

수돗물 수질개선을 위한 배수관망시스템 관리 정책 - 수질모니터링을 중심으로 -

Monitoring of Distribution System to Improve Tap Water Quality

전제상 · 김자겸*

Jun, Jesang · Kim, Jakyum*

한국수자원공사

(2005년 2월 17일 논문접수: 2005년 8월 10일 최종 수정논문 채택)

Abstract

Maintaining a good quality of drinking water produced through appropriate water treatment processes to the tap is as important as improving water quality in a water treatment plant (WTP). The quality of most tap water, however, does not have the same quality as that of the water produced in a WTP due to the contamination in the distribution system while they are delivered through pipes and water tanks. It is very important to maintain water quality in distribution system to water suppliers for consumer's health and safety. Furthermore, it is not possible to investigate the water quality of all points in the distribution system because the system has a wide area and very complex hydraulic characteristics. One economic solution to prevent water quality in distribution system from being deteriorated is monitoring several points that might have the least water quality in the distribution system. If the quality of water of the monitoring points selected by proper ways is better than the quality index of Drinking Water Quality Guidelines suggested by Korean Ministry of Environment, all other points in the distribution system would be safe to drink.

Key words: distribution system, monitoring, water quality

주제어: 송배수시스템, 관망, 모니터링, 최저수질지점, 최저수질보장

1. 서 론

우리나라 최초로 뚝도정수장을 통하여 수도가 공급된 1908년 이후 우리나라 수도는 2003년 현재 89.4%의 상수도 보급률(환경부, 2003a)을 보이는 등

양적으로는 비약적인 발전을 해왔다. 이러한 양적인 팽창 못지 않게 최근에 도입된 "정수처리에관한기준"(환경부, 2002b)이나 국민의 건강에 치명적인 영향을 주는 오염물질인 소독부산물에 대한 엄격한 규제(환경부, 2003b)는 수돗물에 대한 질적인 개선에 많은 도움을 주고 있다.

*Corresponding author. Tel: +82-42-629-2808, FAX: +82-42-629-2849, E-mail: jakyum@kowaco.or.kr (Kim, J.K.)

하지만 최근 국민의 생활수준이 상승함에 따라 먹는 물에 대한 관심이 높아짐에도 불구하고 국민들의 수돗물에 대한 반응은 차갑기만 하다. 대부분의 국민들은 수돗물을 직접 마시기보다는 끓이거나 정수기를 이용하는 등 간접적으로 음용하고 있어 수돗물에 대한 불신이 극에 달하고 있다는 것을 보여준다. 이렇게 수돗물이 불신을 받고 있는 이유는 대부분이 냄새가 나서, 그리고 적수나 이물질이 발견되어서 등 심미적인 이유이다. 이러한 사유들은 음용수의 기본원칙인 무색, 무미, 무취를 위반하는 사항들로서, 국민의 신뢰를 회복하기 위해서는 발생원인에 대한 정확한 진단과 대응이 필요하다고 하겠다.

수도사업자는 국가가 정한 수돗물에 대한 수질기준을 만족시키는 물을 생산하고 운반할 의무가 있으며, 국민들은 기본적으로 안전한 물을 먹을 권리가 있다. 국가는 국민의 기본적인 권리를 보장하기 위하여 원수부터 정수장 및 송·배수시스템까지 관리·감독할 의무가 있으며, 이를 위하여 각 단계에서 오염물질을 최대한 제거하고 추가적인 오염물질의 발생을 억제하는 수단을 강구하는 다중방어정책(Multi-barrier 정책)을 구현하여야 한다.

국민들에게 불신을 받아왔던 수돗물에 대한 신뢰회복의 차원에서 접근해야 할 방향은 크게 보면 1) 원수관리, 2) 정수처리, 3) 송·배수시스템, 4) 저수조 및 급수장치 등으로 나눌 수 있다.

따라서 본 논문에서는 위의 네 가지 방향 중에서 수질기준에 적합하게 생산된 물의 수질을 악화시키는 원천인 송·배수시스템에 대하여 접근하며, 송·배수시스템의 관리방안 중에서도 모든 관리방안의 효율성을 판단할 수 있는 가장 기본적인 사항인 관망내 수질모니터링제도에 대하여 중점적으로 정책 방안을 제시하고자 한다.

2. 수돗물의 현황 및 문제점

2.1. 수돗물이 가지야 하는 조건

수돗물은 국가나 수도사업자가 적절한 정수처리공정을 이용하여 생산한 물을 관 등 공급수단을 통하여 소비자에게 전달된 물로서 국가가 정한 먹는물의 수질기준에 맞는 물을 말한다. 따라서 공급되는 수돗물은 무색, 무미, 무취 하여야 하며 국가가 정한 수질기

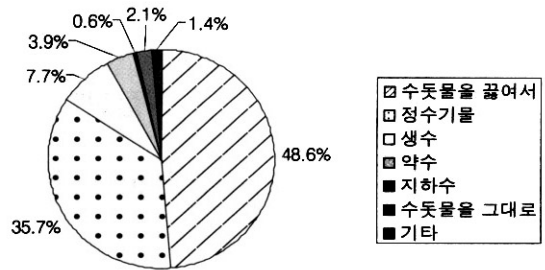


Fig. 1. 수돗물 의식조사(인천시, 2004).

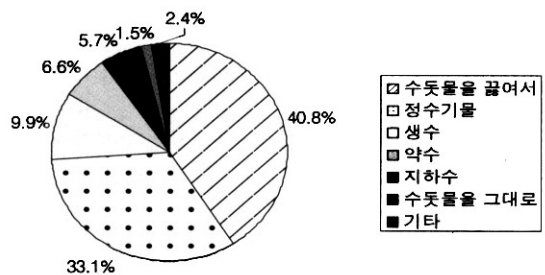


Fig. 2. 수돗물 의식조사(건교부 & 수공, 2003).

준을 만족시켜야 한다. 여기서 수질기준은 국가가 국민들의 건강 및 생활수준을 감안하고, 적절한 원수를 처리하고 전달하며 이러한 과정상의 수질을 모니터링 하는 기술적인 측면을 고려하여 적용 가능한 최소한의 수준을 제시하는 기준이다(WHO, 2004).

2.2. 수돗물 불신의 현황 및 원인

위와 같은 원칙에 의하면 소비자가 수도꼭지를 통하여 마시는 물은 우선적으로 먹는물의 수질기준 이상의 물이어야 한다. 하지만 각 종의 수돗물에 관한 음용 실태 조사에 의하면 수돗물 직접음용비율은 Fig. 1과 Fig. 2에서 보는 바와 같이 1.5%(건교부 & 수공, 2003)와 2.1%(인천시, 2004)같이 과거의 환경부 조사결과인 1.0%(환경부, 2003c)와 비슷한 결과를 보여준다. 그리고 수돗물을 끓이거나 정수기를 사용하는 등 별도의 처리방법을 통하여 음용에 사용하는 비율은 두 조사결과 79%와 83%를 나타내어 환경부(환경부, 2003c)의 조사결과인 79%와 비슷한 범위를 보여주었다.

수돗물을 직접 마시지 않는 원인에 대한 결과는 '냄새가 나서'가 조사 결과에 따라 약 17%~38%의

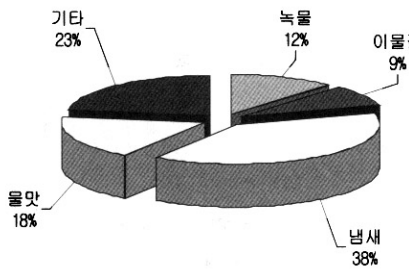


Fig. 3. 수도물 의식조사(수공, 2004b).

범위를 나타내었으며, 또 다른 조사 결과에서는 '적수 등 이물질'과 관련된 결과가 15~21%의 범위를 나타내었다(한국수자원공사 2004b). 조사 결과에서 나타난 냄새의 발생원인은 원수에서 기인하는 조류에 의한 냄새와 소독제인 염소에 의한 냄새가 복합된 결과이다(한국수자원공사 2004b). 또한 질문 항목에 녹물이나 이물질이 있는 경우에는 이 항목도 수도물에 대한 높은 불만을 보여 주었다. 그리고 원수부터 수도꼭지까지 급수과정별 신뢰도를 일반 시민과 수도사업 종사자를 대상으로 조사한 결과, 수도사업 종사자는 정수단계에서는 먹을 수 있는 물이라고 판단한 반면, 일반 시민은 수도물 제조 및 공급에 관련된 전 과정에 불신을 보이고 있다(전제상, 2005).

이와 같은 결과를 볼 때, 직접 마시지 않는 원인은 맛냄새와 녹 부스리기 등 심미적인 경우가 지배적인 원인으로 나타났다. 또한 물맛에 대한 연구결과는 여러 가지 냄새중에서도 염소냄새가 물맛을 해치는 주원인으로 작용한다(한국수자원공사, 2004a). 여기서 중요한 불신의 원인으로 파악된 이물질이나 염소냄새는 정수장에서 발생된 것이라기 보다는 관망에서 발생되거나 관망내 물의 안전성을 유지하기 위하여 투입되는 염소와 같이 불가피하게 발생하는 요소이다.

하지만 염소는 관을 통하여 공급하는 수도물의 위생적인 안전성을 위하여 가용한 소독제중에서 가장 경제적인 소독제이므로, 관내 병원성미생물에 대한 수도물의 안전성 확보 차원에서 염소의 사용이 현실정에서는 필수적이다. 문제는 장거리 운반을 위하여 정수장에서 과량의 염소를 사용하는 경우 주입지점에서 가까운 거리에는 높은 농도의 염소로 인하여 심한 냄새가 발생한다는 사실이다. 일반적으로 수도물에 잔류염소농도가 0.4mg/L 이하인 경우에는 맛있는 물

의 요건을 충족시켜(한국수자원공사, 2004a) 소비자의 염소 냄새에 대한 저항이 줄어든다는 사실을 놓고 볼 때, 배수과정에 걸쳐 염소의 적절한 배분과 사용은 안전성을 해치지 않으면서 수도물에 대한 소비자의 음용 저항을 줄일 수 있다는 가능성을 보여준다.

따라서 수도물에 대한 위생적인 안전성을 해치지 않으면서 소비자에게 음용 하계끔 유도할 수 있는 방안은 우선적으로 심미적인 거부감을 저감시켜야 한다. 여러 가지 심미적인 원인 중에서 송·배수시스템에서 접근하고 해결이 가능한 원인은 녹물 발생, 이물질 발생, 염소냄새 저감, 관내에서 발생하는 맛냄새 차단 등이 있다(국립환경연구원, 2003).

2.3. 관내 수질변화에 따른 불신

위에서 제시된 수도물 자체의 심미적인 요인 이외에도 인위적인 조작에 의하여 관내에서 급격하게 변하는 수질에 따른 불신이 있다. 단수후 재 공급하는 과정에서 흔히 발생하는 녹물이나 흑수 등은 대부분 관로상에서 수리적인 조건의 변화로 발생하는 현상으로서 물이 연속적으로 흐르는 상태에서는 발생하지 않지만, 관로상에서 물의 흐름이 불연속에서 연속상태로 바뀌는 경우(예: 급격한 밸브 조작)에는 그 동안 관내에 쌓였던 침적물이 소비자에게 전달되어 녹물이나 흑수를 발생시킨다. 그리고 긴 관로를 통하여 물이 장시간 관내에서 체류하게 되는 경우에는 관내에서 잔류염소가 분해되어 소독기능이 없기 때문에 관내에서 미생물이 번식을 하여 소비자에게 안전하지 못한 물을 전달함으로써 수질사고를 발생시킬 수 있다(국립환경연구원, 2003). 또한 관로상에서의 일반적인 수질변화는 주로 악화되는 경향을 보인다. 일례로 Fig. 4는 각 계절별로 각 정수장에서 8km 지점까지 2km 간격으로 측정지점을 설정하여(A1~A4, B1~B4) 탁도를 측정된 결과로서, 각 측정지점에서의 수질은 대체로 관의 연장이 길어질수록 수질이 악화되는 현상을 보여주었으며, 특히 B 정수장에서 약 6km 떨어진 급수지점 B-3의 탁도를 비교하면 급격한 수질악화를 보여 B-3 지점은 적절한 개선방안이 필요하다는 것을 보여준다(충청북도 환경보건연구원, 2002).

따라서 정수장에서 생산된 좋은 물을 소비자에게 질의 저하없이 전달하기 위해서는 관로상에서 발생하

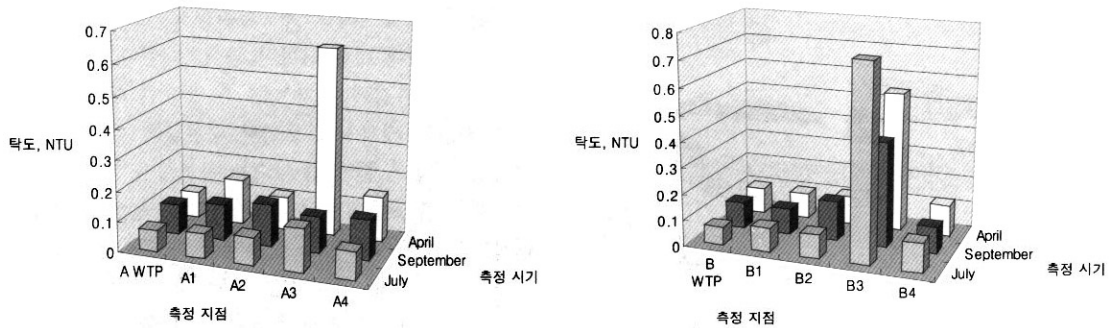


Fig. 4. 전주지역의 A, B 정수장과 관련 급수구역의 탁도 비교(충청북도 환경보건연구원, 2002).

는 수질저하요인을 제거하여야 가능하며, 제거할 수질저하요인을 파악하기 위해서는 기존 관로상에서 진행되는 수질과 수리에 대한 정보가 필수적인 요소이다.

2.4. 관내 오염을 막기 위한 선진 외국의 노력

송·배수시스템에서 발생하는 2차 오염을 방지하기 위하여 선진국에서는 다양한 방법과 제도를 동원하고 있다. 2차 오염에 의한 현상을 크게 나누면 수리적인 충격에 의한 이물질 발생, 잔류염소가 적정하게 유지하지 못하여 발생하는 미생물의 번식, 관내 미생물에 의한 맛냄새 발생, 수질조건에 의한 슬라임 형성, 관 부식 등이 있다. 이러한 2차 오염 현상을 방지하기 위한 방안으로는 물리적인 오염물질 제거, 관내 슬라임의 형성 억제, 잔류염소농도의 유지 등이 있다. 하지만 배수관망은 폐쇄적인 성격을 가지고 있으며, 또한 지중에 매설되어 있기 때문에 좋은 방안을 적용한다고 하더라도 이에 대한 효과를 판단하기는 어려운 실정이다. 따라서 적용되는 방안의 효과를 판단하고 효율적인 유지관리와 투자를 위해서는 송·배수시스템상에서 지속적인 수량, 수압, 수질의 모니터링이 필수적이다.

미국과 영국의 경우에는 관내 오염물질의 제거 방안으로서 소화전을 이용하여 주기적으로 관내에 쌓인 침적물을 배수세척하고 있다(J.B. Boxall et. al., 2003 and AWWARF, 1992). 수도사업자의 여건에 따라 다르지만 배수구역에 대한 배수세척계획을 수립하여 일년에 1회 또는 2회를 시행한다(AWWARF, 1992). 주기적인 배수세척의 효과는 우선적으로 소비자의 불만신고수가 줄었으며, 주기적인 배수세척전에는 단수

후 물의 재공급시 발생하던 흑수가 배수세척후에는 거의 발생하지 않아 적은 노력으로 소비자의 신뢰를 회복한 좋은 사례이다(AWWARF, 1992).

관내 부식에 의한 녹물의 발생은 수돗물에 대한 불신과 민원의 주요 원인이 될뿐더러 관로의 노후화를 촉진한다. 또한 관내에 형성된 슬라임은 미생물의 번식처가 될 수 있어, 관의 부식과 슬라임의 형성을 억제하기 위하여 선진 각국에서는 정수장에서 생산되는 물의 부식성을 조절할 뿐만 아니라 부식억제제(corrosion inhibitor)를 수돗물에 주입하여 관의 부식을 제어하고 있다(AWWARF, 2000).

배수시스템상에서 잔류염소는 병원성미생물에 대한 소독기능을 유지하는 역할을 하기 때문에 위생적인 물의 공급에 중요한 요소이다. 하지만 관로가 길어 정수장에서 주입한 잔류염소가 적정하게 유지되지 않는 경우에는 관내에서 미생물의 번식을 발생시키는 원인이 된다. 이에 반하여 과량의 잔류염소는 물맛을 떨어뜨리는 중요한 인자이다. 따라서 긴 관로에서도 잔류염소를 적절히 유지시키고 정수장에서 가까운 급수구역에 위치한 지역에서도 물맛을 해치지 않는 정도의 잔류염소농도를 유지하기 위해서 미국이나 유럽의 경우 관로가 긴 급수구역에는 재염소투입시설과 잔류염소 측정시설을 설치하여 운영하고 있다.

3. 최저수질보장을 위한 관망내 수질모니터링 체계 구축

3.1. 기본개념

국민에게 좋은 물을 공급하고 떨어진 신뢰를 회복하기 위한 가장 좋은 방법은 각 수도꼭지에 대한 수

질관리를 하는 것이다. 하지만 모든 수도꼭지에 대한 수질관리를 시행한다는 가정은 비현실적일뿐더러 경제적으로도 불가능한 사실이다. 따라서 경제적이면서도 실질적인 효과를 거두기 위해서는 수도꼭지에 가장 가까운 지점에서 수질을 관리하는 방안이다. 실질적으로 수도꼭지의 수질에 직접적으로 미치는 영향과 유지관리상의 현실적인 면을 고려할 때, 배수관망이 가장 적절한 부분이라 할 수 있다.

하지만 배수관망에서 발생되고 악화되는 수질은 급수구역내에서도 지역적으로 용수사용 형태에 따라 심한 차이를 보인다. 악화된 수질이 가지는 특성은 우선적으로 기준 이하의 잔류염소농도, 용출된 중금속과 유기물로 인한 불쾌한 맛냄새, 녹 등 이물질의 발생에 따른 탁도 상승 등이 있다. 이러한 요소들은 국민들에게 수돗물의 불신을 가중시키는 주요한 원인이다.

하지만 누구도 송·배수시스템상에서 어디가, 언제, 어떻게 수질이 나쁜지 모르고 있는 실정이다. 따라서 배수관망 최저수질보장은 구조적으로 가장 수질이 나쁜 지점을 선정하여 수질을 규제함으로써 상대적으로 다른 지점은 보다 좋은 물을 먹을 가능성을 높인다는 원리이다.

위생적인 안전성을 최우선으로 하는 수돗물에서 평균이나 최고의 수질보다는 최악의 수질이 수질기준을 넘어서야 하는 것은 기본적인 전제사항이다. 하지만 현재 시행중인 급수과정별 수질검사는 검사지점에 대한 타당한 선정 근거가 없기 때문에 실제 해당지역의 관망의 가장 나쁜 수질을 보여준다고는 할 수는 없는 실정이다. 따라서 수도사업자의 책무는 관망내의 수질이 가장 나쁜 물도 먹는물의 수질기준을 준수할 수 있는 상태로 제공하는 것이다.

수도사업자로 하여금 배수관망에서 발생하는 이물질 등 오염물질의 발생을 최소화하고 배수관망내 최악의 수질도 수질기준을 만족시키기 위해서는 관망내 어느 지점에서든 수질기준을 만족시킬 수 있는 제도적인 장치를 마련하여야 한다. 왜냐하면 관로내에서 발생할 수 있는 최악의 수질의 물이 존재하는 지점의 관리책임도 수도사업자에게 있기 때문이다. 따라서 수도사업자는 관리하는 관망에서 가장 취약한 부분이 어디인지 파악과 동시에, 실질적인 수질관리를 위하여 취약한 부분의 수질을 개선시키기 위한 노력을 체

계적으로 시행하여야 한다.

3.2. 관망내 수질측정 기준 현황

3.2.1. 국내 수질측정기준

소비자가 직접 음용하는 수도꼭지나 수도꼭지의 물에 직접적으로 영향을 미치는 송·배수시스템 수질에 관한 규정은 '먹는물수질기준및검사등에관한규칙(환경부령 제122호, 2002. 6. 21)'으로서 동 규칙 제4조 1항 나의 규정에 의하면 광역상수도나 지방상수도의 경우에는 매월 1회 이상 시행하여야 하는 수도꼭지 검사와, 동 규칙 제4조 1항 다에 의한 매분기 1회 이상 "일반세균·총대장균군·대장균(또는 분원성대장균군)·암모니아성질소·총트리할로메탄·동·수소이온농도·아연·철·탁도 및 잔류염소에 관한 급수과정별 시설(정수장, 배수지, 가압장, 급·배수관, 저수조, 수도꼭지)에서의 수질검사"를 시행하도록 규정하고 있다. 이 규칙에 의한 급수과정별 수질검사 지점의 선정은 다음 Table 1에서와 같이 선정되어 있다.

하지만 Table 1에서와 같이 각 수도사업자는 급수과정별로 수질검사를 규칙적으로 시행하고 있음에도 불구하고 수돗물에 대한 국민의 불신은 줄어들지 않고 있다. 이러한 실태에 대한 원인을 살펴보면 수도꼭지나 급수과정별 수질검사지점의 선정에 있어서 합리적인 절차나 근거가 부족한 것이 가장 중요한 원인으로 판단된다. 즉, 검사 대상의 선정기준이 수도꼭지의 경우에는 급수인구의 규모에 따라 다르기는 하지만 급수인구당 일정 개수로 규정되어 있고, 급수과정별로는 과정에 따른 장소만 명기되어 있어(환경부, 2002b), 수도사업자가 임의적으로 수질검사지점을 선정할 수 있기 때문에 실질적인 송·배수시스템이나 수도꼭지에서의 수질의 개선을 바라기에는 제도적인 체계가 미비한 실정이다.

관망내의 수질에 영향을 미치는 요소는 수온, 잔류염소농도, 관의 연장, 유기물의 농도, pH, 알칼리도 등이다. 이 중에서 잔류염소농도는 동일한 조건에서 수온에 의한 계절적 차이를 보이고 있으며(현인환 등, 2001), 잔류염소와 체류시간 및 수온에 영향을 받는 총트리할로메탄 농도의 심한 변화를 보여주었다(이현동 등, 1997). 또한 탁도도 Fig. 4에서 보는 바와 같이 관연장에 따라 심한 변화를 보이고 있다(충

Table 1. 시·도별 급수과정별 모니터링 대상지점 선정현황(환경부a, 2003)

시·도	모니터링 지점	모 니 터 링 대 상 지 점							
		정수장	배수지		가압장	급배수관	저수조		수도꼭지
			전	후			전	후	
총 계	3,181	562	338	338	107	600	305	291	640
서울	53	8	2	6	2	15	8	4	8
부산	42	6	4	4	3	11	4	4	6
대구	69	5	7	7	6	10	8	8	18
인천	53	7	6	6	2	11	7	6	8
광주	21	5	0	2	-	8	2	2	2
대전	24	3	2	2	2	6	3	3	3
울산	78	12	4	2	2	16	24	5	13
경기	379	53	29	50	14	88	40	48	57
강원	416	93	44	44	13	39	45	45	93
충북	261	38	24	31	6	64	24	22	52
충남	239	34	22	36	7	32	31	30	47
전북	308	32	93	24	3	54	12	23	67
전남	343	86	32	40	9	51	20	19	86
경북	565	105	44	57	24	143	44	43	105
경남	281	64	21	25	11	42	26	28	64
제주	49	11	4	2	3	10	7	1	

청북도 환경보건연구원, 2002).

따라서 같은 관망내에서도 지점에 따라 심한 수질의 차이를 보이고 있는 상태에서는 선정된 측정지점에 따라 수질검사의 결과가 다르게 나타날 수밖에 없다. 법에서 요구한 수질검사의 목적이 최소한의 비용으로 전체 관망내 수질의 기준 준수 여부를 보장하기 위한 것이라면 관망내에서도 수질이 가장 악화되는 지점의 선정이 필요하다. 하지만 현재의 수질검사 기준은 수질검사 장소만 개괄적으로 명시하였지, 구체적인 수질검사 지점에 대한 기준이 없어 수질검사가 형식적으로 진행될 가능성이 있을뿐더러 노후관개량 사업의 효과에 대한 분석이 명확하게 나타나기는 어려울 것으로 판단된다.

3.2.2. 국의 수질측정기준

이에 비하여 미국의 수질 측정기준은 보다 구체적이다. 미국 EPA의 경우 관망내 수질에 대한 규정은 수도꼭지에서 납과 동의 농도를 규정한 "Lead and Copper Rule(1991)"과 관망내에서의 대장균에 대한 규정으로서 "Total Coliform Rule(1989)"이 있으며, 정수장과 관망에서의 소독부산물 농도를 규정한 Stage 1 Disinfectants and Disinfection Byproducts

Rule(Stage 1 DBPR, 2002)과 Stage 2 Disinfectants and Disinfection Byproducts Rule(Stage 2 DBPR, 2002 입법 예고)이 대표적인 규정이다(USEPA(a)).

미국 EPA는 Stage 1 DBPR에 의하여 측정되고 보고되던 관망내 소독부산물의 농도가 수도사업자 임의로 선정된 측정시기와 지점에서는 정확한 실태를 대표하지 못하여 소비자로 하여금 위험에 노출시켰다는 분석(USEPA(b))에 따른 후속 조치로서 Stage 2 DBPR을 새로이 제안하였다. Stage 2 DBPR에 따르면 10,000명 이상의 급수인구를 가진 급수시설(약 5,000 m³/일 이상)에서는 Table 2에서 보는 바와 같이 시범 단계에서 수도사업자에 의하여 선정된 8개 지점 중에서 주정부의 환경국이 인정한 4개 지점을 선정하여 현재의 기준을 적용하고, 최종적으로는 Total Trihalomethanes(TTHM)과 5종의 Haloacetic Acids(HAA5)를 0.08mg/L와 0.06mg/L로 관리하겠다고 제시하였다.

염소를 관로내 잔류소독제로 사용하는 경우, Stage 1 DBPR에서는 분기당 4개의 시료중 한 개는 관망내에서 가장 체류시간이 긴 지점의 시료를 요구하지만, Stage 2 DBPR에서는 보다 엄격해져서 4개의 시료중 1개는 평균 농도에 해당하는 시료, 또 다른 1개는 5

Table 2. 배수관망에서의 수질 측정 기준

구 분	기 준*	외국(미국**)	개선 방안
- 측정 대상	급·배수관망	배수관망	배수관망
- 측정 항목	일반세균, 총대장균군, 대장균(또는 분원성대장균군), 암모니아성질소, 총트리할로메탄, 동·수소이온농도, 아연, 철, 탁도, 잔류염소 등 11개 항목	소독부산물: TTHM: 0.08mg/L HAA5: 0.06mg/L	수소이온농도(pH), 전기전도도, 탁도, 잔류염소, 수압, 유량 등 연속측정이 가능한 6개 항목
- 측정 빈도	분기별	분기별	연속 측정(On-line)
- 측정 지점수	없음	전체 4개 평균 농도: 1개 최고 HAA5: 1개 최고 TTHM: 1개	급수인구나 공급규모에 따라 3~8개소
- 측정 지점 선정 기준	없음	최고 소독부산물 농도 발생 지점	최저수질지점
- 지점 선정 주체	수도사업자	수도사업자: 8개소	수도사업자: 2배수
- 선정 지점 승인 주체	없음	주 환경국: 4개소	환경부 or 규제기관
- 선정 근거 제시 여부	없음	법 공표후 2년 이내 선정 결과 및 근거 제시	최저수질지점 선정 결과 및 근거 제시
- 수질 및 수리 변화 탐지 가능 여부	불가능	불가능	가능
- 위반시 조치 사항	수시 수질검사 후 원인분석 및 시설 개선	위반 사실 주민 통보 및 주정부 보고	원인분석 및 시설개선

*: 먹는물수질기준및검사등에관한규칙(환경부령 제122호, 2002. 6. 21) 제4조 1항 다

** Stage 2 Disinfectants and Disinfection Byproducts Rule에 의거 인구 10,000명 이상 공급하는 수도사업자가 염소를 소독제로 사용하는 경우

종의 HAA5에 대하여 최고의 농도를 나타내는 지점의 시료를, 그리고 나머지 두 개는 TTHM에 대하여 최고의 농도를 나타내는 지점 2개소에서 채취한 시료를 측정하여 그 값을 제출하게 규정되어 있다.

Stage 2 DBPR가 Stage 1 DBPR이나 다른 법률과 다른 점은 관망에서의 최악의 수질지점에서 수질기준을 준수하도록 요구한 점과, 수도사업자가 시료채취 지점을 8개소 선정하여 주정부 환경국에 제출하여 시료채취 지점 선정의 적정성을 승인 받도록 한 점이다. 일반적으로 소독부산물은 관내에서 체류하는 시간이 길수록 농도가 높아지는 것으로 알려져 있다(AWWARF, 2001). 또한 체류하는 시간이 길어지면 잔류염소가 적절하게 유지되지 못할 가능성도 높아지며, 미생물의 번식 가능성도 높아진다. 따라서 Stage 2 DBPR이 시사하는 바는 소비자에게 전달되는 수도물의 소독부산물에 대하여 최악의 경우를 규제함으로써 소비자의 건강을 실질적으로 보장하겠다는 의지를 표명한 제도적인 장치라고 할 수 있다.

3.3. 최저수질보장을 위한 배수관망수질측정기준 수립

3.3.1. 측정기준

가. 측정 빈도

배수관망에서의 최저수질을 보장하기 위해서는 연속적인 모니터링이 가능하여야 한다. 관망내 수질에 영향을 끼치는 유량과 유속은 시간대별로 다르기 때문에 매분이나 매월 한번 시행하는 빈도로서는 관망내 수질의 정확한 상태를 대표할 수 없을 뿐만 아니라 장기적인 수질변화의 경향을 파악하기 어렵다. 따라서 각 지점의 수질 모니터링은 연속적으로 측정되고 생산되는 데이터는 관망을 관리하는 수도사업자에게 실시간으로 전달되어 분석이 가능한 체계를 구축하여야 한다.

나. 측정 수질항목

측정되어야 할 수질항목으로는 “먹는물수질기준및검사에관한규칙” 제4조 1의 다항에서 명시한 11개 항목 중에서 관망내 수질 변화에 직접적인 영향을 미치는 항목이어야 하며, 또한 온라인으로 측정이 가능

한 항목이어야 한다. 따라서 위의 기준에 부합하는 수질항목으로는 수소이온농도(pH), 전기전도도, 탁도, 잔류염소, 수압, 유량 등이다. 11개 항목중 수소이온농도(pH)는 관내 부식조건에 영향을 주는 요소이며, 탁도와 잔류염소는 관망내 수질변화를 알 수 있는 대표적인 지표이다. 또한 탁도는 철 농도와 깊은 관계를 보이고 있어(충청북도 환경보건연구원, 2002) 관내 부식의 상태를 간접적으로 보여줄 수 있는 지표이다. 전기전도도는 경도 및 증발잔류물과 서로 상관관계를 가지는 지표로서 급격한 전기전도도의 증가는 오염물질의 유입을 의심할 수 있는 지표이다. 수압과 유량은 수질변화에 지대한 영향을 미치는 물리적인 인자인 만큼 다른 수질항목과 동시에 측정되어야 관망내 수질관리를 위한 자료로서 가치가 있다.

적용되는 각 항목에 대한 수질기준은 최저수질보장 기본개념에 따라 “먹는물수질기준및검사에관한규칙” 제2조 “먹는물의 수질기준”을 적용한다.

다. 측정지점 개수

측정지점의 개수는 배수구역의 규모에 따라 나누어진다. 대부분의 배수구역은 다른 배수구역의 수질에 영향을 거의 받지 않기 때문이다. 측정지점의 개수는 배수구역의 크기에 따라 다른 기준으로 선정되는 것이 타당하다. 이 경우에는 공급대상인원과 급수시설의 규모를 기준으로 최소 측정지점 개수를 선정한다. 규모에 따른 수도사업자의 기술적, 재정적 능력과 기존 관망의 형태를 감안하면, 10,000명 혹은 5,000m³/일 이하의 급수시설이 공급하는 지역은 최소 3개소, 10,000~100,000명 혹은 5,000~50,000 m³/일의 급수시설이 공급하는 지역은 최소 4개소, 100,000~200,000명 혹은 50,000~100,000m³/일의 급수시설이 공급하는 지역은 최소 5개소, 200,000~400,000명 혹은 100,000~200,000m³/일 이상의 급수시설이 공급하는 지역은 최소 6개소, 400,000명 이상 혹은 200,000m³/일 이상의 급수시설이 공급하는 지역은 최소 8개소가 적정하다고 판단된다.

라. 측정 지점의 선정

측정지점의 선정은 수도사업자가 가장 노력을 많이 기울여야 하는 부분이다. 왜냐하면 수도사업자가 측정기준을 이행하고 준수하기 위해서는 관리하고 있는 배수관망내 수질변화 및 분포현황에 대하여 정확히 파악하고 있어야 하기 때문이다. 또한 측정지점의

선정은 수도사업자가 진행하고 있는 유수율제고사업이나 노후관개량사업과 깊은 관련성을 가지고 접근하여야 한다. 기존의 관망에 노후관 교체나 블록시스템의 구성, 혹은 직결급수시스템의 설치는 수리적인 변화를 가져오기 때문에 수질도 과거와는 다른 양상을 보이기 때문이다.

따라서 수도사업자는 기존의 배수관망에서의 최악의 수질을 나타내는 지점을 관망해석 등 논리적으로 타당한 방법을 사용하여 급수인구 및 급수시설의 규모에 따른 최소 측정지점 개소의 2배수를 선정하여야 하고, 선정된 측정지점은 수도사업자가 임의적으로 결정하는 것이 아니라 규제기관인 환경부나 환경부가 지정하는 기관의 승인을 얻어야 한다. 또한 승인된 측정지점이라도 관망내 수리조건이 변경될 수 있는 외부 환경의 변화, 즉 급수량의 심각한 변화 혹은 측정지점의 수질에 영향을 미칠 수 있는 정도의 노후관개량사업이 진행된 경우에는 재승인을 받아야 하도록 한다.

마. 다른 규정과의 상충여부

관망내 최저수질보장을 위한 수질측정기준은 매분기 1회 이상 시행하도록 명시되어 있는 ‘먹는물수질기준및검사에관한규칙’ 제4조 1항 다에 의한 급수과정별 시설(정수장, 배수지, 가압장, 급·배수관, 저수조, 수도꼭지)의 수질검사 규정과 상호 보완관계에 있다. 동 규칙에 규정된 전체 11개 항목에 대하여는 전과 같이 분기별로 1회 이상 시료를 채취하여 농도를 측정하여 규칙에 규정된 대로 보고하여야 한다. 하지만 연속 모니터링을 위하여 선정된 지점에서 발생하는 수질데이터를 통하여 전체 관망내 수질변화를 추적할 수 있어, 급수과정별 시설중 배수지, 가압장, 급·배수관에 대한 수질검사 지점의 선정을 구체적이고 논리적인 근거를 가지고 시행할 수 있다.

3.3.2. 배수관망수질측정기준의 기대효과

배수관망 수질측정기준이 발효되면 수도사업자는 우선적으로 관리하고 있는 관망내의 최저수질지점을 합리적으로 선정할 수 있는 조사가 시행되어야 한다. 이 과정에서 관망내의 정확한 수리적인 조건과 수질현황이 파악될 것이다(과거의 소비자 불만신고는 좋은 자료이다). 이렇게 파악된 자료를 바탕으로 최저수질지점을 찾기 위한 컴퓨터 모델링 작업과 실측자

료와의 보정을 통한 과정에서 관망관리 기술의 발전이 예상된다.

이러한 과정을 거쳐 선정된 최저수질지점은 대부분 노후관이거나 아니면 수리적으로 정체된 구역 혹은 잔류염소가 낮거나 유지되지 않는 지점으로서 관망의 유지관리에 가장 취약했던 부분일뿐더러 다른 지점에 악영향을 미치던 지점인 경우가 대부분이다. 따라서 노후관 교체사업의 투자우선순위가 합리적으로 결정될 수 있다. 또한 구조적으로 부식에 취약한 관망을 가진 사업자나 부식성 수질을 가지고 있는 사업자는 관의 부식을 방지하기 위한 각종의 노력이 진행될 것이다. 만약 이러한 노력이 없이는 단순한 노후관 교체만으로는 개선에 대한 효과에 한계가 있기 때문이다.

선정된 지점에 대한 지속적인 모니터링은 관망에 대한 수질정보와 수리정보를 제공할 것이다. 또한 잔류염소에 대한 모니터링은 공급되는 수돗물에 대한 위생적인 안전성을 제고시킬 뿐만 아니라 과량의 잔류염소를 제어할 수 있는 근거를 제공함으로써 재염소투입설비의 적절한 위치와 주입량을 결정할 수 있으며, 이에 따라 유지되는 적절한 농도의 잔류염소는 소비자로 하여금 수돗물 음용에 대한 저항감을 저감시킬 수 있다.

4. 결 론

최저수질보장 개념을 배경으로 하고 있는 배수관망수질측정기준은 수도사업자로 하여금 최종 소비자인 국민들에게 실질적으로 수질기준을 만족하는 물을 공급하게 하는데 그 목적이 있으며, 그 외에도 많은 비용이 소요되는 유수율제고사업이나 노후관개량사업의 투자 우선순위 결정 근거를 제공할 수 있어 수도사업에 있어서 기본이 되는 제도라고 할 수 있다.

결론적으로 최저수질보장 개념을 가능하게 하는 수단으로서 효율적인 배수관망관리를 위하여 중요한 수질측정기준은 다음과 같다.

1. 측정 빈도는 배수관망에서 최저수질을 보장하기 위해서 연속적인 모니터링이 필요하다.
2. 측정되어야 할 수질항목으로는 온라인으로 측정이 가능한 항목으로서 수소이온농도(pH), 전기전도도, 탁도, 잔류염소, 수압, 유량이다.

3. 측정지점의 개수는 규모에 따른 수도사업자의 기술적, 재정적 능력과 기존 관망의 형태를 감안할 때, 공급대상인원과 급수시설의 규모에 따라 3~8개소가 적정하다고 판단된다.

4. 측정지점의 선정은 수도사업자가 관리하는 배수관망에서 최저 수질을 나타내는 지점을 합리적인 방법을 사용하여 최소 측정지점 개소의 2배수를 선정하고, 선정된 측정지점은 규제기관인 환경부나 환경부가 지정하는 기관의 승인을 얻어야 한다.

5. 이와 같이 적절한 배수관망수질측정기준의 수립 및 운용으로 관망내 어디에서나 수질기준을 만족시키는 물을 언제나 제공할 수 있도록 수도사업자는 많은 노력을 기울여야 한다. 또한 많은 비용이 소요되는 유수율제고사업이나 노후관개량사업에도 사업시행에 대한 타당한 근거와 투자우선순위를 제공할 수 있는 정보의 제공 및 관망의 안정적인 운영에도 적절한 기여를 할 수 있는 배수관망수질측정기준의 도입은 필요하다 하겠다.

참고문헌

- 건설교통부, 한국수자원공사 (2003) 물에 관한 국민여론조사.
- 국립환경연구원 (2003) 수돗물 2차 오염과 관리방안.
- 수돗물 시민회의 (2004) 수돗물 관련 국민의식.
- 이현동, 정원식, 문숙미 (1997) 상수도 배관망에서의 수질 변화에 관한 연구, *상하수도학회지*, 11(3), pp. 59-66.
- 인천광역시 (2004) 수돗물에 대한 의식조사.
- 전세상 (2005) 공공부문 마케팅의 신뢰 영향요인에 관한 연구, 박사학위논문, 고려대학교 대학원, 고려대학교.
- 충청북도 환경보건연구원 (2002) 급수과정에서 수돗물 수질 변화에 관한 조사연구.
- 한국수자원공사 (2004a) 맛있는 물의 특성 및 평가기법에 관한 연구.
- 한국수자원공사 (2004b) 수돗물에 대한 국민의식 조사결과 및 향후 조치계획.
- 현인환, 김현준, 강호 (2001) 송배수시스템에서 잔류염소 변화의 계절적 특성, *한국물환경학회 · 대한상하수도학회 공동 춘계 학술발표회 논문집*, pp. 41-44.
- 환경부 (1999) 수돗물의 2차 오염방지 기술 (한국수자원공사, 한국건설기술연구원 수행 고도정수기술사업 중).
- 환경부 (2002.) 먹는물수질기준및검사등에관한규칙 ((환경부령 제122호, 2002. 6. 21).
- 환경부 (2002b) 정수처리에관한규정 (환경부고시 제2002-

- 106호(2002. 7. 5 재정)).
- 환경부 (2003a) 상수도통계.
- 환경부 (2003b) 2003년도 먹는물 수질관리지침.
- 환경부 (2003c) 환경 보전에 관한 국민의식조사.
- AWWARF (1992) *Implementation and Optimization of Distribution Flushing Programs*, AWWARF, Denver, USA.
- AWWARF (2000) *Distribution System Water Quality Changes Following Implementation of Corrosion-Control Strategies*, AWWARF, Denver, USA.
- AWWARF (2001) *Exposure Assessment Methods for THM and HAA in Water Distribution System*, AWWARF, Denver, USA.
- J.B. Boxall, P.J. Skipworth and A.J. Saul (2003) Aggressive flushing for discolouration event mitigation in water distribution networks, *Water Supply*, 3(1-2), pp. 179-186.
- USEPA(a), www.epa.gov/safewater/stage2/pdfs/fact_%20st2_proposed.pdf
- USEPA(b), <http://www.epa.gov/OGWDW/stage2/index.html>
- World Health Organization (WHO) (2004) *Guidelines for Drinking-water Quality*. 3rd., WHO.