

## 효율적 기후변화 적응대책 수립을 위한 기후변화의 경제학적 분석

# Economic Analysis of Climate Change to Establish Effective Adaptation Policies

채여라 · 염유나

Yeora Chae · Yoona Youm

한국환경정책평가연구원

Korea Environment Institute

**Abstract :** This paper provides an extensive overview of the literature on economic analysis of climate change, and thereby provides direction for effective adaptation policies for Korea. The paper first gives a comprehensive look on the estimation of economic costs of climate change as given by various research. Following, the paper examines the choice of measures that are used in the economic analysis of climate change by different sectors, including agriculture and human health. The paper also compares and discusses the various analytic results with a focus on Korea in order to shed light on where Korea stands. Finally, the paper examines current literature on adaptation policies in response to climate change, and by examining how such research has evolved and deepened with time, provide directions for the research on adaptation policies for Korea.

**Key Words :** Climate Change, Economic Analysis, Adaptation Policies

**요약 :** 본 연구는 기후변화의 영향평가와 경제학적 분석에 관한 국내·외 연구현황을 살펴봄으로써 우리나라의 효율적인 기후변화 적응대책 수립을 위한 방향을 제시하고자 한다. 본 연구는 기존연구들이 분석한 기후변화의 경제학적 비용 및 농업, 건강 등과 같은 부문별로 기후변화의 경제학적 분석을 수행하는데 이용된 지표들을 살펴보았다. 분석에 이용된 지표들과 결과들을 비교, 분석하는 데에 있어 국내연구를 중점적으로 살펴봄으로써 국내연구의 현주소와 나아가야 할 방향을 제시한다. 마지막으로 기후변화 적응정책에 대한 연구현황을 통하여 적응정책의 발전과정과 적응방안들을 살펴보고 적응정책의 연구에 대한 방향을 제안하고자 한다.

**주제어 :** 기후변화, 경제학적 분석, 적응대책

### 1. 서론

기후변화는 21세기 인류가 직면한 가장 심각한 환경 이슈 중의 하나이다. “지구 온난화를 방지하면 세계는 경제 대공황에 직면할 것이다.” 2007년 영국에서 발간된 스텐보고서는 기후변화에 따른 위험을 경고하며 전 세계가 온실가스 감축을 위한 노력을 기울일 것을 촉구했다. 이 보고서는 지금 당장 기후변화를 막기 위한 조치에 따른 비용은 전 세계 국내총생산(GDP)의 1% 수준이지만 이를 방지할 경우 기후변화의 피해비용이 전 세계 일인당 평균 소비수준의 5~20%에 이르러 경제적 파탄에 직면할 수 있다고 경고하고 있다.<sup>1)</sup> 2007년 다보스포럼에서는 기후변화 문제를 중요하게 거론하면서 기후변화로 향후 10년간 최대 2천5백억 달러의 경제적 손실이 예상되고, 세계경제는 매년 GDP의 5%를 잃을 가능성이 있으며, 지구온난화로 인한 환경변화가 앞으로 기업을 운영하는 데 가장 큰 영향을 미칠 것으로 전망하였다.

한국 역시 기후변화로 인한 영향이 이미 많은 부문에서 나타나고 있다. 이미 1970년 이래 이상적인 기후변화로 인해 태풍, 호우, 폭풍 등으로 인한 자연재해, 특히 빈번한 대형 태풍으로 인한 인명피해와 경제적 손실이 빈번히 발생하고 있다. 동해안 산불(‘96, ‘00년), 2002년과 2003년도의 태풍(루사, 매미) 등으로 인한 산사태를 포함하여 최근 대형

산불과 집중 호우로 인한 산사태 피해가 급증하고 있다. 기록적인 폭설도 목격되고 있는데, 2010년 1월 4일 하루 동안의 적설량은 관측을 시작한 1937년 1월 이래 최고 수준이었다. 기상이변에 따른 연평균 재산피해액이 크게 증가하는 추세로 2001~2008년(2조 2,900.1억 원)의 연평균 재산피해액이 1991~2000년(6,953.8억 원)에 비해 3배 이상 증가한 것을 볼 수 있다.<sup>2)</sup>

우리나라를 포함한 국제 사회는 기후변화 영향에 대응하기 위해 많은 노력을 하고 있다. 적응은 기후변화에 대한 영향을 최소화하는데 있어 가장 중요한 개념 중 하나이다. 인간의 여러 활동으로 인한 화석연료의 과도한 사용은 온실가스 배출을 급격하게 증가시켰고 이는 결국 기후변화로 이어졌다. 기후변화는 다양한 경로를 통해 자연계와 인간 시스템에 영향을 주었고, 이러한 기후변화로 인한 시스템의 변화를 통틀어 기후변화의 영향이라 한다. 동물, 식물, 인간 시스템은 기후변화 영향에 의한 피해를 최소화하기 위해 다양한 행동을 취하는데 이것이 바로 자생적 적응이다. IPCC는 기후변화의 적응이란 기후자극과 기후자극의 효과에 대응한 자연, 인간 시스템의 조절작용이라고 정의하고 있다.<sup>3)</sup> 여기에서 적응은 기후변화의 결과로 발생하는 새로운 결과를 활용하여 기회로 삼는 행동 또는 과정까지도 포함한다.

온실가스 저감에 따른 경제적 비용은 상대적으로 많이 연구가 되어왔으나 기후변화 영향에 따른 피해 비용과 적응

대책의 비용-편익에 관한 연구는 제한적이다. 기후변화에 대한 정책 결정을 위해서는 저감뿐 아니라 기후변화에 따른 피해비용, 적응 대책의 비용-편익 등 여러 기후변화 대응 방안에 관한 비용-편익에 관한 이해가 필수적이다. 기후변화의 저감과 적응에 관한 비용-편익에 대한 분석이 수행된다면 최적의 저감과 적응의 조합의 정책 결정이 가능하다. 기후변화 대응에 대한 기회비용 평가결과, 2100년까지는 기후변화 적응에 따른 이익이 완화에 따른 이익을 초과하나 2100년 이후에는 완화에 의한 이익이 더 클 것으로 전망되고 있다.<sup>4)</sup> 이는 현재의 정책 추진 방향이 기후변화 영향을 최소화하기 위한 온실가스의 완화뿐만 아니라 정량적 영향 평가에 기초한 이미 진행 중인 기후변화에 적응하기 위한 정책 실행의 중요성을 이야기하고 있는 것이다.

IPCC 제4차평가보고서에 의하면 미래의 기후변화는 20세기에 일어났던 기후변화보다 더욱 심화될 가능성이 있다고 보고되며, 이로 인한 극한기후 등 재해를 유발하는 위험 기상 현상의 빈도와 강도는 더욱 증가될 것으로 예견되고 있다.<sup>5)</sup> 이러한 변화는 특히 도시화로 인한 인구 고밀도지역 확대와 고령화에 따른 취약 계층 증가와 관련하여 사회적 문제를 가중시킬 것으로 우려되고 있으며, 이에 대비하기 위한 기후변화 대응 정책 수립의 중요성이 증대되고 있다. 온실가스 저감과 달리 적응은 국가적, 지역적 문제이다. 즉 기후변화 적응에 관한 결정은 지역의 정책결정 시스템에 의해 이루어진다는 것을 의미한다. 우리나라도 환경부를 비롯한 각 정부부처에서 기후변화 적응의 중요성을 인지하고 국가차원의 기후변화 적응프레임워크를 마련하고 있다. 국가차원의 효율적 기후변화 적응정책 마련을 위해서는 부문

별 기후변화의 영향평가 및 경제학적 분석에 기초한 리스 트업 및 적응대책의 우선순위 선정 및 적응 시점에 대한 결정이 반드시 필요하다.

## 2. 기후변화의 경제적 영향

### 2.1. 기후변화의 영향

기후변화의 영향은 여러 부문별로 살펴볼 수 있는데, 현존하는 국내·외연구는 기후변화를 식량, 건강, 수자원 등과 같은 여러 부문들로 나누어 분석하고 있다. Stern보고서는 기후변화를 기온상승 정도에 따라 논의하고 있는데 물, 식량, 건강, 토지, 환경, 그리고 갑작스러운 대규모 부문으로 나누어 기온상승에 따른 영향들을 보여주고 있다(Table 1).<sup>1)</sup> Table 1은 단계별 온도상승에 따른 각 분야별 영향을 나타내며 온도는 산업화 이전수준 대비로 각 온도범위는 중앙값인 1°C로 표현했다(예: 0.5~1.5°C 범위는 1°C로 표현). 불확실성은 온도범위와 기후변화에 따른 영향에 있으며 온도상승이 인간에게 미치는 영향에 대한 예측은 인구와 IPCC 2080년 시나리오의 GDP를 가정으로 하였다. Table 1을 통하여 기온상승에 따라 여러부문 전반적으로 영향을 받을 것이라는 것을 볼 수 있는데, 아프리카와 같은 개발도상국은 기후변화에 특히 취약한 모습을 보여주고 있다. 아프리카는 기온상승에 따라 극심한 물 부족에 시달리는 것과 더불어, 말라리아의 위험에 처한 인구수가 증가할 것으로 보인다. 온도가 2°C 상승할 경우 말라리아의 위험에 처한 인구가 4~6천명인 것에 비해 4°C 상승시 8천만명 이상으로 증가

Table 1. Effects of temperature increase, by sector<sup>1)</sup>

기온 상승(°C)	물	식량	건강	토지	환경	갑작스런 대규모 영향
1°C	- 안데스 산맥의 소규모 빙하의 완전한 소멸 - 5천만명의 사람들의 공급수에 위협	- 온도 상승지역 곡물 생산의 적당한 증가	- 최소 3십만명 사람이 기후변화 관련 질병으로 사망(질사, 말라리아, 영양실조) - 고위도에서 겨울철 사망률 감소 (북유럽, 미국)	- 캐나다, 러시아 일부에서 도로와 빌딩의 동토 해빙 위험	- 토지 공간의 최소 10% 소멸 - 80% 산호초의 (Great Barrier Reef포함) 백화현상	- 대서양 열염 순환 (Atlantic Thermohaline Circulation)의 약화 시작
2°C	- 취약지역에 물 이용도 20~30%감소(남쪽 아프리카와 지중해)	- 열대지역에 곡물수확량의 감소 (아프리카에서 5~10%)	- 아프리카에서 4~6천만명 이상이 말라리아에 노출	- 매년 천만명 이상의 사람이 홍수 피해를 입음	- 15~40% 중의 멸종 - 북극 중의 멸종위험 증가 (북극곰, 순록포함)	
3°C	- 남부 유럽에서 10년 마다 극심한 가뭄 발생 - 10~40억 이상의 사람들이 물 부족을 경험, 반면 홍수 증가로 10~50억 물의 양 증가	- 기아 위험이 15~55억 추가발생 (탄소fertilisation 약화시)	- 영양실조로 100~300만 이상의 사람 이 사망 (탄소fertilisation 약화시)	- 매년 연안 범람으로 1백~1억 7천만명 이상의 사람에게 영향을 끼침	- 20~50% 중의 멸종 (남부 아프리카의 25~60% 포유동물, 30~40% 새, 15~70% 나비 포함) - 아마존 열대우림 파괴 (일부 모델결과)	- 그린란드 빙하가 녹기 시작 - 해수면 상승 가속화, 전 세계 7m 해수면 상승 - 대기순환 급변의 위험 상승(예: 몬순) - 남극 서부대륙빙 붕괴 위험 증가 - 대서양 열염순환 붕괴 위험 증가
4°C	- 남부 아프리카와 지중해에서 물의 이용량 30~50%감소	- 아프리카에서 15~35% 농업 생산량 감소, 전 지방에서 생산량 감소 (예: 오스트리아 일부)	- 아프리카에서 8천만 이상의 인구가 말라리아 폭로됨	- 매년 7백~3억명 이상의 사람이 연안 범람의 영향 받음	- 북극 툰드라의 약 절반이 손실	
5°C	- 히말라야 산맥 큰 빙하 소멸 가능, 중국 인구의 1/4과 인디아의 수백명에게 영향을 미침	- 해안 생태계, 어족의 위험 증가		- 해수면 상승으로 인한 소규모 섬들의 피해 - 저지대 해안지역(플로리다)과 세계 주요도시에 영향(뉴욕, 도쿄, 런던)		

**Table 2.** Damage cost per GDP (%) by sector as reported in various research

보고서 (기관 혹은 저자)	Warren et al. (2006) <sup>6)</sup> (분야별 2.5°C 기온상승에 따른 영향, 부문별 영향에 따른 지역별 총 GDP 손실, 마이너스 값은 이익을 나타냄)															IIED (2007) <sup>7)</sup>	NRDC (2008) <sup>8)</sup>	ADB (2009) <sup>9)</sup>	Hibler et al. (2008) <sup>10)</sup>	KEI (2009) <sup>11)</sup>
	미국	중국	일본	유럽 연합	러시아	인도	기타 고소득국	고소득석유 수출국기국	동유럽	중소소득국	저중소소득국	아프리카	서소소득국	전세계 산출가중치	전세계 인구가중치	나미비아 아프리카	미국	동남 아시아	독일	한국(남한)
농업	0.06	-0.37	-0.46	0.49	-0.69	1.08	-0.95	0	0.46	1.13	0.04	0.05	0.04	0.13	0.17	최적상황: 1.5 최악상황: 3.5				(벼생산량) 1°C:0.003 2°C:0.050 3°C:0.097 4°C:0.144
다른 취약한 시장	0	0.13	0	0	-0.37	0.4	-0.31	0.91	0	0.41	0.29	0.09	0.46	0.05	0.23					
해안	0.11	0.07	0.56	0.6	0.09	0.09	0.16	0.06	0.01	0.04	0.09	0.02	0.09	0.32	0.12					
건강	0.02	0.09	0.02	0.02	0.02	0.69	0.02	0.23	0.02	0.32	0.32	3	0.66	0.1	0.56					
시장외적인 시간이용	-0.28	-0.26	-0.31	-0.43	-0.75	0.3	-0.35	0.24	-0.36	-0.04	-0.04	0.25	0.2	-0.29	-0.03					
재해	0.44	0.52	0.45	1.91	0.99	2.27	0.94	0.46	0.47	0.47	1.01	0.39	1.09	0.17	0.1	(허리케인) 2025년:0.06 2050년:0.12 2100년:0.41				
이민	0.1	0.05	0.25	0.25	0.05	0.1	0.1	0.05	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1.02	1.05					
수산업																0.5				
축산																20-50				
부동산																2025년:0.17 2050년:0.23 2075년:0.29 2100년:0.35				
수자원																2025년:1.00 2050년:0.98 2075년:0.95 2100년:0.93				
노동생산성																			0.1-0.5	
총합계	0.45	0.22	0.5	2.83	-0.65	4.93	-0.39	1.95	0.71	2.44	1.81	3.91	2.64	1.5	2.19			2.2-6.7		

할 것으로 예측되었다. 온도가 4°C 상승한다면 이외에도 연안범람, 북극 툰드라의 손실 등과 같은 결과를 초래할 것으로 예상되어, 기후변화 영향이 특정 국가 또는 특정 대륙만을 위협하는 것이 아니라 전세계적으로 위협할 것임을 볼 수 있다.

2.2. 기후변화의 경제적 영향: GDP 대비 경제적 영향

우리는 기후변화를 몸소 실감할 뿐만 아니라, 기후변화의 직간접적인 경제적 영향 또한 실감하고 있다. 기존 연구들에서 기후변화로 인한 경제적 피해가 전 세계 GDP의 1.5~2.0% 정도를 차지할 것으로 예상하고 있다. OECD 국가는 GDP의 1.0~1.5%를, 개발도상국가에서는 GDP의 2.0~9.0% 정도를 차지할 것으로 전망된다. 아직 많은 연구결과에 불확실성이 크게 존재하고 있으며, 최근 연구에서는 적응, 기후의 다양성, 극단적 기후 현상을 강조하고 있다. 이에 따라 기후변화에 따른 지역별, 분야별 영향 산정 값에 차이를 보이고 있다(Table 2).

2.3. 기후변화의 경제적 영향: 연구현황 및 부문별 분석

최근 몇 년 사이 기후변화의 경제적인 영향에 대한 국·내외 연구가 더욱 활발히 이루어지고 있다. 이러한 연구들은 더욱 구체화, 세분화 되는 경향을 보이고 있는데 각 나라 안에서 지역별로, 또 각 부문 안에서 다양한 지표별로 연구들이 진행되고 있다. Table 3은 기후변화의 경제학적 분석

에 관한 최근 연구를 제시하고 있는데, 다양한 지표들이 이용되어 기후변화영향이 분석 되고 있다는 것을 볼 수 있다. Table 3에 제시된 연구들을 통하여 기후변화 영향에 대한 최근 연구현황과 여러 부문별 경제학적 분석결과를 살펴볼도록 하겠다.

2.3.1. 식량 및 농업

식량과 농업 부문에 있어서 연구대상국의 주식에 따라 연구인자가 정해지는 경향이 있음을 살펴 볼 수 있다. 동남아시아를 대상으로 연구한 Asian Development Bank (ADB)는 기후변화가 식량과 농업 부문에 미치는 영향을 분석하는데 있어 쌀생산량의 변화를 분석하였고,<sup>9)</sup> 국내연구 또한 쌀생산량의 변화를 예측하고 있다.<sup>11)</sup> ADB는 1990년도 동남아시아 쌀생산량을 기준으로 보았을 때 쌀생산량이 시나리오에 따라 20~50% 감소할 것으로 예측하였다.<sup>9)</sup> ADB가 전체적인 쌀생산량의 변화를 분석하는 데에 반해 우리나라는 쌀생산량의 변화정도를 온도상승에 따라 예측하였는데 온도의 1°C 상승시 벼생산량이 약 2.93% 감소하는 것으로 예측되었다.<sup>11)</sup> 이는 기존 국·내외 보고서들이 제시한 연구결과들과 유사한 결과이다(농업과학기술원은 1°C 상승시 약 3.1% 감소할 것으로 예측하였고, Parry 등의 연구는 1°C 상승시 약 3.5%의 감소가 있을 것으로 예측함).<sup>11,18)</sup> 온도상승에 따른 벼생산량 및 피해비용 분석결과를 살펴보면 (Fig. 1), 온도상승에 따라 벼생산량은 지속적으로 감소하는 한

**Table 3.** Current research on the economic analysis of climate change and corresponding measures, by sector

보고서 (기관 혹은 저자)		Garnaut (2008) <sup>12)</sup>	EEA (2007) <sup>13)</sup>	IIED (2007) <sup>7)</sup>	WHO (2009) <sup>14)</sup>	NRDC (2008) <sup>8)</sup>	ADB (2009) <sup>9)</sup>	Hübler et al. (2008) <sup>10)</sup>	Lobell et al. (2006) <sup>15)</sup>	Rosenzweig et al. (2002) <sup>16)</sup>	Larsen et al. (2008) <sup>17)</sup>	KEI (2009) <sup>11)</sup>	
보고서의 초점		사회 전반	사회 전반	사회 전반	사회 전반	사회 전반	사회 전반	건강	농업	농업	사회 기반시설	사회 전반	
연구대상국가		호주	유럽 연합	나미비아 아프리카	세계 전반	미국	동남 아시아	독일	미국	미국	미국	한국	
부문	부문별지표	포함여부											
식량/ 농업	일반: (생산량)	곡류			V								
		농작물		V	V	V							
		관개농업	V										
		다년생작물								V			
		전통적인농업			V								
	특정 작물: (생산량)	쌀						V					V
		콩						V					
		옥수수						V			V		
		건조지역밀	V										
		건조지역곡물	V										
	축산:	축산생산량 (일반)				V							
		축산생산 상세분류:	토지수용력 변화에 따라 변화하는 양과 소 생산량	V									
			강수량변화가 영향을 미치는 소먹이 필요조건들의 변화	V									
			강수량변화에 따라 변화하는 유생산자들의 생산력	V									
			열스트레스로 인해 감소하는 젖소의 생산력	V									
산림 생태계	산림지대의 변화			V	V							V	
	생물군계의 분포경도		V				V						
	지역생물의 다양성						V						
해안	해수면상승에 의한 일반적인 피해		V										
	연안손실에 따른 피해 (예: 인명 및 재산 피해)			V		V						V	
재해	허리케인에 따른 피해(피해액, 사망자수)						V						
	태풍 및 바람에 의한 피해			V									
	사이클론에 의한 주거지 피해액		V										
건강	질병:	살모넬라에 의한 피해액		V									
		위장염에 의한 피해	V										
		말라리아/ 뎅기열에 의한 피해 (예: 사망자수)	V	V		V		V					
	열피해:	입원수	V						V				
		건강에 대한 비용지출	V										
		사망자수 및 화폐학적 비용	V									V	
	그외:	순환기 및 호흡기와 관련된 사망자수						V					
입원비								V					
수자원	수자원 관련:	수자원비용					V						
		수자원에 영향받는 인구수				V							
	물부족 및 공급:	물부족으로 인한 가구손실		V						V			
		물부족으로 피해 입는 인구수		V									
		물공급 관련 유지/수리 및 대안책에 대한 운영비용	V										
	그외:	물공급산업체들의 전기사용량	V										
		홍수에 따른 피해액		V									
	가능어획량	V	V	V									

편 피해비용은 증가하는 것을 볼 수 있다.

아시아 국가들을 대상으로한 보고서들이 쌀생산량 변화에 주목한 것에 반해 아프리카와 유럽의 여러 나라들을 대상으

로 한 보고서들은 농작물의 생산량 변화에 초점을 맞추고 있다. 유럽연합을 대상으로한 European Environment Agency (EEA)는 농작물의 생산량이 2020년대까지 증가추세를 보

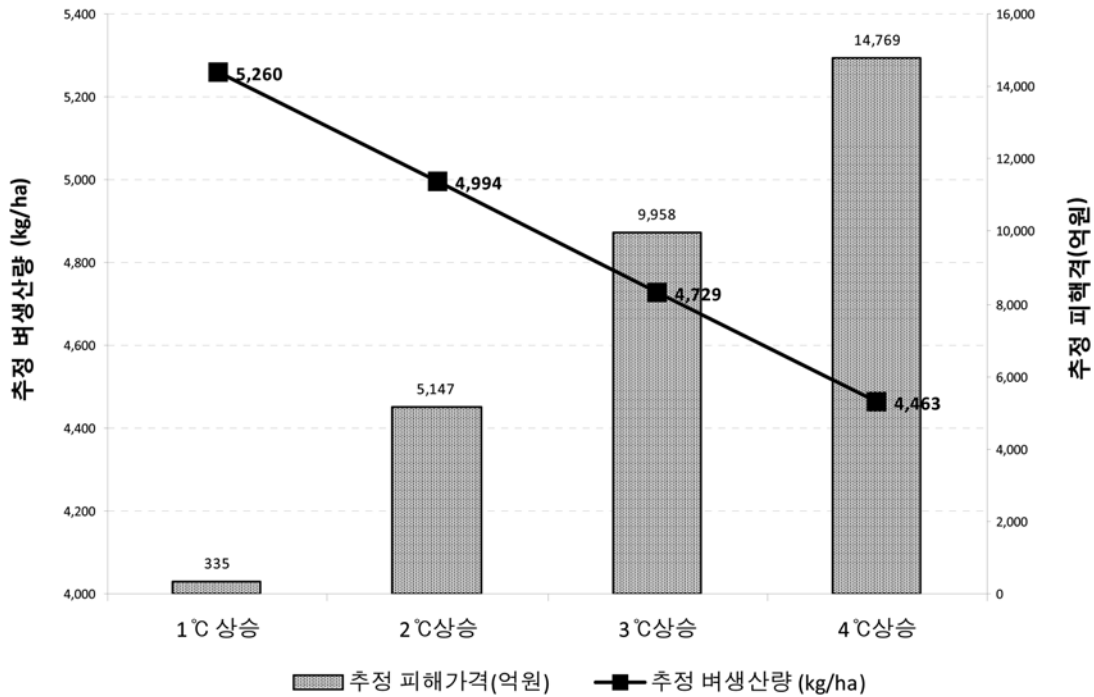


Fig. 1. Change in rice productivity and corresponding damage cost with increase in temperature (South Korea).<sup>11)</sup>

이다가 2050년대에 이르러서는 감소할 것이며, 2080년대에 이르러서는 거의 모든 지역에서 생산량 및 수익이 감소할 것으로 예측하고, 이는 연간 2천4백만 GBP에 이를 것이라고 분석하였다.<sup>13)</sup> 나미비아, 아프리카를 대상으로 한 International Institute for Environment Development (IIED)는 기후변화로 인한 나미비아의 농작물 피해가 연간 GDP의 10~20%에 이를 것이라고 추정하였다.<sup>7)</sup> World Health Organization (WHO)은 특정 아프리카 국가들이 2020년대에 이르러 천수농작물(rain-fed agriculture)생산량의 50%를 잃을 수 있을 것이라고 분석하였다.<sup>14)</sup>

이렇듯, 보고서의 연구대상에 따라 작물이 선정되어 기후변화 영향에 대한 분석이 주로 이루어지고 있는데, 이와 더불어 최근에는 주요작물에서 벗어나 특정작물에 초점을 맞춘 연구 또한 이루어지고 있다. Lobell 등은 그 동안 등한시 되었던 다년생작물들에 대한 연구의 필요성을 인지하여 와인용포도, 아몬드, 오렌지, 호두, 아보카도와 같은 다년생작물이 기후변화에 받는 영향을 분석하였다.<sup>15)</sup> 또한, 보고서들은 식량 및 농업의 주요대상들의 분석에만 머물지 않고 그와 연관된 요소들에 대한 세부적인 분석도 수행하고 있다. 강우량의 변화가 소맥이에 영향을 미치는 요소들에 끼치는 영향을 포함한 Garnaut보고서가 이를 보여주는 좋은 예이다.<sup>12)</sup> 대표적인 작물의 분석에 머물러 있는 국내연구는 외국사례가 보여주듯 여러 종목들 및 대상종목과 관련이 있는 인자들을 포함시킴으로써 기후변화가 농업부문에 미치는 영향을 더욱 포괄적으로 이해하고 분석할 수 있을 것이다.

### 2.3.2. 산림생태계

산림생태계부문은 국내연구에서 중요하게 여겨지는 부문 중 하나인데, 이는 우리나라 면적의 64%가 산림지대인 만큼 그 중요성에 의한 것이라 생각된다.<sup>19)</sup> 기후변화가 주로 부정적인 결과들을 가지고 오는 여타 다른 부문들과는 달리 산림생태계부문은 그 다양성으로 인하여 긍정적인 결과를 나타내는 부문들도 있다. EEA는 온도상승이 유럽 북부 대부분의 토종나무종들의 증가로 이어질 것이라고 보고 있으며, 핀란드의 경우 2100년도까지 전국적으로 산림면적이 44% 정도 증가 할 것으로 추정하고 있다.<sup>13)</sup>

이러한 긍정적인 전망이 있음에도 불구하고 부정적인 예측이 더 광범위하고 지배적이기는 하다. 침엽수림, 활엽수림 및 침활혼효림을 대상으로 산림지대의 변화를 분석한 국내연구는 침엽수림과 침활혼효림이 감소할 것으로 예측하고 있으며, 활엽수림은 감소 후 일정 수준으로 다시 증가할 것으로 내다보고 있다.<sup>11)</sup> 또한, 생물군계의 분포 정도를 분석하는 연구들도 기후변화가 생태계에 부정적인 영향을 미칠 것이라고 보고 있다. 동남아시아에 대한 ADB는 산림 중에서도 질 높은 산림의 변화정도를 살펴보았는데, 현재 93% 정도를 차지하고 있는 질 높은 산림이 2050년도에는 92%로, 2100년도에는 75%로 감소 할 것으로 내다보고 있다.<sup>9)</sup> 호주의 경우 생물군계의 분포가 온도상승에 부정적인 영향을 받을 것이라고 예상하였다. 1°C 상승 시 쥐과인 마운틴피그미포섬(Mountain Pygmy Possum)의 서식지가 100% 제거 될 뿐만 아니라 Highland 우림(rain forest) 지역이 50% 감소 할 가능성이 있음이 제시되었다. 2°C 상승은 더욱 극단적인 결과를 낳을 것이라고 추정되었는데, 2°C 상승시 호주 고유의 모든 열대우림 척추동물들이 강제로 멸종 될 것이라고 예측되었다.<sup>12)</sup> 이렇듯 온도상승이 생태계에 치

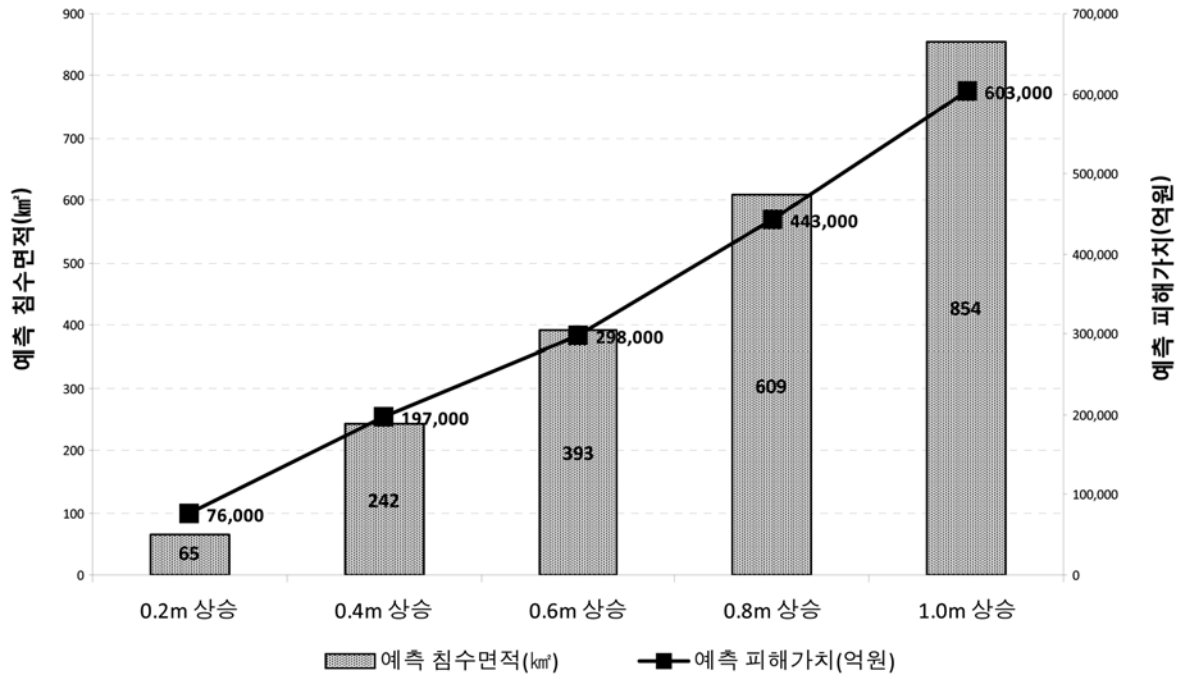


Fig. 2. Estimated amount of submerged areas and corresponding damage cost with sea level rise, dry area (South Korea).<sup>11)</sup>

명적인 영향을 미칠 것이라는 예측을 보여주는 국외사례들을 통하여 국내에서도 기후변화가 생태계에 미치는 영향을 다각도로 살펴보는 것이 필수적이라 여겨진다.

### 2.3.3. 해안 및 재해

기후변화가 해안부문에 미치는 영향은 대부분 온도상승으로 인한 해수면상승에 대한 분석으로 이루어지고 있다. 다른 연구들의 전망과는 다르게 Garnaut보고서는 현세기 동안 큰 영향을 끼칠 해수면의 상승은 없을 것이라고 예상하고 있다.<sup>12)</sup> 그러나 대부분의 다른 연구들은 기후변화에 의한 해수면상승이 있을 것이며, 이는 치명적인 결과를 가지고 올 것이라는 비관적인 전망을 보여주고 있다. 해수면상승에 대한 분석은 주로 연안손실에 대한 연구가 이루어지고 있는데 이 또한 다양한 지표들을 이용하여 분석되고 있다. EEA는 해수면의 상승으로 2080년도까지 19,000 km<sup>2</sup>의 땅이 영구히 손실 될 수 있으며, 이로 인한 홍수로 약 140만명의 유럽인구가 매해 피해를 입을 수 있고, 이는 매해 약 180억 유로의 피해에 이를 수 있다고 예측하였다.<sup>13)</sup> WHO 또한 해수면 상승에 대한 대처가 없을 경우, 2080년에 이르러 연안범람의 위험에 처한 인구가 매해 1억명을 초과할 것이라고 내다보았다.<sup>14)</sup> 이는 현재 범람의 위험에 처한 인구수의 10배에 해당하는 숫자로 그 위험성을 가늠하게 해준다. 국내연구도 해수면의 상승에 따른 침수면적을 먼저 예측하고 그에 따르는 피해가치를 추정하였다(Fig. 2).<sup>11)</sup> 해수면이 0.2 m에서 1.0 m로 상승할 경우 침수면적이 65.15 km<sup>2</sup>에서 854.16 km<sup>2</sup>로 증가하는 것을 볼 수 있으며, 이에 따르는 피해비용 또한 증가하는 것을 볼 수 있다. 연안지역이 최근 더욱 빈번히 발생하고 있는 홍수, 스나미와 같은 자연재해에 취약한 지역인 만큼 연안부문에 대한 더 포괄

적인 연구가 시급하다고 여겨진다.

앞서 언급한 홍수, 스나미와 같은 자연재해는 특히나 큰 불확실성이 존재하기 때문에 그에 대한 분석 또는 예측을 제시하는 데에 큰 어려움이 따른다. 이를 보여주듯이 많은 보고서들에서 재해부문에 대한 연구가 다루어지지 않고 있다(Table 3). 미국을 대상으로 한 허리케인에 대한 연구에서 주목 할 점은 25년마다 큰 폭으로 증가하는 피해액과 사망자 수이다(Fig. 3).<sup>8)</sup>

큰 불확실성으로 인해 자연재해의 영향을 경제학적으로 분석하는 데에 어려움이 따르지만, 우리나라 기후변화의 경제학적 보고서에서 논의하고 있는 황사, 낙뢰, 산불과 같은 재해의 빈도가 증가하고 있어 자연재해에 대한 연구가 시급하다.<sup>11)</sup> 이는 추후 연구에 있어서 중요하게 여겨져야 할 것이다.

### 2.3.4. 건강

기후변화가 건강에 미치는 영향은 크게 기후변화와 관련된 질병에 의한 영향과 고온이 미치는 영향으로 나뉜다. 주목할 것은 살모넬라 및 말라리아와 같은 질병의 위험에 놓여있지 않던 국가들이 기온상승으로 그와 같은 질병의 위험을 받게 된다는 것이다. EEA는 유럽연합국들이 살모넬라균에 의하여 잠재적으로 큰 부담을 질 것으로 예상하였으며, 2070~2100년의 시기에 이르러서는 연간 수십억 유로의 피해를 입을 것으로 예측하였다. 또한 구체적인 수치가 제시되지 않았으나, 말라리아가 발생가능한 매체들의 잠재성을 지목하며 그에 대한 예방책강구를 지적하고 있다.<sup>13)</sup> 아프리카는 이미 뎅기열과 말라리아의 위험을 받고 있는데, WHO는 2030년도까지 말라리아의 위험에 처해 있는 인구를 1억천만명으로 예상하였으며, 2080년도까지 뎅기열의 위

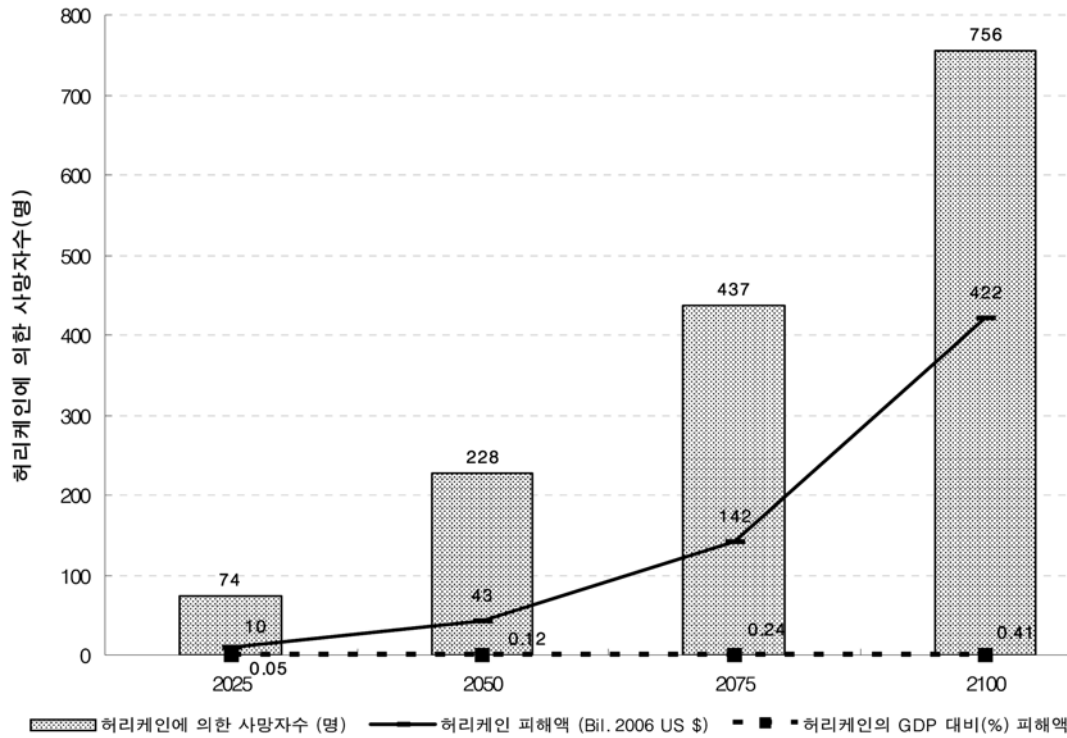


Fig. 3. Damage of hurricanes in the U.S. with time (Damage cost in billion \$, Per GDP %, and Number of deaths resulting from hurricanes).<sup>8)</sup>

험에 처해있는 인구를 20억명으로 예상하고 있다.<sup>14)</sup> 호주를 대상으로 한 Garnaut보고서는 이외에도 기후변화와 관련된 위장염의 발병수 및 그로인한 비용지출, 고온으로 인한 입원 횟수, 그리고 건강의 비용지출에 관한 분석결과도 보여주고 있다.<sup>12)</sup>

질병이외에도 온도상승이 건강에 미치는 영향으로 고온

으로 인한 추가 사망자수가 연구되고 있다. 이는 위에 제시된 보고서들 중 Garnaut보고서와 우리나라 기후변화의 경제학적 분석에서 특히 자세히 다루어지고 있다. Garnaut보고서에서는 온도와 관련된 사망자수를 지역별로 제시하고 있으며, 우리나라 기후변화의 경제학적 분석에서는 추정되는 초과사망자수에 더해 이를 화폐학적 비용으로 수치화시

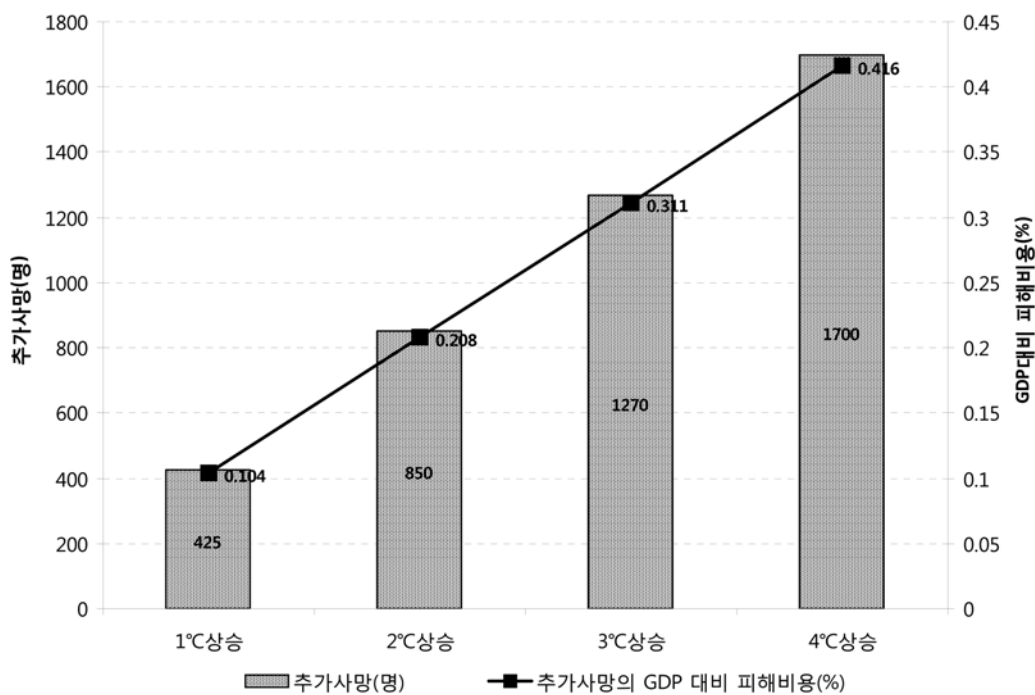


Fig. 4. Additional number of deaths and corresponding damage cost (% per GDP) with increase in temperature (South Korea).<sup>11)</sup>

키고 있다.<sup>11,12)</sup> Fig. 4에서 살펴볼 수 있듯이 온도상승에 따라 추정되는 추가사망자수는 증가하며, GDP대비 추가사망 피해비용 또한 증가한다는 것을 알 수 있다.

이와 같은 경제학적 분석은 우리에게 기후변화가 미치는 영향을 더욱 실질적으로 보여주며 기후변화의 영향에 대한 적응정책의 편익계산을 가능하게 해주기에 필수적이라 여겨진다. 온도상승과 관련된 사망자에 대한 분석과 더불어 우리나라도 말라리아 혹은 뎅기열과 같은 질병에 대한 심도 있는 분석을 포함시킴으로써 건강부문에서의 기후변화영향을 더욱 포괄적으로 제시해야 할 것이라 여겨진다.

### 2.3.5. 수자원 및 기타 영향 부문

수자원은 전반적으로 많이 분석된 부문인데 분석에 이용된 지표들이 다양하다. 단순히 수자원에 드는 비용<sup>8)</sup> 및 수자원의 변화에 영향을 받는 인구수<sup>14)</sup> 대한 분석뿐만 아니라 홍수에 따른 피해액 그리고 물부족으로 인한 가구의 손실에 대해서도 논의 되고 있다.<sup>13)</sup> 이에 더해 수자원 및 물공급과 관련된 요소들이 기후변화에 의해 받는 영향이 분석되고 있는데, Garnaut보고서에서는 물공급관련 기반시설에 드는 비용, 물공급을 위한 유지 및 수리비용, 물공급 업체들의 전기사용량과 같은 항목들도 논의되고 있다.<sup>12)</sup>

Table 3에서 제시된 부문들 외에도 사회기반시설, 에너지, 노동력, 관광업, 산불, 기아, 무역 및 주거부동산에 대한 분석도 언급되고 있으나 대부분 Garnaut보고서에 언급이 되어 있을 뿐 제시 되어 있는 다른 보고서들에서는 많이 다루어지지 않고 있다.<sup>12)</sup> 국내연구 또한 앞선 부문들에 대한 연구가 미비하기에 기후변화의 영향을 분석하는 데에 있어 이러한 부문들 또한 염두에 두어야 할 것이다.

## 3. 기후변화 적응의 비용효과

### 3.1. 적응대책의 필요성 및 효과

앞서 살펴본 기후변화에 대한 대응책으로 완화(mitigation)와 적응(adaptation)이 제시되어왔다. 최근까지 기후변화에 대한 주요 대응방안은 온실가스의 감소를 이용한 완화였으나, 동토층의 해동, 홍수 및 폭서와 같은 기후변화의 영향이 목격되면서 적응이 기후변화에 대한 더 중요한 방안으로 떠오르게 되었다. IPCC는 기후변화 적응의 필요성을 다음과 같이 정의하고 있다.<sup>3)</sup>

- o 기후변화는 현재 예측되는 것 보다 빠르고 심각하게 일어날 가능성이 있음.
- o 기후변화를 완전히 피할 수 없음.
- o 예방적 반응은 마지막 순간의 비상적 적응이나 재건(retrofitting)보다 효과적이며 비용이 적게 소요됨.
- o 기후변화와 극단현상에 대한 보다 나은 적응과 오적용 정책과 대책들을 없애는 것은 즉각적인 이득을 가져올 수 있음.

현재의 기후상태에서 자연재해에 취약한 시스템은 이미 어떤 형태로든 적응을 하고 있다. 예를 들어 홍수위험이 많은 지역에서는 제방을 쌓고, 가뭄이 많이 발생하는 지역에서는 가뭄의 정도를 완화하기 위해 관개시설을 설치한다. 기후변화에 의해 더욱 강도가 높아지고 빈번해지는 기후현상에 대응하기 위하여 적응기술의 보완이 요구된다. 다시 말하면, 제방의 높이는 더욱 높아져야 하고, 관개시설의 수는 더욱 증가되어야 한다. 적응기술이 적절한 가격에서 미래수요에 충족되기 위해서는 현재적용기술의 기술발전이 필요하다.

적용 정책은 다음 그림들(Fig. 5와 Fig. 6)과 같이 기후 변화에 대한 피해를 나타내기 시작하는 한계점과 한계 변화 속도를 높임으로써 기후변화로 인한 피해를 감소시킨다. 이들은 적응대책에 따라 기후변화 영향이 감소되는 것을 보여주고 있다.

적용기술 및 대책은 냉방, 홍수예방, 관개, 자연재해에 대한 조기경보제도 등 현존하는 적응 방안을 지속적으로 개발하고 보완하는 역할을 한다. 일반적으로 기술은 계속되는 기상 관련 위험에 대한 사회의 취약성을 낮추는 역할을 해왔다. 기후변화에 따른 많은 연구결과는 많은 분야에 있어서 기후변화에 의해 위험이 증가될 것으로 예측하고 있다. 현재의 많은 기술들이 기상과 관계된 위험을 감소시키는데 효과적인 것으로 나타나고 있으므로 적응 기술은 매우 중

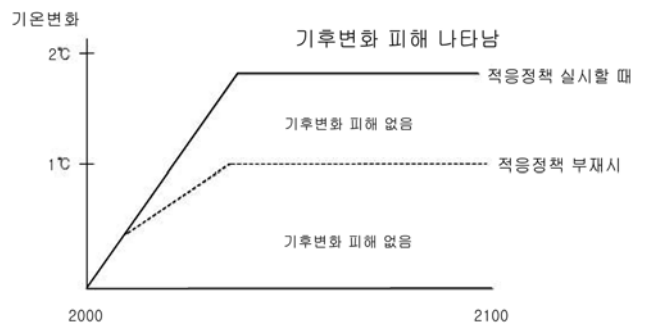


Fig. 5. Difference in damage costs of climate change depending on the implementation of adaptation measures.<sup>20)</sup>

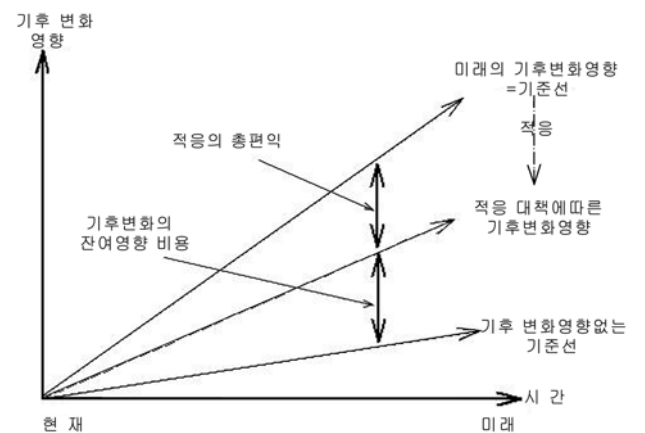


Fig. 6. Effectiveness of adaptation measures for climate change.<sup>21~23)</sup>



요한 의미를 갖는다. 적응기술 및 대책은 지역적 발전 요구를 충족시키며 앞으로 전망되는 기후변화에 대처하기 위해 지속적으로 적응기술에 대한 개발과 혁신이 이루어져야 한다. 기후변화는 지역사회와 부문별로 새로운 문제를 야기할 것이므로 적응은 과거에는 일어나지 않았던 새로운 상황에 대한 준비를 해야 한다. 이는 새로운 현상에 대한 대처를 가능하게 한다. 한계점을 초과하는 기온, 강수량, 해수면 등의 기후 인자변화에 대처하는 기술개발과 기술이전이 매우 중요하다. 또한 적응기술은 적응역량을 향상시키는 역할을 한다. 기후변화에 대한 취약도는 기후변화의 정도뿐만 아니라 지역사회의 사회, 경제, 환경적 상황에 의해 결정된다. 기후변화에 따른 취약성을 감소시키기 위한 성공적인 적응정책은 조건 및 관리방안을 개선하는 것을 포함해야 한다.

3.2. 적응비용 및 대책의 연구현황

적응대책에 대한 국외연구는 기후변화영향에 가장 취약할 것으로 예상되는 개발도상국을 대상으로 많이 이루어지고 있다. World Bank의 최근연구는 2050년도까지 기온이 2°C 상승한다는 가정하에서 개발도상국의 적응비용이 연간 750억에서 1조 달러가 될 것으로 예측하고 있다.<sup>24)</sup> National Centre for Atmospheric Research (NCAR)의 시나리오를 따른 World Bank의 적응비용 예측에 의하면 국가별 적응비용 절대값이 시간에 따라 증가하며 국가별 GDP 대비는 감소한다(Fig. 7).

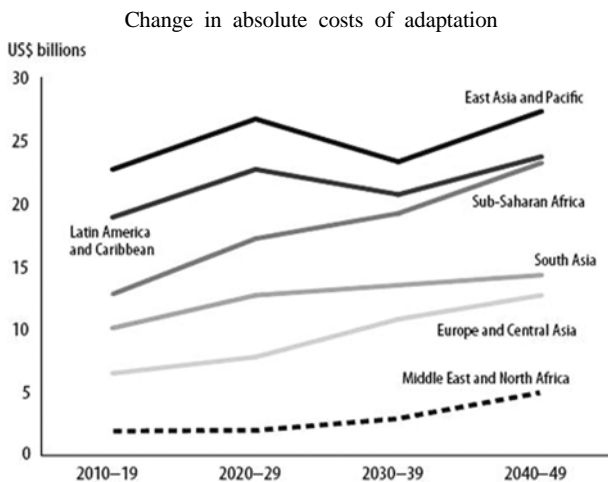
Table 4는 앞서 언급한 World Bank의 2010년도 보고서 외에 기존보고서에서 제시한 개발도상국의 적응비용을 나타낸다. World Bank의 2006년도 보고서는 개발도상국들의 적응비용에 대한 예상치를 최초로 제시하였다.<sup>25)</sup> Stern보고서와 United Nations Development Programme (UNDP)는 World Bank에서 제시한 모델을 이용하였지만, 기후변화에 대한 투자비용과 기후변화의 대응방안에 드는 비용가치를 다르게 두어 분석하였다.<sup>1,26)</sup> UNDP는 기존에 계산되었던 기

Table 4. Existing estimates of global adaptation costs for developing countries<sup>24)</sup>

연구보고서	예측된 적응비용 (Adaptation costs)
World Bank(2006) <sup>25)</sup>	연간 90억-410억 US dollars
Stern(2007) <sup>1)</sup>	2050년까지 연간 40억-370억 US dollars
UNDP(2007) <sup>26)</sup>	2015년까지 연간 50억-670억 US dollars
Oxfam International(2007) <sup>27)</sup>	연간 최소한 500억 US dollars
UNFCCC(2007) <sup>28)</sup>	2030년까지 연간 280억-670억 US dollars
Project Catalyst(2009) <sup>29)</sup>	2010-20년: 150억-300억 US dollars 2030년까지 300억-900억 US dollars
World Bank(2010) <sup>24)</sup>	2050년까지 연간 750억-1조 US dollars

후변화의 대응방안에 드는 비용에 사회보호프로그램 및 다른 분야의 확대에 대한 400억 달러와 재해반응시스템의 강화에 대한 20억 달러를 추가적으로 포함시킴으로써 전체 적응비용을 2015년도까지 매해 470억~1조90억 달러로 예측하였다.<sup>26)</sup> Oxfam은 국가단위의 적응행동계획과 비정부단체가 주도하는 적응과제의 비용평가를 통하여 적응비용을 예측하는데 상향식접근(bottom-up approach)을 이용하였다. Oxfam은 더욱 넓은 범위의 적응방안들을 제시하였지만, 분석한 프로젝트와 국가의 규모가 너무 작고 대표적이지 못하여 그 결과를 개발도상국에게 일반화시키기에는 부적절하다는 한계점을 안고 있다.<sup>27)</sup>

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)는 계획된 적응방안 및 개별적 적응방안 모두를 고려하였는데 이는 UNFCCC이전 연구들이 계획된 적응방안만을 고려하였다는 한계점을 극복한 것이다.<sup>28)</sup> 또한, 기존연구들이 적응비용을 계산함에 있어 모든 부문들을 통합하여 계산 한 반면, UNFCCC는 적응비용을 부문별로 나누어(농업, 산림 및 어업, 물공급, 건강, 해안, 사회기반시설) 분석하였다.<sup>28)</sup> Project catalyst의 연구는 능력배양, 계획 및 연구와 같은 적응정책을 초반의 중점사항으로 두었으며, 이후 더욱 계획적인 적응정책에 대한 투자에 중점을 두고 있다. 또한, 기존연구들과 다르게 적응행동의 잠재적인 공편



Change in share of adaptation costs as percentage of GDP

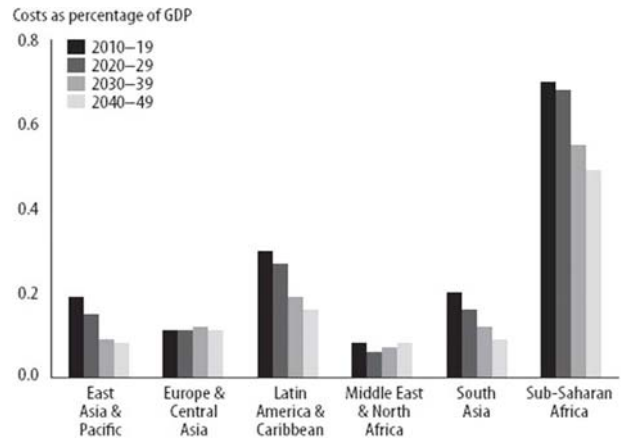


Fig. 7. Absolute costs of adaptation and its share on GDP for developing countries (2010-2049) (in \$ billions at 2005 prices, no discounting).<sup>24)</sup>

**Table 5.** Proxies for assessing adaption costs and adaptation measures, by sector<sup>24)</sup>

영향부문	대리변수(Proxies for adaptation costs)	적응방안(Adaptation measures)
사회기반시설	서비스수준(level of services)	설계기준, 기후대처를 감안한 유지
해안	잔여피해(residual damage)를 염두에 둔 최적의 보호수준	강과 바다 제방, 양민, 항구항상
물공급 및 홍수관리	공업 및 지방자치체에서 이용가능한 물의양, 홍수보호의 가능성여부	저수지에의 저장, 재활용, 빗물수확, 담수화, 홍수에방을 위한 제방과 해안간척지
농업	영양실조에 걸린 아동숫자 및 1인당 칼로리소비량	농업에 관한 연구, 전원도로, 관개를 위한 기반시설 확대 및 효율성 향상
수산업	수산업에 따른 수입	어장되사기, 양도성개별할당량제도(individual transferable quotas), 양식어업, 생계의 다양성을 위한 방안, 해양보호구역 (marine protected areas)
건강	질병부담(burden of disease)에 의해 정의된 건강기준	질병예방 및 치료
산림 및 생태계	삼림정도(stock of forests) 및 서비스수준(level of services)	-
재해	재해에 의한 사망자수 및 영향 받은 인구수	인적자원에 대한 투자

익(co-benefit)을 염두에 두고 있으며, 이러한 공편익을 반영한 감소된 비용편익을 제시하고 있다.<sup>29)</sup> 마지막으로, World Bank의 2010년 보고서의 적응비용을 살펴보면, 이전 연구들의 예측결과보다 높은 경향이 있다는 것을 볼 수 있다.<sup>24)</sup> 이는 World Bank의 연구가 더 포괄적으로 부문들을 포함시켰기 때문인데, 예를 들어 해안부문의 경우 해안관리 및 방어에 대한 더 포괄적인 분석으로 기존연구에 비해 그 비용이 6배 높았다.<sup>24)</sup> 이는 유지비용, 항구개선비용 및 해수면상승과 폭풍해일에 대한 위험부담비용을 포함시켰기 때문이다. 또한, 물공급과 홍수에 대한 적응비용에 있어서 높은 수치가 예측되었는데 이는 강기슭의 홍수방지비용 등과 같은 비용이 추가적으로 포함되었기 때문이다.

World Bank의 2010년 보고서가 제안한 각 부문분석을 위한 대리변수 및 적응방안은 Table 5에서 볼 수 있다.<sup>24)</sup> 수산업의 경우 수산업에 따른 수입을 대리변수로 이용할 것을 제안하며, 기후변화적응방안으로 어장되사기, 양도성개별할당제도(individual transferable quota), 양식어업, 생계의 다양성을 위한 방안 및 해양보호구역을 제시하고 있다. 수산업 외에도 사회기반시설, 해안, 물공급 및 홍수관리, 농업, 건강, 산림 및 생태계, 그리고 재해에 대한 적응방안 또한 살펴볼 수 있다.

기후변화적응비용 및 대응방안에 대한 연구로 기후변화에 가장 취약하다 여겨지는 개발도상국들을 분석한 World Bank보고서를 집중적으로 살펴보았다. 이외에도 적응에 대한 국외연구가 활기를 띄고 있으나 적응비용 및 대응방안에 대한 국내연구는 미비한 실정이다. 날로 불안정해지고 있는 기후변화와 그에 따른 높은 경제적인 피해를 감안하였을 때 이에 대한 대응방안으로써의 적응정책에 대한 국내연구가 시급하다 하겠다.

#### 4. 결론 및 제언

기후변화에 따른 여러 영향이 우리 사회 전반에 걸쳐 다각도로 나타나고 있으며 점차 심화될 전망이다. 효율적으

로 기후변화에 대응하기 위한 정책 결정을 위해서는 온실가스 저감뿐 아니라 기후변화에 따른 피해비용, 적응 대책의 비용과 편익 등 여러 기후변화 대응 방안에 관한 비용과 편익에 관한 이해가 필수적이다. 기후변화의 경제학적 분석은 우리에게 기후변화가 미치는 영향을 더욱 실질적으로 보여주며 기후변화의 영향에 대한 적응정책의 편익계산을 가능하게 해주기에 필수적이라 여겨진다. 본 연구에서는 기후변화의 영향과 이의 경제학적 분석에 관한 연구결과와 기후변화 대응으로 적응대책에 관한 비용을 중점적으로 살펴보았다.

기후변화는 복잡하고 논란의 여지가 많은 과학, 경제적, 정치학적 개념들을 포함하고 있다. 기후변화 영향 평가에 있어 가장 어려운 일 중의 하나가 경제적인 영향을 산정하는 일인데, 이를 위해서는 다양한 부문과 지역에 대한 연구와 장기간에 걸친 예측이 필요하다. 현재 기후변화 영향으로 인한 피해 비용을 산정한 것은 정확하지 않으며, 관련 연구 역시 완성되지 않고 있다. 기후 변화 영향을 받는 부문에 관한 분류 방법도 연구에 따라 많은 차이를 보인다. 그럼에도 불구하고 온실가스 감축 대책의 비용-편익 분석을 위해서 기후변화 영향의 화폐적 가치를 산정하는 것은 필수적이다. 현재까지 기후변화의 화폐적 가치를 산정하는 것은 정책 결정에 있어 매우 한정적인 역할을 해왔으나 적응정책의 중요성이 대두되면서 앞으로는 더욱 중요한 정보를 제공할 것으로 사료된다.

그 동안 온실가스 농도를 안정화하기 위한 활동인 원화 조치에 역점을 두어온 국제사회에서 2002년 COP8에서 적응이슈를 강조하는 텔리선언문이 채택되면서 적응과 관련한 논의가 본격화되었다. COP8 이후로 국제사회에 있어서도 적응정책은 여러 기후 협약에서 더욱더 비중 있게 논의되고 있으며 온실가스 저감과 더불어 중요한 축을 이루고 있다. 기후변화에 많은 불확실성이 있음에도 불구하고, 적응대안들은 이미 자연계의 적응과 인간의 적응역량 강화를 위한 비용 효과적인 방법으로 사용되고 있다. 기후변화 적응이야말로 취약성 평가라는 과학적인 방법 및 도구의 개발과 적응정책이라는 정책적 수단 및 조치가 조화를 이루

어야 하는 주제이다. 국내 외에서 기후변화 적응에 관한 중요성은 점점 더 강조 되어가고 있으나, 아직 이를 뒷받침하기 위한 국내기초연구는 많이 부족하다는 결론을 얻을 수 있었다. 이미 한반도는 전지구 평균기온의 상승치를 상회하는 온난화 추세를 보이고 있으며, 재해 관련 위험도가 높아지고 있는 실정이세 한반도의 기후변화 영향에 관한 종합적이고 정량적인 분석은 더욱 절실한 실정이다. 현재까지 제한적으로 농업, 산림, 수자원을 중심으로 국내 자연생태계 영향의 정량화 연구가 수행되었으나, 아직까지 사회경제적 부문의 영향결과는 정량화가 어려운 상황이다. 또한, 영향평가의 연구가 대상지역 및 방법에 따라 매우 다양하게 적용되어 부문 간 비교가 매우 어려우며 따라서 결과의 일관성 있는 해석이 어려운 실정이다.

적응이슈는 지속가능발전과 연계하여 군서도서국, 개발도상국뿐만 아니라 선진국들에게도 점차 중요해 지고 있다. 우리나라에서도 효율적으로 기후변화에 대비하기 위해서는 보다 적극적인 적응정책 수립과 적응기술에 대한 분석이 시급하다. 기후변화 적응을 위해서는 막대한 비용이 수반되므로 기후변화 영향의 취약성을 평가하고 오적응(maladaptation)을 제거하기 위한 과학적 및 정책적 도구가 중요하다. 기후변화 적응 비용 및 이에 의한 적극적인 편익 추정은 효율적 대응 정책 수립에 중요한 정보를 제공해 미래에 발생할 보다 큰 비용 저감에 기여할 수 있다. 또한 이러한 정보는 기후변화 적응과 관련된 조기대응 체제를 구축하고 관련 국제 협상에서 우위를 확보하는 데 큰 역할을 할 것으로 기대된다.

KSEE

## 참고문헌

1. Stern, N. H., *The economics of climate change: The Stern review*, Cambridge University Press(2007).
2. 이지훈, “기상이변의 경제학,” SERI 경제포커스, 삼성경제연구소, 278호(2010).
3. IPPC (Intergovernmental Panel on Climate Change), “Climate change 2001: Impacts, Adaptation & Vulnerability,” Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, McCarthy, J. J., Canziani, O. F., Leary, N. A., Dokken, D. J., White, K. S. (Eds.), Cambridge University Press, UK(2001).
4. de Bruin, K. C., Dellink, R. B. and Agrawala, S., “Economic aspects of adaptation to climate change: Integrated assessment modelling of adaptation costs and benefits,” OECD, Paris, Working Paper, No. 6(2009).
5. IPPC (Intergovernmental Panel on Climate Change), “The fourth assessment report, Climate change 2007,” Cambridge University Press, UK(2007).
6. Warren, R., Hope, C. Mastrandrea, M. and Tol, R., “Research Report Prepared for the Stern Review on the Economics of Climate Change,” Tyndall Centre Working Paper 91, Norwich: Tyndall Centre(2006).
7. IIED (International Institute for Environment Development), “The economic impact of climate change in Namibia: How climate change will affect the contribution of Namibia's natural resources to its economy,” (2007).
8. NRDC (Natural Resources Defence Council), “What we'll pay if global warming continues,” (2008).
9. ADB (Asian Development Bank), “The Economics of climate change in Southeast Asia: a regional review,” (2009).
10. Hübler, M., Klepper, G. and Peterson, S., “Costs of climate change. The effects of rising temperatures on health and productivity in Germany,” *Ecological Economics*, **68**, 381~393(2008).
11. 한국환경정책평가연구원(Korea Environment Institute, KEI), “우리나라 기후변화의 경제학적 분석(I),” (2009).
12. Garnaut, R., “The Garnaut climate change review,” (2008).
13. EEA (European Environment Agency), “Climate change: The cost of inaction and the cost of adaptation,” (2007).
14. WHO (World Health Organization), “Protecting health from climate change: Connecting science, policy and people,” (2009).
15. Lobell, D. B., Field, C. B., Cahill, K. N. and Bonfils, C., “Impacts of future climate change on California perennial crop yields: Model projections with climate and crop uncertainties,” *Agricultural and Forest Meteorology*, **141**, 208~218(2006).
16. Rosenzweig, C., Tubiello, F. N., Goldberg, R., Mills, E. and Bloomfield, J., “Increased crop damage in the US from excess precipitation under climate change,” *Global Environmental Change*, **12**, 197~202(2002).
17. Larsen, P. H., Goldsmith, S., Smith, O., Wilson, Strzepak, K., Chinowsky, P. and Saylor, B., “Estimating future costs for Alaska public infrastructure at risk from climate change,” *Global Environmental Change*, **18**, 442~457(2008).
18. Parry, M. L., Rosenzweig, C., Iglesias, A., Livermore and M., Fischer, G., “Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios,” *Global Environmental Change*, **14**, 53~67(2004).
19. Korea Forest Service, <http://www.forest.go.kr>, September (2010).
20. Yeora, C., Bae, S. Y. and Kim, J. E., “Estimating climate change damage using PAGE model,” Korea Environment Institute(2006).
21. Metroeconomica Limited, “Costing the impacts of climate change in the UK: Implementation guidelines,” Final report, Prepared for the UK Climate Impacts Programme, UKCIP (2003).
22. Marsden Jacob Associates, “Guidelines for evaluation of introducing and improving two part tariffs,” Department of Natural Resources, Queensland(1997).
23. Parry, M. and Carter, T., “Climate impact and adaptation assessment,” Earthscan(1998).
24. World Bank, “The cost to developing countries of adapting to climate change: New methods and estimates,” (2010).
25. World Bank, “Clean energy and development: Towards an

- investment framework,” (2006).
26. UNDP (United Nations Development Programme), “Human development report 2007/2008. Fighting climate change: Human solidarity in a divided world,” (2007).
  27. Oxfam International, “Adapting to climate change: What's needed in poor countries, and who should pay,” Briefing paper 104(2007).
  28. UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change), “Climate change: Impacts, vulnerabilities, and adaptation in developing countries,” (2007).
  29. Project Catalyst, “Adaptation to climate change: Potential costs and choices for a global agreement,” (2009).