

# 최적관리 기법 선정을 위한 Web GIS 기반의 오염 부하지속곡선 시스템의 적용 및 평가

## Application and Assessment of Web GIS-based Load Duration Curve System for Determination of Best Management Practices

김종건\*, 박윤식\*\*, 장원석\*\*\*, 신동석\*\*\*\*, 임경재\*\*\*\*\*

Jonggun Kim, Younshik Park, Wonseok Jang, Dongseok Shin, Kyoung Jae Lim

### 요 지

수질오염총량관리제도(TMDL)는 유역의 수질 회복 및 관리를 위해 우리나라를 비롯해 미국의 여러 주에서 수립되어 적용되고 있다. 현재 미국에서는 유역 관리를 위한 TMDL의 기준설정에서 오염부하지속곡선(LDC)의 활용이 급격히 증가되고 있다. 그러나 기존의 LDC 방법은 사용자로 하여금 충분한 교육이 필요하고 LDC 생성을 위한 데이터 구축이 수동적으로 이루어지고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 최근 Web GIS 기반의 LDC 시스템이 개발되어 활용되고 있다. 웹기반의 LDC 시스템은 미국 지질 조사국(USGS)이나 한국 환경부(MOE) 서버 등을 통해 구축된 자료를 이용하여 오염부하지속곡선을 생성하기까지의 모든 과정이 자동으로 처리되어 기존 수작업에 의한 방법의 단점을 보완하고 있다. 그리하여 본 연구에서는 우리나라 수질오염 총량 관리제도 단위유역인 낙본A와 금본C, 그리고 미국 인디애나 주의 Yellow River와 펜실베이니아 주의 Borkenstraw Creek 유역을 대상으로 웹기반 LDC 시스템을 이용하여 유역의 특성을 분석하였다. 본 연구에서 사용된 유량 및 수질 자료는 본 시스템에서 연계된 환경부 서버와 USGS 서버를 통해 구축하였다. 분석 결과 낙본 A 단위유역의 BOD 오염부하량과 농도가 대체적으로 목표수질 기준을 만족하는 것으로 나타났다. 전반적으로 유량이 적을 때 다소 목표수질을 초과하고 있는 나타나, 적합한 수질관리 대책이 필요한 것으로 분석되었다. 금본 C 단위유역의 경우 대부분 BOD 배출부하량이 할당 부하량보다 낮게 나타나는 것을 알 수 있고, 목표수질 농도에 비해 배출되는 BOD 농도 또한 대체적으로 낮은 것을 알 수 있다. 또한 Yellow River 유역의 경우는 유량이 많을 때 배출되는 수질농도가 목표수질을 초과하는 것으로 보아 강우시 배출되는 오염물에 대한 대책이 요구되고, Borkenstraw Creek 유역의 경우 유량이 적을 때를 제외하고 대부분 구간에서 배출부하량이 할당부하량을 초과하여 이에 대한 적합한 수질관리가 필요할 것으로 분석되었다. 본 연구의 결과에서 나타난 바와 같이 웹기반 LDC 시스템을 통해 수질오염총량관리제도 단위유역에 대한 수질 평가 및 특성 분석이 용이하며 수질 회복을 위한 근본적인 해결방법을 제시할 수 있을 것으로 판단된다.

**핵심용어 :** 오염부하지속곡선(LDC), 유역 특성, 수질오염총량관리제도(TMDL)

\* 정회원 · 강원대학교 지역건설공학과 박사과정 · E-mail : kimjg23@gmail.com

\*\* 정회원 · 강원대학교 지역건설공학과 박사과정 · E-mail : caron-ys@nate.com

\*\*\* 정회원 · 강원대학교 지역건설공학과 석사과정 · E-mail : sabal81@nate.com

\*\*\*\* 비회원 · 국립환경과학원 연구관 · E-mail : sds1965@me.go.kr

\*\*\*\*\* 정회원 · 강원대학교 지역건설공학과 조교수 · E-mail : kjlim@kangwon.ac.kr

## 1. 서론

수질오염총량관리제도(TMDL)는 유역의 수질 회복 및 관리를 위해 우리나라를 비롯해 미국의 여러 주에서 수립되어 적용되고 있다. 현재 TMDL은 장기 유량 조건을 기반으로 일 평균 부하량으로 단순화되고 평균화된 개념으로 적용되고 있어 TMDL을 바탕으로 유역의 수질 회복과 평가 및 특성 분석을 통해 근본적인 유역관리가 미흡한 실정이다. 현재 미국에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 유역 관리를 위한 TMDL의 기준설정에 있어 오염부하지속곡선(LDC)의 활용이 급격히 증가되고 있다(Cleland, 2003). 그러나 기존의 LDC 방법은 사용자 하여금 충분한 교육이 필요하고 LDC 생성을 위한 데이터 구축이 수동적으로 이루어지고 있다. 이러한 과정을 통해 LDC를 생성하여 유역 특성을 분석하기까지 많은 시간이 소비되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 김종건(2009)은 Perl/CGI, GNUPLOT, Javascript 그리고 Google Map script등을 이용하여 웹기반의 LDC 시스템을 개발하였다. 웹기반의 LDC 시스템은 미국 지질 조사국(USGS)이나 한국 환경부(MOE) 서버 등을 통해 구축된 자료를 이용하여 오염부하지속곡선을 생성하기까지 자동 계산되어 기존 수작업에 의한 방법의 단점을 보완하고 있다. 그리하여 본 연구의 목적은 우리나라와 미국의 수질오염총량관리제도 단위유역을 대상으로 웹기반 LDC 시스템을 적용하여 유역 특성을 분석하는데 있다.

## 2. 재료 및 방법

본 연구에서는 우리나라 낙동강과 금강유역의 수질오염 총량관리제도 단위유역인 낙본A와 금본C, 그리고 미국의 인디애나 주의 Yellow River와 펜실베이니아 주의 Brokenstraw Creek 유역을 대상으로 웹기반 LDC 시스템을 이용하여 유역의 특성을 분석하였다. 본 연구에서 사용된 유량 및 수질 자료는 낙본A와 금본C의 경우 본 시스템에서 연계된 Google Map을 이용하여 환경부 서버를 통해 구축된 8일 유량자료와 BOD 자료를 이용하여 분석하였다. 우선 유량지속곡선 산출을 위해 2004년 8월부터 2008년 9월까지의 8일 유량자료를 사용하였고 오염부하지속곡선 산출을 위해 적용된 목표수질은 환경부에서 제공하는 2011년부터 시행될 2차 수질오염총량관리제도 기준으로 낙본 A 지점은 BOD

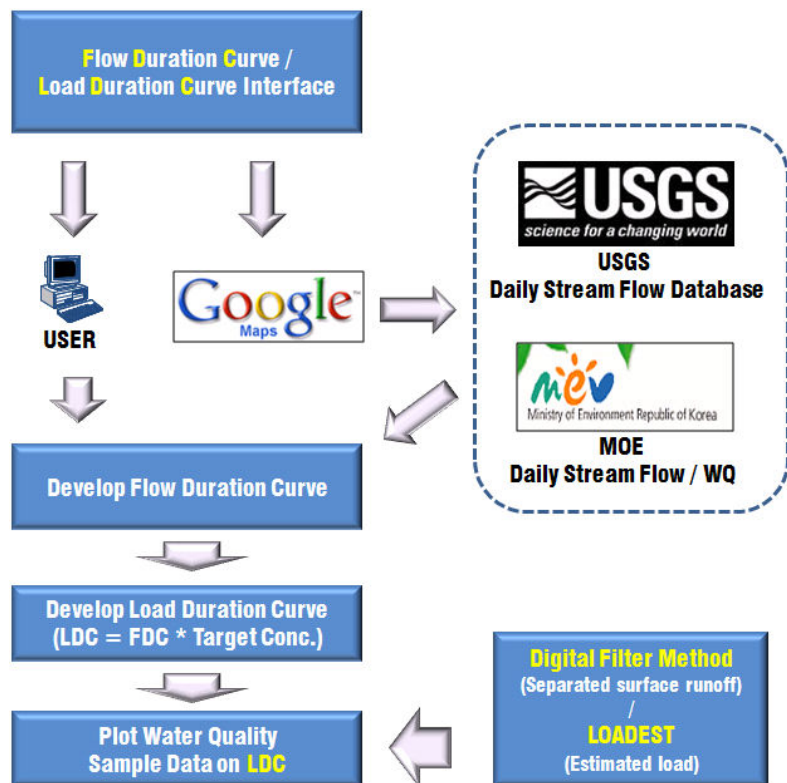


Fig. 1. Comparison of average slope for various DEM cell size in Soyanggang-dam watershed

1.5 mg/L, 금본 C 지점은 BOD 1.2 mg/L를 적용하여 유역 특성을 분석하였다. 또한 미국의 인디애나 주의 Yellow River와 펜실베이니아 주의 Brokenstraw Creek 유역의 경우는 본 시스템에서 연계된 USGS 서버를 통해 구축된 일별 유량과 수질 자료를 이용하여 본 시스템에 적용하였다. 또한 목표수질은 각각 SS 50 ppm, 10ppm 을 적용하여 오염부하지속곡선을 산출하였다. Fig. 1은 본 시스템의 적용 방법을 보여주는 그림이다.

### 3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 Web GIS 기반 LDC 시스템을 우리나라 낙본 A와 금본 C 단위유역, 미국 Yellow river와 Brokenstraw Creek 유역에 적용하여 유역 특성 및 오염부하 특성을 분석하였다. 본 연구의 결과 Fig. 2(a) 에서 보이는 바와 같이 낙본 A 유역의 경우 BOD 오염부하지속곡선을 분석한 결과 유량이 적을 때 배출부하량이 할당부하량에 비해 다소 초과하는 경향이 나타났다. 금본 C 단위유역의 경우는 대부분 BOD 배출부하량이 할당 부하량보다 낮게 나타나는 것을 알 수 있고, 목표수질 농도에 비해 배출되는 BOD 농도 또한 대체적으로 낮은 것을 알 수 있다(Fig. 2(b)). 전체 유량에 있어 몇몇 데이터들이 목표수질을 초과하는 자료가 있으나 대부분이 목표수질을 만족하고 있다는 것을 알 수 있다. 그리고 Fig. 3(a)에서 보이는 바와 같이 Yellow river 유역에서는 High flow와 Moist condition 일 때 대부분의 배출부하량이 목표 수질에 대한 허용부하량을 초과하고 있다는 것을 알 수 있다. 이는 고유량일 때 즉, 강우에 큰 영향을 받고 있음을 알 수 있다. 또한 Fig. 3(b)에서 보이는 바와 같이 Brokenstraw Creek 유역의 경우에는 대부분의 배출부하량이 High flow에서 Dry condition 까지 전체적으로 목표 수질에 대한 허용부하량을 초과하고 있는 자료를 볼 수 있다.

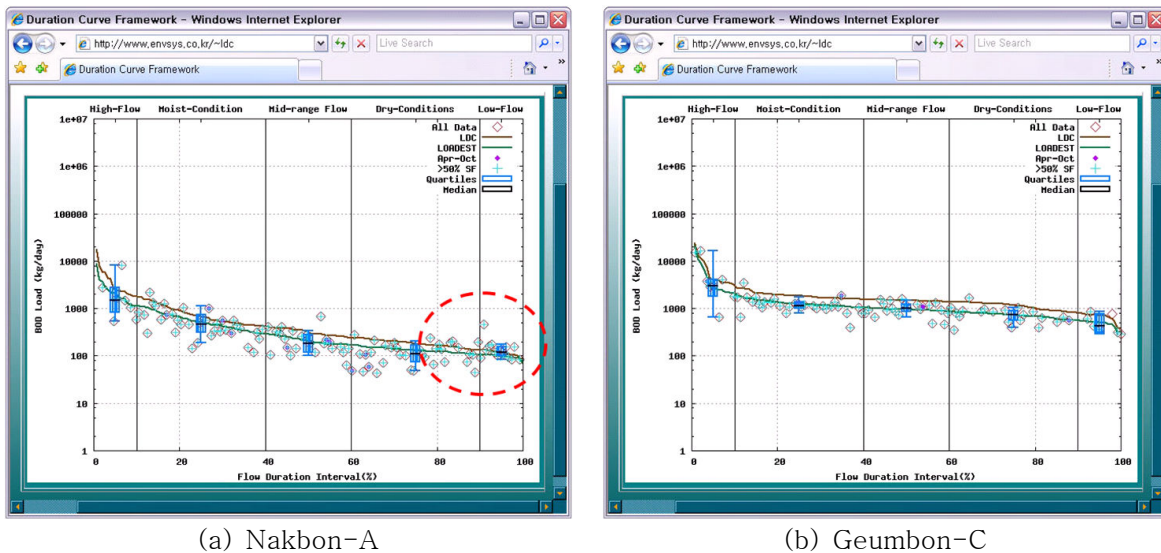
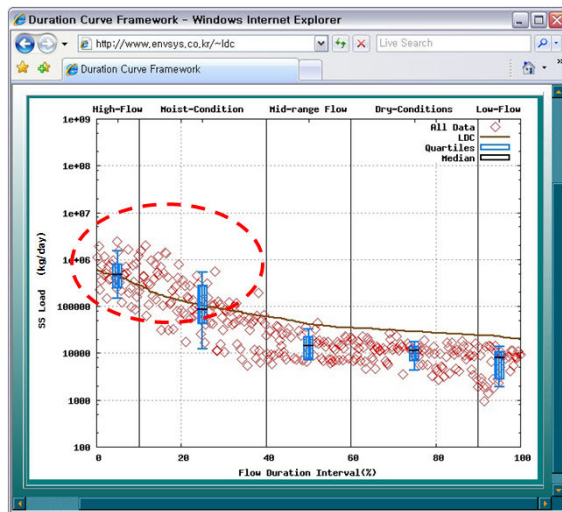
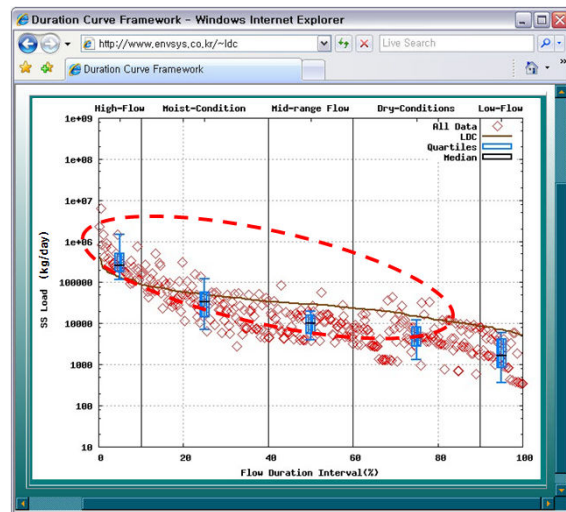


Fig. 2. The results of Nakbon-A and Geumbon-C using the Web-based LDC system



(a) Yellow River



(b) Brokenstraw Creek

Fig. 3. The results of Yellow River and Brokenstraw Creek using the Web-based LDC system

#### 4. 결론

본 연구의 결과에서 나타난 바와 같이 낙본 A 유역의 경우 유량이 적을 때 배출부하량이 할당 부하량을 초과하는 것으로 보아 점원오염에 의한 영향을 받고 있는 것으로 판단되어 향후 점원오염을 관리할 수 있는 적정 BMP가 제시되어야 할 것이다. 금본 C 유역의 경우는 대체적으로 목표수질을 만족하는 것으로 나타났으며, 미국 Yellow river 유역의 경우 고유량일 때 목표수질을 초과하여 고유량 즉 강우에 큰 영향을 받고 있는 수질 문제에 대한 해결책이 마련되어야 할 것이다. 이러한 해결책으로는 강우시 초기 유출에 의한 오염원 이동을 제어할 수 있는 LID와 같은 BMP가 적용될 수 있을 것으로 판단된다. 마지막으로 Brokenstraw creek 유역의 경우는 고유량에서 저유량까지 전체적으로 목표수질을 초과하는 것으로 보아 하천으로 유입되는 오염물질이 하천 주변에 분포하여 크고 작은 강우에 의해 오염물질이 하천으로 유입된다고 볼 수 있다. 이러한 수질 오염 문제를 해결하기 위해서는 하천 주변의 토지이용패턴 변화가 필요할 것으로 판단된다. 그 예로는 하천 주변 초생대나 수변림을 들 수 있다. 이러한 본 연구의 결과를 통해 본 웹기반의 오염부하지속곡선 시스템을 통해 유황에 따른 유역의 특성 및 오염부하량 특성 분석이 가능할 것으로 판단된다. 또한, 본 시스템을 통해 해당 유역의 유황에 따른 오염부하 특성 분석으로 유역의 수질 회복을 위한 적합한 해결 방법을 제시할 수 있을 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

1. Cleland, B.R. November (2003). TMDL Development From the "Bottom Up" Part III: Using Duration Curves and Wet-Weather Assessments. National TMDL Science and Policy 2003 WEF Specialty Conference. Chicago, IL.
2. 김종건 (2009). TMDL 및 유역 특성 분석을 위한 Web 기반의 오염부하지속곡선 시스템 개발. 석사학위논문, 강원대학교.