

# 자연재해 증가 지역의 국제협력 지원 방안을 위한 방글라데시 사례 연구\*

이 자 원\*\*

## The Case Study of Bangladesh for International Cooperation on the Vulnerable Region of Natural Hazard\*

Lee, Jawon\*\*

**요약**: 기후변화로 인한 자연재해의 증가에 관한 정부간 협의체를 중심으로 국제적인 기후변화 예측에 대한 연구 및 자연재해 저감에 관한 논의들이 활발하게 이루어지고 있다. 본 연구에서는 기후변화에 의해 자연재해가 더욱 심화됨에 따라 재해에 취약하게 노출되어 있는 방글라데시를 사례지역으로 재해의 유형을 파악하고, 우리나라의 재해저감 기술과 방재관련 기법 등을 응용하여 국제원조의 지원 방안을 모색하였다. 방글라데시는 국토의 1/3이 해수면보다 낮기 때문에 배수가 어려우며, 조수 파동과 해수 침투, 사이클론의 위협이 복합적으로 나타나는 지리적인 특성을 지니고 기후변화로 인한 자연재해의 피해가 매년 증가하고 있는 추세이다. 특히 피해가 집중되는 해안지역은 해수면상승의 위협과 3년 주기로 심각한 사이클론의 피해가 일어나며, 상대적으로 빈곤한 사람들이 거주하는 지역으로 인명피해가 크게 일어나는 지역으로써, 재난의 피해를 저감하기 위해 국제적 원조를 필요로 하고 있다. 우리나라의 선진화된 기술과 자연재해저감 기법을 지원함으로써 개도국의 자연재난에 의한 피해를 감소시키는 데 일조를 하는 것은 국제사회에서 협력 구도를 정립하는 데 중요한 역할을 할 것이다.

**주요어**: 자연재해, 기후변화, 국제원조, 방글라데시, 자연재해 취약지역, 자연재해저감기술

**Abstract**: International society has been making a lively discussion about natural disaster by climate change to mitigate natural hazard centering around intra-government association. This study dealt with a strategic mitigation and technical adaptation to support a habitual natural disaster region such as Bangladesh in terms of international cooperation for assistance to protect against the natural hazard. The land-cover on scale of one third of Bangladesh is situated lower than sea level that causes habitual flooding accident which gets increasing in the strengthen every single year. Most of people lives around exterior sea coast being faced with disaster of abnormal storm forming every three year cycle. Especially, the socio-economic status of the people in the coast is usually very low, and it need to get help from international cooperation aid. Therefore, the case study for the vulnerability of natural disaster in Bangladesh on geographical analysis is meaningful to join the international cooperation taking a part of role on technical support and education for adaptation of the natural disaster.

**Key Words**: natural disaster, climate change, international cooperation aid, vulnerable region of natural hazard, technique of mitigation for natural disaster

### 1. 연구의 필요성 및 목적

인류의 생존문제와 직결되어 지구온난화와 기후 변화는 전 세계적인 화두가 되고 있다. 기후변화와 관련하여 변수와 예측에 대한 불확실성이 존재함에도 불구하고, IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007)에서는 인위적 기후변화에 대한 이해가 점점 더 개선되고 있으며, 지구온난화는 논란의 여지가 없을 정도로 명백하다고

밝혔다. 모든 대륙과 대부분의 해양에서 관측된 증거에 의하면 자연 시스템이 지역적인 기후변화, 특히 온도 상승의 영향을 받고 있음을 보여주며, 몇몇 대규모 기후 이변 현상은 부정적으로 큰 영향을 미칠 가능성이 있다. 이미 나타났거나 미래에 예상되는 기후변화에 대한 적응책 마련이 진행되고 있으나, 제한된 기반 하에서 일어나고 있거나 지역적으로도 큰 차이로 진행되고 있어, 기후 변화로부터 발생하는 여러 가지 재난에 대해 적응

\* 본 연구는 2011-후기 성신여자대학교 학술연구조성비 지원에 의하여 이루어졌음.

\*\* 성신여자대학교 지리학과 조교수(assistant professor, Department of Geography, Sungshin Women's University) (jw1109@sungshin.ac.kr)

할 수 있는 방안이 구체적으로 마련이 되어야 할 시점이다. 현재까지 관측된 바에 의하면 기후시스템의 변화는 앞으로 더욱 다양하게 전개될 가능성이 있으며, 전 지구적 규모의 광범위한 시스템과 총체적 대응책에 관련된 연구를 더욱 확장하여, 예측하기 힘든 기상재해의 빈도와 강도 변화 및 그로 인한 국지적 영향에 관한 상이한 증후에 관하여 소규모 지역에 걸쳐 구체적인 정보를 이용한 분석과 논의가 필요하다.

유럽과 미국, 일본 등은 범국가적인 차원에서 기후변화와 환경문제를 다루며 기후변화 대응활동을 하고 있는 반면, 지리적·사회적으로 재해취약성이 높은 일부 개발도상국 등에서는 기후변화와 환경적 재난에 대한 연구는 물론 재해에 대한 인식과 대안이 미흡하게 형성되어 있다. 실제로 개도국에서 재해로 인한 인명피해가 선진국보다 높게 나타나며, 사회기반시설, 연구 인력의 부족 등으로 국제적인 관심과 원조가 필요한 상황이다(이자원, 2011). 개발도상국은 특히 해안지역에서 복합적인 극단적 재해와 이상기상의 발생으로 인하여 심각한 피해를 경험하고 있으면서도, 재해에 대한 인식과 예방에 대한 교육 및 지리적 분석 등이 미흡하여 상대적으로 제한된 적응능력을 가지고 있어, 기후변화 및 이상기상의 규모가 확대됨에 따라 재해의 피해는 가중될 것이라는 분석이다.<sup>1)</sup>

본 연구에서는 기후변화 적응이 상대적으로 취약한 개발도상국 중 자연재해의 규모와 재난 형태상 위험성이 높은 방글라데시를 선정하여 재해에 관한 지리적 특성과 재난 대응에 관한 분석을 통하여 국제 원조의 방안을 모색하고자 한다. 방글라데시는 극단적 재해뿐만 아니라 지리적으로도 재해에 취약한 구조를 가지고 있다.

갠지스 강(Ganges), 브라마푸트라 강(Brahmaputra), 메그나 강(Megna)의 복합삼각주 지역에 위치하고 있고, 국토의 대부분이 저지대에 위치하며 열대성 저기압과 더불어 해일의 피해를 상습적으로 경험하고 있다. 강력한 저기압과 극단적인 강풍, 밀물 때의 해일 등이 결합하면 내륙 지역까지 피해가 확산된다. 특히 많은 인구가 비옥한 삼각주 지역과 해안지역에 거주하고 있어 기후변화로 인한 해수면상승의 위협에 노출되어 있고, 해수면 상승으

로 인한 해수침투와 관련된 복합적인 재해에 매우 취약하다.

저먼워치(Germanwatch)가 1990년부터 2009년 동안 발생한 자연재해 피해를 분석하여 발표한 세계 기후위험지수(Global Climate Risk Index, GCRI, 2011)에서 방글라데시는 기후 위험국가 1위로 집계되었고, 이후 2009년과 2010년에도 연속적으로 기후 위험지수의 1위를 기록하여 최상위 재해위험 국가로 나타났다. 방글라데시의 주요 재해는 폭풍과 홍수로서 1950년부터 2011년까지 총 230회 발생하여 전체 자연재해 중 79%를 차지하였다.<sup>2)</sup> 저지대에 위치한 방글라데시의 지형적 특성과 복합적 풍수해 발생으로 1970년에는 태풍으로 인하여 25만 명이 익사하였고, 1988년 대홍수로 인하여 국토의 70%가 잠기는 등의 심각한 재난을 기록하였다. 이러한 심각한 재난이 앞으로 기후변화로 인하여 지속적이고 빈번하게 발생하고 강도 또한 심해질 것으로 예상되는 바, 범국가적인 원조와 대응방안이 필요할 것으로 판단된다. 방글라데시는 범람과 강우와 관련된 재해가 빈번하고 이로 인한 인명피해가 큰 특징 때문에 대피소와 제방이 많이 분포되어 있으며, 또한 인명피해를 줄이기 위해서 이를 격려하고 있다.

따라서 본 연구에서는 방글라데시의 재해 분석을 바탕으로 기후변화와 관련된 재해의 성격에 접근을 하였으며, 해수면상승과 사이클론과 같은 복합적인 재해로 인한 해안지역의 피해예방에 대한 적절한 대응방안을 지원하기 위해, 우리나라가 보유한 재해 관련 적응기법들을 지원할 수 있는 구체적인 가능성을 진단하고자 한다. 기후변화로 인한 재해의 변화양상 분석에 기초한 기후변화 적응 기술, 기법을 제시함으로써, 후진국 지원방안을 수립하고 기술 지원을 위한 방안을 논의하고자 한다.

## 2. 연구동향

비정상적 온난 기후를 경험한 1980년대와 1990년대는 전지구적 차원에서 약 100년간의 정확한 기상측정이 이루어진 동안 가장 높은 기온을 기록한 시기였다. 전 지구상 지표의 평균기온 추이 중 가장 온난했던 10개의 연도 중 9개 연도가 1990년 이후에 발생하는 등 이러한 비정상적인 온난화

는 21세기에도 계속되었다(Houghton, 2007). 극단적인 기후상황은 기후재해와 연관되는데, 회귀적 예측으로는 열대저기압이 더욱 강해질 가능성이 높고, 열대 해수면 온도의 지속적인 상승과 더불어 호우 및 최대풍속이 증가할 전망이다(IPCC, 2007). 지구온난화와 관련된 기후변화는 강수의 유형에 가장 큰 영향을 주고, 1970년대 중반 이후 국지적 폭우의 빈도가 눈에 띄게 증가하고 있음도 이와 밀접한 연관이 있는 것이다(이자원, 2010a).

1990년의 제1차 IPCC 평가보고서를 바탕으로 기후온난화에 대해 각국의 많은 학자들이 동의하여 기후 온난화가 공식적으로 화두에 올랐고, 1992년의 리우환경회의 이후 환경문제는 범세계적 정치, 사회, 경제적인 문제로 인식되는 중요한 계기가 됨으로써 국제사회는 지구온난화가 미치는 외부효과에 대응하여 전략적인 방안을 모색하기 시작하였다. 지구온난화에 대한 실질적인 대응을 위해 1997년 12월 일본에서 2000년 이후 선진국의 온실가스 감축 목표를 주요 내용으로 하는 교토의정서를 채택함으로써 기후변화에 실천적으로 대응하기 위한 움직임이 시작되었다. 하지만 선진국의 온실가스 감축에 대한 논의는 1992년 이후 계속된 당사국총회(Conference of the Parties, COP)에서 중·장기적인 온실가스 감축목표 설정으로 배출억제를 유도하도록 진행되었으나, 현재까지도 온실가스 배출 1, 2위를 차지하고 있는 미국과 중국의 의견 불일치로 계속적으로 선진국과 개도국의 대립이 지속되고 있는 상황이다. 국제사회에서의 논의는 주로 기후변화 현상을 완화(Mitigation)하려는 측면인 선진국의 온실가스 배출감축에 초점이 맞춰졌다고 분석된다(이자원, 2010a).

국제적인 온실가스 완화를 위한 정책 및 협력이 증가하는 가운데, 국지적으로 기후변화 영향이 상이하게 나타남에 따라 국지적인 정책 및 적응(Adaptation)이 일어났다. 2000년도 이전까지, 재해란 가끔씩 일어나는 일회성의 사건이라고 여겨졌으며, 재난관리는 재해 복구 관련 활동을 하는 기관이나 정부에 의해서 다루어진다고 여겼으나, 심각한 자연재해를 일으키는 자연환경과 지구온난화와와의 관련성에 대한 논의가 이루어지면서 재난과 기후변화에 대한 대중의 인식이 증가하였다. 점진적으로 이러한 사고방식은 재난 교육, 재난

준비 등 예방적인 측면에서 다루어지기 시작하였다. 최근 재해는 물리적, 사회적, 경제적 위험에 대하여 종합적으로 고찰하는 경향에 와있으며, 재난관리를 위한 재정투자가 증가하고 국가적, 국지적 차원의 계획이 세워지고 있다(Yodmani, 2001). 지구온난화는 지역적으로 복합적인 인자에 의해 상이하게 일어나며, 강력한 폭풍과 홍수 및 심한 가뭄 등 인류에 직접적인 영향을 미치는 재난과 밀접한 연관을 갖고 있음이 IPCC(2007), WMO(2010) 등의 연구를 통하여 분석되었는데, 호우나 홍수빈도의 극단적 현상을 증가시키는 데 기후의 변화가 가장 큰 영향을 미치는 것으로 예측하였다. 이러한 기후변화와 지구온난화에 대한 예측은 계획 설계 및 정책 결정에 반영되고 있는데, 실례로 몰디브와 네덜란드, 캐나다의 연방국과의 협의로 만들어진 다리(confederation bridge)는 기후변화에 의한 재해를 고려하여 제방건설 등이 기초적 시설로 계획 설계부터 고려되었고, 네팔에서의 빙하호 붕괴로 인한 홍수 방지를 위한 시설 마련과 오스트레일리아의 물 관리 전략 등이 기후변화를 고려한 시설에 관한 정책이었다. 몇몇 유럽국가의 폭염에 대한 정부차원의 대응 정책 및 영국의 기후변화법은 기후변화 장기감축을 목표로 한 세계 최초의 법적 구속력이 있는 법률 제정의 사례이다.

국지적인 완화·대응 및 전략을 수립하기 위해서는 국지적으로 복합적인 요인에 의해 상이하게 나타나는 기후변화 영향 분석이 필요하다. 이는 해당 지역의 지리적인 요인과 함께 국지적인 영향과 해당 지역의 재해연구가 병행되어야 함을 의미한다. 재해와 기후변화를 파악하기 위해서는 우선적으로 통계적 수치를 이용한 지리적 분석이 필요하다. 국지적인 기후변화 영향과 지리적인 요인을 결합한 지역연구에서 개발도상국의 기후변화 및 대응과 관련하여 이자원 등(2011)은 재해대응 국제협력 관점에서 베트남의 자연재해와 재난관리에 대한 연구를 진행하였다. 기후변화가 전 지구적인 문제임을 인식하고 재해대응을 위해서는 국제적인 협력과 원조가 필요함을 강조하였다. 풍수해의 동시다발적 영향을 직접적으로 받는 지역이 대부분 인구가 집중되어 있는 개도국의 도시지역으로, 재난에 대한 피해 절감을 위하여 국제적 재난대응협력과 국제적 원조 체계의 구축이 필요하다.

본 연구의 사례지역인 방글라데시는 특히 해수면상승에 대한 논의가 많은 지역으로, 해수면상승은 다른 기후변화 요인들에 의해 상당한 관심을 가지고 2100년 이후 몇 세기 동안 지속될 것이라 예측된다. 관련된 연구로 Ali(1999)는 방글라데시가 기후변화에 따른 해수면 상승에 특히 취약함을 밝히고, 사이클론의 강도와 빈도증가에 영향을 미칠 것으로 예상하였다. 해수온도가 2도와 4도 상승할 경우의 해일 높이를 추정하였으며, 사이클론의 풍속 및 해일높이 변화율을 계산하였다. 결론적으로 방글라데시는 해수면 온도의 변화로 인해 사이클론의 빈도가 잦아지고 강도가 강해짐을 설명하였으며, 이를 위해서는 적응방법이 필요하다고 강조하여 철수(retreat), 순응(accomodation), 보호(protection)의 방법을 제시하였다. 해안에서의 사이클론 대피소 건설, 제방의 건설 등을 강조하였으나 가장 좋은 방법은 과학적인 연구 수행, 위험에 대한 인식, 적응 방법론이라고 하였다.

Mirza(2002)는 지구온난화에 따른 방글라데시 홍수 발생가능성의 변화에 대하여 연구하였다. 지구온난화에 취약함을 인식하고 다양한 시나리오에 따른 갠지스 강, 브라마푸트라 강, 메그나 강의 강수량과 홍수량의 변화를 계산하였다. 또한 온도가 높아짐에 따라 홍수발생 가능성이 높아지는 결과를 도출하였고 다양한 온난화 시나리오에 따라 20년 빈도의 홍수에 따른 농작물 피해를 추정하였다. 결과적으로 갠지스, 브라마푸트라, 메그나 강이 다양한 GCM(global climate model) 시나리오에 따라 홍수발생가능성의 변화가 다르게 나타났으며, 브라마푸트라와 메그나 강에서 가장 큰 변화가 나타난다고 분석하였다. 또한 농작물 피해가 현재보다 기온이 상승함에 따라 증가할 것이라 설명하면서, 농작물 피해를 줄이기 위한 대책을 강화하는 것이 필요하다고 강조하였다.

Brouwer(2007)는 환경위험과 가난, 취약성의 관계를 홍수에 취약한 저소득국가 중 방글라데시의 홈나(Homna)를 사례지역으로 연구하였다. 홍수의 빈도가 높은 지역일수록 농촌인구와 저소득층이 밀집되어 있다고 분석하면서, 홍수에 관련된 재난은 지역적으로 소득계층의 분포와 거주지의 밀집도와 관련이 있다고 하였다.

Houghton(2007)은 현재 방글라데시에는 바다

로 손실된 육지의 농업 지역과 거주 지역을 대체할 만한 여지가 거의 없는 실정임을 파악하고 모든 측면을 고려한 매우 정교한 연구와 관리 정책이 필요함이 분명하다고 하였다. 하천에서 삼각주 지역으로 유입되는 운반 물질들의 양과 해안과 해양에서의 퇴적 양상은 해수면 상승에 의해 영향을 받는 육지의 해발고도에 큰 영향을 미치므로 삼각주 자체는 물론 하천에 대한 세심한 관리가 요구됨을 지적하였다. 또한 해수면 상승의 효과를 어느 정도 경감시킬 수 있는 지하수와 해안 방조제 관리도 신중하게 이루어져야 함을 강조하였다.

Karim et al.(2008)은 방글라데시의 서부해안지역을 사례지역으로 선정하여 기후변화와 사이클론 및 해일에 관한 영향을 연구하였다. 아홉 개의 시나리오를 바탕으로 해수면과 해수온도의 상승을 분석하고, 그에 따른 사이클론의 풍속과 기압 및 해일 높이를 추정하였다. 또한 사례지역의 주요 강에 시나리오에 따라 계산된 해일 높이를 적용하여 침수예상면적을 계산하였다. 홍수의 깊이와 해수침투의 길이는 해일 상황이 심해짐에 따라 상당히 커짐을 알았고, 해안선부터 20km 내외까지 30~40%가 더 높아질 것으로 예상되는 결과를 도출하였다. Karim et al.(2008)에 따르면 위험성이 높은 지역에 대피소가 구축되어야 한다고 강조하였으며, 대피소의 위치 계획과 안전한 대피소 높이에 대한 명확한 계량이 이루어져야 한다고 하였다.

### 3. 방글라데시 재해 분석

#### 1) 지리적 특성

방글라데시의 지형은 갠지스 강, 브라마푸트라 강, 갠지스 강의 유역으로 국토의 대부분이 저지대로 이루어져 있어 북동쪽과 남동쪽 지역을 제외하고 대부분 낮은 지대로써 단지 방글라데시의 10%만이 평균해수면보다 위에 위치한다. 1m 정도의 고도 지형은 조수가 드나드는 범람원으로서, 국토의 80%가 이러한 지형으로 이루어져 있고, 1~3m의 고도인 곳은 하구부분의 범람원과 주요 강 주위에 분포하며, 단지 북서쪽의 고도만이 해수면보다 30m 이상 높다. 특히 삼각주가 발달하고 인구가 많이 분포하는 해안지역은 기후변화로

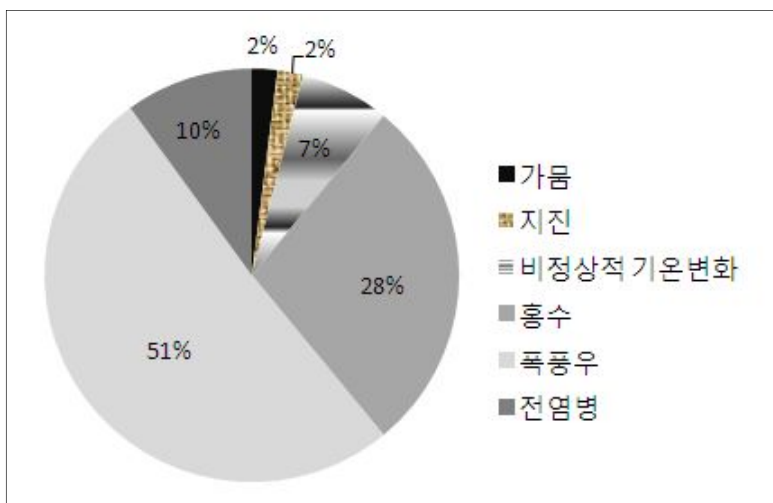
인한 해수면 상승의 부정적인 영향권에 속해 있으며, 사이클론과 같은 재해의 위험에 크게 노출되어 있다. 방글라데시의 해안지역은 3가지에 의해 기술될 수 있는데, 조수 파동과, 해수 침투, 사이클론의 위험이다(Karim, 2008). 이러한 복합적인 위험에 상대적으로 노출된 해안지역의 19개 행정구역은 국토의 32% 정도를 차지하고 있다. 해안 지역은 폭풍, 해일 등의 재해 및 홍수와 같은 재해로 인해 침수위험성이 높으며, 조수간만의 차가 생기는 시간대에 재해가 발생하게 되면 배수가 어려워 더욱 피해가 증가한다. 결과로 거의 매년 국토의 1/4이 침수되며 퇴적물들이 가옥과 농지를 덮어 단기적인 복구에 어려움을 겪는다. 해안지역과 같은 재해취약지역은 상대적으로 빈곤한 사람들이 거주하고 있어 인명피해도 크게 나타나 상대적으로 대피소가 해안지역 및 일부 내륙의 홍수취약지역에 대부분 분포하고 있다. 방글라데시에 영향을 미치는 사이클론은 벵골 만의 따뜻한 수분을 가지고 북쪽으로 이동하는 경향을 띄고 있기 때문에, 방글라데시는 기후변화로 인한 해수면과 온도 상승의 영향을 받은 강도가 높아진 사이클론의 피해가 상습적이다.

## 2) 재해 특성

방글라데시는 주요 재해 취약 국가 중 하나로서 재해에 취약한 지역적 특성을 지니고 있다. 저지대적인 위치는 재해의 복합적인 위험을 받는 지리적인 여건 하에 일어났으며, 그 결과 기록적인 복합적 재해에 노출되어 큰 인명, 재산피해를 겪었다. 대표적인 재해 유형으로는 폭풍<sup>3)</sup>과 홍수<sup>4)</sup>로서 풍수해가 전체 재해의 79%를 차지하며(그림 1), 홍수로 인한 피해인구는 최근 30년(1981년~2010년)간 평균 약 790만 명, 폭풍으로 인한 피해인구는 동 기간에 평균 약 180만 명에 이른다. 또한 폭풍의 피

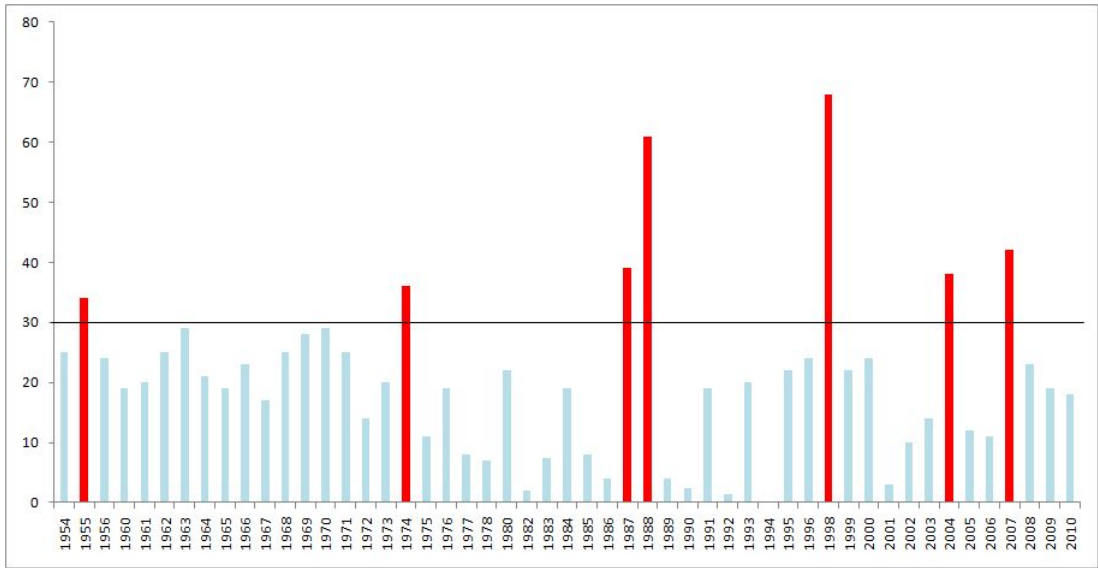
해액은 최근 60년간(1951년~2010년) 피해액 중 최근 15년(1996~2010)간에 발생한 피해액이 약 61%를 차지하고, 동 기간 홍수의 경우는 약 46%를 차지하였다. 특히 1998년에 발생한 기록적인 홍수는 약 4,500만 명의 사상자를 기록하여 최근 30년 간 발생한 홍수의 사상자의 약 20%를 차지하는 것이며, 그 피해액은 213만 달러로 동 기간에 발생한 홍수 피해액의 약 19%를 차지하는 심각한 재해였다. 국토의 2/3가 피해를 입었고 기반산업에 큰 타격을 입었으며, 국토의 67%가 침수되었다. 2008년 UNDP(United Nations Development Programme)의 홍수 및 사이클론에 가장 취약한 6개 나라 조사 결과, 방글라데시가 홍수에는 6위, 열대 사이클론에서는 1위로 나타났다.<sup>5)</sup>

〈그림 2〉는 1954년부터 최근까지 방글라데시의 침수면적 비율을 그래프로 나타낸 것이다. 방글라데시는 거의 매년 국토의 20%가 침수되며, 1998년, 2007년 등 세계적으로 기록적인 홍수가 닥치면 국토의 절반 이상이 잠겨 인명피해, 기반시설 피해, 주거지, 농경지 등에 상당하고 다발적인 피해를 입힌다. 국토의 2/3가 해수면보다 5m 아래에 위치하여 물이 범람하면 배수가 어려워 피해가 증가하고, 이와 더불어 특히 해안지역의 홍수는 조수간만의 차가 생기는 기간에 발생하면 배수가 더욱 어려워진다. 방글라데시는 해안지역에 중요성이 큰데, 복합적인 재해에 노출되어 해안지역에



출처: CRED의 국제재난데이터베이스 EM-DAT, 2011을 기초로 필자가 작성

그림 1. 방글라데시 자연재해 유형 분포

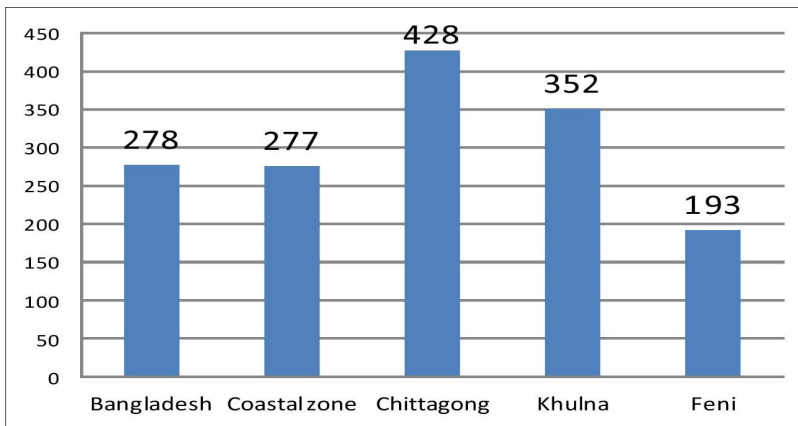


출처: FFWC(Flood Forecasting and Warning Centre를 기초로 필자가 작성

그림 2. 방글라데시 침수면적 비율(%), 1954~2010

사이클론과 함께 홍수가 겹치는 경우에는 상당한 피해를 입힌다. 최근 100년간 508개의 사이클론이 벵골 만 지역에서 일어났으며, 평균적으로 3년에 1번씩 심각한 사이클론이 발생하여 피해를 입혔다. 심각한 경우 7m 높이의 폭풍해일까지 동반함으로써 해안의 주거지와 농경지에 큰 피해를 가져왔다. 사이클론과 홍수의 복합적인 재해에 노출되어 있는 해안지역<sup>6)</sup>은 벵골 만에 접한 해안지역으로써 빈곤율이 가장 높게 나타나는 곳이며, 인구 밀도 또한 높게 나타난다.

평균 인구밀도가 m<sup>2</sup> 당 839명인 방글라데시의 해안지역의 인구밀도는 743명이나, 내륙 해안지역의 인구밀도는 1,012명으로 인구 집중이 이루어져 있고, 절대 빈곤 가수로 구분되는 6,800만 가구 중 52%가 재해 상습지역인 해안 지역에 밀집되어 있다. 또한 해안 지역 중 산업화가 진행된 치타곤과 쿨나 지역을 제외하고는 해안지역의 1인당 GDP가 방글라데시 평균 GDP를 하회하고 특히 상습 재해 지역인 페니 지역의 GDP는 더욱 전국에서 가장 낮아 빈곤의 특성이 상습 재난의 피해와 관련이 있음을 보여준다.

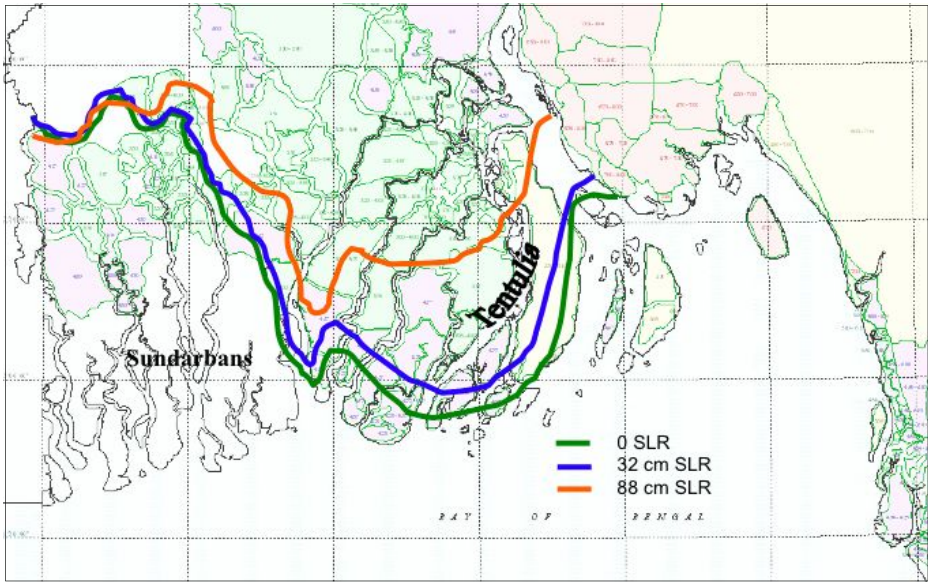


출처: LUMES, 2005, Impact of Sea level rise on the coastal zone of Bangladesh, p.9

그림 3. 해안지역의 1인당 GDP (USD)

더욱이 방글라데시는 해수면보다 낮은 저지대에 위치함으로써 해수면의 상승도 배제할 수 없다. NAPA(National Adaptation Programme of Action)는 GCM(General Circulation Model) 프로젝션을 수정하여 2100년까지의 기후 변화 시나리오를 분석하였는데, 이에 따르면 해수면 상승에 의해 방글라데시의 해안 대부분과 내륙





출처: CEGIS (<http://nationalmap.gov/landcover.html>)의 자료를 기초로 필자가 작성

그림 4. 방글라데시 해수면 상승에 따른 해안선 변화

안측까지 토지의 손실됨이 예측되었다.

#### 4. 우리나라의 재난관리 체계에 관한 논의

우리나라의 재난관리체계는 재난 및 안전관리기본법이 제정되기 전까지는 대규모 재난발생시 재난 유형별로 자연재해는 자연재해대책법에 의해 재해대책본부가 생성되었고 인위재난은 재난관리법에 의해 사고대책본부가 재난을 수습하는 분산형 관리 방식이 있었으나, 2004년 3월 11일 ‘재난 및 안전관리기본법’이 제정된 후에는 통합형 관리 방식으로 전환되었다.

우리나라의 재해정책은 1960년대 이후부터 본격적으로 시작되었고, 적극적인 자연재해저감을 위한 정책보다는 재해 발생 시 이에 대한 복구 및 지원의 개념이 강하였다. 하지만 경제개발 5개년 계획에 따라 댐건설, 하천개수사업 등 수자원 인프라의 건설과 함께 풍수해에 대한 예방조치가 이루어졌으며 1970~80년대에 들어 대형재해가 빈번히 발생하고 피해규모가 커짐에 따라 민방위기본법 제정 등 국가 차원의 체계적인 재해대책이 추진되었으며, 이에 따라 다양한 방재조직이 재정비되었다. 2000년대에는 수해방지대책과 국가재난관

리종합대책 등을 통해 범정부적 차원의 대책이 마련되었고, 2004년 소방방재청 개청에 따라 재난관리의 전문화 및 일원화가 가능하게 되었으며, 재난 및 안전관리기본법 제정 등 법제도적 기반이 정립되었다. 현재 기후변화적응관련 재난에 대비한 기술개발은 소방방재청(방재기술연구개발, 자연재해저감기술개발 등), 기상청(기상 및 지진관측 기술개발 등), 국토해양부(홍수예보체계 등)를 통해 수행되고 있으며 이외에 농림부, 지식경제부, 환경부 등 다양한 부처에서 기후변화관련 자연재해 저감기술이 연구개발과제를 통해 수행되고 있다. 현재 우리나라는 약 1,700여개의 자연재해저감과 관련 산업체가 존재하고 있다. 자연재해저감 산업은 자연재난을 관리하거나 자연재난을 원인으로 하는 인적 재난 및 사회적 재난을 관리하고 자연현상에 의한 재해를 방지하고 줄이기 위하여 연구하며, 관련된 기술 및 체계를 구축하는 모든 분야의 산업으로 정의할 수 있다.

자연재해저감산업은 재난 및 안전관리 기본법, 자연재해대책법, 소하천정비법 등 관련법규에 근거하여 시행 및 육성되고 있다. 이 중 자연재해대책법의 재난을 중심으로 관련 사업 및 기술, 제품 등의 분야를 분류하면 다음 <표 1>과 같다. <표 1>

표 1. 자연재해저감산업 관련 주요 육성기능 분야

구분	관련 사업 및 기술, 제품
예방	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 댐, 하천제방, 대형구조물 등의 위험구간 자동탐지기술</li> <li>• 우수유출 저감제품 및 시공기술</li> <li>• 침투성 포장제품(콘크리트, 아스팔트 등)</li> <li>• 지하도 및 지하차도, 지하상가 침수방지 기술 및 제품</li> <li>• 댐, 저수지의 퇴적방지 기술(사방댐, 저사댐 등)</li> <li>• 홍수시 유입 부유물 차단 및 제거 기술</li> <li>• 침투 및 유출억제용 다공성 매립관거 제품</li> </ul>
대비	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 초단기 기상예측기술</li> <li>• 태풍진로 및 규모 예측 기술</li> <li>• 실시간 도시침수예측 수치모델링 기술.시스템</li> <li>• 이동통신을 이용한 대비방송 및 통신시스템 기술</li> <li>• 풍수해보험</li> </ul>
대응	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 광섬유센서 등을 이용한 도시 기반시설물 손상 감시 제품</li> <li>• 태풍감시 장비(레이더, 특수비행기 등)</li> <li>• 부상형 제방</li> <li>• 응급조치용 공기부상형 제방</li> <li>• 펌프일체형 수문</li> </ul>
복구	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 재난 피해조사 자동화시스템</li> <li>• 재해복구 관련 장비</li> </ul>

출처: 소방방재청(2008)을 바탕으로 필자가 재작성.

표 2. 개도국 원조 및 지원 관련 주요 분야

구분	주요 지원 분야
예방	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 재해방지 조기경보시스템 구축</li> <li>• 방재교육 및 재난대비훈련</li> <li>• 재난관련 전문가 파견 및 자문, 연구용역지원</li> <li>• 지역기반의 자연재해관리 및 관련기관 강화</li> <li>• 학교를 기초로 하여 재난예방과 안전시스템 프로그램 지식 전달</li> </ul>
대비	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 재해특성에 적합한 관리계획 수립</li> <li>• 수질모니터링 및 수질관리 시스템 구축</li> <li>• 홍수위험지도 등의 재해관련지도 맵핑</li> <li>• 도시배수설계 지원</li> <li>• 기후변화 연구 및 재해위험평가 수립</li> <li>• 자연재해 및 기후변화 모니터링 인력 및 시설 지원</li> <li>• 원격관측소 및 재해대비센터 설립</li> </ul>
대응	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 홍수조절용 댐 및 홍수조절지 건설</li> <li>• 농업용 저수지의 홍수조절 기능 보장</li> <li>• 자연재해 저감 시설 지원 및 자금원조</li> <li>• 미시적 홍수 예방 구조물 및 나무심기 등 지원</li> <li>• 맹그로브 숲 플랜테이션 등 재해피해저감을 위한 자연 복구</li> <li>• 수해에 강한 주택설계 및 대피소 건설</li> <li>• 재해지역 내 시설 적응능력 강화</li> </ul>
복구	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 재해피해 복구 자금 및 인력지원</li> <li>• 재해피해 시설물 복구 및 재건</li> </ul>



에 의하면 자연재해저감을 위해서는 예방, 대비, 대응, 복구의 4가지 구분으로 분야를 나누고, 이를 기반으로 관련 사업 및 기술, 제품에 관련한 육성 가능 분야를 제시하고 있지만 이외에도 교육, 자금원조, 조기경보시스템 등의 비구조적인 역할도 개도국의 지원방안에 있어서는 중요한 부분이라고 할 수 있다. 인프라가 부족하고 인명피해가 상대적으로 높게 나타나는 대부분의 개도국에는 기술적인 지원 이외에도 비구조적인 부분도 강조되어야 할 것으로 보이며, 국제사회의 자금원조 또한 개도국 재해피해복구와 저감을 위해서는 필수적인 부분이라고 할 수 있다. <표 2>는 국제 원조 기구 및 여러 국가에서 개도국으로의 재해관련 지원을 분류한 것으로서, 실질적인 도움이 되는 지원 분야를 설립하는 데 도움이 될 것으로 보인다.

## 5. 재난 관리 지원 전략

### 1) 예방(Prevention) 분야

현재 우리나라가 보유하고 있는 선진화된 정보화 기술(IT)은 재난에 관한 국제사회 원조에 크게 응용이 될 수 있다. 조기경보시스템 체계를 간소화하고 직접화함으로써 직접적인 피해를 최소화하고, 경보시스템 전달을 국지적·지역적으로 이루기 위해 홍수예경보체계 및 실시간 모니터링 등의 인프라 구축을 원조할 수 있을 것이다. 또한 재난 방재를 위해서는 장기적인 예방 차원의 관점이 필요하며, 이를 위해서는 방재관련 인력양성 및 교육이 필요하다. 방재지식 및 방재기술(예: 우수유출 저감 시설) 전달을 위한 연구용역지원 및 재해 대응정책 수립을 위한 전문가 파견과, 장기적 관점에서 학생들을 상대로 한 학교 방재교육 지원을 통해 항상 재난에 대비할 수 있는 체제를 갖추도록 할 수 있을 것이다. 국지적 재난을 대비하여 지역적 단위의 방재 훈련 프로그램을 마련하고, 지역적 단위의 방재 훈련을 위하여 지속적으로 각 지역별 재난에 대한 연구가 뒷받침되어야 할 것이다. 학생들을 대상으로 한 방재교육과 훈련 체계를 마련하여 미시적 재난관리 및 대비에 대한 지원을 할 수 있을 것이다.

### 2) 대비(Preparedness) 분야

수질모니터링 및 수질관리 기술(시스템)을 구축함으로써 농업피해 저감 및 생활용수 확보를 위한 수질의 실시간 모니터링 및 관리가 재난 대비를 이룰 수 있을 것이다. 재난 발생 시(예: 풍수해) 해수의 농업용수 침투를 방지하기 위하여 적절한 농업용수의 확보가 필요하고, 생활용수를 확보하기 위하여 수질관리 시스템(기술)이 필요하며, 재난 발생 시 적절하게 지역단위로 생활용수를 공급할 수 있게 지원하는 대응책을 마련할 수 있을 것이다. 홍수 등에 대한 대비방송 및 통신시스템 기술을 지원하여 핸드폰 등의 이동통신을 이용하여 재난대비방송 및 문자발송을 생활화 할 수 있는 교육과 훈련을 지원함에 따라 재해 피해를 저감할 수 있을 것이다. IT기술을 접목시킨 대중매체를 이용하여 재해 대비를 신속하게 알릴 수 있는 조기경보시스템을 활용하고, 이동이 용이하지 않은 노인과 소외된 계층에 대한 맞춤형 재난 예·경보와 대피에 관한 준비와 훈련을 설계할 수 있을 것이다. 또한 자연재해 및 기후변화 모니터링을 통한 데이터베이스의 구축을 통해 재난관리 시스템을 체계화하고, 조기경보시스템 등의 전달을 용이하게 하는 방안을 지원할 수 있다. 기후변화로 인한 국지적 재난에 있어서 심층적인 연구를 지속적으로 이루어, 미시적 관점의 대응방안을 지원해야 할 것이다. 이를 위하여, 국지적 재난 연구를 바탕으로 한 지역적 맞춤형 지원방안을 수립하고, 풍수해 위험 지도 등 재해관련지도도를 작성하여야 한다. 원격관측소 및 재해대비센터를 설립하여 태풍의 진로 및 규모 예측 기술을 지원하고, 재해대비센터와 같은 재해관련 중점 기관(연구소)을 설립하여 지속적인 지원시스템을 정립하는 것도 국제사회에서 개도국 지원에 역할을 할 수 있을 것이다.

### 3) 대응(Response) 분야

홍수조절용 댐 및 저수지 등 홍수조절지 건설을 원조하여 홍수 피해 저감과 범람피해를 최소화 할 수 있도록 지원한다. 또한 맹그로브 숲 등의 재건으로 탄소 저장과 폭풍해일을 저감시키는 등의 자

연적으로 재해를 저감할 수 있는 방안을 모색하여야 한다. 삼림의 조성이나 나무심기는 자연재해 저감에 효과적인 대응이 될 수 있을 것이다. 또한 풍수해에 강한 주택설계 및 대피소 건설을 지원하고, 각종 기관 및 필요시설의 기준설계 강화를 통하여 기후변화로 인한 재해빈도 및 강도 증가에 대한 대안을 제시할 수 있을 것이다.

#### 4) 복구(Recovery) 분야

재해피해 복구 자금 원조의 마련이 주가 되어 재해피해자들의 생계수단과 직결된 원조 수행이 가능할 수 있는 체계를 정비하여야 한다. 또한 가장 필요한 자금 원조로 재해 복구에 이용할 수 있도록 우선순위에 대한 전략을 체계화하고, 재해피해 시설물 복구 인력을 지원할 수 있는 체제도 함께 구축하여야 한다. 재해로 파괴된 인프라를 효과적으로 복구하기 위한 전문 인력이 구성되어야 하고, 인명피해를 최소화하기 위한 인력의 인도적 지원에 중점을 둔 개발을 이루어 나가야 할 것이다.

#### 5) 국가적 지원 및 관련 기술개발에 관한 제언

개도국에 자연재해 저감을 위한 필요기술 중 미보유 기술에 대한 개발 방안이 이루어지기 위해서는 관련기술의 개발, 기업의 참여 유도, 육성주체 확립 등을 통한 국가차원의 전략이 필요하다고 판단된다. IT 기술을 자연재해 저감기술과 접목시켜 활용하는 방안을 정립하고, 자연재해 저감 네트워크 구축을 통해 관련된 각종 제품과 기업의 재해 정보를 데이터베이스화하여 관련 기관들의 정보를 공유할 수 있도록 한다. 또한 자연재해저감기술의 개발 및 육성 지원에 기업의 참여를 유도한다. 국가적 차원에서 기업을 대상으로 한 자연재해 저감 기술의 중요성과 시장성에 대한 교육 및 홍보 등의 활동을 통해 기업의 투자 및 협력을 이끌어내야 한다. 그리고 정부기관과 민간기업의 공동 협력 및 투자 아래 관련 기술의 시장 형성과 원활한 중계를 위한 육성 주체의 확립이 필요하다. 관련 기술을 총괄할 수 있는 기술센터 등의 사업 육성 주체를 설립하고 관련 기술의 워크샵 및 공모전,

홍보 등을 통해 기술개발을 도모해야 한다.

## 6. 결론

지구 온난화에 따른 기후변화 영향 평가 및 적응 방안에 관한 기술 분야로서 현재 기후변화에 관한 정부간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, 이하 IPCC)에서는 국제적인 기후변화 예측에 대한 연구들이 활발하게 이루어지고 있으나, 우리나라는 IPCC에 적극적으로 참여하지 않고 있어 IPCC의 연구결과를 국내에 유용하게 사용할 수 없는 실정이다. 보유하고 있는 자연재해 저감에 관련된 국내 기술과 방재관련 교육을 활용하여 후진국을 대상으로 우리나라의 방재 기술을 지원하여 국제사회의 원조지원국으로 역할을 하는 것은 새로운 경제적 기회를 만드는 데 중요한 요소가 될 것이다. 글로벌 기업들은 각종 온실가스 규제에 대응하여 경쟁력 확보를 위해 노력하고 있으며 기후변화 관련 시장 선점에도 적극적으로 나서고 있다. 계속되는 세계 경제침체와 현재의 기후위기에 대한 해결책을 연결시켜 두 문제 모두에 대한 해답을 찾기 위한 노력이 필요하며, 증대하고 있는 자연재난의 위기에 효과적으로 대응하기 위한 법과 기준, 정치적 규제와 신기술, 신상품과 시장을 포함한 국제 원조 지원책을 개발하는 것은 국가의 경쟁력 확보에 매우 중요한 전략이 될 것이다.

이에 따라 본 연구에서는 우리나라가 방재 선진국으로서 효과적인 기후변화 적응기법 적용방안을 개발도상국에 지원할 수 있는 지에 대한 제안을 위하여, 자연재해의 위험에 직면하여 매년 큰 재난을 경험하고 있는 방글라데시를 선정하여, 방글라데시의 재난에 관한 지리적 분석을 하고, 우리나라가 보유하고 있는 자연재해 저감 기술과 방재 프로그램 등을 파악하여 적용 가능한 대응 기법을 논의하였다. 기후변화로 인한 재해의 변화 양상을 분석에 기초한 기후변화 적응기술, 기법을 제시함으로써, 후진국 지원방안을 수립하고 기술 지원을 통해 국제원조 지원국으로서 역할을 정립하는 것은 기후변화에 따른 자연재해의 증가와 경제적 문제를 해결하는 데 또 다른 대안이 될 것이다.

## 주

- 1) IPCC(2007)는 선진국에 비해 적응력이 부족한 개발도상국이 해안 지역의 적응에 더 큰 어려움을 겪는 것이 사실상 확실하다고 밝혔으며, 이는 높은 신뢰성을 가진다.
- 2) 벨기에 루뱅대학 부설 재난역학연구센터(Centre for Research on the Epidemiology of Disaster, CRED)의 국제재난데이터베이스 EM-DAT(The OFDA/CRED Interantioanal Disaster Database)를 이용하여 1950년부터 2011년까지의 재해 발생을 바탕으로 계산한 수치이다. 재해 당 횡수는 조사된 사망자가 10명 이상, 사상자가 100명 이상, 국가 비상상황 선포, 국제 원조 요청 중 1가지에 해당할 경우에 1회로 산정한다.
- 3) 본 연구에서 폭풍(Storm)은 열대성저기압(Tropical Depression), 사이클론(Cyclone)을 모두 포함하는 용어로 사용하기로 한다.
- 4) 본 연구에서 홍수(Flood)는 일반적인 홍수와 함께 돌발홍수(Flash Flood), 침수(Inundation), 폭풍해일(Storm surge)로 인한 해안 홍수(Coastal Flood), 강우(Heavy rain)와 비(rain)로 인한 홍수발생을 모두 포함하는 용어로 사용하기로 한다.
- 5) 평균 1년에 200명 이상의 사상자 수가 기록된 주요 홍수빈발국가 중에서 순위 지정.
- 6) 방글라데시 해안지역 정책(CZPo, 2005)에 따르면 64개 지구(District)중에서 19개 지구가 해안지역에 해당한다(LUMES, 2005).

## 문헌

박덕근, 2007, 환경변화에 대응한 새로운 방재기술의 개발과 적용, 대한토목학회, 대한토목학회지, 55(6), 10-27.

박덕근, 2008, 안전도시를 위한 지진대비시스템 정비, 대한지방행정공제회, 도시문제, 37-47.

박복영, 2008, 우리나라 대외원조역량의 현황과 과제, 대외경제정책연구원.

송철호, 2006, 국제적 대형재난 발생시 우리 정부의 전략적 대응방안 연구, 국가안전보장회의사무처.

이명진·김기국·최영식·송치웅·김은주, 2008, 대개도국 과학기술협력방안 수립을 위한 조사연구, 과학기술정책연구원.

이민부·최영은(역), 2007, 지구온난화, 한울아카데미, 서울(John T. Houghton, 2004, Global Warming: The Complete Briefing, Cambridge University

Press).

이민호, 2008, 세계기후변화협약과 우리나라의 대응방향, 2008년 한국철도학회 심포지움 발표자료, 한국철도학회 세미나자료, 2-24.

이자원, 2010a, 기후변화 예측 하에 전개될 재난에 대한 적응기법 모델링을 위한 선진국 사례연구, 국토지리학회지 44(2), 213-227.

이자원, 2010b, 우리나라 기후변화와 관련된 재해에 대한 적응기법 개발 동향 연구, 국토지리학회지 44(4), 635-648.

이자원·윤초롱·유영민, 2011, 재해대응 국제협력의 관점에서 본 베트남 자연재해의 지리적 특성과 재난관리에 관한 연구, 국토지리학회지 45(2), 265-278.

한국수출보험공사, 2008, 세계국가편람 2008, 한국수출보험공사

Adger W.N., Hug S., Brown K., Conway D., and Hulme M., 2003, *Adaptation to climate change in developing world*, Progress in Development Studies 3(3), 179-195.

Ahmed, A.U, 2006, *Bangladesh Climate Change Impacts and Vulnerability: A Synthesis*, GOB.

Ali, A., 1999, *Climate Change impacts and adaptation assessment in Bangladesh*, Climate Research 12, 109-116.

Brouwer R., Akter S., Brander L. and Hague E., 2007, *Socioeconomic Vulnerability and Adaptation to Environmental Risk: A case study of Climate Change and Flooding in Bangladesh*, Risk Analysis 27(2), 313-326.

CCCDOE, 2006, *Bangladesh Climate Change Impacts and Vulnerability*, GOB.

Germanwatch, 2011, *Global Climate Risk Index*.

GOB, 2005, *Natioanal Adaptation Programme of Action(NAPA)*, Ministry of Environment and Forest.

GOB, 2008, *Bangladesh climate change strategy and action plan 2008*, Ministry of Environment and Forests

GOB, 2008, *Damage, Loss and Needs Assessment for Disaster Recovery and Reconstruction*.

GOB, 2009, *Bangladesh Climate Change Strategy*

- and Action Plan 2009.*
- GOB, 2010, *National Plan for Disaster Management 2010~2015.*
- Hossain, M.Z. Islam M.T., Sakai T. and Ishida M., 2008, *Impact of Tropical Cyclones on Rural Infrastructures in Bangladesh*, Agricultural Engineering International, the CIGR Ejournal, Invited Overview No. 2, Vol. X, 1-13.
- Hossain, M. Z. and Sakai T., 2008, *Severity of Flood Embankments in Bangladesh and Its Remedial Approach*, *Agricultural Engineering International*, the CIGR Ejournal. Manuscript LW 08 004, Vol. X, 1-11.
- IPCC, 2007, *Climate Change 2007*, The Physical Science Basis.
- Islam, M.N., 2000, *Embankment Erosion Control: Towards Cheap and Simple Practical Solutions for Bangladesh*, *Proceedings of the Second International Conference on Vetiver*, Office of the Royal Development Projects Board, 307-321.
- Karim, M.F. and Mimura N., 2008, *Impacts of climate change and sea-level rise on cyclonic storm surge floods in Bangladesh*, *Global Climate Change* 18, 490-500.
- LUMES , 2005, *Impact of Sea level rise on the coastal zone of bangladesh.*
- Mirza, M.M.Q., 2002, *Global warming and changes in the probability of occurrence of floods in Bangladesh and implications*, *Global Environmental Change* 12, 127-138.
- NIDOS, 2009, *Bangladesh Climate Change Factsheet.*
- OECD, 2007, *Progress on Adaptation to Climate Change in developed countries: and Analysis of Trends.*
- Agrawala S., Ota T., Ahmed A.U., Smith J. and Aalst M., 2003, *Development and Climate Change in Bangladesh: Focus on Coastal Flooding and the Sundarbans*, OECD.
- Sven Harmeling, 2010, *Global Climate Risk Index 2010*, Germanwatch.
- WMO, 2010, *WMO Statement on the status of the global climate in 2009*, WMO No. 1055.
- Yodmani, S. 2001, *Disaster Risk Management and Vulnerability Reduction: Protecting the Poor*, ADB workshop in Manila.
- FFWC <http://www.ffwc.gov.bd/>
- CRED EM-DAT <http://www.emdat.be/>
- CEGIS <http://www.cegisbd.com/>
- <http://nationalmap.gov/landcover.html>
- NAPA <http://unfccc.int/resource/docs/napa/eri01.pdf>
- (접수: 2013.04.15, 수정: 2013.05.15, 채택: 2013.05.21)