

연구논문

HSPF를 이용한 비점오염원 삭감에 따른 효과 분석

배다혜 · 하성룡

충북대학교 도시공학과

(2010년 5월 14일 접수, 2010년 8월 23일 승인)

Assessing Impact of Reduction of Non-Point Source Pollution by BASINS/HSPF

Dae-Hye Bae · Sung-Ryong Ha

Department of Urban Engineering, Chungbuk National University

(Manuscript received 14 May 2010; accepted 23 August 2010)

Abstract

This paper aims to assessing impact of reduction of non-point source pollution in the Bokha Stream watershed. The BASINS/HSPF model was calibrated and verified for water flow and water qualities using Total Maximum Daily Load 8days data from 2006 to 2007. Accuracy of the BASINS/HSPF models in simulating hydrology and water quality was compared and there were somewhat differences of statistical results, but water flow and water quality were simulated in good conditions over the study period. The applicability of models was tested to evaluate non-point source control scenarios to response hydrology and water quality in the Bokha stream using various measures which include BMPs approach and change of landuse. The evaluation of reduction of non-point source pollution was developed using load-duration curve. Despite strong reduction of non-point source, there are not satiated target quality at low flow season.

Keywords : BASINS/HSPF, NPS, Load-duration curve, TMDL, BMP

1. 서론

우리나라 총량관리 목표수질의 달성여부 평가는 3년 평균수질에 근거하여 이루어지고 있으나 실제 수질총량관리계획의 수립 및 이행을 위한 목표수질

은 관리지점의 10년 평균 저수량을 기준으로 하여 설정하고 있다. 이에 따라 비점오염부하의 영향에 따라 연평균 목표수질을 만족하지 못하는 경우가 빈번하게 발생하고 있는 실정이다.

비점오염원의 오염물질은 점오염원과 달리 배출

량이 강우강도와 강우 지속시간, 토지이용형태, 최종강우 경과일수, 불법적인 오염물질 투입상태 등에 따라 변동된다(라덕관, 1996). 또한 개발에 따른 불투수층의 면적 비율이 높아 강우 유달시간이 짧고, 유출율이 커서 강우 초기에 유량 및 오염물질이 다량 유출되는 현상이 나타난다(방기웅, 1997). 이외에 하수관거 오점, 관거누수, 우수토실의 월류 등으로 인해 하수가 섞인 빗물이 하천으로 방류되는 경우가 발생되고 있으며, 하수관거에 쌓인 퇴적물이 강수 시 빗물에 씻겨 하천으로 유입된다. 이와 같이 유역별로 다양하게 발생되고 있는 비점오염원을 효과적으로 관리하기 위해서는 오염부하량을 정량적으로 산정하고 이동 경로를 파악하는 것이 필수적이다.

지금까지 오염총량관리제의 연구는 총량관리제도의 도입 및 제 2차 총량관리 시행을 위한 목표수질 설정 및 대상 오염물질 선정, 기준배출부하량 산정을 위한 기준유량 설정, 기술지침 보안을 위한 오염원 조사 및 부하량 산정 방안 개선, 부하량 할당을 위한 수질모델 개발 등에 연구의 초점이 있어 왔다. 하지만 총량관리 시행 시 비점부하량이 수질에 미치는 영향의 불확실성에 대한 문제점이 지속적으로 제기되어, 수질평가와 부하량 산정을 위한 연구에서 부하곡선의 사용, 동적 유역모델의 사용 등 다양한 접근방법이 시도 되고 있으나 정부차원의 지침은 개발되지 않은 상태이다.

김영주(2007)는 동진강 상류 도원천 소유역의 비점오염부하량을 추정하기 위하여 SWAT모델을 사용하였고, 정재우(2005)는 주암호 외남천 유역의 비점오염부하를 추정하기 위하여 SWAT 모델을 사용하였다. 이혜숙(2007)은 HSPF를 적용하여 용담댐 유역의 비점오염부하량을 정량적으로 산정했고, 심창석(2004)은 AGNPS 모델을 이용하여 비점오염원으로부터 하천으로 유입되는 오염부하량을 예측하였다. 이은주(2005)는 SWMM 모델을 이용하여 도시유역의 강우유출특성과 비점오염부하량을 분석하였고, 조재현(2004)은 SWMM을 이용한 황구지천 유역의 비점오염부하량을 평가하였으며, 이미란(2001)은 수치표고모델(DEM)과 유출곡선지수

를 이용한 유출량 및 비점오염부하량과 점오염원부하량을 산정하여 오염부하량을 추정하였다.

본 연구의 목적은 동적모형인 HSPF를 이용하여 저수기의 목표수질 달성 여부를 평가하고, 토지이용변화와 BMP를 통한 비점오염원 저감방안에 대한 시나리오를 설정 및 삭감에 따른 효과를 분석하고자 한다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 연속적 모니터링 자료를 이용한 수질평가

1) 오염원 조사

본 연구 대상지는 복하천 유역이다. 복하천은 용인시 양지면에서 흐르기 시작하여 원두천이 합류하는 이천시 호법면 부근에서 국가하천으로 바뀌며, 여주시 흥천면에서 남한강과 합류한다.

연구 대상지역 내 오염원은 「한강수계 오염총량관리계획 수립 지침(환경부 고시 제2009-8호, 2009. 2. 2, 이하 “수립지침”이라 한다)」 제12조 및 [별표 1]에 따라 각 오염원을 생활계, 축산계, 산업계, 토지계, 양식계, 매립계로 나누어 그룹화 하고 각 그룹에 대한 세부구분은 ‘수립지침’을 따랐다.

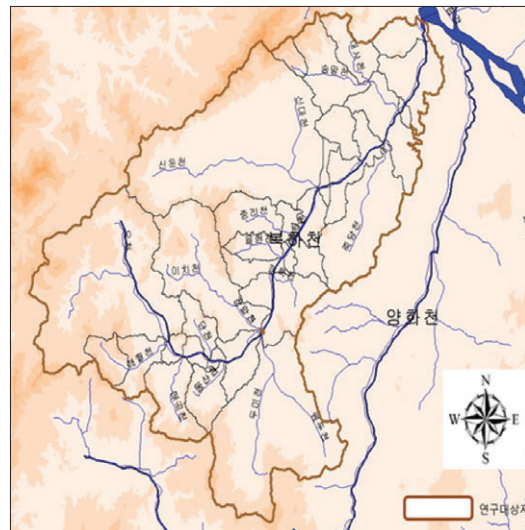


그림 1. 연구대상지

2) 오염부하량 산정

오·폐수 발생유량은 각 오염원의 2007년 말 오염원 현황 자료와 ‘수립지침’의 각 오염원별 오·폐수 발생원단위, 전환계수 등을 이용하여 산정하였다. 발생부하량은 각 오염원의 2007년 말 오염원 현황 자료와 ‘수립지침’의 각 오염원별 발생원단위, 발생부하비 등을 이용하여 산정하였다. 오·폐수 배출유량은 각 오염원의 2007년 말 오염원 현황 자료와 ‘수립지침’의 각 오염원별 오·폐수 배출원단위, 배출계수 등을 이용하여 산정하였고, 오염원의 배출 경로에 따라 개별배출량, 관개배출량, 환경기초시설 방류량, 총배출량으로 구분하여 산정하였다.

배출부하량은 ‘수립지침’에 따라 일최대배출부하량으로 산정하였다. 개별배출수 및 환경기초시설 방류수의 일최대배출부하량의 산정은 ‘수립지침’규정에 따른 연간 30회 이상의 실측수질 자료가 확보된 경우는 ‘수립지침’ 방류수 수질평균 산정식에 따라 산정된 배출수질을 연평균 일배출유량에 곱하여 산정하였고 실측수질 자료가 확보되지 않은 경우는 관계법령에 의한 배출허용기준을 적용하였다.

환경기초시설을 비롯한 매립장, 양식장의 점유율은 시설의 방류구 위치를 파악하여 산정하였으며, 그 외 토지계의 경우에는 각 지목의 면적별 점유율을 산정하여 각각 적용하였다.

장래 오염원 예측 자료를 바탕으로 2020년 장래 오염부하량을 산정하고, 삭감계획이 고려된 2020

년 배출부하량을 산정하였다.

2. 유역모델링

우리나라에서 적용성 결과가 제시된 모형으로 미국 환경청이 개발한 HSPF과 미국 농무성이 개발한 SWAT 등이 대표적이다. 두 모형의 대표적인 차이는 HSPF는 유역단위(basin) 모형이고 SWAT는 면적단위(grid)의 모형이다. 물론 모형의 유역 적용에 있어서는 두 모형 모두 수문학적 반응특성이 유사한 지역단위(Hydrologic response unit, HRU)로 공간구분 적용이 가능하고 지표로부터 지하로 다층유출구조를 지녔다. 하지만 본 연구가 목표로 하고 있는 장기간의 유역단위 수질특성을 분석하고 그 결과를 기반으로 목표수질 초과지역 부하량할당의 타당성을 평가하기 위해서는 면적단위의 상세한 물질거동해석 기반의 SWAT모형보다는 유역단위의 균일한 수질거동특성을 기반으로 한 HSPF모형이 적절할 것으로 판단된다. 이를 근거로 본 연구에서는 HSPF모형을 시범유역 적용 모형으로 선정하였다.

HSPF모형의 수문성분은 지표유출수(Runoff), 복류수(Interflow) 그리고 지하수(Baseflow)로 구성된다. 각각의 수문은 불투수면과 투수면으로 구분되어 유출되는데, 불투수면 지역은 지표유출(Runoff) 과 증발산량을 통해 배출되고, 투수면 지역은 Surface, upper, lower, ground water 로 구분하여 3개의 지표유출수, 복류수, 지하수로 구성된다. 수문수지는 다음 식 (1)로 정의된다.

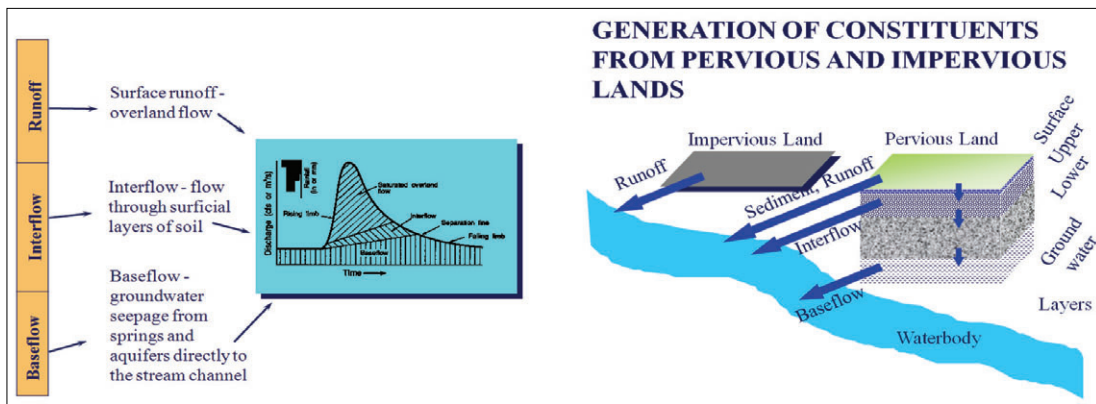


그림 2. HSPF모형의 수문특성

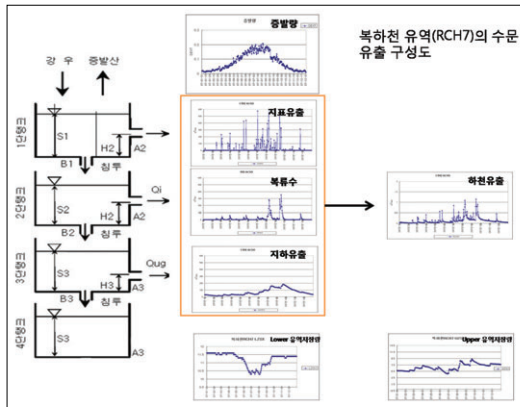


그림 3. HSPF의 수문유출량 구성도

$$\text{Runoff} = \text{Prec.} - \text{Actual ET} - \text{Deep Perc.} - \text{D Storage} \quad (1)$$

지하수 유출량은 다음 식 (2)로 정의한다.

$$\text{Runoff} = \text{Surface Runoff} + \text{Interflow} + \text{Baseflow} \quad (2)$$

〈그림 3〉은 모델에서의 유역(투수성 토지)의 수문모델구조를 나타낸다. 지층을 따라서 4개의 영역으로 구분되고 그 중 직접유출량이 지표유출과 중간류(복류) 유출로, 나머지가 지하수 유출량으로 하천으로 배출된다. 따라서 상당량의 지하침투 유량은 지하수층 아래의 토양 중에 격납된다.

3. 비점원부하량 삭감을 위한 시나리오 설정

본 연구에서의 배출부하량 삭감을 위한 시나리오는 크게 오염원의 배출위치에 해당하는 ‘토지이용 변화’를 주제로 한 경우 (SC-A)와 배출된 오염부하가 해당 유역 하류점에 도달한 위치에 적절한 ‘오염저감시설(BMP) 설치와 토지이용변화를 동시에 고려한 대안’의 경우인 (SC-B)로 구분된다.

또 토지이용변화 시나리오(SC-A)는 복하천과 양화천 유역의 모든 소유역에 존재하는 나지 면적의 50%는 토지피복이 임야로 전환하는 것을 전제로 다음과 같은 시나리오로 구분된다.

- 복하천 토지면적중 농지와 초지면적의 5%를 동일면적의 임야로 조정하는 경우: (SC-A-1)

- 복하천에 토지면적중 농지와 초지면적의 10%를 동일면적의 임야로 조정하는 경우: (SC-A-3)

한편, 시나리오 SC-B는 시나리오 SC-A에 추가

적으로 BMP설치를 동반된 경우에 해당한다.

시나리오 SC-B는 다시,

- 복하천 SC-A-2에 추가해서 BMP를 24번 소유역에도 적용되는 안(SC-B-1)

- 복하천 SC-A-2에 추가해서 BMP를 24+21번 소유역에 설치하는 안(SC-B-3)

III. 연구 결과

1. 유역모델 적용

1) WinHSPF의 검·보정

WinHSPF의 검보정은 환경부에서 제공받은 수위관측망과 수질측정망 자료를 이용하여 이루어졌다. 유출량은 2006년부터 2007년까지 보정과 검정을 실시하였다. 또한 같은 시기 수질의 보정과 검정도 실시하였다. 연중 일별자료를 중심으로 보정이 이루어졌으며, 시·공간적 변화에 따른 유량 및 수질의 모의를 위해서는 해당 연도별 토지이용자료를 사용하여야 하지만, 자료의 부족으로 본 연구에서는 보·검정 기간 동안 토지이용변화는 없는 것으로 가정하였다.

유출량의 보정을 위하여 수위관측망의 복하지점 말단의 유량 측정 자료를 이용하였다. 유량 및 수위의 실측 성과가 부족하여 2006년 4월 5일부터 2007년까지를 보정하였다. 그러나 2006년부터 2007년까지의 자료를 보유하고 있는 지점은 일부에 불과하며 대부분의 관측지점에서 요구되는 기간 동안의 자료를 보유하고 있지 못하기 때문에 보정과 타당성 검증기간은 지점별로 다소 차이가 있다. 보정기간에서는 반복적인 모델링 변수의 수정과 모의실험을 통하여 과다 또는 과소 예측된 모의결과가 관측값과 최대한 근접될 수 있도록 하였으며, 검증기간은 보정기간에 맞춰진 모델의 변수들의 타당성을 검증하였다.

〈표 1〉은 복하천 4지점의 모형 보정 및 검정에서 발생한 모의값과 관측값 간의 평균오차량을 나타낸다. 보정기간의 유출량의 모의 오차는 2.41 m³/sec로 년간 최대 유량이 약 160.0 m³/sec에 비할 때 매

표 1. 복하천 4지점의 RMSE 오차

구분	2006년 RMSE 오차	2007년 RMSE 오차
복하천4	2.41	2.20

우 좋은 일치를 나타낸다. 검정 기간에 대해서도 그 보다 적은 2.20 m³/sec를 발생했다. 한편 <그림 4>와 <그림 5>에서 보듯이, 복하천 최 하류단인 지점 4에서 관측된 장기유출결과는 모의 결과와 잘 일치하고 있다.

<그림 6>과 <그림 7>는 복하천 최하류단에서의 연간 BOD농도의 일변화를 모의 한 결과로, 년중을 통한 BOD농도 변화의 경향은 잘 일치하고 있다. 특히 전술한 단기 유출현상(단일 강우유출)을 모니터링 지점의 결과에서도 언급한 바와 같이 강우가 집중되는 하절기에는 BOD농도가 2mg/L 이내의 수준까지 떨어지고 비강우 시기에는 2~3mg/L 수준까지 상승하는 경향을 보인다. 특별한 소견은 2007년 동절기 중에 한 차례 관찰된 BOD수질이

갑자기 4mg/L 수준을 보인 경우에 대해서는 HSPF 모형의 모의결과가 적절한 대응을 하지는 못했다. 모형자체가 장기수문모형임을 고려할 때 큰 문제점으로 판단되지는 않는다.

또 오염총량관리계획의 2007년도 기준으로 저수량 Q275 때의 HSPF 모의 BOD농도는 2.33mg/L 이고 이때의 관측값은 2.60mg/L이었다. 이때 모의 농도는 저수량 시기인 3월 한달 동안 일단위로 모의된 수질을 월평균한 값을 의미하며, 관측치도 해당 달에 8일 간격으로 조사된 결과의 평균이다. 한편, 같은 년도 평수량 Q185 시점의 모의 농도는 1.92mg/L이었고 관측값은 3.80mg/L이었다. 현행 오염총량관리에 따른 주요 수질인 Q275시점의 BOD농도는 모의 결과가 관측농도보다 0.27mg/L 만큼 작게 나타남으로써 향후 이 모형모의결과를 사용할 경우 유발될 수 있는 BOD농도의 오차요인은 낮은 수준으로 판단된다.

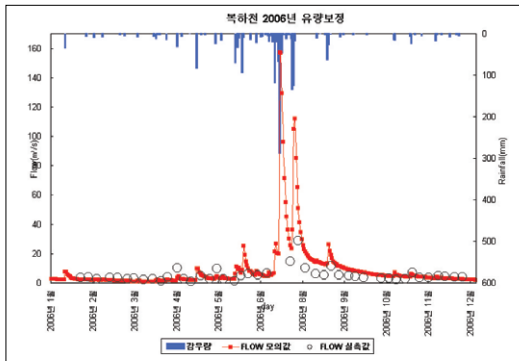


그림 4. 복하천4 지점의 2006년도 유량보정

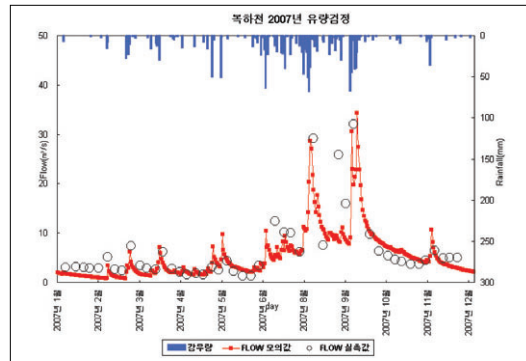


그림 5. 복하천4 지점의 2007년도 유량검정

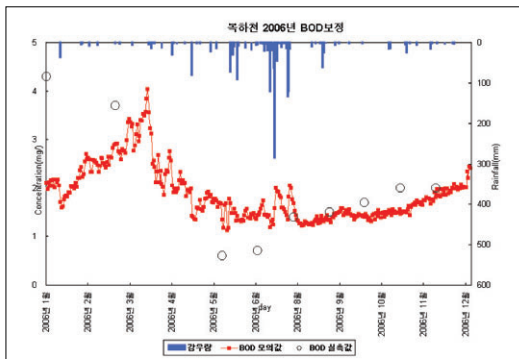


그림 6. 복하천4 말단(1RCHRES)의 2006년도 BOD보정

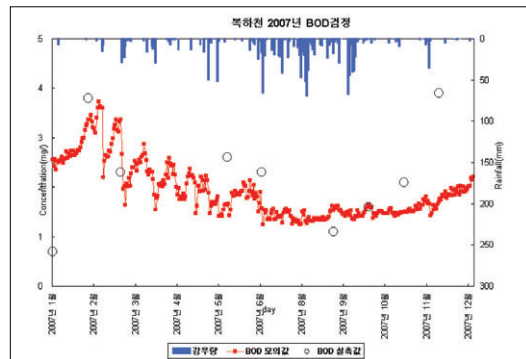


그림 7. 복하천4 말단(1RCHRES)의 2007년도 BOD검정

2. 목표수질 초과원인 분석

1) 부하지속곡선을 이용한 삭감 시나리오 효과 분석

비점원부하량을 중심으로 삭감시나리오를 적용한 결과, 계획 목표연도인 2020년 복하천의 목표수질 설치지점인 복하천 4지점의 수질은 설정된 BOD 목표수질을 달성할 수 있었다.

한편, 기준할당부하량은 목표수질 달성여부를 평가하는 과정에서 전제된 목표수질이 현행 오염총량 관리제도에서 정의하고 있는 기준유량(Q275) 시점의 특정 일자의 수질농도에 근거한 것이다. 그러나 현행의 오염총량관리제도에서도 계획목표연도의 목표수질 달성평가의 근거는 환경부가 8일 간격으로 년 30회 이상을 측정할 해당 목표수질 설치지점의 수질 평균값임을 고려 할 때 Q275에서 작성된 기준할당부하량을 만족하는 소유역별 부하량 삭감 시나리오를 적용한 삭감정책이 연간의 지속적인 목표수질 달성을 담보할 수 있는가에 대한 추가적인 평가가 요구된다.

먼저, 복하천의 목표수질 설치지점에서의 HSPF를 이용하여 모의한 2007년 연간 일단위의 하천유량에 해당지점의 BOD 목표수질 농도를 곱한 '기준 BOD 부하지속곡선'을 산출하여 목표달성 평가의 기준으로 하였다. 여기서 2020년의 하천 유량대신 2007년의 모의유량을 사용한 것은 2020년 유량은 2007년도와 동일한 것을 가정하였기 때문이다.

그리고 이에 상응하는 목표연도의 복하천 목표수질 설치지점들에 대한 '기준할당부하량'을 만족하는 소유역별 부하량 삭감 시나리오(토지이용규제 및 BMP 등)가 적용된 '삭감정책에 근거한 부하지속곡선'을 작성하였다.

먼저 '삭감정책에 근거한 부하지속곡선'의 결과를 보면서 삭감정책의 특성(비점원 규제, BMP적용, 점원규제)이 부하지속곡선의 변화에 미치는 영향을 분석했다. 그리고 최종적으로 이들 '삭감정책에 근거한 부하지속곡선'들과 '기준BOD부하지속곡선'을 상호 비교하여 목표수질 초과원인을 보다 분명히 파악하고자 하였다.

시나리오(SC-A-3)은 저수량(Q275) 시점에서 목표수질을 초과하고 있으며, '무대책'의 BOD 부하량은 391.62 kg/day 이고, 시나리오(SC-A-3)의 BOD 부하량은 389.05 kg/day 로 저수량 시기에 토지피복변화를 통한 비점오염저감방안은 큰 영향을 미치지 않고 있다.

시나리오(SC-B-1)은 저수량(Q275) 시점에서 목표수질을 초과하고 있으며, '무대책'의 BOD 부하량은 391.62 kg/day 이고, 시나리오(SC-A-3)의 BOD 부하량은 382.85 kg/day 로 저수량 시기에 토지피복변화를 통한 비점오염저감방안은 큰 영향을 미치지 않고 있다. 하지만 유량규모가 큰 평수량(Q185) 시점 이상에서는 부하량의 삭감효과가 저수량 시기보다 뚜렷하게 나타나고 있다.

시나리오(SC-B-3)은 '무대책'의 BOD 부하량은 391.62 kg/day 이고, 시나리오(SC-A-3)의 BOD 부하량은 375.81 kg/day 로 역시 저수량 시기에 토지피복변화를 통한 비점오염저감방안은 큰 영향을 미치지 않고 있다. 하지만 저수량(Q275) 시점에서 목표수질을 달성하고 있다.

2) 목표수질 초과원인 분석과 대책

〈그림 8〉은 복하천 유역에서 2020년 발생된 부하량이 적절한 오염삭감정책이 없이 복하천 본류로 유입되는 경우인 '무대책' 시나리오의 적용결과를 '기준 BOD 부하지속곡선(그림 중 실선)'과 비교한 것이다. 그림에서 보듯이, 2020년 복하천 유역에서 삭감정책이 없을 경우(무대책)에는 평수량(Q185)보다 적은 '해당 유량규모에서의 BOD 부하량' (그림

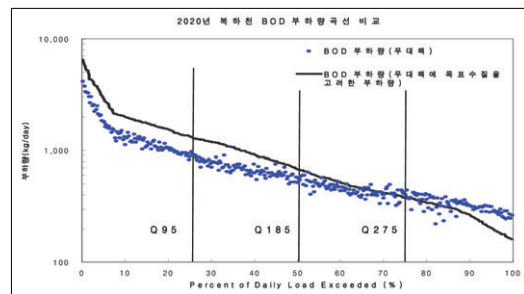


그림 8. 2020년 복하천 부하지속곡선(무대책 VS 목표수질을 고려한 부하량)3

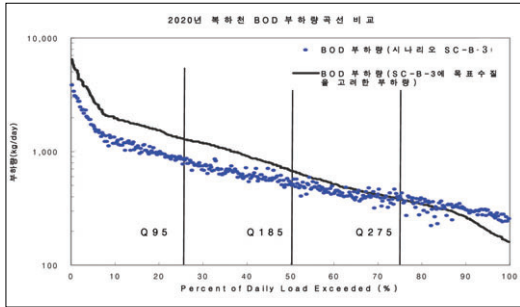


그림 9. 2020년 복하천 부하지속곡선(시나리오SC-B-3 VS 목표수질을 고려한 부하량)

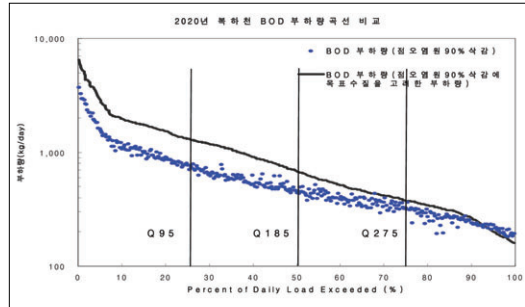


그림 10. 2020년 복하천 부하지속곡선(점오염원90%삭감 VS 목표수질을 고려한 부하량)

중에 연간 365개의 점으로 표기)이 해당 하천유량에 복하천 목표수질을 곱한 ‘기준BOD부하지속곡선’의 값, 즉, ‘기준BOD부하량’을 크게 초과하게 된다. 이는 복하천 하루 BOD 농도가 연중 대부분의 기간 동안 목표수질을 초과함을 의미한다. 평수기로부터 저수기에 이르는 기간 중에 배출되는 생활계 오염부하량 즉, 점원부하량과 토지계로부터 나오는 비점원 부하량이 목표수질을 달성할 수 있는 하천의 자정능력을 초과해서 유입된 결과로 판단된다.

〈그림 9〉은 복하천 2020년 비점오염원 대책이 동반된 발생부하량의 시나리오(SC-B-3)를 적용한 하천 BOD 부하량을 ‘기준BOD 부하지속곡선’과 비교한 것이다. 시나리오(SC-B-3)의 내용은 먼저, 복하천 유역 내 나지 면적의 50%를 동일면적의 임야로 전환하고 이에 추가하여 유역 내의 농지와 초지면적을 합한 면적의 10%를 동일 면적의 임야로 전환, 그리고 복하천 유역내 21번, 24번 소유역에 비점원 부하량의 저감시설인 BMP시설이 설치되는 경우에 해당한다.

복하천 유역 면적은 309.5km²로, 21번, 24번 소유역은 복하천 유역 면적대비 7.17%, 12.85%이다. 한편, 21번 소유역은 장암천이 포함된 유역으로 Q275 시점에 BOD 117.25kg/day, Q185 시점에 BOD 111.24 kg/day의 부하량이 유출되는 지역이다. 그리고 24번 소유역은 원두천이 포함된 유역으로 Q275 시점에 BOD 343.69 kg/day, Q185 시점에 BOD 335.95 kg/day의 부하량이 유출되는 지역이다.

따라서 시나리오 (SC-B-3)에 적용된, 복하천 유

역면적 대비 나지의 면적비율이 2.12%이므로 이 중 나지면적의 50%는 복하천 유역면적의 1.06%에 해당한다. 이 시나리오의 골자는 비점원 부하량 저감정책의 일환인 유역 내 나지를 임야로 전환한 것을 가정한 것이다.

한편, 복하천 유역면적대비 농지의 면적비율은 36.71%이므로 이 중 농지면적의 10%는 복하천 유역면적의 3.65%에 해당한다. 그리고 복하천 유역면적 대비 초지의 면적비율은 5.79%이므로, 이 중 초지면적의 10%는 복하천 유역면적의 2.39%에 해당한다. 이 초지가 임야로 조성된 것으로 가정한 것이다.

한편, 이와 같은 토지이용변화의 시나리오는 현실성에 초점을 맞추기보다 최대 가능한 토지이용변화를 통해 부하량의 변화와 목표수질 초과원인을 분석하고자 설정하였다.

〈그림 8〉과 〈그림 9〉을 상호 비교해 보면 알 수 있듯이, 평수량 Q185 이상의 기간 중 복하천 목표수질 설정지점의 BOD 농도는 목표수질을 매우 양호하게 달성하고 있다. 그럼에도 불구하고 Q185시점부터 Q275 기간 중의 BOD 농도는 다소 개선되기는 하였으나, 이 시기에 비점오염원만을 제어한 결과 아직도 목표수질을 초과하고 있다(그림 9에서 Q185~Q275 간의 실선(목표수질부하량)보다 위에 위치한 점들이 다수). 따라서 추가적인 오염부하의 삭감이 요구됨을 알 수 있다.

이는 비점원 제어에 추가하여 점오염원의 삭감이 요구되는 것이다. 〈그림 10〉은 점원부하량의 90%를 삭감하는 시나리오를 적용한 결과이다. 이는 복하천 유역에서 비점원 부하 삭감정책이 반영되고도

2020년 목표수질의 달성이 특히 저수량 부근에서 어려운 점을 고려해서 추가적인 점원부하량 삭감의 정도를 파악하기 위한 시도이었다. 이 결과는 적극적인 점원부하량 삭감정책의 적용은 매우 효과적으로 하천의 수질개선에 기여할 수 있음을 제시하고 있다. 그러나 안정적인 복하천 BOD 목표수질 달성을 위해서는 주요 점오염 하수의 고도처리 등 점원부하량의 적극적인 삭감노력도 병행되어야 한다.

IV. 결론

현행의 수질오염총량관리계획수립에서 설정되어 온 부하량 삭감 효과평가의 시나리오들은 기존 오염총량관리제도 '수립지침'에서 규정하고 있는 부하량 할당 절차, 즉 기준유량 Q275에 적용한 목표수질 설정과 할당부하량 산정의 결과를 전제로 한 결과이다.

그러나 하천은 상류에서 하류로 이동하는 공간이며 그 공간을 통하여 물이 이동하는 공간적 연속체임과 동시에 하천의 임의 위치에서는 년 중 하천수문량의 시간적 변화에 동반되어 시시각각 다른 유량규모로 변화하는 시간적인 연속성을 지닌다. 하천수질도 이러한 하천유량의 시공간적인 연속성의 속성위에서 존재한다. 그러나 현재의 '수립지침'에 근거한 저수기 특성인 Q275 유량규모를 기준으로 한 할당부하량 산정은 하천유량의 시공간적인 연속성이 배제된 가운데 이뤄져 부하량할당 및 삭감효과의 실효성 보장의 한계를 지닐 수밖에 없다.

본 연구에서는 전술한 바와 같이 'BOD 부하지속곡선'을 이용한 부하량 삭감효과의 평가방법으로 하천의 정적인 유량조건을 전제로 한 현행의 부하량 할당과 삭감효과의 평가가 지닌 한계를 극복할 수 있는 방안이다. 즉, 하천의 시공간적인 유량변화를 전제로 하는 동적모형을 이용하는 이 방법은 해당 하천의 연간 유량변동과 그에 따른 오염배출부하량 거동을 실질적으로 반영할 수 있을 뿐만 아니라 유량변화에 대응한 할당부하량설정과 부하량삭감 효과를 정량적으로 평가할 수 있는 실효성이 확

보된 장점을 지닌다. 따라서 동적모형을 기반으로 한 '부하량지속곡선'을 이용한 수질오염총량관리계획수립의 제도적 기반 정립이 요구된다.

참고문헌

- 김영주, 2003, 주성분분석에 의한 도시호수의 수질 평가에 관한 연구, 환경관리학회지, 9(2), 197-203.
- 라덕관 외, 1996, 수질에 미치는 비점오염원의 영향, 공업기술연구소 논문집, 10(10), 139-149
- 방기웅 외, 1997, 도시 소유역에서의 비점오염원 유출 특성에 관한 연구, 한국수질보전학회지, 13(1), 79-99.
- 심창석, 2004, AGNPS 모델에 의한 비점오염원으로부터 하천으로 유입되는 오염부하량 예측, 한국수처리학회지, 12(1), 39-50.
- 이미란, 2001, 수치표고모형(DEM)과 유출곡선지수를 이용한 유출량 및 오염부하량 추정: 고흥호 고읍천 유역을 중심으로, 전남대학교 석사학위논문.
- 이은주, 2005, SWMM을 이용한 도시 유역의 강우 유출특성과 비점오염부하량 분석, 한국물환경학회 추계학술발표회 논문집, 91-97.
- 이혜숙, 2007, 용담댐 유역 오염부하량의 정량적 산정을 위한 HSPF 적용, 대한상하수도학회 추계학술발표회 논문집, 721-726.
- 정재우, 2005, SWAT 모형에 의한 주암호 외남천 유역의 비점오염 부하 추정, 전남대학교 석사학위논문.
- 조재현, 2004, 경기도 지천별(안성천수계, 안양천, 신천) 오염부하량 산정 및 관리를 위한 수질관리 모델 및 시스템: 황구지천 유역에 대하여 최적화기법을 이용한 BOD, TN, TP의 오염부하량을 할당하는 수질관리시스템 개발, 용인 경기지역 환경기술개발센터, 141-142.