

# 섬유망 매디아를 이용한 하천수질 정화공법의 처리효율 평가

김이태 · 정원식

## 1. 서론

현재 하천정화 공법중 가장 많이 사용되고 있는 역간접촉 산화법의 경우 자갈과 쇄석을 매디아로 이용하여 하천수를 처리하는 방법으로 BOD와 SS의 제거율이 유입수의 수질에 따라 40~70% 범위에서 처리되는 것이 일반적이다. 최근 페콘크리트나 페타이어 등을 사용하며, 처리효율은 자갈을 이용한 역간접촉 산화법과 동등하며 제거율은 35~65%정도이다. 또한 일본에서 섬모상(끈상)을 이용한 공법도 개발되어 있으며, 제거율은 45~80%정도이다. 이러한 기존 공법들의 대표적인 문제점들은 시설의 부지면적이 크고, 매디아의 비표면적이 적을 경우 부지면적은 이에 비례하여 증가한다. 일반적인 하천은 수리 및 수질적 변동이 심한데 이와 같은 심한 수질변동에 안정적인 처리효과를 얻기가 어렵고, 슬러지에 의한 매디아의 막힘현상, 슬러지 재부상 문제가 발생하므로 운영관리상의 문제를 개선한 공법의 개발이 필요하다.

국내의 하천정화공법은 한국건설기술연구원에서 안양천 지류인 학의천에 접촉산화조를 최초로 설치하였으며, 여재로 페콘크리트, 페타이어, 자갈을 이용하여 실험을 실시하였다(KICT, 1995). 또한 현재까지 계속적인 실험적 연구를 통해 기존 수평류식 자갈(쇄석) 접촉산화법의 단점을 보완하여 실제 하천에 실규모의 처리시설을 다수 설치한 경험을 갖고 있다(KICT, 1998).

그러므로 본 연구의 목적은 대체 매디아의 개발을 위해 섬유망 모듈을 이용한 정화공법을 개발하는 것이며, 이를 위해, 섬유망 매디아의 특성을 평가하기 위한 실내실험과, 현장 적용성 평가를 위한 Pilot plant 실험을 수행하여 실규모 플랜트의 설계인자를 도출하였다.

## 2. 재료 및 방법

본 연구에서는 새로운 하천정화공법 개발을 위해 실내실험과 Pilot plant 실험을 수행하였다. 실내실험에 사용된 반응조의 개략도를 그림 1에 나타내었으며, 매디아의 충전형태에 따른 특성을 평가하고, 최적 수리학적 체류시간(HRT)을 도출하기 위하여 체류시간을 1.5hr, 2hr, 2.5hr, 3hr으로 변화를 주어 실험을 실시하였다. 반응조 총 체적은 17.4 L이고, 1일 유입량은 체류시간에 따라 139.9 ~ 278.4 L이다.

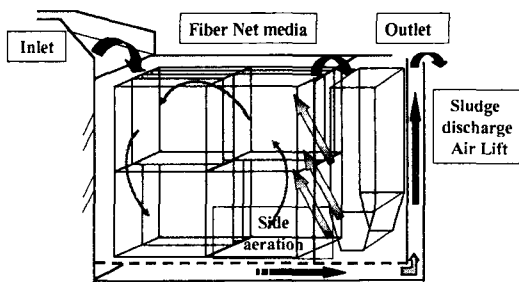


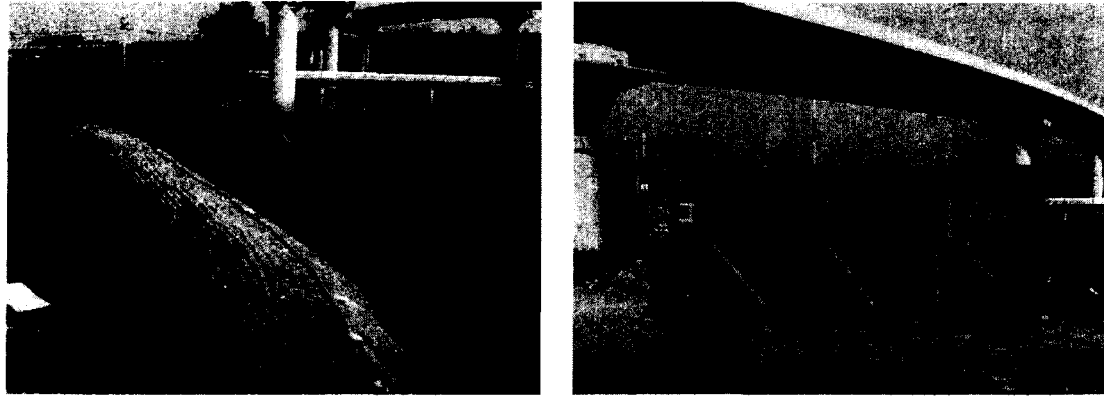
그림 1. 실내실험 반응조 개략도

표 1. 유입수의 수질 특성

Item	pH	Temp. (°C)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)
Range	6.3~7.8	18~25	5.1~7.8	6.8~97.1	30~115	15~74
Average	7.2	23	7.4	37.3	60	45

김이태 한국건설기술연구원 수자원환경연구부, 선임연구원  
정원식 한국건설기술연구원 수자원환경연구부, 선임연구원

현장 적용성 평가는 경기도 고양시 도촌천에 pilot plant를 설치하여 수행되었으며, plant의 진경을 그림 2에 나타내었다. Pilot plant의 특징은 최종 침전지를 메디아를 충전하여 생물막 여과조로 기능을 개선한 것이다. 실험방법은 실내실험에서 도출된 적정 체류시간 2시간으로 운전하였다.



(a) 유입수 취수 라인

(b) Plant 설치 전경

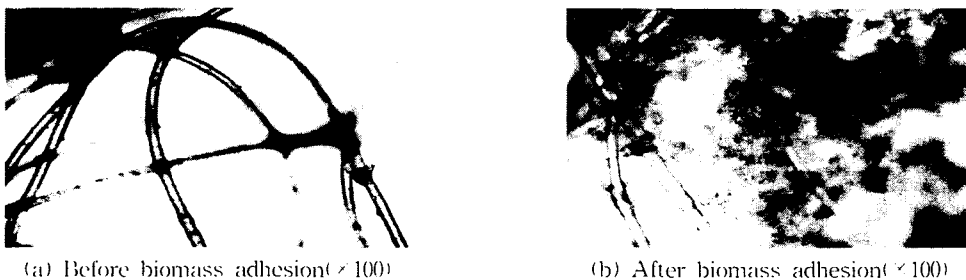
그림 2 Pilot plant의 전경

Pilot plant 운전 기간 동안의 유입수의 수질특성을 살펴보면, BOD가 8.2-15.4로 평균 12.4mg/L을 보였으며, TCOD는 11.7-59.8(평균 32.7mg/L)mg/L SCOD는 14.8-42.2(27.9mg/L)mg/L로 비교적 오염도가 심한 하천이었다. 본 Pilot plant의 운전이 2002.10.14-2002.12.17일까지 비교적 수온이 낮은 시기에 운전되어 2.5-21.2(평균 9.5℃)로 생물학적 처리에 비교적 불리한 온도조건이 유지되어 저수온기 및 동절기의 처리특성을 분석할 수 있었다. 용존산소량은 최대 12.9mg/L에서 최소 7.0mg/L이었고 평균 9.4mg/L이었다. 최대 DO값이 12.9mg/L로 높게 나타난 원인은 하상에 번식한 조류 및 수생식물등의 광합성으로 인한 것으로 판단된다. 특히 유입수의 TCOD/SCOD의 비는 약 1.2를 보이고 있어 용존성 COD의 비율이 부유성 COD 보다 높게 나타나고 있다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 미생물 부착특성

그림 3에 여재표면의 미생물의 부착전과 부착후의 모습을 광학현미경으로 관찰한 사진을 나타내었다. 미생물의 군집량 변화를 보면, 13일까지 계속적으로 증가하고, 13일 이후에는 생체량(biomass)이 부착미생물의 탈리 현상으로 인해 감소되고, 미생물의 재생산(reproduction)으로 인해 다시 증가되는 경향을 반복해서 나타나고 있다.



(a) Before biomass adhesion( $\times 100$ )

(b) After biomass adhesion( $\times 100$ )

그림 3. 미생물 부착 전후의 media 사진

### 3.2 HRT 변화에 따른 수질정화 효율

그림 4와 그림 5에 HRT변화에 따른 반응조내 SS 및 COD의 처리효율 변화를 나타내었으며, SS 및 COD의 평균 처리효율이 각각 86.1%, 80.4 %로 나타났다. 또한 유입부하 변화에 따른 유기물 처리효율은 SS, COD, BOD 모두 심한 유입부하 변동에서도 안정적이고, 높은 처리효율을 나타내는 것으로 조사되었다.

그림 6에 매디아 종류에 따른 유기물 처리효율을 나타내었으며, 섬유망 여재에서 SS (87.3%), COD(81.3%), BOD(79.5%) 제거율이 세라믹 SS(47.2%), COD(58.2%), BOD(54.2 %)과 자갈 SS(60%), COD(59.5%), BOD(54.2%)보다 높은 유기물 처리효율을 나타내었다. 또한 표 2에 매디아별 처리용량을 비교 하였으며, 섬유망 여재가 다른 여재들 보다 2배 이상의 처리가 가능하였다. 이는 섬유망 여재의 비표면적이 크고, 공극률이 높은 특성을 가지고 있기 때문으로 사료된다.

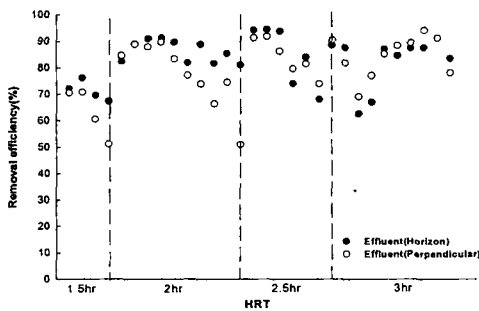


그림 4. HRT 변화에 따른 SS 제거효율

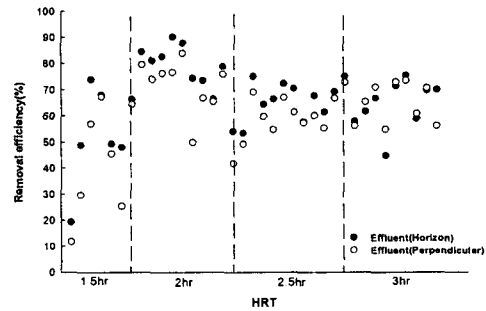


그림 5. HRT 변화에 따른 COD 제거효율

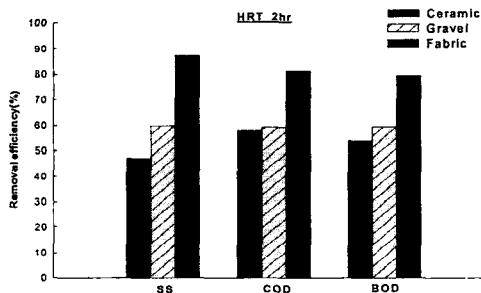


그림 6. 매디아 종류에 따른 처리효율 비교

표 2. 매디아 종류에 따른 처리용량 비교

Item	Vr	Vm	Vw	Vw/Vr* 100(%)	Vm/Vr* 100(%)	Treated Water Volume(m <sup>3</sup> /day)	
						HRT	Volume
Ceramic	1m	0.71m	0.29m	29	71	1.5hr	4.63
						2hr	3.47
Gravel	1m	0.63m	0.37m	37	63	1.5hr	5.93
						2hr	4.44
Fabric	1m	0.11m	0.89m	89	11	1.5hr	14.20
						2hr	10.65

### 3.3 Pilot plant에 의한 저수온기 처리효율 평가

그림 7에 pilot plant 운전 기간 동안 유입수의 수온 변화를 나타내었으며, 평균 9.5℃ 이었다. 수리학적 체류시간 2시간으로 운전된 plant에서 유입수 및 유출수의 SS 농도변화 및 제거효율을 그림 8에 나타내었다. 유입수의 평균 SS 농도는 최고 53.1mg/L, 최저 10.8mg/L, 평균 24.9mg/L 이었으며, 유출수의 SS 농도는 3.4 ~ 13.2mg/L의 범위이며, 평균 농도는 5.6mg/L로 나타났다. SS의 제거효율은 평균 74.6% 이었으며, 17.7 ~ 94.0 %의 범위로 나타났다.

SS 농도는 Plant가 안정화된 이후에는 유입수의 농

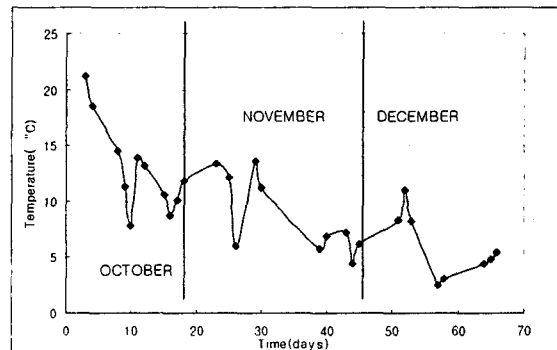


그림 7. pilot plant 운전기간 동안의 수온 변화

도변화에 관계없이 일정한 유출농도를 보여주고 있어 최종 침전지를 생물막 여과조로 개선한 효과가 높은 것으로 판단된다.

그림 9에 TCOD의 농도 및 제거율 변화를 나타내었으며, 제거율은 Pilot plant 운전 시작후 약 5일 후 안정화 되기 시작하였다. 안정화 후 약 2달간 운전되었으며, 이 기간 동안 유입수의 TCOD 농도는 평균 32.7mg/L, 농도범위는 11.7 ~ 59.8 mg/L 이었다. 처리수는 평균 14.5 mg/L, 2.1 ~ 30.4 mg/L의 범위를 보였으며, 제거효율은 평균 52.6%, 최고 88.9%로 나타났다. 특히 TCOD의 제거율은 SS의 제거율과 유사한 경향을 보여주고 있다.

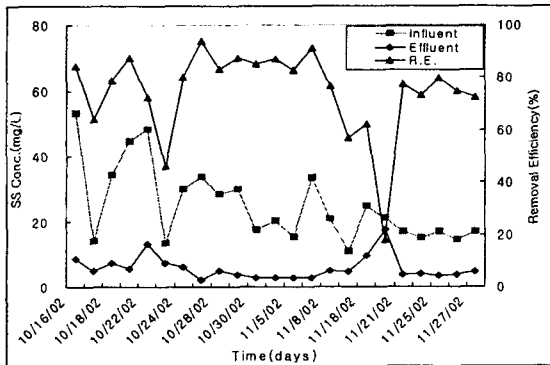


그림 8. SS의 농도 및 제거효율 변화

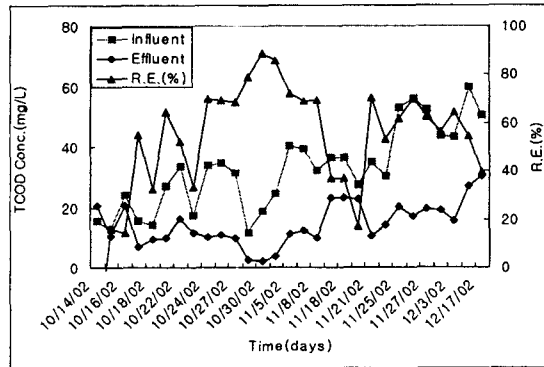


그림 9. TCOD의 농도 및 제거효율 변화

운전기간 동안 SS의 유입부하율은 0.036~0.176 kgSS/m<sup>2</sup>·day의 범위를 나타내었다. 이 기간동안 평균 75%의 SS 제거효율을 보여 부하율 변동에 따른 처리효율 변화는 보이지 않았다. 또한 TCOD의 부하는 0.039~0.197 kgTCOD/m<sup>2</sup>·day의 범위를 나타내었다. 부하변동에 따른 제거율 차이는 크지 않았으나 유입부하가 0.004 kgTCOD/m<sup>2</sup>·day 이상에서 50% 이상의 안정적인 제거효율을 나타내었다. 따라서 본 공법은 TCOD 농도가 30mg/L, 0.1 kgTCOD/m<sup>2</sup>·day 이상인 부하율에서 50% 이상의 안정적인 제거효율을 나타내어 고농도 하천에 적용하는데 더욱 효율적일 것으로 판단된다. 이와같이 섬유망 여재가 높고, 안정적인 SS 처리효율을 보이는 이유는 기존 다른 여재들과 비교해서 비표면적이 크고, 공극률이 높은 특성을 가지고 있기 때문으로 사료된다.

#### 4. 결 론

본 연구결과, 섬유망 매디아를 이용한 하천수질 정화공법은 기존의 세라믹과 자갈을 이용한 정화공법의 일일 처리유량보다 약 2배 이상 높게 처리할 수 있는 것으로 나타났다. 또한 현장에 설치된 pilot plant 운전 결과, 저수온기에 운전되었음에도 안정적인 처리효율을 나타내고 있는 것으로 나타났다. 따라서 섬유망을 이용한 하천수질 처리공법을 현장에 적용할 경우, 하천부지의 활용 및 고농도 오염하천수의 처리에도 매우 효율적으로 활용될 수 있고, 기존 매디아를 이용한 공법보다 상대적으로 높은 처리수량을 얻을 수 있을 것이다. 따라서 섬유망을 이용한 본 공법 적용시 경제적인 측면, 하천수질 정화 측면과 시설의 부지면적 측면에서도 세라믹과 자갈을 이용한 경우보다 효율적인 하천수질 정화 공법으로 기대되어진다.

#### 5. 참고문헌

- KICT/경남기업주식회사 (1995), 하천수질 정화기술개발 연구: 한국형 하천 수질 정화기술의 개발, KICT.
- KICT (1998), 국내 여건에 맞는 자연형 하천공법의 개발, 환경부.
- Takana, Miyajima, Funakosi and Chida (1995), Filtration of Municipal Sewage by Ring Shaped Floating Plastic Net Media, Wat. Res, 29(5), 1387-1392.2)