기후변화를 고려한 극한홍수량 전망 최신 연구동향

허 준 행 ▸▸▸
연세대학교 사회환경시스템공학부 정교수
jhheo@yonsei.ac.kr

남 우 성 ▸▸▸
연세대학교 사회환경시스템공학부 박사과정
nws77@yonsei.ac.kr

1. 머릿말

최근까지 관측 자료를 살펴보면 고빈도의 강우 사상이 빈번하게 발생하고 있으며 산지뿐만 아니라 도시지역에서도 집중호우 발생 빈도가 증가함에 따라 홍수로 인한 재해도 증가하고 있다. 국외의 경우 자연 재해가 다양화되고 대형화되면서 이로 인한 홍수 피해 또한 증가하는 추세를 보이며, 전 지구적인 문제점으로 인식하고 그에 대비한 연구가 꾸준히 진행중이다. 이처럼 기후변화의 원인으로 발생하는 가뭄 및 홍수와 같은 극치수문량의 변동은 사회적, 경제적으로 큰 영향을 준다. 본고에서는 다양한 기후변화 시나리오를 적용한 홍수량 전망의 국내외 연구 사례들을 검토하여 기후변화를 고려한 극한홍수량 전망 기술 개발을 위한 기초 자료로 활용하고자 한다. 기후변화를 고려한 극한홍수량 전망에 대한 연구는 1990년을 기점으로 연구가 진행되어 왔으나 본 연구에서는 2000년부터 2010년까지 최근 문헌들을 중심으로 조사, 분석하였다. 문헌 조사는 Table 1에 제시한 조사 범위를 바탕으로 국내외 학술지와 국내 연구보고서를 중심으로 수행하였다.

2. 국외 연구 동향

기후변화가 수자원에 미치는 영향을 고려하기 위하

Table 1. 문헌 조사 범위

Journal	연도	2000~2010년
	총 편수	25편
	저널명[1)]	KWRA(5) HP(2) JH(12) CC(2) 기타(4)
Research Report	연도	2000~2010년
	총 편수	9편(다년도과제 포함)
주요 내용		기후변화에 따른 강우량 및 유출량 전망, 기후변화에 따른 극한강우량 및 극한홍수량 전망 등
키워드		climate change, GCM, RCM, (extreme) precipitation(rainfall), (extreme) runoff/discharge, flood, IDF 등

1) CC = Climate Change, JH = Journal of Hydrology (ScienceDirect), KWRA: Korea Water Resources Association, HP = Hydrological Processes, 기타: Hydrology and Earth System Sciences, Journal of Geophysical Research, Korean Society of Civil Engineers, Theoretical and Applied Climatology, Quaternary International

여 GCM으로부터 유출량을 전망하는 기술이 개발되었고, 이에 대한 연구는 꾸준하게 진행되고 있다. 국외의 GCM은 1990년대 기상학 분야에서 개발되었으며 수문학 분야에서도 1990년대부터 활용되었다. 일반적으로 기후변화 시나리오와 GCM을 선택, 조합하여 산출된 결과를 강우-유출 모형에 입력하고 그 결과 산정된 유출량을 분석함으로써 기후변화에 따른 수자원의 변동성과 그 영향을 평가하는 방법이 주를 이루어왔다. GCM은 지역적 특성을 반영하기에는 해상도가 충분하지 않으므로 상세화 과정을 적용한 RCM을 생성하는 기법이 개발되었고, GCM을 RCM으로 상세화시키는 방법과 RCM을 활용하는 방법에 대한 연구가 꾸준히 진행되고 있다. RCM의 활용 이후 전반적인 수자원의 변동에 국한되었던 기후변화 연구는 기후변화가 극한수문량에 미치는 영향을 검토할 수 있는 정도로 확장되었고, 최근 들어 기후변화에 따른 극한홍수량 전망과 관련된 연구가 진행되고 있다.

대표적으로 Cameron(2006)은 UKCIP02 시나리오를 기반으로 한 HadRM3H 모형결과와 TOPMODEL을 활용하여 스코틀랜드 북부 Lossie 유역의 홍수 빈도 변화를 분석하였고, Kay et al.(2006a, b)은 UKCIP02 시나리오를 기반으로 한 HadRM3H 모형결과와 PDM(Probability Distributed rainfall-runoff Model)을 활용하여 영국 15개 유역에 대해 연강우량과 홍수 빈도의 상관관계를 밝히고 강우분포가 홍수 빈도에 미치는 영향을 검토한 바 있다. Lenderink et al.(2007)은 A2 시나리오를 기반으로 한 HadRM3H 모형 결과와 유출 모의 기법을 바탕으로 확률홍수량의 변화를 분석하였다. 이와 같은 문헌 이외의 기후변화를 고려한 유출량 및 극한강우량과 극한홍수량 산정에 대한 국외 문헌조사 내용을 Table 2에 정리하였다.

3. 국내 연구동향

국내의 경우 기후변화가 수문량에 미치는 영향에 대한 연구는 미비한 실정이고, 특히 극한수문량에 대한 연구는 더욱 미흡한 상황이다. 기후변화 시나리오를 이용한 유출모형의 적용은 안재현 등(2001)이 GCM의 결과로부터 대청댐 유역의 유출량 변화를 파악하기 위하여 물수지 모형을 적용하였고, 김병식 등(2003)과 과학기술부(2004)는 YONU GCM에 의해 작성된 우리나라 기후변화 시나리오를 전이함수 모형을 이용하여 용담댐 유역에 적용하고 날씨모의장치(일기발생모형)의 매개변수를 수정하여 미래 일수문시계열 자료를 작성하였으며, SLURP 모형에 입력하여 기후변화가 용담댐 유역의 유출량과 수자원에 미치는 영향을 평가하였다. 신형진 등(2005)은 CCMA GCM2 모의결과값을 사용하여 SLURP 모형에 적용하고 2050년과 2100년 융설 변화를 분석하였다. 환경부(2006)는 지면모델인 CLM을 RCM에 접합시킨 SNURCM을 개발하였으며 물수지모형과 연계하여 4대강 유역의 유출량을 산정하였다. 또한 국토해양부(2008)에서는 기후변화가 유역 유출에 미치는 영향을 분석하기 위하여 기상청의 RCM과 축소기법을 이용하여 작성된 일 강수량, 일 평균 온도 자료와 토지피복자료를 이용하여 SLURP 모형으로부터 유출변화 시나리오를 작성하였다. 이처럼 국내의 기후변화 연구는 기후변화가 수자원에 미치는 영향을 검토하여 유출량의 증감을 예측하는 정도로 이루어져 왔다. 국내에서 기후변화를 고려한 홍수량 산정의 연구동향과 문헌조사 내용을 Table 3에 정리하였다.

4. 맺음말

기후변화에 따른 수자원의 영향 평가는 해상도의 문제로 인해 각국의 기후변화 시나리오와 다양한 GCM과 여러 가지 상세화 기법을 활용한 RCM을 바탕으로 주로 강우량과 유출량을 중심으로 이루어져 왔으나 최근 모형의 해상도가 향상되어 기후의 국지적인 양상을 모의할 수 있게 됨에 따라 기후변화가 극한수문량에 미치는 영향에 대한 검토도 가능하게

되었다. 이러한 연구는 현재 영국을 중심으로 한 유럽 지역과 미국 및 캐나다를 중심으로 활발한 연구가 진행 중인 것으로 파악되었다.

현재 우리나라에서도 이러한 선진국의 기후변화 연구 추세에 따라 기후변화가 수자원에 미치는 영향에 대한 연구가 진행 중이나 여전히 미흡한 상황이고, 특히 기후변화가 극한수문량에 미치는 영향에 대한 연구는 더욱 미비한 실정이다. 따라서 다양한 기후변화 시나리오와 GCM 및 RCM, 상세화 기법 등을 적용한 결과를 바탕으로 국내에서 활용되는 강우-유출 모형과의 연계를 통해 미래의 극한홍수량 전망에 대한 연구가 진행될 필요가 있다.

기후변화를 고려한 극한홍수량 전망 기술 개발에는 구체적으로 다음의 내용이 포함되어야 할 것으로 판단된다.

1) 일 단위 이하 지속기간에 대한 극한강우량 산정을 위한 강우 분해
2) 통계적 방법으로 구분된 유역의 확률강우량 산정
3) 극한 강우를 통한 극한 홍수량 전망 알고리즘 구축
4) 관측 강우자료를 이용한 강우분석과 기후변화 시나리오별 강우분석의 최적 기법 적용

Table 2. 기후변화를 고려한 극한수문량 전망 – 국외 연구동향

번호	저 자	출판 년도	주요내용			주요 결과	구 분
			적용지역	모형 및 시나리오	강우유출모형		
1	Yu et al.	2002	Taiwan		HBV	– HBV 모델을 적용하여 타이완 남부 지역의 과거기후변수들의 경향성을 분석하고 미래의 유출량을 예측 – 전망 기간의 유출량은 우기에 증가하고 건기에는 감소하는 것으로 나타남	기후변화에 의한 유출량 변화
2	Legesse et al.	2003	Ethiopia		PRMS	– PRMS 모델로 토지피복변화와 기후변화가 수자원에 미치는 영향을 시뮬레이션 하였으며 일 단위와 월 단위 모두에 잘 맞는 것으로 나타남 – 강수량, 온도, 토지 피복도 모두 유역의 유출량에 영향을 미치는 것으로 나타남	기후변화에 의한 유출량 변화
3	Drouge et al.	2004	Luxembourg	– KNMI CE – KNMI UE – UKHIHRM		– 중규모 유역에서 다양한 기후변화 시나리오의 적용은 유출량과 공간적 분포에 막대한 영향을 미치며, 수문학적 변수들에 따라 중규모의 기후변화의 영향은 크게 달라질 수 있음 – 중규모 유역의 기후 및 물리, 지형적 특징은 유출의 공간적 변동성에 크게 영향을 받음	기후변화에 의한 유출량 변화
4	Eckhardt and Ulbrich	2003	Germany	– B1-low – A2-high	SWAT-G	– SWAT 모형을 이용하여 2가지 기후변화 시나리오를 비교한 결과, 온난화로 인한 적설량은 감소하였으나 겨울의 홍수위험도는 증가함 – 여름에는 월평균 지하수 충전량과 지표유출량은 50%까지 감소할 것으로 예측됨	기후변화에 의한 유출량 변화
5	Merritt et al.	2006	British Columbia	– CGCM2 – SCIROMk2 – HadCM3	UBC	– 모든 시나리오는 해빙기가 일찍 시작되어, 강우가 수문곡선의 대부분을 차지할 것이라고 예측하였으며 봄 기간의	기후변화에 의한 유출량 변화

Table 2. 기후변화를 고려한 극한수문량 전망 – 국외 연구동향(계속)

번호	저 자	출판 년도	주요내용			주요 결과	구 분
			적용지역	모형 및 시나리오	강우유출모형		
						유출량이 크게 감소할 것이라고 예측 – 기후모델 중 CGCM2가 기후변화에 미치는 영향이 가장 작게 예측되었고, SCSIROMk2 모델이 적설량이 가장 크게 줄어들 것이라 예측함	
6	Thodsen	2007	Denmark	– HIRHAM	NAM	– 시뮬레이션 결과, 1961~1990년대보다 예측된 기간에 연평균강수량이 7% 상승, 증발산량은 3% 증가, 유출량은 12% 증가, 극한홍수량과 극한강우량도 증가하는 것으로 나타남 – 재현기간 100년의 홍수량도 11% 증가하는 것으로 나타남	기후변화에 의한 극한수문량 변화
7	Xu et al.	2009	China	– CGCM2 – CCSR – CSIRO – HadCM3	SWAT	– 4개의 GCM 모델과 두 개의 상세화 기법 모두에서 최고기온 및 최저기온이 크게 증가한다고 예측하였고, 강우량은 약간 증가한다고 예측 – 황하 유역의 연평균유출량은 전체적으로 증가한다고 예측	기후변화에 의한 유출량 변화
8	Mailhot et al.	2007	Quebec, Canada	– SRES-A2 – CRCM		– CRCM 추정치가 관측치에 의한 추정치와 유사함. – 미래에는 공간적 상관성이 감소되는데, 이는 연최대강우 사상이 더욱 국지적이 됨을 의미함	기후변화에 따른 강우량 변화
10	Ekström et al.	2005	UK	– HadRM2 – HadRM3H – SRES A2		– A2 시나리오를 바탕으로 영국에서 RFA/GBA를 적용하여 미래의 극한강우량 변화를 살펴봄 – 짧은 지속기간(1~2일)의 경우 Scotland에서 재현기간 25~50년에 대해 30% 이상 증가함 – 나머지 지역의 경우 10% 증가를 보이나, 재현기간이 더 클 경우에는 오히려 20% 이상 감소함	기후변화에 따른 극한강우량 산정
11	Kyselý and Beranová	2009	Central Europe(Czech Republic)	– RCM – GHG – SRES A2 – SRES B2		– 극한일강우사상에 대한 기후변화의 효과를 추정하기 위해 RCM에 POT 기법을 적용하였음 – 극한강우사상은 겨울 및 여름철에 증가함 – 변화의 양상과 크기 측면에서 모형들의 변동성과 관련된 불확실성은 크나, 시나리오들은 이 지역에서 관찰되는 강우의 경향과 일치하는 경향이 있음	기후변화에 따른 극한강우량산정
12	Fowler et al.	2005	UK	– HadRM2 – HadRM3H		– 관측값과 모형값 사이의 해상도 차이에도 불구하고 RCM은 영국 대부분 지역에서 50년 빈도 이상의 극한강우량을 잘 산정함 – RCM은 기후변화 상황에서 극한강우가 어떻게 변화하는지를 잘 보여줄 것으로	기후변화에 따른 극한강우량산정

Table 2. 기후변화를 고려한 극한수문량 전망 – 국외 연구동향(계속)

번호	저 자	출판 년도	주요내용			주요 결과	구 분
			적용지역	모형 및 시나리오	강우유출모형		
						기대됨	
13	Booij	2002	The Meuse basin situated in France, Belgium and the Netherlands.			– 기후변화가 홍수량에 미치는 영향 평가를 위한 적절한 River basin model의 선정 절차 개발 – 기후변화에 따른 연평균유출량의 감소, 유출량의 변동성과 극한홍수량의 증가 – 기후변화에 따른 극한홍수량의 불확실성은 강우의 외삽 오차에 의한 영향이 가장 큰 것으로 판단됨	기후변화에 따른 극한홍수량산정
14	Lenderink et al.	2007	the river Rhine	– HadRM3H	RhineFlow	– 연평균유출량이 겨울철에 30% 증가, 여름철에 40% 증가 – Direct approach를 사용할 경우 100년 빈도 홍수량 10% 증가, Delta approach를 사용할 경우 100년 빈도 홍수량 30% 증가	기후변화에 따른 극한홍수량산정
15	Kay et al.	2006	a15 catchments across Great Britain	– HadRM3H	Probability Distributed rainfall–runoff model (PDM) of Moore	– 자료의 한계로 재현기간 10년에 대한 값과 500km^2 이하의 소규모 유역에 적용 – 홍수빈도곡선이 과소추정 되는 경향이 있으나 관측값과 비교적 잘 맞음	기후변화에 따른 극한홍수량산정
16	Kay et al.	2006b	15 catchments across Great Britain	– HadRM3H – UKCIP02	Probability Distributed rainfall–runoff model (PDM) of Moore	– 한 유역을 제외한 모든 유역에서 연강우량의 감소에도 불구하고 8개 유역은 대부분의 재현기간에서 홍수빈도의 증가를 보인 반면 두 유역은 홍수빈도의 상당한 감소를 보임 – 연강우량의 오차와 홍수빈도의 오차가 양의 상관관계에 있음을 보인 위의 논문 결과를 감안할 때 강우량의 전반적인 감소에도 홍수빈도가 증가한 것은 강우 분포의 변화가 큼을 의미하는 것으로 판단됨	기후변화에 따른 극한홍수량산정
17	Cameron	2006	Lossie catchment in the northeast of Scotland, UK	– HadRM3H – UKCIP02	TOPMODEL	– 시나리오에 따른 홍수빈도 변화	기후변화에 따른 극한홍수량 산정
18	Wigley	2009				– 기후변화가 극한수문량에 미치는 영향에 대한 정량적 해석	기후변화에 따른 극한수문량 변화
19	Cooley	2009				– 기후변화가 극한수문량에 미치는 영향 분석을 위한 EVA(Extreme Value Analysis) 적용	기후변화에 따른 극한수문량 변화
20	Prudhomme et al.	2002				– 홍수빈도해석을 위한 상세화 기법 적용에 대한 검토	기후변화에 따른 극한홍수량 산정
21	Frei et al.	2006	The Alpine region	– 6 European RCMs – SRES A2		– 북유럽 지역에서 미래의 20년 재현기간에 해당하는 값이 현재 기후의 40~100년 재현기간에 해당함	기후변화에 따른 극한강우량 산정

Table 3. 기후변화를 고려한 극한수문량 전망 – 국내 연구동향

번호	저 자	출판 년도	주요내용			주요 결과	구 분
			적용지역	모형 및 시나리오	강우유출모형		
1	김병식 등	2008	한국	– SRES B2		– B2 시나리오와 YONU CGCM을 이용하여 미래 극한강우 및 IDF 분석 수행 – MBLRP 모형의 분해기법을 적용하여 일단위 자료를 시단위 자료로 모의 – 미래 시나리오에 의해 작성된 확률분포형이 오른쪽으로 이동하는 것을 확인 – IDF 분석 결과 지속기간이 길어질수록 강우강도가 증가 – 분해기법으로부터 추정된 시단위 자료가 과소추정되는 경향이 있음	기후변화에 따른 극한강우량 및 IDF 산정
2	권현한 등	2009	한국	– SRES A2, B1		– 여름철의 경우 2015년에는 중부내륙 및 남부지방에서 강우가 증가하는 현상 발생, 2045년에는 강우 감소경향 발생, 2075년에는 강우량 증가가 크게 발생 – A2 시나리오 및 B1 시나리오에 근거하여 강우량 비교결과 강우량 발생에 대한 공간적 편차와 변동성은 크게 발생	기후변화에 따른 극한강우량 산정
3	이정호 등	2009	소양강댐 한국			– Gumbel mixed 모형을 이용한 이변량 홍수빈도해석 수행 – 이변량 빈도해석을 통해 홍수사상변수들 간의 결합분포, 결합재현기간 등을 추정함	극한홍수량 산정
4	나양선	2010	남한강 한국	– SRES A2	HEC-1	– A2 시나리오에 따른 미래 확률강우량 산정 결과 과거기간에 대한 미래기간의 확률강우량이 13~15% 증가 – 미래 확률강우량에 따른 100년 빈도 확률홍수량은 29~32% 증가 – 남한강(충주댐-팔당댐 구간)에서 부등류 해석 수행결과 미래 홍수량 발생 시 침수위험구간 결정	기후변화에 따른 극한수문량 산정

참고문헌

1. 과학기술부 (2007). 21세기 프론티어연구개발사업 –기후변화에 의한 수자원 영향평가 체계 구축. 과학기술부.
2. 국토해양부 (2008). 기후변화 대비 국가 물안보 확보방안(1차년도). 국토해양부.
3. 권현한, 김병식, 김보경, 윤석영. (2009). "기후변화에 따른 극치강수량의 시공간적 특성 변화 분석." 2009년 한국수자원학회학술발표회논문집, pp. 1152-1155.
4. 김병식, 김보경, 경민수, 김형수. (2008). "기후변화가 극한강우와 I-D-F 분석에 미치는 영향 평가." 한국수자원학회논문집, 제41권, 제4호, pp. 379-394.
5. 김병식, 서병하, 김남원 (2003). "전이함수모형과 일기발생모형을 이용한 유역규모 기후변화시나리오의 작성." 한국수자원학회논문집, 제36권, 제3호, pp. 345-363.
6. 나양선 (2010). 기후변화에 따른 설계 강우 및 홍수변화에 관한 연구. 석사학위 논문, 세종대학교.

7. 안재현, 유철상, 윤용남 (2001). "GCM 결과를 이용한 지구온난화에 따른 대청댐 유역의 수문환경 분석." 한국수자원학회논문집, 제34권, 제4호, pp.335-345
8. 이정호, 정건희, 김태웅. (2009). "이변량 홍수빈도해석을 이용한 극한홍수사상 평가." 2009년 한국수자원학회학술발표회논문집, pp. 1467-1471.
9. 신형진, 강수만, 권형중, 김성준 (2005). "미래 기후변화에 따른 융설의 변화가 유역수문에 미치는 영향 - 충주댐 유역-." 2005년 대한토목학회정기학술발표회논문집, pp.221-224.
10. 환경부 (2006). 국제환경현안 대응ㆍ해결기술-기후변화에 의한 물순환의 예측 및 영향 평가. 환경부.
11. Booij, M.J. (2002). "Appropriate hydrological modelling of climate change impacts on river flooding." Integrated Assessment and Decision Support. Proc. First Biennial Meeting of the International Environmental Modelling and Software Society (Vol. I), 24-27 June 2002, Lugano, Switzerland. UNSPECIFIED, pp. 446-451.
12. Cameron, D. (2006). "An application of the UKCIP02 climate change scenarios to flood estimation by continuous simulation for a gauged catchment in the northeast of Scotland, UK(with uncertainty)." Journal of Hydrology, Vol. 328, pp. 212-226.
13. Cooley, D. (2009). "Extreme value analysis and the study of climate change. A commentary on Wigley 1998." Climate Change, Vol. 97, pp. 77-83.
14. Drogue, G., Pfister, L., Leviandier, T., Elldrissi, A., Iffly, J.F., Matgen, P., Humbert, J., Hoffmann, L. (2004). "Simulating the spatio-temporal variability of streamflow response to climate change scenarios in a mesoscale basin." Journal of Hydrology, Vol. 293, No. 1-4, pp. 255-269.
15. Eckhardt, K., Ulbrich, U. (2003). "Potential impacts of climate change on groundwater recharge and streamflow in a central European low mountain range." Journal of Hydrology, Vol. 284, No. 1-4, pp. 244-252.
16. Ekström, M., Fowler, H.J., Kilsby, C.G., Jones, P.D. (2005). "New estimates of future changes in extreme rainfall across the UK using regional climate model integrations. 2. Future estimates and use in impact studies." Journal of Hydrology, Vol. 300, No. 1-4, pp. 234-251.
17. Fowler, H.J., Ekström, M., Kilsby, C.G., Jones, P.D. (2005). "New estimates of future changes in extreme rainfall across the UK using regional climate model integrations. 1. Assessment of control climate." Journal of Hydrology, Vol. 300, No. 1-4, pp. 212-233.
18. Frei, C., Schöll, R., Fukutome, S., Schmidli, J., Vidale, P.L. (2006). "Future change of precipitation extreme in Europe: Intercomparison of scenarios from regional climate models." Journal of Geophysical Research, Vol. 111, D06105.
19. Kay, A.L., Reynard, N.S., Jones, R.G. (2006a). "RCM rainfall for UK flood frequency estimation. Ⅰ. Method and validation." Journal of Hydrology, Vol. 318, pp. 151-162.
20. Kay, A.L., Jones, R.G., Reynard, N.S. (2006b). "RCM rainfall for UK flood frequency estimation. Ⅱ. Climate change results." Journal of Hydrology, Vol. 318, pp. 163-172.
21. Kyselý, J., Beranová, R. (2009). "Climate-change effects on extreme precipitation in central Europe: Uncertainties of scenarios based on regional climate models." Theoretical and Applied Climatology, Vol. 95, No. 3-4, pp. 361-374.
22. Legesse, D., Vallet-Coulomb, C., Gasse, F. (2003). "Hydrological response of a catchment to climate and land use changes in Tropical Africa: Case study south central Ethiopia."

Journal of Hydrology, Vol. 275 No. 1-2, pp. 67-85.
23. Lenderink, G., Buishand, A., Deursen, W. (2007). "Estimates of future discharges of the river Rhine using two scenario methodologies: direct versus delta approach." Hydrology and Earth System Sciences, Vol. 11, No. 3, pp. 1145-1159.
24. Mailhot, A., Duchesne, S., Caya, D., Talbot, G. (2007). "Assessment of future change in intensity-duration-frequency (IDF) curves for Southern Quebec using the Canadian Regional Climate Model (CRCM)." Journal of Hydrology, Vol. 347, No. 1-2, pp. 197-210.
25. Merritt, W. S., Alila, Y., Barton, M B, Taylor, B, Cohen, S, Neilsen, D. (2006). "Hydrologic response to scenarios of climate change in sub watersheds of the Okanagan basin, British Columbia." Journal of Hydrology, Vol. 326, No. 1-4, pp. 79-108.
26. Prudhomme, C., Reynard, N., Crooks, S. (2002). "Downscaling of global climate models for flood frequency analysis: where are we now?." Hydrological Processes, Vol. 16, pp. 1137-1150.
27. Thodsen, H. (2007). "The influence of climate change on stream flow in Danish rivers." Journal of Hydrology, Vol. 333, No. 2-4, pp. 226-238.
28. Wigley, T.M.L. (2009). "The effect of changing climate on the frequency of absolute extreme events." Climatic Change, Vol. 97, pp. 67-76.
29. Xu, Z. X., Zhao F. F., Li J.Y. (2009). "Response of streamflow to climate change in the headwater catchment of the Yellow River basin." Quaternary International, Vol. 208, No. 1-2, pp. 62-75.
30. Yu, P.S., Yang, T.C., Wu, C.K. (2002). "Impact of climate change on water resources in southern Taiwan." Journal of Hydrology, Vol. 260, No. 1, pp. 161-175.