

# 남한강 유역관리를 위한 수질 분석 및 모의

안상진\* · 김건홍\*\* · ○연인성\*\*\* · 김기석\*\*\*\*

## 1. 서 론

대하천의 수계내에는 하천과 저수시설이 네트워크로 구성되어 있으며 여러 가지의 발생원으로부터 오염물질이 유입된다. 수질 오염을 발생시키는 오염원으로는 인구, 가축, 산업폐수 등의 점오염원과 토지이용 상태 및 인위적인 비료사용 등에 의해 발생하는 비점오염원으로 구분할 수 있다. 이들의 배출지점과 강우시기에 따라 하천 및 호소의 수질은 많은 변화를 보인다. 연구에서는 남한강 수계를 소배수구역으로 구분하여 오염부하량을 산정하고 이들이 충주호에 미치는 영향과 댐방류량에 의한 하류지점의 수질변화를 분석하고자 한다.

## 2. 유역의 개황

그림 1에 나타낸 남한강의 유역면적은 약 12,514km<sup>2</sup>, 유로연장 375km로서 강원도 태백시 고목나무샘(검룡소)에서 발원하여 송천과 합류한 후 상류를 형성하고, 평창강, 제천천, 달천등이 합류하는 산악형 지형을 통과하는 대하천이다. 서울 한강대교 상류 약 41km 지점의 양수리에서 북한강과 합류하여 한강 본류를 형성한다. 충주댐 및 충주조정지댐의 방류량에 따른 수질변화를 분석하기 위한 수위관측지점과 수질조사지점을 충주댐으로부터 팔당댐까지 그림 2에 나타내었다.

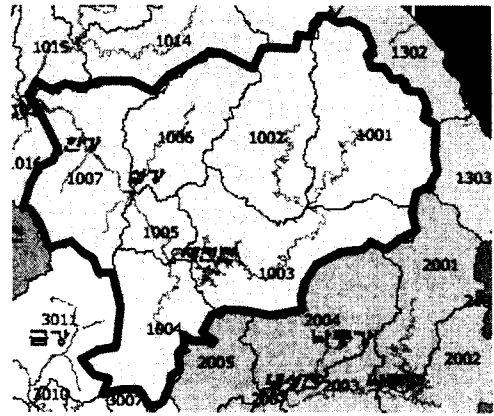


그림 1. 남한강 유역도

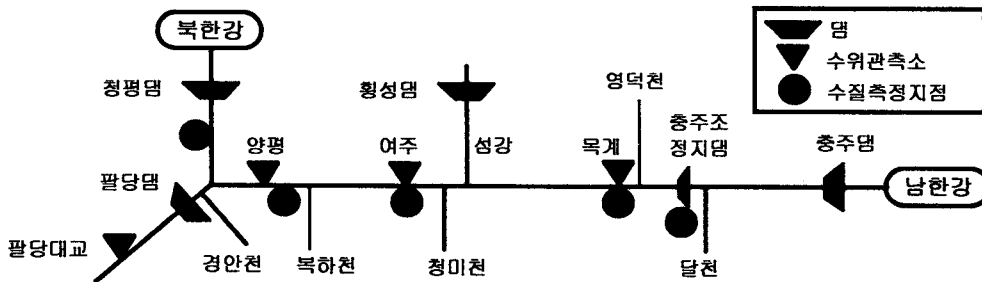


그림 2. 팔당댐 상류의 관측지점 모식도

- \* 정회원, 충북대학교 공과대학 교수
- \*\* 정회원, 인하대학교 공과대학 교수
- \*\*\* 정회원, 충북대학교 대학원 토목공학과 박사과정
- \*\*\*\* 정회원, 충북대학교 대학원 토목공학과 석사과정

팔당댐으로 유입하는 남한강 수계내 충주댐의 유역면적은 6,648km<sup>2</sup>으로 팔당댐의 유역면적 23,800km<sup>2</sup>의 28%에 해당되고, 남한강의 하류 관측지점인 양평지점의 유역면적은 12,107km<sup>2</sup>로 51%에 해당된다. 그러나 북한강에 비해 유량을 조절할 수 있는 댐의 부족으로 유출량은 더 큰 비중을 차지하는 것으로 분석되었으며 표 1에 관측지점별 년평균 유량을 나타내었다.

표 1. 관측지점별 년평균 유량 (단위 : CMS)

관측소	구분	1998년		2000년		2002년		방류량이 팔당댐에 미치는 비중
		유입량	방류량	유입량	방류량	유입량	방류량	
충주댐	남한강 수계	224.29	217.52	140.94	158.19	205.8	183.62	30~38%
충주조정지댐	남한강 수계	278.94	279.75	201.99	201.63	223.49	223.05	39~42%
횡성댐	남한강 수계	건설전	건설전	3.25	1.77	4.47	3.81	1% 미만
여주	남한강 수계	382		209.96		-		43~53%
양평	남한강 수계	-		215.75		-		44~54%
청평댐	북한강 수계	283.58		209.00		-		40~43%
팔당댐	합류점	718.55		485.48		523.8	446.5	100%
팔당대교	팔당댐하류	745.71		417.76		-		

강우가 많이 발생했던 1998년, 2000년, 2002년도를 기준으로 할 때 충주댐에서 년평균 방류하는 유량이 팔당댐의 년평균 유입량의 약 30~38%에 해당되며 충주조정지댐의 방류량은 39~42%의 비중을 차지하는 것으로 조사되었다. 월별로 저수지의 저수량 및 집중호우의 발생형태에 따라 차이는 있으나 2000년 7월과 9월은 충주댐 방류량이 42%, 46%의 비중을 차지하였다. 특히 태풍과 집중호우로 가장 큰 호우가 발생했던 2000년 8월 27일과 2000년 9월 15일은 충주댐 방류량/팔당댐 유입량의 일유량 비율이 5877CMS/7050CMS, 4154CMS/5086CMS로 모두 80%를 초과하였다. 남한강 상류지역은 홍수조절을 위한 댐이 많지 않아 호우시 한강 유량에 미치는 영향이 매우 크다고 할 수 있다. 그림 3에는 2000년의 관측지점별 최대 발생유량을 나타내었으며 충주호로 유입되는 유량이 매우 큰 것으로 나타났다. 그림 4에는 유량관측 지점별 평수량, 저수량, 갈수량에 해당하는 유황을 나타내었다.

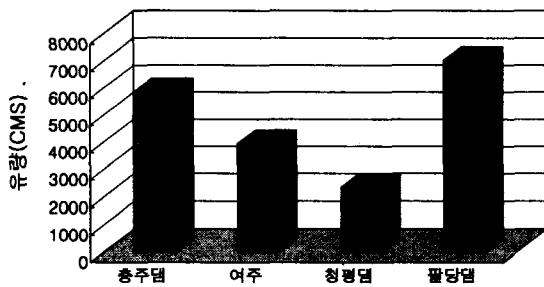


그림 3. 최대 발생유량

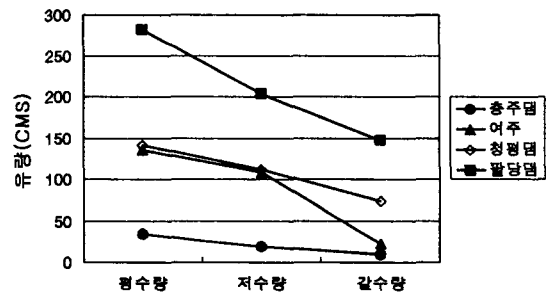


그림 4. 유량관측 지점별 유황

### 3. 오염부하량 산정 및 수질 분석

#### 3.1 오염부하량 산정

오염부하량은 각 시군 및 환경부 자료를 이용하여 산정하였으며 그림 5~8에 산정자료 중 충주댐 상류, 단양, 제천 유역의 배출부하량을 도시하였다. 충주호 유역의 BOD 배출부하량은 인구에 의한 영향이 가장 컸으며 토지, 양식장, 가축 순으로 나타났다. 또한 T-N 배출부하량은 토지이용에 의한 영향이 가장 큰 것으로 나타났다.

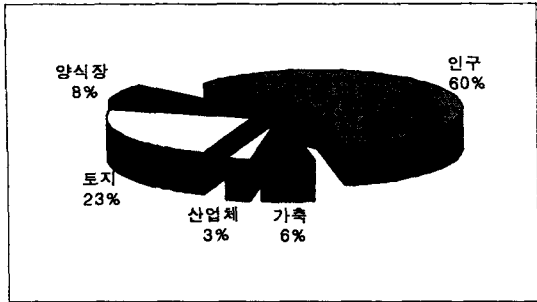


그림 5. 충주호 전체유역의 오염원별 BOD 배출부하량

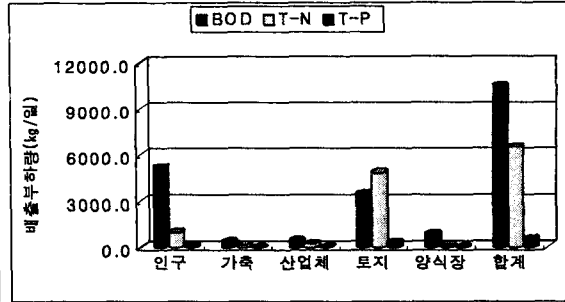


그림 6. 충주호 상류유역의 수질항목별 배출부하량

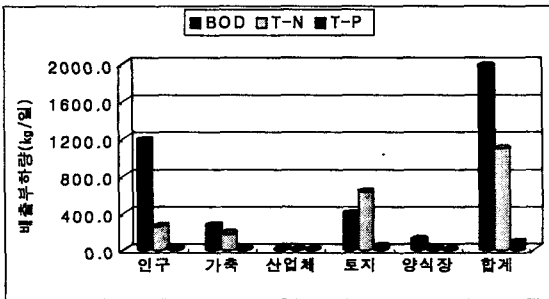


그림 7. 단양유역의 수질항목별 배출부하량

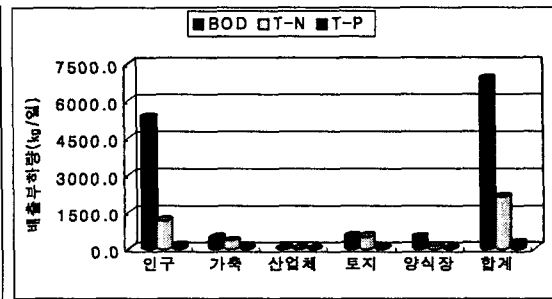


그림 8. 제천유역의 수질항목별 배출부하량

### 3.2 수질 변화

남한강 유역의 주요 지점에 대한 연도별 수질 자료는 표 2와 같다. 상수원으로 이용되는 충주댐과 황성댐의 수질은 BOD를 기준으로 점차 개선되어 1급수를 유지하는 것으로 나타났으며 달천, 섬강, 여주, 양평 지점은 2급수로 나타났다. 목계 수위표가 있는 증원은 1급수와 2급수를 반복하는 것으로 조사되었다.

표 2. 남한강 유역의 연도별 BOD 현황 (단위 : mg/L)

연도	충주댐	달천	황성댐	섬강	증원	여주	양평
1992	1.4	2.1	-	1.9	1.5	2	2.3
1993	1.2	2.2	-	1.9	1	1.7	2
1994	1.5	2.1	-	3.5	1	1.7	1.8
1995	1.5	2.2	-	2.5	1.2	1.5	1.8
1996	1.5	1.4	-	2	1.2	1.5	1.7
1997	0.9	1.4	-	2.3	1.3	1.5	2.5
1998	0.8	1.3	-	2.3	1.1	1.1	1.7
1999	0.8	1.4	-	1.9	0.9	1.3	1.7
2000	0.9	1.5	-	2.4	1.2	1.5	1.8
2001	0.7	1.9	1	2.1	1.5	1.6	2.4
2002	0.8	2.2	0.9	1.5	1.8	1.8	2.7

(자료 : 환경부)

### 3.3 유량과 수질의 관계

충주호의 방류량에 의한 하류의 수질변화를 분석하기 위해 충주조정지댐 직하류인 증원 지점과 남한강 하류에 위치한 여주 지점을 선정하였다. 증원 지점의 월평균 수질은 목계 수위관측소 지점의 자료이며 여주 지점의 수질은 여주1 측정지점의 자료이다. 유량변화에 따른 수질변화

를 나타내었으며 그림 9와 10에 도시하였다. 월평균 방류량과 월별 수질항목과의 상관관계는 뚜렷하지 않으나 홍수기와 갈수기로 구분하여 보면 BOD와 SS는 6, 7, 8, 9월의 홍수기 유량, T-N과 T-P는 갈수기 유량의 변화추이에 많은 영향을 받는 것으로 나타났다. 그림 11에 2002년 홍수기와 갈수기로 구분하여 충주조정지댐 방류량과 증원(목계리) 지점 수질항목간의 상관관계를 나타내었다.

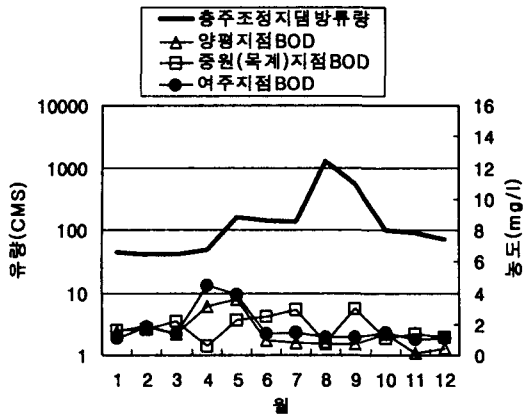


그림 9. 충주조정지댐 방류량과 BOD 관계(2002년)

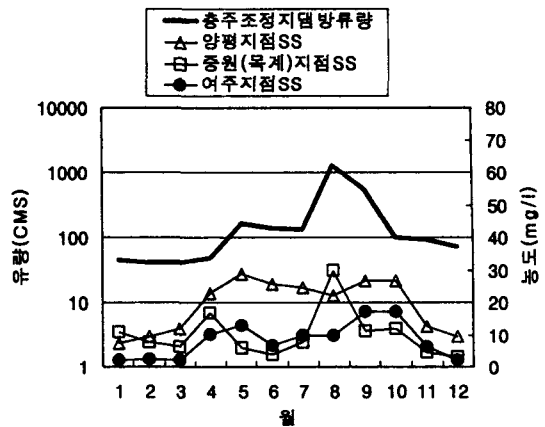
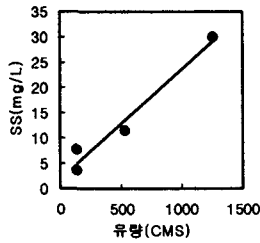
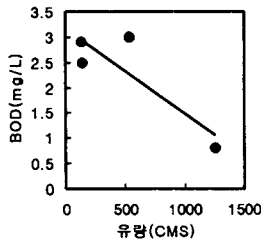
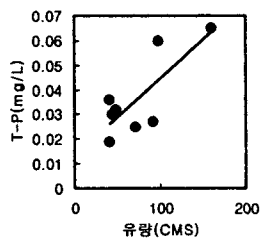
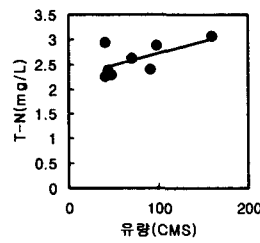


그림 10. 충주조정지댐 방류량과 SS 관계(2002년)



a) 홍수기



b) 갈수기

그림 11. 유량과 수질의 관계

#### 4. 수질 모의

남한강의 유량은 충주댐의 운영에 따라 극심한 차를 보이고 있으며 유량뿐만 아니라 수질을 좌우하는 인자는 매우 많다고 할 수 있다. 그러나 유역에 따라 지형에 의한 수문현황과 인문·사회 환경에 의한 오염부하량의 유출 조건이 모두 다르므로 정확한 관계를 규명하는 것은 매우 어려운 일이다.

신경망 모형은 입력과 출력만을 고려하여 구성이 용이하며 적은 입력자료로 모의가 가능할 뿐아니라 인자들간의 복잡한 관계를 규명하기에 적합한 비선형 모형이다. 또한 입력자료의 변화에 따른 학습을 통해 출력하기 때문에 변화에 잘 적응하는 장점을 가지고 있다.

유량 및 오염부하량과 수질항목간의 자료를 분석하여 소배수구역을 유사한 성질을 가진 여러 그룹으로 분류하고 신경망 모형의 학습에 의한 수질모의를 통해 오염원 및 유량자료가 존재하는 모든 지역에 적용할 수 있는 적용성을 검토하였다.

#### 5. 논 의

농촌, 산간지역이 대부분인 남한강 유역의 BOD 배출부하량은 인구에 의한 영향이 가장 컸으며, T-N 배출부하량은 토지에 의한 영향이 가장 큰 것으로 나타났다. BOD와 SS는 6, 7, 8, 9월의 홍수기 유량, T-N과 T-P는 갈수기 유량의 변화추이에 많은 영향을 받는 것으로 나타났다. 신경망 모형으로 오염부하량과 댐 유입 및 방류량이 수질변화에 미치는 영향을 분석하여 유사한 특성을 가진 소배수구역으로 분류하여 수질모의를 수행하고 적용성을 확인하였다.

유역의 수문 및 인문·사회 환경의 인자들은 수시로 변화하며 목표수질 달성 및 하천의 유역관리에 있어 변화에 적용할 수 있는 신경망 모형의 입력자료 갱신을 통한 수질모의 및 예측은 효용성이 있으리라 판단된다.