

건축물내 급수설비의 수질변화 특성과 영향력 평가

이현동[†] · 황재운 · 배철호^{*} · 김상진^{**}

한국건설기술연구원 건설환경연구부

^{*}한국수자원공사 수자원연구원

^{**}(주)두합크린텍

Assessment of Variable Characteristics in Water Quality of the Supply Systems in the Building

H.D. Lee[†] · J.W. Hwang · C.H. Bae^{*} · S.J. Kim^{**}

Korea Institute of Construction Technology, Construction Environment Research Dept.,

^{*}Korea Water Resources Corporation, Korea Ins. of Water & Env. Dept.,

^{**}Doohap Clean tech.

(Received 28 November 2003, Accepted 27 April 2004)

Abstract : In this study, variable characteristics of drinking water and the influences on underground water reservoirs, rooftop water tanks, and service water pipes in the building were assessed. The influence of underground water reservoir material and water capacity on water quality also were assessed. The results are the following as;

First of all, the drinking water passing through underground water reservoirs or service water pipes in the building, averagely metal component concentration more increased from percent of 41.3 to percent of 74.2 totally than other items of water quality. On the other hand, both residual chlorine and total solid highly decreased 65.6 percent and 35.3 percent, respectively. Therefore, it was thought that water quality could be getting worse for microorganism re-growth by residual chlorine reduction, and total solid also could be a cause for extraneous matters accumulated in water reservoir.

Secondly, the variations on water quality of each stage for water supply system in the building were higher in water service pipes connected from rooftop water tanks to the tap than in underground water reservoirs. In addition to, among of twelve items on water quality, ten items on water quality except dissolved oxygen and residual chlorine increased. Therefore, it was thought that the influence of water service pipes connected from rooftop water tanks to the tap on water quality were higher than other stages of water supply system in the building.

Thirdly, in case of materials of underground water reservoir, it was likely that the variation on water quality by stainless steel and concrete materials got some similar. In case of water capacity, the variations on water quality of underground water reservoirs over 1,000 m³ higher than those under 1,000 m³. That reasons was likely that the retention time(49.72 hours averagely) of underground water reservoirs over 1,000 m³ was two times longer than it of those under 1,000 m³(23.37 hours). Therefore, it was thought that the influence on water quality by materials were some similar, but in case of water capacity, the influence of underground water reservoirs were higher.

keywords : Underground water reservoirs, Rooftop water tanks, Service water pipes, Water quality

1. 서 론

국내에서 수도물 수질악화와 불신을 유발하는 가장 큰 원인중의 하나가 수도꼭지에서 나오는 이물질과 적수 등의 발생이다. 이는 수요자들에게 가장 직접적으로 불쾌감과 거부감을 주기 때문이다. 이러한 이유는 수도물 오염으로 인한 집단민원을 제기하는 사례를 증가시키는 대표적인 원인으로 작용하고 있다. 최근에 제기되고 있는 수도물에서의 병원성미생물 발생에 대한 논쟁과 언론을 통한 직접적인

상수도의 노후관에 대한 보도는 이러한 수도물 불신을 더욱 가중시키고 있다. 정부는 지금까지 상수원 관리, 고도정수처리시설 도입과 운영, 노후 상수도관의 개량 등에 많은 비용과 노력을 하고 있으나 실질적인 효과는 없는 실정이다. 이는 수도꼭지로부터 나오는 이물질과 적수 등의 발생이 주로 건축물내 급수설비인 저수조 또는 급수관으로부터 야기되고 있기 때문이다(이 등, 2000, 2001, 2002).

정부는 이러한 저수조의 수질악화 문제를 해결하기 위하여 6개월에 1회 이상 청소를 하도록 하고, 관리자나 건물주가 법정교육을 이수하도록 규정하고 있다. 그러나 이를 감독하고 관리할 수 있는 인력의 부재로 감독자체를 할 수 없는 실정이며, 점검과 확인의 미흡으로 그 효과가 거의

[†] To whom correspondence should be addressed.
hdlee@kict.re.kr

미미한 실정이다. 또한 대부분 영세규모의 전문성없는 저수조 청소업자의 난립 등으로 인한 부실청소와 소독실시 미흡 등으로 오히려 수질악화를 초래하는 경우도 있다. 이상과 같은 기존 저수조에 대한 구조적, 재질적 한계성과 관리능력의 한계로 저수조에서 발생하는 수돗물 2차오염을 현상태에서 개선할 수 있는 가능성은 매우 어려운 실정이다(이 등, 2002).

특히, 저수조를 중심으로 발생하고 있는 수질악화에 대한 광범위한 조사 연구가 진행된 바 없으며, 대부분의 연구가 저수조의 외부오염 현황과 환경에 치중하고 있다. 또한 실질적 전반적인 상수도시스템하에서 저수조를 포함하여 옥내급수관 등이 수돗물의 수질에 미치는 영향에 대한 평가 연구가 거의 진행된 바 없다.

현재 국내에서는 이 등이 수돗물의 수질이 옥내급수관인 아연도강관의 부식에 미치는 영향 평가에 한하여 일부 연구가 진행된 바 있고, 옥내급수관의 개량을 위한 직접진단 또는 간접진단 방법 등에 관한 연구도 진행한 바 있으나(이 등, 2000, 2001, 2002), 지하저수조 유입으로부터 수도꼭지에 이르는 동안에 급수단계, 저수조 재질과 용량 등에 따른 수질변화 특성과 영향력 등에 대해서는 연구가 진행되지 못하였다. 따라서, 현재까지 대부분 급수설비에 대한 수질안전성을 확보할 수 있는 급수설비 시스템으로의 설치 용이하지 못한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 국내 건물내 급수설비인 저수조와 옥내급수관 등에서의 급수단계 과정과 재질 그리고 용량에 따른 수돗물의 수질변화 특성을 고찰하고, 건물내 급수설비가 수질에 미치는 영향을 평가하였다.

2. 연구방법

2.1. 연구대상건물 현황

본 연구에서는 건물내 급수설비인 저수조와 옥내급수관 등에서의 수돗물의 수질변화 특성을 고찰하고, 각 급수단계가 수질에 미치는 영향을 평가하기 위하여 저수조를 사용하고 있는 기존 아파트와 같은 공동주택, 그리고 저수조 청소후 3개월 이상된 건물을 선정하여 수질조사를 수행하였고, 각 건물에 대한 일반현황은 Table 1과 같다. 지역으로 보면 경기도(I-H, I-Y, S-S, B-H), 대전광역시(D-K, D-H) 그

리고 광주광역시(K-B, K-S, K-H)를 대상으로 하였다. 통수년도(통수년수)는 1987(16년)~2001년(2년)까지이다.

2.1.1. 저수조

급수방식으로 보면, 7개 건물이 고가수조 방식이고, 압력탱크 방식이 1개 건물, 그리고 고가수조와 압력탱크 방식을 병용한 방식이 1개 건물이었다. Table 2에서 보면, 지하저수조는 7개 건물이 콘크리트 재질이었으며, 2개 건물은 스테인레스강 재질을 사용하였다. 고가수조는 지하저수조와는 달리 6개 건물이 SMC(Sheet Molding Compound)이었고, D-H가 FRP(Fiberglass Reinforced Plastics) 그리고 연구대상 건물중 통수년도가 가장 긴 K-H 건물만 고가수조가 콘크리트 재질이었다. 콘크리트 지하저수조에 사용되는 도장재는 주로 액상에폭시가 많이 사용되고 있으나 연구대상 건물 중 2개 건물의 경우에는 도장재가 사용되지 않고 있었다. 고가수조에서도 8개 건물 중 3개 건물에서는 액상에폭시로 도장이 되어있는 것으로 나타났다. 지하저수조 용량은 대부분 180~4,625 톤/개소이었으며, 고가수조는 용량은 5~30 톤/개소이었다. 연구대상건물의 지하저수조와 고가수조 유지관리 방법은 모두 고압수 세척을 이용한 물리적 세척방법이 이용되는 것으로 나타났다.

2.1.2. 옥내급수관

옥내급수관 현황은 Table 3과 같다. 옥내급수관으로 사용되는 관종은 공동구역(저수조~세대 수도계량기)의 경우 아연도강관, 동관, 스테인레스강관을 주로 사용하였으며, 일부 건물은 세대구역인 세대 수도계량기로부터 수도꼭지까지 PB관과 X-L관을 사용하고 있었다. 각 연구대상건물에서 옥내급수관의 관리를 위한 유지관리 방법으로서 방식설비, 방청제투입, 그리고 갱생을 포함한 개량여부를 조사한 결과, D-H의 경우만 옥내급수관인 아연도강관내 녹과 스케일 등을 제거하고, 부식을 방지하기 위하여 Merus Ring 장치를 약 1개월 간 설치운영하고 있는 것으로 조사되었으며, 건물내 옥내급수관으로 동관만을 사용중인 D-K는 건물 준공 초기에 규산염계 방청제를 한시적으로 사용한 바 있다.

2.2. 수질조사 방법

연구대상건물에서 각 저수조와 옥내급수관이 수질에 미

Table 1. The state of the building for research

NO.	Site Name	Years of water supply (Year)	Periods of water supply (Year)	Number of Building	Total households	Story	Methods of Water Supply
1	I-H	1999	4	1	317	15	Pressure tank
2	I-Y	1995	8	6	358	13~18	Water tank
3	S-S	1994	9	21	1,827	15~25	Water tank
4	B-H	1994	9	17	1,651	10~15	Water tank/Pressure tank
5	D-K	2000	3	9	975	9~15	Water tank
6	D-H	1991	12	4	169	9	Water tank
7	K-B	2001	2	3	256	12~18	Water tank
8	K-S	1994	9	7	571	14~16	Water tank
9	K-H	1987	16	4	597	13~14	Water tank

Table 2. The state of facilities on underground water reservoirs and a rooftop water tanks

NO.	Site Name	Underground water reservoir					Rooftop water tank					Current management methods		
		Structure	Capacity (m ³ /place)	Materials	Internal painting materials	Place	Structure	Capacity (m ³ /place)	Materials	Internal painting materials	Place	Cleaning		Re-painting
												Methods	Frequency (/year)	
1	I-H	R ¹	180	Stainless Steel	-	3	R ²	-	-	-	-	P ³	2	-
2	I-Y	R	434	Concrete	Epoxy	1	R	5, 10	FRP ⁴	Epoxy	6, 6	P	2	-
3	S-S	R	550	Concrete	Epoxy	1	R	20	SMC ⁵	-	21	P	2	-
4	B-H	R	4,625	Concrete	Epoxy	1	R	30	SMC	-	19	P	2	-
5	D-K	R	1,790	Concrete	Epoxy	1	R	10	SMC	-	26	P	2	-
6	D-H	R	660	Concrete	-	1	C	13	FRP	Epoxy	10	P	2	-
7	K-B	R	520	Stainless Steel	-	1	R	24	SMC	-	3	P	2	-
8	K-S	R	1,873	Concrete	Epoxy	1	R	10, 25	SMC	Epoxy	7, 7	P	2	-
9	K-H	R	1,313	Concrete	Epoxy	1	R	10	Concrete	-	8	P	2	-

Note) 1. R : A rectangular parallelepiped type
 2. C : A cylinder type
 3. P : Physical cleaning
 4. FRP : Fiberglass Reinforced Plastics
 5. SMC : Sheet Molding Compound

Table 3. The state of service water pipes

NO.	Site Name	Type of service water pipe			Management methods					
		1 stage (Under water reservoir ~ Rooftop water tank)	2 stage (Rooftop water tank ~ Water meters in households)	3 stage (Water meters in households ~ Water tap)	Anti-corrosion methods		Inhibitors		Rehabilitation	
					Methods	Periods	Methods	Periods	Methods	Periods
1	I-H	CP	CP	CP	-	-	-	-	-	-
2	I-Y	GSP	GSP	PB	-	-	-	-	-	-
3	S-S	GSP	GSP	GSP	-	-	-	-	-	-
4	B-H	GSP	GSP	GSP	-	-	-	-	-	-
5	D-K	CP	CP	CP	-	-	Silicate-Based	Only during the 2001	-	-
6	D-H	GSP	GSP	X-L	Merus Ring	2003.08 ~ 현재	-	-	-	-
7	K-B	CP	CP	CP	-	-	-	-	-	-
8	K-S	SS	SS	CP	-	-	-	-	-	-
9	K-H	GSP	CP	CP	-	-	-	-	-	-

Note) 1. Type of service water pipe : GSP, Galvanized Steel Pipe; SS 304, Stainless Pipe; PB, Polybutylene Pipe; X-L, Crosslinked Polyethylene Pipe; CP, Copper Pipe

치는 영향을 평가하기 위하여 수질조사는 각 연구대상건물의 지하저수조, 고가수조, 그리고 세대 수도꼭지 등 건물내 수도물이 공급되는 과정별로 조사하였다. 지하저수조에서는 저수조내부로 수도물이 공급되기 이전의 유입구 부분, 저수조 내부, 그리고 유출구 부분에서 각각 시간(오전, 오후, 야간 등)에 따라 2~3회 시료를 채취하여 분석하였고, 특히

지하저수조와 고가수조 내부의 경우 표면과 바닥 등에서 조사하였다. 세대 내에서의 수질조사는 고가수조 이후 최상층, 중간층, 그리고 최하층 등에서 동일계통의 급수라인으로 공급되는 세대내의 동일위치에서 수도물을 채취하였다. 야간 이후에 오전까지 주로 수도물 사용이 감소하여 정체되는 시간이 길어지므로, 저수조 또는 옥내급수관이 수질에

미치는 영향이 가장 클 것으로 판단되어 오전에 각 세대에서 수도물을 사용하기 이전에 시료를 채취하였다.

2.3. 분석방법

본 연구에서는 저수조와 옥내급수관 등이 수질에 미치는 영향을 평가하기 위하여 일반수질항목으로 pH, DO, Cl⁻, SO₄²⁻, 전기전도도, 총경도, 소독관련 항목으로 잔류염소, 입자와 관련된 수질항목으로 탁도와 증발잔유물 그리고 금속항목으로 철, 아연, 구리 등 총 12개 항목을 측정하였으며, 분석방법은 수질공정시험법에 근거하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 급수라인 과정별 수질변화 특성

3.1.1. 일반수질항목

일반수질항목에 대하여 9개 건물에서의 수질변화를 각 급수단계별로 Fig. 1에 나타내었다. Fig. 1에서 A는 지하저수조 유입수, B는 지하저수조 표면수, C는 지하저수조 바닥수, D는 지하저수조 유출수, E는 고가수조 표면수, F는 고가수조 바닥수, 그리고 G는 세대내 수도꼭지 유출수를 의미한다. Fig. 1의 (a)에서 pH는 pH 7 이상으로 약 알칼리성 상태로 급수과정에서 따라 다소 증가하는 경향으로 보였다. 지하저수조 유입수 수질평균을 기준으로 지하저수조 유입수가 유출되는 시간(수도물이 체류하는 동안)과 지하저수조 유출수와 고가수조 표면 구간, 즉 옥내급수관인 입상관에서 수도물의 pH가 각각 평균적으로 2.2%와 3.0%가 증가되는 것으로 나타났다.

Fig. 1의 (b)에서 DO 농도는 전체적인 뚜렷한 변화는 없었으나 지하저수조 유입수 보다 수도꼭지 유출수에서의 DO 농도가 다소 감소되는 경향을 보였다. 지하저수조 유

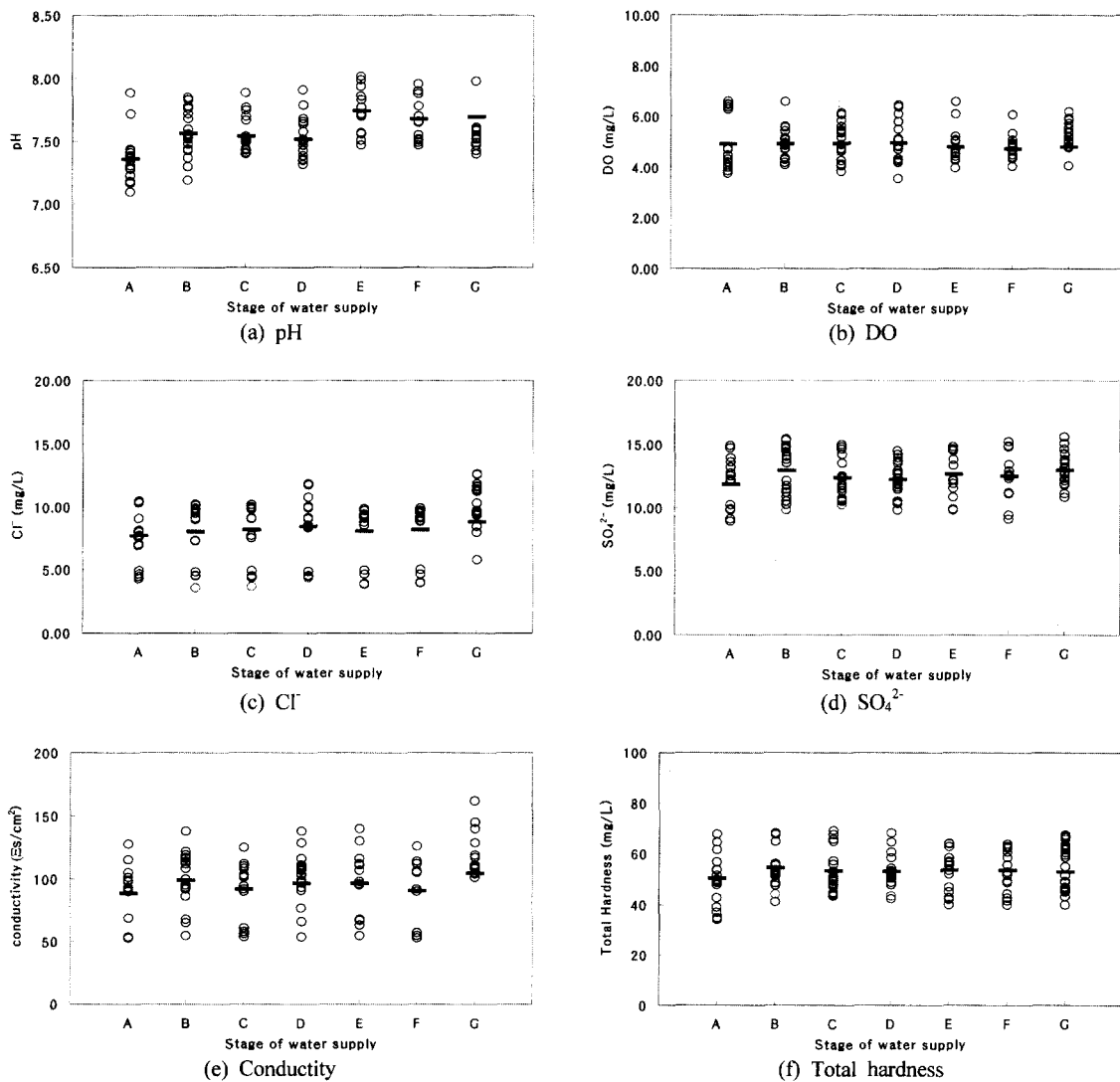


Fig. 1. Concentration variations of general water quality items by each stage of water supply.

(A ; Inlet water of underground water reservoir, B ; Surface water in underground water reservoir, C ; Bottom water in underground water reservoir, D ; Outlet water of underground water reservoir, E ; Surface water in rooftop water tank, F ; Bottom water in rooftop water tank, G ; Tap water in household)

입수 수질평균을 기준으로 급수단계별로 DO농도의 평균적인 변화를 보면, 옥내급수관인 입상관(지하저수조 유출수~고가수조 표면수)을 통과하면서 평균적으로 DO농도가 3.5% 정도 달라지는 것으로 나타났다.

Fig. 1의 (c)에서 염소이온 농도는 지하저수조 유입수 평균을 기준으로 지하저수조 유입수가 유출되는 동안 10.1%가 증가된 변화를 보였고, 고가수조에서 세대 수도꼭지 구간에서 증가폭이 8%로 나타나, 이들 구간에서 염소이온 농도가 영향을 상대적으로 많이 받는 것으로 나타났다. 그러나, 지하저수조 또는 고가수조내부(표면-바닥)에서의 염소이온 평균농도 차이는 크지 않는 것으로 판단된다. 또한, Fig. 1의 (d)에서 황산이온 농도와 Fig. 1의 (f)의 Total Hardness 등은 지하저수조 유입수와 지하저수조 표면수 사이에서 평균농도가 8%정도 증가되는 변화를 보여서, 상대적으로 영향을 크게 받는 것으로 나타났다.

일반적으로 전기전도도는 얼마나 쉽게 전류가 통과하는가 하는 척도로서 수중에 존재하는 양이온과 음이온을 합해서 나타낸다. 이 항목은 수돗물중에 무기물질, 특히 중금속 물질이 변동폭이 높을 때 그 값이 달라지는 경향을 보인다. Fig. 1의 (e)에서 전기전도도는 지하저수조 표면수와 바닥수 사이에도 평균적으로 8%가 증가된 변화를 나타냈고, 고가수조에서 세대 수도꼭지 구간에서 증가폭이 16%로 나타나 급수관에서 상대적으로 전기전도도의 변화가 높은 것으로 나타났다. 이는 고가수조이후 수도꼭지 구간까지의 급수관의 부식으로 인한 일부 중금속의 용출에 의한 영향인 것으로 판단된다.

3.1.2. 입자성 수질항목

Fig. 2에는 수질항목중 입자와 관련성이 깊은 탁도와 증발잔유물의 급수과정별 변화를 나타내었다. Fig. 2의 (a)에서 탁도는 지하저수조 유입수에서 수도꼭지에 이르기까지 농도변화가 크게 나타나는 경향을 보이지는 않았다. 그러나 지하저수조 유입수 기준으로 탁도의 평균적인 변화를 보면, 지하저수조 유입수가 유출되는 동안 평균농도가 유입수 기준으로 4.7% 증가하여 수돗물이 지하저수조내 체류되는 동안 영향을 받는 것으로 나타났으며, 고가수조에서 세대 수도꼭지 구간에서도 수질영향을 크게 받는 것으로 나타났다.

Fig. 2의 (b)에서 증발잔유물은 지하저수조 유입수에서 수도꼭지까지 급수과정별로 농도가 낮아지는 경향을 보였다. 이는 급수설비내에서 물의 흐름이 상수도관로와는 달리 간헐적이고, 체류시간이 길어 일부 입자성물질 등이 저수조 또는 옥내급수관 등에 침적하여 그 농도가 감소하는 경향을 보이는 것으로 판단된다. 특히, 이러한 변화는 고가수조 이후보다는 지하저수조 유입수에서 고가수조에 이르는 구간에 두드러지는 특징을 보였다. 지하저수조 유입수 기준으로 증발잔유물의 평균적인 농도 변화를 보면, 지하저수조 유입수가 유출되는 동안 평균농도가 유입수 기준으로 34.7%가 감소되어 탁도와 마찬가지로 수돗물이 지하저수조내에 체류되는 동안 가장 큰 영향을 받는 것으로 나타났다.

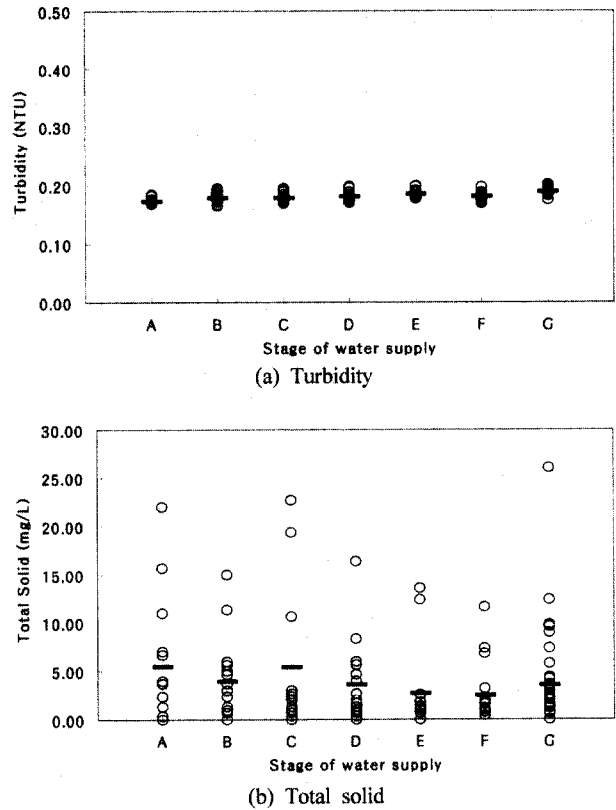


Fig. 2. Concentration variations of water quality items related particle components related by each stage of water supply.

3.1.3. 소독관련 수질항목

Fig. 3에는 수질항목 중 소독과 관련이 있는 잔류염소농도의 변화를 나타내었다. 잔류염소의 경우, 초기 지하저수조 유입수에 비하여 수도꼭지에서의 잔류염소농도 감소가 매우 두드러지는 것으로 나타났다. Fig. 3에서 지하저수조 유입수 기준으로 잔류염소농도의 평균값의 변화를 보면, 지하저수조 표면수에서 바닥수로 갈수록 잔류염소의 평균농도가 17.2%가 증가되는 경향을 보인 반면, 지하저수조 유입수의 경우 대부분 지하저수조 정체시에 39.6%로 상당량이 감소하여 유출되는 것으로 나타났다. 지하저수조와 비교해서 저수조의 수위가 작은 고가수조에서의 잔류염소의 평균

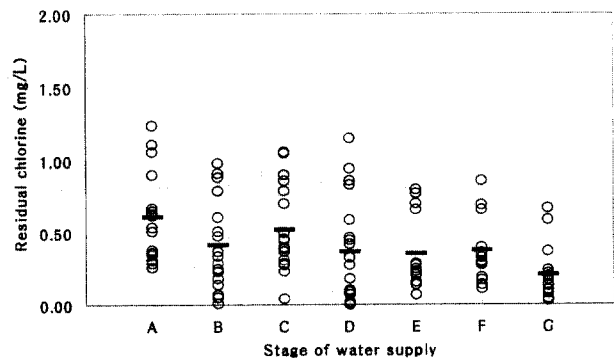


Fig. 3. Concentration variations of residual chlorine by each stage of water supply.

농도의 변화는 상대적으로 3.5%만이 수위에 따른 차이가 있는 것으로 나타났으며, 고가수조 이후 옥내급수관에서의 잔류염소농도 감소가 28%로 고가수조 이후 잔류염소농도의 감소가 두드러지는 경향을 나타내었다.

3.1.4. 금속성 수질항목

Fig. 4에는 수질항목중 금속성분과 관련이 있는 철, 아연, 구리 등의 급수과정별 변화를 나타내었다. Fig. 4의 (a)에서 철 농도는 급수과정에 따라 큰 변화는 없는 것으로 나타났으나, 지하저수조 유출에서 고가수조 구간, 그리고 구가수조에서 수도꼭지 구간 등 주로 수돗물이 옥내급수관을 통과하는 과정에서 철 농도가 다소 증가되는 경향을 보였다.

이는 앞서 언급한 바와 같이 옥내급수관 자체가 대부분 금속성 재질이고, 특히 조사된 건물들이 일부구간 또는 전 구간을 아연도강관으로 사용하고 있는 경우가 많아 이들 아연도강관의 부식으로 인하여 철농도가 상승되고 있는 것으로 판단된다.

Fig. 4의 (b)에서 아연 농도는 고가수조부터 수도꼭지 구간에서 철 농도에 비하여 증가되는 농도가 상대적으로 높게 나타났다. 일반적으로 아연도강관의 경우, 부식이 진행되는 과정에서 철농도보다는 아연농도가 상대적으로 수돗물에 용출되어 증가하고, 피복된 아연이 없으면, 부식이 심화되어 철농도가 상대적으로 증가하는 경향을 보인다.

또한, Fig. 4의 (c)에서 구리 농도도 급수단계별로 농도가 증가되는 경향을 보였는데, 이는 건물내에서 일부 동관을 사용중인 건물에서 동관이 부식되면서 구리의 농도에 영향을 주는 것으로 판단된다.

Fig. 5에는 각 수질항목에 대하여 지하저수조 유입수 수질 평균농도와 수도꼭지 유출수 수질 평균농도를 비교하여 각 수질의 전체적인 변화량을 나타낸 것이다. Fig. 5에서 보면, 수돗물이 저수조 또는 옥내급수관을 통과하면서 잔류염소와 중발잔유물을 제외하고는 대부분의 수질항목이 평균적으로 증가되는 것으로 나타났다. 수질농도가 증가되는 10개 항목 중 평균적으로 증가폭이 가장 큰 것은 중금속 항목으로 41.3%에서 74.2%가 증가되는 것으로 나타났으며, 그 외의 항목은 6.6%~18.1%가 증가되는 것으로 나타나 수질악화에 미치는 영향이 큰 것으로 나타났다. 또한, 잔류염소는 65.6%, 중발잔유물은 35.3%로 큰 폭으로 감소되는

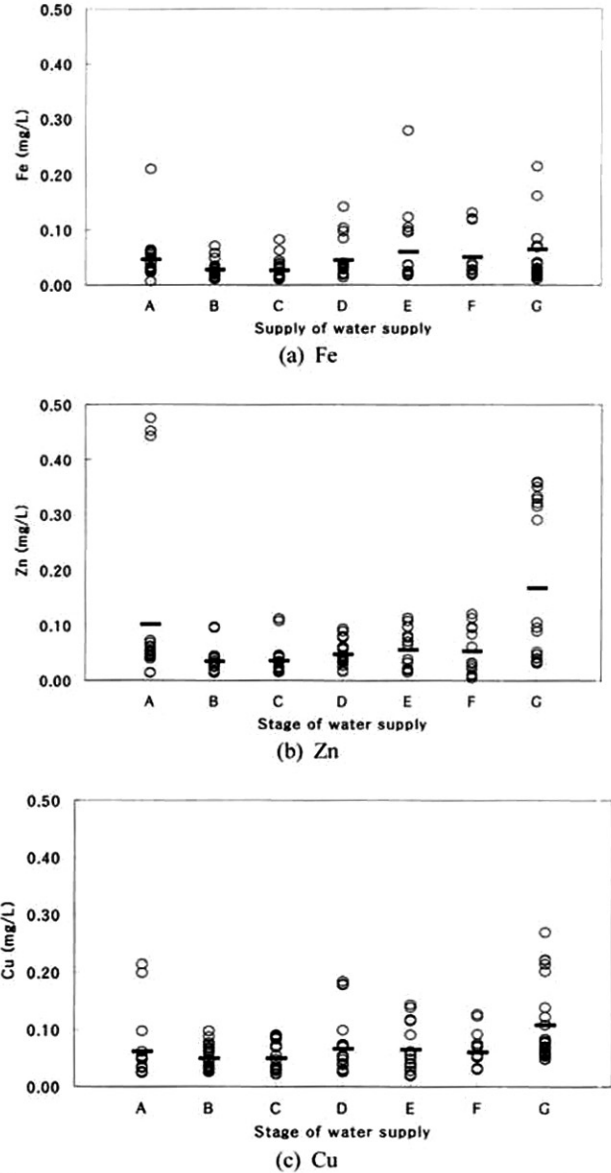


Fig. 4. Concentration variations of water quality items related metal components by the stage of water supply.

것으로 나타나 잔류염소농도 감소에 따른 미생물 재성장으

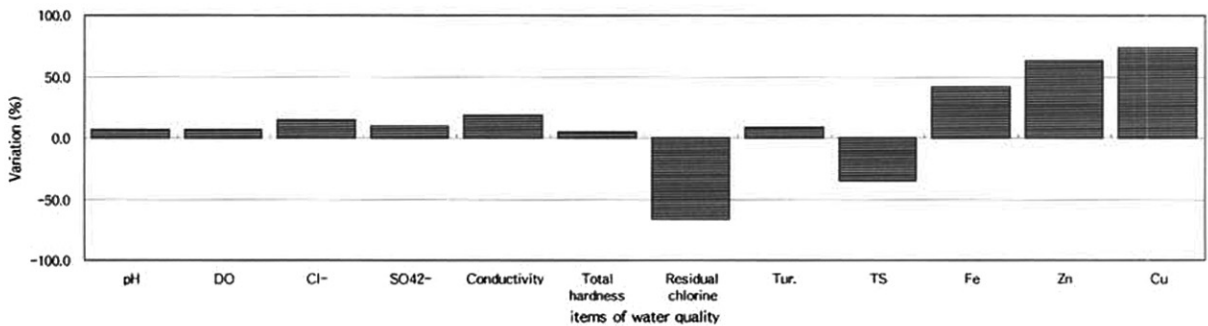


Fig. 5. Variations of average concentrations on water quality items between inlet water of underground water reservoir and outlet water of tap.

로 인한 수질악화 가능성이 높은 것으로 판단되며, 증발산 유물의 경우에는 저수조내에 이물질 축적의 원인이 되고 있는 것으로 판단된다.

3.2. 급수라인별 수질영향력 평가

건물내 각 급수단계 과정에서 지하저수조 유입수 기준으로 급수과정 단계별로 각 수질항목의 평균농도 변화량(증가 또는 감소 등)의 크기에 따라 순서대로 6(VI)~1(I) 등급으로 구분하여 이를 부여하면 Table 4와 같다. 표에서 (+)는 급수단계를 거치면서 평균농도가 증가되는 경우이며, 감소하는 경우는 (-), 그리고 변하지 않는 경우는 (0)으로 표기하였다. Table 4에서 보면, 그 합계가 클수록 급수단계별로 전체적인 수질변화의 폭이 심한 것을 의미한다고 볼 수 있다.

Table 4에서 수돗물이 각 급수과정을 거치면서 수질에 가장 많은 영향을 받는 단계는 수돗물이 고가수조에서 세대 수도꼭지까지 공급되는 급수관과 횡주관이며(VI 등급), 그 다음으로는 저수조 유입수가 저수조로 유입되는 과정(V 등급)과 유출이 되는 과정(IV)에서 수질변화가 큰 것으로 나타나 사실상 저수조내 체류되는 동안 수질에 미치는 영향이 큰 것으로 판단되며, 그 다음으로는 저수조에서 고가수조로 이어지는 입상관(III)이 수질에 미치는 영향이 큰 것으로 나타났으며, 지하저수조와 고가수조내의 표면에서 바닥까지의 수위변화에 따른 수질영향력이 각각 II 등급과 I 등급으로 나타나 이들의 영향은 가장 작은 것으로 나타났다. 또한, 지하저수조 유입에 따른 각 수질항목 중 평균농도가 증가되는 비율이 12개 항목 중 8개 항목으로 66.6%, 그리고 고가수조에서 수도꼭지 구간에서는 10개 항목으로 83%로, 각 수질항목의 평균농도가 증가되는 경우를 수질악화로 보면, 지하저수조 유입과 고가수조에서 수도꼭지 구간이 수질악화에 가장 큰 기여를 하고 있는 것으로 판단된다.

3.3. 저수조 재질 및 용량별 수질영향력 평가

건물내 지하저수조의 재질과 용량에 따른 수질영향력 등을 평가하기 위하여 재질과 용량별로 지하저수조 유입수 기준으로 유출수 수질항목의 평균농도 변화량의 크기에 따라 순서대로 2(II), 1(I) 또는 3(III), 2(II), 1(I) 등급으로 구분하여 이를 부여하면 Table 5와 같다. Table 5에서 수돗물이 지하저수조를 거치면서 스테인레스강 재질 지하저수조가 콘크리트 재질에 비하여 급수단계에 따라 각 수질 평균농도 변화량 크기가 I(18)로 나타났으나 그 차이가 매우 미미하게 나타나 스테인레스강과 콘크리트 재질 모두 수질변화에 미치는 영향은 비슷할 것으로 판단된다. 이는 콘크리트 지하저수조도 대부분 내부 벽면에 액상에폭시수지 등으로 라이닝이 되어 방식되고 있어 콘크리트가 직접적으로 수질에 미치는 영향이 크지 않았기 때문으로 판단된다.

Table 5에서 용량별로는 1,000톤 이상의 지하저수조가 지하저수조 유입수 수질에 영향을 가장 많이 주는 것으로 나타났으며, 1,000톤 이하의 경우에는 비슷한 영향을 주는 것으로 나타났다. 이는 Fig. 6에서 보듯이 조사된 건물 중 지하저수조 용량이 1,000 m³ 이하의 경우, 체류시간은 23.36 시간이고, 1,000 m³ 이상은 체류시간이 49.72 시간으로 2 배정도 길게 나타나 저수조 용량이 클수록 장기 체류에 따른 영향이 컸을 것으로 판단된다.

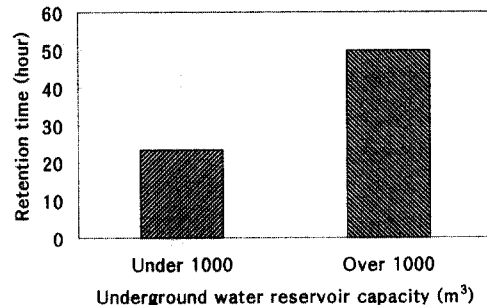


Fig. 6. Retention time according to the capacity of underground water reservoirs.

Table 4. Assessment of the influence on water quality of the stage of water supply

Stage of water supply		A→B	B→C	C →D	D→E	E→F	F→G
Water quality items							
General water quality items	pH	5(+)	3(-)	3(-)	6(+)	4(-)	1(+)
	DO	1(-)	3(-)	2(-)	6(+)	4(+)	5(-)
	Cl ⁻	4(+)	2(-)	3(+)	5(-)	1(+)	6(+)
	SO ₄ ²⁻	6(+)	4(-)	2(-)	3(+)	1(-)	5(+)
	Conductivity	5(+)	4(-)	2(+)	1(0)	3(-)	6(+)
	Total hardness	6(+)	5(-)	2(-)	3(+)	1(0)	4(+)
Water quality items related particles	Turbidity	5(+)	1(0)	2(+)	3(+)	4(-)	6(+)
	Total solid	5(-)	4(+)	6(-)	2(-)	1(-)	3(+)
Water quality item related disinfectants	Residual chlorine	6(+)	3(+)	4(-)	1(-)	2(+)	5(-)
Water quality items related metals	Iron, Fe	5(-)	1(-)	6(+)	3(+)	2(-)	4(+)
	Zink, Zn	4(-)	1(+)	4(+)	3(+)	2(-)	6(+)
	Copper, Cu	4(+)	1(-)	5(-)	2(+)	3(-)	6(+)
Sum		52(V)	31(II)	36(VI)	36(III)	25(I)	51(IV)

Table 5. Assessment of the influence on water quality of materials and water capacity of underground water reservoir

Materials or water capacity of underground water reservoir		Materials		Capacity (m ³)		
		SS	Concrete	Under 500	500~1,000	Over 1,000
General water quality items	pH	2(+)	1(+)	1(+)	3(+)	2(+)
	DO	2(-)	2(+)	1(-)	3(+)	2(+)
	Cl ⁻	2(+)	1(+)	3(+)	2(+)	1(+)
	SO ₄ ²⁻	1(+)	2(+)	2(-)	1(-)	3(+)
	Conductivity	1(-)	2(+)	2(+)	1(+)	3(+)
	Total hardness	1(+)	2(+)	2(+)	1(-)	3(+)
Water quality items related particles	Turbidity	1(+)	2(+)	2(+)	1(+)	3(+)
	Total solid	2(+)	1(+)	1(-)	3(+)	2(+)
Water quality item related disinfectants	Residual chlorine	1(-)	2(-)	3(-)	1(-)	2(+)
Water quality items related metals	Iron, Fe	1(-)	2(+)	1(-)	3(+)	2(+)
	Zink, Zn	2(+)	1(-)	2(+)	1(+)	3(-)
	Copper, Cu	2(+)	1(-)	3(+)	2(-)	1(+)
Sum		18(I)	19(II)	23(II)	22(I)	27(III)

4. 결론

본 연구에서는 건물내 급수설비인 저수조와 옥내급수관 등에서의 수돗물의 수질변화 특성을 고찰하고, 급수단계, 지하저수조 재질, 그리고 용량 등이 수질에 미치는 영향을 평가하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

1. 수돗물이 저수조 또는 옥내급수관을 통과하면서 금속함량은 농도가 평균적으로 41.3%에서 74.2%가 증가되는 것으로 나타났으며, 잔류염소는 65.6%, 증발잔유물은 35.3%로 큰 폭으로 감소되는 것으로 나타나 잔류염소농도 감소에 따른 미생물 재성장으로 인한 수질악화 가능성이 높은 것으로 판단되며, 증발잔유물의 경우에는 저수조내에 이물질 축적의 원인이 되고 있는 것으로 판단된다.
2. 수돗물이 각 급수과정을 거치면서 수질에 가장 많은 영향을 받는 단계는 수돗물이 고가수조에서 세대 수도꼭지까지 공급되는 급수관과 횡수관이며, 그 다음으로는 수돗물이 저수조로 유입되는 과정과 유출이 되는 과정에서 수질변화가 큰 것으로 나타나 사실상 저수조내 체류되는 동안 수질에 미치는 영향이 큰 것으로 판단된다.
3. 지하저수조의 경우, 스테인레스강과 재질과 콘크리트 재질 등에서 수질변화의 차이가 미미하게 나타나 재질에 따른 수질변화에 미치는 영향은 크지 않은 것으로 판단되며, 용량별로는 1,000 m³ 이상이 수질영향을 더 크게 받는 것으로 나타났으며, 이는 1,000 m³ 이하의 경우, 체류시간은 23.36 시간이고, 1,000 m³ 이상은 체류시간이 49.72 시간으로 2 배 정도 길게 나타나 저수조 용량이 클수록 장기 체류에 따른 수질영향이 컸을 것으로 판단된다.

위에서 각각의 항목들의 결과는 모두 먹는물 수질기준을 벗어나지는 않았다. 그러나 이러한 영향이 개선되지 않고 지속적으로 미칠 경우 수질을 지속적으로 악화시킬 것으로

예상된다. 수돗물이 각 급수과정을 거치면서 영향을 받는 것을 고려하여, 저수조의 경우 설계시 적절한 용량으로 설계하여 장기 체류를 방지하고, 정기적인 청소와 관리가 필요한 것으로 나타났다. 옥내급수관의 경우 관 부식에 의한 금속성 수질항목의 영향을 많이 받았으며, 설치년도의 영향보다는 아연도강관 사용시에 그 영향이 큰 것으로 나타났다. 따라서, 적절한 진단을 통해 옥내급수관의 교체나 갱생 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 환경부가 주관하는 '차세대 핵심환경기술개발사업'의 '건축물내 저수조의 리모델링을 위한 위생저수조 시스템 개발' 과제의 연구성과의 일부입니다. 연구개발비를 지원해 주신 환경부와 (주)두함크린텍에 감사의 말씀을 드립니다.

참고문헌

1. 이현동, 배철호, 박정훈, 정원식, 광필재, 수돗물의 수질 특성이 옥내 급수관의 부식속도에 미치는 영향 평가, *한국물환경학회지*, 17(5), pp. 627-635 (2001).
2. 이목영, 장현정, 이의광, 오세종, 이채근, 이현동, 옥상물탱크 경유에 따른 수돗물 변화 및 직결급수방식 도입에 의한 수질개선 효과 연구, *대한상하수도학회지*, 14(4), pp. 328-336 (2000).
3. 이현동, 배철호, 박정훈, 옥내급수관의 통수년수별 간접진단 평가, *수처리기술연구회지*, 10(2), pp.25-37 (2002).
4. 이현동, 배철호, 박정훈, 홍성호, 건축물내 노후급수관의 직접진단에 의한 상태 평가, *한국물환경학회지*, 18(5), pp. 535-544 (2002).
5. H.D. Lee, C.H. Bae, J.H. Park, J.Y. Koo, Effects of water quality characteristics on the internal corrosion of galvanized steel pipes in Korean, *第36回日本水環境學講集* (2002).