

기후변화 대응 국가 수자원 전략

충북대학교 명예교수 | 심순보
한국대담회 원로회원
shimsb2100@dreamwiz.com



1. IPCC 제5차 평가 보고서 (AR5, the 5th Assessment Report)

우리의 일상생활은 기후변화와 기후변동성의 영향을 직접 받으며 영위 되고 있다.

기후변화에 관한 정부간협의체(IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change)는 2013년 9월 27일 스웨덴 스톡홀름에서 IPCC 「WGI 제5차 평가보고서」중 「정책결정자를 위한 요약보고서」를 발표했다. 요약보고서는 21세기 말(2081~2100년) 지구의 평균기온은 1986~2005년에 비해 3.7℃ 오르고 해수면은 63cm 상승할 것으로 전망됐다. 그러나 CO₂ 농도 감축이 상당히 실현되는 경우(CO₂ 농도가 2100년 538ppm에 도달할 경우), 평균기온은 1.8℃, 해수면은 47cm 정도로 상승폭을 완화시킬 수 있을 것으로 내다봤다. 이번 보고서에는 기후변화의 원인, 기후시스템과 최근 변화에 대한 이해와 미래의 기후전망 등이 포함되어 있다. 기후변화 전망으로, 지역적으로 예외가 있지만, 지구 대부분 지역에서 온난화된 기후로 인해 건조지역과 습윤 지역의 계절 강수량 차이가 커지고, 우기와 건기 간의 기온의 차이도 더 벌어질 것이다. 고위도와 적도 태평양의 경우 강수량이 증가할 가능성이 매우 높다.(참고1,2)

동아시아의 경우, 21세기 말(2081~2100년)의 평균기온은 1986~2005년에 비해 2.4℃ 상승하고, 강수량은 7% 증가할 것으로 전망하고 있다.

이는 우리나라도 마찬가지이다. 여름철 수도권 집중호우로 인한 강남역·올림픽대로 등의 침수는 연례행사처럼 반복되고 있으며, 2009년 태백지역 가뭄과 같이 지역에

따라 2~3년 주기의 국지적 가뭄과 7년 주기의 극한가뭄이 지속되고 있다. 이러한 경향은 앞으로 더욱 뚜렷해질 전망이다. 향후 기후변화로 인한 강우강도 증가로 2090년에는 현재보다 1일 100mm이상 강우횟수가 2.7배 증가하고 100년 빈도 홍수량은 20%, 가뭄발생 기간은 3.4배 증가할 것으로 예측되는 등 물관리 여건은 더욱 어려워질 것으로 전망된다. (출처: 기후변화대응 미래수자원 전략, 국토해양부, 2010)

한편, IPCC는 1990년 이래 5~6년 간격으로 지금까지 4차례의 기후변화 평가보고서를 발간했다. 이번 보고서는 2014년 10월에 승인될 제5차 종합보고서의 일부로 3개의 실무그룹 평가보고서 중 기후변화의 과학적 근거를 담당하는 그룹(실무그룹 I)에서 작성된 것이다. 기후변화 영향·적응 및 취약성 분야(실무그룹 II)와 기후변화 완화 분야(실무그룹 III)의 평가보고서, 그리고 종합보고서는 2014년에 개최되는 회의와 총회에서 각각 채택될 예정이다.(인용 및 참고 2)

2007년에 발간된 제4차 IPCC평가 보고서의, 기후변화 영향·적응 및 취약성 분야(실무그룹 II)와 기후변화 완화 분야(실무그룹 III)의 평가 보고서에 따라, 정부는 다양한 대응책 마련에 정책적 역량을 집중 하고 있다. 우리나라 기상청은, 2013년9월6일 국회 환경노동위원회 주최로 “기후변화에 따른 집중호우 일상화 대응 포럼”을 개최하여 최근의 기후변화에 따라 일상화 되고 있는 집중호우와 관련한 기상환경의 변화, 방재기준의 개선방안 및 재정립 등, 새로운 차원의 위험기상에 대응하는 위기 관리 방안을 논의 하였다. 기후변화로 인해 극한 홍수와



가뭄, 각종 용수공급의 감소 등 물/수자원 문제의 심각성은 국가적 안보 차원으로 그 중요성이 부각 되고 있다.

한국건설기술연구원의 이동률박사는 브랜드 총서3(사람과 자연이 바라는 지속가능한 물관리) 발표문 “기후변화와 수자원”에서 “물 안보는 사회, 환경 및 경제 활동에서 물부족, 홍수와 수질악화 위협에 대응 가능하고 인간의 건강과 생계, 생태계, 생산 활동을 위해 적합한 물의 양과 질을 확보한 상태” 라고 기본 개념을 정리하고, 물 안보의 영향 요소로서 수문학적 물 순환과정에서 가용한 수자원의 양과 수자원의 시공간적 변동성 및 사회-경제적 환경으로 수자원 시설의 인프라 시스템과 수자원 관리 조직의 총체적 역량 및 기후변화와 기후변동성에 대응 할 수 있는 미래 수자원의 국가적 전략이 중요함을 강조 한바 있다. 또한, 한국수자원공사 K-water 연구원 박진혁박사는 녹색기술정보포털에 발표한 “기후변화 적응을 위한 안정적 용수 기술 동향”에서 “물은 다른 자원과 달리 대체제가 없기 때문에 국가적으로 기후변화에 대한 미래 수자원 확보가 국가안보 차원의 문제로 부각되었다.” 라고 강조하면서, 기후변화에 대한 수자원 적응 기술개발은 미래 수자원 안보를 위해 반드시 국가적 실현 전략으로서 중요함을 역설 하였다.

이에, 본 기고문 “기후변화 대응 국가 수자원 전략”에서는 지금까지 정부 및 각 기관에서 시행한 기후변화 대응 수자원에 관한 노력들을 살펴보고, 기후변화와 기후변동성에 대응 할 국가 수자원 전략을 정리, 도출 하고자 한다.

2. 정부와 각 단체들의 기후변화 대응 노력들

국토교통부(국토해양부)는 2001년부터 2013년 현재까지 산하 기관 및 단체들과 함께 “수자원장기종합계획”을 수립하고, 수자원에 관한 정부의 최상위 정책의 근간으로

서 시행하고 있다. 그러나 기후변화에 대한 수자원 대응 전략으로 정책화하기 전단계의 과학기술적 타당성을 확보하기 위한 선행 조치들로서, 기후변화와 관련된 연구단 사업으로 “수자원의 지속적 확보기술개발 사업단(2001~2011)”, “이상기후대비 시설기준 연구단(2005~2010)”, “기후변화 대비 국가 물안보 확보방안(2007~2011)”, “기후변화에 의한 수문 영향분석과 전망 연구단(2009~2012)”, “차세대 홍수방어기술개발 연구단(2008~2013)” 등에서 연구를 수행했거나 수행해 오고 있다.

이들 연구 및 사업단의 연구 성과를 요약 해보면, 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단에서는 국내 최초로 기후변화에 따른 수자원 영향평가를, 이상기후 대비 시설기준 연구단에서는 기후모형, 이상강우, 비정상성을 고려한 확률강우량 산정과 홍수재해 취약성 분석 시스템 개발을, 기후변화대응국가 물 안보 확보방안에서는 기후변화가 한반도의 수문기상학적 특성에 미치는 영향평가와 기후변화를 고려한 극한 홍수 해석 기술 개발을, 기후변화에 의한 수문 영향분석과 전망 연구단에서는 기후변화에 따른 수문변동 전망과 기후변화를 고려한 물 순환 및 물 수급 정량화를, 차세대 홍수방어기술개발 연구단에서는 유역홍수 대응 최적기술 개발과 수공구조물 붕괴에 의한 극한홍수관리기술 개발 및 미래 환경 변화에 따른 홍수 대응 기술 개발을 최종 성과로 하고 있으나, 기후변화 대응 대책은 수립 되지 못하고 있다. 이들 기존의 연구들은 기후변화 적응 전략이나, 실현가능한 적응 대책 수립은 단순제시로, 기후변화 대응 국가 수자원 전략으로 보기에는 미흡함을 느끼게 한다.

또한, K-water 연구원 박진혁박사는 전술한 기고문에서 “서울시에서는 2011년 7월말에 발생한 집중호우에 따른 대책으로 시간당 100mm 강우량에 대한 침수피해 방지

를 목표로 하수관거 용량 확대, 저류시설 확충, 저지대 상습침수지역 정비 등을 추진하여 변화된 강우패턴에 의한 시설물의 적응정책을 제시한 바 있다. 하천법 제23조에 따라 수립되는 수자원관련 국가 최상위 기본전략 계획인 수자원장기종합계획(2011~2020)에서는 기후변화 등 최근의 물 현안 등을 반영한 미래 수자원 확보를 위해 국가 물 안보 대응 전략 마련 및 관련 기술 확보, 첨단 홍수 대응기술 개발, 기후변화가 수자원에 미치는 취약성 평가 및 변동성 예측기술 개발, 국가 지하수자원 활용 고도화 기술 개발 등을 추진하기 위한 전략을 마련한 바 있다.” 라고 기술하고 있다.

국토해양부는 2012년 “기후변화 시나리오에 따른 수자원 적응전략 수립 연구 기획 보고서”에서 기후변화에 따른 수자원 분야의 영향평가, 취약성분석, 및 적응 대책 전략 수립 절차를 <그림1>과 같이 표시하고 있다.(K-water 연구원 박진혁박사 발표문에서 재인용)

립 연구기획”을 <그림2>와 같이 집약 하여 발표 하였다. 이는, 2030년 까지 기후변화 대비 국가 수자원 적응 기준을 제시할 비전을 가지고, 기후변화에 적응 가능한 국가 수자원 관리기술 및 글로벌화 기반 구축을 목표로 하여, 기후변화에 대한 국가 수자원의 비전과 목표 달성을 위해, 홍수대응기술, 안정적 용수 공급기술, 유역관리기술의 고도화 달성을 통한, 국내 수자원 산업 경쟁력을 강화하여, 수자원 산업의 세계화에 기여 할 수 있도록 함으로서, 선진 수자원 강국 실현이 될 것을 강조하고 있다.

또한, 기상청 국립기상연구소에서는 새로운 국제 표준 온실가스 시나리오(RCP8.5 시나리오 기준)를 이용하여 산출한 기후변화 전망 자료에서 아열대 기후구(월평균기온 10℃ 이상인 달이 8개월 이상, 최한월 평균기온 18℃ 이하)는 현재 제주도와 남해안에서 2050년까지 내륙을 제외한 전국으로 확산될 것으로 전망했다. 폭염(일최고

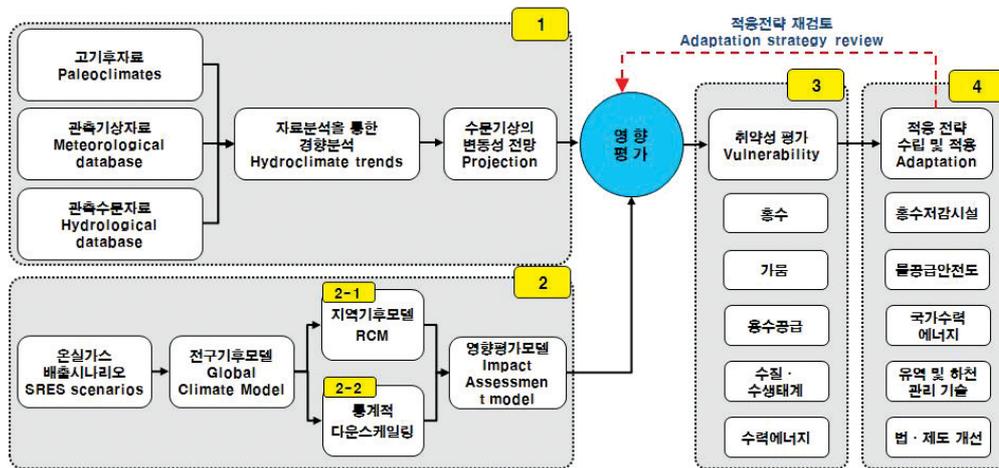


그림 1. 기후변화에 따른 수자원 영향, 취약성, 적응전략 수립 체계 (국토해양부, 2012)

한편, 한국수자원학회 2013년 제1회 하천관리포럼 (2013.09.06)에서 건국대 김성준교수와 세종대 배덕효교수가 공동으로 발표한 “기후변화에 따른 수자원 적응대책”에서 “기후변화 시나리오에 따른 수자원 적응전략 수

기온 33℃ 이상), 열대야 등 고온현상이 3~6배 증가하며, 집중호우의 가능성이 크게 증가하고, 일강수량 80mm 이상인 호우발생일수가 60% 이상 증가하며, 특히 수도권과 강원 영동지방은 호우가 2배 이상 증가될 것으로



그림 2. 분야별 연구기술의 우선순위를 통한 중점과제 도출

전망하고 있다. 이에 따라 생활환경에서는 가뭄·홍수 증가에 따른 물 관리 어려움이 커지고, 집중호우 증가로 하천 유역 및 도심지의 홍수발생 및 피해가 증가할 것으로 전망 하였다.

3. 기후변화 대응 미래 국가 수자원 전략

기후변화 대응 단기적 핵심 국가 수자원전략은 먼저, 수자원에 직접 종사하는 공직자와 전문가들의 자존감의 회복이다. 국가 수자원 전략 수립과 실현을 범부처적으로 총괄 조정 하고 있는 “국토교통부” 수자원정책국과 산하기관 모든 공무원들의 사기 진작과, 실제 한국의 수자원을 총괄 집행 하고 있는 “한국수자원공사”의 임직원들이 어깨를 짊 펴고 당당하게 본연의 임무에 충실 할 수 있는

정치 사회적 분위기 쇄신이 무엇보다 중요 하다고 판단 된다. 이는, 수자원 전문가라고 자칭 하는 원로교수들과 전직 수자원국장 등 퇴직한 공직자들이 앞장서, 수자원 분야의 중진 교수들의 연구 교육 평가 및 자문 활동을 격려 해 줌으로서 달성 가능 할 것이다. 또한 수자원에 언론이나 부정적인 시각으로 보도하는 언론이나 종교 및 시민단체들에 적극적으로 대응하여, 그들의 편파적인 시각과 생각들을 바로 잡도록, 한국물학술단체연합회와 한국수자원학회 및 한국대담회는 전략적으로 대처하여, 국가 수자원전략 집행이 지속적으로 추진되어야 할 것이다.

중장기적인 미래 국가 수자원 전략은 첫째로, 지금 까지 국가적 계획으로 공표한 수자원정책을 효과적으로 실현

할 수 있도록, 관련법과 제도를 국제적, 경제사회적 수자원환경 변화와 기후변화에 대응 할 수 있도록 새로 제정하거나 개정하여, 집행 체제를 강화 할 것이 요망 된다.

둘째로, 기후변화 대응 수자원 정책을 더욱 정교하게, 전 국민이 골고루 실감 할 수 있도록 물 복지사업으로 선진화 시켜야 할 것이다. “국토교통부”와 “한국수자원공사”는 이를 위하여 환경부, 기상청, 안전행정부(소방방재청)와 각 지방정부 및 지자체들과 협력하여 지속적인 노력을 집중하여야 할 것이다.

“국토교통부”와 “한국수자원공사(K-water)”는 수자원 장기종합계획을 수정 공표하고, 이와 관련한 수자원개발 계획들을 수립한다. 이 수정된 수자원장기종합계획(2011~2020)의 주요 내용은 장래 물수급 상황에 대한 예측과 안전한 물공급, 홍수방지 및 하천환경의 보전 복원을 위한 정책방향 제시와 기후변화로 인한 미래 수자원 여건 변화에 대한 전망과 세계 물 관련 시장 진출확대 방안을 제시하면서, 사람과 자연에 맑고 충분한 물 공급을 위한 물이용 종합 계획, 기후변화에 안전한 국토기반 구축을 위한 치수 종합계획, 생명이 살아 있는 물 환경 조성을 위한 하천환경 종합계획, 물관련 기술의 선진화를 촉진할 수자원조사 연구 및 기술개발 계획과 수자원 미래과제를 선제 대응 할 전략을 포함하고 있다.

또한, 국토교통부와 한국수자원공사(K-water)는 2013년 세계물의 날을 기념하여 “물과 미래” 자료집을 발간하여 배포함으로써, 중장기적 국가 수자원계획과 전략을 구체화 하였다.

2013년 “물과 미래” 자료집에서, “전국의 장래 물 수급전망을 보면 4대강살리기 및 다목적댐 건설 등을 통한 물 공급능력의 증가로 대부분의 지역에서 생·공·농업용수 부족은 해소되며, 하천의 수질 및 생태계 보전 등을 위해 필요한 하천유지 및 환경개선용수 수요도 대부분 충족될 수 있다. 다만, 도서 및 산간 등 일부지역에서는

가뭄정도에 따라 약 1.6억^m³(5년 빈도 가뭄시)~4.6억^m³(과거최대 가뭄시)의 물 부족이 발생할 것으로 전망되었다. 앞으로 국지적으로 발생하는 물 부족에 대처하기 위해 친환경 중소댐건설, 공공지하수 개발 등 신규 수자원 확보와 기존 노후시설의 개량 및 비상연계 체계 구축 등을 적극 추진할 필요가 있다.”고 강조 하였다.

셋째로, 국토교통부와 한국수자원공사에서는 국토의 치수능력 증대를 위한 하천 및 댐 시설 정비 사업을 지속적으로 시행 하여야 할 것이다. 여기에는 국가 및 지방하천의 정비, 하천통합관리를 위한 국가하천 확대, 극한홍수 대비 기존다목적댐의 치수능력증대사업, 노후화되고 있는 기존댐의 다목적 재개발 및 지방의 치수능력 향상을 위한 신규 댐의 건설 등이 포함 되어야 할 것이다. 다목적 댐은 효과적인 홍수피해 저감, 안정적인 용수공급, 친수 하천환경조성과 지역경제 활성화에 크게 기여 한다.

넷째로, 안정적인 물확보와 공급 확대사업의 전략화를 지속하여야 할 것이다. 이에는, 수도물 수요-공급 현황을 면밀히 평가 검토하여, 전 국민이 어디에서 삶을 영위하든 마실 물과 생활용수의 부족(양과 질)을 느끼지 않도록, 정부와 지자체의 공동노력이 지속되어야 할 것이다.(1인 1일당 물사용량 추세는 335ℓ 로 지속적인 감소-2012년 환경부 발표)

환경부가 2012년 발표한 상수도통계를 인용하여 “2011년 우리나라의 상수도보급률을 지역별로 보면 서울시와 제주는 100%에 육박하고 있으나 타 지역의 보급률이 상대적으로 낮은 수준이다. 특히 충남(76.0%) 및 전남(77.7%)은 전국 평균(94.6%)에 비해 다소 낮은 수준이다. 한편 1일 1인당 급수량(ℓ)은 강원(463ℓ), 전북(436ℓ), 경북(449ℓ)이 전국평균 335ℓ에 비해 높은 것으로 나타났다.” 라고 “물과 미래”에서 평가 하고 있다.

또한,K-water는 2012년말 K-water에서 관리중인 광

역상수도는 24개 사업으로, 시설용량을 지역별로 보면 수도권계통이 8,285천m³/일로 전체 시설용량의 60.2%를 차지하고, 기타 지역이 39.8%를 차지한다. 급수량을 보면 전체 급수량 7,543천m³/일 중 수도권계통이 52.9%를, 기타 지역에서 47.1%를 공급하는 것으로, 나타내고 있다.

한편, 국토해양부는 2009년 전국을 “12개 권역별 광역 용수공급 체계 구축”을 위한 “2025 수도정비기본계획 (광역상수도 및 공업용수도)”을 성안 발표 한바 있다.

이, “12개 권역별 광역 용수공급 체계 구축”사업이 달성 되면, 지역별 물 수급 불균형 개선과 가뭄 등 비상시 효과적으로 대처하기 위해 안정된 용수공급이 가능한 다목적댐과 광역상수도의 공급능력을 최대한 활용하는 12개 권역 급수체계 조정사업을 2020년 까지 조기 완료할 예정이다. 이에 따라 상대적으로 가뭄 및 수질사고에 취약한 하천수 취수지역에 광역급수체계를 통한 다목적 댐의

혜택을 받게 되어 극한 가뭄이나 수질 사고 등 국가의 물 위기 관리능력 향상이 기대된다.

광역용수공급체계가 구축되면 기존 댐의 효율적인 활용과 댐 연계운전을 통한 지역간 용수 수급 불균형 해소와 광역상수도 시설 운영관리 효율성의 제고 등으로 연간 9.7억m³의 신규 수자원 개발 대체 효과가 예상되며, 건설비 2.6조원 이상의 신규 상수도개발 비용의 절감효과가 기대된다. (“물과 미래”에서 발췌 인용)

다섯째로, 수문·수자원조사·연구 및 기술개발 계획과 수자원관리 및 친환경적 하천관리를 Smart하게 강력히 실현 할 전략이다.

4대강살리기사업 후 우리나라 4대강의 수문·수자원조사환경과 하천환경은 큰 변화를 가져왔다. 또한 국민의 생활수준 향상에 따른 질 높은 수문, 수자원, 하천정보의

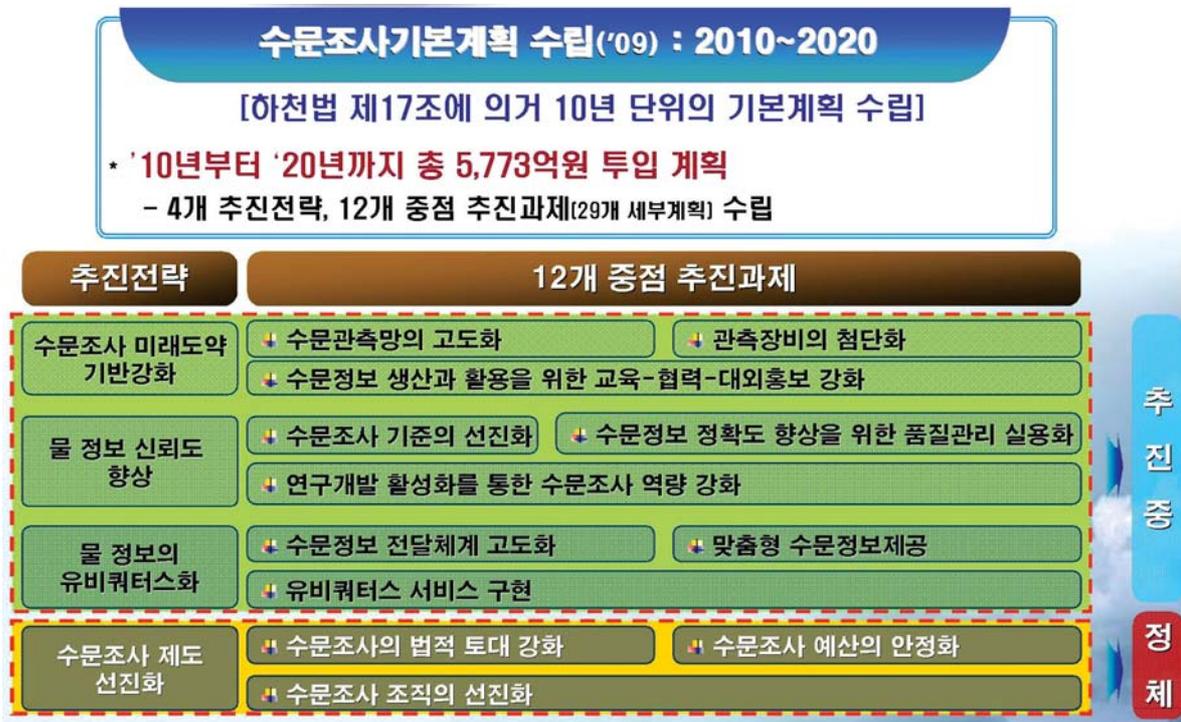


그림 3. 자료 ; 이신재 -“수문조사 정책추진 현황 및 향후 발전방향” -제6회 수문조사 심포지엄, 2013. 3.27

수요도 크게 증대 되고 있다. 이는 홍수예경보체제의 고도화, 실시간 물관리, 수질오염총량제, 하천시설물 관리의 Smart화를 촉진 할 것을 뜻한다. 2009년 국토해양부가 하천법에 의거 수립한 “수문조사기본계획”(그림 3 참조)을 차질 없이 집행하면 실현 가능 할 것이다.

더욱이, 국민의 환경보전의식이 증대되고 삶의 질이 우선시됨에 따라, 수자원부문에서는 자연환경 및 지역사회와 조화되는 수자원 개발 및 관리가 요구되고 있다.

특히, 환경적으로 건전하고 지속가능한 수자원 개발 및 관리를 위하여 추진하고 있는 환경친화적인 댐 건설은 정책입안, 조사·계획, 설계·시공 및 유지관리단계 등 댐 건설의 전 과정에서 수자원 활용의 극대화, 주변 생태계의 유지와 복원, 주변 자연의 특성과 대상지역의 사회적·문화적·역사적 특수성을 고려한 개발과 보전의 조화 등을 실현하는데 정책방향을 두고 있다. 정부에서는 주요한 개발정책 수립 시 환경성을 먼저 고려하기 위한 “전략환경영향평가” 제도를 시행하고 있는데, 환경영향평가법의 개정(’12.7)으로 정책입안의 각 단계별로 환경성을 평가하고, 전문가가 참여하는 환경영향평가협의회 운영 및 주민의견 수렴, 관계기관 협의 등의 절차로 환경성평가제도의 실효성을 한층 강화하였다.(“물과 미래”에서 발췌 인용)

2009년~2012년까지, 정부에서는 국토해양부와 환경부를 주축으로 기후변화에 대비한 국토재창조, 지역균형발전과 녹색성장 기반구축을 비전으로 하는 “4대강살리기 사업 마스터플랜”을 수립 후, 한강, 낙동강, 금강, 영산강에 대한 종합적인 정비를 착수하여 이상기후에 대비한 안정적인 치수와 물확보는 물론, 수질개선, 하천생태계 건강성 회복과, 자연과 인간이 어우러진 복합공간으로 활용하기 위해 사업을 추진하였다.

특히, 4대강살리기 사업에서의 생태하천은 하천내 농경

지 정리를 통한 교란된 하천환경을 개선하고, 수질 오염 방지, 습지 조성·구하도 복원·수생태공간 조성을 통한 생물 다양성 확보 및 서식기반을 제공하도록 계획 하였다. 또한 이와 더불어 수변공간에 대한 잠재력을 적극적으로 발굴하여 강을 활용한 여가공간을 조성하고 아름다운 수변공간 창출 및 접근성 개선을 통해 강 중심의 문화 및 지역발전을 추구하도록 하였다. 이러한 국가 수자원 전략은 끝없이 수정 보완 되어져야 할 우리의 과제다.

〈감사의 표시〉

본 기고문을 작성 할 수 있도록 자료를 제공 해 주신 모든 분들께 깊은 감사를 드린다.

특히, 국토교통부(국토해양부), 한국수자원공사(K-water), 환경부, 기상청 관계관들의 자료협조에 깊이 감사드린다. 한국수자원학회와 한국대담회의 관계관의 협조와 격려에도 감사한다.

〈참고 문헌〉

- 1) IPCC WG1 AR5, “Working Group1 Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report, Climate Change 2013;The Physical Science Basis-Summary for Policymakers”, 2013. 9
- 2) 기상청, 보도자료, “(130927)-IPCC제5차평가보고서_보도자료(15시)_최종2”
- 3) 기상청, “IPCC 제5차 평가보고서 발간 대응 융합 워크숍” 자료집, 2013. 10.8
- 4) 환경부, “서흥원-기후변화 대응 정책방향”, IPCC 제5차 평가보고서 워크숍발표, 2013. 10.8
- 5) 국토교통부, “손병석-기후변화시대, 미래 수자원 정책방향” 한국수자원학회지, 2013. 08월호
- 6) KICT, 브랜드총서3발표, “이동률-기후변화와 수자

- 원”, 2011.6.16
- 7) 녹색기술정보포털, “박진혁-기후변화 적응을 위한 안정적 용수 공급 기술 동향” 2013. 9
 - 8) 한국수자원학회, 하천관리포럼, “김성준·배덕효-기후변화에 따른 수자원 적응대책”, 2013. 9
 - 9) 국토교통부·한국수자원공사(K-water), “물과 미래” 2013. 3
 - 10) 국토해양부, “기후변화 시나리오에 따른 수자원 적응 전략 수립 연구 기획 보고서”, 2012.
 - 11) 박진혁, “기후변화 영향평가 및 적응기술 - 수자원분야”, 녹색기술정보포털, 2010.
 - 12) 국토해양부·한국수자원공사(K-water), “수자원 장기 종합 계획” 2012.
 - 13) 환경부, “국가 기후변화 적응대책(2011-2015)”, 2010.
 - 14) UN IPCC, “Climate Change : The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Forth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change,” 2007