

## 제주도의 용천기구에 관한 수문학적 연구

고 병 련 · 조 현 경<sup>\*</sup>  
제주전문대학 환경공업과 · 영남전문대학교 토목과<sup>\*</sup>  
(1997년 3월 15일 접수)

## An Investigation of Hydrologic by Spring Mechanism in Cheju Island

Byoung-Ryoun Koh and Hyeon-Kyeong Cho<sup>\*</sup>  
Dept. of Environmental Engineering, Cheju Junior College  
<sup>\*</sup>Dept. of Civil Engineering, Yeungnam Junior College  
(Manuscript received 15 March 1997)

The characteristics of spring mechanism in the Cheju Island were analyzed by statistical techniques. Basic characteristics, areal and altitudinal variations, and correlations of spring data were investigated. In this study, however, the subjects of the study are the 451 springs, the whole basin of Cheju Island divided into four groups. In this study, analyzed the spring phenomena on the basis of both the geologic elements and the topographic elements.

Also, the spring zone in Cheju Island are classified into three types that the mountain area, the middle area, the coastal area in spring distribution by altitude. The quantity of spring and variability show subvariety on the average according to Meinzer's classification and the whole basin of spring shows various distributions from Third to Sixth.

The results of this study can be utilized to evaluate the condition of groundwater development in Cheju Island.

Key words : Spring mechanism, Meinzer's classification, spring distribution

### 1. 서 론

제주도에서 용천에 대한 과학적인 조사는 1965년에 지하자원 조사소의 지질조사로부터 시작되었으며, 1967년에 건설부 등에서 부분적인 조사가 이루어졌고, 보다 구체적인 조사로는 농업진흥공사(1972)에서 제주도 광역지하수조사를 통해 180여 개의 용천에 대해서 기초현장 조사를 실시한 바 있으며, 산업기지개발공사(1981)에서도 제주도 수자원개발 종합조사를 통해 일부 조사한 바 있다. 또한 고(1987, 1988)에 의해 제주도 지하수의 용출현상에 대

한 용천 분석(I, II)에 대한 연구가 발표되었다.

그 후 농어촌개발공사(1989)가 제주도 지하수보고서에서 총 149개 용천에 대한 조사결과를 발표한 바 있고, 한국수자원공사(1993)가 보고한 제주도수자원 개발계획 종합보고서에서 제주도의 용천은 403개 지점에서 용출되고 있다고 보고되고 있으며, 고 등(1995)에 의해 한라산 용천의 용출기구에 관해서 조사되었다. 그러나 아직까지 제주도 전역에 분포되어 있는 정확한 수의 용천조사는 미흡한 실정이다.

## 고 병 련 · 조 현 경

**Table 1. 연구대상지역의 용천현황**

지 역	위 치	면 적 (km <sup>2</sup> )	면적비율 (%)	용천지점수 (개소)	용출량 (m <sup>3</sup> /day)	총용출량의 대한 비율 (%)
I	제주시, 조천읍, 애월읍	392.0	21.7	147	410,035	33.4
II	한림읍, 한경면, 대정읍, 안덕면	402.0	22.2	118	159,825	13.0
III	서귀포시, 남원읍	492.4	27.0	100	417,590	34.0
IV	표선면, 성산읍, 구좌읍	523.4	29.1	86	240,000	19.6
총 계		1,810.0	100.0	451	1,227,450	100.0

**Table 2. 제주도 전역의 지역별 · 고도별 용천분포**

(단위 : m<sup>3</sup>/day)

지역 \ 고도	150m 이하	50~200m	200~400m	400~600m	600~1,100m	1,000m 이상
	용출량 (용천개소)	용출량 (용천개소)	용출량 (용천개소)	용출량 (용천개소)	용출량 (용천개소)	용출량 (용천개소)
I	380,630 (117)	1,275 (7)	500 (3)	430 (30)	8,670 (5)	18,530 (12)
II	139,510 (101)	19,720 (12)	595 (5)			
III	267,400 (58)	131,265 (21)	5,350 (4)	7,950 (7)	2,990 (3)	2,635 (7)
IV	233,920 (82)	6,080 (4)				
도전체	1,021,460 (358)	158,340 (44)	6,446 (12)	4,150 (10)	10,290 (8)	20,190 (19)

**Table 3. 고도별 용천의 출현빈도**

(단위 : %)

지역 \ 고도	50m이하	50~200m	200~400m	400~600m	600~1,000m	1,000m이상	지역별 출현빈도
I	79.6	4.8	2.0	2.0	3.4	8.2	32.5
II	85.6	10.2	4.2				26.2
III	58.0	21.0	4.0	7.0	3.0	7.0	22.2
IV	95.3	4.7					19.1
도전체	79.4	9.8	2.6	2.2	1.8	4.2	100.0

따라서 본 연구는 제주도 지하수의 직접적인 징후인 용천기구 특성을 규명함으로써 제주도 지하수의 수문학적 특성을 파악하는데 그 목적이 있다.

### 2. 제주도의 용천기구 특성

#### 2.1 대상유역 및 분석자료

연구대상인 제주도의 용천기구에 대한 특성을 규명하기 위하여 화산도인 제주도의 유역구분을 지형과 지질특성을 감안하며 <Table 1>과 같이 4개 지역으로 세분하였다. 그리고 분석에 사용된 자료는 1993년 수자원공사가 제주도에 보고한 제주도 수자원개발 계획 보

고서에 제시된 403개의 용천에 대한 자료를 토대로 1971년부터 조사되어 보고된 각 조사기관의 자료 등 비교적 신뢰도가 높은 자료 등을 재정리하여 총 451개소의 용천을 해석자료로 사용하였다.

#### 2.2 용천의 분포 상태

제주도는 투수성이 좋은 현무암류가 지표면을 덮고 있어 지하수 함양량면에서 유리한 조건을 갖고 있다. 이러한 조건하에 지하수는 함양되고 해안쪽으로 유동하다가 수문지질학적 조건에 의해 일부가 지표로 유출되어 용천을 형성하고 있다.

제주도 전역에 분포되어 있는 용천의 고도별 유출상태에 따른 지역별 특성을 조사 보고된 관측자료를 토대로 종합해 보면 <Table 2>와 <Table 3>과 같다.

### 2.3 지역별 용천기구의 특성

제주도 전역에서 용출현상을 보이는 451개 지점의 용출량은 총 1,227,450 m<sup>3</sup>/day로 나타나고 있으며, 제주도의 평균 지하수함양량(4,093 m<sup>3</sup>/day)의 30.0% 해당하는 막대한 양이 각 지역에서 지표면으로 유출되고 있다.

유출되는 원인으로 제주도의 지질은 같은 종류의 현무암이라도 서로 특이한 양상을 보이고 있는 암질이 서로 다양한 성질을 형성한 데 있으며, 고결암이 형성될 당시에 생긴 절리나 층리 같은 초기공극은 서로 밀착되어 있어 투수성이 매우 낮지만 이들 암석이 후에 압쇄작용이나 습곡 및 단층작용에 의해 단층이나 파쇄부 같은 지질구조가 암석내에 발달됨으로써 형성된 후기 공극들은 암석의 투수성을 훨씬 양호하게 만들며, 지하수를 형성하는데 결정적인 요인으로 작용하고 있다고 볼 수 있다.

각 지역별 용천의 수문지질학적 매커니즘을 추론해 보면

#### 1) I 지역(제주시, 조천읍, 애월읍)

이 지역은 147개 지점에서 410,035 m<sup>3</sup>/day의 용출량으로 총용출량의 33.4%를 차지하고 있으며, 지역별 용천의 출현빈도가 32.5%로 용천분포가 타지역에 비해 매우 양호하게 나타나고 있다. 또한 용천의 79.6%가 고도 50m 이하에서 나타나고 있지만, 각 고도마다 용천이 형성되고 있는 점으로 보아 이 지역의 용천은 한라산 정상부에서부터 해안까지 단계적으로 용천이 유출되고 있어 지하수 유동측면에서 지하수면이 타지역보다 뚜렷하게 나타나고 있다. 특히 고도 1,100m 부근에서 산악지대의 용천으로는 제주도에서 규모가 가장 큰 용천(15,000 m<sup>3</sup>/day)이 어승생 수원지의 주공급원이 되고 있는 점으로 보아 이 지역은 고도 1,000m를 기점으로 해안과 산악지역(한라산)이 서로 독립된 지하수체를 형성하고 있을 것으로 추정된다. 이 지역의 용천에서 유출되는 용천의 총량은 제주도 평균 지하수 함양량의 10%를 점유하고 있다.

#### 2) II 지역(한림읍, 한경면, 대정읍, 안덕면)

이 지역은 118개의 용천이 분포하고 있으며 159,825 m<sup>3</sup>/day의 용출량으로 총용출량의 13.0%를 차지하고 있으며, 지역별 용천의 출현빈도가 26.0%로 타지역과 비교해 볼 때 용출량이 매우 적은 지역이다.

이 원인은 한경면 일대에서 유출되는 용천의 용출량의 불량한데 있으며, 한경면 지역의 용천의 경우 1일 1,000m<sup>3</sup> 이상의 용출량을 보이는 용천이 없는 것으로 보아서 이 지역은 지하수의 함양조건이 타지역보다 불량하거나 지하수 유동조건이 지역에 한정된 국부적인 유동에 기인된다고 판단된다. 그러나 한림읍지역이나 대정읍 지역은 용천을 개발하여 수원지(웅포와 서림)로 이용할 정도로 지하수함양에 유리한 조건을 갖추고 있는데, 이들 지역의 지하수 함양은 산악지역(한라산)의 영향이라고 추정된다.

이 지역의 고도별 용천의 출현빈도로 볼 때 고도 50m 이하인 해안지역에 85.6%의 용천이 분포되고 있는데 반해, 고도 400m 이상에서는 용천이 나타나지 않고 있다. 이런 점으로 보아 이 지역의 용천은 지역적으로 한정된 함양조건을 갖는 지하수체와 산악지역의 영향을 받는 지하수 유동조건을 갖는 지역이라고 추정된다. 이 지역의 용천의 총량은 제주도 평균 지하수 함양량의 3.9%를 차지하고 있다.

#### 3) III 지역(서귀포시, 남원읍)

이 지역은 100개소에서 용천이 나타나고 있는데 용출량은 491,590 m<sup>3</sup>/day로 총용출량이 34.0%로 22.2%의 지역별 출현빈도에 비해 용출량이 가장 많이 나타나고 있다. 또한 고도 50m 이하의 해안지역에서 나타나는 용천은 58.0%로 타지역보다는 해안의 용천분포가 적게 나타나고 있으며, 해안의 영향도 매우 적게 받는 지역으로서 용천의 분포량은 I 지역처럼 고도별로 나타나고 있지만 산악지대에서는 용천징후가 I 지역보다 불리한 특성을 가지고 있다.

III 지역의 용천분포의 특징은 남원읍 지역인 경우 서귀포시 지역보다 분포빈도나 용출량이상대적으로 빈약한데, 특히 IV 지역인 표선지역에 가까울수록 이러한 현상은 더욱 두러지게 나타나고 있다. 그러나 서귀포시 지역은 1일 10,000m<sup>3</sup> 이상 용출되는 용천이 8개소나 되어 용수원(강정, 정방, 천제연 등)으로 개발되어 이용되고 있다.

이런점으로 보아 이 지역은 지질조건보다는 지형적인 조건에 의한 지하수함양과 유동의 특성을 갖고 있다고 추정된다. 특히 이 지역에서 특이한 점은 산악지역(한라산 일대)의 용천 현상이 I지역처럼 단계적으로 나타나는 것이 아니라 어느 한 지점에 집중되었다가 고도 500m를 전후하여 지표면으로 다시 유출하는 독특한 특징을 보이고 있어서 산악지역에서 함양된 지하수가 지형적 영향에 의해 긴 유동을 하며 해안의 영향을 타지역에 비해 비교적 덜 받고 있다고 볼 수 있다. 이 지역의 용천의 총량은 제주도 평균 지하수함양량의 10.3%이다.

#### 4) IV지역 (표선면, 성산읍, 구좌읍)

이 지역은 86개의 용천에서 240,000 m<sup>3</sup>/day의 용출량으로 총용출량의 19.6%를 차지하고 있지만 50m 이하의 해안지역에서 95.3%의 용천이 분포하고 있어 해안의 영향을 타지역보다 심하게 받고 있다고 볼 수 있다. II지역보다는 용천분포에 비해 용출량은 많으나 III지역과 같이 산악지역에서의 용출현상은 찾아 볼 수 없어서 이 지역의 지하수 함양이나 유동은 넓은 초원이 형성되어 있는 중산간지역의 영향을 강하게 받고 있다고 추정된다.

특히 이 지역은 타지역보다 해안의 영향을 가장 많이 받고 있어 용천에서의 유출현상은 해수의 비증차에 의한 영향과 지질 및 지형조건을 강하게 받고 있다고 추정된다. 또한 지역별 출현빈도가 19.1%로 타지역보다 용천형성이 불리한 조건을 갖고 있다. 이 지역의 용천의 총량은 제주도 평균 지하수함양량의 5.9%이다.

#### 2.4 고도별 용천기구의 특성

제주도는 전반적으로 해안선에서 한라산을 향하여 상부로 올라 갈수록 특수한 몇몇 지역을 제외하고는 용천의 지표면 유출현상을 찾기 어려우나 해안 저지대에서는 해안선을 따라 광범위하게 분포하여 대다수의 용천이 유출되고 있다.

그러므로 제주도의 용천은 전지역에서 해안을 따라 유출되고 극히 일부이지만 중산간 및 산악지대의 소수 지점에서 유출을 볼 수 있다.

##### 1) 해안지역

해안지역에 해당하는 고도 50m 이하에서

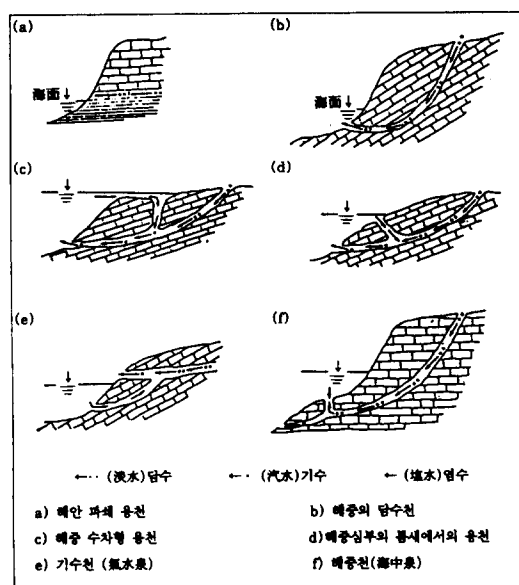


Fig. 1. 해안용천의 종류

79.4%의 용천이 발견되고 있으며, 해안의 영향을 받는 고도 100m 전후에서는 9.8%의 용천이 나타나고 있다.

해안지대를 따라 다량 유출되는 현상은

a) 지질적 구조에 기인된 유출이 아니라 해수와 담수의 비증차에 의한 압력의 작용으로 유출의 간섭

b) 지하수면의 지표면과 동일선상에서 접촉면을 형성하여 중력에 의한 지하수 흐름을 해수가 방해함으로써 지하수가 직접 바다로 유출되는 것을 차단하는 것으로 판단된다.

이런 관점에서 볼 때 해안용천의 유출형태를 <Fig. 1>과 같이 형성될 것으로 추정된다. 일반적으로는 <Fig. 1(a)>와 같은 형태의 용천이 해안에서 빈번히 나타나지만, 일부 해안지대에서 염도가 높게 나타나는 것은 <Fig. 1(c),(e)>와 같은 형태의 용천에 원인이 있으며, 극소수이기는 하지만 해안에 거리를 둔 지역에서 염도가 높은 경우는 <Fig. 1(d)>의 형태의 용천이라 판단되며, <Fig. 3(b),(f)>와 같은 형태로 해저로 유출되는 해저용천도 형성될 것으로 추정된다.

그러므로 해안지역의 용천은 중산간지대에 발달한 두터운 Scoria층과 해안지대의 사구 및 다수의 용암튜브가 지하수를 빠르게 바다로 유출시킴으로서 지하저류의 효과를 감소시키고 있으며, 간만의 차에 의해 용천의 유출이 해저 유출로 소멸되거나 나타나는 용천도 부분적으

Table 4. 중산간지역의 기생화산 분포  
(단위 : 개소)

고도(m)\지역	I	II	III	IV	계
100~300	16	21	20	55	112
300~600	32	10	15	4	58

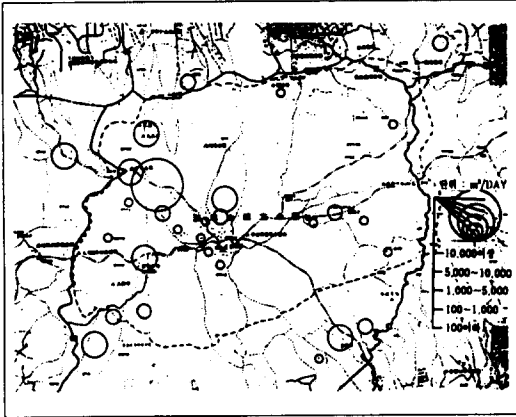


Fig. 2. 한라산 용천의 용출량 분포

로 형성되고 있음을 알 수 있다. 이런 현상은 조수간만의 차에 의한 현상인데, 이런 용천은 간헐적이면서도 계절적으로 불규칙한 유출로 나타나며 사이폰현상에 의한 공기누출의 영향 때문인 것으로 설명될 수 있다.

2) 중산간 지역

제주도의 중산간지역은 넓은 초원지대로서 고도 200~600m에 해당하는 지역인데 이 지역에서는 4.8%에 불과한 소수의 용천만 발견되고 있다. 이런 원인은 용암의 흐름으로 형성된 지질구조로 인해 현무암의 협재된 개공이 큰 암석사이로 유입된 물이 중력에 의해 하부로 수평 및 수직유동을 하는 역할이 크게 작용한다는 것을 간헐적으로 알 수 있으며, 토양 중 자연적으로 발달한 모관이 지하수 순환과정에서 도수작용에 의해 부분함양대의 역할을 하고 있다.

그러므로 중산간지역은 지하수의 함양지역(Intake Area)의 역할을 담당하고 있다. 그 원인으로 제주도는 약 360여 개의 기생화산이 오름, 약 및 봉 등의 명칭으로 한라산을 중심으로 N70E 방향으로 분포되어 있는데, <Table 4>와 같이 고도 100m를 기준으로 600m 사이에 전체 기생화산의 47.2%에 달하는 170여개의 기생화산이 산재되어 있다.

<Table 4>와 같이 중산간지역에 기생화산이 절반정도 분포되어 있는데, 이것은 기생화

산이 지하저장소로써 하부지대의 용천에 물을 제공할수 있는 지하사이폰 역할을 하는 함양지역을 나타내는 것이라 할 수 있다. 특히 III지역과 IV지역인 경우 완만한 지형경사에 의해 표고 100~300m에 위치한 기생화산들이 함양지역(Intake Zone)을 형성하면서 해안용천의 물 공급원으로 작용하고 있다.

3) 산악지역

제주도에서 산악지역이라면 한라산일대를 말할 수 있는데 고도 600m 이상 지역으로 용천 출현빈도는 6.0%에 불과하지만 본 연구자가 1993년 12월에 한라산을 조사한 결과 약 30여 개의 용천이 존재함을 파악하였으며, 조사결과 5.05km<sup>2</sup>당 1개소의 분포밀도를 하고 있으며 34,800 m<sup>3</sup>/day의 유출량으로 용출되고 있다.

산악지대의 용천은 지하로 침투한 강우가 비포화대내의 투수성 지질층이나 이러한 투수성 지질층을 통하여 중산간지역으로 용출된 지하수의 노두로써 지하수면으로 볼 수 있는 지하수의 유통계를 암시해 주는 매우 중요한 지점들이다. 특히 한라산 내부에서 용출하는 용천 분포는 <Fig. 2>와 같으며, 이들 용천의 특성은 용출량이 적고 강우의 영향에 의한 간헐적 용출들로 그 분포상태도 규칙적이지 못하지만 고도 1,000m를 기점으로 다량의 유출을 형성하고 있어 산악지역은 독립된 지하수 유통계를 갖고 있다고 추정된다. 이 지역의 용천의 유출은 표층부의 비교적 낮은 부분으로부터 용출하는 파이프계의 용출형태이거나 계곡의 하단에 절리가 발달된 암벽이나 표층이 거의 없는 경사지에서 화산암류와 퇴적암의 경계부 등에서 용출하는 단층형태의 용출인데, 전자의 경우 용출규모도 적고 강우의 영향을 심하게 받고 있으나, 후자의 경우는 용출규모가 비교적 크고 다량이 유출되는 용출군의 형태로 나타나고 있다.

2.5 수문학적 용천 특성

연구자료로 사용된 451개소의 용천자료 중 보다 신뢰성이 높은 223개소의 용천유출량을 <Table 5>와 같이 Meinzer의 용천크기로 분류하였다. 분류된 결과를 보면 제주도용천의 크기는 Third에서 Sixth의 범위에 있으며, 대부분 Fourth와 Fifth의 분포를 보이고 있다. 이런 분포는 제주도 지하수의 발달양상이 다양하

Table 5. Meinzer에 의한 용천크기의 분류

(단위 : 개소)

지역	위치	Third	Fourth	Fifth	Sixth	계
I	제주시	8	10	10	1	29
	제천읍	4	7	5	2	18
	애월읍	2	4	2	21	29
II	한림읍	3	7	13	12	35
	정읍면			2	1	3
	대안면	2	4	9	4	10
III	서귀포시	11	18	9	3	41
	남원읍		3	4	1	8
IV	포선면	1	2	3	2	8
	성읍읍	3	7	3		13
	구좌읍	3	4	3	2	12
전체		37	74	63	49	223

Table 6. 변동계수에 의한 용천분류

(단위 : m<sup>3</sup>/day)

지역	용천명	위치(표고)	최대	최소	평균	변동계수	용천분류
I	산지양물	제주시(0)	12,622	8,513	10,410	0.395	중변동
		제주시(15)	27,069	20,347	23,800	0.282	
	도내물	제주시(0)	3,309	2,963	3,140	0.110	중변동
		제주시(0)	1,226	1,166	1,200	0.083	
	외도물	제주시(0)	3,550	2,300	2,910	0.430	중변동
		제주시(5)	28,900	18,200	21,900	0.490	
	애월읍	제주시(1,050)	16,600	11,500	13,820	0.369	중변동
		애월읍(0)	6,280	3,920	5,600	0.421	
	조바물	조천읍(10)	5,490	2,540	4,000	0.738	중변동
		조천읍(10)	14,640	4,650	13,580	0.735	
신촌물	조천읍(10)	25,800	13,000	16,240	0.788	중변동	
	조천읍(10)						
II	큰이장물	한림읍(0)	1,010	850	930	0.172	중변동
		한림읍(0)	310	300	300	0.033	
	넷수원물	한림읍(0)	1,300	780	910	0.571	중변동
		한림읍(0)	2,850	1,850	2,060	0.485	
	옹포물	한림읍(0)	510	450	480	0.125	중변동
		한림읍(5)	42,200	30,400	39,650	0.298	
	대정읍	한림읍(0)	1,340	1,202	1,140	0.281	중변동
		대정읍(25)	5,220	3,790	4,850	0.295	
	대정읍	대정읍(20)	5,420	2,060	3,600	0.933	중변동
		대정읍(50)	520	510	520	0.019	
안덕면	안덕면(50)	3,720	1,980	2,810	0.619	중변동	
	안덕면(50)	3,066	1,440	3,000	0.542		
III	대양수물	서귀포시(75)	1,630	1,400	1,490	0.154	중변동
		서귀포시(150)	415	355	390	0.154	
	상제물	서귀포시(140)	10,900	8,500	9,760	0.246	중변동
		서귀포시(70)	2,750	1,980	2,370	0.325	
	월평물	서귀포시(100)	80,000	55,500	64,570	0.379	중변동
		서귀포시(100)	18,100	13,900	15,650	0.268	
	강정물	서귀포시(100)	19,500	17,200	18,140	0.127	중변동
		서귀포시(45)	26,750	18,500	22,970	0.557	
	조천지물	서귀포시(60)	5,190	3,550	4,480	0.366	중변동
		서귀포시(50)	11,800	7,560	10,380	0.408	
정방물	서귀포시(50)	6,020	4,010	5,120	0.386	중변동	
	서귀포시(60)	9,100	7,200	7,720	0.246		
IV	동부물	구좌읍(15)	16,700	12,800	14,770	0.264	중변동
		구좌읍(0)	12,050	1,450	6,480	1.636	

는 것을 암시하는 것이며, 지형이 산악지대에서 곧바로 해안과 연결된 형태의 지하수 유동 조건으로 인해 하부집수지역(Lower Conduit Zone)의 발달이 미약하다는 것을 알 수 있다.

223개소의 용천 중 유출량의 최대 및 최소가 조사된 지역에서 대표적인 37개소의 용천을 대상으로 변동계수에 의해 용천을 <Table 6>과 같이 분류하였는데 전체적으로 평균 40.2%의

Table 7. 지역별 주대수층지질과 수리성 상수

지역	유효공극율 (%)	투수량 계수 (m <sup>3</sup> /sec)	투수계수 (cm/sec)	수평적으로 분포된 주대수층 지질
I	15.9	$4.9 \times 10^{-3}$	$5.8 \times 10^{-3}$	장석회석현무암, 장석현무암
II	13.3	$2.2 \times 10^{-3}$	$3.3 \times 10^{-3}$	침상장석감람석현무암, 서귀포층
III	11.8	$1.3 \times 10^{-3}$	$2.3 \times 10^{-3}$	장석회석현무암, 장석현무암, 성산층, 서귀포층, 조면암
IV	19.0	$8.9 \times 10^{-3}$	$3.7 \times 10^{-2}$	침상장석감람석현무암, 성산층, 서귀포층
제주도	15.0	$4.3 \times 10^{-3}$	$1.2 \times 10^{-2}$	
미국내 현무암 지대	17.0		$1.05 \times 10^{-3}$	

\* 수리성 상수의 값은 제주도인 경우 180개 지점, 미국인 경우 90개 지점에 대한 분석임 (Morris & Johnson, (1966)).

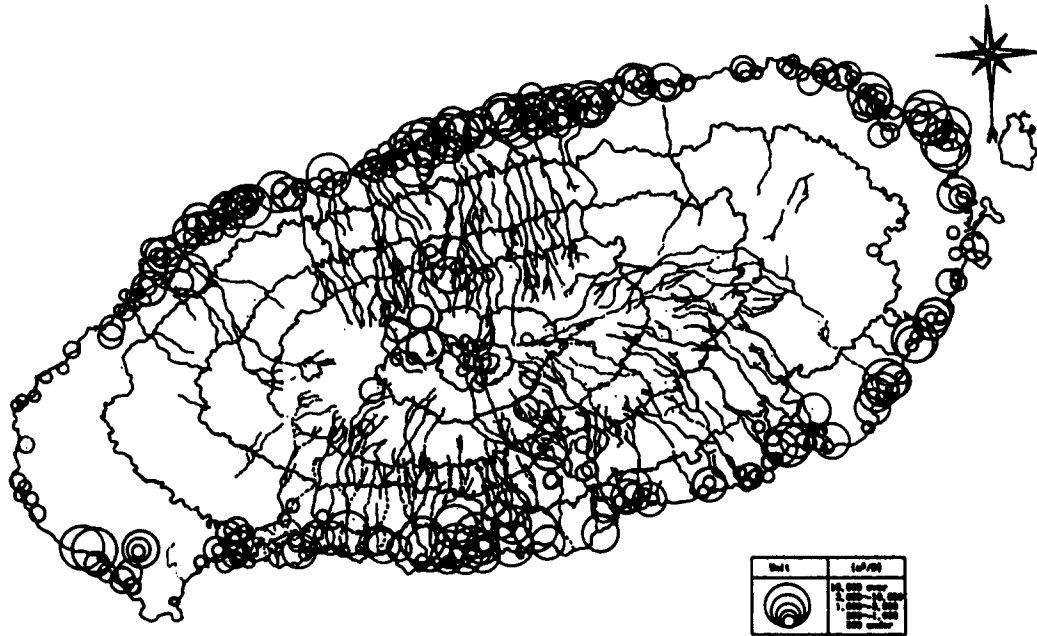


Fig. 3. 제주도 용천유출량 분포

변동계수를 보여주고 있으며, 전지역에서 대부분 준변동용천으로 나타나고 있다. 이러한 원인은 강우에 의한 기상조건과 함께 한라산으로 형성된 지형조건과 맞물려 투수성이 양호한 현무암인 화산암으로 형성된 지질특성에 기인된다고 볼 수 있다.

### 3. 분석결과의 고찰

제주도에서 용출되는 용출들은 0.2 ml/sec에서 부터 100 ml/sec에 이르기까지 큰 격차

의 용출량을 보이고 있는데, Meinzer의 용천량에 의한 용천의 분류법에 의하면 Third에서 Seventh까지의 범위에 해당하는 용천의 크기로 이것은 제주도 지하수의 형태가 다양하다는 것을 의미한다.

특히 용출량이 1~100 l/sec에 해당하는 Fourth와 Fifth가 다량으로 나타나고 있는 것은 제주도의 지형이 산악지대에서 곧바로 해안과 연결되어 지하수의 함양조건이 되는 중간유동대의 발달이 미약하다는 것을 알 수 있다. 또

한 용출량의 변동을 나타내는 변동계수도 40% 이상의 준변동을 보이고 있어서 제주도 용천의 대부분이 강수에 의한 기상조건에 가장 큰 영향을 받고 있음을 알 수 있다.

또한 현무암 용암류가 수평 또는 완만한 경사를 이루며 다수의 용암류가 겹쳐서 용암평야로 나타나는 중산간지역은 막대한 양의 지하수를 보유하고 투수성이 높고 완구배의 정지수면을 형성하고 있으며, 동수구배의 경사는 지형경사와 일치하는 지역임을 알 수 있다.

제주도 지하수의 함양량은 총강수량의 35%에 해당하는 591.0mm로 나타나고 있는데 현무암지대의 지하수함양은 제주도에서 일명 쉽골이라 명칭되는 물이 사라지는 지질구조에 의해 형성된다고 할 수 있다. 이런 지질구조는 제주도의 전역에서 나타나고 있으며 용천도 이와같은 지질조건을 갖춘 지점에서 용출되고 있다. Oahu도의 Kaluaa 용천인 경우 0.4~1 m<sup>3</sup>/sec, Kaluaopu 용천은 0.7~1 m<sup>3</sup>/sec의 용출량을 갖고 있는데 비해 제주도에서 가장 큰 용천으로 알려진 Y계곡 용천인 경우 0.2 m<sup>3</sup>/sec로 나타나고 있어 제주도 현무암이 표면기공율이 양호한 암석으로 되어 있지만 내부는 치밀한 암석으로 암석자체의 투수성은 미국내의 현무암지대보다 낮게 나타나고 있다.

용천의 79.4%가 고도 500m 이하의 지점에서 나타나고 있는 것으로 보아 대부분의 용천 분포가 해안선에 접하여 해수의 영향권에 있다는 것을 알 수 있는데, 해수의 영향을 심하게 받고 있는 용천들은 한라산을 기점으로 장축인 동서방향의 용천에서 대부분 영향을 받고 있는 것이 특징이라 할 수 있다.

본 연구에서 I 및 III지역은 전반적으로 고도별 용출분포를 하고 있는 반면, II 및 IV지역은 대부분 해안저지대에 국한된 용천분포형태로 나타나고 있으며, <Fig. 3>에 제주도의 용천분포와 용출량을 나타내었다.

#### 4. 결 론

제주도는 해안선을 따라 대다수의 용천이 분포되어 있으며, 지역별 및 고도별로 다소 차이는 있지만 각기 고유한 특성을 띠고 있으며, 서로 연계되거나 독립된 형태로 나타나고 있다.

그러나 명확한 용천기구의 특성을 파악하기 위해서는 지역별, 고도별 용천의 수리특성을 파악해야 될 것이다. 그러기 위해서는 우선 강수량과 지하굴착에 의해 개발된 지하수공에 대한 지하수위와 용천의 용출량과 유속 등의 상관성을 파악할 수 있는 자료의 축적과 지하수면의 형성에 따른 지하수의 유동 등에 관한 용천기구의 연구가 지속적으로 수행되어야 한다. 따라서 장래의 제주도 지하수개발 및 보전관리를 위해 각 지역별 주요 용천에 대한 지속적인 수위-용출량자료의 구축이 선행되어야 할 것이다.

제주도 전역에 분포되어 있는 451개소의 용천을 대상으로 제주도의 용천기구 특성을 요약하면 다음과 같다.

1) 제주도 전역에서 유출되는 용천의 용출량은 1,220,8756 m<sup>3</sup>/day로 나타나고 있으며 제주도 평균 지하수함양량의 29.8%에 해당하고 있다.

2) 제주도의 용천의 크기는 0.2~100 ml/sec이며, 대다수의 용천들을 1~100 l/sec의 범위에서 용출되고 있다.

3) 산악지역은 지역적인 차이가 있기는 하지만 독립된 지하수 유동계를 갖고 있는 지하수의 노두부에 해당되는 용천이 나타나고 있다.

4) 중산간지역은 170여 개의 기생화산과 함께 해안용천의 물공급원으로서 함양지역의 역할을 하고 있다.

5) 고도 200m이하인 해안지역과 인근지역에 94.0%의 용천이 밀집되어 분포하고 있으며, 해안에서 유출되는 용천은 조수의 작용에 의한 압력변동과 지하 사이펀현상에 의해 형성되고 있다.

#### 참 고 문 헌

- 고병련, 1987, 제주도 지하수의 용출현상에 의한 용천분석연구(I), 제주전문대학 논문집 제8집, pp. 319~334.
- 고병련, 1988, 제주도 지하수의 용출현상에 의한 용천분석연구(II), 제주전문대학 논문집 제9집, pp. 273~293.
- 고병련, 1994, 지하수위에 위한 화산도서의 지하수 유동에 관한 연구, 제주전문대학 논문집 제15집, pp. 429~444.
- 고병련, 김성원, 최원영, 1996, 물 수지분석에



제주도의 용천기구에 관한 수문학적 연구

- 의한 제주지역의 지하수 침투량 추정, 환경관리학회지, 제2집 제1호, pp. 80~91
- 고병련, 최운영, 김성원, 강현준, 고재문, 1995, 한라산 용천의 용출기구에 관한 조사연구, 제주전문대학 산업연구소논문집 제2집, pp. 79~102.
- 김소구, 1993, 지하수 탐사법, 문운당.
- 농업진흥공사, 1972, 제주도 지하수조사 종합보고서(1970~1971).
- 농어촌개발공사, 1989, 제주도 지하수 장기개발계획 조사보고서.
- 산업기지개발공사, 1981, 제주도 수자원개발 종합조사보고서.
- 한국수자원공사, 1991, 제주도 수자원 종합개발계획 보고서.
- 최운영, 1993, 도서유역에서의 지하수 유출특성에 관한 연구, 영남대 석사학위논문.
- C.F. Tolman, 1937, Groundwater, McGraw-Hill.
- Richard L. Cooley, 1972, Hydrologic engineering methods for water resources development-principles of groundwater hydrology, Cops of Engineers U.S. Army.
- Todd, D.K., 1980, Groundwater hydrology, John Wiley & Sons.
- UNESCO, 1972, Groundwater studies.