

## A Study on Rainwater Use for Alternative Water Resources in the Region

- Focusing on Island and Mountain Villages -

Su Won Lee<sup>#</sup>, Seo Hyeon Na, Seong Joon Byeon<sup>+</sup>

International Center for Urban Water Hydroinformatics Research & Innovation, 169 Gaetbeol-ro, Yeonsu-gu, Incheon, Korea

### Abstract

Until now, the control of rainwater penetration has been considered critical such that rainwater should be passed through sewers. However, the growing damage from drought due to climate change has increased the need to control rainwater efficiently through penetration or undercurrent and secure rainwater as an alternative water source. This study examined and analyzed the laws and regulations governing rainwater use facilities, their enforcement rules, and the current water situation in island and mountain areas. Currently, since desalination or artificial rain cannot be considered as a sustainable measure in island areas, rainwater storage should be installed to secure water supply. Besides, water supply for farmland can be secured in mountain areas through the installation of rainwater storage. It is deemed necessary to enact an ordinance concerning rainwater usage and to expand the rainwater usage facilities through the promotion, national support and pilot projects.

**Key words:** alternative water resources, Rainwater, Water shortage

### 1. 서론

지금까지 빗물에 대한 일반인들의 인식은 모두 치수에 중심을 두어왔다. 즉, 빗물은 내리자마자 곧바로 하수도를 통해 방류수역으로 신속하게 배제해야한다 것에만 관심을 두어 왔던 것이다(Han, *et. al.*, 2003). 그러나 기후변화에 의한 피해가 홍수뿐만 아니라 가뭄을 통해서도 그 영향이 나타나고 있는 추세이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 빗물을 버리고 배제하기보다 필요한 곳에서 집수하여 활용하거나 적절히 침투 또는

저류하여 물을 효과적으로 제어 관리해야할 필요성이 대두되고 있다.

빗물관리가 적절히 이루어지면 지표면의 우수를 지하로 침투시켜 지하수의 함양률을 높여 지하수 수자원을 확보하고, 침투된 지하수가 하천에 수량을 공급함으로써 평상시는 물론 갈수기에도 하천 유량을 좀 더 확보할 수 있다. 뿐만 아니라 홍수기에 유출수의 빠른 유속에 의해 지표에 있던 오염물, 부유물 등이 빗물시설에 의해 유출수 저류로 인한 유속감소로 하천으로 유입되는 유출수의 오염부하도 낮출 수 있다. 또한 도시의 열

<sup>#</sup> The 1st author: Su Won Lee, Tel. +82-32-851-5731, Fax. +82-32-851-5730, e-mail. track0614@gmail.com

<sup>+</sup> Corresponding author: Seong Joon Byeon, Tel. +82-70-4756-3183, e-mail. seongjune@paran.com

섬현상을 해소하고, 홍수와 가뭄과 같은 재난에 능동적으로 대비할 수 있으며, 저류시설을 이용하여 사용가능한 물을 미리 확보함으로써 부지내에 별도의 수처리 시설을 만들지 않고 물 공급을 원활히 하여 물처리시설 설치비용을 크게 절감시킬 수 있다(Song, 2012). 이러한 경향에 따라 기존의 환경부 중심의 빗물이용시설에 대한 설치 권고를 통한 물수요 대응이 중심이었다. 그런데 최근에는 빗물이용은 물론 관리까지 고려한 시설 유형에 대한 분류도 제안되고 기존에 시설별로만 설치 관리되어 오던 추세에서 토지이용과 연계되고 개별 시설이 전체적으로 통합연계된 시스템임을 전제로 계획, 설치하는 방향으로 전환이 이루어지고 있다(Fewkes A., 2000; Hyeon, *et. al.*, 2008).

이러한 관점에서 국가의 주요 부처인 환경부와 국토부에서도 빗물관리가 상수원절감 및 재해예방 등을 목적으로 하는 빗물이용뿐 아니라 침투, 저류를 통해 도시 물순환을 회복하고자 하는 방향으로 정책을 확대하고 있다(Ministry of Environment, 2003; Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2005). 용수수요 전망에서 생활용수, 공업용수, 농업용수, 하천유지용수 등의 용수수요가 도시화·인구증가·상수도 보급률 증가 등으로 계속 증가할 것으로 예측됨으로써 용수 부족으로 인한 물부족 현상의 해결책으로 이수적인 측면에서의 빗물관리가 제기되고 있다. 또한 빗물의 이용은 하천환경과 생태의 보전 및 복원, 수변공원, 물놀이 관련 레크레이션 등의 환경용수 확보로 인한 다양한 친수공간 확보가 가능함으로써 시민들의 주거환경 및 생활환경 개선에 상당한 영향을 미칠 것으로 기대된다.

요약하자면 안정적인 수자원 확보 및 공급에 대한 사회적 요구가 증가됨에 따라 대체방안으로서의 빗물이용관리가 제기되고 있으며, 이는 도시화 및 인구의 도시집중, 경제활동의 고도화 등 물 사용량이 증대되는 생활방식에 따라 물공급 중단에 따른 피해 잠재성이 증가되고 있음을 의미하기도 한다.

용수공급을 위한 수원의 대부분을 지표수에 의존하고 있어 하천의 수질과 수량의 변동에 직접적인 영향을

받고 있다. 지난 수십 년 동안 집중개발과 함께 엄청난 수처리 시설에 대한 투자로 수질개선은 이루어 졌으나 수량 측면에서는 인공적인 개발과 도시화에 의한 불투수면 증가, 건천화 등 자연적인 물순환은 불균형 상태를 나타내고 있다. 과거에는 이러한 상황을 개선하기 위해 빗물이나 강우를 신속하게 배제하는데 주력해왔으나 최근 기후변화와 집중강우 심화 등으로 도심 등 기존 수해지역이 아닌 곳까지 홍수 피해가 나면서 빗물관리에 대한 관심이 높아졌다. 무엇보다도 빗물을 버리고 배제하기보다 필요한 곳에서 집 수하여 활용하거나 적절히 침투 또는 저류하여 물을 효과적으로 제어 관리해야 할 필요성이 대두되고 있으며, 빗물이용과 물재이용에 관련된 물 산업은 연평균 6.5%씩 성장하고 있는 상황으로 2025년에는 약 1천38조원 규모의 시장을 형성할 것으로 전망된다(Lee & Jeong, 2017)

유럽에서는 이미 물 순환 관점에서 지표수와 지하수의 전체적인 연계 검토를 통해 홍수 등 자연재해예방은 물론 하천의 건천화 개선, 유지용량 공급, 빗물 이용 확대 등이 다양한 분야에서 접목 시도되고 있으며, 많은 유럽국가에서는 빗물 수집 시스템과 절수 장치의 사용을 법률(EU, 2009)에 의해 지원하고 있다(Gnecco, *et. al.*, 2017). 일본은 도시 하천유역의 종합침수대책(1997)으로서 저류침수시설의 도입을 시작으로 도심지에서 빗물이용, 건전한 물순환체계 확보를 위한 우수저류침투시설의 기능강화 등으로 발전되었다. 또한, 미국은 건조한 지역을 중심으로 250,000개의 빗물저류시스템(Rainwater Harvesting System, RWH system)을 활용중인 것으로 조사되어 많은 가구들이 RWH system에 의존하는 것으로 나타났다(Smet, 2003). 외국사례를 토대로 볼 때 우리나라와 근본적인 차이점은 빗물관리가 기술적 사회적으로 잘 정착된 나라일수록 도시개발과 물순환이 밀접하게 검토 추진된다는 점이다. 이들은 오래 전부터 빗물이 이용가능한 수자원의 중요한 일부로 지역 내 물과 에너지의 순환을 자연에 가깝게 하기 위해 활용되어야 할 자원으로 여기고 빗물관리를 통한 도시 내 물과 에너지 문제 해결을 시도해왔

다. 따라서, 본 연구에서는 이러한 필요성을 감안하여 대체수자원으로서의 빗물을 이용한 수자원 확보방안에 대해 연구하고, 빗물이용방안을 제시하여 그 적용성을 평가하고자 한다.

## II. 대체수자원으로서의 빗물에 대한

### 정책·제도적 함의

#### 1. 대체수자원의 정의 및 필요성

대체수자원이라 함은 전통적으로 수자원을 취수하는 댐 용수 이용, 하천 지표수 이용, 지하수 직접 이용 등의 방법이 아닌 새로운 개념의 수자원 취수 방식으로 확보되는 수자원을 지칭하나 이에 대한 명확한 정의가 없는 실정이다. 일반적으로 대체수자원이라 함은 빗물관리, 해수담수화, 지하댐 및 강변여과수의 지하수 함양 등을 의미하며, 그동안 우리나라의 용수 공급이 댐과 광역상수도를 근간으로 하는 지표수의 집중개발로 이루어져 왔던 관계로 일반적인 수자원이라 함은 지표수를 의미하는 것으로 인식되어 있다(Lee, 2016). 우리나라의 경우 1990년 후반 들어 대체수자원이라는 용어를 사용하기 시작하였으나 이에 대한 명확한 정의 없이 대체수자원이나 신규 수자원 등의 용어와 혼용하여 사용하고 있는 반면, 유럽 등 선진외국은 대체수자원을 20세기 초반부터 대안수자원(alternative-water resource)으로 인식하여 법·제도적 장치를 마련하여 체계적으로 개발·이용하고 있다(Lee, 2016). 사실, 대체수자원은 시대별로 경제·사회적 여건 및 지형·기후적 특성 등에 따라 이용형태가 변화함에 따라 대체수자원의 이용은 개별적인 목적에 따라 그 의미가 변화되어 왔다. 따라서, 향후 대체수자원 관리는 새로운 신규 수자원을 개발하여 용수로 이용하는 기능뿐만 아니라, 빗물의 저장이나 우수·저류를 통해 홍수를 예방하는 치수기능과 물의 자연 순환을 돕는 지하수를 함양하는 생태기능 등을 함께 통합하는 개념이라는 새로운 패러다임의 설정이 필요할 것이다. 따라서, 본 연구에서의 대체수자원의 개념은 우리나라의 여건 및 향후 새로운 대체수자

원의 개발 등을 감안하여 빗물이용을 포함하는 빗물관리시설, 해수담수화 시설, 지하수 인공함양시설 등을 통하여 확보되는 수자원으로 정의를 내릴 필요가 있다.

도시 내에서 이용 가능한 수자원의 부족현상이 심해지고 세계적으로도 수자원고갈이 문제점으로 대두되고 있는 상황이다. 수자원의 확보와 용수의 안정적인 공급은 세계 각국의 지속적인 발전을 위한 필수 불가결한 요건이다. 우리나라의 경우에도 지형적·계절적 특성으로 인해 지역적으로 해마다 물 부족 현상이 발생하고 있어 대체수자원 시설 개발이 절실한 실정이며(Nam, 2015), 해당 지역이 대부분 도서, 산간 지역으로 재정자립도가 열악하여 자체적으로 개발할 수 있는 형편도 아니다. 상수원을 확보하고 위생적인 음용수 및 각종용수를 생산하고 필요한 지역까지 공급하는 관로시스템을 설치하기 위해서는 엄청난 재정과 시간이 필요하다. 따라서 부족한 물을 충당하기 위해서는 새로운 대체수자원을 확보해야한다. 대체수자원 확보기술은 용수재활용, 우수저류 및 활용, 해수담수화, 하수처리수의 농업용수 재이용 등을 포함하는 신규 수자원의 확보기술과 기존의 수자원 낭비를 최소화하기 위한 절수 및 누수저감기술로 구분할 수 있다. 이러한 기술들은 기존의 전통적인 수자원 확보기술은 아니지만, 지표수, 지하수 확보기술과 함께 효율적으로 수자원을 활용하기 위한 필요기술로 부각되고 있다.

#### 2. 빗물이용관련 법제도 현황

국내에서는 물순환의 정상화를 위해 빗물관련 법률 및 조례를 제정하여 제도적인 관리를 실시하고 있다. 환경부에서는 2010년 6월 8일자로 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률(Ministry of Environment, 2010)을 제정하여 빗물이용시설 및 운용에 관한 내용을 명시하였다.

빗물이용시설 의무화의 경우 종합운동장, 실내체육관 및 공공청사는 지붕면적 1,000㎡ 이상에서, 중수도 시설 의무화는 숙박시설의 경우 연면적 60,000㎡ 이상, 공장은 폐수배출 1,500㎡/일 이상에서 설치 의무화를

명시하고 있다. 이와 관련하여 시설 설치에 필요한 비용은 일부 보조 또는 용자를 지원하고 있다.

1) 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률

빗물관리와 관련된 법규는 아래 <Table 1>에서 제시한 『물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률과 시행령, 시행규칙』이며, 이 법률은 물 재이용을 촉진하여 수자원을 효율적으로 활용하고 수자원의 지속 가능한 이용을 도모하는데 목적을 두고 있다. 또한 “빗물이용시설”이란 건축물의 지붕면 등에 내린 빗물을 모아 이용할 수 있도록 처리하는 시설로 정의되며, 빗물이용시설과 중수도 및 하·폐수처리수 재이용시설을 포함하여 “물 재이용시설”로 정의한다고 명시하고 있으며, 법률에는 물 재이용에 대한 책무, 물 재이용 기본계획의 수립, 정책위원회의 설치, 시설의 설치·관리, 연구 및 재정지원, 벌칙에 관한 사항을 규정하고 있다. 또한 시행령 및

시행규칙에는 물 재이용 관리계획의 수립, 위원회의 운영, 시설의 설치·관리의 대상과 기준, 승인 등에 관한 세부적 사항을 규정하고 있다. 다만, 빗물이용시설의 설치 및 관리대상을 1,000㎡ 이상으로 규정하고 있으나 설치기준에 관한 규정이 없으며, 시설의 표준화 기준이 개략적으로 제시되어 제품이나 시설 도입에 어려움이 있을 것으로 예상된다.

III. 빗물이용방안 현황 및 개선 방안

1. 도서지역 생활용수확보를 위한 빗물이용방안

1) 도서지역 용수공급원 현황

도서지역은 내륙지역에 비해 상수도 보급률이 낮으며 대부분의 도서 주민들이 단일 용수공급원에 의존하여 용수공급의 안정성 확보가 미흡한 것으로 나타났다. 도서지역의 가장 많은 양의 용수원은 저수지이며, 가장

Table 1. ACT on promotion and support of water reuse and content

	Article	Content
ACT	Article 2,(2)	The term “water reuse facility” means a rainwater use facility; gray water system, treated sewage and wastewater reuse facility; and thermal effluent reuse facility.
	Article 2,(3)	The term “rainwater reuse facility” means a facility to treat catchment rainwater from the roofs of buildings, etc., to use such rainwater.
	Article 8	- Installation and Management of Rainwater Use Facilities • A person who intends to build (including extending, altering or rebuilding a facility of at least the scale prescribed by Presidential Decree) a sports complex, indoor gymnasium, government office building, multi-family house, school or golf course prescribed by Presidential Decree or superstore under subparagraph 3 of Article 2 of the Distribution Industry Development Act shall install and operate a rainwater use facility, and report the results of installing to the Special Self-Governing City Mayor, Special Self-Governing Province Governor, head of a Si, head of a Gun or head of a Gu (referring to the head of an autonomous Gu; hereinafter the same shall apply), as prescribed by Ordinance of the Ministry of Environment. • Where the owner or manager of a rainwater use facility violates the standards, etc. for facilities and management under paragraph (2), the Special Self-Governing City Mayor, Special Self-Governing Province Governor, head of a Si, head of a Gun or head of a Gu may order him/her to take necessary measures, such as improving, repairing, etc. the facility.
	Article 23	- Financial Support, etc • The State or local governments may partially subsidize or lend funds for expenses necessary for installing rainwater use facilities, gray water systems or treated sewage and wastewater reuse facilities to persons who install such facilities, • Local governments may reduce water fees and sewage fees for owners or managers who install rain water use facilities or gray water systems, or for persons who are supplied with secondary treated sewage and wastewater, as prescribed by Municipal Ordinance.
ENFORCEMENT DECREE	Article 10	- Facilities Requiring Installation of Rainwater Use Facilities and Management thereof • “Sports complex, indoor gymnasium, government office building, multi-family house, school or golf course prescribed by Presidential Decree or superstore under subparagraph 3 of Article 2 of the Distribution Industry Development Act”, means any of the following.

※ Source: Statutes of the Republic of Korea.

많은 수의 용수원은 관정취수로 나타났다(Mun, 2010).

도서지역은 내륙지역에 비해 지표수의 발달이 미약하고 용수공급원의 개발이 어렵다. 또한 대다수의 도서에서는 식수원을 단일 용수공급원에 의존하여 내륙지역에 비해 단기간 가뭄에도 생활용수가 고갈되는 등 매년 지속적으로 수자원 부족현상을 겪고 있다. 전국 3,201개 도서 중 약 15.2%인 482개 도서에 약 82만명이 거주하고 있다. 이 중 상수도를 공급받는 인구는 약 29%에 불과하며, 나머지는 간이급수시설, 우물, 지방수 등을 생활용수로 이용하고 있으며 안정적인 식수원의 확보가 미비하다(Ministry of the Interior and Safety, 2008). 특히 소형도서 또는 육지 및 거점도서에서 멀리 떨어진 도서의 경우 물 부족으로 겪는 어려움은 더욱 심각하다.

정부는 지난 10여 년간 수원지 및 정수시설 설치, 배수지 및 송수관로 설치, 지하수 개발, 해수담수화 시설 등의 '도서지역 식수원 개발사업'을 시행하고 있다. 주민들의 의견을 수렴해보면 이 사업이 이미 시행된 지역에서는 이전에 비해 용수공급이 안정적으로 이루어지고 있으며, 아직 사업이 시행되지 않은 지역에서는 사업유치를 원하고 있는 것으로 나타났다. 저수지는 가뭄에는 수량이 부족하고 조류 등의 배설물로 인한 부영양화가 발생하여 안정적인 용수공급원의 역할을 다 하지 못하는 경우가 있다. 지하수 관정은 해수침투에 대한 고려 없이 암반 관정위주로 설치되어 초기에는 수질이 양호하였으나 시간이 경과함에 따라 염도가 증가함으로써 일부 관정은 폐쇄에 이르게 된다. 실질적으로 용수공급이 가능하다고 알려진 해수담수화시설의 경우도 전문 관리 인력이 부족하여 시설의 고장이 잦고, 유지관리비용이 상당하여 높은 비용으로 설치된 시설을 충분히 활용하지 못하는 것으로 나타났다.

도서지역의 용수공급량의 비율을 보면 지표수가 28.7%, 해수담수화가 25.9%, 지하수 25.3%의 순으로 이용하고 있으며, 빗물 및 기타 수원의 이용은 0.7%에 불과한 것으로 나타났다(Mun, 2009).

도서지역은 상대적으로 상수도를 공급받는 인구가

적으며, 상수도를 공급받지 못하는 지역에서는 안정적인 식수원 확보가 미비하여 소규모 마을상수도나 우물을 이용하고 있다.

## 2) 용수공급의 문제점

일반적으로 도서지역의 용수공급 및 관리에서는 수질관리 미흡, 수량부족, 2차 오염 등이 문제점으로 나타나고 있다. 선행연구의 조사에 따르면 이 중 수량부족이 가장 시급한 문제점으로 나타났다(Mun, *et. al.*, 2009).

도서지역은 지형적인 특성상 수자원확보를 위해 저수지를 건설할 지역이 적고 관정 등을 개발하여도 해수침투로 염분농도가 높아져 생활용수 사용이 어려운 경우가 자주 발생한다. 또한 도서지역의 용수공급 시설 설치를 위한 사업비는 내륙지역보다 약 30%이상 비싸기 때문에 투자가 지연되어 제한급수 등의 상황을 겪고 있다.

대부분의 도서에서 단일 용수공급원에 의존하는 것도 문제이다. 즉, 단일 용수공급원이 기능을 상실하면 도서지역 주민들은 심각한 식수난을 겪을 수밖에 없게 된다.

## 3) 빗물이용시설을 이용한 도서지역 용수공급

이전부터 빗물을 이용하여 식수를 확보하였던 소규모의 많은 섬들이 다양한 용수공급원의 발달로 그 이용률이 감소하고 있었으나 최근 기후변화에 의한 가뭄과 홍수, 식수의 공급부족 등 물문제가 심각하게 대두되면서 수자원 부족현상을 저비용, 저에너지로 극복할 수 있는 방안인 빗물 모으기 사업을 친환경적이고 지속가능한 물 관리 방안의 하나로 다시 인식하기 시작하였다(Han, *et. al.*, 2009)

최근에는 육지로부터 식수공급이 원활해지고 간이상수도의 보급과 해수담수화 설치 등 여러 대체수자원의 활용으로 빗물이용시설의 사용이 점차 감소하는 추세이지만, 육지와 거리가 멀고 용수가 부족한 소규모 도서지역에서는 여전히 빗물을 활용하고 있다.

빗물이용시설을 이용하게 되면 초기 빗물저장시설

등의 설치비가 소요되지만 그 이후의 유지비용이 거의 소요되지 않을뿐더러 떨어지는 빗물을 직접 집수하여 사용하기 때문에 소유권에 대한 분쟁을 걱정할 필요도 없다(Ministry of Environment, 2003). 따라서 개별 용수원으로서 빗물이용시설을 잘 활용한다면, 수원개발에 따른 부담을 줄일 수 있으며 주택에서 빗물을 이용할 경우 40%이상의 물을 절약할 수 있다는 연구결과도 발표되었다(Semyung University, 2003).

현재 우리나라의 해안 지역의 섬에서는 적절한 물 공급 시스템이 갖추어져 있지 않으므로 빗물을 이용하거나 지하수를 취하여 식수와 생활용수로써 사용하고 있다. 제주도과 같은 큰 섬에서는 최근에 자체 정수시설을 갖추어 물을 공급하고 있고 과수원 등에서나 허드렛물로 빗물을 이용하고 있다. 그러나 빗물을 이용하고 있는 소규모의 많은 섬들(울릉도, 사도, 우도, 마라도 등)은 물 부족으로 고생하고 있고 이를 위한 해결책으로써 지하수, 중수도, 해수의 담수화 및 인공강우의 사용 등이 제시되고 있다. 지하수를 과다 사용하게 되면 지하수의 고갈이나 염수의 침입등의 문제가 발생하고, 중수도나 해수의 담수화 및 인공강우 등은 많은 설치비 및 운영비를 필요로 하여 지속가능한 해결책은 아니다.

따라서 이러한 도서 지역에서는 개인 차원의 빗물 저류 시설뿐만 아니라 적정 규모의 공동 지하 빗물 저장조를 설치하여 강우기에 빗물을 모아두었다가 사용하는 방법을 위한 행정적인 지원이 요구된다.

다음 <Figure 1>은 전라남도 신안군 기도에 빗물 이용을 위한 자연친화적 급수시설 설치사업에 대한 사례로 서울대학교 빗물연구센터에서 개발한 빗물이용시설을 기도의 전가구(10가구)에 설치 지원을 해주는 사업이다.

## 2. 산간농업지역 농업용수 확보를 위한 빗물이용방안

### 1) 산간지역 농업용수 확보방안

일반적으로 가뭄은 기상학적 가뭄 및 수문학적 가뭄, 농업적 가뭄으로 나누고 있다. 기상학적 가뭄이란 일정기간의 강우량 또는 무강우 계속일수 등에 의해 정의하



※ Source: Daum blog "drainwater".

Figure 1. Installation cases of rainwater detention system

며, 수문학적 가뭄은 하천유량, 저수량, 지하수 등의 양과 기준이 되는 수치와의 비교로 정의된다. 그리고 농업적 가뭄은 농업종사자들이 농업을 위해 필요한 기준으로 농작물의 피해와 생육에 직접 관계되는 강수량 부족 현상을 가뭄으로 정의할 수 있다. 강원도 지역은 특히 전국 평균에 비해 가뭄이 자주 발생하고 있으며, 강원 내륙지역은 피해가 정기적으로 나타나고 있는 상황이다. 특히 강원도 태백시는 2009년 2월에 발생한 가뭄으로 인해 가구당 고통비용의 경우 아파트는 목욕 13만 9,907원, 빨래 2만3,163원, 식사 55만 9,628원 등 72만 2,698원이고, 단독주택의 경우 88만 5,696원으로 평균 80만 4,197원의 고통비용이 발생한 것으로 제시되었다(Part & Kim, 2009). 가뭄에 대한 피해는 농업분야에서도 두드러지게 발생하였는데 태백시의 주요생산물인 고랭지 배추도 가뭄으로 인한 생산량 저하로 막대한 피해를 입었다. 강원도 및 태백시는 이러한 상황에 대한 해결을 위해 가뭄 대책 관련 정책과 가뭄대비시설의 적용이 필요한 실정이다.

Table 2. Irrigation installation area by Farmland

	Irrigation System				Total Irrigation Area (ha)
	Natural water Supply	Sprinkuler (ha)	Drip Irrigation (ha)	etc (ha)	
Rice Paddy	0	0	0	0	0
Field	0	20	20	15	55
Fruit Farm	0	2	0	0	2
Grassland	0	-	0	0	0
Total	0	22	20	15	57

※ Source: Rural Development Administration(2009).

2) 빗물이용시설을 활용한 가뭄피해 최소화 방안  
규모의 차이는 있겠지만 매년 발생하는 봄·가을 가뭄은 태백시의 고랭지 배추 재배에 상당한 영향을 미치고 있는 것이 현실이다. 태백시의 고랭지 지역은 600m 이상의 고지대에 위치에 있어 가뭄발생시 용수공급이 어려운 심각한 문제점을 갖고 있다. 지역여건상 고지대라는 지역 여건상 용수확보가 어려워 소규모 우수 저장 시설이 필요한 상황이다. 강원도 태백시 지역의 철암, 장성 등 고지대 지역은 가뭄피해 이전 극심한 식수난으로 5톤의 대형 물통을 설치하였지만, 또 다시 극심한 가뭄의 발생으로 2012년도 큰 곤욕을 치렀다. 김연식 태백시장은 “고랭지 배추단지에 물탱크가 많이 부족해 가뭄에 어려움이 많다”면서 “정부에서 물탱크를 추가로 설치하도록 지원해 주기를 요청한다”고 건의할 정도로 태백시 고랭지 지역의 물 부족 현상은 고질적으로 문제가 있다.

태백시의 관개시설 설치면적은 조사한 바에 따르면 아래 <Table 2>와 같이 총 57ha 중 밭 55ha(96.5%), 과수원 2ha(3.5%)로 나타났으며, 논과 초지에는 관수 시설을 설치되지 않은 것으로 조사되었다. 관개면적 비율의 경우 밭은 스프링클러와 점전관수가 36.4%를 차지하고 있어 가장 넓은 면적을 차지하는 것으로 나타났으며, 과수원에서는 스프링클러 방식만이 사용되고 있

는 것으로 나타났다.

그러나 스프링클러 시설을 설치비가 비싸고, 관정의 경우는 취수량이 적어 용수공급방안으로는 많은 어려운 점이 있다. 따라서 태백시 고랭지 배추단지에는 물 소요지 특성에 맞추어 소규모 빗물저장시설(Cistern) 설치 방안을 제시할 수 있다.

10a(아르)를 기준으로 볼 때, 정식후 수확까지 2개월 기간 중 25%에 해당하는 15일간 가뭄을 대비한 용수를 확보한다면, 고랭지 배추 수확기까지는 약 3,000L의 용수가 필요하게 된다. 이는 일부 설치비 및 유지관리 비용을 제외한 순수 자재비만 적용했을 때 아래 <Table 3>에서와 같이 약 25만 원 정도의 경비가 소요된다.

본 연구를 위해 조사한 바에 따르면 태백시 고랭지 배추 생산량은 10a당 3,800kg이며, 태백시의 고랭지 배추 재배면적이 978ha 이고, 2013년 6월 기준 배추 1kg 도매가격이 522원인 것을 감안하여 태백시의 고랭지 배추재배로 인한 농가수익은 약 194억 원 정도가 된다. 10a(아르) 기준 3,000L 소규모 빗물저장시설을 태백시 고랭지 밭 전체에 설치하다면, 약 24.5억 원 정도의 시설비가 투자되어야 한다. 이는 가뭄대비 고랭지 배추 재배수익 194억원의 12.5%에 해당되는 규모이다.

2009년 태백시에서 발간한 가뭄백서에 따르면 가뭄으로 인한 태백지역의 피해추정액은 980여억 원에 이

Table 3. Water round tank specification

Capacity(L)	Price(W)	Diameter(mm)	Height(mm)	Remark
1,000	120,000	1,080	1,420	
2,000	200,000	1,450	1,470	
3,000	250,000	1,540	2,040	

※ Source: CM Materials Market(2013, 7).

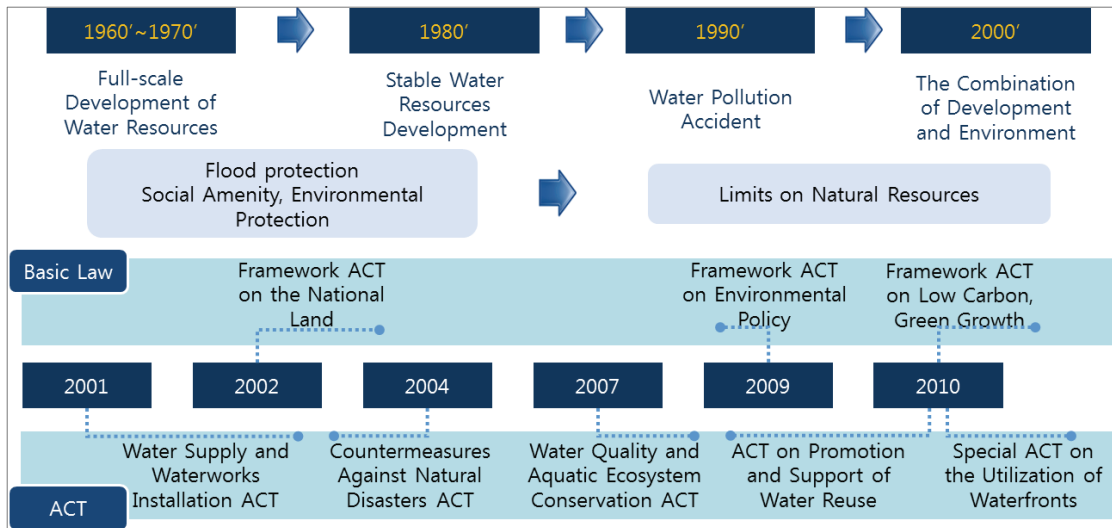


Figure 2. Korea management policy changes

른다. 이 중 농업시설에 대한 피해규모는 약 115억 정도의 규모로 추정되며(2009), 이러한 관점에서 볼 때 태백시 고령지 재배지역에 소규모 우수저류조 저장기법을 활용한 용수공급시설을 마련한다면 매년 빈번히 발생하고 있는 가뭄으로 인한 생육장애에 대한 우려를 해소시킬 수 있으며, 경제적인 효과도 얻을 수 있을 것이라 판단된다.

### 3. 빗물이용 개선 방안

우리나라는 1960년대부터 체계적인 수자원개발을 시작하여 2000년대에 들어 수도법에서 빗물이용에 관해 언급되었음은 물론 2004년에는 자연재해대책법에 우수유출저감시설에 대한 내용이 등장하였다. 아래

Table 4. Content of Rainwater Detention System and operation

Content
Mandatory use of rainwater: Sports Complex, Indoor Gymnasium and Public Complex (Roof area over 1,000 m <sup>2</sup> )
Wastewater Reclamation and Reusing System facility mandatory: Accommodation facilities (total floor area of 60,000 m <sup>2</sup> or more), Plant (discharge of waste water of 1,500 parts per day or more), etc
Supply of sewage, wastewater, waste water, waste water and reprocessing water from the public sewage system management office
Subsidiary of installation costs or loans
Mitigation of water or sewage charge

※ Source: Statues of the Republic of Korea.

〈Figure 2〉는 우리나라의 물관리 정책의 변화를 정리한 것이다.

국내에서는 물순환의 정상화를 위해 빗물관련 법률 및 조례를 제정하여 제도적인 관리를 실시하게 되고, 2010년 6월 8일자로 환경부는 ‘물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률(Ministry of Environment, 2010)’을 제정하여 빗물이용시설 및 운용에 관한 내용을 다음 〈Table 4〉와 같이 명시하였다.

일부 지방자치단체에서는 우수저류시설의 도입으로 빗물이용에 따른 경제적 인센티브 제도를 수행하여 빗물관리 정책의 확산을 장려하고 있다. 빗물이용시설 도입에 따른 인센티브제도는 아래 〈Table 5〉와 같은 방법

Table 5. Incentive system for introduction of Rainwater Detention System

Region	Content
Seoul	Reduction and Adjustment of Building Floor Area Ratio
	Support 90 % of rain management facility installation costs (up to 10 million won)
Daejeon	Reduction and Adjustment of Building Floor Area Ratio
Suwon	Reduction and Adjustment of Building Floor Area Ratio
Jeju	Support for less than 80 % of total public expenses (upgraded through some revisions in 2009)
Jeonju	Reduction in water usage fees
Other region	Support for some of the installation costs

※ Source: Enhanced Local laws and regulations Information System.

Table 6. Current status of rainwater and good performance ordinance established by local municipal governments

Rainwater Utilization Facility Installation Ordinance	Rainwater Utilization Facility Included Water Supply and Sewer Ordinance	Rainwater Management Ordinance	Integrated Water Circulation Management Ordinance
32 (Sejong, Wonju etc)	8 (Daejeon, Gongju, Gimcheon etc)	9 (Incheon, Daejeon, Gyeonggi etc)	8 (Suwon, Namyangju)

\* Source: Enhanced Local laws and regulations Information System.

으로 구분할 수 있다.

아래의 <Table 6>은 지방자치단체의 빗물 및 우수관련 조례지정 현황(자치법규정보시스템, 2013)을 나타낸 것으로 2013년 5월 기준으로 빗물이용시설 설치조례(30개소), 수도급수조례 및 하수도사용조례에 빗물 이용시설 포함사례(6개소), 빗물관리에 관한 조례(6개소) 및 통합 물순환관리 조례(6개소)로 전국 48개 지자체가 제도를 수립하고 있다.

물관리 패러다임의 변화에 따라 해외 물관리 선진국은 이미 지형 및 지역적 특성에 따라 빗물이용을 활용한 물순환 정상화의 노력을 기울이고 있다. 따라서 본 연구에서는 연구결과를 바탕으로 도서 및 산간지역의 대체수자원 확보를 위해 다음과 같이 제시하고자 한다.

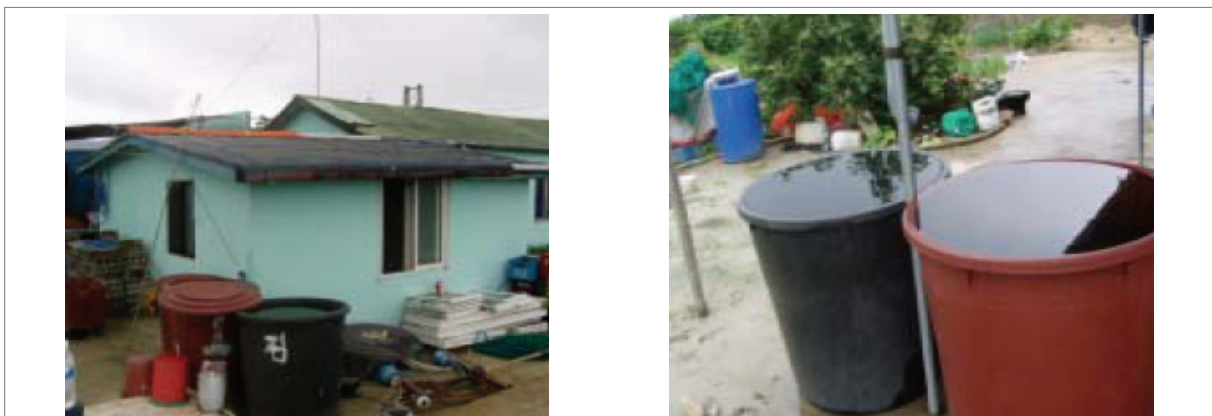
1) 도서지역에서의 생활용수 확보를 위한 빗물이용방안

빗물을 이용하고 있는 소규모의 도서지역은 물 부족으로 고생하고 있고 이를 위한 해결책으로써 지하수, 중수도, 해수의 담수화 및 인공강우의 사용 등이 제시

되고 있다. 지하수를 과다 사용하게 되면 지하수의 고갈이나 염수의 침입등의 문제가 발생하고, 중수도나 해수의 담수화 및 인공강우 등은 많은 설치비 및 운영비를 필요로 하여 지속가능한 해결책은 아니다. 따라서 도서 지역에서는 아래 <Figure 3>과 같은 임시적인 개인 빗물 수집 방법이 아닌 수질 개선 및 외부 오염물 유입 방지를 위해 안전성 확보가 가능한 개인 차원의 빗물 저류 시설과 적정 규모의 공동 지하 빗물 저장조를 설치하여 강우기에 빗물을 모아두었다가 사용하는 방법을 위한 행정적인 지원이 필요하다.

2) 산간농업지역에서의 농업용수 확보를 위한 빗물이용방안

산간지역에서 재배되는 고랭지 채소의 경우에는 가뭄시 관수효과에 따른 생산량의 차이가 수배 이상을 나타낸다는 연구결과와 같이 고랭지 농작물 재배는 관수 시설을 통한 용수공급의 영향이 매우 중요하다. 따라서 가뭄에 대비한 고랭지 재배지역에 소규모 빗물이용시설의 활용은 가뭄으로 인한 농작물의 생육장애에 대한



\* Source: Study on the Policy for the expansion of Rainwater Utilization Facilities

Figure 3. Personal rainwater collection in the Island area

우려를 해소시킬 수 있으며, 경제적인 효과도 얻을 수 있을 것이라 판단되며, 고령지 농업지역여건상 고지대에 위치하고 있어 용수확보가 어려운 지역적 여건을 고려하여, 물소요지 특성에 맞추어 소규모 빗물저장시설(Cistern) 설치를 통해 용수를 확보해야 할 것이다.



※ Source: <http://www.nongupin.co.kr/news/articleView.html?idxno=31252>

Figure 4. Personal rainwater collection in the Island area

### 3) 빗물이용관련 정책·제도적 개선

전국 지자체에서는 빗물이용 관련 법률 및 조례 48건을 제정하고 빗물이용 확산을 통한 물순환 정상화 노력을 하고 있다. 그러나 강원도의 경우 원주시 1곳에서만 빗물이용 시설 설치조례를 제정하고 있는 실정이다. 강릉시와 태백시에서 실시한 지자체 담당자의 설문조사에 따르면 빗물이용에 관한 조례제정에 대한 필요성은 인식하면서도 이에 대한 구체적인 대책은 수립하고 있지 않다고 응답하고 있다. 따라서 극심한 홍수와 가뭄에 의한 피해를 경험한 적 있고, 수려한 자연환경으로 관광휴양도시라는 이미지를 가지고 있는 강원도의 건강 물순환을 위한 빗물이용의 활성화를 위해 정책의 근거가 되는 조례의 제정이 반드시 필요하다 하겠다.

### 4) 빗물이용 및 관리시설 시범사업 지원

전남 완도군은 국내 대표적인 도서지역으로 한정된 수자원으로 인해 매년 제한급수를 실시하고 있다. 이러한 제한급수를 해소하기 위해서는 상수관망에 대한 보완, 다누수 구간 파악 및 복구, 불용구간 폐쇄 등의 조치가 필요하다. 최근 도서지역의 경우 육지와 거리가 멀고 용수가 부족한 소규모 도서지역에서는 빗물을 활용한 대체수자원 확보방안이 대두되고 있다. 빗물이용 시설을 이용하게 되면 초기 빗물저장시설 등의 설치비가 소요되지만 그 이후의 유지비용이 거의 소요되지 않고, 수원개발에 따른 부담을 줄일 수 있어 유용하게 활용된다. 또한 주택에서 빗물이용시설 설치를 통해 수자원을 활용할 경우 기존 상수도 사용량의 약 40%이상의 물을 절약할 수 있다는 연구보고로 미루어 볼때도 빗물 활용은 매우 경제적이다.

강원도 태백시, 평창군 등의 산간지역에서는 고령지 작물의 경작이 활발히 이루어지고 있고 과거 심각한 가뭄피해를 겪은 지역에서 가뭄을 대비하여 농업용수를 대책할 수 있는 소규모 빗물이용시설에 대한 수요가 발생하고 있다. 따라서 지역의 특성에 맞는 빗물이용 및 관리시설을 조기에 도입할 수 있게 지자체에서는 농업용수 대체를 위한 빗물활용 시설지원 및 기술지원에 대한 시범사업을 실시를 통한 행정지원이 필요하다.

## IV. 결론

기후변화에 의한 가뭄 피해에 대비한 용수확보와 치수에 중심을 두어 하수도로 배제시켜왔던 빗물의 활용을 위해 빗물이용시설과 관련된 '물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률' 및 시행령, 시행규칙과 도서 및 산간 지역에 용수이용현황을 조사, 분석하여 빗물이용방안을 제안하고 본 연구를 진행하였으며 빗물이용을 통한 대체 수자원 확보를 위한 결론은 다음과 같다.

현재 도서지역의 경우 중수도나 해수담수화 및 인공강우 등의 많은 설치비와 운영비를 필요로 하는 대책이 나오고 있지만 이는 지속적인 대책이라고 할 수 없다.

따라서 개인 차원의 빗물 저류 시설과 군집단위의 공동 지하 빗물 저장소를 설치하여 강우기에 빗물을 모아두었다가 사용하는 방법이 필요할 것으로 사료된다. 또한 산간지역은 재배용수 공급에 따른 작물의 생산량의 차이가 수배 이상이 나타나 용수공급이 매우 중요한 것으로 조사되었다. 재배용수의 부족과 지역여건상 고지대에 위치하여 용수확보가 어려운 경우 소규모 빗물저장 시설을 설치하여 빗물을 이용한다면 재배용수 부족에 대한 대안으로 제시할 수 있을 것이다.

도시지역과 산간지역에 대한 빗물 저류 시설 설치를 통해 빗물을 이용하고자 한다면 빗물이용관련 조례의 제정이 필요하다. 전국 지자체에서는 빗물이용 관련 법률 및 조례를 많이 제정하고 있는 상황이지만 실질적으로 설치 조례를 지정하고 있는 곳은 많지 않은 것으로 나타났다. 현재 ‘물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률’ 중 제 23조(재정지원 등) 등과 같은 법률에 명확한 재정 지원 규모와 범위를 명시 및 지원범위를 확대한다면 추후 전국 지자체에서 빗물이용시설 설치 지원에 대한 기초자료로 사용할 수 있을 것이다. 또한, 빗물이용시설의 확대를 위해서는 빗물 이용시 수자원 절약을 통한 경제성과 안전성에 대한 홍보가 필요할 것이며, 국가적 차원에서 빗물이용시설 및 관리시설에 대한 다양한 지원과 시범사업 등으로 빗물이용시설에 대한 확대 방안을 마련해야 할 것이다.

## 감사의 글

이 논문은 2017년도 정부(과학기술정보통신부, 환경부, 산업통상자원부)의 재원으로 한국연구재단-탄소자원화 국가전략프로젝트사업의 지원을 받아 수행함 (2017M3D8A2085273).

## References

Daumblog(Dr.Rainwater). 2012. Collection of Rainwater Volunteer Activity Photos of Prayers in Gido, Shinan-Gun. <http://m.blog.daum.net/drrainwater/7883354>.

- Fewkes, A. 2000. Modeling the Performance of Rainwater Collection Systems: Towards a Generalised Approach. *Urban Water*. 1(4): 323-333.
- Gnesso, I., A. Palla, and P. La Barbera. 2017. The Role of Domestic Rainwater Harvesting Systems in Storm Water Runoff Mitigation. *European Water*. 58: 497-503.
- Han, Moo Young, et. al. 2009. A Study on the Planning of Rainwater Management in the Single-Complex City. National Agency for Administrative City Construction (NAACC).
- Han, Moo Young. 2003. A Study on the Policy for the Expansion of Rainwater Utilization Facilities. Ministry of Environment.
- Hyun, Kyoung Hak. 2008. Application of the Rainwater Management and Constructed Wetland System for Implementation of Water-cycle in Asan New town.
- Jo Smet. 2003. *Domestic Rainwater Harvesting*. Sandy Cairncross.
- Lee, Jong Seok. 2016. Analysis of Alternative Water Resources Development in Domestic and International Markets. *Water for Future*. 49(5): 34-42.
- Lee, Jung Min Lee and Yong Gil Jeong. 2017. A Study on the Rational Scale Estimation of Rainwater Harvesting Facilities on Condominium Complex. *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*. 17(5): 297-303.
- Lee, Tae Goo. 2003. Rainwater Management for Environmental Friendly Housing Complex Plan. *International Workshop on Rainwater Harvesting*. 2003(3): 169-180
- Ministry of Environment. 2003. A Study on the Policy for the Expansion of Rainwater Utilization Facilities.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport. 2005. A Study on the Effective Rainwater Management.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport. 2013. Introduction of Flood/Drought Damage Minimization Technology using Rainwater Retaining Method in Kangwon Region. *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*.
- Ministry of the Interior and Safety. 2008. Third Small Island Comprehensive Development Plan.
- Ministry of the Interior and Safety. 2009. A Study on the Institutionalized Method, including the Establishment of the Calculation Criteria for Damage Rate (In the Field of Drought).

Mun, Yu Ri. 2009. A Study of Water Supply and Use in Small Islands. *Basic Research Report of Korea Environment Institute*. 2009: 1-68.

Mun, Yu Ri. 2010. Guideline for Environmentally Friendly Water Supply Plans in Small Islands. *Basic Research Report of Korea Environment Institute*. 2010: 1-235.

Nam, Jonh Woo. 2015. Seawater and Technology Trends for Securing New Water Resources. *Dealim Technical Review*. 12: 56-63.

Nongupin News, 2012. On Site - Discarded Rainwater and Water Supply. <http://www.nongupin.co.kr/news/articleView.html?idxno=31252>.

Park, San Duk and Man Jae Kim. 2009. A Study on the Characteristics of the Southern Drought in Gangwon Province and its Management Plan. *Water for Future*. 42(6): 12-20.

Song, Mi Young, et. al. 2012. Supplementary Proposal to Promote Rainwater Utilization in Gyeonggi Province. *Policy Research*. 2011(12): 1-195.

*Korean References Translated from the English*

국토교통부. 2005. 효율적인 빗물관리방안 연구.

국토교통부. 2013. 우수저류조 저장기법을 활용한 강원지역 홍수 가뭄피해 최소화 기술개발.

남종우. 2015. 새로운 수자원 확보를 위한 해수담수화 기술동향. *대림기술정보* 12: 56-63.

농업인신문. 2012. 현장에선 버려지는 빗물. 하천수 집수가능하다. [http://www.nongupin.co.kr/news/articleView.html?id\\_xno=31252](http://www.nongupin.co.kr/news/articleView.html?id_xno=31252)

다음블로그(빗물박사). 2012. 신안군 기도의 빗물봉사활동 사진 등 모음. <http://m.blog.daum.net/drrainwater/7883354>

문유리. 2009. 도서지역 용수공급 체계에 관한 고찰. *한국환경정책평가연구원 기초연구보고서*. 2009: 1-68.

문유리. 2010. 도서지역의 친환경적 용수공급계획 수립방안. *한국환경정책평가연구원 기본연구보고서*. 2010: 1-235.

박상덕, 김만재. 2009. 강원남부 가뭄재해 특성과 재해관리방안. *한국수자원학회지(물과미래)*. 42(6): 12-20.

송미영 외. 2012. 경기도 빗물이용활성화 제도 보완 방안. *정책연구*. 2011(12): 1-195.

이종석. 2016. 대체수자원개발 국내의 시장 분석. *한국수자원학회지(물과미래)*. 49(5): 34-42.

이정민, 정용길. 2017. 공동주택 빗물이용시설의 합리적 규모 산정 방안 연구. *한국방재학회논문집*. 17(5): 297-303.

이태구. 2003. 빗물이용 확산방안. *친환경 단지조성을 위한 빗물이용. 빗물모으기운동 국제워크샵*. 3: 169-180

한무영. 2003. 빗물이용시설 보급확대를 위한 정책방안 연구. *환경부*.

한무영 외. 2009. 행정중심복합도시 빗물관리 계획수립 연구. *행정중심복합도시건설청*.

행정안전부. 2008. 제3차 도서종합개발 10개년 계획.

행정안전부. 2009. 피해액 산정기준 마련 등 제도화 방안 연구 (가뭄분야).

현경학. 2008. 아산 신도시 물순환 도시 조성을 위한 우수관리 및 인공습지 시스템 적용 연구. *한국토지주택공사*.

환경부. 2003. 빗물이용시설 보급확대를 위한 정책방안 연구.

Received: Apr. 11, 2018 / Revised: May 18, 2018 / Accepted: May 23, 2018

## 지역 내 대체수자원 확보를 위한 빗물 이용 방안 연구

– 도서, 산간 지역 중심으로 –

**국문초록** 지금까지 빗물은 치수에 중심을 두어, 내리자마자 하수도를 통해 배제해야한다고 인식되어왔다. 그러나 최근 기후변화 의한 가뭄 피해가 증가하고 있는 추세이다. 가뭄피해 감소 및 대체수자원 확보를 위해 빗물을 집수하여 활용하거나 적절히 침투 또는 저류를 통해 빗물을 효과적으로 제어 관리해야 할 필요성이 증대되고 있어, 빗물의 중요성이 점점 증대되고 있다.

본 연구에서는 빗물이용시설과 관련된 법률 및 시행령, 시행규칙과 도서 및 산간지역의 용수 현황을 조사, 분석하였다. 현재 도서 지역은 해수담수화나 인공강우는 지속적 대책으로 볼 수 없기 때문에 빗물 저장소 설치를 통해 용수 확보를 하고, 산간지역 또한 빗물저장소 설치를 통한 재배용수확보로 생·농용수 부족에 대한 대안으로 제시 할 수 있을 것이다. 이를 위해 빗물이용관련 조례의 제정이 필요할 것으로 판단되며, 해당 시설에 대한 홍보와 국가적 차원의 지원 및 시범사업 등으로 빗물이용시설에 대한 확대 방안이 필요하다고 판단된다.

주제어 : 대체수자원, 빗물, 수자원부족

**Profiles** **Su Won Lee** : He received his B.A. from Hanbat National University, Korea in 2015. He is a researcher at International Center for Urban Water Hydroinformatics Research & Innovation, in which he has worked 2017. His interesting subject and area of research and education is interdisciplinary research(track0614@gmail.com).

**Seo Hyeon Na** : She received Bachelor's degree from Hanseo University, Korea in 2017. She is a researcher at International Center for Urban Water Hydroinformatics Research & Innovation, in which she has worked since 2016. Her interesting subject and area of research and education is interdisciplinary research(shnaa102@hanmail.net).

**Seong Joon Byeon** : He received his B.A., M.A., Degree in Hydroinformatics (Engineering) from Incheon National University, Incheon, Korea, in 2005 and 2008 respectively. And He received his Ph.D. degree in Hydroinformatics (Engineering) from Incheon National University, Incheon, Korea, and University of Nice Sophia Antipolis, Nice, France as dual degree program. His research interest is convergence of computer science and water engineering(seongjune@paran.com).