

서울지역 地下水의 汚染度와 成分別 有意性 檢討

飲用水質科·細菌科*

魚 秀 美·金 德 仁*·吳 秀 曠·李 德 行

Studies on the Contamination degree and significance in each item of ground water in Seoul area

*Potable Water and Beverage Division · Microbiology Division**

Soo-Mi Ahu, Deog-In Kim*, Soo-Young Oh, Duk-Haeng Lee

—Abstract—

This survey was performed to investigate contamination degree and significance in each item of 406 samples of ground water, which were collected in Seoul area from Jan. to Dec. 1988.

The results were as follows.

1. The percent of nonsuitable for drinking water standard was 69.7%. The Characteristics of nonsuitable were 32.4% in only bacteria, 23.6% in both bacteria and physio-chemistry and 13.6% in only physio-chemistry contamination.
2. The rate of nonsuitable in each item was highest(54.2%) in Standard Plate Count and 29.8% in Coliform, 12.8% in Turbidity, 11.3% in Zn and 10.8% in Mn.
3. The total mean concentrations in each item were lower than standard except Standard Plate Count, Coliform and Fe.
4. In the investigation of statistical significance between items, Total Hardness and Residual Solids were showed very highly significant ($p < 0.01$) with other items and S.P.C. and Coliform showed very highly significant ($p < 0.01$) with NH_3-N .

서 론

인체에 섭취되어 직접적으로 건강에 영향을 미치는 음용수와 음식물의 안전성에 대한 관심은 날로 고조되고 있다. 특히 산업발달에 따른 오염원 증가와 토양오염에 따른 지하수의 오염문제도 점점 더 심각해지고 있으며 특히 서울지역의 지하수 오염문제는 단지 지하수만을 상용하는 약 3%가량의 시민과, 다수의 사업체 음식점 등에서 지하수 사용으로 대다수의 서울지역 거주민의 건강에 직접 간접으로 영향을 미치고 있다.

여러 보고에 의하면^{1~3)} 지하수 오염이 장티푸스등 소화기계 전염병 유행과 상관관계가 있다는 사실과, 질산염 함량이 위암과 관련이 있다는 보고등으로 공중보건학상 중요한 의의를 지닌다.

따라서 본 연구에서는 서울지역 지하수의 오염정도를 조사하고, 이들 항목간의 상관성을 검토하여 보건학적 기초자료를 마련코자 실시하였다.

조사대상 및 방법

1. 조사대상

본 실험에 사용된 시료는 1988년 1월부터 12월까지 본연구원에 수질분석 의뢰된 406개 지하수를 대상으로 하였다.

2. 시 약

본 실험에 사용된 모든 시약은 특급을 사용하였으며 중금속 표준시약은 A.A.S.用 각 중금속 표준용액(Junsei Chemical Co. 1000ppm)을 희석하여 사용하였다.

3. 기 기

- 1) Ion Chromatograph, Dionex Model 4000i
- 2) Atomic Absorption Spectrophotometer, Hitachi Model 170-30.
- 3) UV-Visible Spectrophotometer, Shimadzu Model 120-02
- 4) Digital Direct Reading Turbidimeter, Orbeco-Hellige.
- 5) pH meter, Orion Model SA 720.

4. 분석방법

수도법에 의한 음용수질 검사방법에 준하여 실험하였고, Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} 등의 음이온은 Ion Chromat-

ograph로 비교실험하였다.

우리나라와 외국등에서의 음용수 각 항목의 기준은 Table 1과 같다.

결과 및 고찰

각 항목의 월별 평균치와 총평균치 각 항목별 부적합률은 각각 Table 2와 3과 같다.

1. 색도 ; 착색의 원인은 크게 둘로 나누면 용해성 물질의 색과 부유성 협잡물이며 용해성 물질로 착색되는 경우 humin질과 같은 것이 있으면 유해하지 않으나 동물의 배설물 또는 그 분해물로 직접 영향을 받게

Table 1. Drinking Water Standards in Each Country

(unit : mg/l)

Tem	Country	KOREA	W.H.O.	JAPAN	CONADA	U.S.A.	FRANCE	EEC
Color		5	15TCU	5	5TCU	15TCU	—	20
Turbidity		2	5NTU	2	5JTU	1TU	5	10
Odor		ND	Not offensive	ND	4	3	—	—
Taste		ND	Not offensive	ND	4	—	—	—
NH ₃ -N		0.5	—	—	0.5	—	0.05	0.1~0.5
NO ₃ -N		10	10	—	—	10	—	—
pH		5.8~8.5	6.5~8.5	5.8~8.6	6.5~8.3	6.5~8.5	—	6~9.5
Total Hardness		300	500	300	81~120	—	—	35
KMnO ₄ Consumption		10	—	10	—	—	1~1.5	5
Cl ⁻		150	250	200	250	250	200~600	200
SO ₄ ⁻²		200	400	—	500	250	250	5
Residual Solids		500	1,000	500	500	500	—	—
ABS		0.5	—	0.5	0.5	0.5	0~0.05	0.1
CN		ND	0.1	ND	0.01	—	0.05	0.05
Hg		ND	0.001	ND	0.05	0.002	0.001	0.001
Organo-Phosphate		ND	—	ND	0.002	—	0.3	—
F		1.0	1.5	0.8	—	1.4~2.4	1.5	0.7~1.5
Phenol		0.005	0.002	0.005	0.002	—	0.001	0.005
Fe		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1	0.3
Mn		0.3	0.1	0.3	0.05	0.105	0.05	0.05
Cu		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.05	0.05
Pb		0.1	0.05	0.1	0.05	0.05	0.05	0.05
Zn		1.0	5.0	1.0	5.0	5.0	—	0.1~2.0
Cd		0.01	0.005	0.01	0.01	0.01	0.005	0.005
Cr ⁺⁶		0.05	—	0.05	0.05	—	0.05	—
As		0.05	0.05	0.05	0.01~0.5	0.05	0.5	0.05
S.P.C.		100/ml	—	100/ml	—	—	—	0
Coliform		ND/50ml	—	ND	—	1/100ml	0	5

Table 2. Monthly Distribution of Mean and Standard Error in Each Item

(unit : mg/l)

Item Month	No. of sample	Color	Turbidity	NH ₃ -N	NO ₃ -N	pH	TH	KMnO ₄	Cl ⁻	SO ₄ ⁻
1	28	1.39 ±0.39	0.98 ±0.39	0.16 ±0.03	2.90 ±0.64	6.73 ±0.09	113.50 ±37.75	2.24 ±0.41	23.10 ±7.21	19.61 ±4.72
2	40	2.55 ±0.92	3.17 ±1.56	0.17 ±0.07	5.33 ±0.82	6.66 ±0.18	137.18 ±29.28	1.95 ±0.25	26.87 ±3.46	93.64 ±44.28
3	38	1.39 ±0.23	1.57 ±0.65	0.05 ±0.01	2.70 ±0.73	6.65 ±0.10	142.47 ±24.24	2.27 ±0.37	18.92 ±2.24	17.25 ±2.85
4	21	6.05 ±2.49	4.01 ±1.82	0.40 ±0.15	2.44 ±0.57	6.65 ±0.14	117.81 ±25.58	2.37 ±0.41	21.37 ±3.15	25.31 ±6.10
5	55	4.36 ±2.98	1.32 ±0.56	0.45 ±0.34	3.69 ±0.74	6.36 ±0.07	93.27 ±13.84	4.59 ±3.38	20.63 ±3.13	18.98 ±3.46
6	56	0.88 ±0.07	0.90 ±0.22	0.46 ±0.40	2.92 ±0.50	6.74 ±0.09	68.41 ±8.49	1.09 ±0.44	18.06 ±2.91	12.42 ±1.85
7	40	3.65 ±1.89	4.38 ±2.32	0.12 ±0.05	1.95 ±0.33	6.68 ±0.06	85.22 ±16.73	1.91 ±0.57	19.22 ±3.69	15.55 ±2.79
8	31	5.55 ±3.24	5.82 ±3.60	0.14 ±0.08	4.50 ±1.20	6.78 ±0.07	90.68 ±13.77	2.21 ±0.86	36.49 ±7.77	39.05 ±7.17
9	25	1.00 ±0.00	0.66 ±0.25	0.06 ±0.02	2.22 ±0.53	6.99 ±0.17	47.20 ±7.60	2.01 ±0.33	15.34 ±4.14	14.55 ±3.46
10	22	6.91 ±4.38	5.10 ±3.49	0.53 ±0.23	5.43 ±1.36	6.98 ±0.11	97.14 ±11.76	8.91 ±5.63	30.22 ±5.12	24.15 ±5.48
11	22	8.59 ±4.77	8.30 ±4.74	0.14 ±0.05	2.14 ±0.89	7.16 ±0.19	66.14 ±12.75	48.90 ±46.25	16.61 ±4.13	17.70 ±7.82
12	28	2.00 ±0.83	2.64 ±1.50	0.17 ±0.16	4.13 ±1.62	7.19 ±0.17	129.75 ±43.64	2.02 ±0.56	19.28 ±4.55	10.08 ±3.77

Item Month	No. of Sample	R.S.	F	Fe	Mn	Cu	Pb	Zn	S.P.C.	Coliform
1	28	217.3 ±56.8	0.11 ±0.05	0.21 ±0.10	0.21 ±0.13	0.01 ±0.001	0.01 ±0.001	1.47 ±1.05	3,054.6 ±1,707.8	29.2 ±13.8
2	40	275.6 ±54.2	0.25 ±0.06	0.83 ±0.41	0.76 ±0.30	0.03 ±0.01	0.01 ±0.001	0.71 ±0.18	1,340.0 ±689.0	42.4 ±25.5
3	38	244.1 ±22.1	0.13 ±0.04	0.70 ±0.35	0.14 ±0.06	0.01 ±0.001	0.01 ±0.001	0.18 ±0.006	402.1 ±227.5	122.4 ±118.3
4	21	211.9 ±37.6	0.15 ±0.05	0.17 ±0.06	0.89 ±0.45	0.02 ±0.01	0.01 ±0.001	0.21 ±0.07	636.19 ±362.86	ND
5	55	178.3 ±24.4	0.13 ±0.03	0.07 ±0.02	0.24 ±0.15	0.02 ±0.001	0.01 ±0.00	0.55 ±0.18	14,670.7 ±5,891.0	1,517.6 ±647
6	56	136.1 ±17.5	0.14 ±0.03	0.08 ±0.02	0.06 ±0.03	0.01 ±0.001	0.01 ±0.001	0.58 ±0.13	10,762.7 ±4,545.6	1,782.9 ±937
7	40	167.2 ±25.8	0.18 ±0.05	0.57 ±0.29	0.28 ±0.17	0.01 ±0.001	0.01 ±0.001	0.37 ±0.13	7,065.7 ±2,264.0	886.3 ±452
8	31	197.5 ±25.0	0.24 ±0.12	0.39 ±0.23	0.13 ±0.05	0.01 ±0.001	0.01 ±0.001	0.51 ±0.18	3,046.8 ±1,155.7	108.3 ±67.2
9	25	129.1 ±26.8	0.50 ±0.31	0.07 ±0.04	0.01 ±0.001	0.01 ±0.001	0.01 ±0.001	0.59 ±0.28	4,251.2 ±1,527.6	654.2 ±483.6
10	22	213.2 ±26.0	0.26 ±0.14	0.47 ±0.18	0.43 ±0.18	0.01 ±0.001	ND	0.60 ±0.27	7,312.3 ±2,335.8	922.2 ±766.8
11	22	133.4 ±30.1	0.46 ±0.25	1.33 ±0.79	0.35 ±0.17	0.01 ±0.001	ND	0.45 ±0.13	4,100.4 ±1,686.6	415.1 ±215.2
12	28	210.3 ±49.8	0.29 ±0.11	0.32 ±0.24	0.10 ±0.09	0.01 ±0.01	ND	0.49 ±0.20	3,746.4 ±2,333.8	83.3 ±64.6

Table 3. Distribution of Mean and Suitability for Standard in Each Item.

Item	Mean±SE (unit : mg/l)	No. of Suitable for standard(%)	No. of Nonsuitable for standard(%)
Color	3.33±0.64	380(93.6)	26(6.4)
Turbidity	2.86±0.53	354(87.2)	52(12.8)
Odor	—	400(98.5)	6(1.5)
Taste	—	397(97.8)	9(2.2)
NH ₃ -N	0.25±0.07	379(93.4)	27(6.6)
NO ₃ -N	3.37±0.25	371(91.4)	35(8.6)
pH	6.75±0.04	384(94.6)	22(5.4)
Total Hardness	98.86±6.46	390(96.1)	16(3.9)
KMnO ₄ Consumption	5.21±2.57	396(97.5)	10(2.5)
Cl ⁻	21.89±1.26	405(99.8)	1(0.2)
SO ₄ ⁻²	26.16±4.61	404(99.5)	2(0.5)
Residual Solids	191.67±10.01	388(95.6)	18(4.4)
ABS	0.003±0.0001	405(99.8)	1(0.2)
CN	ND	406(100.0)	—
Hg	ND	406(100.0)	—
Organo Phosphate	ND	406(100.0)	—
F	0.22±0.03	392(96.5)	14(3.5)
Phenol	ND	406(100.0)	—
Fe	0.40±0.08	366(90.1)	40(9.9)
Mn	0.28±0.05	362(89.2)	44(10.8)
Cu	0.01±0.001	406(100.0)	—
Pb	0.01±0.001	405(99.8)	1(0.2)
Zn	0.56±0.09	360(88.7)	46(11.3)
Cd	ND	406(100.0)	—
Cr ⁺⁶	ND	406(100.0)	—
As	trace	406(100.0)	—
S.P.C.	5,952.5±1,095.5	186(45.8)	220(54.2)
Coliform	683.2±173.0	285(70.2)	121(29.8)

Total Number in Each Item: 406

되는경우 또는 하수나 공장폐수의 유해물에 기인되는 경우등은 세균학 및 毒物學的으로 큰 경계를 요한다. 부유물질로는 하천등에서 土砂, 특히 점토성 미립자나 저수지등에서 미생물이 추가된다. 또한 절판에서 나온 Colloid성철이나 산화철에 기인되는 수가 있다.⁴⁾

본 조사에서 총 시료에 대한 색도의 평균 농도는 3.33±0.64도였으며 총 406건중 6.4%(26건)가 부적합을 나타냈다. 색도와 다른 항목들간의 상관성을 검토해본 결과 Table 4에서와 같이 탁도와 상관성이 가장 높았으며(p<0.001) 총경도, KMnO₄ 소비량, 증발잔유물, Fe, Mn, Pb등과도 높은 상관성을 나타냈다. (p<0.01) 여기서 색도가 주로 Fe, Mn등에서 기인함을 알

수 있다.

2. 탁도 : 탁도란 물의 흐린 度數로서 무기 유기 부유물 및 미생물에 의해 생기며 주가 되는 것이 泥土이다. 또 용해질 즉 Fe, Mn, Mg, Ca등이 화학적으로 변화한 결과 혼탁이 생긴다고 하여 이들 물질과의 상관성을 조사해 본 결과 Ca, Mg량을 나타내는 총경도와 Fe, Mn등과 매우 높은 상관성을 나타냈다(p<0.001). 이들 물질외에도 색도, 암모니아성 질소, 증발잔유물, Pb등에서 높은 상관성을 나타냈다(p<0.01). 총 406건의 평균 농도는 2.86±0.53도였으며 12.8%(52건)의 비교적 높은 부적합율을 나타냈다.

3. 취미 : 물의 이취 이치는 오수, 공장폐수등의 혼

Table 4. Correlation Coefficient(r) and Prob-Value in Each Item

$\begin{matrix} r \\ p \end{matrix}$	Color	Turbidity	NH ₃ -N	NO ₃ -N	pH	T.H.	KMnO ₄	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²
Color	1.0000	0.7233**	0.1073*	-0.1003*	-0.0888	0.1910**	0.1923**	0.0378	0.0167
Turbidity	0.0001	1.0000	0.1600**	-0.1193*	-0.0525	0.2472**	0.0732	0.0577	0.0169
NH ₃ -N	0.0301	0.0012	1.0000	-0.0658	0.0040	0.1810**	0.0334	0.1128*	0.0318
NO ₃ -N	0.0434	0.0162	0.1855	1.0000	-0.1011*	0.1171*	-0.0103	0.4579**	0.0445
pH	0.0738	0.2909	0.9360	0.0417	1.0000	-0.3347**	-0.0182	-0.0539	-0.3870**
T.H.	0.0001	0.0001	0.0002	0.0183	0.0001	1.0000	0.0649	0.3704**	0.4659**
KMnO ₄	0.0001	0.1411	0.5015	0.8354	0.7143	0.1915	1.0000	0.1002*	0.0776
Cl ⁻	0.4473	0.2458	0.0230	0.0001	0.2783	0.0001	0.0436	1.0000	0.1095*
SO ₄ ⁻²	0.7378	0.7348	0.5220	0.3713	0.0001	0.0001	0.1186	0.0273	1.0000
R.S.	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0118	0.0001	0.0001
F	0.3320	0.1146	0.8862	0.0869	0.0001	0.0001	0.7923	0.4351	0.0003
Fe	0.0001	0.0001	0.1555	0.0359	0.0001	0.0001	0.3374	0.6443	0.0001
Mn	0.0001	0.0001	0.0001	0.0420	0.001	0.0001	0.5502	0.0363	0.0001
Cu	0.8601	0.8217	0.5585	0.4108	0.0001	0.0001	0.9775	0.9857	0.0001
Pb	0.0014	0.0001	0.0029	0.3186	0.3186	0.0013	0.0001	0.9459	0.0052
Zn	0.7106	0.4608	0.8514	0.0498	0.1061	0.1181	0.9730	0.4035	0.8368
S.P.C.	0.8391	0.6071	0.0001	0.3947	0.4034	0.5927	0.4780	0.2670	0.5932
Coliform	0.7758	0.9149	0.0001	0.9366	0.4062	0.9177	0.6602	0.3217	0.5877

$\begin{matrix} r \\ p \end{matrix}$	R.S.	F	Fe	Mn	Cu	Pb	Zn	S.P.C.	Coliform
Color	0.1867**	0.0483	0.04318**	0.2771**	0.0088	0.1580**	0.0185	-0.0101	-0.0142
Turbidity	0.2225**	0.0784	0.6603**	0.3574**	-0.0112	0.2472**	0.0367	0.0256	0.0053
NH ₃ -N	0.2073**	0.0071	0.0706	0.3875**	0.0291	0.1474**	-0.0093	0.3181**	0.2641**
NO ₃ -N	0.2349**	-0.0851	-0.1042*	-0.1010*	0.0409	-0.0496	0.0974*	-0.0423	0.0039
pH	-0.3371**	0.2471**	-0.2505**	-0.2450**	-0.3339**	-0.1594**	-0.0803	-0.0416	-0.0041
T.H.	0.8946**	0.1969**	0.4699**	0.5074**	0.3103**	0.4573**	0.0777	0.0266	-0.0052
KMnO ₄	0.1248*	0.0131	0.0477	0.0297	0.0014	-0.0034	-0.0017	0.0352	0.0219
Cl ⁻	0.5280**	-0.0388	0.0230	0.1039	-0.0009	0.1385**	0.0416	-0.0552	-0.0493
SO ₄ ⁻²	0.5953**	0.1767**	0.3181**	0.4848**	0.6367**	0.1773**	0.0103	-0.0266	-0.0270
R.S.	1.0000	0.1724**	0.3893**	0.4928**	0.3828**	0.3802**	0.0970	0.0461	0.0034
F	0.0005	1.0000	0.1511**	0.1617**	0.0903	0.0572	-0.0322	-0.0456	-0.0423
Fe	0.0001	0.0023	1.0000	0.3789**	0.2039**	0.2838**	0.0154	0.0041	-0.0053
Mn	0.0001	0.0011	0.0001	1.0000	0.2997**	0.3069**	0.0067	0.0340	0.0047
Cu	0.0001	0.0693	0.0001	0.0001	1.0000	0.2555**	0.0953	0.0332	0.0142
Pb	0.0001	0.0001	0.2501	0.0001	0.0001	1.0000	0.1181*	0.0890	0.0457
Zn	0.0509	0.5182	0.7575	0.8928	0.0550	0.0173	1.0000	0.2011**	0.013
S.P.C.	0.3540	0.3599	0.9349	0.4946	0.5044	0.0733	0.0001	1.0000	0.5760**
Coliform	0.9456	0.3958	0.9154	0.9243	0.7748	0.380	0.8367	0.0001	1.0000

* p<0.05

** p<0.01

$$\text{Prob-value} = \frac{\text{COV}(x, y)}{\sqrt{\text{Var}(x)\text{Var}(y)}}$$

입으로 철관내면의 도장, 녹, 이끼, 플랭크톤의 번식과 세균류의 이상발생 등에서 기인된다.

본 조사결과 총 406건중 이취가 6건(1.5%) 이미가 8건(2.2%)로 나타났으며, 이들 대부분이 Fe, Mn, 색도, 탁도, $KMnO_4$ 소비량 등과 함께 부적합 된것으로 나타나 위의 항목들이 원인 물질이라 추정할 수 있다.

4. NH_3-N :수중의 유기물질이 분해할 때 미생물에 의해 단백질이 분해 촉진되어 NH_3-N 을 형성하며 물의 오염을 추정하는데 유력한 지표의 하나이다. NH_3-N 이 검출되었을 때는 유기물질이 오염된지 시간이 얼마 경과하지 않았다는 것을 의미하며 분변 오염을 의심할 수 있다. 따라서 본 연구에서 NH_3-N 과 미생물과의 상관성을 살펴본 결과 일반세균, 대장균과 매우 높은 상관성($p < 0.001$)을 나타냈으며 이외에는 탁도, 총경도, 증발잔유물, Mn, Pb등과도 높은 상관성($p < 0.01$)을 나타냈다. 총 시료에 대한 NH_3-N 의 평균농도는 $0.25 \pm 0.07mg/l$ 이었으며 6.6%(27건)이 부적합률을 나타냈다.

5. NO_3-N :여러 질소화합물이 산화되어 생긴 최종의 산화물이며 본 조사결과 총 시료중 기준 $10mg/l$ 를 초과 것은 8.6%(35건)이었으며 평균 $3.37 \pm 0.25mg/l$ 를 나타냈다. 다른 항목과의 상관성은 염소이온, 증발잔유물과 매우 높은 상관성($p < 0.001$)을 나타냈다.

여러 보고에 의하면 질산염은 소화기 계통중에서 아질산염으로 환원되어 이것들이 혈액중에, 들어가서 적혈구와 결합하여 혈액 산소운반능력을 감소시켜 어린 아이에게 Methemoglobinemia를 일으켜 소위 bluebaby 질환을 일으킨다고 하였다.^{1,2} 따라서 WHO의 국제수질기준에서는 NO_3^- 를 $50mg/l$ (NO_3-N 을 $11.29mg/l$)을 함유하였을때 중독발생 가능성이 있다고 지적하였다.³ 또한 영국, 콜롬비아, 칠레 등에서 위암과 음료수중의 질산염과 관련이 있다고 보고 하였으며, 우리나라에서도 1985년 박정환등이 경북지역에서 위암과 음료수중의 질산염과의 관련성이 있는 것으로 보고한 바있다.³ 따라서 음용수중의 질산염 함량은 보건학적 중요성을 한층 더하고 있는것으로 생각된다.

6. pH :물의 pH는 일반적으로 용존하고 있는 유리탄산과 탄산염과의 농도에 따라 산성, 중성, 알카리성으로 정해진다.

본 조사결과 pH의 평균치는 6.75 ± 0.04 이었으며 총 406건중 22건(5.4%)이 부적합을 나타냈다. 이중 5.8미만의 산성이 12건(3.0%), 8.6이상의 알카리성이 10건(2.4%)으로 나타났다. 항목별 상관성은 총경도 황산이온, 증발잔유물, Fe, Mn, Cu, Pb등과 강한 역상관($p < 0.01$)을 나타냈으며 F와는 강한 정상관($p <$

0.01)을 나타냈다.

7. 총경도 :경도는 물속의 Ca, Mg을 $CaCO_3$ 로 환산해서 사용하며 경도가 높으면 물맛이 나쁘고 비누거품이 잘 일어나지 않으며 공업용수로 사용할때 boiler pipe의 뇌측에 결석이 생겨 폭발사고가 발생하는 수도 있다.

본 조사 결과 총경도의 평균치는 $98.86 \pm 6.46mg/l$ 이었으며 3.9%(16건)가 부적합을 나타냈다. 항목간의 상관성은 미생물을 제외한 거의 모든 항목에서 높은 상관성을 나타냈으며 이는 여러 보고와 일치하고 있다.

또한 인체의 영향에 대해서는 영국의 Morris등과 스웨덴의 Biorek등은 수도물중의 총경도가 변성성 심질환 사망률과의 사이에 역상관이 있다고 하였으며, 미국의 Schroeder는 수도물중의 Mg, Ca, 중탄산염, 유화물, 불화물 함량이 많을수록 순환기 질환 특히 관상동맥 질환 사망률이 낮아진다고 하였다.³

8. $KMnO_4$ 소비량 :음료수중 오염된 유기물질에 과우되며 이밖에 제1철염, 아질산염, 황화물등의 환원물질에 의해서 $KMnO_4$ 가 소비된다. 본 조사에서 $KMnO_4$ 소비량의 평균치는 $5.21 \pm 2.57mg/l$ 를 나타냈으며 총 406건중 10건(2.5%)이 $10mg/l$ 를 초과하였으며 항목간의 상관성은 단지 색도가 높은 상관성($p < 0.01$)을 나타냈다.

9. 염소이온 :자연수는 대체로 지질의 영향에 의해 Cl^- 를 함유하며 특히 해안지대는 해수의 영향이 크다. 그밖에 하수, 공장폐수, 분뇨등의 혼입에 의해 Cl^- 가 증가하며 오염의 지표가 되고 있다. 본 연구에서 다른 항목과 상관성을 살펴본 결과 질산성질소, 총경도, 증발잔유물, Pb등과 높은 상관성($p < 0.01$)을 나타냈다. Cl^- 의 평균치는 $21.89 \pm 1.26mg/l$ 이었으며 총 406건중 1건만 부적합을 나타내 대체로 양호함을 알 수 있다.

10. 황산이온 : SO_4^{2-} 은 주로 지질에 기인하지만 대소변, 비료, 광산폐수, 유황천, 공장폐수등의 혼입에 의해 증가하며 산성수에 의해서도 증가 한다.

본 조사 결과 SO_4^{2-} 는 평균 $26.16 \pm 4.61mg/l$ 이었고 총 406건중 2건이 부적합으로 나타나 대체로 양호한 편이었으며 항목간의 상관성을 살펴본 결과 총경도, 증발잔유물, 불소, Fe, Mn, Cu, Pb등과 높은 상관성($p < 0.01$)을 나타냈으며 pH와는 역상관을 나타냈다.

11. 증발잔유물 :증발잔유물은 물을 증발 건조했을 때 남는 물질을 말하며 주요 성분은 미네랄로서 Ca, Mg, Si, Na, K등을 함유한다. 본 조사에서 증발잔유물의 평균농도는 $191.67 \pm 10.01mg/l$ 이었으며 4.4%(18건)의 부적합을 나타냈다. 항목간의 상관성에서는

pH를 제외한 거의 모든 항목에서 높은 상관성을 나타냈으며, Table 4 에서와 같이 Cl^- , SO_4^{2-} , Fe, Mn 총경도, Cu등에서 매우 높은 상관성($p < 0.001$)을 나타내고 있어 증발잔유물의 원인물질을 추정할 수 있다.

12. F : 음용수중의 불소의 위생학적 특징은 불소를 다량 함유한 물을 상시 마시면 치아의 enamel을 다쳐서 반상치를 발생하고, 적당량을 함유한 물을 마시면 충치를 예방하는 효과가 있다.

본 조사 결과 F는 평균 $0.22 \pm 0.03 \text{mg/l}$ 이었으며 총시료중 3.5%(14건)가 부적합으로 나타났다. 항목간의 상관성은 pH, 총경도, 황산이온, 증발잔유물, Fe, Mn 등과 높은 상관성($p < 0.01$)을 나타냈다.

13. Fe : 철은 자연계에 널리 존재하며 增血에 필요한 성분이나 다량 함유되면 적색수가 되고 금속미가 있어 음료수로서 가치가 감소된다. 따라서 항목간의 상관성을 살펴본 결과 색도, 탁도, 총경도, SO_4^{2-} , 증발잔유물, F, Mn, Cu, Pb등과 높은 상관성($p < 0.01$)을 나타냈으며, 평균농도가 $0.40 \pm 0.08 \text{mg/l}$ 로서 기준 0.3mg/l 보다 높은 수치를 나타냈으며 이는 부적합 시료의 농도가 $0.31 \sim 15.90 \text{mg/l}$ 로서 비교적 Fe를 다량 함유된 물이 많아 평균이 높아진 것으로 사료된다. 총 406건중 40건(9.9%)으로 비교적 높은 부적합을 나타냈기 때문에 이들의 발생 원인과 적절한 처리가 시급히 요구된다.

14. Mn : Mn은 철과 공존하며 일반적으로 Fe가 많으면 Mn의 량도 많아지는 경향이 있다고 하였다.⁴⁾ 따라서 항목간의 유의성을 살펴본 결과 색도, 탁도, NH_3-N , 총경도, 황산이온, 증발잔유물, F, Fe, Cu, Pb 등과 높은 상관성($p < 0.01$)을 나타냈다. 본 조사 결과 Mn의 평균 농도는 $0.28 \pm 0.05 \text{mg/l}$ 이었으며 총 406건중 44건(10.8%)의 비교적 높은 부적합을 나타냈다.

15. Cu : 동이온은 광산, 공장폐수, 농약혼입, 생물억제처리에 사용되는 유산동, 염화동 및 급수장치에 사용되는 동관등으로 부터 용출에 의한 것이 많다. 동이온을 함유하는 물은 아연도금관, 철제품의 부식을 촉진시키며 1.0mg/l 이상 함유되면 금속이나 세탁물을 청색으로 착색시킨다고 하였다.

본 조사 결과 Cu의 평균 농도는 $0.01 \pm 0.001 \text{mg/l}$ 로서 극히 미량 함유되어 있었으며 총 406건이 모두 기준이내로 나타나 아직까지 안전한 것으로 사료되며, 항목간의 상관성은 총경도, 황산이온, 증발잔유물, Fe, Mn, Pb등과 높은 상관성($p < 0.01$)을 나타냈으며 pH와는 역상관을 나타냈다.

16. Pb : 수중 Pb는 배관으로 부터의 용출 또는 공장, 광산폐수등의 혼입시에 기인하며 장기간 연속 섭취

취하는 경우 축적성이 있어 만성중독을 일으키지만 일반적으로 성인의 경우 1일 $0.3 \sim 1.0 \text{mg}$ 정도 섭취해도 큰 배설되며 1.0mg 이상이면 체내에 축적된다.

본 조사 결과 평균 $0.01 \pm 0.001 \text{mg/l}$ 이었으며 총 406건중 1건이 0.11mg/l 로 부적합이었으나 그외는 양호한 편이었다. 항목간의 상관성은 대체로 전 항목에서 높은 상관성을 나타냈으며 총경도와는 매우 높은 상관성($p < 0.001$)을 보였다.

17. Zn : Zn은 광산, 공장폐수 등의 혼입 또는 아연도금관으로 부터의 용출에 의해 존재하는 경우가 많으며 수중에 1mg/l 이상 함유되어 있으면 백탁침전이 생긴다. 인체에 아연이 부족하면 성장이 나빠지고 성적발육도 불완전하게 되며 지나칠때는 구토, 위통, 하리 및 발열하게 된다.

본 조사 결과 Zn의 평균농도는 $0.56 \pm 0.09 \text{mg/l}$ 이었으며 총 406건중 46건(11.3%)이 부적합으로 비교적 높게 나타나 이에 대한 중요성이 요구되고 있다. 항목간의 상관성은 일반세균만 높은 상관성($p < 0.01$)을 나타낼 뿐 그외는 상관성을 찾지 못했다.

18. 일반세균(Standard Plate Count) : 일반세균은 일반적인 조건하에서 자랄수 있는 모든 세균수를 말하며⁶⁾, 보사부령 28항목중 가장 부적합률이 크게 나타나 총 406건중 220건(54.2%)이 부적합으로 나타났다. 이를 월별, 계절별로 비교해 볼때 Table 5와 같이 월별로 10월, 11월이, 계절별로는 역시 가을철이 68.1%로 가장 높게 나타났으며, 이는 일조량이나 외부 환경 등의 영향등으로 해석할 수 있다. 본 조사 결과 일반세균의 총평균치는 $5,952.5 \pm 1,095.5$ 로 비교적 높게 나타났으며, 항목간 상관성은 암모니아성 질소와 Zn, 대장균과 높은 상관성($p < 0.01$)을 나타냈다.

19. 대장균군 : Escherichia coli는 人畜의 장관에 존재하는 균이므로 분변성 오염의 지표가 되며 위생학적으로 의의는 대장균 자체가 직접 유해한 것은 아니지만 이균의 저항성이 병원성과 동등 또는 그 이상으로 강하다는 점이다. Geldreich에 의하면¹⁰⁾ 분변성 대장균 검출이 살모넬라균등의 이차오염을 예측할 수 있다는 점에서 위생학적 의의가 더 크다.

본 조사 결과 총 406건중 121건(29.8%)이 부적합으로 나타났으며 계절별로는 일반세균과 마찬가지로 가을철에 47.8%로 가장 높게 나타났다. 대장균군의 평균치는 $683.2 \pm 73.0/100 \text{ml}$ 로 나타나 대장균오염이 심각함을 알 수 있다. 항목간의 상관성은 NH_3-N 과 일반세균에서 높은 상관성($p < 0.01$)을 나타냈다.

20. 기타항목 : 이상의 항목을 제외한 CN, Hg, 유기인, Phenol, Cd, Cr⁶⁺에서는 거의 전시료에서 불검출로

Table 5. Seasonal Distribution of Nonsuitable for Standard in S.P.C. and Coliform.

Season	Month	No. of Sample	No. of Nonsuitable in S.P.C	No. of Nonsuitable in Coliform
Spring	March	38	13	5
	April	21	6	—
	May	50	13	23
Summer	June	56	31	17
	July	40	29	15
	August	31	19	6
Fall	September	25	15	8
	October	22	16	14
	November	22	16	11
Winter	December	28	16	5
	January	28	16	8
	February	40	10	9
Total		406	220(54.2%)	121(29.8%)

나타났으며 As는 단지 1건에서 0.003mg/l를 나타냈을 뿐 그의 모두 불검출이었으며, A.B.S.는 평균 0.003±0.0001mg/l로서 98.5%가 불검출이었고 총 406건중 1건이 0.63mg/l로 부적합으로 나타났을뿐 대체로 양호한 상태였다.

이상의 지하수 총 406건에 대한 보사부령 28항목을 분석한 결과 기준에 적합한 시료는 123건으로 30.3%이었으며 나머지 69.7%(283건)이 부적합으로 나타났다. 이를 상세히 살펴보면 이들 283건중 세균으로 부적합한 것이 132건(32.4%), 이화학과 세균이 동시에 부적합한 것이 96건(23.4%)이었으며 단지 이화학적으로 부적합한 것은 55건(13.6%)으로 나타났다. 여기서 특기할 만한 것은 현재 오염지표로 사용되는 8항목(색도, 탁도, NH₃-N, NO₃-N, 맛, 냄새, 일반세균, 대장균)외의 항목으로 부적합 판정을 받는 시료가 21건이었으며, 이들 요인이 Fe이 3건(중부 1건포함), Zn이 10건, pH가 5건, Mn이 2건(중부 1건포함), F가 2건, KMnO₄ 소비량이 1건 등이었으며 따라서 이들이 오염지표인 음적 8항목에서 검출이 안된다면 이들중 비교적 빈도가 높은 Zn과 pH등은 8항목에 포함되어야 할것으로 사료된다.

또한 전체 시료중 56%가 세균오염으로 부적합이라는 점에서 이들 지하수의 위생적 관리와 소독이 철저히 이루어져야 하겠다.

각 항목별 상관성을 검토해본 결과 총경도, 증발잔유물은 미생물을 제외한 거의 전항목과 높은 상관성을 나타냈으며, 가장 높은 상관성을 나타낸 것은 증발잔

유물과 총경도가 $r=0.8946$ 으로 ($p<0.001$) Fig. 1과 같이 $y(\text{총경도})=0.577x(\text{증발잔유물})-11.772$ 의 회귀선을 구할수 있었으며, 색도와 탁도는 $r=0.7233$ ($p<0.001$)로 Fig. 2와 같이 $y(\text{색도})=0.869x(\text{탁도})+0.83$ 의 회귀선을 나타냈다. 그밖에도 Cu와 SO₄⁻²는 $r=0.6367$ 로 $y(\text{SO}_4^{-2})=2763x(\text{Cu}^{-})-7.466$ 의 회귀선을 구할수 있었으며, 이밖에도 항목간의 상관성에서 $p<0.001$ 의 매우 높은 상관성을 나타내는 항목이多數였으며, 여기서 이들 항목의 원인 물질을 대략 추정할수 있을것이라 사료된다.

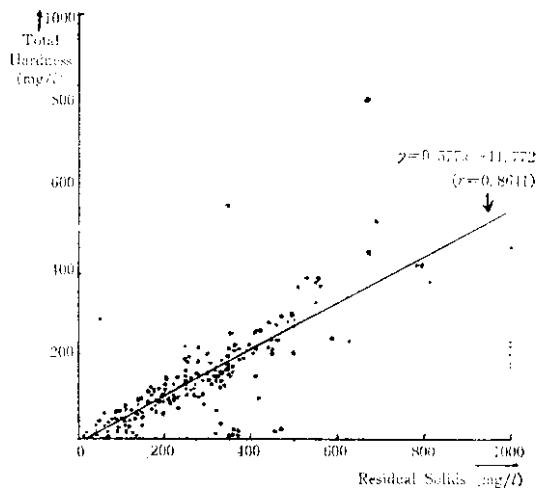


Fig. 1. The Estimated Regression Line of R.S. and T.H.

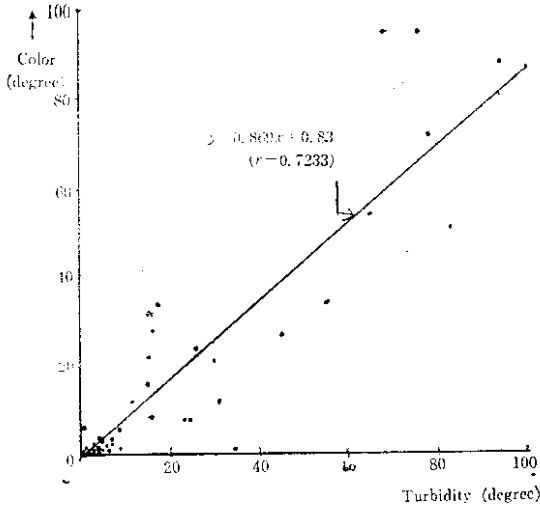


Fig. 2. The Regression Line of Turbidity and Color.

결론

1988년 1월부터 12월까지 본 연구원에 수질분석 의뢰된 406건 지하수를 대상으로 수도법에 의한 음용수질 검사방법 28항목을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 총 406건 시료중 69.7%인 283건이 기준에 부적합한 것으로 나타났으며, 그중 세균 부적합이 32.4%(132건)로 가장 많았으며, 세균과 이화학적 성상이 동시에 부적합한 것이 23.6%(96건), 이화학적으로만 부적합한 것이 13.6%(55건)로 나타났다.

2. 각 항목별 부적합률은 총 406건중 일반 세균이 54.2%(220건)로 가장 높았으며, 대장균이 29.8%(121건), 탁도가 12.8%(52건), Zn이 11.3%(46건), Mn이 10.8%(44건) 순으로 나타났다.

3. 각 항목의 평균농도는 일반세균, 대장균, Fe를 제외하고는 모두 기준이하로 나타났다.

4. 각 항목간의 유의성을 검토한 결과 총경도, 증발잔유물등이 기타 무기물, 유기물등 이화학적 항목과 높은 상관성($p < 0.01$)을 나타냈으며, 일반세균, 대장균은 $\text{NH}_3\text{-N}$ 과 높은 상관성($p < 0.01$)을 나타냈다.

참고 문헌

1. 박광원 ; 현대공중보건학, 계구문화사, p.115, 1987.
2. 경문식, 구성희, 이성호 ; 환경위생학, 신광출판사 p.91, 1987.
3. 김두희 ; 보건학총론, 학문사, p.581, 1987.
4. 위생화학연구회 ; 위생화학, 경인문화사, p.234, 1976.
5. 보사부 ; 수도법에 의한 음용수 수질기준, 보사부령 제791호, 1986.
6. APHA-AWWA-WPCF ; Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 15th Edition, p.748, 1981.
7. 日本藥學會編 ; 衛生試驗法・注解, 金原出版社, 72 8-788, 1986.
8. Daniel A. Okun ; Water Quality Management, Maxcy-Rosenau Public Health and Preventive Medicine. 11th Ed, p.988, 1980.
9. Robert E. Menzer and Judd O. Nelson ; Water and Soil Pollutants, Casarett and Doull's Toxicology, 2nd Ed, p.653, 1980.
10. Geldreich E.E. ; Fecal Coliform, Concepts in Stream Pollution Water and Sew. Work 114, p. 98, 1967.
11. 최병현, 어수미, 이해식, 김교봉 ; 서울지역 정호수의 위생학적 조사연구, 서울특별시 보건환경연구원보 23, 125-131, 1987.