굴포천 유역의 수질 및 퇴적물 용출 특성에 관한 연구

Study on Water quality and Release Rate of Sediment in Gul-po Stream

정재훈*, 안태웅**, 최이송***, 오종민****

Jae Hoon Jung, Tae Woong Ahn, I Song Choi, Jong Min Oh

요 지

본 연구의 대상지인 인천광역시, 부천시, 서울특별시, 김포시를 걸쳐서 흐르는 굴포천은 산업화와 도시화로 인한 생활하수 및 공장폐수의 유입, 느린 유속과 하천 복개 등과 같은 유입오염원과 하천 구조적 문제로 인하여 수질이 악화되어 왔다. 특히 하천변의 소규모 영세 공장, 중·상류에 형성된 대규모 공업단지, 지역개발에 따른 인구증가로 인한 생활하수 등은 굴포천의 주 오염원이다. 또한 직강화된 하도와 느린 유속 등 하천의 구조적인 문제점 등은 하천의 자정능력을 저하시키고 있어 현재 굴포천의 수질수준은 전국 최하위에 머물러 있다. 더욱이 입자상 오염물질의 퇴적으로 인하여 굴포천의 하상은 대부분 퇴적오니가 형성되어 있다. 이러한 퇴적오니는 다량의 유기물질 및 중금속 등을 흡착하고 있고, 재용출에 의한 내부오염 가능성을 내포하고 있기 때문에 오염원이 제거된 후에도 계속적인 수질오염을 일으킬 수 있다(Alloway et al, 1988). 따라서 본 연구에서는 굴포천 본류 전 구간 및 유입지천에 대하여 수질 오염도와 오염부하량을 산정하였으며, 본류 하상 퇴적물의 오염도 및 퇴적물의 용출특성에 관한 조사를 수행하였다.

본 연구는 굴포천 본류 구간을 최상류(GP-1)부터 최하류(GP-7)구간까지 총 7개 구간으로 구분하여 실시하였으며 각 지점별 수질 및 퇴적물 오염도를 조사하였다. 또한 3개의 유입지천에 대하여 수질 오염도 및 오염부하량을 산정하였다. 굴포천 하상의 경우 최상류의 GP-1지점을 제외하고는 전 구간이 대부분 오염된 오니가 퇴적되어 있으며, 이러한 퇴적오니의 퇴적물 오염도를 분석해본 결과 상류부인 GP-1, GP-2와 유속이 비교적 빠른 GP-7지점에 비하여 나머지 지점들의 오염도가 매우 높은 것으로 나타났다. 이러한 하상퇴적물의 영양염류 용출특성을 알아보기 위하여 호기 및 혐기조건에서 용출실험을 실시한 결과 호기와 혐기 조건에서 T-N은 각각 34.84 mg/㎡/day, 66.93 mg/㎡/day의 용출속도를 보였고, T-P의 경우 호기 조건 시 5.33 mg/㎡/day, 혐기 조건 시 6.84 mg/㎡/day의 용출속도를 보임으로서 퇴적물 용출에 의한 내부오염의 가능성이 있음을 보였다.

핵심용어 : 굴포천, 오염부하량, 퇴적물 용출특성

* 경희대학교 환경응용과학과 석사과정 · E-mail : yama0821@naver.com
** 경희대학교 환경응용과학과 박사과정
*** 정회원 · 경희대학교 환경연구센타 선임 연구원
**** 정회원 · 경희대학교 건설환경공학부 교수

1. 서 론

1960년대 이후 급속한 산업화와 도시화는 하천의 이수기능 극대화를 가져왔고, 동시에 토지이용의 고도화는 하천의 치수기능 확대를 가져왔다. 이에 따라 하천의 이·치수 기능은 적극적으로 확대된 반면에, 환경기능은 상대적으로 위축, 저하되고 나아가 일부 하천에서는 소멸될 위기에 있다. 이에 따라 국토 환경의 주요 요소인 하천환경은 급속히 악화되었고, 그에 따른 사회적 문제는 산림, 임야, 농경지 등 다른 국토 요소의 환경문제보다 더 심각하게 대두되었다.

본 연구의 대상지인 인천광역시, 부천시, 서울특별시, 김포시를 걸쳐서 흐르는 굴포천은 산업화와 도시화로 인한 생활하수 및 공장폐수의 유입, 느린 유속과 하천 복개 등과 같은 유입오염원과 하천 구조적 문제로 인하여 수질이 악화되어 왔다. 특히 하천변의 소규모 영세 공장, 중·상류에 형성된 대규모 공업단지, 지역개발에 따른 인구증가로 인한 생활하수 등은 굴포천의 주 오염원이다. 또한 직강화된 하도와 느린 유속 등 하천의 구조적인 문제점 등은 하천의 자정능력을 저하시키고 있어 현재 굴포천의 수질수준은 전국 최하위에 머물러 있다. 더욱이 입자상 오염물질의 퇴적으로 인하여 굴포천의 하상은 대부분 퇴적오니가 형성되어 있다. 이러한 퇴적오니는 다량의 유기물질 및 중금속 등을 흡착하고 있고, 재용출에 의한 내부오염 가능성을 내포하고 있기 때문에 오염원이 제거된 후에도 계속적인 수질오염을 일으킬 수 있다(Alloway et al, 1988). 따라서 본 연구에서는 굴포천 본류 전 구간 및 유입지천에 대하여 수질 오염도와 오염부하량을 산정하였으며, 본류 하상 퇴적물의 오염도 및 퇴적물의 용출특성에 관한 조사를 수행하였다.

2. 연구방법

2.1 연구개요

본 연구는 굴포천 본류 구간을 최상류(GP-1)부터 최하류(GP-7)구간까지 총 7개 구간으로 구분하여 실시하였으며 각 지점별 수질 및 퇴적물 오염도를 조사하였다. 또한 3개의 유입지천(GPS-1~GPS-3)에 대하여 수질 오염도 및 오염부하량을 산정하였다. 굴포천 유역의 조사지점 및 지점별 퇴적물의 형태를 다음 그림 1.과 그림 2.에 나타내었다.

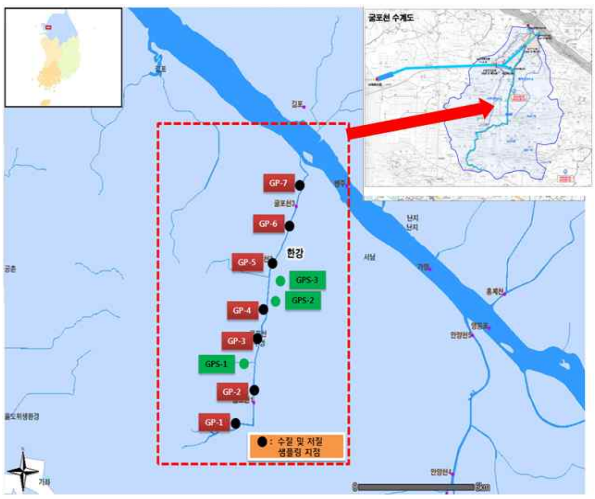

그림 1. 굴포천 유역의 조사지점

그림 2. 지점별 퇴적물 형태

2.2 연구방법

본 연구에서 사용된 수질 분석 방법은 수질오염 공정시험법에 준하였으며, 유량은 유속-단면적법을 사용하였다. 굴포천 퇴적물의 오염도 분석항목은 함수율, 강열감량, COD, T-N, T-P, 중금속이며, 폐기물 공정시험법과 해양오염 공정시험법 및 일부 토양오염 공정시험법을 혼합하여 사용하였다. 또한 굴포천 퇴적오니로부터 발생하는 내부오염의 가능성을 예측하기 위하여 저질의 오염도가 높은 GP-3 ~ GP-4 지점 사이에 있는 퇴적물을 채취하여 퇴적물 용출실험을 실시하였다. 용출실험은 아크릴 재질 반응조에 대상 퇴적물을 넣은 후, 현장의 하천수를 채우고 호기조건과 혐기조건을 유지하여 수행하였다. 퇴적물 용출실험의 반응조 모습을 다음 그림 3.에 나타내었다.

그림 3. 퇴적물 용출실험 모습

3. 결과 및 고찰

3.1 굴포천의 수질 오염도 및 오염부하량

굴포천의 구간별 항목별 수질오염도 현황을 다음 그림 4.에 나타내었다. 굴포천의 평균 수질은 하천생활환경기준 Ⅴ~Ⅵ등급으로 매우 낮으며, 지점별로는 유속이 느려지고 오염원의 유입이 심해지는 GP-3 구간부터 오염이 심해짐을 알 수 있다. 유입지천 중에는 굴포하수처리장이 방류되는 GPS-2 지점의 오염도가 하천본류와 비교해 더욱 높은 것을 알 수 있다.

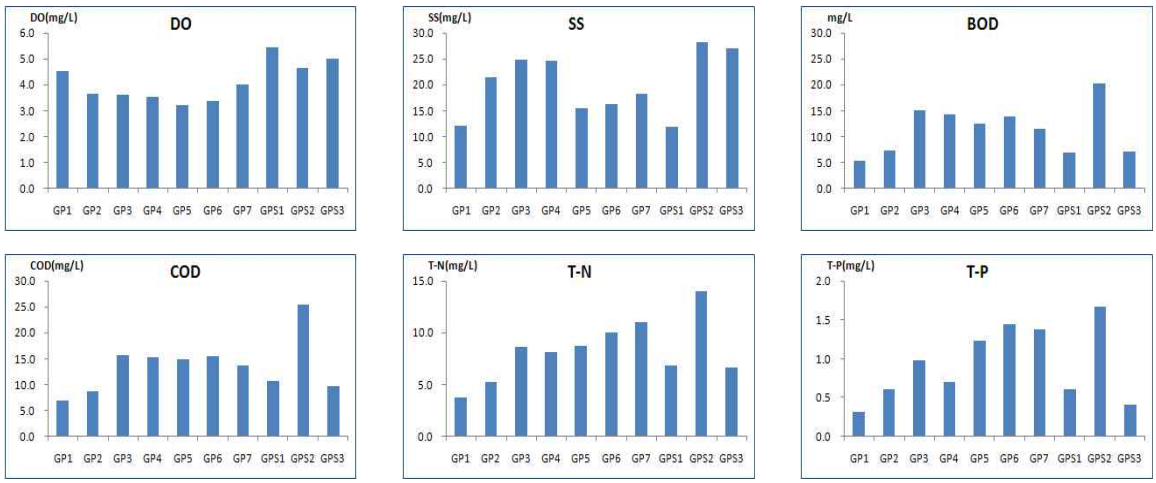

그림 4. 지점별 수질오염도 현황

굴포천 최상류(GP-1)과 최하류(GP-7), 두 개의 유입지천인 계산천(GPS-1)과 여월천(GPS-3)의 오염부하량 산정결과를 다음 그림 5.에 나타내었다. 산정결과 최상류인 GP-1지점과 최하류인 GP-7지점을 비교할 때 유량은 72.8배 증가한 반면 오염부하량은 SS 111배, BOD 150배, COD 145배, T-N 222배, T-P 312배가량 증가함을 알 수 있다. 또한, 유입지류인 계산천(GPS-1)과 여월천(GPS-3)의 경우 유량과 오염도가 더 높은 여월천에서 오염부하량이 더 높음을 알 수 있다.

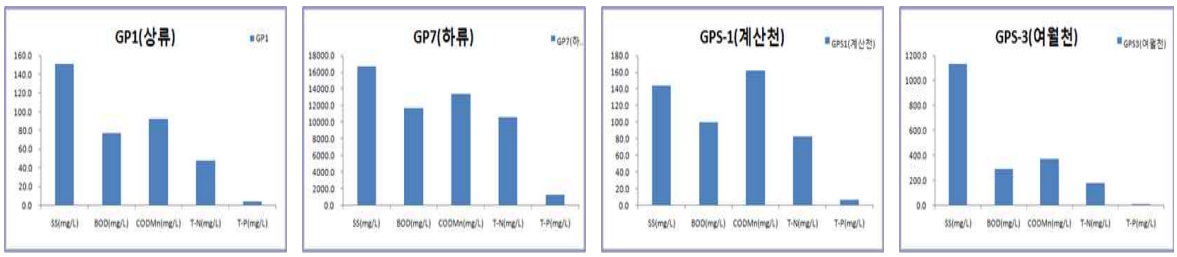

그림 5. 지점별 오염부하량

3.2 굴포천의 퇴적물 오염도

굴포천 하상은 최상류의 GP-1지점을 제외하고는 대부분 오염된 오니가 퇴적되어 있다. 퇴적오니의 오염도를 분석해본 결과 상류부인 GP-1, GP-2와 유속이 비교적 빠른 GP-7지점에 비하여 나머지 지점들의 오염도가 매우 높은 것으로 나타났다. 다음 표 1.에 지점별 오염도 현황을 나타내었다.

표 4. 굴포천의 퇴적물 오염도

항목 \ 지점	GP-1	GP-2	GP-3	GP-4	GP-5	GP-6	GP-7
강열감량 (%)	1.29	5.73	10.19	12.43	8.85	8.75	3.99
COD (mg/kg)	4,015	16,035	27,453	37,547	27,975	25,059	8,`113
T-N (mg/kg)	94.8	1200.3	2611.5	3525.6	2598.3	2360.4	589.2
T-P (mg/kg)	81.8	251.0	353.7	343.7	372.3	377.0	177.2
Cd (mg/kg)	불검출	0.132	0.347	0.562	0.595	0.475	0.180
Cu (mg/kg)	6.4	32.42	66.91	84.50	95.18	80.42	27.44
Pb (mg/kg)	1.08	4.02	13.8	12.30	6.50	6.58	8.26
Hg (mg/kg)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
Cr^{6+}(mg/kg)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출

3.3 굴포천의 퇴적물 용출특성

굴포천 퇴적물의 시간에 따른 유기물질 및 영양물질 농도 변화를 다음 그림 6.에 나타내었다. 시간에 따른 항목별 변화를 살펴보면 COD의 경우 호기조건 상에서는 증가 후 다소 감소하는 경향을 보이며 혐기조건에서는 시간이 지남에 따라 꾸준히 증가하는 경향을 보였다. T-N과 T-P의 경우 호기와 혐기조건에서 모두 용출시간이 지남에 따라 초기농도에 비해 조금씩 증가하는 경향

을 보였다.

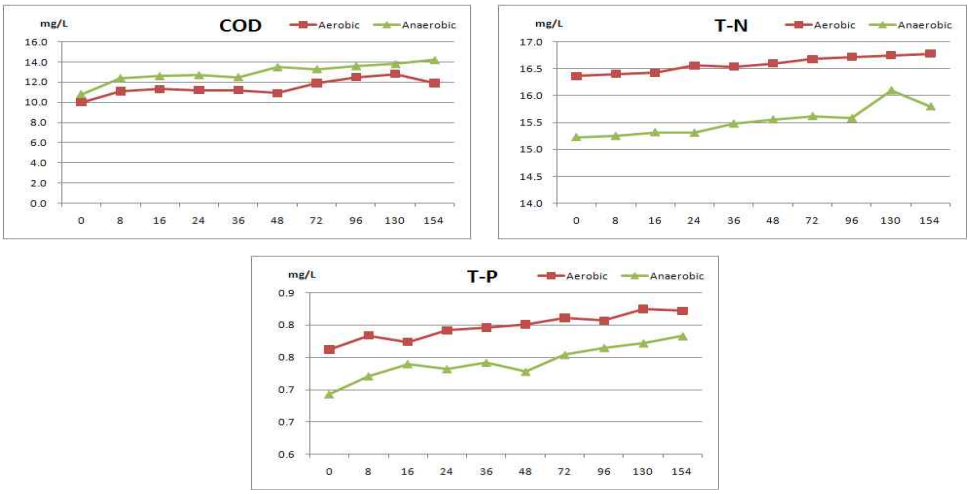

그림 6. 시간에 따른 항목별/조건별 농도변화

퇴적오니의 용출특성을 비교해 본 결과 호기와 혐기 조건에서 T-N은 각각 34.84 mg/㎡/day, 66.93 mg/㎡/day의 용출속도를 보였다. T-P의 경우 호기 조건 시 5.33 mg/㎡/day, 혐기 조건 시 6.84 mg/㎡/day의 용출속도를 보임으로서 퇴적물 용출에 의한 내부오염 가능성이 있음을 보였다.

4. 결론

굴포천은 현재 유입오염원과 느린 유속과 같은 구조적 문제점 등으로 인하여 하천생활환경기준 Ⅴ~Ⅵ등급의 수질을 보인다. 하상 경우 최상류 GP-1지점을 제외하고는 전 구간이 대부분 오염된 오니가 퇴적되어 있다. 이러한 하상퇴적물의 영양염류 용출특성을 알아보기 위하여 호기 및 혐기조건에서 용출실험을 실시한 결과 호기와 혐기 조건에서 T-N은 각각 34.84 mg/㎡/day, 66.93 mg/㎡/day의 용출속도를 보였고, T-P의 경우 호기 조건 시 5.33 mg/㎡/day, 혐기 조건 시 6.84 mg/㎡/day의 용출속도를 보임으로서 퇴적물 용출에 의한 내부오염의 가능성이 있음을 보였다.

본 연구에서 제시한 질소와 인의 용출속도는 제한된 시간동안 실험실 내의 실험에서 얻은 결과를 바탕으로 한 것이기 때문에, 유속 등 여러 인자들이 다양한 실제 하천환경에서 어떤 속도로 얼마만큼의 영양물질이 용출될 수 있는지 추정하는 것은 매우 어렵다. 또한, 하상재료의 성상이 지점별로 다르기 때문에 하천 전반에 걸친 저질의 용출특성을 파악하기 위해서는 구간별 좀 더 세밀한 검토가 필요할 것으로 판단된다.

감 사 의 글

본 연구는 경기지역환경기술개발센터의 연구비 지원으로 수행되었으며, 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 한강유역환경청(2007). 한강고양하류 중권역 물환경 관리계획(2008~2012)
2. 김영환, 이홍근(1974). 탄천의 오염물질량과 자정작용에 관한 조사연구. 공중보건잡지, 32(3), pp290~296