

북제주군지역의 토지이용형태와 용천수의 수질특성

이 용 두 · 송 회 경* · 안 중 기**

제주대학교 해양과학부 토목환경전공, *제주대학교 일반대학원 환경공학과, **농업기반공사 제주도본부

Landuse type and characteristics of springwater in Bukjeju

Yong-Doo Lee, Hee-Kyung Song* and Jung-Gi An**

Major of Civil and Environmental Engineering, Cheju National University, Jeju-do 690-756, Korea

*Major of Environmental Engineering, Cheju National University, Jeju-do 690-756, Korea

**Korea Agricultural & Rural Infrastructure Corporation Jeju Provincial office, JeJu-do 690-072, Korea

The purpose of this study was to investigate the water chemical characteristics and landuse type in Bujeju. Results of water quality analyses were that pH was in the range of 6.29-8.46. The concentrations of $\text{NO}_3\text{-N}$, KMnO_4 , SO_4^{2-} , and Cl^- were in the range of 1.7-20.7 mg/l, 1.0-4.1 mg/l, 5-90 mg/l, and 20-498 mg/l, respectively. The Landuse types around springwater area showed that the area rates of field, residential, and orchard were 53.5%, 14.3%, and 6.8%, respectively.

The organic matters and $\text{NO}_3\text{-N}$ in springwater with landuse type around area were a relatively small correlation.

Key words : springwater, landuse, water quality

서 론

현재 제주도는 새로운 미래를 맞을 준비를 하고 있는 실정이다. 새로운 미래란 관광과 생태도시라는 것과 그리고 국제자유도시라는 두 가지 테마를 갖고 있다. 이러한 시기에 용천수는 주제에 잘 들어맞는 소재가 될 수 있다. 용천수는 가장 기본적 자연형태를 갖고 있는 물이다. 그리고 국제자유도시 조성으로 상주 및 유동 인구가 증가하고, 관광 관련 각종 편의 시설도 대폭적으로 늘어나면서 물 수요가 현재보다 급격히 증가할 것으로 전망된다. 따라서 지하수에 의존하고 있는 제주도의 물이용을 용천수와 지표수로 다원화해 나가는 것이 필요하다. 특히, 용천수는 곳곳에 분포하고 있기 때문에 손쉽게 이용할 수 있는 편리성이 있을 뿐만 아니라, 고지대 용천수의 경우는

자연유하 방식으로 송수할 수 있어 동력을 거의 필요로 하지 않는 장점이 있다.

그러나 1970년대부터 물 문제를 해결하기 위해 정부차원에서의 수원개발 사업이 활발히 진행되고 지하수 개발의 가능성이 제시됨과 아울러, 지하수 관정 개발사업이 연차적으로 진행되면서 물허벅으로 용천수를 길어다 이용하던 물이용 문화가 상수도로 바뀌어나가는 큰 변화가 생기기 시작하였으며 이러한 변화는 너무 빨리 진행되었고 이렇게 변화된 지금 용천수는 사람들의 기억에서 잊혀진지 오래 되었으며 관리·보전 또한 이루어지고 있는 실정이다(이, 2001).

따라서 본 논문에서는 현장조사를 통해 북제주군 지역에 분포하는 용천수의 일반현황을 파악하였으며, 용천수의 수질분석과 함께 주변지역의 토지이용형태와 용천수의 수질특성과의 상관성을 살펴보았다.

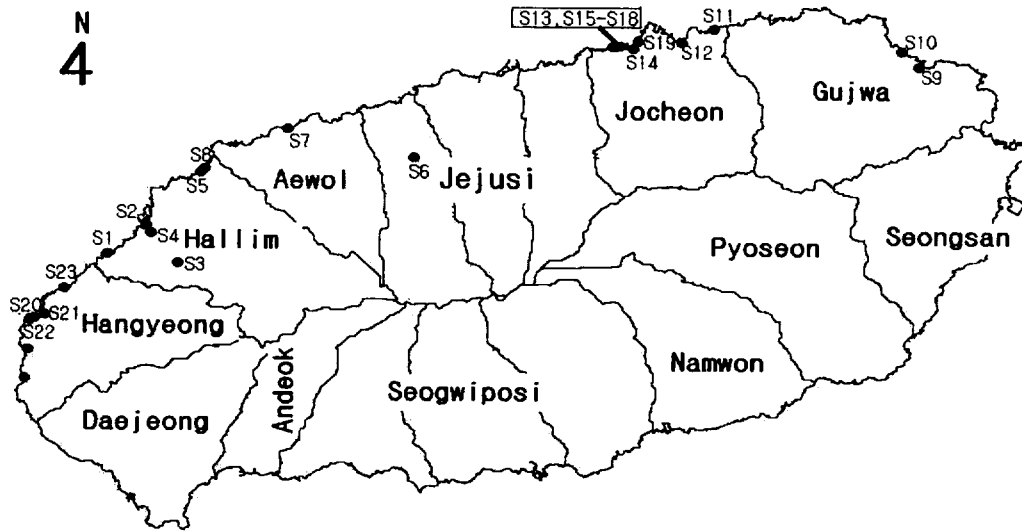


Fig. 1. Sampling sites in study area.

연구방법

조사대상 지역은 제주시를 중심으로 동쪽과 서쪽에 위치한 북제주군 지역으로, 시료채취는 2003년 8월 기준으로 현재 용출되고 있는 용천수를 중심으로 23개 지역에 대해 하였다. 분석은 pH, Cl⁻, NH₄-N, NO₃-N, SO₄²⁻, KMnO₄, 경도 등으로 수질공정시험법에 따라 했으며, 지역별로 수질특성을 살펴보았다. 그리고 용천수 주변지역에 대해 상류지역 1km 범위 내의 토지이용 형태를 조사 하였다.

결과 및 고찰

용천수 분포 현황 및 수질특성

북제주군 지역은 4개시·군중 가장 많은 398개소의 용천수가 분포하고 있으며, 이들 중 67%인 268개소는 보존상태가 양호한 상태이나 나머지 130개소는 용출위치가 없어서 버렸거나 주변이 훼손되고, 수량고갈 및 수량 부족한 상태이다. 그리고, 용천수 대부분은 해발 10m이하의 해안가에 밀집되어 있는데, 이러한 현상은 제주시와 서귀포시에 비해 지형경사가 완만하고 하천

의 발달도 빈약한데서 연유하는 것으로 보인다.

평균 용출량의 합은 총 365,052 m³/d이며, 최대 용출량의 합은 514,709 m³/d로 나타났다. 표고 5-10m 지점에서 용출량이 높게 나타나고, 대부분 용출량은 해안가 부근의 지역에서 나오고 있으나 200-300m 지역(유수암천 등)에 일부 용천수의 용출량이 많은 관계로 용출량이 높게 나타나고 있다. 또한 북제주군 용천수의 특이한 점은 동쪽보다 서쪽에 있는 용천수가 표고가 높은 곳에 많이 위치하고 있다.

Table 1은 용천수의 수질분석 결과를 나타내었다. 대부분의 지하수의 pH는 4에서 9사이에 있으며 습지역의 하천수에는 5~6.5, 건조지역에서는 7~8이며 산성토양수는 4보다 적고, 해수의 pH는 8.1~9.3에 속한다고 하였다(최, 1990). 현재 지하수의 pH기준은 생활용수는 5.8~8.5이고, 농업용수는 6.0~8.5이다. 조사된 용천수들의 용도는 이용되지 않는 6지점을 제외하고는 생활용이거나 농업용으로 사용되고 있으며, 측정된 pH값은 6.29~8.46범위에 모두 포함된다.

일반적으로 자연의 지하수에는 보통 10 ppm 내외의 염소이온 농도를 함유하고 있는 것이 통상적이고 해수에서는 평균 19,000 ppm의 높은 값을 갖는다(Garrels and Mackenzie, 1967). 또한 제주도 강수에서의 염소이온 농도 값은 3.4 ppm에서 8.8 ppm의 범위를 보이거나 보통의 강수는 8 ppm 내외인 것으로 알

Table 1. Chemical analysis data of springwater samples

sample No.	location		pH	Temp. (°C)	NH ₃ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	KMnO ₄ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Hardness (mg/l)
s1	Geumneungri	Hallim -eup	6.60	15.6	-	11.6	1.7	70	24	102
s2	Hallimri		6.71	17.0	0.03	17.2	1.5	34	16	126
s3	Dongmyeongri		6.9	16.5	-	14.9	4.1	24	13	98
s4	Dongmyeongri	Aewol -eup	6.93	15.9	0.02	10.3	1.9	20	8	89
s5	Geumseongri		6.98	15.7	-	7.4	1.5	72	14	71
s6	Gwangnyeong2ri		7.44	15.9	0.09	11.5	3.1	24	9	98
s7	Sineomri		8.36	15.2	0.4	5.3	1.0	45	9	64
s8	Gwakjiri	Gujwa -eup	6.94	16.7	0.08	4.8	1.2	28	7	59
s9	Pyeongdaeri		8.39	17.8	0.02	17.8	2	230	45	209
s10	Pyeongdaeri		8.39	17.8	-	12.7	2.9	447	71	179
s11	Bukchonri	Jocheon -eup	8.46	15.8	-	5.0	1.6	138	21	32
s12	Hamdeokri		8.0	16.0	-	11.6	2.5	45	21	102
s13	Sinchonri		7.65	15.0	0.13	7.6	1.7	195	34	93
s14	Jocheonri		8.12	15.0	-	7.6	1.2	95	17	59
s15	Sinchonri		8.06	15.0	-	9.9	2.7	498	82	174
s16	Sinchonri		8.14	14.8	-	9.1	1.6	166	28	94
s17	Sinchonri		7.54	14.8	0.02	7.8	2.2	285	46	125
s18	Sinchonri		8.05	14.9	-	7.4	1.2	97	17	72
s19	Jocheonri		8.04	15.0	-	9.5	1.5	38	11	69
s20	Sinchangri	Hangyeong -myeon	6.67	16.9	0.23	16.8	2.6	37	22	135
s21	Sinchangri		6.63	18.3	0.17	1.7	1.4	24	5	64
s22	Sinchangri		6.82	16.9	0.27	20.7	3.0	83	31	40
s23	Panpori		6.29	17.2	0.02	18.7	2.8	103	90	131

려졌다(최 등, 1989). 이는 조사지역이 주로 해안선에 위치하고 있어서 해수 침입에 의한 영향으로 판단된다. 특히 동부지역인 구좌읍 지역이 평균 338.5 mg/l, 조천읍 평균 173.0 mg/l로 서부지역보다 매우 높게 나타났는데, 이것은 동부지역이 기저지하수 부존지역인 관계로 담·염수의 접촉이 이루어지기 때문이라 판단된다(김, 2001).

SO₄²⁻는 황화광물의 산화 작용 및 용해 혹은 대기 중의 SO₂에서 유래하거나(이, 1997), 해안인접 지역에서는 염소이온과 마찬가지로 해수에 의한 영향에 의해 황산이온이 높아질 수 있다(강, 2000). 용천수의 SO₄²⁻ 함량은 5~90 mg/l로, 대체적으로 Cl⁻이 증가할수록 SO₄²⁻ 증가했고, 구좌읍이 Cl⁻과 마찬가지로 평균 SO₄²⁻ 값이 58.0 mg/l로 가장 높게 나타났다. 조사 지역중 s3과 s6을 제외하고는 모든 시점이 표고 50 m 이하로 강(2000)에 의하면 표고 50 m 이하 지역 지하수의 경우 염소이온은 황산이온과 높은 상관성을 보인다(강, 2000) 하였고 그 기원은 염수에 의한 영향이라고

하였다.

자연수에서 나타나는 경도의 대부분은 칼슘과 마그네슘에 의하여 유발되는 총경도로 나타낼 수 있고, 일반적으로 경도가 0~75 mg/l은 단물, 75~150 mg/l은 약간 센물, 150~300 mg/l은 센물, 300 mg/l 이상은 대단히 센물로 분류한다(김 등, 1992). 총경도에 의하면, s9, s10, s15는 센물에 해당하고, s1-s4, s6, s12, s13, s16, s17, s20, s23은 약간 센물, s5-s8, s11, s14, s18, s19, s21, s22는 그 값이 75이하로 단물로 평가할 수 있다.

유기물 및 NO₃-N과 토지이용형태

용천수 주변지역의 토지 이용 현황을 살펴보면 전체 면적에 대해 밭과 과수원이 평균 60.3%로써 가장 많은 면적을 차지하고 있으며, 주거지가 4.3%, 산림지 9.0%로 나타났다(Table 2). 이에 대해 Fig. 2와 Fig. 3은 과수원과 밭이 유기물 및 질산성 질소에 미

Table 2. Landuse type around sample site

sample No.	total	orchard	field	residential	forest	grassland	rice field	the others
s1	1632332	10125	126279	203678	500204	447114	-	344.930
	100	0.6	7.7	12.5	30.6	27.4	-	21.2
s2	2024294	12425	685097	541459	65600	144951	-	574758
	100	0.6	33.8	26.7	3.2	7.2	-	28.4
s3	3145402	924591	1285032	56151	467542	274861	-	137221
	100	29.4	40.9	1.8	14.9	8.7	-	4.4
s4	3020062	65424	1686642	415783	170538	168460	-	513211
	100	2.2	55.8	13.8	5.6	5.6	-	17
s5	1671137	13896	966024	378349	108982	59689	-	144192
	100	0.8	57.8	22.6	6.5	3.6	-	8.6
s6	3249875	1438707	7016829	23572	528782	484794	-	72336
	100	44.3	21.6	0.7	16.3	14.9	-	2.3
s7	1836511	48928	960776	269127	175711	257219	-	124746
	100	2.7	52.3	14.7	9.6	14.0	-	6.8
s8	1698376	10415	1114750	286215	123730	37067	-	126196
	100	0.6	65.6	16.9	7.3	2.2	-	7.5
s9	1787842	3158	1285392	309402	53438	38422	-	98027
	100	0.2	71.9	17.3	3.0	2.1	-	5.5
s10	2480348	120255	1449587	394546	142776	42474	-	330707
	100	4.8	58.4	15.9	5.8	1.7	-	13.3
s11	1760179	122729	453007	116186	375111	548507	-	144637
	100	7.0	25.7	6.6	21.3	31.2	-	8.2
s12	2365911	229644	609778	470404	277328	523867	-	254888
	100	9.7	25.8	19.9	11.7	22.1	-	10.8
s13	1499310	135701	812262	293424	89322	32851	8231.893	127517
	100	9.1	54.2	19.6	6.0	2.2	0.5	8.5
s14	2201138	489314	950389	426816	44837	142005	-	147774
	100	22.2	43.2	19.4	2.0	6.5	-	6.7
s15	1316127	88716	670598	335436	38453	41655	8228.275	133038
	100	6.7	51.0	25.5	2.9	3.2	0.6	10.2
s16	1296607	81788	669187	307074	62474	42527	8231.893	125322
	100	6.3	51.6	23.7	4.8	3.3	0.6	9.6
s17	1405215	115815	747161	297471	70664	38755	8231.893	127116
	100.0	8.2	53.2	21.2	5.0	2.8	0.6	9.1
s18	1478014	145911	782267	299341	68531	43184	8231.893	130545
	100	9.9	52.9	20.3	4.6	2.9	0.6	8.8
s19	1761929	49064	1030852	362048	114918	96465	-	108579
	100	2.8	58.5	20.5	6.5	5.5	-	6.2
s20	1575429	0	1217323	88846	125011	58033	4063.928	82149
	100	0.0	77.3	5.6	7.9	3.7	0.3	5.2
s21	2183873	22734	1419815	260721	269127	50273	5749.630	155451
	100	1.0	65.0	11.9	12.3	2.3	0.3	7.1
s22	1373119	0	1101431	19710	109615	69782	-	72578
	100	0.0	80.2	1.4	8.0	5.1	-	5.3
s23	1206240	0	932478	150552	26008	7363	-	89838
	100	0.0	77.3	12.5	2.2	0.6	-	7.5

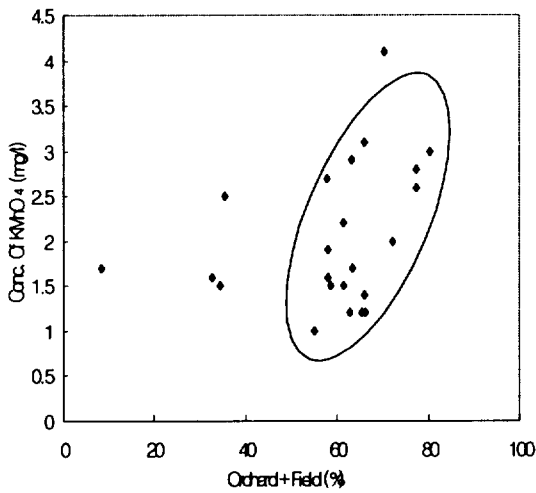


Fig. 2. Correlation between $KMnO_4$ and Orchard + Field rate in 1km Diameter Area nearby springwater site.

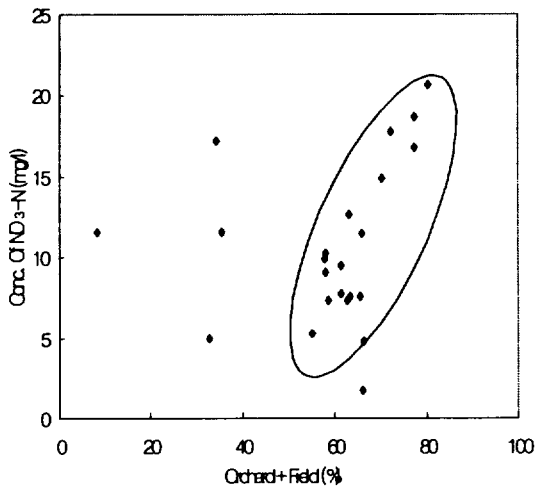


Fig. 3. Correlation between NO_3-N and Orchard + Fieldrate in 1km Diameter Area nearby springwater site.

치는 영향에 대한 상관관계를 살펴보았다.

과수원과 밭이 비율이 55%이상부터는 면적이 증가할수록 유기물과 질산성 질소의 농도도 대체로 증가하였다. 지하수내에 질산성질소가 다량으로 들어 있을 때에는 첫째로 오염된 지표수가 유입하여 지하수가 오염되었거나 또는 지표의 토양 속에 농축되었던 질산염이 강수와 함께 지하 대수층으로 침투하여 지하

수를 오염시키는 것으로 알려졌다(윤, 1994 : 한, 1982).

즉, 일반적으로 NO_3^- 가 지하수에서 높게 검출되는 원인으로서의 축산시설의 오·폐수, 유기질 비료 및 퇴비, 정화조의 누출, 질소질 화학비료, 생활하수 등으로부터 생겨나는 유기질 질소가 강수와 함께 지하로 침투됨으로써 비롯되는 것으로 알려져 있다(이, 1992 : 윤과 박, 2000). 전체 조사지역에서 NO_3-N 의 농도범위는 1.7~20.7 mg/l이고, 한림읍, 구좌읍, 한경면지역은 NO_3-N 의 농도가 10 mg/l이상 높게 검출되었다. 특히, 한경면 지역은 밭이 전체 토지이용의 74.5%로 농경지의 과다한 질소질비료 사용 때문이라 판단된다(강, 2000). 유기물 오염 지표로 $KMnO_4$ 소비량의 값을 구하였다. $KMnO_4$ 의 농도범위는 1.0~4.1 mg/l로 먹는물기준인 10 mg/l이하를 만족하였다.

결론

북제주군 지역에 분포하는 용천수의 수질특성과 함께 주변지역의 토지이용형태를 살펴 본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 북제주군 지역에는 총 398개소의 용천수가 분포하고 있으며, 대부분은 해발 10m이하의 해안가에 밀집되어 있다. 평균 용출량의 합은 총 365,052 m^3/d , 최대 용출량의 합은 514,709 m^3/d 로 표고 5-10 m 지점에서 용출량이 높게 나타났다.

2) 용천수의 수질 분석 결과 pH는 6.29~8.46, Cl⁻는 20~498 mg/l, SO_4^{2-} 는 5~90 mg/l, 그리고 NO_3-N 와 그리고 $KMnO_4$ 는 각각 1.7~20.7 mg/l, 1.0~4.1 mg/l였다. 구좌와 조천지역 용천수의 염소와 황산이온 함량이 높은 것은 해수의 영향 때문이라 판단된다.

3) 용천수 주변지역의 토지 이용 현황은 평균 53.5%이상이 밭으로 이용되고 있으며, 주거지 14.3%, 산림지 9.0%, 그리고 과수원이 6.8%으로 나타났다.

4) 토지이용형태에 따른 유기물과 질산성 질소의 관계를 살펴 본 결과, 과수원과 밭의 면적이 55%이상일 경우에는 면적 비율 증가에 따라 $KMnO_4$ 와 NO_3-N 의 농도도 증가했는데 이것은 농경지에서의 화학비료에 의한 영향이라 판단된다.

참고문헌

- 강병남. 2000. 제주도 지하수의 고도별·지역별 수질 특성. 제주대학교 석사학위논문. 63 pp.
- 김종훈·안종성. 1992. 제주도 용천수의 수질 화학적 특성과 연대 측정에 관한 연구. 한국화학학회지, 36(5): 727-737.
- 김지영·오윤근·류성필. 2001. 제주도 동부지역 지하수의 염수화에 관한 연구. 한국환경과학회지, 10(1): 47-58.
- 윤정수·박상운. 2000. 한라산 지역 용천수의 수리지 화학적 특성. 한국지구과학회지, 21(1): 81-92.
- 이용두. 1992. 지하수의 수질오염. 동아대학교 부설 환경문제연구소, 15(2): 125-136.
- 이용두. 2001. 고도에 따른 제주도 지하수의 수질특성. 한국토양환경학회지, 5(3): 35-75.
- 이인호·이재영·김통권. 1997. 대구시 지하수의 수질에 대한 지화학적 연구. 자원환경지질, 30(4): 327-340.
- 최순학·김영기. 1989. 제주도의 형성과 지하수 특성. 제주도 연구회, 5: 59-78
- 최순학. 1990. 제주도 수자원의 특성과 수질오염 연구 (II). 과학기술원, KR-90-(B)-10: 1-57
- 최순학. 1992. 제주도 지하수자원의 보존과 개발방향. 제주대 환경연구소 심포지엄, pp. 27-44
- 함세영·조명희·황진연·김진섭·성익환·이병대. 2000. 부산 금정산-백양산 일대 용천수, 지하수 및 지열수의 지화학적 특성. 한국환경과학회지, 9(3): 229-239.
- Garrels. R.M. and MacKenzie. F. T. 1967. Orgin of the chemical compositions of some springs and lakes. Equilibrium Concepts in Natural Water Systems. ed. Gould. R.F., American Chemical Society Publications. Washington. D.c. 89 pp.