

대형건축물 저수조의 수질실태 및 개선방안에 관한 연구

이지현 · 이해훈 · 김환범 · 안길원 · 박귀님 · 김양기 · 배주순

문희 · 박철웅 · 오은하 · 박송인 · 서윤규

전라남도 보건환경연구원 수질분석과

A Study on the Water Quality of Reservoir Tank in the Building Complex on Jeonnam Area

J.H.Lee · H.H.Lee · H.B.Kim · G.W.Ahn · K.N.Park · Y.K.Kim · J.S.Bae

H.Mun · C.U.Park · E.H.Oh · S.I.Park · Y.G.Seo

Chonnam Institute of Public Health and Environment

Water Quality Analysis Division

Abstract

This study was carried out to investigate on several factors, which contaminative the water quality through the water pipe during feeding water, in 42 largescaled apart-ments(total 84 cases) and assayed the Volatile Organic Compounds(VOCs) and concentration of heavy metals that inflow and outflow in reservoir water in Jeonnam area(Mokpo, Suncheon, Yeosu) from January 1999 to December 1999.

The results obtained were summarized as follows :

1. The quality of the water pipe composition in the order of frequency in use the quality of water pipes were Copper(45.2%) > Zinc(38.9%) > Stainless steel(9.5%) > PVC(4.8%) > PM(2.4%) in observing 42 sites. All of the drain pipes were used the cast iron quality.
2. The result of certification curve from 14 items(17kind) of VOCs was 1.0-4.0 $\mu\text{g}/\ell$ range, a coefficient of correlation was shown 0.99 over.

A MDL of each substance range was within 0.1-1.0 $\mu\text{g}/\ell$.

3. The result of the assay, 5 kinds(Vinyl chloride, Dichloromethane, Ethylbenzene, M,P-xylene, Styrene)of the VOCs of 14 kinds was not detected and the other items were detected slightly. The detection rate of one item and over in total VOCs samples, were 25.9% in inflow and 27.9% in outflow.

And frequency of detect in inflow/outflow of THM(Chloroform, Bromodichloro-methane, Dibromochloromethane, Bromoform)were shown higher than 94.1%, 97.0% each stages.

It comes to the conclusion that all of the samples were reason able for drinking water standards.

4. The coefficient of correlation were reasonable, it shown 0.999 over in 0.1-1.0 $\mu\text{g}/\ell$ of a measuring range conditions of 4kinds in organic substance(Zn, Cu, Fe, Mn).

5. The results were showed suitability in 78 cases(92.9%) and unsuitability in 6 cases (7.1%), in 84 cases of inorganic substances.

Compare to inflow stage, mean concentrations of heavy metal, were increased slightly in Zn, Cu, Fe except Mn than outflow stage.

The result of the mean concentration in organic substance inflow and outflow in the apartment water tank using Pair-compared T-test, in 95% reliance index, were 0.179mg/ℓ (0.151-0.307mg/ℓ) in Zinc, 0.136mg/ℓ (0.113-0.230mg/ℓ) in Copper, 0.052mg/ℓ (0.048-0.098 mg/ℓ) in Fe, and there was a bit growing tendency but there was no difference in Mn.

6. The mean concentration of Copper which used Cu pipe as a water supply pipe in apartment were 0.216mg/ℓ (0.161-0.338mg/ℓ) in case of the Zinc pipe were 0.286mg/ℓ (0.204-0.435mg/ℓ).

It shows that the detection rate was more higher than the other material used in Cu or Zn as the water supply pipe.

We supposed to Cu and Zn substance were gushing out water supply pipe.

I. 서론

생태계는 무기물과 유기물간의 끊임없는 순환과정이다. 물의 순환은 에너지 순환과 더불어 인간을 비롯한 모든 생물의 생존에 필수적인 Cycle로 생명현상의 근간을 이루고 있다. 또한 물은 인간 생명유지에 필요하며 건강한 삶을 유지하는 기본적인 요소이다¹⁾.

수돗물에 대한 이상적인 물이란 수원에서 소비자까지 수송되는 물이 깨끗하고 생물체와 독성물질을 포함하지 않아야 하며, 인체에 해롭거나 혐오스러운 어떠한 화학물도 함유하지 않아야 한다. 물은 자연적 과정이나 수질유지를 보장할 수 있는 처리과정에서 철저하게 보호되어야 하며, 심미적으로 만족스럽고 건강을 조성하며, 경제적으로 이로운 물을 생성하는 것이 목표이다.

그러나 인구의 증가와 급격한 산업발전으로 오염물질의 양상도 매우 다양해져 수질은 계속 악화되고 있으며, 정수처리과정 및 급·배수 과정중의 오염 즉 배수관의 노후로 인한 중금속류 및 미생물 등의 오염과 누수배관을 통한 토사유입 또는 토양오염물질의 오염 등을 간과할 수 없다. 또한, 정수처리과정에서 첨가되는 화학물질 뿐만 아니라 수질에 존재하는 유기산 등이 소독제로 사용되는 염소와의 반응으로 THM 등이 생성될 수 있다²⁾.

먹는물에서 검출되는 휘발성유기물질(Volatile Organic Compounds : VOCs)들은 미량이지만 하나 인체에 대한 독성 또는 발암위해성을 유발시킬 수 있는 물질³⁻⁵⁾이라고 알려져 있다. VOCs는 용제, 그리스 제거제 및 합성화학물질의 제조원료로 사용되는 벤젠류 및 염화벤젠류 등 비교적 휘발성이 큰 유기화학물질을 총체적으로 의미한다⁶⁾.

VOCs의 먹는물 수질기준은 1987년 미국 환경보호청(USEPA)에서 8종의 VOCs에 대해 최대오염 허용기준치(Maximum Contaminant Levels : MCLs)^{7,8)}와 최대오염허용기준치 목표(Maximum Contaminant Level Goals)를 제정하여 규제하고 있으며, 1984년 세계보건기구(WHO)에서도 5종의 VOCs에 대한 지침서(Guideline Values)⁹⁾를 설정하고 있다.

우리나라에서도 먹는물 수질기준¹⁰⁾이 설정되어 규제를 강화하고 있으나, 급속히 발달된 산업활동으로부터 유해화학물질 배출과 더불어 수질환경오염으로 인한 미량유해물질이 존재할 가능성이 있다. 그러므로 먹는물을 사용하는 도민의 건강에 지대한 영향을 미칠 수 있는 휘발성물질과 중금속류의 검출여부를 파악하는 것은 시급한 문제가 아닐 수 없다. 이를 위해서는 현재 주민들의 식수공급원이 되고있는 대형건축물 저수조의 VOCs 농도분포와 중금속류 농도분포에 관한 수질실태를 파악하

는 것이 수행되어야 할 것이다.

따라서 본 연구에서는 전남도내에서 집단으로 거주하는 대형아파트를 중심으로 정수장에서 정수 처리된 물이 공급대상 건물내의 수도꼭지를 통하여 나올때까지 발생될 수 있는 문제점을 도출하기 위하여 저수조 유입전과 유입후 물을 채취하여 VOCs 및 중금속류 농도분포를 조사함으로써 이들 성분에 대한 위해성을 평가하고, 수질실태조사를 통하여 제반 문제점을 검토하여 효율적인 수질관리에 필요한 기초자료를 제공하는데 있다.

II. 연구방법

1. 조사기간 및 대상

1999년 1월부터 12월까지 3개시(목포시, 여수시, 순천시) 정수장에서 공급되는 지역의 대형아파트를 각각 14개소를 선정하여, 총 42개소(84건)에 대한 수질실태를 조사하였으며, 시료채취는 아파트 저수조 유입전·후 수돗물을 각각 2개의 40ml 시료용기에 기포가 생기지 않게 시료를 채취하였으며, 산화를 방지하기 위하여 아스코르빈산 25mg과 6N-염산 1방울을 넣어 테프론이 내장된 스크류마개로 막았다. 또한, 무기물질 분석용 시료는 각각 2ℓ 용량 Polyethylene병에 채취하였다. 그리고 모든 시료는 분석하기 전까지 4℃를 유지하였으며, 채취일로 부터 14일 이내에 분석하였다.

2. 분석방법

2.1 휘발성유기물질

분석항목은 먹는물수질기준에 설정되어 있는 휘발성유기물질 11항목과 감시항목¹¹⁾중 휘발성유기물질 3항목, 총 14항목(17종)이며, 측정값의 질 검증(Quality Assurance) 및 질 조절(Quality Control)¹²⁾은 선정된 각 VOCs에 대한 표준검정곡선의 결정, 외부표준물질(external standard)을 이용한 표준검정곡선의 확인, 분석정밀도 결정, 검출한계(Method Detection Limit, MDL) 결정, 시료의 회수율(Recovery) 결정을 포함한다.

14항목(17종)의 표준혼합용액에 대한 검정곡선은

외부표준물질을 이용하여 결정되고, 이 표준검정곡선은 새로이 제조된 외부표준물질로서 확인되었다.

MDL은 각 VOCs에 대해 7회 주입하여 얻은 결과를 통계적으로 처리하여 결정되었고, 시료의 회수율은 동일질량의 VOCs를 GC/Purge & Trap에 7회 주입하여 결과를 구하였으며, 분석정밀도는 GC/Purge & Trap에 7회 주입한 결과의 상대표준편차를 이용하여 계산되었다.

Purge & Trap(Tekmar 3000) 장치를 이용하여 전자포획형 검출기(Electron Capture Detector, ECD)의 경우, 표준검량곡선은 바탕시료 4ml에 2mg/l 표준물질 혼합용액을 2-40 μ l 첨가하여 1.0-20 μ g/l 까지 7개 농도의 검량곡선을, 불꽃이온화 검출기(Flame Ionization Detector, FID)의 경우, 2-80 μ l 첨가하여 1.0-40 μ g/l 까지 7개 농도의 검량곡선을 만들었다. Purge and Trap 기기조건과 GC/FID, ECD 기기분석조건은 Table 1 및 Table 2와 같다.

저수조 유입전·후의 VOCs 평균은 Cohen 최우 추정법(Cohen's Maximum likelihood Method)¹³⁾을 이용하여 구하였다.

Cohen 최우추정법은 측정된 자료가 절단된 표본일 경우 합리적인 평균을 구하는 방법으로 추정된 표본이 추출될 확률이 최대가 되도록 모집단의 모수들을 추정하는 방법으로 본 연구에서는 기기의 검출한계로 인하여 절단된 값들로부터 평균을 구하기 위하여 사용하였다.

Table 1. Purge & Trap Parameters for VOCs.

- Valve and line : 110℃
- Trap : VOCARB 3000
- Purge : 11min. at 30℃ at 40mL/min.
nitrogen at 4 psi TPC
- Turbocool Temp : -20℃
- Dry purge : 2min
- Desorb Preheat : 245℃
- Desorb : 250℃ for 4min
- Bake : 260℃ for 4min
- Moisture Control System : 200℃
- Bake Gas Bypass : off
- Auto drain on

2.2 무기물질

ICP-AES(Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometer)Jobin yvon 138 분석조건은 Table 3과 같다.

III. 결과 및 고찰

1. 먹는물 시설관리에 대한 조사결과

Fig.1에서 보논바와 같이 총 42개소(84건)의 대

Table 2. Varian star 3400 CX GC/FID, ECD Operating Conditions for VOCs.

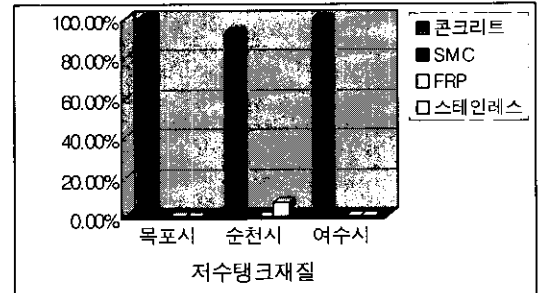
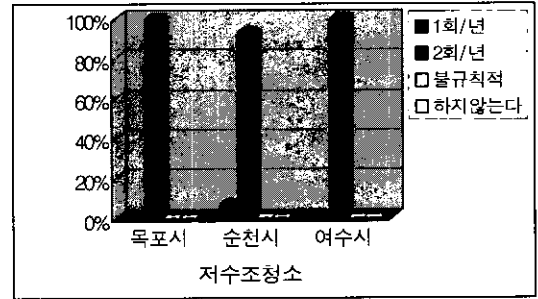
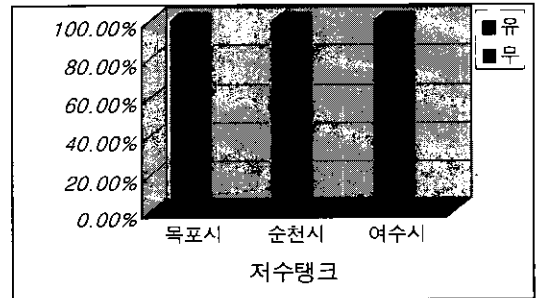
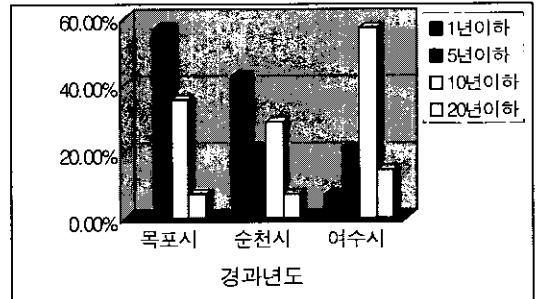
· Column : Rtx 502.2, 0.53mm×105m, 0.53micron film
· Oven : 40℃, 2minutes ; 8℃/min.; 200℃, 5min
· FID Detector : 250℃, range 11, ECD Detector : 250℃, range 10
· Hydrogen : 30mL/min
· Oxygen : 300mL/min
· Make-up gas : 30mL/min. Nitrogen
· Column flow : FID 6.4mL/min, ECD 1.6mL/min

Table 3. ICP-AES Operating Parameters for Inorganic Metals.

· Optic : Multi			
· Integration time : 2.0 seconds			
· Mode : 2			
· Calculation : 5pts			
· Argon coolant flow rate : P1=12ml/min			
· Argon carrier flow rate : G1=0.2ml/min			
· Nebulizer flow rate : 0.6ml/min			
· RF frequency : 40MHZ			
· Holographic grating : 2400 groove/mm			
	D.L		
· Wavelength, nm	Zn	213.856	0.002
	Cu	224.700	0.002
	Fe	238.204	0.002
	Mn	259.373	0.0007

D.L : Detection Limit(ppm)

형아파트 관리상태를 조사 분석한 결과, 경과년도와 저수탱크의 조사는 대부분의 건축물들이 건축물 신축후 경과년도가 5년이상 10년이하 17개소(40.5%)로 나타났으며, 1년이상 5년이하 14개소(33.3%) > 1년이하 7개소(16.7%) > 1년이상 20년이하 4개소(9.5%)순이며, 저수탱크는 모두 갖추어 있는 것으로 나타났다.



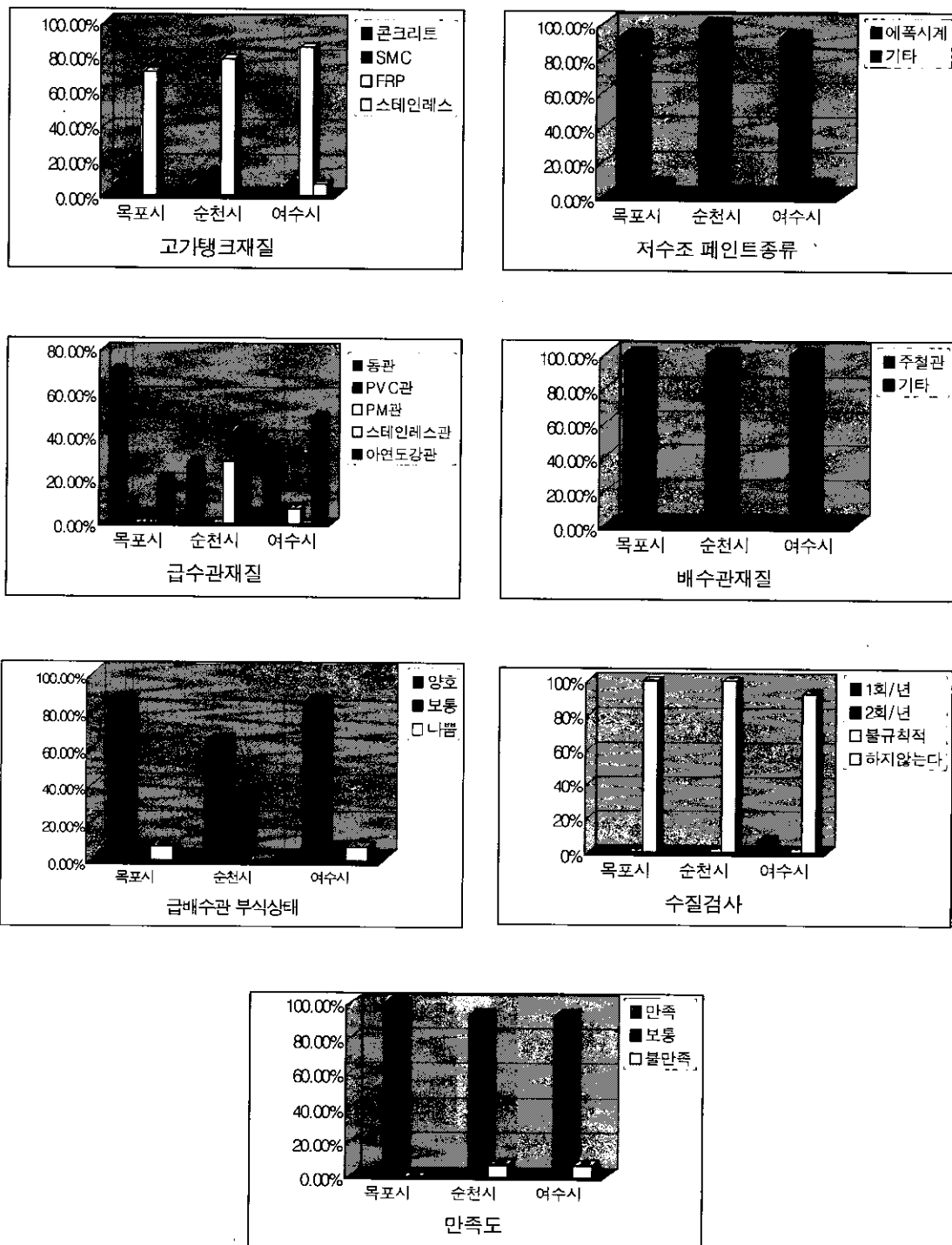


Fig. 1. The results of investigation about water quality management.

저수조 청소의 조사는 저수조 청소 및 소독관리를 확인하기 위한 검사였으나, 2회/년 정기적으로 관리를 하고 있는 곳은 41개소(97.6%), 1회/년 정기적인 관리는 1개소(2.4%)로 모든 시설이 저수탱크 관리를 잘하고 있는 것으로 나타났다.

저수탱크 재질 및 고가탱크의 재질조사는 저수탱크의 경우 42개소중 41개소(97.6%)가 콘크리트로, 나머지 1개소는 스테인레스 재질로 되어있었으며, 고가탱크의 경우는 33개소(78.6%)가 FRP 재질로, 6개소(14.3%)는 SMC 재질로 대부분을 차지하였고, 2개소(4.8%)는 콘크리트 재질로, 1개소(2.4%)는 스테인레스 재질로 조사되었다.

저수조 페인트종류의 조사는 저수탱크 내부에 방수를 목적으로 도포하는 페인트의 종류로 40개소가 예폭시계인 것으로 조사되었으며, 나머지 2개소는 페인트를 도포하지 않은 것으로 나타났다.

급수관 재질, 배수관 재질 및 급·배수관 부식상태의 조사는 급·배수관의 재질 및 노후 또는 부식

으로 인하여 녹물 등이 섞여 급수되는 경우를 조사한 것으로 급수관 재질의 경우, 19개소(45.2%)가 동관, 16개소(38.1%)가 아연도강관으로 주종을 이루고 있으며, 스테인레스관 4개소(9.5%) > PVC관 2개소(4.8%) > PM관 1개소(2.4%)순으로 나타났다.

배수관 재질의 경우는 42개소 전부가 주철관을 사용하고 있는 것으로 조사되었다.

급·배수관 부식상태의 경우, 42개소 중 33개소(78.6%)가 아무런 침전물 없이 음용하기에 적당한 것으로 나타났으며, 7개소(16.7%)는 보통, 2개소(4.8%)에서는 침전물이 있는 것으로 나타났다.

수질검사의 조사는 각 아파트별로 먹는물에 대한 수질검사를 정기적으로 실시하고 있는지의 여부를 조사한 것으로 42개소중 1개소(2.4%)가 정기적(1회/년)으로 수질검사를 실시하고 있었으며, 나머지 41개소는 수질검사를 하고 있지 않은 것으로 나타났다.

이는 각 시 상수도사업소에서 일일검사, 주간검

Table 4. Typical Calibration Data and Detection Limits and Recovery of VOCs

No	VOCs	Retention Time (min)	Concentration range, ($\mu\text{g}/\ell$)	Precision ($\mu\text{g}/\ell$)	MDL ($\mu\text{g}/\ell$)	Recovery (%)
1	Vinyl chloride	8.23	1.0 ~ 40.0	40.0 ± 0.24	0.5	93
2	1,1-Dichloroethylene	11.02	1.0 ~ 20.0	10.0 ± 0.29	0.1	92
3	Dichloromethane	13.56	1.0 ~ 20.0	10.0 ± 0.20	1.0	94
4	Chloroform	21.77	1.0 ~ 20.0	10.0 ± 0.14	0.1	96
5	1,1,1-Trichloroethane	23.37	1.0 ~ 20.0	10.0 ± 0.13	0.2	96
6	Carbontetrachloride	24.41	1.0 ~ 20.0	10.0 ± 0.06	0.2	98
7	Benzene	25.04	1.0 ~ 40.0	40.0 ± 0.19	0.5	106
8	Trichloroethylene	27.64	1.0 ~ 20.0	10.0 ± 0.16	0.3	95
9	Bromodichloromethane	29.27	1.0 ~ 20.0	10.0 ± 0.12	0.1	96
10	Toluene	32.63	1.0 ~ 40.0	40.0 ± 0.18	0.4	106
11	Tetrachloroethylene	35.40	1.0 ~ 20.0	10.0 ± 0.25	0.1	93
12	Dibromochloromethane	36.25	1.0 ~ 20.0	10.0 ± 0.04	0.2	99
13	Ethylbenzene	38.80	1.0 ~ 40.0	40.0 ± 0.25	0.5	108
14	M,P-xylene	39.10	1.0 ~ 40.0	40.0 ± 0.18	0.4	106
15	O-xylene	40.93	1.0 ~ 40.0	40.0 ± 0.16	0.5	105
16	Styrene	41.07	1.0 ~ 40.0	40.0 ± 0.69	0.5	112
17	Bromoform	42.69	1.0 ~ 20.0	10.0 ± 0.08	0.2	97

사는 자체적으로 실시하고 있으며, 매월 정기검사는 보건환경연구원 등에서 수질검사를 받고 있는 것으로 조사되었다.

만족도 조사는 먹는물에 대한 주민들의 만족도를 조사한 것으로 42개소 중 40개소가 보통, 2개소가 만족하지 못한 것으로 조사되었다.

2. 휘발성유기물질(VOCs)

14항목(17종)의 표준혼합용액에 대한 검정곡선의 상관계수(coefficient correlation)는 0.99이상으로 허용한계에 있었으며, 분석정밀도, 검출한계 및 회수율은 Table 4와 같다.

각 VOCs에 대한 정밀도와 회수율은 각각 미국 EPA가 허용하는 정밀도인 20% 이하, 그리고 허용 회수율인 80~120% 범위내로 나타났다.

불꽃이온화 검출기로 분석한 경우 1.0~40 $\mu\text{g}/\ell$ 범위에서 직선성이 양호 하였으며, 전자포획형 검출기로 분석한 경우 1.0~20 $\mu\text{g}/\ell$ 범위 이하에서 대체적으로 직선성이 양호하였다. 각각의 MDL은 0.1~1.0 $\mu\text{g}/\ell$ 범위내에 있었다.

목포시, 여수시, 순천시 아파트 저수조 유입전·후의 VOCs를 분석한 결과 각각의 농도범위와 빈도 그리고 평균은 Table 5 및 Fig. 2~3에 나타내었다.

2.1 염화비닐(Vinyl chloride : C₂H₃Cl)

염화비닐은 주로 polyvinyl chloride(PVC)의 생산에 쓰여지며, ethenyl ethanoate(vinyl acetate) 및 1, 1-dichloroethene (Vinylidene chloride)와 함께 공동단량체로 그리고 1, 1, 1-trichloroethane과 monochloroacetaldehyde의 제조에 있어 원물질(raw material)로써 쓰여진다¹⁴⁾.

일부 연구에서는 Vinyl chloride가 간세포 종양, 뇌암, 폐암과 lymphatic 와 haematopoietic 조직의 malignancies와 관련이 있으며, Vinyl chloride 폭로와 간의 angiosarcoma 사이의 원인관련(causal association)이 충분히 입증되어졌다.

IARC는 인체의 발암성 유발에 대한 충분한 증거가 있어 Vinyl chloride를 그룹 1로 분류하였으며¹⁵⁾, 미국 EPA의 분류에 의한 cancer group으로

구분할 때 A로 분류되어 있다.

Vinyl chloride는 감시항목으로 기준에 비하여 현재의 검출농도는 매우 낮은 수준이나 현재 상태에서 수질기준을 설정할 필요는 없지만 앞으로 농도가 높아질 수도 있으므로 안전성을 확보하기 위하여 전국적으로 감시하는 항목으로 현재 먹는물 수질기준은 설정되어 있지 않다.

Vinyl chloride는 모든 시료(유입전, 유입후)에서 검출되지 않았다.

2.2 1,1-디클로로에틸렌

(1,1-Dichloroethylene : C₂H₂Cl₂)

1,1-Dichloroethylene은 순하고 달콤한 냄새를 가지며¹⁶⁾, polyvinylidene chloride copolymers의 생산에 있어 단량체로 또한 methyl chloroform과 1,1,1-trichloroethane과 같은 다른 유기화학물의 합성에 있어 매개체로써 주로 쓰여진다^{17,18,19)}. 환경에 누출된 대부분의 1,1-Dichloroethylene은 대기로 휘발되며, 거기서 대략 1-3일의 주기를 갖는 수산화 라디칼에 의해 산화되어진다^{18,20)}. IARC는 1,1-Dichloroethylene을 그룹3으로 분류하고 있다²¹⁾.

유입전, 유입후 평균농도는 각각 0.467 $\mu\text{g}/\ell$ (ND-1.660 $\mu\text{g}/\ell$), 0.837 $\mu\text{g}/\ell$ (ND-4.817 $\mu\text{g}/\ell$) 그리고 빈도는 21.4%, 47.6%로 분석되었다.

2.3 디클로로메탄

(Dichloromethane : CH₂Cl₂)

Dichloromethane은 유기용제로서 널리 사용되고 있으며, 페인트, 살충제, 탈지유제와 유체의 세척제와 그 밖의 생산물에서 발견된다. Dichloromethane은 위장기관에 쉽게 흡수되어지며, 낮은 급성독성을 가지고 있다. IARC는 Dichloromethane을 그룹 2B(인간에 대한 발암 가능성)로 분류하였다.

물과 토양에 유출된 Dichloromethane은 기화되며, 500일까지 대기중에 존재할 수 있으나 물에서는 빠르게 생분해 된다. 토양에서는 미세하게 생분해되며 유동성이 높고, 표면에서 지하수로 용해되어진다²²⁾.

분석결과 Dichloromethane은 모든 시료에서 검출되지 않았다.

2.4 총트리할로메탄(Trihalomethanes)

총트리할로메탄은 단탄소의 할로겐치환 (halogen-substituted single-carbon)화합물이며, 이것의 일반적인 화학식은 CHX_3 이고 X는 불소, 염소, 브롬, 요오드, 혹은 이들의 조합이다. 먹는물의 관점에서 보자면 이 중에서 오직 4개의 종류만이 중요하다. 그것은 Bromo-form, Dibromochloromethane, Bromodichloromethane, Chloroform이다. Trihalomethane은 주로 식수의 염소소독 과정에서 부산물로 생겨나며, 차아염소산은 bromide를 산화시켜 hypobromous acid를 생성하고 이것은 다시 내인성(endogeneous)유기물질(humic or fulvic acid)과 반응하여 브롬화 trihalomethane을 생성한다²³⁾.

염소는 물속에서 동일한 유기물과 반응하여 chloroform을 생성하며 생성되는 trihalo-methane의 양은 온도, pH, 염소 및 bromide ion의 농도에 따라서 결정된다²⁴⁾.

THM은 거의 모든 시료에서 검출되었고 THM의 일종인 chloroform의 유입전과 유입후의 평균농도는 $9.849\mu\text{g}/\ell$ ($1.051\text{--}19.994\mu\text{g}/\ell$), $9.855\mu\text{g}/\ell$ ($0.519\text{--}19.937\mu\text{g}/\ell$)이었다. chloroform 이외의 THM으로서 Dibromochloromethane은 $2.778\mu\text{g}/\ell$ ($\text{ND}\text{--}8.193\mu\text{g}/\ell$), $3.079\mu\text{g}/\ell$ ($0.369\text{--}10.253\mu\text{g}/\ell$), Bromodichloromethane은 $4.645\mu\text{g}/\ell$ ($1.711\text{--}7.575\mu\text{g}/\ell$), $4.745\mu\text{g}/\ell$ ($0.378\text{--}8.102\mu\text{g}/\ell$) 그리고 Bromoform은 $0.327\mu\text{g}/\ell$ ($\text{ND}\text{--}0.485\mu\text{g}/\ell$), $0.347\mu\text{g}/\ell$ ($\text{ND}\text{--}0.525\mu\text{g}/\ell$)로 검출되었으며, 유입전에 비해 유입후 THM의 평균농도가 미량 증가함을 알 수 있었다.

2.5 1,1,1-트리클로로에탄

(1,1,1-Trichloroethane : $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}_3$)

1,1,1-Trichloroethane은 전기장비, 자동차, 전기 도구와 가구의 세척용제, 고착물, 코팅제와 염색염료에 대한 용매, 금속절삭유에서 냉각제와 광택제 그리고 잉크와 하수구 세척제로서 폭넓게 그리고 계속적인 증가 경향을 보이며 쓰여지고 있다.

1,1,1-Trichloroethane은 주로 대기중에서 발견되는데, 대략 2-6년의 반감기를 가지고 있으며, 수중에서 적당히 용해되며 대기중으로 휘발될 수 있다. 또한, 토양중에서 유동성이 있으며 지하수로 녹아 들어가게 되고 이것은 동물 중에 생농축되지는 않

는다.

국제암연구기관(IARC)은 1,1,1-Trichloroethane을 제3그룹(인간에게 발암성으로 분류하기 어려움)으로 분류하였다²⁵⁾.

1,1,1-트리클로로에탄의 유입전 농도는 검출되지 않았다. 유입후 농도범위는 $\text{ND}\text{--}0.329\mu\text{g}/\ell$, 빈도는 2.4%로 1개 시료에서 검출되었다.

2.6 사염화탄소(Carbondetrachloride : CCl_4)

사염화탄소는 chlorofluorocarbon 냉각제, form-blowing agents와 유기용매의 생산에 주로 쓰여지며 또한 페인트와 플라스틱의 제조, 금속세척과 훈증제에 유기용매로 쓰여진다²⁶⁾. 사염화탄소는 먹는 물의 소독에 사용된 염소의 오염물이며²⁶⁾, IARC는 인간에 대한 발암가능인자로서 제2B그룹으로 분류하였다²⁵⁾.

유입전 농도는 검출되지 않았고, 유입후 평균농도는 $3.485\mu\text{g}/\ell$ ($\text{ND}\text{--}4.310\mu\text{g}/\ell$)로 유입후 평균농도가 높게 나타난 것은 42개소중 2개소(빈도 4.8%)에서만 검출된 것을 평균값으로 구한 값이다.

2.7 벤젠(Benzene : C_6H_6)

Benzene은 styrene/ethylbenzene, cumene/phenol과 cyclohexane의 생산을 위한 화학산업에서 사용되며²⁷⁾, 옥탄가를 증가하기 위해 석유에 첨가제로써 사용된다²⁸⁾.

물속에 Benzene의 주요 발생원은 대기로부터 침착, 기름의 누수와 다른 석유생산물과 화학공장의 유출수를 들 수 있다. 급성독성으로는 마취작용, 두통, 오심, 경련이 있으며, 만성독성으로는 빈혈증, 백혈구감소증, 백혈병 등의 증상을 나타낸다. 이러한 벤젠은 물에 약간 녹고 수도용수에서 검출된다²⁷⁾. IARC는 인체 발암성 물질로 그룹1로 구분하였다²¹⁾.

유입전, 유입후 평균농도는 $0.840\mu\text{g}/\ell$ ($\text{ND}\text{--}1.183\mu\text{g}/\ell$), $0.931\mu\text{g}/\ell$ ($\text{ND}\text{--}1.061\mu\text{g}/\ell$)이었고, 빈도는 각각 16.7%, 9.5%로 분석되었다.

2.8 트리클로로에틸렌

(Trichloroethylene : C_2HCl_3)

Trichloroethylene은 주로 건조세척에 가공된 금

숙부품의 탈지를 위해 지방, 왁스, 송진, 기름, 고무, 페인트와 니스에 대한 용제로써 진통제와 마취제로 사용된다^{29,30)}.

Trichloroethylene은 폐수중으로 직접 유출될 수 있고 대기중에서 물로 침강할 수도 있으며, 물의 염소소독 동안 생산물로써 형성될 수도 있다^{30,31)}.

급성 흡입동물 실험에서 6건중 2건이 간암이 증가하였으나, 사람에게 대해서는 그룹 B2로 분류되어 있다.

트리클로로에틸렌의 유입전, 유입후 농도범위는 ND-0.417 $\mu\text{g}/\ell$, ND-0.377 $\mu\text{g}/\ell$ 였으며, 빈도는 각각 7.1%, 4.8%로 분석되었다. 유입전, 유입후 평균농도는 검출한계 0.3 $\mu\text{g}/\ell$ 범위내에 있어 평균농도의 의미가 없었다.

2.9 톨루엔(Toluene : C₇H₈)

톨루엔은 달콤하고 자극성 있고 벤젠과 같은 냄새를 지닌다. 톨루엔은 용제로써 주로 페인트, 코팅제, 점성고무(gum), 기름과 수지에 그리고 벤젠, 페놀과 다른 유기용제의 생산에 있어 원물질로 사용되고 있으며, 대부분의 톨루엔은 석유의 혼합에 사용된다.

먹는물 저장탱크를 보호하기 위해 주로 사용되는 합성 코팅제 물질로부터 톨루엔이 검출될 수 있다³²⁾. 물에는 534.8 mg/ℓ 정도 용해되고 많은 수계에서 검출되며 변이원성은 음성이나 중독이 되면 중추신경계 마비, 폐, 간, 신장에 피해를 주는 것으로 알려져 있다²⁷⁾.

톨루엔의 유입전 평균농도는 1.147 $\mu\text{g}/\ell$ (ND-2.250 $\mu\text{g}/\ell$), 유입후 농도범위는 ND-0.578 $\mu\text{g}/\ell$ 였으며, 빈도는 각각 7.1%, 2.4%로 분석되었다.

2.10 테트라클로로에틸렌

(Tetrachloroethylene : C₂Cl₄)

Tetrachloroethylene은 건조세척 산업에서 용제로써 사용되며, 또한, 금속산업에서 탈지용제로, 열교환 매개체로 그리고 fluorohydrocarbons의 제조에 사용된다^{33,34)}.

물에서 가수분해나 광분해는 일어나지 않으나 미생물에 의해 생분해되어 디클로로에탄, 비닐클로라이드와 에탄이 되며, 휘발이 발생하지 않는 물에

서 오랜기간 있을 수 있다.

동물실험에서는 sublethal dose에서 기관손상이 없는 것으로 나타났으나 만성흡입시 간의 무게가 증가하고 약간의 형태 변형을 가져왔으며 변이원성은 미생물실험에서 1/2로 나타났다. IARC¹⁵⁾는 인간에 대한 발암 가능성이 있어 Tetrachloroethylene을 그룹 2B로 분류하였다.

유입전, 유입후 평균농도는 1.025 $\mu\text{g}/\ell$ (ND-2.350 $\mu\text{g}/\ell$), 0.859 $\mu\text{g}/\ell$ (ND-3.792 $\mu\text{g}/\ell$), 빈도는 각각 7.1%, 14.3%로 분석되었다.

2.11 에틸벤젠(Ethylbenzene : C₈H₁₀)

에틸벤젠은 방향성 냄새를 가지며, 상한 15-20%에서 크실렌 혼합물속에 존재한다³⁵⁾. 이 혼합물은 페인트산업, 살충제 스프레이와 석유혼합에 사용되며, styrene과 acetophenone의 생산과 용제로써 그리고 아스팔트와 나프타 성분으로써 주로 사용된다.

ethylbenzene은 물과 토양에서 공기로 손쉽게 이동할 수 있기 때문에 대기중에서 쉽게 검출되며, 식품이나 물속에 있는 ethylbenzene은 소화기관을 통하여 거의 대부분이 신속하게 흡수된다. 또한 ethylbenzene을 함유한 액체가 피부에 닿으면 피부를 통해 신속하게 흡수된다. 낮은 농도의 ethylbenzene이 함유된 대기 중에서 짧은 시간 노출된 사람들은 눈과 목구멍의 통증을 호소한다. 고농도에 노출된 사람들은 운동실조 및 현기증을 호소한다. WHO 가이드라인 0.3 mg/ℓ 을 우리나라에서도 적용하고 있다.

에틸벤젠은 분석결과 검출되지 않았다.

2.12 크실렌(Xylene : C₈H₁₀)

크실렌은 살충제와 농약의 제조에, 세제의 요소와 페인트, 잉크와 부착제로서 사용된다. 세가지 이성질체(m-xylene, p-xylene, o-xylene)들은 여러 화학물질 제조에 있어 시작 물질로써 각자 쓰여지고 있다^{35,36)}.

o-xylene은 비등점 110.6 $^{\circ}\text{C}$, 응고점 -25 $^{\circ}\text{C}$, 밀도 0.8684(20 $^{\circ}\text{C}$), 20 $^{\circ}\text{C}$ 에서의 굴절률은 1.5058 이고, p-xylene은 용점 13~14 $^{\circ}\text{C}$ 의 무색 판형 또는 프리즘형 결정으로 비등점 137~138 $^{\circ}\text{C}$, 밀도 0.86104

Table 5. Concentration Range(R) and Detection Frequencies(F) of VOCs in Treated Water

No	VOCs	Average ($\mu\text{g}/\ell$)		R ($\mu\text{g}/\ell$)		F (%)		Korea standard ($\mu\text{g}/\ell$)	US.EPA	
		before inflow	after inflow	before inflow	after inflow	before inflow	after inflow		MCL ($\mu\text{g}/\ell$)	cancer Group
1	Vinyl chloride	ND	ND	ND	ND	0.0	0.0	-	2	A
2	1,1-Dichloroethylene	0.467	0.837	ND- 1.660	ND- 4.817	21.4	47.6	30	7	C
3	Dichloromethane	ND	ND	ND	ND	0.0	0.0	20	5	B ₂
4	Chloroform	9.849	9.855	1.051- 19.994	0.519- 19.937	100.0	100.0	THMs 100	-	B ₂
5	Bromodichloromethane	4.645	4.745	1.711- 7.575	0.378- 8.102	100.0	100.0		-	B ₂
6	Dibromochloromethane	2.788	3.079	ND- 8.918	0.369- 10.253	95.2	100.0		-	C
7	Bromoform	0.327	0.347	ND- 0.485	ND- 0.525	81.6	88.1		-	B ₂
8	1,1,1-Trichloroethane	ND	-	ND	ND- 0.329	0.0	2.4	100	200	D
9	Carbontetrachloride	ND	3.485	ND	ND- 4.310	0.0	4.8	2	5	B ₂
10	Benzene	0.840	0.931	ND- 1.183	ND- 1.061	16.7	9.5	10	5	A
11	Trichloroethylene	0.271	0.373	ND- 0.417	ND- 0.377	7.1	4.8	30	5	B ₂
12	Toluene	1.147	-	ND- 2.250	ND- 0.578	7.1	2.4	700	2000	D
13	Tetrachloroethylene	1.025	0.859	ND- 2.350	ND- 3.792	7.1	14.3	10	5	B ₂
14	Ethylbenzene	ND	ND	ND	ND	0.0	0.0	300	700	D
15	M.P-xylene	ND	ND	ND	ND	0.0	0.0	Xylene 500	Xylene 10000	D
16	O-xylene	2.399	ND	ND- 2.456	ND	48	0.0			
17	Styrene	ND	ND	ND	ND	0.0	0.0	-	5/100	B ₂ /C

$F(\%) = \frac{\text{detected samples}}{\text{total samples}} \times 100$, ND : not detected

MCL : MAXIMUM CONTAMINANT LEVEL

A : Human carcinogen

B1 : Probable human carcinogen (limited evidence from epidemiological studies)

B2 : Probable human carcinogen (sufficient evidence from animal studies and inadequate evidence from epidemiological studies)

C : Possible human carcinogen

D : Not classifiable as to human carcinogenicity

Total samples : 84

(20℃), 20℃에서의 굴절률은 1.49575이다. m-xylene은 비등점 139.3℃, 응고점 -47.4℃, 밀도 0.8684(20℃), 20℃에서의 굴절률은 1.4973이다.

Xylene은 xylol 또는 dimethylbenzene 등으로도 불리는 무색의 액체로 자극적인 냄새가 있고 물에 녹지 않으므로 에탄올, 에틸에 의하여 녹는다. 물속의 xylene은 주로 대기로 휘산되어 제거된다. 주

요 용도로는 용제, 염료, 안료, 향료, 텔레프탈산, 합성섬유의 원료, 의약품의 원료 등이다. xylene은 눈, 코, 인후를 자극하고, 피부에의 반복적인 접촉은 피부염을 일으키며, 고농도의 증기를 흡수하면 흥분상태를 거쳐 마취상태가 되고, 그대로 두면 사망한다. WHO 가이드라인 0.5mg/ℓ를 우리나라에서도 기준으로 삼았다²⁷⁾. 크실렌의 일종인 MP-

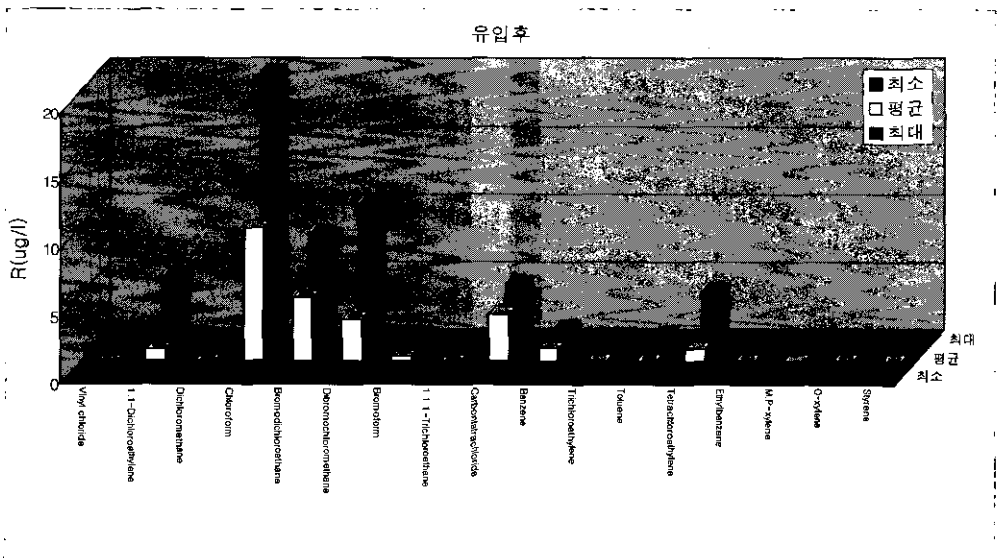
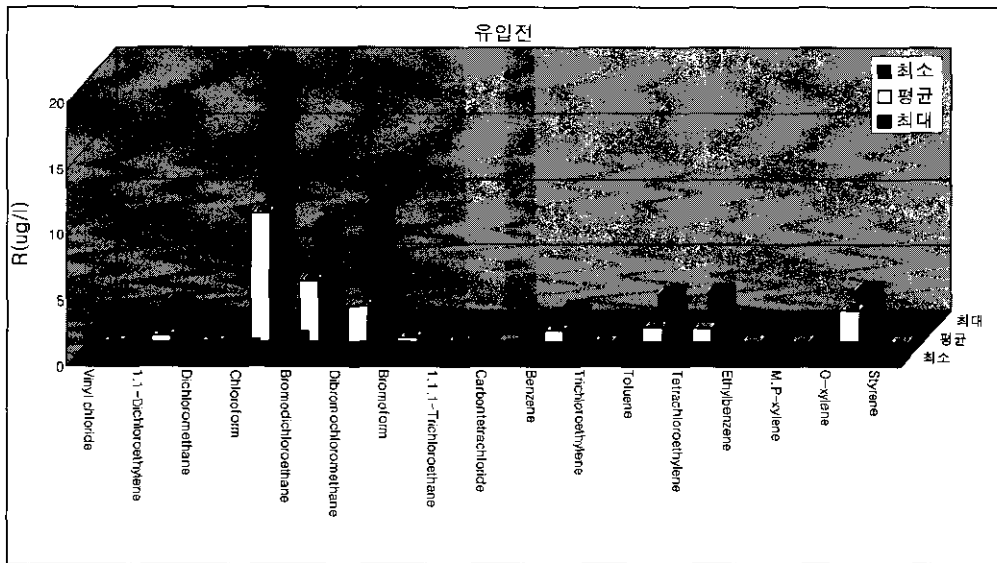


Fig.2. Concentration Range(R) of VOCs in Treated Water.

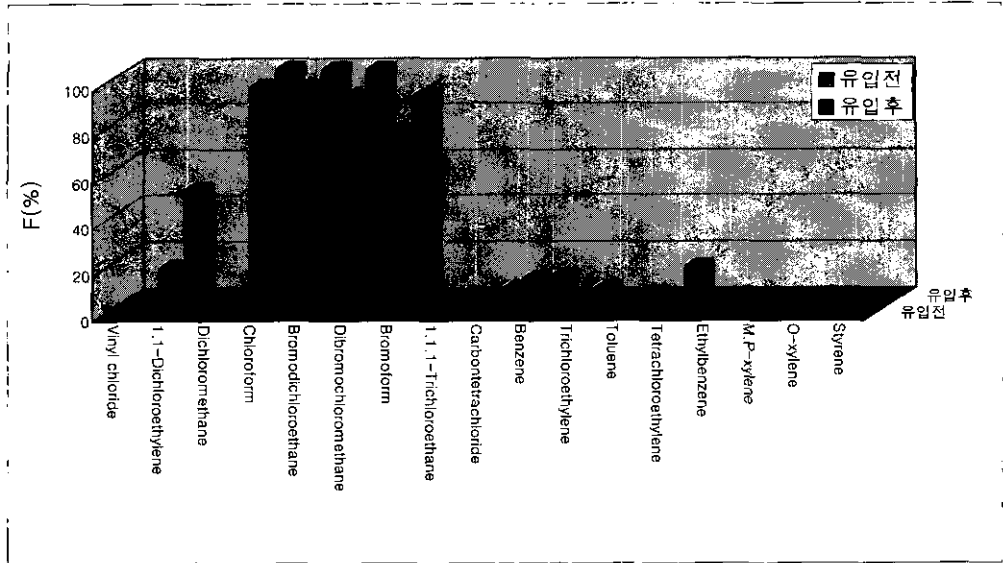


Fig.3. Detection Frequencies(F) of VOCs in Treated Water.

xylene은 검출되지 않았다.

M,P-xylene이외의 Xylene으로서 O-xylene의 유입전 평균농도는 $2.399\mu\text{g}/\text{l}$ (ND- $2.456\mu\text{g}/\text{l}$), 빈도는 4.8%로 분석되었으나, 유입후 농도는 검출되지 않았다.

2.13 스티렌 (Styrene : C_8H_8)

styrene은 달콤한 냄새가 나며, 물속에 용액으로써 냄새역치는 $0.02\sim 2.6\text{mg}/\text{l}$ 이며, 플라스틱과 수지의 생산에 사용된다. 인체에 대한 영향으로는 여러실험계에서 돌연변이성이 있으나 단지 신진대사활동과 관련되어 있으며, 단기간 흡입에 의한 폭로는 공기중 $210\text{mg}/\text{m}^3$ 이상의 styrene농도가 눈, 코와 호흡기관 점막의 염증과 명함, 기면상태, 운동실조 등의 변화를 불러 일으킬 수 있으며, IARC는 styrene을 그룹 2B로 분류하였다²²⁾.

감시항목인 styrene은 분석결과 검출되지 않았다.

이상과 같이 목포시, 여수시, 순천시 대형아파트 42개소(84건) 저수조 유입전·후의 VOCs 시료분석결과 휘발성 유기물질 14항목(17종)중 5종(Vinyl chloride, Dichloromethane, Ethylbenzene, M,P-xylene, Styrene)은 검출되지 않았고, 그의 항목들은 극미량 검출되었으며, 1개 이상이 검출된 전체

VOCs 검출률은 유입전 25.9%, 유입후 27.9%이었다.

THM(Chloroform, Bromodichloromethane, Dibromochloromethane, Bromoform)의 유입전·후 검출빈도는 94.1%, 97.0%이상의 높은 빈도를 나타내었으며, 모든 시료가 먹는물 수질기준에 적합하였다.

3. 무기물질

중금속류는 10항목중 카드뮴, 수은, 비소, 세레늄, 6가크롬 등은 검출되지 않았으며, 납은 검출한계 이하이므로 그 데이터를 일괄적으로 생략하였으며, Table 6 및 Fig. 4, 5에 검출된 시료의 평균과 농도범위 그리고 검출빈도를 나타내었다.

또한, 아파트 저수조 유입 전·후의 중금속류의 차이의 평균에 대한 평가를 짝 비교 t-검정(Paired sample t-test)¹³⁾을 이용하여 구하였다(Fig. 6).

짝 비교 t-검정은 두 시료의 차이 값들의 평균을 비교하는 것으로 수정된 처리와 무수정처리를 나란히 수행하고 그 결과로 측정된 두 자료를 짝 지우면 짝을 이룬 측정값들의 실험조건에 유사성이 확보되어 실험오차가 감소되고, 더 작은 처리를 탐지할 수 있게 하는 적합한 검정 방법이다.

Table 6. Concentration Range(R) and Detection Frequencies(F) of Inorganic Metals in Treated Water

No	Metal	Average(mg/ℓ)		R(mg/ℓ)		F(%)		Korea standard (mg/ℓ)
		before inflow	after inflow	before inflow	after inflow	before inflow	after inflow	
1	Zn	0.051	0.230	0.005-0.285	0.014-1.430	100.0	100.0	1이하
2	Cu	0.043	0.179	0.002-0.281	0.011-1.410	97.6	100.0	1이하
3	Fe	0.045	0.097	0.002-0.441	0.002-0.385	92.9	97.6	0.3이하
4	Mn	0.007	0.006	0.001-0.060	0.002-0.043	100.0	100.0	0.3이하
Total samples		84건						-

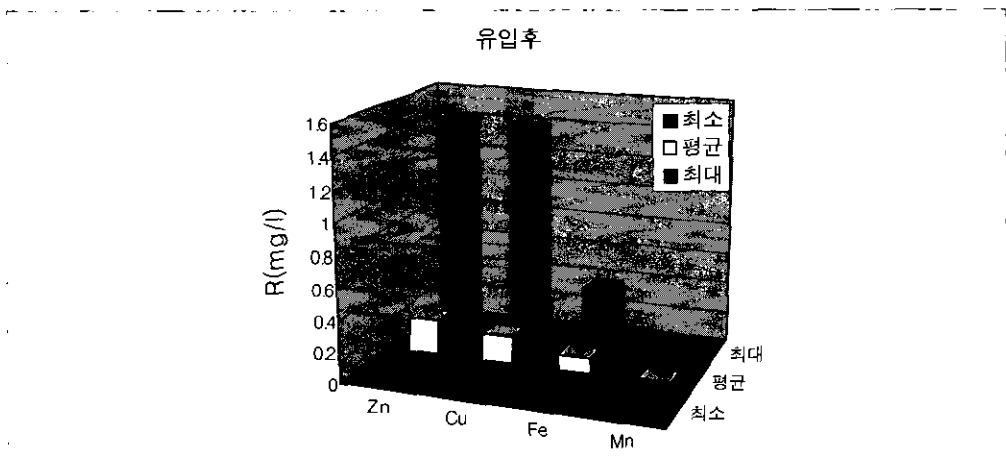
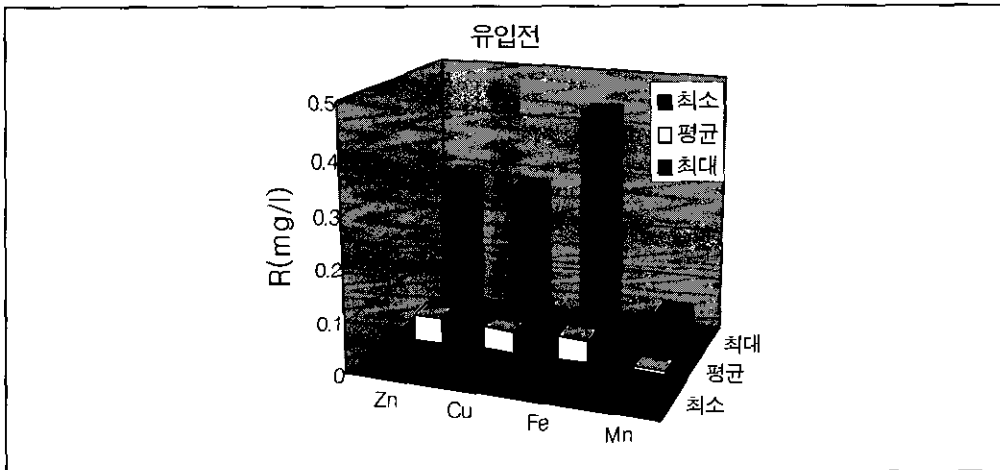


Fig.4. Concentration Range(R) of Inorganic Metals in Treated Water.

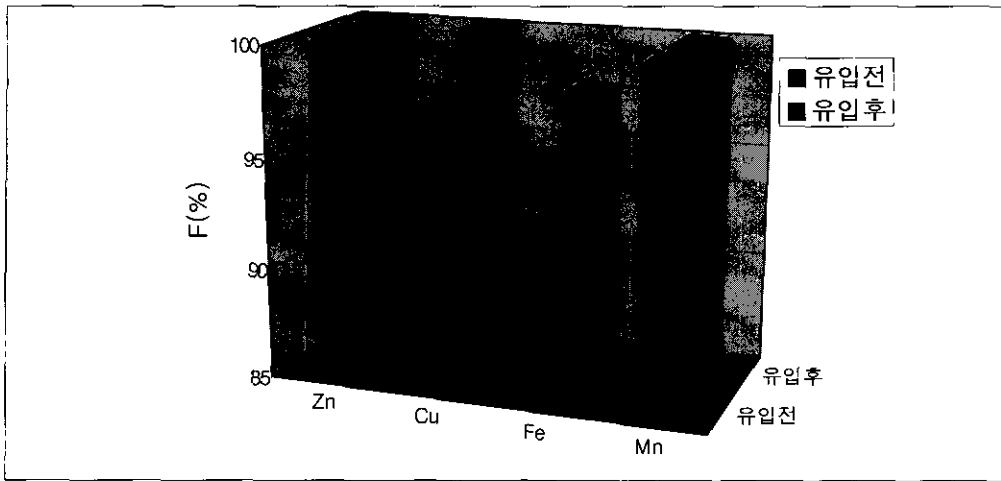


Fig. 5. Detection Frequencies(F) of Inorganic Metals in Treated Water.

3.1 아연(Zn)

아연은 거의 모든 화성암에 미량이 존재하며, 물에서 좋지 않은 짙은 맛을 낸다. 아연은 부식방지 합금과 청동, 철강도금 및 철제품을 만들 때 쓰인다. 자연 지표수의 아연농도는 보통 $10\mu\text{g}/\ell$ 이하이지만 지하수는 $10\text{--}40\ \mu\text{g}/\ell$ 이며, 수돗물의 아연농도는 파이프와 부속물로부터 아연 침출의 결과로 더 높아질 수 있다. 가장 부식이 잘되는 물은 낮은 pH, 높은 이산화탄소, 그리고 낮은 광염이 함유된 물이다. 핀란드 공공 공급수의 67%를 조사했는데, 급수시설의 다른 지점에서 채수한 시료의 아연 함유량 중앙값은 $20\mu\text{g}/\ell$ 이하였다. 수돗물에서는 더욱 높은 농도를 보여 가장 높은 것은 $1.1\text{mg}/\ell$ 였다. 아연 농도 $3\text{--}5\text{mg}/\ell$ 범위의 물은 오팔색(opalescent)을 띄고 끓을 때 기름 같은 피막을 형성하는 경향이 있다²²⁾.

분석결과, 아연의 유입전·후 평균농도는 $0.051\text{mg}/\ell$ ($0.005\text{--}0.285\text{mg}/\ell$), $0.230\text{mg}/\ell$ ($0.014\text{--}1.430\text{mg}/\ell$)이었으며, 검출빈도는 각각 100%이었다.

S11-11에서 아연의 농도는 $1.430\text{mg}/\ell$ (94년 준공), S13-13에서 $1.020\text{mg}/\ell$ (91년 준공)으로 기준치 초과로 분석되었으며, 두 지점 모두 배수관은 주철관, 급수관은 아연도 강관을 사용하고 있었다.

아파트 저수조 유입전·후 차이의 평균은 95% 신뢰도에서 $0.179\text{mg}/\ell$ ($0.151\text{--}0.307\text{mg}/\ell$)으로 아파

트 저수조 채류와 급수관을 통과하는 사이에 아연 농도가 증가된 것으로 나타났다(Fig. 6 참조).

3.2 구리(Cu)

구리는 옅은 붉은색을 가지며 색상이 미려하고 귀금속적인 성질을 갖는 금속으로 연성과 전성이 풍부하고 전기전도도, 열전도도, 내식성이 우수하다. 또한 가공이 용이한 장점이 있어, 모든 산업분야에 폭넓게 사용되어 왔으며, 각종 화학공업용, 열교환기용, 냉동공조용, 급수·급탕가스관 등 배관용으로 모든 실비분야에 광범위하게 사용되고 있다. 현재까지 사용되고 있는 동의 약 85~90%는 동의 황화물의 광석이며, 그외 10~15%는 산화물의 광석, 즉 공작석·염동광 등이다. 지중에는 약 0.01%의 동이 존재하며 지각 성분 중 25번째로 많은 원소이다³⁷⁾.

자연상태의 먹는물의 구리농도는 약 $1\text{--}2\mu\text{g}/\ell$ 이다²²⁾. 수중에서의 구리의 거동을 살펴보면, 수도관을 통과하는 물과 화학적인 상호작용이 일어나 관 표면에 변화가 나타나는데 물의 화학적 성질에 따라 달라진다. 이러한 상호작용을 간단하게 말해서 통과하는 물의 화학적 특성에 따른 부식이라고 할 수 있다.

분석결과, 구리의 유입전·후 평균농도는 $0.045\text{mg}/\ell$ ($0.002\text{--}0.281\text{mg}/\ell$), $0.179\text{mg}/\ell$ ($0.011\text{--}1.410\text{mg}/\ell$)

이었으며, 검출빈도는 각각 97.6%, 100%이었다.

B1-1지점(96년 준공)에서 구리농도가 1.410mg/ℓ으로 먹는물수질기준을 초과하였으며, B1지점 0.006mg/ℓ에 비해 상대적으로 높게 나타났다. 배수관은 주철관, 급수관은 동관을 사용하고 있었다. 이는 경도, pH, 음이온농도, 산소농도, 온도, 배관계 상태 등에 따라 구리의 용출량이 많이 함유된 것으로 추측된다.

유입전·후 구리농도의 차이의 평균은 95%의 신뢰도에서 0.136mg/ℓ(0.113-0.230mg/ℓ)으로 증가되었다(Fig.6 참조).

3.3 철(Fe)

철은 지표에서 존재하는 두 번째로 흔한 물질로서 약 5%를 차지한다. 원소로서의 철은 자연계에 드물고, 2가와 3가 철이온은 산소나 황을 함유한 화합물과 즉각적으로 결합하여 산화물, 수산화물, 탄산염, 황화물을 형성한다.

물의 변색이나 탁도의 증가는 철 농도 0.05-0.1mg/ℓ 이상까지 배관계통에서 비롯될 수도 있다. 철 농도가 0.3mg/ℓ 이상이면 세탁물 얼룩이 생기거나 하수관이 막힐 수 있다.

철은 또한 하수관계나 배수관계에 바람직하지 않은 미생물성장(철세균)을 촉진시켜서 미끈미끈한 피막을 형성하게 된다. 철은 도목, 건축재료로 다양하게 쓰이고 배수 파이프로도 쓰이며, 산화철은 페인트와 플라스틱의 색소로 사용된다.

먹는물의 철 농도는 보통 0.3mg/ℓ 이하이지만, 정수장에서 응집제로 철염을 사용하거나 배수관계에 강철, 철강, 철도금 파이프를 사용하는 곳에서는 철 농도가 증가할 수 있다.

철의 독성효과는 조울증, 빠르고 짧은 호흡, 혼수, 경련, 호흡중지, 심박동정지를 포함한다²²⁾.

분석결과, 철의 유입전·후 평균농도는 0.045mg/ℓ(0.002-0.441mg/ℓ), 0.097mg/ℓ(0.002-0.385mg/ℓ)이었으며, 검출빈도는 각각 92.9%, 97.6%이었다.

S2지점(98년 준공)에서 철 농도가 0.441mg/ℓ(배수관 : 주철관, 급수관 : 스테인레스관), Y4-4지점(92년 준공)은 0.385mg/ℓ, Y14-14지점(89년 준공)은 0.343mg/ℓ으로 먹는물수질기준을 초과하였으며, 배수관은 주철관, 급수관은 동관을 각각 사

용하고 있었다.

이는 가압장과 같은 정체구간 및 시설상에 기인하며 화학작용에 의해 발생된 철이 순간적인 물리적 작용, 즉 유속의 변화에 따라 용출되는 것으로 사료된다.

Fig.6에서 보는바와 같이 철 농도의 차이의 평균은 95%의 신뢰도에서 0.052mg/ℓ(0.048 - 0.098mg/ℓ)으로 증가되었다.

3.4 망간(Mn)

망간이온 농도가 0.1mg/ℓ만 넘게 되면 음료가 불쾌한 맛을 내고 배관공사 접착물(plumbing fixtures)과 세탁물이 얼룩진다. 용액상의 망간(II)화합물은 산화되어 망간이 침전되므로 결과적으로 외피덮기(encrustation)문제점이 생긴다.

망간농도가 0.2mg/ℓ에서도 나중에 검은 침전물로 떨어져 나오는 파이프 피막을 형성할 수 있으며, 어떤 미생물들은 망간을 농축시켜서 급수(distributed water)의 맛, 냄새, 탁도에 문제점을 야기시킨다.

미국의 공공 먹는물 조사에서는 평균 망간농도가 0.04-0.03mg/ℓ의 범위에 있음이 보고되었고, 모든 독일 가정의 90%가 망간농도 0.02mg/ℓ 미만의 먹는물을 공급받는다²²⁾.

분석결과 망간 농도는 모든 지점에서 먹는물 수질기준에 적합하였다. 망간의 유입전·후 평균농도는 0.007mg/ℓ(0.001 - 0.060mg/ℓ), 0.006mg/ℓ(0.002 - 0.043mg/ℓ)이었으며, 검출빈도는 각각 100%이었다.

Fig.6에서 보는바와 같이 망간농도의 차이의 평균은 95%의 신뢰도에서 저수조와 급수관을 통과 전·후 농도(0.000:0.000-0.001) 차이가 없는 것으로 분석되었다.

이상과 같이 무기물질 분석결과 총 84건 중 적합 78건(92.9%), 부적합 6건(7.1%)으로 나타났다.

아파트 저수조 유입전·후의 중금속 평균농도는 망간을 제외한 아연, 구리, 철 등이 수질인자 및 물리적 인자 등의 영향을 받아 유입전보다 유입 후 평균농도가 미량 증가하고 있음을 알 수 있었다.

작 비교 t검정을 이용하여 차이의 평균에 대한 평가 결과 아연, 구리, 철은 미량 증가하는 경향을 나타냈으며, 망간은 유입 전·후의 차이가 거의 없

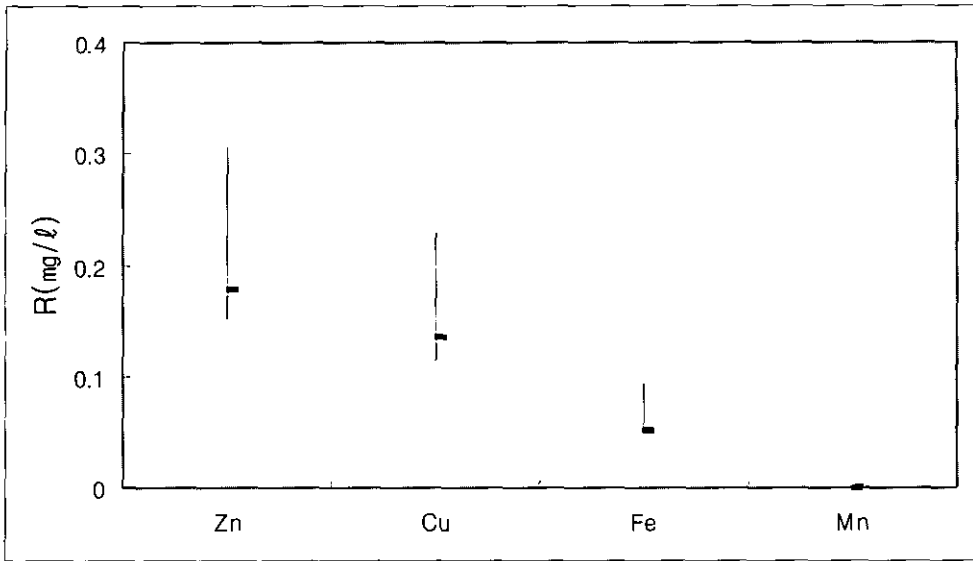


Fig. 6. Average and Significant range(95%) of Inorganic Metals in Treated Water.

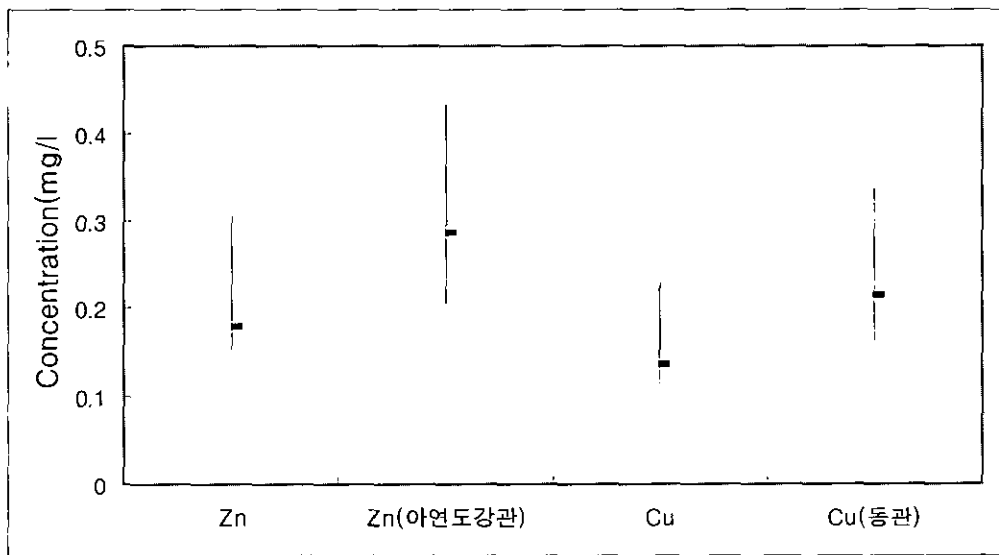


Fig. 7. Comparison of Average and Significant range(95%) in Zn, Cu concentrations included in zinc and copper pipe.

는 것으로 나타났다.

4. 무기물질과 급수관 재질

Fig. 1과 같이 아파트 저수조 유입후 급수관 재질은 총 42개소 중 아연도 강관 16개소(38.1%), 스

테인레스관 4개소(9.5%), PVC관 2개소(4.8%), PM관 1개소(2.4%), 동관 19개소(45.2%)로 나타났으며, 대부분 아파트의 급수관 재질은 동관과 아연도 강관이 가장 많이 사용되고 있었다. 급수관 재질에 따른 중금속 용출여부를 살펴보기 위하여 조사대

상시설에서 가장 많이 설비된 아연도 강관과 동관을 사용한 시설에 대해 각각 용출 가능성이 있는 아연과 구리의 전·후 농도를 비교하여 전체 조사 시설에서의 중금속 농도와 비교하여 보았다(Fig.7).

측정 대상의 대부분을 차지한 동관과 아파트 급수관 통과 전·후의 수질 중 구리와 관계를 살펴보면 급수관을 동관으로 사용한 아파트의 구리의 평균농도는 0.216mg/l (0.161-0.338mg/l)으로 3.2에서 언급된 짝 비교 t검정을 이용한 차이의 평균값보다 높았다.

아연도 강관을 사용한 아파트에서의 아연의 평균농도는 0.286mg/l (0.204-0.435mg/l)으로 3.1에서 언급된 짝 비교 t검정을 이용한 차이의 평균값보다 높았다.

전반적으로 급수관 통과 후가 급수관 유입전보다 높은 농도를 보이고 있으며, 동관이나 아연도 강관을 사용시 전체평균보다 더 높은 농도가 검출되는 것으로 보아 급수관으로부터의 아연 및 구리 용출에 대한 우려가 있는 것으로 사료되며, 정확한 조사가 필요하다.

스테인레스관 및 PVC관, PM관은 1개소에서 4개소에 불과하여 본 연구에서는 관의 영향을 평가할 수는 없었다.

IV. 결 론

본 연구는 1999년 1월부터 12월까지 1년여에 걸쳐 전남지역(목포시, 순천시, 여수시)에서 집단으로 거주하는 대형아파트 42개소(84건)를 중심으로 정수된 수돗물이 배수관과 급수관을 통하여 급수되는 과정에서 오염될 수 있는 각종 요인을 조사하기 위하여 수질실태를 조사·분석하였고 저수조 유입전과 유입후 물을 채취하여 VOCs 및 중금속류 농도분포를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 수질실태 조사결과 조사대상 42개소 중 급수관 재질은 동관(45.2%) > 아연도강관(38.1%) > 스테인레스관(9.5%) > PVC관(4.8%) > PM관(2.4%)순이었으며, 배수관은 42개소 전부가 주철관을 사용하고 있었다.
2. 휘발성유기물질 14항목(17종)에 대한 물질별 검정곡선을 작성한 결과 1.0-40µg/l 범위의

농도에서 상관계수 0.99이상의 직선성을 얻었으며, 각 물질별 MDL은 0.1-1.0µg/l 범위내에 있었다.

3. 84개 시료분석결과 휘발성 유기물질 14항목(17종)중 5종(Vinyl chloride, Dichloro-methane, Ethylbenzene, M.P-xylene, Styrene)은 검출되지 않았고, 그의 항목들은 극미량 검출되었으며, 1개 이상이 검출된 전체 VOCs 검출률은 유입전 25.9%, 유입후 27.9% 이었다. THM(Chloroform, Bromodichloromethane, Dibromochloromethane, Bromoform)의 유입전·후 검출빈도는 94.1%, 97.0% 이상의 높은 빈도를 나타내었으며, 모든 시료가 먹는물수질기준에 적합하였다.
4. 무기물질 4종(Zn, Cu, Fe, Mn)은 측정농도 0.1-1.0mg/l 농도범위에서 상관계수 0.999이상이므로 직선성이 모두 양호하였으며, 측정시 검출한계는 0.0007-0.002mg/l 범위이었다.
5. 무기물질 84개 시료분석결과 적합 78건(92.9%), 부적합 6건(7.1%)으로 나타났다. 저수조 유입전·후 중금속 평균농도는 망간을 제외한 아연, 구리, 철 등이 유입전보다 유입후 평균농도가 미량 증가하였다. 짝 비교 t검정을 이용하여 아파트 저수조 유입전·후 차이의 평균에 대한 평가 결과 95% 신뢰도에서 아연은 0.179mg/l (0.151-0.307mg/l), 구리는 0.136mg/l (0.113-0.230mg/l), 철은 0.052mg/l (0.048-0.098mg/l)으로 미량 증가하는 경향을 나타냈으며, 망간은 0.000mg/l (0.000-0.001mg/l)으로 유입전·후의 차이가 거의 없는 것으로 나타났다.
6. 급수관을 동관으로 사용한 아파트의 구리의 평균농도는 0.216mg/l (0.161-0.338mg/l), 아연도 강관을 사용한 아파트에서의 아연의 평균농도는 0.286mg/l (0.204-0.435 mg/l)으로 동관이나 아연도 강관을 사용시 전체평균보다 더 높은 농도가 검출되었다.

참 고 문 헌

1. WHO: Guidelines for Drinking Water Quality.

- Vol. 2, Health Criteria and other Supporting Information. 155-246 WHO, GENEVA, 1984.
2. 환경부 : 수돗물에서의 미량유해물질 분석법 연구 및 함유실태조사(6차), 1-373, 1998.
 3. John De Zuane : Handbook of drinking water quality ; standards and controls, Van Nostrand Reinhold, New York, 209-293, 1990.
 4. I. M. Sayre : International standards for drinking water, J. AWWA, Vol. 80, 53-60, 1988.
 5. 정용외 4인 : 음용수중 유독성 미량유기오염물질의 오염도와 그 위해성, 수질보전학회지, Vol. 5, No. 1, 57-69, 1989.
 6. Callahan. M., et al., : Water-Related Environmental Fate of 129 Priority Pollutants, EPA-440/479-029a,b, U.S.EPA, Washington D.C. 1979.
 7. U.S.EPA : National Primary Drinking Water Regulations Volatile Synthetic Organic Chemicals, Proposed Rulemaking, Fed. Reg., Vol. 49, 24330-24355, 1984.
 8. U.S.EPA : Risk Assessment, Management and Communication of Drinking Water Contamination, EPA/625/4-891/024, 1990.
 9. WHO : Guidelines for Drinking Water Quality. Vol. 1, 58-60, 1984.
 10. 환경부 : 먹는물수질공정시험방법. 1997.
 11. 환경부 : 먹는물수질감시항목시험방법. 1998.
 12. 조완근외 3명 : 미규모환경에서의 휘발성유기화합물 노출, 한국환경과학회지. 제4권 제5호, 447-459, 1995.
 13. 전홍석 외 2인 : 환경통계학. 동화기술, 147-172. 1997.
 14. European Chemical Industry Ecology and Toxicology Centre. The mutagenicity and carcinogenicity of vinyl chloride : a historical review and assessment. Brussels, 1988 (ECETOC Technical Report No. 31).
 15. International Agency for Research on Cancer. Overall evaluations of carcinogenicity an updating of IARC monographs volumes 1-42. Lyon, 1987 : 194-195(IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Suppl. 7).
 16. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Documentation of the threshold limit values and biological exposures indices, 5th ed. Cincinnati, OH, 184, 1986.
 17. Vinylidene chloride. Geneva. World Health Organization, 1990(Environmental Health Criteria, No. 100).
 18. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for carbon tetrachloride. Atlanta. GA, US Department of Health and Human Services. 1989.
 19. Gibbs DS, Wessling RA. Vinylidene chloride and polyvinylidene chloride. In : Mark HF et al., eds. Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology, Vol.23, 3rd ed. New York, NY, John Wiley, 764-798, 1983.
 20. Singh HB et al. : Measurements of some potentially hazardous organic chemicals in urban environmental, Atmospheric environment. 15:601-612, 1981.
 21. International Agency for Research on Cancer. Overall evaluation of carcinogenicity : an updating of IARC Monographs volumes 1-42. Lyon, 120-195, 1987(IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Suppl. 7).
 22. 환경부 : 세계보건기구(WHO) 먹는물 수질관리 지침서, 1998.
 23. Office of Water Regulations and Standards. An exposure and risk assessment for trihalomethanes. Washington, DC, US Environmental Protection Agency, 1980.
 24. Aizawa T, Magara Y, Musashi M. : Effects of bromide ions on trihalomethane(THM) formation in water. Aqua, 38:165-175, 1989.
 25. International Agency for Research on Cancer. Some halogenated hydrocarbons. Lyon, 371-399, 1979(IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Suppl. 7).

- uation of the Carcinogenic Risks of Chemicals to Humans, Volume 20).
26. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for carbon tetrachloride. Atlanta. GA, US Department of Health and Human Services, 1989.
 27. International Agency for Research on Cancer. Some industrial chemicals and dye stuffs. Lyon, 93-148, 1982(IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks of Chemicals to Humans, Volume 29).
 28. Verschueren K. : Handbook of environmental data on organic chemical. New York, NY, Van Nostrand Reinhold, 1983.
 29. Trichloroethylene. Geneva, World Health Organization, 1985(Environmental Health Criteria, No. 50).
 30. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for carbon tetrachloride. Atlanta. GA, US Department of Health and Human Services. 1993.
 31. Bellar TA, Lichteberg JJ, Kroner RC. : The occurrence of organohalides in chlorinated drinking waters. Journal of the American Water Works Association, 66:703-706, 1974.
 32. Bruchet A, Shipert E, Alben K. : Investigation of organic coating material used in drinking-water distribution systems. Journal Francais d'hydrologie, 19:101-111, 1988.
 33. Tetrachloroethylene. Geneva, World Health Organization, 1984(Environmental Health Criteria, No. 31).
 34. Condia LW. : Target organ toxicology of halocarbons commonly found contamination drinking water. Science of the total environmental. 47:43-442, 1985.
 35. International Agency for Research on Cancer. Some organic solvents, resin monomers and related compounds, pigments and occupational exposures in paint manufacture and painting. Lyon, 79-126, 1990(IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 47).
 36. US Environmental Protection Agency. USEPA Office of Drinking Water health advisories. Review of Environmental contamination and toxicology, 106:189-203, 1988.
 37. 한국수도연구소 : 청수현상 발생원인 규명과 방지대책에 관한 조사, 1-74, 1996.