

물리검층 자료를 이용한 해수침투대 지질 및 수리 특성 해석

오하연^{1)*} · 황세호²⁾ · 박권규²⁾ · 신제현²⁾ · 송무영¹⁾

1. 서론

국내에서 발생하는 해수침투는 서-남해 연안지역이나 제주도 동부 지역 등에서 광범위하게 발생하고 있다(황세호 등, 2006a). 해수침투에 의한 지하수계의 염수화 정도를 평가하기 위한 조사방법에는 수리지질, 지표물리탐사, 수리지화학, 지하수모델링 등을 적용한다. 이들 조사 방법에서 가장 기본적이고 직접적인 방법은 시추조사로 지하 지질에 대한 상세한 정보를 제공한다. 시추조사의 장점은 시추공 굴착은 정보를 얻고자 하는 대상체(여기서는 대수층과 관련된 다양한 정보들)에 근접하기 때문에 심도에 따른 지질변화, 대수층의 수리지질 및 수리지화학 분석을 위한 시험이나 지하시료의 *sampling*, 장기모니터링 등이 가능한 점이다. 단점으로는 시추공 굴착기술자나 코어에 대한 판정에서 경험이나 배경지식에 따른 코어 회수율 차이, 코어 판정의 오류 등이 발생하기도 한다. 또는 미고결지층이나 파쇄가 심한 구간에서는 코어의 회수가 근본적으로 어려운 경우도 발생한다. 물리검층은 시추의 단점을 보완하고 연속적인 지층 물성 측정이나 지하수 수리특성 해석에 이용되는 시추공 물리탐사법의 하나이다. 본 연구는 전남 영광군 백수읍 일대에서 해수침투 조사 목적으로 굴착한 시추 및 물리검층(방사능검층, 온도/전기전도도검층) 자료를 이용하여 지질 및 수리적인 특성을 해석하였다. 시추공이 위치하는 지역은 담-염수의 경계부이며 전체 시추공간 거리는 282m이다.

2. 연구방법 및 결과

1) 시추조사

Fig. 1은 YK-20~25호공 사이의 코어로그를 나타낸 것으로 거리는 약 252m이다. Fig. 1의 시추 주상도는 2개 회사에서 시추기술자와 코어로그 담당자가 매년 변경되면서 작성한 것으로 미고결지층 구간의 층서에서 차이가 있는 것을 알 수 있다. 이는 코어로그 기록자 경험이나 배경지식의 차이에 기인한 것으로 판단된다. 코어로그에서 특징적인 것은 니질층과 사질층이 반복되는데 연구지역이 조간대에 위치하여 해수면의 변화에 의한 것으로 추정된다. 이들 시추공은 PVC 또는 Steel 케이싱이 전구간 또는 미고결지층 구간에 시추공 유지 목적으로 설치되어 있다.

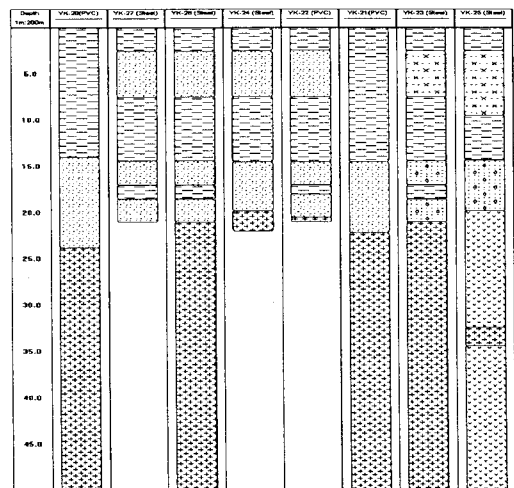


Fig. 1. Corelog of borehole in survey area.

1) 충남대학교 지질학과 (ohayoun@yahoo.co.kr)

2) 한국지질자원연구원 지하수지열연구부

2) 물리검층

Fig. 2는 자연감마선 검층 자료로 주로 층서의 연결성이나 암종 구분에 많이 이용되는 기본적인 검층법이다. 자연감마선 검층은 철제케이싱 영향을 받기 때문에 PVC 케이싱이 설치된 YK-20, 21, 22호공에 대한 자연감마선 검층을 이용하여 지층구분을 수행하였다. 사질층은 니질층보다 약 20 API 정도 낮고 기반암의 경우에는 구성성분의 차이에 따라 다르게 나타났다. 연구지역의 기반암인 반상혹 운모화강암은 자연감마선이 150~200 API의 범위이며 YK-25호공의 중성암인 안산암은 약 50~60 API 사이의 값을 보이고 있다. 동일한 지역임에도 북쪽에 위치하는 시추공(YK-19, 20, 27)의 화강암과 남쪽에 위치하는 시추공(YK-21, 23)의 화강암과의 자연감마선 차이에서 점이적인 구성성분에서 변화가 있음을 알 수 있다. 미고결지층 구간의 자연감마선은 니질층과 사질층의 차이가 작는데 이는 코어로그 기재에서 오류가 발생한 것처럼 니질층 내의 실트성분 영향으로 자연감마선의 변화가 작은 것으로 판단된다. 이들 자연감마선 자료에 대한 해석 결과를 이용하여 Fig. 1의 주상도를 수정·보완하였다. YK-22호공의 경우 기반암이 기존의 코어로그와 1m 정도의 심도차이를 보이며 YK-21호공의 경우 2.5~7.5m 구간에서 사질층이, 16.2~18m 구간에서 니질층이 있을 것으로 추정되고 YK-24호공의 경우 약 18.5~19.5m에서 니질층이 있을 것으로 해석된다. Fig. 3은 중성자검층에서 추정된 총 공극률과 주상도를 동시에 나타낸 것으로 니질 및 사질층에서 공극률이 높은 것을 알 수 있으며 기반암과의 경계부인 풍화암 구간에서 공극률의 감소가 시작하여 기반암에서 매우 작은 것을 알 수 있다. 전체적으로 사질구간보다 니질구간의 공극률이 높으며 동일한 니질 또는 사질 구간에서 공극률이 변하는 것은 니질층 내의 실트함량이나 사질층 내의 니질함량 차이에 의한 것으로 해석된다. Fig. 3의 밀도검층은 YK-23호공에서만 수행되었으며 미고결지층 구간에서 밀도증가-공극률 감소, 공극률 증가-밀도감소의 경향을 보여준다. 밀도가 상대적으로 높은 구간은 사질의 성분이 우세한 구간이다. 온도 및 전기전도도 변화율은 지하수 유동특성을 반영하기 때문에 대수층의 확인에 많이 이용되므로 Fig. 4와 같이 온도검층 자료로 계산한 온도변화율과 전기전도도 검층자료를 동시에 정리하였다. Fig. 4에서 '→'는 신제현 등(2005), 황세호 등(2006b)에서 대수층이 확인된 구간을 의미하며 '✓'는 전기전도도 및 온도의 변화가 일치하는 구간을 의미한다. Fig. 4에서 YK-25, YK-23, YK-21은 혼합수 영역에, YK-19 및 Y-20호공은 담수 영역에 위치하며 혼합수 영역의 전기전도도분포는 해수침투가 균열암반을 통해 발생하는 것을 지시하고 있다. 혼합수 영역의 높은 전기전도도는 주로 깊은 심도에서 발생하며 YK-25호공의 경우 35m 부근은 화강암이 관입한 구간으로 큰 폭의 파쇄대가 분포하며 혼합수 영역의 전기전도도 분포는 투수성 파쇄대의 심도와 전체적으로 잘 일치하는

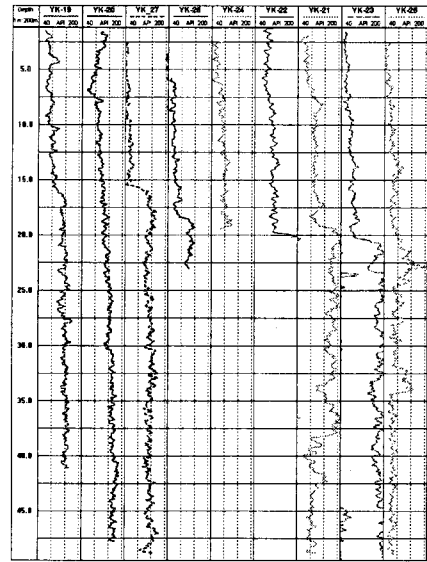


Fig. 2 Natural gamma-ray logs.

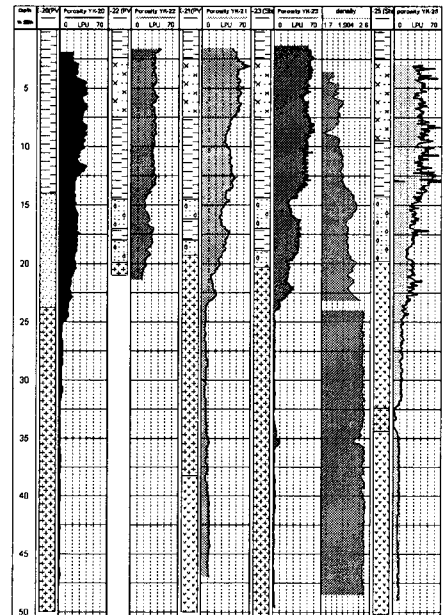


Fig. 3. Porosity & density log, corelog.

경향을 보인다. YK-21호공의 경우, 심도 약 30m~35m 부근의 온도변화율은 상대적으로 높으나 전기전도도의 변화율이 없어 연구지역의 온도변화율검층 자료만을 이용한 투수성 파쇄대의 추정은 신뢰성이 낮음을 알 수 있다.

3. 결론

지하하부의 지층, 지질정보 추정에서 시추조사가 가장 직접적인 방법으로 이용되고 있으나 Fig. 1과 같이 미고결지층 구간에서 코어로그의 기재에 오류를 범할 수 있음을 알 수 있다. 방사능검층은 동일한 기반암 구간의 미세한 구성성분의 변화나 미고결지층 구간의 지층 분류에 대한 정보를 제공함을 알 수 있다. Fig. 5는 방사능검층 자료를 이용하여 주상도를 수정, 보완한 결과이다. 이로서 코어로그에서는 보이지 않는 사질층 구간과 코어손실로 인하여 발생한 심도차이를 구분할 수 있다. 온도변화율 및 전기전도도검층은 염분농도의 분포와 투수성 파쇄대가 위치하는 구간의 추정에 효과적이지만 단일 검층으로 추정하는 파쇄대는 신뢰성이 낮으며 공벽영상화검층을 이용한 보완이 이루어져야 한다.

감사의 글

본 연구는 한국지질자원연구원 기본사업인 '청정 대용량 지하수자원 확보 기술개발' 과제 성과 중의 일부입니다.

참고문헌

- 신제현, 황세호, 박권규, 박윤성, 변중무, 2005, 다채널 전기전도도 모니터링 시스템의 개발과 연안지역 공내수 모니터링에 대한 적용 사례, 물리탐사, 8, 156-162.
- 황세호, 박권규, 신제현, 박인화, 김구영, 성낙훈, 이원석, 이상현, 이봉주, 염병우, 이상규, 이철우, 지세정, 허대기, 황인걸, 고인세, 윤욱, 심병완, 2006, 해수침투 확산저지 및 피해개선기술 개발, 한국지질자원연구원 연구보고서 OAA2004031-2006(3), p.227.
- 황세호, 박윤성, 신제현, 박권규, 2006b, 공내수 치환 전기전도도검층을 이용한 연안지역 대수층 탐지, 물리탐사, 9, 225-230.

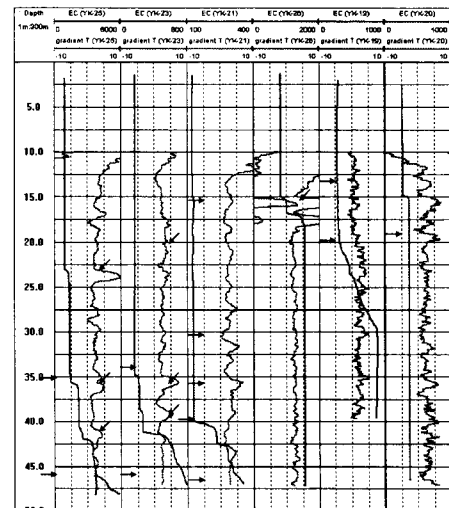


Fig. 4. Temperature and electric conductivity logs.

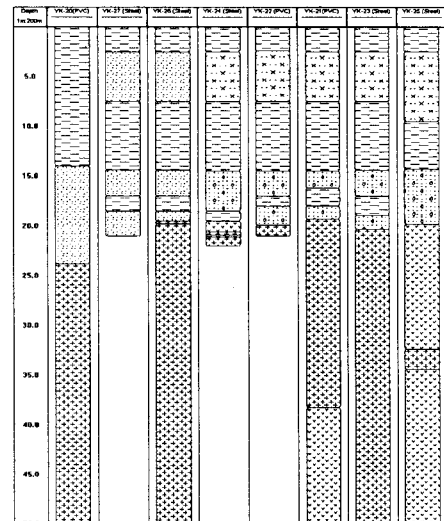


Fig. 5. Corrected corelogs using gamma-ray logs.