

선진국의 자연친화적 하천복원 사업



강민구 ●●●
미래자원연구원 연구위원
kmg1218@gmail.com



이영근 ●●●
미래자원연구원 연구위원
yiyk08@gmail.com

이후부터 진행해오고 있다. 특히 1970년대에 독일 및 스위스에서는 근자연형 하천정비사업이 성공적으로 진행되었으며, 이의 영향을 받아 일본에서는 하천을 자연에 가까운 상태로 복원시키는 사업인 다자연형 하천정비사업이 1980년대 중반부터 시작하여 활발히 진행되었다. 미국에서는 독일과 일본의 영향을 받아 1990년대에 하천복원공법을 정립하여 자연친화적인 하천정비사업을 수행하고 있다.

선진국에서 추진된 자연친화적 하천복원사업의 결과들을 국내에 도입하기 위해서는 이수 및 치수 관리와 조화된 효율적인 하천환경 관리체계가 요구되며, 다양한 하천공법들을 검토하여 국내 하천에 적합한 하천환경을 조성하고 운영 및 관리하는 노력이 필요하다. 본 고에서는 선진국에서 진행되고 있는 자연친화적인 하천복원사업의 현황을 알아보고 국내에 도입이 가능한 주요 성공사례들을 분석하였다.

I. 서론

최근까지 국내에서는 홍수 및 가뭄 피해를 줄이고 산업화에 필요한 용수를 공급하기 위하여 하천 개발과 관리가 진행되어 왔다. 특히 이수 및 치수 기능만을 고려한 하천정비로 인해서 자연스럽고 아름다운 하천의 모습이 사라지고 있으며, 하천에 존재하는 동식물의 서식 환경에 영향을 미쳐 생태계가 훼손되는 결과를 초래하고 있다. 이와 같은 하천정비의 역기능을 최소화하고, 환경적으로 건전하게 하천을 가꾸려는 노력의 일환으로 하천환경관리사업들이 시행되고 있다(김규호, 2013).

선진국에서는 도시화와 산업화에 의해 환경적 기능이 약화된 하천을 자연 상태로 회복시키기 위한 하천환경정비사업 및 하천복원 사업들이 1970년대

II. 독일의 하천정비 사업 현황

독일에서는 산업혁명 이후 훼손된 하천을 자연 상태로 회복시키기 위한 사업들이 1970년대 이후에 진행되었다. 이 사업들은 근자연형 하천공법을 적용하여 콘크리트 제방을 지양하고 거석, 통나무, 식생 등과 같은 자연재료를 사용하여 제방과

호안을 만들었다. 근자연형 하천공법은 기본적으로 하천 스스로의 동적 특성을 되살리는 방향으로 하천을 정비하는 것이며, 인공적으로 정비된 하천의 복원 사업에 활용되고 있다. 1992년에 완공된 라인-마인-도나우 운하에도 근자연형 하천공법이 적용되었으며, 1980년대에 일본에 도입되어 다자연형 하천공법으로 발전하였다. 독일 하천 정비 및 관리의 기본개념은 하천의 직선화 배제, 자연적 형태 유지, 우수지 및 하천변 우수지의 적절한 배치, 자연재료 이용, 하상변화 예측을 통한 하상 복원, 생태서식처 조성을 위한 하안정비, 하천 중심의 종합자연복원사업 등이다(김진홍, 2009). 또한 1976년에 제정된 연방자연보호법에는 하천 정비에 대한 생태학적 요구가 규정되어 있다. 특히 하천정비시 수생태계를 고려하고, 사업에 자연과 경관의 휴양기능을 연결시키고 있다.

독일의 대표적인 하천 정비 및 하천 생태계 복원 사업으로 이자르강 정비사업이 있다. 이자르강은 바이에른 지방의 뮌헨을 통과하며, 하천연장이 약 289km, 유역면적이 2,814km²이며, 도나우강에 유입된다. 19세기 말에 홍수피해 저감과 수력발전을 위해서 하천을 직강화하는 하천정비사업이 수행되었으며, 하천이 수로화되었다. 이와 같은 하천정비 사업에도 불구하고 홍수피해는 저감되지 않았으며, 하천 생태성 복원에 대한 요구가 많아졌다. 이에 뮌헨시는 1995년 이자르강 계획을 위한 조사단을 결성하여 이자르강 복원사업에 조사 활동을 수행하여 이자르 플랜(1998-2006)을 수립하였다. 이를 바탕으로 홍수피해 예방대책 개선, 친수환경 조성 및 개선, 하천의 생태기능 복원 및 친수환경 향상을 목표로 하는 이자르강 복원 사업을 시행하였다. 이 사업에서는 고수부지 절토, 하천단면 확장, 저수로 호안 제거, 도시 친수공간 확보, 하천유량 확보 등이 실시되었으며, 구간에 따라 합리적인 대안을 적용하여 아자르강을 친환경 하천으로 복원하였다.

독일의 염셔강 복원사업은 사회-경제시스템의

변화를 반영한 하천복원사업의 예이다. 염셔강의 유역면적은 865km²이며, 하천연장은 약 85km이며, 라인강으로 유입된다. 염셔강 유역에는 라인이쉬-웨스트헬리쉬의 주요 산업도시가 위치하고 있으며, 탄광산업이 성행하였다. 이로 인해 지층이 낮아지고 하천수질이 악화되는 문제가 발생하였다. 지층이 낮아져서 홍수피해가 빈번히 발생함에 따라 염셔강 및 지천들이 직강화되었다. 또한 지하로 하수도를 설치할 수 없었기 때문에 하천을 통하여 하수가 방류되었다. 1970년대 말부터 탄광산업이 사양화되고 하천환경에 대한 인식이 높아짐에 따라 새로운 하수처리장을 설치하고 지하에 하수관로를 설치하였으며, 하천복원사업을 시행하였다. 1990년부터 하수관 지하매설사업이 추진되었으며, 2014년까지 약 400 km를 설치할 계획이다. 대표적인 복원사업으로는 다이닝하우저 바악이 있으며, 이 하천은 유로연장이 9.5km이며, 염셔강의 지천이다. 이 사업에서는 직강화된 하천을 자연스럽게 복원하고 하천수질을 개선하며, 지역민의 하천에 대한 접근이 용이하도록하여 하천의 생태성 향상과 하천과 도시의 조화를 이루도록 하였다. 이와 같은 사업을 통하여 염셔강 유역에서는 하수로화된 하천을 복원하고 있다(김혜주, 2005).

III. 일본의 하천정비 사업 현황

일본의 하천정비는 아직 완벽하게 이뤄지지 않았으며 매년 빈번한 홍수피해가 발생하고 있다. 특히 하천의 홍수관리 수준이 OECD국가들 중에서 낮은 편에 속하며, 1994년~2003년에 연평균 홍수피해액이 54억 달러에 이르렀고, 연 100여 명의 인명 피해가 발생했다. 치수위주의 하천정비와 댐 건설로 인하여 유사이송 및 홍수빈도 감소로 인하여 하천의 역동성이 저하되고 있다. 이로 인하여 하천의 자갈밭이 수변식생에 의해 잠식되었으며, 생태서식처인 자갈 및 사주가 감소하였다.

또한 하천정비나 도시개발로 인해 1868년 이후 습지 면적이 60% 감소하였으며, 멸종위기에 처한 동식물종이 증가하고 있다. 이를 해결하기 위하여 인위적인 수로 확장과 유사량 공급을 통하여 소와 여울이 반복되는 사행하천으로 복원하고 있다. 또한 최근 댐 하루 방류량을 증가시키고 인공홍수와 같은 고유량 방류를 실시하여 유량 변동성을 향상시켰다. 이에 따라 생태서식지 증가, 수질개선, 악취제거 등의 효과가 댐 하류에서 나타나고 있다(게이코 나카무라, 2008). 또한 댐 및 보를 포함한 하천에서 어류이동을 용이하게 하기 위하여 어도를 설치하고 있으며, 수변완충지대의 생태학적 중요성을 인식하고 이들을 보호하고 조성하기 위하여 가이드라인을 개발하여 적용하고 있다.

최근에는 지역주민의 하천에 대한 관심을 높이고 지역주민을 위한 하천조성을 위하여 지역주민의 참여를 유도하는 프로그램이 적용되고 있다. 하천환경측면에서는 생태계에 미치는 영향을 고려한 다양한 생물의 서식, 생육, 번식 환경의 보전과 재생을 목표로 하고 있다. 치수 및 방재 측면에서는 어떠한 홍수에도 범람피해를 최소화할 수 있는 시설과 조직을 구축하고 유역 전체에 안전도 향상을 위한 유역종합대책을 수립하는 것을 목표로 하고 있다. 이수 측면에서는 적절한 물이용을 도모하고 갈수에 대비하고 있으며 기후변화에 따른 갈수대책을 수립하고 있다. 하천이용 측면에서는 지역 활성화와 수변지역 정비를 통하여 하천과 도시의 조화를 고려하고 있다. 유지관리측면에서 기존 시설의 노후화를 고려한 효율적 유지관리 및 계획적인 갱신을 실시하고 있다(김한태, 2009).

IV. 미국의 하천정비 현황

4.1 하천정비 및 복원사업의 발전

미국의 자연친화적 하천정비사업은 1970년대

독일의 ‘근자연형 하천공법’과 1980년대 일본의 ‘다자연형 하천공법’으로부터 발전한 것이며, 1990년대에 ‘하천복원공법’을 정립하였다. 과거에는 연방정부 주도로 홍수조절과 수자원개발 사업이 이뤄져왔으나 1990년 수자원개발법 제정이후 연방정부의 예산삭감으로 인해 주정부와 지방자치단체가 주도하여 유역 및 하천복원 사업을 시행하고 있다. 미국의 자연친화적 하천정비사업의 기본 방향은 유역 개념의 이수와 치수, 환경보전 및 수변, 홍수터, 습지 절대보전과 복원이며, 하천생태계의 구조와 기능을 보전 및 복원하는데 중점을 두고 있다. 특히 하천정비 및 복원사업을 통하여 자연하천이 갖는 흐름의 지체 및 저류 특성, 물질과 에너지 교환이 발생하는 시스템의 개방성, 하천유황과 하상변동을 존중하는 역동성, 상·하류 및 수심별 변화를 고려하는 불균일성, 하천의 저항력 및 탄력성 등을 확보하고자 하였다. 과거에는 주정부나 환경보전기관의 보전 및 복원사업이 난립하였으나, 최근에는 주정부 단위로 유역통합 프로그램을 수립하여 시행하고 있다. 사업 설계는 전문가 그룹이 수년간에 걸쳐 토론과 검토를 거쳐 수립하며, 홍수 지체와 저류, 생태공간 확보를 우선적으로 고려하고 있다. 또한 USACE, NRCS, USEPA 등에서는 하천정비 및 하천복원 지침서를 작성하여 보급하고 있다(건설교통부, 2001).

미국 수자원 관리 여건들은 20세기 후반부터 변하고 있다. 이전의 경제개발계획으로 인한 환경적 영향이 나타나고 있으며, 환경과 멸종위기에 처한 종들을 보호하기 위한 법률들이 통과되었다. 또한 생태계와 수자원에 대한 새로운 개념들이 개발되었으며, 장기간의 위험과 수자원 관리 내에 있는 불확실성에 대한 인식하게 되었다. 또한 USACE의 분석능력에 대한 도전이 퍼졌으며, 많은 정보를 접하고 있는 관심 그룹과 시민들은 프로젝트의 설계와 의사결정에 더 큰 목소리를 요구했다. 의회는 USACE에게 1990년대에 특정한 생태계 복원 임무를 주었다.

1990년 대 중반부터 적응적 관리가 미국의 여러 지역에서 수자원 관리 단계를 바꾸는데 이용되고 있다. USACE의 토목공사 중에서 적응적 관리는 환경 및 생태계 복원 프로젝트에 주로 적용이 되어오고 있다. USACE의 수자원 사업들 중에서 생태 복원 사업은 수문 순환이외에 물리적, 화학적, 생물학적 과정을 재정립하는 것도 포함한다. 또한 USACE의 수자원 사업인 주운과 홍수조절 프로젝트는 복잡한 상호작용과 불확실한 결과를 수반하기 때문에 적응적 관리 접근 방식이 프로젝트 전체를 관리 할 수 있을 것으로 전망되고 있다. 더욱이 USACE 프로젝트부터 기대되는 편익들이 시대를 넘어 넓어지고 있기 때문에 주기적으로 프로젝트의 결과를 평가하고 부수적으로 운영 정책을 조정하는 접근 방식이 요구되고 있으며, 이를 통하여 프로젝트 결과와 사회적 필요성을 시대를 넘어 조화롭게 할 수 있을 것으로 기대되고 있다.

USACE는 미국 수문시스템의 거대한 부분을 조절하는 기반시설을 관리한다. 다른 여러 조직들이나 부문들과 같이 USACE의 운영은 새로운 프로젝트 추진 중심에서 기존 기반시설에 대한 더 양호한 관리 중심으로 이동하는 과정에 있다. USACE의 수자원 사업은 패러다임 변화, 기후 및 환경 변화, 사회적 목표 및 선호도의 변화에 직면해 있다. 따라서 USACE는 적응적 관리를 통하여 이러한 변화에 대응하고 있으며, 이를 플로리다 에버그레이즈 생태시스템의 복원 프로그램에 적용한 바가 있다. 또한 USACE는 미시시피 상류, 미조리 강과 저수지 시스템, 루이지애나 해안 생태계 복원 등에 참여해 오고 있다. USACE의 그린캐년댐과 콜로라도강 생태계 복원의 적응적 관리에는 참여하지 않고 있으며, 콜롬비아강의 적응적 관리에는 Northwest Power and Conservation Council (NPCC)과 연방 및 주 정부가 참여하고 있다(PAMRS, 2004).

V. 영국의 하천정비 사업 현황

영국의 자연형 하천정비의 개념은 이수 및 치수 기능을 증진시키면서 생태계 요소를 포함한 하천의 환경기능을 고려하는 종합적인 정비이다. 이를 위하여 하천형태조사와 하천수변조사를 실시하였다. 최근에는 이들을 통합한 하천서식처 조사를 실시하였으며, 사업의 필요성, 정책, 계획 및 평가에 활용하고 있다. 자연형 하천정비는 하도, 저수로 호안, 하천공사 등을 중심으로 이뤄진다. 하도 내에서는 부분준설, 하상굴착, 협수로 조성, 사주형성, 여울, 소, 기저층 보전 및 복원 등이 이뤄진다. 저수로 호안에서는 수제의 보전 및 창출, 셋갓 및 얇은 만 조성, 복단면 조성, 만곡부 정비 등이 이뤄진다. 하천공사는 하도 재선형, 우회수로 조성, 수제, 보, 홍수저류지 설치 등이 이뤄진다(김진홍, 2009). 특히 하상을 다양하게 하기 위하여 여유공간이 있는 곳에서는 하천을 우회하고 제방을 제내지로 후퇴시키며, 범람원의 지면을 낮추고 홍수를 유도하여 습지를 조성하며, 하수관과 유출 시스템을 정비하여 하천의 생태적 가치를 향상시켰다. 이러한 하천정비 및 복원사업에 필요한 재정은 영국정부기금, 영국복원기금, EU기금 등으로부터 확보했으며, Heritage Lottery 기금, New Opportunity fund, The community fund 등을 통해서도 지원을 받고 있다.

영국의 하천은 홍수피해 저감과 농업생산성 향상을 위한 배수개선 사업으로 인하여 심각하게 훼손되었으며, 도시화로 인한 오염물질 배출로 인하여 수질문제가 발생하고 생태계가 훼손되었다. 이와 같은 하천을 복원시키기 위하여 환경청이 주도하여 사업을 추진하고 있으며 수로화된 하천을 복원하기 위하여 자연형 하천계획 개념을 도입하고 있다. 특히 하천 수로 및 하안 복원, 어도 확보, 범람원 복원을 목표로 하고 있으며, 이를 위하여 과거의 하천형태를 조사하여 이에 근접하게 복원하도록 하며, 하천의 종다양성을 확보하기 위한 방

안들을 적용하고 있으며, 사업의 부작용 및 효과를 모니터링하고 있다.

영국에서는 하천의 홍수방어, 하천 복원뿐만 아니라 과거에 건설된 내륙주운용 수로의 복원을 위한 사업을 추진하고 있다. 영국에서는 증기기관이 발명되기 이전부터 내륙주운을 개발해왔으며, 산업혁명기부터 잉글랜드, 스코틀랜드, 웨일즈에 총 연장 5,000km의 운하망을 촘촘하게 구축하였다. 현재는 철도의 발달로 운하망을 통한 물류수송이 둔화되었으나, 영국 전체인구의 50%이상이 운하로부터 반경 5마일 이내에 거주할 정도이다. 이와 같은 운하를 관리하기 위하여 British Waterways 라는 공기업을 설립하였으며, 자체 수입, 국고보조, 유역 기금등으로 운하를 관리하고 있다. 현재 운하는 레크리에이션 목적으로 이용되고 있으며, 운하 인근의 23개 지구에서 14조원을 투자하여 수변공간 개발사업을 실시한 바가 있다.

결론

최근 기후변화로 인한 홍수 및 가뭄 피해가 증가하고 있으며, 하천의 환경 및 생태계가 훼손됨에 따라 하천의 친환경적인 복원에 대하여 관심이 커지고 있다. 특히 하천환경관리와 이수 및 치수 관리를 동시에 요구하고 있다 (김규호와 김지성, 2015). 선진국에서는 우리보다 앞서 도시화와 산업화로 인해 훼손된 하천을 복원하기 위하여 1970년대부터 하천 및 생태계 복원을 위한 사업들을 추진해오고 있다. 미국과 일본에서는 독일의 근자연형 하천정비사업으로부터 영향을 받아 하천복원사업을 실시해오고 있으며, 많은 하천들의 물리적 특성이 개선되고 하천생태계가 복원되었다. 이들은 시행착오를 통해서 관련 기술들을 개발하고 전파하여 적용이 가능하도록 하고 있다. 따라서 국내에서도 중소규모 하천의 정비 및 복원사업을 수행할 때 선진국에서 수행된 사업들의 효과와 부작용을 검토한 후 국내 하천들의 여건에 맞는 공법을 적용하여 앞선 실패를 반복하지 않도록 해야 한다. 🌊



참고문헌

- 건설교통부, 2001. 자연 친화적 하천정비기법 개발.
- 게이코 나카무라, 2008. 일본의 하천복원 노력: 개요와 전망. 제 4회 하천환경 국제워크숍:홍수조절과 하천환경이 조화를 이루는 하천복원 기술의 전망, pp. H-1-H-24.
- 김규호, 김지성, 2015. 지속가능한 생태하천 복원 및 하천관리, 대한토목학회지, 63(2), pp. 26-30.
- 김규호, 2013. 하천환경사업의 현재와 전망, 한국수자원학회지, 46(8), pp. 37-43.
- 김진홍, 2009. 하천복원 및 정비의 해외 선진국 사례. 도시문제, 대한지방행정공제회, 44(484), pp. 29-33.
- 김한태, 2009. 철저한 준비로 하천의 미래를 설계한다: 일본의 하천정비계획 소개. 한국수자원학회지, 42(1), pp. 16-22.
- 김혜주, 2005. 독일 염셔(Emscher) 지방의 적극적인 하천복원방법. 한국수자원학회지, 38(5), pp. 96-102.
- Panel on Adaptive Management for Resource Stewardship(PAMRS), 2004. Adaptive management for water resources projet planning, The National Academies Press.