경안 지점의 강우기 유량과 오염부하량 관계 분석

Estimate of the relationship between discharge and pollution loads at Kyungan on a rainy season

김경희*, 이연길, 이진원***, 정성원****

Kyung Hee Kim, Yeon Kil Lee, Jin Won Lee, Sung Won Jung

요 지

우리나라는 도시화, 산업화에 따른 수질저하 및 용수확보 문제를 해결하기 위하여 각종 환경기초시설의 증설과 수질개선을 위한 대책을 수립하여 왔다. 그러나 점오염원에 국한한 수질개선은 한계가 있었으며, 1995년 환경부는 전국 비점오염원 조사를 통해 비점오염원이 수질오염에 기여하는 비율이 T-N, SS는 50% 이상을 점유하고 기타 BOD, T-P도 20~30% 수준임을 밝힌 바 있다. 이에 정부는 오염총량관리제를 도입하여 비점오염원의 관리를 시작하였으나, 강우시 정확한 유량자료를 바탕으로한 수질 측정자료의 부족으로 비점오염원 관리에 있어 어려움이 따르고 있다. 따라서 본 연구에서는 비점오염원 관리 및 연구를 위한 기초자료로 활용될 수 있도록 수도권 및 인근지역 주민의 식수원인 팔당호로 직유입되고, 정확한 수질자료 확보가 필요한 경안 수위관측소 지점에서 2007년 6월~9월에 일어난 강우 중 4개의 강우사상에 대하여, 수질측정을 실시하였다. 본 연구에서 이용한 유량자료는 2007년 수위-유량관계곡선식으로 산정한 환산 유량이며, 실측한 수질자료를 바탕으로한 유량과 부하량의 관계는 통계학적으로 분석하였다. 수질측정 항목은 수온, DO, pH, EC, SS, BOD, COD_{Mn}, COD_{Cr}, T-N, T-P 등이며, BOD의 농도는 2개의 강우사상에서만 분석하였다. 현장에서 휴대용미터를 이용하여 수온, DO, pH, EC를 측정하였고, 나머지 항목은 한국건설기술연구원내 환경정밀분석센타에 의뢰하였다. 각 항목별 유량-부하량 관계식은 기존의 지수식이 아닌 선형이나 다항식으로 산정하였다. 다항식으로 산정된 식의 결정계수(R^2)는 BOD, T-N 항목을 제외한 각 항목에서 0.6 이상의 값을 가졌다. 항목별로 보면 SS는 0.90, COD_{Mn}은 0.87, COD_{Cr}은 0.84, T-P는 0.62의 값을 가졌다. 또한, T-N은 0.53, BOD는 0.32의 값을 가져 유량과 부하량의 관계가 거의 상관성이 없는 것으로 나타났다. BOD의 경우는 4개의 강우사상 중 2개의 강우사상에서만 분석되어 다른 항목에 비해 실측자료가 부족한 관계로 그 특성을 판단하기 어려웠다. 본 연구가 주로 홍수기에 이루어져 실측자료가 많지 않았기 때문에 본 연구의 대상지점을 대표할 수 있는 유량-부하량 관계식으로는 미흡한 한 것으로 분석되었다. 본 연구자료를 기초로 장기간 많은 자료를 확보하여 유량-부하량 관계식을 수정·보완한다면, 차후 비점오염원 관리의 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

핵심용어 : 비점오염원, 수질측정, 수위-유량관계곡선식, 유량-부하량 관계식

1. 서 론

하천은 인류가 가꾸어 나가고 보호해야 할 중요한 삶의 터전이라 할 수 있다. 그러나 근대화 이후 급속한 도시화와 산업화가 진행됨에 따라 하천의 자정능력, 하천수질, 수량, 동식물의 서식처,

* 정회원·유량조사사업단 유량조사실·E-mail : kkh8271@kict.re.kr
** 정회원·유량조사사업단 유량조사실·E-mail : sugawon@kict.re.kr
*** 정회원·유량조사사업단 유량조사실장·E-mail : jwlee@kict.re.kr
**** 정회원·유량조사사업단장·E-mail : swjung@kict.re.kr

경관 및 수변, 친수 공간 등에 많은 문제가 발생하였다. 하천의 수질개선 방안으로 가정하수, 산업폐수 및 축산폐수에 관한 많은 연구 및 기술개발이 실시되어, 수질개선에는 어느 정도 효과를 얻을 수 있었다. 그러나 가정하수, 산업폐수 등과 같은 점오염원에 국한한 수질보전에는 한계가 있었다. 이는 유역단위에서 강우-유출에 기인하는 비점오염원에 의한 오염물질이 하천 및 호소로 대량 유입되기 때문이며, 환경부는 1995년 전국 비점오염원 조사를 통해 비점오염원이 수질오염에 기여하는 비율이 T-N, SS 50% 이상을 점유하고, 기타 BOD, T-P 등도 20~30% 수준임을 밝힌 바 있다. 이에 따라 정부는 하천으로 유입되는 전체 오염물질의 양을 관리한다는 오염총량관리제를 도입하여 비점오염원의 관리를 시작하였다. 그러나 비점오염원의 특성상 강우, 유량, 수질의 관계를 규명할 수 있는 자료와 모니터링이 체계적으로 이루어져야 하나 과거 저·평수기 조사로 국한되었고, 강우시 측정한 자료가 있다고 하나 유출초기부터 유출이 끝날 때까지의 연속적인 자료가 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 비점오염원 관리를 위한 기초적인 자료로 활용될 수 있도록 대상지점에서 연속적인 유량 및 수질를 측정하여 그 자료를 바탕으로 유량-오염부하량의 관계를 규명하고자 하였다.

2. 연구대상 지점

본 연구의 대상지점이 위치한 경안천은 팔당호에 직 유입되고 있으며, 또한 유역 내에는 아파트단지와 축산시설 등이 입지하는 관계로 다른 하천에 비해 효율적인 수질관리가 필요한 하천이다.

경안천 유역은 국가하천으로 경안천의 상류부인 동경 127° 16‘ 47“~127° 14‘ 40“, 북위 37° 11‘ 8“~37° 21‘ 1“사이에 위치하고 있는 한강 제1지류로서, 동측으로 경안천의 최대 지류인 곤지암천 유역, 청미천 유역과 경계를 이루고 있다. 남측으로는 진위천 유역, 서측으로는 탄천유역과 각각 경계를 이루고 있는 유역으로 유역면적과 유로연장은 각각 211.40㎢, 27.30㎞이다(경안천수계하천정비기본계획, 2001). 본 유역 내 행정구역은 용인시를 비롯하여 광주군 광주읍, 오포면, 용인시 모현면, 포곡면, 양지면 등 1시, 1군, 5개 읍면 4동, 33리를 포함하고 있으며, 유역내 토지이용현황은 경지면적 42.16㎢, 임야면적 160.41㎢, 기타면적 8.83㎢로서 유역의 76%가 산지로 구성되어 있다(경안천수계하천정비기본계획, 2001).

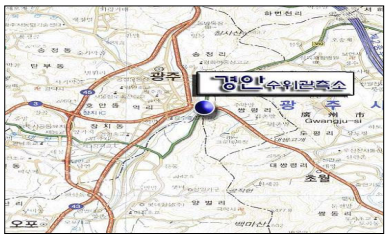


그림 1 연구대상 지점

그림 2 하류 전경

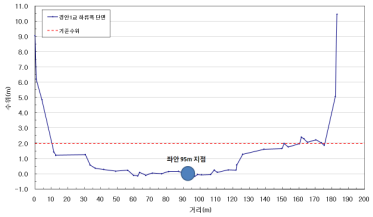


그림 3 하도단면 및 채수지점

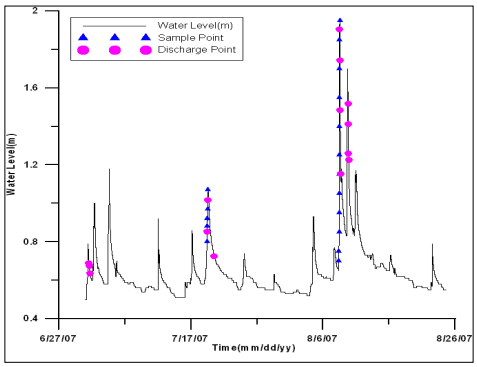
3. 수질조사 시기 및 측정방법

본 연구에서는 총 4개의 강우사상에 대해 수질조사를 수행하여 총 29개의 시료를 채수하였으며, 강우 발생 순에 따라 제1조사~제4조사로 구분하였다. 제1조사는 7월 19일 09:40~13:40까지, 제2조사는 8월 8일 08:50~12:20까지 수행되었다. 제3조사는 9월 18일 11:53~20:00까지, 제4조사는 9월 19일 22:53~9월20일 09:00까지 수행되었다. 수온, DO, pH, EC는 휴대용 DO미터와 휴대용 pH/EC미터로 현장에서 측정하였으며, 그 외의 수질항목인 SS, BOD, COD_{Mn}, COD_{Cr}, T-N, T-P 등은 한국건설기술연구원내 환경정밀분석센타에 의뢰하였다.

표 1 항목별 분석방법

시험 항목	시험규격	비고
수온	휴대용 DO meter(YSI 550A)	현장 측정
pH	휴대용 pH/EC meter(Thermo Orion 4 Star)	
EC	휴대용 pH/EC meter(Thermo Orion 4 Star)	
DO	휴대용 DO meter(YSI 550A)	
BOD	수질오염공정 시험방법	환경 정밀센타
COD	수질오염공정 시험방법	
SS	수질오염공정 시험방법	
T-N	수질오염공정 시험방법, Standard Method	
T-P	EPA Method	

그림 4 경안 수위 및 채수시점



4. 오염농도 분석

본 연구에서는 4개의 강우사상에서 채수된 시료를 분석하여 오염농도의 특성을 규명하였다. 표 2와 그림 5~7은 그 중 제3조사의 결과로서, 유출초기에는 수질농도변화가 큰 폭으로 증가하였고, 유량과 일부항목을 제외한 수질오염농도도 같은 시기에 첨두가 발생하였다. 그러나 제 1, 2 조사에서는 일부항목을 제외한 대부분의 항목에서 수질오염농도가 유량에 비해 빨리 첨두가 발생한 것으로 분석되었다. T-N, T-P 항목은 유량과 다른 경향을 보였다.

표 2 제 3 조사 수질 및 유량 조사 결과

날짜	시간	유량 (m^3/s)	SS (mg/L)	COD_{Mn} (mg/L)	COD_{Cr} (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
2007년 09월18일	11:53	38.171	25	3.0	11.8	3.4	0.2
	12:15	84.354	43	3.3	12.4	1.6	0.3
	13:00	127.867	53	3.7	14.1	7.7	0.4
	14:00	132.940	83	4.9	17.7	3.0	0.4
	17:30	76.922	56	4.3	16.9	2.9	0.9
	20:00	48.395	96	5.0	18.6	2.2	1.2

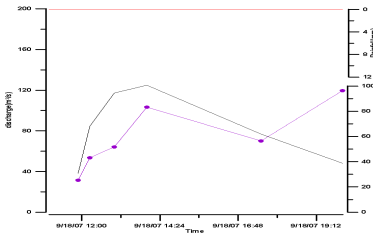


그림 5 SS 농도 변화

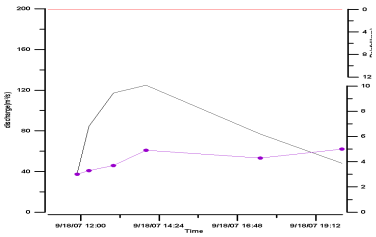


그림 6 COD_{Mn} 농도 변화

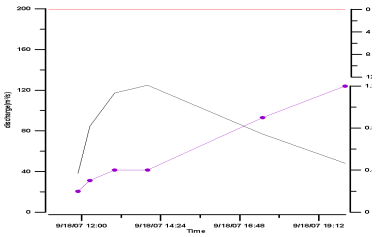


그림 7 T-P 농도 변화

5. 오염부하량 곡선식 산정

4개의 강우사상을 통해 산정한 유량과 부하량의 값들을 통계적으로 분석하여 관계식으로 나타낸 결과, 기존의 지수방정식이 아닌 선형이나 이차다항식으로 나타내었을 때 결정계수가 높게 나타났다. 그 중 이차다항식이 각 항목별로 R^2 값이 가장 높게 나타났고, BOD, T-N 항목을 제외한 모든 항목은 0.6 이상의 값을 가졌다. 특히 SS 항목의 경우가 0.90의 결정계수의 값을 가져 가장

높게 나타났다. 하천의 유기물 오염도를 나타내는 COD_{Mn}, COD_{Cr} 항목은 0.87, 0.84의 값을 가져 유의한 유량-부하량관계를 나타내었다. 그러나 BOD, T-N, T-P 항목의 경우는 각각 0.32, 0.53, 0.62로 낮은 값을 가졌다. BOD항목의 경우, 결정계수가 0.32로 가장 낮게 나타났는데, 이는 4개의 강우사상 중 2개의 강우 사상에 대해서만 조사가 실시된 관계로 다른 항목에 비해 실측치가 부족하여 발생한 것으로 판단된다.

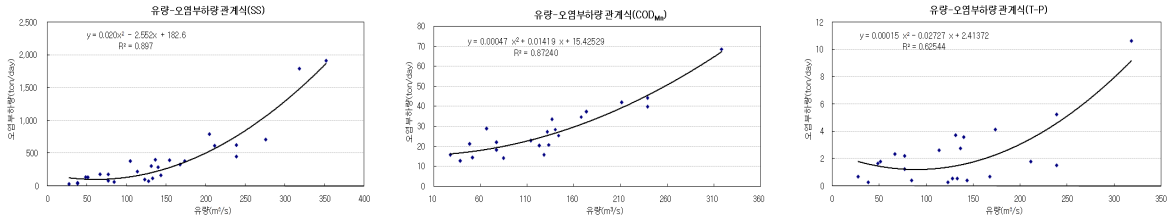


그림 8 유량-오염부하량 관계식(다항식)

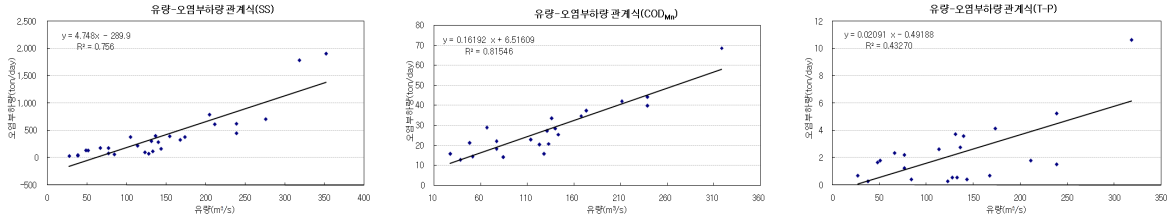


그림 9 유량-오염부하량 관계식(선형)

6. 결론

본 연구가 단기간에 이루어져 실측자료가 많지 않은 관계로 도출된 유량-부하량 관계식은 본 지점을 대표하기에는 상당히 미흡하다. 그러나 본 연구 자료를 기초로 지속적으로 현장에서 실측자료를 구축하여, 연구대상 지점을 대표할 수 있는 유량-오염부하량 관계식을 도출해 낸다면, 수질과 물 관리를 위한 자료로서 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 건설교통부(2003 ~ 2005), 한국수문자료연보
2. 국토해양부 한강홍수통제소(2007), 유량조사보고서
3. 환경부 수질측정망운영계획, 환경부고시(2007-20호, 2007년 1월 31일)