

창원시 대산면 낙동강변 퇴적층과 지하수의 철·망간 분포 특성

이효민¹ · 함세영¹ · 정재열¹ · 이정환¹ · 김형수² · 류상훈¹ · 김태원¹ · 김문수³

¹부산대학교 지질학과

²한국수자원공사 수자원연구원

³국립환경과학원 낙동강물환경연구소

hmlee61@pusan.ac.kr

요 약 문

The high Fe and Mn contents in riverbank filtered groundwater often provoke problems on the water quality. We analyzed the mineral and chemical compositions of the soil samples taken from the different depths of the fluvial deposits at various locations in the riverbank filtration area, Daesan-Myeon. The groundwater chemistry data were also collected from the equivalent depths with the soil samples at the boreholes in July and December, 2005. The relationships between the enrichment characteristics of Fe and Mn in the groundwater and the mineralogical and physicochemical properties of the fluvial deposits were carefully analyzed. The results indicate that the Fe and Mn contents in the groundwater vary with seasonally and show different enrichment behaviors.

1. 서론

하천수를 직접 취수하여 상수원으로 사용할 경우에는 문제가 되지 않으나, 강변지하수를 상수원으로 사용할 경우 문제가 되는 것 중 하나가 철·망간의 높은 농도이다. 일반적으로 하천수의 망간 농도는 철의 농도의 약 1/3정도 포함되고 있으며, 우리나라에서는 철·망간의 음용수 기준을 공통적으로 0.3 mg/l 이하로 규제하고 있다. 그러나 지하수나 강변지하수의 경우, 철·망간이 과다하게 함유되어 음용수 기준보다 10배 이상 초과되는 경우도 많으며, 부근의 지표수에서 보다 높은 농도로 나타나는 것으로 알려져 있다(김진삼 외, 2003, Kim et al., 1999). 일반적으로 자연수 중의 철·망간은 암석, 퇴적물 및 토양으로부터 유입된다. 그러므로 지하수로의 철·망간의 유입과 농도 분포는 지역 지질 및 수리지질학적 특성과 밀접한 관련성이 있는 것으로 생각되나, 그 정확한 유입경로 및 이동특성은 복잡하여 명확히 규명되지 못하고 있는 실정이다.

본 연구지역의 강변지하수의 철·망간 농도에 대한 기존 연구보고서(창원시, 2003)에 의하면, 특정한 관측점에서 취수된 지하수에서 철과 망간의 농도가 높게 나타나고, 철과 망간의 부화심도는 서로 다르게 나타난다. 그리고 동일 관측점에서도 철 및 망간은 심도에 따라 농도가 변화하는 특징을 보이고 있다. 따라서 이번 연구에서는 대산면 지역의 관측정 굴착 시 채취된 시추코어시료를 대상으로 심도와 층적층의 종류에 따른 구성광물성분과 화학분석을 실시하고, 주변 지하수 수질성분을 하절기와 동절기 2차에 걸쳐 분석하여 지하수내의 철·망간의 계절적 부화 특성 및 대수층 매질 특성과의 상관관계를 분석하였다.

2. 연구방법

2-1. 시추코어시료의 광물성분 및 화학성분 분석

시추코어 시료 중 기존보고서(창원시, 2003)의 수질분석자료와 지하수 유동체계를 고려하여 대산면 지역에서 6개의 관측정(DS1, DS2, DS4, DS5, DS6, DS7)에서 채취된 시추코어 시료를 분석하였다. 시추 시료를 입도 분석한 결과, 총적층의 구성물질을 달리하는 3개의 심도(6±3m, 18±3m, 27±3m)에서 채취된 시추 시료에 대한 구성광물성분과 화학성분분석을 실시하였다. 효율적인 분석을 위해 시료를 건조(100±5°C)하여 덩어리를 잘게 부순 후 체분석하여 NO. 140 체에 잔류하는 입자를 대상으로 하였다. 광물성분 분석은 X-선 분말회절 장치(XRD, Rigaku사의 Geigerflex 2301)로 하였으며, 화학성분은 X-선 형광분석기(XRF, Phillips사의 PW2400)로 분석하였다.

2-2. 수질분석

강변여과수의 수질분석을 낙동강, 대상 관측정의 3개 심도와 주변 취수정으로부터 7월과 12월의 2차에 걸쳐 시료를 채취하여 분석을 실시하였다. 수온, pH, EC, TDS, 염분농도, Eh, DO 그리고 HCO_3^- 는 현장에서 측정하였다. 양이온(Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Si^{4+} , Al^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+})은 원자방출분광분석기(Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer, 미국 Thermo Jarrell Ash사 모델 IPC-IRIS)로, 음이온(F^- , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-})은 이온크로마토그래피(미국 Dionex사 DX-500)로 분석하였다.

3. 결과 및 토의

3-1. 대수층 매질의 특성

본 지역을 구성하고 있는 대수층은 총적층 대수층으로 대수층 구성 매질의 입도 분석 결과, 전체적으로 연구 지역의 대수층은 주로 세립질 모래의 두꺼운 층으로 구성되어 있으며, 중간 심도(12~24 m 범위의 깊이)에서는 중립질 내지 세립~중립질 모래로 입도와 분급도가 상대적으로 큰 대수층이 다양한 두께로 협재되어 나타나며, 기저 층은 모래/자갈층으로 구성되어 있음을 알 수 있다.

3-2. 대수층 매질의 광물학적 특성

대수층 매질을 구성하는 광물들은 석영, 장석, 운모류 광물, 각섬석과 점토광물들이다. 점토광물로는 녹니석, 버미클라이트, 카올리나이트, 스멕타이트 등의 광물들이 나타난다. 대수층의 특징에 따라 점토광물의 함량에 차이를 보이고 있다. 전반적으로, 점토광물의 함량은 상부층(6m)의 세립질 모래에 가장 많이 포함되고 있으며, 중간 심도(18m)의 세립질 내지 중립질의 모래에는 아주 소량만 포함되어 있다(DS-5 예외). 하부 대수층(27m)을 구성하고 있는 세립질 모래에서는, 상부 대수층의 세립질 모래에 비하여 점토광물의 함량이 적은 것으로 나타났다.

3-3. 대수층 매질의 화학적 특성

대수층 매질의 화학성분을 분석한 결과, 매질내 Fe 함량은 DS-1호공을 제외하고 전반적으로 상부층(6m)과 하부층(27m)의 세립질 모래로 구성된 대수층에서 상대적으로 높게 나타나며, 중간 심도(18m)의 세립질 내지 중립질의 모래층에서 상대적으로 낮게 나타나는 경향을 보여 주고 있다(Fig. 1). 이 결과는 전체적으로, 심도별 대수층내 Fe의 함량은 점토광물의 함량과 정의 상관관계를 보이고 있음을 지시한다. 즉, 점토 광물의 함량이 높은 세립질의 모래층에서 점토광물의 함량이 낮은 세립~중립질의 모래층에서 보다 상대적으로 많은 Fe가 포함되어 있음을 잘 나타내고 있다.

낙동강으로부터 정수장까지의 지하수의 수평적 Fe 농도 변화를 살펴보면, 상부층(6m)을 구성하는 세립모래층에서는 낙동강으로부터 멀어질수록 Fe 농도가 감소하는 경향을 뚜렷한 보이고 있

으나, 중간층(18m)과 하부층(27m)에서는 특징적인 경향을 보여주지 못한다. 그러나, 같은 연직선 상에 분포하는 DS-1, DS-4, DS-5, DS-7 공(Fig. 1)의 분석치만 비교할 경우, 중간층도 낙동강으로부터 멀어질수록 같은 경향을 나타냄을 알 수 있다. 그러나, 하부층에서는 뚜렷한 변화 양상을 나타내고 있지 않으며, 거의 일정한 농도로 나타난다. 이러한 사실들은 점토광물이 Fe 흡착에 어느 정도 관여한 결과로 볼 수 있으나, 하부층에서는 그 역할이 줄어드는 것은 지하수의 채수된 30m 깊이에는 자갈이 많이 포함되어 있음으로 지하수내 Fe 흡착량이 미비한 것이 원인으로 생각된다.

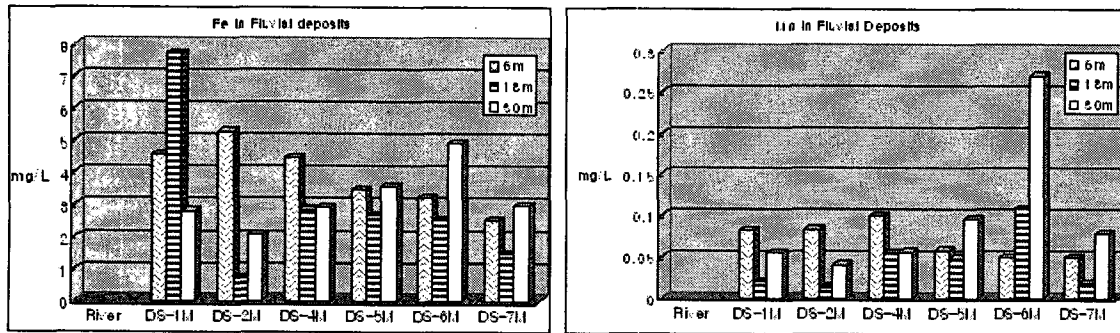


Fig. 1. Variations in Fe and Mn contents of fluvial deposits at different depths.

매질내 Mn 함량은 DS-6호공을 제외하고 Fe의 함량에서의 변화와 유사하게 전반적으로 상부층(6m)과 하부층(27m)의 세립질 모래로 구성된 대수층에서 상대적으로 높게 나타나며, 중간심도(18m)의 대수층에서 상대적으로 낮게 포함되어 있는 경향을 보여 주고 있다(Fig. 1). 이는 전체적으로, 깊이별 대수층내 Mn의 함량도 점토광물의 함량과 정의 상관관계를 보이고 있음을 보여 준다. 낙동강으로부터 정수장까지의 지하수의 수평적 Mn 농도 변화를 살펴보면, 상부층(6m), 중간층(18m)과 하부층(27m) 모두에서 특징적인 변화 양상을 보여주지 않는다.

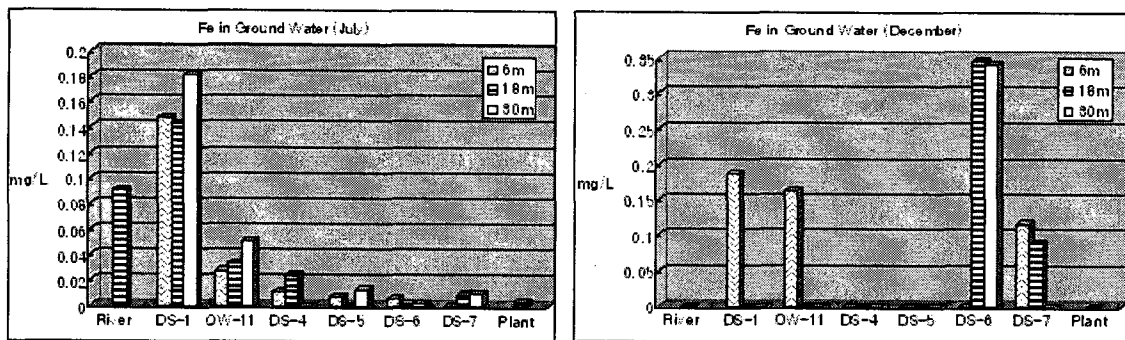


Fig. 2. Variations in Fe content of ground water of different depths on July and December, 2005.

3-4. 지하수의 화학적 특징

하절기(2005년 7월)와 동절기(2005년 12월)의 지하수내 Fe 농도를 비교 할 때, 확연히 다른 양상을 보여주고 있다(Fig. 2). 두 계절에서 지하수내 Fe 농도는 대수층의 점토광물 함량에 따른 뚜렷한 변화 특징을 보여주지 못한다. 하절기 분석 결과를 보면, 지하수내 Fe의 함량은 DS-1 번 공을 제외하고 모든 깊이의 대수층에서, 낙동강으로부터 멀어질수록 뚜렷이 감소되는 수평적인

변화 양상을 보여주고 있다. 그러나, 동절기에는 낙동강으로부터 정수장까지의 수평적인 농도 변화 양상을 보여주지 않고 있다(Fig. 2).

지하수내 Mn 함량은 Fe에 비하여 상대적으로 아주 낮은 값을 보여 주고 있으며, 지하수내 농도는 불규칙한 변화 양상을 나타낸다(Fig. 3). 지하수내 Mn의 함량의 낙동강으로부터 정수장까지 수평적 변화 양상을 살펴보면, 하절기 및 동절기 모두 특징적인 변화 양상을 관찰할 수 없다.

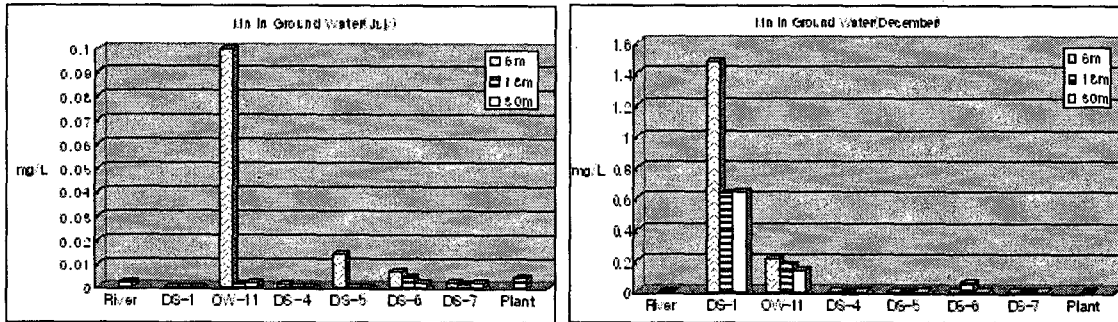


Fig. 3. Variations in Mn content of ground water of different depths on July and December, 2005.

4. 사사

본 연구는 21세기 프런티어 연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제 번호 3-4-2)에 의해 수행되었다. 연구비를 지원해주신 프런티어 사업단에 감사드립니다.

5. 참고문헌

1. 김진삼, 김주환, 정수은, 김형수, 윤성택 (2003) 층적층 지하수 활용 가능성 검토지역에 대한 철·망간 분포특성 고찰, 한국지하수토양환경학회 춘계학술대회 논문집, p. 279-282.
2. 창원시 (2003) 기존(대산, 북면 취·정수장) 강변지하수개발에 대한 주변영향조사연구 보고서, p
3. Kim, D., Yun, S. and Chae, G. (1999) Geochemical equilibria and kinetics of the formation of iron precipitates in groundwaters : Preliminary results and comments on water treatment, 대한지하수환경학회·한국토양환경학회 춘계공동학술발표회 초록, p. 11-12.