

수자원 고갈에 따른 빗물의 효율적 이용 방안

The efficient utilization plan of rainwater by water
resources exhaustion

환경공학박사 이 성 호
청림환경기술연구소 소장
정책기획단 환경분과 위원장
세명대학교 환경공학과 교수

목 차

1. 서 론

1.1 목적 및 필요성	6
1.2 물유효이용의 접근	7
1.2.1 물유효이용의 필요성	7

2. 수자원 현황 및 수급전망

2.1 수자원 현황과 문제점	8
2.1.1 수자원현황	8
2.1.2 가뭄현상	10
2.2 물수급 전망	11
2.2.1 인구변화 전망	11
2.2.2 물수급 현황	11
2.2.3 물수급 전망	12
2.2.4 상수도 대체 가능량	13

3. 빗물이용에 대한 법과 제도

3.1 빗물이용 관련법	15
3.2 빗물이용시설에 관한 규정	15

4. 빗물이용의 시스템 및 빗물이용을 위한기술

4.1 빗물이용의 효과	17
4.2 빗물이용 시스템의 이해	17
4.2.1 빗물이용 시스템의 분류	17
4.2.2 빗물이용시설의 구성	19
4.2.3 빗물이용의 기본설계	20
4.2.4 빗물의 수질특성	20
4.2.5 빗물이용의 목표수질	24
4.3 빗물이용을 위한 기술	25
4.3.1 빗물집수기술	26
4.3.2 빗물저류기술	30
4.3.3 빗물처리기술	35

4.3.4 빗물급수기술	40
4.3.5 빗물침투기술	42
4.3.6 빗물유지관리기술	43

5. 세계 각국의 빗물이용 활용사례 분석

5.1 각국의 빗물이용 적용사례	47
5.1.1 우리나라	48
5.1.2 일본	51
5.1.3 독일	61
5.1.4 대만	64
5.1.5 미국	65
5.1.6 호주	67
5.1.7 영국	69
5.1.8 태국	70
5.1.9 칠레	71
5.1.10 중국 및 기타지역	72

6. 빗물이용의 확대적용

6.1 빗물이용의 보급	73
6.2 종합적인 수자원이용	74

7. 결 론

7.1 빗물이용시설 보급확대를 위한 정책방안	74
7.1.1 빗물이용시설 의무화 조항 확대방안	74
7.1.2 빗물이용확대를 위한 법적, 제도적 지원방안	74
7.1.3 빗물이용확대를 위한 경제적 지원방안	76
7.2 기술적 확대보급 방안	76
7.2.1 빗물이용시설설비의 개발	76
7.2.2 다양한 빗물의 활용방안개발	76
7.3 행정적 측면의 개선방안	77
7.3.1 건축행정에 빗물이용시설 업무도입	77
7.3.2 빗물이용 시범사업의 시행	77
7.4 빗물이용의 교육 및 홍보	77

【참고문헌】

【도표차례】

<표2-1> 우리나라 및 세계 각국의 강수비교	8
<표2-2> 국내 용수수급 전망	9
<표2-3> 용수사용 용도별 용수 수요현황 및 전망	9
<표2-4> 가정용수와 영업용수의 용도별 사용수량 비율	14
<표3-1> 빗물이용시설에 관련된 법규	15
<표4-1> 인공지반면에서 집수된 빗물을 침투여과시킨 측정값	23
<표4-2> 집수장소별 수질특성 요약	24
<표4-3> 빗물이용시설의 구성과 결정요소	26
<표4-4> 토지이용별 기초 유출계수 표준치	31
<표4-5> 토지이용별 총괄 유출계 표준치	31
<표4-6> 빗물저류조의 설치장소에 따른 빗물이용시스템 특징	35
<표4-7> 빗물처리를 위한 대표적인 표준처리 공정	37
<표4-8> 빗물이용시설에서 보조용수 확보를 위한 상수보급	41
<표4-9> 빗물이용설비의 유지관리 내용과 점검의 주기	45
<표4-10> 독일과 일본의 빗물이용 시스템의 비교	48
<표5-1> 월드컵 경기장 빗물 집수방법 및 배제방식	50
<표5-2> 월드컵 경기장의 저류조 용량	50
<표5-3> 월드컵 경기장의 빗물이용 시스템 설치현황	51
<표5-4> 일본 월드컵 경기장의 빗물이용 시스템 적용 예	52
<그림4-1> 빗물 전량 이용형 시스템	18
<그림4-2> 초기 빗물 배제형 시스템	18
<그림4-3> 빗물저류 및 조절형 시스템	19
<그림4-4> 빗물이용 및 침투형 시스템	19
<그림4-5> 빗물이용 시스템의 개념도	19
<그림4-6> 빗물이용시설의 기본설계 절차	20
<그림4-7> 빗물의 수질을 결정하는 요인	21
<그림4-8> 빗물이용의 흐름	25
<그림4-9> 단독주택에서의 빗물이용을 위한 집수방법	27
<그림4-10> 빗물집수장치 설치현황	27
<그림4-11> 우량계를 이용한 초기빗물 배제방법	29
<그림4-12> 빗물저류조의 유량균현 개념도	32

<그림4-13> 빗물이용 상황의 계산순서	33
<그림4-14> 빗물의 표준처리과정	37
<그림4-15> 빗물이용을 위한 침전조	38
<그림4-16> 하수재이용 빗물이용설비 병용의 경우 모식	46
<그림5-1> 빗물이용시스템의 설치된 월드컵경기장	49
<그림5-2> 스미디시청	52
<그림5-3> 일본의 로지손	53
<그림5-4> 고쿠기칸	53
<그림5-5> 도쿄돔	54
<그림5-6> 베를린의 소니센터	62
<그림5-7> 하노버의 옛스포 호수	62
<그림5-8> 뮌헨 레오폴드 거리	63
<그림5-9> 대만 시립동물원의 빗물이용시설	65
<그림5-10> 미국가정의 일반적인 빗물탱크	65
<그림5-11> 미국의 가정에서의 빗물시설	65
<그림5-12> 시드니 올림픽 경기장	69
<그림5-13> 영국의 밀레니어돔	70
<그림5-14> 밀레니엄 동내의 빗물시설	70
<그림5-15> 태국식자	70
<그림5-16> 칠레의 안개접수	72
<그림5-17> 펌프킨 탱크	72
<그림5-18> 지하저장조	72

1. 서 론

1.1 목적 및 필요성

최근에 선진외국에서는 인류의 지속 가능한 발전을 위하여 빗물 모으기(Rain water Harvesting)의 빗물이용을 기초로 한 새로운 패러다임을 가진 물관리에 관심을 가지고 있는 추세이다.

하늘에서 내린 빗물을 우리가 관리하기에 따라 원망의 대상이 되기도 하고 고마움의 대상이 되기도 한다. 빗물을 잘만 관리하면 우리에게 경제적으로 도움을 주고 생활을 윤택하게 해줄 수 있는 하늘이 주시는 은총이라고 생각할 수도 있다. 앞으로 우리 나라에서는 빗물 이용에 관한 여러 가지 정책적, 기술적 연구들이 필요하다고 생각한다. 그 중에서 가장 중요한 것은 국민들의 빗물에 대한 인식전환이다.

21세기는 물부족사태가 예상되고 있고 UN은 물부족과 수질오염을 방지하고 물의 소중함을 되새기기 위해 1992년 11월에 “세계 물의 날”을 제정하였다. 또한 1995년 8월 스웨덴에서 개최된 “국제 물 심포지엄”에서 날로 심각해지는 물문제에 대하여 “21세기의 국제간 분쟁 원인은 물이 될것이다”라고 경고하였으며 오늘날 전세계 인구의 40%에 해당하는 사람들이 먹는 물로 고통을 받고 있는 상황이다.

우리나라도 예외가 아니며 1960년대 이후 계속된 경제개발계획에 의해 대도시로의 인구 집중이 가속화되고 경제 및 산업 발전에 따른 경제 및 산업발전에 따른 생활수준의 향상으로 인하여 물수요의 급격한 증가를 초래하였다. 그 동안 물은 경제발전과정을 거치면서 아무런 제약없이 개발되어 우리들에게 무한정으로 공급될 수 있는 자원으로 인식되어 왔다. 이러한 물이 앞으로 부족하게 되어 우리들의 생활을 위협할 정도로 고갈된다고 전망되고 있고, 현재도 갈수기에는 일부지역에서 제한급수를 실시하는 상습적인 물부족현상이 발생하고 있다. 이미 우리나라는 90년대 이후 1인당 이용가능량이 1,470톤밖에 되지 않아 UN의 국가별 분류결과에 의하여 물부족국가로 전락한 상태로서 앞으로 물소비량을 적극적으로 줄이지 않으면 물기근국가로 될 위기에 처해있다. 이를 나타내기도 하듯이 1996년 “물관리 종합대책”에 의하면 2006년까지 물수요는 약 22.6% 증가하는데 비해 물공급은 7.6%밖에 증가하지 않아 약 45,000만톤/년의 물이 부족하게 되고, 더욱이 2011년에는 1997년의 수돗물 총량의 약 30%에 달하는 200,000만톤/년의 물이 부족할 것으로 예상되고 있어 이에 대비한 물관리 대책이 시급한 상태이다.

이에 대한 대책으로 수자원 확보를 위하여 새로운 수자원을 개발하거나 현재 이용가능한 수자원의 이용 촉진을 위해 오염으로부터 수자원을 보호하기 위하여 한정된 수원을 효율적으로 이용하는 방안이 다각적으로 이루어지고 있다. 이러한 물부족 문제를 풀어나가기 위해서는 효율적인 물관리만이 이러한 난관을 극복해 나갈 수 있을 것이다.

수자원의 효율적인 이용방안 중에서 빗물의 이용과 함께 수자원의 확보뿐만 아니라 21세기의 물부족사태를 대비한 현시점에서 물부족에 강하게 대처할 수 있는 물관리 대책이라 할 수 있다. 일반적으로 도시에서 용수를 확보하기 위하여 도시에서 멀리 떨어진 상수원에서 소비자까지 수도관을 매설하여야 하기 때문에 엄청난 시설비가 소요된다. 그러나 빗물을 이용하면 수돗물 생산에 필요한 시설도 줄일 수 있고 특히 빗물을

이용하면 수돗물 생산에 필요한 시설도 줄일 수 있다.

우리나라는 수자원의 효율적 이용측면에서 빗물이용시설의 역할은 그 중요성이 커질 것으로 예상되고 있다.

그러나 정부의 수자원관리 시책에도 불구하고 지금까지 물의 유효이용 측면에서 빗물 이용에 관련된 연구나 실적이 적으므로 향후 빗물 이용에 관한 연구과제나 빗물 이용 시설의 보급을 위하여 정부나 각 지방 자치단체에서는 적극적으로 추진해야 할 것이다.

1.2 물유효이용의 접근

1.2.1. 물유효이용의 필요성

최근 수자원개발시설의 건설에는 주민이해, 생태계보전, 등으로 인하여 점점 장기간이 필요하게 되는 성향이 나타나고 있고 이와 함께 댐 등의 건설적지의 감소들에서 수자원개발의 효율도 저하되고 있다. 이에 대해 물수요는 전과 다름없이 계속해서 증대되고 있으며 특히 물수급의 불균형이 큰 지역중의 하나인 수도권에서는 도시용수의 대부분은 불안정한 지표수 취수에 의존하고 있으므로 지표수의 오염이나 가뭄에 취약한 물수급구조로 형성되어 있다.

이러한 상황에서 도시의 물자립도를 높이기 위해서는 도시용수는 기존 급수시설의 누수의 방지나 우수율의 향상 등에서 앞으로 유효이용을 도모하여야 하며 더욱이 물을 사용하는 이용자측면에서의 노력도 당연히 필요하다.

물의 유효이용은 이러한 물수급의 불균형을 해소하는 것 이외에 아래에 제시되어 있는 관점에서 물을 사용하는 측면의 낭비적인 물이용을 줄이고 물이용용도의 목적에 맞추어 합리적인 물공급시스템으로 전환·개선해 나감으로써 가능하다.

- 1) 정수장 등의 물공급시설은 수요의 피크에 맞추어 계획되기 때문에 시설비용을 저감시키기 위해서는 상수사용량을 억제하여 수요량을 줄이는 것이 유효하다는 것.
- 2) 물은 수요자에게 대부분 위치에너지를 이용하여 공급되고 있으므로 저지대는 송수나 배수에 대량의 에너지가 필요한 경우도 있고 정수처리나 폐수처리에 많은 에너지가 필요한 경우도 있고 정수처리나 폐수처리에 많은 에너지가 소비되고 있는 것.
- 3) 댐건설은 수몰지역의 주민이 이전해야 하며 또한 환경생태계를 보전할 수 없다는 것.
- 4) 물은 지역환경이나 생태계를 유지시켜 주는 중요한 역할을 담당하고 있으므로 물유효이용에 의하여 자연환경에 미치는 영향을 되도록 경감시켜야 한다는 것.
- 5) 물사용량의 증대는 비출량과 오염부하량이 증대될 뿐만 아니라 처리시설 및 처리비가 증대된다는 것.

빗물이용시설을 적용할 경우에는 수자원의 유효이용·확보, 자연환경보전 측면에서 대도시를 중심으로 물수급이 부족한 지역을 중심으로 도입을 검토하여야 하며 공공성, 안정성, 관리성, 경제성 등을 고려하여 해당건물에 최적의 시스템을 선정해야 한다.

빗물 이용시스템은 반재용수의 확보, 빗물유출을 저감등의 효과도 있다. 그러므로

이들 시설은 대도시와 물부족 지역을 중심으로 적용하여 확대할 경우에 물부족 현상을 해소시켜 앞으로 물관리대책에서 중요한 역할을 할 것으로 예상된다.

빗물이용의 목적 및 효과는 다음과 같다.

- 1) 빗물을 이용하면 상수의 사용량을 감소시킬 수 있으며 물부족지역에 물수급의 불균형의 간격을 완화시키는 대책이 된다.
- 2) 도시지역 등에 절수대책이 되며 수자원의 유효이용추진사업에 큰 도움이 된다.
- 3) 빗물이용시설을 설치하여 처리수를 상수대신에 이용하는 이용자는 상수급수제한기간에도 어느 정도 대처가 가능하다.

2. 수자원 현황 및 물 수급 전망

2.1 수자원현황과 문제점

2.1.1. 수자원 현황

우리나라의 물상황은 <표 2-1>에 나타낸 바와 같이 연평균 강수량은 1,274mm로서 세계평균 973mm의 약 1.3배에 달하여 양적으로는 풍부하게 보이지만 1인당 연간 강수량이 약 2,755톤으로서 세계평균 22,096톤의 12.5%에 불과한 실정이다.

<표 2-1> 우리나라 및 세계 각국의 강수량 비교

구분	한국	일본	미국	영국	중국	캐나다	세계평균
연평균 강수량(mm)	1,274	1,405	982	753	578	318	973
연평균 강수량(mm)	2,755	4,227	34,270	3,147	4,446	105,437	22,096

출처 : 수자원 편람 1998, 건설교통부, 한국수자원공사

더구나 강수량의 시기별, 지역별 분포의 변화가 심하여 제주도의 경우 연평균 강수량이 1,600mm, 남해안 일부는 1,500mm인데 비하여 경북내륙지방은 1,000mm에 불과한 지역도 있다.

또한 강수량의 연도별 변화 폭이 클 뿐 아니라 지형특성도 외국과 비해 매우 불리한 여건으로 하천의 유역면적은 좁고 유로연장이 짧으며 산지가 많아 하천경사도 급한 편이어서 강수가 비교적 짧은 시간에 바다로 유출되므로 물관리에 어려움을 겪고 있다. 이들 상황은 우리나라의 수자원이 상대적으로 얼마나 한정되어 있는지를 보여주고 있다.

건설교통부가 1996년에 작성한 국내 물수급 전망을 나타내면 <표 2-2>와 같다.

1996년도에 작성된 전망에서는 2001년에는 총 용수수요는 연간 337억톤, 용수공급은 344억톤으로 물수급예비율이 2.1%로 낮아지거나 2011년에는 용수공급능력은 크게 향상되지 못하는 반면 용수수요는 10년간 30억톤/년이 늘어나 5.5%의 물부족을 예상하고 있다.

<표 2-2> 국내 용수수급 전망

구분	1994년	2001년	2011년
용수수요	301	337	367
용수공급	324	344	347
여유분	23	7	-20
예비율(%)	7.7	2.1	-5.5

출처 : 수자원 장기종합계획, 건설교통부, 1996.

또한 과거의 용수증가 패턴과 향후 용수증가를 생활용수, 공업용수, 농업용수, 유지용수로 구분하여 용도별로 나타내면 <표 2-3>와 같다.

<표 2-3>용수사용 용도별 용수 수요 현황 및 전망

구분	총계	생활용수	공업용수	농업용수	유지용수
1978	159	19	7	102	31
1981	179	27	10	111	31
1988	249	42	24	147	36
1991	282	49	25	151	57
1994	301	62	26	479	64
2001	337	74.4	38.7	150.3	73.6
2011	366.5	87.1	45.4	151.5	85.5
증가율(%)	21.7	40.2	80.0	1.8	27.2

1994년 현재 국내 용수사용을 사용목적별로 분류하면 총 301억톤 중에서 농업용수가 50%인 149억톤으로서 가장 많은 비중을 차지하고 생활용수가 62억톤인 21%, 공업용수는 26억톤인 8%, 그리고 기타 하천유지용수가 약 65억톤으로 21%이다. 용수수요는 2001년에 1994년을 기준으로 하여 11.7%, 2011년에는 21.7%가 증가하는 것으로 나타났다.

<표 2-3>에서 보면 1994년부터 2011년까지 증가하는 66억톤 중 공업용수의 증가로 인한 것이 약 20억톤으로 40%정도로 증가하는 것으로 예측하였다. 전체 용수 사용량 중에서 공업용수가 차지하는 비중은 1978년 4.4%를 차지하였으나 1994년 현재 8.6%가 되었고 그 후에는 경제규모를 반영하여 2011년에 12.4%까지 증가하는 것으로 예상하고 있다.

이러한 용수수요증가에 대해 우리나라 수자원정책을 살펴보면 1965년 “수자원종합개발 10개년 계획(1966~2011년)을 통하여 진행되어왔다. 유역종합개발계획(1970~1981년)을 통하여 진행되어왔다.

이들 계획은 식량증산과 급속한 공업화와 도시화를 뒷받침할 수 있는 용수를 안정적으로 확보하는데 최우선의 목표를 두었고, 주로 대규모 댐을 건설함으로써 그것을 달성하고자 하였다.

댐 건설을 통한 수자원확보정책에 대해서는 과거 전 세계는 도시의 물수요증대에 대한 대책으로 지금까지 36,000개의 대형 댐을 건설하여 발전, 관개, 산업에 필요한 물을 공급해왔다. 우리나라도 지난 수십 년 동안 새로운 댐을 만들거나 강물을 끌어오는 수자원개발의 방법으로 물 수요 증대에 대처해왔다. 현재 댐을 거치지 않고 바다로 흘러 들어가는 강은 드물며 나머지 강도 머지않아 댐 건설로 유량이 통제될 것이다. 그

러나 시간이 지남에 따라 댐 건설을 통한 수자원 확보는 더욱 어려워지고 댐 건설비용도 증가하였을 뿐만 아니라 환경에 미치는 피해도 더욱 커지게 되었다. 이러한 여건의 영향으로 댐 건설은 세계적으로 크게 줄었다. 미국의 경우 1951년부터 1977년까지 연평균 360개가 건설되었으나 그 후 10년 동안에는 절반수준인 약 170개가 세워졌다. 호주와 북미, 서유럽에는 댐을 만들거나 강물을 끌어다 쓸 수 있는 곳이 별로 남아있지 않으며 개발도상국의 경우에도 사회적 생태적인 피해 때문에 재검토되고 있는 실정이다. 대형 댐 건설 비용을 지원해온 세계은행도 1992년 이후에는 더 이상의 댐 건설 비용을 지원하지 않고 있다. 그러나 물의 수요는 점점 증가하는데 비해 물 공급의 확대는 더욱 어려워지고 있으며 지하수원의 고갈, 지하수면의 하강과 공급량을 훨씬 초과하는 수요 등은 물 부족을 나타내고 있는 중요한 조짐이다. 특히 더욱 우려되는 것은 물과 관련된 환경문제이다. 물의 친환경적인 역할과 그곳에 살고 있는 생물종을 무시한 채 댐을 만들고 물길을 변경하고 오염시켜 전 세계의 습지, 삼각주, 호수, 하천의 서식지가 파괴되었다.

이러한 상황에서 우리나라도 최근 들어 대규모 댐 건설로 인한 부작용으로 방대한 수몰지역의 발생과 주민이주대책, 막대한 투자비 소요, 환경파괴, 주민피해로 인한 지역갈등의 문제등이 지적되고 있고 1992년 유엔환경개발회의와 세계적 관심이 물 부족문제와 환경친화적 수자원이용문제에 집중되면서 1997년부터 시행된 수자원 장기종합계획(1997~2011년)에 환경친화적 수자원개발 및 관리를 계획기조로 수정하였고 이전에는 볼 수 없었던 용수 수요관리의 강화를 기본방침의 하나로 설정해 놓고 있다.

이에 중수도 설치, 절수기기 설치, 수도요금실화, 노후관교체, 산업체 물재활용 등 정책수단별 물절약 대책을 종합적으로 추진, 2006년에는 연간 7억 9000만톤을 절약할 방침이며 이는 전체 수돗물 생산량(58억 4000만톤)의 13.5%에 해당하는 것으로 섬진강댐(350만톤) 2개를 건설하는 것보다 효과가 큰 것이다. 그러나 아직 수요관리정책의 실효를 거두지 못하고 있는 실정이며 앞으로 상당한 시간과 노력이 필요할 것으로 판단된다.

2.1.2. 가뭄현황

기상이변으로 예상된 강우량보다 적게 내려 가뭄이 발생하고 있으며 여름뿐만 아니라 겨울에도 강우량이 적어 농사에 많은 피해를 주고 있다. 가뭄은 홍수피해와는 다르게 공간적으로 대규모 지역에서 발생한다. 또한 시간적으로 장기간 점진적으로 전개되기 때문에 기상학적으로 강수부족기간이 지속되어도 실제도 가뭄을 체감하게 될 시기는 이미 가뭄이 장기간 전개되어 피해가 발생하기 시작한다. 따라서 일반적으로 모든 사람들이 공감할 수 있는 가뭄의 정의를 내리기는 어렵고 정의를 내린다고 해도 가뭄을 바라보는 시각에 따라 다르기 때문에 실용적이지 못한 점이 있다. 그러나 일반적으로 가뭄은 상당히 큰 지역에서 식물, 동물, 인간들에게 해로운 영향을 주는 장기간 수분이 부족한 상황을 말한다.

건설교통부의 “가뭄기록조사(1995년)”에 의하면 과거 대규모 가뭄피해가 발생한 연도는 1967~1968년, 1976~1977년, 1981~1982년, 1987~1988년, 1994~1995년의 총 5회로서 자료보유연도가 30년~40년을 임을 고려하면 전국적 또는 국지적인 가뭄 발생빈도는 약 7년정도로 나타나고 있다. 1967년부터 1968년까지의 연속가뭄에 의하여 50년 빈도의 큰 가뭄에 해당하는 피해가 발생하여 그 피해액만 7009억원에 달하였다. 또한 1994년에는 5월~7월의 3개월간의 강우량이 연평균 강우량의 18%에 불과하여 극심한

가뭄이 발생하였다.

2.2 물수급 전망

2.2.1. 인구변화 전망

인구에 대한 장래추정은 해당지역의 물수요공급을 전망하는데 중요하다. 장래 인구는 환경부가 1998년에 발표한 “전국수도종합계획” 보고서에서 제시한 추정값을 사용하여 수정·적용하는 것으로 하였으며 <표 2-7>에 1996년을 기준으로 하여 과거 10년 인구자료와 함께 정리하여 나타내었다. 서울특별시의 인구는 전국수도종합계획 보고서에서는 2006까지 계속 증가하여 11,900천명을 정점으로 하여 매년 감소하고 있어 서울시는 2011년 인구지표를 상주인구 1,000만명으로 설정해 놓고 있으므로 여기서는 서울시 인구를 수정된 지수곡선식에 의해 2011년의 인구지표를 1,000만명으로 정하고 2001년, 2006년의 인구를 다시 추정하였다. 또한 서울시인구가 줄어든 만큼 전국 인구가 줄어드는 것이 아니라 서울시 인구분산정책에 의하여 인구가 주변의 신도시로 이주한 것이므로 경기도 인구는 그만큼 증가하는 것으로 예측하였다.

우리나라의 과거 인구변화는 1987년의 42,082천명에서 1996년에는 46,424천명으로 1.15%/년씩 계속 증가한 것으로 나타났으며 그 후 인구변화는 1.3%/년씩 증가하여 2006년에 50,541천명으로 되는 것으로 추정하였다. 시의 인구변화를 살펴보면 대구, 인천, 광주, 대전광역시 1%/년 이상의 인구증가율로 계속 증가하는 것으로 추정하여 대도시로 인구가 집중되는 것으로 나타났다. 이에 대해 도의 경우에는 경기도와 경상남도가 높은 인구증가율로 예측하였으며 특히 경기도는 5.1%/년으로 우리나라 시·도 중에서 가장 크게 증가하는 것으로 추정하였는데 이는 서울시의 인구분산정책에 의하여 경기도의 신도시로 인구가 이동하기 때문인 것으로 이러한 현상은 아픔로도 계속될 것으로 예측하고 있다.

그 외의 부산 및 울산광역시와 강원도, 충청도, 경상도, 제주도는 1%미만의 낮은 증가율로 인구가 증가되거나 거의 변화가 없는 것으로 추정하였으며 서울특별시를 비록하여 전라북도과 전라남도도 앞으로 인구가 계속해서 감소하는 것으로 추정하였다.

2.2.2. 물수급현황

우리나라에서 사용하고 있는 물은 용도별로 나누면 생활용수, 공업용수, 농업용수, 하천유지용수로 구분된다. 이 중에서 생활용수 및 공업용수는 상수도로 대부분이 공급하고 있으므로 상수도공급량을 파악하는 것으로 하였다.

생활용수는 1인 1일 최대급수량을 추정하고 여기에 급수인구를 고려하여 산출하였다. 그리고 공업용수는 한국수자원공사에서 공급하는 공업용수도와 각 지방자치단체에서 공급하는 지방상수도 그리고 하천수나 지하수의 자체개발에 의한 전용공업용수도로 구성되어 있고 광역상수도와 지방상수도를 포함하는 일반수도에 의한 공급비율은 40.1%이고 공업용수도에 의한 공급비율은 44.1%이며 자체개발비율은 15.8%이다.

‘96년도 소비된 총 물수요량은 21,302천m³/일이며 이 중에서 서울특별시가 24.9%를 차지하고 있고 6개 광역시는 32.7%를, 그리고 9개 도에서는 42.4%를 차지하고 있는 것

으로 조사되었다. 용도별로는 생활용수가 17,089천 m^3 /일로서 총 물수요량의 80.2%를 차지하고 있으며 생활용수 중에서 서울특별시가 5,250천 m^3 /일인 30.7%의 소비량을 보여 생활용수를 가장 많이 사용하였으며 다음으로는 경기도가 2,715천 m^3 /일인 15.9%를 소비하여 생활용수의 약 50%정도를 서울시와 경기도에서 소비한 것을 알 수 있다. 이에 대해 공업용수는 총 물수요량의 19.8%인 4,214천 m^3 /일을 차지하고 있으며 이 중에서 울산광역시 26.3%인 1,110천 m^3 /일로서 시·도 중에서 가장 많은 공업용수를 사용한 지역으로 나타났다.

2.2.3. 물수급 전망

가) 물수요 전망

우리나라 생활용수 및 공업용수의 물수요량 변화는 1996년도의 총 물수요량 21,302천 m^3 /일에 비하여 2001년도에는 25.1%가 증가하여 26,644천 m^3 /일로 추정되며 2006년에는 43.6%가 증가하여 30,600천 m^3 /일의 용수의 수요가 있을 것으로 예측되었다. 각 시·도별 장래 물수요량을 살펴보면 서울특별시가 2001년과 2006년이 각각 5,146천 m^3 /일, 5,325천 m^3 /일로 가장 많고 다음은 경기도로서 2001년과 2006년이 각각 5,324천 m^3 /일, 6,796천 m^3 /일로 추정되어 다른 지역에 비해 물수요량이 크게 되는 것에 반해 제주도는 물수요량이 2001년에 358천 m^3 /일이고 2006년에는 393천 m^3 /일로 상당히 작을 것으로 예측되었다.

나) 물수급 전망

우리나라의 지방상수도, 광역상수도 및 공업용수도를 모두 포함한 용수공급능력은 취수시설 용량기준으로 25,323천 m^3 /일이다. 이 중에서 지방상수도시설은 전체의 56.3%에 해당하는 용수를 공급하고 있으며 광역상수도는 30.8%를 공급하고 있고 공업용수에 의해서는 전체의 12.9%가 공급되고 있다. 한국수자원공사에서 운영 중인 광역상수도와 공업용수도에 의한 공급능력을 살펴보면 광역상수도는 15개소로 7,794천 m^3 /일이고 공업용수도는 11개소로 3,260천 m^3 /일이며 지방상수도의 공급능력은 1996년에 14,269천 m^3 /일이지만 앞으로 시설노후 및 수질의 문제로 인한 폐쇄예정을 고려하면 기존 지방상수도에 의한 공급능력은 점차 감소하여 2006년에는 13,964천 m^3 /일로 될 것으로 추정되고 있다. 따라서 기존 수도시설에 의한 용수공급능력은 적으나 앞으로 점차 감소하게 되어 앞으로 높은 증가율을 보일 것으로 예측되는 수요량을 충족시키기에는 상당히 부족하게 될 것으로 나타났다.

용수수요량 추정결과 목표 년도인 2006년의 생활용수 수요량은 23,607천 m^3 /일, 공업용수 수요량은 6,993 m^3 /일로 총 30,600 m^3 /일인 것으로 나타났다. 반면 1996년 기준 시설용량은 지방상수도시설이 14,269 m^3 /일이고 광역상수도시설은 7,794 m^3 /일, 그리고 공업용수도시설이 3,260 m^3 /일로서 총 25,323 m^3 /일의 용량을 보유하고 있으나 폐쇄용량 305 m^3 /일을 고려하게 되면 2006년에는 5,582 m^3 /일의 용수공급능력기 부족하게 되는 것으로 나타났으며 이것은 1996년의 공급시설용량의 22%에 해당하는 용수량이다. 이에 2006년까지 폐쇄용량을 고려하고 기존의 공급시설로 용수공급이 가능한 시·도를 살펴보면 서울특별시, 부산광역시 2지역뿐이며 그 외의 5개 광역시와 9개도 모두 용수가 부족한 것으로 나타나 전국 대부분이 물부족을 겪을 것으로 예상되고 있다. 이 중에서

특시 용수부족이 예상되는 지역은 경기도지역으로서 2006년 6,796m³/일의 용수수요가 예상되나 기존의 시설은 3,690천m³/일로서 54%정도의 공급능력만을 가지고 있어 3,106천m³/일의 상당량의 물이 부족할 것으로 나타났다.

이러한 물부족 현상은 2011년에도 계속될 것으로 전망되고 있는데 건설교통부의 수도정비기본계획(1997년)에 의하면 용수보족량은 2001년에는 6,080천m³/일로 추정되어 1996년의 시설용량의 24%에 해당하는 용수가 부족할 것으로 예상되고 있는데 이러한 경향은 2011년에는 인구증가와 생활수준의 향상 및 산업화에 따라 생활용수와 공업용수에 대한 수요가 지속적으로 증가하는 것에 기인한 것이며 현재 건설 중인 시설을 포함하더라도 용수부족은 심각할 것으로 예상하고 있다.

2.2.4. 상수 대체 가능량

가) 가정용수와 영업용수

가정용수는 가옥의 구조, 생활수준, 주거인구 등에 따라 다르며 각 용도별 사용수량 또한 이들 인자에 의해 큰 영향을 받는다. 우리나라 용수사용량 중에서 가정용수가 차지하는 비율은 시·도별 정확한 자료가 없어 계산하기 어렵지만 환경부의 전국수도종합계획(1998년)에 의하면 일반적으로 가정용수는 상수사용량의 60%를 차지하고 있는 것으로 제시되어 있다.

또한 영업용으로 사용되는 용수량도 이용목적, 이용형태, 빌딩의 규모, 업종 등에 따라 다르지만 상수도 사용량 중 영업용수의 사용비율은 가정용수의 약 48%정도라고 제시하고 있다.

중수도 및 빗물을 전국 시·도에 수도물을 대신해서 공급할 경우에 고려할 수 있는 대표적인 용도로는 수세식 화장실용수를 들 수 있다. 건교부와 환경부자료에 의하면 우리나라에서 사용되는 가정용수의 양은 1일 인당 207.0L이며 사용되는 용도를 순서대로 살펴보면 수세식 화장실용수, 음료 및 취사, 세탁용수가 각각 27%, 21%, 20%로서 높은 비율을 차지하고 있음을 알 수 있다. 미국의 경우 1일 1인당 가정용수의 양은 279.9L로 보고되고 있으며 이 중에서 화장실 용수가 26.1%로서 가장 많이 사용되고 있고 세탁용수, 샤워 및 목욕용수가 그 다음 비율로 많이 사용되고 있다. 한편, 독일의 경우 샤워 및 목욕, 화장실, 세탁용수의 순서로 가정용수가 이용되고 있으며 1일 1인당 130.0L를 쓰고 있는 것으로 나타났다. 이와 같이 수세식 화장실용수, 세탁용수, 샤워 및 목욕이 전체의 60~75%를 차지하고 있으며 특히 이 중에서 3개국 모두 화장실용수의 비율이 높은 것이 특징이라는 것을 알 수 있다. 그러므로 이 세 용도에서 중수도나 빗물이용의 도입을 고려할 경우에 신체적으로 직접 접촉이 없는 화장실용수가 가능할 것이다.

용수사용량 중에서 수세식 화장실용수의 수요량은 용도별 무사용비율을 조사하여 파악할 수 있다 기존에 조사된 자료중에서 건설부의 “중수도 기술개발 방안연구”에서 제시하고 있는 수세식 화장실용수비율을 나타내면 <표 2-4>과 같다.

<표 2-4>가정용수와 영업용수의 용도별 사용수량 비율

건물용도	목욕	세탁	세차살수	화장실	청소	주방	기타	합계
일반가정	14	20	3	27	100			
사무용 빌딩	-	-	8	55	3	18	16	100
영업용 시설	-	-	-	25	-	-	-	-

출처 : 건설부, 중수도 기술개발 방안 연구, 1994.

수세식 화장실용수 사용비율은 가정용이 27%, 업무용은 50%, 그리고 영업용에서는 25%가 일반적으로 적용되고 있다. 영업용시설의 각 용도별 사용수량도 이들 인자에 상당한 영향을 받으며 일본의 경우 영업용으로 사용되는 용수중에서 잡용수도의 비율은 건물의 특성에 딸 15%~61%로써 비교적 널리 분포하며 전체적으로 볼 때 평균 총사용수량의 30%정도를 차지하는 것으로 알려져 있다.

수돗물로 공급되는 생활용수에서 중수도나 빗물로 대체 가능한 양은 2001년도에는 가정용수가 3,299천m³/일, 영업용수가 1,466천m³/일로 추정되고 2006년도에는 가정용수가 3,824천m³/일, 영업용수가 1,700천m³/일로 예측되었다. 이 대체 가능량은 계산에 의해 추정된 것이지만 중수도가 확대 실시될 경우 계획년도 2001년과 2006년에 생활용수로 공급되는 수돗물 중에서 최대한 4,765천m³/일~5,524천m³/일에 해당하는 용수량을 저감할 수 있다는 것은 의미가 있다고 할 수 있다.

그러나 가정용의 화장실은 일반적으로 하루 중에 사람이 거주하는 동안에만 사용되고 있고 중수도시설을 개별로 설치하는 데는 경제적, 기술적 측면에서 어려움이 많으므로 중수도나 빗물이용을 도입할 경우에는 공급용도의 적용타당성에 대해서 신중하게 검토한 후 결정하여야 할 것이다.

나) 공업용수

공업용수의 중수도나 빗물로 대체가능량 양은 재이용율에 직접적으로 영향을 받는다. 우리나라와 수자원사정이 비슷한 일본에서는 60년대 초부터 물을 많이 소비하는 업종에 대한 공업용수의 합리화를 도모하기 시작하여 현재는 공업용수의 재이용율이 업종에 따라 다르지만 평균 75.6%에 이르고 있다.

<표 2-13>에 일본의 업종별 공업용수중에서 재이용되고 있는 용수율을 나타내었다.

우리나라는 전체 상수도사용량 중에서 공업용수 시설비율은 약 4.5%이다. 공업용수중에서 재이용량에 대한 구체적인 자료가 없으므로 1989년 일본에서의 공업용수 재이용비율의 50% 정도를 적용하여 본 계획 년도인 2001년과 2006년의 중수도나 빗물로 대체 가능한 양을 계산하여 나타내면 <표 2-14>와 같다.

공업용수, 지방상수도, 공업용수도로 공급되고 있는 공업용수중에서 중수도로 대체 가능한 양은 2001년도에는 3,139천m³/일이며 2006년도에는 3,497천m³/일로 계산되어 이론적이기는 하지만 중수도나 빗물로 공업용수를 공급할 때에는 계획 년도 2001년과 2006년에 생활용수로 공급되는 용수량을 최대한 3,139천m³/일~3,497천m³/일을 저감할 수 있을 것으로 예측되었다.

다) 상수 총 대체가능량

생활용수와 공업용수 중에서 중수도나 빗물로 대체가능한 총량은 2001년도가 7,905천m³/일이며 2006년도에는 9,021천m³/일로 계산되었다. 이 양은 계산으로 추정된 것으로 실질적으로 완전하게 실시되기 어려운 점이 있지만, 1996년 공급능력에 대한 2001년과 2006년의 용수부족량을 충분히 보충할 수 있는 양으로 중요한 대체수자원으로 적용가능성이 크다는 점에서 의미가 있다고 판단된다.

3. 빗물이용에 대한 법과 제도

3.1 빗물이용 관련법

우리나라의 빗물이용관련법은 2001년 수도법이 개정됨에 따라 새로이 첨가되었으며 내용은 크게 이용시설과 이용량 요금감면으로 구분된다.

우리나라 빗물이용시설에 관련된 법규에 대해 나타내면 <표 3-1>과 같다.

<표 3-1> 빗물이용시설에 관련된 법규

관련내용	규정항목	관련법
이용시설	빗물이용시설의 정의 빗물이용시설의 설치 빗물이용시설의 설치기준 및 관리	수도법 법 제3조 제14호의 2 수도법 법 제11조의3 수도법시행규칙중개정령 제4조의3
이용량 요금감면	설치비용지원, 수도요금 감면	수도법 법 제11조의3 제3항

참고 : 수도법은 수도에 관한 종합적인 계획을 수립하고 수도를 적정하고 합리적으로 설치·관리함으로써 공중위생의 향상과 생활환경의 개선에 이바지함을 목적으로 한다.

수도법에서는 빗물이용시설의 정의, 빗물이용시설의 설치, 빗물이용시설의 설치기준 및 관리, 그리고 빗물이용시설의 설치비용 지원에 대해 규정하고 있다. 또한 지방자치단체의 조례에 의하여 수도요금을 감면할 수 있는 근거를 마련하고 있다.

빗물이용시설 관련 법적, 제도적 규정을 내용을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

3.2 빗물이용시설에 관한 규정

빗물이용시설에 대해서는 우리나라 수도법에 정의를 내려놓고 있으며 이를 나타내면 다음과 같다.

2001년 개정된 수도법에는 빗물이용시설에 대한 규정이 있다.

수도법 빗물이용시설 수도법 (2001.3.28 법률 제6449호)

수도법 시행령 (2001.9.23, 대통령령 제17381호)

수도법 시행규칙 (2001.10.4, 환경부령 제114호)

3.2.1 수도법 제3조 (정의)

빗물이용시설이라 함은 빗물을 모아 생활용수·조경용수·공업 등으로 이용할 수 있도록 처리하는 시설을 말한다.

정의하고 있으며 즉, 건물의 옥상이나 지붕 등에서 흠통을 통해 배출되는 빗물을 그대로 버리지 않고 집수하고 적절하게 처리하여 재이용하는 시설을 말한다.

3.2.2 수도법 제11조의3 (빗물이용시설의 설치)

가) 종합운동장, 실내체육관 등 지붕면적이 넓은 시설물중 대통령령이 정하는 시설물을 신축(대통령령이 정하는 규모이상으로 증축, 개축 또는 재축하는 경우를 포함한다)하고자 하는 자는 빗물이용시설을 설치, 운영하여야 한다.

나) 빗물이용시설의 시설기준 및 관리 그 밖의 필요한 사항은 환경부령으로 정한다.

다) 국가 및 지방자치단체는 빗물이용시설을 설치한 시설물의 소유자에 대하여 그 빗물이용시설의 설치 비용을 지원할 수 있으며, 지방자치단체는 조례가 정하는 바에 따라 수도요금을 경감할 수 있다.

3.2.3 수도법 제15조의3 (빗물이용시설의 설치대상)

가) 법 제11조의3 제1항에서 “대통령령이 정하는 시설물”이라 함은 체육시설의 설치, 이용에 관한 법률시행령 별표 1에 의한 운동장 또는 체육관으로서 지붕면적이 2천400제곱미터 이상이고, 관람석 수가 1천400석 이상인 시설물을 말한다.

나) 법 제11조의3 제1항에서 “대통령령이 정하는 규모”라 함은 지붕면적이 2천400제곱미터이고 관람석 수가 1천400석인 경우를 말한다.

3.2.4 수도법 시행규칙개정령 제4조의3 (빗물이용시설의 시설기준 등)

1) 제11조의3 제2항의 규정에 의한 빗물이용시설은 다음 각호의 시설을 갖추어야 한다.

가) 지붕에 떨어지는 빗물을 모을 수 있는 집수시설.

나) 비가 내리기 시작한 후 처음 내린 빗물을 배제할 수 있는 시설이거나 빗물에 섞여있는 이물질 제거할 수 있는 여과장치 등 처리시설.

다) 처리시설에서 처리된 빗물을 일정기간 저장할 수 있는 빗물저류조로서 다음 각목의 요건을 갖춘 것. 제곱미터 단위로 표시한 지붕면적에 0.05미터를 곱한 규모 이상의 용량, 물의 증발이나 이물질이 섞이지 아니하도록 되어 있어야 하며 햇빛을 차단할 구 있는 구조, 내부청소에 적합한 구조.

라) 처리한 빗물을 화장실등 빗물을 사용하는 곳으로 운반할 수 있는 펌프, 송수관, 배수관 등 송, 배수시설.

2) 제2조 제2항의 규정은 제1항 각호의 시설에 준용한다.

3) 빗물이용시설은 다음 각호의 기준에 따라 관리하여야 한다.

가) 음용 등 다른 용도에 사용되지 아니하도록 배관의 색을 다르게 하고 표시를 분명히 하여야 한다.

나) 제1항 각호의 시설은 연 2회 이상 주기적으로 점검하고 이물질 제거 등 청소를 하여야 한다.

4) 빗물이용시설의 관리자는 관리대장을 만들어 빗물사용량, 누수 및 정상가동 점검, 청소일시 등을 기재하여야 한다.

4. 빗물이용의 시스템 및 빗물이용을 위한기술

4.1 빗물이용의 효과

오늘날 사람이 생활에 사용하고 있는 모든 물의 원천은 빗물이다. 빗물은 인간생활과 직접 연결되어 있으며 어떻게 활용하느냐에 따라 우리생활을 운택하게 해주기도 하고 그 반대로 황폐하게 만들어 주기도 한다.

도시의 인구집중과 산업화로 인하여 용수수요는 급격하게 증가되었고 이와 함께 수자원은 지역적으로 점점 심하게 편중되고 있다. 또한 도시화가 진행됨에 따라 대부분의 지표면이 콘크리트와 아스팔트 등으로 포장되어 땅속으로 스며들어야 할 빗물이 일시에 지표면이나 하천으로 방류되어 도시형침수나 홍수가 빈번하게 발생하고 있다. 더욱이 빗물의 지하 침투량이 감소함에 따라 도시 물순환이 단절되고 지하생태계가 파괴되어 주요한 자연공간인 하천은 건천화되는 것과 함께 시민들의 휴식공간은 점점 사라지면서 사회적 문제로 대두되고 있다.

20세기는 영토분쟁의 시기이지만 21세기는 지역간 물분쟁, 인간과 자연환경과의 물분쟁의 시기가 될 것이라고 전망하고 있으며 이를 나타내기도 하는 듯 오늘날 인류와 자연환경은 심각한 물부족의 위기를 겪고 있다. 이에 선진국에서는 이미 십수년부터 도시형 홍수를 예방하고 부족한 수자원을 해결하기 위해 빗물을 새로운 수자원으로 인식하여 대체 수자원으로서의 빗물이용의 효율적 활용을 추진해 오고 있다. 과거에는 이용가치가 없다고 여겼던 빗물을 저류하여 생활용수, 비상용수, 환경용수 등으로 활용하고 또한 이용할수 없는 빗물은 하수도에 방류하지 않고 되도록 땅속에 침투시켜 지하수 부존량을 증대시키고 지하생태계를 회복시키는 동시에 지표면으로 유출되는 빗물을 저감시켜 치수피해를 예방하며 나아가 치수, 이수 및 환경보전을 고려한 도시계획을 추진하고 있다.

이와 같은 빗물을 이용함으로써 얻을 수 있는 효과는 3가지로 정리된다.

- ① 도시의 자기수원 확보
- ② 물순환시스템의 회복으로 인한 하천, 지하 생태계보전등의 효과
- ③ 홍수예방

4.2 빗물이용시스템 이해

4.2.1. 빗물이용시스템의 분류

가) 이용방식

빗물이용의 방식은 크게 개별이용방식과 공동이용방식 2종류가 있다.

(1) 개별이용

개인주택의 지붕 또는 부지에 내린 비를 한곳으로 모아서 모래, 부유물질을 제거하여 멸균처리를 행한 후 저류조에 저류시켜 그 용수를 수세식화장실용수, 살수, 세차 등에 이용하는 방식이다. 일반적으로 많이 적용되고 있는 방식이다.

(2) 공동이용

비교적 집중된 지역으로서 예를 들면 단지규모의 지역에서 이용하는 방식이다. 집수 장소는 지붕 또는 토사 등의 오염물질이 적고 면적이 넓은 노명 등이 선택되며 집수 장소에 쌓여져 있는 모래, 부유물질을 제거한 후 일정한 용기에 저류시켜 수세식화장실 용수, 세차용수, 살수용수 등 상수대체용수로 이용하는 방식이다. 빗물은 이용한 후에는 오수로서 공공하수도에 방류된다.

나) 이용시스템의 분류

빗물이용시스템은 초기빗물의 배제와 침투시설의 설치여부에 따라 아래와 같이 나눌 수 있다.

(1) 전량이용형 시스템

전량이용시스템을 말하며 가장 간단한 방식이다. 지붕에서 집수된 빗물을 여재 혹은 체(screen)를 거쳐 저류조에 전량을 모은 후 화장실 용수 등으로 이용한다. 이 방식은 빗물이 저류조에 완전히 채워진 상태에서 월류하게 하는 시스템이다.

(2) 초기빗물 배제시스템

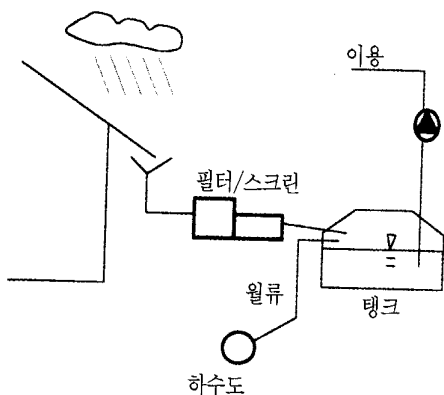
초기빗물 배제시스템으로 우회형으로 초기강우에 포함되어 있는 미세입자나 고형물 등을 하수관거로 배제시킨 후 양질의 빗물만을 저류조에 집수하는 방식이다. 이 방식은 강우강도가 높을 경우에도 하수관거로 배제하게 된다.

(3) 저류·조절형 빗물이용 시스템

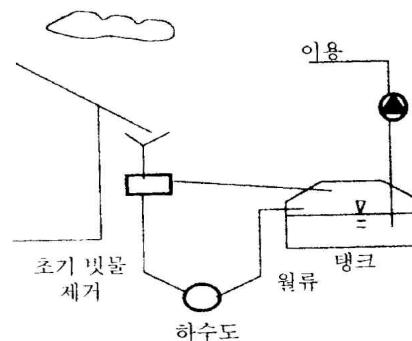
전량이용시스템을 변형한 방식으로 저류조의 용량을 증가시킨 시스템이다. 이 시스템에서는 조절판을 이용해 저류용량을 조절할 수 있다.

(4) 이용·침투형 빗물이용시스템

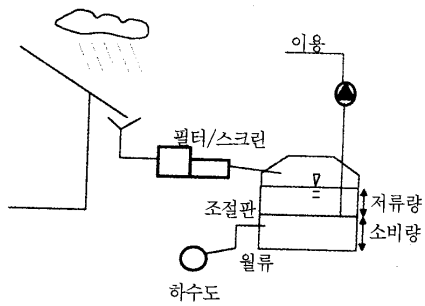
침투병용시스템으로서 빗물이용시설과 함께 침투시설을 설치하여 이용하지 않은 빗물 땅속으로 침투시키는 방식이다. 빗물이용과 더불어 지역내 물순환을 고려한 것이다.



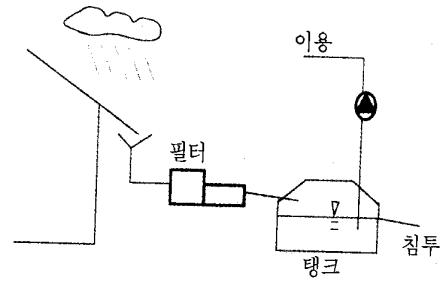
<그림4-1> 빗물전량이용형시스템



<그림4-2> 초기빗물배제형시스템



<그림4-3>빗물저류 및조절형시스템

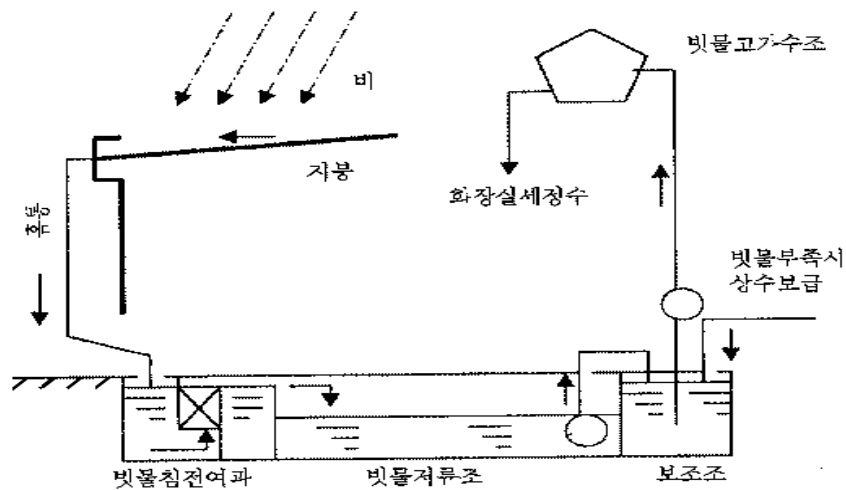


<그림4-4>빗물이용 및 침투형 시스템

4.2.2. 빗물이용시설의 구성

빗물이용시스템은 지붕으로부터의 집수, 빗물저류조, 양수파이프, 잠용수고가수조, 지붕배관으로 구성되어 있으며 비교적 다른 하·폐수재이용시스템에 비하여 단순하다. 그 외에 저류조가 반수가 되었을 때 하수관으로의 by-pass시스템이 필요하다.

또한 음용수로 이용하지 않기 때문에 정수처리의 수준까지 처리할 필요가 없지만 빗물에 포함되어 있는 혐잡물을 제거하기 위하여 침전조나 여과조를 설치하는 경우가 많다. 일반적인 빗물이용시스템의 구조에 대해 나타내면 <그림 4-5>와 같다.



<그림 4-5> 빗물이용시스템의 개념도

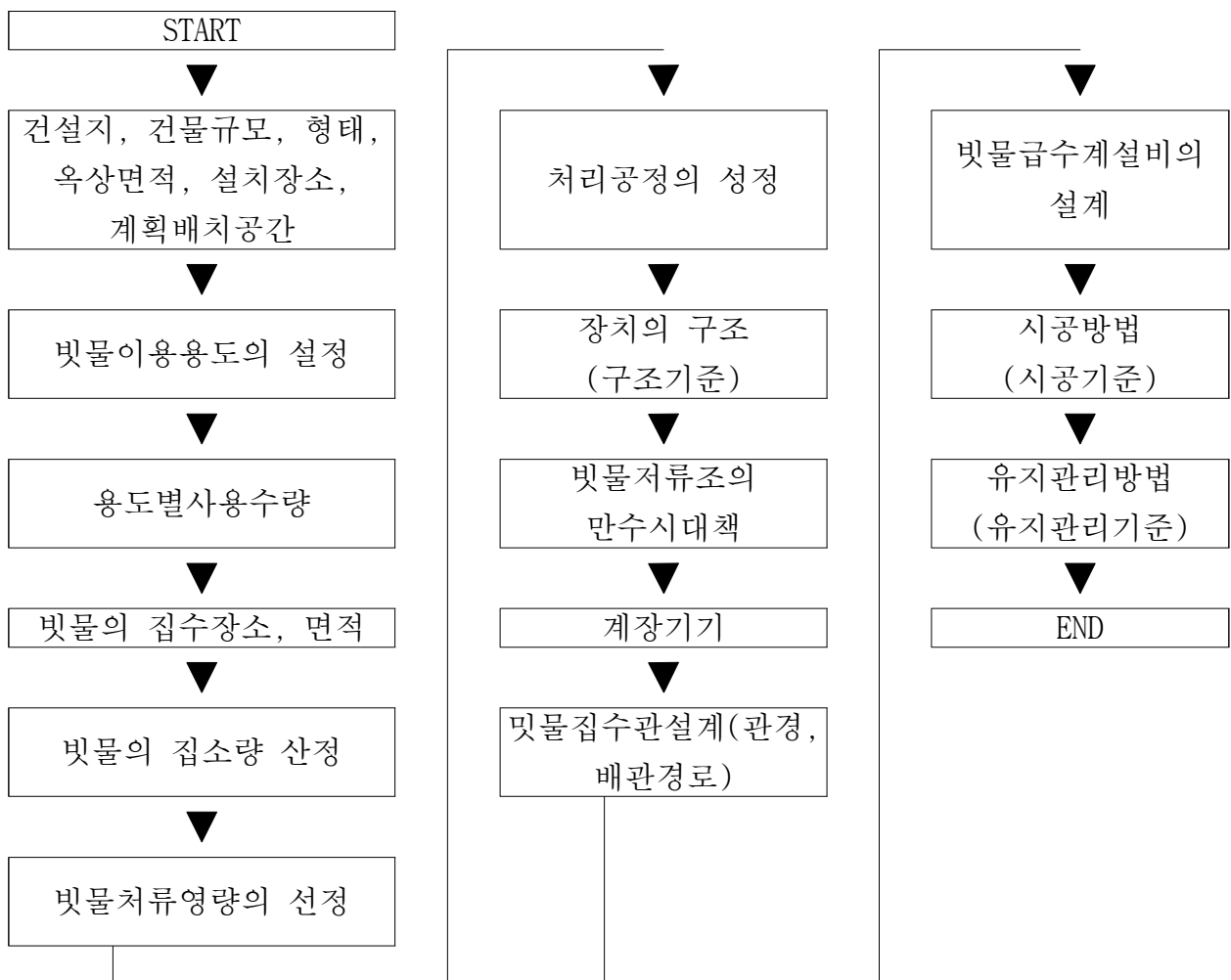
빗물을 단독으로 이용하는 경우는 원칙적으로 지붕이나 옥상과 같이 양호한 수질을 얻을 수 있는 장소로서 되도록 이용할 목적인 용수의 수질에 적합한 빗물을 모을 수 있는 집수면을 선정하여야 한다. 일반적으로 오염도가 심한 집수면에서 모아진 빗물은 오염된 물을 정화하기 위하여 복잡한 처리설비가 필요할 뿐만 아니라 처리비용이 상승하는 요인으로 작용한다. 그러므로 처리에 전문적인 지식이 없는 일반인도 쉽게 다룰 수 있는 간단한 처리 시설로 구성되도록 오염되지 않은 물을 집수하는 것이 바람직하다.

또한 빗물이용에 대한 계획을 수립하는 경우에는 기존 건축물에 대하여 빗물받이 등의 배수계통, 옥상이나 지붕면에 구조적으로 크게 변경되지 않도록 고려하여야 한다.

4.2.3. 빗물이용의 기본설계

건물에서 빗물을 집수하여 상수태체용수로 이용하기 위한 빗물이용시설의 기본설계의 검토절차를 나타내면 <그림 4-6>과 같다.

빗물이용용도, 집수가능한 빗물량·수질, 빗물이용시설 설치장소 및 공간, 빗물저류량등을 검토하고 이용용도에 적합한 처리공법을 결정한다.



<그림 4-6> 빗물이용시설의 기본 설계 절차

4.2.4. 빗물의 수질특성

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

빗물은 그 자체로 대기 오염상태의 영향을 받아서 산성을 나타내는 경향이 있으며,

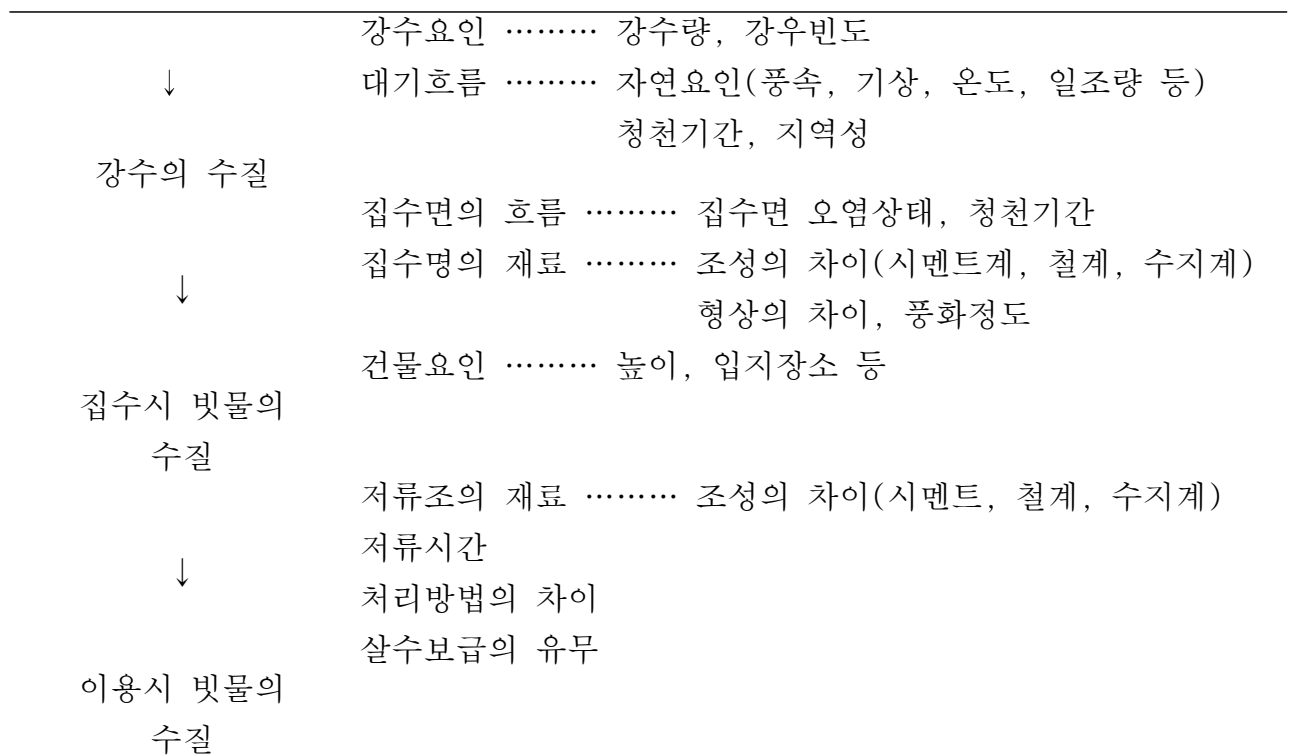
초기 빗물 중에는 수십~수천개/ml의 일반세균도 포함되는 경우도 있지만 간이처리로서 수세식 화장실 세정용수, 살수용수 또는 친수시설의 유지용수로 이용하는데는 큰 문제는 없다고 알려져 있다.

이에 대해 도로면에 떨어진 빗물은 오염물질의 농도가 높고 중금속을 포함한 불특정 다수의 유해물질이 포함될 가능성이 높기 때문에 간이 처리하여 이용할 수 없다. 특히 빗물을 이용하는 경우에는 산성비의 영향, 초기강우의 오염상태에 유의할 필요가 있다. 산성비 및 금속의 부식등이 발생되기 때문에 수조 및 배관 등을 정기적으로 점검하여야 한다. 또한 초기강우의 오염은 옥상-지붕면에서는 먼지나 동물의 배설물 등의 표면퇴적물이 유입될 우려가 있고, 공원의 녹지면에서는 토양의 유출과 비료성분이 혼입될 가능성이 높기 때문에 초기 빗물을 배제시킬 수 있는 시설의 설치가 필요하다.

또한 집수장소로부터의 얻어지는 표면유출량은 도시지역의 강우에 고층화에 따른 용적을 증가로 인하여 집수면인 옥상-지붕면전이 작기 때문에 상대적으로 빗물의 집수량이 적어지게 된다. 또한 공원과 같이 투수성 지반인 경우는 빗물이 토양으로 침투되기 때문에 집수량이 적은 편이다. 이에 반해 콘크리트나 아스팔트로 조성된 주차장, 도로 및 인공지반에서는 유출계수가 높고, 집수면적에 비례해서 집수량도 많아진다.

빗물이 대기에서 떨어져 집수장소를 거쳐 상수대채용수로 이용되기까지 수질에 영향을 미치는 요인에 대하여 나타내면 <그림 4-7>과 같다.

우리나라에서는 아직 빗물의 수질을 측정할 연구자료가 없기 때문에 일본에서 빗물을 대상으로 측정한 자료를 정리하여 나타내었다. 집수장소를 빗물원수, 옥상면, 도로, 주차장, 공원 및 인공지반의 6개로 선정하여 수질을 측정하였으며 집수장소에 따른 빗물의 수질특성은 아래와 같다.



<그림 4-7> 빗물의 수질을 결정하는 요인

1) 직접 채수한 빗물

직접채수한 빗물의 표준적인 수질범위를 나타내면 <표 5-1>과 같다.

pH항목을 제외한 나머지 항목들은 빗물이 떨어지는 지속시간이 길어짐에 따라 농도가 낮아지고 점진적으로 최저치에 접근해가며, 직접 채수된 빗물의 표준적 수질범위로서 SS 10mg/ℓ, COD 1~4mg/ℓ 정도를 제시하고 있다.

2) 옥상·지붕(콘크리트면)

옥상·지붕에 떨어진 빗물을 저류조에서 채수하여 측정한 수질자료를 살펴보면, 침전 여과과정을 거친 저류조의 빗물은 일반세균 항목을 제외하고는 대체로 음용수수질기준에 적합한 수질상태를 보인다. 단 바람이나 옥상·지붕에 쌓인 퇴적물의 상태에 따라 수질은 다소 변동될 수도 있다.

3) 도로

하루 운행되는 차량 대수와 6m 폭의 도로에 수돗물을 살수하고, 이를 채수해서 측정한 수질자료를 보면 5mm이상의 강우량 조건에서 BOD는 10mg/ℓ 이하가 얻어진 반면 초기오염도는 상당히 높다.

4) 주차장(아스팔트)

세균수가 다소 많지만 옥상·지붕면에서 집수한 빗물의 수질농도와 유사하며 비교적 양호한 수질상태를 보인다.

5) 공원(녹지)

공원의 녹지면에 인공적으로 수돗물을 살수하고 이를 채수해서 측정한 수질자료를 보면 강우강도 20~120mm/hr, 살수시간 10~21분의 살수조건에서 유출수의 BOD는 10~30 mg/ℓ의 범위이다. 또한 유출개시 직후의 타도는 현저히 증가된 것으로 보고되고 있다.

6) 인공지반

도로를 제외한 정원, 식재된 건물공간과 같은 인공지반에서 빗물을 이용하는 경우는 표류수를 이용하는 방법과 빗물을 침투·여과시켜서 이용하는 방법으로 구분된다.

인공지반에서 채수한 빗물을 침투·여과시켜 측정한 수질농도는 표4-1과 같다.

빗물을 침투·여과시켜서 채수한 빗물의 pH는 9.1로서 이는 저류조 콘크리트조에 기인하는 것이며 기타 다른 수질항목은 양호한 상태를 보인다. 인공지반에서 채수된 빗물의 수질은 옥상·지붕면에서 채수된 빗물의 수질과 거의 유사하다.

<표 4-1>인공지반면에서 집수된 빗물을 침투여과시켜 측정한 수질농도

항목	수 질 농 도
pH	9.1
COD(mg/ ℓ)	2.8
SS(mg/ ℓ)	30이하
색도(색)	1
SO4(mg/ ℓ)	83.4
NO3(mg/ ℓ)	13.9
Cl-(mg/ ℓ)	32.5
전기전도도($\mu\Omega/cm$)	4262

출처 : Green Town 개발사업Ⅲ(환경부분), 한국건설기술연구원, 1998.

7) 집수장소별 수질 특성

위의 빗물이용하기 위한 집수대상으로 적합한 6개의 집수장소에 따라 측정한 빗물의 수질조사결과와 특징을 정리하여 나타내면 <표 4-2>과 같다.

표에서와 같이 빗물을 용수로 이용할 경우에 직접 채수된 빗물과 지붕이나 옥상면에서 집수된 빗물은 초기 빗물을 배제하면 처리하지 않아도 직접 이용할 수 있는 것을 알 수 있다.

<표 4-2>집수장소별 수질특성 요약

빗물 유출수 종류		집수장소에 따른 수질특성
빗물(직접채취)		<ul style="list-style-type: none"> ·수질적으로 양호하나 도시지역의 빗물은 pH가 3~6의 범위에 있는 경우가 많다. 그러나 기존 빗물이용시설에서 산성비에 의한 피해보고가 많지 않으며 집수면의 콘크리트의 알칼리 성분의 용출로 pH는 7이상이 되는 경우가 많다. ·빗물은 지속시간이 길어짐에 따라 오염도가 떨어진다 ·빗물중에는 다수의 세균류를 포함하고 있으나 이용상 장애는 크지 않다.
지붕·옥상면		<ul style="list-style-type: none"> ·초기 유출수는 표면 퇴적물을 포함하는 관계로 COD, SS등의 오염도가 높으나 지속시간이 길어지면서 빗물의 수질은 양호한 상태로 바뀐다. ·일반세균 항목을 제외하고는 음용수수질기준에 준하는 양호한 수질이 얻어질 수 있다.
도로면		<ul style="list-style-type: none"> ·대기분진 외에 기름, 타이어 마모물질, 흙입자, 협잡물 등 불특정 다수의 오염물질이 유입될 가능성이 높다. BOD 오염농도는 비교적 높은 편이다. ·강우량이 적은 경우 탁도 농도가 매우 높아진다. ·교통량이 많은 도로일수록 오염도는 높다. ·아스팔트 표면이 콘크리트 표면보다 탁도가 높다.
주차장	교통량적다	·사람에 의한 인위적인 오염행위가 없으면 옥상명에 준하는 수질을 얻을 수 있다
	교통량많다	·교통량 증가에 따라서 탁도는 높아지고 사람에 의한 인위적인 오염행위에 많은 영향을 받는다. 침수에 의한 오염물의 유입 가능성도 높다.
녹지	잔디	·초기 오염된 빗물을 제외하면 비교적 양호한 수질을 얻을 수 있으나 유출계수가 적어 집수량이 적다.
	거친 녹지	·빗물의 지속시간이 경과될수록 탁도는 높다.
인공지반		·인공지반에 여과기능을 부가한 경우, 건물 주변이나 정원에서 모아지는 빗물의 수질은 비교적 양호하다.

4.2.5. 빗물이용 목표수질

빗물을 이용하는데 발생할 수 있는 문제점으로는 인체의 위생적 측면과 기기에 대한 장애이다. 인체에 대한 피해는 전염병 및 사용자의 불쾌감 등이 되며, 기기에 대한 장애는 기기, 배관내부의 부식, Scale, Slime등이 있다. 또한 이용목적의 시설에 물을 보내기 위해서는 배관을 사용하여 통수를 하기 때문에 부식, Scale, Slime에 대한 장애는 피할 수 없다. 그러므로 빗물이용을 계획할 경우에는 인체에 해가 없고 기기에 주는 장애를 최대한 줄일 수 있도록 소독제의 잔류와 Scale, Slime을 발생시키는 물질이 포함되지 않도록 고려하여야 한다.

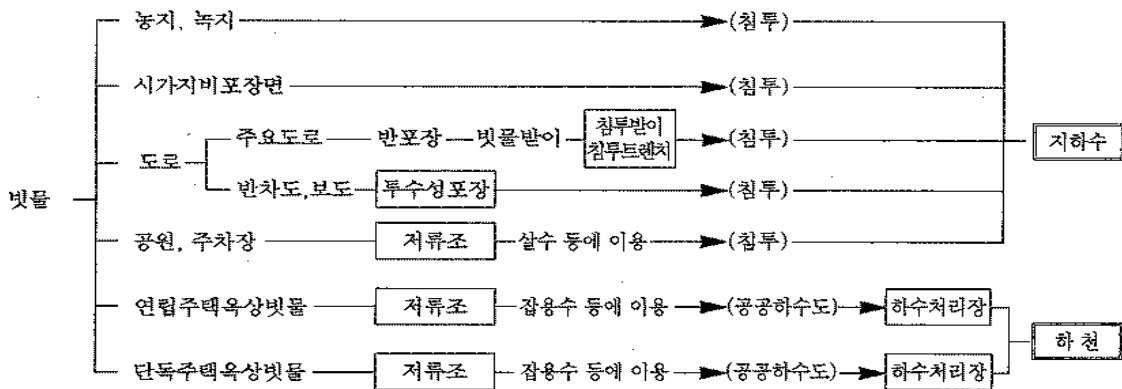
빗물이용의 목표수질은 각각의 적용분야에서 요구되는 수질이 다르지만 기본적으로 검토하여야 하는 사항은 다음과 같다.

- 1) 위생상 문제가 없을 것
- 2) 이용상 불쾌감을 주지 않을 것
- 3) 시설구조상 문제가 없을 것
- 4) 시설의 유지관리상 지장이 없을 것

4.3 빗물이용을 위한 기술

빗물이용기술은 크게 빗물집수, 빗물저류 및 빗물 침투로 구분할 수 있다. 이 중에서 수자원의 유효이용과 외부공간을 대상으로 하는 녹지공간 및 친수공간의 창출과 밀접한 관련이 있는 부분은 빗물집수 및 빗물저류부이며 홍수유출량 저감 및 지하수함양은 빗물 침투부분과 직접적으로 관련이 있다.

일반적인 빗물이용의 흐름에 대해 나타내면 <그림 4-8>과 같다.



<그림 4-8> 빗물이용의 흐름

물의 유효이용측면에서 빗물이용은 빗물과 오수를 분리하는 것에서부터 시작한다. 강수로 내린 빗물은 일부는 집수되어 상수대체용수로 이용하고 집수되지 않은 빗물은 땅속으로 직접 침투시킴으로서 하수도로 방류되는 빗물의 양을 줄여 나감으로서 가능한 하수도는 오수와 폐수만을 처리하도록 한다. 이러한 원칙에 의하여 건물의 용수급배수 시설과 처리시설을 다루는 기술이 빗물이용을 위한 기술이 된다.

- ① 집수기술 : 지붕면 등 집수면에서 빗물을 집수하기 위한 기술
- ② 저류기술 : 저류조와 탱크에 저장해 놓기 위한 기술
- ③ 처리기술 : 수질정화 및 초기빗물을 차단하기 위한 기술
- ④ 급수기술 : 빗물 및 수돗물을 급수하기 위한 기술
- ⑤ 지하 침투기술 : 집중호우시의 다량으로 발생하는 빗물을 되도록 땅속으로 침투시켜 지표면으로 유출되는 빗물량을 줄이기 위한 기술
- ⑥ 유지관리기술 : 빗물이용 시설의 유지관리 기술

빗물이용시스템을 계획할 때에는 위의 기술을 조합시켜서 건물의 상태와 시설의 규모, 빗물의 이용용도 등에 적합한 시스템으로 구성하여야 한다. 이 경우 스스로 창조적인 발상으로 독자적 개발이 중요하다. 빗물이용의 보급과 함께 필요한 기술도 개발하고 있지만 아직 불충분하며 개량의 여지는 많이 남아 있다.

빗물이용시스템의 구성에 고려하여야 하는 사항은 <표 4-3>과 같다.

<표 4-3> 빗물이용시설의 구성과 결정요소

시설구성		빗물이용시설 결정에 있어서 고려해야 할 사항
집수시설	지붕면 옥상면 주차장	·용도에 따라서 양호한 수질이 확보가능한 집수면을 이용 ·수요량에 따라서 면적을 확보
	홈통	·지역의 강우 특성 (시간최대우량)
	처리시설	·유입량에 따라서 침전, 여과에 필요한 체류시간 확보
저류시설	저류조	·1일 또는 연간강우량과 수요량
	급수조	·유출저감의 계획 강우 규모
급수시설	저류조	·일최대이용수량
	고가수조	
	배수관	·시간최대이용수량

다음은 주로 단독주택, 연립주택, 소규모 사무빌딩, 공공시설 등에서의 빗물을 이용하는 경우에 각 부분에서 고려하여야 하는 요소와 기술적인 내용에 대해 설명한다.

4.3.1. 빗물집수기술

1) 집수장소

빗물을 회수하는 방법에는 아래 3가지가 있다.

- ① 건축물의 지붕, 옥상 등을 대상으로 집수하는 방법
- ② 부지전체를 대상으로 집수하는 방법
- ③ 지리적 조건을 고려하여 부분적으로 집수하는 방법

빗물의 집수장소를 지붕, 옥상 등을 대상으로 하는 방법은 빗물의 유출률이 좋고 동선에 회수한 빗물의 수질이 양호하기 때문에 염소멸균 정도의 간단한 처리로 용수로서 이용할 수 있고 처리비용도 저렴하다. 그러나 건폐율 등에 의하여 면적이 제한되어 강우량의 일부밖에 회수할 수 없으므로 충분한 수량을 얻을 수 없다. 부지전체를 집수하는 방법은 많은 수량을 얻을 수는 있지만 회수한 빗물이 노면을 흐르면서 다량의 오염물질을 포함하여 수질이 나빠지게 되므로 처리비용이 높아진다.

그러므로 실제로 계획을 세울 때는 필요수량이나 처리비용의 경제성 측면을 검토하여 집수장소 등 회수방법을 결정하여야 한다.

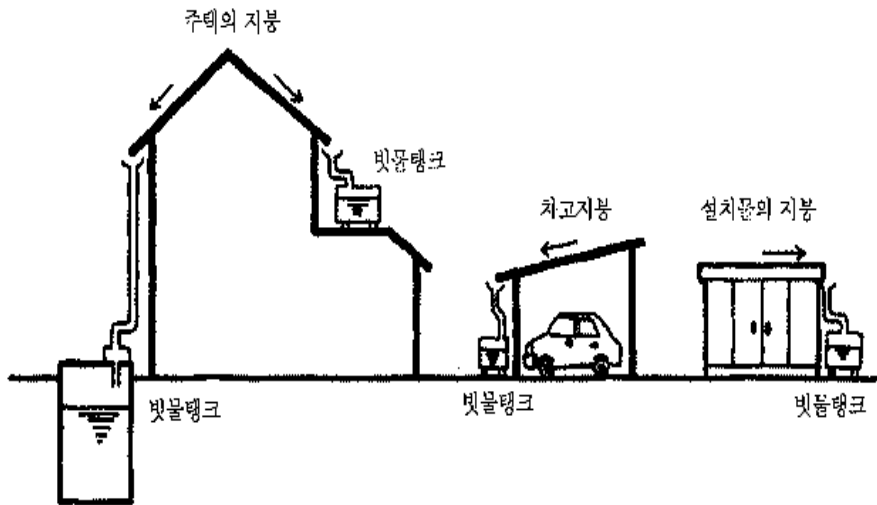
(1) 단독주택

단독주택에서는 보통 지붕 또는 옥상에 내린 빗물을 모을 수 있으며 어떤 형태의 주택에서도 간단히 할 수 있다. 홈통과 배수통을 통하여 그대로 방류되는 빗물을 모아서

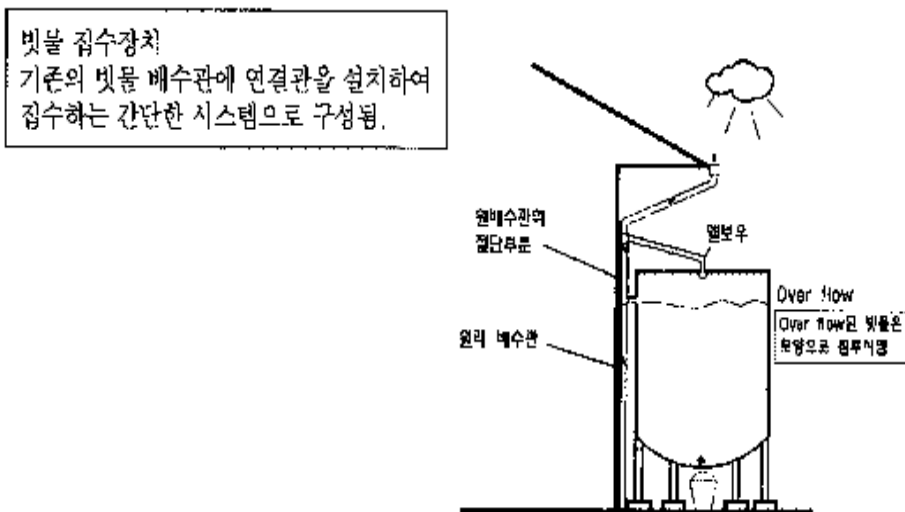
적합한 용로도 이용하는 방식이 바람직하다. 별도로 설치된 창고나 주차장의 지붕에서도 빗물을 모을 수 있다

집수시에는 쓰레기 등이 혼입되지 않도록 하여 모은 후 빗물저류조에 저장한 후 화장실세정수와 정원수, 세차용, 청소용 등으로 사용할 수 있다. 따라서 빗물이용에 대해 관심을 가지고 지붕명과 지붕 물받이의 청소, 저류조의 유지관리를 철저히 함으로써 모은 빗물의 수질을 양호하게 유지하도록 하는 것이 중요하다. 빗물의 수질이 양호할 수록 다양한 용도로 이용할 수 있고 열대어 등의 관상용 수조의 보조용수로도 사용할 수 있다. 특히 낙도 등 수도시설이 불충분한 지역에서는 끓여서 음용수로도 사용할 수 있다.

<그림 4-9>는 일반적인 단독주택의 빗물이용을 위한 집수방법에 대해 보여주고 있으며 또한 단독주택에서 빗물을 이용하기 위하여 설치한 빗물 집수장치의 모습은 <그림 4-10>에 나타내었다.



<그림 4-9> 단독주택에서의 빗물이용을 위한 집수방법



<그림 4-10> 빗물집수장치 설치 현황

(2) 공동주택

공동주택에서의 빗물이용은 건물을 신축할 때부터 빗물이용시설을 설치하지 않으면 집수장소, 저류장소가 한정되어 저류량이 적어지기 때문에 이용할 수 있는 용도도 식재용수나 비상용수에나 쓰이는 정도이다. 또한 단독주택과 같이 자유롭게 증·개축하는 것이 어렵기 때문에 수세식 화장실용수 등으로도 이용이 곤란하다.

집수 및 저류의 장소로는 발코니와 테라스가 있고, 집수방법으로는 발코니 바닥에 비닐시트를 깔거나, 혹은 햇빛 방지창을 개량하여 설치하기도 하고, 비가 올 때만 발코니의 바깥에 집수 시트를 내놓아 집수한다. 만일 이웃집 주인의 협의하에 윗층의 발코니로부터 흐르는 빗물을 사용할 수 있기도 하고, 필요할 경우 옥상의 빗물을 배제시키는 관에 빗물분지장치를 설치하여 떨어지는 빗물을 받는 것도 기술적으로 가능하다.

만일 입주주민과의 협의가 이루어지면 옥상의 빗물을 우선 맨 윗층의 발코니에 있는 빗물탱크에 저류하고, 그 월류수를 다음의 층의 빗물탱크로 보내고 또 월류수를 또 다음층으로 순서대로 반복한다면 각 층마다 빗물이용이 가능하다. 그러나 이 때에는 빗물저류조의 크기 및 설치위치, 월류방법 등을 동일하게 설치하여야 한다.

2) 빗물의 집수시 유의점

빗물을 어디에서 모으는가에 의해 빗물의 수질이 결정된다. 우선 빗물의 용도에 의해 필요한 수질이 결정된다. 따라서 그 용도에 적합하게 집수장소를 선정하고, 여과 등으로 처리하여 필요한 수질이 될 때까지 정화시켜 사용한다. 인간과 동물이 접근할 수 없는 지붕에서는 수질이 양호한 빗물을 집수할 수 있다. 쓰레기와 먼지를 제거하고, 정화시키면 음료수로도 활용할 수 있으며 실제로 자연수 및 우물뿐만 아니라 수도의 공급이 없는 곳에서는 음용수를 포함하여 생활용수로 충분히 사용할 수 있다.

옥상과 발코니, 테라스 등은 사람과 동물이 접근하는 장소에서만 다소 빗물이 오염될 수 있지만 화장실의 세정수 및 살수에 사용하는 것에는 특별한 장애는 없다 다만, 공동주택에서는 발코니에서 세탁한 후 배수관으로 보내기 때문에 그 경우에는 발코니의 배수관에서는 집수하지 않도록 한다.

인공지반과 주차장의 집수는 여과처리하는 경우에도 화장실의 세정수로만 사용하는 것이 바람직하다. 도로와 선로 등에서의 집수는 기름과 먼지, 금속가루 등이 포함되어 있기 때문에 반드시 여과처리하여야 하고 또한 이용용도도 화장실 세정수로만 제한하여야 한다.

3) 효과적 집수방법

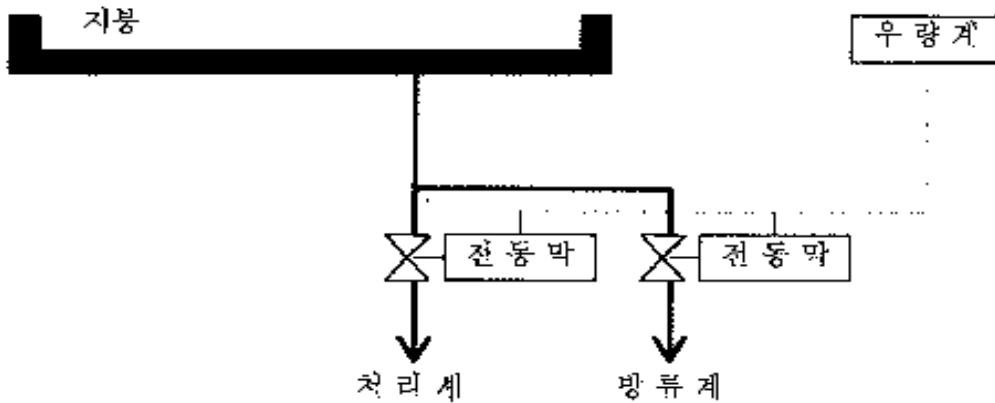
(1) 초기강우의 제거

강우는 대기중의 부유물을 포함해서 내리고, 특히 도시에 내리는 비에는 지상으로부터 배출된 유해물질의 아황산가스과 질소산화물 등이 용해되어 있다. 또한 옥상 등의 집수면에도 유해물질을 포함한 먼지 등이 퇴적되거나 부착해 있기 때문에 이것에 의해 빗물이 오염된다. 특히, 맑은 날이 계속된 이후에 초기빗물에는 오염물질이 다량 포함되어 오염도가 상당히 높으므로 강우량 1.0mm정도를 초과할 때까지는 집수하지 않은 것이 좋으므로 초기빗물을 제거하는 배제시설을 설치하여야 한다.

빗물저류조가 커서 다량의 집수가 가능한 경우에는 저류한 빗물중에 토기강우의 비율이 적기 때문에 자동초기빗물 제거설비의 설치가 크게 중요하지 않지만 개인 단독주택에서 소용량의 빗물탱크에 저류시키는 경우에는 초기강우를 반드시 제거하는 것이 바람직하다.

빗물이용시설에서 초기빗물을 제거하는 방법을 나타내면 <그림 4-11>와 같다.

대규모의 빗물이용시설에서는 옥상에 우량계등을 설치하여 계측기에 연동시켜 집수관의 입구를 자동으로 전화시킴으로써 오염된 빗물을 집수하지 않도록 하고 있다.



<그림 4-11>우량계를 이용한 초기빗물 배제 방법

초기 강우시에는 지붕의 빗물받이와 빗물탱크를 연결시키지 않음으로써 초기빗물을 차단할 수 있지만 강우시에 계속 있어야 하기 때문에 불편하다. 따라서 자동적으로 초기강우를 차단할 수 있고 조작 및 유지관리가 쉬운 장치가 필요하다.

(2) 협잡물 제거

비가 내리면서 대기중의 오염물질이 빗물에 용해되는 것은 어쩔 수 없지만 빗물은 집수면의 오염에 의해서 오염될 수 있기 때문에 집수면을 항상 청결하게 유지하여야 한다. 지붕면은 사람이 쓰레기등을 버리지 않지만 매연과 분진뿐만 아니라 새 및 고양이 등의 배설물에 의해서도 오염된다. 특히 청소하기도 어려운 장소이기 때문에 적어도 동물이 접근하지 못하도록 해야 한다. 이때 저류한 빗물을 사용하여 집수면을 청소하는 것이 바람직하다.

낙엽과 쓰레기 및 모래 등이 지붕 배수관 주변과 지붕 물받이에 쌓여 있으면 빗물이 오염될 가능성이 있기 때문에 자주 청소를 해주거나 빗물과 함께 협잡물이 흘러들지 않도록 할 필요가 있다. 특히 맑은 날씨가 지속되고, 강풍이 분 이후 혹은 낙엽이 많은 계절에는 자주 청소를 해준다.

빗물을 음용수를 포함하여 전부 생활용수로 전부 사용하고 있는 미국 워싱턴주에서는 지붕빗물받이에 그물바구니를 씌워 낙엽을 제거한다. 스크린에 걸린 협잡물은 자동적으로 수직 빗물배수관의 바깥으로 떨어지기 때문에 사람의 손이 필요하지 않다.

그물바구니나 스크린을 빗물저류조의 바로 앞에 설치하는 방법이 있다. 지붕트렌치와 지붕 물받이 주변에 설치하면 협잡물을 제거하는 것이 간단하다. 이 때 그물바구니 및 스크린의 직경은 수mm에서 10mm정도가 적당하다.

4.3.2. 빗물저류기술

1) 빗물집수

“계획시간최대 빗물집수량”은 강우강도가 계획지역의 1시간 최대 강수량일 때 빗물집수량으로 한다. 이 수치는 빗물처리설비 중에서 스크린 및 침사조의 설계에 적용된다.

빗물의 처리장치의 설계수량은 크게 설정하는 것이 용량으로서는 안전하지만 너무 크게 설정하게 되면 경제성측면에서 불리하게 된다. 이 때문에 필요한 범위에서 작게 설정하는 것이 바람직하다.

빗물의 처리장치중에서 처리의 제 1단계로 되는 스크린과 침사조는 장치 자체의 용량이 적고, 설계수량을 어느정도 크게 해도 문제가 없다. 그리고 스크린, 침사조의 설계수량에서는 설계지역의 1시간최대빗물량을 사용하고 호우시에도 대응할 수 있도록 한다. 이 1시간최대빗물집수량을 계획시간최대빗물집수량으로 부르고 계획지역에서의 1시간최대강수량에 집수면적과 유출수를 곱하여 계산한다.

“계획시간빗물집수량”은 강우강도가 10~20mm/hr정도일 때의 빗물집수량으로 하고 지역 및 빗물이용시설의 특성을 고려하여 결정한다. 빗물처리설비 중에서 침전조 설계에 이용한다. 빗물의 처리장치에서 침전조에 대해서는 계획시간최대빗물집수량을 설계수량으로 하면 장치의 용량이 너무 크게 되고 공간, 비용측면의 제약에서 현실적이지 못하다. 그러므로 침전조에 대해서는 실용상 문제가 없는 범위에서 설계수량을 가능한 작게 하고 그 수치를 “계획시간빗물집수량”으로 부르는 것으로 한다. 그 체적으로는 계획시간빗물집수량은 강우강도 10~20mm/hr정도일 때 빗물집수량으로 하지만 이것은 <표 4-9>에 나타낸 이유에 의한다.

<표 4-9>는 강우 초기의 빗물유출수의 수질변화의 사례를 나타낸것이지만 수 mm이상의 강우가 오면 빗물유출수의 수질은 상당히 좋아지고 빗물의 처리라는 관점에서 보면 수질상의 문제는 거의 없게 된다.

(1) 빗물집수량 계산

빗물의 집수장소가 각각 결정되면 수집면적에서 모을 수 있는 빗물의 양 계산이 가능하다. 집수되는 빗물의 양은 다음과 식에 의하여 계산되다

$$\text{빗물집수량(m}^3\text{)} = \text{집수면적(m}^2\text{)} \times \text{강수량(m/년)} \times \text{유출계수}$$

예를 들면 집수면적 60m², 연간강수량 1.5m, 유출계수 0.9로 하면, 1년간의 집수량은 81m³이다. 1일로 환산하면 222L(81.000L÷365일)로 된다.

화장실의 세정에 필요한 수량은 보통 1일당 50L/인이므로 60m²의 집수면적이 있으면, 4인의 필요량을 공급할 수 있다는 계산이다. 단 이것은 지붕에서 흘러내린 빗물을 전부 모으는 것이 가능하다는 가정하에 계산했기 때문에 호우시나 빗물저류조에서 overflow되는 양을 감안해야 해야한다. 일반적으로 유효 집수량은 빗물저류조의 용량에도 다소 영향이 있더라도 보통 80%정도이다. 이 양은 화장실의 세정수에 필요한 수량의 약 90%(178L÷200L)이다. 또한 집수면에 내린 빗물의 70%(178L÷222L×유출계수 0.9)정도이다.

이상의 계산에 의하면, 빗물저류조의 용량이 200L가 있으면 충분한 것으로 나타나지만, 화장실의 세정수 이외에 살수에도 사용하기고 하고, 비상용수로 비축할 필요가 있

다는 것을 감안하면 다소 부족하다. 더욱이 비가 내리는 것은 평균 4일에 1회정도로서 1개월 동안 비가 내리지 않을 때를 고려하면 1일에 사용하는 수량의 20~30배 이상 (200L×20~30=600L)의 용량을 확보하고, 비가 내릴 때 가득 채워두는 것이 바람직하다.

(2) 유출계수

빗물집수량 산출에서 중요한 요소인 유출계수는 기후, 지세, 지질, 지표상황, 강우강도, 강우지속시간, 배수면적, 배수시설 및 주거형태 등의 영향을 받으며 이것에 따라 현저하게 변화한다.

유출계수는 하수시설기준과 하수 정비기본계획 보고서(1998)의 공종별 기초유출계수 표준치를 이용하여 집수량을 산정한다.

국내에서 일반적으로 사용되고 있는 유출계수는 “하수도시설기준”에서 제시된 것으로 토지이용별 기초유출계수의 표준치와 용도별 유출계수의 표준치로 구분되며 그 내용은 <표 4-4> 및 <표 4-5>과 같다.

부지에 내리는 비는 비표면 유출, 증발, 지하침투 등으로 사라진다. 이 중에서 이용가능한 것은 표면유출분이다. 강우량 중에서 어느 정도가 유출하는지는 유출계수로 나타내지만 하수도시설기준에 의하면 그 수치는 표에 나타낸 것과 같으며 지붕에서 집수한 빗물의 유출계수는 0.85~0.95로 된다. 빗물이용시설에 있어서 빗물의 유출계수를 실측한 예는 거의 없다.

<표 4-4>토지이용별 기초 유출계수 표준치

표면형태	유출계수	표면형태	유출계수
지붕	0.85 ~ 0.95	공지	0.10 ~ 0.300
도로	0.80 ~ 0.90	잔디수목이 많은 공원	0.05 ~ 0.25
기타불투수면	0.75 ~ 0.85	경사완만한 산지	0.20 ~ 0.40
수면	1.00	경사급한 산지	0.40 ~ 0.60

<표 4-5>토지이용용도별 총괄 유출계 표준치

구분	유출계수
부지내 공지가 아주 적은 상업지역 또는 주거지역	0.80
침투면이 야외작업장, 공지를 약간 가지고 있는 공장지역 또는 정원이 약간 있는 주거지역	0.65
주택, 공업단지 등의 중급 주택단지 또는 독립주택이 많은 지역	0.50
정원이 많은 고급 주택지나 밭 등이 일부 남아 있는 교외지역	0.35

2) 빗물저류조

(1) 빗물저류조의 크기

빗물저류조의 크기는 보통 집수면적과의 관계에 의해 결정된다. 즉,
 $\text{집수면적}(\text{m}^2) \times \text{계수}C(\text{m}) = \text{빗물저류조의 용량}(\text{m}^3)$

이 식에서 계수 C는 빗물의 강우 형태의 차이 등 지역성을 고려한 수치가 될 수 있지만 과거의 실적 등에 의해 전국 어디에서도 C=0.1로 하여 계산하고 있다. 따라서 집수

면적이 60m²인 경우 6m³가 빗물저류조의 적합한 용량이 된다. 이 용량을 확보하면 집수면에 내린 빗물의 70%정도를 유효하게 이용할 수 있는 비율을 빗물이용률이라 한다.

빗물저류조의 용량을 크게하면 할수록 월류되는 양이 줄어들게 되어 집수되는 양이 많이 되므로 빗물이용율도 증가할 것으로 생각되지만 실제로는 반드시 그렇지 않다. 용량을 50%증가시켜도 증가되는 빗물이용율은 5~10%에 그친다. 결국, 빗물저류조는 용량이 크면 클수록 좋다고 말할 수는 없는 것이다. 특히 기존의 시설에서는 빗물저류조의 설치장소를 확보하기 어려운 경우가 많기 때문에 가급적 앞의 식에서 계산한 적합한 빗물저류용량에 접근하도록 하여 부족분은 상수도에서 보충하도록 한다.

또한 시설을 건축하는 경우에 건축기준법에서 정한 용적률로부터 빗물저류조의 상당분을 일정한 한도(=기준용적률 0.25배)까지 제거(=용적률의 산정기초가 되는 바닥면적으로부터 빗물저류조의 바닥면적을 공제)하는 것이 가능하다.

빗물저류조의 유효용량을 결정하는 방법은 다음과 같다.

여기서 빗물을 이용한다는 관점에서의 빗물저류조의 용량산정방법을 나타낸다.

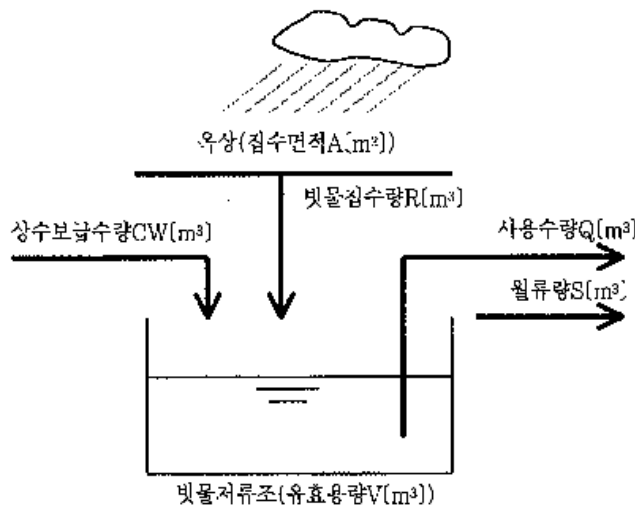
빗물의 이용상황을 나타내는 지표로서는 “빗물이용률”, “상수도체율” 이 장 사용된다.

$$\textcircled{1} \text{ 빗물 이용률 (\%)} = \left(\frac{\text{빗 물 이 용 량}}{\text{빗 물 집 수 량}} \right) \times 100$$

$$\textcircled{2} \text{ 상수 대체율 (\%)} = \left(\frac{\text{빗 물 이 용 률}}{\text{사 용 수 량 량}} \right) \times 100 = \frac{\text{빗물이용률} \times \text{빗물집수량}}{\text{사 용 수 량}}$$

(주) 사용수량 = 빗물이용량+상수보급수량

빗물저류조의 용량 균형을 개념적으로 나타내면 <그림 4-12>과 같다.



<그림 4-12> 빗물저류조의 용량 균형 개념도

<그림 4-12>에서와 같이 빗물의 이용상황은 빗물집수량 R, 사용수량Q, 빗물저류조용량V에 의하여 결정된다. 빗물집수량R은 R=집수면적R×강수량×유출계수로 계산된다. 그러므로 지역, 대상년도가 정해지면 집수면적A와 사용수량Q과 빗물저류조용량V로 빗물

이용율, 상수대체율등의 빗물이용상황을 나타낼 수 있다.

일반적으로 빗물이용설비를 계획할 경우에 집수면적A와 사용수량Q는 전제조건으로서 주어지기 때문에 이들 조건을 근거로 하여 빗물저류조의 크기를 파악하는 것이 중요하다. 이를 위해서는 빗물저류조용량을 몇 개의 조건으로 설정하여 빗물이용상황을 모의 시험하면 좋다. 이것에 의하여 얻어진 결과로 건물의 구조나 부지조건등의 제약과 건설비 등의 경제성을 고려하여 빗물저류조용량을 결정한다. 또한 빗물저류조를 침전조와 겸용하는 경우에는 빗물저류조용량은 침전조의 필요용량을 만족해야 한다.

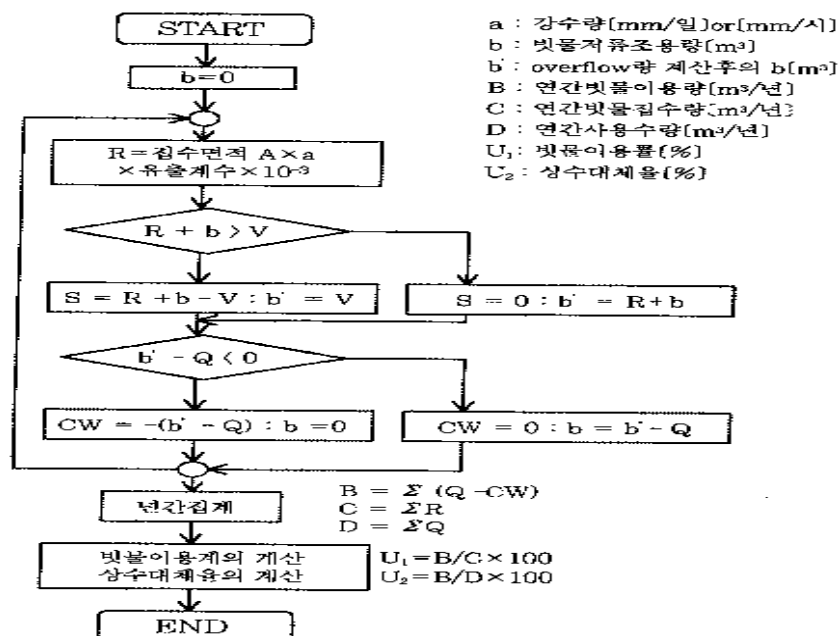
(2) 빗물이용상황의 계산방법

여기서는 1년간의 일별 강수량자료를 사용하여 년간의 빗물이용상황을 모의실험하는 방법을 나타내었다.

빗물저류조용량 $V(m^3)$ 을 설정하고 일별강수량 자료 $a(mm/일)$ 에서 구한 빗물집수량 $R(m^3/일)$ 과 사용수량 $Q(m^3/일)$ 에서 일별의 상수보급수량 $CW(m^3/일)$, 빗물저류조 월류량 $S(m^3/일)$ 을 계산한다. 그리고 이것에 대하여 연간을 통하여 계산하고 빗물이용률(%), 상수대체율(%)을 구한다.

계산순서는 아래와 같으며 플로차트로 나타내면 <그림 4-13>과 같다.

- ① 각 1일의 강수량 $a(mm/일)$ 에서 빗물집수량 $R(m^3/일) \{=집수면적A(m^2) \times a \times \text{빗물유출계수} \times 10^{-3}\}$ 을 구한다.
- ② 빗물집수량 R 과 빗물저류조용량 $V(m^3)$ 와 빗물저류조수량 $b(m^3)$ 에서 빗물저류조 월류량 $S(=R+b-V \text{ 또는 } 0)(m^3/일)$ 을 구한다.
- ③ 그 시점에서의 빗물저류조용량 b' $\{=V \text{ 또는 } R+b\}(m^3)$ 을 구한다.
- ④ 빗물저류조용량 b' 와 사용수량 Q 에서 상보급수량 $CW\{-b' -Q \text{ 또는 } 0\}(m^3)$ 를 구한다.
- ⑤ 그 시점에서의 빗물저류조수량 $b'' \{0 \text{ 또는 } b' -Q\}(m^3)$ 을 구한다.
- ⑥ b'' 를 b 로서 다음날의 것을 계산한다.
- ⑦ 1년분의 강수량자료에 대하여 ①~⑥의 계산을 반복실행한다.
- ⑧ 이상의 계산결과에 의하여 연간 빗물이용량 $B(=\sum(Q-CW))(m^3/년)$, 년간의 빗물집수량 $C(=\sum R)(m^3/년)$, 년간의 사용수량 $D(\sum m^3/년)$ 을 계산하고 빗물이용률 $\{B/C \times 100\}(\%)$ 을 구한다.



<그림 4-13> 빗물이용 상황의 계산 순서

(3) 빗물저류조의 조건 및 종류

빗물저류조는 누수가 되지 않은 것도 물론 중요하지만 저류조에서 성분이 용출되어 저장된 물을 오염시키지 않고 조류의 발생을 막기 위한 햇빛차단 재질로 하고 덮개가 있으며 증발과 먼지 등이 유입되지 않고 내부를 청소하기 쉬운 구조인 것 등의 조건을 만족시키는 용기라면 어떤 것이라도 상관없다. 빗물의 용도가 저류용량과 설치장소에 따라 형상, 재질, 구조가 다른 여러 가지 용기가 사용되고 있다. 기성품을 설치하는 경우도 있고 현장에서 조립하기도 하고 건축하는 경우도 있다. 저류조나 탱크에 수위계가 붙어 있으면 편리하다.

과거에는 물 항아리, 통, 나무통 등이 사용되었으나 최근에는 소형의 용기(500L이하)인 드럼통과 폴리에틸렌 등이 사용되고 있다. 또한 빗물탱크 전용 기성품도 있다. 대형(500L이상)으로 강판제와 스텐레스 강판제, FRP재질 등의 조립탱크, 철제 콘크리트로 만든 것도 있으며 FRP재질의 정화조를 이용하고 있는 예도 있다.

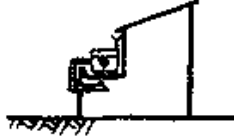
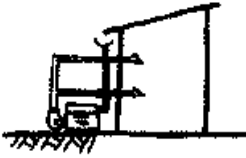
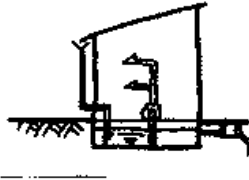
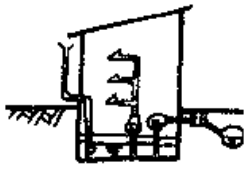
3) 빗물저류조의 설치

빗물저류조의 설치장소는 지상형 및 지하형의 2가지로 크게 나누어진다. 지하설치형에는 월류하여 자연비수가 가능한 타입과 불가능한 타입으로 나눌 수 있다. 대규모인 건물에서는 건설비용, 공간의 제약 등으로 지하설치형이 일반적이다. 어느 쪽이던지 건물형태에 합당한 설치장소의 검토가 필요하다. 대규모의 시설에서 지하에 매설하기도 하고, 최저층의 지층위에 조립하는 것이 일반적이다. 지하에 설치하는 경우는 월류된 물을 자연유하로 배출하기가 어렵기 때문에 동력기기(펌프)로 양수하여 배출시켜야 한다.

단독주택등은 운반이 가능한 빗물저류조(빗물탱크)를 옥상과 지상에 설치하는 것이 보통이지만 그 중에서 철근콘크리트에서 상자형의 기초를 구축하여 빗물저류조를 겸하여 하기도 하고 현관의 1층테라스, 차고 등의 지하에 빗물 저류조를 매설하기도 하며 계단 밑등의 사용하지 않은 장소(dead space)에 빗물저류조를 설치하는 예도 있다.

2층의 단독주택에서는 2층의 지붕에서 빗물을 집수하고 2층의 발코니와 지붕테라스에 설치한 빗물 탱크에 저장하는 경우에는 자연유하로 1층의 화장실에 급수가 가능하지만 지상층의 테라스와 정원에 설치한다. 지하에 매설하는 경우는 양수펌프로 급수해야 한다. 설비비는 유지관리면에서 2층에 빗물탱크를 설치하는 것이 가장 좋고 다음이 지상이다. 단 2층에 설치하는 경우에는 탱크의 크기가 제약된다. 너무 많은 용량이 큰 것을 설치하면 건물의 구조에 영향을 미치는 비용을 증가시키게 된다. 빗물을 저장해서 급수하는 것만 생각하면, 최상층의 지붕의 바로 밑 즉 2층의 건물이라면 2층의 지붕 밑에 빗물저류조를 설치하는 것이 합리적이지만 그러기 위해서는 대들보, 기둥, 토대 등을 단단하게 만들어야 한다.

<표4-6> 빗물저류조의 설치장소에 따른 빗물이용시스템의 특징

설치장소에 따른 분류	모 델	적용 건물	비 고
① 옥상설치형		주택 소규모사무실	·급수하기 우하여 동력이 필요하지 않으므로 에너지절약형 ·유지관리가 쉬움 ·지붕에 빗물저류조의 하중을 고려함 ·집수면적이 작음
② 지상설치형		주택 사무실	·유지관리가 쉬움 ·급수에 동력이 필요함
③ 지하설치형 (월류하여 자연 배수 가능)		주택 학교 사무실	·규모가 큰 건물에 적용 ·지하의 기초 구조물이 이용됨 ·강우시 월류로 자연배수
④ 지상설치형 (월류하여 자연 배수불가능)		각종대형 사무실 지하주차장	·규모가 큰 건물 ·빗물저류조에서의 월류는 중력을 이용하여 배수 ·빗물저류조에 일정 이상의 빗물이 유입되지 않도록 안전장치가 필요함

4.3.3. 빗물처리기술

지붕에서 집수된 빗물을 수세식 화장실 용수 등의 생활용수로 활용하기 위해서는 강우과정이나 집수과정에서 유입되는 오염물질의 특성과 이용용도의 목표수질에 따라 적절한 처리시설이 요구된다.

1) 표준처리공정

빗물의 표준처리공정은 빗물집수량, 이용용도 및 건축물의 용도·특성을 종합적으로 고려하여 결정한다.

빗물처리는 주로 부유물질을 제거하는 것으로서 비용해성의 무기성물질과 유기성물질을 제거하는 시설이 중심이 된다. 빗물처리시설은 기능면에서는 주로 처리시설, 저류시설 및 후처리시설로 분류된다.

빗물의 수질은 강우시 대기오염도와 집수면의 오염상태에 따라 좌우된다. 수질오염도는 시설의 주변환경에 의해 차이가 있기 때문에 이 점도 고려하면서 빗물의 이용용도에 따라 처리하는 정도와 방법을 검토한다. 예를 들어, 주변에 식물이 있으면 낙엽이 혼입되기 쉽기 때문에 그물바구니나 스크린 등의 설치가 반드시 필요하고 모래가 많은 땅이나 나대지가 있는 경우에는 토사가 다량 혼입하기 때문에 침사지 및 침전처리와 여과처리가 필요하다. 단, 음료용과 목욕용 및 세탁용 등 인체에 직접 접촉하는 용도일 경우에는 별도의 처리가 필요하며 빗물의 이용용도가 살수나 세차 등과 같은 잡용수라면 그물바구니 등으로 쓰레기를 사전에 제거하고 침전분리처리로 토사를 제거하는 등의 물리적 처리만으로 충분하다. 그러나 처리방법이 너무 복잡하면 설비비가 증가하고 유지관리도 어렵기 때문에 대규모의 빗물이용설비 이외는 되도록 단순한 처리방법을 채택하는 것이 좋다.

그물바구니에 걸러진 낙엽 등이 수중에서 부패하는 것을 막기 위하여 설치시에 수면 위에서 혼입물을 제거할 수 있는 구조로 해야 한다. 이러한 방법은 매우 단순한 구조이기 때문에 보수가 쉽고 정기적으로 점검하여 쓰레기 등이 쌓여 있으면 제거할 수 있다. 빗물에 혼입되어 있는 토사를 제거하기 위해서 침사지와 침전지를 빗물저류조에 설치할 수 있다. 집수한 빗물을 수직 빗물배수관을 통해 유하시켜 빗물에 섞여 있는 토사류를 침사조에 자연유하시키고 부유물질은 침전조에서 침전제거하여 상징수만을 이용할 수 있도록 계획한다.

침사조는 침전조의 바로 앞에 설치하여 유입된 빗물을 30~60초정도 체류시키면 체류시간동안 토사가 바다에 침전되어 제거된다. 침사조를 거친 빗물은 침전조에서 2~3초간 체류시켜 부유물질을 천천히 자연 침강 시킨다. 체류시간은 침전시키고 싶은 부유물질의 종류에 의해 결정된다. 침사조 및 침전조는 바닥에 흠을 만들고 경사를 두어 퇴적하기 쉽게 만든다.

빗물저류조의 앞에 별도의 침전조를 설치하면 보다 효과적이지만 일반적으로 빗물저류조를 침사조, 침전조, 저류조로 나누는 것으로도 충분히 효과적이다. 빗물저류조의 용량이 10m³ 이상인 경우에는 침사조를 설치하는 것은 드물며 침전조만 설치한다. 일반 가정용으로는 침사·침전조 대신에 빗물 저류조에 금속 필터와 층을짜서 여과처리하는 경우도 실시되고 있다.

2) 주요 처리설비

주요 처리로는 스크린, 침사, 침전이 있다. 수질적 측면에서 이 단계의 처리에서 수세식 화장실 세정수의 용도로 적합하다.

(1) 스크린

빗물 중의 쓰레기, 휴지, 낙엽, 조약돌 등의 비교적 큰 협잡물을 제거하기 위해서, 그리고 이어지는 처리장치의 기능유지를 위해서 필요하다. 단순히 금속제 및 수지제의 망을 사용하는 단순한 것을 시작으로 협잡물을 자동적으로 제거하는 것까지 광범위하게 걸쳐있다.

(2) 침사조

빗물 중에 포함된 토사 및 큰 부유물을 자연침전에 의해 제거하기 위해서, 침전조 및

저류조의 앞에 설치한다. 침전조와 병행한 사례도 있지만, 침사조에서 침전물이 많기 때문에 유지관리상 구별하는 것이 바람직 하다. 체류시간은 수분간(1~2분)이다. 빗물처리를 위한 대표적인 표준처리공정을 <그림 4-7>에 나타내었다.

<표 4-7> 빗물처리를 위한 대표적인 표준처리공정

구분	주요처리			저류	후처리	
정의	부유물질의 비용해성의 무기물과 유기물을 제거함.			사용하기 위하여 저류함	단시간의 중력침전으로 제거되지 않은 물질을 제거하고 위생상으로 안전한 수질이 되게 함.	
제거물질	쓰레기, 낙엽, 휴지, 조약돌	모래 굵은 모래 가는 모래		-	실트, 점토	대장균
제거입자경(mm)	> 2mm	2.0~0.42	0.42~0.074	-	< 0.074	-
처리법	스크린	침사조	침사조	저류조	침전조 여과	염소소독

No.	빗물처리공정					
1	집수	→ 스크린 - 침사조	—————	저류조	—————	소독장치 - 저류조
2	집수	→ 스크린 - 침사조 - 침전조	—————	저류조	—————	소독장치 - 저류조
3	집수	→ 스크린 - 침사조 - 침전조	—————	저류조	—————	소독장치 - 저류조
4	집수	→ 스크린 - 침사조 - 침전조	—————	저류조	여과장치	소독장치 - 저류조

<그림4-14> 빗물의 표준처리공정

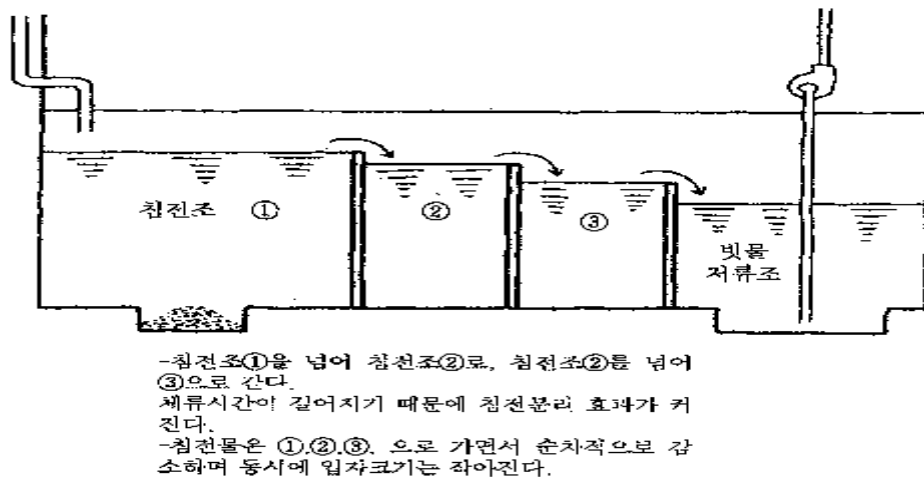
(3) 침전조

빗물 중에 포함된 미세한 모래 및 유기성부유물을 자연침전으로 제거한다. 원리적으로는 침사조와 동일하지만 조내의 유속 및 체류시간이 다르다. 체류시간은 1~3시간이다. 집수면에서 유하시킨 빗물은 대기 중에 부유하고 있는 극히 미세한 것에서부터 집수면과 지붕 물받이 등에서 떨어진 돌조각 정도의 크기까지 다양한 크기와 중량을 가지고 있으므로 이들을 자연침강시켜 제거하는 설비가 침전조이다.

침전조는 빗물저류조로 유입되는 부유물질을 저감시켜 주기 때문에 빗물저류조의 청소주기를 길게 해 준다. 또한 침전조 부분만을 단독으로 청소할 수 있는 구조로 하면 청소관리가 쉬워진다. 지상에 침전조를 설치하는 경우에 하부에 배수밸브를 설치하면 별도의 동력이 없이도 침전에 쌓여있는 침전물을 제거할 수 있으므로 빗물에 혼입물이 많이 유입되는 지역에서는 매우 편리하다.

또한 빗물의 유입압력을 낮추기 위해 빗물 유입구의 바로 밑에 완충판을 설치할 필요가 있으며 완충판의 표면을 인공잔디로 만들면 완충작용이 커질 뿐만 아니라 여과의 효과도 기대할 수 있다.

침전조내에서 빗물이 체류하고 있는 시간이 길수록 보다 미세한 것까지 제거할 수 있기 때문에 침전조의 용량을 클수록 효과적이다. 또한 겨우 침전시킨 경우에도 호우 등으로 일시에 대량의 빗물이 유입되었을 경우에도 침전조에서 침전되어 있던 부유물이 재차 부유할 수 있기 때문에 이중삼중으로 침전기능을 설치해 두는 것이 효과적이다. 그러나 대규모인 빗물이용시설이 아니라면 비용측면에서 경제성이 없고, 유지관리도 힘들다. 또한 침전조의 일부에서는 파쇄여과조나 필터를 설치하는 경우도 있다. 침전 효율을 증가시키기 위하여 침전조를 다중으로 설치하는 방법은 <그림 4-15>와 같다.



<그림 4-15> 빗물이용을 위한 침전조

(4) 여과조

빗물과 함께 유입되는 토사와 먼지 중에는 비중이 비교적 작은 입자가 너무 미세해서 침전조에서는 제거가 어려운 것이 있다. 이때 침전조 옆에 여과조를 설치해 여과처리를 하면 더욱 효과적이다.

여과장치는 모래, 안스라사이트(Anthracite)등의 여재를 이용하고 빗물 중의 미세한 부유물질을 제거하기 위한 것으로 침전조의 다음에 설치하고 처리수질의 향상을 도모하는 시설이다. 급속모래여과장치는 본래 약품침전처리후의 물을 기계적인 걸름(체)작용과 물리적인 흡착작용에 의하여 여층 중에 포착하여 제거하기 때문에 응집플러이 모래입자표면에 흡착되거나 이미 흡착된 플러의 흡착작용 등에 의하여 처리효과가 높아진다. 이에 빗물처리에서는 응집침전처리하지않고 자연침전수를 직접여과하는 것이므로 주로 모래입자간격에 의한 걸름작용에 의하여 제거되고 탁도의 제거율은 작다(탁도 제거율은 50%정도). 빗물처리에서 여과장치의 역할은 침전처리된 수질을 더욱 깨끗하게 하는 것이지만 침전처리수의 수질을 크게 향상시키는 것은 아니다.

여과장치의 계획수량은 침전처리수의 전량을 처리하는 것보다는 이용용도에 필요한 수량만 처리하는 것이 경제적이다. 빗물처리장치의 여과장치의 처리수량을 기껏해야 시간당 수m³~수십m³으로 적고 설치장소도 건물지하로서 부지면적도 작아 설치에 제한을 받는 경우가 많다. 여과처리방법은 다양한 것이 있지만 개방된 수조를 이용하여 중력으로 여과하는 중력식과 밀폐된 여과장치를 이용한 펌프로 가압하는 압력식이 있다. 보통 간단한 빗물이용에 적합한 것으로는 쇄석층이나 필터를 이용한 간이여과법이 있으며 여과장치를 설치하는 데에 부지확보의 어려움등 제한조건이 있는 건물에는 압력

식이 주로 적용되고 있다.

① 압력식 여과법

밀폐식이고 펌프의 압력을 이용할 수 있기 때문에 배관도중에도 설치가능하고 배치에 융통성이 있으며 중력식에 비하여 입구압력을 조작하는 것에 의하여 압력손실을 크게 받기 때문에 (중력식의 압력손실은 2~2.5m인 것에 대해 압력식은 6m 정도까지), 여과 면적을 작게 할 수 있다. 또한 밀폐식이기 때문에 외부에서의 오염의 우려가 없고 빛도 들어오지 않기 때문에 조류의 발생도 방지할 수 있다. 압력식은 빗물처리장의 여과 장치로서 적당하다.

② 쇄석층을 설치한 간이여과법

여재인 쇄석층의 소재로 직경이 7~8츠정도까의 화강암 등의 돌이 적절하지만, 이와 동일한 형태의 플라스틱류도 상관이 없다. 쇄석층의 두께에 의해 여과효과가 바뀌지만 유지관리를 고려하면 그다지 두껍지 않은 것이 좋고, 70cm 전후가 적당하다. 정기적인 점검으로 쇄석층에 쌓인 토사 등을 제거할 필요가 없고, 쇄석은 바구니 등으로 빼내어 세정하면 편리하다.

③ 필터를 여재로 이용한 여과법(금속제와 수지제의 mash screen법)

필터의 체눈이 미세할수록 여과효과가 좋지만 체눈이 막힐 우려가 있기 때문에 정기적인 점검과 청소가 필요하다. 다만 청소는 필터를 꺼내 세정만 하면 되므로 쇄석여과에 비교한다면 간단한 편이다.

쇄석층식도 필터식도 모두 특별한 동력장치를 필요로 하지 않는다. 기타 자동세정식의 회전 스트레이너(strainer), 체눈의 미세한 필터를 이용한 마이크로 스트레이너, 모래를 여재로 이용하는 모래여과 장치 등의 있지만 빗물의 용도로는 과잉 설비가 될 수가 있다.

(5) 소독

소독장치는 처리의 최종단계에 설치하여 빗물중의 유해한 세균류를 멸균하고 위생적으로 안전한 물이 되게 한다. 급수계통에서의 슬라임 발생의 방지역할도 한다.

빗물처리시설은 건물내에 설치되고 더욱이 처리수량은 소량이기 때문에 안전성, 보수, 유지관리 등을 고려하며 소독제로 사용되고 있는 염소제는 차아염소산나트륨, 차아염소산칼륨 등이 있다.

염소주입율은 사용장소에서 가장 가까운 빗물저류조의 출구부근의 재이용수의 잔류염소가 유지되도록 한다. 빗물처리수는 일반적으로는 청정하여 염소와 반응하는 유기물이나 암모니아성질소 등의 무기물도 작다. 주입율의 기준은 수돗물에 대한 잔류염소의 기준이다. 급수부의 잔류염소가 유리잔류염소로 0.1mg/L이상, 또는 급수잔류염소로 0.4mg/L이상을 유지할 수 있도록 빗물과 접촉하는 처리설비나 급수설비에 의한 염소소비량, 빗물자신의 염소소비량 또는 염소요구량을 고려하여 정한다. 경험적으로는 2~4mg/L정도의 주입이 실시되고 있다. 어류를 사육하는 시냇물, 연못등에 빗물을 이용하는 경우에는 염소제의 주입에 의하여 어류가 사멸하지 않도록 주의한다. 염소제의 주입장소는 저류조, 처리수배관, 처리수조 등이 되지만 잘 혼합되는 장소와 방법을 선택한다.

4.3.4. 빗물급수기술

빗물을 실내·외에서 사용하기 위해서 빗물급수관을 설치할 수 있지만, 이 빗물급수관은 수도관과는 별개로 배관해야 한다. 상수도의 급수관과 빗물의 배관을 직접 접속하지 말아야 한다. 빗물급수관과 상수도관이 접속되어 있으면 교차연결(cross connection)이 되어 빗물이 수도관에 흘러 들어가 상수도가 오염될 우려가 있다. 따라서 빗물급수관은 식별이 가능하도록 도장 등을 해 두는 것이 바람직 하다. 특히 신축 또는 증·개축을 하여 급수관의 배관공사를 할 때에는 공사가 끝나는 시점에서 상수도관과 빗물의 배관이 오점합되어 있는지를 확인해야 한다.

1) 배관관경의 결정

빗물집수관은 빗물집수면으로의 강우를 집수하고 빗물저류조로 반송하는 역할을 한다. 빗물배수는 강우의 시간중 흐르는 배수이므로 연속배수이다. 이 연속배수로서 반송해야하는 빗물량은 집수면적과 그 지역의 시간최대강우량에 의하여 결정된다. 또한 배관내를 유하하여 얻는 배수량은 그 관경 및 구배에 의하여 다르다.

빗물집수관의 관경은 원칙적으로 급배수설비기준(HASS206)에 따라 각 지역의 시간최대빗물량에 근거하여 결정한다.

<표 5-14>와 <표 5-15>는 시간최대강우량 100mm/hr를 기준으로 하여 작성된 빗물집수관의 관경과 허용최대지붕면적과의 관계를 나타낸 것으로 관경은 대상으로 하는 건축물의 집수지붕면적에 대응하여 각 표를 참고로 하여 산정한다. 대상건설지역에 따라 시간최대강우량의 설계치가 정해져 있는 경우 등, 시간최대강우량이 100mm/hr로 다를 경우에는 “100/해당지역의 시간최대강우량” 표에 나타낸 지붕면적에 곱한 수치를 허용최대지붕면적으로 하여 관경을 결정한다.

2) 배관계통

위의 관경결정에 따라서 빗물집수관계통이 복수로 설치되는 경우가 있으며 이 때의 설계상의 유의점은 다음과 같다.

- ① 빗물집수관은 기구를 접속하는 배수관 또는 통기관과 겸용해서는 않된다.
- ② 고저차가 있는 2개소에서 집수하는 경우는 각각 독립하여 배관을 설치한다.
- ③ 빗물집수관에서 수직집수관과 수평집수관을 건물밖의 흠속에서 접속하는 경우는 지표의 토사의 유입이나 지하수의 침입우려가 없고 또는 위생적으로 양호한 상태에서 유지될 수 있는 구조로 하여야 한다.
- ④ 빗물집수의 수평관의 말단부에서 청소가 가능하도록 설계한다.

정원과 발코니 등에 설치한 빗물저류조(또는 탱크)에 빗물꼭지를 설치해 직접수도꼭지에서 빗물을 받아 양동이 등에 받아 사용하거나 빗물꼭지 호스를 연결하여 사용하는 것을 수도직결식이라 한다. 빗물급수관을 배관하지 않아도 되기 때문에 공사비가 특히 싸다. 빗물꼭지의 구경은 빗물을 어디에서 어떻게 사용하느냐에 따라 약간 차이가 있지만, 일반적으로 13mm정도이다. 빗물꼭지를 붙일 수 있는 위치는 빗물탱크의 밑쪽이 좋지만, 바닥에 너무 근접하면 탱크내에 침전한 오니 등이 함께 유출되어 버리기 때문

에 바닥에서 약간 올라간 위치에 설치하는 것이 좋다.

빗물저류조가 지상에 있다면 빗물급수관을 배관하고 양수펌프를 설치하고 있는 경우에도 빗물저류조에서 직접 양동이 등에 받을 수 있도록 빗물꼭지 한 개 정도 만들어 둔다. 또한 저류조내의 수질을 확인하기 위한 샘플링도 바로 할 수 있어 편리하다.

3) 보조용수 확보

빗물저류조의 수량이 부족하면 빗물을 이용하고 있는 화장실은 사용할 수 없게 되므로 이 때에는 일반 상수도 등을 급수하여 저류조의 수량을 확보할 필요가 있다. 대규모 빗물이용시설에서는 빗물저류조의 수위가 일정량 이하가 되면 조내에 설치한 감지기에 의해 보급관의 밸브가 열려 자동적으로 상수도가 보급되도록 하는 장치가 있다. 또한 수위계를 점검하여 필요에 따라 수동적으로 상수를 보급하는 방법도 있다.

빗물이용시설에 보조용수를 확보하기 위하여 고려할 수 있는 상수보급방법은 <표 4-8>과 같다.

상수의 급수를 위해 옥상 물탱크를 설치하는 경우는 상수물탱크에서 빗물저류조로 보급수를 보낼 수 있다. 빗물을 이용하고 있는 건물은 다른 건물에 비해 상수도 사용량이 적기 때문에 옥상 물탱크에 물이 장시간 체류하게 되어 수질이 저하될 우려가 있으므로 이 물을 빗물저류조의 보급수로 이용하면 물이 혼합되어 수질을 정화시킬 수 있다. 단, 옥상물탱크의 용량이 빗물이용을 전제로 설계되어 있는 경우에는 옥상물탱크내에서 물이 장시간 체류되지 않기 때문에 빗물저류조를 수도직결방식으로 보급하도록 하는 것이 효과적이고 또한 운전비가 저렴하다.

<표 4-8> 빗물이용시설에서 보조용수확보를 위한 상수보급방법

상수보급방식	특징
수위계에 의한 자동보급시스템	·자동제어가 되고 유지관리가 용이함 ·대규모 저류조에서는 수위의 변동을 감지하기 쉽도록 잠용 수 수조를 설계하도록 고려함
수동에 의한 상수보급	·저류조의 구조가 간단함 ·기후, 사용수량에 따라서 상수보급량을 조절할 수 있음 ·일상적인 유입에 의한 저류수위 레벨의 감시가 필요함 ·보급상태에서 방치하는 일이 없도록 감시기구가 있는 것이 바람직함
상수와 빗물의 설비설치	·이용목적에 따라서 상수와 빗물의 교체를 선택할 수 있음 ·설비비용이 이중으로 듬

고층 건물의 경우 상수도 보급안 일간 지하 상수관으로부터 보급관을 통해 옥상 물탱크로 저수하고 각각의 가구로 급수하게 된다. 그러나 빗물저류조는 보통 지상 또는 지하에 설치하는 것이 일반적이지만 지상에서 직접 각층의 가정으로 동력 펌프에 의해서 급수하게 되는 경우는 각 층에 따라 수압이 달라지므로 이것을 조절하기 위해서 복잡한 장치를 설치 해야 할 필요가 있다. 따라서 옥상 등에 물탱크를 설치해 펌프로 양수 시킴으로서 각 가구에 자연 낙하 방식으로 급수하는 방식이 효과적이다.

빗물저류조의 물이 부족하여 상수도를 보급할 때를 위해서는 저류조와는 별도로 보급수조를 설치해 두는 것이 좋지만 빗물전용의 물탱크를 설치하는 경우에는 물탱크를 보

급수조를 겸해서 사용하는 것이 가능하다. 결국, 상수도용의 물탱크에서 빗물용의 물탱크를 직접급수로 해서 보급하는 것도 가능하다.

한편 빗물전용의 옥상 물탱크는 단독주택과 같은 저층건물에는 필요하지 않다. 비록 설치하더라도 역효과는 발생하지 않지만 설비비와 유지비가 증가하기 때문에 펌프로 양수하여 직접 급수하는 것이 오히려 바람직하다.

빗물이용시설의 규모가 큰 경우에는 양수펌프를 2대 설치한다. 1대가 고장나면 다른 1대로 교환하여 운전하기 때문에 양수가 중단되지 않는다. 그러나 빗물이용의 규모가 작은 단독주택 등에서도 고장이 날 경우 즉시 수리를 하면 되므로 양수펌프는 1대로도 가능하다. 펌프의 종류도 화장실의 급수정도라면 우물용의 소형으로도 충분하여 살수용과 세차용 정도의 빗물이용에는 수동펌프로 충분하다.

4.3.5. 빗물침투기술

빗물이용은 지붕으로부터 집수관에 모아 사용하는 동시에 월류수 및 지표면에 내린 빗물을 침투트렌치 등 침투시설에 의해 땅속으로 침투시켜 지하수에 환원시키는 방법도 있다. 이는 단지 치수상의 효과뿐만 아니라 지역물순환의 재생에도 도움이 된다. 도시에서는 빗물을 지하로 침투시킴으로써 고갈되어가고 있는 지하수를 다시 함양시키고 지반침하를 막으며 식물을 성장하게 하고 대기를 정화시키는 효과가 있다.

빗물을 땅속으로 침투시키는 시설에는 침투트렌치, 침투통, 침투측구, 투수성포장 등이 있다. 일반 개인주택에서 설치할 수 있는 장치로는 침투트렌치, 침투통, 투수성포장 등이 있다.

1) 침수시설

(1) 침투통

침투통 윗부분의 구조는 그 집수목적에 따라 선택하여 윗부분을 충전하는 재료는 콘크리트 블록, 현장타설 콘크리트, 영화비닐제로 한다. 또한 침투통은 침투트렌치, 침투측구 등과 조합하여 사용하고 토사가 사전에 전처리되고, 청소 등 유지관리를 하기 쉬운 구조로 한다.

침투통 바닥은 물이 침투될 수 있는 구조로서 아랫부분에서 모래, 쇄석 순으로 채우며 윗부분에 집수목적에 따라서 통에 뚜껑을 설치한다.

(2) 침투트렌치

침투트렌치는 확수형에 의한 침투시설 중에서 대표적인 시설이고, 침투 저류기능 외에 하수관거와 같은 통수기능을 가지고 있으므로 하수관거에 대체해서 사용할 수 있는 시설이다. 침투트렌치는 대부분 건물주위의 녹지, 광장, 등에서 침투통과 조합해서 설치하고 구조는 트렌치 내에는 유입수를 균일하게 분산시키기 위해 충전된 자갈층 속에 투수관을 부설하며 자갈층 위면에는 투수시트를 설치하고 보통 흙으로 메운다.

(3) 침투측구

침투측구의 침투능은 침투트렌치와 같으며 규모, 사용재료도 같다. 또한 지붕의 긴 홈통을 쉽게 연결할 수 있는 이점이 있다.

침투측구의 구조바닥에 모래를 특히 측면에 쇄석을 깔며 투수성이 있는 것을 사용한

다. 또한 침투측구는 뚜껑이 있는 것을 원칙으로 하며 지붕에서 빗물이 유입되는 경우에는 침투측구 입구에 토사 전처리조를 설치한다.

(4) 투수성 포장

투수성포장은 보도를 중심으로 적용·실시하며 그 외에 생활도로 등의 교통량이 적은 차도 및 주차장 등에 설치하는 것을 원칙으로 한다.

(5) 침수시설의 연결설치

침투시설은 저류기능 및 침투기능이 충분히 작용할 수 있는 구조로 침투효율이 최대가 되도록 서로 조합하여 설치한다. 또한 기능이 장기적으로 유지되기 위해서 토사 등의 유입으로 인한 폐쇄 및 퇴적에 대해 충분히 고려한다. 침투통에서 유출부의 관위치는 유입측의 관위치보다 높은 곳에서 연결한다. 또한 초기수두를 올리기 위해 침투통과 침투트렌치는 1m 이상 거리를 두고 연결한다.

침투시설은 대상지역에 균등히 분배해서 배치하며 침수시설을 조합하여 연결설치한다.

2) 침투시설의 설치

빗물받이에서 유하시킨 빗물을 침투트렌치와 침투통으로 유도해 천천히 침투시킨다. 주차장과 도로 등 면적이 넓은 지표면은 투수성포장으로 하며 측구로부터의 유출을 최소화 하도록 한다. 강우시의 월류수뿐만 아니라, 세차와 청소, 세탁에 사용한 빗물도 가급적 지하로 침투시키도록 하는 것이 바람직 하다. 빗물을 지하침투시키는 것은 지하수를 보충하고, 식물을 보전하거나 혹은 육성하고, 좋은 지하수를 재생시키고, 또한 도시의 열섬효과를 억제하는 효과가 있다.

4.3.6. 유지관리 기술

1) 빗물이용시설 단독

(1) 시설의 유지관리

빗물저류조가 각종 해충이나 모기의 발생원이 되지 않을 지에 대해서는 걱정할 필요가 없다. 저류조내 빗물은 계속 순환되고 있고 오랫동안 조내에 체류하지 않기 때문에 빗물내에 해충의 알이 포함되어 있지 않고 또한 저류조를 청소하기 위해 뚜껑을 열었을 때 모기가 들어가 알을 낳는 경우에도 성육이 이루어지지 않는다. 다만, 빗물저류조에 부착한 수위계를 보면서 일기예보의 강수량 예측에 따라 저류조내의 빗물이 적절히 배수되도록 오래된 빗물이 남지 않게 된다. 빼낸 빗물은 지하로 침투시킬 수 있다.

수위계는 저류조내의 빗물의 유지관리에 반드시 필요한 장치이다. 수위계에는 부유식과 파이프식이 있고, 전자는 조내에 떠온 불이 수위에 따라 상하로 움직이고, 이 불에 붙인 바늘이 조내의 수위를 표시하게 된다. 후자는 빗물저류조의 바닥에 투명의 파이프를 접속시키고, 수직으로 올려 파이프내의 도출된 빗물의 높이로부터 수위를 읽는 방식이다.

호우가 지속되고, 일시에 다량의 빗물이 집수관에서 빗물저류조로 유입해오면 바닥에 쌓인 토사 등이 재부유하여 장치류에 트러블(trouble)이 생기고, 무엇보다도 저류시

오염된 물이 월류되는 일이 생긴다. 옥상에서 집수하고 있는 경우에는 지붕 트랜치에 유입억제장치를 설치하거나 지붕트랜치의 주변을 콘크리트로 둘러싸서 집수고나에 빗물이 유입되지 않도록 할 필요가 있다.

단, 이 방법은 옥상에 빗물을 일시 저류시켜 누수사고를 생기게 하는 원인이 되므로 집수구와 별도로 토출구를 설치해 월류시키는 방법을 고려해야 한다. 이 경우 집수관의 크기는 월류(over flow)용의 수직 빗물통보다 작게 만든다. 집수관의 수직빗물통 부분에 압력을 완화시켜 주는 배관을 하여 집수관내에 이상압력이 발생하지 않도록 한다. 일반가정 등의 소규모 빗물이용시설을 위해서는 빗물관을 수시로 빗물탱크로부터 분리할 수 있도록하고, 집중호우의 예보가 있으면 그 시점에서 분리시키는 것도 한 방법이다. 혹은 미리 빗물저류조의 물을 빼내고 빈 상태로 두는 것도 효과적이다.

빗물저류조가 지하에 설치된 경우는 그 수면과 침투받이 등 배출구와의 수위차에 의해서 역류의 가능성이 있기 때문에 월류관의 설치 높이에 주의하고 역류방지판을 설치해 둘 필요가 있다. 또한 월류관의 배출구 쪽 선단에는 충분한 토출구 공간을 두도록 한다.

빗물저류조의 월류수 역시 귀중한 자원이므로 가능한 한 하수도관 등으로 배출시키지 않고 땅속으로 침투시켜 지역 물순환의 재생·확보에 기여해야 할 것이다. 부지의 제약 등에 의해 어쩔 수 없이 하수도관으로 배출시키는 경우의 월류관의 설치요령은 침투트렌치등에 배출하는 경우에 준해서 실시한다.

(2) 점검사항 및 주기

깨끗한 빗물을 모아 깨끗하게 사용하기 위해서는 빗물이용 설비의 유지관리가 가장 중요하다. 다음과 같이 유지관리에 요점을 정리한 것이다.

- ① 집수면 : 정기적으로 지붕등에 집수면을 청소하고, 쓰레기와 동물의 배설물등을 치운다. 또한 낙엽이 많은 계절에는 종종 청소를 하여 빗물받이가 막히지 않도록 한다.
- ② 침사지, 침전지, 스크린 : 비가 적은 시기에 침사지와 침전지의 바닥을 깨끗이 청소한다. 지상에 빗물탱크가 있다면 탱크의 바닥에 있는 트랜치관에서 침전물을 배출시킨다. 각 조의 청소는 침전물의 양에 따라 1~5년 정도 들 수 있다.
- ③ 여과장치 : 여재에 걸러진 토사와 쓰레기 등을 정기적으로 제거한다. 여재가 줄어들었거나 토사류를 여재로부터 분리하는 것이 불가능할 경우는 여재를 보충 또는 교환한다. 여과장치의 내부는 1~3년 간격으로 청소한다.
- ④ 빗물저류조 : 저류조를 1년에 2회 정도 점검하여 침전물이 있으면 제거한다. 조내의 청소는 필요에 따라 실시하되 집수면과 처리식 설비의 유지관리를 철저하게 한다면 저류조내의 청소횟수(1~5년에 1회정도)도 줄어들 수 있다.
- ⑤ 빗물급수설비 : 펌프 등의 기기는 3개월에 1회 점검하여 정상적으로 가동하는지를 확인한다. 기타 설비는 6개월에 1회정도 점검하여 상수의 급수설비와 동일하게 유지관리를 실시한다.

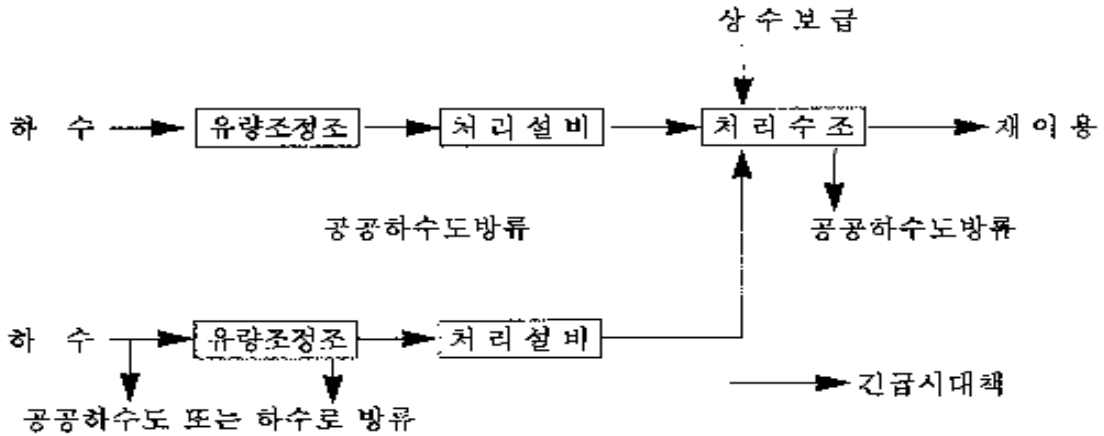
<표 4-9> 빗물이용설비의 유지관리 내용과 점검의 주기

설비	점검내용	점검주기			청소주기	비고
		월	6개월	년		
집수설비	1. 집수면의 퇴적물 및 오염의 점검	○			1~5년	· 낙엽지는 계절 주의
	2. 주변에서 집수면으로 유입·유출 여부 점검		○			
	3. 집수설비(지붕, 인공지반슬라브 등) 손상의 점검(스크린 검사)		○			
	4. 빗물제방, 빗물유입관, 송수관내의 퇴적물·오염 및 누수등의 점검			○		
	5. 맨홀, 빗물통 등의 손상 점검		○			
침전조	1. 조내의 오염·침전물·부유물의 점검	○			1~3년	
	2. 곤충의 발생상태의 점검	○				
	3. 구조물의 손상의 점검(스크린 검사)			○		
여과조	1. 여과재의 오염·침전물·부유물의 점검	○			1~3년	
	2. 곤충의 발생상태의 점검	○				
	3. 구조물의 손상의 점검(스크린 검사)			○		
저류조	1. 조내의 오염·침전물·부유물의 점검		○		1~5년	· 청소주기는 집수장소 또는 침전조, 여과조의 설치의 유무, 구조, 유지관리의 상태등에 따라서 차이가 크다.
	2. 경보장치의 작동 확인		○			
	3. 조구조물의 손상의 점검(스크린 검사)			○		
	4. 보급수설비의 작동 점검		○			
	5. 송수펌프류의 작동 점검		○			
	6. 맨홀에 설치된 방충망 점검		○			
빗물고가수조	1. 조내의 오염·침전물·부유물의 점검		○		1~5년	·상동 · 고가수조등의 청소시 빗물조로 유입되지 않도록 주의
	2. 경보장치의 작동 확인		○			
	3. 조구조물의 손상의 점검(스크린 검사)			○		
	4. 맨홀의 자물쇠·방충망의 점검		○			
	5. 송수관등의 손상의 점검			○		
부대장치	1. 수위계, 양수기의 점검	○			-	· 양수기의 계량오차 감시
	2. 청소설비의 점검		○			
	3. 제어기, 펌프류, 역류방지밸브, 우러류관등의 점검	○				
빗물이용설비	1. 변기류의 오염, 스크린막힘 등의 점검		○		적절한 시기	
	2. 살수·세저용수의 오염, 빗물꼭지가 조여있는지 등의 점검	○				
	3. 수경시설의 오염, 조류, 벌레 등의 발생상황의 점검		○			
	4. 유입관의 손상의 점검			○		

빗물이용설비의 유지관리 내용과 점검주기에 대해 정리하면 <표 5-17>과 같다.

2) 중수도와 빗물이용시설의 병용

중수도 시설과 빗물이용시설을 병용할 때의 모식도를 나타내면 그림<4-16>과 같다.



<그림 4-16> 하수재이용·빗물이용설비병용의 경우 모식

(1) 처리수 저류조

(가) 이용용도가 다른 경우

중수도가 빗물이용수의 저류조를 각각 독립시켜 설치하여 다른 처리수가 혼합·혼입되지 않은 구조로 한다. 특히 이용용도가 다른 경우에는 요구되는 수질이 다르므로 반드시 저류조를 별도로 설치하여야 한다. 또한 중수도시설에서 저류조로 율류수가 혼입되지 않도록 한다.

(나) 이용용도가 같은 경우

중수도와 빗물이용수를 모두 수세식 화장실용수로 이용하는 경우와 같이 이용용도가 같을 때는 저류조를 공동으로 할 수 있다.

(2) 역류방지

저류조에 보조용수로서 접속하는 상수도보급배관에 처리수가 역류되지 않도록 역류방지 대책을 세워야 한다.

강우가 다량 발생할 때에는 저류조가 만수상태로 되는 경우도 있고 어느 수조에서 방류하면 좋은지를 설계단계에서 충분히 검토할 필요가 있다. 중수도 설비의 유량조정조에서 방류하는 것이 비용절감측면에서 가장 유리하지만 처리공정에 따라서는 장시간으로 운전을 정지하면 운전재개시에 기능적으로 문제가 발생할 수 있기 때문에 이에 대한 대책도 고려하여야 한다.

(3) 저류조 만수시스템 제어

중수도시설과 빗물이용 시설을 각각의 원수유입형태가 크게 다르고 이용상황에 따라서 저류조가 만수상태로 되는 것이 예상된다. 이 경우에는 중수도시설과 빗물이용시설의 처리특성을 고려하고 시스템 전체의 제어를 검토하는 것과 함께 저류조에서 공공하수도로 방류될 수 있는 구조로 한다. 특히 중수도시설의 단속 운전에 대한 대응성, 빗물저류용량, 공공하수도, 하수도의 빗물배제능력 등을 충분히 검토하고 월류수등에 의한 피해가 발생하지 않도록 한다.

5. 세계 각국의 빗물이용 활용사례 분석

현재 우리나라의 경우 빗물은 도서 및 산간 지방 등 상수도를 공급받을 수 없는 경우에만 일부 사용되고 있는 실정이지만 독일, 일본, 호주와 같은 선진국등에서는 빗물이용을 모든 물 관리 방법 중에 가장 먼저 생각하는 방안의 하나로 집중적으로 연구하고 실행에 옮기고 있는 실정이다. 따라서 이미 빗물을 훌륭한 수자원으로 사용하고 있는 해외 각국의 빗물이용사례를 살펴보고 우리나라의 새로운 잠재 수자원으로써의 빗물 이용을 확산시키기 위한 방안을 모색해보고자 한다.

5.1 각국의 빗물이용 적용사례

세계에서 가장 대표적으로 빗물이용 및 관련기술을 연구·개발하고 있는 곳이 일본과 독일이다. 두 나라 모두 기본적인 전처리, 이용, 침투, 저류기술을 개발 활용하고 있으나 지형 및 지질, 국토이용밀도의 차이와 생활 문화 등의 차이로 이용 형태 및 방향이 <표 5-10>과 같이 차이를 보인다. 독일의 경우 자연적인 물순환 시스템과 도시의 생태적 기능회복에 초점을 두고 기존의 자연조건을 충분히 검토하여 가급적 자연 상태를 그대로 보전하는데 초점을 맞추고 있다.

또한 활용가능 국토면적이 넓어 가장 적합한 시설을 외부공간에 개방시키고 있다. 반면 일본의 경우는 빗물의 이용측면과 도시 홍수예방, 빗물유출량 저감에 초점을 두며, 높은 인구 밀도와 인구의 도시집중 등으로 도심지의 활용가능 면적이 부족하여 지하에 매설하고 지상공간을 활용하는 형태를 보여 독일의 경우와 비교하여 다소 인공적이라 할 수 있다.

한편 우리나라의 경우 빗물 저류 및 침투시설의 대한 연구는 외국기술을 도입하는 극히 초보적 단계로서 연구기반이 매우 취약한 실정이고, 특히, 침투시설에 대한 연구 및 시범사업의 수행은 거의 전무한 실정이다. 다만 최근 개정된 수도법에서 일정규모의 빗물이용시설의 설치를 의무화하도록 하는 등 빗물이용을 위한 연구 개발의 시도가 차츰 이루어지고는 있다.

<표 5-10>독일과 일본의 빗물이용 시스템의 비교

관련기술	독 일	일 본
전처리	· 침전조, 식생수처리대 등 자연시스템 활용	· 스크린, 침사조, 침전조, 소독조 등 기계시스템 활용 · 빗물의 이용도가 높아 전처리의 중요성을 강조
이용시설	· 관수용으로 많이 사용 · 빗물저류지나 식생수처리대를 친수공간으로 활용	· 친수공간의 용수로 많이 활용 · 화장실용으로 많이 활용
침투시설	· 진상에 설치 가능한 토양표면 침투, 침투구덩이 · 지하에 적용가능한 침투트 랜치 등을 활용	· 지하에 매설되는 침투정, 침투트랜치, 침투측구등을 활용
저류시설	· 저류지, 옥상 등 개방된 시설을 활용 · 저류조 등 지하 매설시설활용	· 쇄석공극저류등 저류탱크시설 위주 · 지하에 매설 가능한 시설

다음은 국내· 외 국가의 빗물이용 시스템 개발 및 설치 사례를 나타낸 것이다.

5.1.1. 우리나라

최근 개정된 국내 수도법(2000. 3. 28)에서는 빗물이용시설의 설치의무대상을 지붕면적이 2,400㎡이상이고, 좌석수가 1,400석이상인 종합운동장·실내체육관 등 체육시설로 확정하였다. (시행령안 제 15조의 3). 즉, 앞으로 종합운동장, 실내체육관등 대통령령이 정하는 시설물을 신축하는 경우 빗물이용시설을 반드시 설치하여야 한다. 또한 이러한 빗물이용시설에는 집수시설, 송·배수시설, 빗물저류조 등을 반드시 갖추도록 하고 연2회이상의 점검과 청소 등의 관리의무도 부여하였다. (시행규칙안 제4조의 3). <표 7-22> 및 <그림 7-12>는 국내 월드컵 경기장의 빗물활용을 위한 시스템 설치현황을 나타낸 것이다.

1) 도서지역의 소규모 빗물 이용시스템

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

따라서 이러한 도서 지역에서는 개인 차원의 빗물 저류 시설뿐만 아니라 적정 규모의

공동 지하 빗물 저장조를 설치하여 강우기에 빗물이 모아두었다가 사용하는 방법을 위한 행정적인 지원이 요구된다.

2) 2002년 월드컵 경기장의 빗물 이용 시스템

최근에는 정부에서도 빗물이용의 필요성을 인식하여 법을 개정해 2001년부터 빗물이용시설의 설치를 의무화하도록하였다. 수도법 제 11조 3항에 따르면 종합운동장·실내체육관 등과 같이 넓은 지붕면적을 차지하는 시설물 중에서 대통령령이 정하는 시설물을 서립하고자 하는 자는 빗물이용시설을 설치·운영하도록 규정하고 있다. 그리고 빗물이용시설의 시설기준, 유지관리 기타 필요한 사항은 환경부령으로 정하도록 하였다.

월드컵 경기장은 수도법이 개정되기 이전에 설계와 시공이 이루어져서 10개의 월드컵경기장 중 빗물이용시설은 인천 문학 경기장, 대전 경기장, 전주 경기장, 제주 서귀포 경기장에 설치되어 있다.<그림5-1>. 서울 경기장과 광주 경기장은 수영장과 수익시설에서 배출되는 배수를 수처리하여 화장실 세정수와 잔디살수용수로 재이용하는 중수시설을 설치하고 있으며 중수 처리시설은 빗물 처리시설로도 사용할 수 있으므로 빗물과 연계하여 활용하면 더욱 효과적인 수자원 절약시설이 될 수 있을 것이다. 수원 경기장의 경우, 홍수 방어를 목적으로 저류조를 설치하였고 부지면에서 집수된 빗물이 저류조를 통해 하천으로 방류하도록 되어 있다.



인천 문학 경기장



전주 경기장



서귀포 경기장



대전 경기장

<그림5-1> 빗물이용시스템이 설치된 월드컵 경기장

빗물은 지붕면 또는 지표면을 이용하여 집수되어 저장되고 조경용수, 잔디살수용수, 소방용수, 화장실 세정수고 사용되고 있다. <표5-1>은 각 경기장의 집수 방법과 미처리 빗물의 배제 방식을 <표5-2>는 저류조 용량을 보여주고 있다.

<표5-1> 월드컵 경기장 빗물 집수방법 및 배제방식

경기장명	집수방법	수처리시설	활용용도	비이용 빗물 배제방식
인천	경기장 지붕	×	잔디살수용수	하수처리장 방류
대전	보조 경기장 바닥	×	잔디살수용수	하천방류(반석천)
전주	경기장 지붕	○	잔디살수용수 조경용수 소방용수	하천방류(조촌천)
서귀포	경기장 지붕	○	잔디살수용수 조경용수 화장실세정수	바다방류
수원	부지면 전체	×	홍수방지	하천방류(장다리천)

<표5-2> 월드컵 경기장의 저류조 용량

경기장명	집수면적	대지면적	저류조 용량
인천	17,500m ² (지붕면적)	441,628m ²	600m ³
대전	7,140m ²	172,378m ²	200m ³
전주	23,810m ² (지붕면적)	480,326m ²	710m ³ (500m ³ + 210m ³)
서귀포	14,200m ² (지붕면적)	134,122m ²	500m ³
수원	425,500m ² (부지면적)	425,500m ²	24,500m ³

전주와 서귀포 경기장은 여과와 소독 공정을 포함한 빗물처리 시설을 갖추고 있다. 전주 경기장의 일일 처리 용량은 288m³이며 지붕면에 의해 집수된 빗물은 스트레이너를 거친 후 모래여과, 활성탄 여과 공정을 거치게 되고 마지막으로 소독 공정을 거치게 되도록 설계되어 있다. 서귀포 경기장은 모래여과와 염소소독 공정을 거쳐 조경용수, 잔디살수용수, 화장실 세정용수로 사용된다. 인천 문학경기장과 대전 경기장은 수처리 시설을 갖추지 않았는데 저장된 빗물은 잔디 살수용수로 사용되고 있다.

지역	이용수자원	채수량	사용처	비고
서울	·중수	·경기일:470m ³ /day ·비경기일:131m ³ /day	·화장실 세정용수 ·조경용수	시수+지하수 +중수
전주	·지붕면 빗물	·최대(7월):70.2m ³ /day ·최소(12월):8.8m ³ /day ·년간 채수량:10,324m ³	·잔디살수용 ·조경용수	빗물+지하수
인천	·지붕면빗물 ·유출지하수	·빗물:년간 7,900m ³ ·유출지하수:년간27,600m ³	·조경용수	빗물 + 유출지하수
광주	·중수 (수영장 배수)	·년간 74,825m ³	·잔디살수용수 ·조경용수 ·화장실세정용수	시수+지하수 +중수
대전	·운동장 바닥 빗물	-	·잔디살수용수	빗물

3) 서울대학교의 빗물이용시설

서울대학교에 신축중인 대학원 기숙사에는 200톤 규모의 빗물저장탱크가 설치되고 있다. 지붕에서 모아진 빗물은 중수도 설비와 연계하여 기숙사의 화장실용수와 조경용수로 사용된다. 빗물은 별도의 처리나 운송이 필요없으므로 빗물이 저장되어 있을 때에는 중수도를 가동하는 것에 비하여 매우 경제적이다. 특히 비가 오지 않을 때에도 관악산의 계곡수를 받아 사용하도록 설계되어 있기 때문에 빗물이용 시설의 가동 기간을 연장할 수 있어 더욱 경제적으로 운전할 수 있다. 앞으로 서울대학교의 모든 신축건물에는 빗물이용시설을 설치할 예정이다.

5.1.2. 일본

일본은 1990년 이후부터 도시 생태계의 복원과 아울러 빗물이 새로운 수자원으로 인식되면서 빗물을 용수로 활용하는 다양한 기술과 제품들이 개발되어 오고 있으며, 1996년 현재 연간 500만m³의 빗물을 이용하고 있다.

일본의 스모(씨름) 경기장인 신국기관(神國妓館)은 대표적인 빗물 이용시설로서 지붕면에서 집수된 빗물을 수처리 한 후 저류하는 시스템을 이용하고 있다. 또한 양호한 수질을 확보하기 위해 강우 초기 빗물을 우량계와 timer에 의해 배제시키고 1mm/hr이상의 비가 약 10분 이상 연속하여 오는 경우에만 저수하고 있다.

신국기관의 지붕면적은 8,360m²이고 지하 저수조의 용량은 1,000m³이며 침전, micro strainer, 소독의 처리과정을 거쳐 화장실 세정수, 냉각탑 냉각용수, 자가발전설비 냉각수등 주 사용용도는 위생상 인체와 접촉이 없는 곳이다.

또한 일본의 대표적인 4개의 Dome 경기장인 Tokyo, Fukuoka, Osaka, Nagoya Dome은 각각 빗물과 중수를 이용한 시스템을 이용하여 수자원을 확보하고 있었으며, 모래여과와 소독처리 후 화장실 세정수와 조경용수로 이용하고 있다.

한편 일본의 개인 주택에서는 빗물을 효과적으로 이용을 위한 다양한 방법들이 현재

시도되고 있다. 본장에서는 빗물을 적극적으로 활용하기 위해 가정에 설치한 여러 가지 빗물이용시스템의 설치 사례를 소개하였다.

<표5-4> 일본월드컵경기장의 빗물이용 시스템 적용 예

Tokyo Dome	Fukuoka Dome
<ul style="list-style-type: none"> ● 저수용량 : 1000m³ ● 처리시스템 : 모래여과 + 소독 ● 용도 : 화장실 세정수 	<ul style="list-style-type: none"> ● 저수용량 : 2,900m³ ● 처리시스템 : 모래여과 + 소독 ● 용도 : 화장실세정수, 조경용수
Osaka Dome	Nagoya Dome
<ul style="list-style-type: none"> ● 저수용량 ; 3000m³ ● 처리시스템 : - ● 용도 : 화장실세정수 	<ul style="list-style-type: none"> ● 저수용량 : 2,800m³ ● 처리시스템 : 모래여과 + 소독 ● 용도 : 화장실세정수, 조경용수

일본은 1985년 도쿄돔이 건설된 이래로 용수의 공급과 유출제어를 위해 빗물이용이 효과적이라는 생각이 전국적으로 확산되었다. 더욱이 1995년에 일본서부에서 발생한 대지진때 기존 급수체제의 마비로 심각한 물 부족을 겪으면서 빗물 이용에 대한 관심이 더욱 크게 증가하였다(M.Zaizen et al,1999)

일본은 주로 도심지역의 빗물이용에 많은 관심을 쏟고 있는데 일본 돛미에서의 빗물 이용은 용수공급이외에도 홍수제어 역학, 수자원보전, 하천오염의 감소, 지하수의 함양, 배수관망시스템의 건설경비 절감 등의 효과를 위한 것이다. 또한 화재진압과 비상시 물 공급에 대비하기 위해서 빗물을 사용하기도 하며 환경교육 측면에서도 빗물의 이용을 장려하고 있다(John Gould et al,1999)

1) 스미다 시(Sumida City)의 빗물 이용 시설

◆ 스미다시 시청 - 이 시청 건물은 일본에서 빗물을 이용하게 된 13번째 공공기관에 다. 5000m² 면적의 집수면적과 저류용량 1000m³의 지하저장 탱크를 가지고 있다. 저류된 빗물은 주로 건물 내의 화장실 용수로 사용된다. 1997년 당시 스미다시 시청에서 사용된 화장실 용수의 43.7%가 빗물로 대체 사용되었다.



<그림5-2> 스미다시청.(Sumida City)

◆ 로지손(Rojisin) - 스미다시에는 빗물을 이용하기 위한 5개의 로지손이 있다. 가정집의 지붕면을 통해 내려 온 빗물은 집 근처의 로지손의 지하탱크에 저장되어 물이 필요할 때마다 수동펌프를 이용해 손쉽게 빗물을 이용할 수 있다. 과거에는 소방용수로 사용하였으나 현재는 식물을 재배하기 위해 주로 사용되며 긴급사태가 발생할 경우 소방용수로 사용하기도 하고 비상시에는 적절히 소독하여 마시기도 한다.



<그림5-3> 일본의 로지손 (pictured by Murase)

◆ 코쿠기칸(Kokugikan) - 스모경기장인 코쿠기칸은 일본에서 빗물을 사용하는 대형 건물 중의 하나로 집수면적은 8400㎡이며, 1000㎡의 저장조를 가지고 있다. 저장된 빗물은 주로 화장실 용수나 건물 냉각수로 사용되어지고 있다.



<그림5-4> 고쿠기칸.(Kokugikan)

2) 도쿄돔(Dome)에서의 빗물 이용 시설

도쿄돔은 거대한 체육시설물로서 매우 넓은 지붕을 가지고 있다. 또한 수많은 관중들 수용해야 하고 다양한 용도의 많은 물 수요를 가지고 있다는 특성이 있다. 일본에서는 수자원과 도시홍수 예방의 측면에서 이러한 시설물을 물 수요 만족과 홍수 예방을 조절하기 위해 어떻게 이용하느냐 하는 것이 중요한 문제로 대두되었다. 그 해결방법으로 대부분의 돔에서 빗물을 이용하여 잡용수로 사용하고 있다.(M.Zaizen et al, 1999). 이 밖에도 2002년 한일 월드컵에 사용되었던 축구 전용 경기장 중 요코하마, 사이타마 경기장 등에 빗물이용 시설을 갖추어 환경 친화적인 월드컵을 준비하기도 하였다.



<5-5> 도쿄돔

3) 스미다시의 빗물 박물관

지난 2001년 5월 도쿄의 스미다시에는 세계최초의 빗물박물관이 문을 열었다. 스미다시에서는 “빗물이용을 하는 시민의 모임”에 위임하여 폐교된 초등학교 건물을 빗물 박물관으로 만들었습니다. 여러 회사들의 도움을 받아 완성된 이 박물관은 비 문화에 관련된 전세계의 정보를 가지고 있으며, 앞으로 이 박물관이 국제 빗물센타로 될 수 있도록 노력중이다.

4) 일본의 단독주택 [사례 1]

① 빗물이용개요

일반적으로 단독주택이 빗물을 효과적으로 이용할 수 있고, 또한 경제적 이익을 볼 수 있다. 1987년 이후 본격적으로 빗물이용을 위한 주택의 사례들이 많은 잡지와 신문에 실려 일반인에게 많은 참고가 되고 있다.

본 주택에서는 지하에 약 40m³의 빗물저류조가 있고, 빗물을 지붕에서 모으기 때문에 주로 화장실 세정수와 세탁용수로 사용하고 있다.

빗물을 이용하게 된 이유는 본 주택이 아라카와의 지류, 신가시가와의 지역에 입지해 있어 비가 다량으로 내릴 때 홍수 걱정이 있는 장소였기 때문이다. 따라서 홍수방지에 작으나마 기여하고자 지하저류조를 만들어 효과적으로 이용하고자 하였다.

빗물이용의 여러 가지 가능성을 검증하기 위한 장치가 본 주택에 설치되어 있다. 예를 들어 1층의 천장안에 빗물이 통하는 파이프가 있고, 실험적으로 복사냉방도 실시하고 있다. 파이프에 모인 빗물을 통수하면 실온은 3℃정도 내려간다고 한다. 에어컨에 없어도 선풍기만으로 여름을 보내는 것이 가능하다. 또한 저류한 빗물을 지붕에서 살수하여 가옥의 온도를 낮추는 시험도 실시되고 있다. 집수한 빗물을 깨끗하게 모으기 위해 집수관에 설치하는 그물 바구니와 흙을 연속해서 짜 넣은 곳에서의 빗물여과 매커니즘에 대해서도 실험을 실시하고 있다.

② 데이터

- 건축용도 : 단독주택

- 구 조 : 철근콘크리트조로 건설(1~2층) + 목조(3층)
- 건물연면적 : 130m²
- 빗물용도 : 화장실세정수, 살수, 공조용 냉각수
- 집수면 : 지붕 64m²
- 저류조 : 지하 40m³
- 주소지 : 사이타마현 오오이쵸
- 준공월일 : 1987년 12월
- 설계자 : 테크노플렌 건축사무소

5) 일본의 단독주택 [사례 2]

① 빗물이용 개요

본 주택은 빗물을 다장니한다는 의미에서 시도한 건축의 좋은 예로 볼 수 있다. 환경과 공생하는 주택을 만들기 위해 단순히 빗물을 흘려보내는 것이 아니라 빗물이 새는 것을 막기 위한 다양한 아이디어가 시도되었다.

2층의 거실에는 창문을 겸한 폴카보네이트인 우판(雨板)에 빗물이 떨어짐을 즐길 수 있는 곳이다. 1층의 발코니아에는 빗물로 만든 연못 표면에 미니 분수를 만들었고, 특히 흑색 대나무의 녹색 테두리가 절묘하게 봉니다. 연못은 태양열 수영장을 겸하고 있으며, 지붕에 있는 스프링클러에 의해 살수함과 동시에 구체냉각, 복사냉방을 실시하고 있다. 스텔레스 파이프의 외측 바로 밑에는 돌로 만든 수반이 배치되어 있고, 근처에는 아이들의 손씻는 곳과 물 마시는 곳도 있다. 수반에서 넘친 빗물은 현관앞을 가로지르는 작은 폭포로 슬러내려 정원에 하얀 옥석을 흐르면서 천천히 지하로 침투시킨다. 안뜰은 강우시에는 우수지로서 빗물을 일시 저류하는 역할도 수행하고 있다.

② 데이터

- 건축용도 : 단독주택
- 구 조 : 목조 2층 + 철근콘크리트조로 1층(지층)
- 건물연면적 : 136m²
- 빗물용도 : 심미적 이용, 환경조경용(태양열 수영장), 잡용수, 지하수 함양
- 집수면 : 지붕 64m²
- 빗물연못 : 발코니 0.2m³
- 주소지 : 埼玉縣
- 준공월일 : 1989년 6월
- 설계자 : 스즈키 노부히로

6) 일본의 단독주택[사례 3]

① 빗물이용개요

이 주택은 사는 방식과 편리함과 동시에 환경과의 공생, 에너지 자원을 적극적으로 추구하며 건축되었다. 예를 들면

㉠ 빗물이용 : 거실 마루바닥에 용량 25톤의 빗물 탱크를 설치하고, 화장실의 세정수는 모은 빗물로 100% 충당하고 있다. 빗물 탱크가 꽉 차면 over flow시켜 지하에 침투시킨다.

- ⑥ 태양광 발전 : 낮시간에 태양광으로 발전하여 전기를 도쿄전력에 팔고, 야간에는 도쿄전력으로부터 전기를 사서 생활하고 있다. 태양광 발전량은 2.2KW이다. 도쿄전력에 판매하는 전기료는 월평균 30000엔 정도이다.
- ⑦ 태양온수기 : 유리와 진공관의 메커니즘으로 작동하는 태양열온수기를 채택하고 있다. 집열을 위해 프레온같은 냉매를 사용하지 않은 온수기이다. 상수도의 압력을 그대로 살린 장치로서 효율이 좋고, 급탕도 가능하다.
- ⑧ 프레온가스의 미사용 : 건물의 마루바닥은 여름에도 24℃정도이다. 마루바닥 환기 장치를 연구하여 그 냉기를 실내에 전달하여 에어컨 대신으로 사용하고, 전기에너지와 오존층파괴물질인 프레온 가스를 냉매로 사용하는 일반 에어컨을 사용하지 않는다.
- ⑨ 기타 : 남는 목욕물은 세탁수로 사용하는 시스템도 도입되고 있다.

② 데이터

- 건축용도 : 단독주택
- 구 조 : 목조 2층
- 건물연면적 : 108m²
- 빗물용도 : 화장실세정수, 살수
- 집수면 : 지붕 94m²
- 저류조 : 지하 25m³
- 주소지 : 千葉縣
- 준공월일 : 1993년 12월
- 설계Wk : 테크노플렌 건축사무소

7) 일본의 단독주택[사례 4]

① 빗물이용 개요

기존의 단독주택은 빗물이용을 위해 콘크리트 빗물저류조를 지하에 매설하였다. 빗물저류조의 위에는 증개축 후 주차장으로 활용되었다. 본 주택의 주인은 주부이지만 마치다시의 시의원직을 맡고 있고, 환경문제를 진지하게 생각하는 사람으로서 빗물을 어떻게 하면 정화시켜 사용하는 가를 보여주기 위해 증개축을 실시하였다. 모든 빗물은 화장실 세정수와 연못 살수에 이용하고 있다. 본 주택에서 사용하는 월평균 물의 양은 10m³인데 반해 빗물 월평균 사용량은 5m³ 정도이다. 현재 2인가족이기 때문에 사용량은 적지만, 생활용수의 1/3은 빗물로 충당하고 있다.

② 데이터

- 건축용도 : 단독주택
- 건물연면적 : 주면적 138m² + 차고 18m²
- 구 조 : 목조 2층
- 빗물용도 : 화장실 세정수, 살수, 세차
- 집수면 : 지붕 110m²
- 저류조 : 지하 20m³
- 주소지 : 도쿄도 마치다시
- 준공월일 : 1993년 6월
- 설계자 : 테크노플렌 건축사무소

8) 일본의 산업시설

아키다현의 도마율은 추전현의 쌀 생산자로서 1994년에 쌀개방 이후에 농가의 고민은 냉해와 수확량 감소였다. 따라서 맛있는 현미를 출하하고, 2차 가공한 고부가가치의 쌀을 생산해야 했다. 그때 마을에서는 협동 떡 공장을 만들게 되었다.

본 공장에서는 원료인 쌀을 씻는데 비교적 많은 물을 필요로 하고 있다. 마을은 우물을 파서 음료수를 얻었지만 수질이 그다지 좋지 않았기 때문에 별도의 장소에서 물을 운반해 오는 사람이 있을 정도였다. 따라서 쌀을 씻기 위해 빗물을 이용하고, 씻은 물은 배수시키지 않고, 침전 처리하여 농지로 환원시키려는 계획이 수립되어 도시락 공장에 빗물이용시스템이 도입되었다.

지하에 135m³의 빗물저류조를 설치하고, 제1단계로 화장실 세정수와 살수로 빗물을 이용하고, 장래에는 본래의 목적인 쌀의 세정을 위해서 사용할 예정이다. 명물 「아키타 빗물 떡」의 평판을 받을지도 모르겠다.

② 데이터

- 건축용도 : 산업시설
- 구조 : 목조 2층
- 건물연면적 : 435m²
- 빗물용도 : 화장실 세정수, 살수
- 집수면 : 지붕 185m²
- 저류조 : 지하 135m³
- 주소지 : 秋田縣
- 준공월일 : 1993년 12월
- 설계자 : 테크노플렌 건축사무소

9) 일본의 음식점

① 빗물이용개요

본 주택은 콘크리트제의 빗물저류조를 객석의 지하에 매설하여 빗물을 모아 화장실 세정수등으로 이용하고 있다. 집수면인 지붕이 동판으로 만들어졌기 때문에 집수한 빗물이 다소 녹색색을 띠기도 하지만 눈으로는 판단하기 어렵다.

빗물이용은 환경문제에 대해 관심이 많은 집주인의 강한 요구에 의해 이루어졌다. 현재는 화장실에 『세정수로 빗물을 이용하고 있음』라고 표시되어 있어 손님들의 관심을 끌고 있다.

② 데이터

- 건축용도 : 음식점
- 건물연면적 : 250m²
- 구조규모 : 목조 2층
- 빗물용도 : 화장실 세정수, 살수
- 집수면 : 지붕 200m²
- 저류조 : 지하 80m³

- 주소지 : 사이타마현 히가시마쓰야마시
- 준공월일 : 1993년 2월
- 설계자 : 테크노플렌 건축사무소

10) 일본의 주택단지

① 빗물이용개요

본 가옥은 입체녹화, 건물냉각, 빗물이용, 태양전지, 쓰레기 감량 등 환경공생형의 건축요건을 망라한 저층의 주택단지이다.

옥상에는 흙을 쌓아 채소밭과 파고라로 사용하고 있고, 성토는 태양으로부터 옥상 콘크리트면의 가열을 막고, 맨 윗층 주택의 열부하를 억제시킨다. 또한 강우시 빗물을 흡수해 일시에 지붕으로부터 유하되는 것을 막는다.

식물들이 외벽면과 발코니아까지 모두 심어져 있으며, 주로 빗물이 이용되고 있다. 지붕에서 집수한 빗물을 지하에 설치한 빗물저류조에 넣고, 태양전지로 움직이는 펌프로 옥상의 빗물용 탱크에 보급하는 방식으로 되어있다. 모은 빗물의 일부는 뜰 안의 연못으로 유도하고, 연못의 물은 풍차로 순환시켜 수질을 보호함과 동시에 경관개선에 도 도움이 되고 있다.

본 가옥의 위치한 코가나이(小金井)시정부가 빗물의 지하침투를 장려하고 있기 때문에 본 건물에도 빗물저류조에 몽니 깨끗한 물을 전부 침투받이와 투수성 포장면으로 자하침투 시킬 예정이다.

② 데이터

- 건축용도 : 주택단지
- 구 조 : 철근콘크리트 3층
- 건물연면적 : 2,960m²
- 빗물용도 : 살수(옥상정원, 화단용), 친수(풍차, 연못)
- 집수면 : 지붕 600m²
- 저류조 : 지하 80m³
- 주소지 : 東京都小金井市
- 준공월일 : 1994년 12월
- 설계자 : 설계계획·수계디장니실 + 테크로플렌 건축사무소

11) 일본의 사무소빌딩

① 빗물이용개요

본 시설은 기존의 건축물 옆에 별도의 건물을 신축하면서 빗물이용 설비를 설치한 사무소 건축물이다. 집주인은 빗물이용을 하여 지역의 물순환에 기여하고 있는 것은 1992년 『凸版印刷地球環境宣言』의 취지에 부합하여 스미다구(墨田區)에서 요청함으로써 별도로 신축중인 건축물의 설계를 급히 변경하여 약 1,500만엔의 비용을 추가해 본격적인 빗물이용시스템을 도입하였다.

感雨雪센터에 의해 오염도가 높은 초기강우를 자동적으로 차단하는 시스템을 채택하고 있는 것이 이 건축물의 가장 큰 특징이다. 기존의 스튜디오 및 신축건물의 각 옥상에서 빗물을 모아서 지하에 설치한 빗물저류조에 저류시키고, 옥상의 빗물용 탱크를

거쳐 각 층의 수세식 화장실에 급수시키고 있다. 빗물저류조가 만수가 되었을 때는 자동적으로 집수관의 문이 닫혀 저류조로의 유입이 차단되고, 수량이 부족할 때는 상수가 보급되도록 설계되어 있다.

② 데이터

- 건축용도 : 사무소 빌딩
- 건물연면적 : 13,270m²
- 구조 : 철근 콘크리트조로(지상8층+지하1층)
- 빗물용도 : 화장실 세정수
- 집수면 : 지붕 2,667m²
- 저류조 : 지하 365m³
- 주소지 : 東京都墨田區
- 준공월일 : 1994년 12월
- 설계자 : 카시마건설

12)일본의 도시공원시설

① 빗물이용개요

최근의 공중변소에는 밝고, 청결하며, 멋있는 것들이 증가되고 있다. 東京都足立區立平野의 빗꽃 공원에 만든 공중변소는 단 1개이다. 건물의 옥상에 흙을 쌓아 식재를 하고, 연못을 만들어 빗물을 모으고 있다. 비가 내리면 연못의 물이 넘치고, 연못 주변의 식물과 건물주변의 식물의 토양을 적시면서 천천히 배출된다. 연못의 물이 마르면 상수도가 보급되고 있다. 본 건축물은 공중변소의 이미지를 일신하기 위해 실험적으로 지어졌다.

건축계획을 담당한 아다치구(足立區)의 공원과의 内山雅代는 설계의도를 다음과 같이 설명하고 있다.

『빗물을 모으는 연못을 만들어 미니 생태계를 만들고, 조류와 곤충 보호지역으로 활용한다. 새와 잠자리가 날아와 주길 바라는 마음에서 만들었다. 인접한 住區센터에 자연관찰교실이 있어 그 창문에서 이 공중화장실의 지붕이 보이게 하였다. 실제 여러 종류의 새가 모여들고 있는 것 같다. 나중에 잠자리가 알을 낳아 이것이 부화할 것인가가 기대된다.』 또한 외벽을 둘러싸고 있는 식물이 자라 꽃이 피고 그 향기가 화장실 악취를 제거하고 경관을 개선시켜 주고 있다.

② 데이터

- 건축용도 : 도시공원시설
- 건물연면적 : 10m²
- 구조 : 철근 콘크리트조
- 빗물용도 : 조류와 곤충보호지역, 식재용수
- 집수면 : 지붕 10m²
- 저류조 : 지하 1.7m³
- 주소지 : 東京都足立區
- 준공월일 : 1993년 12월
- 설계자 : 足立區공원과

13) 일본의 주유소/서비스센터

① 빗물이용개요

본 주유소는 비가 내리면 세차용의 빗물 탱크가 만수가 되어 넘친 빗물이 폭포나 수차를 돌리는 수류를 만들고, 식물과 지면을 적셔 침투시키는 방식이다. 따라서 본 주유소는 사람의 마음을 풍요롭게 하는 서비스 장소나 다름없다.

- 경제세차 : 1일 30대를 세차하는데 사용하는 물은 월 100톤이다. 수도관의 구경이 75mm라면 8만엔, 100mm라면 13만엔의 수도요금이 매월 지출된다. 빗물만으로 세차를 한다면 빗물이용 설비의 유지비와 하수도 요금만으로 통당할 수 있다. 태양시스템으로 오수를 공급하고 있어 상수도와 차이가 있는 빗물에는 화합물이 포함되어 있지 않아 큰 효과가 기대된다.

- 마음이 풍성해지는 길모퉁이 : 젖은 돌의 표정과 물의 움직임은 세차·급유·충전을 기다리는 사람의 기분을 전환시킬 것이다. 커피숍에서 편안히 쉬면서 둘러보면 물레방아의 물보라와 소리, 회전음, 절구의 진동음이 마음을 즐겁게 하며, 고향의 풍경을 그리게 한다.

② 데이터

- 건축용도 : 주유소/서비스센터
- 면 적 : 건축면적 250m², 부지면적 1,800m², 녹지면적 350m²
- 구 조 : 철골조
- 빗물용도 : 사무용세차, 수차동력용, 화장실세정수, 청소용, 살수
- 집수면 : 캐토피 380m²
- 저류조 : 지하 100통
- 소재지 : 도쿄도내
- 설계자 : 도쿄이과대학 공학부 건축학과(스즈키노비히로 연구실)

14) 일본의 빗물이용 관련법규

일본의 경우 현재 빗물이용에 직접 관련된 법규나 조례는 없고 잡용수로 이용하는 경우, 급배수 설비에 준하는 형태로 관련 법규의 적용을 받는다(이경립 et al, 2001)

15) 일본의 보조금 지급

일본의 빗물 이용 보조 프로그램은 지역별로 차이가 있는데, 보통 빗물 저장조 시스템, 빗물 침투 설비, 정화조를 빗물 저장조로 전환시켜 사용하는 시스템의 세 가지 분야에 대해 보조금을 지급한다. 이중 빗물 저장조 시스템에 대한 지원을 하는 도시는 Kamakura City 등 5개, 빗물 침투 설비에 지원을 하는 도시는 11개, 정화조를 빗물 정화시스템으로 이용하는데 지원을 하는 도시는 7개이다. 한편 Kawagoe, Kamakura 그리고 Chofu 등의 도시에서는 빗물 저장 시스템과 빗물 침투 설비 모두에 지원을 해주고 있다.(Ichirokita et al)

5.1.3. 독일

독일은 기업주도형으로 빗물이용기술이 개발되어 현재 20만개 이상의 빗물이용시설이 설치·운영되고 있으며 2010년까지 유출되는 빗물의 24%가 활용될 것으로 전망하고 있다.

독일은 대부분의 도시에서 지하수를 원수로 사용하고 있으며 현재 유럽이나 가정용수나 그 밖의 용도에 있어서 빗물의 이용을 가장 적극적으로 추진하고 있는 나라이다. 독일에서 빗물이용을 추진하는 주된 이유는 빗물 사용의 증가를 통해 제한된 수자원인 지하수를 보존할 수 있기 때문이다. 또한 세계최고의 상수도 요금은 적극적인 빗물이용을 실용화하는데 중요한 요소로 작용하였을 것이다.

공해로 인한 대기중의 오염과 조류등 기타 원인으로 인한 집수면의 오염 때문에 빗물을 음용수로 사용하지 않지만 정원용수, 화장실 용수 또는 세차용수등 일반용수로 이용하여 많은 경제적 이익을 얻고 있다. 또한 이러한 빗물 이용 시설을 침투정과 함께 사용함으로써 도시홍수의 예방과 지하수를 함양하는 이외에 홍수시의 배수나 하수 처리에 있어서의 부하를 감소라는 부수적인 효과도 얻고 있다.(John Gould et al, 1999).

독일에서 빗물이용에 대한 관심을 갖게 된 것은 지금으로부터 15-20년 전 일부 환경론자들에 의해서였으나 현재는 100여개가 넘는 빗물 이용관련 실비 제조업자들이 빗물 관련상품 시장에서 서로 경쟁하고 있다.(Fbr, 1999). 독일의 조립식 콘크리트 탱크 제조업체인 Mail-Beton GmbH(1999)에 따르면 과거 10년동안 빗물저류용으로 총 600,000 m³의 용량에 해당하는 100,000개 이상의 저장 탱크를 독일 내에서 공급해 왔다고 한다. 그리고 빗물의 이용은 학교, 세차장 또는 산업용으로 범위가 증가하고 있는 추세이다(Debus, 1999).

1) 베를린의 소니센터(Berlin, Sony-Center)

소니센터의 집수면을 통해 저장된 빗물은 Postdamer Platz 오피스 타워에서 화장실 용수나 건물 외부의 조경용수로 사용되어지며 오피스 타워에 화재가 발생할 경우에도 소방용수로 이 빗물을 사용한다. 빗물저장조가 가득 차게 되면 넘친 물은 14-34m³/h의 속도로 합류식 하수도로 유입되게 되고, 비가 오지 않을 경우에는 빗물 대신 수돗물이 채워지도록 되어 있다.

빗물 공급 라인은 모든 지하 저장조에 연결되어 있다. 그러나 소니 센터 중 오피스타워는 빌딩 단지 내에서 빗물 이용 시스템을 가지고 있는 유일한 빌딩으로 빗물을 소방용수를 보충하는데도 사용하고 다른 빌딩에 물이 떨어졌을 때 오피스 타워의 빗물 시스템에서 전체 수도 공급 시스템으로 빗물을 공급하기도 한다. 이러한 시스템은 거대한 펌프를 필요로 하며 빌딩에 있는 화장실 용수는 빗물 공급 펌프나 전체 수도 공급 시스템에 의해 공급되어진다. 오피스 타워에 있는 빗물 저장조는 너무 많은 비가 오게 될 경우 균등조의 역할을 하게 되며 이때 발생하는 월류수는 합류식 하수도로 들어가게 된다. 수위를 조절할 때 이외에는 화재진압시스템과 빗물 이용 시스템은 독립적으로 운용된다.



<그림5-6> 베르린의 소니센터 (Berlin, Sony-Center)

2) 하노버의 엑스포 호수(Hannover, Expo Lake)

Hannover Expo 2000 박람회장의 지상 포장면을 거친 빗물은 빗물 시스템을 거친 후 방류된다. 이러한 포장면 유출수중 1/3은 여과지에 의해 깨끗하게 처리된 후 저류지(池)나 저류호(湖)로 방류된다. 박람회장 내의 모든 지면이 포장되어 있기 때문에 빗물 시스템만 가지고는 폭우시 모든 빗물을 처리할 수 없게 되어 저류지가 필요하게 되었다. 이 저류지는 빗물 배제 설비로써 뿐만 아니라 조경계획의 일환으로써 설계되어 있으며(박람회장은 박람회 이후 문화시설로 사용되고 있다.) 저수지로도 사용되고 있다. 이 저류지는 분수대와 약 1200개의 나무를 가진 22헥타르의 위락시설에 물을 공급한다. 또한 별도의 관망을 통해 30개의 화장실에도 물을 공급한다. 이러한 빗물 공급 설비로 인해 5개월간의 세계 박람회 기간동안 약 5000m³의 수돗물을 절약할 수 있었다. 빗물을 사요하는데 있어서 공원의 조경용수로 사용될 경우 별도의 처리시설을 필요로 하지 않지만 화장실이나 분수대 공급용의 경우 급속여과지와 UV시스템에 의해 처리된다.



<그림5-7> 하노버의 엑스포 호수(Hannover, Expo Lake)

3) 코블렌츠(Koblenz, Remagen)의 기술 대학

빗물은 대부분 나무로 덮혀 있는 5500m²면적의 지붕을 통해 모아진다. 이 지역의 연간 강수량은 약 700mm이며, 이 지붕은 유출계수가 0.3으로 내리는 빗물의 70%가 저장

되거나 옥상정원에 의해 증발된다. 저류된 빗물은 화장실 용수, 조경용수로 사용되거나 소방용수로 사용되며 저류조 용량은 100m³이다. 두 개의 공급라인은 저장조노에 연결되어 있고 각 저장부는 T형으로 되어 있어 유입 불순물을 거르는 역할을 하게 된다. 한편 옥상정원과 빗물 저장조는 침투 시스템의 부하를 감소시킬 수 있다. 현재의 물 보호 구역은 지하침투를 고려하지 않고 있기 때문에 식물로 덮혀 있는 지역을 통해 유출수가 지반으로 침투되고 있다. 저장조로부터 나온 월류수는 80m 길이의 파이프라인 끝에 있는 도랑에 도달한 후 녹화된 지역으로 들어가게 된다. 이 때 녹화 지역의 바닥에 30cm 두께로 깔려 있는 표토는 생물학적토양층으로써 작용한다.

4) 뮌헨 레오폴드 거리(Munich, Leopold Sereet)

Munich Reinsurance Company는 뮌헨과 전 세계에 1500명의 직원을 가진 세계에서 가장 큰 보험회사이다. 이 회사는 1995년에 뮌헨에 있는 직원의 15%정도를 수용할 수 있는 새로운 건물로 입주했다. 이 건물은 지붕을 통해 빗물을 집수하여 화장실 용수나 조경용수로 사용하도록 되어 있으며 DIN 1988(독일공업규격)에 따라 수돗물과 빗물 이용시스템이 완전히 분리되어 있다.

건물 밖의 지하에 있는 빗물 저장조내의 빗물은 건물 안에 있는 2개의 빗물용 압력시스템에 의해 화장실 용수 및 조경용수로 공급된다. 또한 UV소독설비와 모래여과 설비가 화장실 공급용 빗물을 처리하기 위해 사용된다.

편평한 지붕에 식물을 재배하기 위해 깔아놓은 토양은 많은 양의 빗물을 함유하고 있다가 대기 중으로 증발을 통해 수분을 방출시킨다. 집수된 빗물의 균형은 지하 콘크리트 저장조의 유입을 통해 이루어진다. 두 개의 맨홀이 저장조의 상류부에 설치되어 있는데 하나는 흐름을 분기시키기 위한 것이고 다른 하나에는 필터가 설치되어 있어 각각의 맨홀은 월류가 발생할 경우 침투 설비로 월류수를 내보낼 수 있게 되어 있다. 지하수가 중요한 수자원인 독일에서는 이러한 빗물의 지하 침투 설비가 빗물 이용설비의 한 부분을 이루고 있다. 저장조에서 발생된 월류수 또한 침투를 통해 처리한다. 이외의 잉여 빗물은 표면에서 대략 5.5m 아래에 흐르고 있는 4차 지하수 흐름으로 방류되게 된다.



<그림5-8> 뮌헨 레오폴드 거리(Munich, Leopold Sereet)

이러한 빗물처리방식을 이용할 경우 기존의 하수시스템으로 빗물을 방류할 때 징수되는 1.3 유로/m³의 비용을 절약할 수 있기 때문에 이 방식은 뮌헨에서 빗물을 이용하는 표준적인 방법이 되었다. <Fig. 3>(Klaus W. Koenig, 2001)

5) 독일 빗물이용의 법규

독일에서 빗물관련시설물을 설치할 때에는 건축법, 음용수 수질법, 지역공동체의 하수처리법 등을 고려해야 한다. 빗물이용 시설물은 독일의 표준규격(DIN-Normen)에 적합하면 설치, 운영할 수 있다. 이를 위하여 다음과 같은 요건을 만족시켜야 한다.(이경림 et al, 2001)

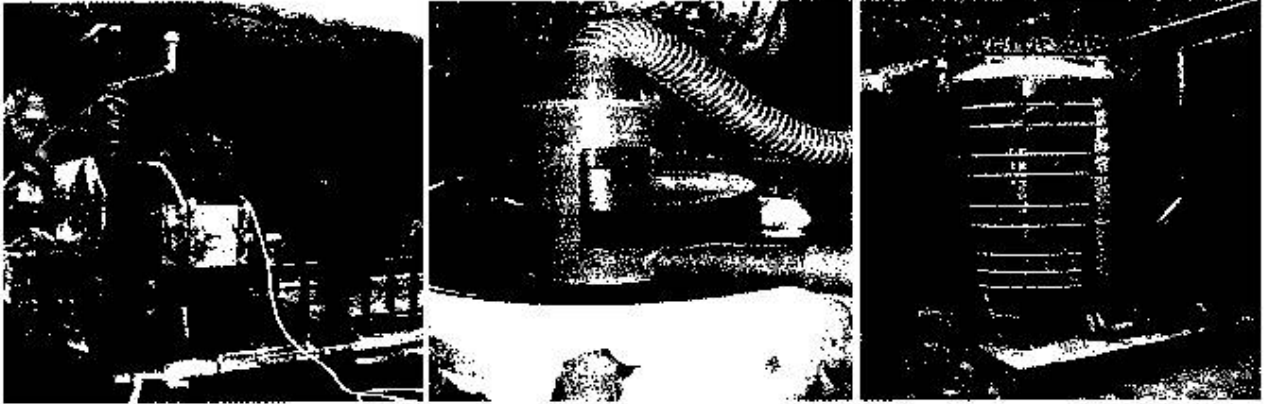
- 빗물이용시설물을 설치할 때에는 가정용 하수배출시설물의 자격요건을 충족시켜야 한다.
- 빗물이용시설물은 일정규모까지는 허가취득이 필요없다. 그러나 AVVW WasserV(법조항)이나 Trinkwasser-Nachspeisung과 관련된 법조항에 의거하여 지자체나 용수담당기관에 그 시설물을 신고하여야 한다.
- 수질보전법과 관련된 허가취득의 의무가 없다.
- 빗물이용시설물 설치시에 음용수가 오염될 가능성을 배제하기 위해서 상수관과 직접 연결하여서는 안된다.
- 빗물 저장조에 상수관을 연결시킬 경우 빗물이 상수관으로 역류하지 않도록 해야 한다.
- 빗물이용시설물의 유입, 유출부는 즉시 인식할 수 있도록 표시를 해야 한다. 어린이들이 오음하지 못하도록 주의해야 한다.
- 빗물이용시설물의 모든 책임을 시설운영자가 지며, 음용수로 사용하지 않도록 주해야 한다.

6) 빗물이용보조금

과거에는 독일의 많은 시에서 빗물 이용시설의 확대를 도모하기 위해 인센티브를 주거나 보조금을 지급했으나(Kreska, 1993), 현재는 하수도 비용을 하수량과 빗물 유출량으로 분리함으로써 빗물을 사용했을 경우 유출량에 대한 비용을 삭감시킬 수 있도록 하였다.(T.Herrmann, 1999)

5.1.4. 대만

대만은 정책적으로 빗물 이용을 장려하여 많은 곳에서 빗물을 이용하고 있다. 대만의 경제부 수자원국은 <그림 5-9>과 같이 지붕식 빗물저장 및 급수시스템보급에 노력하여 오늘날 가해지역에서만 야근 2,800세대에서 농업용수를 사용하고 있고, 총 설치 톤 수는 87,000m³이며, 연간 빗물 이용량은 300만m³에 달한다.

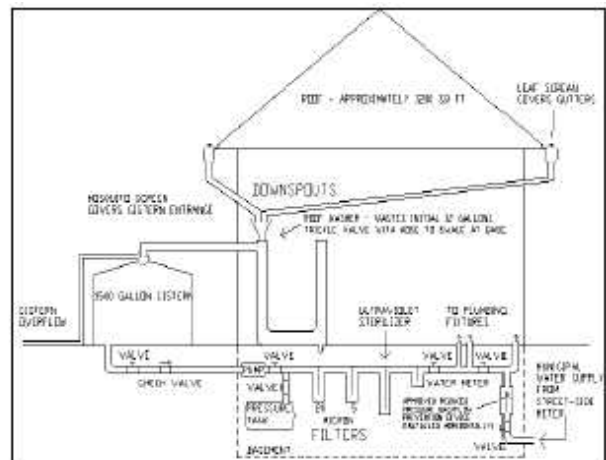


<그림 5-9> 대만 시립동물원의 빗물이용 시설

5.1.5 미국

서부개척시대만 해도 당연히 빗물이용을 하던 미국은 현대에 들어 중앙 집중식 상수도 체계가 보급되면서 빗물의 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 빗물이 일반적으로 사용되고 있다. Lyed(1992)에 의한 전국적인 조사에 따르면 현재 약 200,000개 정도의 빗물 이용시스템이 소규모의 지역 사회나 가정용으로 사용되고 있다고 한다.(Grove,1993)

미국의 경우 최근에 환경에 대한 관심이 높아지고, 기존 수자원이 고갈되면서 관계당국의 빗물저장에 대한 관심을 증가시켰고 많은 도시들이 빗물이용에 대한 기술을 적극적으로 개발하고 있다. 그 중 가장 처음으로 활발하게 빗물저장설비의 설치를 지원한 곳은 캘리포니아(California)였는데 이곳에서 1970년대에 빗물이용에 대한 관심이 증대된 이유는 급격한 물 수요의 증대와 물 생산비용의 증가, 1976~7년의 심한 가뭄 때문이었다(John Gould,1999).



<그림 5-10>미국가정의 일반적인 빗물탱크 <그림5-11> 미국의 가정에서의 빗물시설

1) 미국의 군도(Island)

괌(Guam), 카롤린 군도(Caroline Islands), 푸에르토리코(Puerto Rico)등의 많은 섬 지역에서는 빗물을 이용하는 것이 일반적이며 특히 대체수자원이 부족한 작은 섬들의 경우에는 빗물 의존도가 더 크다.

인구 110,000명의 버진 군도(Virginia Island)에서는 신축 건물을 지을 경우 지붕 유출수를 저류할 수 있는 저장조를 설치할 것을 법으로 규정하고 있다. 이때 그 용량은 1m²의 지붕면적당 400L를 필요로 하는데 주로 저장조는 지하에 매설되며 그 키기는 대략 5-100m³ 용량을 갖는다. 버진 군도의 섬에는 상주하는 인구는 얼마 되지 않지만 일년에 180만명의 관광객을 유치하는 곳이기 때문에 보다 많은 용수를 공급하기 위해 포장된 언덕을 이용하여 빗물을 모으기도 한다.

하와이의 경우 농업지역이나 상수관로 시스템을 놓기 어려운 지역의 경우 빗물을 많이 사용한다. 호놀룰루(Honolulu)의 탄탈루스산(Tantalus mountains)에 사는 100여 가구의 경우 음용수를 포함한 모든 가정용수로 빗물을 사용한다. 그런데 빗물의 미생물학적 수질검사에 따르면 18개 가정의 빗물 탱크에서 채수된 빗물이 대부분 미국의 음용수 수질 기준을 만족시키지 못했다고 한다(Fujioka and Chimm, 1987). 그러나 실제로 건강에 문제를 일으킨 주민은 없었다.

1970년대 후반에 가뭄으로 인해 하와이의 몇몇 카운티(County)가 물부족을 겪게 되었고 이러한 문제를 해결하기 위해 지방자치단체에서는 건물내 자체 수원공급방안을 갖추지 못하면 건축허가를 보류하도록 하였다(Fok Y., 1982). 그러나 이러한 방식은 일시적인 위기대처 방안 밖에 되지 못하므로 최근에는 지속적인 물 부족 문제 해결을 위한 접근이 시도되고 있다. 한편 하와이의 제일 큰 섬에서는 빗물의 이용과 관련하여 문제가 대두되고 있는데 이는 화산 활동으로 인해 빗물의 산도가 크게 높아지게 된 것이 원인이다. 빗물의 산도에 의한 지붕으로부터 납 용출, 관망의 부식 등이 발생할 수 있으므로 특별한 주의를 필요로 했기 때문이다. 과거에는 이러한 문제들이 빗물 이용을 추진해 나가는데 장애가 되기도 했지만 1994년 하와이의 거주자 대표단은 하와이 대학의 수자원연구소에 개인적인 빗물 이용 설비를 갖추는데 필요한 지역 사회의 계획과 건설부문에 대한 가이드 라인의 작성을 요청하였다(Fok Y. 1997).

2) 텍사스(Texas)

건조지역에 해당하는 텍사스에서도 중앙 집중식 수도 공급체계가 갖추어지기 전에는 빗물을 이용하는 것이 일반적이었으나 수도시스템의 도입으로 빗물 이용 시설이 많이 사라졌다. 그러나 다시 빗물 이용에 대한 관심이 부각되고 있는데 이는 기존의 수도와 지하수 수질에 대한 불신이 증대하고 있고 빗물을 이용하는 것이 보다 경제적이라는 생각이 확산되고 있기 때문이다. 특히 미국의 지하수가 경도가 높는데 비해 빗물은 광물과의 접촉이 거의 없으므로 연수라는 점이 장점으로써 부각되고 있다. 세탁에도 유리하고 따로 연수화 공정이 필요없기 때문에 사용에 더욱더 경제적이라는 것이다.(Texas Water Development Board, website)

3) 미국의 빗물이용법규

버뮤다(Bermuda)와 버진 군도(U.S. Virgin Island)의 경우에는 새로 개발되는 지역의 경우 빗물 이용 시스템을 설치할 것을 요구하고 있지만 이외의 주에서는 빗물 이용에

대한 명확한 법규정은 없다.

Texas주(州)의 경우 빗물 이용 시스템이 상수도에 의해 보충되지 않는 경우에는 실내나 실외 사용에 대한 특별한 규정을 두고 있지는 않다. 그러나 만약 빗물 이용시스템이 상수도 시스템과 연계되어 사용될 경우에는 교차연속(Cross Connection)을 피할 수 있도록 상수도 관망과 빗물 이용 시스템간에 완충간격(airgap)을 두어야 하며 그 간격은 상수도 관경의 2배를 넘도록 규정하고 있다. 또한 주(州) 복지부(Health Department)에서는 빗물 저장조에 덮개를 두어 모기가 발생하지 않도록 할 것을 요구하고 있다(Greenbuilder, web-site). 또한 법규는 아니지만 텍사스 물 발전 위원회(TWDB, Texas Water Development Board)에 의해 제작된 텍사스 빗물이용 가이드(Texas Guide to Rainwater Harvesting)라는 지침서를 만들어냈는데 60페이지 분량의 이 지침서는 빗물의 수질, 빗물이용 비용, 미관, 수요예측과 수집방법, 시스템의 설계 등에 대해 자세히 설명하고 있다.

한편 Ohio주(州)의 경우도 빗물 이용에 제한된 법은 없으나 Development of Health Administrative Code에 의해 개인단위의 물공급 체계(Private water system)에 대한 규정을 두어 빗물 이용 시설을 이에 적용하고 있다. 이 법규에는 Cistern의 디자인은 압력을 최소화 할 수 있어야 하며 맨홀이나 유입, 유출부 등의 기타 시설들에도 크기나 재질등에 대한 규정을 둔다. 초기 빗물을 배제할 수 있는 시스템과 필터를 설치해야 한다는 규정 또한 포함되어 있다(Raindrop Laboratories, web-site).

4) 미국의 빗물이용 보조금

미국의 경우 California Water Conservation Tax Law가 1980년에 통과되어 빗물, 중수 또는 두 가지의 혼합된 형태의 사용에 대해 50%(최대 \$3000)에 이르는 정부보조금을 지원하게 되었고, 그 후 몇 가지 개정을 걸쳐 현재에 이르고 있다. 텍사스주 오스틴의 경우 빗물 집수시스템의 설치 비용 중 30%(한도액 \$500)을 보조해주고 있다(John Gould, 1999).

5.1.6 호주

호주는 건조한 기후와 넓은 지역에 낮은 인구 밀도 특성 때문에 빗물 이용은 주로 호주의 미개척지에서 널리 이용되고 있다. 호주 인구의 10%에 해당되는 농업인구를 위하여 넓은 지면에 걸쳐 상수시스템을 건설하는 것은 비경제적일 수밖에 없었다. 또한, 지하수의 경우 개발하기에 많은 비용이 들 뿐 아니라 수질, 수량적인 측면에서도 이용하기에 부적합한 경우가 많다. Perrens(1982)와 호주 통계청(Australia Bureau of Statistics, 1994)에 따르면 호주 농업지역에서 약 100만 명의 사람들이 빗물을 주된 수원으로 이용하고 있다고 한다. 더욱이 증가하는 환경보호에 대한 인식은 자급식 물, 에너지, 식량 등을 포함하는 지속적 개발(Sustainable Development)을 대중화시키는데 공헌하였다(Mollison, 1991). 또한 대부분의 도시지역에 있어서도 빗물을 이용하여 수자원을 보존하고자 하는 주정부의 정책과도 잘 맞아 떨어져 왔다.

South Australia의 수도인 Adelaide의 경우 상수도의 수원인 Murry River의 나쁜 수질 때문에 빗물탱크의 이용이 대중화되었다(Hoey and West, 1982). 일반 생활용수로 사용하기 위한 지붕 유출수의 이용은 호주 전국의 많은 지역에서 일반적인 방법으로 이용되고 있다. 농업지역에서의 빗물이용은 지역에 따라 30-80%에 이르며 심지어 100%에 근접한 지역도 있다(Heyworth et al, 1998).

1) 지하 집수 시스템

1920년대 초에 Victoria State River and Water Supply Commission에 의해 새로운 시스템에 대한 조사와 현장실험이 이루어졌는데 농부들은 직접 990m² 크기의 철로 덮인 지하 빗물 집수 설비 2개를 실험적으로 설치하였다. 이들 각각은 175m³용량의 콘크리트-아스팔트 구조의 저장 시설이다.

1950년대에는 ‘포장’된 집수면 형태의 훨씬 경제적인 방법이 개발되었다. ‘포장집수면’은 무거운 토목 기계인 그레이더를 사용해 도로를 포장할 때와 같이 집수면 표면을 다진후에 굴곡진 ‘포장면’을 연속적으로 평행하게 두고 이를 배수도랑과 수로를 통해 빗물을 덮개가 없는 저류지에 집수한다.<Fig.10> 집수면의 크기는 대략 2-40헥타르에 이른다. 강수량이 300-400mm인 지역의 경우 집수 비율이 25-40% 정도가 된다.

Western Australia 지역의 중심으로 수천개의 이러한 빗물 이용 시스템이 건설되었고 이것은 농장에서 물을 저장하기 위한 일반적인 방법이 되었다. 또한 농장, 마을 그리고 소도시에서 생활용수로 빗물을 공급하는데 사용되기도 한다.(Hudson, 1987).

2) South Australia의 빗물 탱크 보급 캠페인

1981년 South Australia 정부에 의해 빗물 탱크 보급 캠페인(Rainwater Tank Promotion Campaign)이 시작되었다. 이 계획은 현재까지도 진행중이며 빗물 탱크의 크기, 설치 및 유지에 대한 기술적인 충고나 정보를 무료로 제공하고 있다. SA Eater에 의해 무료로 보급되는 정기 간행물과 다른 여러 자료들을 통해 빗물 탱크에 대한 정보를 제공하고 있다(SA Water, 1998). 또한 State Health Commission은 사용될 빗물이 오염되는 것을 막는 방법과 저장조 안에 있는 빗물의 수질을 유지하는 방법에 대한 상세한 가이드라인을 제공하고 있다(Siuth Australian Health Commission, 1995).

3) 기술적 지원 및 자문 서비스

South Australia의 경우 빗물 저장 시설을 증진시키기 위하여 여러 가지 적극적인 행동은 취하고 있는데 빗물의 이용과 수자원 보호를 위해 다방면에 걸친 유용한 정보를 무상으로 제공하고 있다(McLaren et al., 1987). 다른 주나 연방정보 또한 각 가정을 지원하고 계도하기 위한 준비를 하고 있다. 예를 들어 Western Australia의 복지부의 경우 빗물을 마시기에 안전하도록 저장하는 방법등의 저보들을 다른 여러 가지의 유인물을 제작, 보급하고 있다(Health Department of Western Australia, 1996). 최근에 제작된 “빗물 탱크를 사용하기 위한 지침서(Guidance on the use of rainwater tank)”는 이러한 정보들을 한권의 책으로 취합·정리한 것이다.

4) 시드니 2000년 올림픽 경기장

환경파괴를 최소화하고, 친환경적인 올림픽을 치르기 위하여 녹색당 사람들이 주축이 되어 1990년에 생태학적인 올림픽village를 구상하고 건설하였다. 이 올림픽village는 곧바로 건축상을 수상하기도 하였다. 올림픽 경기장에서의 화장실용수는 빗물을 이용하도록 설계되었으나 시드니의 날씨 특성상 겨울철에는 건조기가 계속되므로 실제 올림픽이 열리는 호주의 겨울동안(북반구의 여름)에는 빗물을 이용하지 못했다 그러나, 올림픽 경기이후 호주의 여름이 오면서 빗물을 이용한 화장실 용수 시스템은 훌륭히 제구실을 하고 있다.



<그림5-12> 시드니 올림픽 경기장.

5.1.7 영국

영국은 1995년 심각한 가뭄에 시달리면서 물에 대한 인식의 전환이 이루어졌다. 극심한 가뭄으로 상수보급 회사들의 수도물 보유량이 바닥나면서 인구증가에 대한 자원고갈의 경종이 되었다. 이 사건으로 영국국민들은 깨끗한 물이 더 이상 무한자원이 아님을 깨닫게 되었으며, 그 이후 수도회사들은 재활용수의 잠재적 이용가능성에 대해 본격적으로 조사하기 시작하였다. University of Cranfield에서 개최되었던 빗물이용에 관한 국제 컨퍼런스에 British Water사(社)등의 수도회사들의 적극적인 참여가 있었다. 이 컨퍼런스의 주된 주제는 일본, 독일, 프랑스, 영국에서 빗물이용과 그 시스템에 대한 현재의 기술상황에 관한 것들이었다.

영국의 런던은 연간 평균 강우량이 613mm로 세계의 다른 도시들보다 작다. 1,100만이 넘는 인구는 런던의 수자원을 효율적으로 활용해야만 한다는 것을 말해준다. 템즈워터사는 이미 사용가능한 빗물의 55%를 사용하고 있다. 인구증가와 독신자의 증가, 그리고 날씨의 변화로 물소비량은 점점 증가하고 있다. 템즈워터사는 물소비량을 조절할 뿐 아니라 새로운 수자원을 개발하는 “twin-track” 수자원 정책을 채택하였다. 빗물의 효율적인 이용이 포함된 수자원 재활용의 연구가 이 정책의 가장 중요한 부분을 차지한다.

1) 밀레니엄 돔(Millennium Dome)

영국 최고의 수도보급회사인 “템즈 워터” 사는 영국에 새로 생긴 밀레니엄돔을 빗물 이용과 다른 방법의 재활용수를 비교하기로 하였다. 특히 연구원들은 사용자들의 반응을 관찰하였고, 여러 시범적인 물절약 도구들을 사용하여 그 효율성도 체크하였다.

밀레니엄 돔은 320m의 직경을 가지고 있는 50m 높이의 격자형 철제 돛대에 의해 지지된다. 빗물은 화장실 용수로 하루 필요한 양인 500m³의 20%를 보충해주었다. 100,000 m³의 지붕에서 모아진 물은 식물정화시스템을 거쳐 연못에 저장되고 남은 양은 템즈강으로 흘러간다. 밀레니엄 돔은 오염된 지하수를 처리하는데 이용되어 왔던 역삼투 방식과 멤브레인 방식에 의한 필터 시스템을 핵심적인 처리 기술로 활용하고 있다.



<그림5-13> 영국의 밀레니엄 돔.



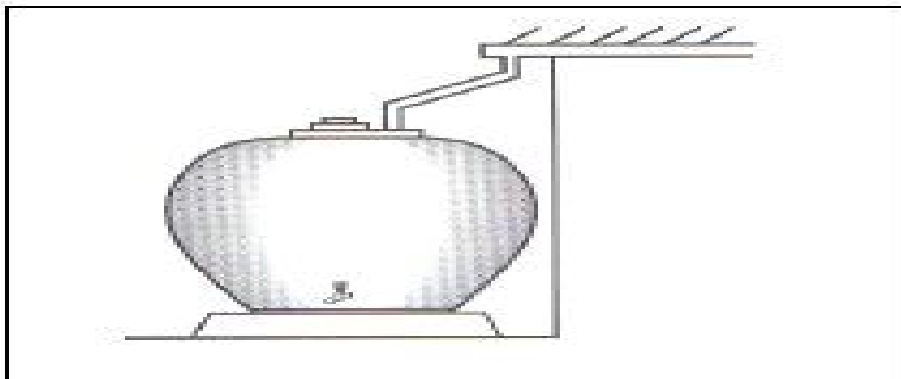
<그림5-14> 밀레니엄 돔 내의 빗물시설.

5.1.8 태국

1980년부터 태국은 가정용 빗물 집수시스템을 개발하여 큰 성과를 보여왔다. 특히 태국의 자-프로그램(Jar Program)은 세계적으로 잘 알려진 가정용 빗물 집수저장조 설치 프로젝트로써 태국정부에 의해 주도되었는데 1980년대 중반이후 2m³부피의 철근 콘크리트로 된 빗물 저장조가 가정용으로 수백만개나 건설되었고 약 11m³의 페로세멘트 탱크의 경우 매우 폭넓게 이용되어 태국의 북동부 지역에서 수천개의 탱크가 설치되어 있다(Traitongyoo, 1987).

태국은 1980년대에 다양한 페로세멘트(Ferrocement) 빗물 저장탱크를 개발하고 설치하여 그 결과 태국의 동북부 산악지대를 비롯한 농업지역의 주민들이 보다 쉽게 음용수를 공급받을수 있게 되었다. 이 지역에는 큰 하천이 없는데다 바다가 융기해 생성된 토지라 지하수는 염분농도가 높아 음용수로 적합하지 않다<한무영, 2001>. 때문에 옛날부터 빗물을 이용해 왔고 가정용 빗물 이용 시스템 사용에 있어서 매우 선도적이라고 할 수 있다. 더욱이 2m³의 태국식 자(Thai Jar)의 개발은 빗물의 활용에 있어 더욱 더 커다란 효과를 불러 일으켰다.

이 프로그램을 통해 겨우 5년 사이에 약 1000만개의 빗물 저장용기(jar)가 만들어졌다는 사실에서 알 수 있듯이 그 결과가 매우 경이적이다.



<그림 5-15> 태국식 자(Thai Jar)

1985년 11월에 국가주도의 위원회가 설립되면서 공식적으로 시작되었는데 설치·계획에 있어서 재정적인 운영과 건설에 마을 사람들 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 프로그램 초기에 6백만 개의 빗물 저장용기(jar)를 제작하는데 132억 달러가 들것으로 예상했던 비용이 단지 2500만달러밖에 들지 않았다(Wirojanagud et al, 1990).

태국에서의 이와같은 빗물 이용 시설의 보급 프로그램이 신속하게 성공적으로 이루어진데는 다음과 같은 이유가 있다.

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

이러한 빗물 이용시설의 보급이 태국에서 비록 성공적으로 이루어졌다고는 하지만 모든 지역에서 그런 것은 아니다. 태국의 남부지역의 경우 다른 대체 수자원이 다양하게 이용가능한데다가 빗물에 대한 선호도가 낮아 빗물 이용 시설의 보급이 저조하다.(John Gould et al, 1999)

5.1.9 칠레

칠레와 페루 남부의 건조 해안지역을 따라 안데스 산맥의 경사지역에는 구름이 지역적으로 Camanchacas라고 불리우는 두꺼운 안개층을 형성하는 특이한 기상현상이 발생하는데 칠레에서는 이러한 안개층을 이용하여 깨끗한 물을 얻고 있다.

안개로부터 물을 모으기 위해 폴리프로필렌 망으로 된 직사각형의 구조물을 설치한다. 이것을 구름의 이동 방향과 직각되게 지상으로부터 1.5m의 위치에 놓고 물을 모은다. Antofagasta지역에서 집수되어지는 물의 양은 2.5L/m²/day정도라고 한다.

이러한 안개 집수의 장점은

- 시스템의 설치에 필요한 비용이 매우 낮고 유지 및 운영비가 적게 든다.
- 환경에 미치는 영향이 거의 없다.

그러나, 단점으로는

- 안개를 집수하기 위한 시스템을 설치하기에 적합한 장소가 제한적이다.
- 환경에 미치는 영향이 거의 없는 기술이기는 하지만 미관상 좋지 않다.



<그림5-16> 칠레의 안개 집수.

5.1.10 중국 및 기타 지역

중국의 서안지역에서는 강우시 주택의 지붕면과 함께 마당면도 집수면으로 이용하고 있으며 연간 430만 m^3 정도의 빗물을 집수하여 이용하고 있다. 강우량이 적어 빗물을 직접 채수할 수 없는 페루의 고산지대에서는 대기중의 이슬을 포집하는 방법으로 연간 54,000 m^3 의 수자원을 확보하고 있다.

케냐, 탄자니아, 보츠와나 등 아프리카의 건조지역에서는 각 가구별로 20~30 m^3 의 빗물 저류조를 설치하여 비가오지 않는 2~3개월간의 건기시 식수로 이용하고 있다. 미국의 경우 정확한 빗물 이용을 알 수는 없으나 환경보호국의 미생물학자 Dennis Lye는 200,000개의 빗물 저류조가 설치되어 있으며 주로 irrigation용으로 사용되며 그 외 가정용으로 사용되고 있다고 발표하였다.

스리랑카에서의 펌프킨 탱크(Pumpkin tank)와 지하 저장조(Undergroynd brick dome)는 1995~1998년 세계 은행의 지원을 받는 Water and Sanitation Program에 의해 개발, 설치되었고 일반적인 수도공급 시스템의 설치가 어려운 지역에 수백 개의 탱크가 제작되었다.



<그림5-17>펌프킨 탱크(Pumpkin tank) <그림5-18>지하저장조(Underground Brick dome).

인도의 미조람 지역에는 연간 2500mm나 되는 비가 내리지만 지형적 특성이 언덕이 많은 산간지방이라서 빗물을 모으기가 쉽지 않았다. 또한 지대가 높아 강물을 끌어올리기 위해서는 상당한 에너지가 필요하였다. 뿐만아니라 이 지방의 인구는 약 300,000명인데 반해 강물로부터 끌어쓸수 있는 수량은 80,000명분밖에 되지 않았다. 이 지방사람들은 정부의 개입없이 자발적인 노력으로 지붕면을 이용한 빗물이용시설을 생활화하여 정부로부터의 상수도공급에 상관없이 모든 생활이 가능하게 되었다. 다행히 주위가 청정지역이기 때문에 빗물은 거의 청정수이며, 건조기에도 물부족없이 생활이 가능하게 되었다(Down to Earth, 1998).

스리랑카나 캄보디아, 인도등 개발도상국에서는 기본적인 수량 확보를 위해 빗물이 이용되고 있다. 이들 나라에서는 아직 체계적이 빗물이용시설보다는 단순한 집수탱크 정도가 설치되어있다.

6. 빗물이용 확대적용

6.1 빗물이용 보급

1) 행정수준의 조성

빗물이용을 보급시켜 수자원의 유효이용을 도모하고 도시의 보수기능을 회복하기 위해서는 역시 경제성의 측면에서도 도입하는 것이 바람직하다.

지역 또는 지역단위에서 보는 경우 우수 이용의 도입효과를 극대화 시키기 위해서는 토지이용의 많은 부분을 차지하는 개인 주택에 대한 조성제도를 충실하는 것이 바람직하다.

어느 정도의 규모의 시설까지 대상을 확대하는지에 대한 문제도 있지만 예를 들면 일본의 뉴타운개발등에 있어서 계획적으로 도입되는 시설에 대해서는 그 치수효과를 적절하게 평가한 후에(빗물이용저류조는 100mm 정도의 규모가 있다.) 적합한 보조를 하는 것도 생각할 수 있다.

2) 하수도요금의 경감

더욱이 현재는 빗물이용시설에서 이용한 빗물은 하수도요금의 대상에서 제외하여야 하며 이러한 하수도요금경감은 빗물이용시설의 확대에 유효한 보급책으로 될 수 있다.

3) 홍보(광고) 활동

민간에의 빗물이용의 도입을 추진·지도하기 위해서는 우선 공공시설에서의 적극적인 도입이 중요하다.

6.2 종합적인 수자원이용

빗물이용은 지하수함양이나 지하생태계회복 등 자연의 물환경을 보전하고 수자원의 유효이용이라는 목적뿐만 아니라 치수, 이수, 환경보전의 전반에 걸쳐서 다기능적인 시설이 설치이용될 수 있다.

앞으로 도시의 물관리방향은 빗물의 강우→침투→증발→지하함양→유출이라는 자연순환적인 흐름경로와 이와 함께 하·폐수의 하수도로의 흐름 및 빗물저류에 의한 상수대 체용수로의 이용 등과 같은 인공적인 물순환흐름을 유기적으로 연결하여 물을 유효하게 이용해 나가는 것이 중요하다.

7. 결 론

7.1 빗물이용 시설보급 확대를 위한 정책방안

7.1.1 빗물이용시설 의무화 조항 확대 방안

가) 빗물이용 수질 기준의 설정

우리나라에서 하수 또는 오수를 처리하여 재이용하기 위해서는 중수도 수질기준을 만족하도록 하고 있으며, 음용수 목적으로 이용하는 경우에는 먹는 물 수질 기준을 준수하도록 되어 있다. 빗물은 도서지방 또는 재난 발생 등의 특수한 상황을 제외한다면 음용수 목적 이외의 용도로 사용될 것이다. 현재는 빗물이용에 직접 관련된 법적 수질 기준이 없지만, 행정 편의적으로 적용한다면 중수도 수질기준이 적용될 것으로 판단된다. 중수도 수질기준에는 용수이용자의 건강보호를 위해 잔류염소에 관한 조항을 포함하고 있으므로, 별다른 처리과정이 없는 빗물은 이러한 조항에 접촉될 우려가 있다. 따라서, 빗물이용을 확대보급하기 위해서는 중수도 수질기준과는 다른 빗물에 맞는 수질기준을 별도로 설정하는 것이 필요할 것이다.

나) 빗물이용의 설계 및 유지 관리에 관한 규정에 제정

빗물이용에 관한 사항은 물 절약과 하수의 재이용과 함께 도시의 법규와 규정에 포함되어 있어야 한다. 건축조례를 개정하여 신축하는 건축물에 빗물이용 시설을 의무화한 다거나, 또는 한국 공업규격에 빗물이용 시설편을 제정하여 빗물이용시스템 설계를 위한 표준화를 수행함으로써 빗물이용의 활성화가 이루어져야 한다.

7.1.2 빗물이용확대를 위한 법적, 제도적 개선방안

가) 물 재활용 담당 행정부서 설치

상하수도 업무와 관련된 지방자치단체의 행정부서를 보면 상수도에 관련해서는 광역시의 경우 상수도사업본부 등이 있고, 소도시의 경우 수도과, 상수과 등이 있다. 하수도 관련분야도 하수과, 수질보전과 등으로 세분되어 있다. 중수도 또는 빗물이용관련 분야는 관련법규가 수도법이기 때문에 상수도 관련 분야에 가깝지만, 실제로 더욱 밀

접한 부서는 건축과 관련된 부서라 할 수 있다. 즉, 중수도 또는 빗물이용 시설은 가능하면 건축행위가 이뤄질 때 권장 또는 의무사항임을 고지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 기존의 상하수도 분야 담당부서들의 긴밀한 협조체계가 구축된다면 기존의 담당 부서만으로도 어느 정도 빗물이용관련 업무를 추진할 수 있겠지만, 빗물이용사업을 활성화시키고, 관련 업무를 효율적으로 추진하기 위해서는 빗물이용 관련 전담부서의 신설이 요구된다. 전담부서의 역할, 인적구성 등에 대해서는 보다 더 심층적인 연구조사가 필요하겠지만, 우선적으로 고려할 수 있는 것은 기존의 담당부서가 상수관련 분야, 하수관련분야로 구분되어 있는데, 이에 더하여 빗물이용분야, 중수도 분야, 하수 재이용 분야를 총괄할 수 있는 물 관리 분야를 신설하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

나) 다량 용수소비시설의 용수절약계획 또는 빗물이용계획 수립 의무화

일본의 경우 물 절약, 물의 재활용 등을 확대 보급하기 위해서 물을 다량으로 소비하는 시설은 건축확인단계에서 잡용수도 설치 등과 함께 절수대책을 기재한 “절수 계획서”를 제출하게 하는 행정지도를 실시하고 있다. 우리나라도 물을 다량으로 소비하는 대형건축물의 신축 신청시에 이와 비슷한 제도를 도입하여 다량 물 소비시설의 재이용 시설의 설치를 유도하고, 만약 자체적인 재이용시설을 갖추지 않을 때는 빗물이용시설을 도입하도록 하거나 공공하수처리장에서 처리한 하수처리수를 이용하게 제도를 도입하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 이러한 제도의 도입은 민간분야부터 시행하는 경우 비효율적일 수 있고, 설비비용 또한 적지 않으므로 공공기관부터 선도적으로 도입하고 점차 확대하여 민간분야로 확대 보급하는 것이 바람직할 것으로 여겨진다.

다) 지자체의 용수이용계획 수립시 빗물확보계획수립 의무화

현재 각 지방자치단체는 장래 증가할 용수 수요량에 대비하여 용수이용계획(상수도계획)을 세울 때 새로운 상수원 개발 등에 기반하여 상수도 기본계획을 수립하고 있는 경향이 크다. 하지만, 국내 수자원은 한정되어 있으므로 장래에는 용수의 수요관리도 중요하게 고려하지 않으면 안될 시점에 이르게 되었다. 즉, 공급만을 염두에 둘 것이 아니라, 물 절약 운동한 수자원을 충분히 대체할 수 있을 것이다. 빗물의 이용 및 절수운동을 활성화하기 위한 방안의 하나로 각 자치단체에게 용수의 이용계획을 수립하게 하는 방안을 제시하고자 한다.

용수 이용계획서에는 다음과 같은 사항들이 포함되는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

- 장래 연도별 필요량(생활용수, 농업용수, 공업용수 등)
- 수자원 확보 가능량
- 절수 가능량
- 빗물 확보 계획
- 하수 재이용 계획 수립
- 중수도 이용 계획

지자체별로 장래의 용수수요량에 대처하기 위해 용수이용계획을 수립할 때 지역에 따라 수자원이 풍부한 곳도 있지만, 그 반대로 확보 가능한 수자원이 부족하여 다른 지역에서 별도로 확보해야 하는 곳도 있을 것이다. 하지만, 각 지자체에서 필요한 용수를 다른 지역에서 확보하기보다는 물 절약을 통해서, 빗물이용을 통해서, 빗물이용을

통해서 장래의 수요량에 대처할 수도 있을 것이다. 따라서, 수자원이 부족한 지역에서 촉진하기 위해서 용수 이용계획 수립시에도 위의 사항을 포함시키도록 하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

7.1.3 빗물이용확대를 위한 경제적 지원방안

가) 빗물이용시 하수도요금 감면

지방자치단체의 하수관련 조례에 의해 하수를 발생시키는 곳은 모두 하수도 이용요금이 부과되고 있다. 그 요금은 대부분 급수사용량에 준하여 부과되고 있으며, 지하수를 용수로 이용하는 경우에도 지하수 이용량에 대한 수도요금은 부과하지 않지만, 하수도 요금은 부과되고 있다. 지하수의 경우에는 대량으로 취수하여 사용하는 경우 지반침하 및 염분침투 등의 문제를 야기할 수 있다. 지하수는 보존해야할 귀중한 수자원이므로 지하수 취수의 경우에는 하수도료 등을 부과하는 것은 당연한 것으로 판단되어진다. 그러나, 빗물의 경우에는 이용하지 않으며 그냥 하수도에 일시적으로 큰 부하를 주기 때문에 가능하면 저류시켜 이용하는 것이 하수 처리에 도움을 줄뿐만 아니라 수자원의 효율적 이용에도 도움을 주게 된다. 따라서, 빗물을 이용하는 경우에는 하수도료를 부과하지 않고 감면해주는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

나) 빗물이용 기업의 육성

빗물이용을 적극적으로 활성화하기 위해 빗물이용 설비를 갖추고 활용하는 기업에 정부 지원금의 혜택을 주거나 하수도 요금을 감면해주는 방안이 고려될 수 있다. 친환경 건축물심사시 빗물이용을 고려한 설계에 대한 배점 강화, 신규 공사의 턴키 입찰에 있어서 빗물이용여부를 심사배점에 포함하는 등으로써 빗물이용을 적극적으로 수행하는 기업을 지원, 육성한다.

7.2 기술적 확대 보급 방안

7.2.1 빗물이용시설 · 설비의 개발

독일, 일본, 미국의 일부 주, 태국, 중국, 대만 등의 경우에는 빗물이용시설의 도입이 활성화되어 있어 빗물이용설비 등에 대한 기술축적이 이뤄져 있으나 우리나라의 경우에는 월드컵 경기장을 제외하면 빗물이용시설이 거의 전무한 실정이다. 하지만, 월드컵 경기장의 경우 시공의 경험이 없어 빗물 처리시설 등 전반적인 시스템에 대한 시설투자가 과대하게 투입되어 있어 빗물이용시설의 본보기가 되기는 어려운 실정이다. 일반적으로 빗물이 갖는 특성은 수질이 양호하여 특별한 경우를 제외하고는 별다른 처리시설 없이 집수하여 이용할 수 있는 것이 큰 장점이다. 따라서, 저류조, 스크린, 연결관, 초기강우 배제장치, 수위에 따른 수돗물 공급장치 등 간단한 시설들만 구비되면 빗물이용이 활성화될 것으로 판단되지만, 우리나라의 경우에는 이들 간단한 설비조차 개발되어 상품화되고 있지 못한 실정일 뿐만 아니라 설비의 표준화된 기준 또한 없는 실정이다. 따라서, 빗물이용을 촉진하고 그 보급을 확대하기 위해서는 빗물이용 설비들에 대한 연구와 기준 설정 작업이 필요할 것으로 판단된다.

7.2.2 다양한 빗물의 활용방안 개발

빗물을 가정에서 잡용수로 활용하는 방안 뿐만 아니라 농업용수, 공업용수, 하천유지용수 등으로 활용하는 방안에 대한 연구, 개발이 고려될 수 있다. 수자원 사용량 중 가장 많이 차지하고 있는 부분은 농업용수이다. 또한, 집수면적이 가장 넓은 곳도 농업지역이다. 우기시에 집중적으로 내리는 빗물을 모아서 효율적으로 사용하는 방안을 시행할 수 있다면 지하수 양수 비용의 절약이라는 경제적 효과뿐만이 아니라 가뭄과 홍수의 통제, 지하수의 보전 등의 부수적 효과도 얻을 수 있다. 또한, 고도의 순수를 요구하지 않는 공정의 경우에 빗물을 비교적 단순한 일정 수준의 처리를 통해 공업용수로 사용하는 것도 가능하다. 또한, 건기시에 발생하는 건천현상을 방지하기 위해 하천 유지용수로 빗물을 활용하는 방안들이 환경학적으로 건전한 기술들로 대두되고 있는 실정이다.

7.3 행정적 측면의 개선방안

7.3.1 건축행정에 빗물이용시설 업무도입

현행 수도법에 명시된 빗물이용 관련 의무화 조항을 건축법에도 명문화하고 건축물 설계 입찰시 빗물이용시설에 대해 설계점수를 추가로 부여하는 방안이 있어야 할 것으로 판단된다. 빗물이용시설이 확대 보급되기 위해서는 건축물을 설계하는 과정에서 빗물이용시설의 도입을 반영하는 것이 바람직한데, 현재는 빗물관련 법규조항이 수도법에 있으므로 정작 건축과정에서 빗물이용시설을 반영해야 할 건축회사들은 그에 대한 마인드를 갖고 있지 못하여 도입이 되지 않고 있는 실정이다. 그러다 보니 빗물이용시설을 설치하기 용이한 아파트등의 건축물에도 빗물이용시설의 설치가 반영되지 못하고 있는 실정이다. 아마도 빗물이용시설이 도입되어 있는 아파트는 홍보효과도 있을 뿐만 아니라, 경제적인 측면에서도 입주자들의 큰 호응을 얻을 수 있을 것이다. 현재 대형 공공 건축물 등은 주로 턴키방식과 같은 심사를 거쳐 입찰이 이뤄지는데, 신기술, 신공법, 특허공법 등을 도입함 제안에 대해서는 그에 상응하는 점수를 반영하고 있다. 빗물이용시설을 도입한 건축물에 대해서도 입찰선정시에 신기술도입과 비슷한 정도의 설계점수를 반영하게 되면 빗물이용시설의 확대 보급에 도움이 될 것이다.

7.3.2 빗물이용 시범사업의 시행

앞에서도 언급한 바와 같이 우리나라에서 빗물이용설비가 도입된 것은 월드컵경기장이다. 이 월드컵 경기장에 빗물이용 시설이 도입된 것은 주로 축구장의 잔디살수목적이었다. 빗물은 음용수 이외의 거의 모든 용도로 사용될 수 있지만, 다른 용도로 도입된 예가 없기 때문에 빗물이용시설의 본보기가 거의 없는 실정이다. 따라서, 빗물이용을 홍보하고 활성화하기 위해서는 시범적 빗물이용시설의 설치가 필요할 것으로 판단된다. 빗물이용효과를 대중들에게 널리 홍보하기 위해 이러한 시범사업의 실시대상으로는 학교(초, 중, 고등학교 및 대학교), 공원시설(어린이 대공원 등), 공공건물(도청, 시청, 동사무소, 소방서 등), 공항 등이 적합하다.

2002년 10월중에 경기도내 한 중학교에 빗물이용시설의 착공식이 있었는데, 아직 일반인들에게는 거의 홍보가 안되고 있는 실정이다. 따라서, 전국 가지에 시범이 될 수 있는 여러용도의 빗물이용시설을 설치하는 것이 빗물이용의 홍보에 도움이 될 것이다. 특히, 초등학교, 중학교 등에 설치하면 자라나는 평소년들에게 물의 소중함을 일깨우고 수자원으로서의 빗물의 가치를 재인식시키는 교육적 효과도 클 것으로 기대된다.

7.4 빗물이용의 교육 및 홍보

빗물이용을 활성화하기 위해서는 시민단체와 언론매체가 국가의 제도적 지원을 받아 빗물이용의 장점을 널리 홍보하는 것이 필요하다. 구체적이고 실현가능한 대안제사 차원에서 빗물이용의 장점을 시민들에게 널리 홍보하고 빗물이용을 활성화하기 위하여 우리 선조들의 빗물이용 역사 및 주변 생활에서의 빗물이용 방안 등을 보여줄 수 있는 빗물 박물관의 설립이 한국빗물모으기 운동본부에 의해 추진되고 있다. 또한, 빗물 이용이 활성화되어 있는 다른 나라의 경험 및 기술들을 얻기 위해 외국 단체(UNEP, WWF, IRCSA 등)와의 교류를 활발히 추진한다. 빗물이용의 활성화는 민관이 함께 주도해야 하는 사업이므로 정부의 지원하에 민간단체들이 참여할 수 있도록 이들 단체의 교육이 필요하며, 이를 위한 홍보자료의 출판 및 배포가 요구되고 있는 실정이다.

전 세계적으로 빗물 모으기와 이용은 앞으로 반드시 시행해야 할 필수 조건이 될 것으로 예상된다. 우리나라에서도 원활한 수자원의 공급, 홍수예방, 친환경 조성 등의 방안으로써 다른 방법에 앞서 가장 먼저 빗물이용을 강구하여야 한다. 이를 위해서는 가장 먼저 과학적 근거에 의해 빗물의 가치를 올바르게 인식하고, 수질에 대한 잘못된 인식을 바로잡으며, 시민들에 대한 적극적인 교육, 홍보 및 제도적인 뒷받침을 준비하는 것이 필요하다. 빗물모으기 운동을 사회전반에 걸쳐 범국민적으로 수행하기 위해 노력해야 할 과제이다.

Population Action International(PAI)이라는 국제적인 비정부단체에서 2000년도에 발표한 보고서에 의하면 지구는 2050년까지 적어도 세계인구의 4명중 한 명은 만성적으로 청정수 부족에 시달리는 국가에서 살게 될 것이라고 한다(Robert, 2000). 인구증가는 더더지는 반면 물부족 환경에서 살게되는 인구의 증가는 인구증가속도의 4배로 추정되며, "Sustaining Water, Easing Scarcity: A Second Update" 라는 보고서에 의하면 21세기 중반까지 20억의 인구가 물부족을 겪을 것으로 예측하고 있다. 이미 세계인구의 8%에 해당하는 4억3천만의 인구가 물부족 또는 물기근 국가에서 살고 있다.

이런 시점에서 국제적으로 빗물은 가장 중요한 수자원중의 하나로써 고려되기 시작하였다. 우리나라에서도 빗물은 충분히 이용할 수 있는 중요한 수자원이라는 국민적인 인식이 필요한 시점이다.

- END -

【 참고문헌 】

- 1) 대한상하수도학회(2003.1), “빗물이용시설 보급확대를 위한 정책방안 연구용역”
환경부
- 2) 한무영 역(2001), “빗물이용 지구사랑”, 대한상하수도학회 빗물이용연구회
- 3) 환경부, “수도법령집”, 1998.
- 4) 한국빗물모으기운동본부 역(2001), “지속가능한 도시의 물 관리를 위한 빗물 모으
기와 빗물사용”, 한국빗물모으기 운동본부
- 5) 대한상하수도학회 빗물이용 연구회(2002.2), “제1회 빗물 모으기 운동 국제 워크
샵” 프로시딩, 서울
- 6) 대한상하수도학회 빗물이용 연구회, 한국빗물모으기 운동본부(2002.8), “The 3rd
East Asia international Conference & The 2nd Korea Workshop on Ecological
Rainwater Harvesting and Utilization” 프러시딩, 제주
- 7) 빗물이용 홈페이지, <http://rainwater.snu.ac.kr>
- 8) 환경부, “수도법 시행규칙중개정령”, 2001.
- 9) 환경부, “전국수도종합계획”, 1998.
- 10) 김갑수, 김영란, “중수도, 빗물 처리기술 및 적용”, 환경관리연구소, 2002.
- 11) 대한상하수도학회(2002.11), “빗물모으기와 빗물이용 정책토론회”
- 12) 건설교통부, 건축법·건축법시행령·건축법시행규칙
- 13) 환경부, 2002 환경백서, 2002
- 14) 환경부, 세계물의 해 자료집, 2003
- 15) 환경부, 수도법·수도법 시행령·수도법시행규칙·환경개선비용부담법
- 16) <http://www.me.go.kr>(환경부)
- 17) 한무영, 2000, “대체수자원으로서의 빗물활용방안”, 대한상하수도학회지 제14권
제3호, pp. 207-210
- 18) 이경림, 박진호, 한무영, 이성기, 2001, “우수이용 보급 방안에 관한 연구”,
한국물환경학회 발표문
- 19) Group Raindrops 지음, 한무영 옮김, 2001, “빗물이용 지구사랑”, 대한상하수도
학회. 빗물이용연구회
- 20) 건설교통부, 한국수자원공사, 2000, 『수자원장기종합계획(Water Vision 2020)』
- 21) 대한상하수도학회(2002.2), “빗물모으기운동 국제워크샵”
- 22) 김갑수, 김영란, “우수유출저감시설 기준연구”, 서울시정개발연구원, 1998
- 23) 김갑수, “건축물에 있어서의 우수이용에 관한 고찰” 1987
- 24) 김이호, “우수이용시스템의 대표적인 예”, 한국건설기술연구원 건설기술정보지,
Vol 13, 2001
- 25) UNEP-DTIE-IETC/Sumida City Government/PPRU, 2002, 『지속가능한 도시의 물 관
리를 위한 빗물모으기와 빗물이용』