

## 지하투과레이다(GPR)를 활용한 천부 층적 대수층 퇴적상 연구

김형수, 이철우\*, 백건하  
한국수자원공사 수자원연구소, \*충북대학교  
e-mail : gloryees@chungbuk.ac.kr

### 요약문

효과적인 국내 층적층 지하수의 이용을 위해서는, 층적 대수층의 내부 구조를 정밀하게 평가하여야 한다. 특히, 강변여과, 인공 침투지 등의 적극적인 층적 대수층의 활용을 위해서는 층적 대수층의 퇴적 환경에 대한 이해가 요구된다. 국내 층적층의 대부분은 하천 둔치 주변에서 하도의 수평 이동에 의해 형성된 경사 지층으로, 니질 박층이 협재하므로 내부의 분균일성에 의해 인접한 취수 공간에도 지하수체의 이동 특성 및 화학적 특성이 달라질 수 있다. 본 연구는 이러한 불균질성을 밝히기 위해 지하투과레이다(GPR)를 이용하여 부여 군수리 지역의 천부 층적층에 대한 퇴적학적 분석을 시도하였다. 군수리 지역은 크게 상하 두 개의 층적층으로 구분되며, 상부 수평층은 범람에 의해 형성된 것으로 수직 불균질성이 크고 수평 불균질성은 낮다. 하부 경사층은 수평, 수직 불균질성이 모두 크다. 특히 하부 경사층내에 발달한 하도곡은 인접한 층적층과 분리되어 이 층내의 지하수체 이동은 제한적일 것이고 수질 특성 또한 크게 다를 것으로 판단된다. 본 연구는 층적 대수층에 대한 물리 화학적 특성의 정확한 해석을 위해서 퇴적학적 해석이 선행되어야 함을 시사한다.

**key word** : 지하수, 층적 대수층, 인공함양, 강변여과, 지하투과레이다, 퇴적구조

### 1. 서론

층적 대수층의 수리지질학적 특성은 지층의 퇴적학적 환경에 영향을 받는다. 그러나 1차원적인 시추공 자료 및 하천변에 부분적으로 노출된 미고결 지층의 노두만을 통해 층적 대수층의 퇴적학적 환경을 평가하는 데는 한계가 있다. 따라서, 층적 대수층의 정밀한 퇴적 구조를 알기 위해서는 지하투과레이다(이하 GPR) 또는 고해상도 탄성과 반사법 조사 등을 통한 레이다 및 탄성파의 층서적 특징을 조사할 필요성이 높다. 이러한 필요에 따라 최근 들어 외국의 경우, GPR은 천부 층적층에 대한 퇴적상 연구가 활발히 진행되고 있으나(Beres and Haeni, 1991; Corbeanu et al, 2001; Neal and Roberts, 2001 등), 국내의 경우 GPR를 활용한 층적 대수층에 대한 연구는 아직 부족한 형편이다. 본 연구는 GPR 조사를 통한 층적 대수층에 대한 퇴적학적 특성 연구 가능성을 평가하고 실제 부여 군수리 지역에 대한 현장 자료 획득 및 처리를 통해 얻어진 GPR 해석 단면을 통한 수리지질학적 특성을 규명하기 위한 목적으로 수행되었다. 특히, 최근 들어 층적층 지하수는 지속적으로 이용 가능한 수자원으로 대두되고 있으며, 강변여과 및 직접인공함양 등의 효과적인 층적층 지하수 개발 및 이용을 위해서도 국내 층적 대수층에 대한 연구는 절실한 상황이다.

조사 대상 지역인 부여 군수리 및 왕포리 일대는, 금강이 부여읍 북쪽의 부소산 서측으로부터 완만히 굴곡을 이루며 사행하면서 형성한 반원형의 층적층 지역이다(그림 1 조사 축선 위치도 참조).

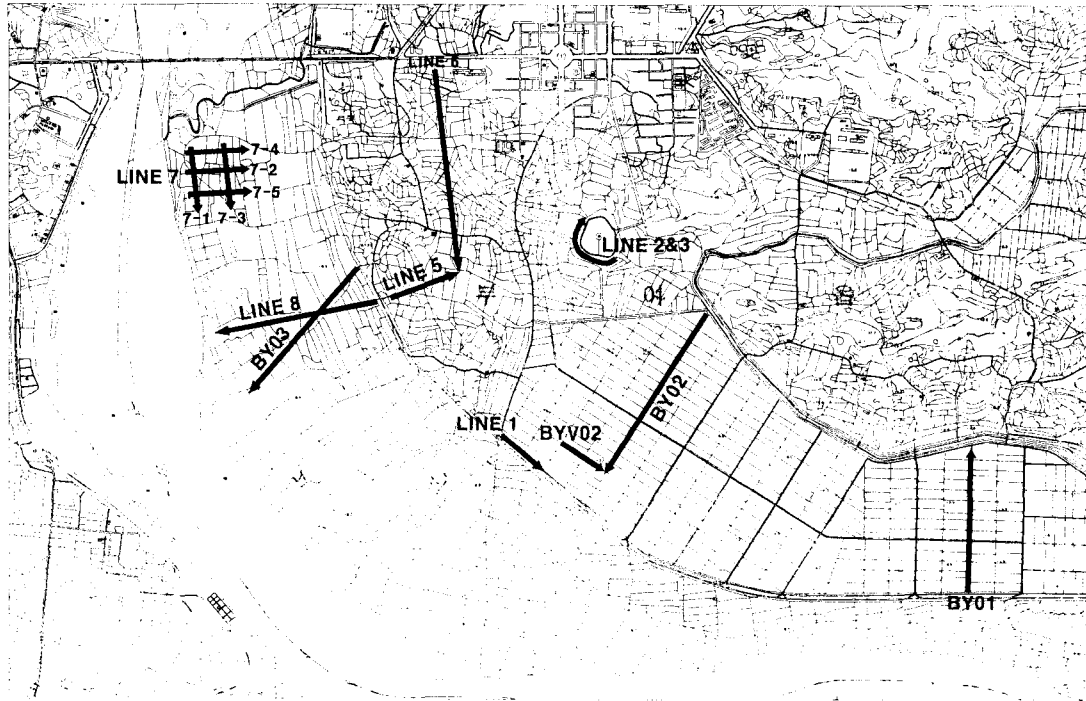


그림 1. 부여 군수리 지역의 GPR 조사 축선도

## 2. 탐사 축선 선정

부여읍 군수리 일대는 사행하는 하천둔치(point bar) 퇴적층의 횡적인 부가(lateral accretion)와 하도 이동(channel relocation)에 의해 형성되었다. 이러한 퇴적층은 일반적으로 하도 퇴적물인 모래가 주를 이루나 하도 주변부에 집적되는 세립의 범람원(floodplain)이나 자연 제방(natural levee) 퇴적물이 협재하기도 한다. 따라서 하천 둔치의 퇴적층은 매우 복잡한 내부 불균일성(internal heterogeneities)을 띤다. 이와 같은 불균질성은 퇴적층내에 포함된 유체의 흐름에 커다란 영향을 끼치므로(e.g. Tyler and Finley, 1991), 하성퇴적암층내의 유정에서 원유생산과정을 지배해 왔다. 마찬가지로 이러한 암층내의 지하수를 이용하거나 강변여과를 위해 하천둔치 퇴적층을 활용하려면 퇴적층내의 수직방향 및 수평방향 비균질성이 밝혀져야 한다. 본 연구는 하도의 이동과 관련된 불균질성이 하천의 지형적 요소(하도, 우각호, 제방, 둔치 등)와 연관된 구성요소(architectural elements; Lewin, 2001)의 차이로 보고 지형도와 토양분포도를 바탕으로 우각호 주변(Line 2 & 3; Line 6), 서로 다른 사행고리에 의한 둔치 퇴적층 경계(Line 1), 경사진 둔치퇴적층의 내부구조를 파악하기 위한 현재 하도 주변부(By02 & BYV02) 축선을 설정하였다.

## 3. GPR 퇴적상 특성 해석

조사 대상 층적층은 강의 사행에 의해 사행고리가 하천의 공격면(cut bank)인 규암면 외리쪽으로 이동함에 따라 부여읍측에 형성된 둔치(point bar)이다. 사행하는 하천의 이동 방향은 규암면 외리 방향으로 일정하며, GPR 축선 BY 3의 조사 단면(그림 2)에서도 기울어진 퇴적층의 방향이 현재 하천의 하도 방향을 향하고 있어 하천이 일정하게 외리 방향으로 이동하였음을 뒷받침해 주고 있다.

그러나, 전축선에 걸쳐 표층으로부터 1~2m 깊이의 층적층은 축선 방향에 상관없이 수평층이며, 그 아래의 층적층은 현재의 하도쪽으로 기울어진 전형적인 둔치퇴적층 또는 구하도곡을 나타낸다(그림 2 및 3). 이것은 경작이나 토양화 과정을 통해 표층부가 재동된(reworked) 것으로

볼 수도 있으나, 최대 3m 깊이에 이르는 광범위한 수평층의 발달은, 하부 경사층 퇴적이후의 환경 변화를 암시한다. 곧 군수리쪽으로부터 현재의 하도쪽으로 하도가 이동해 가면서 하부 경사층이 형성된 이후에는 군수리 일대에서의 퇴적작용은 홍수시 하도범람에 의해 둔치 지역에 세립퇴적물이 유입 침전(vertical accretion)에 국한되어 온 것으로 해석된다.

한편, BY02측선에서는 현재의 하도쪽으로 갈수록 상부 수평층의 두께가 계단상으로 두꺼워지며, 두꺼워지는 지점에서의 지하투과레이다 단면(그림 3)은 침식곡의 흔적을 보여준다. 이러한 특성은 하안단구의 발달을 지시한다. 곧, 침식곡은 하안단구면 아래에서의 국부적인 침식에 의해 형성된 것으로 그림 2의 Box부분과 다른 측선(Line 6 & 8)에서도 공통적으로 나타난다.

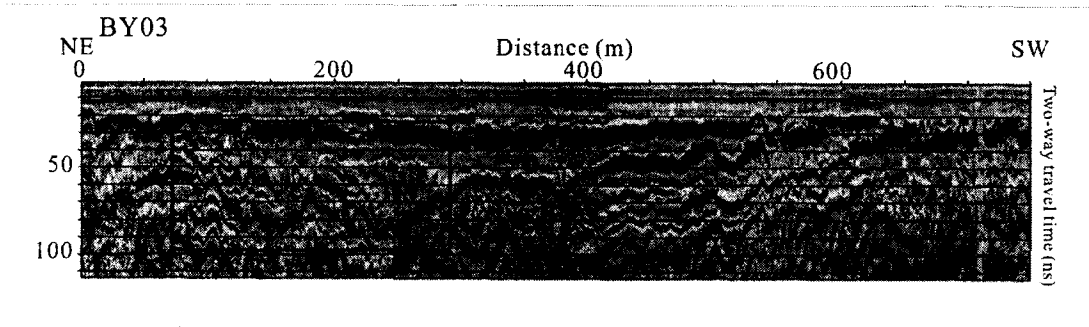


그림 2. 측선 BY03의 지하투과레이다 단면

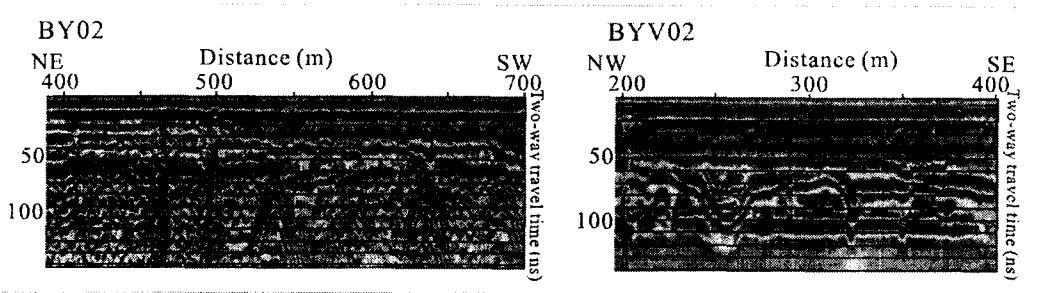


그림 3. 측선 BY02 및 BYV02의 지하투과레이다 단면(부분)

#### 4. 결론 및 의견

본 연구에 의하면 부여 군수리 지역은 1~2m 깊이의 불연속면을 기준으로 상하층으로 나눌 수 있다. 상부 수평층은 범람원 퇴적층으로 해석되며, 하부 경사층은 하도 이동에 의해 형성된 둔치퇴적층으로 해석된다. 상부 수평층의 횡적인 두께 변화와 하부 경사층내의 하도곡의 존재는 하부층의 퇴적이후 하안단구를 형성하였던 시기가 있었던 것으로 추정되며, 이때 2~3m 깊이의 하도곡이 국부적으로 형성되었을 것으로 여겨진다. 따라서 상부층에서는 수평적 불균일성은 낮으나 수직적 불균일성은 곳에 따라(니질 퇴적물의 국부적으로 집적되는 우각호-궁남지-주변) 큰 차이를 보일 것이다. 이와같은 수직적 불균일성은 현재 이 지역의 논과 밭의 분포와 연관성이 클 것으로 생각된다. 하부층은 수평, 수직 방향의 불균질성이 상부층보다 훨씬 크다. 특히 하안단구와 연관된 하도곡 충적층은 현재의 하도와 분리되어 나타나는 바, 이 충적층 내로 유입된 지하수는 인접 경사층내의 지하수와 물리적, 화학적 특성에서 큰 차이를 보일 것이다. 현재까지의 탐사 자료에 의하면, 하부경사층이 하부에서 현재의 하도와 어떤 관계인지 파악하기는 어렵다.

따라서, 이 지역의 충적 대수층 특성을 명확히 밝히기 위해서는, 앞으로 상하부 경계층간의 퇴적물 조성 차이를 확인하기 위한 시추자료가 확보되어야 하고, 전기 비저항 탐사 등과 같은

타지구물리 조사를 통해 하도곡과 범람원 퇴적층을 명확히 구분하는 작업 등도 필요할 것으로 사료된다.

## 5. 사사

본 연구의 현장 자료는 한국수자원공사의 “금강권역 광역 지하수 조사 연구”의 일환으로 획득되었으며, GPR 자료의 처리 및 퇴적상에 대한 해석은 21세기 프론티어 연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호 3-4-1)에 의해 수행되었다. 연구비를 지원해준 한국수자원공사 및 사업단 측에 감사드린다.

## 6. 참고문헌

- Berea, M. Jr and Haeni, F. P., 1991, Application of ground-penetrating-radar methods in hydrogeologic studies, *Groundwater*, 29, p375-386.
- Corbeanu, R. M., Soegaard, K., Szerbiak, R. B., Thurmond, J. B., McMechan, G. A., Wang, D., Snelgrove, S. Forster, C. B., and Menitove, A., 2001, Detailed internal architecture of a fluvial channel sandstone determined from outcrop, cores, and 3-D ground-penetrating radar: Example from the middle Cretaceous Ferron Sandstone, east-central Utah, *AAPG Bulletin*, 85(9), p.1583-1608.
- Lewin, 2001, Alluvial systemics. In: Maddy D. et al., (eds) *River Basin Sediment Systems: archives of environmental change*. A.A. Balkema Publishers, p.19-41.
- Neal, A. and Roberts, C. L., 2001, Internal structure of a trough blowout, determined from migrated ground-penetrating radar profiles, *Sedimentology*, 48, p791-810.
- Tyler, N. and Finley, R.J. 1991. Architectural controls on the recovery of hydrocarbons from sandstone reservoirs. In: Miall, A.D. & Tyler, N. (eds), *The Three-Dimensional Facies Architecture of Terrigenous Clastic Sediments and Its Implications for Hydrocarbon Discovery and Recovery*. *SEPM Concepts in Sedimentology and Paleontology* v.3, p.1-5.