

인공구조물에 의해 유도되는 지하수-하천수 시스템의 상호작용에 대한 예비 연구

오준호, 성현정, 김태희, 김용제, 송무영*

한국지질자원연구원 지하수지열연구부

*충남대학교 지질학과

e-mail : ohjunbal@hanmail.net

요약문

현재 국내에서는 지하수 순환 특성에 대한 연구가 미약하며 그에 대한 연구가 요구 되고 있다. 본 연구에서는 지하수 순환을 중심으로 인공구조물에 의해 유도되는 지하수-하천수 시스템의 상호작용에 대하여 하천수의 수위/유량 변화와 주요 이온 변화에 따른 지하수의 변화를 모니터링을 통해 검토해 보았다. 연구결과 혼합대에 설치된 관측점에서 나타난 수위 및 주요 이온 변화에서 하천의 영향으로 인한 변화 패턴을 확인할 수 있었다. 추후 관측 자료가 누적되고 강수량, 하천수위, 지하수위, 지하수질, 하천수질 등에 대한 상호 상관성을 검토한다면 더 명확한 결과를 얻을 수 있을 것으로 본다.

key word : 지하수-하천수의 상호작용, 인공구조물, 지하수위변화, 주요 이온변화

1. 서론

오늘날 인류 사회에 있어서 수자원은 인류의 기본 생존뿐만 아니라 국가 경제발전의 측면에서도 중요한 역할을 하고 있다. 그럼에도 우리나라는 UN이 분류한 물 부족 국가에 분류되어있다. 이는 수요를 충족시킬만한 물이 부족해서가 아니라 우리나라 지하수의 순환특성에 대한 학문적인 부실과 국가의 지하수자원에 대한 인식 부족의 결과라 할 수 있다. 따라서 환경친화적인 지하수 자원 개발 및 관리를 위해 국내환경에 적합한 지하수-하천수 연계 해석이 요구되고 있다.

국내에서는 지하수-하천수의 연계 해석을 위한 모델 개발이 부분적으로 진행되어 왔으나(한국지질자원연구원, 2003) 지표수 수문 성분 해석을 위한 보조적 개념으로 지하수에 대한 수치 모형을 고려하고 있어 지하수 전반적인 시스템을 고려하기에는 한계가 있다. 이러한 상황은 국제적으로도 크게 다르지 않은데, 일반적인 지표수 순환 모델에서 지하수 조건을 고려한다 하더라도 지하에서 포화 정도의 다양한 차이나, 지질학적 구조의 복잡함에 대해 충분히 고려한 모델은 개발되어 있지 않으며, 지하수 모델의 경우 지표에서의 다양한 동역학적 특성(지표 유출, 하천, 습지의 분포 특성 등) 및 지표수의 수질 변이에 무시하는 것이 일반적이다. 또한 강과 하천수의 혼합대(hyporheic zone)에서 흐름의 변화에 따른 용질거동의 특성에 대한 연구(Anders Worman et al, 2002)나 하천 표류수가 침투되어 생성된 강변여과수의 활용에 대한 연구(한국수자원 연구소, 2003) 등을 수행하기 위해서는 지하수-하천수의 상호작용에 대한 이해가 필요할 것으로 본다.

따라서 본 연구에서는 인공 구조물에 의해 유도되는 지하수-하천수 시스템의 상호작용에 대한 연계 해석을 지하수 순환을 중심으로 하천수의 수위/유량 변화와 화학적 반응을 고려한 용질거동을 통해 검토하고자한다.

2. 본론

본 연구 지역은 충청남도 금산군 남이면 내 위치한 남이자연휴양림 내 한국지질자원연구원 연구부지로 연구지역내의 인공구조물을 중심으로 그 주변부와 상·하부에 지하수 관측정이 설치되어있다. 본 연구에서는 수위 변화와 주요 이온농도 변화 관측을 통하여 인공구조물에 의해 유도되는 지하수-하천수의 상호작용에 대하여 검토하였다. 이를 위해 각 위치에서 나타나는 수위 변화패턴을 구분하고 이온농도 변화 양상을 통해 지하수와 하천수의 혼합대를 정의하여 지하수-하천수의 상호작용을 검토하였다. 이때 인공구조물이 미치는 영향을 검토를 위해서 보 수평부에 BH-14를 설치하고 BH-14와의 차별성 검토를 위해 그 하부에 BH-15를 설치하여 각 관측정의 지하수위 변화와 비교하였다. 또한 하천 보에 도달하기 이전의 하천의 이온농도와 보, 하류부 50미터 지점의 이온농도, 그리고 BH-9,13,14, 15의 각각의 이온농도 변화를 관측하여 그 상호작용을 파악하였다. 먼저 Fig.1 에서는 수위변화 패턴을 나타내고 있다. 전반적인 지하수위 변화는 강수 발생(그림2)시 상승하여 이후 단일 퇴행양상을 보여주는 것이 일반적인 변화이나, 모니터링 시작 이후 58,000분 내외의 경과 시간에서의 수위 변화 양상은 이중 퇴행양상을 보여 주고 있다는 점에서 명확한 차이점이 나타난다. 즉, 약 58,000분 내외의 경과 시간에서 급격히 상승하기 시작한 지하수위는 최고 정점을 지나 약 60,000분의 경과 시간에 이르기까지 급격하게 감소하는 패턴을 보여주고 있으며, 이 시점을 지나면서 지하수위의 하강 정도가 급격히 둔화된다. 이때 초기 퇴행양상에서의 지하수위 상승 및 하강 폭의 측면에서 보면 다시 두 가지의 그룹으로 구분할 수 있다. 즉, BH-13과 BH-14 관측정의 경우 초기 퇴행에서 지하수위의 상승 및 하강 폭이 1m이상 (BH-14는 약 1.2m, BH-13은 약1m)의 변화 폭을 보여 주는 반면, 나머지 관정에서는 20cm 내외의 초기 수위 변화폭을 보여주고 있다. 또한 이러한 물리적 현상을 보다 정량적으로 해석하기 위해 연구지역의 하천수와 지하수에서의 시료를 채취하여 시간에 따른 주요이온 분포의 변화양상을 지속적으로 모니터링하였다. Fig.3에서 보면, EC와 Cl 양자 모두 지하수와 하천수 사이에서 일정한 차이를 보여주고 있으며, 지하수가 높은 경향을 보여주고 있다. BH-14의 경우 하천수의 이온 분포와 거의 동일한 변화양상을 나타낸다.

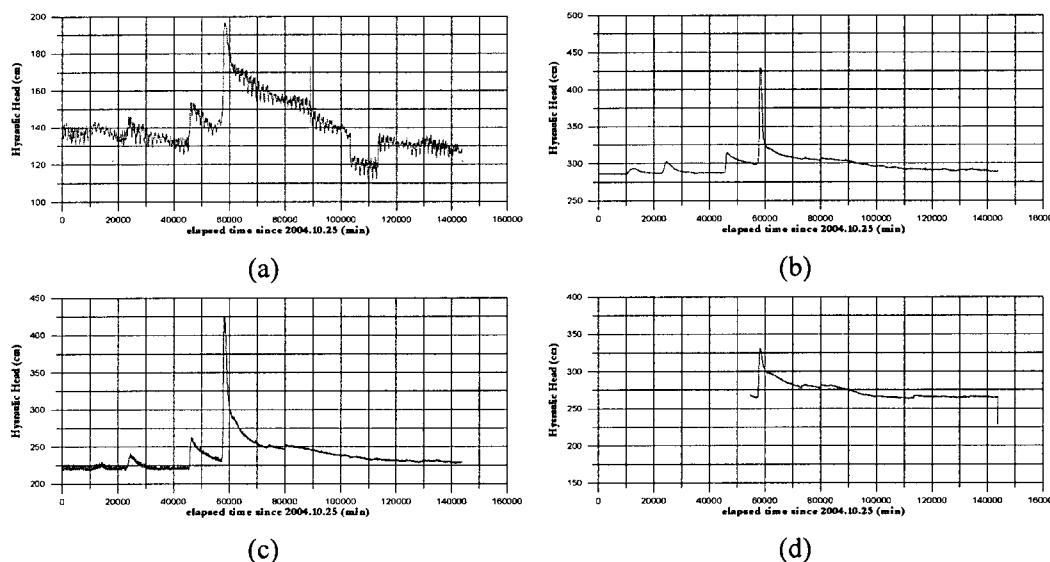


Fig.1 Hydraulic head fluctuation at monitored wells : (a)BH-9, (b)BH-13 (c)BH-14, (d) BH-15)

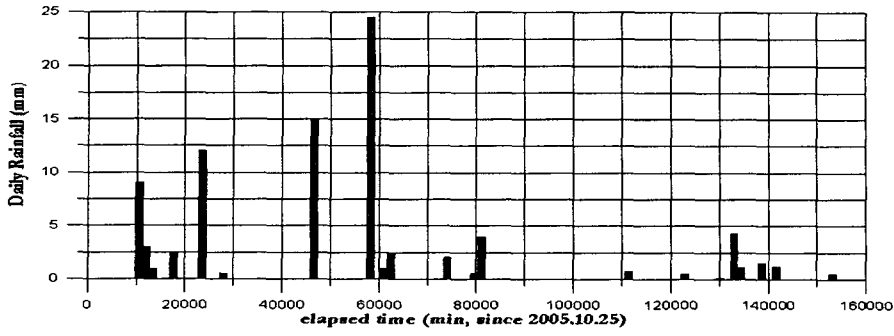


Fig.2 Daily rainfall distribution in Geumsan area

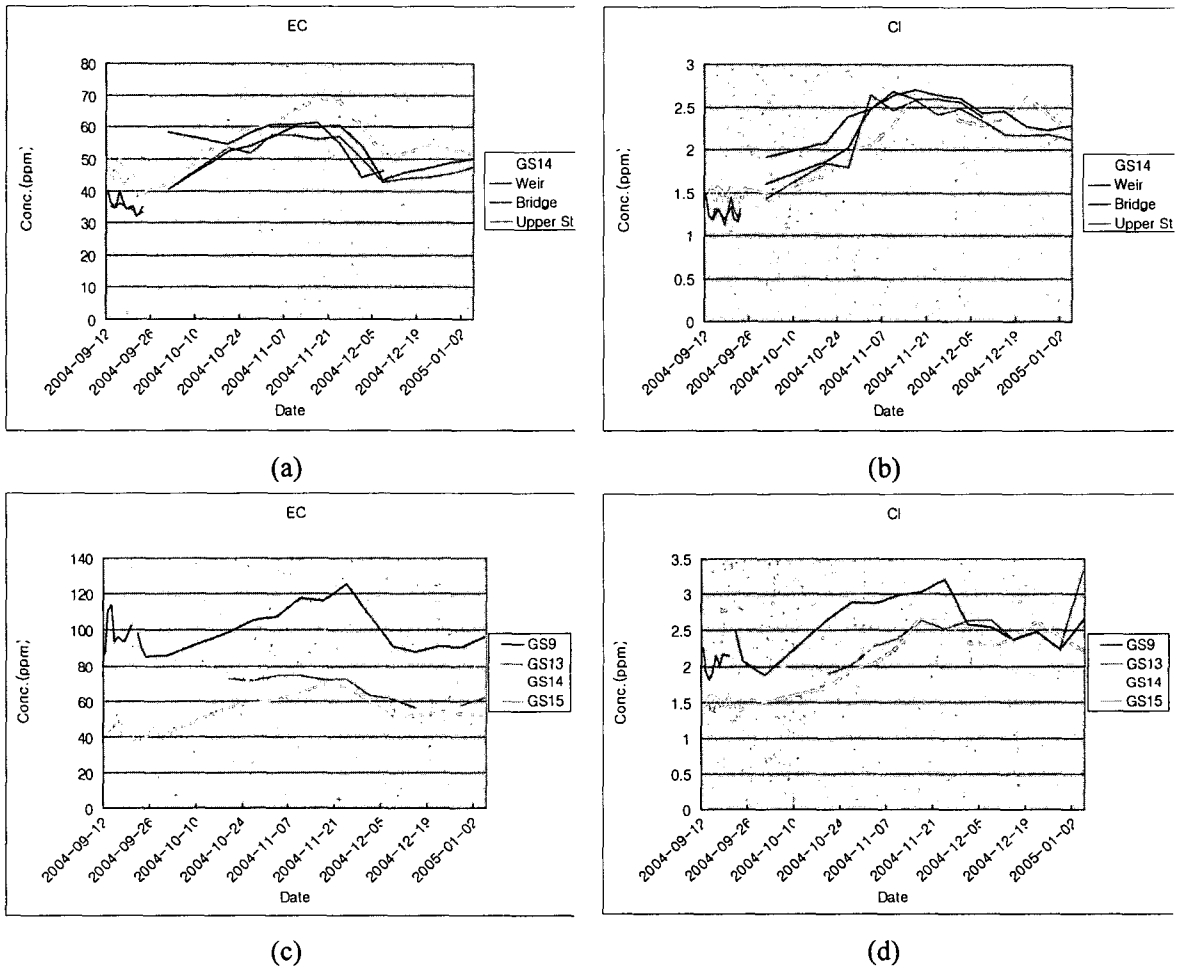


Fig.3 Temporal variation of EC and Chloride : (a) EC in BH-14 and stream water, (b) Cl concentration in BH-14 and stream water, (c) EC in groundwater, (d) Cl concentration in groundwater

3. 결론

이상의 연구결과로 직접적인 증거자료를 제시하기에는 아직 누적 자료의 양이 부족하긴 하지만 지하수위의 변화 양상을 볼때 그 변화 양상은 하천을 통한 지표 유출량 및 하천 보에 의한 수위 상승과 밀접히 관련이 있는 것으로 판단된다. 즉 BH-14의 경우 하천 보의 수위 상승의 영향을 받아 다른

관측정과 다른 패턴을 보이는 것으로 생각된다. 또한 이러한 양상은 하천 및 지하수 관정에서의 수질 변화 양상에서도 나타난다. 강수량이 기록된 이후 하천 및 BH-14의 전기전도도 및 염소 이온의 농도 상승이 관측되다 다시 전기전도도가 낮아지는 경향을 보이는데 이점도 앞서 언급한 지하수위의 변화 양상과 어느 정도 부합되는 경향을 보여주고 있다. 이로 볼때 보 주변의 BH-14는 하천보 수위의 영향을 받으며 그로 인해 보 하부에서 지하수와 하천수가 혼합대를 형성하는 것으로 생각된다. 추후 관측 자료가 누적되고 강수량, 하천수위, 지하수위, 지하수질, 하천수질 등에 대한 상호 상관성을 검토한다면 더 명확한 결과를 얻을 수 있을 것으로 본다.

사사

이 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단의 연구비 지원(과제3-2-2)에 의해 수행되었습니다.

4. 참고문헌

- 한국지질자원연구원, 지하수 순환/유동 시스템 모델링 기반기술 개발, 2003
한국수자원공사 수자원연구소, 지속가능한 지하수 개발 및 함양기술 개발, 2003
Anders Worman, Aaron I. Packman, Hakan Jonhansson and Karin Jonsson, Effect of flow-induced exchange in hyporheic zones on longitudinal transport of solutes in streams and rivers, *Water Resources Research*, vol. 38, 0043-1397, 2002
Vengosh, A., J. Gill, M. L. Davisson, and G. B. Hudson, A multi-isotope (B, Sr, O, H, and C) and age dating (^3H - ^3He and ^{14}C) study of groundwater from Salinas Valley, California: Hydrochemistry, dynamics, and contamination processes, *Water Resource Research*, 38(1), 1008, doi:10.1029/2001WR000517, 2002