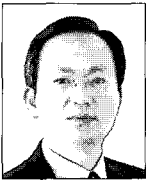


# 유역 시스템 구성요소들의 통합평가를 통한 Network 개념의 수계관리



강 민 구 |

한국수자원공사 수자원연구원 물정보화연구소 선임연구원  
kmg90@kowaco.or.kr



김 우 구 |

한국수자원공사 수자원연구원장  
wgkim@kowaco.or.kr

## 1. 서론

우리나라의 경제개발은 1962년부터 경제개발 5개년 계획을 수립하여 단계적으로 추진되어 왔으며, 2004년에는 1인당 국민총소득이 약 14,200달러에 이르는 비약적인 성장을 이뤄왔다. 이러한 경제 성장을 뒷받침하기 위하여 국토계획 구상을 1968년에 확정하여 1972년부터 10년 주기로 국토계획을 수립하였다. 이를 근거로 산업단지, 다목적댐, 고속도로 등과 같은 사회 인프라를 구축해 왔으며, 간척사업을 통하여 국토를 확장해 왔다. 또한, 경제 성장과 함께 국민생활 환경을 개선하기 위하여 상수도와 하수도 보급률을 향상시키는 사업을 진행해 왔다. 최근에는 국토의 균형 발전과 지속가능한 개발을 위해 20년에 걸친 장기간의 계획을 수립하여 미래 지향적인 국토개발을 진행하고 있다(국토개발연구원, 2001). 국토개발의 하부 분야 중의 하나인 수자원 분야의 사업들은 국토개발 계획과 발맞춰 산업화를 위한 공업용수 확보와 국민들에 대한 안정적인 용수공급, 홍수피해를 경감하는 방향으

로 추진되어 왔다. 이를 위해 용수공급, 발전, 홍수조절을 위한 다목적댐이 건설되었으며, 하천 제방 축조 및 개수, 주요 수계에 하구언이 건설되었다. 특히, 이러한 수자원 개발 사업들은 지리 및 지형적, 기후적 특성 때문에 발생하는 물문제를 해결하기 위해 추진되어 왔다(건설교통부와 한국수자원공사, 2000).

과거 수자원 정책은 용수가 부족한 지역에 수자원을 개발하여 용수를 공급하는데 초점이 맞춰져 왔으며, 개발에 따른 환경적, 생태적 영향을 크게 고려하지 않아 왔다. 또한, 저렴한 물값 정책으로 수자원에 대한 경제적 가치가 과소평가되고, 사회적 중요성에 대한 인식이 높은 편이 아니어서 물낭비가 발생해왔다. 이를 방지하기 위하여 최근에는 절수기기 사용, 중수도 이용, 우수 이용, 하수처리수 이용 등과 같은 수요관리 정책을 실시하고 있다. 기존 수자원 시설물의 유지관리 소홀로 인하여 수자원 이용의 효율성이 낮다는 점도 문제점으로 지적되고 있다. 1980년 대부터 하천의 수질관리를 위해서 배출오염원이 많은 도시와 저수지 상류에 하수 처리시설이 건설되었다. 이에 따라 1990년대에는 하수도 보급률이 36%이었으나, 이후 계속 증가하여 2003년 현재 하수도 보급률은 78.8%를 나타내고 있다(환경부, 2004). 그러나 인구증가와 도시화에 따라 오염물질의 배출량이 증가하고 비점원오염원의 처리가 미흡하여 하천의 자정능력이 떨어지고 있다. 또한, 호소 및 댐의 유입수에 대한 처리가 미흡하여 부영양화와 같은 수질문제가 발생하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 상류유역에 하수종말처리장을 설치하여 오염원을 처리하고 있으나, 유역관리를 통한 비점원 오염의 저감에 대한 연구와 사업시행이 미진한 상태이다. 하천관리는 치수사업과 병행하여 시행되어 홍수량의 빠른

배제를 위하여 사행하천을 직강화하고, 복개하여 하천의 자연성과 생태계의 훼손을 초래했으며, 지역주민들의 하천에 대한 접근성을 저하시켰다. 따라서 하천환경의 복원에 대한 필요성이 대두되고 있으며, 최근에는 청계천과 같은 복개하천을 자연형 하천으로 복원하는 사업이 진행되고 있다(김혜주, 2004). 이러한 하천의 생태계 복원과 친수환경 조성은 하천자체에 대한 대책수립만으로는 이뤄지기 어려우며 하천과 연결된 유역관리와 병행되어야 한다.

산업구조의 변화에 의해 농촌인구가 도시로 유입됨에 따라 우리나라의 도시화율은 1994년 84.4 %에서 최근 2003년에는 89.8 %로 증가하였다. 이에 따라, 국토이용 측면에서 산지와 농경지의 비율이 1970년에 비해 2000년에는 6.8 %가 감소하였으며, 주거지와 공장부지 등으로 이용되고 있다. 이러한 도시개발로 인하여 유역의 불투수 면적이 증가하여 우수의 침투가 감소함에 따라 호우시 홍수 발생 위험이 높아지고 있다. 최근에는 이상기후에 의해 홍수가 빈번하게 발생하고 하천 주변의 고도 이용에 따라 홍수 피해액이 증가하는 경향을 보이고 있다. 또한, 최근 도시 주변의 하천에서는 하천 유향이 양극화되는 현상을 나타내고 있다. 이의 원인은 무리한 하천수나 지하수 사용, 이상기후에 의한 강우의 편중, 지리 및 지형적 특성 등에서도 찾을 수 있으며, 불투수 면적의 증가에 따라 지하 침투수가 감소하여 하천이 건천화되는 것도 그 원인 중의 하나이다(최지용, 2003; 이길성 등, 2005). 최근 5년간의 그린벨트 면적을 살펴보면 1999년 5,397.1km<sup>2</sup>에서 2005년 4월 현재 4,074.6km<sup>2</sup>로 약 24.5 %가 감소하였다. 또한, 2020년 까지 294.6km<sup>2</sup>를 추가로 해제할 계획이다. 이러한 그린벨트의 해제로 인해 불투수 면적의 증가가 가속화될 것으로 예상된다. 또한, 유역의 도시화는 인구가 증가하고 화석연료의 사용에 의해 다른 주변의 기온 보다 상대적으로 높은 열섬(Heat Island)현상을 유발시킨다. 이러한 열섬현상은 기후변화에 영향을 미치고 있으며, 도시지역과 비도시지역의 연강우량을 비교해 보면 6월~9월에 강우량의 차이가 두드러지게 나타나고 있다(오태석 등, 2005).

이러한 유역의 변화는 구성요소 상호간에 의해 일어나며, 지역주민이 체감할 수 있는 하천 수량, 수질, 생태의 변화로 나타난다. 따라서 유역 시스템을 구성하는 요소들의 변화를 지속적으로 모니터링하고, 구성요소들 간의 상호작용의 결과를 주기적으로 평가할 필요가 있다.

위와 같이 최근의 유역관리는 과거의 점과 선적인 개념에서 면적인 개념으로 방향이 바뀌고 있다. 특히, 오염총량제의 도입과 수자원 통합관리의 필요성이 증대됨에 따라 그 필요성이 대두되고 있다. 따라서 현재 유역 시스템의 상태를 평가하여 이러한 제도의 수용이 가능한가를 평가할 필요가 있다. 이를 위해 네트워크로 연결된 구성요소들을 통합하여 종합적으로 평가할 수 있는 지수가 필요하다. 본고에서는 하천의 수질관리와 친수환경 조성, 생태계 복원을 위한 하천관리와 병행해야 할 유역관리 방법에 대하여 국내·외 사례를 중심으로 고찰하였다. 또한, 유역 시스템의 구성요소들을 통합 평가하고 유역관리 상태를 점검하며 이들이 네트워크로 연결되어 형성된 수계관리를 고려한 대안을 평가할 수 있는 지수 개발의 필요성과 방법에 대하여 소개하였다.

## 2. 유역 및 수계관리

### 2.1 국내·외 유역관리 고찰

유역관리는 자연자원을 경제적인 측면에서 효율적으로, 사회적인 측면에서 공평하게 사용하며, 후세대가 사용할 수 있도록 환경적으로 보전하는 것으로 정의할 수 있다(Cai 등, 2002). 이를 위해서 세계적으로 유역 내 자연자원의 통합관리에 대한 관심이 높은 상태이다(GWP, 2002). 통합유역관리의 필요성은 미국을 중심으로 1980년대 이후 대두되었다(Schramm, 1980; Pearse 등, 1985). 대표적인 수자원 관리기관인 미국 공병단에서는 수자원 관리에 있어 대중의 참여가 중요함을 오래 전부터 강조하였고(Creighton,

1983), 다른 선진국에서도 1990년대 부터 이를 꾸준히 실천하고자 노력해 왔다. 그러나 이러한 유역관리는 과거부터 수행되어 왔으며 단지 정책적으로 수계관리와 유역 관리 간 중요도의 변화가 있을 뿐이다. 미국에서는 1930년대 경제공황을 해결하기 위하여 TVA(Tennessee Valley Authority) 유역관리청을 설치하여 대하천을 중심으로 한 유역관리를 실시하였다. 또한, 하천수의 수질을 관리하기 위하여 막대한 인력과 재원을 투자하여 점원오염 관리를 실시하였다. 그러나 투입된 요소에 비해 큰 효과를 얻지 못했다. 그 원인을 분석한 결과, 농경지나 도시에서 강우시 배출되는 비점원의 하천수질에 대한 기여율이 크다는 결론을 얻었다. 그 후 이를 제어하기 위하여 많은 BMP(Best Management Practice)를 만들어 검증을 거쳐 시행하고 있다. 또한, 최근에는 통합수자원관리(Integrated Water Resources Management, IWRM)와 병행하여 소유역 단위의 유역관리를 시행하고 있다. 미국에서 대유역 관리는 중앙정부에서 지방정부에 지침을 하달하는 하향식(Top-down) 방식으로 시행이 되었고 여러 가지 요인에 의해 큰 성과를 보지 못했다. 그러나 1990년대 부터는 지역 단체들에 의한 소유역 관리 중심을 통해서 상향식(Bottom-up)방식의 유역관리 방식이 진행되고 있다(박성제, 2005). 미국에서는 1935년부터 농무부(USDA) 산하에 토양보전국(SCS : Soil Conservation Service)을 설치하여 토지와 관련된 연구, 자료의 구축과 관리를 시행해오다가 1994년 부터 기구를 자연자원보전국(NRCS : Natural Resources Conservation Service)로 확대하여 3,000여 개 지역의 자연자원과 환경을 관리하는 프로그램을 시행하고 있다. 유역관리의 효과는 우리나라와 인접한 일본의 비화호, 요도가와 유역, 시만토가와 유역 등에서 가시적인 효과를 나타내고 있으며 최근 benching marking의 대상이 되고 있다. 비화호 유역관리는 폐쇄 수역의 수질관리를 위하여 진행되었으며, 최근 일본에서는 도시 하천의 생태계 복원과 하천주변의 관리를 위한 유역관리들이 시행하고 있다. 유럽에서는 1930년 대 부터 하

천의 생태계 보전을 위하여 유역관리가 진행되어 왔으며 보다 자연에 가까운 하천조성을 목표로 하여왔다. 최근에는 자연형 하천과 연계한 비오톱(Biotop)의 조성과 자연보존대책을 함께 시행하는 방향으로 유역관리를 실시하고 있다. 호주에서는 통합수자원관리(IWRM)를 통해서 유역을 관리하고 있으며 전문기관인 CRC(Cooperative Research Center)를 설립하여 관련된 많은 연구를 진행시키고 있다.

우리나라에서도 1998년에 팔당호 등 한강수계 상수원 수질관리 특별종합대책으로 유역관리가 도입되었으며, ‘한강수계 상수원 수질개선 및 주민지원 등에 관한 법률’을 제정하여 유역관리에 대한 법적인 뒷받침을 하고 있다. 다른 수계에서도 종합물관리대책을 수립하여 수질을 관리하고 있다. 소유역 관리 부분에서는 도시하천인 안양천의 복원을 위한 통합유역관리와 같은 연구가 진행되고 있다. 안양천 복원 사업은 유역을 통합관리해서 어느 한 쪽 방향으로 치우치지 않게 건전한 물순환을 도모하자는 것이다. 2001년부터 2010년까지 시행하게 될 이 사업은 안양천과 학의천, 수암천, 삼막천, 삼성천의 4개 지천을 포함하여 안양시의 통합유역관리시스템의 구축을 목표로 하고 있다. 이 사업에서는 이미 유역의 하천 실태조사 및 분석, 안양천 살리기 기본구상 및 미래상을 제시하였으며, 안양천 살리기 기본계획 및 세부시행계획으로 하도 및 저수로 정비계획, 수량확보계획, 생태복원 및 정비계획, 공간정비계획 등을 제시하고 있다(이길성 등, 2005). 이외의 유역관리는 도시하천의 생태계 복원과 지역 주민에게 친수환경을 제공하는 방향으로 시행되고 있다. 그 사례로는 서울시의 청계천 복원 사업과 대구시의 신천 되살리기 운동이 있다. 이 중에서 청계천 복원 사업은 복개하천을 자연형 하천으로 복원하여 친수환경을 조성하는 사업이고, 신천 되살리기 사업은 하천이 건천화되는 것을 방지하기 위하여 하수처리수를 상류로 압송하여 하천 유지용수로 사용하여 친수환경을 조성한 사업이다. 이들 사업에서 주요한 관심사항은 하천유지용수를 어떻게 확보하며, 관리하느냐라는 것이다.

## 2.2. 네트워크 개념의 수계관리

우리나라의 수자원은 강우량의 지역적인 편차와 개발여건의 적합성 차이에 의해 일부 지역에 편중되어 있다. 이러한 수자원의 지역적 편중을 해결하기 위하여 광역상수도를 건설하여 수자원이 부족한 지역에 용수를 공급하고 있다. 최근 수자원에 대한 수요자들의 요구는 공급량뿐만 아니라 수질에도 관심이 높아, 양질의 물을 공급받기를 원한다(건설교통부와 한국수자원공사, 2003). 또한, 수자원으로 부터 발생하는 편익을 다른 지역보다 많이, 저렴하게 누리기를 원한다. 따라서 하천의 상류와 하류간에 수자원 이용에 대한 사회적 갈등이 발생하고 있다. 최근에는 상수원의 수질 관리를 위한 비용 분담문제 때문에 지역간 갈등이 발생하고 있으며, 하천수 사용과 새로운 수자원시설물의 건설 때문에 산업간, 개인간, 부처간, 지역간 갈등이 발생하고 있다. 유역의 토지이용 부분에서도 경제활동에 제약을 가하는 그린벨트 때문에 사회적 갈등이 발생하고 있다. 그린벨트에 묶여 다른 지역에 보다 상대적으로 부의 혜택을 받지 못하기 때문에 이의 해제를 요구하고 있으며, 이 때문에 앞에서 언급한 것과 같이 그린벨트의 해제가 가속화되고 있다.

1999년부터 낙동강 수계(1999), 금강 수계(2000), 영산강 수계(2000)에 대해서 물관리종합대책을 수립하고 '낙동강, 금강, 영산강, 섬진강 수계 물관리 및 주민지원에 관한 법률' (2002. 7)를 제정하여 지자체 간의 유기적인 협조에 의해서 수계의 수질 관리를 도모하고 있다. 그러나 한강수계에서는 상류유역에 위치한 지자체의 반대에 의해서 잠실수중보 상류유역에서만 시·군의 자율적인 결정에 의해 오염총량제에 의한 수계관리를 시행하고 있다. 오염총량관리는 하천의 수질을 수량이나 하수처리시설에 의한 생활하수, 산업폐수, 축산폐수와 같은 점원오염원의 처리를 통해서 수질개선이 어렵기 때문에 지방자치단체에서 배출되는 부하량을 할당하고 조절하여 수체(Water body)의 수질을 관리하는 방식이다. 이는 수체의 수질관리는 전체 오염원의 30~40%를 차지하는 비점원오염원을 고

려하지 않고는 제어가 불가능하므로 점(Point) 개념의 관리와 함께 면(Area) 개념의 병행관리가 필요하기 때문에 도입이 되었다. 따라서 이 제도는 지방자치단체의 경제활동에 큰 영향을 미치게 되며, 할당량에 따라 지역 간 갈등의 원인이 될 수 있다. 따라서 지역간 균형적인 발전을 기하면서 건전한 수질관리가 되도록 유역관리가 시행되어야 한다(공동수, 2005).

최근 엘리뇨와 같은 이상기후 현상에 의해 홍수가 빈번하게 발생하고 있다. 이러한 홍수는 도시화에 따라 세계적으로 피해규모가 크게 나타나고 있으며 발생빈도도 잦다. 홍수 피해를 경감시키기 위해서 기존의 하천에 의존하는 선(Line)적인 개념의 홍수 방어는 하천 통수능력의 부족으로 인해 면(Area)적인 홍수 방어개념으로 전환되고 있다(건설교통부, 2004). 이는 수계에서 방어할 수 있는 홍수량을 유역별로 할당하여 상류에 위치한 다목적댐, 산지, 농경지와 중류에 위치한 유수지, 저류지, 우수침투시설, 하류에 위치한 습지, 농경지 및 유희지를 통합하여 홍수량을 저감시키는 방법이다.

이와 같이 기존의 수계와 유역관리는 점과 선적인 관리에서 면적인 관리로 방향이 바뀌고 있다. 이러한 방법에 의한 유역관리의 성과는 하천과 댐과 같은 폐쇄수역의 수질과 생태 환경에 영향을 미친다. 따라서 유역관리의 중요성이 과거 보다 높아지고 있으며, 유역과 하천이 연결된 수계의 통합관리의 중요성이 더욱 높아지고 있다. 수계관리는 유역들이 유기적으로 연결이 되지 않으면 성과가 있는 유역과 성과가 없는 유역간의 편차가 발생하며, 이들이 형성하는 수계에서는 큰 효과를 나타내지 못한다. 또한, 하천의 상류와 하류간의 수량과 수질의 차는 지역간 마찰을 유발하고 수자원을 이용하여 얻는 편익의 차이는 갈등 유발의 원인이 된다(한국수자원공사, 2002). 따라서 점, 선, 면적인 관리 개념을 통합하여 자연재해의 경감과 수질관리, 생태계 보호를 위한 Network 개념의 수계관리가 필요하다. 또한, 유역관리의 시너지효과를 수계에서 얻기 위해서도 Network 개념의 수계관리는 더욱 필요하다.

### 3. 유역관리 평가

#### 3.1 유역 시스템의 구성

유역 시스템을 구성하는 요소로는 토지, 생태 및 환경, 수자원, 사회 및 경제, 유역의 지형 및 기후와 이들을 연결하는 하천이 있다. 또한, 이들을 관리하고 유지하는 수요자, 법률 및 제도도 유역 시스템의 구성요소 중의 하나이다. 이들은 그림 1과 같이 유기적으로 네트워크를 형성하여 연결되어 있다. 따라서 한 요소의 변화는 다른 요소에 영향을 미치므로 양방향이고 가역적인 관계이다. 예를 들어 유역의 난개발은 생태계 훼손과 홍수피해, 수질변화에 따른 사회 및 경제적인 문제를 발생하게 되며, 환경과 수자원 분야에 대한 투입요소의 양에 따라 수질 및 생태계의 변화를 초래할 수 있다.

하천의 생태계 복원과 친수환경 조성은 하천과 연결된 토지이용 관리를 근간으로 하는 유역관리와 병행이 되지 않으면 큰 효과를 거두지 못한다. 최근의 도시개발은 유사한 부류의 소득, 학력, 생활방식의 사람이나 동종의 산업을 한 곳에 모으는 클러스터(Cluster) 개발을 바탕으로 진행되고 있으며, 토지를 고도이용하고 있다. 이들 토지들의 연결선(linkage)은 하천이며, 이들 토지와 하천 관리를 병행하지 못하면 지역주민들에게 양질의 용수와 쾌적한 수변환경을 제공하지 못한다. 최근의 수자원 관리는 수량과 수질을 소비자의 요구에 맞게 제공하도록 요구받고 있으며, 생태계의 영향을 고려할 필요성이 대두되고 있다. 따라서 유역 시스템의 한 요소인 수자원을 통합관리에 관한 연구들이 진행되고 있다.

우리나라의 행정구역은 대부분 산지의 정상부와 하천을 경계로 하여 분할되어 있다. 따라서 소하천을

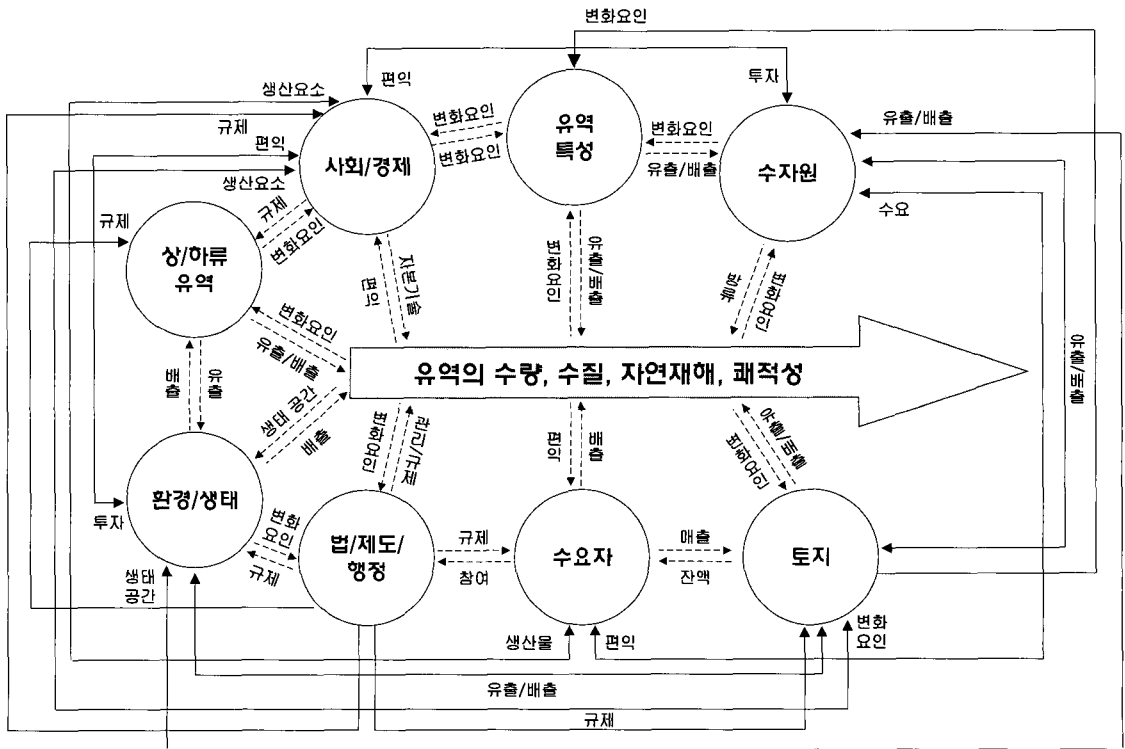


그림 1. 유역 시스템의 구성요소와 관계

제외하고는 2개 이상의 행정구역이 포함된 하천이 많다. 이들 하천과 유역관리는 지방자치단체의 목적에 따라 상이한 결과를 나타낼 수 있다. 즉, 개발을 원하는 행정구역에서는 지역경제의 활성화를 위하여 토지를 고도로 이용하여 개발하며, 오염부량이 많은 산업이더라도 유치를 원한다. 그러나 주민들의 복지 향상을 추구하는 행정구역에서는 유역개발을 자제하고 보존하는 방향으로 지역개발을 계획하게 된다. 특히, 오염총량제가 도입되어 제도가 정착하게 되면 유역관리가 지역의 사회 및 경제에 미치는 영향은 커지게 된다. 또한, 이 때문에 동일 행정구역에서도 클러스터들 사이에 갈등이 발생하게 된다. 따라서 유역 시스템의 한 구성요소로 유역의 사회 및 경제적 요소를 유역관리에 반영해야 한다.

동일한 하천을 사이에 두고 지역간, 산업간, 개인간, 기관간의 갈등이 발생하게 되며 이의 조정이 없이는 하천관리가 어렵다. 이러한 갈등을 해결하기 위한 유역관리 제도 모델들이 제안이 되고 있다. 동일한 유역에 포함된 행정구역의 하천은 수문 및 수리학적, 기상학적, 사회 및 경제적으로 구분된다. 따라서 해당 유역의 수량과 수질의 관리를 유역에 포함된 행정구역별로 구분하여 관리하느냐, 유역의 수문학적 구분에 의해 분류된 소유역별로 관리하느냐, 지역 주민, NGO, 공무원, 관련 기구 등과 같은 하천의 관리 및 운영에 관련된 인사들로 구성된 단체에 의해 관리하느냐에 따라 3가지로 크게 구별된다(박두호와 윤석영, 2004). 이와 같이 유역관리는 자연자원, 하천, 인간뿐만 아니라 제도와 법률을 필요로 한다. 또한, 이해 당사자인 지역 주민의 참여는 유역관리에 미치는 영향 요인 중의 하나이므로 유역시스템의 무형적인 구성요소가 된다.

### 3.2 유역 시스템의 평가

유역은 자연자원, 인간, 생태계가 상호 연결되어 구성된다. 따라서 이들 중 하나의 변화는 다른 하나나 그 이상에 영향을 미치게 된다. 인간의 사회 및 경

제 활동은 자연자원을 구성하는 토지와 하천의 변화를 초래하며, 이에 따라 생태계의 변화가 발생한다. 이러한 현상은 가역적으로 발생할 수도 있다. 이러한 관계는 유역의 경제발전, 생태환경의 보전, 인간 복지 향상, 투입요소 저감 등과 같은 여러 가지 목적을 고려해야만 유역 시스템을 구성하는 인자들 간의 시너지 효과를 얻을 수 있다는 것을 의미한다. 따라서 유역개발과 보전 계획은 이러한 점들을 고려해서 수립되어야 하고 이의 수행을 위한 실천계획(Action Plan)의 수립과 유역 주민들의 적극적인 참여가 필요하다. 따라서 현재 유역 상황을 유역 시스템을 구성하는 요소들의 주기적인 평가를 통해서 점검할 필요가 있다. 앞에서 언급한 것과 같이 유역에 영향을 미치는 요인들은 무수히 많기 때문에 단일 항목만을 가지고 평가 할 수가 없다. 예를 들어, 하천의 수질 상태는 주로 BOD 농도를 사용해서 평가한다. 그러나 수질은 BOD 농도만이 낮다고 해서 양호한 수질이라고 할 수 없으며, 다른 수질 항목들을 종합해서 평가해야 한다(최지용, 1996). 이와 같이 유역의 상태도 관련된 여러 가지 요소들을 고려해서 평가해야 한다. 또한, 유역의 변화는 반응 속도의 차이는 있으나 여러 요인들에 의해서 발생한다. 따라서 지속적인 모니터링을 통하여 유역을 평가하고 상태를 점검해야 한다. 이를 통해서 유역 시스템의 문제점과 영향 요인을 분석하고 진단하여 문제를 해결하기 위한 가늠대안들을 비교하고 최적 관리 방안을 선택하여 시행해야 한다.

시스템의 상태나 반응을 평가하는 방법에는 가장 간단한 단일지표에 의한 방법, 압력(Pressure)-상태(State)-반응(Response), 추진(Driving force)-상태(State)-반응(Response), 취약점(Vulnerability)-대응책(Countermeasure), 다양한 세부지수와 지표들의 그룹화 등과 같은 형태가 있다. 단일 지표에 의한 방법은 단순한 시스템을 평가하는데 적용이 되며, 시스템에 영향을 미치는 요인들과 반응이 다양한 경우에는 적용이 어렵다. 특히, 유역 시스템은 구성요소가 다양하고 복잡하게 연결되어 있기 때문에 여러 가

지 지표를 통합한 지수를 사용하여 평가해야 한다(강민구 등, 2005). 시스템을 평가하는 지수를 구성하는 구성요소들은 각기 상이한 중요도를 갖는다(Saaty, 1980). 예를 들어, 국가의 지속가능성을 평가할 경우, 국민들이 지향하는 방향이 상이하므로, 구성요소들의 중요도는 공간적, 시간적으로 다르게 나타날 수 있으며, 대상자들의 가치관에 따라 상이한 값을 나타내게 된다. 유역관리를 평가하는 지수에서도 유역의 현재 상태, 지역 및 개인적인 이익, 시스템을 구성하는 인간의 가치관에 의해서 다르게 나타나므로 다양한 전문가와 지역주민들의 의견을 수렴하여 적용하여 한다. 최근 국제기구에서 개발하는 지수들에도 구성요소간의 중요도를 고려하여 지수를 산정하고 국가간에 상대적인 크기를 비교하고 있다(World Economic Forum, 2005).

#### 4. 요약 및 결론

최근의 유역관리는 과거의 점과 선적인 개념에서 면적인 개념으로 방향이 바뀌고 있으며, 토양과 물, 대기를 연결하는 입체적인 순환시스템에 대한 연구가 진행되고 있다. 특히, 오염총량제의 도입과 수자원의 통합관리를 위해서 점, 선, 면 형태의 구성요소들을 연결하는 네트워크적인 유역관리의 필요성이 증대되고 있다. 본고에서는 통합유역관리의 필요성과 방법, 통합유역관리를 위해 유역의 상태를 평가하고 유역간의 관리 상태를 상대적으로 비교할 수 있으며, 대안을 평가할 수 있는 지수개발의 필요성에 대하여 논하였다. 수계와 유역은 여러 요소들이 네트워크로 연결되어 시스템을 형성하고 있으므로 평가지수를 개발할 때에 토지, 수자원, 생태, 사회 및 경제와 이를 연결하는 하천의 유황과 수질 상태, 주민참여 등을 평가할 수 있도록 구성요소를 선정해야 한다. 구성요소간의 중요도는 관련 전문가와 지역주민들의 의견을 수렴하여 결정해야 한다. 이러한 절차를 거치면 현재 유역에서 발생하고 있는 문제점들과 유

역 주민들의 요구를 파악할 수 있다. 또한, 이의 해결을 위한 대안들을 다른 유역과 비교하여 평가할 수 있다. 그리고 개발된 지수를 이용하여 수계의 관리 상태를 진단하고, 수계를 구성하는 유역의 관리 상태가 수계의 관리에 어떠한 영향을 미치는가를 산정된 지수의 공간적인 분포를 분석하여 제시할 수 있다. 따라서 향후, 유역 시스템을 구성하는 요소들 총체적으로 평가할 수 있는 지수를 이용해서 유역을 진단하고 문제의 해결방안을 다른 유역과 네트워크적으로 연결하여 찾을 수 있을 것이다. 또한, 이러한 방법을 통한 유역관리는 수계에서 시너지효과를 나타낼 수 있을 것이다.

#### 참고문헌

- 강민구, 이광만, 김정곤(2005). 통합지수를 이용한 유역의 수자원 지속가능성 평가, 한국수자원학회 학술발표회.
- 건설교통부(2004). 치수사업개선방안.
- 건설교통부, 한국수자원공사(2003). 물에 관한 국민여론조사.
- 건설교통부, 한국수자원공사(2000). 수자원장기종합계획 (Water Vision 2020).
- 공동수(2005). 우리나라의 수질총량관리 현황 및 전망, 한국수자원학회, Vol. 38, No. 3, pp. 14-22.
- 국토개발연구원(2001). 환경친화적 국토개발을 위한 전략연구.
- 김혜주(2004). 청계천 복원과 하천의 생태적 회복, 한국수자원학회지, Vol. 37, No. 1, pp. 47-59.
- 박두호, 윤석영(2004). 유역통합관리의 구현을 위한 과제, 한국수자원학회지, Vol. 37, No. 3, pp. 16-20.
- 박성제(2005). 한국과 미국의 유역관리 비교평가 연구, 한국수자원학회 학술발표회.
- 오태석, 안재현, 문영일, 정민수(2005). 도시화가 도시지역 강우변화에 미치는 영향 연구, 한국수자원학회 학술발표회.

- 이길성, 정은성, 김영오(2005). 안양천 유역의 물순환  
건전화를 위한 통합관리 방안(Ⅱ) : 예비타당성 계획,  
한국수자원학회 학술발표회.
- 최지용(2003). 유역관리 효율화를 위한 불투수지표 개발  
과 적용 방안, 한국환경정책평가연구원.
- 최지용(1996). 종합수질지표의 개발, 한국환경기술개  
발원.
- 한국수자원공사(2002). 기존댐 합리적 용수배분을 통한  
수리권 조정 방안 연구.
- 환경부(2004). 2003 하수도 통계.
- Cai X., McKinney, and Lasdon L. S., 2002. A  
framework for sustainability analysis in water  
resources management and application to the  
Syr Darya Basin, *Water Resour. Res.*, Vol. 39,  
No. 8, pp. 1085-1098.
- Creighton, J., D. Priscoli, and C. Mark Dunning  
(1983). *Public Involvement Techniques: A  
Reader of Ten Years Experience at the*  
*Institute for Water Resources, IWR Report 82-  
R1. Fort Belvoir, Va., Institute for Water  
Resources, U. S. Army Corps of Engineers.*
- GWP(2002). *IWRM Toolbox: A Toolbox to  
support IWRM, Global water partnership  
secretariat, Stockholm, Sweden.*
- Pearse, P., F. Bertrand, and J. MacLaren(1985).  
*Currents of Change: Final Report of the Inquiry  
on Federal Water Policy. Queen 's Printer,  
Ottawa.*
- Schramm, Gunter(1980). *Integrated river basin  
planning in a holistic universe, Natural  
Resources Journal, 20, 787-805.*
- Saaty, T. L.(1980). *Analytic hierarchy process:  
Planning, priority setting, resource allocation,  
McGraw-Hill, New York.*
- World Economic Forum(2005). *2005 Environmental  
Sustainability Index.*