

## 제주도 지하수의 수위변동에 관한 연구

박 원 배 · 양 성 기 · 고 기 원\*

제주대학교 해양토목공학과, \*부산대학교 지질학과  
(1994년 4월 23일 접수)

## Study on the Fluctuations of Groundwater Levels in Cheju Island, Korea

Won-Bae Park, Sung-Kee Yang and Gi-won Koh\*

*Dept. of Ocean Civil Engineering, Cheju National University, Cheju 690-756, Korea*

*\*Dept. of Geology, Pusan National University, Pusan 609-735, Korea*

(Manuscript received 23 April 1994)

### Abstract

The groundwater levels at 11 sites and the vertical variations of the water quality at 1 site were measured to study the characteristic of the groundwater level fluctuation of Cheju Island.

The results of the measurements for the groundwater levels were as follows;

In the eastern part, including Kimnyong, Jongdal and Sungsan, a sinusoidal fluctuation of groundwater levels occurred in response to oceanic tides. The tidal effect on the groundwater level was reduced depending upon the distance from seashore. But time lag showed that the trend is reversed. However, in the Samyang, Kosan and Shinhyo areas show that the groundwater level was directly influenced by the amount of precipitation. Especially, Shinhyo area which southern part in Cheju was affected the most and show upper parabasal groundwater level.

In Susan-I which eastern part in Cheju, well revealed that water quality changed with the period of a tide. Salinity at the 11m, bellow the natural groundwater level, was approached to the brackish groundwater(1000ppm).

Key Words : groundwater levels, Oceanic tides, tidal effects, natural groundwater level, brackish groundwater.

### 1. 서 론

지하수의 수위는 강우량, 해양 및 지구조석, 대기압, 바람, 지진, 증발산량, 양수량 등의 요인 (Jacob, 1939; Robinson, 1939; Bredehoeft, 1967; Todd, 1980)에 의해 변화하고 있으며, 그 변화는 수년 또는 그 이상의 기간을 주기로 하는 영년변

화와 강수량 및 조석에 기인하는 단주기 변화가 있다. 이러한 지하수위 변화는 지하수가 부존하고 있는 지질구조와 대수층의 특성에 따라 상이하게 나타난다.

도서지방의 지하수위 변동 요인중에서 해양조석의 영향은 보편적으로 관측되고 있으나 그 정도는 해안면 지역의 수리지질학적인 특성과 조차 등의

조건에 따라 가변적으로 나타난다. 또한 강우량의 변화도 지하수위의 단기적 및 계절적 변동을 유발시키는 가장 근본적인 요인이 된다. 지하수위 변동의 폭은 대수층의 유형에 따라 좌우되는 데 페암 대수층이 자유면 대수층보다 훨씬 큰 변동을 나타내는 것으로 알려져 있다(Todd, 1980). 따라서 조석과 강우에 의한 지역적인 수위변동 특성은 그 지역의 수리지질학적 특성뿐만 아니라 지하수의 부존특성과 산출상태를 직·간접적으로 반영하므로 이 두 요인에 의한 지하수위의 변동특성 파악이 우선되어야 한다.

제주도의 지하수는 1970년대 초반부터 개발되기 시작하여 1993년 현재 약 3천여공에 달하고 있다(한국수자원공사, 1993. 이하 '수공'이라함). 본도 지하수의 수위관측은 최근 농어촌진흥공사(이하 '농진공'이라함)가 1991~2000년까지 '장기수위관측망 조사계획'을 10개년 계획으로 추진중에 있는 것을 제외하면 지금까지 단기적이고 부분적으로

이루어져 왔다. 수위변동에 관한 조사에는 농진공(1971.3.26~7.30), 농진공과 UNDP(1971.6.1~12.30)가 있으나 조사기간이 단기간이거나 국지적인 조사에 국한되었기 때문에 제주도 수위변동의 요인을 비롯한 지하수위의 계절적 변화 및 지역별 변동 특성을 규명하는 데는 매우 미흡한 설정이다. 또한 제주도의 지하수에 대한 산출상태와 거동특성 및 수질 연구 조사로는 농진공(1971, 1982, 1989), 수공(1981, 1990, 1992, 1993) 등의 전문 연구기관과 남기영(1966), 김옥준(1969), 조진동 외(1989), 최순학(1990), 고기원 외(1992a, b, c ; 1993a, b) 등이 있다.

본 연구는 1992년 2월부터 1993년 2월까지 매월 1회 25시간 연속 관측된 11개소의 수위자료를 근거로 제주도 지하수위의 계절적인 변동 특성을 밝힐 물론 조석과 강우 요인에 의한 수위변동 양상을 파악하였다. 특히 제주도 동부지역에 위치한 수산지역 지하수의 수직적 분포상태 및 심도별 수

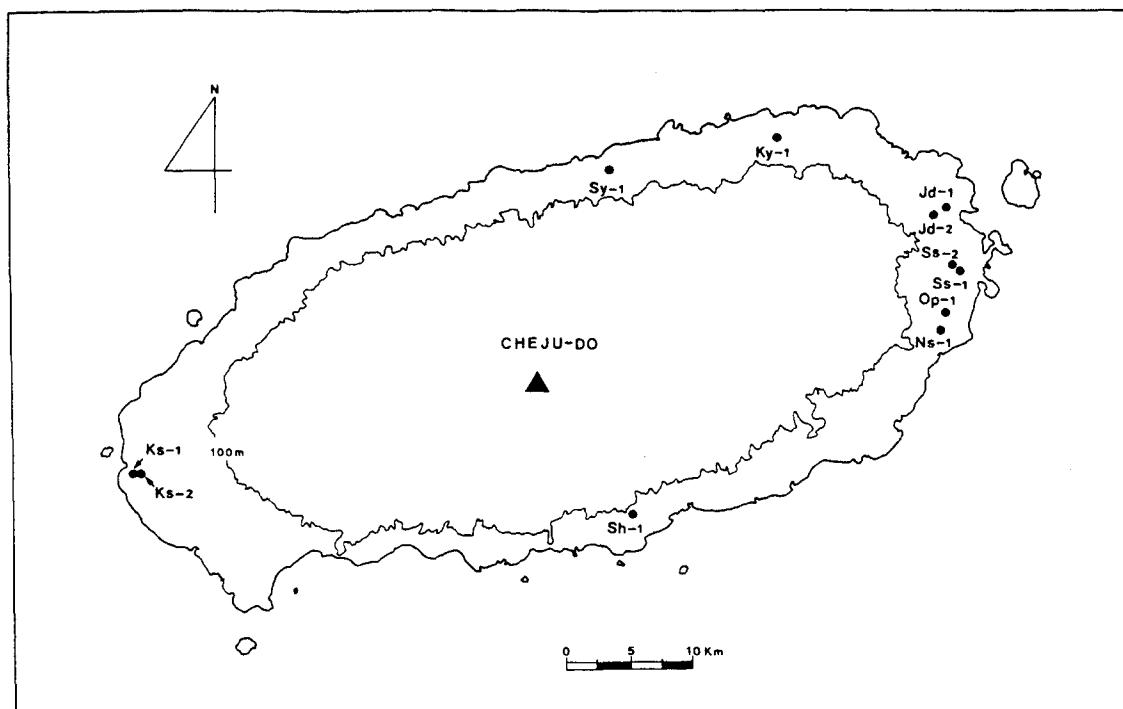


Fig. 1. Measurement wells location of groundwater level.

질조성을 조사하여 이 지역 지하수의 부존형태를 파악하는데 중점을 두었다.

## 2. 조사 및 분석방법

### 2.1. 지하수위의 관측

지하수위 관측은 제주도 해안지역 지하수의 조석과 강우에 의한 수위변동 양상을 밝히기 위하여 총 11개소에서 이루어졌는데, 특히 동부지역에서는 이 지역 지하수체로의 해수침투 여부를 중점 파악하기 위하여 7개소를 선정하여 집중적인 조사를 실시하였다. 아울러 동부지역 지하수의 수위변동 양상과 대비하기 위해 서부, 남부 및 북부지역 4개소에서도 수위관측을 실시하였다. 즉 제주도 동부지역은 김녕, 종달-I, 종달-II, 수산-I, 수산-II, 온평, 난산지역의 7개소에서 이루어졌으며, 남부 및 북부지역에서는 신효와 삼양지역, 서부지역은 고산-I과 고산-II에서 1992년 2월부터 1993년 2월까지 수위관측을 실시하였다(Table 1, Fig. 1). 관측방법은 관측공마다 설치된 조사용 P.V.C. 홀(hole)속으로 전선줄을 삽입하여 고감도 테스터기에 의해 mm단위까지 매월 1회 이상 25시간 연속 측정하였다.

본 연구기간 동안 교통부 수로국이 제주항 및 서귀포항 검조소에서 관측한 조석자료를 사용하여 비조화상수에 의해 조석주기 및 변동폭을 계산하여 지하수위와 비교 검토하였다. 강우에 의한 지하수위의 변동특성을 파악하기 위해 제주도 기상대 및 제주도청에서 측정된 강우 자료중 수위 관측일의 시간별 강우량의 자료를 수집 분석하였다. 또한, 각 관측공의 표고는 1/5,000 지형도에 공의 위치를 정확히 표시하여 그 지점에 대한 표고를 나타내었다.

### 2.2. 심도별 지하수의 수질조성 측정 및 분석

지하수의 수직적인 수질조성을 파악하기 위해 성산읍 수산리 수산-I 관측정에서 1992년 9월에서 12월까지 4개월간 매월 사리때 1일 1시간 간격으로 미국 SBE-19 CTD(Conductivity, Temperature and Depth)를 이용하여 심도별 수온 및 염분도를 25시간 연속 관측 하였다. 또한 수질분석용 시료는 1일중 지하수위가 가장 높았을 때와 가장 낮았을 때 각각 2회씩 자연수위하 4m부터 2m 간격으로 심도별로 채수하여 음이온 및 양이온 함량을 분석하였다. 분석용 지하수의 시료는 폴리에칠렌 용기에 채수하고 냉장 보관하여 실험실로 운반한

Table 1. Statistics of measurement wells in Cheju island

Well No.	Location	Elevation(m)	Depth(m)	Relative depth(m)	Distance from coast(km)	Remarks
Sy-1	SAMYANG	36.0	42.5	-6.5	1.50	northern part
Ky-1	KIMNYOUNG	35.9	60.0	-24.1	1.25	
Jd-1	JONGDAL-I	12.0	35.0	28.0	1.37	
Jd-2	JONGDAL-II	52.0	75.0	-23.0	2.20	
Ss-1	SUSAN-I	28.2	41.0	-12.8	2.00	
Ss-2	SUSAN-II	28.7	51.0	-22.3	2.75	
Op-1	ONPYONG	33.3	50.0	-26.7	1.50	
Ns-1	NANSAN	40.0	55.0	-15.0	2.50	
Sh-1	SHINHYO	53.5	130.0	-76.5	3.05	southern part
Ks-1	KOSAN-I	18.2	118.0	-99.8	0.80	
Ks-2	KOSAN-II	18.0	82.0	-64.0	0.93	western part

Table 2. Results of the groundwater level measurement at eastern Cheju.

Well No.		Months											
		'92.3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	'93.2
Ky-1	Ave.	34.93	34.79	34.53	34.52	34.55	34.59	34.44	34.53	34.39	34.40	34.67	34.68
	Max.	34.50	34.43	34.25	34.12	34.26	34.40	34.15	34.33	34.71	34.72	34.22	35.03
	Min.	35.59	35.21	34.80	34.98	34.92	34.82	34.80	34.80	34.12	34.12	34.18	34.41
	Amp.	1.09	0.78	0.55	0.86	0.86	0.42	0.65	0.47	0.47	0.59	0.54	0.62
Jd-1	Ave.	11.03	10.89	10.69	10.73	10.99		10.89	10.89	10.78	10.80	11.08	11.03
	Max.	11.41	11.15	10.97	11.06	11.11		11.13	11.09	10.99	11.06	11.45	11.23
	Min.	10.75	10.63	10.46	10.49	10.80		10.77	10.77	10.57	10.65	10.87	10.85
	Amp.	0.66	0.52	0.52	0.57	0.31		0.36	0.33	0.47	0.41	0.59	0.38
Jd-2	Ave.		51.12	50.94	50.91	51.08	51.00	50.83	51.15	50.96	50.98	51.39	51.24
	Max.		51.28	51.10	51.11	51.28	51.11	50.99	51.27	51.09	51.10	51.65	51.36
	Min.		50.97	50.81	50.77	50.91	50.92	50.66	51.07	50.81	50.87	51.20	51.12
	Amp.		0.31	0.29	0.34	0.37	0.19	0.33	0.20	0.28	0.23	0.46	0.24
Well No.\ Months		9	10	11	12	Well No.\ Months		'92.9	10	11	12	'93.2	
Ss-1	Ave.	27.01	27.04	27.05	27.22	Op-1	Ave.	32.28	32.26	32.49	32.55	32.51	
	Max.	27.15	27.17	27.16	27.36		Max.	32.51	32.49	32.83	32.89	32.76	
	Min.	26.91	26.95	26.96	27.05		Min.	32.15	32.12	32.20	32.25	32.26	
	Amp.	0.24	0.21	0.20	0.31		Amp.	0.36	0.37	0.63	0.64	0.50	
SS-2	Ave.	27.18	27.20	27.26	27.47	Ns-1	Ave.	38.92	38.84	38.94	39.20		
	Max.	27.52	27.28	27.32	27.66		Max.	39.04	38.96	39.20	39.34		
	Min.	27.36	27.15	27.15	27.34		Min.	38.85	38.77	38.79	39.07		
	Amp.	0.16	0.13	0.13	0.32		Amp.	0.19	0.19	0.41	0.26		

후 즉시 양이온( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ )은 원자흡광 광도계(GBC 904)로 각각 422.7nm, 769.9nm, 202.6nm, 330.2nm에서 흡광도를 측정하였으며, 음 이온( $\text{Cl}^-$ )은 시료를 일정량 취하여  $\text{NaOH}$  또는  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 로 중화한 다음 질산은 적정법으로 정량하였다.

### 3. 수리지질 특성

우리 나라에서 가장 큰 화산도인 제주도는 연평균 강우량이 1,872mm로 국내 최대의 다우지에 속하며 지하수 함양율도 44%로 전국 평균치 18%보다 훨씬 높다. 이렇듯 지하수 함양율이 지극히 높다는 것은 지하수의 순환속도가 매우 빠르고 강우에 의한 수위변동이 지배적으로 발생할 수 있는 여건을 지니고 있음을 의미하는 것이라 하겠다. 제주도의 지하수 함양에 기여하는 주된 수리지질학적 요인으로서는 수축균열과 절리를 비롯하여 크고 작은 기공, 클링커, 2차적 균열 및 절리, 용암던넬과 튜브, 용암류의 경계 등을 들 수 있다.

투수성이 높은 이같은 요인들이 전역에 걸쳐 분포하고 있음으로 인하여 빗물의 지하침투가 잘 이루어지고 있으며, 제주도에서 예로부터 전해오는 '술골' 이란 용어는 상기와 같은 투수성 구조들을 통칭하는 말이라 할 수 있다.

지하수는 지하를 구성하고 있는 지층의 1, 2차 유효공극 또는 대수층을 따라 유동하고 있는 유체이기 때문에 지하의 수리지질상태 및 그 분포특성은 지하수의 부존형태를 결정짓는 가장 중요한 요인이라 할 수 있다. 지금까지 밝혀진 바에 의하면 서귀포층이 제주도 지하수의 부존형태를 결정짓는 가장 중요한 지질요인(고, 1991; 고 등, 1993c) 것으로 제시되고 있다. 지역별 서귀포층의 분포상태를 보면, 제주시를 포함하는 북부지역인 경우 해수면하 평균 60m까지는 현무암 및 조면암류의 암석이 분포하고 있지만 그 하부에는 투수성이 낮은 서귀포층이 분포하고 있으며, 서귀포층 하부에는 기반암인 용회암(Tuff)이 분포하고 있다. 서부지역은 해수면하 40m~50m까지 현무암류가 분포하고 그 하부에는 저투수성인 서귀포층이 서부 전역에 걸쳐 분포하고 있으며, 중문-서귀포-남원을 포함.

Table 3. Tidal efficiency(%) of Kimnyoung well

Months	G.W.L.(m)		Tidal Efficiency(%)			S.W.L.(m)	
	Range	Amp.	Flood flow	Ebb flow	Average	Range	Amp.
'92. 2	1.40~0.31 1.30~0.31	1.09 0.99	34.49	43.08	38.78	2.29~0.24 2.63~0.24	2.53 2.87
3	1.47~0.69 1.47~0.84	0.78 0.63	33.33	31.03	32.18	2.37~0.03 2.37~0.34	2.34 2.03
4	1.65~1.10 1.65~1.18	0.55 0.47	27.93	34.81	36.37	2.16~0.71 2.16~0.81	1.45
5	1.78~0.92 1.78~1.09	0.86 0.69	37.89	39.20	38.54	2.41~1.14 2.41~0.65	2.27 1.76
6	1.64~0.98 1.64~1.29	0.66 0.35	40.99	32.11	36.55	2.19~0.58 2.19~1.10	1.61 1.09
8	1.75~1.10 1.75~1.10	0.65 0.35	33.68	37.14	35.41	2.24~0.49 2.42~0.49	1.75 1.93
9	1.57~1.39 1.48~1.39	0.18 0.09	28.57	31.03	29.80	2.01~1.43 1.78~1.43	0.58 0.35
10	1.78~1.22 1.78~1.19	0.56 0.59	35.67	34.71	35.01	2.32~0.75 2.32~0.62	1.57 1.70
11	1.72~1.34 1.72~1.18	0.38 0.54	33.93	38.30	36.12	2.19~1.07 2.19~0.78	1.12 1.41
12	1.41~1.07 1.41~0.68	0.34 0.73	30.09	38.62	34.36	1.79~0.66 1.79~0.10	1.13 1.89
'93. 2	1.49~0.95 1.49~0.87	0.54 0.62	37.24	32.12	34.68	2.06~0.61 2.06~0.13	1.45 1.93
		Average : 33.98		35.65	34.82		

\* G.W.L : Ground Water Level, S.W.L. : Sea Water Level, Amp : Amplitude

한 남부지역은 저투수성이 서귀포층이 해수면위 평균 16m까지 상승해 있다. 또한, 표선-성산-구좌를 포함하는 동부지역에은 해수면하 30m까지도 투수성이 양호한 현무암류가 분포하고 있으며, 성산의 온천 시추조사에서는 보면 해수면하 117m까지 투수성이 양호한 현무암층이 분포하고 그 하부에는 150m두께의 미고결사니층(unconsolidated muddy sand deposits)이 분포하고 있다. 북제주군 송당리 부근의 제주온천 시추에서도 해수면하 80~125m 구간에서 평균 두께 151m에 달하는 미고결사니층이 쟁정되었을 뿐 남부와 서부지역에 분포하고 있는 서귀포층은 존재하지 않는 것으로 나타났다(고 1991 ; 고 등, 1992, 1993c).

## 4. 결 과

### 4.1. 지역별 지하수위의 변동양상

#### 4.1.1 제주도 동부지역

동부지역을 대상으로 한 지하수위의 관측은 Table 1에 나타낸 바와같이 해안으로부터 1.25Km(김녕)~2.75Km(수산-II)에 위치해 있는 김녕외 총 6개소에서 실시 되었으며, 그 결과는 Table 2에 나타내었다.

동부지역의 모든 관측공들의 지하수위는 조석의 영향을 뚜렷하게 받고 있는 것으로 나타났다. Fig. 2는 김녕관측정(Kn-1)에서 조사 기간동안 관측된

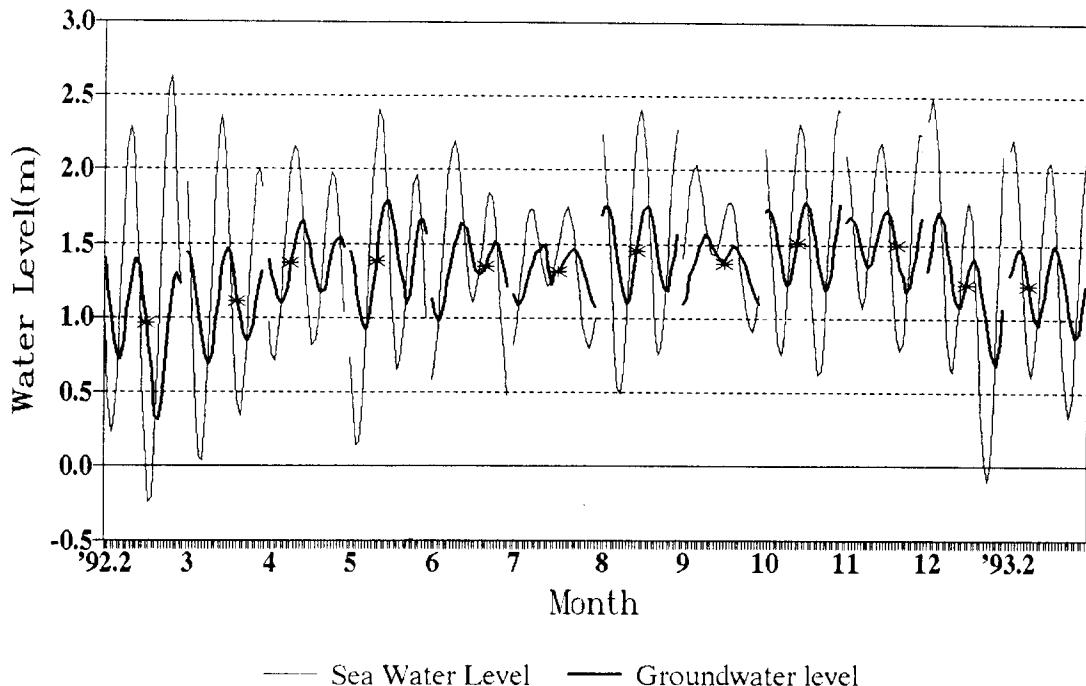


Fig. 2. Fluctuations of tidal and groundwater level in Kimnyoung well at northeastern Cheju.

지하수위를 조석자료와 함께 나타낸 것으로서 지하수위는 연중 조석의 영향을 뚜렷하게 받고 있음을 알 수 있으며, 일평균 자연수위는 동저하고(冬低夏高)의 현상을 나타내고 있다. 또한 1일 수위변동 폭이 최대 1.09m('92.2월), 최소 0.42m(7월), 연평균 0.69m를 보여 조석에 의한 수위변동이 동부 지역 관측정 중 최대를 나타냈다. 종달-I(Jd-1)인 경우도 이와 비슷한 경향을 보여주고 있으며, 해수면을 기준으로 한 1일 지하수위의 평균이 최소

0.92m('92.12월), 최대 1.31m(4월), 연평균 1.11m로서 평균수위의 연간 변동폭은 0.39m에 불과하다 (Table 2). 강우량과의 관계를 보면 1992년 5월 5일(291.8mm)과 8월 13일(207.0mm)의 집중호우시 김녕과 종달관측정에서 측정된 수위의 상승치는 조석에 의한 지하수위의 변동 범위내에서 변화를 나타냄으로서 동부지역의 지하수는 강우보다는 조석 영향에 의한 수위변동이 지배적으로 일어나고 있는 것으로 판단된다.

Table 4. Variations of the tidal efficiency and time lag with the distance from coast at eastern part

Location	Distance From Coast (Km)	Tidal efficiency(%)			Time lag (hours)
		Flood flow	Ebb flow	Average	
KIMNYOUNG	1.25	33.47	35.39	34.43	2
JONGDAL-I	1.37	23.79	25.48	24.63	2
ONPYONG	1.50	31.00	28.72	29.86	2
SUSAN-I	2.00	13.27	13.87	13.57	2
JONGDAL-II	2.20	15.18	16.45	15.18	3
NANSAN	2.50	12.73	13.25	12.99	3
SUSAN-II	2.75	9.36	11.27	10.32	3.5

Table 5. Results of the groundwater level measurement in Shinho and Samyang well. (Unit : m)

		Months											
		'92.2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	'93.2
Sh-1	Ave.	41.86		41.76	36.88	39.56	22.13	35.05	37.45	37.90	39.19		
	Max.	41.87		41.82	37.03	39.91	22.27	35.17	38.15	38.32	39.22		
	Min.	41.84		41.71	36.71	39.05	22.02	34.95	36.72	37.41	39.18		
	Amp.	0.03		0.11	0.32	0.85	0.25	0.22	1.43	0.91	0.04		
Sy-1	Ave.		30.63		29.29	29.79	29.76	30.34	29.82	29.10	29.25	29.98	31.25
	Max.		30.71		29.34	29.84	29.84	30.39	29.86	29.16	29.30	30.07	31.30
	Min.		30.58		29.26	29.75	29.73	30.28	29.80	29.02	29.20	29.93	31.20
	Amp.		0.13		0.08	0.09	0.12	0.11	0.06	0.15	0.10	0.14	0.10

\*Ave. : Average, Max. : Maximum, Min. : Minimum, Amp. : Amplitude

Table 3은 조석의 영향을 가장 크게 받고 있는 김녕관측정의 조석효율(Tidal Efficiency;  $T_E\%$ )을 창조류(flood flow)시와 낙조류(ebb flow)시로 구분하여 나타낸 것이다. 조사기간 동안 관측된 지하수위의 자료를 근거로 산출된 김녕관측정의  $T_E\%$ (%)는 전 조사기간 동안 34.82%이나 창조류(평균 33.98%)보다 낙조류(평균 35.65%)시가 더 큰 폭으로 수위변화가 일어나고 있음을 알 수 있다. 또한  $T_E\%$ (%)는 관측 당일의 조차에 따라 좌우되고 있는 것으로 나타났는데 '92.2월 사리때가 평균 38.78%로 가장 높은 반면 9월 조금시에는 평균 29.80%로 최소치를 나타내었다.

일반적으로 조석의 영향은 해안에서 내륙쪽으로 멀어짐에 따라 점진적으로 감소하는 현상을 나타내는데 본 연구의 결과에서도 이같은 경향을 뚜렷하게 나타내고 있다(Table 4). 즉 해안에 가장 인접한 김녕지역은  $T_E\%$ (%)가 연평균 34.43%로 가장 높고, 해안에서 2Km 떨어진 수산-I (Ss-1) 지점이 평균 13.57%, 가장 내륙쪽에 위치해 있는 수산-II (Ss-2, 2.75Km)의 경우는 평균 10.32%의 값을 보여 내륙쪽으로 갈수록  $T_E\%$ 가 뚜렷하게 감소하고 있다. 특히, 해안에서 내륙으로 일직선상에 위치하고 있는 종달-I, 종달-II (Jd-2)의  $T_E\%$ (%)는 종달-I (1.37Km)이 24.63%인데 비하여 이보다 내륙에

Table 6. Rising of groundwater level due to the precipitation in Shinho well at southern part

Months Area	5			7			Remarks (Precipitation)
	Data	G.W.L(m)	cm/h	Data	G.W.L(m)	cm/h	
Shinho	'92.4/27	11.75		'92. 12	13.13		'92. 5/6 : 259.8mm
	7	18.44			13	13.10	-0.13
	8	20.67	+9.2		14	29.16	+43.40
	9	22.09	+5.4		15	31.96	+12.17
	10	21.08	-3.4		16	32.08	+0.48
	11	20.47	-5.3		17	31.76	-2.91
	12	19.31	-2.5		18	31.43	-1.30
	13	18.42	-3.8		19	31.12	-1.30
	14	17.74	-2.8		20	30.91	-1.91
	15	17.13	-2.1		21	30.55	-1.55
	16	16.74	-1.6				
	Average	Rising : +7.32			Rising : +18.68		
		Declining : -3.07			Declining : -1.79		

\*G.W.L : Ground Water Level

위치한 종달-Ⅱ(2.20Km)에서는 15.81%로  $T_E(\%)$  가 8.82% 감소하였다. 동남부지역에 위치해 있는 온평(Op-1)과 난산(Na-1)관측정에서 관측된 결과 도 김녕과 종달지역의 경우와 거의 같은 현상을 나타내었다.

#### 4.1.2 제주도 남부 및 북부지역

제주도의 남부 및 북부지역은 기생화산과 대공질 현무암류로 이루어진 동·서부지역과는 달리 지형경사가 비교적 급할 뿐만 아니라 점성이 높은 아아(AA) 용암류인 조면암, 조면질안산암류 및 장석현무암류가 분포하고 있다. 이같은 지형 및 지질적인 차이점은 지하수 부존특성에서도 상이성을 나타낼 것으로 예상되는데 본 연구에서는 서귀포에 인접한 신효와 제주시 삼양지역을 선정하여 지하수위를 관측한 결과는 Table 5와 같다.

##### 1) 신효 관측정

본 관측정은 해안변에서 내륙쪽으로 3.05km(해발 54.0m) 지점에 위치하고 있어 비교적 해안에서 멀리 떨어져 있다. 이 관측정의 수위변화는 조석의 영향을 뚜렷하게 받고 있는 동부지역과는 전혀 다른 수위변화의 양상을 나타내고 있을 뿐만 아니라, 해수면을 기준으로 한 자연수위의 값도 매우 높게 나타나고 있다(Fig.3).

1992년 5월과 7월 강우시 관측된 지하수위 자료에 의하면(Table 6), 1992년 5월 6일에 259.8mm 강우의 영향으로 5월 9일까지 총 7.32m의 수위가

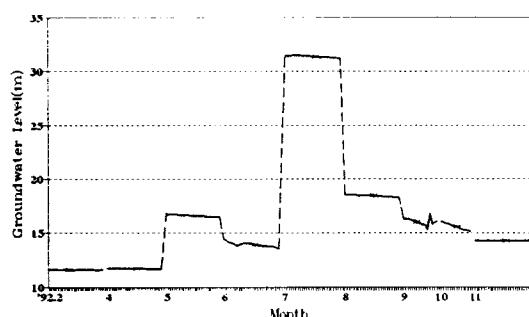


Fig. 3. Fluctuations of groundwater level in Shinhyo well at southern Cheju.

상승했고, 강우 시작 후 4일째 되는 날(5월 10일)부터는 수위가 하강하여 5월 16일까지 3.07m가 하강하였다. 그러나 강우 후 10일부터는 수위의 강하 속도가 점차 감소하는 결과를 보였다. 또한, 7월 13~14일 2일 동안 총 268.7mm 강우로 인해 13일(7시 30분)의 수위가 13.10m 였던 것이 14일(21시)에는 29.16m로 상승하였고, 16일(21시)에는 총 32.08m를 나타내어 강우전에 비해 18.98m의 수위 상승이 관측되었다(Fig. 4, Table 6). 이와 같은 결과는 강우 후 24시간 이내에 빗물이 지하수체로 침투되어 수위상승을 일으키고 있음을 잘 나타내 주는 것으로서 지하수 부존형태가 전술한 동부지역과는 근본적으로 상이함을 의미하는 좋은 증거라 하겠다.

##### 2) 삼양지역

삼양 관측정은 해안에서 내륙쪽으로 1.50Km 떨어진 해발 36m 지점에 위치하고 있다. Fig. 5는 조사기간 동안 관측된 수위변화를 월별로 나타낸 것이다. 본 관측정의 1일 평균 자연수위는 계절적인 변화를 잘 나타내고 있어 강우기와 갈수기에 따른 변동이 지배적인 것으로 판단된다. 1일 지하

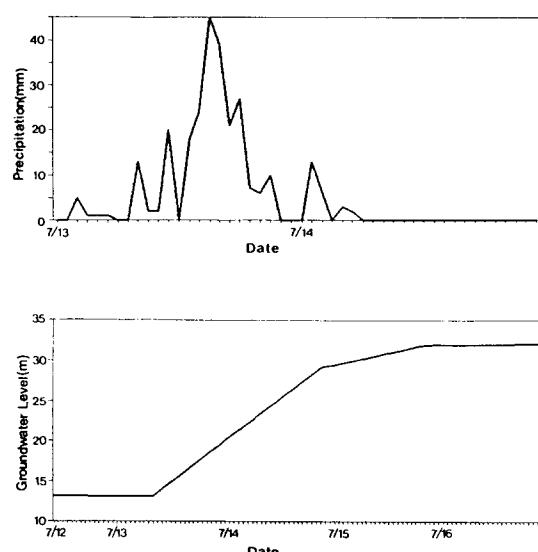


Fig. 4. Relations between precipitations (upper) and groundwater level in (lower) Shinhyo well at southern Cheju, 13-14 July, 1992.

Table 7. Results of the groundwater level measurement in Kosan-I and Kosan-II

(Unit : m)

Well No.		Months										
		'92.2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	'93.2
Ks-1	Ave.	16.67	16.45	16.13	15.68	16.51	16.16	16.59	15.16	15.89	16.09	16.71
	Max.	16.71	16.47	16.14	15.69	17.23	16.22	16.65	15.13	15.92	16.12	16.73
	Min.	16.63	16.43	16.10	15.65	15.97	16.11	16.53	15.18	15.88	16.08	16.67
	Amp.	0.08	0.04	0.04	0.04	1.26	0.11	0.12	0.04	0.05	0.05	0.06
Ks-2	Ave.	16.41	16.56	15.71	15.29	15.59	15.76	16.20	14.75	15.33	15.69	16.35
	Max.	16.55	16.62	15.73	15.34	15.77	15.77	16.31	14.77	15.42	15.69	16.40
	Min.	16.34	16.51	15.69	15.24	15.47	15.47	16.12	14.72	15.29	15.68	16.30
	Amp.	0.21	0.21	0.04	0.10	0.30	0.30	0.20	0.05	0.13	0.01	0.11

\*Ave. : Average, Max. : Maximum, Min. : Minimum, Amp. : Amplitude

수위의 변동폭은 15cm이하이고 연평균 1일 변화 폭은 10.5cm이다(Table 5 참조).

본 관측정에서 나타나는 특이한 현상은 수위변화의 패턴이 전반적으로 강우량의 변화에 좌우되고 있으나 1일 25시간 동안의 변화상은 변형된 파형곡선 또는 불규칙한 곡선상의 수위변화가 일어나고 있는 점을 들 수 있는데 이러한 원인은 조석의 영향인 것으로 사료된다.

#### 4.1.3 제주도 서부지역

한경-대정을 포함하는 서부지역(Fig. 1)은 동부 지역과 지형적인 조건은 매우 유사하나 지질분포에서는 차이를 나타내고 있는데 본 연구에서는 동부지역과 수위변화의 양상을 비교 분석하기 위해

서 고산의 2개 관측정을 대상으로 수위관측을 실시하였다(Table 7).

고산-I(Ks-1) 관측정에서 측정된 결과(Fig. 6)는 전술한 삼양의 경우와 유사한 수위변화 양상을 보이고 있다. 즉 강우기와 갈수기에 따라 수위가 최대 3.04m까지 변화하고 있으며, 1일 동안의 최대 수위변화 폭은 8월에 0.12m였다. 이 관측정은 본 연구대상 관측정 중에서 해안에 가장 가까운 0.80km 거리에 위치하고 있으나 수위변화가 거의 수평적인 형태를 취하며, 1일 동안의 변동폭도 평균 6.4cm로서 소폭의 변화를 나타내고 있어 동부 지역과는 지하수의 부존특성이 근본적으로 상이함을 시사해 주고 있다. 고산-II(Ks-2) 관측정의 경우(Fig. 7)도 동일한 현상을 보여 주고 있어 고산 지역의 지하수는 강우에 의한 수위변화가 지배적인 것으로 해석된다. 6~8월에 수위관측 자료가 적은 것은 답작에 필요한 관개용수를 공급하기 위한 양수가 주간에 이루어져 양수로 인한 영향을 배제하여 위하여 펌프가동이 중지된 야간에 관측이 이루어졌기 때문이다.

농진공과 UNDP(1971.8.28~11.30)가 고산 U-43(해발 : 14.3m, 해안에서 거리 : 1.28km) 관측정에서 자동수위 측정기로 측정한 자료에서는 1971년 9월 23일 하루 동안 내린 153mm의 강우가 24시간만에 수위를 0.84m 상승시켰고, 강우 이전의 자연수위로 회복되기까지는 약 60일이 경과한 것으로 보고된 바 있다(농진공, 1973). 이같은 결과는 본 연구결과와도 잘 일치하는 것으로서 이 지역의 주된

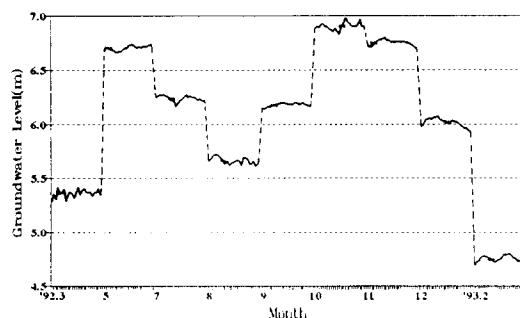


Fig. 5. fluctuations of groundwater level in Samyang well at northern Cheju.

Table 8. Vertical variations of the salinity and temperature in Susan-I at eastern part

High-higher water level		Depth(m)												
		0.5	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5	12.0
temperature (°C)	Ave.	16.25	16.22	16.17	16.12	16.10	16.02	15.99	15.97	15.95	15.90	15.83	15.81	15.81
	Max.	16.30	16.27	16.21	16.16	16.16	16.13	16.11	16.08	16.04	15.96	15.86	15.82	15.82
	Min.	16.16	16.15	16.12	16.08	16.00	15.88	15.87	15.87	15.87	15.82	15.81	15.81	15.81
	Amp.	0.14	0.12	0.09	0.08	0.16	0.25	0.24	0.21	0.21	0.14	0.05	0.01	0.01
salinity (ppm)	Ave.	527.8	548.8	570.1	597.1	633.9	766.4	844.3	887.1	923.0	967.5	1027.2	1044.4	1047.9
	Max.	578.0	582.0	594.5	648.3	777.7	917.0	1046.7	1058.6	1067.9	1084.7	1095.8	1104.8	1103.8
	Min.	483.0	536.2	550.0	567.0	582.0	621.0	693.0	747.0	802.0	855.0	988.0	1015.0	1018.0
	Amp.	95.0	45.8	44.5	81.3	195.7	296.0	353.7	311.6	265.9	229.7	107.8	89.8	85.8
Low-lower water level		0.5	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5	12.0
temperature (°C)	Ave.	16.22	16.18	16.15	16.13	16.11	16.10	16.09	16.09	16.07	15.97	15.91	15.89	15.87
	Max.	16.29	16.24	16.21	16.19	16.16	16.16	16.15	16.15	16.13	16.07	15.97	15.94	15.91
	Min.	16.08	16.09	16.09	16.08	16.07	16.06	16.02	16.02	15.95	15.86	15.84	15.83	15.82
	Amp.	0.21	0.15	0.12	0.11	0.09	0.10	0.09	0.13	0.18	0.21	0.13	0.11	0.09
salinity (ppm)	Ave.	565.1	585.7	595.5	600.5	606.8	617.4	617.4	624.3	642.1	668.3	809.6	951.5	980.7
	Max.	596.0	636.3	647.7	653.4	663.2	668.1	668.1	684.0	768.0	888.0	1024.9	1058.4	1053.7
	Min.	510.0	530.0	551.0	556.0	568.0	573.0	573.0	573.0	574.0	574.0	579.0	855.0	911.0
	Amp.	86.0	106.3	96.7	97.4	95.2	95.2	95.1	111.0	194.0	314.0	445.9	203.4	142.7

\*Ave. : Average, Max. : Maximum, Min. : Minimum, Amp. : Amplitude

지하수위 변동요인이 강우임을 시사해주고 있는 것이다.

한편, 최(1990)는 고산-I 관측정에 인접해 있는 D-93(해안에서 0.63Km)의 관정을 대상으로 1985년 3월 27일 9시간 동안의 수위관측 결과에 의해  $T_E(\%)$ 는 19%이고, 자연시간(Time Lag)은 1시간 20분인 것으로 보고한 바 있다. 본 연구결과에서는 고산-I 관측정의 1일 동안의 수위변화가 등락이 거의 없이 수평에 가까운 변화상을 나타내고 있는 반면, 고산-II에서는 아주 완만한 파형곡선의 형태를 나타내고 있어 근접한 두 관측정 사이에도 수위 변동양상이 서로 많은 차이를 나타내고 있다.

#### 4.2. 심도별 지하수의 수질특성

제주도와 같은 도서지방의 지하수를 지속적으로 이용하고 효율적인 관리를 위해서는 해안면 지역의 담염수 경계면의 상태를 비롯하여 점이대(interface)의 확장과 수축에 따른 수직적 수질변화 등을 포함하는 조사연구가 심층적으로 이루어

져야 한다. 특히, 조석에 의한 수위변화가 지배적으로 일어나고 있는 지역에서는 과잉 양수로 인한 염수의 역상승(up-coning) 위험이 상존하고 있기 때문에 이와 같은 원인으로 인해 유발되는 지하수의 염수오염을 방지하기 위해서는 수직적인 수질조성이 잘 파악되어야 한다.

본 연구에서는 조석의 영향을 현저하게 받고 있는 제주도 동부지역의 성산읍 수산-I 관정을 대상으로 심도별 염분도 및 수온 측정과 주성분( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ )을 조사하였다.

##### 4.2.1 심도별 염분도와 수온의 분포

Table 8은 성산읍 수산-I 관정을 대상으로 1992년 9월부터 12월까지 4개월동안 수위관측시에 매시간 별로 CTD를 이용하여 심도별로 염분도와 수온을 측정한 결과를 평균한 것이며, Fig. 8은 이 결과로부터 염분도와 수온의 수직분포를 고수위(High-higher water level)시와 저수위(Low-lower water level)시로 구분하여 나타낸 것이다.

이 그림에서 고수위시 염분도는 자연수위 하

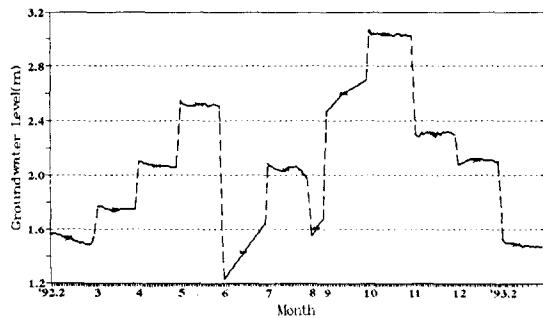


Fig. 6. Fluctuations of groundwater level in Kosan-I well at western Cheju.

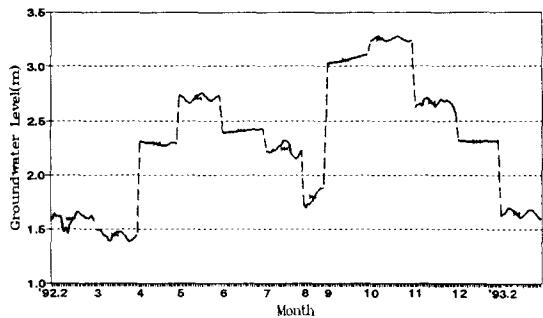


Fig. 7. Fluctuations of groundwater level in Kosan-II well at western Cheju.

4.5m까지는 510~610ppm 범위로 증가하다가 4.5m를 기점으로 하여 급격히 증가하며, 7.5m 부근에서 900ppm, 공저인 12m에서 1050ppm의 고염분도의 지하수가 분포하고 있음을 알 수 있다. 반면, 저수위시 염분도는 8.5m까지 570~670ppm의 범위로 큰 변화없이 분포하고 있으나 8.5m 이후부터는 현저한 증가를 나타내어 고수위시와 거의 같은 분포를 하고 있다.

따라서 지하수는 조석의 영향으로 인해 고염분수가 고수위와 저수위간에 약 4m두께의 수층을 가지면서 수질이 큰 폭으로 변화하고 있으며 자연수위 하 11m 부근에서부터는 기수(brackish water)에 가까운 고염분 지하수가 존재하고 있음을 알 수 있다. 지하수의 수온은 전 수층을 통해서 약 0.45°C의 소폭으로 변화하고 있으나 0.1°C의 차를 갖는 약한 약층이 고수위시에는 4~5.5m와 8.5~

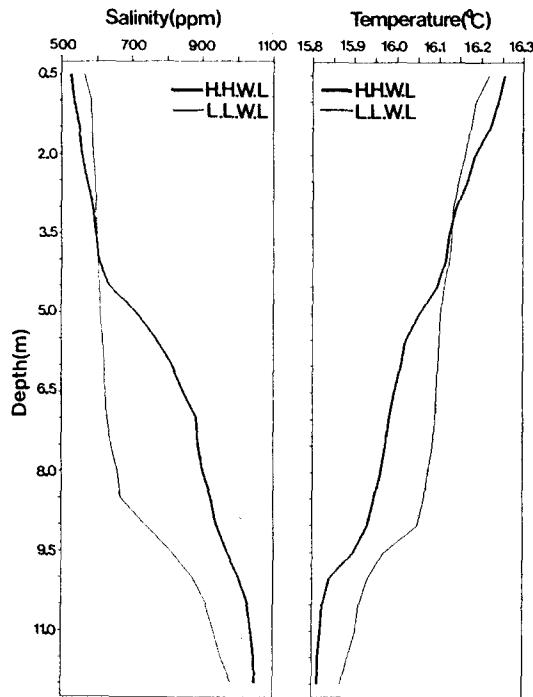


Fig. 8. Depth-salinity/temperature profiles of Susan-I well at southeastern Cheju (mean from September to December).

9.5m 사이에 존재하고 하고 있으며, 저수위시는 8.5~9.5m 사이에만 나타나고 있다. 또한, 심도가 깊어 질수록 고수위시가 저수위시 보다 수온이 약 0.1°C 정도로 낮게 분포하고 있다.

#### 4.2.2 심도별 수질조성

Table 9는 고수위와 저수위시 자연수위 하 4m부터 2m 간격으로 4개월간 채수하여 분석된 5개의 성분( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) 값을 평균하여 나타낸 것이고, Fig. 9는 이들 성분들의 수직분포를 나타낸 것이다.

이들 그림에서 수직의 조성들은 고수위와 저수위 간에 뚜렷하게 구분되고 있다.  $\text{Cl}^-$ 은 고수위시 자연수위하 4m에서 310ppm, 12m에서 540ppm의 범위에서 농도가 증가하고 있고, 저수위시에는 300ppm~380ppm 범위의 변화를 보이고 있어 고

Table 9. Verticals of major elements in Susan-I well at eastern part

(Unit : ppm)

Elements Depth(m)	High-higher water level					Low-lower water level					
	4	6	8	10	12	4	6	8	10	12	
Cl	Ave.	306.60	339.88	363.95	409.83	537.65	301.57	304.95	302.73	353.73	386.00
	Max.	320.50	358.30	404.30	500.10	565.80	307.50	318.70	376.30	415.60	480.60
	Min.	292.30	332.70	319.10	309.20	522.90	290.90	287.00	289.50	304.90	309.10
	Amp.	28.20	25.60	85.20	190.90	42.90	16.60	31.70	86.80	110.70	171.50
Na	Ave.	174.90	193.90	201.45	220.70	282.40	170.87	179.78	186.05	199.23	222.30
	Max.	184.70	209.90	220.50	247.50	302.00	175.00	195.20	207.00	230.90	285.80
	Min.	169.00	181.30	163.60	187.20	249.10	163.90	170.30	169.60	169.50	173.40
	Amp.	15.70	28.60	56.90	60.30	52.90	11.10	24.90	37.40	61.40	112.40
Mg	Ave.	25.62	26.99	27.29	31.07	36.84	25.96	26.46	26.29	28.09	29.46
	Max.	26.60	27.37	28.99	37.99	38.85	27.40	27.70	28.63	30.44	32.29
	Min.	24.22	26.41	24.10	24.72	34.71	23.97	23.70	23.09	23.99	26.63
	Amp.	2.38	0.96	4.89	13.27	4.14	3.43	4.00	5.54	6.45	5.66
Ca	Ave.	5.51	5.51	5.62	5.63	5.70	5.92	5.58	5.49	5.51	5.55
	Max.	7.35	6.95	7.17	7.02	7.13	7.19	7.16	6.94	7.13	7.23
	Min.	3.76	3.78	4.03	4.14	4.23	3.92	4.13	4.12	4.14	3.90
	Amp.	3.59	3.17	3.14	2.88	2.90	3.27	3.03	2.82	2.99	3.33
K	Ave.	16.67	17.44	17.86	19.53	23.22	16.83	17.06	17.76	18.32	19.10
	Max.	17.39	18.70	18.95	20.80	24.78	17.64	17.63	18.64	21.06	21.91
	Min.	15.91	16.60	15.50	17.89	20.96	16.40	16.55	16.60	16.10	16.30
	Amp.	1.48	2.10	3.45	2.91	3.82	1.24	1.08	2.04	4.96	5.61

\*Ave. : Average, Max. : Maximum, Min. : Minimum, Amp. : Amplitude

수위시 농도가 높을 뿐만 아니라 농도 폭도 큰 폭으로 수직적인 변화를 보이고 있다.  $\text{Na}^+$ 는 고수위시 170~270ppm, 저수위시 170~230ppm의 범위에서 변화를 보이며, 또한,  $\text{Mg}^{2+}$ 와  $\text{K}^+$ 성분도 수위가 높고 낮음에 따라 다른 조성들과 거의 같은 양상의 수직적인 변화를 나타내고 있다. 그러나  $\text{Ca}^{2+}$  성분만은 거의 일정한 값을 유지하고 있고, 저수위가 고수위시보다 높게 나타나고 있다.

## 5. 고찰

### 5.1. 제주도 지하수의 강우와 조석에 의한 수위변동 특성

지하수의 수위측정자료는 대수층의 성격과 그 능력을 평가하는데 있어 기본자료로 이용될 뿐만 아니라 대수층의 변동에 대한 단기적 예측에 직접적인 지표로 활용될 수 있다. 본 연구 결과에서 제시 되었듯이 제주시, 서귀포 및 서부 고산지역 관

측정들에서 강우에 의한 수위의 변동이 현저하게 일어나고 있는 현상은 본 도가 투수성이 높은 화산암류로 이루어져 강우의 지하침투가 잘 이루어지고 있기 때문인 것으로 생각된다. 제주도에서 불리우고 있는 소위 '숨골'은 투수성이 매우 높은 지질구조로서 강우를 지하수체로 유입시키는 통로 역할을 하고 있다. 따라서 표면유출이 발생하는 50mm 이상의 강우시에 빗물이 숨골을 통해 유입됨으로써 지하수위가 24시간 이내에 상승하는 현상이 일어나는 것으로 판단된다. 특히 지하에 저 투수성 퇴적암층인 서귀포층이 분포하고 있는 지역에서는 본 층이 지하수를 저장해주는 그릇과 같은 역할(고기원 외, 1992b)을 하고 있기 때문에 강우에 의한 수위상승이 빠르고 크며, 강우가 끝난 뒤 4~5일 후부터 진행되는 수위하강도 비교적 빠르고 큰 폭으로 일어나고 있는 것이다.

해양과 접하고 있는 해안지역의 대수층에서 지하수의 수위는 조석에 대응하여 주기적인 변동을 일으키는 것으로 알려져 있다(Todd, 1980). 조석의 영향은 해안에서 내륙으로 거리가 멀어짐에 따라

점진적으로 감소하여 수위변동의 폭은 감소하지만 지연시간(Time Lag)은 이와는 반대의 경향을 나타내어 거리가 멀수록 길어지고 있다. 이러한 현상들은 본 연구지역 중 제주도 동부지역에 위치한 관측정들에서 잘 나타나고 있지만(Table 4와 Table 5) 조석의 영향정도는 해안지역의 수리지질학적 조건에 따라 다소의 차이를 나타내고 있다. 즉 김녕과 성산지역의 경우를 비교해 보면, 지형적인 요인으로 성산포와 종달리 해안에는 우도를 비롯 일출봉 및 성산반도, 지미봉, 석산봉, 오조리초호, 성산항 방파제 및 갑문 등의 자연적인 위적인 제방이 형성되어 있으나 김녕지역의 경우에는 특이할 만한 지형이 없는 개방해(Open Sea)의 성격을 지니고 있다. 또한 지질적인 요인으로는 성산포 일대지역에는 퇴적암층인 성산층과 신양리층이 육상에 노출되어 있으나 김녕지역에는 사구층만이 발달하고 있다. 이러한 지형·지질적인 요인은 해양에서 내륙쪽으로 전달되는 해수압을 약화시키고 있으며, 또한 해수압을 차단시키는 차수벽과 같은 역할을 하고 있기 때문에 성산지역이 김녕지역에 비해 조석의 영향이 작게 나타나는 것으로 사료된다.

Table 10은 동부지역 7개 관측정의  $T_E(\%)$ 를 Saipan(Hoffmann & Meyer, 1989)과 Hawaii Oahu섬(Dale, 1974)의  $T_E(\%)$ 와 서로 비교한 것이다. Saipan의 4개 관측지점은 해안에서 1.1Km이내에 위치하고 있으면서도  $T_E(\%)$ 는 10% 이하의 값을 나타내고 있으며, 하와이 오아후섬의 경우는 각 관측정의  $T_E(\%)$ 가 해안으로부터의 거리에 따라 최대 55%부터 최소 3%까지 매다양한 값을 나타내고 있으나 제주도 동부지역보다는 작은 값을 보이고 있다. 이와같이 제주도 동부지역이 비교 지역 보다 조석의 영향은 매우 크게 받고 있는 것은 투수성이 높은 지층구조를 이루고 있기 때문인 것으로 판단된다.

## 5.2. 제주도 지하수의 부존형태

제주도 지하수의 부존형태에 대해 농진공(1971, 1989)은 Ghyben-Herz-berg(이하 'G-H'이라함)원리에 의한 기저지하수와 상위지하수로

Table 10. Comparison of the tidal efficiency of groundwater between Cheju, Saipan and Hawaii area.

Area	Well No.	Distance from coast(Km)	Tidal efficiency (%)	References
Cheju	Ki-1	1.25	34.43	Present study
	Jo-1	1.37	24.63	
	On-1	1.50	29.86	
	Su-1	2.00	13.57	
	Jo-1	2.20	15.81	
	Na-1	2.50	12.99	
	Su-2	2.75	10.32	
Saipan	13-T3	0.9	4.0	& Meyer (1989)
	13-T4	0.9	10.0	
	13-T5	1.1	9.0	
	13-T6	0.7	9.0	
Hawaii	1959-05	0.30	55.0	Dale (1974)
	1900-13	1.92	7.0	
	1902-01	1.10	7.0	
	2256-10	8.78	3.0	
	2158-01	4.79	11.0	
	1959-05	0.21	17.0	
	2042-06	4.88	51.0	

구분하였으며 수공(1981, 1993)은 상위지하수, 준기저지하수, 기저지하수로 구분하였다. 농진공과 수공이 제시하고 있는 부존형태 중 큰 차이점을 보이는 것은 농진공이 제주도 지하수의 대부분이 기저지하수 형태로 부존하고 있다고 제시하고 있는 반면, 수공은 기저지하수와 상위지하수의 중간적 형태인 준기저지하수라는 새로운 개념을 도입하여 기저지하수의 부존지역을 축소 조정 하였다는 점이다.

본 연구의 결과에서 나타난 수위변동 양상을 대별하면,

첫째, 조석의 영향을 거의 받지는 않으나 강우량에 따라 매우 큰폭으로 변동하는 유형(서귀포 일대지역)

둘째, 조석의 영향이 미약하고 강우량의 영향을 주로 받고 있는 유형(제주시 및 서부지역)

셋째, 강우의 영향이 적고 조석의 영향을 지배

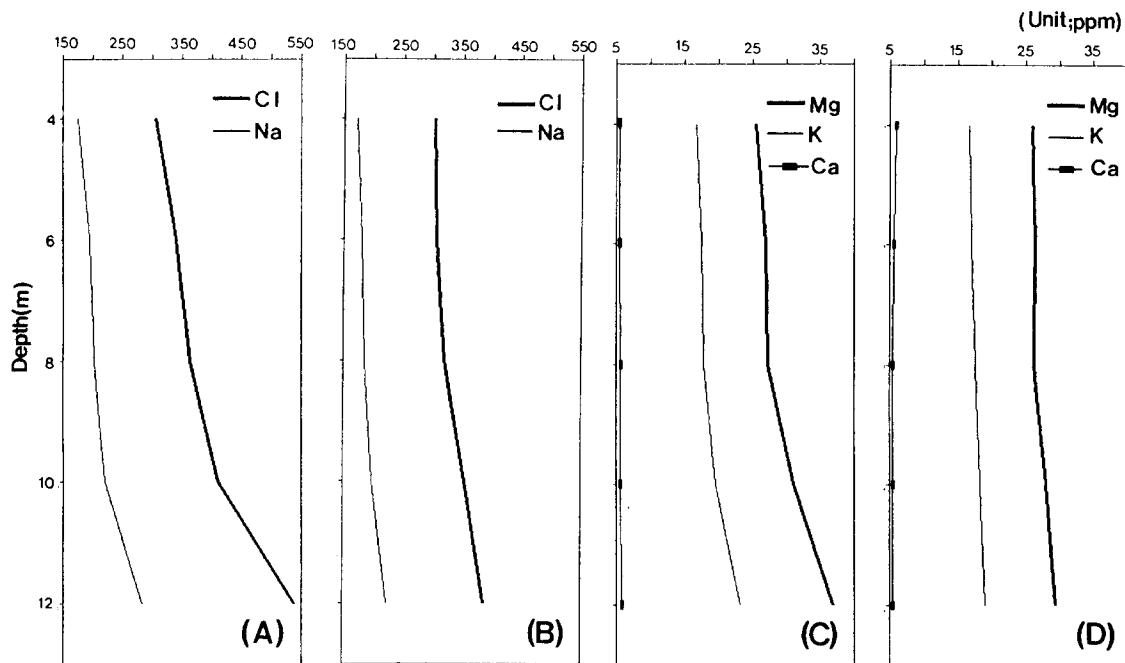


Fig. 9. Vertical variations of each elements in Susan-I well at southeastern Cheju(mean from semtember to december).

(A), (C) : High-higher water level (B), (D) : Low-lower water level

적으로 받고 있는 유형(동부지역)으로 크게 나눌 수 있다. 이와 같이 지하수위 변동양상이 지역별로 서로 상이하게 나타나고 있는 것은 지하수의 부존형태가 동일하지 않음을 반영해주고 있는 것이라 하겠다. 특히, 성산읍 수산-I 관측정에서 실시된 심도별 수질변화에 의하면(Fig. 9), 자연수위 하 11m 부터 염분도가 1000ppm에 가까운 기수지 하수(brackish groundwater)체가 존재하고 있는 것으로 나타났는데 이는 담수와 해수의 접촉이 이루어지는 점이대가 해수면에 근접하여 형성되고 있음을 시사해 주고 있다.

이와 같은 수위관측 및 수질조성 결과를 근거로 전술한 농진공과 수공이 제시한 지하수 부존형태와 비교 분석하여 보면, 제주도 동부지역에 부존하고 있는 지하수는 G-H 원리에 의한 G-H Lense체 지하수로서 해양조석의 영향을 강하게 받고 있으며, 서부 및 북부지역은 준기저지하수, 신

효관측정을 포함하는 서귀포 일대지역은 상위지하수로 구분될 수 있다.

## 6. 결 론

제주도 동부지역을 비롯한 남·북부지역 및 서부지역을 대상으로 약 1년간 총 11개소의 관측정에 대한 지하수위의 관측과 성산읍 수산 I 관측정에 대한 심도별 지하수의 수질조성을 조사하여 제주도 지하수의 수위변동의 특성을 연구한 결과는 다음과 같다.

1. 지하수위 관측 결과에서 나타난 수위변동의 양상을 유형별로 구분하면 다음과 같다. 첫째, 조석의 영향을 거의 받지는 않으나 강우량에 따라 매우 큰 폭으로 변동하는 유형(서귀포 일대지역의 남부지역). 둘째, 조석의 영향이 미약하고 강우량

의 영향을 현저하게 받고 있는 유형(북부 및 서부 지역). 둘째, 강우에 의한 수위상승 폭은 작으나 조석의 영향을 현저하게 받고 있는 유형(동부지역)으로 크게 나눌 수 있다.

2. 조석의 영향을 많이 받고 있는 동부지역에서는 해안에서 내륙으로 갈수록 조석의 영향은 작아져 수위변동의 폭이 작아지고 지연시간은 길어지고 있다.

3. 제주도 남·북부 및 서부지역은 대체적으로 50mm 강우후 24시간 이내에 빗물이 지하수체로 침투되어 수위상승을 일으키고 있는 것으로 나타났다.

4. 지하수위 변동양상을 지하수 부존형태와 연결시켜 해석하여 보면 동부지역에 부존하고 있는 지하수는 Ghyben-Herzberg 원리에 의한 기저지하수체이고, 신효관측정을 포함하는 서귀포 일대의 지하수는 상위지하수라 할 수 있으며, 삼양과 고산지역은 준기저지하수체로 해석된다.

5. 제주도 동부지역(성산읍 수산)에서 심도별 지하수의 수질조성을 조사한 결과, 조석에 의한 수위의 변동(고·저수위)에 따라 약 4m 두께의 수층 수질이 주기적으로 현저한 수직변화를 나타내었으며, 자연수위 하 11m지점의 지하수 염분도가 1000ppm에 가까운 기수지하수의 성격을 보이고 있어 이 지점은 상부점이대에 속하는 것으로 판단된다.

## 참 고 문 헌

고기원, 박원배, 김호원, 체종일, 1992a. 제주도의 지하지질구조와 지하수위 변동과의 관계(I) - 강우에 의한 지하수위 변동 -(요약). 대한지질학회지 제28권 5호, P.540.

고기원, 양성기, 박원배, 김상규, 1992b. 제주도의 지하지질구조와 지하수위변동과의 관계(II)-조석에 의한 지하수위 변동-(요약). 대한지질학회지 제28권 5호, P.540-541

고기원, 박원배, 고용구, 김성홍, 오상실, 윤 선. 1992c. 제주도 동부지역의 지하지질 구조와 지하수위 변동 및 수질특성에 관한 연

구. 제주도보건환경연구원보 제3권 P.15~43.

고기원, 윤 선, 윤정수, 박원배, 한정상, 김남종, 정구원. 1993a. 제주도의 지하수 산출특성(요약). 대한지질학회지 제48차 학술발표회 p.48

고기원, 박원배, 윤정수, 고용구, 김성홍, 신승종, 송영철, 윤 선, 1993b. 제주도 동·서부지역의 지하수 부존형태와 수질특성에 관한 연구. 제주도보건환경연구원보 제4권 P. 191~222. 기상청, 1992. 기상연보.

김옥준, 1969. 제주도 수자원의 특수성과 개발방안. 광산지질학회지 제2권 iv, p.71~80.

남기영, 1966. 제주도의 지질과 지하수, 국립지질조사소 지하수원 보고서 제3호, P.109~135.

농어촌진흥공사, 1971. 제주도 지하수 보고서. p.97-101.

\_\_\_\_\_, 1982. 제주도 지하수개발현황과 전망 p.41~47.

농어촌진흥공사, 1989. 제주도 지하수 장기개발계획 조사 보고서. p.113~114.

조진동, 구성본, 이상규, 1987. 제주지역 영향권 조사연구(I), 한국동력자원연구소 KR-87-29. p.191~231.

한국수자원공사, 1981. 제주도 수자원 조사 보고서.

\_\_\_\_\_, 1990. 제주도 수자원 조사 보고서 p.115~129.

\_\_\_\_\_, 1992. 제주도 수자원 조사 보고서.

\_\_\_\_\_, 1993. '92 제주도 수자원 종합개발계획 수립 중간보고서. p.1~12.

Bredehoeft, J.D, 1967, Response of well-aquifer systems to earth tides: J.Geophys. Res., v.72, p.3075~3087.

Hofmann, J.P. and Meyer, W., 1989. occurrence of ground water in the Mariana Limestone, Kagman Peninsula, Saipan, commonwealth of the northern Mariana Islands. Honolulu, Hawaii, p.54.

Jacob, C.E., 1939, Fluctuations in artesian

- pressure produced by passing railroad trains as shown in a well on Long Island, New York: Trans. Amer. Geophys. Union, v.20, p.666~674.
- L.Stephen Lau 1980. Hydrologic behavior of Hawailan Ghyben-Henberg systems Technical Memorandum Re. p.15~41.
- Robison, T.W., 1939, Earth tides shown by fluctuations of water levels in wells in New Mexics and Iowa: Trans.Amer. Grephy Union, v.20, p.656~666.
- Soon Hak Choi, 1990. Hydrogeological and Hydrochemical characteristics of groundwater in Cheju Island. Kyoungpook National University, Korea, p.169.
- Todd, D.K., 1980. Groundwater hydrology, second edition. John wiley & Sons, p.218~153.