

제주도 도시방재계획 수립을 위한 재해영향 분석기술 실용화 사업

2017. 12

Infrastructure
R&D Report

주관연구기관 / 제주특별자치도개발공사
(제주권 국토교통기술 지역거점센터)

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

이 보고서를 “국토교통기술지역특성화사업” 과제의 기획연구
보고서로 제출합니다.

2017. 12

주관연구기관명 : 제주특별자치도개발공사
(제주권 지역거점센터)

주관연구책임자 : 고 기 원

협동연구기관명 :

협동연구책임자 :

보고서 요약서

과제고유번호		해 당 단 계 연 구 기 간		단 계 구 분	
연 구 사 업 명	국 토 교 통 기 술 지 역 특 성 화 사 업				
연 구 과 제 명	제주도 도시방재계획 수립을 위한 재해영향 분석기술 실용화 사업				
연 구 책 임 자		총연구기간 참 여 연구원수	총 : 32명	총연구비	국비 : 8억
연구기관명 및 소 속 부 서 명	제주권 국토교통기술 지역거점센터				
국제공동연구	해당사항 없음				
위 탁 연 구	해당사항 없음				
요약				보고서 면수	47
○ 본 연구는 제주도를 대상으로 재해영향 분석기술 실용화 사업을 수행함으로써, 대형화되는 재해에 대응하여 효율적인 도시방재계획 수립을 지원하기 위한 연구과제 기획임 ○ 본 기획연구에서는 다음과 같은 중점 연구내용을 설정함 - 폭우재해에 따른 도시침수 위험지역 도출 - 도시계획적 대책 적용방법 및 관련 제도 개선방안 제시 ○ 본 연구를 통해 제주의 도시방재 수립을 위한 다양한 분석기술을 제공하고, 재해복원력을 높일 수 있으며, 도시재생 사업과 연계가 가능함					
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	도시방재, 폭우, 침수, 복원력, 통합정보관리 시스템			
	영 어	Urban Disaster Prevention, Heavy Rainfall, Urban Inundation, Resilience, Integrated Information Management System			

요 약 문

I. 과제명

제주도 도시방재계획 수립을 위한 재해영향 분석기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

□ 기술의 정의

- “도시방재계획 수립을 위한 재해영향 분석기술” 개발은 크게 홍수재해위험 공간정보 구축 기술개발과 방재도시계획 수립 및 제도개선 방안 연구로 구성되며, 홍수재해위험 공간정보 구축 기술개발은 도시침수 관련 상세 공간정보와 도시계획적 대책을 적용하기 위한 공간정보를 도출하는 기술로 정의함. 방재도시계획 수립 및 제도개선방안 연구는 홍수 취약지역을 중심으로 홍수피해를 최소화하고 복원력을 제고하기 위해 도시를 구성하고 있는 다양한 요소에 걸쳐 지속적이고 항구적인 도시계획적 대책을 수립하는 계획방향을 수립하고 이를 원활하게 진행하기 위한 관련 법·제도 개선방안 연구로 정의함

□ 연구개발의 목적

- 홍수재해위험 공간정보 구축 기술 개발
 - 재해 예방형 도시계획 수립을 위해 도시침수 영향에 대한 상세 공간정보를 도출하고, 도시계획적 대책을 적용하기 위한 공간정보를 구축하는 홍수재해위험 공간정보 구축 기술을 개발할 필요가 있음
- 제주도의 지역특성을 반영한 방재도시계획 수립 및 제도개선 방안
 - 홍수재해위험 공간정보 등의 홍수위험 정보를 바탕으로 토지이용, 저영향개발기법 적용, 건축물 대책, 도시·군계획시설 대책, 물순환 도시 수립 등을 통해 종합적인 방재도시계획 수립방향을 제시하고, 이를 실현하기 위한 관련 법·제도를 개선할 필요가 있음

□ 연구의 필요성

- 제주도의 홍수위험은 가중되고 있지만, 방재 관련 국토교통 R&D 예산 지원은 현저히 낮음
 - 제주도는 기후변화, 도시화 영향 등으로 현재뿐만 아니라 향후에는 홍수위험은 가중될 것

으로 전망

- 제주도의 홍수피해를 저감시키기 위해서는 구조적 대책 강화와 더불어, 지역 특성을 반영한 방재도시계획 수립이 필요
- 효과적인 방재도시계획을 수립하기 위해서는 홍수재해위험 공간정보 구축 기술을 개발할 필요가 있음
- 재해위험 관련 공간정보를 활용하여 방재도시계획 수립 및 제도개선 방안을 할 필요가 있음

Ⅲ. 시장동향 및 기술수준

- 미국은 허리케인 카트리나로 기후변화와 도시화문제가 심각하게 대두되었으며, 전반적인 방재정책 개선의 필요성이 강조됨
- 필리핀의 경우, 지리적인 위치로 인해 태풍피해가 잦은 국가이지만, 전문인력 부족과 정부 부처간 협조 미흡, 방재체계의 미흡, 시민참여 미흡 등 복합적인 문제로 인하여 막대한 피해가 발생함
- 해외 선진국에서는 방재적 대책으로 예방사업에 크게 투자하는 경향을 보이고 있으며, 대형 재난발생 가능성을 전제로 한 재난의 전체단계를 고려한 복원력 분야에 초점을 두고 있음
- 홍수재해 위험지도 관련 기술은 무인강우관측, 극치이론 등의 기상기술과 물리적 분포 모형, 매개변수 최적화 등의 수문기술, 원격영상기반 고해상도 지리공간정보 구축을 활용한 공간정보기술 등을 통해 국립재난안전연구원, 국토연구원, 한국건설기술연구원 등에서 국내 기상 및 수문특성에 맞는 정교한 침수해석 기술 개발을 시도
- 방재도시계획 수립 관련 연구는 재해취약성분석 및 재해예방형 도시계획 등이 제도화 되는 2011년 이후부터 일부 개발되고 있지만, 제주도 지역 특성을 반영한 방재도시계획 수립은 없는 현황임

Ⅳ. 연구개발의 내용 및 범위

☐ 공간적 범위 : 제주특별자치도

☐ 내용적 범위

- 홍수재해위험 공간정보 구축 기술개발
 - 중점관리대상지 선정
 - 기후변화의 폭우 영향평가
 - 침수해석

- 영향권 설정
- 상세 위험 주제도 작성
- 재해취약성 분석
- 방재지구 및 도시계획 대책 적용지역 도출
- 재해위험 공간정보 구축 관련 기술서 작성
- 방재도시계획 수립 및 제도개선 방안 연구
 - 해외의 방재도시계획 및 복원력 강화정책 사례조사
 - 방재계획 수립을 위한 주요 유형 선정
 - 토지이용 대책
 - 저영향개발기법 적용 방향
 - 건축물 대책
 - 도시·군계획시설 대책
 - 물순환 도시 수립방향
 - 법·제도 제고를 위한 정책 연구

V. 연구개발의 성과

- 도시침수 상세위험 주제도 : 중점관리대상지 경계범위, 영향권 지도, 재해특성 지도, 노출특성 지도, 취약성 지도, 도시계획적 대책적용을 위한 공간구획 지도 등
 - 방재지구 및 도시계획 대책 적용 지역
 - 재해위험 공간정보 구축 관련 기술서
- 토지이용, 저영향개발기법 적용방향, 건축물 대책, 도시군계획시설 대책, 물순환 도시 수립 방향 등 방재도시계획 방안

VI. 연구개발의 활용계획

- 본 과제를 통해 제주도에서 우선 방재도시계획 수립 및 재해영향 분석기술을 방재대책으로 활용하고, 그 정보를 다른 지자체에 전파하는 방향 모색
- 다양한 방재도시계획 요소들은 홍수뿐만 아니라 다양한 재해에 대응하여 응용·활용

- 포항 지진 등으로 재해를 고려한 도시재생에 대한 관심이 높아지고 있어, 도시재생 관련 분야로 활용 방향 모색
- 최근 동남아시아 개도국의 경우 기후변화 재해 피해가 심각하기 때문에 해외 시장진출의 가능성이 높음
- 홍수재해위험 공간정보 구축 기술과 방재도시계획 수립 등은 스마트 신도시 모델의 구성요소로 해외진출 전략을 수립할 수 있을 것으로 전망됨

목 차

제 1 장 기술의 정의 및 필요성	1
제 1 절 기술정의 및 분류체계	1
1. “도시방재계획 수립을 위한 재해영향 분석” 기술 정의	1
2. “도시방재계획 수립을 위한 재해영향 분석” 기술 분류	2
제 2 절 기술개발의 필요성	6
1. 기획의 배경	6
2. 기획의 목적	9
3. 기획의 필요성	10
제 2 장 국내외 동향 및 환경분석	11
제 1 절 국내 홍수재해 및 방재도시계획 수립 동향	11
1. 국내 홍수재해 특성 및 제주도 주요 피해사례	11
2. 국내 도시방재계획 현황	15
제 2 절 국외 홍수재해 및 도시계획·방재정책 동향	19
제 3 절 국내외 시장현황 및 전망	27
제 4 절 기술동향	29
1. 홍수재해 위험지도 관련 기술	29
2. 방재도시계획 수립 관련 연구	31
제 3 장 연구개발과제 구성 및 추진전략	33
제 1 절 비전 및 목표	33
1. 연구개발의 목표	33
2. 개발 세부 내용	34
3. 과제개발 로드맵	37
제 2 절 자원 투입계획	38
1. 소요예산 산정	38
2. 연차별 인력투입 계획	38

제 4 장 실용화 전략	39
제 1 절 현황 분석	39
제 2 절 거점 내 수요처 분석	40
제 3 절 시장진출전략	40
제 4 절 기대효과	43
제 5 장 과제 제안요구서(RFP)	44
참고문헌	47

표 목 차

<표 1-1> 방재계획의 주요 유형별 개념 및 특징	4
<표 2-1> 2006년 이후 제주지역의 풍수해 피해현황	13
<표 2-2> 2001년 이후 태풍과 호우 주요 피해현황	14
<표 2-3> 국내 도시방재 관련 정책 현황	17
<표 2-4> 풍수해저감종합계획과 타 분야 계획과의 연계/조정	17
<표 2-5> 대륙별 홍수발생 종류 및 피해사항(1990년 - 2016년)	20
<표 2-6> 최근 10년간 피해액 및 복구액 현황	27
<표 2-7> 최근 10년간 피해액 및 복구액 현황	28
<표 2-8> 홍수재해 관련 주요 기술 동향	29
<표 2-9> 주요 기술 동향	31
<표 3-1> 연차별 소요예산 산정표	38
<표 3-2> 연차별 인력투입 계획표	38
<표 4-1> 본 과제의 주요 개발기술 관련 선진국과의 차이	40
<표 4-2> 스마트 시티 해외 진출 전략	41
<표 4-3> 스마트 시티 모델별 진출 방안	42

그 립 목 차

[그림 1-1] 도시방재계획 수립을 위한 재해영향 분석 도출 기술 구성도	1
[그림 1-2] 중점관리대상지 공간범위 선정(예시)	2
[그림 1-3] 침수해석(예시)	3
[그림 1-4] 영향권 범위	3
[그림 1-5] 방재계획 유형 선정 예시	5
[그림 1-6] 주요 태풍 이동경로	7
[그림 1-7] 제주도 변화 전망	8
[그림 1-8] 재해예방형 도시계획 개념	9
[그림 2-1] 풍수해 피해현황	12
[그림 2-2] 재해취약성분석 구조	15
[그림 2-3] 재해취약성분석 순서	16
[그림 2-4] 전 세계 이상기후 발생 분포도	19
[그림 2-5] 허리케인 카트리나와 뉴올리언스의 지형	21
[그림 2-6] 허리케인 샌디의 주요 특징	22
[그림 2-7] 미국의 주요 방재정책 변화 및 복원력 개념 도입	22
[그림 2-8] 사전복구계획의 주요 특징	23
[그림 2-9] 태풍 하이옌 이동 경로 및 피해 집계현황	24
[그림 2-10] 필리핀 방재체계	25
[그림 2-11] 태국 대홍수에 따른 침수범위 확산	26
[그림 2-12] 태국 방재체계	26
[그림 2-13] 전 세계 자연재해 발생빈도 추세	27
[그림 3-2] 기술개발 로드맵	37

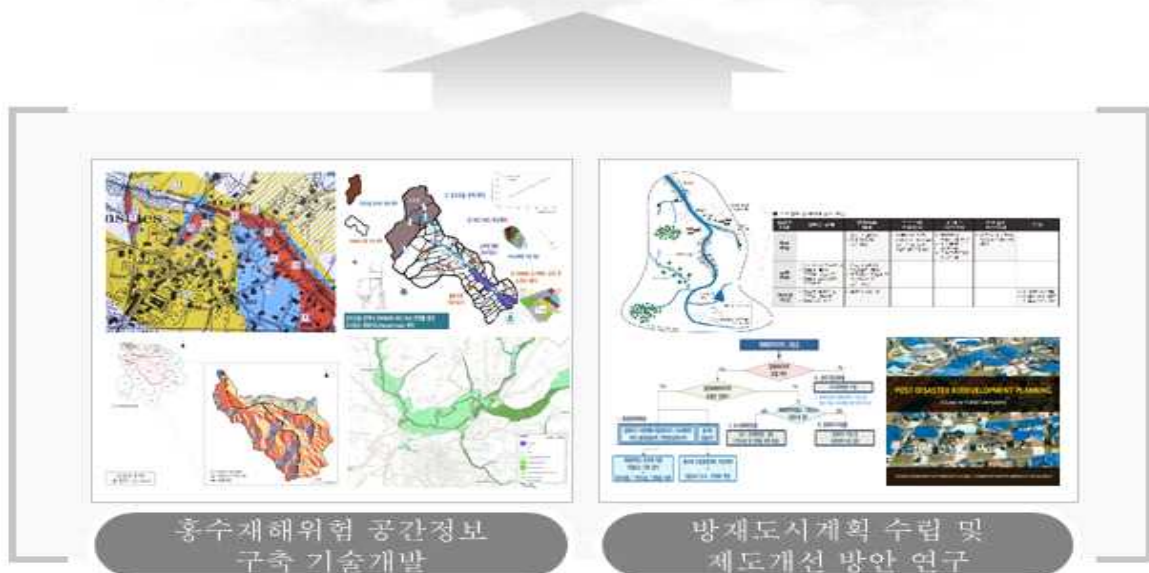
제 1 장 기술의 정의 및 필요성

제 1 절 기술정의 및 분류체계

1. “도시방재계획 수립을 위한 재해영향 분석” 기술 정의

- “도시방재계획 수립을 위한 재해영향 분석기술” 개발은 크게 홍수재해위험 공간정보 구축 기술개발과 방재도시계획 수립 및 제도개선 방안 연구로 구성됨
- 홍수재해위험 공간정보 구축 기술개발은 도시침수 관련 상세 공간정보와 도시계획적 대책을 적용하기 위한 공간정보를 도출하는 기술로 정의함
- 방재도시계획 수립 및 제도개선방안 연구는 홍수 취약지역을 중심으로 홍수피해를 최소화하고 복원력을 제고하기 위해 도시를 구성하고 있는 다양한 요소에 걸쳐 지속적이고 항구적인 도시계획적 대책을 수립하는 계획방향을 수립하고 이를 원활하게 진행하기 위한 관련 법·제도 개선방안 연구로 정의함

“도시방재계획 수립을 위한 재해영향 분석기술 개발”

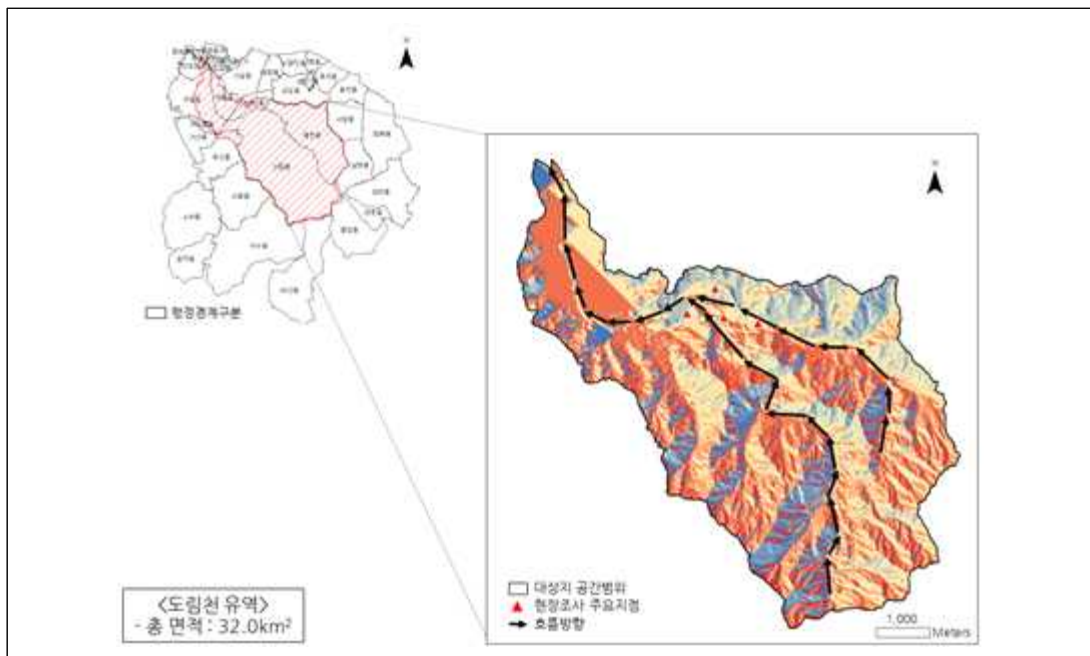


[그림 1-1] 도시방재계획 수립을 위한 재해영향 분석 도출 기술 구성도

2. “도시방재계획 수립을 위한 재해영향 분석” 기술 분류

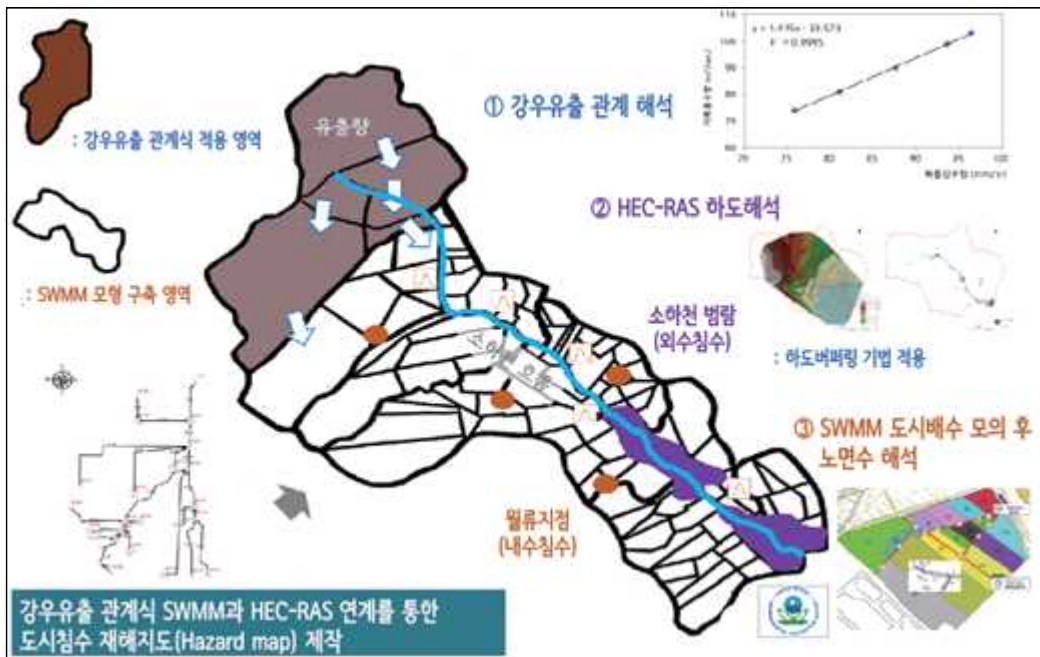
□ 홍수재해위험 공간정보 구축 기술

- 홍수재해위험 공간정보 구축 기술은 중점관리대상지 선정, 기후변화의 폭우 영향 평가, 침수해석, 영향권 설정, 상세 위험주제도 구축, 재해취약성 분석, 방재지구 및 도시계획 대책 적용지역 도출, 재해위험 공간정보 구축 관련 기술서 작성 등으로 구성
- 중점관리대상지 선정은 방재측면의 실효성 있는 도시계획 수립을 유도하고자 하는 곳으로 정의. 다시 말해 도시침수 위험이 상대적으로 높아 국가 또는 지자체 차원에서 위험정보를 생산, 도시계획 대책수단 발굴 등의 기술지원을 우선적으로 제공하기 위해 전략적으로 선별된 지역임



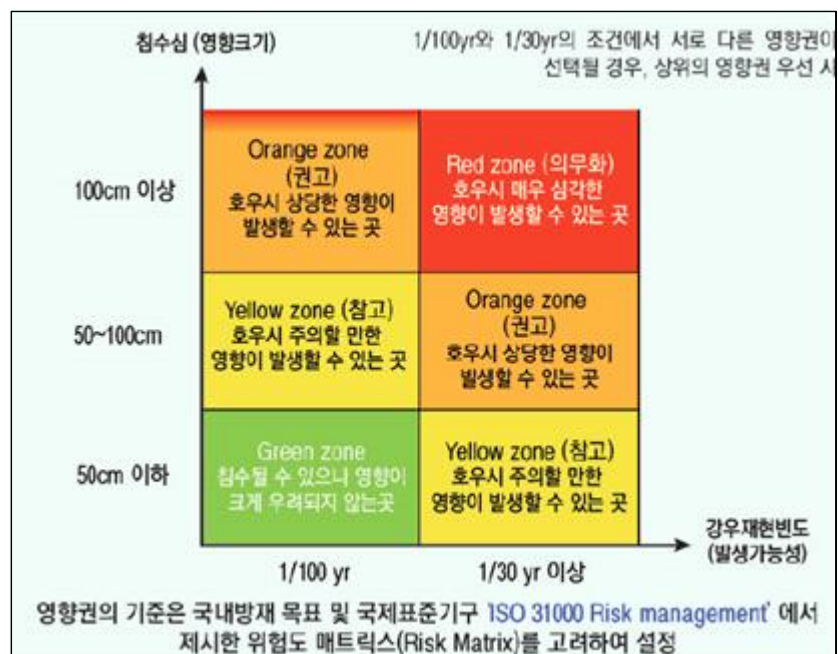
[그림 1-2] 중점관리대상지 공간범위 선정(예시)

- 기후변화의 폭우 영향평가는 과거 폭우 관측치, 기후변화 시나리오 등의 데이터를 활용하여 미래 강우강도 변화를 평가하는 것을 말하며, 특히 제주도는 해안과 중산간 지역 등의 강우 특성이 다르기 때문에 강우의 공간적 분포를 해석하는 기술을 포함
- 침수해석은 강우유출 관계식, 하도해석, 노면수 해석 등을 통해 도시침수 재해지도를 제작하는 것을 말함



[그림 1-3] 침수해석(예시)

- 영향권 설정은 영향의 크기와 발생가능성의 두 기준에 따라 구획화된 공간을 의미하며, 영향의 크기는 침수위를 기준으로 10cm 이하, 10~50cm, 50~100cm, 100cm 초과로 구분하며, 영향의 발생가능성은 외수는 100년, 내수는 30년 재현기간을 조건으로 구분



[그림 1-4] 영향권 범위

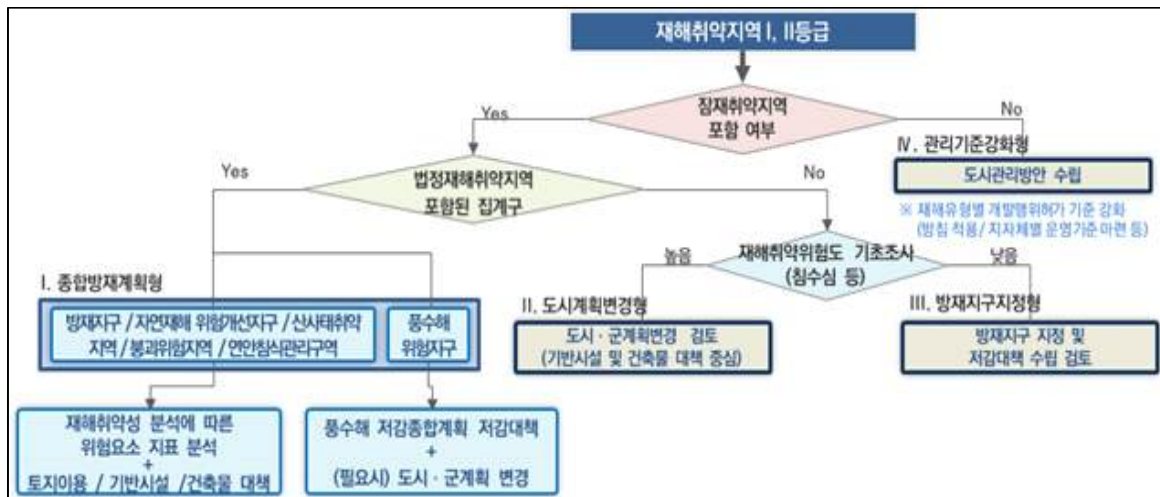
- 상세 위험주제도 작성은 도시방재계획 수립시 지원하기 위한 재해특성(100년 재현 기간), 노출특성(거주인구, 토지이용 등), 취약성(취약건축물, 보호대상시설, 도로 등) 등을 구축하는 단계임
- 재해취약성 분석은 기후노출과 도시민감도를 종합하여 인구센서스 단위로 상대적 인 재해취약성을 분석하는 단계임
- 방재지구 및 도시계획 대책 적용지역 도출은 해당지역의 재해취약성 분석결과와 상세 위험주제도의 특성, 노면유출 방향분석 등을 종합하여 도시방재계획 수립 지원을 위한 대책 수립지역을 선정하는 것으로 정의
- 재해위험 공간정보 구축 관련 기술서 작성은 홍수재해위험 공간정보 구축 기술개발에 관한 기술서를 작성하는 단계임

□ 방재도시계획 수립 및 제도개선 방안 연구

- 방재도시계획 수립 및 제도개선 방안 연구는 사례조사(해외의 방재도시계획 및 복원력 강화정책 관련), 방재계획 수립을 위한 주요 유형 선정, 토지이용 대책, 저영향개발기법 적용 방향, 건축물 대책, 도시·군계획시설 대책, 물순환 도시 수립방향, 법·제도 개선방안 제시 등으로 구성
- 사례조사는 미국, 일본 등 재해대응 선진국을 대상으로 방재시설물 및 도시계획적 대책을 활용하여 지역의 재해대응 복원력을 제고하는 관련 정책을 조사하는 항목이며, 해외시사점 및 제주도 특성 등을 종합하여 토지이용, 저영향개발기법 적용, 건축물 대책, 도시·군계획시설 대책, 물순환 도시 수립방향, 법·제도 개선방안 등을 제시
- 방재계획 수립을 위한 주요 유형 선정은 중점관리대상지의 상세 위험주제도, 재해취약성 분석 결과 등을 종합하여 방재계획 수립방향을 위한 유형을 선정하는 단계임

<표 1-1> 방재계획의 주요 유형별 개념 및 특징

유형	개념	특징
종합방재 계획형	· 재해 관련 다른 법률에서 정한 지역·지구·구역의 경계 및 저감대책과 도시계획적 대책(토지이용, 기반시설, 건축물 등)을 종합하여 수립하는 방재계획 유형임	- 주로, 폭우 및 해수면상승 재해에 대한 방재계획 유형임 - 풍수해위험지구인 경우 풍수해저감종합계획을 활용(저감대책 등)하며, 비 풍수해위험지구(자연재해위험개선지구(정비계획 활용), 산사태취약지역 등)인 경우 구역경계 및 분석지표 등을 활용 가능함
도시계획 변경형	· 주로 기반시설 및 건축물 대상으로 도시계획 변경을 통한 방재계획 유형임	- 폭우, 해수면상승 재해에 대한 방재계획 유형임 - 침수지역 등의 구체적 토지이용분석이 가능한 경우 토지이용 측면의 도시계획 변경도 가능함
방재지구 지정형	· 주로 방재지구 지정 및 재해저감대책 수립 등을 통한 방재계획 유형임	- 모든 재해유형에 활용 가능 - 시가지지역 기개발지에 대한 실질적인 방재계획 유형
관리기준 강화형	· 재해유형별 개발행위허가 기준을 강화하는 계획 유형임	- 관련 조례 개정, 방침 적용, 지자체별 운영기준 마련 등



[그림 1-5] 방재계획 유형 선정 예시

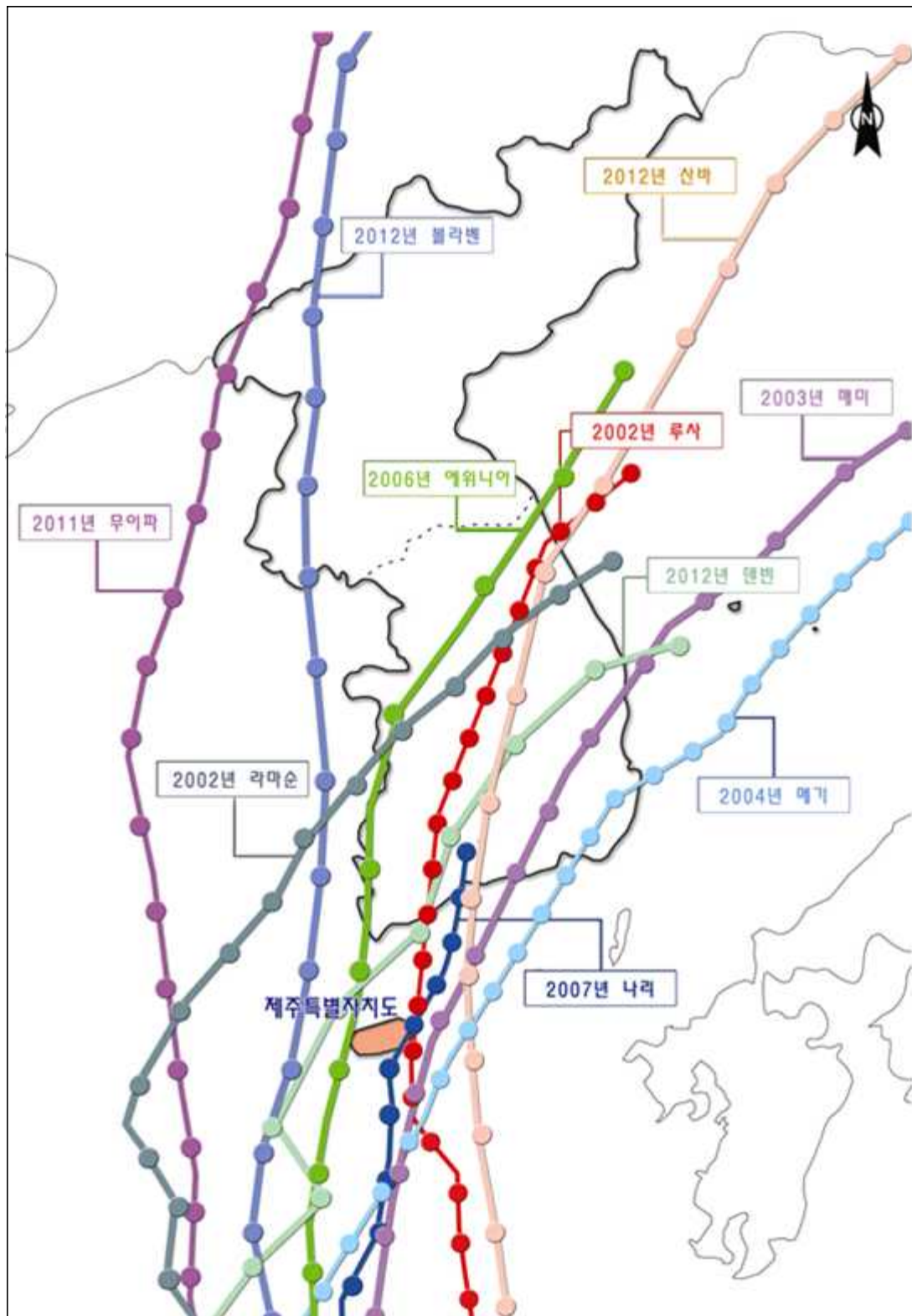
- 방재도시계획은 제주도 지역의 특성을 반영하여 토지이용, 저영향개발기법, 건축물, 도시·군계획시설, 물순환 도시 등의 요소를 활용한 계획 수립방향을 제시하는 단계임
- 또한, 방재도시계획 수립의 실효성 제고를 위해 관련 법·제도 개선방안을 제시

제 2 절 기술개발의 필요성

1. 기획의 배경

□ 기후변화 가속화, 태풍 경로 등으로 제주도의 홍수위험 가중

- 제주도를 포함한 우리나라는 세계 평균에 비해 기후가 빠르게 변화하고 있으며, 기후변화 시나리오에 따르면 향후 기후변화 속도는 더욱 가속화 될 것으로 전망
- 특히, 제주도 지역은 태풍경로상에 위치하고 있어, 2002년 루사, 2003년 매미, 2004년 메기, 2007년 나리, 2016년 차바 등 태풍에 의해 막대한 피해가 발생
 - 제주지역의 지질학적 특성으로 인해 제주도 하천은 평소에는 건천인 경우가 대부분이지만, 태풍, 집중호우 등으로 인해 급격하게 강수량이 증가할 때는 토양이 포화된 후 유출량이 급격하게 증가하는 특성을 가짐
 - 2016년 태풍 차바에 의한 피해처럼 하천 구조물에 의한 통수능 문제, 저류지 운영상의 문제와 같이 인위적 여건변화에 의한 피해사례도 나타나고 있으며, 방재시설물 증대와 같은 지속적인 예방관리에도 불구하고 이상기후에 의한 침수피해는 반복적으로 나타남
- 제주도의 수해피해는 태풍, 집중호우 등에 의해 발생하고 있으며, 피해유형 및 원인은 방재시설물 대책의 한계 및 개발가중 등이 종합적으로 영향을 미침
 - 제주도의 제주시는 수해로 인한 피해가 가장 빈번히 발생하고 있으며, 피해유형은 하천정비기본계획을 초과하는 강우 발생과 하천의 통수능 부족, 자연제방의 수립 유실과 이로 인한 중류부의 교량 폐색, 상류부 개발 및 토지이용 변화 등이 종합적으로 영향을 미쳐 침수피해가 발생
 - 주요 피해원인으로는 기상학적 원인, 복개구간 통수능 감소, 하천정비기본계획 수립을 및 하천개수율 저조, 개발에 의한 유출량 증가 등을 들 수 있음

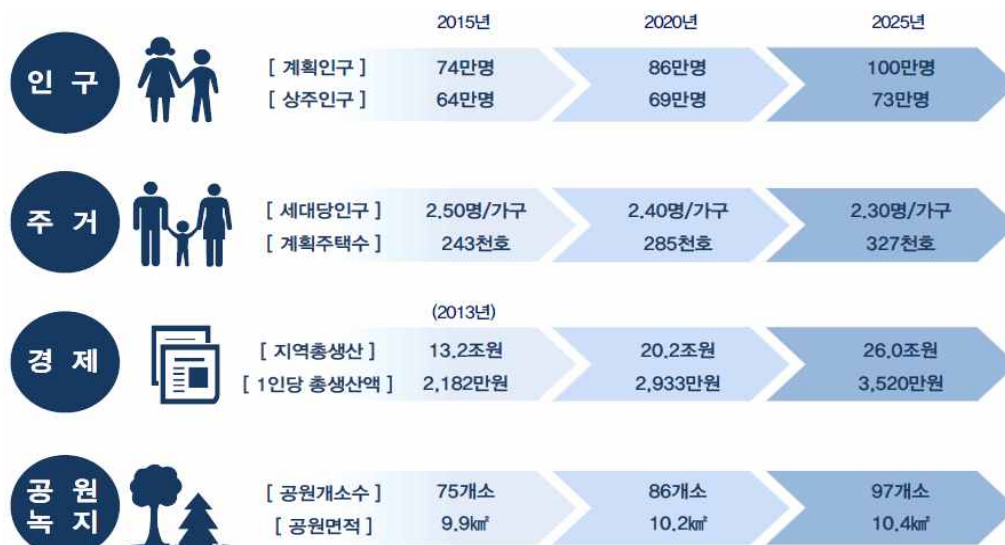


[그림 1-6] 주요 태풍 이동경로

자료 : 제주특별자치도 풍수해저감종합계획

□ 제주도 인구증가 및 도시화 가중 전망

- 제주도는 우리나라의 대표적인 관광지역으로 상주인구뿐만 아니라 계획인구 등이 꾸준히 증가하는 추세임
 - 제주도 도시기본계획에 따르면 2015년 상주인구 64만명, 계획인구 74만명에서 꾸준히 증가하여 2025년에는 상주인구 73만명, 계획인구 100만명까지 증가할 것으로 전망
- 상주 및 계획인구가 꾸준히 증가할 것으로 전망되어 그에 따른 건축물, 도로, 주차장 등 도시시설물의 증가가 전망
 - 제주도 상주 및 계획인구가 꾸준히 증가하고 있어, 이를 지원하기 위한 건축물, 도로, 주차장 등 다양한 개발계획이 수립될 것으로 전망되고 있으며, 급격한 도시화 등으로 홍수위험은 가중될 것으로 전망



[그림 1-7] 제주도 변화 전망

자료 : 제주도 도시기본계획

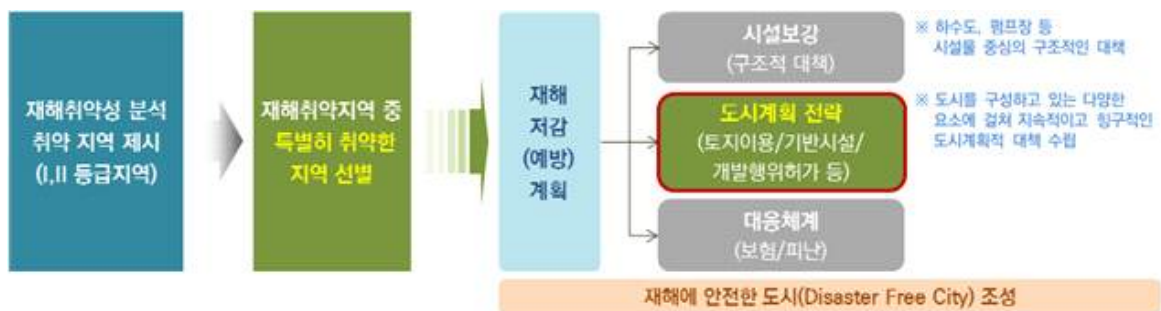
□ 방재도시 관련 계획의 제도화

- 기후변화 등에 따른 자연재해 위험성이 가중되면서, 도시계획 수립시 재해취약성 분석이 도시계획 수립시 기초조사로 의무화
 - 최근 기후변화, 도시화 영향 등으로 자연재해의 위험은 가중되고 있으며, 방재시설 물적 대책의 한계
 - 지난 2015년 국토의 계획 및 이용에 관한 법률(제20조, 제27조)이 개정되어 도시·군 기본계획 및 도시·군관리계획 수립시 기초조사의 하나로 재해취약성분석을 실시하

고 그 결과를 반영토록 의무화 함

○ 방재도시 구현을 위해 재해 예방형 도시계획의 제도화

- 최근 기후변화로 대형 자연재해가 빈번히 발생하자, 방재시설물뿐만 아니라 도시계획적 대책을 강조하는 재해 예방형 도시계획 수립이 제도화 됨
- 재해취약성 분석과 연계한 재해 예방형 도시계획은 기초조사인 재해취약성분석 결과를 통해 재해에 특별히 취약한 지역에 구조적 대책과 더불어 도시계획적 대책을 마련하여 재해 피해를 최소화하는 도시계획임



[그림 1-8] 재해예방형 도시계획 개념

자료 : 재해취약성분석 교육자료(2017.5.17.)

- 효과적인 재해 예방형 도시계획 수립을 위한 요소기술 개발과 지역의 특성을 반영한 도시방재계획 수립방안 마련 필요
- 구조적 대책과 더불어 도시계획적 전략을 수립하기 위한 홍수재해 영향분석 기술을 개발하고, 지역의 특성을 반영한 도시방재계획을 수립하는 것이 필요

2. 기획의 목적

□ 홍수재해위험 공간정보 구축 기술 개발

- 재해 예방형 도시계획 수립을 위해 도시침수 영향에 대한 상세 공간정보를 도출하고, 도시계획적 대책을 적용하기 위한 공간정보를 구축하는 홍수재해위험 공간정보 구축 기술을 개발할 필요가 있음

□ 제주도의 지역특성을 반영한 방재도시계획 수립 및 제도개선 방안

- 홍수재해위험 공간정보 등의 홍수위험 정보를 바탕으로 토지이용, 저영향개발기법

적용, 건축물 대책, 도시·군계획시설 대책, 물순환 도시 수립 등을 통해 종합적인 방재도시계획 수립방향을 제시하고, 이를 실현하기 위한 관련 법·제도를 개선할 필요가 있음

3. 기획의 필요성

□ 제주도의 홍수위험은 가중되고 있지만, 방재 관련 국토교통 R&D 예산 지원은 현저히 낮음

- 제주도는 기후변화, 도시화 영향 등으로 현재뿐만 아니라 향후에는 홍수위험은 가중될 것으로 전망
- 수해로 인한 피해가 잦은 제주도이지만, 국토교통 R&D 예산 지원이 전국대비 0.1%에도 미치지 못하여 과학 기술역량이 타 지역에 비해 현저히 부진하고 지역 과학기술혁신 역량평가 결과에서도 17개 시·도 중 가장 낮은 지역으로 지적됨(제주일보, 2016.10.13.).

□ 제주도의 홍수피해를 저감시키기 위해서는 구조적 대책 강화와 더불어, 지역 특성을 반영한 방재도시계획 수립이 필요

- 효과적인 방재도시계획을 수립하기 위해서는 홍수재해위험 공간정보 구축 기술을 개발할 필요가 있음
- 재해위험 관련 공간정보를 활용하여 방재도시계획 수립 및 제도개선 방안을 할 필요가 있음

제 2 장 국내외 동향 및 환경분석

제 1 절 국내 홍수재해 및 방재도시계획 수립 동향

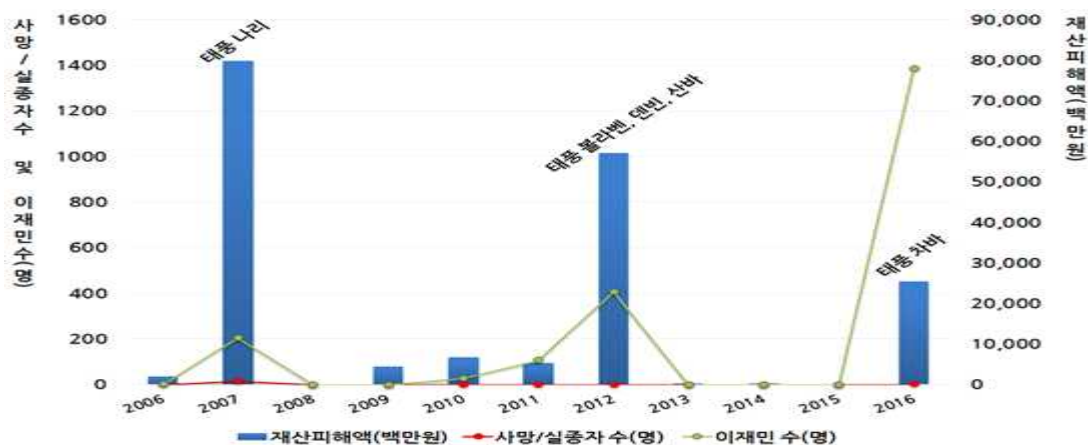
1. 국내 홍수재해 특성 및 제주도 주요 피해사례

□ 국내 홍수재해 특성

- 자연재해 중 기상재해로 분류되는 홍수는 전 세계적으로 가장 많이 발생하고 있으며, 우리나라도 최근 10년간 발생한 자연재해의 대부분이 홍수에 의한 피해임
- 국내 홍수관련 자연재해 피해원인은 크게 기상학적 요인, 지형학적 요인, 사회경제적 요인으로 분류
- 기상학적 요인은 강수량 증가와 집중호우 발생일수 증가 등임
 - 우리나라는 기후변화의 영향으로 연평균 강수량이 1910년대 1,155mm에서 2000년대 1,375mm로 약 19% 증가하였으며, 21세기 말에는 약 17%가 증가할 것으로 전망됨
 - 특히, 1970년대 일일 강수량 80mm 이상 집중호우 발생일수는 7.4일에서 2000년대 14.5일로 2배 가량 증가하였고, 일일 강수량 100mm 이상의 집중호우 발생일수도 3.5일에서 8.2일로 2배 이상 증가
- 지형학적인 요인으로는, 국토의 약 70% 정도가 산지로 구성되어 있고 동고서저의 지형조건에 따라 대부분의 중소하천이 급류가 많고 호우가 하천유역에 집중되는 경향이 있음
 - 우리나라 산지의 대부분은 화강암과 편마암으로 구성되어 있으며, 피복토가 얇고 수분함유 능력이 적어 홍수피해를 가중시키는 경향이 있음
- 사회경제적인 변화에 따라서도 홍수피해는 가중되고 있음
 - 1960년대 이후, 우리나라의 경제성장과 인구증가에 따라 도시화 및 공업화가 확장되고 도시 근교의 구릉이나 계곡이 개발됨에 따라 전답의 매립, 산지의 무질서한 개발 등 인위적인 현상에 의한 홍수피해가 대형화되고 있음
 - 도시화에 의한 기후변화는 대도시권과 농촌지역을 비교했을 경우 명확한 차이가 있으며, 인구의 증가와 불투수 표면으로 생활용수 및 공업용수를 비롯한 각종 소비수량을 증대시킴과 아울러 기후변화, 불투수성 면적의 확대, 조도계수의 감소, 수분 함유 능력 감소 등 수문현상의 변화를 초래함

□ 제주도 주요 피해현황 및 특징

- 제주지역의 지질학적 특성으로 인해 제주도 하천의 경우 평소에는 건천인 경우가 대부분이나, 태풍, 집중호우 등 강수량이 많을 시 토양이 포화된 후 유출량이 급격하게 증가하는 특성을 가짐
 - 지하수의 영향 등으로 급격한 유출량 증가
 - 제주도는 선행강우에 의한 지하수위 조건과 유역 특성(토양 포화 등)에 따른 유출 변동성이 매우 높음
- 홍수 및 침수피해는 주로 태풍, 집중호우 등에 발생하고 있으며, 2016년 태풍 차바에서도 볼 수 있듯이 하천 구조물에 의한 통수능 문제, 저류지 운영 상의 문제와 같이 인위적 여건변화에 의한 피해사례도 나타나고 있음
- 재해연보를 살펴보면, 제주지역에서 발생하는 대부분의 풍수해 피해는 주로 수재해에 의한 것으로, 2007년 태풍 나리, 2012년 태풍 볼라벤, 산바, 2016년 태풍 차바 등에 의해 큰 피해가 발생했으며, 지속적인 예방관리에도 불구하고 이상기후에 의한 침수피해는 반복되고 있음
- 또한, 제주도는 지정학적으로 태풍의 길목에 위치하고 있어 태풍, 호우, 강풍 등에 의한 피해사례가 지속적으로 발생하고 있으며, 특히 최근에는 피해가 가중



[그림 2-1] 풍수해 피해현황

자료 : 국민안전처(각 연도), 재해연보

<표 2-1> 2006년 이후 제주지역의 풍수해 피해현황

(단위: 명, ha, 동, 척, 개소, 백만원)

구분		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
총 이재민(명)		3	205	-	-	28	106	523	-	-	-	1,387
인명	계(명)	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	2
	사망	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-	1
	실종	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
	부상	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
침수	계(ha)	991.00	3,554.58	-	-	0.28	-	-	-	-	-	-
	농경지	991.00	3,554.58	-	-	0.28	-	-	-	-	-	-
	도시	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
건물	계(동)	36	3,554.58	-	6	14	73	239	-	3	-	541
	유실 전과	-	3,554.58	-	-	1	1	1	-	-	-	3
	반과	1	-	-	-	3	12	18	-	-	-	26
	침수(동)	35	-	-	6	10	60	220	-	3	-	512
	피해액	15	1,740	-	-	75	246	432	-	2	-	787.2
선박	계(척)	1	31	-	2	6	2	21	-	2	-	5
	동력	전과	-	17	-	2	6	-	14	-	-	2
		반과	1	14	-	-	2	7	-	2	-	3
	무동	전과	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		반과	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	피해액	15	686	-	14	1,587	5	446	-	10	-	43
농경지	계(ha)	0.60	381.28	-	2.62	1.93	8.73	7.2	-	0.25	0.17	31.14
	전	0.60	379.78	-	2.62	1.93	8.73	7.2	-	0.25	0.17	31.14
	답	-	1.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	피해액	7	7,046	-	50	39	167	123	-	7	4	679
농작물	계(ha)	3,519.15	13,535.02	-	118.66	1,107.54	6,312.79	14,624.27	-	185.39	29.88	15,247
	전작	2,839.74	7,656.00	-	118.66	-	-	-	-	-	-	-
	답작	0.71	7.58	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	기타	678.70	5,871.44	-	-	1,107.54	6,312.79	14,624.27	-	185.39	29.88	15,247
공공 시설	계(개소)	233	8,951	-	2	14	402	856	7	23	-	-
	도로	-	95	-	-	-	8	16	-	-	-	3
	하천	4	81	-	-	-	6	5	-	-	-	23
	상하수도	-	38	-	-	-	9	4	-	-	-	14
	항만	1	3	-	1	1	4	10	-	-	-	3
	어항	1	12	-	-	3	9	-	2	-	-	16
	학교	-	46	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	수리	-	15	-	-	-	-	1	-	-	-	1
	사방	-	7	-	-	-	-	2	-	-	-	-
	군시설	-	4	-	-	-	-	2	-	-	-	-
	소규모	-	426	-	-	2	11	13	-	-	-	16
	기타	227	8,224	-	1	8	355	803	5	23	-	262
	피해액	1,546	46,602	-	166	953	2,915	48,252	323	30	-	10,518
사유시설	피해액	505	23,824	66	4,159	4,119	2,023	10,050	-	273	1	13,530
총 피해액		2,088	79,898	66	4,389	6,774	5,356	59,302	323	321	5	25,556

자료 : 국민안전처(각 연도), 재해연보

<표 2-2> 2001년 이후 태풍과 호우 주요 피해현황

번호	구분 유형	기간	중심기압 (hPa)	순간 최대풍속 (m/s)	일최대 강우량 (mm)	인명피해 (명)				재산피해 (백만원)
						계	사망	실종	부상	
1	호우	'01. 6.23 ~ 6.25	-	25.7	211	-	-	-	-	3
2	라마순호	'02. 7. 5 ~ 7. 6	960	32.5	504	-	-	-	-	9,185
3	호우	'02. 8. 4 ~ 8.11	-	-	583	-	-	-	-	60
4	루사호	'02. 8.29 ~ 9. 1	950	56.7	1,061	1	-	-	1	51,151
5	호우	'03. 7. 9 ~ 7.13	-	-	83	-	-	-	-	-
6	호우	'03. 7.17 ~ 7.18	-	-	101	-	-	-	-	55
7	호우	'03. 8.17 ~ 8.21	-	-	262	-	-	-	-	2
8	매미호	'03. 9.11 ~ 9.13	940	60	639	3	2	-	1	48,149
9	만들레호	'04. 7. 3 ~ 7. 4	985	39.5	124	-	-	-	-	2
10	메기호	'04. 8.17 ~ 8.18	970	28.4	398	-	-	-	-	2,063
11	호우	'04. 8.22 ~ 8.24	-	-	418	-	-	-	-	242
12	송다호	'04. 9. 6 ~ 9. 7	945	32.6	19.0	-	-	-	-	383
13	호우	'04. 9.11 ~ 9.12	-	-	440.0	-	-	-	-	6,628
14	호우	'05. 7.30 ~ 7.31	-	-	275.0	-	-	-	-	234
15	나비호	'05. 9. 5 ~ 9. 7	945	39	19.0	-	-	-	-	553
16	호우(낙뢰)	'06. 6.30	-	-	161	3	2	-	1	-
17	호우	'06. 7. 8~ 7. 9	-	-	188	-	-	-	-	-
18	에위니아호	'06. 7. 9 ~ 7.10	970.3	-	235.5	-	-	-	-	2,088
19	호우	'07. 9. 4~ 9. 6	-	-	318.0	2	2	-	-	379
20	나리호	'07. 9.13 ~ 9.18	960.4	52.0	590.0	14	13	-	1	130,746
21	호우	'07. 10. 25	-	-	211.0	-	-	-	-	-
22	호우·강풍	'09. 7.28	-	21.9	146	-	-	-	-	4,210
23	호우	'09. 8. 27	-	-	179	-	-	-	-	-
24	호우	'10.7.13	-	-	122	-	-	-	-	1
25	호우	'10. 8.27 ~ 8.29	-	-	307	-	-	-	-	128
26	텐무호	'10. 8.10 ~ 8.11	980	29	764	-	-	-	-	1,135
27	곤파스호	'10. 9. 1 ~ 9. 2	965	38	153	-	-	-	-	47
28	말로호	'10. 9. 6 ~ 9. 7	985	35	125	-	-	-	-	2,791
29	메아리	'11. 6.25 ~ 6.27	985	30	518	-	-	-	-	66
30	호우	'11. 7. 7~ 7.16	-	-	-	-	-	-	-	1
31	무이파	'11.8.6~8.8	970	38	604	-	-	-	-	4,929
32	호우	'11. 9.11	-	-	232	-	-	-	-	185
33	호우	'11.11.18	-	-	190	-	-	-	-	175
34	호우	'12. 4. 3.	-	31.1	30	-	-	-	-	162
35	강풍·호우	'12. 4. 20~4. 21.	-	26.8	581	-	-	-	-	0
36	카눈	'12. 7. 18~7. 19.	986.4	31.6	319	-	-	-	-	105
37	담레이	'12. 8. 1~8. 2.	997.9	30.8	49.5	-	-	-	-	0
38	볼라벤	'12. 8. 27~8. 28.	967.1	49.6	402	-	-	-	-	57,223
39	덴빈	'12. 8. 29~8. 30.	984.3	34.1	143	-	-	-	-	
40	산바	'12. 9. 16~9. 17.	976.2	35.8	582.5	-	-	-	-	1,812
41	다나스	'13. 10. 8 ~ 10. 9	970	36.0	58.5	-	-	-	-	323
42	강풍·풍랑·호우	'14. 6. 2	998.1	32.1	210.5	-	-	-	-	144
43	너구리	'14. 7. 8 ~ 7. 10	965	38.0	141	-	-	-	-	214
44	나크리	'14. 8. 1 ~ 8. 4	985	25.0	1,182	-	-	-	-	3
45	호우	'15. 5. 11 ~ 5. 12	-	22.9	444	-	-	-	-	446
46	호우·찬흙	'15. 7. 11 ~ 7. 13	970	35	779	-	-	-	-	141
47	호우	'15. 8. 11	-	24.8	169	-	-	-	-	185

자료 : 「주요행정총람」 (제주특별자치도, 2016)을 참고하여 재정리하였음

2. 국내 도시방재계획 현황

□ 재해취약성분석 및 재해 예방형 도시계획

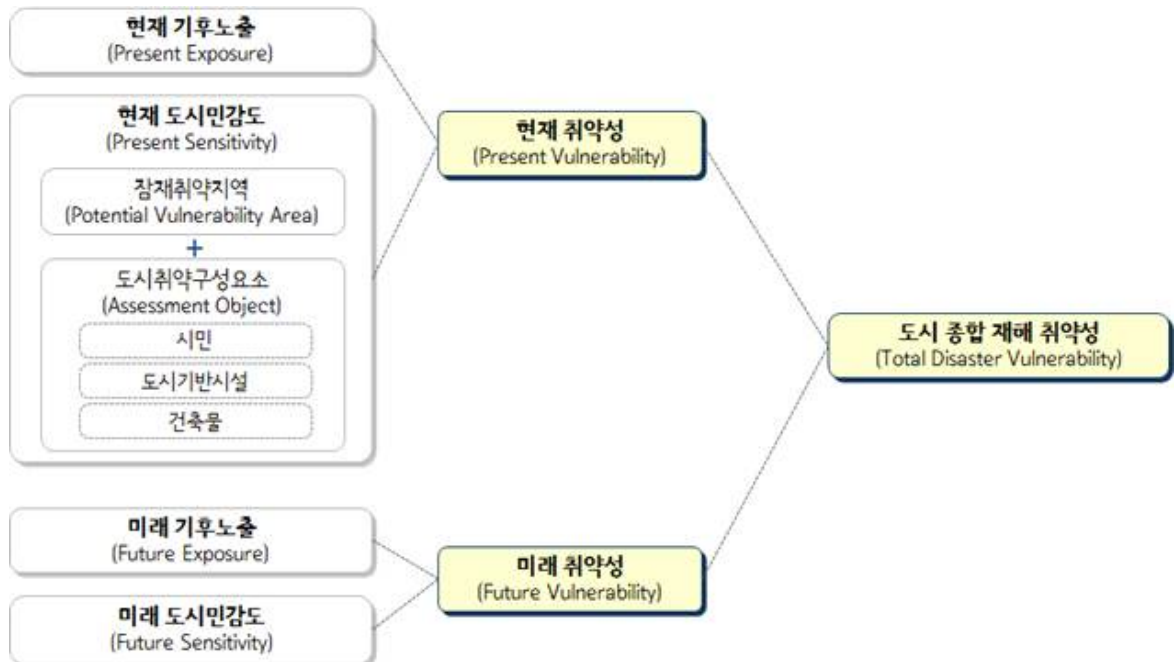
○ 도시계획수립지침 개정을 통한 재해취약성분석 제도 도입(2011.12)

- 2011년 우면산 산사태, 강남 침수피해 등을 계기로 재해에 안전한 도시 조성을 위해 기후변화에 따른 재해취약성을 분석하고 재해취약지역을 고려한 도시계획체계 구축 필요성 대두
- 국토교통부는 광역도시계획, 도시·군기본계획, 도시·군관리계획 등 도시계획수립 지침을 개정하여 도시계획을 수립하는 과정에서 기후변화 재해취약성분석을 시행하고 토지이용, 기반시설 등 각 부문별 계획에 반영토록 함

○ 재해취약성분석 매뉴얼 배포(2013.10)

- 국토교통부는 재해취약성분석 실무자를 위해 도시 기후변화 재해취약성분석의 개념, 구조, 분석방법 등에 대한 상세 설명 매뉴얼을 작성하여 배포
- 재해취약성분석 대상재해는 폭우, 폭염, 폭설, 가뭄, 강풍, 해수면상승 등 6개 재해로 구분하고 있으며, 재해별 분석지표의 자료 구축방법 제시

[그림 2-2] 재해취약성분석 구조

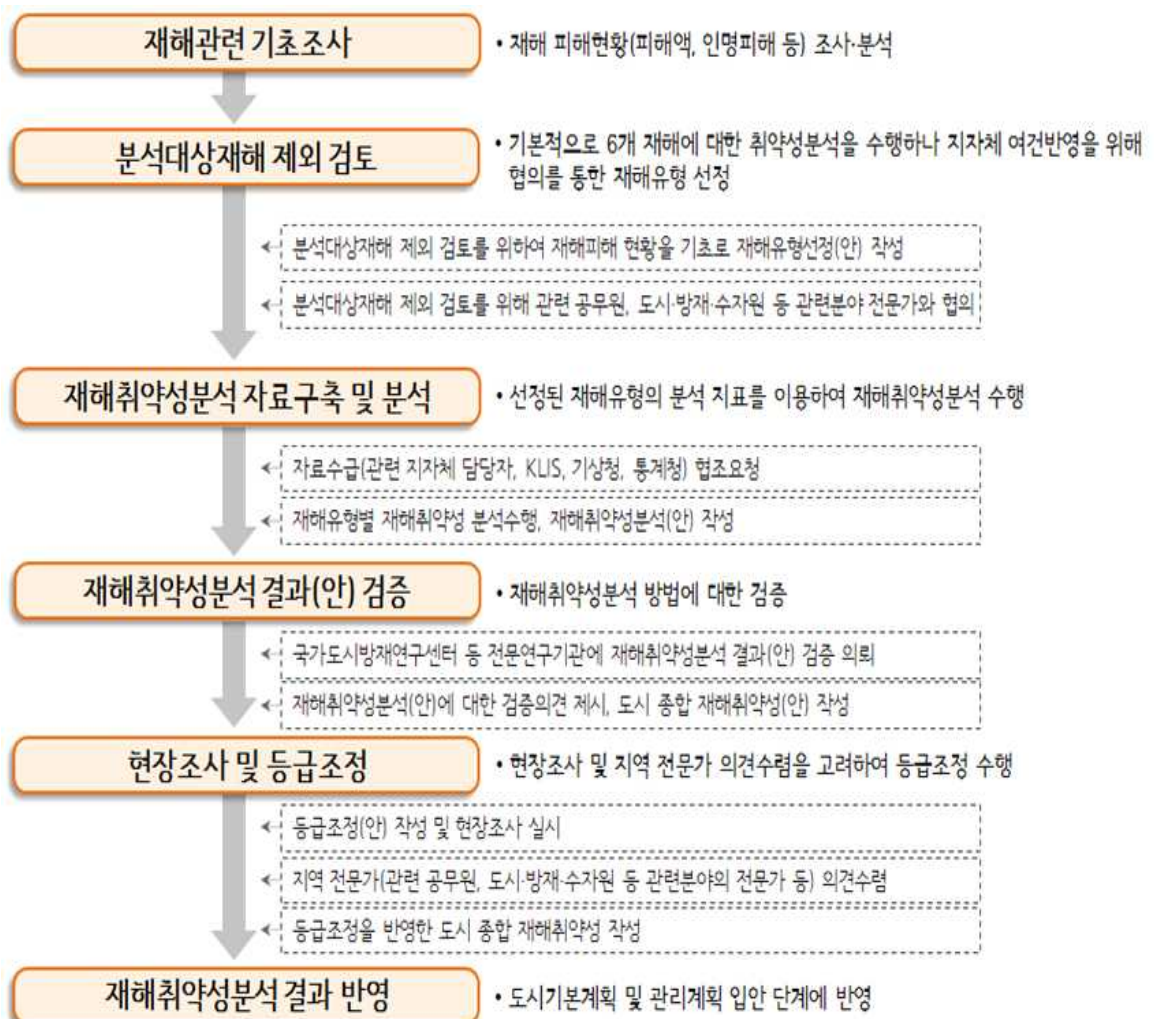


자료 : 도시 기후변화 재해 취약성분석 교육 (2017.05.17.)

○ 법률개정을 통한 재해취약성분석 의무화 및 재해 예방형 도시계획 제도화(2015.01)

- 국토교통부는 국토의 계획 및 이용에 관한 법률(제20조, 제27조)을 개정하여 도시·군기본계획 및 도시·군관리계획 수립시 기초조사의 하나로 재해취약성분석을 실시하고 그 결과를 반영토록 의무화 함
- 기후변화 재해로부터 안전한 도시 조성을 위한 체계 확립을 위하여 도시계획 수립시 재해취약성분석 결과에 기초하여 부문별 계획을 수립토록 의무화하여 대형재해를 미연에 방지하는 재해예방형 도시계획의 기반마련
- 국토교통부는 도시 기후변화 재해취약성분석 및 활용에 관한 지침을 제정(2016.05)하여 재해취약성 분석에 연계한 재해예방형 도시계획 수립을 제도화

[그림 2-3] 재해취약성분석 순서



자료 : 도시 기후변화 재해 취약성분석 교육 (2017.05.17.)

□ 방재/도시계획간의 연계성 강화

○ 재해위험이 가중되면서 도시방재 관련 정책이 활발히 수립 및 운영되고 있음

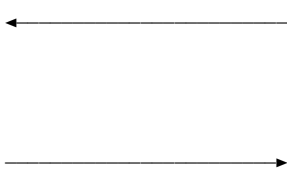
<표 2-3> 국내 도시방재 관련 정책 현황

국토의 계획 및 이용에 관한 법률	광역도시계획	부문별 계획에서 방재계획을 포함하도록 규정
	도시·군기본계획	방재 및 안전의 부문별 계획에서 방재계획 수립 대책을 제시하도록 명시
	도시·군관리계획	용도지구계획 시 방재지구를 지정할 수 있으며, 경관 및 안전계획 분야 내에서는 방재계획을 수립하도록 규정
	지구단위계획	계획구역 내 기반시설 설치 시 방재시설을 포함하도록 하도록 규정
자연재해대책법	사전재해영향성검토	자연재해에 영향을 미치는 각종 행정계획 및 개발 사업으로 인한 재해유발 요인을 사전에 예측·분석하고 이에 대한 대책 마련
	자연재해위험개선지구 수립	재해가 발생할 우려가 있는 곳의 정비계획 마련 및 지구 해제
	풍수해저감종합계획	자연재해 관리차원에서 재해 위험지역을 분석하고 대책을 마련하여 중장기 계획 수립

○ 특히, 효율적인 방재도시계획 수립을 위해 도시/방재계획의 연계 중요성이 강조되면서 방재 및 도시관련 법·제도가 개정되어 연계성을 강화하는 추세임

- 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 개정(2012)을 통해 풍수해저감종합계획을 도시계획에 반영하도록 유도
- 자연재해대책법 시행령 개정(2016)을 통해 도시/방재 계획의 연계·조정 강화

<표 2-4> 풍수해저감종합계획과 타 분야 계획과의 연계/조정

풍수해저감종합계획	현황조사를 통한 계획내용파악	타 분야 방재관련 계획
- 수립된 풍수해 저감대책과 관련하여 타 분야 계획과 연계해야 할 사항 파악 - 풍수해 측면에서의 위험도를 평가하여 타 분야 계획에서 조정 필요성이 있는 사항 파악	 연계/조정사항 반영되도록 조치	- 시설정비관련(하천, 하수도, 항만, 연안 등) - 토지이용 관련(도시기본계획, 도시관리계획) - 기타(도로, 산업, 관광 등)

자료 : 국민안전처, 2016. “자연재해대책법 시행령 제13조, 풍수해저감종합계획”.

○ 재해 예방형 도시계획 수립을 위한 공간데이터 구축의 한계

- 도시 기후변화 재해취약성분석 교육(2017.05.17. 개최)에서 지자체 공무원 및 관련 전문가 설문조사 결과 효율적인 재해예방형 도시계획 수립을 위해서는 구조물적 대책과 도시계획적 대책에 공동으로 활용할 수 있는 공간데이터의 구축의 필요성

이 제기

- 자연재해대책법 시행령 제18조에서는 재해지도의 종류를 침수흔적도, 침수예상도, 재해정보지도로 규정하고 있지만, 원활한 방재도시계획을 수립하는데는 한계

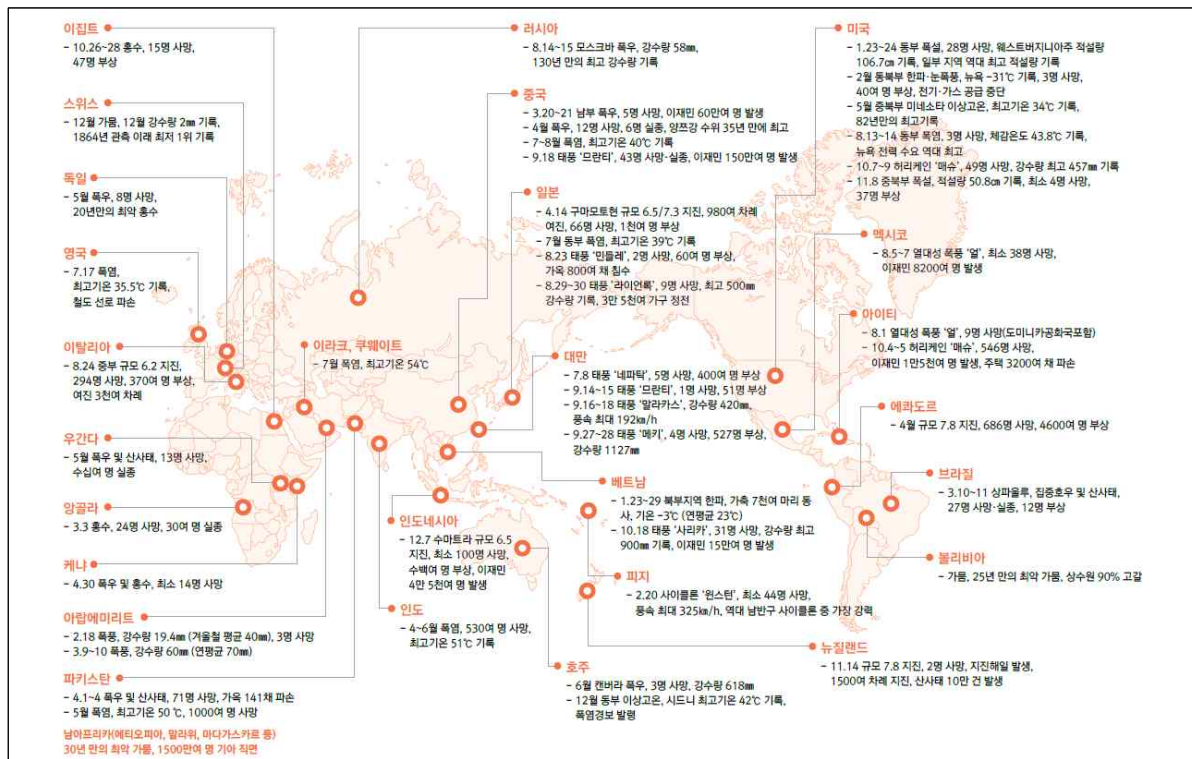
□ 도시방재분야에 복원력 개념 도입

- 최근 재해발생을 전제로 피해를 저감시키기 위한 복원력(Resilience) 개념이 방재 분야에 도입되고 있음
 - 방재분야에서의 복원력은 변화하는 환경에 따른 불확실성(재해발생 가능성)에 대응하여 도시 시스템의 지속가능성을 강화하기 위해 예방, 대비, 대응, 복구 등 재해대응 전 단계를 고려하는 포괄적인 방재개념임 (국토교통부, 2015)
 - 도시계획적 측면에서 도시복원력은 재해예방측면에서 지역의 재해취약특성을 고려하여 피해저감형 토지이용 및 시설물 입지·설치계획, 재해발생후에는 신속한 대응 및 피해복구를 고려한 관련 재해대응 시설물의 입지선정 등 도시 시스템의 지속가능성을 강화하기 위한 도시계획적 요소배치 계획임 (국토교통부, 2016; 국토연구원 2016)
- 최근에는 도시·군관리계획수립지침이 개정(2016.12)되어 복원력 개념이 법·제도에 반영
 - 기후변화 및 도시화로 대형화되는 자연재해에 도시 시스템의 지속가능성을 강화하기 위해 피해저감형 토지이용과 시설물 입지·설치계획 등으로 예방 및 대비하고, 신속한 대응 및 피해복구가 포함된 도시복원력 개념을 감안하여 수립

제 2 절 국외 홍수재해 및 도시계획 · 방재정책 동향

□ 국외 홍수재해 특성

- 우리나라와 마찬가지로 전 세계적으로도 기후변화에 따른 자연재해의 발생빈도가 증가하고 있으며, 이에 따른 사회적 · 경제적 피해 또한 증가하는 추세임
- 1980년대에는 한해 약 100건 정도의 대형 기상학적 재해가 발생하였으나 1990년대에는 한해 약 150건, 2000년대에는 최소 200건에서 250건으로 재해의 발생빈도가 증가하고 있는 추세임 (소방방재청, 2011)



[그림 2-4] 전 세계 이상기후 발생 분포도

- 해외의 전반적인 자연재해 발생 빈도를 살펴보면, 기상학적인 재해 중 풍수해로 인한 피해가 가장 많은 것으로 나타남
- 전 세계적으로 평균 강수량은 다소 증가하고 있는 추세이며, 폭우는 지난 20세기 동안 평균 20% 증가함
- 또한 홍수발생빈도의 증가와 더불어 도시화, 인구집중, 토지이용 변화 등과 같은 사회 · 경제적 변화는 홍수위험성을 더욱 악화시키고 있음

<표 2-5> 대륙별 홍수발생 종류 및 피해사항(1990년 - 2016년)

대륙	홍수 종류	발생 건수	총 사망자	총 이재민	피해액(백만불)
아시아	-	565	2,366,716	871,567,803	46,698,442
	연안침수	40	2,060	18,174,201	8,472,384
	돌발홍수	311	27,723	167,257,964	28,413,670
	하천침수	982	4,411,305	2,397,438,417	340,740,977
	합계	1,898	6,807,804	3,454,438,385	424,325,473
아메리카	-	368	57,031	29,281,320	22,997,497
	연안침수	19	1,081	1,263,768	1,212,720
	돌발홍수	76	32,728	3,084,945	9,358,870
	하천침수	600	14,062	57,704,490	79,544,355
	합계	1,063	104,902	91,334,523	113,113,442
아프리카	-	238	7,079	15,101,645	990,007
	연안침수	7	169	1,202,829	42,750
	돌발홍수	102	3,262	2,346,490	521,086
	하천침수	571	16,786	53,093,263	6,445,880
	합계	918	27,296	71,744,227	7,999,723
유럽	-	134	3,291	4,267,369	24,260,105
	연안침수	7	2,028	615,531	342,622
	돌발홍수	71	1,877	607,910	19,287,710
	하천침수	363	2,127	11,130,353	93,424,249
	합계	575	9,323	16,621,163	137,314,686
오세아니아	-	48	220	452,493	680,021
	연안침수	12	14	78,610	252,500
	돌발홍수	21	143	93,775	2,316,100
	하천침수	57	185	656,265	11,923,754
	합계	138	562	1,281,143	15,172,375
합계		4,592	6,949,887	3,635,419,441	697,925,699

자료 : EM-DAT (2016), 국토교통부. (2016)에서 재인용

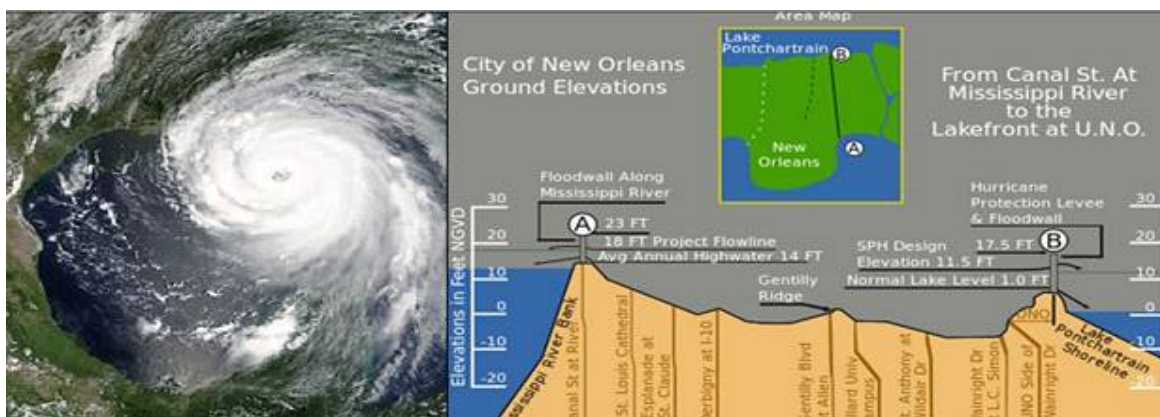
- 홍수재해는 개발도상국이 밀집한 아시아 지역뿐만 아니라 선진국인 미국 등에서도 심각한 피해가 발생하고 있으며, 선진국을 중심으로는 복원력 개념이 도입된 방재정책을 수립하고 있음

- 1900년부터 2016년까지를 기준으로 홍수피해액 중 60% 이상이 아시아 지역으로 나타났으며, 하천침수로 인한 피해가 가장 심각한 것으로 나타남
- 아시아 개발도상국의 도시들은 적절한 방재대책이 없이 도시화가 진행되고 있으며, 이러한 도시화 진행은 홍수 피해를 가중시키는 원인이라고 볼 수 있음
- 미국에서는 2005년 허리케인 카트리나 및 2012년 허리케인 샌디 등에 의해 막대한 피해가 발생하였으며, 최근에는 재해발생 가능성을 전제로 대책을 수립하고 있는 복원력 개념이 방재분야에 적극적으로 도입되고 있음

□ 국외 주요 홍수재해 사례 및 방재정책

1) 미국

- 미국에서는 2005년 허리케인 카트리나와 2012년 허리케인 샌디 등에 의해 방재관련 정책이 변화하고 있음
- 2005년 발생한 허리케인 카트리나는 1,800여명의 사망자와 810억 달러 상당의 재산피해를 입히며 미국 역사상 최악의 태풍으로 기록됨
 - 150만 명의 이재민, 6만개 이상의 가옥완파, 도시의 약 80% 침수
 - 허리케인 카트리나로 기후변화와 도시화문제가 심각하게 대두되었으며, 전반적인 방재정책 개선의 필요성이 강조됨



[그림 2-5] 허리케인 카트리나와 뉴올리언스의 지형

자료 : 위키피디아

- 2012년 10월 말 대형 허리케인 샌디가 미국 동부해안에 상륙하여 대형 재해발생
 - 폭풍직경이 최대 1,520km로 북대서양 사상 최대 규모의 허리케인으로 기록(중전 기록인 허리케인 이고르 1,480km)

- 전체 피해액은 약 655억 달러이며, 250여명 이상의 사망자 발생

발생일	2012년 10월 22일	
소멸일	2012년 10월 30일	
최저기압	940hPa	
최대풍속	50m/s (100kt)	
최대크기	폭풍경 1520km	
인명피해	253명 사망, 15명 실종	

[그림 2-6] 허리케인 샌디의 주요 특징

자료 : 위키피디아

- 미국의 재난관리 법·제도는 주로 대형재난을 계기로 발전되었으며, 최근에는 재해발생 가능성을 전제로 복원력 개념이 도입되기 시작하였음

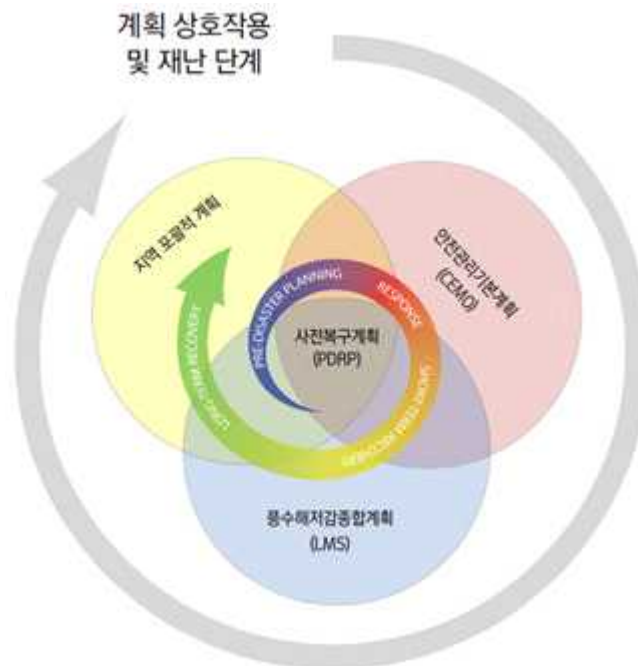
1979	연방재난관리청(Federal Emergency Management Agency : FEMA) 설립 - 재난관리 관련조직과 부서를 통합
1988	스태포드법 (Disaster Relief and Emergency Assistance Act) 제정 - 지역이 감당하기 힘든 대규모 재난의 발생시 연방정부의 지원 등을 체계화
2001	911테러
2002	국토안보법(Homeland Security Act) 제정
2003	국토안보부(Department of Homeland Security)창설
2005	재난방지 및 대응을 위한 광범위한 종합계획 (National Response Plan & National Incident Management System) 수립
2005	허리케인 카트리나 - 국토안보부의 대부분의 재난 대응 계획이 테러대비에 초점이 맞추어져 자연재난 대응에는 미흡
2006	포스트 카트리나 위기관리 개혁법(Post-Katrina Emergency reform Act of 2006) - 국가대응계획(National Response Plan) → 국가대응체계(National Response Framework)로 변경
2008	뉴욕시 기후변화 대응 합의체(NPCC1 : NewYork City panel on Climate Change) - 통합적인 기후변화 적응도시 조성을 위한 분석 및 계획 수립
2009	지속가능한 지역사회 발전을 위한 파트너십(PSC) 수립 - 미국주택도시부(HUD) - 미국교통부(DOT) - 환경부(EPA)
2011	국가재난복구체계(National Disaster Recovery Framework) 수립 국가재해예방지침 (Presidential Policy Directive 8: National Preparedness) 수립
2012	허리케인 샌디 : 미국 22개 주에 영향을 미치고, 특히 뉴욕시에 막대한 직·간접 피해 발생 - 예방중심의 계획에서 복원력개념 도입의 필요성이 부각됨
2013	복원력을 증가시키기 위한 특별 계획 발표(Special Initiative for Rebuilding and Resiliency)
2013	기후변화 대비 및 복원력 대책위원회(Task Force on Climate Preparedness and Resilience) 구성 - 기후 복원력 툴킷(U.S Climate Resilience Toolkit) 개발
2013	디자인에 의한 재건(Rebuild By Design) 개최
2014	10억 달러 국가재해 복원력 경쟁(\$1 billion National Disaster Resilience Competition) 추진

[그림 2-7] 미국의 주요 방재정책 변화 및 복원력 개념 도입

자료 : 국토교통부, 2015

- 미국에서는 방재정책분야에 복원력 개념을 도입을 위해 국가재난복구체계 및 사전복구계획 등을 수립·운영

- 2005년 카트리나 발생 이후 국가재난대응계획(NRP, National Response Plan)을 국가재난대응체계(NRF, National Response Framework)로 재편성
- 복원력 개념 강화를 위해 중장기 복구까지 고려하는 국가재난복구체계(NDRF, National Disaster Recovery Framework)를 구축
- 2011년 플로리다에서는 방재/도시계획 등을 연계하여 수립하는 재해발생 이후 재개발 계획(PDRP, Post-Disaster Redevelopment Plan) 가이드라인을 구축
- 미국 연방재난청(FEMA)에서는 2016년 주정부, 2017년 지방정부를 위한 사전복구계획(PDRP, Pre-Disaster Recovery Plan) 가이드라인을 구축하여 배포
- 사전복구계획은 재해발생 이전에 미리 사전적으로 복구계획을 수립하여 복구뿐만 아니라 도시차원에서 재해예방능력도 강화



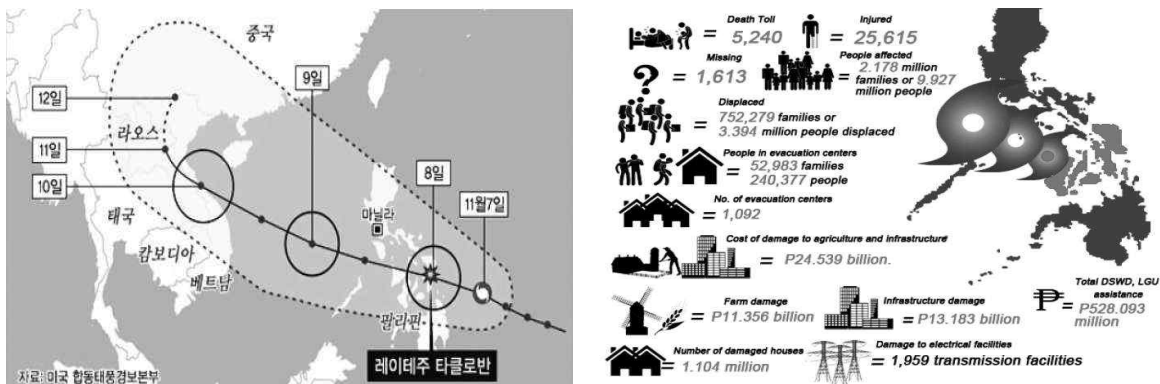
[그림 2-8] 사전복구계획의 주요 특징

자료 : 미국 플로리다 지방자치단체부, 긴급상황 대응국, 2010

2) 필리핀

- 2013년 북서태평양에서 발생한 제30호 태풍 하이옌은 중심기압 890hPa의 슈퍼태풍으로 필리핀을 포함하여 동남아시아 지역의 많은 국가에 막대한 피해를 발생시킴
- 태풍 하이옌은 2013년 11월 4일 발생하여 11월 11일 소멸하였으며, 필리핀, 캄보디아, 태국, 라오스, 중국 등의 국가에 약 7,800명의 인명피해를 유발함

- 특히, 필리핀 중부지역의 경우 사망자 3,976명, 실종 1,590명의 인명피해가 발생하였고, 1,290만명의 이재민을 발생시켰음
- 필리핀의 경우, 지리적인 위치로 인해 태풍피해가 잦은 국가이지만, 전문인력 부족과 정부부처간 협조 미흡, 방재체계의 미흡, 시민참여 미흡 등 복합적인 문제로 인하여 막대한 피해가 발생함
- 특히, 타클로반시의 경우 대피령 발령 후에도 많은 사람들이 도난사고 발생 등을 우려하여 침수지에 남아 가장 많은 인명피해가 발생함
- 또한 교통, 통신, 전력 등 각종 인프라의 파손으로 주변지역의 피해현황 집계 어려움이 있어 구호물자와 인력지원이 제대로 배분되지 못하였고, 이에 따라 2차 피해가 가중된 것으로 분석됨



[그림 2-9] 태풍 하이옌 이동 경로 및 피해 집계현황

- 필리핀은 기후 및 지형적인 요인으로 인해 빈번한 홍수피해가 발생하는 이유로, 국가 재해저감 및 관리계획 2011~2028(NDRRMP, National Disaster Risk Reduction and Management Plan)을 수립하여 복원력 강화도시 만들기 프로젝트를 시작하고 있지만, 여러 가지 한계가 발생함
- NDRRMP 계획은 재해대응 전체 단계에 걸쳐 방재계획을 수립하고 있으며, 예방·대비·대응·복구 4가지 재난관리에 따라 관련 정부기관의 책임하에 부서간 협력을 통해 운영하고 있음
- 예방단계에서는 과학기술국이 주관기관이며, 부서간 협력기관은 민방위과, 환경 및 자원관리부, 공공사업부, 재무부 등이 개발정책과 예산을 계획하고 있음
- 대비단계에서는 내무성과 지자체에서 주관하고 있으며, 정보통신부와 민방위과의 지원을 통해 재해관련 인식제고 및 부서별 역량강화에 중점을 두고 운영함
- 대응단계에서는 사회복지 및 개발부가 주관기관이며, 국방부와 보건부의 지원을 통해 피해지역별 대응책 마련에 중점을 두고 운영함
- 마지막 복구단계에서는 국가경제개발부가 주관이며, 주택관리부의 주거지역 경제적

손실 측정과 복원력 관련 주거지역 개발정책 제안에 중점을 둠



[그림 2-10] 필리핀 방재체계

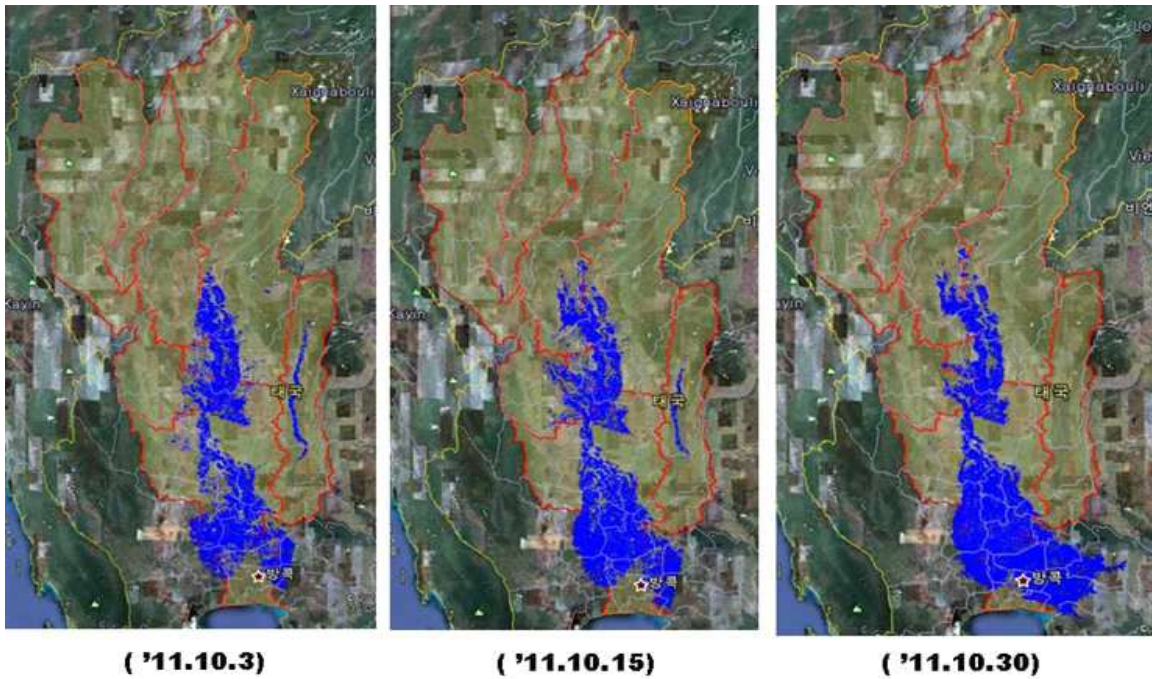
3) 태국

○ 2011년 태국 남부 지방을 중심으로 대홍수가 발생함

- 태국에 발생한 대홍수는 태풍 녹텐(Nock-ten)에 의해 유발되었으며, 홍수는 2011년 7월 25일부터 2012년 1월 16일까지 175일 동안 지속됨
- 태국 대홍수는 태국의 77개 주 중에서 65개 주에 피해를 발생시켰으며, 이로 인해 태국의 수도 방콕과, 태국의 최대산업단지인 아유타야(Ayuttaya), 빠툼타니(PathumThani) 등에도 피해를 발생시킴

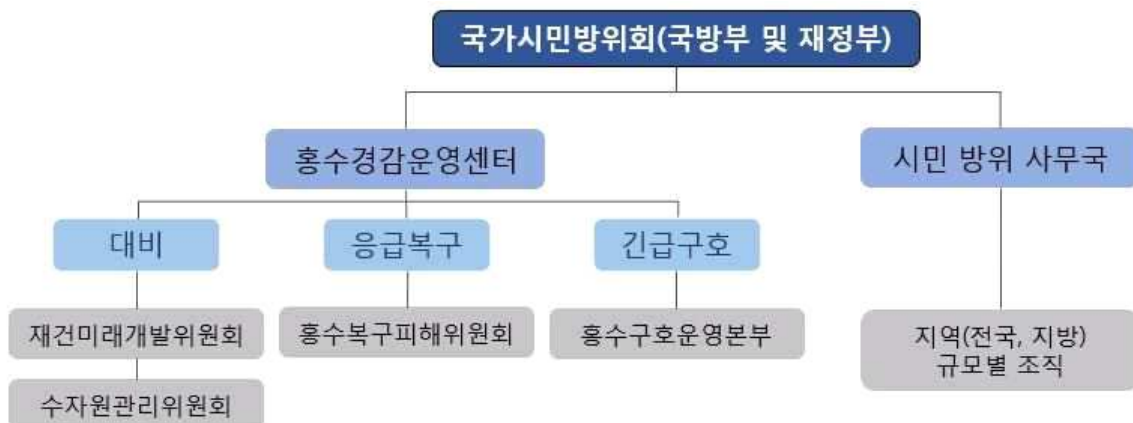
○ 태국에서 발생한 대홍수로 인해 사망 및 실종자 815명, 이재민 280만명, 재산피해 1조 4,250 바트(한화 약 44조원)가 발생함

- 특히, 차오프라야 유역 중부지역에 침수상황이 장기화됨에 따라, 자동차 및 전기전자 업체 등 제조업에서 1조 바트(한화 약 36조원)의 피해가 발생함
- 또한 관광업의 경우, 연간 2000만명에 달하던 외국인 관광객이 대홍수로 인해 급격히 감소하였고 농업의 경우 47개 주(1,600km²)가 침수되어 농업전반에 걸친 생산과 수출에 상당한 피해가 발생함



[그림 2-11] 태국 대홍수에 따른 침수범위 확산

- 태국에서는 방재대책 마련을 위해 국가시민방위회의와 기동부대를 구성함
 - 국가시민방위회는 국방부, 재정부 등 9개 정부기관의 대표자들과 회의를 통해 지정된 5명 이상의 관련 분야 전문가로 구성되어 있으며, 주로 시민방위정책 수립 및 운영 등의 업무를 수행함
 - 기동부대는 시민방위를 위한 업무를 담당하고 있으며, 전국·지방·지역차원의 조직으로 분류됨

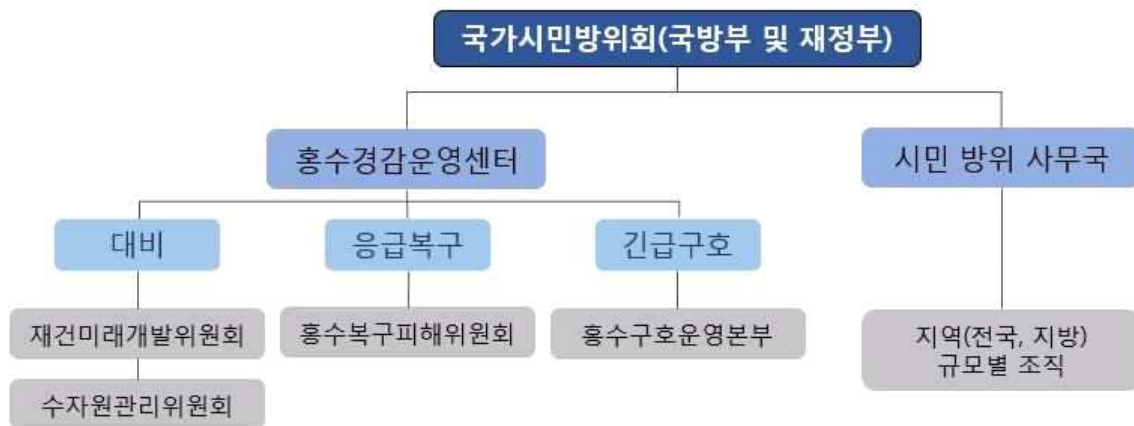


[그림 2-12] 태국 방재체계

자료 : EM-DAT. (2016), 국토교통부. (2016)에서 재인용

제 3 절 국내외 시장현황 및 전망

- 기후변화는 자연재해에 많은 영향을 미치고, 전 세계적으로 홍수, 폭풍 등의 수문기상재해 발생빈도는 지속적인 증가추세이며, 1990년대 이후 급증하는 경향을 보임



[그림 2-13] 전 세계 자연재해 발생빈도 추세

자료 : EM-DAT. (2016), 국토교통부. (2016)에서 재인용

- 자연재해가 발생하는 빈도의 증가는 자연재해에 따른 직접피해액도 증가시키지만, 복구 관련 비용에 더 많은 비용이 들어가는 실정임
- 우리나라의 경우 지난 10년(2006~2015)간 자연재해 피해액은 연평균 5,477억원으로 집계되었으며, 복구액은 1조원이 넘어 자연재해 피해액의 2배를 상회하는 수준임
 - 현재 우리나라에서는 직접피해액만 산정하고 있으며, 자연재해에 따른 간접피해액까지 고려하면 피해액은 더욱 증가할 것으로 전망됨

<표 2-6> 최근 10년간 피해액 및 복구액 현황

구분	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	평균
피해액	2,237,301	285,846	66,620	313,139	430,836	751,331	1,023,320	164,355	172,795	31,862	547,741
복구액	4,203,916	555,998	154,380	810,633	722,202	1,564,748	1,928,972	369,083	486,718	38,122	1,083,477

자료 : 재해연보, 2015

주 : 2015년도 환산가격 기준(단위 : 백만원)

- 최근 10년간 자연재해 원인별 피해액 현황 검토 결과, 태풍, 호우 등에 의한 피해가 연평균 90%이상을 차지함
- 도시침수의 경우, 피해가 발생하게 되면 인명 및 재산 등 피해가 다른지역에 비해 광범위하게 발생될 가능성이 높으며, 미래 피해영향은 더욱 높아질 것으로 전망됨

<표 2-7> 최근 10년간 피해액 및 복구액 현황

구분	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	평균
태풍	13,592	182,613	897	-	174,145	206,530	942,997	1,613	5,079	13,404	154,087
호우	2,195,035	49,371	60,749	267,130	182,479	499,132	36,106	150,980	136,505	1,213	357,870
대설	5,959	8,447	3,808	13,392	66,933	45,386	19,121	10,829	31,120	13,021	21,802
강풍	16,166	7,810	1,166	7,373	176	-	25,096	890	91	3,891	6,266
풍랑	6,549	37,606	-	25,245	7,103	283	-	42	-	333	7,716
계	2,237,301	285,847	66,620	313,140	43,836	751,331	1,023,320	164,354	172,795	31,862	547,741

자료 : 재해연보, 2015

주 : 2015년도 환산가격 기준(단위 : 백만원)

- 해외 선진국에서는 방재적 대책으로 예방사업에 크게 투자하는 경향을 보이고 있으며, 대형 재난발생 가능성을 전제로 한 재난의 전체단계를 고려한 복원력 분야에 초점을 두고 있음

제 4 절 기술동향

1. 홍수재해 위험지도 관련 기술

- 재해지도의 종류는 자연재해대책법 등에서 제시하고 있으며, 행정안전부, 국립방재연구소, 국토교통부 등이 주축이 되어 연구를 진행
 - 자연재해대책법 제18조에서는 재해지도의 종류를 제시하고 있으며, 재해지도는 크게 침수흔적도, 침수예상도, 재해정보지도 등임
- 2000년대 중반 이후부터 도시침수가 도시문제의 큰 요소로 부각됨에 따라, 국토교통부와 행정안전부를 중심으로 침수해석 기술을 개발하기 위한 다수의 R&D를 추진함
 - 무인강우관측, 극치이론 등의 기상기술과 물리적 분포모형, 매개변수 최적화 등의 수문기술, 원격영상기반 고해상도 지리공간정보 구축을 활용한 공간정보기술 등을 통해 국립재난안전연구원, 국토연구원, 한국건설기술연구원 등에서 국내 기상 및 수문특성에 맞는 정교한 침수해석 기술 개발을 시도함

<표 2-8> 홍수재해 관련 주요 기술 동향

보유자 및 저자	지침 및 논문명	주요내용
한국건설기술 연구원	도시홍수 예경보 및 침수예측 기술	- 도시홍수 예경보 실용화 기술 개발을 위한 예측모형 적용기술, 단기간 강우 예측 기법 개발 - 도시지역 침수해석을 위한 통합 침수해석 모형(FFC-5) 개발 및 GIS 연계 운영 시스템 구축
국토연구원	도시 기후변화 폭우재해 적응 안전도시 기술 개발	- 기후변화 폭우재해 적응 안전도시 시스템 개발 - 웹기반 폭우재해 정보공유 플랫폼 - 폭우재해저감 도시설계 실무매뉴얼 제공 - 폭우재해 저감을 위한 도시설계 실무매뉴얼 제공 - 폭우재해 저감을 위한 도시계획 법제도 개선방안 제시
국립재난안전 연구원	도시 지상-지하공간 침수예측모형 고도화 및 통합 연계환경 개발	- 지상공간 침수예측모형/우수관망모형/지하공간 침수예측모형의 고도화 - 도시의 지상-지하공간 침수예측모형 통합 연계환경 개발 및 시범적용 - 도시 지상-지하공간 침수예측모형 GUI 개발
국립재난안전 연구원	도시내수침수 원인분석을 위한 센서기반 모니터링 기법 개발 및 시범 적용	- 도시내수침수 특성을 반영한 모니터링 시스템의 시범적용을 위한 대상지 및 방법 선정 - 실시간 내수침수 감지 모니터링 기법 개발 - 현장모니터링을 통한 도시내수침수 특성 분석을 위한 시범적용 및 결과 제시
도심지	도심지 토사재해 예측 3D 시뮬레이션	자연공간, 지질, 기후 및 식생 환경 데이터의 통합토사재해 인벤토리 구축

보유자 및 저자	지침 및 논문명	주요내용
토사재해 통합관리 기술개발 연구단	기술개발 및 통합관리시스템 구축	• 토사재해 발생 지형공간적 위치 예측 모델 개발 및 검증 • 토사재해 발달 경로, 거리, 토사 유동 및 규모 예측모델 개발 및 검증 • 3D 시뮬레이션 기법을 이용한 도심지 저감대책 기술 지원 시스템 구축
기상청, 국토지리정보원, 국민안전처	• 국가수문기상재난안전공동활용시스템	• 재난안전 의사결정 및 재난상황에 대한 분석 등 자료 제공을 통해 종합 감시 및 대비 능력 향상을 주목적으로 함 • GIS기반 피해위험도 예측시스템, 재난정보기반 피해예측시스템, 피해 예측정보 평가시스템 구축
국토연구원	• 도시 침수지역 및 영향권 분석을 통한 재난안전 정책지원 시스템 구현	• 도시별 침수위험지역에 대한 위험도 프로파일 작성 • 도시침수 위험지역 공간구획화를 통한 침수해석 기법의 적용 및 분석 • 도시침수에 대한 영향권을 설정해 공간계획의 활용성 제고 • 도시침수에 대한 재해특성, 노출특성, 취약성을 고려해 고위험지역을 도출하고, 위험도 프로토타입 작성 • 시스템의 개선 및 고도화 • 재해예방형 도시계획 수립 지원을 위한 도시정책 및 제도적 근거 확보 방안 제시
국토연구원	• 기후변화에 안전한 재해통합대응 도시 구축방안 연구 (1, 2차년)	• 기후변화에 따라 대형화되고 빈번히 발생하는 폭우, 폭염 등과 같은 재해에 대응하기 위한 안전도시 구축 방향 제시
국토연구원	• 기후변화에 따른 국토취약성 분석과 적 응방안	• 홍수, 폭염, 폭설, 해수면 상승 등 기후변화 재해가 국토기반시설에 미치는 영향분석 및 향후 정책방향 제시
자연재해저감 기술개발사업단	• 기후변화를 고려한 도시 방재성능 목표 설정방안	• 기후변화를 고려한 방재시설물 설계기준을 재설정하여 목표 강우량 등 제시
차세대 홍수 사업단	• 차세대 홍수방어 기술개발	• 홍수피해 저감을 위한 전략과제인 첨단 하천예보 기술 개발, 유역 차원의 홍수방어 및 관리기술 개발
국토연구원	• 도시 기후변화 재해취약성분석 및 활용 에 관한 지침	• 재해취약성분석은 기후변화에 따라 대형화·다양화되고 있는 재해에 효율적으로 대응하기 위하여 기존의 전통적인 방재대책과 함께 도시의 토지이용, 기반시설 등을 고려하여 재해취약지역을 분석 • 분석한 결과를 토대로 실효성 있는 재해저감 대책을 마련함으로써 도시·군기본계획을 수립·변경하거나 도시·군관리계획을 입안하는 경우 등 재해예방형 도시계획 수립 시에 체계적인 판단 근거를 제공 하기 위해 실시하는 기초조사

2. 방재도시계획 수립 관련 연구

- 방재도시계획 수립 관련 연구는 재해취약성분석 및 재해예방형 도시계획 등이 제도화 되는 2011년 이후부터 일부 개발되고 있지만, 제주도 지역 특성을 반영한 방재도시계획 수립은 없는 현황임

<표 2-9> 주요 기술 동향

보유자 및 저자	특허 및 논문명	주요내용
국토연구원	• 기후변화 적응도시 조성 방안 연구	• 기후변화에 따른 다양한 재해의 도시취약성 분석과 기후변화 적응도시 조성방안에 관한 연구
서울시정 개발연구원	• 서울시의 새로운 재난관리체계 구축	• 기후변화에 따른 자연재해 등 다양한 재난에 대응하기 위해 서울시의 통합적 재난관리체계를 구축 및 예방대책 제시
(주)지아이	• (특허)방재력(resilience) 비용지수 평가 방법	• 방재력 비용지수 평가방법은, 전국의 재난자료를 활용하여 재난이 발생되었거나 또는 재난발생이 예측되는 지역의 방재력을 평가하기 위한 방법으로, 평가대상지역에 관한 재난자료를 획득하는 단계와, 상기 재난자료를 활용하여 상기 평가대상지역의 하기의 식으로 정의되는 방재력비용지수를 산출하는 단계를 포함
도시홍수재해 관리기술연구 사업단	• 방재도시계획 및 비구조적 홍수대응기술	• 방재도시 사례 조사, 국내 관련법의 연계 및 개선방향, 홍수긴급대응과 구조체계 개선, 홍수보험제도의 운영 및 확대방안 등 비구조적 대책 제시
국토연구원	• 도시 기후변화 폭우재해 적응 안전도시 기술 개발	• 기후변화 폭우재해 적응 안전도시 시스템 개발 • 폭우재해 저감을 위한 도시설계기술 개발
녹색국토물관리 연구소 LID 사업단	• 저영향개발(Low-impact development, LID)	• 녹색도시 계획 및 설계기술 개발(도시공학 분야) • 녹색도시 LID 설계·시공 기술개발(환경기술분야) • 녹색도시 신재생에너지 기반시설 구축기술 개발 (토목기술 분야)
국토연구원	• 도시방재에 관한 연구 (일본의 사례를 중심으로)	• 우리나라 도시재해 특성 및 도시방재관련 이론정립 • 일본의 국토방재체계와 도시방재 • 일본의 도시레벨 방재도시만들기 운영실태 • 일본의 지구레벨 방재마을만들기 운영실태
국립 방재연구소	• 도시기본계획의 방재 및 안전부분에 관 한 연구(I),(II)	• 우리나라 도시방재계획의 실태와 현황에 대한 분석 • 일본의 도시방재계획체계에 대한 분석 • 우리나라 방재 및 안전계획의 기본방향 설정 • 도시기본계획에서 방재 및 안전에 대한 고려 방안

보유자 및 저자	특허 및 논문명	주요내용
국토연구원	재해에 안전한 방재도시계획 수립방안 연구	- 재해 및 방재도시계획의 개념 - 도시계획 내 방재계획의 현황 및 문제점 - 외국 도시계획측면의 방재계획제도 - 효율적인 방재도시계획 수립방안 - 방재도시계획 실효성 제고를 위한 부문별 계획 연계방안, 제도개선방안
국토연구원	기후변화에 안전한 재해통합대응 도시 구축방안 연구(I),(II)	- 기후변화가 도시에 미치는 영향 고찰 - 기후변화 대응 재해관리 현황 분석 - 외국의 기후변화 대응 재해관리 사례 분석 - 기후변화에 안전한 통합재해대응 도시 구축방향 및 정책과제 제시
국토연구원	재해취약성 분석, 재해예방형 도시계획 수립 컨설팅 사업 (I),(II)	- 도시계획을 위해 기초조사가 진행되는 10개 지자체를 대상으로 6가지 자연재해의 취약성에 대한 공간분석 실시 - 각 공간(집계구)의 취약성 등급화 - 취약성 등급에 따른 재해예방형 저감대책 제안 및 발굴

제 3 장 연구개발과제 구성 및 추진전략

제 1 절 비전 및 목표

1. 연구개발의 목표

□ 기본개념

- 홍수재해를 대상으로 도시계획적 대책 수립을 위한 홍수재해위험 공간정보 구축 기술을 개발하고, 방재시설물뿐만 아니라 도시계획적 요소를 종합적으로 고려한 방재도시계획 수립과 관련 법제도 개선방안 제시
- 자연재해대책법에 따라 지자체 방재부서에서 수립하는 풍수해저감종합계획은 특정 피해지점, 시설중심의 계획이므로 도시계획에 필요한 정보(즉, 기후변화 영향 고려, 넓은 도시지역 내 주민, 건축물, 토지이용, 교통, 도시계획시설 등에 대한 위험정보와 지구단위 종합계획)를 확보하기 곤란
- 방재도시계획 수립 관련 연구는 일부 있지만, 제주도의 특성을 고려한 방재도시계획 수립 관련 연구는 미흡

□ 최종목표

- 홍수재해위험 공간정보 구축 개발
 - 침수흔적 및 침수예상도 등의 홍수재해 위험지도는 특정 피해지점, 시설중심 계획 지원을 위한 분석방법이기 때문에 도시계획적 대책 수립에 한계
 - 국토연구원에서는 기후노출, 도시민감도 관련 공간지표 자료의 중첩을 통한 비교적 단순한 형태의 재해취약성 분석방법을 개발 및 지침화하였지만, 정밀분석 및 맞춤형 대책마련에는 한계
 - 기후변화 영향 등을 고려하여 방재시설물뿐만 아니라 도시계획적 대책수립을 지원할 수 있는 홍수재해 영향권 분석방법 개발 필요
- 방재도시계획 수립 및 제도개선 방안
 - 영향권 분석결과 등을 활용하여 방재도시계획 수립 방향 제시
 - 효율적인 방재도시계획 수립을 위한 관련 법·제도 제고방안 제시

□ 1단계 : 1차 년도

- 중점관리 대상지 선정 (5개소)
- 기후변화의 폭우 영향평가
- 중산간지역 강우사상 분석 방법 개발
- 침수해석 및 노면수 해석 기법 개발
- 영향권 설정
- 상세 위험 주제도 작성
- 재해취약성 분석
- 방재지구 및 도시계획 대책 적용지역 도출 방법 개발
- 해외의 방재도시계획 및 복원력 강화정책 사례조사
- 방재계획 수립을 위한 주요 유형 선정
- 토지이용, 저영향개발기법 적용 방향, 도시·군계획시설 대책, 물순환도시 수립방향 등을 위한 기초자료 수집 및 기초분석 수행

□ 2단계 : 2차 년도

- 중점관리 대상지 선정 (추가 5개소)
- 중산간지역 강우사상 분석 방법 고도화
- 노면수 해석기법 고도화
- 방재지구 및 도시계획 대책 적용지역 도출 방법 고도화
- 재해위험 공간정보 구축 관련 기술서 작성
- 방재계획 수립을 위한 주요 유형 적용
- 토지이용, 저영향개발기법 적용 방향, 도시·군계획시설 대책, 물순환도시 수립방향 등 제시
- 법·제도 제고를 위한 정책 연구

2. 개발 세부 내용

가. 홍수재해위험 공간정보 구축 기술개발

○ 중점관리대상지 선정

- 침수이력 조사
- 현장·면담 조사
- 중점관리대상지 확정

○ 기후변화의 폭우 영향평가

- 강우 시나리오 기준 설정
- 시간단위 강우자료 생성
- 강우빈도해석
- 강우시간분포 자료 생성
- 중산간지역 강우사상 분석 기법 개발 및 고도화

○ 침수해석

- 강우유출 관계 해석
- HEC-RAS 하도해석
- SWMM 도시배수 모의
- 노면수 해석 고도화 기법 개발

○ 영향권 설정

- 외수위 영향권 분석
- 내수위 영향권 분석

○ 상세 위험 주제도 작성

- 영향권
- 인구노출
- 토지이용
- 건축물

○ 재해취약성 분석

- 기후노출 분석
- 민감도 분석
- 종합 재해취약성 분석

- 방재지구 및 도시계획 대책 적용지역 도출
 - 상세 위험 주제도와 재해취약성 분석 연계기술 개발
 - 방재지구 설정
 - 도시계획 대책 적용지역 도출
- 재해위험 공간정보 구축 관련 기술서 작성

나. 방재도시계획 수립 및 제도개선 방안 연구

- 해외의 방재도시계획 및 복원력 강화정책 사례조사
 - 미국의 재해대응 복원력 강화정책 등 관련 정책 사례 조사
- 방재계획 수립을 위한 주요 유형 선정
 - 방재지구 및 도시계획 대책 적용지역에 대한 유형 선정
 - 종합방재 계획형, 도시계획 변경형, 방재지구 지정형, 관리기준 강화형 등
- 토지이용 대책
 - 보전적 토지이용 계획 및 조정
 - 방재거점 확보
- 저영향개발기법 적용 방향
 - 저영향기법을 활용한 체계적 재해저감 대책 제시
- 건축물 대책
 - 우수흐름, 재난대피를 위한 건축배치 조정 등
 - 재해저감을 위한 필로티, 우수저류, 침투면적 확대 등의 계획 수립 방향
- 도시·군계획시설 대책
 - 방재시설의 설치 및 방재활용 가능시설의 배치 등
- 물순환도시 수립방향

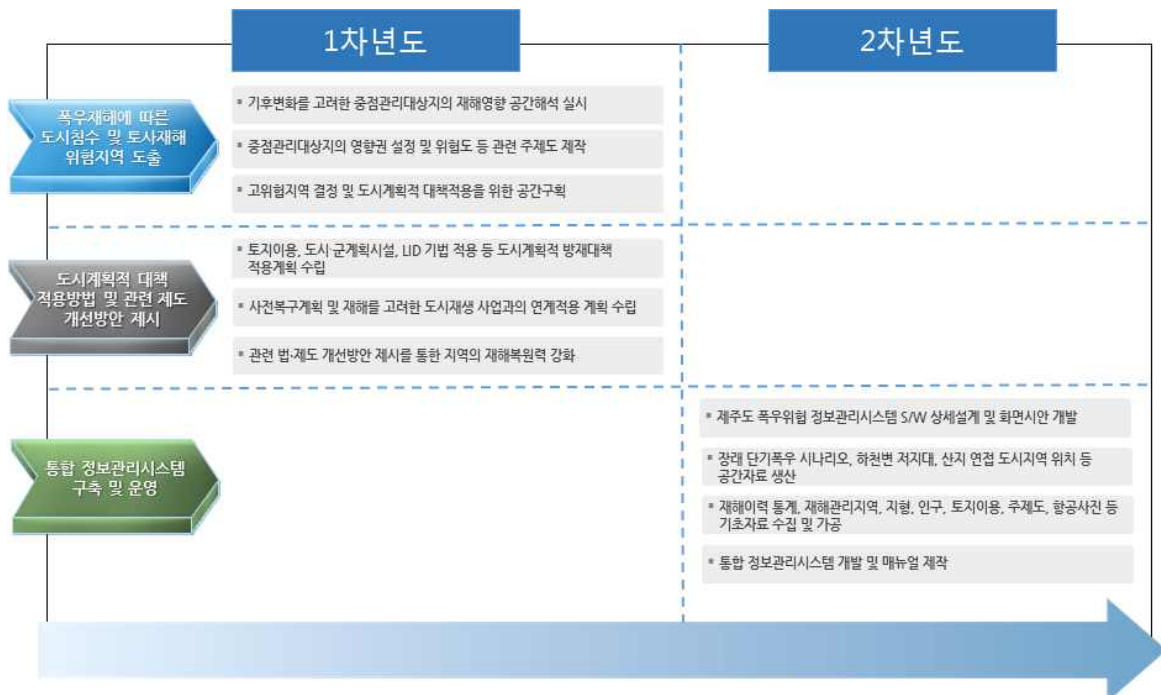
- 빗물관리, 용천수 특성 등을 활용한 물순환 회복방안 제시

○ 법·제도 제고를 위한 정책 연구

- 방재도시계획 수립을 위한 관련 법·제도 제고방안 제시

3. 과제개발 로드맵

□ 과제 기술개발 로드맵은 다음과 같음



[그림 3-2] 기술개발 로드맵

제 2 절 자원 투입계획

1. 소요예산 산정

<표 3-1> 연차별 소요예산 산정표

구분		연차별 예산(억원)		
		1차년	2차년	합계
방재도시계획 지원을 위한 재해위험 공간정보 구축 개발	○ 중점관리대상지 선정 ○ 기후변화의 폭우 영향평가 ○ 침수해석 ○ 영향권 설정 ○ 상세 위험주제도 구축 ○ 재해취약성 분석 ○ 방재지구 및 도시계획 대책 적용지역 도출 ○ 재해위험 공간정보 구축 관련 기술서 작성	2.5	2.5	5
방재도시계획 수립방향 및 제도개선 관련 정책 연구	○ 해외의 방재도시계획 및 복원력 강화정책 사례조사 ○ 방재계획 수립을 위한 주요 유형 선정 ○ 토지이용 대책 ○ 저영향개발기법 적용 방향 ○ 건축물 대책 ○ 도시·군계획시설 대책 ○ 물순환도시 수립방향 ○ 법·제도 개선방안 제시	1.5	1.5	3
합계		4	4	8

2. 연차별 인력투입 계획

<표 3-2> 연차별 인력투입 계획표

구분	연차별 투입 인원(명)		
	1차년	2차년	합계
방재도시계획 지원을 위한 재해위험 공간정보 구축 개발	8	8	16
방재도시계획 수립방향 및 제도개선 관련 정책 연구	8	8	16
합계			32

제 4 장 실용화 전략

제 1 절 현황 분석

- 우리나라의 수방재대책은 시설물 위주의 구조적 대책에서 최근 홍수위험 등이 가중되고 있어, 방재시설물뿐만 아니라 도시계획적 대책을 종합적으로 고려하는 재해 예방형 도시계획 제도를 수립 운영하고 있음
 - 우리나라는 1974년 한강홍수통제소를 시작으로 홍수예경보 시스템이 운영되고 있으며, 침수흔적도 및 침수예상도 등 홍수관련 재해지도는 위험지역 및 방재시설물 설계 등을 위해 구축
 - 최근 재해 예방형 도시계획 수립이 제도화되면서 풍수해저감종합계획과 도시계획의 연계강화방안을 마련하고는 있지만, 도시계획적 대책 수립을 위한 충분한 정보의 제공은 부족하며, 재해취약성분석의 경우도 단순한 공간지표의 중첩에 따른 취약지역 도출이기 때문에 공간자료의 신뢰성 확보에 한계가 있음
- 특히, 제주도 지역은 홍수위험이 높으며 대표적인 관광지로 상주인구뿐만 아니라 계획인구가 크게 늘어날 것으로 전망되며 도시화가 빠르게 진행되는 지역이기 때문에 방재도시계획 수립이 가장 필요한 지역 중에 하나임
 - 제주도는 태풍의 길목에 위치하고 있고, 기후변화 영향을 많이 받는 지역이기 때문에 홍수위험에 노출
 - 또한, 인구 증가 등으로 도시화가 빠르게 진행되고 있으며 청정관광지역에서의 안전은 매우 중요한 요소이기 때문에 방재도시계획 수립의 필요성이 강조
- 선진국 및 아시아 많은 나라에서는 홍수위험이 가중되고 있으며, 최근 방재도시계획 및 복원력 강화정책의 중요성이 강조되고 있음
 - 선진국 및 아시아 많은 나라에서는 기후변화에 따른 대형 홍수재해가 빈번히 발생하여 막대한 인명 및 재산피해 발생
 - 최근에는 재해발생 가능성을 전제로 피해를 최소화시키는 복원력 개념이 방재정책에 적극적으로 적용되고 있음
- 이러한 현황에서 본 과제에서는 기존 방재시설물뿐만 아니라 도시계획적 대책을 수립하기 위한 홍수재해위험 공간정보 구축 기술개발과 방재도시계획 수립 및 제도개선 방안 연구를 수행할 예정임
 - 본 과제의 완료시 홍수재해위험 지역 도출 및 방재도시계획 수립 부분은 선진국 대비 기술 격차를 크게 줄일 수 있을 것으로 판단

<표 4-1> 본 과제의 주요 개발기술 관련 선진국과의 차이

기술내용	현재 기술수준			과제 완료시 국내 기술수준		
	기술수준 (%)	기술격차 (년)	비고	기술수준 (%)	기술격차 (년)	비고
홍수재해위험 공간정보 구축 기술 개발	60	8	성장기	80	3	성숙단계
방재도시계획 수립 및 제도개선 방안 연구	70	6	성장기	90	4	성숙단계

제 2 절 거점 내 수요처 분석

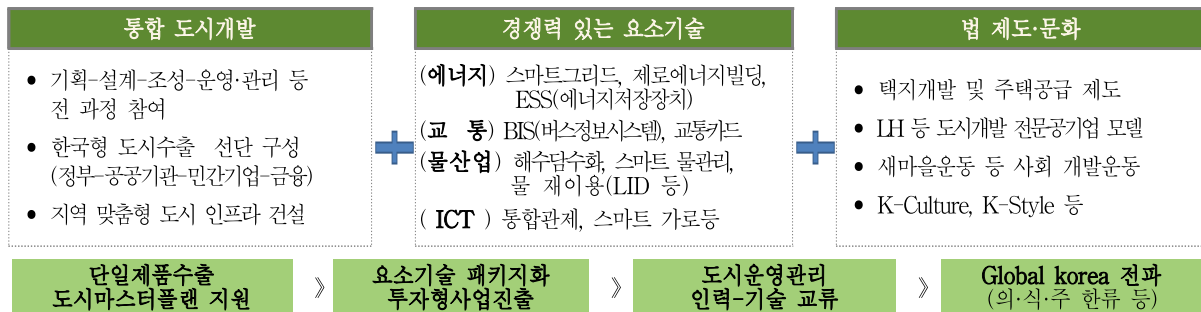
- 본 과제에서 주요 개발할 기술은 방재 관련 기술 및 정책들로서 주로 공공재이기 때문에, 주요 수요처는 지방자치단체 공무원으로 예상됨
- 하지만 공간관련 정책의 구현 등을 수행할 실 수요처는 제주도내 위치하고 있는 방재, 환경, 도시계획 관련 엔지니어 회사들이 주로 활용할 것으로 전망됨

제 3 절 시장진출전략

- 본 과제를 통해 제주도에선 우선 방재도시계획 수립 및 재해영향 분석기술을 방재 대책으로 활용하고, 그 정보를 다른 지자체에 전파하는 방향을 모색할 수 있음
 - 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 등이 개정되어 재해취약성분석과 재해 예방형 도시계획 등이 도시계획 수립시 의무화가 되어 있음
 - 이러한 점을 고려하면, 본 연구 완료시 관련 기술 및 정보를 타 지자체에 활용할 수 있을 것으로 판단
- 2017년 포항 지진 등으로 재해를 고려한 도시재생에 대한 관심이 높아지고 있어, 도시재생 관련분야로 본 연구결과를 활용하는 방향을 모색할 수 있음
 - 국토교통부에서는 도시재생 뉴딜사업과 연계한 재난지역 재생방안 마련에 초점을 두고 있음
 - 본 연구에서는 홍수에 초점을 두고는 있지만, 다양한 방재도시계획 요소들은 홍수뿐만 아니라 다양한 재해에 대응하여 응용·활용 될 수 있을 것으로 판단
- 본 과제는 방재분야이고, 최근 동남아시아 개도국의 경우 기후변화 재해 피해가 심각하기 때문에 해외 시장진출을 고려할 필요가 있음
 - 2010년 경제협력개발기구의 개발원조위원회 가입 및 ODA 관련 국제개발협력 기본법 제정 이후, 우리나라의 정책 및 기술의 해외전파가 활발하게 진행되고 있음

- 2015년 기준 우리나라의 ODA 지원 총액은 19.2억 달러(미화)를 초과하고 있으며, 향후 2020년까지 ODA/GNI 비율 목표치 0.20% 달성을 위해 ODA 규모의 지속적인 증가가 이루어 질 것으로 전망되고 있음.
 - 특히, 국토교통부에서는 ODA 사업의 일환으로 인프라개발 마스터플랜 사업을 진행하고 있으며, 주요 대상지역은 아시아, 아프리카, 중남미 등의 개발도상국이 다수 포함되어 있음. 2013년부터 현재까지 약 171억원의 사업비가 투자되었음
 - 또한, 국토교통부에서는 자체 ODA사업과 함께 ‘글로벌 인프라 협력 컨퍼런스(GICC, Global Infrastructure Cooperation Conference)¹⁾’를 개최하여 각국의 고위급 인사 및 실무담당자들과의 면담을 통해 한국 기업들의 수주 지원을 논의하는 자리를 마련하고 있음
- 국토교통부는 우리나라의 강점을 살려 스마트 시티를 유망 수출 전략산업으로 육성하기 위해, ‘한국형 스마트 시티 모델’을 구축하여 해외 국가별 맞춤형으로 진출하는 전략을 수립중임
- 우리나라의 도시개발 체계(도시계획·건설·관리)와 ICT 등 경쟁력 있는 기술, 관련 제도·문화를 패키지화한 ‘한국형 스마트 시티 모델’ 구축

<표 4-2> 스마트 시티 해외 진출 전략



자료 : 국토교통부, 2016

- K-Smart City 모델은 크게 스마트 신도시, 에너지 신산업, 친환경 물산업, 스마트 교통, ICT 솔루션 모델 등 5개로 구상중이며, 특히, 스마트 신도시 모델은 정부간(G2G) 협력기반하에 민간과 공공이 동반 진출, 도시기획부터 건설, 관리·운영 등 도시개발 전 과정에 참여하는 패키지 모델임
- 본 과제의 연구결과물인 홍수재해위험 공간정보 구축 기술과 방재도시계획 수립 등은 스마트 신도시 모델의 구성요소로 해외진출 전략을 수립할 수 있을 것으로 전망됨

1) GICC는 2013년부터 매해 개최되었으며, 각국의 고위공무원간의 면담뿐만 아니라 기관간 MOU체결, 고위공무원 초청 연수 등이 동시에 진행되고 있다. 정책결정권을 가진 개도국 고위급 정부인사를 대상으로 인프라 전반을 다루는 연수 프로그램 운영을 통해, 우리나라의 발전된 인프라 홍보 및 개도국 정부와의 네트워크를 강화하여 국내기업의 해외 인프라 건설 수주를 지원하고 있음

<표 4-3> 스마트 시티 모델별 진출 방안

특화형	진출 방안
스마트 신도시 모델	· (특징) 정부간(G2G) 협력기반하에 민간과 공공이 동반 진출, 도시기획부터 건설, 관리·운영 등 도시개발 전 과정에 참여 · (적용) 쿠웨이트 순방외교('15.3) 후속조치로 수도 인근 2.5만호(대지조성비 4.4조원) 규모의 신도시 공동개발을 요청받아 마스터플랜 수립에 참여 예정(LH, '16.9) · (확산) 신도시 개발, 도시재생 수요가 많은 중동, 아시아, 남미(볼리비아, 스리랑카, 인도 등) 등을 중심으로 G2G 협력을 강화
에너지 신산업 모델	· (특징) 신재생, ESS, 전기차 충전소 등을 패키지화하여 GCF 등과 연계·지원 · (적용) 페루 동부 아마존 습지지역에 마이크로그리드 적용(GCF, '15.11) · (확산) 도서, 오지 등 전력공급이 어려운 지역에 국제기구 등과 연계 진출하고, 전기차 충전소·스마트 팜 등으로까지 수출 확대
친환경 물산업 모델	· (특징) 해수담수화, 스마트 물관리 등 비교우위 기술 중심 · (적용) 칠레는 누수율이 높아(약 40%), 현지업체와 우수율제고 시범사업 추진중 · (확산) 물부족, 시설 노화로 누수가 심한 중동·남미 등은 물산업 중심 공략
스마트 교통 모델	· (특징) 교통카드, 버스정보시스템(BIS) 등 기술우위 상품을 집중 수출 · (적용) 콜롬비아 메데진市 등에 ITS 마스터플랜 수립 용역 중(8억원, '16.3~) · (확산) 35개국 진출 경험을 기반으로 3개 국가군별(지속협력/수출지원/시장개척국) 전략을 차별화
ICT 솔루션 모델	· (특징) 스마트시티 기반시설, ICT 솔루션 등을 패키지화 · (적용) 중국 하북성 당산시 IoT 기반 도시관제시스템 공급(100억원, '16.下) · (확산) 동남아, 유럽 등 중심으로 전략진출 후 주변지역으로 확산

자료 : 국토교통부, 2016

- 전 세계적으로 스마트 시티 시장규모는 2019년에 1.1조 달러 수준으로 크게 증가할 것으로 전망되고 있고, 특히 개도국 등은 단 기간내 고도의 경제성장과 성공적인 도시개발 경험을 보유하고 있는 한국의 도시개발 모델에 대한 관심이 높음
- 이러한 점을 활용하여 본 연구결과의 시장진출을 K-Smart City 모델과 연계한 ODA 사업으로 진행하는 것도 효과적이라고 판단됨

제 4 절 기대효과

- 지자체에서 방재도시계획 수립시 겪고 있는 기술, 행정 등의 부담을 대폭 완화시키면서, 정책 실효성은 크게 제고
 - 현재 도시계획 수립시 재해취약성분석과 그 결과를 활용한 재해 예방형 도시계획 수립이 의무화되어 있음
 - 하지만, 지자체에서는 기술, 행정적 한계로 많은 어려움을 겪고 있으며, 실효성 있는 방재도시계획 수립에는 한계
- 국내뿐만 아니라 해외 다양한 시장 개척 가능
 - 타 지자체에서도 도시계획 수립시 본 연구결과 활용 가능
 - 유사한 기후 및 도시변화 특성을 가지고 있는 아시아 개발도상국을 대상으로 관련 기술의 전파 가능

제 5 장 과제 제안요구서(RFP)

☐ 과제 제안요구서(RFP)

과제명	제주도 도시방재계획 수립을 위한 재해영향 분석기술 개발
1. 연구개발 목표	☐ 홍수재해위험 공간정보 구축 기술 개발 ○ 재해 예방형 도시계획 수립을 위해 도시침수 영향에 대한 상세 공간정보를 도출하고, 도시계획적 대책을 적용하기 위한 공간정보를 구축하는 홍수재해위험 공간정보 구축 기술을 개발할 필요가 있음 ☐ 제주도의 지역특성을 반영한 방재도시계획 수립 및 제도개선 방안 ○ 홍수재해위험 공간정보 등의 홍수위험 정보를 바탕으로 토지이용, 저영향개발기법 적용, 건축물 대책, 도시·군계획시설 대책, 물순환 도시 수립 등을 통해 종합적인 방재도시계획 수립방향을 제시하고, 이를 실현하기 위한 관련 법·제도를 개선할 필요가 있음
2. 기술개발 필요성 및 산업/시장동향	☐ 기후변화 가속화, 태풍 경로 등으로 제주도의 홍수위험 가중 ○ 제주도를 포함한 우리나라는 세계 평균에 비해 기후가 빠르게 변화하고 있으며, 기후변화 시나리오에 따르면 향후 기후변화 속도는 더욱 가속화 될 것으로 전망 ○ 특히, 제주도 지역은 태풍경로상에 위치하고 있어, 2002년 루사, 2003년 매미, 2004년 매기, 2007년 나리, 2016년 차바 등 태풍에 의해 막대한 피해가 발생 ○ 제주도의 수해피해는 태풍, 집중호우 등에 의해 발생하고 있으며, 피해유형 및 원인은 방재시설물 대책의 한계 및 개발가중 등이 종합적으로 영향을 미침 ☐ 제주도 인구증가 및 도시화 가중 전망 ○ 제주도는 우리나라의 대표적인 관광지역으로 상주인구뿐만 아니라 계획인구 등이 꾸준히 증가하는 추세임 ☐ 기술개발의 필요성 ○ 상주 및 계획인구가 꾸준히 증가할 것으로 전망되어 그에 따른 건축물, 도로, 주차장 등 도시시설물의 증가가 전망 ☐ 방재도시 관련 계획의 제도화 ○ 기후변화 등에 따른 자연재해 위험성이 가중되면서, 도시계획 수립시 재해취약성 분석이 도시계획 수립시 기초조사로 의무화 ○ 방재도시 구현을 위해 재해 예방형 도시계획의 제도화 ○ 효과적인 재해 예방형 도시계획 수립을 위한 요소기술 개발과 지역의 특성을 반영한 도시방재계획 수립방안 마련 필요 ☐ 제주도의 홍수위험은 가중되고 있지만, 방재 관련 국토교통 R&D 예산 지원은 현저히 낮음 ○ 제주도는 기후변화, 도시화 영향 등으로 현재뿐만 아니라 향후에는 홍수위험은 가중될 것으로 전망 ○ 수해로 인한 피해가 잦은 제주도이지만, 국토교통 R&D 예산 지원이 전국대비 0.1%에도 미치지 못하여 과학 기술역량이 타 지역에 비해 현저히 부진하고 지역 과학기술혁신 역량평가 결과에서도 17개 시·도 중 가장 낮은 지역으로

	지적됨(제주일보, 2016.10.13.). ☐ 제주도의 홍수피해를 저감시키기 위해서는 구조적 대책 강화와 더불어, 지역 특성을 반영한 방재도시계획 수립이 필요 ○ 효과적인 방재도시계획을 수립하기 위해서는 홍수재해위험 공간정보 구축 기술을 개발할 필요가 있음 ○ 재해위험 관련 공간정보를 활용하여 방재도시계획 수립 및 제도개선 방안을 할 필요가 있음
☐ 기술동향	☐ 홍수재해 위험지도 관련 기술 ○ 도시홍수 예·경보 및 침수예측 기술 ○ 도시 기후변화 폭우재해 적응 안전도시 기술 ○ 도시 지상-지하공간 침수예측모형 고도화 및 통합 연계환경 기술 ○ 도시내수침수 원인분석을 위한 센서기반 모니터링 기법 개발 기술 ○ 도심지 토사재해 예측 3D 시뮬레이션 기술개발 및 통합관리시스템 기술 ○ 국가수문기상재난안전공동활용시스템 기술 ○ 도시 침수지역 및 영향권 분석을 통한 재난안전 정책지원 시스템 기술 ○ 기후변화에 안전한 재해통합대응 도시구축방안 연구 ○ 기후변화에 따른 국토취약성 분석 기술 ○ 기후변화를 고려한 방재성능 목표 설정 기술 ○ 차세대 홍수방어 기술 ○ 도시 기후변화 재해취약성분석 ☐ 방재도시계획 수립 관련 연구 ○ 기후변화 적응도시 조방 방안 연구 ○ 서울시의 새로운 재난관리체계 구축 ○ 방재력(resilience) 비용지수 평가 방법 ○ 방재도시계획 및 비구조적 홍수대응기술 ○ 도시 기후변화 폭우재해 적응 안전도시 기술 개발 ○ 저영향개발(Low-impact development, LID) ○ 도시방재에 관한 연구 (일본의 사례를 중심으로) ○ 도시기본계획의 방재 및 안전부문에 관한 연구 ○ 재해에 안전한 방재도시계획 수립방안 연구 ○ 기후변화에 안전한 재해통합대응 도시 구축방안 연구 ○ 재해취약성 분석, 재해예방형 도시계획 수립 컨설팅 사업
3. 연구개발 내용	
	☐ 홍수재해위험 공간정보 구축 기술개발 ○ 중점관리대상지 선정 ○ 기후변화의 폭우 영향평가 ○ 침수해석 ○ 영향권 설정 ○ 상세 위험 주제도 작성 ○ 재해취약성 분석 ○ 방재지구 및 도시계획 대책 적용지역 도출 ○ 재해위험 공간정보 구축 관련 기술서 작성 ☐ 방재도시계획 수립 및 제도개선 방안 연구 ○ 해외의 방재도시계획 및 복원력 강화정책 사례조사

	○ 방재계획 수립을 위한 주요 유형 선정 ○ 토지이용 대책 ○ 저영향개발기법 적용 방향 ○ 건축물 대책 ○ 도시·군계획시설 대책 ○ 물순환 도시 수립방향 ○ 법·제도 제고를 위한 정책 연구																			
4. 최종성과물	☐ 홍수재해위험 공간정보 구축 기술개발 ○ 기초조사 자료 ○ 도시침수 상해위험 주제도 : 중점관리대상지 경계범위, 영향권 지도, 재해특성 지도, 노출특성 지도, 취약성 지도, 도시계획적 대책적용을 위한 공간구획 지도 등 ○ 방재지구 및 도시계획 대책 적용 지역 ○ 재해위험 공간정보 구축 관련 기술서 ☐ 방재도시계획 수립 및 제도개선 방안 연구 ○ 토지이용, 저영향개발기법 적용방향, 건축물 대책, 도시군계획시설 대책, 물순환 도시 수립 방향 등 방재도시계획 방안 ○ 제도개선 방안 제시																			
5. 연구기간 및 지원 예산	○ 총연구기간 : 1년 8개월 ○ 연구비 : 총 8억 <table border="1" style="margin-left: 100px;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">구분</th><th colspan="3">연차별 예산(억원)</th></tr> <tr> <th>1차 년</th><th>2차 년</th><th>합계</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>홍수재해위험 공간정보 구축 기술개발</td><td>2.5</td><td>2.5</td><td>5</td></tr> <tr> <td>방재도시계획 수립 및 제도개선 방안 연구</td><td>1.5</td><td>1.5</td><td>3</td></tr> <tr> <td>합계</td><td>4</td><td>4</td><td>8</td></tr> </tbody> </table>	구분	연차별 예산(억원)			1차 년	2차 년	합계	홍수재해위험 공간정보 구축 기술개발	2.5	2.5	5	방재도시계획 수립 및 제도개선 방안 연구	1.5	1.5	3	합계	4	4	8
구분	연차별 예산(억원)																			
	1차 년	2차 년	합계																	
홍수재해위험 공간정보 구축 기술개발	2.5	2.5	5																	
방재도시계획 수립 및 제도개선 방안 연구	1.5	1.5	3																	
합계	4	4	8																	
6. 기대효과 및 파급 효과	○ 지자체에서 방재도시계획 수립시 겪고 있는 기술, 행정 등의 부담을 대폭 완화시키면서, 정책 실효성은 크게 제고 ○ 국내뿐만 아니라 해외 다양한 시장 개척 가능																			

참고문헌

- 강건국 외. 2014, Expert Team on Climate Change Detection and Indices(ETCCDI)를 이용한 강원지역 극한기상특성의 변화 분석
- 국토교통부. 2016. 홍수재해 등 기후변화에 대응한 개도국 도시복원력 제고방안 및 도시정책 해외전파 방안 연구
- 국토교통부. 2015. 도시 복원력 강화를 위한 도시정책 발전방안 연구
- 국토연구원. 2017.05.17. 재해취약성분석 교육자료.
- 관계부처합동. 2017, 2016년 이상기후 보고서
- 국토연구원. 2006, 현장중심적 접근을 통한 수해특성 분석 및 정책과제
- 박창근. 2004, 2004년 태풍 메기에 의한 강원도 피해
- 양성기 외. 2017, 태풍 차바로 인한 제주도 홍수피해와 대책
- 이재웅. 2013, 국가 홍수관리시스템 개발 및 활용방안
- 제주도 풍수해저감종합계획. 2014
- 한국과학기술기획평가원. 2011, 우리나라 주요 자연재난 대응 동향
- 한우석 외. 2015. 도시 복원력 강화를 위한 도시정책 발전방안 연구
- 한우석 외. 2016. 홍수재해 등 기후변화에 대응한 개도국 도시복원력 제고방안 및 도시정책 해외전파 방안 연구
- 한우석 외. 2016. 기후변화 홍수재해 대응을 위한 복원력 제고방안 연구 I
- 환경부. 2011. 저탄소 녹색성장기본법에 따른 국가 기후변화 적응 기본계획(2011~2015) 수립 연구
- 2025년 제주특별자치도 도시기본계획. 2017
- FEMA. 2016, Rre-Disaster Recovery Planning Guide for State Governments
- FEMA. 2017, Rre-Disaster Recovery Planning Guide for Local Governments
- Florida Department of Community Affairs. 2011, Post-Disaster Redevelopment Planing
- <http://www.kma.go.kr/weather/typhoon/material07.jsp>
- <http://bangjae.jeju119.go.kr/related/history/environment/disasters.htm>
- <http://www.emdat.be/>

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구성과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.