

# 지구 기후변화가 한반도에 미치는 영향



오성남  
시스템공학연구소 책임연구원

## 1. 서론

지구 온난화에 의하여 발생하는 기후변화는 기온 상승에 원인이 주어지는 대륙과 해양간의 수분 순환의 변화와 이에 따른 강수대의 이동, 가뭄과 집중호우의 빈번한 발생, 농업과 산림 생산, 해수면 상승과 생태계의 변화 등에 크게 영향을 미칠 것으로 보고 있다. 1995년 국제기후변화협약(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)에서는 지구 온난화 현상은 고위도로 갈수록 두드러져서 시베리아 지방의 툰드라지역이 감소하는 반면 초원(glass land) 지역이 확장되고 알프스나 티벳 등 고원의 빙설이 서기 2050년까지 현재의 4분의 1 가량 사라질 것으로 보고 한 바 있다. 특히 동북아시아는 동서 8000km 및 남북 5000km의 대륙으로서 중국, 한국, 일본열도와 몽고지역을 포함한 세계 최대 인구과밀 지역인 동시에 기후 다변화 지역이다. 따라서 기후의 변동이 이 지역의 경제적, 사회적 그리고 정치적으로 미치는 영향은 실로 엄청난 것이다. 이들 지역과 관련하여 일반적으로 지구온난화 주범인 대기의 CO<sub>2</sub> 양이 증가함으로써 아시아 중위도 지역의 강수의 감소는 수자원 공급을 어렵게 할 뿐 아니라 겨울철의 강수 증가를, 늦봄과 초여름의 강수 감소로 농업의 생산을 감소시키고 여름철(夏節)의 지표온도 상승으로 증발이 더 촉진 될 것으로 예측하고 있다. 이러한 강수의 변화는 매 3-4년마다 발생되는 ELNino 현상과 중첩되어 극단적 기상현상을 동북

아시아 중위도 38°~35°N 지역의 편서풍대에 집중적으로 유발시키게 됨을 우려하고 있다. 이에 대하여 미국의 기후학자 Gregory(1997)는 온난화에 의하여 북미대륙에 대규모 한발이 도래할 것으로 예측하고 있고 일본 기상연구소(MRI)의 Noda(1989) 등은 대기의 이산화탄소 양이 2배가 될 때 동북아시아의 기후는 계절적 강수 변화가 더욱 뚜렷해지는 반면 호우 등 극단적 기상현상이 크게 나타날 수 있음을 주장하고 있다.

이러한 기후변화를 예측하고 그 영향을 어떻게 평가 할 것인가? 이에 대하여 아직은 기후예측을 위한 수치모형인 대기 대순환 모형(General Circulation Model, 이하 GCM)만이 유일한 예측 도구로 인정되고 있다. GCM은 오늘날 미국의 기상연구소(NCAR)에서 개발한 NCAR GCM, 프린스턴 대학의 유체연구소에서 개발한 GFDL GCM, 캐나다 기후연구소의 CCC, 일본 기상연구소의 MRI, 그리고 우리나라의 연세대학교에서 개발되고 있는 YONU GCM 등 세계 각 국에서 20여개의 GCM을 개발하고 있다. 또 이들은 컴퓨터 성능의 발전에 따라 GCM이 모사하는 지구의 모형격자 간격을 더욱 상세히 나누어 오차를 줄이고 있다. 우리나라 지역과 관련한 지구온난화 기후변화 영향을 GCM의 시나리오를 바탕으로 연구한 결과를 (1) 강수변동을 초래하는 영향, (2) 토양수분과 농업에 미치는 영향, (3) 수자원에 미치는 영향, (4) 해수면 상승에 미치는 영향 등으로 나누어 여기에 간단히 논하여 보고자 한다.

## 2. 강수에 미치는 영향

한반도 강수의 특성은 연강수량의 절반 이상이 여름철 집중강우이다. 여름철 우기는 여름과 가을 두 개의 장마기로 구분된다. 이들 장마기의 변동에 대하여 1973년부터 1992년까지 지난 20년 기간을 분석해본 결과 여름철 장마기의 강수량과 강도에 대한 변화는 뚜렷한 변화를 발견할 수 없었으나 2차 우기인 가을 장마는 강수량과 강우강도가 뚜렷하게 증가하는 경향을 볼 수 있었다. 서울 강릉 대구 부산 목포를 조사한 결과 남한지역의 총 강우빈도는 감소하는 추세로 나타났으나 지역적 강우강도는 증가되어 집중호우의 성격을 크게 나타내었다. 또 본연구에서 GFDL, CCC, GISS, UKMO, MRI 등 5개의 GCM으로 분석한 결과 이산화탄소가 배증되었을 때의 우리나라지역의 전체 강수량은 월 평균 1mm내외의 변화만을 보여 지구온난화와 무관함을 보였다. 그러나 이러한 온난화 현상이 엘니뇨현상과 중첩될 때 7월과 8월의 강수가 크게 감소하고 겨울철 강수가 증가하는 것으로 나타났다. 이와 같은 현상은 요즈음 겨울철 잦은 저기압 통과로 발생하는 강수 현상과 결코 무관하지 하지않다. 1997년 12월의 경우 엘니뇨 현상은 최고조에 달하고 있다. 이러한 해수면 온도 상승이 올해 여름 까지 지속되리라 보면 이와같은 잦은 강수현상은 1998년 3월까지 계속되고 우리나라 5-6월의 가뭄을 예측할 수 있다.

## 3. 농업에 미치는 영향

지구온난화의 결과로 발생할 수 있는 우리나라의 농업은 대체로 재배 가능한 기후의 지리적 분포가 변동되어 기존의 작물 재배적지가 대부분 북상 확대될 것으로 추정하고 작물의 생산과 경작의 안전성이 크게 변할 수 있으리라 예측되고 있다. 따라서 기존의 농작물의 생육에 적합한 현재의 기온이 상승하고 강수대가 이동함에 따라 재배 가능한 농작물의 환경이 근본적으로 변하기 때문에 재

배 종류나 품종을 새로이 하거나 작부체계의 공간적 이동을 단행하여야 할 것이다.

기온이 상승하면 작물의 생육과정에서 생장과 발육 그리고 개화 등 결실에 크게 영향을 미치고 작물의 증발산을 증가시켜 관계수와 토양 미생물의 구조적 변화를 이르게 병충해 발생과 토양특성 변화에 따른 관리 등 모든 생산수단과 생산비에 크다란 변화를 초래 하게된다. 대기의 CO<sub>2</sub>농도 증가에 따른 농작물의 생리적 반응은 일반적으로 광합성이 증가하는 반면 기공의 전도도가 저하되어 작물의 초기성장기인 영양생장기의 높은 상대 생장율을 보여 지상부와 지하부의 성장에 큰 차이를 발생시키고 영양과 수분의 부족상태를 초래하게 된다. 또 생육생장기의 과도한 biomass 증가를 일으켜 뿌리로부터 탄수화물 이전량을 더욱 부추겨 엽면적의 감소와 기온과 토양의 온도 상승으로 토양유기물이 감소하여 비옥도의 저하를 초래해 환경 생태계의 변화를 자초하며 중국에는 이들 지역의 사막화의 원인을 제공하게 된다. 온실기체 증가에 의한 온난화 현상이 반드시 농업에 부정적 영향만 미친다고 볼 수는 없다. 저온으로 농업생산에 어려움을 겪고 있는 고위도지역을 농업 기후조건 의 적정지로 만들 수도 있다. 그러나 여기에 강수와 토양이 기온의 증가에 부응하지 못할 때 잡초가 증가하게 되고 토양유기물의 분해 등이 촉진되어 인위적 개발에 많은 비용을 요구하게 된다.

미국의 농업기후학자 Parry(1988)에 의하며 2-4℃에 이르는 기온 상승은 장기간의 농업적 잠재력(potential)을 변화 시키기에 충분하다고 발표한 바 있다. 그 잠재력의 변화들이 작물유형의 공간적 이동이나 농업적 생산에 지역적 변화를 유발시킨다고 단정할 수는 없지만 결국은 기온이 1℃만 상승하여도 수백km의 재배지 이동이 불가피하게 된다. 세계 각국에서 연구된 농업의 기후 영향을 종합한 스미스(1988)의 결과에 의하면 온난화의 영향으로 고위도 지대에는 강수증가와 저위도 지대에는 강수 감소가 농업 생산량의 변화를 초래한 원인으로 나타났다. 우리나라의 경우 오성남(1995) 등이 배증 CO<sub>2</sub>기후에 대하여 수도작(벼)의 생산을

예측한 결과 김해와 호남의 벼논지역에서는 모두 감소 하였고 경기평야에서는 오히려 증가 함을 보였다. 또 온난화에 의하여 벼 작물의 냉해에 대한 위험이 다소 완화될 수 있으나 작물의 생육기간이 연장되기 때문에 평야지대를 위한 중만생종과 중북부 내륙산간 지방에서는 조생종 등으로 품종이 개발되어야 하며 재배시기의 합리화와 재배방법 등 경작의 기술적 개발이 선행 되어야 함을 밝힌 바 있다. 이와 같이 기후변화는 일차적으로 농업의 생산성과 재배의 안정성에 크게 영향이 미칠 것이며 2차 적으로 수자원과 수질정화, 녹색 환경 등에도 심각한 장애요인으로 작용하고 3차 적으로는 농업과 연관된 산업분야에도 영향이 크게 과급될 것이다.

#### 4. 수자원 영향

지구 온난화 기후변화가 우리 나라에 미치는 대표적 영향은 수자원 공급이 될 것이다. 지구 기온의 상승은 대기의 운동과 지표의 에너지 전달 조건을 변화시키게 되고 이로 인한 지구의 강수 분포와 토양의 수분양 변화는 대기과 지표 사이의 수문 균형을 깨뜨려 대규모 수문순환의 역학적 구조를 변화 시키고 강수에 재 영향을 주는 되먹임(feedback) 현상을 이르게 된다. Schneider (1990) 등은 GCM의 모사로부터 지구대기의 온난화 현상으로 기온이 상승 하면 대기의 포화수증기압의 상승하게 되어 배증 이산화탄소 기후에서 전구적으로 평균 20%의 강수 감소가 있음을 보인 바 있다. 이러한 경우 토양의 수분 양과 유출은 지역에 따라 50% 이상 감소 또는 증가를 보일 수 있다.

우리 나라의 물수지 (water budget)와 관련이 있는 아시아의 여름과 겨울철 몬순에 대하여 일본의 Yasunary (1981)는 동아시아의 1890-1920년 기간을 한냉기, 1930-1960년 기간을 온난기로 구분하고 이들 기간의 지상기압과 기온의 변동을 구하여 한냉기에는 몬순이 약해지고 온난기에는 강

해져 온난화 시기의 우리나라 겨울철 강수량은 증가함을 보이고 여름철 강수량은 감소함을 밝혔다. 또 한반도는 하천의 길이가 짧은 산지지형으로써 수자원의 원수(原水) 공급 구역은 뚜렷이 구별되거나 호우 및 홍수와 가뭄 등 극단(extream events) 기상현상에 매우 취약하다. 이와 관련하여 IPCC 보고서에서 Frederick과 Major(1997)는 GCM 모사를 통하여 1990년 기준의 배증 CO<sub>2</sub> 기후에서 1인당 물의 가용량이 2050년에는 table1과 같이 현저하게 줄어 들음을 밝힌 바 있다.

기후변화에 대한 동북아시아 대륙의 수자원변화에 대한 근본적인 원인은 해양과 대륙간의 기압 구조 변화에 따른 강우 전선대의 이동이다. 이에 대하여 일본의 Noda(1996) 등은 일본 기상연구소의 MRI CGCM을 이용한 모사에서 배증 CO<sub>2</sub> 온난화 기후에서 남한지역의 강수가 여름철에 다소 감소되고 중부 이북지방에서 15% 이상 증가할 것을 예측하였다.

수문학적으로 볼 때 지상에서 사용할 수 있는 수자원은 유출(runoff)에 의하여 결정된다. 유출량은 강수와 증발에 의하여 직접적으로 주어지기 때문에 Nash와 Gleick(1993)은 접지층의 유출은 강수와 기온의 변화가 적을 때 오히려 유출의 변화가 크게 나타날 수 있고 기온이 2°C정도 증가할 때 3 - 12%의 유출량의 감소를, 4°C증가 할 때 7 - 12%의 유출량 감소를 나타낸다고 밝힌 바 있다. 강수와 증발에 따라 결정되는 토양수분은 토양이 포화되었을 때는 토양으로 더 이상의 수분 유입이 없겠으나 토양이 건조하여 식물로 더 이상 수분을 전달할 수 없는 임계수준 즉 시들음점(wilting point)이 될 때까지 증발산은 계속된다.

인간의 물수요는 크게 나누어 농업용수, 가정용수(domestic water use), 산업 및 전력용수 그리고 지하수 공급용수 등으로 구분할 수 있다. Boland(1997) 등에 의하면 미국의 경우 농업용수의 대부분이 관개용 (irrigation water use)으로 사용되고 있으며 이중 하천에 의한 관개수 공급이 41%로써 이러한 양은 인간이 사용하는 물의 양의 81%에 해당된다. 농작물과 산림의 물수요는 식물

Table 1. Water availability(m<sup>3</sup>/yr per capita) in 2050 for the present climatic conditions and for three transient climate scenarios.

Country	Present Climate (1990)	Present Climate (2050)	Scenario Range (2050)
China	2,500	1,630	1,550 - 1,780
Cyprus	1,280	820	620 - 850
France	4,110	3,620	2,510 - 2,970
Haiti	1,700	650	280 - 840
India	1,930	1,050	1,060 - 1,420
Japan	3,210	3,060	2,940 - 3,470
Kenya	640	170	210 - 250
Madagascar	3,330	710	480 - 730
Mexico	4,270	2,100	1,740 - 2,010
Peru	1,860	880	690 - 1,020
Poland	1,470	1,250	980 - 1,860
Saudi Arabia	310	80	30 - 140
South Africa	1,320	540	150 - 500
Spain	3,310	3,090	1,820 - 2,200
Sri Lanka	2,500	1,520	1,440 - 4,900
Thailand	3,380	2,220	590 - 3,070
Togo	3,400	900	550 - 880
Turkey	3,070	1,240	700 - 1,910
Ukraine	4,050	3,480	2,830 - 3,990
United Kingdom	2,650	2,430	2,190 - 2,520
Vietnam	6,880	2,970	2,680 - 3,140

의 생육과정에 필수적인 증발산에 의존되어 있어 증발을 지배하는 기온에 따라 큰 차이가 난다. McCabe과 Wolock (1992)은 기온이 0, +2, +4, +6°C 상승 할 때 마다 식물의 광합성 작용에 요구되는 수분량은 매 20% 증가된다고 하였다. 가정용수는 도시와 농촌의 사용량이 다소 차이가 있지만 물의 모든 가용량의 14% 정도이다 그 중에서 6%의 양이 음료수와 청소 등으로 사용되고 나머지 8%는 쓰지 못하고 버리게 된다. Fredric and Major(1997)의 GCM 모사에서 2.2°C의 기온 증가가 발생할 경우 가정용수에 대한 물 사용량은 여름의 경우 2.8% 증가하여 16.8%의 물 수요 값을 나타낼 수 있다. 기후변화에 의한 산업 및 전력용수에 대한 영향은 산업의 발전과 에너지의

이용에 95%이상 직접 미치게 된다. 자연호수나 생태계의 유지, 하천의 형성, 지하수 그리고 지표수 분 등에 중요한 지하수는 강수 변화에 전적으로 의존되어 있다.

우리 나라의 연 총강수량은 평균 1,274mm 로써 연 1,267억 톤의 수자원을 공급하고 있다. 이중 570억 톤이 증발되고 나머지 677억 톤의 물이 사용되고 있거나 그중에 467억 톤이 하천과 홍수 등에 의하여 유출되고 실제 연중 가용량은 약 210억 톤 정도로 301억 톤(94년도 기준)의 1년 수요에 훨씬 못 미치고 있는 실정이다(수자원공사, 1995). 특히 산업과 경제성장으로 물 수요가 2001년에는 337억톤, 2006년에는 350억 톤 그리고 2011년에는 367억 톤으로 물 사용량이 매년 증가 될 것으로

예측되고 있다. 이와는 달리 오성남(1995) 등이 밝힌 지구환경 보고서에 의하면 1992~1995년 기후를 기준한 지구온난화가 남한의 수자원에 미치는 영향을 현재와 비교한 결과 배증 CO<sub>2</sub> 기후에서 우리 나라 중부지방의 연간 총 하천 증가유량이 소양댐 유역에서 317백만 m<sup>3</sup>, 충주댐 유역에서 2,234백만 m<sup>3</sup>, 대청댐 유역이 395백만 m<sup>3</sup>, 안동댐 유역이 84백만 m<sup>3</sup>, 남강댐 유역이 184백만 m<sup>3</sup>, 섬진강유역이 89백만 m<sup>3</sup>씩 각각 증가되는 것으로 추정되었다. 계절에 따라 달리 3개월간에 하천유량 증가량은 소양강댐 유역은 여름에 141백만 m<sup>3</sup>, 충주댐 유역은 가을에 999백만 m<sup>3</sup>, 대청댐 유역은 봄에 167백만 m<sup>3</sup>, 안동댐 유역은 여름에 57백만 m<sup>3</sup>, 남강댐 유역은 여름에 142백만 m<sup>3</sup>, 섬진강댐 유역은 봄에 53백만 m<sup>3</sup>에 가장 많이 증가하는 것으로 추정되었다. 반면에 대청댐, 안동댐, 남강댐, 섬진강댐의 경우는 동계의 하천유량이 각각 85백만 m<sup>3</sup>, 14백만 m<sup>3</sup>, 14백만 m<sup>3</sup>, 23백만 m<sup>3</sup>이 감소하는 것으로 추정되었다. 이러한 계산 결과는 단순한 하천의 수문모형을 이용하였기 때문에 다소의 오차가 있을 수 있으나 온난화현상에 의한 지역별 강수가 상충되게 심화된다는 것은 확실하며 지역별 유량증가에 대한 홍수와 가뭄 등수해에 대한 국가적 대비가 요망된다.

지구온난화가 우리나라의 수자원 공급에 미치는 근본적 영향을 예측하기 위하여 오성남(1997) 등이 동북아시아의 강수변화를 미국 프린스턴대학과 일본의 기상연구소의 대기해양접합 대기대순환 모형인 GFDL CGCM과 MRI CGCM을 이용하여 배증 이산화탄소에 대하여 평가한 결과를 요약해 보면 다음과 같다. 동북아시아의 여름철 강수는 배증 CO<sub>2</sub> 기후에서 MRI GCM은 40°N 이북 지역에서 증가함을 보였고 GFDL의 경우 해양에서 다소의 증가를 보였다. 또 한반도의 경우 MRI에서만 북위 38°N 서북부 지역에서 낮은 강수 증가율을 보였다. 반면에 증발은 이들 GCM 모두 대륙에서 비교적 높은 증가를 나타내었다. 하절의 토양 수분양은 뚜렷한 변화가 없는 반면 대륙의 유출량은 MRI GCM의 경우 배증 이산화탄소 온난화 기후의 낮은 강수 증가율에 비하여 높은 증발량을 나타내어

대부분 아시아 몬순지역 격자 내에서 크게 감소함을 보였다. 그러나 GFDL의 경우 몬순 대륙의 고위도 지역과 30°N 산악지역에서 다소의 증가된 유출을 나타내었다. 그러나 이들 모두 한반도 지역에서는 유출량의 증가는 보이지 않고 있다. 동북아 몬순지역의 강수와 증발 그리고 유출과 토양 수분양의 현재와 배증 CO<sub>2</sub> 기후에서 6월과 7월에 최대값을 나타내었으나 두 기후의 강수 차가 가장 높은 5월과 6월에 유출의 차도 높게 나타났다. 그러나 월별 변동이 비교적 낮은 증발의 경우 3월과 9월인 봄철과 가을에 배증 CO<sub>2</sub> 기후에서 다소 높은 증가를 보여 몬순지역의 농작물 생육기가 시작되는 봄철에 토양수분의 감소를 나타내는 효과를 보이고 있다. 또 강수 증가율이 7월과 8월에는 미약하나 5월과 6월에 높은 값을 나타내는 반면 토양수분은 보유에 대한 시간적 지연성이 있어 가을철에는 큰 변동을 보이지 않고 있다. 또 월평균 일별 지표 수분량의 월별 변동에서는 현재 기후에서는 2월과 3월, 그리고 11월과 12월에 각각 최고값을 보였으나 배증 CO<sub>2</sub> 기후에서 토양수분의 일별 변화량이 동절인 12월과 1월에 감소하여 유출과 증발과의 관계가 상반됨을 보였다. 또 이들 관계에서 봄철과 하절에 증발이 크게 증가되어 건기현상의 원인이 됨을 나타내었다.

동북아시아 지역의 토양 수분양에 대한 위도별 변화를 월별로 파악하기 위하여 전구적 동서 토양 수분양의 변동성을 분석하여 보았다. 그결과 저위도 10°N 지역의 동절과, 온난화 효과가 높은 고위도 지역의 하절에 높은 양의 강수 증가를 나타내었고 북반구 30-40°N 지역의 농작물의 영양생장기인 3 ~ 5월에 토양 수분량이 감소하는 음의 값을 나타내어 배증 CO<sub>2</sub> 기후에서 계절별 토양 수분의 이동이 있음을 보여주고 있다. 남한의 2×CO<sub>2</sub> 와 1×CO<sub>2</sub>의 수문요소 이상편차는 하절의 경우 증발에 비하여 강수와 유출의 증가량이 음의 값을 나타내고 9월 이후 동절에 강수와 유출의 증가율이 양의 아노말리를 나타내어 토양의 수분이 하절에서 동절로 유입됨을 나타내고 있다. 결과적으로 배증 CO<sub>2</sub> 기후에서 남한은 토양수분의 수지가 음

의 효과로 나타나 토양건조 현상이 두드러지고 증발 효과도 높게 나타나 구름 양이 감소하여 강수의 공급을 줄이는 결과를 나타내었다. 일사는 6월의 하지에서 最大로 나타나고 현열 방출과 순상향복사는 8월에 最大로 나타나 우리 나라의 7월의 증발 잠열 방출에 의한 지표 냉각효과와 보상현상으로 나타났다. 현재 기후에서 아시아 몬순지역의 계절별 토양 수분량은 겨울철에 높게 나타났으나 배증 CO<sub>2</sub> 기후에서는 가을철에 높게 나타났다.

## 5. 해수면 변화

온실 기체, 특히 CO<sub>2</sub> 증가에 기인한 지구 및 지역 기후 변화에 의한 영향의 일환으로 해수면(global mean sea level)의 상승 효과를 들 수 있다(Warrick et al., 1990; Wigley et al., 1987). 예견되는 해수면 상승은 저지대에 생활 기반을 두고 있는 인류의 생존과 사회, 경제적인 면에서 중요한 영향을 초래할 것이다. 기후 시스템 중의 어떤 요소 하나에도 변화가 발생하면, 그 영향은 해수면의 변화에 기여될 수 있는 다음 4가지 요인, 즉 (1) 해수의 온도 및 염도 변화에 의한 해양의 밀도 변화가 가져오는 해수의 수축 및 팽창, (2) 기후 시스템 내의 물평형 변화 즉 해양으로 유입되는 물의 양의 변화, (3) 해양 순환(ocean circulation)의 변화, (4) 해수면 기압의 변화 들 중 하나가 될 것이다. 이들 중 처음 두 요인들은 해수의 총 부피 변화에 따른 지구 평균 해수면을 결정하게 되고, 나중 두 요인들은 해수면의 지역적 변화를 결정하게 된다. 즉 처음 두 요인들에 의하여 결정된 해수 부피의 변화가 (3)항과 (4)항 요인들에 파급되어 해수면 상승을 점층 시키게 된다.

해수면 변화를 모의하여 예측하는 데는 완전한 기후시스템 이 고려되어야 하는데 상세한 3차원 해양 온도 분포를 파악하여야 한다. 본 연구에 인용된 예측 모델은 1977년 프린스턴 대학 대기-해양 프로그램의 Blumberg와 Mellor(1987)에 의하여 개발된 해양 순환 모델(Princeton Ocean

Model 이하, POM)로 연안 해양의 물리 과정 모사 및 예측 연구에 광범위하게 활용되고 있는 것이다. 해수면의 변동성을 황해에 적용하기 위해서 해저 지형 특성을 살펴보면 평균 수심은 44m, 중앙부는 70m 가 넘는 골이 존재하는 준 패쇄 육붕해역이다. 중앙부의 골을 중심으로 중국 쪽으로는 한반도 방향으로 보다도 상대적으로 완만한 경사도를 갖는다. 황해의 월 평균 해수면 온도는 1월에는 5°C - 20°C, 7월에는 21°C - 28°C 사이의 값으로 남서-북동 방향의 경도를 보인다. 또 월 평균 염도는 1월에는 30.3 - 34.5 ppm, 7월에는 30.2 - 33.9 ppm 사이의 값을 가지며, 특히 7월에는 양쯔강 하구로부터 유입되는 담수의 영향을 뚜렷이 보이고 있다. 1월의 북풍 계열 바람응력에 대하여 황해의 중앙부에 대규모 싸이클로닉 셀이 형성되고, 동중국해 남서 지역에는 소규모 반-싸이클로닉 셀들이 분포하고 있다. 후자의 경향은 이 지역의 경계면을 설정할 때 오는 부가적인 모형의 노이즈로 이해된다. 이러한 해수면 고도의 분포는 중국 연안을 따라 북상하고 한반도 연안을 따라 남하하는 해류 패턴의 대표적 형태의 표시이다. 황해 및 동중국해 지역 기후변화에 따른 해양 반응 연구의 과학적 연구 쟁점은 아래와 같이 요약될 수 있다.

○대만해협과 쓰시마 해협을 통과하는 황해 및 동중국해의 천해류에 쿠로시오로부터 제공되는 심해류와 이 지역 해산물의 상대적 기여도.

○겨울철에 발생하는 황해난류 현상에 대하여 북풍 계열의 몬순 기류에 의한 현상.

○쓰시마 해협을 통과하는 쿠로시오 해류 분지와 황해 난류는 지역 해산물가역의 영향

한반도의 해수면 상승에 미치는 영향은 이상의 연구에서 알아본 바와 같이 해수의 열팽창에 의한 상승과 대륙의 설면과 빙하의 해빙에 의한 효과이다. 배증 이산화탄소 온난화 기후의 4-5°C 기온상승에 0.3-0.4m의 해수면 상승을, 그리고 해빙에 의한 효과는 1°C 기온 상승에 0.5 mm/yr 해수면 증가를 예측하고 있으나 극지방의 빙하가 모두 녹았을 때 0.6m의 해수면 상승이 계산된다. 이러한 효과가 태풍과 조석간만의 차 또 중국의 황하와 양

쓰강의 유출효과와 겹칠 때 서해의 해수상승은 1m 이상의 상승을 초래할 수 있다. 특히 해수면 고도의 지역 분포는 해류의 변화에 민감히 반응하며, 기후변화에 따른 해류의 강도 및 위치 변화의 이 해는 지역 해수면 고도 분포 변화를 추정하는데 가장 중요한 요소로 작용할 것이다.

### 6. 결 론

이 연구의 목적은 온난화 현상에 의한 기후 변화가 우리나라를 위시한 아시아 몬순지역에 어떤 구조로 얼마만큼 영향을 미치게 되는가를 대표적인 온실 기체인 CO<sub>2</sub>가 현재 대기에 비하여 배증되었을 때에 대한 영향을 예단적으로 파악한 결과를 소개한 것이다. 또 이에 이용된 GCM의 결과를 전형적으로 추론하여 장래에 우리 나라의 기후 변화에 대응책을 위한 자료 제공에 기여하고자 함이다. 이를 위하여 이미 개발된 MRI 및 GFDL CGCM을 도구로 하여 배증 이산화탄소 기후에 대한 이들 시나리오를 바탕으로 대륙규모의 월평균 기온 및 간단한 모형의 지표 물수지 관계식을 적용하였다. 따라서 현재 대기의 이산화탄소 양을 330ppm으로 보았을 때 매년 1%씩 점증시켜 그 양이 배가 되었을 때(70년 후)의 점증 변동(transient change) GCM 기후 값을 배증 이산화탄소 기후요소로 정하였다.

그 결과 MRI GCM의 증발에 대한 월별 및 계절별 변동은 몬순대륙의 여름철 가열에 의한 열적 효과가 크게 기여한 것으로 나타났다. 따라서 산악 지역의 빙설이 배증 CO<sub>2</sub>기후까지는 계속 녹아 강수의 감소와 증발의 증가가 있을지라도 중국의 경우 하천은 일정량의 수량(水量)을 유지 할 것이다. 이와는 달리 빙설이 존재하지 않은 우리나라의 경우 북위 40° 이북의 오호츠크 해역의 고기압 발달로 강수는 가을과 겨울철에 증가하는 반면 봄과 여름철에는 감소하여 건조할 것이다. 겨울철 강수 증가에 의한 수자원 공급을 토양수분이 적어지는 봄철과 여름에 활용 할 수 있도록 물 관리 사업을

지속적으로 수행하여야 겠다. 그 실천적 방법으로 변동 수돗물 사용비 징수 등이 효과적일 것이다. 즉 장마기때에 물사용료를 낮게 하고 갈수기때에 높게하는 방법이다. 이는 선진국에서 실제 사용하고 있다.

배증 CO<sub>2</sub> 기후의 강수에 직접적인 영향을 미치는 원인은 온난화 현상에 의한 북반구 겨울의 기온 상승과 몬순지역의 잠열방출 변화에 따른 토양수분 변화로 추정된다. 또 배증 CO<sub>2</sub> 기후에서 몬순지역의 지표 토양수분 수지가 음의 효과로 나타나 토양 건조현상이 두드러졌으며 이로 인한 증발효과도 극히 제한적으로 나타났다. 배증 CO<sub>2</sub> 기후에 대한 우리나라지역의 토양 수분양에 연관되어진 지표 물수지 요소의 월별, 계절별 변동의 원인과 결과는 다음과 같이 요약될 수 있다.

- (1) 토양의 수분 유입시기가 봄철에서 가을철로 변화되고
- (2) 동절의 토양에 대한 수분의 유입은 다소 증가되나
- (3) 동절과 봄철의 기온 상승으로 인한 토양 증발은 크게 높아진다.
- (4) 하절의 강수와 증발의 차 (P - E)는 감소된다.

한편 기후 변화시 발생할 수 있는 아시아 몬순지역의 강우빈도 확률 분포 분석에서 배증 CO<sub>2</sub> 기후가 현재 기후에 비하여 시간별 강수량에는 큰 변화를 보이지 않고 있으나 지역적 편차를 크게 나타내어 기후변화시 지역에 따른 호우 및 가뭄이 심할 것으로 예측된다. 또 늦 가을철의 극단 기상현상(태풍)을 예측한다.

한편 평균 해수면이 1m 상승 할 경우 저고도 지역에 위치한 일본의 동경, 오사카, 나고야 지역의 6270~8900km 넓이가 바다에 잠길 것으로 보고 있다. 해수면은 과거 100년 동안 매년 1~2.5mm 상승되어 왔다. 그러나 온난화가 가속화되면 그 상승 폭이 매년 2배로 증가하여 매년 10mm 상승하는 중국황화강 델타지역과 양쯔강 델타지역은 3-5mm 상승효과와 겹쳐 엄청난 효과를 가져올 것이다.