

2006년 설마천 시험유역의 유량과 수질인자의 상관관계 분석

Correlation Analysis of Runoff and Water Quality Factor of the Seolma-Cheon Experimental Catchment

김동필*, 김성훈**

Dong Phil Kim, Sung Hoon Kim

요지

본 논문의 목적은 설마천 시험유역을 대상으로 2006년의 신뢰성 있는 수문·수질자료를 바탕으로 유역의 유출거동에 따른 수질인자와의 상관관계를 분석하는데 있다. 시험유역에서는 10분 단위의 연속적인 우량 및 수위관측과 연간 30회 이상의 유량측정성과를 통하여 수위-유량관계곡선식을 개발하여 유량을 산정하고 있으며, 수질분석을 위한 시료는 유량측정시 전적비교, 사방교 지점에서 샘플을 채취하여 실험실에서 분석하였다. 실험실에서 분석한 항목은 pH, DO, BOD, COD, T-N, T-P, SS로 총 7개 항목으로 수질측정은 우기가 시작된 시기인 7월에 집중적으로 측정 분석하였으며, 7월 이후에도 각 지점당 6회의 추가 측정으로 각각 22회의 시료를 채취하여 분석하였다.

분석된 수질자료를 이용하여 2개 측정지점에 대하여 각 항목간의 상관관계를 분석하였으며, 홍수기 및 갈수기로 기간을 구분하여 각 항목간의 상관관계를 분석하였다. 2개 지점의 상관관계 분석결과 BOD는 T-P와 SS, COD는 T-N과 SS가 공통적으로 상관관계가 높은 것으로 나타나 전적비교와 사방교의 유기물 농도가 SS와 비례하는 것으로 나타났다. 또한 전적비교와 사방교간 홍수기의 상관관계를 살펴보면 COD는 T-N, SS와 그리고 SS는 COD와 공히 상관관계가 높으며 갈수기도 COD와 SS의 상관관계가 같이 높은 것으로 분석되었다.

핵심용어 : 설마천 시험유역, 유출거동, 수질자료, 상관관계

1. 서 론

한국건설기술연구원에서는 1995년부터 현재까지 설마천 시험유역을 운영해 오고 있으며, 신뢰성 있는 수문자료를 생성하여 물순환 과정을 규명하는데 있다. 그러나 자연계의 순환은 물순환 뿐만 아니라 물질순환의 측면도 대단히 중요하다. 따라서 물질순환의 측면을 강화하고자 2002년부터 수질 및 부유사량 측정을 지속적으로 해오고 있으며, 본 논문에서는 설마천 시험유역을 대상으로 2006년의 신뢰성 있는 수문·수질자료를 바탕으로 유역의 유출거동에 따른 수질인자와의 상관관계를 분석하는데 그 목적을 두었다.

시험유역에서는 10분 단위의 연속적인 우량 및 수위관측을 하고 있으며, 자료의 정리와 검토를 통하여 지점우량, 유역면적우량, 2개 수위관측소에 대표수위를 산정하고 있다. 그리고 연간 30회 이상의 유량측정성과를 통하여 유량측정성과에 대한 불확실도, 기본 수리특성 분석, 수위-유량관계곡선식을 개발하여 유량을 산정하고 있다. 산정된 유량은 연간, 월별, 주요 호우사상별 유출률을 분석을 통하여 합리적인 유출률 범위내에서 재조정절차를 거쳐 최종 유량을 확정하였다.

그리고, 수질분석을 위한 시료채취는 유량측정시 현장에서 채취하여 실험실에서 분석하였다. 실험실에서 분석한 항목은 pH, DO, BOD, COD, T-N, T-P, SS로 총 7개 항목이다. 2006년도 설마천 시험유역의 전적비

* 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구부 선임연구원, 유량조사사업단 사업관리실장·E-mail : dpkim@kict.re.kr

** 정회원·유량조사사업단 유량조사실 연구원·E-mail : kimsh75@kict.re.kr

교와 사방교에 대한 수질측정은 우기가 시작된 시기인 7월에 집중적으로 측정 분석하였으며, 7월 이후에도 각 지점당 6회의 추가 측정으로 각각 22회의 시료를 채취하여 분석하였다.

분석된 수질자료를 이용하여 2개 측정지점에 대하여 각 항목간의 상관관계를 분석하였으며, 흥수기 및 갈수기로 기간을 구분하여 각 항목간의 상관관계를 분석하였다.

2. 대상 유역

설마천 시험유역은 경기도 파주시 적성면 설마리에 위치한 영국군 전적비교를 출구로 하는 설마천 중상류 유역이다. 유역면적 8.48km², 유로연장 5.59km, 유로경사 2.15%의 특성을 갖는 전형적인 급경사 산지 시행하천이다. 본 시험유역에는 그림 1과 같이 6개의 우량관측소, 2개의 수위관측소, 2개의 지하수위관측소 및 1개의 기상관측소가 운영되고 있으며, 결측 최소화와 이상치 발생의 예방을 위하여 주 1회의 관측기기 점검, 2종 이상의 관측기기 운영, 실시간 모니터링 시스템의 운영 등을 수행하고 있다. 일상적인 관측기기의 유지관리와 수문기상관측 및 관측자료의 검토 등 일련의 수문관측 및 자료처리 과정을 통해 양질의 우량, 수위, 유량 및 기상자료는 10분 단위, 지하수위관측 자료는 1시간 단위로 생성하며, 수문관련 연구에 활용되도록 수문 D/B에 등록하여 일반에게 제공하고 있다. 또한, 실시간 모니터링 시스템을 통해 설마천 시험유역 홈페이지(<http://kict.datapcs.co.kr>)나 핸드폰을 통해서도 실시간으로 자료를 확인할 수 있도록 하고 있다.

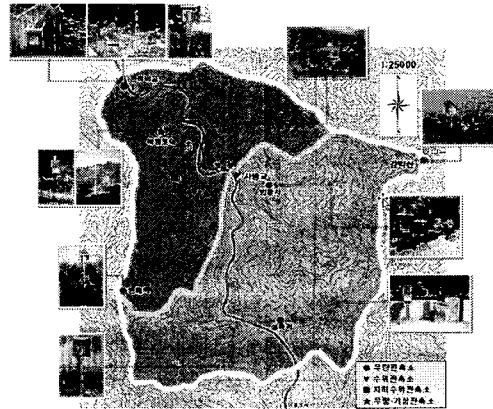


그림 1 설마천 시험유역도

3. 수질측정 현황 및 분석

3.1 수질측정 현황

수질은 유량측정시 현장에서 시료를 채취하여 실험실에서 분석하였다. 실험실에서 분석한 항목은 pH, DO, BOD, COD, T-N, T-P, SS 총 7개 항목이다. 2006년 설마천 시험유역의 전적비교와 사방교에 대한 수질측정은 우기가 시작되는 시기인 7월에 집중적으로 하였으며, 강우가 시작되는 시점에서 시료 채취를 시작하여 유량이 증가하고 감소하는 구간까지 호우사상을 중심으로 하였다. 그리고 상대적으로 강우량과 유량이 적은 시기인 가을에도 각 지점당 6회의 시료 채취를 실시하여 7월 16회, 9월 2회, 10월 2회, 11월 2회 등 2개 지점에 대해 각각 22회를 하였으며, 그림 2~3은 전적비교와 사방교에서 측정하여 분석한 수질자료를 나타내고 있다.

3.2 상관관계 분석

3.2.1 측정지점별 분석

측정된 수질자료를 이용하여 각 항목간 상관관계 분석을 표 1~2와 같이 전적비교와 사방교로 나누어 수행하였으며, 그 결과 2개 지점에서 측정한 시험항목의 농도의 증감형태가 비교적 유사한 패턴을 나타내었으며, 특히 전적비교와 사방교 모두 COD와 SS, T-N의 농도가 7월 말에 동시에 증가함을 나타내고 있어 상하류간 밀접한 상관관계가 있음을 알 수 있다.

2개 지점의 상관관계 분석결과 유량자료와 pH의 상관관계가 비교적 높게 나타나고 있다. 또한 수질측정 항목간 중 전적비교에서 BOD는 T-P, SS와 COD는 T-N, SS와 상관관계가 높았다. 사방교는 BOD는 COD,

T-N, T-P, SS와 상관관계가 높았으며 COD는 BOD, T-P, T-N, SS와 T-N은 COD, BOD외에 T-P, SS 그리고 T-P는 COD, BOD, T-N, SS와 상관관계가 높았다. 전적비교와 사방교의 상관분석 결과 BOD는 T-P와 SS COD는 T-N, SS와 상관관계가 높은 것으로 나타나 전적비교와 사방교의 유기물 농도가 SS와 비례하는 것으로 분석되었다.

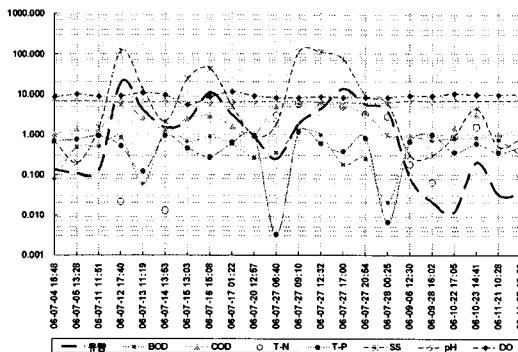


그림 2. 수질측정 현황(전적비교)

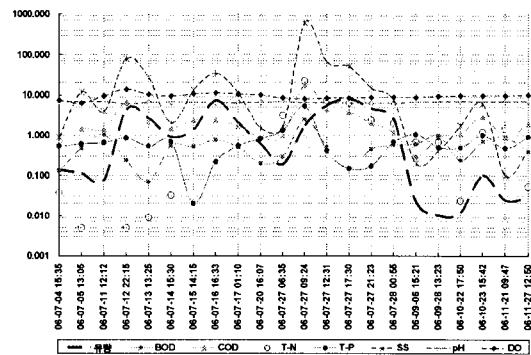


그림 3. 수질측정 현황(사방교)

표 1. 항목간 상관계수(전적비교)

항 목	수 위	유 량	BOD	COD	T-N	T-P	SS	pH	DO
수 위		0.814	0.008	0.613	0.397	-0.243	0.656	-0.879	-0.216
유 량	0.814		0.028	0.561	0.176	-0.228	0.685	-0.645	-0.138
BOD	0.008	0.028		0.271	0.101	0.417	0.413	0.147	-0.019
COD	0.613	0.561	0.271		0.719	-0.104	0.843	-0.434	-0.299
T-N	0.397	0.176	0.101	0.719		-0.026	0.579	-0.371	-0.323
T-P	-0.243	-0.228	0.417	-0.104	-0.026		0.089	0.216	0.010
SS	0.656	0.685	0.413	0.843	0.579	0.089		-0.391	-0.269
pH	-0.879	-0.645	0.147	-0.434	-0.371	0.216	-0.391		0.295
DO	-0.216	-0.138	-0.019	-0.299	-0.323	0.010	-0.269	0.295	

표 2. 수질자료 항목간 상관계수(사방교)

항 목	수 위	유 량	BOD	COD	T-N	T-P	SS	pH	DO
수 위		0.878	-0.043	0.374	0.295	-0.008	0.265	-0.843	0.226
유 량	0.878		-0.125	0.237	0.216	-0.181	0.115	-0.723	0.206
BOD	-0.043	-0.125		0.716	0.736	0.789	0.799	-0.055	-0.170
COD	0.374	0.237	0.716		0.892	0.854	0.966	-0.404	0.006
T-N	0.295	0.216	0.736	0.892		0.845	0.931	-0.282	-0.337
T-P	-0.008	-0.181	0.789	0.854	0.845		0.927	-0.088	-0.204
SS	0.265	0.115	0.799	0.966	0.931	0.927		-0.285	-0.149
pH	-0.843	-0.723	-0.055	-0.404	-0.282	-0.088	-0.285		-0.396
DO	0.226	0.206	-0.170	0.006	-0.337	-0.204	-0.149	-0.396	

3.2.2 홍수기 및 갈수기시 지점별 상관관계 분석

수질자료를 이용하여 전적비교와 사방교의 홍수기와 갈수기의 수질항목간 상관관계를 분석하였다. 강우가 시작되는 홍수기에 대하여 표 3과 표 5와 같이 각 항목간의 상관관계 분석을 수행한 결과 전적비교에서는

유량과 COD, SS, pH가 비교적 상관관계가 높게 나타났으며 사방교에서는 유량과 pH의 상관관계가 높게 나타났다. 또한 갈수기에 대한 상관관계 분석결과는 표 4와 표 6에 각각 나타냈으며 전적비교에서는 유량과 COD, T-N, SS의 상관관계가 높게 나타났으며 사방교에서는 유량과 COD, T-P, SS의 상관관계가 비교적 높게 나타났다.

수질측정 항목 중 전적비교의 홍수기를 살펴보면 BOD는 SS, T-P와 COD는 T-N, SS가 상관관계가 높게 나타났으며 SS는 BOD, COD, T-N와 상관관계가 높게 나타났고, 갈수기는 BOD는 T-N과 COD는 T-N, SS와 상관관계가 높게 나타났다. 따라서 홍수기와 갈수기의 공통점은 COD는 T-N, SS와 T-N은 COD, SS가 공통적으로 상관관계가 높아 유량의 변화와 무관하게 상관관계가 지속되는 것을 알 수 있으며 다른 항목들은 계절과 유량에 서로 상관관계가 다소 떨어지는 것을 알 수 있다.

사방교의 홍수기를 살펴보면 BOD는 COD, T-N, T-P, SS의 상관관계가 높았으며 COD는 BOD, SS, T-P, T-N과 T-N은 BOD, COD, T-P, SS와 상관관계가 높은 것으로 나타났다. 또한 갈수기를 살펴보면 BOD와 T-N의 상관관계가 높았으며 COD는 SS와 상관관계가 높게 나타났다. 따라서 홍수기와 갈수기의 공통점은 BOD와 T-N, SS와 COD가 공히 상관관계가 높아 유량의 변화와 무관하게 상관관계가 지속되는 것을 알 수 있다. 또한 전적비교와 사방교간 홍수기의 상관관계를 살펴보면 COD는 T-N, SS 그리고 SS는 COD와 공히 상관관계가 높으며 갈수기는 COD와 SS의 상관관계가 같이 높은 것으로 분석되었다.

표 3. 수질자료 항목간 상관계수(전적비교, 홍수기)

항 목	수 위	유 량	BOD	COD	T-N	T-P	SS	pH	DO
수 위		0.783	0.141	0.531	0.337	-0.329	0.591	-0.837	-0.028
유 량	0.783		0.111	0.499	0.098	-0.270	0.634	-0.582	-0.010
BOD	0.141	0.111		0.385	0.127	0.467	0.533	0.081	-0.071
COD	0.531	0.499	0.385		0.705	-0.106	0.840	-0.260	-0.235
T-N	0.337	0.098	0.127	0.705		-0.003	0.553	-0.311	-0.291
T-P	-0.329	-0.270	0.467	-0.106	-0.003		0.099	0.406	0.083
SS	0.591	0.634	0.533	0.840	0.553	0.099		-0.214	-0.177
pH	-0.837	-0.582	0.081	-0.260	-0.311	0.406	-0.214		0.069
DO	-0.028	-0.010	-0.071	-0.235	-0.291	0.083	-0.177	0.069	

표 4. 수질자료 항목간 상관계수(전적비교, 갈수기)

항 목	수 위	유 량	BOD	COD	T-N	T-P	SS	pH	DO
수 위		0.964	0.208	0.687	0.512	0.020	0.771	-0.096	-0.186
유 량	0.964		0.335	0.802	0.631	0.069	0.898	-0.300	-0.143
BOD	0.208	0.335		0.139	0.633	0.046	0.349	-0.733	-0.289
COD	0.687	0.802	0.139		0.722	-0.233	0.960	-0.180	0.408
T-N	0.512	0.631	0.633	0.722		-0.484	0.790	-0.283	0.289
T-P	0.020	0.069	0.046	-0.233	-0.484		-0.092	-0.598	-0.778
SS	0.771	0.898	0.349	0.960	0.790	-0.092		-0.370	0.172
pH	-0.096	-0.300	-0.733	-0.180	-0.283	-0.598	-0.370		0.447
DO	-0.186	-0.143	-0.289	0.408	0.289	-0.778	0.172	0.447	

표 5. 수질자료 항목간 상관계수(사방교, 홍수기)

항 목	수 위	유 량	BOD	COD	T-N	T-P	SS	pH	DO
수 위		0.898	0.020	0.297	0.235	-0.075	0.177	-0.825	0.396
유 량	0.898		-0.106	0.148	0.146	-0.233	0.023	-0.651	0.263
BOD	0.020	-0.106		0.801	0.787	0.846	0.870	-0.081	-0.173
COD	0.297	0.148	0.801		0.896	0.877	0.971	-0.359	0.006
T-N	0.235	0.146	0.787	0.896		0.862	0.929	-0.218	-0.337
T-P	-0.075	-0.233	0.846	0.877	0.862		0.945	-0.066	-0.202
SS	0.177	0.023	0.870	0.971	0.929	0.945		-0.222	-0.144
pH	-0.825	-0.651	-0.081	-0.359	-0.218	-0.066	-0.222		-0.541
DO	0.396	0.263	-0.173	0.006	-0.337	-0.202	-0.144	-0.541	

표 6. 수질자료 항목간 상관계수(사방교, 갈수기)

항 목	수 위	유 량	BOD	COD	T-N	T-P	SS	pH	DO
수 위		0.978	0.016	0.835	0.446	0.608	0.843	-0.136	0.278
유 량	0.978		0.081	0.849	0.453	0.557	0.919	-0.210	0.210
BOD	0.016	0.081		-0.138	0.786	-0.223	-0.065	-0.537	-0.256
COD	0.835	0.849	-0.138		0.097	0.357	0.831	0.288	0.634
T-N	0.446	0.453	0.786	0.097		-0.023	0.274	-0.537	-0.161
T-P	0.608	0.557	-0.223	0.357	-0.023		0.364	-0.379	-0.218
SS	0.843	0.919	-0.065	0.831	0.274	0.364		-0.125	0.193
pH	-0.136	-0.210	-0.537	0.288	-0.537	-0.379	-0.125		0.872
DO	0.278	0.210	-0.256	0.634	-0.161	-0.218	0.193	0.872	

4. 결 론

설마천 시험유역은 산림지역이 96%를 점유하고 있는 전형적인 산지 소하천 유역이며, 3개의 군부대와 하천을 따라 24여개의 휴게소가 위치하고 있다. 여름철의 피서객의 활동이 많은 시기와 우기 시작되는 시기인 7월과 우기가 끝난 9월 이후 가을철의 시기를 선택하여 오염원의 거동을 분석하였다. 오염원의 유입과 유출이 비교적 적은 유역이지만 크고 작은 유량의 변화에 따른 수질인자와의 연속적인 상관관계와 수질항목간의 상관관계를 분석하였다. 2개 지점의 상관관계분석 결과 BOD는 T-P와 SS, COD는 T-N과 SS가 공통적으로 상관관계가 높은 것으로 나타나 전적비교와 사방교의 유기물 농도는 SS와 비례하는 것으로 나타났다. 또한 전적비교와 사방교간 홍수기의 상관관계를 살펴보면 COD는 T-N, SS와 그리고 SS는 COD와 공히 상관관계가 높으며 갈수기는 COD와 SS의 상관관계가 같이 높은 것으로 분석되었다.

향후 지속적인 모니터링을 수행하여 다양한 강우와 유량의 변화에 따른 수질측정이 수행된다면 보다 정밀한 수질자료의 구축이 가능할 것이며, 정량적인 물질순환을 해석할 수 있는 기반을 구축할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. 한국건설기술연구원(2006), 시험유역의 운영 및 수문특성 조사(건기연 2006-062).
2. 한국수자원학회 학술발표회 논문집(2006), 설마천 시험유역의 유량과 수질인자의 상관관계 분석.