

지하수위 변화를 고려한 유역 비산출율 산정

Basin specific yield calculation which consider groundwater level change

정재훈* · 박승기 · 이승기 (공주대)

Jeoung, Jae-Hoon* · Park, Seung-Ki · Lee, Seung-Ki

Abstract

This research recognized change of the specific yield(S_y) by groundwater level in small size tube well of the farm village area. The result research basin aquifer could quality that the specific yield according to geological quality of aquifer changes showed value of 0.0004~0.081 extents according to groundwater level decline.

I. 서론

현재 우리나라의 지하수 부존량 산출은 연구기관 및 방법에 따라 상당히 큰 차이를 보이고 있고 지하수의 안정적 개발 개념이 고려되지 않아 지하수자원의 개발, 이용과 보전, 관리를 위한 지표로서 활용성이 매우 낮은 것으로 평가하고 있다. 지하수에 대한 객관적인 평가를 위해서는 지하수위 변화량, 강수량 및 취수량의 관계로부터 비산출율(S_y)과 같은 대수층의 수리특성인자를 구할 수 있는 연구가 필수적이다. 따라서 본 연구는 농촌지역에서 이용이 증대되고 있는 소형관정에서 수리특성인자 중에 하나인 비산출율이 취수로 인한 지하수위 변화에 따른 특성을 구명하고 농촌지역 지하수의 합리적인 이용 및 적절한 관리 방안을 제시하기 위한 기초연구로 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 연구 유역

본 연구유역은 예산군 대흥면 갈신리로 예당저수지로 유입되는 탄방천 상류지역이며 대규모 취수원이나 용수공급이 없어 비피압 소형관정의 이용률이 높은 농촌지역으로 수문관측소 및 유역도는 Fig. 1과 같다. 시험유역의 면적은 3.75km², 논 면적은 0.67km²으로 전체 면적의 17.9%이다.

2. 지하수위 및 양수량 조사

지하수위 조사는 Table 1과 같은 변화를 보이는 GW₁ 지점에서 1주일 간격으로 실측하였다. 양수량 조사는 소형관정에 설치되어 있는 양수기를 대상으로 지하수위와 병행하여 조사하였다.

3. 농업용 전기사용량 조사 및 양수특성곡선

농업용 전기사용량 조사는 연구유역의 단위기간동안 대수층으로부터 배출된 취수량을 산정하기 위해서 양수에 사용된 농업용 전기계량기(농업용 감류)를 검침하여 양수기 가동 시간을 식(1)과 같이 산정하였다.

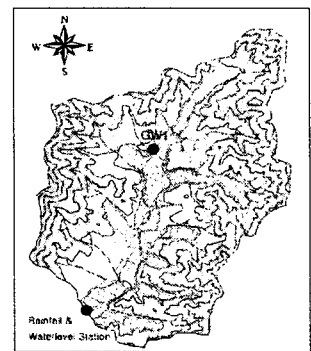


Fig. 1 Research basin

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

여기서, Pot_i 는 단위기간동안 개별 양수기 가동시간(hr), Teu_i 는 단위기간동안 개별 양수기 전기 사용량(kwh), Rev_i 는 전기계량기별 kwh당 회전수, Urt_i 는 계량기 검침판의 1회전 소요시간(sec)이다. 연구유역내 취수량 산정을 위하여 양수특성곡선을 작도하였으며 식(2)와 같은 관계식을 유도하였다.

$$Q_e = f(H) \quad \text{----- (2)}$$

여기서, Q_e 는 양수량(m^3/hr), H 는 지하수위(EL. m)이다.

4. 연구유역의 취수량 산정

본 연구유역내 대수층의 취수량 산정은 식(1)의 양수기 가동시간에 식(2)로 산정한 지하수위에 따른 양수량을 적용하여 산정하였으며, 각각의 취수량을 합하여 유역내 대수층의 총 취수량을 식(3)과 같이 산정하였다.

$$TQ_e = \sum (Q_{me} \times Pot_i) \quad \text{----- (3)}$$

여기서, TQ_e 는 대수층 총 취수량 (m^3/hr), Q_{me} 는 지하수위에 따른 양수량 (m^3/hr), Pot_i 는 양수기 가동시간(hr)이다.

5. 지하수위 감수곡선계수 산정

유역의 비산출을 산정을 위한 지하수위 감수곡선계수의 산정은 무강우·무양수 기간 30일 구간을 선정하여 반대수용지에 경과시간에 따른 지하수위 변화량을 작도하고 식(4)와 같은 함수식을 유도하여 산정하였다.

$$\Delta H = a \cdot e^{k \cdot t} \quad \text{----- (4)}$$

여기서, ΔH 는 지하수위 변화량(m), a 는 상수, k 는 감수곡선계수, t 는 경과시간(day)이다.

6. 유역의 비산출을 산정(Specific Yield : S_y)

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 지하수위에 따른 취수량 산정 결과와 종방향 성분의 지하수위 변화량 ΔH , 횡방향 성분의 지하수위 감수곡선계수 k 를 적용하여 식(5)로 구하였으며, 지하수위 변화에 따른 비산출율을 구할 수 있는 관계식을 유도하였다.

$$S_y = \frac{TQ_e}{A \cdot \Delta H} \cdot \frac{1}{k} \quad \text{----- (5)}$$

S_y 는 비산출율, TQ_e 는 대수층 총 취수량(m^3), A 는 유역면적(m^2), ΔH 는 지하수위 변화량(m), k 는 감수곡선계수이다.

III. 결과 및 고찰

1. 지하수위 및 양수량 조사 결과

지하수위 관측지점(GW_1)의 지하수위 변화는 Fig. 3과 같으며 강수 현상에 대한 반응 양상을 파악하기 위하여 누적강우량에 대한 지하수위 변화를 비교한 결과 Fig. 4와 같이 양호한 반응을 보여주고 있어 본 연구에 필요한 안정적인 지하수위 변화를 보여주었다.

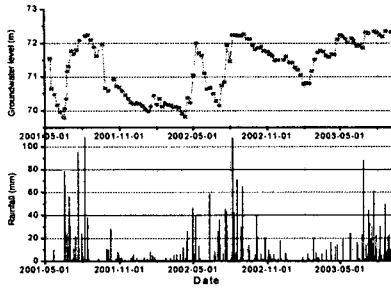


Fig. 3 Relationship of groundwater level and rainfall at GW1

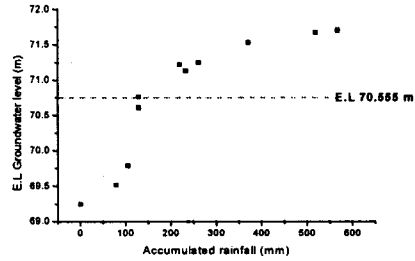


Fig. 4 Relationship of accumulated rainfall and groundwater level variation

연구유역에 사용되고 있는 양수기의 양수량 조사결과 양수기의 최대 양수량은 78.24 ℓ/min로 양수기 최대 양수량인 130 ℓ/min의 60.18%로 저조한 양수량을 보였으며, 최소 양수량은 2.99 ℓ/min이며 양수기 최대 양수량의 2.2%로 매우 낮은 양수량을 보였다.

2. 농업용 전기사용량 및 양수특성곡선

연구유역의 81개소에 대한 농업용 전기사용량조사 결과는 Table 2와 같으며 식(1)에 적용하여 가동시간을 산정하고 이를 식(3)에 적용하여 유역내 대수층의 취수량 산정에 적용하였다. 양수특성곡선은 Fig. 5와 같이 작성하였으며 식(6)과 같은 지하수위에 따른 양수량의 함수식으로 유도하여 유역내 대수층의 취수량 산정에 적용하였다.

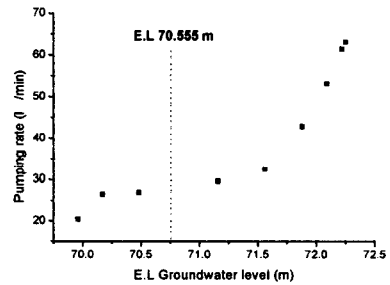


Fig. 5 Pumping characteristic curve

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

(6)

여기서, Q_e 는 양수량(ℓ/min), H 는 GW_1 지하수위(m)이다.

3. 연구유역의 취수량 산정

본 연구에서는 식(6)의 양수특성곡선식에 농업용 전기사용량 조사 단위기간의 안정지하수위를 적용하여 지하수위에 따른 양수량을 산정하고 이를 식(3)에 적용하여 유역내 대수층으로부터 배출되는 총 취수량을 산정한 결과 Table 2와 같은 결과를 얻었다.

Table 2 Monthly all electricity using and pumping rate

2001			2002			2003		
Month	Total (kwh)	Total (m ³)	Month	Total (kwh)	Total (m ³)	Month	Total (kwh)	Total (m ³)
3	-	-	3	10,394.85	21,303.70	3	11,002.54	30,984.21
4	-	-	4	22,175.80	46,816.11	4	5,913.08	11,454.05
5	43,440.92	95,764.04	5	14,011.09	34,661.57	5	5,695.77	19,829.82
6	24,242.97	50,353.46	6	16,515.65	36,570.49	6	9,980.85	33,517.74
7	2,524.51	6,815.97	7	5,682.48	11,408.27	7	4,696.49	14,934.84
8	3,623.62	11,595.28	8	6,179.84	18,626.56	8	3,720.93	13,814.21
Total	73,832.02	164,528.75	Total	74,959.71	169,386.7	Total	41,009.66	124,534.87

4. 지하수위 감수곡선계수 산정

본 연구유역의 무강우·무양수시 지하수위 감소는 일정한 경향을 나타내고 있는데 이를 경과시간에 대해 수평방향으로 이동하면서 작도하면 Fig. 7과 같은 지하수위 강하곡선을 나타낼 수 있고 곡선에 대한 식(7)과 같은 지수함수식을 유도한 결과 고도의 유의성을 나타내고 있어 지하수위 감수곡선계수 $k = 0.0693\text{m/day}^{-1}$ 을 산정하였다.

$$\Delta H = 1.112 \cdot e^{-0.0693 \cdot t} \quad (7)$$

5. 유역의 비산출율(S_y) 산정

본 연구에서는 지하수위를 고려한 비산출율 산정방법을 제시한 식(5)에 의해 연구유역의 비산출율을 산정하였다. 비산출율은 지하수위 E.L 70.555m를 기준으로 Fig. 8과 같이 변화되었고, 유역의 토양특성과 일치함을 보였으며 비산출율 변화특성을 반영하여 식(8), 식(9)와 같이 지하수위 (H)에 따른 비산출율(S_y) 산정 함수식을 유도하였다.

$$S_y = 0.2177 \cdot H^{-2.9288} \quad (H \leq 70.555\text{m}) \quad (8)$$

$$S_y = 0.0014 \cdot H^{4.6777} \quad (H \geq 70.555\text{m}) \quad (9)$$

이러한 비산출율의 변화는 누적강우량에 대한 지하수위 변화와 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. 결론

본 연구는 동일한 시기에 조사한 지하수위와 양수량의 관계로부터 양수특성곡선식을 유도하고, 농업용 전기사용량을 바탕으로 양수가동시간을 산정하여 지하수위에 따른 대수층의 취수량을 산정하였다. 또한 무강우·무양수 구간을 선정하여 지하수위 강하에 따른 지하수위 감수곡선계수를 산정하고, 연구유역 대수층의 총취수량(TQ)과 감수곡선계수(k)를 적용하여 지하수위 저하에 따른 비산출율을 산정하였다. 그 결과 연구유역 대수층은 지하수위 저하에 따라 0.0004~0.081 범위의 값을 보였으며 대수층의 지질학적 특성에 따라 비산출율이 변화되는 특성을 파악할 수 있었다.

참고 문헌

1. 정재훈, 박승기 (2003) 지하수위 변화를 고려한 양수량 산정, 한국관개배수, Vol. 10 No.1, pp. 80~88.
2. 최병수, (1996) 자유면 대수층지역에서 지하수위 변동자료 해석에 의한 대수층 특성 연구, 농공기술, No. 51, pp. 3~13.

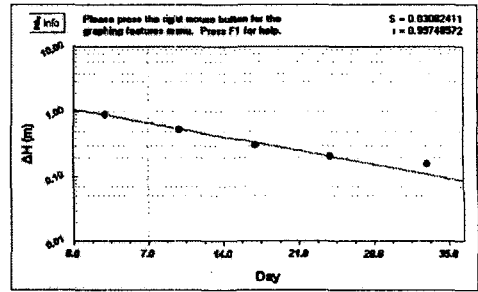


Fig. 7 Groundwater level recession curve coefficient

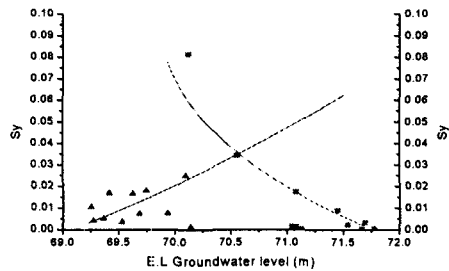


Fig. 8 Groundwater level and specific yield