

## 제주시 정수장 처리수의 급수과정별 수질변화 특성

한 경 용<sup>1</sup> · 이 민 규<sup>2</sup> · 정 호 진<sup>3</sup> · 김 상 규<sup>4</sup>

제주대학교 토목환경공학전공, <sup>1</sup>제주시 상하수도사업소, <sup>2</sup>부경대학교 응용화학공학부,

<sup>3</sup>계명대학교 토목공학과

(2006년 8월 12일 접수; 2006년 10월 15일 채택)

## Water Quality Change Characteristics of Treated Water in Distribution System of Water Treatment Plant of Jeju City

Kyung-Yong Han<sup>1</sup>, Min-Gyu Lee<sup>2</sup>, Ho-Jin Chung<sup>3</sup> and Sang-Kyu Kam<sup>4</sup>

Division of Civil and Environmental Engineering, Cheju National University, Jeju 690-756, Korea

<sup>1</sup>Jeju City Water & Sewage Management Office, Jeju 690-022, Korea

<sup>2</sup>Division of Applied Chemical Engineering, Pukyong National University, Busan 608-739, Korea

<sup>3</sup>Department of Civil Engineering, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea

(Manuscript received 12 August, 2006; accepted 15 October, 2006)

The purpose of this work is to investigate the water quality change characteristics of treated water in water distribution systems of Water Treatment Plants (WTPs) of Jeju City. For this, the raw water, treated water and tap water that did not pass (named as not pass-tap water) and passed through the water storage tank (named as pass-tap water) were sampled and analyzed monthly from September 2001 to August 2002, for four (W, S, B and O) WTPs except for D WTP (where treated water is not supplied continuously) among WTPs of Jeju City.

The concentrations of  $\text{NO}_3^-$  and  $\text{Cl}^-$  of treated water in distribution systems changed little, but changed seasonally, which is considered to be based on the seasonal variation of the quality of raw water. The pH of treated water changed little in distribution systems for S WTP, but for the other WTPs, the pH of not pass-tap water was similar to that of treated water and the pH of pass-tap water was higher than that of treated water. The turbidity of treated water in distribution systems changed little except for W2 of W WTP and S4 and S5 of S WTP, where it was higher than that of each treated water. The residual chlorine concentrations between treated water and not pass-tap water changed little, but those between treated water and pass-tap water changed greatly, based on the its long residence time in water storage tank and so its reaction with organic matter, etc or its evaporation. The concentrations of TTHMs (total trihalomethanes) and  $\text{CHCl}_3$  that induce cancers in water distribution systems of these WTPs, were much lower than their water quality criteria and those in other cities. The concentrations of TTHMs of treated water and not pass-tap water were similar, but concentrations of pass-tap water were 1.5 to 2.0 times higher than those of treated water and not pass-tap water, due to the reaction of residual chlorine and organic matter, etc, with the result of long residence time in water storage tank.

Key Words : Jeju City, Water treatment plant, Water quality change of treated water, Distribution system, Total trihalomethanes (TTHMs)

### 1. 서 론

물은 생명의 원천이자 한 나라의 경제성장과 산업발전은 물론 도시성장과 문화활동을 지속하게 하는 인간에게 없어서는 안 될 아주 중요한 기초자원이다. 음용수의 사용량은 도시화와 함께 국민의

Corresponding Author : Sang-Kyu Kam, Division of Civil and Environmental Engineering, Cheju National University, Jeju 690-756, Korea

Phone: +82-64-754-3444

E-mail: sakyukam@cheju.ac.kr

생활수준 향상에 따라 도시나 농촌에서도 크게 증가하고 있으며, 제주시의 경우 1일 평균 음용수 소요량이 335ℓ에 이르고 있다<sup>1)</sup>.

일반적으로 정수장에서 처리된 물은 각 가정에 도달하기까지 체류시간, 수도관의 재질, 부식상태 및 원수의 수질에 따라 화학적 또는 미생물적인 수질특성이 변한다고 보고되고 있다<sup>2~8)</sup>. 특히, 급수관로내부의 부식은 수질을 변화시키는 가장 중요한 요인으로, 부식절편(tubercle)이 존재하면 금속 이온 농도의 증가, 적수(red water) 발생 외에 미생물 성장에 좋은 환경을 제공한다<sup>9~12)</sup>. 관로벽의 부식 또는 부식부산물을 관로내의 살균제(염소)와 반응함으로써 생물막 조절효율을 감소시키거나 살균제와 먼저 반응하여 관로벽 또는 액상 중에 존재하는 미생물을 살균시키지 못하는 것으로 보고<sup>13)</sup>되고 있어 각 정수장에서는 처리수의 가정밀단에서의 잔류염소를 주기적으로 측정하여 미생물 존재 여부를 확인하고 있다. 또한 다세대 주택, 아파트, 연립주택에서는 단수 등 비상시에 대비한 예비수량을 확보하고 시간대별로 변하는 음용수를 안정적으로 공급하기 위해 급수저장탱크(저수조)를 설치하여 이를 통해 각 가정에 음용수를 공급하고 있으나 저수조의 재질, 구조, 음용수의 체류시간 및 관리상태에 따라 물의 맛이나 색이 변화되고 미생물의 서식 등에 의한 인체 보건위생학상 문제를 유발할 수 있는 요인이 되고 있다<sup>14~16)</sup>.

급수과정에서 존재할 수 있는 미생물을 살균하기 위해 투입하는 염소는 수중에 존재하는 휴믹질 등 유기물과 반응하여 THMs 등 소독부산물을 생성하게 되고<sup>17,18)</sup>, THMs과 같은 소독부산물은 인간을 비롯한 포유류에게 간독성, 신장독성, 최기형성, 발암성 및 변이원성독성 등 다양하게 위해를 끼치므로<sup>19)</sup> 각국에서는 이에 대한 수질기준을 설정하여 수질을 관리하고 있다.

제주시는 해안가 용천수를 수원으로 이용하여 음용수를 생산하고 있는데 수질이 비교적 깨끗하여 응집제를 사용하지 않는 등 정수처리공정이 비교적 간단하다. 그러나 아무리 적절한 정수처리 방식에 의한 음용수의 공급이 이루어진다 하여도 정수장에서 흘러나와 각 가정에까지 도달되는 과정에서 관의 부식, 이에 따른 미생물막의 형성, 수압의 잦은 변동 및 체류시간 등에 의하여 수질변화가 발생하게 되면 음용수에 불신을 초래할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 제주시 정수장에서 처리되어 공급되는 음용수가 급수과정에서 일정한 수질로 공급되는지를 그리고 저수조에서 수질변화를 살펴보기 위해 2001년 9월부터 2002년 8월까지 1년 동안 정수장의 처리수 및 급수관로 및 저수조를 통과한 음용수에 대해 수질변화특성을 검토하였다.

또한 이의 수질에 영향을 미치는 공급 원수의 수질변화특성도 함께 살펴보았다.

## 2. 재료 및 방법

제주시 정수장의 급수과정별 수질특성을 파악하기 위해 제주시에서 음용수를 공급되는 5개 정수장 중 물의 공급이 균일하지 않은 D 정수장을 제외한 4개 정수장(W, S, B, O 정수장)을 대상으로 하고 각 정수장별로 5개 지점에서 음용수를 채수하였다. 즉, 원수로부터 일반적인 처리방식(완속모래여과, 소독)을 거친 정수장의 처리수 1개 지점, 정수장으로부터 시내 수도관에서 직접연결 되어진 일반주택지 3개 지점, 그리고 나머지 1개소는 지하 저수조와 물탱크에 저장되었다가 공급되어지는 아파트내 수도꼭지에서 각각 시료를 채취하였다. 이 때 급수구역이 타 정수장 급수구역과 인접한 지역은 음용수가 혼합될 소지가 있어 그러한 지역을 피하였으며, 또한 고지 배수지에서 공급되는 지역도 음용수가 혼합되어서 급수되므로 배제하였다. 4개 정수장별 채수 장소는 Table 1과 Fig. 1과 같으며, 채수한 시료는 즉시 아이스박스에 냉장시켜 실험실로 운반한 후 냉장 보관하면서 분석에 사용하였다.

정수장의 처리수 및 급수과정별 수질은 먹는 물 수질기준 47개 항목과 수온, 잔류염소, 전기전도도

Table 1. Sampling sites at each water treatment plant(WTP)

WTP	Sampling sites	Address	Remark
W	W1	Nohyungdong 2261-1	Water treatment plant
	W2	Dopyungdong 872-1	Tap water
	W3	Dodu 1 dong 2560	Tap water
	W4	Iho 2 dong 116-2	Tap water
	W5	Iho 2 dong 116-2	W4 site water tank
S	S1	Gunipdong 441	Water treatment plant
	S2	Gunipdong 1184-1	Tap water
	S3	Gunipdong 1057-10	Tap water
	S4	Samdo 2 dong 10-2	Tap water
	S5	Samdo 2 dong 10-2	S4 site water tank
B	B1	Hwabuk 1 dong 4494-1	Water treatment plant
	B2	Ildo 1 dong 987-24	Tap water
	B3	Samdo 1 dong 811-4	Tap water
	B4	Ildo 1 dong 1694-1	Tap water
	B5	Ildo 1 dong 1694-1	B4 site water tank
O	O1	Ora 2 dong 2033-1	Water treatment plant
	O2	Yundong 295-9	Tap water
	O3	Yundong 290-95	Tap water
	O4	Yundong 290-84	Tap water
	O5	Yundong 290-84	O4 site water tank

## 제주시 정수장 처리수의 급수과정별 수질변화 특성

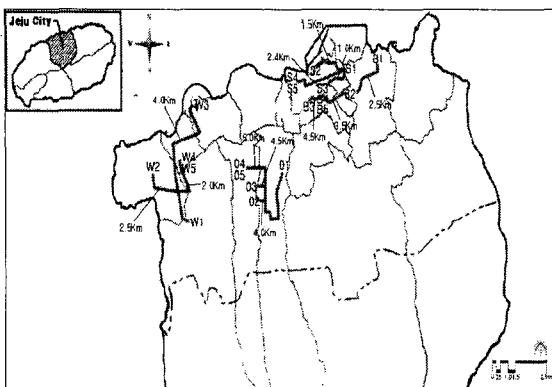


Fig. 1. Location of the sampling sites in Jeju City.

등 50개 항목에 대해, 그리고 정수장에 공급되는 원수의 수질은 수도법상의 측정항목인 24개 항목에 대해 먹는물 공정시험방법 및 Standard Methods에 준하여 측정하였으며, 이들 항목 중 THMs과 휘발성 유기화합물(VOCs)는 자동주입장치(Tekmar AquaTek 50)를 부착한 Purge Trap(Tekmar 2000)

장치와 Gas Chromatograph(Varian STAR 3400CX)-Mass Spectrometer(Varian SATUR N3)를 이용하여 분석하였고, 탁도(turbidity)는 Nephelometric Turbiditimeter(Hach 2100AN), 수소이온농도(pH)는 pH Meter(Orion 520A), 전기전도도(conductivity)는 Conductivity Meter(Jenway 4020), 잔류염소농도(residual chlorine conc.)는 Hack사의 휴대용측정기, 염소이온( $\text{Cl}^-$ ), 질산성질소( $\text{NO}_3^-$ -N), 브롬이온( $\text{Br}^-$ ) 및 황산이온( $\text{SO}_4^{2-}$ ) 농도 분석은 Ion Chromatograph(Dionex 500)를 이용하여 분석하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 원수의 수질변화 특성

원수의 수질은 정수처리 및 급수과정에서 처리수의 농도에 영향을 미칠 수 있으므로 본 연구에 사용된 4개 정수장의 원수의 수질을 2001년 9월부터 2002년 8월까지 1년 동안 측정하여 그 결과를 Table 2에 나타내었다. Table 2에서 보듯이 제주시 정수장의 원수의 수질이 매우 양호함을 알 수 있

Table 2. The analytical results of raw water quality used in water treatment plant(WTP) of Jeju City (Unit : mg/ℓ)

Item	W	S	B	O
pH	7.6~8.3 (7.9±0.235) <sup>1)</sup>	7.0~7.4 (7.3±0.193)	7.6~7.9 (7.7±0.094)	7.2~7.4 (7.2±0.067)
DO	9.6~11.3 (10.3±0.623)	4.6~6.4 (5.6±0.614)	9.3~10.2 (9.9±0.261)	8.0~9.5 (8.4±0.454)
BOD	0.1~0.2 (0.17±0.049)	0.05~0.25 (0.18±0.101)	N.D.~0.25 (0.10±0.072)	0.05~0.25 (0.14±0.071)
SS	N.D. <sup>2)</sup> ~0.6 (0.14±0.162)	N.D.~2.3 (0.26±0.649)	N.D.~0.1 (0.03±0.045)	N.D.~1.3 (0.17±0.410)
$\text{NH}_4^-\text{N}$	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
$\text{NO}_3^-\text{N}$	3.0~6.1 (4.3±1.060)	6.4~9.1 (7.6±0.840)	1.7~3.8 (2.8±0.60)	2.7~4.6 (3.5±0.573)
$\text{Cl}^-$	43~117 (75±21.950)	27~53 (38±8.854)	9.0~22 (13±4.859)	15~31 (22±5.664)
$\text{Br}^-$	1.08~2.92 (1.91±0.707)	0.76~1.27 (0.95±0.175)	N.D.~0.15 (0.10±0.034)	0.15~0.32 (0.24±0.057)
TDS	113~250 (167±45.410)	98~175 (137±28.478)	41~82 (60±12.152)	60~145 (84±24.739)
Temp. (°C)	13~18 (16.2±1.528)	16~19 (17.0±1.084)	13~16 (14.3±0.754)	14~16 (15.0±0.739)
Rainfall (mm)	34~495.7 (142±140.115)	34~495.7 (142±140.115)	34~495.7 (142±140.115)	34~495.7 (142±140.115)

<sup>1)</sup>mean value ± S.D.; <sup>2)</sup>not detected; the other items(anionic surfactant, As, Hg, Pb,  $\text{Cr}^{6+}$ , Cd, Se, malathion, parathion, diazinon, fenitrothion, F, carbaryl, phenol, 1,1,1-trichloroethane, tetrachloroethylene and trichloroethylene) which were not shown in the column of Table 2, were not detected.

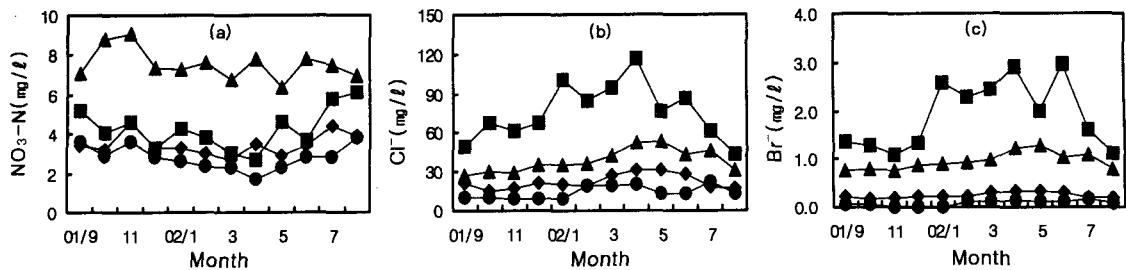


Fig. 2. Monthly variation of  $\text{NO}_3^-$ (a),  $\text{Cl}^-$ (b) and  $\text{Br}^-$ (c) concentrations of raw water at each WTP(■: W, ▲: S, ●: B, ◆: O).

고, 특히 유기물의 지표로 사용되고 있는 BOD는 N.D.(불검출) $\sim 0.25 \text{ mg/l}$ 로 유기물이 미량 함유되어 있음을 알 수 있다. 이는 상수원으로 사용하고 있는 원수는 해안변에서 용출되는 용천수로 비교적 하천수나 호소수보다 수질이 안정하고 깨끗하기 때문이다. 원수 수질검사항목에서 월별농도변화가 비교적 큰 질산성질소( $\text{NO}_3^-$ -N), 염소이온( $\text{Cl}^-$ ), 브롬이온( $\text{Br}^-$ )농도 대하여 변화를 각각 Fig. 2에 나타내었다.

각 정수장 원수의  $\text{NO}_3^-$ -N의 농도범위(평균 $\pm$ 표준편차)는 W 정수장, S 정수장, B 정수장 및 O 정수장에 대해 각각  $3.0\sim 6.1 \text{ mg/l}$  ( $4.3\pm 1.060 \text{ mg/l}$ ),  $6.4\sim 8.9 \text{ mg/l}$  ( $7.6\pm 0.840 \text{ mg/l}$ ),  $1.7\sim 3.8 \text{ mg/l}$  ( $2.8\pm 0.60 \text{ mg/l}$ ),  $2.7\sim 4.6 \text{ mg/l}$  ( $3.5\pm 0.057 \text{ mg/l}$ )의 농도로 검출되었다. 원수 수질 양호도는 B 정수장 > O 정수장 > W 정수장 > S 정수장의 순으로 감소하였고, 이의 최대농도 및 농도변화는 정수장에 따라 다소 차이는 있지만 대체적으로 여름철에 높게 나타났다(Fig. 2(a)). 이는 이 기간 동안 강수량이 119~496 mm(평균 324 mm)로 1년 월평균 142 mm보다 약 2.6배 높아 이로 인해 상류지역의 토양 중에 흡착되어 있는  $\text{NO}_3^-$ -N가 보다 쉽게 용탈되어 원수중에 유입되었기 때문인 것으로 판단된다.

각 정수장 원수의  $\text{Cl}^-$ 의 농도범위(평균 $\pm$ 표준편차)는 W 정수장, S 정수장, B 정수장 및 O 정수장에 대해 각각  $43\sim 117 \text{ mg/l}$  ( $75\pm 21.950 \text{ mg/l}$ ),  $27\sim 53 \text{ mg/l}$  ( $38\pm 8.854 \text{ mg/l}$ ),  $9.0\sim 22 \text{ mg/l}$  ( $13\pm 4.859 \text{ mg/l}$ ),  $15\sim 31 \text{ mg/l}$  ( $22\pm 5.664 \text{ mg/l}$ )로 나타났으며, W 정수장 수원이  $\text{Cl}^-$ 의 농도 변화가 제일 커으며, 겨울철 및 봄에 비교적 높았다(Fig. 2(b))。

각 정수장 원수의  $\text{Br}^-$ 의 농도범위(평균 $\pm$ 표준편차)는 W 정수장, S 정수장, B 정수장 및 O 정수장에 대해 각각  $1.08\sim 2.92 \text{ mg/l}$  ( $1.91\pm 0.707 \text{ mg/l}$ ),  $0.76\sim 1.27 \text{ mg/l}$  ( $0.95\pm 0.175 \text{ mg/l}$ ), N.D. $\sim 0.15 \text{ mg/l}$  ( $0.10\pm 0.034 \text{ mg/l}$ ),  $0.15\sim 0.32 \text{ mg/l}$  ( $0.24\pm 0.057 \text{ mg/l}$ )로

mg/l)를 나타났다. W, S 정수장 수원이 B, O 정수장 수원보다 높으며 이러한 현상은  $\text{Cl}^-$ 과 비슷하며,  $\text{Br}^-$  역시 겨울철 및 봄에 높게 나타났다(Fig. 2(c)). W 또는 S 정수장에서  $\text{Cl}^-$ 과  $\text{Br}^-$ 의 농도가  $\text{NO}_3^-$ -N와는 달리 겨울철 및 봄에 농도가 높게 검출되는 이유는 강수량이 적어 지하수체가 해수의 영향을 받기 때문인 것으로 추정된다. 제주도와 같이 화산암체로 이루어진 하와이(Hawaii)의 오하우(Ohau)도에서 해안지역 지하수를 장기간 관측하여 분석한 결과에 의하면 강수의 함양량이 감소하게 되면 해안지역이 지하수체는 조석간만에 의한 지하수위가 주기적으로 반복하듯이 해안지역 지하수를 주기적으로 채수하게 되면 수두변화에 따른 주기적인 지하수체의 수축, 팽창현상으로 인해 담수와 해수가 혼합된 점이 대가 시간이 지남에 따라 확산되어 담수체내로  $\text{Cl}^-$  또는  $\text{Br}^-$ 을 증가시키는 원인이 된다고 보고하고 있다<sup>20)</sup>.

### 3.2. 처리수의 급수과정별 수질변화 특성

제주시 4개 정수장에서 2001년 9월부터 2002년 8월까지 처리수와 급수과정별로 채수한 수질 중 검출되고 있는 10개 항목의 평균치( $\pm$ 표준편차)를 Table 3~Table 6에 나타내었다. Zn 및 Al이 미량 또는 불검출 되었으며, 색도, 맛, 냄새 등은 수질기준에 적합하였다. 미생물(일반세균, 대장균군) 및 VOCs를 포함한 기타 수질항목은 모두 불검출이었다. 검출항목 중 TDS, 전기전도도 및  $\text{SO}_4^{2-}$ 를 제외한 각 항목의 수질변화를 살펴보면 다음과 같다.

#### 3.2.1. pH

제주시 상수원은 해안변 용천수로서 정수처리과정에서 응집약품을 투입하지 않고 모래완속여과를 거친 다음 염소소독을 하여 급수하고 있어 별도의 pH를 조정하기 위하여 알카리제 투입을 하지 않고 있다. 따라서 각 정수장 처리수의 pH는 Table 2에서 보듯이 각 정수장의 수원마다 pH는 다르나 일반적으로 평균 7.2~7.9를 유지하고 있어 약 염기

제주시 정수장 처리수의 급수과정별 수질변화 특성

Table 3. The analytical results of samples at W WTP and its distribution systems

Item	W1	W2	W3	W4	W5
Temp. (°C)	12.1~18.5 (15.6±1.9) <sup>1)</sup>	8.7~23.9 (16.7±5.3)	11.2~23.5 (16.9±4.2)	11.6~22.0 (16.4±4.0)	9.8~23.0 (16.6±5.0)
Residual chlorine (mg/l)	0.6~1.0 (0.8±0.1)	0.1~0.7 (0.5±0.2)	0.5~0.8 (0.6±0.1)	0.5~0.8 (0.6±0.1)	0.2~0.5 (0.4±0.1)
pH	7.6~7.9 (7.7±0.1)	7.5~7.9 (7.7±0.1)	7.6~8.0 (7.7±0.1)	7.5~7.9 (7.7±0.1)	8.0~8.5 (8.2±0.2)
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	2.7~6.3 (4.6±1.3)	2.9~6.9 (4.6±1.4)	2.9~6.0 (4.6±1.4)	3.2~6.0 (4.7±1.4)	3.0~6.7 (4.5±1.3)
TDS (mg/l)	85~186 (131±30)	89~193 (133±27)	88~189 (131±27)	88~198 (133±28)	111~169 (137±22)
Conductivity (μs/cm)	124~424 (290±81)	126~461 (288±79)	125~431 (280±74)	125~480 (286±83)	139~403 (306±75)
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	3~15(9±3)	4~17(8±4)	4~16(8±3)	4~18(9±4)	4~14(9±3)
Turbidity (mg/l)	0.10~0.44 (0.20±0.09)	0.14~0.48 (0.39±0.11)	0.12~0.43 (0.28±0.13)	0.13~0.45 (0.28±0.11)	0.17~0.59 (0.33±0.11)
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	21~107 (52±24)	23~128 (54±28)	23~117 (52±26)	23~131 (54±28)	34~97 (56±19)
THMs (μg/l)	CHCl <sub>3</sub>	0.5~0.9 (0.7±0.1)	0.6~0.9 (0.7±0.1)	0.6~0.9 (0.8±0.1)	0.7~0.9 (0.8±0.1)
	TTHMs <sup>2)</sup>	6.3~15.3 (9.3±2.6)	6.8~20.0 (11.2±3.7)	7.9~19.6 (10.8±3.2)	6.8~18.1 (10.4±2.9)
					10.2~32.3 (18.1±6.9)

<sup>1)</sup>mean value ±S.D.; <sup>2)</sup>total THMs(sum of CHCl<sub>3</sub>, CHBrCl<sub>2</sub>, CHBr<sub>2</sub>Cl and CHBr<sub>3</sub>).

Table 4. The analytical results of samples at S WTP and its distribution systems

Item	S1	S2	S3	S4	S5
Temp. (°C)	13.8~17.7 (16.0±1.3) <sup>1)</sup>	10.7~18.3 (15.6±2.2)	14.1~17.9 (15.9±1.4)	12.4~20.8 (16.7±2.9)	8.8~23.9 (16.6±5.1)
Residual chlorine (mg/l)	0.7~1.0 (0.8±0.1)	0.6~0.9 (0.7±0.1)	0.6~0.9 (0.7±0.1)	0.3~0.8 (0.5±0.2)	0.1~0.3 (0.2±0.1)
pH	7.2~7.4 (7.2±0.1)	7.2~7.4 (7.3±0.1)	7.2~7.4 (7.3±0.1)	7.2~7.4 (7.3±0.1)	7.2~7.6 (7.4±0.1)
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	6.6~8.6 (7.2±0.7)	6.5~8.3 (7.1±0.6)	6.2~9.2 (7.1±1.0)	6.5~9.1 (7.2±0.8)	6.5~9.1 (7.1±0.8)
TDS (mg/l)	120~146 (136±11)	120~144 (134±10)	118~146 (134±10)	119~146 (135±10)	119~144 (135±10)
Conductivity (μs/cm)	270~347 (311±29)	270~346 (309±28)	280~346 (309±28)	280~348 (311±29)	280~345 (310±27)
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	6~15(11±3)	6~14(11±3)	5~14(11±3)	6~15(11±3)	6~14(11±3)
Turbidity (mg/l)	0.17~0.32 (0.24±0.05)	0.15~0.45 (0.26±0.09)	0.19~0.35 (0.26±0.06)	0.29~0.46 (0.38±0.05)	0.30~0.96 (0.48±0.17)
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	27~49 (38±8)	27~49 (38±8)	26~50 (38±8)	27~50 (39±8)	25~49 (36±7)
THMs (μg/l)	CHCl <sub>3</sub>	0.3~0.7 (0.5±0.2)	0.2~0.7 (0.5±0.2)	0.2~0.7 (0.5±0.2)	0.2~0.8 (0.5±0.2)
	TTHMs <sup>2)</sup>	5.6~15.8 (10.0±3.5)	5.5~15.4 (10.0±3.3)	5.7~13.9 (10.6±3.1)	5.8~15.5 (10.7±2.9)
					7.3~19.0 (14.6±4.1)

<sup>1)</sup>mean value ±S.D.; <sup>2)</sup>total THMs(sum of CHCl<sub>3</sub>, CHBrCl<sub>2</sub>, CHBr<sub>2</sub>Cl and CHBr<sub>3</sub>).

한 경 용 · 이 민 규 · 정 호 진 · 감 상 규

Table 5. The analytical results of samples at B WTP and its distribution systems

Item	B1	B2	B3	B4	B5
Temp. (°C)	11.4~17.5 (14.5±2.2) <sup>1)</sup>	11.8~24.7 (16.4±4.5)	11.8~22.7 (15.3±3.3)	12.6~17.8 (14.8±1.7)	12.5~23.0 (16.7±3.6)
Residual chlorine (mg/l)	0.6~1.0 (0.9±0.1)	0.5~0.9 (0.8±0.1)	0.5~0.9 (0.7±0.1)	0.6~0.8 (0.8±0.1)	0.4~0.7 (0.6±0.1)
pH	7.6~7.9 (7.7±0.1)	7.6~7.8 (7.7±0.1)	7.6~7.8 (7.7±0.1)	7.6~7.9 (7.7±0.1)	7.8~8.2 (8.0±0.1)
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	2.0~3.5 (2.5±0.5)	2.0~3.5 (2.7±0.5)	2.0~3.5 (2.7±0.5)	2.0~3.5 (2.7±0.5)	2.1~3.5 (2.7±0.5)
TDS (mg/l)	55~79 (67±9)	54~79 (67±8)	56~79 (67±87)	56~77 (68±8)	56~81 (72±9)
Conductivity (μs/cm)	125~170 (149±17)	124~171 (152±16)	124~171 (152±16)	127~169 (153±15)	139~201 (165±20)
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	2~6(4±1)	2~6(4±1)	2~6(4±1)	2~6(4±1)	2~6(4±1)
Turbidity (mg/l)	0.10~0.22 (0.15±0.03)	0.10~0.21 (0.15±0.04)	0.11~0.19 (0.15±0.03)	0.11~0.19 (0.16±0.03)	0.14~0.21 (0.17±0.03)
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	10~24 (15±5)	10~26 (16±5)	10~26 (17±5)	10~26 (17±5)	11~26 (19±5)
THMs (μg/l)	CHCl <sub>3</sub>	0.1~0.5 (0.3±0.2)	0.1~0.5 (0.3±0.2)	0.0~0.5 (0.3±0.2)	0.0~0.5 (0.4±0.2)
	TTHMs <sup>2)</sup>	2.7~4.6 (3.5±0.5)	2.9~4.8 (3.7±0.4)	2.9~4.8 (3.6±0.5)	2.8~4.8 (3.6±0.5)

<sup>1)</sup>mean value ±S.D.; <sup>2)</sup>total THMs(sum of CHCl<sub>3</sub>, CHBrCl<sub>2</sub>, CHBr<sub>2</sub>Cl and CHBr<sub>3</sub>).

Table 6. The analytical results of samples at O WTP and its distribution systems

Item	O1	O2	O3	O4	O5
Temp. (°C)	14.7~15.9 (15.3±0.4) <sup>1)</sup>	12.4~20.4 (16.2±2.9)	13.6~20.2 (15.8±1.9)	13.6~18.9 (16.0±1.9)	12.8~23.6 (17.7±4.2)
Residual chlorine (mg/l)	0.6~0.8 (0.8±0.1)	0.4~0.7 (0.6±0.1)	0.5~0.7 (0.6±0.1)	0.5~0.7 (0.6±0.1)	0.3~0.5 (0.4±0.1)
pH	7.2~7.4 (7.3±0.1)	7.1~7.4 (7.3±0.1)	7.2~7.4 (7.3±0.1)	7.1~7.3 (7.3±0.1)	7.3~8.0 (7.8±0.2)
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	2.7~4.5 (3.3±0.6)	2.7~4.3 (3.4±0.6)	2.7~4.4 (3.3±0.6)	2.7~4.3 (3.4±0.6)	2.7~4.3 (3.3±0.6)
TDS (mg/l)	70~91 (78±8)	70~90 (78±8)	70~91 (78±8)	70~91 (77±8)	70~90 (79±7)
Conductivity (μs/cm)	142~201 (176±16)	142~20 (176±16)	142~198 (176±16)	142~198 (175±15)	142~195 (177±16)
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	4~8(6±1)	4~8(6±1)	4~7(6±1)	4~8(6±1)	3~8(6±1)
Turbidity (mg/l)	0.18~0.32 (0.24±0.05)	0.21~0.30 (0.28±0.04)	0.22~0.40 (0.29±0.05)	0.22~0.35 (0.28±0.04)	0.26~0.45 (0.32±0.06)
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	14~29 (19±5)	15~27 (19±4)	15~27 (19±4)	15~27 (19±4)	15~27 (19±4)
THMs (μg/l)	CHCl <sub>3</sub>	0.0~0.5 (0.3±0.1)	0.1~0.6 (0.3±0.2)	0.0~0.4 (0.3±0.2)	0.0~0.5 (0.3±0.2)
	TTHMs <sup>2)</sup>	2.7~4.3 (3.2±0.5)	3.2~5.1 (4.1±0.6)	2.6~4.9 (3.7±0.6)	3.0~4.7 (3.8±0.5)

<sup>1)</sup>mean value ±S.D.; <sup>2)</sup>total THMs(sum of CHCl<sub>3</sub>, CHBrCl<sub>2</sub>, CHBr<sub>2</sub>Cl and CHBr<sub>3</sub>).

## 제주시 정수장 처리수의 급수과정별 수질변화 특성

성을 띠고 있다. 각 정수장의 pH의 범위(평균±표준편차)는 W 정수장의 경우 7.6~7.9( $7.7\pm0.1$ ), S 정수장의 경우 7.2~7.4( $7.2\pm0.1$ ), B 정수장의 경우 7.6~7.9( $7.7\pm0.1$ ), O 정수장의 경우 7.2~7.4( $7.3\pm0.1$ )를 나타내었다.

각 정수장의 급수과정에서의 pH의 변화를 살펴보면(Fig. 3), S 정수장에서는 정수장 및 저수조 통과 또는 통과하지 않은 수도꼭지의 pH는 거의 변화가 없었다. 그러나 타 정수장에서는 저수조를 통과하지 않은 수도꼭지는 정수장의 pH와 거의 변화가 없었으나 저수조를 통과한 수도꼭지는 pH가 높음을 알 수 있었다. 이는 S 정수장 급수계통의 저수조가 FRP 탱크이므로 pH의 변화를 나타내지 않으나 나머지 정수장 급수계통의 저수조는 콘크리트탱크이므로 이로부터 알카리성분인 생석회가 유리되어 pH를 증가시키기 때문인 것으로 판단된다.

### 3.2.2. 탁도

제주시는 정수과정이 단순하게 모래완속여과 방식으로 응집시설을 갖추지 않아 탁도는 원수의 탁도에 따라 정수의 탁도가 결정된다. Fig. 4에서 보듯이 정수장 급수계통의 처리수 및 가정 수도꼭지 모두 먹는 물수질기준 0.5 NTU 이하로 수질기준을 만족하였다. 각 정수장의 탁도검출농도범위(평균±

표준편차)는 W 정수장의 경우 0.10~0.44 NTU ( $0.20\pm0.09$  NTU), S 정수장의 경우 0.17~0.32 NTU ( $0.24\pm0.05$  NTU), B 정수장의 경우 0.10~0.22 NTU( $0.15\pm0.03$  NTU), O 정수장의 경우 0.18~0.32 NTU( $0.24\pm0.05$  NTU)를 나타내었다.

급수과정별 탁도변화를 살펴보면 B 및 O 정수장에서는 정수장 처리수와 거의 변화가 없었으나 W 및 O 정수장에서는 급수과정에서 변화를 보임을 알 수 있는데, W 정수장의 경우 W2 지점은 다른 지점보다 탁도가 높게 검출되었으며 또한 다른 지점에서도 농도변화가 비교적 크게 나타났다. W2 지점의 경우, 급수관으로부터 가정꼭지로의 인입관이 10년 이상된 강관으로 이로부터 탁도유발이 유입된 것으로 사료되며, 또한 W 정수장은 정수장 주변 5개 지하수 및 2곳의 용천수를 이용하여 정수를 공급하는데 공급수원의 취수량에 따라 탁도 변화가 있어 조사기간 동안 많은 변화를 나타내었다. 즉 원수의 수질때문에 급수관로에서 탁도 변화가 일어나는 것으로 사료된다. S 정수장의 경우, S4 및 저수조를 통과한 S5 지점에서 정수장에서보다 탁도가 높게 검출되었는데, 이는 S4 수도꼭지는 급수배관이 15년 이상 사용한 노후관 지역이라 다른 수도꼭지 탁도보다 높게 나타나는 것으로 사료되고, S5 지점은 정

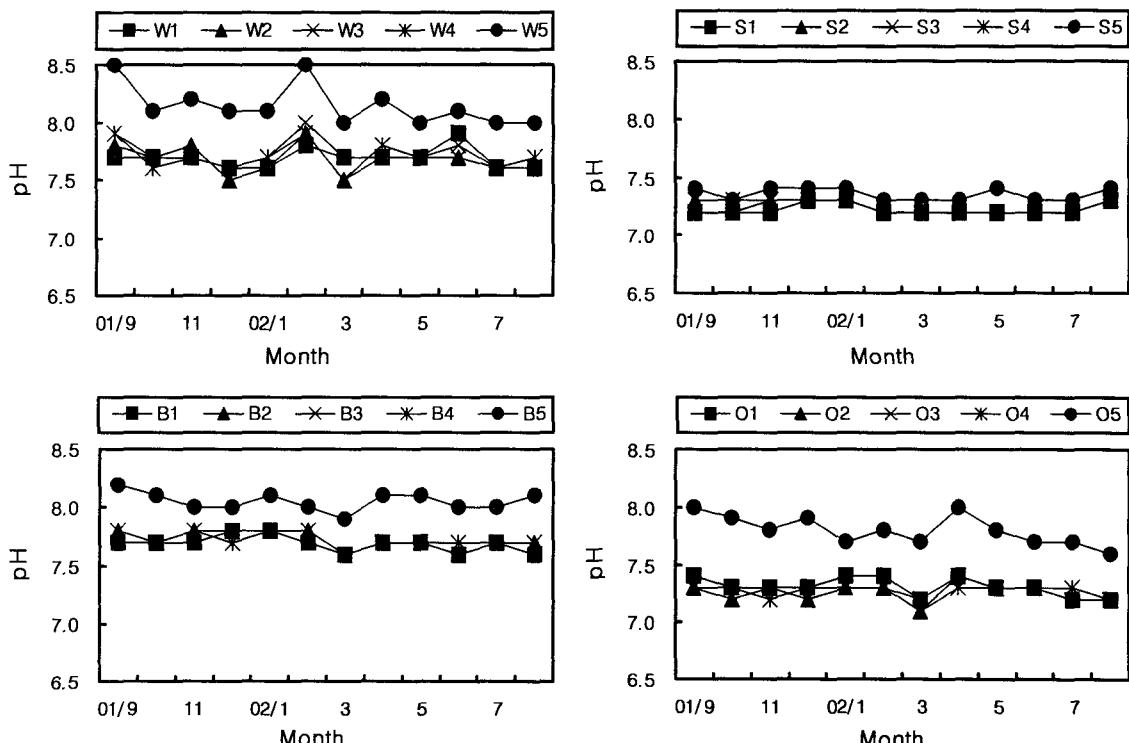


Fig. 3. Monthly variation of pH at each WTP and its distribution systems.

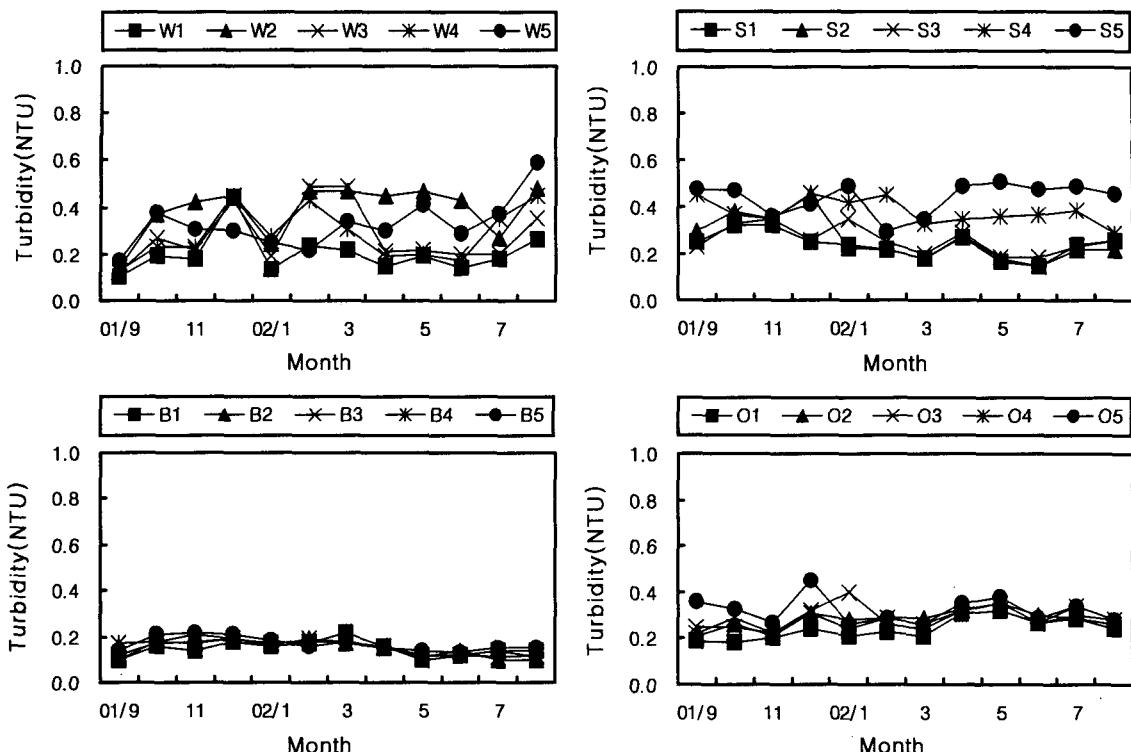


Fig. 4. As for Fig. 3, but for turbidity.

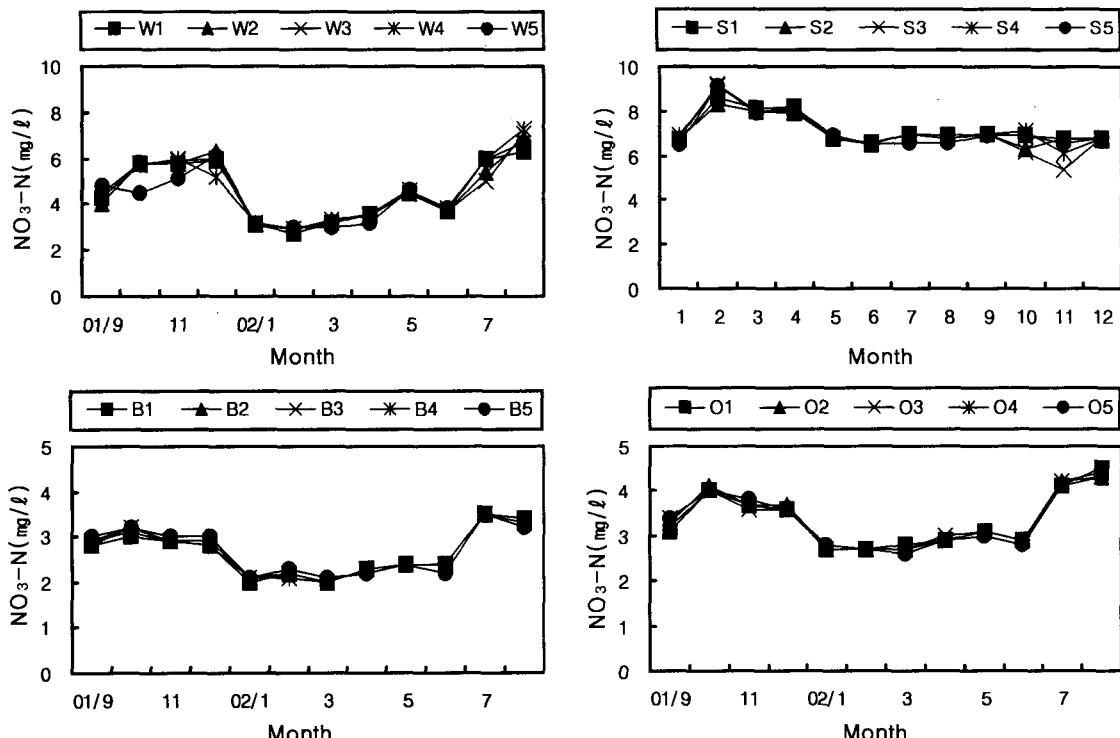


Fig. 5. As for Fig. 3, but for  $\text{NO}_3\text{-N}$  concentration.

## 제주시 정수장 처리수의 급수과정별 수질변화 특성

수장에서 보다 2배 이상 높게 나타났는데, 이는 15년 이상 사용한 다세대건물이어서 수도배관이 많이 노후 되어 이로 인해 유발된 것으로 판단된다.

### 3.2.3. NO<sub>3</sub>-N

Fig. 5는 본 연구에서 조사한 제주시 4개 정수장의 급수과정별 NO<sub>3</sub>-N의 월별변화를 나타낸 것으로, 검출된 NO<sub>3</sub>-N 농도는 정수장마다 상수원이 구분이 되어 있어 정수장별 특성이 뚜렷하게 나타나고 있음을 알 수 있었다. 즉, 각 정수장의 NO<sub>3</sub>-N 검출농도범위(평균±표준편차)는 W 정수장의 경우 2.7~6.3 mg/l (4.6±1.3 mg/l), S 정수장의 경우 6.6~8.6 mg/l (7.2±0.7 mg/l), B 정수장의 경우 2.0~3.5 mg/l (2.5±0.5 mg/l), O 정수장의 경우 2.7~4.5 mg/l (3.3±0.6 mg/l)를 보였다.

Fig. 5에서 보여지는 바와 같이 각 정수장의 급수과정별 및 저수조를 통과한 NO<sub>3</sub>-N의 농도는 정수장 처리수의 농도와 거의 변화를 나타나지 않음을 알 수 있었는데, 이는 NO<sub>3</sub>-N는 정수장 처리수는 급수과정에 의해 거의 변하지 않음을 의미한다. 그러나 각 정수장 처리수의 수질이 계절에 따라 차이를 보이는데 이는 급수과정에 의한 것이 아니라 Fig. 2(a)에서 보여지는 바와 같이 사용된 원수의 수질이 계절에 따라 차이를 보이기 때문인 것으로

판단된다.

### 3.2.4. Cl<sup>-</sup>

Fig. 6은 제주시 4개 정수장의 Cl<sup>-</sup>의 월별 농도변화를 나타낸 것으로, NO<sub>3</sub>-N와 유사하게 각 정수장에 공급되는 수원지의 특성에 따라 정수장마다 Cl<sup>-</sup>농도가 다르게 변화함을 알 수 있다. 각 정수장의 Cl<sup>-</sup>의 검출농도범위(평균±표준편차)는 W 정수장의 경우 21~107 mg/l (52±24 mg/l), S 정수장의 경우 27~49 mg/l (38±8 mg/l), B 정수장의 경우 10~24 mg/l (15±5 mg/l), O 정수장의 경우 14~29 mg/l (19±5 mg/l)를 보였다.

Fig. 6에서 보듯이 각 정수장의 급수과정별 및 저수조를 통과한 Cl<sup>-</sup>의 농도변화는 거의 나타나지 않았고, W 정수장을 제외하고 월별에 따른 농도변화가 미미하였다. 이는 W 정수장의 경우, 다른 정수장과는 달리 원수를 정수장 주변 5개의 지하수 및 2곳의 용천수를 이용하여 정수처리하여 공급하는데 공급 수원의 취수량에 따라 수질변화가 크기 때문이다. 이와 유사한 결과는 Cl<sup>-</sup>에 대한 원수의 수질변화특성을 나타내는 Fig. 2(b)에서도 보여지고 있다. 즉, 제주시가 상수원으로 사용하는 해안변 용천수는 강우량에 따라 지하수 함량의 증·감이 있어 이에 따라 수원지의 Cl<sup>-</sup>농도가 월별 차이

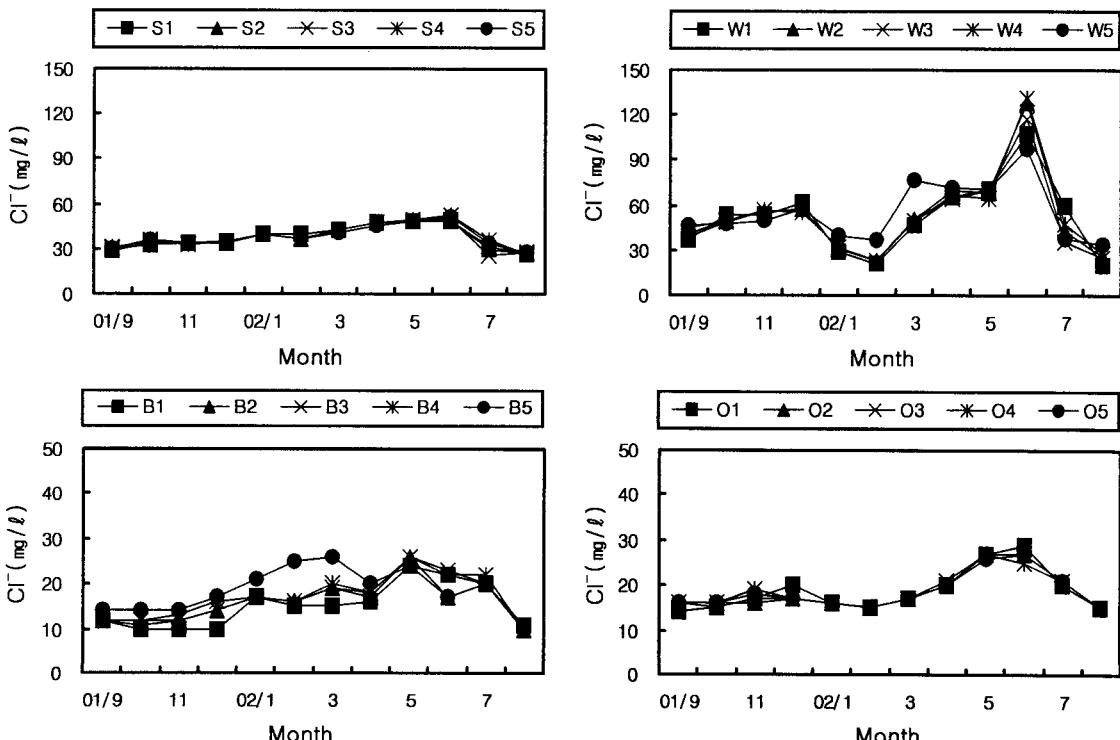


Fig. 6. As for Fig. 3, but for Cl<sup>-</sup> concentration.

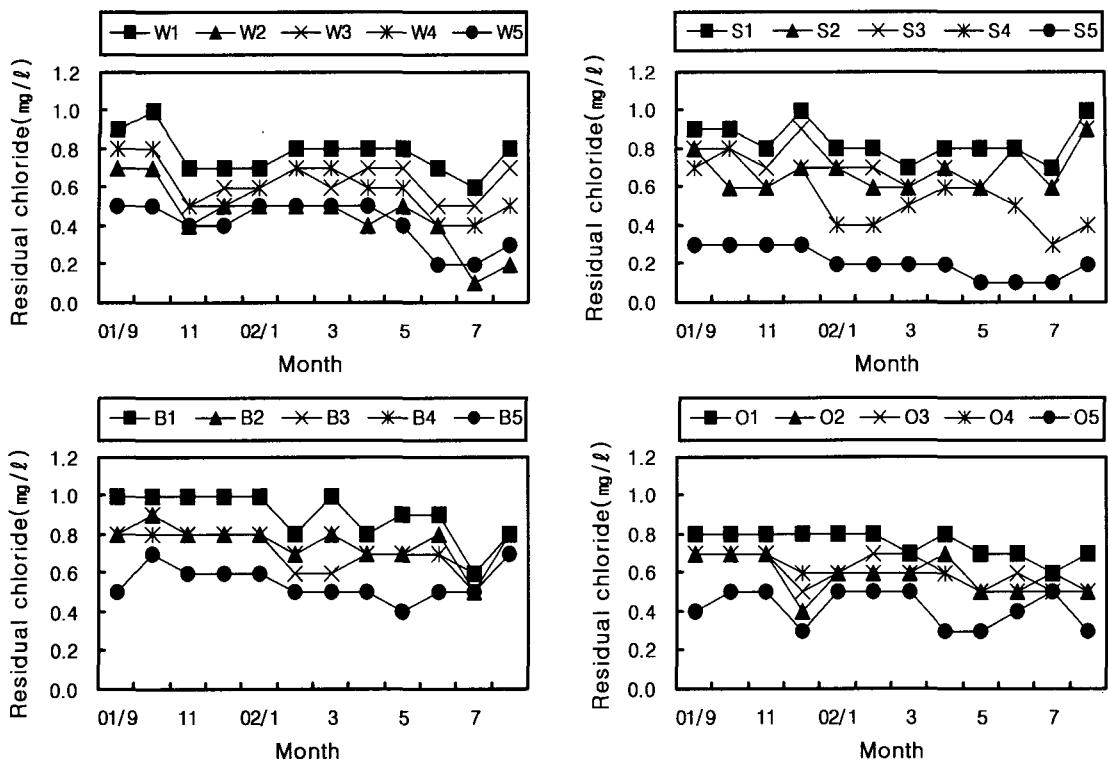


Fig. 7. As for Fig. 3, but for residual chlorine concentration.

를 보이고 있다.

### 3.2.5. 잔류염소(residual chlorine)

Fig. 7은 각 정수장 및 수도꼭지에서의 잔류염소농도의 월별변화를 나타낸 것으로, 이는 일부 시료(7월의 W2 지점, 5-7월의 S5 지점)를 제외하고 먹는 물 수질기준인  $0.2 \text{ mg/l}$  이상을 만족하는 것으로 나타났다. 즉, 각 정수장에서의 검출농도 범위(평균±표준편차)는 W 정수장의 경우  $0.6\sim1.0 \text{ mg/l}$  ( $0.8\pm0.1 \text{ mg/l}$ ), S 정수장의 경우  $0.7\sim1.0 \text{ mg/l}$  ( $0.8\pm0.1 \text{ mg/l}$ ), B 정수장의 경우  $0.6\sim1.0 \text{ mg/l}$  ( $0.9\pm0.1 \text{ mg/l}$ ), O 정수장의 경우  $0.6\sim0.8 \text{ mg/l}$  ( $0.7\pm0.1 \text{ mg/l}$ )을 나타냈으며, 저수조를 거치지 않은 가정수도꼭지에서는 일부 시료(7-8월의 W2 지점, 7월의 S4 지점)를 제외하고  $0.4 \text{ mg/l}$  이상 유지하였으며, 저수조를 거친 수돗물의 경우에도 5-7월의 S5 지점을 제외하고  $0.2 \text{ mg/l}$  이상 유지하였다.

각 정수장 급수계통에서 잔류염소농도의 변화를 살펴보면, 저수조를 통과하지 않은 수도꼭지는 대체적으로 정수장에서의 잔류염소농도에 비해 약간 감소하였으나 저수조를 통과한 수도꼭지에서 잔류염소농도는 정수장에서의 잔류염소농도에 비해 크게 감소하였다. 이는 저수조를 통과하지 않은 수도꼭지

에서는 체류시간이 짧아 관로내의 잔류염소와의 반응물질과의 작용에 의해 일부가 소모되나 저수조를 통과한 수도꼭지에서는 저수조에서 체류시간이 길어 저수조내의 유기물 등과의 충분한 반응 또는 휘발에 의해 소비되었기 때문이라고 사료된다.

### 3.2.6. TTHMs(total trihalomethanes)

국내의 먹는물수질기준에 TTHMs( $\text{CHCl}_3$ ,  $\text{CHCl}_2\text{Br}$ ,  $\text{CHClBr}_2$ 과  $\text{CHBr}_3$ 농도의 합) 및  $\text{CHCl}_3$  대한 기준이 각각  $100 \mu\text{g/l}$ ,  $80 \mu\text{g/l}$  이하로 처리하도록 규정되어 있다. W, S, B 및 O 정수장에서 TTHMs 농도범위(평균±표준편차)는 각각  $6.3\sim15.3 \mu\text{g/l}$  ( $9.3\pm2.6 \mu\text{g/l}$ ),  $5.6\sim15.8 \mu\text{g/l}$  ( $10.0\pm3.5 \mu\text{g/l}$ ),  $2.7\sim4.6 \mu\text{g/l}$  ( $3.5\pm0.56 \mu\text{g/l}$ ),  $2.7\sim4.3 \mu\text{g/l}$  ( $3.2\pm0.5 \mu\text{g/l}$ )이고,  $\text{CHCl}_3$  평균농도는 각각  $0.7 \mu\text{g/l}$ ,  $0.5 \mu\text{g/l}$ ,  $0.3 \mu\text{g/l}$ ,  $0.3 \mu\text{g/l}$ 으로 기준치에 훨씬 미치지 않음을 알 수 있었고(Table 3~6 참조), 정수장 사이에서는 O 정수장 > B 정수장 > W 정수장 > S 정수장의 순으로 양호한 수질을 보임을 알 수 있었다.

TTHMs은 위에서 언급한 바와 같이 4종류의 THMs의 합으로 일반적으로 수돗물에서 생성되는 TTHMs 중에는 대부분  $\text{CHCl}_3$ 으로 검출되며 brominated THMs은 거의 검출되지 않는 것으로 보고

## 제주시 정수장 처리수의 급수과정별 수질변화 특성

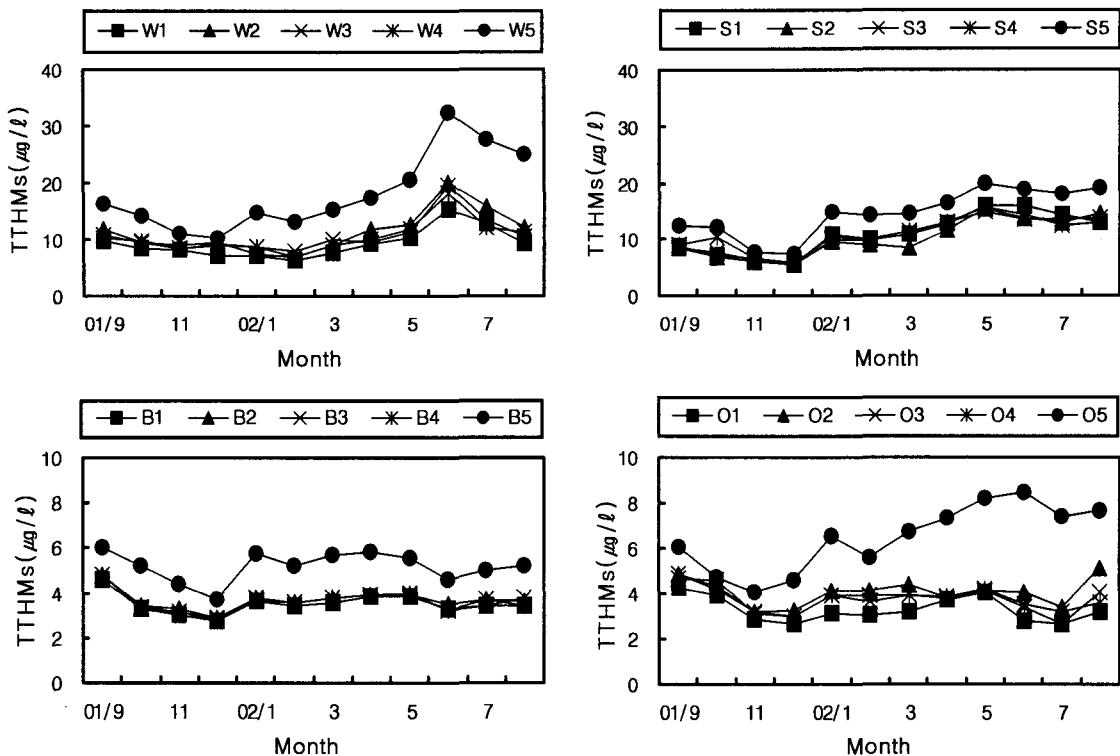


Fig. 8. As for Fig. 3, but for TTHMs concentration.

되고 있다<sup>21~23)</sup>. 그러나 본 4개 정수장에서는 정수장의 종류 및 급수과정에 관계없이  $\text{CHBr}_3(1.5\sim 10.0 \mu\text{g}/\ell$ , 평균  $3.5 \mu\text{g}/\ell$ )이 가장 높게 나타났으며 다음으로  $\text{CHClBr}_2(1.2\sim 5.5 \mu\text{g}/\ell$ , 평균  $2.7 \mu\text{g}/\ell$ ),  $\text{CHCl}_2\text{Br}(0.4\sim 1.9 \mu\text{g}/\ell$ , 평균  $1.0 \mu\text{g}/\ell$ ),  $\text{CHCl}_3(0.2\sim 0.8 \mu\text{g}/\ell$ , 평균  $0.4 \mu\text{g}/\ell$ ) 순으로 나타났다. 해수에 의한 영향이 있는 지역에서는 원수 중의  $\text{Br}^-$ 농도에 의해 brominated THMs이 큰 비율을 차지한다고 보고하고 있다<sup>24)</sup>. 따라서 brominated THMs이 많이 생성된 것으로 봐서 제주시 수원이 해안가에 위치하고 있어 용천수 중에  $\text{Br}^-$ 을 미량 함유하고 있어 이에 따른 영향인 것으로 사료된다 (Table 2(c) 참조).

Fig. 8은 제주시 각 정수장 처리수의 급수과정별 TTHMs의 월별 농도변화를 나타낸 것으로, 저수조를 거치지 않은 수도꼭지에서의 농도는 정수장에서의 농도와 비슷한 농도로 검출되었으나 저수조를 거친 수도꼭지에서는 저수조를 거치지 않은 급수과정에서 보다 훨씬 높은 농도로 검출됨을 알 수 있었다. 이는 각 정수장 처리수와 저수조를 거친 수도꼭지에서 평균농도로 비교한 Fig. 9에서 보다 명확히 알 수 있는데, 즉, W 정수장의 경우 각각  $9.3 \mu\text{g}/\ell$ ,  $18.1 \mu\text{g}/\ell$ , S 정수장의 경우 각각  $10.0 \mu\text{g}/\ell$ ,

$14.6 \mu\text{g}/\ell$ , B 정수장의 경우 각각  $3.5 \mu\text{g}/\ell$ ,  $5.2 \mu\text{g}/\ell$ , O 정수장의 경우 각각  $3.2 \mu\text{g}/\ell$ ,  $6.5 \mu\text{g}/\ell$ 으로 후자는 전자보다 약 1.5~2배 이상 높은 농도로 검출되었다. 이는 정수장에서 급수되는 음용수가 급수관로에서 체류시간이 짧고(정수장에서 취수지점 까지의 최대거리는 4.5 Km임), 잔류염소와 반응할 수 있는 유기물 등이 거의 존재하지 않기 때문인

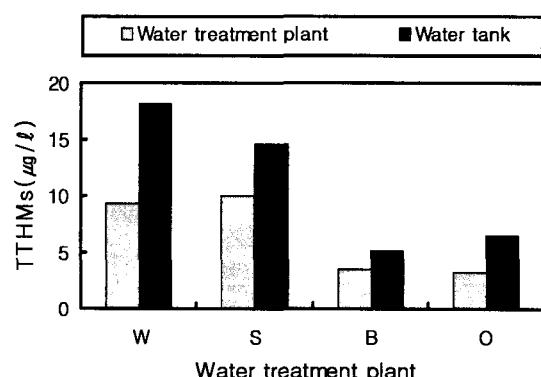


Fig. 9. Comparison of mean TTHMs concentrations between treated water and tap water that passed water tank at each WTP.

것으로 사료된다. 그러나 저수조에 도달한 물은 체류시간이 길고(체류시간은 W5의 경우 9.6시간, S5의 경우 11.6시간, B5의 경우 12.6시간, O5의 경우 11.7시간) 이에 따라 수중에 존재하는 잔류염소와 저수조 중의 유기물 등과 반응하여 THMs을 계속적으로 생성하기 때문인 것으로 판단된다.

Table 7은 제주시와 다른 도시와의 정수장 처리수, 저수조를 통과하지 않은 수돗물 및 저수조를 통과한 수돗물의 TTHMs과 CHCl<sub>3</sub>의 평균농도로 비교하여 나타낸 것으로<sup>25)</sup>, 표에서 보듯이 제주시의 정수장 처리수, 저수조를 통과하지 않은 수돗물 및 저수조를 통과한 수돗물에서 TTHMs 평균농도는 각각 6.5 µg/ℓ, 8.5 µg/ℓ, 11.1 µg/ℓ으로 타도시지역의 위의 각각에 대한 평균농도 20.0~27.5 µg/ℓ, 22.0~31.0 µg/ℓ, 17.5~31.5 µg/ℓ에 비해 각각 0.24~0.33배, 0.27~0.39배, 0.35~0.63배, CHCl<sub>3</sub>의 평균농도는 각각 0.5 µg/ℓ, 0.5 µg/ℓ, 0.5 µg/ℓ으로 타도시지역의 11.7~15.8 µg/ℓ, 14.4~17.9 µg/ℓ, 15.4~16.5 µg/ℓ에 비해 각각 0.032~0.042배, 0.028~0.034배, 0.030~0.032배로 정수장 처리수, 저수조를 통과하지 않은 수돗물 및 저수조를 통과한 수돗물의 TTHMs 및 CHCl<sub>3</sub>은 타도시지역에 비해 매우 낮은 농도를 보임을 알 수 있는데 이는 타 도시지역과 달리 제주시 정수장의 원수는 용천수를 사용하고 있어 수질이 매우 양호하기 때문으로 사료된다.

Table 7. Comparison of mean TTHMs and CHCl<sub>3</sub> concentrations of WTP treated water and tap water that did not pass or passed through water storage tank at Jeju and other cities (unit: µg/ℓ)

City	Item	WTP treated water	Tap water <sup>1)</sup>	Tap water <sup>2)</sup>	Reference
Jeju	TTHMs	2.7~15.8 (6.5±3.8)	2.9~18.9 (8.5±4.1)	3.7~23.9 (11.1±7.7)	This study
	CHCl <sub>3</sub>	0.0~0.9 (0.5±0.2)	0.0~0.9 (0.5±0.3)	0.0~0.9 (0.5±0.1)	
Seoul	TTHMs	1.0~43.0 (20.0±8.5)	0.0~96 (22.0±2.8)	0.0~59 (17.5±2.1)	25
	CHCl <sub>3</sub>	0.5~32.9 (15.8±4.7)	0.0~71.9 (17.9±0.1)	0.0~49.1 (15.4±2.6)	
Busan	TTHMs	9.0~54.0 (23.5±6.4)	1.0~69.0 (27.5±7.8)	6.0~66 (30.0±8.5)	25
	CHCl <sub>3</sub>	1.9~26.3 (11.7±3.9)	0.0~50.6 (14.4±5.2)	2.1~42.4 (15.7±8.1)	
Daegu	TTHMs	15.0~38.0 (27.5±4.9)	4.0~59.0 (31.0±0.0)	12~48 (31.5±3.5)	25
	CHCl <sub>3</sub>	9.6~20.9 (15.4±1.7)	2.4~36.7 (15.1±2.5)	7.3~24.6 (16.5±0.2)	

1) and 2) indicate the tap water that did not pass and passed through water storage tank, respectively.

#### 4. 결 론

제주시의 4개 정수장(W, O, B 및 O 정수장)을 대상으로 하여 2001년 9월부터 2002년 8월까지 1년 동안 정수장 처리수의 급수과정별 수질변화특성을 살펴보기 위해 정수장 처리수, 급수관로 및 저수조를 통과한 음용수와 이를 정수장에 공급되는 원수에 대해 검토하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) NO<sub>3</sub>-N 및 Cl<sup>-</sup>은 각 정수장 처리수의 급수과정에서 농도 변화를 나타내지 않았으나 계절에 따라 변화를 보이는데, 이는 원수의 수질에 기인하는 것으로 사료된다.

2) pH는 S 정수장에서는 급수과정에서 거의 변화가 없었으나 타 정수장에서는 저수조를 통과하지 않은 수도꼭지는 정수장의 pH와 거의 변화가 없었으나 저수조를 통과한 수도꼭지는 pH가 높았는데, 이는 저수조의 재질에 기인하는 것으로 사료된다.

3) 타도는 B 및 O 정수장에서는 정수장 처리수와 거의 변화가 없었으나 W 정수장의 경우 W2 지점, S 정수장의 경우 S4 및 S5 지점은 수도배관의 노후 등에 기인하여 각 정수장의 다른 지점보다 농도가 높게 검출되었다.

4) 잔류염소농도는 저수조를 통과하지 않은 수도꼭지는 잔류염소가 약간 감소하였으나 저수조를 통과한 수도꼭지에서는 잔류염소농도 변화는 비교적 높게 나타났는데, 이는 저수조에서 체류시간이

길어 저수조내의 유기물 등과의 충분한 반응 또는 회발에 의해 소비되었기 때문이라고 사료된다.

5) 제주시 정수장의 처리수의 급수과정에서의 TTHMs 농도범위(평균±표준편차)는 W, S, B 및 O 정수장에 대해 각각  $6.3\sim15.3 \mu\text{g}/\ell$  ( $9.3\pm2.6 \mu\text{g}/\ell$ ),  $5.6\sim15.8 \mu\text{g}/\ell$  ( $10.0\pm3.5 \mu\text{g}/\ell$ ),  $2.7\sim4.6 \mu\text{g}/\ell$  ( $3.5\pm0.56 \mu\text{g}/\ell$ ),  $2.7\sim4.3 \mu\text{g}/\ell$  ( $3.2\pm0.5 \mu\text{g}/\ell$ )이고,  $\text{CHCl}_3$  평균농도는 각각  $0.7 \mu\text{g}/\ell$ ,  $0.5 \mu\text{g}/\ell$ ,  $0.3 \mu\text{g}/\ell$ ,  $0.3 \mu\text{g}/\ell$ 으로 기준치에 훨씬 미치지 않음을 알 수 있었으며, TTHMs 농도는 저수조를 거치지 않은 수도꼭지에서는 정수장에서와 비슷한 농도로 검출되었으나 저수조를 거친 수도꼭지에서는 저수조에서 체류시간 및 잔류염소와 저수조 중의 유기물과 반응에 의해 정수장에서 보다 약  $1.5\sim2$ 배 이상 높은 농도로 검출되었다.

### 참 고 문 헌

- 1) 제주시, 2001, 통계연보 p.145.
- 2) 주대성, 박희경, 1996, 관재질 및 수질변화가 관로내 염소분해상수에 미치는 영향, 대한환경공학회 '96 춘계학술연구발표회 논문초록집, pp. 177-180.
- 3) 이현동, 정원식, 문숙미, 1997, SDLS를 이용한 상수도관로내 수질변화 연구, 대한환경공학회 '97 추계학술연구발표회 논문초록집, pp.284-288.
- 4) 최재호, 왕창근, 1996, 상수도 관망에서의 수질 변화 및 Computer Simulation, 대한환경공학회 '96 춘계학술연구발표회 논문초록집, pp. 354-355.
- 5) Hamzah, A., M. P. Abdullah, S. Sarmani and M. Akbarjohari, 1997, Chemical and bacteriological monitoring of drinking water from an urbanised water catchment drainage basin, Environmental Monitoring and Assessment, 44, 327-338.
- 6) Nissinen, T. K., T. Vartiainen and P. J. Martikainen, 2000, The effect of pipe cleaning on disinfection by-products, Texts of Posters of 1st World Water Congress of the International Water Association, Paris, France, 3-7 July, Np-051.
- 7) Rompre, A., M. Prevost, J. Coallier, P. Brisebois and J. Lavoie, 2000, Impacts of implementing a corrosion control strategy on biofilm growth, Water Sci. Technol., 41(4-5), 287-294.
- 8) Choi, Y. I., D. S. Woo, Y. T. Cho, K. H. Jo and S. H. Nam, 2002, Application of corrosion inhibitors to water distribution system, J. Environ. Sci., 11(5), 411-418.
- 9) LeChevallier, M. W., T. M. Babcock and R. G. Lee, 1987, Examination and characterization of distribution system biofilms, Appl. Environ. Microbiol., 53(12), 2714-2724.
- 10) Emde, K. M., D. W. Smith and R. Facey, 1992, Initial investigation of microbially influenced corrosion(MIC) in a low temperature water distribution system, Water Res., 26(2), 169-175.
- 11) LeChevallier, M. W., C. D. Lowry, R. G. Lee and D. L. Gibbon, 1993, Examining the relationship between iron corrosion and the disinfection of biofilm bacteria, J. AWWA, 85, 111-123.
- 12) Camper, A. K., W. L. Jones and J. T. Hayes, 1996, Effect of growth conditions and substratum composition on the persistence of coliforms in mixed-population biofilms, Appl. Environ. Microbiol., 62(11), 4014-4018.
- 13) LeChevallier, M. W., N. J. Welch and D. B. Smith, 1996, Full-scale studies of factors related to coliform regrowth in drinking water, Appl. Environ. Microbiol., 62(7), 2201-2211.
- 14) Clark, R. M., W. M. Grayman, R. M. Males and A. F. Hess, 1993, Modelling contaminant propagation in drinking-water distribution system, J. Environ. Eng., 119(2), 349-364.
- 15) Clark, R. M., F. Abdesaken, P. F. Boulos and R. E. Mau, 1996, Mixing in distribution system storage tanks: Its effect on water quality, J. Environ. Eng., 122(9), 814-821.
- 16) 고봉선, 이연희, 조용모, 유명진, 1996, 수돗물 칙결급수에 관한 연구, 대한환경공학회 '96 추계학술연구발표회 논문초록집, pp.189-191.
- 17) Rook, J. J., 1974, Formation of haloform during chlorination of natural waters, Water Treat Exam., 23, 234-243.
- 18) Allgeier, G. D., R. L. Jr. Mullins, D. A. Wilding, J. S. Zogorski and S. A. Hubbs, 1980, Trihalomethane levels at selected water utilities in Kentucky, USA, In International Symposium on the Analysis of Hydrocarbons and Halogenated Hydrocarbons in the Aquatic

- Environment(ed. by Afghan, B. K. and D. Mackay), Plenum Press, New York, p.473.
- 19) Srikanth, R., 1997, Chloroform levels in the drinking water of Hyderabad City, India, Environmental Monitoring and Assessment, 45, 195-199.
- 20) 연세대학교, 1996, 지하수·토양 환경 연구소 보고서, 삼양3수원지 수리지질 조사 연구, pp. 81-83.
- 21) Symons, J. M., T. A. Bellar, I. K. Carswell, J. DeMarco, K. L. Kropp, G. G. Robeck, D. R. Seeger, C. J. Slocum, B. L. Smith and A. A. Stevens, 1975, National organic reconnaissance survey for halogenated organics, J. AWWA, 67, 634-639.
- 22) 김교봉, 박성배, 정용, 권숙표, 1987, 상수오염에 따른 Trihalomethane 생성능에 관한 연구-한강수와 도시하천수를 중심으로-, 대한수질보전학회지, 3(2), 44-52.
- 23) 김영진, 이상원, 송미정, 류병순, 1995, 상수계통의 THM생성에 관한 연구, 부산광역시 상수도연구보, pp.21-53.
- 24) 송영철, 1997, 제주도 지하수의 염소처리시 Trihalomethanes의 생성특성에 관한 연구, 제주대학교 대학원 석사학위논문, 52pp.
- 25) 환경부, 2002, 전국수도종합계획 시스템(<http://221.153.133.21>).