

광주지역 비상급수 항목별 상관성 및 수질특성 연구

김연희[†] · 고영춘* · 문용운** · 박종태 · 김동수

광주광역시보건환경연구원, *대불대학교 나노-화학환경공학과, **광주광역시환경녹지국

A Study on Correlation of Characterization Data and Characteristics of Emergency of Water Supply Quality in Gwangju

Yeon-Hee Kim[†], Young Chun Ko*, Young-Woon Moon**, Jong-Tae Park, and Dong-Su Kim

Health and Environment Institute of Gwangju, *Nano-Chemical/Environmental Engineering Daebul University,
**Gwangju City Environment & Afforestation Bureau, Seo-gu HwaJeong-dong 898, Gwangju 502-837, Korea

Groundwater pollution can be caused by human activity related ground facilities, unpredictable accident or people's unconcern. Ground water typically becomes polluted when rainfall soaks into the ground, comes in contact with sources of contamination, and carries them into groundwater. The characteristics of emergency supply water for drinking was identified and the relationship of water quality items was analyzed. The 112 water samples were collected from Gwangju area, and 46 water quality items were analyzed under Korean Drinking Water Standards method. The maximum values of Color, Turbidity, NO₃-N, Mn, Fe, Cu and Zn were 400 degree, 430.00 NTU, 32.5 mg/L, 2.305 mg/L, 0.830 mg/L, 1.393 mg/L, 9.450 mg/L respectively. The results of regression analysis, Turbidity was highly correlated with the concentrations of Iron (R=0.68), and Zinc (R=0.87). The concentration of Hardness and Sulfate ion increased with the concentration of Total Solids. A Correlation coefficient was 0.73 between Color and Iron and was 0.86 Color and Zincs. The concentration of nitrate nitrogen was correlated with the concentration of Chloride ion (R=0.55).

Key words : emergency supply water

1. 서 론

우리나라의 경우 연평균 강수량은 세계평균보다 1.3 배 많지만 높은 인구밀도 때문에 1인당 연간 강수량 2,705 m³은 세계 평균 2,680 m³의 약 10% 밖에 되지 않는다. 가용한 수자원에 있어서도 우리나라는 1인 기준으로 1,550 m³에 불과하기 때문에 1997년 국제인구행동연구소(PAI: Population Action International)의 "Sustaining water, Easing scarcity : A second Update"에서 물 부족 국가군으로 분류한 바 있다.¹⁾ 물 부족우려에도 불구하고 우리나라의 1인당 물 사용량은 OECD(Organization for Economic Cooperation and Development)의 다른 나라에 비해 높은 편이다. 물은 인간과 모든 생물체에게 필요 불가결한 물질로써 인간

의 생활수준이 향상될수록 맛이 있고, 안전하고 건강식이며, 오염되지 않은 양질의 물을 음용하려는 욕구를 가지고 있다. 일반적으로 생활수준이 높은 구미 선진국 일수록 음용수로써 지하수의 이용도는 상당히 높아 그 의존도는 60~90%에 이른다.^{2,3)} 지하수를 합리적인 보전관리를 할 때에는 영구사용이 가능하지만, 반대로 일단 오염이 되면 그 회복기간이 수십 년에서 수백 년이 소요되며, 경우에 따라서는 영구회복이 불가능하기 때문에 지하수의 보전관리가 매우 중요하다.

본 연구에서는 비상시 음용수 및 생활용수로 사용하기 위하여 공급하는 비상급수의 구청별 수질특성을 파악하고 항목별 상관관계를 알아보아 비상급수 대책 수립에 필요한 자료로 제공하고자 하였다.

[†]To whom correspondence should be addressed.

E-mail: yh7513@hanmail.net

2. 실험방법

광주지역의 비상급수 중 음용수로 사용가능한 지점을 대상으로 Table 1과 같이 112개소에 대한 수질검사를 분기별로 실시하였다. 환경부령의 먹는물수질기준 및 검사등에관한규칙⁴⁾에서 정한 미생물학적 검사를 포함한 45개 항목에 대하여 먹는물수질공정시험방법⁵⁾에 준하여 실험을 실시하였다.

전기전도도는 Radiometer analytical pIONeer 30을 사용하였으며, 수중의 이온성분 분석은 이온크로마토그래피를 이용하여 분석하였다. 이온크로마토그래피는 DX-

Table 1. The site number of investigation of Emergency of water Supply in Gwangju

Region	No. of sites
Dong-gu	12
Seo-gu	17
Nam-gu	28
Buk-gu	25
Gwangsan-gu	30

Table 2. Analytical methods and instruments for each item

Analysis	Items	Analytical Methods and Instruments
Microbiological	Total Colony Counts	Plate count Method
	Total Coliforms	Multiple tube Technique
	Fecal Coliforms	
Physico-chemical Analysis	Hardness, Consumption of KMnO_4	Titration Method
	Odor, Taste, Color	Odor, Taste, Color Method(TC205, JAPAN)
	Turbidity	Turbidity Method(HACH model 2100AN, USA)
	pH	pH meter Method (ORIN model 520A, USA)
	Total solids	Weight Method
Inorganic matter	F, NO_3^- -N, Cl ⁻ , SO_4^{2-}	Atomic Absorption spectrometer (DX-600 AS14 Column, USA)
	NH_3 -N, CN	Spectrophotometer Method (SHIMADZU UV1201, JAPAN)
	Pb, As, Se, Hg, Cr ⁺⁶ , Cd, Cu, Zn, Fe, Mn, Al	Inductively Coupled Plasma Method (Varian 300, Australia)
	B	Spectrophotometer Method (SHIMADZU UV1201, JAPAN)
Organic matter	Diazinon, Parathion, Fenitrothion, 1,2-Dibromo-3-Chloropropane	Gas Chromatography(NPD) (HP 5890 Series II, USA)
	Carbaryl	Liquid Chromatography (Waters,USA)
	Phenol, ABS	Spectrophotometer(SHIMADZUUV-1201,JAPAN)
	PCE, 1,1,1-TCE, TCE, Dichloromethane, 1,1-Dichloroethylene, Carbon tetrachloride	Gas Chromatography(ECD) (HP 5890 Series II, USA)
	Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene	Gas Chromatography
		Purge & Trap Method (HP 5890 Series II, USA)

600을 사용하였으며, 분리컬럼은 AS 14 Column, 검출기는 ED59 Electrochemical Detector, Suppressor는 ASRS-Ultra-4 mm을 사용하였으며, Table 2는 45개 항목별 검사방법 및 실험 장비를 나타냈다.

3. 결과 및 고찰

지하수 오염의 경우, 유입된 오염물질이 멀리 이동하고 지하 대수층 내에서 장기간 잔존하여 지표수에 비해 희석 또는 자정이 어려운 특성이 있으므로 무엇보다 일차적으로 오염이 되지 않도록 세심한 주의를 기울여야 하며, 이를 위해 지하수 보전 및 관리가 철저하게 이루어져야 할 것이다.

3.1. 색도, 탁도

색도란 물 속에 함유된 불순물에 의하여 착색의 정도를 수치로 나타낸다. 물의 색상은 함유된 물질에 따라 다양하므로 탁도의 경우와 마찬가지로 건강에는 아무 상관이 없는 경우도 있지만 급수전에서 착색된 물

이 나올 경우 수질적으로 어떤 이상이 일어났다는 것을 알려주는 현상이다.⁶⁾

Table 3과 같이 색도는 동구의 경우 최대농도가 400도로 먹는물 수질기준의 80배를 초과하였으며 이는 자주 사용하지 않고 있어 정체되어 있는 물 때문으로 정기적으로 물을 양수하여 지속적인 관리가 필요하며, 노후관에 의한 것이면 교체가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

탁도는 물에 떠있는 미세한 입자의 탁한 정도를 NTU(Nephelometric Turbidity Unit)로 표시하며, 물을 흐리게 하는 원인물질로는 무기, 유기 부유물, 미생물 및 부상 등이 있다.⁶⁾ 색도가 높게 나타난 동구의 경우 탁도의 최대농도도 430.00 NTU로 높아 전체평균이 먹는물 수질기준인 1 NTU를 초과하였으며, 최대농도가 남구 55.00 NTU, 북구 16.30 NTU를 나타냈다.

3.2. 질산성질소

질소질 비료 및 가축분 사용에 의해 토양내 축적된 염류의 성분 중 질산성질소 등과 같이 음전하를 띤 성분은 토양에 흡착되는 양이 매우 적고, 수분과 결합시 토양내에서 빠르게 이동하기 때문에 토양으로 유입된 질산성질소의 많은 양이 지하수로 유입되는 것으로 알려졌다. 이러한 농업활동에 의한 과다하게 투입된 비료

성분 중 일단 작물에 흡수가 안 된 성분들은 대부분 영양물질로서 비점오염원으로 작용하여 지하수 오염의 잠재성을 갖게 된다.⁷⁾ 물속에 질산성질소가 많이 검출되면 오염물질 투입 후 어느 정도 시간이 지났다는 것을 의미한다. 질산성질소는 체내에 흡수되어 헤모글로빈과 산소의 결합력을 떨어뜨려 산소결핍을 야기 시켜 유아의 피부색이 청색으로 변하는 청색증 (methaemoglobinemia, 블루베이비)을 유발하는 것으로 알려져 있으며, 청색증은 6개월 미만 유아의 경우 가장 민감한데 유아들은 몸무게가 가볍고 어른보다 산화되는 헤모글로빈의 비율이 더 높으며 메트헤모글로빈을 헤모글로빈으로 환원시키는 효소의 활성이 미숙하기 때문이다.^{8,9)}

먹는물 검사항목 중 부적합 빈도가 가장 높게 나타난 항목으로서 북구의 경우 최대농도가 32.5 mg/L로 가장 높게 나타났으며, 동구 13.2 mg/L, 남구 15.0 mg/L, 서구 21.5 mg/L로 먹는물 수질기준인 10 mg/L를 초과하였으나 전체평균은 4.9 mg/L로 먹는물 수질 기준 이내로 나타났다.

3.3. 경도

경도가 높은 경우에는 산뜻하지 않은 진한 맛을 나타내고, 낮은 경우에는 담백하고 김빠진 맛을 나타낸

Table 3. The Characteristics of Water Quality of Emergency of Water Supply Quality

(Unit : mg/L, Turbidity : NTU)

		Color	Turbidity	NH ₃ -N	NO ₃ -N	pH	H	D	Cl	SO ₄ ²⁻	Total Solids	F	Mn	Fe	Cu	Zn	TCE	Tolune	Conductivity	Total Colony Counts
Total	max	400	430.00	0.30	32.5	8.4	499	118	87	626	1.7	2.305	0.830	1.393	9.450	0.002	0.112	1,112	1,600	
	min	1	0.05	0.00	0.0	5.9	7	0	0	26	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5	0	
	average	5	5.22	0.00	4.9	7.0	135	31	16	192	0.1	0.041	0.016	0.072	0.267	0.000	0.001	387	73	
Dong-gu	max	400	430.00	0.30	13.2	7.8	287	84	87	409	0.7	0.242	0.830	0.174	9.450	0.002	0.079	861	330	
	min	1	0.11	0.00	0.0	6.1	10	4	3	53	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	72	0	
	average	15	22.95	0.00	4.4	6.9	166	46	23	245	0.1	0.033	0.035	0.020	0.657	0.000	0.003	474	39	
Seo-gu	max	9	0.97	0.20	21.5	7.9	250	92	50	361	0.9	0.017	0.000	0.968	0.505	0.000	0.112	770	1,600	
	min	1	0.07	0.00	0.0	5.9	23	0	0	33	0.0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	5	0	
	average	1	0.24	0.00	6.5	6.9	103	31	16	159	0.1	0.000	0.000	0.139	0.084	0.000	0.002	364	73	
Nam-gu	max	30	55.00	0.10	15.0	7.9	262	118	44	379	0.6	0.943	0.210	0.405	1.603	0.001	0.000	1,112	1,200	
	min	1	0.08	0.00	0.0	5.9	24	1	0	37	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	9	0	
	average	3	1.66	0.00	5.4	7.0	160	28	19	214	0.0	0.040	0.009	0.020	0.159	0.000	0.000	396	110	
Buk-gu	max	36	16.30	0.10	32.5	8.4	499	100	49	626	1.7	2.305	0.810	0.696	3.640	0.000	0.000	972	980	
	min	1	0.05	0.00	0.0	5.9	16	1	0	26	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	19	0	
	average	3	0.95	0.00	6.0	7.0	159	36	17	222	0.1	0.105	0.025	0.033	0.224	0.000	0.000	466	93	
Gwang-san-gu	max	6	1.57	0.10	8.1	8.0	279	59	18	365	0.9	0.558	0.170	1.393	4.810	0.000	0.000	796	920	
	min	1	0.05	0.00	0.3	6.5	7	2	0	41	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	67	0	
	average	2	0.29	0.00	2.4	7.1	87	16	5	118	0.1	0.027	0.010	0.149	0.210	0.000	0.000	237	48	

다. 일본의 생수는 20~80 mg/L, 유럽의 경우, 생수는 200~400 mg/L의 경우가 일반적이고, 경도가 10~100 mg/L이면 물맛이 좋은 것이라 할 수 있다.¹⁰⁾

최대농도가 동구 287 mg/L, 서구 250 mg/L, 남구 262 mg/L, 광산구 279 mg/L를 나타냈으며, 북구의 경우 499 mg/L로 가장 높게 나타났으나 먹는물 수질기준인 500 mg/L를 초과하지는 않았다.

3.4. 망간, 철, 구리, 아연

망간에 의한 수질오염은 인위적인 오염이외에 대부분이 지질에서 유래된 것이지만, 호소, 저수지, 하천의 저층수의 용존산소가 적게 되면 저질부분이 환원상태가 되어 망간이 저질에서 용출되어 나오는 것도 있다.⁹⁾

망간의 최대농도가 남구 0.943 mg/L, 광산구 0.558 mg/L로 먹는물 수질기준인 0.3 mg/L를 초과하였으며, 특히 북구의 경우 탁도 16.0 NTU, 아연 0.916 mg/L인 지점의 망간농도가 2.305 mg/L로 먹는물 기준을 약 8배정도 초과하였다.

철은 0.3 mg/L 이상이면 황갈색 내지 적갈색을 띠며, 0.5~1.0 mg/L 에서는 금속취미를 느끼게 된다. 철분의 농도가 0.3 mg/L 이상이면 음료수로 적합하지 않으나 인체의 건강에 주는 영향보다 물의 맛이 나빠지기 때문이다. 오히려 우리 인체는 매일 일정량의 철분을 취해야 하므로 지하수에 어느 정도의 철분이 용해되어 있는 것은 바람직하다.¹¹⁾

동구와 북구의 최대농도가 0.830, 0.810 mg/L를 나타냈으며, 먹는물 수질기준인 0.3 mg/L을 약 3배정도 초과하였으며, 모두 색도와 탁도의 농도가 가장 높음을 알 수 있었다.

동은 인간의 대사작용에 필수적인 원소이며, 적혈구의 형성과 신체조직내의 철을 제저, 그리고 뼈, 중추신경계, 연결부위조직 등의 발달에 중요한 역할을 한다. 그러나 과도한 양의 동을 흡수하게 되면 점막질의 자극과 부패, 모세혈관의 손상, 그리고 중추신경의 자극과 기능저하 등을 일으키게 된다. 위를 심하게 자극할 수도 있으며, 신장과 간장에 괴사성 변화가 일어날 수도 있다.¹²⁾

광산구의 최대농도가 1.393 mg/L를 나타내 먹는물 수질기준인 1.0 mg/L을 초과하였으며, 그 외 지역에서는 모두 기준 이내로 나타났다.

아연은 다른 미량원소에 비해 독성이 낮지만 다량 섭취시 구토, 탈수, 복통, 구역질, 현기증 등의 인체영향을 나타내고 염화아연에 의해 신장장해를 일으킨 것

로 보고된 바 있으며, 물에서 좋지 않은 짠맛을 내고 3~5 mg/L 범위의 물은 오판색을 띠고 끓을 때 기름 같은 피막을 형성하는 경향이 있다.^{13,14,15)}

서구를 제외하고 최대농도가 먹는물 수질기준인 1.0 mg/L을 초과하였으며, 특히 동구의 경우 색도, 탁도가 가장 높게 나타난 지점에서 아연의 농도가 9.450 mg/L를 나타내 먹는물 수질기준의 약 10배 정도를 초과한 것으로 나타났다.

3.5. 트리클로로에틸렌, 톨루엔

트리클로로에틸렌은 물, 에테르에 녹고 기름에 혼화되는 특징을 가지며 인체에 자극성 및 독성이 강하여 장기적으로 노출시 중추신경장애를 일으키는 유해물질이다. 지방, 왁스, 기름, 고무 등 금속부품의 탈지를 위해 사용되며 폐공을 통한 지하유입, 폐수 중에서 직접 유출, 대기 중에서의 물로의 침강 등으로 지하수를 오염시킬 수 있다.¹⁶⁾

동구와 남구의 경우 0.002 mg/L, 0.001 mg/L로 먹는물 수질기준인 0.03 mg/L를 초과하지는 않았지만 정량한계 이상으로 검출되었다는 것은 주변 오염물질로 인하여 지하수가 오염되고 있다는 것을 알 수 있다.

톨루엔 누출에 따른 건강장해로는 호흡기 및 눈, 코, 피부 등에 발생하는 자극증상과 중추신경계 기능저하 및 신경독성이 나타난다고 보고되었으나^{17,18)} 중대부분의 중추신경 억제작용에 따른 증상은 비 특이적이고 경미한 경우가 많아 진단에 어려움을 겪게 된다. 또한 근로자에게 톨루엔에 장기간 노출되면 피부의 건조와 피부염을 일으키며 불안, 불면, 두통의 증상이 나타나고 고농도에 노출시 허탈, 혼수상태에 빠지기도 한다.¹⁹⁾

톨루엔은 동구의 최대농도가 0.079 mg/L를 나타냈으며, 서구의 경우 0.112 mg/L로 먹는물 수질기준인 0.7 mg/L를 초과하지는 않았지만 유류에 의하여 지하수가 오염되었음을 알 수 있었다.

3.6. 상관관계 분석

Table 4, Fig. 1과 같이 색도와 항목별 상관계수를 살펴보면, 탁도 0.98, 철 0.73, 아연 0.86으로 나타났으며, 탁도와 항목별 상관계수는 철 0.68, 아연 0.87로 색도와 탁도가 높을 경우 철과 아연의 농도도 높게 나타남을 알 수 있었다. 질산성질소와 염소이온이 상관계수 0.55로 나타나 질산염(nitrate)과 염화물(chloride)이 동시에 함유되어 있으면 폐수나 외부의 오염원에 의해 오염된 것으로 판단할 수 있다. 경도는 Fig. 2와 같이

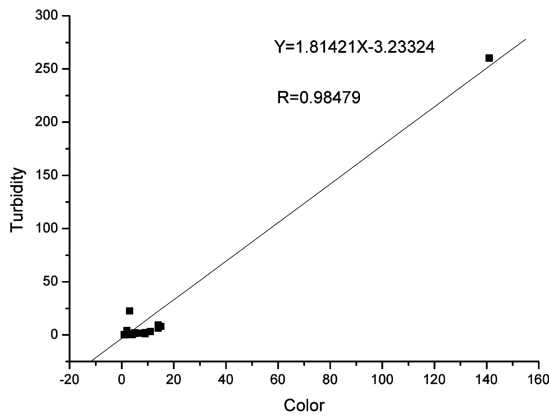


Fig. 1. The correlation between Color and Turbidity.

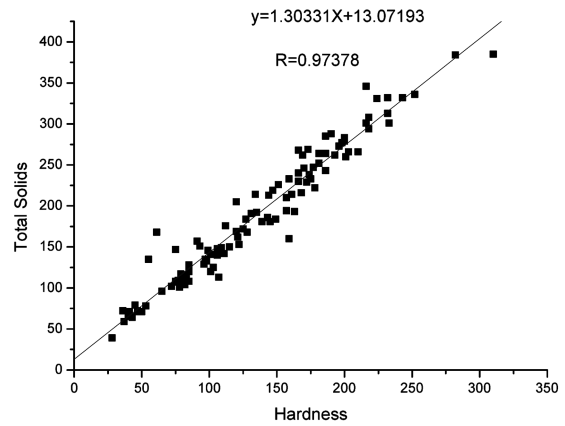


Fig. 2. The correlation between Hardness and Total solids.

Table 4. The Correlation coefficient of test items in Emergency of Water Supply Quality of Gwangju

	color	Turbidity	NO ₃ -N	pH	Hardness	Cl	Consumption of KMnO ₄	Fe	Total Solid	SO ₄ ²⁻	Mn	F	Cu	Zn	Total Colony Counts	Conductivity
Color	1.00															
Turbidity	0.98	1.00														
NO ₃ -N	-0.05	-0.06	1.00													
pH	-0.14	-0.14	-0.11	1.00												
Hard	0.19	0.17	0.41	0.03	1.00											
Cl	0.15	0.14	0.55	-0.09	0.71	1.00										
Consumption of KMnO ₄	0.25	0.21	0.07	-0.15	0.09	0.07	1.00									
Fe	0.73	0.68	-0.18	-0.10	0.16	0.09	0.39	1.00								
Total solid	0.18	0.16	0.47	0.00	0.97	0.82	0.11	0.13	1.00							
SO ₄ ²⁻	0.03	0.02	0.33	0.03	0.54	0.53	0.23	-0.07	0.66	1.00						
Mn	0.17	0.13	-0.17	-0.08	0.15	0.06	0.52	0.64	0.13	-0.02	1.00					
F	-0.03	-0.05	-0.07	0.22	-0.04	-0.10	-0.13	0.17	-0.05	0.00	-0.03	1.00				
Cu	-0.08	-0.05	0.03	0.01	-0.27	-0.09	0.01	-0.10	-0.24	-0.16	-0.08	-0.13	1.00			
Zn	0.86	0.87	-0.06	-0.11	0.19	0.19	0.20	0.59	0.17	-0.04	0.14	-0.08	-0.05	1.00		
Total Colony Counts	-0.05	-0.06	0.29	0.07	0.14	0.13	0.20	-0.02	0.16	0.20	0.01	-0.05	0.08	0.04	1.00	
Conductivity	0.14	0.12	0.47	0.06	0.69	0.72	0.12	0.08	0.76	0.62	0.09	-0.01	-0.22	0.10	0.13	1.00

염소이온 0.71, 중발잔류물 0.97, 황산이온 0.54, 전기 전도도 0.69의 상관계수를 나타냈으며, 과망간산칼륨소 비량은 망간과 0.52의 상관계수, 철은 망간과 0.64의 상관계수를 나타냈다. 중발잔류물은 황산이온 0.66, 전기전도도 0.76의 상관계수, 황산이온은 전기전도도와 0.62의 상관계수를 나타냈다.

4. 결 론

비상급수의 수질 특성 및 상관성을 조사한 결과를 종합하면 다음과 같다.

1. 물의 음이온 성분 분포특성을 살펴보면, 광산구 < 서구 < 남구 < 북구 < 동구 순서로 나타났다.
2. 음이온 성분별 농도를 살펴보면 불소 < 질산성질소 < 황산이온 < 염소이온 순 이었다.
3. 색도는 탁도 0.98, 철 0.73, 아연 0.86의 상관계수

를 나타냈으며, 질산성질소는 경도 0.41, 염소이온 0.55, 증발잔류물 0.47, 황산이온 0.33, 전기전도도 0.47의 상관계수를 나타냈다.

색도와 탁도간의 상관관계는 상당히 인정되나 다른 항목간의 상관관계는 거의 없는 것으로 밝혀졌다.

4. 비상급수의 50%가 미생물학적 부적합으로 나타나 주변지역을 청결히 하고 소독을 철저히 하는 등의 지속적인 관리가 중요할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 환경부, *환경백서* 2005. **2005**.
2. Skirrow MB. *Campylobacter enteritis*, Br Med J, A "new" disease, **1997**, 2, 9-11.
3. 김학명, 이상호, 탁성제, 한재석. *지하수 오염론*, 동화기술, **1997**.
4. 환경부, *먹는물수질기준및검사등에관한규칙*, **2003**.
5. 환경부, *먹는물수질공정시험방법*, **2002**.
6. 박석기, 안승구, 엄석원, *먹는물의 수질관리*, 동화기술, **1998**.
7. 김진호 등, 경기지방 농업용 지하수질 특성 요인분석, *한국물환경학회지*, 15, NO. 3, **1999**.
8. 이장기, *환경과 건강*. 하서출판사, **1993**.
9. National Reseach Council, The health effects of nitrate, nitrite, and N-nitroso compounds, *Natl. Acad of Sci.*, Washington, D.C., **1995**.
10. 황재석, 맛있고 건강에 이로운 물을 평가하는 방법에 관한 연구, *충청남도보건 환경연구원보*, 9, **1999**.
11. Sidorenko G.I, Itskova A.I. Nickel. Moscow, Medicina., **1980**.
12. 손진석, 오조교, 배용수, 정은희, 박진호, 황성민, 경기 북부지역 지하수의 지역별 미량무기물질 함유실태 조사 연구, *경기도보건환경연구원보*, **2002**.
13. 환경부, 세계보건기구(WHO) 먹는물 수질관리 지침서, **1998**.
14. 양상현, 수질공학. 동화기술, **1992**.
15. Food And Untrition Board. Recommended dietary allowances, 8th revised version, Washington, DC, National Academy of Sciences, pp. 99-101. **1974**.
16. 유숙진, 김광수, 부산시 지하수의 수질 특성에 관한 연구, *부산광역시 보건환경연구원보*, **2003**, 제13권(II), 90~136.
17. Andersen L, G.R Lundgbist, L Molhave, O F Pedersen, M Vaeth, D. P, Wyon. Human response to exposures. *Scand. J. Work Environ. Health*, **1983**, 9, 405.
18. Yin S, G Li, Y Hu, X Zhang, C Jim, O Inoue, K Seiji. Symptoms and signs of workers exposed to benzene, toluene or the combination. *Industrial Health*, **1987**, 25, 113.
19. Husman K. Symptoms of car paintrs with long term exposure to a mixture of organic solvents. *Scand. J. Work Environ. Health*, **1980**, 6, 19~32.