

위기관리와 기상학 발전방향

오재호

부산대학교 환경대학원 지리학과

현재 재해관련 기상정보의 생산과 지원은 기상청에서 독점하고 있다. 이에 따라, 기상정보 전달 체계는 기상청에서 언론 매스컴을 통한 일방적인 정보전달이 대부분으로 아주 제한된 부분만이 민간 기상사업자를 통하여 제공되고 있는 실정이다. 21세기에 들어 대기 중에 온실가스 증가로 인한 지구온난화에 따른 각종 기상이변-폭우, 태풍, 극심한 가뭄, 폭설 등이 전 세계적으로 빈번히 발생하는 가운데 우리나라 또한 최근 10년 동안 기상재해로 인한 경제적 손실이 32조원에 이른다. 현재의 대기 중에 온실가스 증가 추세가 지속된다면 미래에는 극단적 기상 현상이나 기후현상이 더 빈번하게 발생할 것이다. 앞으로 이런 이상기후 현상에 대해 국가와 사회 각층에서 효율적으로 대처하기 위해서는 현재의 공급자 중심 기상정보 전달체계에서 미래지향적인 기상정보 제공 인프라를 확보하여 수요자 중심 체계로의 전환이 이루어져야 할 것이다.

주제어: 지구온난화, 기상재해, 기상정보전달체계

I. 들어가는 글

2004년 3월 5일 3월의 강설량으로는 근대 관측을 시작한 이래 100년 만의 대설이 내려 온 고속도로가 24시간 이상 마비가 되고 각종 시설물 피해는 지난 해 태풍 매미의 피해액 5조원에 이어 또 다시 4000억 원에 이르기 되었다. 우리를 더욱 슬프게 하는 것은 이런 재해에 숨진 인명과 재산피해 뿐만 아니라 국가의 위기관리 능력 부재에 따른 허탈감이다. 자연재해의 위기가 이제 끝난 것은 아니다. 아직 시작에 불과하다는 생각에 조속한 국가 위기 대응 체계의 구축을 소리쳐 본다.

최근에 왜 이런 기록적인 이상기후 현상이 자주 나타날까? 이제 기후가 과거와는 달라진 것일까? 돌이켜 보

면, 지난 100여 동안 세계 각국이 경쟁하듯이 '공업화'라는 괴물을 위해 빠른 속도로 자연환경을 변화시켰다. 그 결과 6천 5백만 년 전 중생대 백악기 후반 공룡이 멸망할 때와 같은 지구환경의 급변을 우려하는 시각이 곳곳에서 대두되고 있다.

지구상에서 열을 이곳저곳으로 분배하는 해양순환은 세계도처의 일기를 좌우한다. 만약 해양순환에 이상이 생기면 기후도 변하게 된다. 계속되는 극지방의 온난화는 이 해양순환을 약화시킬 수 있으며, 북대서양 해류에는 어떤 한계 값을 넘어서면 갑자기 순환 자체가 붕괴될 수 있다. 이미 이런 조짐은 여러 차례 보고되고 있다. 2003년 4월 26일에 지구온난화 연구를 위해 북극해의 얼음 위에 설치한 러시아의 북극-32 기지가 지난 3일 오후 5시쯤(현지시각) 얼음 기반이 녹으며 갈라져, 주연구소 건물이 바닷물에 휩쓸려 떠내려갔다. 이제 북극이 녹고 있는 것이다. 남극도 마찬가지다. 2003년 초 불과 2개월 만에 서울의 여의도보다 더 큰 빙봉이 붕괴되었다. 그러면 북극해는 얼음이 녹아 흘러드는 담수의 홍수를 맞게 된다. 이런 과정을 통하여 극으로 흐르는 해류가 점차 약해지면서 지구는 또 다시 위기에 빠질지도 모른다. 2004년 3월에 공개된 미국의 마살보고서는 이러한 위기가 20년 내에 일어날 수 있음을 경고하고 있다.

지구의 기후는 점진적으로 변하는 것이 아니라 당겨진 고무줄을 갑자기 놓는 것처럼 변한다. 대기 중에 온실가스가 증가함에 따라 축적된 스트레스로 인해 수 년 또는 수개월 만에 우리가 상상할 수 없는 엄청난 기후변화가 나타날 수 있다. 자연이 갑자기 변화의 방아쇠를 당기면 이에 따른 기후도 막대한 에너지를 가지고 새로운 평형을 향해 급속하게 움직인다. 만약 본격적인 기후변화의 시기가 도래하면 과거 어느 때보다도 더 격렬한 변동을 경험하게 될 것이다. 이러한 예상은 최근에 발생한 예

기치 못한 이상기후 현상들로부터 미루어 볼 때 이미 우리들에게 현실로 다가오고 있는지도 모른다.

오늘날 세계는 지구온난화와 및 엘니뇨/라니냐 등의 기후변동에 따른 전 세계적 기상재해 및 경제손실이 기하급수적으로 증가되고 있다. 예를 들어, 97-98년 엘니뇨로 인해 전 세계적으로 2000여명에 이르는 인명손실 및 13억 달러의 경제적 손실이 추산되었다. 지구온난화가 진행됨에 따라 태풍 및 집중호우에 따른 자연재해가 과거에 비하여 더 강해지고 빈도도 잦아지고 있다. 물론 이에 따른 인적, 물적 피해도 급증되고 있는 실정이다. 현재 기상재해에 따른 피해의 추산에 머무르고 2차적으로 산업 및 경제 활동에 미치는 파급 효과에 대한 평가가 없는 실정이다. 이제 기상정보가 가져오는 경제적 가치 분석 및 활용을 통하여 이상기후에 따른 경제활동에 따른 위험회피 및 효과적인 대응전략을 수립할 필요가 있다.

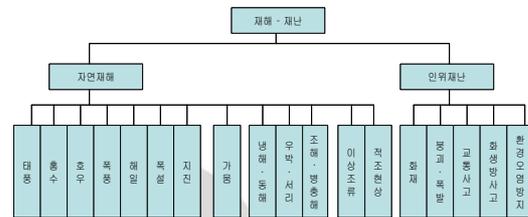
II. 우리나라에서 발생하는 자연재해의 종류

재해는 가뭄, 홍수 등의 자연재해와 화재, 폭발사고 등의 인재(人災)로 나눌 수 있다. 대기오염은 인위적인 재난으로 분류되지만, 오늘날 지구 온난화 등의 자연재해를 가져오는 매우 중요한 요인이 되고 있다. 이들 자연재해와 인재(人災)가 상호 복합적으로 우리에게 나타나는 점은 자연재해에 대한 새로운 인식을 요구한다. 자연재해는 급성재해와 만성재해라는 측면에서도 분류가 가능하다. 우리나라 기상관련재해는 사전적으로 보면 집중호우 등은 예측을 벗어난 경우에는 급성재해로 볼 수 있지만, 시기는 달라도 매년 연례적으로 반복되고 있어 재해방지대책만 효율적으로 마련된다면 충분히 사전대비가 가능하다는 측면에서 보면 만성재해이다.

자연재해에 대한 세계적인 분류기준을 소개하면 크게 기상재해와 지질재해로 나눌 수 있다. 기상재해는 저기압(Cyclone), 태풍(Typhoon), 홍수(Flood), 뇌우(Thunder storm), 한파와 열파(寒波 및 熱波 Cold and heat wave) 및 가뭄(Drought)을 꼽을 수 있고, 지질재해로서는 지진(Earthquake), 화산(Volcano) 및 바다에서 큰 파랑(波浪)을 먼 거리까지 전달하여 해일(海溢)을 유발하는 쓰나미(Tsunami) 등이 있다.

자연재해대책법에서 '재해'는 '태풍, 홍수, 호우, 폭풍,

해일, 폭설, 가뭄 또는 지진 기타 이에 준하는 자연현상으로 발생하는 피해'로 정의되고 있다(자연재해대책법 제2조). 재난관리법에 의하면 '재난'은 화재, 붕괴, 폭발, 교통사고, 화재방사고, 환경오염사고 등 국민의 생명과 재산에 피해를 줄 수 있는 사고로서 자연재해가 아닌 것으로 정의된다(재난관리법 제2조). 현재 논의되고 있는 '안전관리기본법(가칭)(안)'에서의 '재난'이라는 개념은 자연재해와 인위재난을 포괄하는 개념으로 사용하고 있다(과학기술부, 2003). 그러나 본장에서는 기상현상에 의해 발생하는 자연재해와 인위적 행동 결과인 재난을 구분할 필요가 있다. 따라서 이후 사용되는 '재난'이란 용어는 자연재해를 포함하지 않는 '인위적 재난'만을 의미하고, '재해'는 자연재해를 의미한다(<그림 1>).



출처: 방재기본계획 2002

<그림 1> 재난·재해의 분류

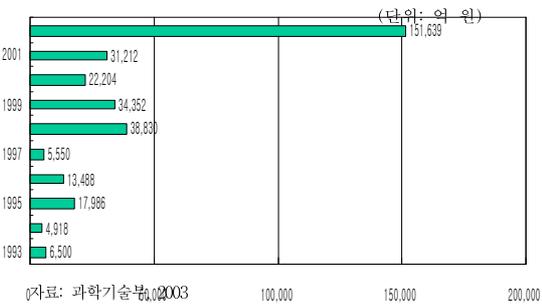
III. 자연재해로 인한 피해

아시아 대륙과 태평양 사이에서 중위도 편서풍대에 위치하고, 삼면이 바다로 둘러싸인 우리나라는 지리적, 지형적인 특성으로 인하여 대륙성 기후와 해양성 기후 모두의 영향을 받고 있다. 한반도는 삼면이 바다로 둘러싸여 있어 바다와 육지의 열용량 차이로 인한 영향이 클 뿐만 아니라 복잡한 산악 지형으로 인한 국지적인 영향을 많이 받는다. 따라서 한반도의 국지적인 기상 배치는 대단히 복잡하다. 이런 까닭에 계절마다 다양한 악기상(惡氣象) 현상들이 나타나고 있으며 이로 인해 해마다 많은 귀중한 인명과 재산상의 피해를 보고 있다. 재해 중 대부분을 차지하는 풍수해(風水害)와 한발(旱魃)은 지역적인 편차와 정도의 차이는 있지만 연중 그리고 매년 반복되고 있다. 더구나 과거에는 기후, 지형 및 지질 등과 같은 요인에 의해 주로 발생하였지만, 최근에는 인구팽창 및 산업화, 도시화, 하천 및 국토의 무분별한 개발 등

으로 인해 그 발생빈도가 높아지고 있는 실정이다. 이와 연관되어 우리나라는 과거 반세기 동안 경제의 양적 성장에만 치우친 나머지 각종 재난 및 재해에 대비하는 능력이 취약하다는 평가를 받고 있으며, 이로 인해 대형사고가 끊임없이 발생하여 그 피해가 매년 수 조원에 이르고 있다.

우리나라 재난발생건수를 살펴보면, 먼저 자연재해의 피해는 지난 10년 동안 지속적으로 증가하여 2002년도에는 6조원에 이르고 피해복구액을 포함하여 15조원에 이르는 피해가 발생했다. 이러한 피해액은 산업 활동의 지장 등 통계에 잡히지 않은 것을 고려할 때 훨씬 더 클 것으로 예상된다. 또한 2003년 가을, 태풍 ‘매미’로 인한 피해도 재난대책본부에서 최종 집계한 결과 인명피해 130명(사망 117, 실종 13), 이재민 4,089세대 10,975명에 이르며, 재산피해도 5조원에 육박하는 수준이다(중앙재해대책본부, 2003.9.). 이러한 피해를 복구하기 위한 복구비용만도 대략 6조 7,500억 원에 이를 것으로 재해대책당국에서는 예상하고 있다).

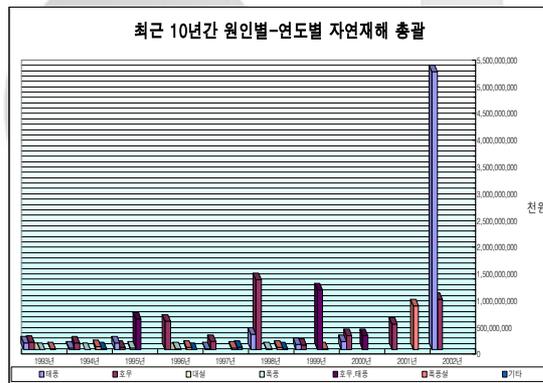
오늘날 세계 어느 곳에서나 이상 기상으로 인한 기상재해로 몸살을 앓고 있다. 더구나 도시화, 산업화에 따른 도시의 인구 및 재산 과밀화로 집중 호우(홍수) 및 태풍과 같은 기상재해로 의한 인명 및 재산 피해의 규모도 점점 증가하고 있다. 최근에 들어서는 전 세계적으로 지구온난화에 따른 각종 기상이변-폭우, 태풍, 극심한 가뭄, 폭설 등이 빈번히 발생하는 가운데 우리나라 또한 최근 10년 동안 기상재해로 인한 경제적 손실이 32조원에 이를 정도로 엄청난 규모의 경제적 손실을 보였으며, 기상재해의 피해 규모가 커지는 경향을 보이고 있다(<그림 2>).



1) 극단적인 경우를 제외하면 복구비용은 일반적으로 피해액의 1.4배~1.7배임(국회사무처, 2003).

IV. 유형별 자연재해 발생현황

우리나라에서 발생하는 기상재해는 장마철 또는 가을철에 태풍과 함께 발생하는 집중호우(集中豪雨), 겨울과 봄철에 많이 발생하는 폭풍과 폭설, 여름철에 대기 불안정(不安定)으로 인하여 발생하는 천둥과 번개를 동반하는 적란운(積亂雲)에 의한 호우(豪雨), 우박, 낙뢰, 또는 해저에서 발생한 지진과 더불어 나타나는 해일 등을 꼽을 수 있다. <그림 3>에서 제시된 바와 같이, 대략적으로 호우와 태풍은 주로 7-8월에 많이 발생하며, 폭풍은 연중 발생하나 겨울철에 더 많이 발생한다. 폭설은 당연히 겨울에 발생하며, 그 중 1월에 비교적 많이 발생한다. 우박은 대부분 5~6월에 나타나며, 낙뢰는 7~8월에 많이 나타난다. 해일은 다른 재해보다 비교적 그 발생 사례가 적으며, 발생 원인이 대부분 기상 요인보다는 지각운동에 기인하는 것이 많은 까닭에 연중 고르게 발생하고 있으며 지각운동이 활발한 일본과 인접한 동해안에서 주로 발생한다.



<그림 3> 1993년부터 2002년까지 최근 10년간 월인별 자연재해 피해 현황

1. 집중호우

호우란 일반적으로 큰비와 같은 뜻으로 사용되며, 특히 단시간에 많은 양이 내리는 비를 가리키는 경우가 많다. 호우는 각각의 강우 기후구에서 평균적인 강우 강도의 우량을 훨씬 상회하는 강한 강우현상을 가리키는 경우도 있다. 집중호우란 명확한 기준은 없으나, 일반적으로 하루 강수량이 연 강수량의 10% 이상일 때를 기준으로 하는 경우가 많다. 이것은 열대의 스톱을 연상케 하며,

1일 동안에 연 총강수량의 몇 분의 1에 해당하는 비가 쏟아지기도 하고, 1시간에 100mm를 넘는 비가 내리기도 한다. 집중호우는 대단히 습한 많은 수증기가 장마전선에 유입할 때 발생하며, 지형의 영향으로 더욱 국지성을 띤다. 집중호우는 국지적이고 단시간 내에 오는 많은 비를 말하는데 호우의 한 현상이라고 할 수 있다. 넓은 지역에 오는 큰 호우도 집중호우 현상이 몇 번 나타나면서 지역이 넓어지고 우량도 증가되는 것이 대부분이다. 집중호우는 장마전선 상에서 발달하는 요란에 의하여 대부분 발생하며 이에 따른 기상재해가 발생되기 때문에 장마와 관련된 기상재해는 집중호우와 직, 간접으로 관련되어 있다. 기상청은 현재 24시간 예상 강우량이 80mm 이상이고 재해가 예상되면 호우주의보를 24시간 예상 강우량이 150mm 이상이 예상되면 호우경보를 발표한다.

2. 태풍

공기가 수렴하는 곳에는 저기압이 형성되는데, 이것이 해상에서 나타나면 수렴하는 공기는 많은 수증기를 동반한다. 수렴된 공기는 저기압권 안에서 상승하고, 이 과정에서 수증기는 응결하여 구름입자가 되고, 이것이 모여 빗방울이 된다. 이렇게 수증기가 응결할 때에는 많은 열량을 내어놓게 되어 구름은 주변 공기보다 더더욱 따뜻해진다. 그 결과 더욱 더 많은 공기가 이곳으로 몰려들게 하는 수렴이 강화된다. 아울러 수렴하는 공기는 새로운 에너지가 되는 수증기를 가지고 온다. 이렇게 하여 열대 저기압은 한번 형성이 되고 주변 조건이 만족되면 빠른 시간 내에 막강한 힘을 갖는 태풍으로 발달한다. 태풍은 주로 북태평양의 서부인 필리핀 동쪽의 넓은 해상에서 발생하여 북서쪽으로 서서히 세력이 증가하면서 이동하다가 동지나해 부근에 이르면 진로를 바꾸어 북북동, 혹은 북동쪽으로 대략 포물선을 그리면서 이동하는 것이 보통이다. 그러나 태풍의 발생지점과 이동경로는 항상 일정하지 않고 계절에 따라 변하며, 때때로 예상외의 경로를 따라 이동하기 때문에 예측하기 어려운 경우도 있다. 태풍은 매년 그 발생 회수가 다르지만 평균적으로 일 년에 약 26개 정도가 발생하며, 그 중 2, 3개 정도가 우리나라에 영향을 미쳐 인명과 재산의 손실을 초래한다.

태풍이 건조한 육지로 상륙하면 점차 쇠약해지지만,

이때부터 호우와 폭풍이 위력을 떨치면서 막대한 피해를 주게 된다. 우리나라는 비가 많이 내리는 7, 8월과 태풍 내습기가 겹치기 때문에 피해가 더 크게 나타난다. 때로는 9월에 태풍이 도달하여 피해를 입기도 하며, 6월에도 태풍의 통과로 인한 피해를 받기도 한다.

3. 온대성 저기압

온대성 저기압이 발달하면 강풍과 호우, 혹은 폭설을 동반하기 때문에 이로 인한 피해도 무시할 수 없다. 온대성 저기압은 따뜻하고 습한 기류와 한랭한 기류의 경계에 생기는 것으로 불연속선, 혹은 전선(front)을 갖고 있는 것이 태풍과 본질적으로 다르다. 온난전선 상에서는 바람은 강하지 않으나 지속성 강우가 장기간 내리므로 저기압이 정체하게 되면 온난전선의 강우구역 내에 있는 지역에서 많은 비가 내린다. 그러나 이와 같은 형태의 강우로는 홍수현상이 발생하지 않으므로 하천이 범람할 위험성은 별로 많지 않다.

이와 반대로 한랭전선의 전방이나 전선이 통과하는 지점에는 격렬한 기상현상이 나타나게 된다. 한랭전선은 저기압의 후면에 나타나서 따뜻한 기류를 위로 밀어 올려 불안정한 기층을 형성하기 때문에 곳곳에서 뇌우와 돌풍을 일으키는 일이 흔히 있다. 뇌우는 비교적 짧은 시간에 억수같은 비를 퍼부어 수원지역으로부터 하천으로 유입되는 유출량을 증가시켜 종종 홍수를 일으킨다. 또한 급류로 인해 둑이 무너져 수해의 원인이 되기도 하며, 해상에서는 어선들이 한랭전선 전방에서 일어나는 돌풍과 같은 급격한 기상변화로 인하여 조난을 당하기도 한다.

4. 폭풍과 폭설에 의한 피해

한반도에서 폭풍과 폭설은 겨울철과 봄철에 걸쳐 많이 발생된다. 겨울에 아시아 대륙의 북부 시베리아 지방에서 발달한 고기압이 우리나라 쪽으로 진출할 때, 한파가 강풍과 함께 우리나라를 내습하는 현상이다. 폭풍에 의한 재해는 11월부터 발생빈도가 증가하기 시작하여 2-3월경에 최다 빈도를 보이다가 늦은 봄부터 감소한다. 폭풍으로 인한 재해 발생은 연평균 4.7회이며, 호우에 의한 재해 다음으로 전체 기상재해의 발생 구성비 중 약 28

%를 차지한다. 폭풍에 의한 피해는 대체로 북서 계열의 바람이 불 때는 주로 서해안 지역에서, 북동 내지 동풍 계열의 바람이 불 때는 주로 동해안 지역에서 발생하고 있다.

우리나라의 대설은 겨울철 시베리아 대륙에서 확장하는 찬 대륙성 고기압의 세력이 호남지방과 동해상으로 확장할 때 상대적으로 서해상에는 저기압이 발달하게 된다. 이때 서해상에 있는 저기압으로부터 남서기류에 의하여 따뜻하고 다습한 공기가 계속 다량 유입됨에 따라 전국적으로 많은 눈이 오게 된다. 특히 영동지방은 태백산맥을 넘는 습윤공기와 동해에 위치한 찬 북동기류가 만나 대설의 원인이 된다. 영동지방의 대설은 대륙성 고기압이 자주 확장하는 1, 2월에 많이 발생하여, 도시지역의 교통체증과 차량의 미끄럼 사고와 함께 출근길의 대혼잡을 초래하기도 한다.

5. 장마

장마전선은 6월 중순경에 우리나라 남해안지방에 걸치기 시작하여 북태평양 고기압의 발달과 더불어 북상하여 7월 중순경에는 북위 36° 부근에, 하순경에는 한만(韓滿) 국경까지 이르게 되어 장마가 끝나게 된다. 장마전선이 우리나라까지 북상하지 못하면 한발을 초래하기도 하나, 일단 이 전선 아래에 놓이게 되면 습기를 많이 품고 있는 열대 기단의 영향으로 많은 비가 오게 된다. 오랫동안 비가 내리는 경우 하천의 범람 및 산사태 등과 같은 피해를 일으키기도 한다. 장마전선은 대략 30일 정도이며, 강우량 분포는 0.2~10.0 mm 강우일이 가장 많다. 평균 강우량을 보면 보성, 고흥을 중심으로 한 서부남해안지방이 가장 많고, 다음으로 제주도 북부 해안지방, 강릉을 중심으로 한 중부 동해안지방의 순이며, 가장 적은 곳은 중부 내륙지방과 울릉도 지방이다.

6. 지진해일

지진해일은 지각의 활동에 의한 지진이나 지반의 함몰, 상승, 폭발 등과 같은 화산활동에 의해 지층의 수평이동이나 수직이동으로 인하여 바다에서 발생하는 대단히 긴 주기를 갖는 해양파를 말한다. 태풍이나 강풍에 의해 일어나는 바다나 호수의 큰 물결을 폭풍해일이라 하고,

지진에 의한 해일을 지진해일이라고 구별한다. 지진해일은 영어로 “Seismic sea wave”, 일본어로는 쓰나미(津波)라고 한다. 우리나라는 일본열도 서쪽 바다에서 대규모 지진이 발생하면 지진해일로 인하여 동해안에 침수피해가 발생된다. 최근 우리나라에서 지진해일로 인한 침수피해는 '85년 5월 일본의 아끼다 지진(규모 7.7)에 의한 지진해일로 동해안에서 인명피해 3명, 재산피해 약 4억원(당시금액)이 발생되었고, '93년 7월에도 일본의 홋카이도 지진(규모 7.8)으로 인한 지진해일로 동해안에서 4억 원 정도의 재산피해가 있었다.

해안선에서의 지진해일의 크기는 30 m 이상인 것도 있으며, 10 m 정도의 것은 흔히 발생한다. 우리나라는 태평양에서 발생하는 지진해일의 경우 일본이 가로막고 있어 직접적인 피해는 받지 않고 있으나, 일본 근해에 지진해일이 발생할 경우 우리나라 동해안에서도 큰 피해를 입게 된다. 지진해일이 해안선에 접근하면 해안선과 상호작용을 일으켜 에너지 일부가 반사되기도 하고 일부는 전파되면서 그 크기가 커져 구조물에 막대한 피해를 주거나 해안선을 따라 침수피해를 준다. 지진해일로 인한 인적 재해로는 주로 익사와 중경상 등의 재해, 건물, 교량, 철도, 도로 등의 유실 및 파괴, 선박유실 및 파손, 건물의 침수 등을 들 수 있다. 실제로 지진해일이 발생하면 전기·수도·가스등의 도시기능의 마비로 인하여 생활고나 물가상승, 사회적 혼란 등을 초래하게 된다. 지진해일에 대한 이상적인 대책은 해안에 대피소를 건축하거나 방조시설을 축조하는 것이다. 방조시설로서는 방조제, 방조력, 방조림, 대피도로, 원충지대 등을 들 수 있다.

7. 가뭄

우리나라 수자원 부족량의 연간 편차는 매우 크나, 지역별 연간 분포는 균일한 특징을 가지고 있으며, 계절적 변동이 심하다. 연간 유출량 731억 m³에서 약 39%인 493억 m³가 홍수기인 5월에서 9월에 집중되며, 5대강을 제외한 대부분의 중소하천은 경사가 급하고 유로 길이가 짧아 직접 바다로 유출된다. 우리나라 지하수 부족량은 1조 3,240억 m³로 연평균 총 강수량의 약 10배, 하천 유출량의 약 19배로 추정되고 있다. 대규모 지하수층의 발달이 빈약하여 지하수 개발은 불리하나, 비홍수시 또는 물 부족시에 중소규모 지하수 개발로 대처할 수 있는 정도의 양

은 충분하다.

이러한 수자원 공급량이 실제 수요량보다 부족하게 되면 가뭄현상이 발생한다. 북태평양 기단과 양쯔강 기단 또는 오호츠크해 기단의 이상 발달이 있게 되면 장마 전선이 우리나라에 형성되지 못하므로 대륙지방으로부터 이동해 오는 저기압의 진로를 가로막을 뿐 아니라 동서 계절풍의 발달이 억제되어 가뭄이 일어나게 된다. 고대에서 근대까지 농업이 주산업으로 용수수요가 적었던 시대에는 가뭄으로 인한 수확량 감소로 기근을 겪었다. 근대에서 현대로 이르면서 인구증가, 도시화 및 산업화 등에 따라 용수수요가 증가하였지만, 다목적 댐의 건설 등 발달된 수자원 관리로 가뭄의 피해는 과거에 비해 크게 줄어들게 되었다.

8. 지진

지진은 일시적으로 일어나는 지각변동으로서 급격한 단층운동에 의한 단층지진, 화산활동에 의한 화산지진, 지반의 함몰에 의한 함락지진 등이 있다. 우리나라에서 발생한 지진은 삼국시대, 고려시대, 조선시대를 거쳐 대체로 증가하는 추세를 보였으나, 각 시대의 지진기록이 다르기 때문에 한반도에서 발생하는 지진활동의 시간적 변화를 정확히 규명하기는 어렵다. 역사적인 기록에 의하면 15세기에서 18세기 사이에는 지진활동이 활발하였고, 특히 경주지역에서 발생한 지진으로 100여명이 사망했다는 기록이 있다. 19세기 이후에는 지진활동이 중지되었다.

20세기에 와서는 쌍계사 지역에서 강진이 기록되었다. 또한 1965년 1년 동안 104회의 유감지진이 발생하였고, 1978년 홍성에서 규모 5의 지진이 있었다. 2005년에는 일본 규슈지방에 진원지를 가진 지진이 여러 차례 발생하여 부산지방을 비롯한 우리나라 전역에서 건물의 흔들림이 감지되었다. 우리나라의 지진활동 추세에 관해서는 예측이 거의 불가능하고, 도시의 광역화, 인구의 조밀화, 산업규모의 확대 등으로 지진에 의한 피해가 대형화되어 갈 것으로 예상된다. 그러므로 고층 건물이나 핵발전 설비, 댐 설비 등의 중요구조물을 설치할 경우 지진에 대한 안전성 검토가 반드시 이루어져야 할 실정이다.

V. 미래의 기상재해

기후시스템의 작동 원리를 바탕으로 하는 기후모델을 이용한 대부분 연구는 대기 중에 온실가스가 증가하면서 미래에는 극단적 기상 현상이나 기후현상이 발생할 수 있음을 예상하고 있다. 예를 들면, 지표의 온난화는 폭풍우의 수증기의 중요한 원천이 되는 대기 중 수증기를 증가시켜서, 관측이나 모델 결과 모두에서, 강우 사례에서 더 많은 강우량을 보이거나 강우강도를 증가시킨다. 비록 기후모델이 기후의 변동성이나 극단적 현상의 다양한 부분을 모의할 수 있지만 기후모델은, 계통 오차나 지역 기후를 정확한 모의하는 데는 한계를 보이고는 있지만 IPCC에 의해 여러 차례 발간된 미래 기후변화에 대한 보고서에서는 적어도 아래와 같은 결론을 계속해서 견지하고 있다(IPCC, 1996, 2001).

- 평균온도의 증가로 최저온도의 발생 빈도는 감소되고 최고 온도의 발생 빈도는 증가한다.
- 많은 지역에서 야간의 낮은 온도의 증가가 주간 높은 온도의 증가보다 커서 일교차를 감소시킨다.
- 북반구 중위도 겨울철의 기온 일교차가 감소하고 여름철에는 증가한다.
- 토양 습기가 감소하는 여름철 동안 일반적으로 대륙 중앙부는 건조해진다.
- 강수 강도가 증가한다.
- 극단적 기온의 변화로는 열파지수의 증가와 연관되어 있다
- 냉방도일이 증가되고 난방도일이 감소한다.

1. 기온

IPCC SRES A2 온실가스 증가 시나리오에 따른 지역 기후 모델이 예측한 한반도 및 동아시아 지역의 향후 100년의 기후변화 전망에 의하면(Oh et al., 2004), 우리나라 대부분 지점에서 과거 관측에 비해 빠른 속도로 온난화가 진행됨을 확인할 수 있다. <그림 4>에서 보는 바와 같이 서울의 경우 100년에 약 2.4 °C의 온도 증가를 보인 반면, 향후 100년간의 온난화의 진행속도는 과거 관측에 비해 2-3배로 빠르게 나타나며, 약 6.2 °C의 온도증가를 예상하였다. 가장 높은 온도 증가율을 보인 지점은 바로 인천지점으로 과거 1.7 °C의 증가를 보인 반면, 미래 100년간의 온난화는 과거 관측에 비해 약 4배정도의 높은 온

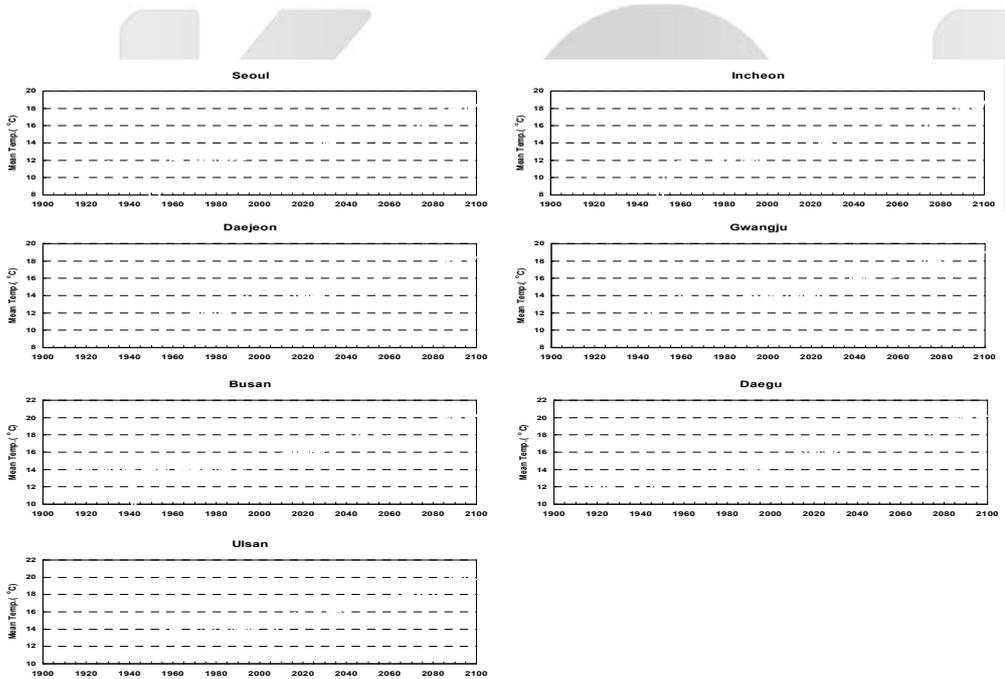
도 증가를 보이며, 그 값은 6.1 °C로 나타났다. 나머지 지점은 대부분 과거 관측에서 나타난 온도 증가에 비해 약 2-3배 정도의 높은 온난화를 보였다.

최고 기온의 경우 한반도 및 동아시아 지역에서 향후 100년간 약 6.0 °C의 온도 증가를 보였으며, 이는 평균온도 보다 약 0.2 °C 높은 온난화이다. 5.5 °C 이상의 높은 온도 증가를 보이는 달은 3월(6.0 °C), 6월(5.6 °C), 9월(5.8 °C), 10월(5.9 °C)로 나타났으며, 반대로 12월에 4.5 °C로 가장 낮은 온도 증가를 보인다. 2000년대에 남해안 지역을 따라 나타나던 16 °C의 등온선이 2030년대는 한반도 중심인 37N-38N에 걸쳐있고, 이렇게 북상하던 등온선은 결국 2090년대에는 40N이상의 함경도 지역에서 나타나게 된다.

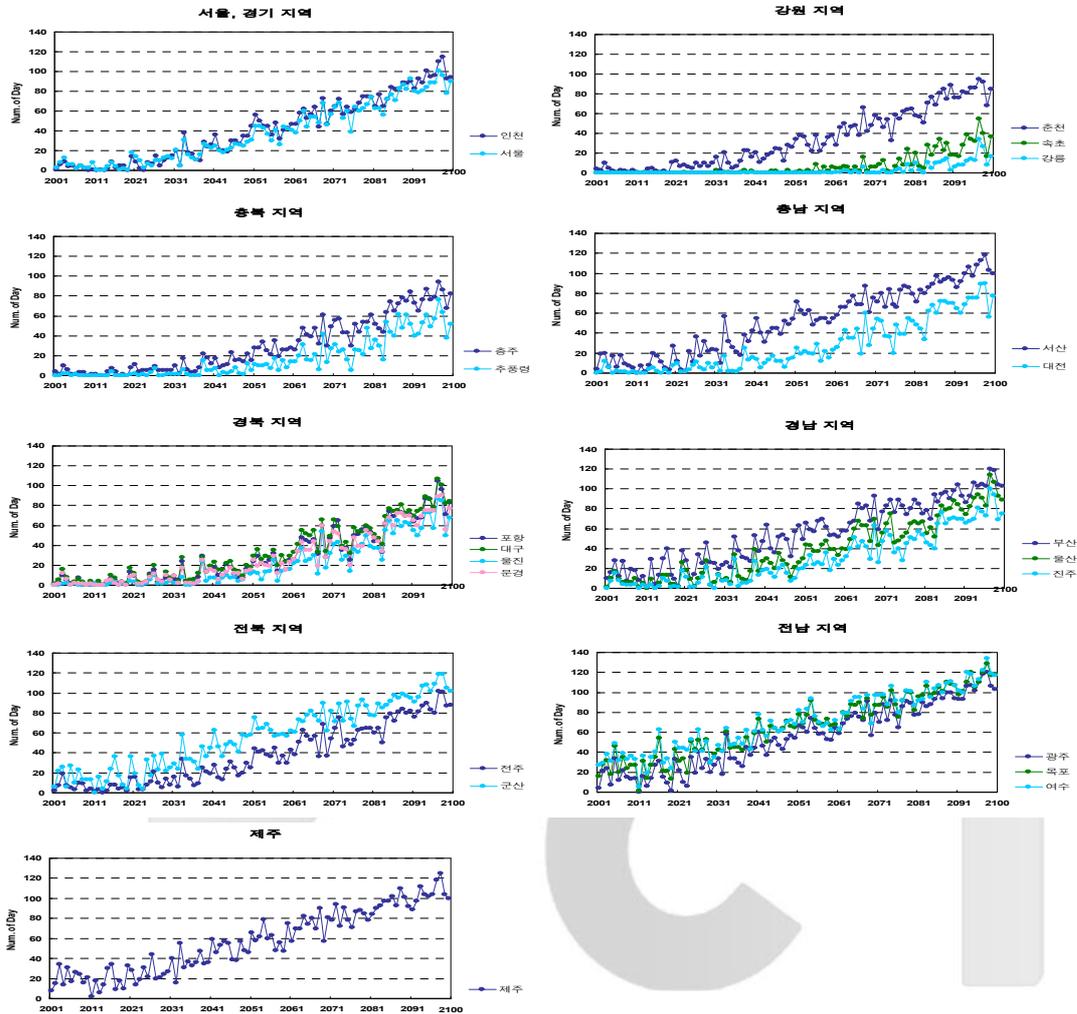
2. 열대야(Tropical Night)

열대야는 일 최저 기온이 25 °C 이상의 기온이 나타나는 날로 주로 7, 8월에 주로 발생한다. <그림 5>는 앞에

서 설명한 기준에 의해 선정된 22개 지점의 향후 100년간 열대야의 발생 빈도를 나타낸 것으로, 지역별로 함께 나타낸 것이다. 기후 변화 자료에 따른 각 지점별 열대야 일수는 모든 지역에서 증가하는 추세이다. 열대야 일수는 제주지역에서 많이 나타나고 있으며, 경남지역과 전남지역에서 또한 열대야가 자주 발생할 것으로 나타났다. 특히 여수와 군산 등과 같은 내륙지역보다 해안에 위치한 지점에서 더 많은 열대야가 나타났으며, 고도가 높은 속초(176.0 m)나 추풍령(242.5 m) 등지에서는 적게 나타났다. 경남지역의 울산, 부산, 전남지역의 목포, 광주 그리고 서울, 경기 지역의 서울과 인천 지점에서 열대야가 많이 발생하는 것을 알 수 있다. 이들 지역은 대체로 대도시지역임을 알 수 있다. 이러한 열대야의 발생빈도가 향후 100년 동안 100일 이상 증가하는 지역으로는 인천, 서산, 부산, 군산, 광주, 목포, 제주 등이 있으며, 특히 서안과 인천에서는 108.7일, 108.2일로 열대야의 증가가 가장 크게 나타난 지점이다.



<그림 4> 우리나라 주요 7개 도시에서 최근까지 관측된 기온변화(진한 선)와 지역기후모델에 의해 전망된 2100년 까지 미래 기온변화 (연한색)



<그림 5> 향후 2100년 까지 우리나라 지역별 일 최저 기온이 25°C이상인 열대야 발생 경향

3. 열파(Heat Wave)와 한파(Cold Wave)

열파(Heat wave)는 일 최고 기온이 30 °C 이상인 날이 5일 이상 지속되는 경우로 정의된다. 기후 변화 자료에 따르면 온난화가 진행되면서 모든 지점에서 향후 열파의 발생빈도는 증가하는 것으로 나타났다. 전반적으로 열파 발생은 해안에 비해 춘천, 충주, 대전, 문경, 전주 등 내륙지역에서 많이 발생하였다. 그리고 고도가 높은 속초, 추풍령에서는 열파의 발생이 적게 나타났으며, 이는 열대야에서도 같은 결과이다. 향후 100년간 열파 발생이 90일 이상으로 나타나는 지역으로는 속초, 강릉, 충주, 포

항, 전주, 문경 등으로 특히 전주 지역이 93.5일로 열파 발생이 가장 많이 증가하는 것으로 나타났다.

한파(Heat wave)는 24시간 내에 기온이 10 °C 이상 하락할 때로 정의하였다. 온난화가 진행되면서 대부분의 지점에서는 한파 발생빈도는 감소하지만, 강원지역(춘천, 속초, 강릉)의 모든 지점은 한파가 증가하는 것으로 나타났다. 한파 발생이 가장 크게 감소하는 지역은 서울과 포항 지역으로 각각 2.0일 그리고 1.9일씩 감소했다. 특이한 점은 다른 지역과 다른 양상을 보이는 강원지역으로 춘천은 무려 27.7일이 증가하는 것으로 나타났다.

그리고 나머지 속초 및 강릉은 모두 한파가 9.7일씩 증가하는 경향을 보였다.

4. 난방도일(Heating Degree Day)과 냉방도일(Cooling Degree Day)

난방도일은 일 년 중 일평균 기온이 18℃ 이하의 날만 골라 기준이 되는 18℃의 기온에서 그날의 일평균 기온을 뺀 값을 일정기간 적산시킨 값을 말하며, 이는 18℃ 이하가 되면 난방을 시작한다는 의미이다. 가장 남쪽에 위치한 제주, 그리고 전남(광주, 목포, 여수), 전북(전주, 군산), 경남(부산, 울산, 진주) 지역은 다른 지역에 비해 따뜻하기 때문에 난방도일이 3000 이하의 낮은 값을 보이고, 가장 큰 난방도일을 보이는 곳은 강원지역으로 춘천, 속초, 강릉 모두 2000년에는 3000이상의 난방도일 값을 보였다. 그리고 내륙에 비해 여수, 군산, 목포 등 해안지역에서 난방도일이 작게 나타났다. 난방도일의 분포는 대체로 한반도 연평균 기온 분포와 비슷하기 때문에 남쪽으로 갈수록, 그리고 해안으로 갈수록 그 값들이 낮게 나타나며 이는 난방연료가 적게 사용된다는 것을 의미한다. 기후 변화에 따라 이러한 난방도일은 22개 지점 모두 줄어드는 추세를 보인다. 1300 이상으로 난방도일이 줄어드는 곳은 서울, 강원, 속초, 강릉 지점이며, 특히 강릉지역은 향후 100년 동안 난방도일이 1583 줄어드는 것으로 이는 가장 많은 감소를 나타냈다.

냉방도일은 일 년 중 일평균 기온이 26℃ 이상인 날을 선택하여 18℃의 기온에서 그날의 일평균 기온을 뺀 값을 일정기간 적산시킨 값을 말한다. 이는 26℃ 이상이 되면 냉방을 시작한다는 의미로, 냉방도일이 크다는 것은 기온이 높아서 냉방 연료를 많이 사용한다는 것을 뜻한다. 서울, 부산, 대구 등 대도시 지역에서 냉방도일이 크게 나타났으며, 연평균 기온이 가장 높은 제주에서 또한 냉방도일이 전반적으로 큰 값을 보였다. 냉방도일의 변화를 살펴보면, 모든 지역에서 증가하는 추세를 보이고 있다. 냉방도일이 1000 이상 증가가 나타나는 지점으로는 충주, 서산, 대전, 포항, 문경, 대구, 부산, 울산, 전주, 광주, 여수, 제주 지역으로 나타났다. 냉방도일이 가장 크게 증가하는 곳은 제주 지역으로 1240 이상의 증가를 보였다. 그리고 전주 지점이 332 냉방도일 증가로 가장 작은 증가폭을 보인 지점이다.

5. 강수량

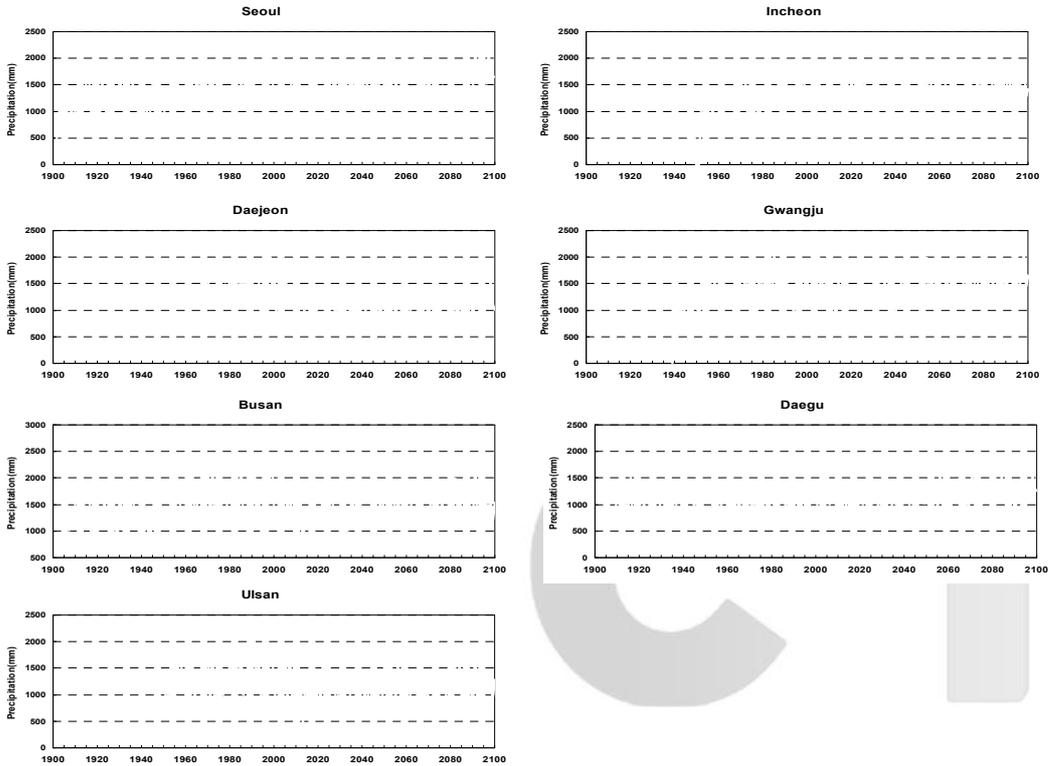
IPCC SRES A2 온실가스 증가 시나리오에 따른 지역 기후 모델이 예측한 한반도 및 동아시아 지역의 향후 100년의 강수량은 약 0.07 mm/day 상승한다. 전국 평균 강수량의 경우 2090년대로 갈수록 꾸준한 증가를 보이는 반면, 지형이 복잡한 한반도 및 동아시아 지역은 증가와 감소를 반복하면서, 2090년대에는 전국 평균 강수량 증가 35%보다 높게 41%의 강수 증가를 예상하고 있다. 봄철과 가을철은 각각 0.25 mm/day, 0.48 mm/day의 강수 증가를 보이며, 겨울철은 0.34 mm/day의 감소를 보였다. 강수는 계절별, 지역별로 다른 양상을 보이며 변화하고 있음을 알 수 있다. <그림 6>에서 보인 바와 같이, 대전, 부산, 울산, 대구 지점은 과거 관측에 비해 더 많은 강수 증가를, 나머지 3지점(서울, 인천, 광주)은 반대로 과거에 비해 작은 강수 증가를 보였다. 특히, 울산 지역은 가장 큰 강수 증가를 보인 지역이다. 과거 관측에 따르면 지난 100년간 약 60.1 mm의 강수 증가를 보인 반면, 지역기후 모델이 모의한 미래 기후변화에 따른 향후 100년간의 강수 증가는 196.4 mm로 3배 이상의 강수 증가를 보였다. 반대로 인천 지점은 가장 작은 강수 증가를 보인 지점으로 과거 관측에 따르면 699.2 mm 증가를 보였었는데, 미래 결과는 202.8 mm의 작은 강수 증가를 보였다. 서울의 경우, 과거 자료를 통한 지난 연 누적 강수량의 증가는 약 405.7 mm로 나타났으며, 1047 mm인 부산에 비해 3배 정도의 높은 강수 증가가 나타났음을 보였다. 이에 반해, 미래 기후변화 자료 분석 결과 서울의 경우 향후 100년간의 강수량은 177.9 mm의 증가를 보였고, 부산의 경우 관측치의 2배인 218.5 mm의 강수 증가를 예상했다. 평균, 최고, 최저, 일교차 분석에서 나타난 바와 같이 강수량 또한 관측에 비해 모델 결과는 변동성이 작게 나타났다.

일 강수량이 0.1 mm/day 이상인 날을 강수일로 정의하여, 향후 100년간의 한반도 및 동아시아 지역의 강수일수 변화를 살펴본 결과 18.6일이 감소하는 것으로 나타났다. 강수일수의 월 평균 변화는 특히, 3월에 약 2.4일로 강수일수가 가장 많이 감소하는 경향을 보였고, 3월, 7월, 9월은 강수일수의 변화가 거의 없는 것으로 나타났다.

일 강수량이 50 mm/day 이상인 경우를 호우일로 선정하고 22개 지점의 호우일 발생빈도를 분석하였다. 전

반적으로 경남 지역(부산, 울산, 진주)과 전남 지역(광주, 목포, 여수) 그리고 제주 지점에서 평균적으로 호우일이 많이 발생하는 것을 알 수 있다. 22개 지점 모두 기후 변화 자료에 따른 호우일은 증가하는 추세를 보였다. 호우일이 2일 이상 증가하는 지점으로는 충남 지역의 서산,

울진을 제외한 경북 지역(포항, 대구, 문경), 전북 지역의 전주, 그리고 전남 지역의 광주 목포 등이다. 특히, 목포 지점은 향후 100년 동안 호우일 3.5일 증가로 가장 큰 증가폭을 나타내었다.



<그림 6> 우리나라 주요 7개 도시에서 최근까지 관측된 강수량 변화(진한 선)와 지역기후모델에 의해 전망된 2100년 까지 미래 강수량 변화 (연한색)

VI. 재해관련 기상정보의 생산과 지원

기상청에서는 재해관련 정보로는 단기 예보 (오늘·내일·모레)를 1일 4회(0:30, 11:30, 17:30, 23:00)씩 정기적으로 생산하여 발표하고 있으며, 필요시 수시로 수정 발표하고 있다. 주간 예보(D+8일간)는 매일 13시에 발표하며, 월간 기상전망(1개월간)은 매월 말일, 또 계절 기상전망(3개월간)은 3개월 마다 계절이 시작하기 전달의 하순에 발표한다. 호우, 태풍, 폭풍, 대설, 해일 등으로

기상 악화가 예상되거나 발생 시는 기상 정보를, 또 기상 정보 상태로 재해가 예상될 때에는 주의보·경보를 수시로 발표하고 있다. 특히 악기상으로 기상재해가 예상될 때, 특보가 발표될 가능성을 미리 알려주는 예비특보제를 시행하고 있다. 지진의 경우 규모 4.0 이상은 대외 통보하고 있다.

기상청에서 발표하는 각종 기상정보는 언론기관과 중앙재해대책본부 등 방재 유관기관에 전용회선, 인터넷 또는 FAX를 통해 즉시 제공되며 국민들은 일기예보 안

내전화(131), 신문, 방송, 휴대폰, 기상청 홈페이지를 통해 이용할 수 있다. 예보구역은 광역예보 구역과 국지예보 구역으로 구분하는데, 광역예보 구역은 12개의 육상예보 구역과 13개의 해상예보 구역으로 나뉜다. 국지예보 구역은 광역예보구역을 세분화하여 육상을 63개 지역으로, 해상을 24개 지역으로 더욱 세분화하여 기상예보를 발표하고 있다.

1. 공급자 중심에서 수요자 중심으로 체계 전환

기상정보는 우리 사회 거의 모든 분야, 모든 계층에서 필요로 하는 정보이다. 최근에는 오존층 파괴와 지구의 온난화 및 엘니뇨, 라니냐현상 등에 의해 전 세계적으로 기상이변이 속출하고 있으며, 통계적 추이를 벗어난 가뭄과 집중호우 등이 잦아지고 있는 상황이다. 이와 더불어 급증하는 기상재해의 피해는 방재도구로서의 기상정보 가치를 해마다 배증시키는 결과를 가져왔다. 이런 급박한 상황이 아니더라도 진행되는 농산물의 생산과정뿐만 아니라 출하, 판매에 이르기까지 장단기 기상정보는 큰 영향을 미친다. 또 하늘과 땅, 그리고 바다에서 기상정보는 여객과 화물의 안정적인 수송, 경제적인 운송을 도모하는데 필수적인 정보이다.

새로운 정보사회에서는 각계 조직 또는 개개인마다 서로 다른 다양한 기상정보를 요구하고 있다. 이러한 수요에 부응하기 위해서는 기존의 일방적인 정보 공급체계로는 불가능한 일이다. 유티쿼터스 시대에서는 기상정보 전달에 대한 새로운 패러다임이 요구된다. <그림 10>은 이러한 기상정보 생산, 분배에 관련된 패러다임의 변화를 보여주는 체계도이다. 현재의 기상정보 전달 체계는 기상청에서 언론 매스컴을 통한 일방적인 정보전달이 대부분으로 아주 제한된 부분만이 민간 기상사업자를 통하여 제공되고 있는 실정이다. 이러한 관 위주의 정보 전달 체계는 어느 특정지역 보다는 전국을 대상으로 하고, 특수한 수요자보다는 일반대중을 대상으로 하기에 수요자의 의견을 최소화 고려하는 일방적인 정보 전달에 머물 수밖에 없다.

그러나 유티쿼터스 시대가 도래하는 21세기에는 여러 계층 또는 집단의 수요자가 다양한 기상정보를 요구하게 되었다. 즉 등산애호가 그룹은 특정 시기의 특정 산악기상에 대한 정보를 요구하고, 한편으로 윈드스핑 동호회

에서는 산악 기상정보는 전혀 필요치 아니하고 특정 바다의 기상정보만을 필요로 한다. 이러한 사례는 수없이 꼽을 수 있다. 수자원공사 또는 한국수원자력 회사에서 운영하는 어느 댐에서는 그 댐의 유역에 해당되는 강수량 정보가 유용할 것이며, 소형항공기 운영을 위해서는 강수유무 뿐만 아니라 바람정보도 매우 필요로 하는 정보이다. 에너지 공급 회사에서는 기온의 변화가, 산불을 비롯한 화재를 예방하기 위해서는 가뭄 정보가, 연안 토목 공사에서는 폭풍우에 대한 정보를 필요로 한다.

요구되는 정보의 다양함만이 문제가 되는 것은 아니다. 제공되는 기상정보의 시간규모에도 큰 차이가 있을 수 있다. 대규모 공사장에서는 순간적인 기상요소의 한계 값이 가치를 가지고 있으며, 농업이나 장기적인 수자원 관리에서는 장기적인 기상에측이 더욱 중요할 수 있다.



<그림 10> 기상정보 생산, 분배에 관련된 패러다임의 변화

즉, 현재의 기상청을 중심으로 한 일방적인 기상정보 전달체계로는 이런 다양한 수요요구를 충분히 채울 수 없을 것이다. 우리는 여기에서 민간기상사업자의 역할을 찾을 수 있다. <그림 10>에서 21세기 사회에 대해 보여주는 것은 기상청, 기상사업자, 특수수요자, 그리고 일반대중이라는 4개의 기상정보 공급과 수요처의 유기적인 관계를 보여주고 있다. 세금을 바탕으로 하는 일반 국민에 대한 언론매체를 통한 기상정보 제공은 앞으로도 그대로 유지될 것이다. 기상사업자는 기상청이 마련해주지 못하는 시공간적으로 상세한 지역 기상 정보를 제공한다든가, 기상정보를 바탕으로 하는 의사 결정에 참여하여 이윤 창출에 참여하게 될 것이다. 이 기상사업자의 영업 대상은 기상정보를 필요로 하는 특수 사업자를 비롯해서

일부 사람들로 구성된 특정 동호회 등이 될 것이다. 이들에게 기상정보를 제공하는 기상사업자는 수수료를 요구하거나 일정 이윤을 분배받고 그 중 일부를 기상청에 정보 사용료로 납부함으로써 채산성을 유지할 수 있을 것이다. 물론 이들 특수 사업자나 특수 이용집단은 필요한 기초 기상정보를 기상청으로부터 제공받아 그들의 특수 목적에 부합되는 정보를 스스로 생산해서 활용할 수도 있을 것이다.

2. 기상정보제공 인프라 구축

기상정보는 아직도 기상인, 일반인 모두 재해적인 시각으로 조건하는 경향이 매우 강해 응용기상으로서의 가치에 대한 인식이 상대적으로 극히 미흡하거나 거의 전무한 것이 현실이다. 이를 타개하기 위한 방안을 마련하기 위해 기상정보활용연구회, 농업기상협의회, 관련학회 등을 통해 일부분이기능은 하나 지속적인 노력을 기울이고 있으나 내외적 관심의 부족으로 실효성을 얻기 어려운 실정이다. 결국 기상정보의 본질적인 특성, 부가적 특성, 경제외적 공익적 기능 등을 널리 인식하도록 노력하는 것이 유비쿼터스 시대로 들어가는 이 시점에서 국가산업기상정보체계의 성공적인 운영의 관건이라는 인식이 점차 확산되고 있다. 따라서 유비쿼터를 위한 유비쿼터스 컴퓨팅을 바탕으로 하는 언제, 어디서나, 누구나, 어떤 방법으로든 기상정보를 취할 수 있는 방법이 모색되어야 한다. 이를 위해 가용 매체의 탐색, 전달 및 홍보방법의 발굴을 위한 노력의 일환으로 자동착신전화, 마스크, 전산통신망, 휴대폰, 인터넷 등 각종 매체를 이용한 기상정보 전달방안을 강구하여야 한다. 그러나 이는 단순히 예보, 특보, 경보 등 제한적인 기상정보제공을 위한 것으로 사회 각 분야에서 요구되는 산업 및 생활기상정보의 제공수단으로서는 그 역할이 상대적으로 위축되어 있어 이를 타개하기 방안으로 방송매체를 통한 기상정보 제공, 오락프로그램에 기상상식제공 등 다각적인 노력을 기울이고 있기는 하나 보다 과학적이고 체계적으로 기상정보 전달 인프라가 구축되어야 한다.

기상정보의 중요성은 재해적인 측면 외에 정보화시대에 경제적인 가치는 물론 공익적 가치가 높은 매우 중요한 국가자원으로의 인식이 전환되고 있는 실정이다. 이

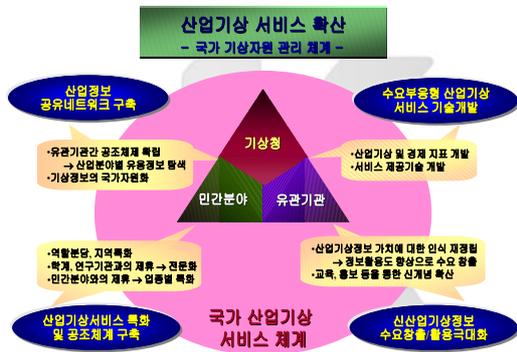
제 정보화 사회에서는 각종 기상요소가 여러 경제활동 분야에 미치는 영향을 종합주가 지수와 같이 종합산업기상지수 및 예상 지수까지 발표함으로써 경제정책은 물론, 에너지의 수급조절, 유가결정 등 물가 정책수립의 지표로 활용 할 수 있어야 한다. 즉, 기상정보와 각종 경제활동과의 상호관계를 구명함으로써 대외의존도가 높은 식량과 에너지 및 수입원자재의 수급 등 각급 유관기관의 경제정책의 수립에 전문성을 최대한 살릴 수 있도록 기여할 수 있는 산업기상정보의 전문화의 기틀을 마련해야 할 필요성이 대두되었다. 이러한 기상정보의 효율적인 활용은 국민의 일상생활과 밀접한 관련이 있는 도시기상, 생물계절기상, 보건기상 등에 관한 폭 넓은 서비스를 제공함으로써 국민 삶의 질 향상에 크게 기여할 것이다 (<그림 11> 참조).

이에 국가기상기구인 기상청의 선도적인 역할을 통한 유관부처간의 국가산업기상협력체계의 구성이 요구되고 있는 실정이다. 유용한 산업기상정보의 생산을 위해서는 우선 전문가의 확보가 가장 중요하나 현재 거의 전무한 상태로 이를 보완하기 위해서는 관련 부처 간 긴밀한 협력관계 수립이 최대 현안이다. 지난 수 년 동안 관련부처 간 협력체계를 수립하기 위해 다각적인 노력을 기울여 왔으나 실질적인 협력기반을 마련하기 위한 예산 확보 부진, 기관 간 사업 우선순위의 차이 등으로 분야 간 균형발전과 내실을 기하지 못하고 있는 실정이다. 기상청은 1998년 산업기상정보 제공을 확대하기 위해 통계청, 농수산유통센터, 농림수산정보센터 등과 자료교환 및 공동기술개발을 위한 협력을 추진하여 관련 자료의 수집이 가능하게 되었다. 예를 들어, 농업기상정보는 한국농림수산정보센터, 농진청 농업과학기술원, 경희대와 공동으로 한국농림수산정보센터의 인터넷 및 통신망을 통해 1999년 1월부터 본격적인 서비스를 제공하고 있으나, 기타 산업기상서비스는 구두 협의 수준에 머무르고 있을 뿐이다.

한편, 민·관 역할분담에 의한 산업기상서비스 강화를 목적으로 태동된 국내 민간예보사업체는 선진국인 일본에 비해 설립도 일천할 뿐 아니라 사업규모도 영세하여 독자적인 기술개발의 능력이 매우 낮은 것으로 판단된다. 최근 시장경제 약화에 따라 극도로 위축된 기존 기상정보수요로 인해 민간기상사업자는 극심한 경영난을

겪고 있어 이의 활성화를 위한 노력이 어느 때보다 절실하게 필요한 시점이다. 물론 민간기상사업체의 활성화를 위해 정보사용료 삭감, 정부시책에 따른 규제완화, 보유 기술의 이전, 교육을 통한 첨단전산 및 예보기술의 이전 등의 다각적인 노력을 전개할 필요도 있다.

그러나 앞으로의 유비쿼터스 정보화 사회를 대비하여 산업기상정보서비스의 질적 양적 개선이 무엇보다도 필요하다. 이를 이루기 위해서는 우선 기상정보의 다양화, 전문화가 선행되어야 하므로 이를 위해서는 산업기상의 특성상 응용분야 전문가와의 상시협의 및 지속협력을 지원하기 위해 상설조직화 할 필요가 있다. 한편으로 기상청은 지역특유의 산업기상정보 수요 파악은 물론 이를 토대로 제공할 수 있는 산업기상서비스 체계를 기상청 조직 내에서 운영함으로써 보다 장기적인 시각의 산업기상정보지원 방안을 현재 모색하고 있는 중이다.



<그림 11> 국가산업기상서비스 체계도

기상청은 기상정보제공 인프라의 중요성을 인식하고 다음과 같은 노력을 계획하고 있다. 유관기관과의 공조에 의한 산업기상정보 활용을 위한 기술을 공동개발하고, 민간예보사업체와의 역할분담 및 지원을 통한 기상정보서비스를 활성화하며, 지역특성을 반영하는 중점 산업기상정보를 발굴하고, 이를 조직적으로 뒷받침하기 기상청의 방향을 모색 중이다. 그림 2-4에서 제시된 것처럼 국가 산업기상서비스 체계를 확립하기 위해 기상청, 민간기상사업체, 그리고 유관기관 간의 역할을 다음과 같이 정리할 수 있다.

기상청

- 산업기상 정보 공유 네트워크 구축
유관기관과의 공조체제를 확립하여 산업분야별 유용한 기상정보를 파악하여 기상정보의 국가자원화하여야 한다.
- 수요부응형 산업기상정보서비스 기술 개발
산업기상 및 관련 경제지표를 개발하여 산업기상 정보 제공 기술을 개발해야 한다.

민간분야

- 산업기상서비스의 특화 및 기상청과 공조 체계 구축
기상청과의 기상정보서비스 민·관 역할 분담을 확실히 하고, 학계와 연구기관과의 제휴를 통하여 전문화를 이룩하고, 여러 민간분야와 제휴하여 업종별 특화를 이루어야 한다.

유관기관

- 새로운 산업기상정보의 수요 창출과 활용의 극대화
산업기상정보 가치에 대한 인식을 제정립하고 산업기상 정보의 활용도를 향상시켜 기상정보 수요를 창출한다. 한편으로 교육, 홍보 등을 통한 산업기상정보에 대한 신개념을 확산시켜야 한다.

최근 지구온난화 등 지구환경변화에 따른 이상기상의 빈발, 엘니뇨/라니냐 등 대규모 대기 순환의 예측불확실성에 따른 국가 산업 활동의 취약성에 대한 면밀한 검토와 대응책 수립을 위한 기술개발 및 기상정보지원체계의 국가 차원의 구축문제는 매우 시급한 실정이다. 이상기상의 출현은 생태계의 교란은 물론 황사, 대기오염물질 확산 등 국민의 보건건강에 미치는 악영향을 심화시키는 주범으로 간주되고 있어 건강하고 안전한 생활환경 조성을 목표로 하는 국가정책에 막대한 지장을 초래할 것으로 판단됨으로 최대한 조속한 시일 내에 기상정보 제공 인프라를 확보하는 것이 국민 삶의 질 향상을 위한 가장 현명한 방안으로 판단된다.

VII. 맺는 말

과학은 많은 자연재해, 특히 지구상에서 공기와 물로 인한 재해의 특성을 평가하고 이해하는 방법을 제공해준다. 이들의 특성, 예를 들어 자연재해 발생의 위치, 기간, 강도, 빈도, 진행경로, 범위, 상호관계 등을 올바르게 예측한다면 재해로 인한 피해를 줄이는 데 크게 기여할 수 있다. 그러나 미래에는 기후변화나 해수면 상승으로 재해의 특성 중 일부가 변할 수 있기 때문에 현 기후를 바탕으로 한 방재시설도 별 쓸모없는 것이 되어버릴 수 있다. 예를 들어, 가뭄의 빈도나 범위가 변함에 따라 열대 폭풍이나 증위도 저기압은 더 자주 발생하고 강도도 더 심해질 수 있다. 또 인구의 증가, 또는 삼림파괴나 도시화 같은 토지이용의 변화 등은 이러한 상호관계를 재조정하거나 방재대책의 기본 개념을 변형시킬 수 있다.

이런 상황 하에서 우리가 준비해야 할 일은 평소에 자연적 변동에 대한 적응 능력을 향상시키는 것이라 생각된다. 가뭄과 홍수에 대비한 적절한 수자원 관리 방안을 확보하여야 하며, 이상기상을 좀 더 빨리 예측할 수 있는 능력도 국가적 차원에서 평소에 배양해야 한다. 기상재해를 극소화시키기 위해서는 그 원인이 되는 악기상 현상의 동태를 신속하고 신뢰성 있게 예측해야 한다. 이를 위하여 우선 가장 시급한 문제는 원인인 악기상 현상을 정확히 감시하고 분석하여 그 현황을 세밀하고 정확하게 이해할 수 있어야 한다.

미래의 재해방지를 위한 기상업무의 과제는 관련된 전자, 통신 등의 첨단과학기술의 발전에 따라 가능해 질 인공위성을 통한 3차원적인 대기활동 및 수증기의 이동 감시 체계 확립과, 기상예측에 절대적으로 필요한 초고속 슈퍼컴퓨터의 실용화, 국가적 또는 세계적 차원의 사회간접자본의 확충 등을 통해 자연과 조화를 이루며 재해를 최소화하는 것이다. 또 나아가서 인공증우 또는 인공 안개 제거 등과 같은 기상제어기술을 확보하여 기상 또는 기후조절을 가능하게 하는 것이다. 멀지 않은 장래에 예견되는 기상업무의 획기적인 발전으로 각종 재해의 조기 경보를 통하여 어느 정도 피해갈 수는 있을 것이다.

집중 호우와 같은 기상재해의 경감을 위한 감시 곧 투자자는 사회 간접 자본 내지 하부 구조의 성격을 지닌다. 이에 대한 경제적 평가는 사회 간접 자본 투자 사업의 중

요성이 고려의 최우선 조건이지만 간접적인 경제적 수익성 또한 따져 보아야 한다. 기상재해 경감을 위한 공공 투자는 생산 및 소득 창출에 있어 거시적 파급 효과를 얻을 수 있다. 강수 관련 현상을 좀 더 과학적으로 감시하고 이를 바탕으로 강수 예보 모델을 개선함으로써 장마에 대한 예측성을 향상시키려는 노력은 댐을 축조하여 수자원을 관리하는 것에 비견할 만한 더 민간 친화적인 사회 간접 자본 투자가 될 것이다.

또 인위적인 지구 온난화와 생태계 질서 파괴를 줄이기 위해서 우리의 삶의 자세도 달라져야 한다. 지금까지 지구촌의 주인 행세를 하며, 다소 파괴적이고 과소비적인 생활 자세보다는 지구촌의 일원으로 다른 생태계와 더불어 사는 지혜가 필요하다. 개인은 물론 기업과 국가도 가급적 에너지와 물자를 아낌으로써 이를 생산할 때 필요 불가결하게 발생될 수 있는 지구 환경 파괴요소를 최소화하는 방향으로 노력해야 하는 시기가 된 것 같다. 인간의 활동이 이제 우리가 존재하는 유일한 혹성인 지구 전체에 미치는 만큼, 인간 활동이 기후 시스템에 미치는 영향을 충분히 이해하고 판단하여 사회적으로, 경제적으로, 기술적으로 지구를 지속성(substantiality) 있게 관리할 때 우리의 미래가 보장되는 것이다(오재호, 2003).

사실 우리나라는 IPCC에서 3차례 보고서를 발행하는 동안 부처 간의 이해도와 이견을 좁히지 못하고 제대로 국가 종합 대응책을 마련하지 못한 것은 사실이다. 이는 정보와 대응을 제대로 구별하지 못하는 제도적 문제 때문으로 생각된다. 작게는 국내적으로는 계속해서 발생하는 자연재해에 대한 정보와 대응간의 유기적인 협조체제를 찾기 어렵고, 크게는 전 지구적인 문제에 국제적으로 대응을 요구하는 문제에도 마찬가지라고 생각된다. 이제 우리는 크던 작던 이런 각종 위기에 효율적으로 대처할 시스템의 구축이 절실히 요구된다. GEO(Group on Earth Observations, 2005)에서 요구하는 것은 단지 기상, 해양 환경에 대한 국가별 연구뿐만 아니라 농업을 비롯한 산업 활동, 질병, 자연재해에 관한 국가별 이행을 요구하기에 이르렀다. 이러한 새로운 환경에 대해 적극적으로 대처하기 위해서는 기상청도 단순히 일기예보를 생산하는 기관에서 벗어나, 국가 위기를 관리하는 여타의 정보기관처럼 국민 삶의 질을 책임지는 자연재해 대응

정보 기구(예를 들면, NIA, Natural Intelligent Agency)로 거듭 태어나야 할 것이며, 관련 정부기관들도 이 정보를 근거로 단계별로 위기에 대응하는 유기적인 관리체계가 필요하다.

<참고문헌>

- ▷ 기상청. 2004. 방재기상업무지침. 기상청. p. 70.
- ▷ 과학기술부. 2003. 국가방재기상체계 최적화방안에 관한 연구. 정책연구. 2003-18.
- ▷ 오재호. 1999. 기후학 I: 기후와 대기대순환. 서울: 아르케. p. 362.
- ▷ 오재호. 2003. 지구환경과학. 서울: 신광문화사. p. 581.
- ▷ 행정자치부. 2002. 제7차 방재기본계획.
- ▷ Group on Earth Observations. 2005. Draft Development of GEOSS 2006 Work Plan.
- ▷ OH, J-H, T. Kim, M-K Kim, S-H Lee, S-K Min, and W-T Kwon. 2004. Regional climate simulation for Korea using dynamic downscaling and statistical adjustment. J. Meteor. Soc. Japan, 82-6, 1629-1643.

吳載鎬: 1988년 미국 오리곤주립대학교에서 기상학 박사학위를 취득하고(논문: Physically-based general circulation model parameterization of clouds and their radiative interaction. Department of Atmospheric Sciences), 현재 부경대학교 환경대기과학과 교수로 재직 중이며, 기상청 예보국 자문위원, 기후전문위원, 정보화관리관실 자문위원, 기상산업육성자문위원회 자문위원을 역임하고 있다. 또한 KOREN 사용자협의회장, 과학엠베서디, 한국제4기학회 부회장, 한국기상학회 평의원, 한국선도망협회 이사로 활동중이며, 2005년 대한민국 근정포장을 수상하였다. “인간은 기후를 지배할 수 있을까?”, “슈퍼스톰”, “지구환경과학” 등 10여 편을 저·역술하였으며, 30여 편의 SCI 논문을 비롯하여 60편의 논문을 국내외 유명 학술지에 발표하였다. (jhoh@pknu.ac.kr)