



# 기후변화를 고려하는 재해대책



심 기 오  
소방방재청 방재연구소 방재정책연구팀장

## 1. 빈번해지는 재해발생

지구에서 살고 있는 인구가 60억명에 달하고 있는 상황을 고려해 보면, 최근 세계 곳곳에서 발생하고 있는 기후변화로 인한 재해의 유형과 규모의 변화는 인류가 경험해 보지 못한 것이어서 예측이 곤란하여 대규모의 재난으로 이어질 수 있어 엄청난 위력을 보여주고 있다.

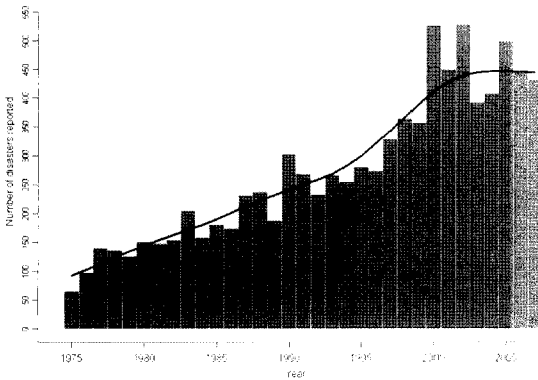
기후변화로 인해 세계각지에서는 이상강우와 태풍 등을 동반한 홍수와 산사태, 가뭄, 산불, 폭염 및 한파 등으로 인하여 많은 인명 피해와 재산피해가 나타나고 있다. 1988년과 1992년 사이 유럽전역에 닥친 가뭄과 1995년 여름 영국의 가뭄, 1998년 중국의 홍수, 2000년 1월 인도의 아열대지역 한파, 2001년 아프카니스탄의 3년 연속 가뭄, 2002년 유럽의 폭우, 2003년 40℃가 넘는 유럽의 폭염 등 기후변화로 인한 재해는 향후 그 발생빈도나 규모면에서 더욱 증가할 것으로 예상된다.

우리나라는 남해안의 해수면 상승, 말라리아 환자급증

(1994년 5명, 2006년 2,051명), 제주도 한라산의 고산식물 멸종 및 기후 아열대화 등이 관측되고 있다. 해수면 상승에 따른 범람 예상면적은 우리 국토의 1.2%인 2,643km<sup>2</sup> 정도이며, 취약지역인 저지대에 거주하는 주민 125만명이 홍수피해를 볼 수 있을 것으로 예상된다.

또한 경험적으로 과거에 발생하거나 관측된 기후변화양상을 살펴보면 자연계가 지역적 기후변화의 영향을 받고 있음을 알 수 있다. 농업분야에서는 작목의 파종 시기가 빨라진 것도 기후변화로 인한 것이다.

1975년부터 2006년까지 전세계적으로 보고된 자연재해의 발생 현황에 대한 통계적 분석을 실시하기위해, 수집된 재해발생 건수를 취합하여 연도별 발생건수를 그림 1에 나타내었다. 1975년에 60여건으로 보고된 자연재해는 2005년에는 490여건으로 보고되어 급속히 증가하는 양상을 보이고 있으며, 지난 2000년과 2002년에는 각각 520여건, 530여건의 발생건수를 기록함으로써 가장 많은 발생빈도를 기록한 것으로 집계되었다.



〈그림 1〉 1975~2007년 전 세계 자연재해 발생건수 추이(www.emdat.be)

## 2. 재해규모의 증대 요인

우리나라의 재해변화를 파악하기 위하여 2000년을 기준으로 전체 기록 자료에서 1999년까지의 기간에 대해 먼저 강우의 크기를 분석하고, 전체 기록 자료에서 2006년까지의 강우자료를 이용하여 빈도분석 등을 실시한 결과와 비교하였다. 우리나라 지점들에 대한 기후 변화에 따른 빈도별 설계 강우량의 증감 여부를 확인하였다.

첫째, 경향성 분석에 있어서는 연 평균 강수량이 전반적으로 증가하는 결과가 나타났다. 물이 부족한 봄과 겨울철에는 강수량이 감소하고, 홍수가 우려되는 여름과 가을에는 강수량이 증가하는 경향으로 나타났다. 이것은 앞으로 수자원과 관련된 이·치수에 있어 많은 예방투자가 필요한 것으로 판단된다.

둘째, 강우에 대한 설계빈도를 분석해 본 결과 1999년까지의 최대치 관측 자료와 2006년까지의 빈도분석 결과를 보면, 지속시간 1시간에 대해서는 전반적으로 감소하고 있었으며, 지속시간 24시간 자료에 대해서는 전반적으로 크게 증가하고 있는 것으로 나타났다. 이러한 분석결과는 도달시간이 비교적 큰 지역에 대해서는 강우에 대한 설계 빈도를 강화할 필요가 있는 것으로 판단된다. 이러한

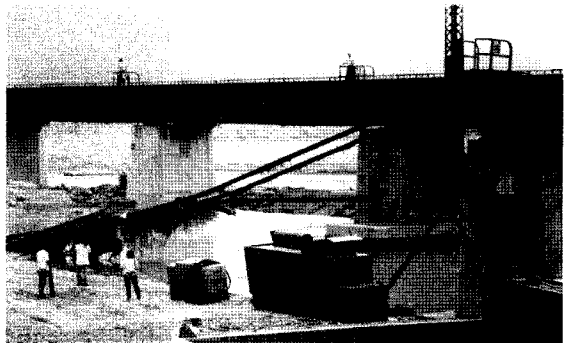
기후변화로 인한 재해측면에서의 가중요인으로 다음의 사항들을 들 수 있겠다.

### 2.1 집중호우 및 홍수

우리나라 뿐만 아니라 최근 들어 기후변화로 인한 강우 양상의 변화, 이상 홍수와 호우로 인한 피해는 세계적으로 증가하고 있는 추세에 있다. 극단적인 이상 홍수 및 호우에 의한 피해는 기후변화 양상이 지속될수록 급격히 증가할 것으로 예상된다. 최근 들어 국내에서도 홍수, 호우의 빈도 및 강도의 변화가 두드러지게 나타나고 있으며, 이로 인한 피해가 점차 증가하고 있는 것으로 관측되고 있다. 그림 2에 2002년 8월 집중호우로 인한 감천철교 교각유실 피해상황을 보여주고 있다. 기후변화로 인한 재해의 위험유형을 변화시킬 요인은 여러 가지가 있지만 홍수와 같은 극단적 기상현상의 출현빈도와 강도의 증가 및 돌발적인 호우의 증가를 들 수 있다.

전 지구적인 수문기상재해의 주요 발생 원인들을 보면 집중호우로 인한 홍수에 의한 피해가 다른 유형의 재해로 인한 피해보다 큰 폭으로 상승하고 있다.

호우, 홍수에 관하여는 해안지대 등 인구 밀도가 높은 지역은 바다와 강 및 하천 주변에서 발생하는 홍수량의 증가로 인해 심각한 위험에 직면하게 되며 이로 인해 주로 홍수, 가뭄 등에서 기인하는 설사병 등 풍토병으로 인한 사망률이 급증할 것으로 예상된다.



〈그림 2〉 경북 김천시 감천철교(2002, 집중호우)

## 2.2 태풍 및 강풍

2007년 11월 스페인에서 개최된 「기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC)」 제4차 보고서에 의하면 첫째, 지구 온난화는 지구평균기온과 해수면 상승 등의 관측자료를 통해서 명백히 알 수 있으며, 둘째, 인간활동으로 인한 온실가스 배출량이 1970년 대비 2004년에 70% 가량 증가했고, 셋째, 2100년경에는 기온이 최대 6.3℃ 상승하고 해수면이 최대 59cm 상승할 수 있으며, 넷째, 기후변화에 대한 적응으로 통해서 피해를 줄여나갈 수 있으므로 기후변화에 대한 적응이 필요함을 제시하고 있다.

기후변화로 인한 전 지구적인 열대성 저기압의 강도는 증가하는 추세에 있으며, 세계 곳곳에서 관측되는 태풍, 허리케인 등의 열대성 저기압의 관측 자료는 이러한 경향을 뒷받침해 주고 있다.

우리나라에서 최근에는 태풍 및 강풍에 의한 피해도 증가하는 경향을 보이고 있다. 이상기후로 인한 태풍은 2002년 8월의 태풍 “루사”와 2003년 9월의 태풍 “매미”에 의한 인명 피해는 사망·실종이 총377명, 재산 피해는 약9조 4천억원에 이르고 있어 국가발전에 지대한 영향을 끼치게 되었다. 그림3에는 2002년 태풍으로 침수 피해상황을 나타내었으며, 그림4에는 2003년 태풍으로 인한 강

풍 피해상황(크레인)을 나타내었다. 1975년~2004년까지 한반도에 상륙한 태풍을 분석한 결과 태풍의 바람세기가 매년 0.7%씩 빨라지고 있는 것으로 나타났다.

태풍은 지구 온난화를 기반으로 많은 수분을 흡수하여 강도를 높여왔다고 할 수 있으며, 온난화는 위도가 높을수록 해양보다는 대륙이 영향을 많이 받는다고 한다. 일본의 태풍 모델 예측에 따르면, 21세기 말까지 태풍의 발생 건수는 30%가량 줄어드는 것으로 나타났으나, 태풍의 강도는 지금까지 경험하지 못한 파괴적인 양상으로 예전보다 훨씬 강해지는 것으로 예상되고 있다. 한반도에서는 근래 30여년 동안 경험하지 못한 강력한 규모의 태풍 영향을 받을 수 있다고 예측하고 있다.

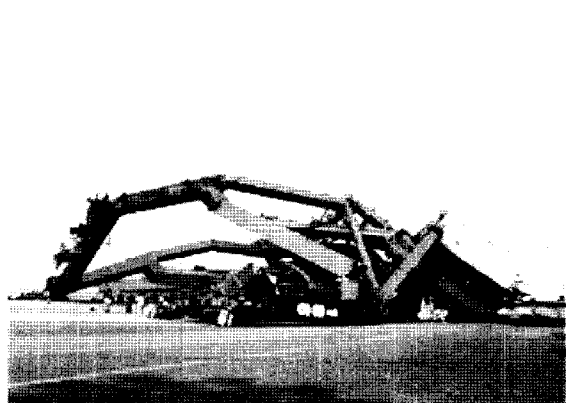
## 2.3 기온상승 및 폭염

기후변화의 현상이 가장 직접적으로 나타나는 것이 기온의 변화이다. 기온의 변화 양상을 분석하는 방법은 기후변화에 의한 지구온난화현상을 분석하는 것이 가장 직접적인 방법이라 할 수 있다.

지구의 육지와 해양의 평균 표면온도는 지난 100년 동안  $0.6 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$  가량 상승하였다. 특히 1920년대부터 현재까지 세계적으로 평균 기온의 상승이 매우 두드러지게 진

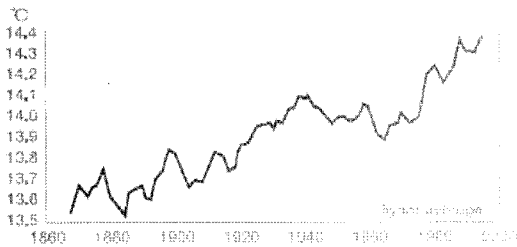


〈그림 3〉 2002년 “루사” 피해(강릉시)



〈그림 4〉 2003년 “매미” 피해(경남)

1) IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change



〈그림 5〉 1860년대~1990년대 지구평균온도 변화 (이산화탄소사업단, 2005)

행되었다. 이는 급격한 산업화가 일어났던 시기와 인간의 활동이 급증한 시기와 일치한다고 할 수 있다. 1860년대~1990년대까지의 지구 평균온도변화를 그림 5에 나타내었다.

아시아 지역의 경우, 히말라야 빙하의 용해로 홍수 발생과 이로 인한 해안선의 상승은 빈번한 홍수 등을 불러와 생명을 위협하여 인구의 이동까지 야기시킬 것으로 예상된다. 북극 주변에서는 육지와 해양의 기온이 상승함에 따라 평균해수면을 상승시키는 결과를 초래할 것으로 예상된다.

우리나라의 경우 기후변화로 인한 기온상승 및 폭염은 좀 더 심각한 상황에 있다. 1906년부터 2005년까지 100년간 지구평균온도는 약 0.7°C 상승했지만, 한반도의 기온은 1.5°C 상승하여 지구평균의 2배에 이르고 있다. 또한 폭염으로 인한 직·간접적인 영향으로 1994~2003년 서울, 대구, 인천, 광주 지역에서 여름철 폭염으로 인해 2,127명의 초과사망자가 발생하였다고 집계되었다. 말라리아 환자의 경우에는 1994년 5명에서 2006년에는 2,051명으로 증가했다. 기온상승 및 폭염은 점차 인간의 생명을 위협하는 재해로 다가오고 있다.

## 2.4 해수면 상승

기후변화 중 지구온난화로 인해 가장 큰 영향을 줄 수 있는 요소 중의 하나가 해수면 상승인 것으로 예측된다. 지구온난화에 의한 해수면 상승은 자연생태계 및 사회경제적으로 주요한 연안 저지대 및 습지의 범람, 해안 침식, 강이나 지하수로의 해수 유입, 조석 및 파동 변화 등을 주

며 그 결과 자연생태계, 인간 거주지, 수자원 및 산업시설을 포함한 사회인프라에 악영향을 미칠 것으로 예상되고 있다. 연안지역은 지구온난화로 인한 강수 및 태풍의 강도와 빈도 변화에도 영향을 받기 때문에 지구온난화와 기후변화에 가장 취약한 지역으로 인식되고 있다.

국내에서는 서해안을 중심으로 백중사리, 태풍이나 폭풍 등에 의한 해일과 같은 기상재해에 의하여 이미 해수 범람 및 해안침식, 지하수위의 해수 침입 등의 문제로 상당한 피해를 주기적으로 경험하고 있다.

## 2.5 지진 발생 증가

지진에 의한 피해는 크게 지반진동에 의한 피해와 지표면의 단층전단 파괴와 쓰나미(지진해일)로 나눌 수 있다. 환태평양 지진대에서는 매년 1,500만회 정도의 지진이 발생하고 있는데 이 중에서 강진(6~9 규모)이 100회 이상이다. 과거 100년 동안 기록된 최대규모의 지진은 1960년 칠레에서 발생한 규모 9.5의 지진이며 이 지진으로 쓰나미가 태평양 전체에 파급된 것으로 알려져 있다. 최근에는 인도네시아에서 2004년도에 규모 9.0의 지진이 발생하여 인도양 전역에 쓰나미를 발생시켜 많은 인명과 재산피해를 발생시켰다. 이러한 지진의 발생이 기후변화에 있다고는 확인하지는 못하지만 그 원인에 대해서는 학자들간에 연구가 계속되고 있다.

## 3. 기후변화 극복을 위한 방재계획

기후변화 대응을 위한 가장 큰 요인은 연강수량의 점진적인 증가와 집중호우에 의한 강우강도의 변화가 될 것이며, 이로 인해 하천의 침투홍수량이 증가하고 국지성 집중호우로 인한 홍수관련 피해가 증가될 것으로 예상된다. 따라서 기후변화로 인해 증가하는 홍수량에 대해 하천개수나 홍수조절시설의 정비 등에 있어서 기후변화에 대한 여건을 고려해야만 할 것으로 판단되며, 이를 고려하지 않을 경우 홍수량에 대한 대응이 불가능한 하천이 지속적으로

증가할 것이다. 그러므로 기후변화를 고려한 홍수량에 대한 대책을 수립하여야 하며, 유역의 안전도에 있어서도 기후변화로 인한 홍수량의 증가에 따라 안전도가 저하됨을 고려하여 재해예방을 위한 수방시설물 안전관리 기준 등을 재검토하여야 한다.

기후변화에 따른 적응대책은 치수대책이 아닌 유역의 종합적인 방재대책을 수립하여야 한다. 이상강우에 의한 홍수량에 대응하는 방법을 추진하되, 향후에는 지구온난화에 따른 기후변화가 국지적 현상이 아닌 일반적인 현상이 된다는 것을 방재분야에 종사하고 있는 사람들은 인식할 필요가 있다.

이에 따라 우리나라에서도 기후변화 제4차 종합대책에 명시된 방재부문을 실천하기 위한 추진사항을 부문별로 제시하면 다음과 같다.

### 3.1 기후변화 대응을 위한 재해발생 메커니즘 규명

우리나라는 1970년대 연평균 강수량이 1,159mm에서 1980년대 1,274mm로, 최근 21세기에는 1,360mm 이상으로 증가하고 있는 것으로 조사되고 있다. 2007년 연구 발표에 의하면 강수량은 많아지나 강수일수는 적어지고 있어 국지성 집중호우의 빈발은 더욱 심각해질 것으로 예상하고 있다. 이미 집중호우로 인한 홍수발생의 척도가 되는 강우량은 과거 최고기록이 118.6mm/hr에서 1998년 지리산 집중호우시 145mm/hr를 기록하는 등 집중호우의 빈도와 규모가 증가하는 것으로 나타나고 있다.

이에 따라 하천, 댐, 하수관거 등 사회기반시설의 설계 빈도는 관리주체별로 별도로 설치되고 있으며, 특히 우리나라는 1960~1970년대에 설치된 사회기반시설이 많으므로 이미 시설물 내용연한<sup>2)</sup>(耐用年限)인 40~50년에 접근하므로 대폭적인 개보수가 필요한 것으로 판단된다. 따라서 우선적으로 재난발생의 메커니즘을 파악할 필요가

있고 이를 위해 각 재난유형별 정량적인 예측을 검토할 필요성이 있다.

### 3.2 미래재해 대비를 위한 중·장기 방재전략계획의 수립

기후변화로 재해분야에서 예상되는 향후 재난의 규모와 유형의 대형화, 다양화에 대응하기 위해 재난관리 분야에서 추진해야 할 중·장기 방재전략계획을 구축하고, 실천방안을 강구할 필요가 있다.

각종 사회기반시설물의 설계기준을 예상되는 대형 재난에 대비하여 상향조정하고 기존 시설물의 보강은 보강기준이 상향될수록 안전하다는 장점도 있으나 이에 따른 국가의 재정 부담과 원하는 수준이 안전도를 적정하게 단계적으로 설정하여 추진되어야 할 것이다. 시설물은 취약성이 가장 큰 시설을 우선적으로 개보수 우선순위로 설정하여 추진하는 것이 중요하다. 또한 종래의 시설별 중요도별 중앙정부에서 설정한 일률적인 설계기준과 함께 지역 주민의 안전에 대한 관심도와 원하는 수준을 함께 고려하는 방식을 통해 안전을 위한 지역분담률에 대한 공감대도 형성할 필요도 있다.

### 3.3 재해취약시설의 통합관리체제 구축 및 표준화

재해유형별, 관리시설별 및 부처별로 관리되고 있는 시설물 관리체계를 대폭 개선하여 범정부적 차원으로 재해정보 공유 및 분석체계를 마련할 필요가 있다. 특히 재난분야 전담기관으로 지정되어 있는 소방방재청에서 업무가 추진되어 지속되고 있는 국가재난관리 정보시스템(NDMS) 등이 구축되어 있는 만큼 이를 중심으로 한 범정부 재난정보 네트워크를 구성하고, 이에 따라 각 부처별 및 기관별 운영되고 있는 재해정보 DB를 공유할 수 있는 체계가 마련되어야 한다.

2) 내용연한 : 어떠한 구조물의 설치 이후 구조물의 재질 및 특성에 따라 제 기능을 할 수 있는 기간을 의미하며, 대규모 댐 등에서는 구조물의 한계비용-편익분석의 기준이 된다.

특히 향후 방재산업의 수출전략 산업화 등을 위해서는 국제 표준화기구(ISO<sup>3)</sup>)의 표준에 맞도록 초기 단계에서부터 각종 정보 및 시설물의 기준을 표준화하는 작업이 필요하다.

### 3.4 기후변화 극복을 위한 방재기준 강화

기후변화에 따른 단계적인 연구와 정책개발을 통해 최종적으로는 기후변화와 관련하여 가중되는 재해를 사전에 예방하거나 피해를 최소화할 수 있는 국가의 방재기준 설정과 이를 사회기반시설 전반에 확대할 수 있는 구체적인 방안이 마련되어야 할 것이다. 이를 위해서는 기후변화에 따른 전 세계적인 추세와 관측, 영향평가 등의 분야에서 수행되어 온 많은 연구결과와 국가정책 등을 고려하여 대응분야에 연동하고 유동적으로 변화될 수 있는 정책과 예산확보 등을 함께 고려해야 한다.

### 3.5 재해저감기술 관련 방재산업 인프라 조성

방재분야는 다양한 분야의 요소가 많기 때문에 개별적인 요소기술이나 원천기술 등이 국가연구개발사업을 통해 확보되고 있지만 상대적으로 방재분야에 적용되지 않은 기술 등이 국내·외적으로 많이 산재되어 있다고 판단된다. 실제 재해현장 등에서의 조사 및 분석 경험 등이 바탕이 되고 여기에 선진 재해저감기술 등을 융합된 응용기술의 국내 적용가능성은 매우 많다는 점에서 방재분야의 발전성은 매우 크다고 볼 수 있다.

따라서 방재분야의 기술 및 산업을 육성하기 위해서는 방재분야의 전문지식과 많은 방재행정체계를 경험한 분야별 전문가 등에 의해 실용성이 강한 추진목표를 설정하고, 실무적 경험과 첨단기술을 연결할 수 있는 전문기관이 주관이 되어 국내·외적으로 재해저감을 위한 기 개발되어 있거나 개발 중인 첨단기술을 방재분야에 접목시키는 일련의 연구수행을 추진할 필요가 있다. 이렇게 함으로써

방재인프라가 구축될 수 있으며 기후변화로 인한 재해피해를 최소화 할 수 있다.

## 4. 결론

기후변화는 20세기 이전부터 시작되어 현재 진행 중에 있으며 21세기에는 그 진행 속도가 더욱 가속화될 것으로 예측된다. 기후변화로 인한 재해현상이 세계적으로 빈번히 발생하는 요즘, 전 지구적 및 한반도에서 관측되고 있는 기후변화의 양상들과 발생하는 재해들에 대한 자료를 수집·분석하여 향후 기후변화로 인한 재해대응책을 제시하고자 하였다.

기후변화에 기인한 전 지구적인 양상 중 가장 대표적인 것으로 지구온난화현상을 들 수 있으며, 지구온난화로 인한 해수면 상승 및 이로 인한 해안 침식, 생태계 파괴, 태풍과 강풍의 변화, 호우로 인한 피해 증가 등은 오늘날 우리에게 직면한 문제로 다가와 있다. 기후변화로 인하여 발생하는 재해들이 이미 자연 생태계와 인류에 있어서 사회적, 경제적 등 모든 분야에 걸쳐 우리의 삶 깊숙이 영향을 미치고 있다.

우리나라는 세계적인 온난화 추세를 상회하고 있으므로 철저한 대비가 필요할 것으로 판단되며, 기후변화로 인해 가장 큰 피해를 가져오는 재해유형으로는 태풍, 호우, 폭풍 등이 될 것이다.

지역유형별 기후변화 분석과 함께 호우, 홍수, 태풍, 해일과 같은 재해유형에 따른 분석 결과를 바탕으로 재해대책에 대한 심도있는 연구가 진행되어야 할 것이다. 인명피해는 물론이고 재산피해도와 밀접한 관련이 있는 수방구조물의 설계빈도 재산정 문제 등 변화하는 기후로 인한 피해를 최소화하기 위한 기후변화 대응방안들에 대하여 지속적인 연구와 투자가 있어야 할 것이다.

3) ISO : International Organization for Standards

## 참고문헌

- [1] 국무조정실·에너지관리공단, 쉽게 풀어보는 기후변화협약, 2006.
- [2] 권기환, 기후변화에 따른 방재정책이 달라져야 한다, 한국방재협회 방재저널, 제34호, Vol.10 No.2, 2008.
- [3] 김병식, 김형수, 기후변화가 홍수에 미치는 영향평가, 수자원정책세미나 기후변화에 대비한 수자원정책방향, 건설교통부, 2007.
- [4] 방재연구소, 21세기 기후 및 사회구조변화 예측과 재해가중요인 분석 연구 -기후변화를 중심으로-, 2007.
- [5] 방재연구소, 기후변화에 따른 국내외 대응체계 분석 연구, 2007.
- [6] 한화진 외, 기후변화 영향평가 및 적응 시스템 구축 III, 한국환경정책·평가연구원, 2007.
- [7] 환경부, 기후변화 전문가 워크숍, 제5차 기후변화 학술대회 제4차 기후변화 정책포럼, 2007.
- [8] Hung-Soo Kim, Chaotic Dis-aggregation of Rainfall from Climate Change Scenario, 국제심포지엄, 기후변화에 대한 국내외 연구동향 및 대응, 국토해양부, 2008.