

기후변화 위험관리를 위한 체계

A Framework for Climate Change Risk Management

이승준*

Seungjun Lee*

Senior Research Fellow, Korea Environment Institute, Sejong, Republic of Korea

*Corresponding author: Seungjun Lee, leesj@kei.re.kr

ABSTRACT

Purpose: This study aims to propose a framework for climate change risk management by analyzing characteristics of climate-induced disasters. **Method:** The recent global and domestic trends of loss and damage under natural disaster events and the characteristics of climate-induced disasters were analyzed to design a framework for climate change risk management. **Results:** In consideration of the uncertainty of climate risk and various spatio-temporal scales of climate disasters, a new framework is suggested for comprehensive climate risk management that includes risk assessment, goal setting, planning, monitoring and evaluation, learning and adjustment. The framework aims at an iterative process that is activated by stakeholder engagement. **Conclusion:** Pilot studies need to be conducted to revise and polish the framework in the future, and institutional arrangements should be prepared for the effective implementation of the comprehensive climate risk management.

Keywords: Climate Risk, Natural Disaster, Adaptive Management, Comprehensive Climate Risk Management

요약

연구목적: 본 연구는 기후변화에 따른 재난의 특성을 분석하여 기후위험에 대비하기 위한 관리체계를 제시함을 목적으로 한다. 연구방법: 최근 국내외 자연재난으로 인한 피해의 추이를 분석하고 기후변화에 따른 재난의 특성을 파악함으로써 기후위험을 위한 관리체계를 설계한다. 연구결과: 기후변화에 따른 위험의 불확실성과 다양한 규모의 재난을 고려할 때, 위험의 평가에서부터 목표 설정, 계획 수립, 모니터링 및 평가, 학습과 조정 등의 핵심과정을 포함하는 포괄적 기후위험 관리체계가 요구되며, 이는 이해관계자 참여를 바탕으로 지속적으로 반복되는 체계를 의미한다. 결론: 본 연구에서 제시한 포괄적 기후위험 관리체계를 효과적으로 추진하기 위해 시범사업을 통해 관리체계를 수정 및 보완하고, 필요한 제도적 여건을 마련해야 한다.

핵심용어: 기후위험, 자연재난, 적응관리, 포괄적 기후위험관리

Received | 28 May, 2019

Revised | 29 May, 2019

Accepted | 30 September, 2019

 OPEN ACCESS

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

최근 국내외에서 발생한 극한 자연재난으로 인해 역사적으로 기록될만한 인명과 재산 피해를 입었다. 2017년 미국 텍사스 주에 상륙한 허리케인 하비(Harvey)로 인해 1미터 이상의 폭우가 쏟아졌고, 1,250억 달러의 경제적 피해와 함께 89명의 사망자와 3만 명 이상의 이재민이 발생하고 20만 이상의 가정이나 일터가 피해를 입은 것으로 알려졌다(NOAA NCEI, 2019). 최근 유럽과 호주 등지에서는 섭씨 40도가 넘는 폭염으로 인해 산불, 재산피해, 질병확산 등의 2차적인 피해가 나타나기도 했다(BBC, 2018; BBC, 2019). 우리나라에서는 2017년 7월 청주를 비롯한 충청 지역에 내린 307.7mm의 집중호우로 2,308명의 이재민과 5명의 사망자가 발생했다(OGPC, 2017; MPSS, 2017). 이는 해당 지역에 1995년 이후 22년 만에 발생한 홍수로, 농경지와 주택 등에서 예상치 못한 재산피해와 인명피해를 입었다. 그동안 청주 지역은 자연재해가 크게 발생하지 않은 지역이라 이례적인 사건으로 언급되었다. 이와 같이 최근 전 세계적으로 강도 높고 예상치 못한 자연재난이 발생하여 큰 인명피해와 재산피해를 야기하고 있다. 폭염이나 홍수와 같은 재난은 과거에도 발생하였지만 최근의 발생 현황에 대해 전문가들은 이례적인 경향이라고 평가하고 있으며, 과학자들은 이러한 재난발생의 원인으로 일부 기후변화를 주목하고 있다(Yonhapnews, 2017).

이와 같이 최근 국내외에서 발생하는 예측하기 어려운 높은 강도의 자연재난에 따른 인명 및 재산 피해로 국제사회는 예상하기 어려운 재난을 관리할 정책이 필요함을 언급하고 있다. 2015년에 채택된 유엔의 「지속가능개발 2030 어젠다(Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development)」를 비롯하여 기후변화 대응을 위한 유엔기후변화협약의 「파리협정(Paris Agreement)」, 유엔재난경감전략기구의 「센다이강령(Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030)」은 기후변화의 심각성과 함께 자연재난 혹은 기후변화에 따른 재난이 국가 및 지역의 삶에 큰 영향을 미친다는 점을 강조하고 이를 위한 국가와 지역의 행동 및 국제사회의 공조를 호소하고 있다. 기후변화 그 자체가 반드시 새로운 재난을 유발하는 것은 아니지만, 기후변화는 기존의 극한 날씨현상에 따른 재난의 시공간적 규모를 변화시켜 생태계뿐만 아니라 사회경제계에도 직간접적으로 더 큰 피해를 야기할 수 있다.

이례적인 자연재난 사건과 최근의 기후변화 연구결과를 토대로 판단하자면, 앞으로 기후변화에 따라 자연재난의 패턴과 영향도 기존에 경험했던 것과 다르게 나타날 수 있다. 따라서 재난관리체계도 새롭게 나타나는 재난 패턴에 대응할 수 있도록 변화해야 한다. 본 연구는 최근의 자연재난 현황과 기후변화에 따라 발생하는 재난의 특징을 분석함으로써 변화하는 재난 발생의 양상에 대응할 수 있는 새로운 재난관리체계를 제시하고자 한다. 결론적으로 기후변화에 따른 재난은 정보의 불확실성과 영향의 복잡성 및 규모의 다양성을 그 특징으로 하고 있다. 이에 대응하기 위한 방안으로 본 연구에서는 위험 평가에서부터 계획, 모니터링 및 조정 등을 포함하는 포괄적인 관리과정을 반복적으로 수행하며, 관리목표와 재난발생 모델을 유연하게 수정함으로써 불확실성을 줄여나갈 수 있는 포괄적 기후위험 관리체계를 제시하였다.

이론적 배경

기후변화적응과 재난위험경감

기후변화적응(Climate Change Adaptation: CCA)은 IPCC에서 “피해를 완화하거나 이로인한 기회를 이용하기 위한 실제 혹은 예측되는 기후와 그 영향을 조정하는 과정”으로 정의했다(IPCC, 2012). 한편 재난위험경감(Disaster Risk Reduction:

DRR)은 “위험요인에 대한 노출 경감, 취약성 감소, 현명한 토지와 환경 관리, 부정적 사고에 대한 준비 개선 등을 통해 재난 원인을 분석하고 관리하기 위한 체계적 노력”을 의미한다(UNISDR, 2009). CCA와 DRR 분야는 서로 다른 제도, 방법론, 정책의 틀을 바탕으로 발전해 왔지만, 위험요인에 대한 취약성을 줄임으로써 피해를 최소화하는 데 초점을 맞춘다는 점에서는 방향성이 유사하다(Schipper, 2009). 최근 발생하는 자연재난과 그에 따른 2차 피해의 양상이 과거와 달라지고 재난에 대한 기후변화의 영향이 과학적으로 설득력을 얻으면서 CCA와 DRR 분야의 협력 혹은 통합에 관한 논의가 지속적으로 이루어지고 있다.

최근 국제사회에서도 CCA와 DRR 분야의 통합 혹은 협력을 강조하는 분위기이다. 2005년에 채택된 「효고행동강령(Hyogo Framework for Action 2005-2015)」에서는 기후변화를 재난위험의 근본적인 요인으로 간주하고, 행동우선순위 중 하나로써 위험요인을 줄이기 위한 CCA와 DRR의 통합 증진을 제시했다(UNISDR, 2005). 이어 2015년에 채택된 「센다이강령」에서는 기후변화를 재난위험의 근본적인 원인 중 하나로 보고 재난위험경감 평가에서 기후시나리오를 고려해야 함을 강조했다(UNISDR, 2015). 2015년 12월에 채택된 유엔기후변화협약의 「파리협정」과 관련한 제21차 당사국총회 결정문서 문에서는 유엔의 센다이강령 채택을 환영함으로써 기후변화와 재난위험경감의 연계성을 간접적으로 언급했다(UNFCCC, 2016). 유엔은 또한 「지속가능개발 2030 어젠다」의 채택과 함께 지속가능개발을 위한 기후변화와 재난관리의 중요성을 바탕으로 이에 대한 대응을 목표 1, 2, 11 등에서 언급했다(UN, 2015).

CCA와 DRR은 목표나 연계 이슈, 접근 방식, 적용 단위 등에서 유사점을 보이지만 한편으로 시공간적 규모나 기능, 지식 등의 측면에서 차이점을 보이기도 한다(Schipper, 2009; Birkmann and von Teichman, 2010). 따라서 두 분야의 차이점을 파악하여 적절한 협력 방안을 모색할 수 있다. 또한 대응체계의 개선을 통해 두 분야의 잠재적 협력을 고려해 볼 수도 있는데, 기존에 DRR 분야에서는 대응체계를 위험경감, 준비, 대응, 복구 및 재건의 과정으로 고려하였으나 기후변화에 따라 발생하는 재난의 불확실성과 변동성을 고려할 때 재난 발생을 평가, 대비, 대응, 복구하면서 미래의 변화 상황을 예측하고 이를 다시 정책과정에 반영함으로써 기후변화에 따른 재난관리를 지속적으로 이루어지는 순환 과정으로 정착시킬 수 있다(Shamsuddoha et al., 2013).

재난관리 거버넌스 패러다임의 변화

거버넌스는 의사를 결정하는 과정과 그 결정이 실행되는 과정을 의미하는데, 재난관리 활동이 유기적이고 효과적으로 이루어질 수 있도록 체계를 개선하고 유지할 수 있는 기반이 된다. 우리나라는 전통적으로 관료주의의 명령과 통제를 기반으로 하는 재난관리정책을 유지해 왔으나, 최근에는 각 담당기관에 책임과 권한을 부여하는 분산관리 시스템이나 부처 간 혹은 민·관 협력을 통한 협력적 거버넌스를 강조한다. 협력적 거버넌스는 정부 부문과 민간 부문의 다양한 조직이 공식 및 비공식적으로 상호작용하는 네트워크를 구축하여 위험을 관리하는 경우를 의미한다. 협력적 거버넌스는 정부 역할의 축소, 효율적이고 효과적인 서비스의 수요 증대, 정책의 복잡성 증대, 협력의 필요성 증대 등을 배경으로 그 중요성이 커지고 있다(Moynihan, 2005).

협력적 거버넌스는 참여하는 여러 조직이 책임과 권한을 공유하고 상호간 신뢰를 바탕으로 실행된다는 장점이 있으나, 다양한 이해관계의 충돌이나 정부의 리더십 실패 등에 따라 거버넌스 자체의 실패로 이어질 수 있다는 한계점이 있다(Ewalt, 2001). 협력적 네트워크 조직의 규모가 커질수록 조정과 의사소통의 어려움 역시 커지지만, 공동체의 복원력을 높이고 대형,

복합 재난 발생 시 효과적으로 대응할 수 있다는 장점을 지닌다(Waugh and Streib, 2006). 현실적으로는 거버넌스가 명확하게 특정 형태로 구분되기보다 다양한 방식이 결합되거나 혼합된 형태로 나타난다. 예를 들어 조직 측면에서는 분권적 거버넌스로 중앙정부와 지방정부 조직으로 분산되어 책임과 역할을 구분할 수 있고, 재난 유형에 따라서는 통합적이고 중앙집권적인 거버넌스나 협력적 거버넌스의 형태를 취할 수도 있다.

포괄적 위험관리와 위험계층 개념

재난을 외부의 작용으로 간주하여 복구에 치중했던 과거의 재난관리에서 벗어나 최근에는 위험요인에 대한 사회의 취약성에 따라 재해의 정도가 달라진다는 인식이 확산되어 왔다. 재해 복구능력과 더불어 예방을 통해 피해를 훨씬 줄일 수 있다는 연구결과에 따라 위험경감에 대한 인식이 높아지고 있다. 예를 들어, 중국은 1960~2000년 기간에 홍수 조절에 31억 5,000만 달러를 들여 120억 달러의 손실을 방지했고, 인도 안드라프라데시주에서는 재난경감 및 준비 프로그램을 통해 13.38의 편익/비용을 창출하였으며, 베트남에서는 태풍과 폭풍에 대한 해안지역 인구보호 목적으로 실시한 맹그로브 식수 사업으로 1994~2001년 동안 52 이상의 편익/비용을 창출한 것으로 나타났다(Stern Review, 2006). 재난이 경우에 따라 심각한 인명 및 경제적 피해, 그리고 그에 따른 2차적 사회경제 피해를 유발한다는 점에서 사전 예방에 따라 얻는 피해 경감의 정도가 매우 크다고 할 수 있다.

재난에 대한 사회의 취약성과 예방의 중요성에 대한 인식이 높아져 이제 재난관리 분야에서는 재난이 발생할 당시에만 활동이 이루어지는 것이 아니라 지속적이고 체계적인 관리가 필요함을 강조하고 있다. 특히 기후변화의 영향은 단발성 자연재난의 빈도와 강도를 높임으로써 재난발생의 불확실성을 높인다. 따라서 기후변화의 영향을 고려하는 위험 관리정책은 사후 복구 뿐만 아니라 사전에 위험을 평가하고 대응전략을 수립하여 지속적으로 위험에 대처하는 포괄적 위험관리를 통해 위험을 경감하고 재정적으로 대비해야 한다(Mechler et al., 2014). 또한 위험관리 과정에서 국가 혹은 지방 수준에서 당면하고 있는 환경이나 사회경제적 현황을 반영하고 취약성을 이해하는 것이 필수적이기 때문에 관련 정보체계의 지속적인 개선이 요구된다(UNFCCC, 2012).

Yuzva et al.(2014)는 포괄적 기후위험관리 과정에 대해 크게 위험과 수요 평가, 전략설계, 이행의 세 단계를 제시하였다. 사전 분석 및 준비와 사후 위험분산을 강화하여 기후변화의 영향에 따른 피해를 최소화하는 과정을 거치는 것을 목적으로 한다. Schinko et al.(2016)은 오스트리아의 기후위험관리에 관한 사례연구를 통해 참여를 기반으로 하며 네 단계를 포함하는 체계를 제시했다. 앞선 Yuzva et al.(2014)의 연구에서 제시한 체계와 기본적인 개념은 동일하지만, 위험평가 단계에서 구체적인 경제 모델을 바탕으로 새로운 위험요인과 사회경제적 임계점 등에 대한 새로운 기준을 파악하고자 하였다. 이러한 노력의 일환으로 Schinko et al.(2016)은 오스트리아의 자연재해로 인한 손실을 모델로 추정하고 이를 예상 재난기금과 비교함으로써 재난관리를 위한 재정 부족분을 정량화했고, 통계 모델과 위험계층(risk layer) 이론을 바탕으로 재난주기별 추정 손실을 평가했다.

기후위험의 포괄적 관리를 위한 과정에서 취약성이나 위험평가에 어느 정도의 불확실성이 포함되고 기후변화 요인 분석 과정에서도 실제로 기후변화가 재난에 어느 정도로 영향을 미치는지 명확히 알아내기는 어려운 실정이다. 따라서 포괄적 기후위험관리 과정에서 일부 정보의 불확실성을 내포할 수밖에 없지만, 한편으로 기후재난에 대비하는 행동과 관련해서는 비교적 명확한 기준을 바탕으로 정책을 마련할 수 있다. Mechler et al.(2014)은 재난의 빈도와 규모에 따라 적용할 수 있는 위

험관리 방식이 다르다는 점에서 이를 ‘위험계층(risk layer)’ 개념으로 이론화했다.

기후재난에 관한 위험계층 접근은 재난의 발생빈도와 영향의 강도에 따라 위험수준을 구분하고 위험수준별로 위험관리 옵션을 다르게 적용할 필요가 있다는 점을 기본개념으로 제시하고 있다. 즉 재난의 강도가 비교적 약하고 빈번히 발생하여 예측 가능한 경우 적절한 위험경감 수단을 마련함으로써 재난피해를 최소화할 수 있다. 위험경감 수단으로는 댐이나 홍수제방과 같이 위험요인을 직접적으로 방어하거나 노후시설을 개선하여 위험에 대한 저항 및 회복탄력성을 강화하는 구조적 수단과 계획, 경보, 지식, 시스템 등의 비구조적 수단이 있다(UNISDR, 2009; UNFCCC, 2012). 그러나 위험경감이 비용 효과적이지 않고 다소 큰 피해를 야기하는 재난의 경우 위험금융(risk financing)을 통해 위험을 이전하거나 분산하는 방법을 활용할 수 있다. 위험이전의 수단으로는 전통적인 보험이나 소액보험, 보험연계 증권, 대재해채권 등을 들 수 있다(UNFCCC, 2012). 또한 재난의 발생 빈도가 낮아 예측이 어렵고 그 피해가 매우 큰 경우에는 보험회사 등에서 금융수단을 활용해 위험을 부담하기 어렵기 때문에 공공이나 국제사회의 원조를 통해 피해를 극복할 필요가 있다. 이러한 위험보유(risk retention) 수단으로는 비상대출, 사회기금, 예비금 등의 계획적 위험보유 수단과 긴급원조대출, 긴급서비스, 인도적 지원 등의 비계획적 위험보유 수단이 있다(UNFCCC, 2012). 위험계층 접근을 활용하기 위해서는 관련 데이터를 바탕으로 위험의 스펙트럼에 관한 모형을 구축할 필요가 있으며, 반복적이고 참여적인 위험관리 과정을 수립함으로써 위험요인과 노출, 취약성의 근본원인을 파악할 수 있는 기반을 마련해야 한다(Mechler et al., 2014).

연구방법

재난 데이터를 활용하여 최근의 자연재난에 따른 국내외 피해 추이를 분석하고 기존 연구를 통해 논의된 기후변화에 따른 재난의 양상 및 대응방안에 관한 정보를 바탕으로 기후변화 재난의 특성을 파악함으로써 대응 체계에 필요한 요소를 도출하였다. 이러한 분석 결과를 바탕으로 기후변화에 따른 재난위험을 관리할 수 있는 체계를 설계하였다.

국외의 자연재난 데이터는 벨기에 까톨릭리크 드 루벵 대학교 재난역학연구센터(Center for Research on the Epidemiology of Disasters: CRED)에서 운영하는 데이터베이스 EM-DAT을 활용하여 최근 자연재난에 따른 인명피해와 경제적 피해 추이를 분석하였다. 국내의 자연재난 데이터는 자연재난에 따른 피해 상황 정보가 기록된 관련 주무부처의 재해연보를 활용하여 분석하였다.

위험관리 체계의 설계 과정에서는 기존의 재난관리 혹은 생태계관리 등과 관련된 체계를 검토하고, 기후변화에 따른 위험관리체계에 요구되는 요소를 중심으로 기존 체계를 변형하여 설계하였다.

자연재난에 따른 피해 추이 및 기후변화 재난의 특성

국내외 자연재난에 따른 피해 추이

재난 유형에 따른 피해 추이는 대륙별로 다르게 나타났으나, 자연재난에 따른 전 세계의 피해는 사망, 부상, 이주 등 모든 영향을 포함하는 인명피해(total affected)와 경제적 피해가 증가하는 추이를 보였다(Fig. 1). 국내의 자연재난에 따른 피해를 분석한 결과에 따르면, 사망, 실종 등의 인명피해는 최근 감소 추세를 보인 반면, 재산상 피해(2016년 환산 기준)은 여전히 무시할 수 없는 수준이었다(Fig 2). 2006~2015년 동안 우리나라의 자연재난에 따른 연간 평균 피해액과 복구액을 합한 금액이

2015년 환산 기준으로 약 1조 6,300억 원에 달했다(MPSS, 2016).

최근 재난예방 기술과 관리 시스템의 발전에도 불구하고 데이터 분석에서 보듯이 세계 곳곳에서 강도 높은 자연재난이 발생하면서 예상치 못한 인적 혹은 경제적 피해에 국가나 지역이 비상사태를 맞이하고 있다. 이는 기존의 재난대응 체계로는 피해에 대응하기 어려울 정도로 기후변화가 재난의 강도 및 주기 등의 패턴을 변화시킬 수 있으며, 그에 따라 자연재난 예측의 불확실성이 높아지고 있음을 의미한다.

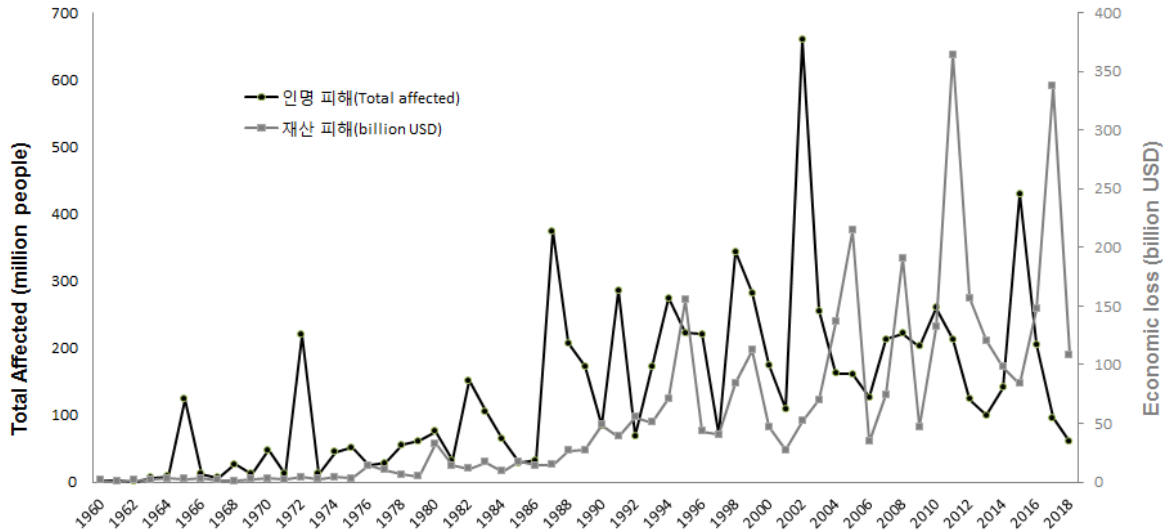


Fig. 1. Global loss and damage trend by natural disasters Source: CRED(2019)

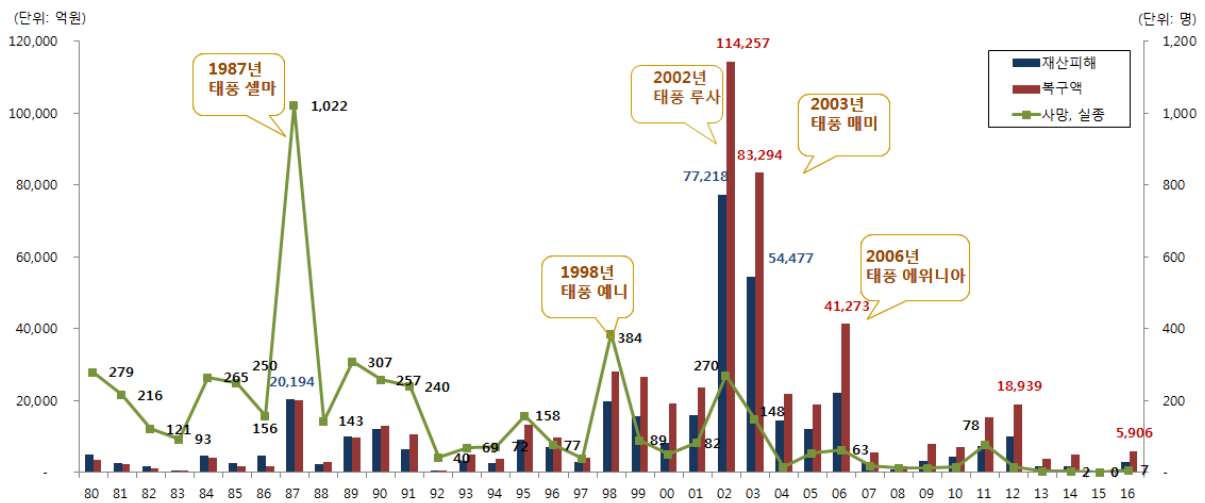


Fig. 2. Loss and damage trend by natural disasters in Korea Source: MC(1986); MHA(1996); NEMA(2006); MPSS(2016); MIS(2017)

기후변화 재난의 특성

전 세계적 자연재난 피해의 추세와 국내 피해 추세를 바탕으로 볼 때, 대규모 사망 추세는 감소한 반면 많은 사람들이 재난에 의해 이주나 부상 등의 영향을 받거나 재산상의 피해를 받는 정도는 오히려 증가함을 알 수 있었다. 이와 관련하여 IPCC는 날씨나 기후 관련 재난의 경제적 손실이 장기적으로 늘어나는 것은 사람과 경제적 자산의 노출이 증가한 데 기인한다고 높은 수준의 확신으로 언급했다(IPCC, 2012). 또한 이러한 추세의 원인은 네트워크 이론으로도 추정할 수 있는데, 사회 인프라 네트워크가 점차 복잡해지고 소수의 허브(hub)에 인프라가 집중되는 현대와 같은 척도 없는 네트워크 구조에서는 사회 인프라 망이 집중된 허브에 재난이 닥칠 경우 네트워크 전체에 큰 피해와 손실을 야기할 수 있다(Barabasi and Bonabeau, 2003).

급격한 날씨현상과 재난 위험 관리에 관한 IPCC 특별보고서에 따르면, 현재 기후변화가 어느 정도 재난에 영향을 미치는지는 불확실한 영역으로 남아있지만 기후변화에 따른 재난의 높은 정보 불확실성과 복잡성, 그리고 규모를 고려할 때 새로운 관리체계가 필요하다(IPCC, 2012). IPCC 특별보고서는 기후변화 재난에 대한 위험 관리체계에서 거버넌스 체계, 통합적 접근 방식, 학습, 참여의 중요성을 강조하였다(IPCC, 2012). 기후변화에 따른 재난 위험을 줄이기 위해서는 대응이나 복구 등 단일한 행동에만 치중하는 것보다 초기부터 위험을 줄이기 위해 평가, 계획, 실행, 모니터링, 복구 등의 행위들을 통합적으로 고려해야 한다. 또한 불확실성이 높은 기후재난에 대비하기 위해서는 사후 학습을 통해 기존의 체계와 목표, 계획 등을 유연하게 수정할 수 있는 정책적 기반을 마련해 두어야 한다. 불확실성은 기후변화 재난의 가장 중요한 특성이라 할 수 있는데, 기후위험 관리 체계의 설계에는 불확실성을 줄여 예측 가능성을 높이는 과정이 반드시 포함되어야 한다. 그리고 평가와 계획 단계부터 사후대응까지 지역민과 이해관계자의 참여를 통해 지역 단위의 구체적인 위험평가를 수행하고 계획을 마련하여 재난 발생 시 지역에서 효과적으로 대응할 수 있는 거버넌스 체계를 마련해야 한다.

효과적인 기후위험 관리를 위한 체계

기후변화의 영향으로 단발성으로 일어나는 태풍이나 홍수와 같은 재난의 패턴을 예측하기 어려워짐과 동시에 해수면 상승이나 기온 상승과 같이 서서히 일어나는 현상과의 복합적인 작용으로 재난 정보의 불확실성은 더욱 높아지고 다양한 시공간적 규모에서 재난이 발생할 가능성이 높아진다. 최근 우리나라에서 발생한 폭우나 홍수, 폭염과 같은 극한 기상현상은 재난에 안전한 지역은 없다는 사실을 시사하며, 또한 자연재난 피해 추이 분석에서는 인명피해와 재산피해의 규모가 무시할 수 없는 수준으로 나타났다. 앞으로 예측 불가능한 극한 재난이 예기치 않은 장소에서 빈번히 발생할 가능성도 배제할 수 없다. 따라서 기후변화에 따른 재난은 기존의 자연재난 패턴을 뛰어넘는 현상으로 보아야 하며, 이러한 예측이 어려운 현상에 대응하기 위한 체계를 마련해야 한다.

포괄적 기후위험 관리체계의 설계 방향

포괄적 기후위험 관리는 정보의 불확실성과 영향의 복합성에 대비할 수 있고 평가부터 계획의 수정까지 통합적으로 실행할 수 있는 체계로 구축되어야 하며, 세부적으로는 기후변화 영향의 빈도나 강도에 따라 적절한 수단을 적용할 수 있는 방식, 학습을 통해 변경할 수 있는 유연한 과정, 그리고 이해관계자 참여를 바탕으로 하는 거버넌스를 포함해야 한다.

먼저 기후변화 재난의 특징인 정보의 복잡성과 불확실성 문제를 극복하기 위해 적응관리(adaptive management)의 개념

을 적용하고, 예측하기 어려운 다양한 시공간적 규모의 재난을 관리하기 위해 포괄적 위험관리의 핵심개념을 적용한 포괄적 기후위험관리 체계를 설계하였다. 적응관리는 “과학적 방법을 바탕으로 관리 과정에서 습득한 지식을 학습함으로써 이를의 사결정에 반영하여 불확실성을 줄여 나가는 체계적인 과정”을 의미하는데, 일반적으로 관리목표가 뚜렷하며 불확실성이 높고 관리 과정에서 학습한 사항을 바탕으로 관리행동을 조정할 수 있는 환경에서 활용할 수 있는 과정이다(Kwon et al., 2015). 적응관리의 핵심개념으로는 측정 가능한 뚜렷한 관리목표의 설정, 가정과 실험, 불확실성 경감, 모니터링, 학습과 조정을 들 수 있다. Mechler et al.(2014)에 따르면, 포괄적 위험관리에서는 기후 혹은 사회경제적 요소를 포함한 근본적 위험요인을 다룸으로써 포괄적으로 관련 위험을 경감하고 위험에 대비하되, 특히 위험에 대해 재정적으로 대비한다. 포괄적 위험관리의 핵심개념으로는 위험의 사전 평가, 위험평가에 따른 수단의 마련, 사건 이후의 피해에 대한 사전적 대비책 마련 등을 들 수 있다. 포괄적 위험관리가 가능하도록 계획 설계와 이행 단계에서 위험의 수준과 단계별 관리수단을 고려한다.

포괄적 기후위험 관리체계

본 연구를 통해 제안하는 포괄적 기후위험 관리체계는 Fig. 3과 같다. 본 관리체계는 적응관리와 같이 지속적인 관리와 학습을 통해 불확실성을 줄여 나가도록 측정 가능한 목표를 설정하고 수정하는 과정을 포함하며, 관리계획 설계와 이행 단계에서는 위험 수준과 재난대응 단계별 관리수단을 고려하도록 설계되었다.

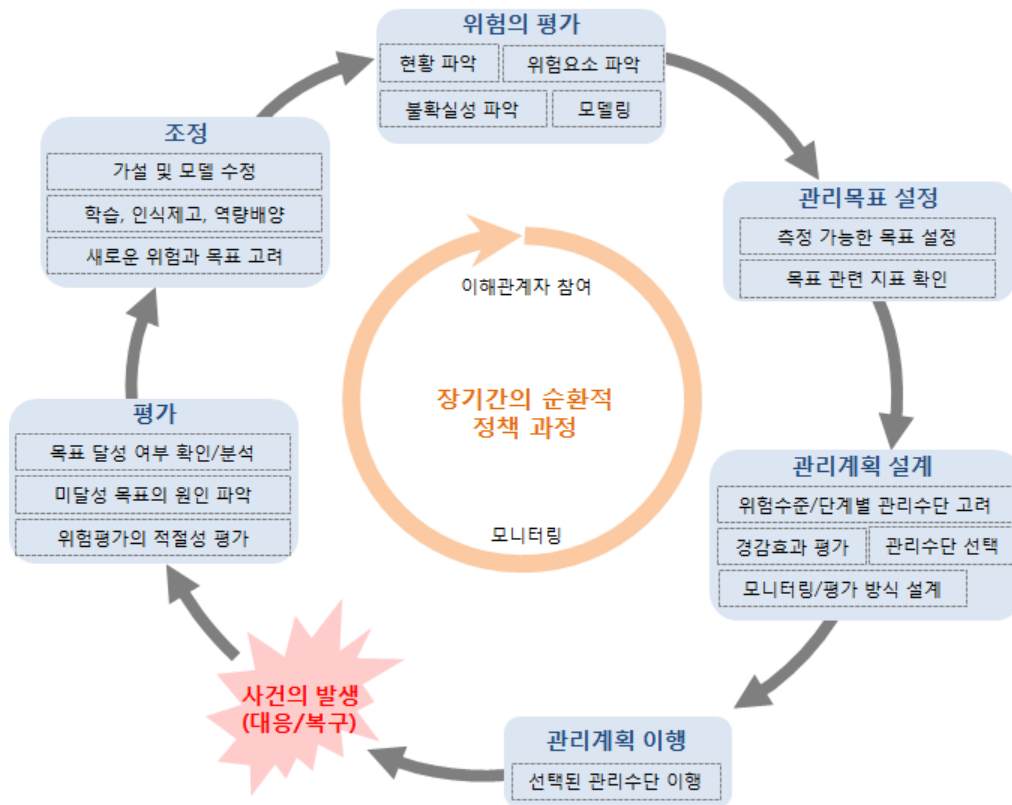


Fig. 3. A suggested climate risk management framework

위험의 평가

위험 평가 과정에서는 과거 데이터와 미래 예측의 근거가 되는 시나리오 자료 등을 바탕으로 미래에 생태계나 사회경제계에 발생할 위험요인과 위험이 발생할 확률 및 강도 등을 정량 혹은 정성적인 방법으로 파악한다. 이 과정에서는 현재 지식수준에서 예상할 수 있는 미래 위험 상황을 가정하여 모델링하고, 모델링 결과를 관리 과정에 활용한다. 모델링 결과물은 적응 관리 과정의 핵심적인 도구이며, 불확실성이 큰 상황에 대한 가설(hypothesis)을 모델로 구현하고 이를 실험적으로 실행하여 얻는 결과, 즉 정책 이행에 따른 결과에 따라 모델을 수정하는 과정을 거친다. 모델은 과학자 집단만이 활용하는 도구가 아니라 위험관리 과정에서 다양한 이해관계자가 문제를 근본적으로 접근하고자 할 때 의사소통할 수 있는 도구로 활용된다.

미래의 위험을 가정하고 모델로 구현할 때 불확실성에 대해 명확히 논의해야 한다. 즉 불확실성이 변수의 시공간적 변동성에 따른 것인지, 정보의 부족이나 측정 오차에 따른 것인지 등을 논의해야 한다. 이는 이해관계자가 잠재적인 불확실성에 대해 충분히 공감하고 그에 따른 기후변화 영향 예측의 한계를 이해함으로써 관리정책에 대한 수용성을 제고하고 적극적으로 참여할 수 있는 동기를 마련해 준다.

관리목표 설정

관리목표는 순환적 정책 과정에서 관리의 기준이 된다. 관리목표를 설정하고 그에 따른 계획을 설계 및 이행함으로써 나타나는 결과를 분석하여, 기존에 설정한 관리목표가 기후위험 대응에 효과적이지 못할 경우 목표를 수정할 수 있다. 관리목표는 계획이나 이행 과정이 적절히 설계되었는지 판단할 수 있는 기준이 되므로, 측정 가능한 목표로 설계해야 하며 관련 지표를 활용함으로써 기준을 마련할 수 있다.

기후위험에 대한 관리목표는 위험 평가 결과를 활용하여 설정한다. 관련 지표나 지수가 전체 관리 과정의 효율성과 효과성을 높여줄 수 있는지 충분히 확인하고, 과학적 자료와 모델을 바탕으로 이해관계자 간 논의를 통해 실행 가능하고 적절한 목표를 설계해야 한다. 관리목표는 관리 과정에서 기준이 되지만, 계획의 이행 결과에 따라 새롭게 나타나는 사실의 학습을 통해 목표 수정이 필요할 경우 수정한다. 불확실성이 높은 기후위험의 경우 위험 평가 과정의 부정확성이나 기존 지식의 한계 등에 따라 부적절한 관리목표가 설정될 수도 있기 때문이다.

관리계획 설계

관리계획 설계 과정에서는 평가된 위험과 그에 따라 설정된 관리목표를 바탕으로 실제로 관리계획의 이행 단계에서 활용할 관리수단을 고려한다. 먼저 관리수단은 위험요인의 발생빈도나 사회적 취약성에 대한 위험요인의 상대적 강도에 따라 고려한다. 위험계층 개념에서 참고할 수 있듯이, 위험요인의 발생 빈도나 강도에 따라 낮은 수준의 위험에 대해서는 위험경감 수단을 활용하여 예방하고, 그 이상의 위험에 대해서는 보험과 같은 위험이전 수단을 마련하거나 위험이전 수단으로도 대응하기 어려운 더 높은 수준의 위험에 대해서는 기금이나 기타 수단을 마련해야 한다. 또한 관리수단은 재난대응 단계별, 즉 예방, 대비, 대응, 복구 등의 과정에서 필요한 계획을 수립하고 적절한 시기에 이행될 수 있도록 준비한다.

관리수단을 고려했다면 이들이 실제로 어느 정도 피해를 경감해 줄 수 있을지 평가해야 하는데, 이 때 경제적 손해의 경감도 포함하지만 사회적 자본과 같은 비경제적 자산의 가치도 논의하고 평가하는 방안을 고려해야 한다. 비록 경제적 손해로 계산되지는 않지만 사회적 자본이나 생태계 등의 자연자산, 사회문화적 요소 등은 재난 이후 사회의 회복력에 영향을 미치는 주요 요소이기 때문이다.

관리수단에 대한 잠재적 평가 자료를 바탕으로 이해관계자와 의사결정자 간 논의를 통해 관리수단을 선택한다. 관리수단을 선택하는 데에는 경제적인 요소뿐만 아니라 사회, 문화, 환경 등 다양한 요소를 동시에 고려하고 사회 구성원의 기후변화 및 재난 피해에 대한 인식과 정책 수용성, 사회 구성원이 공유하는 가치 등을 반영한다.

관리계획 설계 과정에서는 이행 과정에 대한 모니터링과 평가 방식을 설계한다. 모니터링과 평가의 결과는 설정된 목표를 달성하기 위해 계획이 적절히 설계되고 수행되었는지 판단할 수 있는 도구가 된다. 선택된 관리수단에 따라 효율적이고 효과적인 모니터링과 평가 방식이 달라질 수 있으므로, 관리수단을 고려할 때 모니터링과 평가에 관한 사항도 포함하여 관리수단 선택의 의사결정에 활용한다.

관리계획 이행과 사건의 대응 및 복구

이행 과정에서는 계획 설계 과정에서 합의하여 선택한 관리수단을 실행한다. 이 과정에서는 예상하지 못했던 예산항목이 필요하다는 사실을 깨닫게 되거나 관리수단을 고려할 때 미처 예상하지 못했던 편익이나 사회적 비용이 발생할 수 있으므로, 새로운 상황에 유연하게 대처하기 위해 이행단계에서도 주기적인 정보공유와 이해관계자 논의가 필요하다. 필요한 변경사항에 유연하게 대처하기 위한 행정적 기반을 마련해 두어야 한다.

실제 재난의 시공간적 발생범위를 명확히 예상하기는 어렵다. 재난이 계획의 이행 단계에서 발생할 수도 있고 이행이 완료된 상황에서 발생할 수도 있다. 이 때 관리계획의 이행에 따라 이어지는 평가와 조정 과정은 비록 재난사건이 발생하지 않더라도 진행할 필요가 있으며, 관리계획의 이행에 따라 위험이 어떻게 변했는지 평가함으로써 새로운 관리목표와 관리계획을 지속적으로 마련한다. 관리계획의 이행이 마무리된 상황에서 발생하는 재난사건의 결과에 대해서는 해당 사건에 따른 적절한 평가와 조정 과정을 거치며 새로운 위험을 평가하고 기존의 가설을 수정하며 관리목표를 정비할 수 있다.

평가

관리계획 이행의 평가 과정에서는 초기에 설정한 목표가 효과적이고 효율적으로 달성되었는지 여부를 분석하고 확인한다. 목표 설정 과정에서 마련한 지표나 지수를 활용하고 계획 설계 과정에서 마련한 모니터링 및 평가 방식에 따라 분석한다. 달성하지 못한 목표에 대해서는 원인을 파악하는 분석 과정이 필요하다. 또한 재난사건이 발생할 경우 관리 과정에서 수행한 위험의 평가가 적절했는지 분석함으로써 위험 평가 과정을 더욱 정교화 하고 미래에 발생할 사건에 대비할 수 있다.

조정

관리계획 이행 결과에 대한 평가가 마무리되면 전체 관리과정에서 습득한 새로운 과학적 사실이나 과정의 문제점 등을 정리하고 이를 학습, 인식제고, 역량배양을 위한 기초자료로 활용한다. 조정 과정에서는 새롭게 습득한 정보를 바탕으로 기존 가설을 수정하고 관련 모델도 수정한다. 위험과 관련된 생태계 및 사회경제계의 위험요인과 영향에 대한 새로운 가설과 모델을 바탕으로 새로운 위험과 목표를 고려하고 이를 위험 평가와 관리목표 설정에 반영한다. 조정은 이행 과정에서 얻은 정보와 교훈을 바탕으로 새로운 정보를 축적하고 기존 가설을 수정하여 새로운 계획에 적용하는 과정으로 불확실성을 줄여 나가는 데 핵심 과정이다.

이해관계자 참여와 모니터링

포괄적 기후위험관리 과정은 과학적 사실을 바탕으로 하는 의사결정 과정으로, 관리의 주체 및 참여자가 되는 이해관계자들의 과정에 대한 이해, 수용, 의사반영이 필요하다는 점에서 전 과정에서 이해관계자의 참여가 요구된다. 각 과정에서 이해관계자가 참여하는 방식이나 핵심 이해관계자는 달라지겠지만, 이해관계자들의 논의를 바탕으로 지속적이고 순환적인 정책 과정이 되도록 하는 것이 핵심이다. 또한 이해관계자 참여를 바탕으로 지속적으로 기후위험을 모니터링 함으로써 데이터를 축적하고 평가 기반을 마련하는 것이 중요하다.

결론

최근 국내외에서 극한홍수, 폭염 등 이례적이며 기후변화의 영향이 있을 것으로 추정되는 자연재난 사건들이 빈번히 발생하고 있다. 국내외의 최근 자연재난 발생에 따른 피해 현황 추이와 기후변화에 따른 재난의 특성을 분석하여 기후위험 관리를 위한 체계를 설계하였다. 최근 국내외에서 자연재난에 따른 사망은 다소 줄어드는 추세를 보였으나, 재난에 영향을 받는 인명피해의 규모와 재정피해 규모는 커지는 경향을 보였다. 또한 재난발생의 때와 장소에 관한 경향이 과거와 달라지면서 점차 불확실성이 높아지는 경향을 보이고 있다. 이렇게 기후변화에 따라 재난발생의 시공간적 규모가 다양해지고 정보의 불확실성이 높아지는 특징을 바탕으로, 다양한 시공간적 규모의 재난에 대응할 수 있고 정보의 불확실성을 줄여 나가는 포괄적 기후위험 관리체계를 설계하였다. 포괄적 기후위험 관리체계는 적응관리의 핵심 요소인 관리목표의 설정, 가정과 실험, 불확실성 경감, 모니터링, 학습과 조정 등을 포함하고, 위험 평가와 대응 등의 전 과정을 고려하여 계획 설계 과정에서 재난발생의 수준에 따라 대응수단을 마련하여 이행한다. 포괄적 기후위험 관리체계는 불확실성을 줄여 나가며 다양한 규모의 재난 위험에 대응하기 위해 이해관계자의 참여를 바탕으로 반복적인 과정을 거친다.

본 연구에서는 기후변화에 따라 발생하는 폭염, 홍수, 가뭄 등 구체적인 재난 유형별 대응체계보다 보다 넓은 의미에서의 기후변화 위험 관리체계를 제시하였다. 이는 최근 국내외 자연재난의 발생과 피해 추이를 볼 때 재난이 복합적으로 발생하고 다양한 시공간적 영향을 미칠 수 있으며 정보의 불확실성이 점차 높아지고 있기 때문에 기존의 단일 재난 유형별 대응체계로는 피해를 최소화하기 어렵기 때문이다. 본 연구에서는 포괄적인 기후위험 관리체계를 제시한 반면, 관리체계 내의 각 단계에서 이행에 필요한 구체적인 전략이나 가이드라인은 다루지 못한 한계점을 지닌다. 따라서 앞으로 단기적으로는 본 연구에서 제시한 포괄적 기후위험 관리체계에 대한 시범사업을 추진하여 관리체계를 수정 및 보완하면서 관리체계에 대한 가이드라인을 마련해야 한다. 또한 장기적으로는 위험을 줄이기 위한 반복적인 관리과정이 지속될 수 있도록 인적 자원과 경제적 지원이 마련되어야 하며, 이를 위해 재난관리 분야의 인식제고와 제도적 정착이 요구된다.

Acknowledgement

본 논문은 한국환경정책·평가연구원에서 수행한 「기후변화의 부정적 영향에 따른 손실과 피해 대응방안(기후환경정책연구 2017-02)」 및 「기후변화 위험관리를 위한 체계와 방향, 정책과제(환경포럼 통권 제230호)」의 일부 내용을 수정 및 심화하여 학술논문 형식으로 작성한 것임을 알려드립니다.

References

- [1] Barabasi, A.-L., Bonabeau, E. (2003). "Scale-Free Networks." *Scientific American*, Vol. 288, pp. 50-59.
- [2] BBC (2018). Europe heatwave: Spain and Portugal struggle in 40C+ temperatures (8/4/2018). Retrieved from <https://www.bbc.com/news/world-europe-45070498> on 3/29/2019.
- [3] BBC (2019). Australia swelters through record-breaking heatwave (2019.1.18.). Retrieved from <https://www.bbc.com/news/world-australia-46886798> on 3/29/2019.
- [4] Birkmann, J., von Teichman, K. (2010). "Integrating Disaster Risk Reduction and Climate Change Adaptation: Key Challenges-Scales, Knowledge, and Norms." *Sustainability Science*, Vol. 5, No. 2, pp. 171-184.
- [5] CRED (2019). EM-DAT: The International Disaster Database. Retrieved from <https://www.emdat.be> on 3/11/2019.
- [6] Ewalt, J. A. G. (2001). "Theories of Governance and New Public Management: Links to Understanding Welfare Policy Implementation." Paper Presented at the Annual Conference of the American Society for Public Administration, Newark, New York.
- [7] IPCC (2012). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups and of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA.
- [8] Kwon, Y.H., Lee, S., Park, C.A. (2015). Measures for strengthening the ecosystem environment security in responding to climate change (Ⅲ), Korea Environment Institute.
- [9] MC(Ministry of Construction) (1986). Annual Disaster Report 1985.
- [10] Mechler, R., Bouwer, L.M., Linnerooth-Bayer, J., Hochrainer-Stigler, S., Aerts, J.C.J.H., Surminski, S., Williges, K. (2014). "Managing Unnatural Disaster Risk from Climate Extremes." *Nature Climate Change*, Vol. 4, pp. 235-237.
- [11] MHA(Ministry of Home Affairs) (1996). Annual Disaster Report 1995.
- [12] MIS(Ministry of the Interior and Safety) (2017). Annual Disaster Report 2016.
- [13] Moynihan, D.P. (2005). *Leveraging Collaborative Networks in Infrequent Emergency Situations*, IBM Center for The Business of Government.
- [14] MPSS(Ministry of Public Safety and Security) (2016). Annual Disaster Report 2015.
- [15] MPSS(Ministry of Public Safety and Security) (2017). "The government does its best for the recovery from the heavy rainfall", Press release from MPSS(2017.7.18).
- [16] NEMA(National Emergency Management Agency) (2006). Annual Disaster Report 2006.
- [17] NOAA NCEI (2019). Billion-Dollar Weather and Climate Disasters: Table of Events. Retrieved from <https://www.ncdc.noaa.gov/billions/events/US/1980-2017> on 3/29/2019.
- [18] OGPC(The Office for Government Policy Coordination) (2017). "We will do our best for the recovery from the heavy rainfall-induced damage", Press release from OGPC(2017.7.17.).
- [19] Schinko, T., Mechler, R., Hochrainer-Stigler, S. (2016). "A Methodological Framework to Operationalize Climate Risk Management: Managing Sovereign Climate-Related Extreme Event Risk in Austria." *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, Vol. 22, No. 7, pp. 1063-1086.
- [20] Schipper, E. (2009). "Meeting at the Crossroads?: Exploring the Linkages between Climate Change Adaptation and Disaster Risk Reduction." *Climate and Development*, Vol. 1, pp. 16-30.
- [21] Shamsuddoha, M., Roberts, E., Hasemann, A., Roddick, S. (2013). *Establishing Links between Disaster Risk Reduction and Climate Change Adaptation in the Context of Loss and Damage*, UK DFID.
- [22] Stern Review (2006). *Stern Review: The Economics of Climate Change*. p. 434.

- [23] UN (2015). Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development, Resolution(A/RES/70/1) adopted by the General Assembly on 25 September 2015.
- [24] UNFCCC (2012). A Literature Review on the Topics in the Context of Thematic Area 2 of the Work Programme on Loss and Damage: A Range of Approaches to Address Loss and Damage Associated with the Adverse Effects of Climate Change, FCCC/SBI/2012/INF.14.
- [25] UNFCCC (2016). Report of the Conference of the Parties on Its Twenty-first Session, Held in Paris from 30 November to 13 December 2015, FCCC/CP/2015/10/Add.1.
- [26] UNISDR (2005). Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters.
- [27] UNISDR (2009). 2009 UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction, pp. 10-11.
- [28] UNISDR (2015). Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030.
- [29] Waugh, W.L., Streib, G. (2006). "Collaboration and Leadership for Effective Emergency Management." *Public Administration Review*, Vol. 66, pp. 131-140.
- [30] Yonhapnews(2017). "Hurricane Harvey striking Texas, 30% of the heavy rainfall attributed to climate change", retrieved from <http://www.yonhapnews.co.kr/bulletin/2017/08/28/0200000000AKR20170828137100009>. on 9/26/2017.
- [31] Yuzva, K., Zissener, M., Warner, K. (2014). Countries Addressing Climate Change Using Innovative Insurance Solutions, MCII.