

강우에 따른 동천의 수질 회복 패턴 조사연구

김주인[†] · 차영욱 · 이소림 · 이경심 · 유평중
환경조사과

Study on the Water Quality Improvement Patterns of the Dong Stream After Rainfall

Chu-in Kim[†], Yung-Wook Cha, So-lim Lee, Kyung-sim Lee, and Pyung-Jong Yoo
Environmental Research Division

Abstracts

The pumping system was constructed to supply the clean sea water into Dong Stream in order to improve the water quality with the dilution effect and obtain better environmental condition by maintaining adequate water volume in 2010. And then 30,000 t/d, 10,000 t/d and 10,000 t/d of the clean sea water were separately supplied to the upper point of the Kangmoo bridge, and the middle point of Bum4 bridge and Bum3 bridge in Dong stream, respectively. The yearly average concentration of COD was greatly improved to 4.4 mg/L in 2011 at Kwangmoo bridge after supplying sea water. The data was compared to 13.4 mg/L in 2007 and 12.5 mg/L in 2008. According to the investigation, the water quality of Dong Stream had declined during the rainfall. So this study has investigated the variation of water quality in Dong Stream right after the rainfall and the water quality improvement patterns.

When the rainfall intensity was over 3 mm/hr, the water quality sharply declined due to the Combined Sewage Overflow from the upstream and tributary. The water quality gradually improved due to the clean sea water drawn from the port, and then it met the Environmental Standard River Level II after one tidal cycle(10~14 days). At the low tide, especially, the water quality improved more slowly and the turbidity of the Stream was very high. The turbid phenomenon is originated by the zooplankton and bacteria which scatter light. To improve the water quality of Dong Stream more effectively, it is required to enlarge the volume of drawing sea water, to use the movable weirs, and to secure more environmental flow.

Key words : Dong Stream, Water Quality, CSO, Tidal Stream, Turbid Phenomenon

서 론

도시하천의 수질은 유역의 인구증가와 토지 이용도에 따라 상하류간에 매우 이질적인 양상을 보여 상류유역은 다수의 농경지 내지는 산지들로 농촌 성향이 강하고, 중하류유역은 시가지를 갖춘 전형적인 도시성향이 강하다^{1,2,3)}. 도시하천은 불수층 증가의 건천화, 인공지형변화의 수계 변화, 유출량 증가의 유량 변화, 지하수 고갈과 오염 및

하수에 의한 수질오염 등으로 인한 다양한 문제점을 수반하고 있다^{4,5)}. 특히 도시를 관통하는 하천은 대부분이 복개되어 하천으로서의 역할보다는 도시 하수구같이 생활하수의 배출통로로 이용되어 왔기 때문에 친수공간으로서의 하천 복원은 매우 복잡하고 어려워서 많은 예산과 시간이 필요한 현실적 문제이다. 부산의 대표적 도시하천인 동천의 경우도 80% 이상이 복개되어 있기 때문에 복개 내부로 오염원 유입관리가 쉽지 않고 비가 오면 쉽게 오염이 심화되

[†] Corresponding author, E-mail : cikim@korea.kr

Tel : +82-51-758-6123, Fax : +82-51-753-1424

는 하천관리가 쉽지 않은 하천 중 하나이다.

부산광역시에서는 2004년 이후로 동천환경개선을 통하여 복개 내부에서 유입되는 하수를 줄이기 위하여 하수관거를 확충 정비하는 등의 사업으로 10여년전 광무교의 BOD가 50 mg/L이상 되었던 것이 2007년도에는 11.5 mg/L로 수질이 개선되고 있다는 가시적인 효과로 나타났지만⁶⁾ 우기시 하수관거 월류수의 유입, 감소하천으로 인한 유입 오염원의 하천내 잔류, 유지용수의 부족 등으로 수질 개선에 많은 어려움이 상존하였다.

이러한 동천의 문제점을 보다 근원적으로 해결하기 위하여 부산광역시에서는 유지용수 확보계획 중 가장 효율성이 높은 동천 하류 북항의 맑은 해수를 도수하는 방안을 채택하였다. 따라서 153억원의 예산을 투입하여 유지용수 확보를 위한 해수도수사업, 하상의 퇴적오니 준설사업, 하천 주변 환경정비사업 등을 함께 추진하였다. 해수도수 사업은 도수시 수질변화 예측 시뮬레이션 기초연구 결과를 토대로 74억원의 사업비를 투입하여 북항의 해수 5만톤을 끌어올려 미복개 구간 상류인 광무교 지점 3만톤/일, 범4호교 1만톤/일, 범3호교 1만톤/일을 각각 분배 방류하도록 공사를 실시하여 2010년 5월에 완료하여 본격적인 해수 도수를 시작하였다.⁷⁾

해수도수 이후 동천의 수질은 현저히 개선되었고 수질도 크게 안정화 되었다. 광무교 지점에서 도수 전의 평균 COD농도는 2007년 13.4 mg/L, 2008년 12.5 mg/L로⁷⁾ 나타난 반면에 도수 후인 2010년에는 3.5 mg/L로 나타나 깨끗한 바닷물 유입으로 인해 수질이 좋아진 것으로 나타났다. 도수전인 2007년과 2008년에는 COD 농도가 월별에 따라 변화의 폭이 컸던 것에 비하여 도수 후는 월별에 따라 큰 차이가 없이 일정한 수준을 유지하였다. 하지만 동천은 강우시 미차집된 하수와 비점오염원 등이 유입되어 평상시와 다르게 크게 오염되는 경향을 보이고

있다. 본 연구는 동천이 강우량과 강우에 따라 수질이 변화하는 양상과 회복되는 패턴을 알아보고자 하며 감소하천의 특성상 조석의 영향과 함께 동천에서 종종 발생하는 혼탁현상의 과정을 규명하고 동천수질 회복 방안을 검토해 보았다.

재료 및 방법

시료채취

동천의 해수도수는 북항 입구의 바닷물 5만톤을 미복개 구간 상류의 광무교 지점에 3만 t/day을 시작으로 하류쪽으로 내려오면서 범4호교 지점에 1만 t/day, 범3호교 지점에 1만 t/day을 분배 방류하도록 설계되었으며 해수도수 도식도와 시료채취 지점은 Fig. 1과 같다. 강우 전후의 수질을 분석하기 위하여 시료채취는 해수도수 직후인 광무교, 지류인 전포천이 유입된 진후 전포천 합류지점, 1,2차 방류지점인 범4호교와 범3호교 지점, 북항과 가장 근접한 범일교 등 총 4개 지점에 대하여 강우량 5mm 이상일 경우 시료 채취와 수질분석을 실시하였다.

분석항목 및 실험방법

강우시 수질 항목 조사

현장측정기(YSI 556MPS)를 이용하여 현장측정 항목인 수온, pH, 전기전도도, 염분, 용존산소를 현장에서 측정하였고, 시험실 분석 항목은 도수 이후 바닷물에 가까운 염분도가 유지되고 있는 관계로 BOD는 조사 항목에서 제외하고 COD, SS, TN, TP 등 4개 항목에 대하여 수질오염공정시험기준⁸⁾에 따라서 분석하였다.



Fig. 1. Scheme of drawing sea water of Dong Stream.

강우패턴(강수량 및 강우강도) 조사

강우패턴 중 일반적인 일 강수량은 부산지방기상청의 지상관측자료 부산(청)(부산광역시 중구 대청동 1가)의 강수량 자료를 이용하였고, 강우강도와 세부적인 강우패턴 자료는 기상청의 지역별 상세관측자료(AWS)를 사용하였으며 동천의 유역의 중심부에 위치한 「부산진 측정소(938)」(부산광역시 부산진구 범천동) 관측자료를 사용하였다.⁹⁾

조석의 영향 조사

전형적인 간조하천인 동천은 간조와 만조 시의 하천유지수량이 달라지며 수질에 영향을 미치기 때문에 조석의 영향조사가 필요하였다. 조석자료는 동천하류의 북항 하단부에 위치해 있는 국립해양조사원 부산조위관측소(부산광역시 중구 남포동 영도대교 하단)의 조석의 예보자료 및 실측자료를 이용하였다.¹⁰⁾

혼탁현상 및 박테리아 조사

강우 후 종종 발생하는 혼탁현상을 파악하기 위해 혼탁

현상 발생 시료에 대하여 현미경적 관찰과 조류생성 여부를 파악하기 위해 탁도, Chl-a 조사 및 현미경적 관찰을 통한 박테리아류 등에 대한 동정을 실시하였다.

결과 및 고찰

강수량 및 강우강도에 따른 수질 변화

해수도수 이후 광무교 지점의 염분은 24 ~ 32 ‰로 바닷물과 거의 같은 수준이고 타 지점도 대체적으로 바닷물에 가까운 염분도를 유지하고 있기 때문에 수질오염도 분석을 위하여 염분에 영향을 받는 BOD 대신 COD 선택하여 분석하였다.

Fig. 2는 부산광역시보건환경연구원에서 측정한 수질측정망 자료로 지난 10년간의 년도별 평균 COD 자료이며 Fig. 3은 2010년 해수도수 전후의 수질 변화를 비교분석한 것이다.

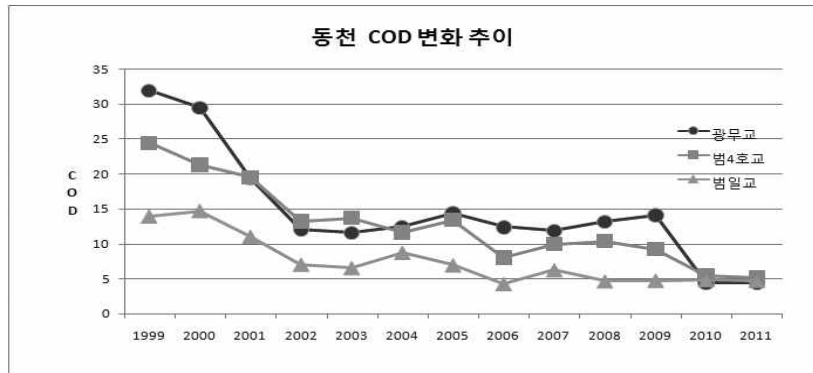


Fig. 2. Variation of water quality in Dong Stream for 10 yaers.

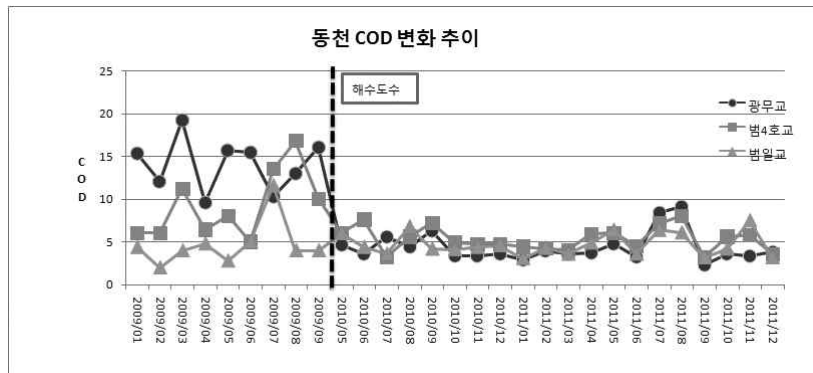


Fig. 3. Variation of water quality(COD) since drawing water.

Fig. 2와 같이 광무교 지점에서 도수 전의 평균 COD농도는 2008년 12.5 mg/L, 2009년 14.1 mg/L로 나타난 반면에 도수 후인 2010년에는 4.4 mg/L로 나타나 깨끗한 바닷물 유입으로 인해 수질이 크게 개선된 것으로 나타났다. 도수전인 2008년과 2009년에는 COD 농도가 월별에 따라 변화의 폭이 컸던 것에 비하여 도수 후는 월별에 따라 큰 차이가 없이 일정한 수준을 유지하며 안정화

(stable)된 모습을 보여준다.

하지만 2010년과 2011년 하절기에는 수질이 악화되고 있으며 이는 하절기 많은 강우와 연관이 있다. 동천의 수질과 강우와의 관계를 알아보기 위해 2011년 수질 측정망 자료와 측정일 15일간의 누적강수량과 비교하면 Fig. 4와 같다.

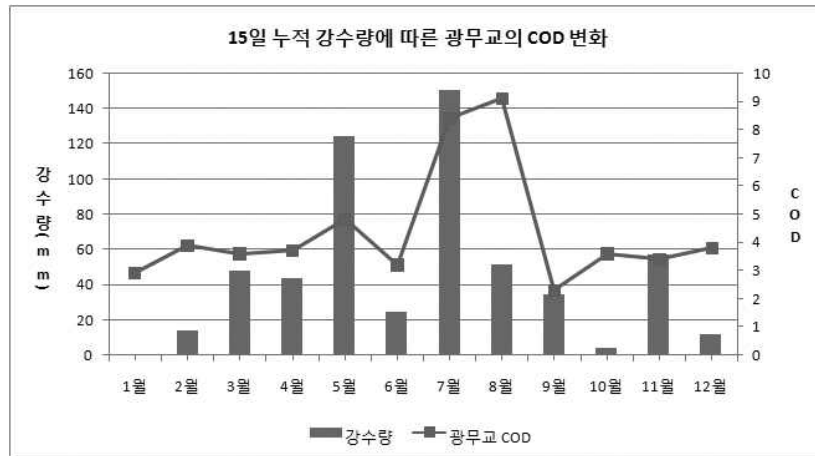


Fig. 4. Variation of water quality(COD) in Kwngmu-Bridge according to 15day accumulated precipitation.

Table 1. Rainfall patterns and variation of water quality according to the Episodes

강우 Episode	10일 누적 강우량 (mm)	최고 강우강도 (mm/hr)	지점	채수일시	수질자료						비고
					염분	DO	COD	SS	T-N	T-P	
1	13.9 mm (2/6~2/15)	1.5 (2/14)	광무교	2/16 10:05	32.3	3.5	3.2	2.7	1,225	0.090	
			범4호교	2/16 10:15	31.6	3.8	4.2	2.1	1,234	0.092	
			범일교	2/16 10:30	32.8	3.2	4.3	4.0	1,069	0.077	
2	17.0 mm (5/15~5/24)	3.0 (5/23)	광무교	5/25 10:35	30.2	12.2	4.8	8.1	2,204	0.204	혼탁현상
			범4호교	5/25 10:25	27.8	4.6	5.9	8.1	3,246	0.260	
			범일교	5/25 10:15	28.8	5.4	6.0	4.7	2,714	0.246	
3	200.2 mm (6/17~6/26)	24.0 (6/26)	광무교	6/28 15:50	9.1	6.1	8.9	14.5	6,700	0.385	혼탁현상
			범4호교	6/28 16:05	3.9	3.0	17.3	25.4	7,660	0.560	
			범일교	6/28 16:20	7.7	1.2	12.3	14.9	7,189	0.479	
4	145.1 mm (7/1~7/10)	24.5 (7/9)	광무교	7/11, 17:15	7.8	4.2	7.9	10.2	4,743	0.309	
			범4호교	7/11, 17:30	1.6	1.5	16.8	22.9	5,217	0.541	
			범일교	7/11, 17:40	5.4	3.0	11.8	14.3	6,801	0.547	
5	91.1 mm (8/20~8/29)	6.5 (8/21)	광무교	8/30, 13:00	16.3	4.2	9.1	15.2	9,093	0.737	
			범4호교	8/30 13:10	23.8	1.5	8.1	25.0	4,546	0.365	
			범일교	8/30 13:30	26.5	3.0	9.0	5.2	2,742	0.232	
6	34 mm (10/10~10/19)	8.0 (10/14)	광무교	10/19 15:15	32.7	8.1	0.9	1.9	1,356	0.385	혼탁현상
			범4교	10/19, 15:20	31.4	3.7	4.4	13.2	1,707	0.205	
			범일교	10/19 15:40	31.9	2.3	5.9	13.4	1,719	0.273	

Fig. 4와 같이 측정일 15일 강수량 자료와 광무교 지점의 COD 값의 패턴이 거의 유사하며 이는 동천이 강우의 영향을 많이 받는 하천임을 알 수 있다.

강우량과 강우강도에 따라 강우 Episode별로 강우 직후 측정된 수질 자료를 분석한 것은 Table 1과 같다.

Table 1에 보듯이 누적강우량보다는 강우강도에 의해 영향을 많이 받는 것으로 나타났으며 Episode 1에 보듯이 1.5mm/hr 이하의 강우강도에는 광무교와 범4호교, 범일교는 평상시 수준인 하천수 II 등급 수준을 유지하며 강우에 큰 영향을 받지 않지만 강우강도 3mm/hr 이상의 강우가 있을때 동천의 수질오염도는 크게 증가한다. 이는 이는 동천 유역의 하수관거 중 합류식 시스템이 아직 남아 있어 일정정도 이상의 비가 오면 평소 차집되던 하수가 복개내부에서 흘러 들어오기 때문이다.

강우강도 3mm/hr 이상이고 10일 누적강우량이 35 mm 이상이면 수질오염도가 크게 증가하게 되며 누적강우량이 많으면 많을수록 COD값이 높아짐을 알 수 있다. 특히 강우가 잦은 장마 시기인 6,7월에 누적강우량이 150 mm에 가까워지면 염분도가 크게 감소하여 상류의 담수가 유입되며 동천의 COD 값이 크게 높아진다.

특히 장마시기 범4호교와 지점의 COD가 15 mg/L를 나타날 정도로 수질이 크게 악화됨을 알 수 있다. 전포천 지류 하류에 있는 범4호교의 수질오염도가 크게 악화되는

것으로 보아 강우시 광무교 상류부의 오염물질의 유입과 함께 전포천의 오수 유입이 많음을 알 수 있다.

총질소(TN)와 총인(TP) 등 영양염류는 비가 잦은 6월에서 8월에 그 값이 크게 상승한 것으로 보아 강우강도보다는 누적강우량과 더 많은 관계가 있는 것으로 판단된다.

수질의 회복과 조석의 영향

강우 후 동천의 수질은 미차집된 하수와 비점오염원으로 인해 악화되지만 북항의 해수가 하루 5만톤 가량 유입되면서 수질이 점차 회복되는 패턴을 보인다. Table 2는 강우 이후 동천의 수질 회복되는 사례를 보여주고 있다.

Table 2에 보는 바와 같이 강우 후 동천의 수질이 악화되었다가 강우가 없는 상태에서 해수도수가 진행되면 약 10일 ~ 15일 가량이면 회복되고 있다. 1번 사례는 강우량이 20mm 이하인데도 약 15일 정도의 회복기간이 걸리며 2번 사례에서는 강우량이 90 mm 가량 많음에도 불구하고 약 10일만에 수질이 회복됨을 알 수 있다.

이는 감소하천인 동천의 특성상^{6,11)} 사리와 조금 상태의 조석상태와 관련이 있는 것으로 판단되어 동천하류의 북항 하단부에 위치해 있는 국립해양조사원 부산조위관측소(부산광역시 중구 남포동 영도대교 하단)의 조석의 예보 자료와 비교해 보았다.

Table. 2. Variation of water quality after rainfall

연번	강우 (mm)	최고 강우강도 (mm/hr)	지점	강우 직후 수질자료					강우 이후 수질자료				
				채수일시	염분	DO	COD	비고	채수일시	염분	DO	COD	비고
1	17.0 mm (5/15 ~ 5/24)	3.0 (5/23)	광무교	5/25 10:35	30.2	12.2	4.8	혼탁	6/10 13:30	30.1	8.6	3.2	
			범4호교	5/25 10:25	27.8	4.6	5.9		6/10 13:35	30.0	4.2	4.5	
			범일교	5/25 10:15	28.8	5.4	6.0		6/10 13:55	31.5	3.4	3.6	
2	91.1 mm (8/20 ~ 8/29)	6.5 (8/21)	광무교	8/30 13:00	16.3	4.2	9.1		9/6 13:30	27.4	6.6	3.2	승어 출현
			범4호교	8/30 13:10	23.8	1.5	8.1		9/6 13:35	27.2	2.6	4.0	
			범일교	8/30 13:30	26.5	3.0	9.0		9/6 13:55	28.2	3.9	3.6	
3	52.6 mm (9/1 ~ 9/10)	11.0 (9/11)	범4호교	9/16 14:00	24.8	0.7	11.2	혼탁	10/12 10:25	27.3	6.7	5.6	범일교 승어 출현
4	67.9 mm (11/14 ~ 11/23)	8.0 (11/18)	범4호교	11/24 10:15	27.6	0.8	9.2	혼탁	12/15 10:25	27.27	6.7	5.2	

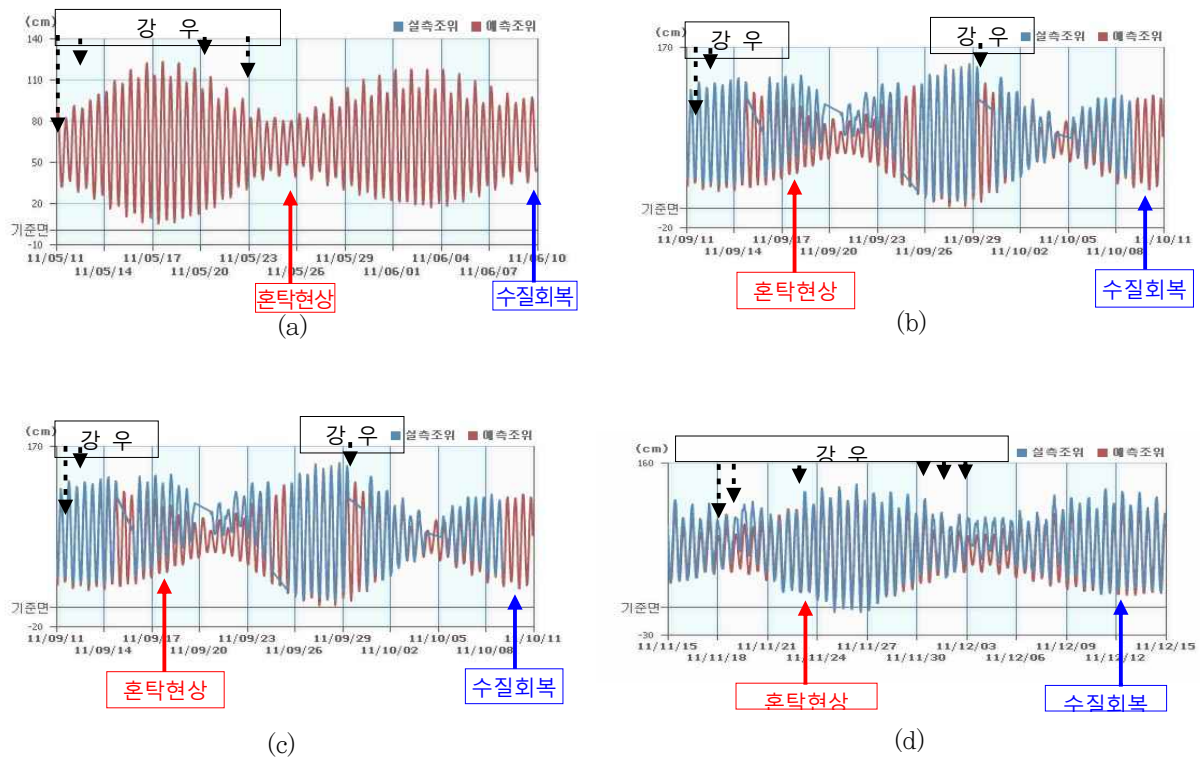


Fig. 5. Water quality improvement patterns according to the rainfall and tide

Fig. 5. (b)에서와 같이 조석주기가 큰 시기(사리)를 지나면 10일 정도 만에 수질회복이 빠르게 진행된다. 하지만 Fig. 5. (c),(d) 사례와 같이 약간의 강우가 지속되면 수질이 회복되는 시간이 길어지며 조석주기가 완전히 바뀌는 시기(14~15일)가 지나면 수질은 평상시 하천등급 II급수 정도 평균 수질로 개선되는 것으로 나타났다.

또한 Fig. 5. 에 (a)와 (c) 등에 보는 바와 같이 강우 후에 조석 간만의 차가 작을 때(조금) 동천의 혼탁현상이

자주 관찰된다. Table 2에 보는 바와 같이 이때 동천의 DO는 크게 소모되고 COD도 높게 나타난다.

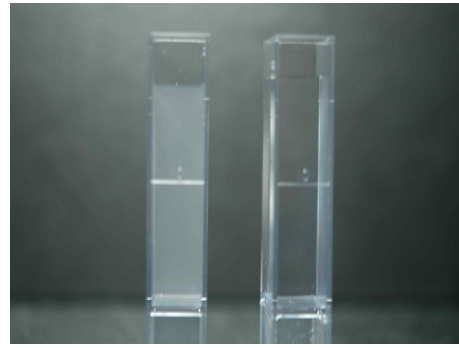
수질이 회복되는 또 하나의 지표는 어류의 출현으로 9월 6일에는 범4호교까지 어류가 유영하였으며 10월20일에도 바다와 가까운 범일교 부근까지 유영하였다. 어류는 주로 송어(*Mugil cephalus*)의 치어들로 COD나 TN, TP의 영향을 받는다고보다는 용존산소에 의해서 제한을 받는 것으로 판단된다.



Fig. 6. Appearance of fishes at Beom4-bridge (Sep. 6, 2011).



Fig. 7. Turbid Dong Stream.

Fig. 8. Comparison before&after filtration(GF/C1.2 μ m).

혼탁 현상의 발생과 메카니즘

Fig. 7에 보는바와 같이 동천에서는 강우가 있고 난 후 광무교 하류 낙차공에서 하류 범일교까지 하천의 색깔이 우유빛깔과 같이 하얗게 되는 혼탁(백탁)현상이 종종 발견된다. 이때는 COD를 비롯한 수질지표가 크게 악화되며 특히 용존산소의 저감이 많이 나타난다. 무엇보다 심미적으로 좋지 않아 시민들의 많은 민원 요소가 된다.

혼탁현상의 원인을 알기 위해 혼탁이 발생한 시기에 동

천에서 시료 채취하여 현장 수질항목과 탁도, Chl-a 성분을 분석하였고, 동정을 위하여 현미경적으로 분석하였다.

동천의 혼탁상태의 시료를 GF/C 여지(Core Size 1.2 μ m)를 통과시키면 혼탁이 거의 사라지며(Fig.8.) 이 시료의 탁도를 측정하여도 크게 줄어들을 알 수 있다. (Table 3) Chl-a 실험결과 유효한 값이 나타나지 않아 조류(algae)는 아닌 것으로 나타났다. 혼탁을 일으키는 원인물질을 파악하기 위하여 현미경적 관찰을 한 결과 윤충류의

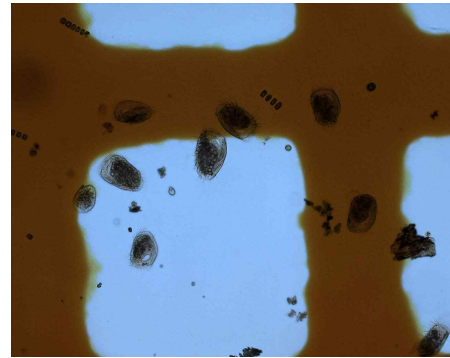
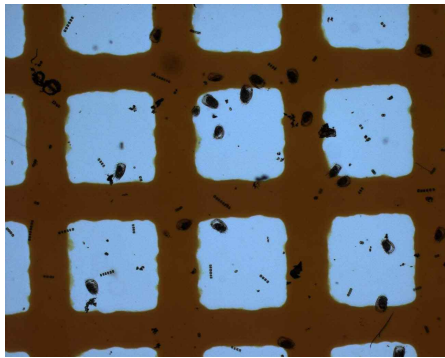
(a) Zooplankton ($\times 200$, $\times 500$)(b) bacteria ($\times 1000$)

Fig. 9. Photomicrograph of microorganism during the turbidity phenomenon

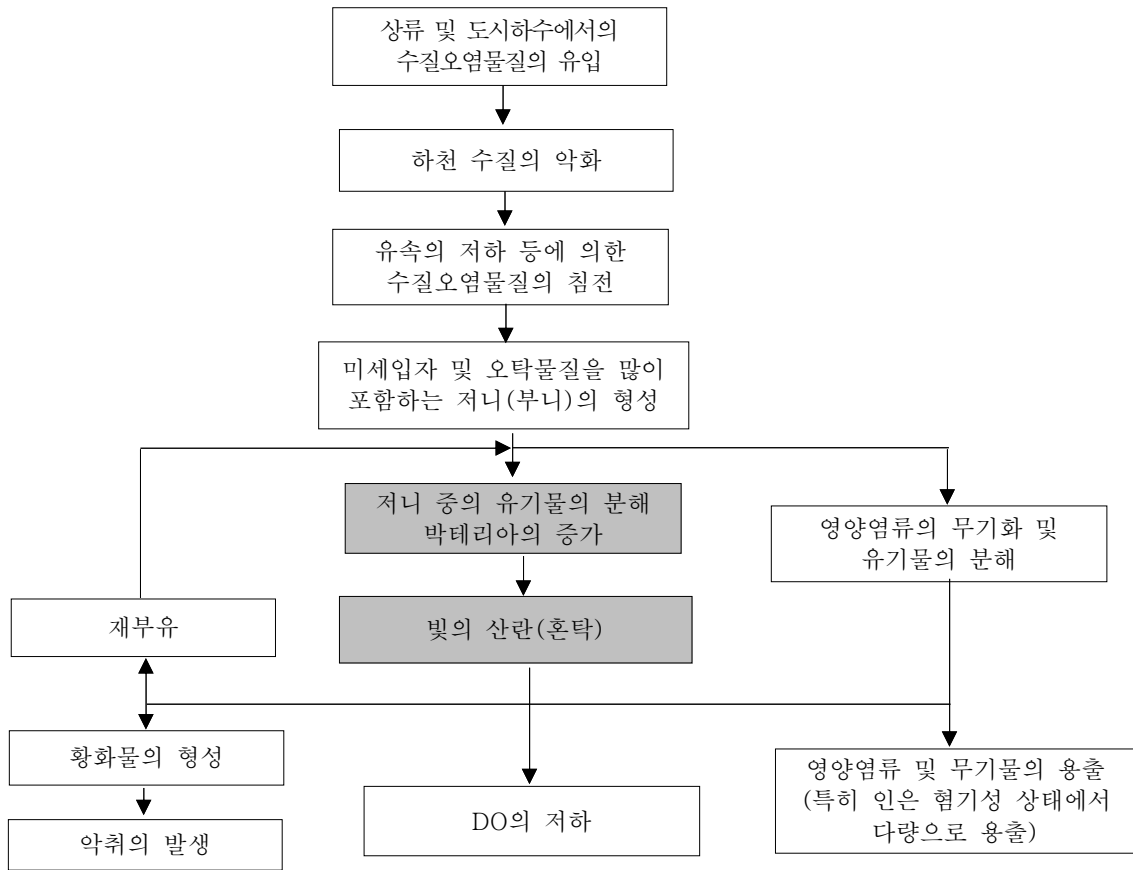


Fig. 10. Mechanism of the turbidity phenomenon in Dong stream.

동물성 플랑크톤과 2 μ m 내외의 박테리아로 나타났다 (Fig.9.). 박테리아가 크게 증가하며 이 박테리아가 빛을 산란시켜 동천의 혼탁현상을 일으키는 것으로 판단되며 이 박테리아를 먹이로 하는 유훁류의 동물성 플랑크톤이 증가한 것으로 판단된다.

이런 현상은 하수처리장 침전조 등에서 종종 발생하는

방류수의 백탁 현상과 거의 유사하다고 생각된다.¹²⁾ 특히 이러한 혼탁현상은 강우 후 조석의 차이가 적은 조금 시기에 잘 발생하고 조석차이가 많을 사리에는 혼탁현상이 사라지는 것으로 보아 하천의 유동이 적고 광무교 하단의 낙차공 아래에서 하루부인 범일교까지의 수괴의 체류시간이 길어 안정된 상태에서 발생함을 알 수 있다.

Table 3. Water quality during the turbidity phenomenon

지점	채수일시	수질자료									비고
		염분	DO	COD	SS	T-N	T-P	탁도		chl-a	
								여과전	여과후		
광무교	10/19 15:15	32.7	8.1	0.9	1.9	1.356	0.087	1.1	0.3	2.1	
범4호교	10/19 15:20	31.1	3.7	4.4	13.2	1.707	0.220	29.4	1.3	0.7	
범일교	10/19 15:35	31.4	2.3	5.9	13.4	1.719	0.160	22.1	1.2	0.7	
북향입구	10/19 15:45	31.9	3.9	3.8	7.8	1.209	0.154	9.2	0.7	1.2	

즉, 동천에 강우에 의해 상류나 전포천 등 지류에서 하수나 오수에 포함된 유기물이 동천하류로 유입되고 하천의 유동이 적은 상태에서 박테리아와 동물성 플랑크톤이 급속히 증가하고 이것이 동천의 혼탁현상을 일으키면서 저니의 퇴적된 유기물과 함께 용존산소를 급격히 소모하여 수질이 악화되는 것으로 판단된다.

강우 후 수질회복을 위한 방안

동천의 혼탁현상 발생 메카니즘에서 보았듯이 조석의 간만 차가 낮을 때 즉 수괴(水塊)의 유동이 작을 때 오염도가 크게 증가하므로 수괴의 유동을 바꾸어 주는 것이 중요하다. 따라서 동천의 해수도수량을 변화를 주어 체류시간을 변경하는 것이 필요할 것이다. 특히 간만의 차가 적은 조금에는 방류량을 현재 하루 약 5만톤의 해수도수량을 펌프용량 등의 확충을 통해 하루 7~8만톤 수준으로 올리는 것이 필요할 것이다.

또한 현재 가동이 중단되어 있는 범4호교 인근의 동천가동보를 이용하여 도수된 해수를 가두어 두었다가 조금 때에 일시에 방류하는 방법도 고려해 볼 수 있을 것이다.

근본적으로 동천의 수질 회복을 위해서는 광무교 상류와 전포천 등의 지류로부터 생활하수나 오수가 유입되는 것을 차단하는 것이 필요하다. 현재 남부하수처리장 구역의 동천수계의 하천의 분류식 관거 사업이 계속 진행됨에 따라 오염원이 계속 줄어들 것으로 판단된다.

또한 부산광역시 하천관리과에서 진행하고 있는 성지곡수원지수(부전천)와 KTX 지하수를 이용한 유지용수의 추가 확보도 동천의 수질 회복에 큰 도움이 될 것이다. 향후 부산시민공원에 들어서게 될 수변 친수공간의 확보를 위해 부산시민공원 추진단이 시행하는 「부전천 전포천 정비사업」 수행에도 전포천의 유지용수 확보방안을 포함되어야 할 것이다.

결 론

동천의 수질을 보다 궁극적으로 개선하기 위하여 2010년 5월 동천 하류 북항의 깨끗한 바닷물을 도수하여 동천수질이 크게 개선되었다. 하지만 강우가 있을 때 부분적으로 수질이 악화되고 혼탁해지는 특징을 가지고 있다. 따라서 본 연구는 도수 이후 강우량과 강우강도 및 조석 등에 의해 수질의 변화와 회복패턴을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 해수 도수된 바닷물의 직접적인 영향을 받는 광무교 지점의 도수후 2011년 평균 COD 농도는 4.4 mg/L로 도수전인 2008년, 2009년 평균농도 12.5 mg/L, 13.1 mg/L에 비하면 도수 후의 COD 농도가 크게 개선되었으며 수질의 변동 폭도 감소하였다.
2. 하지만 동천은 강우시 하천의 수질오염도가 증가하며 강우에 취약성을 나타내었으며 강우강도가 3 mm/hr 이상이면 오염도가 크게 증가하는 것으로 나타났다.
3. 동천은 조석의 영향을 받는 감조하천으로 강우가 오고 난 직후 조석의 간만 차이가 적을 경우 혼탁현상을 나타내며 해수도수에 의한 수질 회복이 느리게 나타났으며 조석주기가 지나는 10일~14일이 경과하면 수질이 크게 개선되어 II등급 수질로 회복되었다.
4. 동천의 혼탁(백탁)현상은 강우 후 조석간만이 적을 때 주로 발생하며 박테리아와 윤충류의 동물성 플랑크톤이 급속히 증가하기 때문이며 이때 용존산소가 급격히 낮아진다.
5. 강우후 동천의 수질 회복을 위해서는 동천의 유지용수 추가 확보와 함께 하천의 수괴 변화를 위해 해수도수량의 증가, 동천가동보를 이용한 해수의 방류 등을 고려하여야 할 것이다.

참고문헌

1. 신재기, 조주래, 황순진, 조경제, 평택호와 유역 주요 하천의 수환경 및 오염도 평가, 한국육수학회지, 33, pp.387~394(2000).
2. Faulkner H, Edmonds-Brown V and Green A, Problems of Quality Designation in Diffusely Polluted Urban Streams—the Case of Pymme's Brook, North London, Environmental Pollution, 109, pp.91~107(2000).
3. Mancini L, Formichetti P, D'Angelo AM, Pierdominici E, Sorace A, Bottoni P, Iaconelli M, Ferrari C, Tancioni L, Rossi N and Rossi A, Freshwater Quality in Yrban Areas : a Case Study from Rome, Italy, Microchemical Journal, 79, pp.177~183(2004).
4. 심재현, 우리나라 도시하천관리의 문제점, 도시문제, 33, pp.71~78(1998).
5. Wagner A and Geiger WF, New Criteria for

- Stormwater Discharges into Urban Streams, Water Science and Technology, 34, pp.41~48 (1996).
6. 최종욱, 강성원, 윤나나, 박정욱, 서윤하, 권기원, 동천 환경실태조사연구, 부산시보건환경연구원보, 제17-1권, pp.76~86(2007).
 7. 최종욱, 유숙진, 김주인, 손정원, 권기원, 유평중, 도수 후 동천의 수질환경개선효과 연구, 부산광역시보건환경연구원보 제20-1권, pp.122~130(2010).
 8. 환경부, 수질오염공정시험기준(2011).
 9. www.kma.go.kr
 10. www.koha.go.kr
 11. 최종욱 등, 해수도수에 따른 동천 수질개선 효과 모의분석, 부산시보건환경연구원보, 제18-1권, pp.110~111 (2008).
 12. 하수처리설계, 동화기술, 박철휘 등 (2009).