

4차시. 자연환경부문 기후변화 적응현황

학습내용

1. 자연생태 및 산림부문 영향 및 적응 현황

1) 자연생태부문 영향 및 적응 현황

생태계 부문은 크게 육상생태계와 수생생태계로 나눌 수 있으며, 육상생태계의 경우 산림생태, 도시생태, 농업생태로 구분되며, 수생생태계는 담수생태, 연안생태, 해양생태 등으로 세분화 할 수 있음. 또한 생태계에 서식하는 생물종은 분류군에 따라 조류, 포유류, 어류, 양서류, 파충류, 곤충, 저서무척추동물 등의 동물과 하등식물, 고등식물 등의 식물 그리고 지의류를 포함한 균류로 구분됨(환경부, 1996).

○ 그러나 이들 생태계 및 생물종은 상호연계 되어 있어 생태계 관련 연구 및 관리는 전체적인 틀 안에서 체계적이고 단계적으로 진행되어야 함에도 불구하고 다양한 주제들에 의하여 산발적으로 수행되고 있음.

○ 지금까지 국내에서 추진된 생태계 부문에 대한 기후변화 관련 연구결과를 요약해 보면, 1990년대 초반부터 국립산림과학원에서 산림생태계를 중심으로 연구를 추진하였음.

- 경기도 광릉, 강원도 계방산, 경상남도 남해, 제주도 서귀포 등 4개 지역을 장기생태 조사지로 선정하고 임분 생태, 생물다양성, 입지환경, 물질순환 등의 모니터링을 통하여 기온상승과 관련하여 산림식생대가 이동하고, 봄철의 식물계절학적 변화 및 곤충의 분포 변화가 발생하고 있음을 제시하였고(임종환과 신준환, 2005), 한국환경정책·평가연구원에서는 한반도 식생대 변화를 예측한 바 있음(박용하 외, 2000 ; 전성우 외, 2001, 2002).

○ 한편 기후변화에 민감한 생태계인 고산 및 아고산지대에서 생물종에 대한 기후변화의 영향과 취약종에 대한 연구가 추진되었음.

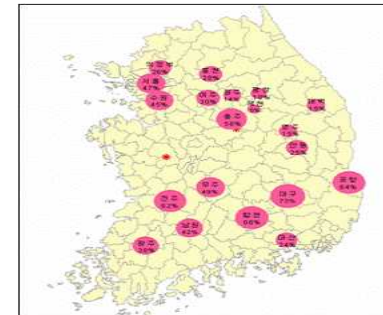
- 국내에서 가장 높은 한라산 정상 부근의 고산식물에 대하여 수평 및 수직적 분포도와 생태적 특성 등을 생물지리학적으로 접근하여 앞으로 기후변화로 눈향나무, 돌매화나무 등 8종이 소멸할 가능성을 예측하였고, 고산 분포 상록관목 및 교목 식물을 대상으로 기후변화 지표종을 제시하였음(공우석, 1999, 2005)

- 유사한 연구로 고산초지인 소백산과 고산습지인 용늪에서 기후변화 관련 지표 후보종을 제시하였음(국립환경과학원, 2006).

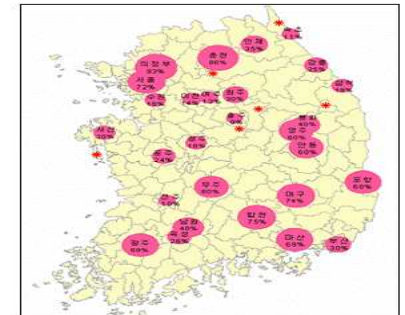
- 또한 지리산 및 한라산의 구상나무는 기후 온난화에 따른 여름철 기온상승으로 증발산량의 증가로 생장율이 감소할 것으로 예측되었음(박원규 외, 1999 ; 구경아 외, 2001).

○ 환경부는 기후변화와 환경오염에 의한 생태계 변화 파악이 국가 생태계 보전에 필수적이라고 인식하고, 2004년부터 10년 계획으로 모니터링을 통한 환경변화와 생태계 변화의 상관관계 규명을 위해 국가장기생태연구사업을 추진하고 있음.

- 지금까지 도출된 주요 결과는 '05~'07년까지 충주지역의 연평균 기온이 약 1℃ 상승함에 따라 월악산에 서식하고 있는 이끼도롱뇽, 무당개구리, 북방산개구리, 계곡산 개구리 등 10종의 양서류의 종다양성 지수가 1.84에서 1.46으로 감소하였고, 일반적으로 봄에 생장하는 소나무의 가지 생장이 가을에 발생하는 등의 이상 생장이 전국적으로 확산되고 있음(그림 참조).



2006년도



2007년도

소나무 이상생장 비율의 전국 분포



도심지역



도시외곽지역



전원지역



산지

도심지역 등에서 관찰된 소나무의 이상생장 현황

- 또한, 서울의 도심, 하천주변 및 외곽지역과 국내 다른 지역 개화일을 비교한 결과, 서울 도심의 벚나무 개화시기는 남쪽에 위치한 전북 전주시와 같은 날짜로 나타났으며, 도시 외곽지역과는 1주일 가량 차이를 보였다. 담수생태계에서는 기온상승으로 낙동강 유역에서 월동하는 백로류가 '05년 182개체에서 '07년 435개체, 왜가리는 '05년 103개체에서 '07년 523개체로 개체수가 증가하였음.

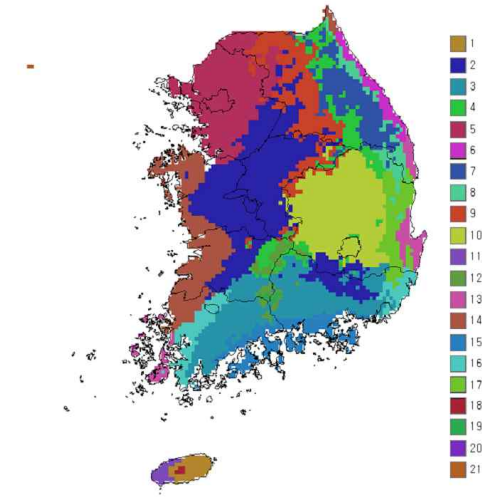
- 연안생태계인 함평만에서는 지난 10년간 산림지역은 감소하고 초지는 확장되고 있으며, 갯잔디, 통통마디, 칠면초 등 다년생 염생식물의 서식면적도 확대될 것으로 예상되었음(환경부 보도자료, 2008.7).

이들 결과를 종합하면, 우리나라의 생태계 및 생물종도 서서히 기후변화에 따른 영향을 받고 있는 것으로 판단할 수 있음.

○ 최근에는 생물기후학적 모델을 이용하여 생태계 취약성과 변화를 예측하였음. 생물온도, 강수량, 강수량에 대한 증발산량의 비율과 같은 기후변화에 생태계 복잡성의 분포를 연결시키는 기후변화 분류모델인 Holdridge 모델에 A2시나리오를 적용해 우리나라 미래 생태계 분포를 예측한 결과, 냉온대림과 난온대림의 54.82%가 기후변화에 취약한 것으로 나타났음(김재욱 외, 2006).

○ 또한, 국립환경과학원(2006)에서는 어떠한 기후인자가 고산식물과 상록식물종의 분포에 영향을 미치는가를 파악하고자 생물기후변수를 분석하였음. 고산식물의 경우 기후변화와 관련하여 온도 상승뿐만 아니라, 강수패턴의 변화도 분포범위의 확장 및 축소에 영향을 줄 수 있음을 시사하였고, 상록식물의 경우 겨울철의 기온 및 강수량 모두 중요한 변수가 되는 반면, 여름철의 기온 및 강수량은 영향이 적어 겨울철의 온도상승 및 강수량의 변화가 상록수종의 분포 확대에 큰 영향을 미친다는 것을 확인하였음.

○ 아울러 기후변화에 민감한 생태계를 평가하기 위해 기온, 강수량 등 67개 기후변수와 지형 특성을 가지고 생물기후권역화 기법(Bioclimatic Classification)으로 생물기후권역을 분석하여 다음의 그림과 같이 전국을 21개 생물기후 권역으로 구분하였음. 이는 제주도 3개 권역, 백령도 1개 권역, 울릉도 1개 권역 등의 도서지역과 16개 권역의 내륙지역을 포함하며, 내륙지역 중 지리산, 백두대간 등 산악지역의 경우 지형 특성이 반영되어 생물기후권역이 보다 세분화되는 양상을 보였음. 앞으로 21개 권역에 대해 취약성을 평가하고 주요 생태계의 보호방안을 강구할 예정임(국립환경과학원, 2007).



67개 기후변수와 지형특성으로 구분한 21개 생물기후권역

○ 생물 분류군에 대한 기후변화 관련 연구가 일부 이루어졌으나 규모가 작음. 곤충의 경우 광릉 및 앵무봉에서 나비류에 대해 기후변화의 영향 가능성을 제기한 바 있고, 조류의 경우 1980년대까지는 여름철새였던 백로류가 1990년대에 들어와서는 연중 우리나라에 서식하는 텃새로 변화되어가고, 봄철에 우리나라를 찾아오는 여름철새의 도래시기도 점차 빨라지고 있는데, 이 역시 기후온난화와 관련이 있는 것으로 보고 있음(국립공원관리공단 철새연구센터, 2007).

○ 이밖에도 기후가 변화할 때 자생종에 비하여 서식지 확보에 높은 경쟁력을 가지고 있는 외래종에 대한 연구는 초보단계로 현재 위해종으로 지정된 동·식물 10종과 생태계에 피해가 우려되는 외래 동·식물에 대한 모니터링이 이루어지고는 있으나 국지적임(국립환경과학원). 중요한 점은 생태계의 서식조건이 바뀌게 되면, 이미 우리나라에 유입된 외래종이나 국제무역이 증가하면서 추가로 유입될 외래종들이 우리나라 자생종들의 생존을 더욱 위협할 수 있음. 이와 같이 생태계 부문에서의 기후변화 영향 및 취약성 연구는 산림을 중심으로 고산지역을 포함한 육상생태계와 일부 생물종에 대해서만 수행되었음.

○ 그러나 기후변화로 인한 강수의 극한적 변동, 탁수 발생 증가 등에 따른 담수생태계(하천, 호소, 습지 등)의 영향이나 해수면 상승 및 폭풍우 증가 등으로 큰 영향을 받을 것으로 예측되는 연안생태계(해안사구, 도서지역, 하구역

등)에 대한 영향 연구는 거의 전무한 실정임. 특히 이러한 생태계는 상호 유기적인 연관을 가지고 있어 하나의 생태계에 대한 영향은 다른 생태계에도 영향을 미칠 수 있으므로 상호 연계성 있는 연구 추진이 필요하나 전혀 고려되고 있지 않고, 특히 각 기관에서 자체적으로 연구를 추진하고 있으며 아직 기간이 오래되지 않아 적응정책 수립에 활용하기는 쉽지 않음.

현재 자연환경보전 정책수립의 기초자료 확보를 위해 수년 또는 수십년 전부터 전 국토를 대상으로 실시하고 있는 전국자연환경조사, 하구역 생태계 정밀조사, 전국해안사구 정밀조사, 겨울철 조류동시센서스, 전국내륙습지조사, 무인도서 자연환경조사, 특정도서 정밀조사, 국립공원자연자원조사 등 자연환경 조사결과가 아직까지 기후변화와 관련하여 이용되지 못하고 있는 실정이므로 자연환경 조사결과를 DB로 구축하여 장기적으로 기후변화와 생태계 영향을 파악하는데 활용해야 할 것임.

○ 아울러 우리나라는 야생 동·식물 221종이 멸종위기종으로 지정되어 있음. 이들 종이 멸종위기에 처한 원인은 다양할 것이나, 그 중에는 기후변화와 관련되어 멸종위기에 처한 종도 있을 수 있음. 그러나 아직 어떤 종이 기후변화와 관련되어 개체군이 감소되고 있는지 파악하지 못하고 있음. 현재 멸종위기 야생 동·식물의 전국적인 분포조사를 실시하고 있지만, 이 역시 기후변화와 연계시키지는 못하고 있음. 중요한 점은 만약 이들을 조속한 시일 내에 찾아내어 적절한 조치를 취하지 않으면 일부 생물종은 우리나라에서 멸종하여 생물자원의 손실을 가져오게 될 것이라는 점임.

○ 생태계 부문의 기후변화 대응에 대한 정부종합대책 과제를 살펴보면, 제1차 기후변화협약 대응 정부종합대책(1999~2001년)에는 생태계 부문에 대한 대책은 포함되어 있지 않았고, 제2차 정부종합대책(2002~2004년)에도 해양생태계 영향 예측 및 대응전략이 전부이다. 제3차 종합대책(2005~2007년)과 국가기후변화적응대책(2011~2015)에 비로소 기후변화 적응기반 구축사업이 포함되면서 생태계 부문에는 산림생태계 및 해양생태계에 미치는 영향, 생태계 변화 모니터링, 한반도 기후변화 진단지표 생물종 조사 등이 포함되었으나, 아직까지 대응 관련 추진실적은 전무한 상태임. 즉 산림, 담수, 연안, 해양, 수산자원 부문 모두에서 공통적으로 지적되는 바대로, 우리나라 적응정책의 근거가 될 영향평가를 체계적으로 수행하기 위한 조사 체계가 구축되어 있지 않고, 생태계 변화 자료도 충분히 축적되어 있지 않을뿐더러, 부처간 협력없이 부처별로 사업을 추진하는 한계를 보이고 있음

2) 산림부문 영향 및 적응 현황

< 임업생산성 >

○ 우리나라의 2006년 임산물 총생산액은 3조 1,568억원으로 국내총생산(GDP)의 0.4%를 차지한다. 임산물 생산액을 품목별로 살펴보면, 순임목 생산액이 총생산액의 약 30%를 차지하고 다음으로 조경재(조경수, 분재, 야생화 포함), 수실류, 버섯류, 산나물류, 용재, 농용자재 순임. 임산물 총 수출액은 135,450천\$이었고, 총 수출액의 33%를 차지한 목재 및 목제품이 가장 높은 수출 실적을 올렸으며, 다음으로는 밤, 합판, 표고 및 기타 버섯, 송이 순으로 많은 것으로 나타났음. 우리나라의 임산물 수출품목은 매우 제한적이며, 일부 품목에 집중되어 있음(산림청, 2006).

○ 위에서 언급한 바와 같이 임업은 우리나라 경제에서 차지하는 비중이 상당히 낮고, 산림에 직접적으로 의존하는 생산물도 목재보다는 임산물 위주여서 기후변화에 따른 영향 예측이나 적응대책 마련을 위한 우선순위에서 낮게 평가될 수 있음. 그러나 산림은 기본적으로 가장 중요한 이산화탄소 흡수원 가운데 하나이고 임목축적이 지속적으로 증가하고 있는 상황에서 목재 및 목제품 시장의 판도변화를 예측하는 것은 매우 중요한 일임. 또한 간벌시기 및 횃수 조정, 벌기령 조정, 조립 또는 재조립 시 수종선택 등에 있어서도 기후변화의 영향을 염두에 두어야 할 것으로 판단됨.

○ 현재 국내에서 소비되는 목재의 대부분이 수입에 의존하고 있는 점을 감안하여 기후변화에 따른 임업생산성 및 경제성 변화 예측에는 주요 목재수출국의 목재생산 추이나 생산 계획, 목제품 시장 변화 등에 대한 정보수집이 반드시 선행되어야 할 것임.

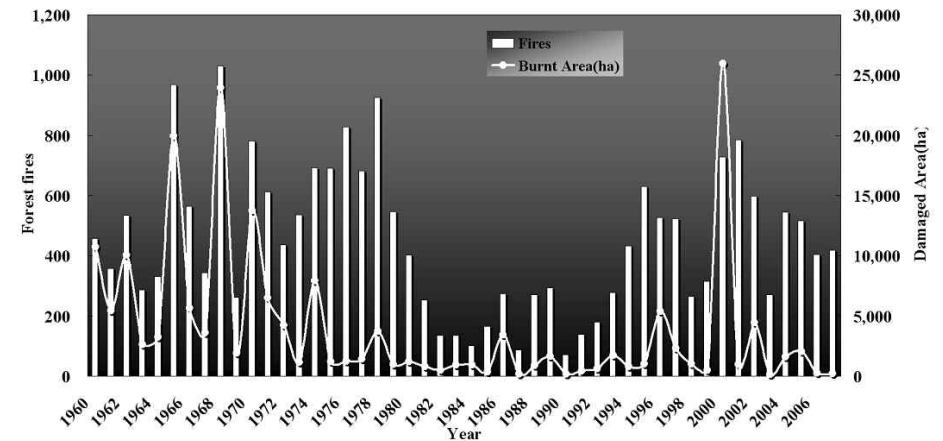
○ 산림생산성과 관련하여 추론이 가능한 몇 가지 문제점은 다음과 같음. 기후변화는 극한 기후 현상, 돌발 병충해 발생, 산사태 및 대형 산불 발생 등 다양한 자연재해의 원인이 되고 있음. 또한 기후변화로 인한 기본적인 기온 상승은 산림 수목의 수분 및 온도 스트레스를 증가시킴. 일부 이산화탄소 농도 증가에 따른 시비효과도 기대되지만 여러 요인을 복합적으로 고려해보면 기후변화가 산림 생산성에 어떠한 영향을 미칠지 매우 불확실한 상황임. 또한 기후변화 임업생산성에 미치는 영향의 예측에는 산림생태계 뿐만 아니라 사회·경제적인 요인들이 통합적으로 고려되어야 할 것으로 판단됨.

< 산불피해 >

IPCC 제4차 종합보고서에서 산불발생과 피해에 영향을 줄 수 있는 기후변화의 증거들을 요약하면 다음과 같음.

- 100년간 0.74℃의 상승을 기록(3차 보고서의 0.6℃ 상승을 상회)
 - 온난화 현상은 전 지구적으로 나타나며, 북위도와 육지에서 보다 뚜렷함
 - 20세기 후반기 50년간의 북반구 기온상승 정도는 지난 500년간 어떤 기간보다 높은 상승
 - 전 지구적으로 가뭄 영향 지역이 늘어나는 추세
 - 지난 50년간 대부분의 육지에서 추운 날씨는 점차 감소
 - 봄철의 조기 도래 및 동식물의 북향, 상향 이전, 북반구 고위도에서의 농업, 산림경영에 영향(조기 봄철 경작, 산불 및 병충해 지역의 이전) 등 전 지구상의 많은 자연계가 기후변화의 영향을 받음
- 이러한 변화의 가장 중요한 원인인 CO2의 연간 배출량이 1970~2004년 사이 80%가 증가하였고, 1950년 이후, 인간활동에 의해 CO2, CH4, N2O 등 온실가스의 농도는 현저히 증가하여 20세기 중반 이후 전지구 평균 온도의 상승이 인위적 온실가스의 증가에 기인했을 가능성이 매우 높은 것으로 판단하고 있음.
- 우리나라의 계절별 기후변동 시나리오를 살펴보면 산불발생 빈도가 가장 높은 봄철의 평균기온은 약 12℃이며, 표준편차는 약 0.7℃임. 가장 낮았던 해는 약 10.5℃, 가장 높았던 해는 14.1℃임. 주요 주기는 5.7년, 2.8년, 3년이 며, 10년당 약 0.33℃의 뚜렷한 상승경향을 보임. 향후 10년간 봄철의 평균기온은 현재보다 약 0.36℃ 정도 상승할 것으로 전망되며, 지역적으로 경상남북도에서 약 0.3℃로 작고, 경기도 쪽으로 갈수록 커져서 약 0.4℃ 정도 상승할 것으로 전망하였음.
- 도시화 효과가 고려되면 도시지역의 기온 상승량이 이보다 더 커질 것으로 전망됨. 봄철 강수량의 기후값은 약 257mm 이며, 표준편차는 약 80mm 임. 강수가 적은 해는 100mm, 많은 해는 400mm 이상도 내림. 봄철 강수량은 주로 남해안에 많고, 북쪽으로 갈수록 감소하는 기후분포 특성을 보여줌. 주요 주기는 2.7, 11.5, 3.2년 이며, 10년당 약 9mm 정도 감소하는 경향이 있으나 유의한 경향은 아님. 대가뭄은 1978년에 있었으며, 최근 2000, 2001년에 그에 상당하는 가뭄이 발생하였음. 과거 산불기록을 보더라도 이 시기에 기후적 영향으로 인해 산불발생이 급격히 증가한 것을 알 수 있음.

- 1985년 이후로 경년변동이 급격하게 감소하였으나 최근 2000년경에 들어서 다시 경년 변동이 커지는 특성을 보임. 향후 10년간 한반도의 봄철 강수량은 최근 10년보다 8.9% 감소할 것으로 전망됨. 호남지방은 최근 10년간 과거보다 약 10~20% 정도 감소했으며, 미래에는 현재보다 약 10% 내외의 감소가 전망됨. 경기지방에서는 최근 10년간 과거보다 0~3% 정도 증가하였으나 미래에는 약 20% 이상 감소할 것으로 전망됨.
- 반면, 강원도와 경상북도의 해안지방에서는 지금까지 큰 변화를 보이지 않았으나 미래에는 다소 증가할 것으로 전망됨. 한반도 평균 시나리오를 보면 시나리오에 따라 다소 차이를 보이기는 하지만 모든 시나리오에서 강수량이 감소하는 방향으로 진행되며, 여기서 각 시나리오들이 같은 방향으로 진행된다는 것은 그렇지 않은 경우보다 그만큼 불확실성이 상대적으로 작다는 것을 의미함



우리나라의 산불발생 추이(1960~2007)

- 산불이 기온 및 강수량과 상당히 밀접한 관련이 있는 것은 사실이나 단순히 기상변화 자료만을 근거로 기후변화에 의해 산림과 산불패턴이 어떻게 변화되고, 이에 대해 어떠한 대책을 수립해야 한다고 정확하게 설명하기는 어려움. 그럼에도 기후변화가 산림과 산불에 미칠 수 있는 영향에 대하여 일반적인 예측을 하면 다음과 같이 요약할 수 있음.
- 향후 10년간의 한반도 기후예측 결과를 보면 전체적으로 기온은 상승하는 반면 강수량은 적어 가뭄이 심화될 것으

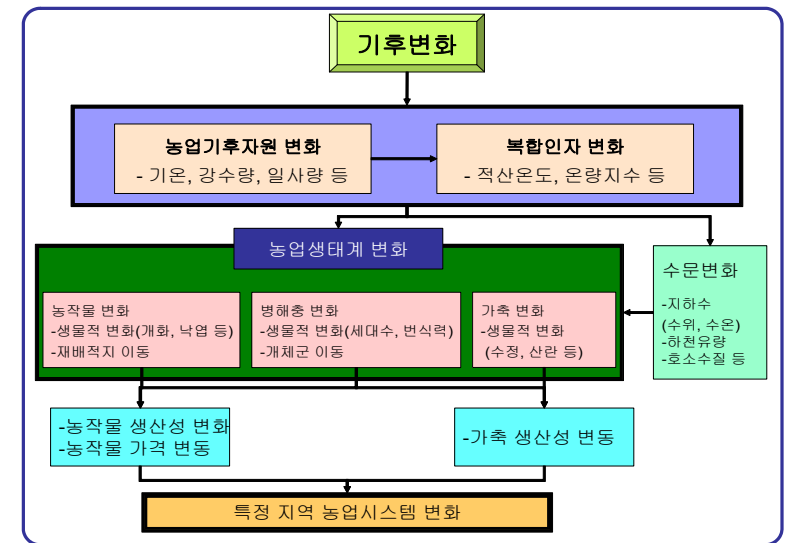
로 전망되었음. 계절별로는 봄철과 가을철에는 가뭄이 점차 심화되어 가는 반면 여름철에는 후반기부터 강수량의 증가가, 겨울철은 지속적인 온도의 상승이 예상되고 있음.

- 지역별로는 서해안과 중부내륙지역에서 기온은 상승하나 강수량은 적어지며 반면 강원도 지역에서는 강수량이 다소 증가하는 것으로 전망되었음. 이러한 기후변화가 미치는 영향은 지역적 계절별로 보면 강원도 해안지방의 경우 봄철 강수량이 다소 증가한다고는 하나 지형적 특성으로 인한 뾰 현상의 빈번한 발생과 온도상승에 비례한 증발산량 증가로 향후에도 현재와 비슷한 건조한 봄철 기후특성을 보여 대형산불 위험은 계속될 것으로 전망됨. 즉, 향후 10년간 강수량이 감소하는 서해안과 내륙지역은 건조한 상태가 현재보다 심화되는 반면 강원도 해안지방의 경우에는 현재와 비슷한 정도의 가뭄상태가 지속될 것으로 예상됨.

이러한 한반도 기후변화가 산림에 미치는 영향은 작게는 개화/개엽 시기가 앞당겨지는 식물생리적인 것에서부터 크게는 산림식생대의 변화 및 생태계의 구조와 기능 등 생태계 차원에서의 변화가 일어남. 향후 10년간 예측된 기후의 특성은 일반적으로 강수량의 감소와 온도상승임. 이러한 조건에서 산림이 영향을 받을 수 있는 대표적인 분야는 산불이므로 가을에서 봄철로 이어지는 장기간의 강수량 감소에 따른 산불의 증가가 예측됨. 또한 온도의 상승에 따른 성장량과 식생대의 변화에 따라 산불발생 패턴이 변화되고, 바이오매스 증가로 인해 임내 지표층에 산불발생과 확대 위험성이 높은 연료물질이 축적되어 현재보다 산불피해가 심해 질 것으로 예측됨. 그리고 생물계절적 시기가 앞당겨짐에 따라 산불위험 기간의 변화도 예상할 수 있음.

2. 농업부문 영향 및 적응 현황

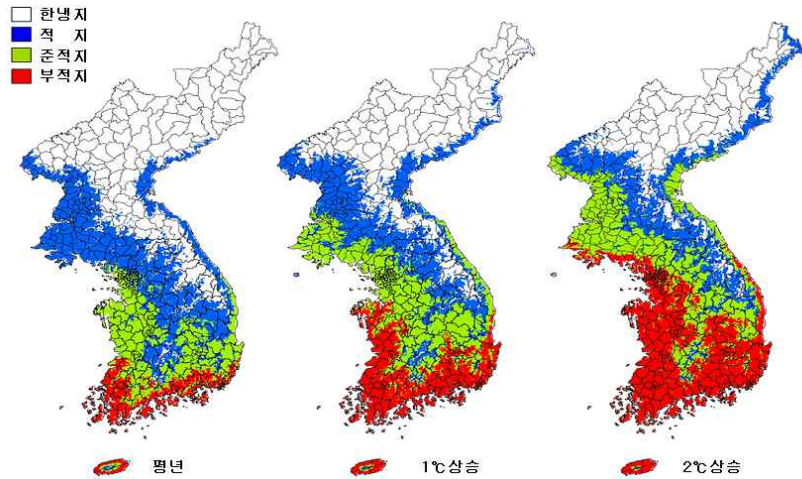
- 기후변화에 대한 농축산업의 영향들은 하나의 상황에 대하여 하나의 반응이 나타나는 것이 아니라, 여러 가지 상황에 대하여 하나의 반응을 나타내거나, 하나의 상황에 대해서 여러 반응을 나타내기도 함. 예를 들면, 병해충은 일반적으로 겨울의 고온, 잦은 강수량, 일조시간 부족 등이 복합적으로 나타날 때 발생이 증가하며, 일조량 부족에 의해서는 벼와 과수의 품질저하, 수량 감소 등의 여러 가지 영향이 나타남.
- 기후변화는 대부분 농업생태계에 악영향을 미치는 것으로 나타났으나, 그와 반대로 좋은 영향도 나타났음. 예를 들면, 시설하우스의 겨울철 난방비의 감소와 작물의 생산력 증가임. 하지만, 작물의 생산성 증가에 따른 품질저하나 가격하락 등으로 인하여, 결과적으로 농민에게는 악영향으로 나타나는 경우도 있음. 이러한 기후변화에 따른 농업생태계의 영향에 대한 기작을 도식화하면 다음과 같음.



기후변화에 따른 농업생태계 변화 기작

- 지금까지 추진되어 온 연구결과를 중심으로 현재 한반도에서 일어나고 있는 농업부문의 기후변화 영향 및 취약성에 관하여 알아보면 다음과 같음.
- 사과의 재배적지가 북상 및 강우, 한발, 우박 등의 국지성 이상기후의 피해가 속출하여 농산물의 안정생산에 차질

이 일어나고 있음(그림 참조). 과거 사과 주산지였던 경북 영천은 야간기온 상승에 따른 사과 품질의 저하로 인하여, 지난 10년간 사과 재배면적이 37% 감소하였으며, 한반도의 온난화에 따른 사과 재배면적 변화는 1℃ 상승 시 15%, 2℃ 상승 시 34%, 3℃ 상승 시 45% 감소할 것으로 추정되었음.



기온 상승에 따른 기후적 사과 '후지' 재배적지 변화(서와 김, 2006)

사과 '후지' 재배적지 변화 예측

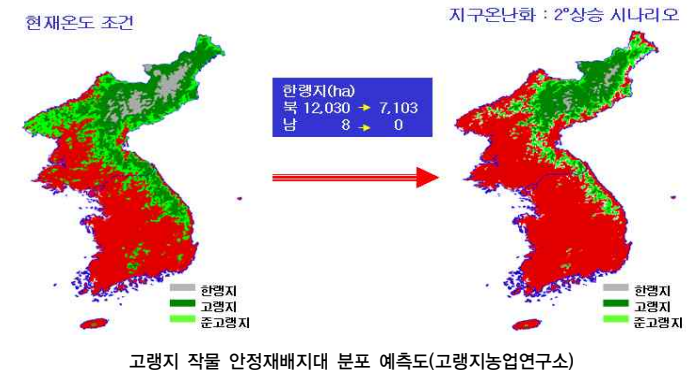
| 구 분 | 현 재 | 1℃ 상승 | 2℃ 상승 | 3℃ 상승 |
|----------|--------|--------|--------|------------------------|
| 한반도 재배적지 | 65,464 | 55,880 | 44,698 | 35,790 |
| 남 한 재배적지 | 34,363 | 20,284 | 11,805 | 6,892 km ² |
| 북 한 재배적지 | 31,101 | 35,596 | 32,893 | 28,898 km ² |
| 실 제 재배면적 | 27 | 23 | 18 | 15 천ha |

자료 : 농촌진흥청, 2007

온난지역에서 재배하는 쌀보리 등 맥류의 안전재배지대가 지난 40년간 크게 북상함으로써 한반도에서 재배면적이 확대되고 있으며, 쌀보리의 경우 충청이남에서 경기중부까지 재배가 가능한 것으로 나타났음. 북한에서도 맥류의 일부 재배가 가능하게 되었음.

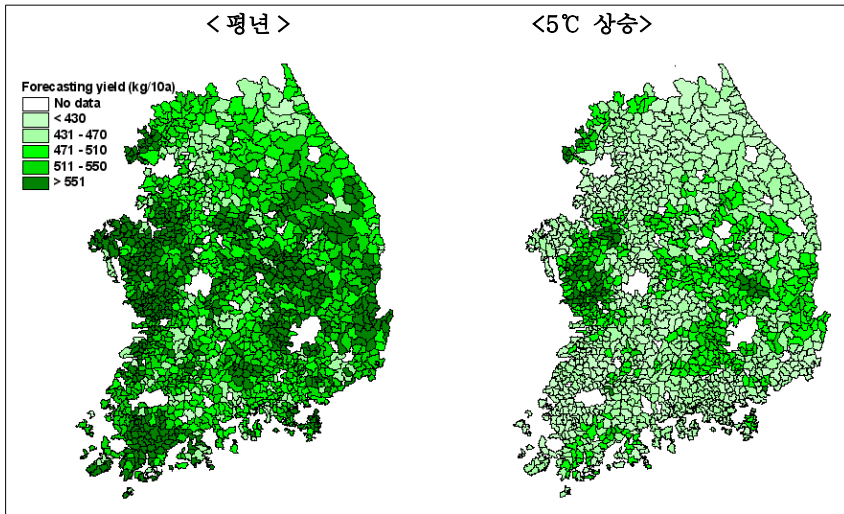
○ 지구온난화에 의하여 국내 고랭지에서도 기온 상승이 나타나고 있음. 우리나라 현재 고랭지(600m 이상) 면적은

남한이 604,700ha이고 이중 농경지 면적은 20,626ha이며, 작물 안정재배면적은 19,216ha(밭 94%)임. 준고랭지(400~600m)는 1,499,900ha이고, 이중 농경지 면적은 124,853ha로써 작물 안정재배면적은 54,775ha임. 이들 지역에서 기온이 2℃ 상승 시 우리나라 준·고랭지 농경지의 면적은 약 89% 감소하며, 채소 등 농작물은 10% 정도의 공급 감소가 예측 되고, 가격은 두 배 상승할 것으로 전망되었음.



고랭지 작물 안정재배지대 분포 예측도(고랭지농업연구소)

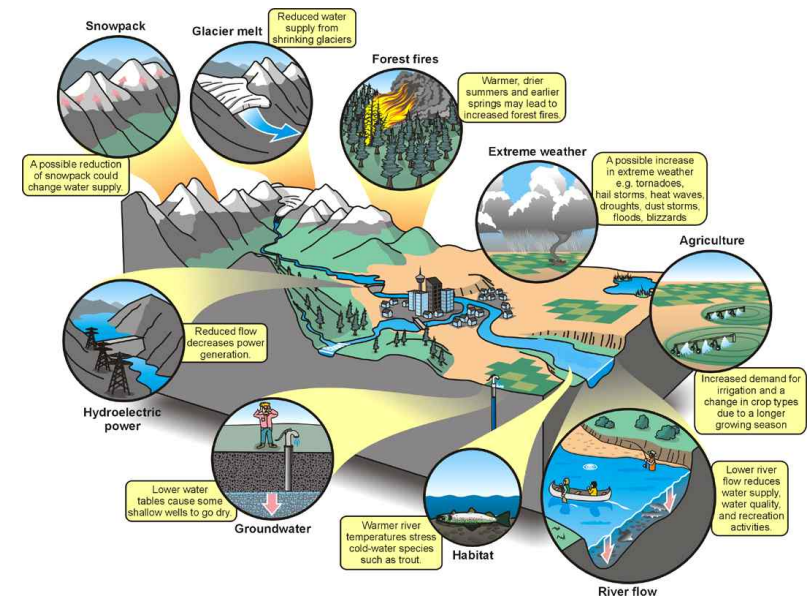
○ 벼의 생산성에 관하여 기상연구소의 A2 온실가스 증가에 따른 한반도 기온 및 강수량 편차자료와 CERES-Rice 모델을 이용하여, 국내의 쌀 수량이 미래(2081~2090년)에 어떻게 변할 것인가에 대하여 예측하였음. 기후시나리오에 따르면 현재(1971~2000년)에 비하여 2080s의 기온은 약 5℃(남한평균) 증가하며, 강수량은 약 17% 증가할 것으로 예측되었음. 벼 수량변화에 대한 예측 결과를 보면 수량은 해안지역을 위주로 많이 감소함을 나타내고 있으며, 특히 전라남도과 충청남도에서 감소 폭이 큰 것으로 나타났고, 전국 평균 벼 수량은 14.9%(80.2kg/10a) 감소한 것으로 나타났음.



우리나라 벼 생산성 변화 예측(농촌진흥청, 2007)

3. 수문, 수자원부문 영향 및 적응 현황

기후변화라는 요소는 그림과 같이 극한 기상 사상의 출현을 동반하면서 농업과 지하수, 하천유량과 생태환경 등에 영향을 미치게 됨. 즉, 용수 수요 시기와 물 이용 패턴 변동, 하천 유출량 감소와 계절적 변동폭 증가로 인한 기존 수자원 시설물 기능 저하와 수질 악화 등 부정적 영향이 수반될 것을 예상할 수 있음. 그러나 현재 우리나라 수자원 시스템 및 정책은 자연재해 및 수자원 공급에서의 취약성을 고려할 수 있는 체계적인 대책 수립이 미흡하고 앞으로 예상되는 극한현상의 증가와 수자원의 시공간적 불균형은 취약성을 더욱 심화시킬 것으로 판단됨.



기후변화가 수자원에 미치는 영향

○ 산업화 이후 화석연료 사용 급증과 인구증가는 온실효과를 발생시켜 지구의 평균 기온을 상승시켰으며 이는 해수면을 상승시키고 태풍, 집중 호우 등의 규모와 발생빈도를 증가시켰음. 이러한 변화는 인간 생존에 큰 위협으로 작용하여 하나의 사회문제로 대두되었음. 실제 기후변화가 유발한 해수면 상승으로 해안지역의 30%가 유실될 전망이고, 전 세계인구 20% 이상이 홍수로 인한 위험에 처하게 되며, 동식물의 경우 약 20~30%가 멸종될 위험에 놓인다고 예상함(IPCC, 2007).

현재 인간의 삶의 터전은 잦은 집중호우와 태풍 등으로 인하여 많은 피해를 입는 것이 당연한 현실이 되었으며 특히, 연안 및 강가 범람지역 역시 홍수로 인한 침수피해가 빈번히 발생하고 있음.

- 기후변화는 홍수뿐만 아니라 가뭄의 확대를 초래함. 가뭄의 경우 그 위험성을 직접적으로 인지하기는 어려우나 가뭄에 따른 물 부족으로 인해 사망하는 사람이 실제 증가하고 있으며 위생급수를 공급받지 못해 수인성 질병 등으로 사망하는 사례가 발생하였음.
- 기후변화로 인한 자연재해는 해마다 크게 증가하고 있으며, 전 세계적으로 홍수 및 가뭄의 강도와 빈도의 증가, 지구온난화로 인한 계절적인 하천 건천화 등의 문제들이 대두되고 있음. 기후변화는 수문순환 과정에 영향을 미치며, 이는 곧, 수자원 변동을 초래함.
- 우리나라도 1998년과 1999년의 대홍수, 2002년 태풍 루사, 2003년 태풍 매미, 2006년 집중호우 등으로 인해 수많은 인명과 재산피해가 발생하였음. 이러한 집중호우와 홍수가 전적으로 기후변화에 의하여 발생한다고 말하기는 어려우나 기후변화로 인한 한반도 강수의 극한현상 발생 특성이 변화하고 있는 것은 사실임.
- 기후변화에 따른 홍수 피해액 예측(삼성경제연구소, 2007 ; KEI, 2006)결과를 보면 '80년대 후반부터 기상이변의 빈도와 피해액이 증가하기 시작하였으며 경제적 피해 규모도 '60년대 매년 평균 1천억원대에서 '90년대 6천억원, '00년 이후에는 2.7조원대로 확대되고 있는 실정임.
- 기후변화로 인한 해수면의 상승은 풍랑, 저지대 침수, 습지 유실과 같은 피해를 증폭시키고 있음. 특히 저지대의 침수는 국토 유실을 초래한다는 점에서 가장 큰 문제라고 할 수 있음. 즉, 인구밀도가 높은 우리나라에서 국토의 유실은 삶의 터전 상실이라는 큰 문제를 가지게 됨.
- 자연적 환경에 대해 기후변화의 영향은 관광산업에 잠재적 영향을 미치는데 관광 사업에 높은 의존도를 보이는 지역의 경우 이의 영향은 더욱 큼. 기후변화로 인한 식생과 야생종의 수 변화, 연안역의 습지나 해수욕장 유실 등으로 인한 경제적 수입원의 감소는 또 다른 사회적 문제로 작용할 수 있음.

해수면 상승에 의해 유실될 국토 면적

| 구분 | 사빈해안의 길이() | 유실폭(m) | 유실면적(km) |
|-----|-------------|--------|----------|
| 서해안 | 78.3 | 200 | 15.7 |
| 남해안 | 238.1 | 100 | 23.8 |
| 동해안 | 218.3 | 50 | 10.9 |
| 계 | | | 50.4 |

- 기후변화는 수자원순환 시스템에 영향을 미쳐 수자원의 변동을 초래할 수 있음. 기온과 강수의 변화는 수문시스템에 가장 큰 영향을 미치는 주요 요소로 그림에 나타낸 것과 같이 유역변화, 수생태 변화, 수력발전 능력, 용수공급 문제, 수질 문제, 홍수 및 가뭄 등의 자연재해에 대한 취약성을 증가시킬 수 있음.
- 기후변화가 수자원(이수측면)에 미치는 영향 평가와 관련한 국내 연구는 크게 수문기상인자의 변동에 관한 연구와 기후변화에 따른 수자원 영향에 관한 연구 그리고 기타 GCM 관련 연구와 중규모 지면-대기 접합 모형에 관련된 연구 등으로 구분할 수 있음.



기후변화가 하천유량에 미치는 영향

- 수문기상인자의 변동에 관한 연구는 강수량, 온도, 증발산량 및 토양수분 등으로 구분할 수 있는데 현재까지의 연구는 대부분 강수량에 집중되고 있음. 이는 강수량 변화가 홍수나 가뭄 등 사회 전반에 직접적인 영향을 미칠 수 있는 요인이 될에도 불구하고 강수량 자체 불확실성이 매우 크기 때문임. 토양수분의 경우는 그 중요도에 비해 충분한 관측치가 없어 장기변동에 대한 연구가 어려운 실정이며, 기후변화에 따른 변화 양상 또한 개략적으로만 파악

악된 상태임.

한편, 수문기상 변화와 관련된 국내 연구는 크게 과거 관측치를 이용한 변동특성 분석과 GCM 결과를 입력 자료로 이용한 변화예측으로 나눌 수 있음. 전자는 과거 관측기록에 대한 통계 및 시계열 분석으로부터 장기변동특성을

정량화하고 모형화하는 과정을 통해 예측가능성의 정량화를 시도하며, 후자는 앞으로 있을 지구환경의 변화를 여러 가지 기후변화 시나리오에 근거하여 GCM 모의결과를 분석함으로써 강수 등 수문특성 변화를 예측하고 있음.

향후 기상과 수문 분야에서 중요하게 고려되어야 할 부분은 집중호우, 가뭄 등과 같은 극한 현상의 발생빈도와 크기 변화, 지구환경 변화가 되어야 할 것으로 판단됨.

- 얼마 전까지만 해도 이수측면에서 기후변화가 수자원에 미치는 영향 평가에 대한 연구는 수문기상인자들에 대한 연구에 비하여 상대적으로 미미한 실정이었음. 그러나 최근 들어 기후변화가 수자원의 장기변동에 미치는 영향 평가에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있음. 김병식(2004)은 기후변화가 웅담댐 유역에 미치는 영향을 평가하기 위하여 YONU GCM을 이용하였으며 환경부(2006)에서는 SNURCM과 5개 전구기후시스템 모형의 한반도 기후변화 시나리오를 이용하여 금강 유역의 물순환 시나리오를 산출하였음. 또한, 과학기술부(2007)는 Reg3M 동지격자 시스템으로부터 적합도 검정을 통해 생성된 기후변화 시나리오를 이용하여 한반도 미래 기후의 장기 변동 예측을 하는 등 최근까지 다양한 연구가 진행되고 있음.

< 기후변화 대응 현황 >

- 현재 국내에서는 각 부처별로 수자원 분야에 대한 대응 방안을 마련하고 있음.
- 환경부는 공단폐수처리장 확충사업, 축산분뇨 공공처리장 확충사업, 하수처리장 확충 등의 사업을 통해 기후변에 대응하고자 함
- 소방방재청은 기후변화에 대한 자연재난 대처방안 연구(소방방재청, 2005)를 실시하였음. 이를 통해 조기경보체제 구축, 실시간 현장대응체계 구축, 홍수재해지도 작성 및 보급, 복구 등에 대한 대응방안을 마련하도록 함
- 기상청은 기후변화 시나리오 활용 기술 개발을 통해 국내 기후변화 적응전략 수립을 위한 자료 제공 및 학제간 기후변화 영향평가를 위한 가교 역할을 수행하고자 함.
- 농촌진흥청은 강수량 변화가 농업용수에 미치는 영향, 축산분뇨 처리방법에 따른 온실가스 배출량 산정 및 저감기

술 등 분뇨처리시설 기반을 구축하고자 함.

부처별 기후변화 영향 대응 방안

| 환경부 | 소방방재청 | 기상청 | 농촌진흥청 |
|--|--|----------------------|--|
| - 공단폐수처리장 확충사업 - 축산분뇨공공처리장 확충사업 - 하수처리장 확충 | - 조기경보체제 구축 ①주요하천 비상대처 계획 (Emergency Action Plan : EAP) 수립 ②실시간관측체계 확립 /선진화 - 실시간 현장대응체계 구축 - 홍수재해지도 작성 및 보급 - 복구(근원적 해소를 위한 인적/물적지원) | - 기후변화 시나리오 활용 기술 개발 | - 강수량 변화가 농업 용수에 미치는 영향 평가 - 축산분뇨 처리 개선 및 자원화 방안 연구 |