

# 기후변화와 수자원 : 국내의 연구동향

유철 상 (고려대학교 환경공학과 조교수)

이동 루 (한국건설기술연구원 수자원환경연구부 선임연구원)

## 1. 서론

산업혁명 이후 급격한 온실가스의 증가는 지구의 온난화를 가속시키고 있으며 세계 각국들은 이로 인해 야기된 지구환경변화와 그 영향에 지대한 관심을 가지고 있다. 비록 지구가 수백 만년에 걸쳐 변화되어 왔지만 최근에 나타나고 있는 지구 온난화는 그 어느 때보다 급격한 변화라는 것이 공통된 견해이다. 특히 산업혁명 이후 현재까지의 이산화탄소 증가는 대략 30% 정도인 반면 향후 약 60년 정도 후에는 그 농도가 현재의 두배에 이를 것으로 예측되고 있어 이에 따른 지구 온난화 및 지구 환경의 변화는 더욱 급격할 것으로 예상된다.

현재 지구온난화는 국제적으로 인정되고 있고 지구 온난화의 방지를 위해 구체적인 방안들이 검토되고 있지만 국가간의 경제, 에너지 문제 등에 직접적으로 관계되어 있기 때문에 해결이 어려운 문제이다. 지구 전체적으로 방출되는 이산화탄소의 양은 적극적으로 줄인다고 하더라도(IPCC 시나리오 C 또는 D의 경우; 표 1. 참조) 이산화탄소의 농도가 현재의 2배 정도가 되는 것을 피하는 것이 현실적으로 거의 불가능하다. 따라서 이러한 온난화의 영향을 예측하

고, 또한 그 피해를 최소화하기 위한 대책의 강구가 필요하게 된다.

지구 온난화가 수자원에 미칠 수 있는 영향은 지구상의 기후 및 물 순환의 변화에서 찾아 볼 수 있다. 온난화에 따라 강수량 및 강수특성과 증발량 등이 변화하면 유역에서의 물 순환도 변하게 된다. 이러한 변화는 수자원 부존량의 변화와 홍수 및 가뭄의 빈도에 영향을 미칠 수 있다. 현재의 수자원 계획(이수 및 치수계획)은 기왕의 수문통계량에 기초하여 입안되고 있으며 기후변화에 따른 수문특성 변화 영향은 고려되고 있지 않다. 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.

본 논고에서는 지구 온난화와 관련한 국내의 연구를 정리해 보는데 목적이 있다. 국내의 경우도 1990년대 이후로 지구 온난화 및 이에 따른 기후변화, 또한 관련 분야에의 영향을 다각적으로 연구해오고 있다. 이러한 연구 중에서 수자원 관련분야의 연구를 발췌하여 정리해 보고자 한다.

## 2. 지구 온난화와 수문기상 인자의 변동

우리 나라 수문기상 인자의 변동에 관한 연구는 크게 강수량, 기온 및 증발산량, 토양수분 등으로 나누

표 1. IPCC의 기후변화 시나리오

구 분	시나리오 내용
시나리오 A	현재상태로 진행
시나리오 B	에너지원은 저탄소원료 및 천연가스로 전환, 에너지 효율증대, 산림복구
시나리오 C	재생가능한 에너지 및 핵연료로 전환(21세기 후반기)
시나리오 D	재생가능한 에너지 및 핵연료로 전환(21세기 전반기)

어 살펴볼 수 있다. 그러나 현재까지의 연구는 특히 강수량에 집중되어 있는데, 이러한 원인은 무엇보다도 강수량의 변화가 사회적으로 직접적인 영향을 미치며 아울러 그 불확실성도 크기 때문으로 판단된다. 불행히도 현재까지의 GCM(general circulation model)은 상대적으로 낮은 정확도의 강수량 예측치를 제공하고 있으며 어떤 GCM을 사용하느냐에 따라서도 그 결과가 상이한 상태이다. 온도의 경우에는 이에 반해 상대적으로 큰 신뢰도를 보이고 있는 것이 사실이다. 그러나 토양수분의 경우 국내에서는 그 중요도에 비해 충분한 관측치가 없어 장기변동에 대한 연구가 어려운 실정이며, 기후변화에 따른 변화양상도 개략적으로만 파악된 상태이다.

국내 수문기상의 변화와 관련된 연구는 크게 과거 관측치를 이용한 변동특성 분석과 GCM 결과를 입력자료로 한 변화예측으로 크게 나눌 수 있다. 먼저, 연 강수량의 장기 변동특성에 관한 최근의 연구는 '한반도 여름철 강수량의 장기예측' (강인식과 허창희, 1992), '서울지방 연 강수량의 경년변동, 1971-1990' (임규호와 정현숙, 1992), '서울지점 강수의 장기변동 성향에 대한 통계학적 검증' (김승과 신현민, 1992), '서울지역 월강수량과 강수일의 관계' (정현숙과 임규호, 1994), '서울지역 강수량의 시계열에 나타난 시간 변동성의 해석' (정현숙, 1999) 등의 연구에서 분석된바 있으며 지구환경의 변화에 따른 수자원에의 영향연구는 '기후변화가 한반도에 미치는 영향에 관한 심포지엄: II. 해양, 수문학 분야 및 IV. 기후변화 예측시나리오' (기상청, 한국과학기술연구원, 1993)에서 김승 등(1993)이 기후변화가 수문 및 수자원에 미치는 영향에 대해 발표한 이후로 '21세기를 바라보는 수자원 전망' (한국수자원공사, 1993), '기후변화가 한반도에 미치는 영향과 지구 환경관련 대책연구 I, II' (과학기술처, 1994, 1995), '기후변화 영향평가 및 영상처리 기술개발 연구 I, II, III' (과학기술처, 1993, 1994, 1995), '기후변화예측기술: 지구규모 대기환경기초 및 기반기술' (환경부, 과학기술처, 1997), '지구환경의 변화에 따른 한반도 수문환경의 변화연구' (윤용남 등, 1998),

'범지구적 환경의 변화에 따른 갈수 및 홍수의 발생 빈도 변화 예측' (이재수 등, 1998) 등의 연구에서 분석하고 있다.

이들의 연구중 전자의 경우는 과거의 관측기록에 대해 통계분석 및 시계열분석을 통하여 장기변동특성을 정량화하고 아울러 모형화 과정을 통해 예측가능성을 시도하는 경우로 볼 수 있으며, 후자의 경우는 앞으로 있을 지구환경의 변화를 여러 가지 기후변화 시나리오에 근거하여 GCM의 모의결과를 분석함으로써 갈수 등 수문특성의 변화를 예측한 경우가 된다. 특히 후자의 경우는 국내에서 GCM을 직접운영하여 결과에 근거한 것이 아니라 국외에서 개발되고 운영중인 여러 GCM의 결과를 수집, 한반도 주변 또는 동아시아 주변에 대해 각각의 결과를 개별적으로 또는 평균적으로 분석하여 얻은 결론이다. 그 분석은 통계적인 내삽방법(interpolation methods)이나 다중회귀분석(multiple regression)을 주로 이용하고 있다.

기상 및 수문분야에서 중요하게 고려되어야 할 부분이 집중호우 및 가뭄 등과 같은 극단기상의 빈도 변화이나 지구환경의 변화를 고려한 관련 연구는 '지구환경의 변화에 따른 한반도 수문환경의 변화 연구' (윤용남 등, 1998) 및 '범지구적 환경의 변화에 따른 갈수 및 홍수의 발생빈도 변화 예측' (이재수 등, 1998) 등의 일부에서 만 찾아볼 수 있다. 그러나 이러한 연구도 궁극적으로는 GCM 결과를 입력으로 한 연구이어서 그결과 또한 GCM의 정도에 크게 영향을 받고 있는 실정이다. 참고로 현재까지의 연구를 일부 요약하면 다음과 같다.

(1) 서울지점 강수의 장기변동(김승, 신현민, 1992): 연 강수의 변동폭이 상당히 크나 통계적으로 유의성이 있는 경향은 없는 것으로 결론짓고 있다. 그러나 이러한 분석은 강수과정의 선형성 및 분산안정의 가정 하에서 얻은 결론이므로 비선형성을 고려할 경우 다른 결론을 유추할 수도 있다.

(2) 기후변화가 한반도에 미치는 영향에 관한 심포지엄: IV. 기후변화 예측시나리오 - 기온변화예측 (강인식, 1993): 4개의 GCM(GFDL, GISS, CCC,

UI)을 이용하여 한반도의 온도변화를 예측한 결과 연평균 3.5~4.7정도의 증가를 예측하였다. 이를 계절별로 정리하면 표 2.와 같다.

(3) 대기중의 CO<sub>2</sub> 변화에 따른 한반도 강수량의 변화(오재호, 홍성길, 1995): 3개의 GCM(CCC, UI 와 GFDL GCM) 모의 결과에 근거한 한반도의 연 강수량의 변화는 CO<sub>2</sub>의 배증에 따라 봄, 여름, 가을 철에 10%, 13%, 24%의 증가를 겨울철에는 현재보다 약간의 감소(약 13mm/year)의 감소가 예상된다.

(4) 기후변화가 한반도에 미치는 영향과 지구환경 관련 대책 연구(과학기술처, 1994, 1995): 5개의 GCM(CCC, UI, GISS, MRI와 GFDL GCM)모의 결과에 근거한 한반도의 연 강수량의 변화는 CO<sub>2</sub>의 배증에 따라 연평균 -5~25%의 증가를 나타내고 있으며 계절별로는 -30~35%의 증감을 보이고 있다. 이와 같은 결과는 각 GCM 모의 결과의 차이를 나타내는 것이며, 이는 각 GCM 속의 역학적, 물리적 과정의 차이뿐만 아니라 전환함수를 산출하는 방법도 충분히 객관적이지 못하다는 점을 그 원인으로 생각할 수 있다. 즉, 각 GCM의 결과에 상당한 불확실성

이 내재되어 있다는데 주의하여야 한다. 온도의 변화는 1~4℃(평균적으로 약 2℃)의 증가를 예상하고 있다. 아울러 식생분포의 변화 및 해수위 상승 등의 변화를 예상하고 있다. 위의 결과를 월별로 정리하면 표 3.과 같다. 표에서 살펴볼 수있듯이 강수량의 예측치는 기온에 비해 상대적으로 큰 변동성을 나타내고 있으며 특히 여름철의 변화가 클 것으로 나타나고 있다.

(5) 기후변화예측기술: 지구규모 대기환경기초 및 기반기술(환경부, 과학기술처, 1997): 일본의 MRI GCM 및 미국의 GFDL GCM을 이용하여 2×CO<sub>2</sub> 상황에서 대륙 규모의 물수지분석을 수행한 결과 토양수분의 유입시기가 봄철에서 가을로 변환되고, 겨울철 토양으로의 수분 유입이 다소 증가하며, 겨울철과 봄철의 기온상승으로 토양에서의 증발이 크게 증가하고, 여름철에는 강수량과 증발량의 차이가 감소하는 결과를 보이고 있다.

(6) 지구환경의 변화에 따른 한반도 수문환경의 변화연구(윤용남 등, 1998): 중규모모형인 IRSHAM96을 이용하여 1xCO<sub>2</sub>상황과 2xCO<sub>2</sub> 상황에 대해 금강 유역의 4월과 5월의 강수량과 증발산량을 비교한 결과 강수량은 약간의 감소를 증발산량은 약간의 증가를 보여주고 있다. 중규모모형의 입력자료는 일본의 MRI GCM을 이용하였다.

(7) 범지구적 환경의 변화에 따른 갈수 및 홍수의 발생빈도변화 예측(이재수 등, 1998): 표 2.에

표 2. GCM에 근거한 2xCO<sub>2</sub> 상황에서의 남한 내 계절별 기온의 변화(℃)

GCM	Spring	Summer	Fall	Winter	Annual
CCC	4.2	4.5	3.7	3.1	3.9
GISS	3.5	3.5	3.0	2.7	3.2
UI	4.3	4.4	4.9	4.7	4.6
GFDL	4.8	3.6	4.3	4.7	4.3
Mean	4.2	4.0	4.0	3.8	4.0
(Min	(3.5	(3.5	(3.0	(2.7	(3.2
-	-	-	-	-	-
Max)	4.8)	4.5)	4.9)	4.7)	4.6)

표 3. GCM에 근거한 남한내 월별 강수량의 변화(2xCO<sub>2</sub>/1xCO<sub>2</sub>)

GCM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	년
GFDL-R30	1.1	1.1	1.0	1.1	1.0	0.9	1.0	1.2	1.7	1.2	1.2	1.3	1.13
CCC	0.7	0.6	0.9	1.0	1.0	1.2	1.2	1.0	1.5	1.4	0.7	0.7	1.04
GISS	1.0	1.1	1.1	1.2	1.4	0.7	0.9	1.2	1.2	1.0	0.9	1.2	1.06
UKMO	1.0	1.1	0.8	1.3	0.8	0.8	1.5	0.8	1.2	0.9	0.9	1.1	0.99
GFDL	1.0	0.9	1.1	0.9	1.2	0.8	1.1	1.0	0.9	0.8	1.0	1.0	0.94
Mean	0.96	0.96	0.98	1.1	1.08	0.88	1.14	1.04	1.3	1.06	0.94	1.06	1.03
(Min	(0.7	(0.6	(0.8	(0.9	(0.8	(0.7	(0.9	(0.8	(0.9	(0.8	(0.7	(0.7	(0.94
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Max)	1.1)	1.1)	1.1)	1.3)	1.4)	1.2)	1.5)	1.2)	1.7)	1.4)	1.2)	1.3)	1.13)

서 제공하고 있는 결과를 이항-지수 강수모형 (Binomial-Exponential Rainfall Model)에 적용한 결과 전체적으로 여름철의 홍수빈도가 크게 증가할 것으로 예측되었다. 상대적으로 건기인 봄, 가을, 겨울철의 변화는 미미할 것으로 나타나고 있다.

### 3. 기후변화와 수자원

기후변화에 따른 수자원에서의 영향 평가 및 관련 연구는 수문기상 인자들에 대한 연구에 비해 상대적으로 훨씬 미미한 실정이다. 관련 연구로서 살펴볼 수 있는 것도 '기후변화가 한반도에 미치는 영향에 관한 심포지엄' (한국과학기술연구원, 1994)에서 김승과 김현준이 우리 나라 5대강의 유출변화를 물수지 방정식을 적용하여 유출의 변화를 추정된 것과 '기후변화 영향평가 및 영상처리 기술개발 연구 I, II, III' (과학기술처, 1993, 1994, 1995)에서 우리나라의 6개 댐유역(소양, 충주, 대청, 안동, 남강 및 섬진강)에 대해 물수지 산출모형을 개발하고 2xCO<sub>2</sub> 상황에 대해 하천 유량의 변화를 살펴본 것 정도이다. 위 두 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 기후변화가 한반도에 미치는 영향에 관한 심포지엄(김승과 김현준, 1994): 기상청 기상연구소에서 GCM을 이용하여 구한 한반도 지역의 기후 변화 시나리오 중 지역별로 제시된 강수 시나리오를 우리나라 5대강 유역에 적용하여 유출량을 추정하였으며 그 결과 시나리오 별로 큰 차이를 나타내기는 하나 평균적으로는 약 25% 정도의 비슷한 유출 증가를 예측하고 있다. 강수량의 증가와 비교하면 유출의 증가는 강수량 증가의 2배 정도로 나타나고 있는 셈이다. 이를 정리하면 표 4.와 같다. 표 4.에서 시나리오 A, B, C는 유역에 따라 약간의 차이가 있으며 대략, 시나리오 A는 봄, 여름, 가을, 겨울 각각 25~30, 35~40%, 45%, 15~40%의 강수량 증가를, 시나리오 B는 봄, 여름, 가을, 겨울 각각 10~15%, 15%, 20%, -5~5%의 강수량 증가를, 시나리오 C는 봄, 여름, 가을, 겨울 각각 -10~-15%, -25~-30%, 10%, -30~30%의 강수량 변화를 가정하고

표 4. 기후변화 시나리오에 따른 계절별 유출량 증가율 (%)

지역	시나리오	봄	여름	가을	겨울	연평균
한강	A	33	67	137	62	75
	B	13	27	71	-10	29
	C	-34	-64	45	1	-38
낙동강	A	26	64	102	19	58
	B	-5	27	51	-16	20
	C	-42	-48	30	-60	-33
금강	A	24	54	97	43	54
	B	9	22	49	-11	21
	C	-28	-51	31	-2	-29
영산강	A	15	99	125	6	70
	B	-11	36	58	-31	19
	C	-46	-64	31	-78	-44
섬진강	A	30	90	120	-3	71
	B	2	22	58	-35	23
	C	-35	-57	33	-76	-38

표 5. 2xCO<sub>2</sub> 상황에 대한 계절별 유출량 증가율 (%)

댐 유역	봄	여름	가을	겨울	연평균
소양	12.9	12.9	17.2	10.7	14.0
충주	50.0	23.1	78.1	40.1	41.7
안동	8.1	10.7	12.6	-6.0	8.3
남강	4.7	12.2	9.7	-11.3	9.1
대청	43.5	10.0	24.1	-30.0	13.7
섬진강	60.0	6.6	34.2	-44.6	15.4

있다.

(2) 기후변화 영향평가 및 영상처리 기술개발 연구(과학기술처, 1995): 6개 댐 유역에 대해 물수지 산출모형을 개발하고 이 모형에 근거해 유출량을 추정해 보았다(표 5.). 강수량의 변화량과 비교하면 유출량의 증가는 강수량 증가에 대해 댐 유역별로 2~4 배 정도를 나타내고 있다.

이상의 결과는 모두 다소 불확실한 장래의 기후예측 결과에 근거한 것이므로 그 신뢰성이 높다고는 할 수 없으나 기후변화에 따른 강수, 기온 등 수문기상 인자에서의 영향에 비해 유출에서의 영향은 몇 배 더 증폭될 수 있음을 나타내 주는 결과이다. 외국의 연구 사례에서도 유사한 결과를 살펴볼 수 있으며 대략 유출량의 변화는 강수량 변화의 2~5배 정도로 증폭되고 있음을 보고하고 있다.

위의 두 연구결과를 종합해 볼 때 기후변화에 따른 수자원 관리는 현재와는 크게 달라져야 함을 나타내

고 있다. 그러나 위의 결과는 계절별로 나타난 결과로써 저수지의 효율적 운영을 통한 이수 관리 및 보다 빈번해질 이상 홍수를 대비한 치수 측면의 댐 운영을 대비하기에는 제한된 정보만을 제공하고 있어 보다 구체적인 연구가 필요하다고 볼 수 있다. 즉, 기후변화를 고려한 강수 및 기온의 모의, 이를 입력자료로 한 강우-유출해석 등을 통하여 최소한 일 단위의 수문량이 제시되어야 이를 근거로 한 다각적 이 수자원의 관리 대책 수립이 가능할 것으로 판단된다. 이런 취지에서 현재 진행중인 '기후변화에 따른 수자원계획의 영향평가' (한국건설기술연구원)는 기후변화에 따른 수자원 제 분야의 영향을 종합적으로 판단해 볼 수 있는 좋은 계기가 될 것으로 판단된다.

#### 4. 기타 관련 연구

##### (1) GCM 관련 연구

한반도의 기상변화 및 특성분석을 위한 GCM의 이용은 장기적인 변화보다는 단기적인 변화의 예측에 한정되고 있다. 이는 국내에 기상연구 전용의 슈퍼 컴퓨터가 최근에서야 도입된데서 그 원인을 찾을 수 있을것 같다. GCM을 이용한 단기의 기상변화 분석은 METRI/YONU GCM을 이용한 1987년 엘니뇨와 1988년 라니냐 기간 동안의 아시아 여름 몬순 연구(오재호, 1996)에서와 같은 단기적으로 한반도에 영향을 미칠 수 있는 현상의 연구에 한정된다.

앞에서도 언급한 바 있는 '기후변화가 한반도에 미치는 영향에 관한 심포지엄: II. 해양, 수문학 분야 및 IV. 기후변화 예측 시나리오' (기상청, 한국과학기술연구원, 1993), '기후변화가 한반도에 미치는 영향과 지구 환경관련 대책연구 I, II' (과학기술처, 1994, 1995), '기후변화 영향평가 및 영상처리 기술개발 연구 I, II, III' (과학기술처, 1993, 1994, 1995) 및 '기후변화와 수자원' (김승, 1993), '대기 중 CO<sub>2</sub> 증가에 따른 한반도 강수량 변화' (오재호와 홍성길, 1995) 등도 GCM 관련 연구로 분류할 수 있으나 단순히 그 결과만을 이용한 것이다.

##### (2) 중규모 지면-대기 접합모형 관련 연구

중규모의 지면-대기 접합모형에 관한 연구는 미국, 유럽 등에서 최근에 활발하게 이루어지고 있다. 과거 기상분야에서의 중규모 모형은 주로 기상분야의 제반 문제들을 해석하는데 이용되어 왔으나 최근 지표면 과정의 중요성이 부각되면서 지표-대기의 상호작용과 관련한 연구가 수문 및 기상분야에서 동시에 이루어지고 있다. 이 분야는 수문분야와 기상분야의 고리역할을 담당하는 분야로서 지면과 대기사이의 물리과정을 밝히고, 모형화하며 또한 적절한 매개변수의 추정 및 정량화 등을 포함한다. 중규모 지면-대기접합모형은 이들 과정을 수치해석방법을 통해 정량적으로 해석하려는 시도로 볼 수 있다.

국내의 경우 중규모 모형 관련 연구는 기상학 관련 분야에서 주로 이루어져 왔다. 그러나 이러한 국내의 연구는 기상분야의 제반 문제를 위한 것이었고 수문분야와의 연결은 되고 있지는 못한 실정이다. 최근에 기상청 기상연구소와 고려대학교 방재과학 연구센터에서 한반도를 대상으로 하는 중규모 지면-대기 접합모형의 개발 및 적용에 관한 연구를 수행하고 있는 것으로 알려져 있다.

#### 5. 결론

최근 우리 나라뿐만 아니라 외국에서의 가뭄, 홍수 와 같은 이상기상의 빈번한 출현은 사회, 경제적으로 심각한 영향을 주고 있으며 이와 관련된 연구도 선진국을 중심으로 매우 활성화되어 있는 상태이다. 지구 환경은 끊임없이 변하고 있고 그 변화 경향은 21세기에 보다 급격할 것으로 예상되고 있다. 이러한 변화의 많은 부분은 인간이 통제할 수 없는 자연적인 현상으로 사실 현재의 과학으로 이해할 수 없는 과정이 많이 있는 게 사실이다. 따라서 미래에의 예측은 더욱더 큰 불확실성을 내포하게 되는 것은 당연한 일이라 할 수 있다. 하지만 그러한 불확실성을 이유로 미래에 대한 대비를 소홀히 한다는 것은 더욱 어리석은 일일 것이며, 특히 물을 다루는 수자원 기술자들에게

있어 앞으로의 미래가 더욱 큰 도전의 시대가 될 가능성이 있다. 아울러 앞에서도 밝힌 것과 같이 강수량의 변화보다 몇 배 더 큰 유출량의 변화가 가능하다는 연구결과는 시사하는 바가 크다고 할 수 있다.

본 논고에서는 현재까지 국내에서 기후변화와 관련한 연구 중 수자원과 관련이 깊은 연구들을 조사하여 정리해 보았다. 시간적인 제약으로 인해 국내에서

행해졌던 모든 연구를 조사하고 정리해 보지 못한 아쉬움이 있으나 대체적인 경향과 현재의 연구상태를 파악하는데는 도움이 될 수 있을것으로 판단된다. 무엇보다도 가까운 미래에 발생가능 한 이러한 변화에 보다 적극적으로 대처하기 위해 보다 많은 연구가 있어야 될 것으로 생각하며 많은 연구자들의 관심을 기대하는 바이다. ●●

### (참 고 문 헌)

- 강인식, 허창희(1992). 한반도 여름철 강수량의 장기예측, 한국기상학회지, 제28권 제3호, pp. 283-292.
- 과학기술처(1994). 기후변화가 한반도에 미치는 영향과 지구환경 관련 대책 연구 I.
- 과학기술처(1995). 기후변화가 한반도에 미치는 영향과 지구환경 관련 대책 연구 II.
- 과학기술처(1993). 기후변화 영향평가 및 영상처리 기술개발 연구 I.
- 과학기술처(1994). 기후변화 영향평가 및 영상처리 기술개발 연구 II.
- 과학기술처(1995). 기후변화 영향평가 및 영상처리 기술개발 연구 III.
- 기상청, 한국건설기술연구원(1993). 기후변화가 한반도에 미치는 영향에 관한 심포지엄: II, 해양, 수문학 분야.
- 기상청, 한국건설기술연구원(1993). 기후변화가 한반도에 미치는 영향에 관한 심포지엄: IV, 기후변화 예측시나리오.
- 김승, 정성원, 김현준(1993). 기후변화가 수문 및 수자원에 미치는 영향, 기후변화가 한반도에 미치는 영향에 관한 심포지엄: II, 해양, 수문학 분야, pp. 79-102.
- 김승(1993). 기후변화와 수자원, 건설기술정보, 한국건설기술연구원, pp. 01-14 - 10-20.
- 김승, 신현민(1993). "서울지점 강수의 장기간 변동성향에 대한 통계학적검증", 제34회 수공학연구발표회 논문집, 한국수문학회, pp. 264-272.
- 윤용남, 유철상, 이재수(1998). 지구환경의 변화에 따른 한반도 수문환경의 변화 연구, 한국과학재단.
- 오재호, 홍성길(1995). 대기중 CO<sub>2</sub> 증가에 따른 한반도 강수량 변화, 한국수자원학회논문집, 제28권 제3호, pp. 143-157.
- 이재수, 유철상, 안재현(1998). 범지구적 환경의 변화에 따른 한반도내 갈수 및 홍수의 발생 빈도 변화 예측, 국재수문개발계획 연구보고서, 건설교통부.
- 임규호, 정현숙(1992). 서울지방 연강수량의 경년변동, 1971-1990, 한국기상학회지, 제28권 제2호, pp. 125-132.
- 정현숙, 임규호(1994). "서울지역 월강수량과 강수일의 관계", 한국기상학회지, 한국기상학회, 제28권 제2호, pp. 125-132.
- 정현숙(1999). 서울지역 강수량의 시계열에 나타난 시간 변동성의 해석, 서울대학교 박사학위 논문.
- 한국수자원공사(1993). 21세기를 바라보는 수자원 전망.
- 환경부, 과학기술처(1997). 기후변화예측기술: 지구규모 대기환경기초 및 기반기술.