



경북지역 소규모수도시설 이용자의 수질·비용에 대한 인식

Cognition on Quality and Cost of Small Drinking Water Plants in Gyungbuk Region

강미아^{1*} · 양명석²

Meea Kang^{1*} · Yang, Myeong Seok²

1 안동대학교 환경공학과, 2 환경부 토양지하수과

(2010년 10월 19일 접수 ; 2010년 12월 3일 수정 ; 2010년 12월 6일 채택)

Abstract

Groundwater is an essential drinking water source in Gyungbuk, South Korea. The primary source of nitrate in groundwater is from nitrogen fertilizers. Efficient management of a small drinking water plant requires a good understanding of its status such as the objective and the cognition of users. The objective of this study is to understand user situation and produce useful user-friendly policy based on user cognition. Most people who participated in this study, should take their groundwater from a good quality source. Even though they would like to have a good facility for getting safe water, they were reluctant to do it due to the cost used. It means that people who drink groundwater have no idea that health safety is affected by groundwater quality. The volume used depended upon personal activities such as agriculture and stockbreeding. We can easily find groundwater with nitrate that exceeds drinking water standards. Therefore, we have to carry out groundwater management with two categories ; 1) drinking water only and 2) others according to objectives in small drinking water systems.

Key words : Small drinking water system, groundwater, nitrate, cost, cognition

주제어 : 소규모급수시설, 지하수, 질산성질소, 비용, 인식

1. 서론

먹는물의 질적, 양적 수준과 이용가능성은 환경적 측면, 사회적 측면 뿐 만 아니라 지역정책의 측면에서도 매우 중요한 과제 중의 하나이다. 범지구적으로 지하수의 오염수준이 각국의 수질기준을 초과하는 등 지하수의 오염에 대한 문제는 지하수를 먹는물로 이용하는 주민의 건강안전성에 미치는 영향에 대한 조사와 함께 질산성질소의 오염문제를 해결하기 위해 여러 국가에서 노력하고 있다(Angela et

al., 2006; Bilgehan et al., 2006; Ying et al., 2008; Meea Kang, et al., 2009).

한편 환경부에서는 소규모급수시설에서 공급하고 있는 수돗물의 질적 안전성을 확보하기 위해 수질검사를 강화하고 있다. 그러나 깨끗한 물로 인식되어 왔던 지하수의 수질이 오늘날은 축산농가의 가축 등의 동물배설물이나 기타 유기성 오염원, 농업지역에서의 질소비료·화학비료 등의 사용으로 질산성질소 오염과 미생물에 의한 오염이 심화되고 있는 실정은 국내외에서 비슷한 현실이다.

* Corresponding author, E-mail: yukimeea@hanmail.net(Kang, M.)

경북지역은 전국에 소재하고 있는 법정관리 대상 소규모 급수시설의 시설수로 약 20%를 차지하고 있으며, 이 중 지하수를 수원으로 사용하고 있는 시설이 80%를 차지한다(강미아 등, 2009; 경북지역환경기술개발센터, 2009). 현실적으로는 마을상수도는 먹는물을 포함한 생활용수 뿐 만 아니라, 축산, 농업활동 등에도 사용되고 있기 때문에 소규모급수시설을 통해 공급되는 수돗물 중, 실제로 먹는물로 이용되는 양을 파악하지 못하고 있는 현재 시스템에서는 지하수 수질오염인자에 의한 건강안전에 대한 평가를 과학적으로 하기가 어렵다. 게다가 수질오염수준 파악 이외에 오염된 지하수를 이용하고 있는 주민들의 건강안전성 확보를 위한 대처방안에 대한 연구는 거의 찾아보기 어렵다. 한편, 마을상수도로 이용되는 지하수의 질산성질소에 의한 오염은 광범위한 사·공간적 범위를 나타내며, 이러한 사실은 향후에도 오염수준은 더 심각해지고 오염지역은 더 확대될 것으로 추측된다(경북지역환경기술개발센터, 2009; 환경부, 2009a).

본 연구에서는 경북지역에서 질산성질소로 오염 또는 오염될 우려가 있는 지하수를 수원으로 사용하는 소규모급수시설을 이용하는 주민의 물사용량에 대한 정보와 수돗물의 질적·양적 만족도 등에 대해 설문조사를 실시하여 이용자의 지하수자원 및 먹는물에 대한 인식을 분석하고자 한다. 이를 통해 주민의 건강안전성 향상을 도모할 수 있는 합리적 접근을 위한 정책자료로 제시하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 소규모수도시설 선정방법

경상북도내 소규모수도시설 특성경북지역소재 법정관리 대상 소규모수도시설(2005년부터 2007년까지 3년간 자료, 2228개소)을 대상으로 질산성질소의 오염잠재성 시설을 조사한다. 이 방법을 통해 선정된 소규모급수시설을 대상으로 급수인구와 설치년도를 고려하여 총 16개 그룹으로 분류한 자료를 이용하여, 각 그룹에 대한 마을상수도의 분포비율에 따라 50개소를 선정한다(환경부, 2009a). 이 중에서 실제 설문조사에 협조가 가능한 소규모수도시설 10개소에 대해 이를 이용하는 주민을 대상으로 면대면 면담형식으로 설문조사를 하였다. 설문조사 규모는 20명/소규모급수시설의 비율로 하였다.

2.2 설문조사대상자 특성

설문에 응답한 200명의 성별 및 연령은 남성 45.5%, 여성 54.5%로 50세 이상의 남성과 여성이 각각 38%와 48%이고, 50세 미만의 남성과 여성은 각각 7.5%와 6.5%로 구성되어 있다. 응답자 중, 이용하고 있는 소규모수도시설의 운영 경험자는 8%였으며, 미경험자는 92%로 대부분을 차지하고 있었다. 한편, 설문응답자의 직업특성을 조사한 결과 응답자의 대부분(90%)이 농업에 종사 하였으며, 학생과 서비스업이 각각 1%였고 직업이 없는 응답자도 8%였

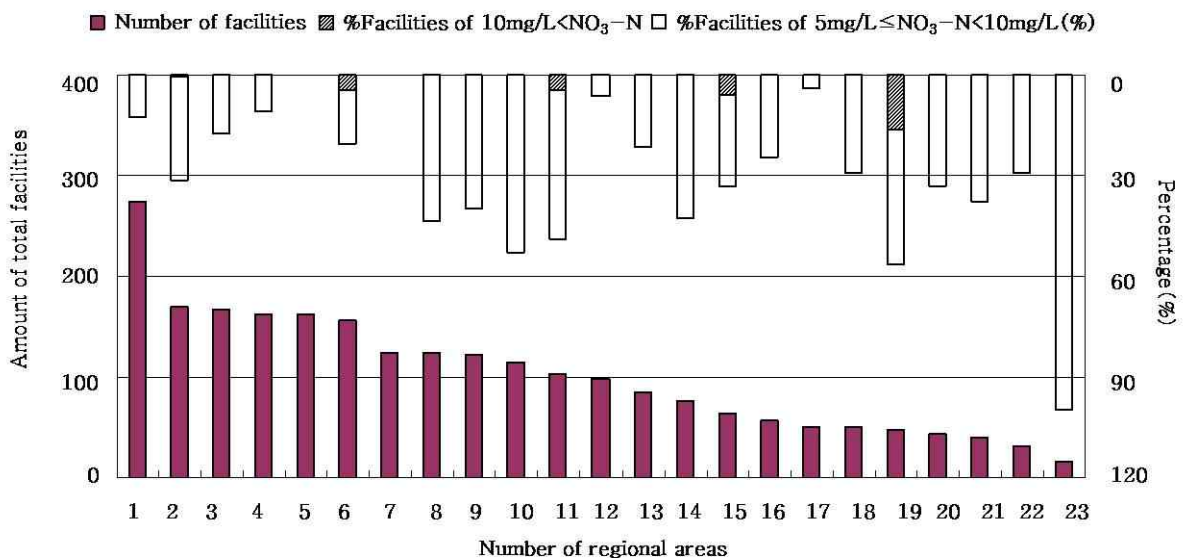


Fig. 1 Situation of small drinking water facilities and water quality in Gyungbuk.

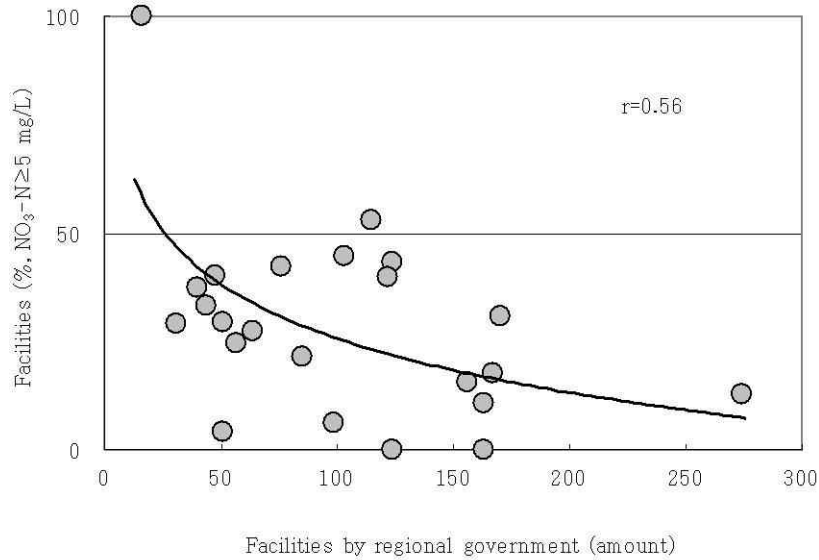


Fig. 2 Relationship between facility amount and water quality ($5 \text{ mg/L} \leq \text{NO}_3\text{-N}$).

다. 소규모수도시설을 이용한 기간은 10년 이상 20년 미만 이용한 주민이 40%로 가장 많았으며, 5년 이상 10년 미만 이용자가 20%였다. 20년 이상 30년 미만이 17%, 5년 이하가 15%였으며, 30년 이상 사용한 비율은 8%였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 경상북도 소재 소규모수도시설 특성

2228개소의 경북지역소재 법정관리 대상 소규모수도시설을 대상으로 질산성질소가 5 mg/L 이상인 시설을 Fig. 1에 나타내었다. 먹는물 수질기준인 $\text{NO}_3\text{-N} > 10 \text{ mg/L}$ 기준을 초과하지는 않으나 고농도로 검출되어 $5 \text{ mg/L} \leq \text{NO}_3\text{-N} < 10 \text{ mg/L}$ 의 범위를 오염잠재성으로 나타내었다 (일본후생성, 2004; 환경부, 2009b). 지자체에서 관리하고 있는 소규모급수시설의 수가 많은 순으로 정리하여 관리대상 시설의 수와 질산성질소의 오염수준(잠재성)을 나타내는 시설수에 대해 Fig. 1에 나타내었다. 경북도내 지자체에서 관리하고 소규모수도시설은 16개소에서 274개소의 범위로 조사되었다. 지자체에서 관리하고 있는 소규모수도 시설수와 질산성질소농도가 5 mg/L 이상인 시설수의 비율을 Fig. 2에 나타내었는데 이들의 관계는 상관계수(r) 0.56의 음의 관계를 보였다. 이것은 이용되는 시설수가 적을수록 질산성질소 오염에 의한 건강성 노출이 심함을 알 수 있다.

한편 먹는물수질기준 초과시설수와 질산성질소 오염잠

재성 시설수($5 \text{ mg/L} \leq \text{NO}_3\text{-N} < 10 \text{ mg/L}$ 농도범위의 시설, 이하 오염잠재성시설로 칭함)의 총계를 해당지방자치단체에 소재하는 전체 소규모급수시설로 나누어 비율로 나타내었는데, 먹는물 수질기준을 초과하는 시설의 비율은 최고 16% 수준에 머물지만, 오염잠재성시설이 차지하는 비율은 최고 100%, 평균 30%까지 차지한다.

먹는물 수질기준 초과시설 및 오염잠재성 시설을 대상으로 지역을 고려하여 450개소를 선정하였다. 소규모급수시설의 규모를 결정하는 인자로서 급수인구, 급수량 및 시설용량의 상관성을 고찰하였다. 그 결과 급수인구와 급수량은 상관계수 0.80으로 매우 유의한 관계를 나타내었으나 급수인구와 시설용량과의 관계는 상관계수 0.51로 다소 낮았으며, 이것으로 실제 사용하는 지하수량과 현재 시설용량과는 직접적 관계가 적음을 알 수 있다. 다음으로 설치연도를 인자하여 4개 그룹으로 분류하였다. 제1그룹은 1970년-1979년에 설치된 시설로, 제2그룹은 1980년-1989년에 설치된 시설로, 제3그룹은 1990년-1999년에 설치된 시설로, 제4그룹은 2000년부터 설치된 시설로 구분하였다. 급수인구와 설치연도를 매트릭스로 설문대상 시설로 선정된 소규모급수시설에 대해 Table 1에 나타내었다. 설치연도는 1976년~2006년, 급수인구는 66명~370명, 일일급수량은 $20 \text{ m}^3 \sim 140 \text{ m}^3$, 심도는 85 m~203 m이었다. 질산성질소의 최고검출농도는 $9.7 \text{ mg/L} \sim 17.4 \text{ mg/L}$ 로 나타났으므로 수질측면에서는 안전한 수준으로 평가할 수 없는 범

Table 1 Characteristics of small drinking water systems

Items	Installation (year)	Population (person)	Supply amount (m ³ /day)	Depth (m)	Max. NO ₃ -N (mg/L)
SDW01	1976	214	97	302	11.2
SDW02	2001	370	60	156	17.4
SDW03	1985	103	25	110	9.6
SDW04	2006	117	140	100	15.3
SDW05	1997	303	76	100	14.8
SDW06	1997	191	49	100	12.2
SDW07	1997	109	20	100	9.8
SDW08	1996	82	25	90	14.5
SDW09	2003	72	27	90	9.8
SDW10	1980	66	27	85	16.8

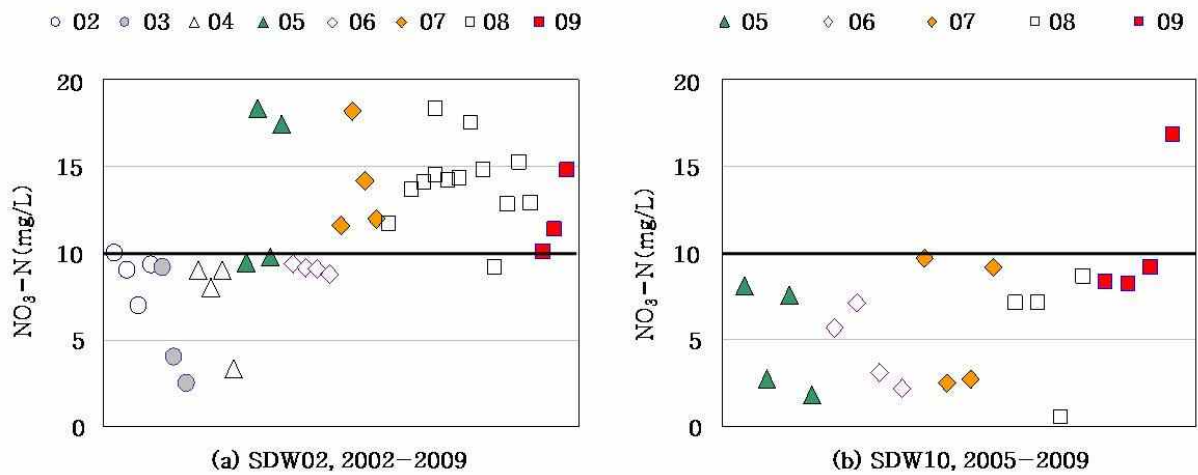
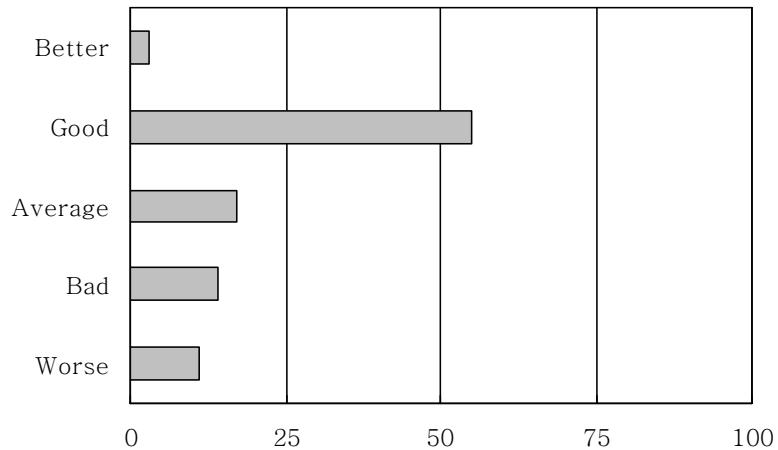


Fig. 3 Nitrate variation in (a)SDW02 and (b)SDW10.

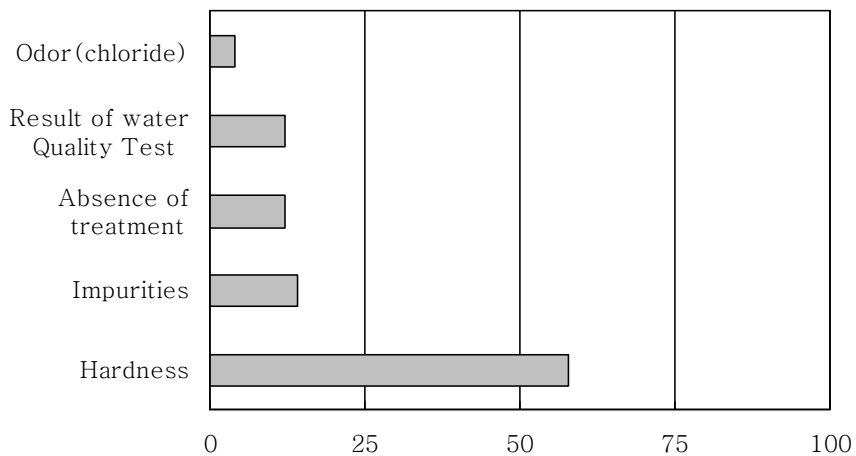
위로 나타났다. 이 중에서 SDW02의 지하수 수질을 2002년도부터 2009년도까지 조사한 결과를 Fig.2에 나타내었으며, 2005년에 먹는물 수질기준에 육박한 이후에는 계속 높은 농도로 검출되었음을 알 수 있다. 또한 2002년도에 이미 최고 10 mg/L로 검출된 바 있으며, 질산성질소는 일단 검출되기 시작하면 그 농도가 안전성을 확보할 수준으로 낮아지기는 어려운 것이 일반적인 현상이다. 질산성질소에 의한 지하수 오염은 오랜 기간에 걸쳐 영향을 받은 것으로 지하수의 수질개선에도 많은 시간이 소요될 것이다. 따라서 이러한 지하수를 이용하는 주민을 위해서는 최소한 먹는물에 대한 안전성은 확보되어야 할 것으로 보인다.

3.2 수질에 대한 인식

급수수질에 대한 인식과 불만족하는 이유를 분석하여 Fig. 4(a)와 (b)에 나타내었다. 급수수질에 대해서는 만족(58%), 보통(17%), 불만족(25%)으로 조사되었고, 급수수질에 대해 불만족을 나타낸 주민들은 지하수의 경도성분과 같은 생활불편요소에 기인한 것으로 조사되었다. 따라서 질산성질소와 같이 용존성분으로 생활에 미치는 불편이 가시화되지 않은 수질항목에 대해 주민들은 안전인식이 거의 없다고 판단되었다.



(a) Percentage (%) on water quality satisfaction



(b) Percentage (%) on dissatisfaction cause

Fig. 4 Percentage(%) on water quality satisfaction(a) and dissatisfaction cause(b).

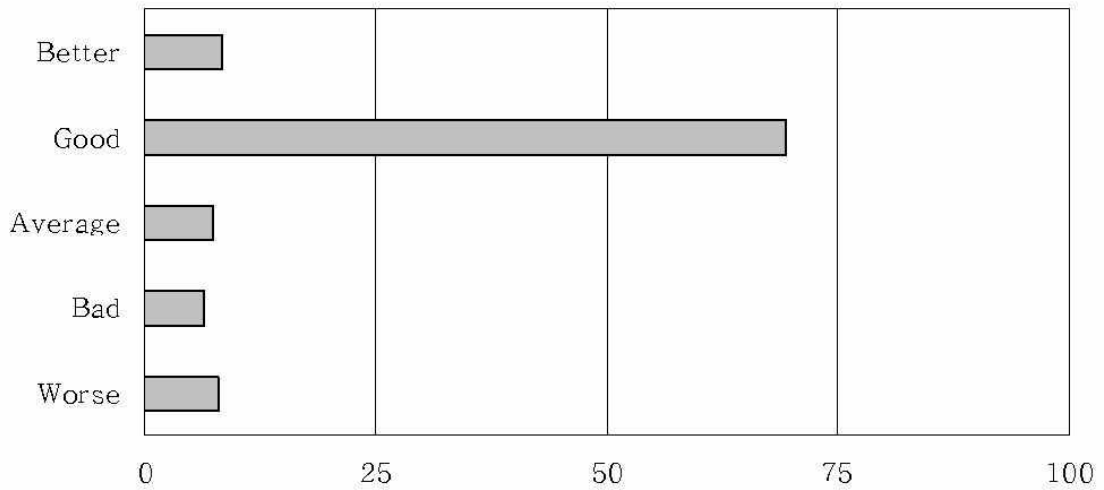
3.3 수량에 대한 인식

급수량에 대해서는 대부분(78%)이 Fig. 5(a)에 나타난 바와 같이 만족을 표시하였으나, 불만족을 표시한 약 20%의 주민들은 SDW02와 SDW03에서 많이 조사되었다. SDW02의 경우에는 나노분리막시설을 이용하여 수도물을 공급하고 있어 운전비용에 소요되는 경제적 부담과 Fig. 5(b)에 나타난 바와 같이 가구당 이용수량이 충분하지 못한 것이 주요 원인이었다. 한편 농업지역에 소재하고 있는 소규모급수시설을 이용하는 주민들은 가구당 사용량이 매우 큰 차이를 보였으며 가구당연사용량은 최고 1509 m³, 최소 2 m³이었다. 사용량이 많은 가구에서는 다른 가구와 비교할 때 상대적으로 큰 규모의 농업 또는 축산활동을 하고 있었다. 이것으로 소규모급수시설을 먹는물 이외의 용도

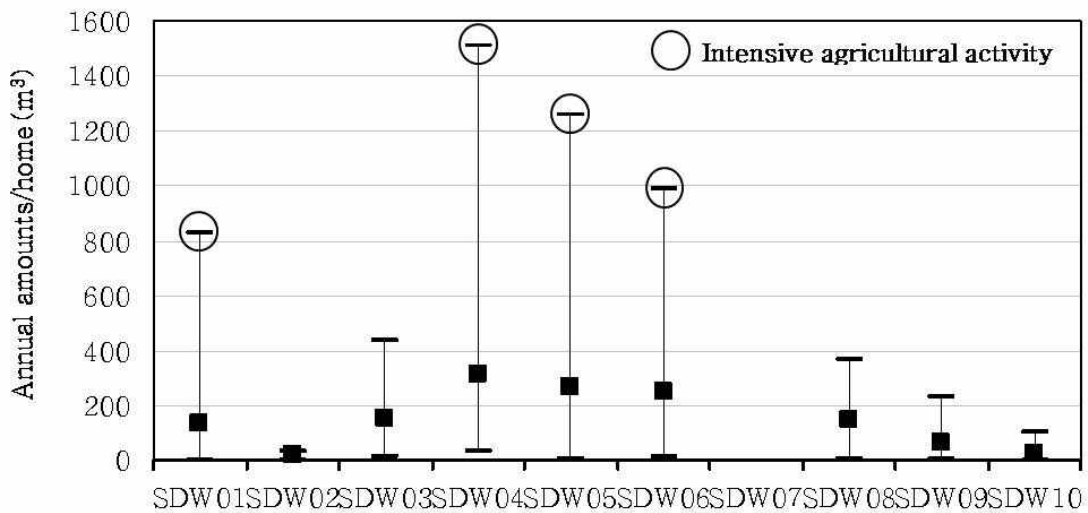
로 사용하고 있음을 알 수 있다. 농업 및 축산활동에 의한 지하수 사용은 물의 이용측면 뿐 만 아니라 비점오염원으로 인근 지표수와 지하수의 수질오염에 직접적 영향을 미친다. 지속적인 물사용과 비점오염원발생은 결과적으로 현재 사용하고 있는 지하수를 먹는물로 이용할 수 없게 할 가능성이 매우 높다(Poe, 2003; Horn, 2001; USEPA, 2002).

3.4 수질안전성확보와 비용

가구당연평균수도요금은 34034원이었으나, 가구에 따라서는 대규모축사운영 및 농업활동에 의해 물 사용량이 증가하여 최고 223800원까지 지불하는 것으로 조사되었다. 이용자 중 57.5%는 현재 지불하고 있는 수도요금이 저렴하다고 답하였으며, 적절하다는 응답자 또한 28.5%였다. 또



(a) Percentage(%) on water quantity satisfaction



(b) Small drinking water facilities

Fig. 5 (a) Percentage(%) on water quantity satisfaction,(b) small drinking water facilities.

한 현재의 수도요금은 수질확보(35%)보다는 대부분이 수량확보(65%)를 위해 사용된다고 인식하고 있었다. 한편, 향후 마을상수도의 시설을 개량할 때 지불해야 하는 비용을 수량확보(24%)보다는 수질안전성확보(76%)에 중점을 두어 사용하고자 하는 경향이 있는 것으로 조사되었다.

급수수량에 대한 불만이 가장 컸던 SDW02를 이용하는 주민들은 질산성질소로부터 안전성을 확보할 수 있는 나노여과막시설을 도입하여 사용하고 있다. 나노여과막시설 도입전후의 수질안전성과 비용측면에 대한 설문결과를 Fig.

6에 나타내었다. 나노여과막시설시설 도입전에는 수질에 대한 만족도가 30%에 불과하였으나 나노여과막시설시설 도입후에는 수질만족도가 100%를 달성한 답하였다. 그러나 하절기 물사용량 증가에 따른 비용증가와 동절기 난방에 사용되는 에너지로 증가로 인해 나노여과막시설 도입전에 비해 많은 비용증가가 발생한 것에 대한 불만이 매우 컸다. 현재 SDW02는 나노여과막 시설을 가동하지 않은 채, 지하수를 먹는물로 사용하고 있다. 건강에 미치는 안전성보다 현실적인 비용이 해결해야 할 과제임에 분명하다.

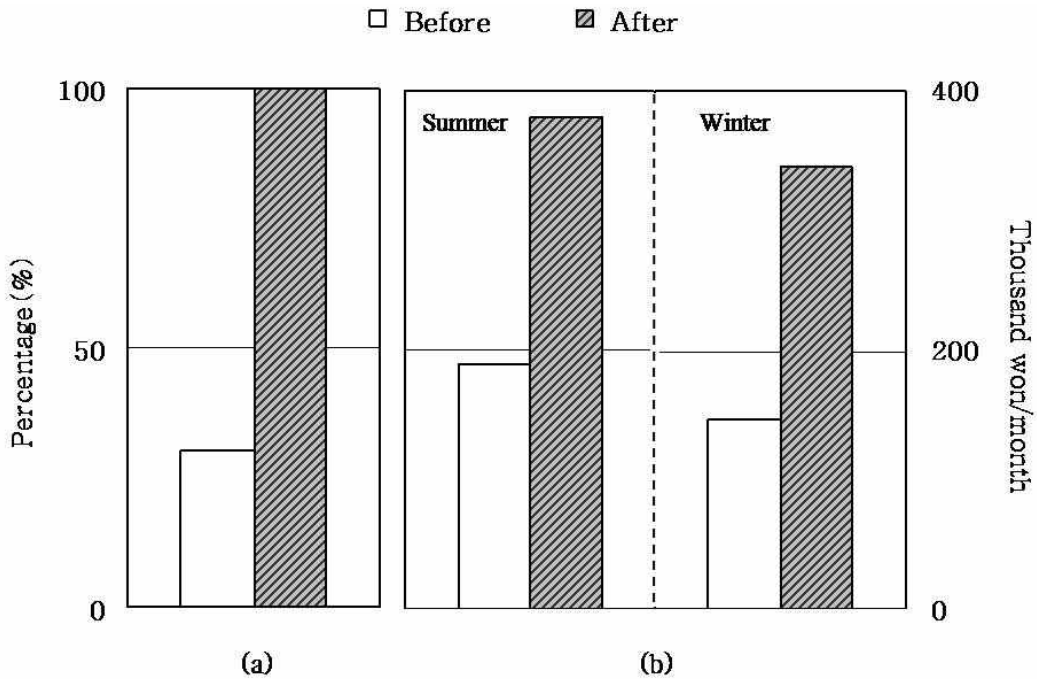


Fig. 6. Before and after nanofiltration facility, (a) percentage(%) on water quality satisfaction, (b) cost.

4. 결 론

안전한 수돗물을 공급받는 것은 국민의 권리이자 국가가 이행해야 할 중요한 과제이다. 현재 국내에서 관리하고 있는 소규모급수시설로부터 공급되는 먹는물은 지하수를 수자원으로 하고 있는 경우가 대부분이며 이용자에 의해 관리하도록 되어 있다. 물의 질적수준을 파악하기 전에 이미 주민들은 깨끗한 물로 인식하고 있는 경우가 많았으며 불충분한 양적수준을 불편하게 생각하고 있었다. 여기에서 양적수준은 먹는물 이외의 용도인 농업활동과 축산활동에 의해 요구되는 양을 포함하여 가구당연평균대비 최고 750%까지 많은 양을 사용하고 있다. 따라서 소규모급수시설의 수질관리에 대한 접근 방법을 합리적으로 개선할 필요가 있다.

또한 노인인구가 대부분을 차지하는 낙후지역의 주민들에게 비록 적절한 처리시설이 도입된다 하더라도 유지관리 비용에 대한 문제가 수질개선보다 우선된다는 것을 알 수 있다. 그러므로 수질개선으로 사회적 약자의 비율이 높은 소규모급수시설 이용자들의 건강안전을 확보하기 위해서는 경제성을 고려할 수 있는 지표개발과 안전성확보가 가능한 수급자 중심의 급수시스템으로 개선하는 것이 매우 중요하다.

사 사

환경부(녹색성장연구-9)와 안동대학교(과제번호 #2009- 0104)에 의해 지원되었기에 감사드립니다.

참고문헌

강미아, 정태경 (2009) 대구 경북지역 마을상수도용 지하수의 수질과 주민의 경제비용에 대한 조사, *대한지질공학회지*, **19**(3), pp.307-311.

경북지역환경기술개발센터 (2009) 경북지역 마을상수도 안전성 정보구축을 위한 기초조사 연구 보고서.

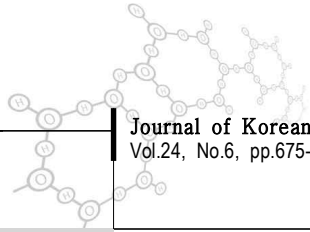
일본후생성(2004) 질산성질소에 의한 지하수오염대책사례집.

환경부(2009a) 마을상수도 안전성 제고를 위한 효율적인 관리방안 연구보고서.

환경부(2009b) 소규모수도시설개량사업 연찬회 발표자료집.

Angela L. Batt, Daniel D. Snow, Diana S. Aga (2006) Occurrence of sulfonamide antimicrobials in private water wells in Washington County, Idaho, USA, *Chemosphere*, **64**, pp.1963-1971.

Bilgehan Nas, Ali Berkay (2006) Groundwater contamination by nitrate in the city of Konya, (Turkey)



- : A GIS perspective, *Journal of Environmental Management*, **79**, pp.30-37.
- Fathi M. Anayah, Mohammad N. Almarsi (2009) Trends and occurrences of nitrate in the groundwater of the West Bank, Palestine, *Applied Geography*, **29**, pp.588-601.
- Marc W. Beutel, Crystal D. Newton, Elaine S. Brouillard, Richard J. Wtts (2009) Nitrate removal in surface-flow constructed wetlands treating dilute agricultural runoff in the lower Yakima Basin, Wahinton, *Ecological Engineering*, **35**, pp.1538-1546.
- Meea Kang, Tae-Kyung Jeong and In-Ho Hwang (2009) Nitrate by Nanofiltration in very Small Drinking Water Systems, *World Applied Science Journal*, **5**, pp.41-45.
- Poe, A.C., Piehler, M.F., Thompson, S.P., Paerl, H.W. (2003) Denitrification in a constructed wetland receiving agricultural runoff, *Wetlands*, **23**, pp.817-826.
- Shufeng Chen, Wenliang Wu, Kelin Hu, Wei Li (2010) The effects of land use change and irrigation water resource on nitrate contamination in shallow groundwater at county scale, *Ecological Complexity*, **7**, pp.131-138.
- United State Environmental Protection Agency(USEPA) (2002) Drinking water from household wells, EPA 816-K-02-03, Washington, DC.
- Ying-Feng Lin, Shun-Ren Jing, Der-Yuan Lee, Yih-Feng Chang, Kai-Chung Shin (2008) Nitrate removal from groundwater using constructed wetlands under various hydraulic loading rates, *Bioresource Technology*, **99**(16), pp.7504-7513.