

## 대규모 음용수 저장시설의 수질평가

영남대학교 의과대학 예방의학교실

김석범 · 강복수 · 정종학

### 서 론

우리나라는 1960년대 이후 산업화와 도시화가 가속화되어 도시인구가 1960년에 28.0%이던 것이 1985년에는 64.0%였고 이러한 추세는 계속되어 2,000년에는 77.2%에 달할 것으로 추계된다.<sup>1)</sup>

도시인구의 증가는 1인당 주거면적을 감소시켜 전통적인 단독주택형태에서 집단주거형태인 아파트 형태의 주택으로 변화를 초래하였다. 1975년 우리나라 주택 현황은 단독주택이 92.6%, 아파트가 1.9%이던 것이, 1985년에는 단독주택이 80.2%, 아파트가 13.9%로 아파트가 급속히 증가하였으며, 이러한 증가추세는 계속될 것으로 예상된다.<sup>2)</sup> 이러한 주택형태의 변화로 상수공급 체계의 변화를 초래하였다.

단독주택의 경우, 상수는 정수장에서 급수관을 거쳐 각 가정의 수도관으로 바로 공급되지만 아파트단지의 상수는 급수관에서 일정한 저장시설을 통하여 각 세대에 공급된다. 이러한 점을 감안하면 단독주택과 아파트의 음용수 수질은 서로 차이가 있을 것으로 생각된다.

다른 연구자들<sup>3,4)</sup>도 대규모 음용수 저장시설의 위생상태가 불량하거나, 저장기간이 오래될 경우에는 음용수에 물리화학적 및 미생물학적인 변화가 있다고 보고한 바 있다.

이러한 견지에서 본 저자들은 대구시내 일부 아파트의 음용수를 대상으로 수질검사를 실시하여 그 실태를 파악하고 위생적인 음용수를 공급하기 위하여 대규모 음용수 저장시설의 관리방안과 개선방향을

제시하고자 본 연구를 시도하였다.

### 재료 및 방법

대구시 6개구에서 각 2개소의 아파트와 대조군으로 각 1개소의 단독주택을 선정하여 총 18개소에 대해 1987년 5월 중순, 8월 중순, 10월 중순, 3회에 걸쳐 수질검사를 실시하였다.

검수의 채수는 깨끗하고 멸균소독한 350ml용량의 채수병을 이용하여 가정급수전에서 물을 얼마간 방류시킨 후 채수하였다.

각종 검사는 채수후 8시간 이내에 현장 또는 실험실에서 실시하였다.

검사 방법은 미국의 standard methods for the examination of water and waste water에 따랐다.<sup>7)</sup>

이화학적 검사로서 PH는 Corning사의 PH meter 130을 이용하였고, 잔류염소(residual chlorine)는 현장에서 ortho-toluidine법을 이용하여 비색정량하였으며 아질산성 질소(nitrite nitrogen)는 Gress-Romijn법으로 정성검사하여 발색되면 양성으로 판정하고 sulfamine-naphthylethylenediamine법으로 정량검사하였다.

미생물학적 검사로서는 일반세균수(standard plate count)를 nutrient agar배지에 검수 1ml를 37°C 24시간 배양하여 Quebec colony counter등을 이용하여 계산했으며, 대장균군검사는 lactose broth, brilliant green lactose bile(BGLB) broth, 그리고 eosine methylene blue(EMB)배지를 이용하여 추정, 확정, 원전시험을 거쳐 most probable number(MPN)를 계산하였다.

수질관정의 기준은 1984년 3월 31일 보건사회부

령 제 744호, '음용수의 수질기준등에 관한 규칙'에 준하였다.

성 적

이화학적검사성적으로, pH치는 최저치 6.80에서 최고치 8.10으로 모두 정상범위인 5.8~8.5 사이에 속했고 아파트군은 52.8%가 7.5~7.9범위에 분포하였고, 단독주택군은 66.7%가 7.0~7.4 범위에 있었다.

잔류염소치는 아파트군은 최저치가 0.01ppm였고, 최고치가 0.8ppm였으며, 0.2ppm미만이 16.7%였고 단독주택군은 최저치가 0.01ppm였고, 최고치가 0.9ppm였으며, 0.2ppm미만이 5.6%였고 0.2ppm 이상이 94.4%였다. 계절별 잔류염소의 관찰에서

아파트군은 봄, 여름철에 0.2ppm미만인 경우가 각각 25.0%로 나타났으나, 단독주택군에서는 봄철만이 16.7%이었다.

아질산성 질소치는 아파트군에서만 2.8%가 양성 이었고, 정량검사치는 0.02ppm였으며, 계절적으로는 여름에 1회 양성 결과가 나왔고, 단독주택군에서는 모두 음성이었다(Table 1).

미생물학적 검사성적은 일반세균수가 ml당 100개를 초과하는 경우가 아파트군은 11.1%였고, 단독주택군도 11.1%였다. 계절적으로는 아파트군이 여름에 16.7%로 가장 높았고, 단독주택군은 봄과 여름이 각각 16.7%로 가장 높았다.

대장균군검사에서 MPN이 1.8을 초과하는 경우가 아파트군이 27.8%였고, 단독주택군이 33.3%였

Table 1. Physico-chemical findings of tap water in apartment and independence house by season

Item of test	Spring		Summer		Autumn		Total	
	Apartment	Independence	Apartment	Independence	Apartment	Independence	Apartment	Independence
PH. values								
6.5-6.9	- ( - )	- ( - )	1 (18.3%)	- ( - )	- ( - )	- ( - )	1 (2.7%)	- ( - )
7.0-7.4	3 (25.0%)	3 (50.0%)	6 (50.0)	5 (83.3%)	6 (50.0%)	4 (66.7%)	15 (41.8)	12 (66.7%)
7.5-7.9	8 (66.7)	3 (50.0)	5 (31.7)	1 (16.7)	6 (50.0)	2 (33.3)	19 (52.8)	6 (33.3)
8.0+	1 (18.3)	- ( - )	- ( - )	- ( - )	- ( - )	- ( - )	1 (2.7)	- ( - )
Residual chlorine (ppm)								
0.0-0.2	3 (25.0)	- ( - )	3 (25.0)	1 (16.7)	- ( - )	- ( - )	6 (16.7)	1 (5.6)
Over 0.2	9 (75.0)	6 (100.0)	9 (75.0)	5 (83.3)	12 (100.0)	6 (100.0)	30 (83.3)	17 (94.4)
Nitrite nitrogen								
Negative	12 (100.0)	6 (100.0)	11 (91.7)	6 (100.0)	12 (100.0)	6 (100.0)	35 (97.2)	18 (100.0)
Positive	- ( - )	- ( - )	1 (8.3)	- ( - )	- ( - )	- ( - )	1 (2.8)	- ( - )

Table 2. Microbiological findings of tap water in apartment and independence house by season

Item of test	Spring		Summer		Autum		Total	
	Apartment	Independence	Apartment	Independence	Apartment	Independence	Apartment	Independence
Standard plate count per ml								
0 - 100	11 (91.7%)	5 (83.3%)	10 (83.3%)	5 (83.3%)	11 (91.7%)	6 (100.0%)	32 (88.9%)	16 (88.9%)
Over 100	1 (8.3)	1 (16.7)	2 (16.7)	1 (16.7)	1 (8.3)	- ( - )	4 (11.1)	2 (11.1)
Coli-form group per 100ml								
0 - 1.8	10 (83.3)	4 (66.7)	8 (66.7)	4 (66.7)	8 (66.7)	4 (66.7)	26 (72.2)	12 (66.7)
Over 1.8	2 (16.7)	2 (33.3)	4 (33.3)	2 (33.3)	4 (33.3)	2 (33.3)	10 (27.8)	6 (33.3)

다. 계절적으로는 아파트군이 여름과 가을이 33.3%로 가장 높았고, 단독주택군은 계절에 따른 차이가 없었다(Table 2).

아파트군에서 잔류염소치, 아질산성 질소, 일반세균수 및 대장균군검사성적을 서로 비교하면, 잔류염소치 0.2ppm미만인 경우가 16.7%인데 그 중에

서 아질산성 질소가 양성인 것이 16.7%, 일반세균수가 ml당 100개를 초과하는 경우가 50.0%, 대장균군의 MPN이 1.8 이상인 것이 33.3%였다.

아질산성 질소 양성인 경우가 2.8%인데 모두가 잔류염소치 0.2ppm미만, 일반세균수 ml당 100개 초과, 대장균군 MPN 1.8 이상이였다.

**Table 3.** Correlation between residual chlorine, nitrite nitrogen, standard plate count and coli-form group of tap water in apartment

Item of test	No. examined	Residual chlorine (ppm)		Nitrite nitrogen		Plate count per ml		Coli-form group per 100ml	
		0-0.2	Over 0.2	Negative	Positive	0-100	Over 100	0-1.8	Over 1.8
<b>Residual chlorine (ppm)</b>									
0-0.2	6	6 (100.0%)	- ( - )	5 (83.3%)	1 (16.7%)	3 (50.0%)	3 (50.0%)	4 (66.7%)	2 (33.3%)
Over 0.2	30	- ( - )	30 (100.0%)	30 (100.0)	- ( - )	29 (96.7 )	1 ( 3.3 )	22 (73.3 )	8 (26.7 )
<b>Nitrite nitrogen</b>									
Negative	35	5 (14.3 )	30 (85.7 )	35 (100.0)	- ( - )	32 (91.4 )	3 ( 8.6 )	26 (74.3 )	9 (25.7 )
Positive	1	1 (100.0)	- ( - )	- ( - )	1 (100.0)	- ( - )	1 (100.0)	- ( - )	1 (100.0)
<b>Standard plate count per ml</b>									
0-100	32	3 ( 9.4 )	29 (90.6 )	32 (100.0)	- ( - )	32 (100.0)	- ( - )	25 (78.1 )	7 (21.9 )
Over 100	4	3 (75.0 )	1 (25.0 )	3 (75.0 )	1 (25.0 )	- ( - )	4 (100.0)	1 (25.0 )	3 (75.0 )
<b>Coli-form group per 100 ml</b>									
0-1.8	26	4 (15.4 )	22 (84.6 )	26 (100.0)	- ( - )	25 (96.2 )	1 ( 3.8 )	26 (100.0)	- ( - )
Over 1.8	10	2 (20.0 )	8 (80.0 )	9 (90.0 )	1 (10.0 )	7 (70.0 )	3 (30.0 )	- ( - )	10 (100.0)

**Table 4.** Correlation between residual chlorine, standard plate count and coli-form group of tap water in independence house

Item of test	No. examined	Residual chlorine (ppm)		Plate count per ml		Coli-form group per 100ml	
		0-0.2	Over 0.2	0-100	Over 100	0-1.8	Over 1.8
<b>Residual chlorine (ppm)</b>							
0-0.2	1	1 (100.0%)	- ( - )	- ( - )	1 (100.0%)	- ( - )	1 (100.0%)
Over 0.2	17	- ( - )	17 (100.0%)	16 (94.1%)	1 ( 5.9 )	12 (70.6%)	5 (29.4 )
<b>Standard plate count per ml</b>							
0-100	16	- ( - )	16 (100.0 )	16 (100.0)	- ( - )	12 (75.0 )	4 (25.0 )
Over 100	2	1 (50.0 )	1 (50.0 )	- ( - )	2 (100.0 )	- ( - )	2 (100.0 )
<b>Coli-form group per 100ml</b>							
0-1.8	12	- ( - )	12 (100.0 )	12 (100.0)	- ( - )	12 (100.0)	- ( - )
Over 1.8	6	1 (16.7 )	5 (83.3 )	1 (66.7 )	2 (33.3 )	- ( - )	6 (100.0 )

일반세균수가  $\text{mL}$ 당 100개를 초과하는 경우가 11.1%인데, 그 중에서 잔류염소치 0.2ppm미만인 것이 75.0%, 아질산성 질소 양성인 것이 25.0%, 대장균군 MPN 1.8이상인 것이 75.0%였다.

대장균군의 MPN이 1.8 이상인 것이 33.3%인데 그중 잔류염소치 0.2ppm미만인 것이 20.0%, 아질산성 질소 양성인 것이 10.0%, 일반세균수가  $\text{mL}$ 당 100개이상인 것이 30.0%였다(Table 3).

단독주택군에서 잔류염소치, 일반세균수, 및 대장균군검사성적을 서로 비교하면, 잔류염소치 0.2ppm미만인 경우가 5.6%인데 그 중 일반세균수가  $\text{mL}$ 당 100개를 초과하는 경우가 100.0%, 대장균군의 MPN이 1.8 이상인 것이 100.0%였다.

일반세균수가  $\text{mL}$ 당 100개를 초과하는 경우가 11.1%인데 그중 잔류염소치 0.2ppm미만인 것이 50.0%, 대장균군의 MPN이 1.8 이상인 것이 100.0%였다.

대장균군의 MPN이 1.8이상인 경우가 33.3%인

데 이중 잔류염소치 0.2ppm미만인 것이 16.7%, 일반세균수가  $\text{mL}$ 당 100개를 초과하는 경우가 33.3%였다(Table 4).

아파트의 건립년수와 잔류염소치, 아질산성 질소, 일반세균수 및 대장균군 검사성적을 비교하면, 건립년수 5년미만인 9개 표본에서 잔류염소치 0.2ppm미만, 아질산성 질소 양성 및 일반세균수  $\text{mL}$ 당 100개 이상인 경우는 1건도 없었으며, 대장균군의 MPN이 1.8이상인 것이 2건 이었다.

건립년수 5년에서 10년사이인 15개 표본에서 잔류염소치 0.2ppm미만, 아질산성 질소 양성 및 일반세균수  $\text{mL}$ 당 100개 이상인 경우는 1건도 없었으며, 대장균군의 MPN이 1.8이상인 것이 3건이었다.

건립년수가 10년이상인 12개 표본에서 잔류염소치 0.2ppm미만인 것이 6건, 아질산성 질소 양성이 1건, 일반세균수  $\text{mL}$ 당 100개 이상인 것이 4건이었고, 대장균군의 MPN이 1.8이상인 것이 5건이었다(Table 5).

Table 5. Chemico-microbiological findings of tap water in apartment by years since construction

Years since construction	No. examined	Residual chlorine (ppm)		Nitrite nitrogen		Plate count per ml		Coli-form group per 100ml	
		0 - 0.2	Over 0.2	Negative	Positive	0 - 100	Over 100	0 - 1.8	Over 1.8
< 5	9 (25.0%)	- ( - )	9 (100.0%)	9 (100.0%)	- ( - )	9 (100.0%)	- ( - )	7 (77.8%)	2 (22.2%)
5 - 10	15 (41.7)	- ( - )	15 (100.0)	15 (100.0)	- ( - )	15 (100.0)	- ( - )	12 (80.0)	3 (20.0)
> 10	12 (33.3)	6 (50.0%)	6 (50.0)	11 (91.7)	1 (8.3%)	8 (66.7)	4 (33.3%)	7 (58.3)	5 (41.7)
Total	36 (100.0)	6 (16.7)	30 (83.3)	35 (97.2)	1 (2.8)	32 (88.9)	4 (11.1)	26 (72.2)	10 (27.8)

## 고 찰

음료수는 인간생활에 필수불가결한 요소임에 틀림없지만, 소화기계통의 전염병 매개체로서 중요한 역할을 하는 것도 사실이다. 특히, 일정기간동안 저장되는 물은 이화학적인 변질뿐만 아니라 미생물의 증식가능성도 높아져서 수인성 질환의 유발가능성이 높다.<sup>3,4)</sup>

최근, 급속히 증가된 아파트단지의 상수 공급체계는 일정한 형태의 저장탱크를 통하여 각 세대에 공급됨으로 저장기간이 길거나 탱크의 위생상태가 불

량할 경우에는 음용수로서 부적당한 상태로 이용될 가능성이 높다.

이에 저자들은 대구시내 아파트 12개소와 단독주택 6개소의 가정급수선의 상수를 채취하여 이화학적 및 미생물학적 검사를 실시하였다.

본 성적을 음용수 수질기준에 의하여 관찰하여 보면 pH치의 경우, 아파트군과 단독주택군 모두가 기준치내에 속했다.

잔류염소치 0.2ppm미만인 경우, 아파트군이 16.7%로 단독주택군 5.6%보다 높았다. 아질산성 질소 양성인 경우 아파트군에서는 2.8%였으나 단독주택군에서는 관찰할 수 없었다.

잔류염소치와 아질산성 질소를 기준하면 아파트군이 단독주택군보다 수질상태가 불량하였다. 일반세균수가  $\text{mL}$ 당 100개를 초과하는 경우, 아파트군과 단독주택군 모두가 11.1%였다. 대장균군 검사에서 MPN이 1.8을 초과하는 경우, 단독주택군군이 33.3%로 아파트군의 27.8%보다 높았으며 이 성적은 정동<sup>8)</sup>의 서울시 수도수중 대장균군 양성률 14%에 비하면 훨씬 높게 나타났으나 이에 대해서는 추후 반복검사가 필요할 것으로 생각된다.

잔류염소치, 아질산성 질소, 일반세균수 및 대장균군의 검사결과 4가지 검사 모두에서 음용수로서 부적당한 경우가 아파트군에서는 2.7%였으나 단독주택군에서는 관찰되지 않았다. 3가지 검사에서 부적당한 경우가 아파트군 2.7%, 단독주택 5.6%였으며, 2가지 검사에서 부적당한 것이 아파트군 8.3%, 단독주택군 5.6%였으며, 1가지 검사에서 부적당한 것이 아파트군 25%, 단독주택군 22.2%로 나타났다. 4가지 검사중 한가지 이상에서 음용수로서 부적당하게 나타난 경우가 아파트군이 38.7%이고 단독주택군이 33.4%이었다.

잔류염소치, 일반세균수, 대장균군 검사의 상호 비교에서 잔류염소치 0.2ppm미만일 때 일반세균수가  $\text{mL}$ 당 100개 이상인 것이 아파트군은 50.0%, 단독주택군은 100.0%인데 반해, 잔류염소치 0.2ppm이상일 때 일반세균수가  $\text{mL}$ 당 100개 이상인 것은 아파트군 3.3%, 단독주택군 5.9%로 잔류염소치와 일반세균수 사이에는 연관성이 있었다.

대장균군의 MPN이 1.8이상일 때 일반세균수가  $\text{mL}$ 당 100개이상인 것이 아파트군은 30.0%, 단독주택군은 33.3%인데 반해, MPN이 1.8이하일 때 일반세균수가  $\text{mL}$ 당 100개이상인 경우는 아파트군이 3.8%이었고, 단독주택군에서는 모두 음성으로 대장균군과 일반세균수사이에도 연관성이 있었다.

아파트의 건립년수가 10년미만인 경우에는 4가지 검사항목중 대장균군에서만 음용기준에 부적당한 것이 20.8%였으나, 건립년수가 10년이상인 경우에는 음용기준에 부적당한 것이 아질산성 질소가 8.

3%, 일반세균수에서 33.3%, 그리고 대장균군검사에서 41.7%였다. 따라서, 아파트의 건립년수가 길수록 수질이 좋지 않은 것으로 나타났다.

이상을 종합하여 보면 단독주택의 수질이 아파트의 수질보다 비교적 양호한 것으로 나타났다. 따라서 아파트의 음용수저장탱크에 대한 주기적인 청소와 탱크외부의 위생적인 관리가 요망되며 특히, 건립년수가 긴 아파트의 노후된 저장탱크는 교체가 요구된다.

## 요 약

대구시내 6개구에서 각 2개소의 아파트와 각 1개소의 단독주택을 선정하여 총 18개소의 가정상수를 1987년 5월 12일에서 10월 15일 사이에 봄, 여름, 가을 3회에 걸쳐 채취하여 이화학적 및 미생물학적 수질검사를 시행하였다.

pH치는 최저 6.80에서 최고 8.10으로 모두 정상범위였으며, 잔류염소치 0.2ppm미만인 경우가 아파트군 16.7%, 단독주택군 5.6%였다. 아질산성 질소양성은 아파트군에서만 2.8%로 나타났다.

일반세균수가  $\text{mL}$ 당 100개이상인 경우는 아파트군 11.1%, 단독주택군 11.1%였고, 대장균군의 MPN이 1.8이상인 경우가 아파트군 27.8%, 단독주택군 33.3%였다.

잔류염소치, 아질산성 질소, 일반세균수 및 대장균군 검사에서 4가지 모두 음용기준에 부적당한 것은 아파트군에서만, 2.7%였고, 3가지 검사에서 부적당한 것이 아파트군 2.7% 단독주택군 5.6%, 2가지 검사에서 부적당한 것이 아파트군 8.3% 단독주택군 5.6%, 1가지 검사에서 부적당한 것이 아파트군 25.0% 단독주택군 22.2%였다.

이화학적 및 미생물학적 검사성적의 상호비교에서 잔류염소치와 일반세균수 사이에, 그리고 대장균군수와 일반세균수 사이에 연관성이 있었다.

아파트의 건립년수가 길수록 수질이 좋지 않은 것으로 관찰되었다.

## 참 고 문 헌

1. 남철현·김혜연·홍현주·서미경 : 인구 보건지표 및 통계. 한국인구보건연구원, 서울, 1984, p. 59.
2. 건설부 : 건축통계연감. 서울, 1987.
3. Last, J. M. : Preventive medicine and public health. 12th ed., Applton-Century-Crofts, New York, 1986, pp.813-817.
4. Andersen, L. P., Jorgensen, P. E., Jakobsen, E. B., and Jessen, B. : Evaluation of a bacteriological screening method for drinking water control on boardships. *Military Medicine*, 151(10) : 519-521, 1986.
5. Moulin, G. C., Skea, W. M., and Bartolini, B. A. : Microbiologic assessment of drinking water potability during brigade operations. *Military Medicine*, 151(11) : 570-573, 1986.
6. Greenberg, A. E., Trussell, R. R., and Clesceri, L. S. : Standard method for the examination of water and wasted water. 16th ed., Washington, D. C., 1985, pp.886-901.
7. 김영환·이상봉 : 환경위생학실습. 녹원출판사, 서울, 1987, pp. 91-92.
8. 정문식·김문소·노병의 : 서울시 수도수중 대장균군 조사연구. *최신의학*, 15(3) : 84-87, 1972.

— Abstract —

## Physico-chemical and Microbiological Analysis of Tap Water in the Apartment in Taegu City

Seok Bhum Kim, Pock Soo Kang, and Jong Hak Chung

*Department of Preventive Medicine and Public Health  
College of Medicine, Yeungnam University  
Taegu, Korea*

The drinking water in the apartment is stored in reservoir tank and thereafter supplied each household. In case the drinking water is stored too long or insanitary, tap water might change in quality.

This study was carried out to evaluate the physico-chemical and microbiological conditions of 36 samples of tap water of apartments compared to 18 samples of tap water of independence houses in Taegu City from May to October, 1987.

Main findings are summarized as follows :

PH values were within normal range in all samples. Samples less than 0.2ppm in residual chlorine accounted for 16.7% in the apartment and 5.6% in the independence house. Nitrite nitrogen was detected 2.8% of apartment samples only.

Among the total of 54 samples, 11.1% of the apartment and independence samples were over the normal value in standard plate count. Samples more than 1.8 of most probable number(MPN) accounted for 27.8% in the apartment and 33.3% in the independence house.

In result of test for residual chlorine, nitrite nitrogen, standard plate count, and MPN, the proportion of the samples revealed inappropriated in respect of drinking water standards. In case of all sorts of tests was 2.7% in apartment and nothing in independence houses, in case of 3 sorts of tests was 2.7% in apartment and 5.6% in independence houses, in case of 2 sorts of tests was 8.3% in apartment and 5.6% in independence houses, and in case of only 1 test was 25.0% in apartment and 22.2% in independence houses.

Correlation between residual chlorine and standard plate count, and between standard plate count and MPN were observed.

It was found that the more years since construction of apartment were, the worse tap water was in quality.