

원수수질특성에 따른 최적의 이중여재 구성 선정

글 박동학 · 김대수 · 정창규 _ 한국수자원공사 팔당권관리단



1. 서론

(1) 연구목적 및 배경

여과공정은 침전지에서 제거되지 않은 현탁물질(무기 점토질, 일부 유기물 및 세균 등의 미생물)을 입자상의 여재를 이용하여 제거하는 정수처리공정의 최종단계로, 양질의 물을 생산하기 위해서는 여과공정에서 최적의 여과효율이 발휘되어야 한다.

여과공정의 효율은 기본적으로 여층 구성방식(여재 종류, 여재 입경 및 여층 깊이)에 의해 결정되며, 적절한 여과지 운영이 가능하도록 운영조건 및 기술수준을 검토하여 여층 구성방식에 맞는 여과속도 조절방식과 여층 세척방식을 선정하게 된다.

일반적으로 우리나라 정수장에서 가장 많이 사용되고 있는 여과방식은 급속 여과방식으로 여층 구성에 따라 모래 단층 여상, 이중 여재에 의한 이중 여상, 굵은 모래를 이용한 심층 단일 여상으로 구분된다.

모래 단층 여상은 현탁물의 역류가 여과지 상층부에서 주로 일어나고, 특히 규조류가 번성할 경우 여과지 조기 폐색과 급격한 손실수두가 발달하는 단점이 있다. 이런 단점을 보완하기 위해 모래보다 입경이 크고 비중이 작은 안트라사이트를 모래 층 상부에 일정한 깊이로 포설하여 내부여과를 달성한 이중 여상이 등장하여 여과속도의 증가 및 총 여과량의 증대를 이루었다.

본 연구는 이중 여상을 구성하는 안트라사이트 층과 모래 층의 깊이를 변화시키면서, 각 구성 조건별 효율을 파일럿플랜트 실험과 실공정실험에서 검토하여 원수수질특성에 따른 최적의 여상 구성 방안을 찾는 것을 주요 목적으로 하였다. 1차년도 연구로 '02년 파일럿플랜트 실험을 통하여 각 여재구성별 ① 완전한 탁질의 제거 능력, ② 탁질의 양적 역류능력 및 ③ 수질, 수량변동에 대한 완충능력의 기준에 입각하여 실험을 수행하여 최적의 여과지 구성을 도출하였다.

금년은 2차년도 연구로 1차년도 연구에서 도출된 최적의 여과지 구성을 실공정 여과지 1지에 동일하게 구성하여 기존의 여과지와 비교실험을 실시하였다. 이번 연구결과가 향후 여과지 설계나 운영·유지보수에 유용한 자료로 활용되기를 기대한다.

(2) 연구내용 및 범위

본 연구의 목적을 달성하기 위하여 여과 실공정에서 아래와 같은 사항들에 대한 실험을 수행 한 후 그 결과를 분석하였다.

- ① 여과초기 수질변화
- ② 여과 시간의 경과에 따른 수질변화
- ③ 여과속도에 따른 수질변화

2. 실험 내용

(1) 실험장치

경기도 남양주시에 위치하는 W정수장에서 여과지 구성을 달리한 2지를 표 1)의 측정장비를 이용하여 입자수와 탁도를 조사하였다.

(2) 실험방법

이중여재의 여재구성별 1차 연구인 파일럿플랜트 실험에서 ① 여과 초기 수질, ② 시간 경과에 따른 수질변화, ③ 손실수두 변화, ④ 유량 변동에 대한 완충능력실험으로 표 3)과 같은 최적의 여과지 구성을 찾았다.

1차년도 실험에서 도출된 최적의 여과지 구성(모45+안30)으로 한지를 구성하여 기존의 여과지(모25+안50)와 실공정에서 동일한 조건으로 실험을 실시하여 그 효과를 검토하였다. 이는 파일럿플랜트의 결과를 검증하는 동시에 실공정에서 여과지 구성에 따라 여러 조건에서 수질이 어떻게 변화되는지를 관찰하였다.

측정장비	모델명	구성
Particle counter	Hach 2200PCX	2set
온라인 탁도계	Hach 1720 Series	2set

표 1) 측정장비

구분	여과지 주용현황
여과방식	감쇄여과
설계여과속도	180m/d
유효경	모래 : 0.62 안트라사이트 : 1.01
균등계수	모래 : 1.51 안트라사이트 : 1.44

표 2) 여과지 주요현황

구분	모25+안50	모35+안40	모45+안30	모55+안20	모65+안10	모75
여과개시 초기수질	×	△	△	○	○	◎
안정상태 수질변화	○	◎	◎	◎	◎	◎
파과점 도달시간	○	◎	○	△	×	△
손실수두 변화	◎	◎	◎	○	△	×
유량변동 안정능력	△	○	◎	○	×	△

표 3) 이중여재 구성별 실험결과 요약(1차년도)

(3) 실험조건

실험기간동안 수질의 큰 변화는 없었으며 수질 및 수처리 조건은 표 4)와 같다.

	실험조건	내용
원수	탁도(NTU) 수온(°C) pH Alkalinity(mg/L as CaCO ₃)	4~8 14~19 7.5~7.8 40~55
침전수	탁도(NTU) pH	0.3~0.6 7.2~7.5
응집제	PACs(mg/L)	10~14

표 4) 수질 및 수처리 조건

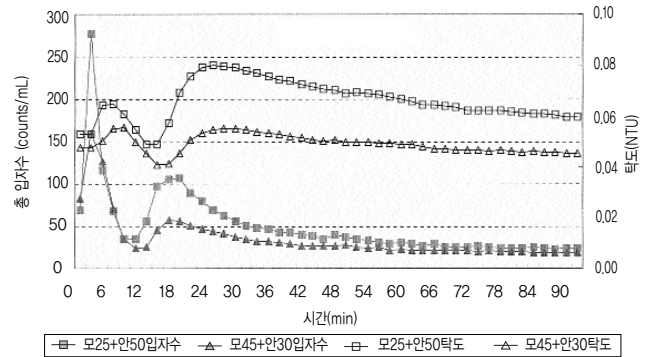
3. 결과 및 고찰

이중여재의 여과구성에 따른 여과효율을 검토하기 위하여 여과 초기 수질변화, 시간의 경과에 따른 수질변화, 여과속도에 따른 수질 변화 실험을 실시하였다.

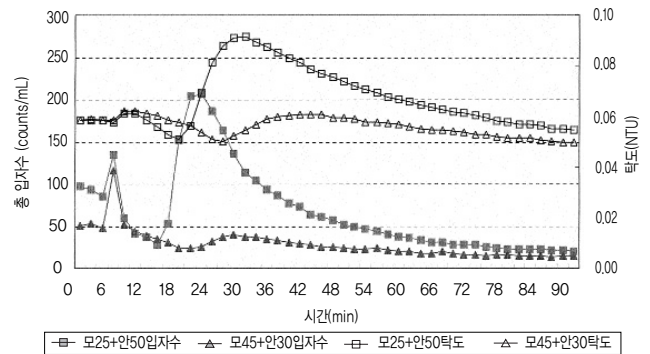
(1) 여과초기 수질

기존의 여과지(모25+안50)와 최적의 여과지 구성(모45+안30) 여과지 2지를 동시에 여과를 시작하면서 탁도와 입자수의 변화를 관찰하였다. 이후부터 여과지 명칭은 기존의 여과지를 (모25+안50), 최적의 여과지 구성은 (모45+안30)으로 통일하여 부른다. 그림 1)에서 (a), (b)는 1차(5월 8일), 2차(5월 11일)실험의 여과초기 탁도와 입자수의 변화를 나타낸 것이며, (c)와 (d)는 입자수와 탁도를 분리하여 나타낸 것이다.

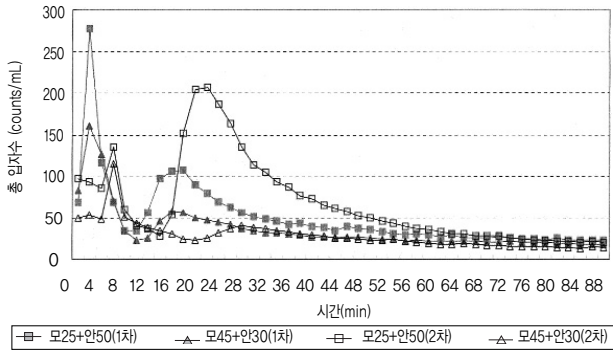
예상한 것과 같이 모래의 비율이 높은 (모45+안30)의 여과지가 입자수와 탁도 모두 낮게 측정되어졌으며, 안정되는 시간 또한 빨랐다. 1차년도 파일럿플랜트 공정실험과 동일한 결과가 나왔으며, 총 5회 반복실험결과 아래와 같이 모두 (모45+안30) 여과지 구성의 수질이 좋은 것으로 나타났다.



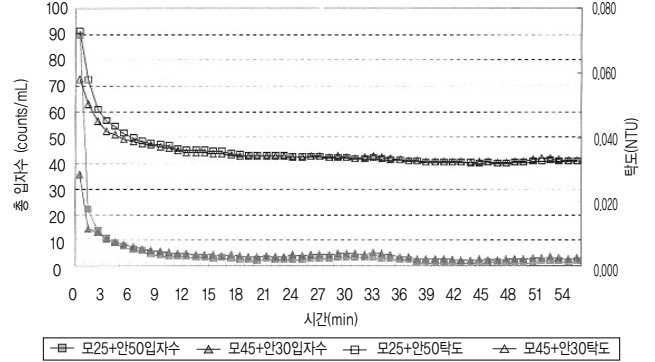
(a) 여과 초기 1차 실험(5월8일)



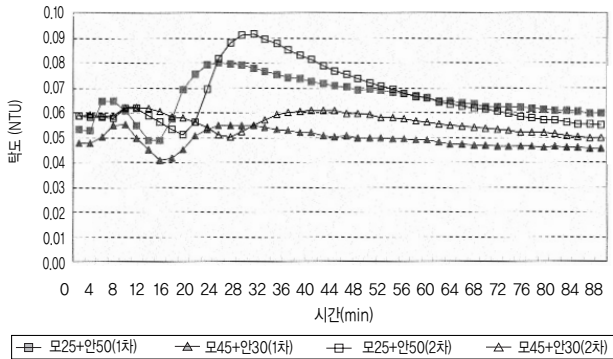
(b) 여과 초기 2차 실험(5월11일)



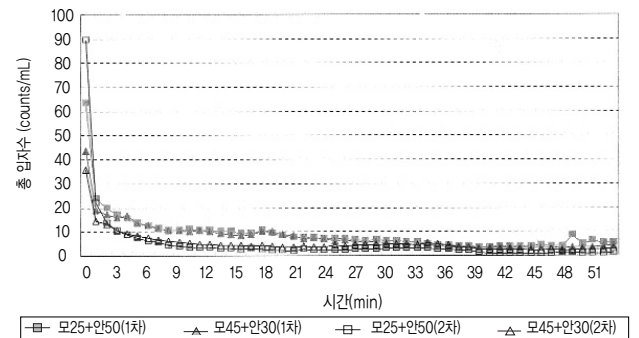
(c) 여과 초기 1차, 2차 입자수변화



(b) 여과시간의 경과에 따른 2차 실험(5월 11일)



(d) 여과 초기 1차, 2차 탁도변화

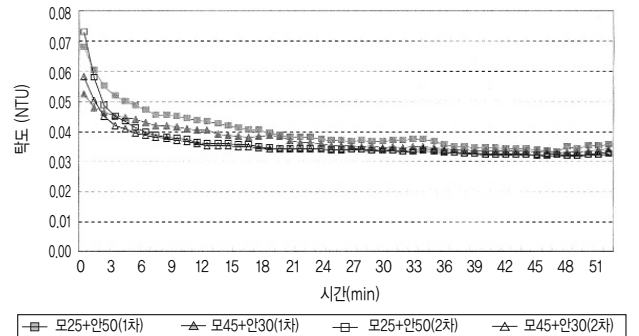


(c) 여과 초기 1차, 2차 입자수 변화

그림 1) 여과 초기 탁도와 입자수 변화

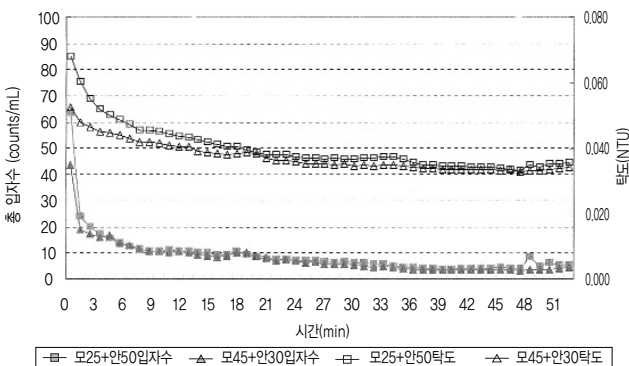
(2) 여과시간의 경과에 따른 수질변화

여과를 진행하면서 시간별 평균 입자수와 탁도 변화를 관찰하였다. 여과 시작 2~3시간 이후부터 두 여과지 모두 수질이 비슷하여 큰 차이를 보이지 않았다. 이는 원수수질이 안정되어 있고 여과조건이 좋아 여재구성에 따른 여과지의 차이를 비교할 수 없는 것으로 판단되어진다. 향후 수처리에 어려움이 예상되는 동절기에 이와 동일한 비교실험을 실시하여 비교분석 할 계획이다. 그림 2)의 그래프는 시간별 탁도와 입자수의 변화를 나타내는 것으로 안정상태에서의 총입자수는 10개 미만이며, 탁도는 0.04NTU이하로 수질은 매우 양호하였다.



(d) 여과 초기 1차, 2차 탁도변화

그림 2) 여과시간의 경과에 따른 수질변화



(a) 여과시간의 경과에 따른 1차 실험(5월 8일)

(3) 여과속도에 따른 수질변화

여재구성에 따른 여과특성을 파악하기 위하여 평상시 운영 여과 속도 100~130m/d에서 여과지 유입유량과 여과지 사용지수를 조정하여 강제로 여과속도를 180m/d, 250m/d, 300m/d, 400m/d로 하였다.

일반적으로 여과수두는 모두 동일하나 지별 여과속도가 각기 다른 감쇄연립여과의 경우에도 특별한 경우를 제외하고는 여과속도가 250m/d를 초과하는 경우는 드물다. 이는 시설용량대비 처리물량이 70%수준에 운영되고 있고, 엄격한 자체 수질기준을 만족하기 위하여 여과지수를 여유 있게 사용하고 있기 때문이다.

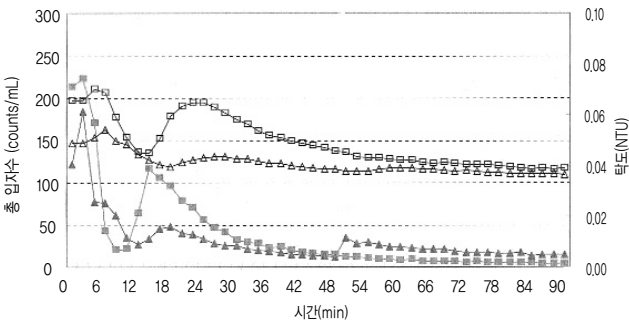
고속여과에서 수질변화를 관찰하기 위해 여과초기 수질과 여과 시간의 경과에 따른 수질변화를 체크하였다.

① 여과속도별 초기수질변화

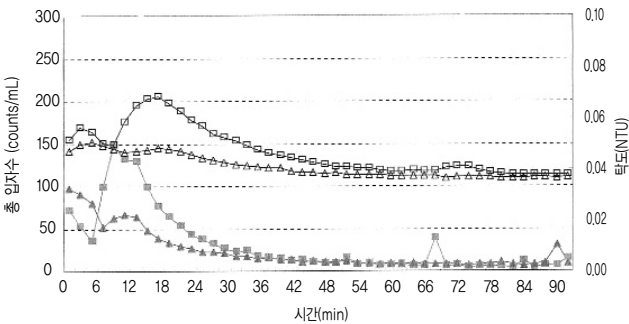
그림 3)은 여과속도별 초기수질변화를 나타내는 것으로 각 여과속도별 탁도와 입자수 모두 <모45+안30>의 여재 구성이 양호한 것으로 나타났다.

또한 각 여과속도별 입자수와 탁도는 여과속도가 높을수록 최고치가 증가할 것이라는 예상과 달리 큰 차이를 보이지 않았다.

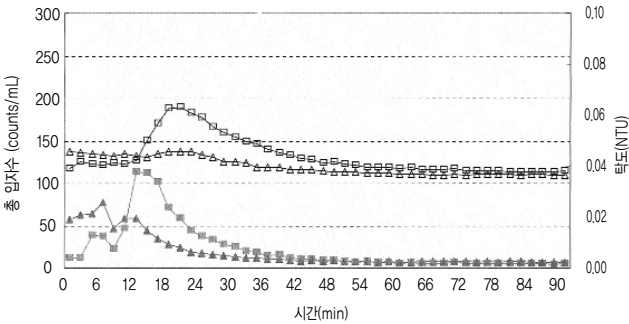
이는 실험기간(6월)이 수처리 조건이 좋은 시기이고, 당시 원수 수질이 매우 안정되어 있었기 때문인 것으로 판단되어진다. 여과지 또한 최근 2~3년간 보충 및 개선 공사를 통하여 모두 정비되어 그 만큼 여과지의 성능이 향상되었다는 것도 추론할 수 있겠다.



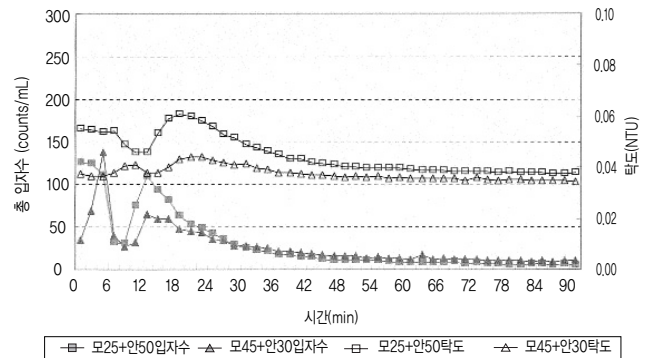
<180m/d>



<250m/d>



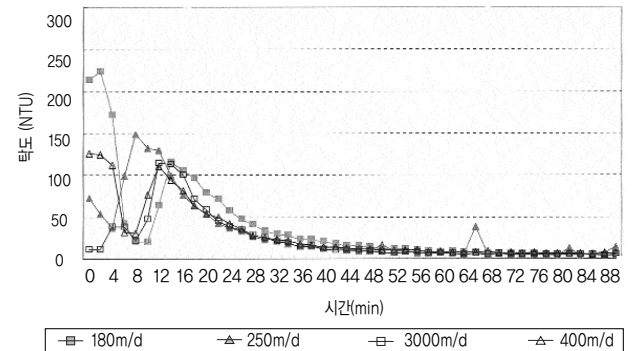
<300m/d>



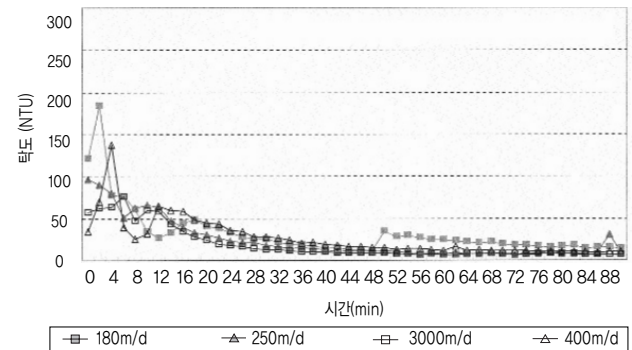
<400m/d>

그림 3) 여과속도별 초기 수질변화

그림 4)는 각 여재구성별 여과속도에 의한 입자수를 비교한 것이다. 여과속도별 최고치와 안정되는 시간은 <모25+안50>과 <모45+안30>여재구성 모두 비슷한 것으로 나타났다. 더 많은 조건에서의 실험이 이루어져야 하겠지만 이번 실험에서 높은 여과속도가 반드시 수질저하로 일어나지 않는 것으로 나타났다.

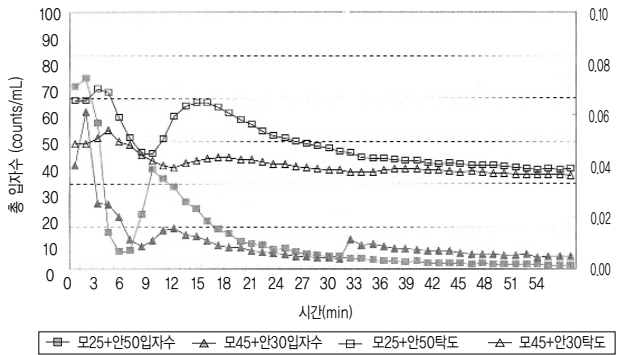


<모25+안50의 입자수 변화>

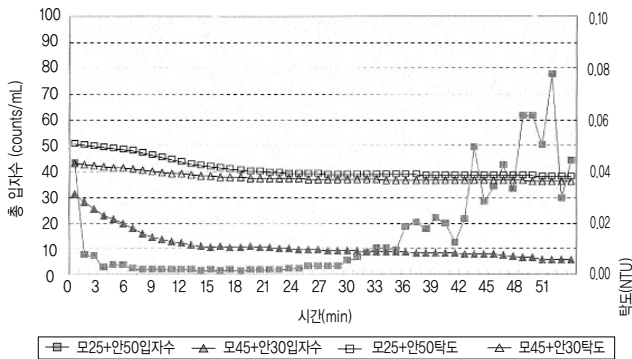


<모25+안30의 입자수 변화>

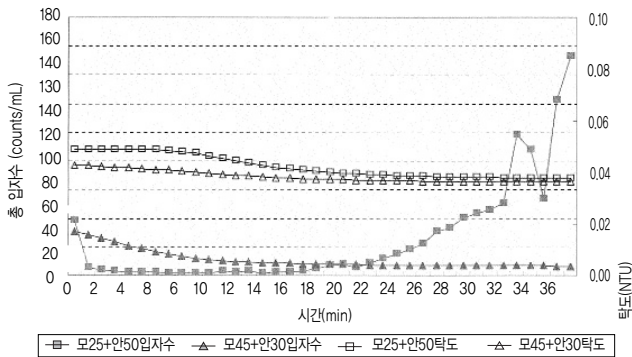
그림 4) 여재구성별 여과속도에 따른 초기 입자수 변화



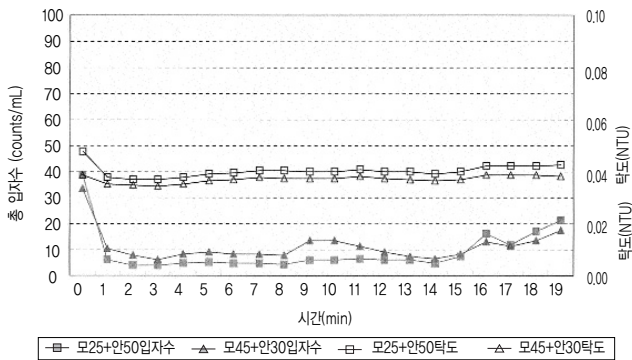
<180m/d>



<250m/d>



<300m/d>



<400m/d>

그림 5) 여과속도별 시간의 경과에 따른 수질변화

② 여과속도별 시간의 경과에 따른 수질변화

그림 5)는 여과속도별 시간의 경과에 따른 수질변화를 나타낸다. 여과지 운영은 탁질누출이 일어나거나 수두가 증가하여 더 이상 여과를 진행하지 못할 때 가동을 중지하였다.

여과속도 180m/d에서는 탁질누출이 관찰되지 않고 56시간 여과가 진행되었다. 250m/d에서는 35시간이후, 300m/d에서는 25시간이후부터 <모25+안50>여과지에서 탁질누출이 일어나기 시작하였다. 하지만 <모45+안30>여과지는 안정적으로 유지되었다. 400m/d에서는 19시간이후 수두 증가로 여과를 더 이상 진행할 수 없어 가동을 중지하였다.

여과시간의 경과에 따른 여과속도별 실험에서 <모45+안30>여과지가 수질측면에서 더 안정적인 것으로 관찰되어졌다.

4. 결론

본 연구에서는 원수의 수질특성에 적합한 최적의 이중여재 구성을 선정하기 위하여 1차년도 파일럿플랜트 실험에 이어 금년 2차년도 실공정 실험을 실시하였다. 기존의 여과지 구성 <모25+안50>와 파일럿플랜트 실험결과 가장 좋은 것으로 도출된 <모45+안30>여과지의 실험결과를 정리하면 다음과 같다.

(1) 평상시 운영의 비교실험에서

여과 초기 수질은 <모45+안30>여과지가 최고치의 입자수와 탁도 모두 낮게 측정되어졌으며, 안정되는 시간 또한 빠른 것으로 나타났다. 5회 반복실험에서 모두 동일하게 나타났다.

여과시간의 경과에 따른 수질은 안정상태에서 두 여과지 모두 입자수 10 counts/ml, 탁도 0.04NTU이하로 매우 양호하였다.

(2) 고속여과에 의한 비교실험에서

여과초기 각 여과속도별 탁도와 입자수 모두 <모45+안30>의 여재 구성이 양호한 것으로 나타났다. 하지만 각 여재구성별 여과속도에 의한 초기수질변화는 거의 없는 것으로 나타났다.

여과시간의 경과에 따른 실험에서 <모45+안30>여과지가 수질측면에서 더 안정적인 것으로 관찰되어졌다. 250m/d에서 35시간 이후, 300m/d에서는 25시간 이후 <모25+안50>여과지에서 탁질누출이 일어났으나 <모45+안30>여과지는 안정적으로 유지되었다.

앞의 결과를 종합하여 볼 때 기존의 여과지 보다 <모45+안30>여과지가 여러 면에서 유리한 것으로 나타났다. 향후 동절기 실험 등의 추가적인 검토를 거쳐 여재구성 변경도 신중히 검토할 필요가 있을 것으로 판단되어진다. ☺