

2018-05

기본연구

빛물이용시설 적정 규모 산정 방안 연구

박원배 · 강봉래
김민철 · 신윤경

Bending issue research

Basic research

Commissioned research

Policy research

Jeju Research Institute 제주연구원

기본연구 2018-05

빗물이용시설 적정 규모 산정 방안 연구

박원배 · 강봉래 · 김민철 · 신윤경

발 간 사

제주도는 수자원의 96% 이상을 지하수에 의존하고 있어 지하수는 제주도민의 생명수라 해도 과언이 아닙니다. 최근 유입 인구의 증가에 따른 택지개발과 용수 수요량이 증가하고 있습니다. 증가되는 용수 수요량을 충족시키기 위해 지하수 개발이 계속적으로 이루어지고 있습니다. 이처럼 지하수 이용량이 지속적으로 증가할 경우 유한한 제주의 지하수를 지속 이용 가능한 자원으로 관리하기에 어려움이 많을 것으로 사료됩니다.

제주도에서는 지하수 의존도를 저감시키기 위한 대체 수자원 확보 방안의 하나로 빗물이용시설 설치 사업을 확대해 나가고 있습니다. 2017년까지 도내에는 1,116개소의 빗물이용시설이 설치되어 있으나, 96%가 시설하우스에 설치된 소규모 시설입니다. 소규모 시설은 집중호우나 장기적으로 비가 내릴 경우 많은 양의 빗물을 저장할 수 없으므로, 대부분의 빗물이 도로나 하천을 통해 바다로 흘러가고 있습니다. 이와 같이 흘러나가는 빗물을 효율적으로 활용한다면 한정된 지하수자원의 의존도를 낮추는 데 크게 도움이 될 것입니다.

따라서 본 연구에서는 시설하우스가 많은 남원읍 일부 지역을 대상으로 지하수 이용량, 빗물이용 현황, 유출량, 빗물 이용 가능량 등을 정량적으로 분석하여 적정 빗물이용시설의 규모를 산정하는 등 대체 수자원인 빗물을 효율적으로 활용할 수 있는 연구를 수행하였습니다.

본 연구의 결과가 제주도 지하수의 의존도를 저감시키고, 지하수 보전·관리에 조금이나마 도움이 되길 기대합니다.

2018년 11월

제 주 연 구 원
원장 김 동 전

연구요약

I. 연구의 개요

- 제주도는 수자원의 96% 이상을 지하수에 의존하고 있으나, 최근 지속적인 유입 인구 증가와 개발사업으로 인해 용수 수요량이 큰 폭으로 증가되고 있음
- 제주도에서는 지하수 의존도를 낮추고 대체수자원 이용을 확대하기 위해 빗물이용시설 설치 사업을 확대해 나가고 있음
- 그러나 시설하우스에 설치된 빗물이용시설은 대부분 소규모 시설이어서 집중호우나 장기적으로 비가 내릴 경우 많은 양의 빗물을 저장하지 못하므로 대부분의 빗물을 하천이나 바다로 흘려보내고 있는 실정임
- 따라서 본 연구에서는 시설하우스 및 빗물이용시설이 가장 많이 분포되어 있는 남원읍 의귀, 위미 지역을 연구 대상지역으로 선정하여
- 강수 시 농가에 설치된 빗물이용시설을 채우고 난 후 외부로 유출되는 빗물의 유출량을 정량적으로 분석하여 빗물을 효율적으로 활용할 수 있는 빗물이용시설 적정 규모를 제시하는 등 빗물 이용 극대화 방안을 제시하였음

II. 연구결과

1. 연구대상지역 빗물이용시설 실태조사

- 연구대상지역 내 빗물이용시설 조사 결과 의귀지역에 30개소, 위미지역에 31개소가 설치되어 있었음

- 각 농가별 빗물이용시설의 시설하우스 면적, 빗물 집수 면적, 저류 시설 규모를 조사한 결과, 집수면적은 시설하우스 면적의 72.5 ~ 79.5% 수준이었으며, 빗물 집수면적과 저류시설 간의 상관 관계를 분석한 결과 R^2 는 0.0646으로 나타나 저류시설 규모가 빗물 집수 면적과 관계없이 임의대로 설치되고 있는 것으로 나타났음
- 현재의 빗물 저류시설 규모는 농가 평균 137.7m³으로 「제주특별 자치도 지하수 관리 조례」에서 제시된 빗물 저류 시설 설치 기준을 적용할 경우 265.9m³ 정도여야 함

2. STORM 모델을 이용한 빗물이용시설 이용량 평가

- 일정한 단위 유역 지표면에서의 강우-유출을 시뮬레이션 하여 분 산형 빗물관리 등에 이용되고 있는 STORM 모델을 활용하여 연구 지역 빗물이용시설의 빗물 이용량을 평가한 결과
- 농업용수 수요량 대비 빗물 이용률은 65.0~92.0%로 나타나 농가 에 빗물이용시설을 설치할 경우 빗물이용 효과가 높은 것으로 분석되었음
- 이 결과는 2013년 제주도 수자원관리종합계획 수립 시 빗물이용시설을 모니터링 한 결과 농가별 빗물이용률인 60.4~79.0%와 비슷한 결과로 빗물이용시설 설치에 따른 효과가 높은 것으로 나타났음
- 다만, 현장조사 결과 일부 농가에서 빗물이용시설을 지하수 저장조 로 활용하는 경우도 있어, 빗물 이용을 극대화하기 위해서는 농가 인식 전환을 위한 적극적인 홍보도 필요한 것으로 나타났음

3. 연구대상지역 빗물이용시설 적정 규모 산정

- 연구대상지역 강우-유출량 분석결과 빗물이 시설하우스 빗물이용 시설을 가득 채운 후 외부로 유출될 때의 강수량은 의귀 27.9mm,

위미 29.6mm이며, 연평균 빗물 유출량은 163,836m³, 139,133m³로 분석되었음

- 빗물이용시설의 적정 규모는 2008 ~ 2017년 9년 동안 유출량과 유출횟수를 분석하여, 유출량과 유출횟수가 많은 시점의 유출량을 기준으로 산정하였으며, 그 결과 의귀지역이 약 5,800m³, 위미지역이 약 4,900m³으로 산정되었음
- 이와 같은 규모의 빗물 이용시설을 설치할 경우 연간 빗물 확보 가능량은 의귀지역 100,341m³, 위미지역 82,479m³이며, 이 규모는 전체 농업용수 이용량 중 의귀 52.8%, 위미 19.7%를 빗물로 공급할 수 있는 것으로 분석되었음
- 위미 지역의 경우 시설 면적은 의귀지역의 2배 정도인 826천m²이나, 빗물이용시설은 31개소로 의귀지역과 차이가 없어 상대적으로 빗물 이용량이 적음에 따라
- 빗물이용 극대화를 위해 위미지역 내 빗물이용시설이 설치되지 않은 시설하우스를 통한 빗물 확보 방안을 검토한 결과,
- 위미지역에서 빗물이용시설이 설치되지 않은 시설하우스 30개소의 빗물을 집수하여 4,900m³ 규모의 빗물이용시설을 설치할 경우 농업용수의 41.3%, 50개소 추가 집수 시 49.6% 이상을 빗물로 활용이 가능한 것으로 분석되었음

4. 빗물이용시설 규모 산정 방안

- 연구대상지역(남원읍 의귀, 위미)의 분석결과를 토대로 빗물이용시설의 적정 규모를 산정하기 위한 과정은 다음과 같음
- (1) 농업용수 이용특성 분석
 - 연구지역의 농업용수 수원별(지하수, 빗물, 용천수 등) 이용량과 수요량 조사가 필요함

- 농업용수 수요량은 대상지역 재배작물별 용수 수요량을 기준으로 산정함

(2) 빗물 집수 면적 및 저류시설 규모

- 연구지역 시설하우스 면적, 빗물 집수 면적, 빗물이용시설의 저류 시설 규모 등으로 조사

(3) 강수 분석 및 유출량 산정

- 강수 분석을 통해 빗물이용시설로부터 유출되는 빗물량을 산정하고, 농업용수 이용량과 비교하여 빗물 대체 가능성에 대해 비교·분석함

(4) 유출 빈도 및 유출량 분석에 따른 빗물이용시설 규모 결정

- 강수 시 빗물이용시설로부터 외부로 유출되는 빗물의 유출량을 분석하여, 유출량과 유출 횟수가 가장 많은 시점의 유출량을 감안하여 빗물이용시설의 적정 규모로 정함
- 유출량이 많더라도 유출횟수가 적을 경우 빗물이용시설의 효율성이 떨어지므로 반드시 유출량과 유출 빈도가 고려되어야 함

(5) 빗물이용시설 규모에 따른 빗물 이용 가능량 검토

- 빗물이용시설 규모에 따른 이용 가능한 빗물량을 분석하고, 이를 농업용수 이용량(수요량)과 비교하여 빗물 활용의 적정 여부 검토

Ⅲ. 결론 및 정책제언

- 연구대상지역인 남원읍 의귀리, 위미리 지역 빗물이용시설을 현장 조사한 결과 빗물이용시설의 집수면적은 하우스 시설면적의 72.5 ~ 79.5% 수준으로 조사되었음

- 그러나, 현재 제주도에 설치된 빗물이용시설의 집수면적은 대부분 시설하우스 면적으로 제시되는 등 과다 적용되고 있어 정확한 빗물 이용량 산정을 위해서는 현장조사를 통한 집수면적 재정립이 필요함
- 남원읍 의귀, 위미 지역 시설하우스 농가에 설치된 빗물이용시설을 대상으로 강우-유출 모델을 이용하여 빗물이용량을 분석한 결과 농업용수 사용량의 65~92%를 빗물로 이용하고 있는 것으로 분석되었으며,
- 이 값은 2013년 수자원 관리 종합계획 수립 시 모니터링한 결과 60~79%와 유사한 것으로 나타나, 시설하우스 빗물이용시설을 정상적으로 활용할 경우 지하수 대체 효과가 클 것으로 사료됨
- 현재의 빗물이용시설에서 월류되는 빗물을 집수하여 활용할 수 있는 적정 빗물이용시설 규모를 산정하여 빗물이용율을 분석한 결과
 - 의귀 지역은 전체 농업용수 52.5% 수준이며, 위미지역은 19.7% 수준으로 분석되었음
- 위미지역과 같이 시설하우스 면적대비 빗물 이용시설 수가 적은 경우는 빗물이용을 극대화하기 위해 빗물이용시설이 없는 시설하우스의 빗물을 이용하는 방안을 검토한 결과
- 위미지역의 경우 시설하우스 50개소의 빗물을 집수하여 활용할 경우 농업용수 수요량의 49.6% 이상을 빗물로 활용가능한 것으로 나타났다음
- 따라서, 남원읍 지역 등 현재 용수 수요량 대비 농업용수 공급 가능량이 부족한 경우 지하수를 개발하기보다는 시설하우스를 이용한 빗물 이용시설을 설치하여 활용하는 것이 지하수 보전·관리를 위해 효율적이라 사료됨

목 차

I. 연구 개요	1
1. 연구 배경 및 목적	1
1) 연구 배경	1
2) 연구 목적	3
2. 연구 방법	3
3. 연구 접근체계	4
 II. 제주도 빗물이용시설 및 토지이용 현황	5
1. 빗물이용시설 현황	5
2. 토지이용 및 시설하우스 현황	8
1) 토지이용 현황	8
2) 시설하우스 분포 현황	11
 III. 연구대상지역 선정 및 현장조사	13
1. 연구대상지역 선정	13
2. 연구지역 토지이용 및 시설하우스 분포 현황	14
1) 연구지역 토지이용 현황	14
2) 연구지역 시설하우스 분포 현황	15
3. 연구지역 농업용수 이용특성	17
1) 의귀지역 농업용수 이용특성	19
2) 위미지역 농업용수 이용특성	20
4. 빗물이용시설 운영 실태 조사	22
1) 시설하우스 면적과 빗물 집수 면적	22
2) 빗물이용시설의 저류시설 규모	23
3) 빗물 저류 용량을 초과하는 빗물의 처리 방법	24

IV. STORM 모델을 이용한 빗물이용시설의 이용량 평가	26
1. STORM 모델 개요	26
2. 입력자료 구축	27
3. 빗물 이용량 분석 결과	33
V. 강수 분석 및 빗물이용시설 유출량 산정	38
1. 연도별 강수 특성 분석	39
2. 월 강수 특성 분석	40
3. 강수에 따른 빗물이용시설 유출량 산정	42
VI. 빗물이용시설 적정 규모 산정	45
1. 의귀지역 빗물이용시설 규모 산정	45
2. 위미지역 빗물이용시설 규모 산정	48
3. 대용량 빗물이용시설 빗물 이용 가능량 검토	50
1) 의귀지역 빗물 이용 가능량	50
2) 위미지역 빗물 이용 가능량	52
4. 시설하우스 연계를 통한 빗물 활용 극대화 방안	54
VII. 결론 및 정책제언	56
1. 빗물이용시설 실태 조사 결과	56
2. 빗물이용시설의 빗물 이용량 평가	56
3. 빗물이용시설 적정 규모 산정	57
4. 빗물이용의 극대화 방안	57
참고문헌	59
Abstract	60

표 차례

<표 II-1> 제주도 빗물이용시설 현황	6
<표 II-2> 지역별 빗물이용시설 현황	7
<표 II-3> 지역별 토지이용 현황	9
<표 II-4> 지역별 시설하우스 면적	11
<표 III-1> 연구지역 토지이용 현황	15
<표 III-2> 연구지역 시설하우스 면적	15
<표 III-3> 작물별 월평균 빗물 이용량	17
<표 III-4> 의귀지역 농업용수 이용량	19
<표 III-5> 위미지역 농업용수 이용량	21
<표 III-6> 연구지역 시설하우스 및 빗물 집수 면적	23
<표 III-7> 연구지역 빗물이용시설의 저류시설 규모	23
<표 IV-1> 빗물이용시설 입력자료	29
<표 IV-2> 작물별 관수주기 및 관수량	30
<표 IV-3> 위미지역 농업용수 이용량 및 농업용수 수요량 추정	32
<표 IV-4> STORM 모델을 활용한 빗물 이용량 분석 결과	34
<표 IV-5> 재배작물에 따른 빗물이용시설의 빗물 이용률	36
<표 V-1> 연구지역 인근 기상관측소의 연도별 강수 특성	40
<표 V-2> 연구지역 월 강수 특성	41
<표 V-3> 연구지역 빗물이용시설을 통한 유출량 및 횟수	44
<표 VI-1> 의귀지역 유출 빈도 및 유출량	47
<표 VI-2> 위미지역 유출 빈도 및 유출량	49
<표 VI-3> 의귀지역 빗물 이용 가능량 및 빗물이용률	51
<표 VI-4> 위미지역 빗물 이용 가능량 및 빗물이용률	53
<표 VI-5> 위미지역 시설하우스 연계에 따른 빗물 확보 가능량	55

그림 차례

[그림 I-1] 연구의 수행 흐름도	4
[그림 II-1] 제주도 빗물이용시설 분포도	6
[그림 II-2] 지역별 시설하우스 분포도	12
[그림 III-1] 연구대상지역	14
[그림 III-2] 의귀지역 시설하우스 분포도	16
[그림 III-3] 위미지역 시설하우스 분포도	16
[그림 III-4] 의귀지역 빗물이용시설 및 공공 농업용 지하수 공급 현황	18
[그림 III-5] 위미지역 빗물이용시설 및 공공 농업용 지하수 공급 현황	18
[그림 III-6] 의귀지역 농업용수 이용량	20
[그림 III-7] 위미지역 월별 공공 농업용 지하수 이용량	21
[그림 III-8] 시설하우스의 빗물 집수면적과 저류시설 규모와의 상관관계	24
[그림 IV-1] STORM모델의 기본개념	27
[그림 IV-2] 빗물이용시설 분포 및 강우관측소 위치	28
[그림 IV-3] 작물별 월별 관수량	31
[그림 IV-4] 위미지역 농업용수 이용량과 수요량 비교	33
[그림 IV-5] 빗물 집수 면적과 빗물 이용량 비교	35
[그림 IV-6] 빗물 집수 면적과 빗물 이용률 비교	35
[그림 V-1] 제주도 강우관측소 현황	38
[그림 V-2] 연구지역 연도별 강수 특성(2009~2017)	39
[그림 V-3] 연구지역 월 강수량 및 강수일수	41
[그림 V-4] 의귀지역 빗물이용시설을 통한 유출량 및 횃수	42
[그림 V-5] 위미지역 빗물이용시설을 통한 유출량 및 횃수	42
[그림 V-6] 연구지역 빗물이용시설을 통한 월별 유출량 및 유출횃수	43

[그림 VI-1] 의귀지역 강수량에 따른 유출 빈도 및 유출량	46
[그림 VI-2] 위미지역 강수량에 따른 유출 빈도 및 유출량	49
[그림 VI-3] 의귀지역 빗물 이용 가능량	51
[그림 VI-4] 위미지역 빗물 이용 가능량	53
[그림 VI-5] 시설하우스 연계에 따른 빗물 확보 가능량	55

사진 차례

[사진 I-1] 제주도 남원읍 일대 위성사진	2
[사진 II-1] 남원읍 일대 도로 및 하류지역 침수 피해	12
[사진 III-1] 시설하우스 빗물 집수 및 도로 배수	22
[사진 III-2] 빗물이용시설 배수방법	25
[사진 III-3] 침투조 주변 오염원	25
[사진 IV-1] 평산시 빗물이용시설 내 지하수 공급	37

I. 연구 개요

1. 연구 배경 및 목적

1) 연구 배경

- 제주의 수자원은 96% 이상 지하수에 의존하고 있으나 최근 유입 인구 증가와 개발사업, 고소득 특용작물 및 시설하우스 증가 등으로 인해 용수 수요량이 급증함에 따라 지속적으로 지하수 개발이 이루어지고 있음
- 2017년 말 기준 제주도 총 인구는 678,772명으로 2013년 대비 12.25% 증가되었으며, 관광객 수도 2013년 대비 35.96% 증가(2017년 기준 14,753천명)되었음(제주특별자치도 주요행정통계, 2018)
- 시설하우스 면적 또한 2017년 기준 1,402천ha로 2013년(1,221천ha) 대비 14.88% 증가되었음(공공데이터포털, DATA.go.kr)
- 인문·환경 변화에 의한 용수 수요 증가로 최근 5년간(2013~2017) 상수도 용 지하수 관정은 82개소(77,650m³/일), 공공 농업용 지하수 관정은 37개소(28,540m³/일)가 개발되었음
- 제주의 지하수는 유한한 자원으로써 용수 수요가 발생할 때마다 지속적으로 개발·이용할 경우 지하수를 지속 이용가능한 자원으로 보전·관리하기에 한계가 있음(제주특별자치도, 2013)
- 특히, FTA 체결에 따른 1차 산업 경쟁력을 높이기 위한 정부 시책으로 시설하우스 지원 사업이 활발하게 이루어지면서, 농업용수 수요량 증가뿐만 아니라 이로 인한 불투수층 면적이 확대되면서 집중호우 시 지표유출량이 증가하여 하류지역 침수 피해 요인으로 작용하고 있음(사진 I-1)
- 시설하우스에서 재배되는 감귤은 노지감귤보다 약 9배 이상 물이 필요하므로 시설하우스 증가는 농업용수 수요량을 증가시키는 요인이 되고 있

음(제주특별자치도, 2013)

- 시설하우스에 내린 빗물은 도로변 배수로나 우수관을 통해 하천 등으로 배출시킴으로서 시설하우스가 밀집된 지역에서는 지표유출량이 과거에 비해 증가되고 있음
- 제주도에서는 이와 같은 수자원 환경변화에 적극적으로 대응하고 지하수를 지속이용가능한 수자원으로 보전·관리하기 위해 빗물이용시설 설치를 지원하고 있음
- 그러나 현재의 빗물이용시설은 시설규모가 1개소 당 100~150m³ 정도의 소규모 시설로서 20~30mm/일 이상의 강수가 2~3일 지속될 경우 빗물 이용시설은 단시간 내 가득 채워지고,
- 이후 빗물이용시설로 유입되는 빗물은 도로, 배수로, 우수관을 통해 하천으로 유출되거나 지하로 침투시키고 있음
- 빗물이용시설을 통해 지표로 유출되는 빗물은 초기우수배제시설과 빗물 저류시설을 거쳐 월류되기 때문에 농업용수로 활용하기에 양호한 수질을 보이며, 이러한 빗물을 활용할 수 있는 대책이 필요함



(a) 2008년 위성사진



(b) 2018년 위성사진

[사진 I -1] 제주도 남원읍 일대 위성사진(출처 : Daum Map)

2) 연구 목적

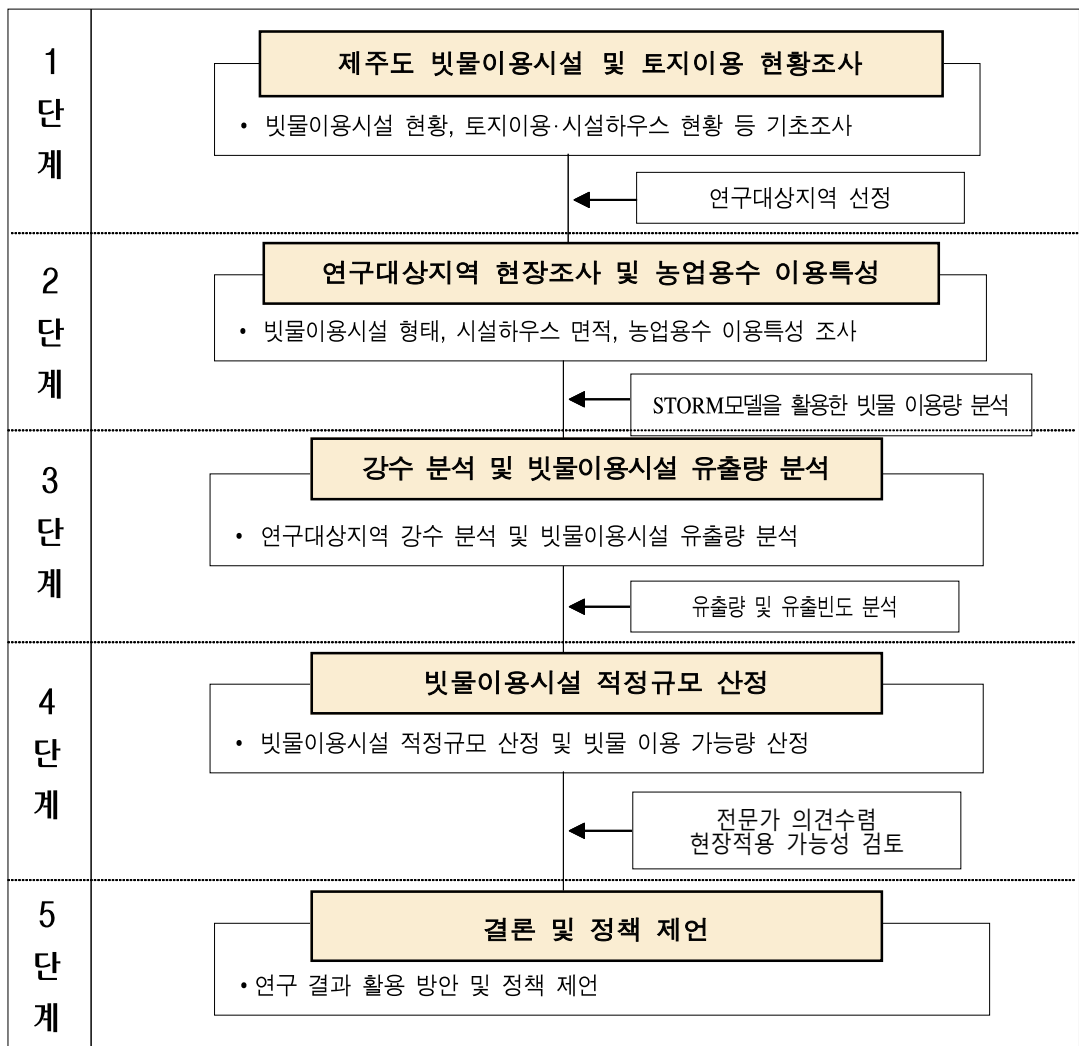
- 본 연구에서는 시설하우스에 설치되어 있는 빗물이용시설의 이용량을 분석하여 빗물이용시설 설치의 효율성을 정량적으로 평가하고,
- 강우-유출 특성에 따라 빗물이용시설을 통해 외부로 유출되는 빗물의 유출량과 유출횟수를 분석하여 효율적으로 빗물을 이용할 수 있는 대용량의 적정 빗물이용시설 규모를 산정하여 제시함으로써,
- 지하수 대체 수자원인 빗물 이용을 극대화 하여 제주 지하수를 지속 이용 가능한 자원으로 보전·관리함과 아울러 빗물 유출에 따른 농경지 침수 피해 예방 등을 위해 연구를 수행하였음

2. 연구 방법

- 제주도의 토지이용 현황과 시설하우스 분포 현황, 빗물이용시설 설치·운영 현황 등을 고려하여 연구대상지역을 선정하였음
 - 토지이용 현황은 2017년 말 기준 연속지적도 자료를 이용하였으며, 시설하우스 분포 현황은 토지피복도 자료(환경부, 2015)를 이용하였음
 - 빗물이용시설은 제주특별자치도 지하수 관리 조례에 의해 설치된 시설 현황을 조사하였으며, 농업용수 이용 특성은 공공 농업용 지하수 관정의 이용량과 빗물이용시설의 모니터링 결과를 기준으로 산정하였음
- 연구대상지역은 남원읍 의귀 지역과 위미 지역에서 공공 농업용 지하수를 사용하는 급수구역을 선정한 후 현장조사를 통해 빗물이용시설 운영 형태, 시설하우스 면적, 빗물 집수 면적 등을 조사하였음
- 강수특성의 분석은 기상청에서 관리되고 있는 남원 관측소, 태풍센터 기상 관측소의 9년(2009~2017년) 강수자료를 활용하였으며, 연도별, 월별, 강수일수 등 강수빈도를 분석하였음

- 현장조사 결과와 강수특성 분석결과를 기초로 시설하우스에 설치된 빗물 이용시설의 이용량과 빗물이용시설로부터 외부로 월류되는 빗물량을 정량적으로 분석하고, 강수빈도 분석 결과를 토대로 빗물이용시설의 적정규모를 산정하고 농업용수로서의 빗물 이용 가능량을 산정하였음

3. 연구 접근체계



[그림 I -1] 연구의 수행 흐름도

II. 제주도 빗물이용시설 및 토지이용 현황

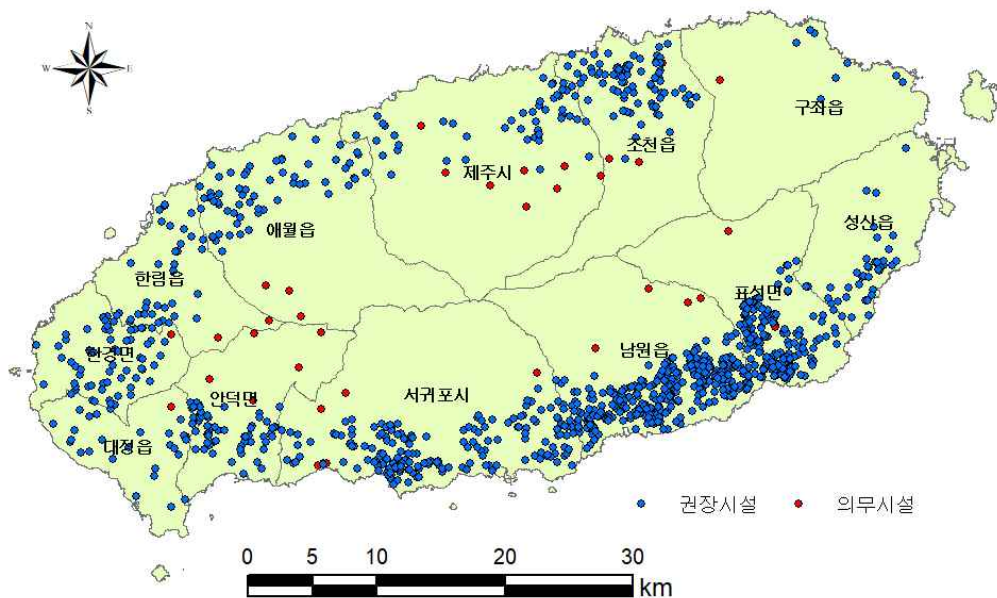
1. 빗물이용시설 현황

- “빗물이용시설”이란 건축물의 지붕면 등에 내린 빗물을 집수하여 생활용수, 농업용수, 공업용수 등으로 이용할 수 있는 시설을 말하며,
- 제주도의 빗물이용시설은 「제주특별자치도 설치 및 국제자유도시 조성을 위한 특별법」 제386조(빗물이용시설 등의 설치·관리 등) 및 「제주특별자치도 지하수 관리 조례」 제57조(빗물이용시설 등의 설치대상)의 규정에 의해 빗물이용시설 설치에 관한 사항 및 대상에 대한 기준을 정하고 있음
- 제주도 내 빗물이용시설은 의무대상 시설과 권장대상 시설로 구분되며, 의무대상 빗물이용시설은 총 40개소로서 골프장 30개소, 관광사업장 등 10개소가 설치되어 있음
 - 골프장은 사업장 부지에 내린 빗물을 펀드나 저류지로 집수하여 관개용수로 활용되며, 관광사업장은 건축물 지붕 등에 떨어진 빗물을 집수하여 청소용수 및 조경용수 등으로 이용되고 있음
 - 의무대상 빗물이용시설의 총 저류용량은 3,994천 m^3 임(1개소 당 평균 저류용량 99천 m^3)
- 권장대상 빗물이용시설은 총 1,076개소로서 전체의 99.2%(1,068개소)가 시설하우스 지붕에 내린 빗물을 집수하는 형태이며, 8개소는 건축물 지붕의 빗물을 집수하여 생활용수 및 공업용수 등으로 이용하고 있음
 - 권장시설의 총 저류용량은 148천 m^3 이고, 1개소 당 평균 저류용량은 138 m^3 임

<표 II-1> 제주도 빗물이용시설 현황

시설구분	시설형태	시설현황 (개소)	저류용량 (천㎡)	집수형태
의무시설	계	40	3,994	-
	골프장	30	3,982	사업장 부지
	관광사업장	10	12	건축물 지붕
권장시설	계	1,076	148	-
	시설하우스	1,068	147	시설하우스 지붕
	개인사업장	8	1	건축물 지붕
총계		1,116	4,142	-

출처 : 제주특별자치도 내부자료 (2017년 12월 기준)



[그림 II-1] 제주도 빗물이용시설 분포도

- 권장대상시설 중 시설하우스에 설치된 빗물이용시설은 1,068개소이며, 이 중 가장 많이 설치된 지역은 남원읍으로 전체의 27.5%인 294개소가 설치되어 있으며, 서귀포시 동지역 117개소(16.6%), 표선면 167개소(15.6%)가 설치되어 있음
- 서귀포시 동지역, 남원읍, 표선면 등 동남부지역에 설치된 빗물이용시설은 총 638개소로 전체의 59.73%를 차지하고 있음

<표 II-2> 지역별 빗물이용시설 현황

지역구분	빗물이용시설(개소)	비율(%)
제주시 동지역	48	4.49
구좌읍	8	0.75
조천읍	81	7.58
애월읍	63	5.90
한림읍	33	3.09
한경면	64	5.99
서귀포시 동지역	177	16.57
성산읍	42	3.93
표선면	167	15.64
남원읍	294	27.53
안덕면	60	5.62
대정읍	31	2.90
총합계	1,068	100.00

2. 토지이용 및 시설하우스 현황

1) 토지이용 현황

- 제주도의 토지이용은 제주도 지적공부상 면적 1,850.4km² 중 임야가 870.0km² (47.0%)로 가장 넓고, 밭은 358.8km²(19.4%), 과수원은 161.9km²(8.8%), 목장 용지는 154.9km²(8.4%) 순으로 분포되어 있음
- 농경지 분포를 지역별로 분류하면 제주시 동지역은 밭 면적이 26.5km²로 전체 10.4%를 차지하고, 과수원이 23.3km²(9.1%)이며,
- 서귀포시 동지역은 밭과 과수원 면적이 각각 30.2km²(11.8%), 30.6km²(12.0%)로 유사한 비율을 보이고 있음
- 한림읍과 애월읍, 구좌읍, 조천읍, 한경면, 추자면, 우도면, 대정읍, 성산읍, 안덕면, 표선면 지역은 밭 면적 비율이 15.4 ~ 64.7%로 과수원 면적 (0.0 ~ 8.2%)과 큰 차이를 보이고 있음
- 남원읍 지역은 과수원 면적이 43.8km²로 전체 면적 대비 23.2%를 차지하고 있으며, 밭은 11.1km²(5.9%)임

<표 II-3> 지역별 토지이용 현황

(단위 : km², %)

지역		합계	전	답	과수원	목장용지	임야	대지	기타
제주도	면적	1,850.36	358.80	6.58	161.93	154.91	870.00	72.00	226.14
	비율	100.00	19.39	0.36	8.75	8.37	47.02	3.89	12.22
제주시 동지역	면적	255.82	26.53	0.48	23.26	18.96	120.79	21.22	44.58
	비율	100.00	10.37	0.19	9.09	7.41	47.22	8.30	17.43
한림읍	면적	91.23	30.12	0.20	4.83	10.86	27.83	3.61	13.78
	비율	100.00	33.01	0.21	5.30	11.90	30.51	3.96	15.11
애월읍	면적	202.40	42.45	0.56	9.94	22.41	97.57	6.59	22.88
	비율	100.00	20.97	0.28	4.91	11.07	48.21	3.25	11.31
구좌읍	면적	186.02	43.93	0.31	0.98	27.70	89.15	3.70	20.24
	비율	100.00	23.62	0.17	0.53	14.89	47.93	1.99	10.88
조천읍	면적	150.70	23.25	0.01	12.81	19.45	77.55	3.64	13.99
	비율	100.00	15.43	0.00	8.50	12.91	51.46	2.41	9.28
한경면	면적	79.14	34.43	0.96	6.56	0.22	24.67	2.45	9.86
	비율	100.00	43.50	1.22	8.28	0.28	31.17	3.09	12.46
추자면	면적	7.32	1.45	0.03	0.00	0.00	4.83	0.29	0.71
	비율	100.00	19.87	0.44	0.00	0.00	66.01	4.01	9.66

지역		합계	전	답	과수원	목장용지	임야	대지
우도면	면적	6.18	4.00	0.00	0.00	0.00	0.89	0.47
	비율	100.00	64.66	0.06	0.00	0.04	14.39	7.55
서귀포시 동지역	면적	255.28	30.20	2.87	30.60	6.05	143.66	12.13
	비율	100.00	11.83	1.12	11.98	2.37	56.27	4.75
대정읍	면적	78.74	39.79	0.45	5.32	1.89	14.79	3.63
	비율	100.00	50.54	0.58	6.75	2.40	18.78	4.61
남원읍	면적	189.10	11.13	0.00	43.83	8.97	103.75	3.88
	비율	100.00	5.89	0.00	23.18	4.74	54.86	2.05
성산읍	면적	107.62	26.42	0.11	7.93	4.16	52.72	4.08
	비율	100.00	24.55	0.10	7.37	3.86	48.98	3.79
안덕면	면적	105.62	20.08	0.59	6.14	7.13	54.64	3.32
	비율	100.00	19.02	0.55	5.82	6.75	51.73	3.14
표선면	면적	135.19	25.01	0.00	9.74	27.11	57.18	3.00
	비율	100.00	18.50	0.00	7.21	20.05	42.29	2.22

출처 : 제주특별자치도, 지목별 지적공부 등록현황 (2017년 12월 기준)

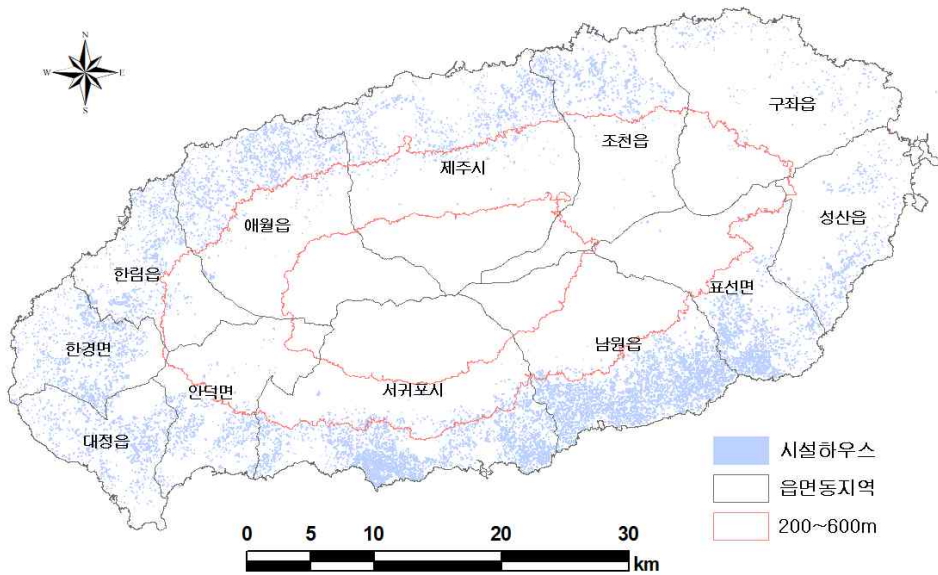
기타 : 도로, 창고, 주차장, 학교, 공장, 주유소, 제방, 하천, 구거, 유지, 양어장, 수도용지, 공원, 체육용지, 유원지, 종교용지, 사적지, 묘지, 잡종지, 광천지, 염전

2) 시설하우스 분포 현황

- 시설하우스 분포 현황 분석은 환경부에서 제공하는 토지피복도(2015) 자료를 활용하여 Arc GIS에서 분석하였음
- 남원읍의 시설하우스 면적은 13,912천㎡로 도 전역 시설하우스 면적(52,717천㎡)의 26.4%를 차지하고 있으며, 그 다음이 서귀포시 동지역으로 11,332천㎡(21.5%)를 차지하고 있음
- 남원읍과 서귀포시 동지역의 주요 재배작물은 노지(온주)감귤이지만, 최근에는 가온하우스, 비가림, 만감류 등 경쟁력 있는 시설작물로 전환하고 있어 시설하우스가 도 전체 면적의 47.9%를 차지할 정도로 많이 분포하고 있는 것으로 판단됨

<표 II-4> 지역별 시설하우스 면적

지역구분	시설하우스 면적(㎡)	비율(%)
제주시 동지역	2,965,260	5.62
구좌읍	588,138	1.12
조천읍	2,267,974	4.30
애월읍	3,607,893	6.84
한림읍	2,199,121	4.17
한경면	3,480,146	6.60
서귀포시 동지역	11,332,040	21.50
성산읍	1,792,476	3.40
표선면	5,419,386	10.28
남원읍	13,912,523	26.39
안덕면	2,058,427	3.90
대정읍	3,093,877	5.87
총합계	52,717,261	100.00



[그림 II-2] 지역별 시설하우스 분포도

- 시설하우스에 내린 비는 대부분 지표로 유출되기 때문에 지하수 함양을 감소시킬 뿐만 아니라
- 일반 농경지보다 강수에 의한 유출량이 많고 침투유출이 높으며, 유출 발생시간도 빠르기 때문에, 집중호우 시에는 농로 및 하류지역 농경지, 저지대 침수피해의 원인이 되고 있음(최경숙, 2014) (사진 II-1)

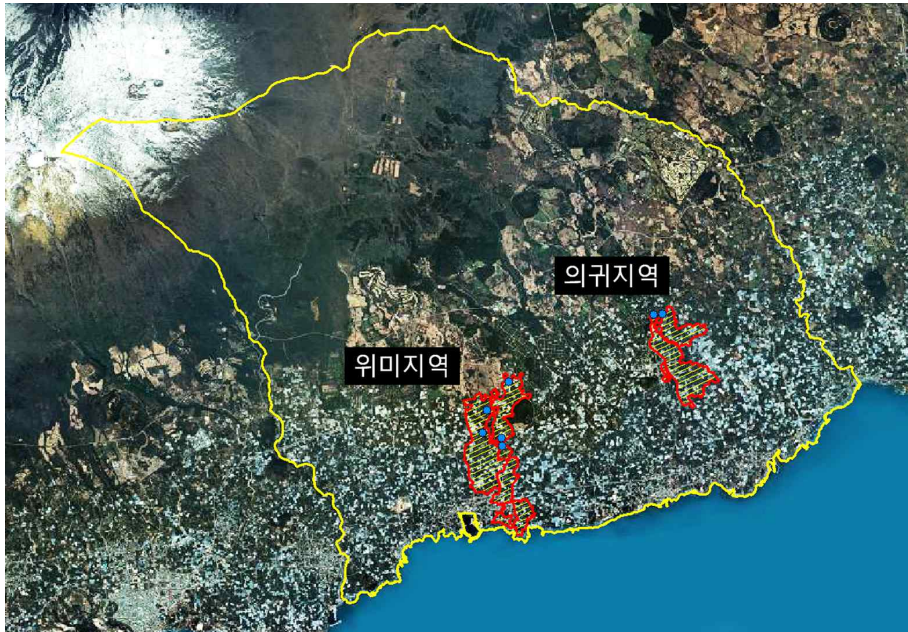


[사진 II-1] 남원읍 일대 도로 및 하류지역 침수 피해 (2018년 집중호우)

Ⅲ. 연구대상지역 선정 및 현장조사

1. 연구대상지역 선정

- 본 연구에서는 제주도의 토지이용 현황과 시설하우스 분포 현황, 빗물 이용시설 설치현황 등을 고려하여 남원읍 의귀리와 위미리 지역을 연구대상지역으로 선정하였음
- 남원읍 지역은 제주도에서 과수원 면적이 가장 넓어 시설하우스 면적도 가장 넓고 빗물이용시설도 가장 많이 설치되어 있음
- 남원읍 의귀와 위미 지역에서 농업용수 이용 현황과 빗물시설 현황을 조사하기 위해 공공 농업용 지하수 관정의 급수구역을 연구 범위로 선정하였음(그림 III-1)
- 의귀리 지역은 F-389, D-256 공공 농업용 지하수 관정의 급수구역을 연계하여 연구범위로 선정하였으며,
- 위미리 지역은 F-626, F-516, F-390, F-280, D-245 지하수 관정의 급수구역을 연계하여 선정하였음



[그림 III-1] 연구대상지역

2. 연구지역 토지이용 및 시설하우스 분포 현황

1) 연구지역 토지이용 현황

- 제주도 연속지적도(2017)를 활용하여 연구지역의 토지이용 현황을 분석한 결과, 의귀와 위미 지역의 과수원 면적 비율은 각각 72.6%, 62.0%를 차지하고 있음
- 의귀지역의 과수원 면적은 1,583천㎡으로 총 면적(2,179천㎡) 대비 72.6%를 차지하고, 밭은 218천㎡로 10.0%를 차지하고 있음
- 위미지역의 과수원 면적은 2,459천㎡으로 총 면적(3,967천㎡) 대비 62.0%를 차지하고, 임야가 581천㎡으로 14.7%, 밭은 449천㎡로 11.3%를 차지하고 있음

<표 Ⅲ-1> 연구지역 토지이용 현황

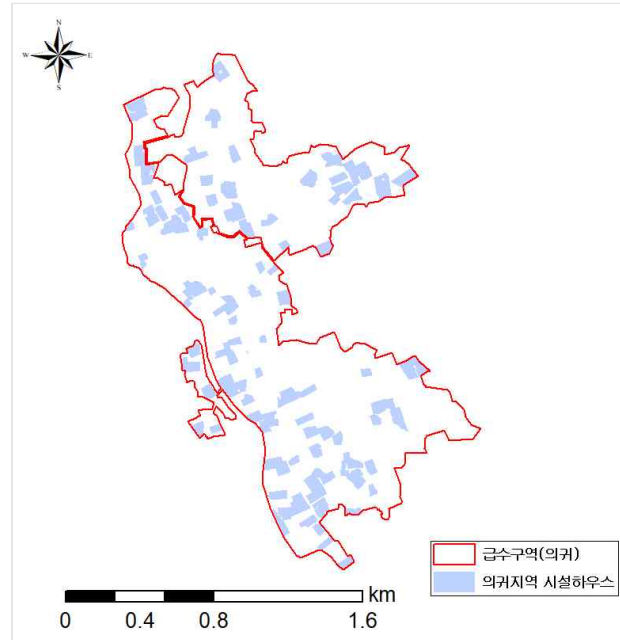
지목구분	의귀지역		위미지역	
	면적(m ²)	비율(%)	면적(m ²)	비율(%)
과수원	1,582,501	72.62	2,458,959	61.98
전	218,391	10.02	448,556	11.31
임야	142,350	6.53	581,233	14.65
대지	46,602	2.14	93,151	2.35
기타	189,411	8.69	385,418	9.71
총 계	2,179,255	100.00	3,967,318	100.00

2) 연구지역 시설하우스 분포 현황

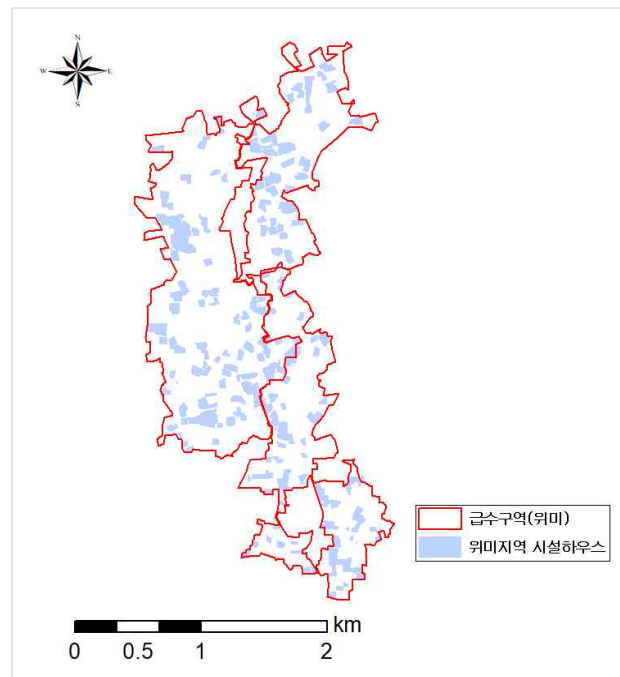
- 의귀지역의 시설하우스 면적은 429천m²으로 농경지 면적의 82.6%를 차지하고 있으며, 위미지역의 시설하우스 면적은 827천m²으로 농경지 면적의 73.3%를 차지하고 있음
- 따라서, 이들 지역은 시설하우스 면적의 비율이 타 지역보다 높다 보니 시설하우스 특성상 연중 물을 관수해야 하므로 농업용수 이용량이 많을 수 밖에 없는 지역임

<표 Ⅲ-2> 연구지역 시설하우스 면적

구 분	의귀지역	위미지역
연구지역 총 면적(m ²)	2,179,255	3,967,318
농경지 면적(m ²)	1,800,891	448,556
시설하우스 면적(m ²)	429,362	826,803
농경지 면적 대비 비율(%)	82.6	73.3



[그림 III-2] 의귀지역 시설하우스 분포도



[그림 III-3] 위미지역 시설하우스 분포도

3. 연구지역 농업용수 이용특성

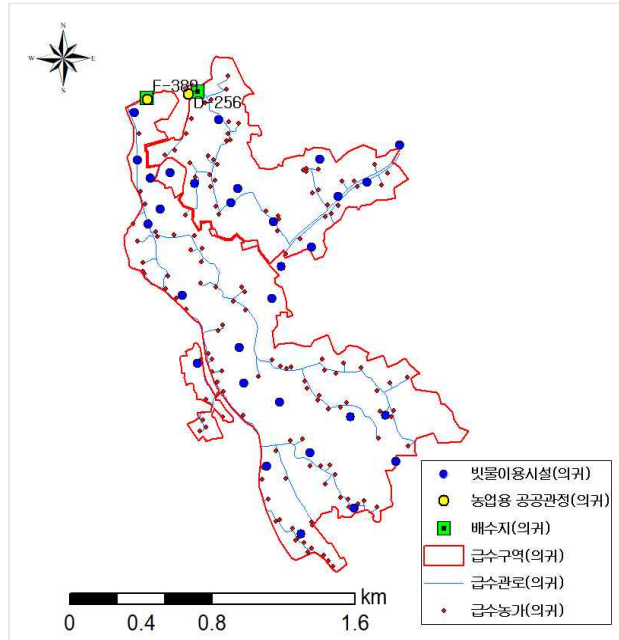
- 연구지역의 농업용수 이용량은 공공 농업용 지하수 관정을 통해 농가로 공급된 양과 급수구역 내 설치된 빗물이용시설의 빗물 이용량을 기준으로 산정하였음
- 공공 농업용 지하수 관정의 사용량은 2013 ~ 2017년까지 한국농어촌공사에서 분석한 지하수 이용량 자료를 활용하였음
- 빗물 이용량은 제주특별자치도 수자원종합계획(2013)에서 감귤, 한라봉, 만감류를 대상으로 현장조사를 통해 산정된 빗물 이용량 조사결과를 인용하였음
- 의귀지역과 위미지역에 설치된 빗물이용시설은 30개소와 31개소로 <표 III-3>에서 산정된 월평균 빗물 이용량을 적용하여 각 지역별 빗물 이용량을 <표 III-4>와 <표 III-5>에 제시하였음

<표 III-3> 작물별 월평균 빗물 이용량

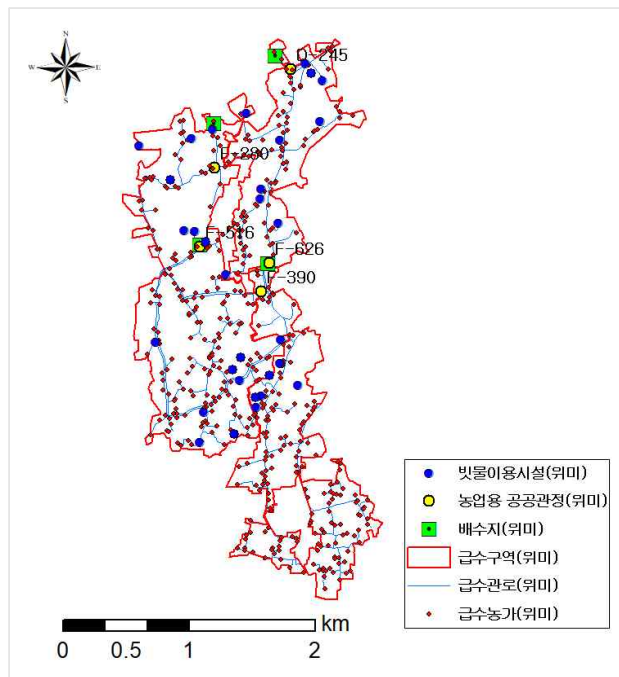
(단위 : m³)

구분	감귤	한라봉	만감류	평균
1월	56.3	30	40.4	42.2
2월	120	88.9	161.8	123.6
3월	217.8	245.9	208.9	224.2
4월	281.7	296.8	219.3	265.9
5월	311.1	318.2	349.9	326.4
6월	273.2	252.6	261.2	262.3
7월	303.9	307.2	296.4	302.5
8월	171.5	240.8	199.6	204
9월	113.9	134.2	117.9	122
10월	190.3	137.3	126.1	151.2
11월	51	63.6	93.9	69.5
12월	47	20.2	67.7	45
월평균	178.1	178.0	178.6	178.2

출처 : 제주특별자치도, 수자원종합계획(2013-2022), 2013



[그림 III-4] 의귀지역 빗물이용시설 및 공공 농업용 지하수 공급 현황



[그림 III-5] 위미지역 빗물이용시설 및 공공 농업용 지하수 공급 현황

1) 의귀지역 농업용수 이용특성

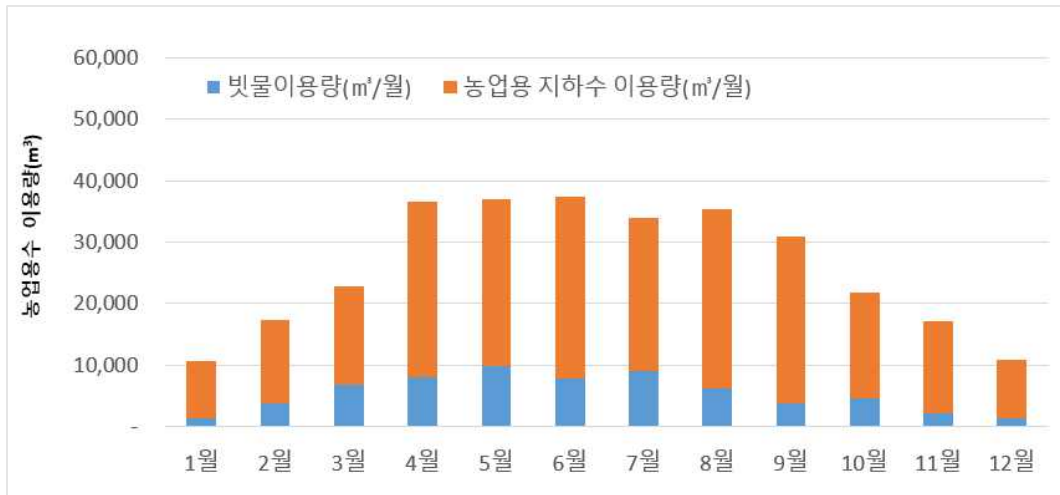
- 의귀지역의 연 평균 농업용수 이용량은 총 311,551m³이며 이 중 공공 농업용 지하수 이용량은 247,386m³, 빗물 이용량은 64,165m³임
- 공공 농업용 지하수 이용량은 전체 농업용수 이용량의 79.4%이며, 빗물이용 비율은 20.6%임
- 공공 농업용 지하수가 공급되는 농가 수는 151개소로, 1농가당 월평균 136.5m³을 이용하는 것으로 분석되었음
- 농업용수를 가장 많이 사용하는 시기는 4월부터 9월까지로, 연간 지하수 이용량의 67.7%(211,156m³)가 이 시기에 이용되고 있음

<표 Ⅲ-4> 의귀지역 농업용수 이용량

(단위 : m³)

구분	공공 농업용 지하수 사용량	빗물 이용량*	농업용수 이용량
1월	9,438	1,267	10,705
2월	13,665	3,707	17,372
3월	16,054	6,726	22,780
4월	28,514	7,978	36,492
5월	27,260	9,792	37,052
6월	29,565	7,870	37,435
7월	24,884	9,075	33,959
8월	29,218	6,119	35,337
9월	27,221	3,660	30,881
10월	17,232	4,537	21,769
11월	14,935	2,085	17,020
12월	9,400	1,349	10,749
총계	247,386	64,165	311,551
평균	20,616	9,872	30,488

*2013년 수자원관리종합계획 모니터링 결과를 이용하여 산정



[그림 III-6] 의귀지역 농업용수 이용량

2) 위미지역 농업용수 이용특성

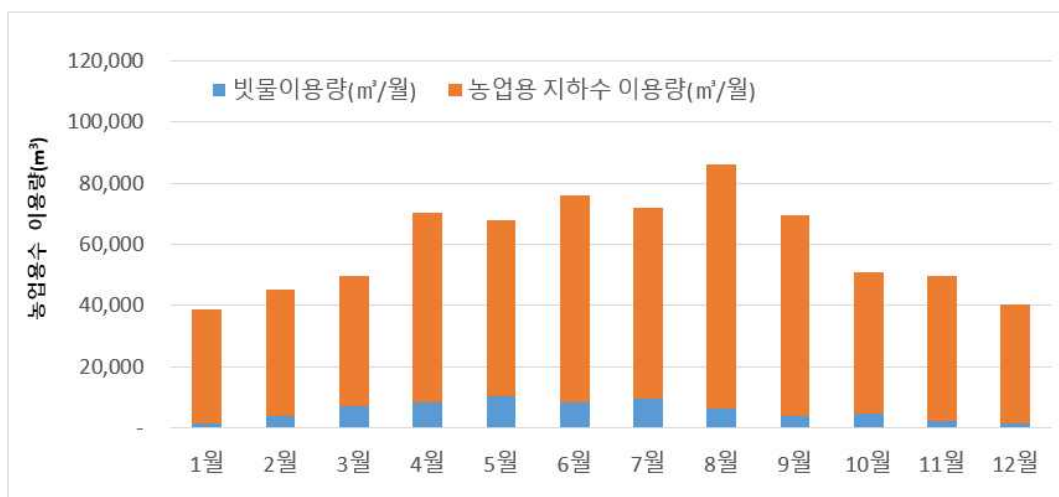
- 위미지역에서 연간 이용되는 농업용수는 715,763m³로 의귀지역 농업용수 이용량 대비 2.3배 많은 것으로 조사됨
- 위미지역이 의귀지역보다 면적(연구대상 면적기준)이 1.8배 넓고, 급수농가는 3.0배 많음에 따라 공공 농업용 지하수 관정도 의귀지역은 2개소, 위미지역은 5개소가 개발·이용 중임
- 위미지역의 공공 농업용 지하수 사용량은 649,459m³로 전체 농업용수의 90.7%를 차지하고, 빗물 이용량은 66,304m³로 전체 농업용수 이용량의 9.3%임
- 위미지역과 의귀지역의 농업용수 이용량은 큰 차이를 보이지만, 빗물 이용량이 비슷하게 나타나는 이유는 빗물이용시설이 의귀지역 30개소, 위미지역 31개소로 유사하게 설치되어 있기 때문임

<표 Ⅲ-5> 위미지역 농업용수 이용량

(단위 : m³)

구분	공공 농업용 지하수 이용량	빗물 이용량*	농업용수 이용량
1월	37,419	1,309	38,728
2월	41,425	3,831	45,256
3월	42,489	6,950	49,439
4월	62,064	8,244	70,308
5월	57,888	10,118	68,006
6월	67,685	8,132	75,817
7월	62,680	9,378	72,058
8월	80,006	6,323	86,329
9월	65,646	3,782	69,428
10월	45,958	4,688	50,646
11월	47,389	2,155	49,544
12월	38,811	1,394	40,205
총계	649,459	66,304	715,764
평균	54,122	10,201	64,323

*2013년 수자원관리종합계획 모니터링 결과를 이용하여 산정



[그림 Ⅲ-7] 위미지역 월별 공공 농업용 지하수 이용량

4. 빗물이용시설 운영 실태 조사

- 연구대상지역 내 빗물이용시설이 설치되어 있는 농가를 대상으로 시설하우스 면적, 빗물 집수 면적, 빗물 저류시설 규모 등 빗물이용시설의 운영 실태를 조사하였음

1) 시설하우스 면적과 빗물 집수 면적

- 강수 시 시설하우스에 내린 빗물은 대부분 빗물받이를 통해 빗물 저류시설로 유입되거나 도로로 배출되고 있음(사진 Ⅲ-1)
- 그러나, 시설하우스에 내린 빗물과 빗물받이로 받아진 빗물 중 일부는 저류시설로 유입되지 않고 시설하우스 구조에 따라 농경지나 시설하우스 밖으로 배출되고 있음
- 저류시설로 유입되는 빗물이 집수되는 면적인 빗물 집수 면적은 빗물 이용 가능량을 산정하기 위한 기준이 되기 때문에
- 본 연구에서는 현장조사를 통해 시설하우스의 구조와 빗물받이의 경로 등을 상세히 조사하여 시설하우스 면적과 빗물 집수 면적을 산정하였음



[사진 Ⅲ-1] 시설하우스 빗물 집수 및 도로 배수

- 조사결과 의귀지역의 시설하우스 면적은 평균 6,689㎡이며, 빗물 집수 면적은 평균 5,318㎡로 시설하우스 대비 집수 면적은 약 77.2%로 산정되었음
- 위미지역의 시설하우스 면적은 평균 6,316㎡이며, 빗물 집수 면적은 평균 4,583㎡로 시설하우스 대비 집수 면적은 약 72.5%로 나타남

<표 III-6> 연구지역 시설하우스 및 빗물 집수 면적

구 분	시설하우스 면적(㎡)	빗물 집수 면적(㎡)	시설하우스 대비 집수 면적 비율(%)
의귀지역	6,689.4	5,318.4	79.5
위미지역	6,315.7	4,582.9	72.5

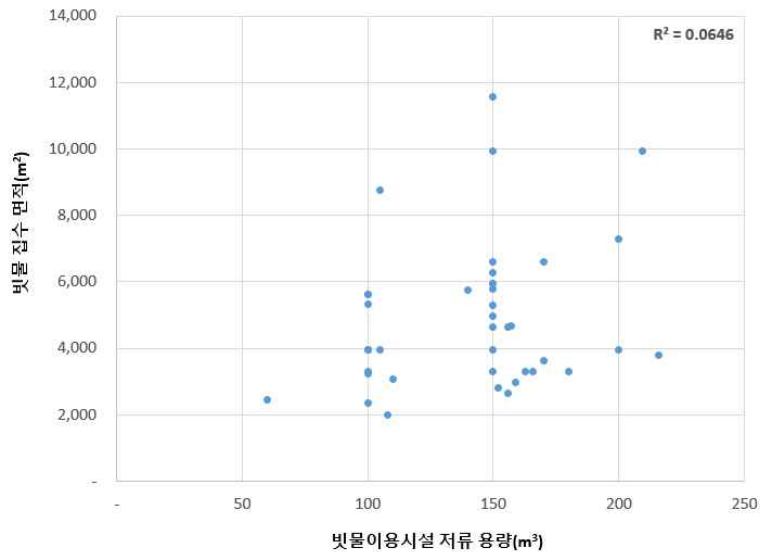
2) 빗물이용시설의 저류시설 규모

- 도 전역 시설하우스에 설치된 빗물이용시설은 대부분 100~150㎥ 규모로 설치되어 있음
- 의귀지역 빗물이용시설의 저류시설 규모도 100 ~ 209㎥로 평균 148㎥이며, 위미지역은 60 ~ 216㎥ 규모로 평균 136㎥임

<표 III-7> 연구지역 빗물이용시설의 저류시설 규모

구 분	의귀지역	위미지역
저류시설 규모(㎥)	148.3	135.7

- 시설하우스의 빗물 집수 면적과 빗물이용시설 저류조 용량과의 상관성을 분석한 결과 R^2 는 0.0646으로 상관성이 매우 낮은 것으로 나타나 현재의 빗물이용시설 저류조는 빗물 집수면적을 고려하지 않고 설치된 것임을 알 수 있음(그림 III-8)



[그림 III-8] 시설하우스의 빗물 집수 면적과 저류시설 규모와의 상관관계

3) 빗물 저류 용량을 초과하는 빗물의 처리 방법

- 도내에 설치된 대부분의 빗물이용시설에서는 빗물 저류시설의 용량을 초과하는 빗물은 도로(배수로, 우수관)나 하천으로 배수시키고 있음
- 시설하우스 인근에 도로나 하천 등이 없는 경우, 빗물이용시설에서 외부로 유출되는 빗물을 지하로 침투시킬 수 있도록 침투조를 설치한 곳도 일부 있음
 - 빗물 침투조는 지표면 아래로 2~3m 정도 굴착한 후 자갈이나 석분으로 되메움 하여 빗물이 잘 유입될 수 있도록 되어 있음
 - 그러나 현재의 침투조는 외부에 직접 노출되어 있고, 오염방지시설도 없는 상태여서 지하수 오염에 취약한 구조로 되어 있어 침투조 설치 규격이나 가이드라인 등 지하수 오염방지를 위한 방안을 마련하여 시행해야 할 것으로 사료됨(사진 III-3)

Ⅲ. 연구대상지역 선정 및 현장조사



(a) 침투조



(b) 도로배수

(c) 하천배수

[사진 Ⅲ-2] 빗물이용시설 배수방법



(a) 침투조 주변 오염물질 방치

(b) 침투조 상부 농약교반 시설

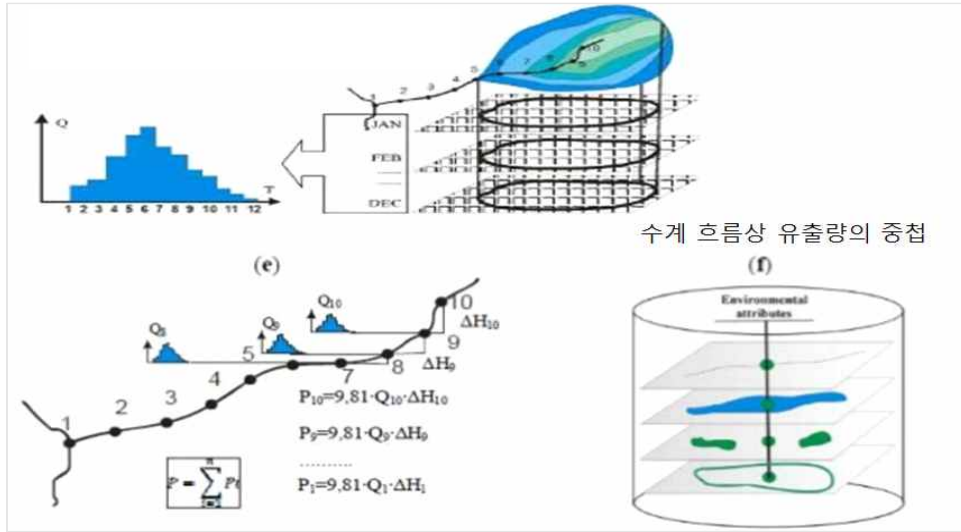
[사진 Ⅲ-3] 침투조 주변 오염원

IV. STORM 모델을 이용한 빗물이용시설의 이용량 평가

- 본 장에서는 의귀 지역에 설치된 빗물이용시설의 빗물이용량을 평가하기 위해 현장조사에서 조사된 빗물 집수 면적과 저류시설 규모를 강우-유출 분석 모형인 STORM 모델에 입력하여 현재 이용 중인 빗물이용시설의 빗물 이용량을 분석하였음

1. STORM 모델 개요

- STORM 모델은 확정론적(deterministic modelling) 강우-유출모형이며, 도시 지역과 자연 지역의 모든 수문 요소를 포함하고 있어 다양한 모든 수문 현상의 모의가 가능함
- 특히, 자연 유역 수문 분석 뿐만 아니라 빗물 이용, 분산형 빗물 관리 등 대체수자원 이용 효과 분석을 통한 물 순환 계획 수립에 용이한 모델임
- 강우-유출 분석을 위해서는 유출량에 영향을 미치는 요소에 대한 공간적 분석이 필요하며,
 - 유출 발생(Runoff generation), 유출 집중(Runoff concentraion) 현상에 대하여 설명이 가능한 입력데이터가 고려됨
 - 이러한 데이터들을 GIS SW를 활용하여 전처리 후, STORM모델에 입력하였음(그림 IV-1)



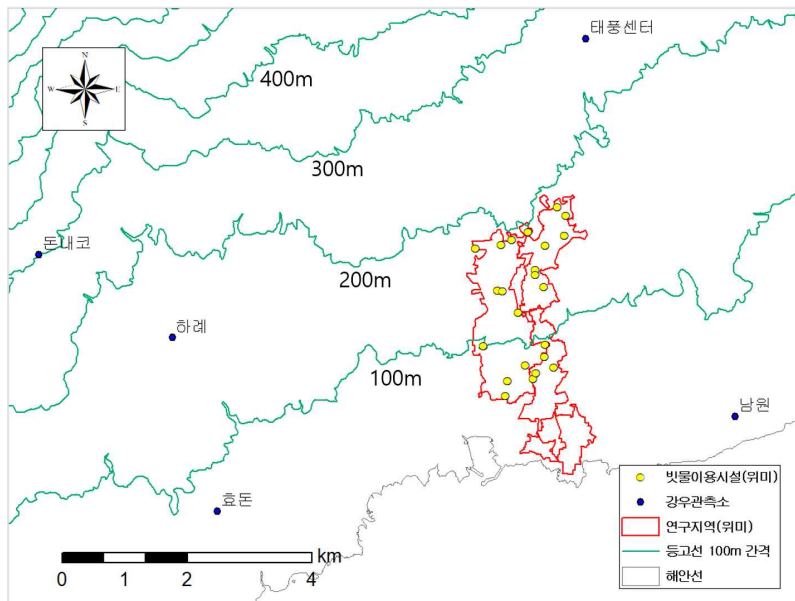
[그림 IV-1] STORM모델의 기본개념

2. 입력자료 구축

- 빗물이용시설의 이용량 분석을 위해 필요한 자료는 다음과 같음
 - ① 빗물이용시설의 위치 현황
 - ② 시간 단위의 강수 자료
 - ③ 빗물 집수 면적
 - ④ 빗물 저류시설 규모
 - ⑤ 재배작물에 따른 농업용수 수요량
- 빗물이용시설은 위미지역 상류에 위치한 23개소를 적용하였으며, 강수 자료는 위미지역 인근 하례관측소 자료를 활용하였음(그림 IV-2)
- 본 연구에서는 빗물이용시설의 이용량을 정량적으로 검토해 보기 위해 현장조사가 이루어진 빗물이용시설 중 상류지역에 위치한 23개소의 빗물

이용시설을 대상으로 모델에 적용하였음

- 강수량자료는 고도에 의한 강수 편차를 최소화하기 위해 연구지역 인근에 위치한 하례 관측소의 2016년 시간 강수량자료를 활용하였음



[그림 IV-2] 빗물이용시설 분포 및 강우관측소 위치

- 빗물이용시설의 빗물 집수 면적과 저류시설의 규모는 3장 ‘빗물이용시설 실태조사’에서 조사된 위미지역 현장조사 결과를 적용하였으며(표 IV-1),
- 농업용수 수요량은 일반적으로 10년 주기 가뭄빈도를 고려하여 증발산량, 강수량, 재배작물 변화 상태를 분석하여 산정하지만, 규모가 작은 경우에는 시간과 경비 측면에서 낭비 요소가 많으며
- 좀 더 현실적인 측면을 고려하여 제주특별자치도 농업기술원에서 작물 재배기술을 보급하면서 제안하고 있는 작물별 관수량과 관수주기에 따라 농업용수 수요량을 추정하였음(표 IV-2)
- 또한, 모델에서 빗물과 지하수 이용의 우선순위는 우선적으로 빗물을 활

용하고, 부족한 양은 공공 농업용 지하수로 공급하는 것으로 가정하였음

- 농업용수의 이용 시기는 농업기술원에서 제안하고 있는 작물별 관수량과 관수시기를 적용하였음

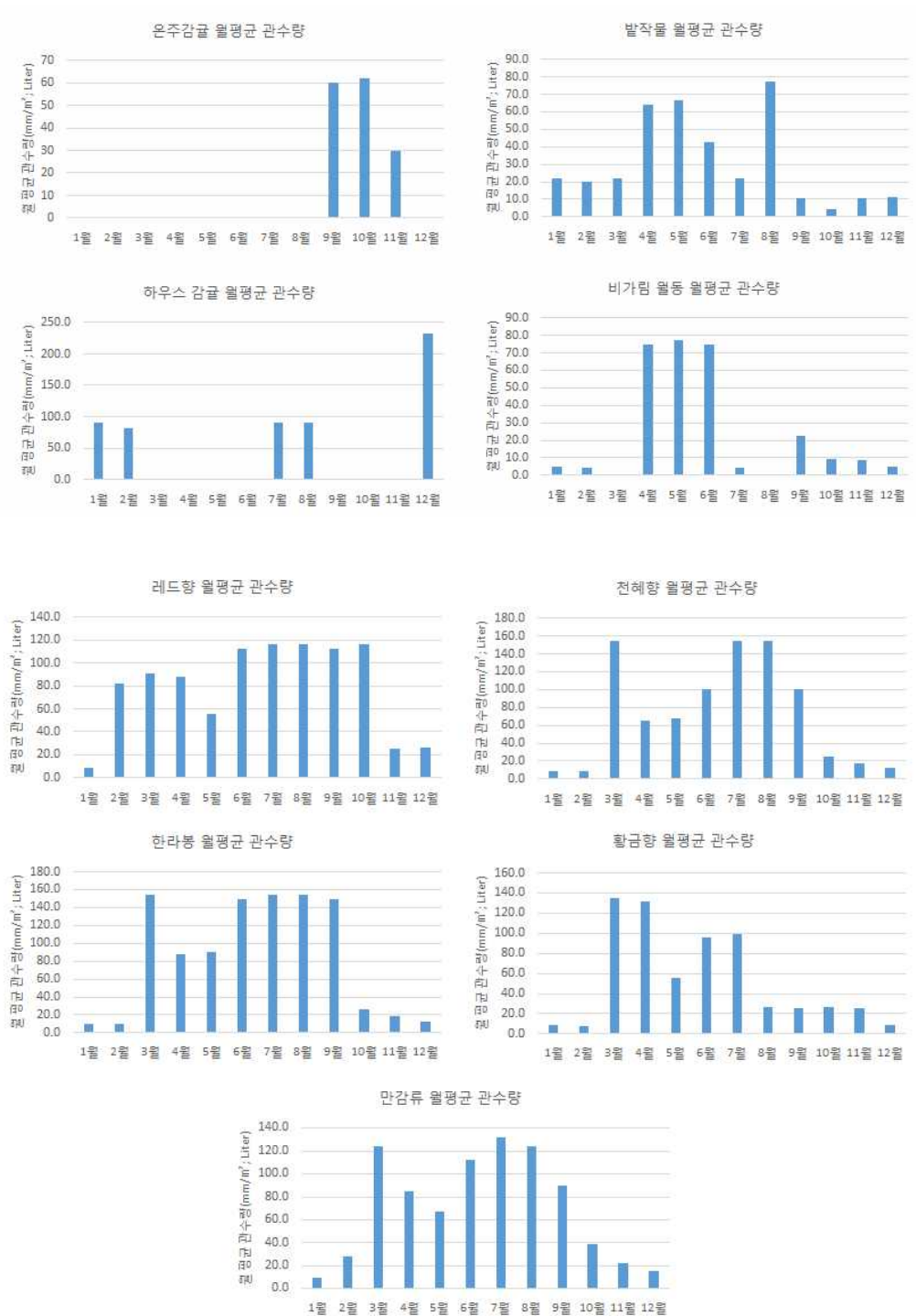
<표 IV-1> 빗물이용시설 입력자료

NO	저류시설						빗물 집수 면적(m ²)
	길이 (m)	폭 (m)	깊이 (m)	월류높이 (m)	면적 (m ²)	용량 (m ³)	
1	6.25	8	3	3	50	150	6,875
2	8.2	7	3	3	57.4	172.2	6,300
3	7.0	5	3	3	35	105	4,548
4	6.25	8	3	3	50	150	7,425
5	8.25	8.1	3	3	66.8	200.5	3,960
6	6.5	8	3	3	52	156	4,620
7	6.25	8	3	3	50	150	5,940
8	6.33	8	3	3	50.6	152	5,530
9	6.25	8	3	3	50	150	3,300
10	6.0	8.5	3	3	51	153	6,600
11	6.25	8	3	3	50	150	4,986
12	6.1	6	3	3	36.6	110	2,644
13	5.53	10	3	3	55.3	166	3,438
14	6.54	8	3	3	52.3	157	3,790
15	6.0	6	3	3	36	108	1,800
16	6.25	8	3	3	50	150	3,300
17	6.5	8	3	3	52	156	2,800
18	5.56	6	3	3	33.4	100	3,930
19	5.55	6	3	3	33.3	99.9	4,200
20	5.0	7	3	3	35	105	7,000
21	5.5	4	3	3	22	66	2,300
22	8	9	3	3	72	216	6,469
23	7.1	7.1	3	3	50.4	151.2	2,876

<표 IV-2> 작물별 관수주기 및 관수량(제주특별자치도 농업기술원, 2017)

구 분		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
노지 온주	관수량 (m ³ /10a)	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	10	0
	간격 (일)	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	0
하우스 감귤	관수량 (m ³ /10a)	15~20	15~20	0	0	0	0	15~20	15~20	0	0	0	20~40
	간격 (일)	5~7	5~7	0	0	0	0	5~7	5~7	0	0	0	4~5
비가 림월동	관수량 (m ³ /10a)			10	10	10	10	1		7~8	3	3	1~2
	간격 (일)			4~5	4~5	4~5	4~5	7~10		10	10	10	10
레드 향	관수량 (m ³ /10a)	5	15~20	15~20	15~20	10~15	10~20	10~20	10~20	10~20	10~20	5~7	5~7
	간격 (일)	15~20	5~7	5~7	5~7	7	3~5	3~5	3~5	3~5	3~5	7	7
한라 봉	관수량 (m ³ /10a)	5		20	15~20	15~20	20	20	20	20	10	5~10	5
	간격 (일)	15		3~5	5~7	5~7	3~5	3~5	3~5	3~5	10~15	10~15	10~15
천혜 향	관수량 (m ³ /10a)	5		20	15~20	15~20	20	20	20	20	10	5~10	5
	간격 (일)	15~20		3~5	7~10	7~10	5~7	3~5	3~5	5~7	10~15	10~15	10~15
황금 향	관수량 (m ³ /10a)	5	5	15~20	15~20	10~15	20~25	20~25	5~7	5~7	7~10	7~10	5
	간격 (일)	15~20	15~20	4~5	4~5	7	7	7	7	7	10	10	15~20
밭 작물	관수량 (m ³ /10a)	10	10	10	15	15	10	10	25	5	2	5	5
	관수 간격 (일)	14	14	14	7	7	7	14	10	14	14	14	14

IV. STORM 모델을 이용한 빗물이용시설 이용량 분석



[그림 IV-3] 작물별 월별 관수량

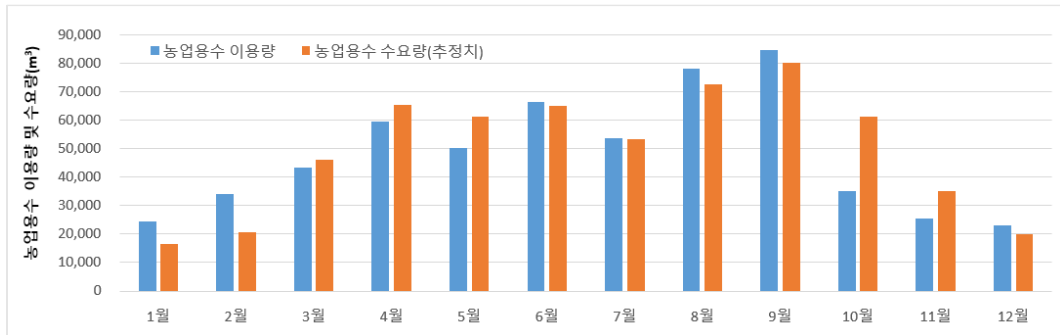
- <표 IV-3>과 [그림 IV-4]는 위미지역의 농업용수 수요량을 추정한 결과이며, 1~2월과 5월, 10월을 제외하고 농업용수 이용량과 유사하게 산정되었음
- 농업용수 이용량은 577천m³로 3장 '위미지역 농업용수 이용특성(농업용수 이용량 715천m³)'과 상이하게 나타난 이유는 3장 '농업용수 이용특성'에서는 2013년부터 2017년 평균값을 적용하였으며, 이 장에서는 강수량 결과와 연계하여 분석하기 위해 2016년 자료만을 활용하였기 때문임

<표 IV-3> 위미지역 농업용수 이용량 및 농업용수 수요량 추정

(단위 : m³)

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월
공공 농업용 지하수 이용량	23,470	31,368	38,016	53,380	42,620	60,512	46,614
빗물 이용량	971	2,842	5,157	6,116	7,507	6,034	6,958
농업용수 이용량	24,442	34,210	43,173	59,496	50,127	66,545	53,571
농업용수 수요량	16,540	20,732	46,257	65,410	61,372	65,024	53,225

구 분	8월	9월	10월	11월	12월	합계
공공 농업용 지하수 이용량	73,410	81,865	31,582	23,765	21,977	528,579
빗물 이용량	4,691	2,806	3,478	1,599	1,034	49,193
농업용수 이용량	78,102	84,671	35,061	25,363	23,011	577,772
농업용수 수요량	72,446	80,106	61,191	34,942	19,815	597,062



[그림 IV-4] 위미지역 농업용수 이용량과 수요량 비교

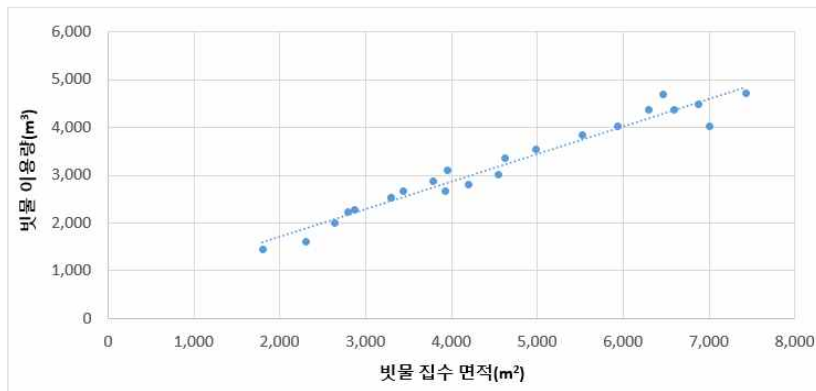
3. 빗물 이용량 분석 결과

- STORM 모델을 이용하여 위미지역 23개소 빗물이용시설의 빗물 이용량을 분석한 결과 연간 73,193㎥의 빗물이 이용되고 있는 것으로 분석되었으며, 농가별 연평균 이용량은 3,180㎥으로 나타났음
- 농가별 농업용수 수요량 대비 빗물 이용량의 비율은 65.0 ~ 92.0%로 연평균 81.3%가 빗물로 활용되는 것으로 분석되었음
 - 이 결과는 위미지역 빗물이용시설 31개소 중 23개소만을 대상으로 산정한 결과로 3장에서 제시한 빗물이용률은 연구대상지역의 전체 농업용수 이용량과 전체 빗물이용량을 비교한 결과이므로 빗물이용 비율의 차이가 있음
 - 각 농가별 빗물이용률이 높게 분석되는 이유는, 연구대상지역 농가에서의 농업용수 이용 시기와 비가 많이 내리는 시기가 일치하기 때문에 빗물 활용도가 높은 것으로 사료됨
- 그러나 23개 빗물이용시설 전체 집수 면적에 내린 총 강수량은 272,186㎥이나 실제 사용된 빗물은 73,138㎥로 26.9% 수준이며, 나머지 73.1%에 해당하는 빗물 196,402㎥은 외부로 배출되고 있음(표 IV-4)

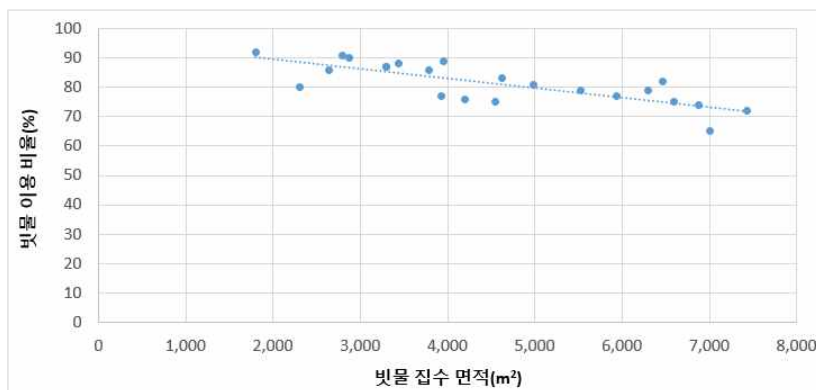
<표 IV-4> STORM 모델을 활용한 빗물 이용량 분석 결과

NO	집수면적 [m ²]	빗물 유입량 [m ³]	용수 수요량 [m ³]	빗물 이용량 [m ³]	지하수 사용량 [m ³]	유출량 [m ³]	빗물 사용비율 [%]
1	6,875	17,884	6,041	4,474	1,567	13,302	74
2	6,300	16,389	5,536	4,362	1,173	11,891	79
3	4,548	11,831	3,996	3,010	986	8,744	75
4	7,425	19,315	6,524	4,718	1,807	14,492	72
5	3,960	10,302	3,480	3,103	377	7,022	89
6	4,620	12,018	4,060	3,351	708	8,539	83
7	5,940	15,452	5,219	4,021	1,198	11,317	77
8	5,530	14,387	4,859	3,831	1,028	10,436	79
9	3,300	8,585	2,900	2,536	364	5,918	87
10	6,600	17,169	5,799	4,373	1,427	12,683	75
11	4,986	12,971	4,381	3,537	844	9,313	81
12	2,644	6,878	2,323	2,001	323	4,783	86
13	3,438	8,944	3,021	2,671	350	6,127	88
14	3,790	9,858	3,330	2,865	465	6,859	86
15	1,800	4,683	1,582	1,453	129	3,133	92
16	3,300	8,585	2,900	2,536	364	5,918	87
17	2,800	7,284	2,460	2,236	224	4,909	91
18	3,930	10,224	3,453	2,667	787	7,481	77
19	4,200	10,926	3,691	2,801	889	8,050	76
20	7,000	18,210	6,151	4,026	2,125	14,121	65
21	2,300	5,983	2,021	1,613	408	4,318	80
22	6,469	16,828	5,684	4,683	1,002	11,968	82
23	2,876	7,482	2,527	2,271	256	5,077	90
합계	104,631	272,186	91,939	73,138	18,801	196,402	-
평균	4,549	11,834	3,997	3,180	817	8,539	81

- 빗물 집수 면적과 빗물 이용량을 비교한 결과, 빗물 집수 면적이 넓을수록 빗물 이용량은 많아지고 있지만, 빗물 집수 면적과 빗물 이용률을 비교한 결과, 집수 면적이 넓어질수록 빗물 이용률은 65%까지 감소되는 것으로 분석되었음(그림 IV-6)
- 이와 같은 결과는 빗물 집수 면적과 저류시설 규모에 따른 영향으로 판단되며, 집수 면적이 증가하면 저류시설 용량도 증가시켜야 효율이 증가되므로 빗물 집수 면적을 고려하여 저류시설을 설치하는 것이 필요함



[그림 IV-5] 빗물 집수 면적과 빗물 이용량 비교



[그림 IV-6] 빗물 집수 면적과 빗물 이용률 비교

- <표 IV-5>는 2013년 제주특별자치도 수자원관리종합계획 수립 시 2011년 11월부터 2012년 10월까지 감귤, 한라봉, 만감류 재배농가를 대상으로 빗물이용량을 모니터링한 결과임
- 농가별 연간 빗물이용률은 감귤류가 71.9%, 한라봉은 60.4%, 만감류는 79.0%로 조사되었음

<표 IV-5> 재배작물에 따른 빗물이용시설의 빗물 이용률

(단위 : m³)

작물	구 분	11월	12월	1월	2월	3월	4월	5월
감귤류 (22개소)	빗물이용량	51	47	56.3	120	217.8	281.7	311.1
	물이용량*	64.4	76.3	98.3	173.1	288.9	369	414
	빗물이용률(%)	79.2	61.6	57.3	69.4	75.4	76.3	75.1
한라봉 (13개소)	빗물이용량	63.6	20.2	30	88.9	245.9	296.8	318.2
	물이용량	76.5	25.7	36.7	132.2	358	492.5	591.3
	빗물이용률(%)	83.1	78.4	81.8	67.3	68.7	60.3	53.8
만감류 (9개소)	빗물이용량	93.9	67.7	40.4	161.8	208.9	219.3	349.9
	물이용량	140.9	102	54.8	168.2	225.2	231.1	501.6
	빗물이용률(%)	66.6	66.3	73.8	96.2	92.7	94.9	69.8

작물	구 분	6월	7월	8월	9월	10월	평균
감귤류	빗물이용량	273.2	303.9	171.5	113.9	190.3	178.2
	물이용량	349.3	405.2	220.6	184.5	329	247.7
	빗물이용률(%)	78.2	75	77.8	61.7	57.8	71.9
한라봉	빗물이용량	252.6	307.2	240.8	134.2	137.3	178
	물이용량	403	522.5	402.2	250.2	242.7	294.5
	빗물이용률(%)	62.7	58.8	59.9	53.6	56.6	60.4
만감류	빗물이용량	261.2	296.4	199.6	117.9	126.1	178.6
	물이용량	329.9	367.7	251.3	139.2	200.2	226
	빗물이용률(%)	79.2	80.6	79.4	84.7	63	79

출처 : 제주특별자치도 수자원관리종합계획, 2013

* 물이용량 : 빗물이용시설을 통해 사용된 전체 물이용량 (빗물, 지하수 등)

- 이와 같이 빗물이용시설의 빗물 이용량을 분석한 결과, 현장조사를 통해 조사된 빗물 이용률은 60.4 ~ 79.0%이며, STORM 모델 분석을 통한 빗물 이용률은 65.0 ~ 92.0%로 나타나 빗물이용시설의 효과가 높은 것으로 분석되었음
- 그러나 일부의 빗물이용시설에서는 평상 시 농업용 지하수를 빗물 저류 시설에 공급하여 지하수를 저장하는 시설로 활용되고 있는 등, 빗물이용 시설을 제대로 활용하지 못하는 사례가 있어 빗물이용시설에 대한 정기 점검 등의 관리가 필요한 것으로 나타남
- 따라서, 대체 수자원으로써 빗물의 활용도를 높이고, 지하수 의존도를 저감하기 위해서는 빗물이용시설 설치의 필요성·중요성과 더불어 본 연구에서 분석된 빗물이용시설의 효과 등을 농민들에게 전달하여
- 빗물 이용을 장려함은 물론, 빗물이용시설이 미설치된 시설하우스에서도 빗물이용시설을 설치할 수 있도록 적극적인 홍보 방안도 필요함



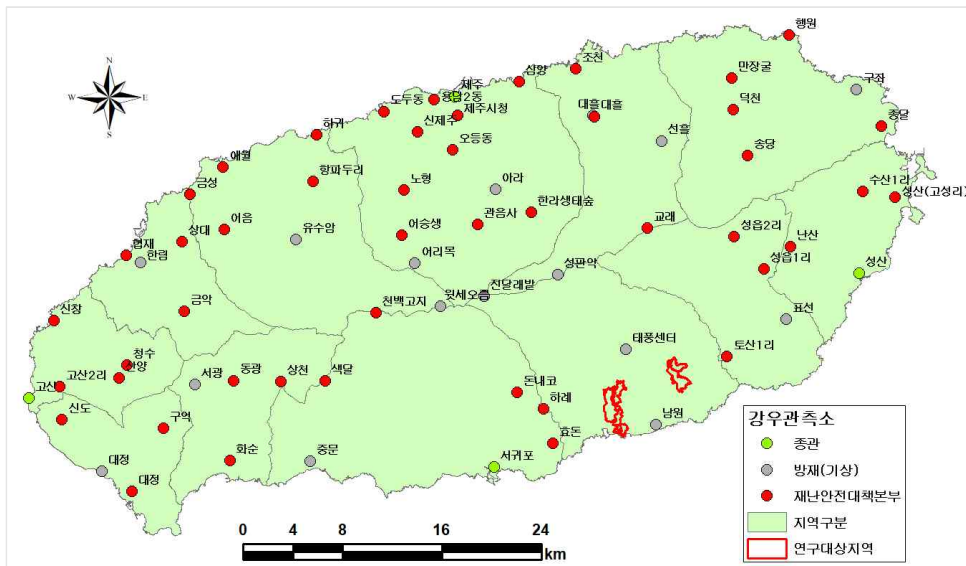
(a) 농업용 지하수 공급에 의한 월류

(b) 농업용 지하수 공급을 위한 수위센서 설치

[사진 IV-1] 평상시 빗물이용시설 내 지하수 공급

V. 강수 분석 및 빗물이용시설 유출량 산정

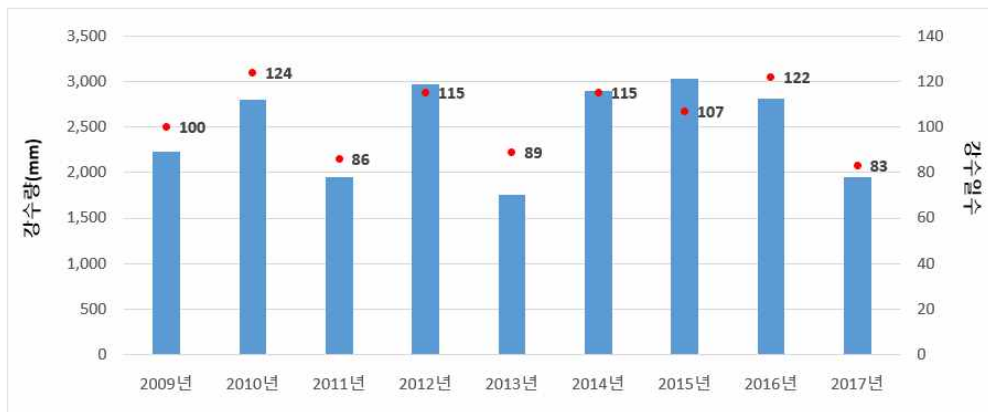
- 제주도내에는 2017년 12월말 기준 총 91개소의 강우관측소가 있으며,
- 연구대상지역 인근에는 기상청에서 운영하는 제주남원 기상관측소 및 태풍센터 기상관측소가 위치함
- 연구대상지역의 강수특성을 분석하기 위해 제주남원과 태풍센터 기상관측소의 9년간(2009~2017년) 강수자료를 이용하였음
- 태풍센터의 경우 2008년 02월 이후 관측소가 설치·운영됨에 따라 분석 기준을 2009년 이후로 설정하였음



[그림 V-1] 제주도 강우관측소 현황

1. 연도별 강수 특성 분석

- 연구지역의 9년 평균 강수량은 2,489mm로 최대 강수량을 보인 해는 2015년(3,037mm)이며, 최소 강수량 해는 2013년(1,757mm)으로 분석됨
- 태풍센터의 9년 평균 강수량은 2,820.4mm이며, 제주남원은 2,157.2mm로 전반적으로 태풍센터에서 매년 168.0~1,142.5mm 이상 강수량이 많음
 - 태풍센터의 해발고도는 244m이며, 제주남원 해발고도 24.5m로 고도에 따른 강수량 편차가 크게 나타나고 있음
- 연평균 강수일수는 105일로 2010년과 2016년이 각각 124일, 122일로 가장 많고, 2011년과 2013년이 86일과 89일로 가장 적게 나타남



[그림 V-2] 연구지역 연도별 강수 특성(2009~2017)

<표 V-1> 연구지역 인근 기상관측소의 연도별 강수 특성

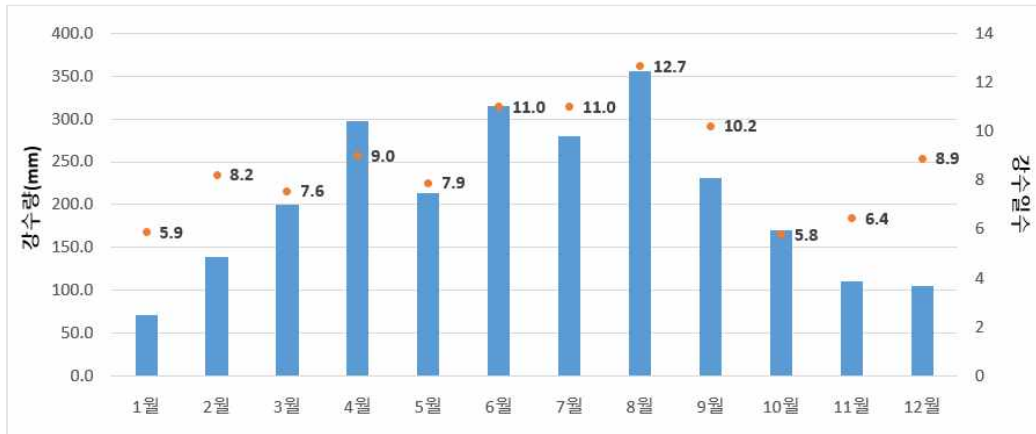
(단위 : mm)

연도	남원	태풍센터	평균	강수일수
2009년	2,016.5	2,441.0	2,228.8	100
2010년	2,434.5	3,158.5	2,796.5	124
2011년	1,600.0	2,300.0	1,950.0	86
2012년	2,399.5	3,542.0	2,970.8	115
2013년	1,334.5	2,179.0	1,756.8	89
2014년	2,531.0	3,262.0	2,896.5	115
2015년	2,759.5	3,315.5	3,037.5	107
2016년	2,472.0	3,150.5	2,811.3	122
2017년	1,867.0	2,035.0	1,951.0	83
평균	2,157.2	2,820.4	2,488.8	104.6

2. 월 강수 특성 분석

- 연구지역의 월평균 강수량은 207mm이며, 4월부터 9월까지 200mm 이상 강수가 발생하고, 1월과 12월의 강수량은 각각 71mm, 105mm로 월별 강수편차가 크게 나타나고 있음
- 강수일수 분석 결과 6월에서 9월에 평균 10회/월 이상 강수가 발생하였고, 1월과 11월은 각각 5.9일, 6.4일로 가장 적게 발생되고 있음
- 1회 평균 강수량을 산정한 결과 3월에서 10월까지 평균 27.6mm의 강수가 발생하는 것으로 분석되었음

V. 강수 분석 및 빗물이용시설 월류량 산정



[그림 V-3] 연구지역 월 강수량 및 강수일수

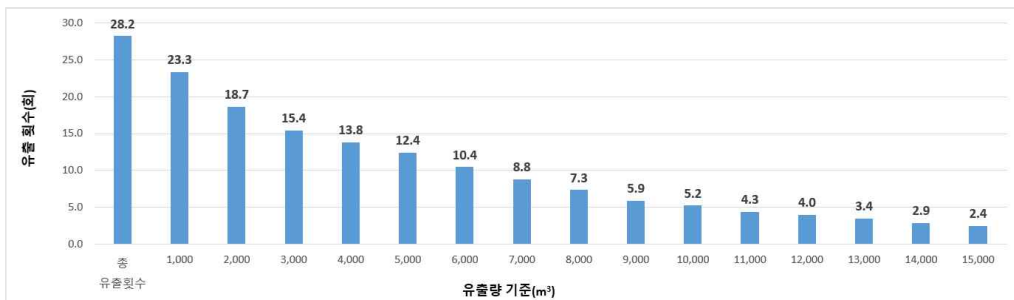
<표 V-2> 연구지역 월 강수 특성

(단위 : mm)

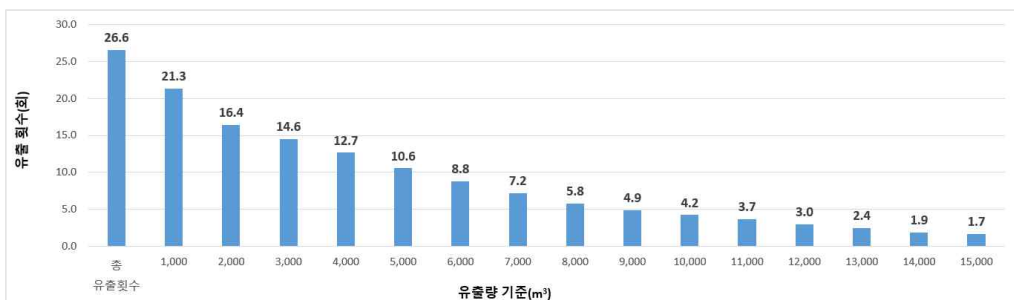
월	강수량	강수일수	1회 평균 강수량
1월	71.3	5.9	12.1
2월	139.6	8.2	17.0
3월	199.8	7.6	26.4
4월	297.2	9.0	33.0
5월	213.0	7.9	27.0
6월	314.9	11.0	28.6
7월	279.8	11.0	25.4
8월	356.3	12.7	28.1
9월	231.8	10.2	22.7
10월	169.8	5.8	29.4
11월	110.6	6.4	17.2
12월	104.7	8.9	11.8
합계	2,488.7	104.6	-
평균	207.4	8.7	-

3. 강수에 따른 빗물이용시설 유출량 산정

- 강수 발생 시 빗물이용시설의 저류시설을 가득 채운 후 외부로 유출되는 시점의 강수량을 산정한 결과, 의귀지역은 27.9mm, 위미지역은 29.6mm로 분석됨
- 의귀지역은 위미지역보다 빗물 집수 면적이 넓기 때문에 비교적 적은 강수량에도 빗물이용시설을 가득 채우고 외부로 유출되고 있음
- 2009년부터 2017년까지 9년 동안의 일 강수 자료를 활용하여 빗물이용시설을 통해 빗물이 유출된 횟수를 산정한 결과, 의귀지역은 연평균 28.2회, 위미지역은 26.6회로 분석되었음

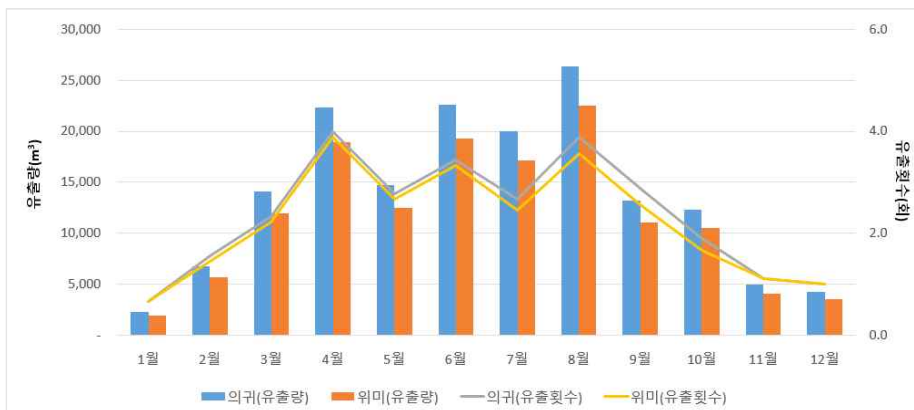


[그림 V-4] 의귀지역 빗물이용시설을 통한 유출량 및 횟수



[그림 V-5] 위미지역 빗물이용시설을 통한 유출량 및 횟수

- 빗물이용시설을 통해 외부로 유출되는 유출량은 의귀지역이 163,836m³/년, 위미지역이 139,133m³/년임
- 월별 강수특성에 따라 3월에서 10월까지가 저류시설 외부로 유출되는 빈도가 많고 유출량이 크며, 특히, 4월과 6~8월에는 월 15,000m³이상이 유출되는 것으로 분석됨
- 연구지역의 농업용수 이용특성을 보면, 농업용수 이용 빈도가 높은 시기는 4월~9월로 유출 발생량이 많은 시기와 동일한 시점이기 때문에 빗물 이용시설을 통해 유출되는 빗물을 집수하여 농업용수로 공급하기에 유리한 여건을 가지고 있어 빗물 활용도를 더 높일 수 있을 것으로 사료됨



[그림 V-6] 연구지역 빗물이용시설을 통한 월별 유출량 및 유출횟수

<표 V-3> 연구지역 빗물이용시설을 통한 유출량 및 횟수

(단위 : m³, 회)

구 분	의귀지역		위미지역	
	유출량	횟수	유출량	횟수
1월	2,290.4	0.7	1,875.9	0.7
2월	6,774.2	1.6	5,656.3	1.4
3월	14,092.5	2.3	11,989.9	2.2
4월	22,331.3	4.0	18,929.2	3.9
5월	14,747.8	2.8	12,460.5	2.7
6월	22,618.0	3.4	19,297.0	3.3
7월	19,966.6	2.7	17,148.3	2.4
8월	26,326.9	3.9	22,525.6	3.6
9월	13,185.3	2.9	11,077.0	2.6
10월	12,333.7	1.9	10,526.6	1.7
11월	4,917.9	1.1	4,106.6	1.1
12월	4,251.0	1.0	3,540.1	1.0
합계	163,835.6	28.2	139,132.9	26.6

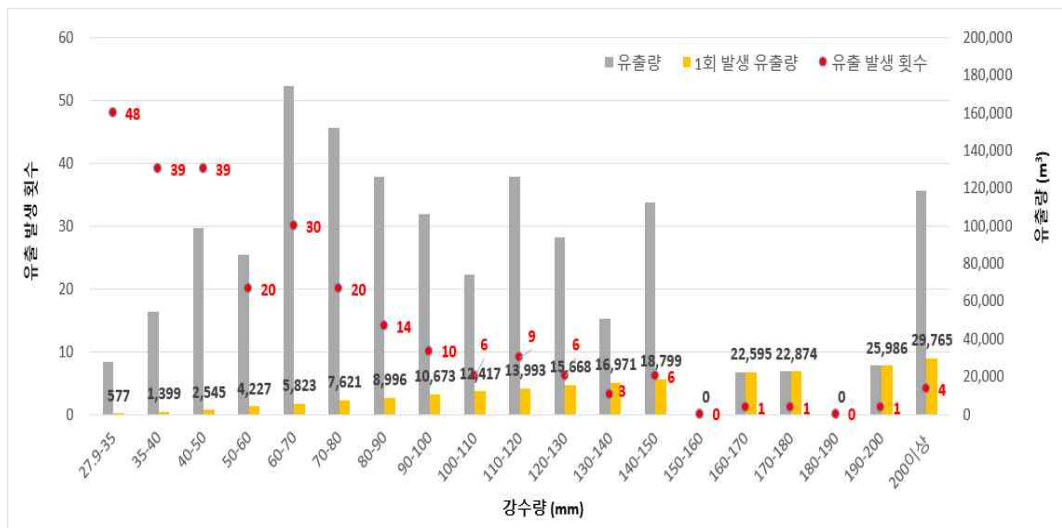
VI. 빗물이용시설 적정 규모 산정

- 이 장에서 제시하는 빗물이용시설은 농가에 설치된 빗물이용시설의 저류 시설에서 외부로 유출되는 빗물을 추가적으로 집수하여 저장할 수 있는 대용량 빗물이용시설을 의미하는 것임
- 대용량 빗물이용시설 설치는 빗물 이용가능량, 설치비 등 경제적인 면을 고려해야 하므로 설치 지역의 유출량과 유출 발생빈도를 분석하여 빗물을 효율적으로 활용할 수 있도록 적정 규모를 산정하는 것이 바람직함
 - 유출량이 많더라도 유출 발생빈도가 낮을 경우에는 집수할 수 있는 횟수가 적어지고, 유출량은 적고 발생빈도가 높은 경우 집수 횟수 대비 집수량이 적어지는 문제가 있어 비효율적임
- 따라서 본 연구에서는 2009년부터 2017년까지의 강수-유출 특성 분석을 통해 시설하우스에 설치된 빗물 저류시설을 통해 빗물이 외부로 유출되는 유출량과 유출 발생횟수를 분석하여 연구대상지역 대용량 빗물이용시설의 적정 규모를 산정하였음

1. 의귀지역 빗물이용시설 규모 산정

- 2009년에서 2017년까지 9년 동안의 강수-유출 특성을 분석한 결과 의귀지역에서는 시설하우스에 설치된 빗물 저류시설을 통해 총 257회 유출이 발생되었으며, 강수량이 증가함에 따라 유출발생 빈도는 감소되고, 유출량은 60 ~ 70mm 강수량 범위까지 상승하였다가 낮아지는 특성을 보이고 있음([그림 VI-1] , <표 VI-1> 참조)
- 유출빈도 분석결과, 27.9 ~ 35mm 강수 시 48회로 가장 높고, 35 ~ 40mm와 40 ~ 50mm 범위에서는 각각 39회, 60 ~ 70mm는 30회 유출이 발생되었음

- 유출량은 강수량이 60 ~ 70mm 범위일 때 가장 많은 174,705m³이고, 70 ~ 80mm에서 152,422m³, 110 ~ 120mm에서 125,933m³로 분석되었음
- 강수량이 27.9 ~ 35mm의 범위일 때 9년간 유출 빈도가 48회로 가장 많았으나 이때의 유출량은 27,712m³로, 9년간 총 유출량 1,474천m³ 대비 1.88% 수준이며, 강수 발생 시 1회 평균 유출량은 577m³로 매우 적은 유출 특성을 보임
- 강수량 60 ~ 70mm의 범위에서는 유출량이 가장 많으면서도 유출빈도가 30회로 비교적 높게 나타났으며, 강수발생 시 1회 평균 유출량은 5,823m³로 분석되었음
- 이상의 결과에서 볼 때 의귀지역에서 빗물을 효율적으로 집수하고 활용하기 위해서는 약 5,800m³의 규모가 적정한 것으로 산정되었음



[그림 VI-1] 의귀지역 강수량에 따른 유출빈도 및 유출량

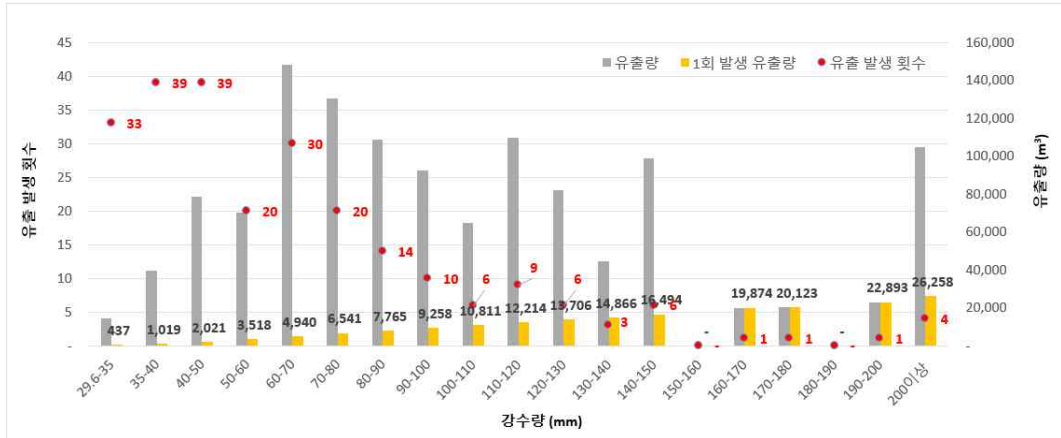
<표 VI-1> 의귀지역 유출 빈도 및 유출량

강수량(mm)	유출 발생 횟수	유출량(m ³)	1회 발생 유출량(m ³)
27.9~35	48	27,712	577
35~40	39	54,553	1,399
40~50	39	99,243	2,545
50~60	20	84,533	4,227
60~70	30	174,705	5,823
70~80	20	152,422	7,621
80~90	14	125,945	8,996
90~100	10	106,725	10,673
100~110	6	74,502	12,417
110~120	9	125,933	13,993
120~130	6	94,007	15,668
130~140	3	50,913	16,971
140~150	6	112,794	18,799
150~160	0	0	0
160~170	1	22,595	22,595
170~180	1	22,874	22,874
180~190	0	0	0
190~200	1	25,986	25,986
200 이상	4	119,060	29,765
평균	14	77,605	-

2. 위미지역 빗물이용시설 규모 산정

- 위미지역에서는 시설하우스에 설치된 빗물 저류시설을 통해 총 242회 유출이 발생되었으며, 의귀지역과 동일하게 강수량이 커짐에 따라 유출발생 빈도는 감소되고, 유출량은 60~70mm 강수량 범위까지 상승하였다가 낮아지는 특성을 보임([그림 VI-2] , <표 VI-2> 참조)
 - 유출빈도 분석결과, 35~40mm, 40~50mm 강수 시 유출발생 횟수가 39회로 가장 많고, 29.6~35mm는 33회, 60~70mm는 30회 유출이 발생됨
 - 유출량은 60~70mm 범위에서 148,207m³로 가장 많고, 70~80mm는 130,818 m³, 110~120mm는 109,928m³로 분석됨
- 강수량이 35~40mm, 40~50mm의 범위에서 유출빈도가 가장 많이 나타나고 있으나, 총 유출량은 39,749~78,807m³로 9년간 총 유출량 1,252천m³ 대비 3.17~6.29% 수준임
 - 35~40mm 강수 시 1회 평균 유출량은 1,019m³이며, 40~50mm 강수 시 1회 평균 유출량은 2,021m³로 분석됨
- 강수량 60~70mm의 범위에서는 유출량이 가장 많으면서도 유출빈도도 비교적 높을 뿐만 아니라, 강수발생 시 1회 평균 유출량은 4,940m³로 분석되어 위미지역의 적절한 빗물이용시설 규모는 약 4,900m³로 분석되었음

VI. 빗물이용시설 적정 규모 산정



[그림 VI-2] 위미지역 강수량에 따른 유출 빈도 및 유출량

<표 VI-2> 위미지역 유출 빈도 및 유출량

강수량(mm)	유출발생횟수	유출량(m³)	1회 발생 유출량(m³)
29.6~35	33	14,437	437
35~40	39	39,749	1,019
40~50	39	78,807	2,021
50~60	20	70,367	3,518
60~70	30	148,207	4,940
70~80	20	130,818	6,541
80~90	14	108,713	7,765
90~100	10	92,580	9,258
100~110	6	64,868	10,811
110~120	9	109,928	12,214
120~130	6	82,236	13,706
130~140	3	44,599	14,866
140~150	6	98,964	16,494
150~160	0	0	0
160~170	1	19,874	19,874
170~180	1	20,123	20,123
180~190	0	0	0
190~200	1	22,893	22,893
200이상	4	105,034	26,258
평균	13	65,905	-

3. 대용량 빗물이용시설 빗물 이용 가능량 검토

- 빗물 집수 면적과 강수 특성 분석결과에 따라 산정된 빗물이용시설의 적정 규모를 각 연구대상 지역에 적용하여 빗물 이용 가능량을 산정하였음

1) 의귀지역 빗물 이용 가능량

- 의귀지역에 5,800m³ 규모의 대용량 빗물이용시설 설치 시 연간 빗물 이용 가능량은 100,341m³로 의귀지역 내 농업용수 이용량(311,551m³)의 약 32.2%임
- 의귀 지역에 설치된 빗물이용시설 30개소의 빗물 이용량과 대용량 빗물 이용시설에서의 빗물 이용 가능량을 합하여 연구지역 농업용수 이용량과 비교한 결과, 의귀지역은 52.8% 정도를 빗물로 공급이 가능할 것으로 분석됨
- 의귀지역 기존 농가에 설치된 빗물이용시설의 빗물이용률은 전체 농업용수 수요량의 20.6%이지만, 빗물저장시설 설치에 따라 빗물이용률은 2.5배 증가되고 있음

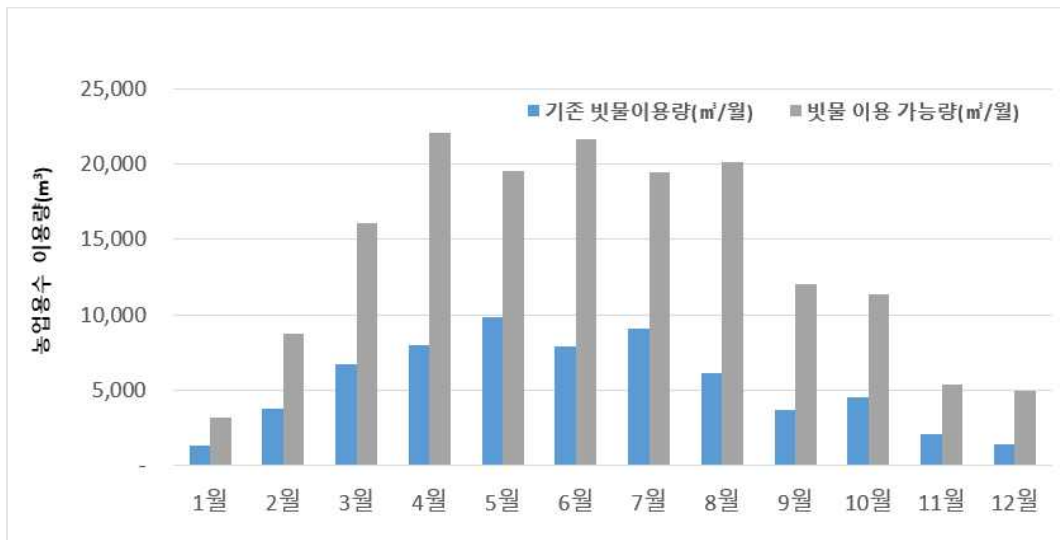
<표 VI-3> 의귀지역 빗물 이용 가능량 및 빗물 이용률

구분	기존 빗물 이용량(㎥)*	빗물 이용 가능량(㎥)**	지하수 사용량(㎥)	총 농업용수 이용량(㎥)	빗물 이용률(%)***
1월	1,267	1,856	7,582	10,705	29.2
2월	3,707	5,058	8,607	17,372	50.5
3월	6,726	9,348	6,706	22,780	70.6
4월	7,978	14,093	14,421	36,492	60.5
5월	9,792	9,747	17,513	37,052	52.7
6월	7,870	13,817	15,748	37,435	57.9
7월	9,075	10,386	14,498	33,959	57.3
8월	6,119	14,020	15,198	35,337	57.0
9월	3,660	8,352	18,869	30,881	38.9
10월	4,537	6,828	10,404	21,769	52.2
11월	2,085	3,251	11,684	17,020	31.3
12월	1,349	3,586	5,814	10,749	45.9
총계	64,165	100,341	147,045	311,551	-
평균	5,347	8,362	12,254	25,963	52.8

* 기존 빗물 이용량 : 농가에 설치된 빗물 저류시설에서의 빗물 이용량

** 빗물 이용 가능량 : 빗물이용시설(저장시설)에서의 빗물을 집수할 수 있는 양

*** 빗물 이용률 : (기존 빗물 이용량 + 빗물 이용 가능량) / 총 농업용수 이용량



[그림 VI-3] 의귀지역 빗물 이용 가능량

2) 위미지역 빗물 이용 가능량

- 위미지역에 4,900m³ 규모의 대용량 빗물이용시설 설치 시 빗물 이용 가능량은 연간 82,479m³로 위미지역 내 농업용수 이용량(715,764m³)의 약 11.5%임
- 위미지역에 설치된 빗물이용시설 31개소의 빗물 이용량과 대용량 빗물이용시설에서의 이용 가능량을 합산하여 전체 농업용수 이용량과 비교한 결과, 위미지역은 19.7% 정도가 빗물로 공급이 가능할 것으로 분석됨
- 기존 위미지역 빗물 이용량은 전체 농업용수 이용량의 9.3%이며, 대용량 빗물이용시설을 설치하여 농업용수로 공급할 경우 빗물이용률이 약 1.7배 증가하였음
- 위미지역은 의귀지역보다 총 농업용수 이용량이 2.3배 정도 많지만 농가에 설치된 빗물이용시설이 각각 30개소 및 31개소로 거의 같기 때문에 빗물 이용 가능량이 비교적 적게 산출된 것으로 나타나고 있음
- 따라서 빗물이용시설이 적게 설치된 지역인 경우 빗물을 효율적으로 이용하기 위해서는 빗물이용시설이 설치되지 않은 시설하우스의 빗물을 집수하여 활용하는 방안이 필요함

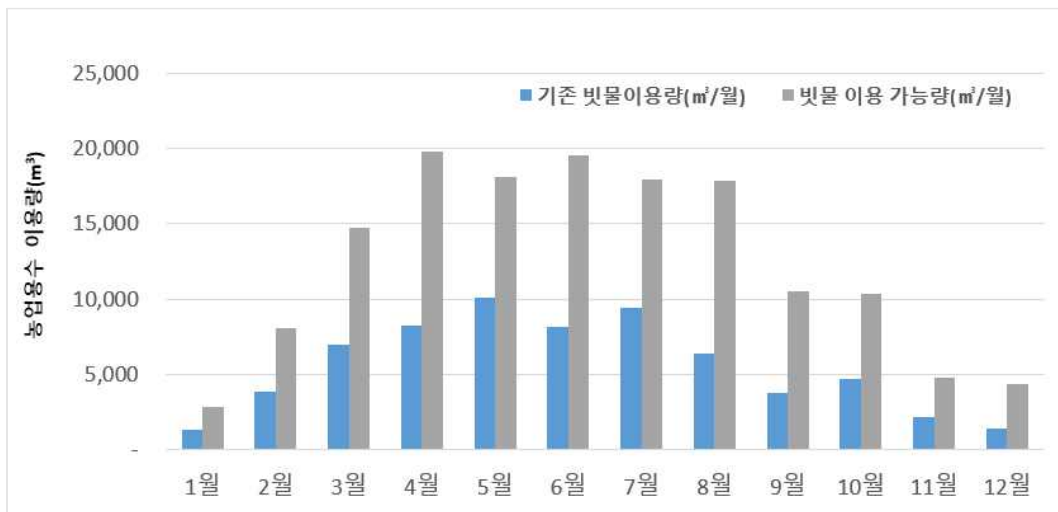
<표 VI-4> 위미지역 빗물 이용 가능량 및 빗물 이용률

구분	기존 빗물 이용량(m³)*	빗물 이용 가능량(m³)**	지하수 사용량(m³)	총 농업용수 이용량(m³)	빗물 이용률(%)***
1월	1,309	1,487	35,932	38,728	7.2
2월	3,831	4,209	37,216	45,256	17.8
3월	6,950	7,746	34,743	49,439	29.7
4월	8,244	11,566	50,498	70,308	28.2
5월	10,118	7,992	49,896	68,006	26.6
6월	8,132	11,430	56,255	75,817	25.8
7월	9,378	8,592	54,088	72,058	24.9
8월	6,323	11,533	68,473	86,329	20.7
9월	3,782	6,754	58,892	69,428	15.2
10월	4,688	5,611	40,347	50,646	20.3
11월	2,155	2,616	44,773	49,544	9.6
12월	1,394	2,943	35,868	40,205	10.8
총계	66,304	82,479	566,981	715,764	-
평균	5,525	6,873	47,248	59,647	20.8

* 기존 빗물 이용량 : 농가에 설치된 빗물이용시설에서의 빗물 이용량

** 빗물 이용 가능량 : 빗물이용시설(저장시설)에서의 빗물을 집수할 수 있는 양

*** 빗물 이용률 : (기존 빗물 이용량 + 빗물 이용 가능량) / 총 농업용수 이용량



[그림 VI-4] 위미지역 빗물 이용 가능량

4. 시설하우스 연계를 통한 빗물 활용 극대화 방안

- 위미지역과 같이 지하수 이용량은 많지만 농가에 설치된 빗물이용시설 수가 적어 빗물 이용율이 낮은 지역이거나, 빗물 이용을 극대화하기 위해서는 빗물이용시설이 설치되지 않은 시설하우스와 연계하는 방안 마련이 필요함
- 따라서 위미지역을 대상으로 농가에 설치된 빗물이용시설과 빗물이용시설이 설치되지 않은 시설하우스를 연계하여 빗물 이용 가능량을 산정하였음
 - 새롭게 추가되는 시설하우스의 빗물 집수 면적은 위미지역 현장 조사 시 산정된 시설하우스 1개소 당 평균 집수 면적 $4,582.9\text{m}^2$ 를 적용하였음
 - 또한 추가로 설치되는 대용량 빗물이용시설 규모는 5장에서 분석된 $4,900\text{m}^3$ 를 적용하였음
- 이와 같은 가정 하에 현재의 빗물이용시설과 같은 30개소를 연계할 경우 $146,627\text{m}^3$, 두 배 이상인 70개소를 연계할 경우 $245,439\text{m}^3$ 의 빗물을 추가적으로 이용이 가능할 것으로 분석되었음
- 이상과 같은 결과를 종합하여
 - 현재의 빗물이용시설 30개소를 통해 이용되는 빗물의 양 $66,304\text{m}^3$
 - 빗물이용시설 30개소에서 유출되는 빗물을 대용량 빗물이용시설에서 집수하여 이용가능한 양 $82,479\text{m}^3$
 - 빗물이용시설이 설치되지 않는 시설하우스 30개소를 연계하여 대용량 빗물이용시설을 추가 설치하는 경우 공급 가능량은 $146,627\text{m}^3$ 로
 - 위미지역에서 빗물로 공급 가능한 양은 총 $295,410\text{m}^3$ 으로 산정되었음
- 이와 같은 분석 결과를 위미지역 전체 농업용수 이용량인 $715,764\text{m}^3$ 와 비교해 보면 41.3%를 빗물로 공급이 가능하며, 시설하우스 70개소를 연계

할 경우에는 총 394,222m³로 농업용수 이용량의 55.1%를 빗물로 공급이 가능한 것으로 분석되었음

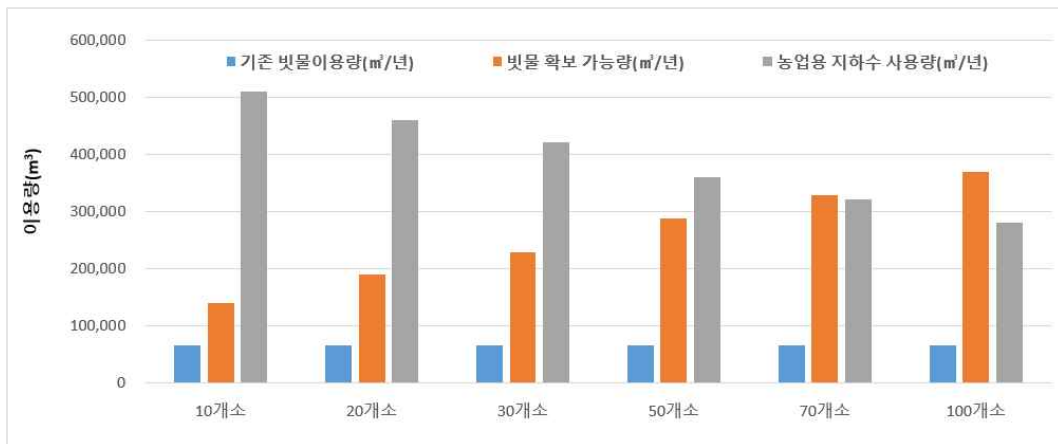
<표 VI-5> 위미지역 시설하우스 연계에 따른 빗물 확보 가능량

시설 하우스	기존+유출 빗물 이용량 (m ³)*	빗물 확보 가능량(m ³)**	지하수 사용량(m ³)	총 농업용수 이용량(m ³)	빗물 이용률(%)***
30개소	66,304 + 82,479	146,627	420,354	715,764	41.3
50개소		206,115	360,866		49.6
70개소		245,439	321,542		55.1

* 기존 빗물 이용량 : 위미지역 농가에 설치된 빗물이용시설 31개소의 빗물 이용량

** 빗물 확보 가능량 : 빗물 집수 면적 증가(시설하우스 증가)에 따라 추가 확보 가능량

*** 빗물 이용률 : (기존 빗물 이용량 + 빗물 확보 가능량) / 총 농업용수 이용량



[그림 VI-5] 시설하우스 연계에 따른 빗물 확보 가능량

VII. 결론 및 정책제언

- 제주도는 수자원의 96% 이상을 지하수에 의존하고 있으나, 최근 지속적인 유입 인구 증가와 개발사업으로 인해 용수 수요량이 큰 폭으로 증가되고 있으며
- 제주도는 시설하우스 감귤, 특용작물 재배 등으로 시설하우스 면적이 지속 증가하고 있어, 빗물을 효과적으로 집수할 수 있는 시설하우스의 빗물을 효율적으로 이용하여 농업용수로 대처하고자 본 연구를 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었음

1. 빗물이용시설 실태 조사 결과

- 연구대상지역인 의귀 지역과 위미 지역의 각 농가별 빗물이용시설의 시설하우스 면적, 빗물 집수 면적, 저류시설 규모를 조사한 결과,
- 빗물 집수 면적은 시설하우스 면적의 72.5 ~ 79.5% 수준이었으며, 빗물 집수 면적과 저류시설 규모와의 상관관계를 분석한 결과 빗물 집수 면적이 증가할수록 빗물 이용율은 감소하는 것으로 나타났음
- 이와 같은 결과는 현재의 빗물이용시설이 집수 면적을 고려하지 않고 임의대로 설치되었기 때문이며,
- 앞으로 향후 설치되는 빗물이용시설은 시설하우스의 빗물 집수 면적을 고려하여 빗물이용시설을 설치함으로써 효율적인 빗물 이용이 가능할 것으로 판단됨

2. 빗물이용시설의 빗물 이용량 평가

- 분산형 빗물관리 등에 이용되고 있는 STORM 모델을 활용하여 연구 지역 내 빗물이용시설의 빗물 이용량을 평가한 결과
- 농업용수 수요량 대비 빗물 이용률은 65.0 ~ 92.0%로 나타나 빗물이용

효과가 높은 것으로 분석되었음

- 다만, 현장조사 결과 일부 농가에서 빗물이용시설을 지하수 저장조로 활용하는 경우도 있어, 빗물 이용을 극대화하기 위해서는 농가 인식 전환을 위한 적극적인 홍보도 필요한 것으로 나타났으며
- 일부 시설하우스에서는 빗물이용시설에서 유출되는 빗물을 침투조를 통해 지하로 침투시키고 있으나
- 현재의 침투조는 시설기준이나 운영관리 가이드라인 등이 없어 농가에서 임의대로 설치하고 있어 지하수 오염 우려가 높으므로, 이에 대한 제도 개선이 필요한 것으로 나타났음

3. 빗물이용시설 적정 규모 산정

- 연구대상지역 강우-유출량 분석결과 빗물이 시설하우스 빗물이용시설을 가득 채운 후 외부로 유출될 때의 강수량은 의귀 27.9mm, 위미 29.6mm이며, 연평균 빗물 유출량은 163,836m³, 139,133m³로 분석되었음
- 빗물이용시설의 적정 규모는 2008~2017년 9년 동안의 유출량과 유출횟수를 분석하여, 유출량과 유출횟수가 많은 시점의 유출량을 기준으로 산정하였으며, 그 결과 의귀지역이 약 5,800m³, 위미지역이 약 4,900m³로 산정되었음
- 이와 같은 규모의 빗물이용시설을 설치할 경우 연간 빗물 확보 가능량은 의귀지역 100,341m³, 위미지역 82,479m³이며, 이 규모는 전체 농업용수 이용량 중 의귀 52.8%, 위미 19.7%를 빗물로 공급할 수 있는 것으로 분석되었음

4. 빗물이용의 극대화 방안

- 위미지역과 같이 지하수 이용량은 많지만 농가에 설치된 빗물이용시설 수가 적어 빗물 이용율이 낮은 지역이거나,
- 빗물 이용을 극대화하기 위해서는 빗물이용시설이 설치되지 않은 시설하

우스와 연계하는 방안 마련이 필요함에 따라 위미지역을 대상으로 농가에 설치된 빗물이용시설과 빗물이용시설이 설치되지 않은 시설하우스를 연계하여 빗물 이용 가능량을 산정한 결과

- 시설하우스 30개소를 연계하여 대용량 빗물이용시설을 추가할 경우 전체 농업용수 이용량 715,764m³의 41.3%를 빗물로 공급이 가능하며, 시설하우스 70개소를 연계할 경우에는 총 394,222m³로 농업용수 이용량의 55.1%를 빗물로 공급이 가능한 것으로 분석되었음
- 지금까지의 연구 결과에서 볼 때
 - 제주도는 농업용수 이용량이 많은 4월 ~ 9월에 비가 많이 내리므로 빗물 이용을 위한 최적의 조건을 갖추고 있으며
 - 이를 활용한 대용량 빗물이용시설을 설치하는 경우 농업용수 이용량의 70% 이상을 빗물로 이용이 가능한 것으로 나타남에 따라
 - 남원읍 등 시설하우스가 밀집된 지역에서는 현재의 빗물이용시설에서 유출되는 빗물을 집수하여 대용량 빗물이용시설을 설치함과 아울러
 - 빗물이용시설이 설치되지 않은 시설하우스의 빗물을 대용량 빗물이용시설로 집수하여 활용함으로써 빗물 이용을 극대화 할 수 있음
 - 특히, 남원읍지역, 서귀포 동지역은 농업용수 수요량 분석결과 공급량이 부족한 지역으로 나타나고 있으므로, 이 지역에 대용량 빗물이용시설을 설치하여
 - 현재 도에서 추진 중인 농업용수 광역화 사업과 연계한다면, 현재 58개소에 예정된 추가적인 지하수 개발을 하지 않아도 충분한 양의 농업용수 공급이 가능할 것으로 판단됨

참고문헌

- 박원배, 2017, 제주지역의 가뭄 발생 특성과 중장기 대응방안, 제주연구원, 정책이슈브리프, Vol. 271
- 박원배, 문덕철, 2016, 빗물관리시설의 효율적 개선 방안, 제주연구원, 정책이슈브리프
- 오현우, 2016, 레드향 재배기술, 제주특별자치도 농업기술원
- 오현우, 2016, 황금향 재배기술, 제주특별자치도 농업기술원
- 현광철, 2017, 비가림 월동감귤 재배기술 교육, 제주특별자치도 농업기술원
- 최경숙, 이종원, 이현우, 2014, 시설농경지 침수피해 유형 및 원인, 한국농공학회, 2014, 122
- 한국농촌경제연구원, 2012, 농업부문 가상수(virtual water) 도입 및 활용을 위한 기초연구
- 기상청, 기상자료 개방포털, <https://data.kma.go.kr>
- 환경부, 환경공간정보서비스, <https://egis.me.go.kr>
- 행정안전부, 한국정보화진흥원, 공공데이터포털, <https://DATA.go.kr>
- 제주특별자치도, 2015, 농업통계(서귀포시)
- 제주특별자치도, 2018, 주요행정통계
- 제주특별자치도, 2017, 지목별 지적공부 등록현황
- 제주특별자치도, 2013, 제주특별자치도 수자원관리종합계획(2013~2022)
- 제주특별자치도, 2013, 제주특별자치도 농업용수 관리계획(2013~2022)
- 제주특별자치도 농업기술원, 2017, 2017년 품목교재 온주밀감 노지재배기술
- 제주특별자치도 농업기술원, 2017, 2017년 품목교재 천혜향 재배기술
- 제주특별자치도 농업기술원, 2017, 2017년 품목교재 한라봉 재배기술

Abstract

A Study on the Appropriate Size Estimation of Rainwater Harvesting Facilities

Won-Bae Park, Bong-Rae Kang, Min-Chul Kim, Yun-Kyoung Shin

Key words : Jeju Island, Groundwater, Alternative water resources,
Greenhouse, Rainwater harvesting facilities

The main water resources of Jeju Island are used as ground water. Recently, as the number of greenhouse has increased, the amount of ground water recharge has decreased and water demand has increased. Therefore, Jeju Island is emphasizing ways to secure alternative water resources using rainwater harvesting facilities in order to conservation and management groundwater as sustainable water resources.

In this study is to investigate small Size rainwater harvesting facilities installed at farmhouses in Uigwi and Wimi, Namwon-eup and to analyze the amount of rainwater outflow through rainwater storage facilities in case of precipitation. It also proposed the appropriate Size of rainwater facilities(storage facilities) to collect and efficiently utilize the outflow of rainwater.

The small rainwater harvesting facilities installed on farmhouses in 30 sites at Uigwi areas and 31 sites at Wimi areas. The rainwater catchment area of Uigwi is 5,318.3m² and Wimi is 4,582.9m². The

rainwater storage facility of Uigwi is 148.3m^3 and Wimi is 135.7m^3 . It was analyzed that the amount of precipitation at the time of the overflowing of the reservoir of the small Size rainwater harvesting facilities in the study area as 27.9mm for the Uigwi area and 29.6mm for the Wimi area. The rainwater flowing out to the outside through the rainwater harvesting facility of the greenhouse is an average of $163,836\text{m}^3$ per year in the Uigwi area, and $139,133\text{m}^3$ per year in the Wimi area.

The appropriate Size of rainwater harvesting facilities calculated from the frequency and amount of runoff was analyzed to be about $5,800\text{m}^3$ in Uigwi area, $4,900\text{m}^3$ in Wimi area. If rainwater harvesting facilities are installed in each region, the annual amount of rainwater availability is $100,341\text{m}^3$ in Uigwi area, $82,479\text{m}^3$ in Wimi area. This amount is 32.3%(Uigwi), 11.5%(Wimi) of the total agricultural water usage.

Rainwater can be secured in connection with the facility house where the rainwater harvesting facility is not installed if the available amount of rainwater is less than the total agricultural water use amount such as Wimi area. However, since rainwater runoff greenhouse without going through the rainwater harvesting facility may cause problems with the initial rainwater quality, it is desirable to install and connect the initial rainfall drainage facilities.

연구진

연구책임	박원배	제주연구원 선임연구위원
공동연구	강봉래	제주연구원 위촉연구위원
	김민철	제주연구원 위촉연구위원
	신윤경	제주특별자치도 물정책과
	현범석	제주연구원 위촉연구위원
	김미진	제주연구원 위촉연구위원
	김지명	제주연구원 연구보조원
자문위원	권경호	한국먹는물안전연구원

기본연구 2018-05

빛물이용시설 적정 규모 산정 방안 연구

발행인 || 김동전

발행일 || 2018년 11월

발행처 || 제주연구원

63147 제주시 아연로 253 (오라2동)

전화: (064) 729-0500 팩스: (064) 751-2168

홈페이지: www.jri.re.kr

인쇄처 || 일신옵셋인쇄사

ISBN : 978-89-6010-638-3 93530

- ☐ 이 보고서의 내용은 연구진의 견해이며, 제주특별자치도의 정책적 입장과 다를 수 있습니다. 또한 이 보고서는 출처를 밝히는 한 자유로이 인용할 수 있으나 무단전재나 복제는 금합니다.