

기후변화에 따른 수자원 연구동향 및 댐유역 적응방안

박진혁
K-water 연구원 수자원연구소

1. 서론

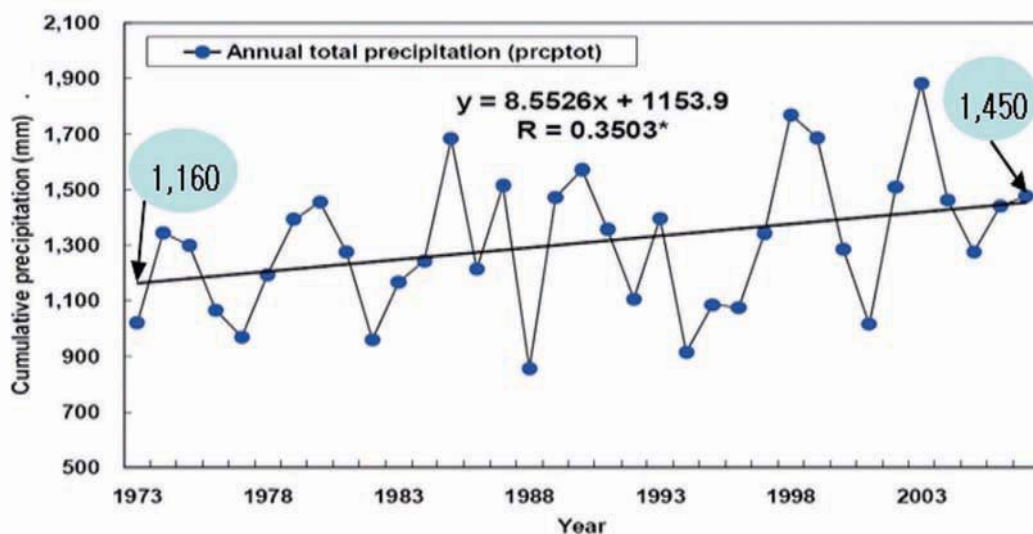
현재 전 세계적으로 기후변화로 인한 물문제가 글로벌 아젠다로 부상되고 식량 및 에너지와 함께 물확보가 국가안보 차원의 문제로 부각되고 있다. 기후변화란 단순히 날씨가 따뜻해지는 것만을 의미하는 것은 아니다. 지구온난화라는 것은 전 지구적으로 똑같이 온도가 상승하는 것이 아니어서, 극지방과 같은 일부 지방에서는 온도가 평균보다 더 많이 올라가 빙하가 빠른 속도로 녹아내리게 되고, 일부 지역에서는 오히려 온도가 떨어져서 한파가 닥칠 수도 있다.

따라서 우리가 걱정하는 것은 지구온난화 그 자체가 아니라 지구온난화로 인해 벌어지는 기후변화, 지구생태계의 변화, 수자원의 변화 등 인류에 미칠 다양한 부정적인 영향 때문일 것이다.

기후변화에 관한 정부간 협의체인 IPCC 제4차 보고서에 의하면 현재 지구온난화가 발생하고 있는 것은

자명한 사실이며, 기후변화는 자연적 요인이 아닌 대부분 인간 활동에 의한 것이라고 발표하였다. 또한, 기후변화는 이미 수자원분야에도 영향을 미치고 있으며, 앞으로 그 영향은 더욱 커질 것이라고 발표하였다. 이미 우리나라의 경우에도 과거에 비해 많은 홍수와 가뭄이 발생하고 있고, 강수량 및 집중호우의 증가추세가 보고되고 있다.

정부는 기후변화에 따른 다양한 가상 시나리오를 설정하여 수공구조물의 설계기준과 물 안보 확보방안 연구를 진행하고 있지만, 가속화 되고 있는 기후변화와 더불어 나타나게 될 수문 순환의 변화는 우선적으로 해결해야 할 중요한 문제이다. 심각해지고 있는 수자원 문제에 대해 원활하고 효과적으로 수자원을 활용하기 위해서는 기후변화에 의한 수문환경의 변화를 정확하게 파악하는 것이 우선 필수적이다. 본 논문에서는 기후변화에 따른 수자원전망과 연구동향



연강수량 증가 모식도(출처 기상청)

을 파악하고, 담유역의 물관리를 위해 어떤 대응방안을 모색할 수 있는지 기술하고자 한다.

2. 기후변화에 따른 수자원 전망

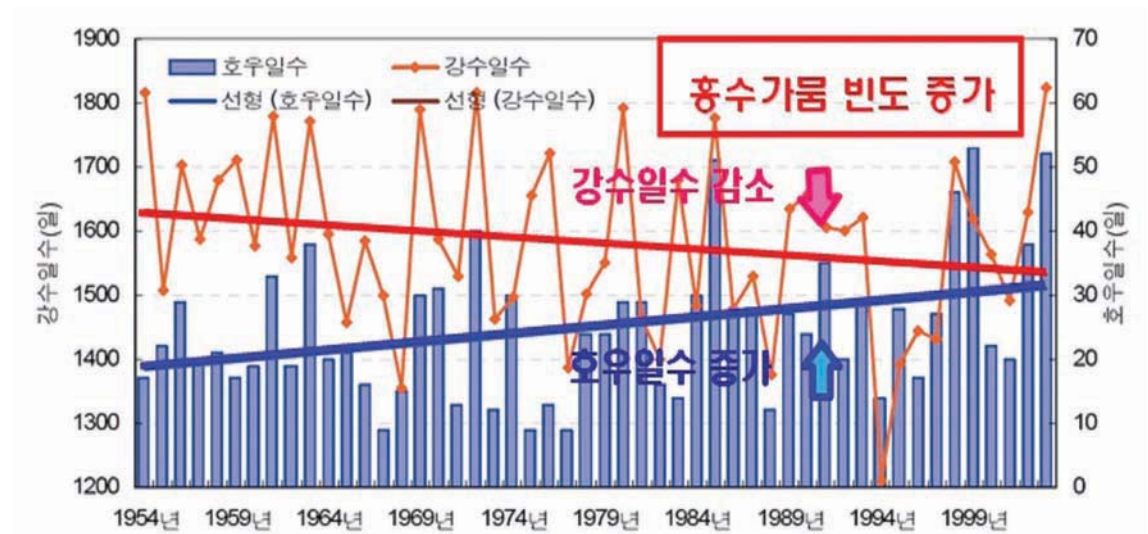
기후변화의 영향으로 과거와는 다른 강수패턴을 보여주고 있으며, 대규모 호우와 예측이 어려운 국지성 호우가 전 세계적으로 빈번하게 발생하고 있다. 실제로 집중호우의 발생 빈도가 증가하였으며, 이는 댐과 제방 등 수공구조물의 계획빈도를 초과하여 막대한 영향을 미치게 된다.

또한, 기온상승, 가뭄기간 장기화, 수질악화 등 생태계와 수질 전반에 걸쳐 악영향을 미칠 수 있으며, 기후변화로 인한 수자원 부족량과 수요량의 변동성이 커지게 되면 수자원 확보에 대한 불확실성도 커질 것이다.

기상연구소에서 수행한 강수량에 대한 과거추세분석에서 연강수량은 최근 35년간 290mm나 증가하였

고, 강우일수는 감소하였으나 하루 80mm이상의 호우 발생일수는 오히려 증가하는 것으로 나타났다. 이는 집중호우 형태의 비가 내릴 확률이 과거보다 크게 높아졌다는 것을 의미한다. 기후변화가 심화되면 강수의 집중화 경향은 더욱 심화될 것이고, 이러한 변화는 수자원 부족량의 변화와 홍수 및 가뭄의 빈도에 영향을 미칠 수 있다. 기후변화의 영향을 수자원 계획에 반영시키기 위해서는 먼저 유역규모 강수량 및 강수특성의 변화를 예측하고 이에 따른 유출특성의 변화를 예측해야 하나 많은 불확실성이 내재되어 있어 현실적으로 어려움이 따르는 문제이기도 하다.

국토해양부에서 발표한 기후변화에 대비한 미래 물관리전략 보고서에 의하면 홍수측면에서 하루 100mm이상의 집중호우 발생빈도는 향후 2.7배나 증가하고, 100년 빈도 홍수량도 20%나 증가할 것으



빈도별 호우일수와 강수량 (출처 : 기상청)

로 전망하였다. 이와 같이 댐 및 하류하천의 홍수량 증가로 과거 설계시의 계획홍수량을 초과하는 홍수 발생 가능성이 증가할 것으로 전망되고, 중심부근 순간 최대풍속이 초속 70m가 넘는 슈퍼태풍의 발생 가능성도 있을 것으로 전망된다. 21세기 말까지 태풍의 발생 수는 30%정도 줄어드는 것으로 나타났지만, 문제는 태풍의 강도가 이전보다 훨씬 강해진다는데 있다.

지구온난화로 해수면 온도가 상승하면서 바다가 내뿜는 더운 습기를 낫은 대기권에서 빨아들인 태풍이 이를 에너지로 삼아 한반도에도 강풍과 함께 폭우를 동반한 슈퍼태풍이 발생할 수 있을 것으로 예측한 것이다. 또한 해수면 상승으로 해안지역에 대한 침수 위험성이 증가할 것으로 전망되고, 집중호우로 인한 토석류와 산사태 등 토사재해 발생도 증가할 것으로 전망된다. 여름철, 특히 7월에서 9월 사이에 집중되는 전통적인 우리나라의 강우패턴이 빨라지거나(봄철) 아니면 오히려 늦어지는(가을철) 현상이 실제로 발생하게 될 경우, 앞으로 우리는 댐유역 홍수관리체계의 종합적인 재검토가 필요하게 될 것이다.

기후변화에 대한 영향을 가뭄측면에서 전망한다면 강우편차가 커짐에 따라 비가 적게 오는 해도 많아져 가뭄발생 기간이 과거에 비해 3.4배나 증가하고, 갈수기 하천유량도 향후 5.7배나 감소할 것으로 전망된다. 또한 비가 많이 오는 기간이 6~8월에서 7~9월로 이동함에 따라 농업용수 수요가 많은 6월 강수량의 감소로 농업생산량 저하가 우려된다. 국토해양부에서 발표한 기후변화에 대비한 미래 물관리전략 보고서에 의하면 물수요가 증가하지 않더라도 기후

변화로 인한 물공급의 감소로 2090년까지 최대 약 33억톤의 물 부족이 발생할 것으로 예측된다. 2020년 용수수요를 기준으로 한강유역의 물수지를 분석한 결과 기존 수요 시나리오 적용시 장래 분석년도 기간의 연간 물부족량은 현재 대비 약 3.5배로 평가되었다.

기후변화에 대한 영향을 환경적인 측면에서 전망한다면 우선 수온상승에 따른 하천 및 호소 밀바닥저 무산소 현상으로 인한 어류의 집단 폐사 등 수생태계에 악영향을 미칠 것으로 예상된다. 지난 20여년간 국내 하천, 호소의 수온 관측결과, 97개 중권역 중 57개 지역에서 수온상승 경향이 나타나 한류성 어종의 서식에 영향을 줄 것으로 전망된다. 또한 강우강도가 증가하고 갈수기간 장기화로 탁도가 증가하고 수질악화가 예상된다. 토사의 댐내 유입에 따른 탁수발생과 고수온으로 인한 조류 및 병원균 성장 촉진으로 음용수의 수질악화가 우려된다. 또한 국지성 집중호우로 짧은 시간 내 비점오염물질이 자정과정 없이 호소로 유입되어 상수원의 안정성이 저하될 것으로 전망된다.

3. 국내·외 기후변화 연구동향

가. 국내 연구동향 분석

국내에서 기후변화에 대한 연구를 시작한 시기는 1990년대 중반으로 대기모형인 GCM모형의 모의 결과와 통계학적 축소기법 및 기존의 유출모형을 이용하여 미래의 기후변화를 전망하고 그에 따른 영향분석이 대부분이었으나, 2000년대부터 전문가들의 관심이 증가하면서 수자원분야 기후변화 적응전략에

대한 연구가 산발적으로 시작되었다. 하지만 지금까지 국내 기후변화 연구들은 불확실성에 대한 평가가 고려되지 않은 측면이 있고 각기 다른 배출 시나리오, GCM, 수문모형, 상세화 기법을 사용하여 동일 유역이라 하더라도 매우 다른 결과들을 제시하고 있어 기후변화 영향평가에 대한 불확실성이 매우 큼을 보여주고 있다.

이와 같이 상이한 결과로 인하여 수자원 관련정책에 적용되지 못하고 연구에만 그치고 있는 실정이다. 그러나 최근 들어 국가기관에서 발주한 과제에서 수자원 각 분야별 세부 취약성에 대한 평가 및 적응전략에 대한 연구가 초기 단계에서 수행 중에 있다. 최근의 연구사례를 보면 국내 자체 개발한 지역규모의 대기모형을 사용한다든지 불확실성을 고려하여 앙상블기법을 적용해서 기후변화에 대한 영향을 평가하는 연구가 수행된 바 있다. 현재까지 제시된 연구를 종합해 보면 기후변화에 따른 강수, 기온 등 수문기상인자의 영향에 비해 유출의 영향은 몇 배 더 증폭될 수 있음을 나타내 주고 있다. 따라서 국내 수자원 관리는 현재와는 크게 달라져야 함을 나타내고 있으며, 기후변화에 효과적으로 대처하기 위해서는 국내 실정에 적합한 영향평가 방법론 정립과 신뢰성 향상이 요구된다.

나. 국외 연구동향 분석

기후변화가 수문현상에 미치는 영향에 대한 국외 선진국의 연구는 1970년대 후반에 수자원분야에서 기후변화로 인한 비정상성을 연구하는 논문이 발표되었고, 1980년대 이후 급속히 진행되어 현재 대기, 수

자원, 농업, 생태계, 해양, 보건 위생, 환경, 사회 경제 등 다양한 분야에 걸쳐 이뤄지고 있다. 특히 미국, 영국 등 일부 선진국은 수자원의 기후변화에 의한 취약성 평가를 홍수, 용수공급, 가뭄, 유지용수, 하천생태, 수질 등 수자원의 제반 분야별로 실시하고 결과를 제시하여 적응대책 마련에 활용하고 있다. 또한, 유역 모형을 그대로 적용하는 것에서 벗어나 보다 기후변화에 의한 영향을 잘 평가할 수 있는 방향으로 기존의 모형을 수정·보완하여 적용하려는 시도가 이루어지고 있다.

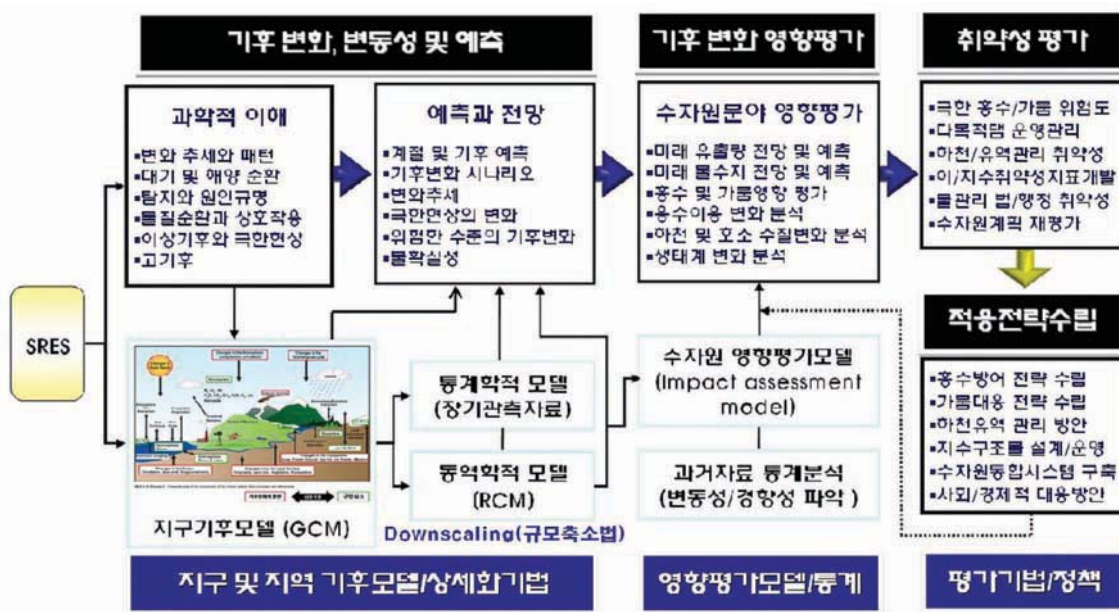
미국의 경우 미공병단의 수문공학센터(HEC), 지질조사국(USGS), 미기상청의 수문정보센터(NWS), 미농무성(USDA) 등에서 가뭄 및 홍수에 대한 예측기법을 지속적으로 연구하고 있으며, 현재 범용화된 많은 소프트웨어를 개발하고 있다. 뿐만 아니라 GIS, 위성 등을 이용한 가뭄 및 홍수관리는 물론 예측기술이 이미 실용화되어 있다. 영국의 경우 기후변화와 관련하여 활발한 연구가 진행되고 있으며, Tyndall center와 Newcastle대학을 중심으로 연구를 진행하고 있다. 일본 국토교통성은 기후변화로 인해 예상되는 홍수피해를 대응하기 위해 하도 개수나 홍수 조절시설의 정비 등을 기본으로 하는 치수정책에 중점을 두고 있으며, 일본 동경대학 기후시스템연구센터에서는 기온상승에 대한 예측과 해빙과 해수팽창으로 인한 해수면 상승, 집중호우 발생 등을 포함한 지구온난화현상에 대한 예측을 연구하고 있다.

다. 기후변화 연구 프로세스

기후변화 시나리오를 작성하기 위해서는 기후모델 초기 입력자료로 온실가스 농도가 필수적으로 필요하다. IPCC에서는 인구통계 및 사회경제적 발달 등

에 따른 온실가스농도의 변화를 예측하여 온실가스 배출시나리오(SRES; Special Report on Emission Scenario)를 제공하고 있다. 전지구 기후모형인 GCM모형을 이용해서 미래 기후를 예측하기 전에 IPCC특별보고서에서는 미래 사회경제적 조건에 따라서 4개의 온실가스 시나리오를 제시하고 있다. 이 중 고성장 사회 시나리오인 A1시나리오는 에너지시스템의 대안적 방향을 제시하는 3가지 소그룹으로 나눌 수 있는데 모든 에너지가 균형을 이루는 사회 시나리오인 A1B, 화석연료 중심인 A1F, 비화석연료에너지원 중심인 A1T시나리오로 세분하여 분류하고 있다. 한국의 기후변화 연구자들이 주로 사용하고 있는 시나리오는 A1B시나리오와 A2시나리오이다. A1B시나리오에 비해 A2시나리오는 인구증가율이

높고 경제발달과 기술변화도 느린 매우 비관적인 상황을 묘사하는 시나리오라고 할 수 있다. 시나리오는 물리법칙에 기초하여 대규모의 축적을 가지고 기후변화를 모의하는 대기순환모형인 GCM(General Circulation Model)의 모의결과를 이용하는 방법이 많이 사용된다. 하지만 GCM모형은 미래 기후변화를 예측하는데 있어서 기본적인 도구로 활용되지만, 공간적으로는 전 지구를 대상으로 하고, 시간적으로는 장기간이 포함되기 때문에 공간해상도가 100~400km 정도로 너무 큰 규모를 가지고 있다. 이처럼 GCM모형이 제시하고 있는 많은 유용한 정보에도 불구하고 저해상도의 공간분해능력과 물리과정의 한계로 인해서 우리나라와 같이 지형적 영향에 의한 국지규모의 다양한 기후 특성이 나타나는 지역에 그대로 활용하기 어렵기 때문에 시·공간적으로



수자원분야 기후변화 연구의 일반적 흐름

지역적인 규모의 상세기후에 대한 정보를 생성할 수 있도록 규모축소법, 즉 다운스케일링 기법이 요구된다. 이러한 다운스케일링 기법에는 통계학적 방법과 동역학적 방법이 있는데 통계학적 방법은 장기간의 관측자료를 이용해서 대규모 기후변수간의 관계를 산출하여 보정하는 것으로 산출된 관계는 전지구 기후모형의 결과로부터 국지변수를 계산하는데 사용된다.

상세자료를 산출하는데 간편한 방법이지만 많은 제한성을 가지고 있고, 동역학적 방법은 GCM모형을 경계조건으로 해서 물리적 순환과정을 거쳐 지형성 강우나 극한강우를 모의하는 것이 가능하나 계산시간이 오래 걸리는 단점도 가지고 있다. 한국의 기상청에서는 A1B, A2, B1시나리오를 ECHO-G라는 GCM모형에 입력하여 온실가스 증가에 따른 장기간의 전지구 기후변화 시나리오 자료를 생산하였고, 미국 국립기상연구센터와 펜실베이니아 주립대학에서 공동 개발한 지역기후모델인 MM5를 적용해서 A1B시나리오에 대해 우리나라의 지형특성을 반영하여 약 27km로 상세화하여 생산·제공하고 있다.

심각해지고 있는 수자원문제에 대해 원활하고 효과적으로 수자원을 활용하기 위해서는 기후변화에 의한 수문환경의 변화에 대한 정확한 파악이 우선 필수적이다. 신뢰성 높은 수자원 영향평가에 근거한 취약성 평가를 통해 현실적이고 효과적인 적응대책을 수립해 나가야 하고, 수자원 영향평가에서 발생하는 불확실성을 평가하고 최소화하기 위한 지속적인 연구가 수행되어야 할 것이다.

4. 기후변화에 대응한 댐유역관리 방안

기후변화에 의한 댐유역의 수재해를 방지하기 위해 구조적인 관리방안 및 비구조적인 관리방안으로 나누어 시행 혹은 추진 중인 새로운 시스템 및 제도 등을 중심으로 기술하고자 한다.

가. 구조적인 관리방안

● 홍수 저류공간 확대 (물그릇 확보)

기후변화의 영향으로 이상강우가 빈번하게 발생하고 있고, 댐 유역의 가능최대강수량(PMP)이 설계 시 보다 크게 증가하였다. 이에 따른 홍수의 위험성에 대비하여 물그릇을 확보하기 위한 중소규모의 다목적 댐이나 홍수조절지를 건설하고, 하천을 준설하는 등 하천제방의 기능을 보강하는 것이 필요하다. 또한 기후변화에 따른 극한홍수에도 댐의 월류나 붕괴 등에 댐이 안전할 수 있도록 기존 댐을 대상으로 댐 높이를 증고하거나 보조여수로를 신설하는 등의 치수능력증대사업을 2015년까지 추진 중에 있다. 치수능력증대사업이 완료되기 전까지 용수공급에 지장이 없는 범위 내에서 댐의 제한수위를 낮추어 운영하거나 예비방류 등을 통하여 댐의 안전을 확보 하도록 하였으며, 완료되면 댐의 항구적인 안전성을 확보해서 홍수조절과 인명 및 재산피해예방에 기여할 것으로 기대하고 있다.

● 대체수자원 개발 및 시설확충

대체수자원이라 한다면 일반적으로 수자원을 취수하는 댐 용수라든지 하천 지표수, 지하수 등의 방법이 아닌 새로운 개념의 수자원 취수 방식으로 확보되는 수자원을 말한다. 기후변화에 따라 지역별 물부족 현상이 심해질 것으로 예상됨에 따라 빗물을 이용한다

든지, 해수담수화, 지하댐 및 강변 여과수의 지하수 함양 등에 대한 기술개발과 시설확충이 필요할 것으로 생각된다.

도시화로 인한 빗물 유출을 증가에 대응하여 도시 내 빗물관리 시스템을 구축하고 도시계획 수립 시 공원이나 종합운동장 및 공공청사 등 공유시설에 관리시설을 설치하는 것이 필요하다. 또한 해안, 도서지역에 안정적인 물 공급을 위해 소규모 해수 담수화 시설도 확대 설치가 필요하며, 급격히 지하수 수위가 저하된 지역은 지하댐 건설을 통한 지하수 수위 상승 및 지하수 인공함양사업 추진을 고려해 볼 필요가 있다. 대체수자원은 새로운 신규 수자원을 개발해서 용수로 이용할 뿐만 아니라, 치수기능과 물의 자연순환을 돕는 생태기능 등을 함께 통합하는 개념이라는 새로운 패러다임의 설정이 필요하다.

나. 비구조적인 관리방안

● 수문자료 관리시스템의 고도화

현재 운영중인 수문자료관리시스템을 통신속도와 수용용량을 증대하여 고속위성수문자료 관리시스템 구축으로 고도화하고, 주요 하천 수위정보 및 댐시설물을 365일 24시간 상시 모니터링이 가능하며, IT기반의 통합 원격 모니터링 및 재해의 사전 알람 체계를 구축하는 것이 필요하다. 이러한 시스템을 통해서 유역의 홍수상황을 상시 실시간으로 보다 종합적으로 모니터링해서 홍수 발생 시 신속한 대응을 하는 것이 필요하다.

● 강우예보 체계강화 및 시스템의 고도화

수자원 관리에 있어 강우예보의 신뢰도는 가장 중요한 요소라 할 수 있는데 강우예보 체계를 강화하고

강우예측시스템을 지금보다 더 고도화 할 필요가 있다. 현재의 기상과학은 단기를 넘어서 중기에 대한 예측능력 확보단계로 진입하고 있지만 강우예측의 정확도는 여전히 개선이 쉽지 않은 부분이 있다. 하지만 태풍진로를 기존 3일에서 5일 예보로 확대하고, 예측모형을 통해 신뢰도를 강화하며, 시험운영 및 안정화를 거쳐 유관기관에 제공하는 등 향후 기상기술의 발전에 좀 더 지속적인 관심을 가지고 해결하는 것이 필요하다.

● 통합 물관리시스템 및 홍수관리시스템 개선

이상가뭄에 대비하기 위해 기존 댐의 연계운영과 댐-보-하천을 최적으로 연계하여 운영할 수 있는 통합 물관리시스템을 구축하여 수량과 수질 및 생태환경을 고려한 안정적인 물공급이 가능하도록 추진해야한다. 이러한 통합 물관리시스템을 통해 과학화된 신속한 의사결정을 지원함으로써 홍수로 인한 인명 및 재산피해를 최소화하고 안정적인 물공급체계를 구축하는데 일조할 것으로 기대가 된다.

또한, 기후변화에 따른 국지성 돌발호우에 대응하기 위해 초단기 홍수예측을 위한 레이더 연계 분포형 홍수분석시스템 등 첨단 홍수예경보시스템을 구축하거나 유비쿼터스 기반의 홍수재해 모니터링 기술을 개발하는 등 IT기반의 유역통합 물관리기술을 고도화할 필요가 있다. 또한 유역내 모든 수자원의 실시간 활용 및 물수급간의 쌍방향 정보제공이 가능한 Smart Water Grid기술 등에 대해서도 관심을 가지고 기술을 개발할 필요가 있을 것이다.

● 재난관리체계 강화

홍수나 가뭄 등 물로 인한 재해를 사전에 예방하고 대비하기 위해 재난 방지시설이나 침수우려 지역에

대한 사전조사를 강화해야 한다. 또한, 댐 붕괴나 하천의 제방파괴에 의한 홍수범람은 발생확률은 작지만, 만약 비상상황이 발생하였을 경우 피해를 최소화하기 위해 물리적, 지형적, 구조적 특성에 따른 발생 가능한 비상상황을 예상하고, 비상시에 상황을 정확히 판단해서 이에 효율적으로 대처하기 위한 위기대응 매뉴얼을 통한 재난관리체계를 강화해 나가야 할 것이다. 또한 기후변화로 인한 물부족이 심해지면 물 관련 지역분쟁도 심화될 것으로 전망됨에 따라 합리적으로 조정할 수 있는 갈등조정시스템 및 기구의 설치도 필요할 것이고, 무엇보다 자연재해에 대한 국민들의 방재의식이 강화될 수 있도록 홍보를 강화하거나 지자체와 주민간의 협력에 의한 주민참여형 홍수 대응시스템을 필요로 한다.

5. 결 언

지금까지 기후변화에 따른 우리나라 수자원전망과 국내외 최신 연구동향을 파악하고, 댐유역의 물관리를 위해 구조적, 비구조적인 관점에서 효율적인 적응방안 등을 기술하였다. 의사가 환자의 증상을 정확하게 진단하여 처방을 내리듯이 지역의 특성에 맞도록 구조물적 방법과 비구조물적 방법을 병행해서 종합적으로 고려한 대책이 마련되어야 그 효율성을 상승시킬 수 있을 것이다. 또한, 구조적 및 비구조적인 적응방안과는 별도로 기후변화에 적응할 수 있는 다양한 물관리기반 기술을 개발해야 할 것이다. 우리가 기후변화로 인한 Risk를 줄이기 위해서는 지구온난화의 원인인 온실가스를 감축하기 위한 완화대책과 함께 현재 진행 중인 기후변화로 인한 재해에 대한 적응방안을 마련하는 적응대책을 동시에 병행해야

할 것이다.

국내 및 국제기관들은 '물 부족'과 '지구온난화'가 새 천년의 지구촌에서 가장 중요한 과제가 될 것이라고 지적하였다. 전 세계적으로 물 위기가 닥쳐올 것이고 지구상의 많은 사람들이 물 부족으로 고통 받을 것을 우려하고 있다. 세계적인 기상이변 현상과 심각한 물 문제는 우리나라 역시 예외가 될 수는 없다. 이상기후가 심화되고 돌발홍수에 대한 대응이 늦어진다면, 이는 산업 및 경제적 피해뿐만 아니라 생태계와 환경 파괴로 이어질 수 있으며 인류의 건강과 보건까지 위협할 수 있기 때문에 우리는 기후변화에 따른 기상 및 수재해에 대한 경각심을 가지고 적극적으로 대처해 나가야 할 것이다.

참고문헌

- 관계부처 합동, 2010, “기후변화 대응 미래 수자원 전략” 보고서
- 김병식, 김형수, 서병하, 김남원, 2004, “기후변화가 용담 댐 유역의 유출에 미치는 영향”, 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회지, 제37권, 제2호, pp.185-193
- 박진혁, 김우구, 2007, “지구온난화에 따른 수자원전망과 댐유역관리”, 한국수자원학회지, 제40권, 제5호, pp.83-87
- 안재현, 유철상, 윤용남, 2001, “GCM 결과를 이용한 지구온난화에 따른 하천 유역의 유출특성 분석”, 대한토목학회 논문집, 대한토목학회, 제28권, 제2B호, pp.215-224
- 이동률, 2000, “기후변화와 수자원 : 국내의 연구동향”, 한국수자원학회지, vol.33, no.3, pp.42-47
- 한국수자원공사, 2010, 기후변화에 따른 수자원영향평가 및 관리방안 수립 보고서