

기후 변화가 그려진 유역통합 관리



김민수 |

대림산업(주) 토목설계팀 부장
mskim@daelim.co.kr

1. 서론

하천은 주변 유역의 도시화로 인한 불투수 유역 감소, 인구수 증가, 토지이용변화 등에 따라 영향을 받는 대상이며, 다시 하천의 유량, 유속, 수질, 수온 등의 물리·화학적 특성에 따라 하천 주변의 생태환경이 영향을 받게 된다. 따라서 유역과 하천의 관계는 서로가 서로의 원인이 되고, 또 결과가 되는 복합적 관계를 가지고 있다. 즉, 하천 정비 또는 관리를 위해서는 하천 및 유역의 고유 특성을 이해하고 관리하여야 한다. 그러나 과거의 하천사업은 고도의 산업화 및 도시화 과정에서 이·치수 위주로 정비함으로써 수해 예방 기능은 강화되었으나, 하천의 오염과 함께 인공화라는 결과를 낳게 되었고, 하천 본연의 모습은 잃어버리게 되었다.

최근 이에 대한 대안으로 유역통합관리 혹은 수자원통합관리의 개념으로 하천 관리에 접근하고 있다. 여기서 유역통합관리란 지금까지의 하천 관리가 인간 중심적으로 해석되고 관리되었다는 것의 인지에서 시

작된다. 즉, 관리의 중심을 인간이 아닌 하천으로 바꾸며, 관리 구역도 인간이 구분해 놓은 행정단위가 아닌 유역단위로 관리하는 것이다. 유역통합관리는 국제적으로는 물론 국내에서도 많은 연구와 시도가 이루어지고 있으며, 아직까지 우리나라에서는 시초 단계이나 가까운 미래에 제도화 될 것으로 예상된다.

하지만 효과적인 유역통합관리를 위해서는 하천의 현재 뿐만 아니라 미래에 대한 부분도 포함되어야 한다. 유역통합관리가 단기기간의 임시방편에 그쳐서는 안되기 때문이다. 현재 기후변화가 현실화되고 있으며, 기상 전문가들은 지구 북반구 각국에서 겨울 기상이변이 속출하는 상황이 단 한번의 '천재지변'으로 마무리 되지는 않을 것이라고 경고하고 있다. '해마다 강하게 더 자주 쏟아지는 여름철 극지성 폭우에 현재의 유역통합관리 방안이 어느 정도의 실효성을 거둘수 있을까?' 하는 의문에는 다시 한번 생각해 보아야 할 것이다.

2. 유역통합관리란?

유역통합관리(Integrated River Basin Management, IRBM)를 설명하기 위해서는 통합수자원관리(Integrated Water Resource Management, IWRM) 개념이 먼저 언급되는데, 이의 설명을 위해 박두호 등(2004)의 표현을 빌리면 다

음과 같다.

‘통합수자원관리, 즉, IWRM은 생태계의 유지를 손상시키지 않고 공평한 방법으로 물, 토지 및 관련 자원의 개발 및 관리를 통해 경제 및 사회 복지를 극대화 하는 과정이다. 즉, 수자원 이용의 사회적 효율성을 극대화하기 위해 수자원뿐만 아니라 수자원과 직·간접적으로 관련된 모든 사항에 대한 관리를 통해 함께 증진해 가는 과정이다. 또한 유역통합관리(IRBM)는 수계 혹은 유역 관리를 통한 접근을 인센티브를 통한 참여 매커니즘으로서 경쟁적인 이용자와 용도간의 분쟁을 해결할 수 있는 IWRM의 한가지 방법이다(Garcia, 1998). 즉, 통합수자원관리는 가장 최근에 제시되고 국제적으로 인정받고 있는 수자원관리의 이상적 접근과정(GWP, 2000, 2002)이며, 유역통합관리는 그 이상을 실현하기 위한 도구(tool)로 볼 수 있다.’

즉, 통합수자원관리는 설정된 수자원 관리 목적을 달성하기 위한 총체적, 통합적 관리로서 계획수립과 시행을 포함하는 의미이며, 유역통합관리는 이의 실

현을 위한 실행 방법으로 볼 수 있는 것이다.

최근 유역통합관리의 실무 적용에 관한 연구와 논의가 활발히 진행되고 있으며, 각 정부기관 및 연구기관에서 각 분야 특성에 맞게 치수, 이수, 수질 관점에서 접근하고 있다. 하지만 진정한 의미에서 유역통합관리는 치수, 이수, 수질을 비롯한 수환경까지 고려하여야 하며, 이들이 적절히 균형을 이루도록 하여야 한다.

이길성 등(2008)은 지속 가능한 유역통합관리 계획 수립을 위한 가이드라인으로 그림 1을 제시하였다. Step 1에서 유역의 물순환에 관련된 요소를 파악하고, Step 2에서 이에 대한 문제점을 도출하고 우선순위를 결정한다. Step 3에서는 Step 2의 결과에 대해 이해관계자의 선호도 조사가 이루어지며, Step 4에서 Step 3의 결과를 바탕으로 목표를 설정한다. Step 5와 Step 6에서는 목표 달성을 위한 모든 대안을 검토하고, 선별하며, Step 7에서는 선별된 대안의 효과를 분석한다. Step 8에서는 대안의 정량적 평가를 활용하여 대안 우선순위를 제시하고, Step 9에서 대안의 비용 및 편익을 산정한 후, Step 10과 Step 11에서 지금까지의 연구 결과를 고려하여 최종대안을 결정하고 국민과의 의견일치 과정을 거친다.

즉, 위에서 제시한 유역통합관리는 유역의 물순환 관련 요소들에 대한 문제점 분석과 해결 방안을 제시함으로 총체적, 통합적 접근 방법이며, 대상 유역의 이해관계자와 국민이 직·간접적으로 유역 및 하천 관리의 계획에 참여한다는 점에서 범국민적인 유역 및 하천관리 방안이다.

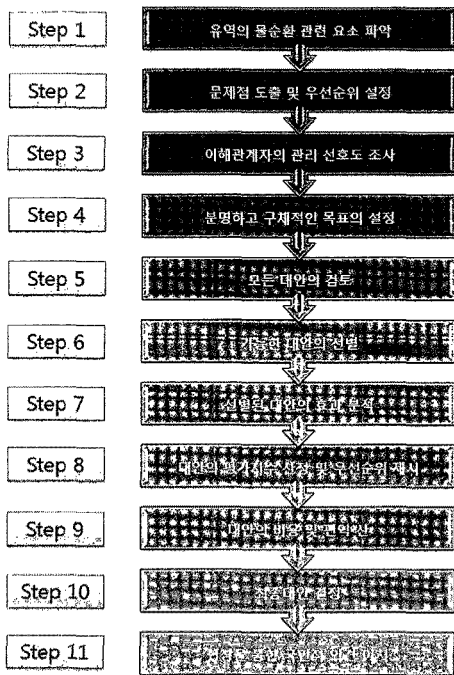


그림 1. 지속가능한 유역통합관리 순서도

3. 기후 변화를 고려한 미래의 수문 자료

기후변화는 이제 더 이상 미래에 대한 가정이 아니며, 현실로 다가오고 있다. 작년(2009년)만 해도 지구촌 곳곳이 수십년 만에 기록적인 폭설과 한파로 몸서리 쳤다. 독일과 중국에서는 폭설로 도시의 기능이 마비됐고, 영국과 인도 등도 이상 한파가 계속되고

표 1. 기관에 따른 17개의 GCM 자료 (IPCC, 2007)

Center	Center Acronym	Model
Beijing Climate Center China	BCC	CM1
Bjerknes Centre for Climate Research Norway	BCCR	BCM2,0
Canadian Center for Climate Modelling and Analysis Canada	CCCma	CGCM3 (T47 resolution) CGCM3 (T63 resolution)
Centre National de Recherches Meteorologiques France	CNRM	CM3
Australia's Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation Australia	CSIRO	Mk3.0
Meteorological Institute, University of Bonn, Germany	MIUB	ECHO-G
Meteorological Research Institute of KMA, Korea	METRI	
Model and Data Groupe at MPI-M, Germany	M&D	
Institute of Atmospheric Physics China	LASG	FGOALS-g1,0
Geophysical Fluid Dynamics Laboratory USA	GFDL	CM2,0
		CM2,1
Goddard Institute for Space Studies USA	GISS	AOM
		E-H
		E-R
Institute for Numerical Mathematics Russia	INM	CM3,0
Institut Pierre Simon Laplace France	IPSL	CM4
National Institute for Environmental Studies Japan	NIES	MIROC3,2 hires
		MIROC3,2 medres
Meteorological Research Institute Japan	MRI	CGCM2,3,2
Max-Planck-Institut for Meteorology Germany	MPI-M	ECHAM5-OM
National Centre for Atmospheric Research USA	NCAR	PCM
		CCSM3
UK Met. Office UK	UKMO	HadCM3
		HadGEM1
National Institute of Geophysics and Volcanology Italy	INGV	SXG 2005

있다. 우리나라도 서울의 경우, 100년만의 대폭설로 도로가 얼고 지하철마저 운행이 지연되면서 대혼란을 겪었다.

사실 기후변화는 20세기 이후 인류에게 가장 중요한 안건이 되어 왔다. 이에 국제 사회에서는 지구온난화에 의한 영향에 큰 관심을 가지고 있었으며, 세

계기상기구와 국제연합 환경프로그램에서는 정부간 기후변화협의회(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)를 조직하게 되었다. IPCC 보고서(2002)에 의하면 지구온난화로 인해 지난 100여 년 동안 지구의 평균기온이 약 0.6°C 정도 상승하였고, 우리나라는 1.1°C 정도 상승하였는데, 이 중 지구온난화에 의한 영향은 약 0.7°C인 것으로 추정된다. 지금과 같은 추세라면 21세기에는 기온이 1.1~6.4°C까지 올라가게 될 것이다(IPCC, 2007).

이런 온실가스에 의한 미래의 지구 기후를 예측하기 위하여 GCM (General Circulation Model)이 사용된다. GCM은 전 지구의 기후를 표현하기 위해 3차원의 격자를 이용하고 있으며, 수평으로는 250km ~ 600km 해상도를 갖고 수직으로는 10~20개의 층을 갖는다. GCM은 개발한 기관에 따라 격자의 크기와 매개변수화 과정이 다른데 IPCC 4차 보고서에서는 표 1과 같이 17개의 GCM 결과가 각각의 시나리오 별로 제공되고 있다. 그러나 GCM의 결과를 강우-유출모형에 적용할 경우, 즉, 유역통합관리 기법에 적용할 경우, 결과들의 해상도가 낮은 것이 문제된다. 따라서 GCM 결과들을 여러 가지 Downscaling 기법을 통해 시·공간적으로 축소하여 사용하여야 한다(그림 2).

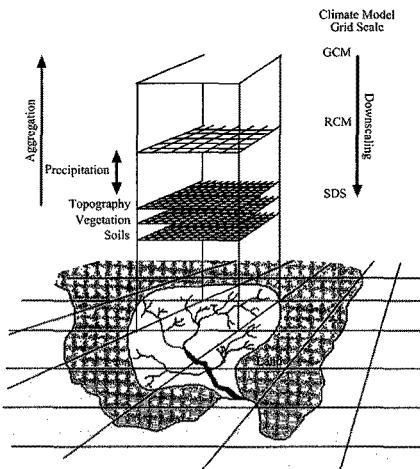


그림 2. Downscaling을 통한 수문자료 생성 모식도

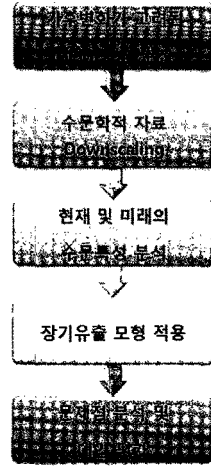


그림 3. 기후변화를 고려하기 위한 절차도 (예시)

4. 기후변화가 고려된 유역통합관리 계획 수립

현재는 물론 미래까지 고려된 유역통합관리를 위하여 대상 유역에 대한 분석 및 특성 파악단계에서 기후변화에 의한 수문학적 변화를 고려하여야 한다. 즉, 현재와 미래의 수문학적 특성을 분석하여 기후변화의 양상과 크기 변화를 정량적으로 파악하여 대상 유역의 문제점 분석 및 대안 효과 분석시 이용할 수 있게 하여야 한다. 그림 3은 이러한 접근 방법의 예로서, 유역통합관리에서 문제점 분석 및 대안효과 분석시 장기유출 모형을 이용할 경우, 위에서 분석한 자료를 이용하여 기후변화에 대한 영향을 반영할 수 있을 것으로 생각된다.

5. 요약 및 제언

과거 하천관리는 이·치수 위주의 하천 정비에서 현재는 통합수자원관리 또는 유역통합관리로의 접근이 이루어지고 있다. 통합수자원관리는 선정된 수자원 관리 목적을 달성하기 위한 총체적, 통합적 관리로서 계획수립과 이행이 포함하는 의미이며, 유역통합관리는 이의 실현을 위한 실행방법으로 볼 수 있

다. 이러한 유역통합관리는 국내에서는 시초 단계에 불과하지만, 향후 하천 및 유역 관리의 기준이 될 것으로 기대되고 있다.

하지만 현재의 기상이변이 현실화, 가속화 되는 상황에서 이를 간과한 유역통합관리는 임시방편이 될 수 밖에 없을 것이다. 따라서 보다 통합적이고, 완전한 유역통합관리에 접근하기 위하여 미래의 수문 변화를 분석하여, 이를 반영함으로써 하천의 현재와 미래를 아우를 수 있어야 한다. 이를 위하여 대상 유역에 대한 특성을 파악하는 단계부터 기후변화에 대한 수문학적 변화를 고려하여야 하며, 문제점 도출 및

대안효과 분석시 이를 활용하여 기후변화에 대한 영향이 반영될 수 있도록 하여야 한다.

현재 국내에서는 각 유역에 유역통합관리를 적용하려는 시도와 제도적 도입을 위한 연구, 유역통합관리 측면에서 유역내 분쟁 및 조정을 위한 연구 등이 활발하게 진행되고 있다. 점점 한국형 유역통합관리가 다듬어지면서 만들어지고 있는 것이다. 여기에 한 발자국 더 나아가 국제기류와 동조할 수 있는, 효율적이고 미래 지향적인 한국형 유역통합관리가 완성되어 제도적으로 정착되길 기원해 본다. ☞

참고문헌

1. 박두호, 윤석영 (2004). 유역통합관리의 구현을 위한 과제. 수자원학회지: 불과 미래, 제 37권, 제 3호, pp. 16-20.
2. 이길성, 정은성, 공기서, 이상호, 김영오, 유진채 (2008) 지속가능한 유역통합관리 계획수립을 위한 가이드라인. 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단.
3. Garcia D. et. al(1998). <http://www.iadb.org/sds/doc/1289eng.pdf>, Inter-American Development Bank.
4. GWP (2000). IWRM - At a Glance: Technical Advisory Committee. Global Water Partnership Secretariat, Stockholm.
5. GWP (2002). IWRM Toolbox: A Toolbox to support IWRM, Global Water Partnership Secretariat, Stockholm, Seden.
6. IPCC (2002). Climate Change 2001: Impacts, Adaptations, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, UK.
7. IPCC (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, UK.