

수질자동측정망을 이용한 한강하류 수질변화 특성에 관한 연구

수환경생태팀

유동구 · 이광식 · 이종현 · 윤호균 · 어수미 · 배경석 · 김명희

Variation Analysis of Water Quality of the Low Han River by using Automated Water Monitoring system

Aquatic Ecology Team

Dong-koo Ryu, Kwang-sig Lee, Chong-hyun Lee, Ho-kyun Yoon,
Soo-mi Eo, Kyung-seok Bae, and Myung-hee Kim

Abstract

Variations of water quality at Yeongdongpo and Haeugju monitoring stations of lower Han River were investigated from January to December, 2002. Also, each datum comparison of laboratory analysis and automation monitoring system analysis was conducted for a certification of monitoring system data accuracy.

The obtained results were as follows:

1. Correlation coefficients of each water quality parameters by data of laboratory analysis, and automation monitoring systems analysis were 0.6482~0.9640.
2. Maximum values of COD, T-N, T-P were obtained in dry season and minimum values after rainy season.

Key words : automated water quality monitoring system, Han river

서 론

하천의 수질은 자연환경과 생활환경 및 사회·경제 환경에 따라 연속적으로 변화되고 있다. 따

라서 하천 수질의 특성을 정확히 파악하고 가능한 오염원을 감시하기 위해서는 연속적으로 측정하는 것이 바람직하다. 시간적으로 변화하는 하천의 수질은 전후 시간 사이의 지속성, 즉 현재의 수질은

전시간에 발생한 수질의 값에 영향을 받으며 다음 시간에 발생 할 수질의 값에 영향을 미치는 성질을 가지고 있기 때문에 전반적인 수질의 상태와 경향을 분석하기 위해서는 연속 측정자료가 필요한 것이다¹⁾.

그러나, 현재 국내 하천수질의 측정은 여러 가지 여건상 연속 측정이 불가능하며, 수질관리 차원에서 단편적인 불연속 측정이 대부분을 이루고 있다. 특히 하천의 용존산소는 계절적으로 변화가 심하지만, 조류의 번식이 왕성해지는 봄철 이후로는 낮과 밤의 변화 또한 매우 큰 항목이다²⁾. 따라서, 대상 하천에 대한 불연속 측정으로는 하천의 수질특성에 대한 정확한 이해가 어려우며, 또한 외부 유입에 대한 연속적인 하천의 수질감시 또한 어려운 실정이다.

한강 본류의 수질자동측정소는 1975년 뚝도, 노량진 측정소가 처음으로 신설되어 운영되어 왔으며, 현재에는 잠실 수중보 상류의 암사, 뚝도, 구의, 광암, 강북 등 5개 측정소는 서울시 상수도사업본부에서, 잠실수중보 하류의 노량진, 영등포, 행주의 3개 시설은 서울시 보건환경연구원에서 운영하고 있다.

본 연구에서는 생태계보호 등 수질관리를 위해 한강하류에 설치된 영등포, 행주 수질자동측정 자료를 분석하여 한강하류의 수질특성을 규명하고자 하였으며, 향후 한강 하류의 수질특성 이해 및 효율적 관리를 위한 기본 자료로써의 역할을 수행하고자 한다.

조사 항목 및 방법

1. 조사지점

영등포수질자동측정소 :

서울특별시 영등포구 양화동 1번지
(영등포정수 사업소내)

행주수질자동측정소 :

고양시 덕양구 행주외동 28-8
(농업기반공사 고양지부펌프장)

2. 측정기간

2002년 1월 ~ 12월

3. 측정항목 및 방법

수질자동측정장치는 실험실에서 수동분석방법을 자동화시켜 수질을 측정하는 장치로서 그 측정방법은 수질오염공정시험법에 기초를 두고 있으며 Table 1과 같다.

Table 1. Items and analytical methods

Items	Analytical methods
Temperature	Platinum resistance
pH	Glass electrode
DO	Membrane electrode
COD	KMnO ₄ -method
SS	Weight method
T-N	Spectrophoto method
T-P	Spectrophoto method

1) 수질자동측정 자료에 대한 신뢰도

수질자동측정장치는 한강에 설치된 수중모터에 의해 직경 50mm의 원수 취수관으로 시료를 측정소까지 운반하여 시료를 자동측정하는 장치로서, 시료와 감지기와의 물리적 접촉 또는 시료와 분석시약의 화학적 반응에 의하여 수질이 측정된다. 이러한 자동화에 의한 측정분석 조건이 수질오염공정시험방법상의 수동분석 조건과 반드시 일치하는 것이 아니며, 실제시료의 측정시에는 대상수역의 수질농도 범위 및 수질특성이 다를 수 있으므로 자동측정결과와 수동분석결과 사이에는 차이가 존재할 수 있다. 따라서 자동측정 자료에 대한 신뢰성을 위해서 자동측정값이 주어진 동일한 시료에 대해 수동분석 실험을 통해 얻어진 결과와 비교하였다.

본 비교실험은 2002년 3월 27일에서 7월 2일까지 총 12차례에 걸쳐 용존산소는 현장에서 윙클러-아지드화나트륨 변법으로 COD, SS, T-N, T-P는 동일한 시료를 실험실로 이송하여 수질오염공

정시험방법에 의한 수동분석을 하였다. 그러나, 일부 항목에서 측정소에 설치된 기기의 교정작업 등 불가피하게 결과치를 비교하지 못하는 경우에는 제외하였다.

결과에서 자동측정값과 수동분석값의 항목별 상관계수는 Fig. 1에서 Fig. 5와 같이 0.6482~0.9640으로 나타나 자동측정값의 신뢰도가 높은 것을 알 수 있으며, 용존산소의 신뢰도가 0.9640으로 나타나 가장 높았고, 가장 낮은 것은 총질소로 0.6482를 나타내었다. 총질소의 경우는 지속적인 자동기기의 보정을 통하여 자동측정값과 수동분석값의 오차를 줄여나가야 할 것이다.

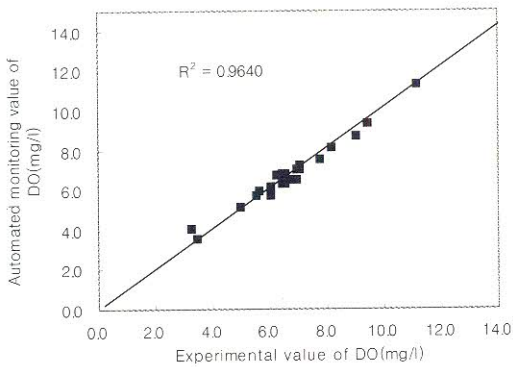


Fig. 1. Relationship between automated monitoring value and experimental value of DO.

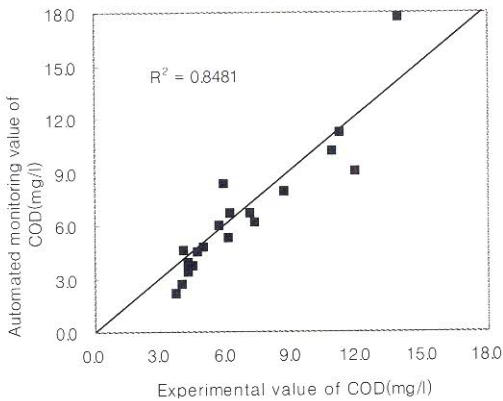


Fig. 2. Relationship between automated monitoring value and experimental value of COD.

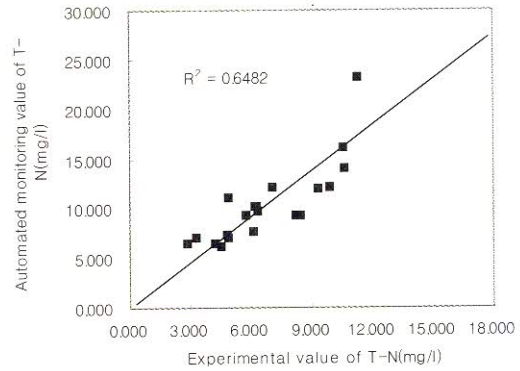


Fig. 3. Relationship between automated monitoring value and experimental value of T-N.

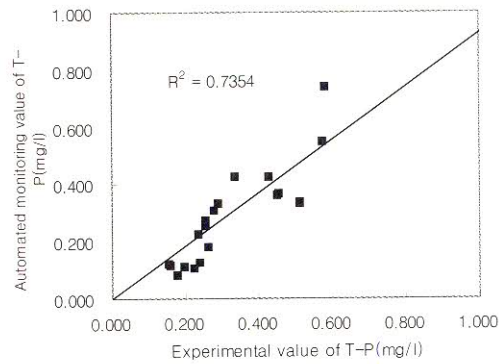


Fig. 4. Relationship between automated monitoring value and experimental value of T-P.

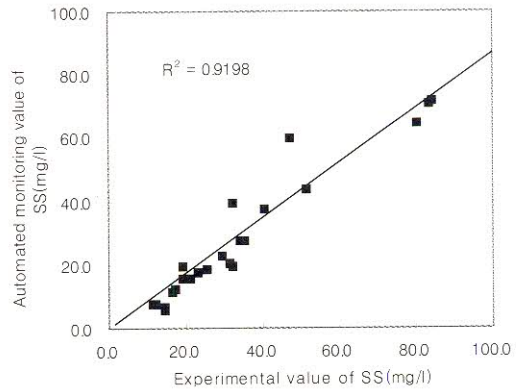


Fig. 5. Relationship between automated monitoring value and experimental value of SS.

2) 수질오염도현황

하천 유출의 규모를 결정하는 외부적인 직접조건은 유역에 내리는 강우의 크기이며, 하천에 합류된 우수는 하천의 유량과 유속에 지대한 영향을 미치게 되어 하천의 수질환경에 영향을 미치는 변수로 작용할 수 있다. 특히 우수로 인해 씻겨 들어온 입자 등은 하천의 부유물질농도 및 다른 인자들의 오염도 변화를 가져온다³⁾. 조사 기간 중 서울 지역의 강수량은 하절기인 8월에 688.0mm를 내려 최고치를 나타내었으며, 갈수기인 2월에 2.4mm가 내려 계절적으로 심한 차이를 나타내었다.

수온은 수생생물의 분포, 화학반응 및 반응속도, 물의 이용 등에 중요한 영향을 미치는 요소이며, 또한 수중의 용존산소의 농도에도 큰 영향을 미친다. 예를 들어 더운 물보다 찬 물에서 산소의 용해도가 더 커지며, 수온이 올라가면 생화학 반응속도는 증가하여 지표수 중의 산소의 양은 감소하게 되므로, 특히 여름에는 수중의 용존 산소 농도의 심각한 고갈 현상을 일으키게 된다⁴⁾. 수온의 월별 분포를 살펴보면 영등포지점이 12월에 3.5℃, 행주지점이 1월에 3.0℃로 최저치를 나타내었으며, 하절기인 7월에 영등포지점이 23.6℃, 행주지점이 24.5℃로 최고치를 기록하였다(Fig. 6).

수중의 용존산소는 수온과 같이 물리학적 요인 외에 화학적, 생물학적 활동에 의하여 지배를 받는 항목으로, 특히 유기물질량에 의해서 직접적으로 연동하는 지표이다⁵⁾. 영등포와 행주 두지점의 용존산소의 월별 변화를 살펴보면 3월 이후로 계속 감소하여 영등포지점은 4월에 5.1mg/l, 7월에 5.2mg/l를 나타내었고, 행주지점은 4월에 7.7mg/l, 7월에 5.4mg/l를 나타내었다. 8월부터 서서히 용존산소의 농도가 증가하는 모습을 보여 수온이 가장 낮아지는 동절기에 최고의 농도를 나타내었다. 이러한 경향은 봄철 갈수기에 하천의 유량이 줄어들고 수온이 상승하며, 한강하류와 같이 부영양화의 정도가 심한 하천에서 발생하는 봄철 조류의 왕성한 번성 등 하천의 유기물 부하량의 증가로 인하여 발생하며, 여름철 풍수기 유기물 부하량의 감소와 함께 용존산소가 증가하는 모습을 보였다. 4월 갈수기에 상류에 위치한 영등포지점의 용존산

소 농도가 5.1mg/l로 동월의 행주지점의 7.7mg/l보다 2.6mg/l가 낮게 나타났는데 이는 영등포지점의 경우 인접 하류로 유입되는 안양천의 수질이 봄철 크게 악화되어 유입되어 영등포지점의 용존산소 농도에 영향을 미친 것으로 보인다(Fig. 6).

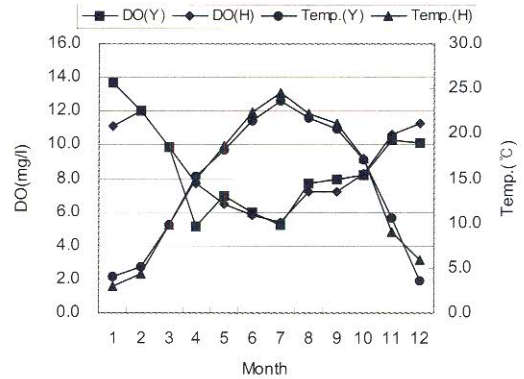


Fig. 6. Monthly variation of Temp. and DO concentration at two sites in Han river.

한강과 같은 하천의 수질기준항목은 BOD를 사용하나 BOD 실험의 경우 실험 특성상 자동화가 어려우며, 자동화가 되더라도 5일간의 분석소요시간이 필요하므로 수질사고에 대한 실시간 모니터링을 실시하고 있는 수질자동측정소의 목적상 부합되기 어려운 항목이다. 따라서 수중에 있는 유기물의 양을 측정하기 위해서 COD 자동분석기기를 설치하여 운영하고 있다.

두 지점의 COD 농도변화를 살펴보면 봄철 갈수기인 3월 영등포지점의 COD 농도는 10.7mg/l, 행주지점은 11.6mg/l로 연중 최고치를 기록하였으며, 갈수기 이후 농도가 낮아지기 시작하여 영등포지점이 6월에 3.3mg/l로 최저치를 나타내었고, 행주지점은 9월에 3.3mg/l로 연중 가장 낮은 수치를 나타내었다. 두 지점간의 농도를 비교해 볼 때 행주지점이 영등포지점보다 9월을 제외하고는 연중 낮은 수치를 유지하였는데 이는 행주수질자동측정소가 더 하류에 위치하여 영등포수질자동측정소 하류에 위치한 안양천의 유입과 서남, 난지 하수처리장 방류수의 유입, 기타 우수로 인한 비점 유입수 등의 원인인 것으로 보인다⁶⁾(Fig. 7).

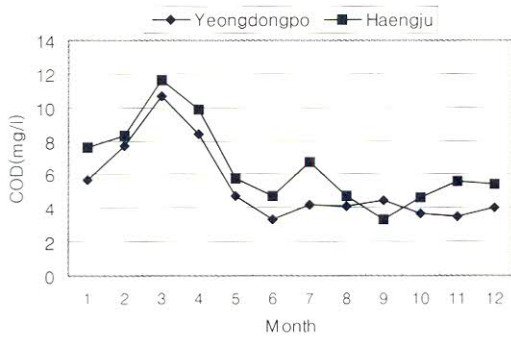


Fig. 7. Monthly variation of COD concentration at two sites in Han river.

질소는 인과 함께 하천·호소 등의 부영양화를 나타내는 지표의 하나이다. 하천의 경우 인간활동의 결과로 질소와 인 농도가 호소에 비해 매우 높으나 호소와는 달리 빨리 흘러감으로 식물 플랑크톤의 과도한 생산이나 작은 단세포 종이 우점종을 이루는 일은 드물다⁷⁾. 그러나 한강의 경우 새로이 조성된 난지한강공원 등 수변공간으로써의 공원기능은 물론 여가·레저 및 생태 학습장 등의 다양한 기능등을 위하여 잠실수중보와 신곡수중보를 이용하여 거대한 저수지의 형태를 갖추고 있어, 이러한 환경에서 부영양화로 인한 조류의 과도한 성장이 우려된다. T-N농도 변화는 영등포지점이

3월에 10.5mg/l, 행주지점이 17.5mg/l로 최고치를 나타내었고, 이후 농도가 낮아지기 시작하여 9월에 영등포지점이 3.5mg/l, 행주지점이 6.5mg/l로 최저치를 기록하여 COD 농도 변화와 유사한 경향을 나타내었다. 지점별 농도는 영등포지점보다 하류에 위치한 행주지점이 연중 높은농도를 나타내었다(Fig. 8).

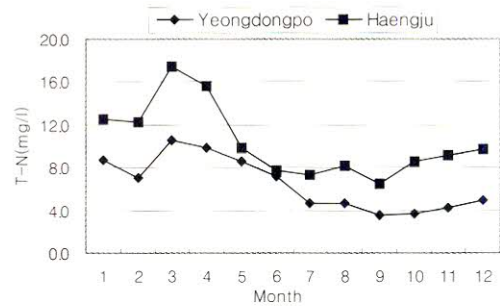


Fig. 8. Monthly variation of T-N concentration at two sites in Han river.

질소는 대기로부터 충분히 공급되며, 많은 종류의 조류들은 직접 탄소를 고정할 수 있지만, 인은 자연 육지수에 있어 그 양이 충분치 않으며, 또한 상당수가 다른 물질과 흡착하여 침전제거되므로 조류의 성장을 제한하는 영양소로 작용한다. 부영

Table 2. The sewage treatment plant discharge into the lower Han River

The location	Sewage treatment plant	plant capacity (Kton/day)	Discharge area	
			Stream	River
Seoul	Jungrang	1,710	Jungrang	Han
	Tancheon	1,100	Tan	Han
	Sernam	2,000	-	Han
	Nanji	1,000	-	Han
	Seongnam	395	Tan	Han
Gyeonggi-Do	Uijeongbu	140	Jungrang	Han
	Anyang	300	Anyang	Han
	Gwacheon	30	Yangjae	Han
	Guri	160	Wangsuk	Han

양화는 민물에서 흔히 오르소인산(orthophosphate, PO_4^{3-}) 농도의 증가에 의하여 일어나며, 이러한 인산은 점원과 비점원에서 모두 생겨날 수 있다. 대부분의 주요한 점원은 폐수처리 시설로부터의 방류수로 하수처리장에서 인산제거에 있어 '과다 흡수'를 통하여 제거되는 과정이 설계됐다 하더라도 이들 체제는 탄소가 제한되어 있기 때문에 효과적으로 인을 제거할 수 없다⁸⁾. 조사지점인 한강 하류에 있어 유입되는 하수처리장 방류수는 Table 2와 같다.

총인의 농도변화를 살펴보면 총질소의 농도변화와 유사하게 3월 영등포지점이 0.439mg/l, 행주지점이 0.699mg/l로 최고치를 나타내었으며, 이후 농도가 낮아져서 8월 영등포지점이 0.084mg/l, 행주지점이 0.218mg/l로 최저를 나타내었다. 지점별 농도차이도 총질소와 마찬가지로 연중 행주지점의 농도가 영등포지점보다 높게 나타나 이는 앞에서 살펴본 것과 같이 영등포지점 이후로 유입되는 안양천과 서남, 난지하수처리장 방류수가 영향을 미치고 있음이 분명하다(Fig. 9).

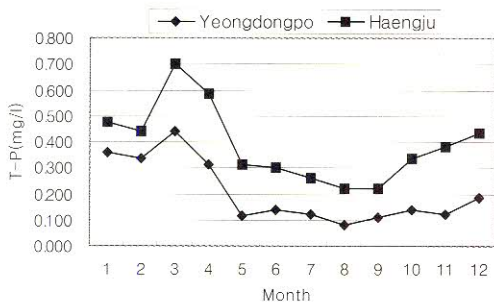


Fig. 9. Monthly variation of T-P concentration at two sites in Han river.

결론

한강하류에 위치한 수질자동측정소는 수질변동에 대한 감시와 함께 더욱 맑은 수질을 유지할 목적으로 운영되고 있다. 본 연구에서는 2002년 1월에서 12월까지 한강하류에 위치한 영등포, 행주

수질자동측정소의 자동측정값을 이용하여 한강수질 특성에 관한 조사를 하였으며, 그 결과는 아래와 같다.

1. 자동측정값과 수동분석값의 측정 항목별 상관관계수가 0.6482~0.9640으로 나타나 수질 자동측정소의 측정값의 신뢰도가 높은 것으로 나타났으며, 측정항목 중에서 용존산소의 상관관계수가 0.9640으로 가장 높게 나타났다.
2. 한강 하류의 연중 수질 변화를 살펴보면 갈수기인 봄철에 COD, T-N, T-P 항목의 농도가 최고치를 기록하여 수질이 가장 악화되었으나 이후 개선되기 시작하여 풍수기 이후에는 양호한 모습을 보였다.

참고문헌

1. 조용모, 오정우 : 자동측정망을 이용한 한강수계 수질변화 특성에 관한 조사연구. 한국수질보전학회지, p63(1997)
2. 배경석, 김교봉, 길혜경, 유승성, 유동구, 이광식, 김린태, 김민영, 신재영 : 중랑천의 수환경과 어류 군집의 장기 변동양상. 보건환경연구원논문집, 36:333(2000)
3. 서울특별시 : 2000년도 한강수질오염도분석보고서, p11(2001)
4. 김동민, 김선희, 박철휘, 신현곤, 이병인, 이상혁, 이영신, 최훈근, 홍성철 : 폐수처리공학. 동화출판사, p25(2001)
5. 조순행, 구자공, 한상욱, 서용찬 : 수질관리. 동화출판사, p65(1995)
6. 서울시정개발연구원 : 수질자동측정망 구성을 위한 조사연구, p32(1995)
7. 최영길, 한명수, 안태영, 광노태 : 담수의 부영양화. 신광문화사(1998)
8. 송홍규, 오계현 : 환경미생물학. 동화출판사(1996)
9. 기상청 : 기상월보