

# 미래의 물 문제를 고려한 수자원 종합관리 방향

이길성 (서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학부 교수)

## 1. 하천환경관리

### 1.1 하천환경관리의 필요성

호소를 포함한 하천은 국토의 중요한 구성요소로 인간 생활영역과 생활활동의 확대 등에 따라 인간이 하천을 다스리고, 이용하는 기능을 증진함으로써 인류발전에 중요한 역할을 담당하고 있다. 그러나 산업의 집중과 인구의 급격한 증가 등에 의하여 하천의 수질오염과 하천공간의 황폐화 등 하천환경이 점차 악화되고 있는 반면, 생활수준의 향상에 따른 문화적·정서적 욕구성향은 증대되고 있어 하천수질관리와 자연친화적 하천공간관리 등의 하천환경관리가 필요하다. 그림 1에 나타난 바와 같이 인간의 활동은 하천환경에 다양한 영향을 미치게 되므로 유역내 인구 및 산업시설의 증가와 함께 물 수요량과 발생 오염부하량 등 환경요소의 변화는 하천환경의 변화를 일으키게 되며, 환경의 변화요인 및 변동상황에 대한 정확한 판단을 장래 하천환경 수요에 대한 예측자료로 사용하

야 한다.

### 1.2 하천환경관리를 위한 기술적인 요소

#### 가. 하천유지유량의 산정

하천유지유량을 결정함에 있어서 유역 물수지의 정확한 산정은 필수적이며 이를 위해서는 SSARR (Streamflow Synthesis and Reservoir Regulation)모형 등을 사용하는 것이 바람직할 것이다. 그리고 하천유지유량의 법제화를 위해서는 보다 명확한 용어의 정의가 필요하다.

#### 나. 친수기능을 위한 하천공사기법

자연상태에 가까운 하천에서는 사행이나 여울, 소 등 다양한 환경구조가 발달하고 수심, 유속, 저니질, 식생 등의 환경조건이 크게 변화하므로 다양한 종의 생물이 서식하게 된다. 따라서 성공적인 하천개수사업이 되기 위해서는 유지관리에 대한 충분한 배려는 물론 하천환경적 역기능을 최소화할 수 있도록 하천의 자연환경이나 친수성, 하천경관의 확보를 위한 배려, 지역주민의 참여 등과 같은 종합적인 요소를 고려해야 한다 (Gore, 1985).

수변식생의 경우 이들의 성장에 영향을 미치는 요인과 야생생물 서식처로서의 역할을 분석하고, 하천복원을 위해서 재식생이 필요한 경우에는 통수능과 비용분석 및 지속적인 모니터링을 실시하는 것이 필요할 것이다. 하도정비(재조정)는 한 나라의 발전에 중요한 역할을

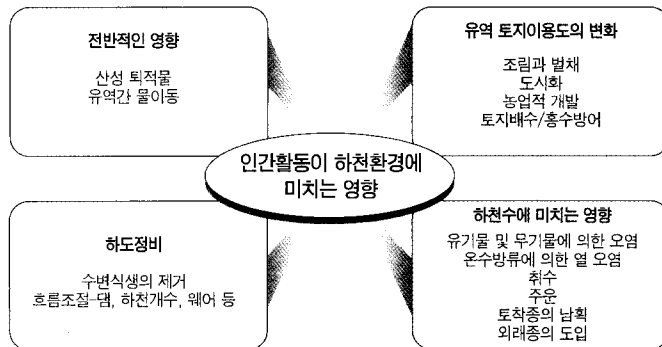


그림 1. 인간활동이 하천환경에 미치는 영향(Boon 등, 1992)

해왔으나 여러 가지 문제점을 수반할 수 있으므로 이러한 활동으로 인해서 야기될 수 있는 문제점을 줄일 수 있는 방안과 하도의 가치있는 특성들을 보존하기 위한 노력을 통하여 이루어져야 한다. 하도 재조정에 의해서 어류에 미치게 될 영향을 도식적으로 본다면 다음과 같은 과정으로 설명할 수 있다.

토지/하천이용의 변화 ⇒ 하천형태의 변화 ⇒ 하천수리조건의 변화 ⇒ 서식처의 변화 ⇒ 어류수의 변화

국내에서도 목재·돌·식생 등의 자연재료를 이용한 다양한 자연형 호안 및 수변 식생 등에 대한 실험적 연구가 진행 중이며, 상하류 생물간의 단절을 가져왔던 기존 보에 어도를 설치하여 생태계의 단절을 방지하려는 노력이 진행되고 있다. 향후 하천의 흐름에 따른 하상의 형태와 하천생태계의 서식처 환경과의 관계를 규명하는 등의 생태계 및 수리특성에 대한 충분한 고려, 다양한 경관 창출, 그리고 기존의 하천 상황을 살리려는 노력 등에 관심을 두고 자연형 하도계획기법을 적용해 나가야 할 것이다.

#### 다. 하천정화기법

하천수질관리의 기본은 현재 오염상태로부터 미래에 이르기까지 변화해 가는 오염물질의 정확한 평가 및 예측에 있으며, 보다 높은 정확도를 가진 수질예측을 위해서는 각종 영향인자에 대한 측정 및 자료분석 등이 수행되어야 한다. 효과적인 수질평가를 위해서는 그림 2와 같은 사항을 고려해야 한다.

하천환경의 복원에서 중요한 요소는 하천내의 수질을 악화시키는 물질의 활동성을 제거하는 것이다. 주변농도가 낮을지라도 수서생물에 의한 물질의 축적과 먹이사슬에 의한 실질적 농도는 생태계가 악화되는 결과를 초래할 수도 있으므로 좀더 엄격한 농도제한을 필요로 한다. 그리고 하천환경의 보호를 위해서 오염물질의 농도를 그 발생지에서 줄이거나 제거하기 위해 계획된 제어기술을 응용할 수도 있다. 그러나 실질적인 관점에서 좀더 높은 수준의 제거를 위해서는 필연적으로 비용이 증가하게 되며 이러한 비용의 증



그림 2. 효과적인 수질평가를 위한 고려 사항 (Chapman, 1992)

가는 원하지 않는 부대적인 영향을 낳게 할 수도 있다.

환경기초시설의 지속적인 정비 및 확충을 통하여 노후된 관거에서의 누출을 방지하고 새로운 관로의 건설을 통하여 하수가 처리되지 않은 상태로 하천이나 호수로 유입되는 것을 방지해야 하며, 하수처리시 유기물 제거를 위한 2차처리 위주에서 하수내에 존재하는 각종 영양염류의 제거까지 고려한 고도처리 등의 대책을 강구해야 한다. 그리고 하수처리장의 방류수 수질기준 강화 및 수질감시체계의 구축이 필요하며, 갑작스런 수질사고시에는 경보체계의 구축과 그에 따른 신속한 대응을 할 수 있는 적절한 대책 마련도 필요하다. 또한 다양한 하천수질정화방법의 현장 적용성에 대한 검토도 필요하다.

하천에 대한 비점오염원으로부터의 오염물질의 실질적 영향을 감소 또는 제거시키기 위해서는 오염발생지에서의 최선관리방안(Best Management Practice)의 실행을 필요로 한다. 수변식생의 유지, 하천변의 완충지역의 설치, 침식의 감소 등은 유출에 의한 오염물질 이동 가능성을 낮출 수 있으며 결과적으로 수질의 악화 가능성을 줄일 수 있다. 그리고 비점오염원 제어/통제에 대한 다른 방법으로서 차집과 처리를 들 수 있다. 하도흐름을 처리장으로 유입시켜 처리할 수 있으나 흐름조건의 심한 변동상황에 적응해야 하며 오염물의 농도가 낮고 처리비용은 높아질 수 있어 비용이 제약조건으로 작용할 수도 있다.

호소의 부영화를 방지하기 위해서는 질소나 인의 처리과정 개선 등으로 유입 오염부하량 감소, 정기수질측정망 등에 수중생태계의 생물조사를 포함, 그리

고 유기물 수치분석 등이 필요하다.

### 1.3 하천환경 관리방안

하천환경을 관리한다는 것은 하천의 환경적 기능을 극대화시키고, 제반 역기능을 극소화시키기 위해 하천 및 하천구역에서 실시하는 조직적인 제반활동을 의미한다. 하천의 환경기능을 증진시키기 위해서는 하천 전체를 하나의 시스템으로 생각하는 복합적인 연구와 사업이 수행되어야 한다. 하천환경을 바람직한 방향으로 이끌어 나가기 위해서는 하천공학, 환경공학, 생태학, 조경학 등 다방면에 걸친 전문가의 협력과 연구가 필요하며 하천관리자와 주민과의 유기적인 협조체계가 이루어져야 할 것이다. 국제적으로도 환경문제를 특정 지점·지역·국가의 문제가 아니라 지구 전체적인 측면에서 인식하게 되었고, 하천에 대해서도 하천만의 문제가 아닌 생태계에 대한 종합 시스템으로 파악하게 되면서 하천과 다른 생태환경을 네트워크화하는 방안들이 제기되는 상황이다. 그림 3에서 보는 것처럼 하천보전과 관련해서 우수생태계를 5가지 측면으로 나타낼 수 있다(Boon 등, 1992). 향후 이러한 생태계를 고려한 하천관리를 지향하고 하천상황의 변화에 따른 적응적 관리방안이 필요하다.

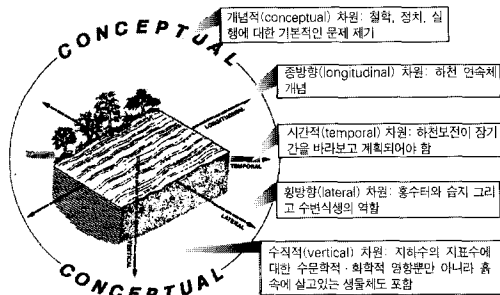


그림 3. 하천보전을 위한 5가지 측면의 접근 (Boon 등., 1992)

그리고 하천보전을 보다 효과적으로 수행하기 위해서는 그림 4와 같은 사항을 강화할 필요가 있다(Boon et al., 1992). 과학적 연구성과물은 공유되어야 하며, 관측에 있어서는 수량과 수질의 동시측정과 측정자료의 공개로 다양한 연구의 토대를 마련해 주어야

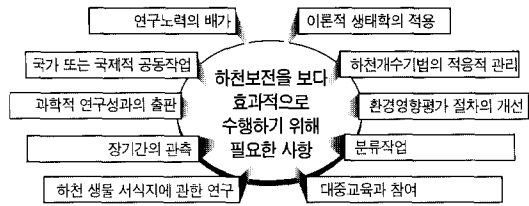


그림 4. 하천보전을 보다 효과적으로 수행하기 위해 필요한 사항(Boon 등, 1992)

한다.

## 2. 이·치수 종합관리

### 2.1 이수관리

연도별·계절별·지역별 편차가 심해 효율적인 수자원 관리가 어려운 상황에서 수자원의 안정적 확보, 효율적 물관리, 합리적 물이용 방안 등이 요구된다. 물공급 기본계획의 수립은 온실효과 등의 장래 기후변화에 의해서 발생할 수 있는 수문학적 상황의 장기적인 변화를 평가할 수 있는 적절한 기회를 제공한다. 이러한 계획에는 기술, 비용분석, 장래 수요량 추정 이외에도 제도적 조정에 대한 신중한 검토가 포함되어야 하며, 대중의 참여와 의견조정에도 많은 주의를 기울여야 한다.

가뭄은 막대한 경제적·환경적·사회적 영향을 미치게 된다. 가뭄대비연구(Drought Preparedness Studies)는 효율적이고 실행 가능한 가뭄관리계획을 개발하기 위해서 국가경제의 효율성을 바라는 정부의 견해와 다른 선행조건과 가치를 지닌 지역적 견해를 통합하여 실용성을 제공할 수 있도록 계획되어야 한다(Whipple, 1994). 그리고 가뭄관리는 가뭄기간에 의사결정을 지원할 수 있는 양적인 방법을 포함하는 위험도 분석에 근거해야 하며 사전대비행위, 완화방법, 수요관리, 가뭄지역공표를 포함해야 한다. 그리고 여론을 수렴하는 것은 계획의 성공적인 시작과 마무리를 위한 매우 중요한 부분이며, 현존하는 가뭄계획을 좀더 넓은 전략으로 통합하는 것도 필요하다. 제도·정치·예산, 그리고 인적자원의 제약은 가뭄에 대한 계획을 어렵게 만들 수도 있으며, 정치가, 정책

입안자, 기술자료, 그리고 일반 대중의 가뭄에 대한 이해의 부족은 많은 나라에서 주된 제약점으로 작용하고 있다. 또한 과학자들 사이의 의견교환과 협력의 부족, 그리고 과학자와 정책입안자 사이의 불충분한 의견교환은 이러한 준비를 위한 노력을 어렵게 만들기도 한다.

가뭄에 대비하지 않았을 경우의 비용과 가뭄에 대한 준비를 했을 때의 이익과의 관계를 결정하는 것은 때로는 매우 어려운 문제일 수 있다. 가뭄에 대비할 경우에는 현 시점에서 부족한 재정과 인적자원을 필요로 할 수도 있다. 가뭄대비의 비용은 현재 지출해야 하는 고정비용이지만 실제 가뭄시에 지출되어야 할 비용은 미래에 지출되어야 할 불확실한 값이다. 더욱이 이러한 문제를 어렵게 만드는 것은 가뭄에 대한 비용이 완전히 경제적인 관점에서 다룰 수 없다는 것이다. 가뭄으로 인한 인간의 고통, 생물자원에 대한 피해, 그리고 자연환경의 악화 등은 본질적으로 정량화하여 추정하기가 어려운 값들이기 때문이다.

의사결정권자나 관료들은 가뭄에 대비한 계획을 세움에 있어서 시작하고 유지하는데 드는 비용을 최소화하기 위해 현재의 정치적·제도적 구조를 사용할 수 있는 방안을 생각해야 하며 이를 위한 한 방편으로 부처간의 중복성을 없애고 좀더 효율성을 발휘할 수 있도록 업무조정을 해나가야 할 것이다. 가뭄에 대한 계획은 일반적인 자연재해와 수자원 관리 및 개발계획과 더불어 추진되어야 하며, 이러한 총체적인 추진으로 가뭄대비에 소요되는 비용을 상당히 줄일 수 있을 것이다. 의사결정권자는 상대적으로 적정한 비용으로 현존하는 정보와 기술을 효율적으로 이용하여 가뭄의 영향을 줄일 수 있는 관리방안과 가뭄에 의한 영향등에 대해서 계속적인 정보를 습득해야 할 것이다. 많은 나라에서 위기관리와 지속가능한 개발의 원리를 강조하는 사전대비차원의 접근방법을 추구하고 있으며, 국가적으로 가뭄에 대한 계획을 수립하는 과정에 있어서 고려해야 할 10단계의 방법을 그림 5에 나타내었으며 이는 목적하는 바와 상황에 따라서 신축적으로 운용할 수 있다(Wilhite, 1993).

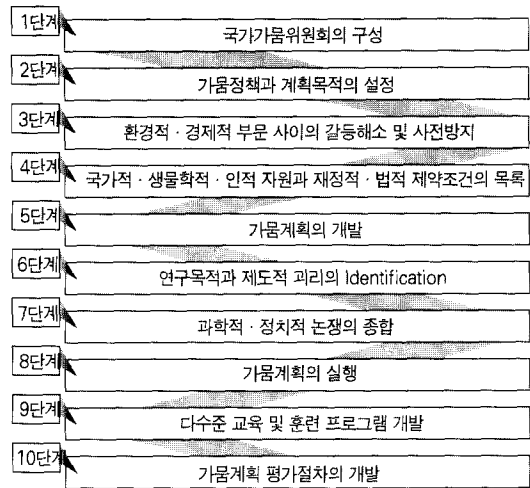


그림 5. 국가가뭄계획 개발을 위한 10단계 방법 (Wilhite, 1993)

## 2.2 치수관리

홍수관리란 홍수범람방지, 사전대피체제확립 등 홍수피해를 최소화하기 위한 일련의 행위를 의미하며 유역관리, 하천제방의 개수, 다목적 댐 건설, 홍수에 경보 시스템 구축 등이 포함된다. 기상상태와 강우량 등 수문자료를 분석하여 대상 지점의 수위와 홍수량을 시간별로 예측하여 필요시에 경보를 발령하는 홍수에경보의 개선대책을 제시해 보면 다음 그림 6과 같다(이길성, 1996b).

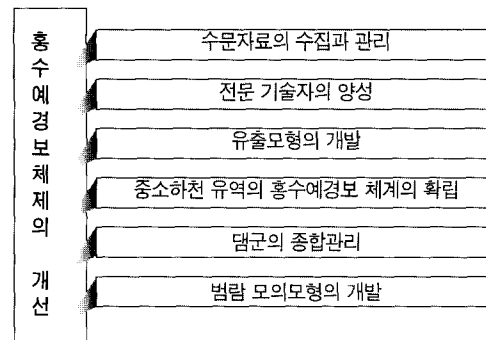


그림 6. 홍수에경보체제의 개선대책(이길성, 1996b)

수방대책을 수립하기 위해서는 계획지역의 지형적 특성, 토질상황과 저류특성에 관한 조사 및 하천, 배수계통의 통수능력과 같은 지역조사가 필요하며, 과

거 홍수 및 하천수위의 변동, 피해상황에 대한 조사 및 강우자료에 대해서 검토해야 한다. 홍수피해 요인의 특성을 고려하여 사용할 수 있는 대책들로서는 크게 구조적인 방법과 비구조적인 방법으로 나눌 수 있으며, 이러한 방법들이 미래에 어떠한 방향으로 진행되어야 할 지에 대해서 살펴보면 다음과 같다(Rossi 등, 1994).

(1) 비구조적 방법

비구조적 방법인 홍수에 대한 경보·대피, 그리고 방어는 많은 나라에서 특히 대하천의 홍수터를 따라서 매우 유익한 활동인 것으로 나타났다. 유역이 작을 수록 홍수는 빠른 시간내에 발생하게 되어 좀더 즉각적인 홍수방어가 이루어져야 하지만, 사전 홍수방어에 대한 준비가 대하천에서보다 상대적으로 거의 착수되지 못하고 있는 소규모 하천에 대한 홍수방어는 미래에 찾아야 할 해답이다. 미래에는 침수가능지역에서의 지역구분과 법제화에 의한 방재활동이 현재보다 더 엄격하게 계획·시행될 것이며, 이러한 행정적·법적 규제의 강화요인은 보험이다. 보험료는 홍수가 발생하기 쉬운 지역의 거주자들이 침수의 위험도와 그 위험도에 따라 제약되는 투자 및 인구밀도간의 경제적 최적상태를 찾아서 결정해야 한다. 따라서 미래의 비구조적 홍수영향 완화방법은 홍수터의 여러 부분을 이용하는 기술의 개발뿐만 아니라 장래 이러한 부분의 침수에 대한 기대확률의 평가까지도 의미하게 될 것이다.

미래의 홍수문제에서 최소한 높은 수준의 수환경과 자연 생태학적 상태를 요구하는 환경적 양심의 시대에는 경보, 대피, 방어원칙과 기술을 홍수터 방재개념의 지역선정과 법제화를 연계한다면 홍수에 대처하기 위한 비구조적인 방법은 섬세하고 매력적으로 다시 태어나게 될 것이다. 이와 더불어 홍수와 비구조적 홍수영향 완화방법에 대한 심도있고 폭 넓은 대중 교육을 실시하는 것은 홍수와 관련된 문제에 있어서 새로운 차원을 제공할 것이다.

(2) 구조적 홍수대처 방법

이 방법은 홍수의 특성을 여러 가지 수단으로 변화시키거나 영향을 미치게 된다. 모든 홍수완화 구조물은 지표면이나 공간을 가로질러 한 지점이나 선을 따라 위치할 수 있다. 홍수전환 구조물은 지점 구조물로 생각할 수 있으며, 하천을 따른 제방은 선 구조물이라 할 수 있다. 그리고 유역에서 토지의 축대, 생물학적 식생의 변화, 토양보전은 홍수에 영향을 미치는 면 구조물적 활동으로, 토질변화, 침투, 투수계수 등은 3차원 구조물적 영향을 내포하는 것으로 생각할 수 있다. 그들의 홍수에 대한 영향이 다르기 때문에 점·선 구조물은 공간적으로 집중된 구조물로서 “intensive”라는 용어로 분류하고, 면·공간 구조물은 공간적으로 분산된 구조물로서 “extensive”라고 분류한다.

(가) “extensive” 홍수완화 방법

토양과 토지는 침식과 손실로부터 보호되어야 하며 생산적으로 사용되어야 할 자연자원이다. 앞으로는 인구증가와 높은 수준의 생활에 대한 강한 요구로 인해 재식림, 토양보전, 그리고 효율적 토지관리에 더욱 더 초점을 맞추게 될 것이다. 기존에 개발되어 이용가능한 토양보전기술과 효율적인 토지관리와 더불어 미래에는 그들의 적절한 실행방법에 좀 더 관심을 가져야 할 것이다. 대부분의 경우 홍수대처에 대한 이 모든 활동으로부터 환경적 이익의 질은 계속적으로 높아질 것이다.

(나) “intensive” 홍수완화 방법

저수지에 의한 홍수완화기술은 홍수영향을 제어하는데 있어서 가장 큰 영향을 미치는 홍수의 평균과 분산을 감소시킬 수 있는 것이어야 하며, 하도용량을 증대시키는 문제는 복잡한 수리학적 해석과 증대된 소통능력의 유지를 필요로 하지만, 새롭게 변화된 값들이 지형학적 평형값과 일치하지 않으면 이를 유지하는데 매우 큰 어려움이 따르게 된다. 그리고 생태적·환경적 영향이 의사결정을 위한 중요한 요소가 되어 홍수로부터 홍수터를 완전히 배제시키는 것에 대한 반대의견이 강하게 제기될 경우 이를 수용할 수 있는 국부적 구조물 창출방안도 마련해야 할 것이다.

(3) 구조적·비구조적 홍수완화방법의 결합

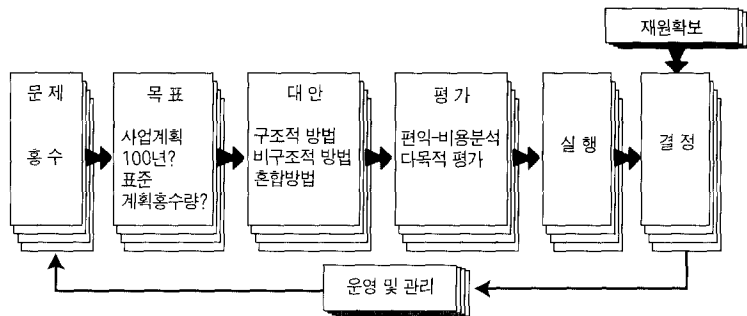


그림 7. 홍수관리의 계획과정(Mays와 Tung, 1992)

홍수대처를 위한 가장 효과적이고 최적인 방법은 그 지역의 상황에 따라 다를 수 있으므로 기존에 적용된 방법의 보완과 새로운 기술의 도입으로 최대의 효과를 얻을 수 있도록 적절한 조합을 이루어 홍수에 대처해야 할 것이다. 결국 홍수대책이라 함은 이러한 모든 방법들을 포함하는 종합적인 방재대책이 되어야 하며 이러한 홍수관리 계획과정의 예를 그림 7에 제시하였다.

### 2.3 이·치수 종합관리

사회의 전반적인 생활수준 향상으로 용수의 소비가 더욱 가속화되고 있으며, 이에 대한 생활용수 및 산업용수 등의 수원을 대부분 그 용량이 풍수기와 갈수기에 따라 크게 변동하는 하천수에 의존하고 있는 경우가 대부분이므로 용수수급에 큰 어려움을 겪을 수 있다. 그리고 농업용수의 수요가 6월을 중심으로 크게 증가하는 반면, 하계 갈수기가 이 시기에 발생하므로 용수수요와 하천갈수량에 대한 대책이 필요하다. 국내의 수자원 부존량과 이용현황의 파악에 있어서도 외국의 경우에 이루어지고 있는 좀더 다양한 항목(증발산과 회귀수량 등)을 포함해서 분석할 필요가 있다.

앞으로는 홍수를 어떻게 자원화할 수 있을 것인가에 대한 연구에도 눈을 돌려야 할 것이다. 현존하는 댐의 효율적인 운영으로 홍수기가 끝나는 시점에서 이수유량으로 이월시킬 저수량을 극대화시키는 방안 등을 고려할 수 있으며 이를 위해서는 유입량에 대한 정확한 예측이 필요할 것이다. 그리고 소규모 공원이 나 녹지 등에서 홍수시 유하하는 물을 지하로 효과적

으로 침투시켜 이용하는 방안도 생각할 수 있을 것이다. 결국 하천 및 제방의 개보수 등을 통한 하도의 안정화와 함께 수원지의 조림 및 하천 중상류부의 다목적 댐 건설로 홍수를 종합관리하고 이를 통한 수자원의 안정적 공급 및 이수사업의 경제성확보를 위한 다목적 계획을 지향하여야 할 것이다. 경제·사회 발전 및 공

업화 계획 등 장기 국가발전계획에 따른 치수 및 이수 수요를 만족할 수 있고 가장 경제적인 다목적 유역개발을 추진해야 한다. 치수사업과 이수사업이 병행될 수 있도록 주요 하천에 관한 치수사업의 경우 하도개수와 함께 중상류부 저수지에 의한 홍수조절방식을 병행 실시함으로써 두 분야가 균형과 조화를 이룰 수 있도록 하되, 댐과 해석 및 기존 댐의 재개발과 재평가를 통하여 댐의 안전을 위한 지속적인 연구와 대비방안의 확립에도 주안점을 두어야 한다(이길성, 1996a).

## 3. 유역내·유역간 물관리

### 3.1 유역내·유역간 물관리의 필요성

급증하는 용수량의 증가와 지역적인 편차에 대응하기 위해서 유역의 효율적 개발과 관리 및 유역간 물이동이 필요하다. 유역을 사용하는 행위는 복잡한 상호작용을 수반하며 경우에 따라서는 다른 유역의 이용에 영향을 미치게 된다. 대부분의 유역관리 활동은 그 유역에 살고 있는 사람들의 생활에도 많은 영향을 미친다. 이러한 다양한 상호작용 때문에 유역의 관리를 위해서는 실제적이고, 종합적인 계획과정이 필요하게 된다. 오래 전부터 지속적인 관개시스템의 개발과 소규모의 유역간 이동이 진행되어 왔으며 20~30년 전부터 대규모 물이동 계획이 추진되기 시작하였다. 이에 따라 많은 환경적 관심이 제기되고 있으나 결국 편익/비용 문제가 그들의 실행에 지배적인 영향을 미치고 있다.

유역관리는 세 가지 중요한 요소로 구성된다. 그 중 하나는 대상유역에서 해결해야 할 문제점들이나 상급 기관에서 작성되는 전체적인 운영정책에 기초해서 만들어지는 유역관리의 목적이나 목표이다. 두 번째는 대상유역에 해당되는 예산과 물리학적·생태학적·사회적·문화적·정치적인 문제와 같은 다양한 제약조건들이다. 마지막으로 유역관리를 위한 다양한 방법들을 수행하기 위한 기술적인 요소들이다. 유역관리를 위한 계획과정은 이러한 목표, 제약조건, 기술적 요소 등을 해석하고 통합하는 일련의 과정이다.

### 3.2 외국의 사례

#### 가. 유역개발 및 관리(McDonald와 Kay, 1988)

수문학적 순환과정에 인간이 개입함으로써 야기될 수 있는 자연환경에 대한 영향이나 사회에 미치는 영향 등 인간이 자연과 더불어 살아가는 친환경적 사고로 점차 환경과 사회적 영향을 고려하는 단계로 이젠 해 가는 추세이다.

Tennessee Valley Authority(TVA)는 값싼 전력에 의해 창출된 공업적 풍토와 일반적인 환경강화로 개발에 대한 원동력(primum mobile)을 만들어 냈다. 1933년의 "경제적, 환경적 재앙지역"에서 오늘날의 생산적인 지역으로 바뀌게 된 것이다. 그리고 TVA는 Tributary Area Development(TAD) 사업을 추진하여 농촌지역의 생활수준을 향상시킬 수 있도록 자원개발을 Tennessee 주하도로부터 좀 더 넓은 지역으로 분산시키고 있다. 그러나 최근에 TVA의 환경개선의 역할과 석탄수요에 의한 환경악화 문제사이의 상충에 초점을 맞춘 비판이 계속되고 있다.

Ghana의 Volta강 사업의 기본 목적은 전기사업에 의해서 산업화를 증대시켜 수출구조와 내부 산업의 규모와 분포에 영향을 미치도록 하는 것이었으나 1970년대 초반까지 Ghana의 수출구조에는 큰 변화가 나타나지 않았으며 cocoa와 자연광석의 수출이 대부분이었다. 그리고 Volta강 개발로부터의 이익은 호수어업과 유역에서의 농업발전을 포함했으나 이러한 것들은 재정착과 고용의 문제를 완화시키기 위한 방

법으로서 고안되었고 종합적이고 다목적 사업의 이익으로서 인식되지 않았다. 많은 측면에서 Volta강 사업은 종합적 계획 접근방식을 통해서 총 사업이익을 최대화하기보다는 단일목적의 역기능적 영향을 최소화하는 것을 연구자들이나 관리자들이 추구했기 때문에 임시방편적인 하천유역계획의 예를 제공한다고 할 수 있다.

영국에서는 종합적인 유역단위의 접근방식을 취하고 있다. Dove/Derwent 시스템은 Trent강에 유입되는 청정한 수질의 지류이며 음용수 취수와 배출수 처분을 위해서 사용된다. 이 지역에서 직면한 문제점은 인구증가율이 각기 다른 수요의 중심지와 이용가능한 공급/수요의 한계사이에서 고지대 공급, 하천취수, 그리고 지하수 공급 등의 할당에 대한 것이었다. 수처리와 펌핑 요금 등이 반영된 가변적인 에너지 비용은 음용수 공급 대안들의 비용을 변화시켜 문제를 더욱 복잡하게 하였다. 이러한 문제의 해결을 위해서 어떤 범위의 성장률을 가정하고 대안전략을 조사할 수 있는 자원수요모델(resource-demand model)이 자원을 할당하기 위해서 사용되었다. 이러한 접근방식의 사용으로 공급신뢰성과 최소비용의 범주사이의 균형을 이룰 수 있는 장기간 계획을 관리할 수 있었으며, 유역에서 필요로 하는 총 자원의 관점에서 개별 계획의 효과를 평가할 수 있었다.

#### 나. 유역간 물이동(McDonald와 Kay, 1988; Moore, 1989)

유역단위의 개발과 더불어 유역간의 물이동이 수자원의 부족으로 경제적 발전에 지장을 받는 지역에서 이루어지고 있다. 그리고 방대한 물량의 이동으로 인해 많은 환경적 영향이 유로변경지역에 대해서 제기되기도 했다. 인구증가에 따른 수요증가, 도시·농업·공업용수의 증가는 북미의 수자원문제를 악화시켰고, 일부지역에서는 수자원의 부족과 홍수, 토양침식, 배수 시스템과 오염관리를 위한 심각한 문제를 야기시켰다. 이러한 문제들을 기본적인 수준에서 체계적으로 다루지 않는다면 캐나다의 서부 및 북부의 성장을 위한 제한요인이 될 것이며, 미국의 서부와 남서

부의 사막지대가 확장되어 식량생산에 절대적인 타격을 입게 될 것이라는 물부족에 의한 경제적 성장의 타격에 대한 위기의식으로부터 북미와 소련의 유역간 물관리의 필요성이 제기되었다. 이러한 대단위의 프로젝트는 개발이 덜 된 극지로부터 물을 취수하여 인구가 밀집되고 상대적으로 건조한 대륙의 내부지역을 위한 관개와 수력발전에 사용하는 것이다. 소련의 Siberia강 유로변경은 Siberian 방식과 European 방식이 있으며 북극해의 환경문제가 제기되었다. 그리고 North American Water and Power Alliance (NAWAPA)는 국가간 물이동 계획으로서 기술적 문제 보다는 정치적·사회적 문제가 중요하게 작용하였다.

### 3.3 유역내·유역간 종합관리 방안

수자원관리는 인간의 필요를 보다 효과적으로 충족시키기 위해서 현재의 용수공급을 보다 잘 통제하고 확충시키기 위해서 수문학적 순환과정에 기술적 간섭을 하게된다. 유역에 대한 계획은 환경적·사회적 시스템의 내부적 관계를 고려해야 하는 대단히 광범위한 megasystem이며, 수자원관리는 이의 subsystem 사이의 boundary function과 관련된다.

#### 가. 유역관리에 대한 계획과 평가

유역관리계획은 과거의 경험으로부터 지속적인 학습이 필요하며, 유역관리를 위한 계획과정에는 다음과 같은 사항들이 포함된다(Brooks 등, 1991).

- ① 과거의 활동들에 대한 조사와 평가 및 문제점 정의
- ② 문제점의 중요 특성치들의 파악, 제약조건에 따른 목표의 설정
- ③ 주어진 제약조건에 따른 전략개발 및 대안들의 수립
- ④ 환경·사회·경제적인 영향을 포함한 대안의 영향에 대한 평가와 프로젝트 수행결과와 연관된 불확실성의 평가
- ⑤ 대안이 필요한 경우에는 대안 등에 대한 우선순위의 부여

대부분의 경우에 초기 단계에서 평가를 위한 정보가 제한되므로 여러 대안들에 대한 핵심적인 사항들을 간과하지 않기 위해서 프로젝트의 평가과정을 단계적으로 밟는 것은 상당히 중요하다. 효과적인 접근법은 많은 대안으로 시작해서 각 단계에 따라서 구조적으로 이를 줄여나가는 방법이다. 이렇게 함으로써 여러 가지 과거의 경험이나 학문적인 이론 등을 프로젝트의 마지막 단계에서 단순히 추가하는 것이 아니라 계획과 설계단계에서 통합적으로 반영할 수 있기 때문이다. 모든 평가에서 가장 기본적인 질문은 어떤 기준을 사용할 것인가 하는 것이며, 평가의 결과는 계획상황의 특성에 의해서 다른 방법으로 제시될 수도 있다. 일반적으로 대안의 우선순위를 제안할 수도 있으며, 다른 평가기준에 따른 복수의 결과를 제시할 수도 있다. 그러나 궁극적으로는 어떤 대안이 선택될 것인지 하는 것은 결론적으로 책임있는 의사결정권자의 몫이다.

#### 나. 종합적 유역관리를 위한 다목적

##### 사용관리(multiple use management)

지속적이고 종합적인 유역관리를 성취하기 위해 다목적 사용 관리(multiple use management)가 필요하다(Brooks 등, 1991). 다목적 사용관리의 목표는 현재와 미래의 사용에서 최대의 편익을 이룰 수 있는 조합으로 자연자원을 관리하는 것이다. 주어진 자연자원으로부터 편익을 최대화하는 것은 새로운 개념은 아니지만 제한되고 상호관련이 있는 자연자원의 경쟁이 증가됨에 따라 더욱 중요해지는 문제이다. 다목적 사용관리는 자원본위(resource-oriented)의 관리와 지역본위(area-oriented)의 관리라는 두 가지 형태가 있다. 자원본위의 다목적 관리는 대안적 사용을 의미하며, 이러한 관리는 한 자연자원의 관리가 다른 자원의 효용에 미치는 영향을 나타내는 내적 연관성을 알아야 한다. 지역본위의 관리는 주어진 지역에서 생산품의 혼합과 친밀성을 의미하며, 특정지역에서의 자원생산과 관련된 물리적·생물학적·경제적·사회적 요인들을 고려해야 한다. 이는 토지관리에 관한 정보를 배열·분석·평가할 수 있는 틀을 제공한다. 지역



본위의 다목적 사용은 자원본위의 다목적 사용으로부터 자원잠재력(resource potentials)을 기술하는 데 필요한 정보를 이끌어 내고 이를 지역적·국가적 수요의 동태와 연관시킨다. 지역본위의 관리는 토지관리를 다른 형태로 대체하려는 것은 아니며 그것을 보완하려는 것이다. 다목적 사용을 유역관리와 효과적으로 결합하기 위해서는 다음 사항이 필요하다.

- ① 구성중인 대안적 다목적 사용관리(alternative multiple use management) 시스템을 위한 자연자원 및 농업자원 생산품의 현지 산출량 측정
- ② 각 대안에 따른 편익과 비용에 대한 지식
- ③ 각 대안과 관련된 다른 지역(off-site)에 대한 영향의 분석: 외부효과(externalities)

일반적으로 외부효과는 한 부분의 이익과 다른 부분의 손실에 의해 만들어진 결정의 결과이며, 기술적(technical) 측면과 금전적(pecuniary) 측면의 두 가지로 고려될 수 있다. 기술적 외부효과는 생산함수(production functions)의 변화를 통해서 제 삼자에 영향을 미치지만 금전적 외부효과는 시장을 통해서 영향을 미치게 된다. 더욱이 기술적 외부효과는 시스템의 효율성이 관련되지만 금전적 외부효과는 수입의 분배에 영향을 미친다. 연속적인(serial) 기술적 외부효과는 한 방향의 연쇄반응을 촉발시키는 것이다. 이러한 예로 상류부의 토지이용으로 인한 물 사용은 하류부의 관개수 공급에 영향을 미치지만 하류부 사용자의 기술적 작용은 상류부에 영향을 미치지 않는 것을 들 수 있다. 상호간(reciprocal) 기술적 외부효과는 공간적, 시간적 결과와 상호작용의 복잡한 망상구조(web)로 나타난다. 인식할 수 있는 외부효과에 의해 특징지어지는 다목적 사용관리의 경제적 평가에 있어서 이러한 외부효과는 의사결정과정에서 통합하는 것이 필요하다.

이러한 정보로부터 의사결정권자들은 행동을 위한 최선의 경로를 선택하기 위해서 대안적 다목적 사용관리의 경제적 평가를 수행하여 특정한 목표를 성취하기 위해 고안된 관리시스템의 실행을 선택할 수 있어야 한다. 다목적 사용 개념을 추구함에 있어서 가장 큰 문제는 효율적인 제도적 틀을 구성하는 것이다. 실

제적인 다목적 사용관리는 현존하는 제도적 구조내에서 또는 경우에 따라서 유역관리목표를 성취하는데 있어서 효과적일 수 있도록 구조조정을 하여 수행되어야 한다. 자연자원을 관리하고 있는 정치적·사회적 조직의 평가는 제도적 개혁에 대한 필요성을 제기할 수도 있다. 그리고 유역관리시스템의 실행에 대한 비용을 누가 지불할 것인가의 문제도 상류의 물생산이 바뀔 때 따라 이익을 얻는 하류부의 역할이 비용분담(cost sharing)의 측면에서 확립되어야 한다.

#### 다. 유역간 관리

대규모 이동은 그들이 실행되기 전에 고려되어야 할 많은 어려움이 있으며, 사회경제적 요소가 지배적인 관심사인데 이는 기술적인 방법들로 쉽게 처리될 수만은 없는 것이기 때문이다(Moore, 1989). 기후조정과 같은 대안전략요소의 실행에 있어서 많은 어려움이 있지만 많은 나라에서 제도적 이슈를 극복하고 현재는 효율적인 물사용을 더욱 강조하고 있다. 다목적 자원시스템의 총체적 예측을 위해서 시스템 분석과 모의 모델링 기법을 사용하여 필요로 하는 수자원의 효율적 준비와 미래 수요수준을 예측하여 이러한 수요를 충족시키기 위해서 자원을 관리해야 한다. 그리고 대규모의 수자원 시스템에서 필요에 의해 물을 이동시키는 경우에 발생할 수 있는 다양한 역기능을 해소하기 위해서 판매세의 공유(Shared State Sales Taxes)로 인한 형평성, 지역적 물 협력, 물공급 개발에서 협력을 고무시킬 수 있는 방안 모색 등과 같은 사항을 고려해야 한다(Khanbilvardi, 1988; Strech, 1988). 수자원 계획의 실행에 있어서 가장 해결하기 어려운 것은 정치적 문제이며, 국가간 또는 국내의 지자체간의 협력이 효율적인 수자원 개발과 보존 사업에 절실히 필요하다.

### 4. 미래의 수자원 관리정책

#### 4.1 수자원 관리정책의 현황 및 문제점

현재 수자원과 관련된 법은 다양하며 여러 부처에서 관장하고 있으나 범시행의 실효성과 범령 상호간

의 연계성을 위한 종합적 조정·통제기구에 대한 법적·제도적 장치의 부재로 인하여 각 부처간의 업무가 중복 또는 상충되는 등 체계적이고 종합적인 업무추진이 이루어지지 않고 있다. 따라서 유기체과 같은 하천을 각종 법규와 체제에 의해 분할·관리하는 데 따른 문제점을 해결하기 위해서는 관련 업무의 일원화 또는 유기적인 연계 등이 필요하며, 이수·치수 및 환경은 상호 보완적 혹은 배타적인 기능으로 작용할 수 있으므로 어느 한 기능에 치우치지 않는 관리가 바람직할 것이다. 그리고 수자원 분석과 설계 및 관리를 위한 기본적 자료를 제공하게 되는 수문조사의 경우 인식부족으로 인하여 투자와 전담조직의 활용이 이루어지지 않고 있으며, 기상관측의 수준도 홍수예경보나 수문예측에 이용되어 상당한 정도의 정확성을 나타내기에는 아직도 미흡한 점이 많다. 그리고 관측장비나 전문인력, 관측지점 위치선정 등에 대한 투자나 고려가 필요하며, 수위-유량 관계곡선의 정확한 산정을 위하여 계속적인 유량측정 성과를 수집하여 체계적으로 정리해야 할 것이다.

연안역은 해안선을 중심으로 생태적으로 상호 밀접한 관계를 형성하고 있으며, 보전가치가 있는 환경자원이 많은 지역으로서 야생동식물의 서식지, 많은 어류의 산란지, 다양한 생물유전자의 보고, 다양한 미생물에 의해 육상에서 유입되어 온 오염물질들이 정화되는 장소로서 생태적으로 매우 중요한 기능을 수행하고 있을 뿐만 아니라 보전가치가 높은 해안공원이나 아름다운 자연경관이 많다. 그러나 해안매립을 통해 식량증산을 위한 농토확장과 산업기지건설을 위한 용지확보, 산업화 및 국제화에 따라 과거부터 수출입 물량의 원활한 수송을 위해 대규모 생산시설들을 가급적 해안에 배치하는 등 연안역이 갖는 경제적 효용가치 때문에 정부부처 각기관이나 민간기업들이 개별 목적을 위해 경쟁적으로 각종 개발사업을 추진해 온 결과 환경의 오염 및 파괴, 그리고 자원배분의 왜곡 등 그 부작용이 우려되고 있다. 연안역에서의 부작용이 가시화됨에 따라 유엔환경개발회의(UN Conference on Environment and Development: UNCED)는 그 부작용 완화를 위해 연안역에 대한 통

합관리의 필요성을 인식하고 연안역에 대한 통합관리 프로그램을 개발하도록 권고하고 있다(Carroll-Foster, 1992). 연안역 통합관리는 1970년대 미국에서 시작하여 1980년대부터 여러나라로 확산되어 가고 있음에도 불구하고 아직도 많은 나라에서 적절한 통합조정메카니즘이 마련되어 있지 않다. 현재 우리나라에서 연안역에 관한 법들은 연안역을 육역과 해역으로 간주하여 규율하는 경우와 해안선을 중심으로 규율하는 세 가지 유형으로 대별되며(권문상, 1996), 각 부처들이 연안역내 경제활동과 환경보호를 규율할 수 있는 40 여개의 개별법을 통해 각자의 한정된 목표를 단편적으로 추구하고 있다. 그러나 환경적 측면에서 연안역 내에서 육역이용과 해역이용은 상호밀접한 관계가 있어 종합관리가 필요함에도 불구하고 이를 위한 제도적 메카니즘이 마련되어 있지 않다. 따라서 향후 지속가능한 개발이 이루어질 수 있도록 연안역의 생태적 속성을 감안하면서 연안역에서의 개발과 환경을 통합하여 관리하는 것은 매우 중요한 문제이다.

## 4.2 미래의 수자원 관리정책

### 가. 정보공유시스템

수자원 전문성 확보와 유관기관과의 상호운영체제 및 시간에 따라 변화되는 사항에 대한 정보제공을 위해 컴퓨터 통신기술을 이용한 수자원의 종합관리에 대한 관심이 고조되고 있다. 수문자료의 시공간적인 특성은 막대한 저장능력을 요구하므로 종합적인 수자원 관리를 위한 DB(Database)의 구축은 우선적으로 수행되어야 할 것이며, 다중매체에 대한 중요성이 증대되고 있는 현시점에서 실시간 수자원 운영을 위해서 On-line Network를 통한 자료의 자동취득이 가능한 시스템의 구성이 추진되어야 할 것이다.

국내에서 개발된 DB 시스템으로는 HISS(Hydrologic Information Support System)와 PC-HISS, HYENDAS(Hydrologic and Environmental Data Support System), 하천공간 DB, 물정보 시스템(Water Information Systems in Korea, KOWIS) 등이 있으며, 이러한 시스템의 개선점으로

는 실시간자료 처리기능, 지리정보시스템(GIS)이용, 편리한 사용자 운영환경의 개발 등을 들 수 있다. 외국에서는 DB 시스템을 On-line의 실시간 자료취득이 가능하도록 구축하고 있으며 GIS를 수자원 관리에 적극 활용하고 있는 추세이다.

#### 나. 수자원 종합관리정책

최근 수자원에 대한 국가적 중요도는 기본적인 경제개발의 측면에서 광범위하게 사회적·환경적 요인을 고려하는 종합적인 수자원 개발계획의 측면으로 전환되었다. 용수수요의 증가, 수자원 관련기술의 향상, 수질오염의 확산, 주민들의 수자원에 대한 요구증대 등의 변화는 수자원개발의 계획과정에서 추가적인 대안을 고려할 필요가 있음을 시사한다.

총체적 수자원 관리 계획 (Total Water Management Plan)은 물의 수요관리, 수자원의 활용기술, 기술향상의 관리, 관련체계의 제한조건, 관리기술 등의 분야로 구성되며, 중요한 기본개념은 수자원관리와 토지이용계획의 통합, 관련 구조물의 계획과 통제, 기존 체계(또는 체제)·제도적·법적 요구사항의 점검·평가, 하천유역내의 수질·수량을 점검하는 대안의 제시, 하천수계에 대한 효율적인 운영과 관리의 유도로 구분된다(이길성 등, 1991).

##### (1) 법적·제도적·정치적인 고려사항

종합적 수자원 관리계획을 수립하는 연구는 계획의 형태에 적합한 법적·제도적 골격에 대한 조항을 반드시 포함해야 하며 국가기관, 지역 또는 개인 개발·관리단체의 역할과 목표의 설정, 법적제한에 있어서의 차이규명, 목표달성을 위한 공정을 개발해야 한다. 하천관리가 다원화되어 있는 상황에서 하천의 종합적인 관리를 위한 전담부서의 설치 또는 하천관리 위원회의 적극적 활동 그리고 하천환경 감시체제 보강이 필요하며, 하천의 수계별 관리를 추진하여 종합적·효율적 관리로 방향전환하고, 수계단위 관리기구의 효율적인 구성과 하천환경관리에 관련된 소관부처의 연계관리가 필요하다.

물공급의 부족이 존재하는 상태에서 배출유량은 여

러 가지 용도로 사용할 수 있는 잠재적 자원이 되고 있다. 이러한 재생에 대한 자극은 오염물의 배출을 제거하기 위한 시도로서 보다 강력한 오염통제 필요성에 의해 강화되어 왔으며, 배출수 재사용의 잠재적 이익은 현존하는 물공급의 유효성 확대와 환경보호의 증진 두 가지를 포함한다. 가장 유명한 예중 하나로서 California 물 재생법을 들 수 있는데 이는 사람들이 배출수 재생에 기본적인 관심을 갖도록 하고 있다(ASCE, 1979). 재사용의 이점과 대중정책의 선호에도 불구하고 재사용의 결과 모두가 긍정적이지만은 않기 때문에 제 삼자에 대한 역기능적 영향을 고려하기 위해서 중요한 메커니즘이 수법으로 구성되어야 한다. 재사용 운용에 부과될 수 있는 제약조건들은 여러 가지 요소에 의존하게 되며, 가장 중요한 것중 하나는 재사용될 물의 근원이다. 이러한 관점에서 기본적인 의문은 그 물이 배출수가 다시 그 수체로 방류되는 곳으로부터 근원적으로 취수되었는지 아니면 연결되지 않은 수원으로부터 물이 이동되었는가 하는 것이다. 또 다른 기본적인 고려사항으로는 최초의 사용으로부터 연속적인 적용을 하는지 아니면 한 활동후의 배출수를 2차적 활동을 위해 사용하는지, 그리고 물사용 장소가 바뀌는지 등을 파악하는 것이다. 따라서 이러한 여러 상황을 고려하여 배출수의 재사용에 대한 법적 사항을 수법의 체계에 포함시켜야 할 것이다.

##### (2) 사회적 고려사항

주민참가계획, 위원회의 역할 등을 확립하고, 사업 지역 외곽에 대한 사업영향 평가, 인구이동과 개발경향을 조정하기 위한 사업자원의 활용, 물의 사용(공급에서 처분까지의 과정)에 관한 광역적 관리에 대해서 고려해야 한다.

##### (3) 환경적인 고려사항

수자원 개발사업이 환경에 미칠 수 있는 다양한 영향을 사전에 파악하여 악영향을 최소화할 수 있도록 하기위해서 환경적 설계과정의 도입이 필요하다. 그리고 하천과 호소의 수질오염대책으로서 공장·사업

소 등으로부터의 배수규제와 하수도의 정비 등 하천으로의 유입이전의 대책(source control)이 가장 필요하다. 또한 하천내의 수질정화를 통해 과거의 수준으로 회복시키기 위하여 오니의 준설, 유향의 개선(정화용수의 도입 등), 오염부하의 삭감 등의 사업과 취수규제를 실시해야 한다. 또한 수문/수질 측정망의 최적설계 기법의 도입으로 수자원 관리의 효율성을 기할 수 있도록 국내에서의 수질 및 수량측정 시스템의 설치시 이러한 방법에 대한 보완연구를 통한 적용을 실시할 필요가 있다.

#### (4) 토지이용에 관한 고려사항

전체적인 국토의 토지이용과 관련해서 하천공간을 관리하는 것이 필요하며, 이는 대부분 여러 가지 계획의 복합적 실행에 의하여 이루어지므로 이들 계획간의 조화를 고려해야 한다. 하천에서의 공간이용계획은 기회비용(opportunity cost)을 고려할 때 하천공간 고유의 성질, 즉 수변공간으로서 친수성과 이에 따른 휴식공간의 제공 등, 하천부지 이외의 구역에서는 구성할 수 없는 목적에 사용되는 것이 가장 바람직하다. 또한 이러한 목적을 치수 및 이수에 관한 하천 본래의 목적을 조화시키고 본래의 친수공간과 하천경관에 대한 이해를 넓히는 것이 중요하다.

#### (5) 연안역 관리방안

연안 도시지역에 대한 하·폐수 및 우수 관리와 보호전략은 종합적인 연안역 관리 시스템 내에서 발전 실행되어야 한다(Committee on Wastewater Management for Coastal Urban Areas 등, 1993).

- ① 수질과 유사질(sediment quality) 기준은 지역과 위치에 따른 위험성, 불확실성 그리고 다양성을 고려해서 수립해야 한다.
- ② 수질과 유사질은 오염 제어 시스템을 설계함에 있어서 적절한 모델을 이용해야 한다.
- ③ 모든 오염원은 지역적인 전략의 개발에 반영해야 한다.
- ④ 정책은 수질·대기, 그리고 토양에 대해 환경적인 영향을 종합적으로 고려해야 한다.

- ⑤ 관리 조건들은 사회적인 목표, 민간단체의 참여, 효율적인 비용, 위험성, 제어 비용에 비례한 이윤 등을 반영해야 한다.
- ⑥ 관리 행위는 운영시스템, 새로운 연구 결과, 새로운 기술, 목적 수정 등의 영향을 모니터링함에 있어서 유연성있게 대처하면서 점진적으로 실행되어야 한다.

연안역에서의 개발과 환경조정을 위한 통합관리체제를 구축하기 위하여 다음과 같은 내용이 포함된 통합관리법을 만들어 연안역의 특수성을 감안한 개발과 환경간의 조화를 위해 가장 효과적이고 종합적인 대책을 추구해야 할 것이다(이승호, 1997).

- ① 연안역의 환경용량(carrying capacity) 내에서의 지속가능한 개발이 이루어질 수 있도록 정책 목표를 설정해야 한다.
- ② 국가와 지방자치단체의 역할을 적절하게 설정해야 한다.
- ③ 현재상태 및 변화추세에 관한 정보를 획득하기 위해서 종합적인 모니터링 체제 구축이 필요하며, 환경의 오염 및 파괴 상태 뿐만 아니라 연안자원의 부존과 이용 실태 및 경제개발 패턴까지도 동시에 조사되고 분석되어야 한다.
- ④ 지속가능한 연안역 관리계획을 위해 연안역 및 연안자원이 지나치게 파괴되거나 오염되는 것을 가급적 미리 방지하기 위한 환경친화적 토지이용과 환경용량관리 등의 사전예방 프로그램과 연안자원의 보전 및 복원 프로그램이 필요하다.
- ⑤ 기존의 환경영향평가 제도는 이미 확정된 개별 사업에만 적용되므로, 연안역 관리를 위해 각종 개발계획의 환경적합성을 평가하는 제도를 도입할 수 있는 방안이 필요하다.
- ⑥ 연안역 관리기관 설정과 조정기구의 구성, 재원 조달, 시민참여 방안 등이 필요하다.

종합적 연안역 관리를 위해서 위의 사항들을 고려하여 수역과 육역의 통합관리, 환경보전과 개발간의 통합관리, 국가와 지자체간 및 관련 중앙부처간 통합 조정 메카니즘이 확보될 수 있는 방향으로 체제가 구축되어야 할 것이다. 종합적인 연안역 관리를 시행함

에 있어서 부작용을 고려하고, 여러 가지 영향과 기여의 중요성을 평가해야 한다. 종합적인 연안역 관리과정을 실행함에 있어서 복잡성이 있으므로 통합된 기

준을 반영할 수 있도록 유연성이 있어야 하며, 과학적이고 기술적인 정보가 의사결정에 효율적으로 적용되어야 한다. ●

〈참고 문헌〉

권문상 (1996). "우리 나라 연안역 관리 법제도에 관한 소고." 토지연구, 한국토지공사, 제7권, 제2호, pp. 6-26.

이길성 (1996a). "수자원 계획과 시스템 분석." 서울공대, pp. 24-28.

이길성 (1996b). "홍수의 원인과 관리방안." 국토정보, pp. 22-33.

이길성, 조홍연, 이범희 (1991). 하천환경 관리기법의 비교연구. 서울대학교 토목공학과 수공학연구소.

이송호 (1997). "환경친화적 관점에서 본 연안역 관리체제의 정비방안." <http://nanet.go.kr/nal/3/3-1-1/leg96085.htm>.

ASCE (1979). *Conservation and Utilization of Water and Energy Resources*. ASCE.

Boon, P.J., Calow, P., and Petts, G.E. (eds.) (1992). *River Conservation and Management*. John Wiley & Sons.

Brooks, K.N., Ffolliott, P.F., Gregersen, H.M., and Thames, J.L. (1991). *Hydrology and the Management of Watersheds*. Iowa State University Press.

Carroll-Foster, T. (ed.) (1992). *Agenda 21*. International Development Research Centre.

Chapman, D. (ed.) (1992). *Water Quality Assessments*. Chapman & Hall.

Committee on Wastewater Management for Coastal Urban Areas. Water Science and Technology Board, Commission on Engineering and Technical Systems, National Research Council (1993). *Managing Wastewater in Coastal Urban Areas*. National Academy Press.

Fontane, D.G., and Frevert, D.K. (1995). "Water Management under Drought Conditions: Overview of Practices." *J. of Irrigation and Drainage Engineering*, ASCE, Vol. 121, No. 2, pp. 199-206.

Gore, J.A. (ed.) (1985). *The Restoration of Rivers and Streams*. Butterworth Publishers.

Khanvilbardi, R.M. (ed.) (1988). *Infrastructure and Marketing in Water Resources*. ASCE.

Mays, L.W., and Tung, Y.K. (1992). *Hydrosystems Engineering and Management*. McGraw-Hill.

McDonald A.T., and Kay, D. (1988). *Water Resources Issues & Strategies*. Longman Scientific & Technical.

Moore, J.W. (1989). *Balancing the Needs of Water Use with 39 Illustrations*. Springer-Verlag.

Rossi, G., Harmancioglu, N., and Yevjevich, V. (eds.) (1994). *Coping with Floods*. Kluwer Academic Publishers.

Strech, M. (ed.) (1988). *Critical Water Issues and Computer Applications*. ASCE.

Whipple Jr., W. (1994). *New Perspectives in Water Supply*. Lewis Publishers.

Willhite, D.A. (ed.) (1993). *Drought Assessment, Management, and Planning: Theory and Case Studies*. Kluwer Academic Publishers.