

제주도 동부지역 수문지질에 관한 연구(I)

박윤석 · 고기원 · 강봉래, 함세영*
제주도광역수자원관리본부 수자원연구실
*부산대학교 지질학과

요 약 문

제주도 동부지역 구좌읍 한동리-송당리를 연결하는 직선상의 4개 지점에서 작성한 심부 관측정에 대한 시추코어 지질검층과 심도별 수온·전기전도도 검층 결과, 제주도를 형성시킨 화산활동과 관련된 화산분출물(용암류 및 쇄설물)은 해수면하 136~170m 범위까지만 분포하고 있고, 그 하부에는 미교결의 U층(U Formation)이 분포하고 있는 것으로 밝혀졌다. 구좌읍 한동리에 소재한 둔지봉(해발 280m)을 경계로 해안지역의 U층 상부에는 용암이 바다속으로 흘러갈 때 생겨나는 베개용암(Pillow Lava)이 분포하고 있음이 최초로 확인되었으며, 이 베개용암층을 통해 고염분지하수가 내륙쪽으로 확산되는 것으로 밝혀졌다. 담수지하수체 하부에 존재하는 고염분 지하수체는 해안에서 내륙쪽으로 오면서 점진적으로 감소하고 기저지하수체(담·염수 혼합대를 형성하는 지하수체)는 해안으로부터 약 6~6.5km(해발 120~130m)지역까지 분포하고 있으며, 담수지하수 렌즈체의 두께는 이론적인 G-H비 보다 훨씬 얇은 것으로 나타났다.

Key word : 기저지하수체, 담·염수 경계면, U층, 베개용암(Pillow lava)

I. 서 론

제주도 동부 해안지역은 Ghyben-Herzberg 원리가 적용되는 이른바 “기저지하수(basal groundwater)” 부존지역으로 알려져 있으며, 이 지역에서는 지하수에 다량의 염분이 함유되어 있어 지하수 이용에 제한을 받고 있는 지역이다. 따라서 이 지역에서의 고염분 지하수 부존에 대한 원인을 규명하기 위한 조사·연구가 여러 연구기관 및 학자들에 의해 이루어져 왔으며, 그 원인에 대한 해석도 다양하게 제시되고 있다.

기존의 조사·연구의 대부분은 지하수 이용을 목적으로 개발된 부분 관통정에서 관측한 결과를 토대로 해석함으로써 고염분 지하수의 지역별 출현심도 및 이와 관련된 심부 지하지질 구조에 대한 해석 등 세부적인 조사는 이루어지지 않았다.

본 연구는 2001년 제주도 해수침투 감시관측망 구축사업의 일환으로 북제주군 구좌읍 한동리-송당리 일원에 설치한 심부 관측정에 대한 시추코어 검층과 수직적인 수질검층 결과를 토대로 고염분 지하수의 출현 심도 및 지하지질특성, 담·염수 경계면의 분포 등을 중심으로 이 지역의 수문지질학적 특성을 파악하는데 중점을 두었다.

II. 조사지역 및 연구방법

본 조사지역은 북제주군 구좌읍 한동리-송당리 일원으로 수역구분상 구좌수역에 해당된다. 관측정의 설치는 해안으로부터 등고선에 수직방향으로 내륙쪽을 향해 일정간격으로 설

치하였으며, 각 관측정의 개발 위치현황은 표 1과 같다.

표 1. 2001년 해수침투 감시관측정 설치현황

구 분	표 고	굴착심도	정호구경	해안으로부터 거리
한동 1호공 (HA-1)	14m	173m	150mm	0.9km
한동 2호공 (HA-2)	44m	202m	〃	2.5km
한동 3호공 (HA-3)	114m	260m	〃	5.2km
한동 4호공 (HA-4)	193m	366m	〃	8.8km

조사지역의 지하지질구조 및 지하수 부존특성을 파악하기 위해 각 관측정의 굴착심도는 평균해수면 하 150m까지 동일하게 착정하되 U층(U Formation)의 출현심도까지 굴착하는 것을 원칙으로 하였다. 모든 관측정은 지하지질구조를 파악하기 위해 굴착 전구간을 코어회수식 로터리공법으로 착정하여 시추코어를 회수하였고, 회수된 코어에 대한 지질검층을 실시하였다.

각 관정별 담·염수 경계면의 수직적인 분포를 파악하기 위해 심도별 수온 및 전기전도도 검층을 실시하였으며, 2시간 간격으로 24시간 연속 검층함으로써 조석에 따른 담·염수 경계면과 수온의 1일 변화를 파악코자 하였다. 또한 조석주기에 따른 자연수위 변화 및 담·염수경계면의 변동을 파악하기 위해 담·염수 경계면 부근에 관측기를 설치하여 10분 간격으로 약 1개월간 관측하였다.

III. 조사결과

1. 조사지역의 지하지질

한동리-송당리를 연결하는 직선상의 4개지점에서 해수면 하 150m이상까지(담·염수 경계면 관통 및 U층 출현심도까지 착정) 심부시추를 실시한 결과, 제주도를 형성시킨 화산활동과 관련된 화산분출물(용암류 및 쇄설물)은 해수면하 136~170m 범위까지만 분포하고 있고, 그 하부에는 미교결의 U층(U Formation)이 분포하고 있는 것으로 밝혀졌다.

U층 상부를 피복하고 있는 해양성 퇴적층은 주로 응회질 성분으로 이루어져 있으며, 해안에서 내륙 쪽으로 층후(層厚)가 두터워지는 경향을 보이고 있다. 주 구성물질이 응회질로 되어 있음은 초기 화산활동은 응회구(Tuff cone)나 응회환(Tuff Ring)과 같은 지형을 형성시킨 수증폭발이었던 것으로 해석되며, 내륙 쪽으로 갈수록 층후가 두텁고 패각함량이 적어지고 있는 것으로 볼 때 응회질 퇴적물 공급지가 내륙에 위치하고 있었던 것으로 판단된다. 또한 구좌읍 한동리에 소재한 둔지봉(해발 280m)을 경계로 해안지역의 U층 상부에는 용암이 바다속으로 흘러갈 때 생겨나는 베개용암(Pillow Lava)이 분포하고 있음이 최초로 확인되었으며, 이 베개용암층을 통해 고염분지하수가 내륙쪽으로 확산되는 것으로 밝혀졌다.

2. 조사지역의 지하수 부존특성

담·염수 혼합대 부근에 관측기를 설치하여 수위 및 전기전도도의 변화를 관측한 결과, 조사대상지역에서의 지하수위 및 전기전도도의 변화는 해안에 가까운 한동 1·2호공의 경우 다소의 차이는 있으나 조석의 영향을 현저하게 받아 정현곡선을 그리며 주기적인 등락을 반복하고 있는 것으로 조사되었고, 해안에서 내륙쪽으로 갈수록 조석에 의한 수위변동폭은 감소하였다. 해안에서 5km 이상 떨어진 한동 3호공에서는 수위 및 전기전도도가 조석의 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

그림 1은 한동리-송당리 일대의 지질검층 및 심도별 수질검층 결과를 토대로 지하지질구조에 따른 지하수 부존특성 나타낸 것이다. 제시된 그림에서 보는 바와 같이, 해안에서 약 1km 이내 지역에는 담수지하수(총고형물질 함량 1,000mg/ℓ 이하 및 Ec 1,205 μ s/cm이하)가 부존하고 있지 않으며, 해안에서 약 2.5km 떨어진 한동 2호공 지역에서는 해수면 하 33m를 경계로 담·염수 경계면이 형성되고 있다.

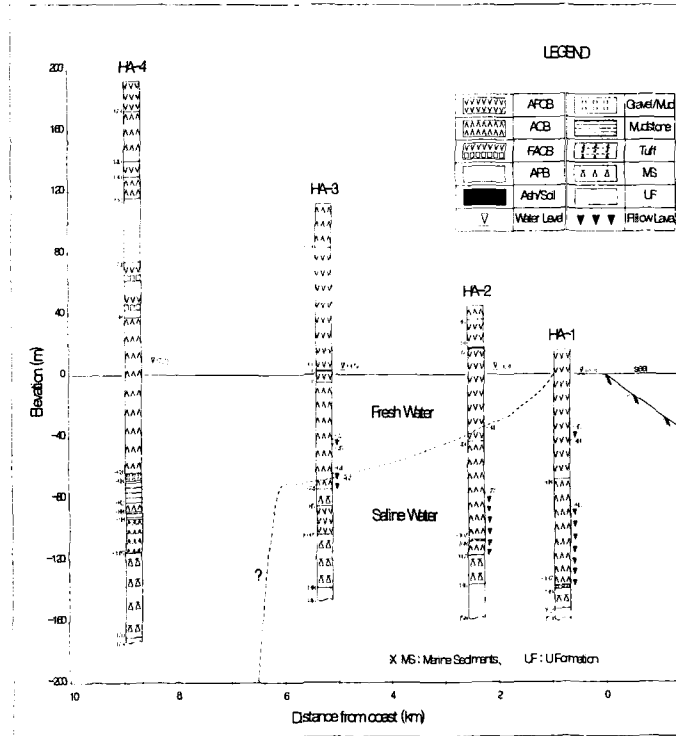


그림 1. 한동리-송당리 일대의 지하지질 구조와 지하수 부존특성

또한, 한동 3호공(해안에서 5.2km)에서 담·염수 경계면은 해수면 하 66m 지점에 위치하고 있으나, 한동 4호공은 염지하수가 부존하고 있지 않는 것으로 조사되었으며, 한동 1·2·3호공의 담수지하수체 하부에 존재하는 염지하수의 EC 값(염분농도)은 해안에서 내륙쪽으로 오면서 점진적으로 감소하는 현상을 뚜렷하게 나타내었다. 따라서, 한동리-송당리를 잇는 연장선상에서 담·염수 경계면을 갖는 기저지하수체의 내륙 쪽 경계는 해안으로부터 6~6.5km(해발 120~130m)인 것으로 판단된다

한편, 한동 2호공과 3호공에서 'G-H렌즈' 또는 '담수렌즈'가 염지하수 상부에 부존하고 있다. 담수렌즈의 두께를 보면, 한동 2호공에서는 약 36m 정도이고 한동 3호공은 약 70m로서 내륙 쪽으로 가면서 두터워지고 있음을 알 수 있다. 이론적인 G-H비(1 : 40)를 적용할 경우 한동 2호공에서는 담수렌즈체 두께가 약 135m이어야 하고, 한동 4호공에서는 143m를 나타내어야 한다. 그렇지만, 제시된 그림에서 알 수 있듯이 한동 3호공은 이론적인 G-H비의 27% 수준이며, 한동 3호공에서는 49% 수준에 해당하는 담수렌즈체가 발달하고 있다. 따라

서 한동 1·2·3호공에서 측정된 담수지하수 렌즈체의 두께는 이론적인 G-H비 보다 훨씬 얇은 것으로 나타나 제주도 동부지역 지하지질이 투수성이 매우 양호하다는 것을 잘 반영해 주고 있다.

※ 참 고 문 헌

1. 고기원, “제주도 지하수 부존특성과 서귀포층의 수문지질학적 관련성”, 부산대학교 대학원 박사학위 논문, (1997)
2. 고기원, “제주도 서귀포층의 지하분포상태와 지하수와의 관계”, 지질학회지, 제27권 5호, (1991)
3. 고기원, “하와이주의 수문지질과 지하수관리” 제주도광역수자원관리본부, (2001)
4. 윤정수, “제주동부지역 지하수의 고염도 요인에 관한 연구”, 제주도연구 제3집, (1986)
5. 한국수자원공사, “제주도수자원종합개발계획수립보고서“, (1993)
6. 최순학, “제주도의 형성과 지하수특성”, 제주도연구 제5집, (1988)
7. 농어촌진흥공사, “지하수장기개발계획보고서“, (1989)
8. Wentworth, C. K., The specific gravity of sea water and the Ghyben- Herzberg ratio at Honolulu, Univ. of Hawaii, Occas. Paper 39, (1939)
9. Meinzer, O. E., Ground water in the Hawaiian Islands, in Stearns, H. T., and Clark, W. O., Geology and water resources of the Kau District, hawaii(including parts of Kilauea and Mauna Loa Volcanoes): U.S. Geol. Survey Water-Supply Paper 616, (1930)