

정수처리공정 전처리로서의 공극제어 섬유여과기(PCF)의 적용

Application of Pore-controllable Fiber Filter(PCF) as a Pretreatment for Water Treatment Process

이철우¹ · 이병구² · 이일국¹ · 이순화³ · 배상대⁴ · 강임석^{5,*}

Chul-Woo Lee¹ · Byung-Goo Lee² · Il-Kuk Lee¹ · Shun-Hwa Lee³ · Sang-Dae Bae⁴ · Lim-Seok Kang^{5,*}

- 1 효림산업(주)
- 2 한국수자원공사 수자원연구원
- 3 영남대학교 환경공학과
- 4 신라대학교 환경공학과
- 5 부경대학교 환경공학과

(2006년 1월 5일 논문 접수; 2006년 4월 10일 최종 수정논문 채택)

Abstract

A PCF(Pore Controllable Fiber Filter) process was applied as a pretreatment of water treatment for reduction of turbidity. The experimental results obtained from the PCF showed that the removal efficiency of turbidity without coagulation was around over 70 percent. However, the removal efficiency of turbidity by the coagulation-PCF process was high as much as over 95%. Thus, the coagulation pretreatment was required for the better operation of the PCF.

The SEM (Scanning Electron Microscope) images of fiber before and after filtration showed that the filtration mechanism of PCF filter is both controlling attachment mechanism and sieving mechanism through fiber pore.

For the coagulation-PCF process, optimum dosage of coagulant was needed for the economical operation, and for this, determining the optimum dosage by using a filter column test. Also only 16mg/L of alum was used to obtain high algae removal efficiency over 90%. Therefore, it can be concluded that coagulation-PCF process is very effective pretreatment process for algae removal.

Key words: PCF(Pore Controllable Fiber Filter), Filtration, Turbidity, Coagulation

주제어: 공극제어섬유여과기, 여과, 탁도, 응집

*Corresponding author Tel: +82-51-620-6437, FAX: +82-51-621-8166, E-mail: kangls@pknu.ac.kr (Kang, L.S.)

Table 2. Operating condition of PCF process

Item		Characteristics
Fiber Media	Material	Polypropylene
	Filter Module Length (m)	0.52
	Filtration Pressure (kg/cm ²)	0.2~1.0
	Flux (m ³ /m ² /day)	212
	Backwash Condition	Water + Air
	Backwash Time(min)	2.5min (water + air: 2min) + (water: 0.5min)

(Polyaluminum chloride, 11% as Al₂O₃)를 적정량 수돗물에 희석하여 사용하였으며, 정량 펌프를 이용하여 혼화기에 주입하였다. 여과수는 처리수 탱크에 저장하여 역세척수로 이용하였으며, 역세척 비율은 생산량의 3%를 사용하였다. 또한 on-line 탁도계를 사용하여 유입수 및 처리수의 연속적인 탁도 변화를 관찰하였다.

Table 2는 PCF 여과공정의 실험조건을 나타낸 것으로 PCF의 섬유상 여재는 폴리프로필렌이며, 모듈의 길이는 52cm, 적용압력은 0.2~1.0kg/cm²이다. 역세척은 물과 공기를 이용하였으며, 물과 공기가 동시에 주입되는 시간은 2분이며 이후 30초 동안은 물만으로 역세척 공정이 이루어지도록 하였다.

PCF의 여과공정은 목적하는 수질의 여과수를 얻을 수 있도록 여재를 적절하게 압착하며, 역세척 공정이 진행될 때에는 역류된 부유입자가 용이하게 탈

리, 배출될 수 있도록 여재를 이완시키는 공정으로 구성되어 있다. 여층의 공극율은 상부 여재결대에 작용하는 회전력의 정도에 따라 조절할 수 있고, 공극의 크기와 여층의 깊이는 섬유사의 사용량과 다공관의 직경에 의하여 조절할 수 있다. 본 연구에 사용된 섬유여과기(PCF-Filter)의 세부 구조 및 상부 여재결대의 회전에 따른 이완 시와 압착 시의 공극 모식도를 Fig. 2에 나타내었다.

그리고 PCF 여과실험에서 응집제 주입량 산정 및 여과 메커니즘을 파악하기 위하여 Fig. 3과 같이 filter column test를 실시하였다. 실험에 사용된 filter column은 내경 1.2cm, 길이 20cm의 아크릴 재질이며, 여재로는 PCF filter에 사용되는 동일한 섬유를 깊이 6cm로 압착 충전하여 여과 실험을 수행하였다. 여재를 6cm로 충전 한 것은 본 연구에 사용된 PCF filter에서 압착된 여재의 두께가 6cm인 점을 감안하

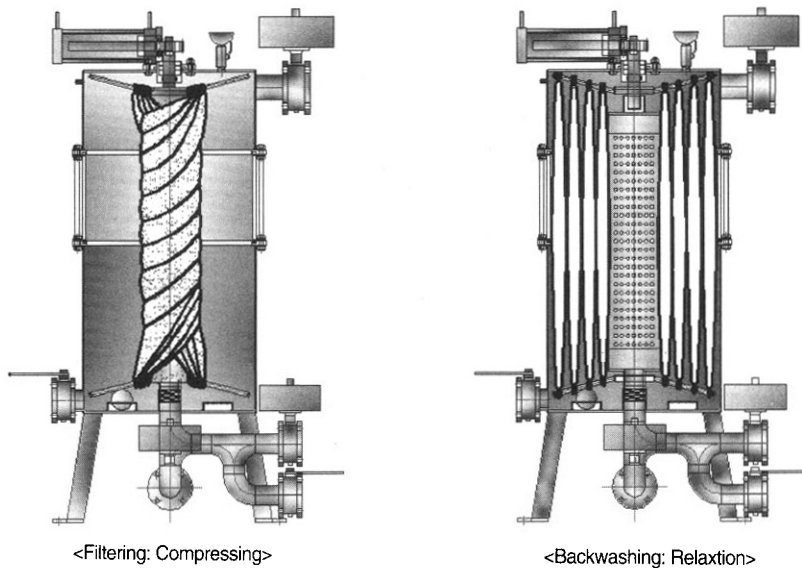


Fig. 2. Compressing and relaxation of PCF.

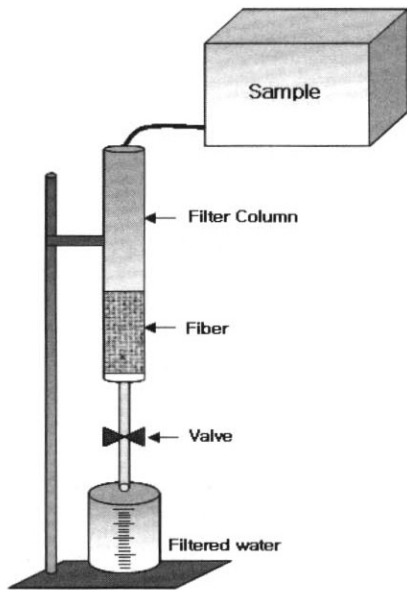


Fig. 3. Schematic diagram of filter column test.

여 동일한 조건에서 여과효율을 평가하기 위함이다. 먼저 filter column 실험은 응집제 주입량에 따른 여과효율을 평가하여 PCF 여과기와 동일한 탁도 제거율을 얻을 수 있는지를 검토한 후 실험에 사용하였다. 여과속도는 column 하부의 밸브를 조절하여 사용하였으며, 시료는 각각의 응집조건에서 급속혼화 후 column 내부로 유입하게 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 원수의 PCF 여과 특성

PCF의 여과효율을 알아보기 위해 여과속도별로 응집제 주입없이 원수를 24시간 동안 여과시 탁도 제거에 대한 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 이때 역세척 시점은 여과 압력이 1.0kg/cm²에 도달하였을 때 이루어지도록 설정하여 운전하였다. 유입수의 탁도는 9~9.5 NTU이었으며, 여과속도 140, 180, 225m/day에서의 각각의 처리수의 평균 탁도는 2.85, 3.2, 3.35 NTU로 나타났으며 평균 제거율은 각각 69.1, 65.4, 63.7 %의 제거율을 나타내었다. 그러나 여과속도가 증가할수록 탁도의 제거율은 감소하였으며, 이는 여과속도가 증가할수록 공극 내 수류전단력이 증가하여 여재에서 탈착되는 입자들이 증가하여 발생되었다고

판단된다. 박 등(2002)은 섬유여과기를 이용한 정수처리 공정의 부유물질 제거 특성 연구에서 평균 여과속도 500m/day와 무 응집제 조건에서 장기간 실험한 결과, 탁도 제거율은 평균 50% 전후로 나타났다고 보고하였다. Fig. 4에서 여과속도가 낮을수록 여과 지속시간은 증가함을 보였는데, 여과속도가 140m/day, 180 m/day 그리고 225m/day에서 각각의 여과지속시간은 14시간, 8시간 그리고 6시간동안 운전 가능하였다. 또한 그림에서 여과 주기마다 일시적으로 탁도가 증가함을 보였는데 이는 여과시작 후 발생하는 ripening 현상에 의한 것으로 보인다. Amirtharajah and Wetstein(1980)은 여과 실험동안 측정된 데이터를 분석한 결과 두 개의 탁도 피크가 나타났으며 (ripening period), 이중 첫 번째 피크는 역세척후 여과지에 잔류해 있던 탁질의 누출로 인한 것이며, 두 번째 피크는 여과지 상부에 있던 역세척수가 여재를 통과하면서 발생된 것이라 하였다. 또한 Cleasby and Baumann(1962)은 여과속도에 따른 초기 ripening 현상은 여과속도가 증가할수록 초기 탁도도 증가한다고 하였다.

여과속도에 따른 운전효율을 분석하기 위해서는 탁도제거율 뿐만 아니라 여과수 생산량 및 여과 지속시간도 중요하다. 본 연구에서는 이러한 운전효율을 평가하기 위해 Ives(1978)에 의하여 제안된 아래와 같은 Filterability Number(F.N)식을 적용 하였다.

$$F.N. = \frac{H(C/C_0)}{V.t} \quad (1)$$

여기서 C = 평균 여과수질(NTU)

C_0 = 유입 수질(NTU)

H = 수두손실(m)

V = 여과속도(m/hr)

t = 여과시간(h)

Filterability Number 식은 급속모래여과의 전처리 조건에 따른 여과효율을 평가하는데 많이 이용되고 있으며, 결과적으로 F.N 값이 낮을수록 여과효율이 높다고 판단 할 수 있다. 이러한 F.N의 동일한 여과속도에서 F.N 값을 결정하는 주요 함수는 여과수 탁도와 terminal headloss와 여과지속시간이며, 여과수의

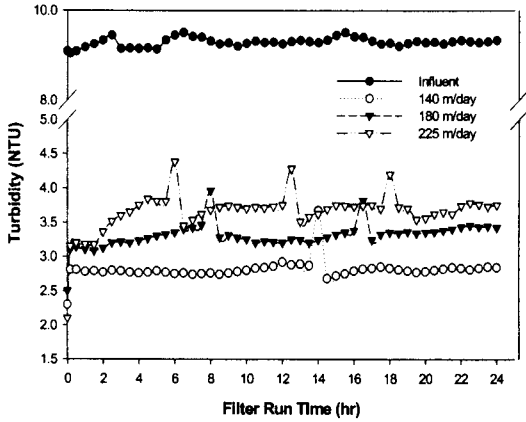


Fig. 4. Effect of filtration rate on the changes in turbidity.

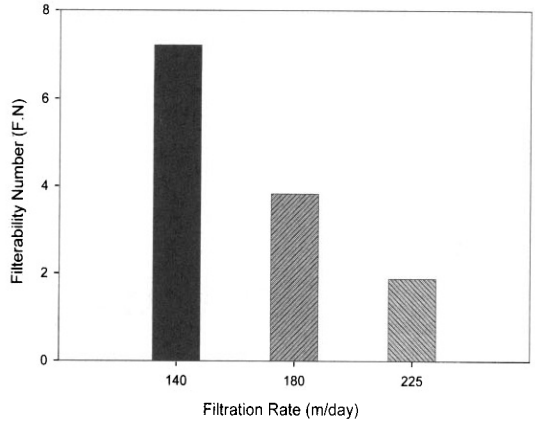


Fig. 5. Effect of filtration rate on filterability number.

탁도가 유사한 경우 terminal headloss와 여과지속시간이 결정적인 인자가 된다. 또한 일반적으로 여과의 종료시점은 탁도의 파과나 terminal headloss 중 먼저 도달하는 것에 의해 역세척이 이루어지게 된다 (Letterman, 1999).

하지만 탁도의 파과보다 terminal headloss가 먼저 발생하는 경우 여과시간을 고정하고 headloss 변화에 따라 F.N 값을 결정할 수 있다. 또한 일정한 headloss를 고정하고 그 headloss에 도달한 시간에 따라 F.N 값의 차이를 나타 낼 수 있다. 하지만 본 연구에서는 여과 종료시점을 일반 여과지의 terminal headloss와 같은 여과조내 한계압력에 의해 결정되어짐에 따라 압력의 함수는 항상 고정되어진다. 따라서 나머지 인자인 여과시간, 처리수의 평균 탁도, 여과속도 등에 의해 F.N 값을 도출 할 수 있다.

Fig. 5는 Ives의 Filterability Number 식을 적용하여 각 여과속도에 따른 F.N값을 구한 결과로서 F.N값이 가장 낮은 여과속도 225m/day가 가장 효율적인 운전 조건으로 판단되었다.

3.2 응집제 주입에 따른 여과 특성

응집제 주입에 따른 PCF의 여과특성을 알아보기 alum을 10mg/L, 16mg/L, 30mg/L의 응집제를 주입한 결과와 응집제를 주입하지 않고 운전한 결과를 Fig. 6에 나타내었다. 그림과 같이 응집제를 주입하지 않고 운전한 결과, 앞선 결과와 유사하게 약 70%의 제거율을 나타내었으며, 10mg/L의 응집제 주입시는

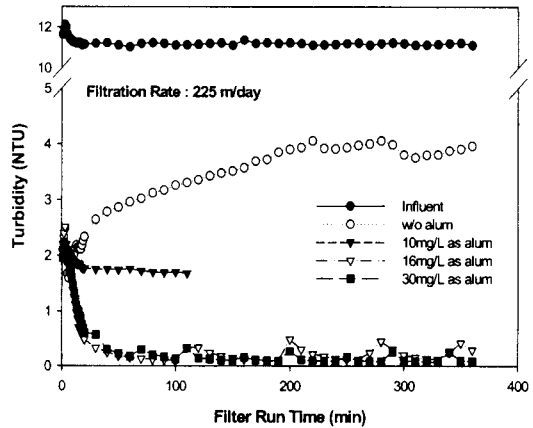


Fig. 6. Effect of alum doses on filter run time.

응집제 주입없이 여과한 결과보다는 약간의 탁도제거율이 증가하였으나 효과적인 탁도의 제거는 기대하기 어려웠다. 하지만 16mg/L에서는 처리수의 탁도가 0.5 NTU 이하로 나타나 95%의 높은 처리효율이 나타났으며, 30mg/L 주입시 유출수의 탁도는 0.1 NTU 이하로 16mg/L에 비해 더 높은 99%의 제거율이 나타났었다. 하지만 과량의 응집제 주입은 좀 더 높은 처리효율을 얻을 수 있는 반면에 수두손실을 빠르게 증가시켜 여과지속시간을 단축시키며 이로 인한 잦은 역세척이 이루어져 경제적인 운전이 어렵게 된다 (Cleasby et al., 1984). Letterman(1999)은 직접여과를 위한 적정 응집제 주입량은 alum이나 철염 응집제 단독 사용 시 가장 적은 양으로 주입하여야 목표하는

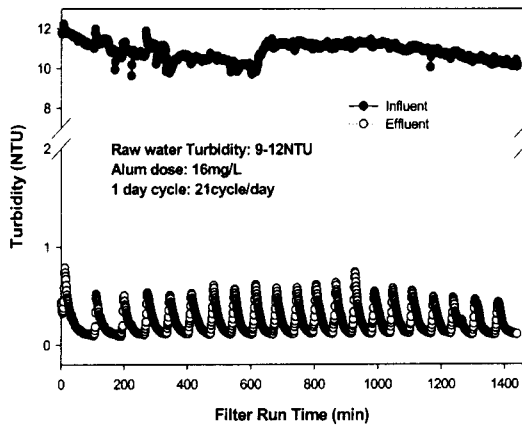


Fig. 7. Change in turbidity according to filter run time.

여과 수질을 얻을 수 있다고 하였다.

Fig. 7은 alum 응집제 16mg/L를 주입하여 24시간 동안 연속적으로 운전한 결과로서 총 21번의 역세척이 발생하였으며, 역세척에 따른 초기 ripening 현상이 분명하게 나타나고 있음을 보여주고 있다. 결과적으로 본 연구에서는 PCF의 높은 여과효율을 얻기 위해서는 응집공정이 반드시 요구되며, 경제적인 운전을 위해서는 응집제의 적정 주입량 산정이 필요한 것으로 판단되었다.

3.3 PCF의 여과 메카니즘

Fig. 8은 PCF filter의 여과 전후 및 역세척 후의 섬유를 SEM 촬영한 것으로 여과 전(a)과 역세척 후(b)의 표면은 깨끗한 상태를 보여주나 여과 후(b, c)에는 섬유에 입자가 부착되어 있음을 알 수 있다. 특히 여과 수행 후 여재의 표층부의 섬유(b)와 심층부의 섬유(c)를 각각 SEM 촬영한 것을 보면 응집에 의해 표층부에는 많은 탁질 입자와 조류가 섬유에 부착되어 있으며, 심층의 섬유에도 마찬가지로 많은 탁질 입자로 덮여 있는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 이러한 SEM 촬영의 결과를 통해 PCF filter의 여과 메카니즘은 섬유상 여재공극에 의한 체거름(sieving) 메카니즘 뿐만 아니라 수중의 입자들이 attachment mechanism에 의해 더 지배적인 제거가 발생됨을 확인할 수 있었으며, 또한 급속모래여과와 같이 depth filtration 현상도 일어나는 것을 알 수 있었다.

Fig. 9는 적정 응집제 주입량의 산정을 위해 filter

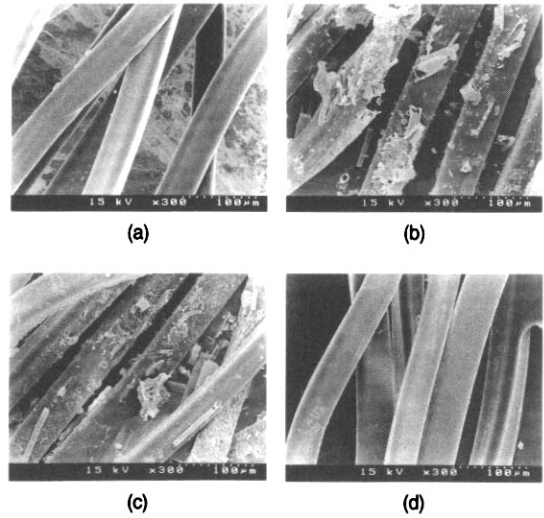


Fig. 8. SEM images of fiber before (a) /after(b: surface part of fiber, c: inner part of fiber) filtration performance and after backwash process (d).

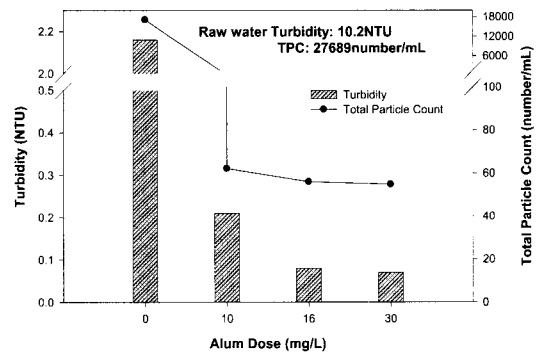


Fig. 9. Effect of alum dose on turbidity and particle count using filter column test.

column을 이용한 여과 실험으로 잔류 탁도 및 총입자계수(TPC)를 나타낸 그림이다. 결과에 나타난 바와 같이 탁도 및 총입자계수의 제거를 위한 적정 alum 주입량은 16mg/L로 낮게 나타났는데, 이는 in-line filtration이나 direct filtration에서 요구되는 플록의 크기는 침전에 용이한 큰 플록이 아니라 여과 가능한 작고 단단한 pinpoint floc 형태의 크기가 요구되기 때문이라 판단된다. 따라서 PCF 여과를 위해 보다 정확한 응집제 주입량의 결정을 위해서는 filter column test의 결과에 의한 주입량 산정이 필요하다고 판단된다.

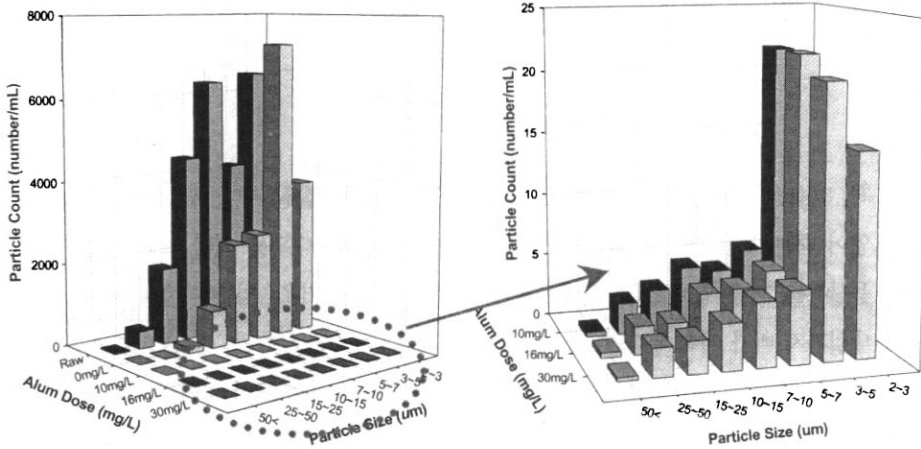


Fig. 10. Effect of alum dose on particles count.

Fig. 10은 동일한 실험의 결과로서 응집제 주입에 따른 입자의 크기별 제거를 나타낸 그림이다. 그림과 같이 응집제를 주입하지 않은 경우, 입자의 제거율이 낮게 나타나고 있음을 알 수 있으며, 특히 5.0µm 이하의 입자의 제거는 거의 이루어지지 않음을 알 수 있다. 그러나 응집제를 주입하였을 경우 그림과 같이 비교적 제거가 어려운 5.0µm 이하의 작은 입자도 대부분 제거가능하다는 것을 알 수 있다. 따라서 급속 혼합 후 완속혼합과정을 거치지 않고 바로 여과하는 in-line filtration의 경우 미세 플록의 형성과 전하중화에 의한 여과 메카니즘이 더 지배적인 것으로 판단된다.

3.4 고탁도시 PCF의 여과효율

Fig. 11은 고탁도시 응집 전처리 없이 PCF 단독여과에 따른 탁도제거 효율을 나타낸 결과로 유입수의 탁도 범위는 각각 97~110, 200~220, 310~320 NTU의 범위이다. 그림과 같이 고탁도의 유입시 탁도의 제거율은 저탁도시에 비해 비교적 낮게 나타났으며, 제거율은 낮은 유입 탁도 순으로 38%, 45.7%, 32%으로 나타났으며, 여과지속시간도 126분, 108분, 114분으로 나타났다. 이처럼 고탁도시 탁도의 제거율이 낮은 것은 과량의 탁질 유입과 높은 미세입자의 비율로 인해 여재에서 부착되지 못하고 바로 유출되거나 혹은 여재 내에서 부착되었던 입자가 지속적으로 탈착되기 때문이라 생각된다.

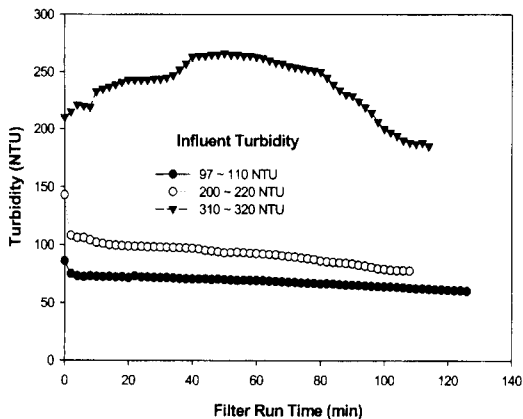


Fig. 11. Effect of high turbidity on filtration run time with PCF filter (filtration rate: 225 m/day, filter run: 1 cycle).

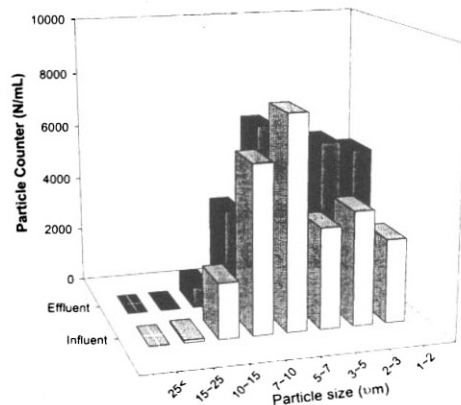


Fig. 12. Changes in particle count of influent and effluent in PCF filter (turbidity: 120 NTU).

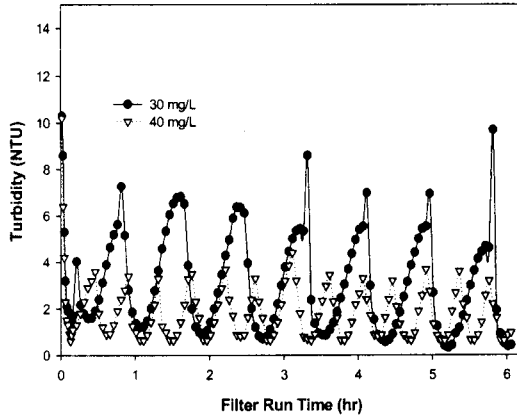


Fig. 13. Effect of alum dose on turbidity (filtration rate: 225 m/day, influent turbidity: 97 ~ 110 NTU).

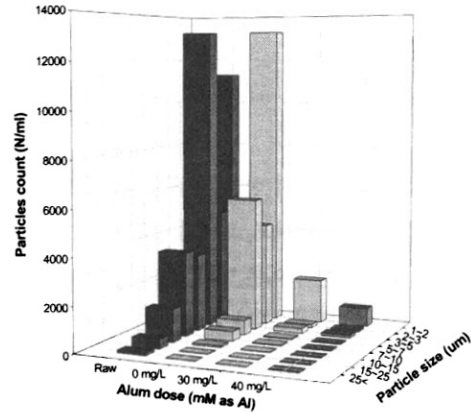


Fig. 14. Effect of alum dose on particle count with PCF filter.

Fig. 12는 고탁도시 PCF 여과 전후의 입자계수를 나타낸 그림으로 입자의 크기가 $5.0\mu\text{m}$ 이하의 입자는 여재에서 제거되지 못하고 바로 누출되고 있음을 보여주고 있지만, $7.0\mu\text{m}$ 이상의 입자는 여재에서 제거됨에 따라 입자의 수가 감소되어짐을 알 수 있다. 따라서 본 연구에 사용한 PCF 여과는 응집 전처리 없이는 체거름에 의한 여과 메커니즘이 지배적이게 되어 PCF 단독용시 최대 입자제거 가능 크기는 $7.0\mu\text{m}$ 이상의 입자라고 판단되며, 특히 $5.0\mu\text{m}$ 이하의 미세입자는 대부분 제거되지 못하고 유출된다는 결론을 도출할 수 있었다.

Fig. 13은 고탁도시 응집제 주입량에 따른 탁도제거율을 나타낸 것으로 응집제 주입량은 filter column test의 결과를 참고로 하여 30mg/L와 40mg/L의 alum 응집제를 각각 주입하였다. 그림에 나타난 바와 같이 고탁도시에도 응집처리를 한 것이 그렇지 않은 경우에 비해 높은 탁도 제거를 보여주고 있다. 하지만 고탁도로 인해 여과시작 후 유출수의 탁도는 1.0 NTU 부근까지 감소하나 곧바로 다시 증가함을 나타내었으며, 전체 운전지속시간 동안의 최소 탁도는 각각 1.0 NTU와 0.62 NTU로 나타났다. 하지만 이러한 최소 탁도 지속시간은 불과 10분 안팎으로 매우 짧게 나타나 평균 탁도는 2~4 NTU를 상회하였다. 그리고 응집제 주입량이 40mg/L로 증가하였을 때 탁도 제거율 증가에 비해 여과압력은 더욱 빠르게 증가하였으며, 30mg/L 주입시 1cycle 당 운전지속시간인 51분에 비해 20분이 더 감소함을 보였다.

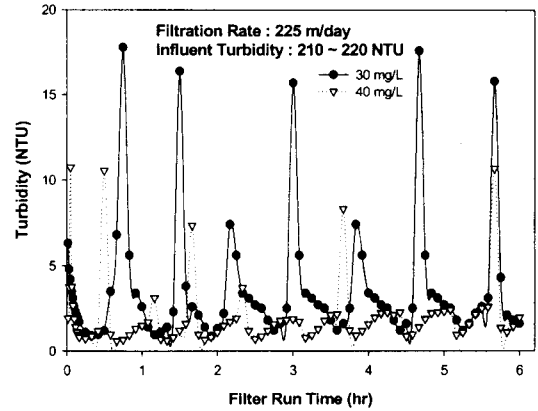


Fig. 15. Effect of alum dose on turbidity.

Fig. 14는 원수와 응집제 주입에 따른 처리수의 입자개수 변화를 나타낸 것으로, 원수와 응집제를 주입하지 않은 경우의 여과수 입자개수를 보면 1~ $2\mu\text{m}$ 와 2~ $3\mu\text{m}$ 의 크기를 가진 입자의 경우 거의 제거가 이루어지지 않고 있음을 알 수 있다. 그러나 30mg/L의 alum 주입시 1~ $2\mu\text{m}$ 의 입자는 약 87% 제거되어져, 미세 입자의 높은 제거를 위해서는 응집 전처리가 반드시 필요함을 알 수 있다.

Fig. 15는 유입 탁도의 범위가 210~220 NTU일 때 alum 주입량에 따른 탁도제거율로 6시간 동안 운전한 결과이다. 결과와 같이 30mg/L 주입에 비해 40 mg/L 주입시 더 높은 탁도 제거율을 나타내지만, 여과지속시간은 상대적으로 더 짧아 30mg/L 주입시 약 51분의 여과지속시간을 가졌지만, 그 보다 많은 40 mg/L의 주입시는 36분의 여과지속시간을 가져 여과

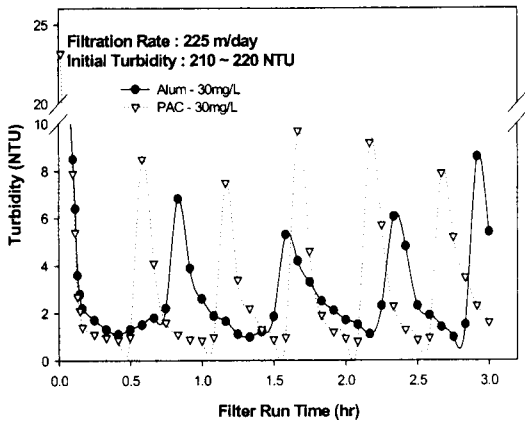


Fig. 16. Effect of coagulant type on filter run time.

시간이 빠르게 단축됨을 알 수 있었다. 특히 30mg/L와 40mg/L 주입량에서 처리수의 평균 탁도는 각각 2.5 NTU와 1.42 NTU로 제거율로 보면 98.8%와 99.3%의 높은 제거율을 나타냈다. 하지만 그림과 같이 역세척 후 고탁도로 인해 여과조가 안정화되는 시간이 짧으며, 최소 탁도 지점에서 일정기간 동안 안정적인 탁도를 유지하지 못하고 곧바로 탁도의 파과가 발생하기 때문에 여과 기간 중의 평균 탁도가 감소하며, 탁도 그래프는 곡선 형태로 나타나고 있다.

Fig. 16은 유입 탁도 210 NTU에서 alum 응집제와 PAC(polyaluminum chloride) 응집제의 적용에 따른 여과효율을 나타낸 결과로서 동일한 주입량인 30 mg/L에서 alum 응집제보다 PAC 응집제가 약간 높은 제거율을 보여주고 있다. 하지만 높은 탁도 제거율에 비해 여과지속시간은 alum 응집제보다 짧아져 역세척의 주기가 빈번해짐을 알 수 있다. 이러한 이유는 두 응집제간의 Al 함량의 차이와 전하중화 능력에 의해 발생된 결과로 생각되며, 본 연구에서 사용된 alum 응집제의 농도가 8%(as Al₂O₃)이며, PAC 응집제가 11%(as Al₂O₃)로 alum에 비해 PAC 응집제에 더 많은 Al이 함유되어 있으며, 전하중화 능력도 탁월하여 탁도 제거율이 높게 나타난 것으로 판단된다.

3.5 PCF의 조류제거 효율

동절기 규조류의 대발생시 전염소 처리에 따른 소독부산물 생성의 위해성을 예방하고 효과적인 조류제어를 위해 PCF 공정의 적용에 따른 여과특성을 알아보고자 조류제거 실험을 실시하였다. 먼저 유입 원수

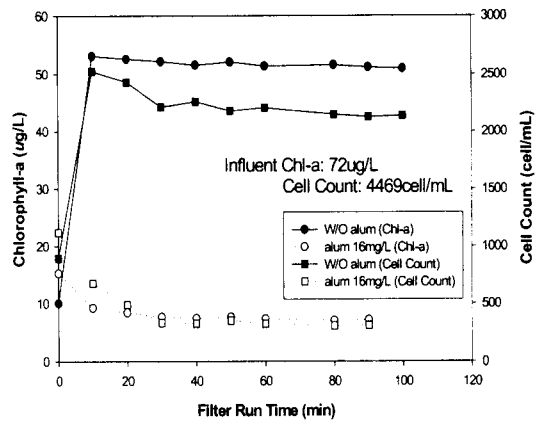


Fig. 17. Effect of alum dose on the changes in Chl-a and cell count.

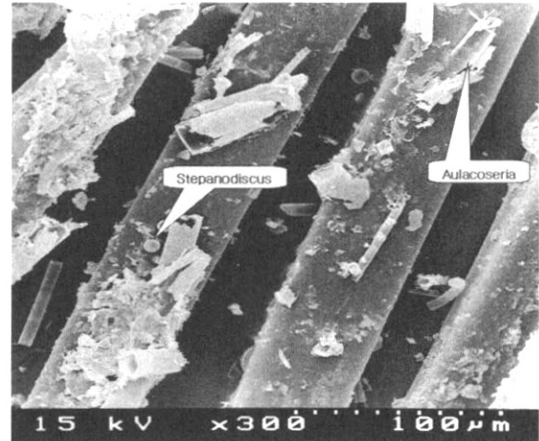


Fig. 18. SEM image of surface of the fiber after filtration.

의 수질조건으로 탁도는 13.4 NTU이며, 조류의 농도인 Chl-a는 72ug/L, cell count는 4469개/mL으로 나타났다. 또한 현미경을 통한 조류의 동정 결과, 규조류인 aulacoseria 및 stepanodiscus 종이 우점하고 있음을 알 수 있었다. Fig. 17은 alum 주입 유·무와 여과지속시간에 따른 Chl-a와 cell count의 변화를 나타내었다. 응집제를 주입하지 않고 여과한 경우 조류의 제거는 낮게 나타났지만, alum 응집제 16mg/L를 주입하였을 때 90% 이상의 높은 제거를 나타내었다. 이러한 조류의 제거 메커니즘을 세부적으로 알기 위해 SEM 촬영을 한 결과를 Fig. 18에 나타내었다. SEM사진과 같이 비교적 큰 수십 μm의 크기를 가진 aulacoseria와 수 μm의 크기를 가진 stepanodiscus 종이

응집에 의해 모두 fiber의 표면에 부착되어 제거되어 짐을 알 수 있다.

따라서 이러한 결과를 바탕으로 응집-PCF 공정의 적용시 정수장애를 유발시키는 구조류의 제거에도 매우 효과적인 정수처리 전처리 공정으로 판단된다.

4. 결 론

상수원수의 수질 변동에 따른 정수처리공정의 부하를 감소시킬 수 있는 전처리 공정으로서 공극제어 섬유여과기(PCF)를 적용한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. PCF의 단독 적용에 따른 여과효율은 60~70%의 비교적 높은 제거율을 얻어 목적 수질에 따라서 응집전처리 없이 적용가능하다고 판단된다. 또한 응집 전처리 없이 PCF의 운전에서 탁도 제거율, 여과 지속시간 및 filterability number를 고려하였을 때 효율적인 여과속도는 225m/day로 나타났다.

2. 응집-PCF 공정 적용에 따른 여과효율은 저탁도(20 NTU 이하) 및 고탁도(100 NTU 이상)의 조건에서 모두 95% 이상의 높은 탁도 제거효율을 얻어 응집-PCF 공정이 탁도 제거에 우수한 공정임을 확인할 수 있었다.

3. 응집-PCF 공정에서 여과 전·후의 섬유를 SEM 촬영 한 결과, 수중의 입자들이 attachment mechanism에 의해 제거되고 있음을 확인할 수 있었으며, PCF filter의 여과 메카니즘은 표층의 sieving effect 뿐만 아니라 급속모래여과와 같이 depth filtration 현상이 일어남을 확인할 수 있었다.

4. 고탁도 원수(97~320 NTU)의 유입에 따른 PCF의 단독 적용시 32~45.7%의 낮은 탁도 제거율을 얻었으며, 여과지속시간도 108~114분으로 나타났다. 또한 PCF 단독적용에 따른 최대 입자제거 가

능 크기는 7.0 μ m 이상의 입자이며, 특히 5.0 μ m 이하의 미세입자는 대부분 제거되지 못하고 유출되었다.

5. 고탁도시 alum과 PAC의 두 응집제간의 여과 효율에서 동일한 주입량에서(30mg/L) alum은 PAC 주입에 비해 조금 낮은 탁도 제거율을 얻었지만, 여과 지속시간은 상대적으로 길게 나타나 어떤 응집제를 사용하던지 적정량의 응집제 주입이 요구되었다.

6. 고농도의 구조류의 유입시 16mg/L의 alum 주입량으로도 90% 이상의 높은 조류제거율을 얻어 조류제어를 위한 효과적인 전처리공정으로 판단된다.

참고문헌

1. Amirtharajah, A. and Wetstein, D. P. (1980) Initial Degradation of Effluent Quality During Filtration, *J. AWWA*, 72(9), pp. 518.
2. Cleasby, J. L. and Baumann, E. R. (1962) Selection of Sand Filtration Rates. *J. AWWA* 54(5), pp. 579.
3. Cleasby, J. L., Hilmoe, D. J., Dimitracopoulos, C. J. and Diaz-Bossio, L. M. (1984) Effective filtration methods for small water supplies, final report: USEPA cooperative agreement CR808837-01-0, NTIS No PB 84-187-905.
4. Ives, K. J. (1978) A new concept of filtrability, *Prog. Wat. Tech.*, 10, pp. 123.
5. Letterman, R. D. (1999) Water quality and treatment, pp. 2.17-2.18, McGraw-Hill (14th).
6. Grabbe, U., Seyfried, C. F. and Rosenwinkel, K. H. (1998) Upgrading of wastewater treatment plants by cloth-filtration using an improved type of filter-cloth, *Wat. Sci. Tech.*, 37(9), pp. 143-150.
7. 박동근 (2002) 섬유여과에 의한 부유물질 제거 특성-섬유사 종류 및 충전 밀도. *한국환경과학회 춘계 학술발표회 논문집*.
8. 김정현, 배철호, 김충환, 박노석, 이선주, 안효원, 허현철 (2005) 공극제어형 섬유사 여과기를 이용한 복류수의 탁도 제거효율 평가. *상하수도학회지*, 19(2), pp. 135-143.
9. 환경부 (2004) 2004년도 먹는물 수질관리지침.