낙동강 하류 강변여과수 및 지하수 취수정 세척 및 유지관리 기술개발

창원대학교 서 규 태

경남지역환경기술개발센터

요 약 문

Ⅰ. 제 목

낙동강 하류 강변여과수 및 지하수 취수정 세척 및 유지관리 기술 개발

Ⅱ. 연구의 필요성 및 목적

우리나라의 수자원 개발은 주로 지표수에 의존해 왔으나, 계절적 유량 변동이 크고, 수질오염의 위험에 노출되어 있어 상수원으로 사용하는데 많은 어려움이 있다. 이에 따라 지속적으로 증가하는 용수 수요에 대처하고 음용수의 수질안정을 도모하기 위해 다양한 수원확보 방안이 연구되고 있는데 그 중 하나가 강변여과 방법이다.

강변여과(Riverbank Filtration)는 강변을 따라 대수층을 통과한 강변여과수는 물리적, 화학적 및 생물학적으로 자연 정화되어 있어, 수질오염이 진척되어 있는 하천의 중·하류와 같은 지역에서 상수원수로 취수하는 경우가 증가하고 있다. 이에 안정적이며 양질의 수원을 취수하는 강변여과수에 대한 사회적 관심이 증가하고 있는 실정이다.

강변여과의 장점으로는 흡착에 의한 탁도 유발물질 제거, 균등한 수질의 여과수 확보, 병원성 미생물 제거, 생분해 가능한 유기물 분해 등을 인해 안정적인 수원을 확보할 수 있는 장점과 이와 더불어 장시간의 여과로 인해 수질오염사고 발생에 대한 완충작용도 기대할 수 있다. 이에 반해 단점으로는 배후 농지에 존재하는 오염물질이 자연 지하수를 통하여 강변여과수에 혼입되어 수질오염을 일으킬 수 있다는 점이다. 또한 토양에 존재하는 높은 농도의 철(Fe), 망간(Mn)이 강변여과수중으로 녹아들어 여러 문제들을 유발시킬 수 있다는 점을 들 수 있다.

철, 망간은 지구상에서 11, 12번째로 많이 존재하는 원소로 널리 분포되어 있는 금속이며, 일반적으로 담수에서 철, 망간은 지표수보다는 지하수에 많이 포함되어 있다고 보고되고 있다. 이러한 보고와 마찬가지로 본 연구의 조사 대상지점으로 선정된 낙동강 하류 지역의 Fe, Mn의 검출농도가 평균 3.24, 3.43mg/L로 조사되어 매우 높은 농도로 유입되는 것을 확인 할 수 있었다. 이로 인하여 강변여과수 및

지하수 취수용 우물에 대한 개발 및 취수시 철, 망간의 농도가 높아 취수용 펌프 주위, 스크린 내부, 여층내부에 철, 망간에 의한 슬라임(Slime) 부착 및 축적으로 유량감소, 원수탁도의 증가 등 취수정의 효율이 저하되는 문제점을 가지고 있다. 현재 강변여과수 및 지하수 우물의 스크린 및 대수층 슬라임 제거를 위한 세정방법 등 유지관리 기술에 대한 연구는 미비한 실정이며, 스크린 내부 및 여층의 슬라임 제거방법의 도입이 필요한 실정이다.

Ⅲ. 연구의 내용 및 범위

대수층을 이용하여 간접취수를 하는 수직집수정 및 수평(방사형)집수정 우물에 대하여 우물의 장기적인 사용으로 인한 우물내부에 슬라임(Slime)의 발생 및 철, 망간 등의 금속성물질 축적 미생물증식(Bio-Film), 대수층 막힘 등의 우물의 효울저하의 원인을 제거하여 우물과 대수층의 기능향상 및 이물질을 제거하기 위한 물리·화학적 재생방법의 최적인자를 도출하고자 한다.

이에 따라 본 연구의 내용 및 범위는 다음과 같다.

1. 스크린 부분의 철, 망간 주입 시 여과특성 검토
2. 스크린의 철, 망간 오염 시 세정방안 조사
3. Lab 장치의 운전 시 철, 망간에 따른 영향 검토
4. Lab 장치의 철 망간의 슬라임 형성 시 세정방안 조사

Ⅵ. 연구결과

1. Stirred cell을 이용한 Sieve의 여과 및 세척 특성

Lab 장치의 수직정내 스크린 부분으로 사용될 Sieve에 대하여 Stirred cell을 이용하여 대상물질인 철, 망간에 의한 오염 시 물 세척 및 화학약품 세척에 의한 Flux(m/day)를 살펴보았다. 대상물질은 $FeCl_3 \cdot 6H_2O$와 $MnSO_4 \cdot 4 \sim 5H_2O$을 각각 이용하여, Stirred cell 300ml 내부에 철, 망간의 농도가 100mg/L이 되도록 조제하여 실험을 실시하였다. 철, 망간을 고농도로 제조하여 실험을 실시한 이유는 대상물질의 주입 시 Sieve의 오염도를 증가시켜 빠른 시간내에 Sieve의 특성을 살펴보기 위함이었다.

1) 철 성분의 여과 및 세척

철 주입에 따른 Stirred cell 운전결과 물세척시 평균 Flux 감소율은 각 16.6%, 32.6%로 나타났고, 화학세척 결과 4.6%, 21.0%로 나타나 철에 대한 실험결과 Sieve에 오염되어 있는 슬라임이 물 세척에 비해 화학약품 세척 시 세척되는 양이 높은 것으로 관찰되었다.

2) 망간 성분의 여과 및 세척

망간 주입에 따른 Stirred cell 운전결과 물세척시 각 평균 Flux 감소율은 17.5%, 19.5%로 나타났고, 화학세척 결과 16.0%, 20.9%로 나타나 세척에 따른 평균 Flux의 차이가 미비한 것으로 나타났다. 이로 보아 망간의 경우에는 물 세척과 화학약품 세척 모두 망간에 의한 슬라임 형성에 대한 세척이 원활히 이루어지지 못한 것을 확인 할 수 있었고, 또한 망간에 의한 스크린의 오염되는 부분이 철에 비해 상당히 낮은 것을 확인 할 수 있었다.

3) 철, 망간 혼합 시 여과 및 세척

철, 망간 혼합에 따른 Stirred cell 운전 시 Flux 감소가 개별적인 주입에 비해 높은 것으로 나타나, Fe, Mn 혼합 시 슬라임 형성이 많았다는 것을 확인 할 수 있었다. 물세척시 각 평균 Flux 감소율은 45.9%, 68.6%로 나타났고, 화학세척 결과 21.7%, 25.8%로 나타났다. 이에 철과 망간의 동시 주입에 의한 세척특성을 살펴본 결과 물 세척에 비해 화학약품 세척 시 Sieve에 형성된 슬라임 제거율이 높은 것으로 나타났는데 이는 Sieve의 형성되는 슬라임이 주성분이 망간보다는 철의 함량이 높은 것으로 조사되어, 이러한 결과를 나타낸 것으로 확인 되었다.

2. Lab-scale 강변여과 장치의 수직정 수위변화 및 세척

현재 강변여과를 이용하여 취수를 실시하고 있는 창원시 대산정수장의 강변여과 수직정을 모형으로 두어 실험실 규모로 장치를 제작하여 실험을 실시하였다. 취수장치에서 사용되는 스트레이너는 20㎛ Size의 Sieve의 사용하였고, 대수층은 균등계수 1.7이하의 모래를 사용하였다. 대상물질은 $FeCl_3 \cdot 6H_2O$와 $MnSO_4 \cdot 4 \sim 5H_2O$을 각각 이용하여 현재 낙동강 하류지역에서 검출된 철, 망간의 농도가 약 3ppm이라는

점을 감안하여 운전 시 유입농도를 3ppm으로 유지하여 운전을 실시하였다.

매 운전 시 초기수위는 일정하게 유지하였으며(최대수위 하단에서 35cm), 수직정으로 유입되는 취수구의 수위는 하단에서 5cm 떨어진 지점으로 하였고, 한계수위는 취수구에서 5cm 떨어진 지점으로 설정하여 이 한계수위 이상 감소 시 운전을 정지하였다.

1) 적정 취수량 결정

본 실험의 적정 취수량을 결정하기 위하여 처리유량에 따른 수직정내 수위변화를 살펴 보았다. 대상원수는 지하수를 이용하였고, 취수량은 각각 0.6, 0.3, 0.1L/min으로 주어 운전을 실시하였다. 운전결과 처리유량 0.6L/min에 비해 처리유량 0.3, 0.1L/min으로 주어 운전 시에 운전 지속시간이 2배 이상 증가하였고, 0.3 0.1L/min의 경우에는 큰 차이를 보이지 않고, 운전 지속시간이 유사하게 나타났다. 이에 따라 장기적인 운전을 고려하여 Lab 장치의 취수량을 0.3L/min으로 설정하여 운전을 하였다. Lab 장치의 수직정 스크린 부분의 세척은 Air-surging, 물역세척, 화학약품 세척으로 구분하여 대상물질에 의한 오염 시 세척 특성을 살펴보았으며, 이에 현재 강변여과 취수정 세척방법을 사용 중인 Air-surging과 비교하여 보았다.

2) 철 성분에 의한 수직정의 수위변화 및 세척특성

철 성분에 의한 수직정의 수위변화 및 세척특성을 살펴본 결과 Air-surging 후 운전 지속시간이 10min으로 나타난 반면 물역세척과 화학약품 세척 시 120min, 240min으로 관찰되어 화학약품 세척이 Air-surging 및 물역세척에 비해 24배, 2배 이상 운전지속시간이 증가한 것으로 나타났다. 또한 각 세척 시 배출되는 세척량이 3.07mg, 5.28mg, 54.34mg로 측정되어 화학세척 시 배출되는 세척량이 타 세척방법에 비해 높아, 운전지속시간이 증가된 것으로 확인 되었다.

3) 망간 성분에 의한 수직정의 수위변화 및 세척특성

망간 성분에 의한 수직정의 수위변화 및 세척특성을 살펴본 결과 전반적으로 철 주입에 비하여 수직정의 수위변화가 초기 운전 및 세정 후 운전지속시간이 길게 나타나는 것으로 관찰되어 대수층 및 수직정내 스크린 부분의 막힘 현상이 낮은 것으로 확인되었다. 세척 시 배출되는 세척량을 살펴 본 결과 Air-surging, 물역세척,

화학세척 시 1.67mg, 2.85mg, 4.16mg로 측정되어 세척방법에 따른 세척량의 차이가 적은 것으로 확인되었다.

4) 철, 망간 성분의 혼합에 의한 수직정의 수위변화 및 세척특성

철, 망간 혼합에 의한 Lab-scale 강변여과 장치 운전결과 초기 운전지속시간이 개별적인 조건에 실험에 비해 가장 짧은 것으로 나타났다. 각 세척 후 운전 지속시간은 Air-surging 10min, 물역세척 30min, 화학약품세척 150min으로 나타나, Lab 장치에 의한 화학세척이 타 세정방법에 비해 운전 지속시간이 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 세척량 또한 화학약품세척 시 Fe의 양이 가장 높아 Stirred cell 실험과 동일하게 슬라임의 주성분이 Mn에 비해 Fe가 높아 화학세척 시 운전지속시간이 증가된 것으로 확인되었다.

Ⅴ. 연구결과의 활용계획

낙동강 하류 강변여과수 및 지하수 취수정 세척 및 유지관리의 기술개발 시 수직정의 스크린 및 여층에 부착된 철, 망간에 대한 제거를 위한 효율적인 취수정의 세정방안을 검토한 결과를 다음과 같은 사항에 활용할 계획이다.

ⅰ. 현재 운영 및 개발 중인 강변여과에 대한 대수층 및 취수정 세정방법의 제시로 인해 강변여과시 취수정 내부의 효과적인 재생을 통하여 안전하고 위생적인 지하수를 취수 할 수 있게 하며, 지하수의 수질을 높임과 동시에 께끗한 상수도를 유자하여 괘척한 환경을 조성 할 수 있도록 함

ⅱ. 취수정 유지관리를 체계적이고 효율적인 방법을 적용함으로써 우물의 기능이 저하되기 전의 문제점을 미연에 방지하고 최적의 세정방법을 실시하여 지하수의 오염방지 및 용수의 안정적 취수 및 우물사용 기간연장을 위한 방안 제시

ⅲ. 본 연구결과를 바탕으로 Pilot-Plant 및 실 Plant에 적용하여 더욱 효과적인 취수정 세척 및 유지관리가 가능도록 함

ⅳ. 취수정의 장기적 사용으로 인한 우물 내부의 슬라임 발생, 금속성물질 축적, 미생물증식, 대수층 막힘 등과 같은 우물의 효율저하의 원인물질을 제거하도록함