

국토정책 Brief

KRIHS ISSUE PAPER

KRIHS POLICY BRIEF • No. 518

발행처 | 국토연구원 • 발행인 | 김동주 • www.krihs.re.kr

안전한 국토만들기 정책 시리즈 ③

기후변화 재해에 대응한 방재 복원력(Resilience) 구축방향

한우석 국토연구원 책임연구원, 유진욱 국토연구원 연구원

요 약

- ① 지구온난화 등 기후변화 영향으로 재해피해가 증가하고 있으며, 피해저감을 위해 최근 선진국을 중심으로 방재분야에 복원력 개념을 도입하고 있음
 - 기후변화 시나리오에 따르면 한반도의 기후변화 추세는 급속도로 진행될 것으로 전망되며, 이로 인해 자연재해 피해가 증가할 것으로 전망됨
 - 대형화하는 재해를 원천적으로 예방하는 것은 현실적으로 불가능하여 기존 방재개념인 재해로부터의 저항인 예방에서 재해로의 적응 및 복구에 기반한 복원력으로 방재개념이 전환되는 추세임
- ② 방재분야에서의 복원력은 재해예방뿐만 아니라, 변화하는 환경에 따른 불확실성에 대응하여 사회시스템의 지속가능성을 강화하기 위해 신속한 복구능력까지 고려한 포괄적인 개념임
 - 방재분야의 복원력은 피해가 발생하지 않도록 피해를 견딜 수 있는 피해저항 능력, 재해발생 시 피해를 최소화할 수 있는 피해저감 능력, 2차 피해를 최소화하기 위한 빠른 피해복구 능력 등으로 구성
- ③ 선진국에서는 기술적으로 지자체를 지원하거나 지자체의 자발적 참여유도, 다중방재체계 수립 등을 통해 방재분야에 복원력 강화를 적극적으로 유도하는 추세임
 - UN-ISDR의 지방정부 재해복원력 평가도구, TISP의 지역의 재해복원력 가이드라인, HUD의 국가재해 복원력 대회 등을 통해 지역 복원력 강화를 위한 지자체 지원 및 참여를 유도
 - 뉴욕시에서는 복원력 강화를 위해 시설물기준 강화, 위험지역 도출, 재해대응 매뉴얼 개발 등 종합적인 다중방재체계 계획을 수립 및 운영

정책 방안

- ① 방재정책에 복원력을 적용하기 위해 종합적이고 체계적인 복원력 분석방법 개발
- ② 방재시설뿐만 아니라 국토 및 도시계획, 재해대응 매뉴얼 등을 종합적으로 활용한 다중방재체계의 구축 추진
- ③ 지자체의 복원력 강화를 위해 관련 시스템 개발과 복원력 강화사업 대회 등을 통해 지자체의 자발적인 정책참여 유도 및 재정지원

1. 기후변화에 의한 재해피해 증가 및 방재정책의 변화동향

● 기후변화에 의한 재해피해 증가

- RCP¹⁾ 기후변화 시나리오에 따르면 한반도의 기후변화는 향후 급속도로 진행될 것으로 전망
 - 기후변화를 완화하기 위한 노력 없이 현재 추세대로 온실가스를 계속 배출하는 시나리오인 RCP 8.5에 따르면 21세기 말 한반도의 평균기온은 현재 대비 약 5.9℃ 상승, 강수량 20.4% 증가 전망
 - 일정수준 이상 온실가스 저감노력이 실현된 RCP 4.5 시나리오의 경우에도 평균기온 3.4℃ 상승과 강수량 17.3% 증가가 전망됨

표 1 한반도 기후변화 전망: 1986~2005년 대비 21세기 중후반기

구 분		1986~2005년 기후 값	21세기 중반기 (2046~2065년)		21세기 후반기 (2081~2100년)	
			RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
평균기온 (℃)	한반도	11.3	+2.3	+3.3	+3.0	+5.9
	동아시아	-				
	전지구	-	+1.4	+2.0	+1.8	+3.7
일최고기온(℃)		16.8	+2.3	+3.3	+2.9	+5.7
일최저기온(℃)		6.3	+2.4	+3.5	+3.2	+6.1
강수량(mm)		1144.5	+13%	+21%	+20%	+18%
폭염일수(일)		7.5	+3.9	+7.4	+6.1	+24.4
열대야일수(일)		2.6	+6.6	+13.2	+11.8	+37.2
호우일수(일)		2.2	+0.9	+1.1	+1.0	+0.8

자료: IPCC 2013.

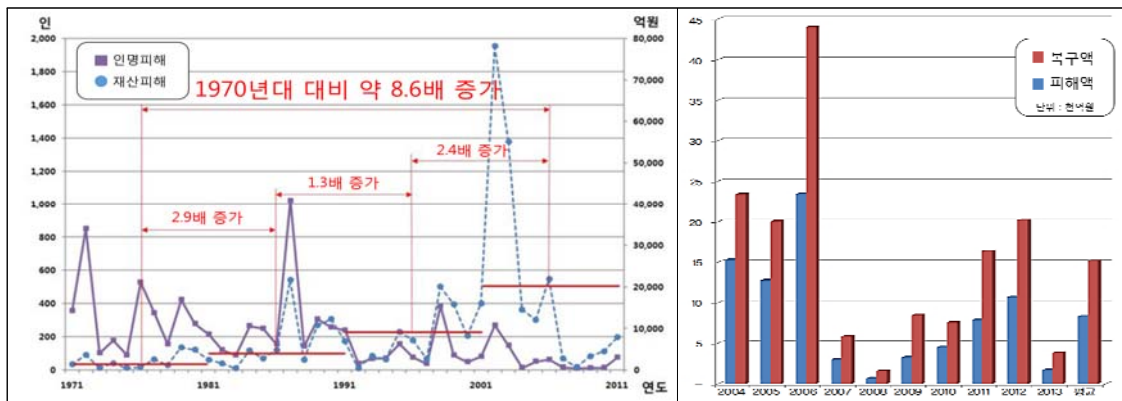
- 기후변화의 영향으로 자연재해 피해가 증가하고 있으며, 특히 인구가 밀집된 도시지역에서는 기후변화 재해에 따른 직·간접 피해 증가가 전망됨
 - 기후변화의 영향으로 홍수, 가뭄, 폭염, 폭설, 강풍 등 자연재해 피해는 증가하는 추세이며, 향후에는 해수면 상승 등의 영향으로 피해증가는 더욱 가속화될 것으로 전망됨
 - 도시지역은 하천변 및 급경사지와 같은 재해취약지역 개발, 불투수면적 증가 등과 같은 구조적인 취약성과 더불어 인구 및 산업이 집중되어 있어 재해발생 시 대규모 직·간접 피해 증가가 예상됨

1) RCP(Representative Concentration Pathways)는 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change) 제5차 기후변화 평가보고서에서 선정된 표준 온실가스 시나리오임.

● 방재분야의 패러다임 전환

- 기후변화로 대형화되는 자연재해를 완벽하게 예방하는 것은 현실적으로 불가능하며, 최근에는 재해피해보다도 복구비에 더 많은 비용이 소요되고 있음
 - 방재관련 정책 및 연구가 지속적으로 발전함에도 불구하고 자연재해 피해액은 1970년대 대비 현재에는 약 8.5배 증가하는 등 가파르게 증가하는 추세임
 - 지난 10년(2004~2013년)간 자연재해 피해액은 연평균 8,000억 원이지만, 피해를 복구하는 비용은 피해액의 약 2배인 1조 5,000억 원이며, 재해복구 지연에 따른 간접피해도 상당할 것으로 추정됨

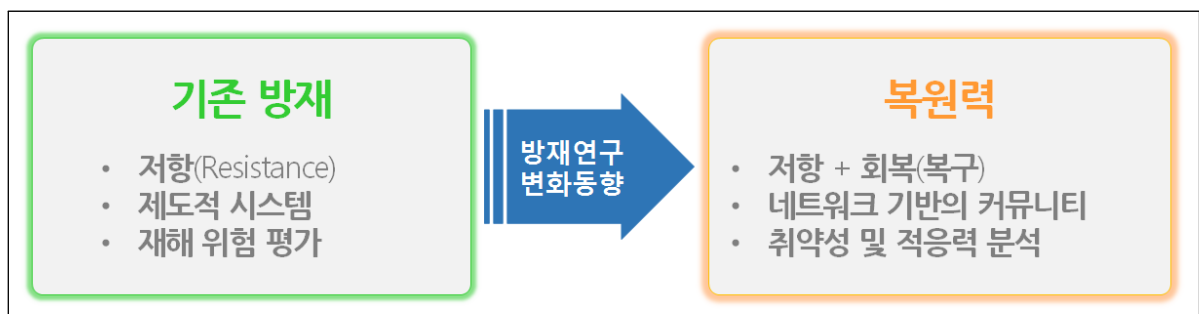
그림 1 우리나라의 자연재해 피해액 및 복구액



자료: 소방방재청 2013.

- 최근 선진국을 중심으로 재해발생 가능성을 전제로, 피해를 최소화 또는 재해 후 일상으로 신속하게 돌아가는 복원력(Resilience)에 초점을 맞추어 방재정책이 변화하고 있는 추세임
 - 대형화되는 재해를 원천적으로 예방하는 것은 현실적으로 불가능하여 기존 방재개념인 재해로부터의 저항(Resistance)인 예방에서 재해로의 적응(Adaptation) 및 복구(Recovery)에 기반한 복원력으로 방재의 개념이 전환되는 추세임
 - 미국 등 선진국에서는 자연재해 대응을 위해 복원력 관련 정책을 활발하게 수립 및 운영하고 있음

그림 2 방재분야 연구 및 정책의 변화동향



자료: 한우석 2015.

2. 방재분야에서의 복원력(Resilience)

- 복원력은 ‘To jump back’의 뜻을 가진 라틴어 ‘Resilio’를 어원으로 하며, 종종 ‘Bouncing back’과 동일어로 사용되어 이전상태로 되돌아가는 능력을 의미함
 - 복원력은 심리학, 생태학, 공학, 경제학 등 다양한 분야에서 적용되어 사용되고 있음
 - 다양한 분야에서 정의되고 있는 복원력의 정의를 종합하여 재정립하면 환경변화에 따른 피해를 최소화하기 위해 충격을 흡수하고 빠르게 적응하여 시스템의 본 기능을 유지할 수 있는 능력임
- 방재분야에서의 복원력은 재해예방뿐만 아니라, 변화하는 환경(기후변화, 도시화 등)에 따른 불확실성에 대응하여 사회시스템의 지속가능성을 강화하기 위해 빠른 복구능력까지 고려한 포괄적인 개념임
 - 방재분야의 복원력은 피해가 발생하지 않도록 시스템(도시구조, 방재시설물 등)에서 피해를 견딜 수 있는 피해저항 능력, 재해발생 시 피해를 최소화할 수 있는 피해저감 능력, 2차 피해를 최소화하기 위한 빠른 피해복구 능력 등으로 구성됨
- 자연재해에 대한 복원력을 결정하는 요소는 기후, 입지, 시설물, 사회 및 도시시스템 요소 등으로 광범위하게 구성됨
 - 자연재해에 대한 복원력을 측정하기 위해서는 기후 및 지형의 특성을 고려한 물리학적 모델링 분석뿐만 아니라 사회 및 도시시스템의 특성을 분석하기 위해 지표 및 체크리스트 등 다양한 분석방법을 종합적으로 활용할 필요가 있음

그림 3 복원력 결정요소



자료: 한우석 2015.

3. 복원력을 적용한 선진국의 방재사례

● 복원력 평가도구 개발을 통한 지자체 지원사례

- UN-ISDR(The United Nations Office for Disaster Risk Reduction)에서는 지자체의 방재정책 지원을 위해 ‘지방정부 재해복원력 평가도구(Local Government Self-Assessment Tool for Disaster Resilience)’를 개발
 - 지자체에서 자체적으로 재해에 대한 지역의 복원력을 측정할 수 있도록 10가지 필수 평가부문별 자가진단 스코어카드(Scorecard)를 개발
 - 재해복원력 평가도구는 온라인 시스템을 통해 제공되며, 지자체별 평가결과를 종합하여 지자체의 복원력 격차 및 방재계획 수립정도 등을 분석하여 제공
 - 지자체는 재해복원력 평가결과를 바탕으로 중앙정부의 예산할당 및 우선순위 선정 등의 근거자료로 활용 가능

그림 4 UN-ISDR의 지역 복원력 측정을 위한 10가지 필수 평가 부문

10 Essentials

1. 방재조직 및 지역협의체
2. 방재부문 예산배분
3. 취약성 분석 및 위험평가
4. 필수 사회기반시설 투자 및 관리
5. 학교 및 의료시설의 안전성 평가
6. 위험지역 식별 및 건축규제
7. 지역주민의 재난교육 및 훈련
8. 자연적 재해완충지역의 보존
9. 조기경보시스템 설치 및 관리
10. 지역사회의 재해복구지원 체계

자료: UN-ISDR 2013.

● 지자체의 복원력 강화 계획수립 및 운영 지원사례

- TISP²⁾에서는 지자체 등 지역에서 복원력 활용의 실효성 제고를 위해 ‘지역의 재해복원력(Regional Disaster Resilience: RDR)’ 가이드라인을 제공
 - 최근 증가하고 있는 위험요소를 대상으로 재해대응 단계별로 복원력 개념을 도입하고, 관련 기준 및 대응방법 등을 체계적으로 제시함으로써 지역의 복원력 관련계획 수립을 지원
 - 복원력 관련계획 수립 시 지역의 피해특성, 이해당사자의 주요 관심부문 등을 종합적으로 고려하여 장·중·단기별 지자체의 액션플랜 수립 및 운영방안 등을 지원

그림 5 복원력 강화를 위한 실행계획 수립단계



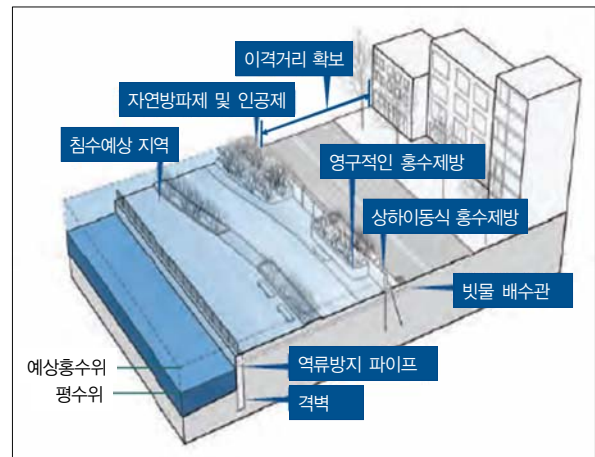
자료: TISP 2011.

2) TISP(The Infrastructure Security Partnership)는 미국 연방정부 및 지방정부의 실효성 있는 방재정책을 수립하고, 전문가 포럼 등을 통해 발전된 방재전략을 수립하기 위해 2001년 설립된 정부기관 및 민간기관 간의 협의체임.

● 복원력 강화를 위한 다중방재체계 구축사례

- 뉴욕시는 태풍 Sandy와 같은 기후변화 재해에 대응한 복원력 강화를 위해 종합적 다중방재체계 계획인 SIRR(Special Initiative for Rebuilding and Resiliency)를 2013년에 발표
 - 2012년 태풍 Sandy 때 뉴욕시는 직접피해 뿐만 아니라 전력, 교통, 통신 등 도시인프라 마비에 따른 막대한 간접피해가 발생했으며, 이를 고려하여 복원력 개념이 도입된 SIRR를 수립 및 발표
 - SIRR은 기후변화 재해에 대비하여 시설물 기준강화뿐만 아니라 위험지역 도출, 복원력 강화를 위한 기반시설물 및 도시계획 수립, 시민의 재해대응 매뉴얼 등을 종합적으로 제시하는 다중방재체계 구축계획임

그림 6 뉴욕시의 다중 홍수방재시스템 예시



자료: New York 2013.

● 지역주민 및 지자체의 복원력 강화사업 참여유도 사례

- 지자체의 자발적 참여를 통한 복원력 강화를 위해 2014년 미국 오바마 대통령은 10억 달러 규모의 국가재해 복원력 대회 개최를 발표
 - 지역의 적극적 참여가 복원력 강화의 가장 중요한 요소임을 고려하여, 국가재해 복원력 대회는 지자체의 자발적 참여에 의한 지역 맞춤형 복원력 강화정책 수립을 주요 목적으로 함
 - 지자체는 재해복구 계획, 지역의 재해취약성, 지역의 복원력 강화를 위한 실행계획 및 투자계획 등이 포함된 제안서를 미국 주택 및 도시부(HUD)에 제출하고 심사를 통해 선정
 - 지역사회의 적극적인 복원력 강화정책 수립을 유도함으로써 재해로 인한 침체된 분위기를 환기시키고, 향후 재해피해액 및 복구비 등을 저감시켜 안정적인 지역발전을 유도

그림 7 미국의 국가재해 복원력 대회 개요



자료: HUD 2014.

4. 방재복원력 구축방향

● 종합적이고 체계적인 지역의 복원력 분석방법 개발

- 재해예방뿐만 아니라 피해발생 시 및 피해발생 후의 복구능력 등을 종합적으로 시뮬레이션하고 피해양상 및 특성을 분석할 수 있는 지역의 방재복원력 분석방법 개발 필요
 - 최근 국토교통부, 국민안전처 등 중앙부처에서는 기후변화로 대형화되는 재해에 대응하기 위해 재해취약성 분석, 방재지구, 지역안전도 평가 등의 방재정책을 마련하고 있지만, 피해저감, 피해복구 능력 등을 종합적으로 고려한 복원력 개념 도입은 미흡
 - 현 방재정책에 복원력 개념을 도입하고 컴퓨터 시뮬레이션, 지표, 체크리스트 등 다양한 분석방법을 종합적으로 고려하여 피해저항, 피해저감, 피해복구 능력 등 복원력을 과학적으로 분석할 수 있는 지역의 방재복원력 분석방법 개발 필요

● 방재시설, 국토 및 도시계획, 재해대응 매뉴얼 등을 활용한 다중방재체계 구축

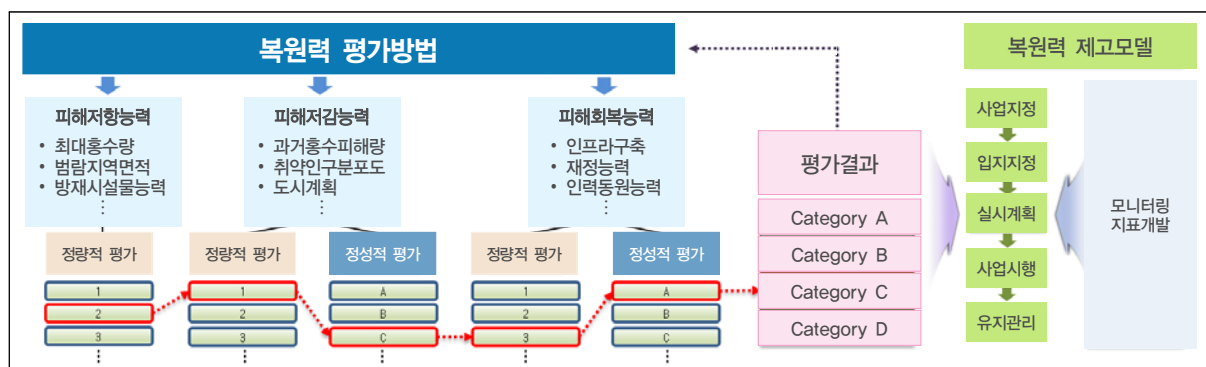
- 재해에 따른 피해저항 능력 향상을 위한 구조물적 대책강화 필요
 - 기후변화에 따른 재해영향을 시나리오 분석을 통해 다각도로 검토하고, 최악의 상황에 대비한 방재시설물 및 구조물 설계기준 마련
 - 지리적 및 지형적 특성에 따라 재해유형 및 재해영향이 다르므로, 지역특성을 고려한 맞춤형 다중방재 시설물 구축
- 피해저감 능력 강화를 위한 토지이용, 단지조성, 건축물 등의 국토 및 도시계획적 대책마련
 - 기후변화에 따른 지역별 재해위험을 분석하고, 재해위험도가 높은 지역은 가급적 토지이용을 제한하며 재해위험이 낮은 지역으로 개발을 유도
 - 지역별 재해특성을 고려하여 건축물의 재료, 시설물의 구조 및 배치계획 등을 마련
- 피해저감 및 복구능력 강화를 위한 재해대응 종합 매뉴얼 구축
 - 재해발생 시 주민의 신속하고 안전한 대피와 시설물 관리주체의 단계별 행동요령 등을 포함하는 재해초기대응 매뉴얼 마련
 - 피해복구 능력 향상을 위해 재해별·지역별 재해발생 시나리오를 기반으로 관련 기관 및 주변 지자체 간의 협력관계를 포함하는 재해복구 매뉴얼 마련

● 지자체 및 지역주민의 재해대응 역량강화

■ 지자체의 복원력 분석 및 강화사업 지원을 위한 시스템 개발

- 지자체에서 재해발생 특성, 복원력 분석, 다양한 대책마련과 예산 및 효과 등을 종합적으로 분석할 수 있는 시스템을 개발하여 지자체를 기술적으로 지원
- 복원력 분석결과를 기반으로 복원력 강화사업 선정, 입지선정, 실행계획, 유지보수 관리 및 사업효과 모니터링 등을 종합적으로 관리할 수 있는 복원력 강화사업 지원 시스템을 개발

그림 8 지자체의 복원력 분석 및 강화사업 지원을 위한 시스템 개발 예시



자료: 한우석 2015.

■ 지자체 및 주민의 자발적 참여유도

- 지역의 복원력 강화사업 대회 등을 통해 지자체가 자발적으로 지역맞춤형 복원력 강화사업을 발굴하는 것을 유도하고 재정지원을 통해 사업의 실효성을 제고
- 재해보험 홍보 및 재정지원 확대를 통해 지역주민의 재해대응력 강화

참고문헌

소방방재청 2013, 재해연보.

한우석, 2015, 세계물포럼 Building Urban Resilience: Flood and Climate Change Preparedness in U.S. and Korea Cities 국제세미나 발표자료, 국토연구원.

HUD, 2014, National Disaster Resilience Competition Fact Sheet.

IPPC AR5 WG I Report 2013, The Physical Science Basis.

New York, 2013, A Stronger, More Resilient New York.

TISP, 2011, Regional Disaster Resilience .

UN-ISDR, 2011, A practical guide to Local HFA: Local Self-Assessment of Progress in Disaster Risk Reduction First Cycle (2011-2013)

※ 본 자료는 국토연구원 및 우드로윌슨센터의 공동연구를 위한 국제세미나와 국제물포럼의 특별섹션인 'Building Urban Resilience: Flood and Climate Change Preparedness in U.S. and Korea Cities' 등에서 논의된 내용을 중심으로 정리한 것임.

한우석 국토연구원 국토계획연구본부 책임연구원 (wshan@krihs.re.kr, 031-380-0282)

유진욱 국토연구원 국토계획연구본부 연구원 (jwryu@krihs.re.kr, 031-380-0291)