

기후변화와 자연재해

최영은(건국대학교 기후연구소, yechoi@konkuk.ac.kr)

1. 서론

IPCC 4차 보고서에 의하면 온실기체 배출량의 증가로 인해서 최근 100년간(1906년~2005년) 지구평균기온은 약 $0.74^{\circ}\text{C} \pm 0.18$ 정도 증가 하였고, 그 증가 폭은 최근 50년을 고려하면 더욱 커진다($0.13^{\circ}\text{C} \pm 0.03/10\text{년}$). 이와 같은 기온의 증가와 함께 중위도 바람패턴과 스톱트랙이 극쪽으로 이동하였고 아열대 지역에서 가뭄은 더욱 강력해지고 길어지고 있다. 또한 호우와 극한 기온 사상의 빈도(hot night, cold night, cold day)가 증가하였고 열대성 저기압의 강도도 증가했다(IPCC, 2007). 이러한 변화는 인류의 활동에 의해서 기인한 것으로 확신되고 있고, 21세기에 이산화탄소와 에어러솔의 배출량이 2000년 수준으로 유지된다고 하더라도 지속될 것으로 전망된다.

이렇게 전망되는 21세기의 지구 온난화는 자연 생태계는 물론 인간의 건강과 사회경제적 활동의 중심인 수자원, 농원, 산업, 임업 등에 영향을 미치고 연안 지역과 저지대에 대한 피해가 클 것으로 전망된다. 이에 미국, 영국, 호주를 포함한 많은 선진국에서는 기후변화 영향평가 및 적응 방안에 대한 연구 및 대책 마련이 1990년대 후반부터 활발하게 이루어져 왔다. 기후변화 시나리오를 이용한 21세기 기후 전망뿐만 아니라 자연 재해, 해양 환경, 수문 환경에 대한 영향을 예측한 연구가 다수 수행되었다. 우리나라의 경우에는 2002년부터 기상연구소가 주축이 되어 저해상 및 고해상 기후변화 시나리오를 생산하기 시작하였다. 하지만 영향 평가 모델의 개발과 적응 방안 모색에 대해서는 아직 낙후되어 있는 상태이다.

본 연구의 목적은 자연재해에 대한 기후변화 영향 평가에 있어서 지리학자의 역할을 파악하는 것이다. 이것을 위해서 우리나라에서 발생하는 기후 관련 자연재해의 현황을 파악하고 연구 범위를 제시하였다.

2. 자연재해의 정의와 극한기후 사상의 발생 현황

재난 및 안전관리기본법('04. 3.11 제정)에 따르면 자연재해는 “태풍·홍수·호우(豪雨)·폭풍·해일(海溢)·폭설·가뭄·지진·황사(黃砂)·적조 그 밖에 이에 준하는 자연현상으로 인하여 발생하는 재해를 자연재난”이라고 정의하고 있다. 이 중 지진과 적조를 제외한 모든 현상이 기후 관련이고, 적조현상도 해수의 온도가 지속적으로 높게 나타날 때 발생한다. 따라서 우리나라에서 발생하는 자연재해의 90% 이상이 기상과 관련이 되어 있고 최근 통계에 따르면 이 중 호우, 태풍, 폭풍에 의한 것이 80%를 넘고, 설해는 약 10%를 차지한다(소방방재청, 2005년).

우리나라의 자연재해로 인한 피해 추이를 보면 사망과 실종과 같은 인명피해는 줄어들고 있지만, 인구 집중화 현상이나 복잡한 사회시스템으로 인하여 인명피해의 잠재성은 증가할 것으로 전망되고 있다(Parry et al., 2007). 경제적 손실은 뚜렷하게 증가하고 있고 2002년과 2003년 태풍 루사와 매미에 의한 재산 피해는 7조원에 이르렀다(표 1). 특히 두 차례의

태풍의 내습으로 인한 피해 지역은 특별재해지역(제15호 태풍 『루사』 내습(2002.8.30~9.1)으로 피해가 발생된 16개 시·도, 203개 시·군·구, 1,917개 읍·면·동 일원, 제14호 태풍 『매미』 내습(2003. 9. 12~9. 13)으로 피해가 발생된 14개 시·도, 156개 시·군·구 1,657개 읍·면·동 일원)으로 선포되기도 했다.

표 1. 최근 10년 기상관련 주요 자연재해로 인한 피해 현황, 1993~2002(소방방재청, 2005)

연도	재해 원인	인명피해	재산피해
2002	태풍 루사로 인한 집중호우(강릉 일강수량 870mm)	270명	6조 1천억 원
2001	겨울 폭설, 7월초-중순의 집중호우	82명	1조 2천억 원
2000	호우 3회, 태풍 2회 (8월 경기북부 집중호우)	49명	6천 4백억 원
1999	7월말과 8월초 호우, 9월 말 태풍 내습 등으로 집중호우 발생	89명	1백 2십억 원
1998	7월 31일-8월 18일까지의 호우, 9월 29일-10월 1일 태풍 내습 등 총 14회의 자연재해 발생	384명	2조 2천억 원
1997	집중호우와 태풍 내습	37명	19억 원
1996	7월 26일-28일 경기와 강원 북부에 집중호우	77명	48억 원
1995	두 차례의 태풍 내습으로 인한 집중호우	158명	60억 원
1994	6월말과 8월말 집중호우 발생	72명	1천 5백억 원
1993	태풍 내습과 장마전선으로 집중호우	69	1천 9백억 원

우리나라에서도 연평균기온의 상승과 함께 극한 기후 사상의 변화가 보고되고 있다. 우리나라에서 발생하는 자연재해의 대부분을 차지하는 강수관련 현상을 살펴보면 강수량과 호우의 빈도가 증가하고 있어 전세계적인 경향과 일치한다. 홍수를 발생시킬 수 있는 일강수량의 기준값은 정해진 것이 없지만, 일강수량 250 mm 정도의 강수 현상이 1년에 많게는 11회 발생한 기록도 있다(기상청, 2006). 우리나라에 영향을 미치는 태풍의 발생빈도나 강도는 뚜렷한 변화 경향을 나타내고 있지 않지만, 지구온난화가 가속화되면 태풍이 강해지고 이동경로의 변화가 발생할 것으로 전망되어 잠재적 위험성이 증가되고 있다(IPCC, 2007). 이런 기상 관련 자연재해로 재산 피해는 지속적 급격하게 증가하여 2002년 국가과학기술위원회는 "자연재해 예측 및 저감 기술 개발"을 작성하였지만, 기후변화에 대한 내용이 포함되어 있지 않다. 자연재해를 발생시킬 수 있는 극한 기후 사상의 발생 강도 및 빈도에 관한 연구가 수행되고는 있지만 이것이 자연재해와 어떤 관계가 있는지에 대한 연구는 전무한 상태이다.

3. 기후변화와 자연재해

사람들이 관심을 가지는 것은 기후변화로 인해서 홍수, 가뭄, 한파, 열파와 같은 자연재해가 더 빈번하고 강하게 발생할 것인가이다. 기상 관련 자연재해는 극한 기상 사상의 강도와 발생 빈도에 의해 결정되어진다. 지구온난화는 극한 기상 사상의 강도와 발생 빈도를 증가시킬 것으로 전망되고 이로 인해서 자연재해의 발생빈도와 피해도 증가하게 될 것이다. 전

세계적으로 자연재해에 의해 연간 123,000명 정도의 인명피해가 있는 것으로 알려져 있고, 홍수, 가뭄, 열대성 저기압의 내습은 가장 치명적인 자연재해 형태이다. 이 중에도 홍수는 가장 빈번하게 발생하여 많은 경제적 손실과 인명피해를 주는 자연재해(Parry et al., 2007)의 유형이다. 특히 아시아와 아프리카는 이로 인한 직접 피해뿐만 아니라 전염병 발병 및 확산에 의한 간접 피해가 선진국에 비해 20-30배 많아 더욱 취약한 지역으로 알려져 있다.

하지만 자연재해 발생의 직접적 원인이 되는 극한 기후 사상의 발생 강도나 빈도 변화 경향에 대한 자료는 아직 부족하다. 질 좋은 일단위의 기상자료를 보유하는 일부 지역에서 극한기상(extreme weather events)의 빈도와 변동 폭에 대한 연구가 수행되고 있다. 사헬 지방의 장기적인 강수량 감소로 인해 발생하는 극심한 가뭄 현상을 제외하고는 지속적인 한발의 빈도와 변동에 관한 보고는 거의 없다. 동아시아와 북미를 포함하여 많은 지역에서 호우의 발생 강도와 빈도가 증가하게 될 것이라는 보고가 있지만, 호우 빈도의 증가가 자연재해의 발생과 직접 연결되는 것은 아니다. 지형과 지질과 같은 자연적 요인이나 도시 설계와 같은 다양한 요인에 의해서 영향을 받을 수 있다. 따라서 지역별로 어느 정도의 강수량에서 범람이 일어나는 지를 보여주는 강수량 극값과의 관계에 관한 연구가 필요하지만 거의 없는 실정이다.

4. 연구과제와 지리학자의 역할

선진국의 경우에는 지역별, 구역별 자연재해의 발생 분포와 미래기후변화시나리오 자료를 이용한 전망자료가 생산되고 있다. 자연재해로 인한 재산피해가 크게 늘어나면서 정확한 자연재해 강도와 발생빈도를 산출하고 예측하기 위한 노력이 시도되고 있다. 특히 기후변화로 인한 미래 기상관련 자연재해의 발생 빈도 증가가 전망되면서 이에 대한 필요성에 대한 연구가 지속적으로 수행되고 있다.

우리나라에서도 기상 관련 자연재해의 현황 및 피해상황, 예측을 위한 다양한 사업과 연구가 수행되고 있지만, 기후변화와 관련된 영향평가 부분이나 전망에 대한 연구는 초기단계에 있다. 미래기후변화시나리오 생산 기술을 확보하고 있지만, 분석이나 자료 처리기술에 대한 연구는 아직 부족한 실정이다. 우선 지구온난화로 인한 기후시스템의 변화로 발생할 수 있는 자연재해의 발생 빈도와 지역을 보다 정확하게 예측하여 그로 인한 인명피해와 재산손실을 저감할 수 있는 기초자료를 생산하는 것이 필요하다. 유형별, 지역별 자연재해 발생 위치를 정확하게 파악하고, 자연재해 발생과 극한기후사상의 관계를 정확하게 구명하는 것이 수행되어야 한다. 그 자료를 기초로 하여 자연재해 발생 극한기후사상의 기준값을 산출한다. 기후변화로 인해서 발생할 수 있는 미래 자연재해 취약지역을 선정하고 완화방안을 간구하는 것이 그 다음에 수행되어야 할 것이다. 최종적으로는 한반도 자연재해예측시스템과 완화방안을 간구하는 것이 수행 방향이 될 것이다.

표 2는 기후변화로 인한 자연재해의 피해를 저감하기 위해서 필요한 연구 분야를 제시하고 있다. 1960년 이후에 자연재해 발생 위치와 유형에 대한 자료와 GIS를 이용하여 정확한 유형별 자연재해 분포도의 작성되고, 이를 기상자료와 현장조사를 통하여 그 원인을 파악하는 것이 필요하다. 그리고 극한 기후 사상별 자연재해 발생 유무와 피해 정도의 관계를 분석하여 기준값을 설정하는 모델을 개발한다. 현재 기상연구소에서 보유하고 있는 고해상도

(~30km) 자료는 일단위의 시나리오자료를 확보하고 있으므로, 미래 극한 기후 사상의 변화 경향을 추정하여 자연재해의 발생 빈도 및 강도의 변화 경향을 예측할 수 있다. 보다 현실적인 기후변화시나리오가 지속적으로 개발되고 있기 때문에 자료처리기술 확보보다 정확한 미래 자연재해 전망이 가능하리라 판단된다.

보다 정확한 자연재해 발생과 극한 기후 사상과의 관계를 구명하는 것이 필요하다. 이를 위해서는 정확한 유형별 자연재해 분포 파악을 위해 현장조사, 위성사진 및 GIS 기법이 활용될 것이다. 또한 자연재해를 발생시키는 극한 기후 사상의 기준치를 추출하기 위한 모델이 개발되어야 할 것이다. 더불어 보다 정확한 미래 기후변화시나리오 자료 생산과 자료 활용 기술 개발도 수행되어야 할 것이다. 그리고 이 모든 것을 통합하여 자연재해예측시스템 개발과 완화 방안이 간구되어야 할 것이다.

표 2. 기후변화에 의한 자연재해 저감을 위해 필요한 연구내용(기상청, 2006)

구분	연구내용
자연재해 발생 극한 기후 사상 산출 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 자연재해 발생의 공간 분포: 홍수(침수, 범람), 산사태, 가뭄, 침수, 강풍, 폭설 등 ·GIS를 이용한 고해상도 분포도 작성 ·시범사업(홍수, 가뭄, 강풍, 폭설 취약 지역 선정 조사) ·현장 조사 및 위성 자료 사용 - 극한 기후 사상의 발생 빈도 및 강도 변화 분석 ·기후 자료 분석 기술: 빈도/재현기간, 강도 및 지속기간 ·일기상 자료의 동질성 확보 - 자연재해 발생 극한 기후 사상의 기준 선정 산출 ·호우강도 및 지속기간 ·고온 및 저온강도 및 지속기간 ·강풍 및 폭설강도 및 지속기간
시나리오자료를 이용한 자연재해 발생 극한 기후 사상 예측 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 미래 극한 기후 사상의 발생 빈도 및 강도 예측 ·시나리오 자료 생산 기술 ·시나리오 자료 처리 기술 - 미래 자연재해 발생 극한 기후 사상의 추출 ·자연재해 발생 극한 기후 사상 기준 모델 - 유형별 자연 재해 발생 가능 및 취약 지역 예측
자연재해 완화 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 자연재해 예측시스템 개발 및 개선 - 자연재해 완화 방안 개발 및 개선

참고문헌

기상청, 2006, 기후변화 영향평가 및 적응방안에 관한 연구.

소방방재청, 2005, 재해연감.

IPCC, 2007, *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M.

Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.

Parry M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., 2007, *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1000pp.