

기후변화 불확실성과 가뭄적응



이 광 만 ●●●●
K-water연구원 수석연구원
lkm@kwater.or.kr

1. 서 론

오늘날 기후변화가 물 이용 전반에 영향을 미칠 것이라는 것은 부정할 수 없는 사실로 받아들여지고 있다. 이것은 직·간접적으로 강우나 증발 등에 영향을 미쳐 물 순환전반에 변화가 예상되고 이로 인해 물 이용 체계에도 영향을 줄 것이다. 이런 현상은 이미 여러 나라에서 물 부족문제로 나타나고 있으며, 점차 심화될 것으로 보고 있다. 물 부족 취약성은 단순히 용수공급의 문제만이 아닌 식량, 에너지 및 환경 등 사회, 경제 및 생태 전반에 영향을 미치게 된다. 특히 개발도상국이나 저개발국에서의 물 문제는 건강 등 생존과 직결된 문제로 기후변화에 의한 영향을 가장 크게 받을 것으로 예측하고 있다.

그러나 오늘날 기후변화가 수자원, 홍수, 건강, 농업, 에너지 및 생태환경에 미치는 영향을 충분히 다루고 있지 못하다. 많은 나라에서 현재의 기후변화에 적절히 대처하지 못하고 있으며, 대홍수나 극한 가뭄에 속수무책으로 당하고 있다. 물 이용관리측

면에서 기후변화 관련된 도전과제는 크게 네 가지로 구분해 볼 수 있다. 우선 1) 기후변화에 의한 극한가뭄의 심화정도를 예측하고 물 이용관리 평가에 적용할 수 있는 시나리오를 개발하는 것, 2) 기후변화에 따른 수문체계의 변화를 고려하여 수자원 지속가능성을 평가할 수 있는 기반을 구축하는 것, 3) 물 부족 취약성을 평가할 수 있는 기준을 만들고 이에 대응하는 대책을 마련하는 것, 4) 마지막으로 기후변화에 대응하기 위한 제도를 마련하는 것 등이다.

사실 기후변화는 미래의 문제가 아니라 현재의 문제이다. 지금 이 순간에도 물 문제는 국가, 유역, 도시와 농촌 및 물 이용자 사이의 경쟁을 심화시키고 있다. 기후변화는 비기후변화 요소, 즉 인구, 경제, 기관시설, 제도 등과 결합하여 더 큰 영향을 미칠 수 있다. 이는 곧 정치·사회적 문제로 확대되고 유역간 물 분쟁 등 사회적 갈등이 심화될 것이다. 따라서 기후변화에 의한 물 문제해결을 위한 사전 조치가 요구된다. 기후변화에 의한 물수급 불균형은 사슬처럼 얽힌 물 문제를 풀어야하는 과제로서 수문순환과 물 이용 시스템 전반에 대한 이해에서 시작되어야 한다. 본 논고는 이런 관점에서 수자원 이용관리 측면에서 기후변화에 의한 극한가뭄에 대응하기 위한 방안에 대하여 짚어보고자 하였다.

2. 기후변화에 의한 극한가뭄 예상

인류는 언제나 기후의 불확실성과 변화를 겪으면서 살아왔다. 적어도 지금까지는 변화하는 환경에 적응하면서 문명을 발전시키고 생태를 보존하는 합리적 활동을 추구해 왔다. 그러나 최근의 기후변화는 강우사상의 시간, 크기 및 기간을 극적으로 바꾸어 놓고 있다. 극한기후사상이 심화되고 있어 장·단기적으로 이용 가능한 물이 감소하고 이로 인해 물 환경의 불확실성이 확대되고 있다. IPCC(2007)의 예측과 같이 여러 지역에서 강수는 줄어들고 온도는 높아지는 현상이 지속될 경우 우리는 이용 가능한 물 확보 문제에 직면하게 될 것이다. 결국 가뭄에 의한 사회, 경제적 취약성 증가는 정책입안자나 물 관리자의 가장 중요한 문제가 되고 있다(Wilhite and Pulwarty, 2005).

비단 수자원 계획뿐만 아니라 모든 설계에는 불확실성이 존재한다. 우리는 이런 불확실성에 대비하여 안전도를 설계기준 등에 최대한 반영한다. 따라서 불확실성에 대한 안전성을 어느 수준으로 어떤 방법으로 확보하느냐가 관건이다. 수자원 이용관리 계획에서의 불확실성은 수문조사, 수요예측, 설계방법, 시공조건, 운영관리 및 정책실패 등 수 많은 요소들이 작용한다. 그러나 수자원 특성상 영향이 가장 큰

불확실성은 수문조건이라 할 수 있다. 따라서 우리가 기후변화에 주목하는 이유가 여기에 있다.

Fig. 1의 (A)와 같이 수문이 정상성인(stationary) 경우 수요(demand)와 공급(supply) 관계를 Load-Resistance관계와 유사하다고 가정하면, 음영부분은 수요는 증가하고 공급은 줄어드는 위험구간이라 할 수 있다. 만약 기후변화에 의해 공급곡선이 Fig. 1의 (B)와 같이 좌측으로 이동할 경우 물 부족 심도는 더 확대된다. 반대로 Fig. 1의 (C)와 같이 우측으로 이동하면 용수공급의 안전성은 높아진다. 실제 IPCC(2008) 등 기후변화 연구자들은 가뭄과 홍수의 발생빈도가 높아지고 그 크기는 확대되는 것으로 예측하고 있다. 따라서 장래 수문사상은 극한가뭄과 극한홍수가 빈번할 것으로 예상되어 공급곡선의 하한부분과 상한부분이 확대되는 모양으로 나타날 것이다. 즉 가뭄과 홍수 모두에 취약한 상태를 보일 것이다. 기후변화를 고려할 때 우리가 우려하는 것은 공급곡선의 하한이 좌측으로 이동하여 용수공급 불확실성을 확대시키는 경우이다. 현재의 물 이용특성을 고려할 때 수요곡선이 현재보다 증가하는 경우라면 물 부족 발생빈도와 취약성은 더욱 심해질 것이다. 이런 경우 물 부족 심화 정도에 따라 용수공급을 위한 수자원시스템 전반을 새로 계획해야 하는 경우도 발생할 수 있다.

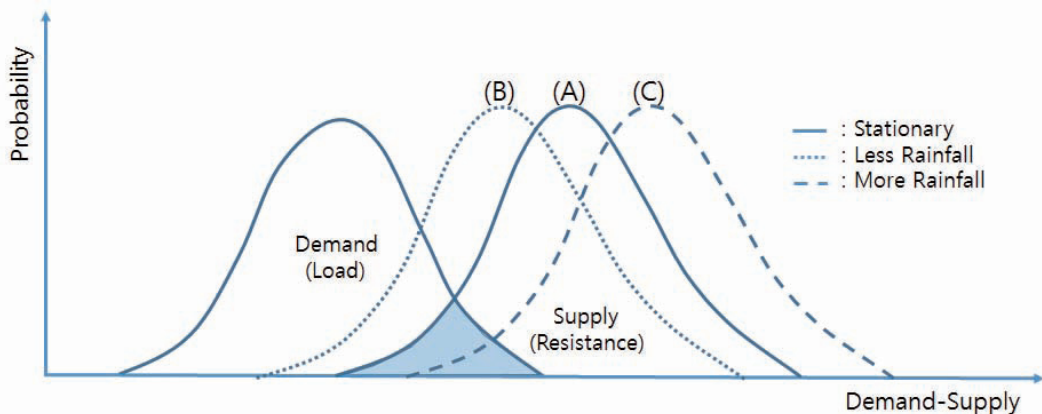


Fig. 1 Probability Density Functions of Water Demand and Supply by Climate Change Scenarios

따라서 기후변화에 대응한 실질적 효과를 얻기 위한 연구는 하천수문메커니즘, 유역지표수-지하수 상호작용 및 수질관리에 맞춰져야 한다. 이중 상당 부분은 불확실성으로부터 기후변화 징후를 찾아내는 것과 수문사상의 과거 평균과 분산으로부터 차이를 확인하고 다른 지역에서는 어떻게 진행되는지를 확인하는 것이 중요하다. 이와 같은 수문체계변화에 대한 일련의 연구는 합리적인 수자원 계획을 위해 필수적이며 수자원 이용관리의 의사결정문제에도 매우 중요한 정보이다. 아울러 극한가뭄 등을 고려하여 이에 대한 적응 노력과 함께 안전성(reserve water)을 높이는 방안에 대한 검토가 필요하다. 특히 물 부족 취약성이 우려되는 지역에 대해서는 물 이용의 안정성 확보를 위해 강력하면서도 직접적인 조치들이 취해져야 한다.

3. 가뭄대응방법 결정을 위한 기준

기후변화는 수자원시스템의 불확실성(deep uncertainty)을 확대시킬 것이고 이에 따라 용수 공급 시스템의 위험도를 적절히 관리하는 것은 매우 어려운 일이 될 것이다. 극히 정상적인 자연재해로서의 가뭄과 동시에 수자원시스템 자체의 취약성에 대한 검토가 필요하다. 물론 법과 제도의 틀에서 가뭄충격을 감소시킬 수 있는 적응대책을 생각하게 된다. 이와 관련하여 가뭄에 의한 물 부족의 위험도를 평가하고 사회·경제적인 충격을 완화할 수 있는 대안 검토가 필요하다. 이런 대책들을 적기에 적용할 수 있는 평가기준을 개발하여 활용하는 것이 중요하다.

그러나 가뭄관리는 가뭄대책과 적응활동계획의 부적합과 겹으로 인해 더 어려워 질 수 있다. 실제 물 부족상태(water scarcity)와 가뭄(drought)의 개념차이에 대한 이해가 부족하다. 물 부족상태는 이용가능한 물과 수요의 불균형이 만성적으로 지속되는 상항이고 가뭄은 일시적으로 이용가능한 물이 부

족하여 용수공급에 지장이 생기는 상황이다. Fig. 1의 (B)과 같이 기후변화에 의해 물 부족이 만성화되는 경우와 (A)의 상태에서 극한가뭄이 자주 발생하는 경우의 대응방법은 달라진다. 만약 기후변화에 의해 수문체계가 변할 경우 상황에 적합한 대응방법을 찾아야 할 것이다. 이를 위해서는 취약성 평가(vulnerability assessment)가 중요하다. 현재의 취약성을 진단하고 장래조건에 의한 취약성을 평가하는 것으로(Snover et al., 2007) 시스템이 기후변화를 수용할 수 있는지, 장애요인은 무엇인지, 이미 영향을 받고 있는지, 적응력보다 빠르게 진행되는지, 어떻게 적응할 것인지, 대책의 효율성은 어떠한지 등이다.

취약성 평가 방법은 이미 많은 개념들이 제시되어 활용되고 있다. 신뢰도나 회복도 등과 같이 주로 통계적 해석의 지표들이 많으나 물 부족에 의한 피해 정도를 나타내지 못하는 단점이 있다. 또한 가뭄대응방법을 결정하는데 중요한 요소는 경제성 평가이다. 이에 대해 K-water(2014)는 용수부족지표 개념의 가뭄피해와 공급개발의 기준을 제시하고 있다. 다음 식들은 USACE(1975)에서 개발한 용수부족지표(Shortage Index)와 변형된 용수공급부족지표(Generalized Shortage Index)를 우리나라에 적용한 것이다. 이 식들에서 상수 '178'은 물 부족이 발생할 경우 피해비용과 공급비용이 균형을 이루는 임계값으로 용수부족률 7.5%에 대해 혹은 값을 1로 만들기 위해 도입된 값이다. 즉, 값이 1보다 클 경우 물 부족에 의한 피해가 기하급수적으로 증가하고 값이 1보다 적을 경우 부족한 물을 충족시키기 위한 개발비용이 피해비용보다 더 크다는 의미이다. 따라서 이와 같은 형태의 기준을 이용하면 가뭄대책의 경제성 판단근거로 활용할 수 있다

$$SI = \frac{178}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{S_A}{D_A} \right)^2 \quad (1)$$

$$GSI = \frac{178}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{DPD\alpha_i}{100 \times DY_i} \right)^2 \quad (2)$$

4. 기후변화에 의한 극한기동 적응력 제고

기후변화가 피할 수 없는 자연현상이라면 이에 따른 용수공급 안정성을 확보하는 것도 피할수 없는 과제이다. 우리나라와 같이 수자원 이용에 제약이 많은 경우 용수공급 취약성을 완화하고 기후변화에 적응할 수 있는 대안을 찾는다는 것이 쉬운 일은 아니다. 결국 기후변화라는 자연현상에 의한 취약성을 관리하기 위해서는 수자원시스템 자체의 특성에 집중할 필요가 있다. 기후변화에 의한 물 부족 위험도를 평가하여 사회·경제에 미치는 영향을 최소화 할 수 있는 대책을 강구하고 용수공급 취약성을 평가할 수 있는 지표를 개발하여 조기대응체계(early-action-system)를 구축하여야 한다.

장래 수자원 계획과 관련된 당면과제는 현재와 큰 차이는 없을 것으로 예상되지만 기후변화가 가져올 근본적인 변화는 공급-수요관계의 틀에서 공급-(저감(mitigation)/적응(adaptation))-수요관계의 틀로 변하고 있다는 것이다. 즉, 예상되는 기

후변화에 의한 손실(loss)과 피해(damage)를 완화시키는 전략이다. 따라서 적응력을 높일수록 손실과 피해를 감소시킬 수 있다. 실제 기후변화 문제에 대응하기 위한 과제의 많은 부분이 적응과 관련된 것들이다. 기후변화 적응은 이후 수 십년 간 수자원 계획, 운영관리 그리고 자원개발에 대한 가장 중요한 화두가 될 것이 분명하다. American Water Resources Association(2014)은 창간 50주년 기념으로 20~30년 후 미국의 물 문제(water resources impact)에 대한 관심사항이 무엇인지를 21개의 주제에 대해 전문가를 통해 진단한 내용에서도 수자원 계획, 관리 및 개발 관점에서 기후변화 적응노력과 관련 기술개발이 강조되고 있다. Commission of the European Communities도 백서 “Adapting to Climate Change: Towards a European Framework for Action (CEC, 2009)”를 통해 기후변화에 대한 적응력을 향상시키기 위한 수자원 관련 주요 의제로 Table 1과 같이 제시하였다.

Table 1. Main Topics of European Policy on Water Scarcity and Drought

Topic	Content
Improving water efficiency	<ul style="list-style-type: none"> - Introducing water-saving devices and practices in buildings and improving water-efficient construction - Reducing water leakages in supply distribution systems - Improving efficiency in agricultural use of water
Achieving better planning and preparedness to deal with droughts	<ul style="list-style-type: none"> - Integrating actions against water scarcity and drought into other sectorial policies (agriculture, households, industry) - Assessing the adequacy of the river basin management Plans on water scarcity and drought issues - Further developing the prototype of an observatory and early-warning system on drought - Defining a more comprehensive list of indicators on water scarcity, drought and vulnerability of water resources
Developing adequate implementation instruments of financing, water pricing, water allocation research and education	<ul style="list-style-type: none"> - Encouraging EU funding of natural risks through Cohesion Policy, Regional Policy, Solidarity Fund and Economic Recovery Plan, and reforming Common Agricultural Policy - Making the national rules more restrictive that authorize water abstractions - Developing new research projects on vulnerability and increased drought risk - Introducing new educational programmes and awareness-raising campaigns

앞에서의 설명과 같이 이제 기후변화는 수자원 정책의 패러다임을 근본적으로 변화시키고 있다. 지금까지 가뭄에 따른 물 부족 사태에 대한 대응은 이미 가뭄이 진행되어 재해가 발생한 후 비상상황에 대처하는 것이었다. 그러나 기후요인이 크게 변하는 상황에서는 과거와 달리 피해규모가 심각해질 수 있으므로 위험관리에 기초한 사전대응방식으로 전환이 필요하다. 그러나 불행하게도 기후변화에 대한 관심은 높으나 이에 적응하기 위한 제도적 체계에 대한 논의는 부족하다. 위험관리정책에 근간하여 용수공급 안정성을 확보할 수 있는 대안 마련이 중요한 이유이다.

이미 기후변화 적응노력이 Table 2와 같이 많은

국가에서 다양한 방법으로 효과를 보고 있다(IPCC, 2014). 그럼에도 극한 불확실성에 대응한 보다 현명한 물 관리 정책이 요구되고 있다. 이와 같은 관점에서 기후변화 문제와 관련된 연구는 지속적으로 변화하는 수문조건에서 다양한 시스템 환경, 불확실성, 적응방법에 관한 주제 개발과 실질적 문제 해결이 중심이 되어야 한다. 이 중에서 향후 보다 중요하게 다루어야 할 분야는 불확실성 조건하에서 다루는 기후변화에 의한 수문체계의 변화이다. 앞에서 설명하고 있듯이 기후변화는 수문특성의 변동성을 확대시킬 것이다. 이는 곧 장래조건의 변화로서 수문사상의 변화를 의미하고 중국에는 유역수문체계의 변화와 물관리체계의 변화를 의미하기 때문이다.

Table 2. Some Examples of Adaptation in Practice

Region	Adaptation Measure
Africa	<ul style="list-style-type: none"> - Seasonal forecasts, their production, dissemination, uptake and integration in model-based decision-making support systems • Enhancing resilience to future periods of drought stress by improvements in present rainfed farming systems through improvements in the physical infrastructure including: water harvesting systems; dam building; water conservation and agricultural practices; drip irrigation; development of drought-resistant and early-maturing crop varieties and alternative crop and hybrid varieties
Asia	<ul style="list-style-type: none"> - Improvement to agricultural infrastructure including: <ul style="list-style-type: none"> • pasture water supply • irrigation systems and their efficiency • use/storage of rain and snow water • information exchange system on new technologies at national as well as regional and international levels • access by herders, fishers and farmers to timely weather forecasts (rainfall and temperature) • Recycling and reuse of municipal wastewater e.g., Singapore • Reduction of water wastage and leakage and use of market-oriented approaches to reduce wasteful water use
Australia and New Zealand	<ul style="list-style-type: none"> - National Water Initiative <ul style="list-style-type: none"> • Treatment plant to supply recycled water • Reduce channel seepage and conservation measures • Pipelines to replace open irrigation channels • Improve water-use efficiency and quality • Drought preparedness, new water pricing • Installation of rainwater tanks • Seawater desalination

Europe	<ul style="list-style-type: none"> - Demand-side strategies such as household, industrial and agricultural water conservation, repairing leaky municipal and irrigation water reservoirs in highland areas and dykes in lowland areas <ul style="list-style-type: none"> • Expanded floodplain areas, emergency flood reservoirs, preserved areas for flood water and flood warning systems, especially in flash floods • Supply-side measures such as impounding rivers to form instream reservoirs, wastewater reuse and desalination systems and water pricing • Incorporation of regional and watershed-level strategies to adapt to climate change into plans for integrated water management
Latin America	<ul style="list-style-type: none"> - Rainwater catchments and storage systems <ul style="list-style-type: none"> • 'Self organisation' programmes for improving water supply systems in very poor communities • Water conservation practices, reuse of water, water recycling by modification of industrial processes and optimization of water use
North America	<ul style="list-style-type: none"> - Improved water conservation and conservation tillage <ul style="list-style-type: none"> • Investments in water conservation systems and new water supply and distribution facilities • Changing the policy of the US National Flood Insurance to reduce the risk of multiple flood claims • Households with two flood-related claims now required to be elevated 2.5 cm above the 100-year flood level, or to relocate • Flushing the drainage systems and replacing the trunk sewer systems to meet more extreme 5-year flood criteria • Directing roof runoff to lawns to encourage infiltration, and increasing depression and street detention storage
Polar regions	<ul style="list-style-type: none"> - A successful adaptation strategy that has already been used to counteract the effects of drying of delta ponds involves managing water release from reservoirs to increase the probability of ice-jam formation and related flooding <ul style="list-style-type: none"> • Flow regulation for hydro-electric production, harvesting strategies and methods of drinking water access • Strategies to deal with increased/decreased freshwater hazards (e.g., protective structures to reduce flood risks or increase floods for aquatic systems)
Small Islands	<ul style="list-style-type: none"> - Desalination plants <ul style="list-style-type: none"> • Large storage reservoirs and improved water harvesting • Protection of groundwater, increasing rainwater harvesting and storage capacity, use of solar distillation, management of storm water and allocation of groundwater recharge areas in the islands

결국 기후변화는 물 이용관리에 집중할 수밖에 없다. 기후변화에 대비한 안정적 용수공급방안을 마련하는 것이 무엇보다 중요하다. Table 3과 4(Rossi, 2000)을 참고하여 기후변화에 대한 적응 방안 마련에 나서야 한다. 어느 경우든 국민복지와 자연환경에 중대한 영향을 미치는 기후변화에 대한 대응조치를 마냥 미루고 있을 수는 없다. 우리는 최

고의 정보를 필요로 하고 타당한 방법으로 보다 좋은 결과를 얻기를 희망한다. 우리의 도전과제는 불확실성으로부터 명료하고 유용한 정보를 도출하여 미래를 위한 의사결정에 참여하는 이해당사자들에게 가장 타당하고 적용 가능한 정보를 제공할 수 있는 시스템을 구축해야 한다.

Table 3. Short-term Drought Mitigation Measures

Category	Long-term actions	Affected sectors*			
Demand reduction	Public information campaign for water saving	U	A	I	R
	Restriction in some urban water uses (e.g. car washing, gardening)	U			
	Restriction of irrigation of annual crops		A		
	Pricing	U	A	I	R
	Mandatory rationing	U	A	I	R
Water supply increase	Improvement of existing water systems efficiency (e.g. leak detection programmes, new operating rules)	U	A	I	
	Use of marginal waters for quality or cost	U	A	I	R
	Over-exploitation of aquifers or use of groundwater reserves	U	A	I	
	Increased diversion by relaxing ecological or recreational use constraints	U	A	I	R
Impact minimization	Temporary reallocation of water resources	U	A	I	R
	Public aid to compensate income losses	U	A	I	
	Tax reduction or delay of payment deadline	U	A	I	
	Public aid for crop insurance		A		

* U = urban; A = agricultural; I = industrial; R = recreational

Table 4. Long-term Drought Mitigation Measures

Category	Long-term actions	Affected sectors*			
Demand reduction	Economic incentives for water saving	U	A	I	R
	Agronomic techniques for reducing water consumption		A		
	Dry crops instead of irrigated crops				
	Dual-distribution network for urban use		A		
	Water recycling in industries	U			
Water supply increase	Conveyance networks for bidirectional exchanges	U	A	I	
	Reuse of treated wastewater		A	I	R
	Inter-basin and within-basin water transfers	U	A	I	R
	Construction of new reservoirs or increase of storage volume of existing reservoirs	U	A	I	R
	Construction of farm ponds]		A		
	Desalination of brackish or saline waters	U	A		R
	Control of seepage and evaporation losses	U	A	I	
Impact minimization	Education activities for improving drought preparedness and/or permanent water saving	U	A	I	
	Reallocation of water resources based on water quality requirements	U	A	I	R
	Development of early-warning systems	U	A	I	R
	Implementation of a drought contingency plan	U	A	I	R
	Insurance programmes	U	A	I	

* U = urban; A = agricultural; I = industrial; R = recreational

5. 결론

우리는 기후변화로 인한 홍수 위험, 용수공급 취약성, 악화되는 수질문제 등에 대해 언제, 어디서, 어떻게 그리고 어느 정도까지 대응해야 하는지를 결정하는 문제와 지속적으로 싸우게 될 것이다. 따라서 우리가 직면한 도전과제는 불완전한 정보와 엄중한 불확실성 속에서 수자원 기반시설과 관련된 의사결정을 향상시키고 사회적 관심사항에 대해 효과적으로 대응하는 것이다. 사회과학이 많은 것들을 제공하고 있지만 기후변화에 적응하기 위한 최적의 물 관리 프레임과 연구구도를 체계적으로 확립하여야 한다.

가뭄은 기후요소의 정상적인 일부분임은 분명하다. 기후변화를 고려할 때 정상적인 부분이 비정상적

으로 확대되는 상황이 우리가 주목하는 부분이다. 이 문제는 예견되고 있어 반드시 가뭄에 대처할 수 있는 대안을 만들어야 한다는 것이다. 이상기후에 의한 가뭄피해를 줄이기 위한 효과적인 정책을 만들어야 한다. 피해는 부실한 계획과 자원관리 미숙으로 더욱 가중될 수 있다. 이런 관점에서 우리는 불확실성으로 가득한 복잡한 시스템에서 유용하게 활용할 수 있는 적응방법을 알아낼 수 있는 프레임을 개발해야 한다. 기후변화 관련 빅 데이터 구축이 필요하며, 기후변화 관련 제도화를 통한 확고한 실행계획이 요구된다. 결국 기후변화에 필요한 정보를 얻기 위해서는 연구커뮤니티에 의존할 수 밖에 없으므로 강력한 정부차원의 물 관리 정책을 바탕으로 관련 연구개발에 지속적인 투자가 필요하다. 🌊



참고문헌

American Water Resources Association (2014). Water Resources Impact, Vol. 16, No. 1.

CEC (2009). White paper. Adapting to climate change: Towards a European framework for action (COM(2009) 147 Final). Brussels: Commission of the European Communities.

IPCC (2007). Climate change: the physical science basis : Summary for policymakers, Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC (2008). Climate Change and Water, IPCC Technical Paper VI.

IPCC (2014). Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change, IPCC Working Group III Contribution to AR5.

K-water (2014). 갈수빈도 표준화 및 물 부족지표 개발을 통한 용수공급 평가방법 개선.

Rossi, R (2000). "Drought Mitigation Measures: A Comprehensive Framework.", Ini J. V. Vogt and F. Somma(Eds.), Drought and Drought Mitigation in Europe, p. 233-246.

Snover, A.K., Binder, L.W., Lopez, J., Willmott, E., Kay, J., Howell, D. and Simmonds, J. (2007). Preparing for Climate Change: A Guidebook for Local, Regional and State Governments. In association with and published by ICLEI-local Governments for Sustainability, Oakland, CA.

Hydrologic Engineering Center (1975) “Hydrologic engineering methods for water resources development: Vol. 8, Reservoir Yield.” US Army Corps of Engineers, Davis, Calif.

Wilhite, D. A., & Pulwarty, R. S. (2005). Drought and water crises: Lessons learned and the road ahead. In D. A. Wilhite (Ed.), Drought and water crises (pp. 389–398).
