

물리검층을 이용한 구제역 매몰 지역의 대수층 평가

황세호^{1*)}, 신제현¹⁾, 원병호¹⁾, 고경석¹⁾

¹⁾한국지질자원연구원 지구환경연구본부,*hwangse@kigam.re.kr

Geophysical Well Logs to Evaluate the Aquifer in the vicinity of Livestock Burial

Seho Hwang¹⁾, Jehyun Shin¹⁾, Byung Ho Won¹⁾ and Kyung Seok Ko¹⁾

¹⁾Geological Environment Division, KIGAM

2010년 발생한 구제역으로 전국적으로 약 4,600 곳의 가축 매몰지가 생겨났고 이들 매몰지에 대한 관리와 매몰지 환경 등에 대한 정보는 정부의 구제역 종합정보 사이트(fmd.go.kr)에서 자세히 소개하고 있다. 이들 매몰지는 주로 경기도에 많이 분포하며 특정 지역에 매몰지가 많이 분포하는 경우, 매몰지 주변의 친환경 시설에 대한 환경영향에 많은 관심이 집중 되고 있다. 구제역 종합정보 사이트에서는 매몰지는 지하수위, 하천, 수원지, 집단가옥 등과의 거리를 고려하여 선정하고 환경오염 기준에 따라서 오염방지 시설의 설치, 매몰지 경계지역에 관측정(지하수 흐름방향으로 5 m 이내에 심도 10 m) 설치 및 주기적인 모니터링, 그리고 침출수는 정기적인 수거를 통해 매몰지 주변에 대한 환경오염의 확산이 일어나지 않도록 하고 있음을 알리고 있다. 매뉴얼에 의한 매몰지 선정, 가축 매몰, 모니터링 및 침출수의 관리가 진행되고 있지만 동시 다발적으로 많은 지역에서 가축을 매몰하면서 발생할 수 있는 환경오염에 대한 체계적인 평가는 필요하다.

본 연구는 경기도 내에 위치하는 3개 매몰지 지역에서 관측용으로 굴착된 시추공에서 물리검층을 수행하여 매몰지 주변의 대수층 평가를 수행하였다. 적용한 물리검층법은 전기전도도검층, 온도검층, 전자기유도검층, 방사능검층(자연감마선, 중성자검층, 밀도검층)이며 C 지역에서는 양수를 병행하면서 온도/전기전도도검층을 수행하였다. 매몰지는 지표에서 굴착이 가능한 심도까지를 대상으로 하기 때문에 풍화대 상부가 최대 심도가 되며 시추공 붕락 방지를 위해 내경 50 mm 이하의 PVC 케이싱을 설치하였다. 또한 PVC 케이싱 연결 부분에 철 성분의 소켓을 이용하여 전자기유도검층 자료는 사용 가능한 구간이 매우 제한적이었다. 대부분의 경우 지하수 유동이 가능한 스크린 설치 여부나 심도 등을 파악하기 어려우며 충적층 내에 굴착하여 모든 시추공은 굴착 심도보다 낮게 관리되고 있었다.

Fig. 1은 A 지역에 대한 물리검층 결과로, BH-1호공은 매몰지에서 1 m, BH-2호공은 BH-1호공에서 6 m 거리에 위치하며 암상변화를 지시하는 자연감마선검층은 유사한 변화를 보이고 있다. 두 시추공 사이의 전기전도도 변화는 약 8,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 에서 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 감소하고 있다. 매몰지 인접한 곳에 위치하는 시추공의 높은 전기전도도는 침출수의 영향으로 해석되나 전기전도도의 매우 큰 차이에서 2개 시추공 사이의 침출수 유동은 매우 작은 것으로 판단된다. 침출수의 공간적인 유동 경로는 전기비저항탐사법과 같은 지표 탐사에서 추정이 가능할 것으로 예상된다(박삼규 등, 2011).

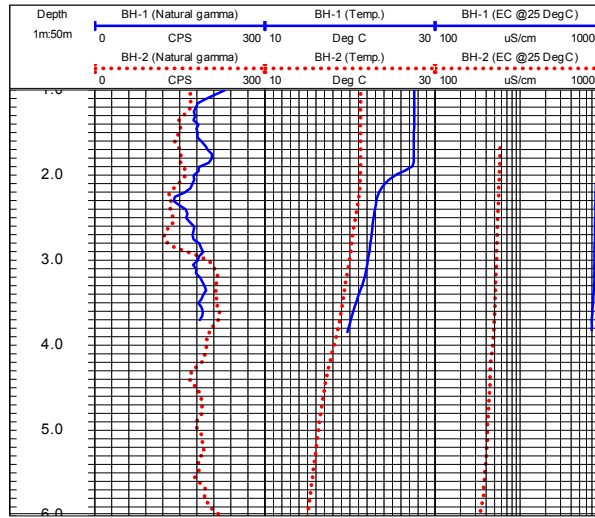


Fig. 1. Geophysical well logs of borehole BH-1 and BH-2 in site A.

Fig. 2는 부지 B에서의 물리검층 결과로 2011년 5월 28일과 6월 13일에 취득한 결과이다. 이 지역은 경사면에 매몰지가 위치하며 매몰지 아래의 수 m 거리에 노출된 지표 부분에 침출수가 육안으로도 확인되는 지역이다. 시추공은 매몰지에서 1 m 거리에 위치한다. 이 지역의 전기전도도검층 자료를 보면 16일이 경과한 시점에서 공내수의 전기전도도 값이 약 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 정도 감소하는 것을 알 수 있다. 전기전도도는 깊이 약 6.2 m 부근 까지 약간 감소하다가 다시 증가하고 있다. 지하수 유동을 간접적으로 지시하는 온도검층의 변화는 깊이 5.5 m, 6.4 m, 7.8 m이며 이들 깊이는 전기전도도의 변화 폭이 큰 깊이는 6.4 m, 공극률의 변화가 있는 깊이(5.5 m, 6.4 m, 7.8 m)와도 잘 일치하고 있다. 높은 전기전도도는 매몰지 경계로 침출수의 누출 가능성을 의미하며 이들 침출수는 시간에 따라서 감소하고 있다(강우에 대한 영향을 고려하지 않음). 지하수의 유동과 관련성이 높은 깊이는 5.5 m, 6.4 m, 7.8 m로 해석된다.

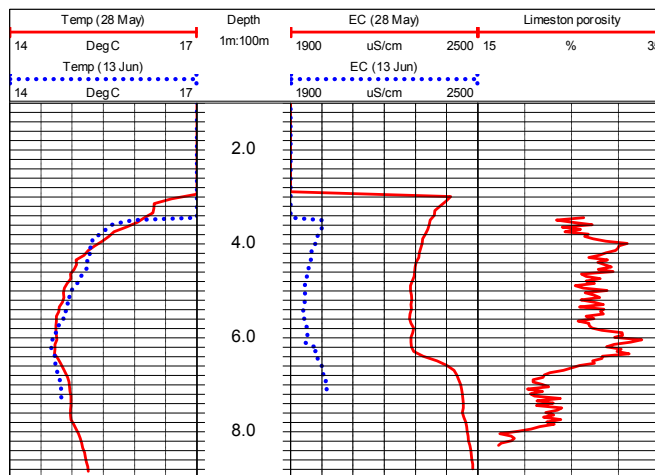


Fig. 2. Geophysical well logs of borehole BH-1 and BH-2 in site B.

Fig. 3은 부지 C에서의 온도 및 전기전도도검층 결과로 매몰지 경계에서 1 m 거리에 나란히 위치한 2개의 시추공 중에서 1개 시추공은 양수정으로 나머지 시추공에서는 양수 전, 양수 후 10분, 20분, 30분, 50분에 취득한 자료이다. 양수가 진행됨에 따라서 깊이 5.2 m을 중심으로 온도 및 전기전도도(SEC는 EC@25°C임)의 변화가 있음을 알 수 있다. 온도는 양수가 진행됨에 따라서 깊이 5.2 m 이하는 일정한 온도 분포를 보이며 전기전도도 자료도 동일한 변화를 보이고 있다. 주변 시추공에서 양수가 진행됨에 따라서 깊이 5,2 m을 중심으로 지하수의 유동이 발생하고 천부보다 하부의 변화가 빠름을 알 수 있다. 시추공에 설치된 PVC 케이싱의 스크린 상태를 알 수가 없어 이에 대한 확인이 진행되어야 정확한 해석이 가능할 것으로 예상된다. 양수가 진행됨에 따라서 전기전도도가 증가하여 매몰지 주변의 지하수위가 낮아 지거나 양수 등의 지하수 이용이 증가하면 침출수가 확산될 가능성이 있음을 시사한다.

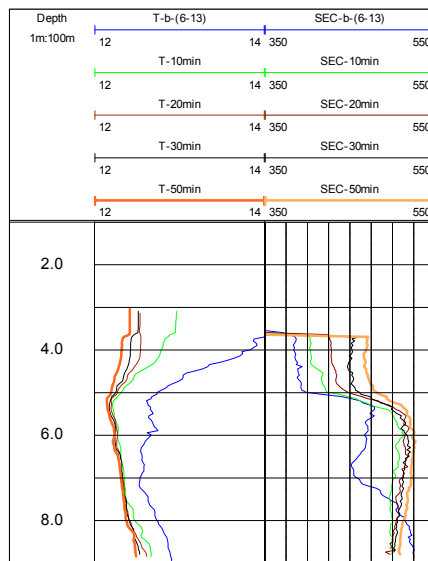


Fig. 3. Geophysical well logs of borehole site C during pumping condition.

매몰지 주변에 관측 목적으로 굴착된 시추공에서 물리검층을 수행한 결과, 관측정 거리, 물리검층 경과 시간, 양수 등에 따른 지하수의 전기전도도 변화를 파악하여 정성적으로 침출수에 대한 특성을 해석 할 수 있었다. 그러나 관측정의 위치 선정이나 굴착심도, 관정에 설치된 케이싱에 대한 정보 등의 부재로 해석에 어려움이 있다. 향후 공내 비디오 촬영이 가능한 존대의 제작·촬영과 방사능검층(자연감마선, 공극률, 밀도), 양수 상태의 검층 자료를 이용하면 보다 정량적인 해석이 가능할 것으로 예상된다.

참고문헌

박삼규, 김현승, 송영수, 2011, 전기비저항 모니터링에 의한 침출수 누출 탐지 기법, 제97회 추계학술발표회 논문집, 한국지구시스템공학회, 강원랜드, 35p.