바람직한 유역 물관리 시스템 구축방향

최 영 송 (한국수자원공사 수자원연구소 소장)
고 익 환 (한국수자원공사 수자원연구소 연구원)

1. 서 언

이 시대의 유역 수자원의 개발 계획과 관리에 있어 핵심이 되는 두가지 성분을 든다면 지속가능성(sustainability)과 통합성(integration)을 꼽을 수 있다. 하천유역이란 지형적, 환경생태학적으로 동질성을 갖는 자연적인 단위(unit)로서 수자원 관리자와 기술자들에게 "지속가능하고, 통합된 수자원 관리"의 원칙을 적용해 볼 수 있는 매우 중요한 대상이다. 그러나 하천유역을 관리하는 일이란 결코 쉽지 않은 정치적, 기술적 도전을 의미하기도 한다. 여기에서 '정치적 도전' 이란 우선 행정구역의 구분이 유역이나 소유역 경계와 일치하지 않는 데서 비롯되며, 더 나아가 한 유역 안에서 다원화된 물관리 기관간의 유기적인 공조체제 유지를 통한 수자원 운영의 국가적 목표구현, 부족한 수자원 배분을 둘러싼 유역내 하천 상·하류간 혹은 유역간 물 분쟁 해결 등 매우 복잡 다단한 문제를 포함한다. 여기서 '기술적 도전' 이라 함은 공학적인 기법을 적용하여 여러가지 수자원 시설물이 들어선 복잡한 유역안에서 필요한 량과 질의 물을 필요한 시간과 장소에 배분해 줄 수 있도록 유역 수자원 시스템을 계획, 설계 및 운영하기 위한 Tool의 개발 등 과학기술적 측면에서 실제적인 물 문제 해결의 필요성을 의미한다.

이러한 정치적, 기술적 도전에 대처하여 물자원의 시대적 요구에 부응하려면 그림 1에 요약된 의사결정 변수에 따른 기준을 충족시킬 수 있도록 유역 수자원을 종합적으로 운영하기 위한 보다 적극적인 관리기법의 도입이 요구된다. 또한 이와 관련한 수자원 경제학, 정치학, 사회학, 법학, 수리학, 수문학, 하천공학, 수자원 공학, 환경공학, 생태학 등 각 분야별 방대한 전문지식의 뒷받침이 필요하다.

2. 통합된 유역 물관리 시스템

인간 생활의 질적 향상과 맑은 물에 대한 욕구증대가 날로 높아가고 있으나, 인구의 증가, 산업화에 따른 역기능으로 지역에 따라 극심한 수자원의 고갈과 수질오염 문제를 야기시키고 있다.

"수자원 관리" 란 자연적, 인공적 수자원 시스템을 구조적 혹은 비구조적으로 적용하여 이러한 복잡한 물 문제를 해결하기 위한 것으로 수많은 대안들로부

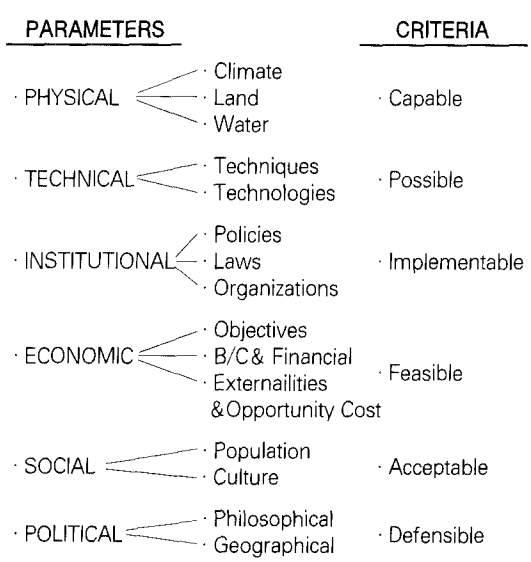

그림 1 유역수자원 관리를 위한 의사결정 기준

터 가장 적절한 방안을 찾아내기 위하여 다목적 의사결정분석(MODA : Multi-objective Decision Analysis) 이나 Tradeoff 분석기법을 활용하기도 한다.

또한 유역단위의 기술적으로 통합된 물관리시스템을 구축하려면 전술한 분야별 전문지식과 유역내 지형적 위치, 물 관련 기관간의 정치적 입장, 수문/생태학적 Framework 및 적용되는 물 이용의 용도별, 기능별 관점 등에 대한 다각적인 고려가 필요하다.

수자원 사업은 추진 단계에 따라 유역조사, 타당성 조사를 포함한 수자원 시설물의 신규개발을 위한 계획과 운영단계에서 중·장기 운영계획 수립과 단기간의 실시간 운영 등으로 이어지며, 필요한 시기에 유역내 기존 수자원 시설물의 용량 및 운영율에 대한 재평가를 실시하게 된다.

근래의 수자원 개발환경은 대용량 댐 개발적지의 감소, 수몰지 보상비의 증가, 지역 이기주의를 바탕으로 한 "NIMBY"(Not In My Backyard) 현상 등으로 인하여 매우 척박한 실정이다. 그러나 수자원의 계절적 편기성이 심한 우리나라의 경우 지표수에 의한 저류용 댐개발이 요구된다. 이러한 신규댐 건설은 유역내의 기존댐 저수지군 운영을 비롯한 전반적인 유역현황을 고려하여 유역물관리 시스템의 일부분으로 개발계획이 수립되어야 하며, 유역 내외의 용수 수요지를 고려한 광역 물 배분 계획과 연계해서 적극적으로 추진되어야 할 것이다. 또한 지역적으로 부족한 용수를 충당하는 대안으로 지표수와 지하수의 공동이용(conjunctive use)에 대한 연구개발도 신중하게, 지속적으로 추진되어야 할 것이다.

저류용댐 건설과 더불어 유역단위의 기존댐군의 최적 운영방안에 관한 검토 또한 매우 중요하다. 70년대부터 개발하기 시작한 수계별 다목적댐을 포함한 저류용댐들은 개발당시의 물관리 환경을 반영하였지만 그 운영목표는 가장 최근의 수자원 환경에 의해 지배되므로 미래 지향적인 운영방안 수립이 요구된다. 따라서 보다 현실적인 물관리를 통하여 유역 물자원 이용 편익을 극대화하려면 현재 개발중인 댐을 포함이·치수목적, 수질환경 및 경제성을 고려한 저수지 능력에 대한 재평가를 통한 비구조적인 수자원 운영 효율 증진이 필요하며, 유역내에 국지적 용수 수요 부족분에 대한 해결 대안으로서 중·소규모 단일목적 기존댐의 구조적 재개발도 고려하여야 한다.

한정된 수자원의 최대한 활용을 위한 유역내 저류용 저수지군의 운영은 추계학적 특성이 강한 유입량과 저류수의 시간변동에 따른 동적 최적 배분에 관한 것으로 수계내 저수지군 시스템간의 유입량-저수량-방류량의 관계를 해석하는 문제로서 저수지군 연계운영을 통한 유역용수공급 및 하천환경의 유지, 수력에너지 생산 등 유역 물자원 이용의 극대화를 도모하면서 자연생태계를 보존하고, 홍수피해의 최소화를 추구하며 모의운영 이나 최적화기법 혹은 이들 방법을 조합한 시스템공학적 접근방법을 요한다.

일례로 미국 연방정부 물관리기관 중 하나인 미 육군 공병단(U.S. Army Corps of Engineers)은 지난 30여년간 개발, 적용해온 표 1의 HEC Series 모의운영 모형들을 Tool로 하여 그림 2와 같이 하천 유역을 종합적으로 관리하는 방법론을 제시한 바 있다. 최근 미 공병단의 수문공학 연구소(HEC)는 이들 컴퓨터 프로그램의 수정 보완을 종료하면서 차세대 Software 개발 전략을 설정해 놓고 추진 중에 있다.

3. 지속 가능한 유역 물관리 시스템

92년 Rio 지구환경협약에 따라 하천과 저수지의 생태계 환경보전의 필요성이 높아짐에 따라 지금까지의 기술적, 경제적으로 타당한 수자원 개발에 추가하여 지속가능한 개발이 큰 비중을 차지하게 되었다.

Woodmansee(1992)는 "지속가능한 개발"의 여섯가지 요인으로 물리적/생물학적 특성, 기후와 물, 에너지, 경제적 변동성, 문화적 변화, 정치적 변동성 등을 들었다. 수자원관리는 이중 "물"과 직결되며 크게 양적관리와 질적관리로 나누어 접근 가능하다. 유역 수자원 관리문제에서 수량 관리 모형은 용수 공급, 수력발전, 홍수조절 등과 같이 저수지 시스템에 주어진 운영 목표들을 달성하는데 필요한 의사결정지원 정보를 제공하며, 수질 관리모형은 환경 관련 수질 농도의

표 1. HEC Water Resources Computer Programs

HEC-1	Flood Hydrograph Package	Jan. 1990 (Ver. 4.0)	Precipitation - Runoff Simulation
HEC-2	Water Surface Profiles	May. 1991 (Ver. 4.6)	For Steay, Gradually Varied Flow
HEC-3	Reservoir System Analysis for Conservation	July. 1973	Monthly Operation for Conservation only
HEC-4	Monthly Streamflow Simulation	Jan. 1971 (Ver. 7.2)	Synthetic Streamflow Generation
HEC-5	Simulation for Flood Control & Conservation Systems	Mar. 1991 (Ver. 7.2)	Variable Time Intervals D/S Flood Routing
HEC-6	Scour & Deposition in River & Reservoirs	Oct 1993 (Ver. 4.1)	One-dimensioal
WQRRS	Water Quality for River-Reservoir Systems	Feb. 1985	Water Quality Control

시 · 공간적 분포에 대한 정보를 제공하게 된다. 이들 수량 및 수질 관리 모형은 필요에 따라 함께 통합시켜 서 이용할수도 있고, 수량 관리 모형의 출력 결과를 수질 관리 모형의 입력 자료로 또는 그와 반대로 하는 순차적인 방법으로 이용가능하다.

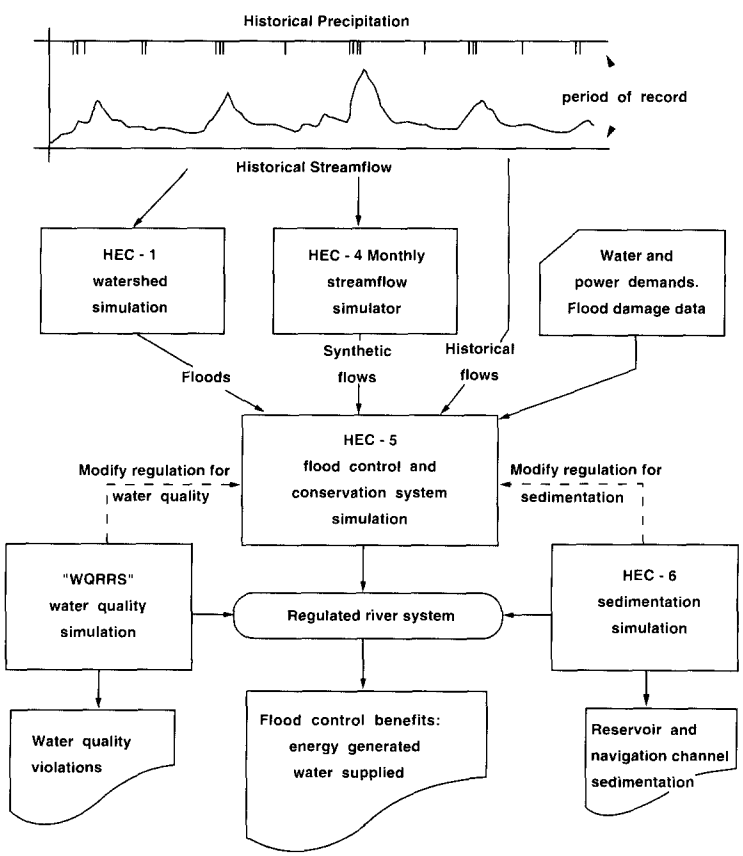

그림 2. Comprehensive River Basin Water Management

바람직한 유역 물관리를 위해서는 기술적으로 수량과 수질을 동시에 관리해 나갈 필요가 있다.

Dworsky와 Allee(1977)는 이러한 수량과 수질을 통합관리하기 위한 기술적 핵심 요소로서

1) 설정된 세부 목적들을 충족시키기 위한 하천 유량 조절과 하 · 폐수저리의 최적 조합 운용 방법;

2) 수량 및 수질과 관련된 불확실성을 규명할 수 있는 방법;

3) 용도별 물 사용자들간의 경합으로 이미 복잡해진 물문제에 수질 문제를 포함시키는 방법;

4) 수량과 수질 목적들을 포함시킨 유역 물관리 전략을 분석, 비교하는 방법들을 지적하였다.

지속가능한 유역 관리 개념으

로 하천 수질 관리는 보통 두가지 방법으로 접근할 수 있다. 첫번째는 유역내에 수량과 수질을 동시에 고려한 수자원 시스템의 운영을 통하여 각종 오염행위에 의한 기준 지점에서의 하천 유지 능력을 유지 혹은 향상시키는 방안을 결정하는 것이며, 두번째는 수자원 이용 목적에 적합한 수질기준을 만족시킬 수 있도록 점오염원 과 비점오염원의 부하량을 조절하는 방안을 찾게 된다. 이중 첫번째 방법은 유역 저수지군 운영의 목함수나 제약조건에 수질항목을 포함시켜 저수지와 하천을 연계한 수자원 시스템의 운영방안으로서 댐하류 하천구간의 오염된 물을 수량에 의해 희석할 수 있다는 비논리적 사고에서가 아닌 최적연계운영 기술의 시스템적 구축이라는 측면에서 반드시 필요하다. 현재 및 장래조건에서의 이러한 분석결과를 두 번째 방법인 유역내 WLA(Waste Load Allocation)제어 계획설정에 필요한 정보의 제공도 가능하다.

4. 유역 물관리 시스템 구축 방향

Viessman(1990)은 "물관리는 제도적인 딜레마에 대처해야하는 '도전'과 우리의 삶의 질에 명백하게 영향을 미치는 '기회'를 함께 제공한다. 만일 이 도전에 제대로 부응치 못할 경우 물과 관련된 '위기'를 맞게 되는 횟수와 강도 또한 가속적으로 증폭될 것 임"을 역설한 바 있다. 머지않은 21세기에 수자원의 위기를 슬기롭게 극복하고 우리 후손들에게 쾌적한 수자원 환경을 물려주기 위하여 '지속가능성'과 '통합성'에 바탕을 둔 유역단위의 수자원 및 환경시스템의 과학적인 관리체제 확립과 유역저수지군의 최적연계운영 체제의 구축을 위한 집중적이고, 지속적인 노력을 기울여 나가야 할 것이다.

가끔 유역물관리의 통합적 시스템 구축이 잘못 이해되어 단순히 량과 질의 통합적 관리 또는 량과 질의 관리조직의 일원화 등으로 변질되어 주장되는 등 일반 상식적 논리로 비전문가들의 호응을 얻기도 했으나 이는 기술적 측면에서 볼 때 크나큰 오류로써 통합된 유역 물관리 시스템 구축은 기술적 요소의 통합을 의미하는 것이지 관리기관의 통합을 전제로 하는 것이 아님을 명백히 이해되어야 할 것이다.

〈참 고 문헌 〉

이 환기, 황 병철, 박 정기, 1994, "낙동강 수계 다목적댐 운영실태와 개선 방안", 제 14회 댐 기술 심포지엄, 한국 대댐회.

Dworsky, L.B. and Allee, D.J., 1977, "The Integration of Water Quantity and Water Quality Management", Draft Notes on Policies to Encourage Discussion and Debate, Cornell University, Ithaca, New York.

Feldman, A.D.,1981, "HEC Models for Water Resources System Simulation: Theory and Experience", Advances in Hydroscience, Edited by Ven Te Chow, Vol. 12.

Grigg, N.S., 1997, "Water Management - Principle and Cases", McGraw Hill, New York, N.Y.

Ko, I.H., 1997, "Integrated River Basin Operational Planning Considering Water Quantity and Water Quality", Ph.D. Dissertation, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.

The Hydrologic Engineering Center, 1993, "The NexGen Software Development Project", TP-138, Davis, California.

Woodmansee, R.G., 1992, "Ecosystem Sustainability", Unpublished Working Paper, Coloradon State University, Fort Collins, Colorado.

Viesmann, W., 1990, "Water Management : Challenge and Opportunity", Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, Vol. 116, No. 2, pp. 155 - 169.