



녹색성장을 위한 수자원 관리 및 생태계 복원



김 정 곤 |
K-water연구원 수석연구원
jkkim@kwater.or.kr



박 정 은 |
K-water연구원 위촉선임연구원
jungeun.park@kwater.or.kr

I. 머리글

경제 성장으로 소득수준이 높아짐에 따라 잘 사는 것(well-being)에 대한 관심이 높아졌다. 단순히 물질적 부(富)를 위해 일하던 과거와는 달리, 일상의 삶에서 건강과 행복을 추구하는 태도 변화는 이제 우리나라에서도 사회 전반적인 기조로 자리 잡아가고 있다. 사람들은 건강을 유지하기 위해 운동을 하고, 유기농 음식을 먹으며, 정신적 풍요를 위해 여가생활을 영위하는 등, 육체적·정신적 삶의 유기적 조화를 추구한다. 그러나 개인의 안녕을 위한 웰빙은 인간을 둘러싼 환경, 즉 동·식물과 미생물, 무생물 환경이 서로 상호작용하는 다이나믹한 복합체인 생태계의 건강성이 전제되어야 가능하다. 생태계는 음식물이나 에너지를 제공해 줄 뿐만 아니라 홍수와 같은 재해 및 해충과 질병에 대한 피해를 완화하며, 오염물질을 자연적으로 정화하고, 생·공·농업용수를 공급하는 등 인간은 자연환경이 제공하는 기능에 상당한 부분을

의존하며 살아가고 있다. 그러나 인간 활동의 직·간접적인 결과로 인하여 생태계의 질은 계속 저하되고 있으며, 생태계가 변형되거나 일부는 손상 또는 파괴되어 왔다. 이러한 영향은 생물다양성 및 인간의 생활에 부정적 영향을 미치면서 점차 심각한 상황에 직면하고 있다. 본 고에서는 녹색성장을 위한 수자원 관리 및 생태계 복원에 관하여 개념과 사례를 살펴보았다.

II. 생태계의 역할과 생태계 복원

1. 생태계의 기능 및 피해 현황

이제까지 생태계에서 나타난 변화는 인간 생활의 윤택함과 경제 발전에 상당한 이득을 가져왔다. 그러나 이러한 이득은 생태계 서비스의 저하, 비선형적인 생태계 변화로 인한 리스크 증가, 가난의 팽창이라는 형태를 통해 얻은 것이므로 말할 필요도 없이 미래 후손들이 생태계로부터 얻을 수 있는 이득은 현저히 적어질 것이다. 유엔환경계획(UNEP, 2009)는 인간이 생태계로부터 얻을 수 있는 기능을 <그림 1>과 같이 공급(provisioning: 음식물, 물, 에너지 등), 조절(regulating: 기후, 자연재해, 수질정화 및 폐기물 분해, 질병 등), 지원(supporting: 영양소 순환, 광합성 등), 문화(cultural: 레크리에이션, 종교 등)의 4가지로 구분하였다. 생태계가 제공하는 4가지 생태계 기능은 기후변화와 더불어 질이 떨어지고 있는 상황이다. 지난 50년 동안 생태계 서비스의 약 60%가 질이 저하되거나 지속불가능하게 사용되었으며, 특히 어류 포획량과 용수 공급은 현재 수요량에서조차 유지할

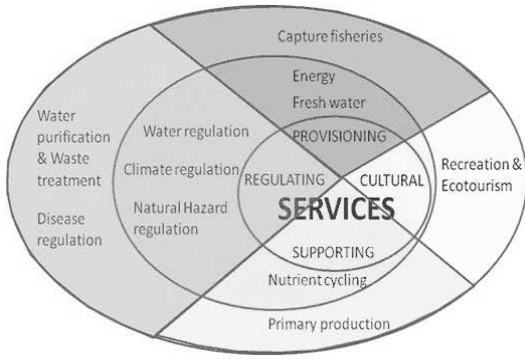


그림 1. 생태계의 기능 분류(UNEP, 2009)

수 있는 수준을 넘어서고 있다. 경제성 있는 어장량의 최소 1/4 가량이 과대 포획되고 있으며, 장기간 사용할 수 있는 세계 담수 공급량의 5~25%를 넘어서었다. 대략적인 수치이지만, 1900년에 존재했던 습지의 약 50%가 1990년대 후반 현재 농지로 변경되었고, 담수 면적(대형 호수 제외)의 50%가 사라졌다. 특히, 댐 건설 및 용수 공급을 위해 전 세계 대형 하천 시스템의 약 60% 이상이 단절되었다. 이는 유량의 급격한 단절

을 동반한다. 이러한 단절은 하천 내 형성된 연속성에 의해 담수생태계의 상당량이 결정되기 때문에 매우 중요하다. 현재 전 세계 하천유량의 40% 이상이 댐에 의해 가로막혀져 있으며, 이로 인해 하구유지에 중요한 영양염류의 원천인 퇴적토의 1/3이 감소되었다. 대규모의 하천 단절성은 일반적으로 어류 이동, 담수의 종 다양성 감소에 주요한 영향을 미치며, 육지, 연안, 해양 생태계에도 심각한 영향을 미친다.

이러한 생태계 변화에 영향을 미치는 중요한 직접적 요인으로는 서식지 변화(토지이용 변화, 하도의 물리적 변형이나 강으로부터의 취수), 과잉 개발(over-exploitation), 외래종의 침입, 오염과 기후변화를, 간접적인 요인으로는 인구변화, 경제활동의 변화, 사회정치적 요인, 문화적 요인, 기술적 변화 등을 꼽을 수 있다. 각 생태계 내에서 생태·물리학적 연결은 <그림 2>에서와 같으며, 인간 활동이 생태계가 제공하는 서비스에 미치는 영향은 서로 연관되어 악순환된다.

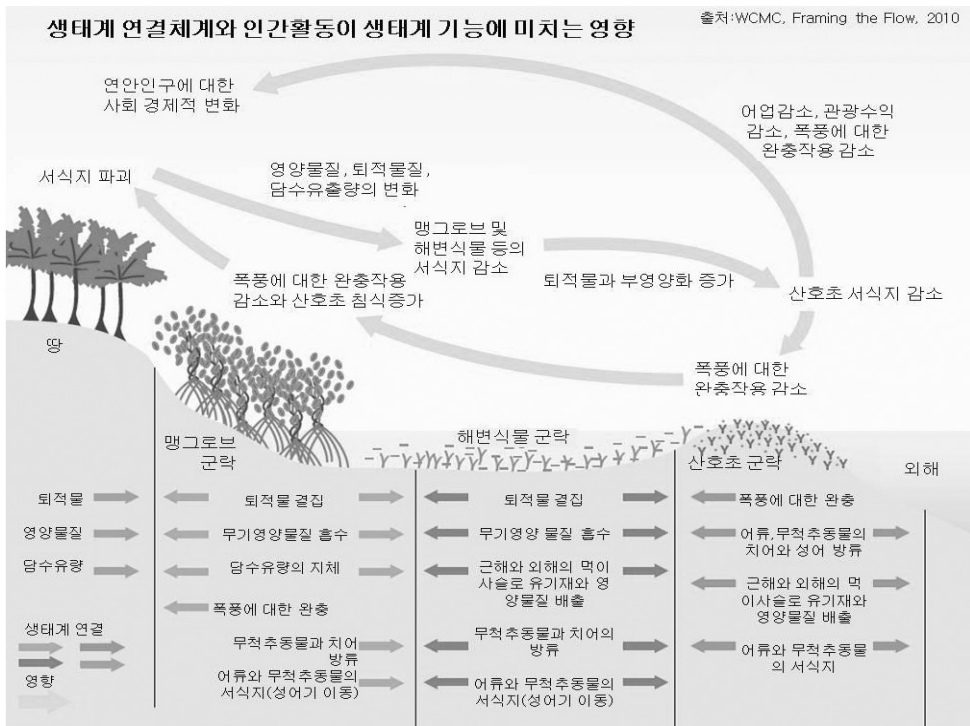


그림 2. 생태계 연결과 인간 활동에 의해 영향을 받는 생태계 기능(UNEP WCMC, 2010)



2. 생태계 복원의 필요성

생태계는 급속한 환경사고나 만성적인 오염, 개발로 인한 환경의 질 저하, 또는 인간활동 등으로 사라지거나 저하되고 있으므로 회복이 필요하다. 생태계 파괴는 시간이 지남에 따라 직접적으로 비용을 발생시킬 뿐만 아니라 생산성 저하, 식품 불안정성, 그리고 건강 문제를 야기 시키므로 궁극적으로는 지속가능한 발전에 위협을 가하는 조짐을 보이기 때문이다.

생태계 복원(ecosystem restoration)이란 생태계가 건강, 통합성, 지속가능성의 측면에서 최대한 인간활동의 영향을 받지 않은 자연적인 상태(reference state)로 돌아가게끔 생태학적 경로를 시작하거나 가속화하는 의도적인 활동을 의미한다. 따라서 생태계 복원은 생태계가 그것의 구조, 종 구성, 기능적인 측면에서 회복력을 갖추고 자립할 수 있을 뿐만 아니라, 나아가 더 큰 규모의 경관(landscape)과 통합할 수 있으며, 지속가능한 생태계를 유지할 수 있는 것을 목표로 한다. 그러므로 생태계 복원은 생태계가 제공하는 자원에 의존하는 커뮤니티의 참여를 필요로 하며, 이러한 측면에서 생태계 복원은 전 세계적으로 자연보전과 지속가능한 발전(sustainable development) 노력을 지원하고 있다고 할 수 있다.

III. 수자원 관리를 통한 생태계 복원

1. 과거의 생태계 및 수자원 관리 패러다임

19세기에서 20세기에 이르기까지 과거의 물관리 패러다임은 근대에서 부여된 임무를 완수하기 위해 작전을 계획하고 지시, 조정, 통제하는 것과 유사한 방식, 즉 command-and-control의 법칙에 근거하여 이루어졌다. 댐 운영은 지시에 따라 물을 내보내도록 건설되었으며, 관개, 생활, 공업용수 공급이나 하도 직강화 역시 마찬가지였다. 이러한 관점에는 수자원의 지휘 및 통제 시스템이 유용한 이익을 가져다준

다는 생각에 기반을 두고 있다. 다시 말해서, 물을 필요로 하는 곳에 서비스가 즉각적으로 제공되도록 수자원을 엄격하게 관리하는 것이 “경제적으로” 효과적이라는 생각이다.

생태계 복원 역시 이제까지는 물, 농업, 산림 등과 같은 특정 분야별 접근법으로 이루어져 왔다. 그러나 이러한 분야별 접근은 생태계가 제공하는 서비스와 인간생활에서의 필요성 사이의 상호의존성을 무시하기도 하며, 생태계 서비스 감소가 사회 여러 그룹에 미치는 다양한 영향을 인지하지 못한다는 한계가 있다. 이와 같은 특정 분야별 접근방식의 실패는 생태계 관리에 대한 사고의 중대한 전환이 필요함을 의미한다. 생태계 서비스와 인간의 필요성 사이의 관계를 종합적으로 고려하는 관점은 생태계 복원을 위해 나아가야 할 새로운 패러다임이라고 할 수 있다.

2. 생태학적 수자원 관리

이미 각계의 전문가들은 생태계 복원을 위한 새로운 패러다임의 필요성을 함께 인식하고 새로운 모델을 논의하기 시작하였다. 물과 자연을 위한 지구비전(World Vision for Water and Nature, WWWN)은 담수자원 관리에서 생태계 보호가 지속가능한 개발의 중심이 되어야 한다는 인식을 바탕으로 수자원의 환경적 측면에 공헌하였으며, 수자원의 지속성을 위해서는 생태계를 기반으로 참여에 의한 관리가 필요함을 주장하였다. 또한 제2차 세계 물포럼(2000)에서는 “물과 자연을 위한 비전”을 제시하면서, 지속가능한 개발을 위하여 모든 국가가 생태계 건전성을 확보하고 담수생태계의 상태를 개선시키기 위한 계획을 실행하도록 하였다. 과거의 command-and-control 패러다임과는 대비되는 생태학적 수자원 관리(ecological water resources management) 모델은 통합수자원관리(Integrated Water Resources Management)와 함께 수문학적 순환(Hydrological Cycle)을 통해 수자원과 인간 활동을 연계시켜 생태계 접근법으로 생태학적·사회경제적 이슈들을 고려한다는 점에서 공통의

개념을 공유하고 있다고 볼 수 있다.

생태학적 물 관리의 가장 핵심적인 특징 중의 하나는 생태유량의 확보이다. 생태유량은 생태계를 유지하는 하천, 습지, 연안지대의 자연적인 물 흐름이 이루어질 수 있도록 하는 최소한의 필요유량으로, 어느 시기에서도 생태계가 제 기능을 할 수 있도록 하는 유량을 의미한다. 각 나라마다 환경유량(environmental flow), 하천내 필요유량(Instream flow requirement) 등 여러 가지 용어로 사용되고 있으며, 우리나라 하천법에서는 하천의 정상적인 기능 및 상태를 유지하기 위하여 필요한 최소한의 유량인 “하천유지유량”이라는 용어를 사용하고 있다. 또한 하천유지유량은 하천수질보전, 하천생태계 보호, 하천경관보전, 염수침입 방지, 하구막힘 방지, 하천시설물 및 취수원 보호, 지하수위 유지를 위한 필요유량을 감안하여 산정하도록 하고 있다. 따라서 세계 물포럼에서 강조한 생태학적 수자원 관리에서의 환경유량은 협의적인 의미로서 “하천생태계를 고려한 필요유량”이라 할 수 있으며, 광의의 의미로는 “하천유지유량”으로 간주해도 무방할 것으로 생각된다.

생태유량의 개념은 점차 수자원 관련 법률과 연관되고 있다. 이는 수자원이 공공의 재화의 성격을 지니므로 정부는 수자원을 공정하게 배분하고 사용하며, 유역간 수자원의 이동하는데 책임이 있기 때문이다. 또한 하천 관련 법률은 용수 공급 이외의 수자원, 즉 수생태계를 유지하기 위해 필요한 수자원에 관한 내용을 확립하여 정책적, 법적으로 국가의 생태계 복원

을 위한 수자원 관리에 대한 책임을 제시하고 있다.

1) 국외사례: 양쯔강 Hong 호수 복원사례

1990년대, 집약적인 폐쇄 어장을 위하여 수백만 개의 대나무 기둥이 호수에 박혀있어 자생어류의 약 43%가 거의 멸종되었고, 조류로 인해 수질이 악화되었으며, 철새가 날아들지 않았다. 호수의 70% 이상이 그물로 막혀져 있고, 소규모의 양식이 성행하였다. 결과적으로 수질악화, 수중식물의 제거, 어장자원의 감소, 종다양성의 감소 등 Hong 호수의 생태계에 심각한 위기가 닥쳤다.

WWF-HSBC(World Wildlife Fund-Hongkong and Shanghai Banking Corporation) 프로그램의 지원으로 2003년부터 중앙 양쯔강의 생물을 복원하기 위한 프로젝트가 시작되었다. 어장 그물의 제거, 현지 어종의 재유입과 같은 해당 지역의 조건에 맞춘 프로젝트를 통해 시범지역에서 수중식물이 복원되었다. 수중식물 복원율은 80%까지 향상되었고, V등급(농업용으로만 사용가능)이었던 수질은 II등급(단순처리 후 음용가능)으로 향상되었다. 몇몇 희귀조류 종과 멸종위기종(Purple swamphen이나 oriental white stork)이 20여년 만에 Hong호수로 되돌아오고 있다. 뿐만 아니라 본 프로그램에 참여한 어부들의 수입은 환경조건의 향상으로 3년새 3배 가까이 증가하였다. Hubei 지방정부는 이러한 성공적인 시범 프로젝트에 고무되어 전체 호수를 복원하는데 약 백만 달러(USD) 가량의 예산을 배정하기로 결정하였다. 2006



그림 3. 양쯔강 Hong Lake의 생태계 복원 사례



그림 4. 생태계 복원 사례(서울의 청계천, 대한민국)

년 Hong호수의 생태계 복원 프로젝트는 제 11차 “Living Lake Conference”에서 “The Best Practice of Lake Protection of the Living Lakes”를 수상하였으며, 2008년 중국 정부에 의해 랍사르 지역으로 지정되었다.

2) 국내사례: 청계천 생태계 복원

서울의 중심에 위치한 청계천은 1970년대까지 하수관이나 마찬가지였으나 그 위에 6차선 도로가 건설되었다. 2002년 서울시는 청계천 위의 도로를 제거하고 햇빛과 맑은 공기의 깨끗한 환경 아래 깨끗한 물이 흐르는 자연하천으로 청계천을 복원하고 수변을 생태공원으로 조성함으로써 시민들에게 맑은 하천과 휴식 공간을 제공하는 복원 프로젝트를 수행하였다. 서울시는 청계천 복원을 통해 환경친화적인 생태도시로 변화시키는 기반을 마련하였고 이러한 서울시의 노력에 서울시민들도 만족하는 것으로 조사되었다.

청계천이 개통된 후, 시정개발연구원에서 조사한 결과에 따르면 식물류는 물억새 등을 포함하여 140종(수생식물 5, 습생식물 20, 육상식물 115), 어류는 피라미 등 14종 103개체(유영성 어종 10, 저서성 어종 4), 조류는 직박구리 등 18종 481개체, 곤충류는 남방부전나비 등 9목 25과 41종이 청계천에 새로운 보급 자리를 마련한 것으로 조사되었다. 이처럼 다양한 어종과 풍부한 어류 밀도로 볼 때 생태하천 기능이 회복되어 가는 것을 알 수 있다. 청계천 복원에 의한 최대

온도저감 효과는 약 10% 정도 나타나는 것으로 나타났다. 복원된 청계천은 해를 거듭하며 식생이 풍부해지고 자연성이 풍부해져 도심 속 생태계의 보고가 되고, 생태학습장이 될 것으로 기대된다. 뿐만 아니라 청계천의 조류 서식환경이 현재보다 보완되면 서울의 남북을 가로지르는 조류의 이동통로의 역할을 할 것으로 기대된다.

3. 녹색성장과 생태계 복원

녹색성장(Green Growth)이란 경제와 환경이 상충된다는 고정관념에서 탈피하여 양자의 시너지를 극대화하기 위해 국가성장동력으로 채택하고 있는 개념으로, 환경을 훼손하는 것이 아니라 오히려 더 개선하는 경제성장을 의미한다. 즉, 환경개선을 새로운 동력으로 삼는 선순환 구조의 경제성장 개념이다. 녹색성장은 환경과 경제의 선순환을 통해 기후변화에 대응하고 녹색기술을 개발하여 국민소득 증대와 더불어 국제 기대에 부합하는 글로벌 리더십을 발휘하는데 그 목적이 있다. 녹색성장의 여러 가지 실천방안 중 저탄소 발생형 국토 개발을 통한 생태공간 조성 확대는 수자원 관리를 통한 생태계 복원과 그 맥락을 같이 한다고 볼 수 있다. 생태유량의 확보를 통해 하천의 건강성을 회복함으로써 하천이 사회에 지속적으로 이득을 제공할 수 있으므로 궁극적으로 생태유량의 확보는 경제적 발전에 기여할 수 있게 된다. 또한 현재

시행되고 있는 4대강 살리기 사업은 하천복원으로 인한 건전한 수생태계를 조성함으로써 국민 여가문화 수준과 삶의 질을 향상하고, 물관리 글로벌 리더로서 국가 경쟁력을 제고할 수 있는 녹색성장 사업이다. 수생태계 복원은 생물다양성을 확보함과 동시에 수질을 관리하고 나아가 탄소발생을 저감시켜 균형있는 지역 발전을 이룰 수 있는 녹색성장에 기여하게 될 것으로 기대한다. 최근 지속가능한 물 관리의 핵심적인 특징으로써 생태유량을 확보하고자 하는 노력이 이루어지고 있다. 이러한 노력에는 환경정책 조치에 대한 정당성을 제공하고, 법 개정을 수행하기 위해 경제적 원리를 활용하는 일이 포함되어 있다. 따라서 수자원 관리를 통한 생태계 복원은 녹색성장에 기여할 수 있는 중요한 정책이라 할 수 있을 것이다.

IV. 맺음말

기술의 발달로 수자원 이용의 효율성을 향상시키기 위한 기회들이 많아지고 있다. 이는 담수에 대한 수요 증가와 건강한 담수생태계가 공급하는 서비스 사이의 균형을 유지하는데 도움이 될 것이다.

생태계 복원은 잃어버린 생태계 기능을 재건하기 위한 효과적인 대안이다. 복원의 결과 또한 이러한 투자에 대해 큰 수익으로 돌아올 것이다. 현재 생태계

복원을 위한 다양한 지침서들이 개발되어 있으며, 이러한 지침들은 이해당사자의 참여와 생태계가 제공하는 기능에 대한 관심이 고취되어야 함을 강조하고 있다. 생태계의 기능이 제대로 복원되기 위해서는 생태계의 중요한 역할에 관해 일반대중, 정책결정자, 환경관리자 사이에서의 관심은 필수적이다.

담수 생태계의 통합관리를 위해서는 부정적 영향인을 감소 또는 제거하는 것이 좋다. 단절된 flood-plain을 다시 연결하고, 최대한 자연적인 흐름이 되도록 댐을 관리하고, 댐으로 차단된 어류 서식처에 다시 접근이 가능하도록 관리하는 등, 단절된 프로세스를 복원하는 것은 생태계 저하를 되돌리는데 도움을 줄 수 있을 것이다. 하천변 산림 보전을 통해 상류유역을 보호하는 것처럼 생태계가 제공하는 서비스를 복원하기 위해 비용을 지불하는 것은 생태계 서비스가 지속적으로 제공될 수 있다는 점에서 경제적으로 효율적이라고 할 수 있다. 즉, 환경과 경제가 상충되는 것이 아니라 양측의 시너지를 극대화할 수 있는 녹색성장의 개념과 닮아 있다. 수자원 관리를 통해 하천의 건강성을 회복하여 생태계를 복원하는 것은 단순히 환경을 되돌리겠다는 차원을 넘어 공공의 재화인 수자원의 효율성을 증가시킬 수 있을 뿐만 아니라 환경과 경제의 선순환에 도움을 주는 효과적인 대안으로 활용될 수 있을 것이다. 🌿

참고문헌

1. 국토해양부 4대강 살리기 추진본부. 2009. 「4대강살리기 마스터플랜」. 국토해양부 4대강 살리기 추진본부
2. 김형국. 2011. 「녹색성장 바로 알기」. 나남
3. Millennium Ecosystem Assessment. 2005. 「Ecosystem and Human Well-being」. Millennium Ecosystem Assessment
4. SER. 2004. 「The SER International Primer on Ecological Restoration」. SER
5. UNEP. 2009. 「Ecosystem Management Programme」. UNEP
6. UNEP. 2010a. 「Annual Report」. UNEP
7. UNEP. 2010b. 「Dead Planet, Living Planet: Biodiversity and Ecosystem Restoration for Sustainable Development」. UNEP
8. UNEP World Conservation Monitoring Centre. 「Framing the Flow」. UNEP WCMC