

## 상수도계통에서의 세균 분포 및 변화

박성주 · 조재창 · 김상종\*

서울대학교 자연과학대학 미생물학과

1991년 9월부터 1992년 9월까지 23회에 걸쳐 서울시 구의정수장의 상수도계통 즉 원수와 정수 및 이곳에서 공급되는 단일 배급수계통의 3개 수도물에서 종속영양세균(heterotrophic plate count; HPC)과 장내세균(Enterobacteriaceae; total coliforms)의 분포를 조사하였다. R<sub>2</sub>A 환천배지에서의 종속영양세균수는 원수  $1.22 \times 10^3 \sim 3.05 \times 10^6$ , 정수  $1.50 \times 10^1 \sim 4.29 \times 10^3$ , 수도물  $2 \sim 5.41 \times 10^3$  cfu/ml의 범위였고, mENDO-LES 환천배지에서의 장내세균수는 원수 0.1~8200 cfu/ml, 정수 0~17.5 cfu/100 ml, 수도물 0~47.5 cfu/100 ml의 범위였으며, m-T7 환천배지에서의 손상된 장내세균을 포함하는 장내세균수는 정수 0~27, 수도물 0~35 cfu/100 ml의 범위였다. 이러한 결과로부터 정수장에서 공급된 물이 배급수관을 통하여 공급되면서 종속영양세균 및 장내세균의 개체수가 증가하는 세균재생장 현상이 발생한다는 것을 확인하였다. 종속영양세균의 동정결과 원수, 정수, 수도물을 포함하는 상수도계통의 물에서는 *Pseudomonas*와 *Acinetobacter*가 우점하였으나, 원수에서는 *Pseudomonas*의 비율이, 그리고 정수와 수도물에서는 *Acinetobacter*의 비율이 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 장내세균은 *Enterobacter agglomerans*가 우점종이었으며, 수도물에서는 정수에서 검출되지 않았던 *Citrobacter freundii*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Shigella dysenteriae* 등의 기회성 및 병원성 장내세균도 검출되었다.

**KEY WORDS** □ water supply systems, bacterial regrowth, heterotrophic plate count, Enterobacteriaceae, injured Enterobacteriaceae.

수돗물의 수질은 원수의 수질, 정수장에서의 처리 공정, 그리고 정수장으로부터 수도꼭지까지의 배급수계통에 따라서 좌우된다. 우리나라에서는 대체로 원수의 수질오염과 정수장의 처리공정에 대해서는 많은 관심을 가지고 있으나, 수도관이나 배수지 등의 배급수계통이 수도물에 미치는 영향은 간과하고 있는 실정이다.

수질오염으로 인한 병원성 미생물의 증식은 수인성질병을 일으키기 때문에 공중보건의 측면에서 대단히 중요하다. 우리나라의 경우 홍(2)이 1981~1987년의 수인성질병에 의한 집단환자 발생에 관한 조사를 한 결과 총 39건의 발생에 환자는 1729명, 사망 2명으로서 매년 발생되었는데, 이러한 수인성질병의 원인이 음용수에 기인되는 것으로 보고하고 있다. 이것은 집단환자의 발생만 조사한 것이지만 집단발병이 아닌 개인적인 발생을 고려한다면 더 많을 것이다. 더구나 상수도가 공급되는 지역에서도 수인성질병이 매년 발생하는 것으로 보아 상수도계통에서의 병원성미생물의 오염가능성을 충분히 판단할 수가 있는 것이다.

음용수의 적합성 여부를 판단하기 위한 미생물학적 검사로 장내세균수의 측정을 들 수 있다. 장내세균은 분변성 오염 등의 지표가 될 수 있는 좋은 지표 생물종으로서(12), 염소소독을 포함한 정수처리를 완료한 수도물에서 이러한 장내세균의 검출 여부는 매우

중요한 문제가 된다. McFeters 등(19, 20)은 염소소독에 의해 완전히 불활성화되지 않고 단지 그 세포분열 등의 활성만 잃은 손상장내세균(injured Enterobacteriaceae)에 대한 연구에서 이들 손상장내세균은 통상적인 검출방법에 의거한 선택배지에 민감해져서 검출되지 않을 수도 있다고 하였다. 이러한 단점을 보완하여 인양양조건인 상수도계통에서 종속영양세균을 효율적으로 검출하기 위하여 R<sub>2</sub>A와 R<sub>3</sub>A 배지(22)가 만들어졌으며, 특히 m-T7 배지의 사용으로 손상을 입은 장내세균의 활성을 회복(recovery)시킴으로써 보다 효율적으로 장내세균을 검출할 수 있게 되었다(16).

최근 이처럼 수도물 등에서 세균을 검출, 계수하는 방법이 발달함에 따라 정수장에서는 검출되지 않던 세균이 가정의 수도꼭지에서 나오는 수도물에서 장내세균을 포함한 세균이 과다하게 검출되는 등 배급수계통에서의 세균재생장 사례를 보고하고 있다(5, 9, 15, 17). 수도물 중의 미생물 특히 장내세균의 검출은 분변성오염을 의미하는 것으로서 이 경우 병원성 장내세균이나 바이러스에 의한 발병가능성이 높아 결과적으로 수도물을 이용하는 사람에게 큰 위험이 된다. 더구나 상수원으로 이용되고 있는 인공호나 하천의 수질이 점차 악화되는 현시점에서 불 때 기존의 정수공정으로는 원수에 포함되어 있는 미생물의 살균이 완벽하게 이루어지지 못할 가능성이 크며, 비록

정수장에서 장내세균 등의 미생물이 검출되지 않는다 하더라도 이 물이 수도관을 따라 가정까지 도달하는 과정에서 세균을 포함한 미생물재생장의 가능성이 매우 높을 것으로 생각된다.

본 연구에서는 서울시내 구의정수장의 상수도계통 즉 상수원수와 정수 및 이곳에서 공급되는 단일 배급수관을 따라 3개 지점의 수도꼭지에서 흘러나오는 수도물에 대해 미생물학적분석을 실시함과 동시에 여기서 검출되는 세균의 생장에 영향을 줄수 있는 물리화학적 환경요인들을 조사함으로써 배급수계통에서의 세균재생장 현상을 확인하고 그 원인을 규명하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 연구대상지역 및 채취지점

시료 채취 지점은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 서울시내 구의(K) 수원지로 유입되는 상수원수는 수원지내 착수정에서(RW), 수원지에서 정수과정을 거쳐 배급수관으로 공급되는 정수는 송수펌프장의 송수관로에서(TW), 그리고 수도물은 이 정수가 공급되는 단일 배급수관을 따라 수원지로부터 각각 3.0 km 지점의 수도꼭지(K1), 6.5 km 지점의 수도꼭지(K2), 13.0 km 지점의 수도꼭지(K3) 등 3개의 수도물 시료 등 원수 1개, 정수 1개, 수도물 3개 등 총 5개 지점으로 하였다.

### 채수일정 및 방법

1991년 9월부터 1992년 9월까지 총 23회에 걸쳐 상수 원수, 정수 및 수도물 시료를 채취하였다. 모든 시료는 수도꼭지를 개방하여 약 1분간 물을 흘러버린(flushing) 다음 채수하였다. 시료는 채수즉시 10% sodium thiosulfate를 첨가하여 탈염소시켰으며, 채수 즉시 냉장보관하여 실험실로 이동한 후 분석하였다. 기타 시료채수방법 및 보관법은 Standard methods (3)의 시료채수방법 및 보관법을 따랐다.

### 물리화학적 환경요인의 측정

수온 및 pH는 시료채수현장에서 채수즉시 바로 측정하였으며, 용존산소량(DO)은 Winkler-Azide 방법으로 시료를 현장에서 고정시킨 후 실험실 내에서 측정하였다(3). 총 유기탄소량(TOC)은 TOC 분석기(Yanaco, TOC-8L)를 이용하여 총탄소량에서 총 무기탄소량을 뺀 값으로 하였고, 탁도는 탁도계(HACH model 2100A)를 이용 NTU(Nephelometric turbidity unit)단위로 측정하였으며, 잔류염소량은 시료채수 직후 *o*-toluidine 비색법으로 측정하였다. 무기영양염류의 분석을 위한 시료는 공극 0.45  $\mu\text{m}$ 의 막여과지(지름 47 mm)를 통과한 여과액을 사용하였고 Standard methods에 따라 암모니아성 질소, 아질산성 질소, 질산성 질소, 인산염 인의 양을 측정하였다.

### 종속영양세균수 (heterotrophic plate count bacteria; HPC)

시료 1 ml/을 pour plating하여 R<sub>2</sub>A 한천배지(22)에서 20°C, 14일 배양하여 형성된 집락수를 세어

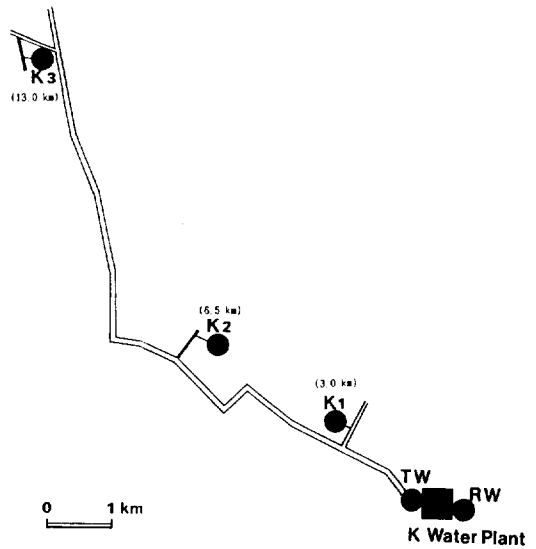


Fig. 1. Schematic map of sampling sites in the study area.

측정하였다. 집락수는 평균 하나당 30~300개 범위의 것을 선택하여 그 평균값으로 하였다. 그리고 이로부터 분리된 균주의 배양 및 분리동정에는 R<sub>2</sub>A 한천배지의 2배 농도의 조성을 가진 R<sub>3</sub>A 한천배지(22)를 사용하였다.

### 장내세균수 (Enterobacteriaceae)

장내세균수의 계수는 원수의 경우 1 ml/와 5 ml/ 정수와 수도물은 100 ml/와 500 ml/을 공극 0.45  $\mu\text{m}$ 의 멸균된 막여과지를 통하여 여과한 다음 이것을 mENDO-LES 한천배지상에서 35°C, 24시간 배양한 후 형성된 집락중 금속광택을 내는 흑적색의 것만을 계수하였다(3). 손상장내세균은 정수와 수도물을 각각 100 ml/와 500 ml/를 멸균된 공극 0.45  $\mu\text{m}$ 의 막여과지를 통하여 여과한 다음 m-T7 한천배지에서(16) 35°C, 24시간 배양한 후 연노란색을 띠는 집락을 계수하였다.

### 세균동정

R<sub>2</sub>A 한천배지상에서 자란 종속영양세균의 집락을 계절별(가을: 1991년 10월, 겨울: 1992년 1월, 봄: 4월, 여름: 7월) 및 채취지점별로 한개의 평균배지로부터 약 50개를 무작위로 선별하여 모두 1000개를 R<sub>3</sub>A 한천배지상에서 단일균주로 순수분리 배양하였다. 장내세균은 모든 시료에 대하여 분리가능한 모든 집락을 분리하였는데, 총 135개를 R<sub>3</sub>A 한천배지상에서 단일균주로 순수분리 배양하였다.

순수분리된 세균을 2~3번의 계대배양을 거쳐 동정실험을 실시하였다. 동정은 종속영양세균의 경우 Bergey's manual(4)과 Shewan(23)의 분류체계를 이용하여 속명까지 분류하고, 장내세균의 경우 API 20E (BIO MERIEUX SA)를 이용하여 종명까지 동정하였다.

중속영양세균의 동정을 위하여 실시한 측정항목은 세포 형태, 그람염색, 운동성 등의 형태학적 특성과, aesculin 가수분해, arginine 이용, catalase 생산, urease 생산, citrate 이용, methyl-red 가수분해, H<sub>2</sub>S 생산, McConkey agar 생장, lactose 발효, indole 시험, O/F of glucose, oxidase 생산, nitrate 환원, Vogues-Proskauer test, gelatin liquefaction 등의 생화학적 및 생리학적 특성을 포함하여 총 18종류이다. 각종 동정실험에 사용된 배지의 조성파 방법은 Gerhardt 등(8) 및 MacFaddin(18)을 따랐다.

**결 과**

**상수원수의 수질**

구의정수장으로 유입되는 상수원수의 조사기간중 평균 수질을 보면, 수온 16.8°C, pH 7.56, DO 9.3 mg/l, 탁도 9.9 NTU, 유기탄소량을 나타내는 TOC는 1.56 mg/l, 무기질소량인 NH<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N은 각각 8.08, 27.55, 1344.33 µg/l, 그리고 무기인인 PO<sub>4</sub>-P는 11.06 µg/l를 나타내었다. 미생물학적 항목인 중

속영양세균의 수는 6.59×10<sup>4</sup> cfu/ml, 장내세균수는 3.74×10<sup>3</sup> cfu/ml이었다(Table 1).

**정수의 수질**

구의정수장에서 정수공정을 거쳐 배급수관으로 공급되는 정수의 조사기간중 평균수질은 DO 10.0 mg/l, 탁도 1.2 NTU, TOC 1.03 mg/l, NH<sub>3</sub>-N 7.37 µg/l, NO<sub>2</sub>-N 0.15 µg/l, NO<sub>3</sub>-N 1066.12 µg/l, PO<sub>4</sub>-P 7.49 µg/l이었으며, 평균 유리잔류염소는 1.1 mg Cl<sub>2</sub>/l이었다. 중속영양세균수는 1.03×10<sup>3</sup> cfu/ml, 장내세균수는 0.84 cfu/100 ml, 손상 장내세균수는 3.35 cfu/100 ml이었다(Table 2).

**수돗물의 수질**

수돗물의 수질은 정수의 수질에 크게 좌우되었으며, 정수장에서부터 공급된 정수는 배급수관을 따라서 흘러가면서 유하거리에 따라서 변화되었다(Table 3).

**물리화학적 환경요인의 변화**: 수온은 정수장에서부터의 거리가 멀수록 증가하는 경향을 보여 관말지점인 K3에서는 정수보다 평균 1.3°C 증가한 17.7°C를 기록하였다. pH는 정수장에서부터의 거리와 관계 없이 모든 지점이 6.8~7.5의 수준이었다. DO농도는 K2가 가장 낮은 평균 9.3 mg/l이었으나, 전반적으로

**Table 1.** The mean values of raw water qualities from 1991 to 1992.

Parameters	Unit	Mean	SD	N	Max.	Min.
Water temp.	°C	16.8	8.0	23	27.0	2.3
pH		7.56	0.19	23	7.95	7.10
DO	mg/l	9.3	2.1	23	14.0	6.4
Turbidity	NTU	9.9	6.5	23	32.0	2.8
TOC	mg/l	1.56	0.55	23	2.83	0.59
NH <sub>3</sub> -N	µg/l	8.08	9.89	23	43.50	0.61
NO <sub>2</sub> -N	µg/l	1344.33	856.60	23	3126.36	194.75
NO <sub>3</sub> -N	µg/l	27.55	13.86	23	65.05	7.31
PO <sub>4</sub> -P	µg/l	11.06	10.60	23	58.33	4.68
Enterobacteriaceae	cfu/ml	3.74E+02	1.70E+03	23	8.20E+03	1.00E-01
HPC bacteria	cfu/ml	6.59E+04	7.32E+04	23	3.05E+05	1.22E+03

SD=standard deviation

N=number of samples

**Table 2.** The mean values of treated water qualities from 1991 to 1992.

Parameters	Unit	Mean	SD	N	Max.	Min.
Water temp.	°C	16.4	7.5	23	25.8	1.3
pH		7.16	0.14	23	7.40	6.90
DO	mg/l	10.0	1.7	23	13.4	7.6
Turbidity	NTU	1.2	0.9	23	4.2	0.3
TOC	mg/l	1.03	0.50	23	2.31	0.33
NH <sub>3</sub> -N	µg/l	7.37	8.13	23	37.97	1.13
NO <sub>2</sub> -N	µg/l	1066.12	489.26	23	2442.23	231.40
NO <sub>3</sub> -N	µg/l	0.15	0.31	23	0.99	0.00
PO <sub>4</sub> -P	µg/l	7.49	3.50	23	19.54	3.44
Free chlorine	mg Cl <sub>2</sub> /l	1.1	0.5	23	2.0	0.2
Enterobacteriaceae	cfu/100 ml	8.43E-01	3.56E+00	23	1.75E+01	0.00E+00
Injured Enterobac.	cfu/100 ml	3.35E+00	7.17E+00	23	2.70E+01	0.00E+00
HPC bacteria	cfu/ml	1.03E+03	1.21E+03	23	4.29E+03	1.50E+01

Table 3. The mean values of tap water qualities from 1991 to 1992.

Parameters	Unit	Treated water			
		(0.0 km)	Tap K1(3.0 km)	Tap K2(6.5 km)	Tap K3(13.0 km)
Water temp.	°C	16.4(1.3-25.8)	16.5(1.5-26.5)	16.8(2.0-26.5)	17.7(3.0-28.0)
pH		7.16(6.90-7.40)	7.13(6.80-7.40)	7.18(6.82-7.50)	7.23(6.90-7.50)
DO	mg/l	10.0(7.6-13.4)	9.9(5.2-13.8)	9.3(6.5-13.0)	9.5(7.4-13.0)
Turbidity	NTU	1.2(0.3-4.9)	1.2(0.3-4.1)	1.2(0.3-3.9)	1.1(0.3-4.8)
TOC	mg/l	1.03(0.33-2.31)	0.98(0.30-1.84)	0.93(0.17-2.18)	0.82(0.12-1.70)
NH <sub>3</sub> -N	µg/l	7.37(1.13-37.97)	5.88(0.61-25.61)	5.69(0.87-31.66)	5.26(0.61-21.92)
NO <sub>3</sub> -N	mg/l	1.07(0.23-2.44)	1.07(0.20-1.56)	1.12(0.62-1.70)	1.05(0.12-1.44)
NO <sub>2</sub> -N	µg/l	0.15(0-0.99)	0.10(0-0.72)	0.17(0-0.99)	0.76(0-3.36)
PO <sub>4</sub> -P	µg/l	7.49(3.44-19.54)	7.62(3.03-16.65)	8.22(3.85-15.41)	7.67(4.68-13.76)
Free chlorine	mg Cl <sub>2</sub> /l	1.1(0.2-2.0)	0.9(0.2-2.0)	0.5(0.1-1.0)	0.2(0-0.7)
Enterobacteriaceae	cfu/100 ml	0.8(0-17.5)	2.3(0-47.5)	1.9(0-37.5)	1.4(0-25.5)
Injured Enterobac.	cfu/100 ml	3.4(0-27)	2.8(0-35)	2.5(0-30)	3.6(0-27.5)
HPC bacteria	cfu/100 ml	1.03E3(1.50E1-4.29E3)	3.53E2(2-2.66E3)	5.06E2(3.67-2.17E3)	1.35E3(9.25-5.41E3)

Values in parentheses represent the range of observed data.

높은 농도를 유지하였다. 탁도는 정수와 비슷한 수준인 1.1~1.2 NTU였고, TOC 농도는 배급수관을 따라 유하거리가 길수록 감소현상이 뚜렷하게 나타나서 K1은 정수보다 0.05 감소한 0.98 mg/l, K2는 K1보다 0.11 감소한 0.93 mg/l, K3는 K2보다 0.11 감소한 0.82 mg/l이었다.

영양염류의 농도를 보면, 암모니아성 질소는 정수장(TW)의 7.37 µg/l에서 K3의 5.26 µg/l로 감소하여 정수장으로부터의 거리가 멀수록 약간씩 감소하는 경향을 나타내기는 하였으나, 전반적으로 수돗물의 암모니아성 질소 농도는 낮은 수준이었다. 질산성 질소는 배급수관내에서 변화없이 모든 지점에서 비슷한 1.1 mg/l의 수준이었다. 그러나 아질산성 질소는 정수장으로부터 K2까지는 0.2 µg/l에 불과하였으나 K3에서는 0.76 µg/l로 약 4배 정도나 증가하였다. 인산염인의 농도는 K2에서만 약간 높은 8.22 µg/l이었고, 나머지 지점에서는 거의 비슷한 수준이었다.

정수과정에서 살균을 위한 염소소독의 결과 수돗물에서 유지되고 있는 유리잔류염소농도는 정수장에서 1.1 mg/l로서 높았으나, 정수장으로부터의 거리가 멀어질수록 차츰 감소되어 K1 0.9 mg/l, K2 0.5 mg/l, K3 0.2 mg/l/으로서 관말지점에서는 매우 낮은 잔류염소농도를 유지하고 있었다.

**세균수의 변화:** 종속영양세균수는 정수장으로부터의 거리가 먼 배급수관의 수돗물에서 현저하게 증가하는 양상을 보였다. 정수장에서  $1.03 \times 10^3$  cfu/ml이던 것이 가장 가까운 배급수관인 K1에서는 감소되어  $3.52 \times 10^2$  cfu/ml이었으나, 이후 차츰 증가되어 가장 먼 지점인 K3에서는 K1의 4배에 가까운  $1.35 \times 10^3$  cfu/ml까지 증가되었다.

장내세균수는 정수장, K1, K2, K3에서 각각 0.8, 2.3, 1.9, 1.4 cfu/100 ml/로서 정수장보다 배급수관에서 개체수가 증가하였다. 그리고 정수장에서 가장 가까운

수돗물에서 가장 많은 개체수가 검출되었으며, 거리가 멀어질수록 감소하였다. 손상장내세균수는 정수장, K1, K2, K3에서 각각 3.4, 2.8, 2.5, 3.6 cfu/100 ml/로서 장내세균수에 비하여 많이 검출되었으나, 배급수관에서의 변화는 뚜렷하게 나타나지 않았다.

#### 세균동정

원수와 정수 그리고 수돗물에서 분리 동정된 종속 영양세균은 *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Moraxella*, *Flavobacterium*, *Alkaligenes*, *Kingella*, *Enterobacteriaceae*, *Bordetella*, *Pasteurella*, *Chromobacterium*, *Achromobacter*, *Neisseria*, *Micrococcus*, *Streptococcus*, *Aerococcus* 등 15개의 속에 속하는 세균들이었다 (Table 4). 원수에서는 *Pseudomonas*가 41%로서 가장 많이 검출되었으며, 다음으로 *Acinetobacter* 28%, *Moraxella* 11%, *Micrococcus* 7%의 순이었고, 정수에서는 *Pseudomonas*보다 오히려 *Acinetobacter*의 비율이 더 커져서 *Acinetobacter* 49%, *Pseudomonas* 33%, *Micrococcus* 5%, *Moraxella* 4%의 순서였다. 반면 수돗물에서의 현저한 특징은 구균의 비율이 상대적으로 증가하고 정수에서 검출되지 않았던 세균들이 검출된다는 것이다. 정수장과 가장 가까운 K1에서 검출된 종속영양세균의 종류는 정수와 거의 비슷하였으나, 구균비율이 약간 증가하여 11%였다. K2에서는 K1에 비하여 세균종류가 늘어나기는 하였으나, 구균의 비율은 다시 감소하여 정수의 수준인 8%였고, 관말지점인 K3에서는 *Acinetobacter*와 *Pseudomonas*의 비율은 57%로 감소한 반면 구균은 32%까지 증가하였다. 다른 연구보고(9, 17, 26)에서 수돗물에서 분리동정된 종속영양세균의 종류와 본 연구결과와 비교할 때 본 연구결과에서 추가로 발견된 종류로는 *Kingella*, *Bordetella*, *Chromobacterium*, *Achromobacter*, *Neisseria*, *Aerococcus* 등이다.

원수, 정수 및 수돗물에서 검출된 장내세균은 9개

**Table 4.** HPC bacteria identified from raw water, treated water and tap waters.

Generic name	Raw water	Treated water	Tap water K1	Tap water K2	Tap water K3	Sum	Ratio (%)
<i>Acinetobacter</i>	52	82	91	51	44	320	38.1
<i>Pseudomonas</i>	76	55	43	65	55	294	35.0
<i>Moraxella</i>	21	7	0	8	8	44	5.2
<i>Flavobacterium</i>	1	0	0	1	0	2	0.2
<i>Alkaligenes</i>	5	5	2	0	1	13	1.6
<i>Kingella</i>	2	0	1	3	1	7	0.8
Enterobacteriaceae	2	0	0	0	0	2	0.2
<i>Bordetella</i>	2	1	4	1	2	10	1.2
<i>Pasteurella</i>	2	1	1	3	1	8	1.0
<i>Chromobacterium</i>	1	2	3	1	4	11	1.3
<i>Achromobacter</i>	0	1	1	3	0	5	0.6
<i>Neisseria</i>	1	0	0	3	1	5	0.6
<i>Micrococcus</i>	13	9	14	7	32	75	8.9
<i>Streptococcus</i>	7	3	4	5	21	40	4.8
<i>Aerococcus</i>	0	1	0	0	3	4	0.5
Sum	185	167	164	151	173	840	100
Diversity index	1.658	1.658	1.289	1.551	1.751	1.615	

**Table 5.** Species of Enterobacteriaceae identified from raw, treated, and tap waters.

Name of Species	Raw water	Treated water	Tap water K1	Tap water K2	Tap water K3	Sum	Ratio (%)
<i>Enterobacter agglomerans</i>	44	15	12	11	14	98	72.6
<i>Enterobacter cloacae</i>	4	1	4			10	7.4
<i>Enterobacter sakazakii</i>			1			1	0.8
<i>Serratia plymuthica</i>	5	1	1		4	12	8.9
<i>Serratia odorifera</i>					1	1	0.7
<i>Citrobacter freundii</i>	3		2		1	6	4.5
<i>Escherichia coli</i>	3		1		1	5	3.7
<i>Klebsiella pneumoniae</i>					1	1	0.7
<i>Shigella dysenteriae</i>					1	1	0.7
Sum	59	17	21	11	23	135	100
Diversity index	0.913	0.444	1.295	0	1.288	1.046	

종이었으며, 모든 상수도계통에서 *Enterobacter agglomerans*가 우점하고 있었다(Table 5). 원수에서는 *E. agglomerans*가 75%, 이밖에 *Serratia plymuthica*, *E. cloacae* 등 모두 5개 종이 검출되었다. 정수에서는 원수에 비하여 장내세균의 개체수도 현저하게 감소하였을 뿐만 아니라 세균종에 있어서도 훨씬 단순해져서 *E. agglomerans* 88.2%로 대부분을 차지하였고 *S. plymuthica*와 *E. cloacae*가 각각 1개체씩만 검출되었을 뿐이었다. 장내세균은 정수장과 가장 가까운 배급수관지점인 K1에서 가장 많은 개체수가 검출되었고, 세균종도 정수에 비하여 훨씬 다양해져서 우점종인 *E. agglomerans*를 비롯한 6개 종이 검출되었다. K2에서는 다시 세균종과 개체수가 현저하게 감소되어 *E. agglomerans* 1개 종만이 검출되었으나, 관말지점인 K3에서는 다시 증가되어 *E. agglome-*

*rans* 외에 *S. plymuthica*, *S. odorifera*, *C. freundii*, *E. coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Shigella dysenteriae* 등 모두 7개 종이 검출되었다. 이 중 다른 연구(6, 7, 19-21, 26)에서 검출되지 않았던 종은 *Enterobacter sakazakii*의 1개 종이였다.

## 고 찰

### 상수원수로서의 적합성

환경처에서는 구의 수원지의 원수로 이용되고 있는 한강수계의 수질을 II등급(상수원수 2급)으로 설정하고 관리하고 있다. 환경정책기본법(1991년 2월)에 규정된 상수원수 2급의 수질환경기준에 의거하여 상수원수 수질을 평가한 결과 장내세균수는 조사회수의 절반이상인 12회에 걸쳐 기준을 초과하였으며, 무기

질소를 모두 합한 총질소는 연중 대부분 기준을 초과하였다(Table 6). 사람이나 동물의 배설물에 의한 수질오염의 지표로서 사용되는 장내세균이 수온이 10 °C 이상을 유지하는 4월부터 9월까지의 기간에는 언제나 기준을 초과하고 있는 것으로 보아 생활하수에 의한 오염을 시사한다고 볼 수 있다.

질소와 인은 부영양화의 지표항목으로 호소에만 적용되는 기준이기 때문에 일반적으로 하천으로 분류되는 원수취수지점에 이 항목을 적용하기는 곤란한 점이 있기는 하나, 이 지점이 상류의 팔당호의 수질을 반영할 뿐만 아니라 하류에 위치한 수중보에 의하여 영향을 받기 때문에 부영양화의 지표로 흔히 인용되는 질소와 인에 대한 평가가 필요한 것으로 생각된다. 더구나 원수시료에 대한 AODC 세균의 관찰시 조류가 빈번하게 발견된 점으로 미루어 보아 이것이 정수과정에서 여과지를 폐색시켜 정수의 수질을 악화시킬 가능성이 크기 때문에 이 지점에서는 조류, 질소, 인을 포함하는 부영양화 수질항목을 상시 조사함으로써 상류의 팔당호의 부영양화를 간접 평가하는 것이 필요한 것으로 판단된다.

#### 정수의 음용수로서의 적합성

음용수의 수질기준 등에 관한 규칙(1990. 1. 11 ;

**Table 6.** Relevancy of raw water qualities to the water quality standard.

Parameter	Unit	Standard	Mean quality	Number of violence
pH		6.5~8.5	7.56	0
DO	mg/l	≥5	9.3	0
BOD	mg/l	≤3	2.03*	2
Enterobacteriaceae	MPN/100 ml	1000	37400	12
T-N**	mg/l	≤0.4	1.4	22
T-P***	mg/l	≤0.03	0.011	1

\*TOC×1.3

\*\*NH<sub>3</sub>-N + NO<sub>2</sub>-N + NO<sub>3</sub>-N

\*\*\*PO<sub>4</sub>-P

보건사회부령 제 841호)에 규정된 기준과 본 연구에서 측정된 정수 수질과 비교하여 음용수로서의 적합성을 비교 검토하였다. Table 7에 나타난 바와 같이 탁도, 장내세균, 일반세균을 제외하고는 모두 기준에 적합하였다.

장내세균의 기준은 50 cc의 시료 중에는 검출되지 않도록 되어 있는 반면 장내세균의 검사방법은 MPN법으로 규정되어 있어 실험결과 100 ml 단위로 표시되는 모순이 있다. 본 연구에서는 막여과법에 의하여 장내세균을 측정하였기 때문에 기준에 규정된 측정방법과는 다르지만 비교해 볼 수는 있다. 장내세균은 100 ml의 시료에는 대부분 검출되지 않은 반면 500 ml의 시료에서는 검출된 경우가 23개의 측정시료 중 5개였으며, 2개의 시료에서는 100 ml/중 각각 17.5 및 1개의 장내세균이 검출되었다. 장내세균은 병원성세균의 오염지표이기 때문에 특히 음용수에 있어서 중요하다. 17.5 cfu/100 ml의 장내세균이 검출된 것은 유리잔류염소농도가 0.2 mg/l로서 측정자료중 가장 낮은 경우이었으나, 1 cfu/100 ml이 검출되었던 시료의 잔류염소농도는 2.0 mg/l로 측정치중 가장 높았던 것을 감안한다면 일정농도의 잔류염소만으로 장내세균을 완전히 제거하지는 못한다는 사실을 알 수 있다.

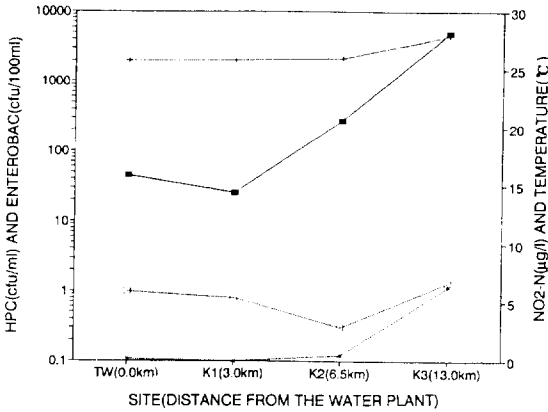
일반세균 즉 종속영양세균수에 있어서는 측정시료 중 절반이상인 15개의 시료에서 기준을 초과하였다. 물론 수질기준에서는 일반세균의 검출을 plate count 한천배지를 사용하도록 되어 있고, 본 연구에서는 검출효율이 좋은 것으로 알려진 유기물의 함량이 낮은 R<sub>2</sub>A 한천배지를 사용하였다는 차이는 있다. 그러나 이러한 점을 감안한다고 하더라도 시료의 절반이상이 여전히 기준을 초과하였다.

결론적으로 정수의 음용수로서의 적합성을 평가해 볼 때 세균이 기준을 초과할 가능성이 매우 높으며, 이것은 원수의 수질악화가 가장 큰 원인인 것으로 생각된다. 그러나 현재의 원수수질을 감안하면 기존의 정수공정으로는 장내세균과 일반세균수에 있어서 기준을 유지하는 것이 어려울 것으로 보인다. 따라서

**Table 7.** Relevancy of treated water qualities to the water quality standard.

Parameter	Unit	Standard	Mean quality	Number of violence
pH		5.8~8.5	7.16	0
Hardness	mg CaCO <sub>3</sub> /l	≤300	49.7	0
Turbidity	NTU	≤2	1.2	2
NH <sub>3</sub> -N	mg/l	≤0.5	0.01	0
NO <sub>3</sub> -N	mg/l	≤10	1.07	0
KMnO <sub>4</sub> Consumption	mg/l	≤10	1.03*	0
Enterobacteriaceae	cell/50 ml	0	0.84	2
HPC bacteria	cfu/ml	≤100	1030	15
Free chlorine	mg Cl <sub>2</sub> /l	≥0.1(winter) ≥0.2(summer)	0.8 1.1	0 0

\*TOC value.

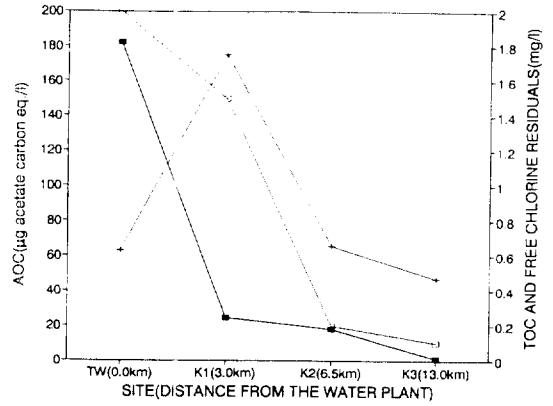


**Fig. 2.** Spatial changes in heterotrophic plate count (HPC) bacteria, Enterobacteriaceae, nitrite nitrogen and water temperature of tap water qualities along the water distribution system during the peak HPC bacterial regrowth episode.  
 HPC bacteria (—■—); Enterobacteriaceae (---□---); NO<sub>2</sub>-N (---\*---); water temperature (---+---).

정수의 유기물이나 세균의 제거효율을 높이기 위해서는 기존의 응집, 침전, 여과의 전통적인 정수방식에 활성탄 흡착이나 생물학적 활성탄 흡착공정 등을 추가하여 수중의 용존 유기물과 세균의 수를 더욱 감소시킬 수 있는 고도정수처리공정을 도입할 필요가 있다고 생각된다.

**배급수계통에서의 수돗물의 수질변화**

정수가 배급수관을 통하여 가정으로 공급되는 과정에서 몇가지 뚜렷한 변화가 관찰되었다. 가장 두드러진 특징은 배급수관의 수돗물에서 정수에 비하여 많은 수의 종속영양세균과 장내세균이 검출되었다는 것이다. 배급수계통에서 종속영양세균수의 증가가 가장 현저하였던 1992년 7월 20일의 수질을 보면 정수중의 종속영양세균수는 4.45 × 10<sup>3</sup> cfu/m<sup>3</sup>이던 것이 관말로 갈수록 증가하여 수돗물 K3에서는 4.91 × 10<sup>3</sup> cfu/m<sup>3</sup>로서 정수의 110배에 달하였다. 이때 수돗물의 장내세균수는 정수와 거의 같은 수준인 0.3~1.3 cfu/100 m<sup>3</sup>이었다. 장내세균과는 달리 종속영양세균수와 마찬가지로 관말로 갈수록 증가하는 양상을 보인 수질항목은 수온과 NO<sub>2</sub>-N으로서 수돗물 K3의 수온은 정수보다 2.1°C 높은 27.8°C였고, NO<sub>2</sub>-N 농도는 정수의 0.2 µg/l에서 31배 증가한 6.26 µg/l이었다(Fig. 2). 이런 경향과는 반대로 관말로 갈수록 감소하였던 수질항목은 AOC, TOC, 유리잔류염소의 3개 항목이었다. AOC 농도는 정수에서 182.4 µg/l이던 것이 배급수계통을 따라 흐르면서 점차 감소되어 수돗물 K3에서는 전혀 검출되지 않았고, TOC는 정수에서 0.37 mg/l에서 K3에서 0.47 mg/l으로 감소되었으며, 유리잔류염소는 정수에서 2.0 mg/l이던 것이 K3에서

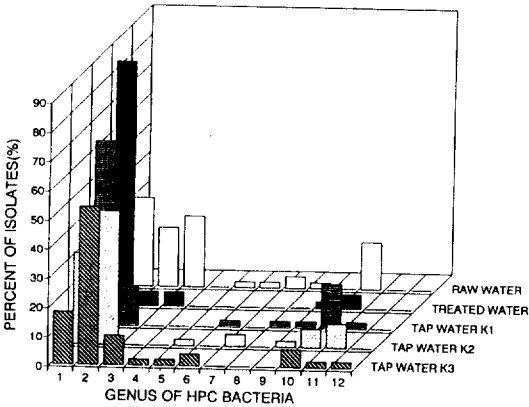


**Fig. 3.** Spatial changes in AOC, TOC, and free chlorine residuals of tap water qualities along the water distribution system during the peak HPC bacterial regrowth episode.  
 AOC (—■—); free chlorine residuals (---□---); TOC (---\*---).

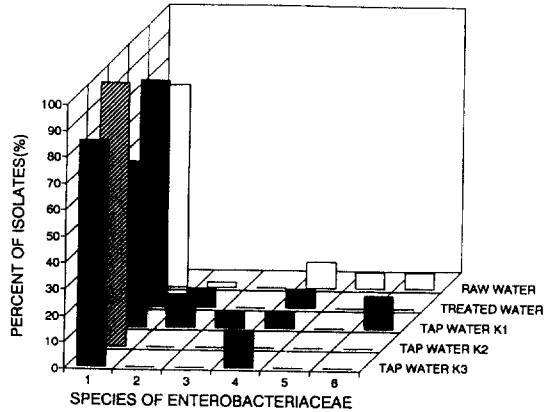
0.1 mg/l으로 감소되었다(Fig. 3). 이러한 배급수계통에서의 종속영양세균수의 증가는 총 23회의 수질조사중 11회에 걸쳐서 발생하였는데, 다른 10회의 조사에서도 Fig.2와 Fig.3의 결과와 대체로 비슷한 경향을 보였다. 그리고 배급수계통에서의 세균 재생장은 정수의 수온이 20°C 이상인 경우에는 언제나 발생하였다.

배급수계통에서 장내세균이 정수에서 보다 증가하는 것은 총 23회의 조사중 2회에 걸쳐서 발생하였다. 장내세균의 경우는 종속영양세균수의 증가양상과는 달리 정수장에서 가장 가까운 수돗물 K1지점에서 가장 많은 개체수가 검출되었으며, 이후 관말로 갈수록 점점 감소하였다. 1992년 7월 13일의 조사에서는 정수에서 장내세균이 전혀 검출되지 않던 것이 수돗물 K1에서는 2.5 cfu/100 m<sup>3</sup>로 최대개체수를 나타낸 이후 차츰 감소되어 K2 1.1 cfu/100 m<sup>3</sup>, 그리고 K3에서는 정수와 마찬가지로 검출되지 않았다. 이 시기에는 종속영양세균수의 증가현상도 동시에 나타났으며, 그 수질변화는 Fig.2과 Fig.3의 결과와 같은 양상이었다. 정수장과 가장 가까운 배급수관에서 장내세균이 많이 검출된 경우는 LeChevallier 등(17)이 미국의 수돗물에서 정수의 장내세균수(0.03 cfu/100 m<sup>3</sup>)보다 20배 많은 개체수(0.64 cfu/100 m<sup>3</sup>) 정수장에서 가장 가까운 배급수계통에서 검출했으며 이후 거리가 멀어질수록 점차 장내세균수가 감소한다고 보고하였다.

이렇게 배급수계통에서 세균증가현상이 일어나는 것은 정수과정에 있어서 흡착이나 부착된 상태이거나 세균이 서로 응집됨으로써 살균을 피한 세균이 (1) 배급수계통으로 유입되어 세균수가 증가하는 breakthrough의 결과일 수도 있고(5), 외부로부터 오염된 물이 유입되어 나타나는 결과일 수도 있으며, 아니면 외부로부터의 세균유입이 아닌 배급수계통



**Fig. 4.** Diversity of heterotrophic plate count bacteria identified from the water system.  
 1. *Acinetobacter*; 2. *Pseudomonas*; 3. *Moraxella*; 4. *Alkaligenes*; 5. *Kingella*; 6. *Bordetella*; 7. *Pasteurella*; 8. *Chromobacterium*; 9. *Achromobacter*; 10. *Micrococcus*; 11. *Streptococcus*; 12. *Aerococcus*.



**Fig. 5.** Diversity of Enterobacteriaceae identified from the water system.  
 1. *Enterobacter agglomerans*; 2. *E. cloacae*; 3. *E. sakazakii*; 4. *Serratia plymuthica*; 5. *Citrobacter freundii*; 6. *Escherichia coli*.

내부로부터의 세균 재생장의 결과일 수도 있을 것이다 (5, 9, 15, 17). 이러한 가능성들을 정수장으로부터 수도꼭지까지의 수도물 유하시간과 정수중에 포함된 세균의 배증시간(doubling time)을 서로 비교하면 그 타당성을 설명할 수 있을 것으로 생각된다. 정수장에서 출발한 물이 K1에 도달되는 시간은 25분이고, K3은 약 90분이다. 이에 비하여 유리잔류염소가 전혀 없는 수도물에서의 종속영양세균의 배증시간은 10시간(11)이고, 수중의 영양물질 농도가 풍부한 부영양조건에서의 대장균 배증시간은 최소 30분인 것을 감안한다면 정수중의 세균이 증식한 결과 배급수계통에서 정수수가 증가한 것은 아니라고 판단된다. 더구나 정수의 평균 TOC 농도가 1.03 mg/l이므로 빈영양환경을 유지하고 있으며, 유리잔류염소농도가 1.1 mg Cl<sub>2</sub>/l로서 높은 농도를 유지하고 있는 것 (Table 3)을 고려한다면 분열에 의한 증식은 거의 불가능하다고 보여진다. 따라서 배급수계통에서 종속영양세균수가 정수의 최대 110배가 증가하고, 정수에서는 검출되지 않던 장내세균이 배급수계통에서 비교적 많은 수가 검출된다는 것은 정수중의 세균이 증식하여 나타나는 결과는 아니며, 또한 수도관은 펌프의 힘에 의하여 수도물이 공급되므로 누수되는 경우에도 외부의 오염된 하수나 폐수가 유입된다는 것은 거의 불가능하다. 이런 관점에서 본다면 배급수계통에서의 세균수의 증가는 외부로부터의 세균유입이거나 유입된 세균의 증식의 결과가 아니라 배급수계통 내부로부터의 세균 재생장의 결과인 것이다. 상수도계통에서 분리동정된 종속영양세균과 장내세균의 분포를 보면 수도물에서는 정수에 비하여 많은 개체수(Table 3)와 훨씬 다양한 종류의 세균(Table 4)이 발견된다는 것을 알 수 있다. 만약 배급수계통의

수도물에서의 세균재생장이 정수에서 살균을 피하여 사멸되지 않은 세균(1)의 breakthrough의 결과라고 한다면 같은 종류의 세균만이 검출되어야 할 것이다. 그러나 수도물에서 검출된 세균은 정수에서는 검출되지 않았던 종속영양세균 및 장내세균이 검출되었다. 종속영양세균의 재생장이 가장 크게 발생하였던 1992년 7월 20일의 시료에서 분리동정한 세균종류를 보면 수도물에서 검출된 것은 정수에서 발견된 것보다 8개의 속이 더 발견되었고(Fig. 4) 다양성지수도 관찰 지점인 K3에서는 정수의 2배 이상인 1.482이었다. 장내세균의 경우도 배급수관에서 재생장이 발생하였던 1991년 10월에 정수에서는 3종만 검출되던 것이 정수장에서 가장 가깝고 잔류염소농도도 0.7 mg/l로 높았던 K1에서는 5종의 장내세균이 검출되었다(Fig. 5). 이렇게 정수에는 존재하지 않던 새로운 세균의 출현은 바로 배급수관 내부로부터의 세균 재생장의 의미하는 것으로 생각된다.

상수도 배급수계통에서의 세균재생장과 관련된 것으로 생각되는 요인은 수온(15), 유기탄소량(24), 무기질소(27) 및 무기인(10), 잔류염소량(14, 15) 등으로 보고하고 있으며, 본 연구에서도 수온의 증가, TOC의 감소, 잔류염소량의 감소 등과 관련이 있는 것으로 판단되었다(Fig. 2와 3). 한편 Herson 등(13), Le-Chevallier 등(14, 15, 17), van der Wende 등(25)은 배급수계통에서의 세균재생장은 배급수관 내부에 형성된 생물막의 영향이 큰 것으로 보고하고 있으므로 본 연구결과에서 나타난 세균 증가현상도 생물막세균의 분리의 결과일 가능성이 높은 것으로 판단된다. 그러나 이러한 생물막 및 부착세균의 분리에 의한 배급수관 수도물의 세균재생장에 대한 직접적인 증거는 아직 없는 실정이며, 이를 규명하기 위해서는 수도물에서의 생물막 형성과 더불어 생물막 세균과



수돗물 세균의 상관성, 생물막세균의 분리 등에 대한 구체적인 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

### 참 고 문 헌

1. 조재창, 박성주, 김상중, 1993. 생물막 세균의 염소 소독제에 대한 내성. 미생물학회지 **31**, 255-260.
2. 홍중해, 1989. 우리나라 식인성질병 및 수인성질병의 집단환자 발생양상에 관한 연구. 대한보건협회지 **15**, 57-68.
3. APHA-AWWA-WPCF, 1989. Standard methods for the examination of water and wastewater. 17th ed. Port City Press. Baltimore.
4. Krieg, N.R. and J.G. Holt, 1984. Bergey's manual of systematic bacteriology. Williams & Wilkins. Baltimore/London.
5. Charaklis, W.G., 1988. Bacterial regrowth in distribution systems. AWWA Research Foundation. Denver.
6. Geldreich, E.E. and E.W. Rice, 1987. Occurrences, significance, and detection of *Klebsiella*. *Jour. AWWA*. **79**(5), 74-80.
7. Geldreich, E.E., R.H. Taylor, J.C. Blannon, and D.J. Reasoner, 1985. Bacterial colonization of point-of-use water treatment devices. *Jour. AWWA*. **77**(2), 72-80.
8. Gerhardt, P., R.G.E. Murray, R.N. Costilow, E.W. Nester, W.A. Wood, N.R. Krieg, and G.B. Phillips, 1981. Manual of methods for general bacteriology. American Society for Microbiology. Washington.
9. Gibbs, R.A. and C.R. Hayes, 1989. Characterization of non-enteric bacterial regrowth in the water supply distribution network from a eutrophic reservoir. *Wat. Sci. Tech.* **21**(3), 49-53.
10. Haas, C.N., P. Bitter, and P. Scheff, 1988. Determination of the limiting nutrients for indigenous bacteria in Chicago intake water. *Water Air Soil Pollution* **37**, 65.
11. Haudidier, K., J.L. Paquin, T. Francais, P. Hartmann, G. Grapin, F. Colin, M.J. Jourdain, J. C. Block, J. Cheron, O. Pascal, Y. Levi, and J. Miazga, 1988. Biofilm growth in a drinking water network: a preliminary industrial pilot-plant experiment. *Wat. Sci. Tech.* **20**(11/12), 109-115.
12. Hellawell, J.M., 1986. Biological indicators of freshwater pollution and environmental management. p. 45-77. Elsevier Applied Science Pub., New York.
13. Herson, D.S., D.R. Marshall, K.H. Baker, and H. T. Victoreen, 1991. Association of microorganisms with surfaces in distribution systems. *Jour. AWWA*. **83**(7), 103-106.
14. LeChevallier, M.W., A.D. Cawthon, and R.G. Lee, 1988. Factors promoting survival of bacteria in chlorinated water supplies. *Appl. Envir. Microbiol.* **54**, 649-654.
15. LeChevallier, M.W., B.H. Olson, and G.A. McFeters, 1990. Assessing and controlling bacterial regrowth in distribution systems. American Water Works Association Research Foundation. Denver.
16. LeChevallier, M.W., S.C. Cameron, and G.A. McFeters, 1983. New medium for the improved recovery of coliform bacteria from drinking water. *Appl. Envir. Microbiol.* **45**, 484-492.
17. LeChevallier, M.W., T.M. Babcock, and R.G. Lee, 1987. Examination and characterization of distribution system biofilms. *Appl. Envir. Microbiol.* **53**, 2714-2724.
18. MacFaddin, J.F., 1980. Biochemical tests for identification of medical bacteria. 2nd ed. Williams & Wilkins, Baltimore/London.
19. McFeters, G.A., J.S. Kippin, and M.W. LeChevallier, 1986. Injured coliforms in drinking water. *Appl. Envir. Microbiol.* **51**, 1-5.
20. McFeters, G.A., M.W. LeChevallier, A. Singh, and J.S. Kippin, 1986. Health significance and occurrence of injured bacteria in drinking water. *Wat. Sci. Tech.* **18**(10), 227-231.
21. Payment, P., F. Gamache, and G. Paquette, 1988. Microbiological and virological analysis of water from two water filtration plants and their distribution systems. *Can. J. Microbiol.* **34**, 1304-1309.
22. Reasoner, D.J. and E.E. Geldreich, 1985. A new medium for the enumeration and subculture of bacteria from potable water. *Appl. Envir. Microbiol.* **49**, 1-7.
23. Shewan, J.M., G. Hobbs, and W. Hodgekiss, 1960. A determinative scheme for the identification of certain genera of gram-negative bacteria with special reference to the Pseudomonadaceae. *J. Appl. Bacteriol.* **23**, 379-390.
24. van der Kooij, D., 1992. Assimilable organic carbon as an indicator of bacterial regrowth. *Jour. AWWA*. **84**(2), 57-65.
25. van der Wende, E., W.G. Characklis, and D.B. Smith, 1989. Biofilms and bacterial drinking water quality. *Wat. Res.* **23**(10), 1313-1322.
26. Warburton, D.W. and K.L. Dodds, 1992. A review of the microbiological quality of bottled water sold in Canada between 1981 and 1989. *Can. J. Microbiol.* **38**, 12-19.
27. Wolfe, R.L., E.G. Means III, M.K. Davis, and S.E. Barrett, 1988. Biological nitrification in covered reservoirs containing chloraminated water. *Jour. AWWA*. **80**(9), 109-114.

(Received April 24, 1993)

(Accepted May 10, 1993)

---

**ABSTRACT: Bacterial Distribution and Variation in Water Supply Systems**

**Park, Seong Joo, Jae Chang Cho and Sang-Jong Kim\*** (Department of Microbiology, College of Natural Sciences, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea)

Distribution and variation of bacterial densities of heterotrophic plate count (HPC) and Enterobacteriaceae in the water supply systems comprising raw, treated, and three tap water samples of a water treatment plant in Seoul were studied 23 times from 1991 to 1992. HPC bacteria of raw, treated, and tap waters on R<sub>2</sub>A agar media were at a density of  $1.22 \times 10^3$  to  $3.05 \times 10^3$ ,  $1.50 \times 10^1$  to  $4.29 \times 10^3$ , and 2 to  $5.41 \times 10^3$  cfu/ml, respectively. Densities of Enterobacteriaceae in raw, treated, and tap waters on mENDO-LES agar media ranged from 0.1 to 8200 cfu/ml, 0 to 17.5 cfu/100 ml, and 0 to 47.5 cfu/100 ml, respectively. Injured Enterobacteriaceae of treated and tap waters on m-T7 agar media were at a density of 0 to 27 and 0 to 35 cfu/100 ml. These results showed that the density of bacteria in the treated water outflowing from the water plant significantly increased as the water flowed along the distribution systems, which is so-called bacterial regrowth. The predominant bacterial types in the water supply system were *Pseudomonas* and *Acinetobacter*. In raw water, the ratio of *Pseudomonas* was higher than that of *Acinetobacter*, but in treated and tap waters, both ratios were reversed. The most predominant species of Enterobacteriaceae was *Enterobacter agglomerans*. Some species such as *Citrobacter freundii*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, and *Shigella dysenteriae* which are opportunistic pathogens or pathogens were not found in the treated water but additionally detected in tap waters.