

碩士學位論文

濟州形 親環境 雨水시스템 計劃에
關한 研究



濟洲大學校 産業大學院

建設環境工學科

建築工學 專攻

朴 昌 明

2 0 0 4

碩士學位論文

濟州形 親環境 雨水시스템 計劃에 關한 研究

指導教授 羅修年



濟洲大學校 産業大學院

建設環境工學科

朴 昌 明

2 0 0 4

濟州形 親環境 雨水시스템 計劃에 關한 研究

指導教授 羅修年

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함

2004年 12月 日

濟洲大學校 産業大學院

建設環境工學科 建築工學專攻



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

朴昌明

朴昌明의 工學碩士學位 論文을 認准함

2004年 12月 日

委員長

印

委 員

印

委 員

印

목 차

Summary	ii
Table Contents	iv
Figure Contents	v
I. 서 론	1
1. 연구 목적	1
2. 연구 범위 및 방법	2
II. 이론고찰	4
1. 환경 친화적 수자원 이용의 개념	4
1) 수자원 절약	4
2) 환경오염 최소화	5
3) 자연 친화	5
2. 우수이용시스템	5
1) 우수이용시스템의 개념	5
2) 국내 우수 이용관련 법규	8
3) 우수시스템 적용기술	9
4) 우수 이용기술 및 운영방안	15
5) 사례 조사	25
3. 중수도 처리 시설	32
1) 중수도 시스템의 개념	32
2) 중수도 지원을 위한 법적 제도적 현황	35
3) 중수도의 계획 및 설계	38
4) 설치기준 및 유지관리 방법	43
4. 제주도의 수자원 특성	54
1) 제주도의 상수도 이용 현황	54
2) 제주도 지하수 이용현황	55
III. 환경 친화적 우수 시스템 적용방안	59
1. 기본 설계 목표와 설계 프로세스	59
1) 기본 설계 목표	59

2. 사례 연구	62
1) 설계 목표	62
2) 기초 데이터 분석	62
3) 우수 이용 급수설계	64
4) 우수 집수량과 우수조 설계	67
5) 우수관 설계	73
6) 중수 이용 급수설계	74
7) 환경친화적 우수시스템 설계안	75
8) 시공 및 유지 관리 방법	80
 IV. 결 론	 83
 참고문헌	 86

A Study on The Sustainable Rainwater System in Jeju

Park, Chang-myung.

*Department of Construction and Environmental Engineering
Graduate School of Industry
Cheju National University*

Supervised by Professor Na, Sue-yeun



As shortage of water resources has become a world-wide phenomenon, every country in the world is trying to find the most efficient ways to utilize the existing water resources.

This paper aims to propose the sustainable design process and strategies of the rainwater system which is suitable for the environmental conditions of Jeju. The rainwater will be used as an alternative water supply and promote development of ground water then it will reduce the damages from storms and environmental pollution.

The results of the study can be summarized as follows.

First, rainwater system could be used in every place of most

buildings. and combined with the grey water system, then the rainwater system or reusing water system in connection with biotope.

Second, design processes were suggested which are suitable for both the case in which the rainwater system alone was planned and for the case in which it was combined with the reusing water system.

The case study was also conducted to demonstrate the efficiency and feasibility of the proposed design process. In the case study, all of the supply water except drinking was utilized by rainwater, and the rainwater system was combined with the reusing water system.

A plan to connect the system with biotope was also suggested in the study. Moreover, detailed guidelines for construction and maintenance management were proposed respectively for greenhouses and residential buildings, rainwater and reusing water, so that construction could be carried out more efficiently.

The result of the case study shows that the design process suggested in the research is very effective when applied to actual construction.

Table Contents

Table 1 Planning Guide for Water Supply	6
Table 2 Rainwater Quality	14
Table 3 Measurement Results of Water Quality(Japan)	16
Table 4 Standard Treatment Process of Rainwater System	17
Table 5 Example of Rainwater Collection System in Other Region	25
Table 6 Example of Tanksizes	25
Table 7 Water Quality Guideline (Water Service Code)	37
Table 8 Guideline of Greywater Quality(%)	39
Table 9 Regional Water Supply Condition (2002)	54
Table 10 Monthly Water Supply Condition($\times 103m^3$)	55
Table 11 Estimate of Rainwater Use.	55
Table 12 Subsurface Water Use in JeJU	56
Table 13 Subsurface Water Use in JeJU	57
Table 14 Design Process of Sustainable Rainwater System in Jeju	60
Table 15 Design Process of Sustainable Rainwater System Integrated with Greywater System	61
Table 16 Description of The Case Building	62
Table 17 Fixtures in The Case Building	64
Table 18 Water Use of Agriculture in Jeju	65
Table 19 Irrigation Efficiency	65
Table 20 Water Needs in the Case Building	66
Table 21 Flow and Size of Supply Fixtures	66
Table 22 Fixture Coefficient Considering Simultaneous Use	67
Table 23 Site and Material of Cistern	72
Table 24 Rainwater Pipe Sizes(Vertical)	73
Table 25 Rainwater Pipe Sizes(Horizontal)	73
Table 26 Water Source of Greywater	74
Table 27 Greywater Supply for Toilet	74
Table 28 Greywater Needs in The Case Building	75
Table 29 Tank Sizes for Greywater System	75

Figure Contents

Fig. 1 Reserach Flow Chart	3
Fig. 2 Diagram of Rainwater Collecting System	11
Fig. 3 First Runoff Removing System	11
Fig. 4 Rainwater Collectim and Storage Controll System	11
Fig. 5 Rainwater Collectim and Permeatin System	11
Fig. 6 Main Concept of Rainwater System	12
Fig. 7 Design Process of Rainwater System	13
Fig. 8 First Runoff Removing System	16
Fig. 9 Filtration of Rainwater Collection System	17
Fig. 10 Valves of Setting Tack	19
Fig. 11 Sand Filter	19
Fig. 12 Storm Water Control System	20
Fig. 13 Diagram of Rainwater Flow	21
Fig. 14 Examples of Notice	23
Fig. 15 Notice for Explanation of Rainwater System	24
Fig. 16 Notice for Prevention of Drink	24
Fig. 17 Roof Plan	63
Fig. 18 Average precipifation of Seogwipo	63
Fig. 19 Monthly average precipitation	63
Fig. 20 Cumulative Curve of Runoff	72
Fig. 21 Conceptual Diagram of Rainwater System	76
Fig. 22 Conceptual Diagram of Greywater System	76
Fig. 23 Diagram of Water Supply	77
Fig. 24 Diagram of Greywater System	77
Fig. 25 Section of Greywater Tank and Rainwater Tank	78
Fig. 26 Cistern Layout (First Floor Plan)	78
Fig. 27 First Floor Plan of Water Service	79
Fig. 28 Second Floor Plan of Water Service	79
Fig. 29 Rooftop Plan of Water Service	80

I. 서론

1. 연구 목적

모든 생물이 살아가는데 있어 없어서는 안 될 생명의 근원은 물이며 물의 기근 현상이 세계 여러 국가에서 발생하고 있으며 20세기의 국가 분쟁원인이 석유자원이었다면 21세기는 “물 분쟁” 사태가 될 것이라고 세계은행이 경고하고 있다.

산업발달과 인구증가로 물 부족이 전 세계적인 현상이 되어버린 지금 모든 국가가 부족한 수자원을 최대한 효율적으로 사용하기 위한 여러 가지 방법을 모색하고 있다. 선진국 및 여러 국가에서는 이미 대체 수자원으로 빗물 이용에 대한 부단한 노력을 기울이고 있지만 우리나라는 대체 수자원으로 지하수와 생활용수를 재처리한 중수 이용을 일부 고려하고 있을 뿐 우수(雨水)이용에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

특히 지하수를 상수원으로 이용하고 있는 제주 지방의 수자원 현황을 고려해볼 때, 인구가 60만4천명이상이 되는 2011년경부터 물부족 현상이 시작될 것으로 전망되고 있다¹⁾. 이에 따라 제주도내 수자원 이용계획의 가장 중요한 핵심은 지하수를 비롯한 상수원을 보호하고 동시에 수자원을 절약하는 방법에서 대안을 찾을 수밖에 없다. 특히 미활용 자원인 우수를 이용하여 지하수원을 보존하는 우수시스템을 보다 적극적으로 활용함으로써 경제적이며 효과적인 제주형 환경친화적 수자원 이용계획을 제안할 수 있을 것이다. 환경친화적인 우수이용 계획은 수자원을 절약하고, 환경오염을 최소화하여 환경부하를 감소시키는 역할을 할 수 있을 뿐 아니라 다른 환경요소와의 통합을 통해 비용절감 효과도 기대할 수도 있다.

따라서, 본 연구에서는 제주 지역 환경에 적합한 환경친화적인 수자원 활용계획을 위하여 건축물에 우수시스템을 적용하기 위한 구체적인 설계방법을 제안하고자 하였다. 우선 이론고찰을 통해 환경친화적인 수자원 활용계획의 개념을 정립하고 제주환경에 적합한 우수시스템 설계 프로세스를 제안하였다. 다음으로 중산간 지역의 건축

1) 제주국제자유도시 종합계획(2002~2011)

물을 선정하여 각 설계과정에 적용하는 기술요소 및 설계 자료를 제시하고 계획에서 시공까지 완료하는 사례 연구를 실시하여 적용 타당성을 검증하였다.

2. 연구 범위 및 방법

본 연구에서는 제주지역 환경에 적합한 환경친화적인 우수시스템 계획방법을 제시하고 사례연구를 통해 구체적인 기술요소 및 설계자료를 제안하여 실제로 시공함으로써 타당성을 검증하였다.

연구의 내용 및 방법을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 기존 문헌 및 이론 고찰을 통해 건축계획적 측면에서 환경친화적인 수자원활용의 개념을 정립한다.
- 2) 우수시스템 및 중수시스템과 관련된 사례를 조사하여 적용기술과 특성을 고찰한다.
- 3) 제주의 수자원 특성과 기후특성을 분석하고 제주지역에 적합한 환경친화적인 우수시스템 설계 프로세스를 제안한다.
- 4) 제안된 설계프로세스에 따라 사례연구를 실시하고 각 설계단계에 필요한 기술요소 및 설계자료를 제시한다.
- 5) 사례연구 결과(설계안)를 실제로 시공함으로써 연구결과의 적용 가능성과 타당성을 검증한다. 주요 연구 흐름은 Fig. 1과 같다.



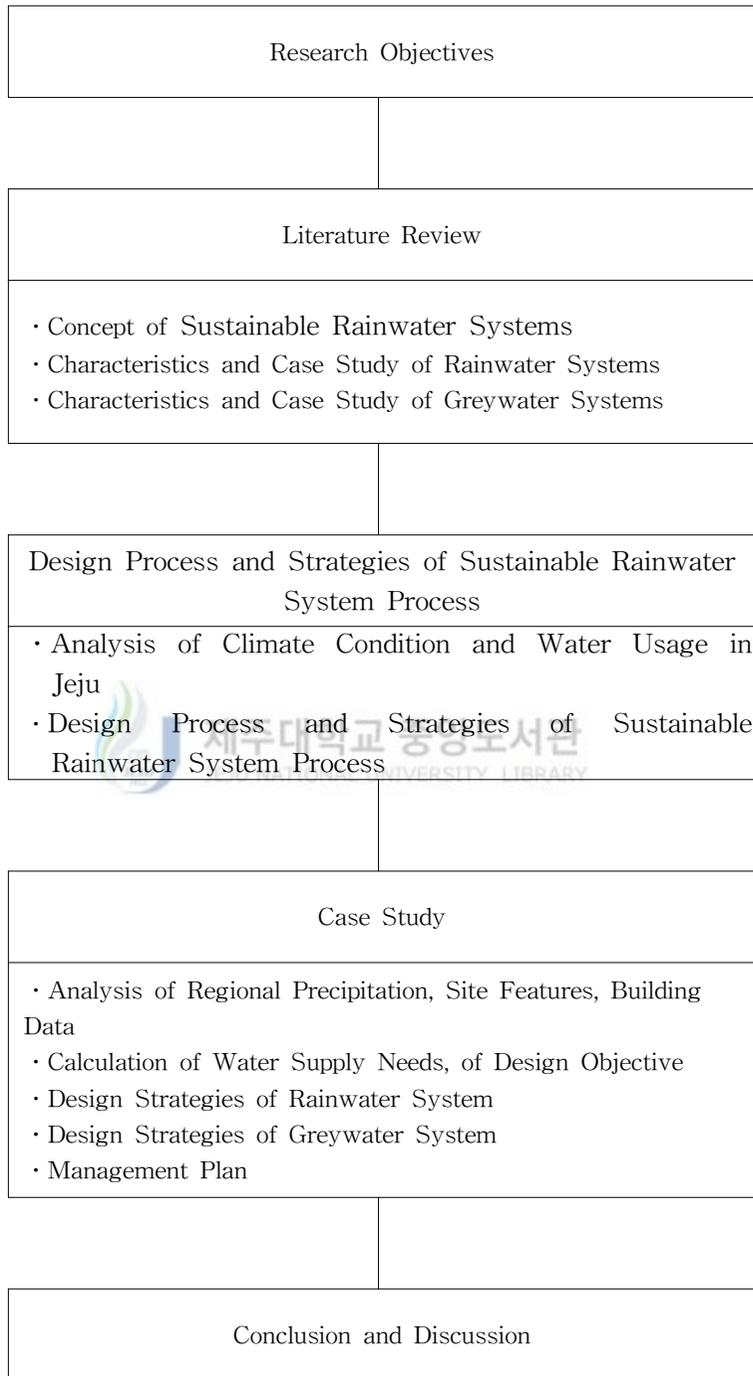


Fig. 1 Reserach Flow Chart

II. 이론고찰

1. 환경 친화적 수자원 이용의 개념

환경친화적인 건축건축계획에서 수자원 이용계획이란 크게 자원 절약, 환경오염 최소화, 자연친화 3가지 요소로 구분할 수 있다²⁾.

1) 수자원 절약

수자원 절약을 위한 건축적 대안은 크게 우수활용 시스템, 중수도 시스템 및 절수 기기의 도입 등이 있다. 도시 지역에서 이용가능성이 높은 수자원으로서는 중수, 우수, 지하수, 하천 등이 있으며, 특히 제주도에서 활용가능성이 높은 수자원은 우수 및 중수라고 볼 수 있다.

우수시스템은 빗물(우수)을 집수하여, 우수저류조를 통해 모아두었다가 잡용수로 사용함으로써 수자원 즉, 상수 이용량을 감소시키는 방법이다. 우수이용시 고려해야 할 사항으로 지역에 따른 강수량, 집수면에 따른 수질 등이 있다.

중수(Reusing Water)란 한번 사용한 수돗물을 생활용수, 공업용수 등으로 재활용할 수 있도록 다시 처리한 물을 말하며 중수를 처리함에 있어서 가장 중요한 고려사항은 어떠한 물을 중수로 처리하여 어디에 사용할 것인가 이다. 이는 중수 처리를 위한 시스템 구성 및 설계 그리고 운영방법을 결정하는 중요한 요소라 볼 수 있다.

절수기기는 가장 직접적인 효과를 기대할 수 있는 부분으로 국가적 차원에서의 물 절약 효과뿐만 아니라 개인적 차원에서 비용 절감의 기회를 제공한다는 점에서 더욱 실익이 있다. 대형 건축물에서 절수기기를 설치할 경우 물 절약으로 인한 상하수도 요금을 절약할 수 있을 뿐 만 아니라 온수 사용량도 동시에 절약되므로 에너지 비용도 상당수준 절약 할 수 있을 것으로 기대된다. 특히 2001년 3월 수도법의 개정으로 숙박업소, 목욕장, 골프장 등 물다소비 업종과 대통령령으로 정하는 신축 건축물의 경우 2002년 9월까지 절수기기 및 설비를 의무적으로 설치하게 되었다.

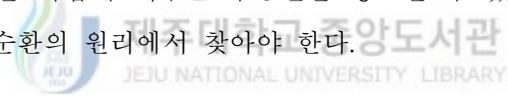
2) 정지윤, 공동주택단지의 환경친화적 수공간 계획에 관한 연구, 중앙대학교 석사논문, 2000

2) 환경오염 최소화

도시화로 인한 자연녹지 감소와 불투수성 시설이나 인공포장 면적의 증가는 도시 열섬현상을 심화시키고 우수 침투를 차단해 도시 흡수와 지하수 고갈 현상을 초래하고 있다. 게다가 표면 유출수의 증가는 오염물의 유출을 촉진시켜 유출율을 증대시킨다. 이러한 환경오염을 최소화 하는 기법으로는 식생을 이용한 녹지대 확대 및 옥상 녹화, 우수 저류 및 침투공법을 통한 우수 유출량 제어, 하천으로의 유출수를 정화하기 위한 생물 정화기법 등이 있다.

3) 자연 친화

물은 수목과 함께 자연과 인간을 연결 시켜주는 중요한 매개체로서 경관을 조성하고 생명의 근원과 영양소가 되기도 한다. 물은 인간의 생활환경에서 중요한 요소이며 정서적인 측면에서도 큰 역할을 담당하고 있다. 그러므로 자연 특성을 활용한 물의 연출은 인간과 물을 가깝게 해주는 수공간을 창조할 수 있으며 이것을 조성하는 방식들은 생태학적 순환의 원리에서 찾아야 한다.



2. 우수이용시스템

1) 우수이용시스템의 개념

(1) 우수이용의 개념

지금까지 우리나라의 수자원관리는 대부분 치수(治水)에 중점을 두었다. 도시의 하수시설은 우수가 내리자마자 하수도를 통해 우수를 하천으로 방출하는 것을 목적으로 만들어졌다. 다시 말해 우수는 이용가치가 없는 대상으로 최대한 빨리 흘러 보내야 하는 대상으로 간주되었던 것이다. 우수이용의 기본개념은 예전에는 이용가치가 없다고 여겼던 우수를 저류하여 생활용수와 도시 관리용수로 사용하고, 도시형 홍수를 예방하며 부족한 수자원을 해결하기 위해 우수를 새로운 수자원으로서 인식하여 대체수자원으로서 활용하는 것을 의미한다.

(2) 우수 이용효과

① 비상시 수원

지금까지 상수도는 대량의 중앙 공급 식으로 시민의 생명과 안전을 지키기 위한 생명선(life line)으로서의 중요한 역할을 수행해 왔다. 그러나 대형 수해, 화재, 가뭄, 지진 등이 발생하는 비상시에는 커다란 피해를 보게 되며, 상수도는 가동중단상태에 들어가는 경우도 있다. 이에 따라 선진국에서는 중앙공급식 생명선의 개념에서 분산 방식인 생명점(life point)의 개념을 함께 사용하도록 정책을 전환하고 있다.

선진국에서는 도시형 홍수를 해결하면서 동시에 환경을 복원하는 방법의 하나로써 우수의 저류와 침투에 관심을 가지고 있으며, 이는 친환경적(environmentally sound)이며 지속가능한 기술(sustainable technology)로 이해되고 있다. 또한, 저류된 우수는 생활 잡 용수, 소방용수 등으로 사용되거나, 지하수 함양에도 이용하고 있으며, 재난 발생시에는 비상 음용수로도 사용되고 있다.

② 수돗물(상수)의 대체 수원

일반적으로 일상생활에 사용되는 생활용수나 공장에서 사용되는 모든 용수에 대하여 우수를 사용할 수는 없다. 우수이용을 확대하기 위해서는 용수 중에서 어느 정도를 우수로 대체할 수 있는 지를 파악하는 것이 중요하다.

Table 1 Planning Guide for Water Supply

Usage	daily usage (ℓ/person)	ratio(%)	reuse	
Laundry	47	20	○	potential of reuse about 50% (*64%)
Toilet	63	27	○	
Bath	34	14	×*	
Parks and other	8	3	○	
Drinking			×	
Lavatories	84	36	×	
Cleaning			○	
합계	236	100		

Table 13)은 일반 가정용수의 약 50%를 우수로 대체할 수 있다는 것을 보여 준다. 그러나 실제로 모을 수 있는 우수량은 우수이용시설의 설치비율, 강우의 빈도, 집수 시설의 면적, 유출계수, 계절적 제한 등 여러 가지 요인에 의해 제약이 있으므로 생

3) * 우수 수질이 좋은 경우 목욕용수로도 사용 가능
자료: 대한상하수도학회, 1994, 중수도원단위 산정 및 지침서 작성

활용수 50% 대부분을 우수로 대체하는 데에는 한계가 있다.

③ 상하수도 건설비 경감 및 지하수 함양

기존 도시의 상수도 시스템(댐, 취수장, 정수장, 도수관 등)은 현재 상태에 적절하게 규모가 결정되어 있으므로 인구증가나 물 사용량의 증가로 수돗물을 더 공급하기 위해서는 상수도 시스템 전반의 시설 전체의 용량을 키워야만 한다. 새로 원수를 구할 수 없는 경우도 많고, 댐의 증설이나 신설에 대해서는 반대여론을 극복하여야 하며, 엄청난 재원과 시간이 필요하다. 또한, 도시화가 진행되면서 녹지가 지붕이나 포장으로 변하여 유출량이 증대된다. 이와 같이 늘어나는 우수를 배제하기 위해서는 기존의 우수배제관이나 수로를 증설하여야 하는 데에는 엄청난 재원이 필요하고, 밀집된 도심지 같은 경우에는 공사가 불가능 할 수도 있다.

특히, 비가 올 때 한꺼번에 도로의 오염물질을 씻어 내려가게 되어 기존의 하수 처리장만으로는 하천을 깨끗하게 유지하는 것은 불가능하다. 비가 온 다음 하천에 물고기가 죽는 것도 이러한 이유이다. 기존의 하수도 관리 시스템만으로는 이러한 비점오염원의 관리가 거의 불가능하기 때문에 우수를 저류·침전시킴으로서 하천의 오염을 어느 정도 방지할 수 있다. 신시가지의 조성이나 재개발에 따른 도시의 물 문제는 우수탱크나 저류지를 건설 하는등 물의 관리를 잘 한다면 쉽게 해결이 가능하다. 즉, 모아둔 우수를 이용하여 허드렛물이나 도시의 공공용수 등으로 사용하거나 지하로 침투시키게 되면, 상하수도 시스템의 증설이 없이 기존의 시설만으로도 감당할 수 있으며 지하수 함양효과까지도 얻을 수 있게 된다. 또한 개발에 의해 많이 유출되는 우수를 저류지를 통하여 순간적 최대치를 줄여 준다면 하수관을 증설하지 않고도 하류지역의 홍수나 하천의 범람을 줄일 수 있다.

④ 집중호우 피해의 경감

지금까지 우수관리의 근본개념은 유역에 내린 우수를 빨리 모아 하천에 내보내는 것이었다. 우수를 일시에 하천으로 흘러보내고 하천을 중심으로 댐을 만들고, 하천제방을 높이며, 우수펌프장을 증설하는 등 선(線)적인 관리를 해왔다. 그러나 집중호우가 발생하는 경우가 빈번해지면서 수해를 입은 수재민의 고통과 재산상의 피해가 갈수록 커지고 있고, 2002년에는 8조원이 수재로 인한 피해 복구비용으로 부담 되었다. 따라서 기존의 우수처리 방법을 선진국과 같이 면(面)적인 개념으로 바꾸는 것이 필요하다. 즉 우수를 부지면에 모아서 천천히 내려가게 하거나 지하로 침투하도록 하는

면 적인 개념 전환의 요구 된다. 이렇게 되면 우수가 한꺼번에 하천에 모여들지 않아 하천의 부담은 적어지고 지하수위를 높아져서 가뭄이 들었을때 큰 도움을 줄 것이다.

2) 국내 우수 이용관련 법규

2001년 3월 28일 수도법을 개정(2001년 9월 29일 시행)하여 종합운동장, 실내체육관 등 지붕 면적이 2,400㎡이상이고 관람객수가 1,400석 이상인 시설물을 신축하거나, 이 규모 이상으로 증축, 개축, 재축하는 시설물에 대해서는 우수이용시설을 의무적으로 설치·운영하도록 하였다. 또한, 국가와 지방자치단체가 우수이용시설을 설치한 시설물의 소유자에 대해 설치비용을 지원할 수 있도록 하고, 지방자치단체는 조례로 수도요금을 경감할 수 있도록 하는 등 우수이용시설의 설치를 제도적으로 장려하고자 하였다. 또한, 우수이용시설의 설치의무를 이행하지 않는 경우 1천만원 이하의 과태료를 부과하도록 하고 있다. 우수이용과 관련된 수도법의 규정을 구체적으로 열거하면 다음과 같다.

(1) 우수이용시설의 설치(수도법 제11조 3항)

- i. 종합운동장·실내체육관 등 지붕 면적이 넓은 시설물 중 대통령령이 정하는 시설물을 신축(대통령령이 정하는 규모 이상으로 증축·개축 또는 재축하는 경우를 포함한다) 하고자 하는 자는 우수 이용시설을 설치·운영하여야 한다.
- ii. 우수이용시설의 시설기준 및 관리 그 밖의 필요한 사항은 환경부령으로 정한다.
- iii. 국가 및 지방자치단체는 우수이용시설을 설치한 시설물의 소유자에 대하여 그 우수이용시설의 설치비용을 지원할 수 있으며, 지방 자치 단체는 조례가 정하는 바에 따라 수도요금을 경감할 수 있다.

(2) 우수이용시설의 설치대상(수도법시행령 제 15조의 3항)

- i. 법 제11조의3제1항에서 “대통령령이 정하는 시설물”이라 함은 체육시설의 설치·이용에 관한 법률 시행령 별표 1에 의한 운동장 또는 체육관으로서 지붕 면적이 2천400제곱미터 이상이고, 관람석수가 1천400석 이상인 시설물을 말한다.
- ii. 법 제11조의3제1항에서 “대통령령이 정하는 규모”라함은 지붕 면적이 2천400제곱미터이고 관람석수가 1천400석인 경우를 말한다.

(3) 우수이용시설의 시설기준 등(수도법시행규칙 제 4조의 3항)

i. 법 제11조의3제2항의 규정에 의한 우수이용시설은 다음 각 호의 시설을 갖추어야 한다.

- 1) 지붕에 떨어지는 우수를 모을 수 있는 집수시설
- 2) 비가 내리기 시작한 후 처음 내린 우수를 배제할 수 있는 시설이거나 우수에 섞여있는 이물질들을 제거할 수 있는 여과장치등 처리시설.
- 3) 처리시설에서 처리된 우수를 일정기간 저장할 수 있는 우수저류조로서 다음 각목의 요건을 갖춘 것.
 - ① 제곱미터단위로 표시한 지붕면적에 0.05미터를 곱한 규모이상의 용량
 - ② 물의 증발이나 이물질이 섞이지 아니하도록 되어 있어야 하며 햇빛을 차단할수 있는 구조.
 - ③ 내부청소에 적합한 구조
- 4) 처리한 우수를 화장실 등 우수를 사용하는 곳으로 운반할 수 있는 펌프·송수관·송·배수시설.

ii. 제2조제2항의 규정은 제1항 각호의 시설에 준용한다.

iii. 우수이용시설을 다음 각호의 기준에 따라 관리하여야 한다.

- 1) 음용 등 다른 용도에 사용되지 아니하도록 배관의 색을 다르게하고 표시를 분명히 하여야 한다.
- 2) 제1항 각호의 시설은 연 2회 이상 주기적으로 점검하고 이물질제거 등 청소를 하여야 한다.

iv. 우수이용시설의 관리자는 관리대장을 만들어 우수사용량, 누수및정상가동 점검, 청소 일시 등을 기재하여야 한다.

3) 우수시스템 적용기술

(1) 우수 이용

우수이용시스템은 지붕으로부터의 집수, 우수저류조, 양수파이프, 잡용수 고가수조, 지붕 배관으로 구성되고, 그 외에 저류조가 만수가 되었을 때 하수관에 연결되는 by-pass시스템이 필요하지만 다른 하·폐수 재이용시스템과 비교하면 단순하다. 또한 음용수로 이용하지 않으므로 정수처리의 수준까지 처리할 필요가 없으며 일반적으로 협잡물을 제거하기 위하여 침전조나 여과조를 설치 하는 경우가 많다. 그러나

이용시스템을 계획할 경우에 기존 건축물에 대하여 우수받이 등의 배수계통, 옥상이나 지붕면이 구조적으로 크게 변경시키지 않는 방향으로 해야 할 것이다.

① 우수 이용 방식에 따른 분류

우수이용의 방식은 크게 개별이용방식과 공동이용방식 2종류가 있다.

i) 개별이용

개인주택의 지붕 또는 부지에 내린 비를 한 곳으로 모아서 모래, 부유 물질을 제거하여 멸균 처리한 후 저류조에 저류시켜 그 용수를 수세식 화장실 용수, 살수, 세차 등에 이용하는 방식이다.

ii) 공동이용

비교적 집중된 지역의 예를 들면 단지 규모의 지역에서 이용하는 방식이다. 집수장소는 지붕 또는 토사 등의 오염물질이 적고 면적이 넓은 노면등이 선택되며 집수장소에 쌓여져 있는 모래, 부유 물질을 제거한 후 일정한 용기에 저류시켜 수세식 화장실 용수, 세차용수, 살수용수 등 상수 대체 용수로 이용하는 방식이다. 우수는 이용한 후에는 우수로서 공공 하수도에 방류된다.

iii) 우수 이용 시스템에 따른 분류

우수이용시스템은 초기 우수의 배제와 침투시설의 설치여부에 따라 다음과 같이 구분될수 있으며 Fig. 2 ~ Fig. 5는 각 시스템의 개념도를 보여준다.

㉠ 전량 이용형 시스템

가장 간단한 방식으로 지붕에서 집수된 우수를 여재 혹은 체(screen)를 거쳐 저류조에 전량을 모은 후 화장실 용수 등으로 이용한다.

㉡ 초기 우수 배제 시스템

우회형으로 초기강우에 포함되어 있는 미세입자나 고형물 등을 하수관거로 배제시킨 후 양질의 우수만을 저류조에 집수하는 방식이다. 이 방식은 강우 강도가 높을 경우에도 하수관거로 배제하게 된다.

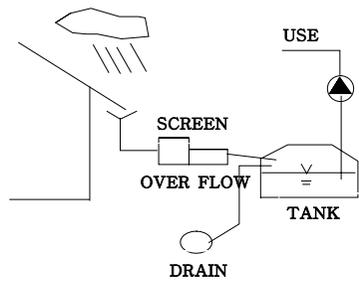


Fig. 2 Diagram of Rainwater Collecting System

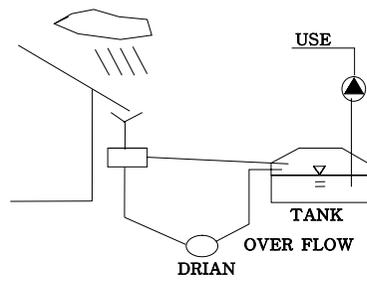


Fig. 3 First Runoff Removing System

㉔ 저류·조절형 우수 이용 시스템

전량이용시스템을 변형한 방식으로 저류조의 용량을 증가시킨 시스템이다. 이 시스템에서는 조절판을 이용해 저류용량을 조절할 수 있다.

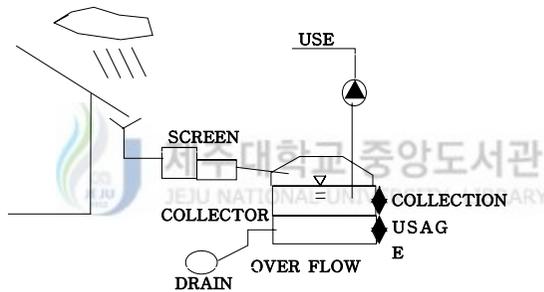


Fig. 4 Rainwater Collectim and Storage Control System

㉕ 이용·침투형 우수 이용 시스템

침투 병용 시스템으로서 우수이용시설과 함께 침투시설을 설치하여 이용하지 않는 우수를 땅속으로 침투시키는 방식이다. 우수이용과 더불어 지역 내 물 순환을 고려한 것이다

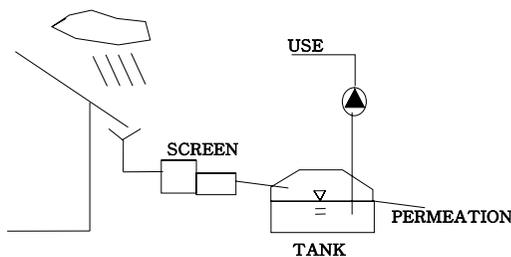


Fig. 5 Rainwater Collectim and Permeatin System

(2) 우수 이용시설의 구성

우수이용시스템은 지붕으로부터의 집수, 우수 저류조, 급수배관, 잡 용수 고가수조, 지붕배관으로 구성되어 있으며 비교적 다른 수자원 재이용 시스템에 비하여 단순하다. 또한 저류조가 만수가 되었을 때 하수관으로의 by-pass시스템이 필요하고 우수에 포함되어 있는 협잡물을 제거하기 위하여 침전조나 여과조를 설치하는 경우가 많다.

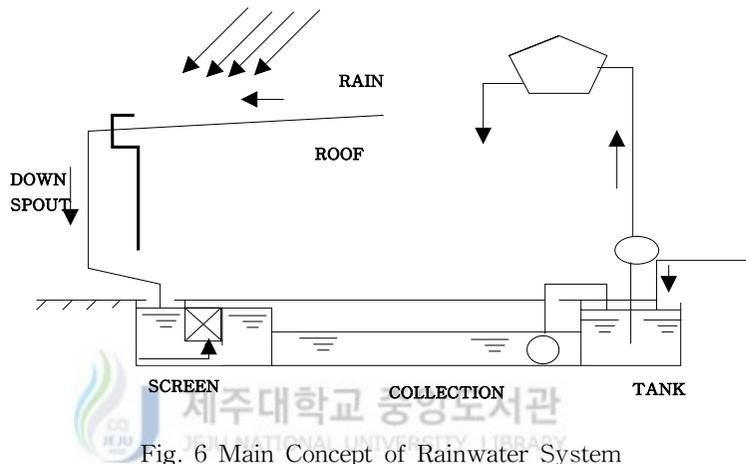


Fig. 6 Main Concept of Rainwater System

일반적인 우수이용시스템의 구조는 Fig. 6과 같다.

우수를 단독으로 이용하는 경우는, 지붕이나 옥상과 같이 양호한 수질을 얻을 수 있는 집수면을 선정하여야 한다. 일반적으로 오염도가 심한 집수 면에서 모아진 우수는 오염된 물을 정화하기 위하여 복잡한 처리 설비가 필요할 뿐만 아니라 처리비용이 상승한다. 그러므로 전문적인 지식이 없는 일반인도 쉽게 다룰 수 있는 간단한 처리시설로 오염되지 않은 물을 집수하는 것이 바람직하다. 또한 우수이용에 대한 계획을 수립하는 경우에는 기존 건축물에 대하여 우수받이 등의 배수계통, 옥상이나 지붕면이 구조적으로 크게 변경되지 않도록 고려하여야 한다.

(3) 우수 이용의 기본설계

우수 이용 시설의 기본설계를 위한 검토절차는 Fig. 7과 같다. 우수 이용용도, 집수 가능한 우수량 · 수질, 우수 이용시설 설치장소 및 공간, 우수 저류량 등을 검토하고 이용용도에 적합한 처리 공법을 결정한다.

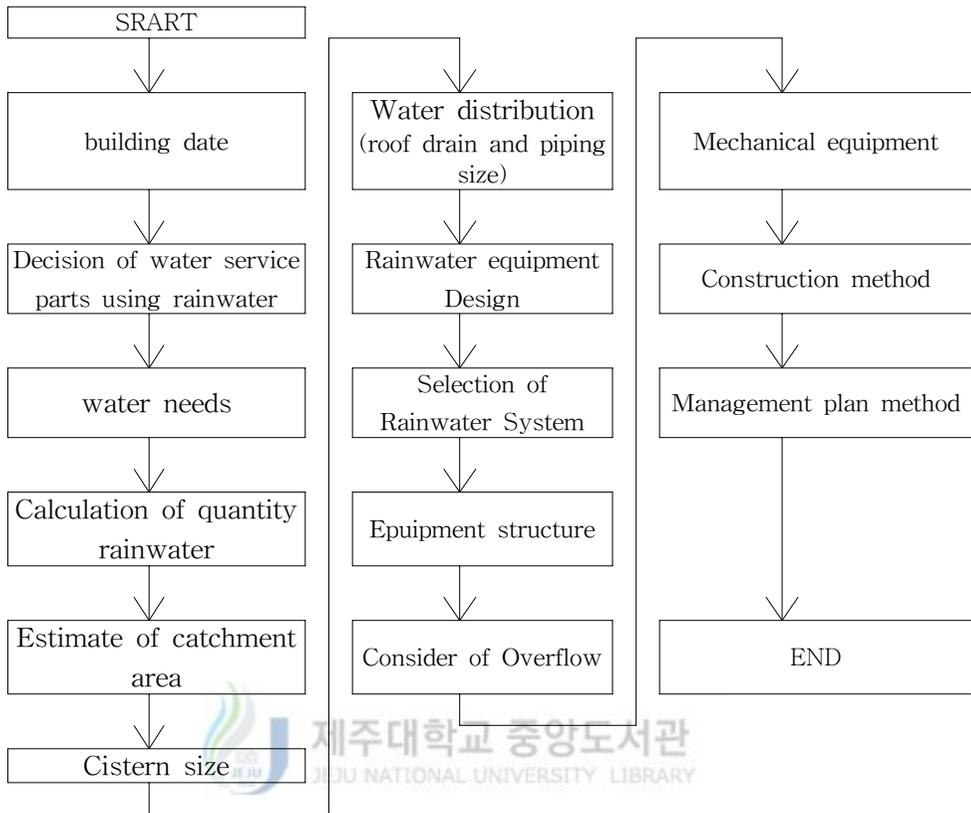


Fig. 7 Design Process of Rainwater System

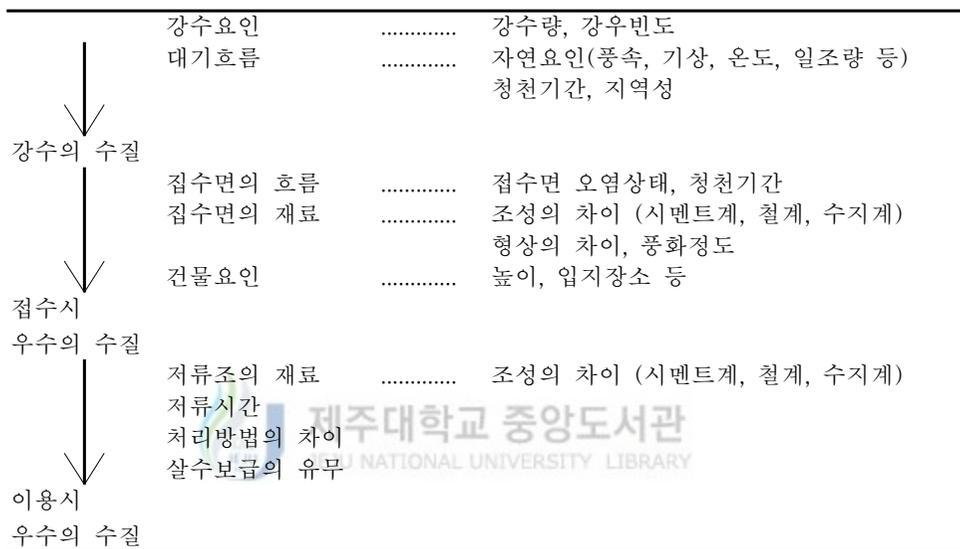
(4) 우수의 수질특성

우수는 집수장소(표면상태)에 따라 수질과 유출량이 다르다. 도시지역의 경우에는 우수의 집수대상은 크게 옥상 지붕, 공원, 주차장, 도로, 인공지반으로 구분된다. 이 중에서 옥상·지붕면, 공원의 잔디면, 주차대수가 적은 주차장 노면 및 인공지반면에서는 양호한 수질의 우수를 집수할 수 있다.

우수는 그 자체로 대기 오염상태의 영향을 받아서 산성을 나타내는 경향이 있으며, 초기 우수 중에는 수십~수 천개/ml의 일반세균도 포함되는 경우도 있지만 간이처리로서 수세식 화장실 세정용수, 살수용수 또는 친수시설의 유지 용수로 이용하는 데는 큰 문제는 없다고 알려져 있다.

이에 비해 도로면에 떨어진 우수는 오염물질의 농도가 높고 중금속을 포함한 불특정 다수의 유해물질이 포함될 가능성이 높기 때문에 간이 처리하여 이용할 수 없다. 특히 우수를 이용하는 경우에는 산성비의 영향, 초기 강우의 오염 상태에 유의할 필

요가 있다. 산성비는 금속의 부식 등이 발생되기 때문에 수조 및 배관 등을 정기적으로 점검하여야 한다. 또한 초기강우의 오염은 옥상·지붕면에서는 먼지나 동물의 배설물 등의 표면 퇴적물이 유입될 우려가 있고, 공원의 녹지면에서는 토양입자의 유출과 비료성분이 혼입될 가능성이 높기 때문에 초기 우수를 배제 시킬 수 있는 시설의 설치가 필요하다. 우수가 대기에서 떨어져 집수장소를 거쳐 상수대채용수로 이용되기까지 수질에 영향을 미치는 요인에 대하여 나타내면 다음과 같다.



직접 채수한 우수의 표준적인 수질범위를 나타내면 Table 2⁴⁾와 같다.

Table 2 Rainwater Quality

PIV(mg/L)	Measurement data from Japan Ministry of Enviroment						
	1978(a)			1979(b)		1980(c)	
SS	8.0	2.0	1.0	4.8~15.7	1.2~9.8	8.7~36.3	1.0~2.8
BOD	2.3	1.6	3.4	0.2~2.2	0.4~1.8	-	-
COD	3.3	3.3	0.2	0.2~5.8	0.1~1.6	-	-
pH	4.1	4.6	4.8	5.8~6.8	5.4~5.9	-	-
NH4-N	0.5	0.7	0.1	-	-	0.6~0.9	0.1~0.3
NO2-N	-	-	-	-	-	<0.01~0.020	<0.01
NO3-N	0.4	0.1	0.1	-	-	<0.01~0.02	<0.01
T-N	1.5	1.2	0.3	-	-	1.9~3.2	0.1~0.5
T-P	0.32	0.13	0.12	-	-	0.13~0.21	<0.01
Fe	-	-	-	-	-	0.10~0.78	0.02~0.11
Mn	-	-	-	-	-	<0.01~0.05	<0.01

4) 山形縣城町, (b) 神戸市(코오베시), (c) 北九州市(키타큐슈시)

자료 : Green Town 개발사업Ⅲ(환경부분), 한국건설기술연구원, 1998

(5) 우수이용의 목표수질

우수이용에 발생할 수 있는 문제점으로는 인체의 위생적 측면과 기기에 대한 장애이다. 인체에 대한 피해는 전염병 및 사용자의 불쾌감 등이 해당되며 기기에 대한 영향은 기기, 배관 내부의 부식, Scale, Slime등이 있다. 또한 이용시설에 물을 보내기 위해서는 배관을 사용하므로 부식, Scale, Slime에 대한 장애는 피할 수 없다. 그러므로 우수이용을 계획할 경우에는 인체에 피해가 없고 기기에 주는 영향을 최대한 줄일 수 있도록 소독제의 잔류와 Scale, Slime을 발생 시키는 물질이 포함되지 않도록 고려하여야 한다.

우수이용의 목표수질은 각각의 적용분야에서 요구되는 수질이 다르지만 기본적으로 검토해야 하는 사항은 다음과 같다.

- (i) 위생상 문제가 없을 것
- (ii) 이용상 불쾌감을 주지 않을 것
- (iii) 시설구조상 문제가 없을 것
- (iv) 시설의 유지관리상 지장이 없을 것

4) 우수 이용기술 및 운영방안

(1) 우수이용기술

① 이용기술의 분류

지하 침투 기술이 있지만 연구범위를 벗어나므로 여기서는 다루지 않는 것으로 한다.

- (i) 집수기술 : 지붕면 등 집수 면에서 우수를 집수하기 위한 기술
- (ii) 저류기술 : 저류조와 탱크에 저장하는 기술
- (iii) 처리기술 : 초기우수를 배제기술 및 우수정화를 위한 기술
- (iv) 유지관리기술 : 우수이용시설의 유지관리기술

② 우수 집수기술

i) 초기강우의 제거

옥상 등의 집수면에는 유해 물질을 포함한 먼지 등이 퇴적 되어 있고 특히 맑은 날이 장기간 계속된 이후의 초기 우수에는 오염 물질이 다량포함 되어 있으므로 강우량 1.0mm 정도를 초과할 때까지는 집수하지 않는 것이 좋다.

Table 3는 강우 초기의 우수 유출수의 수질 변화의 사례를 나타낸 것으로 강우가

수 mm 이상 내리면 우수 유출수의 수질은 상당히 좋아져 우수 이용 측면에서 수질 상의 문제가 거의 없다는 것을 알 수 있다.

Table 3 Measurement Results of Water Quality(Japan)

Diameter of rainfall	pH	Turbidity	CODmn(mg/L)	NO2-N(mg/L)
0~0.5mm	7.20	22	9.46	6.0
0.5~1.0mm	7.45	7	2.58	1.7
1.0~1.5mm	7.59	8	3.16	1.7
1.5~2.0mm	7.78	2	0.00	0.3
2.0~2.5mm	7.51	2	0.00	0.2
2.5~3.0mm	7.35	1	0.20	0.2

우수저류조가 커서 다량의 집수가 가능한 경우에는 저류한 우수 중에 초기우수의 비율이 적기 때문에 초기우수제거 설비가 크게 중요하지 않지만 단독주택에서 작은 용량의 탱크에 우수를 저류하는 경우에는 초기강우는 반드시 제거 하여야 한다.

우수이용시설에서 초기 우수를 제거하는 방법을 나타내면 Fig. 8과 같다.

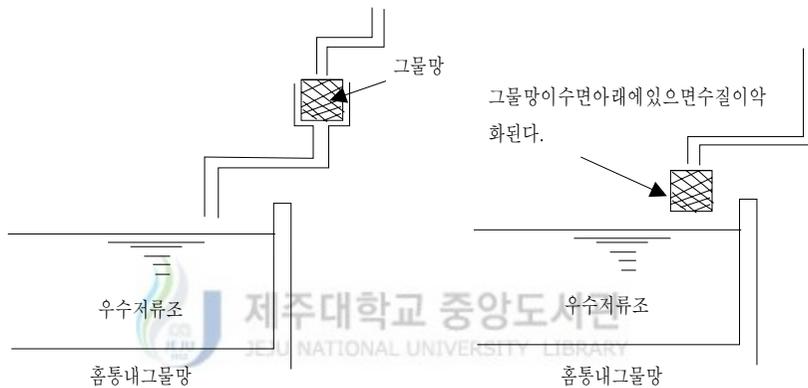


Fig. 8 First Runoff Removing System

ii) 협잡물 제거

집수면에 의한 오염을 줄이기 위해서는 집수면을 항상 청결하게 유지하여야 한다. 지붕면은 매연과 분진뿐만 아니라 새 및 고양이 등의 배설물에 의해서도 오염되므로 동물이 접근 하지 못하도록 한다. 또한 낙엽과 쓰레기 및 모래 등이 지붕배수관 주변과 지붕 물받이에 쌓여있으면 우수가 오염될 가능성이 있기 때문에 자주 청소를 해 주고 특히 맑은 날씨가 지속되고 강풍이 분 이후, 또는 낙엽이 많은 계절에는 자주 청소 한다.

우수를 음용수를 포함하여 전부 생활용수로 사용하고 있는 미국 워싱턴주에서는 지붕 우수받이에 그물바구니를 씌워 낙엽 등이 들어가지 않도록 하고 있다. 즉, 수직 우수 배수관의 중간에 스크린을 설치하여 들어가는 낙엽을 제거하며 스크린에 걸린 협잡물은 자동적으로 수직 우수 배수관의 바깥으로 떨어지기 때문에 사람의 손이 필요하지 않다. 그물 바구니나 스크린을 우수 저류조의 바로 앞에 설치하는 방법과 지붕트렌치와 지붕물받이 주변에 설치하는 방법이 있으며 그물 바구니 및 스크린의 직경은 수 mm에서 10mm정도가 적당하다. 초기강우와 협잡물 분리장치 및 효과적으로 우수를 집수하는 방법은 Fig. 9와 같다.



- 그물망은녹슬지않는재료로만들고쉽게분리될수 있도록설계되어야한다.
- 막힘을피하기위해그물망은너무미세해서는안된다.

Fig. 9 Filtration of Rainwater Collection System

③ 우수 처리 기술

i) 표준처리 공정

우수 처리 공정은 우수 집수량, 이용용도 및 건축물의 용도·특성을 종합적으로 고려하여 결정한다. 우수처리는 주로 부유물질을 제거하는 것으로서 비용해성의 무기성 물질과 유기성 물질을 제거하는 시설이 중심이 된다. 우수처리시설은 기능면에서 주 처리시설, 저류시설 및 후 처리시설로 분류되며 각 처리대상 물질에 적용 가능한 처리방법은 Table 4와 같다.

Table 4 Standard Treatment Process of Rainwater System

Div.	Main process			Reserve	Post process	
Description	Run of suspended solid and inorganic			Reserve	Filtration the fine particle	
Objects	Gabage, gravel, pavement, leaves	sand		'-	Silt	Colon bacillus
		thick sand	Fine sand			
Size (mm)	>2mm	2.0~0.42	0.42~0.074	-	<0.074	-
Process	Screen	Sand filter	Sand filter	Cistern	Filtration	Chlorination

㉠ 스크린

우수중의 쓰레기, 휴지, 낙엽, 조약돌 등의 비교적 큰 협잡물을 제거하기 위해서, 그리고 이어지는 처리장치의 기능유지를 위해서 필요하다. 단순히 금속제 및 수지제의 망을 사용하는 단순한것에서 협잡물을 자동으로 제거하는 것까지 다양한 방법이 있다.

㉡ 침사조

우수 중에 포함된 토사 및 큰 부유물을 제거하기 위해서 침전조 및 저류조의 앞에 침사조를 설치하여 자연 침전 시킨다. 침전조와 병행하는 경우도 있지만 침사조에서 침전물이 많기 때문에 유지 관리상 구별하는 것이 바람직하다. 체류시간은 수 분간 1~2분이다. 침사조는 바닥에 흠을 만들고 경사를 두어 퇴적하기 쉽게 만든다.

㉢ 침전조

우수 중에 포함된 미세한 모래 및 유기성 부유물을 자연 침전으로 제거하며 체류시간은 1~3시간이다. 집수된 우수는 대기 중에 부유하고 있는 극 미세한 것부터 집수면의 퇴적된 돌조각까지 크기와 중량이 다양하므로 이들을 자연 침강시켜 제거하는 설비가 침전조이다. 침전조는 우수저류조로 유입되는 부유물질을 제거하기 때문에 우수저류조의 청소주기를 길게 해 준다. 또한 침전조 부분만을 단독으로 청소할 수 있는 구조로 하면 청소관리가 쉬워진다. 지상에 침전조를 설치하는 경우에 Fig. 10과 같이 하부에 배수 밸브를 설치하면 별도의 동력이 없이도 침전물을 제거할 수 있으므로 협잡물이 많이 유입되는 지역에서는 매우 편리하다. Fig. 11과 같이 침전조의 제거효율을 증가시키기 위하여 여과조나 필터를 설치하는 경우도 있다.

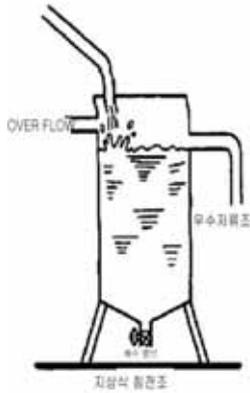


Fig. 10 Valves of Setting Tack

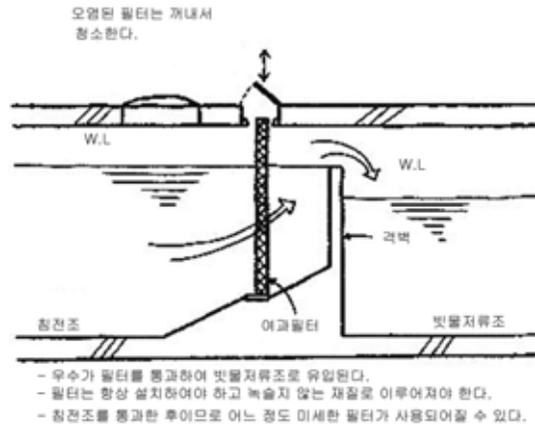


Fig. 11 Sand Filter

㉔ 여과조

입자가 너무 미세해서 침전조에서는 제거가 어려운 것은 침전조 옆에 여과조를 설치해 여과처리를 하면 더욱 효과적이다. 여과처리 방법은 중력식과 압력식이 있으며 보통 간단한 우수 이용시설에는 쇠책층이나 필터를 이용한 간이 여과법을 사용하고 부지를 확보하기 어려운 건물에는 압력식을 주로 사용한다.

㉕ 소독

소독장치는 최종처리단계에 설치하여 우수 중의 유해한 세균류를 멸균하고 위생적으로 안전한 물이 되게 하며 급수계통에서 슬라임 발생 방지 역할도 한다. 우수처리 시설은 건물 내에 설치되고 처리수량은 소량이기 때문에 안전성, 보수, 유지관리 등을 고려하며 소독제는 염소계로서 차아 염소산나트륨, 차아염 소산칼륨 등이 있다.

주입율의 기준은 수돗물에 대한 잔류염소의 기준을 적용하지만 시냇물, 연못 등에 우수를 이용하는 경우에는 염소계에 의하여 수중생물이 사멸되지 않도록 주의한다.

㉖ 저류조

우수저류조의 우수는 계속 순환하고 장시간 조 내에 체류되지 않게 하여 해충이나 모기의 발생원이 되지 않도록 한다. 또한 우수 저류조에 수위계를 부착하여 일기예보의 강수량 예측에 따라 저류조 내의 우수가 적절히 배수되도록 하며 이 때 배수시킨 우수는 지하로 침투시킨다. 수위계는 부유식과 파이프식이 있다. 부유식은 조 내에 띄운 볼이 수위에 따라 상하로 움직이며 볼에 설치된 바늘이 조 내의 수위를 표시하

며 파이프식은 우수 저류조의 바닥에 투명의 파이프를 접속시키고 수직으로 올려 파이프내의 우수높이로부터 수위를 읽는 방식이다.

호우가 지속되고 일시에 다량의 우수가 집수관에서 우수저류조로 유입되면 바닥에 쌓인 토사 등이 재부유하여 장치에 문제가 발생할 수 있다. 그러므로 Fig. 12에 나타난 것과 같이 지붕에서 집수하는 경우에는 지붕트렌치에 유입억제장치를 설치하거나 지붕트렌치의 주변을 콘크리트로 둘러싸서 집수관에 우수가 유입되지 않도록 할 필요가 있다.

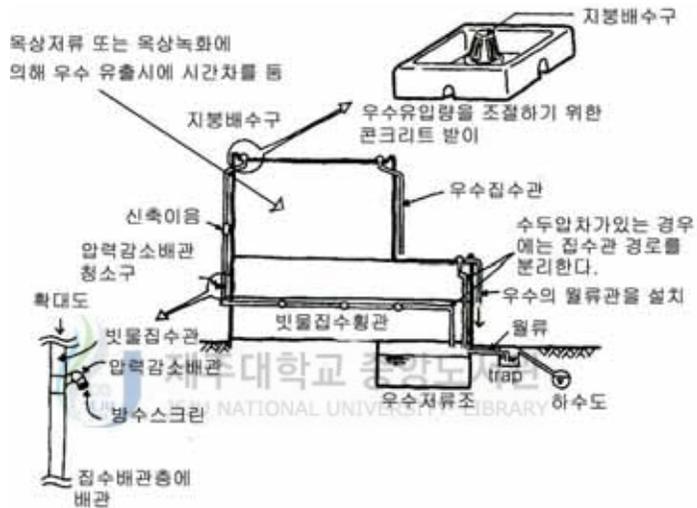


Fig. 12 Storm Water Control System

ii) 우수저류기술

식(2-2),식(2-3)는 각각 집수량과 우수 저류조 크기를 산정 하는 공식이다.

$$\text{우수물집수량(m}^3\text{)} = \text{집수면적(m}^2\text{)} \times \text{강수량(m/년)} \times \text{유출계수} \quad \dots\dots (2-2)$$

$$\text{집수면적(m}^2\text{)} \times \text{계수C(m)} = \text{우수 저류조의 용량(m}^3\text{)} \quad \dots\dots (2-3)$$

(2-3)식에서 계수 C는 우수의 강우 형태의 차이 등 지역성을 고려한 수치이지만 일반적으로 0.1로 하여 계산하고 있다. 따라서 집수면적이 60㎡로 한다면 6㎡이 우수 저류조의 적합한 용량이 된다.

우수 저류조의 용량을 크게 하면 Over Flow 되는 양이 줄어들게 되어 많은 우수를 집수하게 되어 우수 이용 율도 증가할 것으로 생각되지만 반드시 그렇다고는 할

수 없다. 특히 기존시설에 우수 저류조의 설치장소를 확보하기 어려운 경우가 많으므로 계산에 의하여 적합한 우수 량을 저류하도록 하며 부족분은 상수도에서 보충하도록 한다. 우수저류조의 용량 균형을 개념적으로 나타내면 Fig. 13과 같다.

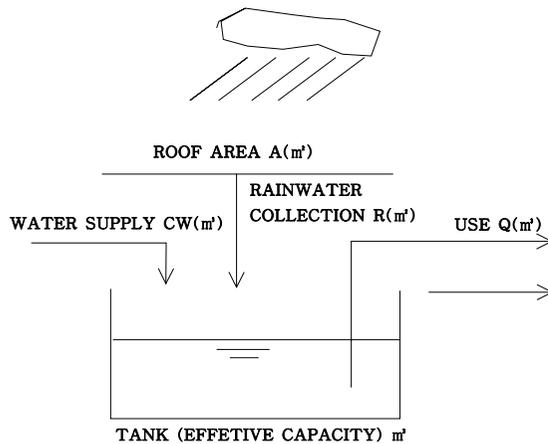


Fig. 13 Diagram of Rainwater Flow

④ 유지관리 기술

i) 각 시설별 주요 점검사항 및 주기

㉠ 집수면

정기적으로 지붕 등의 집수면을 청소하고 협잡물과 동물 배설물 등을 치운다. 또한 낙엽이 많은 계절에는 자주 청소를 하여 우수받이가 막히지 않도록 한다. 지붕면은 매연과 분진뿐만 아니라 새 및 고양이 등의 배설물에 의하여 오염되기 때문에 동물이 접근하지 못하도록 한다.

㉡ 침사지, 침전지, 스크린

비가 적은 시기에 침사지와 침전지의 바닥을 깨끗이 청소한다. 지상에 우수 탱크가 있다면 탱크의 바닥에 설치되어 있는 배수관으로 침전물을 제거하며 각 조의 청소 빈도는 침전물의 양에 따라 1~5년으로 한다.

㉢ 여과장치

여재에 걸러진 토사와 협잡물 등을 정기적으로 제거한다. 여재가 줄었거나 토사류를 여재에서 분리할 수 없게 되면 여재를 보충하거나 교환한다. 여과장치의 내부는

1~3년 간격으로 청소한다.

㉔ 우수 저류조

저류조를 1년에 2회 정도 점검하고 침점 물을 제거한다. 조 내의 청소는 필요에 따라 실시하지만 집 수면과 처리설비의 유지관리를 철저히하면 저류조 내의 청소 횟수는 1~5년에 1회정도로 줄일 수 있다.

㉕ 우수급수설비

펌프 등의 기기는 3개월에 1회 점검하여 정상적으로 작동하는지를 확인한다. 기타 설비는 6개월에 1회 정도 점검하고 상수의 급수 설비와 동일하게 유지 관리한다.

ii) 상수오염 방지

우수는 주로 잡용수의 일부로 사용되는 것이 일반적이다. 하지만, 건물 내에는 상수계 배관과 잡용수계(우수 이용수 포함)배관이 각각 있게 되는데, 이들 배관을 서로 접촉하거나 장치를 통해 연결하게 되면 크로스컨넥션(cross connection)이 발생하여 상수를 오염시키게 된다. 따라서, 배관 시공 시에는 다음과 같은 점에 주의할 필요가 있다.

㉑ 우수이용수의 배관설비는 타 용도의 배관설비와 절대 공용하지 않을것.

㉒ 우수이용수의 배관설비는 외관상, 타 용도의 배관과 쉽게 구별될 수 있는 표시, 형상, 색이 있을 것.

㉓ 세면대, 수세기구 등과 같이 오음, 오용의 우려가 있는 급수 기구를 우수이용설비로 절대 사용하지 않을 것.

다른 용도의 배관과의 오, 접합을 방지하기 위한 몇 가지 방법이 있다. 그 중 하나는 상수계의 관 종류와 우수 이용수의 관 종류를 달리하는 것이다. 예를 들면, 경질 염화비닐라이닝관을 사용하는 경우, 상수계에는 수도용 강관을 사용하면 오, 접합을 방지할 수 있다. 부득이하게 동일한 종류의 관을 사용하는 경우에는 관 외면에 우수이용관이라는 것을 알리는 표시를 해가면서 배관작업을 하도록 한다. 어떤 방법을 이용하더라도 배관공사는 착공에서부터 준공까지 동일한 배관공에 의해 작업이 이뤄지기는 어렵기 때문에, 누구라도 배관의 용도를 판별할 수 있도록 하는 것이 중요하다.

건물을 개수하거나 증축할 경우에도 오, 접합의 우려가 있기 때문에, 배관공사가 완료된 후에는 배관의 용도를 쉽게 알 수 있도록 피복면과 밸브 등에도 표시를 해둘 필요가 있다. 세면대, 수세기구 등은 보통 상수를 이용하는 급수설비이므로 여기서는

사람들이 손을 씻을 수도 있고, 마실 수도 있다. 따라서, 이들 급수설비에는 우수이용 배관을 절대로 연결해서는 안 된다. 또한, 우수를 화장실 세척수로 이용하는 경우에도 우수가 잘못 사용되는 것을 방지하기 위해, 우수를 세정수로 이용하고 있다는 것을 알리는 표시를 해두는 것이 바람직하다.

또한, 대변기 옆에 세면대를 설치하거나 변기에 비데를 설치하는 경우에는 반드시 수도물을 사용해야 한다. 그밖에 주의할 급수기구로 옥외에 설치된 살수 전에 우수 등의 잡용수를 이용하는 경우 마실 우려가 있기 때문에 주의를 촉구하는 표시를 해 두어야 한다.

iii) 안전관리

안전관리는 이용자가 안심하고 사용할 수 있도록 설비 등을 관리하는 것을 의미한다. 우수 수질악화 등의 예기치 못한 사태가 발생하지 않도록 평상시에 주민 및 이용자들에게 홍보하는 것이 중요하다. 우수이용시설 및 집수장소에는 ‘우수이용시설’ 또는 ‘우수 집수면’이라는 것을 알리는 표지판을 설치하여 우수이용시스템이 위생적이고 안전하게 유지될 수 있도록 노력해야 한다.

공공적으로 이용되는 시설인 경우 불특정 다수가 이용하기 때문에 어린이 또는 외국인도 쉽게 알 수 있는 표지판이 설치되어 있어야 한다. Fig. 14에 그 예를 나타내었다.

또한, 일반인들에게 우수이용의 효과를 인식시키고 이해를 구함으로써 우수이용시설에 대한 인식을 제고하기 위한 안내판을 설치하는 것도 매우 중요하다.

Fig. 15에 그 예를 나타내었다.

이 화장실은 우수를 이용하고 있습니다.	(화장실입구에 설치)
물을 마시지 마세요. 우수를 모아서 살수, 세차용으로 사용합니다.	(아동관)
음용금지, 우수입니다. NO DRINKING	(아동관)
주의! 배란다를 더럽히지마세요. 배란다에 내린 우수는 잡용수로 이용합니다.	(도서관)
주의! 옥상을 더럽히지 마세요. 옥상에 내린 우수는 잡용수로 이용합니다.	(문화센터)

Fig. 14 Examples of Notice

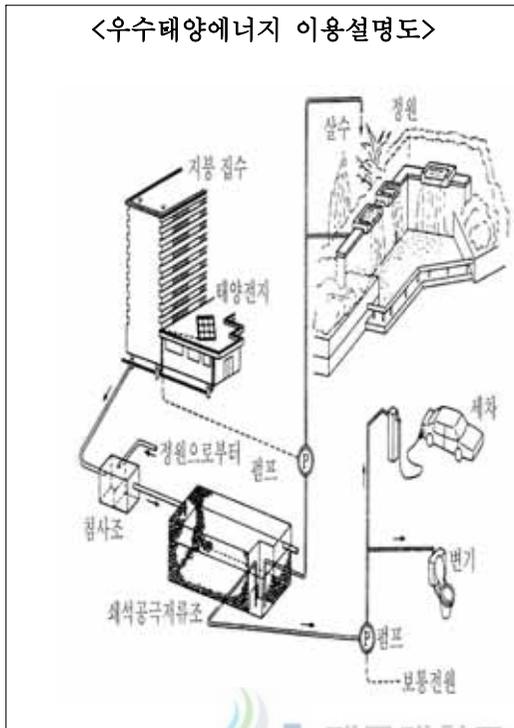


Fig. 15 Notice for Explanation of Rainwater System

이 물은 우수이므로 마시지 마십시오.
정원의 화초 등에 살수 하는데 이용하십시오.

Fig. 16 Notice for Prevention of Drink

오염 방지대책으로서는 다음과 같은 조치들을 고려할 수 있다.

- 비음용이라는 표시를 할 것
- 관리자를 제외한 일반인들은 쉽게 다룰 수 없는 전용급수전을 설치 하거나, 자물통이 있는 시설로 할 것
- 우수이용에 관련된 배관에는 표면의 색을 달리하여 상수계통의 배관과 구별할 것

그리고, 사고발생시 우수 이용자들에 대한 통보체계를 확립하고, 평일, 휴일, 야간에 시설 관리자에게 긴급하게 연락할 수 있는 체계를 확립해두는 것도 매우 중요하다.

Fig. 16에는 오염방지를 위한 표지판의 예를 나타내었다.

5) 사례 조사

① 월드컵경기장의 우수이용시설

우수 이용시설을 갖춘 국내 5개의 월드컵 경기장은 인천, 수원, 대전, 전주, 서귀포 등으로서 지붕면이나 운동장바닥, 부지 면에서 유출되는 우수를 이용하여 경기장 내·외부에서 이용하고 있다.

Table 5는 우수를 이용하는 경기장의 시설현황을 간단히 나타낸 것이다. 집수된 우수는 주로 잔디살수용수로 사용되며, 화장실용수, 조경용수 및 소방용수 등으로도 사용 된다. 수원경기장의 경우는 홍수방어를 목적으로 저류조를 설치하였고, 부지 면에서 수된 모든 우수가 저류조를 통해 하천으로 방류하도록 되어 있다.

Table 5 Example of Rainwater Collection System in Other Region

Stadium	Collector	Water	Usage
Incheon	Roof	No	Irregation
Suwon	Site	No	Disposal of storm water
Daejeon	Stadium floor	No	Irregation
Jeonju	Roof	Yes	Irregation and fire protection
Seogwipo	Roof	Yes	Irregation and toilet

Table 6은 우수를 이용하는 경기장의 우수 집수방법과 각 경기장의 저류조 용량을 나타낸 것이다. 우수를 이용하는 저류조 용량은 200~710m³이며, 집수 면적에 비해 적은 용량이 집수 되고 있다. 침수방지를 목적으로 저류조를 설치한 수원경기장은 24,500m³으로 가장 크다.

Table 6 Example of Tanksize

Stadium	Collection area(m ²)	Tank size(m ³)
Incheon	17,500(Roof)	600
Suwon	425,500(Site)	24,500
Daejeon	7,140(Stadium floor)	200
Jeonju	23,810(Roof)	710
Seogwipo	14,200(Roof)	500

현재 우수를 이용하고 있는 월드컵경기장 중수 처리 시설을 갖춘 곳은 전주경기장과 서귀포 경기장 두 곳이며, 그 외 인천 문학경기장과 대전경기장 및 수원경기장은

단순히 저류하였다가 경기장 잔디 살수용수로 일부 사용하거나 가까운 하천으로 방류하는 것으로 되어 있다. 전주경기장은 지붕면에서 모인 우수는 우수 원 수조에 저장된 후 스트레이너와 모래여과, 활성탄 여과와 염소소독 공정을 거치는 1일 처리용량이 288m³인 수처리 시설을 거치도록 설계되어 있다. 서귀포경기장은 여과와 소독공정으로 구성된 우수 처리시설을 갖추고 있으며 수처리 공정을 거친 우수는 조경/잔디 살수용수와 화장실 세정용수로 이용하고 있으며, 수 처리 시설을 갖추지 않고 우수를 이용하는 인천 문학경기장 과 대전경기장은 우수를 잔디살수용수로만 이용하고 있다.

② 기타 우수이용시설

월드컵경기장외에도 우수이용시설을 설치하여 이용하고 있거나 설치 계획 중에 있는 우수 이용 시설들은 많이 있지만, 널리 알려진 몇 개의 사례를 소개하면 다음과 같다.

i) 서울대학교 기숙사 우수이용시설

서울대학교에 신축중인 대학원 기숙사에는 200m³ 규모의 우수저장탱크가 설치되고 있다. 지붕에서 모아진 우수는 중수도 설비와 연계하여 기숙사의 화장실용수와 조경용수로 사용할 계획이다. 비가 오지 않을 때에는 관악산의 계곡수를 받아 사용하도록 설계되어 있기 때문에 우수이용 시설의 가동 기간을 연장할 수 있어 더욱 경제적인 것으로 기대되고 있다. 또한, 서울대학교의 모든 신축건물에는 중수도 시설설치에 앞서 우수이용시설을 하도록 계획하고 있다.

ii) 갈피 중학교 우수이용시설

경기도 의왕시 소재 갈피 중학교에서는 우수이용 시범사업의 일환으로 60m³ 규모의 우수 저장조 2기가 2002년 11월에 완공되었다. 갈피 중학교의 우수이용 시스템은 집수, 운반, 처리, 저장, 펌프 및 급수, 감시시설로 구성되어 있고 모아진 우수는 조경용수 및 청소용수로 사용할 계획이다. 또한 우수 이용을 통해 물의 소중함을 일깨울 수 있는 교육의장으로 발전시키고자 우수 박물관의 설립 또한 추진되고 있다. 특히, 경기도 교육청에서는 예산을 확보하여 2003년도에 도내 초중고교 중에서 20개 학교를 선택하여 우수이용시설을 설치할 예정이다.

iii) 도서지방의 우수이용 : 전라북도 선유도 및 위도

식수확보가 어려운 도서지역에서는 우수활용이 오래 전부터 생존을 위한 식수확보용으로 사용되어져 왔다. 그러나 최근 들어 육지로부터 식수공급이 원활해지고 해수

담수화시설 및 도서 지역 내의 저수지 등을 활용한 수도관망시설확충으로 인하여 전통적 방식의 우수활용 시설은 서서히 자취를 감추고 있는 추세이지만, 오히려 현대적 우수활용 시설을 도입한 경우도 있는데, 여기서는 선유도와 위도에서의 우수이용 사례를 소개한다.

전북 군산시 옥도면 선유도 319번지에 위치한 모텔 <安亭>은 객실에서 사용되는 샤워용수와 청소 및 유지관리용수가 부족함에 따라서 신축 모텔 설계 단계에서, 모텔 앞 지하에 폭 6m×길이 9m×깊이 2.7m의 100m³ 규모의 지하 저류조를 설치하였다. 우수 집수는 4층의 모텔 지붕과 안채건물 및 식당의 지붕에서 집수하여 일단 저류시킨 후 야간의 저렴한 전기를 활용, 펌핑 하여 모텔 옥상 저류조에 저장시킨 후 모텔 투숙객의 샤워용수 및 청소용수로 사용하고 있다. 또한, 선유도 내의 인근 지역 주택에서는 부족한 생활용수로 활용하기 위하여 전통적인 우수활용방식으로 집수통에 낙수 홈통을 연결하여 우수를 모아 사용하고 있다.

전라북도 부안군 위도면은 약 1,500여명이 거주하는 작은 섬으로서 불과 3년 전까지도 식수가 절대적으로 부족하여 우수와 지하수를 음용수로 사용하여 왔다. 그러나 3년 전 위도 정수장이 건설되어 일일 200m³의 식수를 주민들에게 공급하게 됨에 따라 자연스럽게 우수 이용시설이 사라지게 되었다. 그러나 곳곳에서 선유도와 마찬가지로 우수이용시설이 남아 있고 다른 용도로 사용되고 있는 흔적을 쉽게 찾아 볼 수 있다.

(1) 외국의 우수이용 시설현황

① 독일의 우수이용

독일은 대부분의 도시에서 지하수를 원수로 사용하고 있으며 현재 유럽에서 가정용수나 그 밖의 용도에 있어서 우수의 이용을 가장 적극적으로 추진하고 있는 나라이다. 독일에서 우수 이용을 추진하는 주된 이유는 우수를 이용함으로써 제한된 수자원인 지하수를 보존할 수 있기 때문이다. 또한 세계최고의 상수도 요금도 우수를 적극적으로 이용하게 한 요인으로 작용하였을 것이다.

대기물질과 조류 등의 원인으로 인한 집수면의 오염 때문에 우수를 음용수로 사용하고 있지는 않지만 정원용수, 화장실 용수 또는 세차용수 등 일반용수로 이용하여 많은 경제적 이익을 얻고 있다. 또한 이러한 우수 이용 시설을 침투정과 함께 사용함으로써 도시홍수의 예방과 지하수를 함양하는 이외에 홍수시의 배수나 하수 처리에

있어서의 부하를 감소라는 수적인 효과도 얻고 있다. 독일에서의 대표적인 우수이용 시설을 소개하면 다음과 같다.

- 베를린의 소니센터(Berlin, Sony-Center)
- 하노버의 엑스포 호수 (Hannover, Expo Lake)
- 코블렌츠(Koblenz, Remagen)의 기술대학
- 뮌헨 레오폴드 거리(Munich, Leopold Street)

② 일본의 우수 이용

일본은 1985년 도쿄돔이 건설된 이래로 용수의 공급과 유출 제어를 위해 우수이용이 효과적이라는 생각이 전국적으로 확산되었다. 더욱이 1995년에 일본서부에서 발생한 대지진 때 기존 급수체제의 마비로 심각한 물 부족을 겪으면서 우수이용에 대한 관심이 더욱 크게 증가하였다.

일본은 주로 도심지역의 우수이용에 많은 관심을 쏟고 있는데 도심에서의 우수이용은 용수 공급 이외에도 홍수제어 역할의 증대, 수자원 보전, 하천오염의 감소, 지하수의 함양, 배수관망 시스템의 건설경비 절감 등의 효과를 위한 것이다. 또한 화재진압과 비상시 물 공급에 대비하기 위해서 우수를 사용하기도 하며 환경교육 측면에서도 우수 이용을 장려하고 있다. 일본에서의 대표적인 우수이용시설은 다음과 같다.

- 스미다시(Sumida City)의 우수 이용시설
- 로지슨(Rojison)
- 코쿠기칸 스모경기장
- 도쿄돔(Dome)의 우수 이용 시설

③ 미국의 우수 이용

서부개척시대만 해도 당연히 우수이용을 하던 미국은 현대에 들어 중앙 집중식 상수도 체계가 보급되면서 우수의 이용이 거의 사라져 왔다. 반면에 태평양이나 카리브해의 섬 지역 및 오하이오(Ohio), 애리조나(Arizona), 캘리포니아(California), 플로리다(Florida), 켄터키(Kentucky), 뉴멕시코(New Mexico), 펜실베이니아(Pennsylvania), 텍사스(Texas), 버지니아(Virginia)등 건조지역을 중심으로 우수이 일반적으로 사용되고 있다.

미국 전역에서는 1992년 당시 약 200,000개 정도의 우수 이용 시스템이 소규모의 지역 사회나 가정용으로 사용되고 있다고 한다. 미국의 경우 최근에 환경에 대한 관

심이 높아지고, 기존 수자원이 고갈되면서 관계당국의 우수저장에 대한 관심을 증가시켰고 많은 도시들이 우수이용에 대한 기술을 적극적으로 개발 하고 있다. 그 중 가장 처음으로 활발하게 우수저장설비의 설치를 지원한 곳은 캘리포니아였는데 이곳에서 1970년대에 우수이용에 대한 관심이 증대된 이유는 급격한 물 수요의 증대와 물 생산비용의 증가, 1976~1977년의 심한 가뭄 때문이었다. 특히,괌(Guam), 카롤린 군도(Caroline Islands), 마셜군도(Marshall Islands), 푸에르토리코(Puerto Rico) 등의 많은 섬 지역에서는 우수를 이용하는 것이 일반적이며 특히 대체 수자원이 부족한 작은 섬들의 경우에는 우수 의존도가 더 크다. 인구 110,000명의 버진군도(Virginia Islands)에서는 신축 건물을 지을 경우 지붕 유출수를 저류할 수 있는 저장조를 설치할 것을 법으로 규정하고 있다. 이 때 그 용량은 1m²의 지붕 면적당 400ℓ를 필요로 하는데 주로 저장조는 지하에 매설되며 그 크기는 대략 5~100m³용량을 갖는다. 버진군도의 섬에 상주하는 인구는 얼마 되지 않지만 일년에 180만 명의 관광객을 유치하는 곳이기 때문에 보다 많은 용수를 공급하기 위해 포장된 언덕을 이용하여 우수를 모으기도 한다.

하와이 호놀룰루(Honolulu)의 탄탈루스산(Tantalus mountains)에 사는 100여 가구의 경우 음용수를 포함한 모든 가정용수로 우수를 사용한다. 그런데 우수의 미생물학적 수질 검사에 따르면 18개 가정의 우수 탱크에서 채수된 우수가 대부분 미국의 음용수 수질기준을 만족시키지 못했다고 한다(Fujioka and Chinn, 1987). 그러나 실제로 건강에 문제를 일으킨 주민은 없었다.

1970년대 후반에 가뭄으로 인해 하와이의 몇몇 카운티(County)에서 물 부족을 겪게 되었고 이러한 문제를 해결하기 위해 지방자치단체에서는 건물 내 자체 수원 공급 방안을 갖추지 못하면 건축 허가를 보류하도록 하였다. 한편 하와이의 제일 큰 섬에서는 우수의 이용과 관련하여 문제가 대두되고 있는데 이는 화산활동으로 인해 우수의 산도가 크게 높아지게 된 것이 원인이다. 우수의 산도에 의해 지붕으로부터 납 용출, 관망의 부식 등이 발생했기 때문이다. 과거에는 이러한 문제들이 우수 이용을 추진해 나가는데 장애가 되기도 했지만 1994년 하와이의 거주자 대표단은 하와이 대학의 수자원연구소에 개인적인 우수 이용설비를 갖추는데 필요한 지역사회의 계획과 건설부문에 대한 가이드라인의 작성을 요청하였다. 건조지역에 해당하는 텍사스에서도 중앙집중식 수도 공급체계가 갖추어지기 전에는 우수를 이용하는 것이 일반적이

었으나 수도시스템의 도입으로 우수 이용시설이 많이 사라졌다. 그러나 우수 이용에 대한 관심이 다시 부각되고 있는데 이는 기존의 수도와 지하수 수질에 대한 불신이 증대하고 있고 우수를 이용하는 것이 보다 경제적이라는 생각이 확산되고 있기 때문이다. 특히 미국의 지하수는 경도가 높는데 비해 우수는 광물과의 접촉이 거의 없으므로 연수라는 점이 장점으로써 부각되고 있다. 세탁에도 유리하고 따로 연수화 공정이 필요 없기 때문에 사용에 더욱 더 경제적이라는 것이다.

④ 호주의 우수이용-시드니 2000년 올림픽경기장

환경파괴를 최소화하고, 친환경적인 올림픽을 치르기 위하여 녹색당 사람들이 주축이 되어 1990년에 생태학적인 올림픽 village를 구상하고 건설하였다. 이 올림픽 village는 곧바로 건축상을 수상하기도 하였다. 올림픽 경기장에서의 화장실용수는 우수를 이용하도록 설계되었으나 시드니의 날씨 특성상 겨울철에는 건조기가 계속되므로 실제 올림픽이 열리는 호주의 겨울 동안(북반구의 여름)에는 우수를 이용하지 못했다. 그러나, 올림픽 경기 이후 호주의 여름이 오면서 우수를 이용한 화장실용수 시스템은 훌륭히 제구실을 하고 있다.

⑤ 태국의 우수이용

1980년부터 태국은 가정용 우수 집수시스템을 개발하여 큰 성과를 보여 왔다. 특히 태국의 자-프로그램(Jar Program)은 세계적으로 잘 알려진 가정용 우수 집수 저장조 설치 프로젝트로써 태국정부에 의해 주도되었는데 1980년대 중반이후 2m³부피의 철근 콘크리트로 된 우수 저장조가 가정용으로 수백만개나 건설되었고 약 11m³의 철망시멘트(ferrocement) 탱크의 경우 매우 폭넓게 이용되어 태국의 북동부 지역에서 수천 개의 탱크가 설치되어 있다.

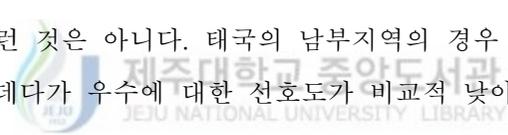
태국은 1980년대에 다양한 철망시멘트(ferrocement)로 된 우수 저장탱크를 개발하여 설치한 결과 태국의 동북부 산악지대를 비롯한 농업 지역의 주민들이 보다 쉽게 음용수를 공급받을 수 있게 되었다. 이 지역에는 큰 하천이 없는 데다 바다가 용기해 생성된 토지라 지하수는 염분 농도가 높아 음용수로 적합하지 않다. 따라서, 옛날부터 우수를 이용해 왔고 가정용 우수 이용 시스템 사용에 있어서 매우 선도적이라고 할 수 있다. 더욱이 2m³의 태국식 자(Thai Jar)의 개발은 우수의 활용에 있어 더욱 더 커다란 효과를 불러 일으켰다. 이 프로그램을 통해 겨우 5년 사이에 약 1,000만개의 우수 저장 용기(jar)가 만들어졌다는 사실에서 알 수 있듯이 그 결과가 매우 경이

적이다. 이 프로그램은 1985년 11월에 국가 주도의 위원회가 설립되면서 공식적으로 시작되었는데 설치·계획에 있어서 재정적인 운영과 건설에 마을 사람들을 동원하였고 교육, 기술, 조사 및 행정적인 비용에 대해서는 정부가 지원했다.

이러한 방법은 수백만의 프로젝트 수혜자들로부터 자율적인 노동과 자금 회전이라는 형태의 지원을 끌어내 성공적인 프로젝트가 되었다. 이러한 마을 단위의 자원 활용을 통해 프로그램초기에 6백만 개의 우수 저장용기(jar)를 제작하는데 132억 달러가 들것으로 예상했던 비용이 단지 2,500만 달러밖에 들지 않았다. 태국에서의 이와 같은 우수 이용 시설의 보급 프로그램이 신속하게 성공적으로 이루어진 데는 다음과 같은 이유가 있다.

- 실제로 피부로 와 닿는 물에 대한 필요성과 우수에 대한 선호도가 높았다.
- 국가 경제가 성장단계에 있었으며 풍부한 인적자원이 있었다.
- 값싼 시멘트를 이용할 수 있었고 숙련된 기술자가 있었다.

이러한 우수 이용시설의 보급이 태국에서 비록 성공적으로 이루어졌다고는 하지만 모든 지역에서 그런 것은 아니다. 태국의 남부지역의 경우 다른 대체 수자원이 다양하게 이용 가능한데다가 우수에 대한 선호도가 비교적 낮아 우수 이용시설의 보급이 저조하다.



3. 중수도 처리 시설

1) 중수도 시스템의 개념

(1) 중수도 도입의 필요성

1960년대 이후 급속한 도시화·산업화로 인해 맑고 깨끗한 물의 수요는 증대하여 머지않은 장래에 물 부족이 예상되고 있다. 구체적으로 1996년 “물 관리 종합대책”에 의하면 2011년까지 용수수요는 약 22.6% 증가하는데 반해서 용수공급은 7.6%밖에 증가하지 않을 것이기 때문에 2006년에 약 4억 5천만 톤의 물이 부족하게 된다. 2011년에는 약 20억 톤의 물이 부족할 것으로 전망되고 일상생활과 생산 활동에서의 물은 수도시설을 통해서 소비자나 생산자에게 공급된다. 1996년 기준으로 사용된 수도 물의 총량은 7,665백만 톤으로서 생활용수로 6,205백만 톤이 사용되고 공업용수 1,460백만 톤이 사용되고 있다. 생활용수는 음용, 취사, 목욕, 세면 등 일반생활에 70%가 사용되고, 영업용에 20%, 기타에 10%가 사용되고 있으며, 공업용수는 사업의 특성에 따라 공정용수, 세척수, 냉각수, 세정수 등 여러 용도로 사용된다.

이상에서와 같이 물은 인간생활의 가장 기본적인 요소이며 경제발전과 도시화·산업화로 인한 물 수요는 급증하며 생활용수나 공업용수 등의 물 공급에 대한 대책이 중요한 문제로 대두되어 정부는 안정적인 용수 공급을 위해 신규 댐의 지속적인 건설을 추구하고 있으나 수자원개발 적지의 감소 건설비 및 보상비의 증가 등으로 수자원 개발의 어려움을 겪고 있으며, 예산의 부족 및 NIMBY 현상으로 인한 하수종말처리장의 신설 또한 어려운 실정이다. 이에 물을 많이 사용하는 대형건물과 대단위 시설물에서 발생하는 오염된 물을 처리하여 재사용함으로써 풍부한 수량 확보나 하천의 수질개선을 위하여 중수도 도입을 적극 도입할 필요성이 있다.

(2) 중수도 설치 효과

“중수”란 한 번 사용한 물을 어떠한 형태로든 한 번 혹은 반복적으로 사용하는 물을 말하고 “중수도”란 중수를 공급하기 위한 설비를 말한다. 일반적으로 하·폐수를 원수로 하는 중수는 사람의 몸에 직접 접촉하는 음용수나 목욕수로는 사용하지 않고 수세식 화장실 세정수나 청소용수로 사용하고 냉각수를 원수로 하는 공업용 중수도

는 중수 처리 후 동일 목적이나 다른 목적으로 사용되고 있다. 이렇게 한 번 사용한 물을 다시 사용하는 중수도 보급 확대의 효과는 크게 세 가지로 나눌 수 있다.

첫째 : 효율적으로 수자원을 확보할 수 있다.

머지않은 미래의 용수부족을 대비하기 위한 댐건설 적지의 감소 및 건설비용이 증가하고 있으며, 지역사회의 거센 반발 등으로 수자원 확보시설 개발여건이 악화되고 있어 효율적으로 수자원을 확보할 수 있는 효과가 있다.

둘째 : 경제적 효과

중수도 설치로 막대한 사적 효과 외에 사회적 효과를 기대할 수 있다. 즉, 상·하수의 원가 절감 이외에 댐건설, 정수장 및 하수처리장 등의 공공투자 비용을 절감할 수 있고 또 갈수기의 물 부족으로 인한 경제적 손실을 줄일 수 있는 등 광범위한 효과가 있다. 마지막으로 용수절약의식을 고취할 수 있고 기업의 환경친화적인 이미지 향상에 도움이 된다는 것이다.

셋째 : 하수량 감소로 인한 수자원 보호효과 중수도보급은 하수사용량의 감소를 가져와 수질개선에 효과가 있다. 중수도는 한 번 사용한 물을 처리하여 재이용하므로 중수 사용량만큼 하수 발생량이 감소하여 하천의 오염부하를 줄여 수질개선에 기여할 뿐만 아니라 하천 하류에 위치한 취수원을 상류로 이전하여 하천 유지용수의 감소로 인한 수생태계 파괴비용과 송·배수관 비용의 경감 효과가 있다.

(3) 중수도 보급의 문제점

종합적인 물이용에서 중수도는 배수량을 감소시키는 효과와 아울러 물의 재이용이란 점에서 물에 대한 인식 변화(절수)의 계기가 될 것이며, 다음의 문제점들이 충분히 해결되어야만 한다.

① 기술상의 문제점

중수도의 이용을 확대시킬 수 있는 결정적인 요인은 상수보다 중수생산 비용이 낮아야 한다. 그러므로 중수의 처리 기술이 매우 중요한 역할을 하며, 이에 대한 문제점은 1) 중수의 용도별 적합 처리기술개발, 2)부식, 슬라임 등의 장애요인해결. 3) 소량의 슬러지 처리 방안 등이 보안되어야 한다.

② 위생상의 문제점

중수도의 용도가 피부 접촉이나 음용 외에 사용의 제한되어 있으므로 이에 대한 관리대책으로서는 1) 물 사용단계에서의 잘 모르고 마시거나 사용하는 것을 방지 2)

세균, 바이러스 등이 병원성 미생물의 효과적인 제거 3) 냉각탑이나 처리공정 등에서 발생하는 휘발물질의 비산에 대한 악 영향 해소 등이 해결되어야 한다.

③ 관리상의 문제

중수도의 원활한 유지 관리를 담당할 일정기술을 소지한 관리자가 있어야 한다. 그러나 규모가 작은 단독 이용 방식에는 별도의 기술관리자를 둔다는 것은 쉬운 일이 아니므로, 정기적으로 관리기술자가 점검 할 수 있는 순회 제도를 이용하는 것이 바람직하다.

④ 비용의 문제

중수도 제도의 확대 보급에서의 최대 장애요인은 중수 생산비가 수도 요금보다 높다는 점이다. 중수도의 생산비가 상, 하수도 요금보다 높기 때문에 현재의 경제 논리로는 보급의 어려운 실정이며, 따라서 중수도 제도를 확대 보급시키기 위해서는 상, 하수도, 공업용수에 대한 행정 및 법제상 조치에 준한 시책을 강구하는 것과 금융, 세제상의 촉진책을 마련해서 경제성을 높여야 할 것이다.

⑤ 법률상의 문제

현행 수도법에서는 중수도의 설치를 권장 사항으로 하고 있으나, 현행의 권장 사항에서 의무 사항으로 개정하는 것이 바람직하다. 또한 단독 시설이며, 물 사용량이 많아 절수효과가 확실한 공업용수의 중수도 유도는 현행의 권장 사항만으로는 불가능한 상태이므로 법제도 및 기술적 문제점을 해결해 나간다면 새로운 물이용 제도로 정착할 수 있을 것이다.

⑥ 기타 문제점

하수처리나 공단 폐수 등이 대단위 원수를 대상으로 하고 공동 이용방법이나 공공용 중수도를 제외 하고는 대부분의 중수도 시설은 소규모로 운영된다. 물 사용은 곧 에너지를 사용하는 것이다. 따라서 에너지 소비를 가능한 적게 하는 대규모 중수 이용체계를 확립해야 한다. 또 다른 문제는 이용자의 감각적 거부감이다. 중수도는 개인의 사익뿐만 아니라 물을 절약해 줌으로써 엄청난 공익이 수반될 수 있다는 점을 인식해야 하며, 장애 요인의 발생되지 않는 중수 시설의 설계 및 유지관리가 수반 되어야 한다.

2) 중수도 지원을 위한 법적 제도적 현황

(1) 현 황

우리나라는 중수도 관련 법적·제도적 추진기반 및 각종 지원시책을 가지고 있다. 구체적으로 수도법 제3조에서 중수도를 정의하고 제 4조에서 수도정비기본계획을 수립하고, 11조에서 중수도 권장에 대해서 규율했다.

그리고 수도법 시행령 제15조에서 중수도의 설치 및 관리자에 대해서 규정 했으며 수도법 시행규칙 제 2조에서 중수도 시설기준을 규정하고 동 시행규칙 제 3조에서 수질기준을 정하였다. 그리고 지원제도로서 수도법 시행규칙 제 4조에서 지방자치 단체는 조례가 정하는 바에 따라 중수도를 설치한 자에 대하여 중수도의 설치비용 전부 또는 일부를 용자하거나 수도요금을 감면할 수 있다. 그리고 법제 11조의 2에 절수설비의 설치 및 시설기준에 대하여 규정 하였다.

(2) 중수도 관련 법령

① 중수도의 정의 (수도법 제 3조 14목)

중수도"라 함은 한번 사용한 수돗물을 생활용수·공업용수등으로 재활용할 수 있도록 다시 처리하는 시설을 말한다.

② 중수도의 설치 (수도법 제 11조)

1 물을 효율적으로 이용하기 위하여 다음 각 호의 1에 해당하는 시설물을 신축(증축, 개축 또는 재축되는 부분의 다음 각호의 1에 해당하는 경우를 포함한다. 이하 이 조에서 같다.)하고자 하는 자는 단독 또는 공동으로 사용수량이 10% 이상을 재이용할 수 있는 중수도를 설치. 운영하여야 하며, 중수도의 설치 결과를 환경부령이 정하는 바에 따라 시장, 군수, 구청장에 계통보하여야한다.

- 1) 공중위생 관리법제2조 제1항 제2호 또는 제3호의 규정에 의한 숙박업 또는 목욕장업에 사용되는 시설로서 건축 연면적 6만 평방이상인 시설.
- 2) 공업 배치 및 공장 설립에 관한 법률 제2조 제1호의 규정에 의한 공장으로서 1일 폐수 배출량이 1,500톤 이상인 시설.
- 3) 기타 대통령령이 정하는 종류 및 규모 이상인 시설.

2 중수도의 시설기준 및 관리에 관한 사항과 제1항 본문의 규정에 의한 사

용수량, 동 항 제1호 및 제2호의 규정에 의한 건축 연면적, 폐수 배출량의 산정기타 필요한 사항은 환경부령으로 정한다.

3 국가 및 지방자치단체는 중수도를 설치한 시설물의 소유자에 대하여 그 중수도의 설치비용을 지원할 수 있으며, 지방자치단체는 조례가 정하는 바에 따라 수도 요금을 경감 할 수 있다.

4 환경부장관 및 시, 도지사는 제1항의 규정에 의한 시설물을 신축하는 자가 중수도를 설치, 운영하지 아니하는 경우 그 이행을 명할 수 있다.

③ 중수도의 설치·대상등 (수도법 제15조)

1 법 제 11조 제 1항 3호에서 “대통령령이 정하는 종류 및 규모 이상인 시설”라함은 건축 연면적이 6만 평방 이상 시설로서 다음 각호1에 해당하는 시설을 말한다.

1) 유통산업 발전법에 의한 백화점, 쇼핑 센터 등 대규모점포.

2) 건축법 제2조 제2항 제6호의 판매 및 영업 시설 중 여객 자동차 터미널 및 화물 터미널, 철도 역사, 공항 시설, 항만 시설 및 종합여객시설.

3) 건축법 제2조 제2항 제10호의 규정에 의한 업무 시설.

4) 건축법 제2조 제2항 제19호의 규정에 의한 공공용 시설 중 교도소, 방송국, 전신 전화국.

5) 기타 물의 효율적인 이용을 위하여 특히 필요 하다고 인정하여 지방 자치단체의 조례로 정하는 종류의 시설.

2 국가 또는 지방자치단체는 법 제11조 제1항의 규정에 의하여 중수도를 설치하는 자에 대하여 그 설치 방법 등에 관한 기술을 지원할 수 있다.

④ 중수도 시설기준 (수도법 시행규칙 제 2조)

1 법 제 11조 제2항의 규정에 의하여 중수도에는 다음 각호의 시설을 갖추어야 한다.

1) 사용된 수도물을 생활용수·공업용수 등의 용도에 적합한 수질로 재처리할 수 있는 침전지·여과지·소독설비 등의 재처리시설 (본호 개정 95. 7.1)

2) 필요한 양의 물을 송수할 수 있는 펌프·송수관 등의 송수시설

3) 필요한 양의 물을 배수할 수 있는 배수관 등의 배수시설

2 제1항의 규정에 의한 중수도의 시설은 위생 및 안전 등에 필요한 조치를 하

여야 하고, 중수도에 설치하는 배관은 상수도·하수도 및 가스공급 등의 배관과 구분할 수 있도록 하여야 한다.

⑤ 중수도의 수질기준 (수도법 시행규칙 제3조)

1 중수도를 설치·관리하는 자는 중수도의 수질을 Table 7의 기준에 적합하도록 유지·관리하여야 한다.

Table 7 Water Quality Guideline (Water Service Code)

Div.	Toilet	Cleaning and other	Irrigation
Colon bacillus	Less than 10 per/mg/ℓ	None	None
Chlorides	remain	more than 0.2mg/ℓ	
Turbidity	Less than 5 degree	Less than 5 degree	Less than 10 degree
BOD(mg/ℓ)	Less than 10	Less than 10	Less than 10
Odor	Pleasantness	Pleasantness	Pleasantness
Alkalinity	pH5.8 ~8.5	pH5.8 ~8.5	pH5.8 ~8.5

비 고 : 1.“살수용수”라 함은 도로청소작업·건설공사등을 하는경우에 뿌리는 물로 이용되는 중수도를 말한다.

2.“조경용수”라 함은 주택단지 등의 인공연못·인공폭포·인공 하천 및 분수 등에 이용하는 중수도를 말한다.

3.공업용으로 쓰는 중수도에 대하여는 수질기준을 적용하지 아니한다.

(3) 중수도 보급을 위한 세제 혜택

① 수도법 시행규칙 제4조

지방자치단체는 조례가 정하는 바에 따라 중수도를 설치한 자에 대하여 중수도의 설치비용의 전부 또는 일부를 용자하거나 수도요금을 감면할 수 있다.

② 세제감면 (조세감면 규제법 제10조 및 같은법 시행령 제23조)

조세감면규제법에서 중수도를 설치, 관리하는 자에게 중수도시설 투자금액의 10%까지 과세연도의 소득세 또는 법인세에서 공제하거나,

시설투자금액의 50%에 상당하는 금액을 감가상각비로 하여 해당자산을 취득한 날이 속하는 과세연도의 소득금액에 있어서 이를 손금으로 산입.

○ 조세감면규제법 제10조(기술 및 인력개발을 위한 설비투자에 대한 세액 공제 등)

③ 기술 및 인력개발을 위해 설비투자에 대한 세액공제등(조세감면규제법 제 10조)

- 국산 기자재를 사용하여 투자한 경우 투자금액의 100분의 10에 해당하는 금액

을 소득세 또는 법인세에서 공제하거나 100분의 50에 상당하는 금액을 감가상각비로 하여 과세연도 손금에 산입

④ 특정 설비투자에 대한 세액공제 등 (조세감면규제법 제 26조)

- 산업 정책상 필요하다고 인정하여 대통령령이 정하는 시설에 투자한 경우 법 제10조를 적용

⑤ 특정 설비투자의 범위 (조세감면규제법 제 23조)

- 대통령령이 정하는 시설이라 함은 에너지 절약시설, 중수도시설, 대기 오염 방지시설을 말한다.

3) 중수도의 계획 및 설계

(1) 중수도 원수의 종류 및 수량 특성

① 원수의 종류

중수도의 원수는 수요의 발생장소, 수요량, 공급방식, 이용용도, 수질, 수량의 안정성 및 연속성, 원수 수급의 지속성 및 연속성, 처리방법 및 처리비용에 따라 다르다. 이용방식에 따른 가용 원수는 다음과 같다.

i) 하수처리장 처리수, 공장배수, 우수 조정지수 등.

ii) 복합이용방식 : 하수처리장 처리수, 우수 정화시설 배출수, 우수 조정지수 등.

iii) 단독이용방식 : 빌딩 배수, 생활계 배수

중수도의 대상 원수의 조합은 다음과 같다.

① 주방배수를 포함하지 않는 생활 잡배수

② 주방배수를 포함하는 생활 잡배수

③ 우수(수세식 화장실배수) + 잡배수(주방배수를 포함하는 경우)

상기에 열거된 대상 원수 이외에도 우수 및 하천수등이 고려될 수 있으나, 우수 및 하천수는 지역성 및 계절적인 영향에 상당히 민감한 부분이기 때문에 지역 여건 및 자연조건 충분히 검토한 후에 대상 여부를 결정해야 할 것이다.

② 원수의 수량 특성

중수도의 원수는 크게 개별빌딩 및 공동주택의 생활계 배수와 하수처리수로 구분된다. 생활계 배수는 용도에 따라 수세식 화장실배수인 우수와 잡배수로 구분할 수 있고, 잡배수는 다시 오염이 비교적 적은 양질 잡배수와 오염도가 높은 일반 잡배수

로 구분된다.

양질의 잡배수는 세면배수, 목욕배수, 냉각수 등이 있으며 일반 잡배수는 청소배수, 주방배수 등을 들 수 있다.

③ 물 균형

공동주택 및 빌딩별로 용도별 사용수량 비율은 건물의 규모, 이용형태 및 다른 요인들에 의해 다양하게 변화할 수 있으나 표준적인 사용수량 비율은 대체로 아래 표와 같다.

Table 8 Guideline of Greywater Quality(%)

Building	Bathing	Laundering	Washing	Drinking and Cooking	Toilet	Cleaning	Others	Tot.
Apt.	20	24	12	20	16	4	4	100
Office	-	-	8	19	50	5	18	100

(2) 중수처리기술

우리나라에서 중수도 생산을 위하여 사용하고 있는 처리기술은 유입원수의 종류, 수질 및 이용용도에 따라 처리방법이 매우 다양하나 크게 생물학적, 물리학적, 화학적 처리방법 등으로 분류된다. 현재 우리나라에서 가동 중인 중수처리시설은 대부분이 대형건축물과 공장에 설치되어 있으므로 유입원수의 종류는 크게 유기물 함량이 높은 생활 잡배수 및 오수와 공장에서의 제품생산과정에서 발생하는 무기물질 및 부유물질 농도가 높은 세척수, 냉각수 등이다. 유기물 농도가 높은 생활 잡배수를 처리하는데 있어서는 생물학적 처리공정과 모래, 활성탄 등을 이용한 여과시설, 소독시설 등이 중수처리시설로 주로 사용되며, 부유물질의 농도가 높은 공장폐수를 처리하는데 있어서는 응집침전 이후 여과장치 및 막을 이용한 처리방법이 주로 채택되고 있다.

중수처리기술을 선정할 때에는 앞서 언급한 바와 같이 원수의 수질 등을 고려하여야 하나 일반적으로 중수처리공정은 전처리, 주처리, 후처리, 소독과정 등으로 분류되어 진다.

① 전처리 공정

전처리는 중력 작용 등과 같은 자연계의 물리적인 현상을 이용하거나 유입원수의 생물학적, 화학적 성질을 변화시키지 않는 범위 내에서 기계류를 이용하여 험잡물의

제거와 유량조정 역할을 담당하는 것으로 일반적으로 스크린, 침사지, 유량조정조 등과 같은 단위공정으로 이루어져 있다.

i) 스크린

스크린은 폐수 중에 포함되어 처리장으로 유입되는 부유물질 중 상대적으로 규모가 큰 고형물질을 제거하여 펌프의 손상을 방지하고 관로내부 유체의 흐름을 원활하게 하기 위하여 사용된다. 스크린은 간격에 따라 조목스크린(유효간격 50-150mm), 중목스크린(유효간격 25-50mm), 세목스크린(유효간격15-25mm) 미세스크린(1mm)등으로 구분되며 일반적으로 침사지 앞 또는 유량 조정조 뒤에 설치한다.

ii) 침 사 지

처리장으로 유입되는 음식물 찌꺼기와 같은 유기성 고형물을 포함하는 그리트(grit)를 제거함으로써 펌프를 포함한 기계류의 불필요한 마모, 파손 등을 방지하고 관로내에 그리트의 퇴적을 방지하기 위하여 사용된다. 종류로는 수평류식 침사지, 폭기식 침사지, 특수침사지 등이 있으며 일반적으로 스크린 뒤, 일차침전지 앞에 설치한다.

iii) 유량 조정조



유량 조정조는 유입 오·폐수의 유량 및 수질변동으로 인하여 발생할 수 있는 처리효율의 저하, 각 단위공정의 운전에 미치는 악영향 등을 방지하고 유입되는 오염부하를 균등화하기 위하여 사용된다.

② 주 처리 공정

전 처리 공정에서 제거되지 않은 유기물질, 부유물질 등과 같은 오염물질을 제거하는 공정으로 오염원의 성분에 따라 활성슬러지법, 접촉산화공정등과 같은 생물학적 처리방법이 사용된다.

i) 생물학적 처리방법

미생물의 생화학적 대사 작용을 이용하여 오·폐수중의 유기물질과 부유물질을 처리하며 대표적인 처리방식으로는 활성슬러지법, 접촉산화공정, 자연정화(bio-reactor), 장기 폭기법 등이 있다. 일반적으로 생물학적 처리방식은 잡 배수 및 오수와 같은 유기물이 다량 함유된 오·폐수가 유입되는 처리시설에서 많이 채택된다.

㉠ 활성 슬러지법

활성 슬러지 공정은 오·폐수를 호기성상태에서 안정화시키는 호기성 부유 성장식

공정의 대표적인 공정으로 미생물이 오·폐수와 미생물의 혼합액내에서 부유 상태로 성장하면서 오·폐수내의 유기물을 분해하여 이용 가능한 유기물로 만든 후 새로운 세포나 최종생성물로 전환시키는 공정으로서 최근에는 타 공법의 기술 개발로 인해 거의 사용되지 않고 있다.

㉑ 접촉 산화공정

접촉산화공정은 활성슬러지법의 변법으로 접촉 폭기 공정이라고도 불리우며 생물막을 이용하여 유기성 오수를 처리하는 부착 성장식 공정의 하나이다. 폭기조 내에 접촉매체를 투입하여 유입되는 폐수를 매체표면에 부착된 미생물(생물막)과 접촉시키면서 미생물의 분해 작용을 이용하여 폐수중의 유기물을 제거하는 방법이다.

㉒ 자연 정화법 (HBR - PROCESS)

BIO-REACTOR는 활성슬러지법 등과 같은 기존의 생물학적 처리 공정내에 미생물 배양조를 첨부한 형태의 오·폐수처리기술로서 배양조 내에서 배양된 임의성 토양 미생물을 원수 유입조, 침사조, 유량 조정조 및 폭기조에 일정량 반송시켜 동 미생물의 대사산물이 오염물질과 결합됨으로써 유기물을 제거하는 처리방법이다. 유기물의 제거 이외에 악취제거에도 효과가 있어 모래여과 또는 활성탄 여과 후 처리수를 중수로 사용할 수 있다. 부식토, 토탄, 이탄 등으로 충전 되어 있는 배양조로 처리 공정에서 발생하는 슬러지의 일부를 반송시킴으로서 미생물균류가 배양되며 배양된 미생물균류를 다시 침사조, 폭기조 등으로 반송시킴으로서 전체적인 처리효율을 향상시킨다. 반응조에서의 폭기는 간헐식으로 반응조 내에 혐기-무산소-호기조건이 형성되어 유기물은 물론 질소와 인을 제거하기 위한 토양미생물이 상존하게 되므로 질소와 인의 처리에도 효과가 있다.

㉓ 장기 폭기법

활성 슬러지 공법의 일종으로 재래식 플러그 흐름 공정과 유사하며 미생물 성장곡선상의 내생호흡 단계로 운전되므로 유입수의 유기물부하가 낮은 경우에 많이 사용된다. 체류시간 및 폭기 시간이 길며 운전시 폭기조내 혼합액의 부유물 농도가 높게 유지되어야 한다.

③ 후처리공정

후처리는 중수의 목표수질에 적합하도록 최종 처리하는 공정이다. 보통 응집침전, 여과, 오존처리, 활성탄흡착, 막 분리법, 염소 소독 등이 이용된다. 상황에 따라서는

후처리 시설로 분류된 처리법이 주 처리 시설의 역할을 할 수도 있다.

i) 응집 침전

일반적인 생물학적 처리방법으로는 제거가 어려운 미세입자, 부유고형물 등과 같은 물질들을 제거하기 위하여 사용되며 미세입자 등을 제거하기 위하여 응집제를 투입하고 오·폐수와 응집제간의 접촉을 위한 교반시설을 갖추고 있다.

ii) 여 과

여과는 주 처리 공정의 유출수에 함유된 부유물질을 제거하기 위한 목적으로 널리 쓰이고 있으며 거름작용에 의하여 부유물질의 제거가 이루어진다.

여과공정은 여과와 세정단계가 교대로 일어나는 반 연속식 여과 및 여과와 세정단계가 동시에 일어나는 연속식 여과방식이 있다. 여과에 사용되는 여재는 모래, 안트라사이트, 가넷 등이 있으나 주로 모래가 많이 사용된다.

iii) 활성탄 흡착

활성탄의 흡착작용을 이용하여 유기물을 비롯 색도, 탈취, 중금속을 제거하는데 사용한다. 활성탄흡착에 사용되는 여재는 이용형태에 따라 직경이 200mesh이하의 분말 활성탄과 입경이 0.1mm 이상의 입상 활성탄으로 분류되며, 분말활성탄의 경우 흡착 성능이 우수함에도 불구하고 운전방법의 부족 및 재생기술의 부족으로 인하여 사용이 제한되고 있다. 그러나 입상 활성탄의 경우 흡착작용 이외에 여과효과까지 얻을 수 있어 현재 널리 사용되고 있다. 그러나 활성탄 사용의 주된 목적은 미세물질의 제거이므로 흡착력을 최대한 발휘하기 위해서는 고형물과 유기물의 사전 제거가 필수적이다.

iv) 오존 처리

오존의 산화작용에 의하여 처리수중의 색, 냄새, 유기물질의 일부를 제거하고 병원성 세균이나 바이러스를 동시에 제거할 수 있다.

그러나 오존처리는 산화시 미세 부유물이 발생 되므로 후단에 여과 설비를 갖추어야 한다.

v) 막 분리법

막 처리의 장점은 처리시설을 간소화함과 동시에 양질의 수질을 얻을 수 있으나 시설투자비의 과다 및 유지 관리비의 과다로 인해 기술적으로 해결해야 할 문제점이 많이 남아있어 널리 사용되지 않고 있다.

vi) 소 독

중수처리 공정 중 마지막 공정으로 본 처리 공정에서 제거되지 않은 처리 수중의 병원균을 소멸하고 슬라임의 발생 억제를 위하여 염소 소독이 주로 사용된다.

4) 설치기준 및 유지관리 방법

(1) 중수도 시설 관리기준

중수도 시설의 원활한 기능유지는 중수도 시설이 그 기능을 제대로 발휘하여 사용하고자 하는 용도에 적합한 중수를 안정적으로 공급할 수 있도록 하기 위하여 매우 중요하며, 중수도 시설의 기능유지를 위해서는 적절한 유지관리방안이 필요하다.

일반적으로 유지관리방안이라 하면 상기에 언급한 바와 같이 운영자가 시설의 기능유지를 위하여 준수하여야 할 사항을 의미하나 경우에 따라 감독관청에서 지도·감독시 필요한 관리기준도 포함이 된다. 그러나 중수도의 사용은 물 절약 및 사용된 물의 방류로 인한 수질오염을 방지하기 위하여 실시하는 것으로 규제에 의하기 보다는 대중의 자발적인 참여에 의하여 더욱 확대될 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 중수처리시설에 대한 감독관청의 지도 감독은 중수처리시설 설치 업체가 느끼는 부담을 최소화하는 정도로 이루어져야 하며 이를 위해서는 지도 감독시 중수도 사용량에 대한 점검만을 실시하는 것이 바람직하다. 중수도는 사용자의 필요에 의해 사용자가 직접 생산하는 것으로 시설관리 및 수질관리는 사용자가 알아서 하되 중수사용량은 법에 명시된 사항이므로 사용량에 대하여는 해당 관청에서 점검하는 것이 타당하다. 따라서 본 연구에서는 유지관리방안으로 중수도 시설의 운영자가 준수하여야 할 사항에 대하여 언급하기로 한다.

① 운전관리

i) 처리시설

㉠폐수처리시설상의 유지관리방안⁵⁾

a. 폐수관로

관로는 폐수가 원활히 유하되도록 정기적으로 청소하는 등 유지관리에 각별한 신경을 써야 하며, 유지 관리시 점검사항은 다음과 같다.

5) 환경부, 폐수종말처리시설의 설계. 1995

- 침전물에 의한 관로의 폐색 및 그 깊이
- 맨홀 우수받이의 뚜껑, 연석의 도난, 파손 등
- 폐수관로에의 배수관 등의 무허가 연결과 용지 및 공작물의 불법사용
- 관로의 손상정도 및 위치
- 위험 가스발생

b. 스크린

- 조목스크린 : 정기적으로 협잡물 제거
- 세목스크린 : 연속적 혹은 간헐적으로 협잡물을 제거

c. 침사지

- 침사지에서는 유입된 폐수 중 그리트 등 무기성 고형물이 제거되므로 다량의 그리트가 조 바닥에 쌓이게 되며 침적된 그리트를 간헐적 혹은 정기적으로 제거해야 한다.
- 일일점검사항 : 침사지 청소상태
- 정기점검사항 : 그리트 제거기 작동상태 등

d. 유량 조정조

- 일일점검사항 : 브로워 및 산기관의 이상유무, 완전혼합여부 점검, 일수위 변화 기록

e. 유입펌프장

- 일일점검사항 : 펌프의 가동상태, 유량계의 작동여부 점검 및 유량기록
- 정기점검사항 : 밸브의 작동상태, 수로의 청소상태

f. 1차침전지

- 일일점검사항 : 슬러지 발생량 및 인출펌프 점검 및 기록, 슬러지 침강성 점검 및 기록, 스크래퍼 및 밸브 작동상태 등
- 정기 점검 사항 : 청소상태, 관련기계설비의 점검 등

g. 폭기조

- 일일점검사항 : pH, 수온 및 각종 운전인자의 측정 및 기록, 폭기조 내 미생물 활동 및 변화상태, 폭기조 내 사수부 형성 및 범위, 폭기조 내 혼합정도 및 형태, 산기관의 손상정도 점검
- 이상 발생시 조치사항 : 체류시간, 폭기기 침수심 조절, 조내 침전 슬러지의 제



거 및 폭기조 청소, 폭기기의 점검, 이상 부분의 수리 등

h. 2차침전지

- 일일점검사항 : 슬러지 침강성 및 발생량, 인출 및 반송펌프의 점검·기록, 스크래퍼 및 벨브의 작동상태 등
- 정기점검사항 : 침전지 청소상태 등

i. 염소소독설비

- 운전점검사항 : 염소 확보상태, 펌프의 가동상태
- 일일점검사항 : 2차처리수 및 최종방류수의 수량, 2차처리수와 염소와의 혼합 상태, 최종방류수의 잔류염소량, 일일 염소사용량 및 잔류염소량 측정·기록 등
- 정기점검사항 : 청소상태 등

㉞ 중수도 실무지침서상의 유지관리방안⁶⁾

a. 일 단위 유지관리사항

- 1일 또는 2일에 1회 정도 작업 실시
- 스크린 청소
- 활성슬러지법에서의 폭기 상황, 반송 슬러지량 검사 및 수질시험

b. 주 단위 유지관리사항

- 주 1회 작업 실시
- 조정조의 폭기 및 교반 상황의 점검
- 응집침전의 약품 조정

c. 년 단위 유지관리사항

- 년 1회 작업 실시
- 여과장치의 여층점검

㉟ 중수도 시설기준 및 유지관리지침상의 유지관리방안

- a. 용수별 수질기준을 정확히 달성하고, 아울러 안전한 이용수량의 확보에 노력한다.
- 유지관리는 일 단위, 주 단위, 월 또는 년 단위로 행한다.
- 전 처리 시설의 관리로서 스크린 청소, 활성슬러지법에서의 폭기 상황, 반송

6) 중수도 실무지침서 전거서

슬러지량의 검사, 수질시험 : 1일 또는 2일에 1회 정도작업

- 조정조의 폭기 및 교반 상황의 점검, 응집침전의 약품 조정 : 주 1회 작업
- 여과장치의 여층 점검 : 년 1회 내지 수 회 정도 점검
- 유지관리를 용이하게 하기 위하여 관리실태를 일보, 월보용지에 정확히 기록하고 적절한 장소에 보관하여야 한다.
- 운전관리 요원의 배치는 규모, 처리공정의 내용 및 운전관리의 내용에 따라 적절히 배치한다.

b. 각 시설의 운전관리는 정기적인 보수점검을 행하고 사고방지를 도모한다.

- 중수처리시설인 급속여과시설, 활성탄흡착시설, 오존처리시설, 염소 처리시설, 펌프시설, 배수탱크, 배관시설 → 정기적인 보수점검
- 스크린의 막힘, 염소살균의 약품 부족, 활성탄층의 막힘 → 일반적으로 복구가 용이(정기점검 충실)
- 조정조의 산 기관 막힘, 퇴적물의 발생, 여과층의 Mudball 발생, 활성슬러지법의 경우 폭기조 산기관의 막힘, 별킹 → 복구에 전문기술을 요함(외관점검과 수질검사로 판단)

㉔ 유지관리방안 설정

중수처리시설의 유지관리에 관한 기존의 문헌 고찰 결과 오·폐수처리시설의 유지관리지침은 주로 처리공정별 점검사항이 명시된 반면 중수처리시설의 유지관리지침에는 일 단위, 주 단위, 년 단위의 정기적인 점검사항이 나타나 있는 것을 알 수 있다.

중수처리시설은 여러 가지의 단위공정이 조합되어 이루어지며 각각의 공정은 나름대로의 역할을 수행하여 원수 중에 포함된 오염성분을 제거한다. 이러한 관점에서 볼 때 중수처리방법을 구성하고 있는 각각의 단위공정은 중수처리에 있어서 매우 중요한 의미를 가지고 있으며 중수의 안정적인 확보를 위해서는 단위공정별 유지관리방안이 수립될 필요가 있다.

그러나 중수처리시설의 경우 일반적인 오·폐수처리시설에 비하여 규모가 상대적으로 작으며 관리인원 또한 적다. 따라서 중수처리시설에 대한 유지관리방안으로 일반적인 오·폐수처리시설의 유지관리방안을 준수하되 점검빈도를 낮게 하여 시설을 관리하는 방안을 고려할 수 있다. 실제 운영중인 중수처리시설에 대한 유지관리지침

의 내용은 주로 오·폐수처리시설에 대한 유지관리지침을 준용하고 있으나 대부분의 중수처리설비는 자동화시설을 갖추고 있으며 종사인원도 매우 한정적이어서 대규모 오·폐수처리시설에서 준용하고 있는 관리사항을 그대로 지키고 있지는 않다.

따라서 중수처리시설에 대한 관리는 오·폐수처리시설의 관리기준(수질환경보전법, 오수·분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률 등)을 준수하도록 하되 일일점검사항을 주 단위 점검사항으로 수정하여 주 1회 또는 2회 점검하고 처리수질이 급격히 악화되거나 단위공정별 배관 및 펌프 등에 이상이 생기는 경우에는 일일 점검하도록 하는 방안을 생각할 수 있다.

이상과 같은 내용을 종합하여 보면 중수도시설 운영자가 준수하여야 할 유지관리 방안은 기존의 “중수도 시설기준 및 유지관리지침상의 유지관리방안”을 준용하되 중수도 설비가 다양함을 고려하여 동 유지관리방안에 명시되어 있지 않은 설비 등에 대한 유지관리는 일반적인 오·폐수처리시설의 유지관리방안을 따르도록 함이 타당하다.

중수도시설은 일반적인 오·폐수처리시설과는 다르게 처리수를 타 수계로 방류하는 것이 아니라 건축물 내에서 재사용됨을 고려할 때 중수도시설 운영자는 건축물 내 각종 시설물의 보호 및 중수 사용과 관련한 이미지 관리를 위하여도 중수처리시설에 대한 적절한 관리방안을 자체적으로 수립할 것으로 예상된다. 비록 중수도시설의 설치에 대한 의무화규정이 공포되더라도 중수도 이용에 대한 업계의 자발적인 참여에 의하여 중수도 이용이 보다 확대될 수 있으며 감독관청에 의한 지나친 지도·감독은 이러한 자발적인 참여를 저해하는 요소로 작용할 가능성이 크다.

따라서 중수처리시설에 대한 유지관리방안은 기존의 유지관리지침 등을 토대로 중수도 운영자에 의하여 자체적으로 수립되도록 하는 것이 바람직하며, 감독관청의 지도·감독 시 준거하여야 할 사항은 법에 의거한 중수도 사용수량에 대한 점검과 중수수질기준상에 명시된 수질이 유지되는지의 여부를 검토하도록 하는 것이 바람직하다.

ii) 송배수 시설

㉠ 상수도 시설기준상의 유지관리방안⁷⁾

a. 송·배수의 전체 계통을 통하여 일관성 있게 깨끗한 정수를 오염으로 부터 보호

7) 환경부, 상수도시설기준(유지관리편) 최종보고서, 1998

하고 수질의 안전성을 유지해야 함.

- b. 송·배수펌프의 운전, 송·배수관의 제수밸브 조작 등에 의한 배수조정은 필요한 수량을 적당한 수압으로 안정적으로 급수할 수 있도록 합리적으로 실시.
- c. 유량 및 수압측정에 의한 분석으로 누수발생을 사전에 예방.
- d. 송·배수시설의 부식방지를 위하여 전식방지, 관의 갱생, 수질개선, 기타 조치를 강구.
- e. 사고가 일어나지 않도록 평소에 수량관리 및 시설 점검·정비를 확실히 수행하고, 만일 사고가 발생해도 신속하게 발견, 복구할 수 있는 대책 강구.
- f. 송·배수관은 일반적으로 공공도로에 매설되어 있으므로 상수도 분야 관계자 외에도 도로관리자, 경찰서, 소방서, 기타 매설물 관계기관 등의 관계자와 충분히 연락하고 협력체제 구축.

⑥ 중수도 시설기준 및 유지관리지침상의 유지관리방안⁸⁾

- a. 급수시설은 사용자 부담으로 설치되어 소유권이 사용자에게 있고, 관리 책임자도 사용자이므로 유지관리는 매우 중요함
 - 완벽한 준공도 구비 : 보수점검이나 개수 및 증설 대비
 - 보수 및 증설을 한 후 준공도에 변경내용을 수정해서 기록 유지
- b. 배수펌프의 운전, 배수관의 제수밸브 조작, 배수지, 배수탑, 고가탱크, 배수관, 배수펌프 등 시설에 대한 점검 및 보수를 충실히 수행
 - 배수지 관리
 - 외부로부터의 오염방지, 누수방지, 청소, 수위계, 유량계, 밸브류 등의 점검과 정비 및 배수지의 수위, 배수유량의 측정이 필요
 - 배수관 관리
 - 배수관 평면도, 상세도 및 필요에 따라 종단면도, 주요한 부대설비의 구조도 등을 정비해서 보존
 - 배수를 원활하게 하기 위해 적정한 수량 배분과 수압의 균등화를 도모하고, 시설을 합리적이고 경제적으로 운용할 수 있도록 배수조정
 - 사고예방을 위해 정기점검을 하고, 폭풍우 등의 재해 직후 관로 및 주요시설을 점검

8) 건설부, 중수도 시설 기준 및 유지관리 지침, 1992

- 배수관에 부착한 녹, 스케일 등으로 인해 통수능력이 감소한 경우 조건에 따라 관을 청소
- 배수펌프의 관리
 - 배수펌프의 운전, 조작, 점검, 정비, 수리 등의 기준 및 보안에 관한 규칙을 작성하여 담당자 전원이 어떠한 경우에도 적절한 조치를 취할 수 있게 함.
 - 펌프의 운전 전에 필요한 관로의 수압, 수량, 수위 등의 지시계는 감시원이 쉽게 볼 수 있는 장소에 설치
 - 펌프관리대장을 구비하여 점검기록이나 수리기록 등을 기입하여 고장을 미연에 방지

㉔ 유지관리방안 설정

처리된 중수를 용도별로 적절히 사용한다는 관점에서 중수도 시설 중의 송 배수 시설은 기존의 상수도시설기준상에 명시된 관리기준에 준하도록 하는 것이 타당할 것이다. 그러나 상수도시설기준에는 취수시설, 정수시설 등과 같이 건축물 외부의 각종 시설 등에 대하여도 상세히 언급하고 있어 전체적인 내용을 준용하기는 어려우며 송배수시설의 관리와 관련된 배수지, 배수탑, 고가수조, 펌프장, 송배수관 등에 대한 유지관리방안을 준용하는 것이 바람직할 것이다.

㉕ 수질관리

수질관리는 중수 사용상의 안정성 확보를 위하여 매우 중요한 요소로서 상시 유지관리가 되어야 한다. 현재 중수도를 사용하고 있는 각종 건축물에서는 수도법상에 명시된 중수도의 수질기준에 준하여 중수처리는 물론 수질관리를 실시하고 있다. 건축물에 따라 기존의 중수도 수질기준보다 더욱 처리가 강화된 용수를 사용하는 경우도 있으나 기본적으로 처리수의 수질이 중수수질기준 이내로 유지되는 경우에는 별다른 문제점이 없는 것으로 간주하고 있다. 수질관리를 위해서는 관리대상 수질항목을 설정하여야 하는데 이미 중수의 용도별 수질기준이 설정되어 있어 이에 대하여 수질관리를 하는 것을 원칙으로 한다. 수질관리를 하기 위한 검사시기 및 검사방법은 현행 중수도 시설기준 및 유지관리방안을 준용해도 무방할 것으로 판단되며 이와 관련된 내용은 다음과 같다.

i) 수질검사는 원수의 현황, 용수 및 용수별 수질기준에 따라 동일한 검사 항목, 검사회수 및 검사장소를 설정하여야 한다.

- 정기수질 검사

- 정기적인 관측지점으로서 1개소 이상의 장소를 설치해서 수질목표에 언급된 수질항목 전체에 대하여 원칙적으로 1개월에 1회 검사
- 정기관측지점 이외의 급수설비 말단부분에 대해서도 동일하게 검사
- 목표수질항목 외에 수온, 염소이온농도, 부유물질량, 전기전도도 등에 대하여 병행해서 검사하고, 슬라임을 억제하기 위해 잔류염소에 대해서도 필요에 따라 실시
- 색, 냄새, 탁도 등은 육안검사를 매일 실시

- 임시 수질검사

- 원수의 수질이 현저하게 악화된 경우
- 중수처리시설의 기능이 저하된 경우
- 급수되는 중수가 수질목표에 적합하지 않은 경우
- 상기의 검사는 수질이 악화될 것으로 예상되는 장소에서 채수한 시료에 대해 검사하고 검사항목은 상황에 따라 적절히 선정해서 실시

ii) 수질 검사방법은 수질오염공정시험방법에 준하고 검사결과 기록 및 보존

- 수질검사결과는 일상의 유지관리, 시설의 개선 등에 활용될 수 있도록 3년 이상 보존하는 것이 바람직하다.

(2) 중수의 수질기준 및 수질항목 설정 배경

중수도는 한번 사용한 물을 처리하여 상수공급을 대체할 목적으로 사용하나 그 용도가 화장실 세정수, 청소용수 등과 같은 잡용수 이므로 상수와 같은 양질의 수질을 필요로 하지는 않으며 다만 용도별로 적정한 처리수질을 유지하는 것이 중요하다. 우리나라의 '중수도 시설기준 및 유지관리지침'(건설부, 1992)에서는 중수도이용을 추진하는 경우 가장 중요한 과제 중 하나로서 수질기준설정을 제시하고 있는데, 이는 수질기준의 설정 및 설정항목에 의해서 중수처리시설의 규모가 결정될 뿐만 아니라 시스템 전체의 경제성에 영향을 미치기 때문으로 명시하고 있다. 또한 이 지침에서는 중수를 수세식변소, 살수 및 조경용수로 이용할 때 안정된 중수의 수질을 유지하는 것 이외에 준수하여야 할 요건으로 인체에 대한 위생 면에서 문제가 없을 것, 시설기계에 대한 부식, 막힘 등 기능상 장애가 생기지 않을 것 또는 이용자에게 불쾌감을 주지 않고 물로서의 심미성을 유지할 것 등을 제시하고 있다. 이상과 같은 요건 중

인체에 대한 위생면의 문제는 타 문제보다 신중히 고려되어야 할 사항으로서 동 사항에 관계되는 항목이 수질항목으로 설정되었으며 이에 대하여 적절한 수질기준이 설정되었다. 우리나라의 ‘중수도 시설기준 및 유지관리지침’과 일본 하수도협회의 ‘하수처리수 순환이용 기술지침’에서는 수질항목과 수질기준의 설정 사유를 다음과 같이 제시하고 있다.⁹⁾¹⁰⁾

① 대장균군수

대장균군수와 일반세균수는 위생적 관점에서 물의 안정성을 평가하는 데에 널리 쓰이는 지표이며, 소화기계 병원균에 의한 오염 가능성을 판단하거나, 분뇨에 의한 오염을 판단하는 데 매우 유효한 수단이므로 대장균군수를 지표로 선정하였다. 중수의 이용형태는 이용조건에 따라 다르지만, 크게 관로에 의해 공급되어 인체와의 접촉 정도가 적은 것과 옥외에 장치가 설치되어 인체와의 접촉에 유의하여야 할 필요가 있는 것으로 구분된다. 살수용수와 조경용수의 경우 불특정 다수인이 이용할 기회가 클 것으로 예상되므로 보다 엄격한 기준을 정하는 것이 바람직하다. 따라서 수세식 변소용수의 기준을 「10개/ml이하」로 살수용수와 조경용수에 대하여는 「검출되지 않을 것」으로 정한다.

② 잔류염소

잔류염소는 중수처리시설에 있어서 염소처리효과의 정도를 가리킴과 동시에 중수가 위생적인지의 여부를 나타내는 지표이다. 인체에 접촉이 많을 것으로 예상되는 살수용수의 경우에는 대장균 및 일반세균의 번식을 억제하기 위하여 중수 중에 잔류염소의 농도가 일정 농도 이상 확보되어야 하며, 조경용수에 대하여는 식재에 영향을 줄 우려가 있으므로 잔류염소의 과다한 농도 유지는 필요치 않으며 다만 위생적 조치로서 염소처리에 오존처리를 병용하는 것이 바람직하다. 수세식 변소용의 경우에는 이용설비 내에 체류하는 시간이 그다지 길지 않으므로 잔류염소가 존재하는지 확인하는 정도면 충분하다. 이상과 같은 내용을 토대로 살수용수의 경우에는 잔류염소의 기준치는 「0.2mg/l」 이상이 되도록 하며 수세식변소용수의 경우에는 「검출될 것」으

9) 중수도 시설기준 및 유지관리지침 전개정

10) 일본 하수도협회, 하수처리수 순환이용 기술지침(안). 1982

로 정한다. 조경용수에 대하여는 잔류염소의 존재가 바람직하지 않아 기준을 설정하지 않았다.

③ 외관

외관은 이용자의 불쾌감을 반영하는 항목으로 외관을 좌우하는 요인으로서는 재생수의 색상, 혼탁, 거품 등이 있다. 그러나 색상이나 혼탁에 대한 이용자의 불쾌감이나 심미성에 관한 감각의 정도는 지역이나 연대 및 성별에 의해 다를 수도 있어 외관에 대하여 「쾌」 또는 「불쾌」 감에 대한 정량적인 기준치를 정하는 것은 곤란하다. 따라서 외관에 대한 기준은 정성적으로 설정하되 수세식변소용수, 상수용수, 조경용수 등에 대한 기준은 「이용자가 불쾌함을 느끼지 아니할 것」으로 정한다.

④ 탁도

탁도는 미생물의 파편 및 유기성 콜로이드에 의하여 중수의 심미성, 시설기계의 막힘 및 기능에 영향을 준다. 중수에 포함된 탁도 유발물질은 중수처리시설 중 오존처리시설에서의 에젝터나 수세식변기에서의 불탭부의 막힘과 같은 기기의 폐쇄 등 기능장해를 일으킨다. 탁도는 모래여과 처리에 의하여 제거가 가능하며 용도별 수질기준은 수세식변소용수, 상수용수, 조경용수 등에 대하여 모두 「5도를 넘지 않을 것」으로 규정하였다.

⑤ BOD

BOD는 중수중의 유기성 성분에 관한 지표이며 하수처리에서의 처리효과를 나타내기 위해서는 범용성이 있는 항목이다. BOD가 적정하게 유지관리 되고 있는 하수처리장의 처리수인 경우 2차 처리수를 재이용하여도 시설기계에 대한 기능상의 장애는 발생하지 않는다. 그러나 중수의 심미성 등을 고려하여 수질기준은 수세식변소용수, 상수용수, 조경용수 등에 대하여 모두 「10mg/ℓ를 넘지 아니할 것」으로 설정하였다.

⑥ 냄새

악취는 이용자에게 불쾌감을 주는 지표이나, 물에서 발생하는 냄새의 측정법이 아직 확립되어 있지 않고 또 인간이 느끼는 냄새는 여러 가지 악취성분의 총체이기 때문에 정량적인 파악은 곤란하다. 따라서 냄새에 대한 기준은 수세식변소용수, 상수용

수, 조경용수 등에 대하여 모두 「불쾌하지 않을 것」으로 설정하였다.

⑦ pH

pH는 배관, 펌프, 밸브 등에 대한 부식, 스케일 등의 발생에 의한 기능장애에 관계되는 지표이다. 중수의 pH가 낮아지는 경우 배관 내에 부식이 일어나며, 반대로 pH가 높아져 알칼리 상태가 되는 경우 배관 내에 스케일이 형성된다. 따라서 수질기준은 수세식변소용수, 상수용수, 조경용수 등에 대하여 모두 「5.8이상~8.5이하일 것」으로 설정하였다.



4. 제주도의 수자원 특성

1) 제주도의 상수도 이용 현황

Table 9¹¹⁾에서 제주도의 상수도 이용현황을 다른 시와 비교해보면, 상수도 보급률은 100%이며 인구 규모나 시설용량 및 1인 급수량도 가장 작은 것으로 나타났다. 또한 제주도내 지역과 월별 급수현황을 살펴보면 제주시가 가장 많은 수량을 소비하며 제주시 지역에서는 8월에 가장 많은 물을 소비하는 반면 서귀포시와 남부 및 북부 지역에서는 9월에 가장 많이 소비하는 것으로 나타났다.

Table 9 Regional Water Supply Condition (2002)

Div.	Populaion (thousand)	Supply(%)	Capacity ($\times 10^3 \text{m}^3/\text{day}$)	Water Supply($\times 10^3 \text{m}^3/\text{day}$)	Per.day water supply(ℓ)
Seoul	10,281	100.0	6,520	3,802	370
Busan	3,747	98.8	2,704	1,229	332
Daegu	2,541	99.3	1,810	1,085	430
Incheon	2,596	96.2	2,093	1,045	418
Gwangju	1,402	97.6	830	407	298
Daejeon	1,425	96.6	1,050	539	391
Ulsan	1,070	90.4	386	304	315
Gyeonggi	10,000	89.8	5,959	3,102	346
Gangwon	1,544	81.0	750	486	388
Chungbuk	1,501	76.1	688	397	347
Chungnam	1,919	56.7	523	383	352
Jeonbuk	1,962	78.0	1,306	601	393
Jeonnam	2,060	62.1	776	427	334
Gyeonbuk	2,776	73.1	1,236	769	379
Gyeonnam	3,143	78.3	1,450	843	343
Jeju	552	100.0	481	176	319

11) 자료:환경부 상하수도국 수도정책과 2002년 상수도 통계, 환경부 2003

Table 10 Monthly Water Supply Condition($\times 10^3 m^3$)

	Jan.	Fab.	March	April	May	Jun	Yearly total
Jejudo	5,007	4,786	5,162	4,890	5,297	5,170	64,261
Cities	3,713	3,445	3,820	3,694	3,884	3,731	46,252
Seogwipo	819	805	853	761	873	850	10,923
Jeju	2,894	2,640	2,967	2,933	3,011	2,881	35,329
Province	1,294	1,341	1,342	1,196	1,413	1,439	18,009
Namjeju	734	755	741	651	776	804	10,137
	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	
Jejudo	5,698	5,680	5,979	5,797	5,513	5,282	
Cities	4,078	4,068	4,127	4,038	3,825	3,829	
Seogwipo	982	939	1,145	1,026	949	921	
Jeju	3,096	3,129	2,982	3,012	2,876	2,908	12)
Province	1,620	1,612	1,852	1,759	1,688	1,453	
Namjeju	923	889	1,063	974	996	831	

2) 제주도 지하수 이용현황

강이나 저수지 같은 상수원이 충분하지 않은 제주도에서는 지하수를 적극적으로 활용하고 있으며 Table 11¹³⁾에서 볼 수 있듯이 연간 총 11,512만 m^3 (일평균 32만 m^3 , 일 최대 124만 m^3)의 지하수를 사용하는 것으로 분석되었다. 생활용 지하수는 총 1,492공을 대상으로 분석하였으며 일 최대 이용량은 약 58만 m^3 , 일평균 이용량은 약 22만 m^3 으로서 연간 약 8천만 m^3 의 지하수를 이용하고 있다. 생활용 지하수는 전체 지하수 이용량의 70%를 차지하여 가장 많은 양의 지하수를 사용하고 있다.

Table 11 Estimate of Rainwater Use.

Piv	Tot.	Building	Industrial	Arriculture	Others.
Number	4,891	1,492	193	3,166	40
Development(m^3/day)	1,488,858	634,864	49,490	800,565	3,939
Max.dayuse(m^3/day)	1,242,254	579,921	104,378	556,677	4,278
Aver.dayuse(m^3/day)	315,395	220,691	11,527	81,495	1,683
Yearly use($\times 10^3 m^3/year$)	115,119	80,552	4,207	29,746	614

12) 자료:환경부 상하수도국 수도정책과 2002년 상수도 통계. 환경부 2003

13) 자료:제주도 수문지질 및 지하수 자원 종합 조사(Ⅲ). 제주도,한국 수자원 공사

Table 12 Subsurface Water Use in JeJU

Devison		Tot.	Widearea waterwork s	Waterworks in cities and province	Office s	Apt.	Hotels	Tourist failites
Tot.	Number	1,492	80	227	75	116	81	22
	Aver.dayuse (m ³ /day)	220,691	24,775	115,227	2,858	11,603	13,984	2,327
	Max.dayuse (m ³ /day)	576,921	70,402	186,820	19,382	40,967	57,120	8,887
Jeju	Number	722	16	54	45	77	39	4
	Aver.dayuse (m ³ /day)	77,567	2,483	38,447	2,258	7,329	6,557	215
	Max.dayuse (m ³ /day)	208,981	8,923	59,746	11,750	26,478	25,057	1,370
Seo gwi po	Number	302	10	28	10	25	35	6
	Aver.dayuse (m ³ /day)	32,615	-	13,707	190	1,469	6,882	849
	Max.dayuse (m ³ /day)	94,438	-	19,525	1,594	6,630	29,353	2,732
Buk Jeju	Number	250	30	79	10	3	7	7
	Aver.dayuse (m ³ /day)	48,217	3,706	33,625	218	150	545	210
	Max.dayuse (m ³ /day)	118,386	11,540	55,812	3,359	729	2,710	1,150
Nam Jeju	Number	218	24	66	10	11	-	5
	Aver.dayuse (m ³ /day)	62,292	18,587	29,449	192	2,656	-	1,053
	Max.dayuse (m ³ /day)	155,116	49,939	51,738	2,680	7,130	-	3,634

Table 13 Subsurface Water Use in JeJU

지역	구분	Hospitals	Laundries	Car wash	Sports	Golf-links	Others
Tot.	Number	23	12	43	29	44	110
	Aver.dayuse (m ³ /day)	1,050	294	307	1,528	22,627	3,694
	Max.dayuse (m ³ /day)	3,307	930	1,242	7,216	65,782	16,973
Jeju	Number	17	7	26	13	9	23
	Aver.dayuse (m ³ /day)	948	146	225	262	4,825	1,269
	Max.dayuse (m ³ /day)	3,117	509	873	1,419	14,026	4,562
Seo gwi po	Number	6	2	10	7	7	20
	Aver.dayuse (m ³ /day)	102	85	47	737	3,204	856
	Max.dayuse (m ³ /day)	190	164	203	2,438	9,369	2,317
Buk Jeju	Number	-	2	1	8	13	38
	Aver.dayuse (m ³ /day)	-	42	8	521	6,686	627
	Max.dayuse (m ³ /day)	-	171	75	3,339	19,449	4,242
Nam Jeju	Number	-	1	6	1	15	29
	Aver.dayuse (m ³ /day)	-	21	27	7	7,911	942
	Max.dayuse (m ³ /day)	-	86	92	20	22,938	5,851

주) 일 최대 이용량의 산정은

- 광역상수도의 경우 일일 양수량 검침자료 중 일 최대 양수량 자료 사용
- 시군 지방상수도의 경우 월간 양수량 검침자료를 토대로 월 최대 양수량을 일 사용량으로 환산
- 원수대금 부과시설의 경우 월 최대 이용량을 일이용량으로 환산
- 농업용 시설의 경우 이번 과업의 모니터링 결과와 제주도 광역 수자원 관리본부에서 실시한 일일 모니터링결과를 토대로 일 최대 이용량 산정

이상과 같은 자료를 토대로 제주도내 수자원 현황을 종합해서 살펴보면 다음과 같다.

1) 제주도의 상수도 보급률은 100%이지만 급수인구와 급수량은 전국에서 가장 낮으며 인구 1인당 사용수량도 319(ℓ)로서 전국 평균값보다 훨씬 작은 것으로 분석되었다.

2) 반면에 지하수 사용수량은 1일 평균 315,395(m³/일)으로서 상수도를 통한 급수량 176,000(m³/일)보다 훨씬 크게 나타났다. 특히 지하수 사용량 중 약 70%가 생활용수

14) 자료: 제주도 수문지질 및 지하수 자원 종합 조사(Ⅲ). 제주도, 한국 수자원 공사

로 나타났으며 농업용수는 26%로 분석되었다.

3) 제주도의 지하수 적정 개발량과 이용량 등을 비교해보면 2002년 적정 개발량의 84%에 육박하고 있는 것으로 분석되었으며 이로인해 신규 지하수 개발이 제약받고 있는 상황이다.

4) 지하수를 상수로 사용하고 있는 제주의 상황에서, 인구가 60만 4,300명으로 증가하는 2011년부터 서서히 물 부족 사태에 접할 것으로 예측되고 있으며 이에 대한 대안으로서 제주형 환경 친화적인 수자원 활용방안이 절실하게 요구된다.



III. 환경 친화적 우수 시스템 적용방안

1. 기본 설계 목표와 설계 프로세스

1) 기본 설계 목표

지하수를 상수원으로 이용하고 있는 제주 지방의 수자원 현황을 고려해볼 때, 인구가 60만4천명이상이 되는 2011년 경부터 물부족 현상이 시작될 것으로 전망되고 있다. 이에 따라 제주도내 수자원 이용계획의 가장 중요한 핵심은 지하수를 비롯한 상수원을 보호하고 동시에 수자원을 절약하는 방법에서 대안을 찾을 수밖에 없다. 특히 미활용 자원인 우수를 이용하여 지하수원을 보존하는 우수시스템을 보다 적극적으로 활용함으로써 경제적이며 효과적인 제주형 환경친화적 수자원 이용계획을 제안할 수 있을 것이다.

따라서 환경친화적 우수시스템의 주요 설계 목표는 다음과 같이 설정할 수 있다.

- 1) 일반 생활용수 대부분을 우수로 대체하는 우수시스템을 적용한다.
- 2) 양질의 배수를 이용하여 중수를 생산하고 이를 다시 대변기 위생용수로 사용하는 중수시스템을 우수시스템과 통합한다.
- 3) 우수시스템 또는 중수시스템을 바이오톱(biotope : 자연정화 및 친수공간)과 연계하여 계획한다.

2) 설계 프로세스

Table 14은 제주형 우수 시스템 설계를 위한 일반 프로세스를 보여주며 Table 3-2는 우수 시스템에 중수시스템 및 BioTope 시스템 통합을 고려한 친환경 우수시스템 설계 프로세스이다.

Table 14 Design Process of Sustainable Rainwater System in Jeju

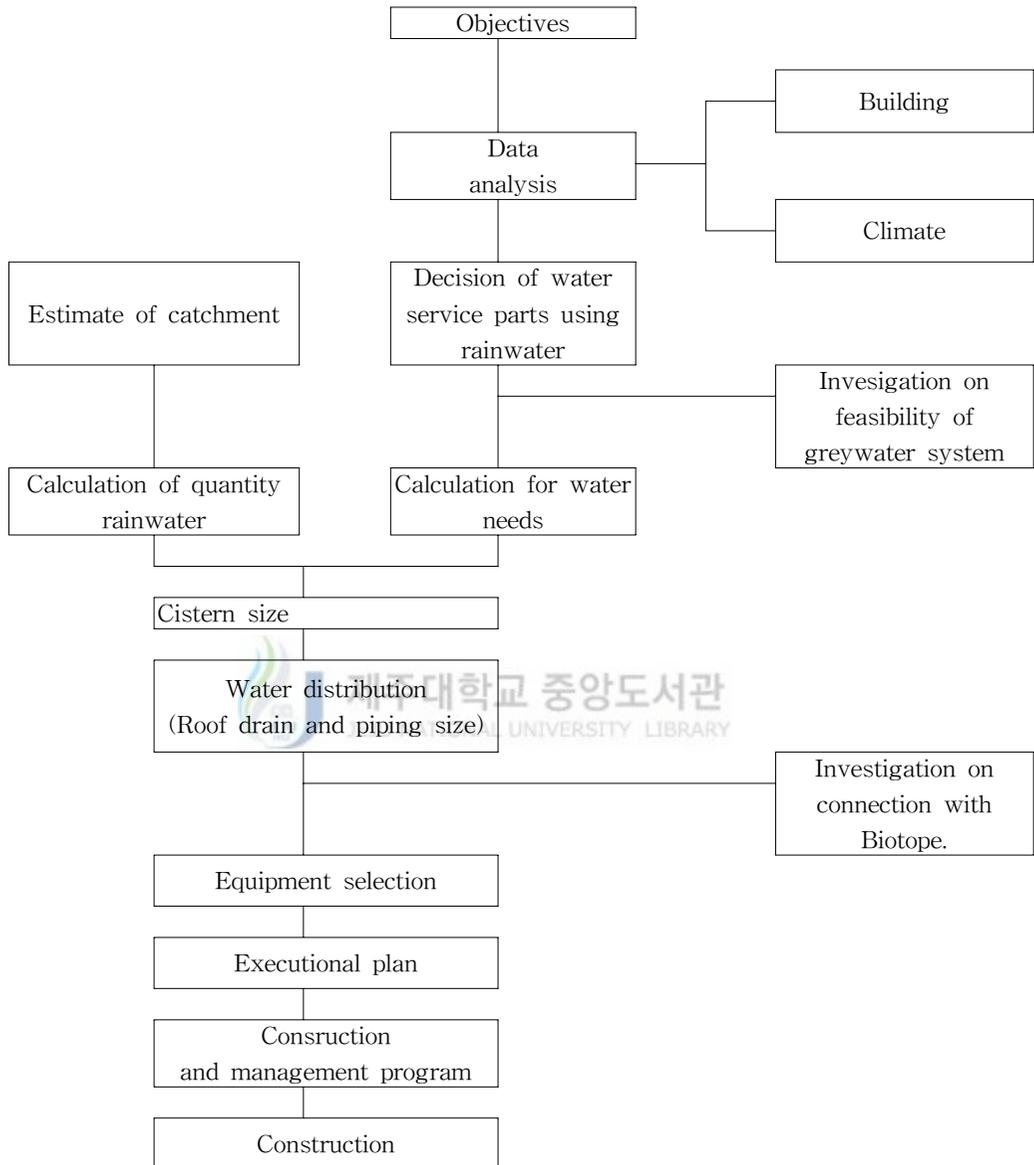
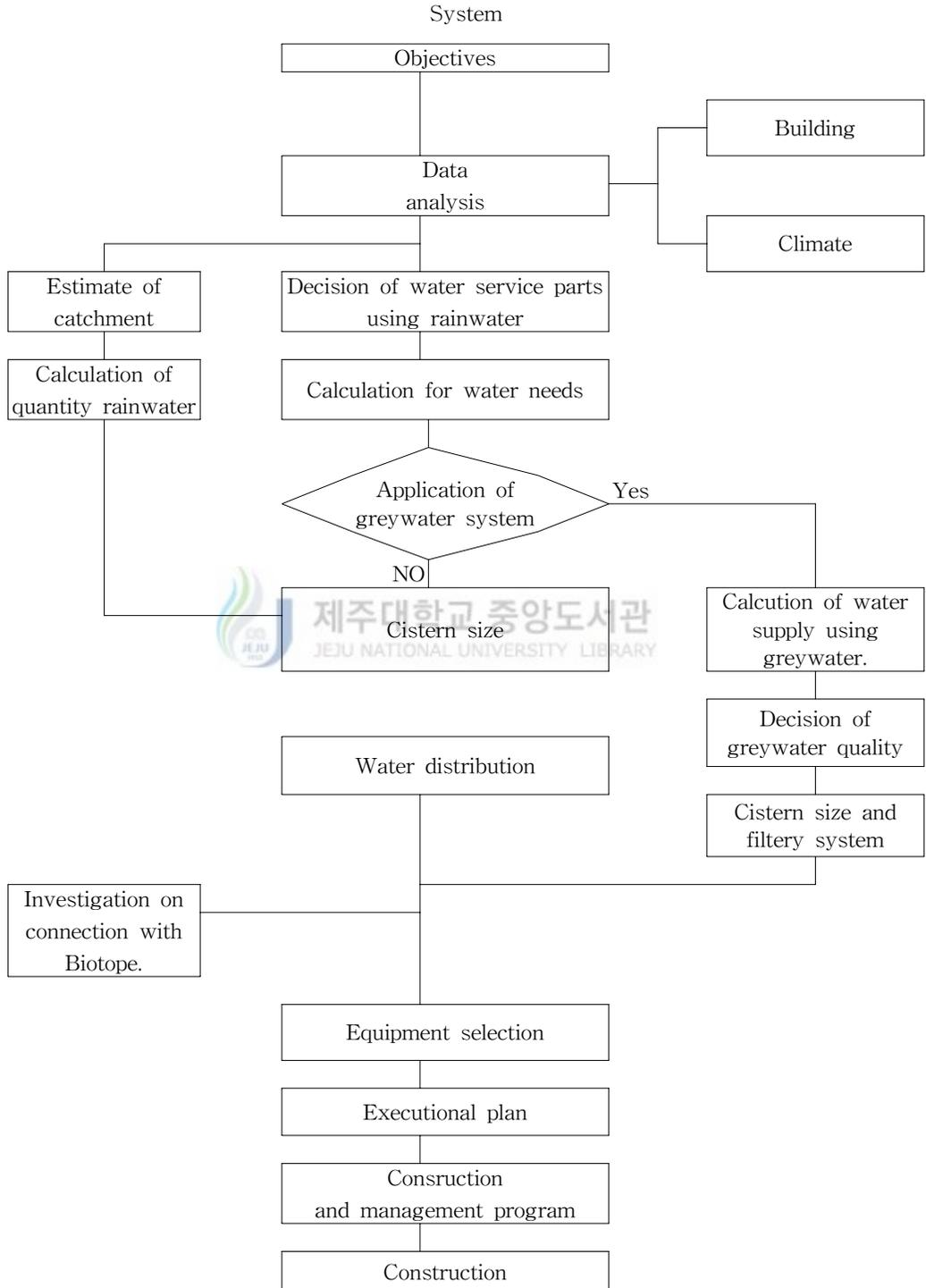


Table 15 Design Process of Sustainable Rainwater System Integrated with Greywater



2. 사례 연구

1) 설계 목표

부지 특성과 건축 계획에 맞추어 본 연구에서는 식수를 제외한 모든 사용 용수를 “우수”를 이용하도록 설계 목표를 설정하였다. 환경 친화적인 우수 시스템을 이용하여 생활용수, 농업용수, 주택 및 온실의 위생 용수등과 외부 Biotope을 연계한 우수 시스템을 계획하였고 이를 통하여 수자원 절약, 환경오염 최소화 및 자연 친화, 환경 부하를 최소화하면서 비용 절감 및 유지관리를 고려한 실증적인 건축적 대안을 제시하고자 하였다.

2) 기초 데이터 분석

(1) 건축 조건

제주 S 그린하우스는 허브농장으로 계획되어 온실부분과 주거부분(노부부) 2가지로 구분된다. 온실부분은 상황에 따라 허브농장, 전시장, 임업연구 실험장, 취미모임을 위한 음악 강당, 전시장 및 카페기능 등 다양한 기능을 수용할 수 있도록 하여야 하며, 노부부의 주거부분에는 손님을 위한 공간이 추가로 요구된다. 건축계획에 있어서 가장 큰 제약조건은 대상부지까지 상수가 공급되지 않는다는 것이다. 주변은 자연 녹지와 밭 또는 과수원으로 구성되었으며 가장 가까운 마을은 3Km 거리에 위치하고 있다. 식수는 가까운 민가에서 직접 운반하여 공급하더라도 나머지 생활용수 및 관개용수는 자급한다는 개념으로 우수 시스템에 중수 시스템을 통합 하는 환경 친화적인 우수 시스템으로 설계방법을 적용하고자 하였다.

Table 16은 건축 개요를 보여주며 Fig. 17은 지붕 평면도를 보여준다.

Table 16 Description of The Case Building

Location	Namjejukun Namwun-wnb Sinhug-li
Area	2,200m ² (665.5pyoung)
Roof area	261.45 m ²
Structure	Reinforced Concrete Building
Building function	Residence, Floriculture, Exhibition and Coffe shop

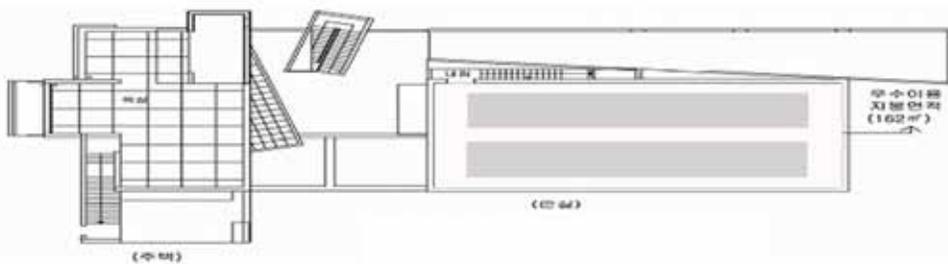


Fig. 17 Roof Plan

(2) 강우량 분석

Fig. 18은 제주시와 서귀포시 및 성산포의 월평균 강우량을 비교한 도표이다. 대상 부지는 서귀포시와 성산포 사이인 남원읍에 위치하고 있으므로 겨울철에 강우량이 적은 서귀포의 우수 데이터를 적용하여 연간 강우량 특성을 분석하였다. Fig. 19은 지역의 최근 10년간 강우량 패턴을 보여주고 있다.

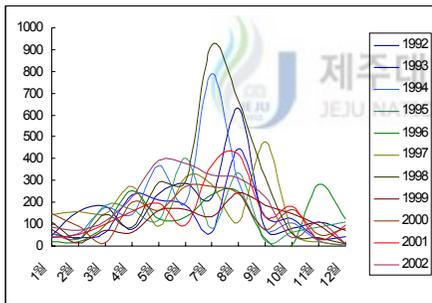


Fig. 18 Average precipitation of Seogwipo

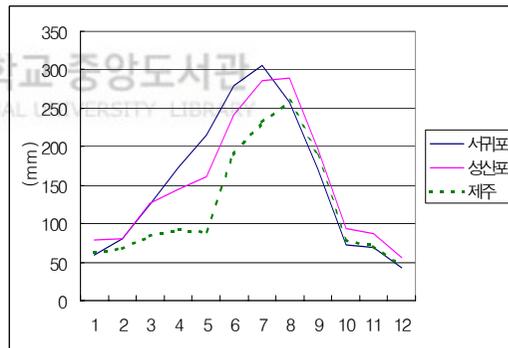


Fig. 19 Monthly average precipitation

도표에서 나타난 바와 같이 겨울철(12월, 1월, 2월)의 서귀포 월평균 강수량은 43.2mm 정도로 나타나고 있으나 최근 3년간 기후 분석을 해보면 2003년도의 강수량이 10.8mm 밖에 되지 않아 한계가 있는 것으로 분석 되었다. 이러한 측면에서 건물에 우수시스템을 적용하기 위한 급수량 산정에는 최근 기후데이터를 이용하여 좀더 정확하게 계산하는 것이 필요하다.

(3) 우수 이용 용도 선정

우수 이용 용도에 따라 필요수량을 정확히 산정하기 위해 전체 설계안을 기능에

따라 크게 주택부와 온실부로 구분하여 계획하였다. 주택부와 온실부의 소요실 및 위생기구 현황은 Table 17와 같다.

Table 17 Fixtures in The Case Building

Div.	Function	위생기구 사항
House	Toilet(4), Kitchen(1) Utility(1)	Water closet(4), Lavatory(4), Shower head(4), Bathtub(2), Laundrytap(1), Sewice sink(1), Kitchen sink(1)
Green house	Kitchen(1), Toilet(1)	Water closet(2), Lavatory(2), Kitchen sink(1), Irrigation tap(1)
Roof	Catchment area	Cleaning tap 25mm(1)

3) 우수 이용 급수설계

급수설계는 주택 부분과 온실 부분의 급수량(사용수량)을 구분 산정하고 우수를 이용할 용도와 중수를 이용할 용도로 구분하여 분석 하였다.

계산 방법은 식 (3-1)와 같이 사용 기구수에 의한 산정 방법으로 계산하였다.

$$Q_d = Q' \times F \times b \dots \dots \dots (3-1)$$

여기서 Q_d : 1일 급수량, Q' : 1회당 사용수량(l /회),

F : 1시간당 사용수량(회/h), b : 건물의 사용시간

주요 설계 데이터는 Table 18, Table 19, Table 20 등을 참고한다.

(1) 주택 부분 급수량 산정

① 주택급수량 (최대치 조건 : 3인사용, 욕조 및 샤워) (l /월)

세 면 기	$10 l \times 3인 \times 2회 \times 30일$	=	1,800
욕조(샤워)	$125 l \times 3인 \times 1회 \times 30일$	=	11,250
부엌싱크	$15 l \times 2회 \times 3번 \times 30일$	=	2,700
세탁싱크	$100 l \times 8회 / 월$	=	800
청소싱크	$20 l \times 3회 / 일 \times 30일$	=	1,800
양 변 기	$15 l \times 3인 \times 4회 \times 30일$	=	5,400
소 계			23,750 ---①

② 주택의 급수량 (최소치 조건 : 2인 사용, 샤워) (l /월)

세 면 기	$10 l \times 2인 \times 2회 \times 30일$	=	1,200
욕조(샤워)	$60 l \times 2인 \times 1회 \times 30일$	=	5,400
부엌싱크	$15 l \times 2회 \times 2번 \times 30일$	=	1,800
세탁싱크	$100 l \times 8회 / 월$	=	800
청소싱크	$20 l \times 3회 / 일 \times 30일$	=	1,800
양 변 기	$15 l \times 2인 \times 4회 \times 30일$	=	3,600
소 계			14,600 ---②

따라서 주택의 필요급수량은 작게는 15(m³/월)에서 많게는 24(m³/월)까지 필요한 것으로 분석되었으며 본 연구에서는 편의상 평균값인 19.2(m³/월)을 참고하여 약 20(m³/월)으로 산정하였다.

(2) 온실 부분 급수량 산정

① 온실의 위생용 급수량 (ℓ/월)

세면기	2조 × 10ℓ × 6회 × 6시간 × 30일	=	21,600
양변기	2조 × 15ℓ × 6회 × 6시간 × 30일	=	32,400
부엌싱크	1조 × 15ℓ × 6회 × 6시간 × 30일	=	16,200
소 계		=	70,200

여기서 월평균 급수량은 동시사용율 35%를 고려하여 다음과 같이 산정한다.

$$70,200 \times 35\% = 24,570 \text{ (ℓ/월)} \dots\dots\dots\text{①}$$

② 온실의 농업용수 산정 간이식

농업용수의 관수 일수는 시설채소, 화훼류는 84.4일/년이므로 약 7.1일/월로 환산하여 대입하고, 여기에 시설 작물의 일평균 이용량 Table 21¹⁵⁾와 농림부 지표 관개 적용효율 Table 22¹⁶⁾을 곱하여 온실에서 필요한 농업용수를 산출하였다.

옥상 청소용수는 월3회, 관경25mm의 급수관에서 44ℓ/min의 유량으로 급수하는 것을 가정하여 산정하였다.

(ℓ/월)

온실면적	162m ² × 10ℓ × 7.5/월 × 0.7	=	8,505②
온실 옥상 청소 용수 25mm인 경우	10분 × 44ℓ × 3회/월	=	1,320③

Table 18 Water Use of Agriculture in Jeju

Div.	Green house product	Fruit	Farm	Aver.
Aver.dailyuse(m ³ /day,ha)	9.9	3.94	6.18	6.67
Max.dailyuse(m ³ /day,ha)	38.74	20.05	29.29	29.36

Table 19 Irrigation Efficiency

Div.	Efficiency(%)	Loss(%)	Irrigation efficiency(%)
Sprinkler irrigation	80~90	5~10	70~85
Dripping irrigation	90	5~10	80~85
Surface irrigation	70	5~10	60~65

15) 자료 : 제주도 지하수보전·관리계획보고서 (제주도,2000)

제주도 농업용수 종합계획수립 2004.2 제주도 농업기반공사 제주도본부

16) 자료 : 제주도 발관개 용수량 산정법 정립에 관한 연구 농업기반공사, 2003.12

따라서 온실의 위생 용수와 시설 작물의 재배를 위한 총 급수량은 ①+②+③= 35 (m³/월)으로 산정 된다.

Table 23은 우수시스템에서 주택과 온실의 전체 필요 수량을 정리하여 보여준다.

Table 20 Water Needs in the Case Building (m³/day)

House		Minimum	Maximum	Amounts of water
		14.6	23.75	19.2(Aver.)
Green House	Farm	Irrigation	Roof cleaning	9.82
		8.5	1.32	
	Caffee or exhibition	Bath room	Roof cleaning	25.82
		24.5	1.32	

여기서 실제 급수 필요량은 온실부의 기능에 따라 크게 달라지게 된다. 만약 온실이 임업 연구용, 허브 농장 용도로 사용된다면 시설작물의 관개용수량 8.5(m³/월)이 필요하고 카페와 같은 상업적 용도로 사용된다면 위생 용수 24.5(m³/월)이 필요하게 된다.

또한,주택의 최소 필요수량은 14.6(m³/월)이므로 전체 필요 급수량은 최소 14.6+9.82=24.42(m³/월)에서 최대 23.75+25.82=49.59(m³/월)까지 이다.

따라서 본 연구에서는 전체 우수 필요수량은 50(m³/월)으로 보고 주택부의 최소 필요수량인 15(m³/월)은 우수조의 댛수 분할을 위한 기본 단위로 채택하였다.

Table 21 Flow and Size of Supply Fitures

Div.	Usage per hour(ℓ)	Frequency per hour	Peak flow(ℓ/min)	Size of pipe (mm)	
Flush valve(large)	13.5~16.5	6~12	110~180	25	Average 15ℓ/each/10s
Flush valve(large)	15	"	10	13	
Flush valve(small)	4~6	12~20	30~60	20	Average 5ℓ/each/6s
Flush tank(small)	9~18	12	8	13	for 2~4 Person
Flush tank(small)	22.5~31.5	"	10	13	for 5~7 Person
Lavaratory	10	6~12	10	13	
Sink(13mm)	15	"	15	13	
Sink(20mm)	25	"	15~35	20	
Bathtub	125	6~12	25~30	20	
Shower head	24~60	3	12~20	13~20	

17)

17) 자료: 공기조화, 위생공학편람.(handbook of Air-conditioning and Sanitary Engineering),설비기술연구회 (Ⅲ-1권)

Table 22 Fixture Coefficient Considering Simultaneous Use (%)

Fixyre	Number											
	1	2	4	8	12	16	24	32	40	50	70	100
Flush valve	100	50	50	40	30	27	23	19	17	15	12	10
Other fixture	100	100	70	55	48	45	42	40	39	38	35	33

4) 우수 집수량과 우수조 설계

(1) 우수 집수량 산정

우수 집수량의 산정은 식(3-2)과 같은 간이식으로 계산할 수 있다.

$$Q = A \times I \times C \dots\dots\dots(3-2)$$

여기서 Q:우수 집수량(m³). A:집수면적(m²). I:강수량(mm). C:유출계수

(3-)식을 이용하여 우수 집수량(m³)= 집수면적(m²) × 강수량(m/년) × 유출계수 = 162m² × 1.92 × 0.9 = 279 m³/yr 된다. 즉, 연간 약 280m³정도의 우수 집수량을 기대할 수있는 것으로 나타났다. 그러나 앞에서 산정한 필요 수량은 30~45m³/월이므로 연간 360~540m³이 요구 된다.

즉, 식(3-3)을 이용한 간이계산으로는 집수량을 산정한 결과, 일반적인 사용에는 충분한 수량을 확보할수 있지만 카페등 상업용도로 사용할때에는 집수량이 부족하여 집수면을 추가로 확보해야할 것으로 분석되었다. 그러나 집수면을 증가시키기 전에 먼저 일일 강수량과 사용량 및 최대 저유량을 보다 자세히 검토하고자 한다.

실제 저류조의 용량을 산정하기 위해서는 유입량과 유출량을 고려해야하며 유입량은 우수집수량(Q, [m³])이며 유출량은 사용량과 월류량(overflow)으로 식 3-4와 같이 계산된다.

$$Q = A \times I \times C \times E \dots\dots\dots(3-3)$$

여기서 Q:우수 집수량(m³). A:집수면적(m²). I:우수량(mm). C:유출계수,E:효율계수

또한 Mass Balance를 고려하여 우수조에 들어오는 유입량과 사용량을 매일 산정, 적산하여 식(3-5)와 같이 계산할 수 있다.

$$Y_t = \text{Min} (D_t, S_t)$$

$$S_{t+1} = \text{Min} (S_t + Q_t, R) \dots\dots\dots(3-4)$$

18) 자료:공기조화, 위생공학편람. (handbook of Air-conditioning and Sanitary Engineering),설비기술연구회(III-1권)

여기서 St: t일의 저장조내 수량(m^3) R:저장조 용량(m^3), 저장조 용량을 초과한 유입량($St+Qt-R, (m^3)$)

본 연구에서는 기본 조건으로써 집수면적이 $162m^2$, 거주 인원 2~3명, 유출계수0.9, 유출효율0.8이고 2002년과 2003년도의 제주지역 일별 강수량 자료를 사용해 Mass Balance개념을 적용한 식(3-4)를 이용하여 최적의 우수조를 검토하고 설계하였다.

Days	Precipitation (mm)	Runoff (m^3)	Remains	Accumulated remains	Accumulated use	Days	Precipitation (mm)	Runoff (m^3)	Remains	Accumulated remains	Accumulated use
1	0	0	0	0	0	38	0	0	2.823696	6.625152	50.0832
2	0	0	0	0	0	39	13	2.106	4.160016	8.141472	52.9069
3	5	0.81	0.5832	0.5832	0	40	0	0	3.980016	8.141472	57.06691
4	2	0.324	0.63648	0.81648	0.5832	41	1.5	0.243	3.974976	8.316432	61.04693
5	0.5	0.081	0.5148	0.8748	1.21968	42	12.5	2.025	5.252976	9.774432	65.0219
6	0	0	0.3348	0.8748	1.73448	43	0	0	5.072976	9.774432	70.27488
7	0	0	0.1548	0.8748	2.06928	44	0	0	4.892976	9.774432	75.34786
8	0	0	0	0.8748	2.22408	45	0	0	4.712976	9.774432	80.24083
9	0	0	0	0.8748	2.22408	46	4.5	0.729	5.057856	10.29931	84.95381
10	0	0	0	0.8748	2.22408	47	0.1	0.0162	4.88952	10.31098	90.01166
11	0	0	0	0.8748	2.22408	48	0	0	4.70952	10.31098	94.90118
12	0	0	0	0.8748	2.22408	49	0	0	4.52952	10.31098	99.6107
13	0	0	0	0.8748	2.22408	50	0	0	4.34952	10.31098	104.1402
14	0	0	0	0.8748	2.22408	51	0	0	4.16952	10.31098	108.4897
15	0	0	0	0.8748	2.22408	52	0	0	3.98952	10.31098	112.6593
16	0	0	0	0.8748	2.22408	53	2.5	0.405	4.10112	10.60258	116.6488
17	0	0	0	0.8748	2.22408	54	18.5	2.997	6.07896	12.76042	120.7499
18	0	0	0	0.8748	2.22408	55	0.5	0.081	5.95728	12.81874	126.7499
19	0.4	0.0648	0.046656	0.921456	2.22408	56	0	0	5.77728	12.81874	132.7072
20	0	0	0	0.921456	2.270736	57	10	1.62	6.76368	13.98514	138.4845
21	0	0	0	0.921456	2.270736	58	0	0	6.58368	13.98514	144.4845
22	9	1.458	1.04976	1.971216	2.270736	59	0.4	0.0648	6.450336	14.03179	150.4845
23	1	0.162	0.9864	2.087856	3.320496	60	26	4.212	9.302976	17.06443	156.4845
24	0	0	0.8064	2.087856	4.306896	61	1	0.162	9.239616	17.18107	162.4845
25	0.3	0.0486	0.661392	2.122848	5.113296	62	7	1.134	9.876096	17.99755	168.4845
26	23	3.726	3.164112	4.805568	5.774688	63	0	0	9.696096	17.99755	174.4845
27	12	1.944	4.383792	6.205248	8.9388	64	7	1.134	10.33258	18.81403	180.4845
28	0.7	0.1134	4.28544	6.286896	13.32259	65	72	11.664	14.82	27.21211	186.4845
29	0.5	0.081	4.16376	6.345216	17.60803	66	0.5	0.081	14.69832	27.27043	192.4845
30	0	0	3.98376	6.345216	21.77179	67	0	0	14.51832	27.27043	198.4845
31	1.5	0.243	3.97872	6.520176	25.75555	68	0	0	14.33832	27.27043	204.4845
32	0	0	3.79872	6.520176	29.73427	69	4	0.648	14.62488	27.73699	210.4845
33	0	0	3.61872	6.520176	33.53299	70	0	0	14.44488	27.73699	216.4845
34	0	0	3.43872	6.520176	37.15171	71	0	0	14.26488	27.73699	222.4845
35	0.4	0.0648	3.305376	6.566832	40.59043	72	0	0	14.08488	27.73699	228.4845
36	0.5	0.081	3.183696	6.625152	43.89581	73	9.5	1.539	14.82	28.84507	234.4845
37	0	0	3.003696	6.625152	47.0795	74	1.5	0.243	14.81496	29.02003	240.4845

Days	Precipitation (mm)	Runoff (m ³)	Remains	Accumulated remains	Accumulated use	Days	Precipitation (mm)	Runoff (m ³)	Remains	Accumulated remains	Accumulated use
75	16.5	2.673	14.82	30.94459	246.4845	117	0	0	14.46	44.81309	498.4845
76	1.5	0.243	14.81496	31.11955	252.4845	118	0	0	14.28	44.81309	504.4845
77	0	0	14.63496	31.11955	258.4845	119	21	3.402	14.82	47.26253	510.4845
78	0	0	14.45496	31.11955	264.4845	120	0	0	14.64	47.26253	516.4845
79	0	0	14.27496	31.11955	270.4845	121	0	0	14.46	47.26253	522.4845
80	7.5	1.215	14.82	31.99435	276.4845	122	0	0	14.28	47.26253	528.4845
81	3.5	0.567	14.82	32.40259	282.4845	123	0	0	14.1	47.26253	534.4845
82	0	0	14.64	32.40259	288.4845	124	1	0.162	14.03664	47.37917	540.4845
83	0	0	14.46	32.40259	294.4845	125	3.5	0.567	14.26488	47.78741	546.4845
84	0	0	14.28	32.40259	300.4845	126	6.5	1.053	14.82	48.54557	552.4845
85	0	0	14.1	32.40259	306.4845	127	0.5	0.081	14.69832	48.60389	558.4845
86	6.5	1.053	14.67816	33.16075	312.4845	128	3	0.486	14.82	48.95381	564.4845
87	0	0	14.49816	33.16075	318.4845	129	0	0	14.64	48.95381	570.4845
88	0	0	14.31816	33.16075	324.4845	130	0	0	14.46	48.95381	576.4845
89	0	0	14.13816	33.16075	330.4845	131	0	0	14.28	48.95381	582.4845
90	0	0	13.95816	33.16075	336.4845	132	0	0	14.1	48.95381	588.4845
91	3	0.486	14.12808	33.51067	342.4845	133	7.5	1.215	14.7948	49.82861	594.4845
92	0	0	13.94808	33.51067	348.4845	134	9.5	1.539	14.82	50.93669	600.4845
93	0	0	13.76808	33.51067	354.4845	135	34.5	5.589	14.82	54.96077	606.4845
94	0	0	13.58808	33.51067	360.4845	136	0	0	14.64	54.96077	612.4845
95	0	0	13.40808	33.51067	366.4845	137	0	0	14.46	54.96077	618.4845
96	0	0	13.22808	33.51067	372.4845	138	0	0	14.28	54.96077	624.4845
97	5.5	0.891	13.68896	34.15219	378.4845	139	0	0	14.1	54.96077	630.4845
98	0	0	13.50896	34.15219	384.4845	140	0	0	13.92	54.96077	636.4845
99	0	0	13.32896	34.15219	390.4845	141	0	0	13.74	54.96077	642.4845
100	0.5	0.081	13.20792	34.21051	396.4845	142	0	0	13.56	54.96077	648.4845
101	8.5	1.377	14.01936	35.20195	402.4845	143	0	0	13.38	54.96077	654.4845
102	0.4	0.0648	13.88602	35.24861	408.4845	144	33	5.346	14.82	58.80989	660.4845
103	0	0	13.70602	35.24861	414.4845	145	3	0.486	14.82	59.15981	666.4845
104	0	0	13.52602	35.24861	420.4845	146	0.3	0.0486	14.67499	59.1948	672.4845
105	0	0	13.34602	35.24861	426.4845	147	0	0	14.49499	59.1948	678.4845
106	0	0	13.16602	35.24861	432.4845	148	1	0.162	14.43163	59.31144	684.4845
107	0	0	12.98602	35.24861	438.4845	149	12	1.944	14.82	60.71112	690.4845
108	16.5	2.673	14.73058	37.17317	444.4845	150	167	27.054	14.82	80.19	696.4845
109	8	1.296	14.82	38.10629	450.4845	151	2	0.324	14.82	80.42328	702.4845
110	15.5	2.511	14.82	39.91421	456.4845	152	0	0	14.64	80.42328	708.4845
111	0	0	14.64	39.91421	462.4845	153	0	0	14.46	80.42328	714.4845
112	0	0	14.46	39.91421	468.4845	154	0	0	14.28	80.42328	720.4845
113	14	2.268	14.82	41.54717	474.4845	155	0	0	14.1	80.42328	726.4845
114	20.5	3.321	14.82	43.93829	480.4845	156	0	0	13.92	80.42328	732.4845
115	7.5	1.215	14.82	44.81309	486.4845	157	0	0	13.74	80.42328	738.4845
116	0	0	14.64	44.81309	492.4845	158	0	0	13.56	80.42328	744.4845

Days	Precipitation (mm)	Runoff (m ³)	Remains	Accumulated remains	Accumulated use	Days	Precipitation (mm)	Runoff (m ³)	Remains	Accumulated remains	Accumulated use
159	0	0	13.38	80.42328	750.4845	201	34.5	5.589	14.82	145.625	1002.484
160	0	0	13.2	80.42328	756.4845	202	1	0.162	14.75664	145.7417	1008.484
161	0.5	0.081	13.07832	80.4816	762.4845	203	0	0	14.57664	145.7417	1014.484
162	2.5	0.405	13.18892	80.7732	768.4845	204	2.5	0.405	14.68824	146.0333	1020.484
163	12	1.944	14.4096	82.17288	774.4845	205	0	0	14.50824	146.0333	1026.484
164	1.5	0.243	14.40456	82.34784	780.4845	206	0	0	14.32824	146.0333	1032.484
165	0.5	0.081	14.28288	82.40616	786.4845	207	0.1	0.0162	14.1599	146.0449	1038.484
166	0	0	14.10288	82.40616	792.4845	208	0	0	13.9799	146.0449	1044.484
167	0	0	13.92288	82.40616	798.4845	209	0	0	13.7999	146.0449	1050.484
168	0	0	13.74288	82.40616	804.4845	210	1.5	0.243	13.79486	146.2199	1056.484
169	67.5	10.935	14.82	90.27936	810.4845	211	0	0	13.61486	146.2199	1062.484
170	83	13.446	14.82	99.96048	816.4845	212	0	0	13.43486	146.2199	1068.484
171	0	0	14.64	99.96048	822.4845	213	0	0	13.25486	146.2199	1074.484
172	0.2	0.0324	14.48333	99.98381	828.4845	214	0	0	13.07486	146.2199	1080.484
173	0	0	14.30333	99.98381	834.4845	215	0	0	12.89486	146.2199	1086.484
174	9	1.458	14.82	101.0336	840.4845	216	0	0	12.71486	146.2199	1092.484
175	0	0	14.64	101.0336	846.4845	217	13	2.106	14.05118	147.7362	1098.484
176	0	0	14.46	101.0336	852.4845	218	0	0	13.87118	147.7362	1104.484
177	0.2	0.0324	14.30333	101.0569	858.4845	219	23	3.726	14.82	150.4189	1110.484
178	12	1.944	14.82	102.4566	864.4845	220	0	0	14.64	150.4189	1116.484
179	1	0.162	14.75664	102.5732	870.4845	221	0	0	14.46	150.4189	1122.484
180	0	0	14.57664	102.5732	876.4845	222	0	0	14.28	150.4189	1128.484
181	12	1.944	14.82	103.9729	882.4845	223	50	8.1	14.82	156.2509	1134.484
182	125	20.25	14.82	118.5529	888.4845	224	0	0	14.64	156.2509	1140.484
183	0.1	0.0162	14.65166	118.5646	894.4845	225	2	0.324	14.69328	156.4842	1146.484
184	4	0.648	14.82	119.0311	900.4845	226	0.5	0.081	14.5716	156.5425	1152.484
185	0.5	0.081	14.69832	119.0894	906.4845	227	0.1	0.0162	14.40326	156.5542	1158.484
186	13	2.106	14.82	120.6058	912.4845	228	32.5	5.265	14.82	160.345	1164.484
187	4.5	0.729	14.82	121.1306	918.4845	229	15.5	2.511	14.82	162.1529	1170.484
188	29.5	4.779	14.82	124.5715	924.4845	230	79	12.798	14.82	171.3675	1176.484
189	0.5	0.081	14.69832	124.6298	930.4845	231	0	0	14.64	171.3675	1182.484
190	0	0	14.51832	124.6298	936.4845	232	0	0	14.46	171.3675	1188.484
191	3.5	0.567	14.74656	125.0381	942.4845	233	0	0	14.28	171.3675	1194.484
192	1	0.162	14.6832	125.1547	948.4845	234	0	0	14.1	171.3675	1200.484
193	4	0.648	14.82	125.6213	954.4845	235	0	0	13.92	171.3675	1206.484
194	2	0.324	14.82	125.8546	960.4845	236	0	0	13.74	171.3675	1212.484
195	8.5	1.377	14.82	126.846	966.4845	237	3.5	0.567	13.96824	171.7757	1218.484
196	24	3.888	14.82	129.6454	972.4845	238	0.5	0.081	13.84656	171.834	1224.484
197	0	0	14.64	129.6454	978.4845	239	3.5	0.567	14.0748	172.2423	1230.484
198	61	9.882	14.82	136.7604	984.4845	240	15.5	2.511	14.82	174.0502	1236.484
199	41.5	6.723	14.82	141.601	990.4845	241	1	0.162	14.75664	174.1668	1242.484
200	0	0	14.64	141.601	996.4845	242	4	0.648	14.82	174.6334	1248.484

Days	Precipitation (mm)	Runoff (m ³)	Remains	Accumulated remains	Accumulated use	Days	Precipitation (mm)	Runoff (m ³)	Remains	Accumulated remains	Accumulated use
243	1.5	0.243	14.81496	174.8084	1254.484	285	0	0	11.22158	213.5328	1506.484
244	0	0	14.63496	174.8084	1260.484	286	28	4.536	14.3075	216.7988	1512.484
245	0	0	14.45496	174.8084	1266.484	287	0	0	14.1275	216.7988	1518.484
246	35.5	5.751	14.82	178.9491	1272.484	288	0	0	13.9475	216.7988	1524.484
247	0	0	14.64	178.9491	1278.484	289	0	0	13.7675	216.7988	1530.484
248	0	0	14.46	178.9491	1284.484	290	0	0	13.5875	216.7988	1536.484
249	0	0	14.28	178.9491	1290.484	291	0	0	13.4075	216.7988	1542.484
250	0	0	14.1	178.9491	1296.484	292	0	0	13.2275	216.7988	1548.484
251	0.5	0.081	13.97832	179.0074	1302.484	293	0	0	13.0475	216.7988	1554.484
252	12.5	2.025	14.82	180.4654	1308.484	294	0	0	12.8675	216.7988	1560.484
253	0	0	14.64	180.4654	1314.484	295	0	0	12.6875	216.7988	1566.484
254	34.5	5.589	14.82	184.4895	1320.484	296	0	0	12.5075	216.7988	1572.484
255	231.5	37.503	14.82	211.4916	1326.484	297	0	0	12.3275	216.7988	1578.484
256	0.4	0.0648	14.68666	211.5383	1332.484	298	0	0	12.1475	216.7988	1584.484
257	0	0	14.50666	211.5383	1338.484	299	0	0	11.9675	216.7988	1590.484
258	0	0	14.32666	211.5383	1344.484	300	0	0	11.7875	216.7988	1596.484
259	0	0	14.14666	211.5383	1350.484	301	8	1.296	12.54062	217.7319	1602.484
260	0	0	13.96666	211.5383	1356.484	302	0	0	12.36062	217.7319	1608.484
261	2	0.324	14.01994	211.7716	1362.484	303	0	0	12.18062	217.7319	1614.484
262	7.5	1.215	14.71474	212.6464	1368.484	304	0	0	12.00062	217.7319	1620.484
263	4.5	0.729	14.82	213.1713	1374.484	305	0	0	11.82062	217.7319	1626.484
264	1.5	0.243	14.81496	213.3462	1380.484	306	0	0	11.64062	217.7319	1632.484
265	0	0	14.63496	213.3462	1386.484	307	0	0	11.46062	217.7319	1638.484
266	0	0	14.45496	213.3462	1392.484	308	0	0	11.28062	217.7319	1644.484
267	0	0	14.27496	213.3462	1398.484	309	0.3	0.0486	11.13562	217.7669	1650.484
268	0	0	14.09496	213.3462	1404.484	310	0	0	10.95562	217.7669	1656.484
269	0	0	13.91496	213.3462	1410.484	311	0	0	10.77562	217.7669	1662.484
270	0	0	13.73496	213.3462	1416.484	312	1	0.162	10.71226	217.8835	1668.484
271	0	0	13.55496	213.3462	1422.484	313	5	0.81	11.11546	218.4667	1674.484
272	0	0	13.37496	213.3462	1428.484	314	39	6.318	14.82	223.0157	1680.484
273	0	0	13.19496	213.3462	1434.484	315	4	0.648	14.82	223.4822	1686.484
274	1.5	0.243	13.18892	213.5212	1440.484	316	3.5	0.567	14.82	223.8905	1692.484
275	0	0	13.00892	213.5212	1446.484	317	0	0	14.64	223.8905	1698.484
276	0	0	12.82892	213.5212	1452.484	318	0	0	14.46	223.8905	1704.484
277	0	0	12.64892	213.5212	1458.484	319	0.2	0.0324	14.30333	223.9138	1710.484
278	0.1	0.0162	12.48158	213.5328	1464.484	320	0	0	14.12333	223.9138	1716.484
279	0	0	12.30158	213.5328	1470.484	321	0	0	13.94333	223.9138	1722.484
280	0	0	12.12158	213.5328	1476.484	322	3.5	0.567	14.17157	224.322	1728.484
281	0	0	11.94158	213.5328	1482.484	323	1.5	0.243	14.16653	224.497	1734.484
282	0	0	11.76158	213.5328	1488.484	324	5.5	0.891	14.62805	225.1385	1740.484
283	0	0	11.58158	213.5328	1494.484	325	0	0	14.44805	225.1385	1746.484
284	0	0	11.40158	213.5328	1500.484	326	0	0	14.26805	225.1385	1752.484

Days	Precipitation (mm)	Runoff (m ³)	Remains	Accumulated remains	Accumulated use	Days	Precipitation (mm)	Runoff (m ³)	Remains	Accumulated remains	Accumulated use
327	0	0	14.08805	225.1385	1758.484	347	0	0	12.91978	231.612	1878.484
328	6.5	1.053	14.66621	225.8967	1764.484	348	0.2	0.0324	12.7631	231.6354	1884.484
329	0.1	0.0162	14.49787	225.9084	1770.484	349	0	0	12.5831	231.6354	1890.484
330	0.5	0.081	14.37619	225.9667	1776.484	350	0	0	12.4031	231.6354	1896.484
331	40	6.48	14.82	230.6323	1782.484	351	0.4	0.0648	12.26976	231.682	1902.484
332	0.4	0.0648	14.68666	230.6789	1788.484	352	0.3	0.0486	12.12475	231.717	1908.484
333	1.5	0.243	14.68162	230.8539	1794.484	353	10	1.62	13.11115	232.8834	1914.484
334	0	0	14.50162	230.8539	1800.484	354	0.5	0.081	12.98947	232.9417	1920.484
335	0	0	14.32162	230.8539	1806.484	355	0	0	12.80947	232.9417	1926.484
336	0	0	14.14162	230.8539	1812.484	356	0	0	12.62947	232.9417	1932.484
337	0	0	13.96162	230.8539	1818.484	357	0	0	12.44947	232.9417	1938.484
338	0	0	13.78162	230.8539	1824.484	358	0	0	12.26947	232.9417	1944.484
339	0	0	13.60162	230.8539	1830.484	359	0	0	12.08947	232.9417	1950.484
340	1.5	0.243	13.59658	231.0288	1836.484	360	1	0.162	12.02611	233.0584	1956.484
341	0	0	13.41658	231.0288	1842.484	361	0.1	0.0162	11.85778	233.07	1962.484
342	0	0	13.23658	231.0288	1848.484	362	0	0	11.67778	233.07	1968.484
343	0	0	13.05658	231.0288	1854.484	363	0	0	11.49778	233.07	1974.484
344	0	0	12.87658	231.0288	1860.484	364	0	0	11.31778	233.07	1980.484
345	5	0.81	13.27978	231.612	1866.484	365	1	0.162	11.25442	233.1867	1986.484
346	0	0	13.09978	231.612	1872.484						

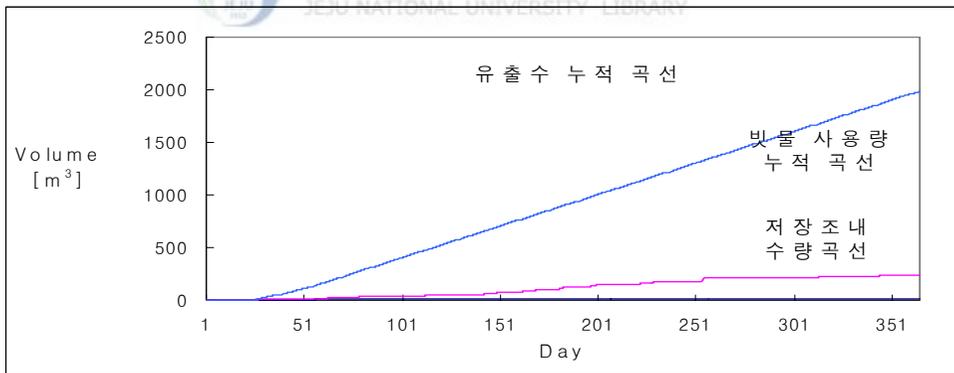


Fig. 20 Cumulative Curve of Runoff

저류조의 규격 및 재질은 Table 23과 같다.

Table 23 Site and Material of Cistern

Div.	Size	Material	Capacity(m ³)
1st. Cistern	1500×3500×3000H	F.R.P	15
2nd. Cistern	2000×4500×3000H	F.R.P	27
3rd. Cistern	3900×4300×1500H	F.R.P on concrete	25

(2) 우수 장비류 선정

① 초기 우수 탱크 : 옥상의 오염 물질 등을 고려하여 초기 강우는 배제시키는 것이 필요한데 일반적으로 강우량 1mm 정도를 처리하도록 한다. 배수밸브 운영 방식은 전자변에 의한 수동/자동에 의하여 자동제어되도록 설계하고 용량은 600ℓ 스텐인레스 철판으로 제작한다.

② 우수 침전조 : 1차적인 여과 용도로 자갈 등으로 여과시키는 방법이다. 용량은 1,500ℓ 정도로하고 크기는 1,000 x 1,000 x 1,500H. 스텐인레스 철판으로 제작한다.

③ 주택 부분의 급수 여과기 : 탁도 및 활성탄 여과기를 설치하여 부유물질 5도이하로 유지하고 잔류 염소, 맛, 색깔, 페놀유 등을 제거하도록 하며 유량은 10ℓ/min으로 설계하였다.

④ 급수펌프는 부스타 형식에 의해 자동적으로 물이 공급 되도록 상향 공급 방식을 채택하였고 유량은 15ℓ/min, 양정은 25mAq로 설계하였다.

5) 우수관 설계

(1) 우수관 설계(관경 및 배관경로)는 Table 24, Table 25에 의하여 지붕 최대 면적과 허용 최대 지붕 면적에 의해서 125mm관으로 관경을 결정하였다.

Table 24 Rainwater Pipe

Sizes(Vertical)	
Size of pipe(mm)	Allowable maximum roof area(m ²)
50	67
65	135
75	197
100	425
125	770
150	1250
200	2700

Table 25 Rainwater Pipe Sizes(Horizontal)

Size of pipe(mm)	Allowable maximum roofarea(m ²)									
	Pipe slope									
	1/25	1/50	1/75	1/100	1/125	1/150	1/200	1/300	1/400	
65	127	90	73	-	-	-	-	-	-	
75	186	131	107	-	-	-	-	-	-	
100	400	283	231	200	179	-	-	-	-	
125	-	512	418	362	324	296	-	-	-	
150	-	833	680	589	527	481	417	-	-	
200	-	-	1,470	1,270	1,130	1,040	897	732	-	
250	-	-	-	2,300	2,060	1,880	1,630	1,330	1,150	
300	-	-	-	3,740	3,350	3,050	2,650	2,160	1,870	
350	-	-	-	-	5,050	4,610	3,990	3,260	2,820	
400	-	-	-	-	-	6,580	5,700	4,650	4,030	

- 지붕면적은 모두 수평으로 투영한 면적으로 한다.
- 허용최대지붕 면적은 우량100mm/h를 기초로 하여 산출한 것이다. 따라서 이 이상의 우량에 대해서는 표의 수치에 “100/당해지성의 최대우량”을 곱하여 산출한다.
- 정방형 또는 장방형의 우수입관은 그것에 접속되는 유입관의 단면적 이상을 취하고, 또한 내면의 단면을 상당 관경으로 하여, “장변/단변”의 배율을 표의 수치에 곱하여 얻은값을 그 허용최대지붕 면적으로 한다.

자료:공기조화, 위생공학편람. (handbook of Air-conditioning and Sanitary Engineering),설비기술연구회 (Ⅲ-1권)

(2) 각 우수조에서 over flow관과 유량 게이지를 설치하고 제1저류조→ 제2저류조 → 제3저류조→ BioTope에 연결시키도록 설계하였다.

6) 중수 이용 급수설계

(1) 배수량 산정

주택부의 세면기 및 샤워, 욕조에서 최대 13,050(ℓ/월), 최소 6,600(ℓ/월)의 수량이 배수되는데 여기서는 최소 배수량을 중수량으로 보고 온실에서의 배수량은 세면기에서 배출되는 배수량 7,560(ℓ/월)로 가정하여 설계하였다.

중수로 사용 가능한 세면기나 욕조 등의 배수량을 산정한 결과는 Table 26과 같으며 이때 중수량은 14.2m³/월이므로 회수율 90%로 하면 약 12.8 2m³/월을 중수로 이용할 수 있는 것으로 분석되었다.

Table 26 Water Source of Greywater (ℓ/month)

House	Lavatory	1800/1200	→	1200
	Bathtub and shower head	11250/5400	→	5400
Greenhouse	Coefficient	35%		
	Lavatory	21600×35%	→	7560

(2) 중수 필요량

본 연구의 대상 건물에서는 기능적 측면에서 중수량이 많지 않고 경제성을 고려하면 수질처리를 간단한 방식으로 하는 것이 좋으므로 사용용도를 양변기로 제한하였다. 양변기에 필요한 중수량을 산정하면 Table 27과 같다.

Table 27 Greywater Supply for Toilet (ℓ/month)

Houses	Toilet		5400
Greenhouse	Toilet	32400×35%	11340
Tot.			16740

여기서 주택 및 온실의 양변기에 필요한 중수량은 약 16.8m³/월인데 실제 사용할 수 있는 배수량은 12.8m³/월로서 약 4m³/월(전체의 약 31%)가 부족하다. 또한 중수의 경우 수질상의 문제로 슬러지(스케일)이 관내에 발생하므로 높은 수준의 수질 처리가 필요한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 중수 수질을 높이고 동시에 부족한 수량을 보충하기 위하여 우수를 중수 시스템과 연계하여 계획하였다.

중수 시스템의 각 수량과 필요량은 Table 28과 같다.

Table 28 Greywater Needs in The Case Building (m³/month)

Div.	Greywater supply	Reuse rate 90%	Water needs	Rainwater supply
House	6.6	5.94	5.4	-0.54
Greenhouse	7.56	6.804	11.34	4.54
Tot.	14.16	12.8	16.74	4

(3) 중수 저류조 및 여과 시스템 선정

중수 수질기준은 주택과 온실의 양질의 배수(세면기, 욕조, 샤워)를 이용하여 간이 처리하는 방식을 채택하였다. 중수처리량은 12.8m³/월(=427ℓ/일=71ℓ/h)이므로 중수여과조의 용량은 대략 2시간정도 사용할 수 있는 수량에 맞추어 설계하였고 여과방식은 가는 모래 + 굵은 모래 + 자갈층 + 음료수 페트병으로 구성된 물리적, 생물학적 여과 시스템을 적용하였다. 또한 중수 저류조는 약 2일정도 용량인 750ℓ/일 규모로 설계하였다.

중수 여과조 및 중수저류조의 용량은 Table 29와 같다.

Table 29 Tank Sizes for Greywater System (ℓ)

Div.	Size	Material	Capacity
Greywater filtery system	350×500×750H	Stainless, Steel plate	130
Greywater tank	1000×1000×750H	Stainless, Steel plate	750

7) 환경친화적 우수시스템 설계안

본 연구에서 제시한 S그린 하우스의 우수시스템 설계안은 환경친화적 다음과 같다.

(1) 급수설계 다이어그램 (주택 + 온실의 급수량)

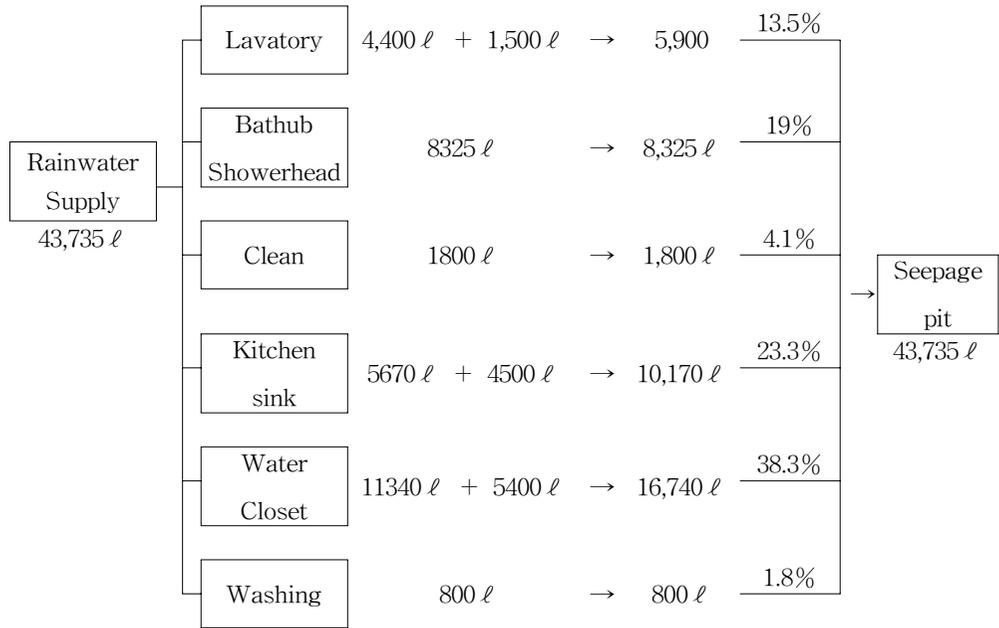


Fig. 21 Conceptual Diagram of Rainwater System

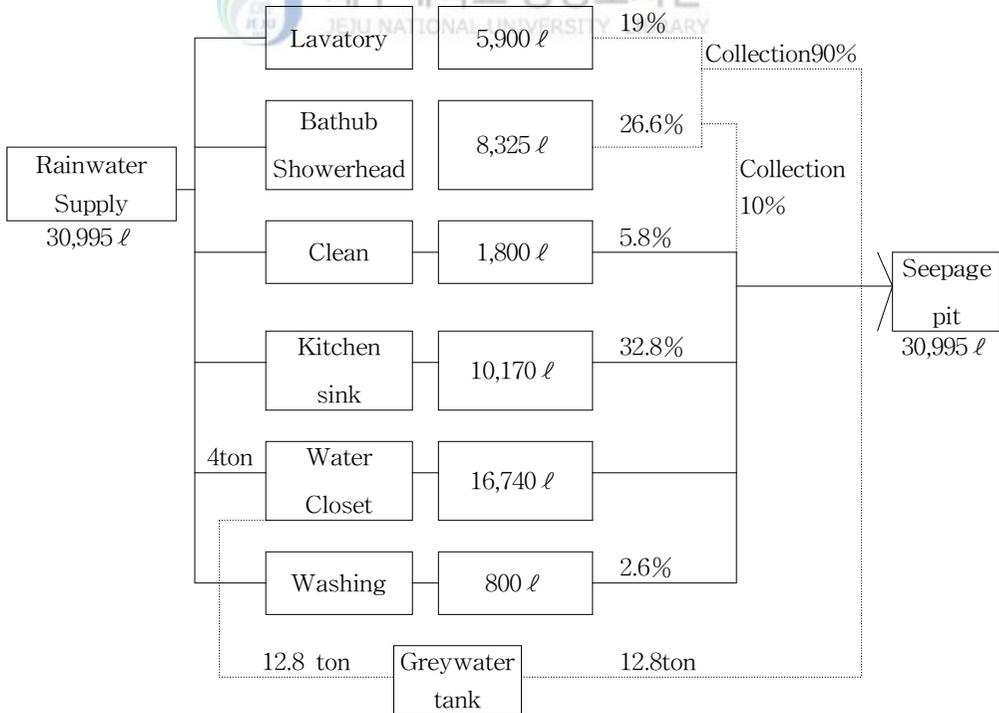


Fig. 22 Conceptual Diagram of Greywater System

이와 같이 우수시스템에 중수도를 통합 적용함으로써 우수이용량은 30% 감소하며 동시에 배수량도 30%정도 절감하는 것으로 나타났다.

(2) 급수설계 흐름도

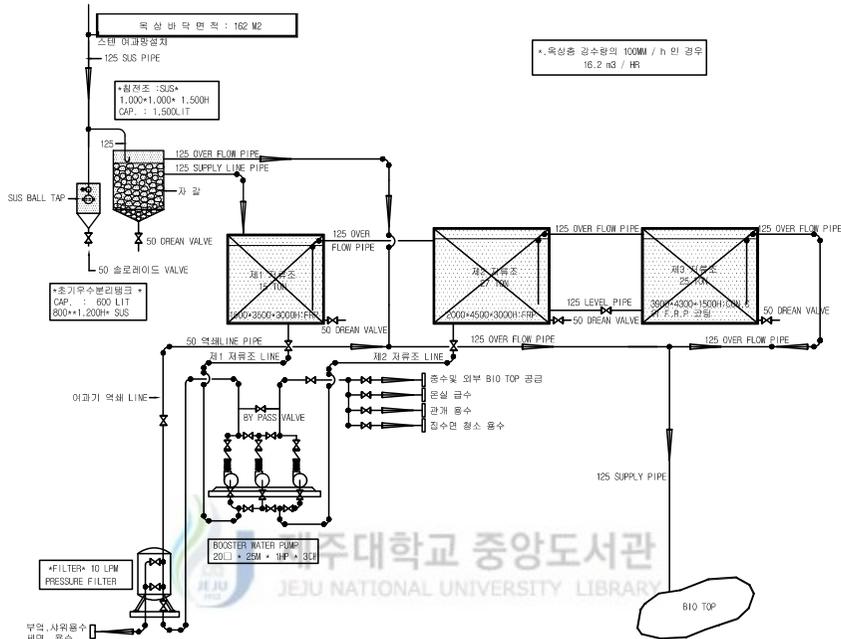


Fig. 23 Diagram of Water Supply

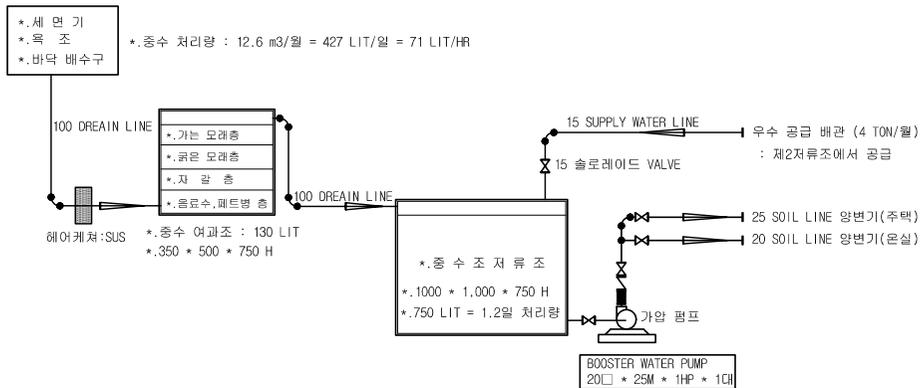
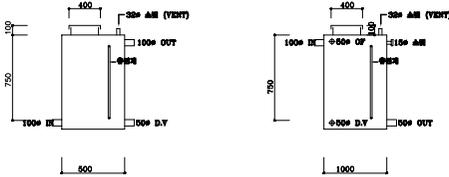


Fig. 24 Diagram of Greywater System

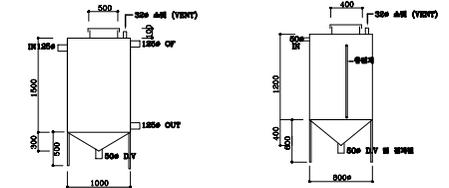
(3) 실시설계 도면

중수조 및 우수조 단면도

■ 중수 여과조 500 * 500 * 750H, SUS 불연. ■ 중수 저수조 1,000 * 1,000 * 750H, SUS 불연.



■ 침전조 탱크 1,000 * 1,000 * 1,500H, SUS 불연. ■ 초기 우수 탱크 800 * 1,200H, SUS 불연.



■ 우수 저류조 : 1, 2 저류조 곁음.

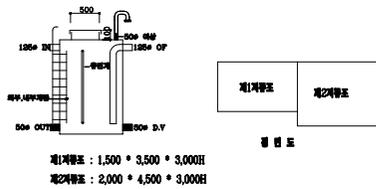


Fig. 25 Section of Greywater Tank and Rainwater Tank

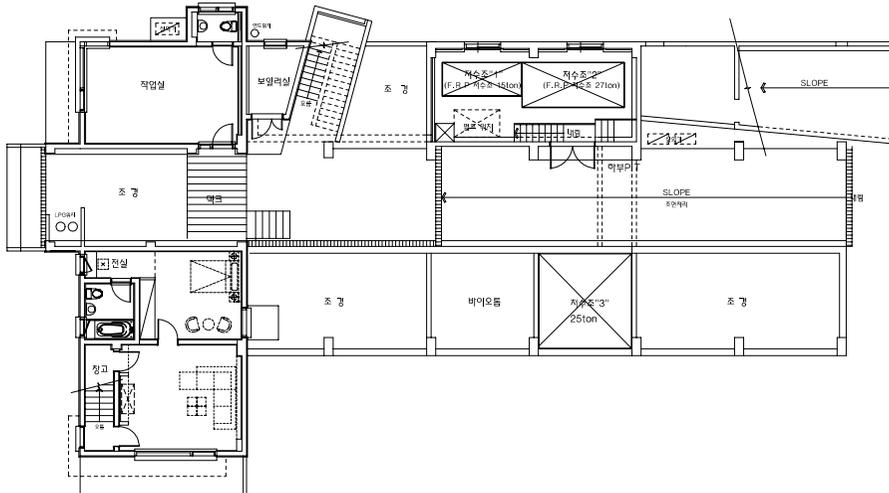


Fig. 26 Cistern Layout (First Floor Plan)

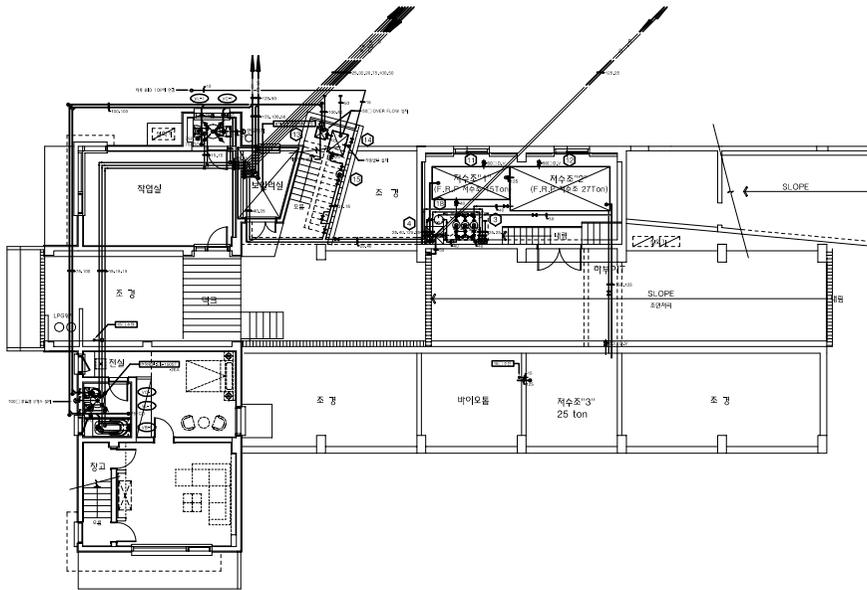


Fig. 27 First Floor Plan of Water Service

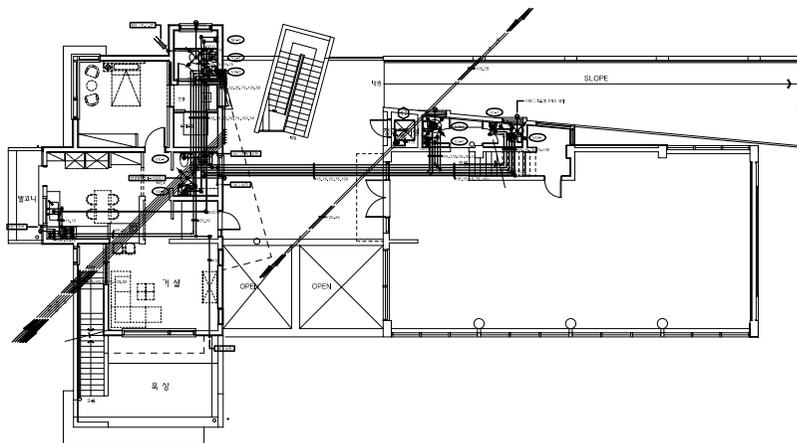


Fig. 28 Second Floor Plan of Water Service

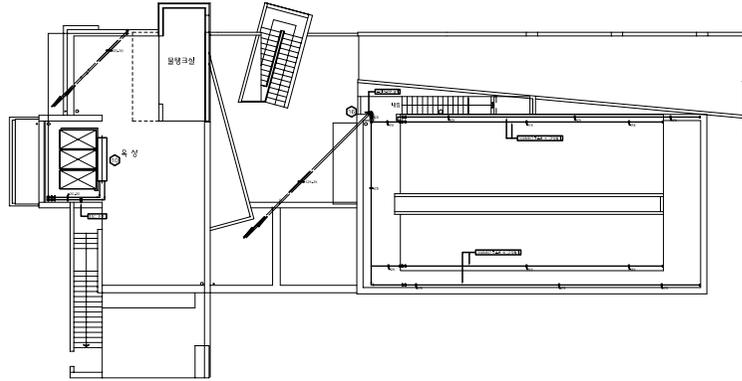


Fig. 29 Rooftop Plan of Water Service

8) 시공 및 유지 관리 방법

(1) 주택과 온실부분의 시공요령

- ① 제1저류조는 주택부분의 급수를 담당하도록 하며 장마 또는 집중 호우시 저류조에서 over flow되는 우수는 제2저류조에 연결토록 한다.
- ② 제2저류조는 온실과 관개용수, 옥상 청소용수 등으로 사용토록 하며 장마 또는 집중 호우시 저류조에서 over flow되는 우수는 제3저류조, 외부 Biotope으로 연결토록 한다.
- ③ 옥상에 설치되는 우수배관의 우수받이에는 스텐레스 여과망을 설치하여 이물질이 들어가지 못하도록 철저히 관리하고 우수가 잘 빠지도록 사전점검을 철저히 한다.
- ④ 제3저류조에는 수전을 설치하여 Biotope에 급수토록 한다.
- ⑤ 건기가 장기간 계속되면 주택부분의 급수가 중단될 우려가 있으므로 제2저류조에서 by pass 배관을 하여 가뭄과 고장시에 사용토록 연결한다.
- ⑥ 실내 주차장 부분의 트랜치에서 발생하는 우수는 Biotope과 제3저류조에 연결하지 못하도록 한다.
- ⑦ 주택과 온실부분의 급수방식은 각각의 부스터 펌프에 의한 상향급수공급 방법으로 한다.
- ⑧ 중수배관과 우수배관에는 색깔 등으로 구분하여 중수배관, 우수배관이라는 명

찰을 달아 사람이 먹는 것을 사전에 방지한다.

- ⑨ 주택부분에는 탁도 및 활성탄 여과기를 설치하여 부유물질 5도 이하로 유지하고 잔류염소, 맛, 색깔, 페놀유 등을 제거토록 한다.
- ⑩ 중수 여과조에 전극봉 스위치를 설치하여 전자변을 통하여 급수토록 하여야 한다.
- ⑪ 각 침전조 및 저류조에는 수위계를 설치한다.
- ⑫ 초기 우수탱크의 배수방법은 전극봉 스위치를 이용하여 전자밸브를 토해서 만수시 on/off 작동으로 우수를 처리해 수시로 이상 유무를 확인하여 사용하는 데 지장이 없도록 한다.

· 초기우수 분리탱크의 전자 밸브 운영방식

ㄱ. 전자밸브의 판넬 (MCC) 설치

정상	○초록 : 가동	(1) 우수 시에는 초기배수 배제
	○적색 : 정지	○ 타이머 (2) 청천 시에는 분리탱크 배수
	○노랑 : 청소	(3) 청소 시에는 ON상태에서 배수계획

ㄴ. 자동 : 전자 밸브에 자동 타이머를 부착하여 작동 30분 후 밸브 닫힘

ㄷ. 수동 : 스위치를 넣고 ON 상태에서 가동 (청소 및 배수)

(2) 배관 재질

- ① 급수, 급탕 배관 : KS동관, 복합 파이프 (PE + AL + PE)
- ② 오, 배수 배관 : 경질염화비닐관 (P.V.C 위생관)
- ③ 우수 배관 : KS 스텐레스 강관
- ④ 난방 배관 : KS 동관 (히팅 코일 배관, X-L관)
- ⑤ 급수, 급탕 난방 배관 보온 : 파이프위 + 아티론보온재 (20t) + 매직테이프 + AL BEND 순 마감
- ⑥ 행가설치 : 급수, 급탕, 난방 배관 → 1~2m 당 1개소
오, 배수 배관 → 2~3m 당 1개소

(3) 유지관리 방법

- ① 우수시스템 점검내용

주요유지관리 및 점검내용	점검주기			
	수시	월	분기	년
집중호우·태풍 등 기상특보 전후 시설물점검	○			
시설물의 손상·훼손·고장 등 점검	○			
우수 집수관로 상태점검			○	
우수 유입구, OVER FLOW 등 저류지 시설물 점검		○		
저류지내 토사, 쓰레기 등 퇴적물 제거				○
옥상 우수 집수관의 낙엽, 토사 등 퇴적물 제거	○			
초기 우수 배제 탱크 시설의 배수, 청소	○			
여과기 등의 작동 상태 확인	○			
여과기 등의 장비 점검				○
제1, 2, 3 저류조 침전물 제거				3년
제1, 2, 3 저류조 수위계 확인	○			
우수 급수시설의 펌프 등 작동 상태 확인 및 점검	○			○
우수 침전조 내의 배수 및 내용물 청소				○
우수 배관 점검			○	
집수면 등의 청소		3회		
여과기의 역쇄 및 청소		3회		

② 중수시스템 점검내용

유지관리 및 점검내용	점검주기			
	수시	월	분기	년
중수여과조의 침전물 상태	○			
중수여과조의 침전물 점검 및 청소				3년
중수여과조의 내용물 교체				2년
중수저류조의 슬러지 청소				○
배수관 상태 점검	○			
중수 배관 점검 및 스케일			○	
중수처리시설의 펌프 등 작동상태 확인 및 점검	○			○

IV. 결 론

따라서 본 연구에서는 제주 지역 환경에 적합한 환경친화적인 수자원 활용계획을 위하여 건축물에 우수시스템 적용하기 위한 구체적인 설계방법을 제안하고자 하였다. 우선 이론고찰을 통해 환경친화적인 수자원 활용계획의 개념을 정립하고 제주환경에 적합한 우수시스템 설계 프로세스를 제안하였다. 다음으로 중산간지역의 복합주택을 선정하여 각 설계과정에 적용하는 기술요소 및 설계 자료를 제시하고 설계에서 시공까지 완료하는 사례 연구를 실시하여 적용 타당성을 검증하였다.

환경친화적 수자원 활용계획요소는 수자원 절약, 환경오염 최소화 및 자연친화적 수공간 계획으로 구분된다. 수자원 절약 기법에는 우수이용, 중수이용 및 절수기기의 도입 등이 있고 환경오염 최소화 기법에는 폭우시 환경오염을 최소화하기 위한 우수저류기법이나 수공간을 이용한 자연정화시스템이 제안될수 있다. 또한 친수공간을 계획하여 자연친화적인 수공간을 제공함으로써 환경친화적으로 수자원을 활용 할수 있다. 이러한 계획요소 중에서 제주도내의 수자원 이용현황과 환경특성을 고려하여 본 연구에서는 중수시스템과 친수공간을 통합 적용할수 있는 환경친화적인 우수시스템을 제시하였다.

주요 연구결과는 다음과 같다.

(1) 환경친화적 우수시스템의 주요 설계 목표를 ① 일반 생활용수 대부분을 우수로 대체하는 우수시스템의 적용 ② 양질의 배수를 이용하여 중수를 생산하고 이를 다시 대면기 위생용수로 사용하는 중수시스템을 우수시스템과 통합 ③ 우수시스템 또는 중수시스템을 바이오톱(biotop : 자연정화 및 친수공간)과 연계하여 계획하였다.

(2) 우수시스템을 단독으로 계획하는 경우와 우수시스템과 중수시스템을 통합하여 계획하는 2가지 경우에 대하여 각각 설계프로세스를 제시하였다. Table 14, Table 15

(3) 실제 건물 S 그린하우스를 대상으로 사례연구를 실시하여 본 연구에서 제안한 환경친화적 우수시스템 프로세스의 적용가능성과 적합성을 검증하였다. S 그린 하우스

스에서는 식수를 제외한 모든 급수를 우수로 공급하는 것을 원칙으로 하고 중수시스템을 통합하고 바이오톱과의 연계방안도 제시하였다.

① 실제 S 그린 하우스 급수량을 산정할 결과, 주택부의 경우 필요 급수량이 작계는 약 $15(\text{m}^3/\text{월})$ 에서 많게는 약 $24(\text{m}^3/\text{월})$ 까지 필요한 것으로 분석되었고 온실부는 임업 연구용, 허브 농장 등으로 사용하게 되면 약 $8.5(\text{m}^3/\text{월})$ 이 필요하며 상업적인 용도로 사용하면 위생용수가 $24.5(\text{m}^3/\text{월})$ 이 필요한 것으로 분석되었다. 즉, 필요 급수량은 최소 $14.6+9.82=24.42(\text{m}^3/\text{월})$ 에서 최대 $23.75+25.82=49.59(\text{m}^3/\text{월})$ 까지이다. 본 연구에서는 전체 우수 필요수량은 $50(\text{m}^3/\text{월})$ 으로 보고 주택부의 최소 필요수량인 $15(\text{m}^3/\text{월})$ 은 우수조의 댁수 분할을 위한 기본 단위로 채택하였다.

② Mass Balance 개념을 적용한 식을 이용하여 우수조에 들어오는 유입량과 사용량을 매일 적산, 검토하여 적정 집수조를 설계하였다. 계산 기본 조건은 집수면적 162m^2 , 거주 인원 2~3명, 유출계수 0.9, 유출효율 0.8이고 2002년과 2003년도의 제주지역 일별 강수량 자료를 사용했다. 집수조는 각각 $15(\text{m}^3)$, $27(\text{m}^3)$, $25(\text{m}^3)$ 용량의 3개 탱크로 구성되며 재질은 F.R.P기성품과 콘크리트위 F.R.P 코팅으로 제작하였다.

③ 초기 우수 탱크는 전자변에 의한 수동/자동에 의하여 자동제어되도록 설계하고 용량은 600. 스텐인레스 철판으로 제작하였다. 우수 침전조의 용량은 $1,500\ell$ 로 하고 스텐인레스 철판으로 제작하였다. 탁도 및 활성탄 여과기를 설치하여 부유물질 5도 이하로 유지하고 잔류 염소, 맛, 색깔, 페놀유 등을 제거하도록 하며 유량은 $10\ell/\text{min}$ 으로 설계하였다. 급수펌프는 부스타 형식에 상향 공급 방식을 채택하였고 유량은 $15\ell/\text{min}$, 양정은 25mAq 로 설계하였다.

④ 주택 및 온실의 양변기에 필요한 중수량은 약 $16.8\text{m}^3/\text{월}$ 인데 실제 사용 가능한 배수량은 $12.8\text{m}^3/\text{월}$ 로서 필요수량의 31%가 부족한 것으로 분석되었다. 중수 수질을 높이고 동시에 부족한 수량을 보충하기 위하여 우수를 중수 시스템과 연계하여 계획하였다.

⑤ 중수 수질은 세면기, 욕조 및 샤워 배수를 가는 모래+굵은 모래+자갈층+음료수 페트병으로 구성된 물리적, 생물학적 여과 시스템으로 간이 처리하는 방식을 채택하였다. 중수처리량은 $71\ell/\text{h}$ 이므로 중수여과조의 용량은 대략 2시간정도 사용할 수 있는 수량에 맞추어 설계하였고 중수 저류조는 약 2일정도 용량인 $750\ell/\text{일}$ 규모로 설계하였다.

⑥ 우수시스템에 중수 시스템을 통합 적용함으로써 우수 이용량은 30% 감소하며 동시에 배수량도 30%정도 절감하는 것으로 나타났다.

또한 본 연구에서는 시공 및 유지 관리 방법에 대해 온실과 주택부분, 우수와 중수를 각각 나누어 자세히 기술함으로써 보다 효율적인 공사가 이루어지도록 하였다. 이와 같은 사례연구결과, 본 연구에서 제안한 설계프로세스는 실제 적용에 매우 유용한 것으로 나타났다.

정부에서는 우수시스템 적용시 다양한 혜택을 줌으로 인해서 수자원 절약을 유도하고 있으며 수자원이 한정된 제주지방에서는 더욱 환경친화적인 우수 및 중수 시스템을 보다 적극적으로 보급하는데 다각적인 노력을 해야 할것으로 사료된다.



참고문헌

1. 공기조화, 위생공학편람(handbook of air-conditioning and Sanitary Engineering) III-1권, 설비기술연구회 한미.
2. 물유효이용 촉진을 위한 제도개선 방안, 김종일.
3. 버려지는 빗물, 재활용 방안, 유태종.
4. 상수도시설기준(유지관리편) 최종보고서, 환경부, 1998.
5. 수자원 장기 종합계획 (Water Vision 2020, 건설교통부, 2001)
6. 제주국제자유도시 종합계획(2002~2011)
7. 우리나라 강수량을 고려한 적정 빗물 저장조 용량산정에 관한 연구(서울을 대상으로) 한무영, 이일용, 한국물환경학회, 대한상수도학회, 2001.
8. 우수이용시설의 용수확보 효과에 관한 연구(과주시 사례로) 서울대학교 석사논문 2002.8.
9. 제주도 농업용수 종합계획수립, 제주도농업기반공사 제주도본부, 2004.2.
10. 제주도 발관개 용수량 산정법 정립에 관한 연구 농업기반공, 농어촌연구원, 2003.12.
11. 제주도 수문지질 및 지하수자원 종합조사(III) 제주도,한국 수자원공사, 2003.12.
12. 공동주택단지의 환경친화적 수공간 계획에 관한 연구, 중앙대학교 석사논문, 정지윤, 2000.
13. 중수도, 빗물처리 기술 및 적용, 김갑수,김연란, 환경관리연구소.
15. 중수도 시설기준 및 관리 방안등 마련에 관한 연구(최종 보고서), 한국 환경 정책 평가 연구원, 2002.2.
16. 중수도 편람, 이봉훈 동화기술 1994.
17. 폐수종말처리시설의 설계, 환경부, 1995.
18. 하수처리수 순환이용 기술지침(안), 일본 하수도협회, 1982.
19. 환경부 상,하수도국 수도정책과 2002년 상수도 통계(statistics of water), 환경부 2003.
20. Green Town 개발사업III(환경부분), 한국건설기술연구원, 1998

感謝의 글

本 論文은 主題 選定에서부터 完成에 이르기까지 細心한 指導와 助言으로 이끌어 주신 指導教授 羅修年教授님께 무한한 尊敬과 感謝를 드립니다.

그리고 처음부터 끝까지 깊은 關心으로 알찬 論文이 될 수 있도록 지켜봐 주시고 指導하여 주신 徐日教教授님, 殷熙昌教授님, 朴哲民教授님, 金泰一教授님, 南正萬教授님께 尊敬과 感謝의 마음을 드립니다.

그동안 어려운 與件 속에서도 學業에 正眞할수 있도록 서로 激勵을 아끼지 않았던 양기정, 현군출 同期生과 先後輩 院生 여러분께 眞心으로 고마움을 전합니다.

끝으로 항상 깊은 사랑을 베풀어주신 어머니와 형님, 동생 그리고 언제나 변함없는 마음으로 內助해준 아내 英熙와 아들 炯柱 딸 炯信의 激勵이 있었기에 가능한 일이었음을 다시 한번 感謝하게 생각하며 이 조그만한 기쁨을 사랑하는 주위의 모든 家族 여러분들과 함께하고 故人이 되신 아버지님 靈前에 바칩니다.