

## 제주도 지하수 관리수위 설정에 관한 연구

김지욱<sup>1\*</sup> · 고기원<sup>2</sup> · 원종호<sup>1</sup> · 한 찬<sup>3</sup>

<sup>1</sup>한국수자원공사, <sup>2</sup>제주도광역수자원관리본부, <sup>3</sup>(주)유신코퍼레이션

## A Study on the Determination of Management Groundwater Level on Jeju Island

Ji-Wook Kim<sup>1\*</sup> · Gi-Won Koh<sup>2</sup> · Jong-Ho Won<sup>1</sup> · Chan Han<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Korea Water Resources Corporation

<sup>2</sup>Jeju Provincial Water Resources Management Office

<sup>3</sup>Yooshin Engineering Corporation

### ABSTRACT

Jeju island is one of the highest rainfall areas in the Korean peninsular. However, variation in rainfall amount is much great with years, which resulted in substantial variation in annual groundwater recharge and sustainable yield. Therefore, to cope with groundwater hazard including sea water intrusion and water level decline in accordance with successive extreme drought, Jeju province established a stepwise action system, in which management of representative monitoring wells and corresponding actions to water level conditions was enforced. In this study, rainfall and groundwater monitoring data were analyzed to determine management groundwater level on Jeju island. First, rainfall data for last 30 years were analyzed, which yielded a lower limit of rainfall at a confidence level of 99% as a basis rainfall. Only when the rainfall less than the basis rainfall was sustained over 3 months, the water levels were targeted for the analysis. For the water level data selected using the above criteria, the lower limit of 99% confidence interval was determined as a reference groundwater level. Finally, some ratios of reference groundwater level was determined as stepwise management groundwater level on Jeju island.

**Key words** : Basis Rainfall, Rference groundwater level, Management groundwater level

### 요 약 문

제주도는 우리나라 최다우지역에 속하지만 강우량의 편차가 심하여 이에 따른 연간 지하수 함양량과 적정개발량이 큰 차이를 보이고 있다. 이에 제주도에서는 이상 가뭄이 지속시 해수침투, 지하수위 강하 등의 장애를 예방하기 위하여 대표적인 지하수 관측정의 수위를 기준으로 수위 강하에 따른 적절한 조치를 취할 수 있도록 지하수 관리제도를 도입하였다. 본 연구에서는 이상 가뭄이 지속시 지하수 자원의 적절한 관리를 위해 강우량과 지하수위 관측자료의 분석을 통해 지하수위 강하에 따른 단계별 제한 조치를 취할 수 있는 지하수 관리수위를 제시하였다. 우선, 제주도의 30년간 강우자료를 대상으로 99% 신뢰구간의 하한값을 각 유역별 기준 강우량으로 설정하였으며, 기준 강우량 이하의 강우가 3개월 이상 지속된 기간의 지하수위 관측자료를 추출하였다. 이와 같이 추출된 지하수위 관측자료의 99% 신뢰구간의 하한값을 기준 지하수위로 설정하고, 기준 지하수위의 일정비율을 단계별 지하수 관리수위로 제시하였다.

**주제어** : 기준 강우량, 기준 지하수위, 지하수 관리수위

\*Corresponding author : ddochi@kowaco.or.kr

원고접수일 : 2004. 9. 02 게재승인일 : 2005. 3. 11

질의 및 토의 : 2005. 6. 30 까지

### 1. 서 론

제주도는 연평균 강우량이 1,975 mm로서 우리나라에서 최다우 지역에 속하나 다우년인 1999년의 연간 강우량이 2,945 mm에 이르는 반면, 과우년인 1996년도에는 1,419 mm로서 그 절반에도 미치지 못하는 등 강우량의 편차가 매우 심하며, 강우량에 따라 지하수 함양량과 적정개발량이 크게 달라질 수 있다. 한국수자원공사(2003)에서 1993년부터 2002년까지 10년간의 기상자료를 토대로 수문학적 물수지분석 방법에 의해 제주도의 지하수 함양량과 적정개발량을 산정한 결과에 의하면, 평년의 경우 지하수 함양량은 1일 약 433만 m<sup>3</sup>, 지하수 적정개발량은 1일 약 177만 m<sup>3</sup> 정도이나, 과우년인 1996년의 경우에는 지하수 함양량이 평년의 61%인 1일 약 265만 m<sup>3</sup>이며 지하수 적정개발량은 평년에 비해 약 71만 m<sup>3</sup>이 줄어든 1일 약 106만 m<sup>3</sup>으로 분석된 바 있다(Table 1).

따라서 이상 가뭄이 지속될 경우에도 평상시와 같이 지하수를 사용하게 되면 지하수위의 과다한 강하로 해안지역의 해수침입이나 수원 고갈 등의 지하수 장애가 발생할 가능성이 매우 높다. 따라서, 수원의 거의 대부분을 지하수에 의존하고 있는 제주도에서는 이에 대비한 지하수관리 방안을 수립하는 것이 절실히 필요하다. 이에 제주도에서는 2004년 1월 9일 제주국제자유도시특별법의 개정을 통하여 도내에 대표 관측정을 설정하고 이들 관측정에서의 지하수위가 일정 수준 이하로 내려갈 경우 단계별로 적절한 조치를 취할 수 있도록 하는 지하수관리 제도를 국내 최초로 도입하였다.

한편, 미국 하와이주 호놀룰루시의 경우 극단적인 가뭄에 따른 지하수 저류량의 감소에 적극적으로 대응하기 위하여 주의(cautious low ground-water condition), 경보(alert low ground-water condition), 비상(critical low groundwater condition) 등의 3단계 조치를 마련하여 운영하고 있다. 지하수위 하강 주의보는 3개 이상의 관측정

에서 지하수위가 기준수위 이하로 내려가고 염소이온 농도가 3개월 연속 8~12 ppm 이상 증가하는 경우에 발령되며, 주의보 발령 시에는 언론을 통한 물질약 홍보와 지하수를 다량 사용하는 주요 업체에 대한 개별통보를 하게 된다. 지하수위 하강 경보는 3개 이상의 관측정에서 지하수위가 기준수위 이하로 내려가고 염소이온 농도가 3개월 연속 12~16 ppm 이상 증가하는 경우에 발령되며, 지하수 이용량 감량명령이 발동되며 위반시에는 경고, 주의처분이 내려진다. 한편, 3개 이상의 관측정에서 지하수위가 기준수위 이하로 내려가고 염소이온 농도가 3개월 연속 16 ppm 이상 증가하는 때에는 비상상황이 선포되어 관수용수 사용금지, 세차금지 등 행위 금지명령이 발령되고 이를 위반한 경우 초과 사용량의 최대 20배의 추징금이 부과된다(고기원, 2001).

지하수위의 변동은 여러 가지 자연적인 요인과 인위적인 행위에 의해 야기되는데, 자연적인 요인들은 주로 강우량, 증발산량, 대기압, 지구조석, 해양조석, 지진 등이 있으며, 인위적인 요인으로는 양수, 지하 핵실험 등을 들 수 있다. 강우량 · 증발산량 · 대기압 · 지구조석 · 해양조석의 변화는 주기적인 지하수위 변동을 일으키는데, 그 주기는 요인에 따라 다르게 나타난다.

일반적으로 강우량에 의한 지하수의 변동은 지하수 함양량에 영향을 미치는 지형경사, 토양 및 암석의 투수성, 비포화대의 두께 및 수직 침투율, 비포화대를 구성하고 있는 암석의 균질성, 강우의 강도 및 총강우량 등에 따라 차이를 보인다. 대기압의 변동에 의한 지하수위의 변동은 대기압과는 반비례적인 관계를 보이며, 10일 이하의 단주기적인 수위변화가 연중 발생하지만, 대기압이 가장 높은 겨울철의 최대 수위변동 폭은 약 30 cm 정도이다(Bright et al., 2001). 지진에 의한 지하수위 변동은 피압대수층에 설치된 관정에서는 비교적 흔하게 관찰되는 것으로 알려져 있다(Todd, 1980). 1992년 미국 네바다주 Yucca Mountain에서 24~351 km 떨어진 지점에서 진도 5.6~7.5의 지진이 발생한 바 있는데, 이 지진으로 인해 0.5~8.9m의 지하수위 변동이 나타난 것으로 보고된 바 있다(O'Brien, 1993). 한편, 지하수위는 인근 관정의 양수에 의해서도 변동을 일으킨다. 일반적으로 대수층으로 함양되는 양보다 많은 양을 양수하게 되면 지하수위는 하강하게 되는데, 양수에 의한 지하수위 하강은 총양수량, 양수 누적시간, 단위시간당 양수율, 관정의 개발심도 등에 의해 차이가 발생한다.

제주도에 설치된 지하수위 관측정에서도 이와 같은 여러 요인들에 의해 지하수위가 지속적으로 변하고 있다. 제

**Table 1.** Variations in Groundwater Recharge and Sustainable Yield with respect to Annual Rainfall

	Annual rainfall (mm)	Groundwater recharge (10 <sup>3</sup> /day)	Sustainable yield (10 <sup>3</sup> /day)
Ordinary year (1993-2002)	1,975	4,329	1,768
Rainy year (1999)	2,945	6,550	2,681
Dry year (1996)	1,419	2,645	1,062

주도 지하수의 수위변동을 유발하는 자연적인 요인 중에서 가장 큰 영향을 미치는 요인은 강우량과 해양 조석이며, 제주도의 지하수 수위변화 유형을 구분하면 (1) 강우 지배형, (2) 조석지배형, (3) 강우 및 조석 혼합형으로 크게 구분할 수 있다(박원배·양성기, 1994; 고기원, 1997).

본 연구에서는 제주도에서 이상 가뭄이 지속될 경우 예상되는 지하수위 강하 또는 지하수 저류량 감소의 문제에 적극적으로 대응하기 위해 도입한 지하수위 관리제도의 효율적인 시행을 뒷받침할 수 있도록, 제주도에서 현재 운영 중인 지하수 관측망을 대상으로 지하수위 변동특성을 분석하여 지역별, 유역별 및 지하수 부존형태별로 각 특성을 대표할 수 있는 관측정을 선정하고 강우량과 각 관측정에서의 수위변화를 비교 분석하여 지하수위 강하에 따른 단계별 제한 조치를 취할 수 있는 지하수 관리수위 (management groundwater level)를 제시하였다.

### 2. 연구방법

일반적으로 강우량의 변화는 지하수위의 변동을 야기하므로 극심한 가뭄시 지하수위 강하량을 예측하고 이를 토대로 지하수 관리를 위한 기준수위를 설정하기 위하여 제주도내 기상관측소 및 강우관측소의 강우량 자료와 지하수위 관측망의 지하수위 자료를 대상으로 분석을 실시하였다.

먼저, 제주도를 수계 발달 상태와 지형고도를 기준으로 북부, 남부, 동부, 서부의 4개 유역으로 구분하였으며, 강우량 자료를 토대로 99% 신뢰구간을 설정하고 각 신뢰구간의 하한 강우량을 기준강우량으로 하여 기준강우량 이하의 강우가 3개월 이상 지속된 기간을 추출하여 이 기간의 지하수위 관측자료를 분석대상으로 선정하였다.

지하수위 관측자료는 고유의 평균값과 변동폭 등을 나타내므로 지하수위 자료의 변동량에 대한 통계분석을 통하여 기준수위를 설정하였다. 즉, 기준강우량 이하의 강우가 3개월 이상 지속된 기간의 지하수위 관측자료를 대상으로 적절한 신뢰구간을 설정하고 신뢰구간 내 지하수위 자료의 하한 값을 지하수 관리수위 설정을 위한 기준 지하수위로 정하였으며, 최종적으로 기준수위에 일정비율을

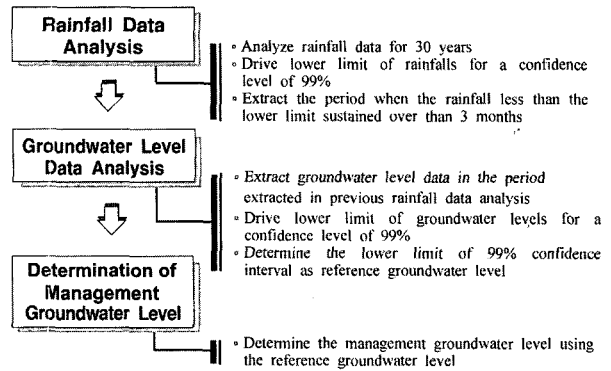


Fig. 1. Procedure for determining the management groundwater levels on Jeju island.

적용하여 제주도 지하수 관리수위로 제시하였다(Fig. 1).

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 강우량 분석

제주도에는 기상청에서 관할하는 제주 기상대, 서귀포 기상대, 고산 기상대, 성산포 기상관측소 등 4개 기상관측소 및 13개의 자동기상관측소(AWS)와 제주도 소방방재본부에서 관할하는 25개 강우관측소 등 총 42개소의 강우관측소가 현재 운영 중에 있다. 관측기간은 제주기상대가 1923년부터 관측을 개시하여 가장 장기간의 관측자료를 보유하고 있으며, AWS는 1993년부터 1999년까지 관측 개시일이 서로 다르다. 한편 제주도 소방방재본부 관할 강우관측소는 1992년부터 관측을 시작하였다.

본 연구에서는 10년 이하의 단기간의 관측자료를 보유하고 있는 AWS와 제주도 소방방재본부 관할 강우관측소의 관측자료는 제외하고 장기간의 강우자료가 축적된 기상청 관할 4개 기상관측소의 강우자료만을 분석대상으로 하였다. 강우 분석은 자료의 기간을 5년, 10년, 30년으로 구분하여 실시하였다(Table 2).

분석결과 분석에 사용된 자료의 양이 많을수록 보다 효과적으로 이상값이 제거되어 99% 신뢰구간의 상한과 하한의 범위가 좁아지는 것으로 나타나 30년 강우자료의 분

Table 2. Weather Stations on Jeju Island

Station	Location				Operated since
	Address	Latitude	Longitude	Altitude (m)	
Jeju	Jeju-Si Geonip-Dong 1123-13	33°51'04	126°16'03	22.0	1923. 5
Seogwipo	Seogwipo-Si Seogwi-Dong 538	33°26'04	126°56'05	51.9	1961. 1
Seongsanpo	Namjeju-Gun Seongsan-Up Sinsan-Ri 685-4	33°38'07	126°08'08	17.5	1971. 5
Gosan	Bukjeju-Gun Hangyung-Myun Gosan-Ri 3762	33°29'04	126°16'03	71.7	1988. 5

**Table 3.** Statistical Analysis of Rainfall Data (Unit: mm)

Station	Data Interval	Max.	Min.	Mean	St dev.	Confidence level of 99%	
						Upper Limit	Lower Limit
Jeju	5yr	706.0	10.7	140.0	139.0	191.0	88.8
	10yr	706.0	4.5	123.0	148.0	154.0	91.6
	30yr	706.0	4.5	122.1	131.0	138.0	106.0
Seogwipo	5yr	918.0	4.7	168.0	160.0	223.0	113.0
	10yr	918.0	1.8	162.0	153.0	198.0	125.0
	30yr	918.0	0.7	155.0	139.0	174.0	136.0
Seongsanpo	5yr	628.0	6.5	159.0	131.0	204.0	115.0
	10yr	783.0	6.5	157.0	139.0	190.0	124.0
	30yr	841.0	0.5	153.0	133.0	171.0	135.0
Gosan	5yr	576.0	7.4	105.0	107.0	141.0	67.8
	10yr	576.0	5.0	91.5	92.4	114.0	69.4
	30yr	596.0	4.0	97.6	90.8	110.0	85.2

석에서 구한 99% 신뢰구간의 하한 값을 기준 지하수위 설정을 위한 기준 강우량으로 설정하였다. 이에 따라 설정된 기준 강우량은 제주도 북부유역은 제주 기상대의 106.0 mm, 남부유역은 서귀포기상대의 135.7 mm, 동부유역은 성산포기상관측소의 135.2 mm, 그리고 서부유역은 고산기상대의 85.2 mm이다(Table 3).

**3.2. 지하수위 관측망 현황 분석**

현재 제주도에는 지하수위 관측망, 해수침투 감시관측망, 지하수 이용량 관측망, 수질 관측망 등 다양한 지하수 관련 관측망이 운영 중에 있다. 본 연구에서는 지하수 기준수위 설정을 위하여 지하수위의 관측이 이루어지고 있는 지하수위 관측망과 해수침투 관측망의 관측자료를 분석 대상으로 하였다.

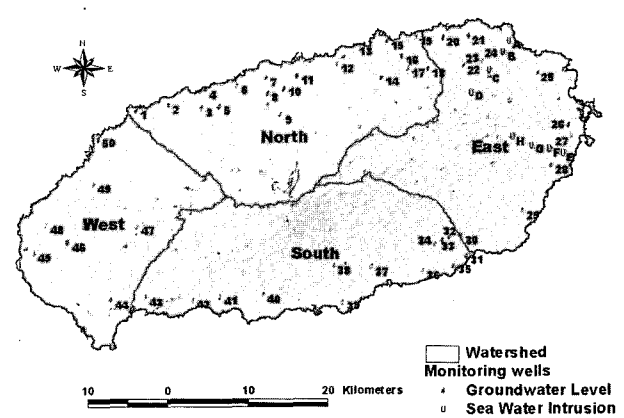
제주도의 지하수위 관측망은 1991년부터 연차적으로 설치되어 현재 총 57개소의 관측망이 운영 중에 있다. 지하수위 관측망 중 시·군 소유의 관정은 15개소이며, 제주도 자체개발 관정이 10개소, 광역상수도 조사공 및 취수정 감시정이 30개소, 사설 관정이 2개소이다.

해수침투 감시관측망은 2001년부터 2014년까지 총 66억원을 투자하여 19개 지구 54개소 설치를 목표로 추진 중으로 현재 11개소의 관측정이 설치·운영중에 있다. 해수침투 감시관측망은 해안에서 내륙 쪽으로 약 8 km 떨어진 지점까지 4~5 개의 관측정을 일직선상에 일정 간격으로 설치함으로써 해수침투를 효과적으로 감시할 수 있도록 계획하였다. 특히, 모든 관측정은 해수면 아래 150 m까지 굴착하여 담·염수 경계면의 위치와 변동 범위, 수직적인 수질 조성, 지하 구성암석의 종류, 지하 지질구조, 대수층 발달구간, 대수층별 지하수 산출능력, 지질구조와

지하수 부존특성과의 관계, 지하 분포암석의 형성 연대 등 종합적인 수문지질 정보를 축적하고 있다.

**3.3. 기준 지하수위의 설정**

제주도의 기준 지하수위를 설정하기 위하여 지하수위 관측정 50개소와 해수침투 감시관측정 8개소의 관측자료를 대상으로 분석을 실시하였으며, 최근에 관측을 시작하여 관측자료의 양이 적거나 결측이 많은 관측정의 자료는



**Fig. 2.** Monitoring wells on Jeju island.

- 1 Aewol, 2 Sineom, 3 Sanggwi, 4 Susan, 5 Oedo, 6 Iho, 7 Yongdam,
- 8 Yeondong, 9 Ora, 10 Donam, 11 Ido, 12 Doryeon, 13 Sinchon,
- 14 Daeheul, 15 Sinheung, 16 Hamdeok1, 17 Hamdeok2, 18 Seonheul,
- 19 Jocheon, 20 Seogimnyeong, 21 gimnyeong, 22 Haengwon1,
- 23 Haengwon2, 24 Handong (per), 25 Sangdo, 26 Goseong, 27 Sinyang,
- 28 Nansan, 29 Hacheon, 30 Sinheung1, 31 Sinheung, 32 Sinheung2,
- 33 Euigwi1, 34 Euigwi2, 35 Tacheung, 36 Namwon, 37 Sinrye,
- 38 Topueong, 39 Bomok, 40 Yongheung, 41 Jungmun, 42 Yerye,
- 43 Hwasun, 44 anseong, 45 Gosan, 46 Nakcheon, 47 Geumak,
- 48 Hanwon, 49 Myeongwol, 50 Suwon, A Handong1, B Handong2,
- C Handong3, D Handong4, E Susan1, F Susan2, G Susan3,
- H Susan4

Table 4. Statistical Analysis of Groundwater Level Data

Basin	Name of Monitoring Wells	Number of Data Set (ea.)	Max.	Min.	Mean	St dev.	Confidence Level of 99%		Basis Rainfall
							Upper Limit	Lower Limit	
North	Sanggwi	4	27.13	19.57	23.23	3.27	32.79	<b>13.66</b>	106.0 mm (Jeju Station)
	Susan	9	6.81	-0.59	2.80	2.79	5.93	-0.32	
	Sineom	16	14.03	3.49	9.83	3.38	IFP <sup>1</sup>	IFP	
	Aewol	1	3.05	3.05	3.05	-	ID <sup>2</sup>	ID	
	Doryeon	1	5.51	5.51	5.51	-	ID	ID	
	Ora	1	92.63	92.63	92.63	-	ID	ID	
	Yongdam	7	7.47	5.83	6.65	0.56	7.44	<b>5.86</b>	
	Donam	16	22.35	9.54	13.78	4.14	16.83	<b>10.73</b>	
	Yeondong	10	45.57	13.20	26.42	14.15	40.96	<b>11.88</b>	
	Ido	9	16.02	3.09	6.75	3.74	10.94	<b>2.57</b>	
	Oedo	10	26.49	9.57	15.46	6.04	21.67	<b>9.25</b>	
	Iho	22	20.50	6.59	14.34	3.56	IFP	IFP	
	Seonheul	12	1.81	0.11	0.49	0.55	0.98	0.00	
	Sinheung	1	0.76	0.76	0.76	-	ID	ID	
	Hamdeok1	8	3.43	0.80	1.91	0.96	3.10	<b>0.73</b>	
	Jocheon	12	0.54	-0.08	0.33	0.16	IFP	IFP	
	Sinchon	12	1.61	1.12	1.28	0.16	1.42	<b>1.14</b>	
Daeheul	8	8.22	3.93	5.76	1.62	7.77	<b>3.75</b>		
Hamdeok2	11	12.90	8.11	10.27	2.02	12.19	8.34		
South	Namweon	10	2.18	1.53	1.81	0.19	2.01	<b>1.61</b>	135.7 mm (Seogwipo Station)
	Sinheung	10	0.48	-0.28	0.11	0.29	0.41	<b>-0.19</b>	
	Taeheung	4	0.37	-1.20	-0.35	0.82	ID	ID	
	Sinheung2	10	2.79	1.28	1.85	0.46	IFP	IFP	
	Euigwi1	10	4.65	2.19	2.83	0.71	3.56	<b>2.10</b>	
	Euigwi2	10	14.44	9.98	11.88	1.29	13.21	<b>10.55</b>	
	Sinrye	10	48.51	40.95	43.75	2.34	46.15	<b>41.35</b>	
	Topyeong	9	176.92	174.85	175.65	0.65	176.37	<b>174.93</b>	
	Bomok	5	7.21	3.36	4.80	1.60	8.10	<b>1.51</b>	
	Yerae	2	22.50	22.49	22.49	0.01	ID	ID	
	Jungmun	9	75.63	53.85	67.06	9.24	77.39	<b>56.73</b>	
	Yongheung	13	54.57	37.90	43.64	4.34	47.31	<b>39.96</b>	
Hwasun	21	4.14	38.34	34.21	1.19	36.83	35.35		
East	Gimnyeong	2	0.40	0.39	0.39	0.01	ID	ID	135.2 mm (Seongsanpo Station)
	Sangdo	8	2.99	2.52	2.82	0.18	3.04	<b>2.60</b>	
	Seogimnyeong	8	0.21	0.83	0.99	0.14	1.16	<b>0.82</b>	
	Handong1	8	2.76	1.64	2.04	0.41	2.55	<b>1.54</b>	
	Handong2	5	1.91	1.78	1.86	0.05	1.96	<b>1.76</b>	
	Handong3	8	2.71	2.34	2.48	0.12	2.63	<b>2.34</b>	
	Handong(per)	10	3.89	3.08	3.56	0.29	3.86	<b>3.26</b>	
	Haengweon1	12	2.70	2.22	2.52	1.56	2.66	<b>2.38</b>	
	Haengweon2	12	0.98	0.33	0.52	0.18	IFP	IFP	
	Handong4	2	5.39	5.38	5.39	0.01	ID	ID	
	Goseong	2	0.64	0.47	0.55	0.12	ID	ID	
	Nansan	3	1.16	1.11	1.14	0.03	ID	ID	
	Susan1	2	0.90	0.82	0.86	0.05	ID	ID	
	Susan2	2	1.01	0.97	0.99	0.03	ID	ID	
	Susan3	2	1.68	1.61	1.65	0.05	ID	ID	
	Susan4	2	2.36	2.20	2.28	0.11	ID	ID	
	Sinyang	8	0.65	0.44	0.55	0.08	0.65	<b>0.46</b>	
Hacheon	2	0.45	0.45	0.45	0.00	ID	ID		
Sinheung1	10	6.24	1.73	4.12	1.88	6.04	2.19		

Table 4. Continued

Basin	Name of Monitoring Wells	Number of Data Set (ea.)	Max.	Min.	Mean	St dev.	Confidence Level of 99%		Basis Rainfall
							Upper Limit	Lower Limit	
West	Anseong	19	21.10	12.17	16.37	2.70	18.15	<b>14.59</b>	85.2 mm (Gosan Station)
	Geumak	9	75.09	68.27	72.61	2.07	74.92	<b>70.29</b>	
	Gosan	13	5.07	2.47	3.83	0.92	4.61	<b>3.04</b>	
	Nakcheon	21	24.08	16.95	20.62	2.30	IFP	IFP	
	Hanweon	2	12.65	11.39	12.02	0.89	ID	ID	
	Suweon	13	0.81	-1.20	0.08	0.70	-0.51	-0.34	
	Myeongweol	11	11.90	8.36	9.89	1.22	11.06	8.73	

<sup>1</sup>IFP: irregular fluctuation pattern, <sup>2</sup>ID: insufficient data  
Units are El. m unless otherwise noted.

분석에서 제외하였다(Fig. 2).

먼저 각 기상관측소의 강우량이 앞의 강우량 분석에서 설정된 기준 강우량 이하로 3개월 이상 지속된 기간을 추출하였다.

다음으로 이와 같이 추출한 기간에 해당하는 지하수위 관측자료를 분리하여 기본 통계분석을 실시하였다. 또한 분석 대상 관측 자료의 99% 신뢰구간을 설정하여 상한 값과 하한 값을 계산하였으며, 본 신뢰구간의 하한 값을 분석에 사용된 각 지하수위 관측망의 기준 지하수위로 설정하였다(Table 4).

한편 지하수위 관측자료 분리에 있어 신홍1 관측정과 회순 관측정은 유역 구분 상으로는 각각 동부유역과 남부

유역에 속하지만 관측정의 위치를 고려하여 각각 제주기상대와 고산기상대의 자료 분석 결과를 적용하였다. 또한 각 유역의 기준 강우량 이하로 3개월 이상 지속된 기간의 지하수위 관측자료 부족으로 통계분석을 실시할 수 없었던 16개 관측정과 지하수위 변동이 불규칙하게 나타나 분석이 곤란한 6개 관측정 및 지하수위가 해수면 아래로 나타난 4개 관측정은 기준 지하수위 설정에서 제외하였다. 이에 따라 본 연구에서는 최종적으로 분석대상 58개 관측정 중에서 총 32개 관측정에 대하여 기준 지하수위를 설정하였다.

### 3.4 지하수 관리수위의 설정

제주도에서 이상 가뭄이 지속될 경우 취수량 제한 조치

Table 5. Proposed Management Groundwater Levels (Unit : El. m)

Basin	Name of Monitoring Wells	Basis Ground-water Level	Alternative			Alternative		
			1 <sup>st</sup> Step	2 <sup>nd</sup> Step	3 <sup>rd</sup> Step	1 <sup>st</sup> Step	2 <sup>nd</sup> Step	3 <sup>rd</sup> Step
North	Sanggwi	<b>13.66</b>	10.25	6.83	3.42	8.20	5.46	2.73
	Yongdam	<b>5.86</b>	4.40	2.93	1.47	3.52	2.34	1.17
	Donam	<b>10.73</b>	8.05	5.37	2.68	6.44	4.29	2.15
	Yeondong	<b>11.88</b>	8.91	5.94	2.97	7.13	4.75	2.38
	Ido	<b>2.57</b>	1.92	1.28	0.64	1.54	1.03	0.51
	Oedo	<b>9.25</b>	6.94	4.62	2.31	5.55	3.70	1.85
	Hamdeok	<b>0.73</b>	0.55	0.37	0.18	0.44	0.29	0.15
	Sinchon	<b>1.14</b>	0.86	0.57	0.29	0.68	0.46	0.23
	Daeheul	<b>3.75</b>	2.81	1.88	0.94	2.25	1.50	0.75
	Hamdeok	<b>8.34</b>	6.26	4.17	2.09	5.00	3.34	1.67
South	Namweon	<b>1.61</b>	1.21	0.81	0.40	0.97	0.64	0.32
	Euigwi1	<b>2.10</b>	1.58	1.05	0.53	1.26	0.84	0.42
	Euigwi2	<b>10.55</b>	7.91	5.27	2.64	6.33	4.22	2.11
	Sinrye	<b>41.35</b>	31.01	20.67	10.36	24.81	16.54	8.27
	Topyeong	<b>174.93</b>	131.20	87.46	43.73	104.96	69.97	34.99
	Bomok	<b>1.51</b>	1.13	0.75	0.38	0.91	0.60	0.30
	Jungmun	<b>56.73</b>	29.97	19.98	9.99	23.98	15.98	7.99
	Yongheung	<b>39.96</b>	42.55	28.37	14.18	34.04	22.69	11.35
Hwasun	<b>35.35</b>	26.51	17.68	8.84	21.21	14.14	7.07	

Table 5. Continued

Basin	Name of Monitoring Wells	Basis Ground-water Level	Alternative			Alternative		
			1 <sup>st</sup> Step	2 <sup>nd</sup> Step	3 <sup>rd</sup> Step	1 <sup>st</sup> Step	2 <sup>nd</sup> Step	3 <sup>rd</sup> Step
East	Sangdo	2.60	1.95	1.30	0.65	1.56	1.04	0.52
	Seogimnyeong	0.82	0.61	0.41	0.21	0.49	0.33	0.16
	Handong1	1.54	1.15	0.77	0.39	0.92	0.62	0.31
	Handong2	1.76	1.32	0.88	0.44	1.06	0.70	0.35
	Handong3	2.34	1.75	1.17	0.59	1.40	0.94	0.47
	Handong(per)	3.26	2.45	1.63	0.82	1.96	1.30	0.65
	Haengweon1	2.38	1.79	1.19	0.60	1.43	0.95	0.48
	Sinyang	0.46	0.34	0.23	0.12	0.28	0.18	0.09
Sinheung1	2.19	1.64	1.09	0.55	1.31	0.88	0.44	
West	Anseong	14.59	10.94	7.30	3.65	8.75	5.84	2.92
	Geumak	70.29	52.72	35.15	17.57	42.17	28.12	14.06
	Gosan	3.04	2.28	1.52	0.76	1.82	1.22	0.61
	Myeongweol	8.73	6.54	4.36	2.18	5.24	3.49	1.75

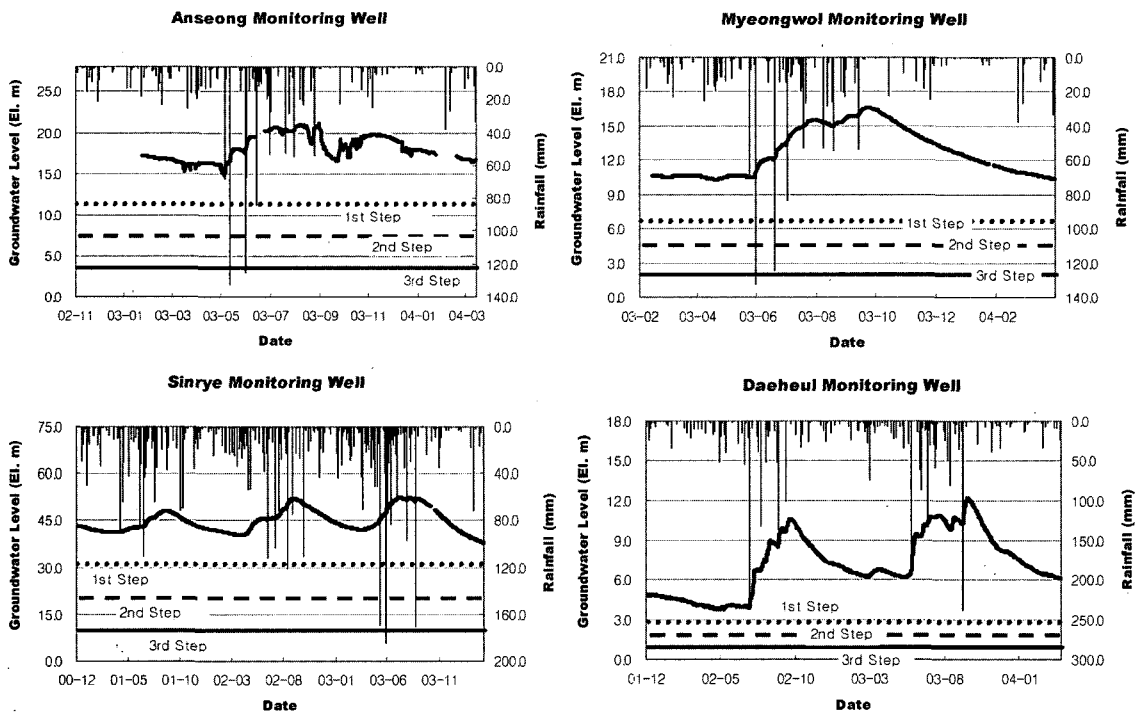


Fig. 3. Example for determining the management groundwater level (Alternative).

등 대수층 보호를 위한 지하수 관리수위의 설정 방법으로 다음과 같이 2가지 안을 제시한다.

**제 1 안**

분석 대상 지하수위 관측자료의 99% 신뢰구간의 하한 값을 기준수위로 하고, 기준수위의 75%를 I 단계 관리수위, 50%를 II 단계 관리수위, 25%를 III 단계 관리수위로 설정한다.

**제 2 안**

분석 대상 지하수위 관측자료의 99% 신뢰구간의 하한

값을 기준수위로 하고, 기준수위의 60%를 I 단계 관리수위, 40%를 II 단계 관리수위, 20%를 III 단계 관리수위로 설정한다.

이상과 같은 방법으로 설정된 유역별·관측정별 지하수 관리수위(안)을 Table 5에 제시하였으며, 제주도 지하수 관측망의 실제 관측결과와 본 연구에서 제시한 지하수 관리수위(안)을 비교하여 보았다(Fig. 3).

한편, 각 단계별로 지하수 대수층의 보호를 위한 조치 방안을 제시하면 다음과 같다.

I 단계 관리수위에 도달한 경우에는 언론을 통한 홍보 등을 실시하여 도민에게 지하수자원의 위험성을 알리고, 먹는샘물, 대규모 공장, 공중 목욕탕 등 지하수를 대량으로 사용하는 업체를 대상으로 지하수 사용량을 줄이도록 권고한다. II 단계 관리수위에 도달한 경우에는 언론을 통한 홍보를 지속적으로 실시하고 월평균 사용량의 90% 이하로 사용토록 지하수 감량명령을 발동한다. III 단계 관리수위에 도달한 경우에는 조경, 세차 등에 사용되는 지하수의 사용중지 명령을 내리고, 월평균 사용량의 70% 이하로 사용토록 지하수 감량명령을 발동한다.

#### 4. 결 론

수원의 거의 대부분을 지하수에 의존하고 있는 제주도에서 극심한 가뭄이 지속시 예상되는 지하수 장애를 사전에 방지하고 대수층을 안정적으로 관리하기 위하여 지하수위 관리제도를 도입함에 따라, 본 제도의 효율적인 실행을 위하여 제주도의 지하수 관리수위를 설정하였다.

1. 제주도에 설치된 기상청 4개 기상관측소의 30년간 강우자료를 분석하여 99% 신뢰구간의 하한 값을 추출하고, 이를 극심한 가뭄에 해당하는 기준 강우량으로 설정하였다.

2. 기준강우량 이하의 강우가 3개월 이상 지속된 기간을 추출하고 동 기간에 관측된 지하수위 관측자료를 추출하였다.

3. 이와 같이 추출한 지하수위 관측자료를 대상으로 통계분석을 실시하여 99% 신뢰구간을 정하고 이 신뢰구간의 하한 값을 제주도의 각 유역별 기준 지하수위로 설정

하였다.

4. 기준수위의 일정 비율에 해당하는 수위를 제주도 지하수 관리를 위한 각 단계별로 관리수위(안)로 제시하였다.

#### 사 사

본 연구는 제주도광역수자원관리본부에서 발주한 「제주도 수문지질 및 지하수자원 종합조사(3차)」 사업의 일환으로 수행되었습니다.

#### 참 고 문 헌

고기원, 1997, 제주도 지하수 부존특성과 서귀포층의 수문지질학적 관련성, 부산대학교 대학원 박사학위 논문.

고기원, 2001, 하와이주의 수문지질과 지하수관리, 제주도 광역수자원 관리본부.

박원배, 양성기, 고기원, 1994, 제주도 지하수의 수위변동에 관한 연구, 한국환경과학회지 3(4), p. 333-348.

한국수자원공사, 2003, 제주도 수문지질 및 지하수자원 종합조사(III), 제주도·한국수자원공사.

Bright, D.J., Watkins, S.A., and Lisle B.A., 2001, Analysis of Water Level in the Frenchman Flat Area, Nevada Test Site, U.S. Geological Survey Water-Resources Investigation Report 00-4272, p. 5-11.

O'Brien, G.M., 1993, Earthquake-induced Water-Level Fluctuations at Yucca Mountain, Nevada, June 1992, U.S. Geological Survey Open-File Report 93-73, p. 12.

Todd, D.K., 1980, Groundwater Hydrology, 2nd Edition, John Wiley & Sons, New York.