

하수종말처리시설 방류수의 하천유량 기여도 분석

Contribution Degree Analysis of Discharge from Sewage Treatment Plants at Streamflow in River

문장원*, 최시중**, 강성규***, 이동률****

Jang-Won Moon, Si-Jung Choi, Seong Kyu Kang, Dong-Ryul Lee

요 지

하수종말처리시설은 가정 등에서 배출되는 생활하수를 처리하여 오염물질을 제거한 후 다시 하천으로 물을 되돌려 보내는 시설로 하천수의 수질 측면에서 매우 중요한 역할을 수행하고 있다. 그러나 하천수의 수질 측면뿐만 아니라 수량적인 측면에서도 하수종말처리시설은 하천유량 관리에 있어 중요한 고려사항이라 할 수 있다. 하수종말처리시설을 통해 하천으로 방류되는 물은 비교적 일정한 수준을 유지하고 있으며, 이는 평저수기 및 갈수기 하천유량 관리 측면에서 매우 중요한 의미를 갖는다. 효율적인 하천유량 관리를 위해서는 하천을 중심으로 이루어지는 물 순환 구조에 대해 명확하게 파악할 수 있어야 하며, 하천에서 빠져나가는 물의 양과 하천으로 들어오는 물의 양을 파악함으로써 적절한 하천유량 관리가 이루어질 수 있다.

본 연구에서는 하수종말처리시설에서 하천으로 방류되는 물의 양이 하천유량에서 차지하는 비중을 파악하기 위한 분석을 수행하였다. 이를 위해 하수종말처리시설의 처리수 방류위치를 확인한 후 이를 기준으로 인접한 상·하류 하천구간에 유량자료가 생산되고 있는 수위관측시설을 검토하여 분석을 위한 대상 지점을 선정하였다. 선정된 지점을 중심으로 홍수기(6~9월)를 제외한 기간에 대해 하천유량과 하수종말처리시설의 방류수량을 검토하여 하수처리수의 기여도를 분석하였다. 하천유량과의 비교와 함께 분석 대상 지점에 고시되어 있는 하천유지유량과 비교한 후 그 결과를 제시하였다. 본 연구의 결과를 통해 하수처리수가 하천에 흐르는 유량에 기여하는 정도를 파악할 수 있으며, 이는 하천유량이 상대적으로 적은 평저수기 및 갈수기 하천유량 관리를 위한 기반 정보로 활용할 수 있을 것이다.

핵심용어 : 방류수량, 하수종말처리시설, 하천유량

1. 서론

우리나라는 강수량의 계절적인 편중이 심하게 나타나는 기후적인 특성을 갖고 있으며, 이로 인해 하천에 흐르는 유량도 계절적인 편차가 매우 크게 나타나고 있다. 즉, 여름철에는 연 강수량의 약 70%가 집중되어 하천에 매우 많은 양의 물이 흐르며, 봄, 가을 및 겨울철에는 하천에 흐르는 물의 양이 적어 하천유량 관리에 매우 불리한 조건에 처해 있다. 또한 최근 급격하게 진행되고 있는 도시화는 불투수면의 증가를 초래하여 지하대수층으로 유입되는 물의 감소 원인이 되고 있다. 일반적으로 하천유량은 직접유출, 중간유출, 기저유출의 세 가지 성분으로 구성되어 있으며, 평저수기 및 갈수기 하천유량은 대부분 기저유출 성분으로 구성된다. 기저유출은 지하대수층에 저류된 지하수가 하천으로 유출되어 나타나는 유출 성분으로

* 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원 · 환경연구본부 수자원연구실 수석연구원 · E-mail : jwmoon@kict.re.kr

** 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원 · 환경연구본부 수자원연구실 선임연구원 · E-mail : sjchoi@kict.re.kr

*** 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원 · 환경연구본부 수자원연구실 선임연구원 · E-mail : skkang@kict.re.kr

**** 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원 · 환경연구본부 수자원연구실 연구위원 · E-mail : dryi@kict.re.kr

지하대수층으로의 침투량 감소는 기저유출 감소를 초래하고 있다. 이로 인해 홍수기를 제외한 기간에는 전국적으로 하천 건천화 문제가 심각하게 나타나고 있으며, 정부 및 지자체에서는 이를 해결하기 위해 다양한 방안을 검토하고 있는 상황이다. 정부에서는 2006년에 전국 주요 하천의 60개 지점을 대상으로 하천유지유량을 고시함으로써 하천유량 관리를 위한 기준을 마련한 바 있으며, 하수종말처리시설의 방류수 등을 하천 상류에 공급하여 충분한 물이 하천에 흐를 수 있도록 하는 등 하천유량 관리를 위해 많은 노력을 기울이고 있다.

하수종말처리시설은 가정 등에서 배출되는 생활하수를 처리하여 오염물질을 제거한 후 다시 하천으로 물을 되돌려 보내기 위한 시설을 의미한다. 오염물질이 제거된 물을 하천으로 방류함으로써 하천수의 수질 측면에서 매우 중요한 역할을 수행하고 있으며, 2007년 현재 전국적으로 1,900 여개 이상의 시설이 설치되어 운영되고 있다. 하천유량 관리 측면에서 하수종말처리시설은 하천으로의 물 공급 시설로서 중요한 고려사항이라 할 수 있다. 하수종말처리시설을 통해 하천으로 방류되는 물은 비교적 일정한 수준을 유지하고 있으며, 이는 상대적으로 하천에 흐르는 물이 적은 평저수기 및 갈수기 충분한 하천유량 확보를 위해 매우 중요한 의미를 갖는다. 효율적인 하천유량 관리를 위해서는 하천을 중심으로 이루어지는 물 순환 구조에 대해 명확하게 파악하는 것이 중요하며, 하천에서 빠져나가는 물의 양과 하천으로 들어오는 물의 양을 파악함으로써 적절한 하천유량 관리가 이루어질 수 있다.

본 연구에서는 하수종말처리시설의 방류수량이 하천에 흐르는 물의 양에 기여하는 비중을 검토하기 위한 분석을 수행하였다. 이를 위해 하수종말처리시설의 처리수 방류 위치를 확인한 후 이를 기준으로 인접한 상·하류 하천구간에 유량자료가 생산되고 있는 수위관측시설을 검토하여 분석을 위한 대상 지점을 선정하였다. 선정된 지점을 중심으로 홍수기(6~9월)를 제외한 기간에 대해 하천유량 관측자료와 하수처리수 방류자료를 검토하여 하수처리수의 기여도를 분석하였다. 분석을 위한 지점 선정 시 하천유지유량이 고시되어 있는 지점을 중심으로 선택한 후 하천유량 관측자료와 함께 고시된 하천유지유량과의 비교도 수행한 후 그 결과를 제시하였다.

2. 분석 대상 지점 및 이용 자료

하수종말처리시설의 방류수량이 하천유량에 기여하는 정도를 판단하기 위한 분석 대상 지점을 선정하였다. 분석 대상 지점의 선정은 먼저 하수종말처리시설의 최종처리수 방류 위치를 파악하고 이를 기준으로 인접한 하류에 위치한 수위관측소 중 관측유량이 생산되고 있는 지점을 검토하였으며, 하천유지유량 고시 값과의 비교를 위해 60개 하천유지유량 고시지점 중 분석 대상 지점을 선정하였다. 이러한 기준으로 선정된 지점은 총 4개 지점(한강대교, 왜관, 석화, 나주)으로 모두 하천유지유량이 고시되어 있으며, 관측소 상류에 하수종말처리시설의 처리수 유입부가 위치하고 있는 지점이다. 표 1은 본 연구의 분석 대상 지점을 정리한 것으로 각 지점별로 고시되어 있는 하천유지유량 및 비교 검토에 이용된 하수종말처리시설, 그리고 분석에 이용된 자료 기간을 정리하였다.

표 1. 분석 대상 지점 및 하수종말처리시설

유역명	하천명	관측소	하천유지유량 (m ³ /초)	하수종말 처리시설	자료기간
한강	한강	한강대교	63.50	중랑, 탄천	04.01~08.12
낙동강	낙동강	왜관	39.30	구미, 약목	04.01~08.12
금강	미호천	석화	2.50	청주	04.01~07.12
영산강	영산강	나주	2.41	광주제1, 광주제2	04.01~05.12 07.01~08.12

본 연구의 분석을 위한 자료는 먼저 대상 하수종말처리시설의 방류수량 자료가 있으며, 표 1에 나타난 바와 같이 2004년 1월 1일부터 2008년 12월 31일(청주 하수종말처리시설은 2007년 12월 31일까지)까지 5년 동안의 방류 실적을 조사하여 활용하였다. 자료의 조사는 해당 하수종말처리시설에 연락하여 방류 실적 자료를 직접 수집하였다. 이와 함께 하천유량 관측자료를 수집하여 활용하였으며, 자료의 수집은 한국수문조사연보에 제시된 유량 자료를 이용하였다. 그림 1은 분석 대상 7개 하수종말처리시설 중 한강유역에 위치하고 있는 중랑 하수종말처리시설과 영산강에 위치하고 있는 광주제1 하수종말처리시설의 방류 실적 자료 시계열을 도시하여 나타낸 것으로 점선은 일 처리용량을 의미하며, 실선은 과거 방류 실적을 나타내고 있다. 방류 실적 자료를 살펴보면 하천유출과 유사하게 여름철에 방류량이 상대적으로 많은 계절 패턴을 보이고 있음을 알 수 있으며, 이러한 패턴은 나머지 다른 하수종말처리시설의 방류 실적 자료에서도 유사하게 나타나고 있다.

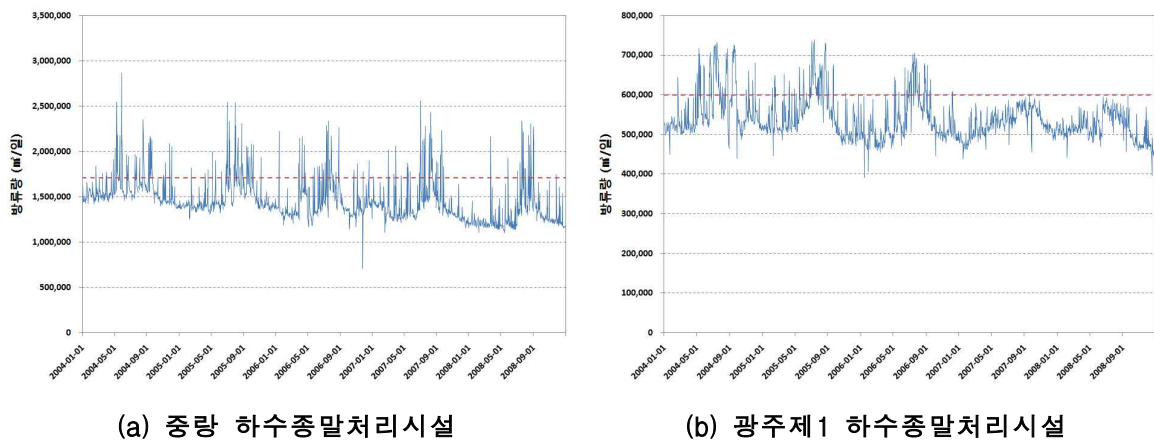


그림 1. 하수종말처리시설의 방류 실적 시계열 자료

3. 분석 방법

하수종말처리시설의 방류수량이 하천유량에 기여하는 정도를 판단하기 위하여 분석 대상 지점별로 관측유량, 하천유지유량 고시 값과 비교를 수행하였다. 기여도 분석은 관측유량 대비, 하천유지유량 대비 방류수량이 차지하는 비율을 산정하여 최대, 최소 및 평균을 검토하였다. 이와 함께 분석 대상 하수종말처리시설의 방류수량 자료에 대한 유행분석을 수행하고 그 결과를 각 지점별 관측유량의 유행분석 결과와 비교하였다.

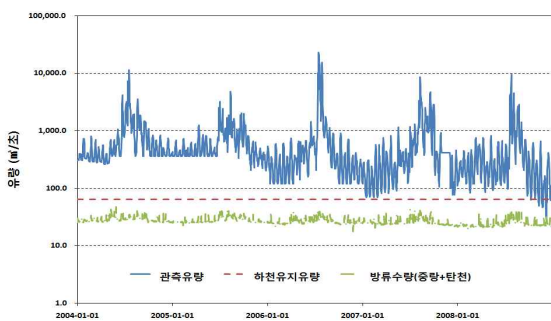
4. 결과 검토

하수종말처리시설 방류수량이 하천유량에 기여하는 정도를 판단하기 위하여 먼저 관측유량 자료 및 하천유지유량 고시 값과 방류수량 실적자료를 비교하였다. 시계열 자료를 이용하여 하천의 관측유량 대비 방류수량이 차지하는 비율에 대한 검토를 수행하였으며, 분석 대상 지점별로 고시되어 있는 하천유지유량과 비교도 함께 수행하였다. 이 때 분석을 위한 자료에서 홍수기(6~9월)에 해당하는 자료는 고려 대상에서 제외하였으며, 그 외 기간의 자료를 이용하여 분석을 수행하였다. 표 2는 4개 지점에 대해 하수종말처리시설 방류수량과 관측유량 및 하천유지유량을 비교한 결과를 정리한 것이며, 그림 2는 4개 지점의 관측유량 및 하천유지유량과 해당 지점 상류에 위치한 하수종말처리시설에서의 방류 실적 자료를 함께 도시하여 나타낸 것이다. 표 2에 정리된 결과를 살펴보면 먼저 한강 본류에 위치한 한강대교의 경우 상류의 중랑 및 탄천 하수종말처리시설에서 방류되는 방류수량이 하천유량의 11% 정도를 차지하는 것으로 나타나고 있다. 이

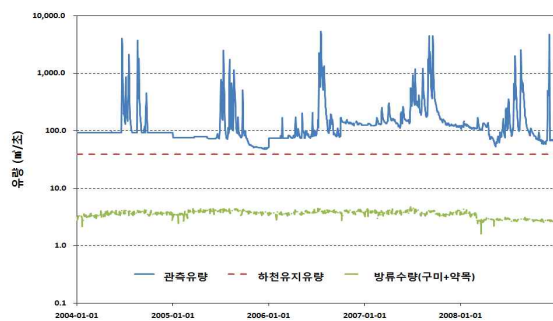
비율은 갈수기 하천유량이 감소하였을 경우 최대 약 83%까지 하수처리수의 비중이 증가하는 것으로 나타나고 있으며, 한강대교 지점에 설정된 하천유지유량 대비 약 40%의 비율을 나타내고 있는 것으로 분석되었다. 낙동강 본류의 왜관 지점의 경우 하천의 관측유량 대비 약 4% 정도의 비율을 나타내고 있으며, 왜관 지점에 설정된 하천유지유량과 비교할 경우 평균 9% 정도의 비율을 차지하는 것으로 나타나고 있다. 금강의 제1지류인 미호천에 위치한 석화 지점에서는 청주 하수종말처리시설에서 방류되는 최종처리수가 하천유량의 약 17% 정도를 차지하고 있는 것으로 나타났으며, 석화 지점에 고시된 하천유지유량과 비교한 결과 103% 정도로 나타나 하수처리수의 방류수량이 하천유지유량 고시 값과 유사한 수준인 것으로 분석되었다. 마지막으로 영산강 본류에 위치한 나주 지점의 경우 상류의 광주제1, 광주제2 하수종말처리 시설로부터 방류되는 방류수량은 하천유량 대비 약 49% 정도의 비율을 나타내고 있으며, 하천유지유량 고시 값과의 비교 결과 평균 298% 정도의 비율을 나타내고 있다. 그림 2를 통해 하천유량 및 하천유지유량 고시 값과 방류 실적 자료를 구체적으로 확인할 수 있으며, 앞서 언급한 바와 같이 석화 지점의 경우 청주 하수종말처리시설을 통한 방류수량이 하천유지유량 고시 값과 유사한 수준을 나타내고 있음을 알 수 있다.

표 2. 하천유량 대비 하수종말처리시설 방류수량 비율 검토 결과

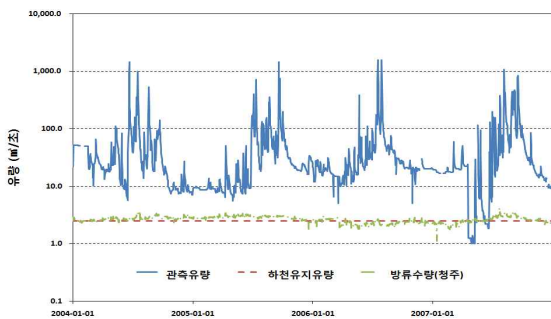
지 점	관측유량 대비 방류수량 비율(%)			하천유지유량 대비 방류수량 비율(%)		
	최대	최소	평균	최대	최소	평균
한강대교	82.9	0.9	10.9	74.2	27.8	40.2
왜 관	8.0	0.1	3.9	11.7	3.9	9.0
석 화	85.3	0.5	17.3	138.5	44.1	103.1
나 주	103.4	2.4	48.8	402.9	240.1	297.6



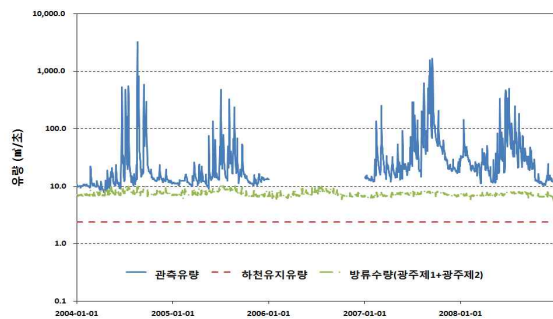
(a) 한강대교



(b) 왜관



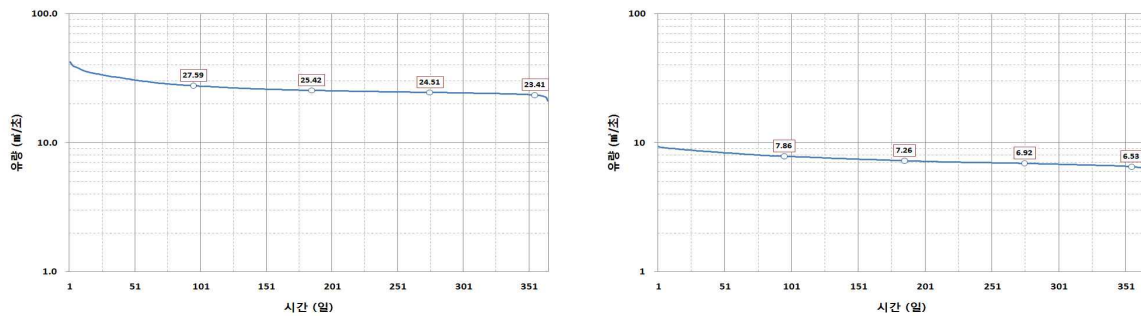
(c) 석화



(d) 나주

그림 2. 하천유량과 하수종말처리시설 방류수량 비교

하수종말처리시설에서 하천으로 방류되는 방류수량이 하천유량의 유행에 있어 어느 정도 비중을 차지하고 있는지를 판단하기 위해 유행분석을 수행하였다. 유행분석을 통해 분석 대상 하수종말처리시설의 방류수량에 대한 유행곡선을 작성하여 검토하였다. 그림 3은 분석 대상 하수종말처리시설 중 한강유역의 중랑 및 탄천 하수종말처리시설, 영산강유역에 위치한 광주제1 및 제2 하수종말처리시설에 대한 유행곡선을 나타내고 있다. 유행곡선 작성을 통해 하수종말처리시설을 통해 하천으로 방류되는 하수처리수는 비교적 일정한 값을 나타내고 있으며, 큰 편차를 보이고 있지 않음을 알 수 있다. 이러한 결과는 하수종말처리장을 통해 하천으로 방류되는 물이 비교적 일정함을 알려주는 결과라 할 수 있으며, 하천유량 관리 입장에서 이를 고려할 경우 갈수기에도 하천에 유지될 수 있는 보장유량의 개념으로 이를 이용할 수 있을 것으로 판단된다. 즉, 갈수기에 상류로부터 유입되는 하천유량이 감소하더라도 하수종말처리시설을 통해 하천으로 방류되는 물은 일정한 수준을 유지하게 되므로 하천유량 관리의 최소 유량 기준으로 활용할 수 있을 것이다.



(a) 중랑 및 탄천 하수종말처리시설

(b) 광주제1 및 제2 하수종말처리시설

그림 3. 하수종말처리시설 방류수량에 대한 유행곡선

5. 결론

본 연구에서는 하수종말처리시설을 통해 하천으로 방류되는 최종처리수의 양을 검토하여 하천유량에 기여하는 정도를 파악하기 위한 분석을 수행하였다. 분석을 통해 지점에 따라 과거 하천에 흘렀던 유량과 비교하여 평균 4~49%의 비중을 차지하고 있음을 알 수 있었으며, 최대 103% 정도의 비율을 차지하는 지점도 나타나고 있었다. 또한 하수종말처리시설의 방류수량에 대한 유행분석을 통해 비교적 일정한 양이 하천으로 방류되고 있으며, 방류수량의 최대 값과 최소 값 사이의 편차가 그리 크지 않음을 확인할 수 있었다. 따라서 하수종말처리시설로부터 하천으로 방류되는 물은 방류지점 하류 구간의 효율적인 하천유량 관리를 위해 중요한 고려사항이 될 수 있으며, 이에 대한 모니터링은 수질뿐만 아니라 수량적인 측면에서도 매우 중요한 의미를 지니고 있음을 알 수 있었다. 또한 하수종말처리시설을 통해 하천으로 방류되는 물은 하천유량 관리를 위한 최저 보장유량의 개념으로 활용할 수 있음도 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. 국토해양부(2009). 실시간 물관리 시스템 구축 연구(4차) 보고서.
2. 국토해양부(각년도). 한국수문조사연보.
3. 환경부(2008). 2007년 하수도통계.