

# 비피압 관정의 지하수위 변화에 따른 비산출물 특성

박승기 · 정재훈 · 이승기

## I. 서론

지하수 부존량의 산출은 개발이용가능심도와 지하수의 분포면적과 지층의 공극율로 계산하고 있으며, 연구 기관 및 방법에 따라 상당히 큰 차이를 보이고 있다. 특히 지하수 부존량의 개념은 지하수의 안정적 개발 개념이 고려되지 않아서 지하수자원의 개발, 이용과 보전, 관리를 위한 지표로서 활용성이 매우 낮은 것으로 평가하고 있다. 지하수에 대한 객관적인 평가를 위해서는 지하수위 변화량, 강수량 및 양수량의 관계로부터 비산출물과 같은 대수층의 수리특성인자를 구할 수 있는 연구가 필수적이다.

따라서 본 연구는 농촌지역에서 이용이 증대되고 있는 비피압 관정에서 수리특성인자 중에 하나인 비산출물이 양수에 의한 지하수위 변화에 따른 특성을 구명하고 농촌지역 지하수의 합리적인 이용 및 적절한 관리 방안을 제시하기 위한 기초연구로 수행하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 연구 지역

본 연구 대상지역은 행정구역상 예산군 대흥면 갈신리로 Fig 1에 나타내었으며, 유역면적이 375ha, 몽리면적이 58.41ha인 소규모지역이다. 해당저수지로 유입되는 탄방천 상류지역이며 1999년에 경지정리 사업이 완료되었고 수계 발달이 미비하여 대규모 취수원이 없어 소형관정에만 의존하여 벼농사를 주로 하는 전형적인 농촌지역으로 2005년 용수공급을 목표로 양수장이 건설중이다.

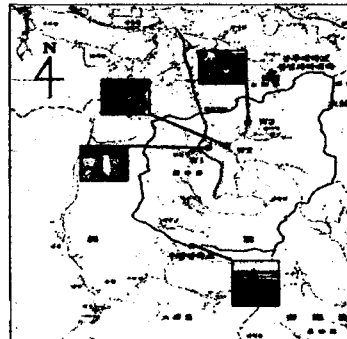


Fig. 1 Galsin-Ri research area

### 2. 지하수위 및 양수량 조사

연구 대상지역의 지하수위 및 양수량 조사는 1주일 간격으로 실시하였다. 양수량 조사는 양수기의 토출구에 설치된 비닐 튜브를 제거하고 양수기가 정상상태로 가동될 때 2000ml 메스실린더와 초시계를 이용하여 조사하였다. 지하수위 조사는 유역내 사용하지 않는 3개소의 우물에서 실시하였다. 양수기 사용 특성을 분석하기 위하여 소형관정 양수용 농업용 전기계량기를 대상으로 전기사용량을 지하수위 및 양수량 조사와 동시에 조사하였으며, 양수기의 총가동시간(TPot<sub>i</sub>)은 식(1)과 식(2)로 산정하였다.

$$Pot_i = \frac{Teu_i \times Rev_i \times Urt_i}{3,600} \quad \text{----- (1)} \quad TPot_i = \sum Pot_i \quad \text{----- (2)}$$

여기서, Pot<sub>i</sub>는 단위기간동안 개별 양수기 가동시간(hr), Teu<sub>i</sub>는 단위기간동안 개별 양수기 전기 사용량(kwh), Rev<sub>i</sub>는 전기 계량기별 kwh당 회전수, Urt<sub>i</sub>는 계량기 검침관의 1회전 소요시간(sec), TPot<sub>i</sub>는 연구지역의 단위기간동안 총 양수기 가동시간(hr), Pwr<sub>i</sub>는 양수 가동율(%), Ut<sub>i</sub>는 조사 기간의 총시간(hr)이다.

박승기 : 공주대학교 산업과학대학 생물산업공학부

### 3. 양수특성 분석 및 양수량 산정

지하수위 변동량과 양수량과의 관계는 지하수 함양량의 산정, 양수지역 대수층의 특성 연구 등에 매우 중요한 자료로 이용되고 있으나, 전체 해당지역에서 정확한 양수량의 산정이 어렵고, 복잡한 대수층의 구조로 제반 수리적 특성을 확정하기 곤란하여 정확한 관계를 구명하는데 한계성을 보이고 있다. 그러나 본 연구지역의 특성상 타 지역으로부터 수자원의 유입이 없고, 비피압 지하수 이외에 다른 수원공이 전무한 실정이어서 안정적인 지하수-양수량 특성관계를 분석할 수 있는 지역이다. 따라서, 본 연구에서는 지하수위에 따른 양수량과의 관계로부터 양수특성곡선 및 관계식으로 유도하고 연구지역의 비피압 대수층의 수리특성인자인 비산출율을 산정하는데 적용하였다. 양수특성곡선은 지하수위 조사와 병행하여 조사한 실측 양수량 중 측정 횟수가 많고 변화특성을 잘 나타내는 양수량 조사지점의 자료와 갈수기에도 고갈되지 않고 강우에 의한 지하수위 반응이 잘 나타내는 W<sub>2</sub> 지점의 지하수위 실측값을 이용하여 작성하였고, Curve Expert 프로그램을 이용하여 식(3)과 같은 관계식을 유도하였다.

$$Q_e = f(H) \text{ ----- (3)}$$

$$TQ_e = \sum (Qm_e \times Pot_i) \text{ ----- (4)}$$

여기서, Q<sub>e</sub>는 양수기 양수량(m<sup>3</sup>/hr), H는 지하수위(EL m), TQ<sub>e</sub>는 단위기간동안 총 양수량 (m<sup>3</sup>/hr), Qm<sub>e</sub>는 단위기간동안 평균 지하수위에 따른 양수량 (m<sup>3</sup>/hr)이다.

### 4. 비피압 관정의 비산출율 산정(Specific Yield : S<sub>y</sub>)

비산출율은 양수량과 지하수 부존량을 파악하는데 중요한 인자로 대수층에서 배수되는 지하수량과 대수층의 전 용적과의 백분율을 말하며 유효 공극율과 같은 뜻으로 해석한다. 비산출율은 대수층의 규모, 기반암의 특성 및 지하수의 종류에 따라 매우 큰 차이를 보이고 있으며, 일반적으로 비피압 대수층의 경우 0.05~0.4, 피압대수층의 경우 0.00005 ~0.005 값을 적용하고 있다. 본 연구에서는 비산출율을 지하수위와 양수량조사 결과를 적용하여 식(5)로 구하였으며, 지하수위에 따라 비산출율을 구할 수 있는 관계식을 유도하였다.

$$S_y = \frac{Q_e}{A \cdot \Delta h} \text{ ----- (5)}$$

여기서, S<sub>y</sub>는 비산출율, Q<sub>e</sub>는 양수량(m<sup>3</sup>), A는 유역면적(m<sup>2</sup>), Δh는 지하수위 변화량(m)이다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 지하수위 및 양수량 조사결과

지하수위 변화는 Fig. 2와 같으며 지하수 관측지점 3개소(W<sub>1</sub>~W<sub>3</sub>)중 Fig. 2와 같이 W<sub>2</sub>지점이 강우에 의한 반응이 가장 양호하게 보이고 있어 W<sub>2</sub> 지점을 연구 지역내 양수특성곡선 작성과 총 양수량 산정을 위한 기준 지하수위로 적용하였다.

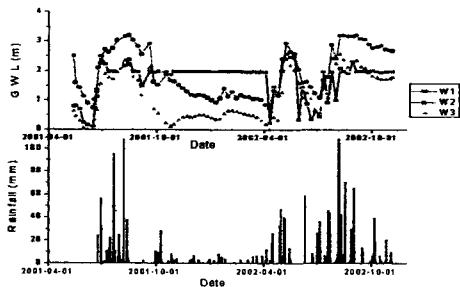


Fig. 2 Relationship of groundwater level and rainfall phenomena

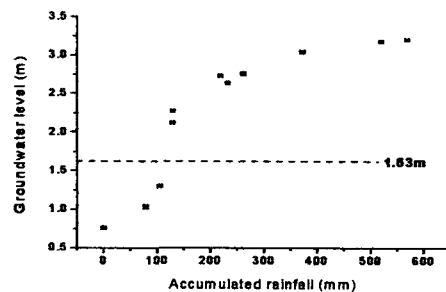


Fig. 3 Relationship of accumulated rainfall and groundwater level variation

## 2. 양수특성 분석 및 양수량 산정

연구유역내  $W_2$  우물의 지하수위(Groundwater level :  $H$ )를 기준으로 지하수위 조사와 병행하여 조사한 실측 양수량 중 측정횟수가, 지질특성 및 토양특성을 고려하여 선정된 양수량 조사지점의 자료를 선정하여 Fig. 4와 같이 작성하였으며 기준 지하수위의 저하에 의하여 양수량이 급격히 저하하는 특성을 잘 나타내고 있다.

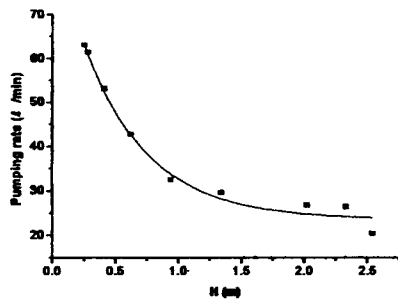


Fig. 4 Pumping characteristic curve

Table 1 Monthly all electricity using and pumping rate

2001			2002		
Month	Total (kwh)	Total (m <sup>3</sup> )	Month	Total (kwh)	Total (m <sup>3</sup> )
3	-	-	3	14,608.9	31,657.4
4	-	-	4	22,175.7	50,250.5
5	69,226.5	161,375.8	5	15,158.4	45,445.2
6	44,551.2	96,766.3	6	16,515.6	39,013.8
7	5,813.6	19,994.5	7	5,682.6	13,129.0
8	9,852.5	49,385.9	8	6,385.2	34,363.8
Total		327,522.4	Total		213,859.7

Fig. 4의 양수특성곡선의 양수량( $Q_e$ )과 기준 지하수위변화( $\Delta h$ )의 관계식을 로지스틱 함수식(Logistic curve)을 식(6)과 같이 유도하였으며 고도의 유의성을 보이고 있다.

$$Q_e = \frac{20.01}{1 - 0.819 \times e^{-0.706 \cdot \Delta h}} \quad (r=0.994) \quad (6)$$

여기서,  $Q_e$ 는 양수량( $l/min$ ),  $\Delta h$ 는  $W_2$  우물의 수위변화( $m$ )이다.

본 연구에서는 식(6)의 양수특성곡선식에 지하수위를 측정된 시기별로 평균지하수위를 적용하여 양수량을 산정하였으며 식(2)에 적용하여 양수기의 총 가동시간을 산정하였고 식(4)에 적용하여 총 양수량을 산정한 결과 Table 1에 나타내었다.

## 3. 비피압 관정의 비산출을 산정

본 연구에서는 지하수위를 고려한 비산출을 산정방법을 제시한 식(5)에 의해 연구유역의 비산출을 산정하였다. 비산출은 지하수위  $1.63m$ 를 기준으로 Fig. 5 및 Fig. 6과 같이 변화되었고, 유역의 토양특성과 일치함을 보였으며 비산출을 변화특성을 반영하여 식(7), 식(8)과 같이 지하수위( $H$ )에 따른 비산출( $S_y$ ) 산정 함수식을 유도하였다.

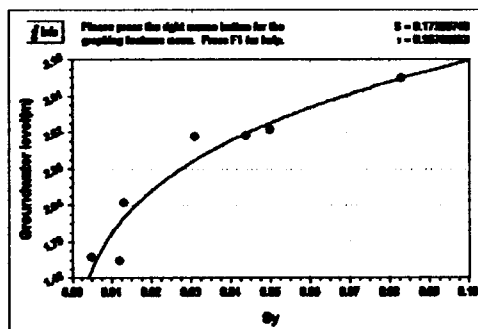


Fig. 5 Groundwater level and specific yield ( $H \geq 1.63m$ )

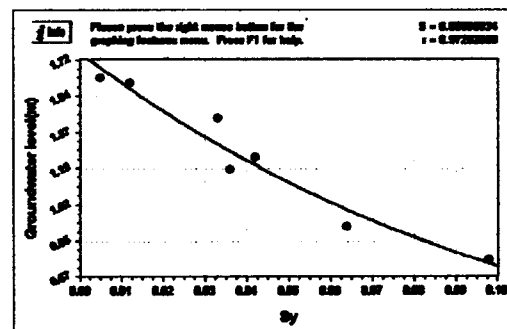


Fig. 6 Groundwater level and specific yield ( $H \leq 1.63m$ )

$$S_y = 5.583 \cdot H^{0.243} \quad (H \geq 1.63\text{m}) \quad \text{--- (7)} \quad S_y = 0.603 \cdot H^{-0.203} \quad (H \leq 1.63\text{m}) \quad \text{--- (8)}$$

이러한 비산출율의 변화는 Fig. 3의 누적 강우량에 대한 지하수위 변화와 Fig. 4의 양수특성곡선에서도 파악할 수 있었다. 지하수위를 고려한 비산출율 산정방법은 일반적인 비피압 대수층에 일정한 값을 적용함에 따라 발생하는 문제와 양수로 인하여 발생하는 제반 문제를 해결하는데 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

#### IV. 결 론

본 연구는 농촌지역에서 이용이 증대되고 있는 비피압 관정을 이용하는데 있어서 지하수위 저하에 따른 수리특성을 조사, 분석하여 농촌지역 지하수의 합리적인 이용 및 적절한 관리 방안을 제시하기 위한 기초 연구로 수행하였다.

연구지역내 같은 시기에 조사한 지하수위와 양수량의 관계를 분석하여 양수특성곡선을 작도하고 곡선에 대한 Logistic 함수식을 유도하여 지하수위 따른 양수량의 변화를 산정하였다.

양수특성곡선으로부터 산정한 양수량과 지하수위 자료를 바탕으로 연구유역의 비피압 대수층의 수리특성 인자인 비산출율( $S_y$ )을 산정한 결과 지하수위에 따라 0.005~0.098 범위의 값을 보였으며 대수층의 특성에 따라 비산출율의 특성이 달라지는 특성을 파악할 수 있었다.

#### 참고문헌

1. 강장신, (1997) 지하수 수량의 평가, 동서엔지니어링주식회사
2. 김남형, (1998) 지하수 수문학, 원기술.
3. 김남형, 최한주, (1994) 지하수공학, 구미서관.
5. 안상은, (2001) 수문학, 구미서관.
6. 예산군, (1999) 대륜지구 경지정리사업 설계서
7. 이재형, 김운중, 김민환, (1994) 수자원공학, 구미서관.
8. 정재훈, 박승기, 강성민, 이승기, (2002) 소형관정의 양수효율, 한국농공학회 학술발표논문집, pp. 221~224.
9. 정재훈, 황무석, 박승기, 이승기, (2001) 농업용 소형관정의 양수 특성, 한국농공학회 학술발표논문집, pp. 106~109.
10. 최병수, (1996) 자유면 대수층지역에서 지하수위 변동자료 해석에 의한 대수층 특성연구, 농공기술, No. 51, pp. 3~13.
11. 최병수, (1997) 자유면대수층지역에서 지하수위 강하곡선 해석에 의한 자연함양율 산정방법, 농공기술 No. 57, pp. 14~23.
12. 한국수자원공사, (1993~1994). 지하수자원 기본조사 보고서.
13. 한국수자원공사, (1994) 지하수 이용관리방안 수립 및 대체용수원 개발 지역 선정조사 보고서.