

## 도시 하천내의 수중보가 수질 변화에 미치는 영향

수환경생태팀

류동구 · 서미연 · 유승성 · 안경수 · 이광식 · 길혜경 · 김린태 · 배경석

### The effects of the weir in the urban stream upon water quality

*Aquatic Ecology Team*

**Dong-koo Ryu, Mi-yun Suh, Seung-seong Yoo, Kyung-soo An, Kwang-sig Lee ,  
Hye-kyung Kil, Lin-tae Kim, and Kyung-seok Bae**

#### Abstract

The effects of the weir in the urban stream on water quality were as follows.

1. Dissolved oxygen at the downstream site of the stationary area after weir were recovered by the aeration of that structure, while DO decreased compared with that of the upstream located before the weir because of the stationary phenomenon caused by the weir.
2. The decrease of DO at stationary area in case of a sudden shower in the dry season was severe, which seemed to be caused by floating of the accumulated organic sediments, or by higher decomposition rate of organic matters, due to increased input of SS from outside into water body or sediment. This decrease of DO could put several kinds of freshwater fish, such as a carp and a crucian carp in great danger when they are moving into upstream of Jungrang at a spawn season of spring.

Key words : water quality, weir, urban stream

#### 서론

중랑천은 의정부시와 서울시의 노원구, 중랑구 및 성동구를 지나 하류 부근에서 청계천과 합류하여 성수대교 하류의 한강 본류로 유입되어 한강 수질에 지대한 영향을 미치는 하천으로 2000년 4월과 6월 세차례의 물고기 폐사 사고가 일어났다. 1차 사고는 2000년 4월 21일 살곶이다리에서, 2차 사고는 동년 6월 10일 군자교 하류 낙차공 상류의 수중보 정체구역에서, 3차 사고는 다음날인 11일 중랑교 하류 낙차공 상류의 수중보 정체구역에서 용존 산소 부족으로 인한 호흡 곤란으로 물고기

가 폐사하는 사고가 발생하였다.

하천내 낙차공은 낙차가 큰 지점에서 하상이 패는 것을 막기 위해 하천을 횡단하여 설치하는 구조물로 하상 경사를 완화시키는 기능을 가지지만, 이러한 본래의 기능에 반하여 상류에서 떠내려 온 오염물질을 축적시키고, 낙차공 상류 지점인 수중보에서 정체 현상을 일으켜 용존산소 농도의 감소가 일어난다. 또한 동식물 생태계에 대한 배려없이 설치된 낙차공으로 인해 동식물 특히, 어류 생태계가 상·하류로 단절되어 물고기들의 오르내림에 커다란 장애물이 되며, 생태환경단절로 인한 어류의 서식, 산란환경에 큰 제약을 주고 있다. 이와 관련한

여 물고기 폐사가 일어난 군자교 하류에 위치한 낙차공 상류 수중보 정체구역과 중랑교 하류의 낙차공 상류수중보 정체구역을 대상으로 도시 하천내의 구조물이 수질 변화에 미치는 영향을 분석하였으며, 향후의 물고기 폐사 사고 예방과 방지 대책 수립에 필요한 자료를 제시하고자 한다.

## 조사대상 및 방법

### 1. 조사지점

한강의 제 1 지류천인 중랑천은 경기도 양주군 주내면 산북리 불국산에서 수원이 발원하여 하류부인 성동구 사근동에 이르러 유역의 최대지류인 청계천이 합류되고, 한강본류의 성수대교 직하류 우안측으로 한강본류에 유입한다<sup>1)</sup>. 조사지점으로는 수중보 정체구역과 관련하여 중랑교 수역과 군자교 수역으로 나누어 조사하였으며, 강우시 정체 수역에서의 수질 변동을 조사하기 위하여 중랑교 수중보, 군자교 수중보, 살곶이다리 세 지점에 대하여 수질 오염도 조사를 실시하였다(Fig. 1).

- 중랑교 수역(4) : 월릉교하류(J1), 중랑교 수중보(J2), 수중보 50m하류(J3), 수중보 300m하류(J4)
- 군자교 수역(4) : 군자교상류(J5), 군자교 수중보

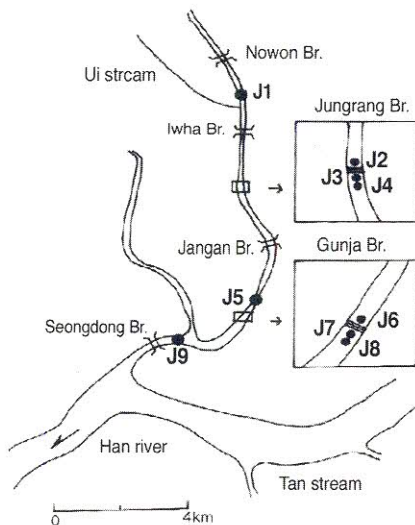


Fig. 1. A map showing the sampling sites at Junrang stream in Seoul, Korea

(J6), 수중보 50m하류(J7), 수중보 300m하류(J8)

- 살곶이다리(J9)

### 2. 조사기간

2000년 7월부터 2001년 6월까지 월 1회 시료 채수 및 분석을 실시하였다. 단 2001년 1월은 하천의 결빙으로 인하여 채수가 불가능하였으며, 물고기 폐사 사고 발생 우려가 높은 2001년 4월에서 6월 중순까지는 주 1회 실시하였다. 또한 강우 시는 정기조사와 관계없이 수시로 조사를 실시하였다.

### 3. 분석방법

pH, DO는 현장에서 이동식 측정기기에 의하여 측정하였으며, 그 외 항목들은 시료를 채수하여 실험실에서, 수질오염공정시험방법에 준하여 분석하였다<sup>2)</sup>.

## 결과 및 고찰

### 1. 강수량

하천의 수질은 기온 및 강수량 등 기상조건에 의한 변동성이 매우 크다. 조사 기간 중 서울 지역의 강수량은 하절기에 집중적으로 내려 8월에 599.4mm로 최고치를 나타내었으며, 9월에 178.5mm, 이후 10월부터 익년 5월까지 8개월 강수량의 합이 204.2mm로 풍수기와는 심한 차이를 보였다(Fig. 2).

### 2. 수질오염도 현황

가. 수소이온농도(pH)

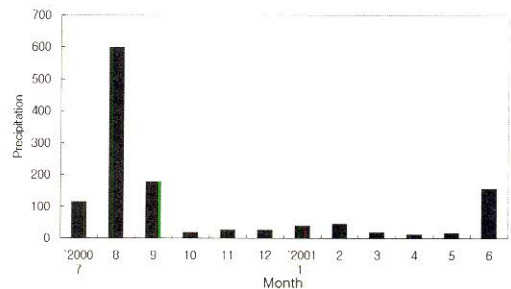


Fig. 2. Monthly variation of precipitation in Seoul, Korea.

pH는 하천에서 일어나는 화학적, 생화학적 변화에 대한 직접적인 중요한 지표이다. 8개 각 지점의 연평균은 7.8~8.1범위로 하천수 수질기준 (6.0~8.5)을 만족하였다. 월별로는 7월에 J4, 8월 J1, 4월에 J2, 5월에 J2 지점이 기준치인 8.5를 초과하였으며, 특히 수량이 적어 수질의 변동성이 큰 갈수기(봄철)와 조류의 번성이 왕성한 하절기에 자주 발생하였다. 물고기의 산란철이 시작되는 3월이후로 pH는 증가 추세를 보이며 하절기 이후까지 지속되다가 겨울철에 다시 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 3, 4).

중랑교 수역의 수중보를 중심으로 상·하류의 pH는 월평균하류(J1)가 8.1, 중랑교 수중보(J2)가 8.1, 수중보 50m 하류(J3)가 8.0으로 그 차이는 미미한 것으로 나타났으며, 군자교 수역 역시 낙차공에 의해 생성된 수중보에서의 pH 변화는 거의 없는 것으로 보인다(Fig. 5).

#### 나. 용존 산소(DO)

수중의 용존산소는 물리학적, 화학적, 생물학적 활동에 의해서 지배를 받는 항목으로, 특히 유기물질량에 의

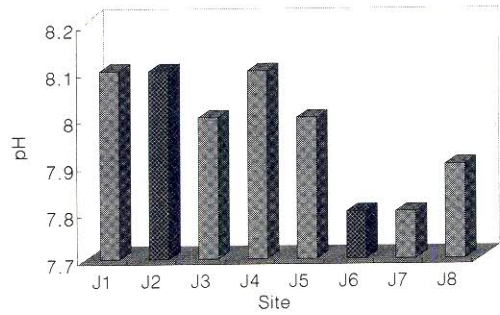


Fig. 5. Distribution of average pH with sites of Jungrang stream in Seoul, Korea

해서 직접적으로 연동하는 지표<sup>4)</sup>이며, 수온에 의해 크게 영향을 받는다. 계절별로도 변화가 심하지만, 조류의 번식이 왕성해지는 봄철 이후로는 낮과 밤의 변화 또한 매우 큰 항목이다. 갈수기인 봄철에는 하천의 유량이 매우 적어 외부 충격에 약해지고, 장기간에 걸쳐 하상에 퇴적된 유기성저니가 소량의 폭우성 강우에 의해 부상하고, 빗물 오수가 유입되어 과도한 유기물 분해로 인해 DO의 감소가 국지적으로 급속히 발생할 수 있다<sup>5)</sup>.

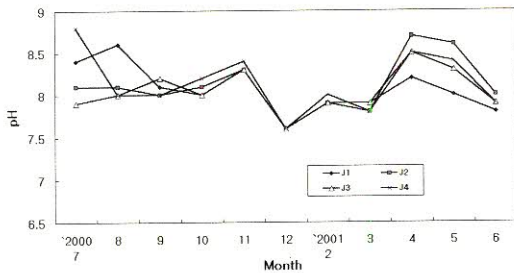


Fig. 3. Monthly variation of pH in the area of Jungrang bridge in Seoul, Korea

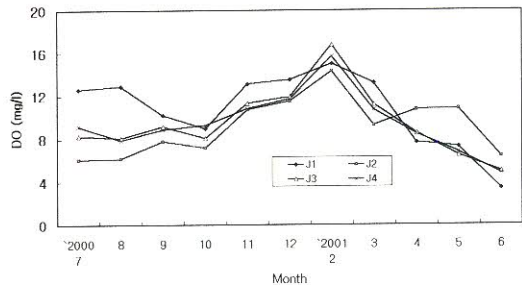


Fig. 6. Monthly variation of DO concentration in the area of Jungrang bridge in Seoul, Korea

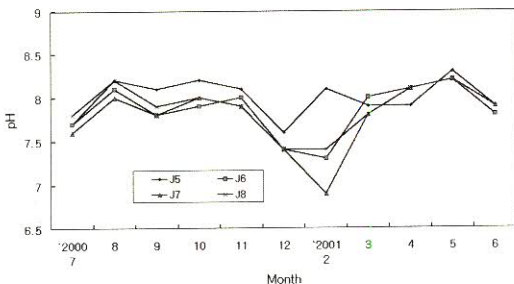


Fig. 4. Monthly variation of pH in the area of Gunja bridge in Seoul, Korea

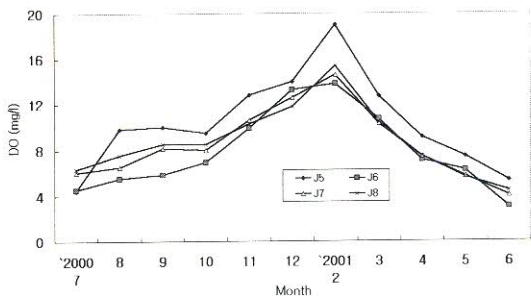


Fig. 7. Monthly variation of DO concentration in the area of Gunja bridge in Seoul, Korea



계절별로는 수온이 낮은 동절기에 높아져서 2월에 각 지점의 평균이 15.6mg/l로 가장 높았고, 수온이 높아지는 6월에 4.5mg/l로 어류 생존허용농도 5mg/l이하를 기록하였다(Fig. 6, 7). 중랑교 수중보 상류 지점인 월릉교하류(J1)의 DO 농도가 10.7mg/l에서 중랑교 수중보 정체구역에서 9.2mg/l로 낮아졌다가 수중보 50m 하류(J3)지점에서 9.5mg/l로 다시 회복되는 모습을 보였다. 군자교 수중보의 경우도 군자교 상류(J5)지점의 DO 농도가 10.4mg/l에서 수중보 정체 구역에서 7.9mg/l로 낮아졌다가 50m 하류(J7)지점에서 8.5mg/l로 다시 증가하였다. 이는 낙차공에 의해 수중보에서 정체현상이 일어나 DO 농도가 낮아졌다가 수중보 이후 낙차공의 폭기에 의해 수중보 하류 지점에서 다시 회복하는 것으로 보인다(Fig 8).

중랑교 낙차공의 경우 상류에서 떠내려 온 오염물질을 축적시켜 물고기 폐사의 원인을 제공했던 시설물<sup>6)</sup>로 2001년 4월 초 철거 공사가 이루어졌다. 2001년 3월 월릉교 하류(J1)의 DO가 13.2mg/l로 중랑교 수중보(J2) 지점의 9.3mg/l보다 매우 높았으나, 중랑교 낙차공 철거 공사 이후 4월 J1이 7.7mg/l, J2가 10.7mg/l로 중랑교 수중보 지점이 상류보다 높았고, 이후로도 5월과 6월 계속해서 J2 지점이 J1지점보다 높게 나타나, 철거 공사 이전과는 반대 경향을 나타내었다. 이는 국지적, 계절적인 영향을 고려할 수 있지만, 중랑교 낙차공 철거 후 낙차공에 의한 수중보 정체 현상이 해소되었기 때문인 것으로 판단된다.

#### 다. 생물화학적산소요구량(BOD)

조사지점의 계절별 BOD 농도는 갈수기인 5~6월의 월평균 농도가 가장 높고, 유량이 풍부한 하절기에 낮아져서 겨울에는 다시 높아지는 경향을 보였다(Fig. 9, 10).

2000년 8월 중랑교 수중보(J2) 정체구역의 BOD 농도가 14.6mg/l으로 수중보 50m 하류(J3)의 9.8mg/l보다 4.8mg/l 높았고, 이후 2001년 3월까지 계속해서 높은 현상을 보였는데 이는 낙차공의 영향으로 수중보에 퇴적된 유기성저니<sup>7)</sup>로 인하여 BOD 농도가 높은 것으로 보인다. 그러나, 4월 초 중랑교 낙차공 철거 공사 이후 4월 중랑교 수중보(J2)가 8.5mg/l, 수중보 50m 하류(J3)가 10.0mg/l로 이전의 경향과는 반대로 나타났으며, 5월 J2가 6.6mg/l, J3가 10.3mg/l, 6월 J2가 6.3mg/l, J3가 8.1mg/l로 계속해서 중랑교 수중보

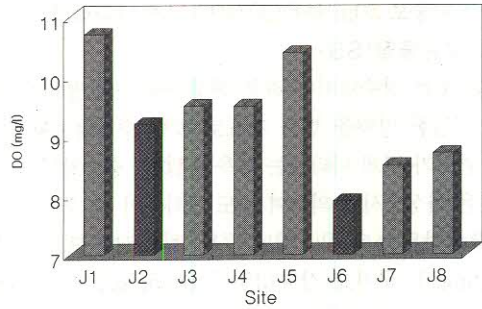


Fig. 8. Distribution of average DO concentration with sites of Jungrang stream in Seoul, Korea

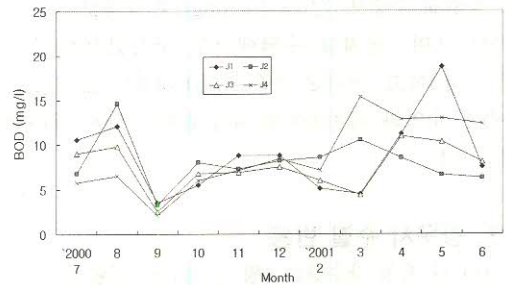


Fig. 9. Monthly variation of BOD concentration in the area of Jungrang bridge in Seoul, Korea

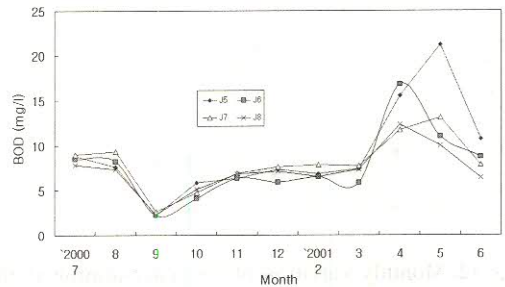


Fig. 10. Monthly variation of BOD concentration in the area of Gunja bridge in Seoul, Korea

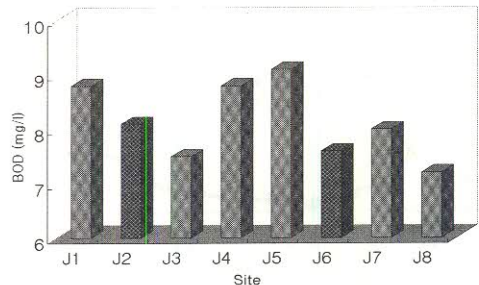


Fig. 11. Distribution of average BOD concentration with sites of Jungrang stream in Seoul, Korea

(J2)가 수중보 50m 하류(J3)보다 낮게 나타났다.

라. 부유물질(SS)

SS농도는 강수량이나 하천 하상공사 등의 물리적 환경에 밀접한 영향을 받는 지표로 일반 수질검사항목에 비해 편차가 크게 나타나는 경우가 많다. 중랑천의 경우도 잦은 하상공사에 의하여 농도 변화폭이 큰 경우가 종종 발생하였는데 2000년 7월 월릉교하류(J1)가 144.5mg/l, 군자교 상류(J5)가 66.5mg/l, 익년 5월 월릉교하류(J1) 지점이 116.0mg/l로 중랑천 평균 SS 값보다 높게 나타났다.

지점별 평균 농도는 월릉교하류(J1)가 35.6mg/l이고, 중랑교 수중보(J2)가 12.3mg/l로 수중보에서 낮게 나타났으며, 군자교 수역에서도 군자교상류(J5)가 17.7mg/l이고, 군자교 수중보(J6) 지점이 12.7mg/l로 중랑교 수역과 마찬가지로 수중보에서 낮게 나타났다 (Fig. 14).

3. 강우시 수질 변동

2001년 봄철 강수량은 4월 12.3 mm, 5월 16.5 mm

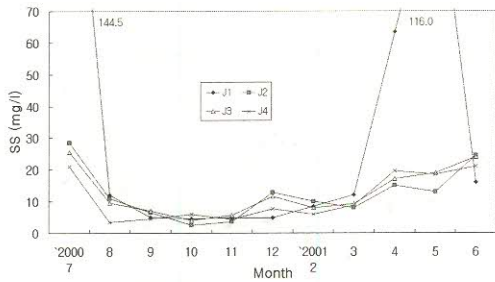


Fig. 12. Monthly variation of SS concentration in the area of Jungrang bridge in Seoul, Korea

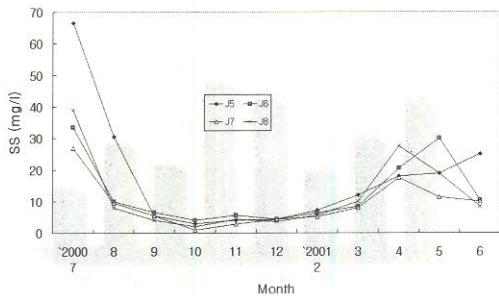


Fig. 13. Monthly variation of SS concentration in the area of Gunja bridge in Seoul, Korea

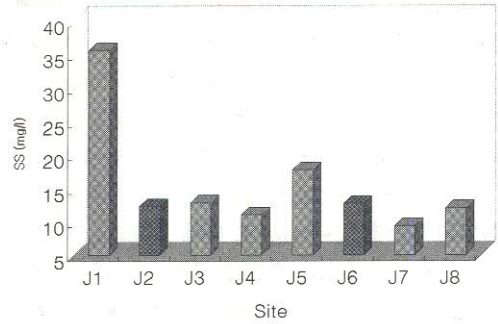


Fig. 14. Distribution of average SS concentration with sites of Jungrang stream in Seoul, Korea

로 매우 적어(Fig. 2) 하천의 유량이 최소가 되는 시점인 4월 이후 실험군으로는 강우가 없고, 강우의 영향으로 인한 수질 변화가 회복되어 평상시의 하천 상태로 회복되는 시기를 택하여 동일한 방법으로 세 차례에 걸쳐 실험한 결과를 사용하였다. 하천의 수질은 강우의 영향 외에 계절적인 영향을 받으므로 채수 시기를 4월 30일에서 5월 22일로 최단기로 하여 실험군과 대조군과의 외적 환경 요인의 영향이 최대한 동일하게 유지되도록 하였다.

pH는 하천에서 보통 중성이나 약한 알칼리성을 띠지만, 봄철 이후 조류의 광합성 작용에 의한 물속에 용해되어 있는 CO<sub>2</sub>의 소비에 의해 수질이 알칼리성으로 되는 경향이 있다. 강우 시 pH 평균 농도는 중랑교 수중보가 8.1, 군자교 수중보가 7.9, 살곶이다리가 7.5로 평시의 평균 농도보다 각각 0.3, 0.2, 0.1이 낮았다. 이는 강우 시 조류에 의한 광합성 작용의 저하로 평시보다 낮게 나타난 것으로 보인다.

용존산소는 조류 등이 번식하면 광합성 작용으로 농도가 증가하거나, 생물의 호흡이나 수중의 유기물의 산화<sup>8)</sup> 등에 의하여 소모되기도 한다. 조사 결과 두 실험군과 대조군간의 농도 차이는 pH와 BOD에 비해 뚜렷이 나타나는데, 강우시 중랑교 수중보가 2.5mg/l, 군자교 수중보가 2.8mg/l, 살곶이다리가 1.6mg/l로 실험군의 DO 보다 각각 5.6, 2.8, 2.7mg/l가 낮다. 이러한 차이는 강우 시 조류의 광합성 저하와 함께 정체수역에서 퇴적된 유기성저니가 부상하거나, 외부 유입에 의한 부유물질 증가로 인해 수체나 저니중의 유기물질이 다량 분해되는 과정에서 용존 산소의 감소가 일어난 것으로 보인다(Fig. 15).



## 결론

낙차공과 같이 도시 하천내에 설치된 구조물이 수질 변화에 미치는 영향은 아래와 같다.

1. 낙차공에 의해 생성된 수중보에서 정체 현상이 일어나 상류에 비해 용존 산소의 감소가 일어나나 수중보 이후 낙차공의 폭기에 의해 수중보 하류 지점에서 용존 산소가 다시 회복된다.

2. 봄철 갈수기에 발생하는 소나기성 강우시 수중보에서의 용존 산소 감소가 두드러지며, 이는 강우시 정체 구역에서 퇴적된 유기성저니가 부상하거나, 외부 유입에 의한 부유 물질 증가로 인해 수체나 저니중의 유기물질이 다량 분해되는 과정에서 용존산소의 감소가 일어난 것으로 보이며, 이러한 용존 산소의 감소는 봄철 산란기에 중량천 상류로 이동하려는 잉어, 붕어 등의 담수 어종에게 큰 위협을 줄수 있다.

## 참고 문헌

1. 김혜경, 한선규:한강 지류천 생태계 조사 연구. 서울특별시 보건환경연구원, p30 (1998)
2. 최봉중, 유성환:수질조사 및 분석. 동화출판사, pp31~35 (1998)
3. 환경정책기본법 시행령 [별표1]
4. 조순행, 구자공, 한상욱, 서용찬: 수질관리. 동화출판사, p65 (1995)
5. 배경석, 김교봉, 김혜경, 유승성, 유동구, 이광식, 김런태, 김민영, 신재영: 중량천의 수환경과 어류군집의 장기 변동 양상. 보건환경연구논문집, p333

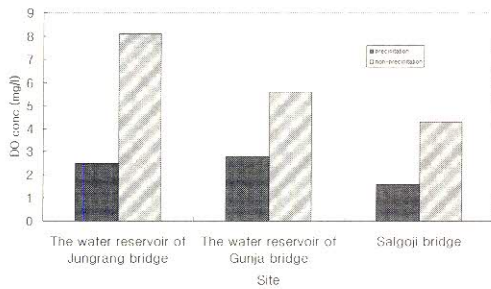


Fig. 15. Comparison of average DO concentration in between precipitation and non-precipitation

BOD는 강우 시 중량교 수중보가 8.2mg/l, 군자교 수중보가 9.6mg/l로 실험군의 중량교 수중보의 9.3mg/l, 군자교 수중보의 12.2mg/l보다 낮게 나타났다. 그러나, 살곶이다리 지점에서는 수중보 지점들과는 달리 강우 시가 35.6mg/l로 실험군의 21.8mg/l보다 13.8mg/l 높게 나타났다. 살곶이다리에서 큰 폭의 농도 변화를 보였는데, 이는 중량교 수중보나 군자교 수중보의 경우 낙차공에 의하여 생성된 수중보에서 정체 현상이 발생하나, 살곶이다리에서는 상류에 비해 살곶이다리에서 하천의 폭이 확대되고, 살곶이다리 하류 부분인 성동교 이후 다시 하천 폭이 좁아짐으로써 하천의 유속이 느려짐으로 정체 현상이 일어나는 것으로 정체 현상을 일으키는 근본 원인의 차이에 기인하는 것으로 생각되어 지나, 좀 더 정확한 원인규명을 위해서는 하천의 구조적인 지형이외에도 낙차공과 하수처리장 등 하천 내 구조물이 하천의 수질에 미치는 영향을 고려하여 좀 더 정밀한 조사가 이루어져야 할 것으로 보인다(Table 1).

Table 1. Water quality of the accident sites

Site		Jungrang weir st.			Gunja weir st.			Salgoji st.		
Date	Item	PH	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	pH	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	pH	DO (mg/l)	BOD (mg/l)
raining	4 May	8.1	3.1	8.0	8.2	2.5	8.3	7.7	2.6	34.8
	7 May	8.2	1.9	8.9	8.0	1.4	14.2	7.6	1.1	32.4
	22 May	8.1	2.4	7.7	7.6	4.6	6.2	7.3	1.0	39.7
dry	30 April	8.6	6.0	11.9	8.2	5.5	12.5	7.7	3.3	21.4
	14 May	8.6	10.8	6.6	8.2	6.2	11.0	7.8	5.8	13.3
	21 May	8.1	7.4	9.3	7.8	5.0	13.2	7.4	3.9	30.6

- (2000)
6. [www.metro.seoul.kr/friend/2/11/22.html](http://www.metro.seoul.kr/friend/2/11/22.html)
7. 홍사욱, 나규환, 이장훈, 황갑수:환경위생학총론.
8. 이광래, 임재명:환경공학. 동화출판사, p73(1997)
9. 기상청 : 기상월보
- 신광문화사, pp234~235(1998)