

한강 상류와 중류지역에서 측정된 일반수질의 계절적 변화 (1988. 8~1989. 9)

중앙대학교 의과대학 예방의학교실

이 상 준 · 정 규 철

= Abstract =

Seasonal variation of water qualities in the upper and middle reaches of the Han River (1988. 8~1989. 9)

Sang-Jun Lee, Kyou-Chull Chung

Department of Preventive Medicine and Community Health

College of Medicine, Chung-Ang University

Seoul 156-756, Korea

This study was conducted to investigate of water qualities in the upper and middle reaches of the Han River. For this purpose, water was sampled at Kwangjin and 1st Han-River Bridges of the Han River in Seoul and analysed from August, 1988 to September, 1989.

The results are summarized as follows :

1. Water quality at 1st Han-River Bridge was more polluted than that at Kwangjin Bridge.
2. Except biological oxygen demand (BOD), turbidity, suspended solid (SS), dissolved oxygen (DO), DO saturation (DOS), ammonia nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$), nitrite nitrogen ($\text{NO}_2\text{-N}$) and chloride ion (Cl^-) at Kwangjin and 1st Han-River Bridges were lower as compared with the previous data before redevelopment of the Han River.
3. SS, DO and pH at Kwangjin and 1st Han-River Bridges could be classified to the 1st grade in environmental water quality standard. DOS at Kwangjin Bridge was over 100% and that at 1st Han-River Bridge was below 100% in the Han River. BOD at Kwangjin Bridge could be classified to 2nd grade and that at 1st Han-River Bridge to 3rd grade in environmental water quality standard.
4. The higher the level of water was, the lower the levels of turbidity and SS, and $\text{NH}_3\text{-N}$ was decreased with increasing water level at 1st Han-River Bridge. DO was decreased as water temperature went up but DOS was increased with DO. BOD was positively correlated with nitrite-nitrogens.
5. Turbidity and SS at the both sites and Chloride ion (Cl^-) at Kwangjin Bridge were increased in July and August. And DO at the both sites and $\text{NH}_3\text{-N}$ at 1st Han-River Bridge were decreased in at July and August.

Key Word: Water quality, Seasonal variation, Han River, Kwangjin Bridge, 1st Han-River Bridge.

한강은 강원도 금강산에 근원을 둔 북한강과 강원도 대덕산에서 발원한 남한강이 경기도 양수리에서 합류하여 서울을 관류한 후 서해로 유입되는 우리나라 4대 하천중의 하나이다. 한강 본류의 유로(流路)연장은 약 514 Km, 유역(流域)면적은 26,219 Km²로 하구지점에서의 연간 유수량은 약 108.9억톤으로 추정되고 있으며, 서울특별시 및 경기도 일원의 상수 용수, 공업 용수 및 농업 용수 등의 수자원으로 그 역할이 중요하다.

지난 20년간의 급속한 경제 발전과 더불어 서울의 급속한 인구증가, 자연환경의 개발 및 산업활동의 활성화가 이루어지면서 한강으로 생활 하수, 공장 폐수 및 산업 폐기물 등의 유입이 증가되어 한강의 수질오염은 중요한 환경문제로 대두되었다.

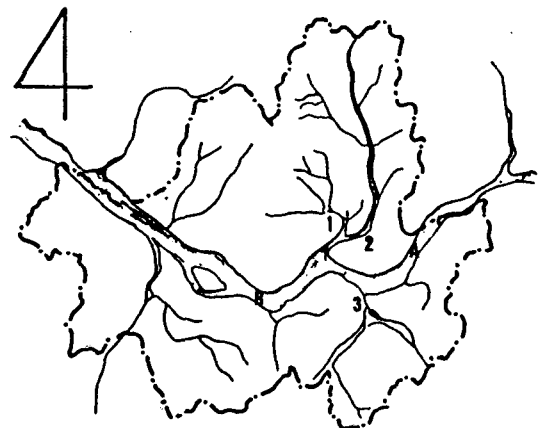
1980년대에 들어서면서 서울시는 한강의 보전과 서울 시민들에 대한 휴식처를 제공하고 1988년 서울 올림픽에 대비하여 탄천, 중랑천, 안양천, 난지도에 4개의 하수처리장을 신설하고, 53.8 Km의 대규모 하수터널인 분류하수관을 설치하여 자연수와 폐수를 나누어 흐르게 하고, 광진교에서 행주대교까지 41.5 Km의 한강을 36 Km로 직강화(直江化) 및 저수로(低水路)화 하며, 한강 주변의 고수부지 조성과 강변도로의 확충 등을 내용으로 하는 한강종합개발 계획을 수립하고 실시하였다.

그러나 짧은 기간내에 이루어지는 한강의 급격한 변화는 한강의 수질 및 생태계의 양상에 많은 변화를 초래할 것으로 우려되었으며, 특히 한강의 직강화와 저수로 공사에 대하여 환경 및 생태 전문가들은 한강의 수면이 감소하는데 따른 서울시내의 기온 상승과 대기오염의 증가, 수심의 변화에 의한 서식 생물의 황폐화, 한강 수질오염의 심화, 홍수 및 바다물의 역류 등과 같은 문제점들이 발생할 것으로 예상하였다.

이번 조사는 한강종합개발 시행후인 1988년 8월부터 1989년 9월까지 1년여 동안의 서울지역 한강수계의 상류 지점인 광진교와 한강 본류에 유입되는 지류들인 탄천, 청계천 및 중랑천 등의 영향을 받는 제1한강교를 선택하여 한강수계의 물리화학적 성상의 일부를 조사하여 한강종합개발 후 한강 수질의 오염상을 알아보고 개발전의 오염상과 비교하여 보았다.

1. 시료의 채취

1988년 8월부터 1989년 9월까지 7~10일의 간격으로 총 51회 시료를 채취하였으며, 채수 지점은 서울 지역 한강수계의 상류에 해당하는 광진교와 중류지점으로 탄천, 중랑천 및 청계천 등의 영향을 받는 제1한강교를 선택하였다(Fig. 1). 채수는 오전 10시에서 오후 2시 사이에 시행하였으며, 제1한강교에서 먼저 채수한 후 약 1시간 후에 광진교에서 채수하였다. 시료는 해당교량의 정중앙 위치에서 수면으로부터 아래로 약 50 cm까지의 상층수를 채수하여 사용하였다.



- A : Kwangjin Bridge
- B : 1st Han-River Bridge
- 1. Jungrangchon Tributary
- 2. Chungeechon Tributary
- 3. Tanchon Tributary
- : Han River & its tributary
- - - - - : Boundary line of Seoul

Fig. 1. Sampling sites of the Han River in Seoul Area.

2. 수질 지표 항목 및 분석 방법

수위, 기온, 수온 및 용존산소(DO)는 현장에서 측정하였으며, 기타 항목들은 폴리에틸렌병을 사용하여 채수한 시료를 실험실로 운반한 후, 생물학적산소요구량(BOD)을 우선적으로 하여 즉시 측정하였다. 상기 항목 이외에 용존산소포화도(DO Saturation)를 측정된 수온과 용존

Table 1. Items of measurement for physical and chemical water qualities and analytical methods

Water quality	Analytical method
pH	pH meter
Turbidity	Standard method*
Suspended Solid(SS)	Standard method
Dissolved Oxygen(DO)	DO meter calibrated with modified Azide method
Biological Oxygen Demand(BOD)	BOD meter calibrated with modified Azide method
Ammonia Nitrogen(NH ₃ -N)	Standard method
Nitrite Nitrogen(NO ₂ -N)	Standard method
Chloride ion(Cl ⁻)	Standard method

* : Standard method : APHA, AWWA, WPCF(1985)

산소(DO)를 이용하여 다음과 같이 산출하였다.

$$\text{용존산소포화도(DOS)} = \frac{\text{측정된 용존산소(DO) (mg/l)}}{\text{측정된 수온의 100\% 포화량에 해당하는 용존산소(DO) (mg/l)}} \times 100(\%)$$

연구 결과

1. 서울지역 한강수계의 연간 물리화학적 성상

1988년 8월부터 1989년 9월 사이의 서울 지역 한강수계의 두 지점 광진교와 제1한강교에서 측정된 한강수질의 물리화학적 성상은 Table 2와 같다.

수위는 제1한강교에서 최저 2.5m에서 최고 5.8m로 평균 3.3m였다. 기온은 광진교와 제1한강교에서 각각 최저 0℃와 1.0℃, 최고 31.0℃와 30.0℃로 평균 16.3℃와 17.9℃였다. 기온은 제1한강교에서 광진교보다 약간 높았으나 통계적으로 두 지점사이의 차이는 없었다. 수온은 광진교와 제1한강교에서 각각 최저 1.2℃와 1.5℃, 최고 25.4℃와 25.4℃로 평균 15.3℃와 15.7℃였으며, 수온 역시 두 지점사이의 차이는 없었다.

탁도(Turbidity)는 광진교와 제1한강교에서 각각 최저 4.0 mg/l와 4.0 mg/l, 최고 68.0 mg/l와 100.0 mg/l로 평균 18.7 mg/l와 25.5 mg/l였으며, 제1한강교에서 광

진교보다 유의하게 높았다(p<0.05).

부유물질(SS)은 광진교와 제1한강교에서 각각 최저 0.1 mg/l와 0.2 mg/l, 최고 40.6 mg/l와 22.2 mg/l로 평균 3.5 mg/l와 5.8 mg/l였으며, 제1한강교에서 광진교보다 높았으나 유의성은 없었다(p>0.05).

용존산소포화도(DOS)는 광진교와 제1한강교에서 각각 최저 66.3%와 74.6%, 최고 146.4%와 145.8%로 평균 108.3%와 94.0%였으며, 제1한강교에서 광진교보다 유의하게 낮았으며(p<0.01), 광진교에서는 과포화 상태였다.

pH는 광진교와 제1한강교에서 각각 최저 7.2와 7.1, 최고 8.3과 8.1로 평균 7.7과 7.6이었으며, 제1한강교에서 광진교보다 유의하게 낮았다(p<0.01).

생물학적산소요구량(BOD)은 광진교와 제1한강교에서 각각 최저 0.3 mg/l와 0.9 mg/l, 최고 26.1 mg/l와 28.2 mg/l로 평균 2.9 mg/l와 4.8 mg/l였으며, 제1한강교와 광진교사이에 유의한 차이는 없었다(p>0.05).

암모니아성 질소(NH₃-N)는 광진교와 제1한강교에서 각각 최저 0.02 mg/l와 0.04 mg/l, 최고 1.43 mg/l와 7.85 mg/l로 평균 0.44 mg/l와 1.96 mg/l를 보였으며 제1한강교에서 광진교보다 유의하게 높았다(p<0.01).

아질산성 질소(NO₂-N)는 광진교와 제1한강교에서 각각 최저 0.01 mg/l와 0.03 mg/l, 최고 0.06 mg/l와 0.54 mg/l로 평균 0.03 mg/l와 0.10 mg/l를 보였으며 제1한강교에서 광진교보다 유의하게 높았다(p<0.01).

염소이온(Cl⁻ ion)은 광진교와 제1한강교에서 각각 최저 0.9 mg/l, 3.3 mg/l와 최고 22.5 mg/l, 23.5 mg/l로 평균 5.4 mg/l, 12.5 mg/l를 보였으며 제1한강교가 광진교보다 유의하게 높았다(p<0.01).

2. 한강수계 물리화학적 성상의 월별 변화

(1) 수위, 기온 및 수온의 월별 변화

광진교와 제1한강교에서 측정된 수위, 기온 및 수온의 월별 변화는 Fig. 2와 같다.

수위는 제1한강교에서 강우량의 계절 변화와 일치되어 2월과 12월에 2.9m로 가장 낮았으며 7월에 4.5m로 가장 높았다.

기온의 월별 변화의 양상은 광진교와 제1한강교에서 같았고 2월과 12월에 2.9℃에서 9.1℃로 낮았으며 8월에 27.1℃와 27.7℃로 가장 높았다.

수온의 월별 변화 양상도 광진교와 제1한강교에서 각

Table 2. Physical and chemical water qualities of Han River in Seoul area

Water Quality	Kwangjin Bridge					1st Han-River Bridge			
	N	Mean	±SD	Min	Max	Mean	±SD	Min	Max
Water-Level(m)	50	—	—	—	—	3.3	± 0.6	2.5	5.8
Air Temp.(°C)	51	16.3	± 8.8	0	31.0	17.9	± 8.2	1.0	30.0
Water Temp.(°C)	51	15.3	± 7.9	1.2	25.4	15.7	± 7.8	1.5	25.4
Turbidity(mg/l)*	51	18.7	±14.4	4.0	68.0	25.5	±18.6	4.0	100.0
SS(mg/l)	42	3.5	± 6.4	0.1	40.6	5.8	± 4.6	0.2	22.2
DO(mg/l)**	40	11.7	± 2.4	5.5	16.7	9.9	± 2.1	6.8	15.0
DO Saturation(%)**	40	108.3	±14.6	66.3	146.4	94.0	±11.8	74.6	145.8
pH**	48	7.7	± 0.3	7.2	8.3	7.6	± 0.2	7.1	8.1
BOD(mg/l)	40	2.9	± 4.7	0.3	26.1	4.8	± 4.5	0.9	28.2
NH ₃ -N(mg/l)**	51	0.44	± 0.28	0.02	1.43	1.96	± 1.30	0.04	7.85
NO ₂ -N(mg/l)**	39	0.03	± 0.01	0.01	0.06	0.10	± 0.08	0.03	0.54
Cl ⁻ ion(mg/l)**	51	5.4	± 3.6	0.9	22.5	12.5	± 4.5	3.3	23.5

* : p<0.05, ** : p<0.01

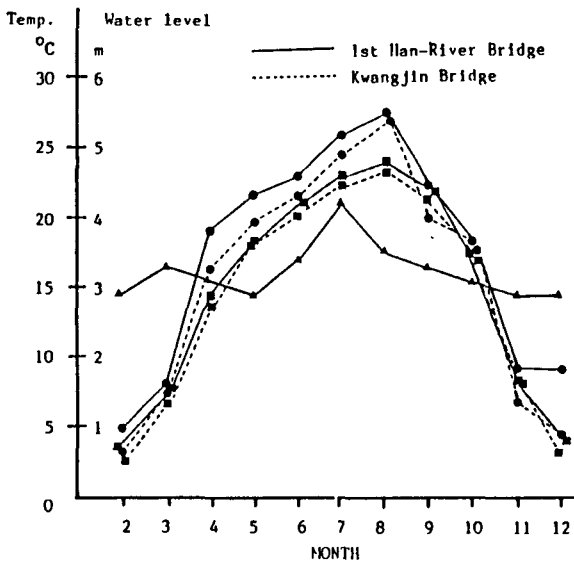


Fig. 2. Monthly variations of water-level(▲), dry air temperature(●) and water temperature(■) in the Han River.

각 2월과 12월에 2.7°C에서 3.9°C로 낮았으며 8월에 23.7°C와 23.9°C로 가장 높았다. 광진교와 제1한강교사이의 기온과 수온은 유의한 차이를 보이지는 않았으나 제1한강교의 기온과 수온이 광진교보다는 약간 높았다.

(2) 탁도와 부유물질의 월별 변화

광진교와 제1한강교에서 측정된 탁도와 부유물질의 월별 변화는 Fig. 3과 같다.

탁도의 월별 변화는 광진교에서 6월에 6.5 mg/l로 가장 낮았고 3월과 7월에 30.8 mg/l와 32.0 mg/l로 가장 높았다. 제1한강교에서도 6월에 9.5 mg/l로 가장 낮았고 3월과 7월에 54.0 mg/l와 31.5 mg/l로 가장 높아 광진교의 월별 변화와 같았다. 제1한강교에서 탁도는 광진교보다 전반적으로 높았으나 9월(p<0.05)을 제외하고는 유의한 차이는 없었다.

부유물질의 월별 변화는 광진교에서 11월과 12월에 0.7 mg/l로 가장 낮았고 7월에 14.9 mg/l로 증가하였다. 제1한강교에서 11월과 12월에 각각 0.6 mg/l와 1.4 mg/l로 가장 낮았고 7월에 8.9 mg/l로 증가하여 광진교에서의 월별 변화와 같았다. 부유물질은 7월과 11월을 제외하고 광진교에서보다 제1한강교에서 더 높았으며, 특히 10월에는 유의한 차이를 보였다(p<0.05). 부유물질의 월별 변화는 전체적으로 탁도의 변화와 비슷하였다.

(3) 용존산소와 용존산소포화도의 월별 변화

광진교와 제1한강교에서 측정된 용존산소와 용존산소포화도의 월별 변화는 Fig. 4와 같다.

용존산소의 월별 변화는 광진교에서 7월에 8.2 mg/l로 가장 낮았고 2월과 12월에 각각 14.7 mg/l와 13.9 mg/l

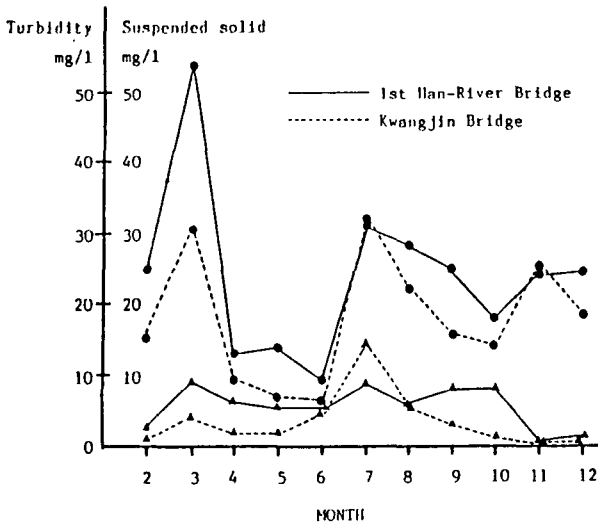


Fig. 3. Monthly variations of turbidity (●) and suspended solid (▲) in the Han River.

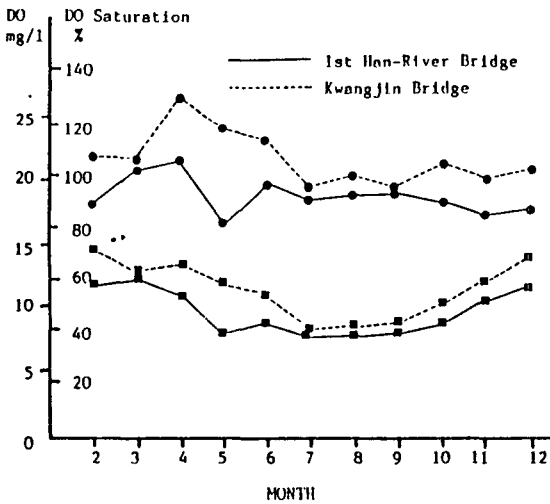


Fig. 4. Monthly variations of DO (■) and DO saturation (●) in the Han River.

로 증가하였다. 제1한강교에서는 5월에 7.7 mg/l와 7월과 8월에 7.8 mg/l로 가장 낮았고 3월과 12월에 각각 12.6 mg/l와 11.6 mg/l로 증가하여 광진교의 월별 변화와 같이 여름에 감소하고 겨울에 증가하는 경향을 보였다. 용존산소는 제1한강교에서 광진교보다 낮았으며 특히 2월, 5월, 6월, 10월 및 12월에 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.05$).

용존산소포화도의 월별 변화는 광진교에서 9월에 96.2%로 가장 낮았고 4월에 130.4%로 증가하였다. 제1한강교에서는 5월에 82.0%로 가장 낮았고 4월에 107.5%로 증가하였다. 용존산소포화도는 제1한강교에서 광진교보다 더 낮았으며 특히 2월, 10월 및 12월에 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.05 \sim 0.01$).

(4) pH와 생물학적산소요구량의 월별 변화

광진교와 제1한강교에서 측정된 pH와 생물학적산소요구량의 월별 변화는 Fig. 5와 같다.

pH의 월별 변화는 광진교에서 9월과 11월에 7.5로 가장 낮았고 6월에 8.2로 가장 높았다. 제1한강교에서는 5월에 7.4로 가장 낮았고 6월에 8.0으로 가장 높았다. 광진교와 제1한강교에서 pH는 월별 변화가 없이 거의 일정하였다. pH는 광진교보다 제1한강교에서 더 낮았으며 특히 2월과 6월에 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.05, 0.01$).

생물학적산소요구량의 월별 변화는 광진교에서 9월, 11월 및 12월에 0.9 mg/l로 가장 낮았고 2월과 3월에 각각 3.3 mg/l와 2.7 mg/l로 증가하였으며 10월에 13.4 mg/l로 가장 높았다. 제1한강교에서는 11월에 1.6 mg/l로 가장 낮았고 2월과 5월에 각각 7.7 mg/l와 5.3 mg/l로 증가하였으며 10월에 11.9 mg/l로 가장 높았다. 광진교와 제1한강교의 생물학적산소요구량은 모두 10월을 제외하고 2월에 가장 높았다가 이후에 감소하였으며 제1한강교가 광진교보다 더 큰 변화를 보였다. 생물학적산소요구량은 10월을 제외하고 제1한강교가 광진교보다 더 높았으며 특히 2월, 3월, 5월 및 12월에 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.05 \sim 0.01$).

(5) 암모니아성 질소, 아질산성 질소 및 염소 이온의 월별 변화

광진교와 제1한강교에서 측정된 암모니아성 질소, 아질산성 질소 및 염소 이온의 월별 변화는 Fig. 6와 같다.

암모니아성 질소의 월별 변화는 광진교에서 8월에 0.19 mg/l로 가장 낮았고 12월에 0.73 mg/l로 가장 높았다. 제1한강교에서는 7월에 0.70 mg/l로 가장 낮았고 5월, 10월, 11월 및 12월에 2.45 mg/l에서 2.89 mg/l로 증가하였으며 2월에 4.60 mg/l로 가장 높았다. 광진교와 제1한강교에서의 암모니아성 질소의 월별 변화는 모두 여름에 감소하고 겨울에 증가하였으며 광진교보다 제1한강교에서의 변화가 더 크게 나타났다. 암모니아성 질소는 제1한강교에서 광진교보다 더 높았으며 7월을 제외

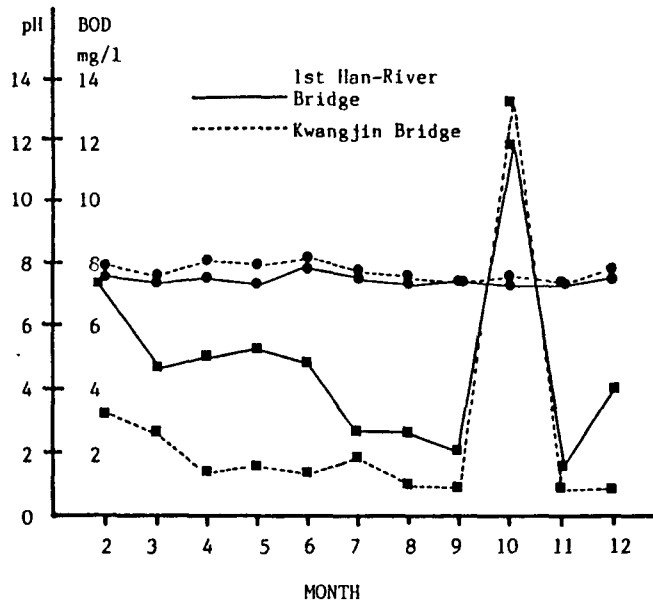


Fig. 5. Monthly variations of pH(●) and BOD(■) in the Han River.

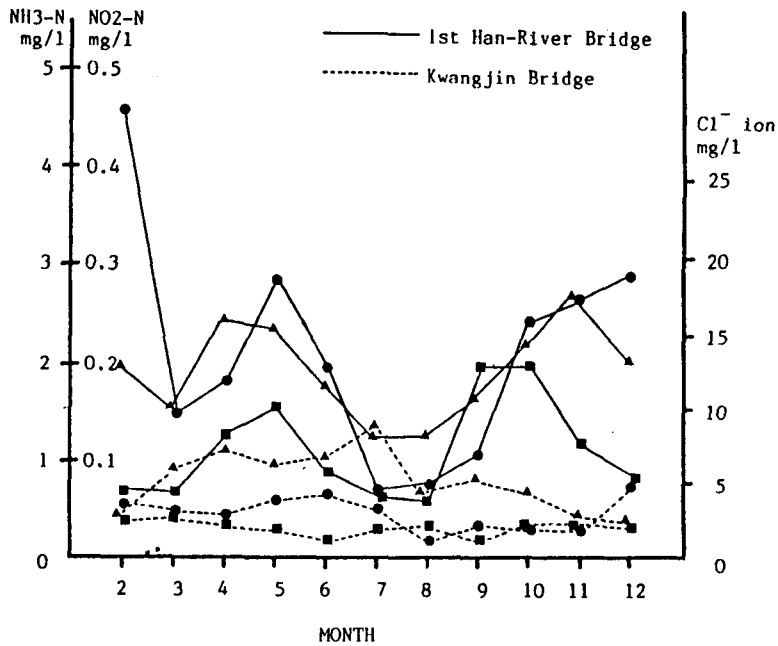


Fig. 6. Monthly variations of NH₃-N(●), NO₂-N(■) and Cl⁻ ion(▲) in the Han River.

하고 모두 유의한 차이를 보였다($p < 0.05, 0.01$).

아질산성 질소의 월별 변화는 광진교에서 2월과 9월에 0.02 mg/l로 가장 낮았고 3월에 0.05 mg/l로 가장

높았다. 제1한강교에서는 9월에 0.16 mg/l로 가장 낮았고 4월, 5월 및 11월에 0.12 mg/l에서 0.16 mg/l로 높았으며 10월에 0.20 mg/l로 가장 높았다. 아질산성 질소

의 월별 변화는 광진교와 제1한강교에서 서로 다르게 나타났으나, 제1한강교에서의 아질산성 질소의 월별 변화는 암모니아성 질소의 월별 변화와 같았다. 아질산성 질소는 광진교보다 제1한강교에서 더 높았고 7월, 9월 및 10월을 제외하고 모두 유의한 차이를 보였다($p < 0.05 \sim 0.01$).

염소 이온의 월별 변화는 광진교에서 2월과 12월에 각각 3.1 mg/l와 2.2 mg/l로 가장 낮았고 7월에 9.4 mg/l로 가장 높았다. 제1한강교에서는 7월과 8월에 각각 8.4 mg/l와 0.16 mg/l로 가장 낮았고 4월과 5월에 각각 16.5 mg/l와 16.0 mg/l로 높았으며 11월에 18.0 mg/l로 가장 높았다. 염소 이온의 월별 변화는 광진교와 제1한강교에서 서로 다르게 나타났으나, 제1한강교에서 염소 이온의 월별 변화는 암모니아성 질소의 월별 변화와 비슷하였다. 염소 이온은 제1한강교에서 광진교보다 더 높았고 7월과 9월을 제외하고 모두 유의한 차이를 보였다($p < 0.05 \sim 0.01$).

3. 한강수질의 물리화학적 성상간의 상관성

이번 조사에서 물리화학적 성상간의 상관관계는 Table 3과 같다. 용존산소는 수온이 높을수록 감소하였으며($p < 0.01$), 용존산소포화도는 용존산소와 유의한 상관을 보였다($p < 0.01$).

제1한강교에서 탁도와 부유물질은 수위가 높을수록 증가하였으며($p < 0.05$, $p < 0.01$), 암모니아성 질소는 감소하였다($p < 0.01$).

생물학적산소요구량은 아질산성 질소와 유의한 상관을 보였다($p < 0.05$, $p < 0.01$).

고 찰

한강의 평상시 유량은 $18,900 \times 1,000 \text{ m}^3/\text{day}$ 이며 하수 배출량은 $3,470 \times 1,000 \text{ m}^3/\text{day}$ 으로 전체 유량에 대한 하수 배출량은 18.4%로 전국의 4대 하천중에서 가장 높다(환경청, 1988). 또한 평균 산업폐수 배출량도 한강 유역의 총 2,684개의 폐수 배출업소로부터 $335 \times 1,000 \text{ m}^3/\text{day}$ 이 유입되어 전국의 다른 4대 하천보다 높다(환경청, 1988) 한강의 수질보전 대책이 시급한 실정이다.

1980년대 초부터 시작된 한강종합개발의 결과로 한강 주변의 환경은 많이 정비되었다. 그러나 한강의 수질오염은 과거에 비하여 양적으로 감소하였지만 아직도 오염의 정도가 심하고 한강개발사업이후에도 각 지천에서 유입되는 오염부하가 과거에 비해 줄지 않았으므로 이의 조속한 처리가 요망된다(권숙표와 이수환, 1987).

이번 조사의 시료 채취 지점인 광진교와 제1한강교 중에서 제1한강교는 위치상으로 탄천, 중랑천 및 청계천 등의 지류의 영향을 받게 된다. 김문영 등(1985)의 조사에서 한강으로 유입되는 탄천, 중랑천 및 청계천의 BOD는 각각 54.9 mg/l, 70 mg/l 및 87 mg/l로 매우 높은 오염도를 나타내었다. 또한 권숙표와 이수환(1987)은 서울지역 한강수계중에서 제1한강교보다 하류지역의 BOD는 거의 5 mg/l를 넘고 있으며, 특히 주변 지천으로부터 고도로 오염된 오수가 유입되는 수역들은 모두 수질 오염도가 높았다고 하였다. 이로 미루어 탄천, 중랑천 및 청계천의 오염도가 제1한강교 하류의 한강 수질에 미치는 영향은 매우 클 것으로 생각된다.

Table 3. Relationships among physical and chemical water qualities

		Water Temp.	DO Saturation	
DO	Kwangjin Bridge	-0.8453**	0.4751**	
	1st Han-River Bridge	-0.8837**	0.4295**	
		Turbidity	SS	NH ₃ -N
Water-Level 1st Han-River Bridge		0.3492*	0.5502**	-0.5895**
		NH ₃ -N	NO ₂ -N	
BOD	Kwangjin Bridge	-0.1216	0.3961*	
	1st Han-River Bridge	0.2055	0.8035**	

Each value represent correlation coefficient

* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$

이번 조사기간 동안 제1한강교의 수위 및 광진교와 제1한강교의 기온과 수온은 계절적인 기후의 변화에 따라 변화하였고, 수위는 6월, 7월 및 8월에 높아 월별 강우량의 차이(환경청, 1987)와 일치하였다.

탁도는 광진교보다 제1한강교에서 높아 하류로 내려갈수록 탁도가 증가하는 일반적인 경향을 보였다. 월별 변화를 살펴보면 7월과 8월에 높았고 수위와 함께 증가하였다. 이 결과는 유량이 증가할수록 탁도가 증가된 맹석재와 임국환(1979)의 조사와 같으며, 여름철의 급격한 강우량과 유량의 증가로 인하여 한강 상류지역으로 부터 토사(土沙)와 퇴적물(退積物)이 하류로 유입되었기 때문인 것으로 생각된다. 이번 조사에서 일기를 고려하지 못하였기 때문에 비오는 날의 채수가 많았던 3월의 탁도가 가장 높게 나타나 앞으로의 수질분석에서는 일기의 고려가 필요할 것으로 생각한다.

부유물질도 광진교보다 제1한강교에서 높았다. 월별 변화를 살펴보면 탁도의 변화와 일치하였고, 수위와 함께 증가되어 강우량과 유량의 영향이 큰 것으로 나타났다. 1980년부터 1986년까지 부유물질의 월별 변화와 비교하여 차이를 보이지 않았으며(환경청, 1987) (Fig. 7),

두 지점에서의 부유물질은 모두 상수 원수 1급 기준인 25 mg/l이내에서 변화하였다. 또한 1982년 7월부터 1982년 12월 사이의 구의지역과 제1한강교에서의 부유물질이 각각 13.0 mg/l 및 16.4 mg/l이었던 것(환경청, 1982 ; 서운수 등, 1983)과 비교하였을 때 부유물질의 오염도는 과거보다 호전되었다.

산소는 공기와 물의 경계면을 통하여 수계로 들어오 고, 수생식물의 광합성 작용에 의해서도 발생된다. 수온은 산소 용해에 영향을 주어 온도가 높을수록 용해도가 줄어드므로 유기폐기물을 받아들이는 하천의 용존산소 수준은 일반적으로 7월과 8월에 가장 낮으며, 맹석재와 임국환(1979)의 조사에서도 용존산소는 수온과 큰 역상관관계를 보였다.

이번에 조사한 광진교와 제1한강교에서의 용존산소는 제1한강교에서 더 낮았으나 두 지점 모두 용존산소 7.5 mg/l 이상의 상수 원수 1급의 수질을 보였다. 또한 권숙표와 이수환(1987)이 1986년 11월과 1987년 2월, 5월 및 7월에 조사한 광진교와 제1한강교에서의 용존산소와 비교하였을 때 7월을 제외하고 이번 조사에서 용존산소가 더 높게 나타나 오염도가 호전되었다. 월별 변

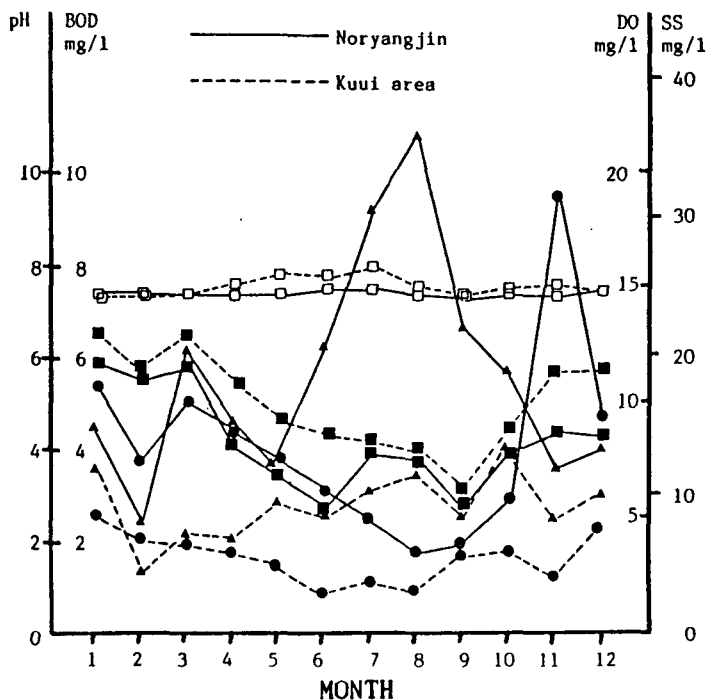


Fig. 7. Monthly variations of pH(□), suspended solid(▲), DO(■) and BOD(●) in the Han River from 1980 to 1986. (Source : Environment Administration)

화를 살펴보면 남한강과 북한강에서 용존산소의 계절 변화가 봄, 가을, 여름의 순으로 낮아진 홍순우 등(1983)의 결과와 한강에서 용존산소가 2월, 11월, 5월 및 7월의 순으로 감소한 권숙표와 이수환(1987)의 결과와 일치하였다. 또한 1980년부터 1986년까지의 용존산소의 월별 변화와도 차이를 보이지 않았다(환경청, 1987) (Fig. 7). 이와 같은 용존산소의 변화는 계절에 따라 수온과 생물의 활동상태가 서로 다르기 때문으로 생각한다.

광진교와 제1한강교의 용존산소포화도는 광진교보다 제1한강교에서 더 낮아서 광진교에서는 100% 이상의 과포화 상태를 보였고, 제1한강교에서는 100% 이하의 저포화 상태를 유지하였다. 1982년 7월부터 12월사이의 구의 지역과 제1한강교에서 용존산소포화도가 각각 97.5% 및 61.2%이었던 것(환경청, 1982; 심응기 등, 1983)과 비교하였을 때 이번 조사의 용존산소포화도가 높았다.

이번 조사기간중 용존산소포화도는 용존산소와 유의한 상관관을 보였다. 따라서 수질을 평가할 때 용존산소포화도는 용존산소와는 달리 수온의 영향을 배제한 수질지표로 유용할 것으로 사료된다.

자연수의 경우 pH는 7.2~pH 7.6의 범위에 있다. pH는 오염원에 따라 차이가 있으나 일반적으로 오염이 심한 곳일수록 산성화되어 있다.

이번 조사기간중 pH는 제1한강교에서 광진교보다 낮았으나 두 지점 모두 상수원수 1급 기준인 pH 6.5~pH 8.5내에 있었고 월별 변화가 없이 일정하였다. 이것은 남한강과 북한강의 수계에서 pH의 계절적인 변화가 없었던 홍순우 등(1983)의 결과와 일치될 뿐 아니라 1980년부터 1986년까지의 pH의 월별 변화와도 일치하였다(환경청, 1987) (Fig. 7).

수중 분해자인 대부분의 박테리아나 조류는 용존산소를 유기물질과 화합하여 대사에 필요한 에너지를 공급받는다. 도시 하수나 공장 폐수에는 많은 유기물질이 포함되어 있으며 이러한 물질들을 분해하려면 많은 용존산소가 요구된다. 생물학적산소요구량은 유기물질의 분해에 의하여 소모되는 용존산소의 양을 나타낸 것으로 유기물질의 양이 많을수록 증가하게 된다.

이번 조사에서 생물학적산소요구량은 광진교의 경우 상수원수 1급 기준인 1 mg/l를 초과한 상수원수 2급에 해당하고, 제1한강교의 경우는 상수원수 2급 기준인 3 mg/l를 초과한 상수원수 3급에 해당하는 수질을 보여 두 지점 모두 유기물에 의한 오염도가 높았으며 특히 제1한

강교에서의 오염도가 심한 것으로 나타났다.

월별 변화를 살펴보면 10월을 제외하고 2월부터 12월 까지 감소하였다. 이것은 남한강에서 생물학적산소요구량이 봄, 여름, 가을의 순으로 감소한 홍순우 등(1983)의 조사 및 한강에서 7월부터 12월까지 감소한 차철환 등(1971)의 조사와도 일치되며, 1980년부터 1986년까지의 생물학적산소요구량의 월별 변화와도 차이가 없었다(환경청, 1987) (Fig. 7). 이와 같은 계절 변화는 겨울부터 침적된 폐수가 봄철의 해동과 함께 불완전한 생물상(flora)에 의하여 완전한 분해를 받게되고, 유량의 감소와 함께 자정능이 악화되기 때문으로 생각된다(이순례, 1980). 10월의 생물학적산소요구량이 두 지점 모두 급격히 증가한 것은 시료의 채수가 잘못된 것인지 혹은 어떤 오염원이 있는 것인지는 이번 조사만을 가지고는 알 수 없었다.

1982년부터 이번 조사까지의 생물학적산소요구량이 연도별 추이는 광진교에서는 상수원수 2급의 수질로, 제1한강교에서는 상수원수 3급의 수질내에서 1983년 이후 계속 감소하던 경향에서 87년 이후로는 약간 증가하는 추세를 보여 과거에 비해 생물학적산소요구량의 오염도는 호전되지 않았다(Fig. 8).

이번 조사에서 암모니아성 질소는 광진교보다 제1한강교에서 더 높았다. 그러나 1982년 7월부터 12월 사이의 암모니아성 질소가 구의 지역과 제1한강교에서 각각 4.

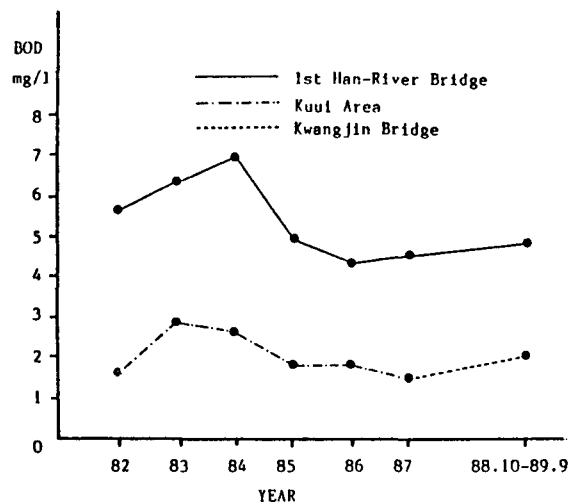


Fig. 8. Trend of BOD(●) by year in the Han River from 1982 to 1989. (Source : Environmental Administration)

0 mg/l와 4.5 mg/l이었던 것(환경청, 1982; 심응기 등, 1983)과 비교하였을 때 과거보다 오염도가 호전되었다.

암모니아성 질소의 월별 변화는 광진교에서는 변화가 거의 없었던 것에 비해서 제1한강교에서는 여름보다 겨울에 증가하였다. 이는 이번 조사에서 암모니아성 질소가 수위의 증가와 상관성이 있었기 때문에 급격한 유량 증가로 인한 희석력이 작용한 여름에 낮았고 유량이 적고 자정능이 악화된 겨울에 높았다고 생각된다.

아질산성 질소도 광진교보다 제1한강교에서 더 높았다. 월별 변화의 양상은 광진교와 제1한강교에서 모두 암모니아성 질소의 변화와 비슷하였다. 단, 아질산성 질소가 암모니아성 질소와 달리 겨울에 낮았던 이유는 아질산성 질소의 전구물질인 암모니아성 질소가 자정능이 낮은 겨울에 아질산성 질소로 분해되지 못한 것이 한 원인으로 생각된다.

염소 이온은 광진교보다 제1한강교에서 높았으나 권숙표와 이수환(1987)이 보고한 결과보다는 두 지점 모두 오염도가 낮았다. 염소이온의 월별 변화는 암모니아성 질소와 아질산성 질소의 변화와 비슷하였으며 특히 광진교에서 염소 이온은 겨울보다 여름에 증가하여 7월과 8월에는 제1한강교에서 측정할 염소 이온과 차이가 없었다.

1988년 8월부터 1989년 9월 사이의 서울지역 한강수계 수질의 물리화학적성상은 과거의 오염상과 비교하였을 때 생물학적산소요구량을 제외하고 조사된 전 항목에서 호전되었으나 탄천, 중랑천 및 청계천 등의 영향을 받는 제1한강교에서는 광진교보다 더 높은 오염도를 나타내어 아직까지 이들 지천들로 부터 한강 본류로 유입되는 오수가 한강 본류의 수질에 미치는 영향이 큰 것으로 나타났다.

끝으로 이번 조사가 수질오염의 척도로서 중요시 되고 있는 중금속, 생물학적 검사 및 최근 발암물질로 관심을 모으고 있는 trihalomethane, 잔류성이 높은 PCBs (polychlorinated biphenyls)와 생분해가 잘 일어나지 않는 ABS(alkylbenzene sulfonate) 등이 제외된 물리화학적 성상만 조사하였기 때문에 한강수계의 수질을 전체적으로 나타내었다고는 볼 수 없다. 또한 이번 조사에서는 채수 당일과 전후의 일기를 고려하지 못하였으며, 다른 조사자들의 성적과 비교할 때 측정 방법의 정도 관리와 표준화가 미흡하였다. 앞으로의 수질 평가에서는 이러한 점들이 고려되어야 할 것으로 생각되고 또한, 환경의 변

화로 초래되는 영향은 장기간에 걸쳐 서서히 나타나기 때문에 한강수질에 대한 계속적인 관찰이 있어야 할 것으로 사료된다.

결 론

한강수질의 오염상태의 계절 변화를 알아보기 위하여 1988년 8월부터 1989년 9월 사이에 광진교와 제1한강교에서 측정된 서울지역 한강수계 수질의 물리화학적 성상은 다음과 같았다.

1. 제1한강교에서의 수질 오염도는 광진교보다 더 심하였다.
2. 생물학적산소요구량을 제외한 탁도, 부유물질, 용존산소, 용존산소포화도, 암모니아성 질소, 아질산성 질소 및 염소 이온은 한강개발 이전에 비해서 오염도가 호전되었다.
3. 부유물질, 용존산소 및 pH는 상수원수로서 1급의 수질을 보였다. 용존산소포화도는 광진교에서 100% 이상이었으며, 제1한강교에서 100% 이하였다. 생물학적산소요구량은 광진교에서 상수원수로서 2급의 수질을 보였고, 제1한강교에서 3급의 수질을 보였다.
4. 제1한강교에서 수위가 높을수록 탁도와 부유물질은 증가하였고, 암모니아성 질소는 감소하였다. 용존산소는 수온이 높을수록 감소하였으나 용존산소포화도는 용존산소가 높을수록 증가하였다. 생물학적산소요구량은 아질산성 질소와 유의한 상관을 나타내었다.
5. 광진교와 제1한강교에서 탁도와 부유물질, 그리고 광진교에서 염소 이온은 7월과 8월에 높았다. 이와는 반대로 광진교와 제1한강교에서 용존산소 그리고 제1한강교에서 암모니아성 질소 및 아질산성 질소는 7월과 8월에 낮았다.

참 고 문 헌

- 권숙표, 이수환. 서울 지역의 한강 수질에 관한 조사연구. 환경생태계 조사연구보고서 1987; 95-114
- 김문영, 한상훈, 이해식, 여인학, 장영주, 조한빈, 김현국, 박상현, 김동인, 신정식. 서울시내 지천 수질 오염도 조사연구. 서울특별시 보건환경연구소보 1985; 21: 307-363
- 맹석재, 임국환. 하천 수질변화의 상관성 연구. 대한보건협회지 1979; 5: 31-39

- 보건사회부. 보건사회통계연보, 35th ed. 서울, 우일출판사, 1989; 296
- 심응기, 서윤수, 이기철, 김동근, 김종택, 이인선. 전국주요하천 기초 조사(최종보고서). 국립환경연구소, 1983 cited from 김종택, 정용. 한국의 주요하천의 수질오염도에 대한 평가. -수질평가지수(NSFWQI)를 이용하여- 수도 1985; 33: 1-17
- 차철환, 신영수, 박순영, 조광수, 주종유, 김교성, 최덕일. 공해에 관한 조사연구. 제3편 한강, 낙동강 수질오염도에 관한 비교 조사 연구. 예방의학회지 1971; 4: 65-76
- 홍성철. 한강의 이화학적 조건과 식물성 Plankton에 따른 수질오염에 관한 연구. 공중보건잡지 1975; 12: 177-18
- 홍순우, 하영철, 안태상, 이진동. 남·북한강의 수질과 미생물군의 동태에 관하여. 환경보전협회지 1983; 4: 15-25
- 환경청. 한강유역 환경보전 종합계획 수립사업 요약보고서(안). 1982 cited from 김종택, 정용. 한국의 주요 하천의 수질오염도에 대한 평가. -수질평가지수(NSFWQI)를 이용하여-수도 1985; 33: 1-17
- 환경청. 환경오염 측정현황. 서울, 1987; 272, 274
- 환경청. 환경보건. 서울, 1988; 321
- APHA, AWWA, WPCF. *Standard Methods for the examination of Water and Waste water. 16th ed., Washington, D. C., 1985*