지역 주민에 의한 하천 모니터링의 현지 적용

Application of River Monitoring Methodology by a Local Resident

김진홍*

Jin Hong Kim

요 지

현재 지역적으로 일반 주민들이 실시하는 하천 모니터링 결과들이 지역별, 유역별로 일부 존재하나 모니터링 방법이 달라 일관되고 정확한 통계를 얻을 수 없다. 특히 사용하고 있는 모니터링 기법이 전문가 중심의 내용으로 되어 있고 오래전에 도입된 매뉴얼들로써 실질적 모니터링의 효과를 보기 어렵다.

본 연구에서는 일반 시민들이 알기 쉽게 하천 모니터링을 실시할 수 있는, 시민참여형 하천 모니터링 인자(항목) 개발하고, 개발된 모니터링 인자들을 이용하여 일반 시민들이 손쉽게 판단할 수 있도록 모니터링 방법론을 정립하였으며, 이를 바탕으로 현지 하천을 대상으로 직접 모니터링을 실시하여 그 결과를 검토하고 미비점을 보완하였다.

일반적으로 조사 구간은 1000m를 기본으로 하며, 이 경우 조사 구간에는 하천환경 상태가 일정할 수 없다. 따라서 조사 구간 내의 지배적인 현황을 고려하여 모니터링을 실시하며, 조사표에 모니터링의 지배적인 현황 결과를 기입하는 것이 요구된다.

본 연구에서 도출된 모니터링 기법은 일반 시민들이 쉽게 대상 하천의 하천환경 상태를 판단할 수 있는 것으로서, 앞으로 활용도가 높을 것으로 판단된다. 추후 많은 시민들의 모니터링 결과를 바탕으로 본 매뉴얼이 수정, 보완되는 것이 바람직할 것이다.

핵심용어 : 하천 모니터링, 모니터링 인자, 모니터링 조사표

1. 머리말

하천 모니터링 적용을 위한 기본 방향으로서, 조사 범위는 주요 중소하천을 대상으로 하며 이 경우 국가하천보다는 지방1급하천 또는 지방2급하천으로 선정하되, 조사 과정에서 필요에 따라 조정될 수 있도록 한다. 조사기간은 활동여건(조사인원 및 지원 등)에 따라 장기간(3년)으로 계획하되, 본 과업의 기간에 맞추어 실시하고, 추후 지속적으로 조사를 실시한다.

모니터링 조사 항목은 효과적인 조사와 판단을 위해 하천 생태계의 변이 축을 설정하고, 구체적인 조사 항목 선정에 선행하여 각 변이 축을 대변하는 중간 집계 부문을 두어, 전체 조사 집계를 부문집계와 총괄집계로 2단계로 구분한다. 하천은 선형적 요소가 강하고 변이도 선형적 하천 축과 병행하여 발생하는 경향이 있으며, 공간정보 제작·표현, 상하류간 비교 등을 고려할 때 선형정보로 취급하는 것이 유리하다. 조사단위 규격은 조사 대상구간 파악의 충분성, 조사의 수월성 및 비용, 육안관찰 거리, 조사 결과의 표현 등을 고려하여 결정하되, 일반적으로 500m ~ 1,000m 간격으로 결정한다.

현재 국내에서 시행 중인 자연 친화적 하천복원 사업은 규모가 매우 큰 반면 단기간에 진행되므로 하천형태와 생태계에 큰 영향을 미칠 가능성이 있다.

---

* 정회원·중앙대학교 토목공학과 교수·E-mail : jinhkim@cau.ac.kr

이와 같은 자연 친화적 하천복원 사업은 사전 조사와 공사중, 공사후 모니터링을 통해 그 미치는 영향을 최소화하고 효과를 검증하는 방향으로 추진한다. 모니터링은 해당 하천에서 수변조사 결과를 분석한 후, 설정된 목적과 목표의 달성도 확인 또는 자연 친화적 공법의 적용에 따른 예상치 못한 문제점 파악과 개선 및 대응 방안을 구축하는데 주된 목적이 있다. 또한 향후 다른 하천에서 유사한 자연 친화적 하천복원 사업을 시행할 때 참고 자료로 활용되도록 한다.

2. 대상 하천 및 구간 결정

본 연구에서는 이미 작성된 하천 모니터링 인자와 조사 기법을 현지 하천을 대상으로 적용하여 모니터링을 실시하는 것으로 하였다. 모니터링 대상 하천과 구간을 선정하는데 있어 기준은 다음과 같다.

1) 조사의 효율성과 능률을 높이기 위해 지방1급 또는 지방2급 하천을 대상으로 한다.

- 대하천의 경우 조사 범위가 넓어 효율성이 떨어질 우려가 있으며, 소하천은 흐름의 다양성과 저수로 폭의 다양성에서 비효율적일 수 있다.

2) 상류부의 계류하천 및 하류구간의 하천은 이번 조사에서 제외한다.

- 계류하천은 수로의 굴곡, 사주, 저수로 폭 등의 모니터링에 적합지 않는 경우가 있으며, 하류구간 하천의 경우 하상재료의 다양성, 흐름의 다양성 등에서 적합지 않을 수 있기 때문이다.

3) 지형도 상에서 1차적으로 대상 하천 구간을 선정한다.

- 지형도는 대축척(1:25,000)이 좋다. 특히, 수로의 굴곡은 지형도 상에서 파악하는 것이 효율적이다.

4) 조사대상 하천 구간의 연장은 1km, 하천 폭은 50m를 기준으로 한다.

- 이는 자연하천의 사행 파장은 하폭의 8~12배 정도이며 (하천설계기준, 2005), 자연 하천에서는 하천 폭의 4~6배마다 하나의 사주가 형성되기 때문이다.

5) 하천의 연장에 따라 조사 구간의 갯수는 다음과 같은 기준으로 한다. 이는 조사 구간 연장은 하천 전체 연장의 20% 정도는 되어야 한다는 여러 위원들의 의견을 반영한 것이다. 그러나 이는 모니터링 대상 하천의 특성에 따라 변경 가능하다.

- 50km 이상 ; 1km, 10개 구간
- 30km ~ 50km ; 1km, 6 ~ 8개 구간
- 10km ~ 30km ; 1km, 4 ~ 5개 구간
- 10km 이하 ; 1km, 3개 구간 이하
- 조사 구간은 가능하면 적절한 간격을 유지한다.
- 수로의 굴곡은 하천 전체 연장을 대상으로 한다.

6) 유역 오염원의 현황 및 기존 하천수질 측정망의 지점을 조사하여 이들 자료와 연계할 수 있도록 감안하여 선정하는 방안도 필요하다.

상기 기준을 고려하여 본 조사에서는 도시하천과 전원하천을 대상으로 하되, 하천 연장은 1,000m, 하천 폭은 50m를 기준으로 하여, 다음과 같이 대상 하천과 구간을 선정하였다.

- 경기도 탄천 및 강원도 춘천 공지천

3. 모니터링 조사 방법

모니터링 조사는 다음과 같이 4 단계로 시행한다.

- 1단계 도상조사 : 도상조사는 조사 대상하천을 결정하고, 우리나라의 하천지도인 우리가람 길라잡이(건설교통부, 2002)를 참고하여 도상에서 조사지점을 적절한 간격이 되도록 선정하여 조사 예비도를 작성하고, 도로와 제방 등 하천의 접근에 관한 이동계획을 수립하고, 소요시간 등을 산정한다. 또한 대상 하천에 하천연장, 하천경사, 유역면적을 고려하고, 필요시 하천주변 역사적인 사항, 인문, 지리, 천연기념물 등도 조사시 참고토록 한다.

- 2단계 현지조사 : 현지조사는 예비조사 결과에 따라 대상 위치로 이동하여, 조사위치 확인, 조사 및 조사표의 작성, 사진촬영 순으로 시행하는데, 일반적으로 대상하천의 상류에서 하류(또는 하류에서 상류로) 방향으로 순차적으로 평가하도록 한다. 조사표에는 조사 대상하천, 조사자, 조사일자, 탐사지점의 하천명 등에 관한 기록도 함께 한다. 사진촬영은 하천의 둑 바깥쪽 제방, 하도 등을 한 장의 사진에 담을 수 있도록 하고, 촬영순서는 상류와 하류 순으로 촬영하고, 특이사항은 추가로 촬영하되, 촬영번호를 조사표에 기록하여 사진 분류시 활용한다. 하천환경과 관련하여 부착조류 및 저서무척추 동물의 사진 촬영을 실시하고, 관련 생물 도감을 준비하여 현지에서 확인한다. 현지조사의 경우 최소 인원은 4명 정도로 하되, 필요시 적절히 확보한다.

- 3단계 자료의 정리 : 현지조사를 완료하면, 내업으로 조사표와 사진촬영 자료를 정리하고, 조사위치 기록과 조사 결과를 가능하면 도면화한 탐사도를 작성한다.

- 4단계(조사결과 분석) : 조사 결과를 분석하고 조사대상 하천의 탐사내용을 기록한 분석보고서를 작성한다.

조사 준비물은 다음과 같다.

- 장화(가능하면 무릎까지의 길이) : 하천에서 수심, 유속을 측정하기 위함. 그러나 하천 바닥에 모난 돌이나 깨진 병조각 등의 날카로운 물건이 있으면 장화가 찢어져 위험하므로 조심하여야 한다. 장화 중에는 가슴까지 차는 긴 장화가 있으며 이는 깊은 곳에서도 조사가 가능하므로 효율적이다. 그러나 하천바닥이 미끄러운 관계로 만약 하천에 빠질 경우 장화 사이로 물이 들어가서 물의 무게 때문에 못 일어나는 경우가 발생하여, 매우 위험하다. 따라서 가슴까지 차는 장화는 피하도록 한다.
- 장갑 : 면장갑보다는 고무 코팅된 장갑이 효율적이다.
- 하천지도 : 우리가람길라잡이(건설교통부, 2002). 또는 지형도(1:25,000)
- 디지털카메라 : 현지 사진촬영
- 생물 도감 : 식물 및 동물도감. 흑백보다는 칼라가 효율적.
- 줄자 또는 목자판(staff): 하천의 수심 및 하폭, 수면폭을 측정하기 위함.
- 현장 유속계 ; 하천 흐름의 유속을 측정하기 위함이다. 유속계가 없을 경우 하천 위를 떠다니는 부유물을 이용하여, 적절한 구간을 정해 부유물의 이동 거리를 이동 시간으로 나눠 흐름의 유속을 개략 산정한다.
- GPS : 하천조사 위치를 아는데 편리하다. 꼭 필요한 물건은 아님.

4. 모니터링 결과 분석

탄천과 공지천에 대해 실시한 모니터링 결과 및 조사표 적용시 미비점을 각각 서술하면 다음과 같다.

1) 탄천

탄천은 도심 구간을 통과하는 하천으로서 수로의 굴곡은 상류 구간을 제외하고는 거의 없었다.

상류 구간도 굴곡 현황은 미미하였다. 사주의 경우 상류 구간은 간혹 보였으나 이후 하류로 갈수록 약간 형성되기 시작하여, 하류에서는 하천 폭 20배 길이 안에 2개의 사주가 형성되었다. 그러나 전반적으로 사주의 형성은 충분치 않았다. 흐름의 다양성은 약하게 존재하였으며, 하상 재료는 자갈과 모래가 섞여 있었다. 저수로 폭은 다양하나 다양성의 정도는 충분치 않았다. 호안공은 주로 인공 식생호안이었으며, 제방 호안공 재료는 콘크리트(불투수성)이었으며, 하류 구간은 복토된 인공 흙 상태이었다.

수변대 식생은 상류 구간의 경우 인공적으로 조성된 식생이었으며, 중류에서 하류로 갈수록 다양한 식생 군락이 형성되었다. 부착조류는 수질이 탁도가 심하고 냄새가 나는 관계로 걸레 모양의 조류 군락이 일부 존재하였다. 둑 안쪽은 자연식생 또는 인공식생과 공원이 혼재하였다. 수량은 수면폭 대 하천폭의 비가 20% 이상으로 비교적 풍부하였다. 상류 구간의 경우 수심은 30cm, 유속은 0.3m/s 정도이었다.

모니터링 조사표를 적용하였을 때 아래와 같은 몇 가지의 보완할 점이 발생하였다.

- 인공적으로 조성된 식생이 많은 지점에 형성되었으나 이를 반영하지 못하였다. 추후 인공 식생을 반영한 모니터링 조사표 보완이 요구된다.
- 같은 지점이라도 하천의 좌안과 우안에는 각기 다른 호안공이 설치되었다. 예를 들면, 좌안에는 자연석 호안공인데 반해 우안에는 목책이나 자연재료를 소재로 한 호안공이 설치되었다. 이는 하도 사행 형태를 보았을 때, 한쪽이 수충부이면 당연히 상대쪽은 비수충부이기 때문이다. 따라서 이 경우 지배적인 호안공 형태를 결정할 수밖에 없는 한계점이 발생된다.
- 둑 바깥쪽의 토지 이용 상태로서 공원이 존재하는 경우도 있다. 이 경우 공원은 인공적인 형태로 보아 시가지 범주에 포함시켰으며, 시가지에 공원을 추가시킬 필요성이 있다.

2) 공지천

공지천은 상류 구간의 경우 전원 하천이었으나, 하류는 도심 구간을 통과하는 하천으로서 수로의 굴곡은 상류 구간을 제외하고는 거의 없었다. 사주의 경우 상류 구간은 급경사인 관계로 없었으나 중류에서는 비교적 다양하게 형성되었다. 그러나 하류로 갈수록 사주의 형성은 미미하였다. 흐름의 다양성은 상류와 중류에서는 비교적 다양하게 존재하였으며, 하상 재료는 자갈과 모래가 섞여 있었다. 저수로 폭도 상류와 중류에서는 비교적 다양하였다. 그러나 이들 다양성은 하류로 갈수록 약화되었다. 이는 하천 정비를 시행하면서 저수로를 직강화에 가깝게 설치하였기 때문이다. 저수로 호안공은 상류의 경우 콘크리트 옹벽이었으며, 중류 구간에서는 호안공이 없는 자연상태이었다. 제방 호안공 재료는 상류는 콘크리트(불투수성)이었으며, 중류 구간은 투수성 호안블록이었다.

수변대 식생은 상류와 중류 모두 자연적인 잡초와 관목이 혼합된 상태이었다. 부착조류는 수질이 물장난을 하고 싶을 정도의 비교적 맑은 상태이어서 자갈에 약간 미끄러울 정도의 조류가 존재하였다. 그러나 하류로 갈수록 수질을 악화되었다. 둑 안쪽은 상류는 자연식생, 중류는 자연식생과 인공식생이 혼재하였다. 횡방향 인공구조물은 상류에서는 많은 낙차공이 설치되어 있으며, 중류의 한 곳에는 세월교가 설치되어 있다. 수량은 수면폭 대 하천폭의 비가 10~20%로 부족하지는 않았다. 상류 구간의 경우 수심은 10cm, 유속은 0.8m/s 정도이었다.

공지천의 경우에도 모니터링 조사표를 적용하였을 때 아래와 같은 몇 가지의 보완할 점이 발생하였다.

- 인공적으로 조성된 식생이 형성되어 있으며, 추후 인공 식생을 반영한 모니터링 조사표 보완

이 요구된다.

- 같은 지점이라도 좌안의 수충부에는 콘크리트블록 호안공인데 반해 우안의 비수충부에는 목책이나 자연재료를 소재로 한 호안공이 설치되어 있다. 지배적인 호안공 형태를 결정할 수밖에 없는 한계점이 발생된다.

- 상류 구간에는 저수로 폭이 다양하지만, 이를 반드시 사주 형성과 연결되지 않는 경우도 있다. 이 경우 '사주 발달에 의한'이라는 문장은 적절치 않으며 제외시킬 필요가 있다.

5. 모니터링 조사 내용 보완

모니터링의 결과와 보완할 점을 검토하여, 모니터링 조사 인자와 방법론을 보완하였다. 하천 모니터링의 조사 부문은 하천 형태, 하천 환경의 2개 부문으로 설정하고, 각 부문의 조사 인자는 조사 부문 간의 균형을 고려하여 하천 형태 8개와 하천 환경의 8개의 총 16개의 조사 인자를 선정하였다.

하천 형태 부문은 수로의 굴곡, 사주, 흐름의 다양성 등 하도특성과 하상재료, 저수로폭 다양성, 저수로 호안공, 제방 호안재료 및 하천의 복개율을 조사 인자로 하였으며, 하천 환경 부문은 수변대 식생, 부착 조류, 수서무척추 동물, 둑 바깥쪽 및 안쪽의 토지이용, 하천(수역)과 육역의 생태 연결성, 댐이나 보 및 낙차공과 같은 하천 상·하류간의 연속성을 방해하는 횡방향 인공 구조물, 수질, 경관과 수량 풍부도를 파악할 수 있는 수면폭/하천폭 비를 선정하였다. 수량 풍부도는 수면폭/하천폭의 비뿐만 아니라, 수심과 흐름의 유속도 관련되므로 이 항목도 포함시켰다. 또한 하천 관리 및 물 문화(유적)도 모니터링의 주요 인자로 취급하여 조사부문에 포함시켰다.

표 1. 하천 모니터링 인자 개발

조 사 부 문	조 사 인 자
하천의 형태	수로의 굴곡, 사주, 흐름의 다양성, 하상 재료, 저수로폭 다양성, 저수로 호안공, 제방호안 재료, 하천 복개율
하천의 환경	수변대 식생, 부착 조류, 수서무척추 동물, 하천 주변의 토지이용, 생태계의 연결성, 횡방향 인공 구조물, 수질, 수면폭/하천폭 비(수심, 유속)
기 타	하천 관리, 물 문화(유적)

감 사 의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 2003년도 건설핵심기술연구개발사업 (03산학연C03-01)에 의한 도시홍수재해관리기술연구사업단의 연구성과입니다.

참 고 문 헌

1. 조용현(1997b). "우리나라 중소하천 코리도의 자연성 평가기법연구." 한국조경학회지, Vol. 25, No. 2, pp. 73-81.
2. 환경부(1995a) 전국「그린 네트워크 구상」사람과 생물이 어우러지는 자연 만들기.
3. National River Authority(1992) *River Corridor Surveys*, Bristol: NRA.
4. U.S. Environmental Protection Agency(1995) *Watershed Protection: A Project Focus.*