

수질오염총량관리제하에서 친환경 개발사업을 위한 자연형 비점저감시설의 규모 산정

정 용 준* / 이 은 주** / 이 소 영*** / 임 경 호**** / 김 이 형*****⁺

Determination of Detention Basin Size for NPS Control in TMDL Area

Jung, Yong-Jun* / Lee, Eun-Ju** / Lee, So-Young** /

Lim, Keong-Ho*** / Kim, Lee-Hyung*****⁺

요약 : 최근 환경정책의 변화는 수질오염총량관리제 및 비점오염원관리로 요약된다. 이는 과거 30년 동안의 급격한 환경기술의 발전에도 불구하고 상수원수인 수질의 악화에 기인한다. 수질오염총량관리제란 환경시설에서의 농도규제가 아닌, 하천에서의 비점오염원을 포함한 총량규제를 위한 제도로 점오염원관리와 더불어 비점오염원 관리가 필수적으로 요구된다. 비점오염원이란 각종 토지이용을 의미하며, 개발사업은 비점오염원의 부하량 증대에 큰 영향을 끼치는 원인이다. 이에 개발사업에 따른 비점오염원을 제어하기 위해서 비점저감시설등의 설치가 의무화 되고 있다. 비점저감시설 중 자연형 비점관리시설등의 규모산정에 관한 내용은 환경부에서 제시하고 있으며, 이에 관한 규정에서 강우량 해석을 기초로 하여 시설의 규모를 산정할 것을 요구하고 있다. 본 연구에서는 리조트 스키장 개발사업에서 발생 가능한 비점오염물질을 처리하기 위한 자연형 비점오염물질관리시설인 저류지의 규모를 산정하기 위하여 최근 5년간 및 10년간의 강우사상을 분석하였다. 강우량 해석을 통하여 적정 처리를 위한 강우량을 해석한 결과, 적정 저류지 용량은 누적강우량 기준으로 7.4mm가 가장 경제적인 것으로 나타났다.

핵심용어 : 개발사업, 비점오염원, 비점오염원관리시설, 저류지

Abstract : Since 2000, environmental policies and regulations in Korea are rapidly changing to TMDL(Total Maximum Daily Load) and nonpoint source control. This is due to bad water quality in drinking water sources. Although many environmental facilities having high removal efficiency are constructed and applied in nationwide for controlling various pollutants from wastewaters, the water quality in rivers is worse and worse because of nonpoint pollution. In fact, TMDL is a new environmental regulation controlling total daily loadings from watershed areas. Actually, the nonpoint pollutant is originated from various landuses and its control is based on TMDL regulation. Therefore, this research is performed to determine the size of detention basin to control nonpoint pollutants from resort developing areas. The detention basin is one of best management practices, which is useful for controlling pollutants and flooding from the developing areas. However, it should be designed and constructed with cost effective method. Recent 10 years rainfall data are used to determine the size of detention basin. The cost effective size is determined to 7.4mm accumulated rainfall.

Keywords : Best Management Practices, Detention Basins, Nonpoint Sources

+ Corresponding author : leehyung@kongju.ac.kr
* 정회원-환경관리공단 유역관리처
** 정회원-공주대학교 건설환경공학부-방재연구센터
*** 정회원-공주대학교 건설환경공학부-방재연구센터
**** 정회원-공주대학교 건설환경공학부 교수
***** 정회원-교신기자공주대학교 건설환경공학부 교수

1. 서 론

국내 4대강의 수질은 급속한 환경기술의 발전에도 불구하고 지속적으로 악화되었다. 이러한 원인은 각종 개발사업 및 기존 토지의 다양한 이용에 의한 비점오염물질 부하량의 증가에 기인한다(이은주 등, 2006). 즉 다양한 토지이용의 변화는 다양한 비점오염물질의 축적을 초래하였으며, 축적된 오염물질들은 강우에 의하여 하천에 집중 유출되어 생태계의 파괴 및 수질의 악화를 가져왔다. 일반적으로 개발에 의한 불투수층의 증가는 비점오염물질 유출 증가를 의미하며, 불투수층 면적의 2배 증가는 비점오염물질의 2배 증가를 가져오는 것으로 알려져 있다(Deletic 등, 1998; 환경부, 2003). 따라서 이러한 시대적 변화에 발맞추어 국내의 환경정책은 1994년 이래 많은 변화를 가져왔다.

이러한 환경정책의 변화에 앞서 환경부는 다양한 토지이용이 오염물질의 증가를 초래한다는 인식 아래 1994년 토지이용에 의한 오염물질의 배출량 산정을 위해 7개 토지이용별 비점오염원의 원단위와 오염기여도 조사를 실시하였다(환경부, 1995). 또한 1998~2000년 사이에 4대강 물관리 종합대책을 수립하여 비점오염원 관리방안을 제시하고, 체계적인 비점오염원 관리계획을 수립·추진하기 위하여 관계부처 합동으로 4대강 비점오염원관리 종합대책(관계부처합동, 2004)까지 발표하는 등 범정부차원으로 비점오염원관리에 대한 지속적인 정책을 개발하였다. 이러한 결과로 2005년 수질환경보전법상에 비점오염원을 법정오염원으로 명시하는 법률이 제정되었으며, 비점오염원을 효율적으로 관리하기 위한 관계기관별 다양한 지침 및 규정정비를 추진하고 있다. 또한 각종 개발사업에서 비점오염을 원천적으로 관리하기 위하여 환경영향평가 및 사전환경성검토 과정에서 비점오염원관리계획 수립을 의무적으로 요구하고자 단계적 비점오염원 관리방향을 수립 및 추진 중이다(환경부, 2004). 또한 2004년도에 도입된 오염

총량관리제는 비점오염원 관리에 대한 제도적 근거를 마련해 주었다(최지용 등, 2002).

비점오염원에 대한 이러한 각종 규정정비 및 법제화에도 불구하고 현재 국내 비점오염원 연구는 상당히 미비한 상태이다. 비점오염원관리에 대한 국내 대부분의 연구는 다양한 토지이용별 비점오염원의 유출 특성 및 원단위 조사에 대한 연구(신창민 등 2004; 여 중현 등 2005; 김이형 등 2006)가 대다수를 차지하고 있을 뿐, 강우사상 분석을 통하여 이들 물질의 처리를 위한 관리시설의 용량 산정에 대한 연구가 부족한 실정이다. 수질환경보전법이 개정되고, 환경영향평가를 수반하는 일정 규모 이상의 개발사업을 대상으로 비점오염원저감시설을 설치하도록 하고 있으나, 정확한 처리시설 규모나 처리대상 오염물질에 대한 인식이 부족하여 혼선을 빚고 있어, 체계적인 수질관리를 이루기 위해서는 이에 대한 개념 정립이 필요하다. 환경부는 비점오염원 관리업무편람에 비점오염원 저감시설의 유형별 용량산정에 대해 제시하고 있으며, 그 중 자연형 비점오염원 관리시설시설의 경우, 강우빈도의 80%의 강우사상으로 처리용량을 계산하도록 하고 있다. 환경부의 이러한 기준을 일률적으로 적용하기에 앞서, 대상유역에 대한 강우사상과 강우빈도를 분석하는 것이 선행되어야 하며, 유역의 강우특성을 반영한 처리용량 산정이 비용효율면에서 중요할 것으로 판단된다. 따라서 본 연구는 최근 진행 중인 개발사업을 대상으로 자연형 비점오염원 관리시설을 적용함에 있어서 이에 따른 처리용량을 산정함에 보다 비용효율적인 방법을 제안하여 저류시설에 관한 적정 처리용량을 제시하고자 한다. 또한 본 연구는 현재 환경부에서 제시하고 있는 저류형 시설의 설계방안이 타당한지에 대한 검토를 하고자 한다.

2. 연구대상지역 및 연구방법

2.1. 연구대상지역의 토지이용 현황 및 기상 자료

본 연구대상인 리조트 개발사업에 포함될 예정

인 개발구역의 토지이용 현황은 표 1과 같이 임야가 96.6%를 차지하고 있다. 개발완료 이후의 토지이용 계획은 대부분이 대지(콘도미니엄, 체육시설 등), 주차장 및 도로 건설과 같은 포장지역이 증가되는 것으로 나타나 있다. 토지이용별 비점오염물질 원단위를 기반으로 할 때 임야지역이 대지로의 지목변경은 오염물질 배출이 40배 이상의 증가를 의미하기에 본 개발사업에서는 이러한 비점오염물질의 증가를 관리할 필요가 있다. 특히 본 개발사업이 진행중인 지역은 국내에서는 처음으로 수질오염총량관리제를 2002년도에 도입한 지역으로 개발사업시 비점오염원 관리가 필수적으로 요구되는 지역이다.

2.2. 시설 규모 산정방법

비점오염원관리 업무편람(환경부, 2005)에서 자연형 비점오염원관리시설의 규모는 비점오염물질의 영향을 받는 하천의 수질·수량 보호를 위해 처리되어야 하는 강우유출수의 양(WQV: Water Quality Volume)을 기준으로 결정되는 것으로 되

어있다. 즉, 해당 지역의 80% 강우사상(rainfall event) 확률에 해당하는 강우량으로서 누적 유출고로 환산하여 최소 5mm 이상으로 하며, 아래의 식으로 산정되는 것으로 나타나있다.

$$WQV=(P1) \times (Rv) \times (A)$$

P1 : 80% 강우사상(mm)

RV : 유출계수

A : 배수면적(ha)

또한, 용량산정시 적용한 토지이용별 유출계수는 표 2에 제시한 바와 같이 하수도시설기준(환경부, 1998)의 값을 이용하도록 추천하고 있다.

이러한 방법과 더불어 저류지, 연못 및 습지 등의 자연형 비점오염원관리시설 설계를 위한 초기 우수 유출량 산정을 위해서는 유역의 연속강우를 표준강우사상으로 분리하고, 분리된 강우사상의 확률적인 분석을 통해 1회 평균강우량, 강우강도 등의 강우특성을 추출할 필요가 있다. 따라서 본 개발사업 지역에서의 비점관리를 위한 자연형 시

표 1. 개발사업 전·후 토지이용 비점오염원 및 면적

개발사업 전			개발사업 후		
토지이용 (비점오염원)	면적(m ²)	구성비(%)	토지이용 (비점오염원)	면적(m ²)	구성비(%)
논	10,860	0.8	임야	1,162,840	88.1
밭	14,608	1.1	대지	73,493	5.5
임야	1,274,212	96.6	도로	28,060	2.1
대지(도로)	1,769	0.1	주차장	27,037	2.0
대지(체육용지)	959	0.1	하천	8,810	0.7
기타	17,206	1.3	기타	19,374	1.5
계	1,319,614	100	계	1,319,614	100

표 2. 토지이용별 유출계수의 표준값

표면형태	유출계수	표면형태	유출계수
지붕	0.85-0.95	공지	0.10-0.30
도로	0.80-0.90	공원	0.05-0.25
기타 불투수면	0.75-0.85	완만한 경사의 산지	0.20-0.40
수면	1.00	급한 경사의 산지	0.40-0.60

설의 적정규모 산정을 위하여 개발사업 대상 예정지 인근인 경기도 이천지역 기상청의 과거 10년(1996~2005) 및 최근 5년(2001~2005) 동안의 강우사상 즉, 일별, 월별 강우량 및 평년 강우량 자료를 분석하였다. 이러한 연구를 기반으로 하여 본 개발사업에 적절한 자연형 비점오염관리시설의 설계시 필요한 저류지 규모를 산정하였다.

3. 적용 및 고찰

3.1 강우사상 분석

비점오염원관리시설 설계 및 초기강우의 기준 도출에 필요한 적정 처리용량을 산정하기 위해서는 개발사업 대상 유역내의 최근 5년간 및 10년간의 강우사상 분석이 선행되어야 한다. 먼저, 개발사업 대상 인근 지역의 최근 5년간(2001~2005년)의 일 강우량을 분석한 결과, 개발사업 구역내의 일강우량은 장마철인 6~8월에는 70~280mm 정도의 폭우도 발생하였지만, 나머지 기간에는 대체적으로 1~10mm 사이에서 가장 많이 발생하는 것으로 나타났고, 10mm 이상의 강우는 여름철에만 집중되는 것으로 나타났다.

개발사업 대상 인근 지역에서 최근 10년간의 강우 발생일수를 연구한 결과, 평균 강우발생 일수는 94.3일이고, 전체적인 강우 발생 일수는 84~112일 사이를 나타냈다. 년중 전체 강우발생 일수는 23.0~30.7%를 차지하였으나, 실제로 대

부분의 강우는 1mm 이하의 소규모 강우로 분석되었다. 표 3은 최근 10년간의 강우량별 강우일수를 나타내고 있다. 1mm 이하의 매우 소규모 강우가 14~27일 동안 발생하였고, 평균 18.9일 정도로 나타났다. 또한 5mm 이하의 강우가 평균 48.9일 정도 발생한 것으로 분석되어 전체 강우 일수 중에서 5mm 이상의 강우는 연간 평균 45일 정도로 나타났다.

비점오염원관리업무편람에서는 자연형 시설의 규모 산정을 위한 결정방법으로는 최근 10년간 평균 강우량의 평균에 해당하는 년도의 강우량을 기준으로 산정할 것을 추천하고 있다. 이에 따라 개발사업 대상 지역의 최근 10년간 년 평균 강우량을 검토한 결과, 그림 1에 표시한 바와 같이 년 평균 강우량은 1362.8mm로 나타났으며, 가장 근접하는 강우량은 2002년도에 발생된 1394.6mm 이므로 시설 설계에 적용 가능한 강우량임을 알 수 있다.

3.2 강우량별 발생빈도분석

강우량별 발생빈도 해석은 자연형 비점오염물질 저감시설 설계시 적정용량 산정에 중요하다. 그림 2은 최근 10년간의 강우량별 발생빈도를 나타내고 있는데, 1mm 이하의 강우 발생빈도가 평균 20.4%, 5mm 이하의 강우 발생빈도가 평균 52.4%를 나타내고 있으며, 10mm 이하의 강우 발생빈도가 65.7%를 나타내고 있어 개발사업 대상

표 3. 최근 10년간 대상 지역의 강우량별 강우일수

강우량(mm) 및 강우일수(일)	년도별 강우일수(일)										
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	평균
강우량 <1mm	18	20	19	14	21	25	17	14	14	27	18.9
1mm<강우량 <5mm	31	26	39	28	37	20	35	39	24	25	30.4
5mm<강우량 <10mm	13	12	12	10	12	7	16	17	14	14	12.7
10mm<강우량 <20mm	13	16	13	12	10	12	6	18	15	12	12.7
20mm<강우량 <50mm	12	12	18	19	9	9	15	16	14	18	14.2
강우량 <50mm	3	3	9	8	6	4	5	8	3	5	5.4
합계	90	89	110	91	95	77	94	112	84	101	94.3

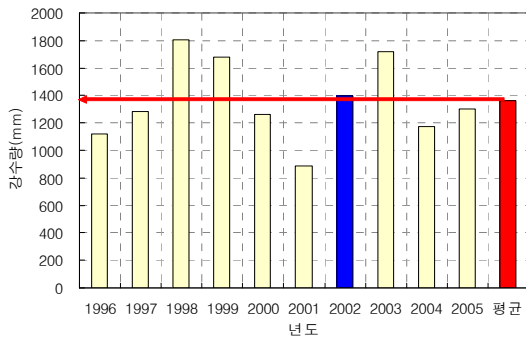


그림 1. 최근 10년간 누적 강우량 추이 및 연평균 강우량

지역내에서 대부분 발생하는 강우는 65.7% 정도가 10mm 이하의 강우로 분석되었다. 일본 동경의 경우, 연평균 강우량은 1,400mm이고, 연간 강수일수의 약 50%는 5mm이하의 소규모 강우이며, 일강우량 10mm 이하가 약 80%를 차지하고 있는 것으로 나타나고 있다. 누적강우량으로 보면 5mm이하의 합계 강우량은 연간 강우량의 20%정도 밖에 지나지 않는 것으로 나타나고 있다(和田安彦, 1990; 環境省, 1990).

강우사상별 누적 발생빈도는 자연형 비점오염물질 처리 및 저감 시설 설계용량 산정시 중요하게 고려되는 인자이므로, 최근 10년간의 년도별 강우사상별 누적 발생빈도를 분석한 결과, 누적강우량

10mm까지의 강우사상 발생빈도가 급격히 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 경향은 대부분의 강우가 10mm 이내라는 것을 의미하며, 자연형 비점오염물질 처리저감 시설 설계시 비용효율적 측면을 고려할때 중요한 설계인자로 고려될 수 있다. 특히 비점오염물질은 강우에 의해서 유출되거나 전체를 차집하여 처리한다는 것은 불가능하므로 비용효율적 처리 기준을 설정할 필요가 있다. 그림 3을 분석한 결과, 발생빈도가 40%일때 누적 강우량은 평균 2.9mm로 나타났으며, 발생빈도가 50%일 때는 평균 누적강우량이 4.7mm로 나타났다.

3.3 자연형 비점관리 시설의 규모 산정을 위한 강우량별 80% 발생빈도 분석

환경부는 비점오염원 관리를 위한 자연형 시설의 설계규모 산정시 최근 10년간의 연평균 강우량 자료를 이용하여 평균강우량에 가장 근접하는 년도의 80% 발생빈도에 해당하는 누적강우량을 저류 및 처리할 수 있는 규모로 설계하도록 요구하고 있다(환경부, 2005).

최근 10년간의 강우사상별 누적발생빈도에 따른 누적강우량을 분석한 결과를 그림 3에 나타내었다. 누적강우량은 강우사상별 누적발생빈도 60% 이상에서 급격히 증가하는 것으로 분석되었

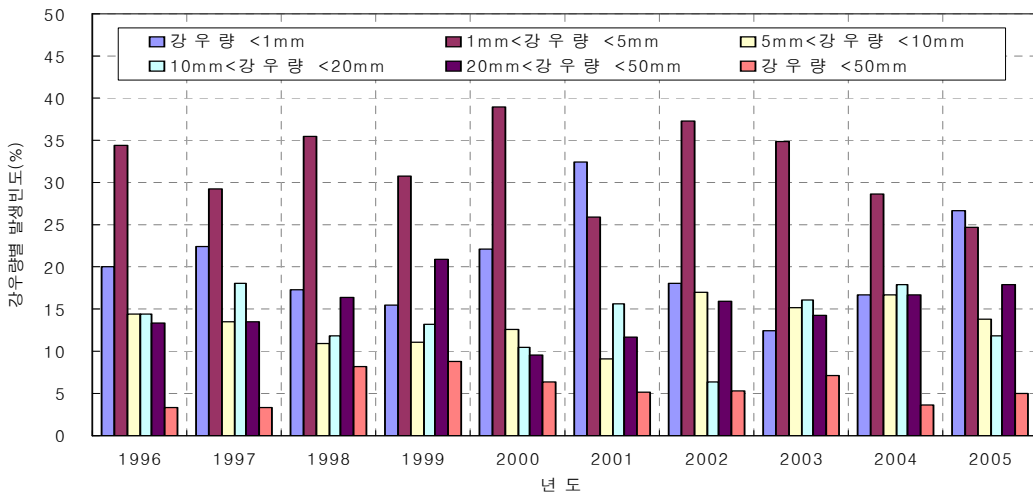


그림 2. 최근 10년간 강우량별 발생빈도

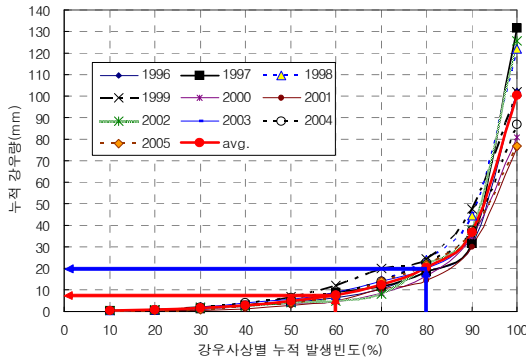


그림 3. 강우사상별 누적발생빈도에 따른 누적 강우량 및 80% 발생빈도

는데 이때의 평균 누적강우량은 7.4mm로 나타났다. 이것은 포장지역의 강우특성인 초기강우현상을 나타내는 것으로, 경제적 용량산정시 중요하게 고려해야 될 값으로 판단된다. 또한, 80% 강우사상에 해당하는 누적강우량을 산정한 결과 20.3mm로 나타났다.

최근 10년간의 연평균 강우량 자료로부터 평균 강우량에 가장 근접한 2002년도 발생강우의 80% 발생빈도 해석 결과(그림 4)로부터 산정한 강우량은 21.5mm로 분석되었다(그림 5).

누적강우량 5mm를 적용할 경우 평균 55% 정도의 강우사상을 차지할 수 있는 것으로 나타났다. 즉, 발생빈도가 20~25% 증가할 경우 누적강우량은 약 13~15mm 정도가 증가하는 것으로 분

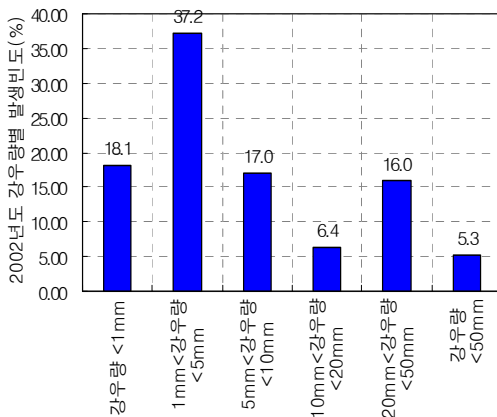


그림 4. 연구대상지역의 최근 10년 평균강우량에 근접하는 2002년도 강우사상 해석

석되어, 비점오염원 시설 설계를 할 경우 규모 산정면에서 큰 차이가 발생하는 것으로 분석되었다. 따라서 자연형 비점오염원관리시설의 적정 처리용량 산정을 위해서는 강우량이 고려되는 초기강우에 대한 검토가 필요할 것으로 판단된다.

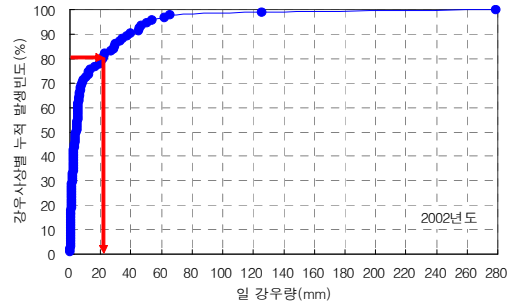


그림 5. 2002년도 발생강우의 발생빈도 및 80% 발생빈도

3.4 일평균 강우량자료를 활용한 누적강우량 산정법

일 평균 강우량 자료를 활용하여 강우사상 80% 발생빈도에 해당하는 누적 강우량 산정을 검토할 필요가 있는데, 이는 장기간의 자료를 평균한 값이므로 최근 10년간의 자료에 비하여 효용성이 높을 것으로 판단되어, 본 장에서 평가하고자 한다. 그러나 본 자료는 극한값을 제시할 수 없기에 신중한 활용이 요구된다.

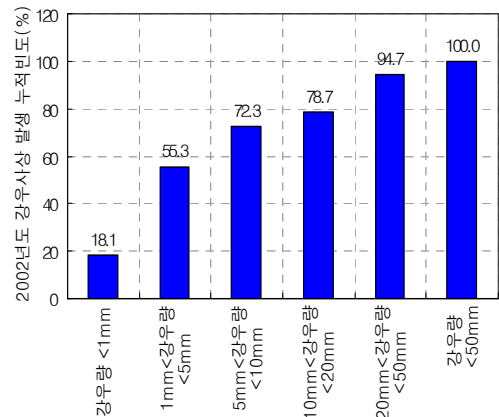


그림 6은 월별 일 평년강우량 추이를 나타내고 있다. 강우가 집중되는 여름철인 6~8월까지 5~15mm의 강우가 집중되는 것으로 나타나고 있으나, 우기를 제외한 나머지 기간에서는 대부분의 강우가 그림에서 보듯이 1~5mm 정도의 값을 나타내고 있는 것으로 나타났다. 실제 국내의 경우 여름철은 강우가 집중되므로 비점오염원 관리에 애로사항이 매우 큰 편이어서 평수기의 강우량을 처리할 수 있는 용량산정이 필요하다. 이에 따라 10mm 이하의 강우량 기준을 시설용량으로 산정하는 것이 바람직 한 것으로 판단된다.

그림 7은 일평년 강우량 범위별 발생빈도를 나타내고 있다. 년중 1mm 이하의 강우가 전체 발생빈도의 26.8%를 차지하고 있는 것으로 나타났으며, 5mm 이하의 강우발생빈도는 74.8%로 나타났다. 또한 10mm 이하의 강우는 89%로 년간 발생하는 강우량 중에서 10mm 이하의 강우가 거의 90%에 도달한다는 것을 알 수 있다. 따라서 개발

사업 대상구역내 비점오염원 관리를 위한 처리시설을 설치할 경우, 강우량을 5~10mm 범위에서 산정한다면 가장 적절하게 비용효율적으로 저감시설의 용량을 산정할 수 있을 것으로 판단된다.

3.5 자연형 시설의 설계기준으로 적합한 누적 강우량 기준 연구 정리

표 4는 비용효율적인 경제적 자연형 비점관리 시설의 규모 산정을 위하여 환경부에서 제시하는 방안 및 다양한 기법을 이용하여 설계기준으로 활용 가능한 누적 강우량 기준 연구 결과를 요약 정리하였다. 자연형 시설의 설치를 위한 규모는 5~20.3mm 사이의 큰 범위를 나타내고 있다. 특히 환경부 비점오염원 업무편람에서 요구하고 있는 방안(검토 3)은 시설의 규모를 매우 크게 요구하고 있으며, 이는 비용효율적으로 타당하지 못한 것으로 평가되고 있다. 따라서 강우량 해석을 통한 방안(검토 1)이 타당한 것으로 평가된다.

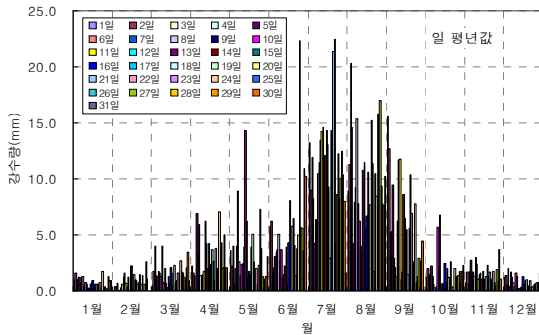


그림 6. 월별 일 평년 강우량 추이

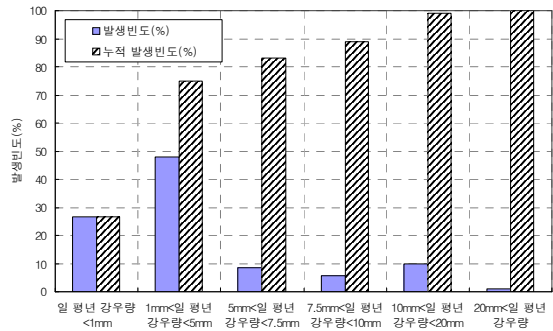


그림 7. 일평년 강우량 범위별 발생 빈도

표 4. 강우량별 누적발생빈도 검토 결과 정리

구 분	이용 자료	검토 방법	자연형 시설을 위한 누적 강우량 기준
검토 1	최근 10년간의 강우량 분석	강우량 해석을 통한 적정 처리를 위한 강우량 산정	7.4mm(발생빈도=60%)
검토 2		환경부 비점오염원관리 업무편람에서 요구하는 최소 기준은 누적 강우량 5mm	5mm(발생빈도=55%)
검토 3		80% 발생빈도에 해당하는 누적 강우량	20.3mm(발생빈도=80%)
검토 4	일 평년 강우량 분석	월별 일 평년 강우량 추이	10mm 이하 (발생빈도=90%)
검토 5		일평년 강우량 범위별 발생빈도	5~10mm(발생빈도=90%)
검토 6		강우사상 80% 발생빈도에 해당하는 누적 일 평년 강우량 산정	6.2mm(발생빈도=80%)

4. 결 론

개발사업에 대해 환경부에서는 비점오염저감시설의 설치를 의무화하고 있다. 그러나 현재 환경부에서 비점오염원 관리를 위해 요구하는 자연형 시설의 규모는 비용효율적인 측면에서 바람직하지 못한 것으로 평가되고 있기에, 본 연구에서는 효율적인 시설의 규모를 산정하고자 하였다. 특히 본 연구가 수행중인 리조트 스키장 개발사업은 국내에서 처음으로 수질오염총량에 비점오염 삭감량이 고려되는 지역으로 본 연구결과는 향후 유사 개발사업에서 비점오염 삭감량 달성을 위한 비용효율적 저감시설의 설계시 바람직하게 이용될 것으로 판단된다. 이러한 목표로 수행된 연구결과는 다음과 같다.

- 1) 최근 10년 평균 강우량에 근접하는 2002년도 강우사상에 대한 해석을 근거하여 비점오염원관리시설로 저류지의 용량을 산정할 경우 발생 강우의 80% 발생빈도는 21.5mm로 나타났다. 또한 비점오염원관리 업무편람에서 요구하는 최소 기준인 누적강우량 5mm를 적용할 경우 평균 55% 정도의 강우사상을 차집할 수 있는 것으로 나타났으며, 강우사상 80%의 발생빈도에 해당하는 누적강우량을 산정할 경우 평균 20.3mm로 분석되어 비용 효율 측면에서는 바람직하지 않은 것으로 나타났다.
- 2) 일 평년 강우량 자료는 극한값을 제시할 수 없기에 활용성에는 신중한 고려가 요구되나, 포장지역에서 오염물질의 유출이 높은 초기 강우 기준으로서의 활용성이 가능할 것으로 판단된다.
- 3) 환경부의 비점오염원 업무편람에서 요구하는 방식인 최근 10년 평균 강우량에 근접하는 년도의 강우사상에 80% 발생빈도에 해당하는 처리시설의 규모는 21.5mm로 나타났는데, 이는 비용효율적인 측면에서 매우

큰 값으로 60% 발생빈도에 해당하는 누적강우량인 7.4mm가 더욱더 효율적인 값으로 판단된다.

참 고 문 헌

관계부처합동 (2004). 물관리 종합대책의 추진강화를 위한 4대강 비점오염원관리 종합대책

김이형, 이은주, 고석오, 강희만, 이주광 (2006). 아스팔트 포장 고속도로의 강우지속시간별 오염물질 유출 경향, 한국도로학회논문집, 제8권, 제1호, pp. 99-106.

신창민, 최지용, 박철휘 (2004). 도시지역에서의 토지이용별 비점오염물질 유출 특성, 대한환경공학회지, 제26권, 제7호, pp. 729-735.

여중현, 김건하 (2005). 도시, 농촌 및 임야구역으로부터 배출되는 비점원 오염부하의 특성 비교, 한국물환경학회지, 제21권, 제2호, pp. 184-189.

이은주, 고석오, 강희만, 이주광, 이병식, 임경호, 김이형 (2006). 포장지역에서의 강우사상별 EMC 산정 및 단순 샘플농도와와의 비교, 한국물환경학회지, 제22권, 제1호, pp. 104-109

최지용, 신창민 (2002). 비점오염원 저감을 위한 우수유출수 관리방안, 한국환경정책·평가연구원

환경부 (1995). 비점오염원 조사연구사업 보고서

환경부 (1998). 하수도 시설기준

환경부·환경관리공단 (2003). 비점오염관리를 위한 강우유출수 관리 매뉴얼

환경부 (2004). 비점오염원관리 업무편람

Deletic, A.B., and Mahsimivic, C.T. (1998). Evaluation of water quality factors in storm runoff from paved areas. J. of Environ. Engineering, Vol. 124, No. 9, pp. 869-879.

環境省水質保全局水質管理課 (1990). 非特定汚染源負荷調査マニュアル

和田安彦 (1990). ノンポイント汚染源のモデル解析, 技報堂出版