

한강유역의 수량과 수질관계 분석

Relationships between Water Quality and Quantity in the Han-River Basin

○정규연¹⁾, 이동률²⁾

1. 서론

급증하는 용수수요와 수질이 악화되는 상황에서 수자원 분배문제를 해결하기 위해서 대부분의 선진국에서는 수량과 수질을 고려한 통합관리 및 유역별 관리를 기본으로 하고 있다. 우리나라 또한 수자원 정책에서 직면하고 있는 가장 어려운 문제가 농업, 생활 및 공업용수의 수요는 지속적으로 증가하고 있어 용수부족이 예상되는 반면 상수원 및 먹는물의 오염 등 최종 수용자들에게 공급되는 수질은 악화되고 있다는 것이다.

물문제의 근원적 해결을 위해서는 수량과 수질문제가 동시에 고려되어야 한다. 국립환경연구원에서 한강수질검사소와 함께 한강수계 주요 하천의 유량을 분류와 지류에 대해 1999년 계절별로 4회 실시하여 조사한 사례가 있지만[국립환경연구원, 1999], 우리나라는 현재 건설교통부가 수량관리로서 이수와 치수관리기능을, 환경부가 수질관리로서 원수와 정수관리업무를 관장하여 수량과 수질을 연계한 통합관리가 어려워 최적의 물관리가 곤란한 실정이다. 또한 물관리와 관련한 법령도 조직체계의 구성에 맞추어 하천 및 수량관련법은 건설교통부, 재해관련법은 행정자치부, 수질관련법은 환경부에서 관리하고 있다. 수법체계는 수량관리, 수질관리 및 물관련 재해관리의 세 가지 영역으로 구분되며, 이들 법령은 목적별로 소관부처가 다원화되어 있고, 수자원의 보전, 개발 및 이용주체도 다원화되어 있어, 종합적·체계적 관리가 어려운 실정이다.

본 연구에서는 한강수계를 대상으로 하여 환경부에서 운영하고 있는 수질측정망 지점과 건설교통부에서 관리하고 있는 유량관측소 지점 중 일부를 선정하여 유량과 생물화학적산소요구량(BOD), 부유물질량(SS), 용존산소량(DO), 총인(TP), 총질소(TN)의 오염물질농도 곡선을 비교 분석하고, 수량과 수질 사이의 상관성을 분석하였다.

1) 한국건설기술연구원 수자원환경연구부 연구원

2) 한국건설기술연구원 수자원환경연구부 수자원연구그룹 그룹장

2. 대상지점 선정 및 연구방법

우리나라는 전국에 1,800여개 지점의 수질측정망이 하천수, 호소수, 상수원수, 농업용수 등으로 구분되어 운영되고 있는데 이는 건설교통부의 유량측정지점과 동일하지 않다. 따라서 본 연구에서는 수질측정지점 중 수질측정망 운영계획에 명시되어 있는 수위관측소지점을 우선으로 하여 선정하였다. 유량측정지점이 있는 곳은 그 지점으로 하였으며, 없는 곳은 가장 인접한 곳을 선택하여 본류, 지류, 댐으로 분류하여 지점을 결정하였다. 각 지점의 수질측정지점과 유량측정지점은 표 1에 나타낸 것과 같다.

유량과의 상관성은 하천 및 호소의 수질환경기준에 중요한 인자인 용존산소량(DO), 생물화학적 산소요구량(BOD), 부유물질량(SS), 총인(TP), 총질소(TN)에 대해 1997년에서 2000년까지의 월별 수질자료와 채수일자과 같은 날의 유량자료를 발췌하여 실시하였으며, 계절별 수질동향은 1995년~2001년, 가뭄과 수질의 관계는 1990년~2001년까지의 자료를 이용하여 분석하였다. 수질은 환경부에서 운영하고 있는 수질측정망자료, 유량은 건설교통부에서 관리하고 있는 유량측정소자료, 가뭄 자료는 기상청자료를 각각 이용하였다.

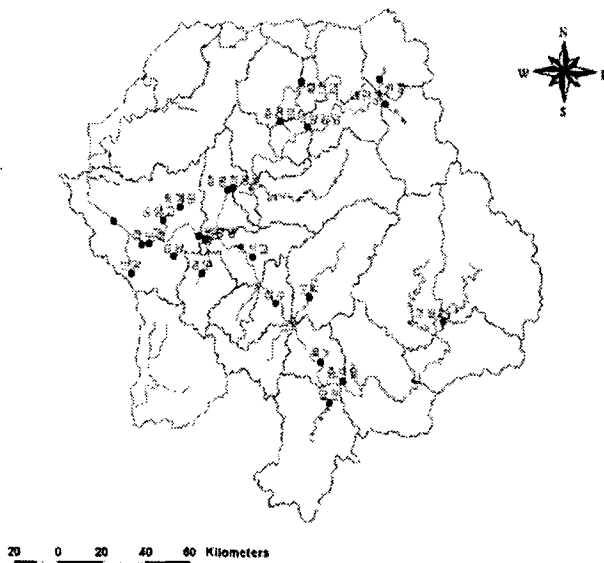


그림 1. 분석대상 유량측정소 위치도

표 1. 유량 및 수질측정지점

구분	유량측정지점명	수질조사지점명
본류	영월2	영월1
	목계	중원
	여주	여주1
	청평	대성리
	팔당대교	팔당
	잠수교	보광
	한강대교	노량진
지류	행주대교	행주
	달천	달천4
	문막	섬강4
	흑천교	흑천2
	원통	인북천2
	내린천	내린천2
	경안	경안천4
	퇴계원	왕숙천2
	성남	탄천4
	중랑교	중랑천3
댐	안양	안양천3
	화천댐	화천댐1
	춘천댐	춘천댐2
	소양강댐	소양강댐1
	청평댐	청평댐1
	팔당댐	팔당댐2
	충주댐	충주댐1

3. 분석결과 및 검토

3.1 유량과 수질항목간 상관성 분석

수량과 수질 모두 결측이 없는 자료를 발췌하여 분석해야 하므로 일부지점은 분석자료수가 상관성 분석을 하는데 있어서는 적은 곳도 있었으나, 표 2에 나타낸 바와 같이 상당수의 지점에서 인자별로 비슷한 경향을 나타냈다.

일반적으로 수온과 기압에 영향을 받는 DO의 경우, 유량과는 대표성을 떨어진 상관성은 나타나지 않았으며, 통상 유량이 많으면 농도가 낮아지고 유량이 적으면 높아지는 음의 관계를 나타내는 BOD, TN, TP는 그 현상이 뚜렷이 나타나는 지점도 있었지만 그렇지 않은 지점도 있었는데 이는 비점오염원의 영향을 받는 것으로 추정할 수 있었다. 분석대상 인자 중 가장 상관성이 뚜렷이 나타난 항목인 SS는 유량에 많은 영향을 받는 것으로 나타났으며, 서울시 수도기술연구소 [2001]의 분석과 비슷한 결과이다.

표 2. 유량과 수질항목간 상관분석 결과

지점명	분석자료수	DO	BOD	SS	TN	TP
영월2	44	-0.410**	-0.114	0.386**	0.270	-0.014
목계	41	-0.205	-0.254	0.693**	0.033	0.347**
여주	45	-0.178	-0.095	0.891**	0.093	0.307*
청평	46	0.051	-0.147	0.048	-0.108	-0.081
팔당대교	47	-0.355*	-0.370*	0.399**	-0.153	0.361*
잠수교	47	-0.312*	-0.558**	0.409**	-0.306*	-0.511**
한강대교	48	-0.268	-0.357*	0.360*	-0.306*	-0.271
행주대교	30	-0.073	-0.433*	0.164	-0.224	-0.336
달천	44	-0.110	0.071	0.583**	0.212	0.470**
문막	47	-0.153	-0.101	0.536**	-0.180	-0.099
흑천교	42	-0.248	0.009	0.459**	0.106	0.157
원통	32	-0.348	-0.198	0.522**	0.064	-0.028
내린천	25	-0.173	-0.309	0.491*	0.090	0.301
경안	43	-0.074	-0.067	0.061	-0.128	-0.113
퇴계원	48	-0.443**	-0.043	0.066	-0.020	0.088
성남	35	-0.133	0.259	0.082	0.082	0.011
중랑교	47	-0.355*	-0.244	-0.177	-0.322*	-0.488**
안양	45	0.310*	-0.140	0.088	-0.333*	0.131
화천댐	48	-0.153	0.105	0.147	-0.022	0.044
춘천댐	48	-0.027	0.092	0.946**	0.000	-0.029
소양강댐	47	-0.137	0.086	0.094	0.020	0.071
청평댐	48	-0.151	0.085	0.897**	-0.028	0.040
팔당댐	48	-0.394**	-0.266	0.734**	0.477**	-0.132
충주댐	48	-0.151	0.018	-0.056	0.007	0.066

* 상관성이 0.05 수준에서 유의함
** 상관성이 0.01 수준에서 유의함

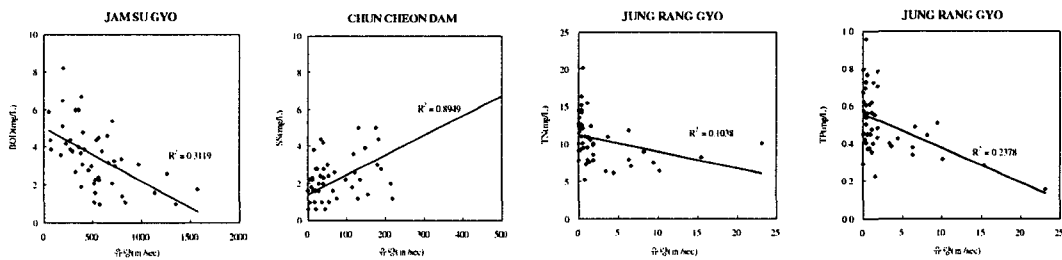


그림 2. 수질인자별 대표지점의 상관성 분석 결과

3.2 계절별 수질동향

분석대상 지점을 크게 본류, 지천, 댐방류수로 구분하여 1995년~2001년 BOD농도를 살펴본 결과를 그림 3과 같이 나타냈다. 지천에 비해 비교적 수량이 풍부한 본류는 겨울과 봄 비교적 비가 적게 내리는 계절에는 농도가 높고, 많이 내리는 여름에는 낮게 나타나는 계절적인 경향이 뚜렷이 나타났다. 반면, 지천의 경우는 그림 3에 나타난 바와 같이 뚜렷한 계절적 경향이 나타나지 않았는데, 이는 수량이 풍부하지 않을 뿐만 아니라 하수의 유입 등 비점오염원의 영향을 많이 받는 것으로 추정된다. 댐방류수는 본류와 유사하게 계절에 따른 경향이 다소 나타났지만, 강우량뿐만 아니라 댐방류량이 수질에 주요한 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 이는 박석순 외[1999]의 분석결과와 비슷하다.

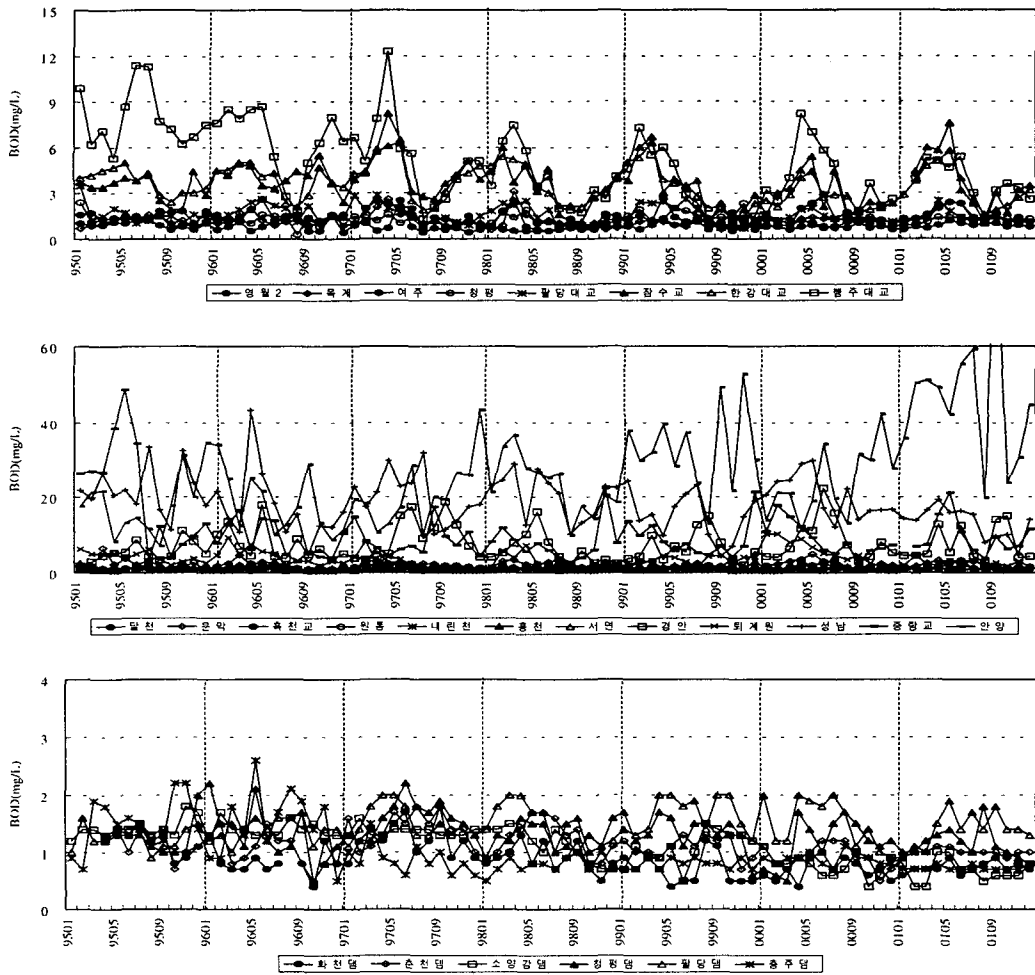


그림 3. 계절별 수질동향(1995년~2001년)

3.3 가뭄과 수질의 관계

가뭄지수는 강수, 융설, 하천유량, 저수지 저류량 등 다양한 수문성분들을 고려하여 정량화한 지표로서 습윤 혹은 가뭄의 정도를 나타내며, 가뭄자료의 기본자료로 이용된다. 대표적인 가뭄지수는 표준강수지수(SPI)와 Palmer 가뭄심도지수가 있으며, 선형적으로 강수부족에 비례하며, 확률분포형이 도입되었기 때문에 현재의 가뭄뿐만 아니라 가뭄의 종료에 필요한 강수의 확률을 결정할 수 있는 SPI를 활용하여 수질과의 관계를 분석하였다.

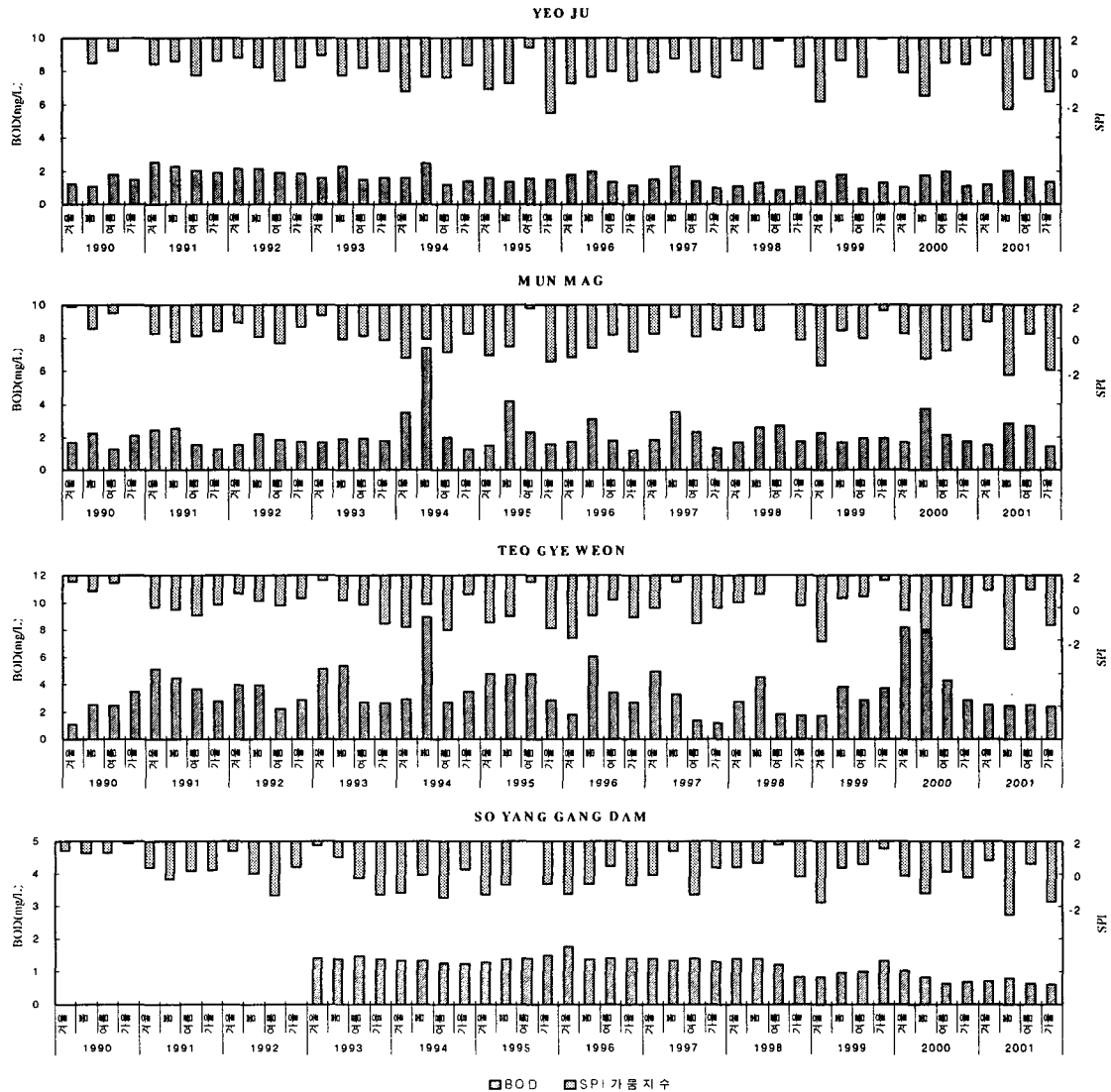


그림 4. 3개월 지속 SPI가뭄지수와 BOD 농도와의 비교

본류와 댐방류수에서 각각 1개, 지천에서 2개 지점을 선정하여 1990년~2001년 BOD농도와 SPI 가뭄지수와 비교한 결과는 그림 4와 같다. 봄(3~5월), 여름(6~8월), 가을(9~11월), 겨울(12~2월)로 나뉜 3개월 평균값을 이용한 수질자료와 3개월 지속 SPI가뭄지수를 이용하여 분석한 결과, 방류량에 영향을 받는 댐방류수를 제외한 지점에서 가뭄이 심한 해가 다른 해에 비해 비교적 BOD 농도가 높게 나타났다.

4. 결 론

한강유역의 수량과 수질의 관계를 분석하기 위해 수질측정망지점과 유량관측지점 중 일부를 선정하여 유량과 수질항목간 상관분석, 계절별 수질동향, 가뭄과 수질관계를 분석한 결과 다음과 같은 결론은 얻었다.

1. BOD, TN, TP는 전반적으로 반비례관계로 나타났다. 그러나 비점오염원의 영향을 많이 받는 지점은 다른 결과를 나타냈으며, SS는 유량과 상관성이 매우 높은 것으로 나타났다.

2. 수질의 계절적인 동향은 가뭄기간동안은 높게, 비가뭄기간동안에는 낮게 나타났으며, 본류에서 가장 뚜렷하게 나타났고, 상류에 있는 댐방류수도 수질에 미치는 영향이 큰 것으로 나타났다.

3. 수량과 수질을 비교·분석하는데 있어 상관성 분석, 가뭄지수와 비교 등을 실시하였으나 확실한 경향을 파악하기 위해서는 총량적인 개념이 들어가야 할 것으로 사료되었으며, 수질조사지점과 유량조사지점이 동일지점이나 인근지점으로 조정되어야 정확한 분석을 할 수 있을 것으로 판단되었다.

5. 참고문헌

1. 건설교통부, 1997, 1998, 유량연보.
2. 건설교통부, 1999, 2000, 한국수문조사연보(유량편).
3. 국립환경연구원, 1999, 한강수계 주요하천의 유량.
4. 박석순, 이용석, 1999, 대형 수계관리를 위한 수질모델의 개발과 적용, 대한환경공학회, 21(10), 1837-1848.
5. 서울특별시 수도기술연구소, 2001, 2000년도 수질조사 분석보고서 I.
6. 환경부, 2001, 수질측정망 운영계획.

- 감사의 글 -

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제 번호#1-5-1)에 의해 수행되었습니다.