

기후변화에 대비한 유역 물관리 적응기술



고 익 환 |

한국수자원공사
수자원연구소 소장
ihko@kwater.or.kr



황 필 선 |

한국수자원공사
물관리센터 실장
jesus@kwater.or.kr



염 경택 |

한국수자원공사
담·유역관리처 처장
yumkt@kwater.or.kr



안 창진 |

한국수자원공사
수자원사업본부장
cjahn@kwater.or.kr

1. 21세기 물관리의 도전

몇 년 전에 영국의 주요 일간지인 가디언지가 미국방부의 비밀보고서를 인용, "Now the Pentagon tells Bush: Climate change will

destroy us"란 제목으로 기후변화의 심각성을 경고하는 기사를 보도하면서 지구촌을 발칵 뒤집어 놓은 적이 있다. 앞으로 20년 안에 도래할 급작스러운 기후변화로 인하여 전 세계가 대가뭄과 기근, 물부족에 시달리게 됨에 따라 식량과 식수, 에너지를 확보하기 위한 폭동과 전쟁이 곳곳에서 벌어져 지구촌이 무정부 상태에 빠질 것이라는 이 펜타곤 리포트가 전망한 것처럼 가까운 장래에 기후변화로 인한 전지구적 재앙이 닥칠 지에 대해서 명쾌하게 확인할 수 없으나 지구상의 기후변화는 현재 진행 중에 있고, 이는 관측된 수치로 확인되고 있다. 특히 기후변화가 수자원에 미치는 영향은 강우와 온도 등 다른 기상 인자들에 미치는 영향에 비하여 훨씬 클 수 있음이 확인되고 있다.

이렇듯 21세기의 지구온난화와 기후변화와 맞물려서 갈수록 더욱 강도 높게 빈번해 지고 있는 가뭄과 홍수, 태풍으로 인한 혹독한 피해와 손실로 인하여 물 안보(Water Security)가 곧 국가 위기관리 차원의 주요 이슈로 등장하게 되었다. 좁은 국토 안에서 많은 인구가 요구하는 적지 않은 물 수요로 압박 받고 있는 우리나라의 경우 이 엄청난 도전이 지속가능한 국가경영과 민생에 미칠 파장은 다른 어느 나라들 보다 더욱 심각해질 수 있다.

UN을 비롯한 국제기구들과 수자원 전문가들은 이를 극복하는 가장 중요한 방안으로 '통합수자원 관리'와 '기후변화 적응전략 수립'을 천명하게 됨

에 따라 나라마다 유역단위의 개방되고 투명한 '통합수자원관리' 기반 조성을 통한 국가 물관리 능력 배양을 서두르고 있다(고익환 등; 2002, 2004).

2. 유역통합 물관리 기반 구축 현황

우리나라는 한해에 사용하는 수자원 총량 약 337억m³ 중 90%를 하천과 댐에 의한 지표수 공급에 전적으로 의존하고 있고, 홍수기를 제외한 대부분의 기간 동안 한강을 비롯한 주요하천의 수량과 하천의 자정능력은 유역 중상류에 위치한 대용량 다목적댐 저수지군의 공급량에 의해 조절되고 있다. 따라서 보다 효율적인 수자원관리를 통하여 가뭄과 홍수재난으로부터 지역 주민들을 보호하려면 다목적댐 저수지군 운영과 하천을 연계한 유역 혹은 범유역 단위의 과학적인 하천운영시스템의 구축이 필수적이다.

K-water연구원은 수량과 수질을 동시에 고려한 유역 단위의 통합수자원관리기술 구현을 목표로 '수자원의 지속적 확보'를 위한 프론티어 국책연구사업의 1단계(2001~2004) 연구를 통하여 유역유출 해석모형을 비롯한 저수지군 모의 및 최적화 모형, 하천 및 저수지 수질예측 모형으로 구성된 데이터베이스 중심의 모듈화 된 해석 시스템인 '실시간 유역 물관리 운영시스템(Integrated Real-time

basin Water Management System, IRWMS)'을 산학연 공동연구를 통하여 개발하였다. 이를 기반으로 2단계(2004~2007) 과업에서는 1단계에서 개발된 요소 기술들의 금강과 낙동강 유역 현장 시험적용을 통한 검보정 작업과 병행해서 지리정보시스템(GIS)과 실시간 저수지 탁수 감시 및 예측 시스템(RTMMS)이 보강된 'GIS기반 실시간 유역물관리 의사결정지원시스템'으로 확장하였다 (그림 1, 그림 2).

3단계 과업기간 (2007.4 - 2011.3월) 동안 그동안 개발해 온 수량과 수질을 해석하는 다양한 기술과 시스템의 현장 적용과 검증을 통한 범용화와 상용화를 통하여 R&BD (Research and Business Development) 수준의 기술로 완성도를 높여 나가게 되면 이수 및 수질환경생태를 고려한 댐-하천 연계 유역수자원관리 역량을 선진국 물관리 기관들(미국 개척국 테네시유역관리청, 호주 eWATER CRC) 기술 수준대비 85%이상 향상시키게 된다(고익환 등; 2007, 2008).

3. 국제 수자원 협력사업에의 활용

개발된 물관리 기술들은 아시아개발은행(ADB) 주도로 아시아 지역 개발도상국 물관리기관들의 통합수자원관리 능력 배양을 위한 목적으로 결성된

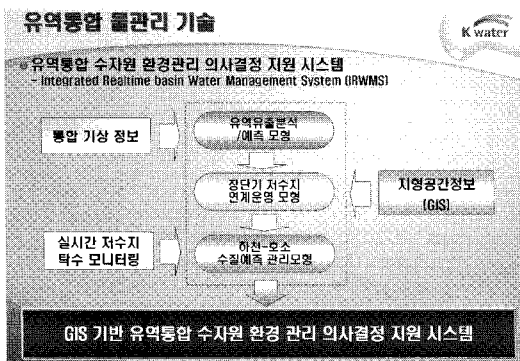


그림 1. 유역통합 물관리 의사결정지원시스템(IRWMS)

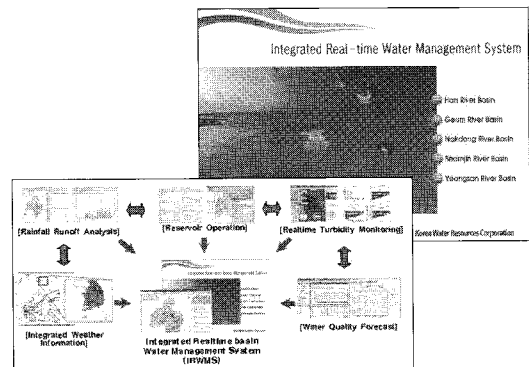


그림 2. 분야별 모형 연계 GUI 및 IRWMS 초기화면

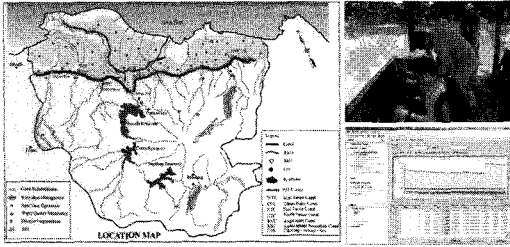


그림 3. 인도네시아 짜따룸강 유역 수질관리 시스템 구축

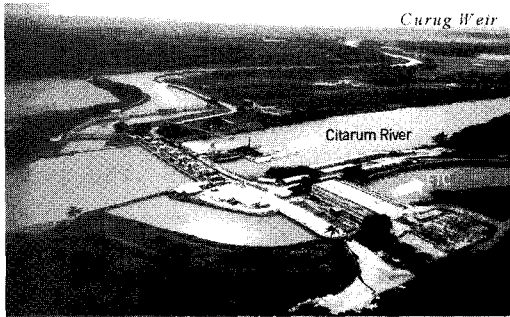


그림 4. 자틸루허 댐하류에 위치한 짜따룸강 본류와 WTC

아시아하천유역기구네트워크 (Network of Asian River Basin Organizations, NARBO)의 기술훈련에도 활용되어 왔다. 2009년 현재 한국수자원공사를 포함하여 아시아 지역의 하천유역관리기관, 수자원관련 정부기관, 국제협력기구 등 65개 기관이 참여 중인 이 네트워크 활동을 통하여 K-water의 유역통합 물관리 기술이 알려지면서 2006년에는 인도네시아 정부의 요청으로 ‘짜따룸강 수질관리 시스템 구축’ 프로젝트를 ADB가 지원하는 투자시범사업으로 K-water연구원이 수행하게 되었다.

이 프로젝트는 인도네시아의 수도인 자카르타시의 주 급수원으로 최근 상수원의 오염이 급속하게 진행되고 수질악화가 심해지고 있는 짜따룸강 중하류 West Tarum Cana (WTC) 지역에 수질 모니터링 및 수질관리 시스템을 구축해 주고 수질 개선 대책을 제시하는 시범사업이다. 그림 3은 짜따룸강 유역와 수질모델 GUI를 도시한 사례이고, 그림 4는 프로젝트 구간인 짜따룸강 본류와 WTC 전경을 보여 준다.

프로젝트의 수행성과를 설명하는 K-water 브리핑이 지난 2008년 4월에 필리핀 마닐라의 ADB 본부에서 있었다. 이 자리에서 ADB가 짜따룸강 유역의 IWRM을 촉진하기 위하여 향후 15년간 4조원 이상을 투입할 계획을 수립 중에 있고, 금번에 시범사업으로 나온 성과를 짜따룸강 유역 전체로 확대시킨 ‘수량과 수질을 고려한 유역통합 물관리 의사결정지원시스템’ 구축 프로젝트 (3년간 총사업비 420만USD)를 한국수자원공사 기술진에 맡길 의향을 밝힘에 따라 금년 후반에 후속 사업을 착수할 예정이다.

금번 인도네시아 물관리 기술지원사업들은 세 가지 측면에서 큰 의미를 갖게 된다. 첫째, 그동안 수자원공사가 수자원의 지속적 확보를 위한 프론티어 국제연구사업의 일환으로 집중적으로 개발해 온 ‘유역통합 물관리 기술’의 일부분을 해외 시범적용을 통하여 국제기구의 검증과 평가를 받아 보는 귀중한 경험을 쌓게 되었고, 둘째, 대규모 후속사업을 수주하게 됨으로서 이 기술을 통째로 적용해 보면서 한국의 유역 물관리기술을 세계적 수준으로 끌어 올려 브랜드화 할 수 있는 좋은 기회를 얻게 되었으며, 셋째, 이러한 과정을 통하여 현재의 한국의 경제규모에 걸맞게 우리나라가 지구촌 개발도상국가들이 공평성과 효율성, 환경생태적 지속가능성을 고려한 통합수자원관리 능력 향상을 지원하는 일에도 크게 기여할 수 있게 된 점이다.

4. 기후변화에 대응한 유역 물관리 연구동향

수자원에 미치는 기후변화의 영향에 관한 해외의 연구는 이미 오래 전부터 꾸준히 진행되어 왔는데, 1992년 브라질의 리우환경회의에서 지구온난화에 따른 이상기후 현상에 대처하기 위한 UN기후변화 협약 (UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change)이 채택된 이후 더욱 활발하게 진행되어 오고 있다. 대부분의 연구

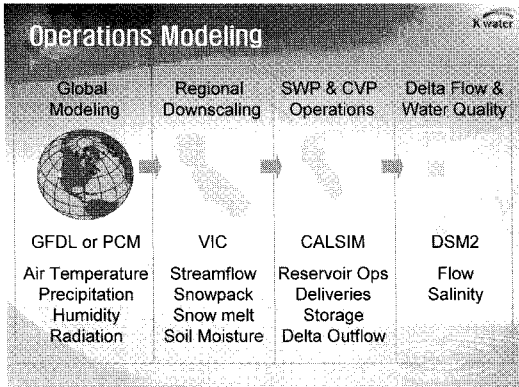


그림 5. 캘리포니아의 GCM 시나리오 해석 기반 Toolkits

에서 가상의 기후 시나리오 하에서 계산된 강우를 downscaling하고 이를 black-box 모형이나 분포형 유출모형에서 유출을 계산하여 수자원 영향을 평가하고 적응방안(Adaptative Measures)를 찾아가는 방법론을 사용하고 있다. 이들 연구에서의 공통적인 결론은 유출량의 변동성이 강우량의 변동성보다 훨씬 크게 나타난다는 점으로서 바꿔 말하면 강우에 대한 기후 변화의 영향이 유출의 형태로 나타날 때는 인간이 느끼는 영향은 훨씬 크게 나타난다는 점을 주목할 필요가 있다.

한편 국내에서도 90년대 중반 이후 이 분야의 연구 성과들이 발표되기 시작하였으나 기후변화에 따른 수자원에의 영향 평가 및 물관리 적응 연구는 수문기상인자들에 대한 연구에 비해 상대적으로 훨씬 미미한 실정이며, 통합수자원관리의 기술적 기반을 토대로 한 국가나 유역단위의 체계적인 '수자원관리 적응대책' 도출을 위한 연구는 이루어지지 않고 있다.

기후변화에 관한 정부 간 위원회(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)는 2008년에 발간한 기술보고서 제 4권 (Climate Change and Water)를 통해서 국제사회에 그동안 탄소저감 일변도의 기후변화 정책에서 물문제로 관심을 확대시키는 중요한 계기를 제공하였다. 특히 이 보고서에서는 수요관리와 공급관리가 조화를 이루는 적응대책 마련의 중요성과 그 나라, 유역의 특성에 부합

하는 다양한 적응대책을 수행하는 과정들이 통합수자원관리(IWRM)의 틀에서 추진되어야 함을 강조한 바 있다.

한국의 K-water와 유사한 기능을 가진 미국 연방정부의 물관리기관들인 미개척국(US Bureau of Reclamation)과 공병단 (US Army Corps of Engineers)은 미국해양대기청(NOAA), 지질조사국(US Geological Survey)와 공조, '기후변화와 수 자원 '(Climate Change and Water Resources, A Federal Perspective) 보고서를 금년 3월에 발간하였으며, 이 보고서에서 지속적인 장기간의 모니터링의 중요성을 포함한 12개 항목의 key point를 근간으로 연방정부 차원의 기후변화 영향 tracking, 위험도 예측 및 적응방안을 제시하였다. 또한 캘리포니아 주정부의 기후변화행동팀은 지난 2006년과 2008년에 기후변화에 대응한 캘리포니아 수자원 관리의 적응전략 보고서를 발행해 오면서 주정부의 중장기 수자원계획 (State Water Planning)에 반영시키고 있다 (그림 5).

5. 기후변화 대비한 유역물관리 적응기술 구축 방향

국제기구들은 '물 부족' 과 '지구온난화' 가 21세기의 수자원관리의 가장 큰 도전이 될 것으로 우려하고 있다. 전 세계의 192개국 2만8천명이 참가한 가운데 2009년 3월 16일부터 7일간 터키 이스탄불에서 열렸던 제5차 세계물포럼에서도 '기후변화에 대응한 통합수자원관리' 가 가장 큰 이슈로 논의되기도 하였다.

보다 안정적인 물 공급과 물 재해에 대한 체계적인 예방적인 대비는 국민들이 삶의 질의 수준을 결정하고 더 나아가 국가경쟁력의 기반이 된다. 그러나 가뭄과 홍수, 수질 및 환경오염, 지역 간 물 분쟁, 개발에 따른 갈등은 여전히 우리 사회의 심각한 현안문제로 대두되고 있으며, 이러한 현실을 지혜

롭게 풀어나가려면 새로운 패러다임에 의한 통합수 자원관리(IWRM)가 추진되어야 한다. 이미 아시아 지역은 물론 전 세계의 모든 국가들이 고심하고 있는 기후변화 대응한 에너지와 환경, 물관리 전략도 유역단위의 과학적인 수자원관리 기반을 토대로 할 필요가 있다.

따라서 이제는 우리나라도 '한반도의 기후변화 현상 전망 및 예측' → '유역별 취약성 평가 및 장 단기 적응기술 개발' → '실제 test bed 유역에의 적용' 연구사업 수행을 통하여 과학적 자료에 근거를 둔 목표지향적 물관리 적응 국가 로드맵을 설정

하고 수계별 수자원관리 적응 대책 (Adaptation Measures) 마련을 시급히 추진하여야 한다. 이 과정에서 필요하다면 인접 국가들인 일본, 중국과의 협력과 상호 기술교류를 통한 동북아 지역 기후변화 예측 시나리오 공동개발을 통한 물관리 적응전략 연구 공조 노력도 우리 정부 주도로 추진해 볼 만하다. 아울러 정부와 물관리전문기관은 이렇게 개발되는 기상, 수문분야의 원천기술과 경험들을 활용한 해외 수자원 신규 사업 창출과 국제사회 물관련 네트워크 활동을 통한 실용화, 산업화 및 국제화 전략 추진을 서두를 때이다. ☞

참고문헌

- 고익환, 정세웅 (2002), 통합수자원관리 기반기술 구축 방안(I): 선진국의 하천 유역 통합 물관리 기술개발 동향, 한국수자원학회지, 제35권 6호, pp.61-70. pp.71-78.
- 고익환, 정세웅(2002), “통합수자원관리 기반기술 구축방안(II) - 우리나라의 하천 유역 통합물관리 기반기술 구축방안”, 한국수자원학회지 제 35권 6호.
- 고익환 (2004), 유역 통합수자원관리 기술개발, 한국수자원학회지, 제37권 3호, pp.10-15.
- 고익환(2004), “호주 유역통합물관리 기술개발 동향과 전망-2004 호주 Catchment Modelling School”, 한국수자원학회지, 제37권, 제2호, pp.98-103.
- 고익환, 정창삼, 김태국(2007), “유역통합물관리를 위한 기상정보의 활용과 수문기상 연구동향”, 한국수자원학회지, 제40권, 제8호, pp. 16-23.
- 고익환, 김남일(2008), “유역통합물관리 Toolkit 개발 현황과 활용방안”, 한국수자원학회지, 제41권, 제1호, pp. 10-17.
- Bryon Bates et. al. (2008), Climate Change and Water, IPCC Technical Paper VI
- California DWR(2006), Progress on Incorporating Climate Change into Management of California's Water Resources, Technical Memorandum Report
- Global Water Partnership(2000). Integrated Water Resources Management, TAC Background Papers No.4, Stockholm, Sweden.
- USB & USGS (2009), Climate Change and Water Resources: A Federal Perspective, Circular 1331