

## 일부 농촌지역의 오염원 현황과 먹는물 수질에 관한 조사연구

김탁수 · 이용미 · 김문선 · 김성연 · 신해철 · 최경호 · 정문호<sup>†</sup>  
서울대학교 보건대학원

### A Study on the Drinking Water Quality and Contamination Sources in a Rural Area

Tak Soo Kim · Yong Mi Lee · Moon Sun Kim · Sung Yeon Kim · Hee Chul Shin ·  
Kyungho Choi · Moon-Ho Chung<sup>†</sup>

Department of Environmental Health, School of Public Health, Seoul National University, Seoul 110-799  
(Received April 23, 2004; Accepted June 7, 2004)

#### ABSTRACT

To evaluate the quality of drinking water and contamination sources in a rural community, this study was carried out on the summer of 2003 at Shin-Dong Myun, Chun-Cheon, Gang-Won province. Seventy three drinking water samples were collected from three different types of water supply systems. Sources of contamination were identified and the public perception of water quality area were evaluated. The findings of this study are as follows; Drinking water was mainly obtained from Local Water and Simple Piped Water Supply Systems, and pollution sources varied over the study area. Most of residents (>63%) were satisfied with the quality of drinking water and could not identify any contamination sources. Corresponding to this perception, measured water quality parameters generally met the Drinking Water Quality Standards (>64%). However, approximately 35.6% of samples exceeded the regulation for NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, coliform, and general bacteria. The water quality was significantly different among the three water supply systems, and between the potentially contaminated areas and the rest of the areas (p<0.05). In the potentially contaminated areas, the levels of coliform and general bacteria contamination were significantly higher than the rest of the areas (p<0.05). The coliform and general bacteria values of Simple Piped Water were significantly higher than Own Piped Water's, and the NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N values of Own Piped Water were significantly higher than those of water's (p<0.05). Based on this study, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, coliform, and general bacteria were identified as a major problem of drinking water. To regularly manage drinking water supply systems, to identify contamination sources, and to add drainage systems are required in the study area.

**Keywords:** water quality, contamination source, water supply system, maintenance, perception

## I. 서 론

우리나라는 강수의 양이 지역, 계절별로 편중되어 있어 수자원의 부족이 예상되는 국가로 분류되어있다. 특히 전 국민의 14%의 해당하는 인구가 상수도의 혜택을 받지 못하고 전국 28개 시·군이 안정적인 취수원이 없어 조금만 비가 안 와도 상습 가뭄을 겪고 있다. 2004년경부터 전국적으로 물 부족이 발생하여 2011년에는 물 부족량이 약 20억 m<sup>3</sup>에 달할 것으로

예상된다.<sup>1)</sup>

이러한 물 부족 현상은 농촌지역사회에서 특히 심각한 양상을 보일 것으로 전망된다. 지역별 상수도 보급 현황을 살펴보면, 7개 특·광역시 98.4%, 시지역이 96.5%, 읍지역이 77.4%, 면단위 농어촌지역이 29.0%로서 농어촌지역의 상수이용률이 크게 떨어지는 것을 알 수 있다.<sup>2,3)</sup> 농촌지역에 상수이용률이 낮은 이유는 인구 밀도가 낮은 면지역에서는 간이상수도 등 소규모급수 시설을 이용하는 경우가 많기 때문으로 생각된다. 소규모 급수 시설은 대부분 지하수를 이용하는데, 이때 지하수자원의 효율적인 사용과 관리가 어렵기 때문에 물 부족현상이 가중되고 수질 또한 쉽게 오염될 수 있는 것으로 보인다. 수자원의 비효율적인 사용은 물 부족

<sup>†</sup>Corresponding author : Department of Environmental Health, School of Public Health, Seoul National University  
Tel: 82-2-740-8870, Fax: 82-2-3672-1140  
E-mail : chungmh@snu.ac.kr

현상과 농촌지역의 음용수질 오염현상 등을 야기시켜 농촌 지역사회에 경제적, 보건학적으로 심각한 문제를 가져올 수 있다. 한편 농촌 지역사회는 국토의 넓은 면적을 차지할 뿐만 아니라 인근 수계의 수질을 결정하는데 중요한 역할을 하기 때문에 중요성이 크다. 특히 농촌 사회에서는 분뇨, 축사, 그리고 농약 등의 오염원이 산재되어 있어 수질의 관리가 더욱 필요하다.<sup>4)</sup>

이 연구에서는 우리나라 면단위 농촌지역 중 평균 이하의 상수 보급률을 가지며 전형적인 농촌 상수 오염원 분포를 보이는 강원도 춘천시 신동면 지역을 대상으로 상수원의 수질 및 관리상태를 조사하고 그 주변의 오염원을 파악해 보았다. 동시에 주민들의 수질에 대한 인식도를 조사하여 이를 실측 수질 성과와 비교 분석하였다. 이 연구를 통해 농촌지역 수자원을 보다 효과적으로 관리하기 위한 방법을 모색하고 궁극적으로 농촌주민들의 건강한 생활에 기여하고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상 및 기간

본 연구는 2003년 7월부터 약 2달 동안 춘천시 신동면 의암리, 혈동 1, 2리, 증 1, 2, 3, 4리, 정족 1, 2리 그리고 팔미 1, 2, 3리 등 총 12개리를 대상으로 수행되었다. 시료는 지방상수도 7지점, 간이상수원의 집수조 8지점, 가정의 간이 상수도 14지점, 그리고 자가상수도 42지점 등 총 73지점에서 수집하여 수질을 분석하였다.

### 2. 연구방법

수질현황을 파악하기 위해서 상수도현황 및 수질검사 항목의 기초 자료는 수도사업소 자료를, 춘천시의 상수도 현황자료는 춘천시 상수도 사업소의 자료를 참고하였다.

연구지역에서 수집된 73개의 시료를 대상으로 먹는물 수질검사 항목에 따라 14항목을 선정하여 이화학 및 생물학적 검사를 실시하였다. 첫째 미생물 항목은 일반세균과 대장균항목을, 둘째 중금속항목은 카드뮴(Cd), 납(Pb), 크롬(Cr), 아연(Zn), 철(Fe), 비소(As) 등 6항목을, 셋째 심미적 영향물질로 경도, KMnO<sub>4</sub> 소비량, 수소이온농도(pH), 염소이온(Cl<sup>-</sup>) 항목을, 마지막으로 유해영양 무기물질로 암모니아성 질소(NH<sub>3</sub>-N)와 질산성 질소(NO<sub>3</sub>-N)항목을 분석하였다. 미생물 항목인 일반세균, 대장균은 3M Petrifilm plate를 이용하여 분석했으며<sup>5)</sup> 이때 질산성 질소의 경우 DR 2400(Hach Co.)의 Salicylate Method를, 암모니아성 질소는

Cadmium Reduction Method를, 염소이온은 Mercuric Thiocyanate Method를 사용하였다.<sup>6)</sup> 중금속은 Inductively Coupled Plasma(Optima 2400DV, Perkin-Elmer Co.)로, 경도(Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>)는 Ion Chromatography(DX-120, Dionex Co.)로 분석하였으며, KMnO<sub>4</sub> 소비량은 먹는물 공정시험법을 참고하였다.<sup>7,8)</sup>

방문조사를 통하여 상수도의 현황, 수질에 영향을 끼칠 수 있는 오염원, 그리고 주민의 인식도를 조사하였다. 간이상수도의 실태, 관리상태(소독여부, 시설상태 등), 상수원 주변의 예상 오염원등은 춘천시 간이상수도 소규모 급수시설 관리조례를 참고하여 개발된 Check List를 이용하여 파악하였다.<sup>9)</sup> 주민의 수질 만족도와 오염원 인식도는 채수 시 방문한 가구에서 설문지로 조사하였다. 수질 분석과 설문 연구 등의 결과를 통계 프로그램을 이용하여 분석하였으며, 본 연구에서는 통계 프로그램인 SAS 8.1(SAS Institute Inc.)을 이용하여 비모수 분석을 실시하였다.<sup>10,11)</sup>

## III. 결과 및 고찰

### 1. 상수도 현황과 설문지 결과

#### 1) 조사지역의 일반적 급수현황

춘천시 신동면 12개리를 대상으로 먹는 물의 수질 적합 여부를 알고자 공급형태를 마을별로 지방상수도, 간이상수도 그리고 자가상수도로 나누어 조사한 결과는 Table 1과 같다. 대부분의 가구는 자가상수도와 간이상수도를 식수원으로 사용하고 있었으며 그 비율이 각각 72.4%와 15.4%였다.

#### 2) 설문지 조사 결과

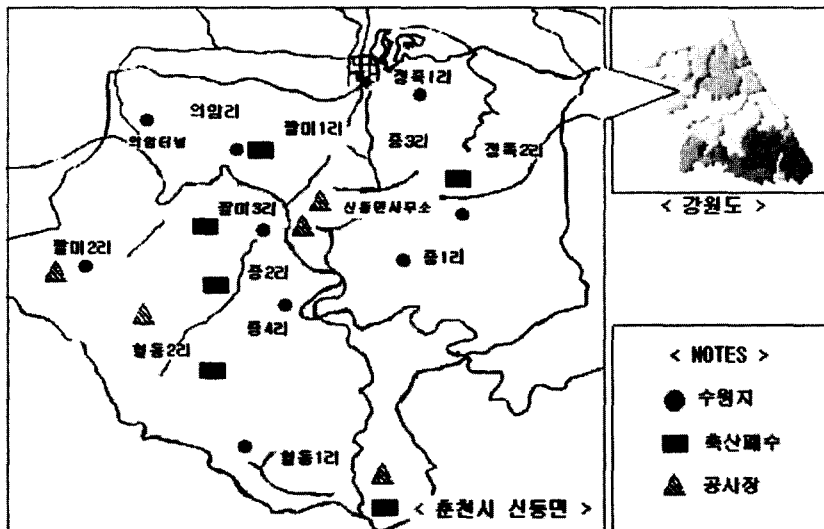
시료 채수시 각각의 가구 및 상수원에서 가구구성원 및 관리자를 방문하여 수질만족도와 오염원 인식도를 알아보았다. 식수의 만족도는 식수 공급 방식에 따른 식수만족도를 5척도로 나누어 조사한 결과 지방상수도의 만족도가 가장 높으며 그 다음으로 간이상수도, 자가상수도의 순으로 만족하고 있었다. 'Good' 이상이라고 대답한 조사대상자의 비율이 64.5%로 비교적 높게 나타났다. 식수를 오염시킬 수 있는 요인에 관한 인식도를 조사한 결과 위험요인이 '없다'라고 응답한 비율이 63.0%였고 그 외 마을 주변의 축산폐수라고 대답한 비율은 15.1%였다. 이는 대상지역 주민의 생활환경 특성에 기인한 결과로 보인다.

#### 3) 간이상수원과 예상 오염원 현황

연구지역의 주민들이 상수원으로 사용하고 있는 8곳의 간이상수도 집수조를 대상으로 관리현황을 조사하였다.<sup>9)</sup> 조사대상은 암반수(4곳), 계곡수(3곳), 샘물(2곳)

**Table 1.** Types of drinking water supply source in the study area

Supply source	Supplied local water		Simple piped water		Supplied own piped water	
	Families	%	Families	%	Families	%
Village						
Euam			34	35.4	62	64.6
Palmi 1					49	100
Palmi 2			1	3.2	30	96.8
Palmi 3	33	49.3	34	50.7		
Hyuldong 1			12	22.6	41	77.4
Hyuldong 2					41	100
Jeung 1	6	4.7	54	41.9	69	53.5
Jeung 2			62	80.5	15	19.5
Jeung 3	10	9.0	51	45.9	50	45.1
Jeung 4			13	30.2	30	69.8
Jungjok 1			29	31.5	63	68.5
Jungjok 2	35	28.5	36	29.3	52	42.3
Total	84	12.1	107	15.4	502	72.4



**Fig. 1.** Source of Simple Piped Water and potential sources of contamination.

등이었다. 상수도 안내판이 설치가 미비하였고(7곳) 지면으로부터의 높이가 낮아 우천시에 오염물이 집수조 안으로 들어갈 수 있었으며 정기적인 점검과 소독이 이루어지지 않음이 확인되었다.

신동면의 오염원 현황은 Fig. 1과 같다. 대부분이 축사와 농경지 등 전형적인 농촌지역의 오염원과 함께 터널공사, 골프장, 생활폐기물매립장 등 특수한 오염원들이 넓게 산재 되어 있었으며, 하수관거 시설이 부족하여 생활하수 등이 직접 개울이나 지면으로 유입되고 있었다.

**2. 수질 조사 결과**

조사지역의 73개의 시료의 수질 조사결과는 Table 2에 요약되어 있다. 조사지역의 수질은대부분 수질항목에 적합함을 알 수 있다. 그러나 질산성 질소의 수질 기준 초과 빈도가 높게 나타났고 대장균과 일반세균항목이 전체의 70% 정도의 높은 수질기준 초과율을 보였다. 이는 경기도 안성시 일부지역의 간이상수도 조사결과와 일치한다.<sup>12)</sup> 질산성질소는 지하수 오염물질 중 가장 일반적인 것으로 청색증을 유발시켜 유아나 임산부에 치명적인 영향을 줄 수 있고,<sup>13)</sup> 일반 세균항목은

**Table 2.** Summary of analytical results of drinking water samples

	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	KMnO <sub>4</sub> consumption (mg/l)	Hardness (CaCO <sub>3</sub> mg/l)	Coliform (CFU/100 ml)	General bacteria* (CFU/1 ml)
Standard	0.5	10	250	10	300	불검출	100
Mean	0.01	6.07	9.37	1.51	28.75	1.29	12.79
Maximum	0.36	30.00	46.40	6.32	135.26	20	100 이상
Exceedances (%)	0.00	33.33	0.00	0.00	0.00	53.33	13.33

	pH	Fe (mg/l)	As (mg/l)	Cd (mg/l)	Cr (mg/l)	Pb (mg/l)	Zn (mg/l)
Standard	5.8~8.5	0.3	0.05	0.005	0.05	0.05	1.0
Mean	6.79	0.00	0.005	0.000	0.00	0.00	0.052
Maximum	7.39	0.08	0.018	0.000	0.00	0.00	0.667
Exceedances (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

\*100 CFU이상 검출된 결과는 100 CFU로 계산하였다.

**Table 3.** Mean concentration of exceeding water quality parameters by types of drinking water supply

	Sample size	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (mg/l)	Coliform (CFU/100 ml)	General bact. (CFU/1 ml)
Supplied local water	7	1.243 (0)	0 (0)	0.143 (0)
Simple piped water	Source	8	2.444 (0)	2.750 (4)
	End user	14	4.075 (0)	2.571 (6)
Supplied own piped water	42	8.307 (11)	0.738 (5)	9.833 (1)

Values in parentheses indicate number of exceedances of "Drinking Water Quality Standard".

**Table 4.** Differences on NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, Coliform, and General bacteria between potentially contaminated areas and non-contaminated areas

	Sample size	Mean		
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (mg/l)	Coliform (CFU/100 ml)	General bacteria (CFU/1 ml)
Potentially contaminated areas	27	5.435	2.481	16.259
Potentially non-contaminated areas	40	8.343	0.675	13.100
p-value		0.6091	0.0436*	0.0059*

\*p<0.05.

수인성 질병이 전파되기 쉬운 여름철에 보건위생상 매우 중요한 항목이다.<sup>14)</sup> 따라서 농촌사회에서 중요한 수질 지표인 질산성 질소와 여름철 수질에 영향을 미치는 대장균과 일반 세균 항목에 대해 상세히 고찰해 보도록 하겠다.

1) 상수 공급유형별 수질기준 초과현황

상수 공급유형별 수질기준 초과항목의 평균 농도를 나타내었다. 지방 상수도의 경우 초과항목 모두에서 낮은 값을 나타내고 있었다. 자가상수도는 질산성 질소가 다른 상수원보다 2배 이상의 높은 농도를 보이고 있었고 간이상수원과 간이상수도에서 대장균과 일반 세균이 높은 값을 나타내었다(Table 3).

2) 통계분석을 이용한 수질차이 검증

(1) 잠재적 오염원과 수질

대상지역을 사전 조사한 자료를 바탕으로 예상 오염지역과 비 오염지역으로 나누고 이 두 지역간에 수질의 차이를 검정하였다(Table 4). 검정결과 예상 오염지역과 그 이외의 지역간에 대장균과 일반세균항목에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.05). 이는 여러 가지 오염예상지역이 산재되어있고 하수처리시설이 미비한 해당 조사지역에서 이들 예상오염원들이 수질에 영향을 끼치고 있다고 설명될 수 있다.

(2) 수원의 종류에 따른 수질에 차이

대상지역에서 이용하고 있는 4가지 형태의 수원(지방

**Table 5.** Impact of types of water supply on NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, Coliform, and General bacteria

	Sample size	Mean		
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (mg/l)	Coliform (CFU/100 ml)	General bacteria (CFU/1 ml)
Simple piped water	22	3.482	2.636	22.455
Supplied own piped water	42	8.307	0.738	9.833
p-value		0.0265*	0.0020*	0.0425*

\*p&lt;0.05.

상수도, 간이 상수원, 간이 상수도, 자가상수도)의 수질 차이를 Table 3의 자료를 바탕으로 분석하였다. 검정결과 4가지 수원 간에 질산성질소, 대장균, 일반세균항목에서 유의한 차이를 보였으며(p<0.05), p-value는 각각 0.0027, 0.0060, 0.0144이었다. 상대적으로 수질기준 초과 빈도가 높고 조사지역의 주민들이 가장 많이 사용하고 있는 자가상수도와 간이상수도를 대상으로 오염 특성을 살펴보았다(Table 5).

간이상수도와 자가상수도 간에 3가지 항목 모두에서 유의한 수질의 차이를 보였다. 이중 질산성질소 항목은 자가상수도의 농도분포가 간이상수도보다 유의하게 높았다(p<0.05). 이 결과의 원인은 자가상수도가 주로 농경지 등의 비점오염원이 산재된 곳에 위치한 것과 낮은 관정깊이 등을 들 수 있다. 그리고 마을주변의 지하토양이 비료 등의 질소오염원에 노출되어 있을 가능성을 보여준다. 대장균 및 일반세균항목은 간이상수도가 자가상수도보다 유의하게 높았다(p<0.05). 대장균과 일반세균의 검출 분포는 간이상수원과 간이상수도의 비슷하였고 이것을 통해 간이상수도 집수조에서부터 대장균과 일반세균에 노출되었다고 볼 수 있다. 원인으로 조사된 간이상수원 집수조의 관리상태가 전반적으로 취약한 것에서 고려해 볼 수 있다. 이는 이끼나 나뭇잎이 썩어있는 등 위생상태가 미흡하였고 몇몇은 집수조와 지면의 높이가 거의 같아 오염물의 유입이 용이하였기 때문에 사료되어 정기적인 소독과 관리가 요구된다. 특히 여름철의 우천시에 오염물로부터 노출될 가능성을 보였다. 간이상수도의 관리상태는 여러 논문에서 보고된 바와 일치한다.<sup>15-17)</sup>

이 결과에서 간이상수도의 정기적인 시설관리와 자가상수도 주변의 오염원에 대한 고려와 동시에 위생교육이 이루어져야 할 것이다.

### 3) 수질만족도에 따른 수질의 차이

주민들의 수질 만족정도가 수질을 반영할 것이라는 가설을 Kruskal-Wallis Test를 사용하여 검정한 결과 수질기준 초과와 수질만족도 간에 유의한 차이를 볼 수 없었다(p<0.05). 이 결과는 폐기물매립지등 환경적 관

심사가 존재하는 지역에서 조사된 보고와 일치한다.<sup>18)</sup> 주민의 인식도가 실제 환경의 질을 그대로 반영하지 않으며 보다 신뢰성 있는 정보를 얻기 위해서는 환경질의 실측이 병행되어야 함을 시사한다.

## IV. 결 론

춘천시 신동면 12개리를 대상으로 2003년 7월 4일부터 7월 10일까지 상수원별로 총 73개의 시료를 채수하고 상수원과 예상오염원의 현황 및 주민의 수질만족도 등의 인식도를 조사하였다. 채수기간을 포함하여 약 2달 동안 14개 먹는물 기준항목에 대한 분석을 실시하였다. 이 자료를 기초로 하여 일부 농촌지역의 예상오염원과 수질과의 관계 및 상수원별 수질차이 등을 살펴본 결과는 다음과 같다.

1. 조사지역의 상수공급형태는 자가상수도와 간이상수도이었으며 지방상수도는 일부지역에 국한되었다(14%). 예상오염원으로는 전형적인 농촌지역의 오염원인 농경지, 축사 등 이외에도 터널공사, 골프장, 생활폐기물 매립지 등 특수한 오염원들이 고르게 존재하였다. 주민의 수질 만족도는 비교적 높았고 수질도 대체로 기준치에 적합하였으나(64.6%) 질산성질소, 대장균, 일반세균항목에서 초과된 시료도 있었다(35.6%).

2. 예상오염원에 의한 수질의 영향을 보면 예상오염지역의 수질이 그 이외 지역의 수질보다 대장균, 일반세균항목에서 유의하게 높은 농도로 검출되었다.

3. 수원별로 수질의 차이를 분석한 결과 지방상수도가 가장 양호한 수질분포를 보였다. 질산성질소농도는 자가상수도가 간이상수도보다 유의하게 높았으며 대장균과 일반세균항목에서는 간이상수도가 자가상수도보다 유의하게 높았다.

이 연구결과 농촌지역사회에서 질산성질소와 세균 항목이 주된 상수 오염원임을 확인했다. 농촌 지역주민의 보건수준 향상을 위해 오염원과 간이상수도의 정기적인 관리, 그리고 하수관거 등 시설의 추가 및 더불어 농촌지역보건에 대한 주민교육 등이 필요하다.

## 감사의 글

본 연구는 2003학년도 서울대학교 보건대학원 지역 사회보건실습 연구비 지원에 의한 것입니다. 도움을 주신 보건대학원 교수님들과 서울대학교 보건사업소에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. 국제인구행동연구소(PAI) : Sustaining Water(Population and the Future Renewable Water Supplies), 1993, <http://water.taebaek.go.kr>.
2. 환경부 : 상수도통계(2001), 환경부 수도정책과, 과천, 2002.
3. 환경부 : 환경통계연감(2001), 환경부 정보화담당관실, 과천, 2002.
4. 김정옥 : 상수원 수질오염의 원인과 관리의 문제점. <http://www.ecoi.or.kr>.
5. 3M : Petrifilm™ Plates Reminders for Use. <http://www.3M.com/microbiology>.
6. The Handbook, DR2400, HACH Company, Loveland, Colorado, 2002.
7. 김종택 : 수질공정시험방법해설. 신광출판사, 서울, 202-207, 1996.
8. Clesceri, L. S., Greenburg, A. E. and Eaton, A. D. : Standard methods the examination of water and wastewater, 20th edition, United Book Press Inc., Baltimore, Maryland, USA, 2-36~2-39, 1998.
9. 춘천시 : 춘천시 간이상수도·소규모급수시설 관리조례. 상하수도 사업소, 춘천, 2002.
10. 이승욱 : 통계학의 이해. 자유이카데미, 서울, 429-435, 1997.
11. Schlotzhauer, S. D. and Littell, R. C. : SAS system for elementary Statistical Analysis, 6th edition, SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, UAS, 228-231, 1996.
12. 이 웅, 박규홍, 이상수, 안진선 : 농촌지역 간이상수도의 효율적인 관리를 위한 기초조사 연구-경기도 안성시 일부지역을 중심으로. 대한상수도학회 공동춘계 학술발표회, 243-246, 2001.
13. 정문식, 정문호, 이진현, 김영규 : 환경화학, 2판, 신광문화사, 서울, 565-567, 1994.
14. 오세중 정현미, 장현정, 조은주, 이목영, 박창민, 정중순 : 상수도 계통에서 세균검사 강화방안 연구. 수도기술 연구집, 1999.
15. 김영규 : 일부 농촌 지역 간이 상수도와 수질에 관한 조사. 대한보건협회 보건종합학술대회, 214-215, 1992.
16. 이흥근, 백도현 : 다변량 분석에 의한 간이상수도의 오염에 관한 연구. 한국물환경학회 81-86, 1995.
17. 정문호 : 일부 농촌지역의 간이상수도 운영실태와 개선 방안에 관한 조사연구. 한국환경위생학회지, 17(1), 57-66, 1991.
18. 박덕목, 차정영, 예병덕, 허종배, 박이경, 황성호, 윤영희, 노수련, 조경아 : 환경오염인식에 영향을 미치는 특요인. 서울대학교 보건대학원 지역사회 보건실습 보고서(2003 하계), 66-81, 2004.