

제주도 중산간 지역의 지하수위 변동 특성

이용두 · 함진규

The fluctuant characteristic of Groundwater Level in the Mid-Mountain Area, Jeju Island.

Yong-Doo Lee, Jin - Gyu Ham*

Environmental Engineering, Cheju National University, 690-756, Korea

*Cheju provincial development corporation, Korea

Abstract

Based on the analysis and findings of the continuative measurement of the groundwater level data on three observation wells located at esatern part in the mid-mountain area, Jeju Island, the purpose of this study was to clarify the fluctuation characteristics of groundwater level response to rainfalls and groundwater recharge rate in the study area.

According to the analysis of the groundwater levels rising with responses to rainfalls, it showed that began to rise between the 7th and 13th days after the rainfall, and then, continued to go up with the value of 1.9m to 8.3m for 15 to 16 days. This result suggested that infiltration occurs slowly in the recharge area rather than the coast area. Based on the value of both the amount of net groundwater recharge and infiltration rate; the recharge rate of well I is high with the amount of 32 % under the groundwater level is below 85m, the recharge rate of well II is 65% under the level is below 90m, the recharge rate of well III is 50% under the level is below 85m. This result shows that when the groundwater level rises above a certain level, the rising amount of level becomes low in spite of heavy rain.

I. 서 론

일반적으로 지하수위는 강우량, 조석, 대기압, 바람, 지진, 지하수 채수량 등의 여러 가지 요인에 의해 단주기적 및 장주기적 변화를 나타내며, 지하수위 변화는 곧 지하수 저류량의 변화를 의미하므로 대수층의 특성과 능력을 평가하는데 중요한 기초자료가 된다. 또한, 지하수위 자료는 지하수 개발·이용의 규제와 조절을 통해 지하수의 적정관리를 도모하는 지하수 관리의 행정적 측면에서도 중요하게 이용되고 있다.

고기원 등(1992 a, b)은 강우와 조석에 의한 제주도 지하수의 수위변동에 관한 조사를 실시하고, 제주도 지하수는 주로 강우와 조석요인에 의해 수위가 변동하는 것으로 보고하였다. 또한, 박원배(1993, 1994)는 제주도 지하수의 수위변동 특성에 관한 연구를 실시한 바 있으며, 고기원 등(1995) 제주도 동북부지역의 수위변동에 관한 연구를 실시하였다. 특히, 박원배(1993)와 고기원(1997)은 제주도 지하수를 수위변동 요인에 따라 강우량의 영향을 지배적으로 받는 유형과 조석의 영향을 받는 유형 및 강우량과

조석의 영향을 복합적으로 받는 유형으로 구분하였을 뿐만 아니라, 고기원(1997)은 조석의 영향에 따른 조석효율과 강우에 따른 수위 반응시간을 지역별로 제시한 바 있다.

본 연구는 중산간 지역에 위치한 3개 관측정에서 연속 측정된 지하수위 자료를 통하여 지하수 함양지역에서의 심부 지하수체의 지하수위 변동특성을 밝힘과 아울러, 이전에 실시된 해안지역 지하수위에 대한 연구결과와 비교·고찰을 통하여 지하수 함양지역과 배출지역에서의 지하수위 변동특성을 밝히고자 한다.

II. 연구방법 및 조사지역 개요

1. 연구방법

본 연구는 해발 335m~336m의 중산간 지역에 위치한 H사의 3개 먹는샘물 관측정에서 1997년 1월 1일부터 1999년 12월 31일까지 연속 측정된 지하수위 자료를 이용하였다. 지하수위는 Hydro Lab사의 (모델 30852, 30853, 30854) 자동측정기록기에 의해 1시간 간격으로 연속 측정된 자료이다.

Table 1. The statistics of groundwater level monitoring wells in the study area.

Well Name	Elevation (m)	Well Depth (m)	Groundwater Level(El. m)	Remarks
Well 1	336.2	286	86.4	distance from PW : Upstream 50m
Well 2	335.4	280	99.0	distance from PW : Upstream 10m
Well 3	335.4	300	85.5	distance from PW : Downstream 10m
PW	335.4	325	87.4	pumping well

연구대상 3개 관측정의 재원은 Table 1에 제시하였다. 즉, 관측정은 해발 335~336m의 중산간 지역에 위치하고 있으며, 지표하 280m(해발기준 55.4m)에서 300m(해발기준 35.4m)까지 측정된 심부 관측정이다. 취수정으로부터의 거리를 보면, Well 1은 상류쪽 50m 거리에 위치해 있고 Well 2는 10m 거리에, Well 3은 하류쪽 10m 거리에 각각 위치하고 있다. 먹는샘물 원수를 취수하는 취수정(Pumping Well : PW)은 해발 335.4m 지점에서 지표하 325m(해발기준 10.4m) 까지 측정되었다. 관측정 및 취수정의 개발당시 지하수위를 해발기준으로 보면, Well 1은 86.4m 이고 Well 2는 99.0m이며, Well 3은 85.5m, 취수정은 87.4m에 자연수위가 형성되어 있었다. 즉, 연구대상 3개 관측정의 지하수위는 해발 99.0m에서 85.5m

의 범위인데, Well 2가 Well 1 및 Well 3보다 13m 높은 위치에 수위가 형성되고 있다.

한편, 강우량에 의한 수위변동을 분석하기 위해 제주도 재난방재본부에서 운영하는 강우관측소 중 성판악(R-1)·교래(R-2)·송당(R-3)·성읍(R-4)에서 관측된 1997. 1~1999. 12월까지의 일별 자료를 수집하여 분석하였다. 아울러, 해안지역의 지하수위 변동특성과 비교분석을 위하여 고기원(1997)의 연구자료도 함께 분석하였다.

2. 지하지질

조사지역 내 굴착된 시험 및 다목적 관측정의 지하지질 분포상태를 보면 Fig. 2와 같다. 1996년 제동홍산 제주광천수 먹는 샘물 환경영향조사보고서에 의하면

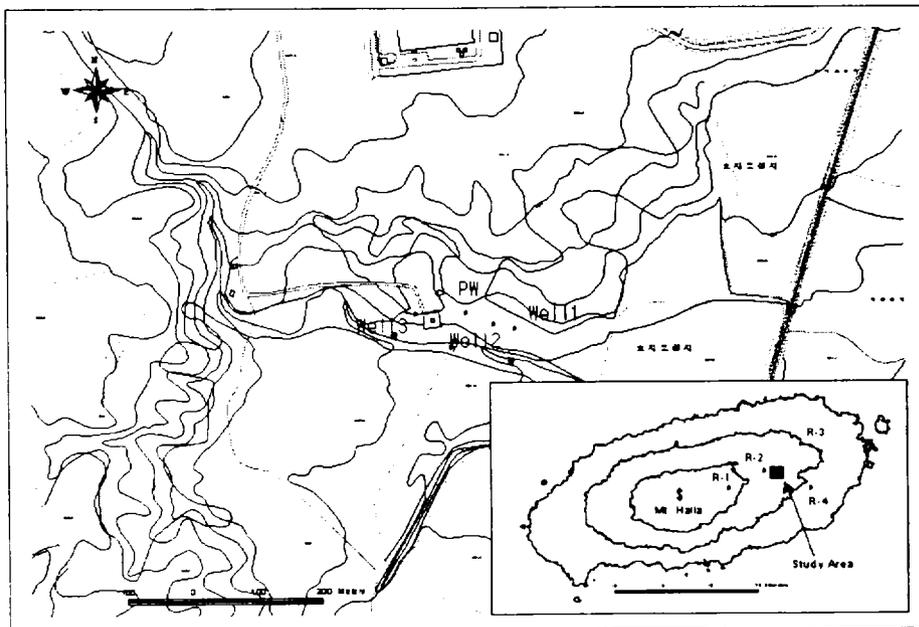


Fig. 1. Location Map of the Groundwater Monitoring and Pumping Wells in the Study Area.

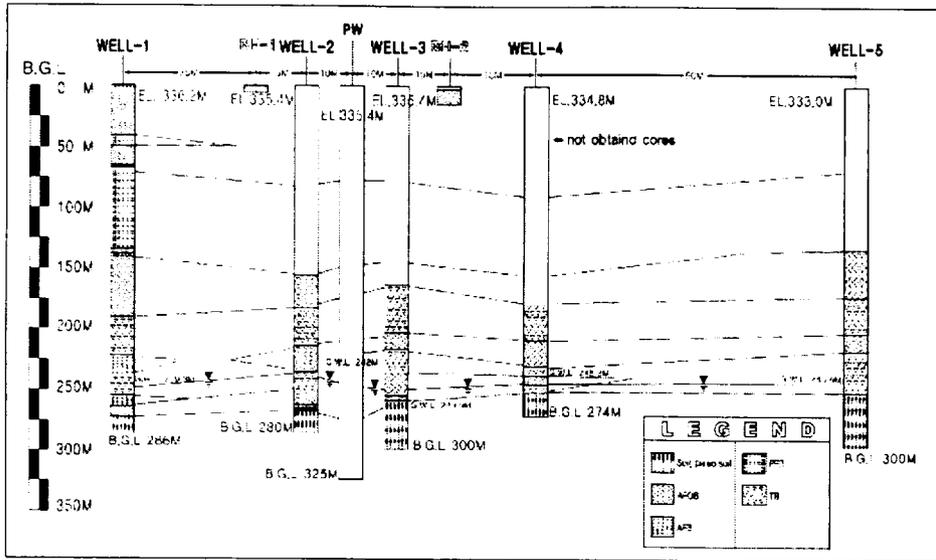


Fig. 2. Geologic section(After Jedong Heungsan, 1996)

조사지역에 설치된 취수정 및 다목적 관측정의 표고는 334.3~336.1m이며 굴착심도는 취수정이 325m이고 관측정은 270~286m이다. 굴착정의 지층의 두께는 표토층이 1~2m로 최상위층을 형성하고 있으며, 그 하부에서 침상장석감람석현무암(AFOB: Acicular Feldspar Olivin Basalt), 반상장석현무암(PFB; Porphyritic Feldspar Basalt), 반상장석감람석(PFOB; Porphyritic Feldspar Olivin Basalt), 고토양(Paleo Soil), 조면암질현무암(TB; Trachy Basalt) 등 이들 용암류들이 겹겹이 쌓여 있는 호층구조를 하고 있으며, 굴착종료 심도에서는 사질이암(Sandy mudstone)으로 구성되어 있다.

조사지역의 암반층을 형성하는 주 구성암석인 현무암 사이에는 투수성이 비교적 양호한 화산쇄설층이 12~13회에 걸쳐 반복하여 협재되어 있으며 화산암층과 호층을 이루면서 주요한 대수층의 역할을 하고 있다. 또한, 분출시기를 달리

하는 현무암층 하부에는 화산쇄설층이 풍화작용에 의해 토양화된 미고결 퇴적층이 형성되어 있으며 이 층이 주요 대수층을 형성하고 있다.

조사지역의 지하수는 자유면 지하수로서 대수층은 자유면대수층(unconfined aquifer)을 이루고 있으며, 조사공의 지하수위 분포를 보면 취수정의 지표면하 247.92m를 비롯하여 관측정의 234.09~247.92m사이에 분포하는 것으로 보고한 바 있다.

조사공중 Well 2의 경우 Well 1과 PW의 근거리(L=10m)에 위치함에도 불구하고 서로 상이한 지하수위를 나타내고 있으며, 이는 Well 2 주위의 암반대수층의 물리적 성질, 즉 암반 전체의 투수계수, 지질구조 등의 차이에 의한 지하대수층에 미치는 편압 및 지하구조 등의 요인에 의해 지하수위가 상이한 것으로 보고되었다.

Ⅲ. 이론적 배경

지하수의 함양은 지하로 침투한 물이 포화대까지 도달하는 것을 말하며, 지하수 함양량은 대수층의 저류량 변화에 영향을 미친다. 강수량이 줄어들면 지하 침투량이 줄어들고 따라서, 지하수 함양량도 감소한다. 지하수 함양량의 감소는 대수층내 저류량의 감소를 의미한다.

지하수 함양량은 여러 가지 방법에 의해 산출할 수가 있다. 즉, 물수지분석에 의한 방법, 지하수위 변동량을 이용한 방법, 무강우 지속일수 동안 지하수위 감소 곡선을 이용하는 방법(최병수와 안중기, 1998) 그리고 기저유출(baseflow) 분리법에 의한 지하수 함양을 산정방법, 수소 또는 산소동위원소와 같은 자연 추적자를 이용하여 국지적·광역적인 지역의 자연 함양량을 추정하기도 한다. 또한, 미국 농무서(Soil Conservation Service, SCS)에서 개발한 SCS-CN방법을 이용해 강우의 침투량을 구하고 여러 해의 평균 침투량과 평균 강우량을 비교하여 조사 지역의 평균 자연 함양율을 구하는 방법(최병수와 안중기, 1998)도 있다.

본 연구에서는 위에 제시한 방법들 중에서 자연상태의 지하수위 변동량을 분석하여 자연 함양량을 계산하는 방법에 의해 연구대상 관측정별 순지하수 함양량과 함양을 산출을 시도하였다. 이 방법은 강우에 의해 지하수로 충전되는 양이 지하수위의 변화량에 공극률 또는 비산출량과의 곱과 같다는 기본 가정을 이용한다. 지하수위의 변화는 지하수 함양, 계절적 변화, 기압효과 또는 조수효과, 그리고 인위적인 양수 등에 의해 영향을 받기 때문에 지하수위 변화량으로부터 지

하수 자연 함양량을 추정하기 위해서는 이와 같은 요인들을 고려하여 수위 변화에 대한 보정이 필요하다.

많은 경우에 있어서 수위 관측자료의 빈도와 양이 단일 강우사건에 대해 분석하기에 너무 적을 때가 있다. 이러한 관측 자료로부터 실제 수위의 최대 값과 최소 값을 잡아내기는 어려우나, 전반적인 경향에 대한 정보를 제공해 준다. 이런 자료로부터 한 해의 특정 달(일반적으로 수위가 가장 낮은 달)의 수위에서 다음해 같은 달의 수위 차로부터 연간 지하수 함양량을 구할 수 있다. 물론, 필요에 따라서 양수나 하천 유출에 의한 유출량을 보정해 줄 수도 있다. 한 해의 특정 달에서 다음해의 같은 달까지의 기간을 수년(water year)이라고 하고, 이 기간동안에 발생한 연간 지하수 순 함양량을 구하는 식은 아래와 같다. 그러나 아래의 식은 수년 동안의 지하수 유동이 steady-state한 상태일 때를 의미하며, 수년간의 지하수 함양변화, 즉 저류량의 변화를 구하는 식이라고 할 수 있다.

$$Net\ annual\ recharge = \Delta GWL$$

$$= (GWL_{month, yr2} - GWL_{month, yr1}) \times S_y(1)$$

여기서, $GWL_{month, yr2}$ 는 두 번째 수년 특정 달의 지하수위이고, S_y 는 비산출량이다. 이것은 지하수 함양지역에서 단일 강우사건에 대한 지하수위 변화자료들로부터 구할 수도 있고, 수리시험을 통해서 구할 수도 있다. 이렇게 구한 연간 지하수 순함양량을 그 수년의 연간 강우량에 대해서 그래프에 도시한 후 일차원의 직선에 회귀시키면, 연간 강우량에 대한 연

간 지하수 순함양량을 추정할 수 있다.

지하수의 단위 면적 당 연간 순함양량은 연간 총 함양량에서 연간 총 유출량을 제외한 값이다. 즉,

$$\Delta H_i \cdot S_y = \alpha \cdot P_i - q \quad (2)$$

식(2)와 같이 표현할 수 있다. 여기서, ΔH_i 는 i 번째 수년의 지하수위 변화량(m), P_i 는 i 번째 수년의 연 강수량(mm), α 는 강우의 침투율(infiltration rate), q 는 국부적인 지하수의 흐름, 증발산, 하천 유출, 양수와 같은 모든 유출량의 합으로 단위 면적 당 총 유출량(m)이고, 그 값은 일정하다고 가정하였다. 그러나 사실 제주도의 경우 한정상외(1994)에 의하면 지하수의 해안 유출은 하천에 의한 것보다 기저유출에 의한 지하수의 해안 유출이 대부분이라고 하였다.

두 개의 수년에 대한 지하수위변화와

연 강수량, 그리고 비산출량을 알고 있다고 했을 때, 침투율과 단위 면적 당 총 유출량은 다음의 두 식으로 구할 수 있다.

$$\alpha = \frac{S_y(\Delta H_2 - \Delta H_1)}{P_2 - P_1} \quad (3)$$

$$q = \frac{S_y(\Delta H_2 P_1 - \Delta H_1 P_2)}{P_2 - P_1} \quad (4)$$

2. 수위변동의 개념적 Model

강우에 의한 수위반응 분석은 고기원(1997) 의해 제시된 바 있는 Fig. 3의 모델에 의거 실시하였다. 1997년부터 1999년까지 기간중 3개 관측점의 지하수위가 강우에 의해 현저하게 반응을 보인 시점을 선택하여 강우에 의한 수위반응시간, 수위반응을 일으키기까지의 지연시간, 수위반응을 일으키기까지의 강우량 등을 분석하였다. Fig. 3에서

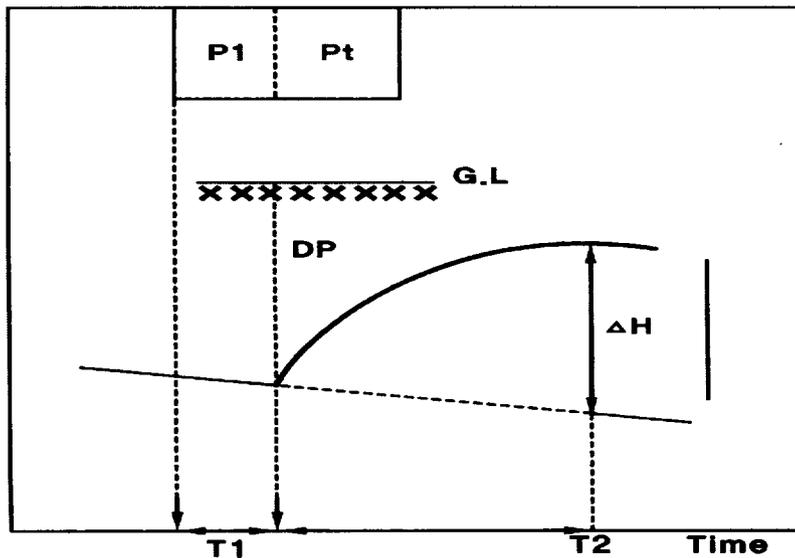


Fig. 3. Rising process of groundwater level(After Koh, 1997)

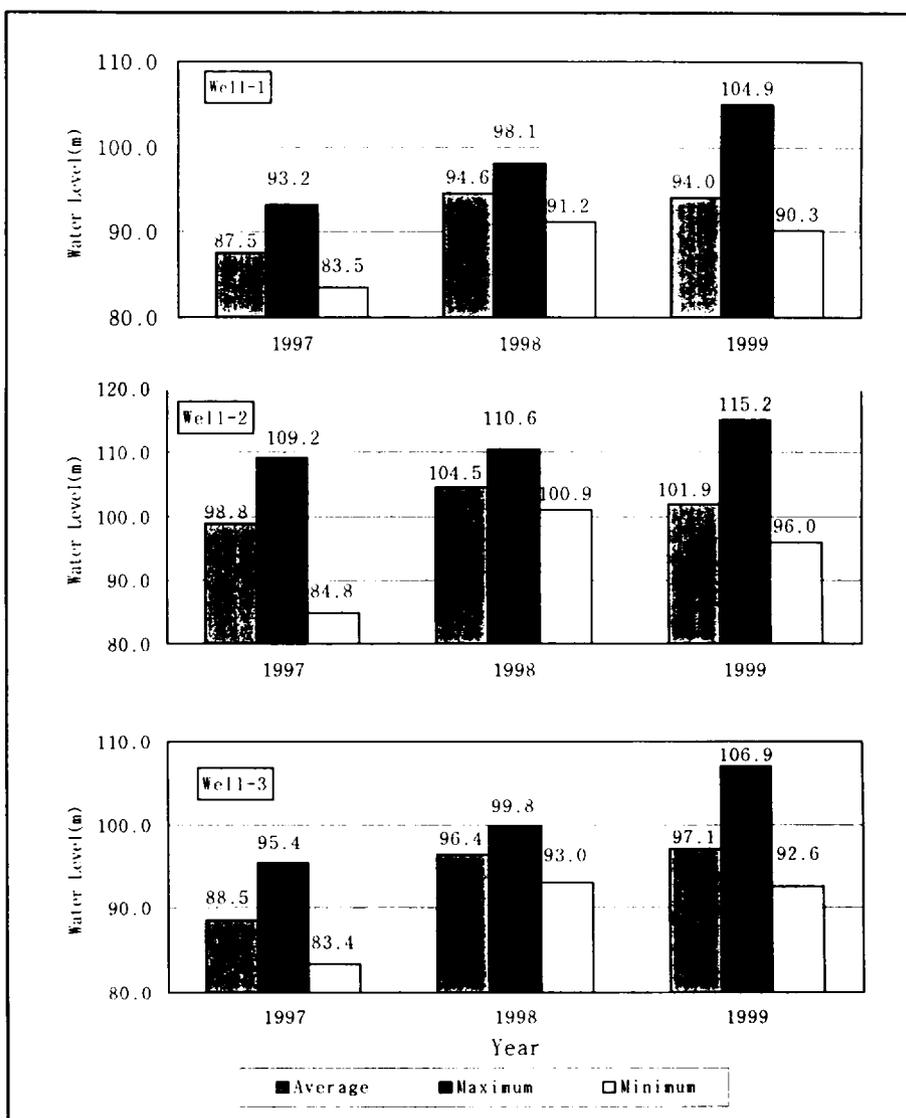


Fig. 4. Average, Maximum and Minimum Groundwater Level of the Each Wells.

Table 2. Summary of Water Level Data of the Each Wells.

(unit : m)

Year	Well 1				Well 2				Well 3			
	Ave.	Max.	Min.	Range	Ave.	Max.	Min.	Range	Ave.	Max.	Min.	Range
1997	87.5	93.2	83.5	9.7	98.8	109.2	84.8	24.4	88.5	95.4	83.4	12.0
1998	94.6	98.1	91.2	6.9	104.5	110.6	100.9	9.7	96.4	99.8	93.0	6.8
1999	94.0	104.9	90.3	14.6	101.9	115.2	96.0	19.2	97.1	106.9	92.6	14.3
Ave.	92.0	98.8	88.3	10.4	101.7	111.7	93.9	17.8	94.0	100.7	89.7	11.0

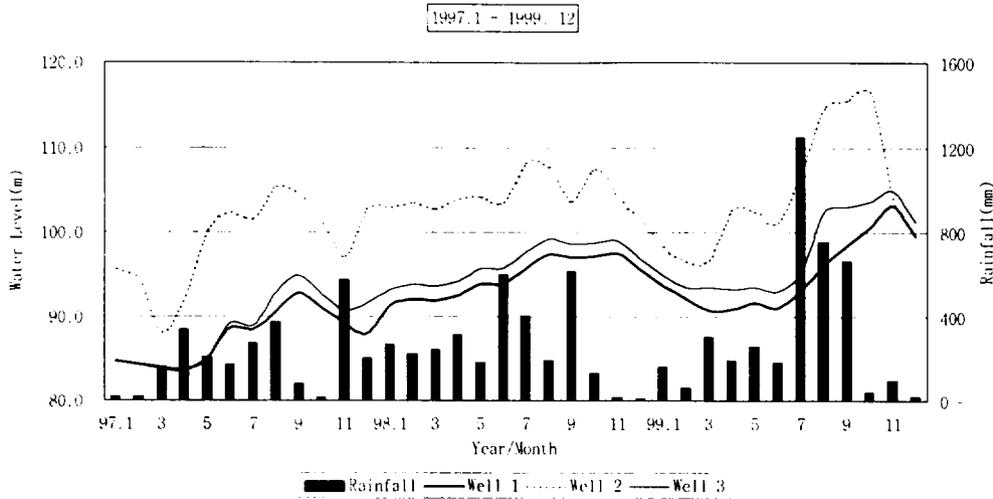


Fig. 5. Monthly Fluctuations of the Groundwater Level of Each Wells.

P1 : 수위반응을 일으키기 직전까지의
강우량(mm)

Pt : 총강우량(mm)

Dp : 수위반응을 일으키기 직전의 수
위(m)

T1 : 강우개시 후 수위반응을 일으키
기까지의 지연시간

T2 : 수위가 최고점에 이르기까지의
시간

ΔH : 총 수위상승치(m)를 나타낸다.

IV. 연구결과

1. 연도별 지하수위 변동 특성

연구 대상 관측정의 연도별 지하수위 변화를 파악하기 위해 1997년 1월 1일부터 1999년 12월 31일까지 3년간 관측된 시간별 자료를 일평균·월평균으로 각각 분석하여 부록에 제시였고, 각 관측정별로 연도별 평균수위·최대수위·최소수위·변동폭을 Table 2에 나타냈다.

표에 제시되어 있는 바와 같이 연구 대상 관측정의 3년 평균 지하수위는 Well 1이 92.0m이고 Well 2는 101.7m이며, Well 3은 94.0m로 Well 1과 유사 값을 나타내었다. 그러나, Well 2의 3년 평균 지하수위는 Well 1보다는 10m, Well 3보다는 8m나 높은 값이다. 연도별 변화를 살펴보면 Well 1의 경우, 1997년이 평균수위·최대수위·최소수위가 각각 87.5m·93.2m·83.5m로 가장 낮은 반면, 1999년에는 최대수위·연간 변동폭이 각각 104.9m·14.6m로 가장 높았다(Fig. 4). Well 2의 경우는 평균수위는 1998년도에 104.5m로 가장 높았으나 최대수위는 1999년도에 115.2m로 최대를 나타냈고, 연간 변동폭은 1997년에 24.4m로 가장 높게 나타나 Well 1 및 Well 3과는 수위 변동이 상이한 양상을 보여주고 있다(Fig.4). Well 3의 경우는 1997년이 평균수위·최대수위·최소수위가 가장 낮았고, 1999년에 평균수위·최대수위·변동폭이 가장 높게 나타나 Well 1과 유사한 수위

변동 특성을 나타내었다(Fig. 4).

한편, 각 관측정별 3년간의 수위변동폭(최대수위-최소수위)을 살펴보면, Well 1은 21.4m이고, Well 2는 30.4m이며, Well 3는 23.5m로 수위변동폭이 연구 대상 관측정 모두에서 크게 나타났다. 본 연구결과를 해발 200m 이하지역에 위치한 관정을 대상으로 실시한 고기원(1997)의 연구결과와 비교할 때, 동부(3년간 2m이하)와 서부지역(3년간 4m이하)보다는 약 10배 이상 높은 값이나 남부(3년간 23.4m)와 북부지역(3년간 28.43m) 보다는 다소 높은 값이다.

이러한 결과는 본 조사지역의 남·북부지역과 같이 지하수가 상위 또는 준기저지하수이며, 또한 비포화대가 매우 깊은 관계로 연간 수위변동이 크게 나타나고 있는 것으로 사료된다. 이와 반면 동부지역의 경우 기저지하수이고, 서부지역은 준기저지하수이나 해안변에서 유출이 일어나기 때문에 수위변동 폭이 작은 것으로 해석된다.

Fig. 5는 연구대상 3개 관측정의 3년간 지하수위 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이, 관측정들은 모두 계절적인 수위변화를 보이고 있음을 알 수 있다. 즉, 전반적으로 강우량이 많은 여름철에는 수위가 높게 형성되지만 강우량이 적은 가을~겨울까지 기간에는 수위가 비교적 낮게 형성되고 있다. 이같은 동저하고(冬低夏高) 계절적 수위변화 양상은 고기원 등(1992 a, b), 박원배(1993), 고기원(1997)이 보고한 연구결과와 잘 일치하는 결과로서 연구 대상 관측정들은 강우의 계절적 변화에 의해 수위변동이 이루어지고 있음을 의미하는 것이다.

그러나, Well 2의 경우는 Well 1 및

Well 3과 비교할 때, 수위가 높게 형성되고 있을 뿐만 아니라 변동폭도 크게 나타나고 있다. 특히, Well 2는 Well 3과 상류쪽으로 20m 이격되어 있고 Well 1과는 40m 이격되어 있음에도 불구하고 Well 1 및 Well 3과는 상이한 양상을 보이고 있는 것은 매우 특이한 현상이라 하겠다.

2. 강우에 의한 지하수위 변동분석

Fig. 6은 1997년부터 1999년까지 3년간 관측정별 지하수위와 4개 지역의(성판악, 교래, 송당, 교래) 평균 강우량과의 관계를 나타낸 것이다. 제시된 그림에서 보는 바와 같이 1997년의 경우, 3월 중순까지는 비가 내리지 않은 관계로 3개 관측정의 수위가 모두 하강국면을 나타내었으나 3월 12일~15일까지 91mm의 비가 내린 후부터 수위가 상승하기 시작해서 8월까지 수 차례의 강우의 영향으로 상승국면을 유지하다가 11월 중순까지 다시 하강한 후 재차 상승하는 모습을 보여주고 있다. 그러나, 전술한 바와 같이 Well 2는 Well 1 및 Well 3과 비교했을 때, 수위 상승과 하강의 폭이 매우 크게 나타나고 있음을 잘 보여주고 있다.

1998년의 경우에는 1997년말 부터 지속된 강우의 영향에 의해 3개 관측정의 수위가 10월까지 장기간 상승하는 하다가 10월 이후부터 서서히 하강하는 모습을 보여주고 있다. 1998년 1월의 수위는 1997년 1월보다 7~9m 상승해 있는데, 이는 1997년 11월~12월까지 778mm의 많은 비가 내린 영향에 의한 것으로 해석된다. 이처럼, 연구 대상 3개 관측정의 지하수위는 강우의 영향을 민감하게 받고 있으며, 상승과 하강의 폭도 비교적

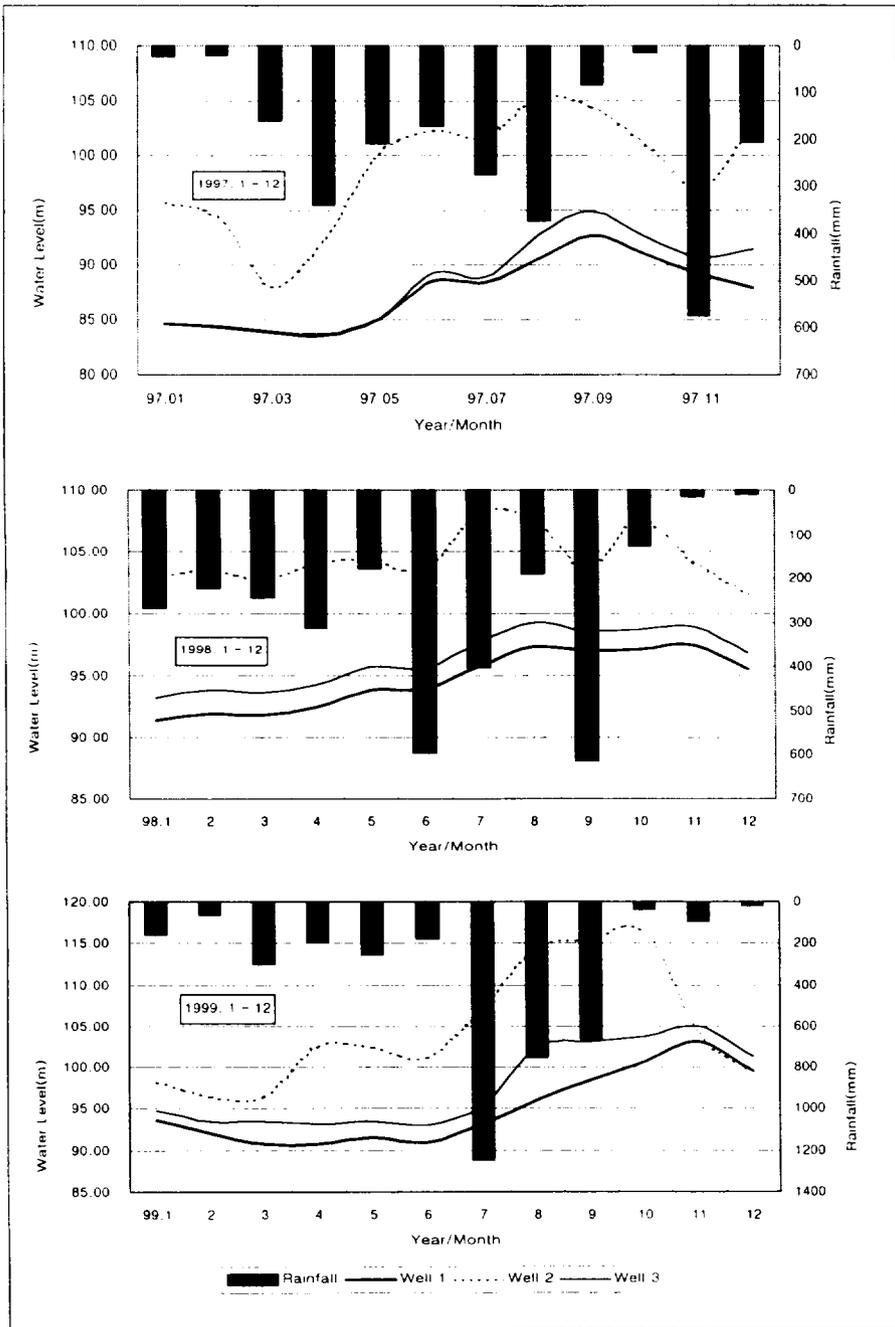


Fig 6 The Relationships between Rainfall and Groundwater Level of the Each Wells in 1997~1999.

크게 나타나고 있음을 알 수 있다.

1999년의 경우, 1998년 11월부터 2월말

까지 강우량이 적은 관계로 3개 관측점의 수위가 하강하는 국면을 나타내었으

Table 3. Characteristics of groundwater level fluctuation due to rainfall of the Study Area.

Well No.	P1(mm)	Pt(mm)	Dp(m)	T1(day)	T2(day)	$\Delta H(m)$
Well 1	1,133	1,133	95.9	13	15	1.9(97.8)
Well 2	1,133	1,133	102.1	7	16	8.3(110.4)
Well 3	1,133	1,133	97.3	12	16	2.3(99.6)

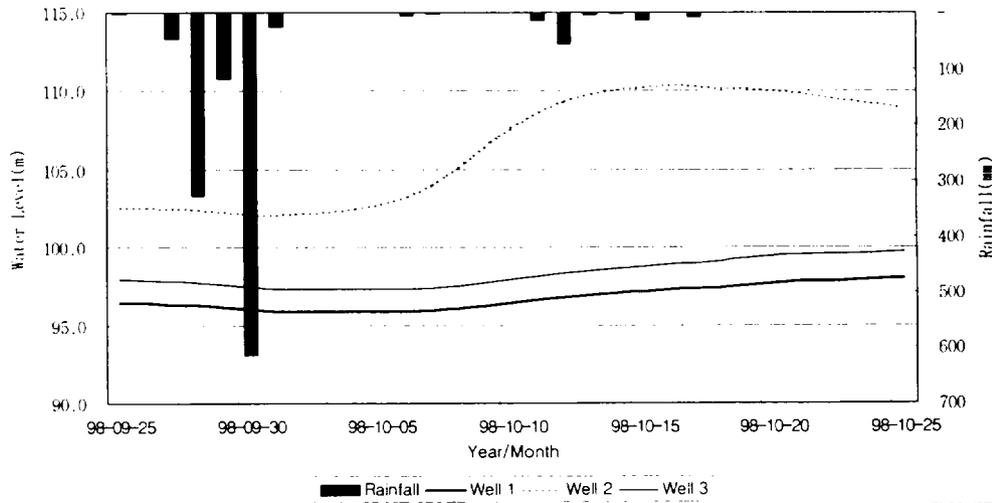


Fig. 7. Fluctuation of the Groundwater Level Due to Rainfall in the Study Area.

며, 수위상승은 3월부터 상승하기 시작하여 9월까지 상승곡면을 유지하다가 10월말부터 감소하고 있다. 3개년 중 지하수위는 3개 관측정 모두가 조사기간 중 최대치를 보이고 있다.

본 연구 대상 관측정이 위치한 북제주군 조천읍 교래리 일대지역은 강우사상이 빈번하게 발생하고 있을 뿐만 아니라, 한번의 강우사상에서 수백 mm 이상의 많은 강우가 내리기 때문에 지하수위가 강우의 누적효과를 지속적으로 받고 있다고 할 수 있다.

강우에 의한 수위반응 분석을 1997년부터 1999년까지의 기간 중 강우가 약

20일 동안 내리지 않아 지하수위가 하강곡면을 유지하다가 특정 시점에 발생한 강우에 의해 수위가 반응을 나타내는 시점인 1998년 9월 25일부터 10월 25일까지 시점을 선택하여 강우에 의한 수위반응을 분석하였고, 그 결과를 Table 3과 Fig.7에 제시하였다.

제시된 Table 3과 Fig. 7에서 보면, 연구 대상 3개 관측정의 강우에 의한 수위반응은 비교적 다양하게 나타나고 있다. 연구지역에는 1998년 9월 25일부터 10월 1일까지 1,133mm(P1)에 달하는 많은 비가 내렸는데, 이 강우의 영향으로 인하여 지하수위가 상승 하는 반응을 나타냈다. 즉,

Table 4. Summarized of the Groundwater Recharge of the Each Wells.

Year	Well No.	Rainfall (mm)	Minimum Water Level(m)	Maximum Water Level(m)	ΔH (m)	Specific Yield	Net Recharge (m)	Recharge Rate(%)
97	Well 1	1,458	83.66	90.92	7.26	0.634	4.6	32
	Well 2	1,604	88.09	104.48	16.39	0.634	10.4	65
	Well 3	1,444	83.55	94.88	11.33	0.634	7.2	50
98	Well 1	3,377	87.92	97.44	9.52	0.634	6.0	18
	Well 2	3,933	97.07	107.51	10.44	0.634	6.6	17
	Well 3	3,192	90.72	99.26	8.54	0.634	5.4	17
99	Well 1	3,726	90.73	103.1	12.37	0.634	7.8	21
	Well 2	2,927	96.57	104.49	7.92	0.634	5.0	17
	Well 3	3,425	93.15	104.97	11.82	0.634	7.5	22

Well 2는 강우 후 7일(T1)째 되는 날부터 총 16일(T2)간에 걸쳐 수위가 8.3m (ΔH) 상승하는 반응을 보였고, Well 1은 강우 후 13일째 되는 날부터 15일간 총 1.9m의 수위가 상승하였으며, Well 3은 강우 후 12일째 되는 날부터 16일간 총 2.3m의 수위상승이 일어났다. 연구대상 관측정들이 서로 인접하여 위치하고 있음에도 불구하고 강우에 의한 수위반응 시간은 7일, 12일, 13일로 각각 다르게 나타나고 있을 뿐만 아니라, 수위상승이 지속되는 기간도 15일에서 16일이며, 총 수위 상승량도 1.9m~8.3m의 범위를 나타내고 있음은 매우 특이한 현상이라 하겠다.

3. 지하수 함양량 분석

본 연구 대상 관측정은 전술한 바와 같이 지하수 이용량과 조석에 의한 수위

변동은 발생하고 있지 않고, 강우에 의한 수위변화가 지배적으로 일어나고 있기 때문에 조석·기압·양수량 등의 요인은 고려하지 않았다.

연구 대상 3개 관측정에서 1997년 1월 1일부터 1999년 12월 31일까지 관측된 지하수위 자료를 전술한 방법을 적용하여 관측정별 순지하수 함양량과 침투율을 구한 결과는 Table 4와 같다.

Table 4에 제시된 바와 같이 연구 대상 관측정별·연도별 지하수 순함양량과 함양율은 매우 다양하게 나타나고 있다. Well 1의 경우, 1997년에는 순함양량이 4.6m이고 함양율은 32%이지만 1998년에는 각각 6.0m와 18%였으며, 1999년은 각각 7.8m와 21%로 나타나 평균 순함양량이 6.1m이고 함양율은 평균 23.6%로 분석되었다. Well 2의 경우에는 1997년에는

순함양량이 10.4m이고 함양율은 65%이지만 1998년에는 각각 6.6m와 17%였으며, 1999년은 각각 5.0m와 17%로 나타나 평균 순함양량이 7.3m이고 함양율은 평균 33%로 분석되었다. 또한, Well 3의 경우에는 1997년에는 순함양량이 7.2m이고 함양율은 50%이지만 1998년에는 각각 5.4m와 17%였으며, 1999년은 각각 7.5m와 22%로 나타나 평균 순함양량이 6.7m이고 함양율은 평균 29.6%로 분석되었다.

전체적으로 볼 때, 연구 대상 3개 관측정의 순함양량은 6.7m이고 함양율은 28.7%이지만, 지하수위의 위치에 따라 순함양량과 함양율은 큰 차이를 보이고 있다. 즉, Well 1의 경우에는 지하수위가 85m보다 낮았을 때에 함양율이 32%로 높게 나타나고 있으며, Well 2는 수위가 90m 이하일 때에 함양율은 65%였고, Well 3은 수위가 85m 이하일 때 50%를 나타내고 있다. 따라서, 연구 대상 3개 관측정의 최대 침투능(maximum infiltration capacity)을 나타낼 수 있는 지하수위는 각각 다르게 형성되고 있음을 알 수 있다. 다시 말해서, 지하수위가 일정 수준 이상으로 상승했을 때, 많은 비가 내리더라도 지하수위 상승량은 지하수위가 낮았을 때보다 낮아지게 된다는 것이다. 결국, 본 연구에서 분석한 결과는 지하수 함양이 초기에 최대를 나타낸다는 일반적인 현상(한정상, 1998)을 잘 설명해 주고 있다.

V. 결 론

제주도 중산간 지역에 위치한 3개 관측정에서 연속 측정된 지하수위 자료와

주변지역 강수량자료의 분석을 통하여 지하수 함양지역 심부지하수체의 지하수위 변동특성과 강우에 의한 수위반응 및 함양율에 대하여 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 연구 대상 관측정의 3년간 평균 지하수위는 Well 1이 92.0m이고 Well 2는 101.7m이며, Well 3은 94.0m로 측정되었으며, Well 2의 지하수위는 Well 1보다는 10m, Well 3보다는 8m나 높은 값을 나타내었다. 또한, 각 관측정별 3년간의 수위변동폭(최대수위-최소수위)은 Well 1이 21.4m이고, Well 2는 30.4m이며, Well 3는 23.5m로서 해발 200m 이하지역에 위치한 관정을 대상으로 실시한 연구결과와 비교할 때, 동부(3년간 2m이하)와 서부지역(3년간 4m이하)보다는 약 10배 이상 높은 값이나 남부(3년간 23.4m)와 북부지역(3년간 28.43m) 보다는 다소 높은 변동폭이다.
2. 연구대상 관측정들은 전반적으로 강우량이 많은 여름철에는 수위가 높게 형성되지만 강우량이 적은 가을~겨울까지 기간에는 수위가 비교적 낮게 형성되는 동저하고(冬低夏高) 계절적 수위 변화 양상을 나타내었는데, 이는 기존 연구결과와 잘 일치하는 결과로서 연구 대상 관측정들은 강우의 계절적 변화에 의해 수위변동이 이루어지고 있음을 의미하는 것이다.
3. 관측정별 순지하수 함양량과 함양율을 구한 결과, 연구 대상 3개 관측정의 순함양량은 6.7m이고 함양율은 28.7%이지만, 지하수위의 위치에 따라 순함양량과 함양율은 큰 차이를 보이고 있다.

즉, Well 1의 경우에는 지하수위가 85m보다 낮았을 때 예가 함양율이 32%로 높게 나타나고 있으며, Well 2는 수위가 90m 이하일 때에 함양율은 65%였고, Well 3은 수위가 85m 이하일 때 50%를 나타내었다. 이 같은 결과는 지하수위가 일정 수준 이상으로 상승했을 때에는 많은 비가 내리더라도 지하수위 상승량은 지하수위가 낮았을 때보다 낮아지게 된다는 것을 보여주고 있다.

참고문헌

- 이용두, 박남식, 1997, 중-동 제주수역의 지하수개발로 인한 해수침투, Journal of Korean Society of Groundwater Environment, Vol.4, No.1, pp.5~13
- 고기원, 박원배, 고용구, 김성홍, 오상실, 윤 선, 1992, 제주도 동부지역의 지하지질구조와 지하수위 변동 및 수질특성에 관한 연구, 제주도보건환경연구원보제3권 pp. 15~43.
- 건설부, 제주도, 한국수자원공사, 1993, 제주도 수자원 종합개발계획수립 보고서 농림수산부, 농업진흥공사, 1971, 제주도 지하수보고서, pp.1~382.
- 농림수산부, 제주도, 농업진흥공사, 1989, 제주도 지하수장기개발계획조사 보고서, p. 396.
- 박원배, 1993, 제주도 지하수의 수위변동에 관한 연구, 제주대학교 석사학위논문, pp. 1~49.
- 박원배, 양성기, 고기원, 1994, 제주도 지하수의 수위변동에 관한 연구, 한국환경화학회지, 제3권, 제4호, pp. 333~348.
- 제동홍산, 1996, 제주광천수 먹는 샘물 환경영향조사 보고서
- 제주도지방개발공사, 1997, 제주도 먹는샘물환경영향조사 보고서
- 제주도, 농어촌진흥공사, 1991~1997, 제주도 지하수개발 보고서
- 제주도, 1998, 제주·애월도폭 지질보고서, pp. 1~290
- 제주도농촌진흥원, 1991, 제주도 중산간지 기상조사 보고서
- 최병수와 안중기, 1998, 지역단위 지하수 자연함양율 산정방법 연구, J. of the Korea Society of Groundwater Environment, Vol. 5, No. 2, pp. 57~65. Fetter, C. W., 1994, Applied Hydrogeology(Third Edition), Macmillian College Publishing Company, New York, pp. 288~290.
- 한정상, 1998, 지하수 환경과 오염, 박영사, pp. 55~61.