

5차시. 기후변화가 수자원에 미치는 영향 및 연구

5차시. 기후변화가 수자원에 미치는 영향 및 연구

1. 기후변화가 미치는 영향

(1) 기후변화가 수자원에 미치는 영향(개략)

기상변화	<ul style="list-style-type: none">• 비 정상적인 가뭄, 홍수의 발생 빈도와 규모가 점차 커짐• 엘니뇨와 라니냐의 강
농업/생태계 변화	<ul style="list-style-type: none">• 재배작물의 종류와 생산량이 크게 달라짐• 농업용수 수요시기 변화, 서식지와 생태계 종의 상실
수질 저하	<ul style="list-style-type: none">• 수온상승 및 하천유출량 감소에 따른 수질 악화 심화• 유기물 농도 증가, 하천생태계 변화
홍수 증가	<ul style="list-style-type: none">• 강수량 증가, 강우강도 증가• 국지성 돌발호우 발생 증가, 태풍의 규모 증가
물 부족 (가뭄)	<ul style="list-style-type: none">• 수분증발 촉진, 물부족 가속화• 강우의 계절적 불균형 심화, 물공급의 변화

5차시. 기후변화가 수자원에 미치는 영향 및 연구

(2) 수자원 분야 과거 통계 (기후변화 증거)

우리나라도 예외는 없다

'06 파주시 홍수	'02 경북 가뭄
	

기온 상승

- 세계 평균(0.74℃)의 **2배 이상**(지난 100년간 **1.7℃ 상승**)
→ 21c 말 국토의 20%가 아열대

해수면 상승

- 세계평균의 **3배**(과거 40년간 **22cm 상승**)
→ 제주도 일부 침수 예상

강수량 증가

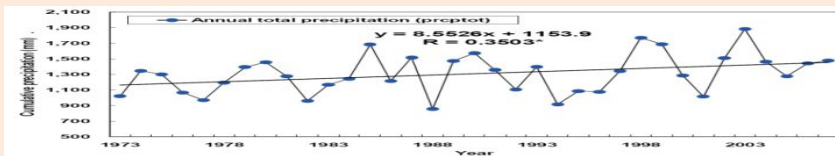
- 최근 20년 간 강수량 **7% 증가**
→ 강우일수 14%↓ 강수량18%↑

5차시. 기후변화가 수자원에 미치는 영향 및 연구

(3) 강수량 과거 추세 분석

강수량 증가('73~'07)

- 연강수량 1,160mm → 1,450mm, 290mm(25%) ↑ /35yr

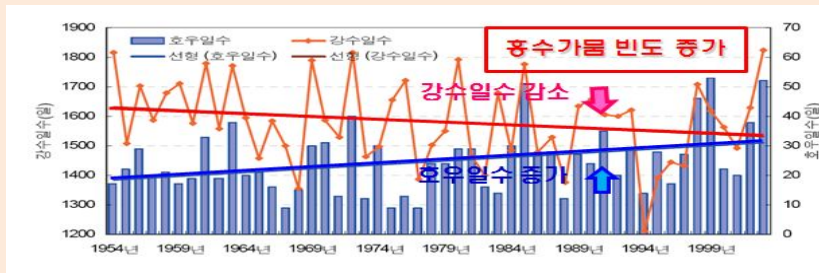


강우일수(0.1mm) 감소 ('54~'03)

- 연간 1,640일 → 1,550일, 90일 ↓ / 50yr

호우일수(80mm 이상) 증가 ('54~'03)

- 연간 20일 → 31일, 11일 ↑ / 50yr



- 기상청 14개 관측소 기준 : 강릉, 서울, 인천, 울릉도, 추풍령, 포항, 대구, 전주, 울산, 광주, 부산, 목포, 여수, 제주

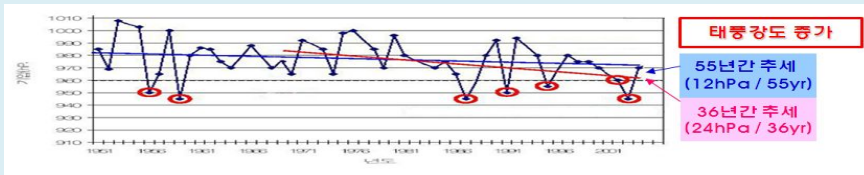
출처 : 기상연구소

5차시. 기후변화가 수자원에 미치는 영향 및 연구

(4) 태풍 및 강수량 과거추세 분석

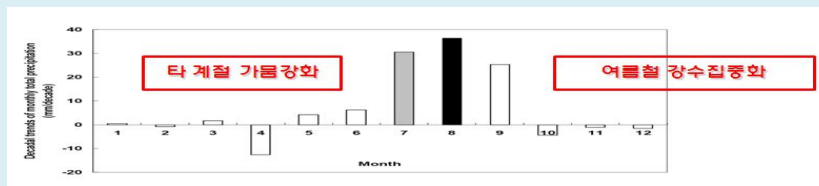
태풍강도 증가, 발생빈도 약한 감소, 영향빈도 약한 증가

- '51~'05년 : 982 hPa → 970 hPa, 12hPa ↓ / 55yr
- '70~'05년 : 984 hPa → 960 hPa, 24hPa ↓ / 36yr



여름철(7~9월) 강수량 20~40mm 증가 → 홍수증가, 타 계절 감소 → 가뭄심화

- 10년 단위 월별 총 강수량 변화경향('73~'07)



출처 : 기상연구소

5차시. 기후변화가 수자원에 미치는 영향 및 연구

(5) 홍수 측면 전망

100mm/day 이상의 집중호우 발생빈도 : **2.7배 ↑**
 (70m/s 이상의 슈퍼태풍 발생가능성 ↑)

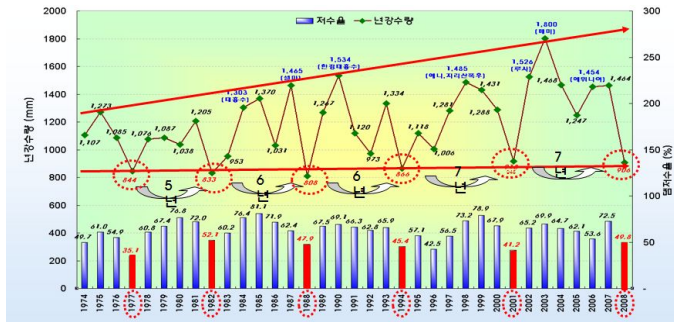
- 기존의 설계기준을 초과하는 홍수발생 가능성 증가
- 댐 및 하류하천의 홍수량 증가

해수면 상승으로 해안지역 침수위험성 ↑

(6) 가뭄 측면 전망

가뭄발생 빈도 :
3.4배 ↑

갈수기 하천유량 :
5.7배 ↓



- 기후변화 등 영향으로 연 강수량 크기 증가
- 1970년 이후 5 ~ 7년 주기로 가뭄 발생

출처 :물관리센터

5차시. 기후변화가 수자원에 미치는 영향 및 연구

(7) 수질 및 하천환경 측면 전망

수온상승에 따른 하천 및 호소 밀바닥 저 · 무산소 현상으로 인한 어류집단 폐사 등 **수생태 악영향**

- 지난 20여년간 국내 하천, 호소의 수온 관측결과 97개 중권역 중 57개 지역에서 수온상승 경향 나타남
- 한류성 어종의 서식에 영향

강우강도 증가 및 갈수기간 장기화로 **탁도증가 및 수질악화**

- 토사의 댐내 유입에 따른 탁수 발생
- 고수온으로 인한 조류 및 병원균 성장 촉진으로 음용수 수질악화

*출처 : 국토해양부, 2010

3. 수자원 분야 기후변화 국내외 연구현황

(1) 국내 연구동향

1990년대 중반 이후

- 미래 기후변화 전망, 그에 대한 영향 분석

2000년대 이후

- IPCC GCM모의결과에 근거하여 수자원 분야 기후변화 적응 전략에 대한 연구 산발적으로 시작

5차시. 기후변화가 수자원에 미치는 영향 및 연구

(1) 국내 연구동향

현재 수준

- IPCC에서 사용된 온실가스배출 시나리오와 GCM을 이용한 기후변화 시나리오생산 → 외국산모형을 이용하여 유출량 파악 → 향후 미래유출량 전망 예측 대부분 (사례연구)
- 일부 극한사상 취약성 평가
- 각 분야별 세부 취약성 평가 및 적응연구 초기 단계

문제점

- 각기 다른 배출 시나리오, GCM 수문모형, 상세화 기법을 사용, 동일유역이라 하더라도 매우 다른 결과 제시 (치수목적으로 GCM을 사용하기에는 시기상조] → 기후변화 영향 평가에 대한 불확실성이 매우 큼
- 상이한 결과로 인하여 관련정책에 적용되지 못하고 연구에만 그침 → 연구방법의 표준화 부재

추가연구필요

- 국내 자체 개발 GCM 및 RCM 이용
- 중규모 지표면-대기접합 모형 구축
- 이/치수기 기후변화 대응 댐의 효율적 운영관리 등 (맞춤형 적응전략 수립)
- 국내실정에 적합한 영향평가 방법론 정립, 기후변화 지표 및 지수개발
- 유역 및 지역별 세부 이수/치수 취약성 평가 기법 개발 및 대응방안 수립
- 기후변화 고려한 물수급 정량화 기술
- 수질에 대한 영향 분석 등

5차시. 기후변화가 수자원에 미치는 영향 및 연구

(2) 국내 주요 연구동향 정리 (참고문헌)

- 오재호, 홍성길(1995)
 - 3개의 GCM 모의 결과에 근거하여 한반도 연강수량 변화를 추정
 - 봄, 여름, 가을철의 경우 10%, 13%, 24%의 증가를, 겨울철에는 현재보다 약간 감소 예측
- 유철상, 이동률 (2000)
 - 5개의 GCM을 이용하여 월별강수량을 예측, 변화의 폭 추정, GCM자료의 통계적 분석 국내 최초 실시 → 월자료 기반 분석, 결과 신뢰성 의문
- 신사철 (2000)
 - 시나리오 가정하에 탱크모형을 이용하여 안동댐 상류 유황 모의
 - 기후변화 개념을 바탕으로 유출모의를 국내 최초 실시
- 안재현 등(2001)
 - 5개 GCM 월 자료 및 RCM을 사용하여 간단한 물수지 모형 적용 → 국내 최초로 GCM 및 RCM-유출모의 시도
- 김병식 등(2003)
 - 통계학적 축소기법을 이용하여 국지규모의 기후변화 영향 평가 기법 제시 → 국내 최초로 GCM-통계학적 지역상세화를 시도
- 김병식 등(2004)
 - GCM-통계학적 Downscaling-물리적 기반의 유역모형인 SLURP모형을 용담댐 유역 유출량 변동에 적용
- 황준식 등(2007)
 - 국내 개발 RCM을 이용하여 대청댐 유역의 유출모의에 적용
- 배덕효, 정일원 등(2007)
 - 고해상도의 SRES A2시나리오를 이용 국내 139개 소유역별 기후 및 유출 시나리오 생산 (PRMS모형 이용)
- 배덕효 등(2009)
 - MME(Multi-Model Ensemble)을 활용한 국가 수자원 기후변화 영향평가

5차시. 기후변화가 수자원에 미치는 영향 및 연구

(3) 국외(선진국) 연구동향

1980년대
이후

- 기후변화 영향평가, 미래 전망 등 급속히 진행

1990년대
이후

- 대기, 수자원, 농업, 생태계, 해양, 보건 위생, 환경, 사회 경제 등 다양한 분야에 걸쳐 이루어짐

2000년대
이후

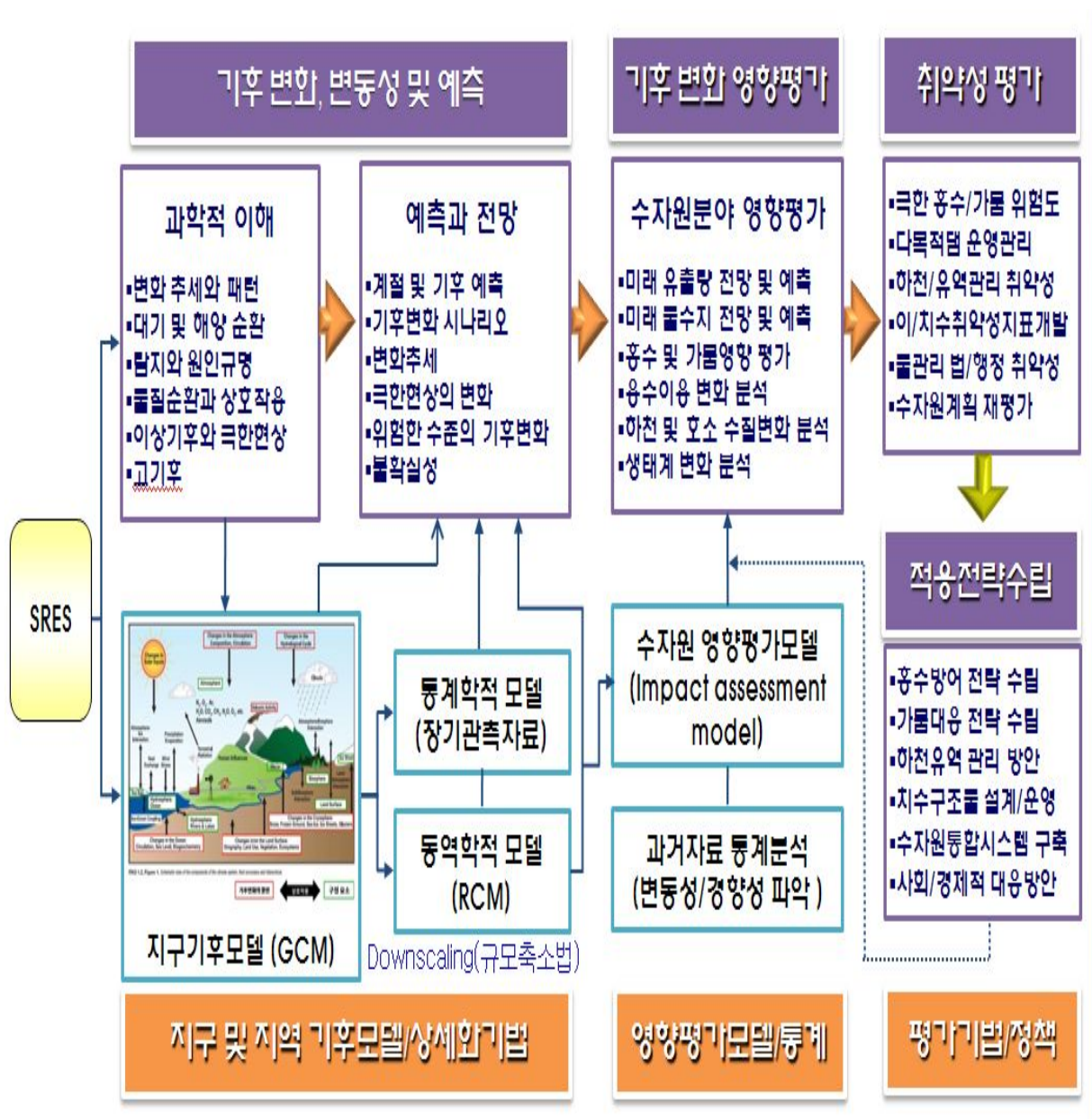
- 2003년 이후, RCM을 이용하여 기후변화가 극한사상에 미치는 영향 연구 증가
- 2005 재현기간별 강우의 지속기간의 변화 관찰, 극한강우 재현 가능성 평가 및 적용
- 2006 홍수빈도해석에 적용 가능성 평가
 - 극한홍수량을 모의하는데 필요한 연속강우를 RCM으로부터 추출
 - RCM을 이용하여 기후변화가 침투홍수량에 미치는 영향 평가
 - RCM을 이용하여 기후변화가 강우나 유출량의 극값에 미치는 영향 평가
 - GCM에 비하여 RCM이 홍수빈도해석에 유리함을 보여줌
- 2007 다양한 시나리오와 축소기법 등을 이용하여 불확실성을 줄이고 신뢰성 있는 강우생성 및 영향평가를 위한 연구 진행

미국, 영국 등 일부 선진국은 실용화 시작 → 홍수, 용수 공급, 주운 발전, 수질, 유지용수 등 수자원 분야별로 결과를 제시/ 일본은 자체 GCM 및 RCM개발 연구 완료

5차시. 기후변화가 수자원에 미치는 영향 및 연구

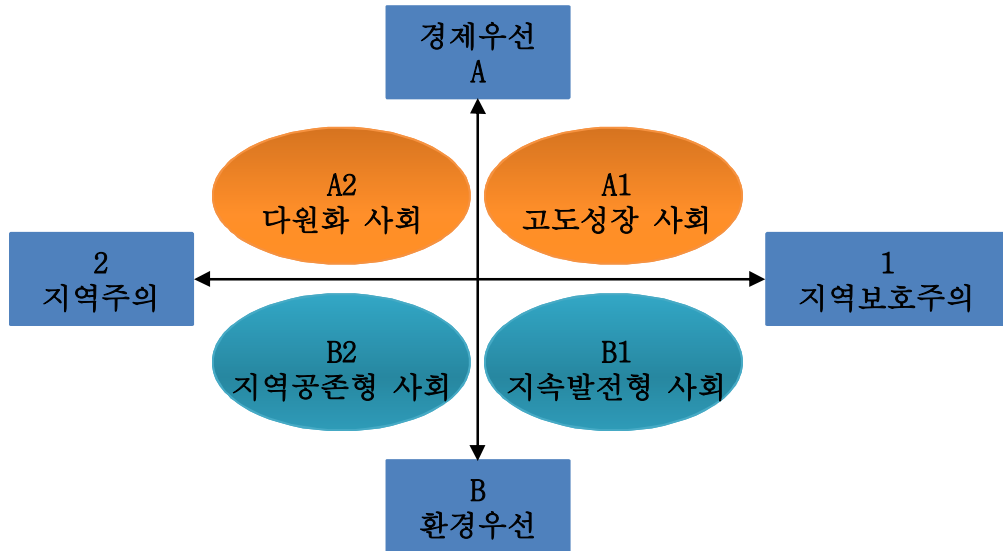
4. 수자원 분야 기후변화 연구 프로세스

(1) 수자원 분야 기후변화 영향평가 연구흐름도



5차시. 기후변화가 수자원에 미치는 영향 및 연구

(2) SRES (온실가스 배출시나리오)



(3) GCM모형 현황

No	Model, Vintage	Atmosphere	Ocean	Country	No	Model, Vintage	Atmosphere	Ocean	Country
1	CSIRO-MK3.0, 2001	1.9°×1.9°	0.8°×1.9°	Aus.	14	MIROC3.2(hires), 2004	1.1°×1.1°	0.2°×0.3°	Jap.
2	CSIRO-MK3.5, 2006	1.9°×1.9°	0.8°×1.9°		15	MIROC3.2(medres), 2004	2.8°×2.8°	0.5-1.4°×1.4°	
3	CGCM3.1(T47), 2005	2.8°×2.8°	0.5-1.5°×1.5°	16	MRI-CGCM2.3.2, 2003	2.8°×2.8°	0.5-2.0°×2.5°		
4	CGCM3.1(T63), 2005	1.9°×1.9°	0.9°×1.4°	Can.	17	BCCR-BCM2.0, 2005	2.8°×2.8°	1.5°×1.5°	Nor.
5	BCC-CM1, 2005	1.9°×1.9°	1.9°×1.9°	China	18	INM-CM3.0, 2004	4.0°×5.0°	2.0°×2.5°	Rus.
6	FGOALS-g1.0, 2004	2.8°×2.8°	1.0°×1.0°		19	CCSM3, 2005	1.4°×1.4°	0.3-1.0°×1.0°	
7	CNRM-CM3, 2004	1.9°×1.9°	0.9°×1.4°	Fra.	20	GFDL-CM2.0, 2005	2.0°×2.5°	0.3-1.0°×1.0°	USA
8	IPSL-CM4, 2005	2.5°×3.75°	2.0°×2.0°		21	GFDL-CM2.1, 2005	2.0°×2.5°	0.3-1.0°×1.0°	
9	ECHAM5/MPI-OM, 2005	1.9°×1.9°	1.5°×1.5°	Ger.	22	GISS-AOM, 2004	3.0°×4.0°	3.0°×4.0°	
10	ECHO-G, 1999	3.9°×3.9°	0.5-2.8°×2.8°	Ger/Kor.	23	GISS-EH, 2004	4.0°×5.0°	2.0°×2.0°	
11	INGV-SXG(SINTEX-G)	1.1°×1.1°	1.0°×1.0-2.0°	Italy	24	GISS-ER, 2004	4.0°×5.0°	4.0°×5.0°	
12	UKMO-HadCM3, 1997	2.5°×3.75°	1.25°×1.25°	UK	25	PCM, 1998	2.8°×2.8°	0.5-2.0°×2.5°	
13	UKMO-HadGEM1, 2004	1.3°×1.9°	0.3-1.0°×1.0						

5차시. 기후변화가 수자원에 미치는 영향 및 연구

(4) 다운스케일링 방법

통계학적 축소기법 (Statistical Downscaling)

- 장기간의 관측자료를 이용하여 대규모 기후변수와 국지 기후변수간의 관계를 산출하여 보정
- 지역의 특성을 반영하는 수문기상변수와 지표면의 강수와 온도 등을 설명변수와 예측변수로 관계를 정량화하여 전이함수의 형태로 구함
- 상세자료를 산출하는데 간편한 방법이지만, 많은 제한성 가짐

EX 인공지능망(ANN), 정준상관분석(CCA), SVD, SDSM 등

동역학적 축소기법 (Dynamic Downscaling)

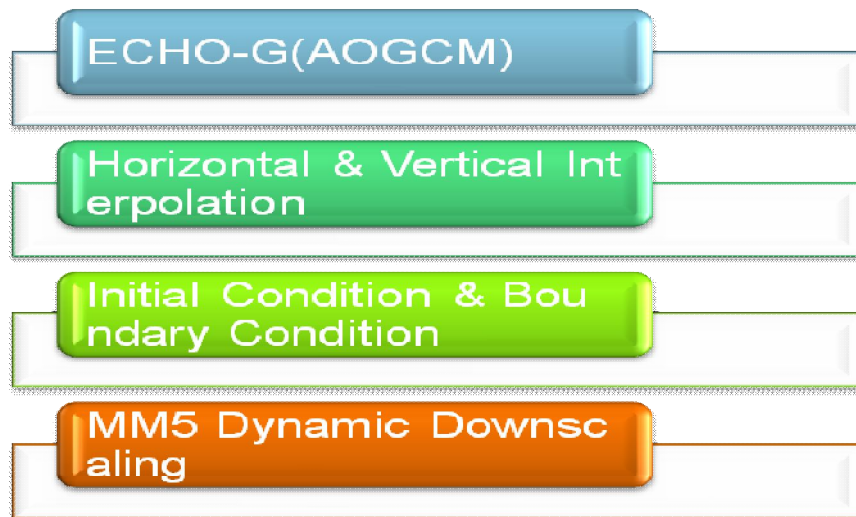
- 지역기후모형(RCMs, Regional Climate Models)이나 LAMs(limited Area Models)을 들 수 있으며, GCMs(General Circulation Models)을 경계조건으로 해서 물리적 순환과정을 거쳐 고해상도의 기후시나리오를 만드는 과정
- 지형성 강우나 극한강우를 모의하는 것이 가능하나 계산시간이 매우 오래 걸리는 한계점 있음

5차시. 기후변화가 수자원에 미치는 영향 및 연구

(5) 다운스케일링 RCM자료 (KMA)



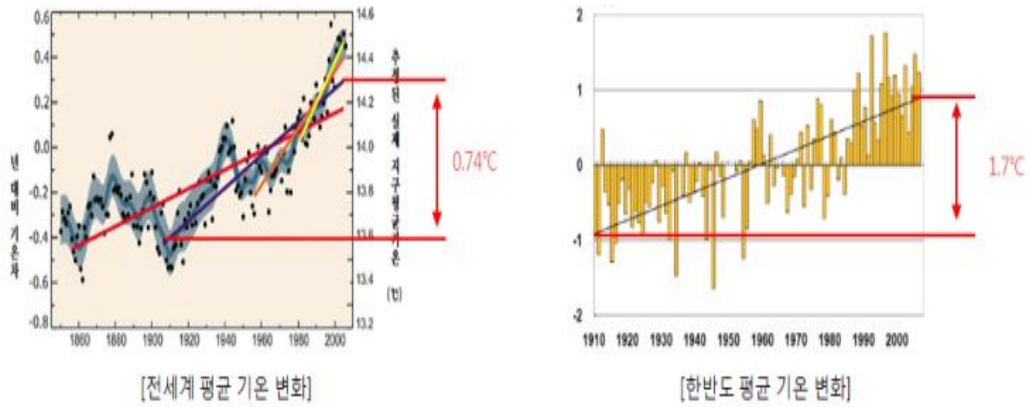
- 참조기간 : 1971~2000
- 기후변화 모의기간 : 1971~2100
- 해상도 : 27 km x 27 km, 한반도 전역
- 제공자료 : 평균,최고,최저기온, 강수량, 평균상대습도(ASCII포맷, 일단위)



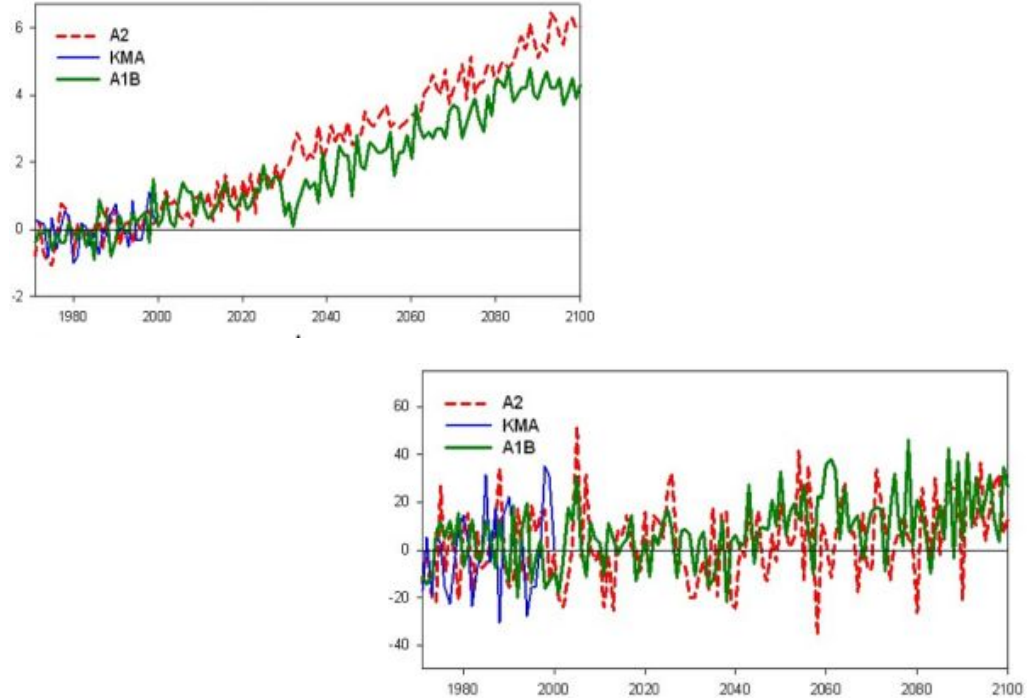
5차시. 기후변화가 수자원에 미치는 영향 및 연구

(6) 우리나라 기후변화 전망 (향후 100년간)

- 우리나라 온난화 속도는 세계 평균의 2배 이상

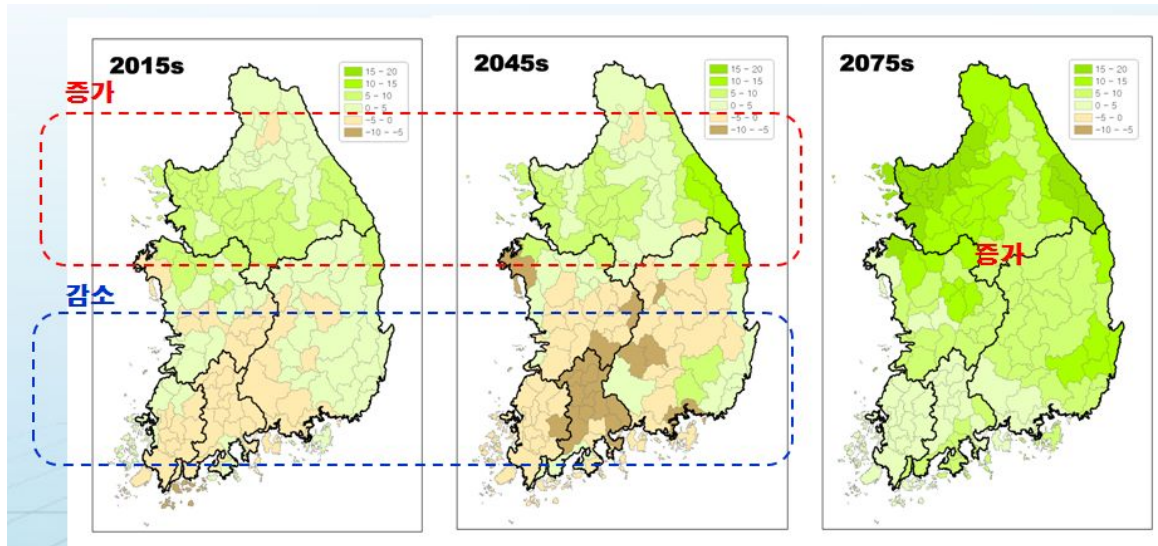


- 향후 100년 : 기온 최대 5°C 증가, 강수량 17% 증가



5차시. 기후변화가 수자원에 미치는 영향 및 연구

(7) 연평균 강수량 미래전망



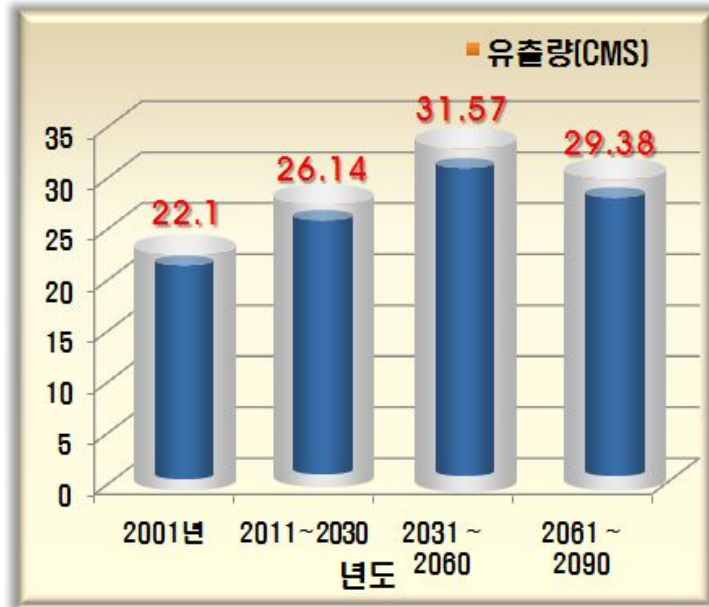
(8) 미래 유출량 전망 (금강유역 대상)

- 연대별 유출량

구분	유출량(CMS)			
	2001년	2011~2030	2031~2060	2061~2090
용담댐 유역	22.1	26.14(▲18.28%)	31.57(▲42.85%)	26.38(▲32.94%)
대청댐 유역	79.62	104.04(▲30.67%)	114.52(▲43.83%)	119.53(▲50.13%)

5차시. 기후변화가 수자원에 미치는 영향 및 연구

- 용담댐 유역



- 대청댐 유역

