

2021년도 시민과학풀씨 2기
최종 결과보고서

지속 가능한 하천정화사업을 위한
시민 모니터링

2021.11.

[가람개비]

유지이·김세은·김소연·김지현·유민영
(가천대학교 화공생명공학과)

지속가능한 하천정화사업을 위한 시민 모니터링

[가람개비]

유지이·김세은·김소연·김지현·유민영(가천대학교 화공생명공학과)

1. 서론

자연형 하천이란 ‘이수 및 치수의 기능에서 더 나아가 본래 자연하천의 모습을 갖도록 복원 또는 보전된 하천을 말하며 다양한 동식물이 서식할 수 있도록 자연하천에 가까운 환경요소들을 갖춘 하천’을 의미한다. 하천의 기능인 이수 및 치수 기능뿐 아니라 환경기능을 강화시키기 위한 경관 및 생태계 부분을 적극적으로 배려한 것이다. 1990년대 이전 우리나라의 하천은 급속한 인구증가와 공업화로 인해 획일적이고 인공적인 하천 정비에 초점을 맞추어 개발되어왔다. 따라서 보호되어야 할 하천이 파괴되고, 본래 자연의 모습과 생태계를 잃으며 심각한 오염이 발생하였다. 이에 기존 하천의 기능을 고려하면서 하천의 생태학적 기능을 회복하기 위한 자연형 하천 조성사업이 시작되었다. 우리나라에서는 1995년 양재천 하천 정비사업을 필두로 지방자치단체별로 자연형 하천 조성사업이 활발하게 진행되고 있다.

자연형 조성 사업 진행에 맞는 하천 공법 또한 직강화와 인공제방의 획일적인 모습에 변화를 주기위해 연구되었다. 이수와 치수 관점의 중심에서 나아가 생태학적 관점의 강화까지 구축하기 위함이다. 따라서 콘크리트와 같은 인공재료 대신 돌, 풀, 나무와 같은 생태자료를 이용하려는 노력이 있었다. 훼손된 하천에서 풍부하고 깨끗한 수질로의 복원을 위해 친환경 하천 공법을 통한 하천 정비 사업이 진행되었다. 적용된 자연형 하천 공법은 지점에 따라 저수로 선형, 저수로 호안, 하도 내부, 고수부지, 그리고 제방으로 나누어진다. 시민과학자들이 맡은 하천마다 적용된 사례를 살펴보고 효과를 확인할 것이다.

하천은 인간과 공생 관계이며 다양한 생물 종의 서식지이나, 인구 증가와 공업화로 인해 하천 생태계가 훼손되어왔다. 무분별한 오염원 배출과 개발로 신음하는 하천을 깨끗한 수량 및 수질의 확보와 건강하고 자연스러운 풍경의 보전을 위한 복원이 필요하다. 이에 시민과학자와 함께 협업하여 우리나라 여러 하천을 현장 조사 후, 하천정화사업의 실태와 하천의 생태계 정화 정도 및 지속적인 사업의 관리 방향을 제시하려고 한다.

2. 본론

1) 선행 연구에 관한 고찰

도시개발에 따른 하천의 황폐화 문제를 해결하기 위한 하천 정비 사업과 관련된 선행 연구들은 다음과 같다.

천안천과 원성천을 대상으로 한 연구에서는, 현장답사를 통하여 하천의 현황과 이용실태를 관찰 조사하고 이용자 만족도 및 의견 조사를 통하여 비교 분석하였다. 입지 특성을 반영하여 천안천은 불특정 다수가 사용할 수 있는 이벤트 공간으로써, 원성천은 주민의 휴식공간으로의 하천 정화 사업의 개선 방향을 제시하였다(이희원 2012).

미호천을 연구대상으로 한 연구는 수질자료 모니터링과 주민 설문조사를 통해 자연형 하천사업 전·후의 수질변화를 분석하였다. 그 결과 하천의 고유 특성 파악과 복원대상 지역의 주변공간과 연계한 생태복원을 목적으로한 자연형 하천 공법과 지속적인 모니터링의 필요성을 제시하였다(김철호 2013).

오산천을 대상으로 한 연구에서는 해당 지역의 수질 현황 및 공법에 따른 오염부하량을 산정하여 여울, 하도습지, 취수보 등의 공법으로 인한 하천의 자전작용 및 오탁작용의 효과를 언급하며, 하천복원을 위해 과거 불완전한 정화 공법들의 개발과 수질관리의 병행을 제시하였다(엄경미 2003).

국내·외의 하천자연도평가 방법에 대해 조사하여 내린천, 복하천, 안양천의 시범평가를 진행함으로써 지방1급하천 등 대하천에서도 적용할 수 있도록 평가 부문 및 평가항목을 개선하여 하천자연도평가 방법을 제시하였다(박봉진 2005).

2) 연구 방법

본 연구는 선행 논문의 하천 평가 방법을 반영하여 다양한 형태를 가지는 우리나라의 하천을 대상으로 하천 주변 경관, 하천의 모양 등 사진자료를 수집 후, 수질 측정과 설문조사를 통하여 하천 복원사업을 진행하였거나 진행 중인 도심하천을 중심으로 고찰하였다. 데이터 수집은 시민과학자와 협업하여 시민과학자의 거주지를 고려하여 인근 하천을 각각 배정하였으며, 배정받은 하천에 직접 방문하여 수질 측정 키트를 통해 COD, TDS/EC, DO, pH, 수온, 인산염, 질산염, 총알칼리도, 총경도 등 총 10가지의 항목을 분석 및 기록하였다.

수질 측정을 시작하기 전 온라인 강연(2021년 5월 25일)을 통해 수질 오염의 정의와 프로젝트의 계획 및 하천 정화사업의 중요성을 설명하였다. 줌 미팅(2021년 6월 21일)을 통해 연구의 목적과 수질 지표 등에 대해 교육하였다. 이후 원활한 소통을 위해 오픈 채팅방을 개설하였으며 수질 측정 키트 사용에 어려움이 있을 시민과학자를 위해 수질 측정 키트 사용법을 동영상으로 촬영하여 제공하였다.

(1) 연구의 시·공간적 범위

① 공간적 범위

전국의 하천이 대상이었으며 시민과학자가 탐사를 진행한 하천은 거주지, 하천 복원사업 진행 여부, 채수 시 안전 등을 고려하여 배정하였다.

연구의 포함된 하천은 안양천(1초의 유레카), 중랑천 상부(간간이 탐사팀), 중랑천 하부(나의 지구), 서호천(다섯손가락), 굴포천(메이즈), 오산천(벚꽃나무), 여천천(배씨남매), 신대천(사랑탐험대), 성죽천(시베리안 허스키), 탄천(에코스토리), 온천천(우주사랑 지구사랑), 옥수천(조아조아), 성내천(즐거운가), 분당천(파워에너지), 창릉천(환경사랑 지구사랑)이다.

팀 이름	1초의 유레카	간간이 탐사팀	나의 지구	다섯손가락	메이즈
하천	안양천	중랑천 상부	중랑천 하부	서호천	굴포천
팀 이름	벚꽃나무	배씨남매	사랑탐험대	시베리안 허스키	에코스토리
하천	오산천	여천천	신대천	성죽천	탄천
팀 이름	우주사랑 지구사랑	조아조아	즐거운가	파워에너지	환경사랑 지구사랑
하천	온천천	옥수천	성내천	분당천	창릉천

Table1 . 연구 대상 하천 배정 목록

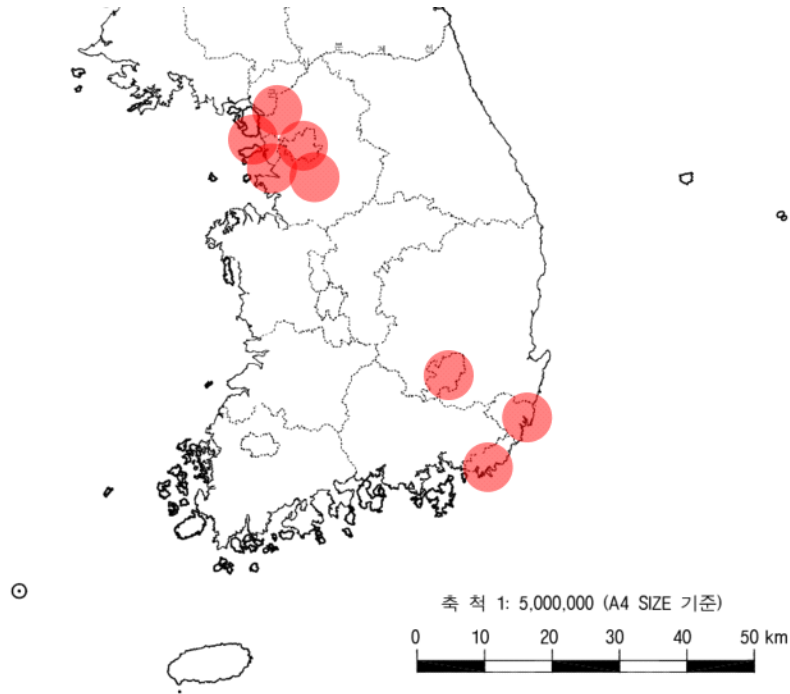


Fig1. 연구 대상 하천 지도

② 시간적 범위

탐사 기간 내의 계절 변화에 따른 수질 변화를 알아보기 위해 2021년 7월 ~ 2021년 10월까지 4개월 간 채수를 통해 수질을 측정하였다. 최대한 많은 양의 데이터를 확보하고자 최소 1개월에 1번에서 많게는 매주 현장 탐사를 진행하도록 지시하였다.

(2) 설문조사

수질 측정 외의 하천 평가 요소 중 시민과학자의 관찰 조사를 통하여 시각적으로 파악되는 공간적 환경과 이용실태에 대하여 설문조사를 통해 분석하였다.

설문 항목은 주변경관(주위 건물현황), 시설현황(운동기구 및 벤치, 마감재), 조경식생(조경관리), 보도현황(도로 폭, 징검다리)으로 나누어 평가하였으며 수질 측정 지점을 기준으로 설문하였다.

3) 연구 결과

(1) 수질데이터

시민과학자가 2021년 7월부터 11월까지 수온, TDS/EC, DO, COD, 인산염, 질산염(NO₃, NO₂), 총알칼리도, 총경도, pH 총 10가지의 항목을 측정한 데이터를 평균을 내어 각 하천의 수질 항목 별 비교하여 평가하였다. 또한 수질 데이터를 측정된 결과, 측정 횟수 및 측정 시점에서 차이가 다소 발생하였는데 모든 하천이 비슷한 조건으로 측정된 시점은 2021년 8월이었다. 이를 기준으로 각 하천 별 수질 데이터를 비교하였다.

	수온(℃)	TDS(ppm)	EC (uS/cm)	DO(ppm)	COD(ppm)	인산염 (ppb)
안양천	28	-	168	6	0	500
중랑천(상)	29	181	366	8	6	150
중랑천(하)	25	175	358	8	3	50
옥수천	22.8	121	243	5	2	200
서호천	29	371	743	5	2	200
탄천	26	171	342	2	8	0
여천천	29	103	207	4	2	200
굴포천	25	356	769	7	6	200
성죽천	26	148	317	8	3	20
성내천	31	30	179	11	2	0
분당천	24	83	167	5	4	100
창릉천	26	162	328	3	5	200

	NO ₃ (ppm)	NO ₂ (ppm)	총경도(ppm)	총알칼리도 (ppm)	pH
안양천	40	0.5	160	300	8.5
중랑천(상)	20	1	75	300	8
중랑천(하)	80	30	0	120	8
옥수천	40	0	75	80	8.5
서호천	20	0.5	0	720	8
탄천	20	0.5	25	120	7
여천천	40	0	250	720	9.5
굴포천	20	0.2	1000	80	8.5
성죽천	5	0	0	120	7.5
성내천	0	10	300	120	7.5
분당천	10	0	150	60	9
창릉천	80	2	50	80	8.5

Table2. 8월 항목별 평균 데이터

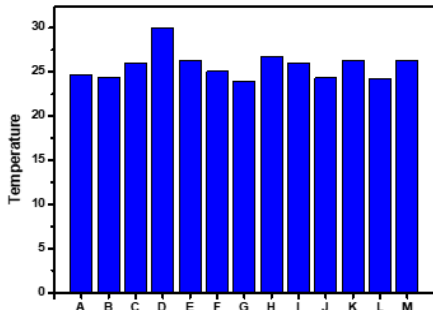


Fig2-1. 수온(Temperature)

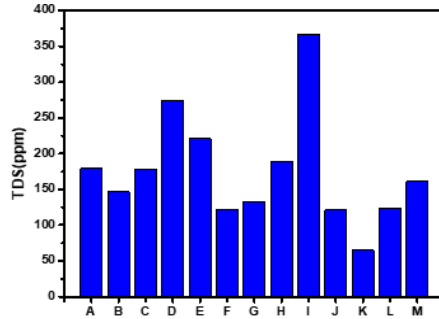


Fig2-2. TDS

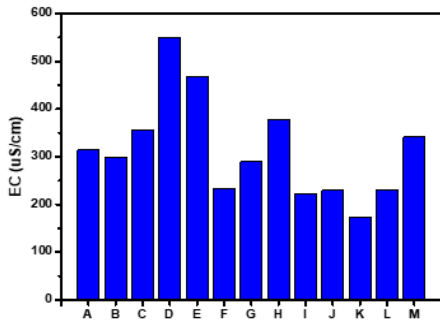


Fig2-3. EC

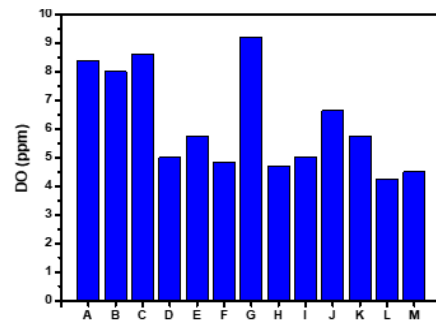


Fig2-4. DO

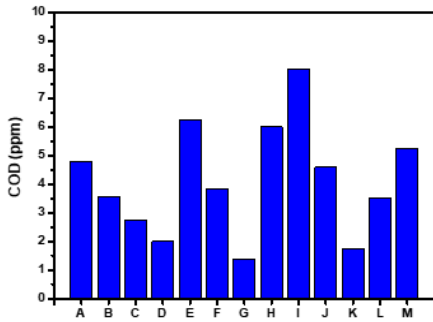


Fig2-5. COD

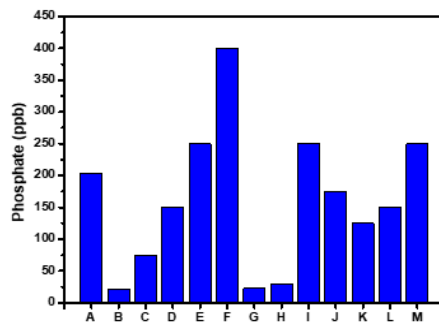


Fig2-6. 인산염(Phosphate)

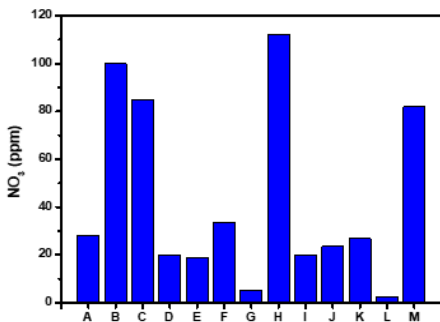


Fig2-7. NO₃

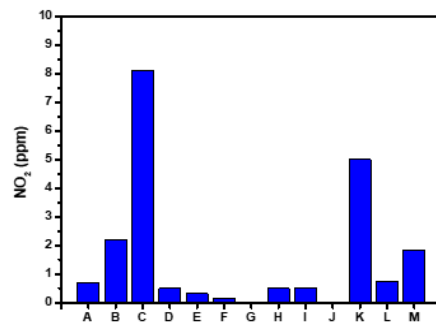


Fig2-8. NO₂

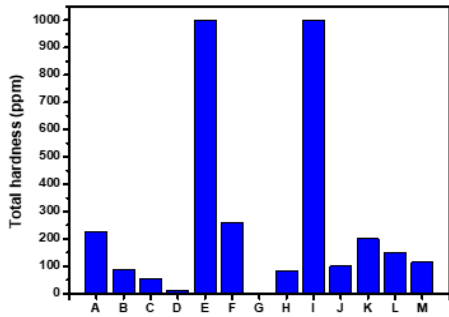


Fig2-9. 총경도(Total Hardness)

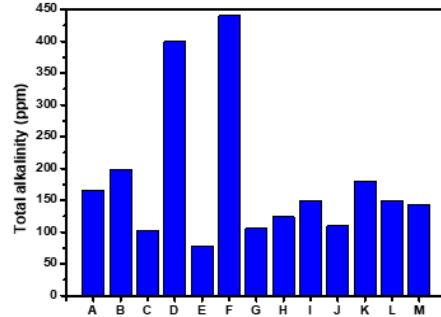


Fig2-10. 총알칼리도(Total alkalinity)

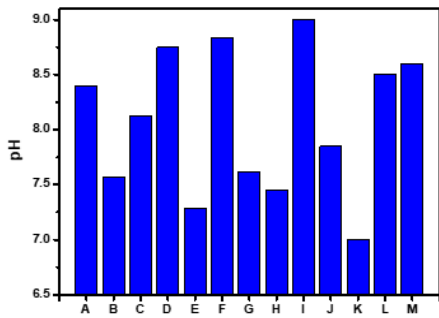


Fig2-11. pH

(2) 설문조사

시민과학자에게 수질 데이터 측정과 함께 주변경관, 시설현황, 조경식생, 보도현황에 대한 설문조사를 실시하였다. 주변경관은 수질 측정 지점을 기준으로 건물의 유무와 층고를 설문하였고, 시설현황은 운동기구 및 벤치, 사용한 마감재 현황을 설문하였다. 조경식생은 잘 정돈되었는지 여부와 보도현황은 도로의 폭과 징검다리의 유무를 설문하였다.

구분		안양천	중랑천 상부	중랑천 하부	서호천	굴포천	여천천
주변경관	건물유무	없음	있음	있음	있음	없음	없음
	건물층고		15~20층	20층	20층		
시설현황	운동기구	없음	있음	없음	있음	없음	없음
	벤치	있음	있음	없음	있음	있음	없음
	마감재	콘크리트	자연석	콘크리트	자연석, 콘크리트	자연석	자연석
조경식생	조경관리	잘 정돈됨	잘 정돈됨	잘 정돈됨	대체로 정돈됨	대체로 정돈됨	정돈되지 않음
보도현황	도로 폭	좁음	중간	넓음	넓음	넓음	좁음
	징검다리	없음	있음	없음	있음	없음	있음

구분		성죽천	탄천	온천천	옥수천	성내천	분당천	창릉천
주변경관	건물유류	있음	있음	있음	있음	없음	없음	있음
	건물층고	5층	20층	20층	15층	15층	10층	15층
시설현황	운동기구	있음	있음	있음	있음	없음	없음	있음
	벤치	있음	있음	없음	있음	있음	없음	있음
	마감재	자연석	콘크리트	콘크리트	자연석	자연석, 콘크리트	자연석, 목재	자연석
조경식생	조경관리	대체로 정돈됨	대체로 정돈됨	잘 정돈됨	대체로 정돈됨	대체로 정돈됨	정돈되지 않음	정돈되지 않음
보도현황	도로 폭	좁음	좁음	넓음	좁음	중간	중간	좁음
	징검다리	있음	없음	있음	있음	있음	있음	있음

Table3. 연구 하천 대상 설문조사

4) 연구지역 공법 적용 사례

시민과학자가 수집한 데이터를 분석하여 자연형 하천 공법이 적용된 구간을 살펴보았다. 13팀 중 굴포천, 안양천을 제외한 곳에서 저수로 변의 자갈, 갈대, 부들 등이 자연 하천과 유사한 모습을 볼 수 있었다. 또한 물이 흐르며 침식과 퇴적으로 자연스럽게 형성된 지형과 식생들이 무성하게 자라 다양한 어류와 조류들이 관찰되었다.



Fig 3-1. 성내천 상류 지점

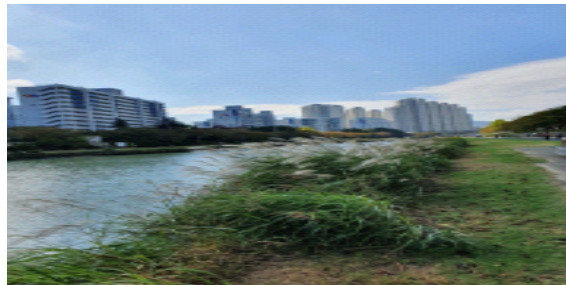


Fig 3-2. 온천천 하류 지점

저수로 호안에서는 자연석과 식생블록의 친환경 공법을 볼 수 있으며, 우수한 사례로 중랑천에 갈대 및 갯버들과 억새 등의 수변 식물을 심어 아름다운 경치 뿐 아니라 곤충의 서식지로서의 모습을 확인할 수 있었다.

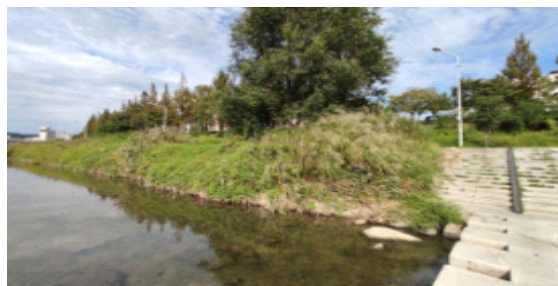


Fig 3-3. 중랑천 상류 지점

하도 내 공법은 유속의 변화를 주어 생물이 살아갈 수 있는 공간을 확보하고 자정 기능을 되살리는 역할을 한다. 온천천에서 외톨이 거석 공법으로 서식 환경이 다양해져 어류의 유입이 촉진되는 모습을 확인할 수 있었고, 서호천에서 징검다리 거석 공법, 창릉천에서는 자연형 보를 통해 공

기와의 접촉면을 늘려 자정 기능을 증가시키는 경향을 파악할 수 있었다.

고수부지(둔치)에는 저수로와 같이 생태계가 자연 상태와 비슷하도록 서식처의 다양성 확보를 위한 식물 군락과 비오톱이 있는데, 옥수천 등에서 그 적용이 관찰되었다.



Fig 3-4. 외돌이 거석 공법이 활용된 온천천 하류 지점



Fig 3-5. 징검다리 거석 공법이 활용된 창릉천 상류 지점

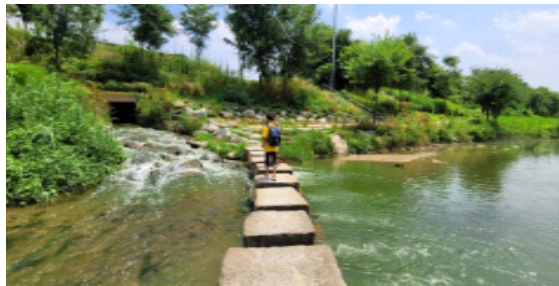


Fig 3-6. 서호천 상류 지점

마지막으로 고수호안은 홍수나 가뭄의 피해를 막기 위해 각 지역의 적절한 식물의 식재, 자연석 그리고 녹화블록 공법을 볼 수 있다. 이러한 자연석 호안이 잘 적용된 곳으로 여천천이 있었다. 이로써 해당 연구에 포함된 하천을 분석하여 생태재료를 이용해 하천 형태를 최대한 자연에 가깝게 복원하여 하천 동식물의 서식지 기능을 재생시킨 노력을 확인할 수 있었다.



Fig 3-7. 옥수천 상류 지점



Fig 3-8. 여천천 상류 지점

5) 연구지역의 하천오염원 분석

안양천은 만안구, 금천구, 구로구, 양천구 지대의 물이 흘러 한강으로 유입된다. 안양천을 따라 아

파트 단지가 밀집되어 있어 생활하수가 가장 큰 오염원이라 예측된다. 측정지점의 하천은 Fig.1과 같이 크게 7개의 하수처리장을 거친다. 7개의 지점은 아래부터 순서대로 박달하수처리장, 석수하수처리장, 시흥빗물펌프장, 하안배수펌프장, 개봉제2빗물펌프장, 오금2빗물펌프장, 목동빗물펌프장이 위치한다.

탄천의 광평교 상류에는 하수처리시설인 성남시수질복원센터가 존재한다. 또한 근처 상류에 율현 2빗물펌프장이 있어 우천시에 빗물을 하천으로 방류해, 수질에 영향을 준다.

서호천은 중상류의 위치한 북부처리구역의 발생하수를 처리하기 위한 서호생태수자원센터가 위치해있다. 본 처리장은 인접한 저수지 및 하천에 유지용수를 공급하여 수역의 수질을 보전한다.



Fig4-1. 안양천

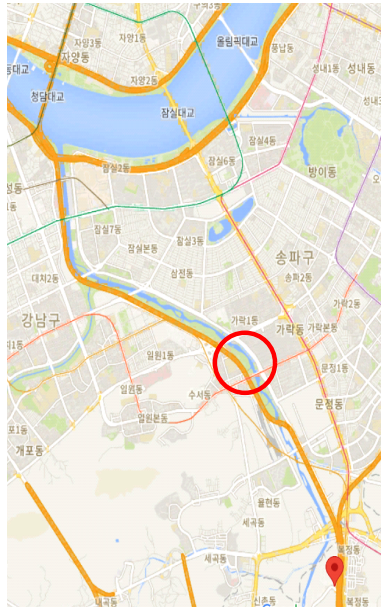


Fig4-2. 탄천



Fig4-3. 서호천

육수천, 성죽천, 성내천은 근처 하수처리장이 없고 비나 생활폐수 등의 오염원 정도만 예측된다.

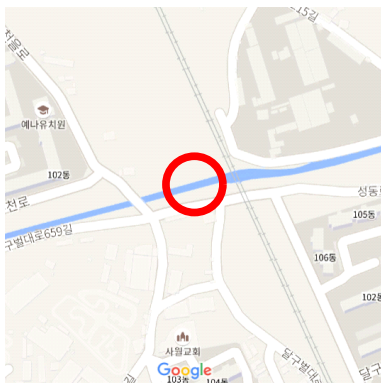


Fig4-4. 육수천



Fig4-5. 성죽천

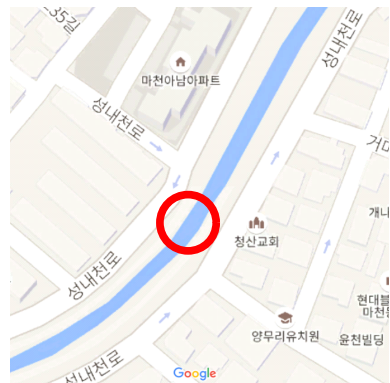


Fig4-6. 성내천

두개의 팀이 각각 중랑천의 상, 하부를 측정하였다. 상류는 논밭이 많아서 농폐수 등이 오염원으로, 하부는 오폐수와 부유물의 유입이 오염원으로 예측된다. 상부에서 하부로 흐르는 길에 두 개의 하수처리장이 위치한다. Fig7-1에서 위에서 순서대로 의정부시공공하수처리시설과 신이문2빗물펌프장이 위치해 있다. 이 중랑천이 흘러 Fig7-2와 같이 중랑물재생센터를 걸쳐 한강으로 유입되어 흘러가는 것을 확인할 수 있다.

굴포천의 측정지점 상류에는 북부수자원생태공원(부천하수처리장)이 위치해 있어 하수와 분뇨등

을 처리하여 굴포천에 방류한다.

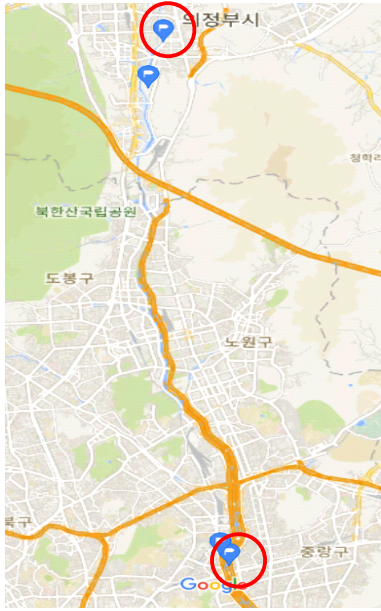


Fig4-7. 중랑천의 상, 하부

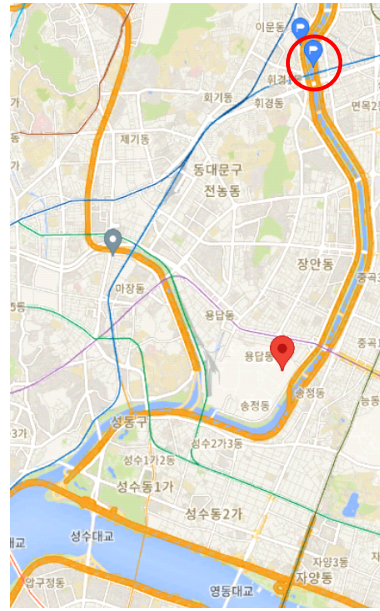


Fig4-8. 중랑천의 하부



Fig4-9. 굴포천

여천천의 경우 우수관로와 하수관로가 완전히 구분되지 않아, 장마철이나 비가 많이 내리면 하수관로 맨홀로 하수가 넘쳐 하천으로 유입되는 것을 확인할 수 있다.

온천천도 비슷한 경우로, 장마로 인해 불어난 물과 주변 하수도에서 유입된 폐수들이 함께 섞여 하천 오염으로 인해 매년 여름 물고기들이 폐죽음을 당하는 모습을 관찰할 수 있다.



Fig4-10. 여천천

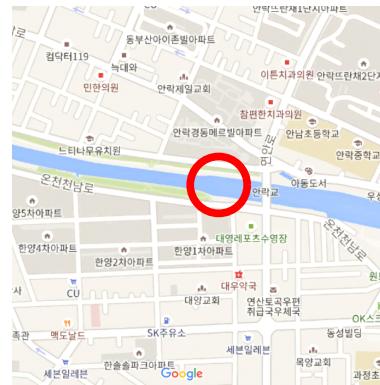


Fig4-11. 온천천

창릉천은 하천 둔치나 인근 도로에 쓰레기가 방치되어 있고, 주변 하수도등이 제대로 정비되어 있지 않아 오수나 오염물이 하천으로 유입될 가능성이 크다.

분당천의 경우 매우 작은 크기의 도심하천으로 주변에 하수처리시설은 없었지만 인근 주거지로부터 생활하수가 유입될 것으로 예상된다.

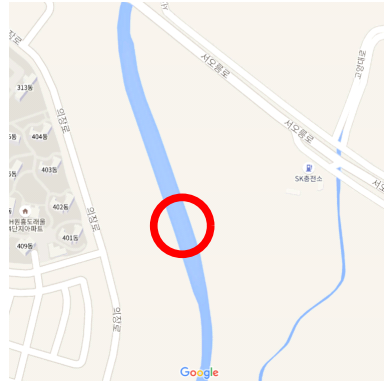


Fig4-12. 장릉천



Fig4-13. 분당천

6) 하천평가

시민과학자가 수집한 수질 및 사진 데이터 등을 분석하여 각 하천에 대해 평가하였다.

안양천은 5회 측정을 통해서 하천수질평가등급기준으로 DO 8ppm 매우 좋음, COD 4.8ppm 약간 좋음, pH 8로 매우 좋음 수준이다. TDS와 EC 또한 180ppm, 313uS/cm, 인산염 200ppm, NO3 35ppm, NO2 0.7ppm, 총경도 225ppm, 총알칼리도 210ppm으로 측정되었다. 수질 측정에서 정확치 못한 측정방법과 회차별 편차, 미측정 항목으로 평균내기가 아쉬운 결과였다. 또한 좌측 호안에 식생이 떨어져나가 콘크리트가 노출되어 녹화블록 공법이 잘 적용되지 못한 지점이 관찰되어 이에 대한 재설치가 필요로 보였으나 여럿 위치한 빗물펌프장으로 장마철 범람으로 인한 침수피해를 잘 예방해왔음을 확인할 수 있었다.

중랑천 상부는 9회 측정하여 하천수질평가등급기준으로 DO 8ppm 매우 좋음, COD 4ppm 좋음, pH 8로 매우 좋음 수준이다. TDS 152ppm, EC 312uS/cm, 인산염 40ppm, NO3 85ppm, NO2 1.9ppm로 대부분 좋음 수준이다. 그러나 총경도와 총알칼리도에서 각각 95ppm, 207ppm로 편차가 크며 나쁨 등급의 횟수가 많았다. 대부분 수질 평가 기준에서 좋음 수준을 보였으나 총경도와 총알칼리도에서 나쁨 등급의 횟수가 많았는데 이는 지역적으로 논밭이 많아 농폐수의 유입을 원인으로 들 수 있다. 하수처리장의 지속적인 검토와 보완이 필요로 보인다. 지역적 특징으로 조경과 생태계를 생각한 친환경 공법으로 건강한 모습을 띄는 부분은 좋았다.

중랑천 하부는 5회 측정하여 하천수질평가등급기준으로 DO 8.7ppm 매우 좋음, COD 2.6ppm 좋음, pH 8 매우 좋음 등급을 보였다. 그 외에도 TDS 176ppm, EC 356uS/cm, 인산염 80ppm, NO3 74ppm, NO2 1.45ppm, 총경도 65ppm, 총알칼리도 100ppm으로 좋은 수질이다. 수집한 데이터 중 한 두 번의 약간 나쁨 정도의 수치가 측정되었지만 강수량이 집중되었던 시기에 하천의 컨디션이 떨어진다는 한계를 감안하면 비교적 수질이 우수하다고 분석된다. 빗물펌프장 및 물재생센터의 정비로 동식물들의 좋은 서식처가 가능해짐이 보였다.

서호천은 2회 측정하여 하천수질평가등급기준으로 DO는 5.0ppm으로 좋음 등급을 나타내고, COD는 2.0ppm으로 매우 좋음 등급을 나타낸다. pH의 측정값은 각각 9.5와 8로 하천의 정상적인 pH 수치인 6.5~8.5와 비교하였을 때 다소 높은 값이 측정되었다. 그 외 TDS 275ppm, EC 550uS/cm, 인산염 150ppm, NO3 20ppm, NO2 0.5ppm, 총경도 12.5ppm 총알칼리도 400ppm으로 측정되었다. 서호천의 전체적인 수질 데이터들을 종합했을 때 서호천의 수질은 좋음 등급을 나타냈다. 데이터 사이의 편차가 컸지만 측정 횟수가 2회로 적고 측정 방법에서 약간의 오차를 보여 그 한계를 고려했을 때 정상범위에 위치함을 알 수 있다. 서호천에 시행된 생태 하천 복원 사업이 성공적으로 적용된 것을 볼 수 있다.

굴포천은 총 9회 측정하여 하천수질평가등급기준으로 DO는 5.8ppm으로 좋음 수준을 보였으며,

COD는 6.3ppm으로 보통 수준을 보였다. pH 7.3으로 하천의 생활환경 기준안에 포함되었으며 그 외의 데이터는 TDS 221ppm, EC 468uS/cm, 인산염 250ppm, NO3 18.8ppm, NO2 0.313ppm, 총경도 1000ppm, 총알칼리도 78.8ppm으로 측정되었다. 수질 측정 결과에서 총경도가 높게 측정되었는데 굴포천 상류에 하수처리장에서 분출되는 하수와 분뇨에 의한 영향임을 예측할 수 있다. 수질 데이터 중 8월 달에 TDS, EC, 인산염 부분에서 높은 값을 보였는데, 이 부분은 강수량이 집중되었던 8월에 수질의 영향이 컸음을 알 수 있다. 또한 주변에 건물이 없음에도 주민들의 산책로로써 이용되어 조경관리도 잘 되고 있음을 알 수 있다.

여천천은 총 6회 측정하여 DO 값의 평균이 4.3ppm, COD 값의 평균이 2.6ppm 으로 하천수질평가등급기준으로 COD가 약간 좋음의 수치이나 DO 값이 다소 낮은 점이 아쉬워 보통 정도의 수질로 판단하였다. pH의 평균값 또한 9.2로 안정적인 범위를 벗어났다. TDS와 EC의 평균값은 각각 118ppm, 234uS/cm 이며, 인산염의 평균값은 400ppm이다. NO3와 NO2의 평균값은 각각 40ppm과 0ppm으로 측정 기간 내 변동이 없었다. 여천천은 DO가 보통수준, COD가 약간 좋음 수치, pH 값이 안정적인 값에서 벗어나는데 이 경우는 측정 기간 내 잦은 강우로 하수도가 역류하여 하천으로의 유입이 영향 받은 것으로 보인다.

성죽천은 총 5회 측정하여 하천수질평가등급기준으로 DO가 9.2ppm, COD는 1.4ppm으로 동일하게 매우 좋음 수준이었다. 그 외의 데이터는 pH 7.62 , TDS 133.6ppm, EC 289uS/cm, 인산염 22.6ppm, NO3 5.2, NO2 0ppm, 총경도 2ppm, 총알칼리도 106ppm으로 측정되었다. 성죽천은 DO 및 COD값이 모두 매우 좋은 등급으로 측정되었고 나머지 수질 측정 항목 또한 우수하게 측정되어 다른 하천과 비교하여 하천의 수질이 매우 우수함을 알 수 있다.

탄천은 총 9회의 측정 중 6회의 DO 값이 5ppm, COD 값이 6ppm으로 DO 기준으로는 좋음에 더 가까우나 화학적 산소 요구량인 COD가 좋음 수준은 아니므로 보통의 수질임을 알 수 있다. pH 값도 7.5로 안전 범위이다. TDS와 EC는 각각 평균 187ppm, 374.5uS/cm 으로 측정 기간 4개월 간 큰 변화 없이 일정한 값을 유지했다. 인산염 또한 0~100ppb로 일정했으며 NO3와 NO2의 평균값은 40ppm, 0.5ppm 으로 나타났다. 탄천은 DO의 값과 COD의 값이 반비례를 이루지 않았는데 그 이유를 분석해 보았을 때 인근의 빗물펌프장에서 빗물이 방류되어 오염되었을 가능성이 있다.

온천천은 총 2회 측정하여 하천수질평가등급기준으로 DO는 5ppm로 좋음 수준을 보였으며, COD는 6ppm 보통 수준으로 측정되었다. pH는 9로 측정되어 하천의 생활환경 기준 농도인 6.0~8.5에 벗어난 값이 측정되었다. 그 외의 데이터는 TDS 336.05ppm, EC 221.7uS/cm, 인산염 250ppm, NO3 20ppm, NO2 0.5ppm, 총경도 1000ppm, 총알칼리도 150ppm으로 측정되었다. 온천천은 COD, pH, 인산염, 총경도 부분에서 좋지 않은 측정값을 얻었는데 장마로 인해 불어난 수위와 주변 하수도를 통해서 유입된 다양한 비점오염원으로 인한 결과로 분석된다.

옥수천은 총 9회 측정하여 하천수질평가등급기준으로 DO는 모든 측정값이 5.0ppm을 넘어, 좋음 등급을 나타내고 있다. COD는 4~6ppm 사이의 값으로 약간 좋음 등급을 나타내고 있다. pH는 7.5~8.5 사이의 값으로 평균보다는 높은 수치이지만 매우좋음 등급을 나타내고 있다. 그 외의 9회의 측정 수치들의 평균값을 알아보면, TDS 124.2ppm, EC 235.1uS/cm, 인산염 185.7ppm, NO3 23.9ppm, NO2 0ppm, 총경도 102.2ppm, 총알칼리도 117.8ppm로 측정되었다. 옥수천은 대부분의 수질 측정 수치가 치가 매우 좋음 및 좋음 등급을 보이고 있다. 기존 오수관로와 불량관로 정비 및 오수관로 신설 등 하수관로 정비를 시행하고 옥수천으로의 유입을 차단해 좋은 수질을 유지하는 모습을 확인할 수 있다.

성내천은 총 4회 측정하여 하천수질평가등급기준으로 DO 7ppm, COD 1.7ppm, pH 7.5으로 하천의 상태가 매우 양호한 것으로 나타났다. TDS&EC 의 평균값은 65ppm과 179uS/cm, NO3와 NO2 의 평균값은 각각 0ppm과 10ppm, 총경도와 총알칼리도의 평균값은 각각 300ppm과 120ppm으로 나타난다. 성내천의 전체적인 수치들을 살펴보면 하천의 상태가 매우 양호한 것으로 나타났다. 하

천의 시작지점이라 수질이 매우 깨끗하고 하수처리시설이나 빗물펌프 같은 정화시설이 따로 없다. 분당천은 총 4회 측정하여 하천수질평가등급기준으로 DO 4ppm, COD 3.3ppm, pH 8.7으로 하천의 상태가 약간 좋음으로 나타났다. TDS&EC는 125pm과 225.3uS/cm, NO3와 NO2는 각각 3.3ppm과 0.7ppm, 총경도와 총알칼리도의 평균값은 각각 150ppm과 140ppm으로 나타난다. 전체적으로 분당천의 하천의 상태는 약간 좋음으로 나타났다. 분당천은 도심하천으로 주위 주거지로부터 생활하수가 유입된 것으로 예상된다. 근처 하수처리시설이 없었는데 하천규모가 매우 작아 없는 것이라 추측한다.

창릉천은 총 4회 측정하여 하천수질평가등급기준으로 DO 3ppm, COD 6.6ppm, pH 8.75으로 하천의 상태가 보통으로 나타났다. TDS&EC는 174pm과 350.5uS/cm, NO3와 NO2의 평균값은 각각 90ppm과 2ppm, 총경도와 총알칼리도의 평균값은 각각 100ppm과 140ppm으로 나타난다. 창릉천은 측정지점이 상류라 물이 맑을 것이라 예측하였다. 하지만 고양시 덕양구 삼송동 창릉천변 도로에 흙더미와 쓰레기 등이 4개월 넘게 방치되는 등 주변에 쓰레기나 아직 정비가 덜 된 부분들이 많아 하수나 오염원이 하천으로 쉼 가능성 때문에 수질의 등급이 보통으로 측정된 것이라 분석할 수 있다.

3. 결론

본 연구는 자연형 하천정화사업을 시행함에 있어 사업의 시행 후 시민 모니터링과 평가를 통해 자연형 하천정비사업이 수질개선 등 하천의 생태적 환경에 미치는 영향을 검토하고 복원효과를 분석하여 하천정비에 따른 생태계보완 및 지속적 관리사업의 근거를 제공하고자 하였다.

하천 정화사업이 진행된 이력이 있는 전국 각지의 하천의 수질 측정과 주변 환경 등을 관찰하여 지속 가능한 하천 정화사업 모델을 구축하는 것을 목표로 진행하였다. 총 15팀 중 13팀으로부터 7~10월 약 4개월간 최소 4번의 수질 측정 데이터를 받았다. 하천 사진과 설문지를 통해 주변 경관, 조경 식생, 보도와 시설 현황 내용을 수집하였다. 시민과학자와 협업하여 확보한 수질 측정 및 설문조사 데이터를 중심으로 연구 지역의 공법 사례와 오염원 현황 및 오염저감시설 등의 연구지역의 주변 공간을 파악하여 다양한 이해관계를 조정하여 분석하였다. 연구 결과 대표적으로, 정화시설로 수질이 잘 관리되고 있는 탄천, 성내천, 성죽천, 중랑천은 평균 DO 값 8~9 ppm, COD 값 3 ppm 정도로 수질이 양호한 것으로 나타났다. 하지만 하수관로 정비 부실 문제와 비점오염 저감시설 준공이 1년이 채 되지 않은 온천천은 DO 3~5ppm, COD 8ppm 이상으로 낮은 수준의 수질로 측정되었다.

자연형 하천정화사업은 해당 구역의 물리적인 조건을 파악하며 주변 환경, 호안 특성, 이용실태 등을 충분히 고려하여 각 하천의 특성을 반영한 생태복원을 목적으로한 조화로운 개선방향이 필요하다. 양재천의 사례로 자연석 설치로 유사를 퇴적시켜 습생식물 발생률을 높이고, 호안사면에는 윗가지 덮기가 자연 재생률이 높았는데 이를 반영하여 하천의 자기치유를 위해 직강화된 하천의 지형을 복구하는 것이 선행되어야 한다. 또한 하천의 경관을 해치지 않으면서 오염된 하천의 수질이 개선될 수 있도록 하수 정화 시설 및 오염 방지 시설 등을 통해 건강한 하천을 만들어야 한다. 이번 연구 대상 하천 중 안양천과 같이 여러 지대를 걸쳐 흐르는 하천 같은 경우에는 생활하수로 인한 오염 가능성이 매우 높기 때문에 하천 근처에 하수 정화시설이 많이 분포하는 것을 확인할 수 있었다. 반면 창릉천과 같이 작은 하천의 경우 주변 하수정화시설을 찾기 어려웠다. 앞으로 하천 정화 사업의 방향은 큰 하천뿐만 아니라 도심과 인접한 곳곳의 소하천 등 다양한 형태의 하천들의 관리에 관심을 두어야 한다. 이와 동시에 시설물의 기능을 적절한 상태로 유지하기 위한 과정에서 검토 및 관리의 용이하여야 하며, 비용적인 측면에서 설치비, 유지비 등의 부분의 경제성이 우수해야 한다.

시민과학자와 이번 연구를 진행함에 있어 연구의 시공간적 제약 문제를 극복하며, 더 나아가 하천 정화사업의 자발적인 시민모니터링 효과까지 기대할 수 있었다. 도심 속 하천을 생태학적으로 복원하는 방향으로 사업이 이루어지면서 시민들은 산책로나 운동시설을 이용할 수 있게 되었다. 일상생활 속에서 하천을 쉽게 접하다보니 시민들이 하천 수질에 관심을 가지고 자원봉사나 정화 활동 또한 증가하였다. 이와 같이 주변 시민들이 주인의식을 느낄 수 있는 방향의 하천 정화 사업이 필요하다

참고문헌

- 김윤진. 『자연형하천 복원사업의 환경여건 평가에 관한연구』, 세종대학교, 2012
- 김철호. 『환경친화적 하천사업에 따른 수질변화에 대한 고찰』, 대전대학교, 2013
- 박봉진 외 2인. 『하천의 생물서식처 복원을 위한 하천자연도평가』, 2005
- 박우상. 『자연형 하천 복원 사업의 수질변화특성에 관한 연구』, 용인대학교, 2010
- 엄경미. 『오산천의 자연형 하천공법 도입지점전·후의 수질변화 및 오염부하량에 관한 조사』, 한국수자원학회, 2003
- 이희원 외 2인. 『자연형 하천정화사업의 시행 후 평가에 관한 사례연구』, 『한국산학기술학회논문지』, 2012