

《技術》

## 제주지역 빗물이용시설의 효율적 개선방안 연구

박원배<sup>1\*</sup> · 문덕철<sup>2</sup> · 고기원<sup>2</sup>

<sup>1</sup>제주발전연구원

<sup>2</sup>제주특별자치도 수자원본부

## A Study on Efficient Improvement Method of Rainwater Utilization Facilities in Jeju Island

Won-Bae Park<sup>1\*</sup> · Deok-Cheol Moon<sup>2</sup> · Gi Won KOH<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jeju Development Institute

<sup>2</sup>Jeju Special-Governing Province Water Resource Headquarter

### ABSTRACT

This study is to suggest a few efficient ways of rainwater utilization, through monitoring and analyzing 143 rainwater storage systems and 110 artificial recharge systems, which are installed in the recommended facilities by law, among the rainwater harvesting systems in Jeju Island. In the case that catchment facilities are damaged, rainwater could be contaminated by leaves and debris so that the rates of rainwater usages come to be lower. It is possible that contaminated rainwater could contaminate artificial recharge wells or rainwater discharging out of the rainwater harvesting system could result in flood and damage for the downgradient area. For maintaining high quality of rainwater and increasing rainwater utilization rate, it is necessary to install screening facilities and purification plant functioning precipitation and filtration. Also, in order to efficiently preclude the overflowing rainwater exceeding storage capacity, it is recommended to associate rainwater storage tanks with artificial recharge well or infiltration trench facilities.

**Key words :** Rainwater harvesting, Rainwater storage, Artificial recharge, Infiltration trench.

### 1. 서 론

제주지역은 한반도 남해안을 지나는 저기압, 태풍의 영향과 제주도의 한라산에 의한 지형효과, 여름철 열대성 해양기단의 가장자리에서 대류 불안정에 의한 순간적인 국지성 집중호우 현상 등으로 인해 연평균 강수량이 2,000에 달하고 있는 지역이다(Park et al., 2011a). 그러나 투수성이 높아 지표수의 발달이 빈약하여 대부분의 용수를 지하수에 의존하고 있으며, 최근 토지이용 변화 도시지역 확대, 초지 및 산림지역 감소 등 불투수층의 증가로 인해 지하수 함양면적 및 지하수 적정개발량의 감소가 우려되고 있다(Ha et al., 2009). 이에 따라 지하수에 의존하고 있는 물이용 패턴을 다원화 하기위한 일환으로 2000년 ‘제주도개발특별법’을 개정하면서 국내 최초로 지하수 인공

함양정 설치에 관한 법적 제도를 마련함과 아울러, 2002년에는 지하수 인공함양정 설치에 따른 시설비 지원제도를 마련하였다(Jeju Development Institute, 2006). 또한 2004년도에는 일정규모 이상의 개발사업자에게 빗물이용 시설 설치를 의무화하는 법적 근거와 시설 및 관리기준을 마련하였고, 2006년 2월 21일에는 제주국제자유도시특별법이 제주특별자치도의 설치 및 국제자유도시 조성을 위한 특별법으로 대체되고, 이 법에서 ‘제주특별자치도 지하수 인공함양시설과 빗물이용시설에 관한 제도’를 개선하여 시행하고 있다(Koh et al., 2006). 이러한 빗물 관련 제도에 의해 설치된 빗물이용 시설은 의무적 설치대상과 권장 설치 대상으로 구분할 수 있는데, 의무적 설치대상은 대부분 골프장에 설치되어 있고, 그 형태는 지표면에 내린 빗물을 저장하는 저류지 또는 연못의 형태로 조

\*Corresponding author : gwaterpark@jdi.re.kr

원고접수일 : 2012. 9. 15 심사일 : 2012. 12. 6 게재승인일 : 2012. 12. 6

질의 및 토의 : 2013. 2. 28 까지

성되어 있다. 권장 설치대상은 비닐하우스 또는 온실, 건축물의 지붕에 내린 빗물을 집수하여 저장하는 물탱크 형태의 시설과 집수된 빗물을 일종의 지하수관정 형태인 시설을 통해 지하로 침투시켜 지하수량을 늘리기 위한 지하수 인공함양정 시설로 구분할 수 있다(Koh, 2006). 본 연구에서는 제주도 전역에 분포하고 있는 빗물이용 시설 중 권장 설치대상인 물탱크 시설과 지하수 인공함양 시설에 대한 이용실태를 조사하여 효율적인 빗물이용 방안을 제시하는데 목적이 있다.

## 2. 빗물이용시설 현황

제주지역에 설치된 빗물이용 시설은 의무적 설치대상인 빗물이용시설과 권장 설치대상인 빗물이용시설로 구분할 수 있다(Jeju Special Self-Governing Province, 2007). 2010년 12월말 현재 의무적 설치대상인 빗물이용시설은 전부 골프장에 설치되어 있고, 그 형태는 지표면에 내린 빗물을 저장하는 저류지 또는 연못으로 구성되어 있는 형태이다(Kang, 2012). 권장 설치대상인 빗물이용시설은 비닐하우스 또는 온실, 건축물의 지붕에 내린 빗물을 집수하여 저장하는 소규모 빗물이용시설과 집수된 빗물을 일종의 관정형태인 시설을 통해 지하로 침투시켜 지하수량을 늘리기 위한 지하수 인공함양시설로 구분할 수 있다(Park and Moon, 2011).

2010년 12월 기준으로 의무적 설치대상 빗물이용시설은 총 27개 골프장에 198개의 빗물이용 저류지가 설치되어 있으며, 총 저류 가능량은 3,755,000 m<sup>3</sup>에 이르고, 저류지 1개소당 평균 저류용량은 19,000 m<sup>3</sup>이다. 권장대상 빗물이용 시설 중 물탱크 시설은 총 143개소가 설치되어 있고, 총 저류용량은 18,400 m<sup>3</sup>이며, 대부분 해발 200 m 미만 지역에 설치되어 있고, 남원 · 표선지역에 집중되어 있다. 인공함양정 시설은 총 110개소로 이중 85개소가 농

업용 비닐하우스 지붕에 내린 빗물을 집수하여 인공함양하고 있다. 비닐하우스 집수 빗물 인공함양정은 대부분 해발 200 m 미만 지역에 설치되어 있으며, 남원지역에 집중되어 있다(Fig. 1).

또한 조사 · 연구용으로 총 23개의 인공함양정 시설 중 제주시 오등동 일원에 10개소가 설치되어 있다(Fig. 2). 제주시 한천저류지에 설치된 인공함양정 10개소에서 회수된 코어를 통해 인공함양정 설치지역의 지하지질을 파악한 결과, 저류지 바닥에서 지표 하 50 m까지 약 7~8매 정도의 화산암층이 확인되었다(Fig. 3). 이러한 화산암층 사이에는 클링커층 또는 파쇄대가 분포하고 있어 함양정 1공당 1일 최대 15,000~17,000 m<sup>3</sup>의 물을 지하로 침투시킬 수 있는 것으로 조사되었다(Kim and Kim, 2009).

## 3. 빗물이용 여건 조사

### 3.1. 빗물 집수형태

강우 시 비닐하우스 지붕에 내린 빗물은 빗물받이를 통해 일정한 곳으로 모아 집수되고 있다(Fig. 4). 집수된 빗물은 크게 3가지 유형으로 나눌 수 있는데, 첫 번째 유형은 빗물을 도로 또는 배수로(우수관) 쪽으로 배출하도록 설치하는 유형이고, 두 번째 유형은 빗물받이가 물탱크 시설로 연결되어 강우 시에는 빗물을 저장했다가 필요시 농업용수로 활용하고 있는 유형이다. 세 번째 유형은 빗물받이가 정류시설과 연결되어 인공함양정 시설을 통해 빗물이 지하로 침투될 수 있도록 설치된 유형이다.

제주도내 설치된 물탱크 시설(143개소)에 대한 이용실태를 조사한 결과 대부분 빗물받이를 통해 빗물이 집수되는데 이때 집수시설에 설치된 그물망에 의해 1차 처리되고 초기우수배제시설을 거쳐 물탱크 시설로 빗물이 유입되고 있는 것으로 조사되었다(Fig. 5). 그러나 저류용량을 초과하는 강우강도가 발생하거나 선행강우에 의해 이미

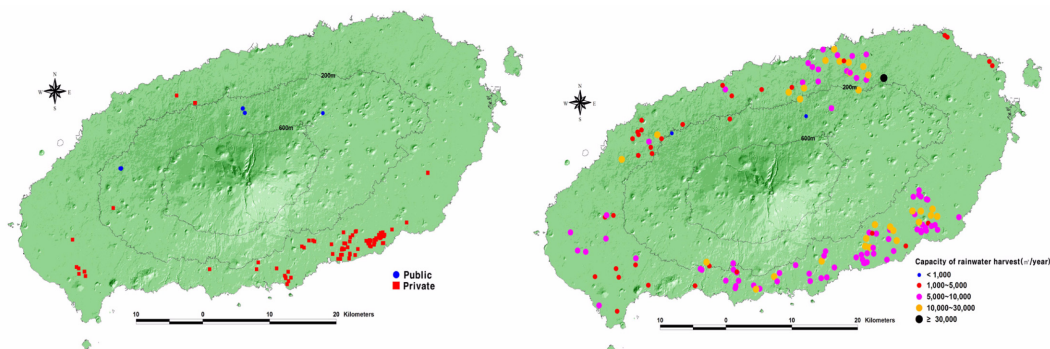


Fig. 1. The location of artificial recharge wells (Left) and rainwater storage tanks (Right).



Fig. 2. Research facility for artificial recharge of overflowing stream water into the reservoir adjacent to Hancheon stream, Jeju-si.

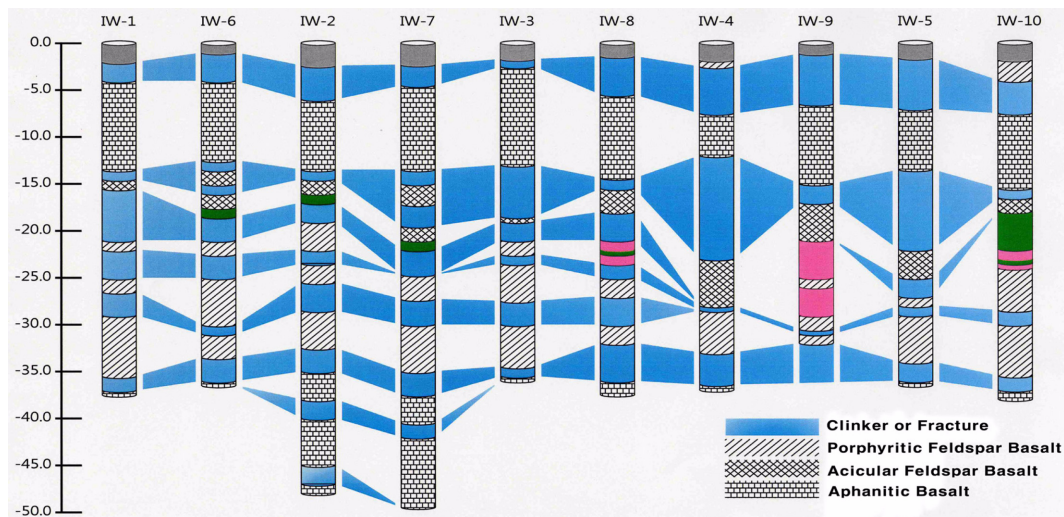


Fig. 3. Geological cross-section of artificial recharge wells in the Hancheon reservoir- I (Jeju Development Institute, 2010).



Fig. 4. The photos of running water on the rainwater collecting gutters at the Foundation Seed Production Center in Aewol-eup.

물탱크가 만수된 상태에서 강우가 발생할 경우 지표 또는 배수로 배출되어 농로 및 저지대 침수피해가 우려되고 있는 것으로 조사되었다(Fig. 6~Fig. 7).

제주도내 설치된 지하수 인공함양정 시설(110개소)의 이용실태를 조사한 결과 초기우수배제시설 및 물탱크 시설 다음에 물탱크 용량을 초과하는 빗물을 인공함양 시킬 수





Fig. 5. The photo of rainwater storage tank at Pyoseon-myeon.



Fig. 6. The photo of discharging rainwater overflow from storage tank to stream at Hoecheon-dong.



Fig. 7. The photos showing discharge of harvested rainwater from greenhouse to road without rainwater harvesting facilities resulting in flood at Hoecheon-dong.



Fig. 8. The photos of rainwater harvesting facility composed of storage tank and artificial recharging system (left) and artificial recharge process (right).

있는 관정이 연결되어 있는 것으로 조사되었다(Fig. 8). 그러나 초기우수배제시설이 없거나 훼손되어 있을 경우 여과 없이 정류시설을 통해 인공함양하는 사례도 있는 것으로 조사되었다.

### 3.2. 제주지역의 강우특성

제주지역의 전반적인 지역별 강수량 분포를 파악하기 위해 제주특별자치도 재난안전대책본부(34개소)와 기상청(20개소)에서 운영하고 있는 54개소 관측소의 2006~2010년까지 기상자료를 Sufer 7.0에 적용하여 등우선도를 작성하였다(Fig. 9). 제주도의 연평균 강수량과 유역별 강수

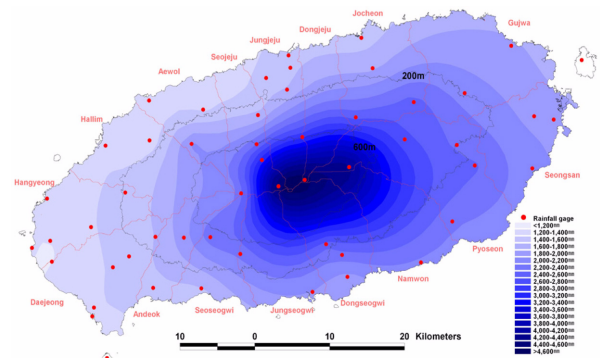


Fig. 9. Distribution map of annual average precipitation calculated using the data collected from 54 rainfall observatories (2006~2010).

량을 산정한 결과 연평균 강수량은 2,139 mm로 분석되었으며, 유역별로 보면 남부 유역과 서부 유역이 각각

**Table 1.** Average annual rainfall by watershed (2006~2010)

	Watershed	Area (m <sup>2</sup> )	Rainfall (mm)
Northern	Jocheon	126,804,354	1,998
	Dongjeju	75,978,751	2,449
	Jungjeju	90,466,081	2,319
	Seojeju	90,126,153	2,221
	Aewol	85,995,282	1,554
	<i>Subtotal</i>	<i>469,370,622</i>	<i>2,094</i>
Western	Hallim	142,408,061	1,552
	Hangyeong	103,407,335	1,346
	Daejeong	131,440,553	1,435
	<i>Subtotal</i>	<i>377,255,950</i>	<i>1,455</i>
Southern	Andeok	63,126,573	1,801
	Seoseogwi	83,500,817	2,018
	Jungseogwi	106,932,308	2,559
	Dongseogwi	107,786,844	3,102
	Namwon	134,239,267	2,865
	<i>Subtotal</i>	<i>495,585,810</i>	<i>2,572</i>
Eastern	Pyoseon	207,928,031	2,652
	Seongsan	115,539,209	2,065
	Gujwa	173,147,650	1,946
	<i>Subtotal</i>	<i>496,614,890</i>	<i>2,269</i>
<i>Entire watershed</i>		<i>1,838,827,271</i>	<i>2,139</i>

2,572 mm, 1,455 mm로 유역별로 큰 차이를 보였다(Table 1). 이러한 강수량의 차이는 한라산의 지형적인 영향으로 표고가 증가함에 따라 강수량도 증가하고 있으며, 지역별로도 강수량 편차가 크게 나타나며, 동·남부 유역이 북·서부 유역보다 강수량이 많은 것으로 분석된다(Park et al., 2011a, b)

전술한 54개소 관측소의 일 강수량 자료를 이용하여 강우규모별 발생일수를 분석한 결과 1 mm 미만 강우 발생일수는 전체적으로 228.0~278.6일이며, 특히 서부 유역에서 연평균 272~278일로 다른 유역에 비해 강우일수 뿐만 아니라 강수량도 적었다. 1~50 mm 미만 강우 발생일수는 81.2~128.4일로 강수량은 851.1~1,390.2 mm이며, 서부 유역인 한경 유역에서 발생일수가 가장 적었다. 또한 50~100 mm 미만 강우 발생일수는 동제주 유역에서 16.8일이지만, 이는 동제주 유역 분석 시 활용한 관측소가 진달래발 관측소만 적용되었으며, 해안지역 관측 자료가 반영되지 않았기 때문이다. 동제주 유역을 제외하면 표선 유역에서 12.4일로 가장 많았다. 100~200 mm 미만 강우 발생일수는 0.8~9.6일이고, 강수량은 95.5~1,376.8 mm로 분석되었다. 200 mm 이상 강우 발생일수는 최대 3.4일이지만 서부지역인 한경과 대정 유역에서는 분석기간 동안 200 mm 이상 강우가 발생하지 않았다(Table 2).

**Table 2.** Rain days and its corresponding total rainfall of 16 watersheds according to subdivided rainfall intervals from 2006 to 2010

Watershed		R < 1 mm		1 ≤ R < 50 mm		50 ≤ R < 100 mm		100 ≤ R < 200 mm		200 mm ≤ R	
		Rain days	Rainfall (mm)	Rain days	Rainfall (mm)	Rain days	Rainfall (mm)	Rain days	Rainfall (mm)	Rain days	Rainfall (mm)
Northern	Jocheon	249.2	18.3	106.2	1,193.0	7.4	514.1	2.2	292.1	0.2	48.8
	Dongjeju	235.2	10.2	100.2	1,221.1	16.8	1,193.5	9.6	1,376.8	3.4	1,018.0
	Jungjeju	250.2	19.9	107.6	1,106.4	5.4	367.3	1.8	247.3	0.2	83.6
	Seojeju	222.8	23.5	128.4	1,390.2	8.2	581.7	4.8	657.3	1.0	330.5
	Aewol	262.0	16.0	97.2	1,008.5	4.4	292.9	1.4	180.9	0.2	60.8
Western	Hallim	272.4	10.6	87.8	894.4	4.0	270.0	0.8	95.5	0.2	60.8
	Hangyeong	278.6	16.3	81.2	862.4	4.4	287.5	1.0	127.8	0.0	0.0
	Daejeong	272.2	15.5	85.2	851.1	6.6	442.3	1.2	148.7	0.0	0.0
Southern	Andeok	265.0	11.8	90.6	911.1	7.6	530.6	1.8	241.3	0.2	44.4
	Seoseogwi	250.2	19.1	103.8	1,029.9	8.4	584.8	2.6	339.0	0.2	42.1
	Jungseogwi	260.6	15.2	93.0	1,094.0	8.2	564.8	3.2	375.8	0.2	69.4
	Dongseogwi	260.2	11.4	91.6	1,072.4	9.6	655.0	3.6	441.8	0.2	48.0
	Namwon	261.6	8.1	91.2	1,139.0	9.2	604.6	3.0	361.5	0.2	49.9
Eastern	Pyoseon	234.4	16.4	114.2	1,302.9	12.4	867.1	3.6	484.9	0.6	137.5
	Seongsan	259.6	13.4	95.8	1,135.2	8.2	573.0	1.4	199.0	0.2	51.4
	Gujwa	259.6	13.2	96.0	1,070.6	6.8	467.1	2.4	309.6	0.4	112.7

R = Rainfall

### 3.3. 빗물 집수가능량

2006년부터 2010년까지의 지역별 강수량 분포 특성 결과를 이용하여 집수면적에 따른 집수가능량을 평가한 결과 집수면적이 3,300 m<sup>2</sup>(약 1,000평)일 경우 해발 200 m 미만 지역에서 연간 집수 가능량은 3,933~7,030 m<sup>3</sup>(평균 5,167 m<sup>3</sup>)이고, 해발 200~600 m 지역에서는 4,462~9,286 m<sup>3</sup>(평균 6,493 m<sup>3</sup>), 해발 600 m 이상 지역에서는 6,072~12,412 m<sup>3</sup>(평균 9,185 m<sup>3</sup>)인 것으로 분석되었다(Table 3). 또한 강우규모별 집수가능량을 평가한 결과 집수면적이 3,300~6,600 m<sup>2</sup>인 경우 1일 50 mm의 비가 내렸을 때 집수되는 물의 양은 149~297 m<sup>3</sup>이었다. 따라서 물탱크시설의 저류용량이 200 m<sup>3</sup>일 경우에는 최대 97 m<sup>3</sup>의 물이 저류규모를 초과할 수 있는 것으로 분석되었다(Table 4).

### 4. 효율적인 빗물이용에 대한 고찰

제주지역에 설치된 권장대상 빗물이용 시설의 이용실태를 조사한 결과 빗물 집수시설이 훼손될 경우에는 1차적으로 낙엽이나 이물질들을 차단하지 못하여 수질오염에 따른 빗물 이용률이 저하되거나 오염된 빗물이 인공함양정 시설로 유도되어 지하로 침투될 가능성이 높다. 물탱크시설의 저류용량을 초과하는 강우강도가 발생하거나 선행강우에 의해 물탱크가 만수된 상태에서 강우가 발생할 경우 저류용량을 초과하는 빗물은 지표로 유출되어 2차적으로 저지대 농경지 등의 침수피해가 발생할 우려가 있어 이에 대한 개선이 필요하다. 따라서 이러한 사항들을 개선하기 위해서는 빗물의 수질관리 및 물탱크 저류용량을 초과하는 빗물에 대한 효율적인 배제 방안 마련이 필요할 것으로 판단된다.

**Table 3.** Annual average rainwater harvesting capacity for the 16 subwatersheds according to elevation for 5 years from 2006 to 2010

Watershed		below 200 m		200–600 m		above 600 m	
		Rainfall (mm)	AARHC (m <sup>3</sup> )	Rainfall (mm)	AARHC (m <sup>3</sup> )	Rainfall (mm)	AARHC (m <sup>3</sup> )
Northern	Jocheon	1,738	5,162	2,295	6,816	2,839	8,431
	Dongjeju	1,685	5,004	2,410	7,157	3,698	10,984
	Jungjeju	1,528	4,537	2,216	6,582	3,788	11,251
	Seojeju	1,375	4,084	1,815	5,390	2,941	8,736
	Aewol	1,339	3,977	1,775	5,271	2,100	6,237
Western	Hallim	1,324	3,933	1,676	4,977	2,045	6,072
	Hangyeong	1,326	3,939	1,502	4,462	–	–
	Daejeong	1,390	4,127	1,642	4,876	–	–
Southern	Andeok	1,571	4,667	1,874	5,567	2,094	6,220
	Seoseogwi	1,735	5,154	2,128	6,321	2,357	6,999
	Jungseogwi	2,067	6,140	2,473	7,345	3,152	9,363
	Dongseogwi	2,159	6,412	2,960	8,790	4,069	12,084
	Namwon	2,367	7,030	3,126	9,286	4,179	12,412
Eastern	Pyoseon	2,285	6,787	2,707	8,040	3,847	11,426
	Seongsan	2,061	6,121	2,155	6,400	–	–
	Gujwa	1,884	5,597	2,224	6,605	–	–
Average		1,740	5,167	2,186	6,493	3,092	9,185

AARHC = annual average rainwater harvesting availability for the area of 3,300 m<sup>2</sup>

**Table 4.** Rainfall catchment capacity by precipitation

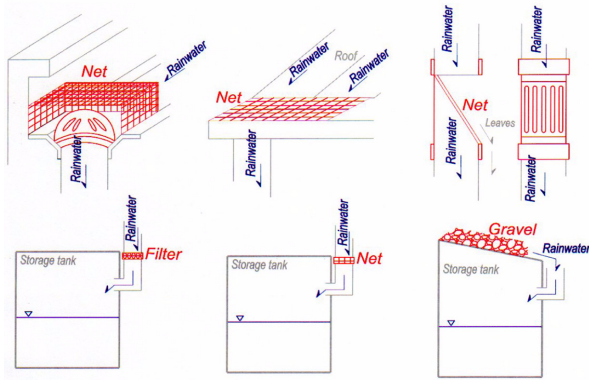
(Unit : m<sup>3</sup>)

Catchment area (m <sup>2</sup> )	Rainfall (mm/day)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
330	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
660	6	12	18	24	30	36	42	48	53	59
1,650	15	30	45	59	74	89	104	119	134	149
3,300	30	59	89	119	149	178	208	238	267	297
6,600	59	119	178	238	297	356	416	475	535	594
33,000	297	594	891	1,188	1,485	1,782	2,079	2,376	2,673	2,970

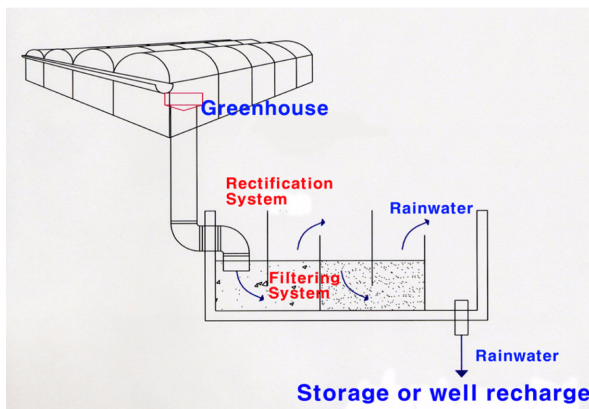


#### 4.1. 빗물이용시설의 수질관리

빗물의 수질관리 방안으로는 집수면(비닐하우스 또는 건축물의 지붕 등)에 퇴적된 낙엽·분진·이물질 등에 의해 크게 좌우되기 때문에 우선 집수시설에 그물망을



**Fig. 10.** Rainwater screening system against alien substance such as leaves, coarse sand, and unexpected human waste (modified from Han, 2001).



**Fig. 11.** Rectification and precipitation tank using filtering system for storage or well recharge.

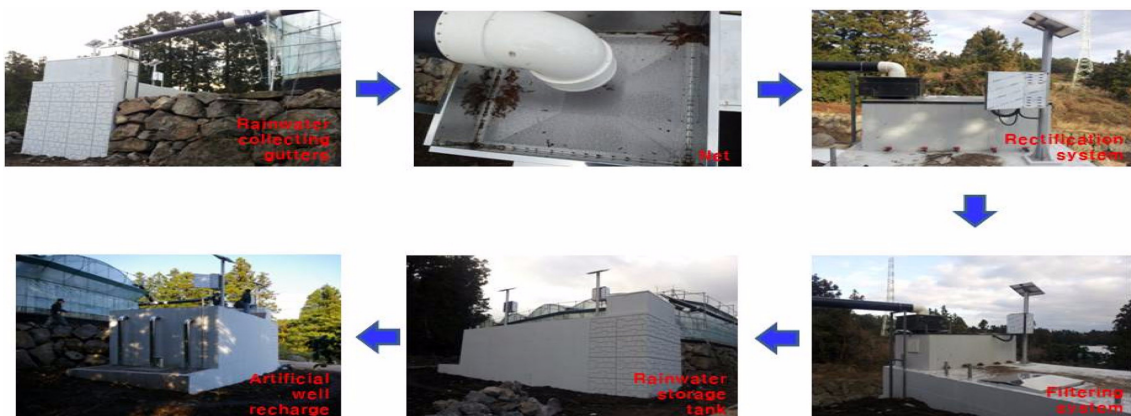
설치하여 낙엽 등을 1차 처리한다(Fig. 10). 1차 처리된 우수는 초기우수배제시설(PVC 탱크 또는 정류시설)을 통해 분진 등을 여과시킨 후 Fig. 11과 같이 정류 및 침전조 시설에 여재를 활용하여 여과층(필터)을 통과한 우수만 물탱크 또는 인공함양정 시설에 유입시키는 방법이 있다.

#### 4.2. 빗물이용시설 초과우수 배제방안

물탱크 저류용량을 초과한 빗물에 대한 효율적 배제 방안은 물탱크 시설과 인공함양정시설을 연계하는 것이다(Fig. 12). 즉, 빗물받이를 통해 집수된 빗물은 1차로 그물망에 의해 낙엽 등이 차단되고, 2차로 여재를 활용한 정류시설을 통해 분진·이물질 등이 차단시켜 물탱크시설로 빗물이 유입되도록 한다. 물탱크시설에 저류된 빗물은 각종 비닐하우스에 필요한 용수로 활용한다. 그리고 물탱크 저류용량을 초과한 빗물은 지표로 유출되지 않고 함양정을 통해 지하로 침투시킴으로써 비닐하우스 설치에 따른 2차적인 침수피해 등을 방지할 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 인공함양정 굴착심도와 지하수위 편차가 적을 경우 비포화대 구간이 짧아 자연여과 기능이 저하되어 효과를 충분히 얻을 수 없다. 특히 과폐대 또는 클린커층이 없이 화산암이 치밀하게 분포하는 구간이 두꺼운 지역에서는 인공함양정 시설보다는 침투 트렌치가 효과적인 것으로 판단된다(Fig. 13).

### 5. 결 론

제주도에 분포하고 있는 권장 설치대상인 빗물이용시설(물탱크 시설, 인공함양시설)을 중심으로 이용실태를 파악하고 제주지역의 빗물이용 여건 및 집수가능량을 분석하



**Fig. 12.** Rainwater harvesting and artificial recharging process consisting of collection, screening, rectification, storage/usage, and recharge.

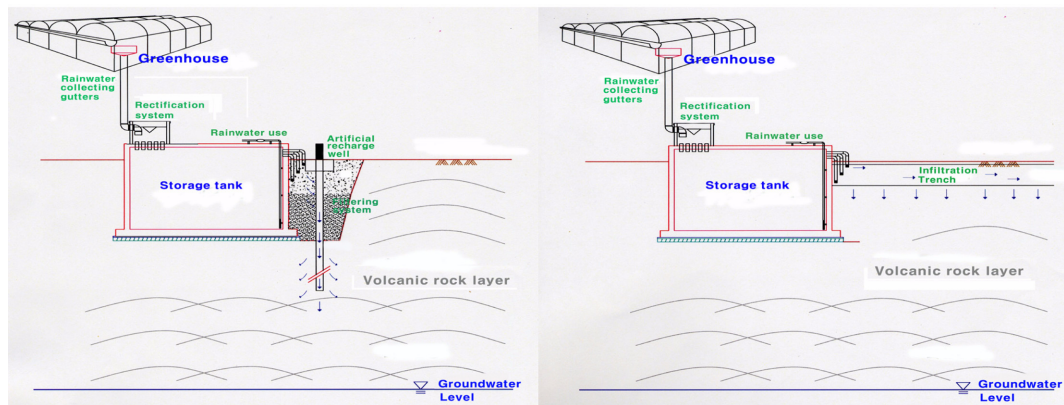


Fig. 13. Rainwater tank combined with artificial recharge well (left) and infiltration trench (Right).

였다. 빗물이용시설의 수질관리는 우수 집수시설에 그물 망설치와 초기우수배제 시설을 통해 1~2차 처리한 후 추가적으로 정류 및 침전조 시설의 여과층을 통한 3차 처리하는 방안을 제시하였다. 물탱크 저류용량을 초과한 빗물에 대한 효율적 배제방안으로는 물탱크시설과 인공함양정 시설을 연계하는 방법과 물탱크시설과 침투트렌치를 연계하는 두 가지 방안을 제시하였다.

최근 도시화로 인한 침투면적의 감소와 지표유출량 증대로 도시형 홍수가 제주도에서도 비번하게 발생하고 있는데, 이를 예방하기 위해 지구단위 개발, 아파트 단지, 중·대형 건축물 등을 조성할 경우 빗물이용시설에 대한 제도적 장치가 마련되어야 할 것으로 판단된다.

## 참 고 문 헌

- Ha, K.C., Park, W.B., and Moon, D.C., 2009, Estimation of direct runoff variation according to land use changes in Jeju Island, *Econ. Environ. Geol.*, **42**(4), 343-356.
- Han, M.Y., 2001, Rainwater Use based on Earth Love, Korean Society of Water and Wastewater, 116.
- Jeju Development Institute, 2006, Researches on Facility Installation and System Improvement Plan for Rainwater Use in Jeju Island.
- Jeju Development Institute, 2010, The hydrologic and water quality characteristics analysis for the streamwater application in Jeju Island.
- Jeju Special Self-Governing Province, 2007, Special Acts on the Establishment of Jeju Special Self-Governing Province and the Development of Free International City.
- Kang, B.R., 2012, Cases of Rainwater Management in Jeju Island and its Improvement Trend, The 3<sup>rd</sup> International Conference on Rainwater harvesting & management (20~24, May, 2012, Goseong, Korea), 157.
- Kim, Y.C. and Kim, Y.J., 2009, Techniques of Artificial Groundwater Recharge in response to Climate Change, Magazine of Korea Water Resources Association(Water for Future), **42**(5), 62.
- Koh, G.W., 2006, Characteristics of Groundwater and Water Resource Management in Jeju Island(III), Magazine of Korea Water Resources Association(Water for Future), **39**(9), 72-73.
- Koh, G.W., Kang, B.R., Park, Y.S., Kim, G.P., and Moon, D.C., 2006, Materials for Groundwater Management Improvement and Academic Seminars for Groundwater in Jeju Island, The 6<sup>th</sup> Seminar on Groundwater(21, April, 2006, Jeju city, Korea), 179-181.
- Park, W.B. and Moon, D.C., 2011, Analysis of usage and effects of underground water artificial recharge well, Jeju Development Institute.
- Park, W.B., Kim, B.S., Yang, S.G., and Moon, D.C., 2011b, The characteristics of water usage in jeju golf courses, *J. Environ. Sci.*, **20**(10), 1297-1308.
- Park, W.B., Kim, G.P., Lee, J.H., Moon, D.C., Kim, S.J., Koh, G.W., Bang, S.J., and Bang, I.C., 2011a, Variation of groundwater level and recharge volume in Jeju Island, *J. Environ. Sci.*, **20**(7), 857-873.