

■ 개발사업의 비점오염 영향평가방법 개발을 위한 기초연구

이진희

■



연구진

연구책임자 이진희 (한국환경정책·평가연구원 부연구위원)

연구자문위원

서성철 (한국환경공단 수생태복원처 차장)

김익재 (한국환경정책·평가연구원 연구위원)

© 2015 한국환경정책·평가연구원

발행인 박광국

발행처 한국환경정책·평가연구원

세종특별자치시 시청대로 370 (우편번호) 30147

전화 044)415-7777 팩스 044)415-7799

<http://www.kei.re.kr>

인쇄 2015년 11월 26일

발행 2015년 11월 30일

등록 제17-254호(1998년 1월 30일)

ISBN 978-89-8464-955-2 93530

이 보고서를 인용 및 활용 시 아래와 같이 출처 표시해 주십시오.

이진희. 2015. 「개발사업의 비점오염 영향평가방법 개발을 위한 기초연구」. 한국
환경정책·평가연구원.

값 5,000원

서 언

수질오염대책에서 점오염원에 대한 관리가 강화됨에 따라 전체적인 오염부하총량은 감소했지만 토지이용이 고도화됨에 따라 비점오염원은 증가하는 추세입니다. 4대강 오염 배출부하량 중 비점오염원이 차지하는 비중이 2000년 기준 27.5%에서 2012년 기준 68.3%로 증가하고 있어 비점오염원 관리의 중요성이 더욱 강조되고 있는 실정입니다.

비점오염원의 관리는 점오염원과 달리 강우의 영향을 받으므로 발생량의 예측부터 그 관리가 매우 어려우며, 기존 법률 및 제도의 규정 준수만으로는 관리상 한계가 있을 수밖에 없습니다. 이러한 현실에서 본 연구는 기존 관련 법률과 제도에 대한 전반적인 이해와 기술적 검토를 바탕으로 환경영향평가제도의 장점인 지역 특성 및 환경현황을 반영한 실효성 있는 비점오염 관리가 될 수 있도록 개선방안을 제안하고 있습니다. 향후 본 연구를 바탕으로 개발사업의 환경영향평가에서 비점오염원의 관리가 공공수역의 수질 관리에 기여할 것으로 기대합니다.

본 연구의 결과가 나오기까지 노력해 주신 이진희 박사에게 감사의 뜻을 표합니다. 아울러 연구의 질적 향상을 위해 고견을 주신 한국환경공단 서성철 박사와 내부 자문위원으로 도움을 주신 김익재 박사에게 감사를 전합니다.

2015년 11월

한국환경정책·평가연구원

원장 박 광 국

국문 요약

환경기초시설의 확충에도 불구하고 도시화와 산업화로 인한 불투수면과 비점오염원의 증가는 하천 수질 관리를 더욱 어렵게 하고 있다. 「제2차 비점오염원 관리 종합대책」에 따르면, 2010년 비점오염원의 부하율은 68.3%로 2020년에는 약 72%에 달할 것으로 전망하고 있다. 비점오염원의 특성은 강우시 불특정 지역에서 고농도로 배출되기 때문에 발생원 관리가 매우 중요하다.

이와 같은 관점에서 개발사업 시 환경영향을 예측하고 적절한 보전대책을 수립하도록 하고 있는 환경영향평가는 비점오염원의 발생원 관리를 위해 중요한 수단일 것이다. 하지만 환경영향평가 시 비점오염원의 영향예측 및 저감대책에 대한 정량적 평가방법이 부재하여 환경영향평가를 통한 비점오염의 통제가 적절하게 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 환경영향평가 시 주로 차용되고 있는 오염총량제도와 비점오염원 설치신고제도의 비점오염저감시설의 설계 기술수준을 평가하여 개발사업의 특성별 비점오염 영향 평가기법 및 저감대책 수립의 개선방향(방안)을 도출하고자 하였다.

연구결과에 의하면 영향예측 규모 및 수문학적(강우 강도, 빈도, 지속시간 등) 설계 기준, 저감시설의 저감 수준 및 용량결정, 주요 평가대상 비점오염물질 선정, 토지이용계획에 따른 오염부하량 산정 연구가 필요한 것으로 나타났다. 이와 같은 연구는 최근 강화된 환경영향평가 사후관리와 연계한 지속적인 모니터링과 과학적인 자료 분석을 통해 객관성을 확보하는 것이 필요하다. 또한 향후 비점오염에 대한 환경영향평가 방법과 이를 근거로 모형이 개발된다면 비점오염 영향평가의 고도화 할 수 있을 것이다.

주제어: 비점오염, 환경영향평가, 비점오염원 설치신고제도, 오염총량제

차 례

제1장 서론	1
1. 연구의 배경 및 목적	1
2. 연구의 내용 및 범위	3
제2장 국내외 비점오염 관리현황	5
1. 국내 비점오염 관리제도	5
가. 비점오염원 설치신고제도	5
나. 수질오염 총량제도	8
2. 국내외 비점오염저감시설 설계기준	12
가. 비점오염 저감시설의 설계용량 결정현황	12
나. 비점오염저감시설의 효율 및 삭감부하량 정량화	24
제3장 개발사업의 비점오염 영향평가	28
1. 환경영향평가 시 비점오염 관리 현황	28
가. 비점오염원의 발생부하량 및 배출부하량	28
나. 공사 중 강우로 인한 토사유출 및 부유물질(SS) 농도	30
다. 운영 시 비점오염저감시설의 설계현황	33
2. 환경영향평가 시 비점오염 영향평가 개선방향	37
제4장 결론 및 향후과제	40
참고 문헌	43
Abstract	45

표 차례

〈표 2-1〉 비점오염원 설치신고제도 대상	6
〈표 2-2〉 비점오염원 설치신고제도의 조사항목	7
〈표 2-3〉 비점오염저감시설의 종류	7
〈표 2-4〉 오염원그룹별 점오염원 및 비점오염원 구분표	9
〈표 2-5〉 토지계 지목별 연평균 발생부하원단위	11
〈표 2-6〉 비점오염저감시설별 적용규모 설계기준	13
〈표 2-7〉 미국 주요 도시에서의 90% 강우사상	17
〈표 2-8〉 비점오염저감시설별 적용규모 설계기준	18
〈표 2-9〉 켄터키 주 도달시간별 기준 강우강도	20
〈표 2-10〉 도시별 강수 패턴에 따른 설계유출고	24
〈표 2-11〉 강우처리비에 따른 삭감대상부하비 산정시 적용계수	25
〈표 2-12〉 「수질오염총량관리기술지침」 비점오염저감시설 저감효율	26
〈표 2-13〉 「비점오염저감시설의 설치 관리·운영 매뉴얼」에 따른 비점오염저감시설 저감효율	27
〈표 3-1〉 사업시행 전·후 토지계 발생부하량	29
〈표 3-2〉 비점오염저감시설 삭감량	29
〈표 3-3〉 최종배출부하량	30
〈표 3-4〉 지표상태에 따른 토사유출량 원단위	31
〈표 3-5〉 개발 전·중·후의 토사유출량 산정결과	32
〈표 3-6〉 토사유출에 의한 부유물질 농도	33
〈표 3-7〉 장치형 비점오염저감시설의 설계 산정 예	34
〈표 3-8〉 저류형 비점오염저감시설의 설계 예	34
〈표 3-9〉 빗물관리 및 비점오염을 위한 LID 설치계획	35

그림 차례

〈그림 1-1〉 2010년 대권역별 배출부하량	2
〈그림 2-1〉 강우강도 발생빈도를 통한 설계유량 산정방법	15
〈그림 2-2〉 빈도별 강우분포(뉴욕 주 알바니 시)	16
〈그림 2-3〉 WQ _v 산정 절차	18
〈그림 2-4〉 WQF 산정 절차	21
〈그림 2-5〉 강우강도를 이용한 설계유량 산정	23
〈그림 3-1〉 하천횡단 교량의 비점오염 저감시설 유형	36
〈그림 4-1〉 비점오염 영향평가 방법 및 향후과제	42

제1장 서론

1. 연구의 배경 및 목적

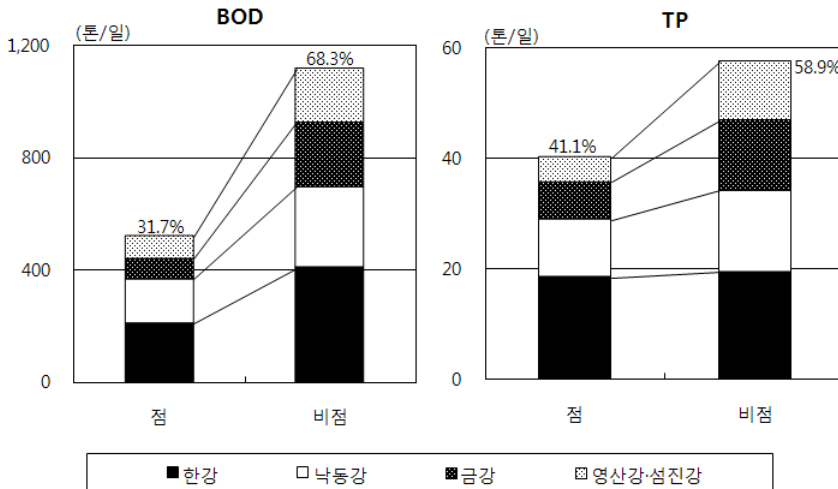
「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」에서는 수질오염원을 오염물질 배출원에 따라 점오염원, 비점오염원 및 기타 수질오염원으로 구분하고 있다. 점오염원은 “폐수배출시설, 하수발생시설, 축사 등으로서 관거·수로 등을 통하여 일정한 지점으로 수질오염물질을 배출하는 배출원”을 말하며, 비점오염원은 “도시, 도로, 농지, 산지, 공사장 등으로서 불특정 장소에서 불특정하게 수질오염물질을 배출하는 배출원”을 말한다. 그리고 “점오염원과 비점오염원으로 관리되지 아니하는 수질오염물질을 배출하는 시설 또는 장소”를 기타수질오염원으로 정의한다.¹⁾

점오염원으로 대별되는 생활하수와 공장폐수의 경우, 그동안 공공 하수 및 폐수처리시설과 하수관거 정비 등 환경기초시설의 설치와 확충을 통해 어느 정도 하천 및 호소의 수질이 개선되는 데 기여한 측면이 있었다. 하지만 이와 같이 점오염원 관리 중심의 수질개선사업으로는 도시화 및 산업화에 따른 오염부하량의 지속적 증가와 각종 개발사업에 따른 불투수면으로부터 배출되는 비점오염원의 부하량 증가로 인해 하천 및 호소수의 목표수질을 달성하는 데 한계를 보이고 있다.

비점오염원 물질은 토사, 영양물질, 유기물질, 박테리아 및 바이러스, 중금속, 농약, 유류, 협잡물 등 그 종류가 다양하며, 또한 대지, 도로, 농지, 공사장 등 불특정 지역에서 고농도로 배출되고 있고 주로 강우 시 유출되기 때문에 점오염원과 달리 처리시설의 설계 등이 어렵다. 실제로 4대강별 1일 수질오염물질 배출량 중 비점오염물질이 차지하는 비중은 BOD 기준 64.4~76.2%(4대강 평균 68.3%)이며, TP 기준으로 51.3~70.3%(4대강 평균 58.9%)로 점오염원과 비교하여 그 비중이 큰

1) 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 제2조(정의).

것으로 나타나고 있다(환경부, 2012).



자료: 환경부(2012).

〈그림 1-1〉 2010년 대권역별 배출부하량

이에 따라 환경부는 기존 개별배출원의 배출허용기준을 통한 농도규제에서 벗어나 수질오염총량관리제도를 도입하여 해당 유역의 오염부하량을 허용총량 한도 내에서 관리하고 있다. 하지만 토지계 지목별 연평균 발생부하원단위가 전, 답, 임야, 대지, 기타의 5개 분류체계와 BOD, TN, TP의 3개 수질항목에 대하여 관리되고 있어 세부적인 토지이용 특성 및 시간적 영향에 따른 원단위 산정은 불가능하다.

한편 일정 규모 이상의 개발사업과 비점오염 유발가능성이 큰 사업장을 대상으로 비점오염원 설치신고제도를 운영하고 있으며, 최근 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 및 시행규칙」(제53조 제2항) 개정을 통해 비점오염저감시설로서 저영향개발(LID)기법을 적용한 비점오염저감시설의 설치를 권장하고 있다.

개발사업으로 인한 토지이용의 변경은 어떠한 형태로든 환경에 영향을 미치므로 「환경영향평가법」에 따른 일정 규모 사업계획 수립 시에는 환경영향을 예측하여 적절한 보전대책을 수립하도록 하고 있다. 이 과정에서 사업계획지역이 포함된 오염

총량관리 단위유역에 대한 할당 부하량 한도 내에서 개발사업이 이루어지도록 제한하고 있다. 비점오염원 설치신고제도의 관리 대상은 개발사업의 경우 환경영향평가 대상사업을 대상으로 하고 있으며, 효과적인 비점오염저감시설의 설계 및 유지관리를 위하여 최근 「비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼」(환경부, 2014)을 업데이트하였다. 하지만 매뉴얼에서 제안하고 있는 비점오염저감시설의 설계기준이 해당 지역의 강수 패턴 및 배출 특성 등을 충분히 고려하지 못하고 있어 실제 설계 시 최적의 설계가 이루어지지 못하고 있다.

환경영향평가제도 시 비점오염 관리는 기존의 오염총량제도와 비점오염원 설치신고제도와 중복되어 개발사업에 있어서 지역 현황과 사업 특성을 고려한 비점오염 관리보다는 기존 매뉴얼에 의존하고 있는 실정이다. 또한 환경영향평가 시 비점오염원의 영향예측 및 저감대책에 대한 정량적 평가방법이 부재하여 일부 공사 시 토사유출 예측 및 저감대책을 제외하고는 「비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼」의 설계기준을 준용하고 있다. 이에 따라 개발사업 시행 전과 후에 대한 비점오염의 해당 지역, 인근수계, 해당 유역 전체에 대한 영향예측과 저감대책의 정량적 평가가 어려워 환경영향평가를 통한 비점오염의 최적관리가 이루어지지 않고 있다.

본 연구의 목적은 환경영향평가 시 주로 차용되고 있는 오염총량제도와 비점오염원 설치신고제도의 비점오염저감시설의 설계 기술수준을 평가하여 개발사업의 특성별 비점오염 영향평가기법 및 저감대책 수립의 개선방향(방안)을 도출하고자 한다.

2. 연구의 내용 및 범위

비점오염원 관리 측면에서 전략환경영향평가는 개발계획의 토지이용계획 수립 단계부터 대상지의 지형, 수계, 식생 등의 보전 여부를 결정할 수 있어 더욱 효율적인 비점오염 관리가 될 수 있다. 반면 환경영향평가에서는 실시설계 단계에서 환경성을

검토하게 됨으로써 비점오염원의 현황 파악과 관리대책의 적정성 등을 기술적으로 평가할 수 있어 비점오염시설의 규모, 위치, 운영·관리계획 등 구체적인 계획에 대한 각종 제언 및 협의가 가능하다.

현재 전략환경영향평가 단계에서는 지표로서 생태면적률의 적용, 친환경적 토지 이용 및 저영향개발 기법 등 기존 연구의 부지평가 과정을 통해 사업계획의 적정성 및 입지의 타당성 평가가 어느 정도 가능한 상황이며, 환경영향평가의 경우 비점오염원 관리대책의 적정성을 평가할 구체적인 가이드라인이 마련되어 있지 않은 점을 고려하여 본 연구에서는 다음과 같은 연구의 내용 및 범위를 설정하였다.

- 비점오염 설치 신고제도 및 오염총량제 상의 개발사업에 따른 비점오염원 발생량 예측 및 저감시설의 저감효율의 적정성 검토
 - 해외 사례, 연구논문, 매뉴얼 등을 참조하여 입지(도시/전원 지역 등)
 - 사업 유형별 비점오염원 발생물질 및 관리대상 물질의 파악
 - 저감시설의 설계 시 설계빈도 등 설계 방법론 검토
 - 기존에 개발된 모형에 대한 환경영향평가 시 기술수준의 파악 및 적용가능성 검토
- 환경영향평가 시 비점오염 영향예측 및 저감대책 수립 현황 파악
 - 기존 검토 의견 및 환경영향평가서를 중심으로 현황 조사 및 문제점 파악
- 개발사업에서 사업 특성별 비점오염 예측평가 방법 및 저감대책 수립의 개선방향 (방안) 도출

제2장 국내외 비점오염 관리현황

1. 국내 비점오염 관리제도

가. 비점오염원 설치신고제도

비점오염원 설치신고제도는 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 제53조의 규정에 따라 비점오염원에 의한 오염을 유발하는 사업을 하거나, 폐수배출시설을 설치하는 사업장 및 개발사업의 주체는 지방(유역)환경청에 비점오염저감시설 설치 계획 및 비점오염 저감계획서를 제출하여 신고하도록 하여 비오염원을 관리하는 제도이다.

비점오염원의 설치신고 대상은 개발사업의 경우 「환경영향평가법」 시행령 별표 3의 제1호부터 제17호까지에 해당하는 사업과 기존 환경영향평가 재협의 대상사업이 포함되고 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 제53조 제1항 제2호에 따라 폐수배출시설을 설치한 다음 사업장 중 부지면적 1만㎡ 이상인 사업장과 기존 부지면적의 30%가 증가하는 사업장이 포함된다. 비점오염원 설치신고 대상사업은 <표 2-1>과 같으며 다량의 비점오염물질을 배출할 가능성이 있는 개발사업(환경영향평가 대상 사업)과 비점오염 유발가능성이 큰 사업장(폐수배출시설 설치 사업장)으로 구분할 수 있다.

비점오염원 설치신고제도의 신고 시점은 개발사업의 경우 「환경영향평가법」 제30조의 승인 등을 받거나 사업계획을 확정된 날부터 30일 이내에 신고하도록 정하고 있다. 사업장은 폐수배출시설의 설치허가 또는 변경허가를 받거나 신고 또는 변경신고를 한 날부터 15일 이내에 신고하도록 정하고 있다.

「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」에 따르면 비점오염원은 도시, 도로, 농지, 산지, 공사장 등 불특정 장소에서 불특정하게 수질 오염물질을 배출하는 배출원으로

정의하고 있다.²⁾ 개발사업의 경우 비점오염물은 침식물(토사)과 유류 등 공사와 관련하여 공사현장에서 유출되는 각종 비점오염물질과 도시, 공장, 도로, 골프장 등 사업완료 후 사업지구에서 발생하는 영양물질, 박테리아와 바이러스, 기름과 그리스, 중금속, 유기물질, 농약성분, 협잡물 등이 포함된다.

〈표 2-1〉 비점오염원 설치신고제도 대상

개 발 사 업	사 업 장
1. 도시의 개발사업	제철시설
2. 산업입지 및 산업단지의 조성사업	섬유염색시설
3. 에너지 개발사업	1. 목재 및 나무제품 제조업
4. 항만의 건설사업	2. 펄프·종이 및 종이제품 제조업
5. 도로의 건설사업	3. 코크스·석유정제품 및 핵연료 제조업
6. 수자원의 개발사업	4. 화합물 및 화학제품 제조업
7. 철도(도시철도를 포함한다)의 건설사업	5. 고무 및 플라스틱제품 제조업
8. 공항의 건설사업	6. 비금속광물제품 제조업
9. 하천의 이용 및 개발사업	7. 제1차 금속산업
10. 개간 및 공유수면의 매립사업	8. 석유, 원유 및 우라늄 광업
11. 관광단지의 개발사업	9. 금속광업
12. 산지의 개발사업	10. 비금속광물 광업(연료용은 제외)
13. 특정지역의 개발사업	11. 음·식료품 제조업
14. 체육시설의 설치사업	12. 전기업, 가스업 및 증기업
15. 폐기물처리시설·분뇨처리시설 및 가축분뇨처리시설의 설치	13. 도매업 및 상품 중개업
16. 국방·군사시설의 설치사업	14. 하수처리업, 폐기물처리업 및 청소 관련 서비스업
17. 토석·모래·자갈·광물 등의 채취사업	

자료: 「환경영향평가법」시행령 별표 3; 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」시행령 제72조 참조.

비점오염원 설치신고 절차에 따라 저감시설을 설치한 후에는 저감시설의 상·하류 지점 등을 선정하여 유량 및 수질조사 등을 실시하고 시설의 처리효율과 수질오염물질의 유출입량, 제거율 등을 모니터링 하고 있다. 모니터링의 조사항목은 도시지역과

2) 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」제2조 제2호

농촌지역을 구분하여 <표 2-2>와 같이 정하고 있으며 비점오염저감시설의 종류는 <표 2-3>과 같다.

<표 2-2> 비점오염원 설치신고제도의 조사항목

항목	도시지역	농촌지역
공통항목	TSS, BOD, COD, T-N, T-P, pH, Turbidity	
선택항목	Conductivity, Oil, Grease, TOC, 중금속(Cd, Pb, Zn)	TKN, NO ₂ -N, NO ₃ -N, NH ₄ -N, PO ₄ -P, TOC

자료: 환경부(2014).

<표 2-3> 비점오염저감시설의 종류

구분	시설명	내용
자연형 시설	저류시설	- 강우유출수를 저류하여 침전 등에 의하여 비점오염물질을 줄이는 시설 - 저류지·연못 등을 포함
	인공습지	침전, 여과, 흡착, 미생물 분해, 식생 식물에 의한 정화 등 자연상태의 습지가 보유하고 있는 정화능력을 인위적으로 향상하여 비점오염 물질을 줄이는 시설
	침투시설	- 강우유출수를 지하로 침투시켜 토양의 여과·흡착 작용에 따라 비점오염물질을 줄이는 시설 - 유공포장, 침투조, 침투저류지, 침투도랑 등을 포함
	식생형 시설	- 토양의 여과·흡착 및 식물의 흡착작용으로 비점오염물질을 줄임과 동시에, 동식물 서식공간을 제공하면서 녹지경관으로 기능하는 시설 - 식생여과대와 식생수로 등을 포함
장치형 시설	모래여과 시설	강우유출수를 집수조 등에서 모은 후 모래·토양 등의 여과재를 통하여 걸러 비점오염물질을 줄이는 시설
	와류형 시설	중앙회전로의 움직임으로 와류가 형성되어 기름·그리스(grease) 등 부유성 물질은 상부로 부상시키고, 침전 가능한 토사, 협잡물은 하부로 침전·분리시켜 비점오염물질을 줄이는 시설
	스크린형 시설	망의 여과·분리 작용으로 비교적 큰 부유물이나 쓰레기 등을 제거하는 시설. 주로 전(前) 처리에 사용
	응집·침전 처리형 시설	응집제 사용하여 비점오염물질을 응집한 후, 침강시설에서 고형물 질을 침전·분리시키는 방법으로 부유물질을 제거하는 시설
	생물학적 처리형 시설	전 처리시설에서 토사 및 협잡물 등을 제거한 후 미생물을 이용해 콜로이드(colloid)성, 용존성 유기물질을 제거하는 시설

자료: 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 별표 6 참조.

현재 환경부에는 효과적인 비점오염저감시설의 설계 및 유지관리를 위하여 「비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼」(환경부, 2014)을 최근 업데이트하였다.

나. 수질오염 총량제도

수질오염총량관리는 한강수계, 낙동강수계, 금강수계, 영산강·섬진강수계를 단위유역으로 구분하고 해당 수계 구간(총량관리단위유역 또는 단위유역) 내에서 배출되는 오염물질의 양이 단위유역의 하천의 목표수질을 달성할 수 있도록 수질오염물질의 허용부하량(환경용량) 내에서 관리하는 제도이다. 한강을 제외한 3대강 수계에 대한 수질오염총량관리제도가 1단계(2004~2010년), 2단계(2011~2015년), 3단계(2016~2020년)로 진행되고 있으며, 한강의 경우에도 임의적으로 실시 여부를 선택할 수 있던 것이 한강수계 수도권 전시행(2014~2018년) 뒤에 따라 강원도와 충청북도에도 오염총량제 시행계획의 수립 및 승인이 이루어질 예정이다.

제도의 시행절차는 「수질오염총량관리기본방침」(국립환경과학원, 2014)에 따라 각 지점의 목표수질을 설정하여 이를 달성할 수 있도록 단위유역별·기초지자체별로 오염물질의 할당 부하량을 결정하는 오염총량관리 기본계획을 수립한다. 3년간 평균 수질이 오염총량관리 단위유역의 목표수질을 초과하는 경우, 해당 단위유역에 대한 오염총량관리 시행계획을 수립하여야 하며, 시행계획에는 단위유역별·기초자치단체별 할당량을 달성하기 위한 지역개발 시행계획과 개별오염원별로 부하량을 할당하거나 배출량을 지정하는 등의 내용을 포함한다.³⁾ 오염총량관리를 위한 오염부하량 및 삭감부하량의 산정은 「수질오염총량관리기술지침」(국립환경과학원, 2014)과 「수질오염총량관리를 위한 비점오염원 최적관리지침」(국립환경과학원, 2012)에서 정하고 있다.

「수질오염총량관리기본방침」 별표 1에서는 오염원을 배출장소 및 배출경로의 확인이 가능한 오염원(점오염원)과 점오염원 이외의 오염원으로서 배출장소와 배출

3) 김호정 외(2013), p.10.

경로가 불분명할 뿐만 아니라 주로 강우에 의존하여 유출되는 오염원(비점오염원)으로 구분하고 있으며, 오염원그룹별로 생활계, 축산계, 산업계, 토지계, 양식계, 매립계 오염원으로 구분하고 있다. <표 2-4>는 오염원그룹별로 점오염원과 비점오염원을 구분하여 보여 주고 있다.

〈표 2-4〉 오염원그룹별 점오염원 및 비점오염원 구분표

오염원 그룹	점오염원	비점오염원
생활계	가. 개별배출수: 생활하수가 환경기초시설로 유입되지 않는 구역의 가정 및 영업장으로부터 공공수역으로 배출되는 생활계 배출수 나. 환경기초시설 방류수: 공공수역으로 방류되는 환경기초시설의 생활계 방류수 다. 간이공공처리 방류수: 환경기초시설의 간이공공처리시설로부터 공공수역으로 방류되는 생활계 방류수 라. 생활계 관거누수	가. 생활계 관거월류수
축산계	가. 개별배출수: 개별축사로부터 처리 또는 미처리되어 공공수역으로 배출되는 폐수 성상의 축산계 배출수 나. 환경기초시설 방류수: 공공수역으로 방류되는 환경기초시설의 축산계 방류수 다. 간이공공처리 방류수: 환경기초시설의 간이공공처리시설로부터 공공수역으로 방류되는 축산계 방류수 라. 축산계 관거누수	가. 개별배출수: 개별축사로부터 자원화처리 또는 미처리 되어 농지에 살포된 후 주로 강우에 의존하여 배출 되는 고형물 성상의 축산계 배출수 나. 축산계 관거월류수
산업계	가. 개별배출수: 개별배출시설로부터 처리되어 공공수역으로 배출되는 산업계 배출수 나. 환경기초시설 방류수: 공공수역으로 방류되는 환경기초시설의 산업계 방류수 다. 간이공공처리 방류수: 환경기초시설의 간이공공처리시설로부터 공공수역으로 방류되는 산업계 방류수 라. 산업계 관거누수	가. 산업계 관거월류수

자료: 국립환경과학원(2014), p.12.

〈표 2-4〉 오염원그룹별 점오염원 및 비점오염원 구분표(계속)

오염원 그룹	점오염원	비점오염원
토지계	가. 환경기초시설 방류수: 공공수역으로 방류되는 환경기초시설의 토지계 방류수 나. 간이공공처리 방류수: 환경기초시설의 간이공공처리시설로부터 공공수역으로 방류되는 토지계 방류수 다. 토지계 관거누수	가. 개별배출수: 환경기초시설로 연결된 관거로 유입되지 않는 구역의 토지계 배출수 나. 토지계 관거월류수
양식계	가. 개별배출수: 개별양식장으로부터 처리 또는 미처리되어 공공수역으로 배출되는 양식계 배출수 나. 환경기초시설 방류수: 공공수역으로 방류되는 환경기초시설의 양식계 방류수 다. 간이공공처리 방류수: 환경기초시설의 간이공공처리시설로부터 공공수역으로 방류되는 양식계 방류수 라. 양식계 관거누수	가. 양식계 관거월류수
매립계	가. 개별배출수: 개별 침출수처리시설로부터 처리되어 공공수역으로 배출되는 매립계 배출수 나. 환경기초시설 방류수: 공공수역으로 방류되는 환경기초시설의 매립계 방류수 나. 간이공공처리 방류수: 환경기초시설의 간이공공처리시설로부터 공공수역으로 방류되는 매립계 방류수 다. 매립계 관거누수	가. 개별배출수: 침출수처리시설을 갖추지 않은 비위생 매립지로부터 공공수역으로 배출되는 매립계 배출수 나. 매립계 관거월류수

자료: 국립환경과학원(2014), p.12.

개발사업과 연관성이 높은 비점오염원그룹은 토지계이며, 이에 대한 발생부하량은 연속 측정된 유량과 수질조사 결과로부터 얻어진 수문곡선(hydrograph)과 오염부하곡선(pollutograph)으로부터 월별 부하량을 산정하도록 하고 있다. 지역의 특성에 따라 유역 내 전체 토지계를 구획하여 조사하는 것을 원칙으로 하나 대표 유역을 선정하여 동질한 유역의 토지계에 적용할 수 있다. 하지만 토지계 발생부하량에

대한 실측조사가 어려울 경우에는 식(2-1)과 같이 지목별 면적과 연평균 발생부하원단위를 이용하여 연평균 발생부하량을 산정할 수 있다. 토지계 지목별 연평균 발생부하원단위는 <표 2-5>과 같다.

$$\text{토지계 발생부하량} = \sum (\text{지목별면적} \times \text{지목별연평균발생부하원단위}) \quad \text{식(2-1)}$$

<표 2-5> 토지계 지목별 연평균 발생부하원단위

(단위: kg/km²·일)

지목	BOD	T-N	T-P
전	1.59	9.44	0.24
답	2.30	6.56	0.61
임야	0.93	2.20	0.14
대지	85.90	13.69	2.10
기타	0.960	0.759	0.027

- 주: 1) '전'은 지목별 면적 중 전, 과수원을 포함
 2) '답'은 지목별 면적 중 답
 3) '임야'는 지목별 면적 중 임야
 4) '대지'는 대지, 공장용지, 학교용지, 도로(도로사면 제외), 철도용지(철도선로 및 사면 제외), 주차장, 주유소용지, 창고용지, 체육용지(골프장, 스키장 제외), 유원지, 종교용지, 사적지를 포함
 - 도로사면 및 철도선로는 기타에 산입하며, 골프장, 스키장은 실제 토지이용 형태에 따라 해당 지목에 산입함
 5) '기타'는 광천지, 염전, 제방, 하천, 구거, 유지, 양어장, 수도용지, 공원, 묘지, 목장용지, 잡종지를 포함(단, 목장용지 중 '축사면적'은 '대지' 지목을 적용)
 6) 하천부지 점용용지는 토지이용 형태에 따라 해당 지목에 산입함

자료: 국립환경과학원(2014), p.47.

2. 국내외 비점오염저감시설 설계기준

가. 비점오염 저감시설의 설계용량 결정현황

1) 국내 현황

「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」⁴⁾에 따르면 비점오염저감시설의 설계규모 및 용량을 다음과 같은 기준에 따라 초기우수를 충분히 처리할 수 있도록 설계하도록 하고 있다.

- ① 해당 지역의 강우빈도 및 유출수량, 오염도 분석 등을 통하여 설계규모 및 용량을 결정하여야 한다.
- ② 해당 지역의 강우량을 누적유출고로 환산하여 최소 5밀리미터 이상의 강우량을 처리할 수 있도록 하여야 한다.
- ③ 처리 대상 면적은 주요 비점오염물질이 배출되는 토지이용면적 등을 대상으로 한다. 다만, 비점오염 저감계획에 비점오염저감시설 외의 비점오염 저감대책이 포함되어 있는 경우에는 그에 상응하는 규모나 용량은 제외할 수 있다.

이와 관련하여 「비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼」(2014)에서의 비점오염저감시설의 규모 및 용량 결정에 관한 세부 내용을 살펴보면 비점오염저감시설을 수질오염방지시설 중 비점오염원에서 배출되는 수질오염물질을 제거하거나 감소하게 하는 시설로 정의하였으며, 크게 자연형 시설과 장치형 시설로 구분하고 있다. 자연형 시설에는 저류시설, 인공습지, 침투시설, 식생형 시설 등을 소개하고 있으며, 장치형 시설에는 여과형 시설, 와류형 시설, 스크린형 시설, 생물학적 처리형 시설 등을 소개하고 있다. 이를 저류시설 및 인공습지 등 강우유출수의 초기 저류를 처리하는 시설은 수질처리용량(WQv)을 이용하여 시설의 용량 및 규모를 결정하도록 제안하였으며, 연속적인 강우유출수를 처리하는 장치형 시설과 식생여과대 및 식생수로 등의 자연형 시설은 수질처리용량(WQF)으로 설계하도록 제안하고 있다.

4) 동 법령 시행규칙 별표 17.

〈표 2-6〉 비점오염저감시설별 적용규모 설계기준

비점오염저감시설 구분		규모 설계기준
저류시설	저류지 지하저류지	WQv
인공습지	인공습지	
침투시설	유공포장(투수성포장) 침투저류지 침투도랑	
식생형 시설	식생여과대 식생수로	WQF
	식생체류지 식물재배화분 나무여과상자	WQv
장치형 시설	여과형 시설 와류형 시설 스크린형 시설	WQF
	응집, 침전 처리형 시설	-

자료: 환경부(2014), p.14.

〈표 2-6〉의 비점오염저감시설 중 저류시설, 인공습지, 침투시설, 식생형 시설(식생 여과대, 식생수로 제외)의 규모 및 용량 결정시 적용되는 수질처리용량(Water Quality Volume, WQv)은 식(2-2)와 같은 방법에 따라 산정하도록 하고 있다.⁵⁾

$$WQv = P1 \times 10^{-3} \quad \text{식(2-2)}$$

여기서, WQv : 수질처리용량(m³)

P1 : 설계강우량으로 환산된 누적유출고(mm)

A : 배수면적(m²)

5) 환경부(2014), p.13.

반면 장치형 시설과 식생형 시설중 식생여과대, 식생수로의 규모 및 용량 결정 시 적용되는 수질처리유량(Water Quality Flow, WQF)은 합리식을 이용하여 산정하도록 하고 있으며 기준 강우강도를 적용하여 식(2-3)과 같은 방법에 따라 산정하도록 하고 있다.⁶⁾

$$WQF = CI \times A \times 10^{-3} \quad \text{식(2-3)}$$

여기서, WQF : 수질처리유량(m³/h)

P1 : 설계강우량으로 환산된 누적유출고(mm)

C : 처리대상구역의 유출계수

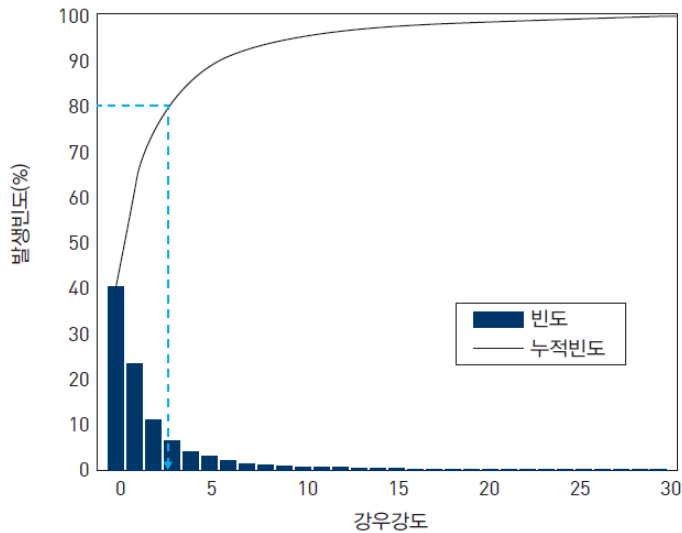
I : 기준강우강도(mm/h)

A : 처리대상구역의 배수면적(m²)

기준 강우강도는 최근 10년 이상의 시강우 자료를 활용하여 <그림 2-1>과 같이 연간누적발생빈도(Cumulative Occurance Frequency) 80%에 해당하는 강우강도로 산정하도록 하고 있다.⁷⁾

6) 환경부(2014), p.15.

7) 환경부(2014), p.14.



자료: 환경부(2014), p.14.

〈그림 2-1〉 강우강도 발생빈도를 통한 설계유량 산정방법

「수질오염총량관리를 위한 비점오염원 최적관리지침」(국립환경과학원, 2012)에서는 비점오염저감시설을 생태면적, 빗물이용시설, 침투시설, 여과저류시설, 여과시설에 대하여 수질처리용량(WQ_v)의 산정 방법을 다음과 같이 제시하고 있다. 하지만 식(2-4)에서 제시된 수질처리용량 산정식은 「비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼」(환경부, 2014)에서 제시하고 있는 식(2-2)과 차이가 있어 설계 시 혼란이 발생하기 때문에 매뉴얼에서는 식(2-4)식의 값이 식(2-2)의 값보다 큰 경우에 사용이 가능하도록 하고 있다.

$$WQ_v = 10^{-3} \times P \times A \times R_v \quad \text{식(2-4)}$$

여기서, WQ_v : 수질처리용량(m³)

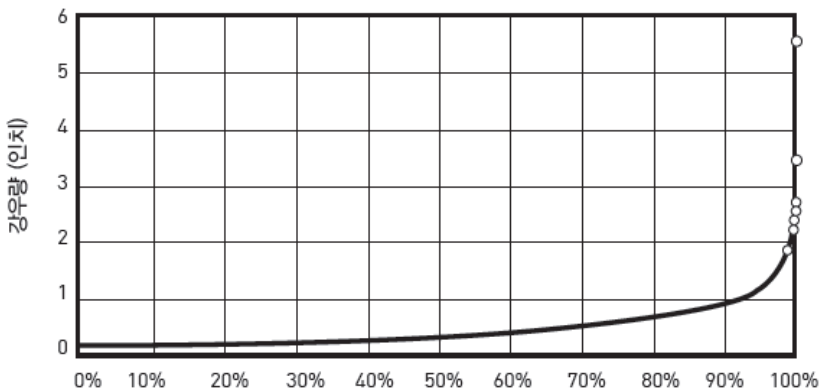
A : 유역면적(m²)

P : 설계강우량(mm)

R_v : 체적유출계수(= 0.05 + 0.009 × I, I = 불투수율(%))

2) 국외 현황

비점오염원 관리의 가장 체계적인 미국을 대상으로 비점오염저감시설의 설계 방법 및 설계기준을 살펴보면, 미국 대다수의 지역에서는 WQv 산정 시 각 지역의 연속적인 강우자료를 기반으로 강우사상을 분리하고, 강우량을 기준으로 강우사상 발생 횟수에 대한 히스토그램을 작성한다. 그리고 히스토그램의 누적 발생빈도를 산출하여 연강우량의 80% 또는 90%에 해당하는 강우량을 산정하여 이를 기준 강우량으로 산정하는 방안이 시행되고 있다. <그림 2-2>는 미국 뉴욕 주의 알바니 시의 빈도별 강우분포를 보여주고 있으며, 연강우량의 90%에 해당하는 강우량은 1인치인 것을 알 수 있다. <표 2-7>은 미국 주요 도시에서의 90% 강우사상을 보여 주고 있다.



자료: 환경부(2014), p.16.

<그림 2-2> 빈도별 강우분포(뉴욕 주 알바니 시)

〈표 2-7〉 미국 주요 도시에서의 90% 강우사상

도시명	강우량(inch)
Columbus, OH	1.0
Albany, NY	0.9
New York, NY	1.2
Frederick, MD	1.1
Washington, D.C.	1.2
Boise, ID	0.5
Phoenix, AZ	0.8
Denver, CO	0.7
Austin, TX	1.4
Savannah, GA	1.5
Montpelier, VT	0.9
Los Angeles, CA	1.3

자료: http://www.stormwatercenter.net/Manual_Builder/Sizing_Criteria/Water%20quality/Options%20for%20Water%20Quality%20Volumes.htm

미국의 다양한 지역을 대상으로 기준 강우량은 〈표 2-8〉와 같이 대부분 지역의 기준 강우량이 0.5~1.5 in로 설정되고 있으며, 〈그림 2-3〉은 수질처리용량(WQV)의 산정 절차를 보여주고 있다.

WQV(Water Quality Volume) 산정

$$WQV = P \cdot R_v \cdot A$$

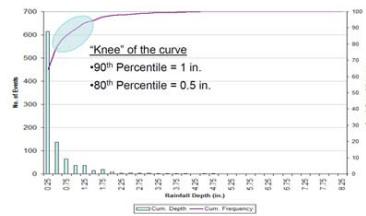
P : 기준 강우량 R_v : 유출계수 A : 집수구역 면적

WQV(Water Quality Volume) 기준 강우량 산정절차

1 연속적인 강우기록으로부터 **강우사상** 분리

2 강우량을 기준으로 강우사상의 **발생빈도**에 대한 히스토그램 작성

3 누적 발생빈도를 이용해 연강수량에 **90%** 또는 **80%**의 강우량을 탐색



WQV(Water Quality Volume) 기준 강우량 산정결과

연강수량의 **90%**에 해당하는 강수량 : 1 in

연강수량의 **80%**에 해당하는 강수량 : 0.5 in

자료: 국립환경과학원(2013). p.26.

〈그림 2-3〉 WQv 산정 절차

〈표 2-8〉 비점오염저감시설별 적용규모 설계기준

해당지역	배수구역 면적	WQv 설계 요구사항
Delaware(1997)	5,000 ft ² (=0.046ha)이상	2.7 in 기준강우량 (1년빈도, 지속시간 24시간)
Rhode Island(1997)	1 acre(=0.4ha) 이상	1.2 in 기준강우량(이는 1 in 유출량)
Hawaii(2000)		1 in 기준강우량
Georgia(2001)	1 acre(=0.4ha) 이상	1.2 in 기준강우량(연강수량의85%)
Florida(2002)	4,000 ft ² 이상의 불투수지역	1.5 in 강우유출량
Vermont(2002)	1 acre(=0.4ha) 이상	연강수량의 90%에 해당하는 기준강우량
Connecticut(2004)	1 acre(=0.4ha) 이상	1 in 기준강우량

자료: 국립환경과학원(2013), p.27을 참조하여 재구성.

〈표 2-8〉 비점오염저감시설별 적용규모 설계기준(계속)

해당지역	배수구역 면적	WQv 설계 요구사항
New Jersey(2004)	1 acre(=0.4ha) 이상 또는 불투수지역: 0.25 acre 이상	1.25 in 기준강우량
Pennsylvania(2006)	1 acre(=0.4ha) 이상	1 in 기준강우량 (불투수지역: 2 in 기준강우량)
North Carolina(2007)	일반: 1acre(=0.4ha)이상 해안비거주지역: 10,000 ft ² (=0.92ha)이상	내륙: 1 in 기준강우량 해안: 1.5 in 기준강우량
Kansas(2008)	1 acre(=0.4ha) 이상	연강우량의 90% 해당하는 기준강우량(=1.37 in)
Ohio(2008)	1 acre(=0.4ha) 이상	0.75 in 기준강우량
Tennessee(2008)	1 acre(=0.4ha) 이상	1 in 기준강우량
New Hampshire(2008)	1 acre(=0.4ha) 이상	1 in 기준강우량
Maryland(2009)	5,000 ft ² (=0.046ha)이상	1 in 기준강우량(또는 0.9 in)
Iowa(2010)	1 acre(=0.4ha) 이상	1.25 in 기준강우량
Kentucky(2010)	1 acre(=0.4ha) 이상	연강우량의 80%에 해당하는 기준강우량
New York(2010)	1 acre(=0.4ha) 이상	연강우량의 90%에 해당하는 기준강우량(0.8~1.2 in)
Alabama(2011)	1 acre(=0.4ha) 이상	2년빈도, 지속시간 24시간에 해당하는 강우사상
West Virginia(2012)	1 acre(=0.4ha) 이상	1 in 기준강우량
Massachusetts(2013)	1 acre(=0.4ha) 이상	일반: 0.5 in, 중요지역: 1 in
Maine(2013)	5 acre(=2ha) 이상	1 in * 불투수지역 + 0.4 in * 투수지역

자료: 국립환경과학원(2013), p.27을 참조하여 재구성.

수질처리유량(WQF)을 산정하는 방법으로 캘리포니아 주 등 일부 주에서는 계산 방법이 간단하고 소규모 유역의 유출해석에 합리적으로 알려진 합리식[식(2-3)과 동일)]을 이용하고 있다. 캘리포니아 새크라멘토에서는 기준 강우강도를 0.18~0.20in/h, 오리건 주 매리언에서는 0.17in/h를 사용하고 있으며 켄터키 주에서는 유역출구까지의 도달시간을 계산한 후 도달시간별 기준 강우강도를 적용하고 있다.

〈표 2-9〉 켄터키 주 도달시간별 기준 강우강도

도달시간(min)	기준강우강도(in/h)
5	1.9
6	1.9
7	1.86
8	1.8
9	1.74
10	1.68
11	1.63
12	1.57
13	1.52
14	1.47
15	1.42
15 이상	1.4

자료: Kentucky(2010), 국립환경과학원(2013), p.30에서 재인용.

또한 WOF 설계기준으로는 대다수 문헌에서 WQV 설계기준에 상응하도록 권고하고 있으며, 각 문헌별 다양한 수리, 수문학적인 분석을 통해 지자체 별 고유의 WQF 설계기준을 제시하고 있다. 그중 대표적인 WQF 산정방법은 <그림 2-4>와 같은 과정을 가진다.

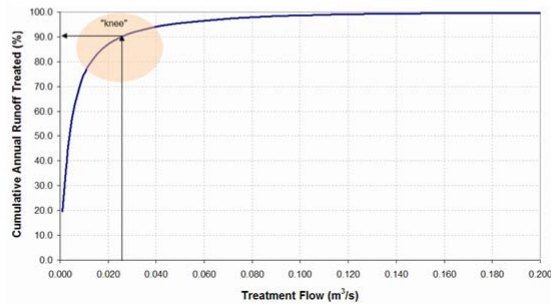
도시 비점유출모형을 이용한 WQF(Water Quality Flow) 산정

1

장기간 강우자료를 도시 비점유출모형(ex. SWMM)에 적용하여 유출유량 별 비점오염저감시설에 차집되는 연 유출량 산정

2

연평균 유출량의 80% 또는 90%에 해당하는 유출유량 탐색



자료: 국립환경과학원(2013), p.26.

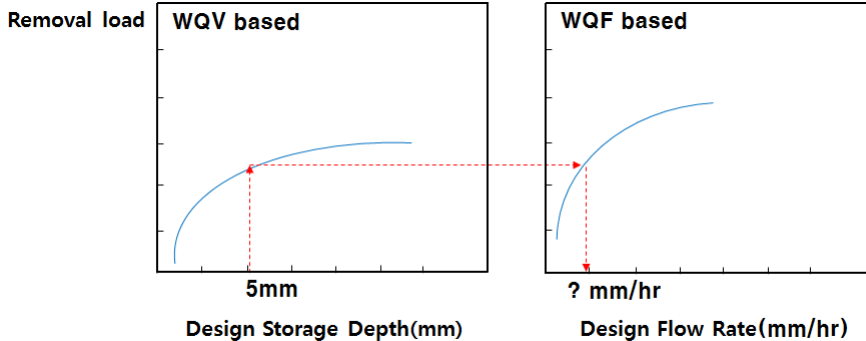
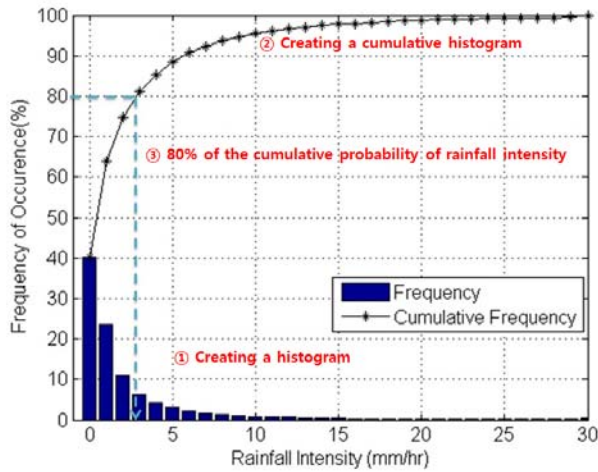
〈그림 2-4〉 WQF 산정 절차

이 과정은 도시 비점유출모형(SWMM)을 토대로 장기간의 강우자료를 이용하여 수문모형을 구축하고, 유출유량별 비점오염저감시설에 차집되는 유출량을 산정한 후 연간 유출량 대비 누적 연간 강우유출 포착곡선을 작성하여 연간 유출량의 80% 또는 90%의 유출량을 산정하는 방법이다. 즉, WQV와 유사한 접근방법임을 확인할 수 있다(국립환경과학원, 2013). SWMM과 같은 비점유출모형은 강우유출수의 유역출구 지점까지 도달시간이 크거나 토지이용 특성이 복잡한 경우 등 대규모 유역에 대한 비점오염저감시설을 설계할 경우 유용하다.

3) 수질처리용량 관련 문헌연구

이정훈 외(2015)는 LID시설을 수질처리용량(WQ_v)와 수질처리유량(WQ_F)에 기초한 시설로 구분하고 다음과 같이 수질처리용량(WQ_v)과 이에 대응하는 설계유량(WQ_F)의 상호 연관성을 파악하였다. 결론적으로 첫 번째 방안은 기존 설계기준보다 과도한 설계기준으로 파악되었으며, 보수적인 설계를 위해 두 번째와 세 번째 방안 중 높은 설계유량을 선택하는 것을 제안하고 있다.

- ① 연간 발생하는 총 강우유출량 중 80%를 처리할 수 있는 설계유량으로 5.7 mm/hr로 산정되었음
- ② 강우강도 발생빈도를 통한 설계유량으로 장기간의 시간별 강우자료 중 0값을 제외하고 누적 히스토그램을 작성하고 누적확률 80%에 만족하는 강우강도에 유출계수를 반영하여 설계유량을 도출하였으며, 그 결과 평균 2.5 mm/hr로 산정되었음
- ③ WQ_F 시설이 WQ_v 시설과 동일한 삭감부하량을 가지는 설계유량으로 1.4 mm/hr로 산정되었음



자료: 이정훈 외(2015).

〈그림 2-5〉 강우강도를 이용한 설계유량 산정

최보경 외(2015)는 LID 개념의 비점오염저감시설인 침투도랑을 대상으로 수확 체감의 법칙의 개념을 이용하여 최적의 수질처리용량을 산정하였다. 그 결과 최적 수질처리용량이 15.535 mm가 산출됨에 따라 우리나라 기존의 5mm 규정보다 높은 결과 값을 확인할 수 있었으며, 우리나라 주요 6개 도시를 대상으로 강우 패턴에 따른 최적수질처리용량 및 포착율을 산출해 본 결과 <표 2-10>과 같이 다양한 결과를 산출하였다. 결과적으로 비점저감시설설치 시 지역별 강우 패턴 및 장기간

연속 강우자료를 기반으로 대상지역의 지형적 특성을 고려할 수 있는 설계기법의 적용이 필요한 것으로 판단된다.

〈표 2-10〉 도시별 강수 패턴에 따른 설계유출고

도시	수질설계용량 (mm)	유출포착률 (Runoff Volume Capture Ratio)
부산	15.535	0.347
대구	9.811	0.352
대전	10.629	0.331
광주	12.264	0.344
인천	12.264	0.313
서울	12.264	0.293

자료: 최보경 외(2015).

나. 비점오염저감시설의 효율 및 삭감부하량 정량화

「수질오염총량관리기술지침」에서 명시하는 삭감부하량 정량화 방법은 다음과 같다.

첫째, 식(2-5)에 따라 비점오염저감시설의 설계기준강우로부터 강우처리비를 산정한다. 여기서 설계기준강우는 강우량(mm) 기준과 강우강도(mm/hr) 기준의 경우로 구분되며, 강우량(mm) 기준의 설계 시에는 매개변수 a 와 b 를 0.2716, -0.2425로 설정한다. 강우강도(mm/hr) 기준의 설계 시에는 a 는 0.2445, b 는 0.3174로 설정한다.

$$\text{강우처리비} = a \ln(\text{설계기준강우}) + b \quad \text{식(2-5)}$$

둘째, 첫째 단계에서 산정된 강우처리비를 식(2-6)의 경험식에 대입하여 삭감대 상부하비를 구한다.

$$\text{삭감대 상부하비} = e^{[a \cdot \{\ln(\text{강우처리비})\}^2 + b \cdot \ln(\text{강우처리비})]} \quad \text{식(2-6)}$$

여기서 a 와 b 는 수질항목별로 결정되는 매개변수로서 BOD, T-N, T-P의 경우에 매개변수만 제시하고 있다. 강우처리비에 따른 삭감대상부하비 산정 시 적용되는 수질항목별 매개변수를 정리하면 <표 2-11>과 같다.

<표 2-11> 강우처리비에 따른 삭감대상부하비 산정시 적용계수

구분	BOD	T-N	T-P
a	-0.0184	-0.0030	-0.0018
b	0.6922	0.7509	0.7931

자료: 국립환경과학원(2014), p.68.

셋째, 마지막으로 산출된 삭감대상부하비 및 시설별 저감효율을 기반으로 식(2-7)과 식(2-8)을 통해 삭감대상부하량 및 비점오염저감시설의 삭감부하량을 산출할 수 있다.

$$\text{삭감대상부하량} = \text{삭감대상부하비} \times \text{발생부하량} \quad \text{식(2-7)}$$

$$\text{비점오염저감시설삭감부하량} = \text{삭감대상부하량} \times \text{저감효율} \quad \text{식(2-8)}$$

이때 비점오염저감시설의 저감효율은 실측자료를 사용하는 것을 원칙으로 하고 있으나 신규시설이거나 실측자료가 없는 소규모시설의 경우에는 <표 2-12>의 저감효율을 적용하여 산정하도록 하고 있다. 반면 「비점오염저감시설의 설치 관리·운영 매뉴얼」에서는 「저영향개발(LID) 기술요소 가이드라인」(환경부, 2013)에 맞추어 비점오염저감시설별 저감효율을 <표 2-13>와 같이 제시하고 있다.

〈표 2-12〉 「수질오염총량관리기술지침」 비점오염저감시설 저감효율

구분		BOD	T-N	T-P
저류형	저류지	34	28	36
	지하저류조	25	24	20
	인공습지	53	37	60
침투형	투수성 포장	75	83	65
	침투저류지	69	58	69
	침투도랑	77	62	73
	침투통	53	72	46
	침투관			
	침투측구			
여과형	식생여과대	44	42	42
	식생수로	34	45	51
	모래여과시설	50	46	54
	제조여과시스템			
생태저류형	침투화분	75	73	72
	빗물정원	54	49	65
	통로화분			
	수목여과박스			
와류형 시설		16	11	22
스크린형 시설		15	9	19
시설형(초고속응집·침전법)		80	20	85

자료: 국립환경과학원(2014), p.68.

〈표 2-13〉 「비점오염저감시설의 설치 관리·운영 매뉴얼」에 따른

비점오염저감시설 저감효율

저감시설 형태	저감시설 종류	BOD	T-N	T-P
저류시설	저류지	34	28	36
	지하저류조	25	24	20
인공습지	인공습지	53	37	60
침투시설	유공 포장	75	83	65
	침투저류지	69	58	69
	침투도랑	77	62	73
식생형 시설	식생여과대	44	42	42
	식생수로	34	45	51
	나무여과상자 식물재배화분 식생체류지	54	49	65
여과형 시설	여과형 시설	50	46	54
와류형 시설		16	11	22
스크린형 시설		15	9	19
응집·침전형 시설		80	20	85

자료: 환경부(2014), p.36.

제3장 개발사업의 비점오염 영향평가

1. 환경영향평가 시 비점오염 관리 현황

개발사업의 경우 일반적으로 공사 중 토사유출 등을 발생시키고 운영 시에는 점오염원과 비점오염원을 하천으로 유출하여 수생태계에 영향을 미친다. 환경영향평가서의 수질항목은 개발사업의 시행으로 인한 사업지구 내외에 위치한 하천, 호소 등 수계 등에 미치는 영향 정도를 예측하고 그 영향을 최소화하기 위한 대책을 수립하고 있다.

공사 시 비점오염과 관련한 주요 검토 사항은 탁수 발생으로 인한 인접 하천 및 호소에 부유토사(SS)의 영향이다. 운영 시 비점오염과 관련한 주요 검토 사항은 사업지역에서의 토지이용계획의 변경으로 인한 오염부하량 변화와 이로 인한 인접 하천 및 호소와 오염총량 단위구역의 영향이다.

이와 같은 영향예측 후에는 이를 최소화하기 위한 저감대책을 수립하도록 하고 있다. 공사 시 토사유출의 경우 주로 침사지 및 오탁방지막을 설치하게 되며, 강우 특성, 수계 현황, 지형적 특성 등을 고려하여 침사지의 설치 위치와 규모의 적정성을 검토하게 된다. 운영 시에는 증가된 비점오염원 저감계획을 수립하도록 하고 있으며, 상수원보호구역 및 수변구역 등 수질관리에 민감한 지역 등을 제외하고는 「비점오염 저감시설의 설치 관리·운영 매뉴얼」에 따라 저감시설을 설치하고 유지관리계획을 수립하도록 하고 있다.

가. 비점오염원의 발생부하량 및 배출부하량

환경영향평가의 대상사업이 비점오염원 설치신고제도의 대상사업에 모두 포함되어 있고 오염총량지역 내에서의 모든 개발사업은 오염총량제에 따른 관리대상이다.

환경영향평가 시 개발사업계획에 따라 사업시행 전후의 부하량을 산정하고 「비점 오염저감시설의 설치 관리·운영 매뉴얼」에 따른 저감시설의 설치계획에 따라 삭감 부하량을 산정하고 이를 검토하게 된다. 최종적으로 삭감부하량이 반영된 배출부하량이 수질오염총량관리계획이 정하는 할당부하량의 범위 내에서 이루어지도록 개발 계획을 유도하고 있다. 환경영향평가에서 비점오염원과 관련된 토지계에 대하여 <표 3-1>부터 <표 3-3>의 과정을 통해 최종배출부하량이 산정되고 수질오염총량 검토가 이루어진다.

〈표 3-1〉 사업시행 전·후 토지계 발생부하량

토지 이용	면적 (㎡)		연평균 발생부하원단위 (kg/㎢·일)		사업시행 전 발생부하량 (kg/일)		사업시행 후 발생부하량 (kg/일)	
	사업 시행 전	사업 시행 후	BOD	T-P	BOD	T-P	BOD	T-P
전	6,774	-	1.59	0.24	0.011	0.0016	-	-
답	825,823	-	2.30	0.61	1.899	0.5038	-	-
임야	-	-	0.93	0.14	-	-	-	-
대지	57,010	402,250	85.90	2.10	4.897	0.1197	34.553	0.8447
기타	44,363	531,720	0.960	0.027	0.043	0.0012	0.510	0.0144
계	933,970	933,970	-	-	6.850	0.6263	35.063	0.8591

자료: 저자 작성(OO 조성사업 환경영향평가서의 관련내용 재구성)

〈표 3-2〉 비점오염저감시설 삭감량

구분	삭감대상 면적 (㎡)	발생부하량 (kg/일)	저감효율 (%)	설계강우량 (mm)	강우 처리비	삭감대상 부하비	삭감량 (kg/일)
BOD	373,905	32.118	25	5	0.1946	0.307	2.465
T-P		0.7852	20	5		0.272	0.0427

주: 저감시설의 효율은 지하저류조의 저감효율 적용

자료: 저자 작성(OO 조성사업 환경영향평가서의 관련내용 재구성)

〈표 3-3〉 최종배출부하량

구분	사업시행 전	사업시행 후	최종배출부하량
BOD(kg/일)	6.850	32.598	(+)25.748
T-P(kg/일)	0.6263	0.8164	(+)0.1901

자료: 저자 작성(OO 조성사업 환경영향평가서의 관련내용 재구성)

나. 공사 중 강우로 인한 토사유출 및 부유물질(SS) 농도

공사 시 강우로 인해 발생하는 토사유출은 인근 하천 및 호소의 탁수 영향을 주는 비점오염의 대표적인 사례이다. 강우 시 토사유출 영향은 사전재해영향평가에서도 검토 항목이기는 하나 사전재해영향평가에서는 주로 절·성토사면에서 발생하는 토사와 사면붕괴에 중점을 두고 검토되고 있으며, 토사유출수로 인한 하천 등의 부유물질(SS) 농도 증가에 대한 내용은 환경영향평가에서 검토되고 있다. 공사 중 토사유출로 인한 영향에 대한 검토는 토사유출량 산정, 우수유출량 산정, 부유물질 가중농도 예측에 의해 수행된다.

일반적으로 토사유출량은 수정범용토양손실공식(Rivised Universal Soil Loss Equation, RUSLE)을 사용하고 있으나 사업규모와 지형변화 등을 고려하여 간단하게 사용할 수 있는 토사유출원단위를 적용되기도 한다.

공사 중 토사유출원단위 값은 부지 정지작업 등을 고려하여 나지, 황무지 등의 토사유출원단위 200~400m³/ha/년의 평균값인 300m³/ha/년을 적용하고 있다. 토사유출량은 연중 강수일수를 적용하여 토사유출량 원단위를 산정하고 있다.

$$Q = A \times C \times D \quad \text{식(3-1)}$$

여기서, Q : 토사유출량(톤/년)

A : 배수면적(ha)

C : 1 ha당 연간 토사유출량(m³/ha/년)

D : 토사의 밀도(톤/m³)

〈표 3-4〉 지표상태에 따른 토사유출량 원단위

토지의 상태	토사유출량($\text{m}^3/\text{ha}/\text{년}$)	두께(mm)
나지, 황무지 등	200~400	20~40
벌지, 초지	15	1.5
채벌지	2	0.2
보통의 임야지역	1	0.1

자료: 정강현(1974).

수정범용토양손실공식(Rivised Universal Soil Loss Equation, RUSLE)은 미국 농무부에서 개발한 물에 의한 토양유실 예측 공식으로 전 세계적으로 가장 많이 사용되고 있다. 연평균 토사유출량뿐만 아니라 빈도별 호우사상에 대한 토사유출량 산정이 가능하다.

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P = R \cdot K \cdot LS \cdot VM \quad \text{식(3-2)}$$

여기서, A : 단위면적당토사침식량(톤/acre)

R : 강우침식인자($100\text{ft} \cdot \text{톤}/\text{acre} \cdot \text{in}/\text{hr}$)

K : 토양침식인자(톤/acre·R)

LS : 지형(경사면길이 : 경사도)인자

C : 작물관리인자

P : 토양보존관리인자

VM : 건설현장적용계수

〈표 3-5〉 개발 전·중·후의 토사유출량 산정결과

구분	산정 지점	면적 (ha)	토양침식량			유사 전달률 (%)	단위 중량 (톤/㎡)	토사유출량		
			연평균 (톤/년)	단일호우 (톤/storm)				연평균 (톤/년)	단일호우 (㎡/storm)	
				30년	50년				30년	50년
개발 전	EC01	16.00	101	259	309	41.74	1.43	29	76	90
	EC02	13.70	79	204	243	42.87	1.43	24	61	73
개발 중	EC01	18.20	2,012	5,187	6,184	40.84	1.43	575	1,481	1,766
	EC02	19.10	4,147	10,690	12,745	40.50	1.43	1,175	3,028	3,610
개발 후	EC01	18.20	50	129	154	40.84	1.43	14	37	44
	EC02	19.10	32	83	99	40.50	1.43	9	24	28

자료: 저자 작성(OO 조성사업 환경영향평가서의 관련내용 재구성)

공사 중 토사유출을 저감하기 위해 일반적으로 침사지를 설치하도록 하고 있다. 침사지 설계 시 침사지지의 규모는 사업지구의 토양의 입도분석을 통해 강우 시 유출토사의 80% 이상을 제거할 수 있도록 하고 있다. 침사지 효율이 80% 이하일 경우 물리적 침전이 가능한 포착대상 입경(0.065mm)에 대한 침사지를 설계하도록 하고 있다. 이와 더불어 수용하천에 대한 부유물질(SS) 농도를 예측하여 필요시 오탁방지막의 설치 등 추가 저감대책을 수립하고 모니터링을 수행하도록 하고 있다. 오염총량제도에서는 사업시행 이후가 관심대상이므로 공사 시 토사유출로 인한 영향에 대한 검토가 필요하지 않으며, 비점오염원 설치신고제도의 경우는 특별한 공사 중 침사지 설치기준이 없어 5mm 수질처리용량(WQv)을 적용하고 있다.

침사지 유출수로 인한 수용하천의 영향 평가 시 침사지 통과 토사유출수의 농도는 일일 토사유출량을 우수유출량으로 나누어 산정하고 있다. 일일 토사유출량은 토사 유출 원단위를 사용한 경우와 수정범용토양손실공식(RUSLE)의 연간토사유출량의 경우 강우일수로 나누어 일일 토사유출량을 산정하여야 하고 우수유출량은 합리식에 사용하게 되는데, 강우강도는 사업지구의 도달시간에 따른 강우강도를 적용한다. 반면 수정범용토양손실공식(RUSLE)을 적용할 경우에는 빈도별 산정된 토사유출

량을 빈도별 산정된 홍수량(보통 NRCS, Clark 등의 방법으로 산정하며 사전재해 영향평가 시 산정된 홍수량을 참조함)으로 나누어 산정한다.

〈표 3-6〉 토사유출에 의한 부유물질 농도

구분	배수면적 (ha)	우수유출량 (m ³ /sec)	토사유출량 (톤/일)	저감시설 설치 전 유출토사 SS농도(mg/ℓ)	저감시설 설치 후 유출토사 SS농도(mg/ℓ)
A유역	29.945	3.02	43.48	166.64	33.32
B유역	22.775	2.29	33.07	167.14	33.42

자료: 저자 작성(OO 조성사업 환경영향평가서의 관련내용 재구성)

이와 같이 최종 침사지 등 저감시설에서 방류되는 유출토사의 부유물질(SS) 농도는 단순 혼합식 또는 수질모델링을 통해 최종 수용하천의 영향이 검토되고 있다. 일부 사례에서 빈도별 수정범용토양손실공식(RUSLE)의 토사유출량이 과다 산정되어 유출토사의 농도가 수천 mg/ℓ 이상으로 예측되기도 하고 합리식 사용 시 짧은 도달시간에 따라 큰 강우강도가 적용되어 유출토사의 농도가 10 mg/ℓ 이하로 과소하게 예측되기도 한다. 따라서 공사 시 유출토사량 산정 및 부유물질(SS) 농도 예측에 대한 명확한 설계기준의 설정이 필요하며 수용하천의 영향 예측 시 수용하천의 유량과 배경농도 허용 가중농도에 대해서도 명확한 평가기준이 마련되는 것이 필요할 것으로 보인다.

다. 운영 시 비점오염저감시설의 설계현황

운영 시 발생하는 비점오염에 대해서는 강우 시 사업지구(도로, 주차장, 대지, 공장부지 등) 표면에서 유출될 수 있는 비점오염저감시설 설치계획을 수립하고 있으며, 설계 시 배수지역, 토지이용 계획 및 비점오염원 처리시설의 처리능력, 시공성, 경제성 등이 고려되고 있다. 일반적으로 비점오염저감시설의 설계용량은 「비점오염저감시설의 설치 관리·운영 매뉴얼」에 제시된 저감시설별 설계기준을

따르고 있다. 저류시설, 인공습지, 침투시설 및 식생형 시설 중 식생체류지, 식물재배화분, 나무여과상자는 누적강우량 5mm에 대하여 식(2-2)에 따라 수질처리용량(WQ_v)을 산정하여 비점오염저감시설의 규모의 결정하고 있다. 또한 식생형 시설 중 식생여과대와 식생수로 및 장치형시설(여과형, 와류형, 스크린형 등)은 적정성을 기준 강우강도 2.5mm/h에 대하여 식(2-3)에 따라 수질처리용량(WQ_F)을 산정하여 비점오염저감시설의 규모의 결정하고 있다.

<표 3-7>과 <표 3-8>은 「비점오염저감시설의 설치 관리·운영 매뉴얼」에 따른 수질처리용량(WQ_v)과 수질처리용량(WQ_F)의 설계 예를 보여주고 있다. 최근 <표 3-9>와 같이 비점오염저감시설로 LID시설물이 인정받은 사례가 있으며, 시설물의 규모는 기존의 수질처리용량(WQ_v)과 수질처리용량(WQ_F)의 설계 예와 유사하게 설계되었다.

〈표 3-7〉 장치형 비점오염저감시설의 설계 산정 예

구분	배수면적(A, m ²)			기준 강우강도 (CI, mm/h)	최소 수질처리용량 (m ³ /h)	시설규격 및 처리가능용량 (m ³ /h)
	전체	투수	불투수			
제조여과 시스템	295,000	56,845	238,155	2.5	595.4	600.0(2,500W × 4,000L × 4,300H × 2EA

자료: 저자 작성(OO 조성사업 환경영향평가서의 관련내용 재구성)

〈표 3-8〉 저류형 비점오염저감시설의 설계 예

구분	배수면적(A, m ²)			누적강우량 (P1, mm)	최소 수질처리용량 (m ³)	시설용량 (m ³ /h)
	전체	투수	불투수			
저류형 (지하 저류조)	933,970	560,065	373,905	5	1,869.5	저류지 4개소 1,872

자료: 저자 작성(OO 조성사업 환경영향평가서의 관련내용 재구성)

〈표 3-9〉 빗물관리 및 비점오염을 위한 LID 설치계획

구 분	도입시설	설치 수량 (개소)	시설용량 (m ³)
침투 (도로변)	도심형 인공습지	60	89.4
	측구형 침투시설	463	425.96
	침투도랑	845	3,801.23
	식생수로	80	305.72
침투+저류 (공원)	생태연못	2	1,135.1
	생물저류(인공습지)	2	805.4
저류+이용	빗물저류조(지하)	5	4,200
합 계	-	1,457	10,762.81

자료: LH, 태영건설, 유신(2011).

도로사업의 경우에는 장치형 저감시설보다는 유지관리가 용이한 저류지 등 자연형 저감시설 설치를 권장하고 있으나 현장여건에 따라 장치형이 설치되는 경우도 상당수 있다. 특히 하천을 횡단하는 교량은 수체와 바로 접하고 있어서 비점오염저감시설의 설치가 우선되어야 하는 시설물이다. 하지만 자연형으로 처리하기 위해서는 교량 노면에서 발생하는 노면수를 육상으로 이송하여 처리해야 하기 때문에 장대교의 경우 배수시설의 대형화에 따른 비용의 증가가 단점으로 지적되고 있다. 최근 한국도로공사에서는 공용 중 및 설계 중인 하천횡단 교량에 대하여 초기우수 유도관⁸⁾ 개념을 도입하여 적용 중에 있으며, 모니터링 결과 역시 초기우수 처리에 효율적인 처리로 인해 장대 하천횡단 교량의 배수관 규모 축소로 인한 사업비 절감이 이루어지고 있다.

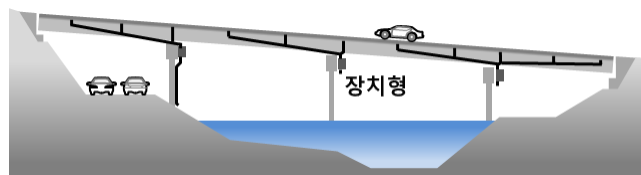
환경영향평가 대상사업은 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」에 따라 ‘비점오염원의 설치신고’ 대상사업으로 사업승인일로부터 30일 이내에 비점오염원 설치신고 절차를 이행하도록 하고 있다. 환경영향평가에서 사전 협의된 비점오염저감시설의 규모는 비점오염원 설치신고 절차에서 재검토되고 있으며, 일반적으로 환경영향평가

8) 한국도로공사(2014).

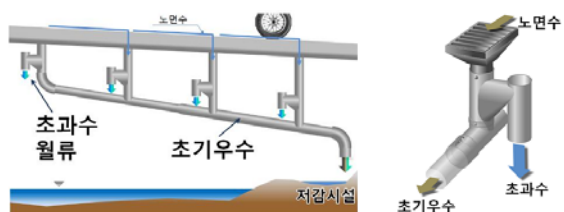
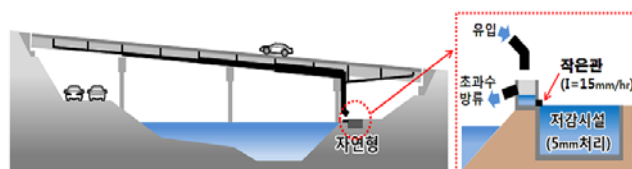
에서 협의된 비점오염저감시설의 규모가 「비점오염저감시설의 설치 관리·운영 매뉴얼」에 따른 시설규모보다 큰 경우 환경영향평가에서 협의된 시설규모를 실시설계에 반영하도록 하고 있다.



(a) 자연형 저감시설



(b) 장치형 저감시설



(c) 초기우수관 저감시설

자료: 한국도로공사(2014)에서 재구성.

〈그림 3-1〉 하천횡단 교량의 비점오염 저감시설 유형

2. 환경영향평가 시 비점오염 영향평가 개선방향

환경영향평가서의 수질항목은 개발사업의 시행으로 인한 사업지구 내외에 위치한 하천, 호소 등 수계 등에 미치는 영향 정도를 예측하고 그 영향을 최소화하기 위한 대책을 수립하고 있다. 하지만 환경영향평가의 대상사업이 비점오염원 설치신고 제도의 대상사업에 모두 포함되어 있고, 최종적으로 삭감부하량이 반영된 배출부하량이 수질오염총량관리계획이 정하는 할당부하량의 범위 내에서 이루어지도록 개발계획을 유도하고 있다. 결국 사업지구와 인접한 하천, 호소 등 수계 등에 미치는 영향보다는 「비점오염저감시설의 설치 관리·운영 매뉴얼」에서 제시된 기준강우량 5mm에 따른 수질처리용량(WQv)과 유출계수를 고려한 기준강우강도 2.5mm/h에 따른 수질처리 유량(WQF)이 일반적으로 적용되고 있다. 사업지구와 인접하여 상수원보호구역이나 수변구역 등 수질에 민감한 지역이 위치한 경우에는 매뉴얼에서 제시된 기준강우량 및 기준강우강도에 안전율(1.5~2.0)을 적용하여 비점오염저감시설의 설계에 반영하도록 하고 있다. 해당 지역에 대해서는 수질예측모델링을 통해 사업시행으로 인한 환경요인의 변화와 이에 따른 수질영향을 명확히 하는 것이 사업시행 여부에 대한 논란을 최소화할 수 있으나, 행정 위주의 현재 설계기준만으로는 사실상 불가능하므로 사업지구의 영향을 받는 하천 및 호소의 유량 및 배경농도의 결정, 사업지구의 강우강도 및 유출량, 비점오염 발생조건 등에 대한 충분한 검토를 통해 비점오염으로 인한 영향 및 저감대책의 적절성을 환경영향평가 단계에서 검토하여야 할 것이다.

또한 「비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼」(환경부, 2014)에서 제시하는 포괄적인 기준은 지역적 특성과 지형적 특성 및 수문학적 분석과정 등이 없이 제안된 단순한 기준으로 판단된다. 즉, 일상적인 강우를 대상으로 발생하는 비점오염물질을 처리하는 시설의 설계 기준임에도 불구하고 극한강우의 홍수제어를 위한 시설 설계 시에 적용되는 재현기간, 확률강우량의 개념인 설계강우량의 개념이 담겨 있어 적절하지 못한 기준이라고 하겠다. 국내의 연구 사례 및 국외 현황을 조사해

본 결과, 외국에서는 연속적인 강우자료를 토대로 강우사상 분리에 이어 시설별 체류 시간까지 제시해 주는 상세함을 엿볼 수 있었으며, 연구 사례 역시 대상 지역의 강우 및 배출 특성을 기본적으로 고려하여 진행하고 있었다. 우리나라 역시 연구적인 측면에서는 최근 대상 지역의 강우 특성 및 배출 특성 등을 고려한 설계기법이 많이 제안되고는 있으나 현실적으로 실용화되지는 못하고 있기에, 앞으로 이러한 연구를 바탕으로 좀 더 수문학적인 설계기법을 표준화하고 실용화해야 할 것으로 보인다.

수질오염총량제도에서 비점오염 관리 시에 관리대상 오염물질로 지정된 오염물질(BOD, TP)의 사업 특성을 고려한 비점오염 관리의 다양성이 부족하다. 수질오염 총량관리제에서는 수질오염물질의 배출원을 점오염원과 비점오염원으로 분류한 바 있다. 또한 점오염원뿐만 아닌 비점오염원 관리의 중요성을 직시하고 관리방안을 개발해 왔으며, 그 일환으로 출판한 「비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼」(환경부, 2014)에서 토사(sediment)를 비롯한 7종의 수질오염물질을 비점오염물질이라고 언급하고 있다. 그럼에도 불구하고 실질적인 관리 대상물질은 BOD와 TP로 한정되어 있어 실질적인 비점오염원 관리가 제대로 되고 있다고 볼 수 없다. 이에 우리나라와 가장 비슷한 방법론으로 수질관리를 해오고 있는 미국을 대상으로 조사를 해 본 결과 비점오염원 관리 시 우리나라에 비해 지역별로 여러 가지 종류의 수질오염 대상 물질을 관리하는 유연성을 엿볼 수 있었으며, 특히 비점오염원 관리에 있어서는 부유물질(SS)의 관리가 일반적임을 확인할 수 있었다. 또한 MPCA⁹⁾와 Adams and Papa(2000)가 정의한 바에 따르면 비점오염 관리대상 물질로 가장 타당한 비점오염 관리 대상물질이 부유물질(SS)임을 확인할 수 있었다. 따라서 환경영향 평가 시에도 좀 더 타당하고 합리적인 수질 관리를 위해서는 관리대상 수질항목의 다양성이 요구되며, 특히 부유물질(SS) 관리의 중요성을 제안하고자 한다.

공사 시 비점오염과 관련한 주요 검토 사항은 토사유출량 발생과 이에 따른 탁수 발생으로 인한 인접 하천 및 호소에 부유토사(SS) 농도 영향이다. 주요 검토 사항이다.

9) [http://stormwater.pca.state.mn.us/index.php/Total_Suspended_Solids_\(TSS\)_in_stor_mwater](http://stormwater.pca.state.mn.us/index.php/Total_Suspended_Solids_(TSS)_in_stor_mwater)

하지만 오염총량제도에서는 사업시행 이후가 관심대상이므로 공사 시 토사유출로 인한 영향에 대한 검토가 필요하지 않으며, 비점오염원 설치신고제도의 경우는 특별한 공사 중 침사지 설치기준이 없어 5mm 수질처리용량(WQ_v)을 적용하고 있다. 환경영향평가의 일부 사례에서 빈도별 수정범용토양손실공식(RUSLE)의 토사유출량이 과다 산정되어 유출토사의 농도가 수천 mg/ℓ 이상으로 예측되기도 하고 합리식 사용 시 짧은 도달시간에 따라 큰 강우강도가 적용되어 유출토사의 농도가 10 mg/ℓ 이하로 과소하게 예측되기도 한다. 따라서 환경영향평가 시 유출토사량 산정 및 부유물질(SS) 농도 예측에 대한 명확한 설계기준(우수출량 및 강우강도 등)의 설정이 필요하며, 수용하천의 영향예측 시 수용하천의 유량과 배경농도, 허용가중농도에 대해서도 명확한 평가기준이 마련되어야 할 것이다.

제4장 결론 및 향후과제

우리나라는 도시 및 산업 구조 등의 고도화로 꾸준히 늘어가는 수질 오염물질의 체계적인 관리를 위하여 허용총량 이하로 하천의 수질을 관리하는 수질오염총량 관리제를 도입하였다. 이어 수질오염물질의 배출원 중 점오염원 관리만으로는 수질오염 총량관리제를 수행하기에 한계를 느낌과 동시에 비점오염원 관리의 중요성을 직시하고, 비점오염원 설치신고제도의 도입과 함께 비점오염저감시설의 설치 및 관리를 위한 매뉴얼을 발간하고 비점오염원 관리제도의 정착을 위한 기반을 구축하고 있다.

반면 환경영향평가서의 수질항목에서는 개발사업의 시행이 사업지구 내외에 위치한 하천, 호소 등 수계 등에 미치는 영향 정도를 예측하고 그 영향을 최소화하기 위한 대책을 수립하고 있다. 환경영향평가의 대상사업이 비점오염원 설치신고제도의 대상사업과의 중복성과 오염총량제도에 의한 배출허용부하량 범위 내에서 개발 계획이 수립됨에 따라 상수원보호구역 등 특별한 경우가 아니라면 「비점오염저감 시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼」에 제시된 기준강우량 5mm에 따른 수질처리용량(WQv)과 유출계수를 고려한 기준강우강도 2.5mm/h에 따른 수질처리용량(WQF)을 그대로 준용한다.

비점오염 관리 시 지역 특성을 고려할 수 있다는 환경영향평가의 장점을 최대한 활용하기 위해서는 비점오염저감시설의 설계 시에 오염총량제도의 배출허용부하량과 「비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼」(환경부, 2014)에 따른 포괄적인 기준을 적용하기보다는 지역적 특성, 지형적 특성, 수문학적 분석과정, 인근 수계의 영향평가 과정 등을 고려한 비점오염저감시설의 설계가 필요할 것으로 보인다. 이를 위해서는 사업지구의 영향을 받는 하천 및 호소의 유량 및 배경농도의 결정, 사업지구의 강우강도 및 유출량, 비점오염 발생조건 등에 대한 설계기준에 관한 기준 설정 등 평가방법에 대한 연구가 필요하다. 상수원보호구역 등 수질에 민감한 지역에

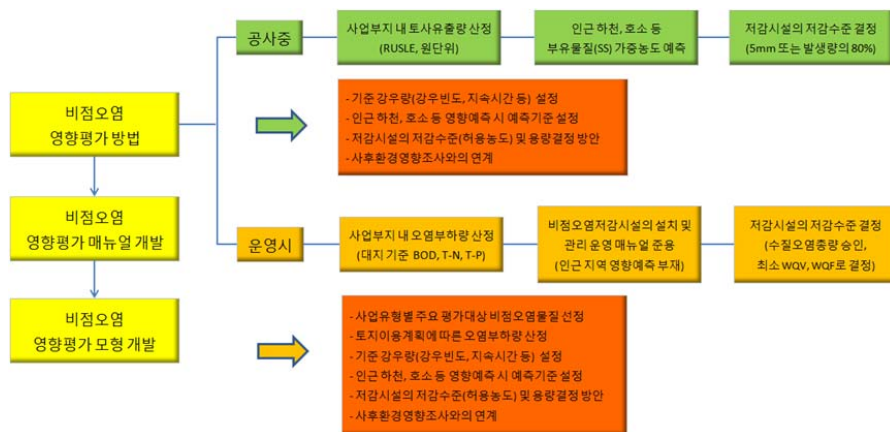
대해서는 이를 통한 과학적인 평가가 이루어 질 수 있도록 하고, 「비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼」(환경부, 2014)에서 최적관리기법(Best Management Practices)¹⁰⁾으로 제시되는 단순 설계기준이 아닌 최상가용기법(Best Available Technology)을 적용하는 것이 개발사업으로 인한 불확실성에서 발생하는 리스크를 관리할 수 있는 방법으로 사료된다.

수질오염총량제도에서 비점오염 관리 시에 관리대상 오염물질로 지정된 오염물질(BOD, TP)의 사업 특성을 고려한 비점오염 관리의 다양성이 부족하다. 「비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼」(환경부, 2014)에서는 토사(sediment)를 비롯한 7종의 수질오염물질을 비점오염물질이라고 언급하고 있으나, 실질적인 관리 대상 물질은 수질오염총량제도에서 관리하고 있는 BOD와 TP로 한정되어 있어 실질적인 비점오염원 관리가 제대로 되고 있다고 볼 수 없다. 외국 사례에서 볼 수 있는 바와 같이 비점오염 관리 대상물질로 가장 타당한 비점오염 관리 대상물질이 부유물질(SS)임을 확인할 수 있었다. 따라서 환경영향평가 시에 좀 더 타당하고 합리적인 수질 관리를 위해서는 관리대상 수질항목의 다양성이 요구되며, 기본적으로 부유물질(SS) 관리가 필수적이라고 판단된다.

공사 시 비점오염과 관련한 주요 검토 사항은 탁수 발생으로 인한 인접 하천 및 호소에 부유토사(SS)의 영향이다. 하지만 오염총량제도에서는 사업시행 이후가 관심대상이므로 공사 시 토사유출로 인한 영향에 대한 검토가 필요하지 않으며, 비점오염원 설치신고제도의 경우는 특별한 공사 중 침사지 설치기준이 없어 5mm 수질처리용량(WQv)을 적용하고 있는 실정이다. 환경영향평가 시에 이에 대한 관리도 완벽하지 않은 상황이므로 유출토사량 산정 및 부유물질(SS) 농도 예측에 대한 명확한 설계기준(우수출량 및 강우강도 등)을 설정하고 수용하천의 영향예측 시 수용하천의 유량과 배경농도, 허용 가중농도에 대해서도 명확한 평가기준을 마련하여야 할 것으로 판단된다.

10) 용어상으로는 최적관리기법으로 제시하고 있으나 실제로는 적정관리기법으로 해석하는 것이 바람직함.

결론적으로 비점오염 영향평가 방법에 대한 프레임워크는 <그림 4-1>과 같으며, 앞에서 언급한 공사 중과 운영 시에 개선되어야 할 내용을 설명하고 있다. 공사 중에는 기준 강우량(강우빈도, 지속시간 등) 설정, 인근 하천 및 호소 등 영향예측 시 예측기준 설정, 저감시설의 저감수준 및 용량결정 방안에 대한 연구가 필요하다. 운영 시에 대해서는 사업유형별 주요 평가대상 비점오염물질 선정과 토지이용계획에 따른 세부적인 오염부하량 산정 연구가 필요하며 공사 중과 동일하게 기준 강우량(강우빈도, 지속시간 등) 설정, 인근 하천 및 호소 등 영향예측 시 예측기준 설정, 저감시설의 저감수준 및 용량결정 방안에 대한 연구가 필요하다. 이와 같은 연구는 최근 강화된 환경영향평가 사후관리와 연계한 지속적인 모니터링 자료와 과학적인 자료 분석을 통해 객관성을 확보하는 것이 필요하다. 또한 향후 개발된 영향평가 방법은 매뉴얼의 개발을 통해 활용성을 높이고, 궁극적으로 비점오염 영향평가 매뉴얼에 근거한 영향평가 모형이 개발된다면 비점오염 영향평가의 고도화가 기대된다.



자료: 저자 작성.

<그림 4-1> 비점오염 영향평가 방법 및 향후과제

참고 문헌

[국내 문헌]

- 국립환경과학원. 2012. 「수질오염총량관리를 위한 비점오염원 최적관리지침」.
- 국립환경과학원. 2013. 「비점오염저감시설 설계강우 및 설계유량 산정방법 연구」.
- _____. 2014. 「수질오염총량관리기술지침」.
- 김호정 외. 2013. 「물환경 관리여건 변화를 고려한 수질오염총량제도의 개선방안 연구」.
- 한국환경정책·평가연구원.
- 이정훈, 최대규, 박무종, 김상단. 2014. “WQF 기준 LID 비점오염저감시설의 설계 유량 산정”. 「한국방재학회논문집」 14(5): 389-393.
- 정강현. 1974. 「골프사업연감」.
- 최보경, 조덕준, 이정훈, 김상단. 2015. “침투도랑 수질처리용량 설계”. 「한국방재학회 논문집」 15(4): 317-323.
- 한국도로공사. 2014. 「초기우수 유도관 적용방안」.
- 환경부. 2007. 「비점오염원 설치신고제도 개선방안 연구」.
- _____. 2012. 「제2차 비점오염원관리 종합대책(안)('12~'20)」.
- _____. 2014. 「비점오염저감시설 설치 및 관리·운영 매뉴얼」.
- LH, 태영건설, 유신. 2011. 「아산 탕정 분산형 빗물관리 도시 조성공사 종합보고서」.

[국외 문헌]

- Adams, B.J., Papa, F. (2000). *Urban Stormwater Management Planning with Analytical Probabilistic Models*. John Wiley & Sons, New York, USA.
- Anderson, et al. 2008. *Assessment of Stormwater Best Management Practices*. University of Minnesota.
- Kentucky, The City of Bowling Green, KY 2010. *Stormwater Best Management Practices*.

The National Academies Press, 2008. *Urban Stormwater Management in the United States*.

[웹사이트]

Minesota pollution control Agency. [http://stormwater.pca.state.mn.us/index.php/Total_Suspended_Solids_\(TSS\)_in_stormwater](http://stormwater.pca.state.mn.us/index.php/Total_Suspended_Solids_(TSS)_in_stormwater) [2015.10.15].

The Stormwater Manager's Resource Center. http://www.stormwatercenter.net/Manual_Builder/Sizing_Criteria/Water%20quality/Options%20for%20Water%20Quality%20Volumes.htm [2015.10.15.].

Abstract

A Basic Study on the Development of Assessment Methods for Non-point Source in Development Work

Despite the large investment of basic environmental infrastructure increase of impervious surface and non-point source pollution due to urbanization and industrialization make more difficult to manage river water quality. According to "the second non-point source pollution management comprehensive plan" non-point source load factor for 2010 is 68.3% and is that for 2020 expected to reach about 72%. It is important to controlling non-point source at the spot where it takes places because non-point source pollution is discharged from an unspecified area during rainfall at high concentrations.

In this sense, Environmental Impact Assessment(EIA) which establish appropriate conservation measures through predicting the impact of the development projects will be an important tool for the management of non-point source pollution. However, the absence of quantitative evaluation method for the impact predictions and mitigation measures for non-point sources pollution restricts the best management practice through EIA.

This study was designed to develop the impact assessment techniques for non-point source pollution and the control measures for development project by the state art review in non-point source pollution installation reporting system and Total Pollution Load Management System.

The result shows that detailed research on impact assessment criteria for scale and hydrology condition(such as rainfall intensity, frequency, duration, etc.), reducing levels and capacity of non-point source control facilities, selection of non-point source for main evaluation, evaluation of individual pollution load for land use. Such research is necessary to ensure the objectivity through continual monitoring and scientific data

analysis in conjunction with the recently strengthened EIA follow-up. In addition, Future development of EIA model and manual will help advancement of non-point pollution impact assessment and .

Keywords : Non-point Source, Environment Impact Assessment, Total Pollution Load Management System, Non-point Source Pollution Installation Reporting System

연구진 약력

이진희

미국 콜로라도 주립대학교 토목환경공학 박사

한국환경정책·평가연구원 부연구위원(현)

E-mail : jhlee@kei.re.kr

주요 논문 및 보고서

「저영향개발(LID) 기법의 환경영향평가 적용 방안」 (2014, 한국환경정책·평가연구원)

「전략·소규모환경영향평가 및 사후환경영향조사 대행비용 산정기준 마련」 (2013, 환경부)

「새만금호 유입부 침전지 및 인처리시설 설치 타당성 조사」 (2013, 환경부)

「새만금호 수질개선을 위한 친환경적 배수갑문 운영방안 연구」 (2011, 환경부)

「기후변화 대응을 위한 수자원 네트워크 구축방안 I·II」 (2010 & 2011, 한국환경정책·평가연구원)

「물환경 거버넌스를 위한 의사결정체제 구축」 (2010, 한국환경정책·평가연구원)

| KEI Working Paper 목록 | 2013~2015

- 2015년**
- 2015-01 싱크홀 방지를 위한 환경영향평가 개선방안 연구(김윤승)
 - 2015-02 이슈스캐닝(Horizon Scanning)기법 활용을 통한 물환경관리 부문 이머징 이슈 발굴 연구(한혜진)
 - 2015-03 기후경제통합-지역평가모형(Regional Integrated Assessment Model of Climate and the Economy) 비교분석 및 국내 모형개발을 위한 기초연구(황인창)
 - 2015-04 기후변화로 인한 고온환경 근로자의 작업역량 저하 추정과 공간적 군집 파악 (김동현)
 - 2015-05 환경영향평가 설명회·공청회 운영현황 분석(조공장)
 - 2015-06 도로 및 철도 사업의 토양분야 환경영향평가 사례 연구(신경희)
 - 2015-07 빅데이터를 활용한 환경보건서비스에 관한 기초연구(간순영, 윤성지)
 - 2015-08 자원순환분야 지속가능발전목표(SDGs) 이행 기반 마련을 위한 기초연구(임혜숙)
 - 2015-09 내륙습지에 대한 환경영향평가 개선방안 연구 I - 환경부 전국내륙습지 조사 지침(2011)의 적용을 중심으로(방상원)
 - 2015-10 자원순환성 평가제도 대상 확대를 위한 기초연구(이소라)
 - 2015-11 환경소음 빅데이터의 정책 활용성 제고 방안(박영민)
 - 2015-12 인과지도(Causal Loop)를 활용, 미래 물수급관리 정책 지원을 위한 기초연구 (류재나)
 - 2015-13 생물안전 법제 기초연구(홍현정)
 - 2015-14 지방자치단체 환경영향평가 조례 운영현황 및 효율화 방안(선효성)
 - 2015-15 개발사업의 비점오염 영향평가방법 개발을 위한 기초연구(이진희)
 - 2015-16 환경영향평가제도에서의 생태계보전협력금 활용 개선방안(이상범)
 - 2015-17 환경가치 중장기 연구수요 조사(곽소윤)
 - 2015-18 세종특별자치시의 대기질 관리 기획 연구(심창섭)
 - 2015-19 2015 국민환경의식조사 연구(곽소윤)
- 2014년**
- 2014-01 국내 지하수의 자원·환경적 가치 확립을 위한 기초연구(현윤정)
 - 2014-02 층간소음의 건강영향에 대한 기초연구(박영민)
 - 2014-03 소음원 종류에 따른 3차원 소음예측모델 적용방안 마련(선효성)
 - 2014-04 개발사업 입지 및 계획기준의 조사·분석에 관한 연구(주용준)
 - 2014-05 기후변화 취약 근로 직종 파악을 위한 기초 연구(김동현)
 - 2014-06 불확실성을 고려한 수질오염총량관리 안전을 산정 기초연구(정선희)
 - 2014-07 기후변화 적응을 위한 공간계획 수립 시 도시/환경/방재분야 공간정보 연계·활용방안 연구(김태현)
 - 2014-08 기후변화를 반영한 내수침수 리스크 평가 방법론 고찰(류재나)
 - 2014-09 SEA 사후관리를 위한 해외 사례연구(조한나)

2014-10 농어촌 관련 정책 및 계획에서의 기후변화 적응 고려 방안(임영신)

2014-11 소음·진동 사후관리를 위한 기초연구(선효성)

2014-12 2014 국민환경의식조사 연구(이미숙)

2013년 2013-01 토양자원 유실 최소화를 위한 국내외 환경영향평가 사례 연구(신경희)

2013-02 PM-2.5 환경영향평가 방안 연구(이영수)

2013-03 지자체 적응대책 수립지원을 위한 기후변화 시나리오 자료 활용 방안(정휘철)

2013-04 기후변화에 따른 도심지역 지질재해 리스크 체계 마련(이명진)

2013-05 비전통가스 개발의 환경영향평가 가이드라인 마련을 위한 기초연구(조한나)

2013-06 모니터링을 통한 친환경 계획기법의 적절성 검증 기초연구 - 도시공간에서의
stepping stone을 중심으로(최희선)

2013-07 국가와 지자체의 기후변화 적응대책 실효성 제고를 위한 연계강화 방안(임영신)

2013-08 KEI 환경정보체계 발전방안(전성우)

2013-09 도시하천 유역의 환경평가 방법 마련을 위한 기초 연구(홍현정)

2013-10 제조업 환경비용의 국제비교(조일현)

2013-11 바이오가스의 신재생연료 의무혼합제도에 관한 해외사례 분석(조지혜)

2013-12 자연경관심의제도의 현황분석 및 제도 개선방안(주용준)

2013-13 중간소음 관리를 위한 기초연구(박영민)

2013-14 지속가능성 관점에서의 산업구조 변화 분석(이미숙)

2013-15 KEI 중국환경 중장기 연구계획 수립을 위한 기획연구(추장민)

2013-16 기후변화 적응관련 취약계층 지원대책 현황조사 및 분석 연구(신지영)

2013-17 한국 ODA사업의 환경평가 모니터링 현황과 해외사례 비교 연구 - 사업 종료
후 모니터링 사례를 중심으로(김태형)

2013-18 국내 전략환경평가의 사회·경제성 부문 기능 확립을 위한 기초연구(이상윤)

2013-19 환경영향평가시의 시설별 유해대기오염물질 배출량 산정을 위한 기초연구
(주현수)

2013-20 지형장애물 분석을 통한 환경현황자료 작성방안(김지영)

2013-21 상수원보호구역 상·하류의 수변지역 관리방안 연구 - 잠실상수원 보호구역과
팔당상수원 보호구역 구간 중심으로(김태윤)

2013-22 2013 국민환경의식조사 연구(이미숙)

※ KEI 설립 이후 현재까지의 보고서 원문은 KEI 홈페이지(www.kei.re.kr)에서 보실 수 있습니다.

KEI Working Paper 2015-15

개발사업의 비점오염 영향평가방법 개발을 위한 기초연구



한국환경정책·평가연구원
Korea Environment Institute

30147 세종특별자치시 시청대로 370
세종국책연구단지 B동(과학·인프라동)
Tel 044.415.7777 Fax 044.415.7799
<http://www.kei.re.kr>

