

지하수질에 따른 배관부식 상태와 이의 해결방안 연구

김윤영 · 김정진* · 김형수** · 원종호**

중앙대학교 산업경영연구소

*서울대학교 지구환경과학부

**한국수자원공사

e-mail: yykim@cau.ac.kr

요 약 문

The purpose of this study is to clarify the reasons of pipe corrosion and well clogging which are taken place in long term bank filtering and to establish countermeasure of them in the alluvium of Goryeong Gun, Dasan Myeon, Nakdong River. It is believed that the scale inside the pipe is not caused by only iron hydroxides but compounds consisted with some carbonate and silicate minerals. For the removal of the scales, it is desirable to loosen the bonds of the scale itself by dissolving the carbonate and silicate minerals after detailed study of the scale compounds.

Key words : Bank filtering, clogging, pipe corrosion, alluvium aquifer.

1. 서론

본 연구는 강변여과수 취수와 같이 장기적으로 층적층 지하수를 채수하는데 있어 나타날 수 있는 배관 부식 및 정호 막힘 현상(clogging)에 대한 원인 및 이에 대한 대책을 수립하기 위한 목적의 일환으로 수행된 예비적인 조사와 그에 따른 일부 결과를 보여준다. 본 연구의 대상 연구 지역은, 경상북도 고령군 다산면 노곡리 일원으로, 북위 35도 49분에서 52분, 동경 128도 20분에서 30분에 해당되는 지역이다. 연구 대상 지역은 남진하던 낙동강이 급작스럽게 동진하여 금호강과 합류되는 지점의 약 5 km 상류부에 해당되는 우안부 층적층 지역에 해당된다.

본 연구 지역은, 생활 및 공업용수의 수요 증가로 용수 부족이 예상되는 영남 내륙권 고령군 및 성주군에 2016년까지 일일 41,000톤의 생활용수 공급을 위한 강변 여과 방식 취수 계획 지역이며, 연구 대상 정호는, 강변 여과 취수 방식의 실질 설계를 위해 착정된 SW-1번 양수정이다. 본 양수정을 대상으로 적정 양수량 평가, 수질 변화 양상 등 강변 여과 취수 방식의 타당성 평가 및 수자원 공급을 위한 실시 설계 자료를 도출하기 위하여 2001년 12월 6일부터 2002년 2월 20일까지 79일간 일평균 취수량 약 2,500톤의 연속 취수가 수행되었다.

2. 본론

가. 연구 방법

연구에 사용된 시료는 대구 관내외의 스케일 분리하여 실험에 사용하였다. 스케일을 구성하고 있는 광물을 감정하기 위하여 Rigaku Geigerflex RAD3-C 모델을 이용하여 X-선회절 분석을 실시하였으며, 분석 조건은 Cu K α , 주사속도 0.1° 2 θ /min이다. 시료는 막자사발을 이용하여 분쇄하여 80mesh의 입도로 채질 한 후 X-선 회절분석을 실시하였다. 스케일을 구성하고 있는 광물들의 외형과 결합형태를 알아보기 위하여 쌍안실체현미경 관찰을 실시하였다.

나. X-선 회절분석 (X-ray Diffraction Analysis) 결과

일반적으로 녹은 경질녹 혹은 연질녹으로 구분하고 있지만 관내의 스케일에 대한 정확한 광물 감정을 위하여 X-선회절 분석을 실시하였다. 스케일을 구성하고 있는 광물은 대부분 철수산화물인 침철석(geothite: α -FeOOH)과 약간의 레피도크로사이트(lepidocrocite γ -FeOOH)로 구성되어 있다(그림 1). 침철석에 대한 X-선회절선이 약간 넓게 나타나는 것으로 보아 결정도가 낮은 것으로 추정되며, 레피도크로사이트는 아주 적은 양이 포함되어있다. 쌍안실체현미경 관찰결과 방해석(calcite)을 관찰할 수 있지만 X-선회절분석에서는 방해석의 회절선은 거의 나타나지 않는다. 관의 내부와 외부의 스케일의 구성광물은 큰 차이를 나타내지 않지만 회절선의 강도가 약하고 배경(back ground)이 높게 나타나는 것으로 보아 상당량의 비정질 물질이 포함되어 있을 것으로 추정할 수 있다. 스케일은 대략 황갈색, 노란색, 흑색의 세 가지로 구분할 수 있으며, 이들은 구성광물의 차이에 따라 색깔이 다르게 나타난다. 황갈색의 스케일은 주로 침철석이고 노란색의 스케일은 레피도크로사이트로 구성되어있다.

스케일은 철 산화/수산화광물, 탄산염광물 외에 X-선회절 분석에서 약한 회절선으로 나타나는 자페아이트(jaffeite: $\text{Ca}_4(\text{Si}_3\text{O}_7)(\text{OH})_6$)로 수돗물 내에 포함된 Ca, Si성분이 물속에서 반응해서 형성된다. 관 내외부의 스케일은 철 수산화광물로만 이루어진 것이 아니라 탄산염, 규산염광물과 결합하여 존재한다.

다. 쌍안실체현미경 관찰

관 내외부에 생성된 스케일을 구성하는 광물들이 0.1 mm 이상의 결정으로 나타날 때 쌍안실체현미경으로 관찰시 광물의 외형을 잘 관찰할 수 있다. 관 내외부의 스케일에 대한 쌍안실체현미경 관찰 결과 층상으로 나타나거나 미세 입자들로 구성된 피상으로 나타난다. 0.1mm 정도의 육각판모양의 갈색 결정과 작은 입자들이 모여서 형성된 구과상 형태도 관찰할 수 있다. 방해석은 미세 입자 사이에 존재하며 크기는 0.1~0.4 mm 정도이다. 관내외의 스케일의 형태는 다양하게 나타나지만 일반적으로 층상의 구형 내지 타원형으로 나타나는 것이 대부분이다. 검은 색을 띠고 있는 스케일은 단단하며 얇고, 노란색과 황갈색 스케일은 느슨하게 결합되어있다. 황갈색의 스케일 사이에는 육각판 모양의 자페아이트 결정들이 나타난다. 수도관 내의 스케일에 염산을 가했을 때 기포가 발생하는 경우가 있는데 이것은 방해석 (calcite: CaCO_3)이 존재하기 때문이다(그림 2).

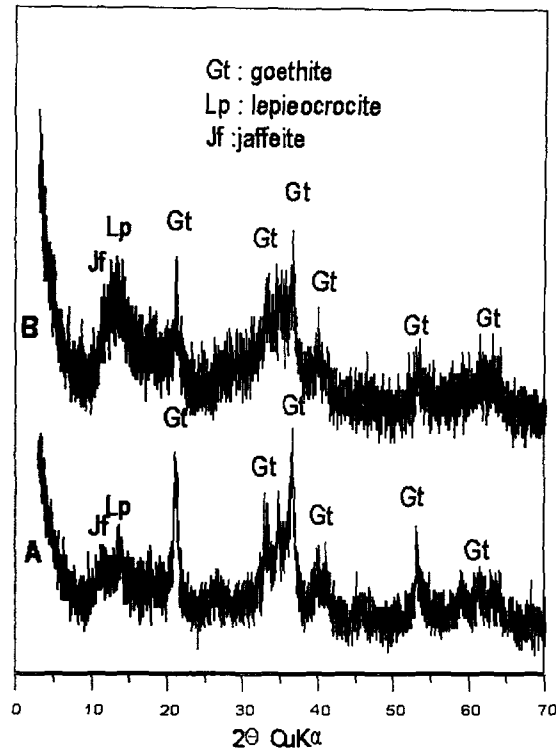


그림 1. 관 내부(A)와 외부(B)에 생성된 스케일에 대한 x-선 회절선

3. 결론

관내의 스케일의 주 구성 광물을 밝혀 그 광물들이 지닌 물리적, 화학적 특성을 연구하여 관으로부터 제거할 수 있다면, 관의 교체에 드는 비용을 절감할 수 있다. 관내의 스케일은 산화/수산화철 광물로만 이루어진 것이 아니라 다른 성분들과 결합하여 관 벽에 침전된 것이다. 실제로 이들 스케일은 쉽게 용해되는 물질이 아니기 때문에 용해시켜서 제거하는 것은 거의 불가능하다. 따라서 스케일의 구성 광물을 정확히 파악하여 철 광물이외의 다른 광물을 용해시키면, 스케일 자체의 결합력이 감소되므로 관 벽으로부터 쉽게 제거시킬 수 있을 것으로 판단된다. 또한 합금을 이용하여 이미 생성된 스케일에 대해 그 결합력을 약화시켜 배관으로부터 제거하고 이온화경향을 이용하여 더 이상 스케일의 생성을 억제시키는 방안도 고려해 볼 수 있다.

4. 참고문헌

김윤영, 김정진(2001), 탄산온천 지하수의 고온에서의 결정정출로 인한 스케일 발생에 관한 연구, 2001년 대한상하수도학회, 한국물환경학회 공동 추계 학술발표회 논문집 (pp.107-110).

5. 사사

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비 지원(과제번호 3-4-1)에 의해 수행되었습니다.

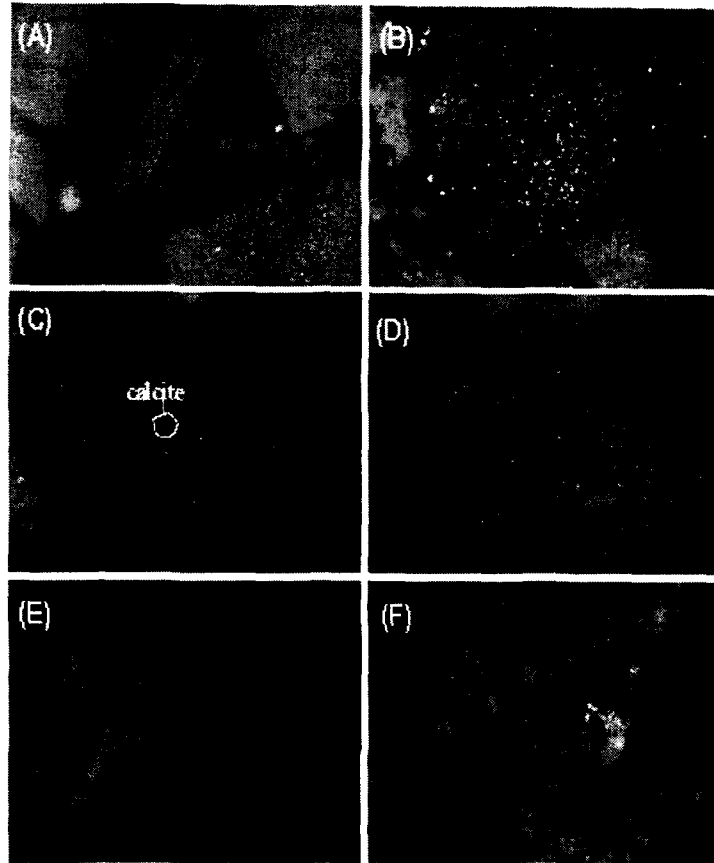


그림 2. 지하수 관 외부(A, B)와 내부(C, D, E, F)의 스케일(Scale)에 대한 쌍안실체현미경 사진
 (A: 층상으로 나타나는 스케일의 형태, B: 0.1mm 크기의 육각판상으로 나타나는 결정,
 C: 스케일내의 방해석, D: 구과상으로 나타나는 스케일의 형태, E: 미립으로 된 점토광물,
 F: 스케일 내에 포함된 방해석 결정)