

簡易上水道の 水質管理實態와 給水利用住民의 満足度

蔡漢旭 · 朴宰用 · 文孝釘
경북대학교 보건대학원

Water Quality Management of Simple Piped Water Supply System and Its Satisfaction of the Residents

Han Uk Chae, Jae Yong Park and Hyo Jung Moon
Graduate School of Public Health, Kyungpook National University

ABSTRACT

For the purpose of inquiring into the actual conditions of water quality management of Simple Piped Water Supply(SPWS) and the satisfaction and attitudes of inhabitants about utilizing water-supply, this research was done through the questionnaires, the investigation of surrounding environment and water quality analysis in the Sangju city, Kyungsang-pookdo during 4 months from March to June, 1998. The fountainhead of SPWS using ground water accounted for 65.3%, which was the highest rate in the group. Most of them was at least 10 years in the number of utilization year. 79.6% of them were exposed to many sorts of surrounding pollution origins. The examination of water was performed only through a test about water purification and 24.5% of them disinfection by chlorine also no residual chlorine was detected at all. All the waterworks did not have any education to the managers of water quality and 81.5% of them held physical examination. As a result of the water examination about SPWS, 65.3% of them were found incongruity and the valley and springing water accounted for higher than the underground water in the rate of incongruity. Looking into the details of the result in the water examination, a category of colon bacilli was ranked in the highest rate and the next one was general bacilli, nitric acid nitrogen and turbidity in order. In the satisfaction degree of the water quality, the satisfied accounted for 49.6%, and 29.2% each. Over the state of satisfaction to the sterilization control, 26.2% was satisfied and 51.0% each. With regard to the condition of satisfaction about the ways of water examination, satisfaction accounted for 44.6%, and unsatisfaction 28.3%. Summarizing the result of the above-stated, the state of Water Quality Management of the SPWS was in a poor condition. Thus for the water Quality Management, systematic and scientific water Quality Management mainly by the administrative organization other than voluntary management by the village should be done beyond doubt. Additionally the opinions and demands of inhabitants utilizing the water supply have to be positively reflected in the affairs of water Quality Management so that the distrust of inhabitants to the SPWS should be settled.

Keywords : Simple piped water supply(SPWS), Water quality management

I. 서 론

산업의 발달과 더불어 경제성장으로 인하여 생활수준은 매우 향상되었으나, 공업화 및 도시화로 인한 각종 환경오염이 크게 증가함에 따라 맑고 깨끗한 물을 풍부하게 사용하고자 하는 국민들의 욕구는 날이 갈수록 증대되고 있다. 그러나 상수원에 대한 수질은 주변환경의 변화에 따라 각종 폐수와 생활하수, 쓰레기의 투기 등으로 오염의 정도가 날로 심각해지고 있어, 먹는 물에 대한 안전성 확보문제는 그 중요성을 한층 더해가고 있다. 물은 인간의 생활에 있어서 필수적인 요소이다. 또한 물은 생명의 근원이 되고 있다. 사람의 몸은

약 70%가 물로 이루어져 있으며 생명의 유지를 위해서는 성인의 경우 하루에 약 2~3 리터를 물을 섭취하여야 한다. 그러나 사람이 오염된 물을 마실 경우, 정상적인 생리작용이 저해될 뿐 아니라 신체적 장애를 일으키기도 한다.¹⁾

1991년도에 발생한 낙동강 폐놀오염사고 등 최근 상수원에 대한 수질오염 사고가 빈번히 발생되면서 상수도에 대한 주민들의 불신이 매우 고조되어 있고, 양질의 지하수가 있는 곳에는 많은 사람들이 붐비고 있다.²⁾ 또한 농촌지역에도 축사시설의 증가와 과다한 농약사용, 각종 쓰레기의 방치 등으로 주요 식수공급원인 간이상수도 마저 오염되어 가고 있어, 일부지역에서 수질

오염 사례가 빈번히 보도되는 등, 농촌지역에 대한 안전수 공급에 많은 문제점들이 나타나고 있다.^{3,6)}

따라서 정부에서는 국민들에게 안전한 물을 공급하기 위하여 상수도 보급시설을 계속 확충하고 있으며, 먹는물 관리법을 제정하여 수질검사 항목을 늘리는 등 수질관리 강화에 많은 노력을 집중하고 있다. 특히, 상수도보급이 어려운 농어촌지역에도 간이상수도를 매년 신규로 설치하거나 기존시설을 보수하고 있어, 농촌지역에 대한 생활용수 공급시설을 지속적으로 확충하고 있다.

간이상수도는 지역주민들에게 안전하고 위생적인 식수를 공급함으로써 수인성 전염병의 예방과 더불어 공중보건학적인 측면에서 매우 중요한 뿐만 아니라, 농촌지역에 대한 식수문제의 해결과 생활환경의 개선으로 주민생활의 편의·증진에 크게 기여하고 있다. 그러나 자연부락 단위에 소규모로 설치·운영되고 있는 대부분의 간이상수도는 수원이 얇은 보통 우물로 설치되어 있고, 취수원 주변에 축사시설이나 분뇨시설, 하수와 같은 오염원들이 인접한 곳이 많아 수질오염의 가능성을 항상 내포하고 있다.⁷⁾ 또한 간이상수도는 그 성격상 광범위한 지역에 걸쳐 산재되어 있어, 행정기관의 직접적인 관리가 사실상 곤란함에 따라 지역별로 유지관리 위원회를 구성하여 마을 자체적으로 관리·운영되고 있다.⁸⁾ 이러한 관리방법은 체계적이고 과학적인 수질관리가 매우 어려운 뿐만 아니라 대부분의 지역에서 소득이나 정수처리가 되지 아니한 비위생적인 물을 이용하고 있어, 지역주민들의 건강에 많은 문제점을 안고 있다. 그러므로 간이상수도의 안전한 수질관리를 위하여 염소소독 방법과 관리체계의 정비 등 적절한 개선 방안을 마련하는 것이 반드시 필요할 것으로 생각된다.

우리 나라의 간이상수도는 1967년도부터 20호 이상 농어촌 자연부락을 중심으로 처음 설치하기 시작하여 1996년 말 현재 총 25,687개소가 설치되어 있으며, 급수인구는 3,387,785명으로 우리 나라 전체인구의 7.3%에 해당된다. 경상북도의 경우는 총 5,180개소에 급수인구는 632,141명으로 도내 전체인구의 22.6%를 차지하고 있었고, 상주시의 경우도 농촌인구의 32.8%가 간이상수도를 이용하고 있어 농촌지역에서 간이상수도는 여전히 중요한 위치에 있다고 하겠다.^{9,10)} 간이상수도는 지방자치단체가 간이한 수도시설로 급수인구 100인 이상 2,500인 이내에게 정수를 공급하는 일반수도로서 1일 공급량이 20 m³ 이상 500 m³ 미만인 수도 또는 이와 비슷한 규모의 수도로서 시장·군수가 지정하는 수도를 말한다. 이러한 간이상수도는 대부분의 시설은 마을이 자체적으로 관리·운영하고 있어, 시설물이나 수

질관리가 제대로 이행되지 않아 농촌지역 주민들의 건강을 크게 위협하고 있다. 간이상수도에 대한 조사는 연구는 간이상수도와 펌프수의 수질에 관한 비교,¹¹⁾ 농촌지역 간이상수도의 운영실태와 개선방안에 관한 조사연구,¹²⁾ 간이상수도의 수질에 관한 조사연구⁷⁾ 등 여러 연구자에 의하여 보고된 바가 있었으나 대부분 수질에 관한 연구일 뿐, 수질관리와 급수이용 주민의 만족도를 비교 분석한 연구는 지금까지 찾을 수 없었다.

따라서 본 연구는 경상북도 상주시 지역에 설치되어 있는 간이상수도를 대상으로 주변환경조사와 함께 수질을 분석하고, 급수이용 주민들이 느끼는 간이상수도에 대한 만족도와 문제점 등을 파악하여 보다 합리적이고, 효율적인 수질관리 방안을 마련하는데 도움을 주고자 시도하였다.

II. 대상 및 방법

1. 조사대상

경상북도 상주시지역의 각 읍·면·동에 설치되어 있는 245개소의 간이상수도를 수원의 종류에 따라 각각 20%씩 무작위로 선정하여 총 49개소의 시설을 조사대상으로 하였다. 설문조사는 조사대상 시설(지역)마다 7가구씩 임의로 추출하여 가구당 1명씩 총 343명의 급수주민을 대상으로 하였다(Table 1).

2. 조사방법

1998년 3월부터 6월까지 4개월 동안 연구자가 현장을 직접 방문하여 간이상수도에 대한 주변환경조사 및 수질관리실태를 조사하면서 급수이용 주민에 대한 설문조사와 함께 수질검사를 병행 실시하였다.

1) 환경조사 및 수질관리 실태조사

수원주변의 환경조사와 시설물의 유지관리 실태조사는 미리 작성한 환경조사표에 따라 연구자가 현장에서 직접 조사하였고, 시설의 운영에 관련된 사항은 간이상수도를 관리하고 있는 시설관리 책임자를 상대로 하여 조사하였다. 수원주변의 오염원에 대한 조사는 수

Table 1. 간이상수도의 설치현황 및 조사대상 비교

수원의 종류	총 시설수	조사대상 시설수	설문조사 대상자수
지하수	162	32	224
용천수	34	7	49
계곡수	49	10	70
계	245	49	343

자료 : 환경부: 96상수도통계연보, 1997.

원에 영향을 미치는 안전거리 이내의 것만을 조사하였는데, 세균성오염원은 수원으로부터 15~30 m이내, 화학물질오염원은 수원으로부터 100 m 이내의 것만을 조사하였다.

2) 수질검사

수질검사는 조사대상 지역의 각 가정에 설치되어 있는 수도전수를 채수요령¹³⁾에 따라 2 l 짜리 무균채수병에 직접 채수하여 6시간 이내 실험실로 옮겨 분석하였다. 수질검사 항목은 환경부의 먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙¹³⁾에 따라 간이상수도의 법정 수질검사 항목인 8개항목(냄새·맛·색도·탁도·일반세균·대장균군·암모니아성질소·질산성질소)에 대하여 검사하였다. 수질검사 방법은 먹는물 수질공정시험방법¹⁴⁾에서 규정한 공인된 검사방법에 따라 상주시 수도사업소 실험실에서 분석하였다. 또한 소독방법의 적정성 여부를 알아보기 위해 염소소독을 실시하고 있는 간이상수도에 대하여 잔류염소를 현장에서 직접 측정하였다.

3) 급수이용 주민의 만족도 조사

미리 작성한 설문조사표에 따라 연구자가 각 가정을 방문하여 세대주 또는 가정주부를 대상으로 직접 면접 조사하였다. 설문항목은 수질, 급수량, 소독관리, 수질검사 방법, 그리고 수질관리 주체에 관한 사항 등으로 구성하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 환경조사 및 수질관리 실태

조사대상 간이상수도(총 49개소)를 수원의 종류별로 보면, 지하수가 32개소(65.3%), 용천수가 7개소(14.3%), 계곡수가 10개소(20.4%)로, 지하수를 사용하고 있는 시설이 가장 많았고, 시설의 형태는 양수식이 32개소(65.3%), 자연유하식이 17개소(34.7%)였다. 충남 부여 지역의 조사²⁾에서는 지하수가 42.8%였고, 강원도 춘성군지역의 조사¹²⁾에서는 30.6%였으며, 전국적으로 실시한 간이상수도에 대한 시설현황조사¹⁵⁾에서는 지하수가 전체시설의 52.6%를 차지하고 있었다. 이와 같이 지하수가 다른 지역보다 많은 것은 상주지역이 지역 특성상 낙동강이 인접하여 있고, 농경지와 평야지역이 많아 지하수가 풍부할 뿐만 아니라 지하수가 비교적 수질이 양호하고 안정적인 수량을 보장받을 수 있기 때문인 것으로 생각된다. 사용연수는 9년 이하가 6개소(12.3%), 10~19년이 23개소(46.9%), 20년 이상이 20개소(40.8%)로, 10년 이상 사용한 곳이 대부분을 차지하고 있었다. 전국적으로 실시한 간이상수도에 대한 시설현

황조사¹⁵⁾에서는 10년 이상된 시설이 전체의 81.4%나 되어 조사지역보다 다소 낮은 편이었으나 전반적으로 볼 때 시설의 노후가 심각한 것으로 나타났다. 1일 총 급수량은 29 m³ 이하가 40개소(81.6%)로서 대부분의 시설이 소규모였다. 이는 간이상수도가 1971년 이후, 농촌지역의 생활환경개선사업의 일환으로 대대적으로 추진되면서 현재의 시설 중 89.8%,¹⁶⁾ 1995가 1970~1980년대에 설치되었기 때문이라고 생각된다. 염소소독 시설이 설치된 곳은 불과 6개소(12.2%)였다. 정수시설은 침전지나 여과지가 설치된 곳은 단 한군데도 없었으며, 다만 소독시설이 설치된 곳이 12.2%가 있을 뿐 나머지 87.8%는 소독시설조차 설치되지 않아 소독약품을 투입할 수 없는 상태로 방치되고 있었다. 이는 간이상수도가 오래된 곳이 많아 시설 당시에는 소독시설이 설치되어 있었으나 시설의 사후관리가 제대로 이루어지지 못하여 소독시설이 노후되었거나 파손되었기 때문이라고 생각된다. 또한 수원주변에 오염원이 있는 곳은 39개소(79.6%)로 나타났다(Table 2).

수원주변의 오염원 실태를 살펴보면, 지하수는 32개소 중 30개소(93.7%)가 각종 오염원이 존재하고 있었

Table 2. 조사대상 간이상수도의 특성별 분포

특 성	시설수(개소)	비율(%)
수원의 종류		
지하수	32	65.3
용천수	7	14.3
계곡수	10	20.4
시설의 형태		
양수식	32	65.3
자연유하식	17	34.7
사용연수(년)		
≤9	6	12.3
10~19	23	46.9
20≤	20	40.8
1일 급수량(m ³)		
≤29	40	81.6
30~39	4	8.2
40≤	5	10.2
소독시설 유무		
있 음	6	12.2
없 음	43	87.8
오염원 유무		
있 음	39	79.6
없 음	10	20.4
계	49	100.0

고, 용천수와 계곡수는 17개소 중 9개소(52.9%)에서 오염원이 존재하였다. 오염원의 종류는 농경지가 25개소(64.1%)로서 가장 많았고, 퇴비장과 하수도시설이 각각 4개소(10.3%), 분뇨 및 쓰레기장이 각각 2개소(5.1%), 오염원이 2가지 이상 복합적으로 존재하고 있는 곳이 2개소(5.1%)로 나타났다. 이와 같이 농경지가 많은 것은 간이상수도의 수원이 대부분 마을 인근의 전답이나 과수원 주변에 위치하고 있었기 때문이다. 화학물질(농약 등) 오염원의 경우 수원과 오염원과의 안전거리가 최소한 100 m 이상 떨어져 있어야 한다. 이와 같이 수원과 오염원과의 일반적인 안전거리 규정을 미루어 볼 때 조사대상 지역에 위치하고 있는 각종 오염원이 수원에 미치는 영향은 매우 높을 것으로 생각되며, 인근 농경지에 대한 과도한 농약살포와 축산분뇨 등의 불법 투기가 없도록 오염원에 대한 규제방안을 마련해야 할 것으로 생각된다(Table 3).

Table 3. 수원주변의 오염원 실태 단위: 개소(%)

오염원의 종류	수원의 종류		계 (%)
	지하수	용천·계곡수	
분뇨시설	2(6.7)	-	2(5.1)
퇴비장	4(13.3)	-	4(10.3)
쓰레기장	2(6.7)	-	2(5.1)
하수도	4(13.3)	-	4(10.3)
농경지	16(53.3)	9(100.0)	25(64.1)
2가지 이상	2(6.7)	-	2(5.1)
계	30(100.0)	9(100.0)	39(100.0)

Table 4. 수질검사 및 소독관리 실태 단위: 개소(%)

구분	수원의 종류		계 (%)
	지하수	용천·계곡수	
원수검사			
실시	-	-	-
미 실시	32(100.0)	17(100.0)	49(100.0)
정수검사			
실시	30(93.7)	16(94.1)	46(93.9)
미 실시	2(6.3)	1(5.9)	3(6.1)
소독실시여부			
실시	6(18.7)	6(35.3)	12(24.5)
미 실시	26(81.3)	11(64.7)	37(75.5)
소독실시 방법			
2주일간격	1[16.7]	-	1[8.3]
1개월간격	2[33.3]	1[16.7]	3[25.0]
수시	3[50.0]	5[83.3]	8[66.7]
계	32(100.0)	17(100.0)	49(100.0)

간이상수도의 원수에 대한 검사를 실시하고 있는 곳은 단 한군데도 없었으며, 정수에 대해서는 46개소(93.9%)가 수질검사를 실시하고 있었고, 모두 3개월마다 1회씩 검사를 하고 있었다. 간이상수도의 수질에 대한 염소소독을 실시하고 있는 곳은 조사대상시설 중 12개소(24.5%)였고, 나머지 37개소(75.5%)는 소독을 하지 아니한 상태로 간이상수도를 이용하고 있었다. 소독실시 방법도 정기적인 방법보다 필요에 따라 수시로 실시하고 있는 곳이 8개소(66.7%)로 더 높게 나타났다(Table 4).

원수에 대한 수질검사는 상수원관리규칙¹⁷⁾에 따라 2년마다 1회 이상 실시토록 규정되어 있으나 조사지역에서는 한번도 실시한 적이 없어, 원수에 대한 수질상태를 전혀 파악하지 않고 있었고, 정수에 대한 수질검사는 먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙¹⁸⁾에 따라 매분기 1회 이상(8개 항목) 실시토록 되어 있었는데, 다행히 93.9%가 이 규정대로 수질검사를 받고 있는 것으로 나타나 정수에 대한 수질검사는 대체적으로 잘 이루어지고 있는 것으로 생각된다.

수질관리에 있어서 가장 중요한 것은 병원성미생물을 제거하기 위한 물의 소독처리과정이다. 수원자체가 아무리 깨끗하다 하더라도 수원에서부터 배수지를 거쳐 일반가정까지 송수되는 과정에서 병원성미생물 등과 같은 오염물질이 유입될 가능성은 얼마든지 존재하고 있다. 간이상수도는 일반적으로 염소(Cl₂)소독에 의해 물을 처리하고 있는데, 수도전에서 잔류염소가 항상 0.2 mg/l(결합잔류염소 1.5 mg/l)이상 유지되도록 하여야 하고, 병원성미생물에 의하여 오염되었거나 오염될 우려가 있을 때에는 잔류염소가 0.4 mg/l(결합잔류염소 1.8 mg/l)이상 유지되도록 하여야 한다.¹⁸⁾ 그러나 소독실시 지역에 대하여 잔류염소를 측정할 결과 잔류염소가 전혀 검출되지 않고 있어, 소독방법이 부적절하게 이루어지고 있었음을 알 수가 있었다. 따라서 안전한 물을 공급하기 위해서는 무엇보다 철저한 소독이 뒤따라야 할 것이며, 소독약품도 적정량을 지속적으로 간편하게 투입할 수 있는 방안을 적극 강구하여야 할 것으로 생각된다.

시설물의 유지관리상태는, 저수탱크가 누수되거나 이물질이 유입되고 있는 곳이 각각 2개소(4.1%)로 나타났는데, 그대로 방치되고 있는 실정이어서 오염방지를 위한 시설의 보완이 조속히 이루어져야 할 것이다. 또한 저수탱크를 청소하지 않고 그대로 이용하고 있는 곳이 10개소(20.4%)나 되었다. 그러나 저수탱크에 대한 청소는 그 횟수나 방법에 대한 규정을 찾아 볼 수가 없었다. 따라서 일반건축물의 저수조에 대한 규정¹⁹⁾과

Table 5. 간이상수도의 시설물 유지관리 실태
단위: 개소(%)

구 분	수원의 종류		계(%)
	지하수 (n=32)	용천·계곡수 (n=17)	
저수탱크 관리			
누수	-	2(11.8)	2(4.1)
이물질 유입	-	2(11.8)	2(4.1)
정소 미실시	6(18.7)	4(23.5)	10(20.4)
수원보호시설			
철조망 없음	24(75.0)	12(70.6)	36(73.5)
시건장치 없음	2(6.2)	3(17.6)	5(10.2)
복토시설 없음	15(46.9)	10(58.8)	25(51.0)
경고판 없음	26(81.2)	13(76.5)	39(79.6)
수원지주변 환경조사			
실시	-	-	-
미실시	32(100.0)	17(100.0)	49(100.0)

마찬가지로 최소한 6개월마다 1번 정도는 청소를 할 수 있도록 의무화하는 방안을 마련해 보는 것도 좋을 것으로 생각된다. 청소를 실시하고 있는 곳은 39개소였지만 6개월마다 한번씩 하는 경우가 5개소(12.8%), 1년마다 한번씩 하는 곳이 34개소(87.2%)로 대부분을 차지하고 있었다. 수원보호시설 중 철조망이 없는 곳이 36개소(73.5%), 우물덮개에 시건장치가 없는 곳도 5개소(10.2%), 저수탱크를 보호하기 위한 복토시설이 없는 곳은 25개소(51.0%)나 되었고, 경고판이 없는 곳이 39개소(79.6%)나 되어, 시설물의 유지관리가 제대로 되지 않고 있었다. 또한 수원주변에 대한 환경조사를 실시하고 있는 곳은 단 한군데도 없었다(Table 5). 시설의 유지관리는 수원지 주변에 대한 위생적인 관리와 외부로부터의 오염을 방지하기 위한 가장 기본적인 사항이므로 수원지 주변에 울타리를 설치하고 시건장치를 설치하는 등 철저한 사후관리를 통하여 사람이나 가축이 합부로 시설에 접근하지 못하도록 하여야 할 것이다. 또한 수원지 주변의 환경조사는 공동급수시설의 유지관리조례³⁰⁾에 따라 매월 1회 이상 실시하도록 의무화되어 있으나 환경조사를 실시하고 있는 곳은 단 한군데도 없어, 이에 대한 개선책이 마련되어야 할 것으로 생각된다.

수질관리위원회가 구성된 곳은 37개소(75.5%)였으며, 관리책임자는 49개소 모두 지정되어 있었으나, 관리책임자의 활동이 사실상 유명무실한 상태였고, 대부분이 농사일 등 개인적인 이유로 시설에 대한 관리와 소독을 소홀히 하고 있고, 이들에 대한 보수를 지급하고 있

Table 6. 수질관리위원회의 구성·운영실태
단위: 개소(%)

구 분	시설의 형태		계(%)
	양수식	자연유하식	
관리위원회 구성여부			
미구성	-	12(70.6)	12(24.5)
구성	32(100.0)	5(29.4)	37(75.5)
관리책임자 지정여부			
지정	32(100.0)	17(100.0)	49(100.0)
미지정	-	-	-
관리자에 대한 보수지급			
지급	7(21.9)	-	7(14.3)
미지급	25(78.1)	17(100.0)	42(85.7)
관리비 징수여부			
징수	32(100.0)	4(23.5)	36(73.5)
미징수	-	13(76.5)	13(26.5)
계	32(100.0)	17(100.0)	49(100.0)

주: 1) 양수식: 양수기를 사용하여 저수탱크까지 양수한 다음 자연유하로 급수하는 시설.

2) 자연유하식: 동력을 사용하지 않고 정수압으로 물을 공급하는 시설.

는 곳은 단지 7개소(14.3%)뿐이었다. 시설의 유지보수를 위한 관리비를 징수하고 있는 곳은 36개소(73.5%)였는데, 동력을 사용하고 있는 양수식에서 대부분 징수하고 있었다. 이러한 현상은 양수식이 동력을 이용하고 있었기 때문에 전기료 등과 같이 시설의 유지관리에 따른 최소한의 비용을 주민들이 자체적으로 부담하고 있기 때문인 것으로 생각된다(Table 6).

2. 간이상수도의 수질검사 결과

간이상수도의 수질검사결과를 살펴보면, 조사대상시설 중 32개소(65.3%)가 먹는물 수질기준에 부적합한 것으로 나타나 수질이 매우 오염되어 있는 것을 알 수가 있었다. 수원의 종류별로 보면, 지하수가 59.4%, 용천수가 71.4%, 계곡수가 80.0%의 부적합률을 보여 지하수보다 용천·계곡수가 더 오염되어 있었다. 이와 같이 간이상수도의 수질이 상당히 오염되어 있었으나 소독시설이나 여과장치 등 정수시설이 설치된 곳은 거의 없어, 안전급수를 위한 시설의 설치상태가 매우 미흡하다고 볼 수 있다. 강원도 춘성군 지역의 조사¹²⁾에서는 조사대상 42개소 중 71.4%의 부적합률을 보여 본 연구결과 보다 다소 높게 나타났고, 충남부여지역의 조사²⁾에서는 42개소 중 26.2%의 부적합률을 보여 본 연구결과 보다 매우 적게 나타났다. 이는 염소소독 실시율이 부여지역이 54.8%로 조사지역의 24.5%보다 매우 높게

나타나 대장균군 등 미생물관련 항목에서 50% 이상의 개선율을 보였기 때문이라고 생각된다. 수질검사 결과를 사용연수별로 보면, 10년 이상 오래된 곳에서 부적합률이 대체적으로 높았고, 오염원의 유무에 따라서는 오염원이 없는 곳보다 있는 곳에서 부적합률이 더 높게 나타나 수원 주변의 오염원을 시급히 제거해야 할 것으로 여겨진다. 저수탱크의 청소횟수에 따라서는 청소를 하지 않고 있는 지역에서 부적합률이 더 높게 나타났고, 청소를 자주할수록 부적합률이 낮은 것을 알 수 있었는데, 이는 시설물의 사후관리 측면에서 저수탱크에 대한 청소를 앞에서 살펴본 바와 같이 6개월마다 1번 정도는 실시하여야 할 것으로 생각된다. 또한 수질검사 결과를 소독실시 여부와 비교하여 보면, 부적합률은 소독실시 지역이나 미실시 지역에서 큰 차이가 없는 것으로 나타났는데, 이는 소독실시 지역이라 하더라도 수도전에서 잔류염소가 전혀 검출되지 않아 소독효과가 없었기 때문이라고 생각된다(Table 7).

수질검사 결과를 항목별로 살펴보면, 총 8개 항목중 4개항목이 수질검사에 부적합하였는데, 부적합률은 대장균군이 전체시설(49개소) 중 27개소(55.1%)로 가장 많았고, 일반세균이 6개소(12.2%), 질산성질소와 탁도가 각각 4개소(8.2%)였는데, 부적합 항목이 주로 미생

Table 7. 간이상수도의 특성에 따른 수질검사 결과비교
단위: 개소(%)

구분	적합	부적합	계(%)
수원의 종류			
지하수	13(40.6)	19(59.4)	32(100.0)
용천수	2(28.6)	5(71.4)	7(100.0)
계곡수	2(20.0)	8(80.0)	10(100.0)
사용연수(년)			
≤9	3(50.0)	3(50.0)	6(100.0)
10~19	7(30.4)	16(69.6)	23(100.0)
20≤	7(35.0)	13(65.0)	20(100.0)
오염원 유무			
있음	11(28.2)	28(71.8)	39(100.0)
없음	6(60.0)	4(40.0)	10(100.0)
저수탱크 청소 횟수별			
1회/6개월	3(60.0)	2(40.0)	5(100.0)
1회/1년	12(35.3)	22(64.7)	34(100.0)
미실시	2(20.0)	8(80.0)	10(100.0)
소독실시 여부			
실시	4(33.3)	8(66.7)	12(100.0)
미실시	13(35.1)	24(64.9)	37(100.0)
계	17(34.7)	32(65.3)	49(100.0)

물관련 항목인 것으로 나타났다. 수원별로는 지하수보다 용천·계곡수에서 미생물관련 항목의 부적합률이 더 높게 나타났는데, 이는 용천·계곡수가 지표수의 일종으로 수원의 깊이가 얕을 뿐만 아니라 수원주변에 농경지가 52.9%나 위치하고 있어 농작물 경작시 가축의 퇴비나 인분 등의 사용으로 오염물질이 유입되었기 때문이라고 생각된다. 미생물관련 항목의 부적합률은, 경기도 여주군지역의 조사²¹⁾에서는 75.7%였고, 전국의 표본조사(환경부, 1995)에서는 73.6%였다. 충주시의 간이상수도 조사⁸⁾에서는 94.0%로 매우 높게 나타났고, 충남 부여지역의 조사²²⁾에서는 미생물관련 항목의 부적합률이 72.8%로 나타났다. 이와 같이 간이상수도의 수질은 증금속이나 농약성분은 거의 검출되지 않고 주로 미생물관련 항목에서 부적합률이 매우 높게 나타나고 있는데, 이는 대부분의 지역에서 정수처리나 염소소독을 실시하지 않고 물을 그대로 이용하고 있었기 때문인 것으로 생각된다. 미생물관련 항목은 여과장치나 염소소독으로 거의 제거할 수 있는데, 그 처리효율은 백남원 등²²⁾이 연구한 pilot-plant 실험(염소소독실시 여부와 모래여과층의 깊이에 따른 처리 효율비교)결과에서도 입증되었다. 이 결과에 따르면 대장균군과 일반세균은 모래여과층의 깊이에 큰 영향을 받지 않고 염소소독 처리에 의해 거의 사멸되는 것을 알 수가 있었다. 따라서 질산성질소와 탁도 등과 같은 이화학적 오염물질의 처리가 가능하면서도 염소소독처리를 병행할 수 있는 적절한 여과장치나 소독장치를 개발하여 설치해야 할 것으로 생각된다(Table 8).

수질검사 결과를 지하수(우물)의 깊이와 비교하여 보

Table 8. 수질검사 항목별 부적합율
단위: 개소(%)

항목별	수원의 종류		계(%) (n=49)
	지하수(n=32)	용천·계곡수(n=17)	
대장균군	13(40.6)	14(82.4)	27(55.1)
일반세균	3(9.4)	3(17.6)	6(12.2)
질산성질소	4(12.5)	-	4(8.2)
탁도	2(6.3)	2(11.8)	4(8.2)

Table 9. 지하수(우물) 깊이와 수질검사 결과 비교
단위: 개소(%)

우물의 깊이	개소	적합	부적합
≤30m	16	2(12.5)	14(87.5)
31~99m	7	4(57.1)	3(42.9)
100≤	9	7(77.8)	2(22.2)
계	32	13(40.6)	19(59.4)

면, 지하 30 m 이내의 얇은 우물에서 부적합율이 14개소(87.5%)로 가장 높았고, 31 m~99 m가 3개소(42.9%), 100 m 이상 깊이 내려간 곳이 2개소(22.2%)로서, 간이상수도의 수원은 지하로 깊이 내려갈수록 부적합율이 나타났는데, 이는 수질이 지하 깊이 내려갈수록 깨끗하게 유지되고 있음을 알 수가 있었다. 따라서 간이상수도의 수원은 비교적 수질이 양호하고 수량이 풍부한 지하 30 m 이상의 지하수(관정우물)를 사용하는 것이 가장 좋을 것으로 생각된다(Table 9).

3. 급수이용 주민에 대한 설문조사 결과

급수이용 주민들에 대한 설문조사 결과를 분석하여 보면, 간이상수도의 주용도는 대부분이 주방청소나 세탁·목욕·화장실 용도로 사용하고 있었고, 음용수로 이용한다는 사람은 225명(65.6%)로 나타났고, 용천·계곡수보다 지하수를 이용하는 곳에서 음용하는 비율이 더 높았다(Table 10).

간이상수도를 음용하는 경우 그 음용방법은 “그대로 먹는다”라고 응답한 사람이 56.9%로 가장 많았고, “끓여서 먹는다”가 32.9%였는데, 용천·계곡수보다 지하

수에서 그대로 먹는다는 비율이 더 높았다. 물을 끓여서 먹는 이유는 “수질을 믿을 수가 없어서 그렇다”라고 응답한 사람이 81.1%로 가장 많았다. 전국 15세 이상 69세미만 6,480명을 대상으로 조사한 일반수돗물에 대한 조사결과²³⁾와 비교하여 보면, 수돗물에 대한 음용 비율은 51.5%, 물을 끓여서 먹는다가 90.3%, 그대로 먹는다가 3.7%로 나타나 간이상수도와의 많은 차이를 보였다. 이러한 결과는 도시지역 주민들이 농촌지역 주민들보다 수돗물에 대한 불신이 높을 뿐만 아니라 먹는 물의 안전성에 대한 인식도가 더 높기 때문이라고 생각된다(Table 11).

수원의 종류에 따른 수질 만족도를 살펴보면 만족이 49.6%, 불만족이 29.2%였는데, 강원도 춘성군 지역의 조사(김영규, 1991)에서는 만족도가 55.5%로 조사되어, 본 연구결과 보다 다소 높게 나타났다. 지하수에서 만족하는 비율이 70.5%로 용천·계곡수의 10.1%보다 월등히 높았다. 불만족시 그 원인에 대하여는 “흙탕물과 지렁이 때문”이라고 응답한 사람이 전체의 91.0%였다. 이는 용천·계곡수가 지표수의 일종으로 수원이 얕아

Table 10. 간이상수도의 이용형태(복수응답)

용 도	수원의 종류		계(%) (n=343)
	지하수 (n=224)	용천·계곡수 (n=119)	
음 용	167(74.6)	58(48.7)	225(65.6)
주방청소	223(99.6)	118(99.2)	341(99.4)
세탁·목욕·화장실	218(97.3)	114(95.8)	332(96.8)
터밭 물주기	46(20.5)	32(26.9)	78(22.7)

Table 11. 간이상수도 음용자에 대한 음용방법

구 분	수원의 종류		계(%)
	지하수	용천·계곡수	
음용 방법**	(n=167)	(n=58)	(n=225)
끓여서 먹는다	21.0	67.2	32.9
그대로 먹는다	73.7	8.7	56.9
정수기를 사용	5.4	24.1	10.2
물을 끓여서 먹을 경우 그 이유	[n=35]	[n=39]	[n=74]
수질을 믿을 수 없어서	71.4	89.7	81.1
평소의 습관때문에	20.0	7.7	13.5
기타 이유	8.6	2.6	5.4
계	100.0	100.0	100.0

** p<0.01.

Table 12. 수질에 대한 만족도 및 불만족시 그 원인과 대처 방법

구 분	수원의 종류		계(%)
	지하수	용천·계곡수	
수질에 대한 만족도**	(n=224)	(n=119)	(n=343)
만 족	70.5	10.1	49.6
보 통	15.7	31.9	21.3
불만족	13.8	58.0	29.2
불만족에 대한 원인	[n=31]	[n=69]	[n=100]
흙탕물 유출	22.6	36.2	32.0
냄새	12.9	7.2	9.0
벌레유출(지렁이 등)	16.1	27.5	24.0
흙탕물+지렁이	48.4	29.1	35.0
수질불량시 대처방법**	[n=31]	[n=69]	[n=100]
자가소독	3.2	4.3	4.0
행정기관에 요청	51.6	21.8	31.0
다른 수원이용	9.7	39.1	30.0
방치한다	35.5	34.8	35.0
수질불량을 느끼는 계절	[n=31]	[n=69]	[n=100]
봄	29.0	27.5	28.0
여름	48.4	53.6	52.0
가을	12.9	7.2	9.0
겨울	9.7	11.7	11.0
계	100.1	100.0	100.0

** p<0.01.

서 집수정에 지렁이가 들어가거나 장마시 흙탕물이 유입되었기 때문이라고 생각된다. 또한 수질불량시 대처 방법으로는 “그대로 방치한다”가 35.0%로 가장 많았는데, 이는 급수지역 주민들이 먹는물에 대한 안전의식이 부족한 때문이라고 생각된다. 또한 수질불량을 느끼는 계절은 여름철이 52.0%로 가장 많았다. 강원도 춘성군 지역의 조사⁷⁾에서는 85.5%로 나타나 두 지역이 많은 차이를 보였다. 이는 춘성군 지역이 상주지역(34.7%) 보다 용천수나 계곡수가(69.3%) 더 많아 여름철 장마시 흙탕물에 의하여 오염되었기 때문인 것으로 생각된다(Table 12).

수질에 대한 만족도를 간이상수도의 특성과 비교하여 보면, 사용년수가 오래된 곳일수록 만족도가 낮았는데, 이러한 결과는 간이상수도가 오래된 곳이 많을 뿐만 아니라 사후관리의 소홀로 시설이 노후 되었거나 불량하여 수질상태가 좋지 않기 때문인 것으로 생각된다($p < 0.01$) 수질검사 결과에 따라서는, 부적합 지역보다 적합 지역에서 만족도가 매우 높았고($p < 0.01$). 소독실시 여부에 따라서는, 오히려 미실시 지역에서 만족도가 더 높았다. 이와 같은 현상은 소독을 실시한 지역이라도 수도전에서 잔류염소가 전혀 검출되지 않아 소독효과가 없었기 때문이라고 생각된다. 또한 지하수의 깊이에 따라서는, 우물의 깊이가 깊을수록 만족도가 높은 것을 알 수 있었는데($p < 0.01$), 이는 수원이 지하로 깊이 내

려 갈수록 비교적 수질이 양호하기 때문인 것으로 생각된다(Table 13).

급수량에 대한 만족도는, 만족이 45.8%, 보통이 23.9%, 불만족이 30.3%였는데($p < 0.01$), 수원별로는 용천·계곡수에서 수량부족을 더욱 많이 느끼고 있었고, 수량부족에 대한 원인으로는 “수원선정이 잘못 되었다”라는 이유가 58.7%나 되어 앞으로 간이상수도 시공시 수원선정에 신중을 기하여야 할 것으로 생각된다. 또한 수량부족시 대처방법으로는 59.6%가 개인펌프나 우물을 이용하고 있었으며, 수량부족을 느끼는 계절은, 겨울철이 36.5%로 가장 많았는데, 이는 겨울철 갈수기의 영향 때문인 것으로 생각된다(Table 14).

소독관리에 대한 만족도는, 만족이 26.2%, 보통이 22.8%, 불만족이 51.0%로서 만족보다 오히려 불만족이 더 높게 나타났다. 불만족에 대한 이유로는 “소독 시설이 없어서”라고 응답한 사람이 58.9%로 가장 많았는데, 이는 조사대상시설 중 소독시설이 설치되어 있는 곳은 12.2%에 불과할 뿐만 아니라 소독방법이 형식적이고 비과학적으로 이루어지고 있었기 때문이라고 생각된다. 수질검사방법(검사횟수 및 항목)에 대한 만

Table 13. 간이상수도의 특성에 따른 수질만족도 비교
단위 : 명(%)

특 성	수질에 대한 만족도			계(%)
	만족	보통	불만족	
사용년수(년)**				
≤ 9	57.2	21.4	21.4	42(100.0)
10~19	55.3	23.0	21.7	161(100.0)
20≤	40.7	19.3	40.0	140(100.0)
수질검사 결과**				
적 합	70.6	15.1	14.3	119(100.0)
부적합	38.4	24.5	37.1	224(100.0)
소독실시 여부				
실 시	41.7	29.8	28.5	84(100.0)
미실시	52.1	18.5	29.4	259(100.0)
지하수(우물)의 깊이(m)**				
≤ 30	67.9	16.1	16.0	112(100.0)
31~99	75.5	12.2	12.3	49(100.0)
100≤	77.9	15.1	7.0	63(100.0)

** $p < 0.01$.

Table 14. 급수량에 대한 만족도 및 불만족시 그 이유와 대처방법

구 분	수원의 종류		계(%)
	지하수	용천·복류수	
급수량에 대한 만족도**	(n=224)	(n=119)	(n=343)
만족	59.4	20.2	45.8
보통	27.7	16.8	23.9
불만족	12.9	63.0	30.3
불만족에 대한 이유	[n=29]	[n=75]	[n=104]
수원선정 잘못	58.6	58.7	58.7
시설 노후 및 누수	6.9	22.7	18.3
부실시공	34.5	18.7	23.1
수량부족시 대처방법	[n=29]	[n=75]	[n=104]
개인펌프 및 우물이용	62.1	58.7	59.6
마을 공동우물 이용	13.8	18.7	17.3
이웃집물 이용	17.2	12.0	13.5
계곡수 이용	6.9	10.7	9.6
수량부족을 느끼는 계절	[n=29]	[n=75]	[n=104]
봄	24.1	16.0	18.3
여름	20.7	37.3	32.7
가을	13.8	12.0	12.5
겨울	41.4	34.7	36.5
계	100.0	100.0	100.0

** $p < 0.01$.

족도는 만족이 44.6%, 보통이 27.1%, 불만족이 28.3%로 나타났고, 불만족에 대한 이유로는 “수질검사 횟수가 적어서”라고 응답한 사람이 가장 많았는데, 환경부 조사(환경부, 1995)에서는 수질검사 횟수 및 항목에 대한 만족도가 61.8%로 나타나 본 연구 결과보다 더 높았다. 그러나 45개 전항목에 대한 수질검사를 연 1회 이상 실시해야 한다는 의견이 55.9%나 되어 수질검사를 더욱 강화해야 할 필요성이 있는 것으로 조사되었다. 이러한 분석결과를 볼 때, 수질검사는 8개 항목은 현재와 같이 연 4회 이상 그대로 실시하고, 45개 전항목에 대해서는 연 1회 이상 실시하는 방안도 바람

직 할 것으로 생각된다. 수질관리주체에 대한 만족도는, 만족이 23.6%, 보통이 21.3%, 불만족이 55.1%로서 불만족이 오히려 더 많았는데, 불만족에 대한 이유로는 “관리위원회의 운영이 미흡하기 때문”이라고 응답한 사람이 39.7%로 가장 많았다. 이는 위원회의 운영이 미흡할 뿐만 아니라 전문지식이 없는 마을주민들이 수질을 직접 담당하고 있었기 때문인 것으로 생각된다(Table 15).

V. 요약 및 결론

간이상수도의 수질관리실태와 급수이용 주민의 만족도를 알아보기 위하여 1998년 3월부터 6월까지 4개월 동안 경상북도 상주시 지역에 설치되어 있는 간이상수도 49개소를 대상으로 주변환경조사와 수질검사를 실시하고, 343명의 급수주민을 대상으로 설문조사를 실시하였다.

간이상수도의 수원은 지하수를 이용하고 있는 곳이 32개소(65.3%)로 가장 많았고, 사용연수는 10년 이상 된 곳이 대부분이었으며, 수원주변에 오염원이 있는 곳이 39개소(79.6%)나 되었다. 수질검사는 정수에 대한 검사만 실시하고 있었고, 염소소독을 실시하고 있는 곳은 12개소(24.5%)였는데, 잔류염소가 전혀 검출되지 않았다. 또한 수질관리인에 대한 교육을 실시하고 있는 곳은 단 한곳도 없었다. 수질관리위원회는 37개소(75.5%)가 구성되어 있었고, 관리책임자는 49개소 모두 지정되어 있었다.

간이상수도에 대한 수질검사는 32개소(65.3%)가 부적합하였는데, 지하수보다 용천·계곡수에서 부적합률이 더 높았다. 사용연수가 오래되고, 오염원이 없는 곳보다 있는 곳에서 부적합률이 더 높았으며, 저수탱크에 대해서는 청소를 자주 할수록 부적합률이 낮았다. 또한 소독실시 여부에 따라서는 부적합률이 뚜렷한 차이가 없었다.

수질검사 결과를 항목별로 보면, 대장균군이 검출된 곳이 27개소(55.1%)로 가장 많았고, 그 다음이 일반세균 6개소(12.2%), 질산성질소 및 탁도가 각각 4개소(8.2%)순이었다. 지하수의 깊이에 따라서는 지하 30m 이내의 얕은 우물에서 부적합률이 매우 높았다.

설문조사결과, 수질에 대한 만족도는 만족한다가 343명 중에서 170명(49.6%), 불만족이 100명(29.2%)이었고, 급수량에 대해서는 만족한다가 157명(45.8%), 불만족이 104명(30.3%)으로 나타났다. 소독관리에 대해서는 만족한다가 90명(26.2%), 불만족이 175명(51.0%)이었고, 수질검사방법에 대해서는 만족이 153명(44.6%),

Table 15. 수원의 종류별 수질에 대한 만족도와 불만족 이유

구 분	수원의 종류		계
	지하수	용천·계곡수	
소독관리에 대한 만족도	(n=224)	(n=119)	(n=343)
만족	24.1	30.3	26.2
보통	24.1	20.2	22.8
불만족	51.8	49.6	51.0
불만족에 대한 이유	[n=116]	[n=59]	[n=175]
전담요원이 없어서	25.9	28.8	26.9
소독약품 부족때문	14.7	13.6	14.3
소독시설이 없어서	59.5	57.6	58.9
수질검사방법에 대한 만족도	(n=224)	(n=119)	(n=343)
만족	48.7	37.0	44.6
보통	25.9	29.4	27.1
불만족	25.4	33.6	28.3
불만족에 대한 이유	[n=57]	[n=40]	[n=97]
검사횟수가 적다	52.6	45.0	49.5
검사항목이 적다	42.1	40.0	41.2
검사결과를 믿을 수 없다	5.3	15.0	9.3
수질관리주체에 대한 만족도	(n=224)	(n=119)	(n=343)
만족	24.1	22.7	23.6
보통	21.0	21.8	21.3
불만족	54.9	55.5	55.1
불만족에 대한 이유**	[n=123]	[n=66]	[n=189]
관리위원회의 운영미흡	29.3	59.1	39.7
수질관리위원회의 전문성결여	8.9	24.2	14.3
관리에 따른 운영비 확보가 어렵다	48.0	-	31.2
관리책임자의 책임감결여(무보수)	13.8	16.7	14.8
계	100.0	100.0	100.0

** p<0.01.

불만족이 97명(28.3%)이었으며, 수질관리주체에 대해서는 만족이 81명(23.6%), 불만족이 189명(55.1%)으로 나타났다.

이상의 결과를 종합하여 보면, 간이상수도는 시설물이나 수질에 대한 관리가 전반적으로 미흡할 뿐만 아니라 오염원에 대한 관리가 부실하여 수질상태가 매우 오염되어 있는 것을 알 수가 있었다. 그러나 대부분의 지역에서 소독처리 없이 간이상수도를 그대로 이용하고 있어, 지역주민의 건강을 위협하는 큰 요인이 되고 있다. 따라서 간이상수도는 마을 주민에 의한 형식적인 관리보다 행정기관에 전담요원을 고정·배치하여 소독 약품을 직접 투입하고 정기적인 점검을 통하여 수질상태를 수시로 확인하는 등 실질적인 수질관리가 이루어져야 할 것이다. 또한 오염원을 규제 할 수 있는 근본적인 대책과 관리체계의 정비, 유지관리를 위한 운영비의 지원 등, 정부의 획기적인 개선방안이 있어야 하고, 급수주민들의 의견을 수질관리 업무에 적극 반영하여 효율적이고 원활한 관리가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

- 1) 박석기, 안승규, 엄석원 : 먹는물의 수질관리. 1, 도서출판, 서울, 1996.
- 2) 송기철 : 일부농촌지역 간이상수도의 정수효과에 미치는 요인분석. 석사학위논문, 충남대학교 보건대학원, 1997.
- 3) 대구일보 : “간이상수도의 식수부적합” 1997, 9, 26.
- 4) 대동일보 : “간이상수원 오염 원인조사” 1998, 8, 1.
- 5) 영남일보 : “간이상수도 수질영향” 1997, 8, 30
- 6) 영남일보 : “간이상수도시설 대대적개선” 1997, 10, 17.
- 7) 김영규 : 일부농촌지역 간이상수도의 운영상태와 수질에 관한 조사연구. 한국환경위생학회지, 18(2), 39-51, 1992.
- 8) 채호병 : 간이상수도의 수질향상방안. 96 전국상수도종사자 기술강습회 발표문집. 137-185, 환경부·한국수자원공사, 1996.
- 9) 환경부 : 96 상수도 통계연보. 118-119, 1997.
- 10) 상주시 : 97 상주시 통계연보. 97, 1997.
- 11) 정문호, 송금순 : 일부농촌지역 간이상수도와 Pump수의 수질에 관한 비교 조사 연구. 한국환경위생학회지, 9(1), 77, 1983.
- 12) 정문호 : 일부농촌지역의 간이상수도 운영실태와 개선방안에 관한 조사연구. 한국환경위생학회지, 17(1), 57-66, 1991.
- 13) 환경부 : 먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙 환경부령, 제 11호, 1995.
- 14) 환경부 : 먹는물 수질공정 시험방법. 환경부고시, 제 1997-118호, 1997.
- 15) 환경부 : 간이상수도의 설치 및 관리요령. 4-5, 28-29, 84-86, 1995.
- 16) 환경부 : 농어촌지역 생활용수공급체계 개선방안 연구. 22-25, 40-51, 286-287, 1995.
- 17) 국무총리령 : 상수원 관리규칙. 총리령 제 413호, 1994.
- 18) 환경공무원 교육원 : 먹는물 관리자반 전문교육교재, 94, 1997.
- 19) 환경부 : 수도시설의 청소 및 위생관리 등에 관한 규칙. 환경부령, 제 41호, 1998.
- 20) 상주시 : 상주시 공동급수시설 유지관리 조례. 상주시조례, 제 92호, 1995.
- 21) 손양태 : 간이상수도 시설관리 개선을 위한 기초조사연구. 석사학위논문, 연세대학교보건대학원, 1987.
- 22) 백남원, 백도현, 이홍근 : 농촌지역의 효율적인 간이상수처리에 관한 연구. 환경위생학회지, 22(3), 103-115, 1996.
- 23) 한국보건사회연구원 : 한국인의 보건의식 행태조사. 135-138, 1995.