

영광지역의 선형구조와 관련된 지하수의 특성

김연기* · 윤육

305-350, 대전광역시 유성구 가정동 30,
한국지질자원연구원 지하수지열연구부

*Corresponding author: kyk@kigam.re.kr

1. 서 론

암반 지하수의 이동과 산출은 균열, 단층 및 층서와 같은 지질구조에 의해 영향을 받으며 이들 지질구조는 선형구조(lineament)와 연관 될 가능성이 많다(Chi, 1994; 김규범 외, 2003). 따라서 우리나라와 같이 지하수 개발의 주요 대상이 균열암반 대수층인 지역에서 지하수 부존 특성을 규명하기 위해서는 지질, 지질구조 및 선형구조와 지하수 산출 능력과의 연계성을 밝히는 것이 필요하다.

연구지역은 영광군 전체이며, 영광지역은 고질적인 한해와 해수침투지역으로 다목적 용수 부족지역으로서 지하수의 효율적인 개발과 합리적인 보전 관리 시스템이 필요한 지역이다(최순학 외, 1997a). 이 연구에서는 영광지역 지하수의 체계적이고 효율적인 탐사, 개발, 관리를 위해 분포 지질별 선형구조(lineament)의 발달상태, 선형구조 방향에 따른 지하수 산출 상태 그리고 분포 지질별 지하수 산출 능력 등을 연구하였다. 이를 위해 이용된 기초 자료들은 최위찬외(1986, 한국동력자원연구소)의 지질 자료와 최순학 외(1996a), 최순학 외(1997b) 등의 지하수 관련 자료들이다. 금번 연구에서는 특히 지하수 부존과 관련된 주요 분포지질인 편마암, 변성퇴적암, 화강암 및 화산암을 대상으로 지하수 특성을 연구하였다.

2. 지질 및 지질구조

지질 : 연구지역의 지질은 하부로부터 선캠브리아의 편마암류, 시대미상의 변성퇴적암류, 쥬라기 화강암류, 백악기 화산암류 및 암맥, 그리고 제4기의 총적층으로 구성되

어 있다. 기반암인 선캄브리아기 편마암은 연구지역 북동쪽에 분포하고, 시대미상의 변성퇴적암류는 남동쪽에 국부적으로 분포하고 있다. 연구지역에서 가장 광범위하게 분포하고 있는 쥘라기 화강암류는 반상흑운모화강암, 흑운모화강암, 화강섬록암등으로 구성되며 반상흑운모화강암이 가장 넓게 분포하며, 화산암류는 주로 북서쪽에 분포하고 있으며 부분적으로 남서쪽에서 소규모로 관찰되고 있으며, 상기한 지층들을 부정합으로 피복하는 제4기 충적층은 하천유역 연변이나 계곡을 따라 분포한다.

지질구조 : 연구지역에 발달되어 있는 지질구조는 지질에 따라 그 성격을 달리한다. 편마암 및 변성퇴적암류에는 엽리구조들이 우세하게 발달하며, 이들 엽리의 방향성을 변위시킨 습곡구조가 관찰된다. 화강암에는 영광전단대라 알려진 연성전단대가 형성되어있어 전단대내의 화강암은 압쇄엽리구조가 발달된 변형화강암으로 전이되어 있다. 그리고 연구지역에는 변형작용중에서 최후기에 형성된 것으로 해석되는 단층과 백악기 암체내의 화산활동과 관련된 구조들이 발달되어 있다. (최위찬, 황상구, 1984, 김영범 외, 1986).

선형구조(lineament) : 지질구조선과 관련된 선형구조는 지하수 부존과 관련이 있는데, 실제로 선형구조가 발달된 지역에서 착정을 할 경우 지하수 부존 가능성이 높다. 선형구조는 북동-남서, 남-북, 북서-남동방향이 발달되며, 화강암 분포지역에서 발생빈도가 가장 높다. 북동-남서방향의 선형구조는 발생빈도가 가장 높으며, 연구지역의 남반부에 발달하며, 동부지역에 발달한 광주단층대와 상호관련이 있어 좌수향의 주향이 동성 단열계로 해석된다. 남-북방향의 선형구조는 흥농읍, 상하리-백수읍, 장산리-불갑면 응봉리를 지나는 것과 영광읍을 지나는 것이 연장성이 좋으며, 그 외 군남면 지역에 소규모로 밀집되어 발달하고 있다. 북서-남동방향의 선형구조는 영광읍-대마면지역과 군남면지역에 밀집되어 발달하고 있다. 이방향의 선형구조는 백악기 단층작용중 비교적 후기에 발생한 좌수향의 사교이동성 단열계로 해석되며, 대부분 정단층 성격을 갖고 있다. 그 외 동-서방향의 선형구조들이 드물게 관찰되는데, 영광전단대를 따라 비교적 양호한 연장성을 갖고 발달하며, 좌수향의 단열계로 나타난다.(최위찬, 황상구, 김영범 외, 1986).

3. 연구 방법

연구지역에서 농업 및 생활용수로 이용되는 지하수공들을 대상으로 지질별 지하수

관정 분포도를 작성하여, 분포 지질 및 선형구조 발달과 관련된 지하수 산출 능력을 연구하였다. 이들 관정중에서 위치, 심도, 구경, 양수량, 안정수위 등의 자료 수집이 가능한 관정에 대하여 비양수량을 산출하였다. 이 연구에서는 지하수 관정들이 주로 화강암, 변성퇴적암, 화산암 및 편마암지역에 분포하고 있어 이들 지질들을 대상으로 하였다.

지형의 구조, 양상 및 형태 등 지형지세의 특성 파악은 지질 및 지질구조의 판독에 중요한 요소가 된다. 따라서 지형지세의 3차원적인 표현과 관찰이 가능하다면 이는 지형지세 판독을 통한 지질 정보 추출에 매우 중요한 도구로 활용될 수 있다. 이 연구에서는 선형구조 해석을 위하여 1/40,000 축척의 흑백 항공사진을 스테레오스코프(stereoscope)를 이용한 3차원적인 방법으로 판독을 하였다. 이 판독 결과를 이용하여 장미도(rose diagram)에 투영한 후, 지질별 선형구조의 특성을 파악하였으며 아울러 선형구조와 지하수 산출 능력과의 관련성을 분석하였다.

4. 연구 결과

선형구조(lineaments) 분석

선형구조 판독 결과 화산암지역에서는 21개, 화강암지역에서는 78개, 변성퇴적암지역에서는 18개, 그리고 편마암지역에서는 8개의 선형구조가 판독되어, 총 125개의 선형구조가 확인되었으며, 이 결과는 거의 분포 지질의 면적과 비례하고 있다. 선형구조는 화강암지역에서는 $N40^{\circ}-50^{\circ}E$, 화산암지역에서는 $N45^{\circ}-50^{\circ}E$, 변성퇴적암지역에서는 $N30^{\circ}-40^{\circ}E$, 편마암지역에서는 $N35^{\circ}-55^{\circ}E$ 방향이 우세한 것으로 나타났다. 선형구조의 발달은 화강암, 화산암, 변성퇴적암, 편마암지역의 순으로 분포하고 있다. 그리고 화강암지역에서 확인된 78개의 선형구조중 54개의 선형구조에서 지하수 관정이 개발되어 있으며, 화산암지역에서는 21개의 선형구조중에서 16개의 지하수 관정, 변성퇴적암지역에서는 18개의 선형구조중에서 11개의 지하수 관정이 그리고 편마암지역에서는 5개의 선형구조중에서 3개의 선형구조에 지하수 관정이 개발되어 있다. 따라서 지하수 부존과 관련된 선형구조는 화강암지역의 선형구조중에서 69%, 화산암지역에서는 76%, 변성퇴적암지역에서는 61% 그리고 편마암지역에서는 60%의 선형구조가 지하수 부존과 관련이 있는 것으로 나타났으며, 지하수 산출 빈도는 화산암, 화강암, 변성퇴적암, 편마암의 순으로 나타났다. 따라서 연구지역에서는 화산암과 화강암 분포지역에서 지하

수 산출능력이 높으며, 변성퇴적암과 편마암분포지역에서는 낮은 것으로 나타났다.

선형구조의 방향과 양수량의 분포

지질 분포별 양수량의 범위와 평균치는 화산암지역에서는 153~363m³/d의 범위(평균: 252m³/d), 화강암지역은 120~432m³/d의 범위(평균:240m³/d), 변성퇴적암지역은 155~301m³/d의 범위(평균:228m³/d), 그리고 편마암지역은 200~255m³/d의 범위(평균: 228m³/d)를 보여주어, 화산암, 화강암, 변성퇴적암, 편마암의 순서로 양수량을 보이고 있다.

지질별 선구조의 방향에 따른 양수량의 범위 및 평균치를 보면 화강암지역의 경우 NS-N5E 방향에서는 155~382 m³/d (평균:253m³/d), N25E-N65E 방향은 120~363 m³/d (평균:133 m³/d), EW-N85W 방향에서는 156~432 m³/d (평균: 268m³/d)의 범위를 보이고 있다. 화산암지역에서는 N5E방향은 212~300m³/d (평균:254m³/d), N50E-N85E 방향은 173~363m³/d(평균:257m³/d), 그리고 EW-N45W의 방향은 150~320m³/d (평균: 230 m³/d)의 양수량 범위를 보이고 있다. 화산암지역에서 양호한 양수량을 보이는 선구조의 방향은 N50E-N85E 방향으로 나타났다. 변성퇴적암지역의 경우 N20°W-N30°W방향에서는 300~301m³/d(평균:300m³/d), N40E-N°65E방향에서는 155~156m³/d (평균:156m³/d) 범위의 양수량을 보이고 있다. 변성퇴적암지역에서 양호한 양수량을 보이는 선구조의 방향은 N40E-N65°E 방향으로 나타났다. 편마암지역의 경우, N55°E방향은 200m³/d의 양수량을 N55E방향은 255m³/d의 양수량을 보이며 양호한 양수량을 보이는 선구조의 방향은 N55°E방향으로 나타났다.

비양수량에 의한 지하수 부존 특성

비양수량은 양수정의 산출능력을 나타내는 척도로서 양수량과 수위 강하량의 비로 정의되어 투수계수와 정비례의 관계를 갖는다. 비양수량 산출시 수위강하는 대수층의 수두손실을 의미하므로 우물 손실 효과가 포함될 때는 정확한 비양수량을 계산할 수가 없다. 연구 대상 관정들은 거의 대부분 암반 대수층내에 위치하므로 케이싱 등에 의한 우물 손실의 요인이 거의 없는 것으로 판단된다. 수위강하가 계속 일어나는 경우에는 모든 관정에 대하여 같은 양수시간의 수위하강을 적용하여야만 서로 비교할 수 있는 비양수량을 계산할 수 있으며 비양수량은 양수량과 안정수위의 증감에 따라 변한다. 비양수량을 산출하기 위하여 화강암지역에서 99개공, 화산암지역 14개공, 편마암

지역 39개 공 그리고 변성퇴적암지역 8개공 총 140개의 공에 대하여 양수시험시 측정 한 안정수위를 이용하여 비양수량을 산출하였다. 분포지질별 비양수량에 의한 지하수 부존 특성을 보면, 화강암지역에서는 비양수량의 범위는 1.04-30.0 m²/d (평균: 7.41 m²/d), 화산암지역은 2.2-134.53 m²/d (평균: 22.40m²/d), 편마암지역의 경우 비양수량의 범위는 0.58-47.69 m²/d (평균: 9.14 m²/d), 변성퇴적암지역에서는 비양수량의 범위는 2.46-13.09m²/d (평균: 4.16 m²/d)를 보이고 있다. 이 결과 평균 비양수량은 화산암, 편마암, 화강암, 변성퇴적암의 순서를 보여주고 있다.

결론

1. 지하수 부존과 관련된 선형구조는 화강암지역에서 69%, 화산암지역에서는 76%, 변성퇴적암지역에서는 61%, 편마암지역에서는 60%의 선형구조가 지하수 부존과 관련이 있는 것으로 나타났으며, 지하수 산출 빈도는 화산암, 화강암, 변성퇴적암, 편마암의 순으로 나타났다. 따라서 연구지역에서는 화산암과 화강암 분포지역에서 지하수 산출 능력이 높으며, 변성퇴적암과 편마암분포지역에서는 낮은 것으로 나타났다.

2. 지질별 양수량의 평균치는 화산암지역은 252 m³/d, 화강암지역은 240m³/d, 변성퇴적암지역은 228 m³/d, 그리고 편마암지역은 228m³/d를 보여주어 화산암, 화강암, 변성퇴적암, 편마암의 순서를 보이고 있다.

3. 선형구조 방향은 화강암지역에서는 NS-N5°E, N25°E-N65°E방향 및 EW-N85°W의 방향이 우세하고, 화산암지역에서는 N5°E, N50°E-N85E 및 EW-N45°W의 방향, 변성퇴적암지역에서는 N20°W-N30°W방향과 N40°-N65°의 방향, 편마암지역에서는 N55E°과 N5°W방향이 우세한 것으로 나타났다.

4. 지질별 선형구조 방향과 양수량의 관계를 보면, 화강암지역에서 양호한 양수량을 보이는 선형구조의 방향은 평균 268 m³/d 양수량을 보이는 N25°E-N65°E 방향이며, 화산암지역은 254 m³/d의 평균 양수량을 보이는 N50°E-N85°E방향과 평균 257m³/d의 양수량을 보이는 EW-N45°W의 방향, 변성퇴적암지역에서 양호한 양수량을 보이는 선구

조의 방향은 300m³/d의 평균양수량을 보이는 N40°E-N65°E 방향 그리고 편마암지역에서 양호한 양수량을 보이는 선구조의 방향은 255m³/d의 평균 양수량을 보이는 N55E°방향으로 나타났다.

5. 분포지질별 비양수량은 화강암지역에서는 7.41m²/d, 화산암지역은 9.14m²/d, 변성퇴적암지역에서는 4.16m²/d를 보여 화산암지역에서 가장 높으며 변성퇴적암지역에서 가장 낮았다.

이 연구는 과학기술부 국책연구개발사업인 지하수 시스템 통합 해석기술개발(Ⅰ)(과제번호:5AA-2004-016)의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

김규범, 조민조, 이강근, 2003, REA를 고려한 Lineament density map의 작성 방안 연구. 한국지하수토양환경학회, 춘계 학술대회, pp97-99.

김규봉, 최위찬, 황재하, 김정환, 1984, 오수도폭 지질보고서(1:50,000). 한국동력자원연구소,

최위찬, 이봉주, 1986, 영광도폭 지질보고서(1:50,000). 한국동력자원연구소.

최순학, 이동우, 김연기외 1997a, 지하수부존조사연구(영광지역 : 한국수문지질도 제8권). 한국자원연구소.

김연기, 문상호, 조민조, 임실지역 암반지하수의 수문지질 및 수리지화학적 특성 한국지구과학회지 2004 제 25권 5호 pp364-376

Chi, K., 1994, A study on the extraction of groundwater potential area utilizing the remotely sensed data. Journal of the Korean Society of Remote Sensing, 10(2), pp109-120.

Marc Loiseau and David Evans, 1995, Fracture density distributions and well yields in coastal marine. Ground Water, 33(2), pp190-195

Sami, K., 1996, Evaluation of the variations in borehole yield from fracture Karoo Aquifer, South Africa. Ground Water, 34(1), pp114-120.