

한강 하류부의 수리 및 수질인자 측정

○김정수*, 한정석**, 정재욱***, 윤세의****

1. 서론

우리나라는 '60년대 이후 여러 차례에 걸친 경제개발에 따라 국민소득의 증가와 생활수준의 향상을 이룰 수 있었다. 그러나 이에 따라 발생한 다량의 오염물질에 대한 처리에 관심을 기울이지 않아 처리되지 않은 오염물질이 하천에 직접 유입되어 수질오염을 가중시키는 결과를 초래하였다. 한강유역은 '80년대 후반에 들어와서 수질이 급격히 악화되었는데 여기에는 우리나라의 산업과 인구의 밀집 외에도 자연적인 조건이나 인위적으로 변경시킨 여러가지 불리한 조건들이 수자원관리에 어려움을 더해 주고 있다.

한강상류의 수질은 일부 상류 여가 활동 시설을 제외하고 특별한 오염부하가 없어 비교적 양호한 수질을 유지하고 있다. 특히 상류의 지류와 본류는 하류에 비해 상대적으로 좋은 하천 식생에 의해 수질이 자연스럽게 개선되어 하천경관을 더욱 좋게 하는 구간이다. 그러나 한강본류의 중·하류지역은 지류로부터 유입되는 오염부하를 감당하지 못해 수질이 나빠지고 점차 하류로 갈수록 그 정도도 심해지고 있는 실정이다.

본 연구에서는 2000년 11월 2~3일에 걸쳐서 한강내 잠실수중보를 기준으로 상, 하류부 5개 단면을 대상으로 온도, PH, SS, DO, BOD, COD, TP, TN 등을 측정하고 그 결과를 1998년 11월 2~3일에 동일단면에서 측정된 수리 및 수질인자들과 비교하였다. 이를 기초로 하천설계 및 수질개선에 필요한 기초자료를 확보하는 것이 목적이다.

2. 수리 및 수질인자 측정

본 연구에서는 하천설계 및 수질개선에 필요한 기초자료를 확보하기 위하여 한강내 잠실수중보를 기준으로 상, 하류부 5개 단면에 대해서 수리 및 수질인자를 측정, 분석하였다. 1998년 11월 2~3일에 측정된 결과와 비교하기 위하여 잠실수중보 상류에서는 왕숙천 합류부 직하류 및 위커원 호텔 부근의 단면이 선택되었고, 하류의 경우, 탄천 합류부 직하류, 중랑천 합류부 직하류, 반포대교 상류구간의 순서로 각 다섯 개 단면에서 횡방향으로 좌안에서 우안까지 5~10개 지점을 선정하였다(윤세의 외 2000). 수리 및 수질인자 측정은 2000년 11월 2일에서 3일까지 2일 동안 선박을 이용하였으며 측정에 사용된 선박은 그림 1과 같다.

* 경기대학교 대학원 토목공학과 석사

** 부천대학 토목과 전임강사

*** 국립방재연구소 연구관

**** 경기대학교 토목·환경공학부 토목공학전공 교수

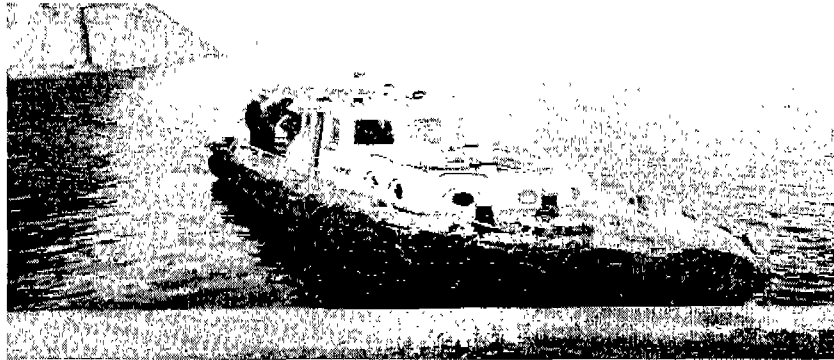


그림 1. 수리 및 수질인자 측정에 사용된 선박

측정된 수질인자는 온도, PH, 부유물질(SS), 용존산소(DO), 생물학적산소요구량(BOD), 화학적산소요구량(COD), 총인(TP), 총질소(TN) 등이며 그 중에 온도, PH, DO는 현장에서 WQC-22A 수질 측정장치를 이용하여 실측하였으며, 나머지 인자는 현장에서 표본을 채취하여 아이스 박스에 보존, 운반하여 실험실에서 분석을 실시하였다. 수리인자는 유속과 수심이다. 실측내용은 표 1과 같다.

표 1. 실측내용

실측기간	1차	① 1998년 11월 2일~3일
	2차	② 2000년 11월 2일~3일
채취단면	① 왕숙천 합류부 직하류구간, ③ 탄천합류부 직하류구간, ⑤ 반포대교 상류구간	② 위키힐 호텔 구간 ④ 중랑천 합류부 직하류구간
분석방법	○ 현장실측(온도, PH, DO, 수심, 유속) ○ 실험실 분석(SS, BOD, COD, TN, TP 등)	

본 연구에서는 GPS위치측정기(GPS IIPLUS)를 이용하여 관측위치를 파악하였으며(그림 2), 수리인자의 측정은 depth finder(그림 3)와 유량유속계 그리고 Mini Air 2 유속계 등을 사용하였다.



그림 2. GPS수신기

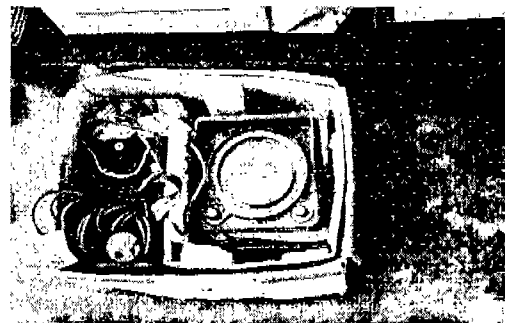


그림 3. depth finder

표 2. 수리 및 수질인자의 분석

구 분	내 용	사용기구
온도, PH	시료채취병을 통한 현장채취 분석	WQC-22A 사용
SS	여과전후의 글라스파이버여지의 무게차 산출	글라스파이버여지(GF/C), 여과기 사용
BOD	인큐베이터(20℃)에 5일간 배양후 용존산소 측정	ISA 이용
COD	중크롬산칼륨법 적용	환경오염공정시험법 기준
TN	암모니아성질소(NH ₃), 아질산성질소(NO ₂), 질산성질소(NO ₃) test	Palintest photometer
TP	PO ₄ test	"
수 심	현장 실측	depth finder
유 속	현장 실측	Mini-Air 2, 2차원 유향유속계
위 치	현장 실측	GPS II plus

표 2는 본 연구에서 측정된 각각의 수리 및 수질인자의 분석내용을 정리한 것이다. 화학적 산소 요구량은 환경오염 공정시험법에 준하여 중크롬산칼륨법을 적용하였으며, 생물화학적 산소요구량은 ISA를 이용하여 용존산소를 측정하고, 인큐베이터에 20℃ 5일 동안 배양시킨 후 BOD₅를 분석하였다. 부유물질은 미리 무게를 잰 글라스파이버여지(GF/C)를 여과기에 부착하여 일정량의 시료를 여과시킨 다음 건조된 무게를 달아 여과 전후의 글라스파이버여지의 무게차를 산출하여 부유물질을 측정하였다. 총 인과 총 질소는 Palintest photometer를 이용하여 암모니아성 질소(NH₃)시험, 아질산성 질소(NO₂)시험, 질산성 질소(NO₃)시험을 통하여 총질소를 측정하였고, PO₄ 시험을 통하여 총인을 측정하였다.

3. 결과 및 분석

그림 4~9는 2000년 11월 측정된 결과를 단면별 횡방향으로 비교한 것이다. 온도는 전체적으로 13.5℃~15.5℃ 정도로 나타났으나 중랑천 합류부에서는 17.2℃까지 올라가는 것을 볼 수 있다. PH는 대체적으로 8.2~8.9정도이며 탄천합류부에서는 5.8, 중랑천합류부에서는 7.4정도까지 측정된 지점도 관측되었다. 그림에서 측정지점 0은 하천의 좌안을 표시한다.

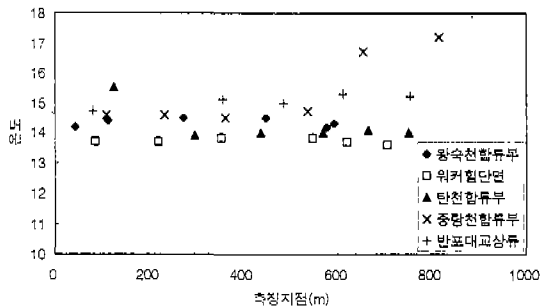


그림 4. 단면별 횡방향 온도 분포도

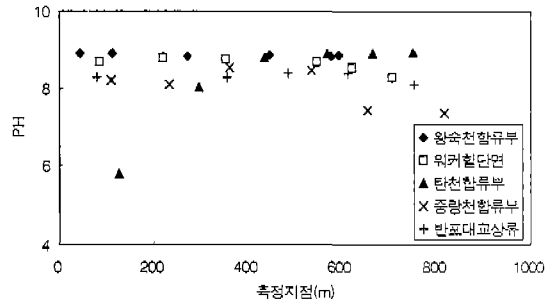


그림 5. 단면별 횡방향 PH 분포도

그림 6~7은 BOD와 SS의 측정결과이다. BOD는 탄천 및 중랑천 합류부에서 비교적 높게 나타났는데 특히, 본류에 유입되는 중랑천 하구에서는 현지실측시 실제로 다른 구간에 비해 악취를 느낄 수 있었으나 1998년도에 비해 악취 정도는 감소되었다. SS는 탄천합류부와 워커히 단면에서 높게 나타났으며 탄천합류부단면 중앙부에서는 약 20ppm으로 가장 높은 수치를 보인 반면에 탄천이 한강 본류에 유입되는 합류점에서는 낮은 수치를 나타냈다. 이는 탄천 상류에서 하류로 방류수가 유하하는 동안 하쪽에 따라 설치된 사각위어 등의 영향과 그 단면에서 수심이 불규칙한 결과로 생각된다. 왕숙천 구간은 비교적 낮은 수치를 나타내었다.

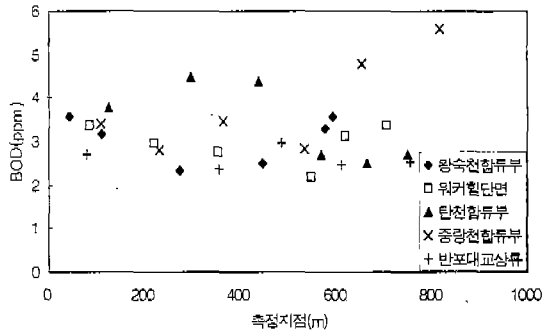


그림 6. 단면별 횡방향 BOD 분포도

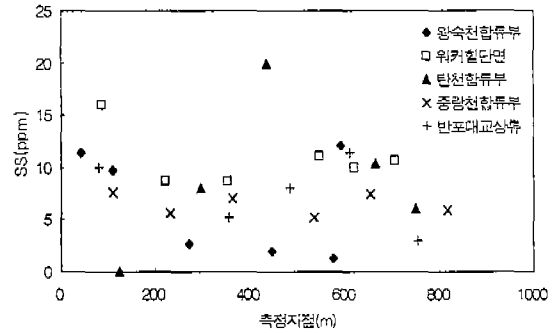


그림 7. 단면별 횡방향 SS 분포도

T-N과 T-P의 분석결과는 그림 8~9에 나타내었다. 두 가지 모두 중랑천 합류부 구간에서의 값이 가장 크게 나타났다. 탄천 합류부 지점에서 비교적 크게 나타났으며 본 연구의 대상지점중 비교적 상류부에 위치한 왕숙천과 워커히 지점에서는 작게 나타났다.

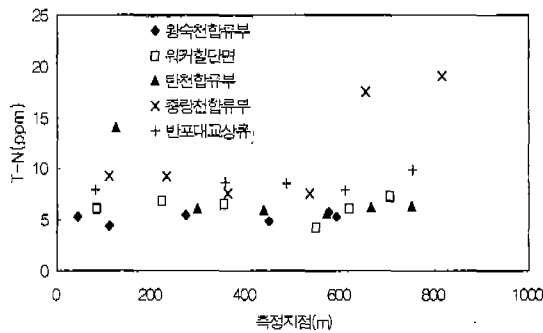


그림 8. 단면별 횡방향 T-N 분포도

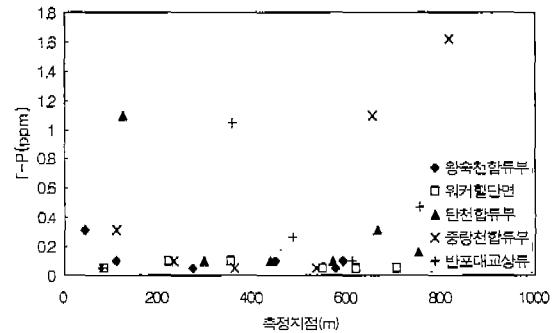


그림 9. 단면별 횡방향 T-P 분포도

그림 10~15는 1998년도와 2000년도에 측정된 각 수질인자의 단면평균치를 흐름방향으로 비교한 것이다. 온도는 탄천합류부에서 1998년에 비해 약 1°C정도 낮게 측정되었으며 다른 단면들은 거의 비슷한 값을 가지고 있었고, 전반적으로 PH는 1998년에 비해 약 0.4~0.6 정도 상승하였다.

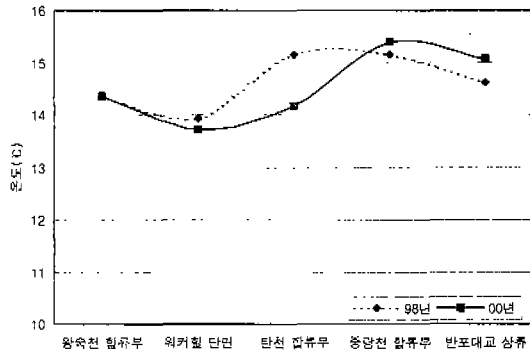


그림 10. 종단면 평균 온도 비교('98-'00)

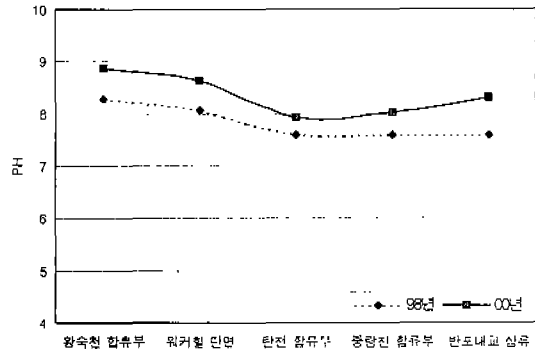


그림 11. 종단면 평균 PH 비교('98-'00)

종단면 평균 BOD와 SS의 결과 비교는 그림 12~13에 나타내었다. 1998년과 2000년의 BOD 실적치는 왕숙천 합류부에서 2000년의 측정치가 약 2ppm정도 높게 나타났으며 그 외의 구간에서는 1~1.5ppm 정도가 낮게 관측되었다. 전반적으로 탄천과 중랑천의 합류이전 구간에서 작게 나타났던 BOD 수치가 탄천 및 중랑천을 경유하면서 상승하다가 이후 반포대교 상류에서는 감소하는 경향을 보이고 있는데 1998년에 비해 2000년의 경우 수치가 비교적 작게 나타났다. 이는 한강수계 오염지천의 꾸준한 개선추세에 기인한 것으로 생각된다. 실제로 1992~1996년까지의 탄천과 중랑천의 BOD 수치는 각각 31.9와 38.9에서 11.4 및 17.7로 조사된 바 있다(환경백서, 1999). 권역별 수질보전대책에 따라 환경기초시설 설치 등 투자사업이 진행 중에 있어 한강유역 수질은 개선될 전망이다. 왕숙천 합류부에서 2000년의 BOD수치가 증가한 것은 왕숙천 하류부에 설치되어 있는 하수처리장의 처리수의 회석율이 낮기 때문인 것으로 생각된다. SS의 경우 탄천합류부를 중심으로 상류 구간에서는 높게, 하류구간에서는 특히, 중랑천 합류부 지점이 약 6ppm정도 감소하였다.

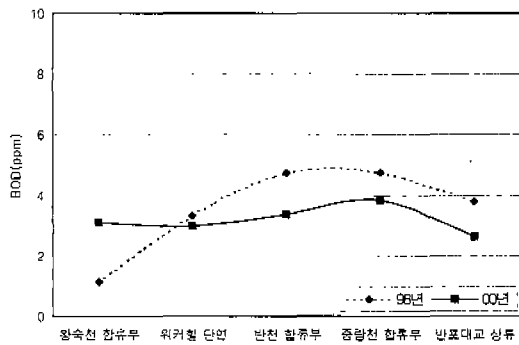


그림 12. 종단면 평균 BOD 비교('98-'00)

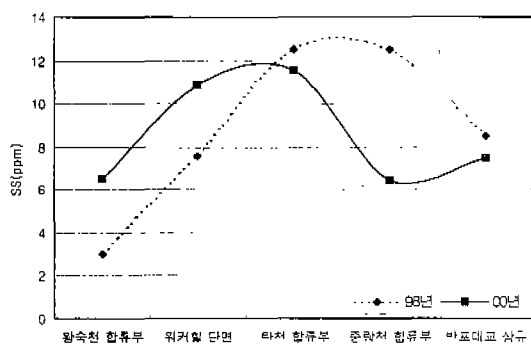


그림 13. 종단면 평균 SS 비교('98-'00)

그림 14~15는 흐름방향의 T-N과 T-P의 평균치를 비교한 것이다. 1998년에 비해 T-N에서는 약 4~8ppm정도가 상승하였으며 T-P는 왕숙천 합류부를 제외한 단면에서 약 0.2~0.5ppm 정도 낮게 실측되었다. 이는 1998년 서울·중부지역의 대홍수에 기인한 결과로 생각된다. 부영양화의 원인 물질인 질소와 인은 유출량에 따라 현저히 다르게 나타난다. 즉 토양에 대한 흡착능의 차이에 의해 유출량의 증가시 유출수내 인의 농도는 함께 상승하나 질소는 농도변화가 적거나 회석으로 감소하

고 또한 수중에서 인은 질소에 비해 침강성이 크므로 유량이 적은 정체시기에는 유달음이 적으므로 질소/인의 비가 적어진다(박혜경 외, 1999). 따라서 1998년과 2000년의 T-N 및 T-P의 실측치가 서로 상반된 결과를 나타낸 것으로 추측된다.

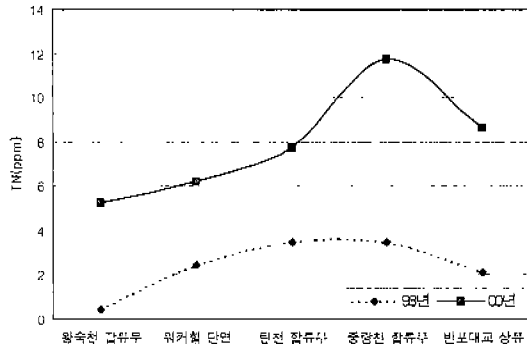


그림 14. 종단면 평균 T-N 비교('98-'00)

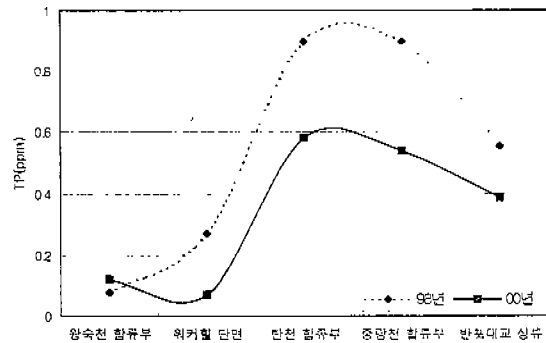


그림 15. 종단면 평균 T-P 비교('98-'00)

4. 결론

본 연구에서는 1998년 11월과 2000년 11월에 한강 하류부 5개의 동일단면에서 온도, PH, SS, DO, BOD, COD, TP, TN, 유속, 수심 등을 실측하고 그 결과를 비교하였다. 수질인자에 미치는 영향이 다양하지만 전체적으로 1998년도에 비하여 BOD 및 TP는 작게 측정되어 한강본류의 수질이 개선되고 있음을 알 수 있다. 중랑천 합류부에서는 1998년에 비해 2000년에는 BOD, SS, TP 등이 비교적 작게 나타났는데 하천수질환경기준에 따라 측정된 수질인자를 비교해 볼때 약 3~4급수 정도로 나타나 중랑천의 수질이 개선된 것으로 판단된다. 본 연구로부터 한강의 주요 지천인 탄천과 중랑천에서 오염된 물의 유입이 한강 하류부의 수질오염에 영향을 주고 있는 규모를 파악할 수 있었다. 한강 하류부의 수질예측 및 개선을 위해서는 갈수시 한강의 본류와 주요 지천의 유입부에서 더욱 다양하고 지속적인 수질 인자의 측정이 요구된다.

5. 참고문헌

1. 박혜경 외, **전국 호소 부영양화 관리방안**, 제5차 수질개선지원 기관협의회 연구발표자료, 국무총리실 수질개선기획단, 1999.
2. 서울시정개발연구원, **한강 수질관리 효율화 방안 연구**, 1994.
3. 서울시정개발연구원, **잠실상수원의 유입오염물질 조사 및 관리 연구**, 1999.
4. 윤세의 외, "한강 하류부의 수질인자 측정", **대한토목학회 학술발표회 논문집(III)**, 2000.
5. 전상호, **팔당 상수원 오염원 현황 분석 및 수질오염 추이**, 팔당 상수원 오염문제 해결을 위한 정책토론회, 경실련 환경개발센터, 1998.
6. 환경부, **환경백서**, 1999.
7. Lenold S.C., Arnold E.G., R. Rhodes Trussell(1999). *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 20th edition, APHA-AWWA-WPCF.