

## 제주시내 정수장 수질과 수도전 수질의 비교평가

조 은 일 · 고 은 아\*

제주대학교 토목환경공학전공, \*제주대학교 산업대학원

### Comparative evaluation on the water quality of water treatment plants and a tap in Jeju City

Eun-Il Cho and Eun-A Ko\*

Major of Civil & Environmental Engineering, Cheju National University, Jeju-Do 690-756, Korea

\*Graduate School of Industry, Cheju National University, Jeju-Do 690-756, Korea

The purpose of this study is to investigate the water quality of water treatment plants and a tap in Jeju city. The water quality was compared a tap with five (W, S, B, O and D) water treatment plants (WTPs) of Jeju city. To know characteristics of water quality of a tap and treated water in five water treatment plants, we have sampled and analyzed 3 monthly from May to December in 2004. The difference of water quality between a tap and water treatment plants was not appeared because the secondary water pollution was not happened in pipelines. But sampling time was the great factor. This is not considered to be caused by the sampling time was not estimated. We can think that the secondary water pollution was not happened in pipelines.

**Key words** : a tap, water treatment plants, secondary water pollution, water quality

### 서 론

우리가 사용하는 음용수는 수돗물, 약수, 생수 그리고 지하수 등을 들 수 있다. 최근 들어 토양오염으로 인한 지하수 오염과 수돗물에 대한 오염빈도가 커지면서 사람들은 음용수 수질에 높은 관심을 갖게 되었다. 그리고 생활수준 향상 등으로 고가의 정수처리장치를 구매하여 정수 처리되어 공급된 양질의 상수를 다시 재처리하여 음용수로 사용하는 사람들이 나날이 증가하고 있다. 그런데 양질의 음용수를 얻기 위해 구매한 고가의 정수처리장치가 위생적인 관리 소홀로 인하여 오히려 병원성 미생물을 번식시켜 수인성 질병을 일으킬 수 있는 문제점을 야기하기도 한다.

상수처리시설에서 아무리 정수처리가 잘 이루어진 상수를 공급한다 하더라도 급수관로의 노후화나, 급수지역의 확대로 급수거리가 길어짐으로 인하여 상수의 수질은 체류시간, 수도관의 재질, 부식 상태 등에 따라 화학적 및 생물학적 수질특성이 변하여 상수의 수질이 2차적으로 악화되는 경우가 가끔 발생하고 있다(최와 왕, 1996 ; 주와 박, 1996 ; 이 등, 1997 ; Hamzah et. al., 1997 ; Nissinen et. al., 2000 ; Rompre et. al., 2000 ; Choi 등, 2002).

따라서 본 연구에서는 정수장과 정수장에서 수도전으로 급수되는 과정 중 2차 오염이 발생되어 나타날 수 있는 현상을 조사하기 위해 제주시의 5개소 정수장과 각 정수장별로 두 군데씩의 수도전을 선정하고 매 분기마다 수질검사를 실시하여 각 정수장에서 공

급되는 수질과 각 가정에서 직접 음용으로 이용되는 상수 수질의 차이를 조사하고 비교·평가하였다.

3개월에 한번씩 2004년 3월, 6월 9월 그리고 12월에 채수하여 분석하였다. 그리고 조사 지점은 Table 1과 Fig. 1에 나타내었다.

### 재료 및 방법

#### 수질조사지역 선정

제주시의 5개 정수장(W, S, B, O, 그리고 D정수장)과 각 정수장별 수도전(T1, T2) 2군데씩을 선정하여 3개 지점씩 총 15개씩 정수장과 수도전에 대해

#### 조사항목 및 분석방법

수질검사항목은 먹는물 수질기준에 의거하여 총 50(잔류염소 포함)개 항목 중 수소이온농도, 잔류염소, 염소이온, 질산성질소, 탁도와 아연 총 6개 항목에 대하여 분석하였다.

분석방법은 먹는물 수질 분석법에 의하여 분석하였다.

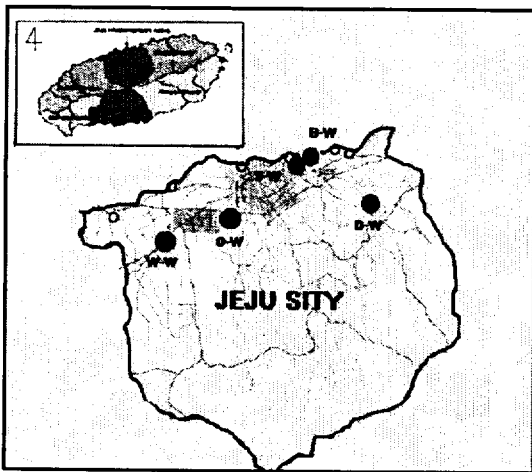


Fig. 1. Location of the sampling sites in Jeju City.

### 결과 및 고찰

#### 수질조사 결과

제주시의 5개 정수장(W, S, B, O, 그리고 D정수장)과 각 정수장별 수도전(T1, T2) 2군데에 대하여 2004년 3개월 별로 수질조사 항목 중 상수도의 급수 과정에서 급수관로의 2차적인 오염에 의하여 수질변화를 일으킬 수 있는 중요한 6개 항목에 대하여 조사한 결과는 다음과 같다.

수질농도변화는 Table 2 ~ Table 7 과 Fig. 2 ~ Fig. 7에 각각 나타내었다.

Table 1. Sampling sites at each station

WTP	Sampling sites	Remark
W	W-W	Water treatment plant
	W-T1	Tap water
	W-T2	Tap water
S	S-W	Water treatment plant
	S-T1	Tap water
	S-T2	Tap water
B	B-W	Water treatment plant
	B-T1	Tap water
	B-T2	Tap water
O	O-W	Water treatment plant
	O-T1	Tap water
	O-T2	Tap water
D	D-W	Water treatment plant
	D-T1	Tap water
	D-T2	Tap water

제주시내 정수장 수질과 수도전 수질의 비교평가

Table 2. The concentration of pH at each station

WTP	Sampling sites	May	June	September	December
W	W-W	7.7	7.6	7.6	7.7
	W-T1	7.8	7.6	7.7	7.7
	W-T2	7.8	7.9	7.7	7.8
S	S-W	7.4	7.2	7.2	7.3
	S-T1	7.4	7.2	7.2	7.3
	S-T2	7.4	7.2	7.2	7.3
B	B-W	7.9	7.7	7.7	7.7
	B-T1	7.9	7.9	7.8	7.8
	B-T2	7.9	7.8	7.8	7.8
O	O-W	7.6	7.5	7.5	7.3
	O-T1	7.5	7.4	7.4	7.3
	O-T2	7.5	7.4	7.4	7.3
D	D-W	8.0	7.8	7.9	7.9
	D-T1	8.0	7.9	7.9	8.0
	D-T2	8.0	7.9	8.0	8.0

Table 3. The concentration of residual chlorine(mg/L) at each station

WTP	Sampling sites	May	June	September	December
W	W-W	0.71	0.74	1.05	0.74
	W-T1	0.63	0.64	1.20	0.70
	W-T2	0.64	0.44	1.22	0.71
S	S-W	0.68	0.64	1.08	0.99
	S-T1	0.80	0.65	1.15	0.91
	S-T2	0.80	0.64	0.90	0.92
B	B-W	0.80	0.91	0.75	0.77
	B-T1	0.77	0.71	0.78	0.89
	B-T2	0.75	0.87	0.77	0.82
O	O-W	1.02	0.81	0.86	0.76
	O-T1	0.86	0.52	0.57	0.80
	O-T2	1.02	0.62	0.85	0.89
D	D-W	0.66	0.73	0.61	0.74
	D-T1	0.20	0.27	0.39	0.61
	D-T2	0.30	0.36	0.46	0.76

수소이온 농도

물속에는 여러 가지 염류나 유리탄산 또는 광산, 유기산 등이 다양한 비율로 포함되어 있어 그 비율에 따라 중성, 산성, 알칼리성을 나타낸다. 일반적으로 자연수에는 pH값이 다른 영향을 받지 않는 한 안정적인 상태이지만, 강우, 지질에 영향을 민감하게 받으며, 공장폐수와 오염물질의 혼입 및 플랑크톤의 발생 등에도 영향을 받는다. 또한 알칼리성 물질이나 산성물질 등의 물질이 혼입되면 민감하게 pH값

이 달라지므로 그 물에 어떤 사고가 일어났는가를 알 수 있다.

이번 총 조사기간 농도의 변화를 보면 7.2 ~ 8.0의 값을 보였고 각 지점별로는 D정수장이 8.0으로 가장 높은 농도를 보였으며 S정수장이 7.2로 가장 낮은 농도를 보였다. 그러나 기간별로는 큰 차이를 보이지 않았다. 수소이온 농도의 경우 지점별이나 기간별로 큰 농도의 차이를 보이지 않았으며 정수장과 수도전에 따른 농도의 변화도 거의 보이지 않았다.

Table 4. The concentration of Cl<sup>-</sup>(mg/L) at each station

WTP	Sampling sites	May	June	September	December
W	W-W	16	48	59	21
	W-T1	17	46	60	22
	W-T2	17	50	65	22
S	S-W	24	24	26	21
	S-T1	22	24	27	21
	S-T2	22	24	24	21
B	B-W	9	9	9	12
	B-T1	9	9	9	17
	B-T2	9	10	9	12
O	O-W	12	13	12	15
	O-T1	12	13	12	16
	O-T2	11	13	12	14
D	D-W	11	10	11	19
	D-T1	15	20	15	25
	D-T2	18	21	22	31

Table 5. The concentration of NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N(mg/L) at each station

WTP	Sampling sites	May	June	September	December
W	W-W	2.0	2.7	2.9	2.8
	W-T1	2.2	2.7	2.3	2.9
	W-T2	2.2	2.7	2.3	2.9
S	S-W	3.5	3.8	4.3	5.6
	S-T1	3.3	3.6	4.2	5.5
	S-T2	3.3	3.7	4.1	5.5
B	B-W	1.7	1.8	2.0	2.5
	B-T1	1.7	1.8	2.0	2.5
	B-T2	1.9	1.9	1.9	2.6
O	O-W	2.1	2.5	2.2	2.6
	O-T1	2.0	2.4	2.2	2.5
	O-T2	2.0	2.4	2.2	2.5
D	D-W	2.8	2.5	2.8	4.2
	D-T1	2.5	2.5	2.8	4.3
	D-T2	2.8	2.5	2.9	4.2

잔류 염소

잔류염소의 경우 원수 중의 미생물 증식 억제 및 급수되는 과정 중 발생하는 2차 오염을 막을 목적으로 투입하는 항목으로 하계에는 0.4 mg/L 이상 유지해야 하며 동계에는 0.2 mg/L 이상 유지해야 한다.

총 조사기간 농도의 변화를 보면 0.20 ~ 1.22 mg/L 의 값을 보였고 각 지점별로는 D-T1이 3월에 가장 낮은 농도인 0.20 mg/L를 보였으며 W-T2가 1.22 mg/L 로 가장 높은 농도를 보였다.

D-T1이 0.2 mg/L의 낮은 값을 보인 것은 채수시 물을 충분히 흘려보내지 않고 관에 정체되어 있는 물을 측정했기 때문으로 보이며, 충분히 관에 고인 물을 흘려보내고 측정을 한다면 훨씬 높은 잔류염소의 값을 볼 수 있다. 조사기간별 분석결과를 보면 12월을 제외한 나머지 기간에는 오히려 정수장의 수도전에서 높은 농도를 보이는 결과가 발생하였는데 이는 정수장에서 급수된 후 유타시기를 고려하여 수도전에서 조사되어야 하나 각 수도전까지 수도관의 길이가 다

Table 6. The concentration of turbidity(NTU) at each station

WTP	Sampling sites	May	June	September	December
W	W-W	0.35	0.24	0.20	0.30
	W-T1	0.39	0.24	0.24	0.32
	W-T2	0.35	0.24	0.25	0.27
S	S-W	0.32	0.35	0.35	0.29
	S-T1	0.35	0.31	0.35	0.25
	S-T2	0.39	0.37	0.32	0.28
B	B-W	0.21	0.26	0.15	0.21
	B-T1	0.21	0.23	0.26	0.21
	B-T2	0.21	0.25	0.26	0.20
O	O-W	0.25	0.26	0.19	0.19
	O-T1	0.26	0.21	0.22	0.28
	O-T2	0.29	0.32	0.19	0.23
D	D-W	0.08	0.08	0.11	0.12
	D-T1	0.08	0.14	0.15	0.25
	D-T2	0.08	0.10	0.11	0.24

Table 7. The concentration of Zinc(mg/L) at each station

WTP	Sampling sites	May	June	September	December
W	W-W	0.003	0.002	0.003	0.005
	W-T1	0.030	0.002	0.004	0.003
	W-T2	0.006	0.002	0.005	0.004
S	S-W	0.005	0.002	0.005	0.004
	S-T1	0.005	0.003	0.009	0.004
	S-T2	0.010	0.050	0.041	0.004
B	B-W	0.001	0.003	0.007	0.005
	B-T1	0.006	0.017	0.016	0.035
	B-T2	0.004	0.005	0.006	0.005
O	O-W	0.005	0.001	0.006	0.007
	O-T1	0.020	0.059	0.080	0.014
	O-T2	0.004	0.007	0.014	0.006
D	D-W	0.003	0.002	0.006	0.002
	D-T1	0.003	0.002	0.007	0.004
	D-T2	0.004	0.004	0.006	0.004

르며 또한 사용되는 상수량에 따라 유하시간이 달라 지므로 유하시간을 정확히 조사하기는 어렵다. 그러므로 본 조사에서는 이를 고려하지 않고 정수장에서 채수하고 난 후 수도전에서 채수한 결과에 의한 것으로 사료된다.

**염소이온**

자연수에는 항상 약간의 염소이온이 함유되어 있으나 이는 대개 지질에서 유래된 것이며, 특히 해안지

방은 해수의 침투, 바람에 불려온 소금기 등이 많다. 그러나 염소이온은 가정 하수, 공장폐수나 분뇨 등이 물에 유입되었을 때 증가하는 경우가 많다. 이런 의미에서 염소이온은 오염의 지표가 될 가능성이 높다는 것이다. 염소이온은 양의 많고 적음보다는 상대적인 변화 즉 갑자기 증가되었을 때가 오염을 나타내는 가능성이 높다.

총 조사기간 동안 염소이온농도의 변화를 보면 9 ~ 65 mg/L의 값을 보였고 각 지점별로는 B정수장과

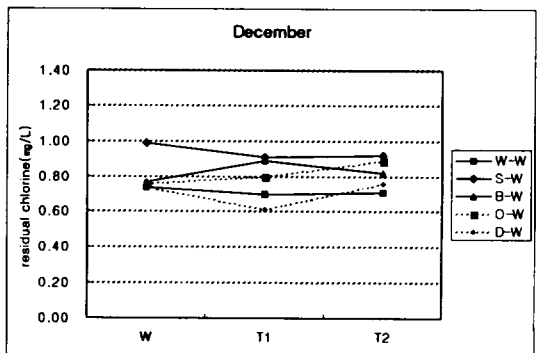
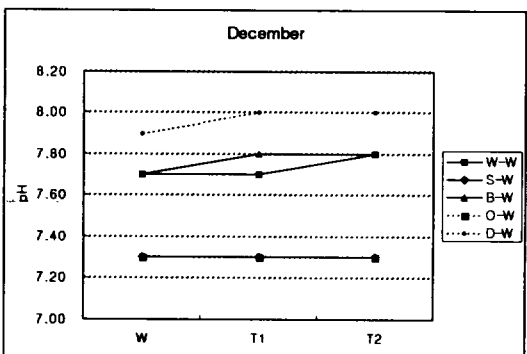
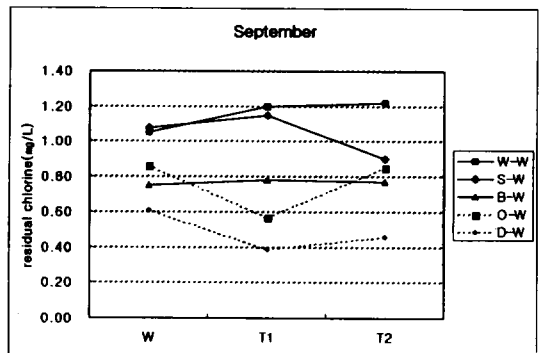
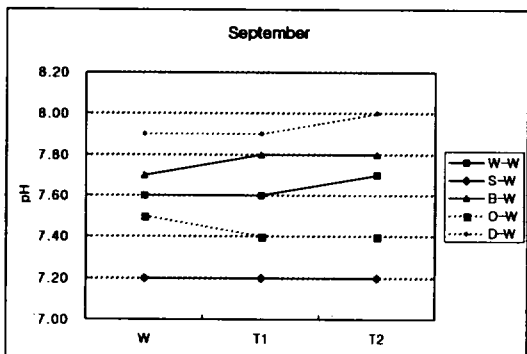
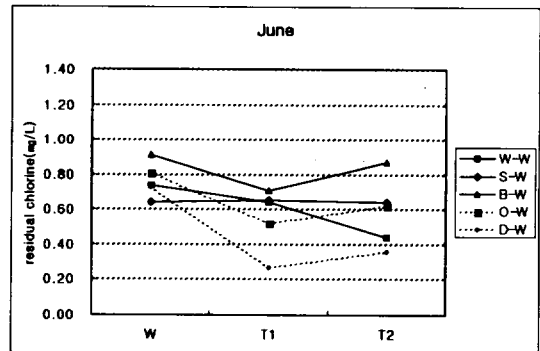
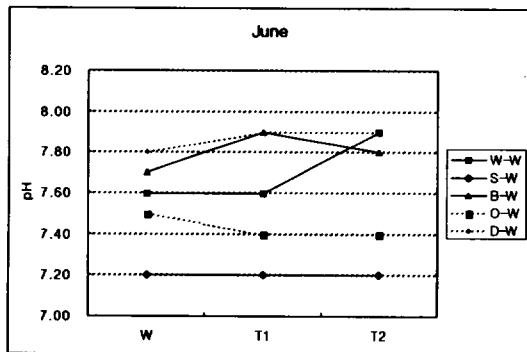
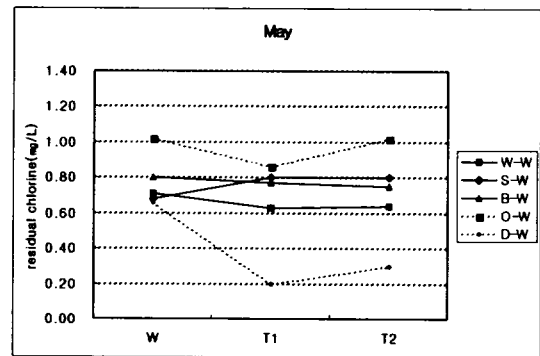
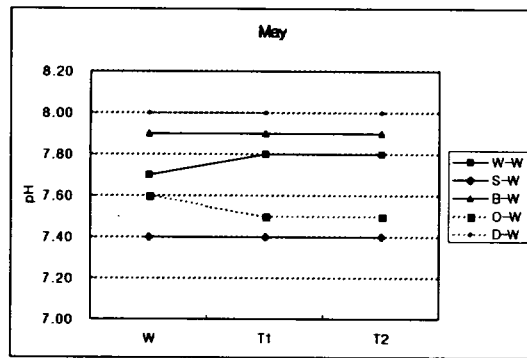


Fig. 2. Monthly variation of pH at each station.

Fig. 3. Monthly variation of residual chlorine(mg/L) at each station.

제주시내 정수장 수질과 수도전 수질의 비교평가

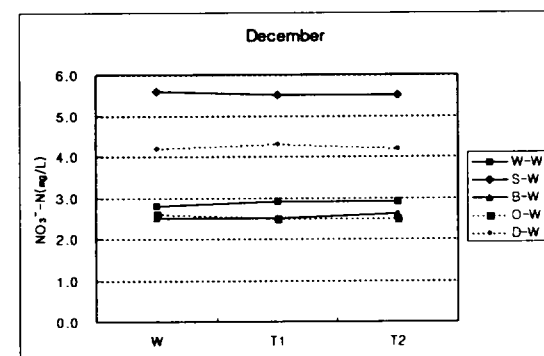
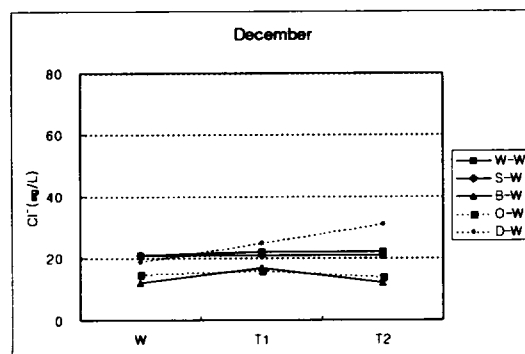
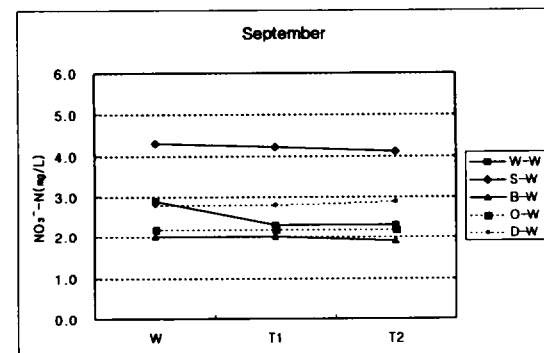
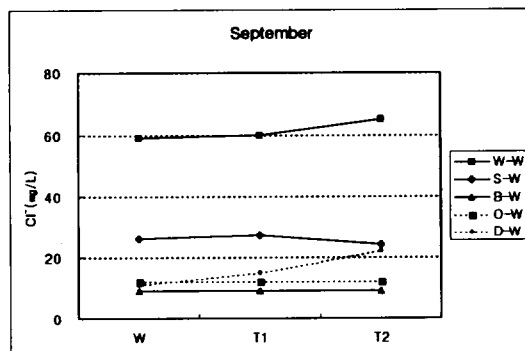
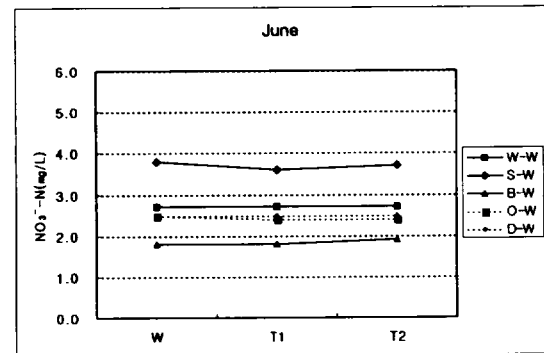
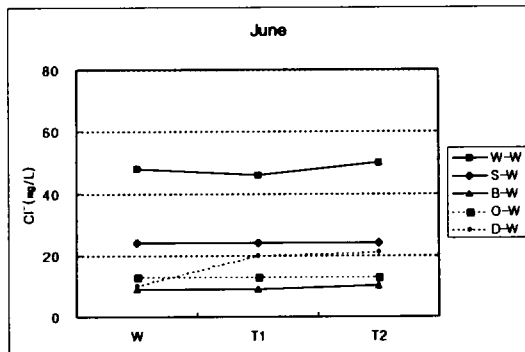
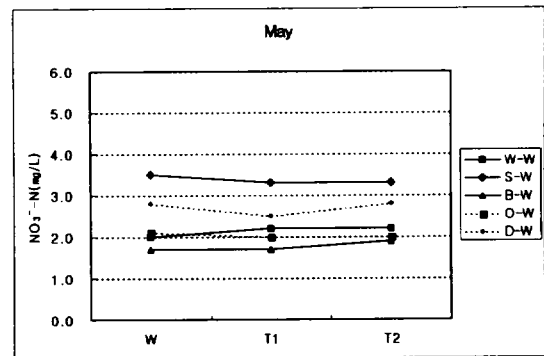
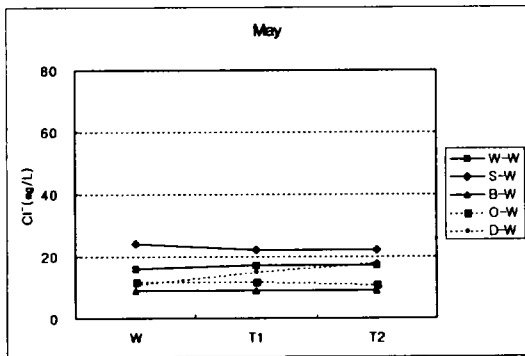


Fig. 4. Monthly variation of Cl<sup>-</sup> (mg/L) at each station.

Fig. 5. Monthly variation of NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N (mg/L) at each station.

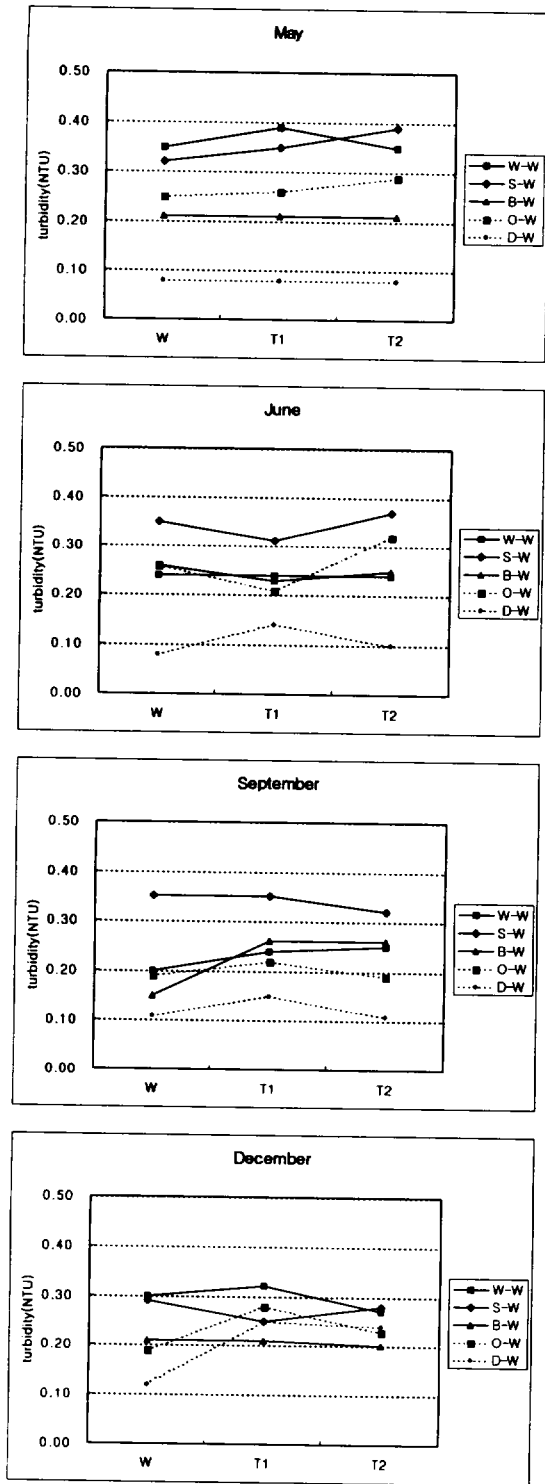


Fig. 6. Monthly variation of turbidity(NTU) at each station.

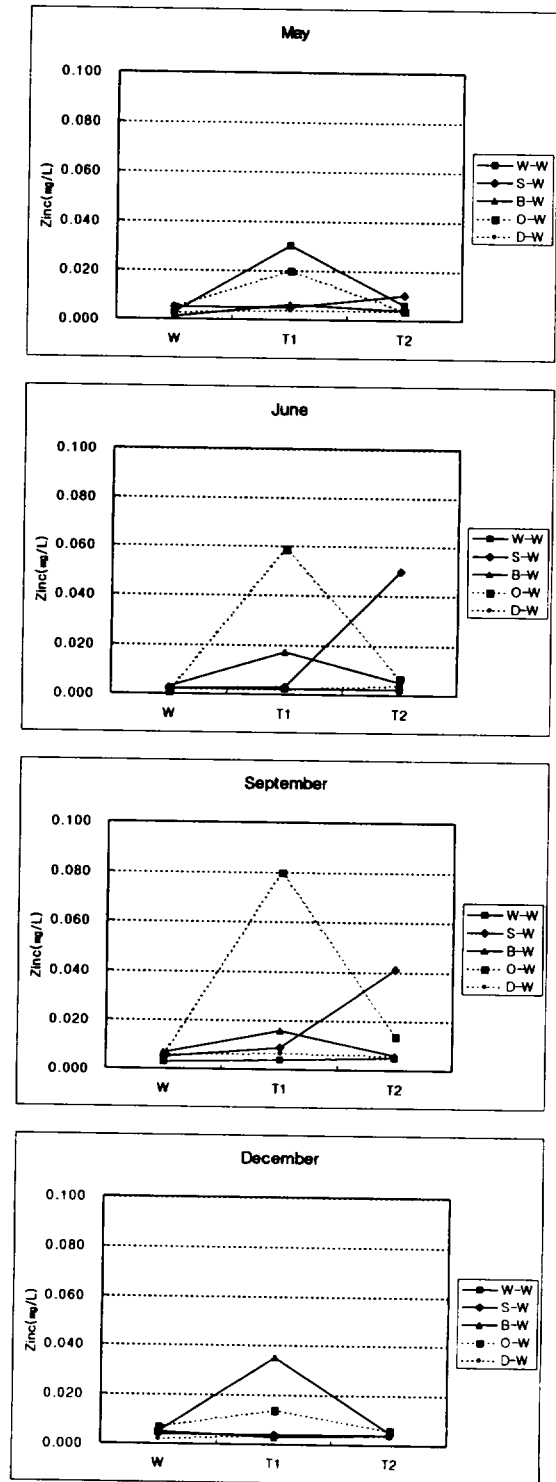


Fig. 7. Monthly variation of Zinc(mg/L) at each station.



수도전에서 12월을 제외한 전 기간동안 가장 낮은 농도인 9 mg/L를 보였으며 W-T2가 9월에 65 mg/L로 가장 높은 농도를 보였다.

각 지점별로 보면 W정수장의 경우 3월, 12월과 6월, 9월의 염소이온농도가 많은 차이를 보이고 있는데 이는 외부 2개의 다른 수원지의 물이 W 정수장으로 송수되면서 이 두 수원지의 상태에 따라 정수장으로 착수되는 물의 비율이 달라지며 또한 정수장으로 투입되는 지하수들의 가동상태에 따라 수질이 일정치가 않고 계속 변동된다. 이러한 원인으로 인하여 염소이온 농도 역시 매일 일정하지 않아 많은 차이를 보이는 것으로 보인다. 그러나 S, B, D 그리고 O정수장에서는 각 정수장과 수도전의 염소이온의 농도변화는 거의 없는 것으로 조사되었다.

**질산성질소**

총 조사기간 질산성질소 농도의 변화를 보면 1.7 ~ 5.6 mg/L의 값을 보였고 각 지점별로는 B-W와 B-T1에서 전 기간동안 가장 낮은 농도인 1.7 mg/L를 보였으며 S-W에서 5.6 mg/L로 가장 높은 농도를 보였다.

각 지점별로 보면 S정수장이 전 기간 동안 다른 조사지점보다 높은 농도를 보이고 있었다.

질산성질소의 경우는 정수장과 수도전(급수1, 2)에서의 농도 변화는 큰 차이를 보이지 않고 거의 일정한 함을 알 수 있었다.

**탁도**

탁도는 물에 떠 있는 미세한 입자의 탁한 정도를 NTU로 표시한 것이다. 수도 말단에서 나온 수도물이 탁한 경우, 배관의 녹, 생활하수, 분뇨, 토사, 화학물질 등의 혼입 등이 원인이지만, 수도원수의 탁한 원인은 점토나 토사에 의한 경우가 많다.

총 조사기간 탁도의 농도 변화를 보면 0.08 ~ 0.39 NTU의 값을 보였고 각 지점별로는 D-T2에서 전 기간동안 가장 낮은 농도인 0.08 NTU를 보였으며 ST2에서는 0.39 NTU로 가장 높은 농도를 보였다. 탁도 변화를 지역별로 보면 다른 항목과 달리 정수장과 수도전에서 약간씩의 농도 변화를 보이기는 하지만, 이는 급수과정 중 급수관에서의 2차적인 오염으로 인한 것으로는 보이지 않고 다만 수도전에서 물 채수시 관

내에 고여 있는 물을 충분히 빼지 않았을 때 일어날 수 있는 현상으로 보인다.

**아연**

총 조사기간 아연의 농도 변화를 보면 0.002 ~ 0.080 mg/L의 값을 보였다.

각 지점별로 보면 W정수장의 경우 3월에 W-T1과 S정수장의 S-T2, B정수장의 B-T1에서는 아연의 농도가 정수장 보다 높게 검출이 되었다. 이것은 단순히 아연의 농도 값으로 보아서는 급수관에 의한 2차적 오염으로 보이기는 하지만 이 지역은 이미 노후수도관 교체공사가 모두 완료된 상태이므로 아마 각 개인 가정으로 들어가는 수도관의 노후에 의하여 아연의 농도가 정수장에서 보다 훨씬 높게 측정된 것으로 사료된다.

O정수장의 O-T1에서도 정수장보다 높은 값이 측정되었는데 이 지역은 아직 노후관 교체 공사가 이루어지지 않아 나타난 현상으로 보인다.

요즘의 수도관들은 과거와는 달리 아연강관을 쓰지 않고 주철관 및 하이브리드P라는 재질의 관을 사용하기 때문에 새로이 수도 급·배수관이 교체된 지역인 경우 관에 의한 아연 성분의 검출은 나타나지 않고 있다.

**수질분석결과에 따른 비교 고찰**

**상수관에 따른 영향**

제주시의 경우 양질의 수도물을 공급하기 위해 수도관 설치가 오래된 지역에 대하여 사업비를 투자하여 노후 급, 배수관을 개량 및 관경확장사업을 추진하고 있다. 이렇게 이루어진 노후관 교체공사로 제주시내 급·배수관의 교체율은 65%에 이른다. 또한 타 시도시에 비해 급수거리가 길지 않아 급수관로에서 생기는 2차적인 오염이 발생하지 않는 것으로 조사 결과 나타났다.

**상수원에 따른 영향**

제주시는 타 시도처럼 각 정수장에 공급되는 수원이 1개소만 있는 것이 아니며 W정수장의 경우는 WD 수원지, LH 수원지, 월산지역 5개소의 지하수 원수가 정수장으로 투입이 되고 있어 수원지 가동현

황과 지하수 가동 현황에 따라 수질이 시시각각 변하고 있다. S정수장은 KS 수원지의 원수만 투입되지만 B정수장물과 혼합이 되어서 각 수도전으로 공급이 되고 있다. B정수장은 SY1, SY2수원지의 원수가 공급되며, O정수장은 YD 수원지, OR 지하수 4개소의 지하수가 투입되며, D정수장인 경우는 SY3수원과 DR지하수 5개소의 지하수가 정수장으로 투입이 되고 있어 W정수장과 마찬가지로 지하수 가동상태에 따라 시시각각 수질이 변하고 있다. 이렇게 수원지의 상황과 지하수의 가동상태에 따라 수질이 시시각각으로 변하므로 정수장에서 채수한 물 또한 항상 일정한 수질을 나타내지는 않는다.

#### 정수장과 수도전과의 조사 방법과 채수시기에 따른 영향

전 조사항목에 따른 경향을 보면 정수장과 수도전에서의 농도 차이를 보이는 경우가 있으나 이는 채수 시점에 따라 같은 정수장의 물이 공급이 되더라도 채수 시 관에 고여 있는 물을 충분히 흘려보내고 채수한 물과 그렇지 않은 물을 채수했을 때 나타나는 현상임을 알 수 있다. 또 정수장과 수도전에서의 수질 농도 차이를 보이는 것은 단지 채수시의 문제점과 정수장에 공급하고 있는 물과 수도전에서 채수한 물의 시간 차이로 인해 수질자체의 변화를 보이는 것으로 사료된다.

### 결 론

제주시의 5개소 정수장과 각 정수장별로 두 군데씩의 수도전을 선정하고 2004년 3월, 6월, 9월 그리고 12월에 수질검사를 실시하여 조사, 비교한 결과는 다음과 같다.

상수관에 따른 영향을 보면 제주시는 타시도에 비해 급수거리가 길지 않고, 노후된 급·배수관로의 교체사업이 이루어져 급수관로에서 생기는 2차적인 오염이 발생하지 않는 것으로 조사 결과 나타났다. 그러나 아직 일부 노후관 교체공사가 진행되지 않은 곳은 급·배수관에 의한 오염으로 일부 항목은 검출이 되기도 하였으나 이는 수질기준에 훨씬 미치지 못하

는 정도이다. 하지만 시민의 보건향상 및 위생적인 상수공급을 위해서는 하루 빨리 노후관 교체 공사가 이루어져야 될 것으로 사료된다.

상수원에 따른 영향을 보면 수원지에서 정수장으로 송수되는 물의 수질은 수원지의 상황과 지하수의 가동상태에 따라 수질이 시시각각으로 변하므로 정수장에서 채수한 물 또한 항상 일정한 수질을 나타내지 않는다.

정수장과 수도전(급수1, 2) 조사 방법과 채수시기에 따른 영향을 보면 물 채수시의 문제점, 정수장에서 공급하고 있는 물과 수도전에서 채수한 물의 시간 차이로 인해 수질자체의 변화를 보이고 있다.

이상의 결과로 제주시의 정수장과 수도전에서의 수질 변화는 거의 없으므로 상수 공급 시 발생할 수 있는 급수관에서의 2차 오염이 발생하지 않는 것으로 사료된다.

### 참고문헌

- 이현동 · 정원식 · 문숙미. 1997. SDLS를 이용한 상수도관로내 수질변화 연구. 대한환경공학회 '97 추계 학술연구발표회 논문초록집, pp. 284-288.
- 주대성 · 박희경. 1996. 관재질 및 수질변화가 관로내 염소분해상수에 미치는 영향. 대한환경공학회 '96 추계 학술연구발표회 논문초록집, pp. 177-180.
- 최재호 · 왕창근. 1996. 상수도 관망에서의 수질변화 및 Computer Simulation. 대한환경공학회 '96 추계 학술연구발표회 논문초록집, pp. 354-355.
- 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.
- 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.

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.

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.

