

대전광역시 음용지하수 수질의 특성

The Characteristics of Drinking Groundwater Quality in Daejeon reclamation

한운우*

Han, Woon Woo

Abstract

The characteristics of drinking groundwater quality was analyzed by investigating observed data during 1995-1997 in Daejeon city. As the analysis of observed data, the 30.1% of them were over the drinking water quality standards in Daejeon city and the unfit ratios of each region were 36.4% at Dong-Gu, 32.3% Daedeog-Gu, 31.2% Jung-Gu, 30.0% Seo-Gu and 25.2% at Yusoung-Gu.

It was found that the items over the drinking water quality standards were 24 items and all of the mean concentration of water quality items were under the drinking water quality standard except Fe and Mn in 1997. The mean concentration of Fe was 1.31mg/ℓ over the water quality at Daedeog-Gu and that of Mn was 0.53mg/ℓ at Jung-Gu.

The concentrations of NH₃-N, Mn, Fe, Al and F were increased rapidly in 1997, so that the cause of increasing also must be examined closely.

It was found that the rainfall and unfit ratio(unfit frequency/test frequency) of E-coli and bacteria had the hydrologic persistence. The coefficient of correlation between them was 0.525. On the rainfall over 100mm, it was 0.673 and on the rainfall over 150mm, it was 0.641. The correlation between E-coli and rainfall was higher than that between bacteria and rainfall.

Keywords : Drinking groundwater, Drinking water quality standard, Unfit ratio, Coefficient of correlation

요 지

대전광역시에서 음용수로 이용되고 있는 지하수의 수질특성을 분석하기 위하여 1995년부터 1997년의 3년간의 수질검사자료를 분석한 결과 대전시 지하수의 30.1%가 먹는물수질기준을 초과하는 것으로 나타났으며 지역별로는 동구 36.4%, 대덕구 32.3%, 중구 31.2%, 서구 30.0%, 유성구의 25.2%가 기준을 초과하는 것으로 나타났다.

먹는물 수질기준을 초과하는 항목은 일반세균, 대장균, NO₃-N, F, Fe, NH₃-N, Mn, Zn 등 총 23개 항목이었으며 연도별·지역별 수질항목별 평균농도는 1997년에 Fe(최고치 : 대덕구, 1.31mg/ℓ)와 Mn(최고치 : 중구, 0.53mg/ℓ)을 제외하고는 모두 먹는물수질기준을 초과하지 않았다.

NH₃-N, Mn, Fe, Al, F 등은 1997년도에 급격히 농도가 증가하였으므로 이러한 급격한 농도 증가의 원인에 대한 조사가 필요하다.

월 평균강우량과 대장균 및 일반세균의 부적합율(부적합 횟수/검사횟수)계열은 수문학적 지속성과 계절상관성이 있는 것으로 나타났다. 대장균 및 일반세균 부적합율과 강우량간의 상관계수는 전체 월평균 강우량계열에 대해서는 0.525, 100mm이상 강우량계열에 대해서는 0.6733, 150mm이상 강우량계열에 대해서는 0.641로 비교적 상관성이 있으며 대장균 부적합율과 강우량간의 상관성이 일반세균과 강우량간보다는 더 상관성이 있는 것으로 나타났다.

주요어 : 음용지하수, 먹는물수질기준, 부적합률, 상관계수

* 대전대학교 환경공학과 교수

1. 서론

인구증가와 생활수준의 향상, 산업구조의 변화에 따라 용수수요는 날로 증가하고 있으나 이러한 수요증가를 충족해 줄 용수공급은 지표수 수질오염과 더불어 지표수에 대한 수자원 개발이 한계에 도달하는 등 수자원확보의 여러 문제점으로 인하여 막대한 차질을 초래하고 있다. 따라서 장차 용수부족현상이 발생할 것으로 예상됨에 따라 대체 수자원으로써 지하수의 개발과 이용이 더욱 가속화될 전망이다(수자원공사, 1993 ; 건교부, 1996).

최근 상수도에서 발암물질 검출 소동, 낙동강 폐놀사건 등 일련의 수돗물 파동과 빈번한 수질오염사고 등으로 인해 수돗물에 대한 불신감이 날로 확대되면서 수돗물보다 지하수가 수질이 좋고 위생적이며 안전할 것이라는 기대감으로 인근의 약수터나 공동우물 등 지하수 이용이 폭발적으로 증가하고 있다. 그러나 전국의 수많은 관정과 약수터에 대한 수질조사 결과 상당수가 먹는물수질기준을 초과하는 등 지하수 오염이 날로 심각해져 이제 음용 지하수도 안심하고 마실 수 없는 실정이다.

일반적으로 도시지역의 지하수 오염(환경부, 1994 ; 농진공, 1996)은 생활오수, 하수관 누수, 정화조, 산업활동에 의한 오염, 쓰레기 매립지의 침출수에 의한 오염 등을 들 수 있는데 지하수는 그 흐름특성상 한번 오염되면 지표수와는 달리 회복에 막대한 비용과 기간이 소요되나 지하수 수질오염에 대한 대책과 경제적인 처리기술이 거의 없는 상태에서 지하수가 이용되고 있는 상황이다(김창세, 1995). 따라서 한정된 수자원인 지하수의 효율적인 이용뿐만 아니라 지하수 오염방지 및 수질관리가 요구된다.

대전광역시도 도시의 급속한 팽창과 더불어 용수의 수요가 급증하고 있으며 대청호의 물을 상수원으로 사용하고 있다. 그러나 지하수의 이용율도 높아 단위면적당 지하수 이용량이 전국평균의 2.6배에 달하는 등 지하수의 이용이 급증하고 있으며 지하수의 이용이 늘어나면서 지하수 오염문제가 대두되고 있다.

지하수에 대한 연구는 그 동안 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(김성석 외, 1995 ; 서울시, 1996 ; 대전시, 1997 ; 박병윤 외, 1999).

본 연구는 대전광역시에서 먹는물로 사용하고 있는 지하수의 1995년부터 1997년 3년간의 총 5,733회 수질검사자료를 조사하여 먹는물수질기준을 초과하는 비율, 항목별 농도의 변화, 상관성분석 등 지하수질의 실태와 특성을 파악함으로써 주민들에게 지하수의 안전급수에 대한 정보제공은 물론 지하수 보전 및 관리대책 수립을 위한 자료를 제공하고자 한다.

2. 기본환경 및 물수지

금강수계에 속하는 대전광역시는 동쪽으로는 대청호가 위치하고 있으며 대전시내를 대전천, 유등천, 갑천의 3대 하천이 흐르고 있고 대전지방의 연 강수량은 1,360mm로서 전국 평균 1,274mm보다 많아 비교적 물이 풍부한 지역이다.

대전지방을 포함한 금강유역을 구성하는 지질단위는 변성암류이며, 금강유역은 주로 화강암과 화강편마암의 풍화 생성물인 조립질 모래와 자갈 등이 유역 부근의 충적층을 형성하고 있다. 이들 충적층은 지하수 부존성이 양호한 편이나 지표수와 연결되어 있어 하천의 수량변화와 수질오염에 민감한 편이다(농진공, 1996 ; 수자원공사, 1993).

대전시의 지하수 이용의 주된 용도는 생활용수로서 Table 1에 나타낸 바와 같이 전체 개소수의 96.5%, 전체 이용량의 56.2%를 차지하고 있는데, 10,259개소에서 연간 23,672천톤을 생활용수로 이용하는 것을 비롯하여 총 10,624개소에서 연간 42,135천톤의 지하수를 이용하고 있다. 대전광역시의 단위면적당 지하수이용량은 Table 2에 나타낸 바와 같이 연간 65.5천톤으로서 전국 평균의 2.6배에 달하고 있다(농진공, 1996 ; 김남중, 1995).

Table 1 The use of groundwater in Daejeon(1000m³/year)

구분	합 계		생활용수		농업용수		공업용수	
	개소수	이용량	개소수	이용량	개소수	이용량	개소수	이용량
계	10,624	42,135	10,259	23,672	70	6,657	295	11,806
대덕구	1,781	1,426	1,732	773	5	481	44	182
동구	1,450	3,229	1,376	2,226	9	846	65	227
서구	2,751	3,534	2,701	2,144	20	1,017	30	373
유성구	1,457	8,570	1,418	4,598	31	3,951	8	21
중구	3,120	6,063	2,974	3,556	5	372	141	2,135
기타	55	9,583	48	715			7	8,868
국군	8	316	8	316				
상수도	2	9,344	2	9,344				

Table 2 The use of groundwater per unit area(1000m³/year · km²)

구분	전국	서울	부산	대구	인천	광주	대전	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주
이용량	25.5	67.1	83.5	41.3	16.8	68.4	65.5	26.1	5.5	28.7	39.1	44.2	36.0	14.5	25.6	80.1

3. 지하수 수질자료조사

대전광역시의 관리대상 음용 지하수는 크게 구청의 민방 위과에서 비상급수로 지정하여 관리하는 관정과 위생과에서 관리하는 약수터로 구분된다.

지역 주민들의 공동우물로 이용되는 관정은 매 분기마다 1회, 약수터는 일년에 1회 대전광역시 보건환경연구원서 정기적인 수질검사를 실시하고 있으며 약수터의 경우 3회는 보건소에서 자체적으로 수질검사를 실시하고 있다. 수질측정 결과, 먹는물수질기준(환경부, 1997)에 불합격 판정을 받은 지하수는 한달 간격으로 대전광역시 보건환경연구원에서 재검사를 실시하고 있다(대전시, 1997).

한편 민간인이 개발하여 이용하고 있는 지하수는 개발자 또는 이용자가 보건환경연구원에 수질검사를 의뢰해온 것만을 대상으로 수질검사를 실시하고 있다.

본 연구에서 조사된 지하수질 자료는 대전광역시 각 구청에서 관리하고 있는 지하수(비상급수, 관정, 약수)와 민간인이 개발하여 이용하고 있는 지하수의 수질자료로서 1995년 1월부터 1997년 9월 사이 총 5,733회의 자료이다.

4. 결과 및 분석

4.1 먹는물수질기준 부적합률

1995년 1월부터 1997년 9월까지 대전광역시의 음용 지하수에 대한 부적합률(부적합 횟수/검사횟수)은 Fig. 1에 나타난 바와 같이 대전광역시 전체는 30.1%인 것으로 나타났다. 대전광역시의 5개 구에 대한 부적합률은 동구 36.4%, 대덕구 32.3%, 중구 31.2%, 서구 30.0%, 유성구 25.2%로서 동구가 제일 높고 유성구가 제일 낮은 것으로 나타났다.

먹는물 수질기준을 초과하는 주요 항목으로는 Table 3에 나타난 바와 같이 일반세균, 대장균, NO₃-N, F, Fe, NH₃-N, Mn, Zn, KMnO₄소비량, 색도, 탁도, As, pH, 증발잔유물, 맛, 냄새, 경도, Al, TCE, Cd, Cu 등 총 23개 항목이다.

이들 수질기준을 초과하는 항목중 수질기준 초과횟수(부적합횟수)가 가장 많은 항목은 대장균, 일반세균, NO₃-N로서 각각 532회, 531회, 390회나 수질기준을 초과하였으며 F는 236회, Fe는 141회, 탁도는 126회, 색도는 123회, Mn은 108회, Zn은 69회 기준을 초과하였다.

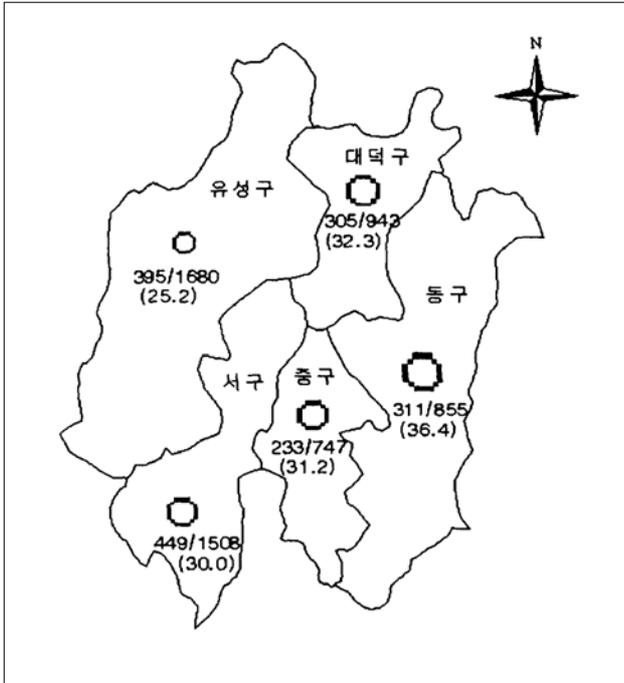


Fig 1 Unfit ratio(unfit frequency/test frequency)

4.2 지하수질 농도

대전광역시 지하수질의 주요 항목에 대한 연도별·지역별 평균농도는 Table 4에 나타난 바와 같다. 수질항목의 평균농도의 연도별·지역별 최고치를 살펴보면 NH₃-N가 1997년에 서구에서 0.34mg/l를 나타내었고 NO₃-N은 1997년 동구의 4.76mg/l, 경도는 1996년 동구의 113.13, KMnO₄는 1997년 서구의 2.39mg/l, Fe는 1997년 대덕구의 1.31mg/l, Mn은 1997년 중구의 0.53 mg/l, SO₄²⁻는 1996년 동구의 29.95mg/l, Al은 1997년 서구의 0.09mg/l, 불소는 1997년 중구의 1.0mg/l, 염소 이온은 1995년 대덕구의 20.421mg/l, Zn은 1995년 대덕구에서 0.24mg/l로 제일 높았다.

이들 수질항목의 평균치는 대부분 수질기준을 초과하지는 않았으나 이들 항목 중 Fe는 1997년에 대덕구의 최고치(1.31mg/l)를 비롯하여 대전시의 모든 지역에서 평균농도가 수질기준을 초과하고 있으며 Mn은 1997년 중구에서 평균농도(0.53mg/l)가 수질기준을 초과하는 것으로 나타났다. 따라서 Fe와 Mn의 오염에 대한 정밀 조사와 대책이 필요한 것으로 판단된다.

Table 3 Items and frequency over the drinking water quality standards

비상급수	약수	공동우물	먹는물	계
대장균 163회	대장균 66회	대장균 20회	대장균 283회	대장균 532회
일반세균 195회	일반세균 11회	일반세균 12회	일반세균 317회	일반세균 531회
NO ₃ -N 198회	NO ₃ -N 3회	NO ₃ -N 5회	NO ₃ -N 178회	NO ₃ -N 390회
NH ₃ -N 9회	Al 1회	Mn 1회	NH ₃ -N 12회	NH ₃ -N 21회
F 138회, Fe 79회	Fe 1회		F 98회, Fe 61회	F 236회, Fe 141회
KMnO ₄ 소비량 1회			KMnO ₄ 소비량 11회	KMnO ₄ 소비량 12회
Mn 66회, Zn 17회			Mn 41회, Zn 52회	Mn 108회, Zn 69회
As 3회, pH 5회			Al 17회, As 2회	Al 18회, As 5회
증발잔류물 3회			TCE 9회, pH 17회	TCE 9회, pH 22회
맛 1회, 냄새 1회			증발잔류물 13회	증발잔류물 16회
색도 74회			색도 49회, 탁도 54회	색도 123회
탁도 72회			맛 7회, 냄새 4회	탁도 126회, 경도 6회
경도 2회			경도 5회, 페놀 1회	맛 8회, 냄새 4회
			Cd 1회, Cu 1회	페놀 1회
			Pb 1회	Cd 1회, Cu 1회
				Pb 1회

대전광역시 5개 구중에서 평균농도가 가장 높은 수질항목의 수는 동구, 대덕구, 서구, 중구, 유성구의 순이며 이러한 결과를 미루어 대전광역시내 구별 음용지하수 수질의 정도를 대략적으로 가늠할 수 있을 것으로 판단된다.

Fig. 2 ~ Fig. 7은 주요 수질 항목별 대전시 전체 지하수를 대상으로 수질농도변화를 나타낸 것이다.

NH₃-N의 월평균농도는 수질기준을 초과하지 않았으며 1995년과 1996년도에는 별 다른 변화가 없는 것으로 나타났다. 그러나 1997년도에 들어서 농도의 급격한 증가를 보이고 있음을 알 수 있다. 그동안 사용되어온 많은 양의 질소비료나 오래 전부터 버려진 분뇨 등으로부터 오염될 수 있는 NH₃-N은 그 자체가 유독한 것이 아니라, 오염의 가능성을 내포하는 항목으로서 지하수내에서는 지질중의 질소가 환원되어 미량의 NH₃-N이 검출된다. 따라서 1997년도에 농도의 급격한 증가는 농경지에서 사용되는 비료, 가축의 분뇨 등에 의한 지하수오염의 가능성을 배제할 수 없으므로 이에 대한 조사와 대책이 필요할 것으로 판단된다.

NO₃-N, Fe의 월평균농도는 1997년도에 들어서 농도가 급격히 증가하여 수질기준을 초과하고 있는 것으로 나타났다.

이러한 급격한 농도 증가의 원인으로는 폐공에 의한 오염 등을 배제할 수 없다. 따라서 Fe에 대한 지속적이고 집중적인 수질검사를 통해 변화 추이를 분석하여 농도가 계속 증가하거나 수질기준을 초과하면 그 원인을 규명하고 대책을 수립하여야 할 것이다.

Mn의 월평균농도는 기준치를 초과하지는 않고 있지만 농도의 변화 양상은 NH₃-N와 Fe의 농도변화와 같이 1997년도에 들어서 급격한 농도의 증가를 나타내고 있으며, 전술한 바와 같이 1997년에 중구에서 0.58mg/ℓ으로 기준을 초과하므로 정확한 원인을 규명하여야 할 것이다.

Al과 F의 농도변화 역시 기준치를 초과하지는 않지만 NH₃-N, Fe 농도변화와 같은 양상을 나타내고 있다.

Fe, Mn, Al, F 등은 주로 지하 암석들과 지하수와 상호반응으로부터 기인되지만 그 농도가 점차 증가하고 있는 것을 보면 과거에 인위적인 오염물이 지하로 유입되었거나 현재 오염물이 유입되고 있다는 것을 나타내고 있다고 고려할 수 있다.

그 밖에 SO₄²⁻는 미세하지만 월평균 농도가 점점 증가하고 있었으며 반면에 증발잔류물은 약간 감소하는 경향을 나타내었고 pH, 경도, 염소, KMnO₄소비량 등은 월평균 농도 변화에 별다른 양상을 나타내지 않았고 모두 기준치 이내로 나타났다.

관정과 약수에 대한 경향을 살펴보면, 대덕구와 동구의 관정은 F, 동구의 약수는 경도, NO₃-N, 서구의 관정은 NO₃-N, 경도, 약수는 NO₃-N, KMnO₄소비량, Mn, 유성구의 관정은 Fe, F, 약수는 경도, NO₃-N가 점점 증가하는 경향을 나타내고 있었다.

비록 지하수 수질항목의 평균농도가 수질기준에 적합하더라도 부분적으로 여러 항목에서 수질기준을 초과하여 전체 자료중 30.1%가 부적합 판정을 받았고 전술한 바와 같이 여러 수질항목의 농도가 1997년도에 들어 큰 폭의 증가 양상을 나타내고 있으므로 지하수 오염의 방지, 지하수질의 보전, 주민 위생과 건강의 향상, 수질사고에 대한 예방을 위해서 이러한 농도 증가의 원인 규명과 대책이 필요하다. 따라서 이러한 원인 규명과 대책을 수립하기 위해서는 지하수 수질측정 횟수를 늘리고 지하수질 감시정을 통한 수질감시가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

Table 4 The mean concentration of water quality items(mg/ℓ)

Year	Regions	NH ₃ N	NO ₃ N	Hardness	KMnO ₄ consumption	pH	Cl	Evaporation residual	Fe	Mn	SO ₄ ²⁻	Al	F	Zn
Standard		0.5	10	300	10	5.8~8.5	150	500	0.3	0.3	200	0.2	1.5	1
'95	Taeduk gu	0.01	4.31	110.62	0.62	7.2	20.42	211.48	0.22	0.06	19.87	0.01	0.32	0.24
	Dong gu	0.02	4.08	121.83	0.92	7.3	20.33	211.56	0.05	0.06	25.43	0.02	0.45	0.13
	Seo gu	0.03	3.30	90.92	0.70	7.2	16.38	203.26	0.08	0.05	11.79	0.01	0.24	0.19
	Yusong gu	0.02	2.51	75.27	0.56	7.2	13.62	174.06	0.19	0.03	9.56	0.01	0.41	0.20
	Jung gu	0.01	3.09	101.00	0.50	7.3	16.55	197.07	0.03	0.02	19.26	0.01	0.29	0.15
	The others	0.09	3.42	93.80	0.73	7.2	14.34	188.69	0.09	0.06	9.32	0.01	0.20	0.67
	Mean	0.03	3.45	98.91	0.67	7.2	16.94	197.69	0.11	0.05	15.87	0.01	0.32	0.26
'96	Taeduk gu	0.02	4.33	100.24	0.92	7.2	19.81	194.91	0.12	0.05	16.21		0.47	0.14
	Dong gu	0.10	4.18	113.13	0.66	7.4	19.30	207.39	0.17	0.03	29.95	0.03	0.44	0.08
	Seo gu	0.02	3.60	85.74	0.75	7.2	17.95	202.50	0.04	0.03	14.12	0.01	0.26	0.12
	Yusong gu	0.02	3.24	72.35	0.63	7.1	14.12	168.01	0.08	0.01	8.92	0.01	0.34	0.12
	Jung gu	0.01	3.69	109.90	0.62	7.3	19.58	198.96	0.04	0.03	21.08	0.01	0.41	0.10
	The others	0.01	5.75	76.57	0.61	7.2	15.02	181.52	0.11	0.02	6.83		0.14	0.23
	Mean	0.03	4.13	92.99	0.60	7.2	17.63	192.22	0.09	0.03	16.19	0.02	0.34	0.13
'97	Taeduk gu	0.09	4.03	95.18	0.88	7.3	19.19	175.74	1.31	0.07	18.79	0.07	0.60	0.09
	Dong gu	0.09	4.76	105.80	0.75	7.3	18.12	184.13	0.44	0.08	25.84	0.08	0.88	0.10
	Seo gu	0.34	4.09	96.34	2.39	7.3	18.22	161.94	0.42	0.11	16.98	0.09	0.76	0.12
	Yusong gu	0.04	2.66	79.32	0.62	7.2	12.56	139.57	0.55	0.04	11.88	0.06	0.68	0.15
	Jung gu	0.04	3.44	92.75	0.74	7.3	15.33	165.13	0.53	0.53	17.35	0.04	1.00	0.13
	Mean	0.12	3.80	93.88	1.08	7.3	16.68	165.30	0.65	0.17	18.17	0.34	0.78	0.12
Total mean		0.06	3.79	95.26	0.78	7.2	17.08	185.07	0.28	0.08	16.74	0.12	0.48	0.17

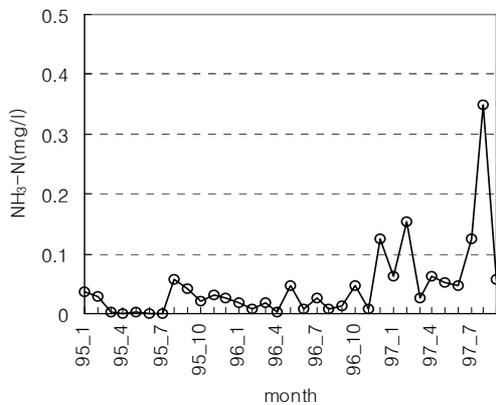


Fig 2 The concentration of NH₃ N

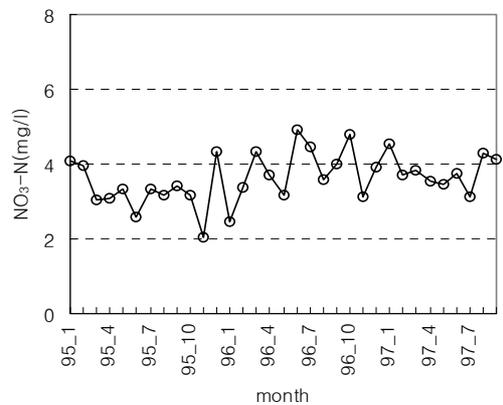


Fig 3 The concentration of NO₃ N

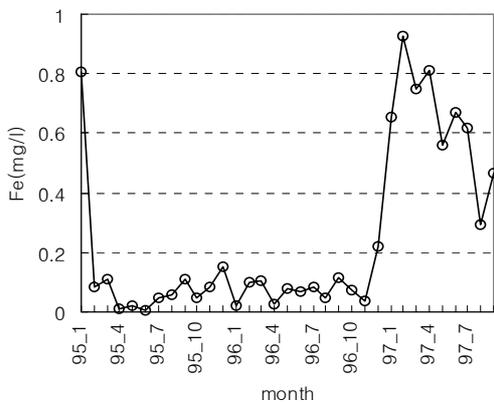


Fig 4 The concentration of Fe

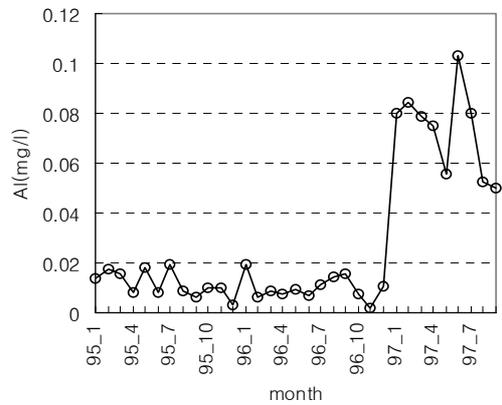


Fig 7 The concentration of F

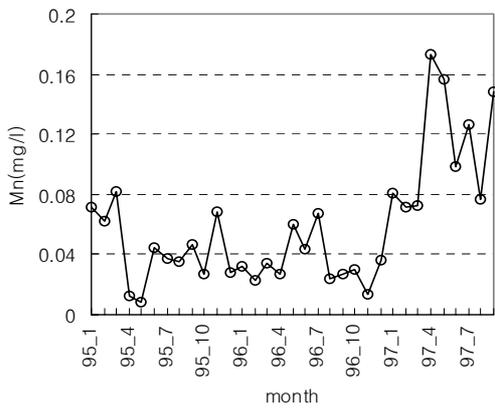


Fig 5 The concentration of Mn

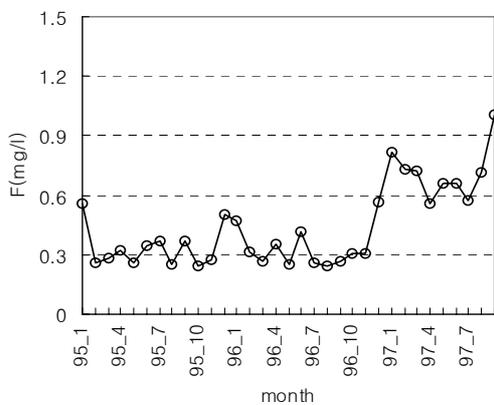


Fig 6 The concentration of Al

4.3 강우량과 일반세균 및 대장균의 상관성

일반적으로 여름철 우기에는 지하수에서 일반세균과 대장균이 비교적 자주 검출되는 것으로 보고되고 있다. 본 연구에서는 지하수 수질의 계절에 따른 변화 특성을 분석하기 위하여 수질자료의 시계열 분석 및 수질항목과 계절간의 상관성을 분석하였으며, 계절적인 특성을 대변할 수 있는 수문자료는 월평균강우량을 이용하였다.

지하수 수질 각 항목별 월평균농도는 수문학적 지속성과 계절상관(윤용남, 1998)이 전혀 없었으나 월평균 강우량 계절과 대장균 및 일반세균의 월별 부적합율계열이 모두 수문학적 지속성이 있는 것으로 나타났으므로 두 계절간의 상관성을 조사하였다.

대전광역시 전체에 대한 일반세균 및 대장균의 부적합율과 강우량간의 상관관계는 Table 5에 나타난 바와 같다. 대장균의 부적합율과 강우량간의 상관계수는 0.45, 일반세균 부적합율과 강우량간의 상관계수는 0.448이었으며 대장균과 일반세균을 합한 부적합율과 강우량간의 상관계수는 각각의 경우보다는 다소 높은 0.525로 나타났으나 상관도가 그다지 높지 않은 것으로 나타났다. 상관성이 비교적 높지 않은 이유는 수질검사장소와 수질검사횟수의 일관성 결여, 즉 각 월의 검사횟수의 변동이 크고 검사장소가 불규칙한 것이 한 원인으로 추정할 수 있다.

Table 5 The correlation between rainfall and unfit ratio of E coli · bacteria

	대장균 부적합율과 강우량	일반세균 부적합율과 강우량	대장균 및 일반세균 부적합율과 강우량
상관식	$y = 0.015x + 0.0962$	$y = 0.0146x + 9.9787$	$y = 0.0418x + 9.0375$
상관계수(r)	0.45	0.448	0.525

강우량의 크기에 따른 대장균과 일반세균의 부적합율에 대한 상관성을 파악하기 위하여 본 연구에서는 Table 6 및 Table 7과 같이 월평균강우량이 100mm 이상인 경우와 150mm 이상인 경우 두가지에 대한 상관관계를 파악하였다.

월 평균강우량 100mm이상에 대한 대장균부적합율과 강우량간의 상관계수는 0.7471, 일반세균부적합율과 강우량간의 상관계수는 0.6849, 대장균과 일반세균을 합한 부적합율과 강우량간의 상관계수는 0.6733으로서 비교적 높은 상관관계를 나타내었다. 강우량이 150mm이상일 경우에는 이들 상관계수가 각각 0.7126, 0.6294, 0.641로 나타났다. 이상에서 알수 있는 바와 같이 강우량이 많을 경우에는 대

장균 및 일반세균의 부적합율과 강우량간의 상관성은 증가하며 대장균 부적합율과 강우량의 상관성이 일반세균과 강우량간의 상관성 보다 큰 것으로 나타났다. 따라서 강우량과 일반세균 및 대장균의 부적합율은 비교적 상관성이 있는 것으로 판단할 수 있다.

따라서 6월에 2분기 수질검사를 실시한 후 여름철 우기 시에는 수질검사를 실시하지 않다가 9월에 3분기 수질검사를 실시하는 현행의 수질검사시기를 조절하여 비가 많이 오는 여름철에 수질검사를 실시하고 대장균과 일반세균 검출이 우려되는 곳은 수질검사횟수를 늘이는 등 일반세균과 대장균에 대한 집중관리가 필요할 것으로 판단된다.

Table 6 The correlation between rainfall and unfit ratio of E coli bacteria over rainfall 100 mm

	대장균 부적합율과 강우량	일반세균 부적합율과 강우량	대장균 및 일반세균 부적합율과 강우량
상관식	$y = 0.0191x + 6.6572$	$y = 0.0185x + 8.4838$	$y = 0.0235x + 14.122$
상관계수(r)	0.7471	0.6849	0.6733

Table 7 The correlation between rainfall and unfit ratio of E coli bacteria over rainfall 150 mm

	대장균 부적합율과 강우량	일반세균 부적합율과 강우량	대장균 및 일반세균 부적합율과 강우량
상관식	$y = 0.0204x + 6.0679$	$y = 0.0186x + 8.4554$	$y = 0.0247x + 13.628$
상관계수(r)	0.7126	0.6294	0.641

5. 결론

본 연구는 대전광역시의 음용지하수 수질특성을 파악하기 위하여 1995-1997년 3년간의 5,733회 수질검사자료를 분석하였다. 본 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 대전광역시 음용지하수의 수질자료 분석 결과, 동구는 36.4%, 대덕구는 32.3%, 중구는 31.2%, 서구는 30.0%, 유성구는 25.2%가 먹는물 수질기준에 부적합한 것으로 나타났으며 대전광역시 전체의 부적합율은 30.1%로 나타났다.
2. 먹는물 수질기준을 초과하는 항목은 일반세균, 대장균, $\text{NO}_3\text{-N}$, F, Fe, $\text{NH}_3\text{-N}$, Mn, Zn, KMnO_4 , 색도, 탁도, As, pH, 증발잔유물, 맛, 냄새, 경도, Al, TCE, Cd, Cu 등 총 23개 항목이었으며 부적합 횟수가 가장 많은 항목은 대장균, 일반세균, $\text{NO}_3\text{-N}$, Fe, 탁도, 색도, Mn, Zn의 순이었다.
3. 지역별·연도별 지하수질의 평균농도는 1997년에 전 지역에서 Fe의 평균농도(최고치 : 대덕구, 1.31mg/

l)가 수질기준을 초과하였고 Mn은 1997년에 중구 (0.53mg/l)에서 기준을 초과한 것을 제외하고는 모두 먹는물수질기준을 초과하지 않았다.

4. $\text{NH}_3\text{-N}$, Mn, Fe, Al, F 등은 1997년도에 들어서 급격히 농도가 증가하였는데 이는 농경지에서의 비료, 분뇨, 폐공, 공장폐수 등에 의한 오염이 진행되고 있음을 시사해 주므로 이러한 급격한 농도 증가의 원인 규명과 대책이 필요하다.
5. 월평균강우량과 대장균 및 일반세균의 부적합율 계열은 수문학적 지속성과 계절상관성이 있으며 대장균 및 일반세균의 부적합율과 강우량과의 상관성을 분석한 결과 대장균 부적합율이 일반세균 부적합율보다는 강우량과 더 상관성이 있는 것으로 나타났다. 상관계수는 전체 월평균 강우량계열에 대해서는 0.525, 100mm이상 강우량계열에 대해서는 0.6733, 150mm이상 강우량계열에 대해서는 0.641로 비교적 상관성이 있는 것으로 나타났다. 따라서 여름철 우기시에 일반세균 및 대장균에 대한 집중관리가 필요할 것으로 판단된다.

(접수일자 : 2001. 6. 4.)

참 고 문 헌

- 1 건설교통부(1995), "지하수 업무수행 지침서", pp 88~227
- 2 김남중(1995), "국내 지하수현황과 이용관리현황", 한국수자원학회지, 제28권 4호, pp 28~36
- 3 김성석 외 7(1995), "강원도에서 음용되는 지하수의 수질 특성에 관한 조사 연구", 한국수질보전학회지, 제 11권, 제 3호, pp 247~256
- 4 김창세(1995), "지하수법 시행과 지하수관리대책", 한국수자원학회지, 제28권 4호, pp 9~18
- 5 농어촌진흥공사(1996), "한국지하수 총람", 107p, pp 531~539, 616~651
- 6 대전광역시(1997), "대전광역시 지역 수질검사와 관리방안", pp 9~18
- 7 박병윤 외 5(1999), "대구시 지하수의 수질특성", 한국환경과학회지, 제8권, 제6호, pp 685~690
- 8 서울특별시(1996), "서울특별시 지하수 관리계획 기본조사보고서"
- 9 윤용남(1998), "공업수문학", 청문각, p 530
- 10 한국 수자원공사(1993), "지하수 자원 기본조사 보고서", pp 106~108
- 11 한국 수자원공사(1993), "한국 지하수 이용실태조사 보고서", p 123
- 12 환경부(1994), "지하수의 수질보전 등에 관한 업무처리지침", pp 44~45
- 13 환경부(1997), "먹는물수질공정시험방법", pp 5~117