

부산 아시아드 주경기장의 우수 시스템 도입에 따른 경제성 분석

윤 준 호*, 구 본 태*, 왕 영 주*

동의대학교 건축설비공학과

Analysis of Economy from Rainwater Use System in Main Stadium of Busan Asiad

Jun-Ho Yoon*, Bon-Tae Koo*, Young-Joo Wang*

*Department of Building System Equipment, Dong-Eui University, Busan 614-714, Korea

ABSTRACT: Currently, the interests of shortage of water supply is on the rise. Even developed countries are also suffering from a drought and insufficient water supply. Likewise other countries, we do have same problem, but unfortunately we do not have any proper solution either.

One of the ways suggested to settle the problem is using rain water that gets people's eyes. Rain water is evaluated such as a good way to blow the problem of water shortage out and unlimited resource. So, this study focused on the prospect of rain harvest system and possible economic effects if this system adopt in Main Stadium of Busan Asiad.

Key words: Main stadium of busan asiad(부산 아시아드 주경기장), Rainwater use system (우수시스템 도입), Analysis of economy(경제성 분석)

1. 서론

1.1 연구 배경 및 목적

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 보고하고 있다. 이에 최근 모든 국가가 수자원을 친환경적이고 효율적으로 사용하기 위한 방법들을 모색하고 있다.

해외 선진국에서는 단순한 수자원 절약 에서

벗어나 통합적이고 친환경적인 수자원 이용을 위해 노력을 기울이고 있지만 우리나라는 지하수와 생활용수를 재처리한 중수 이용 및 빗물 이용을 대체 수자원으로 일부 고려하고 있을 뿐 이와 관련된 연구가 매우 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 우수 이용을 통해 수자원을 절약하여 비용절감 효과를 제안하고자 한다.

1.2 연구 범위 및 방법

본 연구에서는 우수 이용 시스템의 개념과 우수 이용 시스템이 건축물에 어떻게 적용 되는지 살펴보고, 국내의 부산 아시아드 주경기장을 모

델로 경제성을 분석하여, 공사비와 세금 지원을 초기투자비를 회수할 수 있는 기간을 분석함으로써 효율적인 적용방안을 도출 하고자 한다.

2. 우수 시스템의 개념

우수이용은 물의 유효 이용측면에서 빗물과 우수를 분리하는 것으로부터 시작된다. 강수로 내린 빗물은 일부 집수되어 상수대채용수로 이용하고 나머지는 가능한 땅속으로 침투시켜 하수도로 방류되는 양을 줄인다.

주택에서의 빗물 이용은 지붕이나 테라스 등에서 빗물을 취수하여 이것을 지하 등에 설치된 저수조에 저장하고 화장실용 세정수나 살수용 등의 잡용수로 이용하는 것이다. 공해로 인한 대기 중의 오염과 기타 원인으로 인한 집수면의 오염 때문에 빗물을 음용수로써 사용하고 있지는 않지만 정원 용수, 화장실 용수 또는 세차용수 등으로 이용하여 많은 경제적 이익을 얻고 있다.

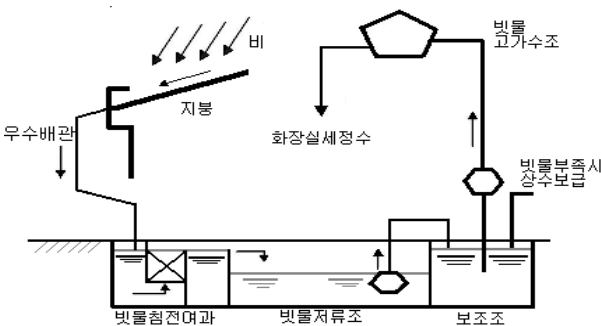


Fig. 1 Excellent use of the system concept.

우수의 용도는 배수 재이용수와 마찬가지로 ‘수세식 화장실의 세척수, 냉각탑의 보급수, 세차용수, 수경용수, 소방용수, 재해시의 비상용수’ 등이 있으나, 주로 수세식 화장실의 세척수에 이용된다.

3. 부산 아시아드 주경기장 우수 이용 시스템에 따른 경제성 분석

3.1 부산 아시아드 주경기장의 개요

부산 아시아드 주경기장은 1996년 3월 25일 착공하여 2001년 9월 16일 개장되었다. 스포츠 경기와 각종 공연 및 문화행사를 수용할 수 있는

다목적 경기장으로, 부지면적 56만 1949㎡이며, 주경기장은 부지면적 33만 578㎡, 연건평 9만 2638㎡에 지하 1층, 지상 4층, 보조경기장은 연건평 1,408㎡에 지상 2층의 규모이며, 총사업비 2,233억 원이 투입 되었다.

3.2 강수량 및 상하수도 사용량 분석

(1) 강수량 분석

그림 8은 부산 아시아드 주경기장이 위치한 사직동 일대의 2002~2008년까지의 8년 동안의 월별 강수량으로서 1월부터 12월까지의 총 강수량은 11,158mm로 나타나고 있다. 6월에서 9월 사이에 강수량이 집중하고 있는 것을 나타내고 있다.

그림 9는 부산시의 1999~2008년까지 10년동안 년도별 총 강수량을 나타낸 그림이다.

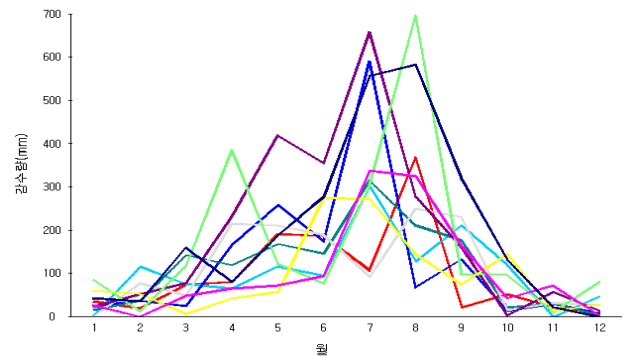


Fig. 2 Pusan, the monthly rainfall last 10 years.

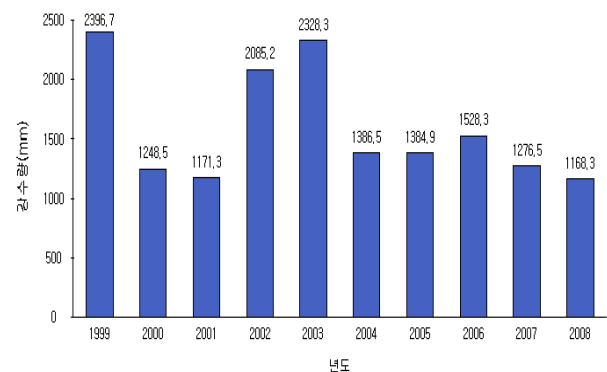


Fig. 3 Pusan, 10 years total rainfall.

(2) 상하수도 사용량 분석

부산 아시아드 주경기장은 지하수를 사용하고 있으며 2008년을 기준으로 지하수 사용량은 20,270톤/년으로 연간 지하수 요금 8,907,800원, 하수도 사용량은 19,476톤/년으로 연간 하수도 요금 8,568,000원이다. 아래의 표 1·2는 2008년 기준으로 하여 지하수, 하수도 사용량과 수도요금표이다.

Table 1 Busan Asiad Main Stadium of the underground water, sewer usage.

지하수사용량	20270 톤/년
하수도사용량	19476 톤/년

Table 2 Water rates in the Busan Asiad Main Stadium.

원/톤	지하수	상수도	하수도
1t ~ 50t	320원	750원	320원
51t ~ 100t	350원	790원	350원
101t ~ 300t	400원	820원	400원
301t 이상	440원	850원	440원

3.3 부산 아시아드 주경기장의 경제성 평가방법

1)본 연구에서는 경제성평가 방법으로 현재 가치법을 선택하였으며, 현재 가치법은 투자사업 기간에 걸쳐 발생하는 비용과 편익의 현재가치를 구하여 순편익이 있는 경우 경제성이 있다는 것으로 평가하는 방법이다. 평가항목은 초기투자비, 빗물생산량, 운전소요경비(전력비, 약품 사용비, 여재교체비용, 인건비), 세제감면, 상하수도단가 등이다. 현재 가치법으로 빗물의 생산단가, 상하수도요금 절감액, 투자비회수기간 판단을 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 현재 가치법으로 경제성 평가를 실시하였다.

3.3.1. 제주월드컵 경기장의 경제성평가

제주월드컵경기장의 경제성 평가항목을 살펴보면 빗물 이용 시설의 초기 투자비는 300,000,000 원이고 약품사용비용, 전력비, 여재교체비용, 인건비 등의 운전소요경비는 매월 2,028,570원을 사용하고 있다. 빗물이용에 대한 세제감면은 없으며, 상하수도단가는 톤당 1,430원이다.

Table 3 Jeju World Cup Stadium economics evaluation.

구분	내 용
초기 투자비	300,000,000 원
빗물 사용량	3600톤/월
약품사용비용	71,428 원/월
운전 전력비	142,857 원/월
소요경비 여재교체비용	114,285 원/월
인 건 비	1,700,000 원/월
세제 감면	해당사항 없음
상하수도 단가	1,430 원/톤

제주 월드컵경기장은 집수면을 경기장의 지붕면으로 하고 있으며, 일평균처리량은 120톤을 사용하고 있다. 처리된 빗물의 용도는 잔디살수용수, 조경용수, 화장실용수로 이용 되고 있다.

3.3.2. 지하수 사용시 경제성평가

현재 부산 아시아드 주경기장은 지하수를 이용하고 있으며, 우수설비 시스템을 적용 했을 때, 우수설비 시스템 초기투자비 회수기간을 알아보았다.

초기투자비는 제주월드컵 경기장과 동일하다고 가정하였으며, 운전소요경비는 부산 아시아드 주경기장이 제주 월드컵 경기장보다 빗물생산량이 1.2배 더 많으므로 그에 따라 비례해서 값을 책정하였다.

Table 4 Ground water & tax exemption applies to items economy rating.

비고	지하수사용	지하수 사용시 세제감면적용
초기투자비	3 억원	1 억 5천만원
빗물생산량	4,437.9 톤/월	4,437.9 톤/월
약품사용비용	85,713 원	85,713 원
운전 전력비	171,428 원	171,428 원
소요 경비 여재교체비용	137,142 원	137,142 원
인 건 비	1,700,000 원	1,700,000 원
세제감면	해당사항없음	공사비 50%지원 수도요금65%감면
상하수도 단가	880원 원/톤	308 원/톤

우수이용시설을 도입한다고 가정할 때, 부산 아시아드 주경기장의 경제성평가 항목을 살펴보면, 빗물생산량은 (월 최소 강수량 × 집수면적 × 유출계수 × 필터효율) 집수면의 지붕면적으로 강수량과 유출계수, 사용 일을 적용하여 4437.9톤/월로 정하였고, 운전소요경비의 약품사용비용과 여재교체비용은 현재 우수설비시설을 운영하고 있는 제주월드컵경기장의 운전소요경비와 동일하게 적용 하였다.

1) 지하수 사용시

① 빗물 생산량

부산 아시아드 주경기장의 지붕을 집수면적에 유출계수(0.85~0.95 환경부,1997)와 필터효율(제조업체의 안내서를 참조하되 주기적인 관리가 이루어질때 일반적으로 0.9의 효율)의 함수인 집수율을 강수량에 곱하여 빗물 생산량을 계산할 수 있다.

$$= \text{월평균강수량} \times \text{집수면적} \times \text{유출계수} \times \text{필터효율}$$

$$= 0.097\text{ton}/\text{m}^2 \times 59806\text{m}^2 \times 0.85 \times 0.9$$

$$= 4437.9\text{ton}$$

② 지하수, 하수도 요금 절감액

$$= \text{지하수 단가} \times \text{빗물생산량}$$

$$= 880\text{원} \times 4437.9 \text{톤/년} = 1,952,676\text{원}$$

③ 회수기간(년)

초기투자비용과 운전소요경비는 현재 우수설비 시스템을 운영하고 있는 제주 월드컵 경기장과 동일하게 적용 하였다.

$$= \frac{\text{초기투자비}}{\text{수도요금절감액} + \text{운전소요경비} + \text{기타}}$$

$$= \frac{300,000,000\text{원}}{1,952,676\text{원} + (2,094,284\text{원} \times 12\text{달}) + \text{기타}} = 11\text{년}$$

2) 지하수 세금 감면 적용시

① 지하수, 하수도 요금 절감액

$$= \text{상하수도단가} \times 65\% \times \text{빗물생산량}$$

$$= 880\text{원} \times 65\% \times 4437.9 \text{톤/월}$$

$$= 2,537,964 \text{원}$$

② 회수기간(년)

$$= \frac{\text{초기투자비}}{\text{수도요금절감액} + \text{운전소요경비} + \text{기타}}$$

$$= \frac{150,000,000\text{원}}{2,537,964\text{원} + (2,094,284\text{원} \times 12\text{달}) + \text{기타}}$$

$$= 5.4\text{년}$$

3.3.3. 상수도 사용시 경제성평가

부산 아시아드 주경기장에서 지하수를 사용하고 있지만, 지하수대신 상수도를 이용한다고 가정하여 지하수와 상수도를 사용했을 때의 비용편익을 비교해보았다.

Table 5 City water & tax exemption applies to items economy rating.

비 고	상수도사용	상수도 사용시 세제감면적용
초기투자비	3 억원	1 억 5천만원
빗물 생산량	4,379.5 톤/월	4,379.5 톤/월
약품사용비용	85,713 원	85,713 원
전 력 비	171,428 원	171,428 원
여재교체비용	137,142 원	137,142 원
인 건 비	1,700,000 원	1,700,000 원
세 제 감 면	해당사항 없음	공사비 50%지원 수도요금65%감면
상하수도 단가	1290원 원/톤	451원/톤

1) 상수도 사용시

① 빗물 생산량

$$= \text{월평균강수량} \times \text{집수면적} \times \text{유출계수} \times \text{필터효율}$$

$$= 0.097\text{ton}/\text{m}^2 \times 59806\text{m}^2 \times 0.85 \times 0.9 = 4437.9\text{ton}$$

② 상하수도 요금 절감액

$$= \text{상수도 단가} \times \text{빗물생산량}$$

$$= 850\text{원} \times 4437.9 \text{톤/년} = 3,772,215\text{원}$$

③ 회수기간(년)

$$= \frac{\text{초기투자비}}{\text{수도요금절감액} + \text{운전소요경비} + \text{기타}}$$

$$= \frac{300,000,000\text{원}}{3,772,215\text{원} + (2,094,284\text{원} \times 12\text{달}) + \text{기타}} = 10.3\text{년}$$

2) 상수도 세금 감면 적용시

① 상수도, 하수도 요금 절감액

$$= \text{상하수도단가} \times 65\% \times \text{빗물생산량}$$

$$= 1290\text{원} \times 65\% \times 4437.9 \text{톤/월}$$

$$= 3,721,179\text{원}$$

부산 아시아드 주경기장의 1년간 상수도, 하수도 사용요금은 총 25,797,500원이며 지하수대신 빗물을 사용했을 때, 연간사용 요금 중 58%인 15,056,720원을 절감 할 수 있다.

② 회수기간(년)

$$= \frac{\text{초기투자비}}{\text{수도요금절감액} + \text{운전소요경비} + \text{기타}}$$

$$= \frac{150,000,000\text{원}}{3,721,179\text{원} + (2,094,284\text{원} \times 12\text{달}) + \text{기타}} = 5.2\text{년}$$

4.3.4 사용 년 수에 따른 총 비용과 편익 비교

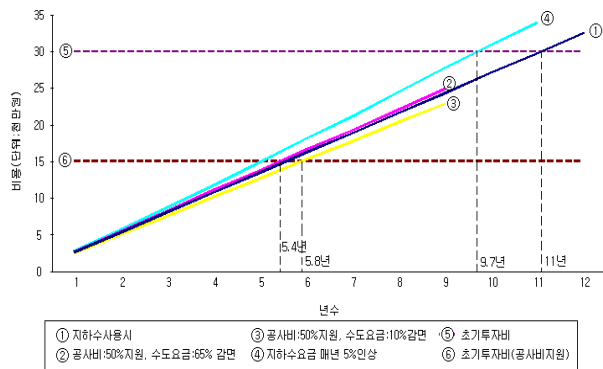


Fig. 4 Comparison of benefits and total cost of the construction by period of using groundwater.

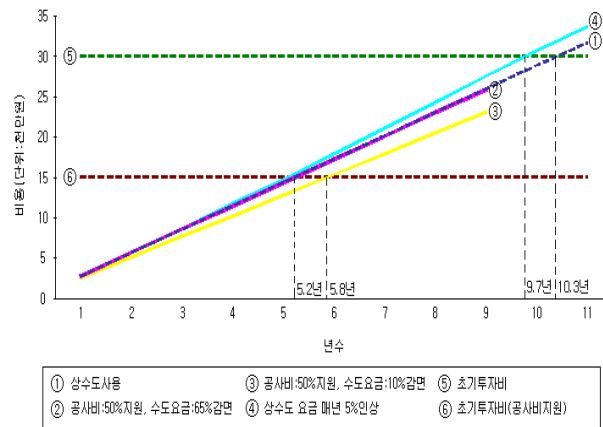


Fig. 5 Comparison of benefits and total cost of the construction by period of using city water.

그림11·12 에서 우수설비 시스템을 이용 했을 때, 회수기간은 9년 정도에 회수가 가능하고, 만약 부산 아시아드 주경기장에서 상수도를 사용한다고 가정 했을 때 에는 약 7년 정도에 회수가능한 것으로 나타났다. 그리고 각각 공사비와 수도요금 감면을 혜택 받았을 때, 회수기간이 줄어들었다.

4.3.5 갈수기를 고려한 경제성평가

1) 지하수 사용시

$$= \text{월평균강수량} \times \text{집수면적} \times \text{유출계수} \times \text{필터 효율}$$

$$= 0.097\text{ton/m}^2 \times 59806\text{m}^2 \times 0.85 \times 0.9$$

$$= 4437.9\text{ton}$$

① 지하수, 하수도 요금 절감액

$$= \text{지하수 단가} \times \text{빗물생산량}$$

$$= 880\text{원} \times 4437.9 \text{톤/년} = 1,952,676\text{원}$$

② 회수기간(년)

$$= \frac{\text{초기투자비}}{\text{수도요금절감액} + \text{운전소요경비} + \text{기타}}$$

$$= \frac{300,000,000\text{원}}{1,952,676\text{원} + (2,094,284\text{원} \times 8\text{달}) + \text{갈수기4달수도요금}}$$

$$= 12.1\text{년}$$

(갈수기 4달 -11,12,1,2 월 빗물대신 전부 지하수 사용)

2) 상수도 사용시

$$= \text{월평균강수량} \times \text{집수면적} \times \text{유출계수} \times \text{필터효율}$$

$$= 0.097\text{ton/m}^2 \times 59806\text{m}^2 \times 0.85 \times 0.9$$

$$= 4437.9\text{ton}$$

① 지하수, 하수도 요금 절감액

$$= \text{상수도 단가} \times \text{빗물생산량}$$

$$= 1290\text{원} \times 4437.9 \text{톤/년} = 5,724,891\text{원}$$

② 회수기간(년)

$$= \frac{\text{초기투자비}}{\text{수도요금절감액} + \text{운전소요경비} + \text{기타}}$$

$$= \frac{300,000,000\text{원}}{5,724,891\text{원} + (2,094,284\text{원} \times 8\text{달}) + \text{갈수기4달수도요금}}$$

$$= 10.3\text{년}$$

(갈수기 4달 -11,12,1,2 월 빗물대신 전부 상수도 사용)

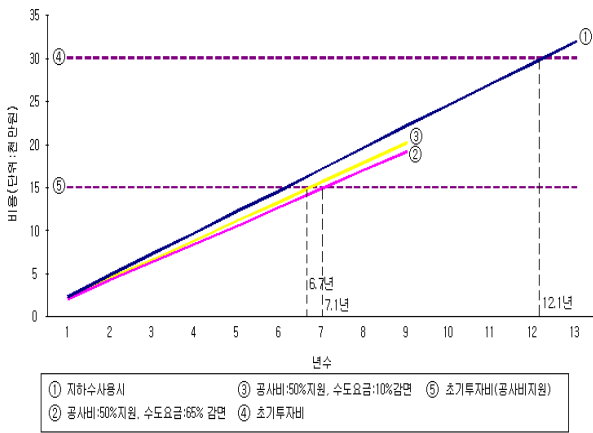


Fig. 6 Comparison of benefits and total cost of the construction by period of using groundwater in dry season.

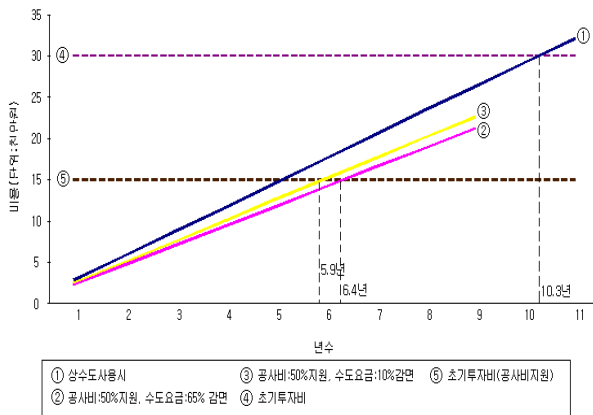


Fig. 7 Comparison of benefits and total cost of the construction by period of using city water in dry season.

Table 6 OECD International compare water rate.

구분 (2008년)	한국	일본	영국	독일	프랑스
수도 요금(원화 (원/m ³))	604	1,007	1,967	3,001	3,709
가정용 비교 (달러 (\$/m ³))	-	0.78	1.53	2.34	2.89
비교 (배)	1	1.7	3.3	5.0	6.1

(기준 환율 : 2009.5.6)

그러나 표6에서는 외국과 비교하여 우리나라의 상·하수도요금의 현실화, 물 이용부담금 증대, 빗물 이용시 사회적 편익 등을 감안 한다면 톤당 비용이 상승하면 회수기간은 더 짧아질 것으로 예상된다. 우리나라의 수도요금은 타국에 비하여 상당히 낮게 책정되어 있으며, 이러한 문제는 빗물이용 시설의 경제성 검토를 하는데 있어 큰 문제로 나타난다. 향후에 우리나라에서 수도요금을 인상하게 된다면 빗물이용 시설에 대한 관심은 자연스럽게 높아질 것으로 보이지만 현재의 수도요금으로는 경제성을 재고해야 될 것이다.

4. 효율적인 적용방안 제안

우수시스템의 보급과 활성화를 위해서 정부나 자치단체에서 지원이 필요하며, 국외의 경우 독일과 일본 등을 중심으로 빗물저류·침투시설의 보급을 위한 인센티브 제도를 비롯해서 다양한 정책이 시행되고 있다.

Table 7 System to improve a device.

구분	주요 내용
인센티브 부여방안	-조세특례제한법 시행령 제22조 2 에너지 절약시설 세액공제 조항에 중수도의 경우 법인세 또는 소득세의 7%를 감면 받을 수 있도록 명시 -중수도와 같이 7%의 세제 특례를 받도록 규정할 필요가 있음
용자제도 활용방안	-건축물의 지하에 일정규모이상의 빗물저장시설을 설치하는 경우 건축비의 일정부분을 우대금리로 적용, 장기 용자하는 마련할 필요
우수세 등의 부담금 부과방안	-독일에서 고율의 상수도요금 정책과 병행하여 실시되고 있으며 상당한 성과를 얻고 있음 -신규로 개발되는 단지나 택지조성 시 일정금액의 우수세를 부과하는 방안을 고려
조직체계 개선방안	-빗물관련 업무를 종합적으로 조정하고 조율하기 위한 조직체계의 개선이 필요
빗물이용 수질기준의 설정	-중수도 수질기준과 다른 빗물에 맞는 수질기준을 별도로 설정하는 것이 필요
빗물이용 시설 설치대상의 확대 필요	-지붕 면적이 2,500m ² 이상이고 좌석수가 1,400석 이상의 대규모 시설물에 빗물이용시설을 설치하도록 되어 있음 -지붕의 집수면적을 더 낮추고 좌석수에 대한 기준은 없어야 할 것으로 판단

5. 결론

본 연구에서는 부산 아시아드 주경기장에 우수 설비를 도입 했을 때, 사용 년수에 따른 총비용과 편익을 비교 분석해보았고, 사용 년수에 따른 총비용과 편익을 비교 분석해본 결과 아래 표8과 같은 결과가 나왔다.

Table 8 Category in the retrieval period.

비 고	지하수	상수도
기 준	11년	10.3년
수도요금 매년 5%인상	9.7년	9.7년
초기투자비 50%지원 수도요금 65%감면	5.4년	5.2년
초기투자비 50%지원 수도요금 10%감면	5.8년	5.8년
갈수기 고려 시	12.1년	10.3년

우리나라는 강수량의 계절적 편차가 크기 때문에 홍수와 가뭄이 빈발하고 이용 가능한 수자원의 관리에 불리한 자연적 조건을 갖고 있다. 더구나 최근 기상이변의 영향으로 국지성 호우의

증가 등 더 큰 어려움이 예상되고 있다. 빗물 관리를 위한 제도의 도입은 이러한 특수 상황들에 대한 이해를 전제로 해야 하며, 빗물 이용을 활성화하기 위한 방안으로 인센티브 부여방안, 용자제도 활용방안 그리고 부담금 부과방안 등을 제시하였다. 향후 빗물 이용을 활성화하고 빗물 관리를 보다 효율적으로 수행하기 위해서는 빗물 관련 법령체계를 구축하는 한편 이들 시설물의 설치를 활성화하기 위하여 지원제도 및 이를 관리하기 위한 조직 등이 함께 마련되어야 빗물 이용의 효율성을 재고 할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. Yoon, K. H., 2005, To apply the system of housing research in the use of rainwater.
2. Kim, Y. J., 2005, Related ordinances and laws of the world, rainwater, Korea geurinbiling Council.
3. Hong, W. H., 2005, Daegu World Cup Stadium, with the introduction of rainwater Facilities Assessment Study on the economy, Architectural Society of the symposium.