

## GIS를 이용한 영산강 유역 지하수의 산출특성

서구원\*, 박배영\*\*, 정찬덕\*

\* 농업기반공사 환경지질팀, \*\* 전남대학교 지구환경과학부  
e-mail : suhgw@karico.co.kr

### 요약문

The calculated characteristics of groundwater within the Youngsan river basin are : casing depth-17.1m, well depth-74.8m, natural water-2.6m, pumping water-43.9m, yields-391 m<sup>3</sup>/D, transmissivity-16.3 m<sup>3</sup>/D/m, storativity-0.068. As far as hydrogeological units are concerned, in casing depth, weathered granites are deepest followed by gneiss, volcanics, and sediments. In major aquifer development areas, sediments are deepest followed by volcanics, granites and gneiss in more shallow areas. Altogether, the major aquifer development depth of the Youngsan river basin is within the 35~60m range.

key word : pumping water, yields, transmissivity, storativity, aquifer

### 1. 서론

영산강은 광주광역시와 전라남도 2시 7개 군을 포함하며 유역면적 3,371km<sup>2</sup>, 유역연장 136km인 우리나라 4대강 중의 하나이다. 영산강 유역내의 지하수 부존특성을 규명하기 위해 2001년 기준 전라남도에서 신고된 암반관정 개발자료 총 1,290공위치를 표시하여 지질구조선과의 관계를 분석하였고, 수문지질단위별로 통계분석을 통한 신뢰도를 검증하여 신뢰도가 높은 211개소의 자료를 선별하여 지하수 부존 및 산출특성을 규명하였다. 또한 조사지역 내 지하수 정호 중 지하수위 측정이 가능한 820개소에 대하여 수위관측을 실시하여 등수위선을 작성하였다. 지층을 가장 단순하게 구분하면 지층의 고결도에 따라 충적층과 암반층으로 구분할 수 있으며, 암반층은 지질특성에 따라 다양한 지하수 부존특성을 가질 수 있는데 본 연구에서는 지하수 특성을 고려하여 지질을 세분하는 단위인 수문지질단위(hydrogeologic unit)로 분류하여 지하수산출특성을 규명코자하였다.

본 조사지역에서의 대수성시험 목적은 수리특성인 투수계수, 투수량계수 및 저류계수 등을 구하여 대수층의 수리성을 규명하기 위해 조사지역 내에 위치한 25개 시추공에 대하여 양수시험(Pumping test)을 시행하였다. 양수시험결과 얻어진 시간수위변화 자료는 대수성시험 해석프로그램인 AQTESOLV 프로그램을 이용하여 분석하였으며, 적용된 대수층모델은 자유면대수층(Unconfined Aquifer)으로 가정하고, 계산 및 해석방법은 Theis의 비평형방법과 Curve Matching 방법을 이용하여 T와 S를 계산하였다.

## 2. 본론

지질구조선은 주로 단층, 절리 및 습곡 등으로 구성되어 있으며, 지형적인 특성, 수계특성 등에 의해서 결정되고, 단층과 절리등과 관련된 지질구조선은 이들이 지하수 유동과 부존성을 결정하므로 지하수와 밀접한 관련이 있다. 실제로 지질구조선이 발달한 지역에서 지하수 개발 시 양수량 산출이 높으며, 특히 지질구조선의 교차점에서 지하수 산출이 더욱 높다고 알려져 있다(Gross, W.H., 1991; Parizek, R.R., 1976 등).

본 연구지역에서도 지질구조선 주변에 관정이 많이 분포하고, 특히 교차점에서 집중 개발되어 있다. 양수량 또한 지질구조선 발달지역에서 높게 산출되는 경향을 보인다. 주목할만한 점은 유역 하류부보다 상류부의 양수량이 더 풍부하다. 이것은 하류부는 주로 화강암류 분포지역으로 주 대수층 발달이 풍화대로 균질한 양수량을 보이고, 상류부는 화산암류 분포지역으로 대수층이 파쇄대나 단층대에 발달하기 때문이다.

지하수위는 지형 및 대수층의 특성과 지하수의 유입·유출등에 의해 변화되는 수위변화를 계속 관측함으로써 지하수의 유동과 대수층의 보존 및 연결성을 규명할 수 있다. 지하수의 유동은 수두가 높은 곳에서 낮은 곳으로 흐르게 되며, 유동방향은 지하수위가 동일한 지점들을 연결한 지하수위 등고선의 직각방향으로 흐른다. 영산강유역 지하수위 등고선도를 작성해본 결과, 자연수위 분포는 전반적으로 경사구배에 따라 달라지며, 지형과 대체로 반비례한다. 영산강 본류를 중심으로 한 평야지대는 0~3.0m, 구릉지는 2.5~5.5m, 산지지형은 4m 이상의 수위를 나타내며, 전체적인 유역 내 평균 지하수위는 2.6m이다.

영산강유역에 대한 지하수 이용현황을 보면 전국평균 단위면적당 이용량 31.8천 $m^3$ /년/ $km^2$ 에 비해 영산강 유역은 48.1천 $m^3$ /년/ $km^2$ 로 약 1.5배 이상 높게 나타난다. (지하수조사연보, 2003).

수문지질단위 및 시·군별 지하수 산출특성은 다음과 같다.

### 가. 바다공질 화산암

본 화산암 단위는 백악기 때부터 분출한 바다공질의 화산암류를 포함한 것으로 영산강 유역에서는 능주층군 분포지역이 이에 속한다. 주 분포암석은 안산암, 유문암, 응회암으로 구성된다. 본 화산암류는 바다공성으로 인하여 1차 공극구조가 빈약하여 제4기 화산암류에 비하면 지하수를 포함할 수 있는 공극이 발달되지 않아 지하수의 함수와 유동은 주로 2차 공극의 지배를 받는다. 따라서 지하수 부존성은 비교적 낮은 편으로 알려져 있다. 본 연구지역 내에 발달된 화산암류내 주대수층의 일반적인 수리특성은 케이싱 심도 12.6m, 착정심도 93.2m, 주대수층 발달을 암시하는 안정수위는 52.6m, 투수량계수는 6.9 $m^3$ /D, 저류계수는 0.050, 평균 양수량은 305 $m^3$ /D 으로 나타난다.

### 나. 관입 화성암

본 단위는 백악기 불국사 화강암과 주라기 대보화강암 그리고 시대미상의 중성, 염기성 관입화성암을 포함한다. 대보화강암은 대체로 북동방향으로 한반도를 가로질러 중부전역에 저반상태로 분포하며, 불국사화강암은 경상분지에 주로 분포하나, 한반도 남단부 대보화강암의 말단부와 남해안 지역의 섬 주변부에 산지와 구릉을 형성하며, 소규모로 분포한다. 주 구성암석은 화강암, 섬록암, 편상화강암, 중성반심성암 그리고 염기성 심성암으로 형성된다. 본 관입화성암은 지하심부에서 결정화된 심성암으로서 1차 공극구조는 거의 발달되지 않아 암석 자체의 입자 내에서는 지하수 함유가 이루어지지 않고, 2차 공극구조인 수평 및 수직절리 나 단층대의 단열 구조선을 따라 지하수가 유동한다. 본 암석류에 발달된 2차 공극구조에 의한 단열대는 한반도내에서 발생한 신생대 에오세의 국부적인 지각변동과 제3기의 단

충작용 및 백악기말부터 제3기초에 걸쳐 매우 서서히 발생한 용기작용으로 화강암의 저반이 지표로 노출되면서 일어난 장기간의 지질학적인 변동에 기인된 것으로 삭박작용에 의하여 일어나는 수평 및 수직절리와 습곡작용 및 광역 변형작용에 의한 지체구조적인 절리를 들 수 있다. 본 관입화성암의 조암광물은 주로 석영, 장석, 운모 등으로 구성되어 있으며, 이 중 석영은 풍화에 강해 모래를 형성하나, 장석과 운모는 화학적 풍화에 대단히 약해 점토를 형성한다.

본 암석은 풍화과정을 거쳐 운반 퇴적되어 충적층을 형성, 보통 양호한 대수층을 형성해준다. 또한 본 암석은 비교적 타 암석보다 두터운 풍화대를 형성하고 있어 지역에 따라서는 풍화대 자체 또는 기반암과의 접촉부에서 지하수 산출량을 기대할 수 있다. 본 연구지역에서는 영산강 본류를 따라 넓게 분포하는 화강암류 내 주대수층의 일반적인 수리특성은 케이싱 심도가 25.8m, 평균 우물심도는 89.5m, 안정수위는 42.2m, 투수량계수는 9.5 m<sup>2</sup>/D, 저류계수는 0.068, 양수량은 328 m<sup>3</sup>/D 으로 나타났다.

#### 다. 고기 퇴적암

본 암은 제3, 4기의 반 고결 신기퇴적암에 대비되는 백악기 이전에 퇴적된 천해성-비해성 쇄설 고결 퇴적암으로서 백악기 경상누층군, 유라기 대동누층군 그리고 석탄기-트라이아스기의 평안누층군에 속하는 암석들이 포함되며, 주 구성암석은 규질사암, 알코스사암, 석회암, 역암, 실트 그리고 세일 등이다. 경상 누층군은 주로 경상남북도 및 전남북 일부지역에 북동방향으로 분포하고, 대동누층군은 충남 대천 지역, 평안누층군은 강원도 동남부, 충북 동북부 및 전남 일부지역에 산지를 형성하며 불규칙하게 분포한다.

본 단위의 암석들의 1차 공극구조는 발달이 미흡하여 단열구조나 성층면에 따른 지하수의 유동과 부존을 기대할 수 있다고 알려져 있다. 본 연구지역 내에서는 화순과 무안 일부지역에 분포하며 주대수층의 일반적인 수리적 특성은 케이싱심도는 7.5m, 우물심도는 111m, 자연수위는 2.8m, 안정수위는 60.2m, 투수량계수는 7.6 m<sup>2</sup>/D, 저류계수는 0.059, 양수량은 252 m<sup>3</sup>/D을 나타낸다.

#### 라. 변성암

본 암류는 주로 편마암, 화강편마암, 편암, 각섬암, 규암, 천매암, 점판암 및 사질 천매암 등으로 구성되어 있으며 간혹 석회암이 협재 되기도 한다. 변성암은 기존의 화성암이나 퇴적암에 압력과 온도 그리고 외부로부터의 화학성분이 가해지는 변성작용에 의하여 생성되는 암석이다. 그러므로 이러한 암석이 변성작용을 받게 되면 일차적으로 압력의 방향에 따른 평행구조가 생겨난다. 즉 쪼개짐, 편리, 편마구조, 엽리 및 선구조와 같은 구조가 형성된다. 변성암류 중 편마암이나 화강편마암은 암석자체의 투수성이 불량하고 투수량계수 도 낮은 편이다. 그러나 이들 암석은 지질시대로 보아 가장 고기의 암석으로 지질시대를 거치는 동안 조산운동과 같은 큰 지각변동으로 인해 생긴 암석내의 파쇄대, 단열대 등은 좋은 지하수의 유동로가 되기도 하여 심부에 발달된 이들 지질구조선으로부터 500 m<sup>3</sup>/D 내외의 지하수 산출량을 확보할 수 있으며, 비교적 신선한 지하수를 개발할 수 있는 것으로 알려졌다. 그러나 편암, 각섬암, 그리고 천매암 등은 주 구성광물입자인 운모나 장석의 영향으로 파쇄대 엽리 또는 편리면에 불투수성인 점토층이 협재되어 지하수의 부존이나 유동을 방해하는 역할을 함으로써 화강편마암류에 비교하면 투수성이나 산출량이 현저히 낮은 것으로 알려져 있다.

본 연구지역 내에서는 무안, 함평지역에 주로 분포하며, 주대수층의 일반적 수리특성은 케이싱심도 16.6m, 우물심도 55.0m, 자연수위 2.5m, 안정수위 38.9m, 투수량계수는 13.0 m<sup>2</sup>/D, 저류계수 0.096, 양수량 328 m<sup>3</sup>/D 을 나타낸다.

#### 마. 시 · 군별 산출특성

시·군별 산출특성을 살펴보면 케이싱 심도는 광주시가 22.4m로 가장 깊고, 화순군이 11.5m로 가장 낮다. 관정 개발심도는 화순군이 96.1m로 가장 깊게 나타나 대수층이 깊게 발달해 있다는 것을 의미하며, 광주시가 55.0m로 개발심도가 가장 낮았다. 자연수위는 합평군이 3.6m로 가장 깊고, 하류부에 위치한 무안군이 1.9m로 가장 낮게 나타났다. 지하수개발심도에 가장 큰 영향을 미치는 주대수층 발달구간은 화순군이 가장 깊은 48.0m로 나타나며, 나주시가 36.0로 가장 낮은 구간에서 발달하고 영산강 유역의 평균 주대수층 발달구간은 44.0m이다. 양수량은 주대수층 발달구간이 얇은 광주시와 화순군이 각각 484m<sup>3</sup>/D, 455m<sup>3</sup>/D로 가장 풍부하고, 화순군이 319m<sup>3</sup>/D 으로 가장 적은 양을 나타낸다. 또한 투수량 계수는 나주시가 54.3m<sup>3</sup>/D 으로 가장 크고, 화순군이 8.7m<sup>3</sup>/D로 가장 낮게 나타났다.

### 3. 결론

영산강 유역에서 지질구조선과 관정개발 위치 및 양수량의 상관도는 매우 높게 나타나며, 지질구조선 주변에 관정개발이 많이 이루어졌다. 특히 지질구조선의 교차점에서 집중개발된 것으로 나타나며, 양수량 또한 높게 산출된다. 수문지질단위별 케이싱 심도는 화강암류가 25.8m로 가장 깊고, 편마암류 16.6m, 화산암류 12.6m, 퇴적암류 7.5m 순으로 나타난다. 주대수층 발달구간은 퇴적암류가 60.2m로 가장 깊고, 화산암류 52.6m, 화강암류 42.2m, 편마암류가 38.9m로 가장 얇은 구간에서 발달한다. 영산강 유역의 주 대수층 발달구간은 약 35~60m 깊이로 나타났다. 시군별 산출특성은 중류부에 위치한 광주시가 케이싱심도가 깊고, 상류부인 화순군이 가장 낮다. 대수층 발달구간 또한 중류부에 위치한 나주시가 가장 낮은 구간에서 발달하고, 상류부인 화순군이 가장 깊게 나타난다. 이 같은 결과는 시·군별 분포지질과 지형에 기인한다. 따라서 지하수개발 설계 시 이 기준을 설정함으로써 합리적이고 경제적인 설계에 많은 도움이 될 것으로 판단된다.

### 4. 참고문헌

1. 김경수, 영산강 삼백오십리, 향지사, 445p, 1995
2. 김보라, GIS를 응용한 영산강 수계 생활하수 관리, 전남대학교 대학원 석사학위논문, 67p .1999
3. 광주광역시, 영산강 수질관리 종합대책 수립에 관한 연구, 광주광역시, 409p, 1996
4. 농업기반공사, 농업용 대형관정 시설진단 및 폐공찾기 보고서, 농림부, 296p. 2001
5. 한국수자원공사, 지하수자원 기본조사 보고서, pp.66-76, 1993
6. 한국수자원공사, 지하수조사연보, 건설교통부, pp.31-427. 2003
7. Gross, W. H., 1951, A statistical study of topographic linears and bedrock structures, Geological Association of Canada Proceedings, vol.4, pp.77
8. Parizek, R. R., 1976, On the nature and significance of fracture traces and lineaments in carbonate and other terranes, in Yevjevich, V., ed., Karst hydrology and water resources; Proceedings of U.S.-Yugoslavian Symposium , Fort Collins, Colorado, Water Resources Publications, vol.1, pp.47-108