

# ‘하천살리기’의 차세대 핵심 기술

## - 이동상 하도 보전 및 하도변화의 반영



이삼희 &gt;&gt;

한국건설기술연구원 수자원연구부 수석연구원  
samhee.lee@kict.re.kr

### 1. 서언

‘섬진강 대화 때문에 신문과 방송마다 매화꽃이 흐드러지고 있다. 그러나 지금 섬진강이 어떻게 죽어가고 섬진강변이 어떻게 파괴되어 가고 있는지, 섬진강 모래밭이 어떻게 순식간에 사라지고 있는지 보도하는 방송이나 신문은 없다. 강은 죽고 썩어 가는데 언론들은 매화타령이 한창이다. (중략) 강물이 죽어가고, 썩어간다. 달빛아래 눈부시던 백사장이 사라지고 고기들이 강에서 떠나간다. 보아라 인간들아! 강물이 죽고 썩으면 백가지 꽃들이 다 무슨 소용인가. 누가 썩은 강물을 따라가며 꽃을 볼 것인가’ 라고 김용택 섬진강 시인이 변해버린 하천에서 울부짖고 있다. 또한 우리나라 전통 민속촌인 낙동강 하회마을 물길도 점차 바뀌고 있다. 그 곱고 아름다웠던 병산서원과 하회마을 앞 백사장이 어느 순간부터 상당부분 물억새와 갯버들로 덮여 버려 옛 모습을 회상하며 하회마을 원주민들은 긴 탄식을 자아내며 애석해 한다(사진 1). 이는 ‘식생=자연형 하천’이라는 편향된 사고를 가진 전문가그룹에 대한 호된 질책으로 느껴지고, 새로운 기술개발 방향을 제시하는 목소리라 가슴에 와 닿는다.

서울시 강남구청에서 1995년 시작한 양재천의 자연친화적 하천정비가 성공적인 평가를 거둔 계기로

전국적으로 ‘하천살리기’ 사업이 실험적인 차원을 넘어 본격적으로 착수하고 있다. 하천환경정비사에서 볼 때 비교적 짧은 기간임에도 불구하고, 훌륭한 가시적 성과를 거두었다고 볼 수 있다. 이는 과거 악취 등의 문제로 기피대상이었던 하천변 아파트가 최근에는 ‘하천살리기’ 계획이 발표되면 곧바로 아파트 가격에 크게 영향을 미친다는 사실에서도 알 수 있다.

하지만, 일부에서 추진하고 있는 ‘하천살리기’ 사업이 겉보기에는 자연스러울 지 모르지만, 대부분의 하천환경정비 현장에서는 섬진강의 김용택 토박이 시인이나 하회마을 원주민들이 진정 우려하고 있는 바를 깨닫지 못한 채 전원하천이나 산지하천에서조차 예쁜(?) 도시하천의 모습으로 무리하게 추진하고 있는 경우가 자주 목격되고 있다. 이는 ‘하천살리기’에서 추구해야 하는 하천의 건전성이라는 본질을 다소 왜곡시킬 우려가 있다.

진정한 하천의 모습은 유역과 하도내에서 일어나는 여러 자연적 인위적 환경에 따라 반응하면서 끊임 없이 변하는 것이 본질이고, 이는 고스란히 하천의



사진 1. 하회마을 백사장 쇠퇴와 하도내 식생 진입 (유영일, 2006)

모래톱 이동으로 자연의 모습을 드러낸다. 앞으로 '하천살리기'의 핵심내용은 하도변화, 즉 하도의 이동상(fluvial)을 어떻게 수용하고 반영하는가에 달려 있다고 해도 과언이 아니다.

## 2. '하천살리기'의 현안

### 2.1 기술상의 한계

우리나라 '하천살리기' 사업에서 노출되고 있는 일차적인 문제점은 기술적인 한계라고 할 수 있다. 선진 외국에서는 자연적인 하도변화 특성을 현실적인 범주에서 하천정비 및 계획에 반영하고 있다. 결국 하도변화를 반영한다는 자체는 하천에서의 자연성의 회복을 의미하고, 아울러 저비용의 경제적 하천관리와 부합한다는 것이다. 이에 반해, 우리나라에서는 물가 변화를 억제하는 저수로변의 일률적인 자연성 쌓기, 무분별한 고수부지·제방상의 육역성 수목 식재, 홍수위 부근의 불필요한 자연형 호안 등의 아시아몬순 기후대에 속한 우리나라 하천의 고유한 자연특성과도 다소 본질이 왜곡된 '하천복원공법'이 검증과정 없이 도입되고 있다. 이로 인하여 장기적으로 볼 때 치수기능면에서도 불리한 여건이 형성될 수 있다. 또한 다른 형태의 하천 생태계 변화와 시대를 거스르는 고비용의 하천정비에 대한 우려의 시각을 키워오고 있다.

물론 지금까지 하천을 이렇게 밖에 할 수 없었던 이유로는 우리나라 하천만이 가지는 본래의 모습(지형, 생태계, 수환경, 하도특성 등) 등을 현장 중심으로 살펴보지 않은데 있다. 이와 아울러 하천환경과 관련하여 정량적인 특성을 규명하고자 하는 평가기법이나 요소기술의 연구개발이 실제로 충분히 이루어지지 못한 등 기술적인 문제도 있다. 또한 이른바 '자연친화'라는 이름하에 도입되는 각종 공법들이 치수상의 안전성과 생태계 건전성에 대한 면밀한 사전 검토 또는 전후 모니터링에 의한 분석작업 없이 무분별하게 도입되고 있는데 원인이 있다.

결론적으로, 우리나라의 하천만이 갖고 있는 하천별 본래의 모습에 대한 검토에 대한 조사 및 연구가 제대로 이루어지지 않고서는 명실상부한 '하천살리기'는 향후 비난의 소지를 야기 시켜 어려운 상황이 전개될 수 있다. 이와 아울러 하도환경 평가법의 개발 및 각종 공법들에 대한 기술적인 기준 마련도 시급한 실정이다.

### 2.2 가치관의 지속적 변화

하천에는 다양한 기능들(발전, 이수, 치수, 생태, 수환경, 미기후조절, 문화, 어메니티 등)을 보유하고 있다. 이와 같은 기능들은 빛과 같이 다양한 색채가 어우러지면 태양광이 되는 것처럼 궁극적인 통합 형태로 하천을 정비하고 관리하는 것이 바람직하다. 하지만, 지금까지는 하천에 대한 시대적 요구와 국가경제규모, 가치관 등에 따라 부각된 일부 기능을 중심으로 하천을 정비하고 관리할 수 밖에 없었다. 이러한 원인에는 '하천살리기'를 추진하는 중앙부처·지자체가 갖는 하천에 대한 요구수준과 제한된 정보와 자료 등이 있다. 이는 머지 않아 '하천살리기'에 대한 부처간 또는 지자체간 행정적인 역할 조정이 부각될 수도 있음을 시사한다.

그러나 하천관리자의 입장에서는 앞으로 '하천살리기' 방향을 모색하는데, 이와 같이 시대에 따라 변화하는 기본 이념과 가치관을 어떻게 대처해야 하는가에 대한 의사결정 과정은 매우 어려운 과제이다. 그렇지만 하천을 둘러싸고 있는 기본 이념과 가치관이 내포된 다음과 같은 물음에 대해 합의점을 도출할 수 있다면 우리는 합리적인 해결책을 생각할 수 있다. 이는 결론적으로 후술할 향후의 '하천살리기'의 핵심내용인 하도변화를 상정한다는 것을 전제로 한다.

- 하천의 자연적인 하도변화를 어느 정도까지 반영하고 허용할 수 있을 것인가?
- '하천살리기'를 둘러싸고 자연의 모습과 인간이 추구하는 가치관과 서로 충돌할 때, 그 절충안을 부여하는 의사결정은 어떤 근거로 누가 어떻게 할 것인가?

- 인간 주도하에 하천본래의 모습을 유지시킬 수 있을 것인가?
- 하천의 본래의 모습을 고려한 하천관리에서 치수 관리 형태는 어떻게 수용되어야 할 것인가?
- 자연환경 등 하천환경요소 가운데 그 변화에 대한 예측이 불확실한 부분에 대해 기술적으로 어떻게 다루어야 할 것인가?
- 하천의 변화에 대한 유지관리 및 모니터링을 위한 구체적인 조사는 어떻게 해야 하며, 조사결과에 대한 평가를 어떻게 할 것인가?
- 21세기에서 하천관리에 대한 시대적 이념과 가치관이 과연 어떻게 될 것이며, 인간사회와 자연계를 구체적으로 어떻게 조화시켜 나갈 것인가?



사진 2. 동해안 사천천의 토석류 발생 (태풍 루사, 2002)



사진 3. 하도변화가 왕성한 자연하천(내성천 회룡포)

### 3. '하천살리기'의 향후 핵심 내용

#### 3.1 하도변화의 반영

##### 가. 하도변화 요인

하천의 모습은 유역과 하도내에서 일어나는 여러 자연적 인위적 환경에 따라 반응하면서 끊임없이 변화한다. 하도변화에 기여할 가능성이 있는 하도내 요인을 중심으로 개략적으로 살펴보면, a) 댐 축조 등 상류경계조건의 변화에 따른 홍수량과 토사공급의 감소, b) 이상 대홍수의 출현(사진 3) 혹은 홍수발생이 없는 기간이 어느 정도 계속되는 무홍수기간의 출현, c) 하상골재 채취 및 하천정비에 따른 하도굴삭, d) 지반침하, e) 이동성이 낮은 하상의 출현, f) 아마링(장갑화) 현상에 의한 표층하상재료의 고정화, g) 주로 wash load인 부유사의 하안부 퇴적, h) 큰 수위변동을 들 수 있다. 이들의 요인 가운데 a), b), c), d)는 외적으로 독립된 요인이며, e), f), g)는 a), b), c), d)에 의해 야기되어 나타나는 내재적 요인이다. 또한 a), c), d)는 인위적인 요인인 반면에 b)는 주로 자연적인 요인이다. 그리고, h)는 하상계수가 큰 하천에서 하구부를 제외한 곳 대부분에서 일어나는 요인으로 간주할 수 있다.



사진 4. 하도이동성이 멈춘 고정하상(문산천 옥석교)

##### 나. 하도변화의 기본 개념과 특성

사진 3의 내성천과 사진 4의 문산천과 비교해서 어느 쪽이 자연의 모습인가라는 질문에 대하여 많은 하천관리자나 하천 기술자는 물론 생태학자들 역시 '문산천'이라고 답변한다. 바로 여기에 그동안 추진해왔던 '하천살리기'에 중대한 기술적인 오류와 시대적 가치관의 변화를 발견하게 된다. 하도변화의 변화의 핵심은 하도내 하상재료(주로 저수로 하상재료)가 이동하는 형태, 이른바 하도특성에 따라 다소 차이는 있지만 자연적인 이동성(fluvial)을 확보하는 것이다. 이는 치수기능 향상은 물론 하천 생태계에서도 무엇보다 중

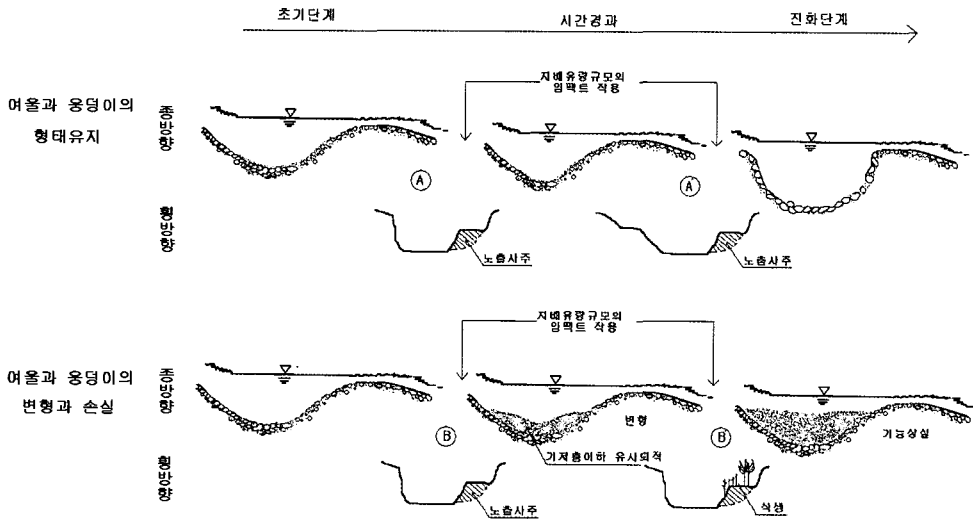


그림 1 어류서식처인 여울과 웅덩이의 형성과정(성영두, 2005)

요하다. 삼림과 같은 육상 생태계에서는 화재와 같은 임팩트 이후에 극상을 지향하는 2차 천이과정이 발생하여 개체수의 증가를 보이는 반면 상대적으로 종의 다양성에는 제한을 받게 되지만 바람직한 자연적인 현상이라 볼 수 있다. 그러나 하도에서는 홍수라는 임팩트가 수시로 작용하여 육역과 같은 극상을 지향하는 2차 천이과정을 보이지 않는다. 이런 가운데 개체수는 감소하는 반면 종의 다양성 면에서는 유리한 위치에 놓이게 된다. 21세기 리우 선언에서는 개체수의 증가 못지않게 종의 다양성을 추구하고 있다. 따라서, 종의 다양성 입장에서 볼 때, 육역의 생태계 보다 하천변화가 수반된다면 하천에서 큰 의미를 찾을 수 있다.

또한, 그동안 어류 서식환경에서 유지유량만 확보되면 어류생태계는 별다른 문제가 없는 것으로 알려져 왔다. 성영두(2005)에 의하면 유지유량은 어류생태계에서 필요조건일 뿐이며, 어류 서식처의 주요한 요소인 여울과 웅덩이는 홍수와 같은 임팩트가 수시로 일어나 하도 교란이 일어날 때 유지된다는 것을 보여주고 있다. 또한 하도내 이동상이 확보될 경우 홍수시 하상바닥이 다양하게 변하는 '유사레짐'이라는 수리적 현상으로 인해 에너지의 소모를 촉진하여 하류에의 홍수 부담을 줄이게 되어 치수 및 하천자정 기능에서도

매우 유리하게 된다. 또한 극단적인 하안침식이 아닌 저수로 만배수위에서 제한적으로 측방침식을 허용한다면 일부 호안이 불필요하게 되어 경제적 하천관리가 가능하며, 에너지의 분산효과가 더해져 치수기능을 강화할 수 있다는 점에 주목할 필요가 있다. 특히 천변 저류지와 연계한다면 그 효과는 크게 상승할 것이다.

#### 다. 하도변화를 반영한 하도정비 및 관리의 의의

지금까지 우리나라에서 치수목적이든 자연 친화적 하천기능 복원목적이든 간에 하천정비 및 유지·관리, 하천시설물의 보수·보강에 있어, 이와 같은 하천의 변화(여기서는 주로 하도변화를 뜻함) 자체를 반영하지 못하였다. 오히려 지금까지 이와 같은 하도변화를 억제하는 방향으로 하천을 정비하거나 관리해 왔다. 자연형 하천공법 역시에 이 범주를 벗어나지 못한 실정이다. 이러한 원인에는 하도 및 하천시설물 관리에 있어 이와 같은 변화에 대한 예측방법이 충분하지 않았을 뿐만 아니라, 그 변화의 정도가 크지 않다고 인식하였기 때문이다. 그리고 서둘러 목전의 홍수량을 중심으로 하는 치수안전도 테두리 내에서 하천 시설물을 설치해야 하는 사회적 상황도 작용했다고 볼 수 있다. 최근에 널리 확산되고 자연 친화적 '하천살리기'

에서도 일부 하도변화를 허용한 안양천의 지천인 학의천의 학운공원구간을 제외하면 이와 같은 하도변화를 허용하는 단계까지는 이르지 못하고 있는 실정이다. 따라서 '하천살리기' 및 하도 및 하천시설을 정량적이고 체계적으로 관리하기 위해서는 하도의 변화를 반영하는 하도정비 및 관리 개념이 도입되어야 한다.

하도변화를 반영한 하도정비 및 관리에서는 다음과 같은 의의를 찾을 수 있다. (이는 지속가능한 '하천살리기'의 핵심내용이기도 하다. 또한 자연 친화적 각종 '하천재생 및 복원공법' 개발에서도 하도변화를 전제로 한 요소기술이 무엇보다 중요하다)

- 1) 장시간에 걸쳐 하도 및 하천시설의 유지·관리를 고려함에 따라, 유지·관리를 자연적으로 반영하는 것으로 볼 수 있다.
- 2) 하도변화를 반영한 하천관리계획이라면, 하천 응답이 하천의 실제 상황과 그 오차가 적어, 하천계획의 합리성과 이해도가 크게 증가한다.
- 3) 하도변화는 하천이 살아 숨쉬는 것을 의미하며, 변화를 허용한다는 자체는 하천본래의 모습, 하천다움, 건강한 하천의 추구를 의미하는 것이다. 또한, 변화를 어느 정도 허용함에 따라 무리한 하천시설의 설치 필요성이 크게 줄게 되어, 하천시설의 계획에 경제성, 합리성이 증가한다.
- 4) 하도특성 및 하도를 둘러싼 상황이 변화할 때, 이에 대한 영향이 하도변화에 분명히 드러나기 때문에 이들을 자연적으로 고려하는 셈이 되며, 하천마다, 구간마다 서로 다른 특징을 갖는 정비지침이 나오게 된다.
- 5) 하도변화 또는 그 원인에 대한 제어 혹은 대책을 고려할 수 있게 된다.

#### 라. 하도변화의 반영 방안

하도변화를 하천계획에 반영하는 방안은 다음과 같이 검토할 필요가 있다. 첫째, 하도 변화 그 자체가 하천다움의 본질이기 때문에 '하천살리기'를 위한 하천정비 및 관리계획을 수립하는데 현황 하도 혹은 정비후 하도의 변화 특성을 충분히 예측하고, 이를 충

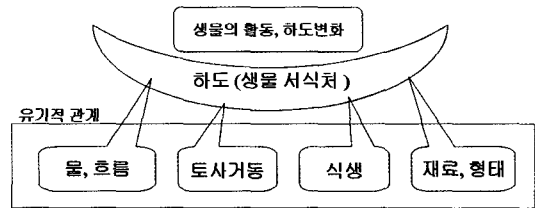


그림 2. 하도변화와 생물서식처와의 유기적 관계성 (이삼희, 2000)

분히 고려해야 한다. 그림 2에서 보는 바와 같이 하도는 물과 토사 그리고 식생의 상호작용으로 형성되어 있기 때문에 조건이 갖추어지게 되면 비교적 쉽게 변화하므로, 그 변화량을 하천계획 및 관리상 무시하거나 등한시 할 수 없는 경우가 적지 않다. 둘째, 하도변화에 대응하기 위해서 a) 하도변화의 억제, b) 하도변화의 허용, c) 하도변화의 일부분만 억제하고 나머지 부분의 허용 등 3가지 방법이 있을 수 있다. 여기서 허용이라고 하는 것은 하도변화를 전제로 한 하천정비 및 관리를 한다는 것이다. 구체적인 방법을 정할 때에는 상기 a), b), c) 각각의 방법에 적합한 대안을 폭넓게 검토하고, 하도변화를 허용한 경우에 그 영향도 혹은 하도변화 억제에 대한 어려움과 이를 실시할 경우에 그 영향도를 종합적으로 감안한다. 방법선택에 대한 판단기준으로써 이하의 점을 중시한다.

- 단기적인 경제성만을 추구하는 것이 아니고, 정비후의 하도유지 및 관리를 포함한 장기적인 경제성 관점에서 타당한 방법이어야 한다.
- 해당구간에서 하천본래의 매력을 잃지 않고, 기대되는 홍수처리이외의 폭넓은 역할을 존중한 방법이어야 한다.
- 일반적인 방법에 의존하지 않고, 해당하도 구간의 하도특성에 어울리면서 대상으로 하는 하도변화의 원인을 제어하는 것을 중심으로 한 방법이어야 한다.

셋째, 하도변화를 예측하는 기술에는 개선해야 할 부분이 많이 남아 있다. 하지만, 그 예측기술이 극복될 때까지를 기다릴 수 없으므로, 현 단계에서 주어

진 정보를 토대로 고려해야 할 하도변화 형태와 그 대응방법을 정해 둔다. 한편으로는 변화특성에 대해 계속적으로 모니터링 한다. 모니터링 결과의 축적과 예측기술의 발전에 따라, 하도변화에 대한 대응 방법을 수시로 개선해 나간다.

다. 기술적인 절차

하도의 변화를 보다 효율적으로 반영하여 안전하도의 형성과 아울러 하천의 자연성을 추구하기 위해 저수로 계획부터 먼저 입안하고 난 뒤에 고수부지 계획을 수립함으로써 요구되는 각종 조건을 만족시키는 것이 중요하다. 특히 저수로 계획에서 유의해야 할 사항은 유량설정에 있다. 저수로의 하천폭, 평균하상고를 규정하고 있는 홍수량은 제방고를 증시하는 계획홍수위시의 설계유량이 아니라, 하도변화에서 최대화가 되는 평균 연최대홍수량으로 규정하고 있다. 이는 대개 저수로 만배유량에 해당하며 이른바 하도활성유량이라 일컫을 수 있다. 물론 ‘하천살리기’에 있어 하도 계획에 대한 종합적 단계에서는 이와 같은 하도활성유량, 설계홍수량과 아울러 유지유량 등을 반영해야 한다. 고수부지 계획에서는 고수부지의 안전성을 위해 표면침식, 퇴적, 하안의 측방침식에 의한 고수부지 폭의 감소 등을 고려할 필요가 있다. 고수부지 계획에서는 유하능력의 확보, 제방의 안정성의 확보라고 하는 고수부지의 안전성 확보외에 자연환경의 보전과 토지

이용이라는 관점을 충분히 검토하여 고수부지내 식물 군락을 고려하고 관수빈도를 설정하는 등 충분한 검토가 필요하다. 저수로의 변화를 허용함에 따른 고수부지의 침식이나 제방 보호를 위한 측방침식 제한 라인을 설정해두고 유지관리에 반영하도록 한다.

3.2 하도변화를 반영한 국내외 사례

유럽에서 친자연 환경정비에서 최근 가장 성공적이라고 평가 받고 있는 독일의 이자르강 하천살리기 사업(뮌헨시 구간, 사진 5)에서 도입한 핵심 기법에 주목할 필요가 있다. 그동안 수목도입, 자연석 쌓기 사행수로 확보 등 관행적이며 경험적으로 해오던 과도기형 하천복원기법을 크게 탈피하고 있다. 즉 유량확보와 아울러 모래 및 자갈을 인위적으로 투입하여 이룬 이동상 재현이 치수상은 물론 하천생태계 기능 복원을 가장 현실적인 대안임을 인식하기에 이르렀다.

스위스에서 최근 신공법으로 저수로 호안을 건너내고 대신 수제를 통한 저수로의 부분적 침식을 허용하는 것이 경험상 근자연형 하천공법에 근접한다는 사실을 깨닫고 투르강(사진 6)을 부분적으로 재정비하였다. 이에 따라, 150년 전에 멸종된 조류(꼬마물떼새 일종)가 되돌아 올 수 있다는 것을 보여주고 있다.

일본의 경우, 1996년부터 기타가와(사진 7) 등 4개 실험하천을 대상으로 한 연구 성과를 도출하였다. 이



사진 5. 저수로 호안 철거 및 유사 인위적 투입을 통한 이동상을 확보한 사례(독일 이자르강)



사진 6. 스위스 저수로 호안 철거를 통한 하안침식 허용 사례(스위스 투르강)



사진 7. 이렇사주 보전 등 이동상 하상을 보전을 위한 연구대상 하천(일본 기타가와)



사진 8. 국내에서 하도변화를 반영한 첫 정비 사례 (학의천 학의공원구간)

가운데, 저수로 하안 침식이 허용되는 이동상 하도가 유지되는 하천정비 및 관리가 필요하다는 것이 주된 내용이다.

국내에서도 극히 제한적이기는 하지만, 처음으로 이동상 확보 기술을 도입한 곳으로 안양천 수계인 학의천(학의공원 구간, 사진 8)을 예를 들 수 있다. 학의천의 경우 이동하는 하상재료에서 비롯되어 하천생태계의 건전성이 매우 빠르게 회복되었으며, 홍수시 사주 내 형성된 식생의 자연교란을 통해 만족스런 조도관리로 치수기능이 강화되고 있는 것으로 파악되고 있다.

결국 국내외의 '하천살리기'에서 유량확보와 아울러 이동상 재현이 치수상은 물론 친수성, 하천생태계 등 다양한 기능을 동시에 회복할 수 있는 핵심내용이라고 인식하기에 이르렀다.

#### 4. 맺는 말

하천은 물과 물질이 유역으로부터 흘러 들어와 국토의 특징으로 응축되어 자연계와 인간사회에서 밀접한 관계를 맺고 있는 아주 특이한 장소이다. 또한 하천은 육역과 달리 종의 다양성면에서도 유리한 장기적이고 지속적인 변화에 의해 이루어진다는 사실을 이해하는 것이 궁극적으로 '하천살리기' 사업이다. 그동안 하천정비 및 관리에서 핵심내용이었음에도 불

구하고 별다른 관심을 갖지 않았던 하도변화와 그에 따른 자연환경 기능을 자세히 되살피고, 우리나라 하천의 본래 모습(하도변화에 따른 하도특성)에 대한 조사·연구를 서둘러 착수해야 할 시급한 처지에 와 있다. 하천에서의 자연성은 육역과 달리 지속적인 임팩트에 따른 변화에 의해 이루어질 뿐이며, 이를 적절하게 하천정비와 관리에 반영하는 것만이 진정한 '하천살리기'의 기초가 되는 것이다.

#### 참고문헌

- 김용택(2005). 매화 : 만신창이 강은 통곡하는데 꽃 타령 이라니, 중앙일보, 2005. 3. 25일자
- 유영일, 유영일의 하회관광안내(<http://user.eandong.net/chodangryu/>)
- 성영두(2005). 하천 생태서식처를 위한 필요유량의 수리학적 평가, 충남대학교 박사학위논문.
- 한국건설기술연구원 수자원연구부(이삼희) 내부자료 (2005). 유럽하천출장보고서.
- (일본)국토기술연구센터(2002). 하도계획의 지침서, 산해당.
- (일본) 리버프론트정비센터 홈페이지 <http://www.rfc.or.jp/>
- Brookes, A. and Shieldes, F.(1996). River Channel Restoration, John Wiley & Sons. 