개발도상국의 빗물식수화시설 사업에 대한 지역주민의 인식 분석 : 베트남 사례를 중심으로

Analysis of Local Resident'S Perception on 'Rainwater for Drinking' Project in Developing Countries : Focusing on Vietnam Case Studies

이민주 · 한무영*[†]

Minju Lee · Mooyoung Han*[†]

서울대학교 건설환경공학부 상수도시스템실 · *서울대학교 건설환경공학부

Water Supply Lab., Department of Civil and Environmental Engineering, Seoul National University

*Department of Civil and Environmental Engineering, Seoul National University

(Received July 14, 2016; Revised August 31, 2016; Accepted December 14, 2016)

Abstract : Drinking water deficiency is prevalent in developing countries due to contamination of surface and ground water, difficulties of water treatment, and lack of water infrastructures. 'Rainwater For Drinking (RFD)' projects are emerging as one of the effective solutions globally since RFD systems provide safe drinking water from rainwater. In RFD projects, perception of local residents toward RFD project is essential as local residents must manage their RFD systems on their own after the project finishes. This research performed survey and interview to 209 local residents, who use RFD systems, and analyzed their general perception, expected effects and feared factors toward RFD projects. Through the research, it was shown that the most of the local residents have positive perception towards RFD projects' effectiveness (41.9%) and are willing to participate (58.9%). The top three expected effect factors of the RFD projects were 'supply of safe water source', 'vitalization of local community', and 'expansion of RFD system'. The top three feared factors were 'quality of rainwater', 'technical factors of RFD system', and 'maintenance of RFD system'. The research findings indicate that development of simple water quality measuring device and education of the local residents about RFD system is necessary for better maintenance of the RFD system after the project finishes.

Key Words : Rainwater for Drinking, Rainwater for Drinking Project, Rainwater Harvesting, Developing Country, Drinking Water Shortage

요약 : 식수부족문제는 지표수와 지하수의 오염, 수처리의 어려움, 기반시설의 부재로 인해 많은 개발도상국에서 주로 발생하고 있다. 이에 빗물을 모아 식수로 이용하는 빗물식수화시설(RFD)이 매우 효과적인 대안으로 떠오르고 있으며, 전 세계적으로 빗물식수화시설 사업이 진행되고 있다. 대부분의 빗물식수화시설은 지역주민이 사업 종료 후부터 스스로 시설을 운영하도록 하기 때문에 빗물식수화시설 사업에 대한 지역주민의 인식이 매우 중요하다. 따라서 본 연구에서는 베트남에서 빗물식수화시설을 사용하는 총 209명의 현지 지역주민을 대상으로 설문조사와 면담을 실시하여 지역주민의 인식을 조사하였다. 지역주민들은 빗물식수화시설 사업의 효과성에 긍정적인 인식을 가지고 있으며(41.9%), 빗물식수화시설 사업에 참여의향이 있는 것으로 나타났다(58.9%). 지역주민이 빗물식수화시설 사업에서 가장 기대하는 세가지 요소는 '안전한 식수의 공급', '마을 공동체의 활성화', '빗물식수화시설의 확산' 순으로 나타나 빗물식수화시설 사업에의 참여를 통해 안전한 식수를 공급받는 것을 가장 기대하는 것으로 파악되었다. 빗물식수화시설 사업에서 가장 우려하는 세가지 요소로는 '빗물의 수질', '빗물식수화시설의 설치 기술', '지역주민의 참여도' 순으로 나타났으며, 특히 빗물식수화시설 사업의 종료 후의 빗물 수질과 시설의 유지관리를 우려하는 것으로 파악되었다. 빗물식수화시설 사업의 종료 후에도 지역주민이 성공적으로 빗물식수화시설을 운영하기 위해서는 빗물식수화시설의 수질을 용이하게 측정할 수 있는 간편한 수질 측정 도구의 개발과 지역주민 스스로가 빗물식수화시설에 관심을 가지고 유지관리를 할 수 있도록 빗물식수화시설에 대한 정기적인 교육을 진행하는 것이 필요할 것이다.

주제어 : 빗물식수화시설, 빗물식수화시설 사업, 빗물이용, 개발도상국, 식수 부족

1. 서론

MDGs 최종 보고서(UNICEF and WHO, 2015)¹⁾에 의하면 안전한 식수에 접근하지 못하는 인구가 전세계적으로 6.6억 명에 달하는 것으로 집계되고 있다. 하지만 이 수치는 수질이나 지속가능성, 식수의 접근성 등을 고려하지 않은 수치이기 때문에 실제로는 더 많은 수의 인구가 식수부족을 겪고 있는 것으로 추정된다.

특히 안정적인 식수가 부족한 개발도상국에서는 지표수와

지하수 오염, 하천유량 감소, 홍수피해 증가, 수자원확보 및 하수처리 어려움 등이 식수 확보의 대표적인 문제점으로 지목되고 있으며, 이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로써 빗물의 이용이 주목받아 왔다.

빗물은 과거 많은 나라들에서 오랜 시간동안 식수로 사용되었을 뿐 아니라, 지표수나 지하수에 비해 비교적 깨끗하기 때문에, 물이 많이 없는 건조한 지역이나 수도시스템이 설치되지 않은 지역에서 주로 이용되고 있다.²⁾ 이에 최근에는 한국국제협력단(KOICA)에서도 친환경적인 개발도상

[†] Corresponding author E-mail: myhan@snu.ac.kr Tel: 02-880-8915 Fax: 02-885-7376

국 원조의 일환으로써 빗물을 모아 식수로 사용하는 빗물 식수화시설 사업을 통해 개발도상국의 물 문제 해결을 돕는데 관심을 가지고 있다.³⁾ 빗물식수화시설 사업은 주로 정부나 민간기업, NGO 등에 의해 식수가 부족한 개발도상국에서 진행되는데, 사업이 종료되고 나면 시설의 유지관리는 시설사용자인 지역주민이 직접 담당하게 된다. 따라서 안전한 식수의 공급을 위해서는 지역주민의 역할이 매우 중요하며, 결국 빗물식수화시설 사업의 성공은 지역주민에 달려 있다고 볼 수 있다. 그럼에도 불구하고, 빗물식수화시설 사업을 직접 경험하는 지역주민의 인식을 살펴보는 연구는 거의 없는 실정이다.

본 연구는 개발도상국에 식수공급사업의 일환으로 설치된 빗물식수화시설이 최대한 효율적으로 운영될 수 있도록 하기 위해 빗물식수화시설 사업에 대한 지역주민의 인식을 조사하고 분석하여 향후 성공적인 빗물식수화시설 사업을 위한 기초자료로 제시하는 것을 목적으로 한다.

2. 빗물식수화시설의 개요와 사례

2.1. 빗물식수화시설의 개요

본 연구에서 사용되는 ‘빗물식수화시설’이라는 용어는 기존의 환경공학분야의 연구에서 그 정의를 찾아볼 수 없어 본 연구에서 ‘빗물을 모아 음용수 수질기준을 만족시킬 수 있는 처리과정을 거쳐 식수로 이용하는 시설’로 정의하였다. 빗물식수화시설은 크게 집수면, 초기우수배제장치, 저장탱크, 정수필터로 구성된다.⁴⁾

빗물식수화시설에서 집수면은 빗물을 모으는데 사용되며 빗물에 처음 접촉되는 부분이기 때문에 수질에 크게 영향을 미친다.^{5,6)} 따라서 식수시설에서의 집수면은 주로 오염정도가 낮은 지붕면, 옥상면이 사용된다. 집수면에서 유입되는 입자성 물질은 주로 집수면에 존재하던 입자나 먼지가 함께 쓸려오면서 유입되는데 빗물식수화시설이 설치된 지역의 바람의 세기, 대기 오염도, 계절, 선행무강우일수와 같은 자연조건과, 조도, 집수면의 코팅 유무와 같은 집수면의 재질에 주로 영향을 받는다.⁷⁾ 집수면에 동물이 접근할 수 있거나 집수면 인근에 나무가 많은 경우에는 동물의 배설물로 인해 미생물이 유입되기도 한다.⁸⁾ 따라서, 양질의 빗물을 얻기 위해서는 매끈한 재질의 집수면을 사용하며, 집수면의 상태를 청결하게 유지하고 거터에 스크린을 설치하여 혹시라도 동물이나 나뭇잎과 같은 이물질이 탱크에 유입되지 않도록 주의해야 한다.

초기우수배제장치는 오염농도가 높은 초기의 빗물을 분리하고 그 뒤의 빗물을 저장할 수 있도록 설계한 장치이다.⁹⁾ 이 장치 내부에는 물에 뜨는 공이 들어있어서 장치 안에 초기 빗물이 가득차면 공이 장치의 입구를 막아 뒤에 내려오는 빗물과 섞이는 것을 방지한다. 비가 그치고 난 후, 장치에서 빗물을 빼면 다음 강우 시 또 사용할 수 있다. 만약 빗물이 가득 차 있으면 초기우수배제장치는 그 기능을 할 수 없기

때문에 비가 오기 전에 꼭 장치를 비워두는 것이 중요하다.

저장탱크는 집수된 빗물을 모아두는 역할도 하지만 저장과정 중에 수질을 향상시키고 장기적인 보존이 가능하게 하는 기능도 있다. 저장탱크에 저장된 빗물은 탱크 내에서 물이 정제되어 있는 동안 가라앉게 되는데, 이러한 자연적 침전과정을 통해 빗물의 수질이 개선될 수 있다. 저장탱크 내의 빗물의 상태를 보존하기 위해서는 탱크를 밀폐하여 내부에 모기, 곤충, 동물의 유입을 방지하고 햇빛이 들어오지 않도록 주의해야 한다.

빗물식수화시설의 정수필터는 빗물이 음용수 수질기준을 만족시키도록 하는 역할을 한다. 정수필터는 주로 탁도를 개선하기 위한 모래/활성탄 여과 장치와 미생물을 제거하기 위한 염소의 투입이나 자외선 처리, 오존 처리, 끓이는 방법 등이 사용된다.¹⁰⁾

2.2. 빗물식수화시설 사업의 사례

2.2.1. 기도(전라남도 신안군), 한국

한국은 전체적으로 볼 때, 상수도 보급률이 98.6%로 다른 선진국들과 비슷하게 높은 수준이지만 10가구 내외가 거주하는 작은 섬들로 이루어진 전라남도 신안군의 경우 상수도 보급률이 83% 정도로 낮아 식수 및 생활용수 공급에 어려움을 겪어왔다. 전라남도 신안군에 위치한 기도의 경우 강, 저수지가 없고 상수도관이 보급되지 않았을 뿐 아니라 지하수에서도 염분이 나와 2012년까지 육지에서 병물을 배로 운반하여 식수 및 생활용수로 사용해 왔다. 2012년 6월에 서울대학교 빗물연구센터를 통해 기도에 거주하는 10가구에 각각 4,000 L의 규모로 지원된 빗물식수화시설은 지붕, 침전조탱크, 지하 빗물저장탱크, 펌프, 멤브레인 필터, UV 필터로 구성되었으며 식수가 아닌 생활용수로 사용할 경우에는 필터를 거치지 않고 사용할 수 있도록 설계되었다.¹¹⁾ 기도 빗물식수화시설의 수질은 2013년에 지하 빗물 저장탱크에 저장된 빗물을 대상으로 이루어진 수질 검사를 통해 대장균군을 제외한 모든 항목에서 음용수 수질기준을 통과하였으며, 대장균군은 UV 필터에서 제거되어 식수로 사용하기에 적합한 것으로 확인되었다.

2.2.2. Maryville, 호주

호주는 상수도 보급률이 90%로 높은 편이지만 넓은 나라의 면적에 비해 적은 인구수를 가지고 있기 때문에 상수도 보급이 어려운 시골지역에서는 빗물을 식수 및 생활용수로 사용하기도 한다. Australian Bureau of Statistics¹²⁾에 의하면 호주 인구의 19%가 빗물을 사용하며, 10%는 빗물을 식수로 사용하는 것으로 알려져 있다. 호주 Newcastle 지역 근처에 위치한 Maryville house의 경우, 빗물을 식수, 화장실 용수와 그 외 생활용수로 사용하고 있다.¹³⁾ 이곳에 설치된 빗물식수화시설은 양철지붕, 9톤 빗물탱크, 펌프로 구성되었으며, 추가적으로 식수를 55℃로 공급하기 위해 가스보일러가 함께 사용되고 있다. 수질검사에 따르면 철과 아연을 제외한 대부분의 항목이 호주 음용수 수질기준에

부합하는 것으로 나타났으며, 철과 아연의 경우에는 호주 음용수 수질기준치를 약간 초과하지만 사용자의 건강에 영향을 미치는 정도는 아닌 것으로 나타났다. Maryville house 는 이 빗물식수화시설을 통해 연간 52톤의 지하수를 절약할 수 있었던 것으로 알려졌다.

3. 연구방법

3.1. 연구 대상지

본 연구는 최근 베트남에 설치된 세 곳의 빗물식수화시설 사업지에 관한 지역주민들의 인식을 토대로 조사되었다.

빗물식수화시설 사업은 Kim Bàng(이하 김방) 마을과 Cự Khê(이하 쿠케) 마을에서 진행되었다. 김방 마을의 빗물식수화시설 사업은 Đại Cường중학교(이하 다이끄영중학교)에 설치되었는데, 이 중학교는 빗물식수화시설 사업에 선정되기 전까지 병물을 구입하여 식수를 공급해왔으며 그 외의 용수는 지하수를 활용해왔다. 병물을 구입하는 비용은 매년 학비에서 충당되었으며 이는 총 학비의 13%를 차지했다. 빗물식수화시설 사업을 통해 현지 시공업체가 다이끄영중학교에서 2014년 7월 15일부터 10월 15일까지 공사를 진행되었으며 8,000 L 스테인리스 탱크 2개를 연결하여 총 16,000 L의 빗물저장공간을 설치하였다(Fig. 1). 현재 다이끄영중학교에서는 학생과 교사가 쉬는 시간에 빗물을 쉽게 마실 수 있도록 매일 20 L 통 여러 개에 빗물을 담아 교장실 앞에 비치하고 있다.

쿠케 마을의 빗물식수화시설은 쿠케유치원과 쿠케초등학교에 설치되었으며, 이 교육시설들 역시 빗물식수화시설 사

업이 진행되기 전까지 모두 병물을 구입하여 식수로 사용해왔다. 빗물식수화시설 사업을 통해 쿠케유치원과 쿠케초등학교에는 각각 12,000 L, 10,000 L 규모의 빗물저장탱크가 설치되었으며(Fig. 2), 두 교육시설은 이 빗물을 20 L 통에 담아 각 교실에 배급하고 있다. 이들 교육시설의 빗물식수화시설 수질검사 결과 빗물저장탱크에 담긴 빗물이 베트남 음용수 수질기준¹⁴⁾을 만족하는 것으로 나타났다(Table 1).

Table 1. Rainwater quality measurement results

Rainwater quality	National standard	Cự Khê kindergarten	Cự Khê elementary school
pH	6.5-8.5	6.8	7.0
TDS (mg/L)	1,000	32.2	35.5
Odor	None	None	None
Turbidity (NTU)	2	2	1
NO ₂ -N (mg/L)	3	0.021	0.028
NO ₃ -N (mg/L)	50	0.7	1.05
Hardness (mg/L CaCO ₃)	300	10	14
As (mg/L)	0.01	<0.0015	<0.001
Fe (mg/L)	0.3	<0.02	<0.02
Cd (mg/L)	0.003	<0.0002	<0.0002
Ni (mg/L)	0.02	0.0025	0.0020
Cr (mg/L)	0.05	0.004	0.0035
Mn (mg/L)	0.3	<0.001	<0.001
Hg (mg/L)	0.001	<0.0001	<0.0001
Se (mg/L)	0.01	0.0025	0.003
Pb (mg/L)	0.01	<0.002	<0.002
Zn (mg/L)	3	<0.04	<0.04
Coliform (CFU/100 mL)	0	0	0
E.Coli (CFU/100 mL)	0	0	0

Fig. 1. Pictures of the actual RFD system and its diagram in Đại Cường middle school.

Fig. 2. Pictures of RFD system in Cự Khê kindergarten and Cự Khê elementary school.

3.2. 조사 방법

빗물식수화시설 사업의 설문조사와 면담은 베트남의 다 이끄영중학교, 쿠케유치원, 쿠케초등학교의 세 교육시설에 설치된 빗물식수화시설을 직접 사용하는 지역주민을 대상으로 하였다. 설문조사와 면담을 효과적으로 진행하기 위하여, 빗물식수화시설의 설치 후인 2016년 1월에 연구자가 직접 베트남에 설치된 세 곳의 현지 빗물식수화시설에 방문하여 설문조사와 면담을 실시하였다.

설문조사는 지역주민에게 빗물식수화시설에 대한 설문지를 배포하며 설문에 응답하도록 하였다. 이때 설문지는 응답자가 원하는 언어로 응답할 수 있도록 한국어, 영어, 베트남어로 준비하였다. 설문조사는 문항의 정확한 설명을 위해 조사원이 1:1로 질문하고 기입하는 방식으로 진행되었다. 설문조사의 응답시간은 20분 내외로 소요되었으나 면담을 실시할 경우 1시간 정도 소요되었다.

설문문항은 인구통계학적 특성 2문항, 빗물식수화시설에 대한 일반적인 인식 3문항, 빗물식수화시설 사업의 기대요소 5문항과 우려요소 8문항으로 총 18문항으로 구성되었으며, 기대요소와 우려요소 13문항은 리커트(Likert) 5점 척도로 측정하였다(Table 2). 면담은 설문항목을 바탕으로 추가적인 대답을 유도하는 반구조형 면담 방식으로 진행되었

Table 2. Composition of survey questions

Varibale	Questions	Number of questions
1 Demographic questions	1.1 Sex of the survey respondent	2
	1.2 Age of the survey respondent	
2 General perception of RFD projects	2.1 Effectiveness of RFD projects	3
	2.2 Intention for future RFD projects participation	
	2.3 Purpose of RFD projects participation	
3 Expected effect factors of RFD projects	3.1 Supply of safe water source	5
	3.2 Expansion of RFD system	
	3.3 Vitalization of local community	
	3.4 Improvement of community environment	
	3.5 Public relation effect	
4 Feared factors of RFD projects	4.1 Selection of the site	5
	4.2 Provision of fund	
	4.3 Technical factors of RFD system	
	4.4 Maintenance of RFD system	
	4.5 Quality of rainwater	3
	4.6 Participation of local residents	
	4.7 Policy	
	4.8 Public relation effect	
Total		18

Table 3. Survey respondent demographics

Variables	Number of respondent (N)	Percentage of respondent (%)
Gender (N=209)	Male	123
	Female	86
Age (N=209)	Between 20 and 29	16
	Between 30 and 39	82
	Over 40	111

다. 개별 면담 후, 추가로 필요한 응답내용의 확인을 위해서 이메일 또는 유선으로 재확인하여 보완하였다. 조사에 응답한 총 응답자 수는 총 209명이며, 그 중 설문조사에 209명, 면담조사에 102명이며, 면담조사 응답자는 설문조사 응답자와 중복된다.

빈도분석을 통해 Table 3과 같이 성별, 연령에 대한 인구통계학적 항목을 분석하였다. 성별은 남자 123명(58.9%), 여 86명(41.1%)로 나타났다. 연령대는 40대 이상 111명(53.1%), 30대 82명(39.2%), 20대 16명(7.7%) 순으로 나타났다. 연령대의 분포가 대부분 30대와 40대 이상으로 나타난 것은 설문과 면담조사에 응답한 지역주민이 빗물식수화시설이 설치된 세 곳의 교육시설에 다니는 학생의 학부모 또는 교직원이기 때문인 것으로 해석할 수 있다.

3.3. 타당도와 신뢰도

설문 결과의 분석에는 SPSS 23.0 통계 패키지가 이용되었으며, 본 조사의 타당도를 검증하기 위하여 내용타당도와 탐색적 요인분석을, 신뢰도를 검증하기 위해서 Chronbach's α 분석을 실시하였다.

타당도는 측정하고자 하는 개념이나 속성을 얼마나 실제에 가깝게 정확히 측정하고 있는가의 정도를 나타내며 본 연구에서는 타당도를 검증하기 위하여 전문가의 주관적인 판단에 의존하는 내용타당도의 검증과 탐색적 요인분석을 실시하였다. 내용타당도의 경우, 본 연구에서는 빗물을 중심으로 하는 수자원 연구 경험이 3년 이상이며, 석사 이상의 학위를 소지한 연구원 3인과 빗물식수화시설 사업 경험이 3년 이상인 전문가 1인에 의해 타당도를 검토 받았다. 탐색적 요인분석은 주성분 분석을 통해 요인을 추출하였으며, 이 때 회전요인은 직교회전 방식인 Varimax를 적용하였다. 요인분석 결과 최초 설계값을 모두 포함하는 결과를 나타내었다(Table 4).

신뢰도는 측정도구를 동일한 응답자들에게 반복해서 적용했을 때 일관된 결과가 나오는 정도를 말하며 일관성, 예측가능성 등을 의미한다고 할 수 있다. 본 연구는 요인분석을 통해 추출된 3개 요인의 Cronbach's α 계수를 통해 신뢰도를 측정하였는데, Cronbach's α 계수에 대하여 Nunally¹⁵⁾는 탐색적 연구 분야에서는 0.60 이상을, 기초연구 분야에서는 0.80, 그리고 응용연구 분야에서는 0.90 이상이어야 한다고 주장하였다. 측정 결과, 모든 요인이 일반적으로 유효하게 사용할 수 있는 값 0.8을 상회하였으며 그 내용은 Table 5와 같다.

Table 4. Factor analysis results of the survey questions

Variables	Factors		
	1	2	3
	Expected effect factors	Feared factors (Process)	Feared factors (Effect)
Supply of safe water source	0.875		
Expansion of RFDS	0.863		
Vitalization of local community	0.739		
Improvement of community environment	0.878		
Public relation effect	0.845		
Selection of the site		0.778	
Provision of fund		0.842	
Technical factors of RFDS		0.895	
Maintenance of RFDS		0.872	
Quality of rainwater		0.839	
Participation of local residents			0.844
Policy			0.936
Public relation effect			0.898

Table 5. Chronbach's α analysis results of the survey questions

Variables	Number of questions	Chronbach's α value
Expected effect factors of RFD projects	5	0.893
Feared factors of RFD projects	Process related	0.900
	Effect related	0.872

4. 빗물식수화시설 사업에 대한 지역주민의 인식 분석

4.1. 빗물식수화시설 사업에 대한 일반적인 인식

빗물식수화시설이 식수부족문제 해결에 효과적인지 질문하는 문항에서는 리커트 5점 척도를 사용하여 응답자들이 빗물식수화시설의 식수부족문제 해결 효과를 '매우 효과적이다', '효과적이다', '보통이다', '효과적이지 않다', '매우 효과적이지 않다'의 다섯가지 답변으로 응답할 수 있도록 하였다. 응답에 따라 '효과적이다', '매우 효과적이다'라고 응답한 경우 이를 '긍정적인 답변'으로, '보통이다'라고 응답한 경우 이를 '중립적인 답변'으로, '효과적이지 않다', '매우 효과적이지 않다'라고 응답한 경우 이를 '부정적인 답변'으로 분석하였다. 응답자들 중 잘 모르겠다고 응답하거나, 문항의 이해가 불가능한 경우 이를 '기타'로 간주하였다.

응답자들은 빗물식수화시설의 식수부족문제 해결 효과에 대해 41.6% (87명)가 '긍정적인 답변'으로, 25.8% (54명)가 '중립적인 답변'으로, 5.8% (12명)가 '부정적인 답변'으로 응

Table 6. Effectiveness of RFD projects

Effectiveness of RFD projects	Number of respondent (N)	Percent of respondent (%)
Positive answers	87	41.6
Neutral answers	54	25.8
Negative answers	12	5.8
Etc.	56	26.8
Total	209	100

면담조사 1

응답자1: "빗물식수화시설 설치를 통해 얻게 되는 빗물의 수질과 맛이 기존에 마시던 베트남 지방생수의 수질과 맛보다 훨씬 만족스럽다. 빗물을 마시고 배탈이 난 학생을 본 적이 없다."

응답자2: "빗물식수화시설에 아주 만족한다. 빗물식수화시설이 Cuu Long River지역 같은 베트남의 연안지역에도 잘 사용될 수 있을 것 같다."

응답자3: "빗물식수화시설의 수질이 좋아 식재료를 세척하고 요리하는 데에 사용하고 있다."

답하였다. 빗물식수화시설의 효과성은 식수부족문제 해결에 효과적이라고 응답한 지역주민이 가장 많아 응답자가 빗물에 대해 긍정적인 인식을 가지고 있는 것으로 나타났다(Table 6). 또한 면담 응답자들의 경우에도 빗물식수화시설의 수질과 시설에 대한 만족감을 드러내는 응답자들이 많았으며, 다른 지역에서의 빗물식수화시설 설치를 추천하기도 했다(면담 조사 1). 이러한 결과는 빗물식수화시설이 식수부족문제 해결에 효과적이라는 이세규¹⁶⁾의 연구결과와 일치한다.

향후 빗물식수화시설 사업의 참여의향을 묻는 문항의 경우, 58.9% (123명)의 응답자가 '그렇다', '매우 그렇다'와 같은 긍정적인 답변을, 21.5% (45명)의 응답자가 '보통이다'와 같은 중립적인 답변을, 14.3% (11명)의 응답자가 '그렇지 않다', '매우 그렇지 않다'와 같은 부정적인 답변으로 응답하였다(Table 7). 또한 이 문항의 경우 남성 응답자가

Table 7. Intention of participating on RFD projects

Intention of participating on RFD projects	Male respondents		Female respondents		Overall respondents	
	Number (N)	Percentage (%)	Number (N)	Percentage (%)	Number (N)	Percentage (%)
Positive answers	59	47.9	64	74.4	123	58.9
Neutral answers	36	29.3	9	10.5	45	21.5
Negative answers	6	4.9	5	5.8	11	5.3
Etc.	22	17.9	8	9.3	30	14.3
Total	123	100.0	86	100.0	209	100.0

Fig. 3. Reasons of positive intention for RFD project participating.

47.9%가 긍정적인 답변으로 응답한 반면, 여성 응답자는 74.4%가 긍정적인 답변으로 응답하여 성별에 따른 응답의 차이를 볼 수 있었다. 이는 현지에서 남성들이 주로 생계를 위한 일을 하므로 어린 아이들이 낮시간에 주로 어머니와 할머니와 같은 여성에 의해 양육되기 때문에 여성 응답자가 남성 응답자에 비해 교육기관에서의 빗물식수화시설 사업 참여에 필요한 관심과 시간적인 여유를 가지고 있는 것으로 해석될 수 있다.

빗물식수화시설 사업의 참여에 긍정적인 답변을 준 123명의 응답자를 대상으로 참여의향의 이유를 묻는 문항에서는 91명에 해당하는 지역주민이 '사회적 책임의 충족'이라고 응답하였으며, 이어서 '홍보효과'(26명), '금전적인 이익'(6명)순으로 응답하였다(Fig. 3). 이는 현지 지역주민들이 자신의 자녀, 혹은 마을의 어린 아이들이 다니는 교육기관의 식수공급에 대해서 책임 의식을 가지고 있으며, 이를 교육기관에 대한 홍보 또는 병물을 빗물로 대체함으로써 생기는 경제적인 이익보다 더 중요하게 생각하고 있음을 알 수 있다. 그러므로, 대다수의 현지 지역주민들이 빗물식수화시설 사업에 참여하여 이러한 사회적 책임을 충족시키는 것을 원하는 것으로 해석할 수 있다.

반면, 빗물식수화시설 사업의 참여에 부정적인 답변을 준 11명의 응답자를 대상으로 부정적인 참여의향의 이유를 묻는 문항에서는 4명의 지역주민이 '관심 없음'이라고 응답했으며, 이어서 '금전적인 부담'(3명), '시설 효과 불만족'(2명), '빗물에 대한 부정적 인식'(2명)순으로 응답하였다(Fig. 4).

4.2. 빗물식수화시설 사업의 기대요소

Table 8에 따르면, 빗물식수화시설 사업의 기대요소는 '안전한 식수의 공급', '마을 공동체의 활성화', '빗물식수화시설의 확산', '홍보 효과', '마을 환경의 개선' 순으로 나타나 지역주민들이 안전한 식수를 교육기관에 공급하는 것을 가장 기대하는 것으로 나타났다. 이는 Fig. 3의 결과와 마찬가지로 지역주민들이 빗물식수화시설 사업을 통해 홍보 효과나 금전적인 이익을 얻는 것 보다는 마을의 어린이

Fig. 4. Reasons of negative intention for RFD project participating.

Table 8. Expected effect factors of RFD projects

Expected effect factors of RFD projects	Average value	Rank
Supply of safe water source	3.94	1
Expansion of RFDS	3.87	3
Vitalization of local community	3.89	2
Improvement of community environment	3.76	5
Public relation effect	3.82	4

들이 다니는 교육기관에 안전한 식수를 공급함으로써 사회적인 책임을 충족시키는 것을 중요하게 생각하고 있음을 알 수 있다. 기대요소를 평균으로 비교해보면 3.76~3.94의 분포로, 전반적으로 모든 요소를 기대하고 있는 것으로 파악된다.

4.3. 빗물식수화시설 사업의 우려요소

Table 9에 따르면 빗물식수화시설 사업의 우려요소는 '빗물의 수질', '빗물식수화시설의 설치 기술', '지역주민의 참여도', '빗물의 수질', '홍보 효과' 순으로 나타났다. 이로써, 빗물식수화시설 사업에 대해 지역주민이 우려하는 주요 요소는 '빗물의 수질', '빗물식수화시설의 설치 기술', '빗물식수화시설의 유지관리'임을 알 수 있다. 빗물식수화시설에서 생산되는 빗물의 수질이 현지의 음용수 수질기준에 모두 부합함에도 지역주민이 '빗물의 수질'을 가장 우려하는 이유는 사업의 종료 후에 빗물식수화시설이 지역주민에 의해 운영되어 빗물의 수질을 전문적인 방법으로 확인하기 어렵기 때문으로 생각된다. 또한, 지역주민이 빗물식수화시설의 설치와 유지관리를 우려하는 것으로 보아 지역주민이 빗물식수화시설의 전반적인 시스템을 이해하지 못하고 있는 것으로 판단된다.

빗물식수화시설 사업의 우려요소에 대한 면담에서 지역주민은 빗물식수화시설 사업의 종료 후에는 수질관리를 위한 수질체크를 정기적으로 진행하기 위해 비용의 부담이 증가하는 것을 우려하였다. 또한 빗물식수화시설 관리인의 전문성에 대해서도 우려하는 모습을 나타냈다(면담조사 2).

Table 9. Feared factors of RFD projects

Feared factors of RFD projects	Average value	Rank
Selection of the site	3.27	8
Provision of fund	3.54	5
Technical factors of RFDS	3.8	2
Maintenance of RFDS	3.71	3
Quality of rainwater	3.87	1
Participation of local residents	3.51	6
Policy	3.61	4
Public relation effect	3.44	7

면담조사 2

응답자1: “아직까지는 사업을 통해서 수질관리를 받고 있지만, 이 사업이 끝나면 수질체크를 위해서 돈을 지불해야할 것이다. 학부모에게 돈을 건어서 사용할 수 있지만 이를 최소화할 수 있다면 좋을 것이다.”

응답자2: “우리학교의 빗물식수화시설은 학교의 유일한 남자직원인 관리인이 관리하고 있는데, 이분은 나이가 많고 시설에 대해 완벽하게 인지하지 못하고 있어 관리에 어려움을 겪고 있다.”

지역주민의 이러한 우려요소를 최소화하기 위해서는 지역주민이 직접 빗물의 수질체크를 할 수 있도록 이용이 간편한 수질측정도구가 필요하나, 이러한 기기는 단기간에 개발될 수 없고 현지에 적용되기까지 적지 않은 시간이 걸린다. 따라서 우선적으로 현지 수질분석기관이나 전문가와의 협의를 통해 최소한의 가격으로 빗물의 수질을 체크할 수 있도록 해야 할 것으로 생각된다.

또한 지역주민 스스로도 시설의 설치와 유지관리를 할 수 있도록 빗물식수화시설의 전반적인 시스템에 대한 세부적이고 기술적인 내용이 포함된 자료가 지역주민에게 제공되어야 하며 이에 대한 교육도 정기적으로 진행되어야 할 것이다.

5. 결론

개발도상국은 환경오염뿐만 아니라 기술, 경제력 부족으로 인해 안정적인 식수 확보에 어려움을 겪고 있다. 이에 개발도상국에 빗물을 모아 식수로 사용할 수 있도록 빗물식수화시설을 설치하는 빗물식수화시설 사업에 대한 관심이 커지고 있다. 본 연구는 개발도상국의 빗물식수화시설 사업에 대한 지역주민의 인식을 알아보기 위해 진행되었다. 이러한 목적에 따라 베트남의 킴방 마을과 쿼케 마을에 설치된 총 세 곳의 빗물식수화시설을 사용하는 총 209명의

지역주민들을 대상으로 설문조사와 면담을 실시하였다. 설문 결과의 분석에는 SPSS 23.0 통계 패키지가 이용되었으며, 본 조사의 타당도와 신뢰도는 내용타당도, 탐색적 요인 분석, Chronbach's α 분석을 통해 검증되었다.

빗물식수화시설 사업에 대한 지역주민의 일반적인 인식 조사 결과, 41.6%의 지역주민이 빗물식수화시설이 식수부족문제 해결에 효과적이라고 응답하여 빗물에 대한 긍정적인 인식을 가지고 있는 것으로 나타났다. 또한 빗물식수화시설 사업에의 참여의향에 있어서도 58.9%에 해당하는 지역주민이 참여의향이 있다고 응답하였다. 대부분의 지역주민은 교육기관에 대한 홍보 또는 병물을 빗물로 대체함으로써 생기는 금전적인 이익보다 자신의 자녀 또는 마을의 어린아이들이 다니는 교육기관에의 식수공급에 대한 사회적인 책임의 충족을 위해 사업에 참여를 원하는 것으로 나타났다.

빗물식수화시설 사업의 기대요소로는 ‘안전한 식수의 공급’, ‘마을공동체의 활성화’, ‘빗물식수화시설의 확산’, ‘홍보 효과’, ‘마을 환경의 개선’ 순으로 나타났다. 지역주민이 안전한 식수의 공급을 가장 기대하는 이유는 위에서 언급된 것과 같이 지역주민이 마을의 교육기관에 안전한 식수를 공급함으로써 사회적 책임을 충족시키는 것을 우선시하기 때문으로 파악된다. 기대요소를 평균으로 비교해보면 3.76~3.94의 분포로, 비교적 큰 차이 없이 모든 요소를 기대하는 것으로 나타났다. 이는 지역주민이 빗물식수화시설 사업에 큰 기대를 가지고 있는 것으로 해석될 수 있다.

빗물식수화시설 사업의 우려요소로는 ‘빗물의 수질’, ‘빗물식수화시설의 설치 기술’, ‘빗물식수화시설의 유지관리’, ‘정책’, ‘자금 제공’, ‘지역주민의 참여도’, ‘홍보효과’, ‘설치지역의 선정’ 순으로 나타났다. 이는 빗물식수화시설 사업의 종료 후에 지역주민이 스스로 운영해야 하지만 빗물의 수질의 확인이 어렵고, 빗물식수화시설의 전반적인 시스템을 제대로 인지하지 못하여 유지관리가 어렵기 때문으로 파악된다. 따라서 지역주민이 사업 종료 후에도 빗물식수화시설의 수질을 신뢰하고 사용할 수 있도록 현지 분석기관과의 협의가 필요하다. 장기적으로는 지역주민 스스로가 빗물식수화시설의 수질을 용이하게 측정할 수 있도록 간편한 수질측정도구의 개발이 필요하다. 또한, 빗물식수화시설에 대한 교육을 통해 빗물식수화시설 사업이 종료된 후에도 지역주민이 시설에 관심을 가지고 유지관리를 진행할 수 있도록 지도하는 것이 무엇보다 중요하다.

본 연구는 베트남에서의 빗물식수화시설 사업에 국한되어 진행되었고 제한된 인원의 설문조사와 면담이 이루어졌기 때문에 결과 해석이나 일반화에 어느 정도 한계가 있다고 볼 수 있다. 그럼에도 불구하고 베트남의 빗물식수화시설 사업 성공의 중요한 부분을 담당하는 지역주민의 인식을 알아봄으로서 개발도상국의 빗물식수화시설 사업에 대한 기초자료로 사용될 수 있으며, 향후 지역주민이 만족하는 빗물식수화시설 사업의 성공을 이끌어 낼 수 있을 것으로 기대된다.

Acknowledgement

본 논문은 석사학위 논문의 일부분을 재정리한 것이며, 국제협력단 개도국개발협력사업의 베트남 빗물역량강화 프로그램과 환경재단의 아시아생명프로젝트의 지원을 받아 연구되었기에 이에 감사를 표합니다.

KSEE

References

1. UNICEF and WHO, 25 Years progress on sanitation and drinking water - 2015 update and MDG assessment, WHO Press, Switzerland, pp. 11~34(2015).
2. Lee, J. Y., Kim, H. J. and Han, M. Y., "Importance of maintenance in rainwater harvesting systems: a case study," *Water Sci. Technol.*, **16**(1), 97~103(2016).
3. Park, D. W., "It is nice to be able to read books at night," *Joongang Ilbo*, p. 29(2012).
4. Lee, M. J. and M. S. Dissertation, "Considerations for the successful 'Rainwater For Drinking Water' project in developing countries: Case study of Vietnam," Seoul National University, Seoul, Korea(2016).
5. Yaziz, M., Gunting, H., Sapari, N. and Ghazali, A., "Variations in rainwater quality from roof catchments," *Water Res.*, **23**(6), 761~765(1989).
6. Coombes, P., "Discussion on "Influence of roofing materials and lead flashing on rainwater tank contamination by metals," by Magyar, M. I., Ladson, A. R., Daiper, C. and Mitchell, V. G.," *Aust. J. Water Resour.*, **19**(1), 86~90(2015).
7. Simmons, G., Hope, V., Lewis, G., Whitmore, J. and Gao, W., "Contamination of potable roof-collected rainwater in Auckland, New Zealand," *Water Res.*, **35**(6), 1518~1524(2001).
8. Evans, C., Coombes, P., Dunstan, H., Harrison, T., Martin, A. and Morrow, A., "Rainwater tanks and microbial water quality: Are the indications clear?," *Aust. J. Water Resour.*, **12**(2), 143~151(2008).
9. Ozdemir, S., Elliott, M., Brown, J., Nam, P., Hien, V. and Sobsey, M., "Rainwater harvesting practices and attitudes in the Mekong Delta of Vietnam," *J. Water Sanit Hyg De.*, **1**(3), 171~177(2011).
10. Sazakli, E., Alexopoulos, A., and Leotsinidis, M., "Rainwater harvesting, quality assessment and utilization in Kefalonia Island, Greece," *Water Res.*, **41**, 2039~2047(2007).
11. Han, M. Y., Park, H. J., Kim, Y. W. and Park, W. R., "Strategy to Achieve 100% Water Self-Sufficiency in Islands Through Rainwater Harvesting," *J. Civil Eng.*, **60**(12), 67~70(2012).
12. Australian Bureau of Statistics, Environmental issues, people's views and practices, Australian Bureau of Statistics, Canberra (2007).
13. Coombes, P., Kuczera, G. and Kalma, J. D., "Economic, water quantity and quality impacts from the use of a rainwater tank in the inner city," *Aust. J. Water Resour.*, **7**(2), 111~120(2003).
14. Ministry of Health, National technical regulation on drinking water quality, Ministry of Health, Hanoi(2009).
15. Nunally, J. C., Psychometric theory, 2nd ed., McGraw-Hill, New York, pp. 245~246(1978).
16. Lee, S. K. and M. S. Dissertation, "Study on the effect of water resources development by rainwater harvesting facilities : The study case of Paju city," Seoul National University, Seoul, Korea(2002).