

제주도 용천수의 지역별 수량변화

윤정수 · 박상운 · 강석수 · 현영진*

제주대학교 해양학과

*제주대학교 화학공학과

Regional water quantity variation of spring water in Cheju Island

Jeung-Su Youn · Sang-Woon Park · Seok-Su Kang and
Young-Jin Hyun*

*Department of Oceanography, Cheju National University
Cheju-do 690-756, Korea*

**Department of Chemical Engineering, Cheju National University
Cheju-do 690-756, Korea*

This study purposes to elucidate the effects of changes in precipitation and tide level on the spring water discharge quantity in Cheju Island. For this purposes, local and seasonal variations of discharge quantity have been measured at representative 19 springs covering the entire Island.

In the middle mountain region, the discharge quantity is largely influenced by the precipitation, but it has a little relationship with the precipitation in the western region and the southern region. In the eastern region, influence of tide is larger than the precipitation, and the northern region is influenced by both precipitation and tide.

In the entire study area, the spring water discharge reaches at maximum in the wet season of July, and shows minimum in the dry season from December to February. The discharge variation in the middle mountain and north regions is two to three times as large as that in the other regions.

The comparison of the results of this study with existing data shows discharge increase at the Sinch'onk'mul(about 6,000m³) in the eastern

region, Kwakgimul(about 7,000m³) in the western region, Kangjungchun (about 11,000m³ ; WRDC), Jaguri(about 5,000m³ ; AFDC), Gongchunpo (about 3,000m³) in the southern region, Yongyeanchun(about 1,500m³) in the northern region, while the discharge decrease at Sernurungmul(about 5,000m³) in the eastern region, Ongpochun(about 10,000m³) in the western region, Hwasun Dokmul(about 1,500m³), Kangjungchun(about 28,000m³ ; AFDC), Jaguri(about 43,000m³ ; WRDC) in the southern region, Sanjimul(about 3,500m³), Oleamul(about 6,200m³) in the northern region.

In the Yongyeanchun, tide intimately influences quantity, electrical conductivity, level and temperature of spring water. The spring water in the Yongyeanchun discharges for 17 hours during the high tide, then undischarged for 11 hours during the low tide.

I. 서 론

제주도의 지표면은 주로 투수성이 큰 현무암류로 구성되어 있어 육지에 비해 강수의 지하수 함유량이 대단히 큰 지역이다. 지표면에 내린 강수는 투수성이 큰 지질층을 통하여 지하로 침투한 후 지하수를 형성하며, 수리지질적 특성에 의해 지하수 일부가 지표로 용출되어 용천수를 형성하고 있는 것으로 알려져 있다(최, 1988).

제주도 일원에서 확인된 용천수는 약 300개에 이르며, 해안변을 따라 180여개 이상의 분포되어 있다(농어촌진흥공사, 1989). 일반적으로 용출량이 큰 용천수는 주로 남부지역에 위치하고 있다. 도내 산재된 용천수는 일종의 지하수로서 강수가 지하하부로 내려가다가 불투수층을 만나 지표로 나오는 어승생, 영실, 돈네코, 성판악, 선돌 등의 상위용출수(perched spring)와 지하하부로 침투한 지하수가 수리지질학적 구배를 따라 해안변으로 유동하여 해수면과

접하게 되어 용출하는 기저용출수(basal spring)로 구분할 수 있다(농어촌진흥공사, 1973 ; 이, 1992).

상위용출수는 용출량이 적고 간헐적이며 그 분포상태가 규칙적이지 못하나 상위에 오염원이 적어 수질이 양호한 용출수로 이루어져 있고, 기저용출수는 해안변에 위치하면서 지상의 인위적인 오염을 직·간접적으로 받고 있으며, 해수에 의한 수질변화가 두드러진 용출수로 이루어져 있다(choi, 1990). 그리고 정량적인 추산은 불가하나 항공원격탐사 결과 서귀포시 숲섬부근, 신촌 및 삼양 부근에서 해저용출수도 일부 알려져 있다(이, 1992). 제주도 지하수 개발사업의 큰 성과는 제주도의 생활환경과 세계적인 관광지로 발돋움하는데 획기적인 발전을 가져왔으나 일부 해안지역과 인구 밀집지역 지하수원의 과다사용으로 인한 기존 용천수의 용출량의 현저한 감소 추세와 지하수오염의 증가 및 지하수의 고염분함양 등 그 이용면에서 여러가지 문제가 대두되고 있다(고 등, 1992, 1993; 김 등, 1992; 김 등,

1994; 오 등, 1995; 유 등, 1986, 1989; 윤, 1994; 윤, 1986; 최 등, 1989; 한, 1991).

따라서 본 연구는 지하수원의 과다사용과 기타 도시화 및 개발 등에 따른 지하수맥의 단절 등으로 인한 일부 기존 용천수 용출량의 뚜렷한 증감여부를 과거자료(건설부, 1993)와 비교하여 제시하였고, 용천수량이 계절에 따라 증감이 일어나리라 예상되는 본도 전역에 산재되어 있는 용천수 중 비교적 수량측정이 양호한 중산간 및 저지대에 5개 지역, 해안지대 14개 지역에서 매월 용출량을 측정하여 계절별 수량변화를 조사하였으며, 조수위 영향에 따라 수량변동이 예상되는 지역을 대상으로 28시간 용출량 변화를 측정하여 조석에 따른 용출량의 변화특성을 연구하였다.

본 연구 결과는 제주도 용천수의 이용관리 대책을 수립하는데 기초자료로서 유용하게 활용될 수 있는 것으로 사료된다.

II. 연구지역의 개요

2-1. 지형 및 지질

제주도의 지형은 해발고도와 경사도에 따라 해안가에서 해발고도 약 200m까지의 해안저지대, 200~600m 사이의 중산간지대, 그 이상에서 한라산 정상부근까지의 한라산체 등으로 구분되며, 남북 양사면에는 대지상의 해안저지대와 중산간지대의 면적이 좁고 한라산체가 많은 부분을 차지한다(건설부, 1993).

지질은 화산분출암인 현무암류,

조면암류, 조면질안산암류와 화산분출물 및 화성쇄설퇴적암, 사구 등으로 구성되어 있고 이밖에 노두로는 나타나지 않지만 화강암이 응회암내에 포획암으로 발견되며, 감람석회석현무암의 분포가 시추 조사자료에서 확인되었다. 또한 제주도 사라봉 및 여러 곳에서 화강암력이 발견되는 것으로 보아 중생대 화강암류가 본도의 기저를 이루는 것으로 추정하고 있다(한, 1991).

수계는 제주도의 지형 및 지질특성에 따라 특이한 양상을 나타낸다. 본도의 하천은 대체로 한라산과 동서장축을 분수령으로 하여 약 60여개의 대소하천이 남류 또는 북류하여 본도의 동·서부지역에서는 하천의 발달이 극히 빈약하다(김, 1992).

하천두부(head water) 침식의 선단표고는 1,400~1,600m 정도이며, 하천의 수원은 거의 모두가 용천수에 기원을 두고 있다. 대부분의 하천은 유로상에 발달된 투수층과 절리구조를 통하여 유수가 지하로 침투하여 건천을 이루고 있으며, 강우시 일시적으로 유량을 갖는 간헐천의 특성을 갖고 있다. 건기에도 물이 흐르는 하천으로는 북류천중도근천, 산지천, 한림천이 있고 남류천으로는 중문천, 강정천, 창고천 등이 있으며 이들은 모두 하류지역 용천수에 그 수원을 두고 있다.

2-2. 강수량

강수량은 용천수의 용출량에 가장 큰 영향을 주는 인자로 조사지역의 강수량은 제주, 고산고층, 서귀포, 성산 기상관측소에서 1994. 5~1996. 5월에

측정된 자료이다(기상청, 1994~1996). 조사기간동안의 강수량은 Fig. 1과 같이 '95년 7월에 평균 581mm로 최대 강수량을 보였고, '94년 6월, 8월, 95년 5월, 8월에 각각 226.4mm, 345.3mm, 224.7mm, 240.7mm로 다른 월에 비하여 많이 나타났으며, '95년 12월에 16.2mm로 가장 적었

고, '94년 11월, 12월, '95년 11월, 96년 2월에 각각 23.3mm, 29.2mm, 33.7mm, 26.9mm로 40mm미만이었으며, 특히 용출량 측정이 있었던 '95년 7월부터 96년 5월 사이 갈수기 기간에는 평균 29.6mm의 강수량을 보여 조사지역 용천수의 용출량을 감소시키는데 큰 영향을 미쳤다.

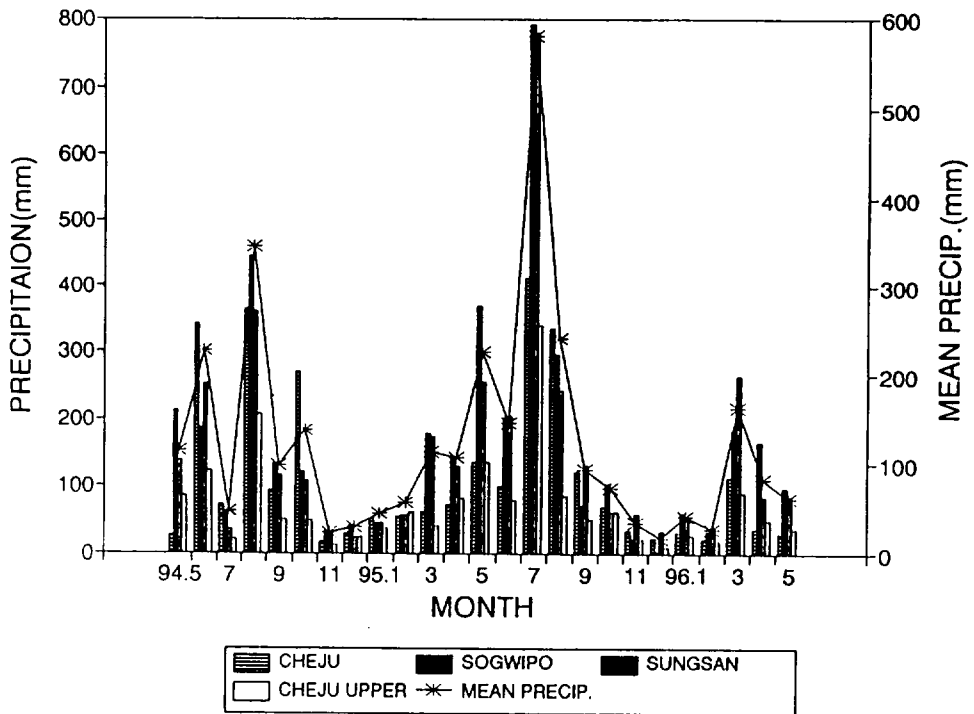


Fig. 1. Monthly variation of precipitation from May, 1994 to May, 1996.

1994년 5월부터 1996년 5월까지 2년 1월동안 강수량 분포를 보면 제주지역이 2,920.0mm(월평균 116.8mm), 서귀포지역이 4,057.9mm(월평균 162.3mm), 성산포지역이 3,761.4mm(월평균 150.5mm), 고산고층지역이

1,792.2mm(월평균 71.7mm)로 서귀포지역이 최대를 보였고, 고산에서 최저를 보였으며, 제주전체 평균 강수량은 3,133.4mm(월평균 125.3mm)를 보였다.

II. 재료 및 방법

3-1. 용천수의 수량측정

강수량에 따른 용출수량의 변화정도를 조사하기 위해 1995년 7월부터 1996년 5월까지 매월 말일에 용출지점에서 용천수량을 측정하였다(Table 1, Fig. 2). 용천수량 측정방법으로는 유량이 많은 지역은 용천수 유로를 Box

모형으로 만들어 유속계(CM-1A Current Meter)를 사용하여 측정하고, 유량이 적은 지역은 규격 비이커(3,000, 5,000cc) 및 적당한 규격의 부위를 이용하여 측정하였다. 28시간 용출량 측정시 전기비전도도와 수온은 현장에서 conductivity meter (Orion medel 120)와 수온온도계를 이용하였고, 용출수위 측정은 줄자를 이용하여 측정하였다.

Table 1. Sampling locations.

Region	No.	Spring name	Location	Remarks
Middle (200~600m)	M6	Yusuarmchun	Pukcheju-gun aewal-eup kumduk-ri	Measurement of Spring Water Quantity
Low (10~200m)	L5	Sosmul	Seogwipo-shi burhwan-dong	Measurement of Spring Water Quantity
	L6	Woonyangchun	Seogwipo-shi yongwhung-dong	Measurement of Spring Water Quantity
	L7	Kangjungsuwon	Seogwipo-shi kangjung-dong	Measurement of Spring Water Quantity
	L11	Saekdalsensu	Seogwipo-shi saekdal-dong	Measurement of Spring Water Quantity
Coast (<10m)	C1	Sanjmul	Cheju-shi gunreep-dong	Measurement of Spring Water Quantity
	C3	Sinch'onk'nnull	Pukcheju-gun cochun-eup sinch'on-ri	Measurement of Spring Water Quantity
	C4	Sinch'onk'nnull2	Pukcheju-gun cochun-eup sinch'on-ri	Measurement of Spring Water Quantity
	C6	Semurungmul	Pukcheju-gun kujwa-eup hardo-ri	Measurement of Spring Water Quantity
	C8	Gongchunpo	Namcheju-gun namwon-eup sinyea-ri	Measurement of Spring Water Quantity
	C9	Dot mul	Namcheju-gun anduk-myun hwasun-ri	Measurement of Spring Water Quantity
	C14	Jungkeummul	Pukcheju-gun haniim-eup kurneng-ri	Measurement of Spring Water Quantity
	C17	Kwakgimul	Pukcheju-gun aewal-eup kwakgi-ri	Measurement of Spring Water Quantity
	C23	Oleamul	Cheju-shi dodu-dong	Measurement of Spring Water Quantity
	C25	Yongyeunchun	Cheju-shi yongdam-dong	Measurement of Spring Water Quantity
	C26	Jaguri	Seogwipo-shi seogwi-dong	Measurement of Spring Water Quantity
	C26-1	Sojungbang	Seogwiop-shi seogwi-dong	Measurement of Spring Water Quantity
	C27	Nokgomul	Namcheju-gun hangyong-myun kosan-ri	Measurement of Spring Water Quantity
	C28	Ongpochun	Pukcheju-gun haniim-eup Ongpo-ri	Measurement of Spring Water Quantity

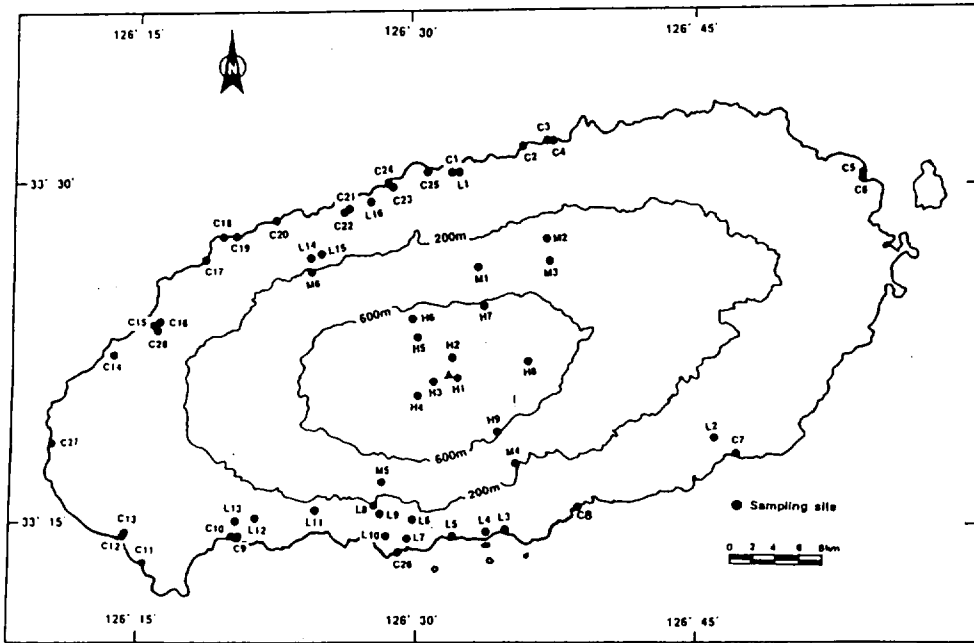


Fig. 2. Study area and location of spring water sampling site

IV. 결과 및 고찰

4-1. 지역별 용천수의 수량변화

4-1-1. 중산간지역

본도의 고지대 용천수는 주수(perched water) 형태의 상위지하수로부터 용출되고 있다. 기 조사된 중산간 및 고지대에 위치한 용천수는 현재까지 총 20개소에서 32,000톤/일가 용출되는 것으로 추정하고 있다(건설부, 1993).

현재까지 기개발된 고지대 용천수는 어승생 및 구구곡 용천수를 비롯하여 성판악, 선돌, 돈내코, 가시머리 등이 있다(건설부, 1993). 고지대 용천수는 부존량은 한정되어 있으나, 수질이 양호하고 자연유하식 용

수공급이 가능하여 본도 중산간지역의 용수공급에 큰 역할을 하고 있다. 그러나 용출지점이 분산되어 있고 일부 몇 개소를 제외하면 용출량이 적고 강수량에 직접적인 영향을 받는 관계로 계절별 수량의 변화가 심하여 안정적인 용수공급에 어려움이 있다.

본 조사에서는 표고 160~210m의 중산간 지대와 저지대에 위치하고 있는 유수암천, 색달생수, 운량천 등 3지역 용천수의 용출수량변화를 관측하였다(Fig. 3, Table 2). Fig. 3에서와 같이 조사지역 용천수의 용출량은 강수량에 밀접한 영향을 받고 있음을 알수있었다. 1995년 7월 풍수기때 강수량이 581.0mm 내렸을때 이들 3곳 용천수의 용출량은 모두 증가하였는데, 유수암천, 운량천이 각

각 616톤, 1,500톤 정도가 용출되었고, 색달생수는 1530톤으로 최대의 용출량을 보였다. 그러나 갈수기인 '96년 1월에 유수암천이 68톤, 운량천은 4월에 544톤, 색달생수는 1월과 2월에 443톤정도로 용출량이 급

격히 감소하였다. 그러나 '96년 3월에 164mm의 강수가 내렸을때 색달생수만 259톤 정도로 증가하였을뿐 유수암천과 운량천의 용출량은 감소한 것으로 보아 가뭄이 장기화되었음을 알 수 있다.

Table 2. Data on spring water quantity from this study and the other related organizations and study.

Spring Resion	Spring site	Name	Spring Water Quantity(m ³)						Study Result(1996)		
			MC (1967)	AFDC (1970)	WRDC (1981)	WRDC (1982)	AFDC (1989)	WRDC (1993)	Min.	Max.	Avg.
Middle Mt.	Aewaleup Kumdukri	Yusuarmchun							98	616	250
	Seogwiposhi Saekdaldong	Saekdalsensu							0	1,530	443
	Seogwiposhi Yongwhungdong	Wonyangchun							544	1,500	823
East	Jochuneup Sinch'onri	Sinch'onk'nmul		13,590				13,590	7,400	28,051	19,673
	Kujwaeup Hadori	Semurungmul			18,000			18,000	8,754	18,640	12,706
West	Aewaleup Kwakgeri	Kwakgimul			12,000	10,000		10,000	10,001	29,630	16,742
	Haniimeup Ongpori	Ongpochun	35,017		40,000	30,000	39,650	30,000	16,610	56,450	28,628
	Haniimeup Haniinri	Jungkeummul							0	12,350	4,849
	Hangyongmyun Kosanri	Nokgomul							50	186	106
South	Andukmyon Hwasunri	Dotmul		3,740	3,600	2,000	3,740	2,000	1,383	3,800	2,199
	Seogwiposhi Kangjungdong	Kangjungchun		64,570	24,000	25,000	64,570	25,000	30,551	49,850	36,901
	Seogwiposhi Burgwandong	Sosmul		15,650					9,971	19,500	13,118
North	Seogwiposhi Seogwidong	Jaguri		4,480	50,000	53,800	4,480	53,800	8,160	15,630	10,512
	Seogwiposhi Seogwidong	Sojungbang		5,210	5,500	5,000	5,210	5,000	2,200	4,750	3,228
	Namwoneup Shinyeari	Gongchunpo		6,120			6,120	6,120	5,630	14,530	9,143
North	Chejushi Gunreepdong	Sanjimul		10,410			10,410	10,410	2,310	12,860	7,065
	Chejushi Dodudong	Oeamul		6,050			13,000	13,000	0	20,310	6,890
	Chejushi Yongdamdong	Yongyeanchun			3,000	3,000		3,000	0	10,268	4,527

Note : * MC : The Ministry of Construction

* AFDC : The Agriculture and Fishery Development Corporation

* WRDC : The Korea Water Resources Development Corporation

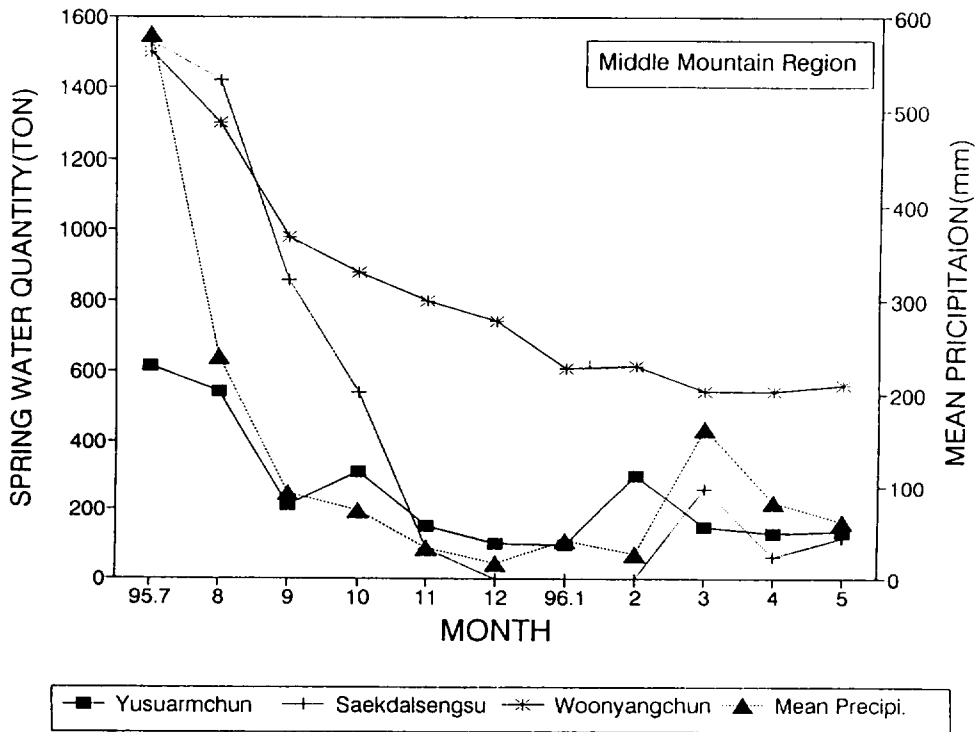


Fig. 3. Monthly variations of spring water quantity and mean precipitation in the middle mountain region.

4-1-2. 동부지역

제주도 수자원종합개발 보고서에 의하면 동부지역에 분포하고 있는 용천수는 지하수 부존형태에 근거할 때 용천수는 기저용출수로 보고 있으며, 150여개소의 용천수에서 약 374,390톤/일 정도가 용출하는 것으로 조사되었었다. 이 중에서 현재 개발되어 이용되고 있는 용천수는 토산, 세화, 어항, 온평, 말물, 신산, 신천등과 하도리지역에서 양어장 및 농업용수로 이용되는 용천수 등이 있다(건설부, 1993). 이들 용천수 중 용출량이 10,000톤/일 이상의 이용율을 보이는 용천수는 11개소에서

약 188,180톤/일 정도가 용출되고 있으며 이용율은 약 50% 정도를 차지 하고 있다(건설부, 1993). 본 지역 용천수의 유출량은 지하수함양량 추정치 2,046,000톤/일의 약 18%를 차지하고 있으며 그외의 많은 양의 용천수가 해안변을 따라 유출되고 있는 것으로 알려져 있다(건설부, 1993).

본 조사에서는 신촌리 신촌큰물과 하도리 서느렁물 2지역의 용출수량의 변화를 관측하였다(Fig. 4, Table 2). Fig. 4에서와 같이 용출량이 중산간지역 보다 강수량에 덜 영향을 받고 있음을 알 수 있었다.

신촌큰물과 서느렁물은 갈수기와 풍수기에 관계없이 연중 마르지 않

고 용출되었으며, 7월 풍수기때 각각 28,051톤, 18,640톤이 용출되어 최대 용출량을 보였고 신촌큰물인 경우 96년 3월에 7,400톤으로 최소를 보였으며, 서느렁물은 12월 8,754톤으로 최소를 보였다. 평균 용출량은 각각 19,673톤, 12,706톤으로 신촌큰물인 경우 농진(1970, 1989) 측정치보다 약 6,000톤이 많았으며, 서느렁물은 수공(1981, 1993) 측정치보다

약 5,000톤이 적었다(Table 2). 신촌큰물인 경우 2, 3월달에 용출량이 급격히 감소하는 현상을 보였는데 이는 이 기간 동안에 가뭄이 최대였음을 나타내고 있다. 한편, 서느렁물은 Fig. 4에서와 같이 용출수량이 월별 변화가 조석의 영향에 따라 정현곡선(sine curve)을 그리며 운동하고 조석에 따라 용출량의 증감이 발생하고 있음을 알 수 있었다.

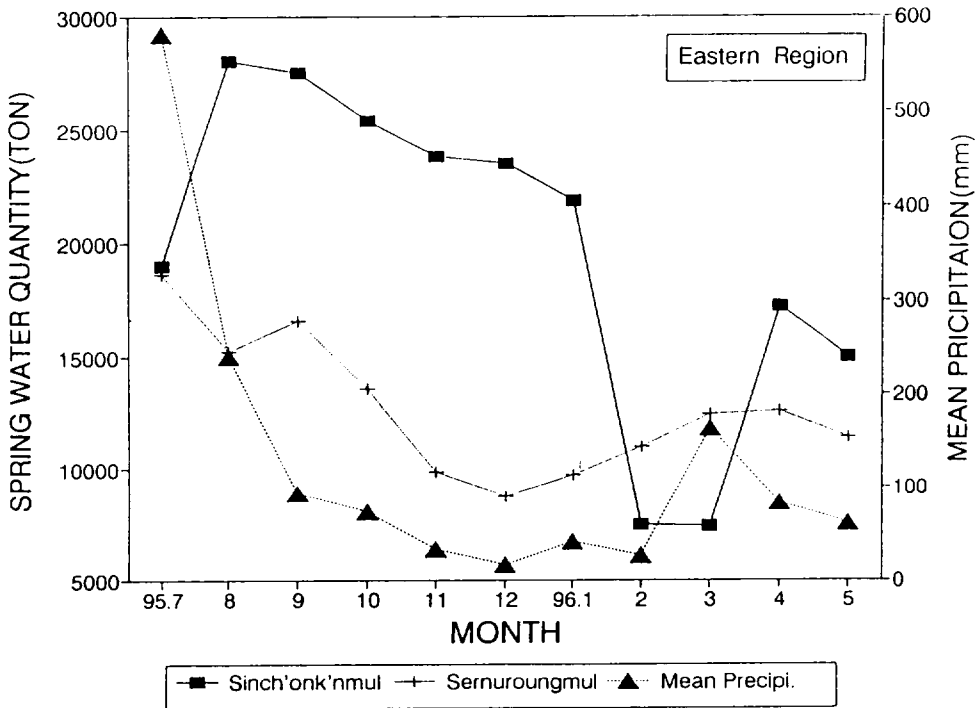


Fig. 4. Monthly variations of spring water quantity and mean precipitation in the eastern region.

4-1-3. 서부지역

서부지역의 용천수 산출상태는 주로 기저 또는 준기저용천수로 추정

하고 있다(건설부, 1993). 본 지역의 용천수는 총 103개소에서 157,600톤/일가 용출하는 것으로 조사되었다. 이 중에서 현재 개발되어 이용되고

있는 용천수는 옹포천, 서림용천수 등이 있으며, 약 10,000톤/일 이상의 용출량을 보이는 용천수는 5개소 정도가 분포하며 이곳에서 용출량은 약 91,000톤/일 정도로 본 지역 용출량의 58%를 차지하고 있다(건설부, 1993)

본 조사에서는 광지물, 옹포천, 정금물, 녹고물 4지역 용천수의 용출수량 변화를 관측하였다(Fig. 5). Fig. 5에서와 같이 용출량의 변화는 강수량의 정도에 약하게 영향을 받고 있음을 알 수 있다. 옹포천과 광지물은 연중 마르지 않고 용출되었으며, '95년 7월 풍수기때 각각 56,450톤,

29,630톤이 용출되어 최대 용출량을 보였고, 두지역 모두 '96년 3월에 16,610톤, 10,001톤으로 최소를 보였으며, 최대 용출량과 최소치와의 차는 각각 39,840톤, 19,628톤으로 옹포천이 더많은 변화폭을 보였다. 평균 용출량은 각각 28,628톤, 16,742톤으로 옹포천인 경우 농진(1989) 측정치 보다 약 10,000톤 정도 줄어든 양이었고 수공(1981, 1993) 측정치와는 거의 일치하는 양이었으며, 광지물은 수공(1981, 1982, 1993)보다 약 7,000톤/일이 증가된 양으로 조사되었다(Table 2). 정금물은 12월과 1월 갈수기인 동절기에 용출되지

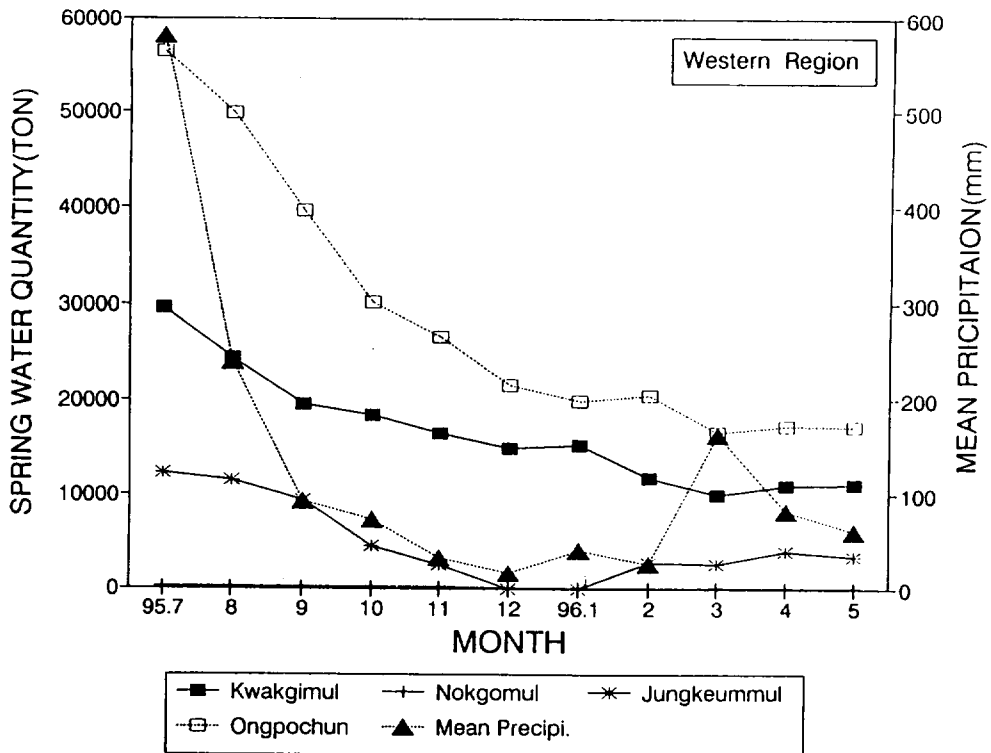


Fig. 5. Monthly variations of spring water quantity and mean precipitation in the western region.

않았고 7월 풍수기때 12,350톤이 용출되어 최대 용출량을 보였으며, 최대 용출량과 최소 용출량의 차이는 12,350톤을 보여 평균 4,849톤이 용출되었다.

4-1-4. 남부지역

남부지역의 용천수 산출상태는 상위용천수로 보고 있다(건설부, 1993). 본 지역의 용천수는 총 67개소에서 약 320,940톤/일 정도가 용출하는 것으로 조사되었다. 이 중에서 현재 개발되어 이용되고 있는 용천수는 강정천, 천제연, 정방 용천수가 있으

며, 약 10,000톤/일 이상의 용출량을 보이는 용천수는 8개소 정도가 분포하고 있으며 이곳에서의 용출량은 약 177,410톤/일 정도로 본 지역 용출량의 55%를 차지하고 있다(건설부, 1993).

본 조사에서는 화순돛물, 큰강정물, 법환솥물, 자굴이, 소정방, 공천포 등 6지점의 용출량의 수량변화를 관측하였다(Fig. 6). Fig. 6에서 보는 바와 같이 갈수기에 마르지 않고 전 지역 모두 연중 용출하고 있으나 용출수량은 강수량의 변화에 큰 영향을 받고 있다. 강수량이 가장 많은 7월에 공천포가 14,530톤, 화순돛물

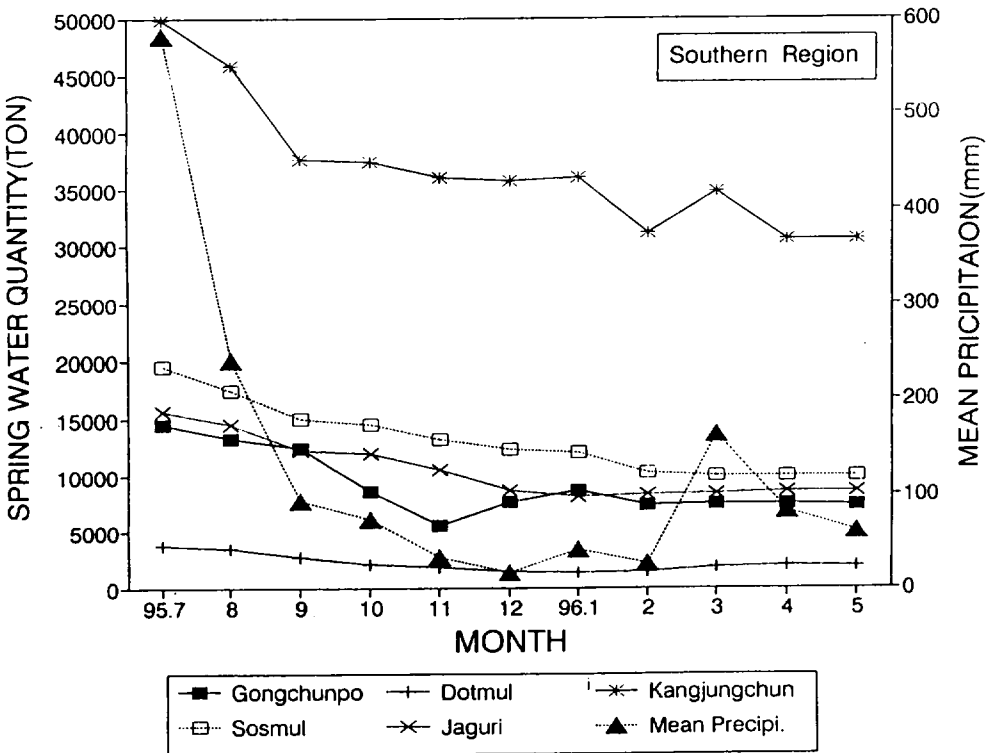


Fig. 6. Monthly variations of spring water quantity and mean precipitation in the southern region.

이 3,800톤, 강정천이 49,850톤, 법환
 솟물이 19,500톤, 소정방이 4,750톤,
 자굴이가 15,630톤으로 이들 모두가
 최대 용출량을 보였으나 갈수기때인
 1월에 화순돛물과 자굴이는 각각
 1,383톤, 8,100톤, 4월에 강정천과 법
 환솟물은 30,551톤, 9,971톤, 5월에
 소정방이 2,200톤, 11월에 공천포가
 5,630톤으로 최소의 용출량을 보였
 다. 특히 공천포가 11월에 최소 용
 출량을 보인 것은 강수량의 영향보
 다는 일시적으로 상부지역(롯데공
 장)에서 공업용으로 취수를 하였기
 때문으로 사료된다.

연구지역에서 기 조사된 자료와
 비교하여 보면 Table 2에서 보는 바
 와 같이 화순돛물인 경우 수공
 (1981, 1993)과는 비슷하지만 농진
 (1970, 1989) 조사자료 보다 약
 1,500톤 정도가 감소했다. 큰강정물
 은 수공(1981, 1982, 1993)보다
 11,000톤이 증가한데 반해 농진
 (1970, 1989)보다는 약 28,000톤이
 감소한 값을 보였다. 법환솟물은 농
 진(1970)보다 약 2,500톤이 감소한
 값을 나타냈으며, 자굴이는 농진
 (1970, 1989)보다 약 5천톤이 증가했
 으나 수공(1981, 1982, 1993)보다는
 약 44,000톤이 감소한 값을 보였으
 며, 소정방은 용출량이 약 2,000톤이
 감소한 값을 나타냈고, 공천포는 약
 3,000톤이 증가한 값을 보였다.

4-1-5. 북부지역

북부지역의 용천수 산출상태는 상
 위용천수 또는 준기저용천수인 것으
 로 알려져 있다(건설부, 1993). 용출
 량 기준으로 약 10,000톤/일 이상이

용출되고 있는 용천수는 현재 개발
 되어 이용되고 있는 삼양, 금산, 외
 도 용천수를 포함하여 8개소로서 용
 출량은 약 156,380톤/일에 이르러
 본 지역 총용출량 약 225,280톤/일
 의 약 69%의 비중을 차지하고 있다
 (건설부, 1993).

본 조사에서는 산지물, 오래물, 용
 연천 등 3지역 용출량의 수량변화를
 관측하였다(Fig. 7). Fig. 7에서와 같
 이 산지물만이 갈수기와 풍수기에 관
 계없이 연중 용출하며 오래물은 1월
 에서 4월까지 용출되지 않고, 용연천
 은 12월에 용출되지 않았다. 특히 오
 래물은 강수량의 정도에 따라 많은
 영향을 받아 1995년 7월 강수량이
 581.0mm정도 내렸을 때 용출량은
 12,860톤/일로 최대치를 보였고 산
 지물도 영향을 받아 7월말에 20,310
 톤/일로 용출량이 많이 증가하였으며,
 산지물은 3월에 2,310톤으로 최저용
 출량을 기록했다. 용연천은 10월에
 10,268톤으로 최대 용출량을 보이고
 12월에 최저용출량을 기록했다. 평
 균 용출량은 산지물, 오래물, 용연천
 이 각각 7,065톤, 6,890톤, 4,527톤이
 용출되었으며 산지물은 농진(1970,
 1989), 수공(1993)의 기존자료 보다
 약 3,500톤이 감소했고, 오래물은 농
 진(1970)의 조사결과와는 비슷하나,
 수공(1993)의 자료보다는 6,200톤이
 감소했다. 용연천은 수공(1981, 1982,
 1993)의 자료보다 1,500톤이 증가하
 여 전반적으로 이들 기존자료와 많
 은 차이를 보였는데 이는 이들기관
 의 용출량 측정시기가 월별로 주기
 적인 측정없이 최대 혹은 최소 용출
 시기에 일시적인 용출량 측정이 행
 하여 졌기 때문으로 사료된다.

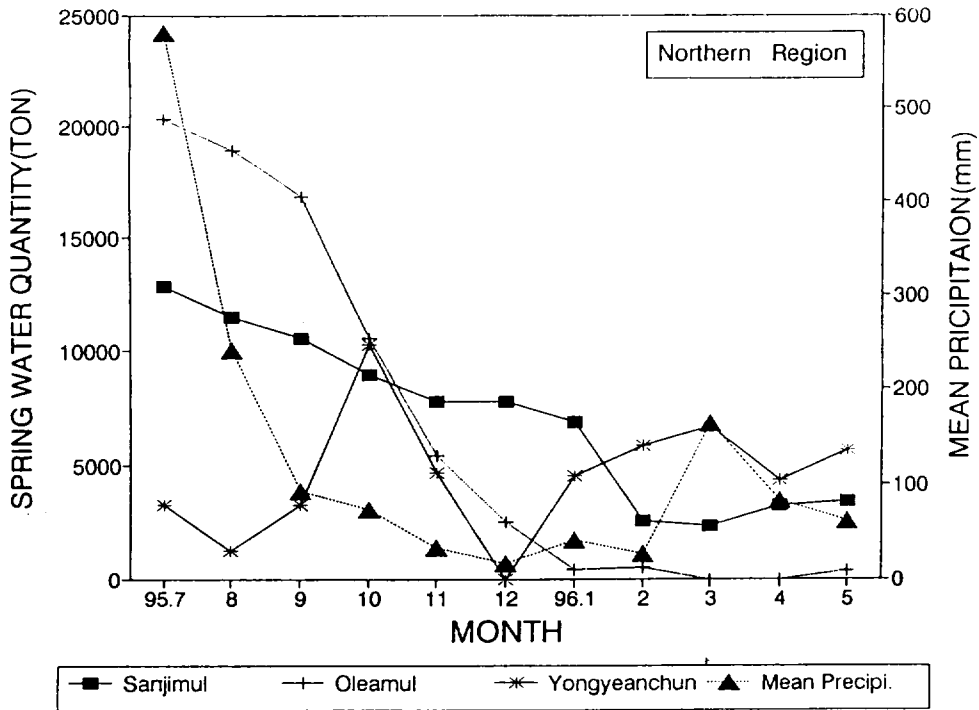


Fig. 7. Monthly variations of spring water quantity and mean precipitation in the northern region.

따라서 이상이 연구결과를 종합하여 볼 때, 본 조사 결과와 몇몇 기관에서 조사한 용출수량과는 다소 차이를 보이는 곳이 많은데, 동부지역의 신촌큰물(약 6,000톤), 서부지역의 괄지물(약 7,000톤), 남부지역의 강정천(약 11,000톤 ; 수공), 자굴이(약 5,000톤 ; 농진), 공천포(약 3,000톤), 북부지역의 용연천(약 1,500톤)은 용출량이 기존자료보다 증가한 반면, 동부지역의 서느렁물(약 5,000톤), 서부지역의 옹포천(약 10,000톤), 남부지역의 화순돛물(약 1,500톤), 강정천(약 28,000톤 ; 농진), 자굴이(약 43,000톤 ; 수공), 산지물(약 3,500톤), 오래물(약 6,200

톤)은 기존자료보다 용출량이 감소한 것으로 조사되었다.

이와 같이 본 조사 결과와 기존자료가 용출수량의 차이를 보이는 것은 기존 조사자료들이 월별로 장기적인 용출수량 측정이 이루어지지 않았기 때문으로 사료된다. 따라서 이와같은 차이를 보완하기 위해서는 지정된 곳에 용출수 측정 모니터링 시스템을 설치하여 월별 혹은 일별로 용출수량의 장기적인 측정이 필요한 것으로 사료된다. 윤(1994)에 의하면 그간의 제주도의 평균지하수위 강하량이 개발당시보다 전반적으로 1.37m나 하강하였음을 지적하였는데, 이러한 증거들은 해안지대 용출수를 조사하여 보

면 기 사용되었던 용천수가 용출되지 않음으로써 사용하지 않는곳을 여러곳에서 확인되었다. 이는 지하수개발 초기보다 현재 지하수 부존량이 상당히 감소 하였음을 의미하는 것으로서, 대표적인 지역에 용출수 모니터링 시스템을 설치하여 용출수량의 변화과정을 규명하므로써 적정 지하수 사용량을 조절할 수 있을 것으로 사료된다. 즉 어느지역의 용출수량이 급감하였을 경우나 기존용출수의 유출이 중지되었을 때는 지하수 사용량이 공급량보다 많았음을 보여주는 것이며, 이러한 상태에서 계속적으로 지하수를 사용한다면 용천수 고갈과 해수침입과 같은 문제점들이 발생할

것으로 사료된다.

4-2. 28시간 용천수 수량변화 특성

본 연구지역 중 북부지역 용연천은 제주시 용담동에 위치하며 간조시에는 용출이 일시 멈추었다가 만조시에만 용출되는 특이한 특성을 갖는 지역이다. 제주도에 산재하는 해안용출수중 이와같은 특성을 갖는 용출수가 많으리라 사료되어 96년 5월 4일 14시부터 5월 5일 17시까지 매 1시간씩(용출시에는 30분 간격으로) 28시간 동안 조수위에 따른 용천수의 용출량의 변화, 전기비전도도, 용출수위, 용출수온을 동시에 측정하였다.

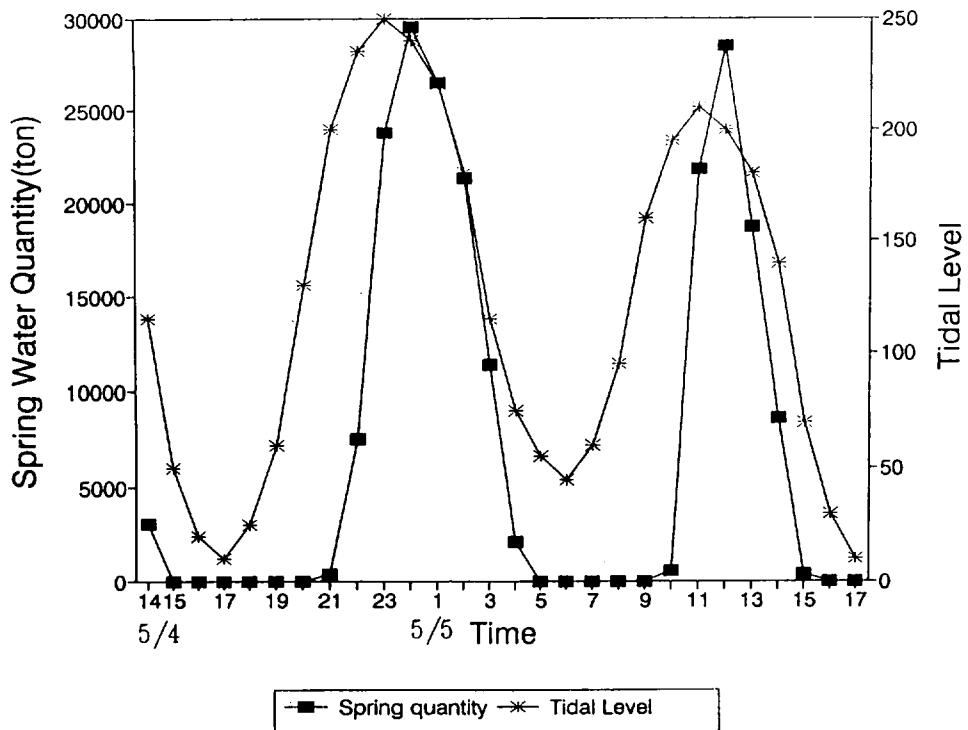


Fig. 8. Variations of spring water quantity and tidal level in the Youngyeonchun.

Fig. 8은 용천수 유출량이 조수위 영향에 따라 정현곡선을 그리며 운동하고 있음을 보여주는 데, 최저조 시에는 약 2시간전(5월 4일 15시), 저조시에는 약 1시간전(5월 5일 05시)에 용출이 멈추고, 최저조 및 저조 약 3시간 후(5월 4일 20시, 5월 5일 09시)에 용출이 시작되어 최고조 및 고조 약 1시간 후(5월 5일 0시, 12시) 최대 용출량을 보였다. 28시간동안 용출되는 기간은 17시간이었고 용출이 멈춘기간은 11시간이었으며 최대용출량은 최고조 시간 약 1시간 후인 0시에 29,500톤/일이었고, 최소용출량은 0톤/일로 용출이 일시 중단된 상태였으며, 평균 용출

량은 7,294톤/일이었다.

Fig. 9는 조수위 영향에 따른 용천수의 전기비전도도의 변화를 보여주는 것인데, 5월 4일 19시부터 21시까지를 제외하고는 조석에 따라 전기비전도도가 유사하게 증감하고 있음을 볼 수 있다. 최고조 약 3시간 후(5월 5일 01시) 1,115S/cm로 가장 높았고, 최저조 약 1시간 전(5월 4일 16시)에 372S/cm로 가장 낮았다.

Fig. 10은 조수위 영향에 따른 용출수위의 변화정도를 보여주는 것인데, 조수위와 약 1시간 간격을 두고 조석의 영향을 밀접하게 받고 있음을 볼 수 있다. 즉 최저조 1시간후

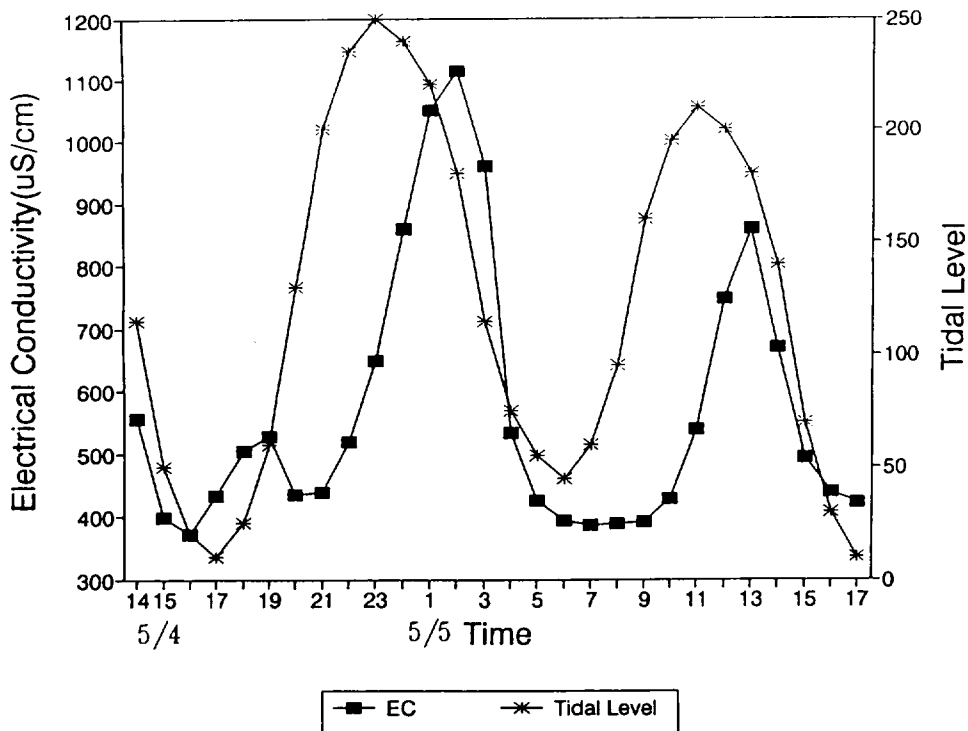


Fig. 9. Variations of electrical conductivity and tidal level in the Youngyeonchun.

(5월 4일 18시) 최대 -86cm 용출수위가 하강하였으며 최고조 및 고조 약 1시간후(5월 5일 0시, 12시) 58cm로 용출수위가 상승하였다.

Fig. 11은 조수위 영향에 따른 용천수의 수온 변화를 보여주는 것이다. 용연천 용출수의 수온은 14.4°C에서 14.6°C의 범위를 보였으며 최저조 및 저조시때 수온이 떨어지고, 최고조 및 고조시때 수온이 상승하며 저조시때 최저수온을 보였다. 이는 해수의 영향을 받지 않고 해수보다 수온이 낮은 용천수의 수온이 측정되어 최저 수온을 보인 것으로 사료되며, 고조시 수온이 올라가는 것

은 해수의 혼합에 의한 영향을 받고 있는 것으로 사료된다. 본 연구를 통하여 용연천은 조석 영향에 따라 용출수량 및 수질 그리고 전기비전도도와 수온이 현저하게 영향을 받고 있음을 알 수 있다.

따라서, 본 연구를 포함하여 제주도 해안 용천수에 대한 연속적인 용출수량, 용출수위, 전기비전도도 등의 연구를 시도할 경우 해안별 용천수의 조석의 영향 정도 규명과 용천수의 이용관리 대책을 수립하는데 유용한 연구자료를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

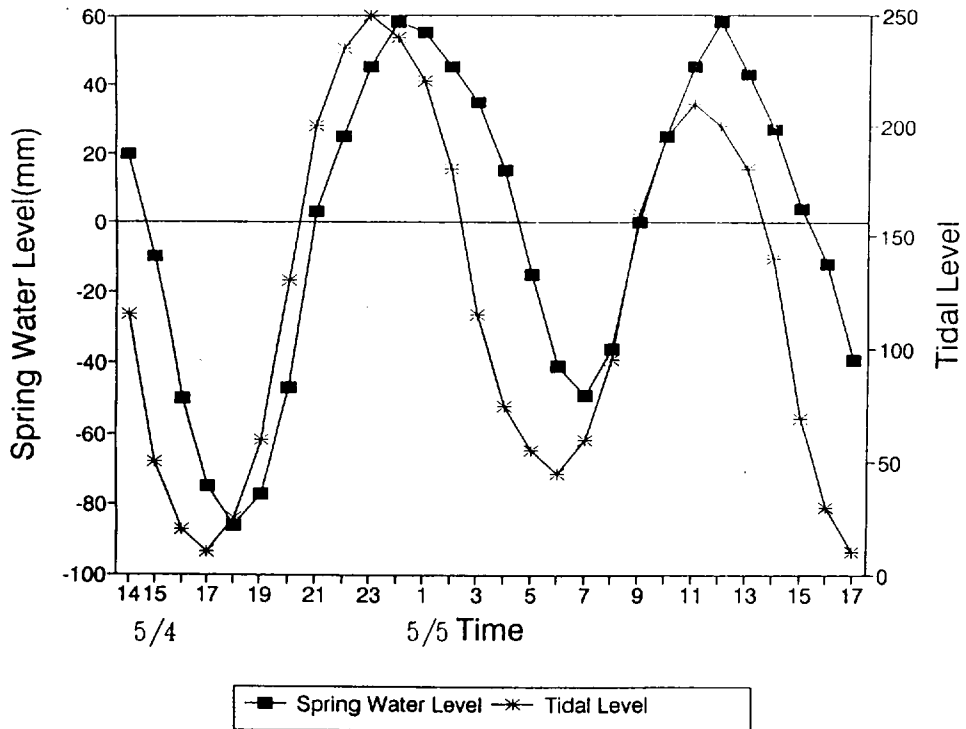


Fig. 10. Variations of spring water level and tidal level in the Youngyeonchun.

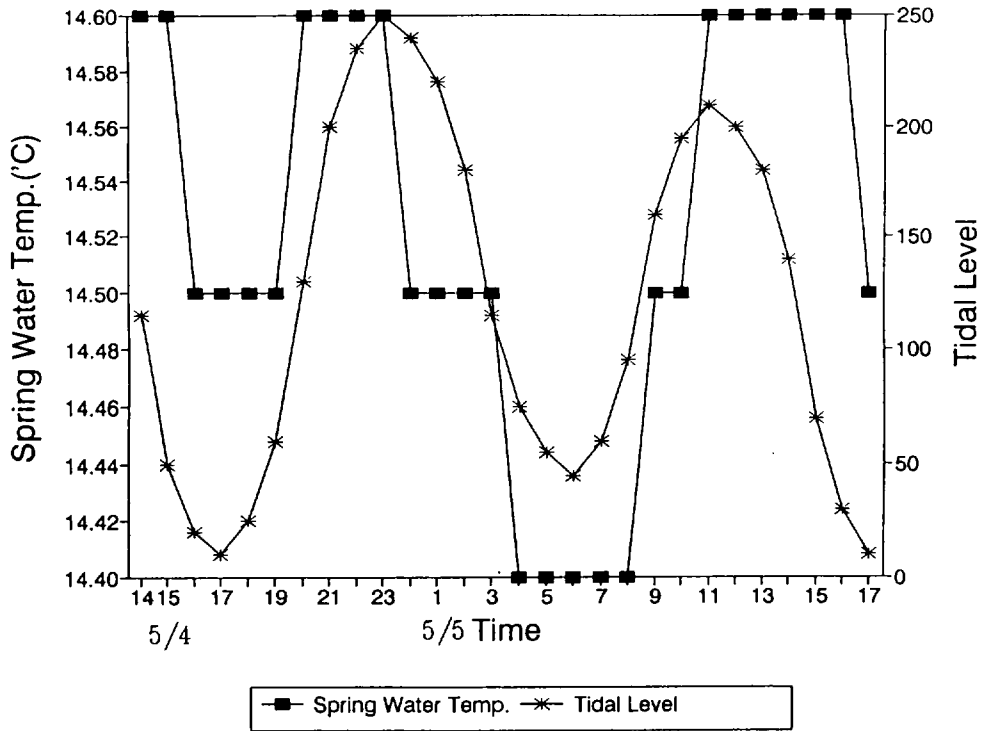


Fig. 11. Variations of spring water temperature and tidal level in the Youngyeonchun.

V. 결 론

1. 제주도 전역에 산재되어 있는 용천수 중 19개 용출수를 대상으로 월별용출량 측정결과 중산간지역 용천수의 용출량은 강수량에 밀접한 영향을 받았으며, 1995년 7월 풍수기때 용출량은 모두 증가 하였는데, 유수암천, 운량천이 각각 616톤, 1,500톤 정도가 용출되었고, 색달생수는 1530톤으로 최대의 용출량을 보였다. 그러나 갈수기인 '96년 1월에 유수암천이 68톤, 운량천은 4월에 544톤, 색달생수는 1월과 2월에 443톤 정도로 용출량이 급격히 감소하였다.

2. 동부지역 용천수의 용출량은

중산간지역 보다 강수량에 덜 영향을 받고 있음을 알 수 있었다. 신촌큰물과 서느령물은 갈수기와 풍수기에 관계없이 연중 마르지 않고 용출되었으며, 7월 풍수기때 각각 28,051톤, 18,640톤이 용출되어 최대 용출량을 보였고, 신촌큰물인 경우 96년 3월에 7,400톤, 서느령물은 12월 8,754톤으로 최소를 보였는데 이는 이기간 동안에 가뭄의 최대시기와 일치하였다.

3. 서부지역 용천수의 용출량 변화는 강수량에 영향을 받고 있음을 알 수 있었다. 옹포천과 팍지물은 연중 마르지 않고 용출되었으며, '95년 7월 풍수기때 각각 56,450톤, 29,630톤이 용출되어 최대 용출량을

보였고, '96년 3월에 각각 16,610톤, 10,001톤으로 최소를 보였으며, 최대 용출량과 최소치와의 차는 각각 39,840톤, 19,629톤으로 옹포천이 더 많은 변화폭을 보였다. 정금물은 갈수기인 12월과 1월에 용출되지 않았고, 7월 풍수기때 12,350톤이 용출되어 최대 용출량을 보였다.

4. 남부지역 용천수의 용출량은 갈수기때 마르지 않고 모두 연중 용출하고 있으나 용출수량은 강수량에 큰 영향을 받고 있었다. 강수량이 가장많은 7월에 공천포가 14,530톤, 화순돛물이 3,800톤, 강정천이 49,850톤, 법환솟물이 19,500톤, 소정방이 4,750톤, 자굴이가 15,630톤으로 모두가 최대 용출량을 보였으나, 갈수기때인 1월에 화순돛물과 자굴이는 각각 1,383톤, 8,100톤, 4월 강정천과 법환솟물은 30,551톤, 9,971톤, 5월 소정방이 2,200톤, 11월에 공천포가 5,630톤으로 최소의 용출량을 보였다. 특히 공천포가 11월에 최소 용출량을 보인 것은 강수량의 영향보다는 상부지역인 롯데공장에서 일시적으로 공업용으로 취수를 하였기 때문으로 사료된다.

5. 북부지역 용천수의 용출량은 산지천만이 갈수기와 풍수기에 관계없이 연중 용출하였으며 오래물은 1월에서 4월까지 용출되지 않고, 용연천은 12월에 용출되지 않았다. 특히 오래물은 강수량에 많은 영향을 받아 1995년 7월 581.0mm의 강수때 용출량은 12,860톤/일로 최대치를 보였고, 산지천도 7월말에 20,310톤/일로 용출량이 많이 증가하였으며, 산지물은 3월에 2,310톤으로 최저용출량을 보였다. 용연천은 10월에

10,268톤으로 최대 용출량을 보이고 12월에 최저용출량을 보였다.

6. 본 조사결과와 몇몇기관에서 동일지역에서 조사한 용출수량과는 다소 차이를 보이는 곳이 많은데, 동부지역의 신촌큰물(약 6,000톤), 서부지역의 괄지물(약 7,000톤), 남부지역의 강정천(약 11,000톤 ; 수공), 자굴이(약 5,000톤 ; 농진), 공천포(약 3,000톤), 북부지역의 용연천(약 1,500톤)은 용출량이 기존자료보다 증가한 반면, 동부지역의 서느렁물(약 5,000톤), 서부지역의 옹포천(약 10,000톤), 남부지역의 화순돛물(약 1,500톤), 강정천(약 28,000톤 ; 농진), 자굴이(약 43,000톤 ; 수공), 산지물(약 3,500톤), 오래물(약 6,200톤)은 기존자료보다 용출량이 감소한 것으로 조사되었다. 이와같이 본 조사와 기존자료와 차이를 보이는 것은 기존 조사자료들이 월별로 장기적인 용천수량 측정이 이루어지지 않았기 때문으로 사료된다.

7. 용연천에서 조수위에 따른 용출량이 정현곡선을 그리며 운동하고 있음을 보여주는데, 최저조시에는 약 2시간전, 저조시에는 약 1시간전에 용출이 멈추고, 최저조 및 저조 약 3시간 후에 용출이 시작되어 최고조 및 고조 약 1시간 후 최대용출량을 보였다. 최대용출량은 최고조 시간 약 1시간 후인 0시에 29,500톤/일이었고, 최소용출량은 0톤/일로 용출이 일시 중단된 상태였으며, 평균 용출량은 7,294톤/일이었다.

8. 용연천에서 조수위에 따른 전기전도도의 변화는 조석에 따라 그 값이 증감을 보였는데 최고조 약 3시간 후 1,115S/cm로 가장 높았고, 최저

조 약 1시간 전에 372S/cm로 가장 낮았다.

VI. 참고문헌

1. 고기원, 고용구, 김성홍, 오상실, 박원배, 윤선, 1992. 제주도 동부지역의 지하지질구조와 지하수위 변동 및 수질 특성에 관한 연구. 제주도 보건 환경연구원보, 3, p.15~43.
2. 고기원, 박원배, 윤정수, 고용구, 김성홍, 신승중, 송영철, 윤선, 1993. 제주도 동 서부지역의 지하수 부존형태와 수질 특성에 관한 연구. 제주도 보건환경연구원보, 4, p.191~222.
3. 기상청, 1994~1995, 기상연보, 122~202.
4. 김성홍, 송영철, 오순미, 김길성, 김태현, 김세라, 고광임, 고용구, 1994. 제주도내 상수도의 수질에 관한 조사연구. 제주도보건환경연구원보, 5, p.141~174.
5. 김종훈, 안종성, 1992. 제주도 용천수의 수질화학적 특성과 연대측정에 관한 연구. 대한 화학회지, 36(5), p.727~736.
6. 김천수, 1992. 제주도 지하수 환경의 오염취약성. 대한광산 지질학회 제8회 학술강연, p.13~28.
7. 농어촌진흥공사, 1973. 제주도와 OAHU도의 지하수. p.43~162.
8. 농어촌진흥공사, 1980. 제주도 지하수개발 현황과 전망. p.1~95.
9. 농어촌진흥공사, 1989. 제주도 지하수 장기개발계획 조사보고서. p.63~124.
10. 농어촌진흥공사, 1994. 지하수 개발과 농어촌용수. p.1~182.
11. 오순미, 김길성, 김세라, 김태현, 송영철, 강태조, 강지아, 김성홍, 고찬옥, 1995. 제주도내 샘터의 수질 조사. 제주도 보건환경연구원보, 6, p.81~99.
12. 유장걸, 정창조, 안종성, 송성준, 1986. 동위원소를 이용한 제주지역 수자원에 관한 연구. 제주대학교 방사능이용연구소 연구보고, 2, p.29~42.
13. 유장걸, 안종성, 정창조, 송성준, 1989. 동위원소를 이용한 제주지역 수자원에 관한 연구. 제주대학교 방사능이용연구소 연구보고, 4, p.35~56.
14. 윤정수, 1986. 제주도 동부지역 지하수의 고염도 요인에 관한 연구. 제주도 연구, 3, p.43~53.
15. 윤정수, 박상운, 1994. 제주도 지하수의 지역별 수질특성과 수위 변화. 제주대학교 해양연구소 연구보고, 18, p.59~83.
16. 이태섭, 1992. 해안지대 지하수 자원 조사를 위한 항공원격탐사. 제주도 수자원의 보전과 이용, p.7.
17. 최순학, 1988. 제주도의 형성과 지하수특성. 제주도연구회, 5, p.59~78.
18. 최순학, 1990. 제주도 수자원의 특성과 수질오염 연구(II). 과학기술원, KR-90-(B)-10, p.1~57.
19. 최순학, 김영기, 1989. 제주도 지하수의 수질특성. 대한지질학회지, 25(3), p.230~238.
20. 건설부, 1993. 제주도 수자원 종합개발계획 수립보고서. IV-3~IX-33
21. 한정상, 1982. 지하수학개론. 박영사, p.1~511.

22. 한정상, 1991. 제주도 환경보전 종합대책-수질오염 방지 장기계획을 중심으로. 환경처, p. 71~230.
23. Choi, S. H., 1990. Hydrogeological and Hydrochemical Characteristics of Groundwater in Cheju Island. Thesis for the Degree of Doctor of Science, Kyungpook National University, p. 1~169.