

친환경 리조트 개발사업을 위한 비점오염원관리: 비점저감시설을 통한 오염물질 삭감량 산정

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

NPS Control in Environment-kindly Resort Development: Determination of NPS Loading Rates by BMPs

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

요약 : 환경부에서 국내 4대강에 도입한 수질오염총량관리제는 점오염원뿐만 아니라 비점오염원의 관리를 통해 주요 상수원수인 4대강의 수질을 개선하고자 함이다. 비점오염원의 주요 근원은 토지이용이며, 개발사업은 토지이용의 변화를 의미하고 비점오염물질의 유출 증가를 의미한다. 따라서 본 연구는 현재 국내에서 유일하게 수질오염총량관리제가 도입되어 개발할당량이 주어지고 있는 한강수계의 리조트 개발사업에서 개발계획에 따른 토지이용의 변화와 더불어 유출이 증가하는 비점오염물질의 양을 산정함으로써 효율적인 비점오염원 관리방안을 수립하고자 한다. 이러한 목적을 달성하기 위하여, 개발사업 전후의 토지이용에 따른 비점오염물질의 발생 및 배출 부하량 변화를 산정하였으며, 이를 근거로 비점오염물질 유출 관리가 요구되는 토지이용을 선정하였다. 또한 그 결과를 이용하여 적정 비점오염물질 관리방안(최적관리방안)을 수립하고자한다.

핵심용어 : 비점오염원, 리조트, 초기강우, 토지이용, 최적관리방안

Abstract : The nonpoint pollutants are originated from various land uses. Of the landuses, the development means the changes of the soil cover and the increases of imperviousness rate, which will increase the nonpoint pollutant emissions during a storm. Therefore, the Ministry of Environment in Korea has programed TPLMS(Total Pollution Load Management System) for four major large rivers to improve the water quality in rivers by controlling the total pollutant loadings from the watershed area. The study area was forest landuse before resort development, however it is now changing to the resort. Some of the forest areas will be changed to parking lots, roads and buildings, which can be the major pollutant sources in the future. The paved areas are highly polluted landuses because of high pollutant accumulation rate by vehicle activities during dry periods. Therefore, this research is achieved to determine the changes of pollutant loading rate by development plan and to provide the best management practices for controlling nonpoint pollutants. Finally this research will provide the environment-kindly development technology for protecting the water quality.

Keywords : Best Management Practices, First Flush, Nonpoint Sources, TPLMS

1. 서 론

1.1 개발사업에서 비점오염원 관리의 필요성

비점오염원(Non-point sources)이란 인간에

의한 다양한 토지이용을 의미하며, 비점오염물질 (Non point source pollutants)은 이러한 토지이용으로부터 발생하는 오염물질을 의미한다. 주거, 상업, 산업, 농업, 포장지역 등과 같은 토지이용은

+ Corresponding author : leehyung@kongju.ac.kr

* 정회원-공주대학교 건설환경공학부-방재연구센터

** 정회원-환경관리공단 유역관리처

*** 정회원-공주대학교 건설환경공학부-방재연구센터

**** 정회원-교신여자공주대학교 건설환경공학부 교수

그 종류에 따라 다양한 오염물질을 발생시키며, 강우시 유출되어 수계의 수질에 악영향을 끼치게 된다. 최근 30년 동안 환경부는 수질보호를 위하여 각종 하수 및 폐수, 축산폐수, 산업폐수 등과 같은 점오염원(Point sources) 관리를 통한 수질 개선 정책을 추구해왔다(김건하 등 2003; 신창민 등 2004). 그러나 고도의 오염물질 처리기술의 개발 및 보급에도 불구하고 하천의 수질은 지속적으로 악화되어 왔다. 점오염원의 지속적 관리에도 불구하고, 하천수질이 악화된 원인은 다양한 토지 이용에서 기인하는 비점오염물질 때문이기에 이의 관리를 위하여 환경부는 2005년 수질환경보전법을 개정하여 비점오염원을 법정오염원으로 규정하여 관리를 명시화 하였다. 따라서 향후 토지이용의 변화를 유발하는 각종 개발사업에서는 표 1과 같이 비점오염원 관리대책을 수립하여 원천적으로 오염물질의 유출을 저감시킬 것을 요구하고 있다(최지용, 2005).

표에서 나타낸바와 같이 비점오염물질 저감시설 설치대상 사업은 토지이용의 변화를 야기하는 모든 개발사업으로 확대하여 포함하고 있기에, 이러한 근거에 기인하여, 현재 관련 부처, 즉 환경부, 건설교통부, 농림부, 산림청 등에서는 관련 개발사업의 지침 및 편람 개정을 준비하고 있다. 이러한 개발사업에 대한 지침 및 편람의 개정이 완

료되는 시점에서부터 환경부에서는 표 2와 같이 단계적으로 비점오염원 관리를 추진할 계획이다.

1.2 연구대상 지역과 비점오염원 관리

본 연구대상 지역인 경기도 광주시는 국내에서 처음으로 수질오염총량관리제를 도입한 지역으로 관내 각종 개발사업에서 비점오염원 관리 계획 수립이 법적으로 요구되는 지역이다. 오염총량관리제란 기존의 농도규제(오염물질 mg/L)로부터 하천의 수질을 개선하기 위하여 총량규제(오염물질 kg/day)를 도입하는 것으로, 하천의 목표수질에 부합하도록 개발계획에 친환경성을 법적으로 부여하는 제도이다. 즉 경기도 광주지역의 경안천 유역의 경우 유역으로부터 오염물질 유입 일 부하량이 산정되어있다. 이러한 유입 일 부하량은 유역의 개발사업에 직접적인 영향을 끼치며, 개발 사업을 추진함에 있어 개발로 인한 오염물질 부하량을 사전에 예측하여 삭감토록 하는 것이다.

본 연구대상지역은 경기도 광주시에 소재하고 있는 리조트 스키장 개발사업으로 그림 1에서 나타난 바와 같이 특별대책 II 권역으로 지정되어 개발사업에서 친환경성이 요구되는 지역이며 오염총량관리제가 시행되고 있는 지역이다. 리조트 스키장 개발사업은 임야를 스키장, 리조트, 도로 및

표 1. 비점오염물질 저감시설 설치대상 사업

사업분야	적용대상사업
가. 도시개발	- 도시개발, 아파트지구개발, 대지조성, 택지개발, 도시 재개발, 유통단지 조성, 공동집배소단지 조성, 여객자동차터미널 건설, 화물자동차터미널 건설
나. 산업입지	- 국가산업단지, 지방산업단지, 농공단지, 중소기업단지, 수출자유지역, 공장, 공업용지
다. 도로건설	- 도로, 교량건설
라. 수자원개발	- 댐 또는 하구언, 저수지 건설, 보설치
마. 하천개발	- 하천공사
바. 매립	- 매립
사. 관광단지	- 관광사업, 관광지 및 관광단지, 온천, 도시공원, 유원지, 자연공원
아. 산지개발	- 묘지, 초지
자. 체육시설	- 청소년수련시설, 체육시설, 경정·경륜시설
차. 폐기물분뇨처리시설	- 분뇨처리시설, 매립시설, 소각시설설치

표 2. 개발사업에서의 단계적 비점오염원 관리

관리대상	관리대상	규모	관리방법
우선관리대상 (2006년까지)	환경영향평가대상 개발사업	환경영향평가대상 이상개발사업 중 도시개발, 산업단지·관광단지 개발사업, 수자원의 개발, 공항의 건설, 개간·산지의 개발, 체육시설 설치사업, 토사골재 채취사업	비점관리시설 신고 및 설치 의무화
		- 도로, 항만 등 기타 환경영향 평가 대상 개발사업	- 비점관리신고서 및 자발적 관리
	사전환경성검토 등 주소구 모개발사업	- 보존용지내 개발사업으로서 사전환경성 검토 대상사업 22개	- 비점관리신고서 제출 및 자발적 관리
		- 기타 10,000m ² 이상 각종 개발 사업 및 토지형질 변경사업	- 지자체에서 비점저감방안 지도 및 자발적 관리 지도
중기관리대상 (2007-2010년까지)	환경영향평가대상개발사업	전 사업	비점관리시설 신고 및 설치 의무화
	사전환경성검토 등 주소구 모개발사업	보존용지내 개발사업으로서 사전환경성 검토 대상사업 22개	
장기관리대상 (2011-2020년까지)	환경영향평가, 사전환경성 검토 대상 전 사업의 10,000m ² 이상 각종 개발사업 및 토지형질 변경사업		비점관리시설 신고 및 설치 의무화

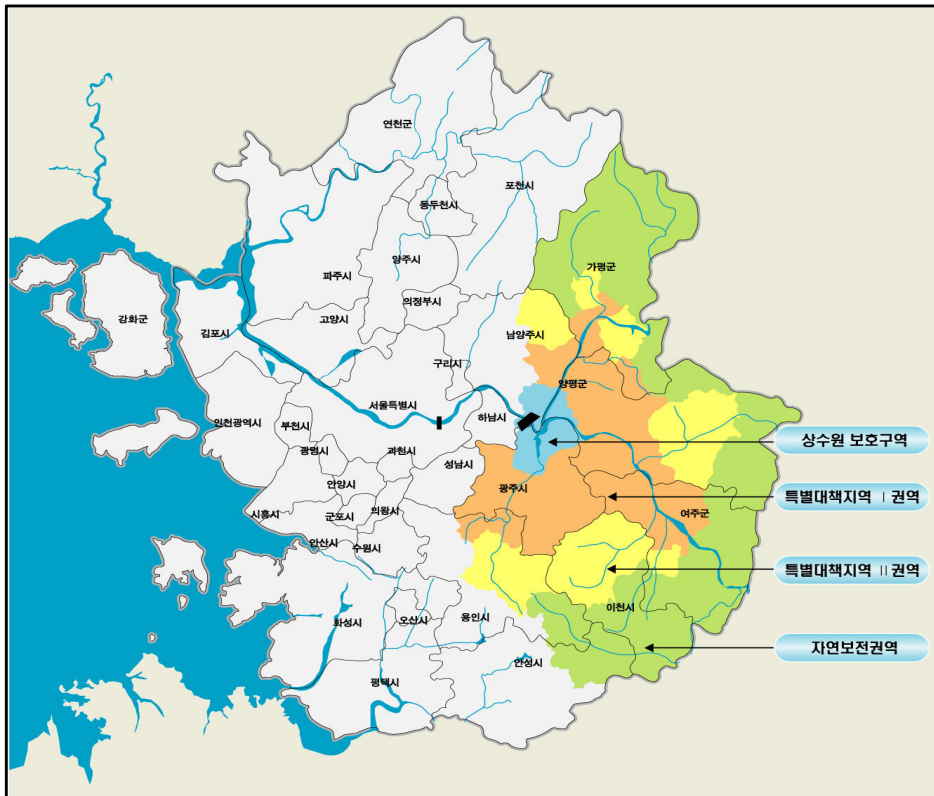


그림 1. 연구대상 지역이 포함된 유역 현황

주차장 등과 같은 토지이용의 변화를 유발하는 사업으로 불투수층 면적의 증대를 의미하는데, 이는 비점오염물질의 유출 증가를 초래하게 함과 동시에 인근 하천 수질에 영향을 미치게 된다(황병기 등 2001; 김이형 등 2005; 김종민 등 2005; Ujevic et al., 2000). 특히 강우에 의해서 유출된 비점오염물질은 수질을 악화시키고, 각종 수생 동식물에 독성을 유발하며, 오염물질이 수계에 유입되었을 경우에는 수계의 부영양화를 초래함과 동시에 중금속 및 난분해성 유기물질로 인한 생태계와 생활환경까지 피해를 미치게 된다(김이형 등 2006; 이은주 등 2006). 따라서 본 연구에서는 리조트 스키장 개발사업을 수행함에 있어 발생 가능한 비점오염물질의 발생 및 배출 부하량을 예측함과 동시에 비점오염원관리시설 설치를 통한 삭감량을 산정하고자 한다. 본 연구 결과는 본 개발사업의 계획 및 실시단계 단계에서부터 친환경성을 높여 토지이용의 변화로 유발되는 비점오염물질의 배출을 최소화하기 위하여 이용될 것이다.

2. 대상지역 및 연구 방법

2.1 개발 사업 전후의 토지이용의 변화

그림 2는 개발사업에 포함될 예정인 연구지역의 토지이용 현황을 나타내고 있다. 개발 대상 지역의 토지이용 현황을 살펴보면, 대부분 임야로서

사용되고 있으며 그 면적은 127.4 ha로 전체 토지이용 면적에서 96.6%를 차지하고 있다. 그 외의 토지이용은 밭, 논 및 도로의 순으로 나타났으며, 그 면적은 3.4%에 불과하다.

그림 3은 개발사업 완료후의 토지이용 계획을 나타내고 있는데, 전체 면적 131.9ha 중에서 체육시설이 128.9ha, 관광·휴양 시설인 숙박시설이 2.9ha를 차지하고 있다. 그 중에서 체육시설의 대부분은 시설 및 원형녹지로 사용될 예정이며, 이의 부지 면적 현황은 72.9ha를 차지한다.

2.2 토지이용별 비점오염물질 발생 원단위, 발생부하량 및 배출 부하량 산정법

표 3은 스키장 리조트 개발사업의 토지이용별 오염물질 발생부하량 산정을 위한 토지이용별 발생 원단위를 나타내고 있다. 이러한 원단위는 환경부(1999)에서 고시한 수질오염총량관리계획수립지침에 근거하고 있다. 지침에 근거하면, 모든 포장지역은 대지로 묶어서 산정토록 되어있으나 실제로 차량의 운행이 높은 도로 및 주차장의 경우 일반 대지에 비하여 오염물질의 부하량이 매우 높은 것이 현실이다(김이형 등, 2005). 그러나 현재 차량의 운행으로 인한 비점오염물질 원단위가 산정되어 있지 않기에, 본 개발사업의 비점오염물질 발생부하량 산정에서는 모든 포장된 지역을 수질오염총량관리계획수립지침하의 대지로 묶어 적용하였다.

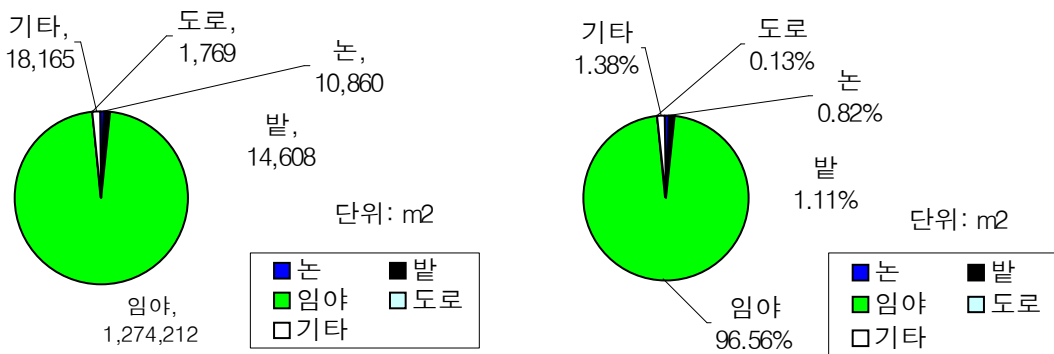


그림 2. 개발사업에 포함 예정인 토지이용별 면적 구성비

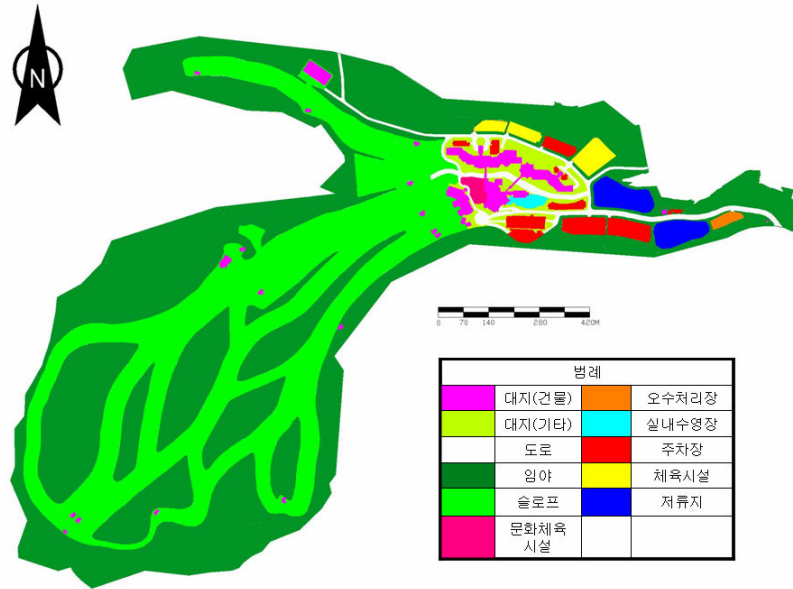


그림 3. 리조트 스키장 개발사업의 토지이용 계획도

표 3. 토지이용별 비점오염물질 발생 원단위

구 분 (단위: kg/km ² 일)	BOD	TN	TP
논	2.3	6.56	0.61
밭	1.6	9.44	0.24
임 야	1.0	2.20	0.14
대 지	85.9	13.69	2.10
목 장	35.1	5.37	1.72
골프장	1.0	3.56	2.76
기 타	1.0	0.06	0.03

- 비고 : 1. 밭은 지목별 면적중 전과 과수원을 포함
 2. 대지는 대지, 공장용지, 학교용지, 도로, 철도용지, 체육용지(골프장 제외), 유원지, 종교용지, 사적지 포함
 3. 기타에는 광천지, 염전, 제방, 구거, 유지, 수도용지, 공원, 묘지, 잡종지를 포함

토지이용별 비점오염원에 의한 발생부하량 산정은 개별 토지이용 면적과 발생 원단위를 적용하여 식 (1)과 같이 산정된다.

$$\text{발생부하량} = \Sigma(\text{토지이용면적} \times \text{발생원단위}) \quad (1)$$

또한, 비점오염원에 의한 배출부하량은 수질오염총량관리계획수립지침(환경부, 1999)과 경기도 광주시 수질오염총량관리계획 승인시의 비점오염

원 유출계수로서 배출율 60%를 이용하여 개발 전후로 구분하며, 식 (2)와 식 (3)과 같이 산정된다.

$$\text{개발 전: 배출부하량} = 0.25 \times \text{발생부하량} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{개발 후 포장지역: 배출부하량} \\ = 0.6 \times \text{발생부하량} \quad (3) \end{aligned}$$

비점오염물질은 토지이용 현황에 따라 발생 및

배출 특성이 다르므로 최적관리방안(Best Management Practices, BMPs)을 마련하기 위해서는 토지이용 변화에 따른 비점오염 특성을 우선 파악하여야 한다. 또한 본 개발사업에 적용 가능한 비점오염원 관리시설은 토지이용 특성에 따른 관리시설 타당성 평가 지침(환경부, 2004)을 참고하여 선정되어야 하며, 식생형, 여과형 및 저류지 등과 같은 친자연형 비점오염원 관리시설을 개발사업에 접목하여야 한다.

3. 결과 및 고찰

3.1 토지이용별 비점오염물질 발생 부하량 지도

그림 4는 토지이용별 비점오염물질 발생부하량을 나타내고 있다. 그림에서 나타낸바와 같이 주차장, 대지, 도로로 이용되는 토지이용이 비점오염물질의 발생부하량이 높은 지역으로 분류됨에 따라 비점오염물질 저감을 위한 친환경적 비점오염원관리시설의 설치가 요구된다. 특히 이러한 토지이용 지역은 포장율이 높고, 초기강우 현상을

나타내는 지역으로 초기강우 현상을 적절히 반영하는 비점오염원관리시설의 설치가 필요하다.

3.2 개발사업 전후의 비점오염물질 발생 및 배출부하량 산정

개발사업 전의 토지이용 현황에 따른 비점오염물질 발생부하량 및 배출부하량은 식 (1)과 식 (2)를 이용하여 산정되며, 그 결과는 표 4와 같다. 개발사업 전의 발생부하량은 BOD(Biochemical Oxygen Demand) 가 1.5741kg/day, TN (Total Nitrogen)이 3.0508kg/day, TP(Total Phosphorus)가 0.1948kg/day로 발생되며, 발생부하량 중 배출부하량으로 BOD가 0.3935kg/day, TN이 0.7627kg/day, TP가 0.0487kg/day 가 배출되는 것으로 산정되었다.

개발 사업후의 토지이용별 비점오염물질 발생 및 배출부하량은 식 (1)과 식 (3)을 이용하여 산정되며 표 5와 같다. 여기서 재활용저류조, 저류지, 하천 등은 비점오염물질을 발생시키는 토지이용이라기보다는 비점오염물질을 저류하여 저감시

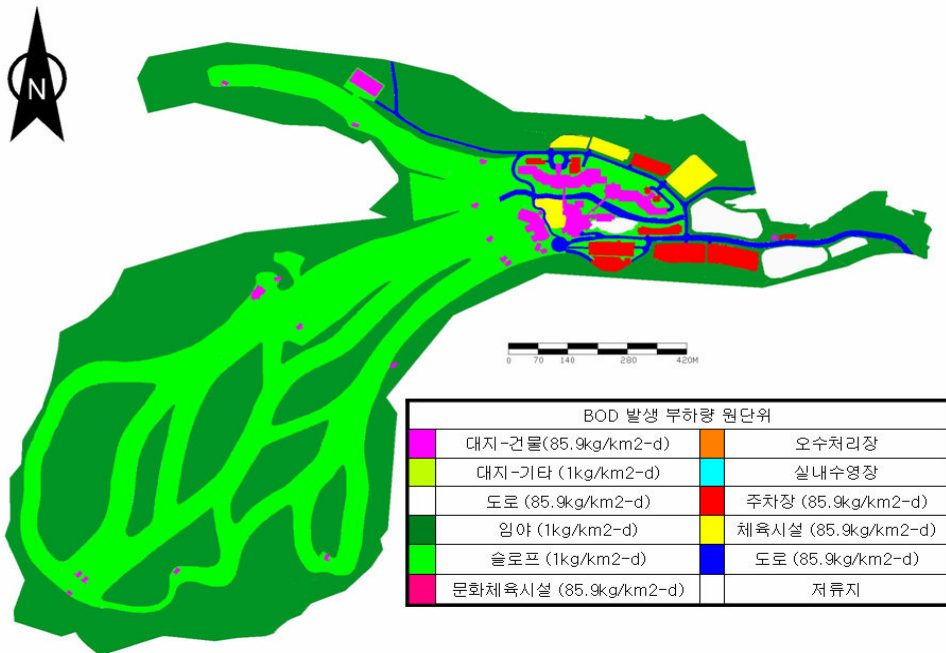


그림 4. 토지이용별 비점오염물질 발생부하량

표 4. 개발사업 전 비점오염물질 발생부하량 및 배출부하량

토지이용 (비점오염원)	면적(m ²)	발생부하량(kg/day)			배출부하량(kg/day)		
		BOD	TN	TP	BOD	TN	TP
논	10,860	0.0250	0.0712	0.0066	0.0062	0.0178	0.0017
밭	14,608	0.0234	0.1379	0.0035	0.0058	0.0345	0.0009
임야	1,274,212	1.2742	2.8033	0.1784	0.3186	0.7008	0.0446
대지(도로)	1,769	0.1520	0.0242	0.0037	0.0380	0.0061	0.0009
대지(체육용지)	959	0.0824	0.0131	0.0020	0.0206	0.0033	0.0005
기타	17,206	0.0172	0.0010	0.0005	0.0043	0.0003	0.0001
계	1,319,614	1.5741	3.0508	0.1948	0.3935	0.7627	0.0487

표 5. 개발사업 후 토지이용별 비점오염물질 발생부하량 및 배출부하량

토지이용 (비점오염원)	면적(m ²)	발생부하량(kg/day)			배출부하량(kg/day)		
		BOD	TN	TP	BOD	TN	TP
임야	1,162,840	1.1629	0.929	0.0791	0.4069	0.3252	0.0277
대지	73,493	6.3045	1.0048	0.1544	3.7826	0.6027	0.0927
도로	28,060	2.4104	0.3842	0.059	1.4462	0.2305	0.0353
주차장	27,037	2.3312	0.3715	0.057	1.3987	0.2229	0.0342
하천	8,810						
기타	19,374						
계	1,319,614	12.2087	2.6893	0.3491	7.0345	1.3814	0.1897

키는 토지이용이기에 발생부하량 산정에는 포함되지 않는다.

개발사업 완료 이후의 비점오염물질 발생현황을 산정한 결과, BOD는 12.2087kg/day, TN은 2.6893kg/day 그리고 TP가 0.3491kg/day가 발생되는 것으로 나타났다. 비점오염물질 배출부하량의 경우, BOD가 7.0345kg/day, TN이 1.3814kg/day, TP가 0.1897kg/day로 배출되고 있는 것으로 분석되었다.

개발사업이 완료된 이후의 토지이용의 변화와 비점오염물질의 발생 및 배출량의 변화를 살펴보면, 대지지역(콘도미니움, 체육시설, 주차장 및 도로 등)으로부터 비점오염물질의 증가가 매우 높음을 알 수 있다. 따라서 대지로 분류되는 지역에서의 비점오염원 관리가 요구되며, 특히 차량의 운행으로 오염물질의 축적이 높고 포장율이 높아 강우유출계수가 높은 주차장 및 도로에서의 비점오염원 관리는 매우 중요하다 하겠다.

3. 비점오염물질 배출 저감을 위한 최적관리방안

비점오염물질 관리를 위한 관리기법은 4단계로 분류할 수 있다. 그것은 오염원 관리(Source control), 현장관리(Site Control), 지역관리(Regional Control) 및 친환경적 하천개발 등으로 분류된다. 그 중에서 오염원 관리는 오염물질의 근원을 제거하는 것으로 개발사업의 경우 쉽지 않은 관리기법이며, 친환경적 하천개발의 경우 현장관리와 지역관리가 실패하였을 경우 사용 가능한 기법으로 비용 및 효율 측면에서 바람직하지 않다. 따라서 환경부에서는 개발사업의 경우 현장관리와 지역관리를 통해 비점오염물질 관리를 요구하고 있다.

본 개발사업에 적용 가능한 비점오염원 관리시설로는 증가된 포장지역 즉, 대지, 주차장 및 도로지역에서 배출되는 비점오염물질을 관리할 수

있는 현장관리 방안이 선정되어야 하며, 식생형, 여과형, 장치형 및 저류지 등의 설치를 검토할 수 있다.

대지에서 유출되는 비점오염물질의 삭감을 위한 방안이 그림 5에 나타나 있다. 대지(콘도미니움, 체육시설, 안내소 등)로부터 유출되는 비점오염물질의 경우 유기물질, 질소 및 인 등의 오염물질의 함량이 높기에, 이의 삭감을 위한 현장관리 방안으로는 환경친화적 시설, 즉 초기우수에 관해서 [식생+ 침투+ 여과] 방법이 혼합된 방안을 설치함이 바람직하다.

주차장과 도로로 이용되는 토지이용은 거의 100% 포장율을 보이는데 이는 비점오염물질 처리 및 저감에 바람직한 방향이 아니다. 특히 도로 및 주차장은 포장율이 높고 좁은 면적임에도 불구하고, 차량에 의한 각종 중금속 및 토사의 유출이 높은 지역이기에 그림 5와 같이 불투수층을 최소화하는 방향으로 관리시설의 설치가 요구되기에 환경친화적 유공포장, 식생여과대 또는 침투도랑의 설치가 바람직하다.

4. 비점오염물질 관리를 위한 최적관리방안 설치 후 삭감량

본 개발사업에는 지역관리(regional control)를 위해 선택된 기존의 저류형에 대지 부분에 침투형과, 유공포장 및 식생여과대와 같은 현장관리(site control)를 추가적으로 적용하여 BOD, TN 및 TP의 배출량을 삭감하고자 한다. 삭감량 산정을 위해서는 비점오염원관리 업무편람(환경부, 2005) 중에서 비점오염원 관리시설의 처리효율 비교 부분을 참조하였다. 비점오염원관리 업무편람에서는 비점오염원 관리시설의 효율이 범위로 산정되어 있으나, 안전율을 고려하여 시설을 설계하도록 추천하고 있다. 비점오염원관리 업무편람 및 추천 효율을 적용할 경우 본 사업구역에서 적용 예정인 시설별 적용 가능한 삭감량 효율은 표 6과 같이 정리된다.

본 사업구역의 토지이용 중에서 비점오염물질의 배출 부하량이 높은 토지이용 지역으로는 대지에서 체육시설(스키하우스, 운동시설지, 문화체

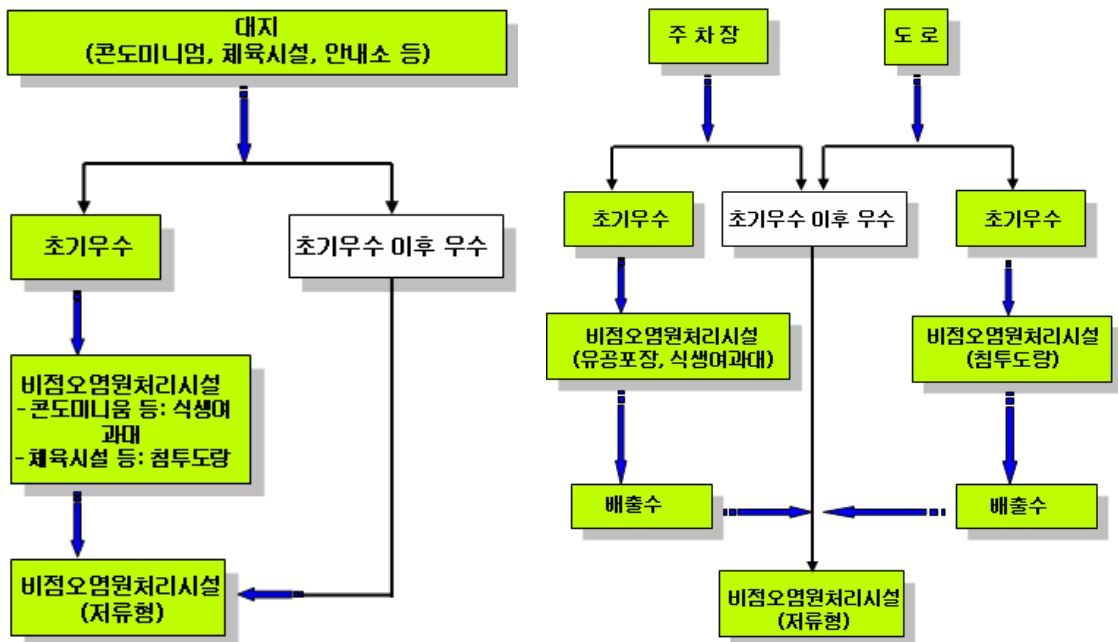


그림 5. 포장지역으로부터 유출되는 비점오염물질 삭감을 위한 방안

표 6. 토지이용별 비점오염원 관리시설의 삭감량 산정

토지이용		적용 비점오염원 관리 시설	BOD	TN	TP
대지	콘도미니움 등 대지	식생여과대	삭감량= 배출부하량 ×최고값(50%)×0.2×0.8= 배출부하량 ×8%	삭감량= 배출부하량 ×최저값(20%)×0.8= 배출부하량 ×16%	삭감량= 배출부하량 ×최저값(30%)×0.8= 배출부하량 ×24%
	체육시설 등	침투도랑	삭감량= 배출부하량 ×최저값(50%)×0.8= 배출부하량 ×40%	삭감량= 배출부하량 ×최저값(50%)×0.8= 배출부하량 ×40%	삭감량= 배출부하량 ×최저값(50%)×0.8= 배출부하량 ×40%
주차장		식생여과대	삭감량= 배출부하량 ×최고값(50%)×0.2×0.8= 배출부하량 ×8%	삭감량= 배출부하량 ×최저값(20%)×0.8= 배출부하량 ×16%	삭감량= 배출부하량 ×최저값(30%)×0.8= 배출부하량 ×24%
		유공 포장	삭감량= 배출부하량 ×최저값(60%)×0.8= 배출부하량 ×48%	삭감량= 배출부하량 ×최저값(60%)×0.8= 배출부하량 ×48%	삭감량= 배출부하량 ×최저값(60%)×0.8= 배출부하량 ×48%
도로		침투도랑	삭감량= 배출부하량 ×최저값(50%)×0.8= 배출부하량 ×40%	삭감량= 배출부하량 ×최저값(50%)×0.8= 배출부하량 ×40%	삭감량= 배출부하량 ×최저값(50%)×0.8= 배출부하량 ×40%
저류지 및 재활용저류지		저류조	삭감량= 배출부하량 ×30%×0.8= 배출부하량 ×24%	삭감량= 배출부하량 ×20%×0.8= 배출부하량 ×16%	삭감량= 배출부하량 ×10%×0.8= 배출부하량 ×8%

표 7. 대지 비점오염원관리시설 및 저류조 설치후 삭감량 및 배출량

항목	개발사업으로 인한 대지로부터 배출부하량(kg/d)	대지에 비점오염원 관리시설 설치후 삭감량(kg/d)	대지로부터 재활용 저류지 유입 부하량(kg/d)	재활용 저류조에 의한 삭감량(kg/d)	대지 비점오염원 관리시설 및 저류지에서 삭감후 배출량(kg/d)
BOD	6.5689	2.5470	4.0219	0.9653	3.0566
TN	1.0469	0.4220	0.6249	0.1000	0.5249
TP	0.1606	0.0671	0.0935	0.0075	0.0860

육시설), 내부도로, 주차장, 주차타워, 콘도미니움, 시설녹지 등으로 나타났다. 개발사업구역내에 식생여과대, 유공포장, 침투도랑 등의 비점오염원 관리시설을 설치할 경우, 비점오염물질 삭감량은 BOD 2.5470kg/day, TN 0.4220kg/day, 및 TP 가 0.0671kg/day로 삭감되는 것으로 산정되었다.

표 7은 대지 비점오염원관리시설 및 저류조 설치 후 비점오염물질의 삭감량 및 배출량을 나타내고 있다. 개발사업으로 인한 대지로부터의 비점오염물질 배출부하량은 BOD 6.5689 kg/day, TN 1.0469 kg/day 및 TP 0.1606 kg/day로 배출되

었지만, 비점오염원관리시설 및 저류지에서 삭감되어 최종 배출되는 비점오염물질의 배출량은 BOD 3.0566 kg/day, TN 0.5249 kg/day 및 TP 0.0860 kg/day로 나타났다. 즉 비점오염물질 관리를 위한 시설의 설치는 개발사업에서 발생 가능한 오염물질을 상당량 감소시킬 수 있다는 것을 보여주고 있다.

그림 6은 개발사업 전후의 비점오염물질 배출 흐름도와 배출수지를 나타내고 있다. 개발사업으로 인한 토지이용의 변화에 따른 배출부하량 증가는 BOD가 6.6410kg/day, TN이 0.6187kg/day,

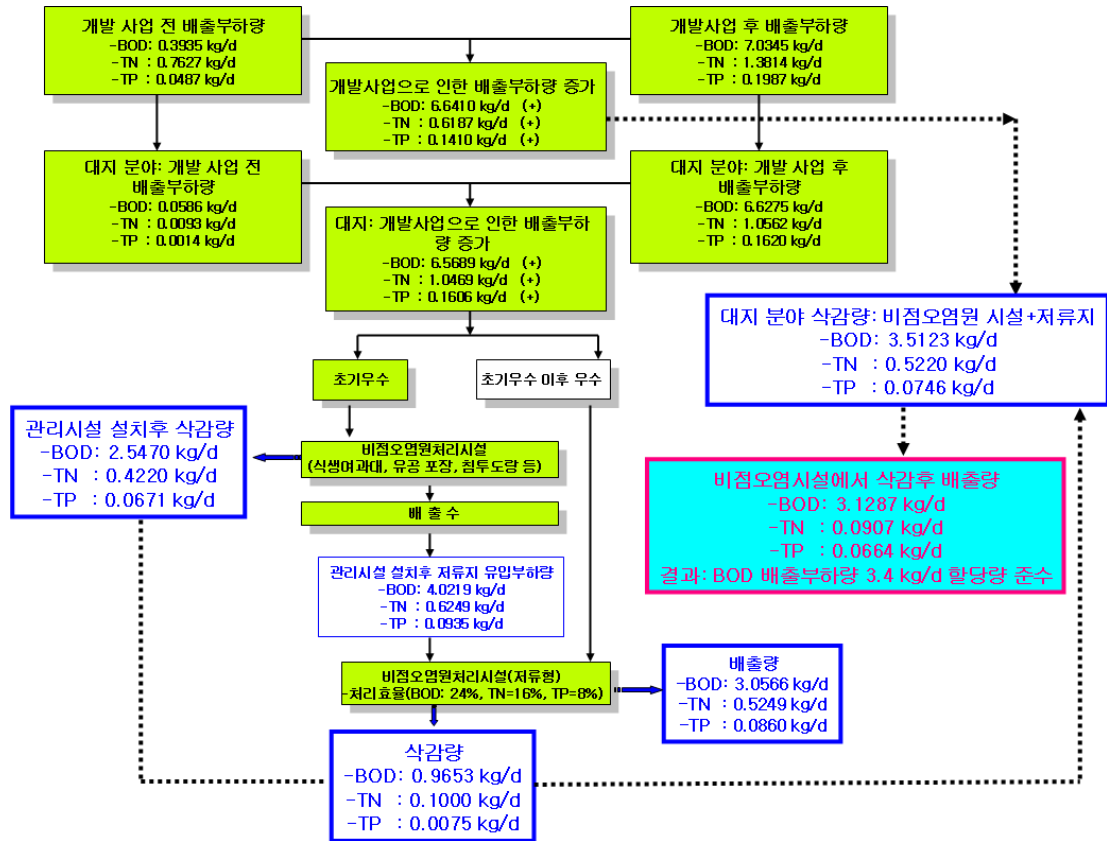


그림 6. 개발사업 전후의 비점오염물질 배출 흐름도 및 비점오염물질 수치

그리고 TP가 0.1410kg/day로 나타났으며, 비점오염물질을 관리하기 위한 시설 및 저류지 설치후 삭감량은 BOD가 3.5123kg/day, TN이 0.05220 kg/day, 그리고 TP가 0.0746kg/day로 나타났다. 이러한 비점관리시설의 설치후 최종적으로 배출되는 오염물질의 배출량을 살펴보면, BOD가 3.1287kg/day, TN이 0.0907kg/day, 그리고 TP가 0.0664kg/day로 나타났다. 현재 오염총량관리를 도입한 경기도 광주시의 경우 BOD 배출부하량이 3.4kg/day로 지정되어 있기에, 본 시설의 설치로 환경부의 요구조건을 충분히 만족하는 것으로 나타났다. 따라서 본 개발사업에서는 비점오염물질의 유출을 최소화하고 법적 규제를 완수하기 위해서는 대지부분에 식생여과대, 유공포장, 침투도랑 같은 시설의 설치가 요구된다.

5. 비점오염물질 관리를 위한 최적관리방안

그림 7은 주차장과 도로를 제외한 대지지역, 즉 본 개발사업의 콘도미니움, 체육시설 및 안내소에서 비점오염물질 삭감 및 관리를 위한 최적관리방안을 나타내고 있다. 이러한 토지이용에서는 유기물질, 토사 및 질소와 인을 포함하는 영양소의 유출이 높은 지역이기에 식생과 여과가 혼합된 관리방안이 수립되어 개발사업에 적용될 것이다.

그림 8은 오염물질의 유출이 높은 도로 및 주차장에서의 최적관리방안을 나타내고 있다. 주차장 및 도로는 포장율이 높고 차량의 운행으로 인하여 비점오염물질 중에서 중금속과 토사의 유출이 높은 지역이다. 따라서 그림에서 보는바와 같이 침투와 여과 기능이 겸비된 최적관리방안이 수립

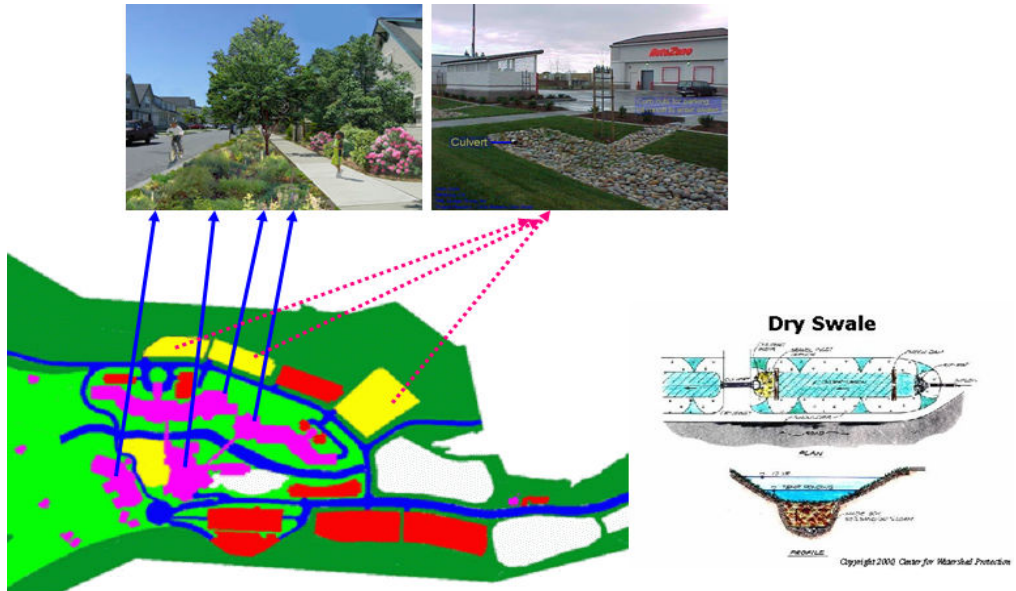


그림 7. 대지(콘도미니움, 체육시설 및 안내소)에서의 비점오염물질 관리를 위한 최적관리방안

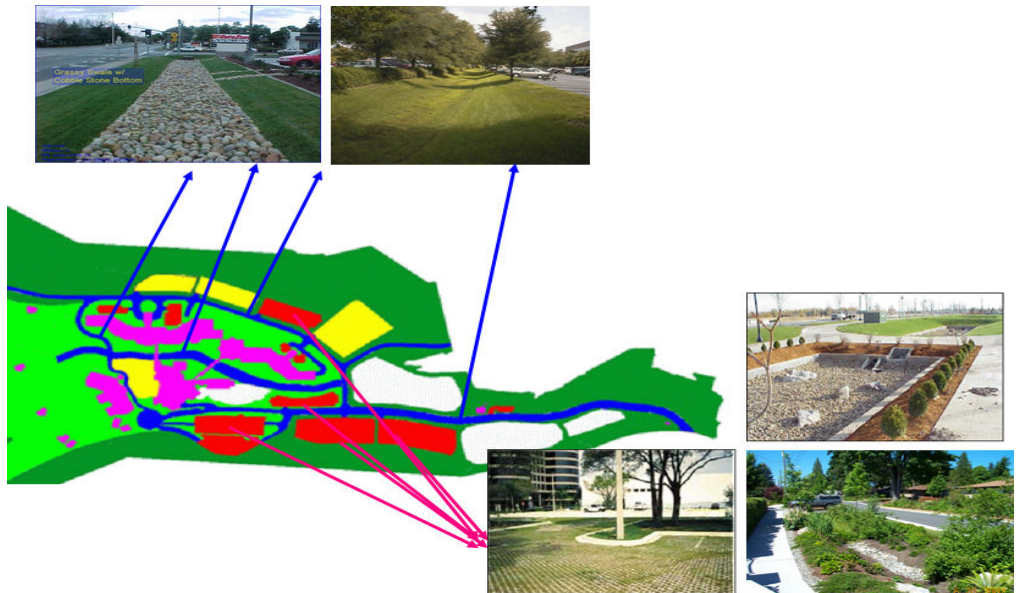


그림 8. 대지(도로 및 주차장)에서의 비점오염물질 관리를 위한 최적관리방안

되었으며, 개발사업에 응용될 것이다. 이러한 비점오염물질 관리시설은 자연친화적인 시설이기에, 개발 완료시에는 친환경적 기능이 매우 높으며, 향후 환경시설이 혐오시설이 아닌 친인간적인 시설임을 보여줄 수 있을 것으로 판단된다.

6. 결론

본 연구는 국내에서 유일하게 수질오염총량관리제가 시행되고 있는 지자체에서 개발할당량으로 시행 중인 리조트 스키장 개발사업에 따른 발생

가능한 비점오염물질의 발생 및 배출부하량을 예측하고, 이에 대한 관리방안을 제시하여 삭감량을 산정함과 동시에 개발계획에 반영하여 친환경적인 개발을 유도하기 위하여 수행되었다. 본 연구를 통해 도출된 결과는 다음과 같다.

- 1) 개발사업에서는 토지피복 상태가 변화하여 포장 지역이 증가함에 따라 비점오염물질의 유출을 저감 및 처리할 수 있는 시설의 설치 요구되는데, 이를 위한 관리시설로는 개발완료 이후에 증가할 시설녹지 공간을 활용할 수 있는 환경친화적 시설 대책 및 계획이 필요하다.
- 2) 개발사업구역내에 식생여과대, 유공포장, 침투도랑 등의 비점오염원 관리시설을 설치할 경우, 비점오염물질 삭감량은 BOD 2.5470 kg/day, TN 0.4220kg/day, 및 TP가 0.0671kg/day로 산정되었다.
- 3) 비점오염원관리시설 및 저류지에서 삭감되어 최종 배출되는 비점오염물질의 배출량은 BOD 3.0566 kg/day, TN 0.5249 kg/day 및 TP 0.0860 kg/day로 나타났다.
- 4) 개발로 인한 토지이용 변화는 비점오염물질의 증가를 초래하기에 비점오염물질의 저감을 위한 최적관리방안의 수립은 친환경적 개발을 유도하기 위해 개발계획 단계에서부터 적용되어야 한다.

참 고 문 헌

김건하, 김영철, 이동률, 정하영, 여중현 (2003). “우리나라 농지-임야 유역으로부터의 강우유출수 EMC 부하 분석 및 추정.” 대한환경공학회지, 제25권, 제6호. pp. 760-770.

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

김이형, 이선하 (2005). “강우시 주차장 및 교량에서 유출되는 비점오염물질의 특성 비교 및 동적 EMCs.” 한국물환경학회지, 제21권, 제3호. pp. 248-255.

김종민, 노혜란, 허성남, 양희정, 박준대 (2005). “강우 및 유입하천수가 팔당호 수질에 미치는 영향 분석.” 한국물환경학회지, 제21권, 제3호. pp. 277-283.

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

이은주, 고석오, 강희만, 이주광, 임경호, 이병식, 김이형 (2006). “고속도로 노면유출수의 증감속 유출 특성 및 상관성.” 한국물환경학회지, 제22권, 제1호. pp. 128-133.

최지용 (2005). “주요 비점오염원의 효율적 관리 방안.” 제1회 비점오염원관리 국제 포럼: 환경부. p. 53.

환경부 (1999). 수질오염총량관리계획수립지침, 환경부 고시 제 1999-143호: 1999. 9. 15.

환경부 (2004). 비점오염원관리 업무편람. 환경부 황병기, 유세진, 차영기 (2001). “안양천 유역의 강우시 비점오염원에 따른 유출부하특성에 관한 연구.” 환경영향평가, 제10권, 제3호. pp. 223-234.

Ujevic, I., Odzak, N., and Baric, A. 2000. “Trace metal accumulation in different grain size fractions of the sediments from a semi-enclosed bay heavily contaminated by urban and industrial wastewaters”. Water. Res. 34. pp. 3055-3061.