

## 수질측정용 시약의 조제 및 이를 이용한 한강 수질 실태 조사

이재성 · Janjit Iamchaturapatr · 최승일 · Chuluun Buyan · 이상화<sup>†</sup>

한국과학기술연구원 환경기술연구원

### Measurement of Water Quality around the Han River by Colorimetric Water Test

Jae Seong Rhee, Janjit Iamchaturapatr, Seoug-II Choi, Chuluun Buyan, and Sang-Hwa Lee<sup>†</sup>

Center for Environmental Technology Research, Korea Institute of Science and Technology, Seoul 139-791, Korea

**Abstract:** Present research include the analytical data concerning the water quality of 16 points around the Han river during 2006~2008 by means of colorimetric Water Test invented at our laboratory. Analytical parameters were  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2^-\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$  as nutrient index and COD as organic index by water test reagents in conjunction with spectrophotometric method. The result has been shown total inorganic nitrogen, phosphorus and COD were ranged 0.72~6.01 ppm, 0.01~0.49 ppm, 1.73~19.99 ppm respectively. Contamination degree of water quality was increased from Chunho Bridge to downstream.

**Key words:** Color metric water Test, Ammonia as nitrogen, Nitrite as nitrogen, Nitrate as nitrogen, Phosphate, COD

#### 1. 서 론

한강은 한반도 중부에 위치하여 강원, 충청, 경기, 서울을 거쳐 서해로 유입되는 우리나라의 제 1의 하천으로 총 연장 7257 km 총 유역 면적이 26,000 km<sup>2</sup>에 이르는 대동맥이자 약 2천만 명의 용수를 공급하는 주요한 상수원이다. 또한 수도권뿐만 아니라 강원, 충청의 자연환경과 생활환경에 중요한 역할을 하는 점에서 경제적, 사회적, 문화적인 의미가 크다고 할 수 있다.<sup>1-3)</sup> 지난 10년 이상 한강의 수질문제는 중요한 사회적 환경적 문제로 인지되었으며, 한강 수질개선을 위한 원인자 부담 원칙과 같은 각종 부담금징수 및 상류 지역에 대한 환경 기초 시설의 설치 운영에도 불구하고 수질 정화는 크게 이루어 지지 않는 실정이다. 한강의 주된 수질오염은 생활하수, 산업폐수, 축산폐수 등에 점오염원과 강우시 도로에서 흘러나오는 유출수 등과 같은 비점오염원에 의한 것으로 볼 수 있다. 이런 오염원 중에 생활폐수와 축산폐수에 많은 비중을 차지하는 질소화

합물은 하천이나 호소에 부영양화를 일으키는 제한인자로 신속한 분석과 대응이 요구된다. 질소는 산화 정도에 따라 암모니아성 질소, 질산성 질소, 아질산성 질소, 유기질소로 분류된다. 암모니아성 질소는 질소의 순환 과정에서 유기성 질소가 무기성 질소로 전환되어 생기는 첫 번째 물질로서 계속적으로 산소를 소모하며 질소 순환 과정의 다음 단계인 아질산성 질소로 바뀌며, 질산화로 질산성 질소로 쉽게 변환된다.<sup>4)</sup> 암모니아 미생물의 영양소 역할을 하기 때문에 암모니아성 질소가 포함된 물에는 반드시 병원성 박테리아가 번식하게 된다. 아질산성 질소는 유독성 환경오염 지표로서 헤모글로빈에 산소 결합을 방해하고, 질산성 질소는 어린이들의 청색증의 원인이 되는 유독한 물질이다.<sup>5)</sup>

본 연구에서는 한강 다리 아래 지점에서 최근 3년간 채수한 물 시료를 신속한 측정이 가능한 Water Test를 사용하여 암모니아성 질소, 아질산성 질소, 질산성 질소, 인산성 인, 화학적 산소 요구량을 측정하였고, 분석의 정확성을 위하여 standard 용액을 분석하여 찾은 최

<sup>†</sup>To whom correspondence should be addressed.

적의 파장에서 UV/VIS. 분광기로 측정하여 한강의 오염 정도를 측정하였다

## 2. 실험 방법

### 2.1. 시료 채취 방법 및 시기

본 연구에서 채취, 측정할 물 시료는 최근 3년간(2006~2008) 하절기에 샘플링이 시행 되었으며, 시료 채취는 Fig. 1에 제시된 바와 같이 한강의 다리(천호대교, 올림픽대교, 잠실대교, 청담대교, 영동대교, 성수대교, 동호대교, 한남대교, 반포대교, 동작대교, 한강대교, 원효대교, 마포대교, 서강대교, 양화대교, 성산대교)아래 총 16개 지점을 선정하였다. 시료는 채수기를 이용하여 1L 무균 폴리에틸렌 채수병을 사용하였으며 실험실로 옮겨 4°C 냉장 보관 후 분석을 실시하였다.

### 2.2. 시료 분석 항목 및 방법

채취한 시료는 질소와 인, 유기물을 대상으로 Water Test를 사용하여 분석하였다. Water Test는 한국과학기술연구원에서 개발하여 정확도와 정밀도를 인정받은 수질측정용 시약이다. 질소는 암모니아성 질소, 아질산성 질소, 질산성 질소로 구분하여 Indophenol법, Diazo법, Hydrazine sulfate법을 근간으로 제조된 것을 활용하여 측정하였으며, 인산성 인은 ascorbic acid 산화법으로, 유기물은 금속산화법을 이용하여 하천수의 COD측정에 적정 농도 범위의 표준용액 0~20 ppm을 조제하여 각각 시료를 발색시킨 후 측정하였다. 분석의 정확성을 높이기 위하여 standard 용액을 통해 찾은 최적의 파장에서 UV/VIS spectrometer(Varian, cray 50)를 사용하여 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 한강수질 정화 측정결과

한강의 수질을 측정하기 위하여 상류를 걸쳐 하류까지 분포하고 있는 한강 다리 16개 지점을 선정, 시료를 채취하였다.

수질측정용 시약을 이용하여 발색 후 UV/VIS. Spectrometer로 측정한 결과 암모니아성 질소는 0~1.91 ppm, 아질산성 질소는 0~1.19 ppm, 질산성 질소는 0.72~2.91 ppm, 인산성 인은 0.01~0.49 ppm, 화학적 산소 요구량은 1.73~19.99 ppm의 범위로 측정되었다.

상류에 위치한 천호대교(COD : 3.1 ppm)로부터 하류에 위치한 성산대교로 내려가면서 수질 오염이 증가하는 것을 볼 수 있다. 특히, 중량천이 유입되는 동호대교(COD : 8.6 ppm)부터 화학적 산소요구량이 증가하는 경향을 보였고 다시 감소하였으나 마포대교(COD : 8.8 ppm)에서 최고점을 보였다.

또한, TIN(Total Inorganic Nitrogen : 암모니아성 질소, 아질산성 질소, 질산성 질소의 합;  $\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$ )과 인산성 인은 중량천이 한강 본류와 합쳐지는 지점인 동호대교에서 증가경향을 보이고 반포대교에서 가장 높은 농도로 측정되었다. 측정 값은 농도가 가장 높은 지점인 반포대교(TIN : 3.7 ppm), 한남대교( $\text{PO}_4\text{-P}$  : 0.2 ppm)로 나타났고 가장 낮은 지점은 상류에 위치한 천호대교(TIN : 1.6 ppm,  $\text{PO}_4\text{-P}$  : 0.2 ppm)로 나타났다.

연도별 오염농도는 아질산성 질소와 인산성 인의 농도가 2006년에 높은 값을 보였고, 2007년에는 다른 인자인 암모니아성 질소, 질산성 질소, 특히 화학적 산소 요구량이 높은 값을 나타내었으며, 2008년 한강 샘플 측정 결과 수질이 점차 향상되고 있는 경향을 나타내었다.

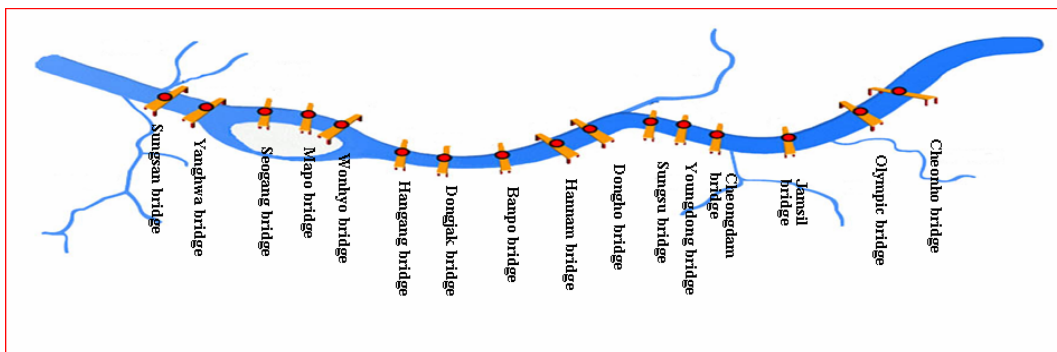


Fig. 1. Sampling sites at each bridges around the Han river area during 2006~2008.

**Table. 1.** Variation of water quality at each bridges around the Han river during 2006~2008 (ppm)

NO.	Site	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P	COD
1	Cheonho bridge	0~0.44 (0.23±0.22)	0.01~0.59 (0.21±0.33)	0.81~1.49 (1.12±0.35)	0.01~0.46 (0.18±0.24)	2.59~3.90 (3.04±0.75)
2	Olympic bridge	0~0.39 (0.22±0.20)	0.01~1.06 (0.37±0.60)	0.83~2.91 (1.78±1.05)	0.02~0.38 (0.15±0.20)	1.90~3.24 (2.46±0.69)
3	Jamsil bridge	0.27~0.41 (0.32±0.08)	0.02~0.57 (0.21±0.31)	0.99~2.54 (1.78±0.78)	0.02~0.45 (0.17±0.24)	2.04~3.86 (2.68±1.02)
4	Cheongdam bridge	0~0.48 (0.25±0.24)	0~0.47 (0.17±0.26)	0.99~1.64 (1.36±0.33)	0.02~0.47 (0.18±0.25)	2.04~3.68 (2.83±0.69)
5	Youngdong bridge	0~0.49 (0.26±0.25)	0.01~0.50 (0.18±0.28)	1.12~1.74 (1.61±0.44)	0.02~0.49 (0.19±0.26)	2.64~6.60 (4.12±2.17)
6	Sungsu bridge	0.26~0.65 (0.41±0.21)	0.01~0.60 (0.22±0.33)	0.99~2.32 (1.62±0.67)	0.02~0.43 (0.17±0.23)	2.42~3.11 (2.95±0.73)
7	Dongho bridge	0.29~0.46 (0.37±0.09)	0.04~0.45 (0.18±0.24)	0.72~1.98 (1.47±0.67)	0.05~0.32 (0.17±0.20)	2.44~18.77 (8.62±8.87)
8	Hannam bridge	0.31~0.49 (0.40±0.09)	0.04~1.12 (0.40±0.63)	1.86~2.13 (1.97±0.14)	0.09~0.32 (0.21±0.12)	2.50~19.14 (8.53±9.22)
9	Banpo bridge	0.44~1.91 (0.93±0.84)	0.10~1.19 (0.46±0.63)	2.04~2.73 (2.32±0.36)	0.17~0.24 (0.21±0.04)	2.53~7.35 (4.90±2.41)
10	Dongjak bridge	0.31~0.98 (0.59±0.34)	0.07~0.51 (0.22±0.25)	1.83~2.64 (2.23±0.40)	0.09~0.28 (0.17±0.10)	2.03~4.66 (3.19±1.34)
11	Hangang bridge	0.34~1.14 (0.62±0.45)	0.09~0.41 (0.20±0.18)	2.09~2.40 (2.27±0.16)	0.06~0.28 (0.16±0.11)	1.79~4.55 (2.90±1.46)
12	Wonhyo bridge	0.31~1.05 (0.59±0.40)	0.05~0.08 (0.06±0.02)	0.88~2.32 (1.83±0.90)	0.02~0.20 (0.12±0.09)	1.73~4.02 (2.84±1.15)
13	Mapo bridge	0.27~0.72 (0.46±0.21)	0.04~0.09 (0.06±0.03)	0.66~2.36 (1.75±0.95)	0.02~0.19 (0.11±0.09)	1.84~19.99 (8.82±9.78)
14	Seogang bridge	0.26~0.63 (0.40±0.20)	0.03~0.08 (0.06±0.02)	0.75~2.49 (1.80±0.92)	0.02~0.19 (0.11±0.09)	1.96~13.54 (6.60±6.13)
15	Yanghwa bridge	0.28~0.90 (0.54±0.32)	0.03~0.07 (0.05±0.02)	0.73~2.33 (1.68±0.84)	0.02~0.19 (0.11±0.09)	1.82~17.88 (7.95±8.68)
16	Sungsan bridge	0.28~1.32 (0.67±0.56)	0.03~0.10 (0.06±0.02)	0.91~2.27 (1.75±0.74)	0.02~0.26 (0.13±0.12)	2.08~4.55 (3.16±1.49)

( ) : Average ± standard deviation of water quality at each bridges around the Han river during 2006~2008

**Table. 2.** Average of each year water quality from 2006 to 2008 (ppm)

Year Parameter	2006	2007	2008
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	0.40 (0.11)	0.68 (0.49)	0.28 (0.17)
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	0.48 (0.39)	0.05 (0.02)	0.05 (0.04)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	1.57 (0.79)	2.04 (0.42)	1.70 (0.60)
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P	0.24 (0.20)	0.11 (0.06)	0.13 (0.10)
COD	2.17 (0.31)	7.68 (7.16)	4.02 (0.69)

( ) : standard deviation each year water quality from 2006 to 2008

### 3.2. 한강의 수질 오염 실태 지도

2006년부터 2008년까지의 각 지점 별(다리)로 수질

오염 측정값의 변화와 평균값을 Table 1에 정리하였고, 수질의 변화를 쉽게 나타내기 위하여 각 연도 평균 오염농도를 Table 2에 정리하였다. 또한 쉽게 비교할 수 있게 한강 지도를 Fig. 2에 제시하였다.

## 4. 결 론

본 연구는 한강의 다리 16개 지점을 선정, 시료를 채취하여 수질측정용 시약으로 수질을 측정하였다. 상류 측인 천호대교와 올림픽대교 아래의 수질은 상대적으로 깨끗한 편이나 하류로 내려갈수록 다양한 오염원의 유입으로 인하여 수질 저하가 심각하다는 것을 알 수 있다.

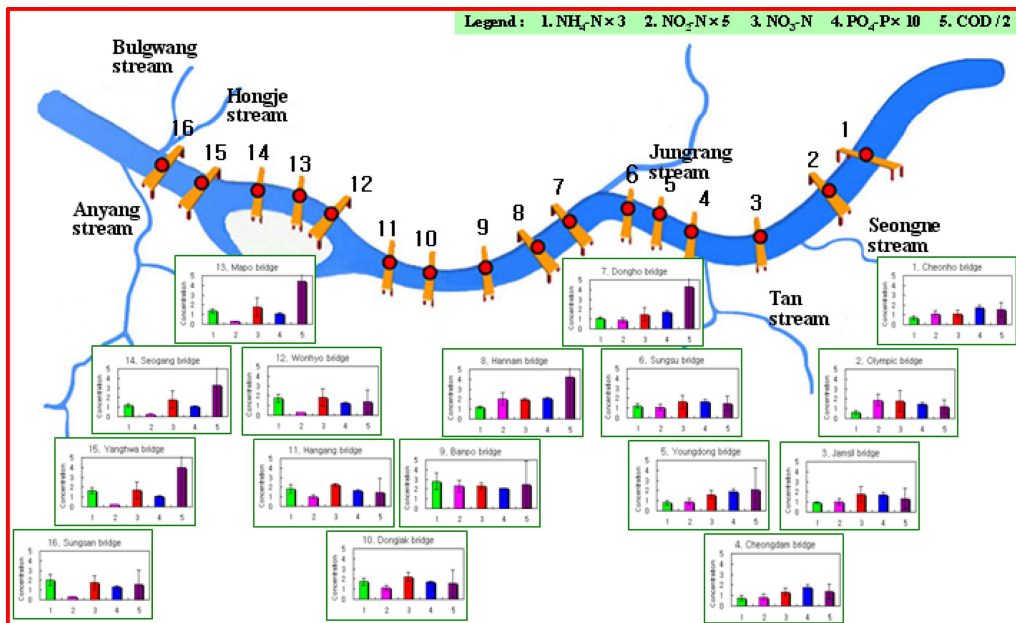


Fig. 2. The water quality at each bridges around the Han river.

특히 중량천이 유입되는 동호대교부터 유기물의 지표인 화학적 산소요구량, 질소 인이 크게 증가하였다. 이는 중량천의 수질에 중량하수처리장의 방류수 등으로 인하여 문제가 심각하다는 것을 반증할 수 있다. 한편 총 무기 질소와 인산성 인이 가장 높게 측정된 곳은 반포대교이었다. 비슷한 시기의 2006년 한강 수질과 비교해 볼 때 암모니아성 질소와 아질산성 질소, 인산성 인은 줄었지만 특히 많은 비가 내린 2007년도에는 화학적 산소요구량과 질산성 질소의 농도는 증가 한 것으로 나타났다.

인구증가와 도시화로 인하여 서울과 수도권의 수원인 한강 수질오염문제가 대두되어 막대한 예산으로 한강 수질개선을 하기위해 노력해왔지만 그럼에도 불구하고 수질 향상이 잘 나타나지 않고 있다. 이러한 원인은 아직 밝혀지지 않은 서울시내에서의 다양한 점·비오염원에 의하여 수질이 지속적으로 악화되고 있다고 판단되어 진다. 앞으로 한강수질 개선을 위해서는 이러한 오염원을 차단하는 지속적인 노력과 현장에서의 다양한 모니터링이 필요하다고 판단되어진다.

## 사 사

본 연구는 교육과학기술부 기관과유과제(과제번호 :

2E20350, 2Z03230) 연구비 지원하에 수행되었으며 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. 조병환, “우리나라 수질보전 정책방향, 하천 및 호소수질의 관리방안”, 국립환경연구원, 91-103 (1998).
2. 왕수근, 나은혜, 박석순, “한강수계 수질측정망 계선을 위한 목적 지향 설계방안에 대한 연구” 대한환경공학회, Vol. 27. No. 5. 453-460 (2005).
3. 류제근, “한강 상수원 수질관리의 효율화 방안”, 국립환경연구원 1996.
4. P.O'Neill, 'Environmental Chemist', 2th ed., Chapman & Hall, London(1993).
5. A. Kazemzadeh and Ali A. Ensafi, *Microchemical Journal*, Vol. 69, 159-166(2001).
6. J. S. Rhee, W. Lee, S. W. Lee and J. H. Jung, *J. of the Korea Society for Environmental Analysis*, Vol. 3. No. 2, 85-89(2000).
7. 이명성, 이수원, 이재성, “현장측정기법을 이용한 한강의 부영양화 실태조사에 대한 연구” 한국환경분 석학회지 Vol. 9 No. 2, 114-118(2006).
8. 김동욱, 박제철, 류제근, “한강 팔당댐-잠실 구간 강수원수의 주요 수질오염물질의 특성에 대한 연구”, 한국물환경학회 Vol. 2006, No. 0, 48-60(2006).
9. 박재로, 방천희 “한강유역의 주요지점별 수질특성분석” 대한상하수도학회 Vol. 2003, No. 0 143-146(2003).