

서부경남지역 음용 지하수의 수질특성에 관한 고찰 The Study of Water Characteristics of Drinking Underground Water in the West Gyeong-Nam

박현건[†] · 정윤희^{*}

Hyun geoun Park[†] · Youn ho Jung^{*}

경남과학기술대학교 환경공학과 · *경남과학기술대학교 수질검사센터

Department of Environmental Engineering, Gyeongnam National University of Science and Technology

*Water Quality Research Center, Gyeongnam National University of Science and Technology

(2013년 10월 21일 접수, 2014년 3월 4일 채택)

Abstract : Water analyses were conducted on 1,525 underground water laid in the western district of Korea's South Gyeongsang Province, from January 2007 until July 2010, according to sections, factors, fountainheads and inter-factor correlativities. The following are the results. 1. As a result of local incongruity rate, 18.2% in inland areas, coastal areas and 24.5% showed a high value comparatively. Costal areas showed high incongruity rate. 2. As a result of local incongruity rate, they were found that the total colony count and general bactria 39.9%, 42.6% showed a high in costal areas. 3. As a result of local factorial inspection, it was found that the turbidity content counted up to 0 to 0.2 NTU in 59.4% in inland areas, 60.2% in costal areas of sections, and in other 12.6%, 14.0%, it exceeded 0.5 NTU. As a result of local factorial inspection, it was found that the nitrate-nitrogen content counted up to 0 to 10 mg/L in 98.2% in inland areas, 97.6% in costal areas of sections, and in other 1.8%, 2.4%, it exceeded 10 mg/L. As regards chloride in coastal areas, water quality standards for chloride 250 mg/L exceeds the 1.4% higher then in inland areas. 4. Hardness in inland areas was closely correlated with total solids ($r=0.910$), sulfate ion ($r=0.819$). Also, total solids and boron ($r=0.600$) showed high correlativities. On the other hand hardness in coastal areas was closely correlated with total solids ($r=0.919$), chloride ($r=0.829$). Also sulfate ion was closely correlated with hardness ($r=0.599$), turbidity and aluminum ($r=0.635$) showed high correlativities in this research.

Key Words : *Underground Water, Coastal Areas, Inland Areas, Water Characteristics, Coefficient of Correlation*

요약 : 본 연구는 2007년 01월부터 2010년 07월까지 서부 경남 내륙지역 및 해안지역의 음용 지하수 1,525건에 대한 지역별 부적합율, 항목별 수질특성, 수질항목 간 상관관계 등의 수질 현황을 조사한 결과는 다음과 같다. 지역별 부적합율을 조사한 결과 지하수 음용수 수질기준을 초과한 부적합율은 내륙지역이 18.2%, 해안지역이 24.5%로 나타났으며, 2가지 이상의 항목이 동시에 불합격한 비율도 내륙과 해안지역이 각각 38.9%, 51.6%로 나타났다. 항목별 수질현황을 조사한 결과 내륙지역 및 해안지역의 부적합 항목 중 총대장균군이 23.8%, 26.6%, 일반세균이 16.1%, 16.0%로 미생물 항목이 음용부적합 항목의 39.9%, 42.6%로 많은 부분을 차지하는 것으로 조사되었다. 탁도의 경우 내륙 및 해안지역이 12.6%, 11.7%로 나타났고, 알루미늄은 11.9%, 11.7% 등으로 나타났다. 내륙지역의 경우 경도는 증발잔류물과 0.910, 황산이온과 0.819의 상관계수를 보였고, 증발잔류물과 보론이 0.600으로 상관계수를 보였다. 해안지역의 경우 경도와 증발잔류물의 상관계수가 0.919로 나타났으며, 염소이온과는 0.829로 높은 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

주제어 : 지하수, 해안지역, 내륙지역, 수질특성, 상관계수

1. 서론

농촌지역의 급수시설로서 지하수나 계곡수를 수원으로 사용하는 마을상수도는 수질오염이 날로 심해짐에 따라 마을상수도의 수질관리에 대한 필요성이 대두되고 있다. 마을상수도 및 소규모 급수시설 대부분은 시, 군 등의 기관에서 1인의 담당자가 관리하고 있어 전문적이고 체계적인 유지 보수가 어려운 상태에 있다. 또한, 광역이나 지방상수도가 확대 보급되고 있으나 우리나라의 특성상 마을단위의 농·어촌에까지의 급수는 사실상 불가능하며, 따라서 음용을 위한 지하수 개발이 꾸준히 증가할 수밖에 없는 실정이다.^{1,2)}

그리고 지하수에 대한 연구는 그동안 양적인 측면과 지하수 흐름에 대한 이론이 주된 연구대상이었으므로 지하수 수질에 관한 연구는 극히 미미한 실정이었으나 최근 지하수에 대한 관심이 고조되면서 지하수 수질에 대한 조사 및 연구가 본격적으로 진행되고 있다.³⁾

우리나라의 연간 지하수 이용량은 2010년 말 현재 전국 138여만 개소에서 38.1억 m³으로 전체 수자원 이용량의 약 11%를 차지하고 있다. 용도별로는 농업용수 이용량이 18.6억 m³으로 전체 지하수 사용량의 48.9%를 차지하여 가장 많고, 생활용수는 전체 사용량의 46%에 해당하는 17.5억 m³을 이용하고 있으며 나머지 5.1%에 해당하는 1.9억 m³은 공업용수와 온천수, 먹는샘물 등 기타 용도로 사용되고 있다.⁴⁾

[†] Corresponding author E-mail: hgpark@gntech.ac.kr Tel: 055-751-3344 Fax: 055-751-3484

경상남도는 전국 지하수이용량의 9.5%에 해당하는 360,724, 744 m³/년의 지하수를 이용하고 있고, 지하수를 가장 많이 이용하는 시·군은 창원시로 전체의 14.5%를 사용하고 있으며, 그 다음으로는 산청군이 11.9%, 진주시가 9.0%의 순으로 사용하고 있다.^{5,6)}

이렇게 많은 양의 지하수를 사용할 경우 지표의 상부 지층을 통과하여 지하로 유입되거나, 무단방치 된 폐공 등을 통하여 오염물질이 직접적으로 대수층에 유입되어 지하수의 유동과 더불어 이동, 확산됨으로써 지하수 오염이 발생한다.⁷⁾

본 연구는 서부 경남 12개 시 군 지역의 먹는 물 지하수의 수질 측정 자료를 체계적으로 정리하여 서부 경남 내륙 및 해안지역 음용 지하수의 수질 특성을 파악하고, 그 결과를 통해 내륙 및 해안지역별 음용 지하수 이용 시 관리되어야 할 항목을 각각 도출 비교하고, 검사 항목간의 상관계수 분석을 통한 효율적인 관리방안을 기초자료를 제시하고자 한다.

2. 조사 및 분석방법

2.1. 조사기간 및 대상

2007년 1월부터 2010년 7월까지 서부경남 지역에서 해안을 접하고 있지 않은 거창, 산청, 의령, 진주, 하동, 함양, 함천을 내륙지역, 해안을 접하고 있는 거제, 고성, 남해, 사천, 통영을 해안지역으로 구분하였으며, 지역 내의 지하수 중 음용수로 현재 이용되고 있는 정기검사 대상관정을 대상으로 하였다.

시료는 4 L PE (polyethylene)재질의 무균 채수병이나 멸균된 용기에 채수 후 보관 및 운반된 것으로 일반세균, 총대장균군의 검사는 당일 실시하였고 기타 항목은 7일내에 검사를 완료하였으며 검사 대상은 내륙지역 1018건, 해안지역은 507건으로 선별하여 조사하였다.

2.2. 분석방법

분석방법은 먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙 제 2조에 따라 음용수 항목인 일반세균 외 47개 항목으로 검사하였으며, 먹는물 수질공정시험기준에 준하여 실시하였다.

분석항목 중 pH는 유리전극법, F⁻, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻은 Membrane filter (pore size 0.45 μm)로 여과된 시료를 이온크로마토그래피법(DIONEX ICS-1500)으로, Zn, Mn, As, Se, Cd, Cu, Hg, B, Al, Cr⁶⁺, Fe, Pb 등은 여과된 시료에 HNO₃를 이용하여 전처리한 후 유도결합플라즈마-질량분석법(ICP-MS, Agilent 7500 Series)으로, 잔류농약과 휘발성 유기물질은 농약잔류량 시험방법과 휘발성 유기물질분석법에 의한 전처리 후 가스크로마토그래피법(Gas Chromatography HP 6890)으로, KMnO₄ 소비량, 경도 등은 적정법, 그리고 NH₄-N는 인도페놀법으로, 흡광도(UV/VIS Spectropotometer Uvikon 933)를 이용하였다.

상관계수 분석은 SPSS (vol. 12)를 이용하여 피어슨 상관계수 분석하였다.⁸⁾

3. 결과 및 고찰

3.1. 서부경남 수원별 수질특성

서부경남지역의 마을상수도 취수원은 지하수 998개소(65.4%), 계곡수 527개소(34.6%)이다. 지하수를 취수원으로 사용하는 경우 취수정의 심도를 낮게 설치하여 단기 가뭄에도 수원이 쉽게 고갈되고 관정이 농경지, 축사, 주택인근에 위치하여 수질오염 가능성이 높으며 확실적인 관정개발로 오염방지 시설 미비 및 손상으로 오염된 지표수가 유입되는 실정이다.

계곡수를 취수원으로 사용하는 경우 대부분 마을인근 산속에 위치하고 있으며 가뭄이나 갈수기 등 계절변화에 따라 취수량의 변화가 크고 취수시설 유입부에 오염물질 유입 방지 장치가 없어 동·식물의 부패한 오염물질 유입 가능성이 있으며 장마철이나 홍수 시 계곡에서 흘러 내려오는 물이 그대로 저수조에 유입되고 있으며, 또한 산림의 공동방제, 산성비, 황사 등에 노출되어 있는 되어 실정이다.

취수원 총 1,525개소 중 계곡수를 취수원으로 사용하는 마을상수도는 일반세균, 탁도가 지하수를 취수원으로 사용하는 마을상수도 보다 높게 검출되었으며, 지하수를 취수원으로 사용하는 마을상수도는 질산성질소, 증발잔류물, 경도, 황산이온, 불소, 철 등이 높게 검출되었다.

일반세균의 경우 계곡수 평균이 60.8 CFU/mL, 지하수 평균이 51.9 CFU/mL로 조사되었고, 경도, 증발잔류물, 질산성질소의 경우 계곡수를 수원으로 사용하는 경우에 비해 지하수의 경우가 2~3배 높게 조사되었다. 일반세균의 경우 지하수보다는 계곡수가 쉽게 오염에 노출될 수밖에 없는 특징을 보여주고 있으며, 경도는 인위적 배출원보다는 자연적으로 암반에서 용출되어지는 경향이 강하므로 자연적 지하수환경을 나타내는 항목이므로 지하수가 높게 나타난 것으로 판단된다. 증발잔류물은 지질학적 영향에 따라 농도가 영향을 받으므로 지하수가 높게 나타났으며, 질산성 질소는 자연에서의 배출은 거의 없으며, 인간활동에 기인하므로 무

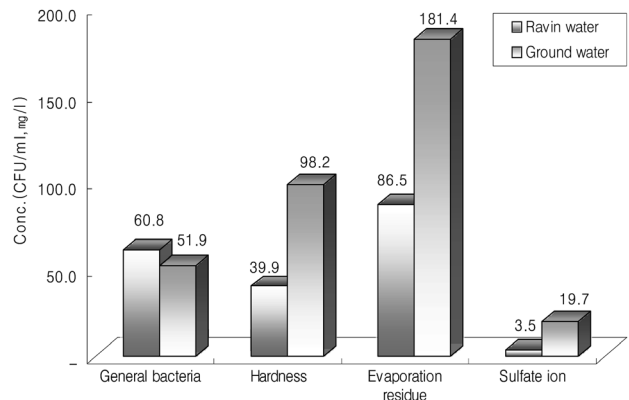


Fig. 1. The source of simple waterworks in west Gyeong-nam.

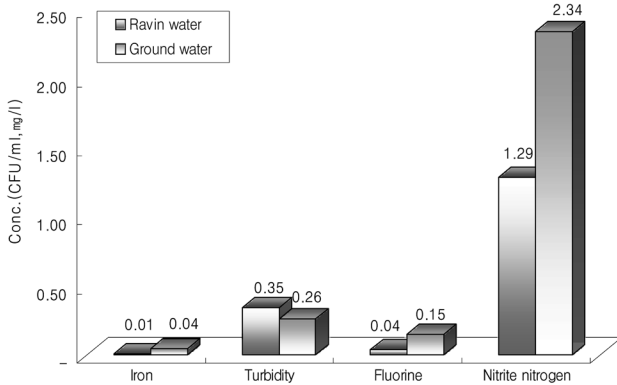


Fig. 2. The source of simple waterworks in west Gyeong-nam.

Table 1. Inland and coastal areas ratio of the number of incongruent in west Gyeong-nam

	Inland areas	Coastal areas
Total (case)	1018	507
Inconsistence (case)	185	124
Incongruity rate (%)	18.2	24.5
Incongruity item coincide over (%)	38.9	51.6

기비료의 사용과 부패한 동식물, 생활하수 등의 유입으로 인하여 지하수가 높게 나타난 것으로 조사되었다.

3.2. 서부경남 내륙지역 및 해안지역 음용지하수의 부적합율

서부 경남 12개 시군에서 1525건을 대상으로 음용수 적합 여부를 조사한 결과는 Table 1과 같다. 내륙지역은 총 1,018건 중 185건이 음용 부적합으로 나타났으며, 비율은 18.2%로 조사되었다. 해안지역의 경우 총 507건 중 124건이 음용 부적합으로 나타났으며 비율은 24.5%로 조사되었다. 부적합 항목 중 2가지 이상 동시에 음용 부적합된 비율도 내륙 지역, 해안지역이 각각 38.9%, 51.6%로 조사되었다.

3.3. 서부경남 내륙지역 및 해안지역 음용지하수의 항목별 부적합율

항목 및 건수별 음용 수질기준 초과건수 및 비율을 조사한 결과 내륙지역 및 해안지역의 총 449건, 118건의 부적합 항목이 나타났으며, 내륙지역 및 해안지역의 부적합 항목 중 총대장균군이 23.8%, 26.6%, 일반세균이 16.1%, 16.0%으로 미생물 항목이 음용부적합 항목의 39.9%, 42.6%로 많은 부분을 차지하고 있었으며, 탁도의 경우 내륙 및 해안지역이 12.6%, 11.7%로 나타났고, 알루미늄은 11.9%, 11.7% 등으로 나타났으며 기타 부적합 항목으로는 불소, 증발잔류물, 질산성질소, 황산이온, 경도, 염소이온, 철, 망간 등이 포함된 총 17개항목이 기타 부적합 항목으로 조사되었다.

3.4. 서부경남 내륙지역 및 해안지역 음용지하수의 항목별 검출 빈도율

항목별 검출 빈도율을 조사한 결과 내륙지역 및 해안지

역의 총대장균군이 검출되지 않은 빈도율은 Fig. 3과 같이 75.8%, 78.1%로 해안지역이 다소 높게 나타났다. 탁도의 경우 0.5 NTU 이하로 나타난 검출빈도율은 Fig. 4와 같이 내륙 및 해안지역이 87.3%, 86.0%로 내륙지역이 다소 높게 나타났다. 질산성질소는 10 mg/L 이하로 나타난 빈도율은 Fig. 5와 같이 98.2%, 97.6%로 해안지역의 부적합율이 높게 나타났으며, 염소이온의 빈도율은 Fig. 6 같이 내륙지역이 98.7%인데 반해 해안지역은 93.3%로 나타났으며, 수질기준인 250 mg/L를 초과한 비율도 1.4%로 나타났다. 증발잔류물은 500 mg/L 이하로 나타난 빈도율은 Fig. 7과 같이 내륙 지역이 98.8%, 해안지역이 97.0%로 내륙지역이 높게 나타났으며, 불소는 농도구간별 분포가 내륙지역이 해안지역보

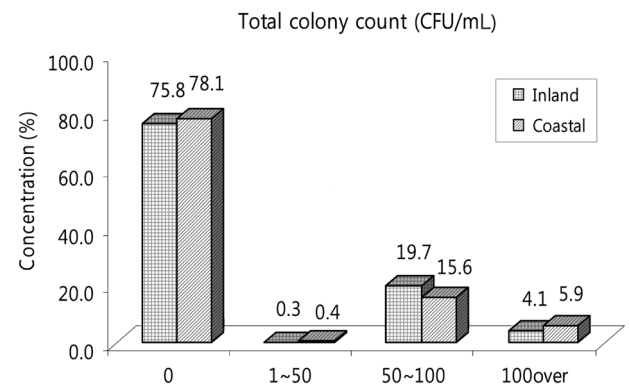


Fig. 3. Total colony count distribution of the west Gyeong-nam.

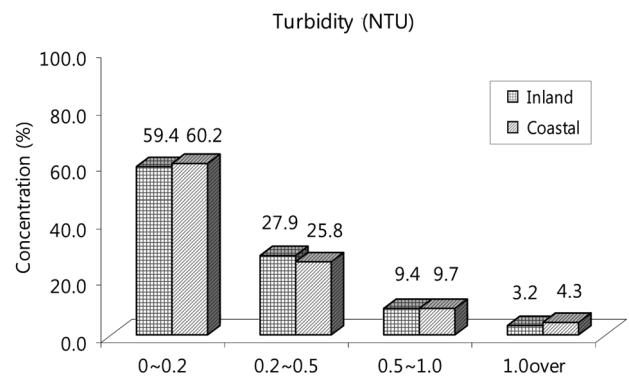


Fig. 4. Turbidity distribution of the west Gyeong-nam.

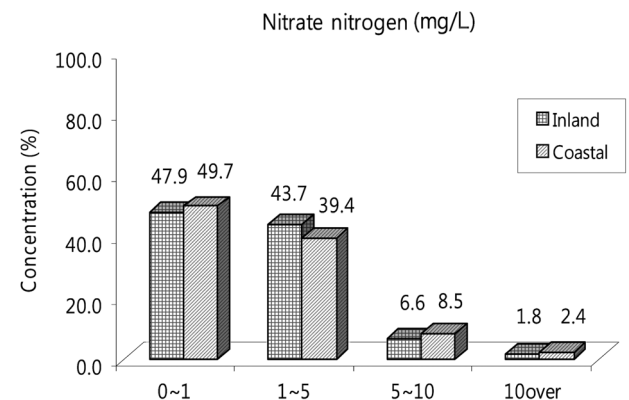


Fig. 5. Nitrate nitrogen distribution of the west Gyeong-nam.

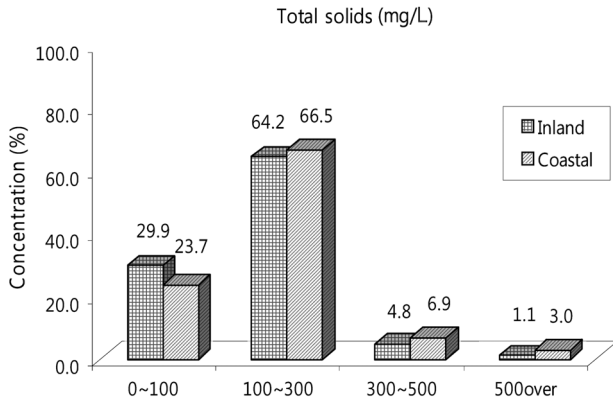


Fig. 6. Total solids distribution of the west Gyeong-nam.

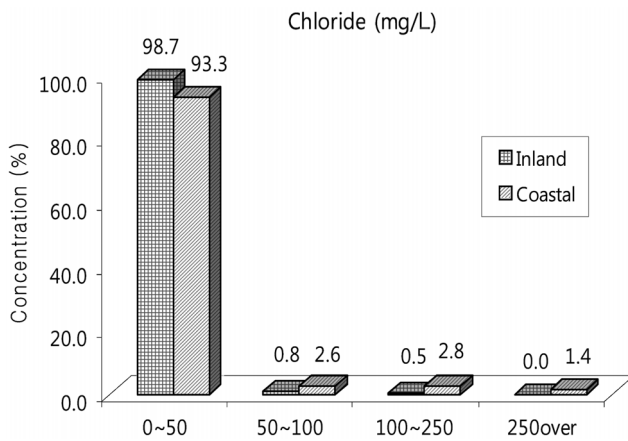


Fig. 7. Chloride ion distribution of the west Gyeong-nam.

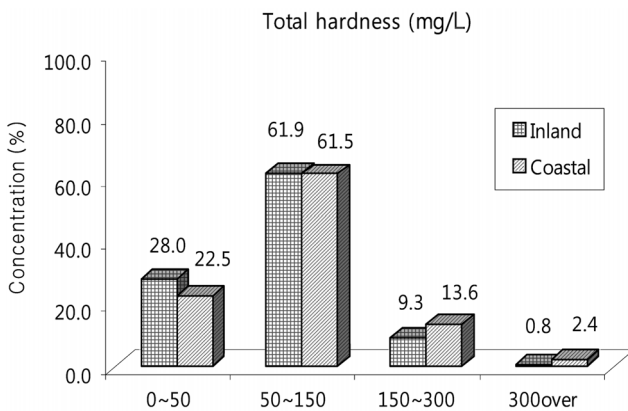


Fig. 8. Total Hardness distribution of the west Gyeong-nam.

다 비교적 넓게 분포하였으며 수질기준을 초과한 비율이 내륙지역이 해안지역보다 1.4% 높게 나타났다.

서부경남 내륙지역 및 해안지역 음용지하수의 항목별 검출 빈도율을 비교한 결과는 Table 2에 나타내었다.

3.5. 서부경남 내륙지역 및 해안지역 음용지하수의 항목별 상관계수

서부경남 내륙 및 해안지역의 음용 지하수의 수질 분석결과를 이용하여 항목간 상관계수를 조사하였다.⁹⁾ 경도와 증

Table 2. Detection frequency rate water quality test inland and coastal areas in west Gyeong-nam

Total colony count	Range	0	1~50 under	50~100 under	100 over	Total
Inland areas	Frequency rate (%)	75.8	0.3	19.7	4.1	100
Coastal areas	Frequency rate (%)	78.1	0.4	15.6	5.9	100
Turbidity	Range	0~0.2 under	0.2~0.5 under	0.5~1.0 under	1.0 over	Total
Inland areas	Frequency rate (%)	59.4	27.9	9.4	3.2	100
Coastal areas	Frequency rate (%)	60.2	25.8	9.7	4.3	100
pH	Range	5.8 under	5.8~7.0 under	7.0~8.5 under	8.5 over	Total
Inland areas	Frequency rate (%)	0.0	35.2	64.7	0.1	100
Coastal areas	Frequency rate (%)	0.0	32.5	67.5	0.0	100
Nitrate nitrogen	Range	0~1 under	1~5 under	5~10 under	10 over	Total
Inland areas	Frequency rate (%)	47.9	43.7	6.6	1.8	100
Coastal areas	Frequency rate (%)	49.7	39.4	8.5	2.4	100
Chloride	Range	0~50 under	50~100 under	100~250 under	250 over	Total
Inland areas	Frequency rate (%)	98.7	0.8	0.5	0.0	100
Coastal areas	Frequency rate (%)	93.3	2.6	2.8	1.4	100
Total solids	Range	0~100 under	100~300 under	300~500 under	500 over	Total
Inland areas	Frequency rate (%)	29.9	64.2	4.8	1.1	100
Coastal areas	Frequency rate (%)	23.7	66.5	6.6	3.0	100
Fluoride	Range	0~0.1 under	0.1~0.5 under	0.5~1.5 under	1.5 over	Total
Inland areas	Frequency rate (%)	59.0	22.9	15.9	2.2	100
Coastal areas	Frequency rate (%)	71.8	14.6	12.8	0.8	100
Total hardness	Range	0~50 under	50~150 under	150~300 under	300 over	Total
Inland areas	Frequency rate (%)	28.0	61.9	9.3	0.8	100
Coastal areas	Frequency rate (%)	22.5	61.5	13.6	2.4	100

발잔류물질은 상관관계가 높은 항목으로 높은 상관성을 보였으며, 경도는 황산이온과도 높은 유의수준을 나타냈으나, 내륙지역은 0.819이며, 해안지역은 0.599로 다소 낮게 조사되었다. 또한 증발잔류물질과 황산이온과도 높은 상관성을 보였으나, 내륙지역은 0.850으로 높은 상관성이 있는 반면 해

안지역은 0.494로 낮게 조사되었다.

이는 증발잔류물질이 특정물질의 개념이 아니라 물을 증발시키고 남는 물질의 총 무게로서 결정되므로 황산이온과 경도를 유발하는 2가 양이온(Ca²⁺, Mn²⁺)들이 물이 증발된 후의 무게에 큰 영향을 끼치기 때문인 것으로 판단되며, 내륙이 해안보다 증발잔류물 농도가 높은 것이 상관성에도 영향을 준 것으로 파악되었다.

3.5.1. 내륙지역 항목별 상관계수

내륙지역의 수질검사 항목간 상관계수는 Table 3에서 나타

난 것과 같이 증발잔류물이 염소이온과 0.321, 보론과 0.600, 경도와 0.910의 상관계수를 나타내었으며, 황산이온의 경우는 철과 0.443, 경도와 0.819, 증발잔류물과 0.850의 상관계수를 나타내었다. 또한, 알루미늄과 탁도는 0.464의 상관계수를 나타내었다.

3.5.2. 해안지역 항목별 상관계수

해안지역의 수질검사 항목별 상관계수는 Table 4에서 나타난 것과 같이 증발잔류물이 염소이온과는 0.829, 경도와 0.919의 상관계수를 나타내었으며, 황산이온은 증발잔류물

Table 3. Comparison of correlation coefficient among the items in inland areas

	General bacteria	Fluonine	Arsenic	Nitrate nitrogen	Boron	Total hardness	consumption	Copper	pH	Zinc	Chloride	Total solids	Ion	Manganese	Turbidity	Sulfate ion	Aluminum
General bacteria	1																
Fluonine	-0,044	1															
Arsenic	,206**	0,018	1														
Nitrate nitrogen	0,041	-,197**	-0,061	1													
Boron	0,018	,128**	0,023	-,094**	1												
Total hardness	0,02	0,016	-0,015	,097**	,524**	1											
Consumption	0,039	,085**	-0,002	,075*	0,002	0,028	1										
Copper	,218**	-0,045	-0,01	0,043	-0,008	0,008	0,01	1									
pH	0,008	,163**	0,039	-,247**	,172**	0,023	-0,056	-,064*	1								
Zinc	0,023	-0,061	-0,006	,130**	-0,015	0,014	-0,025	0,021	-,125**	1							
Chloride	-0,013	0,041	-0,035	,231**	,064*	,241**	,182**	0,016	-0,038	0,022	1						
Total solids	0,019	,087**	-0,017	,105**	,600**	,910**	0,036	0	,118**	0,004	,321**	1					
Ion	0	0,014	0,031	-0,003	,415**	,376**	0,007	-0,013	,077*	-0,012	0,042	,420**	1				
Manganese	,062*	-0,022	,168**	-0,022	0,007	0,06	,073*	0,033	-0,044	,068*	0,02	0,045	,367**	1			
Turbidity	0,02	0,046	0,016	-0,034	0,017	0,004	0,013	-0,021	,094**	-0,006	-0,007	0,037	,370**	,195**	1		
Sulfate ion	0	,125**	-0,012	-0,047	,622**	,819**	-0,022	-0,007	,083**	-0,012	,093**	,850**	,443**	0,014	0,009	1	
Aluminum	-0,022	0,031	0,006	-0,054	0,036	-0,052	-0,032	-0,006	,114**	0,007	-0,045	-0,007	,117**	0,017	,464**	-0,024	1

* 상관계수는 0,05수준(양쪽)에서 유의합니다, ** 상관계수는 0,01수준(양쪽)에서 유의합니다.

Table 4. Comparison of correlation coefficient among the items in coastal areas

	General bacteria	Fluonine	Arsenic	Nitrate nitrogen	Boron	Total hardness	consumption	Copper	pH	Zinc	Chloride	Total solids	Ion	Manganese	Turbidity	Sulfate ion	Aluminum
General bacteria	1																
Fluonine	-0,049	1															
Arsenic	-0,008	0,043	1														
Nitrate nitrogen	0,002	-,187**	-0,025	1													
Boron	-0,021	0,006	0,061	-0,043	1												
Total hardness	-0,014	-0,027	-0,043	,241**	,241**	1											
Consumption	0,073	-0,011	-0,01	-0,038	,117**	,245**	1										
Copper	0,007	-0,036	-0,025	-0,038	-0,001	0,024	0,014	1									
pH	-0,039	,114*	,099*	-,166**	,101*	0,02	-0,008	-0,064	1								
Zinc	,202**	-0,049	-0,02	,145**	0,001	0	0,036	0,017	-,159**	1							
Chloride	-0,019	-0,075	-0,022	,115**	,179**	,677**	,316**	-0,007	-0,044	0,008	1						
Total solids	-0,007	0,004	-0,027	,219**	,281**	,919**	,305**	0,009	0,032	0,015	,829**	1					
Ion	0,005	-0,031	0,038	0,031	0,079	,115**	-0,009	-0,002	,104*	0,041	,113*	,158**	1				
Manganese	-0,015	0,015	0,021	-0,069	0,045	,271**	,096*	,119**	-0,01	0,052	,312**	,300**	,162**	1			
Turbidity	0,025	-0,023	0,022	-0,033	0,02	0,063	0,062	-0,018	-0,015	0,037	,118**	0,086	,380**	,325**	1		
Sulfate ion	-0,022	,224**	-0,014	-0,026	,267**	,599**	0,052	0,008	,094*	-0,017	,124**	,494**	0,033	,145**	0,022	1	
Aluminum	0,011	-0,009	0,024	-0,017	0,072	-0,024	-0,014	-0,019	0,009	-0,007	-0,054	-0,045	,255**	-0,014	,635**	0,021	1

* 상관계수는 0,05수준(양쪽)에서 유의합니다, ** 상관계수는 0,01수준(양쪽)에서 유의합니다.

과 0.494 정도와 0.559의 상관계수를 나타내었다. 탁도의 경우 알루미늄과 0.635의 상관계수를 나타내었다.

4. 결론

2007년 01월부터 2010년 07월까지 서부 경남 내륙지역 및 해안지역의 음용지하수 1525건에 대한 수원별 수질특성, 지역별 부적합율, 항목별 부적합율, 항목별 검출 빈도율, 수질 검사 항목간 상관계수 등을 조사한 결과는 다음과 같다.

1) 계곡수를 취수원으로 사용하는 마을상수도는 일반세균, 탁도가 지하수를 취수원으로 사용하는 마을상수도보다 높게 검출되었으며, 지하수를 취수원으로 사용하는 마을상수도는 질산성질소, 증발잔류물, 경도, 황산이온, 불소, 철 등이 높게 검출되었다. 일반세균의 경우 계곡수 평균이 60.8 CFU/mL, 지하수 평균이 51.9 CFU/mL로 조사되었고, 경도, 증발잔류물, 질산성질소의 경우 계곡수를 수원으로 사용하는 경우에 비해 지하수의 경우가 2~3배 높게 조사되었다.

2) 지역별 부적합율을 조사한 결과 지하수 음용수 수질기준을 초과한 비율인 부적합율은 내륙지역이 18.2%, 해안지역이 24.5%로 해안지역이 높게 나타났으며, 부적합 항목 중 2가지 이상이 동시에 불합격한 비율도 내륙과 해안지역이 각각 38.9%, 51.6%로 해안지역이 내륙지역에 비하여 높은 것으로 조사 되었다.

3) 항목별 부적합내역을 조사한 결과 초과건수 내륙지역 449건, 해안지역 118건 중 부적합 항목별로 살펴보면 총대장균군이 23.8%, 26.6%, 일반세균이 16.1%, 16.0%로 미생물 항목이 음용 부적합 항목의 39.9%, 42.6%로 가장 많은 부분을 차지하였으며, 해안지역의 미생물 항목의 부적합율이 비교적 높은 것으로 나타났다. 탁도의 경우 부적합 항목중 비율이 내륙 및 해안지역이 각각 12.6%, 11.7%로 나타났으며, 이외 17개 항목이 부적합 항목으로 조사되었으므로 두 지역 모두 우선적으로 살균, 소독처리를 한 후 사용하는 것이 고려되어야 할 것으로 보이며, 저수조를 이용하여 저류 후 염소 소독처리를 한 후 사용하는 것도 좋은 방법일 것으로 판단된다.

4) 내륙지역 및 해안지역의 음용 지하수의 항목별 검출 빈도율은 질산성 질소의 경우 내륙지역과 해안지역이 각각 0~1 mg/L가 47.9%, 49.7%, 수질기준인 10 mg/L 초과비율은 1.8%, 2.4%로 나타났으며 염소이온도 음용수 수질기준인 250 mg/L 초과비율이 해안지역이 1.4% 높은 것으로 나타났고 전체 빈도율 범위에서 내륙지역보다 높게 나타난 것으로 보아 일부 지하수에서 해수의 영향이 진행중이거나 유입되었을 가능성이 있는 것으로 생각된다.

5) 수질항목에 따른 지역별 항목간 상관계수를 살펴보면 정도와 증발잔류물질은 상관관계가 높은 항목으로 높은 상관성을 보였으며, 정도는 황산이온과도 높은 유의수준을 나타냈으나, 내륙지역은 $r=0.819$ 이며, 해안지역은 $r=0.599$

로 다소 낮게 조사되었다. 이는 황산이온과 정도유발 물질이 해안지역보다 내륙지역 지하수에 같이 존재할 가능성이 큰 것으로 생각되며, 추가적인 조사를 통해 항목간 원인 물질을 확인해 보아야 할 것으로 생각된다.

또한 증발잔류물질과 황산이온과도 높은 상관성을 보였으나, 내륙지역은 $r=0.850$ 으로 높은 상관성이 있는 반면 해안지역은 $r=0.494$ 로 낮게 조사되었다.

증발잔류물과 염소이온은 내륙지역은 $r=0.321$, 해안지역은 $r=0.829$ 로 상관계수가 크게 차이나는 것으로 보아 해안지역 지하수로 해수의 영향이 크게 작용하는 것으로 생각된다.

6) 앞으로 이루어질 더 많은 지하 수원개발로 인한 수원고갈과 오염물질의 사용증가로 인한 오염을 간과할 수 없으며, 한번 오염 되면 회복되기 어려운 지하수의 특성상 유지관리가 중요한 실정이다.

더불어 지하수를 이용함에 있어 사용지역별 지하수 수질특성을 고려한 잠재 오염원 차단, 농어촌 지역 인구 감소로 인한 방치공 유지관리, 지하수 부존량을 고려한 적정 채수량 제한 등의 장기적인 지하수 보존 대책이 요구된다.

사 사

이 논문은 경남과학기술대학교 학술연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

KSEE

Reference

1. Kim, I.-S., "A Study on the Characteristic of the Groundwater Quality in Seoul," *J. Soil Ground. Environ.*, **9**(2), 54-63 (2004).
2. Hamm, S.-Y., Cho, M.-H., Sung, I.-H., Lee, B.-D., Cho, B.-W. and Shim, H.-S., "Comparison of Hydrochemical Characteristics of Groundwater in the Southern Area and the Northwestern Area, Pusan," *J. Soil Ground. Environ.*, **6**(3), 140-151(1999).
3. Han, W. W., "The characteristics of drinking groundwater quality in daejeon reclamation," *J. Kor. Geoenviron. Soc.*, **2**(3), 37-45(2001).
4. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, Groundwater annual report(2011).
5. Gyeongsangnam-do Environment Whit paper(2012).
6. Gyeongsangnam-do ground water management plan(2007).
7. Kim, S.-T., "Underground water efficient management measures," *Civil Eng.*, **44**(1), 57-65(1996).
8. Lee, H.-S. and Kang, M.-H., "Inside a statistical analysis & SPSS," Books, pp. 53-55(2009).