

學位論文

DM
546.22
7657x
=2

濟州道 西歸浦地域 湧出水の 水質 特性에 관한 研究

A Study on the Quality of Springwater
at Seogwipo, Cheju-do



E000217503

韓國教員大學校 大學院

科學教育學科 化學教育專攻

金 京 燦

1996年 8月

217503



濟州道 西歸浦地域 湧出水の 水質 特性에 관한 研究

A Study on the Quality of Springwater
at Seogwipo, Cheju-do

指導教授 朴 勇 男

이 論文을 教育學 碩士學位 論文으로 提出함

韓國敎員大學校 大學院

科學敎育學科 化學敎育專攻

金 京 燦

1996年 8月



審査委員長

印

審査委員

印

審查委員

印

1996年 8月

목 차

논문 요약	vi
-------------	----

I. 서 론	1
--------------	---

II. 연구 내용	4
-----------------	---

1. 조사 시기	4
----------------	---

2. 조사 지점	4
----------------	---

3. 채수 방법, 시료의 보관 및 전처리	7
------------------------------	---

4. 분석 측정의 내용	7
--------------------	---

5. 분석 측정의 방법	8
--------------------	---

가. 실험 기구 및 약품	8
---------------------	---

나. 분석방법	9
---------------	---

III. 연구 결과 및 고찰	12
-----------------------	----

1. 연구의 제한점	12
------------------	----

2. 서귀포 지역 용출수의 수질 특성	12
----------------------------	----

가. 서귀포 지역의 월별 강수량	12
-------------------------	----

나. 수소 이온 지수(pH)	14
-----------------------	----

다. 암모니아성 질소(NH ₃ -N)	15
---------------------------------------	----

라. 총 인(T-P)	17
-------------------	----

마. 금속 원소 성분	18
-------------------	----

(1) 수질 기준 유해 중금속	18
------------------------	----

(2) 일반 금속 원소들	22
---------------------	----

바. 음이온	27
(1) 염소 이온(Cl^-)	27
(2) 질산성 질소(NO_3^- -N)	28
(3) 황산 이온(SO_4^{2-})	30
사. 용출수의 맛과 건강 지수	32
3. 계절에 따른 서귀포 지역 용출수의 수질 변화	34
4. 해발 고도에 따른 서귀포 지역 용출수의 수질 변화	35
5. 수질 성분들간의 상관관계	37
IV. 결과, 결론 및 제언	39
1. 결 과	39
2. 결 론	41
3. 제 언	42
V. 참고 문헌	44
ABSTRACT	46
감사의 글	

표 목 차

<Table 1> The list of springwater sampling sites at Seogwipo.	5
<Table 2> A typical ICP-AES operating condition used for the experiment.	10
<Table 3> Monthly precipitation during 1995 and 1996 at Seogwipo.	13
<Table 4> The results of pH at various places of Seogwipo Area.	14
<Table 5> The concentrations of $\text{NH}_3\text{-N}$ at various places of Seogwipo Area.	16
<Table 6> The concentrations of T-P at various places of Seogwipo Area.	17
<Table 7> The concentrations of Pb at various places of Seogwipo Area.	19
<Table 8> The concentrations of Fe at various places of Seogwipo Area.	20
<Table 9> The concentrations of Cu at various places of Seogwipo Area.	21
<Table 10> The concentrations of sodium at various places of Seogwipo Area.	23
<Table 11> The concentrations of potassium at various places of Seogwipo Area.	24
<Table 12> The concentrations of magnesium at various places of Seogwipo Area.	25
<Table 13> The concentrations of calcium at various places of Seogwipo Area.	26
<Table 14> The concentrations of chloride ion at various places of Seogwipo Area.	27
<Table 15> The concentrations of $\text{NO}_3^-\text{-N}$ at various places of Seogwipo Area.	29

<Table 16> The concentrations of sulfate ion at various places of Seogwipo Area.	31
<Table 17> K & O index values for springwaters at Seogwipo.	33
<Table 18> The average concentrations in the springwaters at Seogwipo by season.	35
<Table 19> The average concentrations in the springwaters at Seogwipo by elevation.	36
<Table 20> Correlation coefficient between the average concentrations in time and the springwaters at Seogwipo.	38
<Table 21> Correlation coefficient between the average concentrations in elevation and the springwaters at Seogwipo.	38
<Table 22> The average concentrations in the springwaters May, 1995 and June, 1996 at Seogwipo.	39

그 립 목 차

<Fig. 1> The map of springwater sampling sites at Seogwipo.	6
<Fig. 2> The changes of monthly precipitation during 1995 and 1996 at Seogwipo.	13
<Fig. 3> The Changes of pH in the springwaters at Seogwipo.	15
<Fig. 4> The Changes of $\text{NH}_3\text{-N}$ in the springwaters at Seogwipo.	16
<Fig. 5> The changes of T-P in the springwaters at Seogwipo.	18
<Fig. 6> The Changes of Pb in the the springwaters at Seogwipo.	19
<Fig. 7> The Changes of Fe in the springwaters at Seogwipo.	20
<Fig. 8> The Changes of Cu in the springwaters at Seogwipo.	21
<Fig. 9> The Changes of sodium in the springwaters at Seogwipo.	23
<Fig. 10> The Changes of potassium in the springwaters at Seogwipo.	24
<Fig. 11> The Changes of magnesium in the springwaters at seogwipo. ..	25
<Fig. 12> The Changes of calcium in the springwaters at Seogwipo.	26
<Fig. 13> The Changes of chloride ion in the springwaters at Seogwipo. ..	28
<Fig. 14> The Changes of $\text{NO}_3^-\text{-N}$ in the springwaters at Seogwipo.	30
<Fig. 15> The Changes of sulfate ion in the springwaters at Seogwipo.	31
<Fig. 16> The Changes of K index and O index in the springwaters at Seogwipo.	34

논 문 요 약

濟州道 西歸浦地域 湧出水의 水質 特性에 관한 研究

金 京 燦

韓國敎員大學校 大學院 科學敎育科 化學敎育專攻

(指導敎授 朴 勇 男)

1995년 5월부터 1996년 6월까지 총 6회에 걸쳐 제주도 서귀포지역에 분포하는 용출수들중 16개 지점의 수질 화학적 성분을 분석하여 서귀포지역 용출수의 수질 특성과 월별, 해발 고도별 수질 특성에 관하여 연구하였다. 용출수속에 존재하는 금속 및 비금속 원소들은 유도결합 플라즈마 원자방출 분광법(ICP-AES), 음이온들은 이온 크로마토그래피(IC)법, 암모니아성 질소는 인도 페놀법으로 분석하였다.

서귀포지역 용출수의 연 평균 pH는 7.7, 암모니아성 질소($\text{NH}_3\text{-N}$)는 0.35 mg/L, 총 인은 0.05 mg/L, 나트륨(Na)은 5.08 mg/L, 칼륨(K)은 2.01 mg/L, 마그네슘(Mg)은 3.61 mg/L, 칼슘(Ca)은 5.87 mg/L, 염소 이온(Cl^-)은 12.2 mg/L, 질산성 질소($\text{NO}_3^- \text{-N}$)는 6.48 mg/L, 황산 이온(SO_4^{2-})은 2.04 mg/L로 나타났다. 계절별로는 건기보다는 우기에, 해발 고도별로는 해발 고도가 낮은 해안가나 농경지 주변의 용출수에서 일반적으로 수질 성분의 평균 농도가 증가하였는데, 일부 중산간 지역의 용출수에서 지상의 인위적인 성분들에 의한 증거들을 보였다.

※ 본 논문은 1996년 8월 한국교원대학교 대학원 위원회에 제출된 교육학 석사학위 논문임.

I. 서론

물은 모든 생명체의 존재를 가능케 하는 근원이다. 이런 물이 인간에게 갖는 의미는 생명체 유지의 역할뿐만 아니라, 물이 있음으로써 오늘날 인류 문명의 발달을 가능케 하였다. 따라서 인간이 문명을 발전시키고, 더욱 나은 생활을 추구함에 따라 물의 사용은 급격히 증가되었다고 보여진다. 그러나 우리 인간은 물을 마치 무한한 것이며, 또한 그것의 존재와 역할도 당연한 것으로 인식하여 왔다. 물에 대한 이런 인식은 오랜 세월 동안 물의 오용과 남용을 낳게 하였으며, 그 결과 오늘날 수량과 수질 문제가 환경 파괴와 그것의 폐해라는 양측면에서 심각하게 대두되고 있는 실정이다.

제주도는 연 평균 강우량이 1,872 mm로 전국 최대의 다우지이면서도 화산 용암으로 구성된 특수 상층구조의 토양과 수직 · 판상 절리의 암석층이 발달한 독특한 지질구조로 수자원 총량의 44%가 지하로 침투됨으로써 지표수의 발달이 빈약할 뿐 아니라 대부분의 하천들도 건천을 이루고 있다. 따라서 제주도의 수원으로서는 일부의 지표수와 용출수, 지하수 이외에는 기대하기 어려워 수자원의 개발과 확보는 제주도 개발의 기본 과제로 되어 있다.

제주도에 대한 지하수 개발 사업은 1970년 지하수 시범 조사를 시작으로 활발하게 추진되어 1995년 12월말 현재 약 3,700개공이 개발되어 음용수, 생활 및 농업용수로 사용되고 있다. 이와 같은 지하수 개발 사업의 큰 성과는 제주도의 생활 환경과 세계적인 관광지로 발돋움하는데 획기적인 발전을 가져왔으나 해안 지역과 인구 밀집 지역에서 지하 수원의 과다 사용으로 인한 기존 용출수의 용출량 및 지하 수면의 현저한 감소와 지하수 오염의 증가등 그 이용 면에서 여러 가지 문제점이 발생하고 있다.

제주도 지하수의 수질에 관한 몇몇 연구 기관 (농어촌 진흥 공사, 1980, 1989, 1992, 1994 ; 한국 수자원 공사, 1989, 1990 ; 한국 자원 연구소, 1991 ; 보건 환경 연구원, 1994등) 과 개인 연구자 (최 순학 과 김 영기, 1989 ; 유

장결 외, 1985, 1986, 1989 ; 김 종훈 과 안 종성, 1992 ; 고 기원 외, 1993등)들에 의하여 수행된 연구 결과를 살펴보면 다음과 같다.

윤정수, 박상운⁽¹⁾은 제주도 지하수의 장기 개발에 따른 문제점 고찰에서, 1983년부터 1993년까지 제주도 전역에 분포하는 지하수 관정 중 114개공에 대한 여러 기관에서 실시한 수질 분석 자료를 수집하여 $\text{NO}_3\text{-N}$, Cl^- , SO_4^{2-} 성분들의 변화 추세를 알아보았는데, 조사 지역들 중 서귀포 지역의 질산성 질소는 1983년의 0.11 mg/L에서 1993년에는 5.12 mg/L로 무려 47배나 증가하였고 음용수 수질 기준인 10 mg/L 를 초과한 관정은 총 분석공 11개공 중 2개공 이었다. 염소 이온은 1983년의 7.73 mg/L에서 1993년에는 13.45 mg/L로 증가하였고, 황산 이온은 1983년에는 검출되지 않았으나 1993년에는 5.49 mg/L로 약5.5배 증가하였다. 남원 지역은 질산성 질소가 1989년의 2.30 mg/L에서 1993년에는 7.30 mg/L로 약 2.4배 증가하였고, 음용수 기준치를 초과한 지하수 관정은 총 분석공 6개공 중 2개공이었으며, 염소 이온은 1989년의 12.2 mg/L에서 1993년에는 15.52 mg/L로, 황산 이온은 1989년의 0.30 mg/L에서 1993년에는 3.9 mg/L로 증가하였다. 특히 이들 남부 지역의 수질 성분들은 갈수기인 11월, 12월보다 풍수기인 8월, 9월에 높은 농도를 나타내고 있어 제주도 남부 지역의 수질 변동 양상은 강우의 영향을 민감하게 받고 있다고 보고하였다.

고용구, 김성홍, 송영철⁽²⁾은 제주도 해안 용출수의 수질 특성에서, 1994년 4월부터 동년 10월까지 격월로 총 45개 지점의 용출수를 채수하여 수질검사를 실시한 결과 염소 이온 및 질산성 질소 농도에서 음용수 수질 기준 이내는 전체 조사지점의 37.8%인 17개 지점, 생활·농업용수 수질 기준 이내는 전체 조사지점의 42.2%인 19개 지점, 공업용수 수질 기준 이내는 전체 조사지점의 53.3%인 24개 지점인 것으로 조사되었다. 또한 조사지점중 서귀포지역 해안 용출수에 대한 염소 이온의 평균 농도 변화량은 15.50 mg/L에서 25.73 mg/L로, 질산성 질소의 평균 농도 변화량은 5.84 mg/L에서 9.74

mg/L로 나타났다.

김종훈, 안종성⁽³⁾은 제주도 용천수의 수질 화학적 특성과 연대 측정에 관한 연구에서 TDS와 전기 전도도, Cl과 H-3의 상관관계, Cl/HCO₃비, 경도와 유사경도의 관계 등에 의하여 총 14개 지점의 용천수중 거의 대부분인 10개 지점의 용천수가 해수의 영향을 심하게 받는 것으로 조사되었다.

고기원⁽⁴⁾등은 제주도 동·서부 지역의 지하수 부존 형태와 수질 특성에 관한 연구에서 서부 지역 지하수의 평균 음·양이온과 TDS의 농도는 해안 쪽에서 내륙 쪽으로 갈수록 감소하는 경향이 뚜렷한 반면 동부 지역 지하수의 경우는 Cl⁻과 Na⁺는 서부 지역과 같은 경향을 보였으나 그 외의 수질 성분들은 거의 일정한 값을 나타내는 것으로 조사되었다.

그 동안의 선행 연구들은 해안 용출수에 대한 음용수의 수질 기준 적격 여부 판단과 지하수의 부존 형태에 따른 수질 분석에 관한 연구들이었다. 따라서 본 연구에서는 제주도 서귀포 지역에 분포하는 용출수의 수질 화학적 성분을 월별, 해발 고도별로 비교하여 그 동안 세계적으로 수질이 양호하고 맛이 좋다고 인정받고 있는 깨끗하고 풍부한 제주의 물을 보호하기 위한 기초 자료로 삼고자 한다.

II. 연구 내용

1. 조사 시기

1995년 5월부터 1996년 6월까지 (95년 5월, 7월, 9월, 96년 1월, 3월, 6월)로 총 6회에 걸쳐 채수한 시료를 분석하였다.

2. 조사 지점

수질 조사지점은 아래와 같은 선정 원칙에 준하여 16개 지점을 선정하였고 조사지점 및 위치는 <표 1> 및 <그림 1>과 같다.

가. 서귀포 지역에 분포하는 용출수

나. 1 : 50,000 지형도에서 해발 고도가 서로 다른 지점의 용출수

다. 일일 평균 용출량이 $5,000 \text{ m}^3$ 이상인 용출수

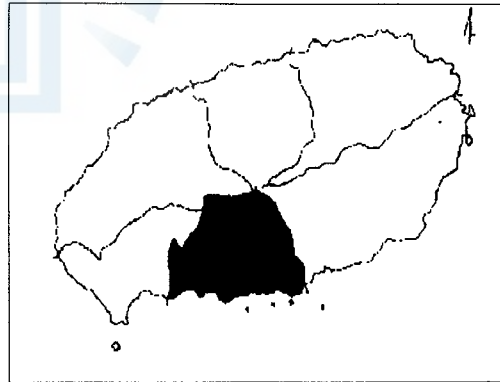
라. 음용수, 생활용수 및 농업용수로 사용되고 있는 용출수

마. 차량 및 장비의 활용이 용이한 지점에 위치한 용출수

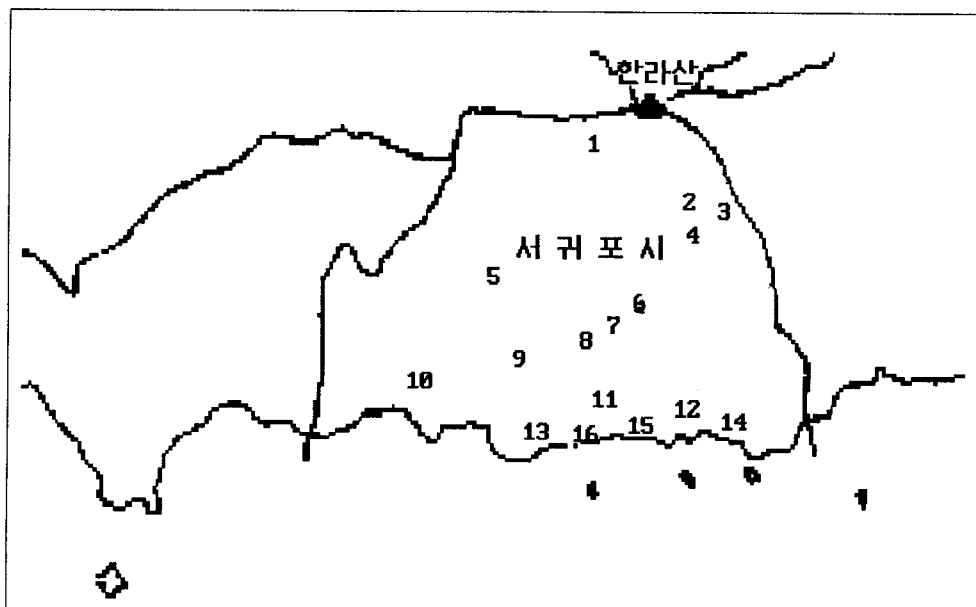
<Table 1> The list of springwater sampling sites at Seogwipo.

Sample No.	Name	Location	Elevation(m)
S ₁	Yeongsil	Sogwipo-shi peopjeong-dong	1,260
S ₂	Yayeongjang	Sogwipo-shi yungcheon-dong	500
S ₃	Sundol	Sogwipo-shi ipseok-dong	440
S ₄	Donneko	Sogwipo-shi yungcheon-dong	400
S ₅	Jangwon	Sogwipo-shi hawon-dong	380
S ₆	Kumsung	Sogwipo-shi donghong-dong	280
S ₇	Gashimeori	Sogwipo-shi seohong-dong	180
S ₈	Jijangsaem	Sogwipo-shi seohong-dong	100
S ₉	Yunrangcheon	Sogwipo-shi yonghung-dong	90
S ₁₀	Chonjeyon	Sogwipo-shi jungmoon-dong	80
S ₁₁	Sunbannae	Sogwipo-shi cheonji-dong	60
S ₁₂	Honeymoon	Sogwipo-shi topyung-dong	40
S ₁₃	Kangjeongmul	Sogwipo-shi kangjeong-dong	20
S ₁₄	Billetong	Sogwipo-shi bomok-dong	20
S ₁₅	Jaguri	Sogwipo-shi songsan-dong	0
S ₁₆	Maksuk	Sogwipo-shi peophwan -dong	0

<Fig.1> The map of springwater sampling sites at Seogwipo.



STUDY AREA



3. 채수 방법, 시료의 보관 및 전처리

가. 채수 방법

- (1) 채수기구로 진공 상태에서 무균 처리된 1.0 L Polyethylene병을 현장에서 개봉하여 사용하였다.
- (2) 채수후 채수병에는 공기가 들어가지 않도록 물 속에서 채수병의 마개를 닫았다.

나. 시료의 보관 및 전처리

- (1) 시료를 채수한 다음 바로 걸러서 음이온 분석을 하였는데, 채수한 날로부터 분석 과정까지 4℃의 냉장고에 보관하였다.
- (2) 음이온을 분석한 다음 2.0% 정제 질산을 10 mL 정도 가하고 시료를 안정화 시킨 후 금속 원소를 분석하였다.

4. 분석 측정의 내용

가. 일반 수질 항목

수질 변화의 일반적 경향을 알아보기 위하여 강우량, pH, 암모니아성 질소 ($\text{NH}_3\text{-N}$), 총인(T-P)을 조사하였다.

나. 금속 원소

서귀포지역 용출수의 수질을 구성할 것으로 보이는 금속 원소 28 중 As, Se, Mo, Zn, Cd, Ni, Fe, Co, P, B, Si, Mn, Mg, V, Be, Cu, Ag, Al, Cr, U, Ca, Sr, Ba, Na, Li, K, Sn, Hg(비금속 원소 일부 포함)을 선택하여 ICP-AES FILE 목록을 만든 다음, 예비 분석하여 16개 지점의 시료 속의 성분 원소를 추적하였다. 그 결과 이들중 검출이 가능한 원소는 수질 기준

유해 중금속인 Pb, Fe, Cu(3종)와 일반 금속 원소인 Na, K, Mg, Ca(4종), 그리고 총 인 측정에 관련된 P를 분석 대상 원소로 선정하였다.

다. 음이온

생활 하수, 화학 비료나 퇴비, 축산 폐수 등의 인위적인 지상의 오염원이 지하로 유입되면 용출수중에 많이 존재할 수 있는 성분인 Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} 을 조사 하였다.

5. 분석 측정의 방법

가. 실험 기구 및 약품

(1) 실험 기구

(가) ICP-AES: PERKIN ELMER Emission Spectrometer Plasma 1000

(나) HPIC

- 시료분석기: Spectra Physics, Spectra System P.2000
- 측정장치: Dionex, Plused Electrochemical Detect
- Printer: Spectra Physics, Data Integrater
- Chromatography Column: Dionex, Ion Pac Chromatography AS4A - SC(4 mm, 10-32)

(다) UV/VIS 분광분석기: BECKMAN DU-6 Spectrophotometer

(라) 거름장치: WATERS, Division of Millipore Milford MA 01757.
U.S.A.

(마) Filter Paper: Type HA 0.45 μm Filter,
Gelman Instrument Company, Ann Arbor,
Michigan U.S.A.

(바) pH Meter: Digital pH / Ion Meter, DMS Model DP-215

(사) 분석화학 실험용 일반 초자 기구류

(2)약품

(가) 분석용 시약: 분석에 필요한 시약들은 표준용액 (U.S. Department of Commerce National Bureau of Standards, Gaithersburg, MD 20899)을 사용하거나 문헌⁽⁵⁾의 표준용액 조제법에 따라서 표준용액을 만든 뒤 필요한 농도로 묽혀서 사용하였다. 이때 시약들은 특급시약이상의 고 순도를 사용하였다.

(나) 증류수: 2차 증류수를 사용하였다.

나. 분석방법

(1) pH

채수 지점 현장에서 pH meter로 직접 측정하였다.

(2) 암모니아성 질소($\text{NH}_3\text{-N}$)

암모니아성 질소는 Indophenol법으로 측정하였다. 0.45 μm HA filter를 사용하여 시료를 걸러준 다음, 10.0 mL의 시료를 취하여 100 mL의 삼각 플라스크에 넣고, 여기에 6.75 M-NaOH 수용액 74.0 mL에 50.0 g의 인산나트륨($\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$)을 녹여 전체가 1.00 L가 되도록 만든 완충 용액을 2.00 mL 씩 가해주었다. 다시 45%의 신선한 페놀 용액을 5.00 mL 가해 준 다음에 잘 섞었다. 이 용액에 0.100 N 차아염소산나트륨(NaOCl) 용액 2.5 mL를 가해 주고 신속하게 섞어 주었다. 증류수를 가하여 25.0 mL 되게 묽혀 주고 25 $^{\circ}\text{C}$ 의 온도로 어두운 곳에서 30 분간 방치하였다. 이 용액을 UV/VIS-Spectrophotometer용 10.0 mm의 흡수 cell에 넣고 630 nm에서 흡광도를 측정하였다. 증류수 바탕용액, 1.00 mg/L 표준용액, 5.00 mg/L 표준용액의

흡광도를 측정하여 미리 작성한 검량선 으로부터 암모니아성 질소의 농도를 구하였다.

(3) 총인(T-P) 및 금속원소

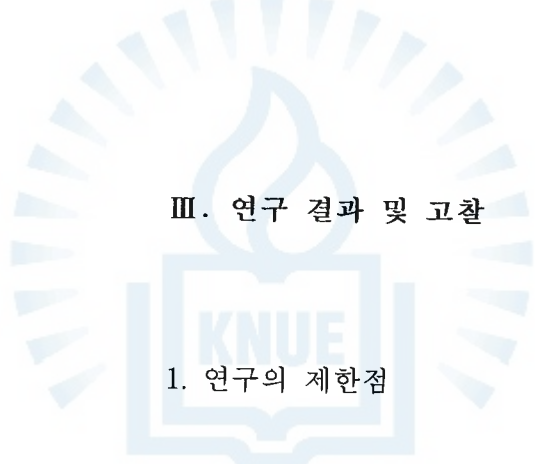
유도 결합 플라즈마 - 원자 방출 분석법(Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry)을 이용하였다. ICP-AES 본체를 켜 다음, printer, 냉각수, 아르곤 및 후드를 켜고 시료 주입 펌프를 고정시켰다. Plasma를 켜 상태로 30분간 warming up 시킨 뒤에, 예비실험으로 측정할 원소들의 data file을 작성하였다. 모든 준비가 완료된 후에 증류수 바탕시료와 S₁ 에서 S₁₆ 까지 시료 속의 성분원소를 개략적으로 예비분석하였다. 예비분석 실험으로 검출할 원소의 종류를 선택한 다음 각 원소의 농도가 1.00 mg/L, 5.00 mg/L가 되도록 표준용액을 만들고, 표준물질에 대한 바탕보정을 한 후 아래 <표 2>와 같이 선택한 ICP-AES 반응 최적화 조건에서 각각의 시료에 대하여 농도를 측정하였다.

<Table 2> A typical ICP-AES operating condition used for the experiment.

R. F power	1000 W
Nebulizer gas flow	1.3 mL/min
Auxiliary gas flow	1.0 mL/min
Plasma gas flow	15.0 L/min
Viewing height	15.0 mm
PMT Voltage	600 V
Wavelength	P : 213.62 nm K : 766.49 nm Pb : 220.35 nm Fe : 238.20 nm Mg : 279.55 nm Cu : 324.75 nm Ca : 393.37 nm Na : 589.59 nm

(4) 음이온

고성능 이온 크로마토그래피(High Performance Ion Chromatography-HPIC)로 분석하였다. HPIC 분석에 필요한 모든 주변 기기를 연결한 다음, 각각의 농도가 0.90 mM Na_2CO_3 와 0.85 mM NaHCO_3 이 되도록 만든 2.00 L의 eluent를 용기에 채우고, 다시 regenerant로 25.0 mM H_2SO_4 2.00 L를 만들어 용기에 채워 준 다음, 헬륨(degass용)과 질소(regenerant의 운반 기체)의 밸브를 열고 HPIC 본체의 cell과 integrater를 setting 하였다. 약 한 시간 동안 용리액을 degass 시켜주고 5.00 mg/L로 만든 Cl^- , NO_3^- -N, SO_4^{2-} 표준용액을 주입하여 calibration 시켜 주었다. 안정한 IC chromatogram이 얻어진 다음에 각각의 시료를 주입하여 음이온 농도를 측정하였다.



Ⅲ. 연구 결과 및 고찰

1. 연구의 제한점

가. 우리 나라 수질검사 38항목에 해당하는 3종의 금속, pH, $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, Cl^- , SO_4^{2-} 의 8항목과 일반 수질의 지표가 되는 T-P 및 일반 금속 원소 4종에 대한 수질 분석만을 시행하였다.

나. 용출수의 수질은 조사 시기와 조사 지점에 따라서 수시로 변하므로 가능한 여러 번 측정해야 하지만 본 연구에서는 95년 5월, 7월, 9월과 96년 1월, 3월, 6월 총 6회의 측정값을 분석한 결과이다.

다. 95년 5월의 시료는 채수한 날로부터 시일이 약 6주 경과하여 분석하였기 때문에 분석 결과의 타당성을 알아보기 위하여 96년 6월에 시료를 채취하여 분석하였다.

라. 서귀포 지역에 위치한 용출수중 16개 지점만을 선정하였다.

2. 서귀포 지역 용출수의 수질 특성

가. 서귀포 지역의 월별 강수량

'95년 5월부터 '96년 6월까지 서귀포 지역의 월별 강수량을 <표 3> 과 <그림 2>에 나타내었다. '95년 5, 6, 7, 8월과 '96년 5, 6월의 강수량이 조사

기간 전체 강수량의 77.3%를 차지하였다.

<Table 3> Monthly precipitation during 1995 and 1996 at Seogwipo.

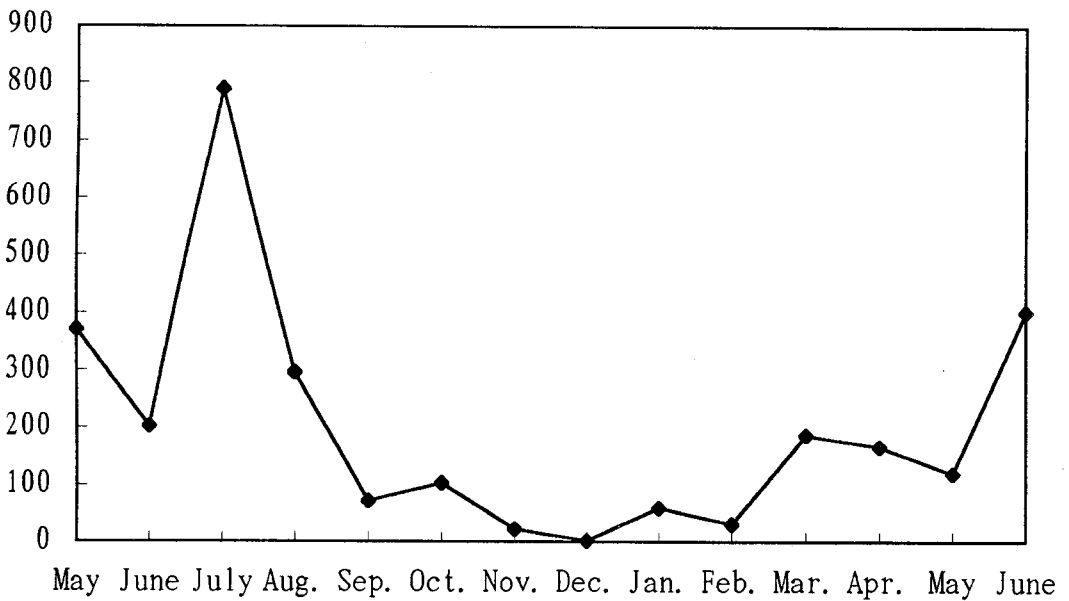
UNIT : mm

Month	'95 May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	'96 Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June
Precipitation	370.7	203.1	790.3	296.9	71.2	103.1	22.2	1.8	59.2	31.2	186.5	166.4	120.1	401.9

(Data : 서귀포 기상 관측소)

<Fig. 2> The changes of monthly precipitation during 1995 and 1996 at Seogwipo.

precipitation (mm)



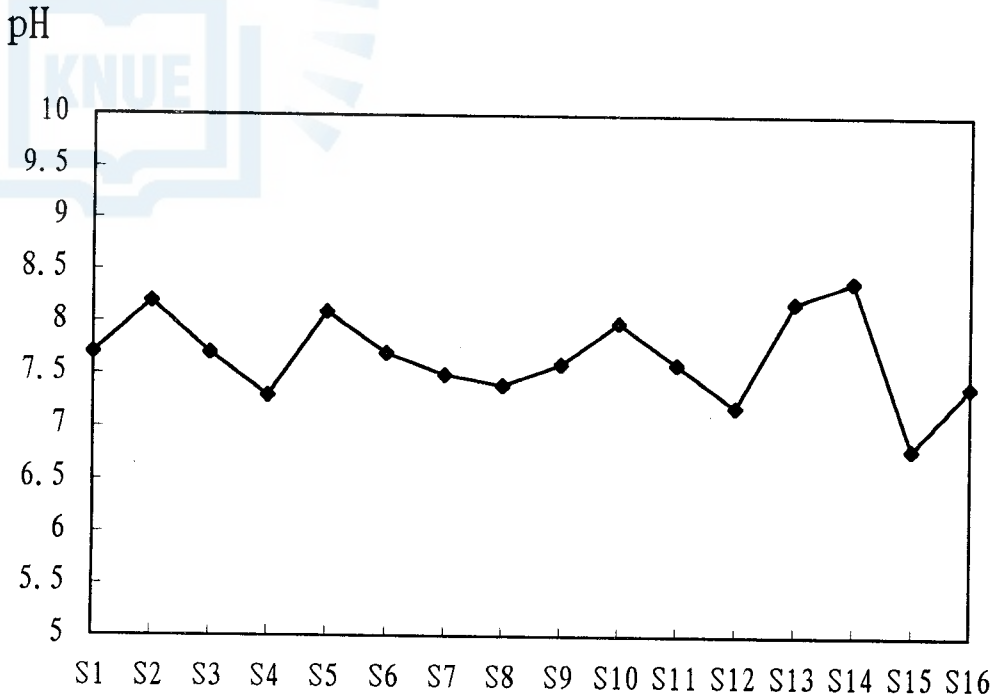
나. 수소 이온 지수(pH)

자연수의 pH는 주로 물 속에 함유되어 있는 유리 탄산과 탄산염의 비에 의하여 결정되며, 보통의 자연수는 중성이나 약한 알칼리성을 나타낸다. 조사지점에 대한 월별, 고도별 pH를 <표 4> 와 <그림 3>에 나타내었다. 서귀포 지역 용출수의 전체 평균 pH는 7.7로 월별, 고도별에 따른 pH 변화는 거의 없으나 S₁₄에서 8.4로 가장 높고 S₁₅에서 6.8로 가장 낮게 측정되었는데, 전 지역에서 우리나라 음용수 기준인 5.8 ~ 8.5 이내의 값을 보였다.

<Table 4> The results of pH at various places of Seogwipo Area.

site month	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂	S ₁₃	S ₁₄	S ₁₅	S ₁₆	Av.
'95 May	7.8	8.0	7.8	7.2	8.2	7.9	7.6	7.6	7.7	8.2	7.8	7.3	8.1	8.5	6.8	7.4	7.7
July	7.9	8.4	7.9	7.1	8.3	8.1	7.7	7.6	7.8	8.3	7.9	7.4	7.9	8.5	7.0	7.5	7.8
Sep.	7.5	8.1	7.6	7.5	7.9	7.5	7.4	7.3	7.5	7.8	7.5	7.0	8.5	8.4	6.9	7.4	7.6
'96 Jan.	7.4	8.1	7.5	7.4	7.9	7.3	7.3	7.2	7.3	7.6	7.1	7.0	8.5	8.3	6.7	7.4	7.5
Mar.	7.8	8.3	7.8	7.3	8.2	7.8	7.5	7.5	7.6	8.3	7.7	7.1	8.2	8.5	6.7	7.5	7.7
Av.	7.7	8.2	7.7	7.3	8.1	7.7	7.5	7.4	7.6	8.0	7.6	7.2	8.2	8.4	6.8	7.4	7.7

<Fig. 3> The Changes of pH in the springwaters at Seogwipo.



다. 암모니아성 질소($\text{NH}_3\text{-N}$)

암모니아성 질소의 검출은 질소화합물을 함유하는 오염물이 유입된 후 오랜 시간이 경과되지 않았음을 나타낸다. 암모니아성 질소의 음용수 수질기준은 0.5 mg/L 이하인데, 서귀포 지역 용출수의 월별 평균값은 <표 5>에서 보듯이 7월이 0.49 mg/L로 가장 높고, 1월이 0.25 mg/L로 가장 낮게 나타났다. 조사지점에 대한 암모니아성 질소의 농도 변화는 <그림 4>에서 보듯이 고도가 낮아짐에 따라 농도가 증가하였으며, 특히 해안가 용출수인 S₁₅, S₁₆의 평균 농도는 음용수 기준치에 가까운 0.45 mg/L, 0.47 mg/L로 측정되었다.

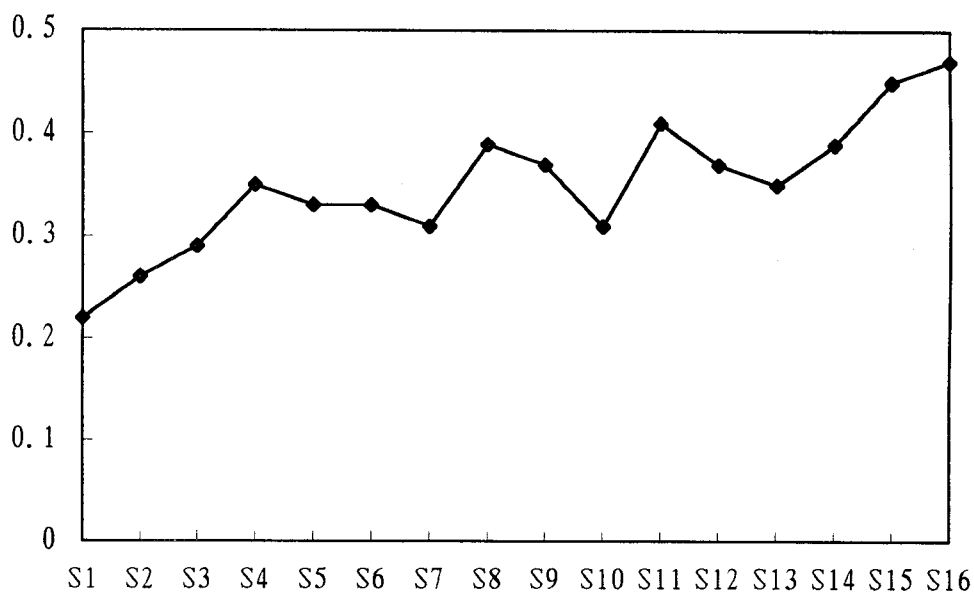
<Table 5> The concentrations of $\text{NH}_3\text{-N}$ at various places of Seogwipo Area.

UNIT : mg/L

site month	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂	S ₁₃	S ₁₄	S ₁₅	S ₁₆	Av.
'95 May	0.27	0.31	0.30	0.39	0.33	0.40	0.34	0.41	0.42	0.37	0.48	0.42	0.43	0.51	0.64	0.58	0.41
July	0.31	0.37	0.35	0.53	0.42	0.46	0.36	0.55	0.49	0.42	0.51	0.48	0.45	0.55	0.83	0.74	0.49
Sep.	0.19	0.20	0.25	0.41	0.31	0.34	0.33	0.37	0.38	0.27	0.23	0.33	0.32	0.39	0.32	0.34	0.31
'96 Jan.	0.18	0.20	0.23	0.19	0.29	0.23	0.19	0.29	0.32	0.21	0.31	0.29	0.23	0.32	0.23	0.27	0.25
Mar.	0.20	0.24	0.27	0.39	0.31	0.34	0.30	0.35	0.40	0.32	0.44	0.39	0.37	0.43	0.45	0.47	0.35
June	0.14	0.25	0.35	0.18	0.33	0.23	0.34	0.37	0.23	0.27	0.47	0.32	0.31	0.12	0.22	0.42	0.28
Av.	0.22	0.26	0.29	0.35	0.33	0.33	0.31	0.39	0.37	0.31	0.41	0.37	0.35	0.39	0.45	0.47	0.35

<Fig. 4> The Changes of $\text{NH}_3\text{-N}$ in the springwaters at Seogwipo.

$\text{NH}_3\text{-N}$ (mg/L)



라. 총 인(T-P)

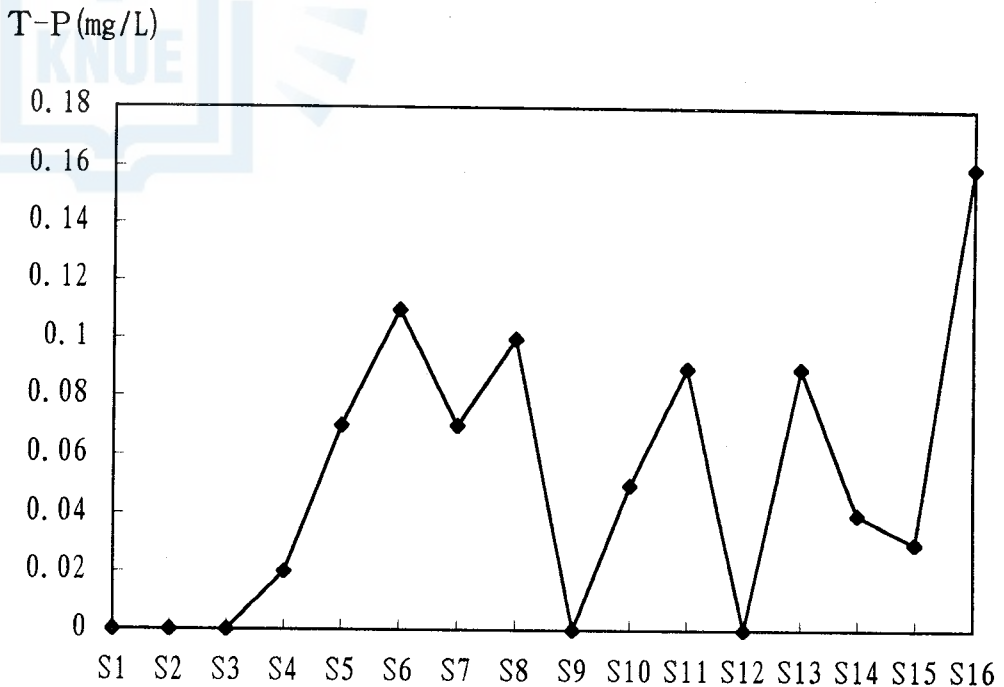
인을 포함하는 오염원이 수계에 배출되었을때 검출된다. 유기인은 주로 유기인계 농약(주로 살충제)을 과다 살포하여 물속에 잔류될 때 나타나며 무기인은 이들을 포함하는 산업 폐수나 가정 하수에 의하여 검출된다. <표 6>과 <그림 5>에서 볼 수 있는 것처럼 5, 7, 9월에는 전혀 검출되지 않았는데 1, 3, 6월에 과수원 밀집 지역 및 해안가 용출수 일부에서 소량 검출 되었고, 고도가 낮을수록 검출 농도가 증가하였다. 특히, S₁₆의 연 평균 농도는 0.16 mg/L로 조사 지점중 가장 높게 검출 되었다.

<Table 6> The concentrations of T-P at various places of Seogwipo Area.

UNIT : mg/L , - : Not Detected

site month	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂	S ₁₃	S ₁₄	S ₁₅	S ₁₆	Av.
'95 May	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.06	-	-	-	-
July	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sep.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
'96 Jan.	-	-	-	-	0.11	0.05	-	0.07	-	-	0.09	-	-	-	-	-	0.02
Mar.	-	-	-	0.11	0.17	0.29	0.22	0.21	-	0.08	0.27	-	0.27	-	-	0.76	0.15
June	-	-	-	-	0.16	0.30	0.21	0.32	-	0.23	0.21	-	0.23	0.26	0.18	0.17	0.14
Av.	-	-	-	0.02	0.07	0.11	0.07	0.10	-	0.05	0.09	-	0.09	0.04	0.03	0.16	0.05

<Fig. 5> The changes of T-P in the springwaters at Seogwipo.



마. 금속 원소 성분

(1) 수질 기준 유해 중금속

주로 농약이나 공장 폐수속에 포함되어 있는 중금속은 일단 생물체에 흡수되면 배출이 어려워 생물에 해가 없을 만큼의 미량이라도 일단 물 속에 흘러 들어가면, 이것이 먹이 연쇄를 통하여 고차 소비자로 이동하면서 농축되어 심각한 중금속 중독증을 일으킨다. 수질 환경 기준에 해당하는 유해 중금속들 중 조사 지점의 용출수에 대한 예비 분석 실험에서 검출 가능한 원소는 Pb, Fe, Cu인데 음용수 수질 기준은 Pb가 0.1 mg/L, Fe이 0.3 mg/L, Cu가 1.0 mg/L이다. 분석 결과를 <표 7>, <표 8>, <표 9> 와 <그림 6>, <그림 7>, <그림 8> 에 나타내었다. 조사 지점의 수질 기준 유해 중금속의

연 평균 농도는 음용수 수질 기준 이내로 조사되었다.

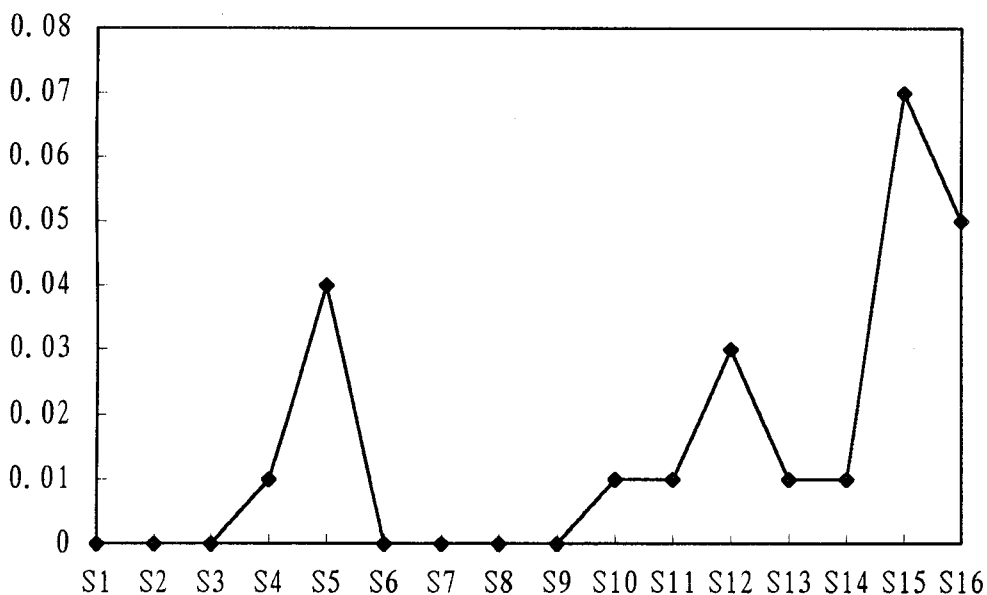
<Table 7> The concentrations of Pb at various places of Seogwipo Area.

UNIT : mg/L , - : Not Detected

site month	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂	S ₁₃	S ₁₄	S ₁₅	S ₁₆	Av.
'95 May	-	-	-	-	0.21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.26	0.20	0.04
July	-	-	-	0.08	-	-	-	-	-	-	-	0.11	-	-	0.10	-	0.02
Sep.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.06	-	-	-	-	0.07	0.12	0.02
'96 Jan.	-	-	-	-	0.05	-	-	-	-	-	0.06	0.07	-	-	-	-	0.01
Mar.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
June	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.07	0.07	-	-	0.01
Av.	-	-	-	0.01	0.04	-	-	-	-	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.07	0.05	0.02

<Fig. 6> The Changes of Pb in the the springwaters at Seogwipo.

Pb (mg/L)



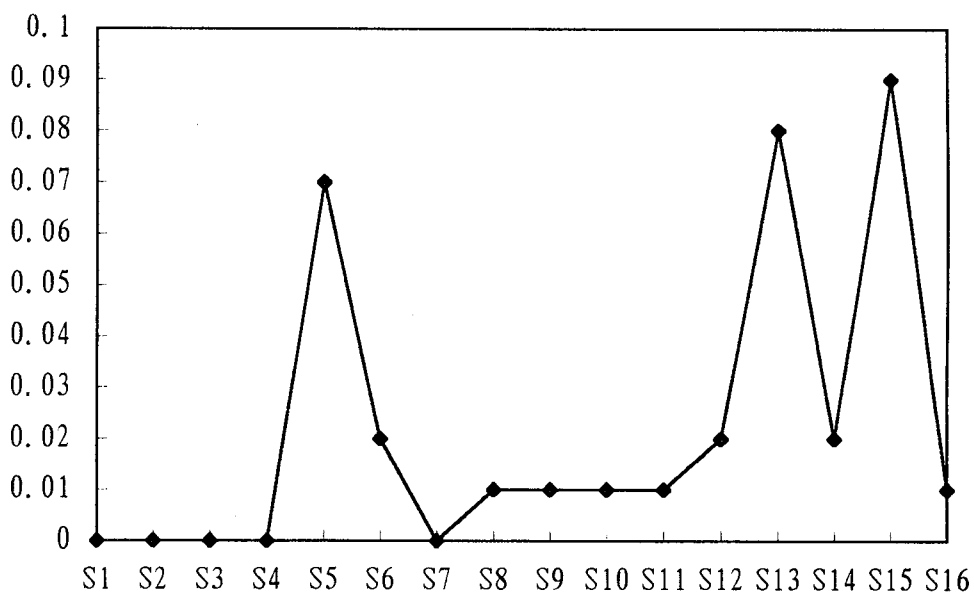
<Table 8> The concentrations of Fe at various places of Seogwipo Area.

UNIT : mg/L, - : Not Detected

site month	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂	S ₁₃	S ₁₄	S ₁₅	S ₁₆	Av.
'95 May	-	0.01	0.01	0.01	0.29	0.04	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.46	0.01	0.01	-	0.06
July	-	0.02	-	0.02	0.11	0.03	-	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.01	0.12	0.55	0.01	0.06
Sep.	-	0.01	0.01	-	0.01	-	0.01	-	-	0.01	0.01	-	-	-	-	-	-
'96 Jan.	-	-	-	-	-	0.01	-	-	-	0.01	0.01	0.01	-	-	0.01	0.01	-
Mar.	-	-	-	0.01	0.03	0.01	-	0.01	-	0.03	0.02	0.03	-	-	-	0.06	0.01
June	-	-	-	-	0.01	0.01	-	0.01	-	-	-	-	0.01	-	-	-	-
Av.	-	-	-	-	0.07	0.02	-	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.08	0.02	0.09	0.01	0.02

<Fig. 7> The Changes of Fe in the springwaters at Seogwipo.

Fe (mg/L)



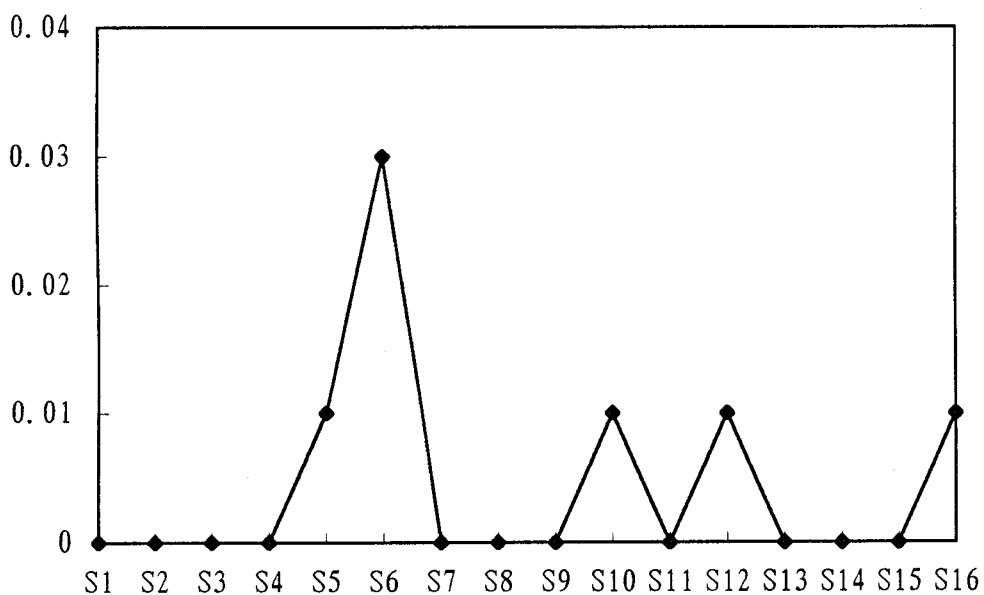
<Table 9> The concentrations of Cu at various places of Seogwipo Area.

UNIT : mg/L, - : Not Detected

site month	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂	S ₁₃	S ₁₄	S ₁₅	S ₁₆	Av.
'95 May	-	-	-	-	0.04	0.04	0.01	-	-	0.01	-	-	-	-	-	-	0.01
July	-	-	-	-	0.01	0.05	-	-	-	-	0.01	-	-	-	-	-	-
Sep.	-	-	-	-	-	0.05	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
'96 Jan.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mar.	-	-	-	-	-	0.01	-	0.01	-	0.04	0.02	0.04	-	-	-	0.04	0.01
June	-	-	-	-	0.01	-	-	0.01	-	0.01	-	0.01	-	0.01	0.01	0.01	-
Av.	-	-	-	-	0.01	0.03	-	-	-	0.01	-	0.01	-	-	-	0.01	-

<Fig. 8> The Changes of Cu in the springwaters at Seogwipo.

Cu (mg/L)



(2) 일반 금속 원소들

용출수의 수질 구성 성분으로 많이 존재하는 알칼리 금속 원소인 Na 과 K, 알칼리토 금속 원소인 Mg과 Ca은 주로 지하 매질의 지구 화학적 특성에 영향을 받는다. 그러나, 생활 하수와 과수원에서 사용되는 화학비료 및 해수에 의한 영향을 받게 되면 높은 농도로 검출된다. Na은 <표 10>, <그림 9>에 나타낸 것처럼 S₁이 평균 2.33 mg/L로 가장 낮고, S₉가 평균 8.58 mg/L로 가장 높았다. 월별에 따른 농도 변화는 3월이 4.00 mg/L로 가장 낮고, 6월이 7.89 mg/L로 가장 높은 농도로 검출되었다. K은 <표 11>, <그림 10>에 나타내었는데 S₆이 평균 0.77 mg/L로 가장 낮고, S₉가 평균 3.52 mg/L로 가장 높았으며, 월별에 따른 농도 변화는 크지 않으나 5, 7, 9월이 비슷하고 1, 3, 6월이 비슷한 농도로 검출되었다. 물의 경도에 가장 큰 영향을 주는 Mg과 Ca의 측정 결과를 <표 12>, <그림 11>과 <표 13>, <그림 13>에 보였다. Mg은 S₉가 평균 8.29 mg/L로 가장 높고, S₁이 평균 0.74 mg/L로 가장 낮았다. 월별 평균 농도는 6월이 4.99 mg/L로 높게, 3월이 2.09 mg/L로 낮게 검출되었다. Ca은 S₈이 평균 13.30 mg/L로 가장 높고, S₃이 평균 1.52 mg/L로 가장 낮았다. 월별 평균 농도는 6월이 9.14 mg/L로 높고 3월이 4.03 mg/L로 낮았다.

<Table 10> The concentrations of sodium at various places of Seogwipo Area.

UNIT : mg/L

site month	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂	S ₁₃	S ₁₄	S ₁₅	S ₁₆	Av.
'95 May	1.56	2.25	1.72	3.98	5.68	2.76	3.13	7.93	9.43	6.64	4.61	4.62	5.17	5.40	5.93	5.92	4.80
July	1.28	2.26	2.12	3.85	5.18	2.66	3.14	7.34	8.82	5.66	5.37	6.49	4.57	5.66	8.76	6.04	4.95
Sep.	2.29	2.78	2.42	3.98	5.49	2.92	3.52	6.77	7.85	5.75	4.59	5.03	4.26	5.96	6.90	6.58	4.82
'96 Jan.	2.89	3.04	2.99	3.37	5.54	2.96	3.46	4.44	6.76	5.07	4.07	3.48	4.00	4.99	4.18	2.85	4.01
Mar.	2.70	2.99	2.54	3.48	5.65	2.84	3.24	4.23	6.04	3.94	4.26	4.24	2.92	6.74	6.82	1.41	4.00
June	3.27	4.04	4.04	7.12	9.23	4.29	5.21	12.3	12.6	9.55	7.16	7.97	7.99	9.19	10.5	11.8	7.89
Av.	2.33	2.89	2.64	4.30	6.13	3.07	3.62	7.17	8.58	6.10	5.01	5.31	4.82	6.32	7.18	5.77	5.08

<Fig. 9> The Changes of sodium in the springwaters at Seogwipo.

Na (mg/L)



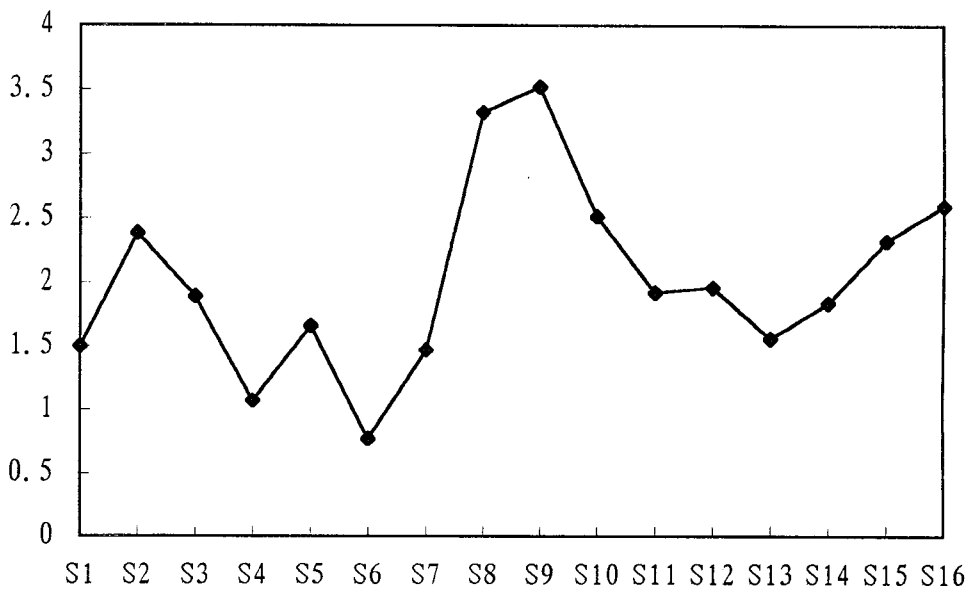
<Table 11> The concentrations of potassium at various places of Seogwipo Area.

UNIT : mg/L

site month	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂	S ₁₃	S ₁₄	S ₁₅	S ₁₆	Av.
'95 May	1.25	2.19	1.54	0.98	1.78	0.66	1.39	4.24	3.89	3.31	1.95	1.85	1.89	1.93	2.17	3.45	2.15
July	1.02	2.20	1.90	0.95	1.63	0.64	1.40	3.92	3.64	2.82	2.27	2.59	1.67	2.02	3.21	3.52	2.21
Sep.	1.83	2.71	2.17	0.98	1.72	0.70	1.57	3.61	3.24	2.87	1.94	2.01	1.55	2.13	2.53	3.83	2.21
'96 Jan.	2.31	2.96	2.68	0.83	1.74	0.71	1.54	2.37	2.79	2.53	1.72	1.39	1.46	1.78	1.53	1.66	1.88
Mar.	2.16	2.91	2.28	0.86	1.78	0.68	1.44	2.26	2.49	1.97	1.80	1.69	1.07	2.40	2.50	0.82	1.82
June	0.41	1.30	0.77	1.81	1.33	1.23	1.47	3.54	5.07	1.56	1.82	1.89	1.70	0.77	1.99	2.25	1.81
Av.	1.50	2.38	1.89	1.07	1.66	0.77	1.47	3.32	3.52	2.51	1.92	1.96	1.56	1.84	2.32	2.59	2.01

<Fig. 10> The Changes of potassium in the springwaters at Seogwipo.

K (mg/L)



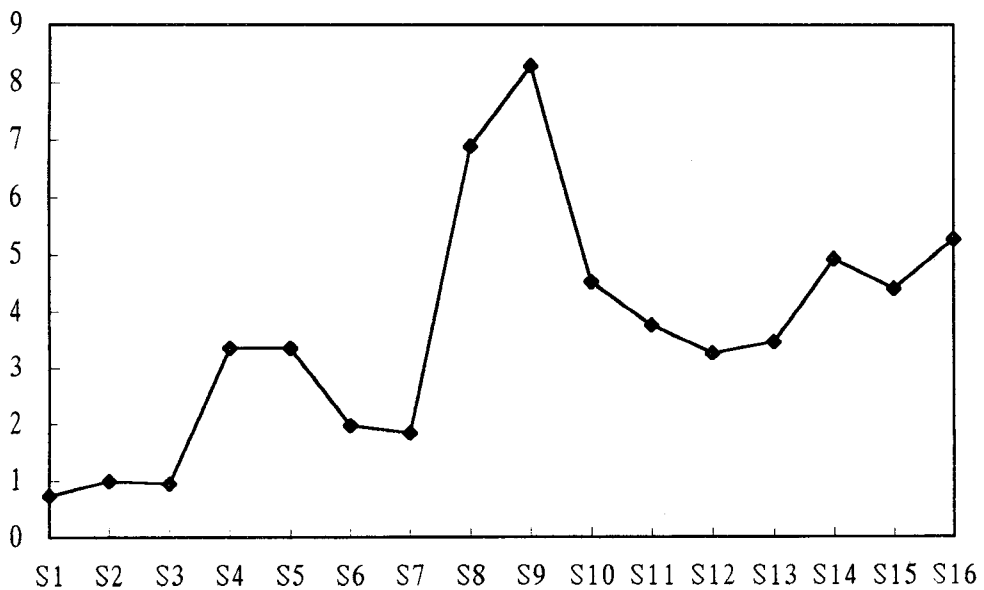
<Table 12> The concentrations of magnesium at various places of Seogwipo Area.

UNIT : mg/L

site month	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂	S ₁₃	S ₁₄	S ₁₅	S ₁₆	Av.
'95 May	0.56	0.95	0.70	3.72	3.38	1.98	1.84	9.70	10.3	6.99	4.31	3.17	5.68	5.11	4.48	5.95	4.24
July	0.48	0.91	0.89	3.39	3.17	1.80	1.75	7.70	9.07	5.14	4.81	5.37	3.91	4.59	7.01	6.04	4.13
Sep.	0.89	1.03	1.06	3.36	3.49	2.10	1.93	7.15	7.98	4.51	3.65	3.62	3.28	5.52	4.98	9.88	4.02
'96 Jan.	1.00	0.98	1.31	1.94	2.88	1.83	1.59	3.02	4.72	2.66	2.65	1.76	1.53	4.27	1.84	1.29	2.20
Mar.	0.75	0.95	1.01	2.26	2.95	1.81	1.70	2.69	4.21	1.71	2.65	1.69	1.10	4.00	2.64	1.35	2.09
June	0.75	1.11	0.72	5.47	4.29	2.28	2.22	11.1	13.4	6.16	4.55	3.98	5.33	6.04	5.44	7.05	4.99
Av.	0.74	0.99	0.95	3.36	3.36	1.97	1.84	6.89	8.29	4.53	3.77	3.27	3.47	4.92	4.40	5.26	3.61

<Fig. 11> The Changes of magnesium in the springwaters at seogwipo.

Mg (mg/L)



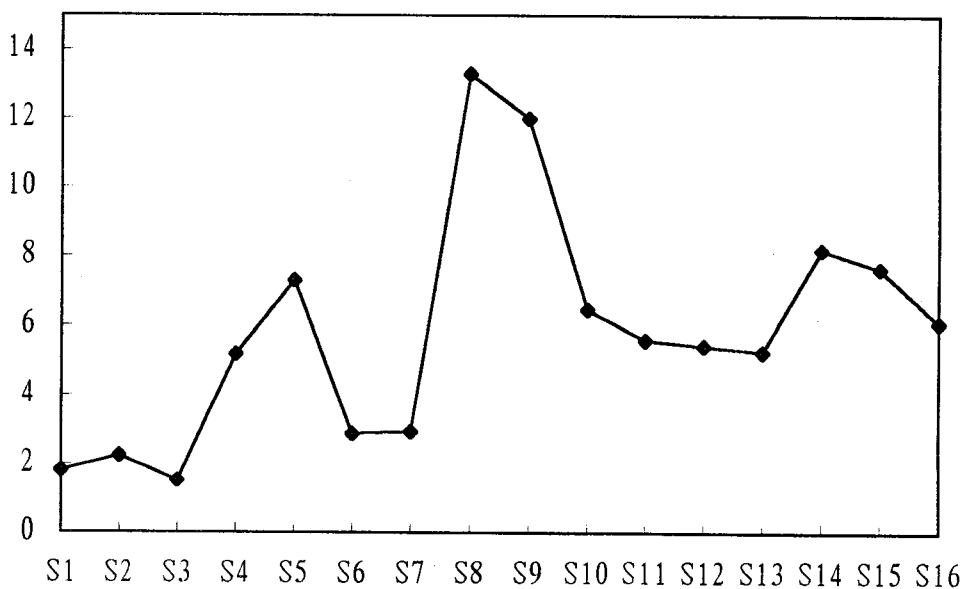
<Table 13> The concentrations of calcium at various places of Seogwipo Area.

UNIT : mg/L

site month	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂	S ₁₃	S ₁₄	S ₁₅	S ₁₆	Av.
'95 May	1.22	1.63	1.01	5.17	6.64	2.49	2.65	16.9	17.0	9.04	5.69	4.97	7.49	7.44	6.86	7.24	6.47
July	1.17	1.36	1.36	4.67	5.69	2.24	2.47	13.1	13.2	6.27	6.31	8.09	4.95	6.69	10.9	7.37	5.99
Sep.	1.91	2.71	1.49	4.18	6.25	2.65	2.56	11.7	11.8	5.42	4.62	5.13	4.27	7.93	7.58	7.04	5.45
'96 Jan.	3.48	2.74	2.28	3.18	7.34	3.25	2.97	6.45	6.48	5.02	4.40	3.28	3.07	5.97	3.60	2.26	4.11
Mar.	1.60	2.90	1.80	3.84	7.02	2.99	2.98	5.78	5.81	2.89	4.78	3.33	2.13	9.16	6.02	1.60	4.03
June	1.55	2.17	1.19	10.0	10.8	3.66	4.03	25.7	17.8	10.1	7.82	7.77	9.67	11.9	11.0	11.1	9.14
Av.	1.82	2.25	1.52	5.18	7.29	2.88	2.94	13.3	12.0	6.46	5.60	5.43	5.26	8.18	7.65	6.10	5.87

<Fig. 12> The Changes of calcium in the springwaters at Seogwipo.

Ca (mg/L)



바. 음이온

(1) 염소 이온(Cl^-)

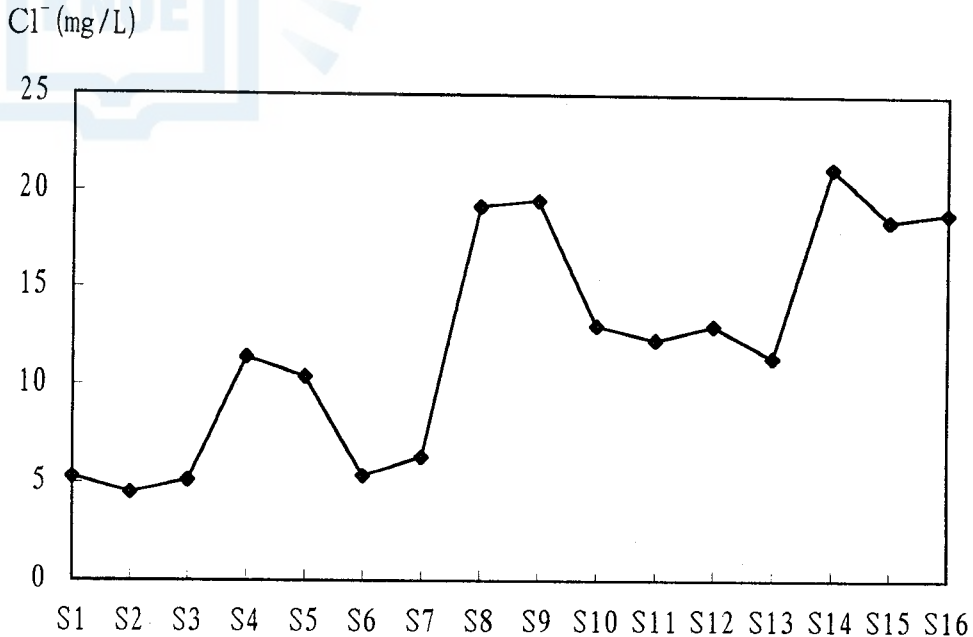
염소 이온에 의한 오염은 해안지역에서 지하수를 지나치게 많이 퍼올릴 경우 해수가 지하수로 침투하거나 생활하수 및 축산폐수 등의 하수가 지하로 유입될 때 일어난다. 우리나라 음용수 수질기준은 150 mg/L 이하이다. 본 연구에서 염소 이온 농도가 가장 높게 측정된 곳은 S₁₄로 평균 21.20 mg/L, 가장 낮은 곳은 S₂로 4.50 mg/L 였으며 월별 평균 농도는 9월이 22.44 mg/L로 가장 높고, 1월이 8.04 mg/L로 가장 낮게 측정되었다. 또한 해발 고도가 낮을수록 대체로 농도가 증가하였으나 우기가 건기보다 높게 검출되는 것으로 보아 해수에 의한 영향보다는 지하 매질이나 지상의 인위적인 영향 때문으로 판단된다. 측정 결과를 <표 14> 와 <그림 13>에 나타내었다.

<Table 14> The concentrations of chloride ion at various places of Seogwipo Area.

UNIT : mg/L

site month	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂	S ₁₃	S ₁₄	S ₁₅	S ₁₆	Av.
'95 May	2.63	3.37	3.34	9.22	7.47	3.96	4.68	17.1	16.0	12.5	8.57	14.1	13.5	19.0	11.7	12.8	10.0
July	2.70	3.25	3.22	9.38	6.83	3.84	4.31	13.5	15.0	9.49	11.4	13.7	7.74	14.1	16.8	16.9	9.52
Sep.	8.88	8.82	9.47	19.6	20.6	11.1	12.2	38.7	34.3	23.7	21.2	22.1	18.6	39.3	33.9	36.8	22.4
'96 Jan.	5.72	3.65	5.09	5.75	7.65	4.49	5.48	9.48	9.95	9.33	9.25	6.95	6.85	15.1	14.0	9.89	8.04
Mar.	6.59	4.18	5.21	8.25	9.16	4.20	5.42	11.2	14.0	9.24	11.3	7.72	7.36	17.9	14.8	12.7	9.33
June	5.34	3.74	4.47	16.2	10.7	4.65	5.89	25.4	27.8	13.8	12.1	13.3	14.3	21.7	19.6	24.1	13.9
Av.	5.31	4.50	5.13	11.4	10.4	5.37	6.33	19.2	19.5	13.0	12.3	13.0	11.4	21.2	18.5	18.9	12.2

<Fig. 13> The Changes of chloride ion in the springwaters at Seogwipo.



(2) 질산성 질소(NO_3^- -N)

질산성 질소는 주로 가축이나 사람의 분뇨, 질소질 화학비료 및 퇴비, 부패된 음식찌꺼기, 생활하수 등에 포함된 질소성분이 산화되어 만들어지는 가장 안정한 형태의 최종 생성물로 성인보다는 젖먹이 유아나 어린이들이 질산성 질소가 많이 들어 있는 물이나 음식을 먹게되면 입술, 손끝 및 피부가 파란색으로 변하는 청색증을 유발하는 물질로 알려져 있다. 우리나라의 음용수 수질 기준은 10 mg/L 이하 이다. 조사 지점에 대한 측정 결과를 <표 15> 와 <그림 14>에 나타내었다. 질산성 질소의 농도가 가장 높은 곳은 S₉로 연 평균 농도가 17.82 mg/L였고 S₁, S₂, S₃ 에서는 거의 검출되지 않았다. 전체 조사 지점의 질산성 질소의 연평균 농도는 6.48 mg/L로 음용수 수질 기준을 초과한 곳은 S₈, S₉, S₁₅, S₁₆ 이었다. 월별 평균 농도는 9월이

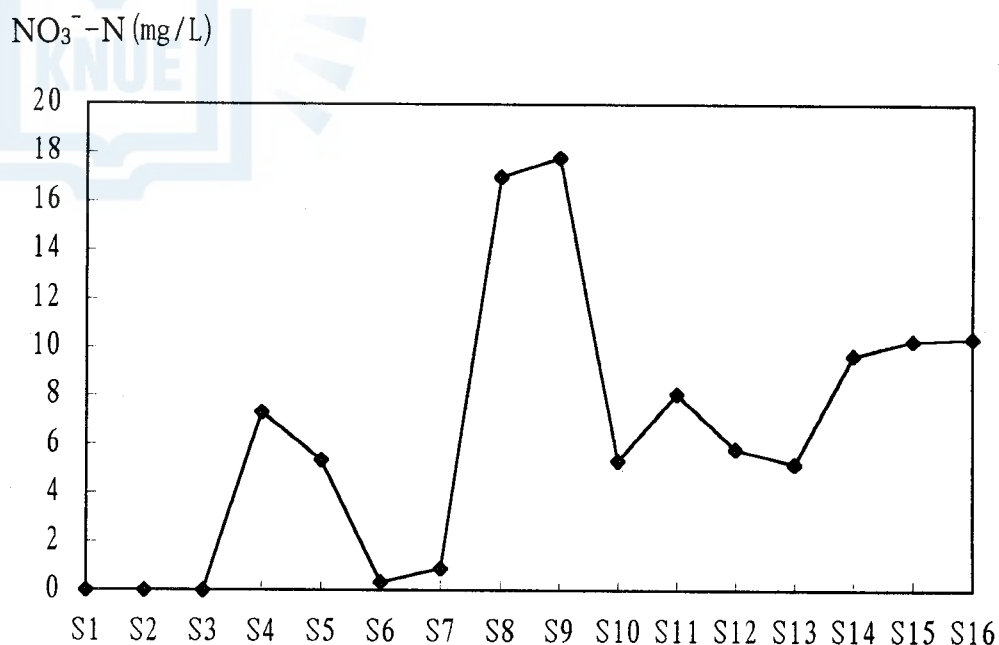
9.08 mg/L로 가장 높고, 1월이 2.53 mg/L로 가장 낮았으며, 우기인 5월, 7월, 9월, 6월의 평균 농도는 8.50 mg/L로 건기인 1월, 3월의 평균 농도인 2.94 mg/L보다 약 3배 높게 검출되었다. 조사 지점중 질산성 질소의 농도가 높게 검출되는 지역의 용출수 주변은 농경지로 나타나 농사용 질소비료에 의한 영향으로 판단되며, 이러한 영향은 우기에 더욱 크게 나타나는 것으로 생각된다.

<Table 15> The concentrations of NO_3^- -N at various places of Seogwipo Area.

UNIT : mg/L, - : Not Detected

site month	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂	S ₁₃	S ₁₄	S ₁₅	S ₁₆	Av.
'95 May	-	-	-	9.41	5.48	0.55	1.25	24.4	26.3	11.7	8.91	4.43	11.5	9.38	7.01	11.9	8.26
July	-	-	-	7.00	5.19	0.26	0.59	19.6	20.3	5.61	10.6	13.9	5.63	8.72	18.1	12.8	8.03
Sep.	-	-	-	10.1	9.50	0.21	0.75	25.8	26.4	4.91	10.5	8.23	3.05	14.4	17.6	13.8	9.08
'96 Jan.	-	-	0.02	0.65	1.99	0.23	0.34	5.53	6.03	1.06	3.34	0.92	0.15	5.57	5.46	9.07	2.53
Mar.	-	0.03	0.01	3.51	3.96	0.18	1.05	7.08	8.88	2.07	6.36	1.96	2.10	9.03	4.53	2.57	3.34
June	0.02	0.04	0.04	13.2	6.12	0.58	1.35	19.6	19.0	6.71	8.87	5.42	8.75	10.9	9.34	12.3	7.63
Av.	-	0.01	0.01	7.31	5.37	0.34	0.89	17.0	17.8	5.34	8.10	5.81	5.20	9.67	10.3	10.4	6.65

<Fig. 14> The Changes of NO_3^- -N in the springwaters at Seogwipo.



(3) 황산 이온(SO_4^{2-})

용출수중의 황산 이온은 주로 지하 매질의 영향으로 자연수중에 미량으로 존재하고, 생활 하수나 산업 폐수중의 황화물의 산화에 의하여 생긴다. 음용수 수질기준은 200 mg/L 이하이다. 측정 결과를 <표 16>, <그림 15>에 나타내었다. 조사 지점중 황산 이온의 평균 농도가 가장 높은 곳은 S₁₅로 3.68 mg/L, 가장 낮은 곳은 S₂로 1.37 mg/L였고, 월별 평균 농도는 9월이 3.01 mg/L로 가장 높고, 1월이 1.64 mg/L로 가장 낮았다.

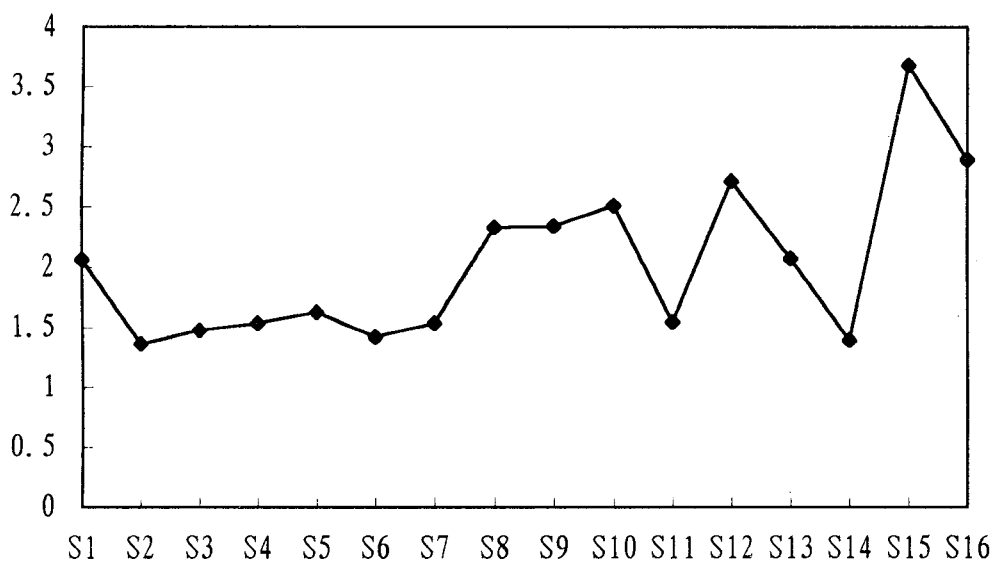
<Table 16> The concentrations of sulfate ion at various places of Seogwipo Area.

UNIT : mg/L

site month	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂	S ₁₃	S ₁₄	S ₁₅	S ₁₆	Av.
'95 May	1.63	1.22	1.31	1.25	1.33	1.13	1.27	1.56	1.93	2.36	1.33	2.68	1.77	1.02	3.43	2.74	1.75
July	1.70	1.21	0.80	1.27	1.43	1.12	1.30	1.56	1.80	2.21	1.36	3.13	1.94	2.93	4.29	2.66	1.95
Sep.	3.01	2.23	2.35	2.54	2.65	2.19	2.49	3.06	3.20	3.69	2.64	4.26	3.20	1.64	5.04	3.95	3.01
'96 Jan.	2.32	1.28	1.75	1.29	1.36	1.60	1.44	1.52	1.65	2.16	1.11	1.62	1.62	1.05	2.55	1.87	1.64
Mar.	1.51	1.15	1.24	1.65	1.48	1.34	1.41	4.34	2.16	2.33	1.50	2.09	1.72	0.91	3.03	2.50	1.90
June	2.16	1.15	1.42	1.22	1.55	1.18	1.33	1.95	3.29	2.30	1.33	2.45	2.18	0.86	3.76	3.60	1.98
Av.	2.06	1.37	1.48	1.54	1.63	1.43	1.54	2.33	2.34	2.51	1.55	2.71	2.07	1.40	3.68	2.89	2.04

<Fig. 15> The Changes of sulfate ion in the springwaters at Seogwipo.

SO₄²⁻ (mg/L)



사. 용출수의 맛과 건강 지수

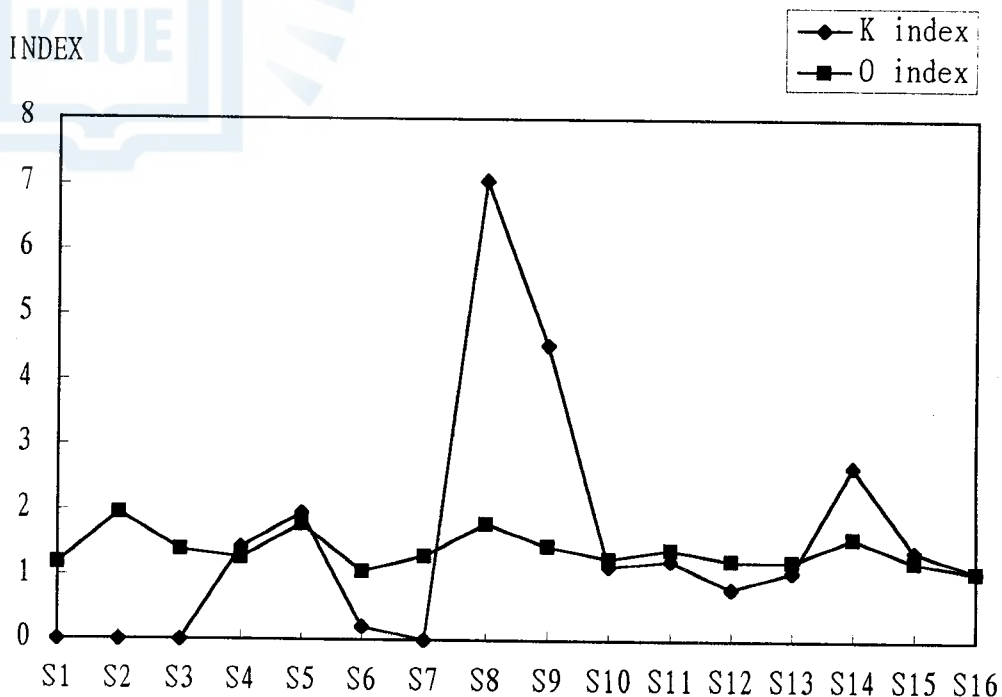
용출수의 맛과 건강을 나타내는 지표에 통계학적 지수중의 하나인 K index와 O index가 있는데 물론 절대적인 것은 아니며 다만, 하나의 기준으로 쓰일 수 있다. 이 값들은 일본 오사카 대학의 橋本교수가 장수 지역과 단명 지역의 음료수의 성분을 토대로 처리한 결과 Ca^{2+} 와 K^+ 는 크게, Na^+ 와 Mg^{2+} 는 낮게 나타난 곳이 좋은 것을 기초로하여 산출한 지수들이다. K index는 $Ca - 0.87Na$ 값으로 5.2(mg/L)보다 크면 건강한 물이며 O index는 $(Ca^{2+} + K^+ + SiO_2) / (Mg^{2+} + SO_4^{2-}) \geq 2.0$ 으로 맛이 좋은 물의 지표이다. 따라서, K와 O값이 클수록 맛있고 건강한 물이라 볼 수 있다. 서귀포 지역 용출수들에 대한 이들의 값을 계산하여 <표 17>과 <그림 16>에 나타내었다. 조사 지점 용출수의 K index는 S_8 , S_9 가 가장 높은 값을 보였고, S_2 , S_3 , S_7 이 음의값을 나타내었다. O index는 대부분 1~2 사이이나 S_2 가 1.96으로 가장 높게 나타났다. 조사 지점의 용출수중에는 S_8 만이 건강한 물이라고 할 수 있다.

<Table 17> K & O index values for springwaters at Seogwipo.

sample sites	K index	O index*
S ₁	- 0.21	1.19
S ₂	- 0.26	1.96
S ₃	- 0.78	1.40
S ₄	1.44	1.28
S ₅	1.96	1.79
S ₆	0.21	1.07
S ₇	- 0.21	1.31
S ₈	7.06	1.80
S ₉	4.54	1.46
S ₁₀	1.15	1.27
S ₁₁	1.24	1.41
S ₁₂	0.81	1.24
S ₁₃	1.07	1.23
S ₁₄	2.68	1.59
S ₁₅	1.40	1.23
S ₁₆	1.08	1.07

* : $(Ca^{2+}+K^{+}) / (Mg^{2+}+SO_4^{2-})$ 의 값임

<Fig. 16> The Changes of K index and O index in the springwaters at Seogwipo.



3. 계절에 따른 서귀포 지역 용출수의 수질 변화

가. 본 연구의 조사 시기를 용출수가 지하에 머무는 시간을 고려하여 95년 5월, 7월, 9월과 96년 6월은 우기로 96년 1월, 3월은 건기로 분류하여 수질 성분들에 대한 연 평균 농도를 <표 18>에 나타내었다.

나. 이 기간에 수질 성분들의 평균 농도는 pH는 7.6에서 7.7, $\text{NH}_3\text{-N}$ 는 0.30 mg/L에서 0.37 mg/L, Na은 4.01 mg/L에서 5.62 mg/L, K은 1.85 mg/L에서 2.10 mg/L, Mg은 2.15 mg/L에서 4.35 mg/L, Ca은 4.07 mg/L에서 6.76 mg/L, Cl^- 은 8.69 mg/L에서 13.96 mg/L, $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 는 2.94 mg/L에서 8.25 mg/L, SO_4^{2-} 은 1.77 mg/L에서 2.17 mg/L로 거의

모든 수질 성분들이 우기가 건기에 비하여 높게 검출되었다.

다. 이것은 서귀포 지역 지질 구조의 특성상 우기에는 지상의 자연적 성분 및 인위적 성분들이 빗물과 함께 지하로 잘 유입되기 때문에 건기에 비하여 높게 검출된 것으로 생각되며, 수질 성분들중 특히 질산성 질소의 경우는 우기가 건기에 비하여 약 3배 높게 검출되어 강우의 영향을 가장 많이 받는 것으로 판단된다.

<Table 18> The average concentrations in the springwaters at Seogwipo by seasons.

UNIT : mg/L

elements season	pH	NH ₃ -N	T-P	Na	K	Mg	Ca	Cl ⁻	NO ₃ ⁻ -N	SO ₄ ²⁻
rainy season	7.7	0.37	0.04	5.62	2.10	4.35	6.76	13.96	8.25	2.17
dry season	7.6	0.30	0.09	4.01	1.85	2.15	4.07	8.69	2.94	1.77

4. 해발 고도에 따른 서귀포 지역 용출수의 수질 변화

가. 본 연구에서 조사된 서귀포 지역 용출수를 해발 고도가 200 m 이상이며 개발 정도가 미미하여 지상의 인위적인 오염원이 거의 없는 중산간 지역의 용출수(S₁, S₂, S₃, S₄, S₅, S₆), 해발 고도가 20~200 m로 과수원 및 인구 밀집 지역에 위치하는 용출수(S₇, S₈, S₉, S₁₀, S₁₁, S₁₂, S₁₃, S₁₄), 해안가에 위치하면서 지상의 인위적인 오염과 해수에 의한 수질 변화가 두드러진 해안 용출수(S₁₅, S₁₆)로 구분하였다.

나. 해발 고도에 따른 수질 성분들의 연 평균 농도는 <표 19>에 보인 것처럼 해발 고도가 낮을수록 높게 검출 되었는데, 해발 고도에 따라 T-P은 0.03 mg/L~0.10 mg/L, Mg은 1.90 mg/L~4.83 mg/L, Ca은 3.49 mg/L~7.40 mg/L, Cl⁻은 7.02 mg/L~18.70 mg/L, NO₃⁻-N는 2.17 mg/L~10.35 mg/L로 농도차가 비교적 높게 나타났다.

다. 이것은 해발 고도가 낮은 용출수들은 해발 고도가 높은 용출수들에 비하여 지하에 머무는 시간이 많아 지하 매질의 영향과 지상의 인위적인 오염원에 의한 영향을 그만큼 많이 받기 때문이며, 수질 성분들중 암모니아성 질소, 총 인, 염소 이온, 질산성 질소는 주변 과수원에서 사용되는 화학 비료와 생활 하수등 지상의 오염원들의 직·간접적인 영향 때문으로 판단된다.

<Table 19> The average concentrations in the springwaters at Seogwipo by elevation.

UNIT : mg/L

elements elevation	pH	NH ₃ -N	T-P	Na	K	Mg	Ca	Cl ⁻	NO ₃ ⁻ -N	SO ₄ ²⁻
200 m	7.8	0.30	0.03	3.56	1.55	1.90	3.49	7.02	2.17	1.59
20~200 m	7.7	0.36	0.06	5.87	2.26	4.62	7.40	14.49	8.73	2.06
0 m	7.1	0.46	0.10	6.48	2.46	4.83	6.88	18.70	10.35	3.29

5. 수질 성분들간의 상관관계

가. 통계처리 및 상관관계 분석

1995년 5월부터 1996년 6월까지 총 6회에 걸쳐 16개 지점에서 수집된 서귀포지역 용출수들에 대한 월별과 해발 고도별에 따른 수질 성분들간의 상관관계를 분석하였다. 통계처리는 SAS 통계처리 프로그램을 이용하여 Pearson의 적률상관계수 (Correlation coefficient)를 산출하였다.

나. 분석 결과

서귀포지역 용출수들에 대한 월별과 해발 고도별에 따른 수질 성분들간의 상관관계를 <표 20>과 <표 21>에 나타내었다.

<표 20>에서 보듯이 월별에 따른 수질 성분들간의 상관관계는 수소이온지수(pH)와 암모니아성 질소($\text{NH}_3\text{-N}$), 일반 금속 원소들(Na, K, Mg, Ca)과 질산성 질소($\text{NO}_3^-\text{-N}$), 염소 이온(Cl^-)과 황산 이온(SO_4^{2-})이 매우 높은 상관 관계를 나타냈다. 그리고 해발 고도별에 따른 수질 성분들간의 상관관계는 암모니아성 질소($\text{NH}_3\text{-N}$)와 음이온들(Cl^- , $\text{NO}_3^-\text{-N}$, SO_4^{2-}), 일반 금속 원소들(Na, K, Mg, Ca)과 염소이온(Cl^-), 질산성 질소($\text{NO}_3^-\text{-N}$)와 황산 이온(SO_4^{2-})은 암모니아성 질소($\text{NH}_3\text{-N}$)와 상관관계가 높게 나타났다. 또한 일반 금속 원소들간에는 월별, 해발 고도별 모두 상관관계가 높게 나타났다. 이것은 이들 성분들의 출발 물질이 거의 같거나 거의 같은 경로를 통하여 유입되고 있다는 것을 의미한다.

<Table 20> Correlation coefficient between the average concentrations
in time and the springwaters at Seogwipo.

	pH	NH ₃ -N	Na	K	Mg	Ca	Cl ⁻	NO ₃ ⁻ -N	SO ₄ ²⁻
pH	1.000								
NH ₃ -N	0.960	1.000							
Na	0.533	0.670	1.000						
K	0.404	0.555	0.988	1.000					
Mg	0.479	0.625	0.989	0.978	1.000				
Ca	0.545	0.701	0.934	0.897	0.966	1.000			
Cl	-0.194	-0.218	0.439	0.525	0.431	0.212	1.000		
NO ₃ ⁻ -N	0.381	0.469	0.944	0.955	0.946	0.845	0.688	1.000	
SO ₄ ²⁻	-0.096	-0.145	0.433	0.509	0.399	0.166	0.983	0.667	1.000

<Table 21> Correlation coefficient between the average concentrations
in elevation and the springwaters at Seogwipo.

	pH	NH ₃ -N	Na	K	Mg	Ca	Cl ⁻	NO ₃ ⁻ -N	SO ₄ ²⁻
pH	1.000								
NH ₃ -N	-0.513	1.000							
Na	-0.200	0.608	1.000						
K	-0.133	0.284	0.684	1.000					
Mg	-0.181	0.607	0.929	0.721	1.000				
Ca	-0.150	0.513	0.925	0.701	0.941	1.000			
Cl ⁻	-0.218	0.793	0.890	0.596	0.889	0.840	1.000		
NO ₃ ⁻ -N	-0.291	0.643	0.895	0.732	0.966	0.951	0.881	1.000	
SO ₄ ²⁻	-0.619	0.642	0.613	0.501	0.493	0.426	0.589	0.478	1.000

IV. 결과, 결론 및 제언

1. 결 과

본 연구는 1995년 5월부터 1996년 6월까지 총 6회에 걸쳐 제주도 서귀포 지역에 분포하는 용출수들중 16개 지점의 수질 화학적 성분을 분석하여 서귀포 지역 용출수의 수질 특성을 월별, 해발 고도별로 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

가. 본 연구의 분석 시기중 95년 5월의 시료는 채수한 날로부터 약 6주 경과하여 분석하였기 때문에 결과의 타당성을 보기위하여 96년 6월에 시료를 채집하여 그 분석 결과를 <표 22>에 비교하였다. <표 22>에서 보듯이 거의 모든 수질 성분들의 평균 농도는 96년 6월이 95년 5월과 비슷하거나 오히려 약간 높게 나타나 95년 5월의 분석 결과를 연구 결과에 포함시켰다.

<Table 22> The average concentrations in the springwaters May, 1995 and June, 1996 at Seogwipo.

UNIT : mg/L, - : Not Detected

	NH ₃ -N	T-P	Pb	Fe	Cu	Na	K	Mg	Ca	Cl ⁻	NO ₃ ⁻ -N	SO ₄ ²⁻
'95 May	0.41	-	0.04	0.06	0.01	4.80	2.15	4.24	6.47	10.0	8.26	1.75
'96 June	0.28	0.14	0.01	-	-	7.89	1.81	4.99	9.14	13.9	7.63	1.98

나. 서귀포 지역 용출수의 연 평균 pH는 7.7로 월별, 해발 고도별에 따른 차이는 거의 없으나, S₁₄에서 8.4로 가장 높고 S₁₅에서 6.8로 가장 낮게

측정 되었다.

다. 암모니아성 질소의 연 평균 농도는 0.35 mg/L인데 우기인 7월이 0.49 mg/L로 가장 높고 건기인 1월이 0.25 mg/L로 가장 낮았다. 해안가 용출수인 S₁₅가 0.45 mg/L, S₁₆는 0.47 mg/L로 음용수 기준치에 가깝게 검출되었다.

라. 총 인은 연 평균 농도가 0.05 mg/L이며 1, 3, 6월에 일부 지역에서 검출되었는데 최고값은 3월에 S₁₆에서 0.76 mg/L였다.

마. 일반 금속 원소들의 연 평균 농도는 Na 5.08 mg/L, K 2.01 mg/L, Mg 3.61 mg/L, Ca 5.87 mg/L로 나타났다. 월별로는 다우기가 갈수기에 비하여 높게 검출되었고 해발 고도가 낮아질수록 연 평균 농도가 증가하였으며 특히 S₈, S₉가 높게 나타났다.

바. 염소 이온의 연 평균 농도는 12.2 mg/L이며 다우기인 5, 7, 9, 6월의 평균 농도가 13.96 mg/L, 갈수기인 1, 3월의 평균 농도는 8.69 mg/L였다. 조사 지점의 연 평균 농도는 S₁₄가 21.2 mg/L로 가장 높고 S₂가 4.50 mg/L로 가장 낮아 해발 고도에 따른 농도의 변화가 뚜렷하였다.

사. 질산성 질소의 연 평균 농도는 6.65 mg/L로 음용수 수질 기준인 10 mg/L를 초과한 지점은 S₈, S₉, S₁₅, S₁₆이었고 다우기의 평균 농도 8.25 mg/L이며 갈수기의 평균 농도는 2.94 mg/L로 다우기와 갈수기의 농도차가 크게 나타났다. 또한 중산간 지역 용출수의 연 평균 농도는 2.17 mg/L, 해안가 용출수의 연 평균 농도는 10.35 mg/L로 해발 고도에 따른 농도 차도 매우 크게 나타났다.

아. 황산 이온의 연 평균 농도는 2.04 mg/L이며, 9월이 3.01 mg/L로 높고 1월이 1.64 mg/L로 낮았다. 조사 지점의 연 평균 농도는 S₁₅가 3.68 mg/L로 높게, S₂가 1.37 mg/L로 낮게 검출 되었다.

자. Mineral Balance Index에 의한 건강한 물의 지표인 K index는 S₈이 7.06으로 가장 높고, 맛있는 물의 지표인 O index는 전체 조사 지점의 용출수가 1~2 사이였다.

차. 수질 성분들간의 상관관계로 월별로는 수소 이온 지수와 암모니아성 질소, 염소 이온과 황산 이온, 질산성 질소와 일반 금속 원소(Na, K, Mg, Ca)들간의 상관관계가 높고, 해발 고도별로는 암모니아성 질소와 음이온, 일반 금속 원소는 염소이온과 질산성 질소들간의 상관관계가 높게 나타났다.

2. 결 론

본 연구의 결과로부터 서귀포 지역 용출수의 수질 특성에 대하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

가. 서귀포 지역 용출수의 연 평균 수질은 일반 수질 항목, 수질 기준 유해 중금속, 음이온등에서 우리나라 음용수 수질 기준 이내로 조사되었으나, 우기와 일부 농경지 주변과 해안 용출수에서 암모니아성 질소와 질산성 질소의 농도가 음용수 수질 기준 이상으로 검출 되었다.

나. 암모니아성 질소는 S₄, S₈, S₁₁, S₁₅가 총 6회의 조사 시기중 1회, S₁₄, S₁₆이 2회 음용수 수질 기준을 초과하였고, 질산성 질소는 S₄, S₁₀, S₁₂,

S₁₃에서 1회, S₁₁, S₁₄, S₁₅에서 2회, S₈, S₉, S₁₆에서 4회 음용수 수질 기준을 초과하였는데 이것은 농사용 질소 비료의 과다 사용에 따른 것으로 판단되며 특히 중산간 지역인 S₄와 주변에 민가와 농경지가 분포하는 S₈, S₉지점에 대한 지속적인 조사가 요구된다.

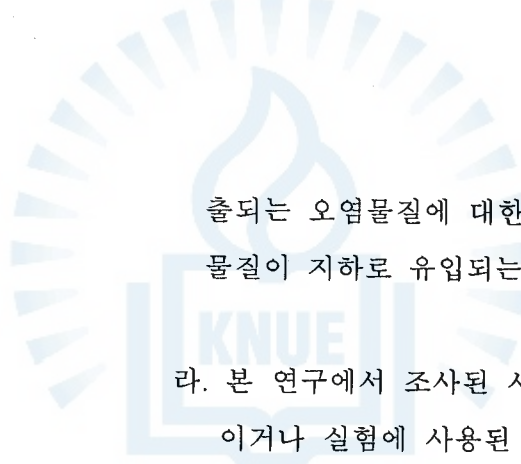
다. 서귀포 지역 용출수의 수질은 건기에 비하여 우기에, 해발 고도가 낮을수록 지상의 자연적 성분 및 인위적 성분들이 지하로 많이 유입되어 수질 성분들의 평균 농도가 높게 조사되었다.

3. 제 언

가. 서귀포 지역 용출수의 수질은 전반적으로 양호한 편이나, 해발 고도가 낮은 일부 농경지 근처의 용출수와 해안가 용출수에서 다우기에 지상의 인위적인 오염원에 의한 오염이 우려되기 때문에 지방자치 단체, 수자원 관련기관, 시민 단체로 구성된 공동 협의체에서 서귀포 지역에 산재해 있는 잠재 오염원에 대한 세부적인 조사와 오염 유형별 특성 조사가 월별, 고도별로 지속적으로 이루어져 장기적인 수자원 보호 대책을 수립하여야 할 것이다.

나. 중산간 지역을 수자원 보호 구역으로 설정하여 이 구역 내에 골프장 축산 시설, 각종 쓰레기 매립장등 잠재 오염원을 다루는 시설물 설치나 기타 오염을 유발할 수 있는 개발 사업이나 토지 이용계획을 강력히 규제, 제한하여야 할 것이다.

다. 현재 여러 용도로 사용하고 있는 지하수공에 대한 철저한 관리와 농경지에 대한 적정량의 비료 사용, 소규모 축산 시설 및 생활 하수에서 배

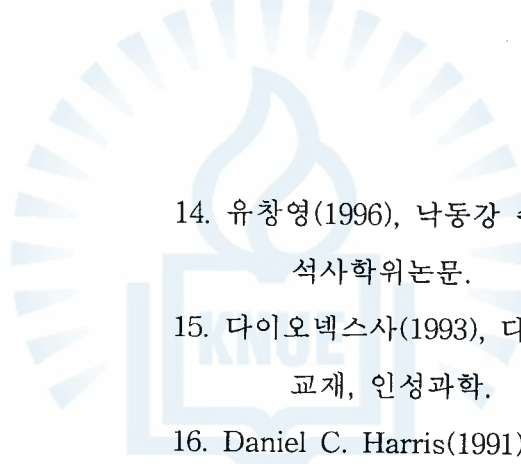


출되는 오염물질에 대한 정화 시설의 설치등으로 지상의 인위적인 오염 물질이 지하로 유입되는 것을 막아야 할 것이다.

라. 본 연구에서 조사된 서귀포 지역 용출수중의 중금속은 대부분 극미량 이거나 실험에 사용된 기기의 측정 한계치 이하의 농도를 나타내었다. 따라서, 시료를 선농축의 기법을 도입하여 분석해보면 더욱 정확하고 정밀한 측정 농도를 얻을수 있을것이다.

V. 참고 문헌

1. 윤정수 · 박상운(1994), 제주도 지하수의 장기 개발에 따른 문제점 고찰, 제주도 수자원 연구회. pp 83~95.
2. 고용구 · 김성홍 · 송영철(1994), 제주도 해안용출수의 수질 특성, 제주도 보건환경연구원보 제5권, pp 181~186.
3. 김종훈 · 안종성(1992), 제주도 용천수의 수질 화학적 특성과 연대 측정
에 관한 연구, 대한 화학회지 36(5), pp 730~734.
4. 고기원외(1993), 제주도 동 서부지역의 지하수 부존형태와 수질특성에
관한 연구, 제주도보건환경연구원보 제4권, pp 204~219.
5. 김영상 · 성학제 역(1990); H. Haraguchi저, ICP - 방출 분광법의 기초
와 응용, 자유아카데미 서울, pp 119~126.
6. 김성홍 · 신승종 · 오상실 · 송영철 · 오순미 · 고용구(1993), 제주도 용천수
의 위생학적 조사연구, 제주도보건환경연구원보 제4권, p 177.
7. 이태섭(1992), 해안지대 지하수자원 조사를 위한 항공원격탐사, 제주도
수자원의 보전과 이용, p 7.
8. 최순학(1992), 제주도 지하수 자원의 보전과 개발방향, 제주의 인간과
환경, p 25.
9. 제주도(1994), 제주의 지하수 이렇게 보호합시다, pp 18~65.
10. 제주도(1994), 제주도 종합개발계획, pp 505~561.
11. 환경처(1991), 수질오염 공정시험방법, 환경처고시 제91-85호,
pp 38~48.
12. 전천규 · 노세원 · 박용남(1994), 공침 선농축법에 의한 충북지역 약수의
정량분석,
13. 노세원 · 송기형 · 박용남(1993), 공침 선농축법에 의한 강수 속의 Pb와
Cd의 정량분석, 한국 대기보전 학회지 제9권 제4호, pp 265~270.

- 
14. 유창영(1996), 낙동강 수계 수질 특성에 관한 연구, 한국교원대학교 석사학위논문.
 15. 다이오넥스사(1993), 다이오넥스사의 이온 크로마토그래피 학습회 교재, 인성과학.
 16. Daniel C. Harris(1991), Quantitative Chemical Analysis, 3rd Ed., W.H Freeman and Company, New York.
 17. Akbar Montaser(1986), D. W. Golightly, Inductively Coupled Plasma in Analytical Atomic Spectrometry, VCH Publishers, New York.
 18. W. Slavin(1968), Atomic Absorption Spectroscopy, Wiley Interscience, New York.
 19. Ricardo E. Santelli(1989), Atomic Absorption Determination of Copper in Silicate Rocks by Continuous Precipitation Preconcentration, Anal., Chem. 61, pp 1427~1430.
 20. IUPAC(1982), Separation and Preconcentration of Trace Substances III. Flotation as a Preconcentration Technique Pure & Appl. Chem., Vol. 54, No. 8, pp 1553~1563.
 21. Masataka Hiraide(1980), Multielement Preconcentration of Trace Heavy Metals in Water by Coprecipitation and Flotation with Indium Hydroxide for Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry, Anal. Chem. 52, pp 804~807.



ABSTRACT

A Study on the Quality of Springwater at Seogwipo, Cheju-do

Kim, Kyung Chan

Major in Chemical Education

Graduate School of Korea National University of Education

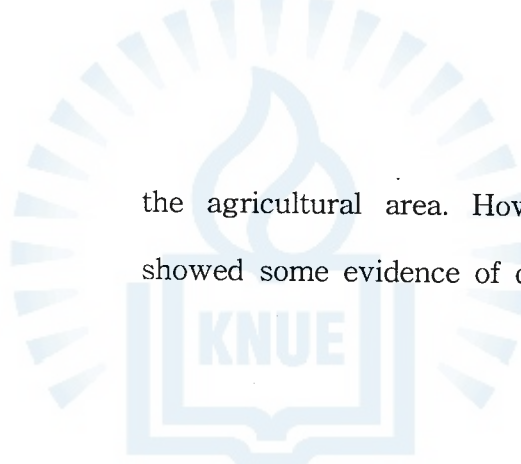
Chung-Buk, KOREA

(Supervised by Professor Yong-Nam Pak, Ph. D)

The characteristics of springwaters at Seogwipo area have been investigated from May, 1995 to June, 1996. 16 sampling sites were chosen at different elevation of Hanra Mountain. The concentrations of metal elements were measured by ICP-AES, anion concentrations by HPIC, and $\text{NH}_3\text{-N}$ by indolphenol method.

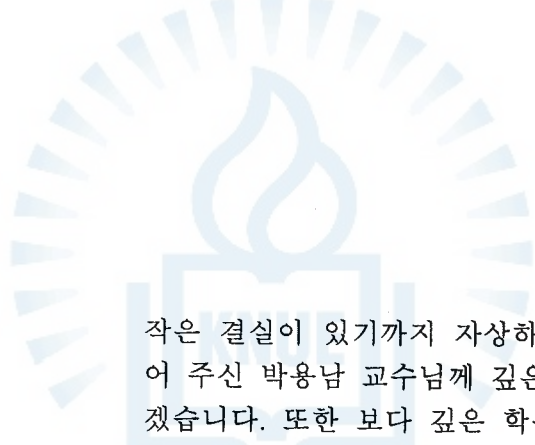
Based on data, the average pH value of springwaters at Seogwipo area was 7.7, $\text{NH}_3\text{-N}$ was 0.35 mg/L, T-P was 0.05 mg/L, Na was 5.08 mg/L, K was 2.01 mg/L, Mg was 3.61 mg/L, Ca was 5.87 mg/L, Cl^- was 12.2mg/L, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ was 6.48 mg/L, SO_4^{2-} was 2.04 mg/L.

Generally, the concentrations of ions in rainy season were higher than those in dry season. And the concentrations of ions were higher at low elivation region as the sampling sites get near the seashore and

The logo of Korea National University of Education (KNUE) is located in the top left corner. It features a stylized flame or sunburst shape above an open book, with the letters 'KNUE' prominently displayed in the center of the book. The entire logo is rendered in a light blue color.

the agricultural area. However, some sites at middle elevation area showed some evidence of contamination by environment.

※ A thesis submitted to the Committee of the Graduate School of Korea National University of Education in partial fulfillment of the requirement for the degree of Master of Education in August, 1996.



감사의 글

작은 결실이 있기까지 자상하게 지도해 주시고 끝까지 따뜻한 격려로 이끌어 주신 박용남 교수님께 깊은 감사를 드리며, 교수님의 은혜를 평생 간직하겠습니다. 또한 보다 깊은 학문의 길로 이끌어 주시고 많은 도움을 주신 박국태 교수님, 최병순 교수님, 송기형 교수님, 강성주 교수님, 백성혜 교수님께 감사드립니다. 기기 분석에 서투른 우리에게 실험을 할 때마다 며칠 밤을 지새우며 도움을 준 대학원의 조영민, 노세원 선생님께도 깊은 감사를 드립니다.

그리고 지난 3년간 어려움을 함께하며 많은 도움을 준 대학원 동기 선생님들과 특히 같은 전공의 유창영 선생님께 큰 고마움을 표하며, 직·간접적으로 많은 격려와 도움을 준 삼성여자고등학교 동료 선생님들과 과학교육원의 조동수 선생님께 감사드립니다.

오늘이 있기까지 저를 키워 주시고 사랑으로 이끌어 주신 부모님께 무한한 감사를 드립니다. 항상 사랑과 정성으로 알뜰하게 내조를 아끼지 않았던 아내 고영란과 사랑하는 세 딸 유나, 유영, 유미에게도 진정 고마움을 전하면서 저를 아껴주시는 모든 분과 이 결실의 기쁨을 함께 나누고자 합니다.

1996년 8월

김 경 찬