0-2%와 비교할 때 상당히 높을뿐만 아니라, 기공율도 35.4%로 비교적 큰 것으로 나타났다.

1.1.2 송이의 화학적 특성

KSE 3807-'86에 의거 시험하여 얻은 송이의 화학적 성분을 표 2에 나타내었다. 송이의 주성분은 SiO₂와 Al₂O₃로서 그 구성 성분의 함량은 다르지만 모래 및 연탄재와 비슷한 성분들로서 구성되어 있음을 알 수 있었다.

Table 2. Chemical properties of scoria (%)

Ig.loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O+K ₂ O	Chloride
0.48	45.68	22.68	13.60	10.50	4.13	0.40	0.41

이들 화학성분들 중 SiO₂는 흡착제로, Al₂O₃, CaO 및 MgO 등은 응집제로, 또한 CaO와 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.

1.2 실험에 사용된 폐수
제주도산 감태(Ecklonia cava)를 담은 용기에

적정량의 물을 채워 1주일동안 추출한 다음, 50me sh의 표준체로 고형물을 제거하고 회석하여 표 3과 같은 농도로 만든 것을 원폐수로 사용하였다.

Table 3. Characteristics of waste water

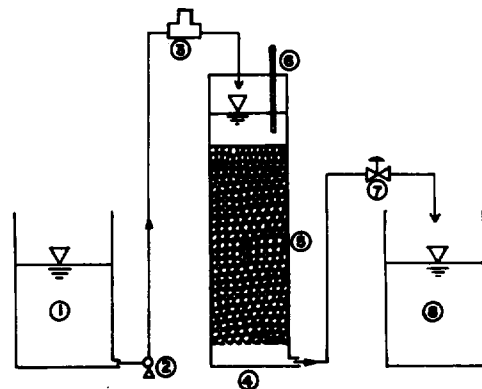
Measuring items of waste water, mg/l			
BOD ₅	COD _{Mn}	SS	pH
287	326	200	6.5~6.9

2. 실험장치 및 방법

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

반응조 내에서는 사용된 송이를 60cm 높이로 채운다음, 일정농도로 만든 원폐수를 일정수두 조절장치가 부착된 반응조 상단의 저장조로부터 공급하였다.

입상매체 여과실험은 운전시간에 따른 처리능을 살펴보기 위하여 각 매질 크기 별로 5일동안씩 실험



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

Fig.1. Schematic diagram of experiment apparatus.

시하였으며, 이 때 체류기간은 약 3시간 정도로 일정한 값으로 유지시켰다. 반응조 하단에 설치된 처리수 저장조에서는 운전초기인 1일 동안은 매 5시간마다, 그 이후는 24시간마다 시료를 채취하여 분석에 사용하였으며, 각 시료에 대한 BOD₅, COD_{Mn}, SS 분석은 환경오염 공정 시험법(1985)에 따라 실시하였다.

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 있지만, 모든 매질에서 실험초기에 급격히 감소한 후 120시간(5일)까지 거의 일정한 값을 유지하고 있음을 알 수 있었다.

매질별로는 입자의 크기가 작을수록 처리수의 SS 농도가 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.

여과매질을 연속사용할 경우의 여과능을 살펴보면 매질의 크기가 16-30mesh의 경우에는 약 4일후부터 여과능이 다소 감소하는 경향을 보이고 있는 하지만, 전반적으로 본 실험의 매질크기 범위에서는 5일동안 연속 사용하여도 여과능이 지속되고 있음을 알 수 있었다. 따라서 모래를 매질로한 연속 여과의 경우 매질간의 공극에 고형물이 축적됨에 따른 공극폐쇄 현상으로 인하여 2~4일마다 역세척(박 등, 1987)해야 하는 것과 비교할 때, 송이를 매질로 사용한 본 실험의 경우에는 여과능이 5일 동안까지도 지속되어 송이가 모래보다 여과매질로서 우수한 것으로 생각되었다.

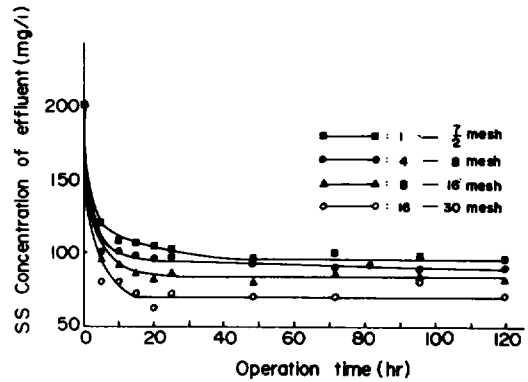


Fig. 2. Changes of SS concentration with variable medium size.

2. BOD 및 COD 제거효율

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

그림에서 보여지는 바와 같이 BOD 및 COD도 S와 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 작아질수록 처리수의 BOD 및 COD 농도가 낮아져 제거율이 커짐을 알 수 있었다.

본 실험에서 처리수의 BOD 및 COD값은 이의 측정용 위해 다량의 시료를 모두 여과 시키기는 곤란하여 SS를 제거하지 않은 채 측정된 값으로서 처리수의 용존성 BOD 및 COD농도와 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 작아질수록 처리수의 BOD 및 COD 농도가 감소하는 것과 매질의 크기가 작을수록 비표면적이 커지는 것으로 부터 유추할 수 있었다.

매질의 입자 크기가 작을수록 BOD 및 COD의 제거효율이 증가하는 것은 매질입자의 크기가 작아질수록 비표면적이 증가에 의한 것으로 사료되므로, 송이에 의한 BOD 및 COD 제거는 송이 표면에서의 확산율속과정(송 등, 1989)일 것으로 생각되었다.

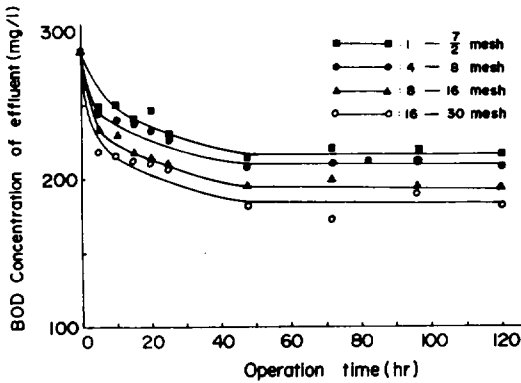


Fig. 3. Changes of BOD concentration with variable medium size.

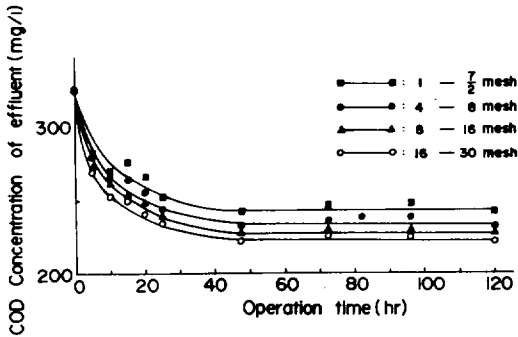


Fig. 4. Changes of COD concentration with variable medium size.

3. 매질의 크기에 따른 제거 효율

매질의 크기에 따른 BOD, COD 및 SS의 제거 효율을 구하여 표 4에 나타내었다. 매질 별로는 본 실험범위에서 가장 크기가 작은

16-30mesh의 매질의 경우 SS, BOD 및 COD 각각의 제거효율이 가장 높다는 것을 알 수 있었으며, 동일 매질에서는 SS의 제거효율이 BOD 및 COD보다 훨씬 높다는 것을 알 수 있었다. SS 제거효율이 BOD와 COD 제거 효율보다 좋은 것은 SS의 감소가 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 실험결과와 비교해 보면, 연탄재의 경우 매질 1kg당 BOD가 1kg당 평균 166mg/day, COD는 1kg당 평균 209mg/day가 제거된 반면에 송이의 경우에는 제거율이 가장 떨어지는 1-3½mesh인 매질에서도 BOD는 949mg/day, COD는 1087mg/day로서 연탄재를 매질로한 경우보다도 제거능력이 높게 나타나 연탄재 매질보다 송이 매질의 제거능력이 양호한 것으로 판단되었다.

적 요

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

Table 4. Removal efficiencies with medium size

Items	Removal efficiencies (%)			
	1-3½mesh	4-8mesh	8-16mesh	16-30mesh
BOD ₅	25	28	32	36
COD _{Mn}	25	28	30	31
SS	52	55	57	63

1. 매질 입자의 크기가 작아질수록 처리효율은 증가하였다.

2. 매질입자의 크기가 같은 경우에는 SS의 제거효율이 BOD 및 COD 제거효율보다 높았다.

3. 송이는 용존성 부유물의 제거보다는 잔류성 부유물의 제거에 더 효과적인 것으로 생각되었다.

4. 본 실험조건에서는 연속 5일 동안 운전한 경우에도 여과능은 저하되지 않았다.

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.
- Biskner, C. D. and J. C. Young, 1977. Two-stage filtration of secondary effluent, *J. Water Pollut. Control Fed.*, 49(2): 319~331.
- 조광명, 1983. 층진상 고정미생물막공법에 의한 저농도 유기성 폐수의 처리, *대한환경공학회지*, 5(2): 2~10.
- 최의소, 1982. 연탄재를 이용한 폐수처리 공법의 개발방향, *고려대학교 생산기술보고서*; 1~86.
- Eliassen, R., 1941. Clogging of rapid sand filters, *J. AWWA*, 33(5): 926~941.
- Ghosh, G., 1958. Media characteristics in water filtration, *J. Sanit. Eng. Div., Proc. Am. Soc. Civil Eng.*, SA1, Paper 1533: 1~25.
- 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., 1969. Functional design of rapid sand filters, *J. Sanit. Eng. Div., ASCE*, 89(SA1): 17~28.
- Iwsaki, T., 1937. Some notes on sand filtration, *J. AWWA*, 29(10): 1561~1602.
- 장준영, (1985), 환경오염 공정시험법, pp.33~63. 성안당.
- 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.
- 박태규, 박경환, 신경호, 1987. 수질오염, pp.217~325. 동화기술
- Rogers, M. E., 1964. Effect of control systems on filter performance, *J. AWWA*, 56(7): 907~914.
- 송승구, 박인수, 이민규, 주창식, 1989. 화학반응공학, pp.541~560. 회중당:서울.
- 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.